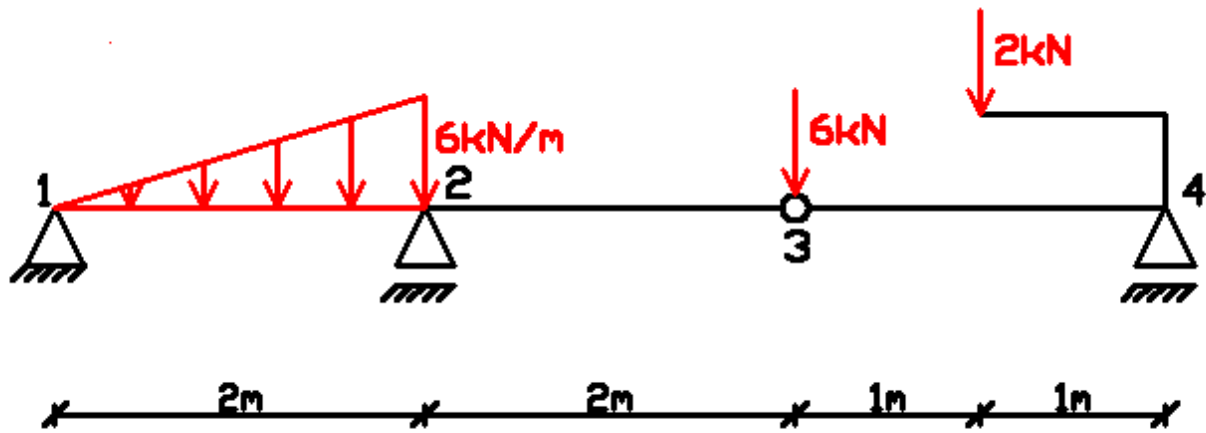
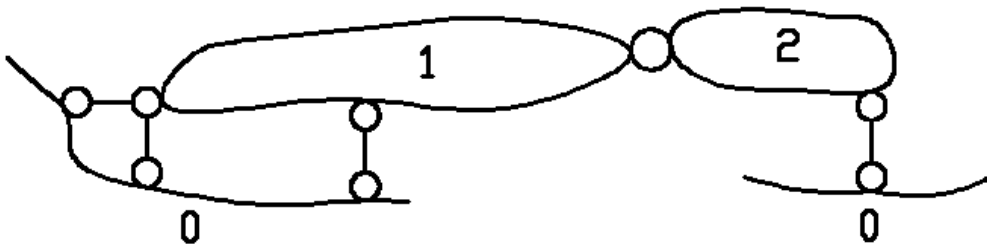


Przykład 8



1. Statyczna wyznaczalność i geometryczna niezmiennosc



Liczba tarcz  $t = 2$   
 Liczba więzi  $e = 6$

$$e = 3t$$

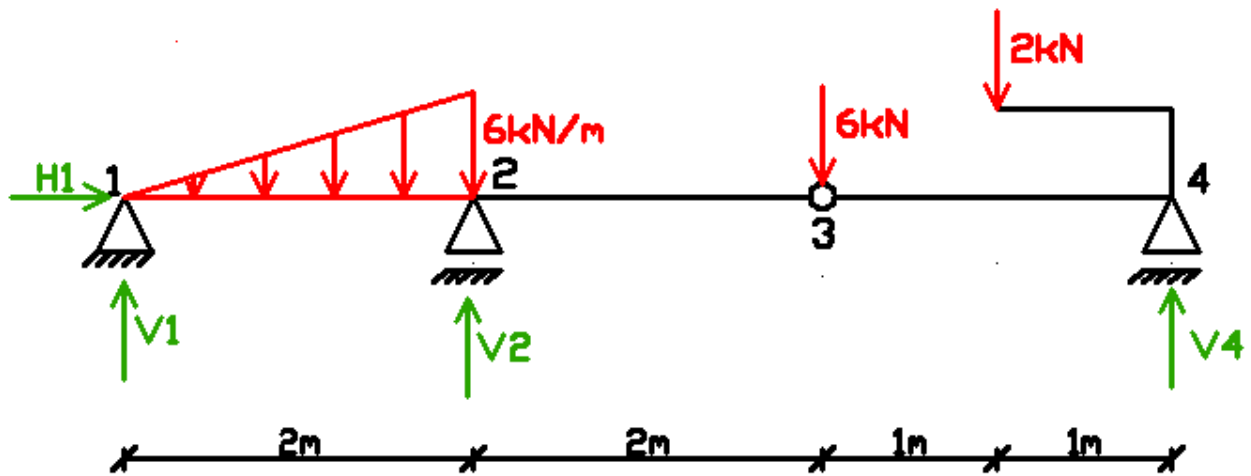
$$6 = 3 \cdot 2$$

$$6 = 6$$

Układ jest statycznie wyznaczalny

Tarcza 1 jest połączona z fundamentem (tarcza 0) za pomocą trzech więzi niezbieżnych i nierównoległych, zatem na podstawie twierdzenia o dwóch tarczach tworzą jedną wspólną tarczę (tarcza 0). Tarcza 2 jest połączona z tarczą 0 za pomocą trzech więzi niezbieżnych i nierównoległych, zatem na podstawie twierdzenia o dwóch tarczach tworzą jedną wspólną tarczę. Układ jest geometryczna niezmienny.

## 2. Wyznaczenie reakcji podpór



Reakcja  $V_4$

$$\begin{aligned}\Sigma M_3^P &= 0 \\ 2kN \cdot 1m - V_4 \cdot 2m &= 0 \\ 2kNm - V_4 \cdot 2m &= 0 \\ V_4 &= 1kN\end{aligned}$$

Reakcja  $V_2$

$$\begin{aligned}\Sigma M_1 &= 0 \\ 6kN/m \cdot 2m \cdot 0,5 \cdot 0,67 \cdot 2m - V_2 \cdot 2m + 6kN \cdot 4m + 2kN \cdot 5m - V_4 \cdot 6m &= 0 \\ 8kNm - V_2 \cdot 2m + 24kNm + 10kNm - 1kN \cdot 6m &= 0 \\ 8kNm - V_2 \cdot 2m + 24kNm + 10kNm - 6kNm &= 0 \\ -V_2 \cdot 2m + 36kNm &= 0 \\ V_2 &= 18kNm\end{aligned}$$

Reakcja  $V_1$

$$\begin{aligned}\Sigma Y &= 0 \\ -V_1 + 6kN/m \cdot 2m \cdot 0,5 - V_2 + 6kN + 2kN - V_4 &= 0 \\ -V_1 + 6kN - 18kN + 6kN + 2kN - 1kN &= 0 \\ -V_1 - 5kN &= 0 \\ V_1 &= -5kN\end{aligned}$$

Reakcja  $H_1$

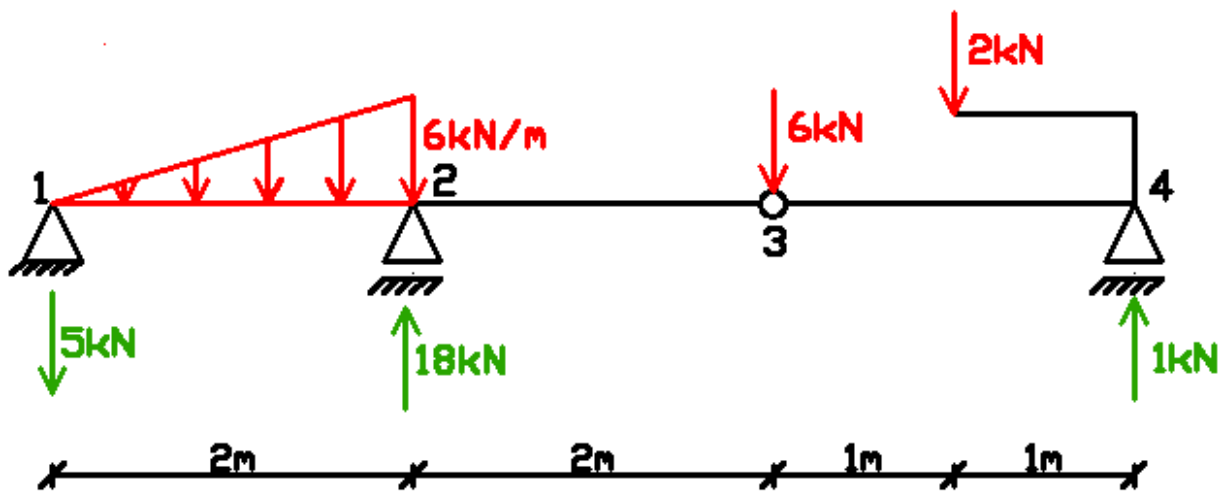
$$\begin{aligned}\Sigma X &= 0 \\ H_1 &= 0\end{aligned}$$

**Sprawdzenie**

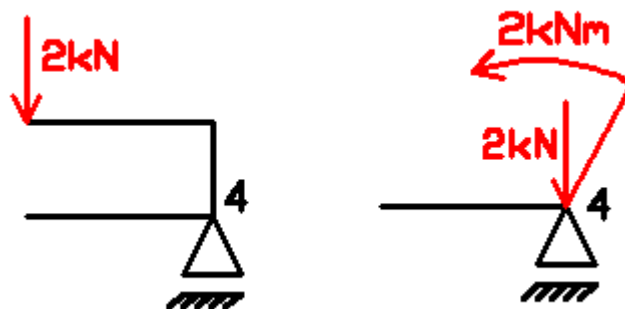
$$\begin{aligned} \Sigma M_3 = 0 \\ V_1 \cdot 4m - 6kN/m \cdot 2m \cdot 0,5 \cdot (2m + 0,33 \cdot 2m) + V_2 \cdot 2m - V_4 \cdot 2m + 2kN \cdot 1m = 0 \\ - 5kN \cdot 4m - 6kN \cdot (2,66) + 18kN \cdot 2m - 1kN \cdot 2m + 2kN \cdot 1m = 0 \\ - 20kNm - 16kNm + 36kNm - 2kNm + 2kNm = 0 \\ 0 = 0 \end{aligned}$$

Reakcje policzone poprawnie

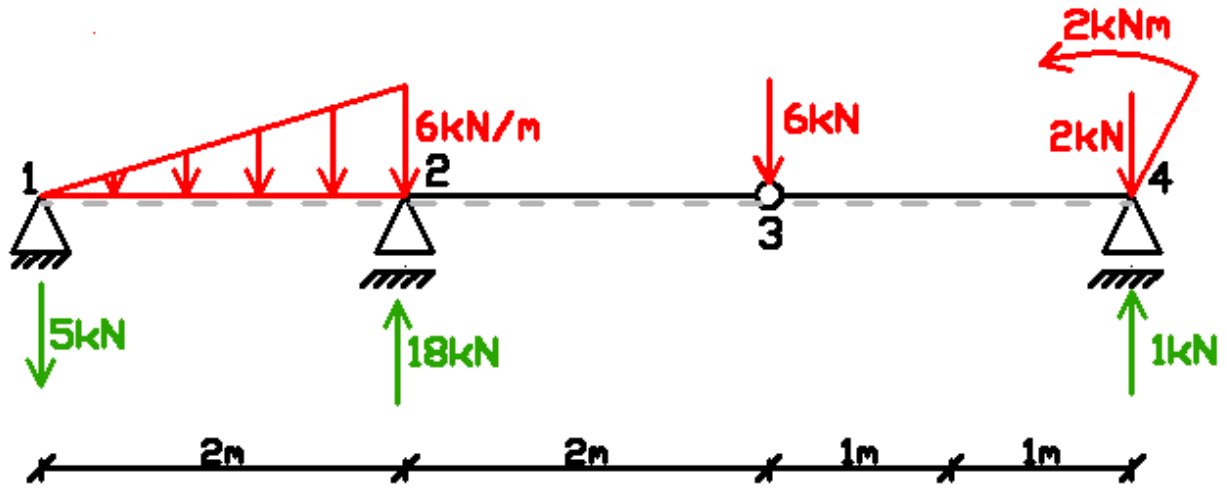
**3. Siły przekrojowe**



„Usunięcie” wspornika

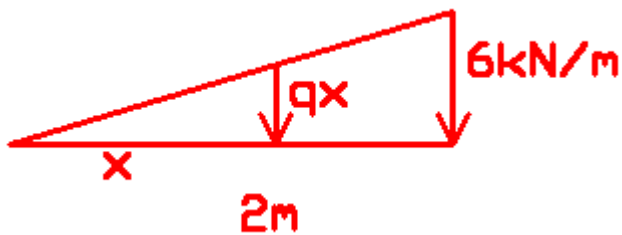


Belka wygląda teraz następująco:



### 3.1 Momenty zginające

Przedział 1-2  $x \in [0, 2\text{m}]$



$$\begin{aligned} q_x / x &= 6 / 2 \\ q_x / x &= 3 \\ q_x &= 3x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(x) &= -5 \cdot x - 0,5 \cdot x \cdot 3 \cdot x \cdot 0,33 \cdot x \\ M(x) &= -5x - 0,5x^3 \end{aligned}$$

Ekstremum

$$\begin{aligned} M(x) &= -5x - 0,5x^3 \\ M'(x) &= -5 - 1,5x^2 \\ 0 &= -5 - 1,5x^2 \\ 1,5x^2 &= -5 \\ x^2 &= -3,33 \end{aligned}$$

Brak rozwiązań, ekstremum znajduje się na końcach przedziału.

Punkt 1,  $x = 0$

$$\begin{aligned} M(x) &= -5x - 0,5x^3 \\ M(0) &= 0 \end{aligned}$$

Punkt na środku przedziału,  $x = 1\text{m}$

$$\begin{aligned}M(x) &= -5x - 0,5x^3 \\M(1) &= -5 - 0,5 \\M(1) &= -5,5\text{kNm}\end{aligned}$$

Punkt 2,  $x = 2\text{m}$

$$\begin{aligned}M(x) &= -5x - 0,5x^3 \\M(2) &= -5 \cdot 2 - 0,5 \cdot 2^3 \\M(2) &= -10 - 4 \\M(2) &= -14\text{kNm}\end{aligned}$$

Punkt 3

$$\begin{aligned}M_3 &= -5\text{kN} \cdot 4\text{m} - 6\text{kN/m} \cdot 2\text{m} \cdot 0,5 \cdot (2\text{m} + 0,33 \cdot 2\text{m}) + 18\text{kN} \cdot 2\text{m} \\M_3 &= -20\text{kNm} - 16\text{kNm} + 36\text{kNm} \\M_3 &= 0\end{aligned}$$

Punkt 4

$$M_2 = 2\text{kNm}$$

### 3.2 Siły tnące

Przedział 1-2,  $x \in [0, 2\text{m}]$

$$\begin{aligned}M(x) &= -5x - 0,5x^3 \\M'(x) &= -5 - 1,5x^2 \\T(x) &= -5 - 1,5x^2\end{aligned}$$

Punkt 1,  $x = 0\text{m}$

$$\begin{aligned}T(x) &= -5 - 1,5x^2 \\T(0) &= -5\text{kN}\end{aligned}$$

Punkt 2,  $x = 2\text{m}$

$$\begin{aligned}T(x) &= -5 - 1,5x^2 \\T(2) &= -5 - 1,5 \cdot 2^2 \\T(2) &= -11\text{kNm}\end{aligned}$$

Przedział 2-3

$$\begin{aligned}T_{2-3} &= -11\text{kN} + 18\text{kN} \\T_{2-3} &= 7\text{kN}\end{aligned}$$

Przedział 3-4

$$T_{3-4} = -11kN + 18kN - 6kN$$
$$T_{3-4} = 1kN$$

### 3.3 Siły osiowe

Siły osiowe w belce wynoszą 0

### 4. Wykresy sił przekrojowych

