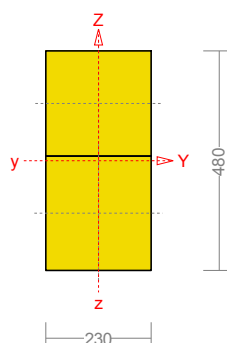


Poz. 6.2 Podciąg drewniany o przekroju 2x 23x25cm**Wyniki wymiarowania wg PN-B-03150:2000**

Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:	Kombinacja obc.
102	50x23	2 - Ia 48,0x23,0	Zginanie	0,893	1,1-CW+ γ_f 1-St++1,3-(Z3+Z4)
106	50x23	2 - Ia 48,0x23,0	Zginanie	0,858	1,1-CW+ γ_f 1-St++1,3-(Z3+Z4)
104	50x23	2 - Ia 48,0x23,0	Ścinanie	0,436	1,1-CW+ γ_f 1-St++1,2-C+1,3-(Z1+Z2+Z3+Z4)
117	50x23	2 - Ia 48,0x23,0	Ścinanie	0,436	1,1-CW+ γ_f 1-St++1,2-C+1,3-(Z1+Z2+Z3+Z4)
91	50x23	2 - Ia 48,0x23,0	Ściskanie	0,432	1,1-CW+ γ_f 1-St++1,2-C+1,3-(Z3+Z4)
108	50x23	2 - Ia 48,0x23,0	Ściskanie	0,428	1,1-CW+ γ_f 1-St++1,3-(Z3+Z4)

Pręt nr 102

Wyniki wymiarowania elementów drewnianych wg PN-B 03150:2000

**Przekrój: 2 „Ia 48,0x23,0”**

Wymiary przekroju:

$$h=480,0 \text{ mm} \quad b=230,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=211968,0; \quad J_{zg}=48668,0 \text{ cm}^4; \quad A=1104,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=13,9; \quad i_z=6,6 \text{ cm}; \quad W_y=8832,0; \quad W_z=4232,0 \text{ cm}^3.$$

Charakterystyka zastępcza przekroju:

Gałęzie przekroju połączone są łącznikami mechanicznymi w postaci śrub o średnicy 16 mm.

Podatność łączników:

$$K_u = 2/3 \rho_k^{1,5} d / 20 = 2/3 \times 370^{1,5} \times 16 / 20 = 3796 \text{ N/mm}$$

Dla płaszczyzny prostopadłej do szwów:

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E A_1 s_i / (K l)^2]^{-1} = [1 + 3,142^2 \times 7700 \times 529,0 \times 640 / (3796 \times 0,955^2) \times 10^{-4}]^{-1} = 0,001$$

$$\gamma_2 = 1$$

Współrzędne środków elementów przekroju wynoszą:

$$a_1 = 23,97; \quad a_2 = 0,03 \text{ cm}$$

Zastępczy moment bezwładności:

$$I_{ef} = \Sigma (I_i + \gamma_i A_i a_i^2) = 23320,1 + 0,001 \times 529,0 \times 23,97^2 + 29947,9 + 1,000 \times 575,0 \times 0,03^2 = 53676,9 \text{ cm}^4$$

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.**

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

$$f_{m,d} = 12,462 \text{ MPa}$$

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

$$f_{t,0,d} = 7,385 \text{ MPa}$$

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

$$f_{t,90,d} = 0,277 \text{ MPa}$$

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

$$f_{c,0,d} = 10,154 \text{ MPa}$$

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

$$f_{c,90,d} = 1,200 \text{ MPa}$$

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

$$f_{v,d} = 1,292 \text{ MPa}$$

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

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

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

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

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

Sprawdzenie nośności pręta nr 102

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=0,320 \text{ m}$; $x_b=1,900 \text{ m}$; przęsło nr: 2, 1, 2, przy obciążeniach „1,1·CW+ γ_f l·St++1,3·(Z3+Z4)”. Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 1104,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 70,43 / 1104,00 \times 10 = \mathbf{0,638 < 7,385} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=2,065 \text{ m}$; $x_b=0,155 \text{ m}$; przęsło nr: 4, 4, 6, przy obciążeniach „1,1·CW+ γ_f l·St++1,3·(Z3+Z4)”. - długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Y (wyznaczona w sposób uproszczony):

$$l_c = \mu l = 5,845 \times 0,155 = 0,906 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Z (wyznaczona w sposób uproszczony):

$$l_c = \mu l = 3,879 \times 0,280 = 1,086 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / \sqrt{I_{ef,y} / A_{tot}} = 90,6 / \sqrt{53278,8 / 1104,00} = 13,04$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / \sqrt{I_{ef,z} / A_{tot}} = 108,6 / \sqrt{48668,0 / 1104,00} = 16,36$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7700 / (13,04)^2 = 446,831 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7700 / (16,36)^2 = 283,994 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{22/446,83} = 0,222$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{22/283,99} = 0,278$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,222 - 0,5) + (0,222)^2] = 0,497$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,278 - 0,5) + (0,278)^2] = 0,517$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,497 + \sqrt{0,497^2 - 0,222^2}) = 1,062$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,517 + \sqrt{0,517^2 - 0,278^2}) = 1,051$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 1104,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 4,01 / 1104,00 \times 10 = \mathbf{0,036 < 10,669} = 1,051 \times 10,154 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=2,065 \text{ m}$; $x_b=0,155 \text{ m}$; przęsło nr: 4, 4, 6, przy obciążeniach „1,1·CW+ γ_f l·St++1,3·(Z3+Z4)”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,036}{1,062 \times 10,154} + 1,0 \times \frac{0,000}{12,462} + \frac{9,271}{12,462} = \mathbf{0,747} < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,036}{1,051 \times 10,154} + \frac{0,000}{12,462} + 1,0 \times \frac{9,271}{12,462} = \mathbf{0,747} < 1$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,110$ m; $x_b=1,110$ m; przęsło nr: 2, 2, 3, przy obciążeniach „1,1·CW+ γ_{fl} ·St++1,3·(Z3+Z4)”.
Największe naprężenia dla zginania:

$$\sigma_{m,i} + \sigma_i = (0,5 h_i + \gamma_i a_i) M / I_{ef} = (0,5 \times 25,0 + 1,000 \times 0,0) \times 43,06 / 53676,9 \times 10^3 = \mathbf{10,051} < \mathbf{12,462} = f_{m,d}$$

Największe naprężenia dla ściskania:

$$\sigma_i = \gamma_i a_i M / I_{ef} = 0,00134 \times 24,0 \times 43,06 / 53676,9 \times 10^3 = \mathbf{0,026} < \mathbf{10,154} = f_{c,0,d}$$

Największe naprężenia dla rozciągania:

$$\sigma_i = \gamma_i a_i M / I_{ef} (Zginanie Z^*) = 1,000 \times 0,0296 \times 43,06 / 53676,9 \times 10^3 = \mathbf{0,024} < \mathbf{7,385} = f_{c,0,t}$$

Nośność dla $x_a=1,110$ m; $x_b=1,110$ m; przęsło nr: 2, 2, 3, przy obciążeniach „1,1·CW+ γ_{fl} ·St++1,3·(Z3+Z4)”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,638}{7,385} + \frac{10,051}{12,462} + 1,0 \times \frac{0,000}{12,462} = \mathbf{0,893} < 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,638}{7,385} + 1,0 \times \frac{10,051}{12,462} + \frac{0,000}{12,462} = \mathbf{0,893} < 1$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,110$ m; $x_b=1,110$ m; przęsło nr: 2, 2, 3, przy obciążeniach „1,1·CW+ γ_{fl} ·St++1,3·(Z3+Z4)”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,000^2}{10,154^2} + \frac{10,051}{12,462} + 1,0 \times \frac{0,000}{12,462} = \mathbf{0,807} < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,000^2}{10,154^2} + 1,0 \times \frac{10,051}{12,462} + \frac{0,000}{12,462} = \mathbf{0,807} < 1$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,155$ m; $x_b=2,065$ m; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,1·CW+ γ_{fl} ·St++1,3·(Z3+Z4)”.
Naprężenia tnące:

Naprężenia tnące dla ścinania w płaszczyźnie prostopadłej do szwów:

$$\tau = (\gamma_3 A_3 a_3 + 0,5 b_2 h^2) V / b_2 I_{ef} = (0,5 \times 23,00 \times 12,50^2) \times 58,39 / (23,00 \times 53278,8) \times 10 = 0,856$$

Naprężenia tnące dla ścinania w płaszczyźnie równoległej do szwów:

$$\tau' = \frac{V' S'}{b' I'} = \frac{0 \times 3174,0}{48,00 \times 48668,0} \times 10 = 0,000$$

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,856^2 + 0,000^2} = \mathbf{0,856} < \mathbf{1,292} = 1,000 \times 1,292 = k_v f_{v,d}$$

Nośność łączników gałęzi:

Do połączenia gałęzi przekroju, przyjęto łączniki mechaniczne w postaci śrub o średnicy 16,0 mm. Łączniki należy umieścić w uprzednio nawierconych otworach.

$$f_{h,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 16,0) \times 370 = 25,49$$

$$f_{h,d} = f_{h,k} k_{mod} / 1,3 = 25,49 \times 0,60 / 1,3 = 11,76 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 0,8 \times 300 \times 16,0^3 / 6 = 163840,00$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 148945,45 \text{ Nmm}$$

$$R_{d,1} = f_{h,1,d} t_1 d = 11,76 \times 230,0 \times 16,0 = 43286,3 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = 0,5 f_{h,1,d} t_2 d \beta = 0,5 \times 11,76 \times 250,0 \times 16,0 \times 1,00 = 23525,2 \text{ N}$$

$$R_{d,3} = 1,1 f_{h,1,d} t_1 d / (2 + \beta) [\sqrt{2\beta(1 + \beta) + 4\beta(2 + \beta) M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_1^2} - \beta] = 1,1 \times 11,76 \times 230,0 \times 16,0 /$$

$$(2 + 1,00) \times [\sqrt{2 \times 1,00 \times (1 + 1,00) + 4 \times 1,00 \times (2 + 1,00) \times 148945,45 / (11,76 \times 16,0 \times 230,0 - 1,00)}] = 16576,2 \text{ N}$$

$$R_{d,4} = 1,1 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d 2\beta / (1 + \beta)} = 1,1 \times \sqrt{2 \times 148945,45 \times 11,76 \times 16,0 \times 2 \times 1,00 / (1 + 1,00)} = 8236,3 \text{ N}$$

Nośność łącznika na jedno cięcie $R_d = 8236,3 \text{ N}$.

Siła przypadająca na jeden łącznik pochodząca od siły rozwarstwiającej:

Dla prętów ściskanych należy uwzględnić dodatkową siłę poprzeczną przy wyboczeniu:

dla $\lambda_{ef} \leq 30$ $V_d = F_{c,d} / (120 k_c) = 5,49 / (120 \times 1,063) = 0,04 \text{ kN}$

$$F_1 = \gamma_1 A_1 a_1 s V / I_{ef} = 0,000 \times 529,0 \times 24,00 \times 64,0 \times 58,43 / 53278,8 \times 10^3 = 31,6 \text{ N}$$

$$F_1 = 31,6 < 8236,3 = R_d$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a = 0,155 \text{ m}$; $x_b = 2,065 \text{ m}$; przęsło nr: 1, 1, 1, przy obciążeniach „1,1·CW+ γ_{fl} ·St+1,3·(Z3+Z4)”.

$$\tau_{tor,d} = \frac{3 M_{tor}}{b^2 h} \eta = \frac{3 \times 0}{23,0^2 \times 23,0 / 1,610 + 23,0^2 \times 25,0 / 1,58} \times 10^3 = 0,000 < 1,292 = f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0,000}{1,292} + \frac{0,856^2}{1,292^2} = 0,439 < 1$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a = 0,715 \text{ m}$; $x_b = 1,505 \text{ m}$; przęsło nr: 2, 2, 3, przy obciążeniach „CW+St+Z3+Z4” liczone od cięciwy pręta.

Ugięcia graniczne

$$u_{net,fin,z} = l / 250 = 2220,0 / 250 = 8,9 \text{ mm}$$

$$u_{net,fin,y} = l / 250 = 2220,0 / 250 = 8,9 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas $u_{net,fin,z} = 13,3$ $u_{net,fin,y} = 13,3 \text{ mm}$.

Ugięcia od obciążeń stałych i części długotrwałej obciążeń zmiennych:

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + \eta_1 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 3,17 \times [1 + 19,20 \times (480,0/2220,0)^2] (1 + 0,60) = 9,61 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + \eta_1 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,00 \times [1 + 19,20 \times (230,0/2220,0)^2] (1 + 0,60) = 0,00 \text{ mm}$$

Ugięcia od części krótkotrwałej obciążeń zmiennych:

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + \eta_1 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,00 \times [1 + 19,20 \times (480,0/2220,0)^2] (1 + 0,60) = 0,00 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + \eta_1 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,00 \times [1 + 19,20 \times (230,0/2220,0)^2] (1 + 0,60) = 0,00 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = 9,61 + 0,00 = 9,6 < 13,3 = u_{net,fin}$$