

Vedlegg A

Permanente laster:

Håndbok N400 Bruprosjektering [1]

Eurokode 1: Laster på konstruksjoner, Del 1-1: Allmenne laster. Tetthet, egenvekt og nyttelaster [2]

$$\text{Egenlast aluminium: } 27 \frac{kN}{m^3} \quad \text{Egenlast stål: } 77 \frac{kN}{m^3} \quad [2: (3.2.5)]$$

$$\text{Minstekrav til dimensjonerende belegningsvekter i kjørebane ved spennvidde } 50 < l \leq 200: \quad 2.5 \frac{kN}{m^2} \quad [1: \text{Tabell 5.1}]$$

$$\text{Minstekrav til dimensjonerende belegningsvekt for bruer med GS ved spennvidde } l \leq 200: \quad 2.0 \frac{kN}{m^2} \quad [1: \text{Tabell 5.2}]$$

$$\text{Egenlast rekkverk: } \gamma_r := 100 \frac{kg}{m} \quad \text{Bredde til bru: } b := 10 \text{ m}$$

$$\frac{\gamma_r}{b} = 10 \frac{kg}{m^2} \quad (\text{per rekkverk})$$

$$\text{Samlet egenlast: } 2.5 \frac{kN}{m^2} \cdot \left(\frac{6.5 \text{ m}}{10 \text{ m}} \right) + 2.0 \frac{kN}{m^2} \cdot \left(\frac{2.5 \text{ m}}{10 \text{ m}} \right) + 0.1 \frac{kN}{m^2} \cdot 2 = 2.325 \frac{kN}{m^2}$$

Ved beregning av samlet egenlast vil det bli tatt utgangspunkt i total vekt av rekkverk, belegningsvekt i kjørebane og gang- og sykkelvei.

Variable laster:

Eurokode 1: Laster på konstruksjoner, Del 2: Trafikklast på bruer [3]

Eurokode 1: Laster på konstruksjoner, Del 1-4: Allmenne laster. Vindlaster [4]

Eurokode 1: Laster på konstruksjoner, Del 1-5: Allmenne laster. Termiske påvirkninger [5]

Trafikklaster:

$$\text{Veibredde: } w := 7.5$$

$$\text{Kjørefeltsbredde: } wl := 3 \text{ m}$$

$$\text{Antall kjørefelt: } n1 := 2$$

$$\text{Resterende felt: } w - 3 \cdot n1 = 1.5$$

Vertikale laster: [3: (4.3)]

Load model 1: [3: (4.3.2)]

Double-axle concentrated loads: $\alpha Q \cdot Q_k$ (4.1)

Jevnt fordelt last: $\alpha q \cdot q_k$ (4.2) [3: Tabell 4.2]

Korrelasjonsfaktorer fra nasjonalt tillegg NA.4.3.2(3):
 $\alpha Q_i \geq 0.8$ for $i \geq 2$
 $\alpha q_i \geq 1$
 $\alpha q_1 := 0.6$ for $i > 1$
 $\alpha q_r := 1$

Lane nr.1: $Q_{1k} := 300 \text{ kN}$ $\alpha Q_1 := 0.8$ $q_{1k} := 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$2 \cdot \alpha Q_1 \cdot Q_{1k} = 480 \text{ kN}$ (Tandem)

$\alpha q_1 \cdot q_{1k} = 5.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (UDL)

Lane nr.2: $Q_{2k} := 200 \text{ kN}$ $\alpha Q_2 := 1.0$ $q_{2k} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ $\alpha q_2 := 1$

$2 \cdot \alpha Q_2 \cdot Q_{2k} = 400 \text{ kN}$ (Tandem)

$\alpha q_2 \cdot q_{2k} = 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (UDL)

Resterende felt (qrk): $q_{rk} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$\alpha q_r \cdot q_{rk} = 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Load model 2: [3: (4.3.3)]

$\beta Q := 1.0$ [3: (NA.4.3.3(2))]

$Q_{ak} := 400 \text{ kN}$

$\beta Q \cdot Q_{ak} = 400 \text{ kN}$

Load model 3 (special vehicles): Blir ikke tatt med i beregningsgrunnlaget.

Load model 4:
Crowd loading: $5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ Lasten anvendes på relevant bredde og lengde av brodekke. Gjelder for resterende felt.

Bremse- og akselerasjonskrefter:

Øvre grense: $Q_{ik} := 900 \text{ kN}$ [3: (NA.4.4.1(2))]

Horisontalkrefter: [3: (NA.4.4.1(6))]
 $L := 148 \text{ m}$

$$Q_{1k} := 0.6 \cdot \alpha Q_1 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.10 \cdot \alpha q_1 \cdot q_{1k} \cdot w_l \cdot L$$

$$180 \alpha Q_1 (\text{kN}) \leq Q_{1k} \leq 900 (\text{kN})$$

$$Q_{1k} = 527.76 \text{ kN}$$

Akselerasjonskrefter betraktes som likeverdig med bremsekrefter. [3: (4.4.1(5))]

Broen er rettstrukken, dvs. at den horisontale radiusen er $r > 1500 \text{ m}$. [3: Tabell 4.3]

Sentrifugalkrefter: $Q_{tk} := 0$

Tverrkrefter:

Tverrkraften Q_{trk} vil være lik 25 % av bremse- eller akselerasjonskreftene Q_{1k} .

$$Q_{trk} := 0.25 \cdot Q_{1k} = 131.94 \text{ kN} \quad [3: (4.4.2(4))]$$

Vindlaster: Tretten bru ligger i Øyer kommune i Oppland.

Terrengkategori: II $z_0 := 0.05$ $z_{min} := 4 \text{ m}$ [4: Tabell NA.4.1]

Anbefalte verdier: $c_{dir} := 1$ $c_{season} := 1$ $c_{alt} := 1$
Med utgangspunkt i en returperiode lik 50 år vil $c_{prob} := 1$

Referansevindhastighet: $V_{b.0} := 22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ [4: Tabell NA.4(901.1)]

$$V_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{alt} \cdot c_{prob} \cdot V_{b.0} \quad [4: (NA.4.1)]$$

Basisvindhastigheten: $V_b = 22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Høyde over terreng: $z := 5.1$

Minste frihøyde basert på gitte tegninger fra Statens Vegvesen.

Terrengruhetsfaktor: $k_r := 0.19$ [4: Tabell NA.4.1]

Ruhetsfaktor:

[4: (4.4)]

$$Cr := kr \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.879$$

Anbefalt verdi til terrengformfaktoren $C_0 := 1$

Stedvindhastighet: $V_m := Cr \cdot C_0 \cdot V_b = 19.332 \frac{m}{s}$

[4: (4.3)]

Turbulensfaktor: $kl := 1$

[4: (4.7)]

Standardavvik: $\sigma_v := kr \cdot V_b \cdot kl = 4.18 \frac{m}{s}$

[4: (4.6)]

Tubulensintensitet: $I_v := \frac{\sigma_v}{V_m} = 0.216$

[4: (4.7)]

MERKNAD 2: Anbefalt $\rho := 1.25 \frac{kg}{m^3}$

[4: (4.8)]

Vindhastighetstrykk: $q_p := \left[1 + 7 \cdot I_v\right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_m^2$

[4: (4.8)]

$$q_p = \left[0.587\right] \frac{kN}{m^2}$$

Vindlast uten trafikk:

Kraftfaktorer: $d := 1369 \text{ mm}$

$$d_{tot} := d + 600 \text{ mm} = 1.969 \text{ m} \quad h := d_{tot}$$

[4: Tabell 8.1]

Dybden har blitt hentet fra tegning gitt av Statens vegvesen.

x-retning: $cf.x_0 := 1.3$

$$q_{Dx} := cf.x_0 \cdot q_p \cdot h = \left[1.503\right] \frac{kN}{m}$$

y-retning: Vindkrefter på brudekket i y-retning for en fagverksbru skal hhv. 50 % av vindkreftene i x-retning.

[4: (NA.8.3.4(1))]

$$q_{Dy} := 0.50 \cdot q_{Dx} = \left[0.751\right] \frac{kN}{m}$$

z-retning: $cf.z := 0.9$ $b := 12.8 \text{ m}$

$$qDz := cf.z \cdot qp \cdot b = [6.764] \frac{kN}{m}$$

Eksentrisiteten av kraften i z-retning: $e := \frac{b}{4} = 3.2 \text{ m}$ [4: (8.3.3(5))]

Vindlast med trafikk:

Vindkasthastighet ved kjørebans høyeste punkt $Vp := 35 \frac{m}{s}$ [4: (NA.8.1(4))]

$$qp := Vp$$

$$Vm' := \frac{Vp}{\sqrt{(1 + 7 \cdot Iv)}} = 22.07631913 \frac{m}{s} \quad [4: (NA.4.8)]$$

$$Vb' := \frac{Vm'}{Cr \cdot C0} = 25.1225592 \frac{m}{s} \quad [4: (4.3)]$$

$$Vb.0' := \frac{Vb'}{cdir \cdot cseason \cdot calt \cdot cprob} = 25.1225592 \frac{m}{s} \quad [4: (NA.4(901.1))]$$

Velger $Vb.0 = 22 \text{ m/s}$ fordi $Vb.0' > Vb.0$

$$qp' := (1 + 7 \cdot Iv) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.25 \frac{kg}{m^3} \cdot (Vm')^2 = 0.765625 \frac{kN}{m^2}$$

Kraftfaktorer: $d := 2000 \text{ mm}$ (dybde til kjøretøy)

$$dtot' := d + 600 \text{ mm} = 2.6 \text{ m} \quad [4: (8.3.1(5) a)]$$

$$h' := dtot'$$

x-retning: $\frac{b}{dtot'} = 4.923$

Leser av kraftfaktor i x-retning av Figur 8.3: $cfx.0' := 1.1$ [4: Figur 8.3]

$$qDx := cfx.0' \cdot qp' \cdot h' = 2.19 \frac{kN}{m}$$

y-retning: Vindkrefter på brudekket i y-retning for en fagverksbru skal hhv. 50 % av vindkreftene i x-retning. [4: (NA.8.3.4(1))]

$$qDy := 0.50 \cdot qDx = 1.09484375 \frac{kN}{m}$$

z-retning: $cf.z := 0.9$ $b := 12.8 \text{ m}$

$$qDz := cf.z \cdot qp' \cdot b = 8.82 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Eksentrisiteten av kraften i z-retning: $e = 3.2 \text{ m}$ [4: (8.3.3(5))]

Termiske påvirkninger:

Bruoverbygning: Type 1 [5: (6.1.1(1))]

Termiske påvirkninger bør fastsettes ved hjelp av den jevnt fordelte temperaturandelen og temperaturdifferansen. [5: (6.1.2(1))]

$T_{max} \geq 36 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [5: (NA.A1)]

For fagværksbærere og platebærere i stål kan T_{max} reduseres med 3°C .

$$T_{max} := 33$$

$T_{min} := -40$ [5: (NA.6.1.3.1)]

Laveste og høyeste brutemperaturandel bør fastsettes fra Figur NA.6.1:

$$Te.max := T_{max} + 16 = 49$$

$$Te.min := T_{min} - 3 = -43$$

Finner den karakteristiske verdien for maks temperaturkontraksjons- og temperaturekspansjonsintervall:

$T_0 := 10$ [5: (NA.A.1(3))]

$$\Delta TN.con := T_0 - Te.min = 53$$

$$\Delta TN.exp := Te.max - T_0 = 39$$

Totalintervall: $\Delta TN := Te.max - Te.min = 92$

For lagere og ekspansjonsfuger:

[5: (NA.6.1.3.3(3))]

Jevnt fordelt brutemperatur for beregning av:

-Ekspansjon: $\Delta TN.exp + 20 = 59$

-Kontaksjon: $\Delta TN.con + 20 = 73$

Anbefalte verdier fra nasjonalt tillegg.

Temperaturdifferanser:

MERKNAD 2: verdier basert på et belegg med tykkelse på 50 mm.

$$\Delta TM_{heat} := 18$$

[5: Tabell 6.1]

$$\Delta TM_{cool} := 13$$

Samtidighet av jevnt fordelte temperaturandeler og temperaturdifferanser:

$$\omega_N := 0.35$$

$$\omega_M := 0.75$$

[5: (6.1.5)]

$$\Delta TM_{heat} + \omega_N \cdot \Delta TN_{exp} = 31.65$$

$$\Delta TM_{cool} + \omega_N \cdot \Delta TN_{con} = 31.55$$

[5: (6.3)]

$$\omega_M \cdot \Delta TM_{heat} + \Delta TN_{exp} = 52.5$$

$$\omega_M \cdot \Delta TM_{cool} + \Delta TN_{con} = 62.75$$

[5: (6.4)]

Under kapittel 6.1.5 blir det nevnt at den ugunstige virkningen bør velges. Med utgangspunkt i dette vil sistnevnte verdier som bruker uttrykk (6.4) bli brukt i analyse i SAP2000.

Lineære utvidelseskoeffisienter for aluminium og konstruksjonsstål:

$$\alpha_{T.A} := 24 \cdot 10^{-6} \text{ pr. } ^\circ\text{C}$$

[5: Tabell C.1]

$$\alpha_{T.S} := 12 \cdot 10^{-6} \text{ pr. } ^\circ\text{C}$$

Tar man utgangspunkt i totalintervallet vil man få et forhold mellom aluminium og stål tilsvarende 2:1.

$$alu := \alpha_{T.A} \cdot \Delta TN = 0.002208$$

$$stål := \alpha_{T.S} \cdot \Delta TN = 0.001104$$

$$Forhold := \frac{alu}{stål} = 2$$