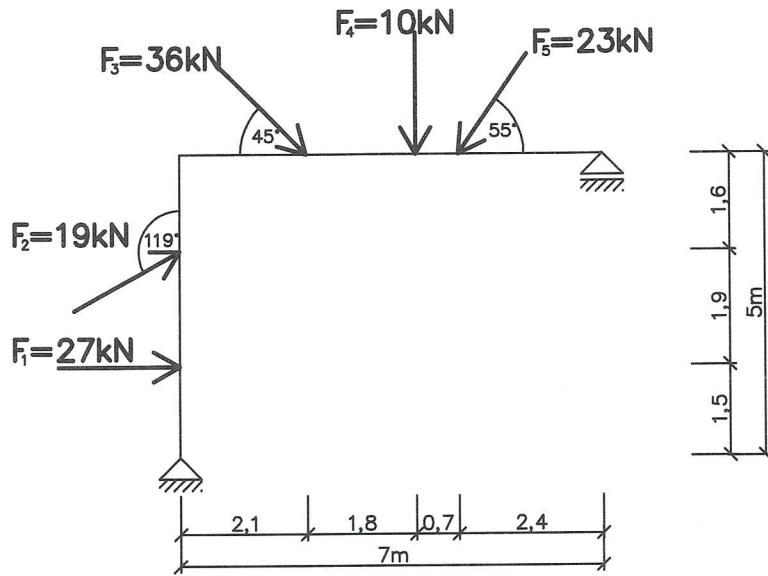
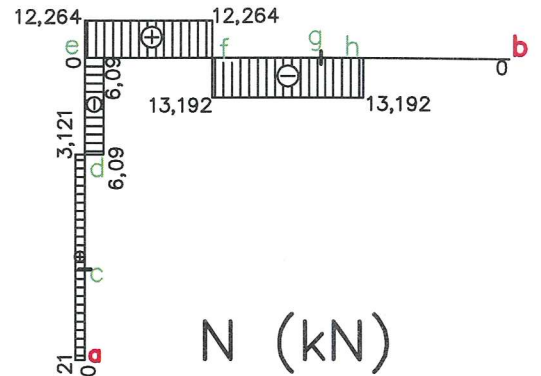
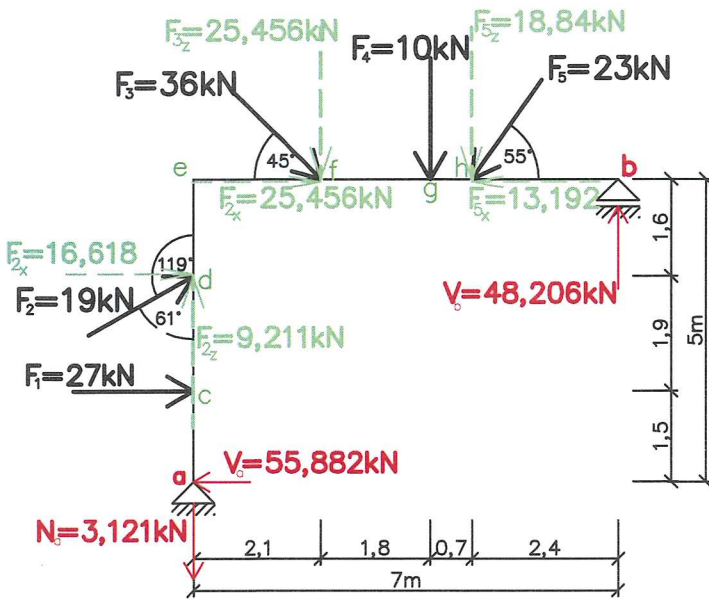


1.3.2 Lomený nosník zatížený osamělými břemeny

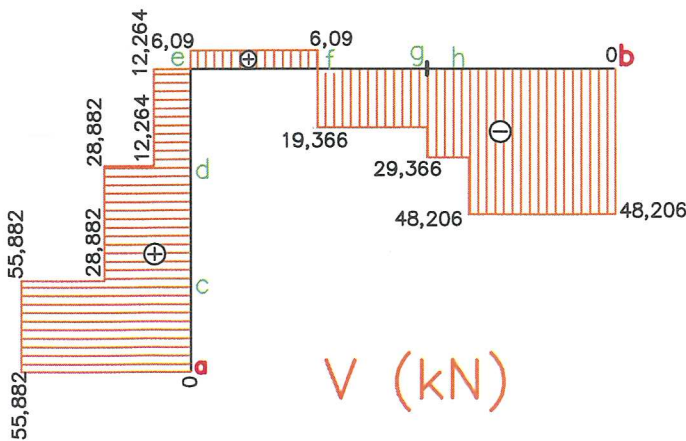
ZADÁNÍ



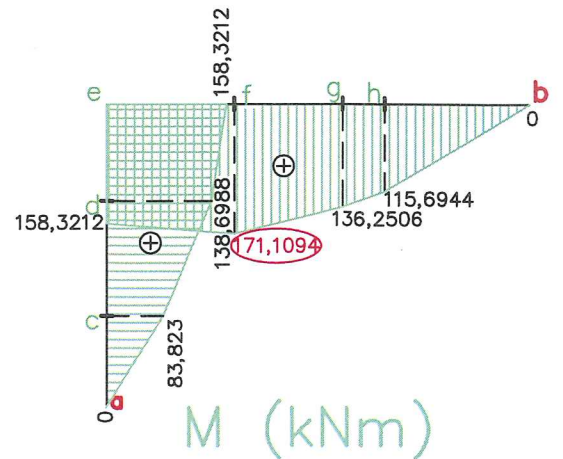
ŘEŠENÍ



N (kN)



V (kN)



M (kNm)

## POSTUP K ŘEŠENÍ:

### A/ VYŘEŠÍME REAKCE

1) Rozložení šikmých sil

$$F_2 \begin{cases} F_{2x} = F_2 \cdot \sin 61^\circ = 19 \cdot \sin 61^\circ = \underline{16,681 \text{ kN}} \\ F_{2z} = F_2 \cdot \cos 61^\circ = 19 \cdot \cos 61^\circ = \underline{9,211 \text{ kN}} \end{cases}$$

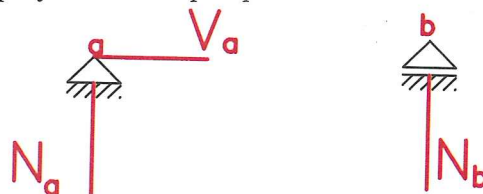
$$F_3 \begin{cases} F_{3x} = F_3 \cdot \cos 45^\circ = 36 \cdot \cos 45^\circ = \underline{25,456 \text{ kN}} \\ F_{3z} = F_3 \cdot \sin 45^\circ = 36 \cdot \sin 45^\circ = \underline{25,456 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$F_5 \begin{cases} F_{5x} = F_5 \cdot \cos 55^\circ = 23 \cdot \cos 55^\circ = \underline{13,192 \text{ kN}} \\ F_{5z} = F_5 \cdot \sin 55^\circ = 23 \cdot \sin 55^\circ = \underline{18,84 \text{ kN}} \end{cases}$$

2) Výpočet reakcí

a) Označíme podpory **a**, **b**.

b) Podle typu podpory naznačíme předpokládané reakce.



c) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **a** vypočítáme reakci **V<sub>b</sub>**.

$$\sum_{i=1}^n M_{ai} = 0 \quad \begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$$

$$F_1 \cdot 1,5 + F_{2x} \cdot 3,4 + F_{3x} \cdot 5 + F_{3z} \cdot 2,1 + F_4 \cdot 3,9 + F_{5z} \cdot 4,6 - F_{5x} \cdot 5 + V_b \cdot 7 = 0$$

$$27 \cdot 1,5 + 16,618 \cdot 3,4 + 25,456 \cdot 5 + 25,456 \cdot 2,1 + 10 \cdot 3,9 + 18,84 \cdot 4,6 - 13,192 \cdot 5 + V_b \cdot 7 = 0$$

$$V_b \cdot 7 = -337,4428$$

$$V_b = \underline{-48,206 \text{ kN}} \quad \curvearrowright$$

d) Pomocí silové podmínky do osy **z** vypočítáme reakci **N<sub>a</sub>**.

$$\sum_{i=1}^n F_{zi} = 0 \quad \begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$$

$$N_a + F_{2z} - F_{3z} - F_4 - F_{5z} + V_b = 0$$

$$N_a + 9,211 - 25,456 - 10 - 18,84 + 48,206 = 0$$

$$N_a = \underline{-3,121 \text{ kN}} \downarrow$$

e) Pomocí silové podmínky do osy x vypočítáme reakci  $V_a$ .

$$\sum_{i=1}^n F_{xi} = 0 \quad \begin{array}{c} - \\ \leftarrow + \rightarrow \\ + \end{array}$$

$$V_a + F_1 + F_2 + F_{3x} - F_{5x} = 0$$

$$V_a + 27 + 16,618 + 25,456 - 13,192 = 0$$

$$V_a = \underline{-55,882 \text{ kN}} \leftarrow$$

f) Pomocí momentové podmínky k bodu f si zkontrolujeme, zda máme reakce vypočítané správně.

$$\sum_{i=1}^n M_{fi} = 0 \quad \begin{array}{c} + \\ \curvearrowright \\ - \\ \curvearrowleft \end{array}$$

$$-N_a \cdot 2,1 - V_a \cdot 5 - F_1 \cdot 3,5 - F_{2x} \cdot 1,6 + F_{2z} \cdot 2,1 + F_4 \cdot 1,8 + F_{5z} \cdot 2,5 - V_b \cdot 4,9 = 0$$

$$-3,121 \cdot 2,1 + 55,882 \cdot 5 - 27 \cdot 3,5 - 16,618 \cdot 1,6 + 9,211 \cdot 2,1 + 10 \cdot 1,8 + 18,84 \cdot 2,5 - 48,206 \cdot 4,9 = 0$$

$$\underline{0,0008 = 0} \quad \checkmark$$

## B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

1) Průběh normálových sil na nosníku (znaménková konvence  $\leftarrow \oplus \rightarrow$ )

Mezi dvěma osamělými břemeny je vždy konstantní průběh. V působišti osamělého břemena se vždy tento průběh mění skokem právě o hodnotu této normálové síly.

SVISLÉ RAMENO:

v bodě a:  $N_a^L = N_a = \underline{3,121 \text{ kN}}$

v bodě c:  $N_c^L = N_a^L = \underline{3,121 \text{ kN}}$

v bodě d:  $N_d^L = N_c^L - F_{2z} = 3,121 - 9,211 = \underline{-6,09 \text{ kN}}$

v bodě e:  $N_e^L = N_d^L = \underline{-6,09 \text{ kN}}$

VODOROVNÉ RAMENO:

v bodě e:  $N_d^L = V_a - F_1 - F_{2x} = 55,882 - 27 - 16,618 = \underline{12,264 \text{ kN}}$

v bodě f:  $N_f^L = N_e^L - F_{3x} = 12,264 - 25,456 = \underline{-13,192 \text{ kN}}$

v bodě g:  $N_g^L = N_f^L = \underline{-13,192 \text{ kN}}$

v bodě h:  $N_h^L = N_g^L - F_{5x} = -13,192 + 13,192 = \underline{0}$

v bodě b:  $N_b^L = N_h^L = \underline{0}$

2) Průběh posouvajících sil na nosníku (znaménková konvence  $\uparrow \oplus$ )

Mezi dvěma osamělými břemeny je vždy konstantní průběh. V působišti osamělého břemena se vždy tento průběh mění skokem právě o hodnotu této posouvající síly.

SVISLÉ RAMENO:

v bodě a:  $V_a^L = V_a = \underline{55,882 \text{ kN}}$

v bodě c:  $V_c^L = V_a^L - F_1 = 55,882 - 27 = \underline{28,882 \text{ kN}}$

v bodě d:  $V_d^L = V_c^L - F_{2x} = 28,882 - 16,618 = \underline{12,264 \text{ kN}}$

v bodě e:  $V_e^L = V_d^L = \underline{12,264 \text{ kN}}$

VODOROVNÉ RAMENO:

$$\text{v bodě e: } V_e^L = -N_a + F_{2z} = -3,121 + 9,211 = \underline{6,09 \text{ kN}}$$

$$\text{v bodě f: } V_f^L = V_e^L - F_{2x} = 6,09 - 25,456 = \underline{-19,366 \text{ kN}}$$

$$\text{v bodě g: } V_g^L = V_f^L - F_4 = -19,366 - 10 = \underline{-29,366 \text{ kN}}$$

$$\text{v bodě h: } V_h^L = V_g^L - F_{5z} = -29,366 - 18,84 = \underline{-48,206 \text{ kN}}$$

$$\text{v bodě b: } V_b^L = V_h^L + V_b = -48,206 + 48,206 = \underline{0}$$

- 3) Průběh ohybových momentů na nosníku (znaménková konvence )

Mezi dvěma osamělými břemeny je vždy lineární průběh (křivka 1. stupně). V působišti osamělého břemena se průběh lomí.

$$\text{v bodě a: } M_a^L = \underline{0}$$

$$\text{v bodě c: } M_c^L = V_a \cdot 1,5 = 55,882 \cdot 1,5 = \underline{83,823 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě d: } M_d^L = V_a \cdot 3,4 - F_1 \cdot 1,9 = 55,882 \cdot 3,4 - 27 \cdot 1,9 = \underline{138,6988 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě e: } M_e^L = V_a \cdot 5 - F_1 \cdot 3,5 - F_{2x} \cdot 1,6 = 55,882 \cdot 5 - 27 \cdot 3,5 - 16,618 \cdot 1,6 = \underline{158,3212 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě f: } M_f^P = V_b \cdot 4,9 - F_{5z} \cdot 2,5 - F_4 \cdot 1,8 = 48,206 \cdot 4,9 - 18,84 \cdot 2,5 - 10 \cdot 1,8 = \underline{171,1094 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě g: } M_g^P = V_b \cdot 3,1 - F_{5z} \cdot 0,7 = 48,206 \cdot 3,1 - 18,84 \cdot 0,7 = \underline{136,2506 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě h: } M_h^P = V_b \cdot 2,4 = 48,206 \cdot 2,4 = \underline{115,6944 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě b: } M_b^P = \underline{0}$$

**Poznámka:** NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě **f**, kde je maximální ohybový moment o velikosti 171,1094 kNm.