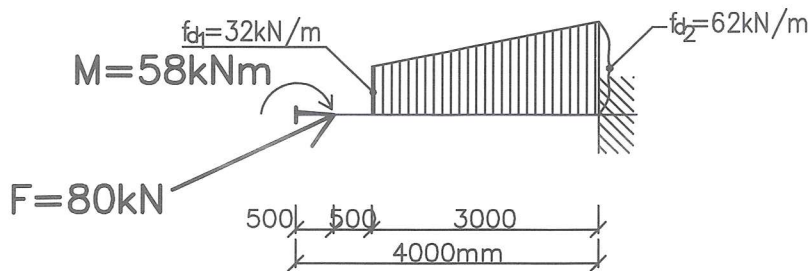
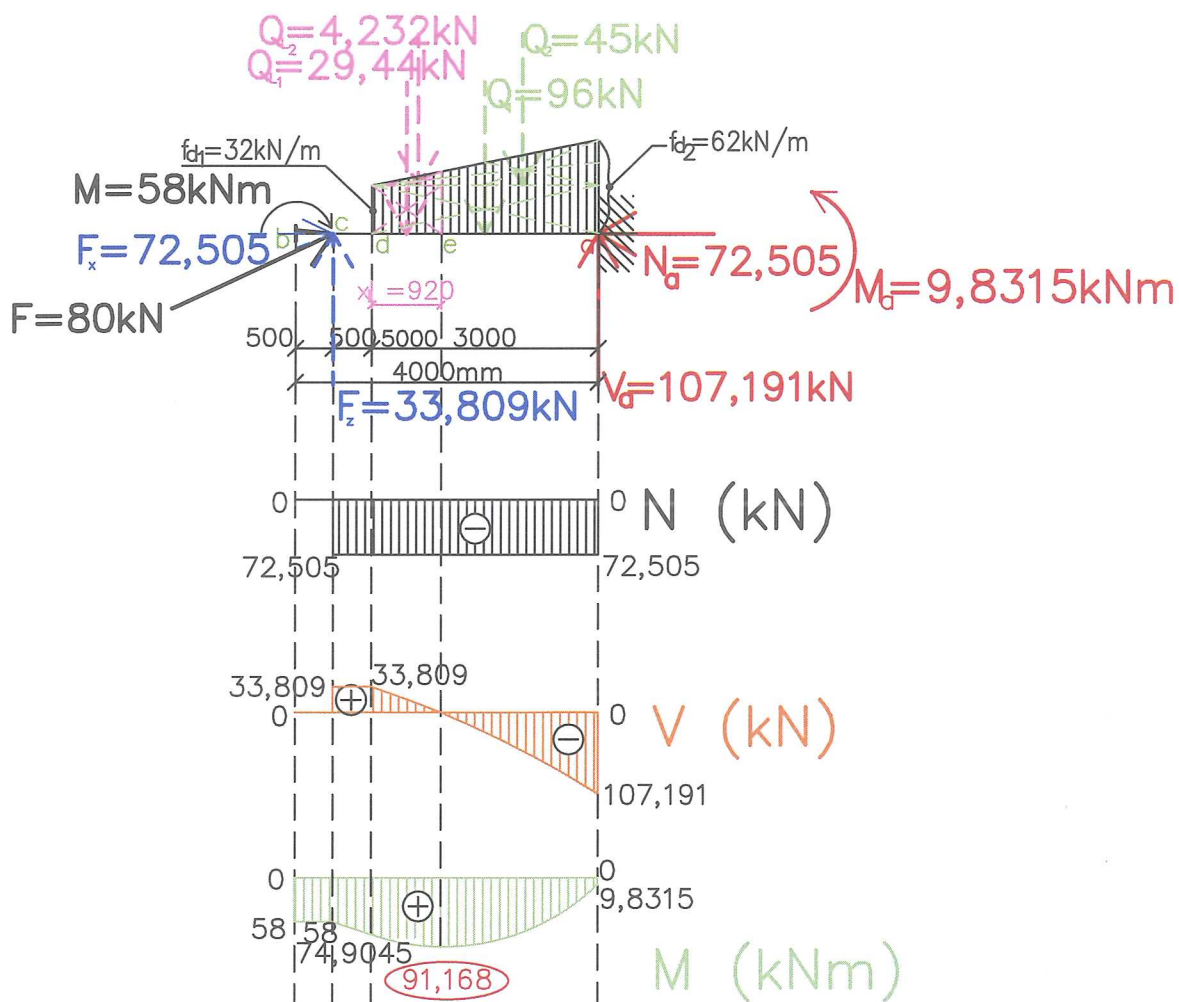


### 3.2.5 Konzola zatížená kombinovaným zatížením

#### ZADÁNÍ



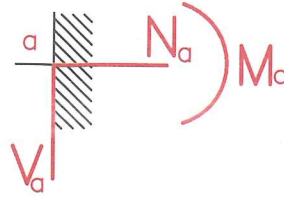
#### ŘEŠENÍ



## POSTUP K ŘEŠENÍ:

### A/ VYŘEŠÍME REAKCE

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



- 3) Rozložení šikmé síly

$$F \begin{cases} F_x = F \cdot \cos 25^\circ = 80 \cdot \cos 25^\circ = \underline{72,505 \text{ kN}} \\ F_z = F \cdot \sin 25^\circ = 80 \cdot \sin 25^\circ = \underline{33,809 \text{ kN}} \end{cases}$$

- 4) Výpočet náhradních břemen

$$Q_1 = f_{d1} \cdot l_1 = 32 \cdot 3 = 96 \text{ kN}$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} \cdot (f_{d2} - f_{d1}) \cdot l_1 = \frac{1}{2} \cdot (62 - 32) \cdot 3 = 45 \text{ kN}$$

- 5) Vypočítáme reakce

- a) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy **x** vypočítáme reakci **N<sub>a</sub>**.

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

$$\begin{aligned} F_x + N_a &= 0 \\ 72,505 + N_a &= 0 \\ N_a &= \underline{-72,505 \text{ kN}} \leftarrow \end{aligned}$$

- b) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy **z** vypočítáme reakci **V<sub>a</sub>**.

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

$$\begin{aligned} F_z - Q_1 - Q_2 + V_a &= 0 \\ 33,809 - 96 - 45 + V_a &= 0 \\ V_a &= \underline{107,191 \text{ kN}} \uparrow \end{aligned}$$

- c) Reakci **M<sub>a</sub>** je možno také určit pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **a**.

$$\sum_{i=1}^n M_{ai} = 0$$

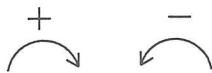


$$\begin{aligned} M + F_z \cdot 3,5 - Q_1 \cdot 1,5 - Q_2 \cdot 0,5 + M_a &= 0 \\ 58 + 33,809 \cdot 3,5 - 96 \cdot 1,5 - 45 \cdot 0,5 + M_a &= 0 \end{aligned}$$

$$M_a = \underline{-9,8315 \text{ kNm}} \quad \curvearrowright$$

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


$$\sum_{i=1}^n M_{bi} = 0$$



$$\begin{aligned} M - F_z \cdot 0,5 + Q_1 \cdot 2,5 + Q_2 \cdot 3,5 - V_a \cdot 4 + M_a &= 0 \\ 58 - 33,809 \cdot 0,5 + 96 \cdot 2,5 + 45 \cdot 3,5 - 107,191 \cdot 4 - 9,8315 &= 0 \end{aligned}$$

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

## B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

- 1) Výpočet průběhu normálových sil (znaménková konvence )
- Mezi jednotlivými působišti normálových sil c až a je vždy 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:  $N_c^L = N_b^L - F_x = 0 - 72,505 = -72,505 \text{ kN}$

v bodě d:  $N_d^L = N_c^L = -72,505 \text{ kN}$

v bodě a:  $N_a^L = N_d^L = -72,505 \text{ kN}$

$$N_a^{L'} = N_a^L + N_a = -72,505 + 72,505 = 0$$



- 2) Výpočet průběhu posouvajících sil (znaménková konvence )
- Z bodu b do bodu c je nulový průběh, nepůsobí zde žádná posouvající síla.
  - Z bodu c do bodu d je průběh konstantní.
  - Z bodu d do bodu a je průběh křivka 2.stupně a mění se postupně o velikost náhradního břemena  $Q_1$  a  $Q_2$ . Vrchol této křivky je v bodě e.

v bodě b:  $V_b^L = 0$

v bodě c:  $V_c^L = V_b^L + F_z = 0 + 33,809 = 33,809 \text{ kN}$

v bodě d:  $V_d^L = V_c^L = 33,809 \text{ kN}$

v bodě a:  $V_a^L = V_d^L - Q_1 - Q_2 = 33,809 - 96 - 45 = -107,191 \text{ kN}$

$$V_a^{L'} = V_a^L + V_a = -107,191 + 107,191 = 0$$

Mezi body d a a je pravděpodobné místo nebezpečného průřezu. Určíme ho z průběhu vnitřních sil například zleva od bodu d (značíme  $x_L$ ) a místo nebezpečného průřezu označíme e.

$$x_L = 0,92 \text{ m}$$

Určíme náhradní břemena od bodu d do e, které označíme  $Q_{L1}$  (pd rovnoměrného zatížení) a  $Q_{L2}$  (od trojúhelníkového zatížení):

$$Q_{L1} = f_{d1} \cdot x_L = 32 \cdot 0,92 = 29,44 \text{ kN}$$

$$f_{de} = ((f_{d2} - f_{d1}) / l_1) \cdot x_L = ((62 - 32) / 3) \cdot 0,92 = 9,2 \text{ kN/m}$$

$$Q_{L2} = \frac{1}{2} \cdot f_{de} \cdot x_L = \frac{1}{2} \cdot 9,2 \cdot 0,92 = 4,232 \text{ kN}$$

- 3) Výpočet průběhu ohybových momentů (znaménková konvence )

- Z bodu b do bodu c je průběh konstantní, v bodě c dojde ke zlomu.

- Z bodu c do bodu d je průběh křivka 1.stupně, v bodě d dojde ke zlomu.

- Z bodu d do bodu a je průběh křivka 3.stupně. Vrchol této křivky je v bodě e.

v bodě b:  $M_b^P = M = 58 \text{ kNm}$

v bodě c:  $M_c^P = M = 58 \text{ kNm}$

v bodě d:  $M_d^P = M + F_z \cdot 0,5 = 58 + 33,809 \cdot 0,5 = 74,9045 \text{ kNm}$

v bodě e:  $M_e^L = M + F_z \cdot 1,42 - Q_{L1} \cdot 0,46 - Q_{L2} \cdot 0,306 = 58 + 33,809 \cdot 1,42 - 29,44 \cdot 0,46 - 4,232 \cdot 0,306 = 91,168 \text{ kNm}$

v bodě a:  $M_a^P = M_a = 9,8315 \text{ kNm}$

**Poznámka:** NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě e, tzn. že ohybový moment má v tomto místě maximální hodnotu o velikost 91,168 kNm.