



## LØSNINGSVEJLEDNING

# Beregningsopgave om bærende konstruktioner

### Opgaver med løsninger

1. **Find og marker på bilag nr. 1 den væg hvori det nye dørhul skal etableres.**

**Svar:** Væggen hvor det nye dørhul skal etableres, er markeret på efterfølgende bilag nr. 1.

2. **Spørg en ingeniør og forklar med ord hvad bøjningsmoment betyder. Skriv forklaringen ned.**

**Svar:**

Et bøjningsmoment fortæller hvor hårdt bjælken er påvirket, - f.eks. ift. en lodret linjelast som under opgave 3.

Hvis man f.eks. tager en lineal der ligger af på 2 klodser og med en finger presser linealen ned på midten, vil bøjningsmomentet være størst på midten. Dvs. bjælken er værst udsat på midten hvor bøjningsmomentet er størst.

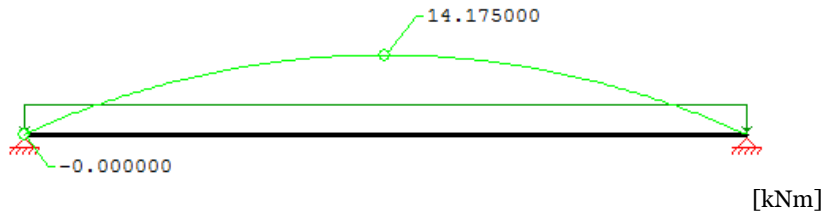
Ved ofte forekommende lastsituationer hvor den lodrette linjelast er jævnt fordelt, vil bøjningsmomentet således være størst på midten og blive mindre og mindre for at blive nul ved vederlagene. Se f.eks. momentkurven under opgave 4.

3. **Beregn bjælkens maksimale bøjningsmoment [ $M_{max}$ ] når den påvirkes af den ovenfor angivne lodrette linjelast  $q$  og længden  $l$ . Skriv dine beregninger for det maksimale bøjningsmoment ned.**

**Svar:**

|                  |                           |                                 |
|------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Spændvidde       | $l = 1.80\text{m}$        |                                 |
| Lodret linjelast | $q = 35.0 \text{ kN/m}$   |                                 |
| Bøjningsmoment   | $M_{max} = 1/8 * q * l^2$ | $M_{max} = 14.175 * \text{kNm}$ |

4. Tegn momentkurven for den belastede bjælke og marker hvor på kurven det under punkt 3 beregnede maksimale bøjningsmoment  $[M_{\max}]$  findes. Dvs. der hvor momentet er størst.



5. Beregn bjælkens reaktioner  $[R_A]$  og  $[R_B]$  på betonvæggen når bjælken med længden  $l$  påvirkes af den lodrette linjelast  $q$ . Skriv dine beregninger for reaktionerne ned.

**Svar:**

|                  |                        |                          |
|------------------|------------------------|--------------------------|
| Spændvidde       | $l = 1.80\text{m}$     |                          |
| Lodret linjelast | $q = 35.0\text{ kN/m}$ |                          |
| Reaktioner       | $R_A = 1/2 * q * l$    | $R_A = 31.5 * \text{kN}$ |
|                  | $R_B = R_A$            | $R_B = 31.5 * \text{kN}$ |

6. Find bjælkens inertimoment om bjælkens  $y$ -akse  $[I_y]$  og skriv det ned. Husk inertimomentets enheder  $\text{mm}^4$ . Du skal bruge det i næste opgave.

**Svar:**

|              |                                 |
|--------------|---------------------------------|
| Inertimoment | $I_y = 8.64 * 10^6 \text{mm}^4$ |
|--------------|---------------------------------|

7. Find bjælkens nedbøjning  $[u_{\max}]$ . Nedbøjning angives i mm.

**Svar:**

|                   |   |                              |
|-------------------|---|------------------------------|
| Bjælketype        | HE120B  |                              |
| Spændvidde        | $l = 1.80\text{m}$                                    |                              |
| Lodret linjelast  | $q = 35.0\text{ kN/m}$                                |                              |
| Elasticitetsmodul | $E = 2.10 * 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$        |                              |
| Inertimoment      | $I_y = 8.64 * 10^6 \text{mm}^4$                       |                              |
| Nedbøjning        | $u_{\max} := \frac{5}{384} * \frac{q * l^4}{E * I_y}$ | $u_{\max} = 2.6 * \text{mm}$ |

8. Lav et beregningsprogram i Microsoft Excel der kan kontrollere dine resultater for hhv. bøjningsmomentet [ $M_{\max}$ ], reaktionerne [ $R_A$  og  $R_B$ ] og nedbøjningen [ $u_{\max}$ ].

**Svar:**

|                    |                               |  |
|--------------------|-------------------------------|--|
| Bjælketype: HE120B |                               |  |
| Elasticitetsmodul  | $E = 2,10E+05 \text{ N/mm}^2$ |  |
| Inertimoment       | $I_y = 8,64E+06 \text{ mm}^4$ |  |
| Spændvidde         | $l = 1,8 \text{ m}$           |  |
| Lodret linielast   | $q = 35 \text{ kN/m}$         | <b>Formler:</b>  |
| Bøjningmoment      | $M_{\max} = 14,2 \text{ kNm}$ | $= 1/8 \times 35 \text{ kN/m} \times (1,8 \text{ m})^2$  |
| Reaktioner         | $R_A = R_B = 31,5 \text{ kN}$ | $= 0,5 \times 1,8 \text{ m} \times 35 \text{ kN/m}$  |
| Nedbøjning         | $u_{\max} = 2,6 \text{ mm}$   | $= (5/384) \times (35 \text{ kN/m} \times (1,8 \text{ m} \times 10^3)^4) / (210000 \text{ N/mm}^2 \times 8.64E+06 \text{ mm}^4)$ |

- Lav et nyt beregningsprogram i MathCAD der kan kontrollere dine resultater for hhv. bøjningsmomentet [ $M_{\max}$ ], reaktionerne [ $R_A$  og  $R_B$ ] og nedbøjningen [ $u_{\max}$ ].

**Svar:**

|                   |   |                                   |
|-------------------|---|-----------------------------------|
| Bjælketype        | HE120B  |                                   |
| Elasticitetsmodul | $E := 2.10 * 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$       |                                   |
| Inertimoment      | $I_y := 8.64 * 10^6 \text{mm}^4$                      |                                   |
| Spændvidde        | $l := 1.80 \text{m}$                                  |                                   |
| Lodret linjelast  | $q := 35.0 \text{ kN/m}$                              |                                   |
| Bøjningsmoment    | $M_{\max} := 1/8 * q * l^2$                           | $M_{\max} := 14.175 * \text{kNm}$ |
| Reaktioner        | $R_A := 1/2 * q * l$                                  | $R_A := 31.5 * \text{kN}$         |
|                   | $R_B := R_A$  | $R_B := 31.5 * \text{kN}$         |
| Nedbøjning        | $u_{\max} := \frac{5}{384} * \frac{q * l^4}{E * I_y}$ | $u_{\max} = 2.6 * \text{mm}$      |

9. Find og marker på bilag nr. 1 den væg hvori det nye dørhul skal etableres.

**Svar:** Væggen hvor det nye dørhul skal etableres er markeret på efterfølgende bilag nr. 1.

10. Find bjælkens maksimale bøjningsmoment  $[M_{\max}]$ , reaktionerne  $[R_A]$  og  $[R_B]$  og nedbøjningen  $[u_{\max}]$  når den påvirkes af den lodrette linjelast  $q$  og har længden  $l$ . Brug dit beregningsprogram i Microsoft Excel.

**Svar:**

|                    |                               |  |
|--------------------|-------------------------------|--|
| Bjælketype: HE140B |                               |  |
| Elasticitetsmodul  | $E = 2,10E+05 \text{ N/mm}^2$ |  |
| Inertimoment       | $I_y = 1,51E+07 \text{ mm}^4$ |  |
| Spændvidde         | $l = 2,2 \text{ m}$           |  |
| Lodret linielast   | $q = 25 \text{ kN/m}$         | <b>Formler:</b>  |
| Bøjningsmoment     | $M_{\max} = 15,1 \text{ kNm}$ | $= 1/8 \times 25 \text{ kN/m} \times (2,2 \text{ m})^2$  |
| Reaktioner         | $R_A = R_B = 27,5 \text{ kN}$ | $= 0,5 \times 2,2 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}$  |
| Nedbøjning         | $u_{\max} = 2,4 \text{ mm}$   | $= (5/384) \times (25 \text{ kN/m} \times (2,2 \text{ m} \times 10^3)^4) / (210000 \text{ N/mm}^2 \times 15,1E+06 \text{ mm}^4)$ |

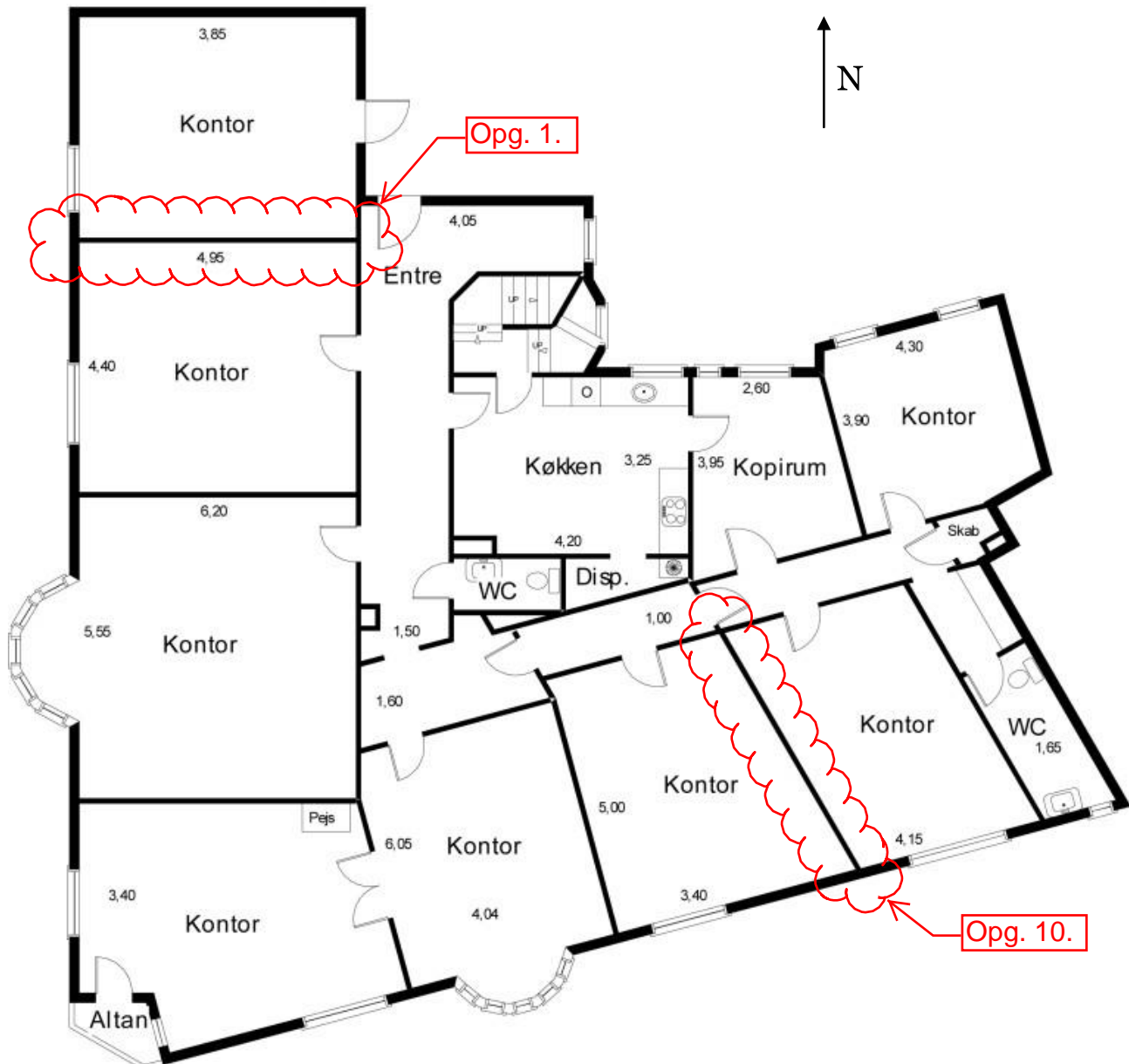
11. Find bjælkens maksimale bøjningsmoment  $[M_{\max}]$ , reaktionerne  $[R_A]$  og  $[R_B]$  og nedbøjningen  $[u_{\max}]$  når den påvirkes af den lodrette linjelast  $q$  og længden  $l$ . Brug dit beregningsprogram i MathCAD.

**Svar:**

|                   |   |                                 |
|-------------------|---|---------------------------------|
| Bjælketype        | HE140B  |                                 |
| Elasticitetsmodul | $E := 2.10 * 10^5 \frac{N}{mm^2}$                     |                                 |
| Inertimoment      | $I_y := 15.10 * 10^6 mm^4$                            |                                 |
| Spændvidde        | $l := 2.20m$  |                                 |
| Lodret linjelast  | $q := 25.0 \text{ kN/m}$                              |                                 |
| Bøjningsmoment    | $M_{\max} := 1/8 * q * l^2$                           | $M_{\max} := 15.1 * \text{kNm}$ |
| Reaktioner        | $R_A := 1/2 * q * l$                                  | $R_A := 27.5 * \text{kN}$       |
|                   | $R_B := R_A$  | $R_B := 27.5 * \text{kN}$       |
| Nedbøjning        | $u_{\max} := \frac{5}{384} * \frac{q * l^4}{E * I_y}$ | $u_{\max} = 2.4 * mm$           |

## BILAG 1

Etageplan over Juhl & Partners kontorlokaler.



Tegningen er i 1:100, dvs. 1 cm svarer til 100 cm i virkeligheden