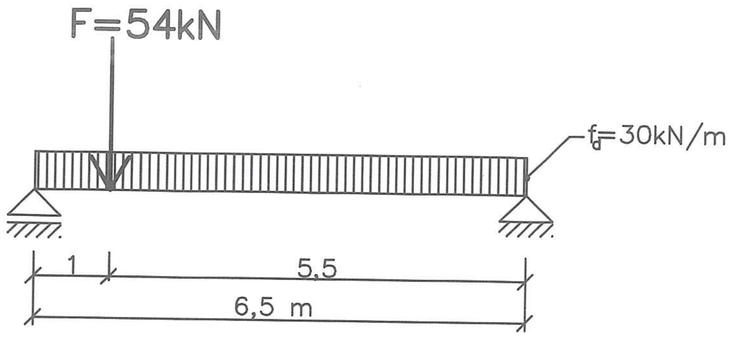
3. Nosníky zatížené kombinovaným zatížením

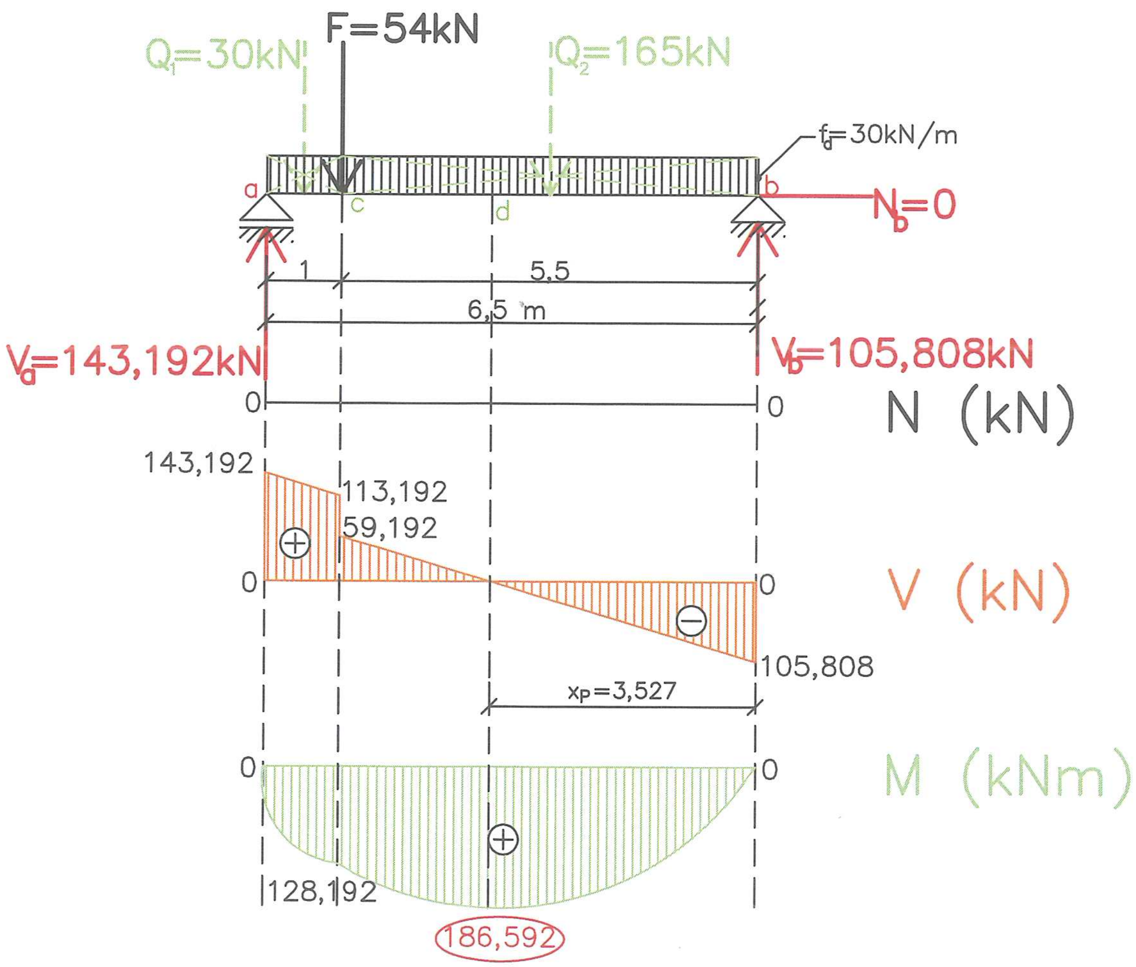
3.1 Prosté nosníky

3.1.1 Prostý nosník zatížený kombinovaným zatížením

ZADÁNÍ



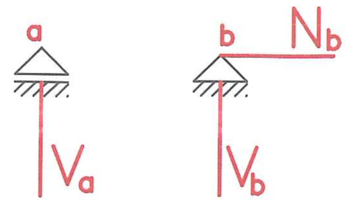
ŘEŠENÍ



POSTUP K ŘEŠENÍ:

A/ VYŘEŠÍME REAKCE

1) Označíme podpory a,b a místo, kde působí osamělé břemeno c
2) Naznačíme průběh reakcí podle typu podpory



3) U spojitého zatížení je nutné vypočítat si náhradní břemeno. Je vhodné rozdělit si spojité zatížení na části tak, jak ho přerušují osamělá břemena (osamělým břemenem může být samozřejmě také reakce). Je to důležité pro správné řešení průběhu vnitřních sil, ačkoliv na výpočet velikosti reakcí to samozřejmě vliv nemá.

Z těchto pravidel vyplývá, že v tomto případě, kdy je na nosníku spojité rovnoměrné zatížení přerušeno silou F, je spojité rovnoměrné zatížení rozděleno na část od bodu a do bodu c (nahrazeno náhradním břemenem Q_1) a na část od bodu c do bodu b (nahrazeno náhradním břemenem Q_2) :

$Q_1 = f_d \,.\, l_1 = 30 \,.\, 1 = 30$ kN

$Q_2 = f_d \,.\, l_2 = 30 \,.\, 5{,}5 = 165$ kN

4) Vypočítáme reakce

a) Protože se na nosníku nenachází žádná šikmá ani vodorovná síla, je zřejmé, že reakce $N_a = 0$. Samozřejmě lze tuto skutečnost ověřit ze silové podmínky rovnováhy do osy **x**.

$$\sum_{i=1}^{n} F_{xi} = 0 \qquad - \quad +$$

$$N_a = \underline{\underline{0}}$$

b) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu b vypočítáme reakci V_a.

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

$$V_a \,.\, 6{,}5 - Q_1 \,.\, 6 - F \,.\, 5{,}5 - Q_2 \,.\, 2{,}75 = 0$$

$$V_a \,.\, 6{,}5 - 30 \,.\, 6 - 54 \,.\, 5{,}5 - 165 \,.\, 2{,}75 = 0$$

$$V_a \,.\, 6{,}5 = 930{,}75$$

$$V_a = \underline{\underline{143{,}192 \text{ kN}}}$$

c) Reakci V_b je možno také určit pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu a.

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

$$Q_1 \,.\, 0{,}5 + F \,.\, 1 + Q_2 \,.\, 3{,}75 + V_b \,.\, 6{,}5 = 0$$

$$30 \,.\, 0{,}5 + 54 \,.\, 1 + 165 \,.\, 3{,}75 + V_b \,.\, 6{,}5 = 0$$

$$V_b \,.\, 6{,}5 = -\, 687{,}75$$

$$V_b = \underline{\underline{-\, 105{,}808 \text{ kN}}}$$

c) Správnost výpočtu lze ověřit pomocí silové podmínky do osy **z**.

$$\sum_{i=1}^{n} F_{zi} = 0 \quad \updownarrow^{+}_{-}$$

$$V_a - Q_1 - F - Q_2 + V_b = 0$$

$$143{,}192 - 30 - 54 - 165 + 105{,}808 = 0$$

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

B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

1) Výpočet průběhu normálových sil (znaménková konvence $\leftarrow\boxplus\rightarrow$)
   Protože se zde nevyskytují žádné normálové síly, je zde nulový průběh.

2) Výpočet průběhu posouvajících sil (znaménková konvence $\updownarrow\boxplus$)
   - Z bodu a do bodu c je lineární průběh a mění se o velikost náhradního břemena Q_1.
   - V bodě c dojde v průběhu ke skoku o velikosti hodnoty síly F.
   - Z bodu c do bodu b je lineární průběh a mění se o velikost náhradního břemena Q_2.

v bodě a: $V_a^L = V_a = \underline{143{,}192 kN}$
v bodě c: $V_c^L = V_a^L - Q_1 = 143{,}192 - 30 = \underline{113{,}192\ kN}$
$V_c^{L'} = V_c^L - F = 113{,}192 - 54 = \underline{59{,}192\ kN}$
v bodě b: $V_b^L = V_c^{L'} - Q_2 = 59{,}192 - 165 = \underline{105{,}808\ kN}$

Mezi body c a b může být místo nebezpečného průřezu. Přesné místo musíme najít. Určíme ho například zprava od bodu b (značíme x_P) a místo nebezpečného průřezu označíme d.

$x_P = | V_b^L | / f_d = 105{,}808 / 30 = \underline{3{,}527\ m}$

Určíme náhradní břemeno od bodu d do b, které označíme Q_P.

$Q_P = f_d \cdot x_P = 30 \cdot 3{,}527 = \underline{105{,}808\ kN}$

3) Výpočet průběhu ohybových momentů(znaménková konvence $\boxplus$)
   - Z bodu a do bodu b je průběh křivka 2.stupně (parabola), která má zlom v bodě c, kde působí osamělé břemeno F a vrchol v bodě d, což je místo, které jsme určili jako nebezpečný průřez, tedy místo s maximální hodnotou ohybového momentu (zároveň v tomto místě mají posouvající síly hodnotu nulovou).

v bodě a: $M_a^L = \underline{0}$
v bodě c: $M_c^L = V_a \cdot 1 - Q_1 \cdot 0{,}5 = 143{,}192 \cdot 1 - 30 \cdot 0{,}5 = \underline{128{,}192\ kNm}$
v bodě d: $M_d^P = V_b \cdot 3{,}527 - Q_P \cdot 1{,}7635 = 105{,}808 \cdot 3{,}527 - 105{,}808 \cdot 1{,}7635 = \underline{186{,}592\ kNm}$
v bodě b: $M_b^P = \underline{0}$

Poznámka: NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě **d**, tzn. že ohybový moment má v tomto místě maximální hodnotu o velikosti 186,592 kNm.