

OBLICZENIA STATYCZNE

Obciążenia

Stałe na dach

nr	Rodzaj obciążenia	Wartość	Jednostka	Mnożnik [m]	obciążenie charakter. [kN/m]	współ. obc.	Obciążenie oblicz. [kN/m]
1	dachówka	0.90	[kN/m ²]	1.00	0.90	1.20	1.08
2	łaty i kontrłaty	0.05	[kN/m ²]	1.00	0.05	1.10	0.06
3	papa	0.03	[kN/m ²]	1.00	0.03	1.20	0.04
4	deski	0.15	[kN/m ²]	1.00	0.15	1.10	0.17
					$g^k_1=1.13$	1.18	$g^d_1=1.34$

Zmienne na dach

nr	Rodzaj obciążenia	Wartość	Jednostka	Mnożnik [m]	obciążenie charakter. [kN/m]	współ. obc.	Obciążenie oblicz. [kN/m]
1	Obciążenie śniegiem	1.02	[kN/m ²]	1.00	1.02	1.50	1.54
2	Obciążenie wiatrem	0.22	[kN/m ²]	1.00	0.22	1.50	0.33
3	Obciążenie wiatrem	-0.19	[kN/m ²]	1.00	-0.19	1.50	-0.29

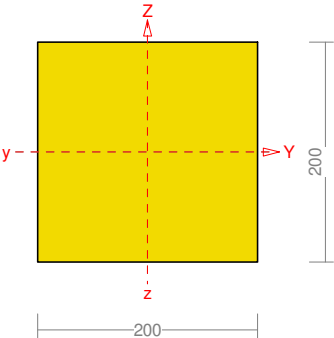
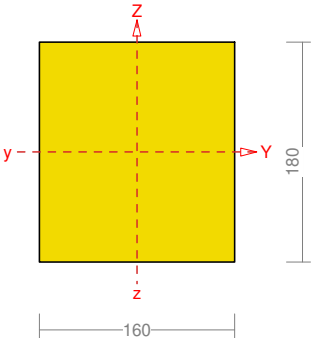
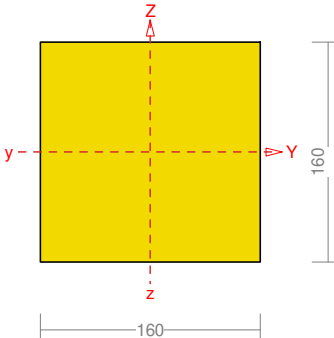
Wiatr na ściany

nr	Rodzaj obciążenia	Wartość	Jednostka	Mnożnik [m]	obciążenie charakter. [kN/m]	współ. obc.	Obciążenie oblicz. [kN/m]
1	Wiatr na szczyt - parcie	0.25	[kN/m ²]	1.00	0.25	1.50	0.37
2	Wiatr na szczyt - ssanie	-0.11	[kN/m ²]	1.00	-0.11	1.50	-0.16
3	Wiatr na śc. boczną	0.25	[kN/m ²]	1.00	0.25	1.50	0.37
4	Wiatr na śc. boczną	-0.14	[kN/m ²]	1.00	-0.14	1.50	-0.21

1.0 Elementy konstrukcyjne drewniane stodoły

1.1 Wiazar główny

Przekroje:

1 - Kleszcze 200x200		2 - Zastrzał 180x160		3 - Słup 160x160	
					
Materiał:	71 - Drewno C24	Materiał:	71 - Drewno C24	Materiał:	71 - Drewno C24
A [cm ²]	400,00	A [cm ²]	288,00	A [cm ²]	256,00
Jy [cm ⁴]	13333,33	Jy [cm ⁴]	7776,00	Jy [cm ⁴]	5461,33
Jz [cm ⁴]	13333,33	Jz [cm ⁴]	6144,00	Jz [cm ⁴]	5461,33

Dyz [cm ⁴]	0,00	Dyz [cm ⁴]	0,00	Dyz [cm ⁴]	0,00
α [Deg]	0,00	α [Deg]	0,00	α [Deg]	0,00
Iy [cm ⁴]	13333,33	Iy [cm ⁴]	7776,00	Iy [cm ⁴]	5461,33
Iz [cm ⁴]	13333,33	Iz [cm ⁴]	6144,00	Iz [cm ⁴]	5461,33
Jt [cm ⁴]	0,00	Jt [cm ⁴]	0,00	Jt [cm ⁴]	0,00
J ω [cm ⁴]	0,00	J ω [cm ⁴]	0,00	J ω [cm ⁴]	0,00
iy [cm]	5,77	iy [cm]	5,20	iy [cm]	4,62
iz [cm]	5,77	iz [cm]	4,62	iz [cm]	4,62
is [cm]	8,16	is [cm]	6,95	is [cm]	6,53
m [kg/m]	16,80	m [kg/m]	12,10	m [kg/m]	10,75

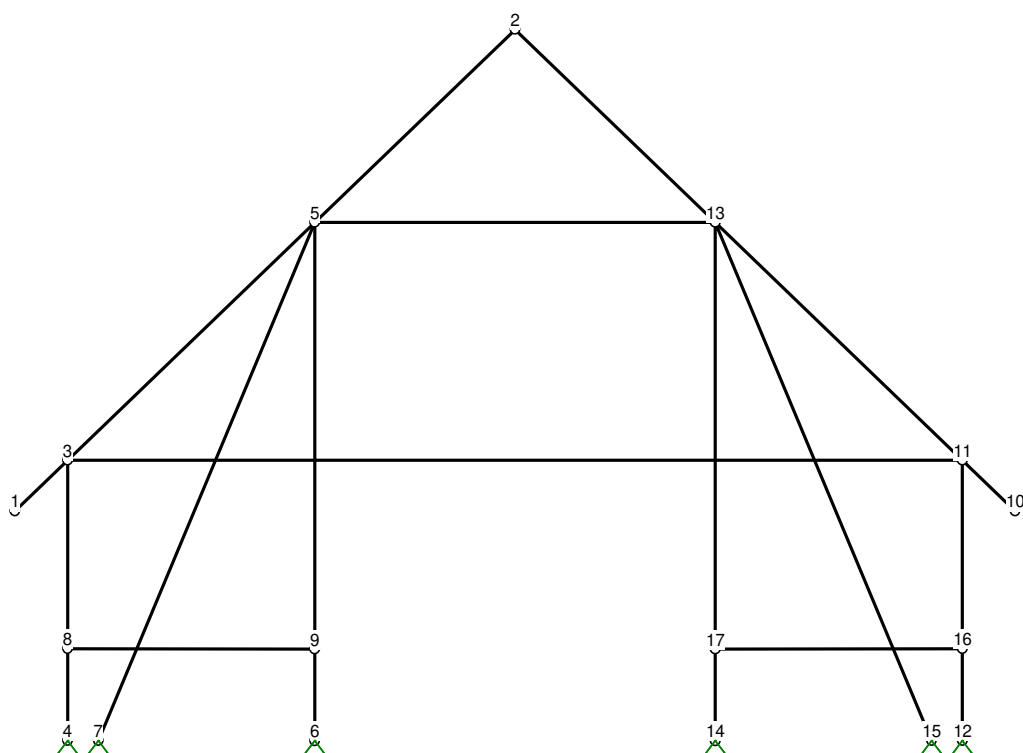
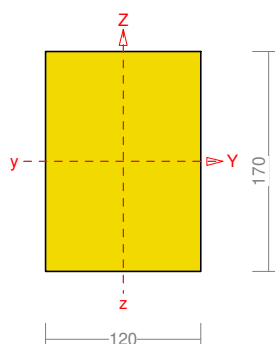
4 - Krokiew 170x120

			
-----------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

Material:	71 - Drewno C24	Material:		Material:	
A [cm ²]	204,00	A [cm ²]		A [cm ²]	
Jy [cm ⁴]	4913,00	Jy [cm ⁴]		Jy [cm ⁴]	
Jz [cm ⁴]	2448,00	Jz [cm ⁴]		Jz [cm ⁴]	
Dyz [cm ⁴]	0,00	Dyz [cm ⁴]		Dyz [cm ⁴]	
α [Deg]	0,00	α [Deg]		α [Deg]	
Iy [cm ⁴]	4913,00	Iy [cm ⁴]		Iy [cm ⁴]	
Iz [cm ⁴]	2448,00	Iz [cm ⁴]		Iz [cm ⁴]	
Jt [cm ⁴]	0,00	Jt [cm ⁴]		Jt [cm ⁴]	
J ω [cm ⁴]	0,00	J ω [cm ⁴]		J ω [cm ⁴]	
iy [cm]	4,91	iy [cm]		iy [cm]	
iz [cm]	3,46	iz [cm]		iz [cm]	
is [cm]	6,01	is [cm]		is [cm]	
m [kg/m]	8,57	m [kg/m]		m [kg/m]	

Materialy:

Nr:	Rodzaj:	Nazwa:	E:	G:	v:	α_T :	ρ :	R σ :
			[GPa]	[GPa]	[-]	[1/K]	[kg/m ³]	[MPa]
71	Drewno	Drewno C24	11,0	0,7	0	0,0	420,0	24,0

Schemat:**1.1.1 Krokiew****Pręt nr 1****Przekrój: 4 „Krokiew 170x120”**

Wymiary przekroju:

$$h=170,0 \text{ mm} \quad b=120,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=4913,0; \quad J_{zg}=2448,0 \text{ cm}^4; \quad A=204,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=4,9; \quad i_z=3,5 \text{ cm}; \quad W_y=578,0; \quad W_z=408,0 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Średniotrwałe** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$K_{mod} = 0,80$$

$$\alpha_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

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

$$f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 f_{t,0,k} &= 14,00 & f_{t,0,d} &= 8,62 \text{ MPa} \\
 f_{t,90,k} &= 0,50 & f_{t,90,d} &= 0,31 \text{ MPa} \\
 f_{c,0,k} &= 21,00 & f_{c,0,d} &= 12,92 \text{ MPa} \\
 f_{c,90,k} &= 2,50 & f_{c,90,d} &= 1,54 \text{ MPa} \\
 f_{v,k} &= 2,50 & f_{v,d} &= 1,54 \text{ MPa} \\
 E_{0,\text{mean}} &= 11000 \text{ MPa} \\
 E_{90,\text{mean}} &= 370 \text{ MPa} \\
 E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\
 G_{\text{mean}} &= 690 \text{ MPa} \\
 \rho_k &= 350 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

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 $x_a=0,805$ m; $x_b=6,844$ m, przy obciążeniach „CW S1StW”.

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 204,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 1,412 / 204,00 \times 10 = \mathbf{0,069} < \mathbf{8,62} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=4,585$ m; $x_b=3,064$ m, przy obciążeniach „CW S1S2StW”.

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

$$l_c = \check{e} l = 0,776 \times 3,780 = 2,933 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie Z:

$$l_c = \check{e} l = 1,000 \times 3,064 = 3,064 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\check{e}_y = l_{c,y} / i_y = 2,933 / 4,9075 = 59,77$$

$$\check{e}_z = l_{c,z} / i_z = 3,064 / 3,4641 = 88,45$$

$$\sigma_{c,crit,y} = d^2 E_{0,05} / \check{e}_y^2 = 9,87 \times 7400 / (59,77)^2 = 20,44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = d^2 E_{0,05} / \check{e}_z^2 = 9,87 \times 7400 / (88,45)^2 = 9,34 \text{ MPa}$$

$$\check{e}_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/20,44} = 1,014$$

$$\check{e}_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/9,34} = 1,500$$

$$k_y = 0,5 [1 + \hat{a}_c (\check{e}_{rel,y} - 0,5) + \check{e}_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,014 - 0,5) + (1,014)^2] = 1,065$$

$$k_z = 0,5 [1 + \hat{a}_c (\check{e}_{rel,z} - 0,5) + \check{e}_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,500 - 0,5) + (1,500)^2] = 1,725$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,065 + \sqrt{1,065^2 - 1,014^2}) = 0,718$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,725 + \sqrt{1,725^2 - 1,500^2}) = 0,388$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 204,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 11,485 / 204,00 \times 10 = \mathbf{0,563} < \mathbf{5,016} = 0,388 \times 12,92 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=4,585$ m; $x_b=3,064$ m, przy obciążeniach „CW S1S2StW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,563}{0,718 \times 12,92} + 0,7 \times \frac{0,000}{14,77} + \frac{5,101}{14,77} = \mathbf{0,406} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,563}{0,388 \times 12,92} + \frac{0,000}{14,77} + 0,7 \times \frac{5,101}{14,77} = \mathbf{0,354} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=4,585$ m; $x_b=3,064$ m, przy obciążeniach „CW S1S2StW”.

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

$$l_d = 1 \times 3064 + 170 + 170 = 3404,00 \text{ mm}$$

$$\ddot{\epsilon}_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3404 \times 0 \times 14,77}{3,142 \times 0^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,319$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\phi_{m,d} = M / W = 2,948 / 578,00 \times 10^3 = \mathbf{5,101} < \mathbf{14,77} = 1,000 \times 14,77 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=4,585 \text{ m}$; $x_b=3,064 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW S1S2StW”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{5,101}{14,769} + 0,7 \times \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,345} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{5,101}{14,769} + \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,242} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=4,585 \text{ m}$; $x_b=3,064 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW S1S2StW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,5632}{12,922} + \frac{5,101}{14,769} + 0,7 \times \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,347} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,5632}{12,922} + 0,7 \times \frac{5,101}{14,769} + \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,244} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=4,585 \text{ m}$; $x_b=3,064 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW S1S2StW”.

Napężenia tnące:

$$\hat{\sigma}_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 4,664 / 204,000 \times 10 = 0,343 \text{ MPa}$$

$$\hat{\sigma}_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 204,000 \times 10 = 0,000 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\hat{\sigma}_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,343^2 + 0,000^2} = \mathbf{0,343} < \mathbf{1,54} = 1,000 \times 1,538 = k_v f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a=4,585 \text{ m}$; $x_b=3,064 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW S1S2StW”.

$$\hat{\sigma}_{\text{tor},d} = \frac{3 M_{\text{tor}}}{b^2 h} \eta = \frac{3 \times 0,000}{12,0^2 \times 17,0 / 1,506} \times 10^3 = \mathbf{0,000} < \mathbf{1,54} = f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{\text{tor},d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0,000}{1,54} + \frac{0,343^2}{1,54^2} = \mathbf{0,050} < \mathbf{1}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=2,695 \text{ m}$; $x_b=4,954 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW S1StW” liczone od ciężaru pręta.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin},z} = l / 200 = 3780,0 / 200 = 18,9 \text{ mm}$$

$$u_{\text{net,fin},y} = l / 200 = 3780,0 / 200 = 18,9 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych i części długotrwałej obciążeń zmiennych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = -1,8 \times (1 + 0,80) = -3,3 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od części krótkotrwałej obciążeń zmiennych:

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Średniotrwałe** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} (1 + k_{def}) = -1,7 \times (1 + 0,25) = -2,1 \text{ mm}$$

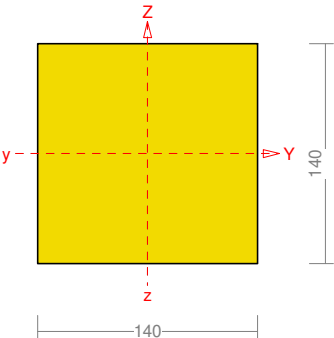
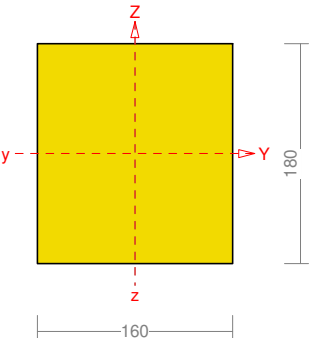
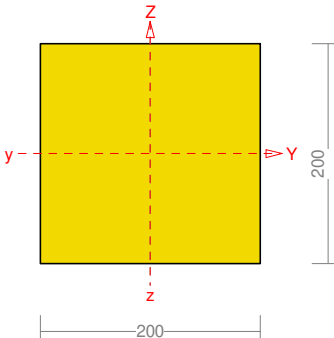
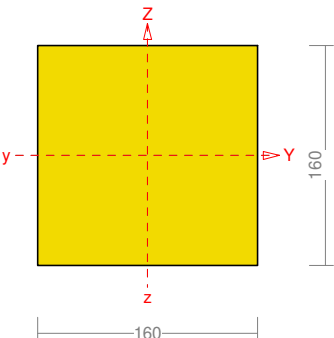
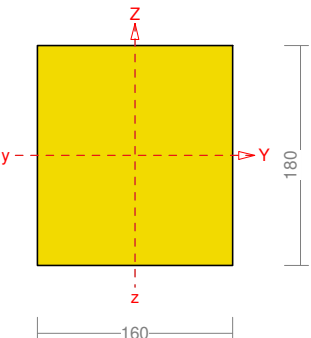
$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,25) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -3,3 + -2,1 = 5,4 < 18,9 = u_{net,fin}$$

1.2 Wiązary podłużny

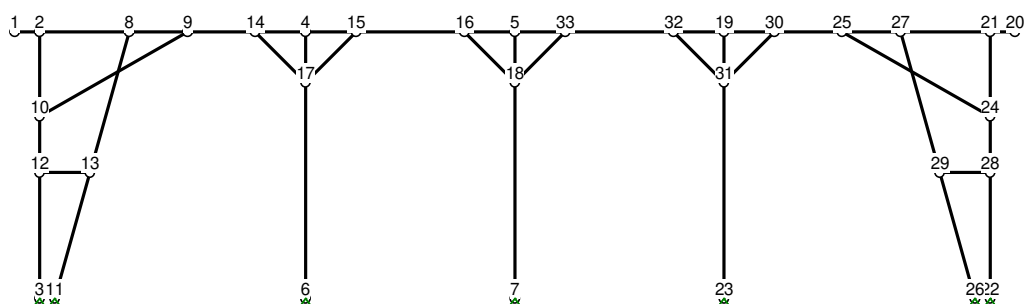
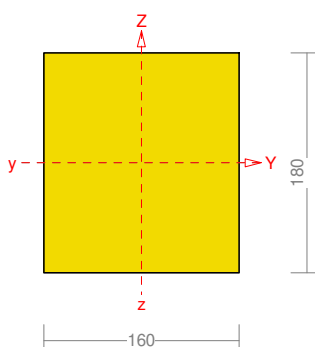
Przekroje:

1 - B 140x140		2 - Zastrzał 180x160		3 - Kleszcze 200x200	
					
Material:	71 - Drewno C24	Material:	71 - Drewno C24	Material:	71 - Drewno C24
A [cm ²]	196,00	A [cm ²]	288,00	A [cm ²]	400,00
Jy [cm ⁴]	3201,33	Jy [cm ⁴]	7776,00	Jy [cm ⁴]	13333,33
Jz [cm ⁴]	3201,33	Jz [cm ⁴]	6144,00	Jz [cm ⁴]	13333,33
Dyz [cm ⁴]	0,00	Dyz [cm ⁴]	0,00	Dyz [cm ⁴]	0,00
α [Deg]	0,00	α [Deg]	0,00	α [Deg]	0,00
Iy [cm ⁴]	3201,33	Iy [cm ⁴]	7776,00	Iy [cm ⁴]	13333,33
Iz [cm ⁴]	3201,33	Iz [cm ⁴]	6144,00	Iz [cm ⁴]	13333,33
Jt [cm ⁴]	0,00	Jt [cm ⁴]	0,00	Jt [cm ⁴]	0,00
Jω [cm ⁴]	0,00	Jω [cm ⁴]	0,00	Jω [cm ⁴]	0,00
iy [cm]	4,04	iy [cm]	5,20	iy [cm]	5,77
iz [cm]	4,04	iz [cm]	4,62	iz [cm]	5,77
is [cm]	5,72	is [cm]	6,95	is [cm]	8,16
m [kg/m]	8,23	m [kg/m]	12,10	m [kg/m]	16,80
4 - Słup 160x160		5 - Płatew 180x160			
					
Material:	71 - Drewno C24	Material:	71 - Drewno C24	Material:	
A [cm ²]	256,00	A [cm ²]	288,00	A [cm ²]	
Jy [cm ⁴]	5461,33	Jy [cm ⁴]	7776,00	Jy [cm ⁴]	
Jz [cm ⁴]	5461,33	Jz [cm ⁴]	6144,00	Jz [cm ⁴]	
Dyz [cm ⁴]	0,00	Dyz [cm ⁴]	0,00	Dyz [cm ⁴]	
α [Deg]	0,00	α [Deg]	0,00	α [Deg]	
Iy [cm ⁴]	5461,33	Iy [cm ⁴]	7776,00	Iy [cm ⁴]	

I_z [cm ⁴]	5461,33	I_z [cm ⁴]	6144,00	I_z [cm ⁴]	
J_t [cm ⁴]	0,00	J_t [cm ⁴]	0,00	J_t [cm ⁴]	
J_ω [cm ⁴]	0,00	J_ω [cm ⁴]	0,00	J_ω [cm ⁴]	
i_y [cm]	4,62	i_y [cm]	5,20	i_y [cm]	
i_z [cm]	4,62	i_z [cm]	4,62	i_z [cm]	
i_s [cm]	6,53	i_s [cm]	6,95	i_s [cm]	
m [kg/m]	10,75	m [kg/m]	12,10	m [kg/m]	

Materiały:

Nr:	Rodzaj:	Nazwa:	E:	G:	ν :	α_T :	ρ :	Ro:
			[GPa]	[GPa]	[-]	[1/K]	[kg/m ³]	[MPa]
71	Drewno	Drewno C24	11,0	0,7	0	0,0	420,0	24,0

Schemat:**1.2.1 Płatew****Pręt nr 1****Przekrój: 5 „Płatew 180x160”**

Wymiary przekroju:

$$h=180,0 \text{ mm} \quad b=160,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=7776,0; \quad J_z=6144,0 \text{ cm}^4; \quad A=288,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=5,2; \quad i_z=4,6 \text{ cm}; \quad W_y=864,0; \quad W_z=768,0 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Średniotrwałe** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$K_{mod} = 0,80$$

$$\alpha_M = 1,3$$

Cechy drewna: Drewno C24.

$f_{m,k} = 24,00$	$f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa}$
$f_{t,0,k} = 14,00$	$f_{t,0,d} = 8,62 \text{ MPa}$
$f_{t,90,k} = 0,50$	$f_{t,90,d} = 0,31 \text{ MPa}$
$f_{c,0,k} = 21,00$	$f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$
$f_{c,90,k} = 2,50$	$f_{c,90,d} = 1,54 \text{ MPa}$
$f_{v,k} = 2,50$	$f_{v,d} = 1,54 \text{ MPa}$
$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$	
$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$	
$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$	
$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$	
$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$	

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

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 $x_a=5,150 \text{ m}$; $x_b=1,080 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW SStW”.

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 288,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 18,510 / 288,00 \times 10 = \mathbf{0,643} < \mathbf{8,62} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=2,450 \text{ m}$; $x_b=3,780 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW SStW”.

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

$$l_c = \epsilon l = 0,720 \times 1,255 = 0,904 \text{ m}$$

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

$$l_c = \epsilon l = 1,589 \times 1,255 = 1,994 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\epsilon_y = l_{c,y} / i_y = 0,904 / 5,1962 = 17,39$$

$$\epsilon_z = l_{c,z} / i_z = 1,994 / 4,6188 = 43,18$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \epsilon^2 E_{0,05} / \epsilon^2_y = 9,87 \times 7400 / (17,39)^2 = 241,51 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \epsilon^2 E_{0,05} / \epsilon^2_z = 9,87 \times 7400 / (43,18)^2 = 39,18 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/241,51} = 0,295$$

$$\epsilon_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/39,18} = 0,732$$

$$k_y = 0,5 [1 + \hat{a}_c (\epsilon_{rel,y} - 0,5) + \epsilon_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,295 - 0,5) + (0,295)^2] = 0,523$$

$$k_z = 0,5 [1 + \hat{a}_c (\epsilon_{rel,z} - 0,5) + \epsilon_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,732 - 0,5) + (0,732)^2] = 0,791$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,523 + \sqrt{0,523^2 - 0,295^2}) = 1,047$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,791 + \sqrt{0,791^2 - 0,732^2}) = 0,916$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 288,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 5,190 / 288,00 \times 10 = \mathbf{0,180} < \mathbf{11,843} = 0,916 \times 12,92 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=2,450 \text{ m}$; $x_b=3,780 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW SStW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,180}{1,047 \times 12,92} + 0,7 \times \frac{0,000}{14,77} + \frac{9,330}{14,77} = \mathbf{0,645} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,180}{0,916 \times 12,92} + \frac{0,000}{14,77} + 0,7 \times \frac{9,330}{14,77} = \mathbf{0,457} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=2,450$ m; $x_b=3,780$ m, przy obciążeniach „CW SStW”.

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

$$l_d = 1 \times 1920 + 180 + 180 = 2280,00 \text{ mm}$$

$$\ddot{\epsilon}_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2280 \times 0 \times 14,77}{3,142 \times 0^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,202$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\phi_{m,d} = M / W = 8,061 / 864,00 \times 10^3 = \mathbf{9,330} < \mathbf{14,77} = 1,000 \times 14,77 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,450$ m; $x_b=3,780$ m, przy obciążeniach „CW SStW”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,036}{8,62} + \frac{9,330}{14,769} + 0,7 \times \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,636} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,036}{8,62} + 0,7 \times \frac{9,330}{14,769} + \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,446} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=2,450$ m; $x_b=3,780$ m, przy obciążeniach „CW SStW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,000^2}{12,92^2} + \frac{9,330}{14,769} + 0,7 \times \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,632} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,000^2}{12,92^2} + 0,7 \times \frac{9,330}{14,769} + \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,442} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=2,450$ m; $x_b=3,780$ m, przy obciążeniach „CW SStW”.

Naprężenia tnące:

$$\hat{\sigma}_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 16,335 / 288,000 \times 10 = 0,851 \text{ MPa}$$

$$\hat{\sigma}_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 288,000 \times 10 = 0,000 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\hat{\sigma}_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,851^2 + 0,000^2} = \mathbf{0,851} < \mathbf{1,54} = 1,000 \times 1,538 = k_v f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a=2,450$ m; $x_b=3,780$ m, przy obciążeniach „CW SStW”.

$$\hat{\sigma}_{tor,d} = \frac{3 M_{tor}}{b^2 h} \eta = \frac{3 \times 0,000}{16,0^2 \times 18,0 / 1,579} \times 10^3 = \mathbf{0,000} < \mathbf{1,54} = f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0,000}{1,54} + \frac{0,851^2}{1,54^2} = \mathbf{0,306} < \mathbf{1}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=4,427$ m; $x_b=1,802$ m, przy obciążeniach „CW SSt” liczone od ciężkiwu pręta.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin,z} = l / 200 = 1445,0 / 200 = 7,2 \text{ mm}$$

$$u_{net,fin,y} = l / 200 = 1445,0 / 200 = 7,2 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych i części długotrwałej obciążeń zmiennych:

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} (1+k_{def}) = -0,3 \times (1 + 0,80) = -0,6 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1+k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od części krótkotrwałej obciążeń zmiennych:

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Sredniotrwałe** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} (1+k_{def}) = -0,2 \times (1 + 0,25) = -0,2 \text{ mm}$$

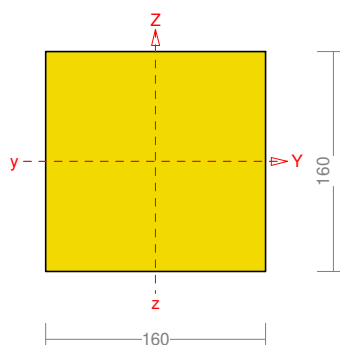
$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1+k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,25) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -0,6 + -0,2 = \mathbf{0,8} < \mathbf{7,2} = u_{net,fin}$$

1.2.2 Słup

Pręt nr 3



Przekrój: 4 „Słup 160x160”

Wymiary przekroju:

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

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=5461,3; J_z=5461,3 \text{ cm}^4; A=256,00 \text{ cm}^2; i_y=4,6; i_z=4,6 \text{ cm}; W_y=682,7; W_z=682,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Sredniotrwałe** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$K_{mod} = 0,80$$

$$\alpha_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

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

$$f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa}$$

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

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

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,31 \text{ MPa}$$

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

$$f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

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

$$f_{v,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

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

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

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

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

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

Sprawdzenie nośności pręta nr 3

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

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=1,080$ m; $x_b=4,630$ m, przy obciążeniach „CW SStW”.

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

$$l_c = \epsilon l = 0,724 \times 4,630 = 3,352 \text{ m}$$

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

$$l_c = \epsilon l = 1,029 \times 4,630 = 4,764 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\epsilon_y = l_{c,y} / i_y = 3,352 / 4,6188 = 72,58$$

$$\epsilon_z = l_{c,z} / i_z = 4,764 / 4,6188 = 103,15$$

$$\sigma_{c,crit,y} = d^2 E_{0,05} / \epsilon_y^2 = 9,87 \times 7400 / (72,58)^2 = 13,87 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = d^2 E_{0,05} / \epsilon_z^2 = 9,87 \times 7400 / (103,15)^2 = 6,86 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 13,87} = 1,231$$

$$\epsilon_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 6,86} = 1,749$$

$$k_y = 0,5 [1 + \hat{\alpha}_c (\epsilon_{rel,y} - 0,5) + \epsilon_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,231 - 0,5) + (1,231)^2] = 1,330$$

$$k_z = 0,5 [1 + \hat{\alpha}_c (\epsilon_{rel,z} - 0,5) + \epsilon_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,749 - 0,5) + (1,749)^2] = 2,155$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,330 + \sqrt{1,330^2 - 1,231^2}) = 0,545$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,155 + \sqrt{2,155^2 - 1,749^2}) = 0,293$$

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

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 56,268 / 256,00 \times 10 = \mathbf{2,198} < \mathbf{3,787} = 0,293 \times 12,92 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,080$ m; $x_b=4,630$ m, przy obciążeniach „CW SStW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{2,198}{0,545 \times 12,92} + 0,7 \times \frac{0,000}{14,77} + \frac{1,997}{14,77} = \mathbf{0,447} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{2,198}{0,293 \times 12,92} + \frac{0,000}{14,77} + 0,7 \times \frac{1,997}{14,77} = \mathbf{0,675} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=1,080$ m; $x_b=4,630$ m, przy obciążeniach „CW SStW”.

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

$$l_d = 1 \times 4630 + 160 + 160 = 4950,00 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{4950 \times 0 \times 14,77}{3,142 \times 0^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,280$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,363 / 682,67 \times 10^3 = \mathbf{1,997} < \mathbf{14,77} = 1,000 \times 14,77 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,080$ m; $x_b=4,630$ m, przy obciążeniach „CW SStW”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,997}{14,769} + 0,7 \times \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,135} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{1,997}{14,769} + \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,095} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,080$ m; $x_b=4,630$ m, przy obciążeniach „CW SStW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,198^2}{12,92^2} + \frac{1,997}{14,769} + 0,7 \times \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,164 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,198^2}{12,92^2} + 0,7 \times \frac{1,997}{14,769} + \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,124 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,000$ m; $x_b=5,710$ m, przy obciążeniach „CW SStW”.

Naprężenia tnące:

$$\hat{\sigma}_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 1,262 / 256,000 \times 10 = 0,074 \text{ MPa}$$

$$\hat{\sigma}_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 256,000 \times 10 = 0,000 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\hat{\sigma}_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,074^2 + 0,000^2} = \mathbf{0,074 < 1,54} = 1,000 \times 1,538 = k_v f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a=0,000$ m; $x_b=5,710$ m, przy obciążeniach „CW SStW”.

$$\hat{\sigma}_{\text{tor},d} = \frac{3 M_{\text{tor}}}{b^2 h} \eta = \frac{3 \times 0,000}{16,0^2 \times 16,0 / 1,610} \times 10^3 = \mathbf{0,000 < 1,54} = f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{\text{tor},d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0,000}{1,54} + \frac{0,074^2}{1,54^2} = \mathbf{0,002 < 1}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=3,395$ m; $x_b=2,315$ m, przy obciążeniach „CW SStW” liczone od cięciwy przęta.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin},z} = l / 150 = 4630,0 / 150 = 30,9 \text{ mm}$$

$$u_{\text{net,fin},y} = l / 150 = 4630,0 / 150 = 30,9 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych i części długotrwałej obciążeń zmiennych:

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od części krótkotrwałej obciążeń zmiennych:

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Średniotrwałe** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

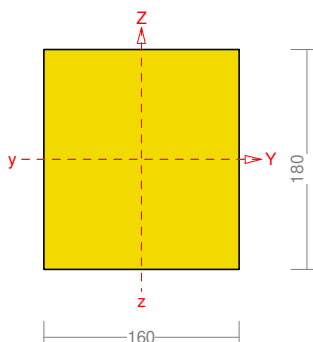
$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = -2,1 \times (1 + 0,25) = -2,6 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,25) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,0 + -2,6 = \mathbf{2,6 < 30,9} = u_{\text{net,fin}}$$

1.2.3 Zastrzał**Pręt nr 6**

**Przekrój: 2 „Zastrzał 180x160”**

Wymiary przekroju:

$$h=180,0 \text{ mm} \quad b=160,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=7776,0; \quad J_z=6144,0 \text{ cm}^4; \quad A=288,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=5,2; \quad i_z=4,6 \text{ cm}; \quad W_y=864,0; \quad W_z=768,0 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Średniotrwałe** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$K_{mod} = 0,80$$

$$\alpha_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

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

$$f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa}$$

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

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

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,31 \text{ MPa}$$

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

$$f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

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

$$f_{v,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

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

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

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

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

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

Sprawdzenie nośności pręta nr 6

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

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=2,805 \text{ m}$; $x_b=3,124 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW SStW”.

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

$$l_c = \check{e} l = 0,803 \times 2,805 = 2,252 \text{ m}$$

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

$$l_c = \check{e} l = 1,184 \times 2,805 = 3,321 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\check{e}_y = l_{c,y} / i_y = 2,252 / 5,1962 = 43,35$$

$$\check{e}_z = l_{c,z} / i_z = 3,321 / 4,6188 = 71,90$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \check{e}^2 E_{0,05} / \check{e}_y^2 = 9,87 \times 7400 / (43,35)^2 = 38,87 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \check{e}^2 E_{0,05} / \check{e}_z^2 = 9,87 \times 7400 / (71,90)^2 = 14,13 \text{ MPa}$$

$$\check{e}_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/38,87} = 0,735$$

$$\check{e}_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/14,13} = 1,219$$

$$k_y = 0,5 [1 + \alpha_c (\check{e}_{rel,y} - 0,5) + \check{e}_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,735 - 0,5) + (0,735)^2] = 0,794$$

$$k_z = 0,5 [1 + \hat{a}_c (\ddot{e}_{rel,z} - 0,5) + \ddot{e}_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,219 - 0,5) + (1,219)^2] = 1,315$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,794 + \sqrt{0,794^2 - 0,735^2}) = 0,915$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,315 + \sqrt{1,315^2 - 1,219^2}) = 0,553$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 288,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 45,905 / 288,00 \times 10 = \mathbf{1,594} < \mathbf{7,146} = 0,553 \times 12,92 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=2,805 \text{ m}$; $x_b=3,124 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW SStW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,594}{0,915 \times 12,92} + 0,7 \times \frac{0,000}{14,77} + \frac{2,235}{14,77} = \mathbf{0,286} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,594}{0,553 \times 12,92} + \frac{0,000}{14,77} + 0,7 \times \frac{2,235}{14,77} = \mathbf{0,329} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=5,048 \text{ m}$; $x_b=0,881 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW SStW”.

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

$$l_d = 1 \times 2243 + 180 + 180 = 2602,95 \text{ mm}$$

$$\ddot{e}_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2603 \times 0 \times 14,77}{3,142 \times 0^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,215$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,258 / 864,00 \times 10^3 = \mathbf{2,614} < \mathbf{14,77} = 1,000 \times 14,77 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=5,048 \text{ m}$; $x_b=0,881 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW SStW”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,614}{14,769} + 0,7 \times \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,177} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{2,614}{14,769} + \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,124} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=5,048 \text{ m}$; $x_b=0,881 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW SStW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,575^2}{12,92^2} + \frac{2,614}{14,769} + 0,7 \times \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,192} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,575^2}{12,92^2} + 0,7 \times \frac{2,614}{14,769} + \frac{0,000}{14,77} = \mathbf{0,139} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=5,048 \text{ m}$; $x_b=0,881 \text{ m}$, przy obciążeniach „CW SStW”.

Naprężenia tnące:

$$\hat{\sigma}_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 2,580 / 288,000 \times 10 = 0,134 \text{ MPa}$$

$$\hat{\sigma}_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 288,000 \times 10 = 0,000 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\hat{\sigma}_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,134^2 + 0,000^2} = \mathbf{0,134} < \mathbf{1,54} = 1,000 \times 1,538 = k_v f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a=5,048$ m; $x_b=0,881$ m, przy obciążeniach „CW SStW”.

$$\hat{\sigma}_{tor,d} = \frac{3 M_{tor}}{b^2 h} \eta = \frac{3 \times 0,000}{16,0^2 \times 18,0 / 1,579} \times 10^3 = \mathbf{0,000} < \mathbf{1,54} = f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{0,000}{1,54} + \frac{0,134^2}{1,54^2} = \mathbf{0,008} < \mathbf{1}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=3,926$ m; $x_b=2,002$ m, przy obciążeniach „CW SStW” liczone od cięciwy przęta.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin,z} = l / 150 = 2243,0 / 150 = 15,0 \text{ mm}$$

$$u_{net,fin,y} = l / 150 = 2243,0 / 150 = 15,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych i części długotrwałej obciążeń zmiennych:

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} (1 + k_{def}) = 0,3 \times (1 + 0,80) = 0,5 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od części krótkotrwałej obciążeń zmiennych:

Klasa trwania obciążeń zmiennych: *Sredniotrwałe* (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} (1 + k_{def}) = 0,8 \times (1 + 0,25) = 1,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,25) = 0,0 \text{ mm}$$

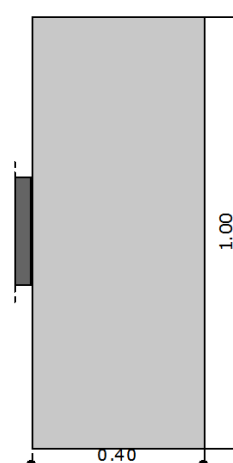
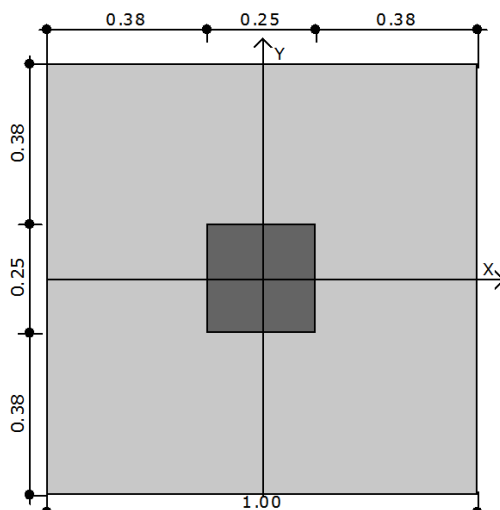
Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = 0,5 + 1,0 = \mathbf{1,5} < \mathbf{15,0} = u_{net,fin}$$

2.0 Stopa fundamentowa St1

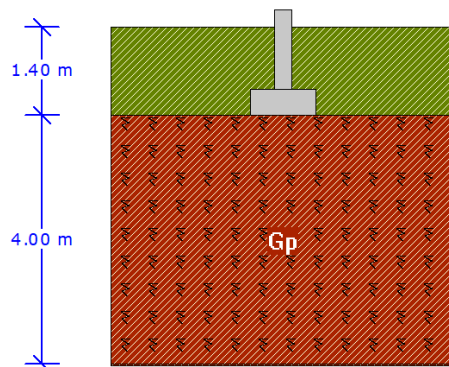
Geometria

Szerokość stopy B	[m]	1.00
Długość stopy L	[m]	1.00
Wysokość stopy H_f	[m]	0.40
Szerokość przekroju słupa b	[m]	0.25
Wysokość przekroju słupa h	[m]	0.25
Mimośród e_x	[m]	0.00
Mimośród e_y	[m]	-0.00



Materiały

Klasa betonu		B20
Klasa stali		34GS
Otulina	[cm]	5.00
Średnica prętów	[mm]	12.00

Warunki gruntowe

Warstwa	Nazwa gruntu	Miąższość [m]	$\rho^{(n)}$ [t/m ³]	$C^{(n)}_u$ [kPa]	$\phi^{(n)}_u$ [°]	M [kPa]	M_o [kPa]
1	Gliny piaszczyste	4.00	2.10	29.00	14.50	32044.62	28843.04

 $I_L = 0.40$

Metoda określenia parametrów geotechnicznych		B
Głębokość posadowienia	[m]	1.40
Ciężar zasyпки	[kN/m ³]	20.00

Obciążenia

Numer zestawu	N [kN]	M_y [kNm]	T_y [kN]	M_x [kNm]	T_x [kN]
1	70.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Stan graniczny nośności

DLA SCHEMATU NR 1

DLA WARSTWY NR 1

$$N=103.50 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{fNB}=0.81 \cdot 686.44 = 556.02 \text{ kN}$$

$$N=103.50 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{fNL}=0.81 \cdot 686.44 = 556.02 \text{ kN}$$

Naprężenia pod fundamentem

DLA SCHEMATU NR 1

Naprężenia w narożach:

$$q_1=103.50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_2=103.50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_3=103.50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_4=103.50 \text{ kN/m}^2$$

Odrywanie nie występuje.

Wymiarowanie zbrojenia

POTRZEBNE ZBROJENIE DLA SCHEMATU NR 1

$$A_y = 0.32 \text{ cm}^2/\text{mb} \quad A_x = 0.32 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

Minimalne zbrojenie konstrukcyjne dla fundamentu wynosi: $A_k=4.55 \text{ cm}^2/\text{mb}$ W kierunku y (B) przyjęto $f_i=12.0 \text{ mm}$ w rozstawie $s_1=23.5 \text{ cm}$ $A_{s1}=5.65 \text{ cm}^2/\text{mb}$ W kierunku x (L) przyjęto $f_i=12.0 \text{ mm}$ w rozstawie $s_2=23.5 \text{ cm}$ $A_{s2}=5.65 \text{ cm}^2/\text{mb}$

Wyniki obliczeń przebiecia

DLA SCHEMATU NR 1

Przebiecie OK. $N_y = 1.7 \text{ kN} \leq A_y \cdot f_{ctd} = 0.21 \cdot 870 = 182.7 \text{ kN}$ Przebiecie OK. $N_x = 1.7 \text{ kN} \leq A_x \cdot f_{ctd} = 0.21 \cdot 870 = 182.7 \text{ kN}$ **Stateczność fundamentu**

STATECZNOŚĆ NA OBRÓT:

DLA SCHEMATU NR 1

Stateczność OK. $M_{wyp} = 0.0 \text{ kNm} \leq m \cdot M_{otrzym} = 0.72 \cdot 47.6 = 34.3 \text{ kNm}$ Stateczność OK. $M_{wyp} = 0.0 \text{ kNm} \leq m \cdot M_{otrzym} = 0.72 \cdot 47.6 = 34.3 \text{ kNm}$

STATECZNOŚĆ NA PRZESUW:

DLA SCHEMATU NR 1

Przesuw po warstwie 1

Stateczność OK. $T_x = 0.0 \text{ kN} \leq m \cdot T_{ux} = 0.72 \cdot 8.6 = 6.2 \text{ kN}$ Stateczność OK. $T_y = 0.0 \text{ kN} \leq m \cdot T_{uy} = 0.72 \cdot 8.6 = 6.2 \text{ kN}$