

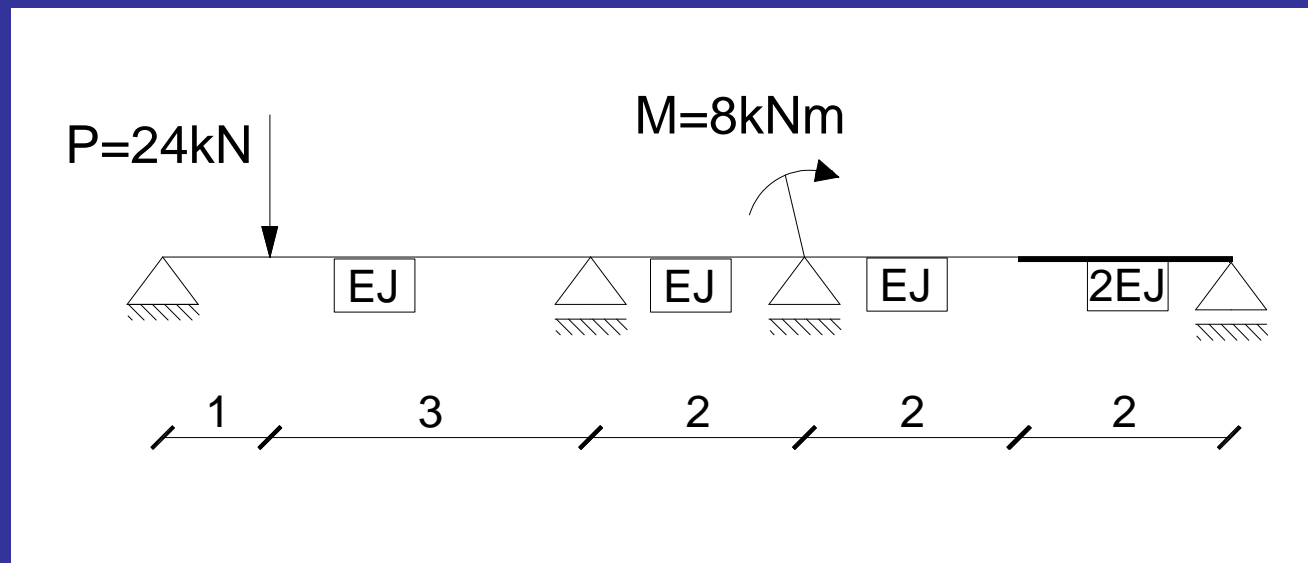
Metoda Sił

Rysowanie wykresów sił wewnętrznych
w belkach statycznie niewyznaczalnych

Belka ciągła

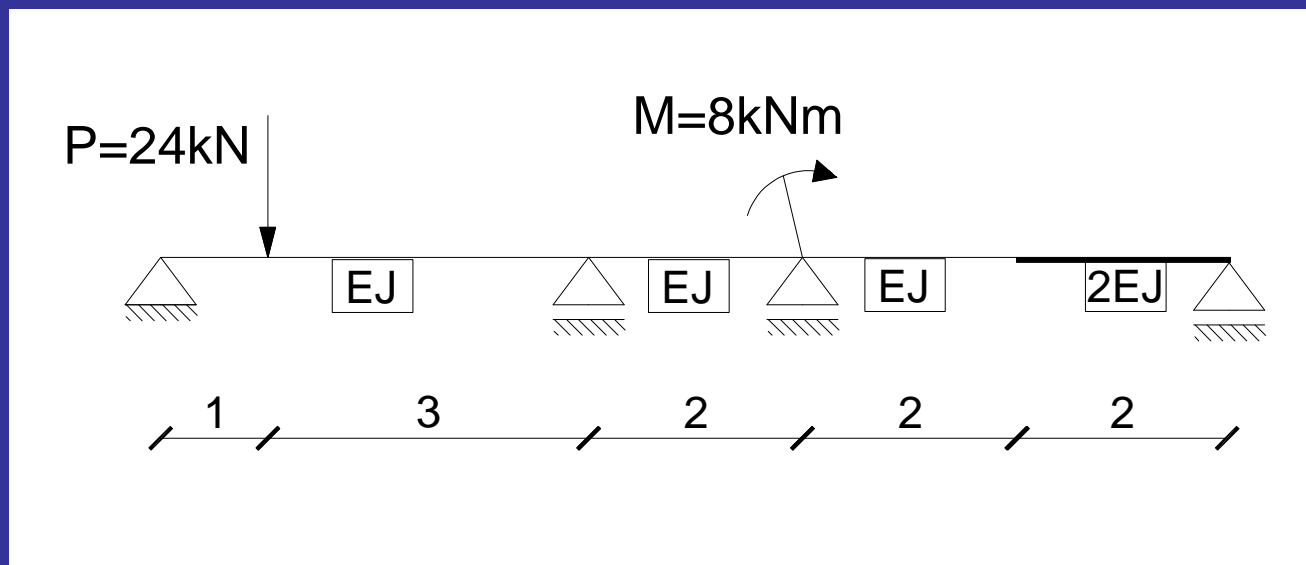
dr inż. Hanna Weber

Zadanie: Narysuj wykresy sił N, T, M.
Zadanie rozwiąż metodą sił.



dr inż. Hanna Weber

Określenie stopnia statycznej niewyznaczalności :

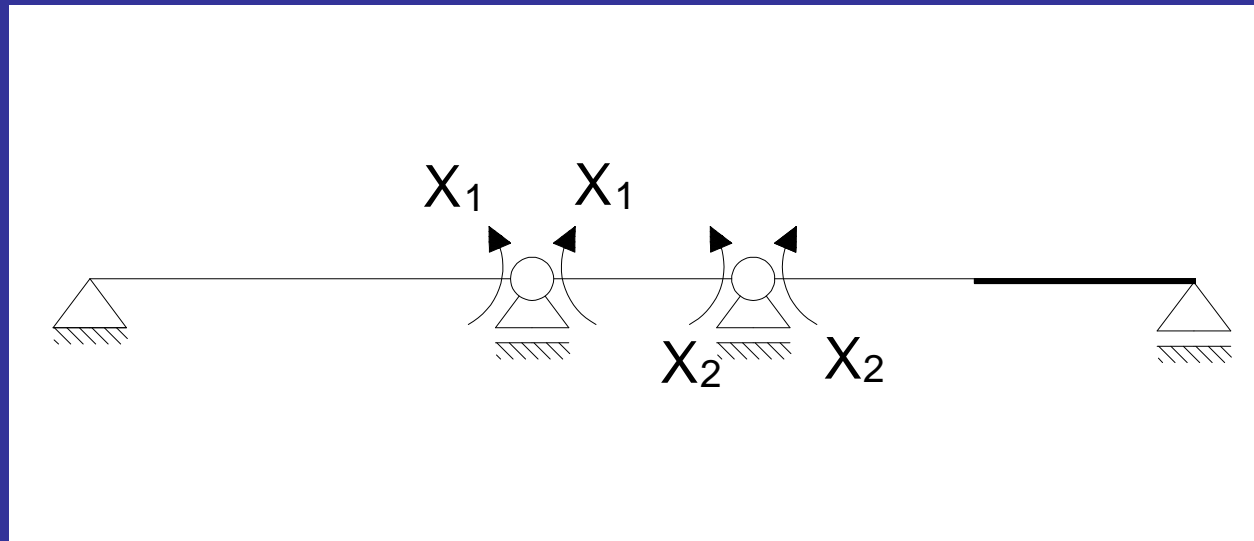


$$n_s = l_r - l_p - 3 = 5 - 0 - 3 = 2$$

Układ dwukrotnie statycznie niewyznaczalny

dr inż. Hanna Weber

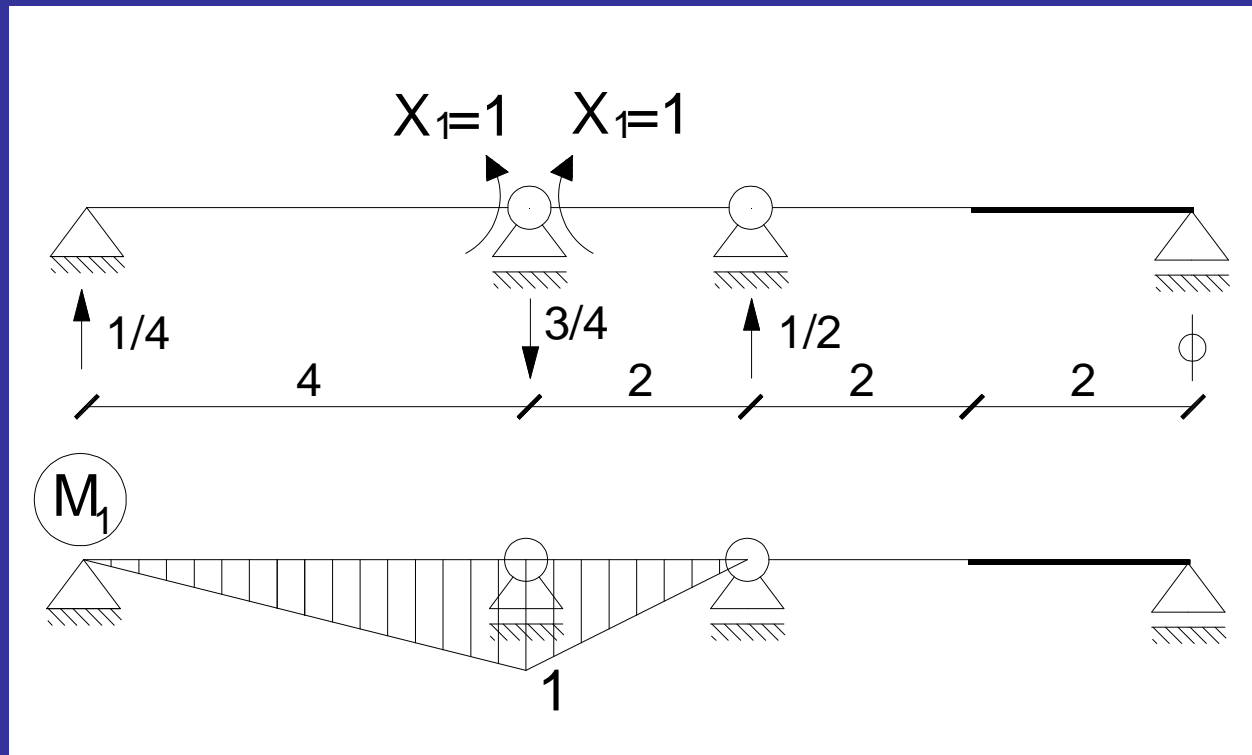
Dobór schematu podstawowego:



$$n_s = 2$$

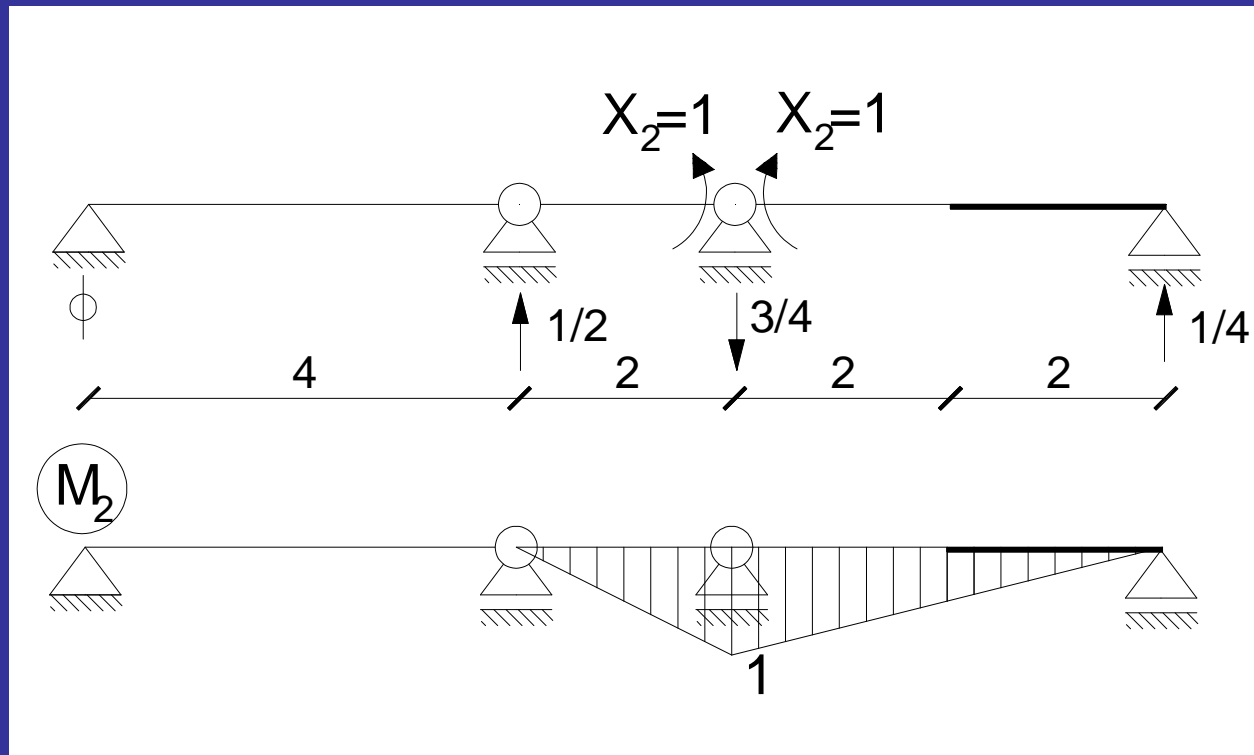
dr inż. Hanna Weber

Wykres $X_1=1$



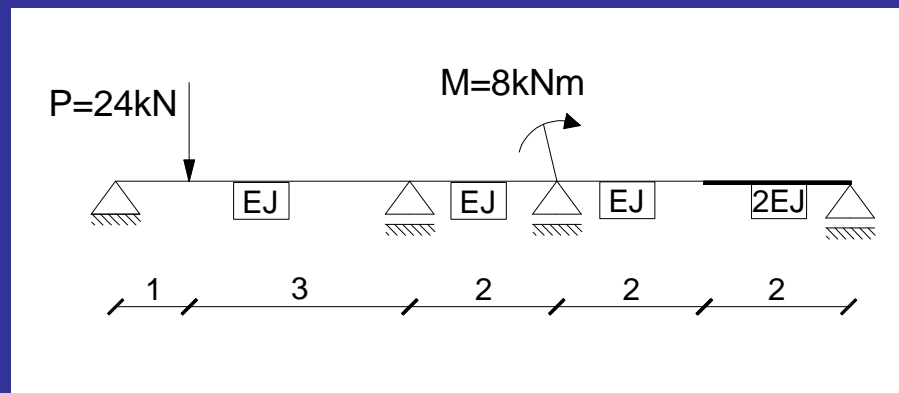
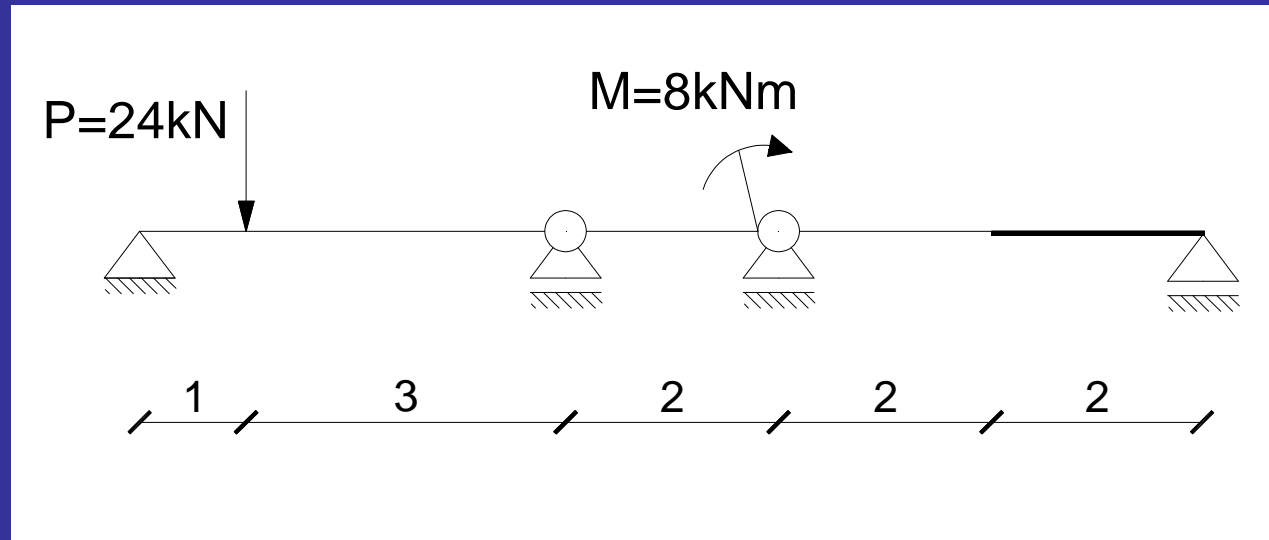
dr inż. Hanna Weber

Wykres $X_2=1$



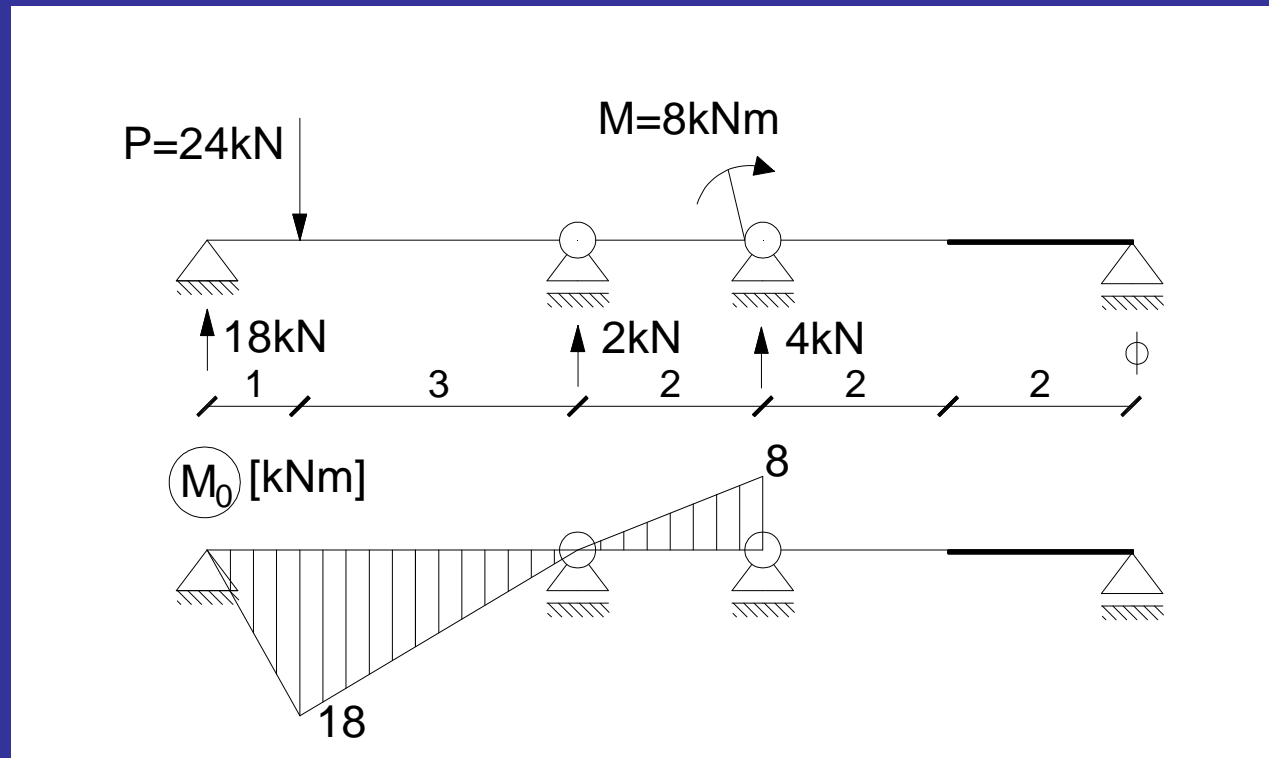
dr inż. Hanna Weber

Wykres od obciążenia zewnętrznego:



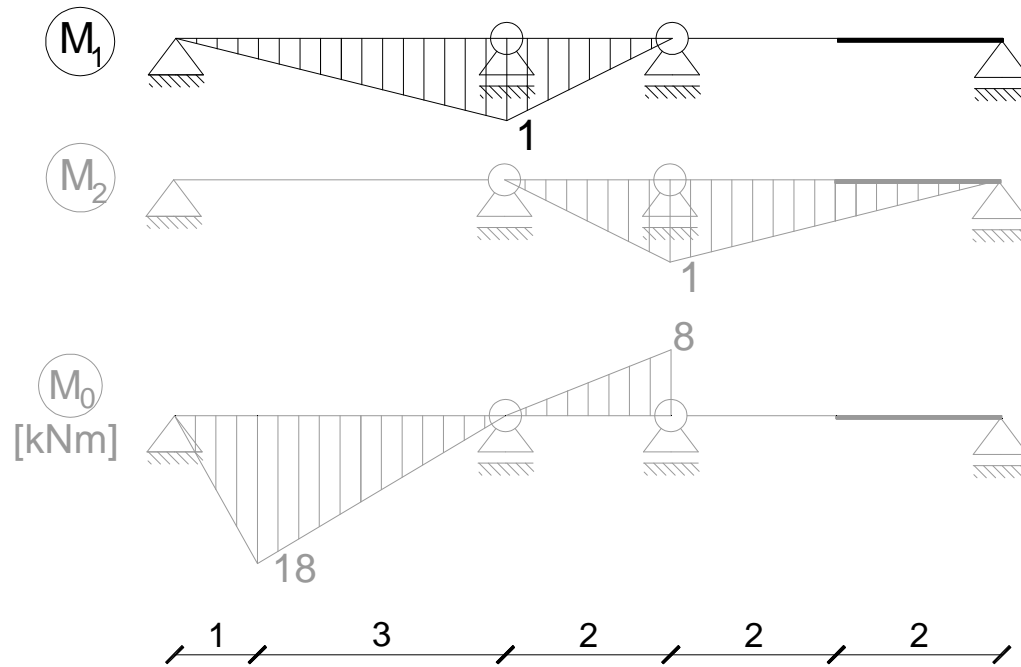
dr inż. Hanna Weber

Wykres od obciążenia zewnętrznego:



dr inż. Hanna Weber

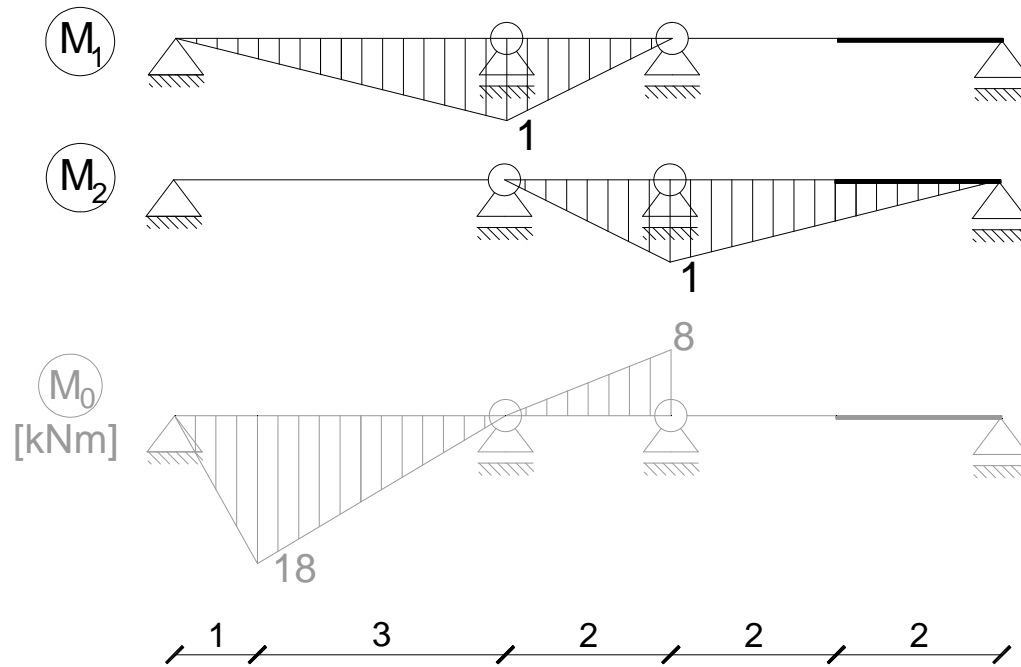
Całkowanie wykresów:



$$\delta_{11} = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 4 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \right) = \frac{2}{EI}$$

dr inż. Hanna Weber

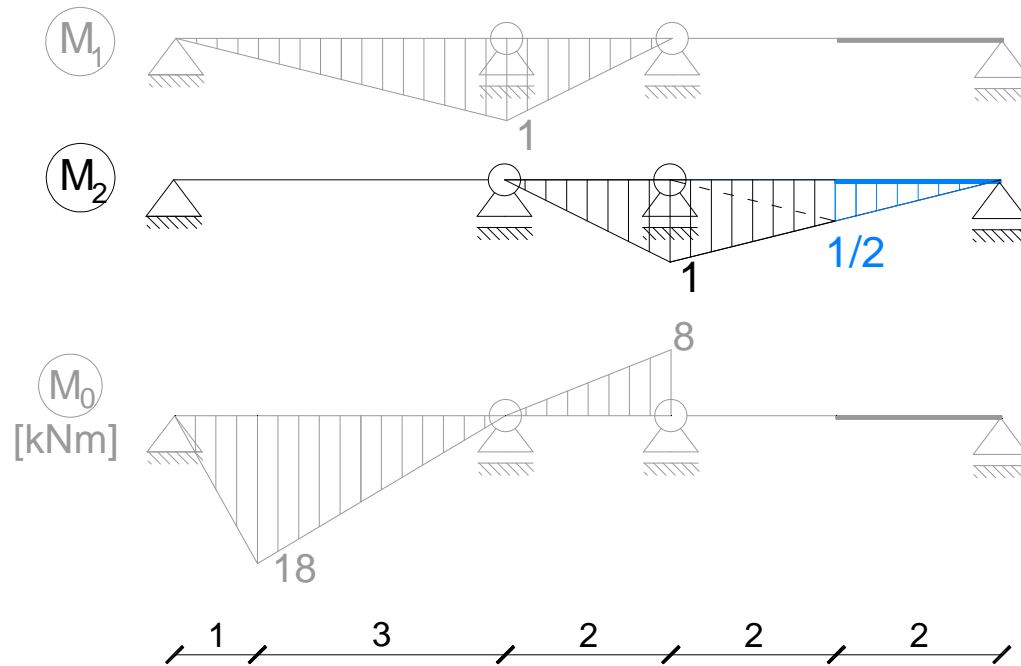
Całkowanie wykresów:



$$\delta_{12} = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \right) = \frac{1}{3EI}$$

dr inż. Hanna Weber

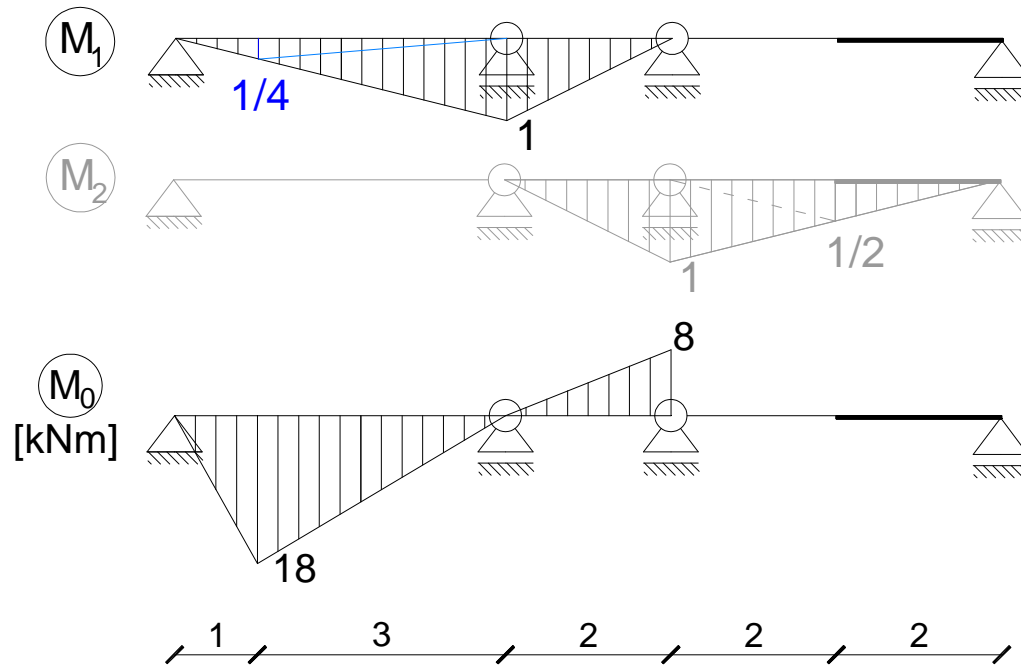
Całkowanie wykresów:



$$\delta_{22} = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 2 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot 1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} \right) + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} \right) \right) + \frac{1}{2EI} \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} \right) = \frac{23}{12EI}$$

dr inż. Hanna Weber

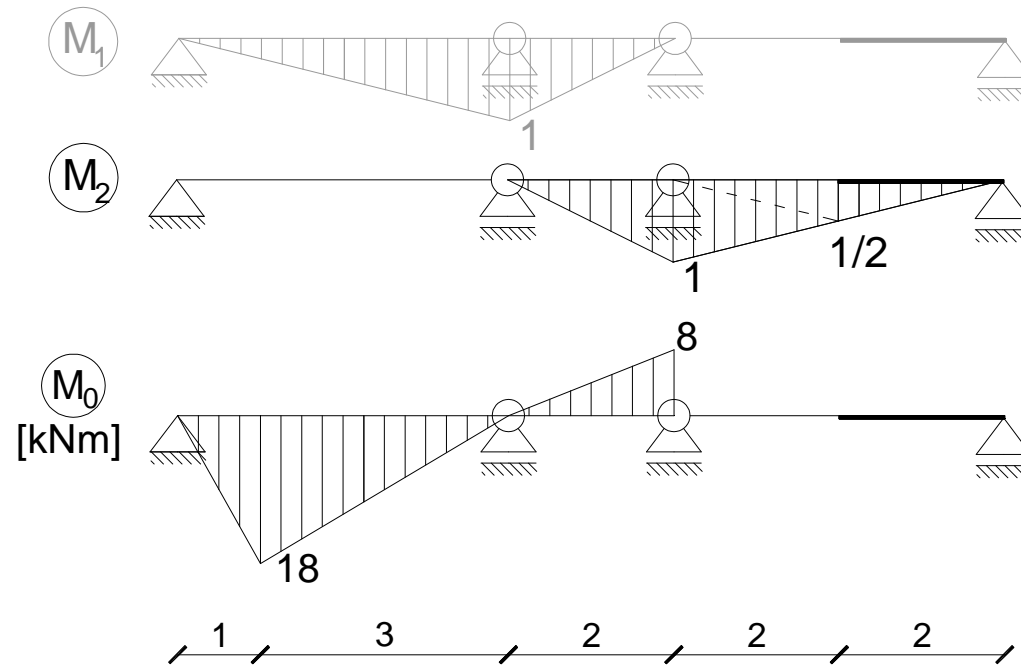
Całkowanie wykresów:



$$\delta_{10} = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 1 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 3 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{3} \cdot 1 \right) - \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \right) = \frac{37}{3EI}$$

dr inż. Hanna Weber

Całkowanie wykresów:



$$\delta_{20} = -\frac{1}{EI} \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 8 \right) = -\frac{16}{3EI}$$

dr inż. Hanna Weber

Układ równań kanonicznych metody sił
dla schematu dwukrotnie statycznie
niewyznaczalnego:

$$\begin{cases} \delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \delta_{10} = 0 \\ \delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} \cdot X_2 + \delta_{20} = 0 \end{cases}$$

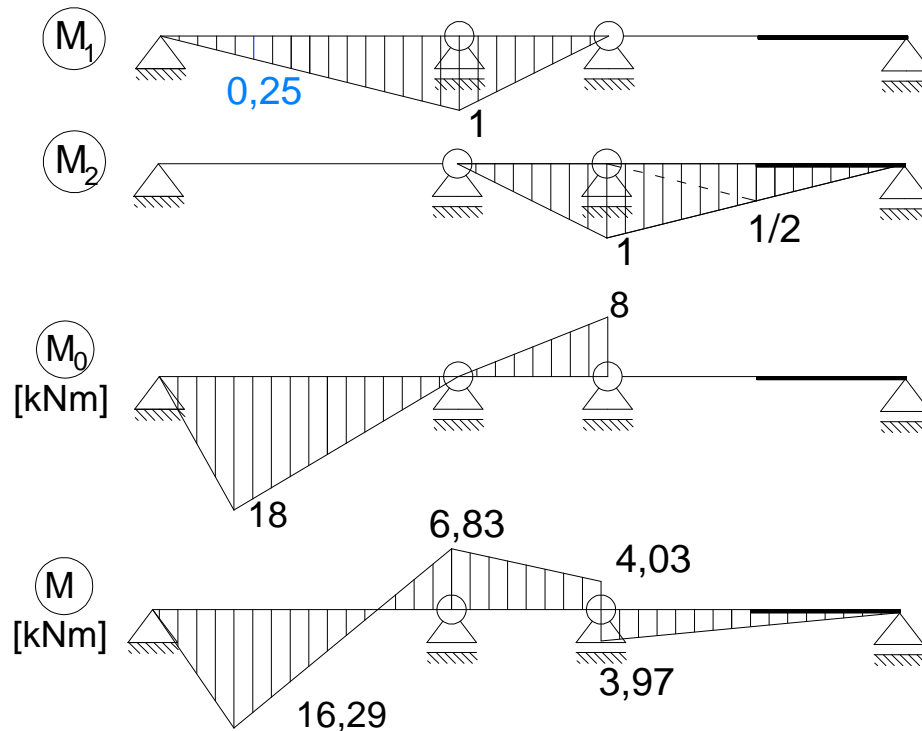
$$\begin{cases} \frac{2}{EI} \cdot X_1 + \frac{1}{3EI} \cdot X_2 + \frac{37}{3EI} = 0 \\ \frac{1}{3EI} \cdot X_1 + \frac{23}{12EI} \cdot X_2 - \frac{16}{3EI} = 0 \end{cases}$$

↓

$$X_1 = -6,83kNm$$

$$X_2 = 3,97kNm$$

Tworzenie ostatecznego wykresu momentów:

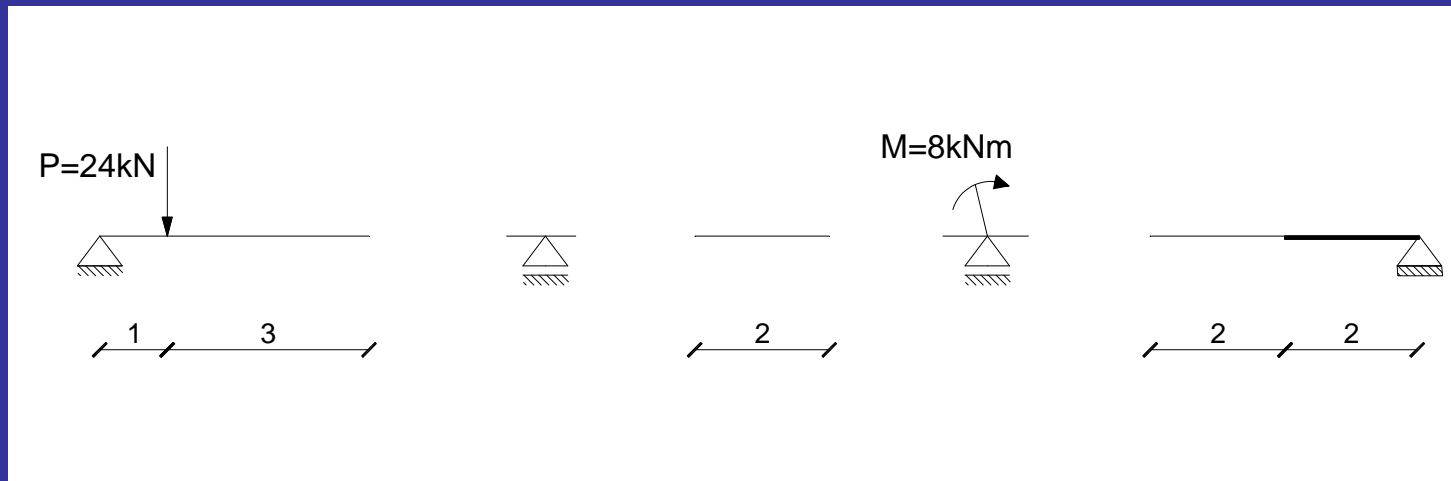
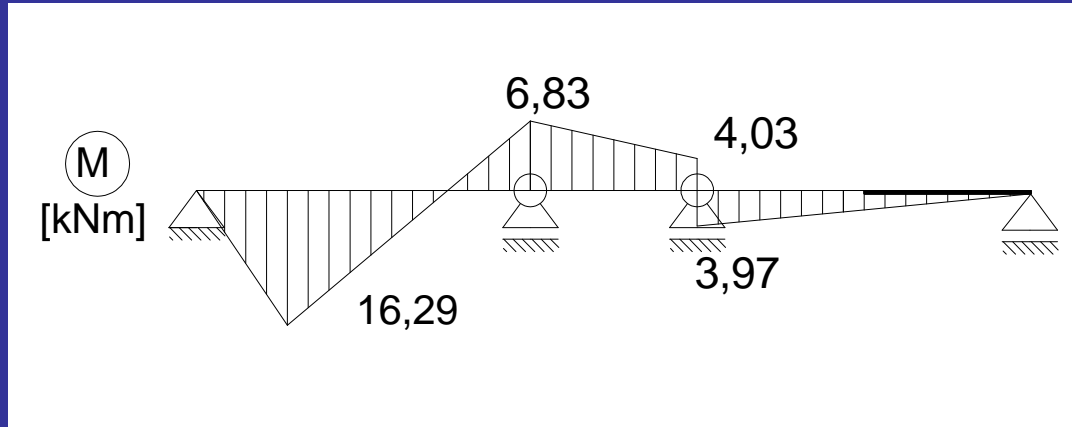


$$X_1 = -6,83 \text{ kNm}$$

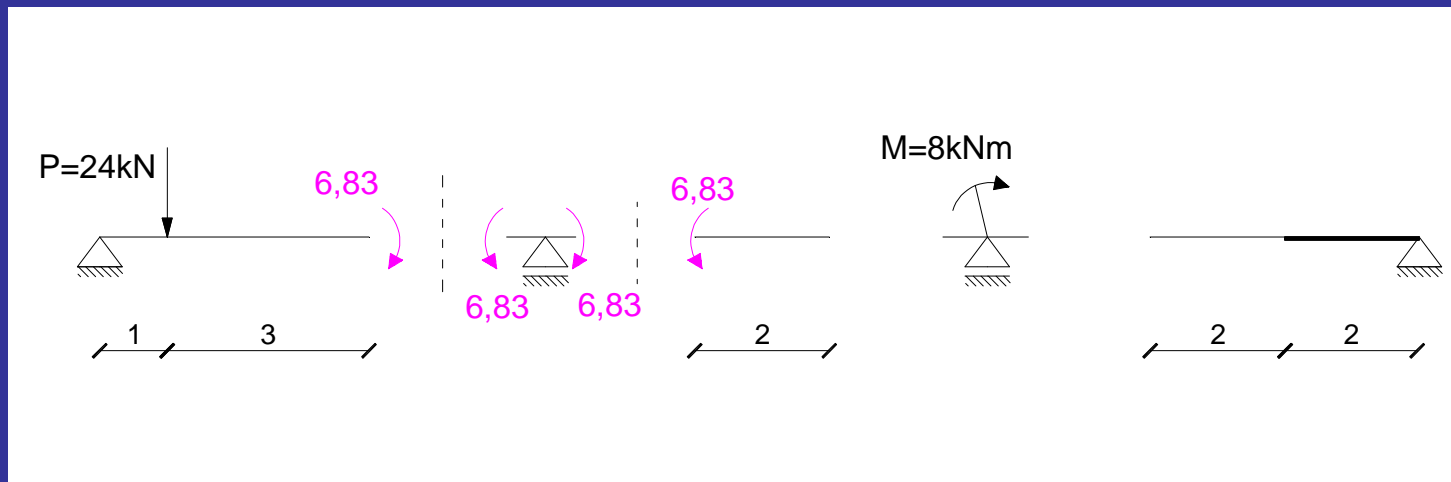
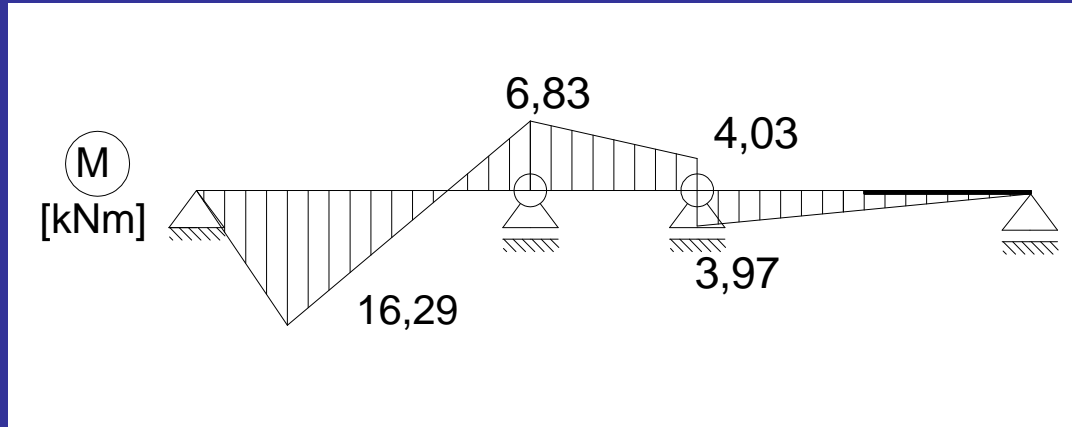
$$X_2 = 3,97 \text{ kNm}$$

$$M_i = M_{i1} \cdot X_1 + M_{i2} \cdot X_2 + M_{i0}$$

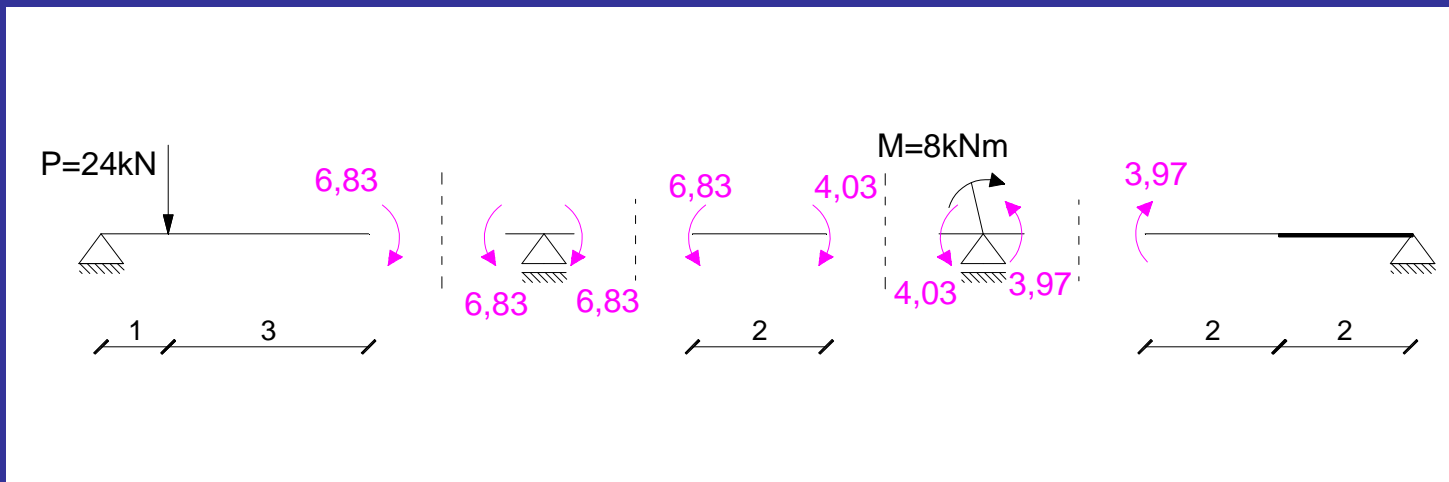
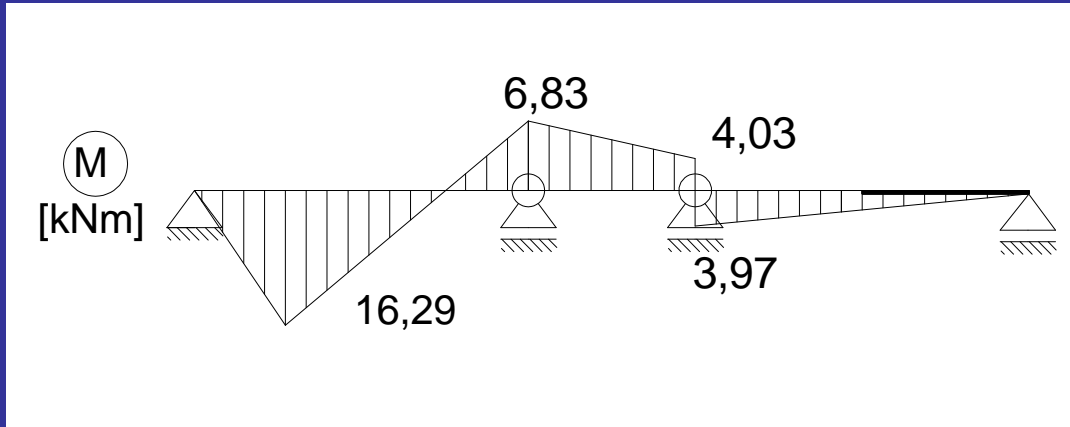
Wyznaczenie wartości sił tnących:



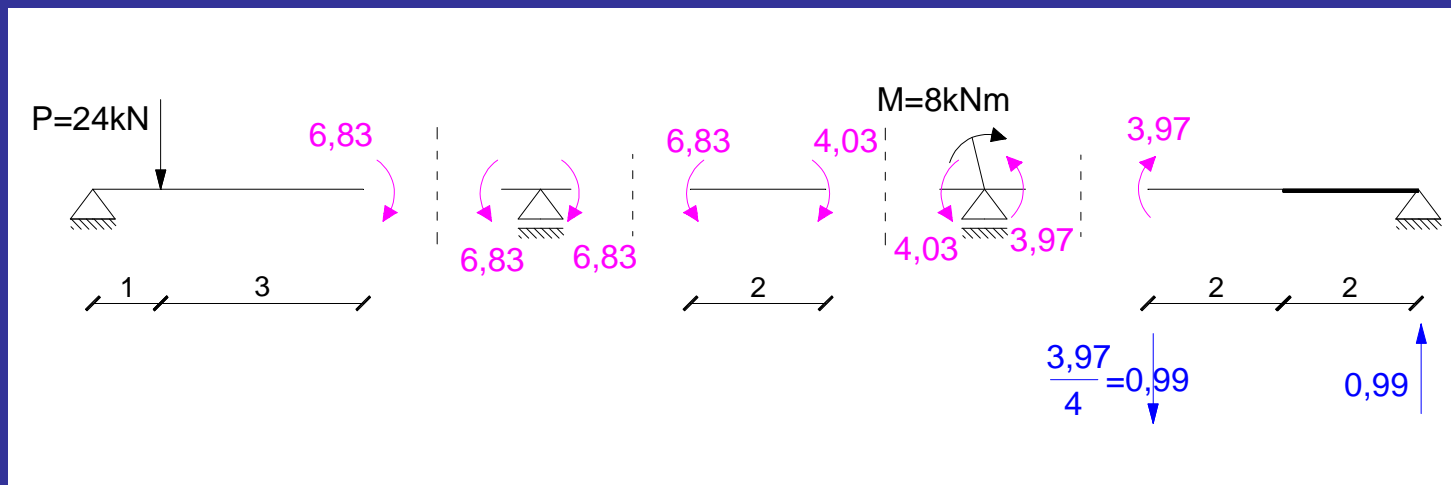
Wyznaczenie wartości sił tnących:



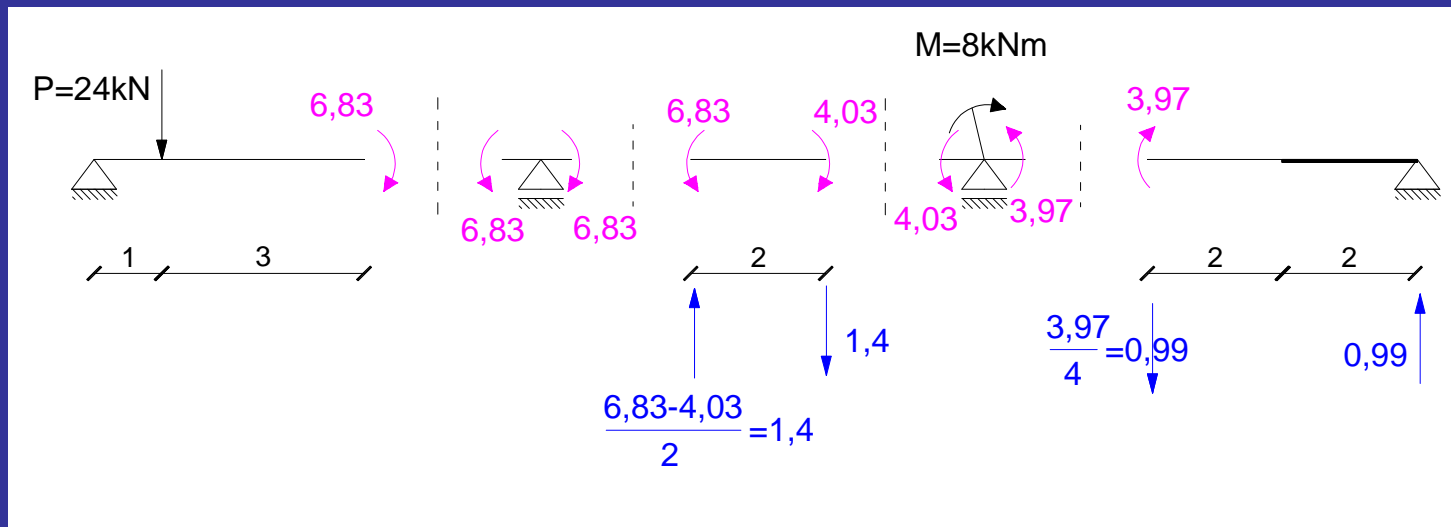
Wyznaczenie wartości sił tnących:



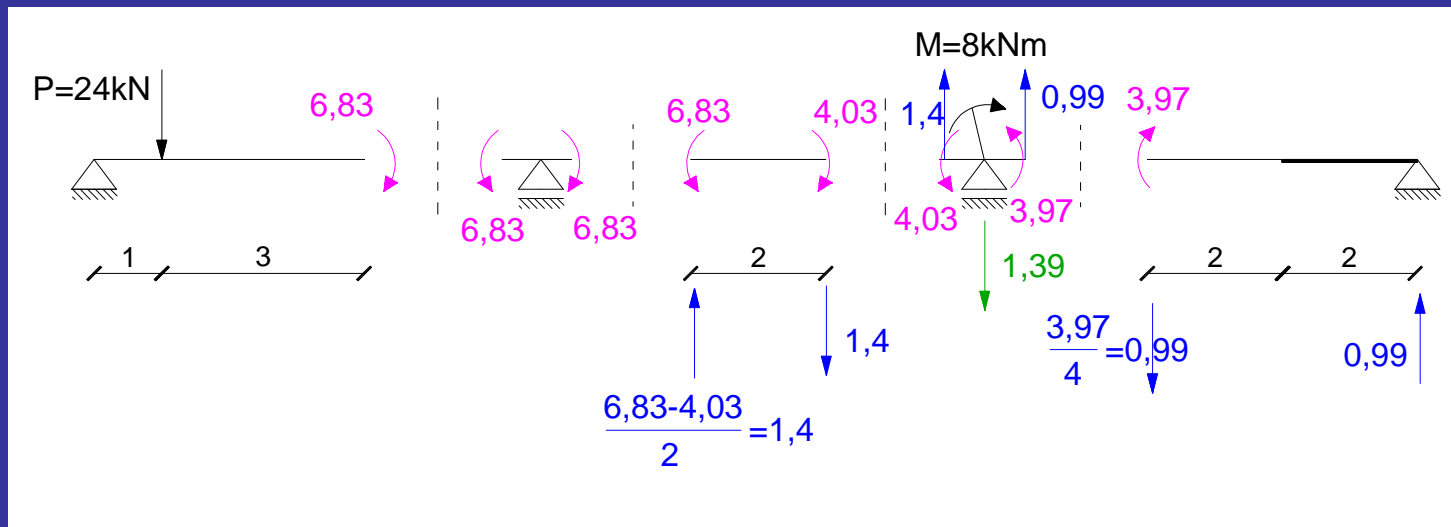
Wyznaczenie wartości sił tnących:



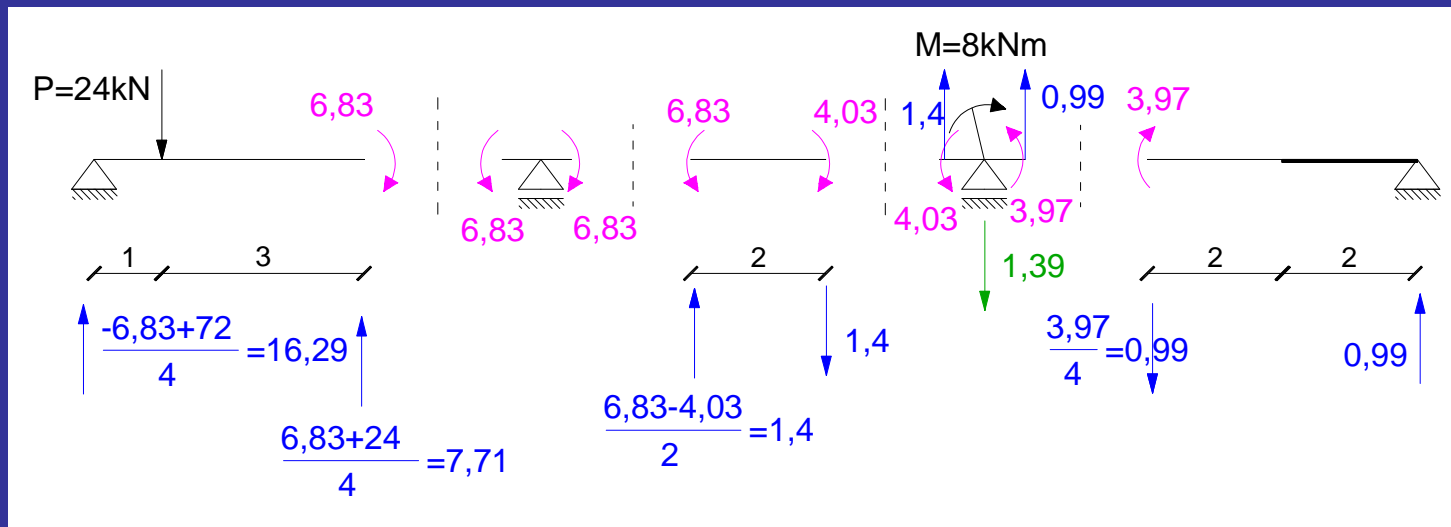
Wyznaczenie wartości sił tnących:



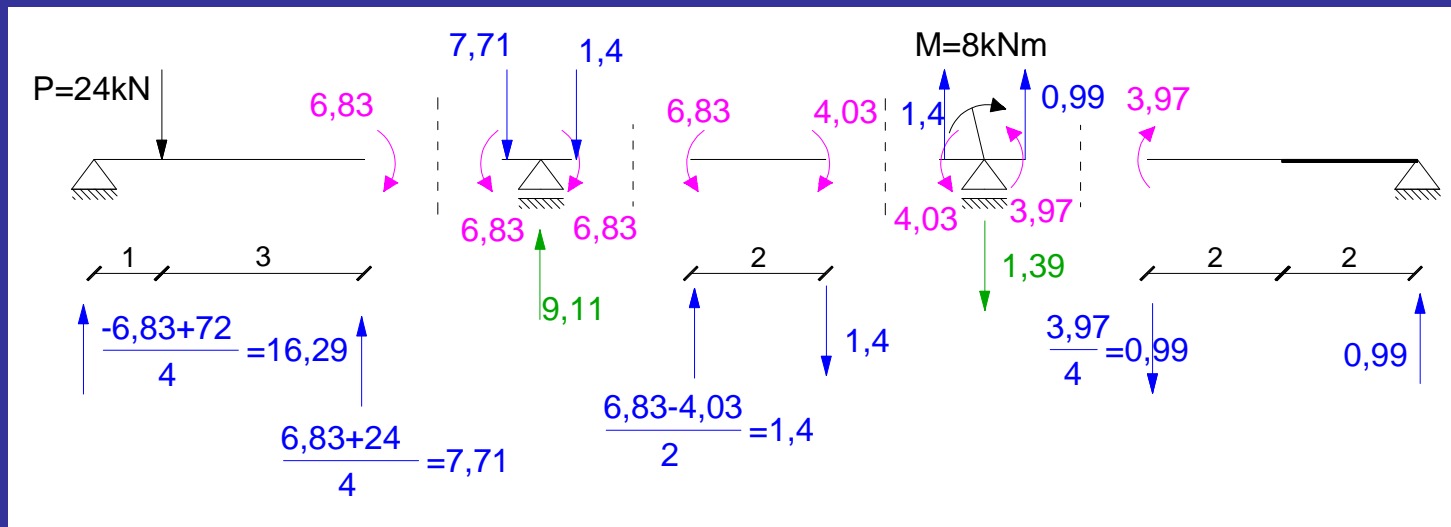
Wyznaczenie wartości sił tnących:



Wyznaczenie wartości sił tnących:



Wyznaczenie wartości sił tnących:



Wyznaczenie wartości sił tnących:

