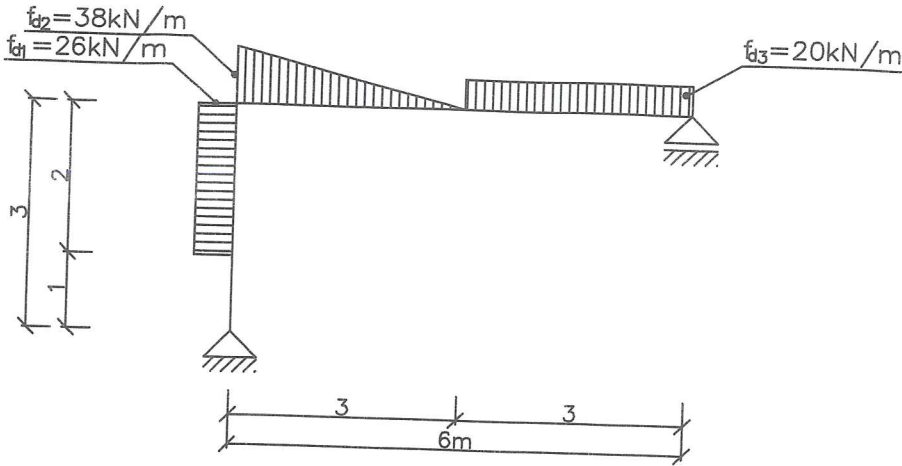
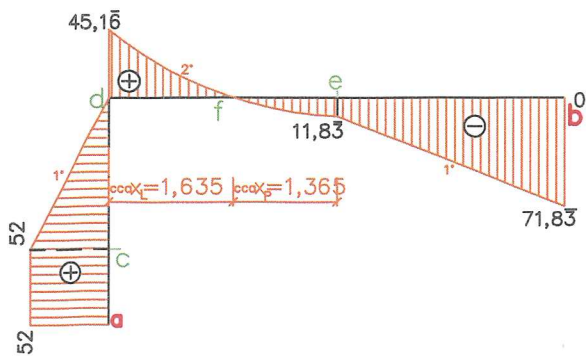
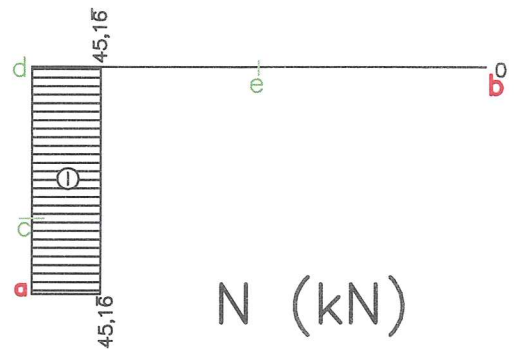
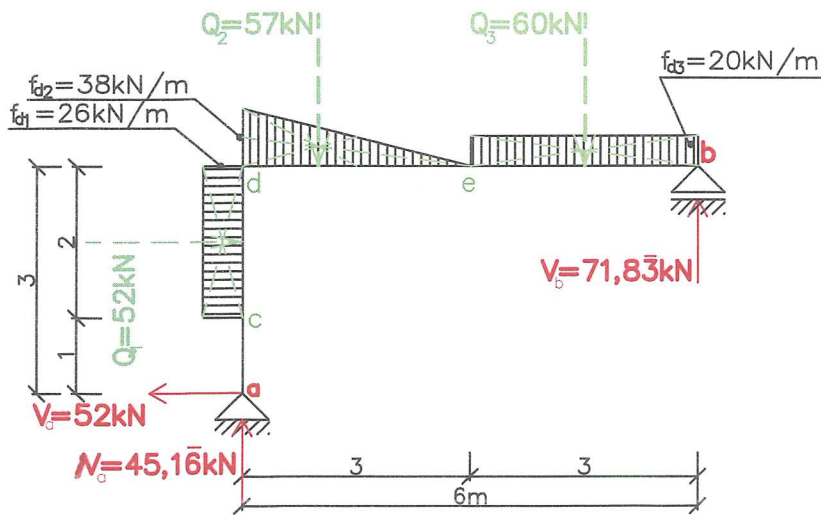


2.3.2 Lomený nosník zatížený rovnoměrným spojitým zatížením

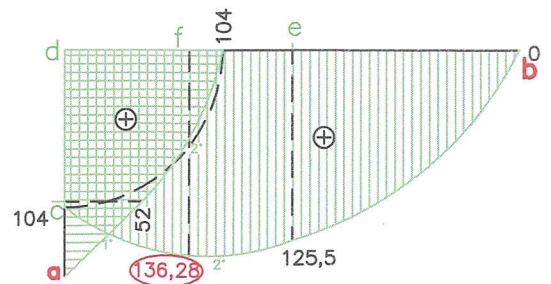
ZADÁNÍ



ŘEŠENÍ



$V \text{ (kN)}$

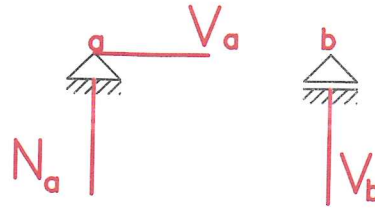


$M \text{ (kNm)}$

POSTUP K ŘEŠENÍ:

A/ VYŘEŠÍME REAKCE

- 1) Označíme podpory **a** a **b** + další zajímavé místa **c, d, e**
- 2) Naznačíme průběh reakcí podle typu podpory



- 3) Vypočítáme náhradní břemena

$$Q_1 = f_{d1} \cdot l_1 = 26 \cdot 2 = 52 \text{ kN}$$
$$Q_2 = \frac{1}{2} \cdot f_{d2} \cdot l_2 = \frac{1}{2} \cdot 38 \cdot 3 = 57 \text{ kN}$$
$$Q_3 = f_{d3} \cdot l_3 = 20 \cdot 3 = 60 \text{ kN}$$

- 4) Vypočítáme reakce

a) Pomocí silové podmínky do osy **x** vypočítáme reakci **V_a**.

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

$$V_a + Q_1 = 0$$

$$V_a + 52 = 0$$

$$V_a = \underline{\underline{-52 \text{ kN}}} \leftarrow$$

b) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **a** vypočítáme reakci **V_b**

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

$$Q_1 \cdot 2 + Q_2 \cdot 1 + Q_3 \cdot 4,5 + V_b \cdot 6 = 0$$

$$52 \cdot 2 + 57 \cdot 1 + 60 \cdot 4,5 + V_b \cdot 6 = 0$$

$$V_b \cdot 6 = -431$$

$$V_b = \underline{\underline{-71,83 \text{ kN}}} \quad \curvearrowright$$

c) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **b** vypočítáme reakci **N_a**.

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

$$N_a \cdot 6 + V_a \cdot 3 - Q_1 \cdot 1 - Q_2 \cdot 5 - Q_3 \cdot 1,5 = 0$$

$$N_a \cdot 6 + 52 \cdot 3 - 52 \cdot 1 - 57 \cdot 5 - 60 \cdot 1,5 = 0$$

$$N_a \cdot 6 = 271$$

$$N_a = \underline{\underline{45,16 \text{ kN}}} \quad \curvearrowright$$

d) Pomocí silové podmínky do osy **z** si ověříme, že máme reakce vypočítány správně.

$$\sum_{i=1}^n F_{zi} = 0$$



$$N_a - Q_2 - Q_3 - V_b = 0$$

$$45,1\bar{6} - 57 - 60 + 71,8\bar{3} = 0$$

$$0 = 0 \quad \checkmark$$

B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

- 1) Průběh normálových sil na nosníku (znaménková konvence)

!Podélná osa nosníku se po délce mění a tím se mění i vnímání normálových sil!

- Průběh od bodu **a** do bodu **d** je konstantní, protože jde o průběh mezi „osamělými“ břemeny.
- Průběh od bodu **d** do bodu **b** je nulový, protože zde nepůsobí žádná normálová síla.

SVISLÉ RAMENO:

v bodě **a**: $N_a^L = N_a = -45,1\bar{6} \text{ kN}$

v bodě **c**: $N_c^L = N_a^L = -45,1\bar{6} \text{ kN}$

v bodě **d**: $N_d^L = N_c^L = -45,1\bar{6} \text{ kN}$

VODOROVNÉ RAMENO:

v bodě **b**: $N_b^P = 0$

v bodě **e**: $N_e^P = N_b^P = 0$

v bodě **d**: $N_d^P = N_e^P = 0$



- 2) Průběh posouvajících sil na nosníku (znaménková konvence)

!Podélná osa nosníku se mění po délce a tím se mění vnímání posouvajících sil!

- Průběh od bodu **a** do bodu **c** je konstantní, protože jde o průběh mezi dvěma osamělými břemeny (resp. mezi osamělým břemenem a začátkem spojitěho zatížení, mezi kterými nepůsobí žádné síly ani jiná zatížení).
- Průběh od bodu **c** do bodu **d** je lineární (křivka 1°), protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení.
- Průběh od bodu **d** do bodu **e** je křivka 2°, protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho trojúhelníkového zatížení.
- Průběh od bodu **e** do bodu **b** je lineární (křivka 1°), protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení.

SVISLÉ RAMENO

v bodě **a**: $V_a^L = V_a = 52 \text{ kN}$

v bodě **c**: $V_c^L = V_a^L = 52 \text{ kN}$

v bodě **d**: $V_d^L = V_c^L - Q_1 = 52 - 52 = 0$

VODOROVNÉ RAMENO:

v bodě **d**: $V_d^L = N_a = 45,1\bar{6} \text{ kN}$

v bodě **e**: $V_e^L = V_d^L - Q_2 = 45,1\bar{6} - 57 = -11,8\bar{3} \text{ kN}$

v bodě **b**: $V_b^L = V_e^L - Q_3 = -11,8\bar{3} - 60 = -71,8\bar{3} \text{ kN}$

Z průběhu posouvajících sil je pravděpodobné, že mezi bodem **d** a **e** se bude vyskytovat nebezpečný průřez, proto určíme jeho polohu a místo označíme jako průřez **f**.

Vzdálenost můžeme určit buď od bodu **d** (označíme x_L) nebo do bodu **e** (označíme x_P).

$$x_L = \text{cca } 1,635 \text{ m}$$

$$x_P = \text{cca } 1,365 \text{ m}$$

Místo nebezpečného průřezu označíme **f**.

Určíme náhradní břemeno zprava (výhodnější), tj. spojitěho rovnoměrného zatížení od bodu **f** do **e**, které označíme např. Q_P . To budeme potřebovat pro výpočet maximálního ohybového momentu v nebezpečném průřezu.

Velikost výpočtového spojitěho zatížení v bodě **f**:

$$f_{df} = (f_{d2}/l_2) \cdot x_P = (38/3) \cdot 1,365 = 17,29 \text{ kN/m}$$

$$Q_P = \frac{1}{2} \cdot f_{df} \cdot x_{LP} = \frac{1}{2} \cdot 17,29 \cdot 1,365 = 11,8 \text{ kN}$$

3) Průběh ohybových momentů na nosníku (znaménková konvence )

- Průběh od bodu **a** do bodu **c** je lineární (křivka 1°), protože jde o průběh mezi dvěma osamělými břemeny (resp. mezi osamělým břemenem a začátkem spojitěho zatížení, mezi kterými nepůsobí žádné síly ani jiná zatížení).
- Průběh od bodu **c** do bodu **d** je křivka 2°, protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení.
- Průběh od bodu **d** do bodu **e** je křivka 3°, protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho trojúhelníkového zatížení. V bodě označeném jako **f** je vrchol této křivky.
- Průběh od bodu **e** do bodu **b** křivka 2°, protože jde o průběh mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení.

$$\text{v bodě a: } M_a^L = 0$$

$$\text{v bodě c: } M_c^L = V_a \cdot 1 = 52 \cdot 1 = \underline{52 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě d: } M_d^L = V_a \cdot 3 - Q_1 \cdot 1 = 52 \cdot 3 - 52 \cdot 1 = \underline{104 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě f: } M_f^P = V_b \cdot 4,365 - Q_3 \cdot 2 - Q_P \cdot 0,455 = 71,8\bar{3} \cdot 4,365 - 60 \cdot 2,865 - 11,8 \cdot 0,455 = \underline{136,28 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě e: } M_e^P = V_b \cdot 3 - Q_3 \cdot 1,5 = 71,8\bar{3} \cdot 3 - 60 \cdot 1,5 = \underline{125,5 \text{ kNm}}$$

$$\text{v bodě b: } M_b^P = 0$$

Poznámka: NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě **f**, kde je maximální ohybový moment o velikosti 136,28 kNm.