

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – krokiew (A1)

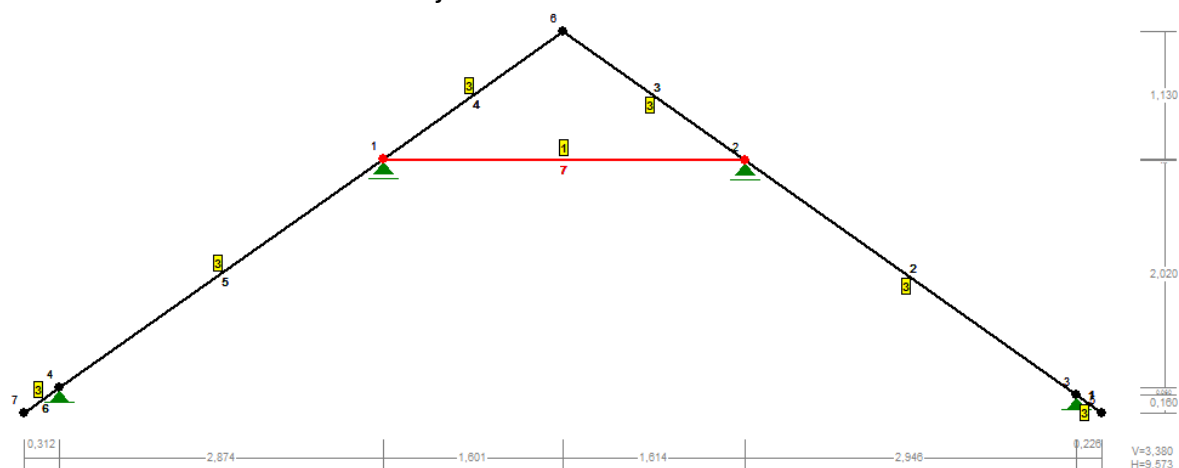
Założenia:

Drewno: klasa C24

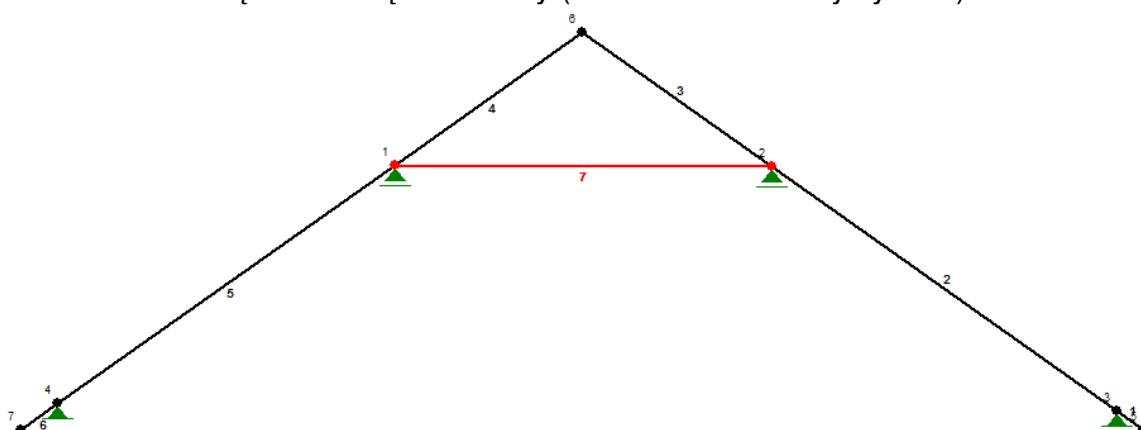
Przekrój krokwi: 10 x 16 cm

1.2. Konstrukcja dachu

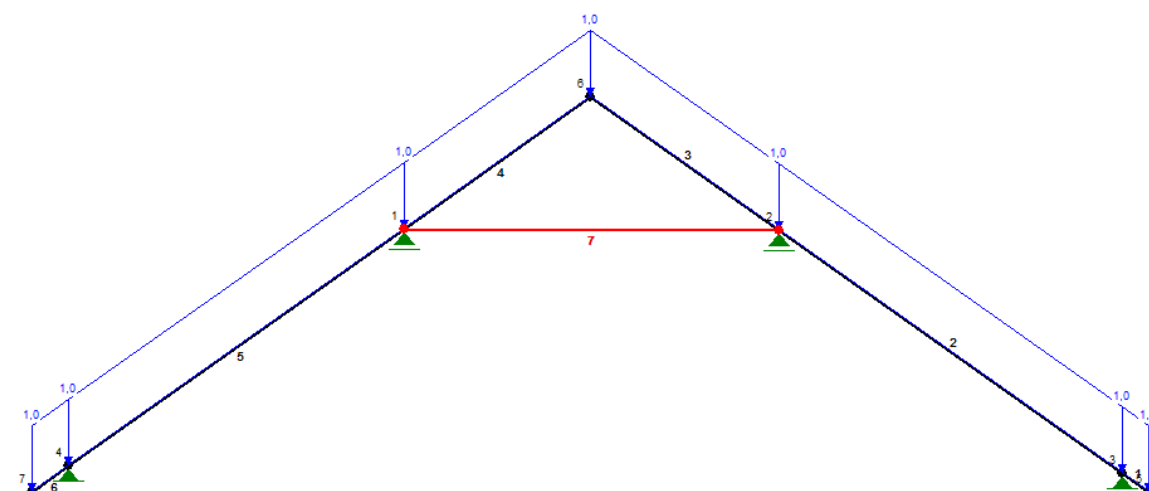
1.2.1. Schemat konstrukcji



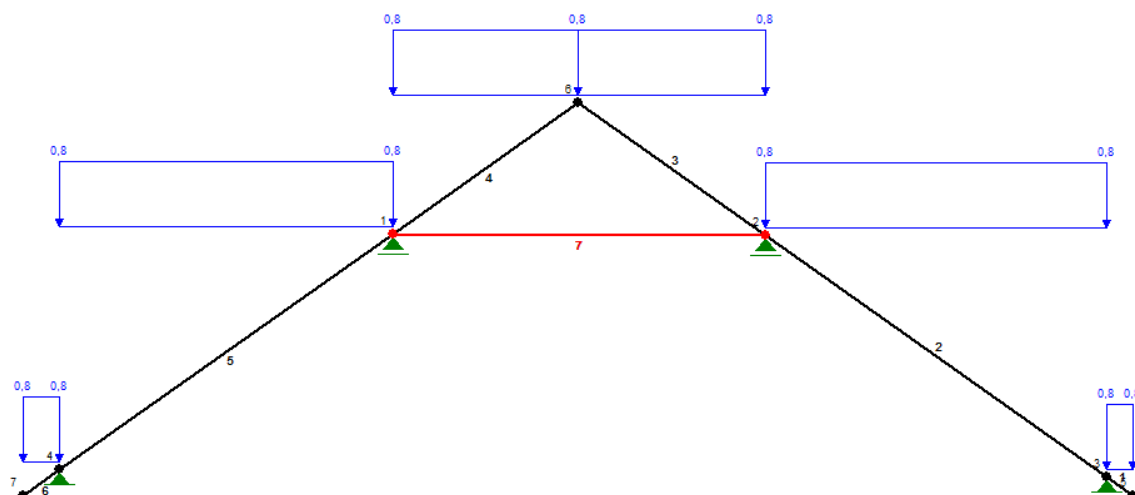
1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



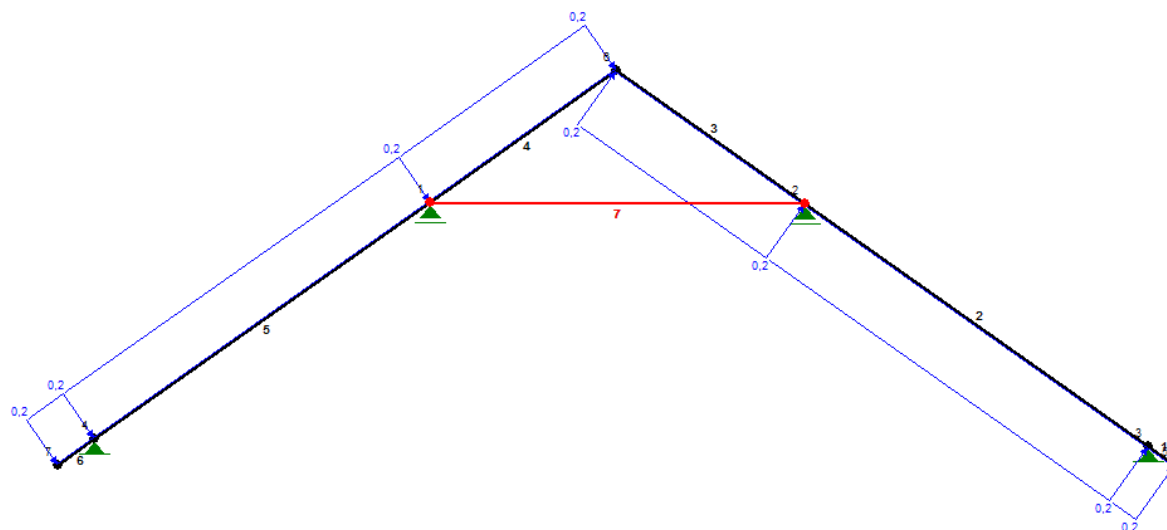
1.2.3. Obciążenia – ciężar własny warstw dachu (wartości charakterystyczne)



1.2.4. Obciążenia – śnieg (wartości charakterystyczne)



1.2.5. Obciążenia – wiatr (wartości charakterystyczne)

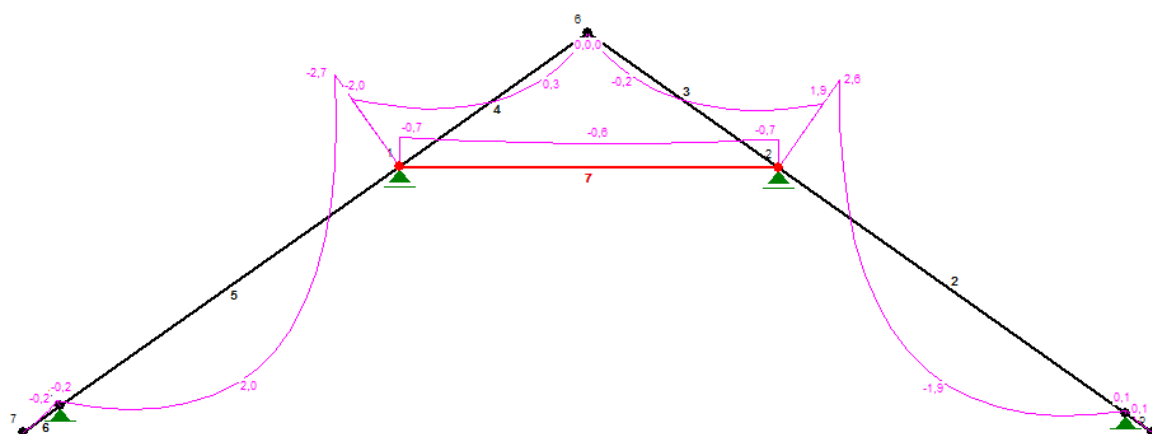


1.2.8. Mnożniki i atrybuty.

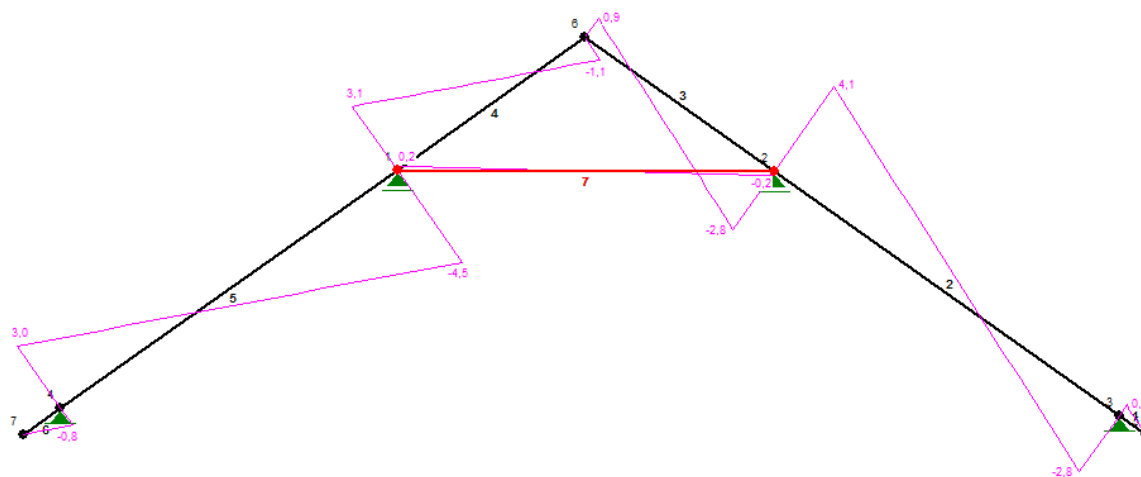
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężarwłasny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar warstw dachu	1,35	1,35	1	Stały
3	Obc śnieg	1,5	1,5	1	Zmienny
4	Obc wiatr	1,5	1,5	1	Zmienny

1.3. Krokiew – obliczenia statyczne.

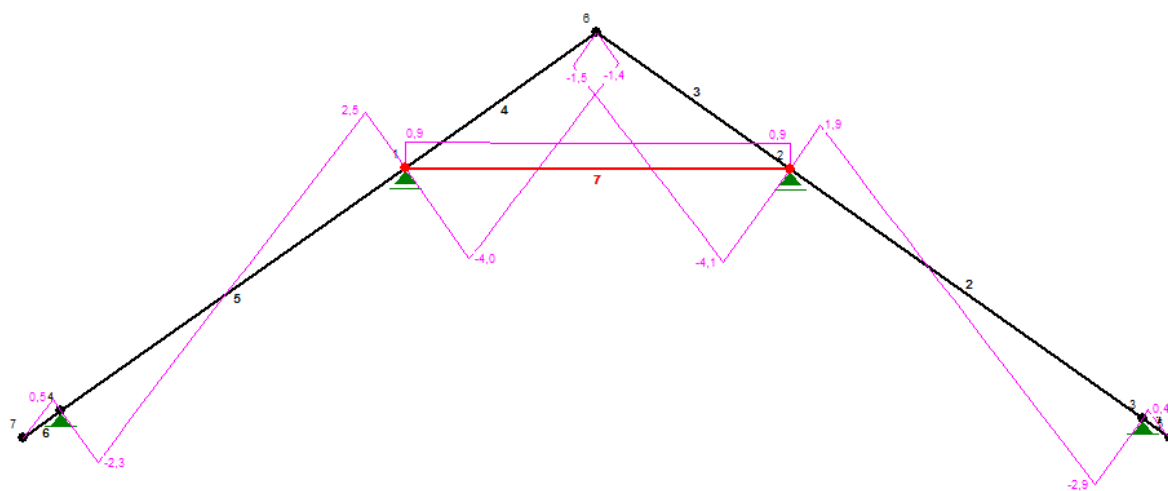
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



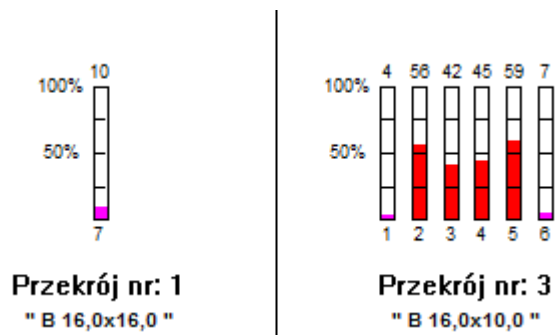
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



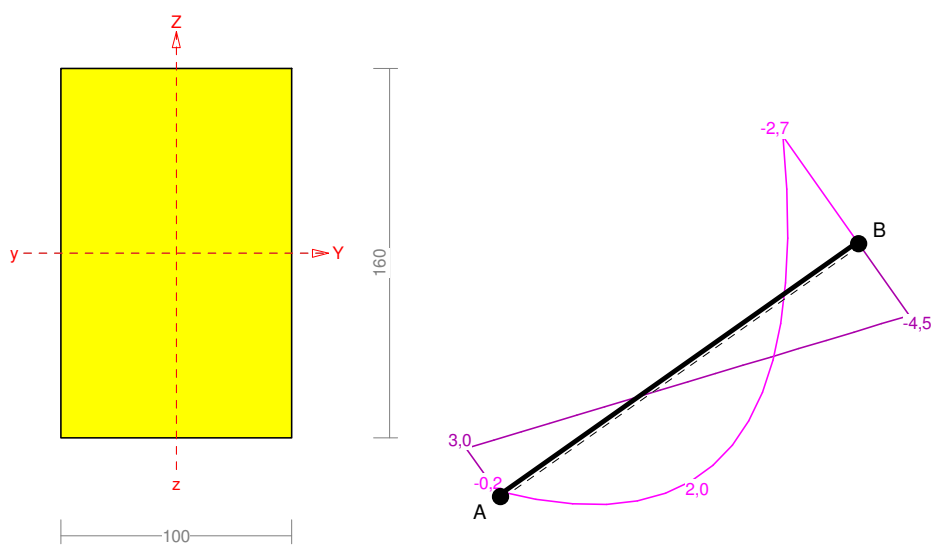
1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)



1.4. Wymiarowanie.



Wykorzystanie przekrojów

**Przekrój: 3** "B 16,0x10,0"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=100,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=3413,3; \quad J_{yg}=1333,3 \text{ cm}^4; \quad A=160,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,6; \quad i_y=2,9 \text{ cm}; \quad W_x=426,7; \quad W_y=266,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 5

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=3,52 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 160,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 2,5 / 160,00 \times 10 = \mathbf{0,2} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,52 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,747 \times 3,519 = 2,629 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,519 = 3,519 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,628 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 3,519 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,628 / 0,0462 = 56,91$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,519 / 0,0289 = 121,89$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (56,91)^2 = 22,55 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (121,89)^2 = 4,92 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/22,55} = 0,965$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/4,92} = 2,067$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,965 - 0,5) + (0,965)^2] = 1,012$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (2,067 - 0,5) + (2,067)^2] = 2,793$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,012 + \sqrt{1,012^2 - 0,965^2}) = 0,759$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,793 + \sqrt{2,793^2 - 2,067^2}) = 0,214$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 160,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 2,3 / 160,00 \times 10 = \mathbf{0,1} < \mathbf{2,08} = 0,214 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,32 \text{ m}$; $x_b=2,20 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,0}{0,759 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{4,7}{11,08} = \mathbf{0,425} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,0}{0,214 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{4,7}{11,08} = \mathbf{0,309} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=3,52 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 3519 + 160 + 160 = 3839 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3839 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 100^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,342$$

Wartość współczynnika zwężenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,7 / 426,67 \times 10^3 = \mathbf{6,3 < 11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=3,52 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2}{6,46} + \frac{6,3}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,6 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2}{6,46} + 0,7 \times \frac{6,3}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,4 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,32 \text{ m}$; $x_b=2,20 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,0^2}{9,69^2} + \frac{4,7}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,4 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,0^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{4,7}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,3 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=3,08 \text{ m}$; $x_b=0,44 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 3,5 / 160,0 \times 10 = 0,3 \text{ MPa}$$

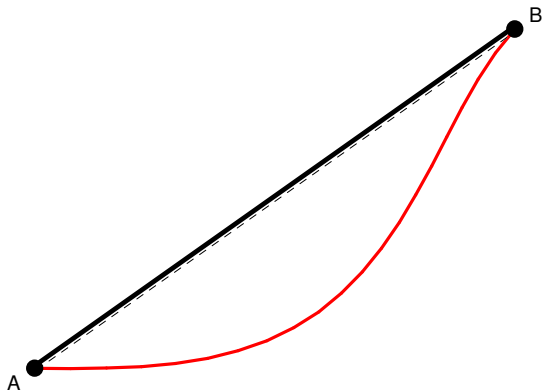
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 160,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,3 < 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,54 \text{ m}$; $x_b=1,98 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 23,5 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + “”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -0,1 \times (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych (“ABC”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: ***Stale*** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -3,8 \times (1 + 0,60) = -6,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,1 + -6,2 = \mathbf{6,3} < \mathbf{23,5} = u_{\text{net,fin}}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – krokiew (A2)

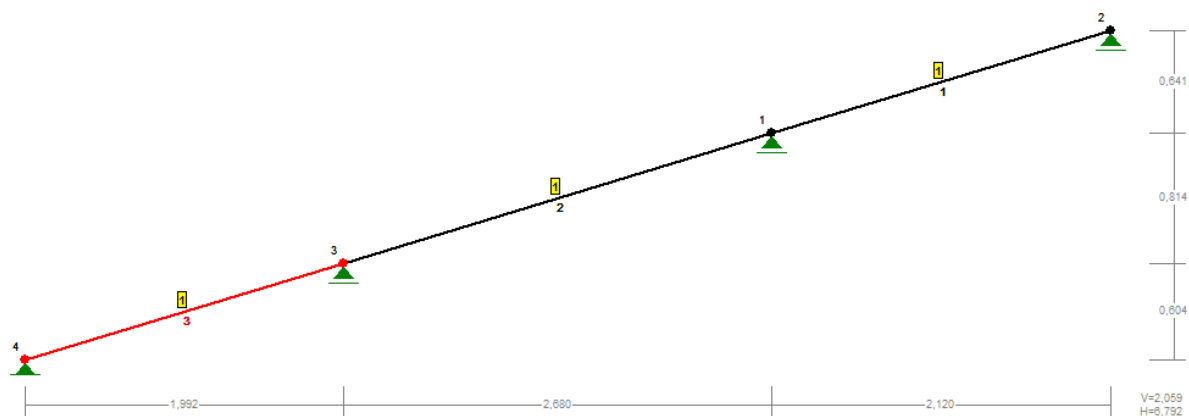
Założenia:

Drewno: klasa C24

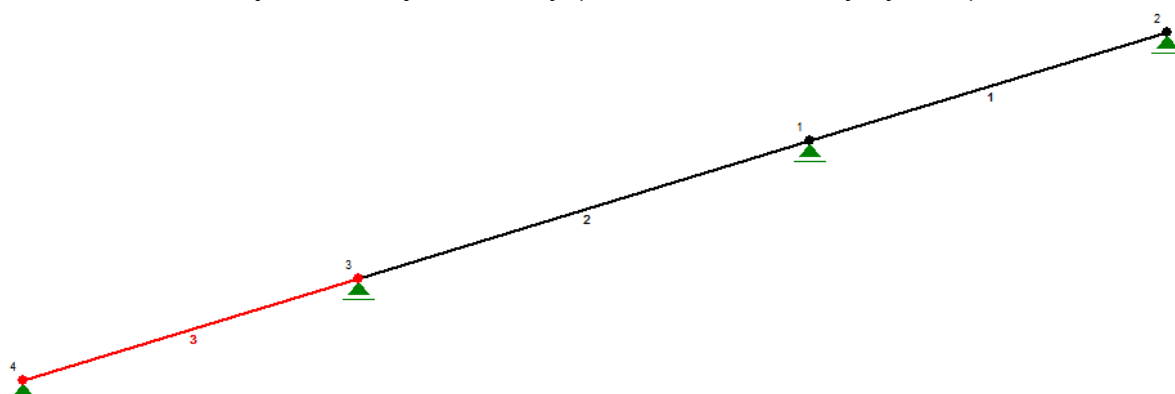
Przekrój krokwi: 5 x 13 cm

1.2. Konstrukcja dachu

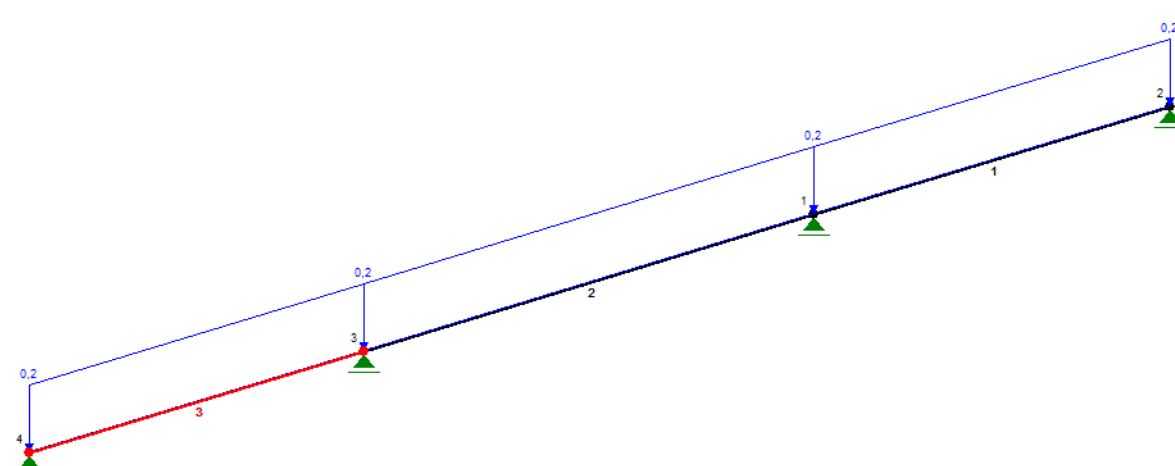
1.2.1. Schemat konstrukcji



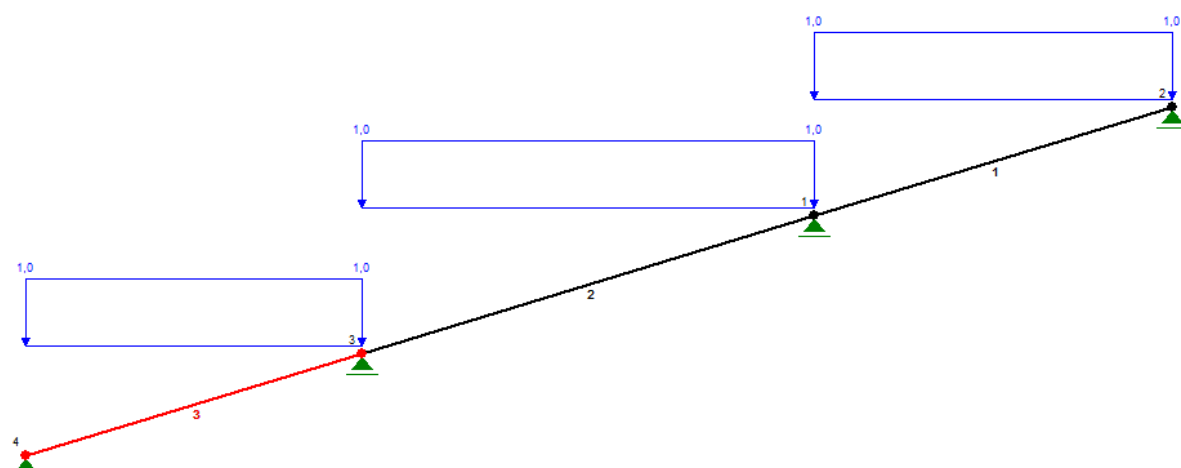
1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



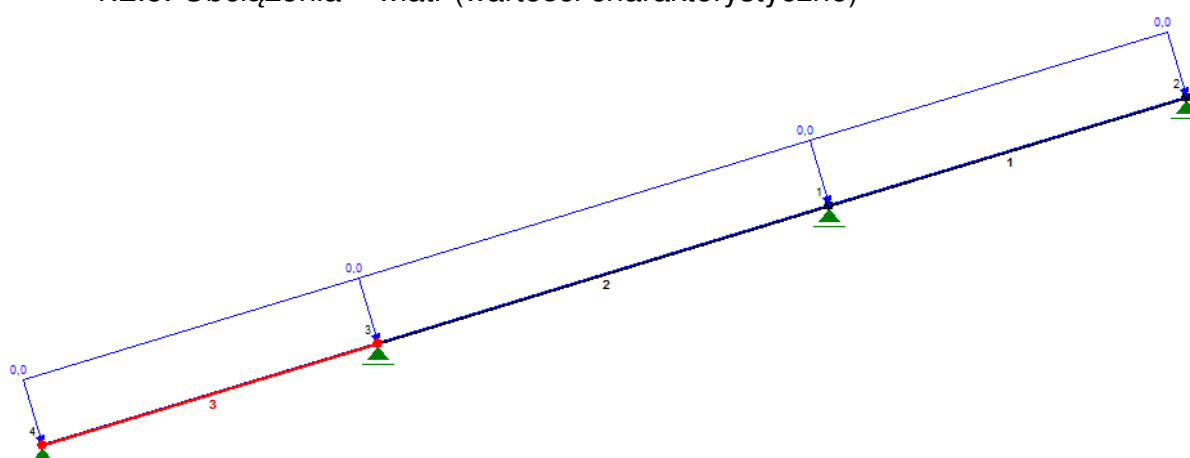
1.2.3. Obciążenia –ciężar własny warstw dachu (wartości charakterystyczne)



1.2.4. Obciążenia – śnieg (wartości charakterystyczne)



1.2.5. Obciążenia – wiatr (wartości charakterystyczne)

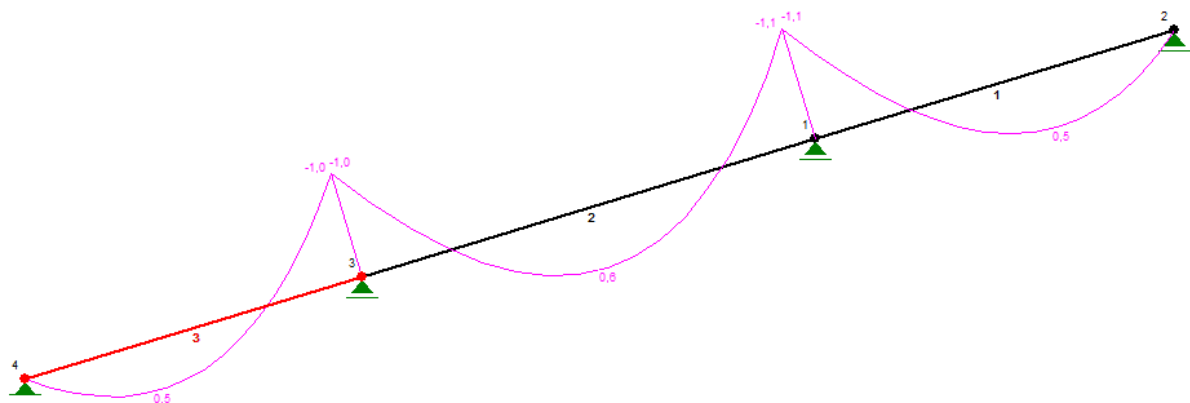


1.2.8. Mnożniki i atrybuty.

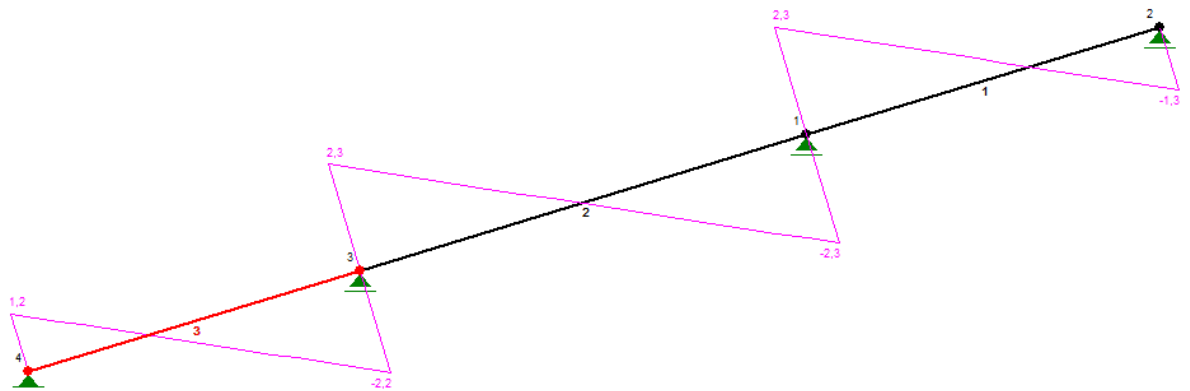
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar warstw dachu	1,35	1,35	1	Stały
3	Obc śnieg	1,5	1,5	1	Zmienny
4	Obc wiatr	1,5	1,5	1	Zmienny

1.3. Krokiec – obliczenia statyczne.

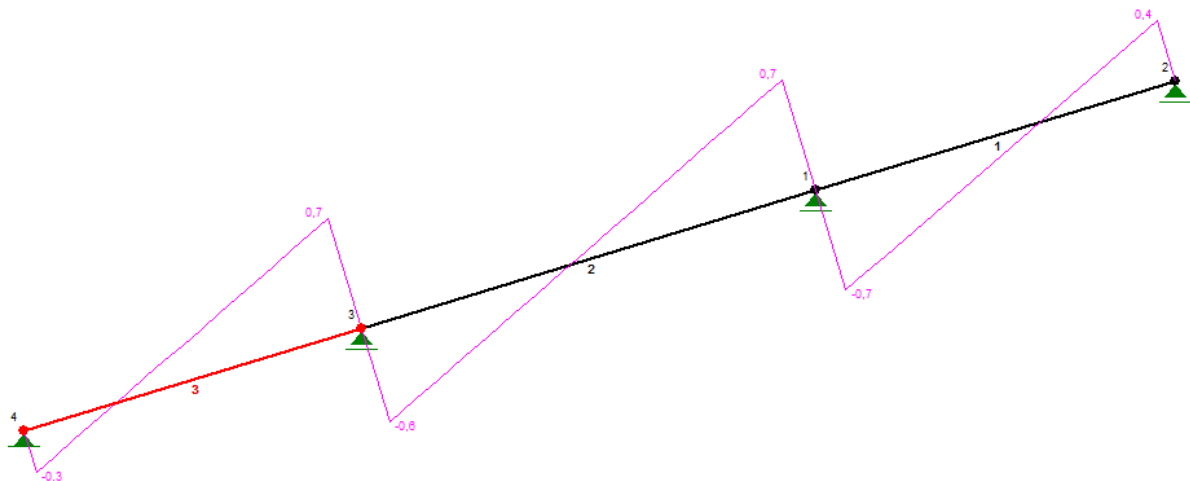
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



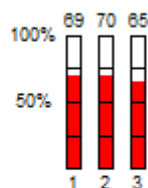
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)



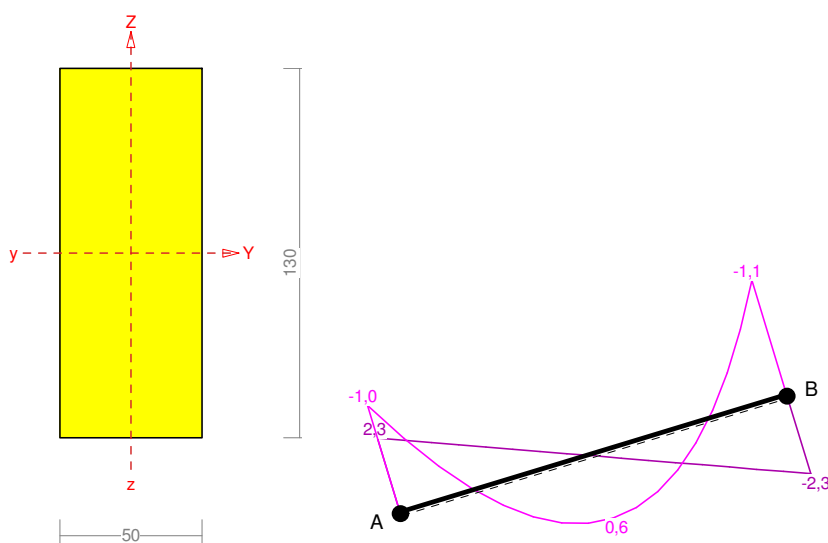
1.4. Wymiarowanie.



Przekrój nr: 1

"B 13,0x5,0"

Wykorzystanie przekrojów

**Przekrój: 1** "B 13,0x5,0"

Wymiary przekroju:

$$h=130,0 \text{ mm} \quad b=50,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=915,4; \quad J_{yg}=135,4 \text{ cm}^4; \quad A=65,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=3,8; \quad i_y=1,4 \text{ cm}; \quad W_x=140,8; \quad W_y=54,2 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto **1** klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=2,80 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 65,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 0,7 / 65,00 \times 10 = \mathbf{0,1} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=2,80 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,687 \times 2,801 = 1,924 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,801 = 2,801 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,924 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 2,801 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,924 / 0,0375 = 51,27$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,801 / 0,0144 = 194,05$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (51,27)^2 = 27,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (194,05)^2 = 1,94 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 27,78} = 0,869$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 1,94} = 3,290$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,869 - 0,5) + (0,869)^2] = 0,915$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (3,290 - 0,5) + (3,290)^2] = 6,193$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,915 + \sqrt{0,915^2 - 0,869^2}) = 0,834$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (6,193 + \sqrt{6,193^2 - 3,290^2}) = 0,087$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 65,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 0,6 / 65,00 \times 10 = \mathbf{0,1} < \mathbf{0,85} = 0,087 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=2,80 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{0,834 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{7,0}{11,08} = \mathbf{0,647} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{0,087 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{7,0}{11,08} = \mathbf{0,557} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=2,80 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2801 + 130 + 130 = 3061 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3061 \times 130 \times 11,08}{3,142 \times 50^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,550$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,1 / 140,83 \times 10^3 = 7,5 < 11,1 = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,80$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1}{6,46} + \frac{7,5}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = 0,7 < 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1}{6,46} + 0,7 \times \frac{7,5}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = 0,5 < 1$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,80$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1^2}{9,69^2} + \frac{7,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = 0,6 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{7,0}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = 0,4 < 1$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=2,45$ m; $x_b=0,35$ m, przy obciążeniach "ABC".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,7 / 65,0 \times 10 = 0,4 \text{ MPa}$$

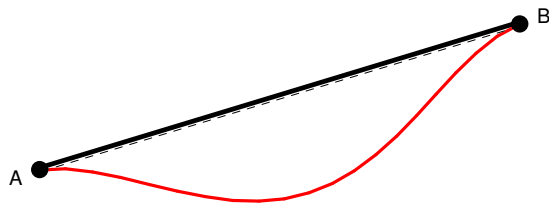
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 65,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,4^2 + 0,0^2} = 0,4 < 1,2 = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,40$ m; $x_b=1,40$ m, przy obciążeniach "ABC".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 18,7 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "ABC"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych (“ABC”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: ***Stałe*** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} (1+k_{def}) = -2,0 \times (1 + 0,60) = -3,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1+k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -0,1 + -3,2 = \mathbf{3,3} < \mathbf{18,7} = u_{net,fin}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – płatew (A1)

Założenia:

Drewno: klasa C24

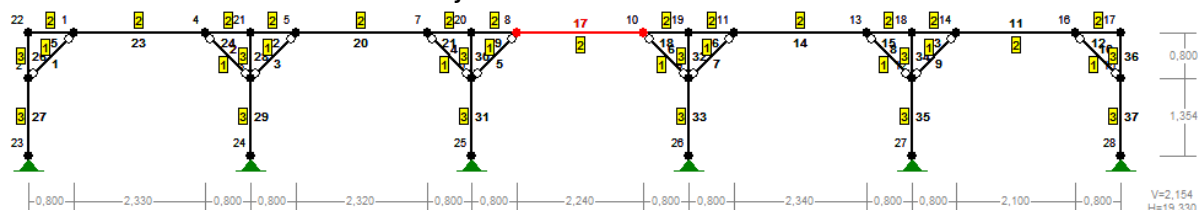
Przekrój płatwi: 16x16 cm

Przekrój słupów: 16x16 cm

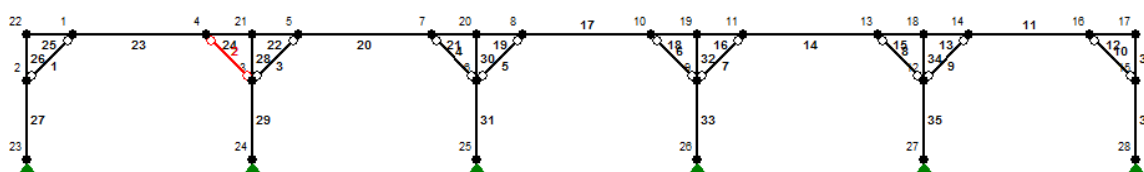
Przekrój mieczy: 10x16 cm

1.2. Konstrukcja dachu

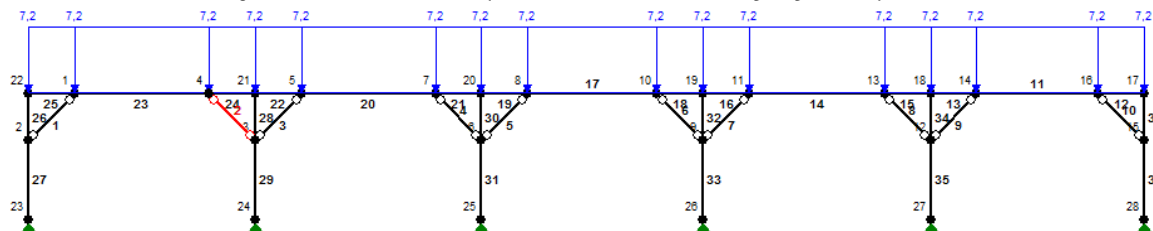
1.2.1. Schemat konstrukcji



1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



1.2.3. Obciążenia – z krokwi (wartości charakterystyczne)

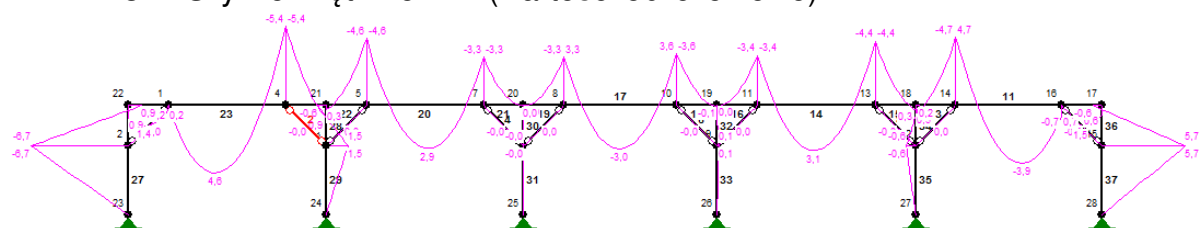


1.2.4. Mnożniki i atrybuty.

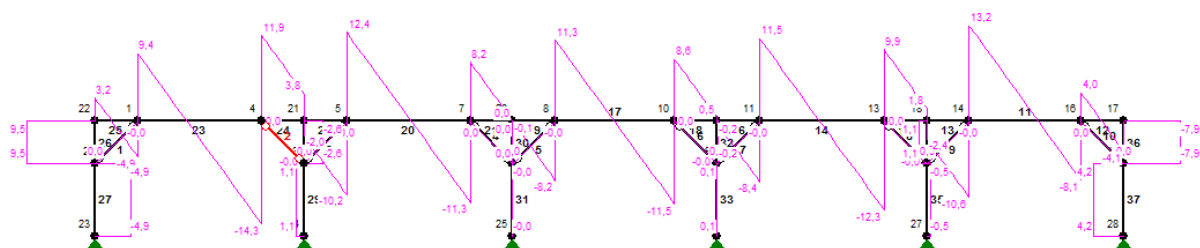
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar z krokwi	1,40	1,40	1	Stały

1.3. Płatew – obliczenia statyczne.

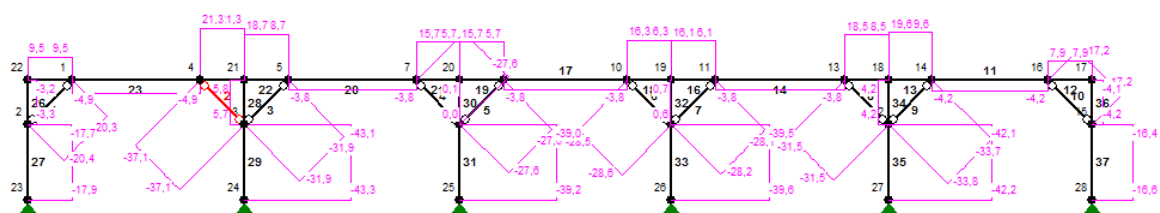
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



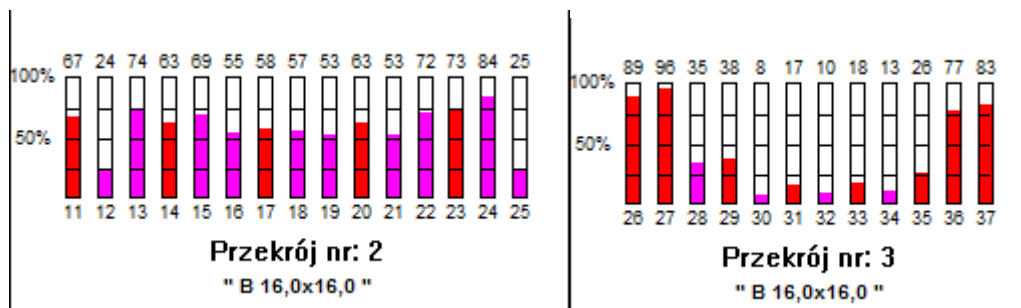
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)

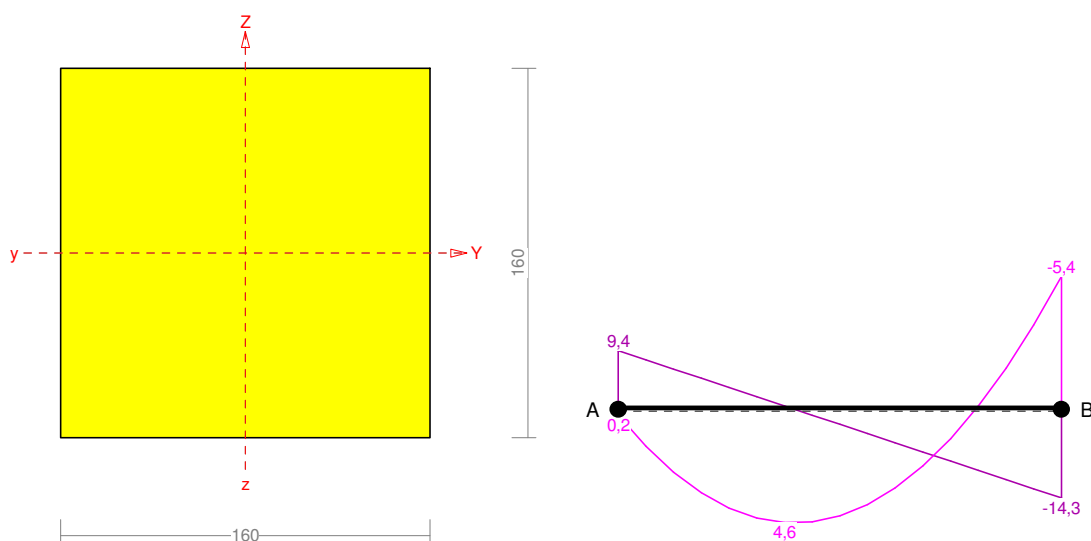


1.4. Wymiarowanie



Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 23

**Przekrój: 2** "B 16,0x16,0"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=160,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=5461,3; \quad J_{yg}=5461,3 \text{ cm}^4; \quad A=256,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,6; \quad i_y=4,6 \text{ cm}; \quad W_x=682,7; \quad W_y=682,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90, \text{mean}} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 23

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=2,33 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,588 \times 2,330 = 1,370 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,330 = 2,330 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,370 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 2,330 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,370 / 0,0462 = 29,66$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,330 / 0,0462 = 50,45$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (29,66)^2 = 83,01 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (50,45)^2 = 28,70 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/83,01} = 0,503$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/28,70} = 0,855$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,503 - 0,5) + (0,503)^2] = 0,627$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,855 - 0,5) + (0,855)^2] = 0,901$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,627 + \sqrt{0,627^2 - 0,503^2}) = 0,999$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,901 + \sqrt{0,901^2 - 0,855^2}) = 0,843$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 256,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 4,9 / 256,00 \times 10 = 0,2 < 8,17 = 0,843 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=2,33 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,2}{0,999 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{7,9}{11,08} = 0,734 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,2}{0,843 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{7,9}{11,08} = 0,523 < 1$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=2,33 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2330 + 160 + 160 = 2650 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2650 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 160^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,178$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 5,4 / 682,67 \times 10^3 = 7,9 < 11,1 = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,33$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{7,9}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = 0,7 < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{7,9}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = 0,5 < 1$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=2,33$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2^2}{9,69^2} + \frac{7,9}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = 0,7 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{7,9}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = 0,5 < 1$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=2,33$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 14,3 / 256,0 \times 10 = 0,8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 256,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,8^2 + 0,0^2} = 0,8 < 1,2 = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

A ● ————— B ●



Wyniki dla $x_a=0,87$ m; $x_b=1,46$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 15,5 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,1 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2330)^2] (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2330)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

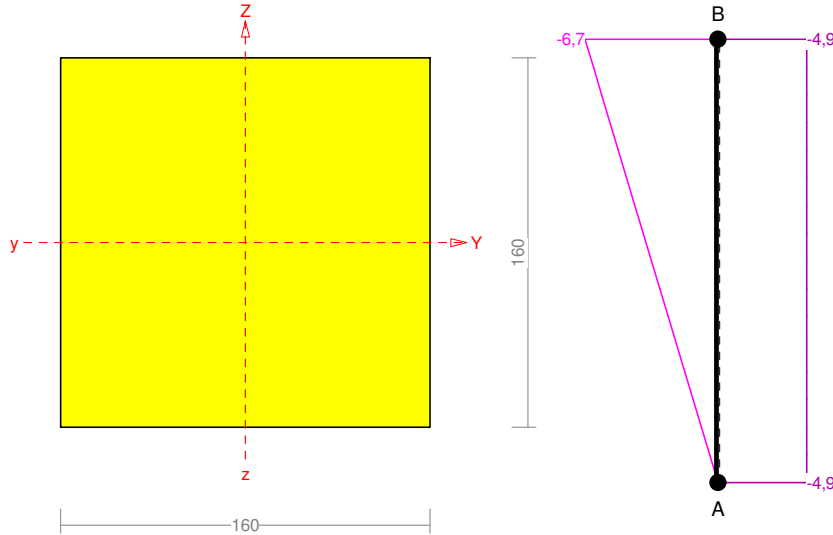
$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -4,7 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2330)^2] (1 + 0,60) = -8,3 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2330)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -0,1 + -8,3 = 8,4 < 15,5 = u_{net,fin}$$

Pręt nr 27



Przekrój: 3 "B 16,0x16,0"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=160,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=5461,3; \quad J_{yg}=5461,3 \text{ cm}^4; \quad A=256,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,6; \quad i_y=4,6 \text{ cm}; \quad W_x=682,7; \quad W_y=682,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 27

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=1,35$ m, przy obciążeniach "A".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,332 \times 1,354 = 1,804 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,354 = 1,354 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,804 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 1,354 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,804 / 0,0462 = 39,05$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,354 / 0,0462 = 29,31$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (39,05)^2 = 47,90 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (29,31)^2 = 84,99 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/47,90} = 0,662$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/84,99} = 0,497$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,662 - 0,5) + (0,662)^2] = 0,735$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,497 - 0,5) + (0,497)^2] = 0,623$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,735 + \sqrt{0,735^2 - 0,662^2}) = 0,947$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,623 + \sqrt{0,623^2 - 0,497^2}) = 1,001$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 256,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 17,9 / 256,00 \times 10 = \mathbf{0,7} < \mathbf{9,18} = 0,947 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,35$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,7}{0,947 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{9,8}{11,08} = \mathbf{0,957} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,7}{1,001 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{9,8}{11,08} = \mathbf{0,689} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,35$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 1354 + 160 + 160 = 1674 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1674 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 160^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,141$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 6,7 / 682,67 \times 10^3 = \mathbf{9,8} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,35$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{9,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,9} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{9,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,6 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,35$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,7^2}{9,69^2} + \frac{9,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,9 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,7^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{9,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,6 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,34$ m; $x_b=1,02$ m, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 4,9 / 256,0 \times 10 = 0,3 \text{ MPa}$$

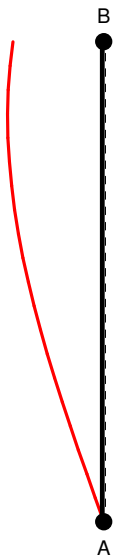
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 256,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,3 < 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,10$ m; $x_b=0,25$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 9,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/1354)^2] (1 + 0,60) = 0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/1354)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 2,9 \times [1 + 19,2 \times (160,0/1354)^2] (1 + 0,60) = 5,8 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/1354)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,1 + 5,8 = \mathbf{5,9 < 9,0} = u_{\text{net,fin}}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – płatew (A2)

Założenia:

Drewno: klasa C24

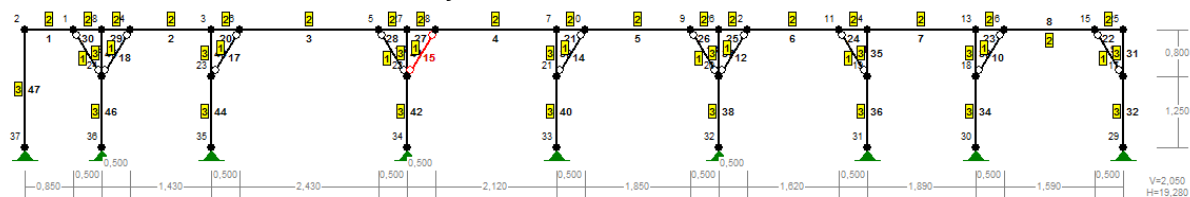
Przekrój płatwi: 13x13 cm

Przekrój słupów: 12x12 cm

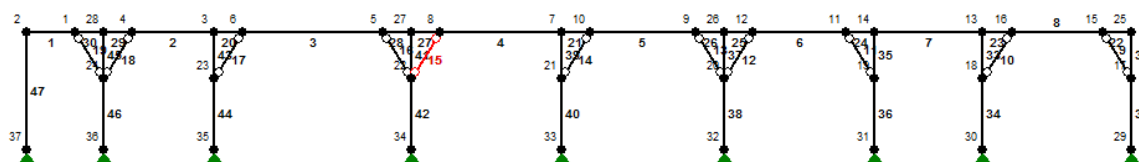
Przekrój mieczy: 10x7 cm

1.2. Konstrukcja dachu

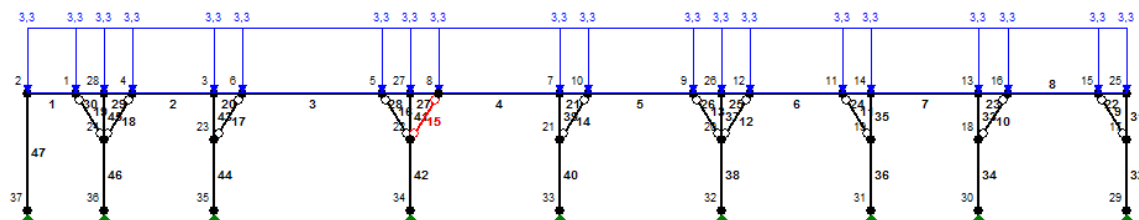
1.2.1. Schemat konstrukcji



1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



1.2.3. Obciążenia – z krokwi (wartości charakterystyczne)

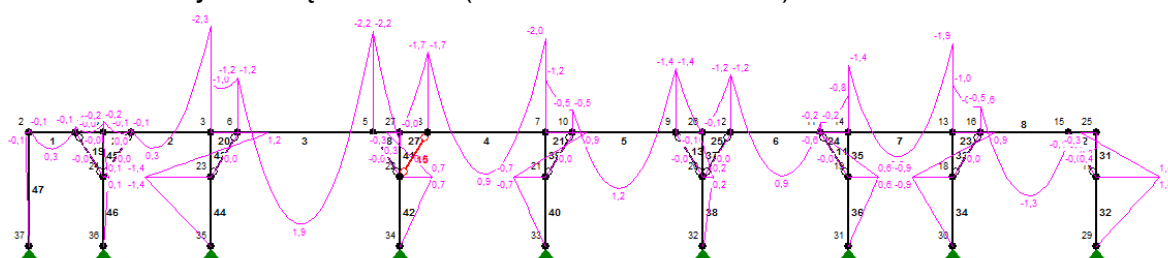


1.2.4. Mnożniki i atrybuty.

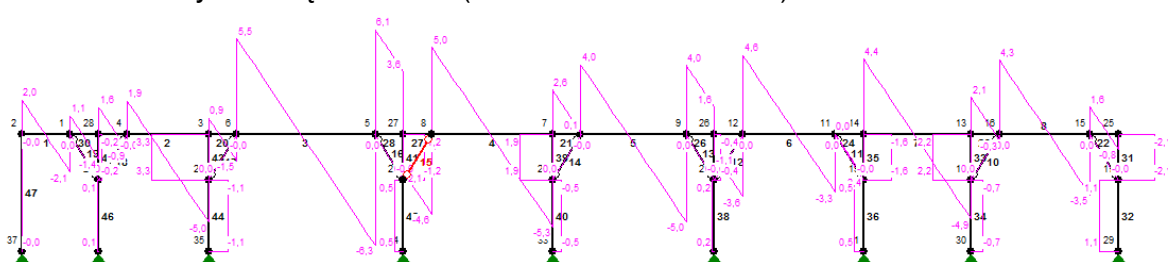
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar z krokwi	1,40	1,40	1	Stały

1.3. Płatew – obliczenia statyczne.

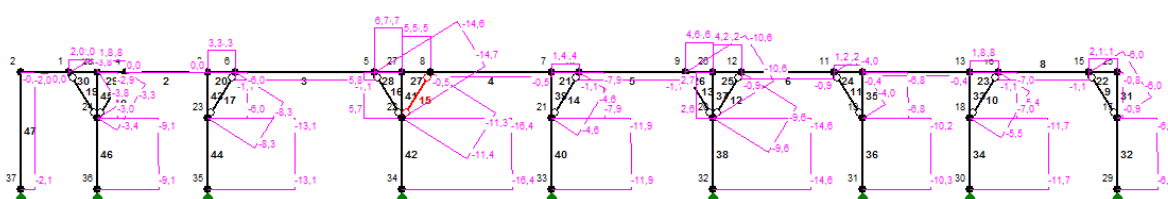
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



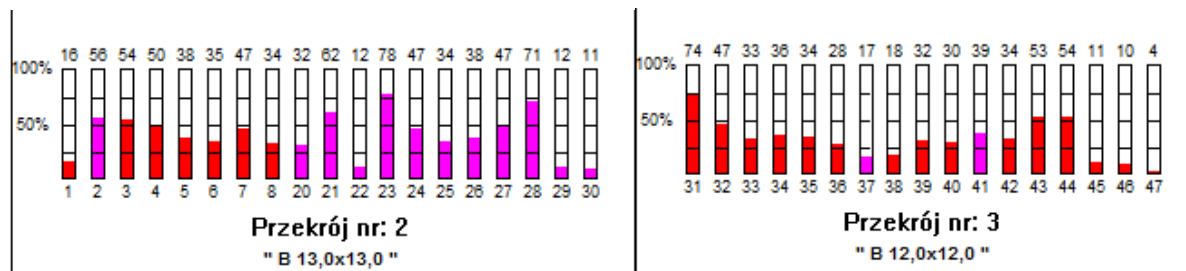
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)

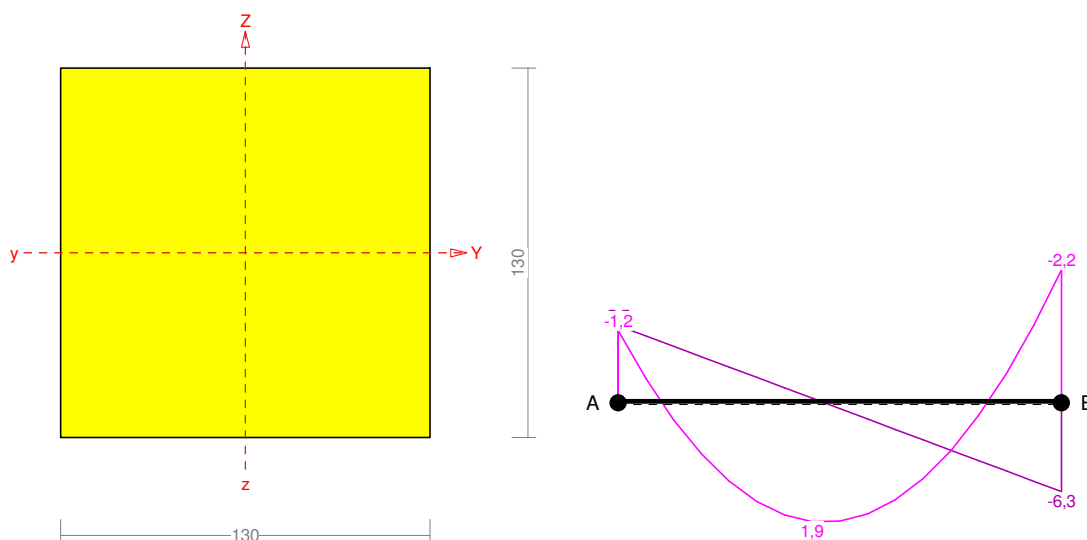


1.4. Wymiarowanie



Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 3

**Przekrój: 2 "B 13,0x13,0"**

Wymiary przekroju:

$$h=130,0 \text{ mm} \quad b=130,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=2380,1; \quad J_{yg}=2380,1 \text{ cm}^4; \quad A=169,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=3,8; \quad i_y=3,8 \text{ cm}; \quad W_x=366,2; \quad W_y=366,2 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 3

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=2,43 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,557 \times 2,430 = 1,354 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,430 = 2,430 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,354 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 2,430 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,354 / 0,0375 = 36,07$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,430 / 0,0375 = 64,75$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (36,07)^2 = 56,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (64,75)^2 = 17,42 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/56,15} = 0,612$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/17,42} = 1,098$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,612 - 0,5) + (0,612)^2] = 0,698$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,098 - 0,5) + (1,098)^2] = 1,163$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,698 + \sqrt{0,698^2 - 0,612^2}) = 0,966$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,163 + \sqrt{1,163^2 - 1,098^2}) = 0,647$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 169,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 1,1 / 169,00 \times 10 = \mathbf{0,1} < \mathbf{6,27} = 0,647 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=2,43 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{0,966 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{5,9}{11,08} = \mathbf{0,542} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{0,647 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{5,9}{11,08} = \mathbf{0,385} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=2,43 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2430 + 130 + 130 = 2690 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2690 \times 130 \times 11,08}{3,142 \times 130^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,198$$

Wartość współczynnika zwężenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,2 / 366,17 \times 10^3 = \mathbf{5,9 < 11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,43$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{5,9}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,5 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{5,9}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,4 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=2,43$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1^2}{9,69^2} + \frac{5,9}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,5 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{5,9}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,4 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=2,43$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 6,3 / 169,0 \times 10 = 0,6 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 169,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,6^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,6 < 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,06$ m; $x_b=1,37$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 16,2 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,1 \times [1 + 19,2 \times (130,0/2430)^2] (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (130,0/2430)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

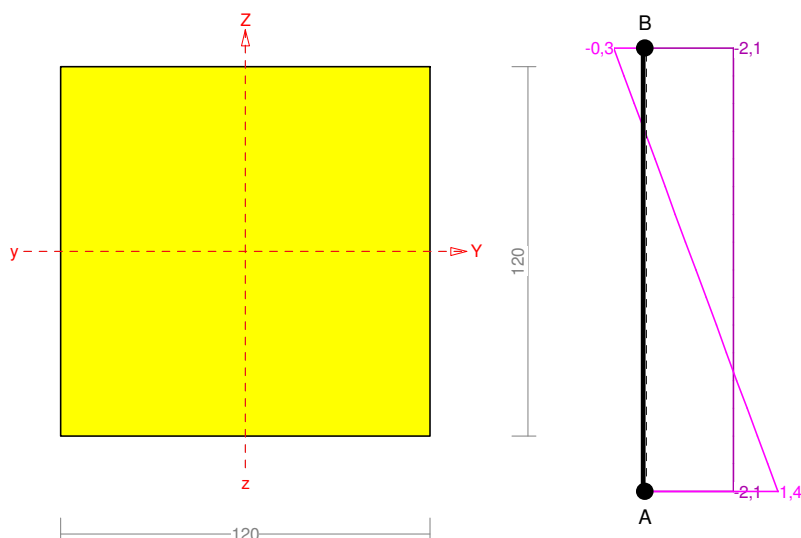
Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -3,4 \times [1 + 19,2 \times (130,0/2430)^2] (1 + 0,60) = -5,7 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (130,0/2430)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,1 + -5,7 = \mathbf{5,8 < 16,2} = u_{\text{net,fin}}$$

Pręt nr 31**Przekrój: 3 “B 12,0x12,0”**

Wymiary przekroju:

$$h=120,0 \text{ mm} \quad b=120,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=1728,0; \quad J_{yg}=1728,0 \text{ cm}^4; \quad A=144,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=3,5; \quad i_y=3,5 \text{ cm}; \quad W_x=288,0; \quad W_y=288,0 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 31

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=0,80 \text{ m}$, przy obciążeniach “A”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,845 \times 0,800 = 0,676 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 0,800 = 0,800 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 0,676 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 0,800 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 0,676 / 0,0346 = 19,51$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 0,800 / 0,0346 = 23,09$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (19,51)^2 = 191,79 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (23,09)^2 = 136,94 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/191,79} = 0,331$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/136,94} = 0,392$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,331 - 0,5) + (0,331)^2] = 0,538$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,392 - 0,5) + (0,392)^2] = 0,566$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,538 + \sqrt{0,538^2 - 0,331^2}) = 1,040$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,566 + \sqrt{0,566^2 - 0,392^2}) = 1,026$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 144,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 0,9 / 144,00 \times 10 = \mathbf{0,1} < \mathbf{9,95} = 1,026 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=0,80 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{1,040 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{4,7}{11,08} = \mathbf{0,431} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{1,026 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{4,7}{11,08} = \mathbf{0,304} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=0,80 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 800 + 120 + 120 = 1040 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1040 \times 120 \times 11,08}{3,142 \times 120^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,128$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,4 / 288,00 \times 10^3 = \mathbf{4,7} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=0,80 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{4,7}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,4} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{4,7}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,3} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=0,80 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1^2}{9,69^2} + \frac{4,7}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,4 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{4,7}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,3 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=0,80$ m, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 2,1 / 144,0 \times 10 = 0,2 \text{ MPa}$$

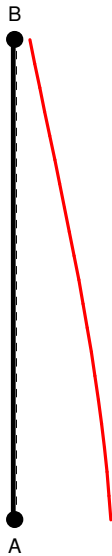
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 144,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,2^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,2 < 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=0,80$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 5,3 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (120,0/800)^2] (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (120,0/800)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -1,7 \times [1 + 19,2 \times (120,0/800)^2] (1 + 0,60) = -3,9 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (120,0/800)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,1 + -3,9 = \mathbf{4,0 < 5,3} = u_{\text{net,fin}}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – krokiew koszowa (A2)

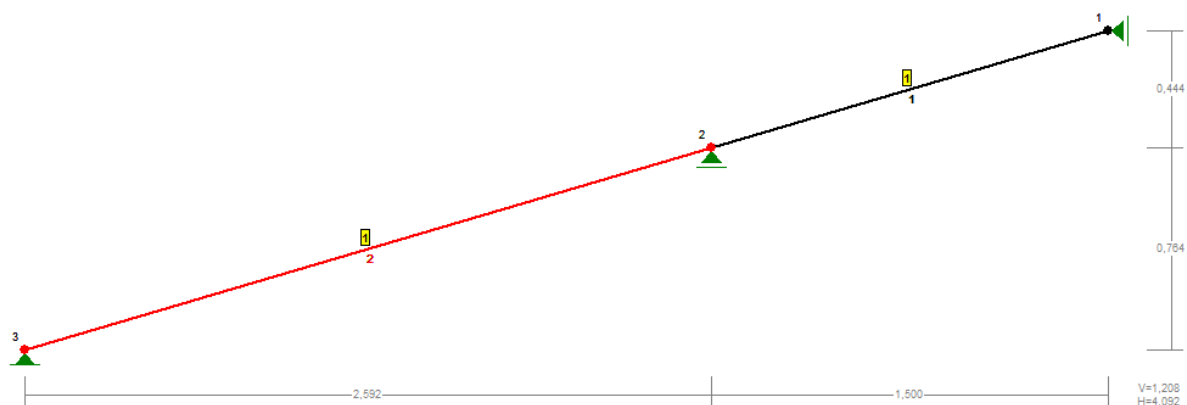
Założenia:

Drewno: klasa C24

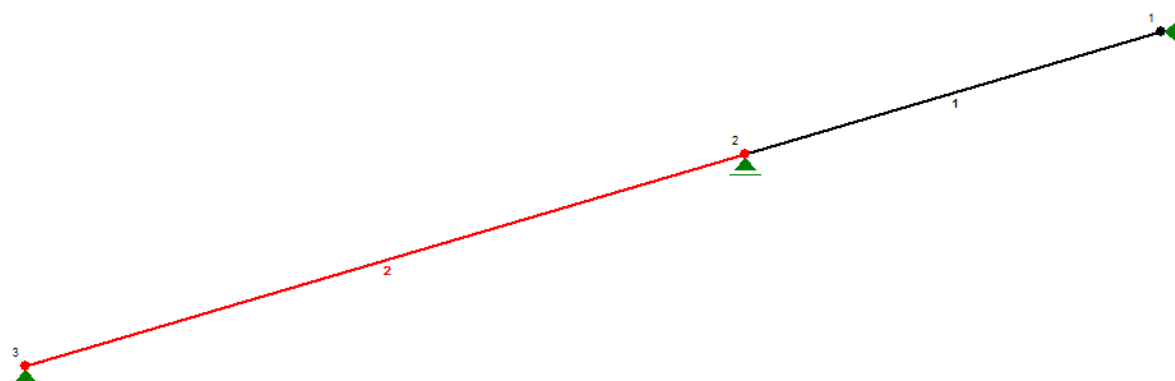
Przekrój krokwi: 12 x 12 cm

1.2. Konstrukcja dachu

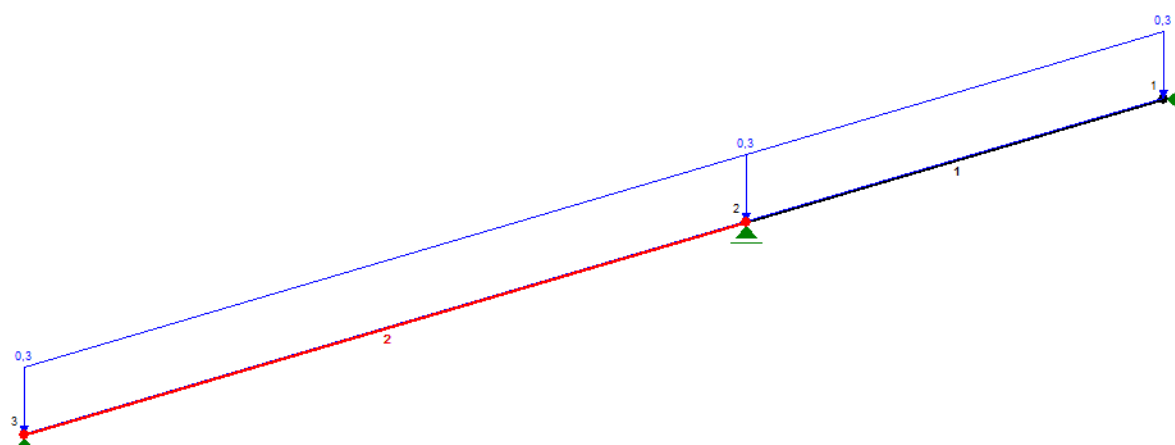
1.2.1. Schemat konstrukcji



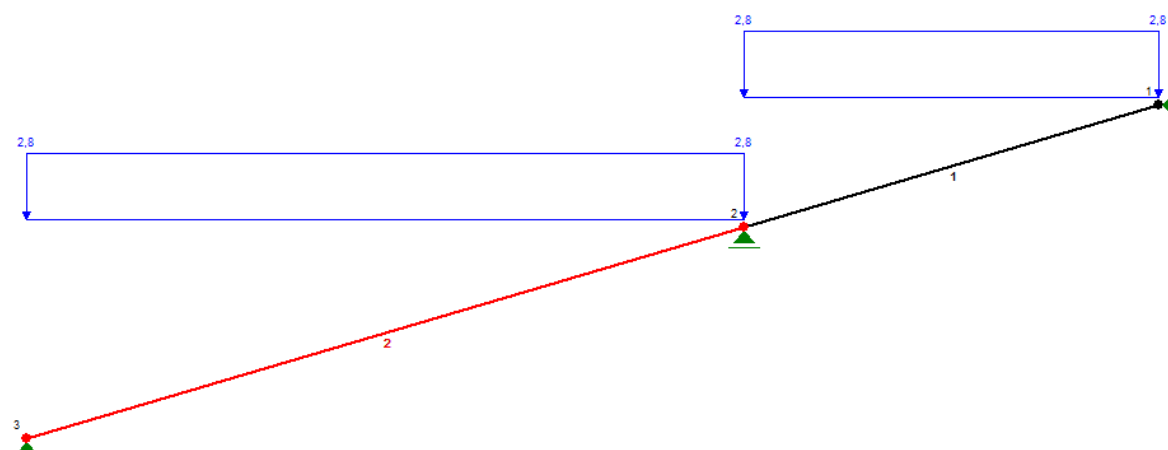
1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



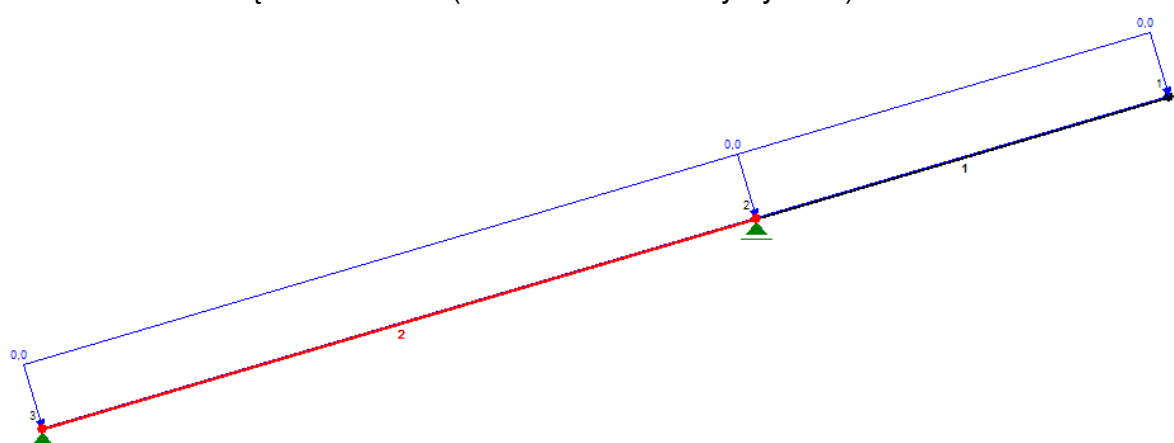
1.2.3. Obciążenia –ciężar własny warstw dachu (wartości charakterystyczne)



1.2.4. Obciążenia – śnieg (wartości charakterystyczne)



1.2.5. Obciążenia – wiatr (wartości charakterystyczne)

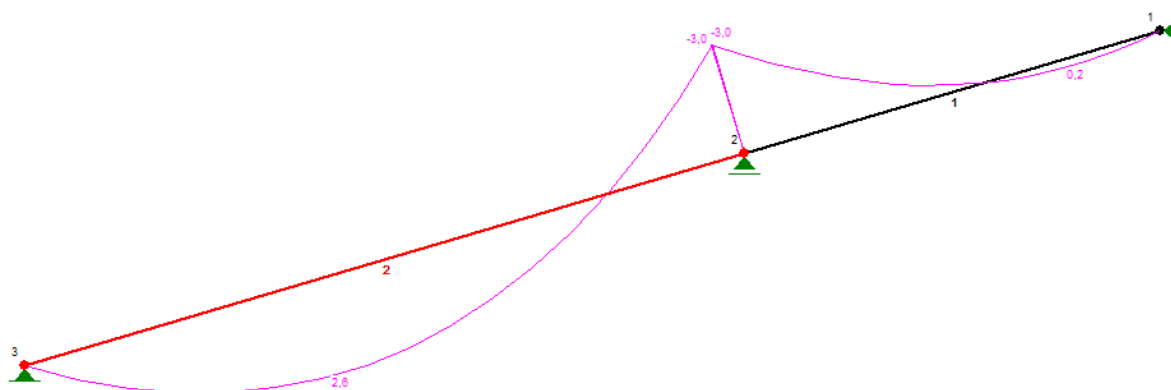


1.2.8. Mnożniki i atrybuty.

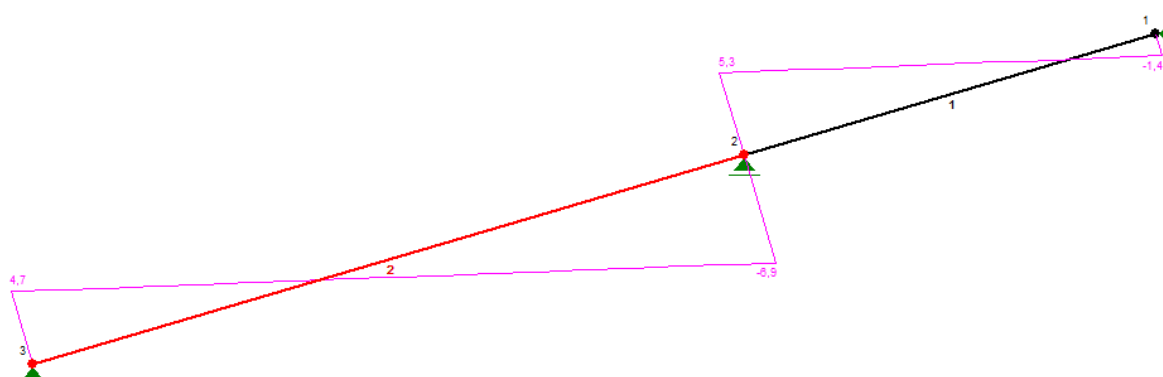
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar warstw dachu	1,35	1,35	1	Stały
3	Obc śnieg	1,5	1,5	1	Zmienny
4	Obc wiatr	1,5	1,5	1	Zmienny

1.3. Krokiew – obliczenia statyczne.

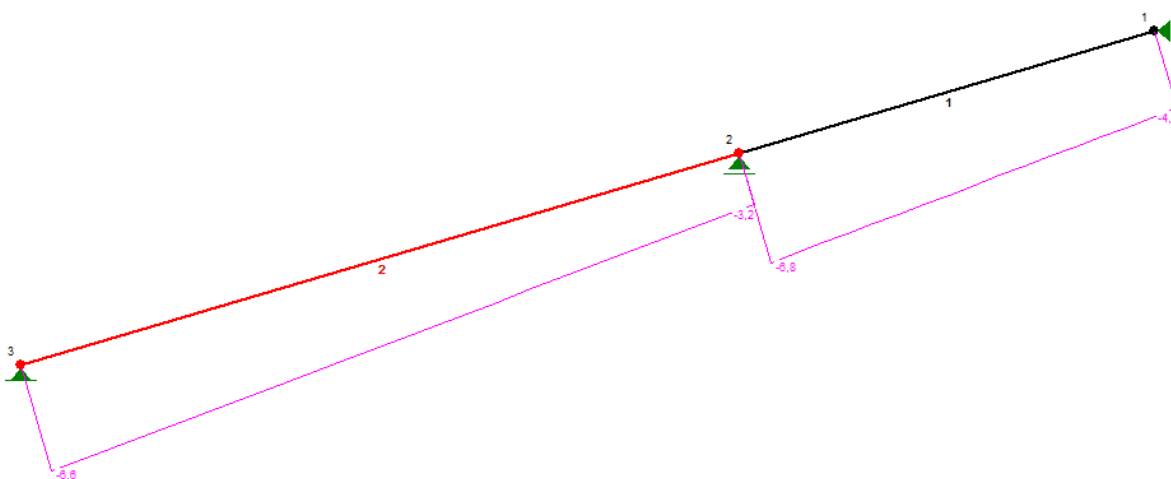
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



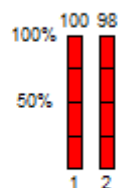
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)



1.4. Wymiarowanie.

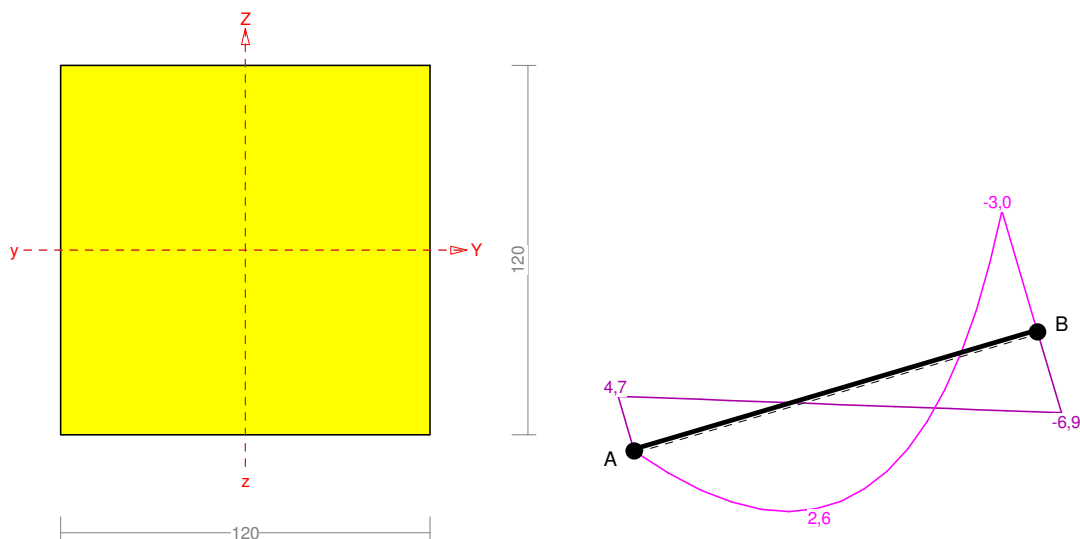


Przekrój nr: 1

"B 12,0x12,0"

Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 2



Przekrój: 1 "B 12,0x12,0"

Wymiary przekroju:

$$h=120,0 \text{ mm } b=120,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=1728,0; J_{yg}=1728,0 \text{ cm}^4; A=144,00 \text{ cm}^2; i_x=3,5; i_y=3,5 \text{ cm}; W_x=288,0; W_y=288,0 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} E_{0,\text{mean}} &= 11000 \text{ MPa} \\ E_{90,\text{mean}} &= 370 \text{ MPa} \\ E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\ G_{\text{mean}} &= 690 \text{ MPa} \\ \rho_k &= 350 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=2,70 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,802 \times 2,702 = 2,167 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,702 = 2,702 \text{ m}$$

Długości wybocheniowe dla wybochenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,167 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,702 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,167 / 0,0346 = 62,56$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,702 / 0,0346 = 78,01$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (62,56)^2 = 18,66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (78,01)^2 = 12,00 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{21 / 18,66} = 1,061$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{21 / 12,00} = 1,323$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,061 - 0,5) + (1,061)^2] = 1,119$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,323 - 0,5) + (1,323)^2] = 1,457$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (1,119 + \sqrt{1,119^2 - 1,061^2}) = 0,678$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (1,457 + \sqrt{1,457^2 - 1,323^2}) = 0,483$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 144,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 6,6 / 144,00 \times 10 = \mathbf{0,5 < 4,69} = 0,483 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=2,70 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,2}{0,678 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{10,5}{11,08} = \mathbf{0,980 = 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,2}{0,483 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{10,5}{11,08} = \mathbf{0,710 < 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=2,70 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2702 + 120 + 120 = 2942 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2942 \times 120 \times 11,08}{3,142 \times 120^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,216$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 3,0 / 288,00 \times 10^3 = \mathbf{10,5} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,70$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{10,5}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,9} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{10,5}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,7} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=2,70$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2^2}{9,69^2} + \frac{10,5}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,9} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{10,5}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,7} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=2,36$ m; $x_b=0,34$ m, przy obciążeniach "ABC".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 5,5 / 144,0 \times 10 = 0,6 \text{ MPa}$$

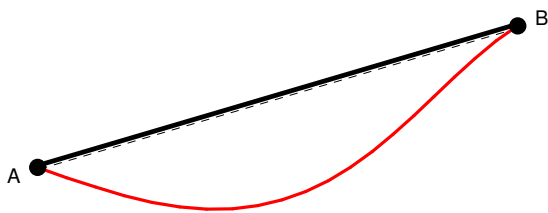
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 144,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,6^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,6} < \mathbf{1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,18$ m; $x_b=1,52$ m, przy obciążeniach "ABC".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 18,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "ABC"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -0,1 \times (1 + 0,60) = -0,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("ABC"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -5,7 \times (1 + 0,60) = -9,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,2 + -9,1 = \mathbf{9,3} < \mathbf{18,0} = u_{\text{net,fin}}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – tram (A1)

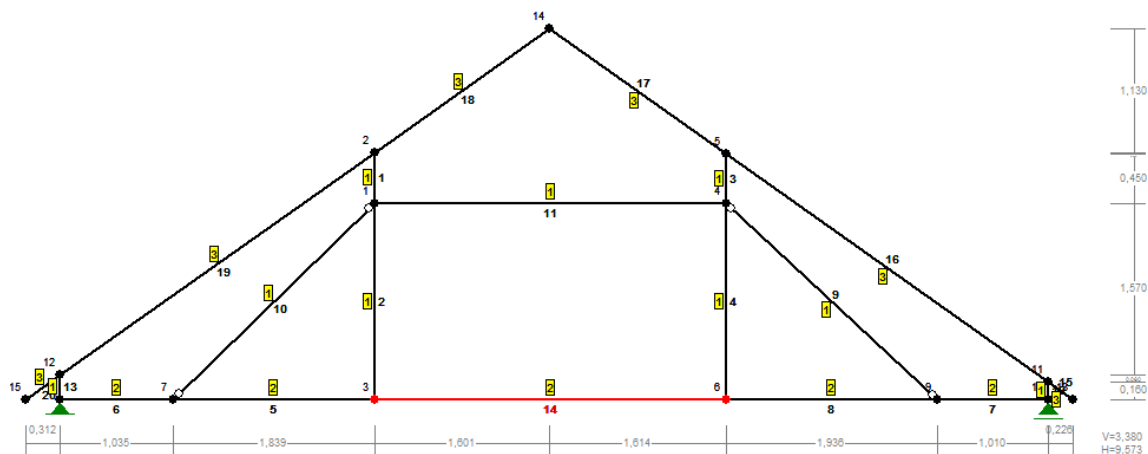
Założenia:

Drewno: klasa C24

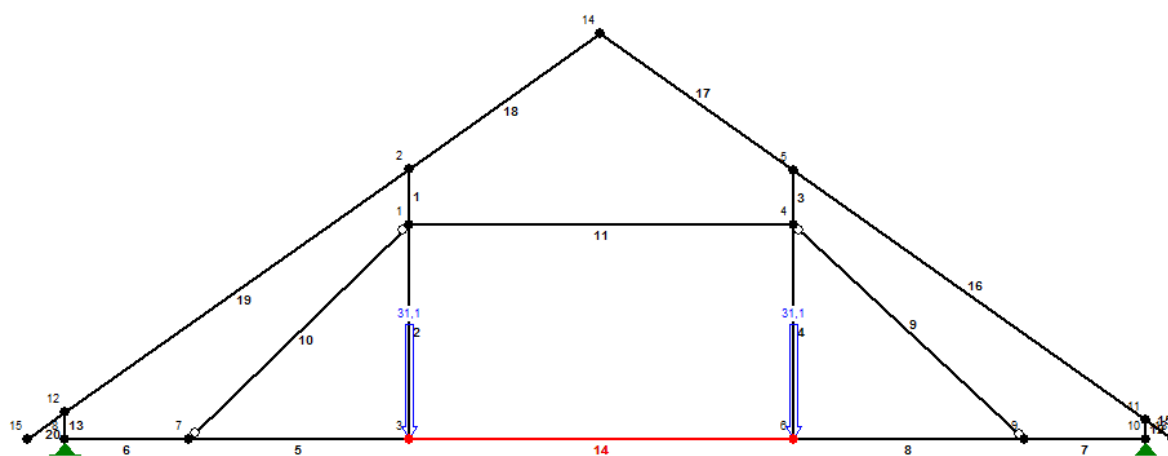
Przekrój tramu: 16 x 20 cm

1.2. Konstrukcja dachu

1.2.1. Schemat konstrukcji



1.2.2. Obciążenia – reakcje

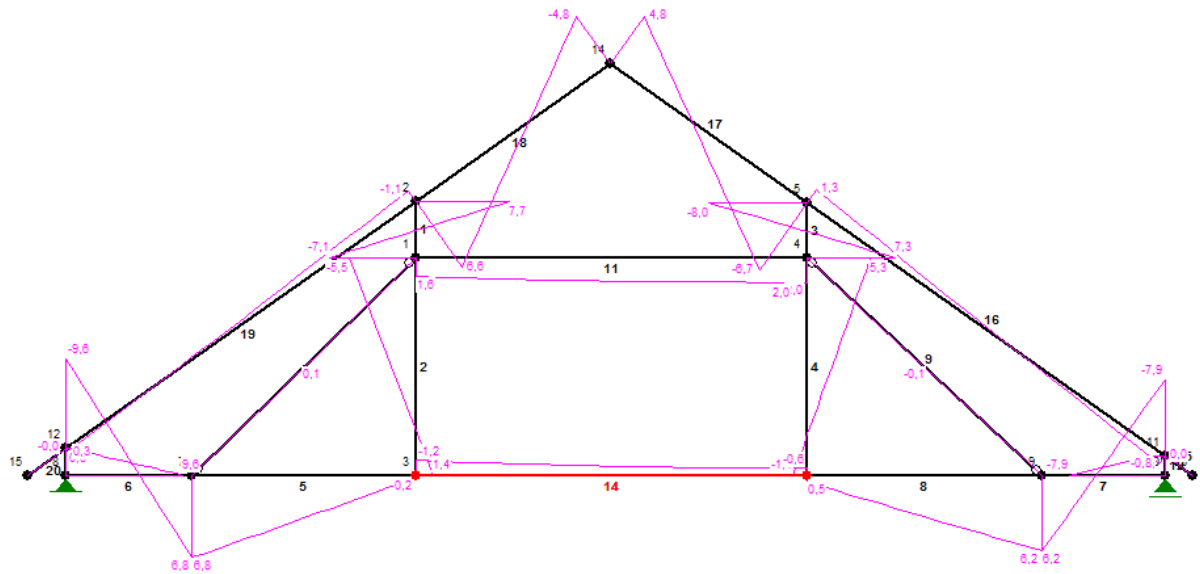


1.2.3. Mnożniki i atrybuty.

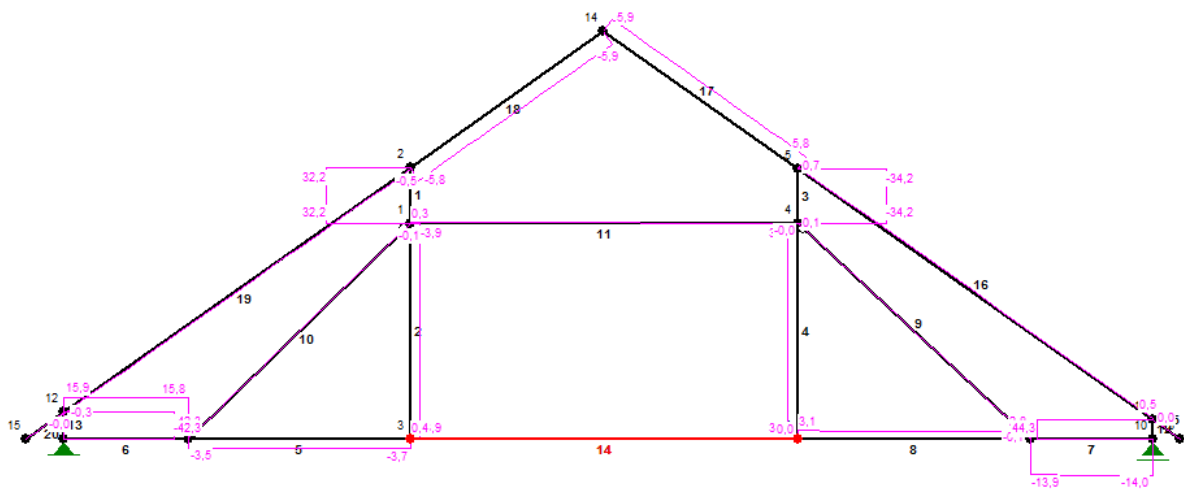
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Reakcje	1,4	1,4	1	Stały

1.3. Tram – obliczenia statyczne.

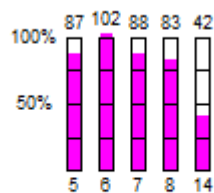
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)

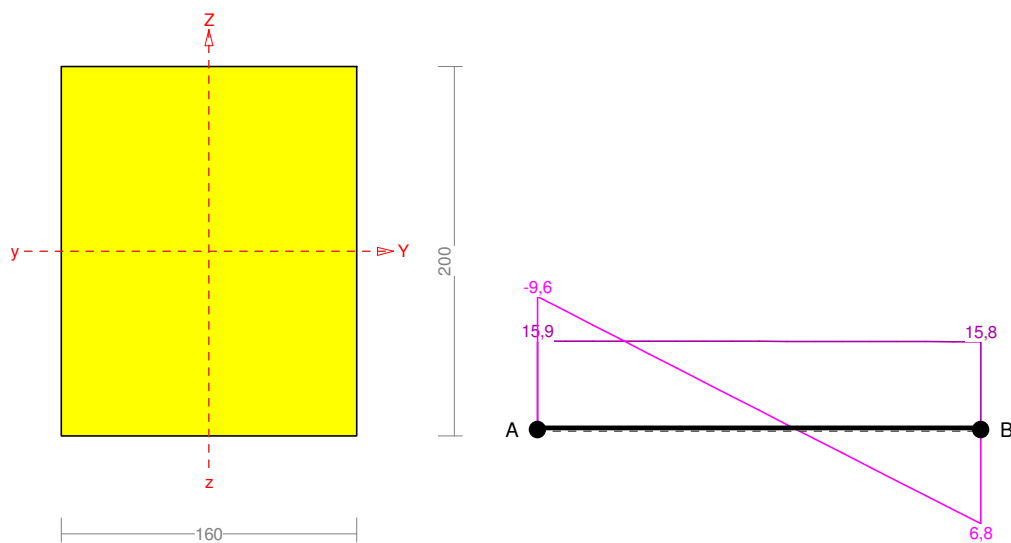


1.4. Wymiarowanie.



Przekrój nr: 2
" B 20,0x16,0 "

Wykorzystanie przekrojów

**Przekrój: 2 "B 20,0x16,0"**

Wymiary przekroju:

$$h=200,0 \text{ mm} \quad b=160,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=10666,7; \quad J_{yg}=6826,7 \text{ cm}^4; \quad A=320,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=5,8; \quad i_y=4,6 \text{ cm}; \quad W_x=1066,7; \quad W_y=853,3 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 6

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=1,03 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 320,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 42,3 / 320,00 \times 10 = \mathbf{1,3} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=1,03 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 1035 + 200 + 200 = 1435 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1435 \times 200 \times 11,08}{3,142 \times 160^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,146$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 9,6 / 1066,67 \times 10^3 = \mathbf{9,0} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=1,03 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,3}{6,46} + \frac{9,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,0} = \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,3}{6,46} + 0,7 \times \frac{9,0}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,8} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,45 \text{ m}$; $x_b=0,58 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 15,9 / 320,0 \times 10 = 0,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 320,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,7^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,7} < \mathbf{1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,03$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 60,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = -0,1 \times [1 + 19,2 \times (200,0/9000)^2] (1 + 0,60) = -0,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/9000)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = -3,6 \times [1 + 19,2 \times (200,0/9000)^2] (1 + 0,60) = -5,8 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/9000)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,2 + -5,8 = \mathbf{6,0} < \mathbf{60,0} = u_{\text{net,fin}}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – krokiew (B1)

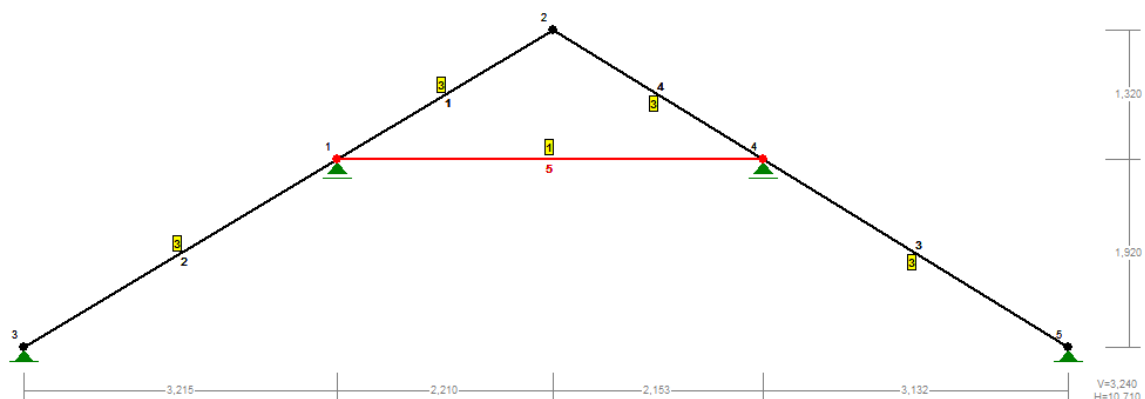
Założenia:

Drewno: klasa C24

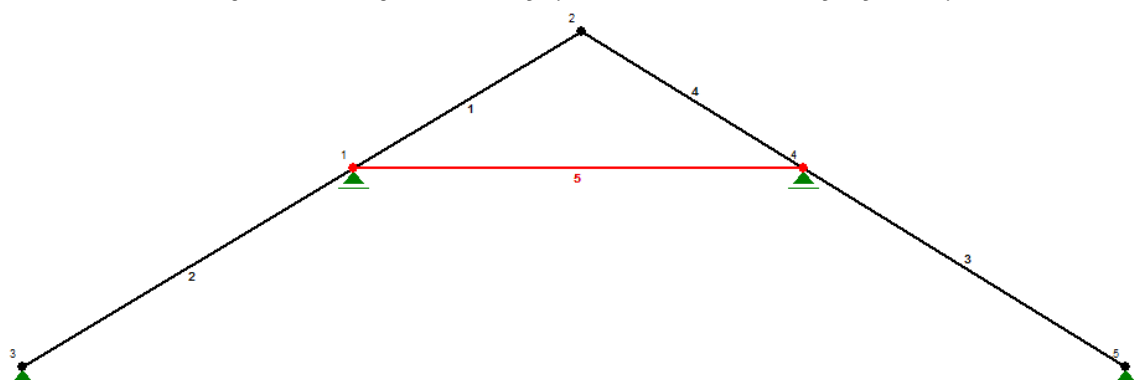
Przekrój krokwi: 5,5 x 16 cm

1.2. Konstrukcja dachu

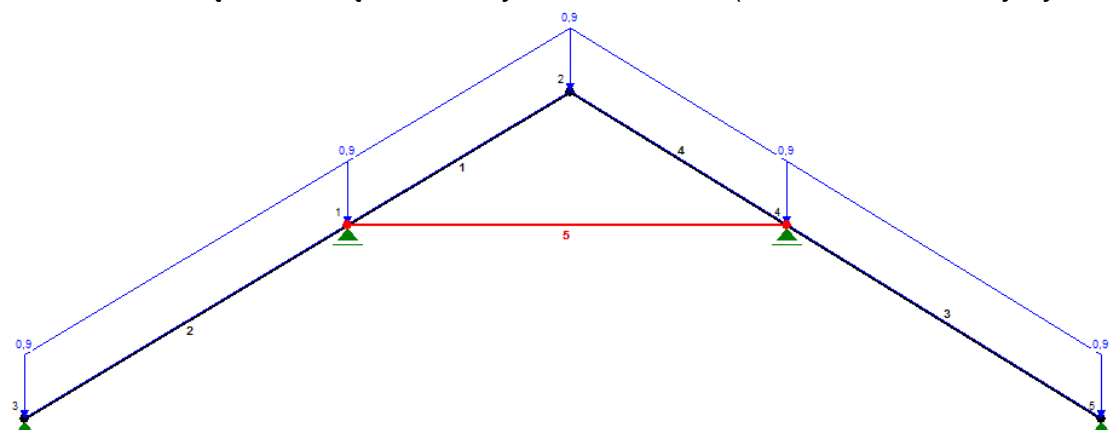
1.2.1. Schemat konstrukcji



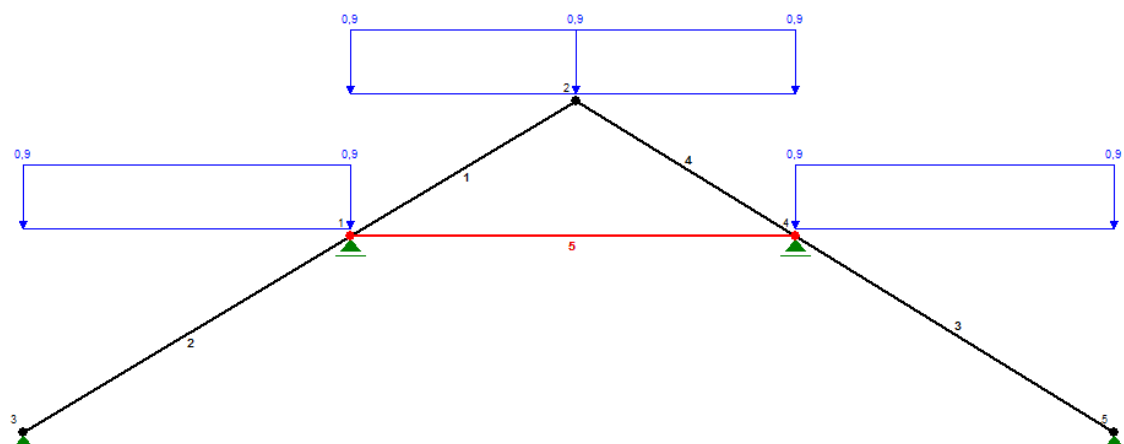
1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



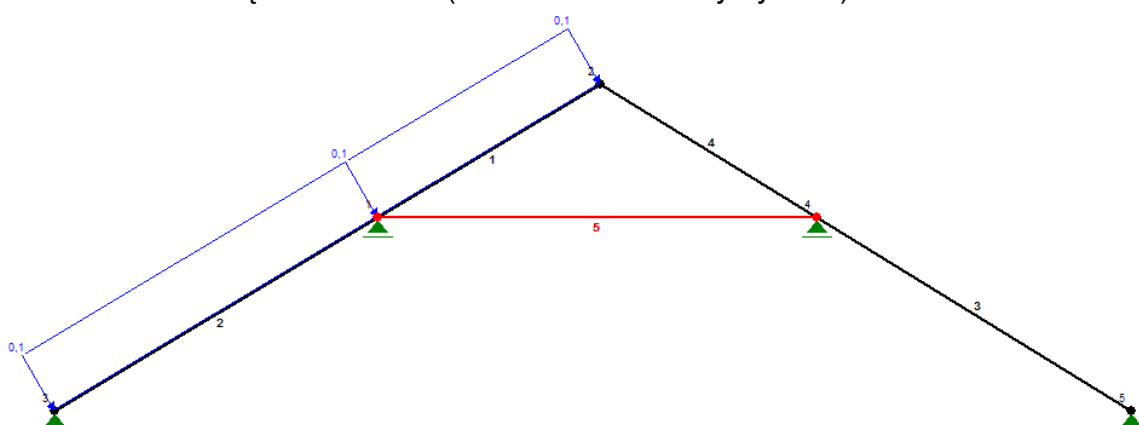
1.2.3. Obciążenia –ciężar własny warstw dachu (wartości charakterystyczne)



1.2.4. Obciążenia – śnieg (wartości charakterystyczne)



1.2.5. Obciążenia – wiatr (wartości charakterystyczne)

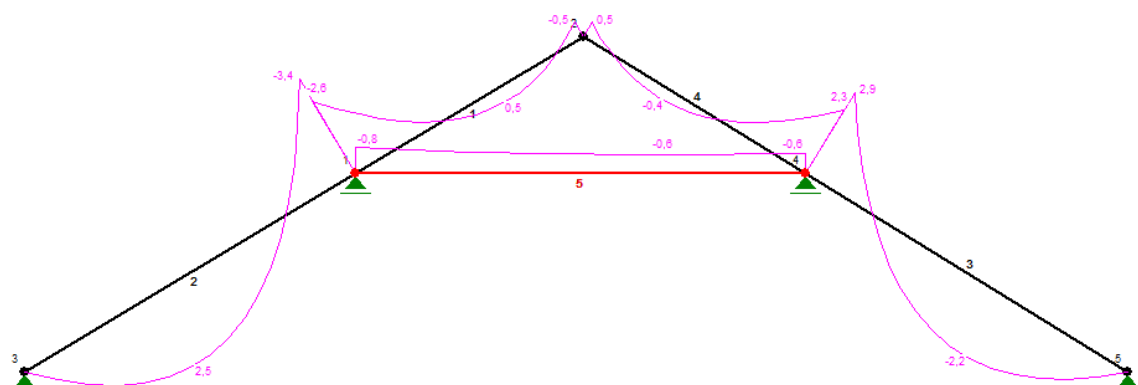


1.2.8. Mnożniki i atrybuty.

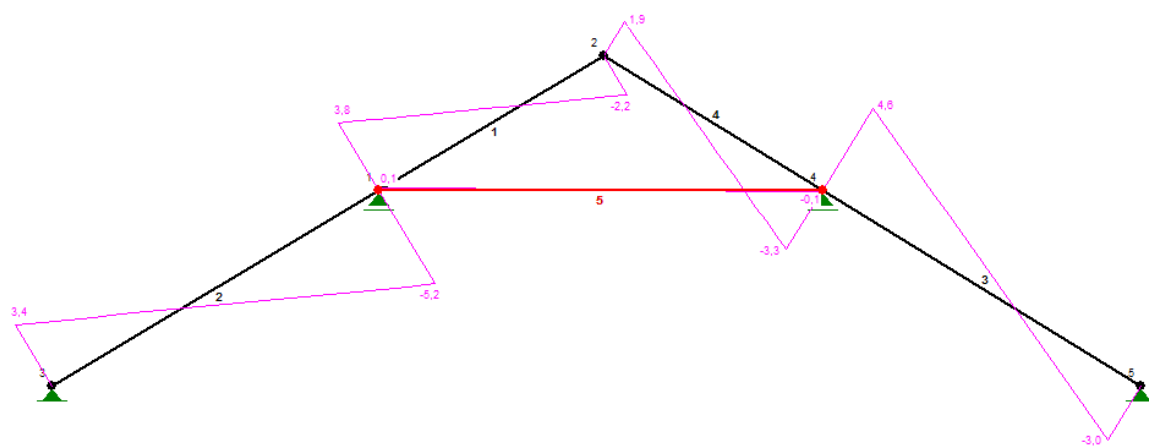
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar warstw dachu	1,35	1,35	1	Stały
3	Obc śnieg	1,5	1,5	1	Zmienny
4	Obc wiatr	1,5	1,5	1	Zmienny

1.3. Krokiec – obliczenia statyczne.

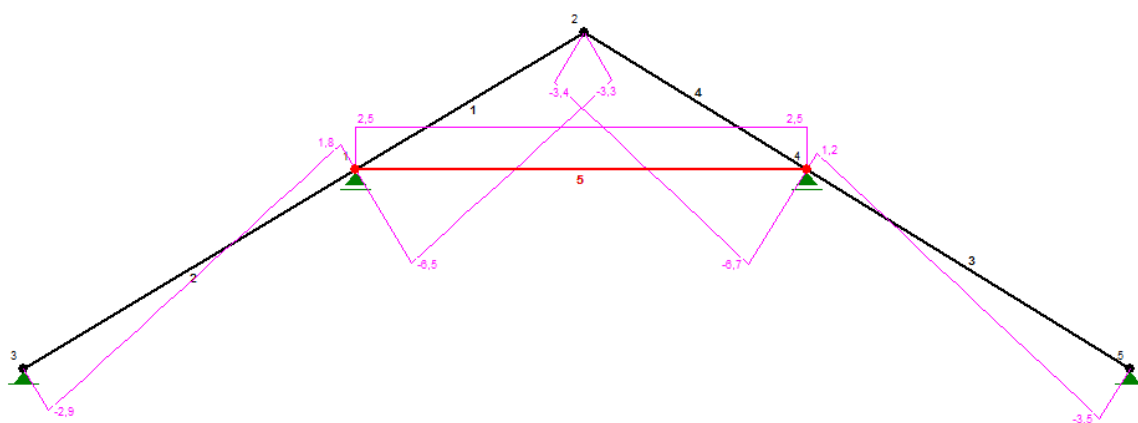
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



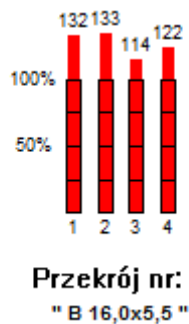
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)



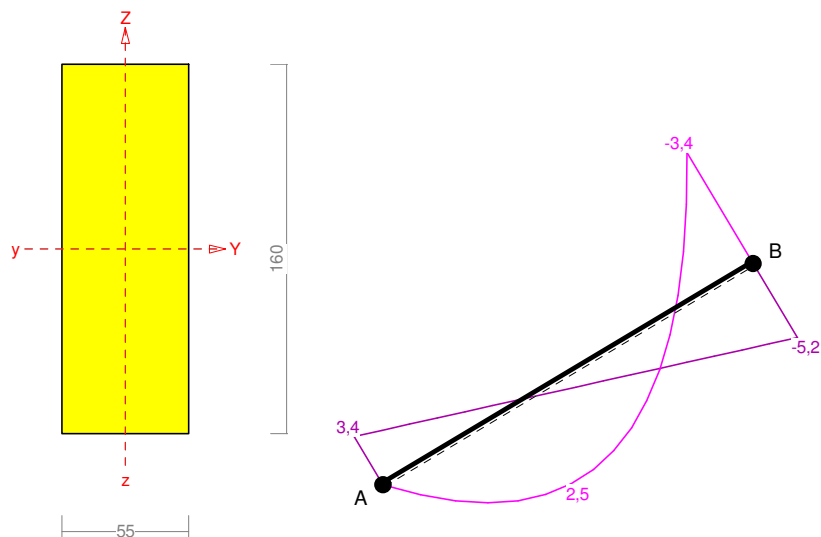
1.4. Wymiarowanie.



Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 2

Zadanie: B_KR1



Przekrój: 3 "B 16,0x5,5"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=55,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=1877,3; \quad J_{yg}=221,8 \text{ cm}^4; \quad A=88,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,6; \quad i_y=1,6 \text{ cm}; \quad W_x=234,7; \quad W_y=80,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 f_{v,k} &= 2,50 & f_{v,d} &= 1,15 \text{ MPa} \\
 E_{0,\text{mean}} &= 11000 \text{ MPa} \\
 E_{90,\text{mean}} &= 370 \text{ MPa} \\
 E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\
 G_{\text{mean}} &= 690 \text{ MPa} \\
 \rho_k &= 350 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=3,74$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "ABC".

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 88,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 1,8 / 88,00 \times 10 = \mathbf{0,2} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=3,74$ m, przy obciążeniach "ABC".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,755 \times 3,745 = 2,827 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,745 = 3,745 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,827 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 3,745 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,827 / 0,0462 = 61,21$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,745 / 0,0159 = 235,85$$

Zbyt duża smukłość pręta ($\lambda > 150$).

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (61,21)^2 = 19,49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (235,85)^2 = 1,31 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{21 / 19,49} = 1,038$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{21 / 1,31} = 3,999$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,038 - 0,5) + (1,038)^2] = 1,092$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (3,999 - 0,5) + (3,999)^2] = 8,847$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (1,092 + \sqrt{1,092^2 - 1,038^2}) = 0,698$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (8,847 + \sqrt{8,847^2 - 3,999^2}) = 0,060$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 88,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 2,9 / 88,00 \times 10 = \mathbf{0,3} < \mathbf{0,58} = 0,060 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,40$ m; $x_b=2,34$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{0,698 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{10,7}{11,08} = \mathbf{0,983} = 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{0,060 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{10,7}{11,08} = \mathbf{0,907 = 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=3,74$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "ABC".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 3745 + 160 + 160 = 4065 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{4065 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 55^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,640$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 3,4 / 234,67 \times 10^3 = \mathbf{14,4 > 11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=3,74$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2}{6,46} + \frac{14,4}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,3 > 1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2}{6,46} + 0,7 \times \frac{14,4}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,9 = 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,40$ m; $x_b=2,34$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1^2}{9,69^2} + \frac{10,7}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,0 = 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{10,7}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,7 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=3,28$ m; $x_b=0,47$ m, przy obciążeniach "ABC".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

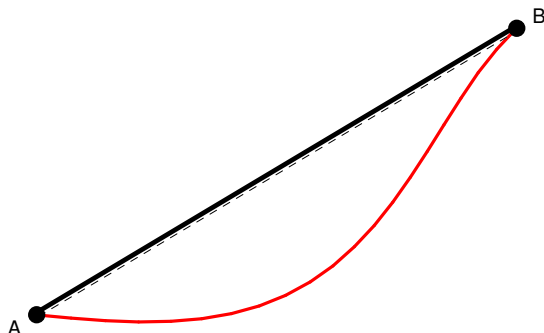
$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 4,1 / 88,0 \times 10 = 0,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 88,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,7^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,7 < 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,64$ m; $x_b=2,11$ m, przy obciążeniach “ABC”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 25,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + “”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -0,1 \times (1 + 0,60) = -0,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych (“ABC”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -10,0 \times (1 + 0,60) = -16,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,2 + -16,0 = \mathbf{16,2} < \mathbf{25,0} = u_{\text{net,fin}}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – płatew (B1)

Założenia:

Drewno: klasa C24

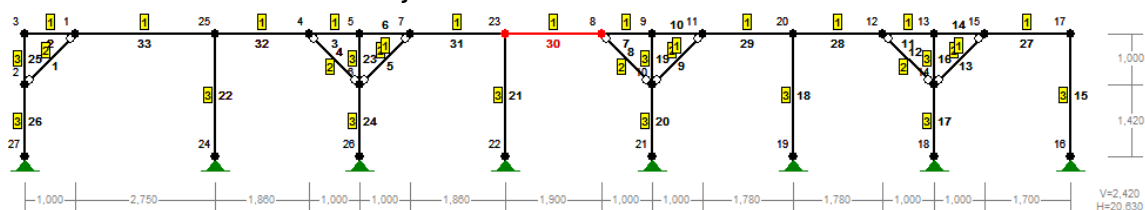
Przekrój płatwi: 14x14 cm

Przekrój słupów: 14x14 cm

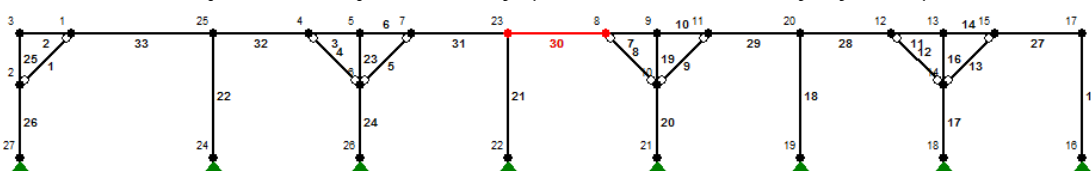
Przekrój mieczy: 7x12 cm

1.2. Konstrukcja dachu

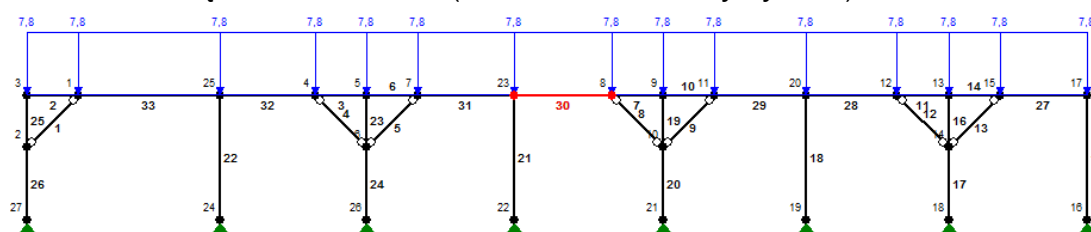
1.2.1. Schemat konstrukcji



1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



1.2.3. Obciążenia – z krokwi (wartości charakterystyczne)

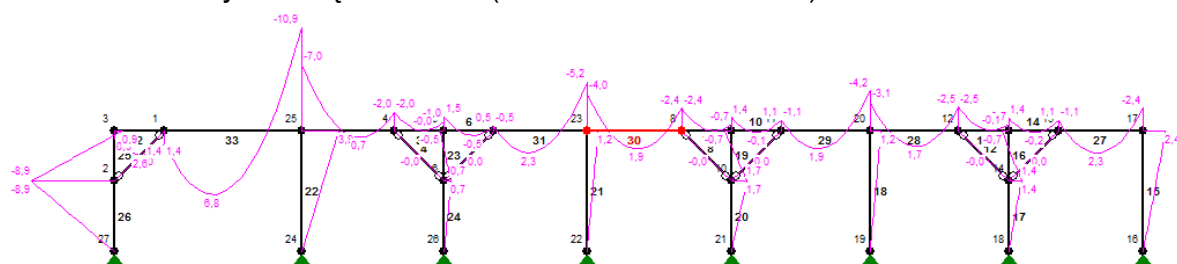


1.2.4. Mnożniki i atrybuty.

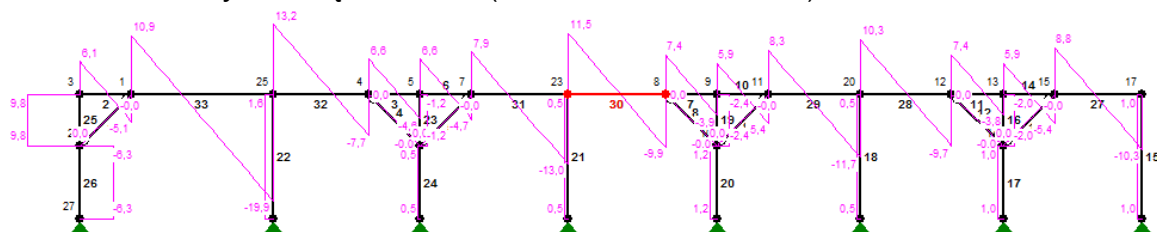
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar z krokwi	1,40	1,40	1	Stały

1.3. Płatew – obliczenia statyczne.

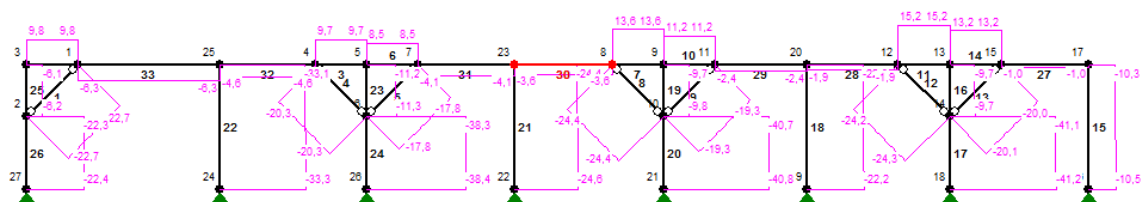
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



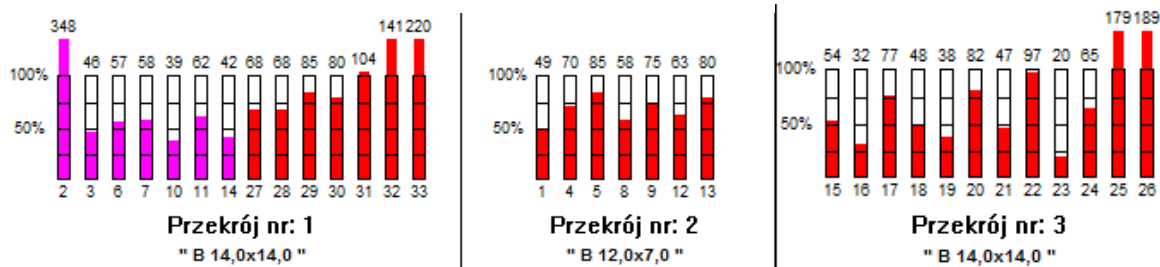
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)

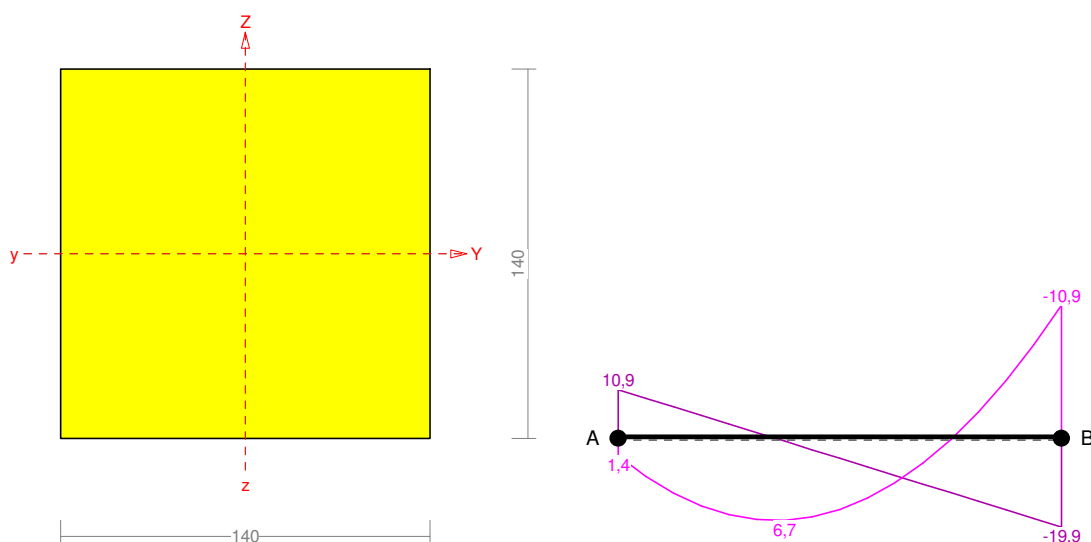


1.4. Wymiarowanie



Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 33

**Przekrój: 1** "B 14,0x14,0"

Wymiary przekroju:

$$h=140,0 \text{ mm} \quad b=140,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=3201,3; \quad J_{yg}=3201,3 \text{ cm}^4; \quad A=196,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,0; \quad i_y=4,0 \text{ cm}; \quad W_x=457,3; \quad W_y=457,3 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 33

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=2,75 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,602 \times 2,750 = 1,655 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,750 = 2,750 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,655 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 2,750 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,655 / 0,0404 = 40,96$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,750 / 0,0404 = 68,04$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (40,96)^2 = 43,53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (68,04)^2 = 15,77 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/43,53} = 0,695$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/15,77} = 1,154$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,695 - 0,5) + (0,695)^2] = 0,761$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,154 - 0,5) + (1,154)^2] = 1,231$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,761 + \sqrt{0,761^2 - 0,695^2}) = 0,934$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,231 + \sqrt{1,231^2 - 1,154^2}) = 0,602$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 196,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 6,3 / 196,00 \times 10 = \mathbf{0,3 < 5,84} = 0,602 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=2,75 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,3}{0,934 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{23,9}{11,08} = \mathbf{2,196 > 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,3}{0,602 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{23,9}{11,08} = \mathbf{1,567 > 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=2,75 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2750 + 140 + 140 = 3030 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3030 \times 140 \times 11,08}{3,142 \times 140^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,203$$

Wartość współczynnika zwiczenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 10,9 / 457,33 \times 10^3 = \mathbf{23,9 > 11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,75$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{23,9}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{2,2 > 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{23,9}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,5 > 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=2,75$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,3^2}{9,69^2} + \frac{23,9}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{2,2 > 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,3^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{23,9}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,5 > 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=2,75$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 19,9 / 196,0 \times 10 = 1,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 196,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{1,5^2 + 0,0^2} = \mathbf{1,5 > 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=0,86$ m; $x_b=1,89$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 18,3 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,1 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2750)^2] (1 + 0,60) = -0,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2750)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

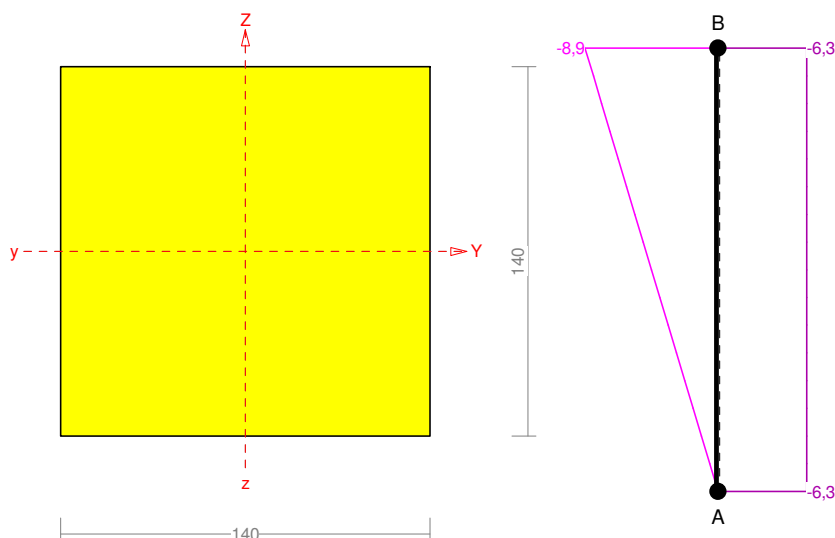
Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -14,6 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2750)^2] (1 + 0,60) = -24,6 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2750)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,2 + -24,6 = \mathbf{24,8 > 18,3} = u_{\text{net,fin}}$$

Pręt nr 26**Przekrój: 3 "B 14,0x14,0"**

Wymiary przekroju:

$$h=140,0 \text{ mm} \quad b=140,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=3201,3; \quad J_{yg}=3201,3 \text{ cm}^4; \quad A=196,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,0; \quad i_y=4,0 \text{ cm}; \quad W_x=457,3; \quad W_y=457,3 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 26

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=1,42 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,412 \times 1,420 = 2,005 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,420 = 1,420 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,005 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 1,420 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,005 / 0,0404 = 49,61$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,420 / 0,0404 = 35,14$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (49,61)^2 = 29,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (35,14)^2 = 59,16 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 29,67} = 0,841$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 59,16} = 0,596$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,841 - 0,5) + (0,841)^2] = 0,888$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,596 - 0,5) + (0,596)^2] = 0,687$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,888 + \sqrt{0,888^2 - 0,841^2}) = 0,853$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,687 + \sqrt{0,687^2 - 0,596^2}) = 0,972$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 196,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 22,4 / 196,00 \times 10 = \mathbf{1,1} < \mathbf{8,27} = 0,853 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a = 1,42 \text{ m}$; $x_b = 0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,1}{0,853 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{19,4}{11,08} = \mathbf{1,893} > \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,1}{0,972 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{19,4}{11,08} = \mathbf{1,350} > \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a = 1,42 \text{ m}$; $x_b = 0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 1420 + 140 + 140 = 1700 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1700 \times 140 \times 11,08}{3,142 \times 140^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,152$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 8,9 / 457,33 \times 10^3 = \mathbf{19,4} > \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a = 1,42 \text{ m}$; $x_b = 0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{19,4}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,8} > \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{19,4}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,2} > \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a = 1,42 \text{ m}$; $x_b = 0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,1^2}{9,69^2} + \frac{19,4}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,8 > 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,1^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{19,4}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,2 > 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,36$ m; $x_b=1,07$ m, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

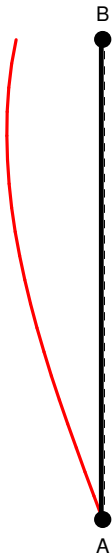
$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 6,3 / 196,0 \times 10 = 0,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 196,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,5^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,5 < 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,80$ m; $x_b=0,62$ m, przy obciążeniach "A" liczone od cięciwy pręta.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 9,5 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,1 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1420)^2] (1 + 0,60) = 0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1420)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 2,2 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1420)^2] (1 + 0,60) = 4,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1420)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,1 + 4,2 = \mathbf{4,3 < 9,5} = u_{\text{net,fin}}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – krokiew koszowa (B2)

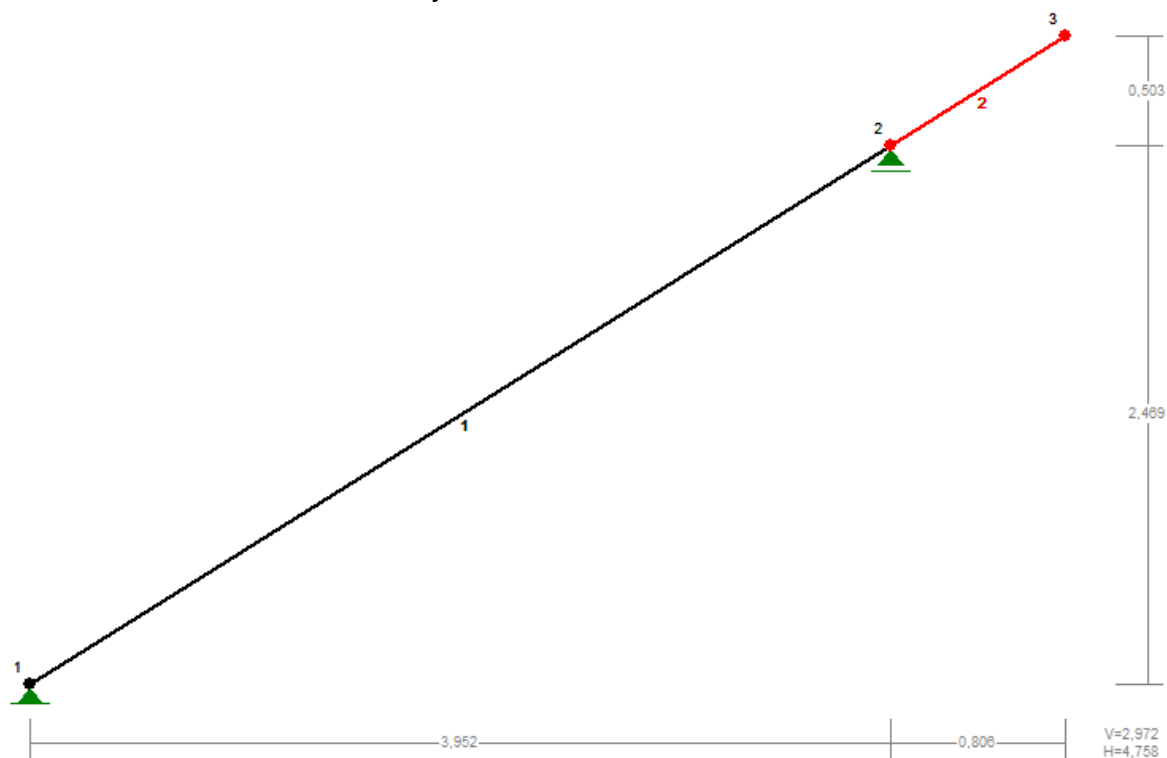
Założenia:

Drewno: klasa C24

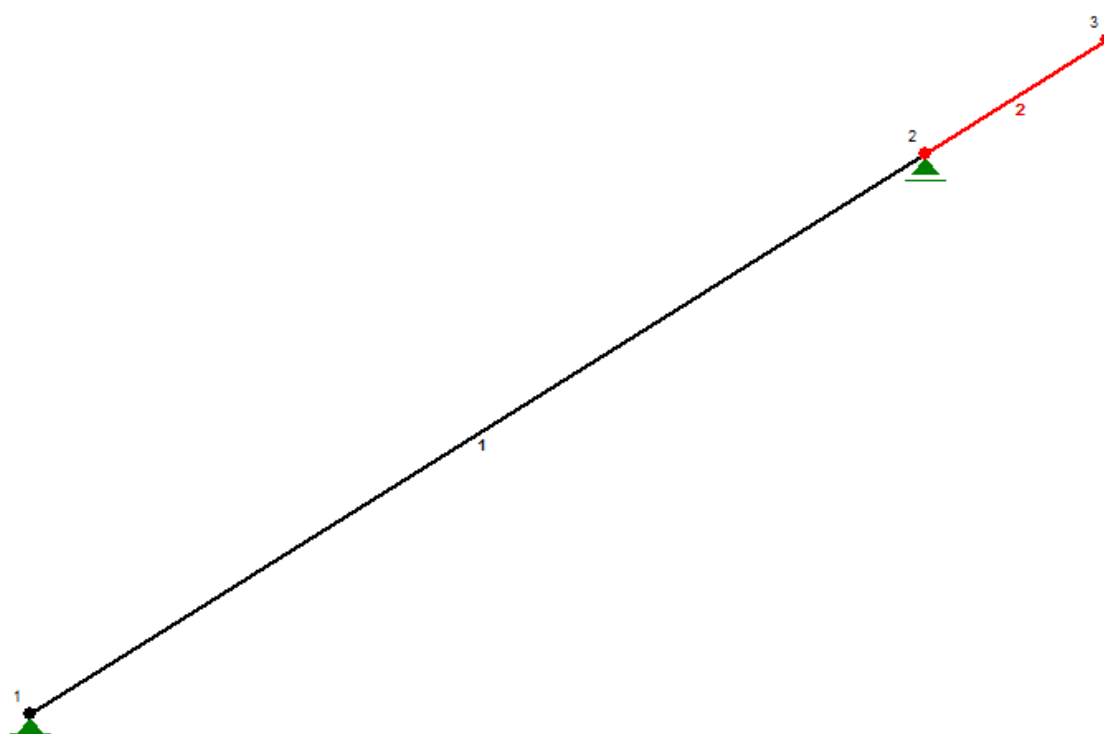
Przekrój krokwi: 12 x 12 cm

1.2. Konstrukcja dachu

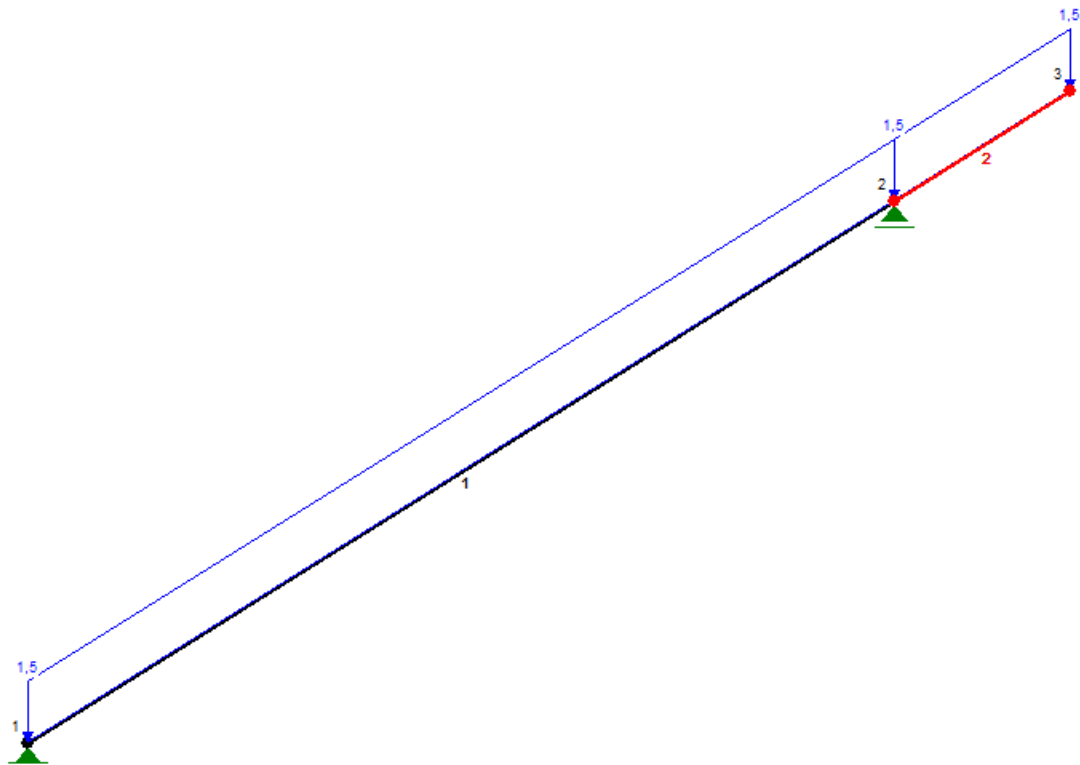
1.2.1. Schemat konstrukcji



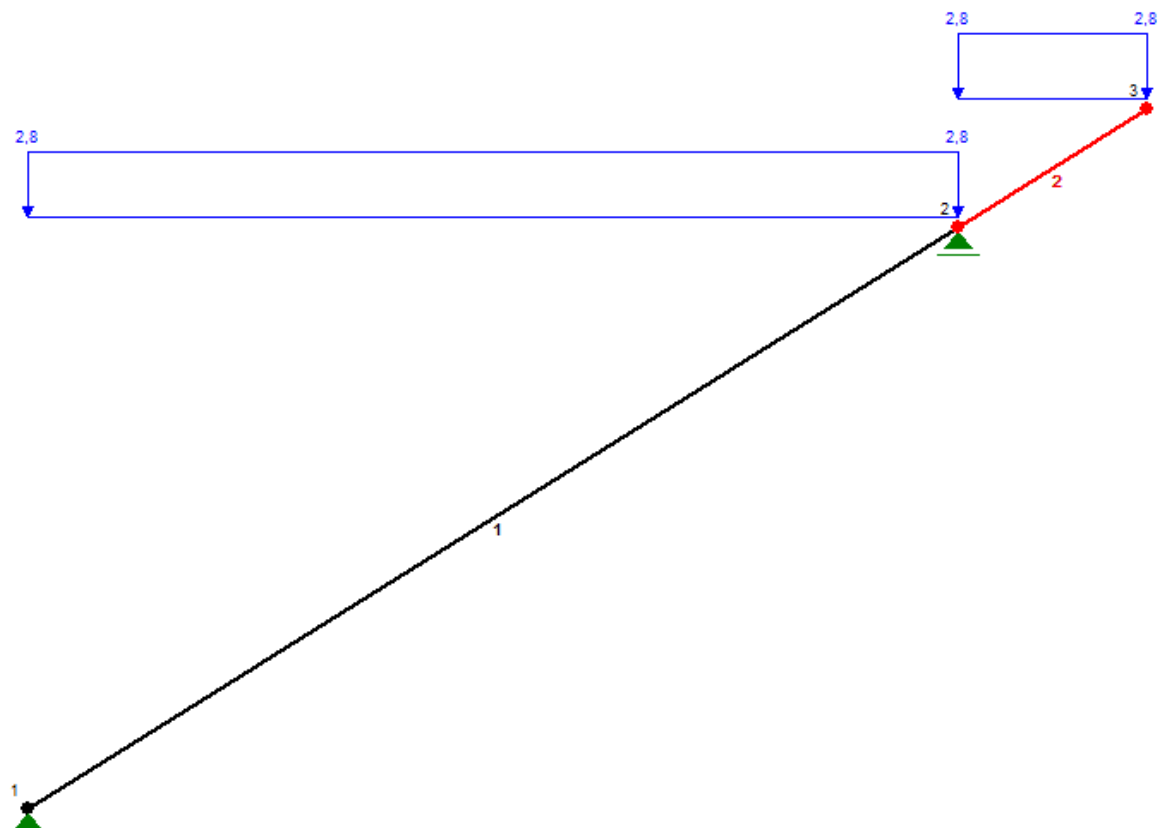
1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



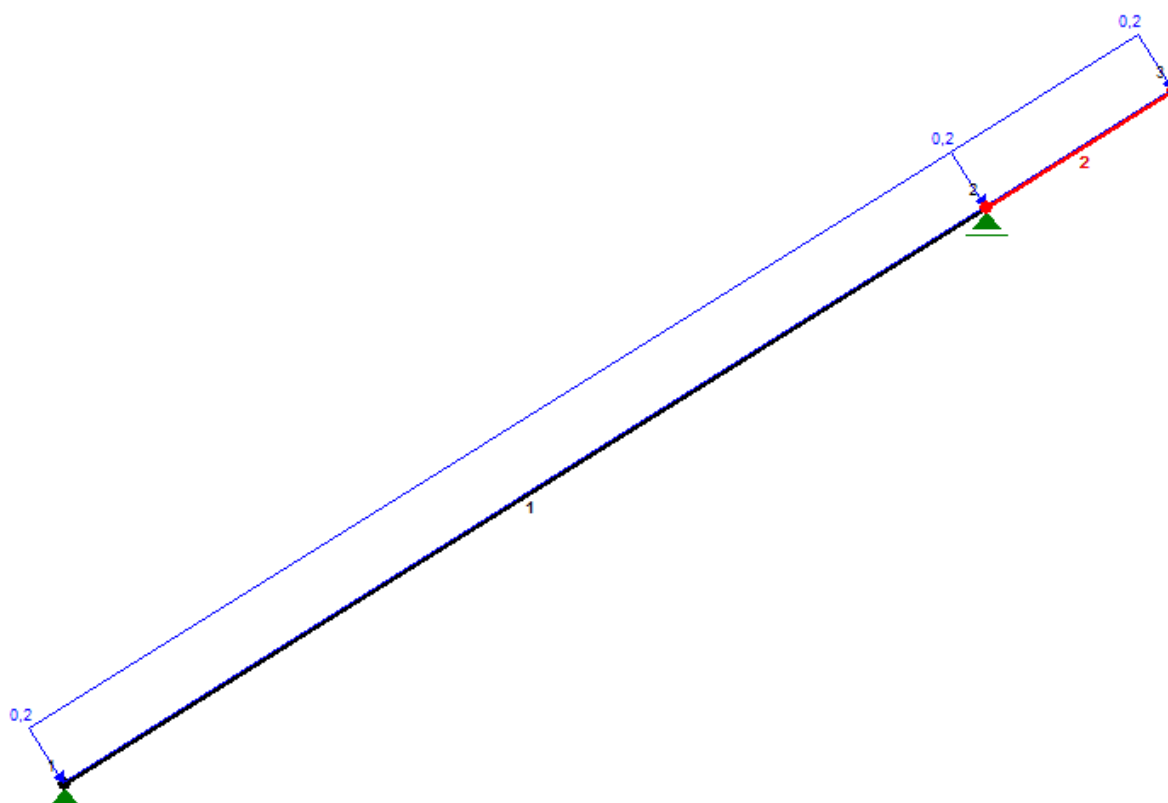
1.2.3. Obciążenia – ciężar własny warstw dachu (wartości charakterystyczne)



1.2.4. Obciążenia – śnieg (wartości charakterystyczne)



1.2.5. Obciążenia – wiatr (wartości charakterystyczne)

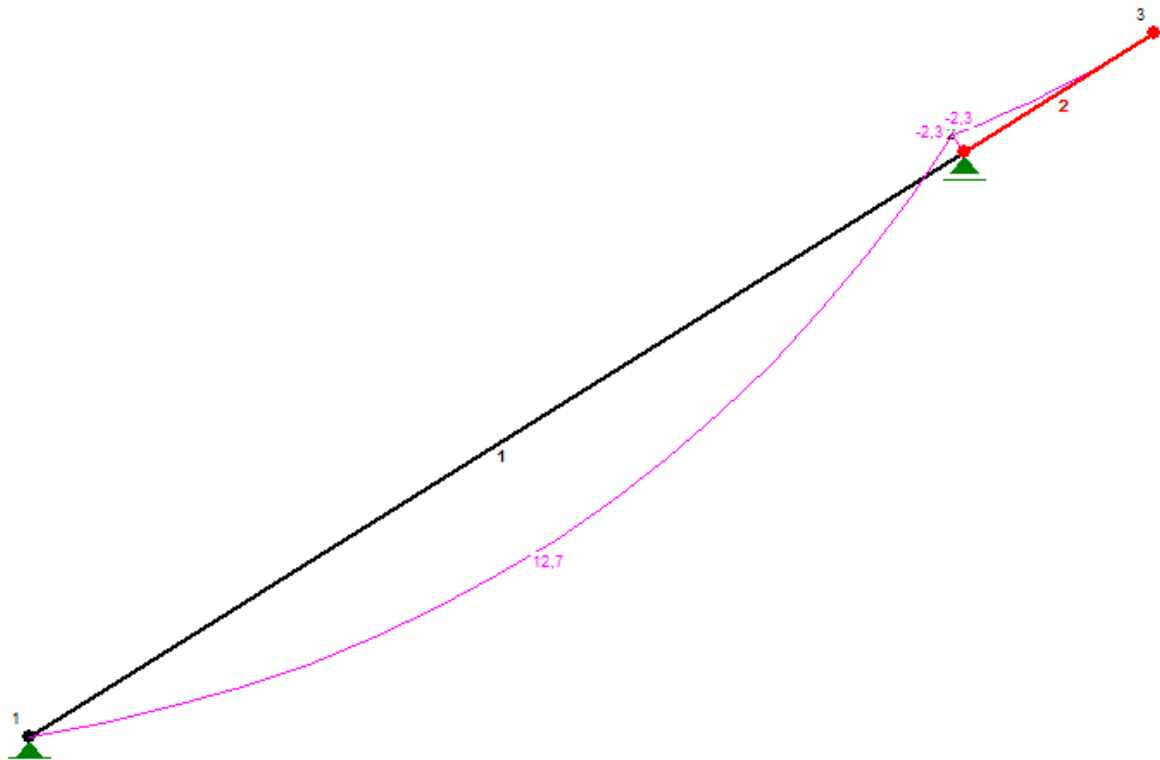


1.2.8. Mnożniki i atrybuty.

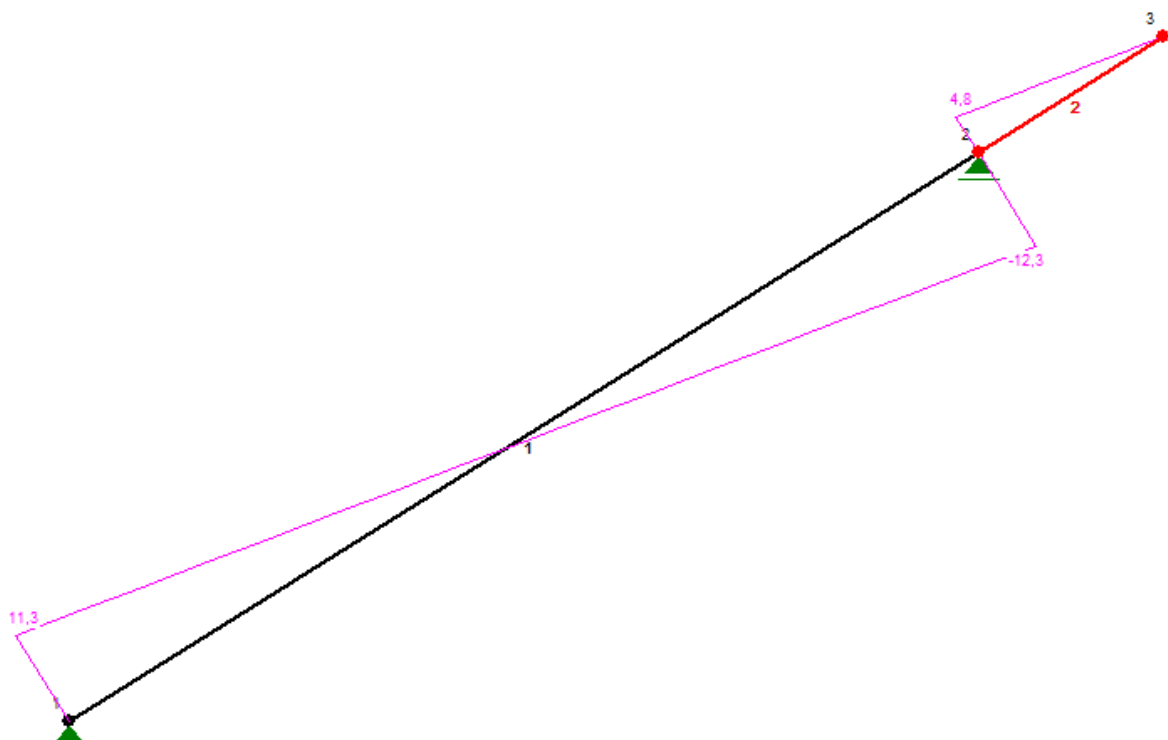
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar warstw dachu	1,35	1,35	1	Stały
3	Obc śnieg	1,5	1,5	1	Zmienny
4	Obc wiatr	1,5	1,5	1	Zmienny

1.3. Krokiew – obliczenia statyczne.

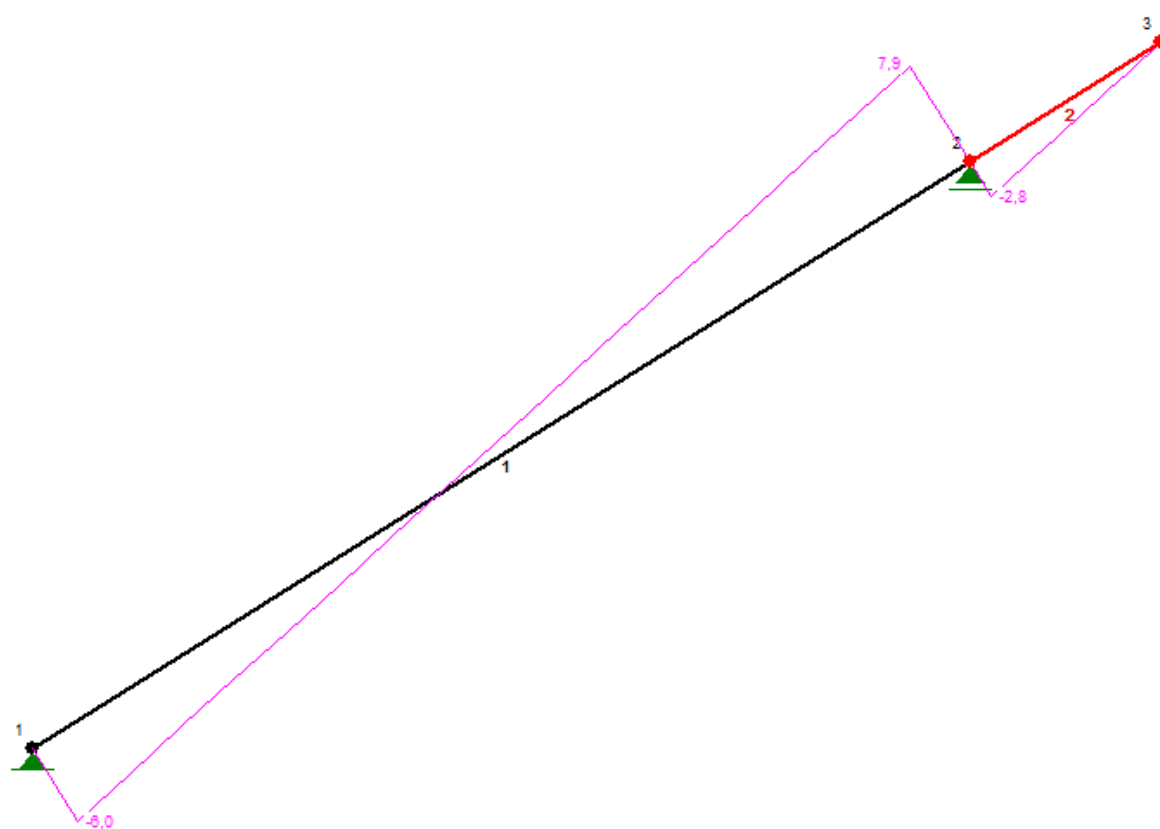
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



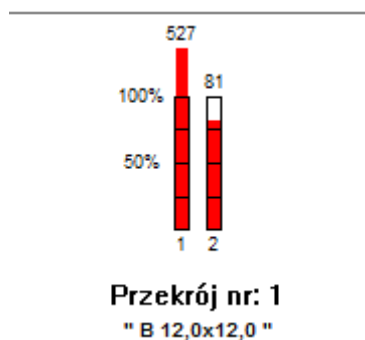
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)

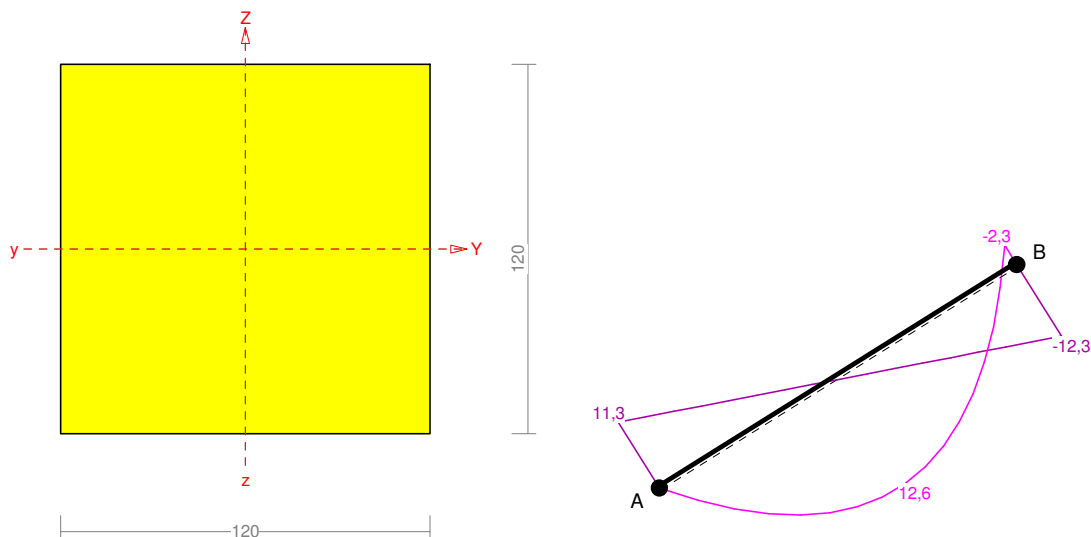


1.4. Wymiarowanie.



Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 1

**Przekrój: 1** "B 12,0x12,0"

Wymiary przekroju:

$$h=120,0 \text{ mm} \quad b=120,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=1728,0; \quad J_{yg}=1728,0 \text{ cm}^4; \quad A=144,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=3,5; \quad i_y=3,5 \text{ cm}; \quad W_x=288,0; \quad W_y=288,0 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto **1** klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} E_{0,\text{mean}} &= 11000 \text{ MPa} \\ E_{90,\text{mean}} &= 370 \text{ MPa} \\ E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\ G_{\text{mean}} &= 690 \text{ MPa} \\ \rho_k &= 350 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=4,66 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 144,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 7,9 / 144,00 \times 10 = \mathbf{0,5} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=4,66 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 4,660 = 4,660 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 4,660 = 4,660 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 4,660 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 4,660 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 4,660 / 0,0346 = 134,52$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 4,660 / 0,0346 = 134,52$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (134,52)^2 = 4,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (134,52)^2 = 4,04 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{21/4,04} = 2,281$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{21/4,04} = 2,281$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (2,281 - 0,5) + (2,281)^2] = 3,280$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (2,281 - 0,5) + (2,281)^2] = 3,280$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (3,280 + \sqrt{3,280^2 - 2,281^2}) = 0,177$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (3,280 + \sqrt{3,280^2 - 2,281^2}) = 0,177$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 144,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 6,0 / 144,00 \times 10 = \mathbf{0,4} < \mathbf{1,72} = 0,177 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,75 \text{ m}$; $x_b=2,91 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{0,177 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{41,8}{11,08} = \mathbf{3,810} > \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{0,177 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{41,8}{11,08} = \mathbf{2,677} > \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=2,33$ m; $x_b=2,33$ m, przy obciążeniach "ABC".

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 4660 + 120 + 120 = 4900 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{4900 \times 120 \times 11,08}{3,142 \times 120^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,279$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 12,6 / 288,00 \times 10^3 = \mathbf{43,8 > 11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,33$ m; $x_b=2,33$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1}{6,46} + \frac{43,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{4,0 > 1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1}{6,46} + 0,7 \times \frac{43,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{2,8 > 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,75$ m; $x_b=2,91$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1^2}{9,69^2} + \frac{41,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{3,8 > 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{41,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{2,6 > 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=4,37$ m; $x_b=0,29$ m, przy obciążeniach "ABC".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 10,8 / 144,0 \times 10 = 1,1 \text{ MPa}$$

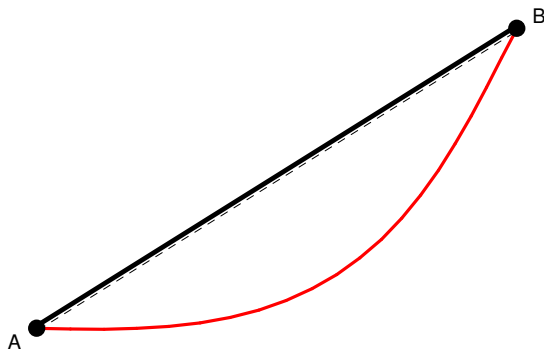
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 144,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{1,1^2 + 0,0^2} = \mathbf{1,1 = 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=2,33$ m; $x_b=2,33$ m, przy obciążeniach "ABC".

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 31,1 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + “”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -1,2 \times (1 + 0,60) = -2,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych (“ABC”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -101,0 \times (1 + 0,60) = -161,7 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -2,0 + -161,7 = \mathbf{163,7} > \mathbf{31,1} = u_{\text{net,fin}}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – krokiew (C1)

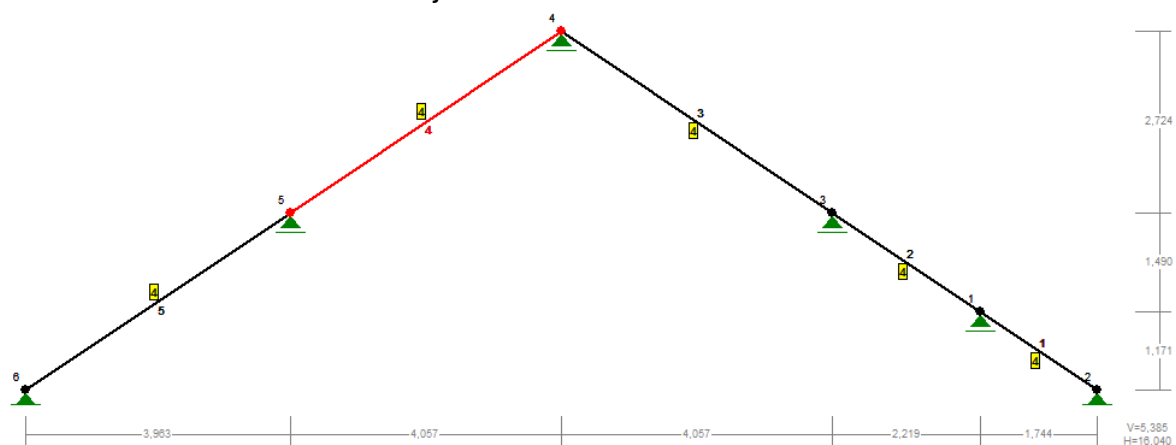
Założenia:

Drewno: klasa C24

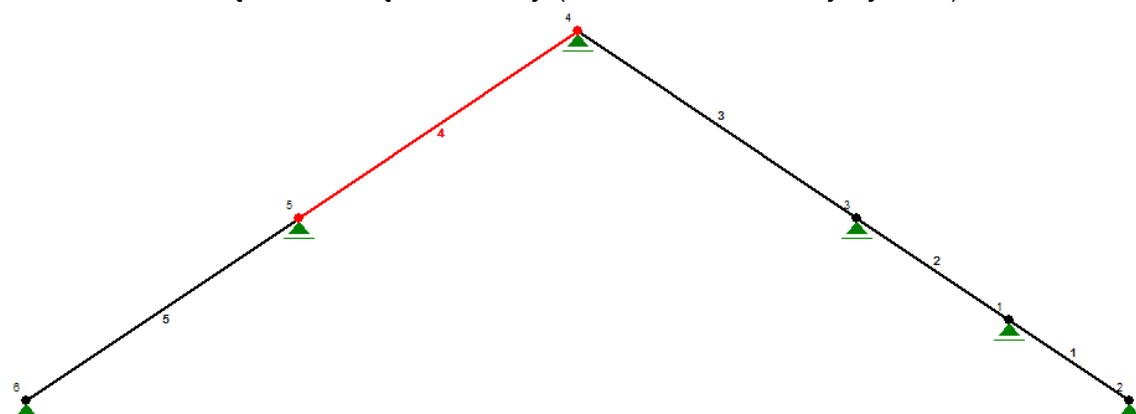
Przekrój krokwi: 14 x 14 cm

1.2. Konstrukcja dachu

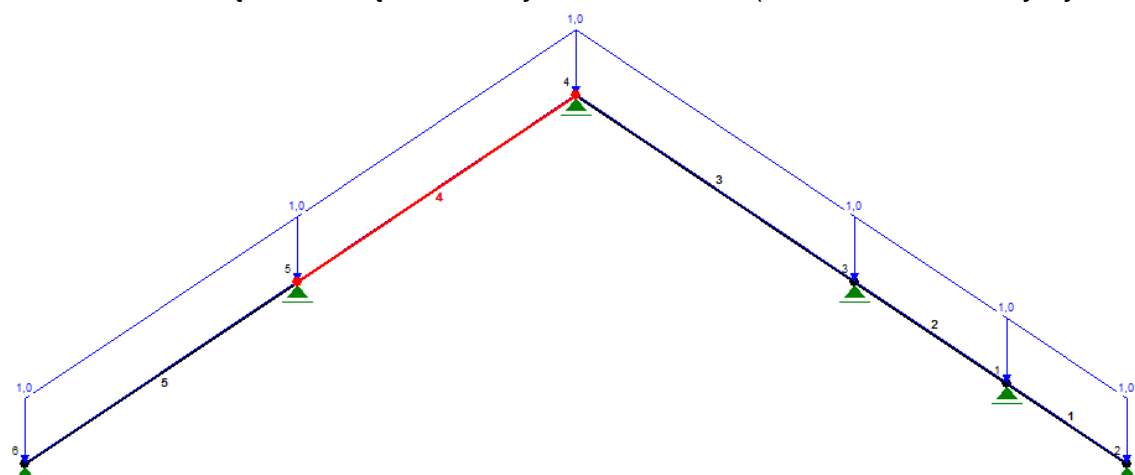
1.2.1. Schemat konstrukcji



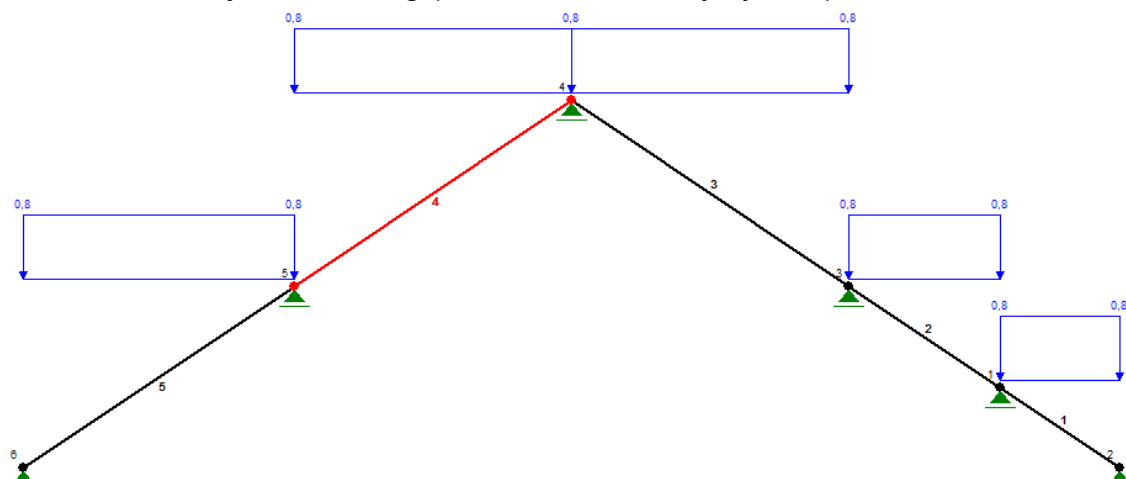
1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



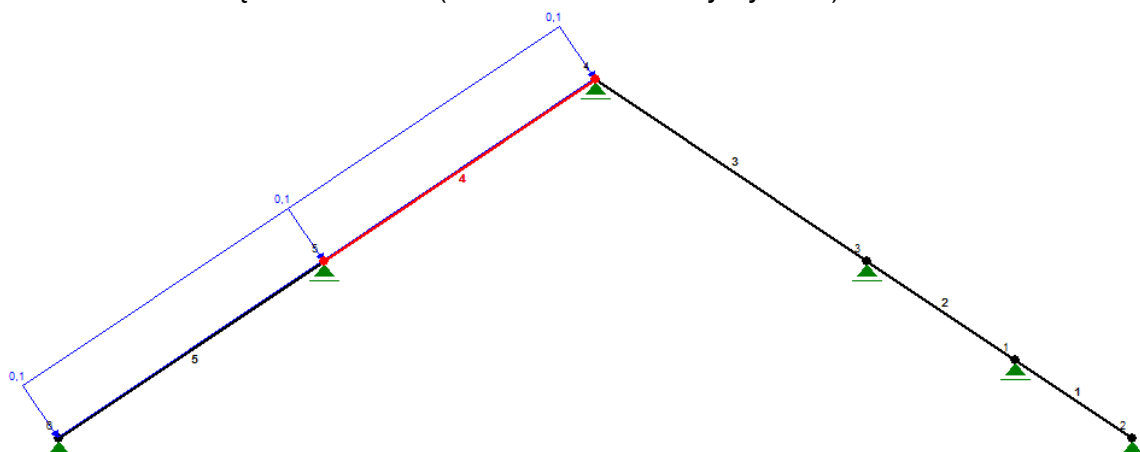
1.2.3. Obciążenia –ciężar własny warstw dachu (wartości charakterystyczne)



1.2.4. Obciążenia – śnieg (wartości charakterystyczne)



1.2.5. Obciążenia – wiatr (wartości charakterystyczne)

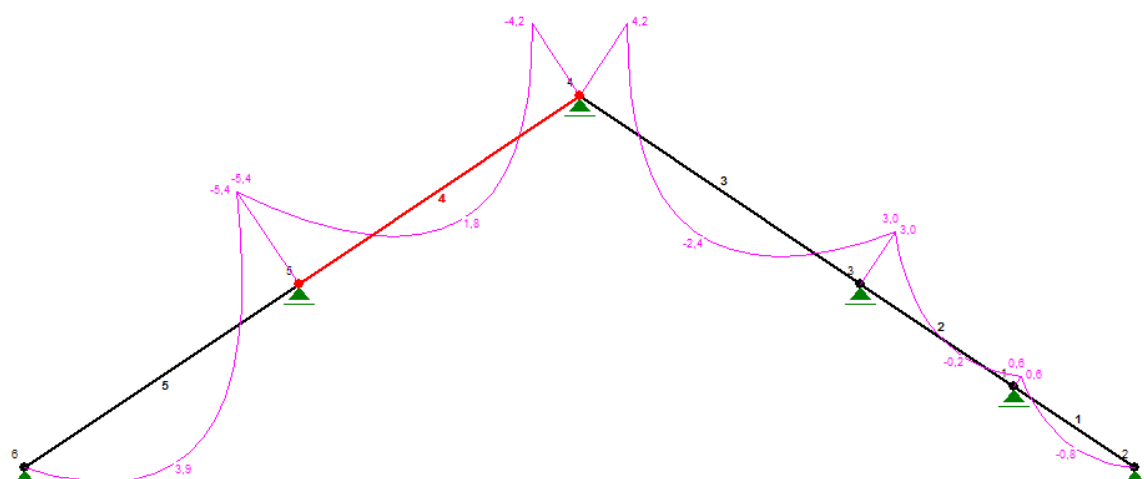


1.2.8. Mnożniki i atrybuty.

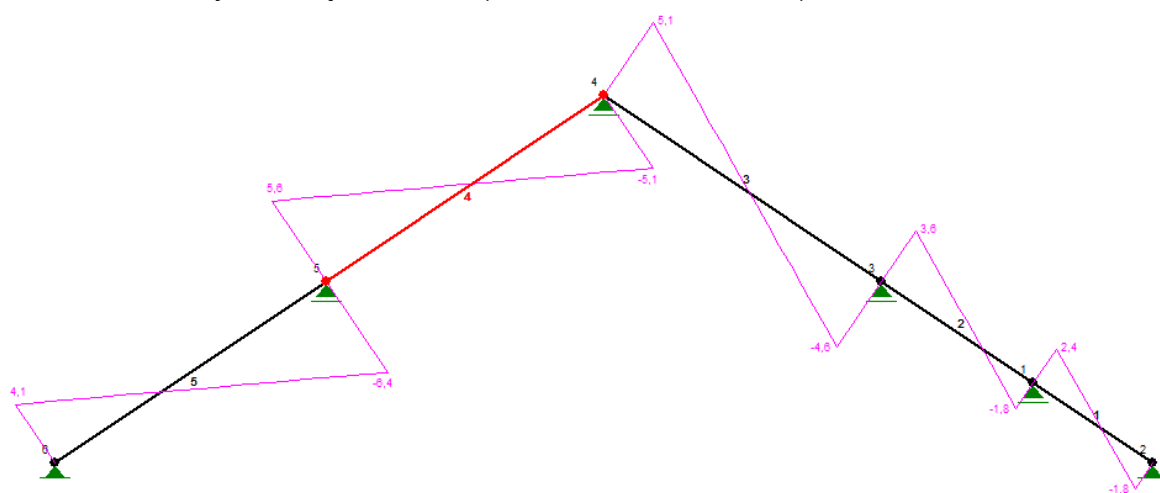
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar warstw dachu	1,35	1,35	1	Stały
3	Obc śnieg	1,5	1,5	1	Zmienny
4	Obc wiatr	1,5	1,5	1	Zmienny

1.3. Krokiec – obliczenia statyczne.

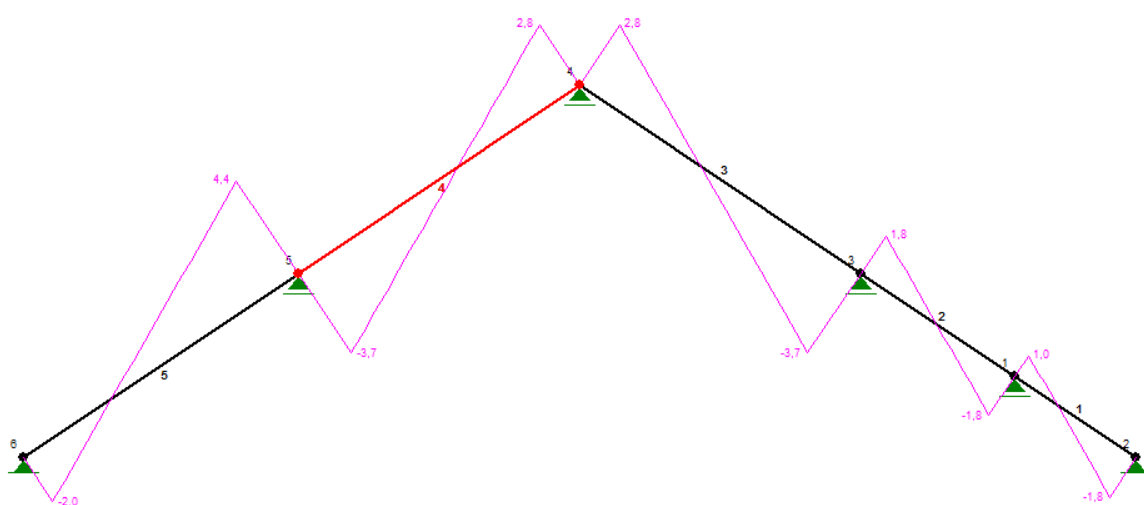
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)

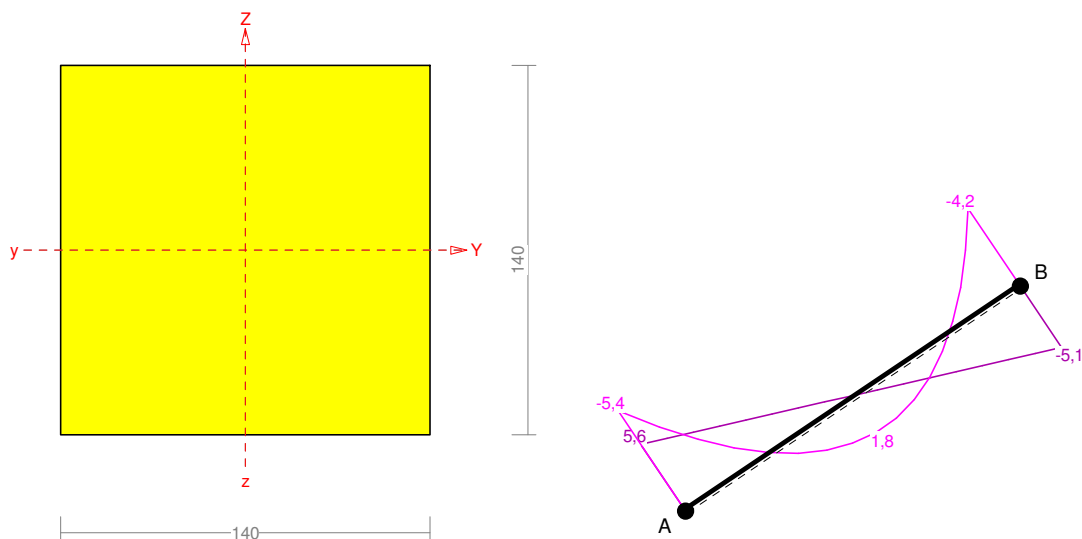


1.4. Wymiarowanie.



Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 4

**Przekrój: 4 "B 14,0x14,0"**

Wymiary przekroju:

$$h=140,0 \text{ mm} \quad b=140,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=3201,3; \quad J_{yg}=3201,3 \text{ cm}^4; \quad A=196,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,0; \quad i_y=4,0 \text{ cm}; \quad W_x=457,3; \quad W_y=457,3 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} E_{0,\text{mean}} &= 11000 \text{ MPa} \\ E_{90,\text{mean}} &= 370 \text{ MPa} \\ E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\ G_{\text{mean}} &= 690 \text{ MPa} \\ \rho_k &= 350 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 4

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=4,89$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "ABC".

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 196,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 2,8 / 196,00 \times 10 = \mathbf{0,1} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=4,89$ m, przy obciążeniach "ABC".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,706 \times 4,887 = 3,450 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 4,887 = 4,887 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 3,450 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 4,887 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 3,450 / 0,0404 = 85,36$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 4,887 / 0,0404 = 120,91$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (85,36)^2 = 10,02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (120,91)^2 = 5,00 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{21/10,02} = 1,448$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{21/5,00} = 2,050$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,448 - 0,5) + (1,448)^2] = 1,642$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (2,050 - 0,5) + (2,050)^2] = 2,757$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (1,642 + \sqrt{1,642^2 - 1,448^2}) = 0,413$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (2,757 + \sqrt{2,757^2 - 2,050^2}) = 0,217$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 196,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 3,7 / 196,00 \times 10 = \mathbf{0,2} < \mathbf{2,11} = 0,217 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=4,89$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,2}{0,413 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{11,8}{11,08} = \mathbf{1,109} > \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,2}{0,217 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{11,8}{11,08} = \mathbf{0,834} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=4,89$ m, przy obciążeniach "ABC".

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 4887 + 140 + 140 = 5167 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{5167 \times 140 \times 11,08}{3,142 \times 140^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,265$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 5,4 / 457,33 \times 10^3 = \mathbf{11,8 > 11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=4,89$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1}{6,46} + \frac{9,1}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,8 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1}{6,46} + 0,7 \times \frac{9,1}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,6 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=4,89$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2^2}{9,69^2} + \frac{11,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,1 = 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,2^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{11,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,7 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,31$ m; $x_b=4,58$ m, przy obciążeniach "ABC".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 5,0 / 196,0 \times 10 = 0,4 \text{ MPa}$$

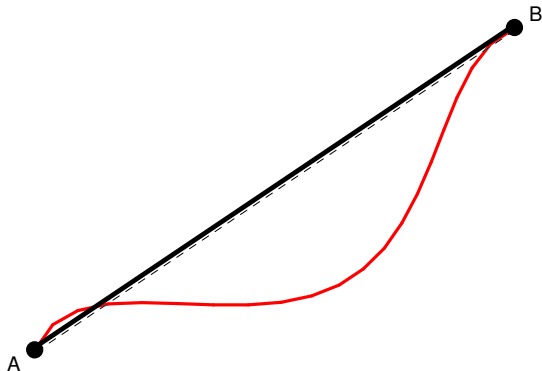
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 196,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,4^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,4 < 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=2,44$ m; $x_b=2,44$ m, przy obciążeniach "ABC".

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 32,6 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + “”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -0,1 \times (1 + 0,60) = -0,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych (“ABC”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -4,1 \times (1 + 0,60) = -6,6 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,2 + -6,6 = \mathbf{6,8} < \mathbf{32,6} = u_{\text{net,fin}}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – płatew (C1)

Założenia:

Drewno: klasa C24

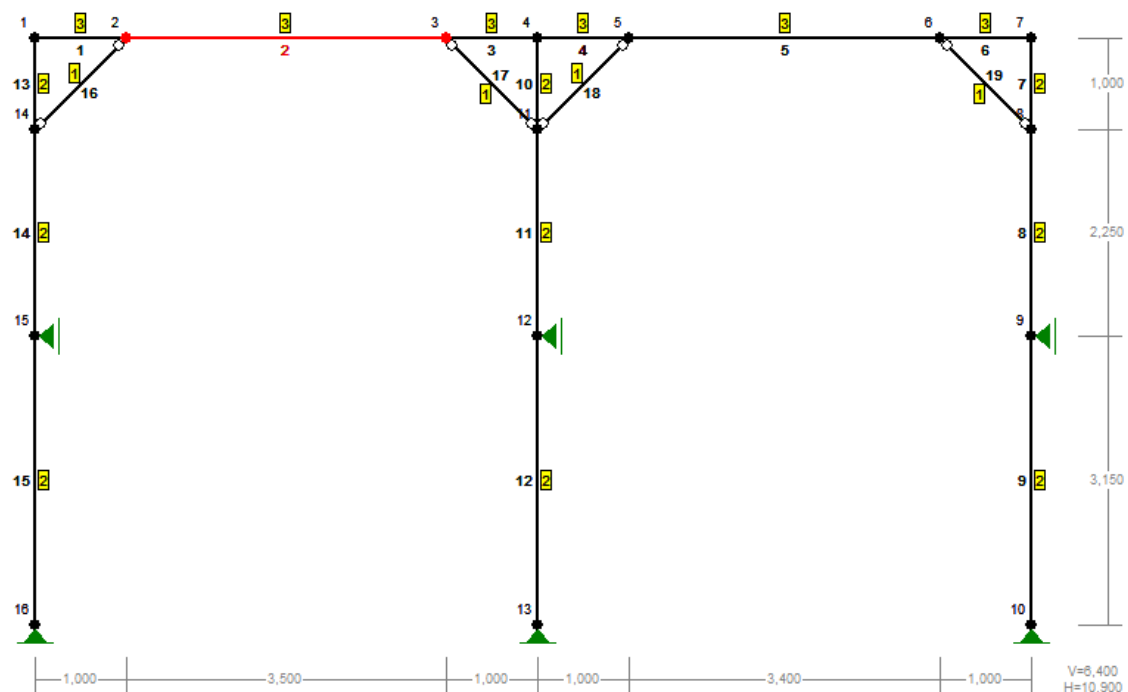
Przekrój płatew: 16x16 cm

Przekrój słupów: 16x16 cm

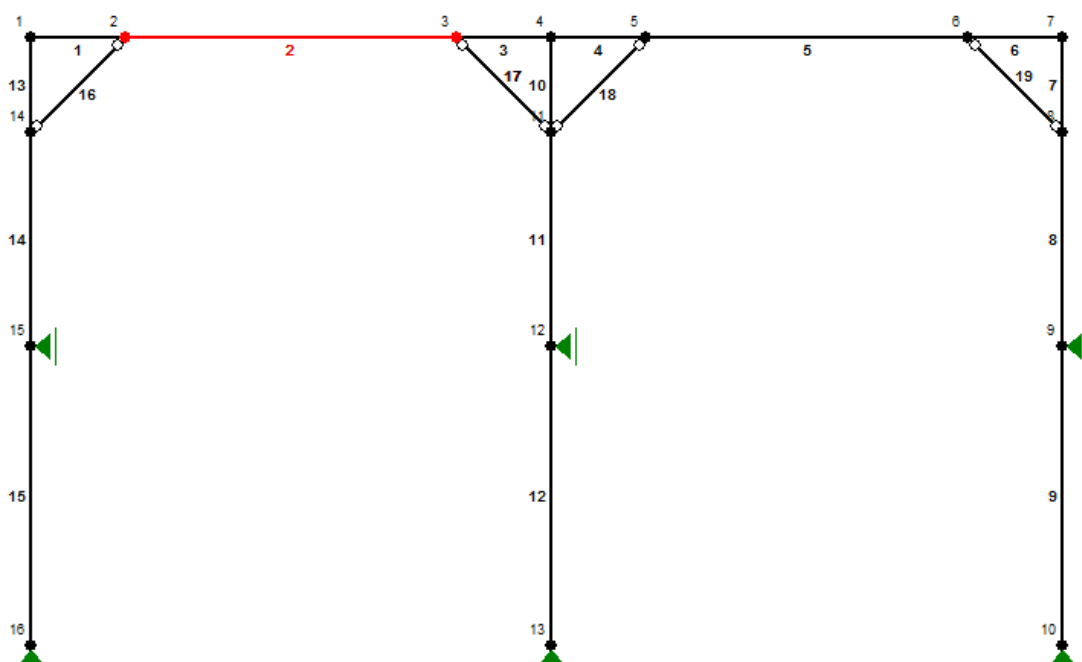
Przekrój mieczy: 13x13 cm

1.2. Konstrukcja dachu

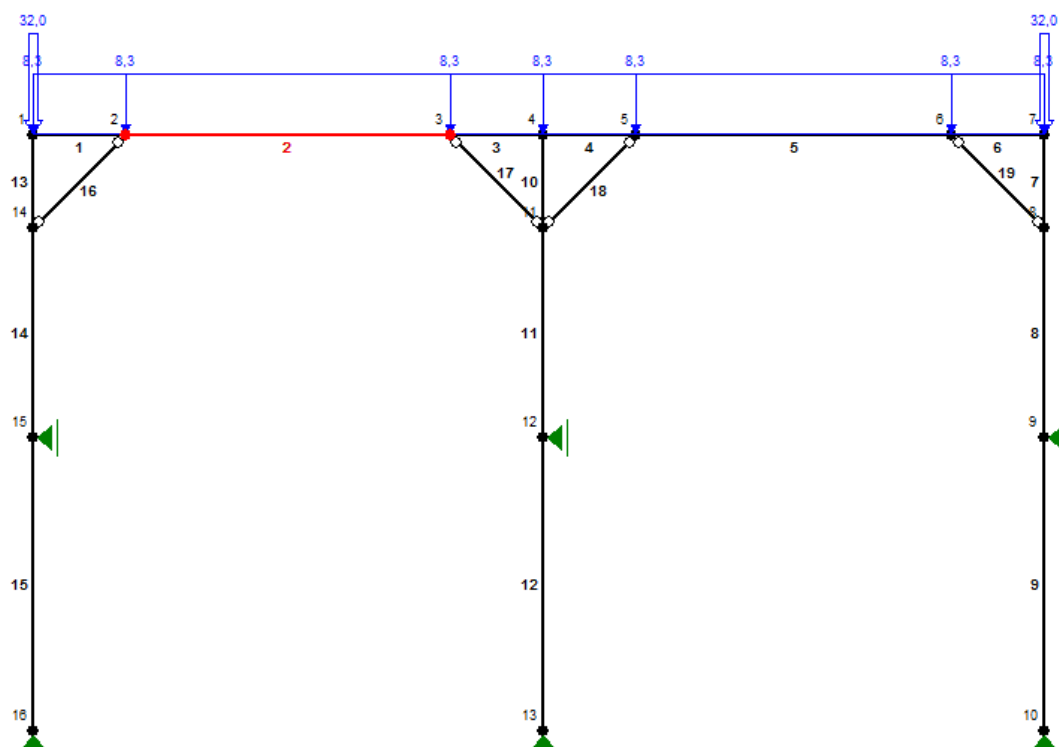
1.2.1. Schemat konstrukcji



1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



1.2.3. Obciążenia – z krokwi (wartości charakterystyczne)

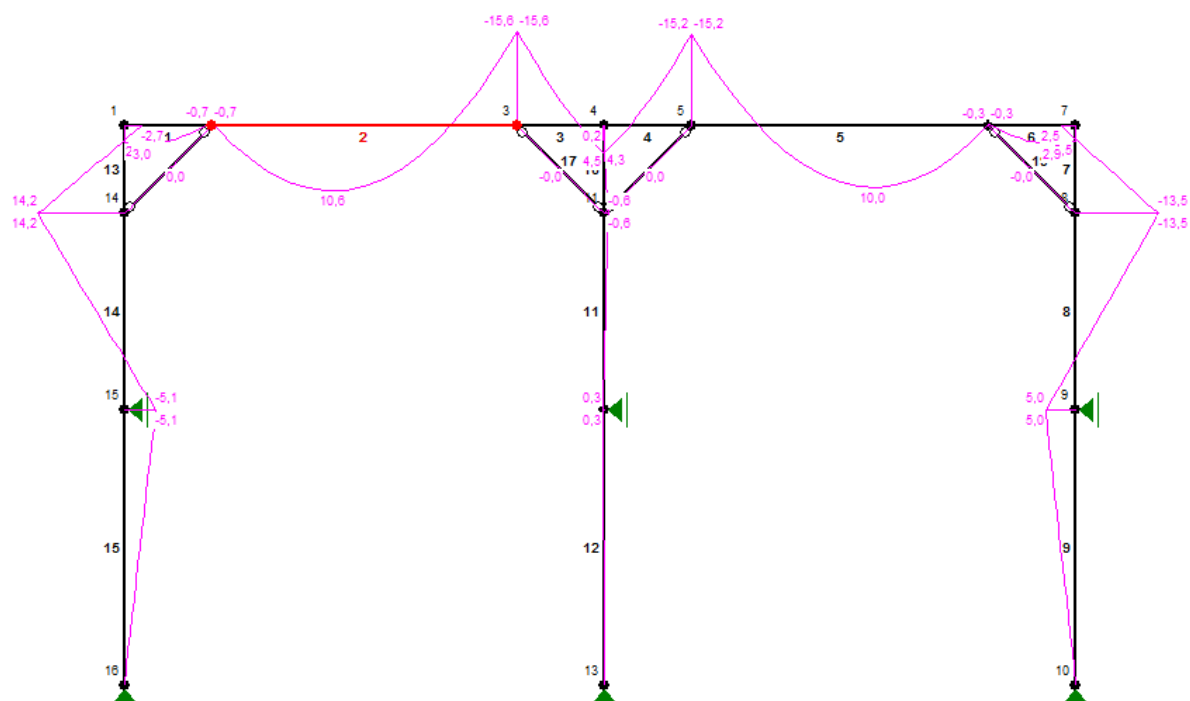


1.2.4. Mnożniki i atrybuty.

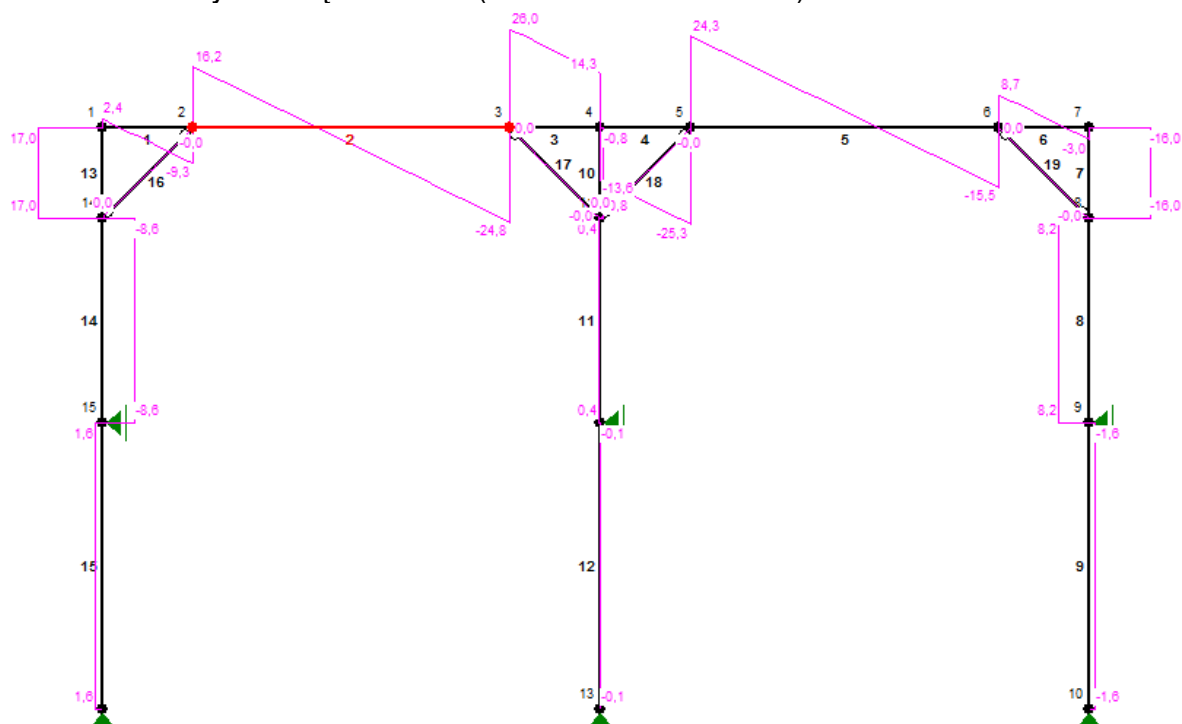
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar z krokwi	1,40	1,40	1	Stały

1.3. Płatew – obliczenia statyczne.

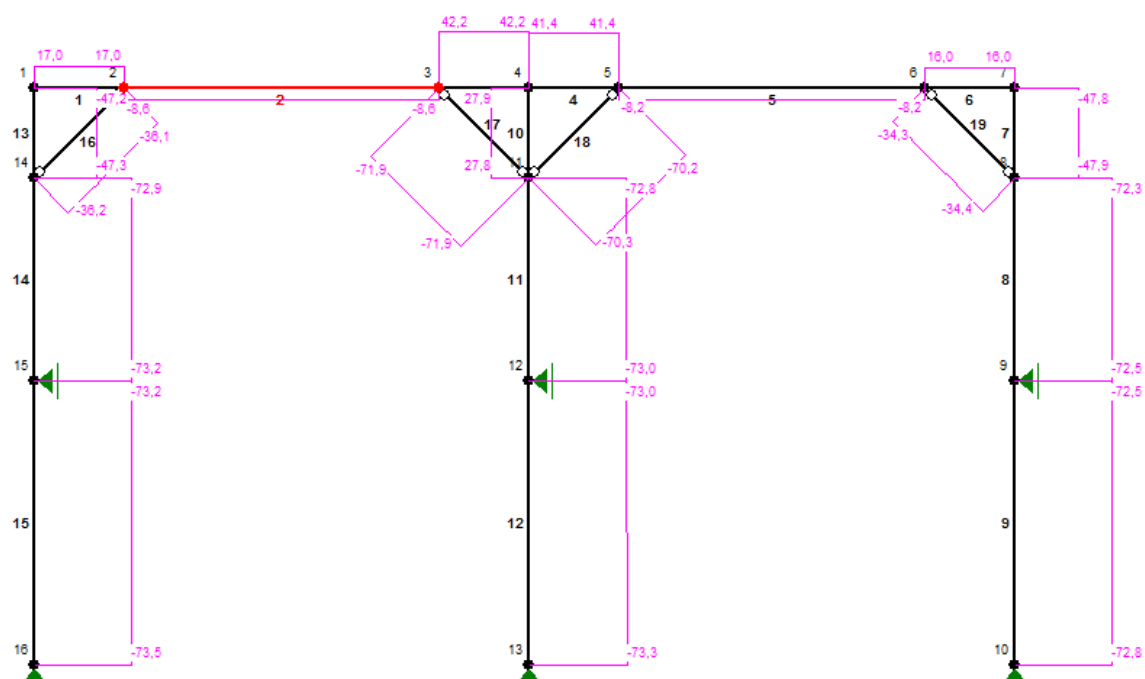
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



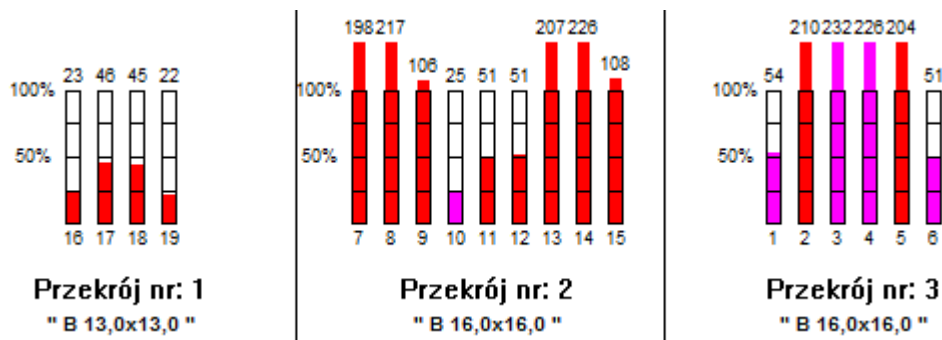
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)

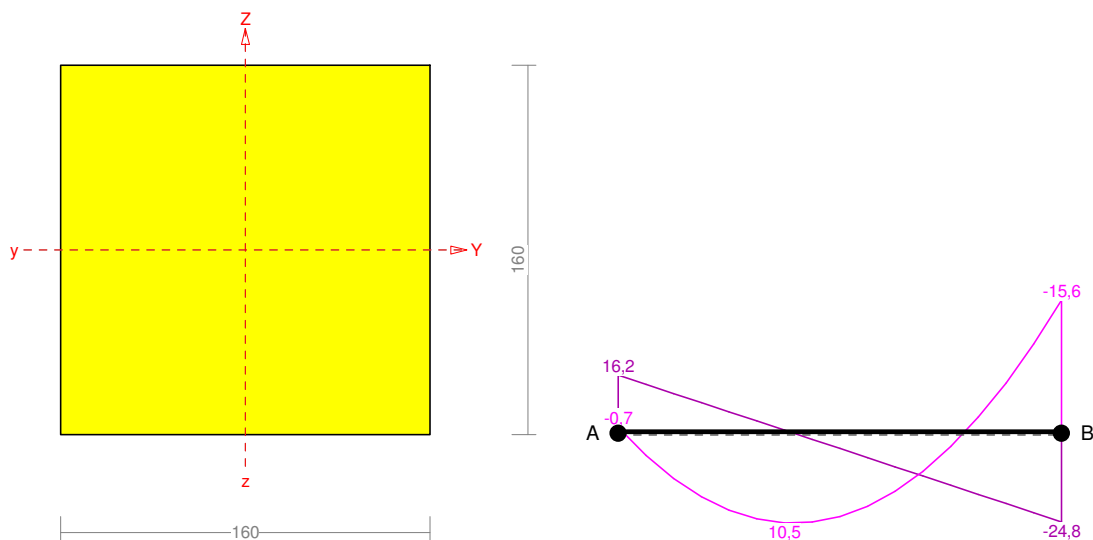


1.4. Wymiarowanie



Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 2

**Przekrój: 3** "B 16,0x16,0"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=160,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=5461,3; \quad J_{yg}=5461,3 \text{ cm}^4; \quad A=256,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,6; \quad i_y=4,6 \text{ cm}; \quad W_x=682,7; \quad W_y=682,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,\text{mean}} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,\text{mean}} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,50 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,574 \times 3,500 = 2,009 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,500 = 3,500 \text{ m}$$

Długości wybocheniowe dla wybochenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,009 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 3,500 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,009 / 0,0462 = 43,50$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,500 / 0,0462 = 75,78$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (43,50)^2 = 38,60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (75,78)^2 = 12,72 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{21/38,60} = 0,738$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{21/12,72} = 1,285$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,738 - 0,5) + (0,738)^2] = 0,796$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,285 - 0,5) + (1,285)^2] = 1,404$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (0,796 + \sqrt{0,796^2 - 0,738^2}) = 0,914$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (1,404 + \sqrt{1,404^2 - 1,285^2}) = 0,508$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 256,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 8,6 / 256,00 \times 10 = \mathbf{0,3 < 4,92} = 0,508 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=3,50 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,3}{0,914 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{22,9}{11,08} = \mathbf{2,104 > 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,3}{0,508 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{22,9}{11,08} = \mathbf{1,514 > 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=3,50 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 3500 + 160 + 160 = 3820 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3820 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 160^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,213$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 15,6 / 682,67 \times 10^3 = \mathbf{22,9 > 11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=3,50$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{22,9}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{2,1 > 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{22,9}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,4 > 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=3,50$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,3^2}{9,69^2} + \frac{22,9}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{2,1 > 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,3^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{22,9}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,4 > 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=3,50$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 24,8 / 256,0 \times 10 = 1,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 256,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{1,5^2 + 0,0^2} = \mathbf{1,5 > 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,31$ m; $x_b=2,19$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcia graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 36,7 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} (1 + k_{def}) = -0,2 \times (1 + 0,60) = -0,4 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

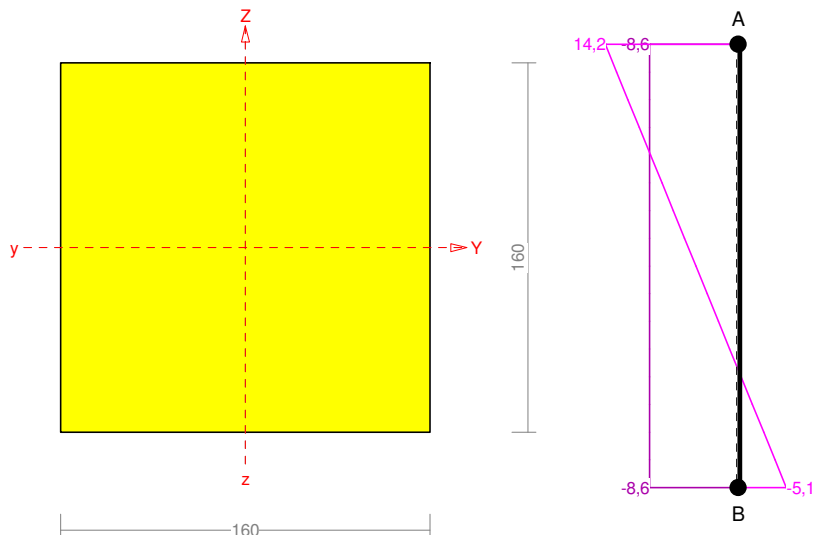
$$u_{z,fin} = u_{z,inst} (1 + k_{def}) = -20,5 \times (1 + 0,60) = -32,8 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -0,4 + -32,8 = 33,2 < 36,7 = u_{net,fin}$$

Pręt nr 14



Przekrój: 2 "B 16,0x16,0"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=160,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=5461,3; \quad J_{yg}=5461,3 \text{ cm}^4; \quad A=256,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,6; \quad i_y=4,6 \text{ cm}; \quad W_x=682,7; \quad W_y=682,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 14

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=2,25$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,159 \times 2,250 = 2,608 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,250 = 2,250 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,608 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,250 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,608 / 0,0462 = 56,46$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,250 / 0,0462 = 48,71$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (56,46)^2 = 22,91 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (48,71)^2 = 30,78 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/22,91} = 0,957$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/30,78} = 0,826$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,957 - 0,5) + (0,957)^2] = 1,004$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,826 - 0,5) + (0,826)^2] = 0,874$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,004 + \sqrt{1,004^2 - 0,957^2}) = 0,765$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,874 + \sqrt{0,874^2 - 0,826^2}) = 0,863$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 256,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 73,2 / 256,00 \times 10 = \mathbf{2,9} < \mathbf{7,42} = 0,765 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,25$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{2,8}{0,765 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{20,8}{11,08} = \mathbf{2,265} > \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{2,8}{0,863 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{20,8}{11,08} = \mathbf{1,657} > \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,25$ m, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2250 + 160 + 160 = 2570 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2570 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 160^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,175$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 14,2 / 682,67 \times 10^3 = \mathbf{20,8} > \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,25$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{20,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,9} > \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{20,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,3 > 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,25$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,8^2}{9,69^2} + \frac{20,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{2,0 > 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,8^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{20,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,4 > 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,25$ m, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 8,6 / 256,0 \times 10 = 0,5 \text{ MPa}$$

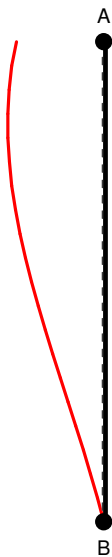
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 256,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,5^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,5 < 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=0,42$ m; $x_b=1,83$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 15,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,1 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2250)^2] (1 + 0,60) = -0,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2250)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -11,4 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2250)^2] (1 + 0,60) = -20,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2250)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,2 + -20,0 = \mathbf{20,2 > 15,0} = u_{\text{net,fin}}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – płatew (C2)

Założenia:

Drewno: klasa C24

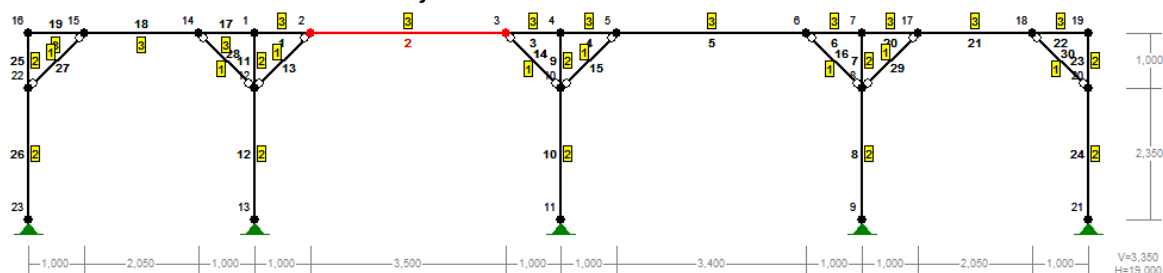
Przekrój płatew: 16x16 cm

Przekrój słupów: 16x16 cm

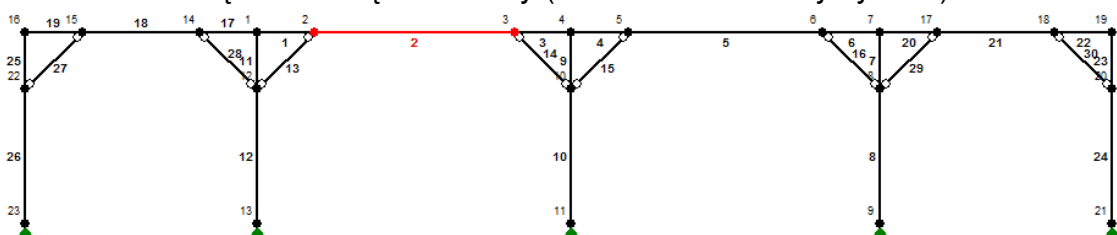
Przekrój mieczy: 13x13 cm

1.2. Konstrukcja dachu

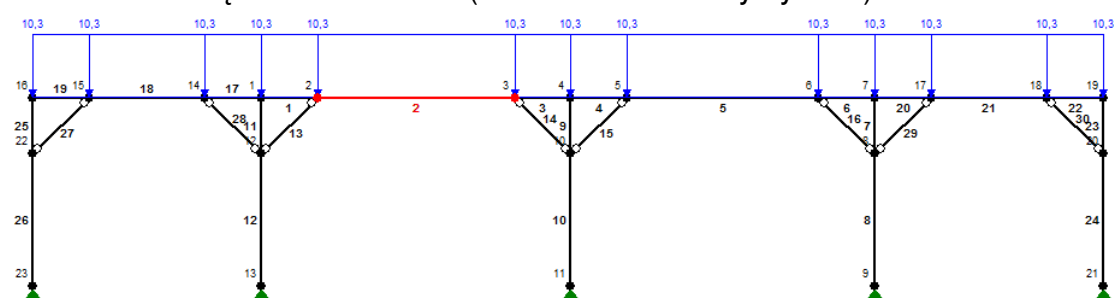
1.2.1. Schemat konstrukcji



1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



1.2.3. Obciążenia – z krokwi (wartości charakterystyczne)

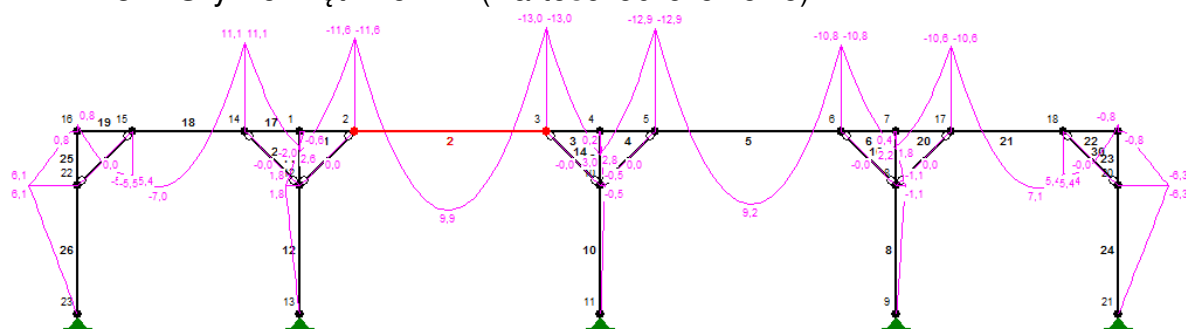


1.2.4. Mnożniki i atrybuty.

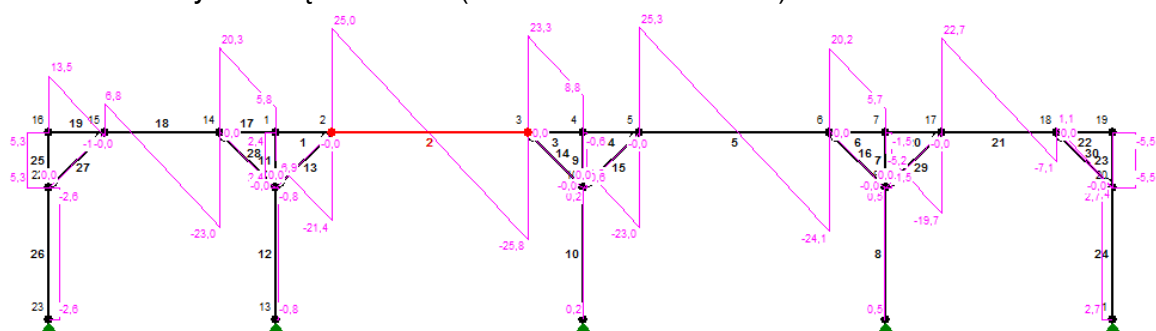
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar z krokwi	1,40	1,40	1	Stały

1.3. Płatew – obliczenia statyczne.

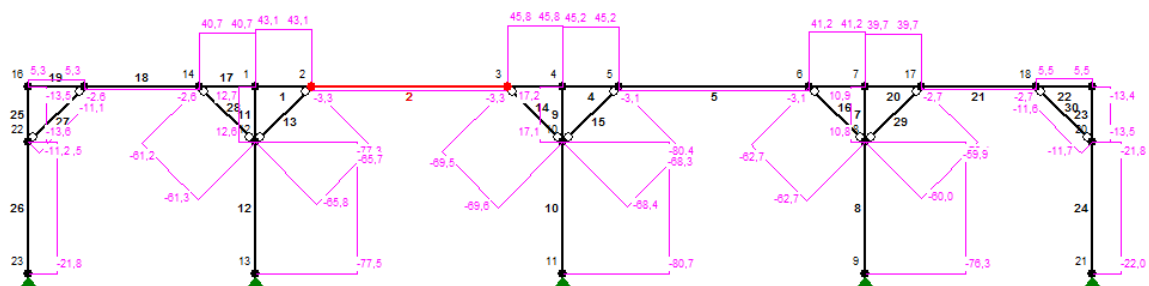
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



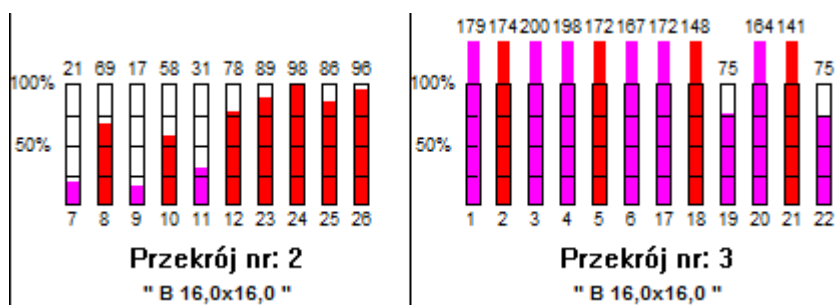
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)

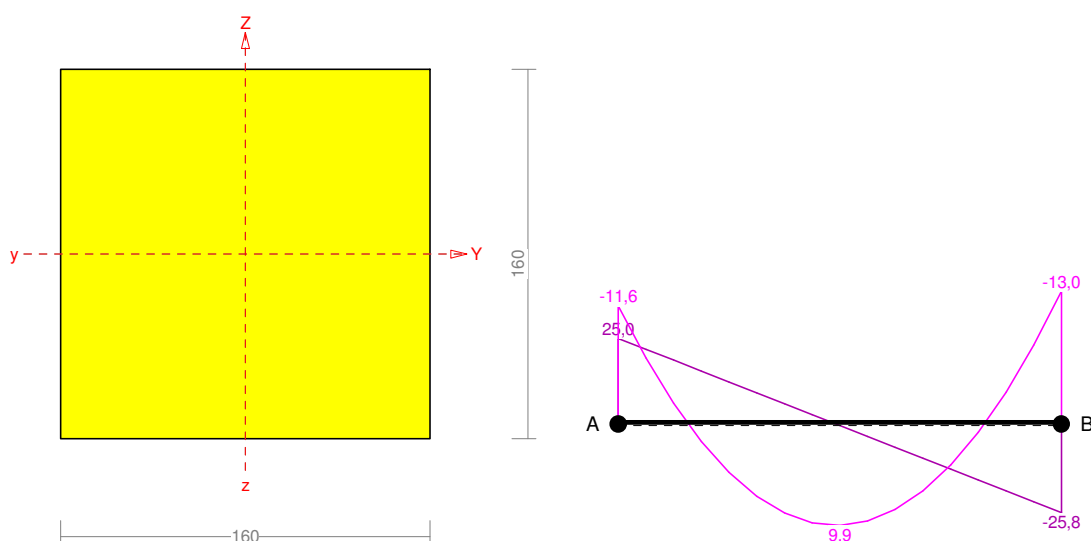


1.4. Wymiarowanie



Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 2

**Przekrój: 3 "B 16,0x16,0"**

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm } b=160,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=5461,3; J_{yg}=5461,3 \text{ cm}^4; A=256,00 \text{ cm}^2; i_x=4,6; i_y=4,6 \text{ cm}; W_x=682,7; W_y=682,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto **1** klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90, \text{mean}} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,50 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,571 \times 3,500 = 1,998 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,500 = 3,500 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,998 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 3,500 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,998 / 0,0462 = 43,27$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,500 / 0,0462 = 75,78$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (43,27)^2 = 39,01 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (75,78)^2 = 12,72 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/39,01} = 0,734$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/12,72} = 1,285$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,734 - 0,5) + (0,734)^2] = 0,793$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,285 - 0,5) + (1,285)^2] = 1,404$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,793 + \sqrt{0,793^2 - 0,734^2}) = 0,916$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,404 + \sqrt{1,404^2 - 1,285^2}) = 0,508$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 256,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 3,3 / 256,00 \times 10 = 0,1 < 4,92 = 0,508 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=3,50 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{0,916 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{19,1}{11,08} = 1,738 > 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,1}{0,508 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{19,1}{11,08} = 1,233 > 1$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=3,50 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 3500 + 160 + 160 = 3820 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3820 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 160^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,213$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 13,0 / 682,67 \times 10^3 = \mathbf{19,1 > 11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=3,50$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{19,1}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,7 > 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{19,1}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,2 > 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=3,50$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1^2}{9,69^2} + \frac{19,1}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,7 > 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{19,1}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,2 > 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=3,50$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 25,8 / 256,0 \times 10 = 1,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 256,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{1,5^2 + 0,0^2} = \mathbf{1,5 > 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,75$ m; $x_b=1,75$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 36,7 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = -0,1 \times (1 + 0,60) = -0,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

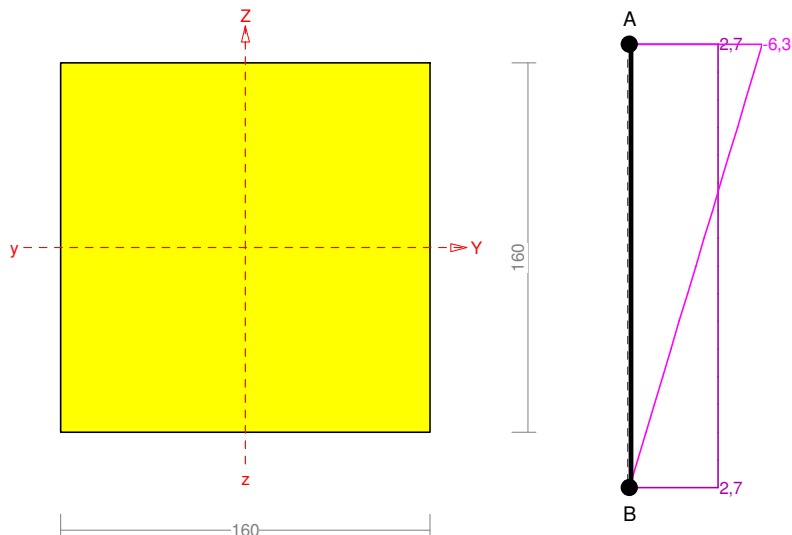
$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = -13,3 \times (1 + 0,60) = -21,3 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -0,2 + -21,3 = 21,5 < 36,7 = u_{net,fin}$$

Pręt nr 24



Przekrój: 2 "B 16,0x16,0"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=160,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=5461,3; \quad J_{yg}=5461,3 \text{ cm}^4; \quad A=256,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,6; \quad i_y=4,6 \text{ cm}; \quad W_x=682,7; \quad W_y=682,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 24

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=2,35$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "A".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,370 \times 2,350 = 3,220 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,350 = 2,350 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 3,219 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,350 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 3,219 / 0,0462 = 69,70$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,350 / 0,0462 = 50,88$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (69,70)^2 = 15,03 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (50,88)^2 = 28,21 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 15,03} = 1,182$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 28,21} = 0,863$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,182 - 0,5) + (1,182)^2] = 1,267$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,863 - 0,5) + (0,863)^2] = 0,908$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,267 + \sqrt{1,267^2 - 1,182^2}) = 0,581$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,908 + \sqrt{0,908^2 - 0,863^2}) = 0,838$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 256,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 22,0 / 256,00 \times 10 = \mathbf{0,9} < \mathbf{5,63} = 0,581 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,35$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,9}{0,581 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{9,2}{11,08} = \mathbf{0,985} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,9}{0,838 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{9,2}{11,08} = \mathbf{0,688} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,35$ m, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2350 + 160 + 160 = 2670 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2670 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 160^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,178$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 6,3 / 682,67 \times 10^3 = \mathbf{9,2} < \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,35$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{9,2}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,8} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{9,2}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,6 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,35$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,9^2}{9,69^2} + \frac{9,2}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,8 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,9^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{9,2}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,6 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,35$ m, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 2,7 / 256,0 \times 10 = 0,2 \text{ MPa}$$

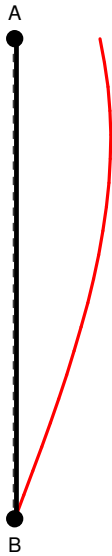
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 256,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,2^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,2 < 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=0,44$ m; $x_b=1,91$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 15,7 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,1 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2350)^2] (1 + 0,60) = 0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2350)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 6,8 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2350)^2] (1 + 0,60) = 11,8 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (160,0/2350)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = 0,1 + 11,8 = \mathbf{12,0 < 15,7} = u_{net,fin}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – tram (C1)

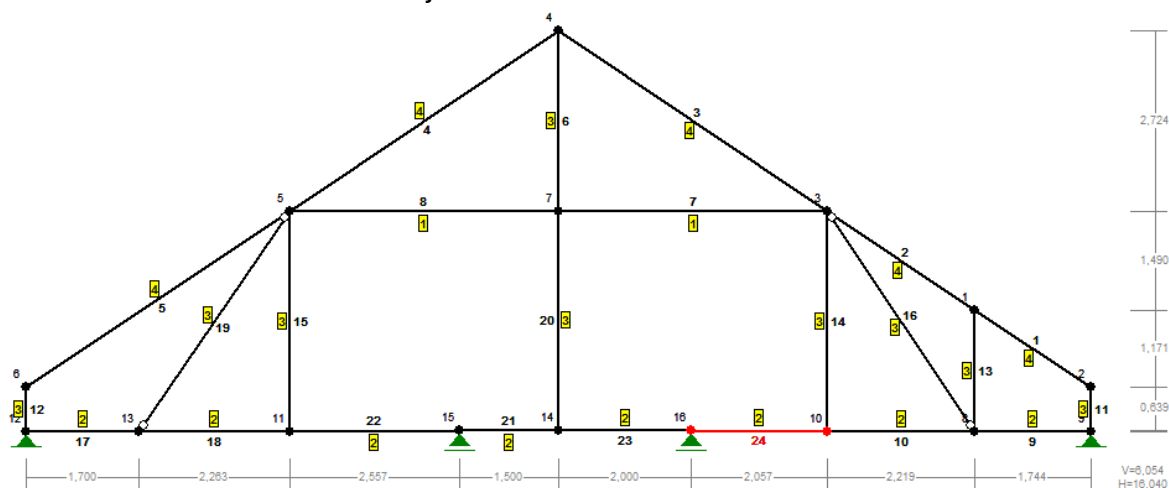
Założenia:

Drewno: klasa C24

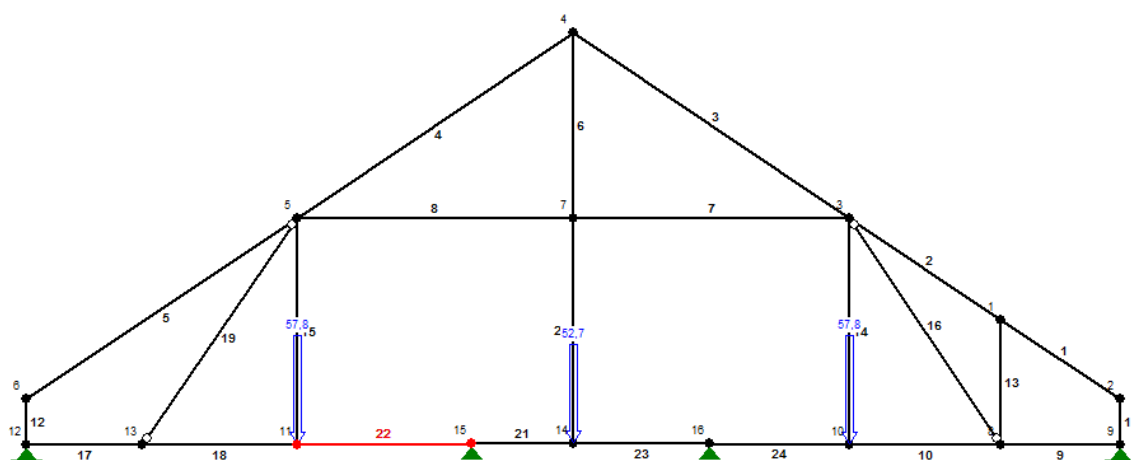
Przekrój tramu: 22 x 22 cm

1.2. Konstrukcja dachu

1.2.1. Schemat konstrukcji



1.2.2. Obciążenia – reakcje

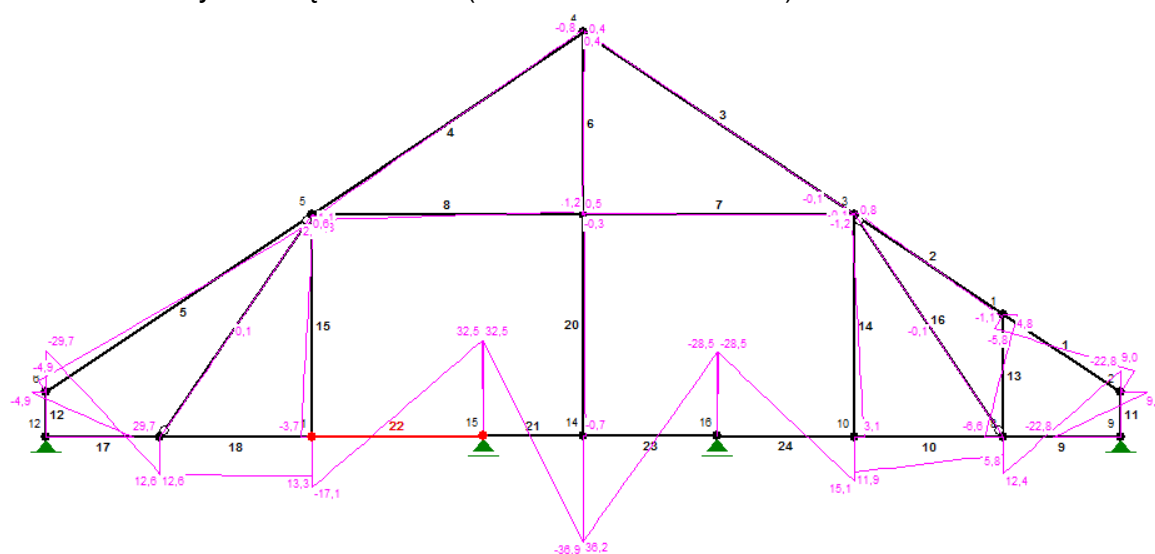


1.2.3. Mnożniki i atrybuty.

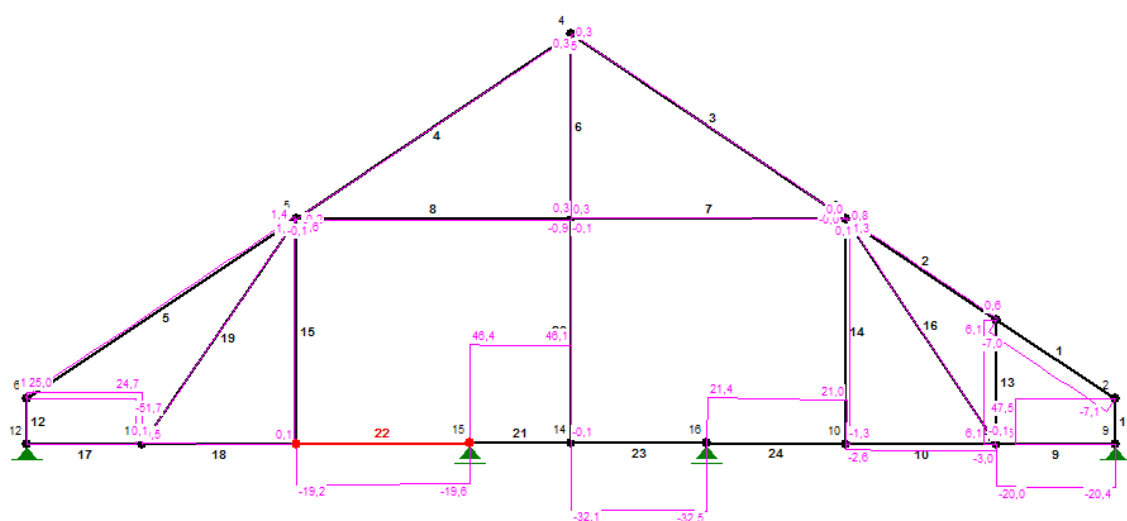
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Reakcje	1,4	1,4	1	Stały

1.3. Tram – obliczenia statyczne.

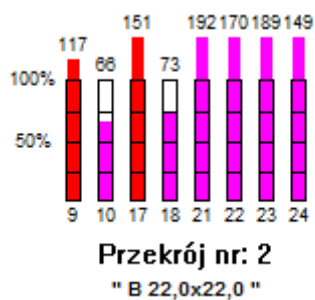
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)

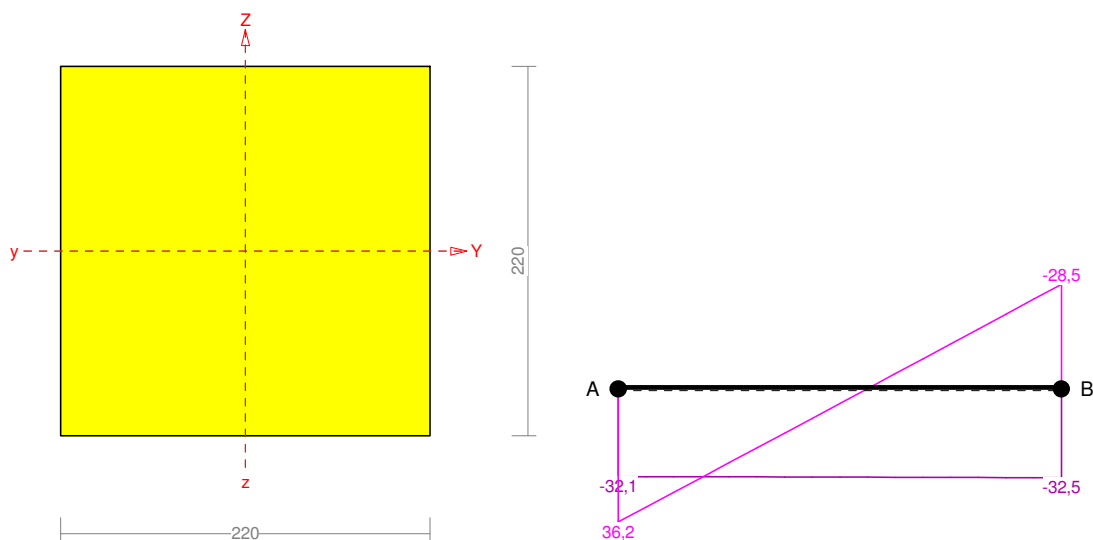


1.4. Wymiarowanie.



Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 23

**Przekrój: 2 "B 22,0x22,0"**

Wymiary przekroju:

$$h=220,0 \text{ mm} \quad b=220,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=19521,3; \quad J_{yg}=19521,3 \text{ cm}^4; \quad A=484,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=6,4; \quad i_y=6,4 \text{ cm}; \quad W_x=1774,7; \quad W_y=1774,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto **1** klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90, \text{mean}} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 23

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=2,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 484,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 14,2 / 484,00 \times 10 = \mathbf{0,3} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=2,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2000 + 220 + 220 = 2440 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2440 \times 220 \times 11,08}{3,142 \times 220^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,145$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 36,2 / 1774,67 \times 10^3 = \mathbf{20,4} > \mathbf{11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=2,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,3}{6,46} + \frac{20,4}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,9} > \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,3}{6,46} + 0,7 \times \frac{20,4}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,3} > \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,50 \text{ m}$; $x_b=0,50 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 32,4 / 484,0 \times 10 = 1,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 484,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{1,0^2 + 0,0^2} = \mathbf{1,0} < \mathbf{1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,13$ m; $x_b=1,88$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 200 = 17,5 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,2 \times [1 + 19,2 \times (220,0/3500)^2] (1 + 0,60) = -0,4 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/3500)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -7,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/3500)^2] (1 + 0,60) = -12,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/3500)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,4 + -12,1 = \mathbf{12,5} < \mathbf{17,5} = u_{\text{net,fin}}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – krokiew (D1)

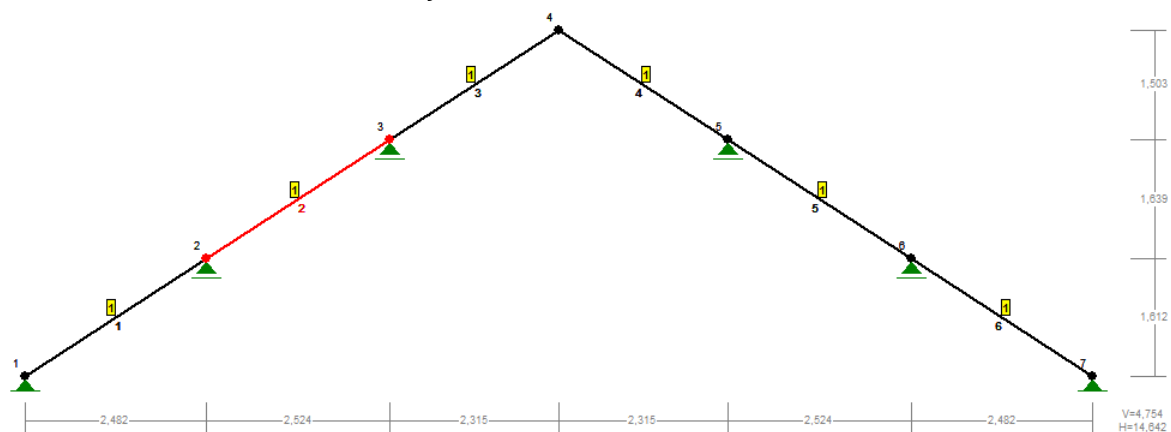
Założenia:

Drewno: klasa C24

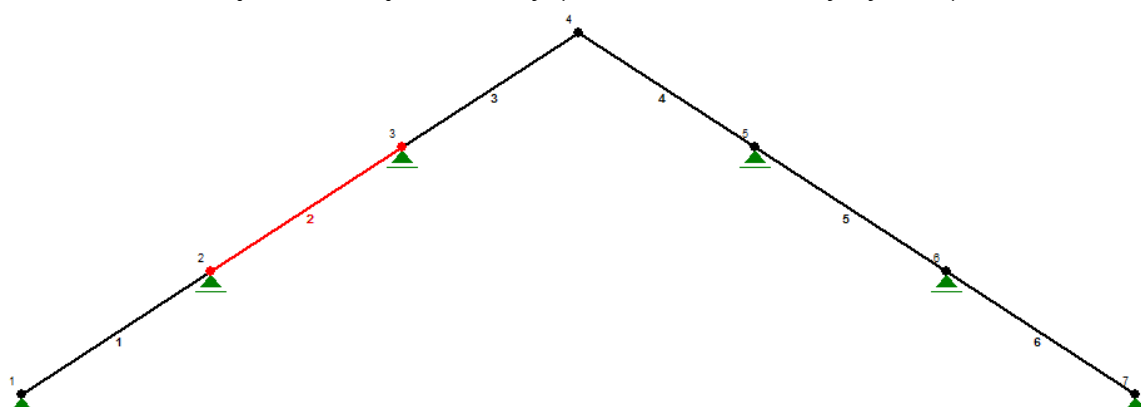
Przekrój krokwi: 10 x 12 cm

1.2. Konstrukcja dachu

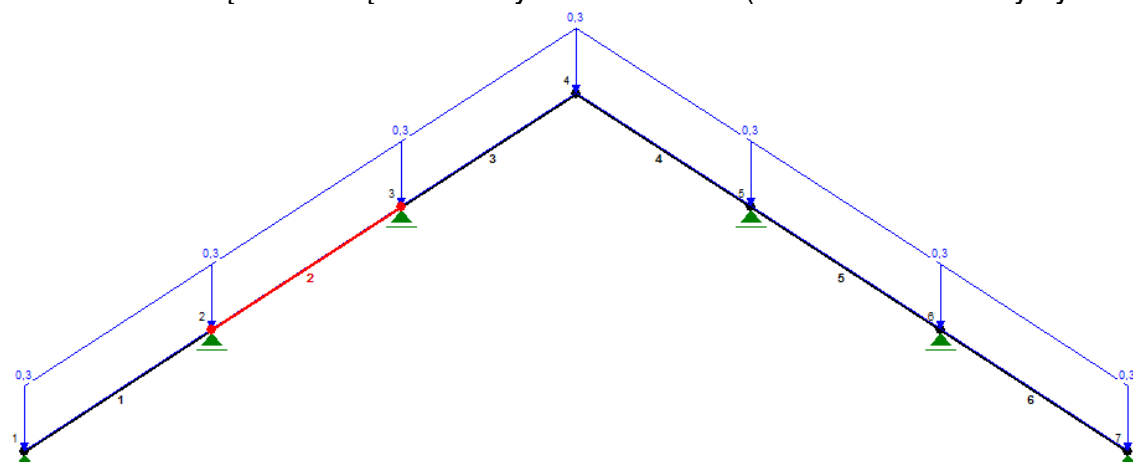
1.2.1. Schemat konstrukcji



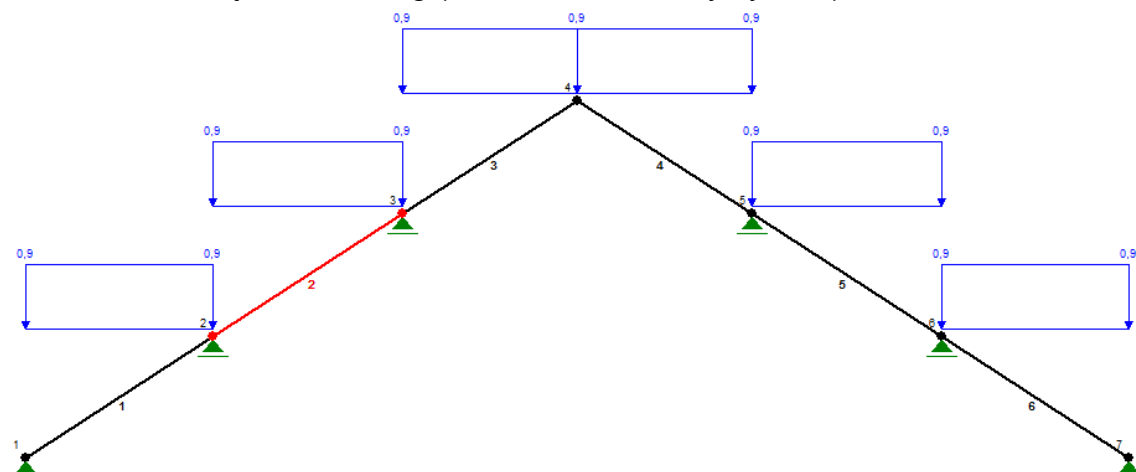
1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



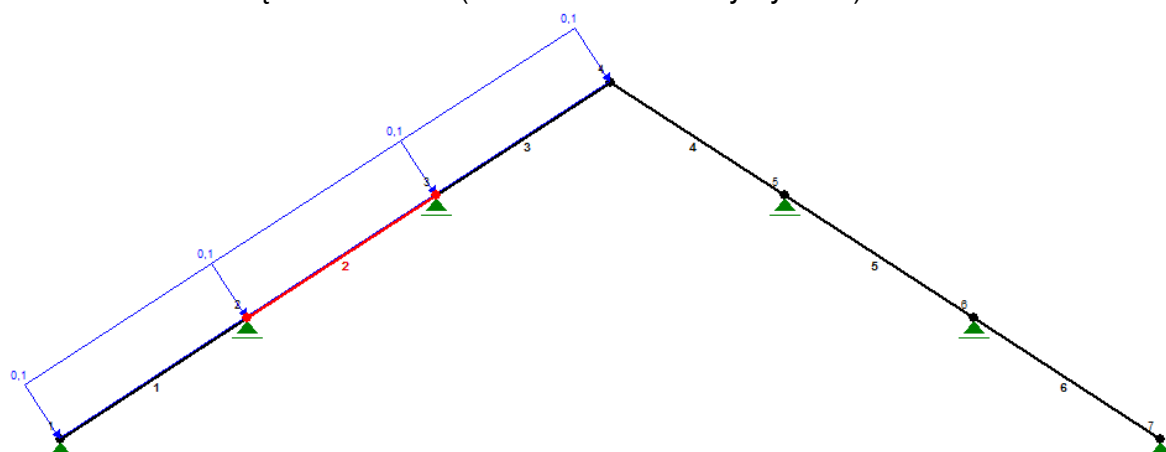
1.2.3. Obciążenia –ciężar własny warstw dachu (wartości charakterystyczne)



1.2.4. Obciążenia – śnieg (wartości charakterystyczne)



1.2.5. Obciążenia – wiatr (wartości charakterystyczne)

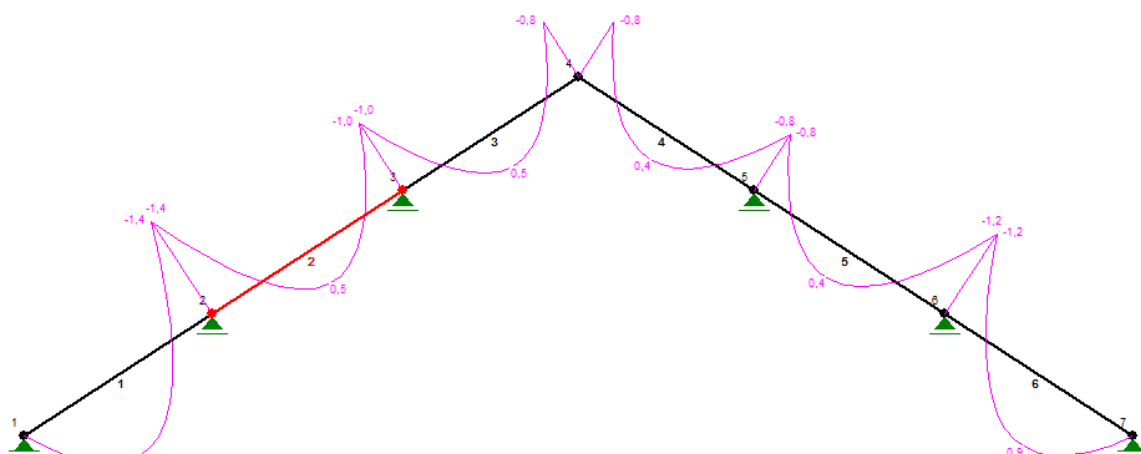


1.2.8. Mnożniki i atrybuty.

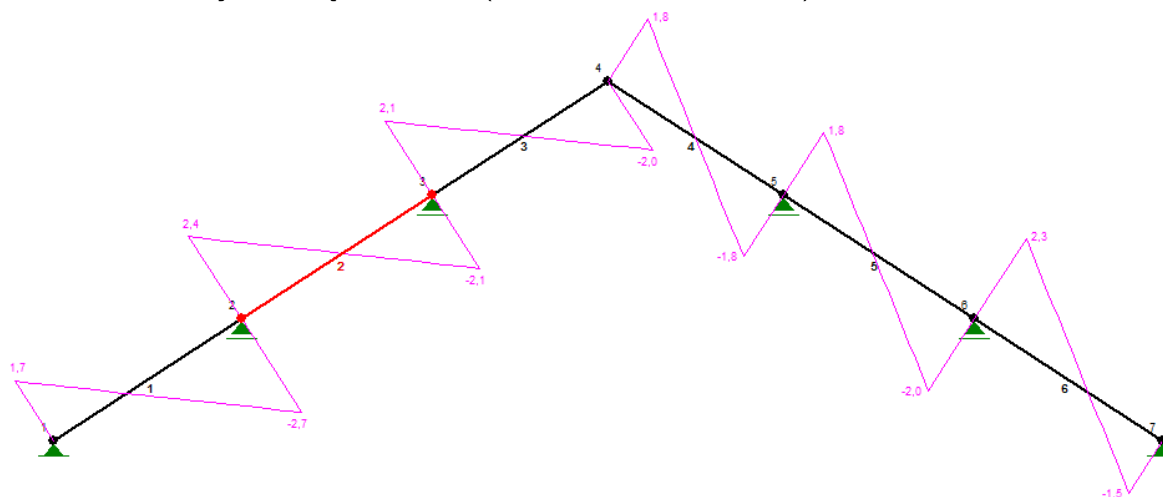
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar warstw dachu	1,35	1,35	1	Stały
3	Obc śnieg	1,5	1,5	1	Zmienny
4	Obc wiatr	1,5	1,5	1	Zmienny

1.3. Krokiec – obliczenia statyczne.

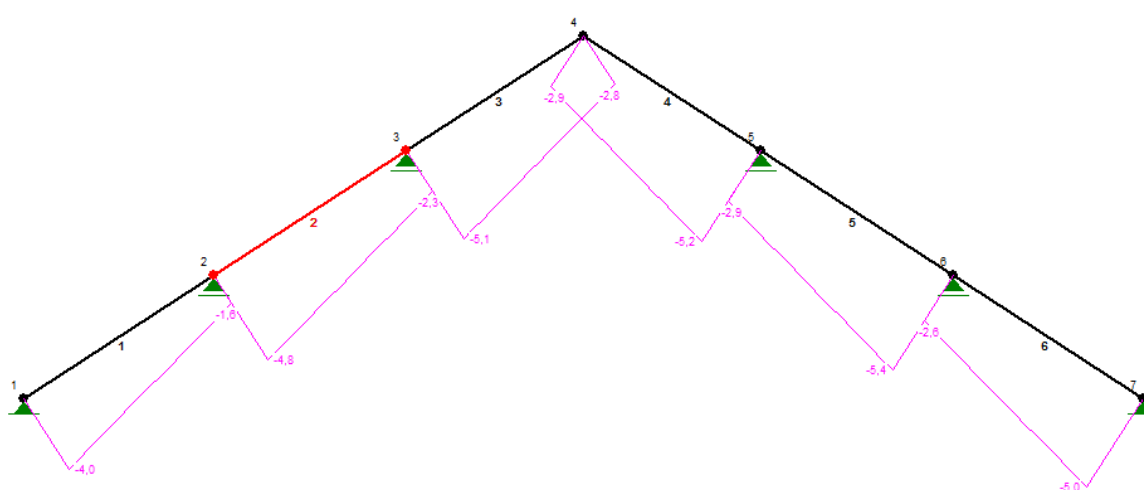
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



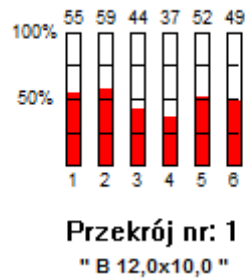
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)

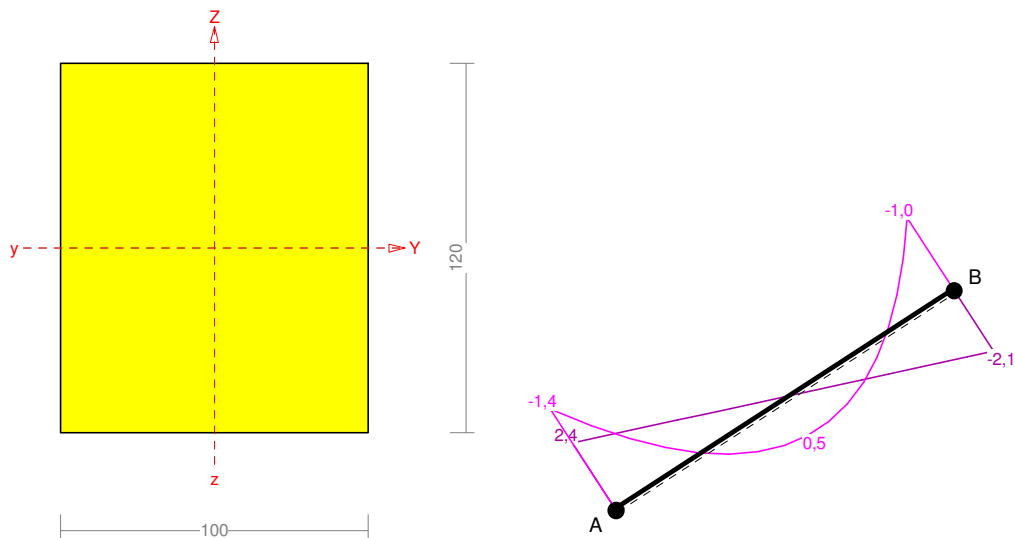


1.4. Wymiarowanie.



Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 2

**Przekrój: 1 "B 12,0x10,0"**

Wymiary przekroju:

$$h=120,0 \text{ mm} \quad b=100,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=1440,0; \quad J_{yg}=1000,0 \text{ cm}^4; \quad A=120,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=3,5; \quad i_y=2,9 \text{ cm}; \quad W_x=240,0; \quad W_y=200,0 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto **1** klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,\text{mean}} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,\text{mean}} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,01 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,706 \times 3,009 = 2,124 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,009 = 3,009 \text{ m}$$

Długości wybocheniowe dla wybochenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,125 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 3,009 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,125 / 0,0346 = 61,33$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,009 / 0,0289 = 104,25$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (61,33)^2 = 19,41 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (104,25)^2 = 6,72 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{21/19,41} = 1,040$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{21/6,72} = 1,768$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,040 - 0,5) + (1,040)^2] = 1,095$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,768 - 0,5) + (1,768)^2] = 2,189$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (1,095 + \sqrt{1,095^2 - 1,040^2}) = 0,696$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (2,189 + \sqrt{2,189^2 - 1,768^2}) = 0,287$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 120,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 4,8 / 120,00 \times 10 = \mathbf{0,4 < 2,78} = 0,287 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,01 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,4}{0,696 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{5,8}{11,08} = \mathbf{0,586 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,4}{0,287 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{5,8}{11,08} = \mathbf{0,513 < 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,01 \text{ m}$, przy obciążeniach "ABC".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 3009 + 120 + 120 = 3249 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3249 \times 120 \times 11,08}{3,142 \times 100^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,272$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,4 / 240,00 \times 10^3 = 5,8 < 11,1 = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00$ m; $x_b=3,01$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{5,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = 0,5 < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{5,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = 0,4 < 1$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=3,01$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,4^2}{9,69^2} + \frac{5,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = 0,5 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,4^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{5,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = 0,4 < 1$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,38$ m; $x_b=2,63$ m, przy obciążeniach "ABC".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,8 / 120,0 \times 10 = 0,2 \text{ MPa}$$

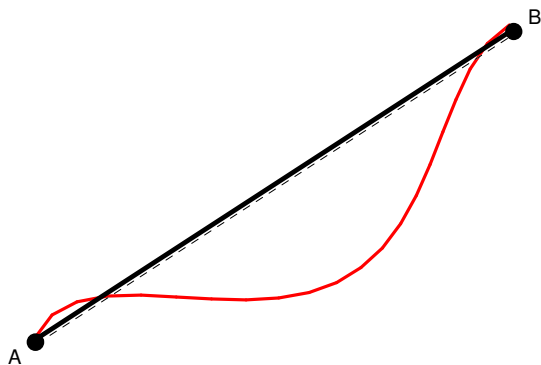
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 120,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,2^2 + 0,0^2} = 0,2 < 1,2 = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,69$ m; $x_b=1,32$ m, przy obciążeniach "ABC".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 20,1 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "ABC"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("ABC"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -0,9 \times (1 + 0,60) = -1,4 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,1 + -1,4 = \mathbf{1,5} < \mathbf{20,1} = u_{\text{net,fin}}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – płatew (D1)

Założenia:

Drewno: klasa C24

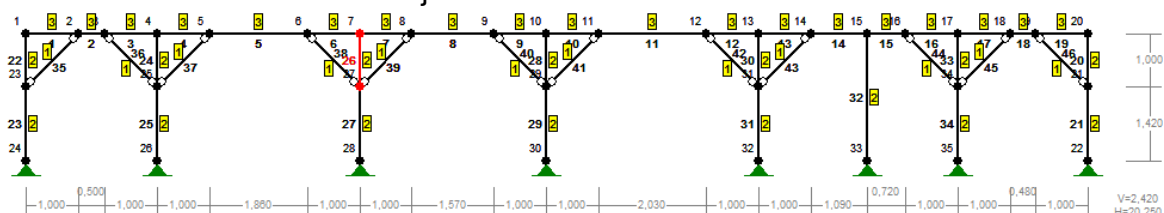
Przekrój płatwi: 14x14 cm

Przekrój słupów: 14x14 cm

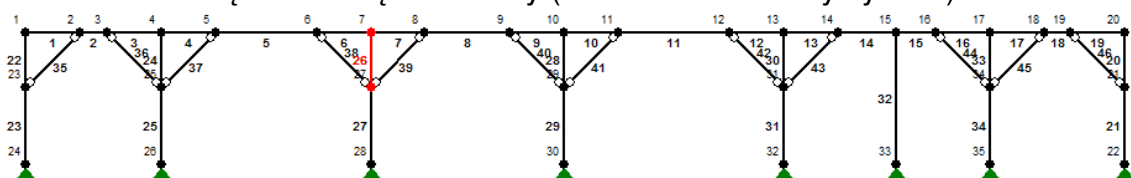
Przekrój mieczy: 10x10 cm

1.2. Konstrukcja dachu

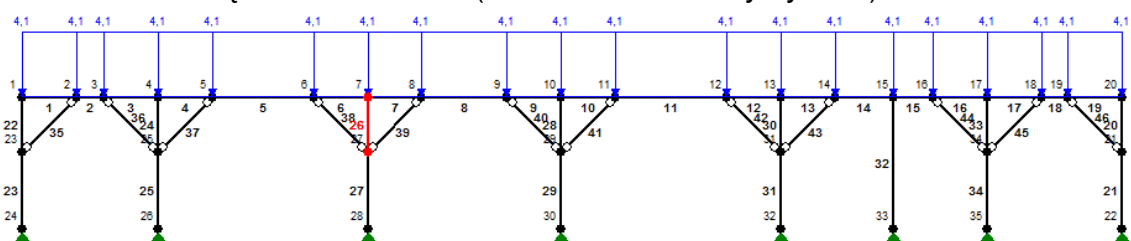
1.2.1. Schemat konstrukcji



1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



1.2.3. Obciążenia – z krokwi (wartości charakterystyczne)

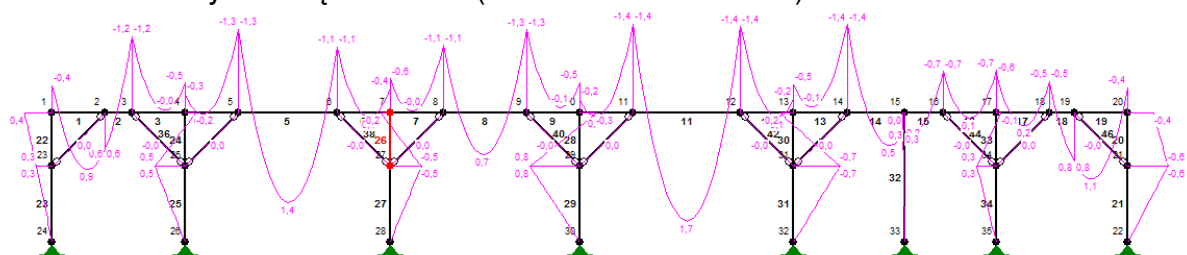


1.2.4. Mnożniki i atrybuty.

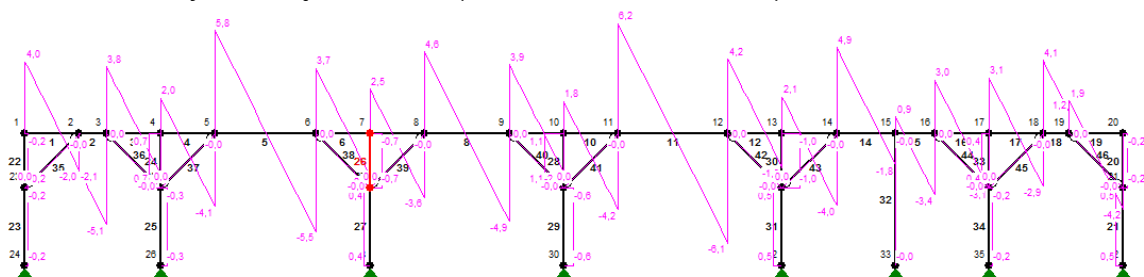
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar z krokwi	1,40	1,40	1	Stały

1.3. Płatew – obliczenia statyczne.

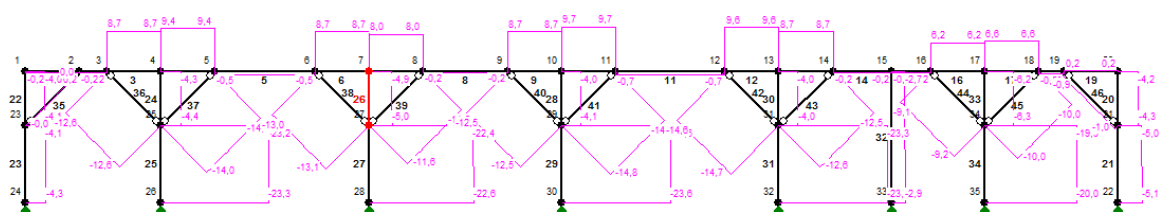
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



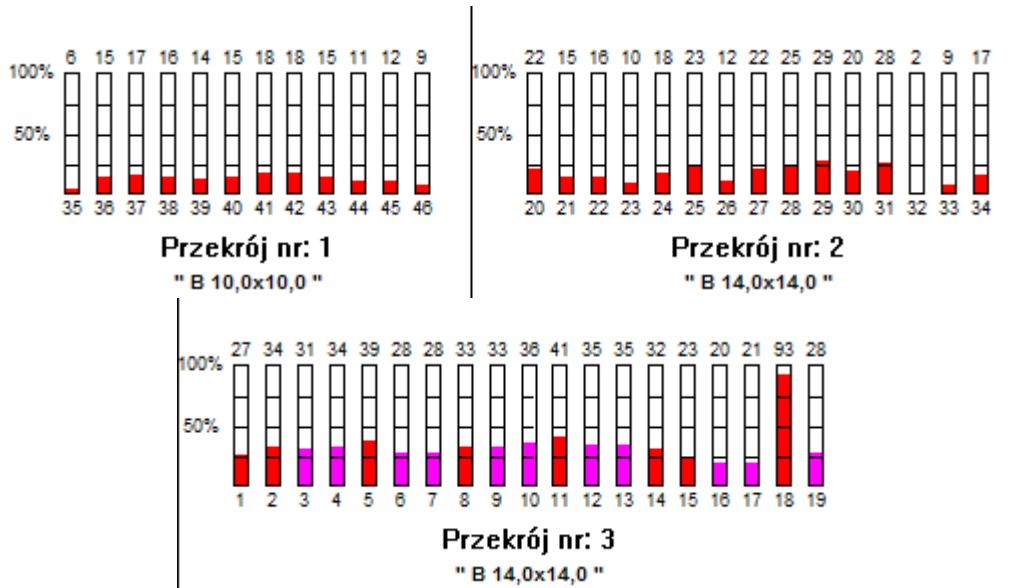
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)

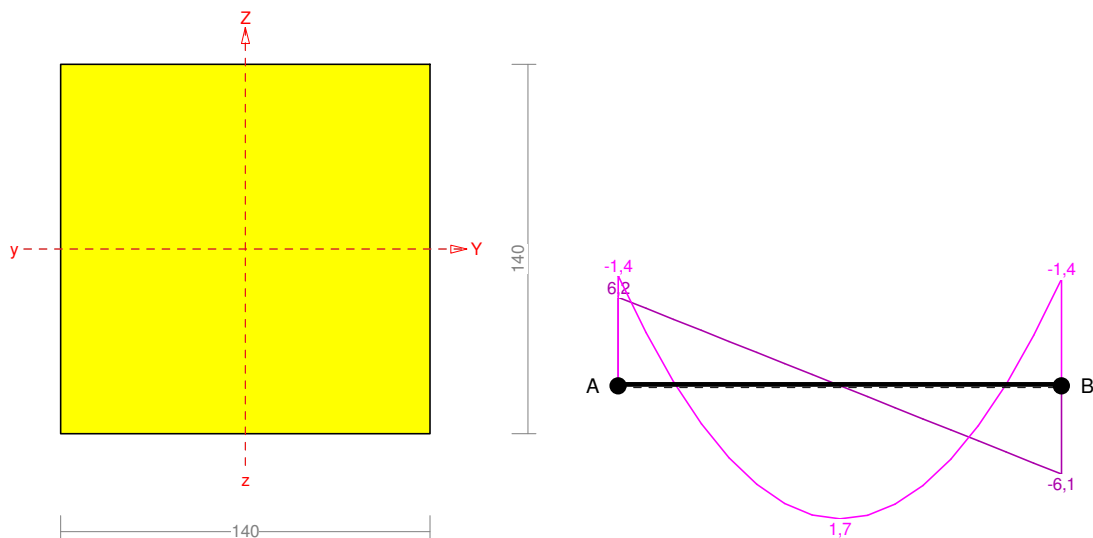


1.4. Wymiarowanie



Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 11

**Przekrój: 3** "B 14,0x14,0"

Wymiary przekroju:

$$h=140,0 \text{ mm} \quad b=140,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=3201,3; \quad J_{yg}=3201,3 \text{ cm}^4; \quad A=196,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,0; \quad i_y=4,0 \text{ cm}; \quad W_x=457,3; \quad W_y=457,3 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto **1** klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$\begin{aligned}
 f_{m,k} &= 24,00 & f_{m,d} &= 11,08 \text{ MPa} \\
 f_{t,0,k} &= 14,00 & f_{t,0,d} &= 6,46 \text{ MPa} \\
 f_{t,90,k} &= 0,40 & f_{t,90,d} &= 0,18 \text{ MPa} \\
 f_{c,0,k} &= 21,00 & f_{c,0,d} &= 9,69 \text{ MPa} \\
 f_{c,90,k} &= 5,30 & f_{c,90,d} &= 2,45 \text{ MPa} \\
 f_{v,k} &= 2,50 & f_{v,d} &= 1,15 \text{ MPa} \\
 E_{0,\text{mean}} &= 11000 \text{ MPa} \\
 E_{90,\text{mean}} &= 370 \text{ MPa} \\
 E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\
 G_{\text{mean}} &= 690 \text{ MPa} \\
 \rho_k &= 350 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 11

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,03$ m, przy obciążeniach "A".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,618 \times 2,030 = 1,255 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,030 = 2,030 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,255 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,030 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,255 / 0,0404 = 31,04$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,030 / 0,0404 = 50,23$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (31,04)^2 = 75,79 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (50,23)^2 = 28,95 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 75,79} = 0,526$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 28,95} = 0,852$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,526 - 0,5) + (0,526)^2] = 0,641$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,852 - 0,5) + (0,852)^2] = 0,898$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,641 + \sqrt{0,641^2 - 0,526^2}) = 0,993$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,898 + \sqrt{0,898^2 - 0,852^2}) = 0,846$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 196,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 0,7 / 196,00 \times 10 = \mathbf{0,0 < 8,20} = 0,846 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,02$ m; $x_b=1,02$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,0}{0,993 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{3,8}{11,08} = \mathbf{0,344 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,0}{0,846 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{3,8}{11,08} = \mathbf{0,243 < 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,02$ m; $x_b=1,02$ m, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2030 + 140 + 140 = 2310 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2310 \times 140 \times 11,08}{3,142 \times 140^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,177$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,7 / 457,33 \times 10^3 = \mathbf{3,8 < 11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,02$ m; $x_b=1,02$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,3 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{3,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,2 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,02$ m; $x_b=1,02$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,0^2}{9,69^2} + \frac{3,8}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,3 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,0^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{3,8}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,2 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,03$ m, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 6,2 / 196,0 \times 10 = 0,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 196,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,5^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,5 < 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,02$ m; $x_b=1,02$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 13,5 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + “”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2030)^2] (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2030)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych (“A”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

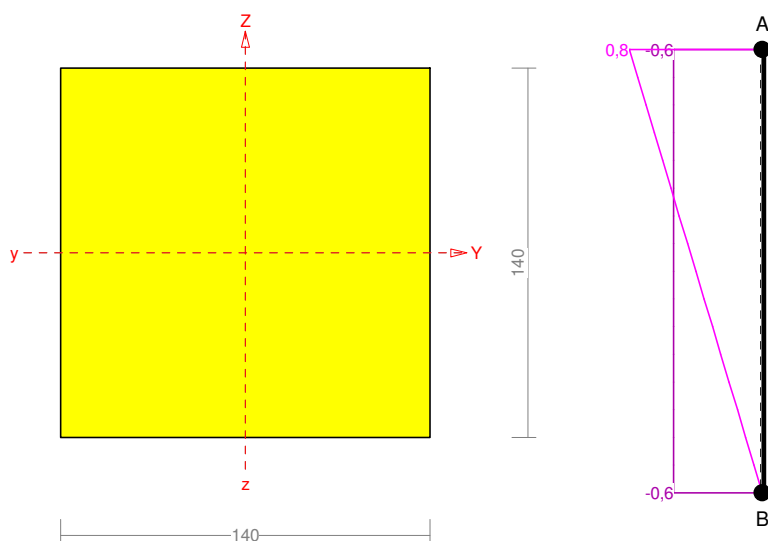
$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -2,1 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2030)^2] (1 + 0,60) = -3,7 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2030)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,1 + -3,7 = 3,8 < 13,5 = u_{\text{net,fin}}$$

Pręt nr 29



Przekrój: 2 “B 14,0x14,0”

Wymiary przekroju:

$$h=140,0 \text{ mm } b=140,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=3201,3; J_{yg}=3201,3 \text{ cm}^4; A=196,00 \text{ cm}^2; i_x=4,0; i_y=4,0 \text{ cm}; W_x=457,3; W_y=457,3 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{\text{mod}} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,\text{mean}} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,\text{mean}} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 29

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,42 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 1,171 \times 1,420 = 1,663 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,420 = 1,420 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 1,663 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 1,420 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,663 / 0,0404 = 41,14$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,420 / 0,0404 = 35,14$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (41,14)^2 = 43,14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (35,14)^2 = 59,16 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/43,14} = 0,698$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/59,16} = 0,596$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,698 - 0,5) + (0,698)^2] = 0,763$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,596 - 0,5) + (0,596)^2] = 0,687$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,763 + \sqrt{0,763^2 - 0,698^2}) = 0,932$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,687 + \sqrt{0,687^2 - 0,596^2}) = 0,972$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 196,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 23,6 / 196,00 \times 10 = \mathbf{1,2 < 9,04} = 0,932 \times 9,69 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=1,42 \text{ m}$, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,2}{0,932 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{1,7}{11,08} = \mathbf{0,289 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,2}{0,972 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{1,7}{11,08} = \mathbf{0,237 < 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=1,42 \text{ m}$, przy obciążeniach "A".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 1420 + 140 + 140 = 1700 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1700 \times 140 \times 11,08}{3,142 \times 140^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,152$$

Wartość współczynnika zwiczenia:

$$\text{dla } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \quad k_{\text{crit}} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,8 / 457,33 \times 10^3 = 1,7 < 11,1 = 1,000 \times 11,08 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00$ m; $x_b=1,42$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,7}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = 0,2 < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{1,7}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = 0,1 < 1$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=1,42$ m, przy obciążeniach "A":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,2^2}{9,69^2} + \frac{1,7}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = 0,2 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,2^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{1,7}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = 0,1 < 1$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=1,42$ m, przy obciążeniach "A".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,6 / 196,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

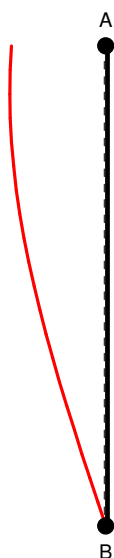
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 196,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,0^2 + 0,0^2} = 0,0 < 1,2 = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=0,18$ m; $x_b=1,24$ m, przy obciążeniach "A".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 9,5 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + "A"):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1420)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1420)^2](1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych ("A"):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = -0,8 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1420)^2](1 + 0,60) = -1,4 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1420)^2](1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = 0,0 + -1,4 = \mathbf{1,5} < \mathbf{9,5} = u_{net,fin}$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – krokiew koszowa (D2)

Założenia:

Drewno: klasa C24

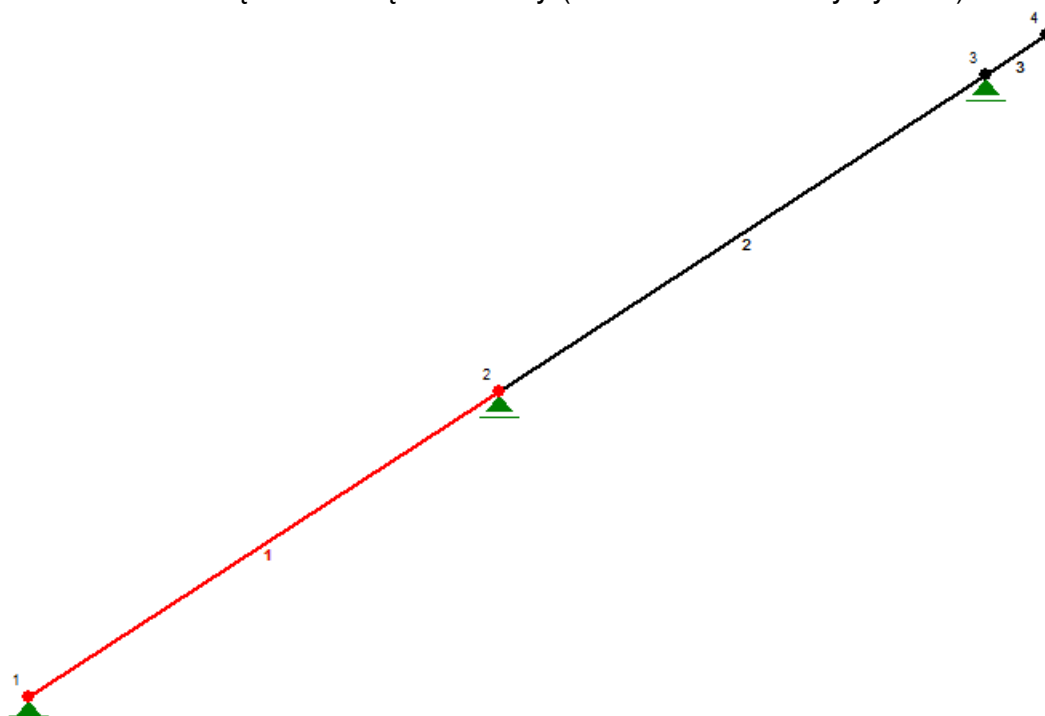
Przekrój krokwi: 12 x 16 cm

1.2. Konstrukcja dachu

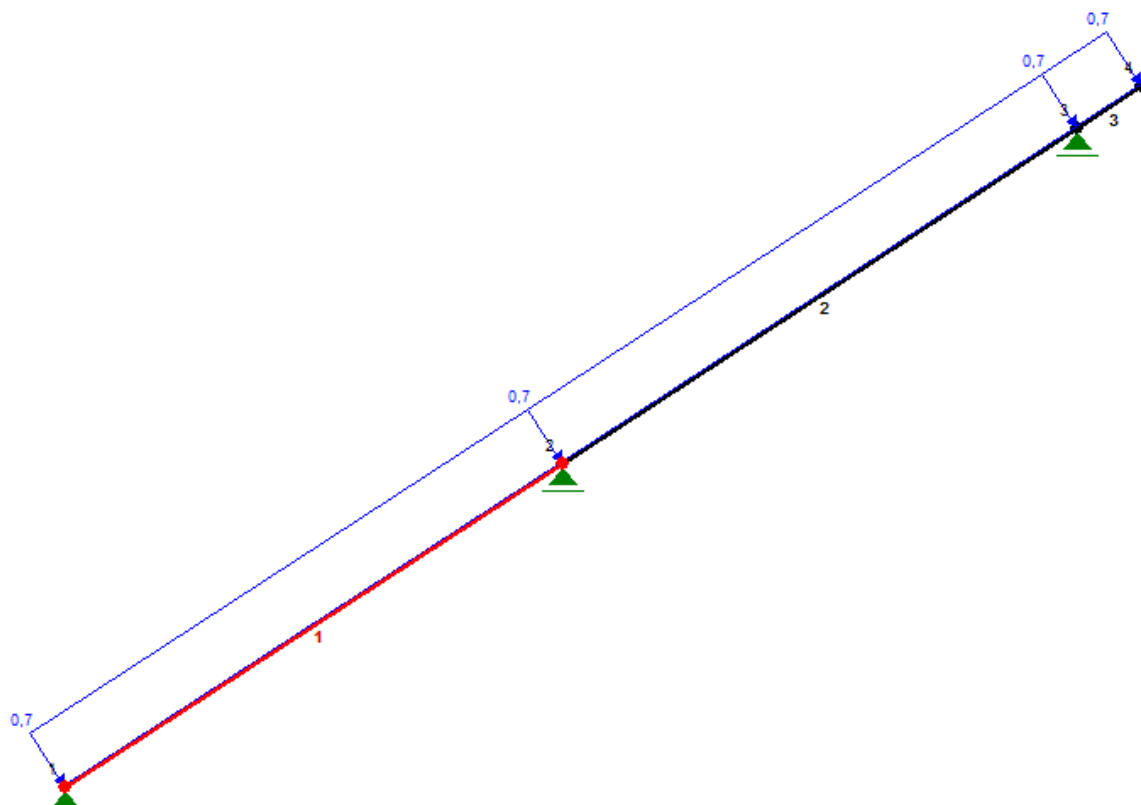
1.2.1. Schemat konstrukcji



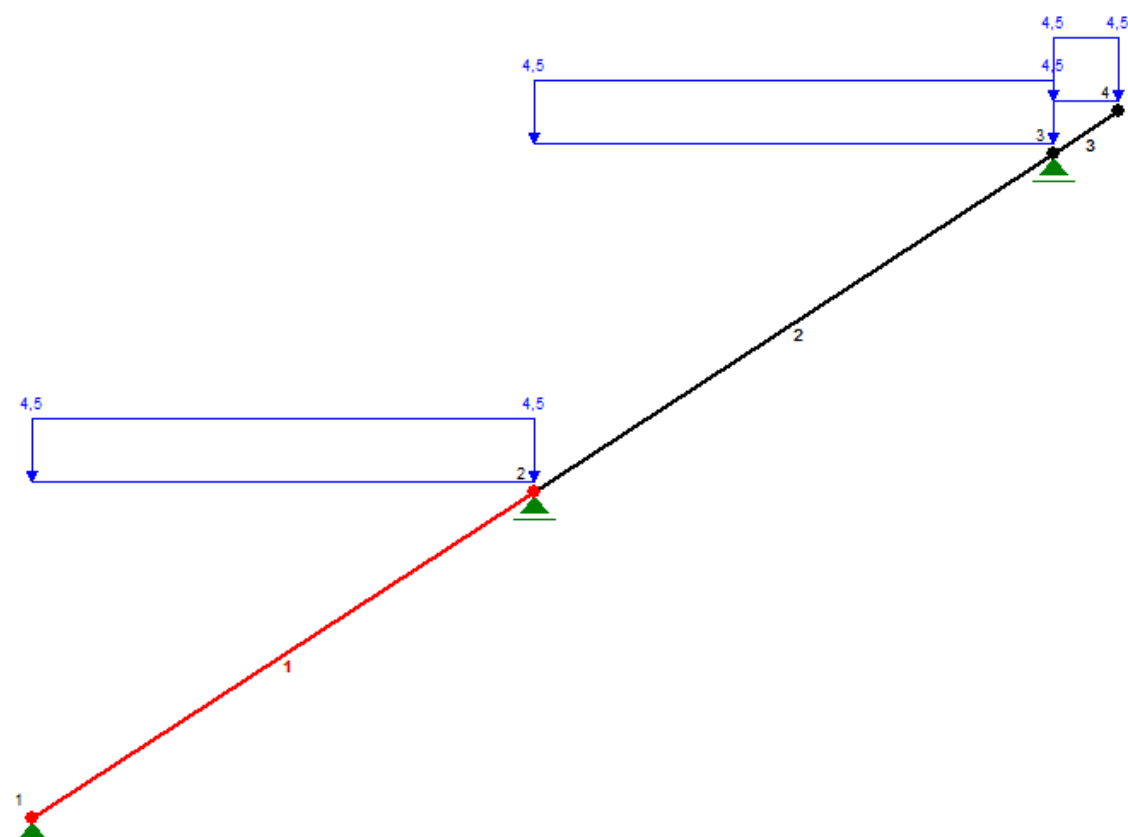
1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (wartości charakterystyczne)



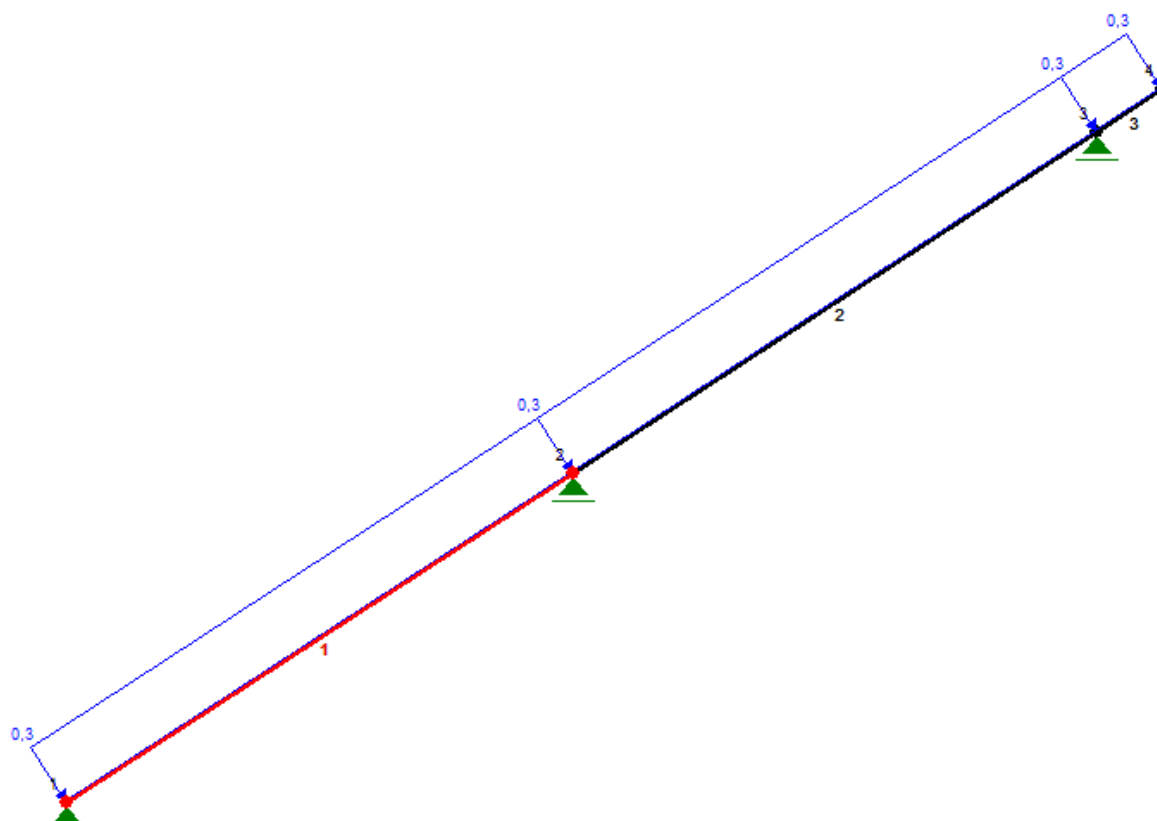
1.2.3. Obciążenia – ciężar własny warstw dachu (wartości charakterystyczne)



1.2.4. Obciążenia – śnieg (wartości charakterystyczne)



1.2.5. Obciążenia – wiatr (wartości charakterystyczne)

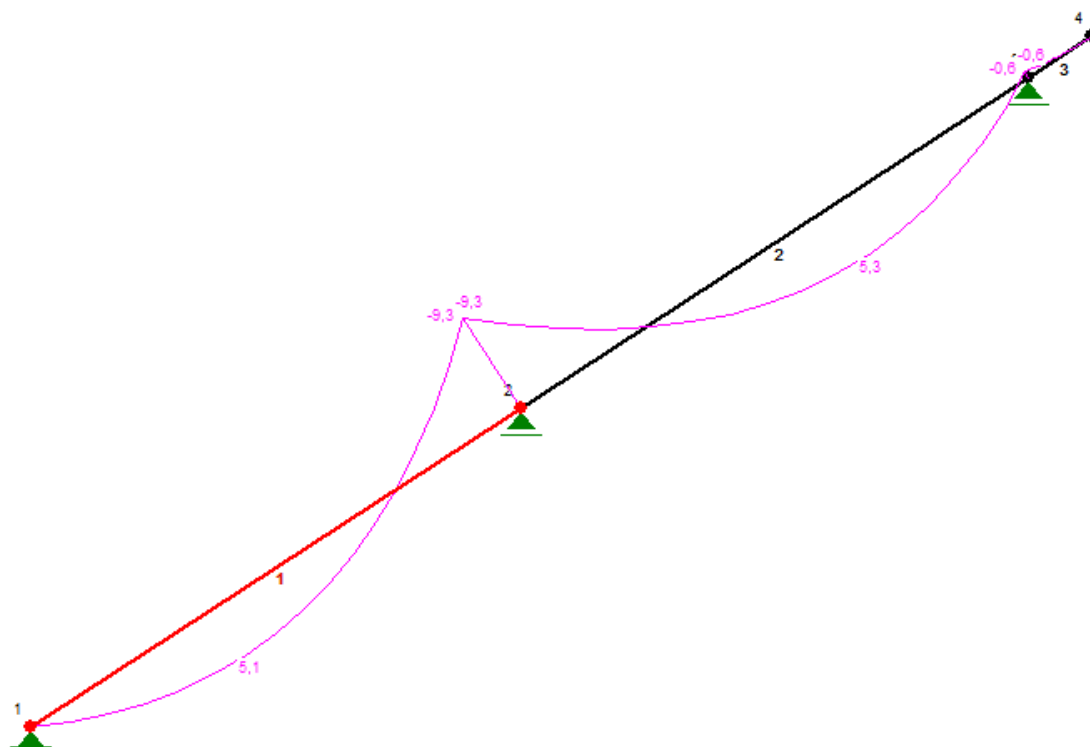


1.2.8. Mnożniki i atrybuty.

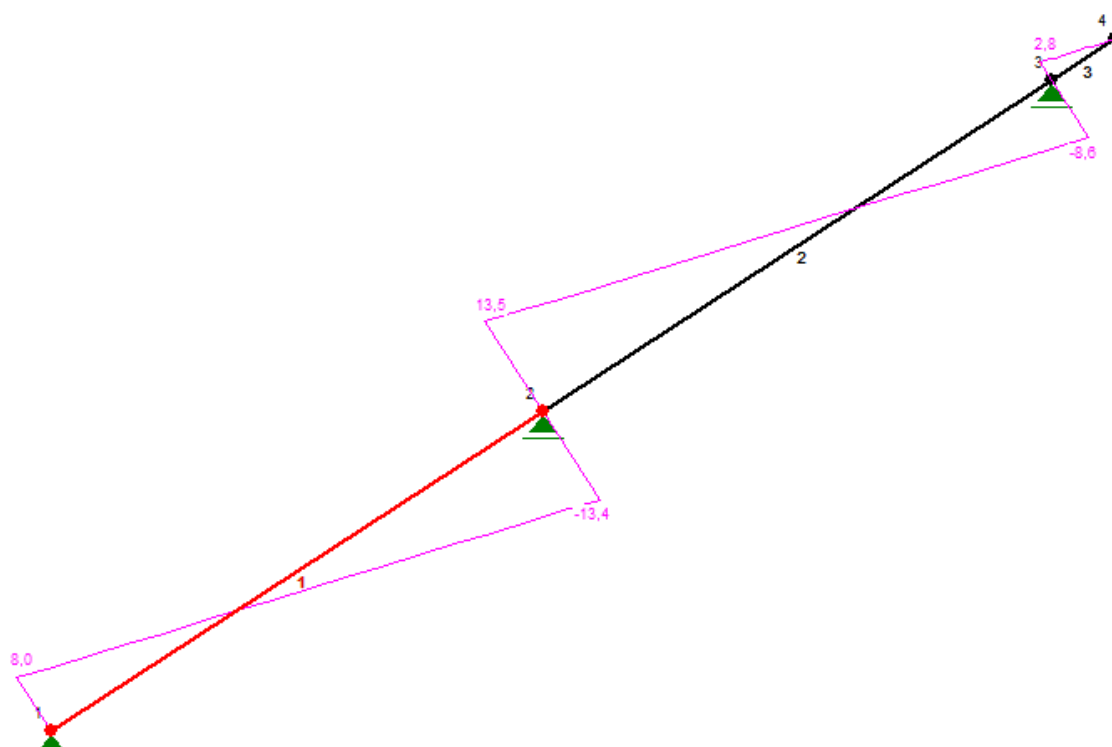
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar warstw dachu	1,35	1,35	1	Stały
3	Obc śnieg	1,5	1,5	1	Zmienny
4	Obc wiatr	1,5	1,5	1	Zmienny

1.3. Krokiew – obliczenia statyczne.

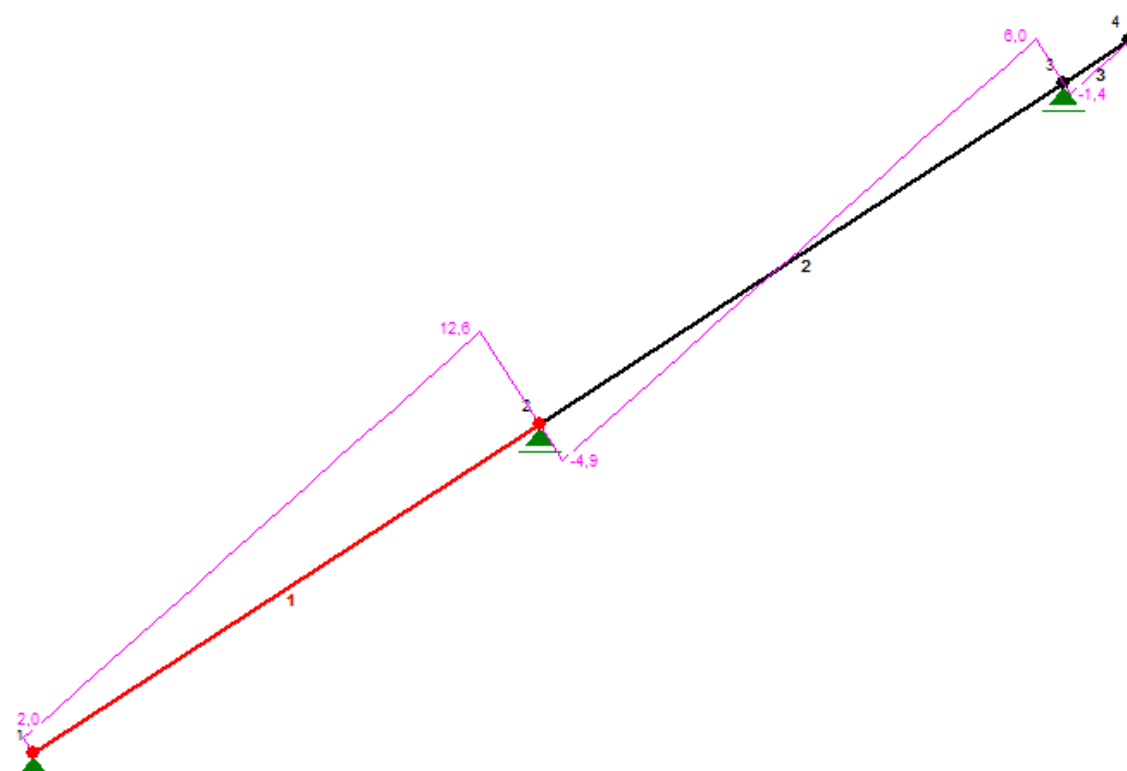
1.3.1. Siły wewnętrzne – M (wartości obliczeniowe)



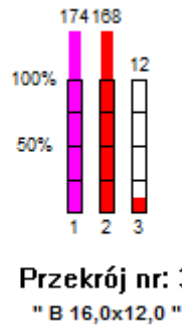
1.3.2. Siły wewnętrzne – Q (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)



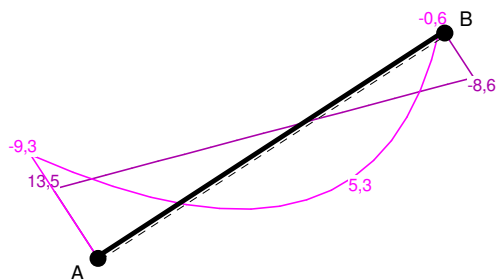
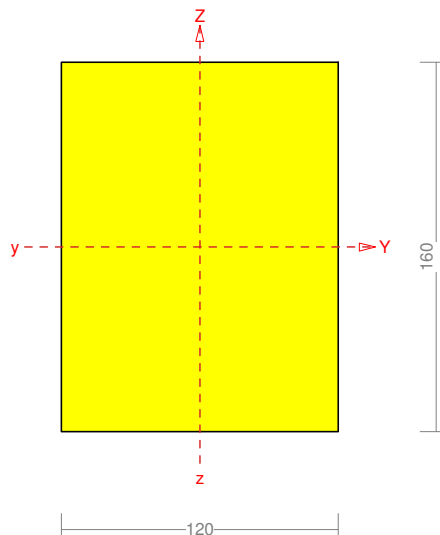
1.4. Wymiarowanie.



Wykorzystanie przekrojów

Pręt nr 2

Zadanie: D_KOSZ



Przekrój: 3 "B 16,0x12,0"

Wymiary przekroju:

$$h=160,0 \text{ mm} \quad b=120,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=4096,0; \quad J_{yg}=2304,0 \text{ cm}^4; \quad A=192,00 \text{ cm}^2; \quad i_x=4,6; \quad i_y=3,5 \text{ cm}; \quad W_x=512,0; \quad W_y=384,0 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,40$$

$$f_{t,90,d} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}f_{v,k} &= 2,50 & f_{v,d} &= 1,15 \text{ MPa} \\E_{0,\text{mean}} &= 11000 \text{ MPa} \\E_{90,\text{mean}} &= 370 \text{ MPa} \\E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\G_{\text{mean}} &= 690 \text{ MPa} \\\rho_k &= 350 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=3,53$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach "ABC".

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 192,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 6,0 / 192,00 \times 10 = \mathbf{0,3} < \mathbf{6,46} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=3,53$ m, przy obciążeniach "ABC".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,838 \times 3,531 = 2,959 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,531 = 3,531 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,959 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 3,531 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,959 / 0,0462 = 64,06$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,531 / 0,0346 = 101,92$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (64,06)^2 = 17,80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (101,92)^2 = 7,03 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 17,80} = 1,086$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 7,03} = 1,728$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,086 - 0,5) + (1,086)^2] = 1,149$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,728 - 0,5) + (1,728)^2] = 2,116$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,149 + \sqrt{1,149^2 - 1,086^2}) = 0,657$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,116 + \sqrt{2,116^2 - 1,728^2}) = 0,300$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 192,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 4,9 / 192,00 \times 10 = \mathbf{0,3} < \mathbf{2,90} = 0,300 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=3,53$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,3}{0,657 \times 9,69} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} + \frac{18,1}{11,08} = \mathbf{1,678 > 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,3}{0,300 \times 9,69} + \frac{0,0}{11,08} + 0,7 \times \frac{18,1}{11,08} = \mathbf{1,235 > 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=3,53$ m, przy obciążeniach "ABC".

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 3531 + 160 + 160 = 3851 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3851 \times 160 \times 11,08}{3,142 \times 120^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,285$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 9,3 / 512,00 \times 10^3 = \mathbf{18,1 > 11,1} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,21$ m; $x_b=1,32$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1}{6,46} + \frac{10,3}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,9 = 1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,1}{6,46} + 0,7 \times \frac{10,3}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{0,7 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=3,53$ m, przy obciążeniach "ABC":

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,3^2}{9,69^2} + \frac{18,1}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,6 > 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,3^2}{9,69^2} + 0,7 \times \frac{18,1}{11,08} + \frac{0,0}{11,08} = \mathbf{1,1 > 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,44$ m; $x_b=3,09$ m, przy obciążeniach "ABC".

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

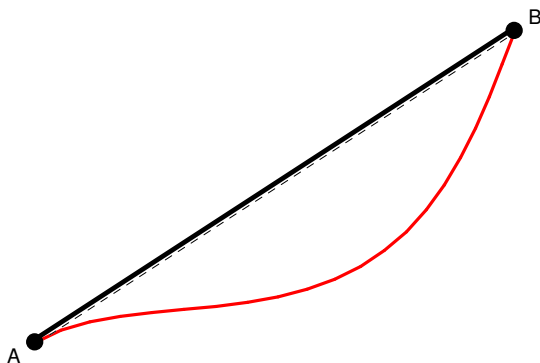
$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 10,8 / 192,0 \times 10 = 0,8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 192,0 \times 10 = 0,0 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,8^2 + 0,0^2} = \mathbf{0,8 < 1,2} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,99$ m; $x_b=1,54$ m, przy obciążeniach "ABC".

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 23,5 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + “”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -0,1 \times (1 + 0,60) = -0,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych (“ABC”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -7,7 \times (1 + 0,60) = -12,3 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,2 + -12,3 = \mathbf{12,5} < \mathbf{23,5} = u_{\text{net,fin}}$$