

## Översättning från limträbalk till stålbalk (IPE, HEA och HEB)

Beräkningarna är gjorda enligt BKR ([www.boverket.se](http://www.boverket.se)).

För en normal balk behöver man kolla böjande moment och nedböjning. Tvärkraft är högst osannolikt att det kan vara avgörande för bärförmågan. Om balken är väldigt kort kan man tänka sig att man behöver svetsa på livavstyvningar vid stöd och punktlaster, framför allt om man väljer en IPE-balk som har lite klenare liv än de andra stålbalkarna. För en träbalk som ingår i ett bjälklag behöver man också kolla svikt, men det är inte aktuellt för en stålbalk.

Ingen vippning får förekomma. Vippning förhindras genom att staga den tryckta flänsen i sidled. Den tryckta flänsen är vanligtvis den övre flänsen. Om man väljer en IPE-balk måste man vara speciellt försiktig med vippning eftersom den har så liten styvhet i sidled.

Ingen normalkraft eller vridning får förekomma. Det som står här gäller alltså inte pelare.

Vissa balkar påverkas av böjande moment i två riktningar (tex takåsar). För dessa balkar gäller inte beräkningen här utan det förutsätts att balken enbart böjer kring sin starka axel.

Stålbalkar (IPE, HEA och HEB) tillverkas i stål S275 och S355. Här räknas med S275. Om man väljer S355 är det på säkra sidan, fast om nedböjning är dimensionerande kan en balk i stål S355 inte bära högre last än en balk i stål S275. Gamla stålbalkar kan tänkas vara tillverkade i stål med lägre hållfasthet än S275 och då är denna beräkning på osäkra sidan.

Trä har lägre hållfasthet och elasticitetsmodul i fuktig miljö än torr miljö. Beräkningarna här är gjorda för klimatklass 0-1 vilket är den torraste miljön. Om miljön är fuktigare är denna beräkning på säkra sidan. Det är säkrast att räkna med hög hållfasthet och E-modul för limträt.

Trä är ett material som kryper, vilket innebär att nedböjningen ökar med tiden. Det är alltså farligare om lasten ligger på under lång tid än under kort tid. För trä har man valt att lösa krypningsproblematiken genom att dela in laster i olika varaktighet (P, A, B och C). P är för permanent last (egentyngd). C är den kortvarigaste lasten. Balken är säkert påverkad av laster med olika varaktighet och för varje lasttyp är E-modulen för limträt olika. Totala nedböjningen är summan av nedböjningen för de olika lasttyperna. Egentyngden för trä är ganska låg, dvs lasttyp P utgör inte en så stor del av lasten. Snö eller nyttig last på bjälklag som huvudlast ger lasttyp B som kortvarigaste last. Vind som huvudlast ger lasttyp C. Här räknas som all last är av typ B. Det vore konstigt om detta inte vore på säkra sidan. OK om vindlasten på balken skulle vara väldigt stor så är det möjligt att det kan vara på osäkra sidan, men även om en takbalk utsätts för vindlast vore det konstigt om inte snölasten var farligare och då är det på säkra sidan att räkna med 100% lasttyp B. Säkrast vore att räkna med 100% lasttyp C, men det känns för mycket på säkra sidan.

För limträ finns hållfasthetsklasserna L30 och L40. I praktiken används enbart L40. Beräkningarna görs för L40. Skulle mot förmodan en lägre hållfasthetsklass för limträt användas än L40 är denna beräkning på säkra sidan.

Momentkapaciteten för stålbalken bestäms av tvärsnittsklassen för böjande moment kring styv axel. För stål S275 gäller att HEA280 och HEA300 tillhör tvärsnittsklass 2. Övriga profiler (IPE, HEA och HEB) tillhör tvärsnittsklass 1.

Vilken säkerhetsklass som väljs spelar ingen roll eftersom limträbalken och stålbalken påverkas lika mycket. Här väljs säkerhetsklass 2 eftersom denna säkerhetsklass borde vara vanligast.

En stålbalk har högre egenvikt än motsvarande limträbalk och därför behöver momentkapaciteten och böjstyvheten vara högre för stålbalken. Hur mycket högre? Egentligen är det omöjligt att säga eftersom det beror på hur balken används och här är enbart tvärsnittet känt. Här försöker jag ändå beakta detta genom att räkna så här.

1. Beräkna momentkapaciteten och böjstyvheten för limträbalken.
2. Välj den stålbalk som har närmast högre värden än limträbalken.
3. Dra bort limträbalken och dess laster från stålbalken. Det som återstår av stålbalken ska kunna bära den högre egenvikten. Räkna ut spännvidden L för en fritt upplagd balk belastad med den högre egenvikten. Om L är kortare än vad som kan anses vara praktiskt så väljs en kraftigare balk. Tillåten nedböjning sätts då till  $L/300$ .

Det är inte säkert att den verkliga balken är fritt upplagd. Det behöver den heller inte vara. Den fritt upplagda balken används bara för att kolla om det är rimligt att stålbalken kan klara den högre egentyngden. Bortsett från egentyngden är alla laster identiska för limträbalken och stålbalken.

Beräkning görs för 13 lagerdimensioner av limträbalkar.

Moment och nedböjning kollas med formlerna  $\frac{q \cdot L^2}{8} := M_{Rd}$   $\frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI} := \frac{L}{300}$

Definitioner av enheter  $MPa = 10^6 Pa$   $kN = 10^3 N$   $GPa = 10^9 Pa$

### Dimensionerande böjhållfasthet $f_{md}$ och elasticitetsmodul $E_d$ för limträ

L40, böjning på högkant  $f_{mk} := 33 MPa$  L40,  $f_{mk}$ , lasttyp B, klimatklass 0-2  $\kappa_r := 0.75$

Limträ  $\gamma_m := 1.15$  Säkerhetsklass 2  $\gamma_n := 1.1$   $f_{md} := \frac{\kappa_r \cdot f_{mk}}{\gamma_m \cdot \gamma_n}$   $f_{md} = 19.565 MPa$

L40, deformationsberäkning  $E_k := 13000 MPa$  lasttyp B, klimatklass 0-1  $\kappa_s := 0.8$

$E_d := \kappa_s \cdot E_k$   $E_d = 1.04 \times 10^4 MPa$

### Dimensionerande hållfasthet $f_{yd}$ och elasticitetsmodul $E_{stål}$ för stålet

IPE, HEA, HEB  $\gamma_m := 1.0$  Säkerhetsklass 2  $\gamma_n := 1.1$

S275, 0mm < godstjocklek <= 16mm  $f_{yk} := 275 MPa$   $f_{yd\_16} := \frac{f_{yk}}{\gamma_m \cdot \gamma_n}$   $f_{yd\_16} = 250 MPa$

S275, 16mm < godstjocklek <= 40mm  $f_{yk} := 265 MPa$   $f_{yd\_40} := \frac{f_{yk}}{\gamma_m \cdot \gamma_n}$   $f_{yd\_40} = 240.909 MPa$

$E_{stål} := 210 GPa$

### Limträbalk 42x180

$b := 42 mm$   $h := 180 mm$   $W := \frac{b \cdot h^2}{6}$   $W = 2.268 \times 10^5 mm^3$   $I := \frac{b \cdot h^3}{12}$   $I = 2.041 \times 10^7 mm^4$

$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300 mm \\ \left(\frac{600 mm}{h}\right)^{0.2} & \text{if } 300 mm < h \leq 600 mm \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$   $\kappa_h = 1.15$  volymfaktor

$q_{trä} := 5 \frac{kN}{m^3} \cdot b \cdot h$   $q_{trä} = 0.038 \frac{kN}{m}$

$M_{Rd\_trä} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{md}$   $M_{Rd\_trä} = 5.103 kN \cdot m$   $EI_{trä} := E_d \cdot I$   $EI_{trä} = 212.285 kN \cdot m^2$

### Stålbalk (IPE)

IPE-100  $t_f := 5.7 mm$   $g := 8.1 \frac{kg}{m}$   $I_x := 1.71 \cdot 10^6 mm^4$   $W_x := 34.2 \cdot 10^3 mm^3$   $Z_x := 39.4 \cdot 10^3 mm^3$

$\eta := \frac{Z_x}{W_x}$   $\eta = 1.152$   $\eta := \min(\eta, 1.25)$   $\eta = 1.152$   $M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16}$   $M_{Rd} = 9.85 kN \cdot m$

$EI_{stål} := E_{stål} \cdot I_x$   $EI_{stål} = 359.1 kN \cdot m^2$   $q_{stål} := g \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$   $q_{stål} = 0.079 \frac{kN}{m}$   $dq := q_{stål} - q_{trä}$

$dq = 0.042 \frac{kN}{m}$   $dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä}$   $dM_{Rd} = 4.747 kN \cdot m$   $dEI := EI_{stål} - EI_{trä}$

$dEI = 146.815 kN \cdot m^2$   $L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}}$   $L = 30.192 m$   $L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}}$   $L = 9.663 m$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-100} \quad t_f := 8\text{mm} \quad g := 16.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 3.492 \cdot 10^6 \text{mm}^4 \quad W_x := 72.8 \cdot 10^3 \text{mm}^3 \quad Z_x := 83 \cdot 10^3 \text{mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.14 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.14 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 20.75 \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 733.32 \text{kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.164 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.126 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 15.647 \text{kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 521.035 \text{kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 31.516 \text{m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 10.191 \text{m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-100} \quad t_f := 10\text{mm} \quad g := 20.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 4.495 \cdot 10^6 \text{mm}^4 \quad W_x := 89.9 \cdot 10^3 \text{mm}^3 \quad Z_x := 104 \cdot 10^3 \text{mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.157 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.157 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 26 \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 943.95 \text{kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.162 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 20.897 \text{kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 731.665 \text{kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 32.092 \text{m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 10.489 \text{m}$$

**Limträbalk 42x225**

$$b := 42\text{mm} \quad h := 225\text{mm} \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = 3.544 \times 10^5 \text{mm}^3 \quad I := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = 3.987 \times 10^7 \text{mm}^4$$

$$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300\text{mm} \\ \left(\frac{600\text{mm}}{h}\right)^{0.2} & \text{if } 300\text{mm} < h \leq 600\text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_h = 1.15 \quad \text{volymfaktor}$$

$$q_{\text{trä}} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \quad q_{\text{trä}} = 0.047 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Rd\_trä} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{md} \quad M_{Rd\_trä} = 7.973 \text{kN}\cdot\text{m} \quad EI_{\text{trä}} := E_d \cdot I \quad EI_{\text{trä}} = 414.619 \text{kN}\cdot\text{m}^2$$

Stålbalk (IPE)

$$\text{IPE-120} \quad t_f := 6.3\text{mm} \quad g := 10.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 3.178 \cdot 10^6 \text{mm}^4 \quad W_x := 53 \cdot 10^3 \text{mm}^3 \quad Z_x := 60.7 \cdot 10^3 \text{mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.145 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.145 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 15.175 \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 667.38 \text{kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.102 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.055 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 7.202 \text{kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 252.761 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 32.432 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 10.571 \text{ m}$$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-100} \quad t_f := 8 \text{ mm} \quad g := 16.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 3.492 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 72.8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 83 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.14 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.14 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 20.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 733.32 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.164 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.117 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 12.777 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 318.701 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 29.61 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 8.878 \text{ m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-100} \quad t_f := 10 \text{ mm} \quad g := 20.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 4.495 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 89.9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 104 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.157 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.157 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 943.95 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.153 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 18.027 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 529.331 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 30.714 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 9.606 \text{ m}$$

**Limträbalk 56x225**

$$b := 56 \text{ mm} \quad h := 225 \text{ mm} \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = 4.725 \times 10^5 \text{ mm}^3 \quad I := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = 5.316 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ \left( \frac{600 \text{ mm}}{h} \right)^{0.2} & \text{if } 300 \text{ mm} < h \leq 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_h = 1.15 \quad \text{volymfaktor}$$

$$q_{\text{trä}} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \quad q_{\text{trä}} = 0.063 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Rd\_trä} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{md} \quad M_{Rd\_trä} = 10.631 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad EI_{\text{trä}} := E_d \cdot I \quad EI_{\text{trä}} = 552.825 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Stålbalk (IPE)

$$\text{IPE-120} \quad t_f := 6.3 \text{ mm} \quad g := 10.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 3.178 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 53 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 60.7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.145 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.145 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 15.175 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 667.38 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.102 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.039 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 4.544 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 114.555 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 30.52 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 9.092 \text{ m}$$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-120} \quad t_f := 8 \text{ mm} \quad g := 19.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 6.062 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 106 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 119 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.123 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.123 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 29.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 1.273 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.195 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.132 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 19.119 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 720.195 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 34.012 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 11.172 \text{ m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-100} \quad t_f := 10 \text{ mm} \quad g := 20.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 4.495 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 89.9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 104 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.157 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.157 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 943.95 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.137 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 15.369 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 391.125 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 29.944 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 9.005 \text{ m}$$

**Limträbalk 56x270**

$$b := 56 \text{ mm} \quad h := 270 \text{ mm} \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = 6.804 \times 10^5 \text{ mm}^3 \quad I := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = 9.185 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ \left( \frac{600 \text{ mm}}{h} \right)^{0.2} & \text{if } 300 \text{ mm} < h \leq 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_h = 1.15 \quad \text{volymfaktor}$$

$$q_{\text{trä}} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \quad q_{\text{trä}} = 0.076 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Rd\_trä} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{md} \quad M_{Rd\_trä} = 15.309 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad EI_{\text{trä}} := E_d \cdot I \quad EI_{\text{trä}} = 955.282 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Stålbalk (IPE)

$$\text{IPE-140} \quad t_f := 6.9 \text{ mm} \quad g := 12.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 5.412 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 77.3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 88.3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.142 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.142 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 22.075 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 1.137 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.127 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.051 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 6.766 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 181.238 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 32.594 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 9.693 \text{ m}$$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-120} \quad t_f := 8 \text{ mm} \quad g := 19.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 6.062 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 106 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 119 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.123 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.123 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 29.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 1.273 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.195 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 14.441 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 317.738 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 31.077 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 8.794 \text{ m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-120} \quad t_f := 11 \text{ mm} \quad g := 26.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 8.644 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 144 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 165 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.146 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.146 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 41.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 1.815 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.262 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.186 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 25.941 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 859.958 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 33.373 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 10.572 \text{ m}$$

**Limträbalk 66x315**

$$b := 66 \text{ mm} \quad h := 315 \text{ mm} \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = 1.091 \times 10^6 \text{ mm}^3 \quad I := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = 1.719 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ \left( \frac{600 \text{ mm}}{h} \right)^{0.2} & \text{if } 300 \text{ mm} < h \leq 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_h = 1.138 \quad \text{volymfaktor}$$

$$q_{\text{trä}} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \quad q_{\text{trä}} = 0.104 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Rd\_trä}} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{\text{md}} \quad M_{\text{Rd\_trä}} = 24.292 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad EI_{\text{trä}} := E_d \cdot I \quad EI_{\text{trä}} = 1.788 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Stålbalk (IPE)

$$\text{IPE-180} \quad t_f := 8 \text{ mm} \quad g := 18.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 13.17 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 146 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 166 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.137 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.137 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 41.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 2.766 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.184 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 17.208 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 977.864 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 41.359 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 14.598 \text{ m}$$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-160} \quad t_f := 9 \text{ mm} \quad g := 30.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 16.73 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 220 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 245 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.114 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.114 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 61.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 3.513 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.298 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.194 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 36.958 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 1.725 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 39.011 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 13.15 \text{ m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-140} \quad t_f := 12 \text{ mm} \quad g := 33.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 15.09 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 216 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 245 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.134 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.134 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 61.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 3.169 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.331 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.227 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 36.958 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 1.381 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 36.118 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 11.598 \text{ m}$$

**Limträbalk 90x225**

$$b := 90 \text{ mm} \quad h := 225 \text{ mm} \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = 7.594 \times 10^5 \text{ mm}^3 \quad I := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = 8.543 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ \left(\frac{600 \text{ mm}}{h}\right)^{0.2} & \text{if } 300 \text{ mm} < h \leq 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_h = 1.15 \quad \text{volymfaktor}$$

$$q_{\text{trä}} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \quad q_{\text{trä}} = 0.101 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Rd\_trä}} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{\text{md}} \quad M_{\text{Rd\_trä}} = 17.086 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad EI_{\text{trä}} := E_d \cdot I \quad EI_{\text{trä}} = 888.469 \text{ kN}\cdot\text{m}^2$$

Stålbalk (IPE)

$$\text{IPE-140} \quad t_f := 6.9 \text{ mm} \quad g := 12.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 5.412 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 77.3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 88.3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.142 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.142 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 22.075 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 1.137 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.127 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.025 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 4.989 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 248.051 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 39.719 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 13.59 \text{ m}$$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-120} \quad t_f := 8 \text{ mm} \quad g := 19.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 6.062 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 106 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 119 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.123 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.123 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{y_{d\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 29.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 1.273 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.195 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.094 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 12.664 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 384.551 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 32.835 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 10.156 \text{ m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-120} \quad t_f := 11 \text{ mm} \quad g := 26.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 8.644 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 144 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 165 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.146 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.146 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{y_{d\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 41.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 1.815 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.262 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.161 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 24.164 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 926.771 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 34.686 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 11.387 \text{ m}$$

**Limträbalk 90x270**

$$b := 90 \text{ mm} \quad h := 270 \text{ mm} \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = 1.093 \times 10^6 \text{ mm}^3 \quad I := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = 1.476 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ \left( \frac{600 \text{ mm}}{h} \right)^{0.2} & \text{if } 300 \text{ mm} < h \leq 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_h = 1.15 \quad \text{volymfaktor}$$

$$q_{\text{trä}} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \quad q_{\text{trä}} = 0.122 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Rd\_trä}} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{\text{md}} \quad M_{\text{Rd\_trä}} = 24.604 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad EI_{\text{trä}} := E_d \cdot I \quad EI_{\text{trä}} = 1.535 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Stålbalk (IPE)

$$\text{IPE-160} \quad t_f := 7.4 \text{ mm} \quad g := 15.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 8.693 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 109 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 124 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.138 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.138 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{y_{d\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 31 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 1.826 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.155 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$



$$dq = 0.033 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 6.396 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 290.256 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 39.084 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 13.042 \text{ m}$$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-140} \quad t_f := 8.5 \text{ mm} \quad g := 24.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 10.33 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 155 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 173 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.116 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.116 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 43.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 2.169 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.242 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.121 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 18.646 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 634.026 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 35.139 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 11.034 \text{ m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-140} \quad t_f := 12 \text{ mm} \quad g := 33.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 15.09 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 216 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 245 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.134 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.134 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 61.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 3.169 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.331 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.209 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 36.646 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 1.634 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 37.444 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 12.599 \text{ m}$$

**Limträbalk 90x315**

$$b := 90 \text{ mm} \quad h := 315 \text{ mm} \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = 1.488 \times 10^6 \text{ mm}^3 \quad I := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = 2.344 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ \left(\frac{600 \text{ mm}}{h}\right)^{0.2} & \text{if } 300 \text{ mm} < h \leq 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_h = 1.138 \quad \text{volymfaktor}$$

$$q_{\text{trä}} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \quad q_{\text{trä}} = 0.142 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Rd\_trä} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{md} \quad M_{Rd\_trä} = 33.126 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad EI_{\text{trä}} := E_d \cdot I \quad EI_{\text{trä}} = 2.438 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Stålbalk (IPE)

$$\text{IPE-180} \quad t_f := 8 \text{ mm} \quad g := 18.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 13.17 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 146 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 166 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.137 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.137 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 41.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 2.766 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.184 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.043 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 8.374 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 327.742 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 39.62 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 12.527 \text{ m}$$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-160} \quad t_f := 9 \text{ mm} \quad g := 30.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 16.73 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 220 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 245 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.114 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.114 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{y\text{d\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 61.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 3.513 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.298 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.156 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 28.124 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 1.075 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 37.92 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 12.072 \text{ m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-160} \quad t_f := 13 \text{ mm} \quad g := 42.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 24.92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 311 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 354 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.138 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.138 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{y\text{d\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 88.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 5.233 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.418 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.276 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 55.374 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 2.795 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 40.052 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 13.735 \text{ m}$$

**Limträbalk 90x405**

$$b := 90 \text{ mm} \quad h := 405 \text{ mm} \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = 2.46 \times 10^6 \text{ mm}^3 \quad I := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = 4.982 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ \left(\frac{600 \text{ mm}}{h}\right)^{0.2} & \text{if } 300 \text{ mm} < h \leq 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_h = 1.082 \quad \text{volymfaktor}$$

$$q_{\text{trä}} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \quad q_{\text{trä}} = 0.182 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Rd\_trä}} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{\text{md}} \quad M_{\text{Rd\_trä}} = 52.075 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad EI_{\text{trä}} := E_d \cdot I \quad EI_{\text{trä}} = 5.182 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Stålbalk (IPE)

$$\text{IPE-220} \quad t_f := 9.2 \text{ mm} \quad g := 26.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 27.72 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 252 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 285 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.131 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.131 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{y\text{d\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 71.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 5.821 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.257 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.075 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 19.175 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 639.65 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 45.295 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 12.986 \text{ m}$$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-200} \quad t_f := 10 \text{ mm} \quad g := 42.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 36.92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 389 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 429 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.103 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.103 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 107.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 7.753 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.415 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.233 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 55.175 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 2.572 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 43.552 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 14.143 \text{ m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-180} \quad t_f := 14 \text{ mm} \quad g := 51.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 38.31 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 426 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 481 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.129 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.129 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 120.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 8.045 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.502 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.32 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{Rd} := M_{Rd} - M_{Rd\_trä} \quad dM_{Rd} = 68.175 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 2.864 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{Rd} \cdot 8}{dq}} \quad L = 41.283 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 13.182 \text{ m}$$

**Limträbalk 115x315**

$$b := 115 \text{ mm} \quad h := 315 \text{ mm} \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = 1.902 \times 10^6 \text{ mm}^3 \quad I := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = 2.995 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ \left(\frac{600 \text{ mm}}{h}\right)^{0.2} & \text{if } 300 \text{ mm} < h \leq 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_h = 1.138 \quad \text{volymfaktor}$$

$$q_{\text{trä}} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \quad q_{\text{trä}} = 0.181 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Rd\_trä} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{md} \quad M_{Rd\_trä} = 42.327 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad EI_{\text{trä}} := E_d \cdot I \quad EI_{\text{trä}} = 3.115 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2$$

Stålbalk (IPE)

$$\text{IPE-200} \quad t_f := 8.5 \text{ mm} \quad g := 22.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 19.43 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 194 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 221 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.139 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.139 \quad M_{Rd} := \eta \cdot W_x \cdot f_{yd\_16} \quad M_{Rd} = 55.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 4.08 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.22 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.039 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 12.923 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 965.131 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 51.739 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 18.564 \text{ m}$$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-180} \quad t_f := 9.5 \text{ mm} \quad g := 35.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 25.1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 294 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 325 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.105 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.105 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{y\text{d\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 81.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 5.271 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.348 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.167 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 38.923 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 2.156 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 43.164 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 14.891 \text{ m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-160} \quad t_f := 13 \text{ mm} \quad g := 42.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 24.92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 311 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 354 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.138 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.138 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{y\text{d\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 88.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 5.233 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.418 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.237 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 46.173 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 2.118 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 39.497 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 13.181 \text{ m}$$

**Limträbalk 115x405**

$$b := 115 \text{ mm} \quad h := 405 \text{ mm} \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = 3.144 \times 10^6 \text{ mm}^3 \quad I := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = 6.366 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ \left(\frac{600 \text{ mm}}{h}\right)^{0.2} & \text{if } 300 \text{ mm} < h \leq 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_h = 1.082 \quad \text{volymfaktor}$$

$$q_{\text{trä}} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \quad q_{\text{trä}} = 0.233 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Rd\_trä}} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{\text{md}} \quad M_{\text{Rd\_trä}} = 66.54 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad EI_{\text{trä}} := E_d \cdot I \quad EI_{\text{trä}} = 6.621 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Stålbalk (IPE)

$$\text{IPE-240} \quad t_f := 9.8 \text{ mm} \quad g := 30.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 38.92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 324 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 367 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.133 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.133 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{y\text{d\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 91.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 8.173 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.301 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.068 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 25.21 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 1.552 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 54.344 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 17.987 \text{ m}$$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-200} \quad t_f := 10 \text{ mm} \quad g := 42.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 36.92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 389 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 429 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.103 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.103 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 107.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 7.753 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.415 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.182 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 40.71 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 1.132 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 42.292 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 11.676 \text{ m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-180} \quad t_f := 14 \text{ mm} \quad g := 51.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 38.31 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 426 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 481 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.129 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.129 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 120.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 8.045 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.502 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.269 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 53.71 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 1.424 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 39.937 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 11.061 \text{ m}$$

**Limträbalk 115x495**

$$b := 115 \text{ mm} \quad h := 495 \text{ mm} \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = 4.696 \times 10^6 \text{ mm}^3 \quad I := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = 1.162 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ \left(\frac{600 \text{ mm}}{h}\right)^{0.2} & \text{if } 300 \text{ mm} < h \leq 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_h = 1.039 \quad \text{volymfaktor}$$

$$q_{\text{trä}} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \quad q_{\text{trä}} = 0.285 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Rd\_trä}} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{\text{md}} \quad M_{\text{Rd\_trä}} = 95.488 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad EI_{\text{trä}} := E_d \cdot I \quad EI_{\text{trä}} = 1.209 \times 10^4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2$$

Stålbalk (IPE)

$$\text{IPE-300} \quad t_f := 10.7 \text{ mm} \quad g := 42.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 83.56 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 557 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 628 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.127 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.127 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 157 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 1.755 \times 10^4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.414 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.129 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 61.512 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 5.459 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 61.678 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 22.107 \text{ m}$$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-240} \quad t_f := 12 \text{ mm} \quad g := 60.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 77.63 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 675 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 745 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.104 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.104 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 186.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 1.63 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.592 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.307 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 90.762 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 4.214 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 48.639 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 15.204 \text{ m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-220} \quad t_f := 16 \text{ mm} \quad g := 71.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 80.91 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 736 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 827 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.124 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.124 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 206.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 1.699 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.701 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.417 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 111.262 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 4.903 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 46.212 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 14.441 \text{ m}$$

**Limträbalk 115x630**

$$b := 115 \text{ mm} \quad h := 630 \text{ mm} \quad W := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W = 7.607 \times 10^6 \text{ mm}^3 \quad I := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I = 2.396 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\kappa_h := \begin{cases} 1.15 & \text{if } h \leq 300 \text{ mm} \\ \left(\frac{600 \text{ mm}}{h}\right)^{0.2} & \text{if } 300 \text{ mm} < h \leq 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_h = 1 \quad \text{volymfaktor}$$

$$q_{\text{trä}} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \quad q_{\text{trä}} = 0.362 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Rd\_trä}} := W \cdot \kappa_h \cdot f_{\text{md}} \quad M_{\text{Rd\_trä}} = 148.838 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad EI_{\text{trä}} := E_d \cdot I \quad EI_{\text{trä}} = 2.492 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Stålbalk (IPE)

$$\text{IPE-360} \quad t_f := 12.7 \text{ mm} \quad g := 57.1 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 162.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 904 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 1020 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.128 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.128 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 255 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 3.417 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.198 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 106.162 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 9.246 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 65.51 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 22.869 \text{ m}$$

Stålbalk (HEA)

$$\text{HEA-280} \quad t_f := 13 \text{ mm} \quad g := 76.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 136.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 1010 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 1110 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{Tvärsnittsklass 2} \quad \eta := 1 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_16}} \quad M_{\text{Rd}} = 252.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 2.871 \times 10^4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.749 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.387 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 103.662 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 3.786 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 46.277 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 13.577 \text{ m}$$

Stålbalk (HEB)

$$\text{HEB-260} \quad t_f := 17.5 \text{ mm} \quad g := 93 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad I_x := 149.2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_x := 1150 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad Z_x := 1280 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta := \frac{Z_x}{W_x} \quad \eta = 1.113 \quad \eta := \min(\eta, 1.25) \quad \eta = 1.113 \quad M_{\text{Rd}} := \eta \cdot W_x \cdot f_{\text{yd\_40}} \quad M_{\text{Rd}} = 308.364 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$EI_{\text{stål}} := E_{\text{stål}} \cdot I_x \quad EI_{\text{stål}} = 3.133 \times 10^4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad q_{\text{stål}} := g \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad q_{\text{stål}} = 0.912 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dq := q_{\text{stål}} - q_{\text{trä}}$$

$$dq = 0.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad dM_{\text{Rd}} := M_{\text{Rd}} - M_{\text{Rd\_trä}} \quad dM_{\text{Rd}} = 159.526 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad dEI := EI_{\text{stål}} - EI_{\text{trä}}$$

$$dEI = 6.411 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 \quad L := \sqrt{\frac{dM_{\text{Rd}} \cdot 8}{dq}} \quad L = 48.167 \text{ m} \quad L := \sqrt[3]{\frac{384 \cdot dEI}{300 \cdot 5 \cdot dq}} \quad L = 14.396 \text{ m}$$