

OBLICZENIA STATYCZNE

DO PROJEKTU ARCHITEKTONICZNO - BUDOWLANEGO

BUDOWA WIATY BIESIADNEJ

Przyłęk, 64-300 Nowy Tomyśl, działka nr 336/6

Poz.1 Dach

Projektuje się dach konstrukcji drewnianej o kącie spadku 22° . Przekrycie stanowi gont bitumiczny na podłożu z papy lub izolacji z folii zbrojonej na pełnym deskowaniu. Konstrukcję dachową projektuje się jako drewnianą, ciesielską, krokwiową. Obwodowe mury będą mocowane śrubami M16 co około 0,90 m. Projektuje się dach nie ocieplony. Drewno w więźbie dachowej należy impregnować środkami zabezpieczającymi przed grzybami domowymi, pleśniami, owadami i ogniem np. Fobos 4M, Ogniochron itp. Budynek znajduje się w II strefie śniegowej – $q_k = 0,90 \text{ kN/m}^2$ (zgodnie z normą PN-EN 1991-1-3) i w I strefie wiatrowej – $q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$ (zgodnie z normą PN-EN 1991-1-4).

Nachylenie połaci dachowej:

$$\begin{aligned}\alpha &= 22^\circ \\ \sin \alpha &= 0,3746 \\ \cos \alpha &= 0,9272 \\ \tan \alpha &= 0,4040\end{aligned}$$

Materiał:

Drewno sosnowe klasy C27 wg obecnie obowiązującej normy drewnianej (PN-EN 1995 -1).

Wytrzymałość charakterystyczna dla drewna litego gatunków iglastych o wilgotności 12 %.

Wytrzymałość

Zginanie - $f_{m,k} = 27,0 \text{ MPa} = 2,70 \text{ kN/m}^2$

Rozciąganie wzdłuż włókien - $f_{t,0,k} = 16,0 \text{ MPa} = 1,60 \text{ kN/m}^2$

Rozciąganie w poprzek włókien - $f_{t,90,k} = 0,6 \text{ MPa} = 0,06 \text{ kN/m}^2$

Ściskanie wzdłuż włókien - $f_{c,0,k} = 22,0 \text{ MPa} = 2,20 \text{ kN/m}^2$

Ściskanie w poprzek włókien - $f_{c,90,k} = 2,6 \text{ MPa} = 0,26 \text{ kN/m}^2$

Ścinanie - $f_{v,k} = 2,8 \text{ MPa} = 0,28 \text{ kN/m}^2$

Sprężystość

Średni moduł sprężystości wzdłuż włókien $E_{0,mean} = 11,50 \text{ kN/mm}^2 = 11500 \text{ MPa}$

Średni moduł sprężystości w poprzek włókien $E_{90,mean} = 0,37 \text{ kN/mm}^2 = 370 \text{ MPa}$

Gęstość

Wartość charakterystyczna $\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$

Wartość średnia $\rho_{mean} = 450 \text{ kg/m}^3$

$m = 1,0$

Obciążenie dachu :

1.3 x papa	$0,150 \text{ kN/m}^2 \times 1,1 = 0,165 \text{ kN/m}^2$
2.Deskowanie	$0,165 \text{ kN/m}^2 \times 1,3 = 0,215 \text{ kN/m}^2$
	$0,315 \text{ kN/m}^2 \quad 0,380 \text{ kN/m}^2$
3.Śnieg 0,9 x 0,8	$0,720 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 = 1,080 \text{ kN/m}^2$
4.Wiatr:	
- połac nawietrzna	$0,130 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 = 0,196 \text{ kN/m}^2$
- połac zawietrzna	$- 0,178 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 = - 0,267 \text{ kN/m}^2$

Ciśnienie prędkości wiatru

Dla I strefy

W przypadku $A \leq 300 \text{ m}$

A – wysokość nad poziomem morza

$q_{b,0} = 0,30 \text{ kN/m}^2$

Współczynnik ekspozycji

Kategoria terenu III

$$C_e(z) = 1,9 \times \left(\frac{z}{10} \right)^{0,26}$$

$Z = 3,85 \text{ m}$

$$C_e(z) = 1,9 \times \left(\frac{3,85}{10} \right)^{0,26} = 1,482$$

Współczynnik ciśnienia zewnętrznego

$C = 0,293$ (dla pola H)

$C = -0,40$ (dla pola I)

Współczynnik porywu wiatru

$\beta = 1,8$

Współczynnik obciążeniowy

1,5

Przyjęto:

rozstaw krokwi

$a = 0,94 \text{ m}$

rozpiętość dachu

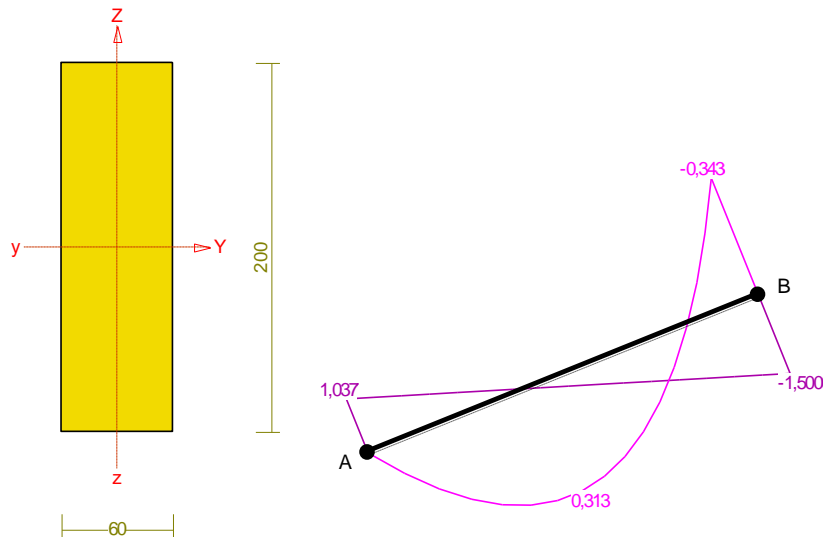
$L = 7,53 \text{ m}$

wysokość dachu

$h = 1,11 \text{ m}$

Pas górny dźwigara

Zadanie: dach1



Przekrój: 2 „B 20,0x6,0”

Wymiary przekroju:

$h=200,0 \text{ mm}$ $b=60,0 \text{ mm}$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_y=4000,0$; $J_z=360,0 \text{ cm}^4$; $A=120,00 \text{ cm}^2$; $i_y=5,8$; $i_z=1,7 \text{ cm}$; $W_y=400,0$; $W_z=120,0 \text{ cm}^3$.

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: **Długotrwałe** (6 miesięcy - 10 lat, np. obciążenie magazynu).

$K_{mod} = 0,70$

$\gamma_M = 1,3$

Cechy drewna: **Drewno C27.**

$f_{m,k} = 27,00$

$f_{m,d} = 14,54 \text{ MPa}$

$f_{t,0,k} = 16,00$

$f_{t,0,d} = 8,62 \text{ MPa}$

$f_{t,90,k} = 0,60$

$f_{t,90,d} = 0,32 \text{ MPa}$

$f_{c,0,k} = 22,00$

$f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa}$

$f_{c,90,k} = 2,60$

$f_{c,90,d} = 1,40 \text{ MPa}$

$f_{v,k} = 2,80$

$f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$

$E_{0,mean} = 11500 \text{ MPa}$

$E_{90,mean} = 380 \text{ MPa}$

$E_{0,05} = 7700 \text{ MPa}$

$G_{mean} = 720 \text{ MPa}$

$\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,74 \text{ m}$; $x_b=0,74 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”.

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

$$l_c = \mu l = 0,841 \times 1,483 = 1,247 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,483 = 1,483 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 1,247 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 1,483 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,247 / 0,0577 = 21,60$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,483 / 0,0173 = 85,61$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7700 / (21,60)^2 = 162,90 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7700 / (85,61)^2 = 10,37 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{22 / 162,90} = 0,367$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{22 / 10,37} = 1,457$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,367 - 0,5) + (0,367)^2] = 0,554$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,457 - 0,5) + (1,457)^2] = 1,656$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,554 + \sqrt{0,554^2 - 0,367^2}) = 1,032$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,656 + \sqrt{1,656^2 - 1,457^2}) = 0,409$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 120,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 9,399 / 120,00 \times 10 = \mathbf{0,78 < 4,84} = 0,409 \times 11,85 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,74 \text{ m}$; $x_b=0,74 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,78}{1,032 \times 11,85} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,54} + \frac{0,75}{14,54} = \mathbf{0,115 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,78}{0,409 \times 11,85} + \frac{0,00}{14,54} + 0,7 \times \frac{0,75}{14,54} = \mathbf{0,198 < 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,74 \text{ m}$; $x_b=0,74 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”.

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

$$l_d = 1,00 \times 1483 + 200 + 200 = 1883 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1883 \times 200 \times 14,54}{3,142 \times 60^2 \times 7700}} \times \sqrt{\frac{11500}{720}} = 0,501$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,299 / 400,00 \times 10^3 = \mathbf{0,75 < 14,54} = 1,000 \times 14,54 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,74 \text{ m}$; $x_b=0,74 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,75}{14,54} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,54} = \mathbf{0,051 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,75}{14,54} + \frac{0,00}{14,54} = \mathbf{0,036 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,74 \text{ m}$; $x_b=0,74 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,78^2}{11,85^2} + \frac{0,75}{14,54} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,54} = \mathbf{0,056 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,78^2}{11,85^2} + 0,7 \times \frac{0,75}{14,54} + \frac{0,00}{14,54} = \mathbf{0,040 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,74 \text{ m}$; $x_b=0,74 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,231 / 120,00 \times 10 = 0,03 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 120,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,03^2 + 0,00^2} = 0,03 < 1,51 = 1,000 \times 1,51 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,74$ m; $x_b=0,74$ m, przy obciążeniach „ABCD”.

Ugięcia graniczne $u_{net,fin} = l / 200 = 7,4$ mm

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (200,0/1483)^2] (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych („ABCD”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Długotrwałe** (6 miesięcy - 10 lat, np. obciążenie magazynu).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = -0,2 \times [1 + 19,2 \times (200,0/1483)^2] (1 + 0,50) = -0,5 \text{ mm}$$

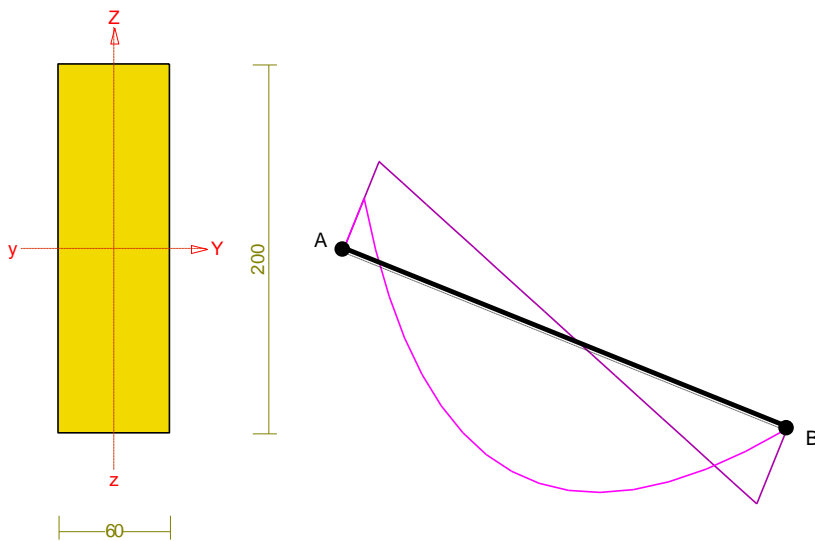
$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,50) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,fin} = -0,1 + -0,5 = 0,5 < 7,4 = u_{net,fin}$$

Pas górny dźwigara

Zadanie: dach1



Przekrój: 2 „B 20,0x6,0”

Wymiary przekroju:

$$h=200,0 \text{ mm } b=60,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=4000,0; J_z=360,0 \text{ cm}^4; A=120,00 \text{ cm}^2; i_y=5,8; i_z=1,7 \text{ cm; } W_y=400,0; W_z=120,0 \text{ cm}^3.$$

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: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

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

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C27.**

$$f_{m,k} = 27,00$$

$$f_{m,d} = 12,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 16,00$$

$$f_{t,0,d} = 7,38 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,60$$

$$f_{t,90,d} = 0,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 22,00$$

$$f_{c,0,d} = 10,15 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,60$$

$$f_{c,90,d} = 1,20 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,80$$

$$f_{v,d} = 1,29 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11500 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 380 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7700 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 720 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 5

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,09$ m; $x_b=1,09$ m, przy obciążeniach „ABCD”.

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

$$l_c = \mu l = 0,815 \times 2,189 = 1,784 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,189 = 2,189 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 1,784 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 2,189 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,784 / 0,0577 = 30,91$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,189 / 0,0173 = 126,40$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7700 / (30,91)^2 = 79,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7700 / (126,40)^2 = 4,76 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{22 / 79,56} = 0,526$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{22 / 4,76} = 2,151$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,526 - 0,5) + (0,526)^2] = 0,641$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (2,151 - 0,5) + (2,151)^2] = 2,978$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,641 + \sqrt{0,641^2 - 0,526^2}) = 0,993$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,978 + \sqrt{2,978^2 - 2,151^2}) = 0,199$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 120,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 14,649 / 120,00 \times 10 = 1,22 < 2,02 = 0,199 \times 10,15 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,09$ m; $x_b=1,09$ m, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,22}{0,993 \times 10,15} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} + \frac{1,56}{12,46} = 0,247 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,22}{0,199 \times 10,15} + \frac{0,00}{12,46} + 0,7 \times \frac{1,56}{12,46} = 0,694 < 1$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,09$ m; $x_b=1,09$ m, przy obciążeniach „ABCD”.

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

$$l_d = 1,00 \times 2189 + 200 + 200 = 2589 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2589 \times 200 \times 12,46}{3,142 \times 60^2 \times 7700}} \times \sqrt{\frac{11500}{720}} = 0,544$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,626 / 400,00 \times 10^3 = 1,56 < 12,46 = 1,000 \times 12,46 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,09$ m; $x_b=1,09$ m, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,56}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = 0,126 < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{1,56}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = 0,088 < 1$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,09$ m; $x_b=1,09$ m, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,22^2}{10,15^2} + \frac{1,56}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = 0,140 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,22^2}{10,15^2} + 0,7 \times \frac{1,56}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = 0,102 < 1$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,09$ m; $x_b=1,09$ m, przy obciążeniach „ABCD”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,112 / 120,00 \times 10 = 0,01 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 120,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,00^2} = 0,01 < 1,29 = 1,000 \times 1,29 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,09$ m; $x_b=1,09$ m, przy obciążeniach „ABCD”.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 300 = 7,3 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,1 \times [1 + 19,2 \times (200,0/2189)^2] (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych („ABCD”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Długotrwałe** (6 miesięcy - 10 lat, np. obciążenie magazynu).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,9 \times [1 + 19,2 \times (200,0/2189)^2] (1 + 0,50) = -1,5 \text{ mm}$$

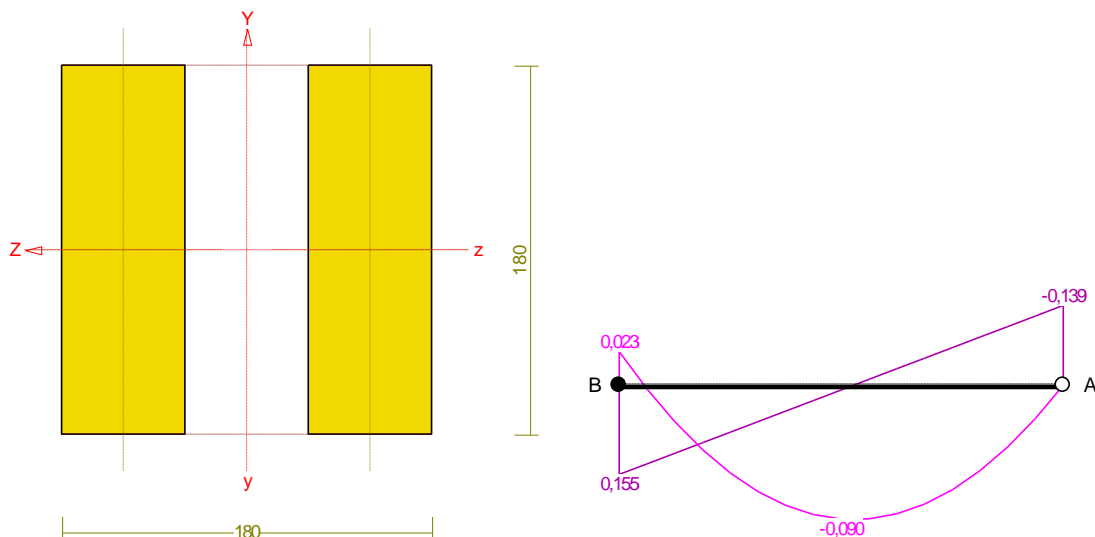
$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,50) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,1 + -1,5 = 1,7 < 7,3 = u_{\text{net,fin}}$$

Pas dolny dźwigara

Zadanie: dach1



Przekrój: 1 „IIIa 18x18”

Wymiary przekroju:

$$h=180,0 \text{ mm } b=180,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=8424,0; J_{zg}=5832,0 \text{ cm}^4; A=216,00 \text{ cm}^2; i_y=6,2; i_z=5,2 \text{ cm}; W_y=936,0; W_z=648,0 \text{ cm}^3.$$

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: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60 \quad \gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C27.**

$$\begin{aligned} f_{m,k} &= 27,00 & f_{m,d} &= 12,46 \text{ MPa} \\ f_{t,0,k} &= 16,00 & f_{t,0,d} &= 7,38 \text{ MPa} \\ f_{t,90,k} &= 0,60 & f_{t,90,d} &= 0,28 \text{ MPa} \\ f_{c,0,k} &= 22,00 & f_{c,0,d} &= 10,15 \text{ MPa} \\ f_{c,90,k} &= 2,60 & f_{c,90,d} &= 1,20 \text{ MPa} \\ f_{v,k} &= 2,80 & f_{v,d} &= 1,29 \text{ MPa} \\ E_{0,mean} &= 11500 \text{ MPa} \\ E_{90,mean} &= 380 \text{ MPa} \\ E_{0,05} &= 7700 \text{ MPa} \\ G_{mean} &= 720 \text{ MPa} \\ \rho_k &= 370 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 6

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

Charakterystyka zastępcza przekroju:

Moment bezwładności względem osi prostopadłej do przewiązek:

$$I_{tot} = b [(2h + a)^3 - a^3] / 12 = 18,0 \times [(2 \times 6,0 + 6,0)^3 - 6,0^3] / 12 = 8424,0 \text{ cm}^4$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,38 \text{ m}$; $x_b=1,38 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”.

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

$$l_c = \mu l = 0,845 \times 2,750 = 2,324 \text{ m}$$

- 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:

$$l_{c,y} = 2,750 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,324 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / \sqrt{I_{tot,y} / A_{tot}} = 275,0 / \sqrt{8424,0 / 216,00} = 44,0$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / \sqrt{I_{tot,z} / A_{tot}} = 232,4 / \sqrt{5832,0 / 216,00} = 44,7$$

$$\lambda_1 = \sqrt{12} l_1 / h = 3,464 \times 55,0 / 6,0 = 31,8$$

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \eta \lambda_1^2} n / 2 = \sqrt{44,0^2 + 4,0 \times 31,8^2 \times 2 / 2} = 77,3$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_{ef,y}^2 = 9,87 \times 7700 / (77,28)^2 = 12,72 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_{ef,z}^2 = 9,87 \times 7700 / (44,72)^2 = 38,00 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{22 / 12,72} = 1,315$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{22 / 38,00} = 0,761$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,315 - 0,5) + (1,315)^2] = 1,446$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,761 - 0,5) + (0,761)^2] = 0,816$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,446 + \sqrt{1,446^2 - 1,315^2}) = 0,488$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,816 + \sqrt{0,816^2 - 0,761^2}) = 0,902$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 216,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 7,366 / 216,00 \times 10 = 0,34 < 4,96 = 0,488 \times 10,15 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,38 \text{ m}$; $x_b=1,38 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,34}{0,488 \times 10,15} + 1,0 \times \frac{0,00}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = 0,069 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,34}{0,902 \times 10,15} + \frac{0,00}{12,46} + 1,0 \times \frac{0,00}{12,46} = 0,037 < 1$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,38$ m; $x_b=1,38$ m, przy obciążeniach „ABCD”.

Największe naprężenia dla gałęzi ściskanej:

$$\sigma_i = \gamma_i a'_i M' / I'_{ef} = 1,000 \times 0,0 \times 0,090 / 5832,0 \times 10^3 = 0,00 < 10,15 = f_{c,0,d}$$

Największe naprężenia dla gałęzi rozciąganej:

$$\sigma_i = \gamma_i a'_i M' / I'_{ef} = 1,000 \times 0,0 \times 0,090 / 5832,0 \times 10^3 = 0,00 < 7,38 = f_{c,0,t}$$

Nośność dla $x_a=1,38$ m; $x_b=1,38$ m, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00}{12,46} + 1,0 \times \frac{0,14}{12,46} = 0,011 < 1$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,38$ m; $x_b=1,38$ m, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,34^2}{10,15^2} + \frac{0,00}{12,46} + 1,0 \times \frac{0,00}{12,46} = 0,001 < 1$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,38$ m; $x_b=1,38$ m, przy obciążeniach „ABCD”.

Naprężenia tnące dla ścinania w płaszczyźnie równoległej do przewiązek:

$$\tau = 1,5 V / (n b h) = 1,5 \times 0,000 / (2 \times 18,0 \times 6,0) \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Naprężenia tnące dla ścinania w płaszczyźnie prostopadłej do przewiązek:

$$\tau' = 1,5 V' / (n b h) = 1,5 \times 0,008 / (2 \times 18,0 \times 6,0) \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Nośność na ścinanie:

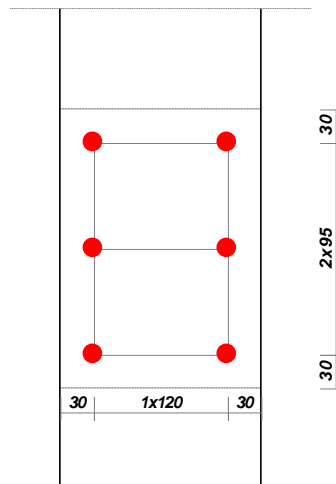
$$\sqrt{\tau^2 + \tau'^2} = \sqrt{0,00^2 + 0,00^2} = 0,00 < 1,29 = f_{v,d}$$

Nośność przewiązek:

Wyniki dla $x_a=1,38$ m; $x_b=1,38$ m, przy obciążeniach „ABCD”.

Do połączenia przewiązek, przyjęto łączniki mechaniczne w postaci gwoździ długości 132 mm o średnicy 6,0 mm.

Minimalne odległości łączników: $a_1 = 72,0$; $a_2 = 30,0$; $a_3 = 90,0$; $a_4 = 30,0$ mm.



Nośność łącznika obciążonego osiowo:

$$f_{1,k} = 18 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 = 18 \times 10^{-6} \times 370^2 = 2,5$$

$$f_{1,d} = f_{1,k} k_{mod} / 1,3 = 2,5 \times 0,60 / 1,3 = 1,1 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{2,k} = 300 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 = 300 \times 10^{-6} \times 370^2 = 41,1$$

$$f_{2,d} = f_{2,k} k_{mod} / 1,3 = 41,1 \times 0,60 / 1,3 = 19,0 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{x,d,1} = f_{1,d} d l = 1,1 \times 6,0 \times 72 = 491,3 \text{ N}$$

$$R_{x,d,2} = f_{1,d} d l + f_{2,d} d^2 = 1,1 \times 6,0 \times 72 + 19,0 \times 6,0^2 = 1173,7$$

$$R_{x,d,3} = f_{2,d} d^2 = 19,0 \times 6,0^2 = 682,4$$

$$R_{x,d} = 491,3 \text{ N}$$

Nośność łącznika obciążonego poprzecznie:

$$f_{h,k} = 0,082 \times 370 \times 6,0^{-0,3} = 17,72$$

$$f_{h,d} = f_{h,k} k_{mod} / 1,3 = 17,72 \times 0,60 / 1,3 = 8,18 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 180 \times 6,0^{2,6} = 18987,41$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 17261,28 \text{ Nmm}$$

$$R_{d,1} = f_{h,1,d} t_1 d = 8,18 \times 60,0 \times 6,0 = 2945,0 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 8,18 \times 60,0 \times 6,0 \times 1,00 = 2945,0 \text{ N}$$

$$R_{d,3} = f_{h,1,d} t_1 d / (1 + \beta) \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left(1 + t_2 / t_1 + t_2^2 / t_1^2 \right) + \beta^3 t_2^2 / t_1^2} - \beta (1 + t_2 / t_1) \right] = 8,18 \times 60,0 \times 6,0 / (1 + 1,00) \times \left[\sqrt{1,00 + 2 \times 1,00^2 \times (1 + 60,0 / 60,0 + 60,0^2 / 60,0^2) + 1,00^3 \times 60,0^2 / 60,0^2} - 1,00 \times (1 + 60,0 / 60,0) \right] = 1219,8 \text{ N}$$

$$R_{d,4} = 1,1 f_{h,1,d} t_2 d / (1 + 2\beta) \left[\sqrt{2\beta^2 (1 + \beta) + 4\beta (1 + 2\beta) M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_2^2} - \beta \right] = 1,1 \times 8,18 \times 60,0 \times 6,0 / (1 + 2 \times 1,00) \times \left[\sqrt{2 \times 1,00^2 \times (1 + 1,00) + 4 \times 1,00 \times (1 + 2 \times 1,00) \times 17261,28 / (8,18 \times 6,0 \times 60,0^2)} - 1,00 \right] = 1376,0 \text{ N}$$

$$R_{d,5} = 1,1 f_{h,1,d} t_1 d / (2 + \beta) \left[\sqrt{2\beta (1 + \beta) + 4\beta (2 + \beta) M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_1^2} - \beta \right] = 1,1 \times 8,18 \times 60,0 \times 6,0 / (2 + 1,00) \times \left[\sqrt{2 \times 1,00 \times (1 + 1,00) + 4 \times 1,00 \times (2 + 1,00) \times 17261,28 / (8,18 \times 6,0 \times 60,0^2)} - 1,00 \right] = 1376,0 \text{ N}$$

$$R_{d,6} = 1,1 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d 2\beta / (1 + \beta)} = 1,1 \times \sqrt{2 \times 17261,28 \times 8,18 \times 6,0 \times 2 \times 1,00 / (1 + 1,00)} = 1431,9 \text{ N}$$

$$R_d = 1219,8 \text{ N.}$$

Dla prętów ściskanych należy uwzględnić dodatkową siłę poprzeczną przy wyboczeniu:

$$\text{dla } \lambda_{ef} > 60 \quad V_d = F_{c,d} / (60 k_c) = 7,366 / (60 \times 0,488) = 0,251 \text{ kN}$$

Siły działające na łącznik:

$$V_p = V l_1 / (n a_1) = 0,251 \times 55,0 / (1 \times 12,0) = 1,152 \text{ kN}$$

$$M_p = V_p a_1 / 2 = 1,152 \times 0,120 / 2 = 0,069 \text{ kNm}$$

$$F_1 = \sqrt{(V_p / n + M_p r_y / \Sigma r^2)^2 + (M_p r_x / \Sigma r^2)^2} = \sqrt{(1,152 / 6 + 0,069 \times 0,0000 / 0,0722)^2 + (0,069 \times 0,0950 / 0,0722)^2} \times 10^3 = 0,2 \text{ N}$$

$$F_{1,x} = M_p r / \Sigma r^2 = 0,069 \times 9,50 / 7220,00 \times 10^5 = 91,0 \text{ N}$$

Nośność łączników:

$$F_1 / R_d + F_{1,x} / R_d = 0,2 / 1219,8 + 91,0 / 491,3 = \mathbf{0,185 < 1} = 1$$

Przyjęto przewiązki szerokości $l_2 = 250 \text{ mm}$.

Nośność przewiązek:

$$\sigma = M_p / W = 0,069 / 1875,00 \times 10^3 = \mathbf{0,04 < 12,46} = f_{m,d}$$

$$\tau = 1,5 V_p / A = 1,5 \times 1,152 / 450,00 \times 10 = \mathbf{0,04 < 1,29} = f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a = 1,38 \text{ m}$; $x_b = 1,38 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 300 = 9,2 \text{ mm}$$

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

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

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych („ABCD”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Długotrwałe** (6 miesięcy - 10 lat, np. obciążenie magazynu).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,50) = 0,0 \text{ mm}$$

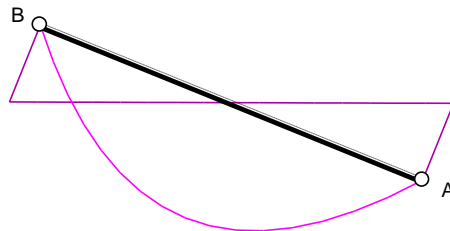
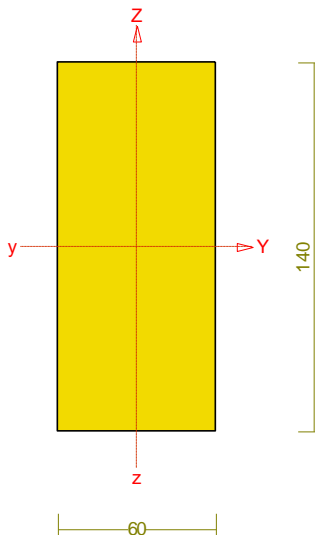
$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,6 \times (1 + 0,50) = 0,9 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{y,fin} = 0,2 + 0,9 = \mathbf{1,1 < 9,2} = u_{net,fin}$$

Zakratowanie

Zadanie: dach1



Przekrój: 3 „B 14,0x6,0”

Wymiary przekroju:

$$h=140,0 \text{ mm } b=60,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=1372,0; J_z=252,0 \text{ cm}^4; A=84,00 \text{ cm}^2; i_y=4,0; i_z=1,7 \text{ cm}; W_y=196,0; W_z=84,0 \text{ cm}^3.$$

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: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

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

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C27.**

$$f_{m,k} = 27,00$$

$$f_{m,d} = 12,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 16,00$$

$$f_{t,0,d} = 7,38 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,60$$

$$f_{t,90,d} = 0,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 22,00$$

$$f_{c,0,d} = 10,15 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,60$$

$$f_{c,90,d} = 1,20 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,80$$

$$f_{v,d} = 1,29 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11500 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 380 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7700 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 720 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 9

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,74 \text{ m}$; $x_b=0,74 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”.

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

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,483 = 1,483 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,483 = 1,483 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 1,483 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 1,483 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,483 / 0,0404 = 36,69$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,483 / 0,0173 = 85,61$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7700 / (36,69)^2 = 56,46 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7700 / (85,61)^2 = 10,37 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{22 / 56,46} = 0,624$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{22/10,37} = 1,457$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,624 - 0,5) + (0,624)^2] = 0,707$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,457 - 0,5) + (1,457)^2] = 1,656$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,707 + \sqrt{0,707^2 - 0,624^2}) = 0,962$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,656 + \sqrt{1,656^2 - 1,457^2}) = 0,409$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 84,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 3,963 / 84,00 \times 10 = \mathbf{0,47 < 4,15} = 0,409 \times 10,15 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,74 \text{ m}$; $x_b=0,74 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,47}{0,962 \times 10,15} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} + \frac{0,05}{12,46} = \mathbf{0,053 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,47}{0,409 \times 10,15} + \frac{0,00}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,05}{12,46} = \mathbf{0,117 < 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,74 \text{ m}$; $x_b=0,74 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”.

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

$$l_d = 1,00 \times 1483 + 140 + 140 = 1763 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1763 \times 140 \times 12,46}{3,142 \times 60^2 \times 7700}} \times \sqrt{\frac{11500}{720}} = 0,376$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,011 / 196,00 \times 10^3 = \mathbf{0,05 < 12,46} = 1,000 \times 12,46 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,74 \text{ m}$; $x_b=0,74 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,05}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,004 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,05}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,003 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,74 \text{ m}$; $x_b=0,74 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,47^2}{10,15^2} + \frac{0,05}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,006 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,47^2}{10,15^2} + 0,7 \times \frac{0,05}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,005 < 1}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,74 \text{ m}$; $x_b=0,74 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABCD”.

Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l / 300 = 4,9 \text{ mm}$

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2 (1+k_{def})] = 0,1 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1483)^2 (1 + 0,60)] = 0,1 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych („ABCD”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Długotrwałe** (6 miesięcy - 10 lat, np. obciążenie magazynu).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2 (1+k_{def})] = 0,4 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1483)^2 (1 + 0,50)] = 0,7 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1+k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,50) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

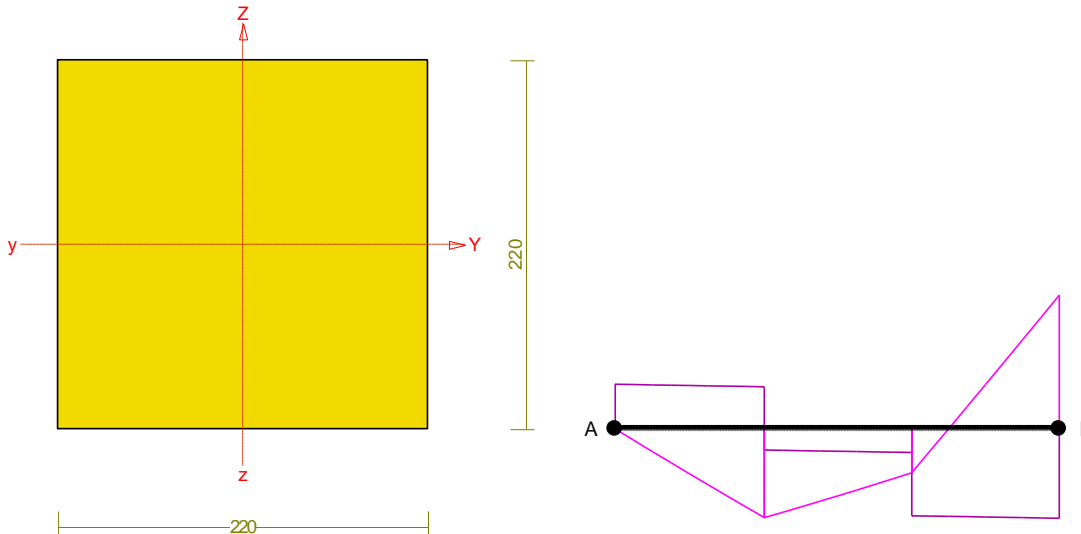
$$u_{z,fin} = 0,1 + 0,7 = \mathbf{0,8 < 4,9} = u_{net,fin}$$

Poz.2 Płatew

Obciążenie płatwi poz.1 V = 5,79 kN w rozstawie co 0,94 m

Pręt nr 1

Zadanie: platew1



Przekrój: 1 „B 22,0x22,0”

Wymiary przekroju:

h=220,0 mm b=220,0 mm.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{yg}=19521,3$; $J_{zg}=19521,3$ cm⁴; $A=484,00$ cm²; $i_y=6,4$; $i_z=6,4$ cm; $W_y=1774,7$; $W_z=1774,7$ cm³.

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 C27.**

$f_{m,k} = 27,00$

$f_{m,d} = 12,46$ MPa

$f_{t,0,k} = 16,00$

$f_{t,0,d} = 7,38$ MPa

$f_{t,90,k} = 0,60$

$f_{t,90,d} = 0,28$ MPa

$f_{c,0,k} = 22,00$

$f_{c,0,d} = 10,15$ MPa

$f_{c,90,k} = 2,60$

$f_{c,90,d} = 1,20$ MPa

$f_{v,k} = 2,80$

$f_{v,d} = 1,29$ MPa

$E_{0,mean} = 11500$ MPa

$E_{90,mean} = 380$ MPa

$E_{0,05} = 7700$ MPa

$G_{mean} = 720$ MPa

$\rho_k = 370$ kg/m³

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

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

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=2,80$ 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:

$l_d = 1,00 \times 2800 + 220 + 220 = 3240$ mm

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3240 \times 220 \times 12,46}{3,142 \times 220^2 \times 7700}} \times \sqrt{\frac{11500}{720}} = 0,174$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

dla $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$

$k_{crit} = 1$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 5,644 / 1774,67 \times 10^3 = 3,18 < 12,46 = 1,000 \times 12,46 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,80$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,18}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = 0,255 < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{3,18}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = 0,179 < 1$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=2,80$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „A”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 8,162 / 484,00 \times 10 = 0,25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 484,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,25^2 + 0,00^2} = 0,25 < 1,29 = 1,000 \times 1,29 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,17$ m; $x_b=1,63$ m, przy obciążeniach „A”.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 300 = 9,3 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/2800)^2] (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/2800)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = -0,9 \times [1 + 19,2 \times (220,0/2800)^2] (1 + 0,60) = -1,5 \text{ mm}$$

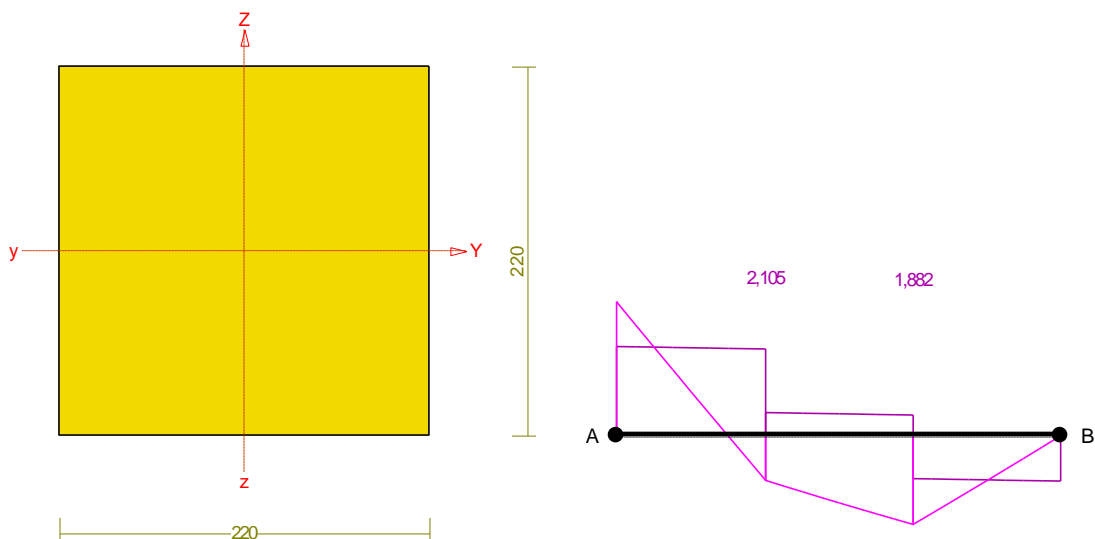
$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/2800)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -0,1 + -1,5 = 1,6 < 9,3 = u_{net,fin}$$

Pręt nr 2

Zadanie: platew1



Przekrój: 1 „B 22,0x22,0”

Wymiary przekroju: $h=220,0$ mm $b=220,0$ mm.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=19521,3; J_z=19521,3 \text{ cm}^4; A=484,00 \text{ cm}^2; i_y=6,4; i_z=6,4 \text{ cm}; W_y=1774,7; W_z=1774,7 \text{ cm}^3.$$

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 C27.**

$$f_{m,k} = 27,00$$

$$f_{m,d} = 12,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 16,00$$

$$f_{t,0,d} = 7,38 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,60$$

$$f_{t,90,d} = 0,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 22,00$$

$$f_{c,0,d} = 10,15 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,60$$

$$f_{c,90,d} = 1,20 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,80$$

$$f_{v,d} = 1,29 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11500 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 380 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7700 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 720 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

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

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,80$ m, przy obciążeniach „A”.

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

$$l_d = 1,00 \times 2800 + 220 + 220 = 3240 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3240 \times 220 \times 12,46}{3,142 \times 220^2 \times 7700}} \times \sqrt{\frac{11500}{720}} = 0,174$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 5,644 / 1774,67 \times 10^3 = 3,18 < 12,46 = 1,000 \times 12,46 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,80$ m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,18}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = 0,255 < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{3,18}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = 0,179 < 1$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,80$ m, przy obciążeniach „A”.

Naprężenia tnące:

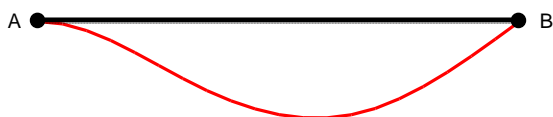
$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 8,120 / 484,00 \times 10 = 0,25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 484,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,25^2 + 0,00^2} = 0,25 < 1,29 = 1,000 \times 1,29 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,64$ m; $x_b=1,16$ m, przy obciążeniach „A”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 300 = 9,3 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/2800)^2] (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/2800)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = -0,9 \times [1 + 19,2 \times (220,0/2800)^2] (1 + 0,60) = -1,5 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/2800)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

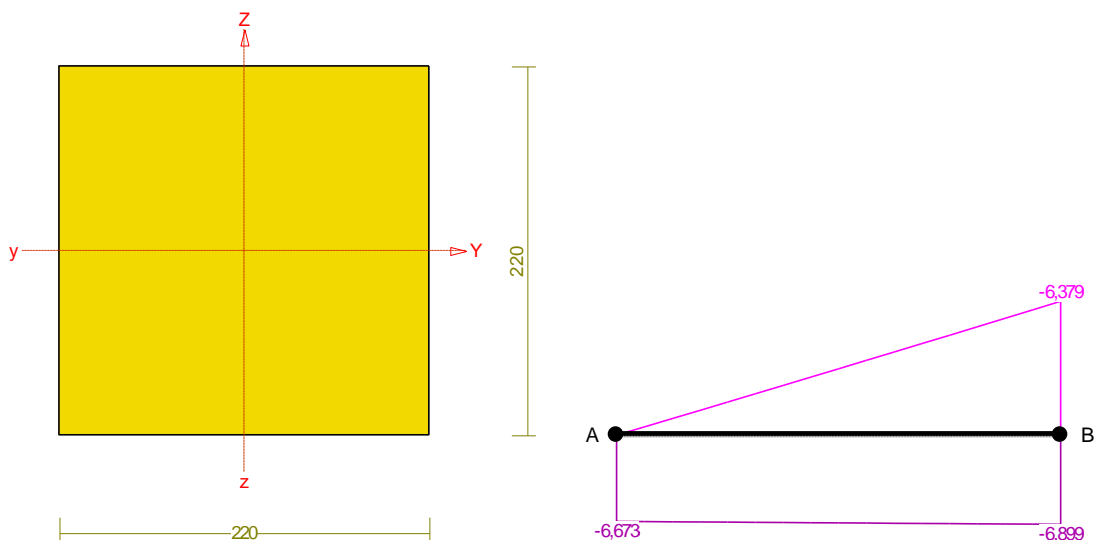
Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,1 + -1,5 = \mathbf{1,6} < \mathbf{9,3} = u_{\text{net,fin}}$$

Poz.3 Płatew od wejścia

Pręt nr 1

Zadanie:



Przekrój: 1 „B 22,0x22,0”

Wymiary przekroju:

$$h=220,0 \text{ mm } b=220,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=19521,3; J_z=19521,3 \text{ cm}^4; A=484,00 \text{ cm}^2; i_y=6,4; i_z=6,4 \text{ cm}; W_y=1774,7; W_z=1774,7 \text{ cm}^3.$$

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: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

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

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C27.**

$$f_{m,k} = 27,00$$

$$f_{m,d} = 12,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 16,00$$

$$f_{t,0,d} = 7,38 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,60$$

$$f_{t,90,d} = 0,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 22,00$$

$$f_{c,0,d} = 10,15 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,60$$

$$f_{c,90,d} = 1,20 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,80$$

$$f_{v,d} = 1,29 \text{ MPa}$$

$$E_{0,\text{mean}} = 11500 \text{ MPa}$$

$$E_{90,\text{mean}} = 380 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7700 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 720 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,47$ m; $x_b=0,47$ m, przy obciążeniach „A”.

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

$$l_d = 1,00 \times 940 + 220 + 220 = 1380 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1380 \times 220 \times 12,46}{3,142 \times 220^2 \times 7700}} \times \sqrt[4]{\frac{11500}{720}} = 0,114$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności: $\sigma_{m,d} = M / W = 3,163 / 1774,67 \times 10^3 = \mathbf{1,78 < 12,46} = 1,000 \times 12,46 = k_{crit} f_{m,d}$

Nośność dla $x_a=0,47$ m; $x_b=0,47$ m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,78}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,143 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{1,78}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,100 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,47$ m; $x_b=0,47$ m, przy obciążeniach „A”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 6,786 / 484,00 \times 10 = 0,21 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 484,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,21^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,21 < 1,29} = 1,000 \times 1,29 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,47$ m; $x_b=0,47$ m, przy obciążeniach „A”.

Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l / 150 = 6,3 \text{ mm}$

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/940)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/940)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

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

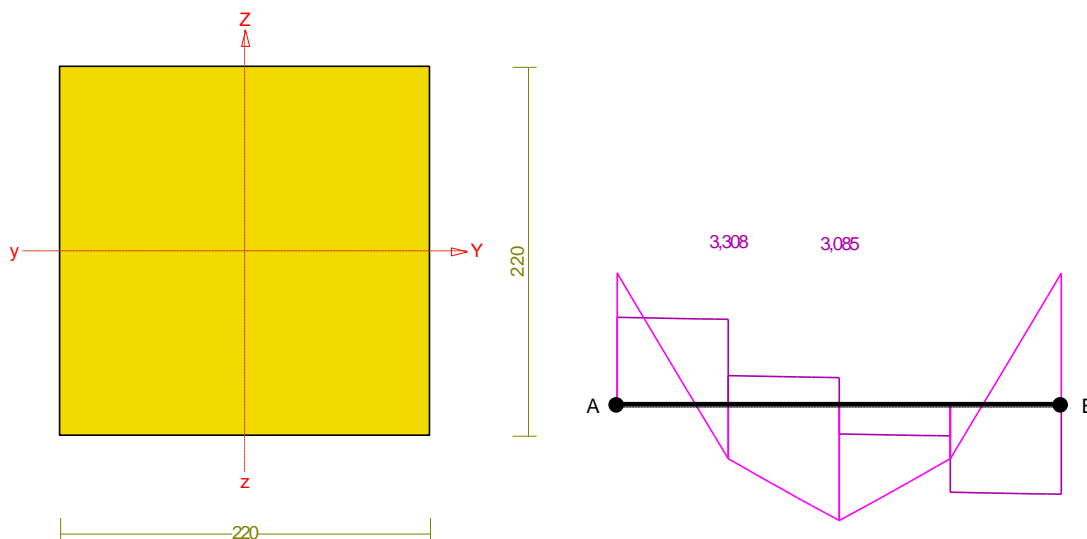
$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,2 \times [1 + 19,2 \times (220,0/940)^2] (1 + 0,60) = 0,5 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/940)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite: $u_{z,fin} = 0,0 + 0,5 = \mathbf{0,5 < 6,3} = u_{net,fin}$

Pręt nr 2

Zadanie:



Przekrój: 1 „B 22,0x22,0”

Wymiary przekroju:

$$h=220,0 \text{ mm } b=220,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$I_{yg}=19521,3; I_{zg}=19521,3 \text{ cm}^4; A=484,00 \text{ cm}^2; i_y=6,4; i_z=6,4 \text{ cm}; W_y=1774,7; W_z=1774,7 \text{ cm}^3.$$

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: **Długotrwałe** (6 miesięcy - 10 lat, np. obciążenie magazynu).

$$K_{mod} = 0,70$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C27.**

$$f_{m,k} = 27,00$$

$$f_{m,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 16,00$$

$$f_{t,0,d} = 8,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,60$$

$$f_{t,90,d} = 0,32 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 22,00$$

$$f_{c,0,d} = 11,85 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,60$$

$$f_{c,90,d} = 1,40 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,80$$

$$f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11500 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 380 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7700 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 720 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,86 \text{ m}$; $x_b=1,86 \text{ m}$, przy obciążeniach „A”.

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

$$l_d = 1,00 \times 3720 + 220 + 220 = 4160 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{4160 \times 220 \times 14,54}{3,142 \times 220^2 \times 7700}} \times \sqrt{\frac{11500}{720}} = 0,213$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 5,512 / 1774,67 \times 10^3 = \mathbf{3,11 < 14,54} = 1,000 \times 14,54 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,86 \text{ m}$; $x_b=1,86 \text{ m}$, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,11}{14,54} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,54} = \mathbf{0,214 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{3,11}{14,54} + \frac{0,00}{14,54} = \mathbf{0,150 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,86 \text{ m}$; $x_b=1,86 \text{ m}$, przy obciążeniach „A”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 3,085 / 484,00 \times 10 = 0,10 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 484,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,10^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,10 < 1,51} = 1,000 \times 1,51 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,86 \text{ m}$; $x_b=1,86 \text{ m}$, przy obciążeniach „A”.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 300 = 12,4 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{def}) = -0,1 \times [1 + 19,2 \times (220,0/3720)^2] (1 + 0,60) = -0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/3720)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Długotrwałe** (6 miesięcy - 10 lat, np. obciążenie magazynu).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{def}) = -2,3 \times [1 + 19,2 \times (220,0/3720)^2] (1 + 0,50) = -3,6 \text{ mm}$$

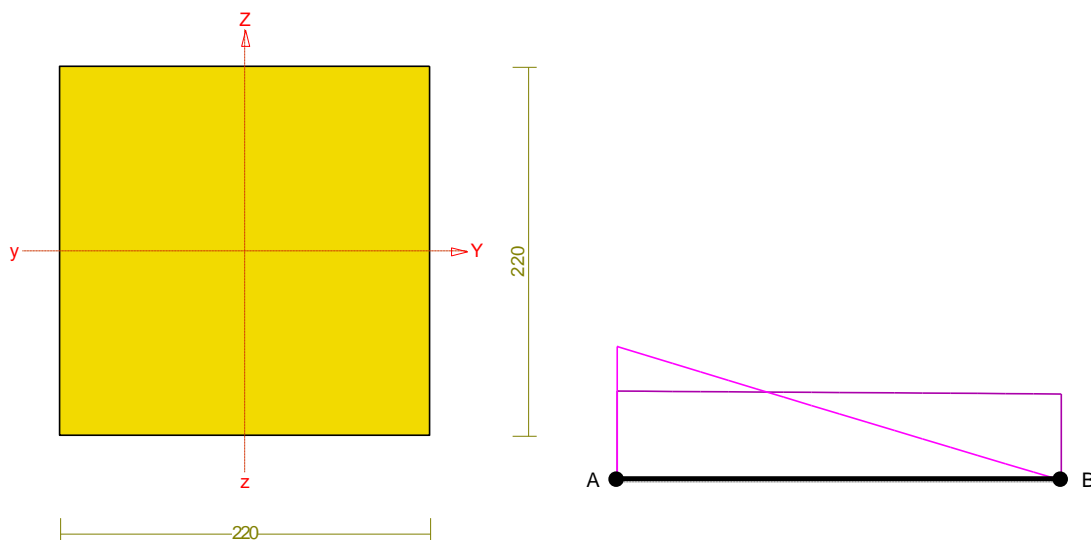
$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/3720)^2] (1 + 0,50) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -0,1 + -3,6 = 3,8 < 12,4 = u_{net,fin}$$

Pręt nr 3

Zadanie:



Przekrój: 1 „B 22,0x22,0”

Wymiary przekroju:

$$h=220,0 \text{ mm } b=220,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=19521,3; J_{zg}=19521,3 \text{ cm}^4; A=484,00 \text{ cm}^2; i_y=6,4; i_z=6,4 \text{ cm}; W_y=1774,7; W_z=1774,7 \text{ cm}^3.$$

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: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

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

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C27.**

$$f_{m,k} = 27,00$$

$$f_{m,d} = 12,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 16,00$$

$$f_{t,0,d} = 7,38 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,60$$

$$f_{t,90,d} = 0,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 22,00$$

$$f_{c,0,d} = 10,15 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,60$$

$$f_{c,90,d} = 1,20 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,80$$

$$f_{v,d} = 1,29 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11500 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 380 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7700 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 720 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 3

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,47$ m; $x_b=0,47$ m, przy obciążeniach „A”.

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

$$l_d = 1,00 \times 940 + 220 + 220 = 1380 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1380 \times 220 \times 12,46}{3,142 \times 220^2 \times 7700}} \times \sqrt{\frac{11500}{720}} = 0,114$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 3,163 / 1774,67 \times 10^3 = \mathbf{1,78 < 12,46} = 1,000 \times 12,46 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,47$ m; $x_b=0,47$ m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,78}{12,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,143 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{1,78}{12,46} + \frac{0,00}{12,46} = \mathbf{0,100 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,47$ m; $x_b=0,47$ m, przy obciążeniach „A”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 6,786 / 484,00 \times 10 = 0,21 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 484,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,21^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,21 < 1,29} = 1,000 \times 1,29 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,47$ m; $x_b=0,47$ m, przy obciążeniach „A”.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 6,3 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/940)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/940)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,2 \times [1 + 19,2 \times (220,0/940)^2] (1 + 0,60) = 0,5 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/940)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = 0,0 + 0,5 = \mathbf{0,5 < 6,3} = u_{net,fin}$$

Poz.4 Płatew

Projektuje się płatew o przekroju 22/22 cm.

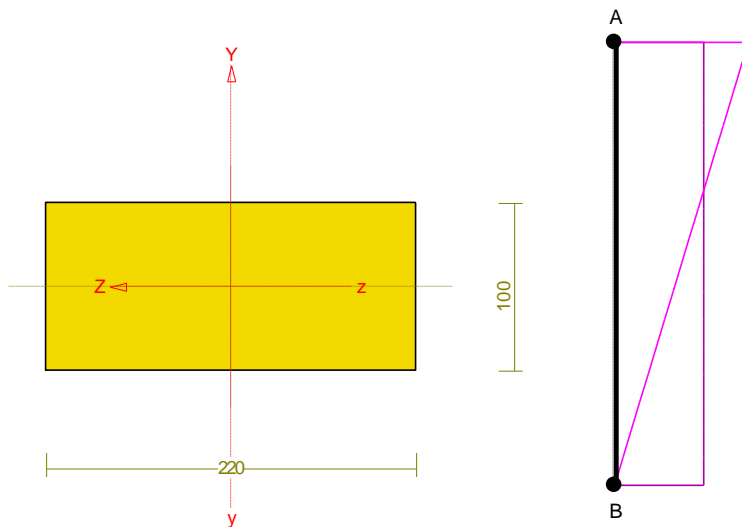
Poz.5 Płatew obwodowa

Projektuje się płatew o przekroju 10/22 cm.

Poz.6 Słup

Pręt nr 3

Zadanie: platew2



Przekrój: 1 „B 10,0x22,0”

Wymiary przekroju:

$$h=100,0 \text{ mm} \quad b=220,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=8873,3; \quad J_{zg}=1833,3 \text{ cm}^4; \quad A=220,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=6,4; \quad i_z=2,9 \text{ cm}; \quad W_y=806,7; \quad W_z=366,7 \text{ cm}^3.$$

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 C27.**

$$f_{m,k} = 27,00$$

$$f_{m,d} = 12,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 16,00$$

$$f_{t,0,d} = 7,38 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,60$$

$$f_{t,90,d} = 0,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 22,00$$

$$f_{c,0,d} = 10,15 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,60$$

$$f_{c,90,d} = 1,20 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,80$$

$$f_{v,d} = 1,29 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11500 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 380 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7700 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 720 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 3

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,10 \text{ m}$; $x_b=1,10 \text{ m}$, przy obciążeniach „A”.

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

$$l_c = \mu l = 1,252 \times 2,200 = 2,754 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,200 = 2,200 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 2,200 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 2,754 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,200 / 0,0635 = 34,64$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,754 / 0,0289 = 95,42$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7700 / (34,64)^2 = 63,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7700 / (95,42)^2 = 8,35 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{22/63,33} = 0,589$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{22/8,35} = 1,623$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,589 - 0,5) + (0,589)^2] = 0,683$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,623 - 0,5) + (1,623)^2] = 1,930$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,683 + \sqrt{0,683^2 - 0,589^2}) = 0,974$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,930 + \sqrt{1,930^2 - 1,623^2}) = 0,336$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 220,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 23,199 / 220,00 \times 10 = \mathbf{1,05 < 3,41} = 0,336 \times 10,15 = k_c f_{c,0,d}$$

Poz.7 Fundamenty

Kategoria geotechniczna I dla budynku.

a) Zostały wykonane polowe badania gruntowe. Został wykonany wykop w którym stwierdzono, że:

30 cm znajduje się warstwa ziemi urodzajnej,

80 cm warstwa gruntu jednorodnego piasek gliniasty $q_{rs} = 185 \text{ kPa}$

Nie stwierdzono w wykopie wody gruntowej. Na podstawie przeprowadzonych badań makroskopowych stwierdzono, że panują korzystne warunki gruntowo-wodne dla celów bezpośredniego posadowienia fundamentów obiektu budowlanego.

Po wykonaniu wykopu, i przed przystąpieniem do układania ław fundamentowych należy dokładnie określić rodzaj gruntu i jego nośność, a jeżeli nośność okaże się mniejsza od przyjętej wyżej to fundamenty należy przeprojektować (poszerzyć).

b) Projektuje się ławy z betonu C16/20 i stali A-III – podłużnie $4\varnothing 12$, poprzecznie $\varnothing 6$ co 25 cm. Pod fundamentem należy ułożyć podbeton C12/15 o grubości 10 cm.

c) W trakcie robót związanych z fundamentowaniem należy zapewnić ochronę podłoża gruntowego przed niekorzystnym naruszeniem jego naturalnej struktury. Dotyczy to gruntów mało spoiwych, które mogą wykazywać skłonność do łatwego uplastycznienia się pod wpływem dodatkowego zawilgocenia i mechanicznego urabiania.

Fundamenty należy wykonywać w warunkach suchych, niezwłocznie po wykonaniu wykopu.

Jako odwodnienie powierzchniowe zaleca się stosowanie rowów opaskowych lub ciągów drenarskich. W przypadku pompowania wody z wykopu należy sprawdzić czy ciśnienie spływowe nie naruszy stateczności skarpy i dna wykopu. W przypadku stwierdzenia nasypów lub gruntów rodzimych uplastycznionych w postaci lokalnych wkładek w dnie wykopu – na zaprojektowanym poziomie posadowienia fundamentów oraz pod częścią posadzkową – grunty te zaleca się usunąć i w miarę potrzeby zastąpić zagęszczoną podsypką żwirowo – piaszczystą lub warstwa chudego betonu bezpośrednio pod fundamentem. Materiał zasypowy należy zastosować z gruntów mineralnych, rodzimych niespoistych o dobrych właściwościach drenujących, nieagresywnych zagęszczeniem warstwowym zasypki (zaleca się by wskaźnik zagęszczenia nasypu był $I_s > 0,95$).

Poz.7.1 Ława fundamentowa.

Projektuje się ławę o szerokości $B = 0,40 \text{ m}$.

Projektuje się ścianę fundamentową jako wylewaną żelbetową o grubości 25 cm, z betonu C16/20 i stali A-III. Zbrojenie konstrukcyjne z prętów $\varnothing 12$ w rozstawie co 20 cm. Zbrojenie poprzeczne z prętów $\varnothing 8$ w rozstawie co 15 cm.

Ciężar ściany fundamentowej

$$0,25 \text{ m} \times 25,0 \text{ kN/m}^3 \times 0,60 \text{ m} \times 1,3 = 4,88 \text{ kN/m}$$

Zebranie obciążenia na 1m

1. Obciążenie z poz.6	23,32 kN/m
2. Ciężar ściany	4,88 kN/m
3. Ciężar własny ławy	<u>6,50 kN/m</u>
	34,70 kN/m

Moment przekazywany ze ściany na fundament

$$M_1 = 34,70 \times 0,01 = 0,347 \text{ kNm}$$

Mimośród obciążenia podłoża obliczony względem środka podstawy ławy

$$e_B = 0,01 \text{ m} < \frac{0,40}{4} = 0,10$$

Sprawdzenie stanu granicznego nośności ławy

Parcie jednostkowe wynosi:

$$q_{r,max} = \frac{34,70}{0,40} \times \left(1 + \frac{6 \times 0,01}{0,40} \right) = 99,76 \text{ kPa}$$

$$q_{r,min} = \frac{34,70}{0,40} \times \left(1 - \frac{6 \times 0,01}{0,40} \right) = 73,74 \text{ kPa}$$

Średnia obliczeniowa wartość parcia jednostkowego wynosi:
 $q_{rs} = (99,76 + 73,74) : 2 = 86,75 \text{ kPa}$

Poz.7.2 Stopa fundamentowa pod słup z poz.6.

$V = 23,32 \text{ kN}$

Ciężar słupka żelbetowego

$0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 0,60 \text{ m} \times 25,0 \text{ kN/m}^3 \times 1,3 = 1,22 \text{ kN}$

Ciężar stopy

$0,40 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 0,60 \text{ m} \times 25,0 \text{ kN/m}^3 \times 1,3 = 3,12 \text{ kN}$

Razem

$V = 23,32 + 1,22 + 3,12 = 27,66 \text{ kN}$

Sprawdzenie stanu granicznego nośności ławy

Parcie jednostkowe wynosi:

$$q_{r,max} = \frac{27,66}{0,50 \times 0,50} \times \left(1 + \frac{6 \times 0,01}{0,50} \right) = 123,92 \text{ kPa}$$

$$q_{r,min} = \frac{27,66}{0,50 \times 0,50} \times \left(1 - \frac{6 \times 0,01}{0,50} \right) = 97,37 \text{ kPa}$$

Średnia obliczeniowa wartość parcia jednostkowego wynosi:

$q_{rs} = (123,92 + 97,37) : 2 = 110,65 \text{ kPa}$

Opracował:

Szamotuły, październik 2017 r.