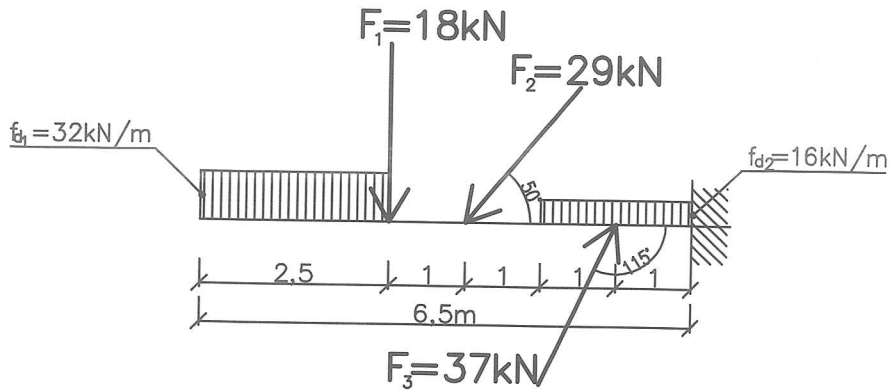
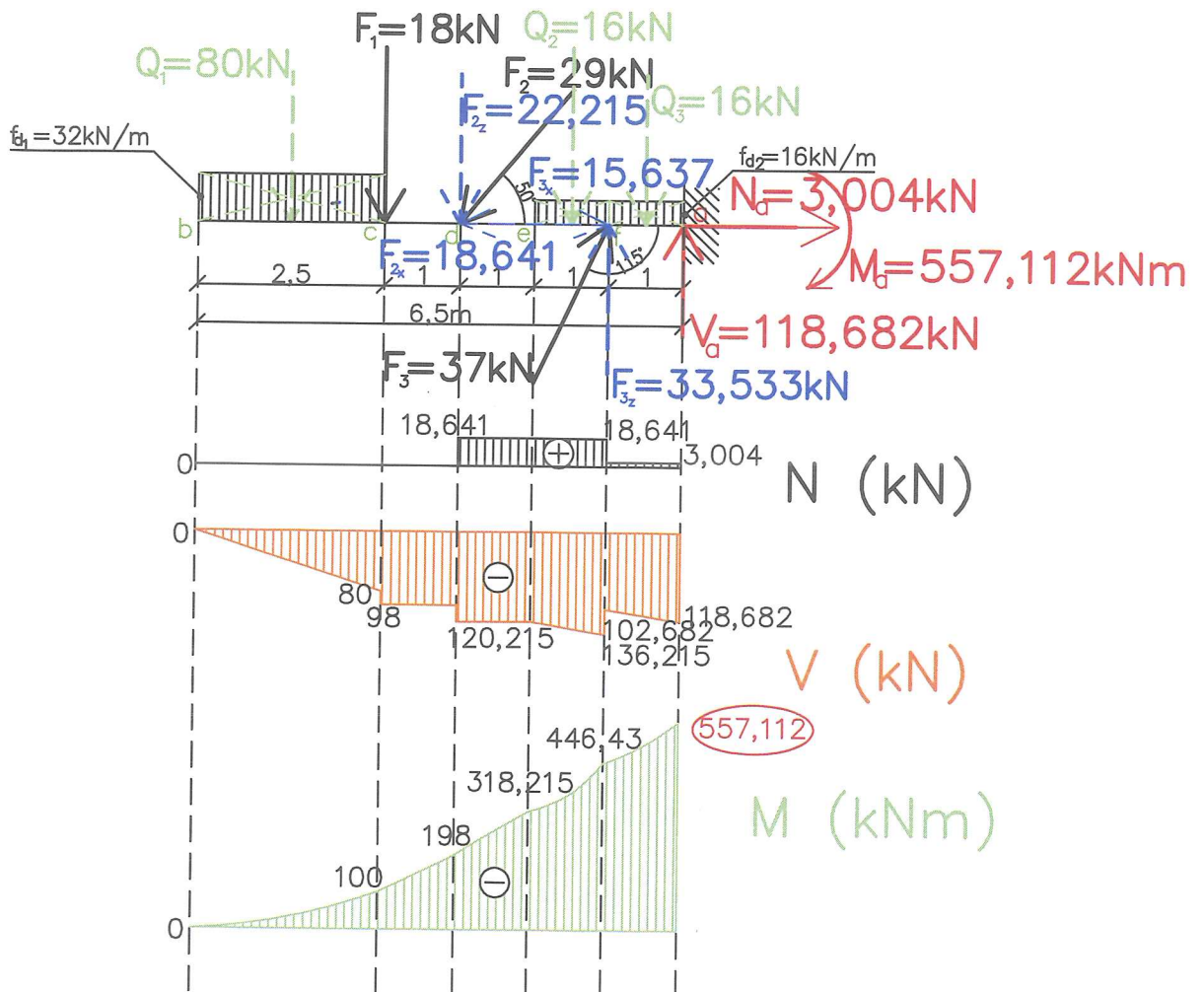


3.2.2 Konzola zatížená kombinovaným zatížením

ZADÁNÍ



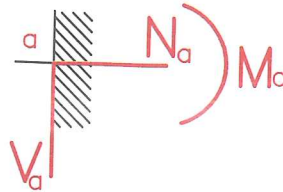
ŘEŠENÍ



POSTUP K ŘEŠENÍ:

A/ VYŘEŠÍME REAKCE

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



- 3) Rozložení šikmých sil

$$\begin{aligned}
 F_{2x} &= F_2 \cdot \cos 50^\circ = 29 \cdot \cos 50^\circ = \underline{18,641 \text{ kN}} \\
 F_{2z} &= F_2 \cdot \sin 50^\circ = 29 \cdot \sin 50^\circ = \underline{22,215 \text{ kN}} \\
 F_{3x} &= F_3 \cdot \cos 65^\circ = 37 \cdot \cos 65^\circ = \underline{15,637 \text{ kN}} \\
 F_{3z} &= F_3 \cdot \sin 65^\circ = 37 \cdot \sin 65^\circ = \underline{33,533 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

- 4) Výpočet náhradních břemen

$$Q_1 = f_{d1} \cdot l_1 = 32 \cdot 2,5 = 80 \text{ kN}$$

$$Q_2 = Q_3 = f_{d2} \cdot l_2 = 16 \cdot 1 = 16 \text{ kN}$$

- 5) Vypočítáme reakce

- a) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy **x** vypočítáme reakci **N_a**.

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

$$\begin{aligned}
 -F_{2x} + F_{3x} + N_a &= 0 \\
 -18,641 + 15,637 + N_a &= 0 \\
 N_a &= \underline{3,004 \text{ kN}} \rightarrow
 \end{aligned}$$

- b) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy **z** vypočítáme reakci **V_a**.

$$\sum_{i=1}^n F_{zi} = 0 \quad \begin{array}{c} \uparrow + \\ \downarrow - \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 -Q_1 - F_1 - F_{2z} - Q_2 + F_{3z} - Q_3 + V_a &= 0 \\
 -80 - 18 - 22,215 - 16 + 33,533 - 16 + V_a &= 0 \\
 V_a &= \underline{118,682 \text{ kN}} \uparrow
 \end{aligned}$$

- c) Reakci **M_a** je možno také určit pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **a**.

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

$$\begin{aligned}
 -Q_1 \cdot 5,25 - F_1 \cdot 4 - F_{2z} \cdot 3 - Q_2 \cdot 1,5 + F_{3z} \cdot 1 - Q_3 \cdot 0,5 + M_a &= 0 \\
 -80 \cdot 5,25 - 18 \cdot 4 - 22,215 \cdot 3 - 16 \cdot 1,5 + 33,533 \cdot 1 - 16 \cdot 0,5 + M_a &= 0
 \end{aligned}$$

$$M_a = \underline{557,112 \text{ kNm}} \quad \curvearrowright$$


- d) Správnost výpočtu lze ověřit pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **b**.

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

$$\begin{aligned}
 Q_1 \cdot 1,25 + F_1 \cdot 2,5 + F_{2z} \cdot 3,5 + Q_2 \cdot 5 - F_{3z} \cdot 5,5 + Q_3 \cdot 6 + M_a - V_a \cdot 6,5 &= 0 \\
 80 \cdot 1,25 + 18 \cdot 2,5 + 22,215 \cdot 3,5 + 16 \cdot 5 - 33,533 \cdot 5,5 + 16 \cdot 6 + 557,112 - 118,682 \cdot 6,5 &= 0
 \end{aligned}$$

$$0 = 0 \quad \checkmark$$

B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

- 1) Výpočet průběhu normálových sil (znaménková konvence )
 - Mezi jednotlivými působišti normálových sil d a a je konstantní průběh, který se mění vždy skokem v působišti nové síly a to právě o hodnotu této normálové síly.

v bodě b: $N_b^L = 0$

v bodě c: $N_c^L = 0$

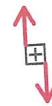
v bodě d: $N_d^L = F_{2x} = 18,641 \text{ kN}$


v bodě e: $N_e^L = N_d^L = 18,641 \text{ kN}$

v bodě f: $N_f^L = N_e^L - F_{3x} = 18,641 - 15,637 = 3,004 \text{ kN}$

v bodě a: $N_a^L = N_f^L = 3,004 \text{ kN}$

$$N_a^{L'} = N_a^L - N_a = 3,004 - 3,004 = 0$$



- 2) Výpočet průběhu posouvajících sil (znaménková konvence )
 - Z bodu b do bodu c je průběh křivka 1.stupně a mění se o velikost náhradního břemena Q_1 .
 - V bodě c dojde v průběhu ke skoku a to o velikost síly F_1 .
 - Z bodu c do bodu d je průběh konstantní.
 - V bodě d dojde v průběhu ke skoku a to o velikost síly F_{2z} .
 - Z bodu d do bodu e je průběh konstantní.
 - Z bodu e do bodu f je průběh křivka 1.stupně a mění se o velikost náhradního břemena Q_2 .
 - V bodě f dojde v průběhu ke skoku a to o velikost síly F_{3z} .
 - Z bodu f do bodu a je průběh křivka 1.stupně a mění se o velikost náhradního břemena Q_3 .

v bodě b: $V_b^L = 0$

v bodě c: $V_c^L = V_b^L - Q_1 = 0 - 80 = -80 \text{ kN}$

$$V_c^{L'} = V_c^L - F_1 = -80 - 18 = -98 \text{ kN}$$

v bodě d: $V_d^L = V_c^{L'} = -98 \text{ kN}$

$$V_d^{L'} = V_d^L - F_{2z} = -98 - 22,215 = -120,215 \text{ kN}$$

v bodě e: $V_e^L = V_d^{L'} = -120,215 \text{ kN}$


v bodě f: $V_f^L = V_e^L - Q_2 = -120,215 - 16 = -136,215 \text{ kN}$

$$V_f^{L'} = V_f^L + F_{3z} = -136,215 + 33,533 = -102,682 \text{ kN}$$

v bodě a: $V_a^L = V_f^{L'} - Q_3 = -102,682 - 16 = -118,682 \text{ kN}$

$$V_a^{L'} = V_a^L + V_a = -118,682 + 118,682 = 0$$



- 3) Výpočet průběhu ohybových momentů (znaménková konvence )
 - Z bodu b do bodu c je průběh křivka 2.stupně, v bodě c dojde ke zlomu.
 - Z bodu c do bodu d je křivka 1.stupně, v bodě d dojde ke zlomu.
 - Z bodu d do bodu e je křivka 1.stupně, v bodě e dojde ke zlomu.
 - Z bodu e do bodu f je průběh křivka 2.stupně, v bodě f dojde ke zlomu.
 - Z bodu f do bodu a je průběh křivka 2.stupně.

v bodě b: $M_b^L = 0$

v bodě c: $M_c^L = -Q_1 \cdot 1,25 = -80 \cdot 1,25 = -100 \text{ kNm}$

v bodě d: $M_d^L = -Q_1 \cdot 2,25 - F_1 \cdot 1 = -80 \cdot 2,25 - 18 \cdot 1 = -198 \text{ kNm}$

v bodě e: $M_e^L = -Q_1 \cdot 3,25 - F_1 \cdot 2 - F_{2z} \cdot 1 = -80 \cdot 3,25 - 18 \cdot 2 - 22,215 \cdot 1 = -318,215 \text{ kNm}$

v bodě f: $M_f^P = -M_a + V_a \cdot 1 - Q_3 \cdot 0,5 = -557,112 + 118,682 \cdot 1 - 16 \cdot 0,5 = -446,43 \text{ kNm}$

v bodě a: $M_a^P = -M_a = -557,112 \text{ kNm}$

Poznámka: NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě a , tzn. že ohybový moment má v tomto místě maximální hodnotu o velikost $557,112 \text{ kNm}$.