

OBLICZENIA STATYCZNE WIEŻBY DACHOWEJ	str. 3 / 1
BUDYNEK MANUFAKTURY – RYZALIT	

OBLICZENIA STATYCZNE

RYZALIT

- POZ. 1. OBCIĄŻENIA**
- POZ. 2. KROKWIE**
- POZ. 3. KROKWIE NAROŻNE**
- POZ. 4. PŁATWIE I SŁUPY**

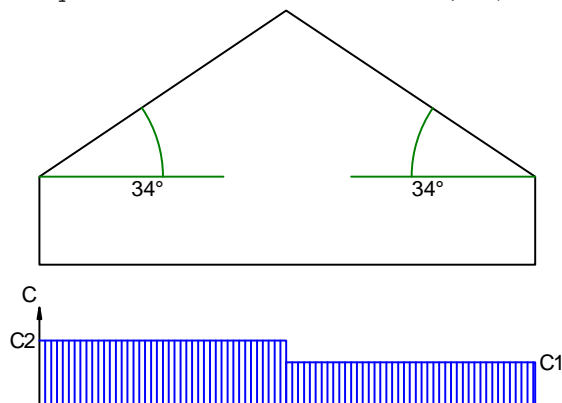
POZ 1. OBCIĄŻENIA

1.1. OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu $q_k = 0,90 \text{ kN/m}^2$ przyjęto zgodnie ze zmianą do normy Az1, jak dla strefy II.

Współczynnik kształtu dachu $C_1 = 0,8 \cdot (60-34)/30 = 0,69$ jak dla dachu dwuspadowego.

Współczynnik kształtu dachu $C_2 = 1,2 \cdot (60-34)/30 = 1,04$ jak dla dachu dwuspadowego.



1.1.1. OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DLA WSPÓŁCZYNNIKA C1

(S1) OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DLA WSP. C1

$q_k = 0,90$ $C_1 = 0,69$

Wartość obciążenia śniegiem (S)

$Q_k = q_k \times C = 0,90 \times 0,69 =$

Q_k	γ_f	Q_o
[kN/m ²]	–	[kN/m ²]
0,62	1,5	0,93

1.1.2. OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DLA WSPÓŁCZYNNIKA C2

(S2) OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM DLA WSP. C2

$q_k = 0,90$ $C_2 = 1,04$

Wartość obciążenia śniegiem (S)

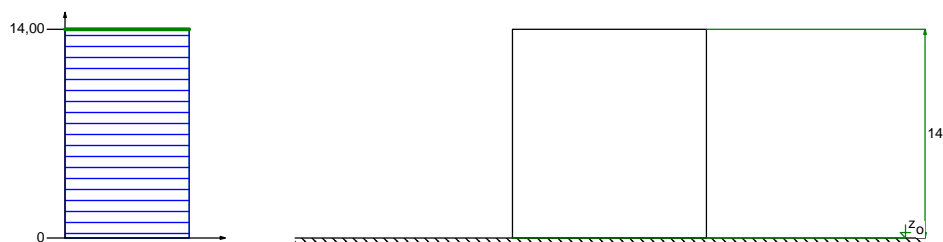
$Q_k = q_k \times C = 0,90 \times 1,04 =$

Q_k	γ_f	Q_o
[kN/m ²]	–	[kN/m ²]
0,94	1,5	1,40

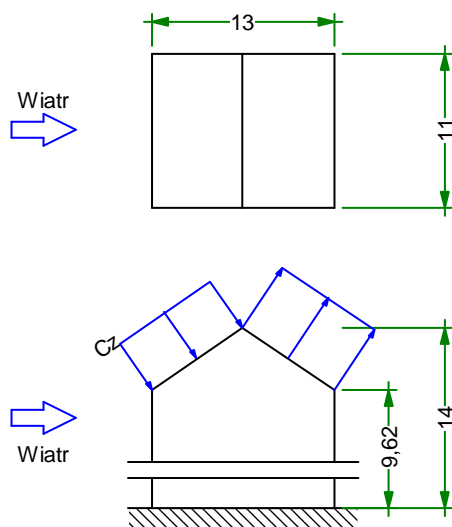
1.2. OBCIĄŻENIE WIATREM

Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru $q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$ przyjęto jak dla strefy I.

Współczynnik ekspozycji $C_e = 0,80$ przyjęto jak dla terenu B i wysokości nad poziomem gruntu $z = 14,00 \text{ m}$. Ponieważ $H/L \leq 2$ przyjęto stały po wysokości rozkład współczynnika ekspozycji C_e o wartości jak dla punktu najwyższego.



Współczynnik działania porywów wiatru $\beta = 1,80$ przyjęto jak do obliczeń budowli niepodatnych na dynamiczne działanie wiatru (logarytmiczny dekrement tłumienia $\Delta = 0,10$; okres drgań własnych $T = 0,181 \text{ s}$).



1.2.1. OBCIĄŻENIE WIATREM – POŁĄC NAWIETRZNA

(W1) POŁĄC NAWIETRZNA

$$q_k = 0,30 \quad \beta = 1,80$$

$$C_e = 0,80 \quad C = 0,31$$

Wartość obciążenia wiatrem (W1)

$$Q_k = q_k \times C_e \times C \times \beta =$$

Q_k	γ_f	Q_o
[kN/m ²]	–	[kN/m ²]
0,13	1,5	0,20

1.2.2. OBCIĄŻENIE WIATREM – POŁĄC ZAWIETRZNA

(W2) POŁĄC ZAWIETRZNA

$$q_k = 0,30 \quad \beta = 1,80$$

$$C_e = 0,80 \quad C = -0,40$$

Wartość obciążenia wiatrem (W2)

$$Q_k = q_k \times C_e \times C \times \beta =$$

Q_k	γ_f	Q_o
[kN/m ²]	–	[kN/m ²]
-0,17	1,5	-0,26

1.3. OBCIĄŻENIA STAŁE

(G) CIĘŻAR POKRYCIA

- dachówka karpiówka
- łaty i kontrłaty
- paroizolacja - folia

Q_k	γ_f	Q_o
[kN/m ²]	–	[kN/m ²]
0,95	1,3	1,24
0,04	1,3	0,05
0,01	1,3	0,01
1,00	1,3	1,30

POZ.2. KROKIEWIE

2.1. ZEBRANIE OBCIĄŻEŃ

Przyjęto średni rozstaw krokwi co 0,90 m

OBCIĄŻENIA NA 1 mb KROKWI

(S) OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM

0,94 x 0,90

(W1) OBCIĄŻENIE WIATREM - PARCIE

0,13 x 0,90

(W2) OBCIĄŻENIE WIATREM - SSANIE

-0,17 x 0,90

(G) CIĘŻAR POKRYCIA

1,00 x 0,90

Q_k	γ_f	Q_o
[kN/m ²]	–	[kN/m ²]
0,85	1,5	1,27

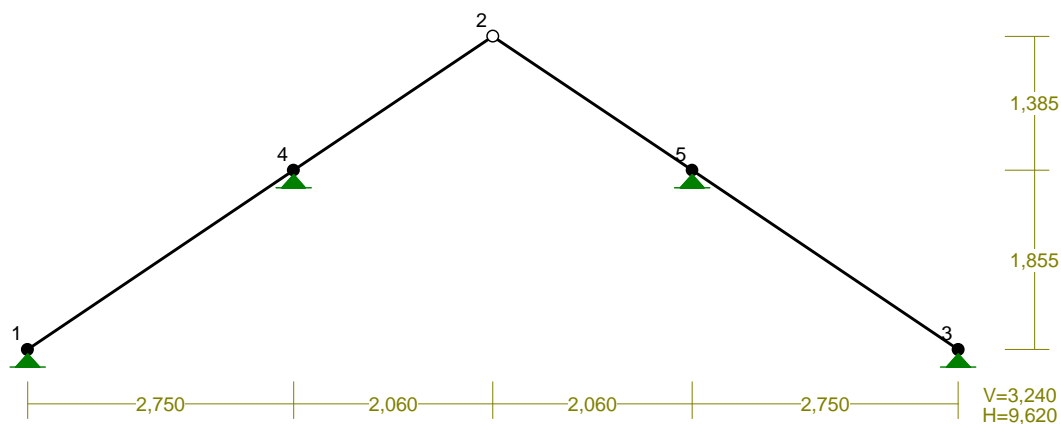
0,12	1,5	0,18
------	-----	------

-0,15	1,5	-0,23
-------	-----	-------

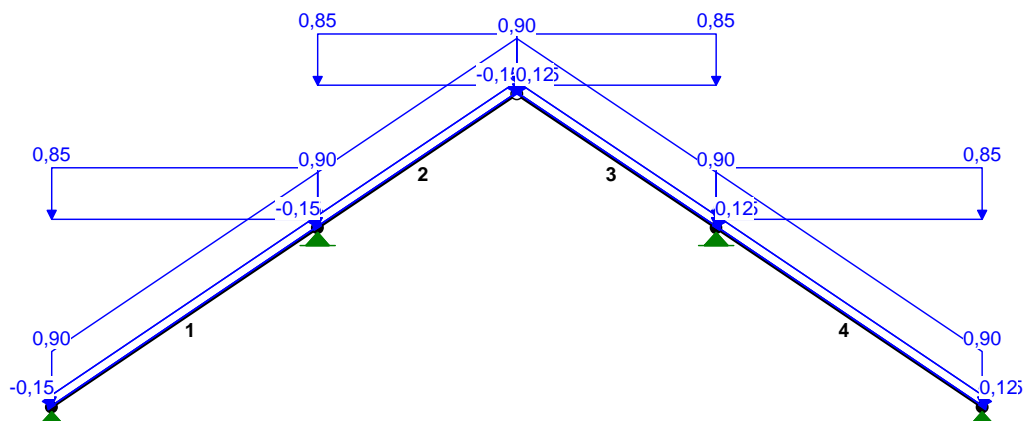
0,90	1,3	1,17
------	-----	------

2.2. OBLICZENIE SIŁ WEWNĘTRZNYCH

SCHEMAT STATYCZNY:



OBCIĄŻENIA:



OBLICZENIA STATYCZNE WIĘZBY DACHOWEJ	str. 3 / 5
BUDYNEK MANUFAKTURY – RYZALIT	

OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1(Tg): P2(Td): a[m]: b[m]:

Grupa: G "Ciężar pokrycia" Stałe $\gamma_f = 1,30$

1	Liniowe	0,0	0,90	0,90	0,00	3,32
2	Liniowe	0,0	0,90	0,90	0,00	2,48
3	Liniowe	0,0	0,90	0,90	0,00	2,48
4	Liniowe	0,0	0,90	0,90	0,00	3,32

Grupa: L "Wiatr z lewej" Zmienne $\gamma_f = 1,50$

1	Liniowe	34,0	0,12	0,12	0,00	3,32
2	Liniowe	34,0	0,12	0,12	0,00	2,48
3	Liniowe	-34,0	-0,15	-0,15	0,00	2,48
4	Liniowe	-34,0	-0,15	-0,15	0,00	3,32

Grupa: P "Wiatr z prawej" Zmienne $\gamma_f = 1,50$

1	Liniowe	34,0	-0,15	-0,15	0,00	3,32
2	Liniowe	34,0	-0,15	-0,15	0,00	2,48
3	Liniowe	-34,0	0,12	0,12	0,00	2,48
4	Liniowe	-34,0	0,12	0,12	0,00	3,32

Grupa: S "Śnieg" Zmienne $\gamma_f = 1,50$

1	Liniowe-Y	0,0	0,85	0,85	0,00	3,32
2	Liniowe-Y	0,0	0,85	0,85	0,00	2,48
3	Liniowe-Y	0,0	0,85	0,85	0,00	2,48
4	Liniowe-Y	0,0	0,85	0,85	0,00	3,32

W Y N I K I
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,10
G - "Ciężar pokrycia"	Stałe		1,30
L - "Wiatr z lewej"	Zmienne	1	1,00
P - "Wiatr z prawej"	Zmienne	1	1,00
S - "Śnieg"	Zmienne	1	1,00

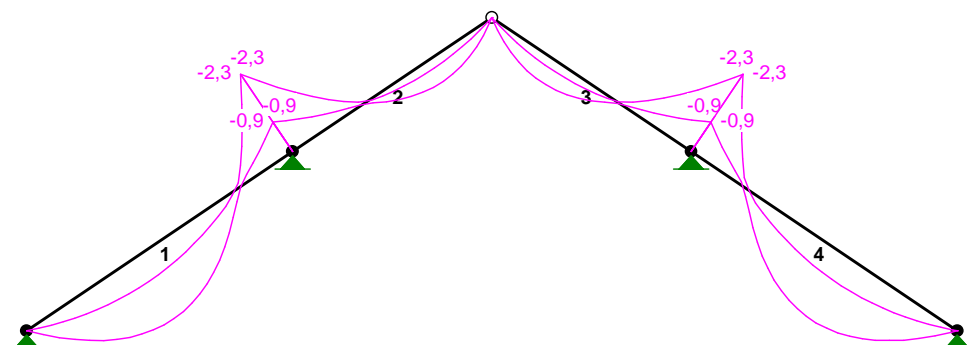
RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
G - "Ciężar pokrycia"	ZAWSZE
L - "Wiatr z lewej"	EWENTUALNIE
P - "Wiatr z prawej"	EWENTUALNIE
S - "Śnieg"	EWENTUALNIE

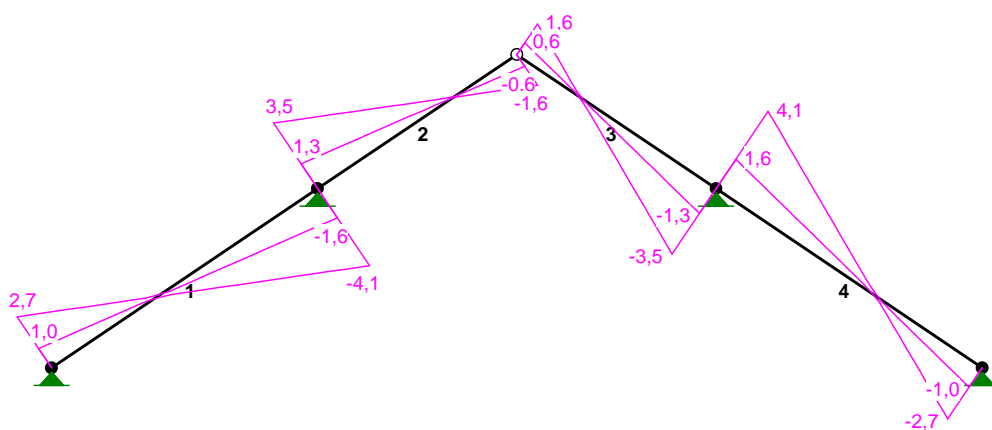
KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : G EWENTUALNIE: L/P+S

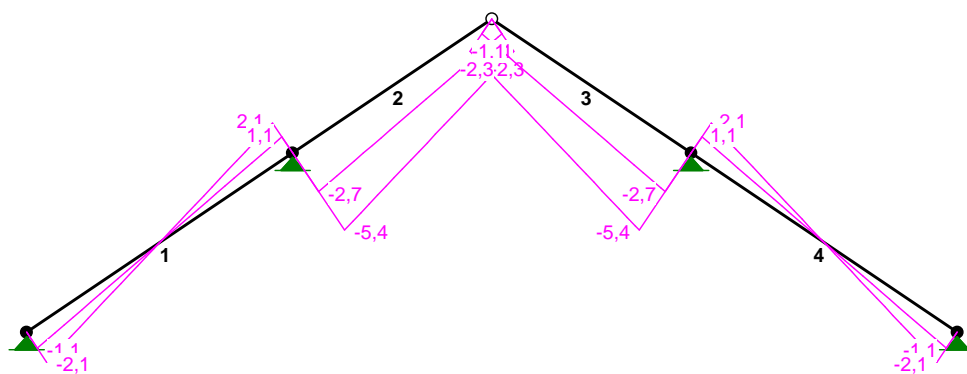
MOMENTY-OBWIEDNIE:



SIŁY PRZECIENNE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:



OBLICZENIA STATYCZNE WIEŻBY DACHOWEJ	str. 3 / 7
BUDYNEK MANUFAKTURY – RYZALIT	

SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt: x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	1,244	1,8*	0,2	-0,5 GLS
	3,317	-2,3*	-4,1	2,1 GLS
	3,317	-2,3	-4,1*	2,1 GLS
	3,317	-2,3	-4,1	2,1* GLS
	0,000	-0,0	2,5	-2,1* GS
2	1,707	0,6*	-0,0	-3,1 GLS
	0,000	-2,3*	3,5	-5,2 GLS
	0,000	-2,3	3,5*	-5,2 GLS
	2,482	0,0	-0,9	-1,1* GL
	0,000	-1,9	2,8	-5,4* GPS
3	0,776	0,6*	0,0	-3,1 GPS
	2,482	-2,3*	-3,5	-5,2 GPS
	2,482	-2,3	-3,5*	-5,2 GPS
	0,000	0,0	0,9	-1,1* GP
	2,482	-1,9	-2,8	-5,4* GLS
4	2,073	1,8*	-0,2	-0,5 GPS
	0,000	-2,3*	4,1	2,1 GPS
	0,000	-2,3	4,1*	2,1 GPS
	0,000	-2,3	4,1	2,1* GPS
	3,317	-0,0	-2,5	-2,1* GS

* = Wartości ekstremalne

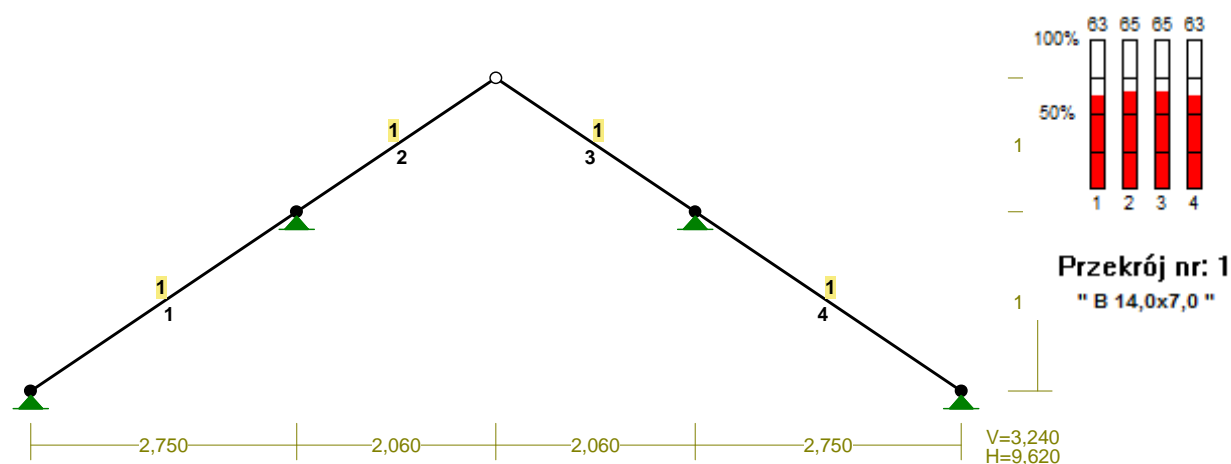
REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,5*	3,0	3,0		GPS
	0,1*	1,9	1,9		GL
	0,2	3,4*	3,4		GLS
	0,4	1,5*	1,5		GP
	0,2	3,4	3,4*		GLS
3	-0,1*	1,9	1,9		GP
	-0,5*	3,0	3,0		GLS
	-0,2	3,4*	3,4		GPS
	-0,4	1,5*	1,5		GL
	-0,2	3,4	3,4*		GPS
4	2,9*	9,3	9,7		GPS
	0,8*	5,8	5,8		GL
	1,8	10,4*	10,6		GLS
	1,8	4,7*	5,0		GP
	1,8	10,4	10,6*		GLS
5	-0,8*	5,8	5,8		GP
	-2,9*	9,3	9,7		GLS
	-1,8	10,4*	10,6		GPS
	-1,8	4,7*	5,0		GL
	-1,8	10,4	10,6*		GPS

* = Wartości ekstremalne

2.3. SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI PRZEKROJÓW

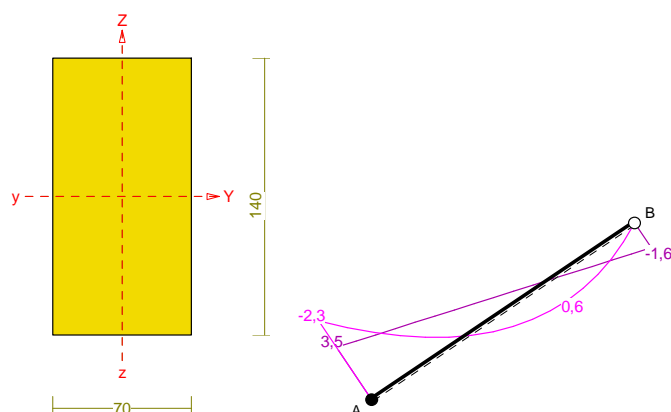


WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	W _g [cm ³]	W _d [cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	98,0	1601	400	229	229	14,0	71 Drewno C24

WYMIAROWANIE PRZEKROJU - Pręt nr 2

Zadanie: RZLT_Krokwie



Przekrój: 1 „B 14,0x7,0”

Wymiary przekroju:

$h=140,0$ mm $b=70,0$ mm.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{yg}=1600,7$; $J_{zg}=400,2$ cm⁴; $A=98,00$ cm²; $i_y=4,0$; $i_z=2,0$ cm; $W_y=228,7$; $W_z=114,3$ 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: **Krótkotrwałe** (*mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr*).

$K_{mod} = 0,90$

$\gamma_M = 1,3$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

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

$f_{m,d} = 16,62$ MPa

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

$f_{t,0,d} = 9,69$ MPa

OBLICZENIA STATYCZNE WIEŻBY DACHOWEJ	str. 3 / 9
BUDYNEK MANUFAKTURY – RYZALIT	

$$\begin{aligned}
 f_{t,90,k} &= 0,50 & f_{t,90,d} &= 0,35 \text{ MPa} \\
 f_{c,0,k} &= 21,00 & f_{c,0,d} &= 14,54 \text{ MPa} \\
 f_{c,90,k} &= 2,50 & f_{c,90,d} &= 1,73 \text{ MPa} \\
 f_{v,k} &= 2,50 & f_{v,d} &= 1,73 \text{ MPa} \\
 E_{0,\text{mean}} &= 11000 \text{ MPa} \\
 E_{90,\text{mean}} &= 370 \text{ MPa} \\
 E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\
 G_{\text{mean}} &= 690 \text{ MPa} \\
 \rho_k &= 350 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

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

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,48$ m, przy obciążeniach „GPS”.

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

$$l_c = \mu l = 0,865 \times 2,482 = 2,147 \text{ m}$$

- długość wybooczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,482 = 2,482 \text{ m}$$

Długości wybooczeniowe dla wybooczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,147 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,482 \text{ m}$$

Współczynniki wybooczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,147 / 0,0404 = 53,13$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,482 / 0,0202 = 122,84$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (53,13)^2 = 25,87 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (122,84)^2 = 4,84 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 25,87} = 0,901$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 4,84} = 2,083$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,901 - 0,5) + (0,901)^2] = 0,946$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (2,083 - 0,5) + (2,083)^2] = 2,828$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,946 + \sqrt{0,946^2 - 0,901^2}) = 0,810$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,828 + \sqrt{2,828^2 - 2,083^2}) = 0,211$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 98,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 5,4 / 98,00 \times 10 = \mathbf{0,56} < \mathbf{3,07} = 0,211 \times 14,54 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,48$ m, przy obciążeniach „GLS”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,53}{0,810 \times 14,54} + 0,7 \times \frac{0,00}{16,62} + \frac{10,10}{16,62} = \mathbf{0,653} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,53}{0,211 \times 14,54} + \frac{0,00}{16,62} + 0,7 \times \frac{10,10}{16,62} = \mathbf{0,600} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,48$ m, przy obciążeniach „GLS”.

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

$$l_d = 1,00 \times 2482 + 140 + 140 = 2762 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{2762 \times 140 \times 16,62}{3,142 \times 70^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,475$$

OBLICZENIA STATYCZNE WIEŻBY DACHOWEJ	str. 3 / 10
BUDYNEK MANUFAKTURY – RYZALIT	

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,3 / 228,67 \times 10^3 = \mathbf{10,10} < \mathbf{16,62} = 1,000 \times 16,62 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,48$ m, przy obciążeniach „GP”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,83}{16,62} + 0,7 \times \frac{0,00}{16,62} = \mathbf{0,231} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{3,83}{16,62} + \frac{0,00}{16,62} = \mathbf{0,161} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,48$ m, przy obciążeniach „GLS”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,53^2}{14,54^2} + \frac{10,10}{16,62} + 0,7 \times \frac{0,00}{16,62} = \mathbf{0,609} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,53^2}{14,54^2} + 0,7 \times \frac{10,10}{16,62} + \frac{0,00}{16,62} = \mathbf{0,427} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=2,48$ m, przy obciążeniach „GLS”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 3,5 / 98,00 \times 10 = 0,54 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 98,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,54^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,54} < \mathbf{1,73} = 1,000 \times 1,73 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,71$ m; $x_b=0,78$ m, przy obciążeniach „GLS”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 16,5 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,4 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2482)^2] (1 + 0,60) = -0,7 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych („LS”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,4 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2482)^2] (1 + 0,00) = -0,4 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,7 + -0,4 = \mathbf{1,1} < \mathbf{16,5} = u_{\text{net,fin}}$$

UWAGA!

Maksymalne wykorzystanie przekrojów wynosi 65% - krokwie posiadają wystarczającą nośność.

OBLICZENIA STATYCZNE WIEŻBY DACHOWEJ	str. 3 / 11
BUDYNEK MANUFAKTURY – RYZALIT	

POZ.3. KROKWIĘ NAROŻNE

3.1. ZEBRANIE OBCIĄŻEŃ

OBCIĄŻENIA MAX PRZĘSŁA MURŁATA-PŁATEW (w odl. w rzucie 1,20m od płatwi):

Obc. śniegiem: $2 \times 0,94 \text{ kN/m}^2 \times 0,60 \text{ m} = 1,13 \text{ kN/m}$ $\gamma_f = 1,5$

Parcie wiatru: $2 \times 0,13 \text{ kN/m}^2 \times 0,60 \text{ m} = 0,16 \text{ kN/m}$ $\gamma_f = 1,5$

Ciężar pokrycia: $2 \times 1,00 \text{ kN/m}^2 \times 0,60 \text{ m} = 1,20 \text{ kN/m}$ $\gamma_f = 1,3$

OBCIĄŻENIA MAX PRZĘSŁA PŁATEW-KALENICA (w odl. w rzucie 0,90m od kalenicy):

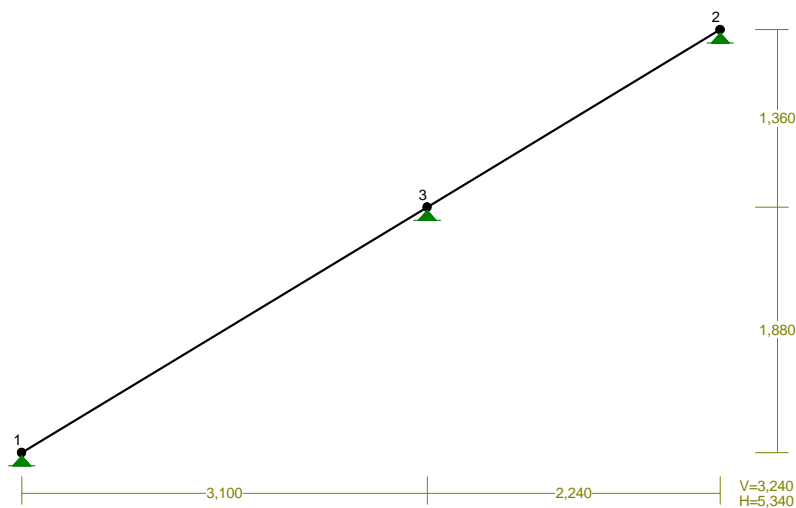
Obc. śniegiem: $2 \times 0,94 \text{ kN/m}^2 \times 0,45 \text{ m} = 0,85 \text{ kN/m}$ $\gamma_f = 1,5$

Parcie wiatru: $2 \times 0,13 \text{ kN/m}^2 \times 0,45 \text{ m} = 0,12 \text{ kN/m}$ $\gamma_f = 1,5$

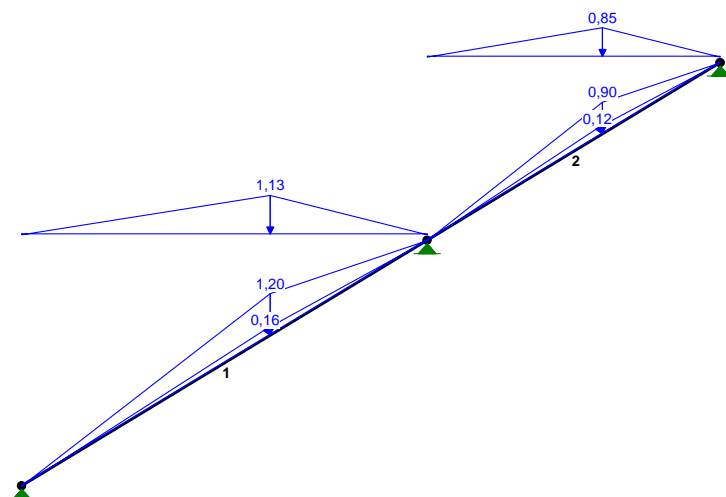
Ciężar pokrycia: $2 \times 1,00 \text{ kN/m}^2 \times 0,45 \text{ m} = 0,90 \text{ kN/m}$ $\gamma_f = 1,3$

3.2. OBLICZENIE SIŁ WEWNĘTRZNYCH

SCHEMAT STATYCZNY:



OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:

Grupa:	G	"Ciężar pokrycia"		Stałe	$\gamma_f = 1,30$	
1	Liniowe	0,0	0,00	1,20	0,00	2,22
1	Liniowe	0,0	1,20	0,00	2,22	3,63
2	Liniowe	0,0	0,00	0,90	0,00	1,57
2	Liniowe	0,0	0,90	0,00	1,57	2,62

Grupa:	L	"Wiatr z lewej"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	31,3	0,00	0,16	0,00	2,22
1	Liniowe	31,3	0,16	0,00	2,22	3,63
2	Liniowe	31,3	0,00	0,12	0,00	1,57
2	Liniowe	31,3	0,12	0,00	1,57	2,62

Grupa:	S	"Śnieg"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe-Y	0,0	0,00	1,13	0,00	2,22
1	Liniowe-Y	0,0	1,13	0,00	2,22	3,63
2	Liniowe-Y	0,0	0,00	0,85	0,00	1,57
2	Liniowe-Y	0,0	0,85	0,00	1,57	2,62

=====

W Y N I K I

Teoria I-go rzędu

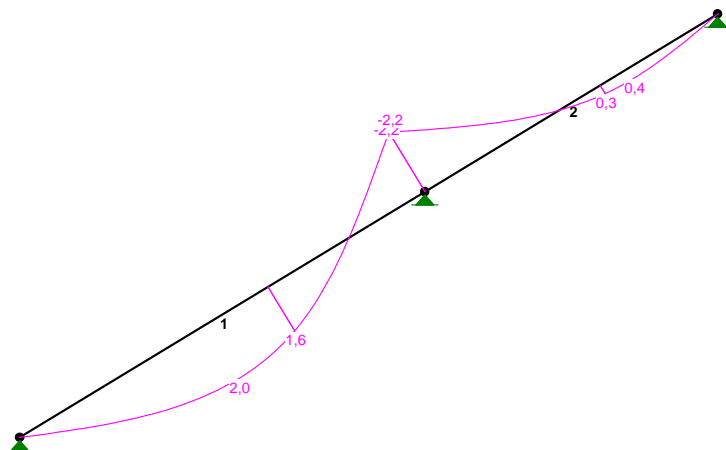
=====

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

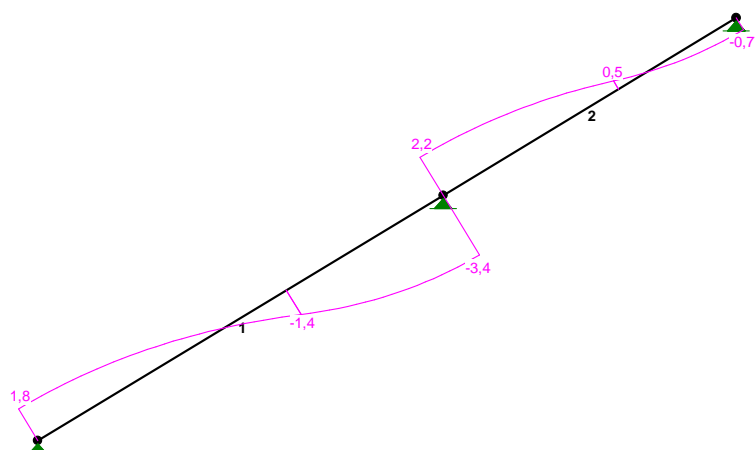
Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :

Ciężar wł.			1,10
G - "Ciężar pokrycia"	Stałe		1,30
L - "Wiatr z lewej"	Zmienne	1	1,00
S - "Śnieg"	Zmienne	1	1,00

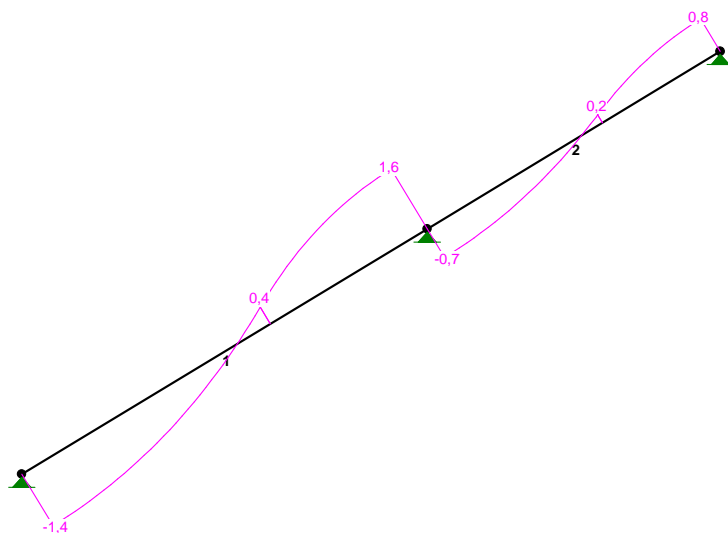
MOMENTY:



TNĄCE :



NORMALNE :



SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+GLS

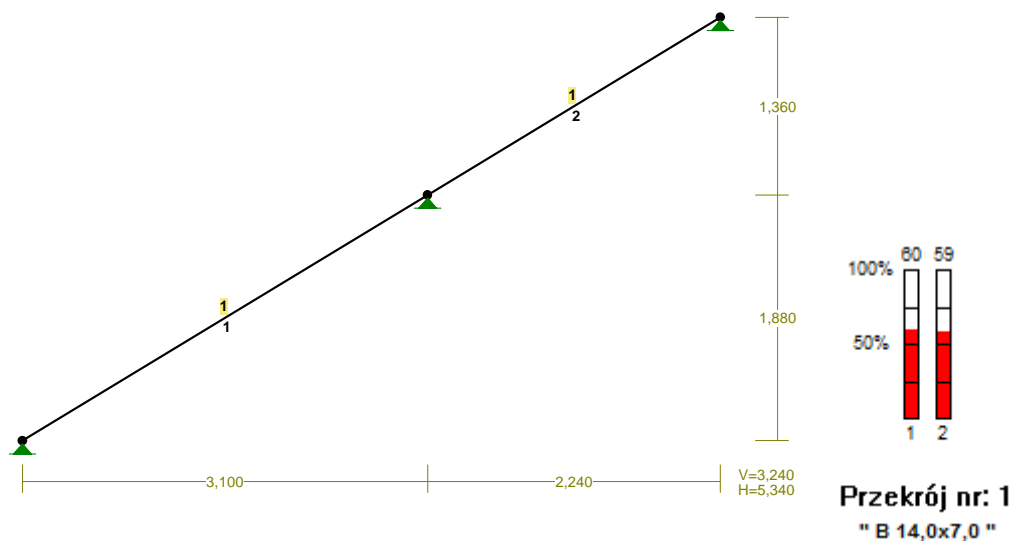
Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,0	1,8	-1,4
	0,46	1,667	2,0*	-0,0	-0,3
	1,00	3,626	-2,2	-3,4	1,6
2	0,00	0,000	-2,2	2,2	-0,7
	0,69	1,814	0,4*	0,0	0,5
	1,00	2,621	-0,0	-0,7	0,8

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+GLS

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,2	2,3	2,3	
2	0,4	1,0	1,1	
3	-0,9	6,0	6,1	

3.3. SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI PRZEKROJÓW

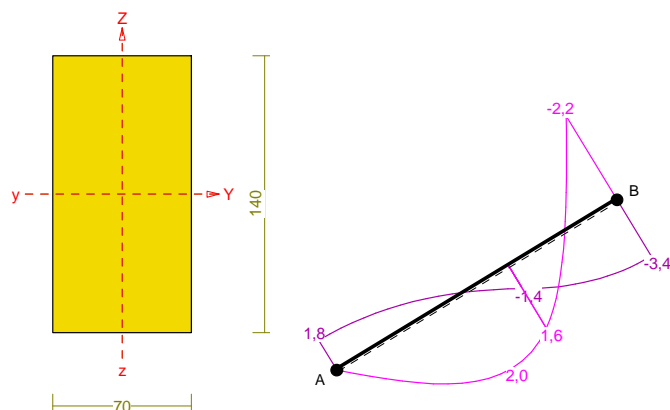


WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	W _g [cm ³]	W _d [cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	98,0	1601	400	229	229	14,0	71 Drewno C24

WYMIAROWANIE PRZEKROJU - Pręt nr 1

Zadanie: RZLT_Krok_nar



Przekrój: 1 „B 14,0x7,0”

Wymiary przekroju:

$$h=140,0 \text{ mm} \quad b=70,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=1600,7; \quad J_z=400,2 \text{ cm}^4; \quad A=98,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=4,0; \quad i_z=2,0 \text{ cm}; \quad W_y=228,7; \quad W_z=114,3 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$$K_{mod} = 0,90$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

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

$$f_{m,d} = 16,62 \text{ MPa}$$

OBLICZENIA STATYCZNE WIEŻBY DACHOWEJ	str. 3 / 15
BUDYNEK MANUFAKTURY – RYZALIT	

$$\begin{aligned}
 f_{t,0,k} &= 14,00 & f_{t,0,d} &= 9,69 \text{ MPa} \\
 f_{t,90,k} &= 0,50 & f_{t,90,d} &= 0,35 \text{ MPa} \\
 f_{c,0,k} &= 21,00 & f_{c,0,d} &= 14,54 \text{ MPa} \\
 f_{c,90,k} &= 2,50 & f_{c,90,d} &= 1,73 \text{ MPa} \\
 f_{v,k} &= 2,50 & f_{v,d} &= 1,73 \text{ MPa} \\
 E_{0,\text{mean}} &= 11000 \text{ MPa} \\
 E_{90,\text{mean}} &= 370 \text{ MPa} \\
 E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\
 G_{\text{mean}} &= 690 \text{ MPa} \\
 \rho_k &= 350 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

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

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=3,63 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach „GLS”.

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 98,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 1,6 / 98,00 \times 10 = \mathbf{0,16} < \mathbf{9,69} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,63 \text{ m}$, przy obciążeniach „GLS”.

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

$$l_c = \mu l = 0,817 \times 3,626 = 2,962 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,626 = 3,626 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 2,962 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 3,626 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,962 / 0,0404 = 73,29$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,626 / 0,0202 = 179,42$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (73,29)^2 = 13,60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (179,42)^2 = 2,27 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21 / 13,60} = 1,243$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21 / 2,27} = 3,042$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,243 - 0,5) + (1,243)^2] = 1,347$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (3,042 - 0,5) + (3,042)^2] = 5,382$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,347 + \sqrt{1,347^2 - 1,243^2}) = 0,536$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (5,382 + \sqrt{5,382^2 - 3,042^2}) = 0,102$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 98,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 1,4 / 98,00 \times 10 = \mathbf{0,14} < \mathbf{1,48} = 0,102 \times 14,54 = k_{c,z} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,67 \text{ m}$; $x_b=1,96 \text{ m}$, przy obciążeniach „GLS”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,03}{0,536 \times 14,54} + 0,7 \times \frac{0,00}{16,62} + \frac{8,75}{16,62} = \mathbf{0,531} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,03}{0,102 \times 14,54} + \frac{0,00}{16,62} + 0,7 \times \frac{8,75}{16,62} = \mathbf{0,392} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=3,63 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach „GLS”.

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

OBLICZENIA STATYCZNE WIEŻBY DACHOWEJ	str. 3 / 16
BUDYNEK MANUFAKTURY – RYZALIT	

$$l_d = 1,00 \times 3626 + 140 + 140 = 3906 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,\text{mean}}}{G_{\text{mean}}}} = \sqrt{\frac{3906 \times 140 \times 16,62}{3,142 \times 70^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,564$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,2 / 228,67 \times 10^3 = \mathbf{9,66} < \mathbf{16,62} = 1,000 \times 16,62 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=3,63$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „GLS”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,16}{9,69} + \frac{9,66}{16,62} + 0,7 \times \frac{0,00}{16,62} = \mathbf{0,598} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,16}{9,69} + 0,7 \times \frac{9,66}{16,62} + \frac{0,00}{16,62} = \mathbf{0,423} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,67$ m; $x_b=1,96$ m, przy obciążeniach „GLS”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,03^2}{14,54^2} + \frac{8,75}{16,62} + 0,7 \times \frac{0,00}{16,62} = \mathbf{0,527} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,03^2}{14,54^2} + 0,7 \times \frac{8,75}{16,62} + \frac{0,00}{16,62} = \mathbf{0,369} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=3,63$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „GLS”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 3,4 / 98,00 \times 10 = 0,52 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,0 / 98,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,52^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,52} < \mathbf{1,73} = 1,000 \times 1,73 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=1,67$ m; $x_b=1,96$ m, przy obciążeniach „GLS”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 24,2 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas $u_{\text{net,fin}} = 36,3 \text{ mm}$.

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = -4,9 \times (1 + 0,60) = -7,8 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych („LS”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = -4,5 \times (1 + 0,00) = -4,5 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -7,8 + -4,5 = \mathbf{12,3} < \mathbf{36,3} = u_{\text{net,fin}}$$

UWAGA!

Maksymalne wykorzystanie przekrojów wynosi 60% - krokwie narożne posiadają wystarczającą nośność.

POZ.4. PŁATWIE I SŁUPY

4.1. ZEBRANIE OBCIĄŻEŃ

REAKCJE OD KROKWI (rozstawionych co 0,90m) – WIELKOŚCI OBLICZENIOWE

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
4	2,9*	9,3	9,7		GPS
	0,8*	5,8	5,8		GL
	1,8	10,4*	10,6		GLS
	1,8	4,7*	5,0		GP
	1,8	10,4	10,6*		GLS

Do obliczeń przyjęto reakcje z kombinacji obciążeń GLS
Średni współczynnik obciążenia dla kombinacji GLS wynosi:
 $\gamma_f = (1,17 + 0,18 + 1,17) / (0,85 + 0,12 + 0,90) = 1,35$

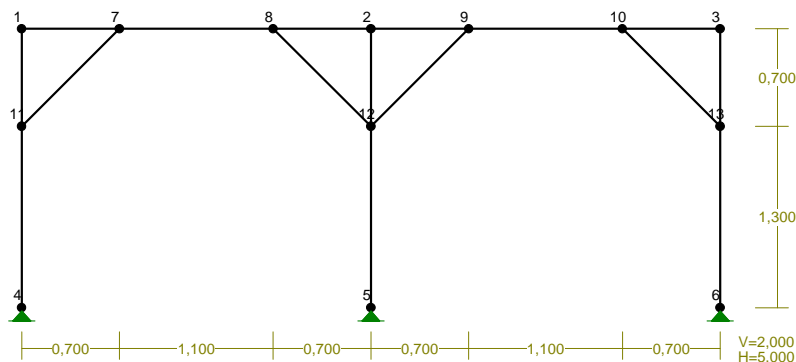
OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE NA 1mb PŁATWI:

$$V_k = (10,4 : 0,90) / 1,35 = 8,56 \text{ kN/m} \quad \gamma_f = 1,35$$

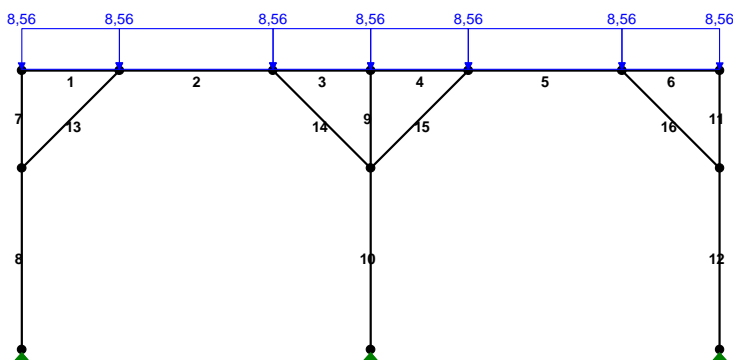
$$H_k = (1,8 : 0,90) / 1,35 = 1,48 \text{ kN/m} \quad \gamma_f = 1,35$$

4.2. OBLICZENIE SIŁ WEWNĘTRZNYCH

SCHEMAT STATYCZNY:



OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:

Grupa:	R	"Reakcje z płatwi"		Zmienne	$\gamma_f = 1,35$	
1	Liniowe	0,0	8,56	8,56	0,00	0,70
2	Liniowe	0,0	8,56	8,56	0,00	1,10
3	Liniowe	0,0	8,56	8,56	0,00	0,70
4	Liniowe	0,0	8,56	8,56	0,00	0,70
5	Liniowe	0,0	8,56	8,56	0,00	1,10
6	Liniowe	0,0	8,56	8,56	0,00	0,70

=====

W Y N I K I

Teoria I-go rzędu

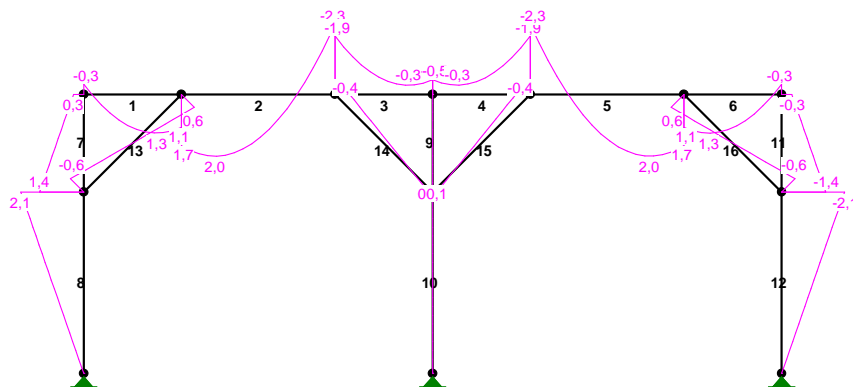
=====

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :

Ciężar wł.			1,10
R - "Reakcje z płatwi"	Zmienne 1	1,00	1,35

MOMENTY:



OBLICZENIA STATYCZNE WIĘZBY DACHOWEJ						str. 3 / 20
BUDYNEK MANUFAKTURY – RYZALIT						

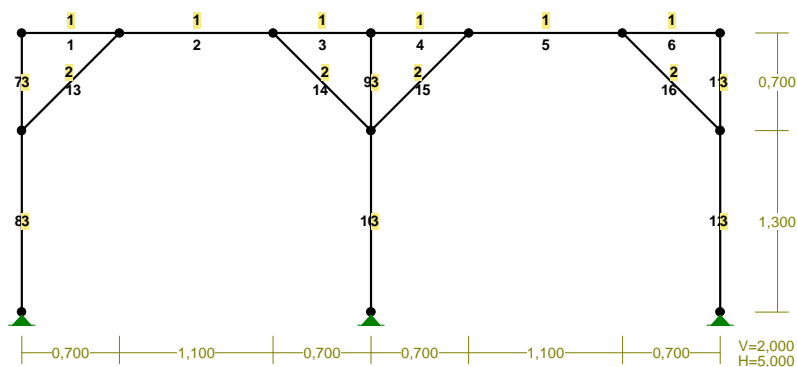
6	0,00	0,000	1,1	2,1	1,6
	0,25	0,178	1,3*	-0,0	1,6
	1,00	0,700	-0,3	-6,1	1,6
7	0,00	0,000	0,3	1,6	-6,1
	1,00	0,700	1,4	1,6	-6,2
8	0,00	0,000	2,1	-1,6	-11,1
	1,00	1,300	-0,0	-1,6	-11,2
9	0,00	0,000	-0,0	0,0	-4,1
	1,00	0,700	0,0	0,0	-4,1
10	0,00	0,000	0,0	-0,0	-36,5
	1,00	1,300	-0,0	-0,0	-36,6
11	0,00	0,000	-0,3	-1,6	-6,1
	1,00	0,700	-1,4	-1,6	-6,2
12	0,00	0,000	-2,1	1,6	-11,1
	1,00	1,300	0,0	1,6	-11,2
13	0,00	0,000	-0,6	1,2	-5,7
	1,00	0,990	0,6	1,2	-5,7
14	0,00	0,000	-0,4	0,5	-23,3
	1,00	0,990	0,1	0,5	-23,3
15	0,00	0,000	0,1	-0,5	-23,3
	1,00	0,990	-0,4	-0,5	-23,3
16	0,00	0,000	0,6	-1,2	-5,7
	1,00	0,990	-0,6	-1,2	-5,7

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+R

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
4	1,6	11,2	11,3	
5	0,0	36,6	36,6	
6	-1,6	11,2	11,3	

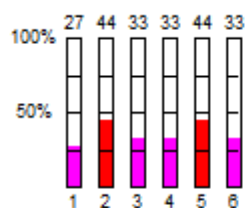
4.3. SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI PRZEKROJÓW



WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

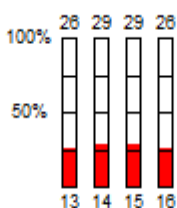
Nr.	A[cm ²]	I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	W _g [cm ³]	W _d [cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	196,0	3201	3201	457	457	14,0	71 Drewno C24
2	100,0	833	833	167	167	10,0	71 Drewno C24
3	196,0	3201	3201	457	457	14,0	71 Drewno C24

NOŚNOŚĆ PŁATWI



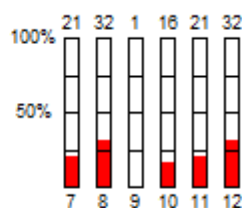
Przekrój nr: 1
" B 14,0x14,0 "

NOŚNOŚĆ MIECZY



Przekrój nr: 2
" B 10,0x10,0 "

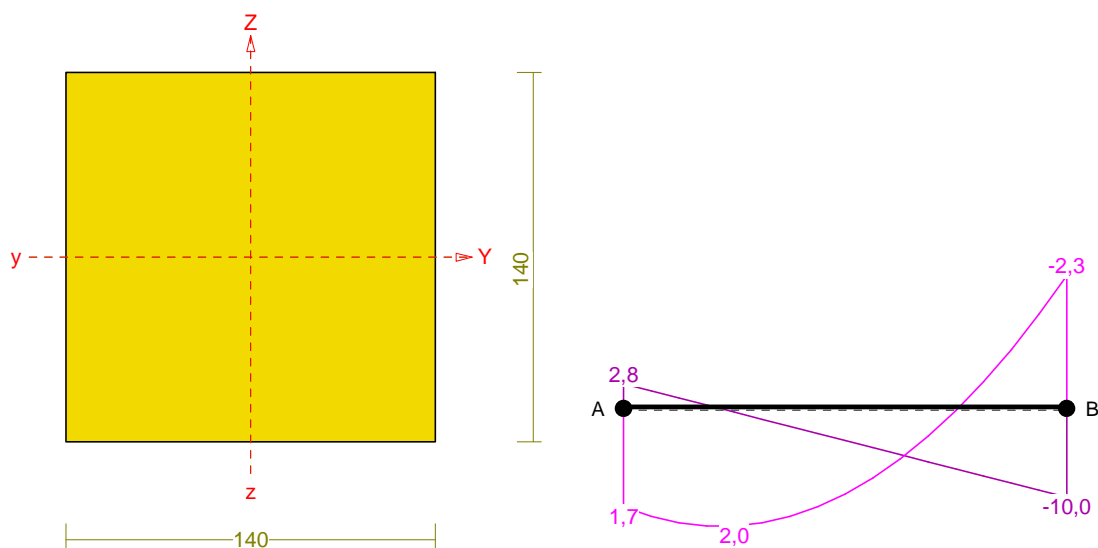
NOŚNOŚĆ SŁUPÓW



Przekrój nr: 3
" B 14,0x14,0 "

WYMIAROWANIE PRZEKROJU - Pręt nr 2

Zadanie: RZLT_Płatew



Przekrój: 1 „B 14,0x14,0”

Wymiary przekroju:

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

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=3201,3; J_{zg}=3201,3 \text{ cm}^4; A=196,00 \text{ cm}^2; i_y=4,0; i_z=4,0 \text{ cm}; W_y=457,3; W_z=457,3 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$$K_{mod} = 0,90$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

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

$$f_{m,d} = 16,62 \text{ MPa}$$

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

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

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

$$f_{t,90,d} = 0,35 \text{ MPa}$$

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

$$f_{c,0,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

OBLICZENIA STATYCZNE WIEŻBY DACHOWEJ	str. 3 / 22
BUDYNEK MANUFAKTURY – RYZALIT	

$$\begin{aligned}
 f_{c,90,k} &= 2,50 & f_{c,90,d} &= 1,73 \text{ MPa} \\
 f_{v,k} &= 2,50 & f_{v,d} &= 1,73 \text{ MPa} \\
 E_{0,\text{mean}} &= 11000 \text{ MPa} \\
 E_{90,\text{mean}} &= 370 \text{ MPa} \\
 E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\
 G_{\text{mean}} &= 690 \text{ MPa} \\
 \rho_k &= 350 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Obciążenie prostopadłe do płaszczyzny układu:

Przyjęto charakterystyczne wartości momentów przywęzłowych $M_a = 0,0$ i $M_b = 0,0$ kNm oraz obciążenia rozłożonego na całej długości pręta $q = 1,5$ kN/m. Przyjęto stały moment skręcający $M_{\text{tor}} = 0,0$ kNm. Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi $\gamma_f = 1,35$.

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

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

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a = 0,00$ m; $x_b = 1,10$ m, przy obciążeniach „R”.

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

$$l_c = \mu l = 0,760 \times 1,100 = 0,836 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,100 = 1,100 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 0,836 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 1,100 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 0,836 / 0,0404 = 20,69$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,100 / 0,0404 = 27,22$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (20,69)^2 = 170,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (27,22)^2 = 98,59 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{21/170,68} = 0,351$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{21/98,59} = 0,462$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,351 - 0,5) + (0,351)^2] = 0,547$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,462 - 0,5) + (0,462)^2] = 0,603$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (0,547 + \sqrt{0,547^2 - 0,351^2}) = 1,035$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (0,603 + \sqrt{0,603^2 - 0,462^2}) = 1,010$$

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

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 1,6 / 196,00 \times 10 = 0,08 < 14,68 = 1,010 \times 14,54 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a = 1,10$ m; $x_b = 0,00$ m, przy obciążeniach „R”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,08}{1,035 \times 14,54} + 0,7 \times \frac{0,00}{16,62} + \frac{4,98}{16,62} = 0,305 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,08}{1,010 \times 14,54} + \frac{0,00}{16,62} + 0,7 \times \frac{4,98}{16,62} = 0,215 < 1$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a = 1,10$ m; $x_b = 0,00$ m, przy obciążeniach „R”.

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

$$l_d = 1,00 \times 1100 + 140 + 140 = 1380 \text{ mm}$$

OBLICZENIA STATYCZNE WIEŻBY DACHOWEJ	str. 3 / 23
BUDYNEK MANUFAKTURY – RYZALIT	

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1380 \times 140 \times 16,62}{3,142 \times 140^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,168$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,3 / 457,33 \times 10^3 = \mathbf{4,98} < \mathbf{16,62} = 1,000 \times 16,62 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,10$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „R”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{4,98}{16,62} + 0,7 \times \frac{0,00}{16,62} = \mathbf{0,300} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{4,98}{16,62} + \frac{0,00}{16,62} = \mathbf{0,210} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,10$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „R”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,08^2}{14,54^2} + \frac{4,98}{16,62} + 0,7 \times \frac{0,00}{16,62} = \mathbf{0,300} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,08^2}{14,54^2} + 0,7 \times \frac{4,98}{16,62} + \frac{0,00}{16,62} = \mathbf{0,210} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=1,10$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „R”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 10,0 / 196,00 \times 10 = 0,77 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 1,1 / 196,00 \times 10 = 0,08 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,77^2 + 0,08^2} = \mathbf{0,77} < \mathbf{1,73} = 1,000 \times 1,73 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,28$ m; $x_b=0,83$ m, przy obciążeniach „R”.

Ugięcia graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 7,3 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas $u_{net,fin} = 11,0$ mm.

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1100)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1100)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („R”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = -1,4 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1100)^2] (1 + 0,00) = -1,8 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,1 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1100)^2] (1 + 0,00) = 0,1 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,fin} = 0,0 + -1,8 = \mathbf{1,9} < \mathbf{11,0} = u_{net,fin}$$

$$u_{y,fin} = 0,0 + 0,1 = \mathbf{0,1} < \mathbf{11,0} = u_{net,fin}$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = \sqrt{1,4^2 + 0,1^2} = \mathbf{1,9} < \mathbf{11,0} = u_{net,fin}$$

UWAGA!

Maksymalne wykorzystanie przekrojów wynosi 44% - płatwie, słupy i miecze posiadają wystarczającą nośność.

OBLICZENIA STATYCZNE WIEŻBY DACHOWEJ	str. 3 / 24
BUDYNEK MANUFAKTURY – RYZALIT	