

### Zadanie 1

Pręty kratowe:

$$\sum M_A = 6P \cdot 2 + 4P \cdot 5 + \frac{S_2}{\sqrt{2}} \cdot 8 = 0 \Rightarrow S_2 = -4\sqrt{2}P$$

$$\sum P_x = -S_2 - \frac{S_2}{\sqrt{2}} = 0 \Rightarrow S_3 = 4P$$

$$\sum P_y = -S_1 + 6P + 4P - \frac{S_2}{\sqrt{2}} = 0 \Rightarrow S_1 = 6P$$

Potrzebna jest siła ekstremalna siła w pręcie.

$$S_{extr} = S_1 = 6P$$

Nośność graniczna:

$$N_{gr} = A \cdot R_{pl} = \pi \cdot D \cdot R_{pl} = \pi \cdot 12 \cdot 20 = 753.982 \text{ kN}$$

$$S_{extr} \leq N_{gr} \Rightarrow P_{max} = 125.664 \text{ kN}$$

Belka:

$$A = 1 \cdot (18 + 48 + 24) = 90 \text{ cm}^2$$

Pole części ściskanej i rozciąganej w stanie uplastycznienia są sobie równe, ponieważ granica plastyczności dla rozciągania i ściskania jest taka sama.

$$A_t = A_c = 0.5A = 45 \text{ cm}^2$$

Położenie punktu równowagi względem dolnej półki (y).

$$A_t = (24 + y) \cdot 1 = 24 + y = 45 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow y = 21 \text{ cm}$$

Momenty statyczne części ściskanej i rozciąganej:

$$S_c = 18 \cdot 27 + 0.5 \cdot 27 \cdot 27 = 850.5 \text{ cm}^3$$

$$S_t = 24 \cdot 21 + 0.5 \cdot 21 \cdot 21 = 724.5 \text{ cm}^3$$

Plastyczny wskaźnik wytrzymałości:

$$W_{pl} = S_c + S_t = 850.5 + 724.5 = 1575 \text{ cm}^3$$

Moment graniczny:

$$M_{gr} = W_{pl} \cdot R_{pl} = 1575 \cdot 20 = 31500 \text{ kNcm} = 315 \text{ kNm}$$

Graniczna siła normalna:

$$N_{gr} = A \cdot R_{pl} = 90 \cdot 20 = 1800 \text{ kN}$$

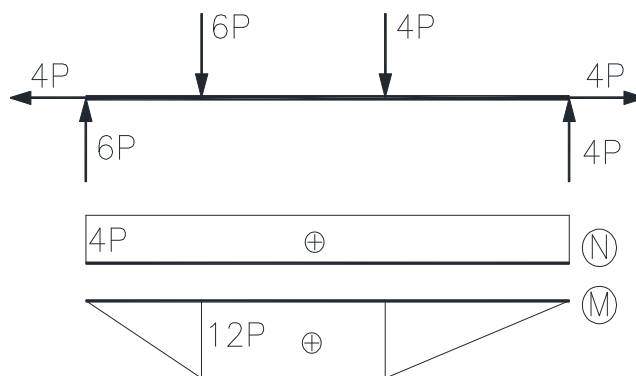
Idealny dwuteownik:

$$\frac{M}{M_{gr}} + \frac{N}{N_{gr}} = 1$$

$$\frac{12P}{315} + \frac{4P}{1800} = 1 \Rightarrow P_{max} = 24.803 \text{ kN}$$

Ostatecznie:

$$P_{dop} = \min\{125.664; 24.803\} = 24.803 \text{ kN}$$



### Zadanie 2

Ze względu na bisymetrię przekroju kierunki główne są od razu znane:

$$\varphi_1 = -60^\circ$$

$$\varphi_2 = 30^\circ$$

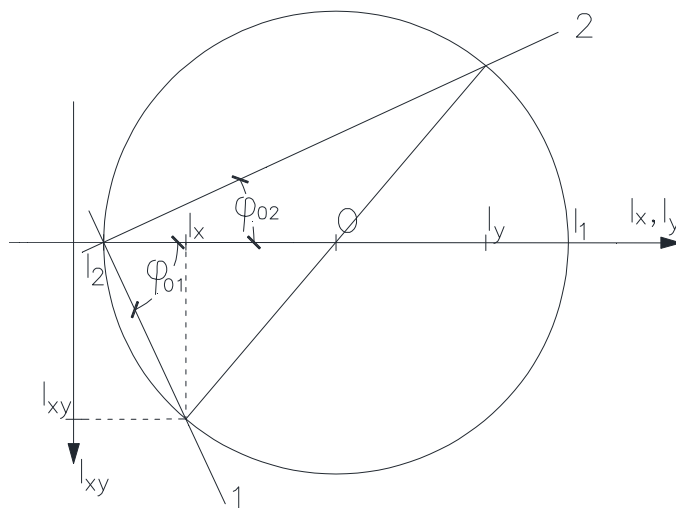
Główne centralne momenty bezwładności:

$$I_1 = 2 \left( \pi \cdot \frac{12^4}{64} + \pi \cdot \frac{12^2}{4} \cdot 6^2 \right) = 10178.760 \text{ cm}^4$$

$$I_2 = 2 \cdot \pi \cdot \frac{12^4}{64} = 2035.752 \text{ cm}^4$$

Moment biegunowy:

$$I_0 = I_1 + I_2 = 10178.760 + 2035.752 = 12214.512 \text{ cm}^4$$

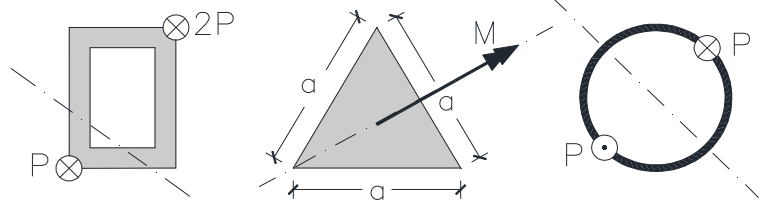


**Zadanie 3**

Oś obojętna (zerowa) – zbiór punktów przekroju, w których naprężenia normalne równe są zero.

Stan 1 – ściskanie mimośrodowe

Stany 2 i 3 – zginanie proste.



**Zadanie 4**

Nośność graniczna przekroju poprzecznego – maksymalna siła przekrojowa, dla której w każdym punkcie przekroju zostaje osiągnięta granica plastyczności.

$$A_s = 4 \cdot \pi \frac{2.8^2}{4} = 24.630 \text{ cm}^2$$

$$A_b = 20 \cdot 15 - 24.630 = 275.37 \text{ cm}^2$$

$$N_{gr} = A_b \cdot \sigma_{pl}^{(b)} + A_s \cdot \sigma_{pl}^{(s)} = 275.37 \cdot 3.0 + 24.630 \cdot 25 = 1441.86 \text{ kN}$$