

## Załącznik Z3

do pracy nr PK-202/2016

Adres obiektu:  
**47-200 Kędzierzyn-Koźle**  
**ul. Skarbowa nr 1**

***Ekspertyza techniczna  
dotycząca oceny stanu bezpieczeństwa konstrukcji  
budynku mieszkalno-użytkowego przy ul. Skarbowej nr 1  
w K-Koźlu oraz inwentaryzacja budowlana tego budynku***

## Sprawdzające obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

**dr inż. Piotr KUCZ**  
RZECZOZNAWCA BUDOWLANY

z list Wojewody Opolskiego nr 3/2000  
Centralny Rejestr Rzeczoznawców Budowlanych nr 83/00/R  
47-224 Kędzierzyn-Koźle, Al. Partyzantów nr 10 B/4  
tel. +48 77 483 44 38    tel. kom. +48 602 396 355

## SPIS TREŚCI

<b>Z3- 1. OBCIĄŻENIA KONSTRUKCJI.....</b>	<b>3</b>
Z3-1.1. OBCIĄŻENIA KROKWII .....	3
Z3-1.2. OBCIĄŻENIA PŁATWI, SŁUPA I NAMURNICY W KONSTRUKCJI WIEŻBY .....	4
Z3-1.3. OBCIĄŻENIE SŁUPA WIEŻBY ZASADNICZEGO UKŁADU POPRZECZNEGO UP .....	5
Z3-1.4. OBCIĄŻENIA ŚCIAN.....	5
Z3-1.5. OBCIĄŻENIA FUNDAMENTÓW .....	6
<b>Z3- 2. NOŚNOŚĆ KONSTRUKCJI DLA OBCIĄŻEŃ NORMOWYCH .....</b>	<b>7</b>
Z3-2.1. UKŁAD POŚREDNI (UP).....	7
Z3-2.2. UKŁAD GŁÓWNY (UG) .....	24
Z3-2.3. UKŁAD PODŁUŻNY – PŁATEW .....	48
Z3-2.4. POPRZECZNE MURY NOŚNE.....	61
Z3-2.5. POZIOM POSADOWIENIA .....	63
<b>Z3- 3. PODSUMOWANIE .....</b>	<b>66</b>

## Z3- 1. Obciążenia konstrukcji

Układy i grubości warstw stropów, dachu, ścian itp. przyjęto na podstawie odkrywek kontrolnych i inwentaryzacji. Ciężary objętościowe, czy powierzchniowe poszczególnych materiałów przyjęto zgodnie normami dla obciążeń stałych [4] i [5]. Ciężary własne elementów obliczanych są generowane automatycznie przez programy obliczeniowe.

Dla obciążeń zmiennych zastosowano reguły i wartości podane w normach [6, 7, 8, 9 i 10].

### Z3-1.1. Obciążenia krokwi

Obciążenia krokwi dachowych wykonano dla ich maksymalnego rozstawu  $a=0,85$  m. – zestawiono je jako liniowe. Kąt nachylenia krokwi do poziomu wynosi  $\alpha = 39,0^\circ$ .

Tablica Z3-1. Obciążenia stałe

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m
1.	Dachówka cementowa karpiówka podwójnie szer.85 cm [0,750kN/m <sup>2</sup> ·0,85m]	0,64	1,20	--	0,77
2.	Łaty drewniane pod dachówki 3 szt. grub. 6 cm i szer.4 cm [3·6,0kN/m <sup>3</sup> ·0,06m·0,04m]	0,03	1,20	--	0,04
	<b>Σ:</b>	<b>0,67</b>	1,20	--	<b>0,80</b>
	$q_{\perp} = q =$	0,67			0,80
	$q_{\parallel} = q \cdot \sin 39,0^\circ / \cos 39,0^\circ =$	0,54			0,65
	$q_{\text{pion}} = q / \cos 39,0^\circ$	<b>0,86</b>	1,2		<b>1,03</b>

Tablica Z3-2. Obciążenie śniegiem

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m
1.	Obciążenie śniegiem połaci <u>bardziej</u> obciążonej dachu dwuspadowego wg PN-80/B-02010/Az1/Z1-1 (strefa 2 => $Q_k = 0,9$ kN/m <sup>2</sup> , nachylenie połaci $\alpha=39,0^\circ$ => $C_2=0,840$ ) szer.85 cm [0,756kN/m <sup>2</sup> ·0,85m]	0,64	1,50	0,00	0,96
2.	Obciążenie śniegiem <u>mniej</u> obciążonej połaci dachu dwuspadowego wg PN-80/B-02010/Az1/Z1-1 (strefa 2=> $Q_k = 0,9$ kN/m <sup>2</sup> , nachylenie połaci $\alpha=39,0^\circ$ => $C_1=0,560$ ) szer.85 cm [0,504kN/m <sup>2</sup> ·0,85m]	0,43	1,50	0,00	0,64

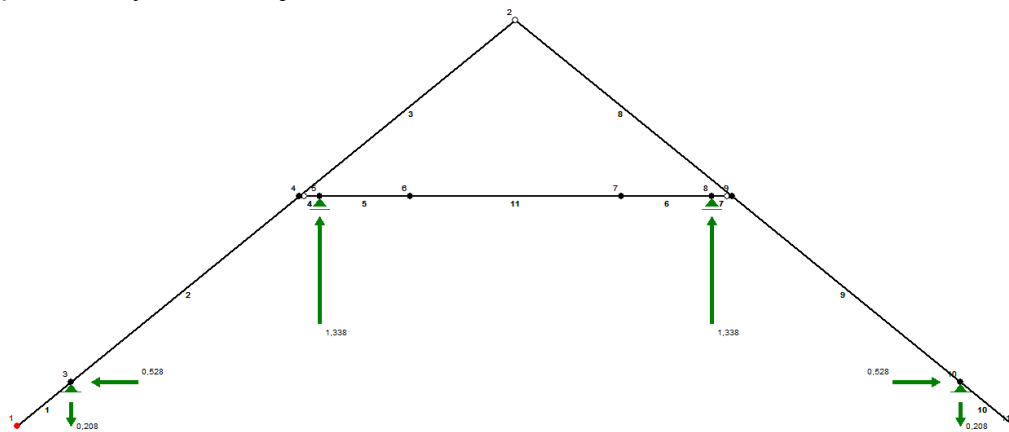
Tablica Z3-3. Obciążenie wiatrem

Obciążenie wiatrem połaci dachu -wg PN-B-02011:1977/Az1/Z1-3 (strefa I, $H=180$ m n.p.m. => $q_k = 0,30$ kN/m <sup>2</sup> , teren B, $z=H=10,0$ m, => $C_e=0,75$ , budowla zamknięta, wymiary budynku $H=10,0$ m, $B=13,5$ m, $L=60,0$ m,					
Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m
1.	Obc. wiatrem połaci <u>nawietrznej</u> dachu - wariant I, kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 39,0^\circ$ => wsp. aerodyn. $C=-0,045$ , $\beta=1,80$ ) szer.85 cm [-0,018kN/m <sup>2</sup> ·0,85m]	-0,02	1,50	0,00	-0,03
2.	Obc. wiatrem połaci <u>nawietrznej</u> dachu - wariant II, kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 39,0^\circ$ => wsp. aerodyn. $C=0,385$ , $\beta=1,80$ ) szer.85 cm [0,156kN/m <sup>2</sup> ·0,85m]	0,13	1,50	0,00	0,20
3.	Obciążenie wiatrem połaci <u>zawietrznej</u> dachu – w. I i II kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 39,0^\circ$ => wsp. aerodyn. $C=-0,4$ , $\beta=1,80$ ) szer.85 cm [-0,162kN/m <sup>2</sup> ·0,85m]	-0,14	1,50	0,00	-0,21

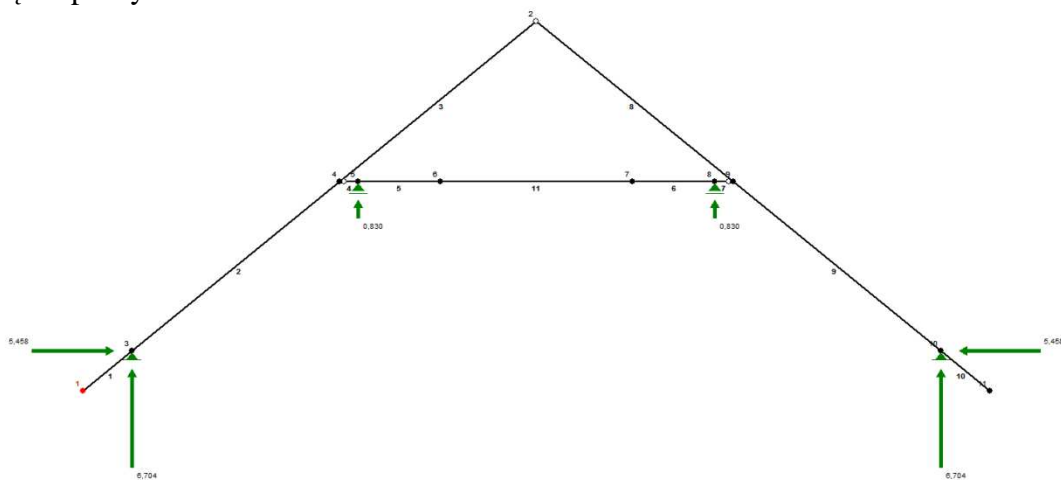
**Z3-1.2. Obciążenia płatwi, słupa i namurnicy w konstrukcji więźby**

Płatwi, słupów w konstrukcji więźby dachowej są obciążone reakcjami krokwi od poszczególnych obciążeń. Na każdy słup podpierający płatwę przypada 4 krokwie. Z rozwiązania pojedynczego, pośredniego układu statycznego uzyskano rezultaty jak poniżej. Słupy zasadniczych układów poprzecznych są obciążone reakcjami z płatwi pochodzącymi z obciążeń układów pośrednich.

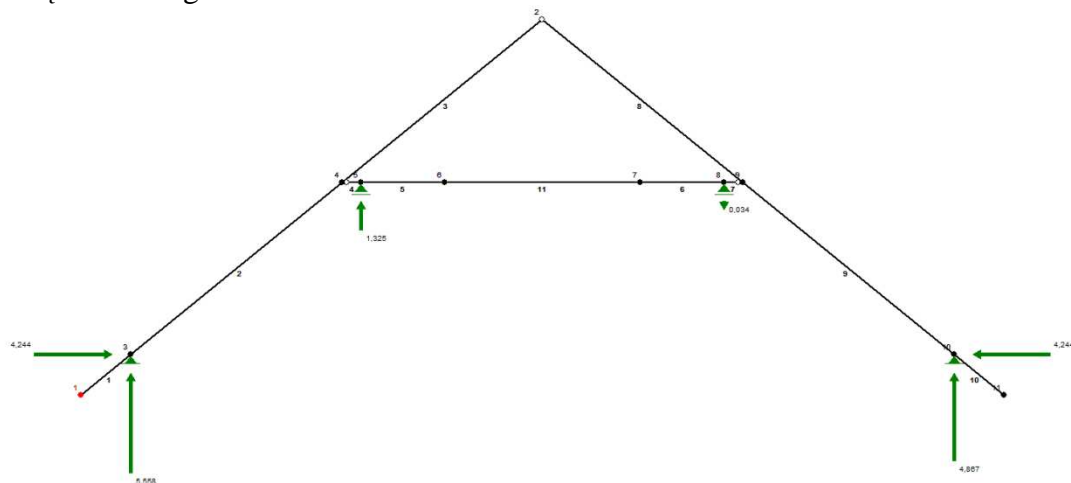
a) ciężar własny konstrukcji



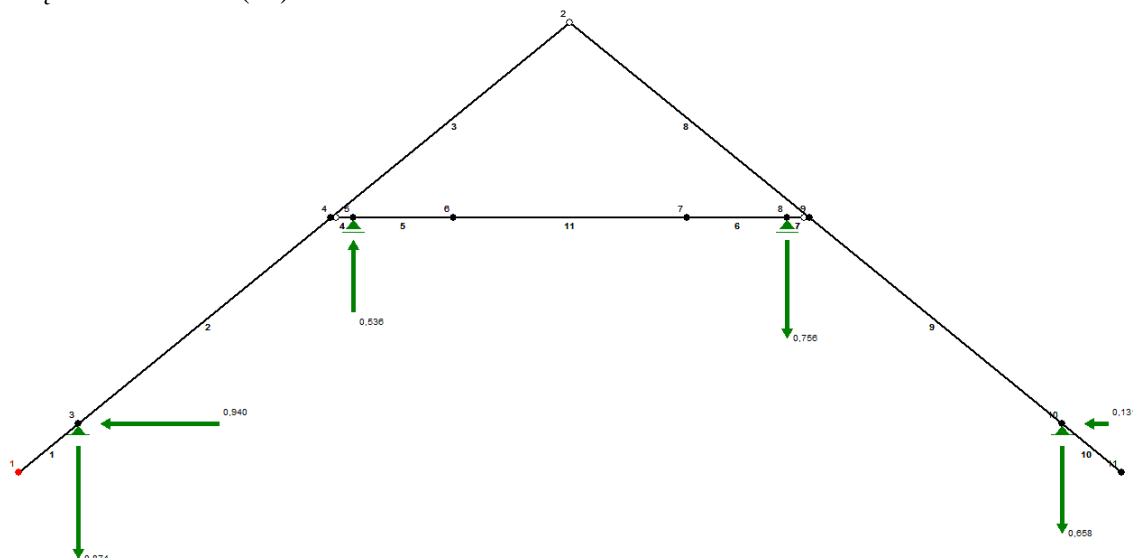
b) ciężar poszycia dachu



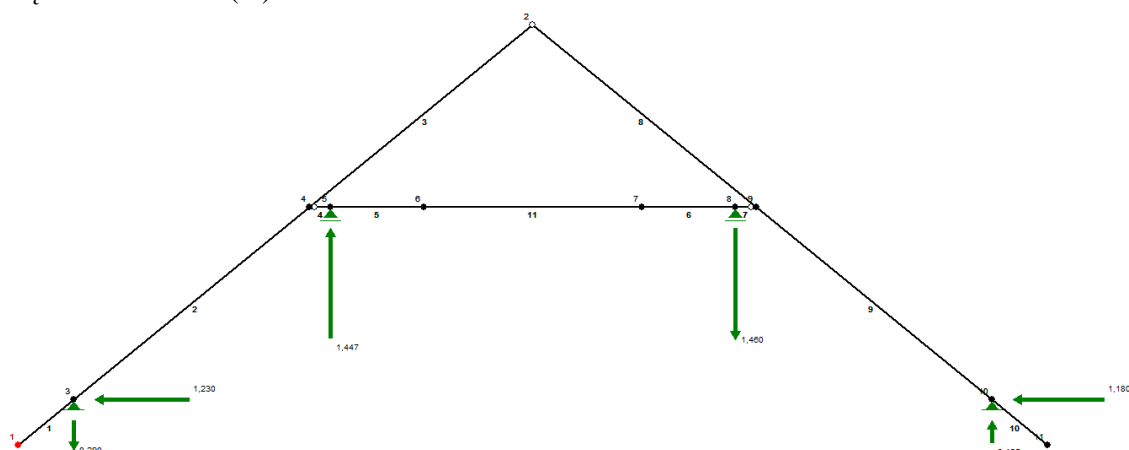
c) obciążenie śniegiem



d) obciążenie wiatrem (W) – wariant I



e) obciążenie wiatrem (V) – wariant II



### Z3-1.3. Obciążenie słupa więźby zasadniczego układu poprzecznego UP

Do obliczeń wytypowano zasadniczy układ poprzeczny, który jest obciążony reakcjami płatek, na których ułożone są po 4 krokwie z każdej strony.

Tablica Z3-4. Obciążenia słupów UP

Lp	Opis obciążenia	$N_L$ [kN]	$N_P$ [kN]
1.	Ciężar własny konstrukcji i poszycia (G)	$4 \cdot (1,338 + 0,83) = 8,672$	$4 \cdot (1,338 + 0,83) = 8,672$
2.	Obciążenie śniegiem (S)	$4 \cdot 1,325 = 5,30$	$4 \cdot (-0,034) = -0,136$
3.	Obciążenie wiatrem – wariant I (W)	$4 \cdot 0,536 = 2,144$	$4 \cdot (-0,756) = -3,024$
4.	Obciążenie wiatrem – wariant II (V)	$4 \cdot 1,447 = 5,788$	$4 \cdot 1,460 = 5,840$

### Z3-1.4. Obciążenia ścian

Zestawienie dotyczy wewnętrznych ścian poprzecznych, jako znajdujących się w najniekorzystniejszych warunkach statyczno-wytrzymałościowych. Wykonano je tylko dla obciążeń grawitacyjnych (stałe, użytkowe), które sumują się dla najniekorzystniejszej sytuacji obliczeniowej i przypadają na 1 mb ściany.

Zestawienia obciążeń dokonano przy następujących założeniach:

- a) wysokość ściany od poziomu posadzki parteru do poziomu posadzki poddasza wynosi  $h_0=5,35\text{ m}$ .
- b) grubość ścian  $t=1,95\text{ m}$ ,
- c) pasmo, z którego zbierane jest obciążenie  $b=(4,70+1,95)=6,65\text{ m}$
- d) grubość sklepienia  $t_s=0,98\text{ m}$ ,
- e) długość łuku sklepienia  $s=0,5 \times \pi \times 4,70=7,40\text{ m}$ .

Tablica Z3-5. Obciążenia stałe

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m
1.	Posadzka betonowa grub. 10 cm i szer.665 cm [24,0kN/m <sup>3</sup> ·0,10m·6,65m]	15,96	1,30	--	20,75
2.	Zasyпка piaskowa grub. 65 cm i szer.665 cm [17,0kN/m <sup>3</sup> ·0,65m·6,65m]	73,48	1,30	--	95,52
3.	Sklepienie kolebkowe z cegły (cegła budowlana wypalana z gliny, pełna) gr. 98 cm i dł. 2·740 cm=1480 cm [18,000kN/m <sup>3</sup> ·0,98m·14,80]	261,07	1,30	--	339,39
4.	Mur z cegły (cegła budowlana wypalana z gliny, pełna) grub. 195 cm i wys.535 cm [18,000kN/m <sup>3</sup> ·1,95m·5,35m]	187,78	1,30	--	244,11
	<b>Σ:</b>	<b>538,29</b>	1,30	--	<b>699,78</b>

Tablica Z3-6. Obciążenia zmienne

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m
1.	Obciążenie zmienne (poddasza z dostępem z klatki schodowej) szer.665 cm [1,2kN/m <sup>2</sup> ·6,65m]	7,98	1,40	0,50	11,17
	<b>Σ:</b>	<b>7,98</b>	1,40	--	<b>11,17</b>

### Z3-1.5. Obciążenia fundamentów

Zestawienia obciążeń dokonano dla fundamentu wewnętrznego pod poprzeczną ścianą nośną. Założono przy tym symetryczność fundamentu jak na rys. 6.

Tablica Z3-7. Obciążenia stałe

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m
1.	Obciążenia z tablicy Z3-5:	538,29	1,30	--	699,78
2.	Ciężar muru fundamentowego do pierwszej odsadzki: [(0,52+0,30)m·1,95m·18,00kN/m <sup>3</sup> ]	28,78	1,30		37,42
3.	Ciężar muru fundamentowego do drugiej odsadzki: [0,38·(1,95+2·0,05)·18,00kN/m <sup>3</sup> ]	14,02	1,30		18,23
4.	Ciężar muru fundamentowego do trzeciej odsadzki: [0,13·(1,95+2·0,07)·18,00kN/m <sup>3</sup> ]	4,89	1,30		6,36
5.	Ciężar muru fundamentowego do czwartej odsadzki: [0,27·(1,95+2·0,24)·18,00kN/m <sup>3</sup> ]	11,81	1,30		15,35
6.	Ciężar muru fundamentowego do piątej odsadzki: [0,36·(1,95+2·0,44)·18,00kN/m <sup>3</sup> ]	18,34	1,30		23,84
	<b>Σ:</b>	<b>616,13</b>	1,30	--	<b>800,98</b>

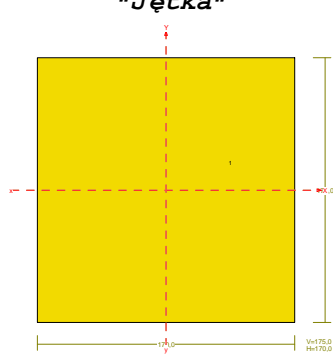
Tablica Z3-8. Obciążenia zmienne

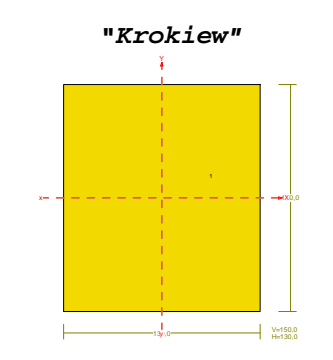
Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m
1.	Obciążenie z tablicy Z3-6	7,98	1,40	0,50	11,17
2.	Obciążenie użytkowe kazamaty: [5kN/m <sup>2</sup> ·4,70m]	23,50	1,40	0,50	32,90
	<b>Σ:</b>	<b>31,48</b>	1,40	--	<b>44,07</b>

## Z3- 2. Nośność konstrukcji dla obciążeń normowych

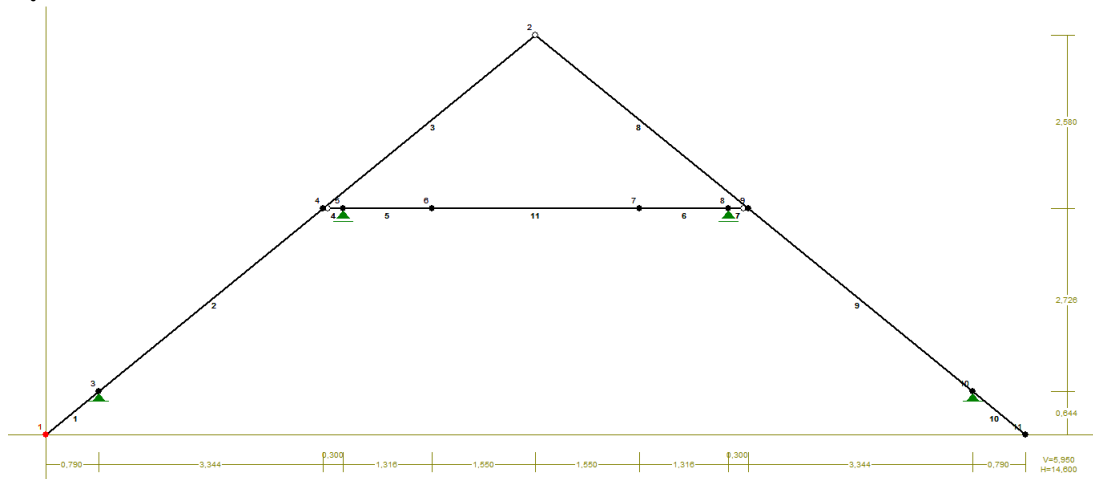
### Z3-2.1. Układ pośredni (UP)

#### Z3-2.1.1 Statyka układu pośredniego

<div><div>"Jętka"</div></div>	<div><div>CHARAKTERYSTYKA PRZĘKROJU:</div><div>Materiał: Drewno C16</div><div>Gł.centrosie bezwładn.[cm]:<div>Xc=8,5Yc=8,8</div><div>alfa=-0,0</div></div><div>Momenty bezwładności [cm4]:<div>Jx=7592,4Jy=7164,8</div><div>Moment dewiacji [cm4]:<div>Dxy=0,0</div></div></div><div>Gł.momenty bezwładn. [cm4]:<div>Ix=7592,4Iy=7164,8</div></div><div>Promienie bezwładności [cm]:<div>ix=5,1iy=4,9</div></div><div>Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:<div>Wx=867,7Wy=842,9</div><div>Wx=-867,7Wy=-842,9</div></div><div>Powierzchnia przek. [cm2]:<div>F=297,5</div></div><div>Masa [kg/m]:<div>m=11,0</div></div><div>Moment bezwładn.dla zginania w płaszcz.ukł. [cm4]:<div>Jzg=7592,4</div></div></div>																
	<table><tr><th>Nr.</th><th>Oznaczenie</th><th>Fi: [deg]</th><th>Xs: [cm]</th><th>Ys: [cm]</th><th>Sx: [cm3]</th><th>Sy: [cm3]</th><th>F: [cm2]</th></tr><tr><td>1</td><td>B 175x170</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>297,5</td></tr></table>	Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]	1	B 175x170	0	0,00	0,00	0,0	0,0	297,5
Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]										
1	B 175x170	0	0,00	0,00	0,0	0,0	297,5										

<div><div>"Krokiec"</div></div>	<div><div>CHARAKTERYSTYKA PRZĘKROJU:</div><div>Materiał: Drewno C16</div><div>Gł.centrosie bezwładn.[cm]:<div>Xc=6,5Yc=7,5</div><div>alfa=-0,0</div></div><div>Momenty bezwładności [cm4]:<div>Jx=3656,3Jy=2746,3</div><div>Moment dewiacji [cm4]:<div>Dxy=0,0</div></div></div><div>Gł.momenty bezwładn. [cm4]:<div>Ix=3656,3Iy=2746,3</div></div><div>Promienie bezwładności [cm]:<div>ix=4,3iy=3,8</div></div><div>Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:<div>Wx=487,5Wy=422,5</div><div>Wx=-487,5Wy=-422,5</div></div><div>Powierzchnia przek. [cm2]:<div>F=195,0</div></div><div>Masa [kg/m]:<div>m=7,2</div></div><div>Moment bezwładn.dla zginania w płaszcz.ukł. [cm4]:<div>Jzg=3656,3</div></div></div>																
	<table><tr><th>Nr.</th><th>Oznaczenie</th><th>Fi: [deg]</th><th>Xs: [cm]</th><th>Ys: [cm]</th><th>Sx: [cm3]</th><th>Sy: [cm3]</th><th>F: [cm2]</th></tr><tr><td>1</td><td>B 150x130</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>195,0</td></tr></table>	Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]	1	B 150x130	0	0,00	0,00	0,0	0,0	195,0
Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]										
1	B 150x130	0	0,00	0,00	0,0	0,0	195,0										

**WĘZŁY:**



Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000	7	8,850	3,370
2	7,300	5,950	8	10,166	3,370
3	0,790	0,644	9	10,466	3,370
4	4,134	3,370	10	13,810	0,644
5	4,434	3,370	11	14,600	0,000
6	5,750	3,370			

## PODPORY:

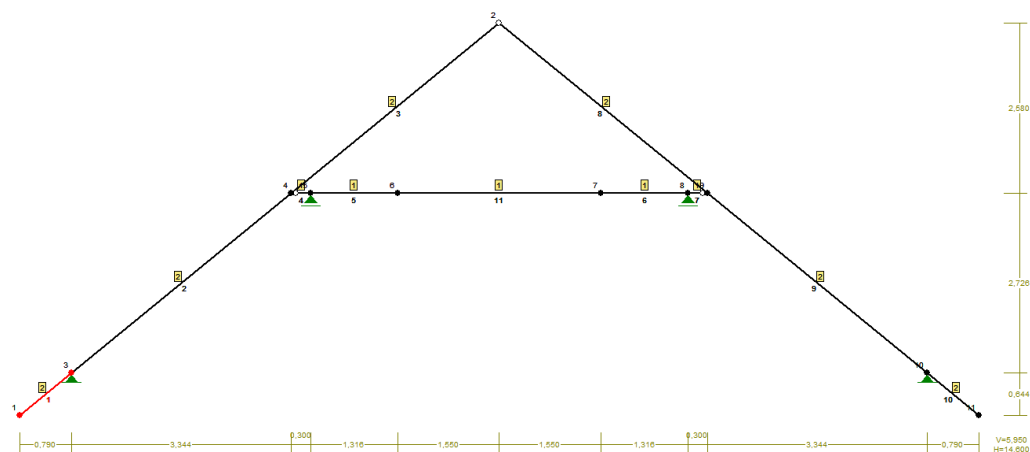
## P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx(Do*): [ m / k N ]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
3	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
5	przesuwna	0,0	0,000E+00*		
8	przesuwna	0,0	0,000E+00*		
10	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	

## OSIADANIA:

Węzeł:	Kąt:	Wx(Wo*) [m]:	Wy[m]:	Fio[grad]:
B r a k O s i a d a ń				

## PRĘTY:



## PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;  
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	3	0,790	0,644	1,019	1,000	2 Krokiew
2	00	3	4	3,344	2,726	4,314	1,000	2 Krokiew
3	01	4	2	3,166	2,580	4,084	1,000	2 Krokiew
4	10	4	5	0,300	0,000	0,300	1,000	1 Jętka
5	00	5	6	1,316	0,000	1,316	1,000	1 Jętka
6	00	7	8	1,316	0,000	1,316	1,000	1 Jętka
7	01	8	9	0,300	0,000	0,300	1,000	1 Jętka
8	10	2	9	3,166	-2,580	4,084	1,000	2 Krokiew
9	00	9	10	3,344	-2,726	4,314	1,000	2 Krokiew
10	00	10	11	0,790	-0,644	1,019	1,000	2 Krokiew
11	00	6	7	3,100	0,000	3,100	1,000	1 Jętka

## WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

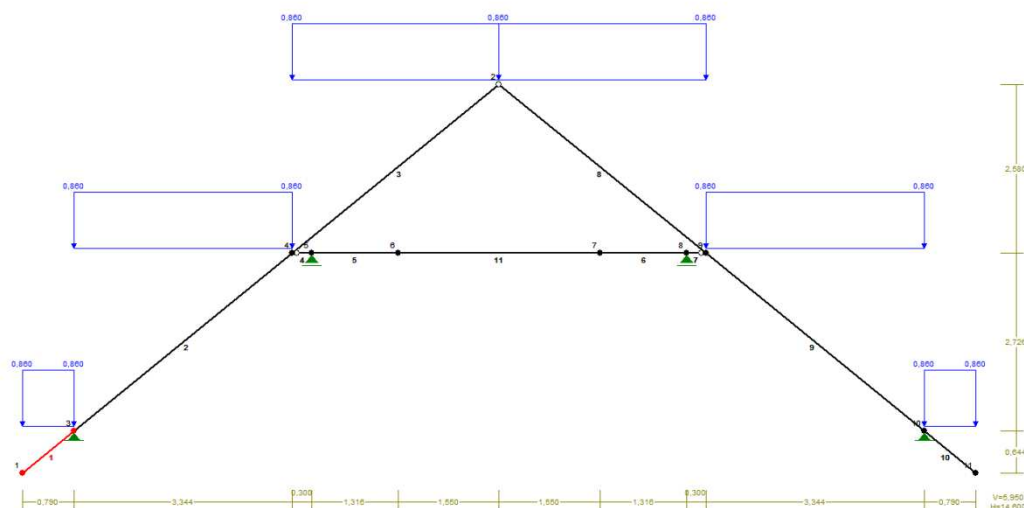
Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	297,5	7592	7165	868	868	17,5	97 Drewno C16
2	195,0	3656	2746	488	488	15,0	97 Drewno C16



## STAŁE MATERIAŁOWE:

Material:	Moduł E: [N/mm <sup>2</sup> ]	Napręż.gr.: [N/mm <sup>2</sup> ]	AlfaT: [1/K]
97 Drewno C16	8	16,000	5,00E-06

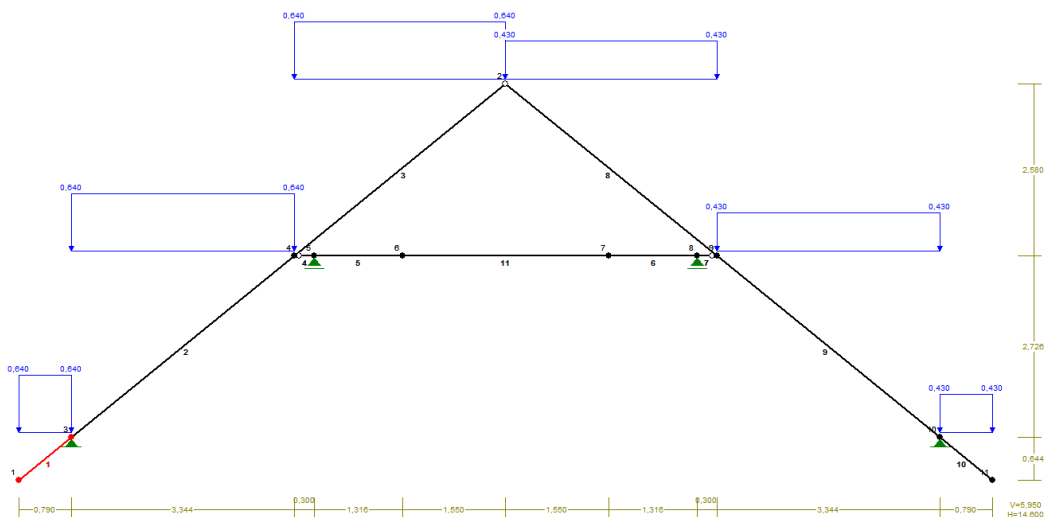
## OBCIĄŻENIA OD POKRYCIA DACHU:



## OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	G	"Pokrycie dachu"		Stałe	$\gamma_f = 1,20$	
1	Linowe-Y	0,0	0,860	0,860	0,00	1,02
2	Linowe-Y	0,0	0,860	0,860	0,00	4,31
3	Linowe-Y	0,0	0,860	0,860	0,00	4,08
8	Linowe-Y	0,0	0,860	0,860	0,00	4,08
9	Linowe-Y	0,0	0,860	0,860	0,00	4,31
10	Linowe-Y	0,0	0,860	0,860	0,00	1,02

## OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM:

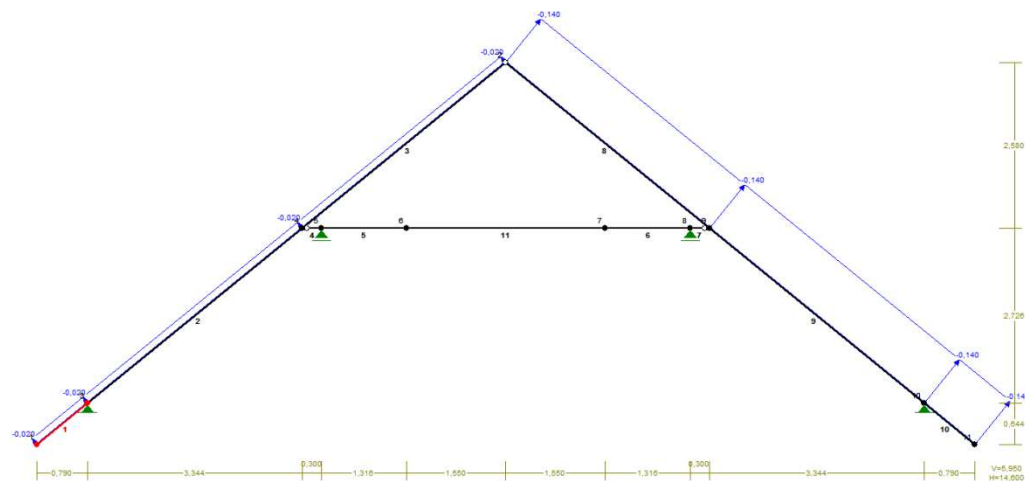


OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

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

Grupa:	S	"Obciążenie śniegiem"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Linowe-Y	0,0	0,640	0,640	0,00	1,02
2	Linowe-Y	0,0	0,640	0,640	0,00	4,31
3	Linowe-Y	0,0	0,640	0,640	0,00	4,08
8	Linowe-Y	0,0	0,430	0,430	0,00	4,08
9	Linowe-Y	0,0	0,430	0,430	0,00	4,31
10	Linowe-Y	0,0	0,430	0,430	0,00	1,02

## OBCIĄŻENIE WIATREM - WARIANT I:

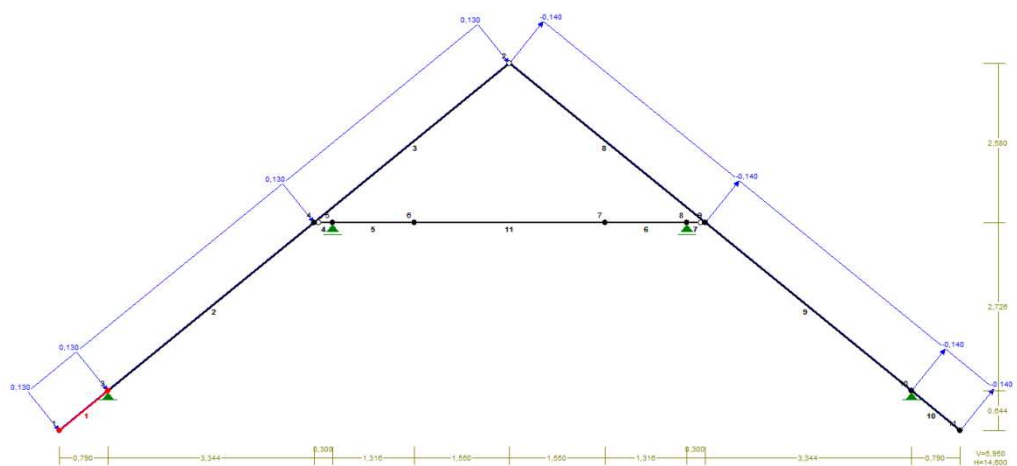


OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

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

Grupa:	W	"Wiatr - wariant I"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Linowe	39,2	-0,020	-0,020	0,00	1,02
2	Linowe	39,2	-0,020	-0,020	0,00	4,31
3	Linowe	39,2	-0,020	-0,020	0,00	4,08
8	Linowe	-39,2	-0,140	-0,140	0,00	4,08
9	Linowe	-39,2	-0,140	-0,140	0,00	4,31
10	Linowe	-39,2	-0,140	-0,140	0,00	1,02

## OBCIĄŻENIE WIATREM - WARIANT II:



**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	V	"Wiatr - wariant II"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Linowe	39,2	0,130	0,130	0,00	1,02
2	Linowe	39,2	0,130	0,130	0,00	4,31
3	Linowe	39,2	0,130	0,130	0,00	4,08
8	Linowe	-39,2	-0,140	-0,140	0,00	4,08
9	Linowe	-39,2	-0,140	-0,140	0,00	4,31
10	Linowe	-39,2	-0,140	-0,140	0,00	1,02

=====

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

=====

**OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:**

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,10
G - "Pokrycie dachu"	Stałe		1,20
S - "Obciążenie śniegiem"	Zmienne	1	1,00
W - "Wiatr - wariant I"	Zmienne	1	1,00
V - "Wiatr - wariant II"	Zmienne	1	1,00

**RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:**

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
G - "Pokrycie dachu"	ZAWSZE
S - "Obciążenie śniegiem"	EWENTUALNIE
V - "Wiatr - wariant II"	EWENTUALNIE
	Nie występuje z: W
W - "Wiatr - wariant I"	EWENTUALNIE
	Nie występuje z: V

**KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:**

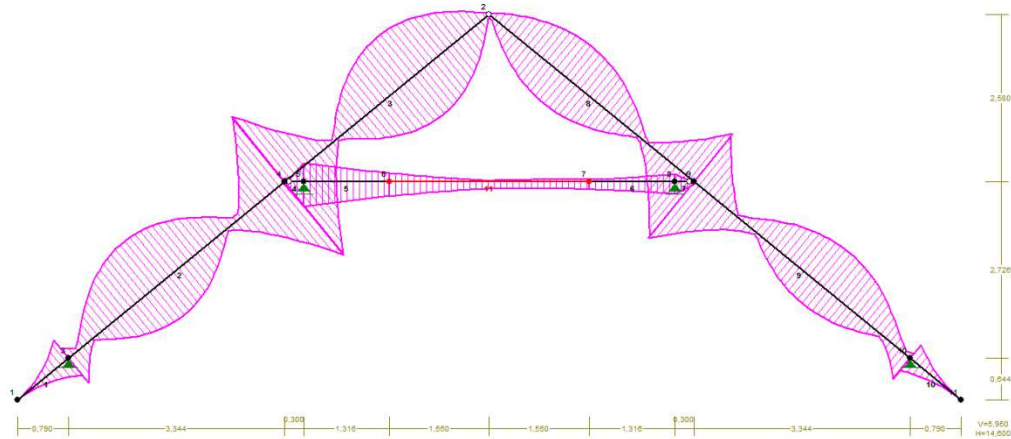
Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : G
	EWENTUALNIE: S+V/W



2	1,888	<b>1,598*</b>	-0,125	-10,609	GSV
	4,314	<b>-2,984*</b>	-3,652	-8,119	GSV
	4,314	-2,984	<b>-3,652*</b>	-8,119	GSV
	4,314	-1,341	-1,638	<b>-3,682*</b>	GW
	0,000	-0,654	2,265	<b>-13,682*</b>	GS
3	2,553	<b>1,722*</b>	-0,011	-3,376	GSV
	0,000	<b>-2,984*</b>	3,699	-5,994	GSV
	0,000	-2,984	<b>3,699*</b>	-5,994	GSV
	4,084	0,000	-1,002	<b>-0,945*</b>	GW
	0,000	-2,593	3,205	<b>-6,264*</b>	GS
4	0,000	<b>0,000*</b>	-3,045	-6,343	GS
	0,300	<b>-1,312*</b>	-4,390	-6,291	GSV
	0,300	-1,312	<b>-4,390*</b>	-6,291	GSV
	0,300	-0,683	-2,296	<b>-2,445*</b>	GW
	0,000	0,000	-2,260	<b>-2,445*</b>	GW
	0,300	-0,919	-3,081	<b>-6,343*</b>	GS
	0,000	0,000	-3,045	<b>-6,343*</b>	GS
5	1,316	<b>-0,189*</b>	0,188	-3,272	G
	0,000	<b>-1,312*</b>	0,549	-6,291	GSV
	0,000	-1,312	<b>0,549*</b>	-6,291	GSV
	0,000	-0,683	0,408	<b>-2,445*</b>	GW
	1,316	-0,251	0,249	<b>-2,445*</b>	GW
	0,000	-0,919	0,411	<b>-6,343*</b>	GS
	1,316	-0,482	0,252	<b>-6,343*</b>	GS
6	0,000	<b>0,026*</b>	-0,050	-3,220	GV
	1,316	<b>-0,550*</b>	-0,283	-6,343	GS
	1,316	-0,541	<b>-0,347*</b>	-3,272	G
	1,316	-0,332	-0,286	<b>-2,445*</b>	GW
	0,000	-0,061	-0,126	<b>-2,445*</b>	GW
	1,316	-0,550	-0,283	<b>-6,343*</b>	GS
	0,000	-0,283	-0,123	<b>-6,343*</b>	GS
7	0,300	<b>0,000*</b>	1,815	-6,343	GS
	0,000	<b>-0,550*</b>	1,852	-6,343	GS
	0,000	-0,550	<b>1,852*</b>	-6,343	GS
	0,000	-0,332	1,126	<b>-2,445*</b>	GW
	0,300	-0,000	1,090	<b>-2,445*</b>	GW
	0,000	-0,550	1,852	<b>-6,343*</b>	GS
	0,300	0,000	1,815	<b>-6,343*</b>	GS
8	1,532	<b>1,260*</b>	0,004	-3,649	GS
	4,084	<b>-2,213*</b>	-2,725	-5,873	GS
	4,084	-2,213	<b>-2,725*</b>	-5,873	GS
	0,000	0,000	0,723	<b>-1,173*</b>	GW
	4,084	-1,791	-2,193	<b>-6,115*</b>	GSV
9	2,427	<b>1,168*</b>	0,096	-11,757	GS
	0,000	<b>-2,213*</b>	2,690	-9,643	GS
	0,000	-2,213	<b>2,690*</b>	-9,643	GS
	0,000	-0,980	1,187	<b>-4,648*</b>	GW
	4,314	-0,446	-1,541	<b>-14,440*</b>	GSV
10	1,019	<b>0,000*</b>	-0,000	0,000	GSV
	0,000	<b>-0,555*</b>	1,090	0,888	GS
	0,000	-0,555	<b>1,090*</b>	0,888	GS
	0,000	-0,446	0,876	<b>0,888*</b>	GSV
	1,019	0,000	-0,000	<b>0,000*</b>	GSV

11	2,712	<b>0,037*</b>	-0,003	-3,220	GV
	0,000	<b>-0,694*</b>	0,390	-6,291	GSV
	0,000	-0,694	<b>0,390*</b>	-6,291	GSV
	0,000	-0,251	0,249	<b>-2,445*</b>	GW
	2,131	0,005	-0,009	<b>-2,445*</b>	GW
	0,000	-0,482	0,252	<b>-6,343*</b>	GS
	2,131	-0,220	-0,006	<b>-6,343*</b>	GS

NAPEŹENIA-OBWIEDNIE:



**NAPRĘŻENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

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

Pręt:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	Sigma:	Kombinacja obciążeń:
		----- Ro		[MPa]	
1	1,019	<b>0,100*</b>		1,602	GSV
	0,000	<b>-0,000*</b>		-0,000	GSW
	0,000		<b>0,000*</b>	0,000	GS
	1,019		<b>-0,093*</b>	-1,495	GSV
2	4,314	<b>0,357*</b>		5,705	GSV
	1,888	<b>-0,239*</b>		-3,822	GSV
	1,888		<b>0,171*</b>	2,734	GSV
	4,314		<b>-0,409*</b>	-6,538	GSV
3	0,000	<b>0,363*</b>		5,814	GSV
	2,553	<b>-0,232*</b>		-3,706	GSV
	2,553		<b>0,210*</b>	3,359	GSV
	0,000		<b>-0,402*</b>	-6,429	GSV
4	0,300	<b>0,081*</b>		1,300	GSV
	0,000	<b>-0,013*</b>		-0,213	GS
	0,000		<b>-0,005*</b>	-0,082	GW
	0,300		<b>-0,108*</b>	-1,723	GSV
5	0,000	<b>0,081*</b>		1,300	GSV
	1,316	<b>0,007*</b>		0,108	G
	1,316		<b>-0,020*</b>	-0,328	G
	0,000		<b>-0,108*</b>	-1,723	GSV
6	1,316	<b>0,032*</b>		0,513	G
	0,000	<b>-0,009*</b>		-0,139	GV
	0,000		<b>-0,005*</b>	-0,078	GV
	1,316		<b>-0,053*</b>	-0,847	GS

7	0,000	<b>0,032*</b>		0,513	G
	0,300	<b>-0,013*</b>		-0,213	GS
	0,300		<b>-0,005*</b>	-0,082	GW
	0,000		<b>-0,053*</b>	-0,847	GS
8	4,084	<b>0,265*</b>		4,238	GS
	1,532	<b>-0,173*</b>		-2,772	GS
	1,532		<b>0,150*</b>	2,398	GS
	4,084		<b>-0,303*</b>	-4,840	GS
9	0,000	<b>0,253*</b>		4,045	GS
	2,427	<b>-0,187*</b>		-2,999	GS
	2,427		<b>0,112*</b>	1,793	GS
	0,000		<b>-0,315*</b>	-5,034	GS
10	0,000	<b>0,074*</b>		1,185	GS
	1,019	<b>-0,000*</b>		-0,000	GS
	1,019		<b>0,000*</b>	0,000	GSV
	0,000		<b>-0,068*</b>	-1,093	GS
11	0,000	<b>0,037*</b>		0,588	GSV
	2,712	<b>-0,009*</b>		-0,151	GV
	2,712		<b>-0,004*</b>	-0,066	GV
	0,000		<b>-0,063*</b>	-1,011	GSV

**REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
3	<b>9,174*</b>	12,055	15,148		GS
	<b>3,699*</b>	6,206	7,225		GV
	9,174	<b>12,055*</b>	15,148		GS
	3,990	<b>5,622*</b>	6,894		GW
	9,174	12,055	<b>15,148*</b>		GS
5	<b>-0,000*</b>	4,939	4,939		GSV
	<b>-0,000*</b>	2,168	2,168		G
	-0,000	<b>4,939*</b>	4,939		GSV
	-0,000	<b>2,168*</b>	2,168		G
	-0,000	4,939	<b>4,939*</b>		GSV
8	<b>0,000*</b>	2,168	2,168		G
	<b>-0,000*</b>	0,674	0,674		GSV
	0,000	<b>2,168*</b>	2,168		G
	-0,000	<b>0,674*</b>	0,674		GSV
	0,000	2,168	<b>2,168*</b>		G
10	<b>-4,930*</b>	6,496	8,155		G
	<b>-10,353*</b>	11,558	15,517		GSV
	-10,353	<b>11,558*</b>	15,517		GSV
	-5,061	<b>5,838*</b>	7,726		GW
	-10,353	11,558	<b>15,517*</b>		GSV

\* = Wartości ekstremalne

**PRZEMIESZCZENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

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

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,00331	0,00405	0,00523	GSV GSV GSV
2	0,00005	0,00067	0,00067	GV GS GS
3	0,00000	0,00000	0,00000	GS GS GS
4	0,00037	0,00091	0,00098	GSV GSV GSV
5	0,00036	0,00000	0,00036	GSV GSV GSV
6	0,00033	0,00214	0,00216	GSV GSV GSV
7	0,00024	0,00149	0,00149	GSV GS GS
8	0,00021	0,00000	0,00021	GSV G GSV
9	0,00020	0,00051	0,00051	GSV GS GS
10	0,00000	0,00000	0,00000	GSV GSV GSV
11	0,00236	0,00290	0,00374	GS GS GS

**DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

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

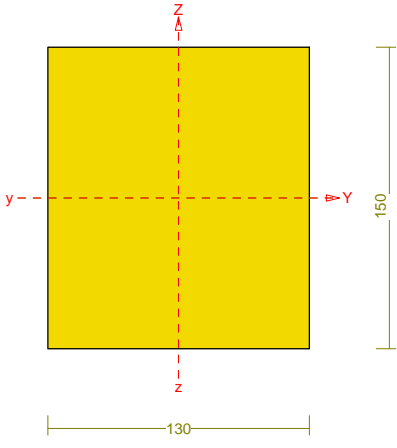
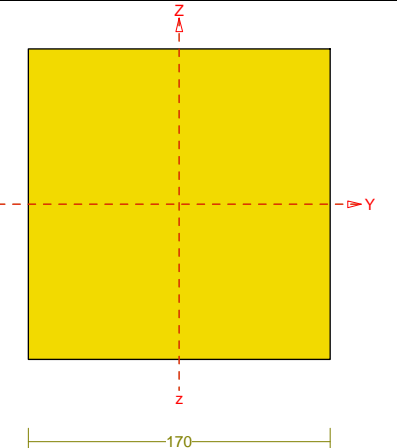
Pręt:	L/f:	Kombinacja obciążeń:
1	9657,3	GSV
2	559,0	GSV
3	535,1	GSV
4	24125,7	GSV
5	3764,2	GSV
6	9356,6	GS
7	57664,7	GS



8	735,1	GS
9	768,8	GS
10	13128,5	GS
11	5825,1	GSV

### Z3-2.1.2 Warunki stanów granicznych dla układu pośredniego

Normowe warunki stanów granicznych zostały wyznaczone dla trzech odcinków krokwi pośrednich: okapowy (wspornikowy), dolny (pomiędzy punktami podparcia na jętce i murłacie) górny (pomiędzy oparciem na jętce i kalenicą) oraz dla odcinka jętki najbardziej wyężonego.

	<p><b>Przekrój:</b> „150x130” – krokiew</p> <p>Wymiary przekroju:  <math>h=150,0 \text{ mm}</math> <math>b=130,0 \text{ mm}</math>.</p> <p>Charakterystyka geometryczna przekroju:  <math>J_y=3656,3</math>; <math>J_z=2746,3 \text{ cm}^4</math>;  <math>A=195,00 \text{ cm}^2</math>; <math>i_y=4,3</math>; <math>i_z=3,8 \text{ cm}</math>;  <math>W_y=487,5</math>; <math>W_z=422,5 \text{ cm}^3</math>.</p>
	<p><b>Przekrój:</b> „170x175” – jętka</p> <p>Wymiary przekroju:  <math>h=175,0 \text{ mm}</math> <math>b=170,0 \text{ mm}</math>.</p> <p>Charakterystyka geometryczna przekroju:  <math>J_y=7592,4</math>; <math>J_z=7164,8 \text{ cm}^4</math>; <math>A=297,50 \text{ cm}^2</math>; <math>i_y=5,1</math>; <math>i_z=4,9 \text{ cm}</math>; <math>W_y=867,7</math>;  <math>W_z=842,9 \text{ cm}^3</math>.</p>

#### Z3-2.1.2.1 Odcinek okapowy krokwi:

##### Oslabienia przekroju:

Biorąc pod uwagę zmniejszenie przekroju poprzecznego elementu będące skutkiem korozji biologicznej oraz utratę własności mechanicznych drewna konstrukcyjnego dokonano założenia zastępczego w postaci podcięcia elementu miejscu jego podparcia. Na podporze B przyjęto podcięcie krawędzi dolnej rozpoczynające się w odległości  $x = 0 \text{ mm}$ , na długości 200 mm. Wysokość przekroju nad podporą wynosi 100 mm

##### Warunki graniczne

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

##### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=1,02 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_d = 1,00 \times 1019 + 150 + 150 = 1319 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1319 \times 150 \times 7,38}{3,142 \times 130^2 \times 5400}} \times \sqrt{\frac{8000}{500}} = 0,143$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,755 / 487,50 \times 10^3 = \mathbf{1,55} < \mathbf{7,38} = 1,000 \times 7,38 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,02$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,08}{4,62} + \frac{0,00}{7,38} + 0,7 \times \frac{3,48}{7,38} = \mathbf{0,348} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,08}{4,62} + 0,7 \times \frac{0,00}{7,38} + \frac{3,48}{7,38} = \mathbf{0,489} < \mathbf{1}$$

### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=0,64$  m;  $x_b=0,38$  m, przy obciążeniach „GSV” liczone od cięciwy pręta.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 6,8 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{\text{net,fin}} = 10,2 \text{ mm}$ .

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (150,0/1019)^2] (1 + 0,60) = 0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (130,0/1019)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („SV”):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (150,0/1019)^2] (1 + 0,25) = 0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (130,0/1019)^2] (1 + 0,25) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,1 + 0,1 = \mathbf{0,2} < \mathbf{10,2} = u_{\text{net,fin}}$$

### Z3-2.1.2.2 Odcinek dolny krokwi:

#### Oslabienia przekroju:

Biorąc pod uwagę zmniejszenie przekroju poprzecznego elementu będące skutkiem korozji biologicznej oraz utratę własności mechanicznych drewna konstrukcyjnego dokonano założenia zastępczego w postaci podcięcia elementu miejscu jego podparcia. Na podporze B przyjęto podcięcie krawędzi dolnej rozpoczynające się w odległości  $x = 0$  mm, na długości 200 mm. Wysokość przekroju nad podporą wynosi 100 mm.

#### Warunki graniczne

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;  $x_b=4,31$  m, przy obciążeniach „GS”.

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

$$l_c = \mu l = 0,839 \times 4,314 = 3,619 \text{ m}$$

- długość wybożeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 4,314 = 4,314 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 3,620 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 4,314 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 3,620 / 0,0433 = 83,59$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 4,314 / 0,0375 = 114,96$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 5400 / (83,59)^2 = 7,63 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 5400 / (114,96)^2 = 4,03 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{17/7,63} = 1,493$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{17/4,03} = 2,053$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,493 - 0,5) + (1,493)^2] = 1,714$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (2,053 - 0,5) + (2,053)^2] = 2,763$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,714 + \sqrt{1,714^2 - 1,493^2}) = 0,391$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,763 + \sqrt{2,763^2 - 2,053^2}) = 0,217$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 195,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 13,682 / 195,00 \times 10 = \mathbf{0,70} < \mathbf{1,70} = 0,217 \times 7,85 = k_{c,0,d} f_{c,0,d}$$

**Ściskanie ze zginaniem** dla  $x_a=4,31 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,42}{0,391 \times 7,85} + 0,7 \times \frac{0,00}{7,38} + \frac{6,12}{7,38} = \mathbf{0,965} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,42}{0,217 \times 7,85} + \frac{0,00}{7,38} + 0,7 \times \frac{6,12}{7,38} = \mathbf{0,825} < \mathbf{1}$$

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=4,31 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_d = 1,00 \times 4314 + 150 + 150 = 4614 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{4614 \times 150 \times 7,38}{3,142 \times 130^2 \times 5400}} \times \sqrt{\frac{8000}{500}} = 0,267$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,984 / 487,50 \times 10^3 = \mathbf{6,12} < \mathbf{7,38} = 1,000 \times 7,38 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=4,31 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GW”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00}{7,38} + 0,7 \times \frac{6,19}{7,38} = \mathbf{0,587} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,00}{7,38} + \frac{6,19}{7,38} = \mathbf{0,838} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=4,31 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,62^2}{7,85^2} + \frac{10,60}{7,38} + 0,7 \times \frac{0,00}{7,38} = \mathbf{1,441} > \mathbf{1} \Rightarrow \text{SGN} = \mathbf{144,1\%}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,62^2}{7,85^2} + 0,7 \times \frac{10,60}{7,38} + \frac{0,00}{7,38} = \mathbf{1,011 > 1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=4,31$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,000 / 130,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 3,652 / 130,00 \times 10 = 0,42 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,00^2 + 0,42^2} = \mathbf{0,42 < 0,83} = 1,000 \times 0,83 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=1,89$  m;  $x_b=2,43$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 28,8 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{\text{net,fin}} = 43,1 \text{ mm}$ .

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -3,1 \times (1 + 0,60) = -5,0 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych („SV”):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -2,9 \times (1 + 0,25) = -3,7 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -5,0 + -3,7 = \mathbf{8,7 < 43,1} = u_{\text{net,fin}}$$

**Z3-2.1.2.3 Odcinek górny krokwi:****Oslabienia przekroju:**

Biorąc pod uwagę zmniejszenie przekroju poprzecznego elementu będące skutkiem korozji biologicznej oraz utratę własności mechanicznych drewna konstrukcyjnego dokonano założenia zastępczego w postaci podcięcia elementu miejscu jego podparcia. Na podporze A przyjęto podcięcie krawędzi dolnej rozpoczynające się w odległości  $x = 0$  mm, na długości 200 mm. Wysokość przekroju nad podporą wynosi 100 mm.

**Warunki graniczne**

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;  $x_b=4,08$  m, przy obciążeniach „GS”.

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

$$l_c = \mu l = 0,850 \times 4,084 = 3,471 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 4,084 = 4,084 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 3,476 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 4,084 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 3,476 / 0,0433 = 80,27$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 4,084 / 0,0375 = 108,83$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 5400 / (80,27)^2 = 8,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 5400 / (108,83)^2 = 4,50 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{17/8,27} = 1,434$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{17/4,50} = 1,944$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,434 - 0,5) + (1,434)^2] = 1,621$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,944 - 0,5) + (1,944)^2] = 2,533$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,621 + \sqrt{1,621^2 - 1,434^2}) = 0,421$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,533 + \sqrt{2,533^2 - 1,944^2}) = 0,240$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 195,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 6,264 / 195,00 \times 10 = \mathbf{0,32} < \mathbf{1,89} = 0,240 \times 7,85 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

**Ściskanie ze zginaniem** dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=4,08 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,31}{0,422 \times 7,85} + 0,7 \times \frac{0,00}{7,38} + \frac{6,12}{7,38} = \mathbf{0,922} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,31}{0,240 \times 7,85} + \frac{0,00}{7,38} + 0,7 \times \frac{6,12}{7,38} = \mathbf{0,743} < \mathbf{1}$$

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=4,08 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_d = 1,00 \times 4084 + 150 + 150 = 4384 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{4384 \times 150 \times 7,38}{3,142 \times 130^2 \times 5400}} \times \sqrt{\frac{8000}{500}} = 0,260$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,984 / 487,50 \times 10^3 = \mathbf{6,12} < \mathbf{7,38} = 1,000 \times 7,38 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=4,08 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GW”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00}{7,38} + 0,7 \times \frac{6,19}{7,38} = \mathbf{0,587} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,00}{7,38} + \frac{6,19}{7,38} = \mathbf{0,838} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=4,08 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,46^2}{7,85^2} + \frac{10,60}{7,38} + 0,7 \times \frac{0,00}{7,38} = \mathbf{1,438} > \mathbf{1} \Rightarrow \text{SGN} = \mathbf{143,8\%}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,46^2}{7,85^2} + 0,7 \times \frac{10,60}{7,38} + \frac{0,00}{7,38} = \mathbf{1,008} > \mathbf{1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=4,08$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,000 / 130,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 3,699 / 130,00 \times 10 = 0,43 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,00^2 + 0,43^2} = \mathbf{0,43} < \mathbf{0,83} = 1,000 \times 0,83 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=2,30$  m;  $x_b=1,79$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 27,2 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{\text{net,fin}} = 40,8 \text{ mm}$ .

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -3,2 \times (1 + 0,60) = -5,1 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych („SV”):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -3,0 \times (1 + 0,25) = -3,8 \text{ mm}$$

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

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -5,1 + -3,8 = \mathbf{8,9} < \mathbf{40,8} = u_{\text{net,fin}} \Rightarrow \text{SGU} = (100-8,9):40,8=21,8\%$$

**Z3-2.1.2.4 Jętka:****Warunki graniczne**

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;  $x_b=1,32$  m, przy obciążeniach „GS”.

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

$$l_c = \mu l = 1,941 \times 1,316 = 2,554 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,316 = 1,316 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 2,554 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 1,316 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,554 / 0,0505 = 50,56$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,316 / 0,0491 = 26,82$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 5400 / (50,56)^2 = 20,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 5400 / (26,82)^2 = 74,11 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{17/20,85} = 0,903$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{17/74,11} = 0,479$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,903 - 0,5) + (0,903)^2] = 0,948$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,479 - 0,5) + (0,479)^2] = 0,613$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,948 + \sqrt{0,948^2 - 0,903^2}) = 0,809$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,613 + \sqrt{0,613^2 - 0,479^2}) = 1,006$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 297,50 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 6,343 / 297,50 \times 10 = \mathbf{0,21} < \mathbf{6,34} = 0,809 \times 7,85 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,32 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,21}{0,809 \times 7,85} + 0,7 \times \frac{0,00}{7,38} + \frac{1,51}{7,38} = \mathbf{0,238} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,21}{1,006 \times 7,85} + \frac{0,00}{7,38} + 0,7 \times \frac{1,51}{7,38} = \mathbf{0,170} < \mathbf{1}$$

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,32 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_d = 1,00 \times 1316 + 175 + 175 = 1666 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1666 \times 175 \times 7,38}{3,142 \times 170^2 \times 5400}} \times \sqrt{\frac{4 \times 8000}{500}} = 0,133$$

Wartość współczynnika zwiczenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,312 / 867,71 \times 10^3 = \mathbf{1,51} < \mathbf{7,38} = 1,000 \times 7,38 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,32 \text{ m}$ , przy obciążeniach „G”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,62}{7,38} + 0,7 \times \frac{0,00}{7,38} = \mathbf{0,084} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,62}{7,38} + \frac{0,00}{7,38} = \mathbf{0,059} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,32 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,21^2}{7,85^2} + \frac{1,51}{7,38} + 0,7 \times \frac{0,00}{7,38} = \mathbf{0,205} < \mathbf{1} \Rightarrow \text{SGN}=20,5\%$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,21^2}{7,85^2} + 0,7 \times \frac{1,51}{7,38} + \frac{0,00}{7,38} = \mathbf{0,144} < \mathbf{1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,32 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”.

Napężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,549 / 297,50 \times 10 = 0,03 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 297,50 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,03^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,03} < \mathbf{0,83} = 1,000 \times 0,83 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=1,32$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 8,8 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{\text{net,fin}} = 13,2$  mm.

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,6 \times [1 + 19,2 \times (175,0/1316)^2] (1 + 0,60) = 1,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (170,0/1316)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („SV”):

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

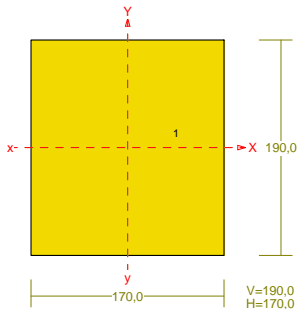
$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,9 \times [1 + 19,2 \times (175,0/1316)^2] (1 + 0,25) = 1,6 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (170,0/1316)^2] (1 + 0,25) = 0,0 \text{ mm}$$

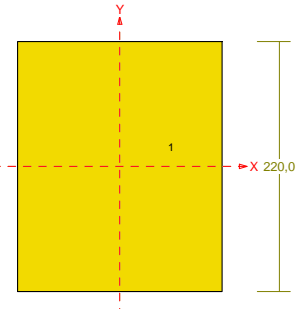
Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 1,2 + 1,6 = 2,8 < 13,2 = u_{\text{net,fin}} \Rightarrow \text{SGU} = (2,8 \cdot 100) : 13,2 = 21,2\%$$

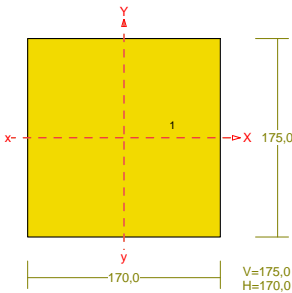
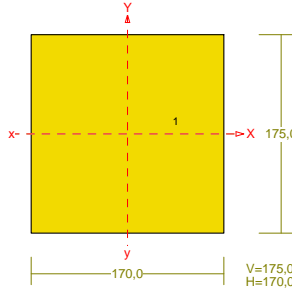
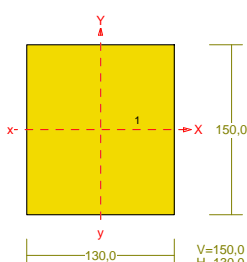
**Z3-2.2. Układ główny (UG)****Z3-2.2.1 Statyka układu głównego**

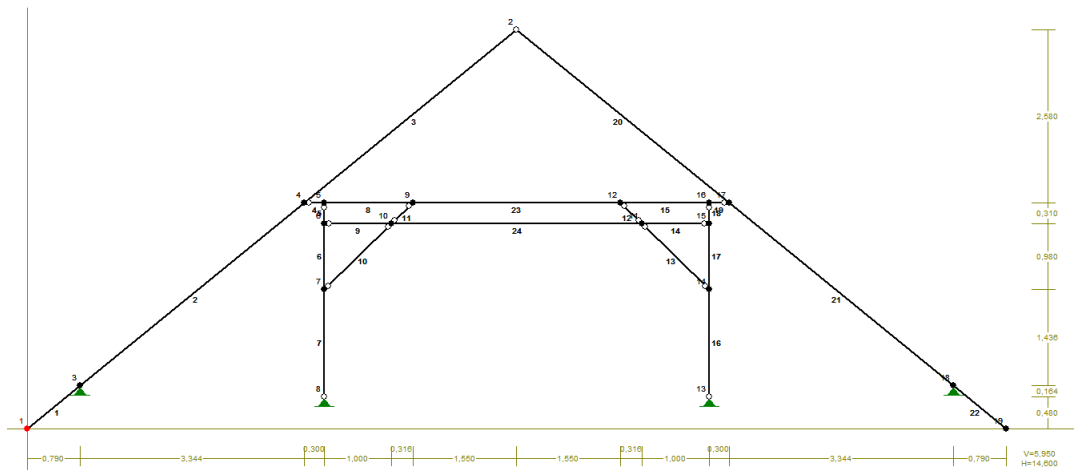
		CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU: <span style="float:right">Drewno C16</span>						
<p style="text-align:center"><b>"Miecz"</b></p>  <p style="text-align:right">V=190,0 H=170,0</p>		Gł.centrosie bezwładn. [cm]:						
		Xc=	8,5	Yc=	9,5	alfa=	-0,0	
		Momenty bezwładności [cm4]:		Jx=	9716,9	Jy=	7778,9	
		Moment dewiacji [cm4]:				Dxy=	0,0	
		Gł.momenty bezwładn. [cm4]:		Ix=	9716,9	Iy=	7778,9	
		Promienie bezwładności [cm]:		ix=	5,5	iy=	4,9	
		Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:		Wx=	1022,8	Wy=	915,2	
				Wx=	-1022,8	Wy=	-915,2	
		Powierzchnia przek. [cm2]:				F=	323,0	
		Masa [kg/m]:				m=	12,0	
		Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. ukł. [cm4]:		Jzg=	9716,9			
Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]	
1	B 190x170	0	0,00	0,00	0,0	0,0	323,0	

		CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU: <span style="float:right">Drewno C16</span>						
<p style="text-align:center"><b>"Słupek"</b></p>  <p style="text-align:right">V=220,0 H=180,0</p>		Gł.centrosie bezwładn. [cm]:						
		Xc=	9,0	Yc=	11,0	alfa=	-0,0	
		Momenty bezwładności [cm4]:		Jx=	15972,0	Jy=	10692,0	
		Moment dewiacji [cm4]:				Dxy=	0,0	
		Gł.momenty bezwładn. [cm4]:		Ix=	15972,0	Iy=	10692,0	
		Promienie bezwładności [cm]:		ix=	6,4	iy=	5,2	
		Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:		Wx=	1452,0	Wy=	1188,0	
				Wx=	-1452,0	Wy=	-1188,0	
		Powierzchnia przek. [cm2]:				F=	396,0	
		Masa [kg/m]:				m=	14,7	
		Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. ukł. [cm4]:		Jzg=	15972,0			
Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]	
1	B 220x180	0	0,00	0,00	0,0	0,0	396,0	



<div><div>"Rozpora"</div><p>V=175,0 H=170,0</p></div>	<div>CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:<div>Drewno C16</div></div> <div><div>Gł.centrosie bezwładn.[cm]:<div>Xc=8,5Yc=8,8</div><div>alfa=-0,0</div></div><div>Momenty bezwładności [cm4]:<div>Jx=7592,4Jy=7164,8</div><div>Moment dewiacji [cm4]:<div>Dxy=0,0</div></div><div>Gł.momenty bezwładn. [cm4]:<div>Ix=7592,4Iy=7164,8</div></div><div>Promienie bezwładności [cm]:<div>ix=5,1iy=4,9</div></div><div>Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:<div>Wx=867,7Wy=842,9</div><div>Wx=-867,7Wy=-842,9</div></div><div>Powierzchnia przek. [cm2]:<div>F=297,5</div></div><div>Masa [kg/m]:<div>m=11,0</div></div><div>Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]:<div>Jzg=7592,4</div></div></div><div><table><tr><th>Nr.</th><th>Oznaczenie</th><th>Fi: [deg]</th><th>Xs: [cm]</th><th>Ys: [cm]</th><th>Sx: [cm3]</th><th>Sy: [cm3]</th><th>F: [cm2]</th></tr><tr><td>1</td><td>B 175x170</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>297,5</td></tr></table></div></div>	Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]	1	B 175x170	0	0,00	0,00	0,0	0,0	297,5
Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]										
1	B 175x170	0	0,00	0,00	0,0	0,0	297,5										
<div><div>"Jętką"</div><p>V=175,0 H=170,0</p></div>	<div>CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:<div>Drewno C16</div></div> <div><div>Gł.centrosie bezwładn.[cm]:<div>Xc=8,5Yc=8,8</div><div>alfa=-0,0</div></div><div>Momenty bezwładności [cm4]:<div>Jx=7592,4Jy=7164,8</div><div>Moment dewiacji [cm4]:<div>Dxy=0,0</div></div><div>Gł.momenty bezwładn. [cm4]:<div>Ix=7592,4Iy=7164,8</div></div><div>Promienie bezwładności [cm]:<div>ix=5,1iy=4,9</div></div><div>Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:<div>Wx=867,7Wy=842,9</div><div>Wx=-867,7Wy=-842,9</div></div><div>Powierzchnia przek. [cm2]:<div>F=297,5</div></div><div>Masa [kg/m]:<div>m=11,0</div></div><div>Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]:<div>Jzg=7592,4</div></div></div><div><table><tr><th>Nr.</th><th>Oznaczenie</th><th>Fi: [deg]</th><th>Xs: [cm]</th><th>Ys: [cm]</th><th>Sx: [cm3]</th><th>Sy: [cm3]</th><th>F: [cm2]</th></tr><tr><td>1</td><td>B 175x170</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>297,5</td></tr></table></div></div>	Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]	1	B 175x170	0	0,00	0,00	0,0	0,0	297,5
Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]										
1	B 175x170	0	0,00	0,00	0,0	0,0	297,5										
<div><div>"Krokiew"</div><p>V=150,0 H=130,0</p></div>	<div>CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:<div>Drewno C16</div></div> <div><div>Gł.centrosie bezwładn.[cm]:<div>Xc=6,5Yc=7,5</div><div>alfa=-0,0</div></div><div>Momenty bezwładności [cm4]:<div>Jx=3656,3Jy=2746,3</div><div>Moment dewiacji [cm4]:<div>Dxy=0,0</div></div><div>Gł.momenty bezwładn. [cm4]:<div>Ix=3656,3Iy=2746,3</div></div><div>Promienie bezwładności [cm]:<div>ix=4,3iy=3,8</div></div><div>Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:<div>Wx=487,5Wy=422,5</div><div>Wx=-487,5Wy=-422,5</div></div><div>Powierzchnia przek. [cm2]:<div>F=195,0</div></div><div>Masa [kg/m]:<div>m=7,2</div></div><div>Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]:<div>Jzg=3656,3</div></div></div><div><table><tr><th>Nr.</th><th>Oznaczenie</th><th>Fi: [deg]</th><th>Xs: [cm]</th><th>Ys: [cm]</th><th>Sx: [cm3]</th><th>Sy: [cm3]</th><th>F: [cm2]</th></tr><tr><td>1</td><td>B 150x130</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>195,0</td></tr></table></div></div>	Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]	1	B 150x130	0	0,00	0,00	0,0	0,0	195,0
Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]										
1	B 150x130	0	0,00	0,00	0,0	0,0	195,0										

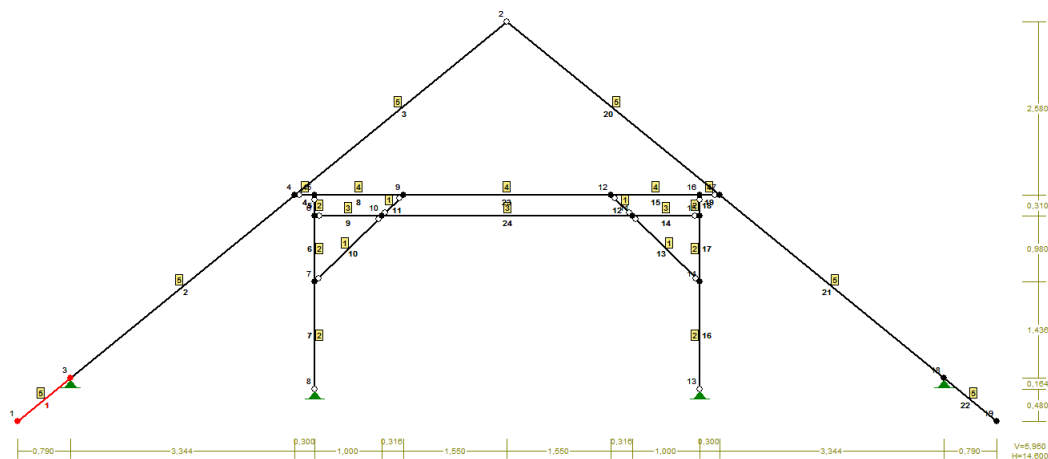
**WĘZŁY:****WĘZŁY:**

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000	11	9,166	3,060
2	7,300	5,950	12	8,850	3,370
3	0,790	0,644	13	10,166	0,480
4	4,134	3,370	14	10,166	2,080
5	4,434	3,370	15	10,166	3,060
6	4,434	3,060	16	10,166	3,370
7	4,434	2,080	17	10,466	3,370
8	4,434	0,480	18	13,810	0,644
9	5,750	3,370	19	14,600	0,000
10	5,434	3,060			

**PODPORY:**

## P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx(Do*): [ m / k N ]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
3	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
8	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
13	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
18	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	

**PRĘTY:**

**PRĘTY UKŁADU:**

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;  
 10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub  
 22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	3	0,790	0,644	1,019	1,000	5 Krokiew
2	00	3	4	3,344	2,726	4,314	1,000	5 Krokiew
3	01	4	2	3,166	2,580	4,084	1,000	5 Krokiew
4	10	4	5	0,300	0,000	0,300	1,000	4 Jętką
5	10	5	6	0,000	-0,310	0,310	1,000	2 Słupek
6	00	6	7	0,000	-0,980	0,980	1,000	2 Słupek
7	01	7	8	0,000	-1,600	1,600	1,000	2 Słupek
8	00	5	9	1,316	0,000	1,316	1,000	4 Jętką
9	10	6	10	1,000	0,000	1,000	1,000	3 Rozpora
10	11	7	10	1,000	0,980	1,400	1,000	1 Miecz
11	11	10	9	0,316	0,310	0,443	1,000	1 Miecz
12	11	12	11	0,316	-0,310	0,443	1,000	1 Miecz
13	11	11	14	1,000	-0,980	1,400	1,000	1 Miecz
14	01	11	15	1,000	0,000	1,000	1,000	3 Rozpora
15	00	12	16	1,316	0,000	1,316	1,000	4 Jętką
16	10	13	14	0,000	1,600	1,600	1,000	2 Słupek
17	00	14	15	0,000	0,980	0,980	1,000	2 Słupek
18	01	15	16	0,000	0,310	0,310	1,000	2 Słupek
19	01	16	17	0,300	0,000	0,300	1,000	4 Jętką
20	10	2	17	3,166	-2,580	4,084	1,000	5 Krokiew
21	00	17	18	3,344	-2,726	4,314	1,000	5 Krokiew
22	00	18	19	0,790	-0,644	1,019	1,000	5 Krokiew
23	00	9	12	3,100	0,000	3,100	1,000	4 Jętką
24	00	10	11	3,732	0,000	3,732	1,000	3 Rozpora

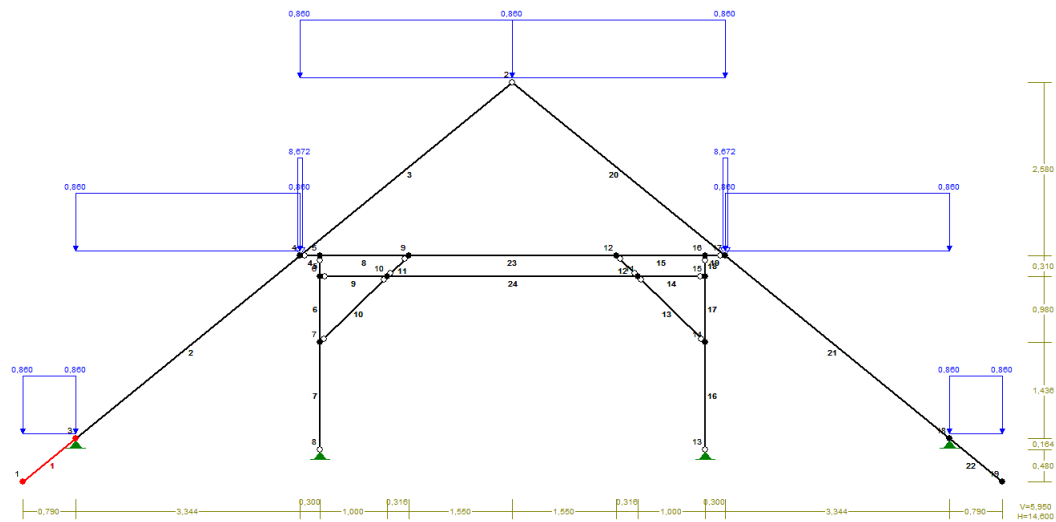
**WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:**

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	323,0	9717	7779	1023	1023	19,0	97 Drewno C16
2	396,0	15972	10692	1452	1452	22,0	97 Drewno C16
3	297,5	7592	7165	868	868	17,5	97 Drewno C16
4	297,5	7592	7165	868	868	17,5	97 Drewno C16
5	195,0	3656	2746	488	488	15,0	97 Drewno C16

**STAŁE MATERIAŁOWE:**

Materiał:	Moduł E: [N/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
97 Drewno C16	8	16,000	5,00E-06

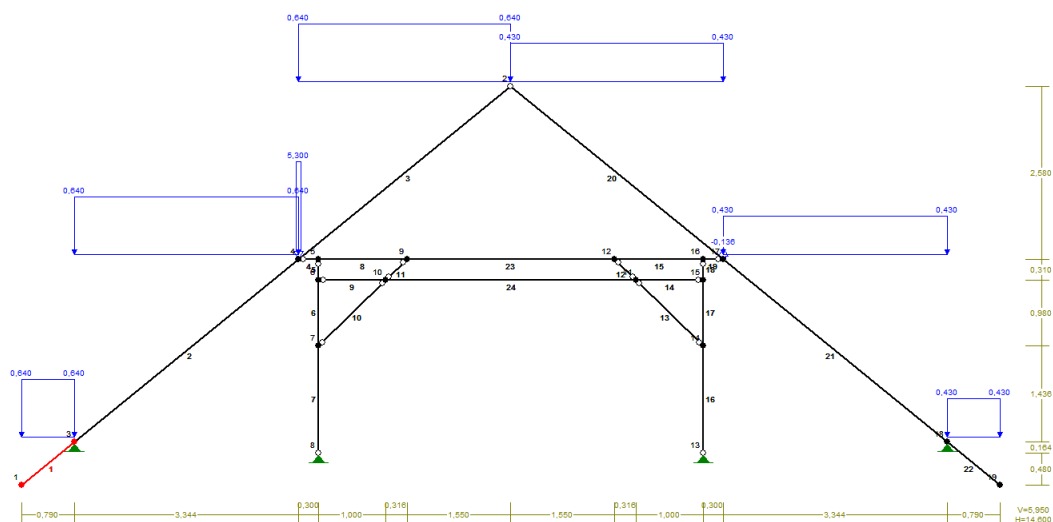
## OBCIĄŻENIA od pokrycia dachu:



## OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

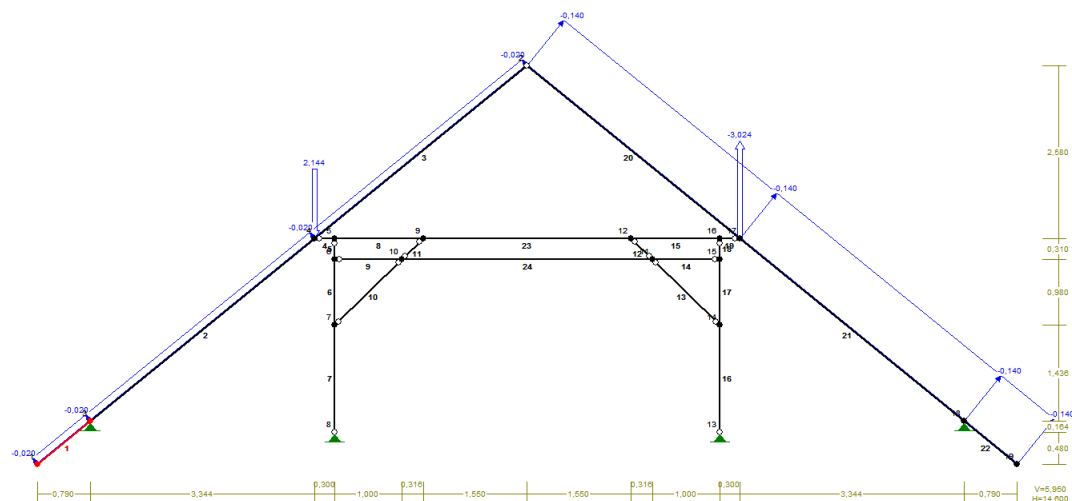
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: G "Pokrycie dachu"			Stałe		$\gamma_f = 1,20$	
1	Liniowe-Y	0,0	0,860	0,860	0,00	1,02
2	Liniowe-Y	0,0	0,860	0,860	0,00	4,31
2	Skupione	0,0	8,672		4,31	
3	Liniowe-Y	0,0	0,860	0,860	0,00	4,08
20	Liniowe-Y	0,0	0,860	0,860	0,00	4,08
21	Liniowe-Y	0,0	0,860	0,860	0,00	4,31
21	Skupione	0,0	8,672		0,00	
22	Liniowe-Y	0,0	0,860	0,860	0,00	1,02

## OBCIĄŻENIA śniegiem:



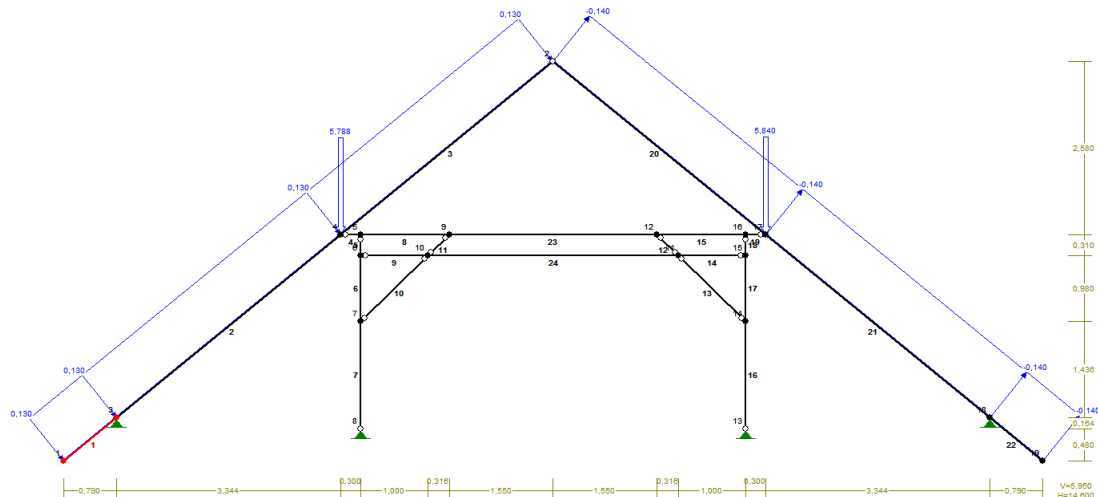
**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
-----						
Grupa:	S	"Obciążenie śniegiem"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe-Y	0,0	0,640	0,640	0,00	1,02
2	Liniowe-Y	0,0	0,640	0,640	0,00	4,31
2	Skupione	0,0	5,300		4,31	
3	Liniowe-Y	0,0	0,640	0,640	0,00	4,08
20	Liniowe-Y	0,0	0,430	0,430	0,00	4,08
21	Liniowe-Y	0,0	0,430	0,430	0,00	4,31
21	Skupione	0,0	-0,136		0,00	
22	Liniowe-Y	0,0	0,430	0,430	0,00	1,02

**OBCIĄŻENIA wiatrem - wariant I:****OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
-----						
Grupa:	W	"Wiatr - wariant I"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	39,2	-0,020	-0,020	0,00	1,02
2	Liniowe	39,2	-0,020	-0,020	0,00	4,31
2	Skupione	0,0	2,144		4,31	
3	Liniowe	39,2	-0,020	-0,020	0,00	4,08
20	Liniowe	-39,2	-0,140	-0,140	0,00	4,08
21	Liniowe	-39,2	-0,140	-0,140	0,00	4,31
21	Skupione	0,0	-3,024		0,00	
22	Liniowe	-39,2	-0,140	-0,140	0,00	1,02

## OBCIĄŻENIA wiatrem - wariant II:



## OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
-----						
Grupa:	V	"Wiatr - wariant II"	Zmienne	$\gamma_f = 1,50$		
1	Linowe	39,2	0,130	0,130	0,00	1,02
2	Linowe	39,2	0,130	0,130	0,00	4,31
2	Skupione	0,0	5,788		4,31	
3	Linowe	39,2	0,130	0,130	0,00	4,08
20	Linowe	-39,2	-0,140	-0,140	0,00	4,08
21	Linowe	-39,2	-0,140	-0,140	0,00	4,31
21	Skupione	0,0	5,840		0,00	
22	Linowe	-39,2	-0,140	-0,140	0,00	1,02

=====

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

=====

## OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
-----			
Ciężar wł.			1,10
G - "Pokrycie dachu"	Stałe		1,20
S - "Obciążenie śniegiem"	Zmienne	1	1,00
V - "Wiatr - wariant II"	Zmienne	1	1,00
W - "Wiatr - wariant I"	Zmienne	1	1,00

## RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
-----	
Ciężar wł.	ZAWSZE
G - "Pokrycie dachu"	ZAWSZE
S - "Obciążenie śniegiem"	EWENTUALNIE
V - "Wiatr - wariant II"	EWENTUALNIE
	Nie występuje z: W
W - "Wiatr - wariant I"	EWENTUALNIE
	Nie występuje z: V

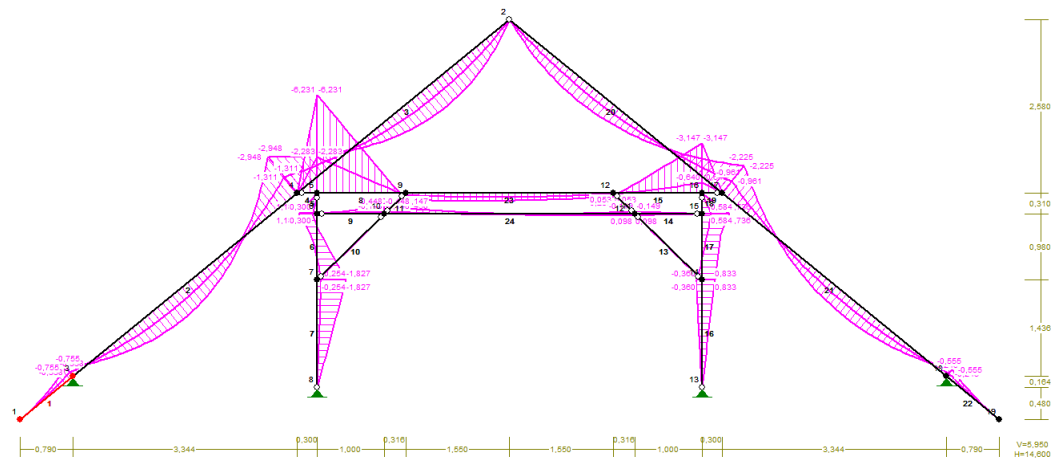
## KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr: Specyfikacja:

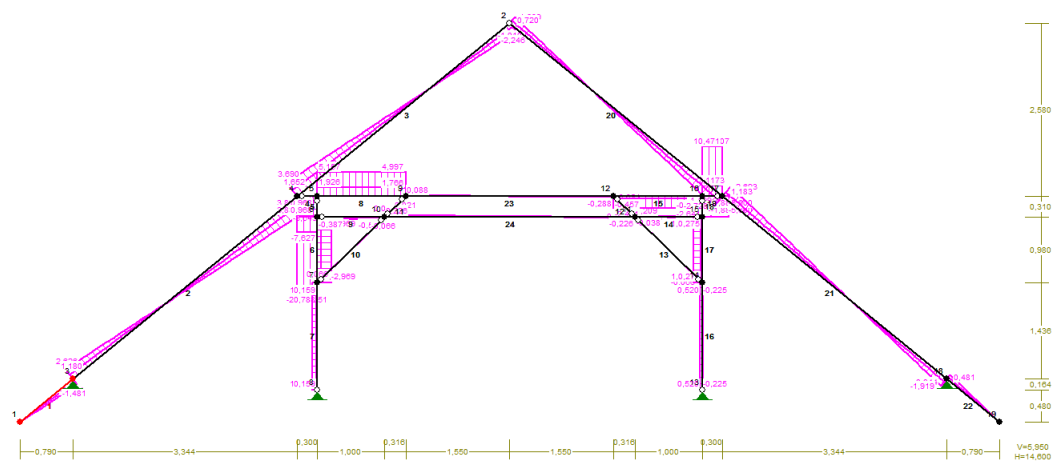
1 ZAWSZE : G  
EWENTUALNIE: S+V/W

## OBRAZY OBWIEDNI SIŁ WEWNĘTRZNYCH

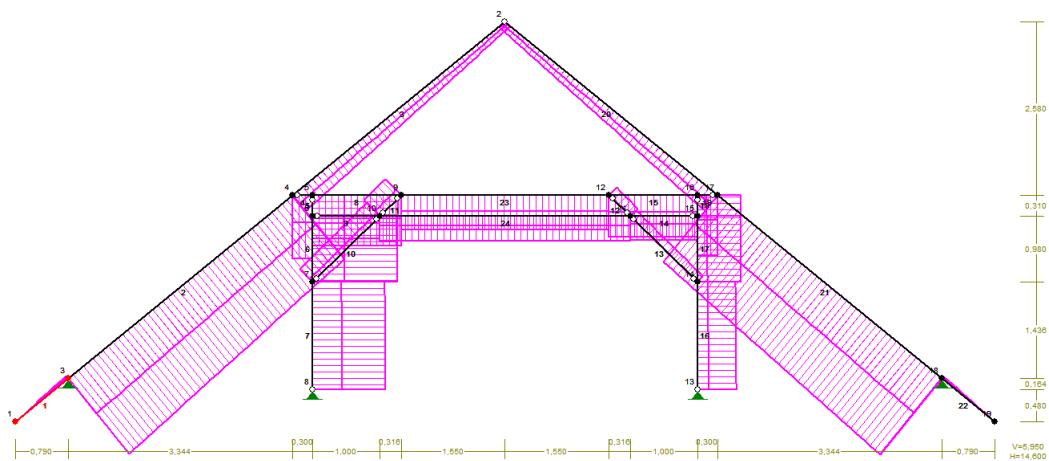
## MOMENTY:

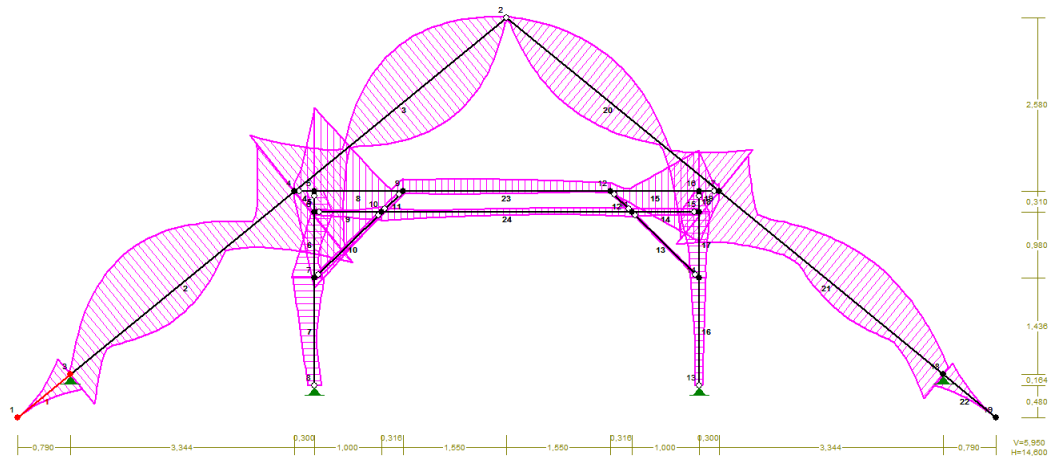


## TNĄCE:



## NORMALNE:



**NAPRĘŻENIA:****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	0,000	<b>0,000*</b>	0,000	-0,000	GSV
	1,019	<b>-0,755*</b>	-1,481	1,045	GSV
	1,019	-0,755	<b>-1,481*</b>	1,045	GSV
	1,019	-0,654	-1,282	<b>1,045*</b>	GS
	0,000	0,000	0,000	<b>0,000*</b>	GSW
2	1,888	<b>1,614*</b>	-0,117	-27,431	GSV
	4,314	<b>-2,948*</b>	-3,643	-24,942	GSV
	4,314	-2,948	<b>-3,643*</b>	-24,942	GSV
	4,314	-1,311	-1,631	<b>-11,244*</b>	GW
	0,000	-0,755	2,626	<b>-29,367*</b>	GSV
3	2,553	<b>1,736*</b>	-0,020	-3,379	GSV
	0,000	<b>-2,948*</b>	3,690	-5,997	GSV
	0,000	-2,948	<b>3,690*</b>	-5,997	GSV
	4,084	0,000	-1,010	<b>-0,944*</b>	GW
	0,000	-2,561	3,197	<b>-6,263*</b>	GS
4	0,000	<b>0,000*</b>	-20,751	-19,317	GSV
	0,300	<b>-6,231*</b>	-20,788	-19,317	GSV
	0,300	-6,231	<b>-20,788*</b>	-19,317	GSV
	0,300	-3,333	-11,128	<b>-8,299*</b>	GW
	0,000	0,000	-11,092	<b>-8,299*</b>	GW
	0,300	-6,231	-20,788	<b>-19,317*</b>	GSV
	0,000	0,000	-20,751	<b>-19,317*</b>	GSV
5	0,310	<b>1,187*</b>	3,830	-25,994	GSV
	0,000	<b>0,000*</b>	3,830	-25,944	GSV
	0,310	1,187	<b>3,830*</b>	-25,994	GSV
	0,000	0,000	<b>3,830*</b>	-25,944	GSV
	0,000	0,000	1,884	<b>-9,553*</b>	G
	0,310	1,187	3,830	<b>-25,994*</b>	GSV
6	0,000	<b>1,187*</b>	-2,969	-25,671	GSV
	0,980	<b>-1,827*</b>	-2,354	-23,576	GSW
	0,000	1,187	<b>-2,969*</b>	-25,671	GSV
	0,980	-1,723	<b>-2,969*</b>	-25,829	GSV
	0,000	0,584	-0,855	<b>-9,515*</b>	G
	0,980	-1,723	-2,969	<b>-25,829*</b>	GSV



7	1,600	<b>-0,000*</b>	1,077	-22,214	GSV
	0,000	<b>-1,827*</b>	1,142	-20,241	GSW
	1,600	-0,000	<b>1,142*</b>	-20,499	GSW
	0,000	-1,827	<b>1,142*</b>	-20,241	GSW
	0,000	-0,254	0,159	<b>-8,772*</b>	G
	1,600	-0,000	1,077	<b>-22,214*</b>	GSV
8	1,316	<b>0,450*</b>	4,997	-15,487	GSV
	0,000	<b>-6,231*</b>	5,157	-15,487	GSV
	0,000	-6,231	<b>5,157*</b>	-15,487	GSV
	0,000	-2,283	1,926	<b>-7,024*</b>	G
	1,316	0,147	1,766	<b>-7,024*</b>	G
	0,000	-6,231	5,157	<b>-15,487*</b>	GSV
	1,316	0,450	4,997	<b>-15,487*</b>	GSV
9	0,000	<b>0,000*</b>	-0,323	-6,799	GSV
	1,000	<b>-0,448*</b>	-0,508	-3,904	GSW
	1,000	-0,448	<b>-0,508*</b>	-3,904	GSW
	1,000	-0,276	-0,336	<b>-2,153*</b>	GW
	0,000	0,000	-0,215	<b>-2,153*</b>	GW
	1,000	-0,384	-0,444	<b>-6,799*</b>	GSV
	0,000	0,000	-0,323	<b>-6,799*</b>	GSV
10	0,700	<b>0,023*</b>	0,000	5,665	GSV
	0,000	<b>0,000*</b>	0,066	5,601	GSV
	1,400	<b>0,000*</b>	-0,066	5,730	GSV
	0,000	0,000	<b>0,066*</b>	5,601	GSV
	1,400	0,000	<b>-0,066*</b>	5,730	GSV
	1,400	0,000	-0,066	<b>5,730*</b>	GSV
	0,000	0,000	0,066	<b>1,355*</b>	G
11	0,221	<b>0,002*</b>	0,000	6,925	GSV
	0,000	<b>0,000*</b>	0,021	6,904	GSV
	0,443	<b>0,000*</b>	-0,021	6,945	GSV
	0,000	0,000	<b>0,021*</b>	6,904	GSV
	0,443	0,000	<b>-0,021*</b>	6,945	GSV
	0,443	0,000	-0,021	<b>6,945*</b>	GSV
	0,000	0,000	0,021	<b>2,192*</b>	G
12	0,221	<b>0,002*</b>	0,000	3,207	GV
	0,000	<b>0,000*</b>	0,021	3,227	GV
	0,443	<b>0,000*</b>	-0,021	3,187	GV
	0,000	0,000	<b>0,021*</b>	3,227	GV
	0,443	0,000	<b>-0,021*</b>	3,187	GV
	0,000	0,000	0,021	<b>3,227*</b>	GV
	0,443	0,000	-0,021	<b>0,180*</b>	GSW
13	0,700	<b>0,023*</b>	0,000	2,438	GV
	0,000	<b>0,000*</b>	0,066	2,503	GV
	1,400	<b>0,000*</b>	-0,066	2,374	GV
	0,000	0,000	<b>0,066*</b>	2,503	GV
	1,400	0,000	<b>-0,066*</b>	2,374	GV
	0,000	0,000	0,066	<b>2,503*</b>	GV
	1,400	0,000	-0,066	<b>-0,097*</b>	GSW
14	0,000	<b>0,098*</b>	-0,038	-4,755	GSW
	0,000	<b>-0,149*</b>	0,209	-5,147	GV
	0,000	-0,149	<b>0,209*</b>	-5,147	GV
	0,000	-0,013	0,073	<b>-2,563*</b>	GW
	0,625	0,009	-0,002	<b>-2,563*</b>	GW
	0,000	-0,038	0,098	<b>-7,338*</b>	GSV
	0,813	0,002	-0,000	<b>-7,338*</b>	GSV

15	0,000	<b>0,237*</b>	-2,322	-12,620	GSV
	1,316	<b>-3,147*</b>	-2,641	-10,805	GV
	1,316	-3,147	<b>-2,641*</b>	-10,805	GV
	1,316	-0,863	-0,776	<b>-5,197*</b>	GW
	0,000	0,053	-0,616	<b>-5,197*</b>	GW
	1,316	-2,924	-2,481	<b>-12,620*</b>	GSV
	0,000	0,237	-2,322	<b>-12,620*</b>	GSV
16	1,600	<b>0,833*</b>	0,520	-3,251	GSW
	1,600	<b>-0,360*</b>	-0,225	-11,653	GV
	1,600	0,833	<b>0,520*</b>	-3,251	GSW
	0,000	0,000	<b>0,520*</b>	-3,509	GSW
	1,600	0,833	0,520	<b>-3,251*</b>	GSW
	0,000	0,000	-0,225	<b>-11,911*</b>	GV
17	0,980	<b>1,736*</b>	1,738	-12,319	GSV
	0,000	<b>-0,360*</b>	1,516	-13,268	GV
	0,980	1,736	<b>1,738*</b>	-12,319	GSV
	0,000	0,032	<b>1,738*</b>	-12,477	GSV
	0,980	1,320	0,497	<b>-2,978*</b>	GSW
	0,000	-0,360	1,516	<b>-13,268*</b>	GV
18	0,000	<b>1,736*</b>	-5,600	-12,296	GSV
	0,310	<b>0,000*</b>	-3,631	-13,148	GV
	0,000	1,736	<b>-5,600*</b>	-12,296	GSV
	0,310	-0,000	<b>-5,600*</b>	-12,246	GSV
	0,310	-0,000	-4,258	<b>-2,769*</b>	GSW
	0,000	1,126	-3,631	<b>-13,198*</b>	GV
19	0,300	<b>0,000*</b>	9,728	-18,220	GSV
	0,000	<b>-3,147*</b>	10,507	-14,435	GV
	0,000	-3,147	<b>10,507*</b>	-14,435	GV
	0,000	-0,863	2,896	<b>-7,485*</b>	GW
	0,300	0,000	2,859	<b>-7,485*</b>	GW
	0,000	-2,924	9,765	<b>-18,220*</b>	GSV
	0,300	0,000	9,728	<b>-18,220*</b>	GSV
20	1,532	<b>1,256*</b>	0,001	-3,656	GS
	4,084	<b>-2,225*</b>	-2,728	-5,880	GS
	4,084	-2,225	<b>-2,728*</b>	-5,880	GS
	0,000	0,000	0,720	<b>-1,179*</b>	GW
	4,084	-1,787	-2,192	<b>-6,124*</b>	GSV
21	2,427	<b>1,163*</b>	0,099	-19,953	GS
	0,000	<b>-2,225*</b>	2,693	-17,838	GS
	0,000	-2,225	<b>2,693*</b>	-17,838	GS
	0,000	-0,991	1,190	<b>-11,153*</b>	GW
	4,314	-0,446	-1,542	<b>-29,841*</b>	GSV
22	1,019	<b>-0,000*</b>	-0,000	0,000	GSW
	0,000	<b>-0,555*</b>	1,090	0,888	GS
	0,000	-0,555	<b>1,090*</b>	0,888	GS
	0,000	-0,446	0,876	<b>0,888*</b>	GSW
	1,019	0,000	-0,000	<b>-0,000*</b>	GSV
23	0,969	<b>0,508*</b>	0,002	-10,544	GSV
	3,100	<b>0,053*</b>	-0,237	-4,840	GW
	3,100	0,066	<b>-0,288*</b>	-6,869	GSW
	3,100	0,053	-0,237	<b>-4,840*</b>	GW
	1,162	0,286	-0,003	<b>-4,840*</b>	GW
	3,100	0,237	-0,257	<b>-10,544*</b>	GSV
	0,969	0,508	0,002	<b>-10,544*</b>	GSV

24	3,032	<b>0,124*</b>	0,005	-4,921	GSW
	0,000	<b>-0,448*</b>	0,372	-4,921	GSW
	0,000	-0,448	<b>0,372*</b>	-4,921	GSW
	0,000	-0,276	0,296	<b>-2,920*</b>	GW
	2,333	0,086	0,014	<b>-2,920*</b>	GW
	0,000	-0,384	0,319	<b>-7,696*</b>	GSV
	2,566	0,035	0,008	<b>-7,696*</b>	GSV

\* = Wartości ekstremalne

**NAPRĘŻENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
 Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	Sigma:	Kombinacja obciążeń:
		-----	-----	[MPa]	
		Ro			
1	1,019	<b>0,100*</b>		1,602	GSV
	0,000	<b>-0,000*</b>		-0,000	GSV
	0,000		<b>0,000*</b>	0,000	GSW
	1,019		<b>-0,093*</b>	-1,495	GSV
2	4,314	<b>0,298*</b>		4,769	GSV
	1,888	<b>-0,295*</b>		-4,717	GSV
	1,888		<b>0,119*</b>	1,904	GSV
	4,314		<b>-0,458*</b>	-7,327	GSV
3	0,000	<b>0,359*</b>		5,740	GSV
	2,553	<b>-0,233*</b>		-3,734	GSV
	2,553		<b>0,212*</b>	3,387	GSV
	0,000		<b>-0,397*</b>	-6,355	GSV
4	0,300	<b>0,408*</b>		6,532	GSV
	0,000	<b>-0,041*</b>		-0,649	GSV
	0,000		<b>-0,017*</b>	-0,279	GW
	0,300		<b>-0,489*</b>	-7,830	GSV
5	0,000	<b>-0,015*</b>		-0,241	G
	0,310	<b>-0,092*</b>		-1,474	GSV
	0,310		<b>0,018*</b>	0,286	GV
	0,000		<b>-0,041*</b>	-0,655	GSV
6	0,980	<b>0,041*</b>		0,663	GSW
	0,000	<b>-0,092*</b>		-1,466	GSV
	0,000		<b>0,018*</b>	0,290	GV
	0,980		<b>-0,116*</b>	-1,854	GSW
7	0,000	<b>0,047*</b>		0,747	GSW
	1,600	<b>-0,035*</b>		-0,561	GSV
	1,600		<b>-0,014*</b>	-0,228	G
	0,000		<b>-0,111*</b>	-1,769	GSW
8	0,000	<b>0,416*</b>		6,660	GSV
	1,316	<b>-0,065*</b>		-1,039	GSV
	1,316		<b>0,003*</b>	0,050	GSW
	0,000		<b>-0,481*</b>	-7,701	GSV
9	1,000	<b>0,024*</b>		0,385	GSW
	0,000	<b>-0,014*</b>		-0,229	GSV
	0,000		<b>-0,005*</b>	-0,072	GW
	1,000		<b>-0,042*</b>	-0,671	GSV
10	1,400	<b>0,011*</b>		0,177	GSV
	0,700	<b>0,001*</b>		0,021	G
	0,700		<b>0,012*</b>	0,198	GSV
	0,000		<b>0,003*</b>	0,042	G

11	0,443	0,013*		0,215	GSV
	0,194	0,004*		0,066	G
	0,249		0,014*	0,217	GSV
	0,000		0,004*	0,068	G
12	0,000	0,006*		0,100	GV
	0,249	0,000*		0,004	GSW
	0,194		0,006*	0,102	GV
	0,443		0,000*	0,006	GSW
13	0,000	0,005*		0,077	GV
	0,700	-0,001*		-0,024	GSW
	0,700		0,006*	0,098	GV
	1,400		-0,000*	-0,003	GSW
14	0,000	0,005*		0,079	G
	0,000	-0,017*		-0,273	GSW
	0,000		-0,003*	-0,047	GSW
	0,000		-0,022*	-0,344	GV
15	1,316	0,204*		3,263	GV
	0,000	-0,044*		-0,697	GSV
	0,000		-0,004*	-0,067	G
	1,316		-0,249*	-3,990	GV
16	1,600	-0,003*		-0,046	GV
	1,600	-0,041*		-0,656	GSW
	1,600		0,031*	0,491	GSW
	1,600		-0,034*	-0,543	GV
17	0,000	-0,004*		-0,069	G
	0,980	-0,094*		-1,507	GSV
	0,980		0,055*	0,884	GSV
	0,000		-0,036*	-0,583	GV
18	0,310	-0,004*		-0,070	GSW
	0,000	-0,094*		-1,506	GSV
	0,000		0,055*	0,885	GSV
	0,310		-0,021*	-0,332	GV
19	0,000	0,196*		3,141	GV
	0,300	-0,038*		-0,612	GSV
	0,300		-0,016*	-0,252	GW
	0,000		-0,257*	-4,112	GV
20	4,084	0,266*		4,262	GS
	1,532	-0,173*		-2,764	GS
	1,532		0,149*	2,389	GS
	4,084		-0,304*	-4,865	GS
21	0,000	0,228*		3,649	GS
	2,427	-0,213*		-3,408	GS
	2,427		0,085*	1,362	GS
	0,000		-0,342*	-5,478	GS
22	0,000	0,074*		1,185	GS
	1,019	-0,000*		-0,000	GSV
	1,019		0,000*	0,000	GSW
	0,000		-0,068*	-1,093	GS
23	3,100	-0,014*		-0,223	GW
	0,969	-0,059*		-0,940	GSV
	0,775		0,015*	0,239	GSW
	3,100		-0,010*	-0,155	GSW

24	0,000	<b>0,022*</b>		0,350	GSW
	3,032	<b>-0,019*</b>		-0,309	GSW
	2,333		<b>0,000*</b>	0,001	GW
	0,000		<b>-0,044*</b>	-0,701	GSV

\* = 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:
3	<b>20,977*</b>	22,400	30,689		GSV
	<b>9,847*</b>	10,406	14,326		GW
	20,977	<b>22,400*</b>	30,689		GSV
	9,847	<b>10,406*</b>	14,326		GW
	20,977	22,400	<b>30,689*</b>		GSV
8	<b>-0,159*</b>	9,030	9,031		G
	<b>-1,142*</b>	20,499	20,531		GSW
	-1,077	<b>22,214*</b>	22,240		GSV
	-0,159	<b>9,030*</b>	9,031		G
	-1,077	22,214	<b>22,240*</b>		GSV
13	<b>0,225*</b>	11,911	11,913		GV
	<b>-0,520*</b>	3,509	3,547		GSW
	0,225	<b>11,911*</b>	11,913		GV
	-0,520	<b>3,509*</b>	3,547		GSW
	0,225	11,911	<b>11,913*</b>		GV
18	<b>-10,104*</b>	9,946	14,178		GW
	<b>-22,290*</b>	21,290	30,824		GSV
	-22,290	<b>21,290*</b>	30,824		GSV
	-10,104	<b>9,946*</b>	14,178		GW
	-22,290	21,290	<b>30,824*</b>		GSV

\* = Wartości ekstremalne

**PRZEMIESZCZENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,00352			GSV
		0,00431		GSV
			0,00556	GSV
2	0,00004			GV
		0,00138		GSV
			0,00138	GSV
3	0,00000			GSV
		0,00000		GSV
			0,00000	GSV
4	0,00079			GSW
		0,00197		GSV
			0,00208	GSV
5	0,00078			GSW
		0,00022		GSV
			0,00080	GSW

6	0,00091	0,00019	0,00093	GSW GSV GSW
7	0,00128	0,00011	0,00128	GSW GSV GSW
8	0,00000	0,00000	0,00000	GSW GSV GSV
9	0,00071	0,00053	0,00089	GSW GSW GSW
10	0,00090	0,00033	0,00095	GSW GSV GSW
11	0,00082	0,00014	0,00083	GSW GSW GSW
12	0,00062	0,00034	0,00071	GSW GSW GSW
13	0,00000	0,00000	0,00000	GSW GV GV
14	0,00094	0,00006	0,00094	GSW GV GSW
15	0,00080	0,00010	0,00080	GSW GV GSW
16	0,00058	0,00011	0,00058	GSW GV GSW
17	0,00057	0,00096	0,00096	GSW GV GV
18	0,00000	0,00000	0,00000	GSV GSV GSV
19	0,00233	0,00286	0,00369	GS GS GS

---

**DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	L/f:	Kombinacja obciążeń:
1	9657,3	GSV
2	549,3	GSV
3	526,7	GSV
4	5072,0	GSV
5	54176,8	GSV
6	14459,4	GSW
7	6820,7	GSW
8	1247,1	GSV
9	22378,9	GSW
10	231653,1	GSW
11	7333935,8	GV
12	7333935,8	GSW
13	231653,1	GV
14	76195,4	GV
15	2484,2	GV
16	14963,4	GSW
17	9691,0	GSW
18	37049,0	GSV
19	10046,8	GV
20	740,4	GS
21	774,9	GS
22	13128,5	GS
23	3373,4	GSV
24	23919,3	GSV

### **Z3-2.2.2 Warunki stanów granicznych dla układu głównego (UG)**

Normowe warunki stanów granicznych zostały wyznaczone dla trzech odcinków krokwi pośrednich: okapowy (wspornikowy), dolny (pomiędzy punktami podparcia na jętce i murłacie) górny (pomiędzy oparciem na jętce i kalenicą) oraz dla najbardziej wyężonego odcinka jętki, rozpory, miecza i słupka więźby.

#### ***Własności techniczne drewna:***

Przyjęto 3 klasę użytkowania konstrukcji (*warunki powodujące wyższą wilgotność w materiale niż dla klasy 2*) oraz klasę trwania obciążenia: *Średniotrwale* (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$K_{mod} = 0,65$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C16.**

$$f_{m,k} = 16,00$$

$$f_{m,d} = 8,00 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 10,00$$

$$f_{t,0,d} = 5,00 \text{ MPa}$$

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

$$f_{t,90,d} = 0,25 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 17,00$$

$$f_{c,0,d} = 8,50 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,20$$

$$f_{c,90,d} = 1,10 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 1,80$$

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

$$E_{0,mean} = 8000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 270 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 5400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 310 \text{ kg/m}^3$$

**Z3-2.2.2.1 Krokiew układu głównego - odcinek okapowy****Oslabienia przekroju:**

Na podporze B przyjęto podcięcie krawędzi dolnej rozpoczynające się w odległości  $x = 0$  mm, na długości 200 mm. Wysokość przekroju nad podporą wynosi 120 mm.

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=1,02$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_d = 1,00 \times 1019 + 150 + 150 = 1319 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1319 \times 150 \times 8,00}{3,142 \times 130^2 \times 5400}} \times \sqrt{\frac{8000}{500}} = 0,149$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,755 / 487,50 \times 10^3 = \mathbf{1,55} < \mathbf{8,00} = 1,000 \times 8,00 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,02$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,07}{5,00} + \frac{0,00}{8,00} + 0,7 \times \frac{2,42}{8,00} = \mathbf{0,225} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,07}{5,00} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} + \frac{2,42}{8,00} = \mathbf{0,316} < \mathbf{1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=1,02$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,000 / 156,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 1,481 / 156,00 \times 10 = 0,14 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,00^2 + 0,14^2} = \mathbf{0,14} < \mathbf{0,90} = 1,000 \times 0,90 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=0,64$  m;  $x_b=0,38$  m, przy obciążeniach „GSV” liczone od ciężaru pręta.

Ugięcia graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 6,8 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{net,fin} = 10,2 \text{ mm}$ .

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (150,0/1019)^2] (1 + 2,00) = 0,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (130,0/1019)^2] (1 + 2,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („SV”):

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (150,0/1019)^2] (1 + 0,75) = 0,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (130,0/1019)^2] (1 + 0,75) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,fin} = 0,2 + 0,1 = \mathbf{0,3} < \mathbf{10,2} = u_{net,fin}$$



**Z3-2.2.2.2 Krokiew układu głównego – odcinek dolny****Oslabienia przekroju:**

Na podporze A przyjęto podcięcie krawędzi dolnej rozpoczynające się w odległości  $x = 0$  mm, na długości 200 mm. Wysokość przekroju nad podporą wynosi 120 mm.

**Nośność na ściskanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=4,31$  m, przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_c = \mu l = 0,839 \times 4,314 = 3,619 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 4,314 = 4,314 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 3,620 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 4,314 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 3,620 / 0,0433 = 83,59$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 4,314 / 0,0375 = 114,96$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 5400 / (83,59)^2 = 7,63 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 5400 / (114,96)^2 = 4,03 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{17/7,63} = 1,493$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{17/4,03} = 2,053$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,493 - 0,5) + (1,493)^2] = 1,714$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (2,053 - 0,5) + (2,053)^2] = 2,763$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,714 + \sqrt{1,714^2 - 1,493^2}) = 0,391$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,763 + \sqrt{2,763^2 - 2,053^2}) = 0,217$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 195,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 29,367 / 195,00 \times 10 = \mathbf{1,51} < \mathbf{1,84} = 0,217 \times 8,50 = k_c f_{c,0,d}$$

**Ściskanie ze zginaniem** dla  $x_a=4,31$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,28}{0,391 \times 8,50} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} + \frac{6,05}{8,00} = \mathbf{1,140} > \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,28}{0,217 \times 8,50} + \frac{0,00}{8,00} + 0,7 \times \frac{6,05}{8,00} = \mathbf{1,223} > \mathbf{1} \Rightarrow \text{SGN} = \mathbf{122,3\%}$$

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=4,31$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_d = 1,00 \times 4314 + 150 + 150 = 4614 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{4614 \times 150 \times 8,00}{3,142 \times 130^2 \times 5400}} \times \sqrt{\frac{8000}{500}} = 0,278$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,948 / 487,50 \times 10^3 = \mathbf{6,05} < \mathbf{8,00} = 1,000 \times 8,00 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=4,31$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GW”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,69}{8,00} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,336 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{2,69}{8,00} + \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,235 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=4,31$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,28^2}{8,50^2} + \frac{6,05}{8,00} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,779 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,28^2}{8,50^2} + 0,7 \times \frac{6,05}{8,00} + \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,552 < 1}$$

#### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=4,31$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 3,643 / 195,00 \times 10 = 0,28 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 195,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,28^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,28 < 0,90} = 1,000 \times 0,90 = k_v f_{v,d}$$

#### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=1,89$  m;  $x_b=2,43$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 28,8 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = -3,3 \times (1 + 2,00) = -9,8 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 2,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („SV”):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = -3,2 \times (1 + 0,75) = -5,6 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,75) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -9,8 + -5,6 = \mathbf{15,4 < 28,8} = u_{\text{net,fin}} \Rightarrow \text{SGU} = (15,4 \cdot 100) : 28,8 = 53,5\%$$

### Z3-2.2.2.3 Krokiew układu głównego – odcinek górny

#### Oslabienia przekroju:

Na podporze A przyjęto podcięcie krawędzi dolnej rozpoczynające się w odległości  $x = 0$  mm, na długości 200 mm. Wysokość przekroju nad podporą wynosi 120 mm.

#### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=4,08$  m, przy obciążeniach „GS”.

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

$$l_c = \mu l = 0,857 \times 4,084 = 3,500 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 4,084 = 4,084 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 3,488 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 4,084 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 3,488 / 0,0433 = 80,55$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 4,084 / 0,0375 = 108,83$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 5400 / (80,55)^2 = 8,21 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 5400 / (108,83)^2 = 4,50 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{17/8,21} = 1,439$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{17/4,50} = 1,944$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,439 - 0,5) + (1,439)^2] = 1,629$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,944 - 0,5) + (1,944)^2] = 2,533$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,629 + \sqrt{1,629^2 - 1,439^2}) = 0,418$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,533 + \sqrt{2,533^2 - 1,944^2}) = 0,240$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 195,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 6,263 / 195,00 \times 10 = \mathbf{0,32} < \mathbf{2,04} = 0,240 \times 8,50 = k_{c,f} f_{c,0,d}$$

**Ściskanie ze zginaniem** dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=4,08 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,31}{0,415 \times 8,50} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} + \frac{6,05}{8,00} = \mathbf{0,843} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,31}{0,240 \times 8,50} + \frac{0,00}{8,00} + 0,7 \times \frac{6,05}{8,00} = \mathbf{0,680} < \mathbf{1}$$

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=4,08 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_d = 1,00 \times 4084 + 150 + 150 = 4384 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{4384 \times 150 \times 8,00}{3,142 \times 130^2 \times 5400}} \times \sqrt{\frac{8000}{500}} = 0,271$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,948 / 487,50 \times 10^3 = \mathbf{6,05} < \mathbf{8,00} = 1,000 \times 8,00 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=4,08 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00}{8,00} + 0,7 \times \frac{8,21}{8,00} = \mathbf{0,718} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} + \frac{8,21}{8,00} = \mathbf{1,026} > \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=4,08 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,38^2}{8,50^2} + \frac{8,72}{8,00} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{1,092} > \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,38^2}{8,50^2} + 0,7 \times \frac{8,72}{8,00} + \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,765} < \mathbf{1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=4,08$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,000 / 156,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 3,690 / 156,00 \times 10 = 0,35 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,00^2 + 0,35^2} = \mathbf{0,35} < \mathbf{0,90} = 1,000 \times 0,90 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=2,30$  m;  $x_b=1,79$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 27,2 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -3,5 \times (1 + 2,00) = -10,4 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 2,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („SV”):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = -3,4 \times (1 + 0,75) = -5,9 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,75) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -10,4 + -5,9 = \mathbf{16,3} < \mathbf{27,2} = u_{\text{net,fin}} \Rightarrow \text{SGU} = (16,3 \cdot 100) : 27,2 = 59,9\%$$

**Z3-2.2.2.4 Jętka układu głównego****Nośność na ściskanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,32$  m, przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_c = \mu l = 0,791 \times 1,316 = 1,041 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,316 = 1,316 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 1,041 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 1,316 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,041 / 0,0505 = 20,61$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,316 / 0,0491 = 26,82$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 5400 / (20,61)^2 = 125,52 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 5400 / (26,82)^2 = 74,11 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{17 / 125,52} = 0,368$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{17 / 74,11} = 0,479$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,368 - 0,5) + (0,368)^2] = 0,555$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,479 - 0,5) + (0,479)^2] = 0,613$$

$$k_{c,y} = 1/(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1/(0,555 + \sqrt{0,555^2 - 0,368^2}) = 1,032$$

$$k_{c,z} = 1/(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1/(0,613 + \sqrt{0,613^2 - 0,479^2}) = 1,006$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 297,50 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 15,487 / 297,50 \times 10 = \mathbf{0,52 < 8,55} = 1,006 \times 8,50 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

**Ściskanie ze zginaniem** dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,32 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,52}{1,032 \times 8,50} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} + \frac{7,18}{8,00} = \mathbf{0,957 < 1} \Rightarrow \text{SGN}=95,7\%$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,52}{1,006 \times 8,50} + \frac{0,00}{8,00} + 0,7 \times \frac{7,18}{8,00} = \mathbf{0,689 < 1}$$

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,32 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_d = 1,00 \times 1316 + 175 + 175 = 1666 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1666 \times 175 \times 8,00}{3,142 \times 170^2 \times 5400}} \times \sqrt{\frac{4 \times 8000}{500}} = 0,138$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 6,231 / 867,71 \times 10^3 = \mathbf{7,18 < 8,00} = 1,000 \times 8,00 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,32 \text{ m}$ , przy obciążeniach „G”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,63}{8,00} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,329 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{2,63}{8,00} + \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,230 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,32 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,52^2}{8,50^2} + \frac{7,18}{8,00} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,901 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,52^2}{8,50^2} + 0,7 \times \frac{7,18}{8,00} + \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,632 < 1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00 \text{ m}$ ;  $x_b=1,32 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 5,157 / 297,50 \times 10 = 0,26 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 297,50 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,26^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,26 < 0,90} = 1,000 \times 0,90 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=0,66$  m;  $x_b=0,66$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 8,8 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,3 \times [1 + 19,2 \times (175,0/1316)^2] (1 + 2,00) = 1,1 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (170,0/1316)^2] (1 + 2,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („SV”):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,5 \times [1 + 19,2 \times (175,0/1316)^2] (1 + 2,00) = 2,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (170,0/1316)^2] (1 + 2,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 1,1 + 2,2 = 3,3 < 8,8 = u_{\text{net,fin}} \Rightarrow \text{SGU} = (3,3 \cdot 100) : 8,8 = 37,5\%$$

**Z3-2.2.2.5 Rozpora układu głównego****Nośność na ściskanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=3,73$  m, przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_c = \mu l = 0,578 \times 3,732 = 2,157 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,732 = 3,732 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 2,157 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 3,732 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,157 / 0,0505 = 42,70$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,732 / 0,0491 = 76,05$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 5400 / (42,70)^2 = 29,23 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 5400 / (76,05)^2 = 9,22 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{17/29,23} = 0,763$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{17/9,22} = 1,358$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,763 - 0,5) + (0,763)^2] = 0,817$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,358 - 0,5) + (1,358)^2] = 1,508$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (0,817 + \sqrt{0,817^2 - 0,763^2}) = 0,901$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (1,508 + \sqrt{1,508^2 - 1,358^2}) = 0,462$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 297,50 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 7,696 / 297,50 \times 10 = 0,26 < 3,93 = 0,462 \times 8,50 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

**Ściskanie ze zginaniem** dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=3,73$  m, przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,26}{0,901 \times 8,50} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} + \frac{0,44}{8,00} = 0,089 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,26}{0,462 \times 8,50} + \frac{0,00}{8,00} + 0,7 \times \frac{0,44}{8,00} = 0,105 < 1 \Rightarrow \text{SGN} = 10,5\%$$

**Z3-2.2.2.6 Słupki układu głównego****Nośność na ściskanie:**

Wyniki dla  $x_a=1,60$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_c = \mu l = 0,995 \times 1,600 = 1,592 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,600 = 1,600 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 1,592 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 1,600 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,592 / 0,0635 = 25,07$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,600 / 0,0520 = 30,79$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 5400 / (25,07)^2 = 84,81 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 5400 / (30,79)^2 = 56,21 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{17/84,81} = 0,448$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{17/56,21} = 0,550$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,448 - 0,5) + (0,448)^2] = 0,595$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,550 - 0,5) + (0,550)^2] = 0,656$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,595 + \sqrt{0,595^2 - 0,448^2}) = 1,013$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,656 + \sqrt{0,656^2 - 0,550^2}) = 0,986$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 396,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 22,214 / 396,00 \times 10 = \mathbf{0,56} < \mathbf{8,38} = 0,986 \times 8,50 = k_{c,0,d} f_{c,0,d}$$

**Ściskanie ze zginaniem** dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,60$  m, przy obciążeniach „GSW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,51}{1,013 \times 8,50} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} + \frac{1,26}{8,00} = \mathbf{0,217} < \mathbf{1} \Rightarrow \text{SGN}=21,7\%$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,51}{0,986 \times 8,50} + \frac{0,00}{8,00} + 0,7 \times \frac{1,26}{8,00} = \mathbf{0,171} < \mathbf{1}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,60$  m, przy obciążeniach „GSW”.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 10,7 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,1 \times [1 + 19,2 \times (220,0/1600)^2] (1 + 2,00) = 0,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/1600)^2] (1 + 2,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („SW”):

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,8 \times [1 + 19,2 \times (220,0/1600)^2] (1 + 2,00) = 3,3 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (180,0/1600)^2] (1 + 2,00) = 0,0 \text{ mm}$$

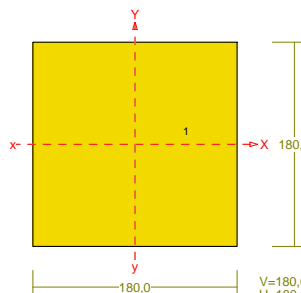
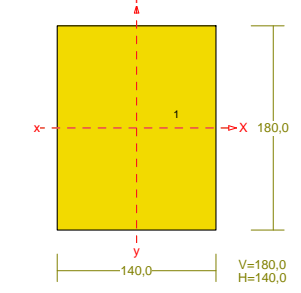
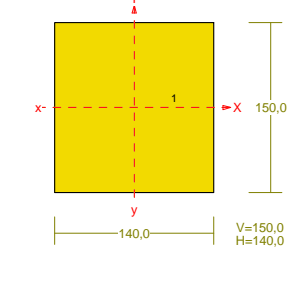
Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = 0,2 + 3,3 = \mathbf{3,5} < \mathbf{10,7} = u_{net,fin} \Rightarrow \text{SGU} = (3,5 \cdot 100) : 10,7 = 32,7\%$$

**Z3-2.3. Układ podłużny – płatew**

W celu sprawdzenia nośności płatwi, jako elementu układu podłużnego, wybrano do obliczeń schemat złożony z pięciu przęseł podpartych słupkami i dodatkowo mieczami. Normowe stany graniczne (SGN) i (SGU) sprawdzono dla elementów układu podłużnego – płatwi, słupka i miecza – z przyjęciem najniekorzystniejszej kombinacji obciążeń.

**Z3-2.3.1 Statyka układu podłużnego**

<div><div>"Słupek pośredni" (P)</div><div></div></div>	<div>CHARAKTERYSTYKA PRZĘKROJU:<div>Drewno C16</div></div> <div><div>Gł.cent.osie bezwładn.[cm]:<div>Xc=9,0Yc=9,0</div><div>alfa=0,0</div></div><div>Momenty bezwładności [cm4]:<div>Jx=8748,0Jy=8748,0</div><div>Moment dewiacji [cm4]:<div>Dxy=0,0</div></div><div>Gł.momenty bezwładn. [cm4]:<div>Ix=8748,0Iy=8748,0</div><div>Promienie bezwładności [cm]:<div>ix=5,2iy=5,2</div></div><div>Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:<div>Wx=972,0Wy=972,0</div><div>Wx=-972,0Wy=-972,0</div></div><div>Powierzchnia przek. [cm2]:<div>F=324,0</div></div><div>Masa [kg/m]:<div>m=12,0</div></div><div>Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]:<div>Jzg=8748,0</div></div></div><div><table><tr><th>Nr.</th><th>Oznaczenie</th><th>Fi: [deg]</th><th>Xs: [cm]</th><th>Ys: [cm]</th><th>Sx: [cm3]</th><th>Sy: [cm3]</th><th>F: [cm2]</th></tr><tr><td>1</td><td>B 180x180</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>324,0</td></tr></table></div></div></div>	Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]	1	B 180x180	0	0,00	0,00	0,0	0,0	324,0
	Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]									
1	B 180x180	0	0,00	0,00	0,0	0,0	324,0										
<div><div>"Płatew 14x18"</div><div></div></div>	<div>CHARAKTERYSTYKA PRZĘKROJU:<div>Drewno C16</div></div> <div><div>Gł.cent.osie bezwładn.[cm]:<div>Xc=7,0Yc=9,0</div><div>alfa=-0,0</div></div><div>Momenty bezwładności [cm4]:<div>Jx=6804,0Jy=4116,0</div><div>Moment dewiacji [cm4]:<div>Dxy=0,0</div></div><div>Gł.momenty bezwładn. [cm4]:<div>Ix=6804,0Iy=4116,0</div><div>Promienie bezwładności [cm]:<div>ix=5,2iy=4,0</div></div><div>Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:<div>Wx=756,0Wy=588,0</div><div>Wx=-756,0Wy=-588,0</div></div><div>Powierzchnia przek. [cm2]:<div>F=252,0</div></div><div>Masa [kg/m]:<div>m=9,3</div></div><div>Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]:<div>Jzg=6804,0</div></div></div><div><table><tr><th>Nr.</th><th>Oznaczenie</th><th>Fi: [deg]</th><th>Xs: [cm]</th><th>Ys: [cm]</th><th>Sx: [cm3]</th><th>Sy: [cm3]</th><th>F: [cm2]</th></tr><tr><td>1</td><td>B 180x140</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>252,0</td></tr></table></div></div></div>	Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]	1	B 180x140	0	0,00	0,00	0,0	0,0	252,0
Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]										
1	B 180x140	0	0,00	0,00	0,0	0,0	252,0										
<div><div>"Miecz"</div><div></div></div>	<div>CHARAKTERYSTYKA PRZĘKROJU:<div>Materiał: 97 Drewno C16</div></div> <div><div>Gł.cent.osie bezwładn.[cm]:<div>Xc=7,0Yc=7,5</div><div>alfa=-0,0</div></div><div>Momenty bezwładności [cm4]:<div>Jx=3937,5Jy=3430,0</div><div>Moment dewiacji [cm4]:<div>Dxy=0,0</div></div><div>Gł.momenty bezwładn. [cm4]:<div>Ix=3937,5Iy=3430,0</div><div>Promienie bezwładności [cm]:<div>ix=4,3iy=4,0</div></div><div>Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:<div>Wx=525,0Wy=490,0</div><div>Wx=-525,0Wy=-490,0</div></div><div>Powierzchnia przek. [cm2]:<div>F=210,0</div></div><div>Masa [kg/m]:<div>m=7,8</div></div><div>Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]:<div>Jzg=3937,5</div></div></div><div><table><tr><th>Nr.</th><th>Oznaczenie</th><th>Fi: [deg]</th><th>Xs: [cm]</th><th>Ys: [cm]</th><th>Sx: [cm3]</th><th>Sy: [cm3]</th><th>F: [cm2]</th></tr><tr><td>1</td><td>B 150x140</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>210,0</td></tr></table></div></div></div>	Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]	1	B 150x140	0	0,00	0,00	0,0	0,0	210,0
Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]										
1	B 150x140	0	0,00	0,00	0,0	0,0	210,0										



**"Słupek (G)"**

Diagram illustrating the cross-section of a wooden beam (Słupek (G)). The cross-section is a rectangle with dimensions 220,0 (width) and 180,0 (height). The center of gravity is marked with a dashed line. The axes are labeled x and y. The volume is given as V=180,0 and H=220,0.

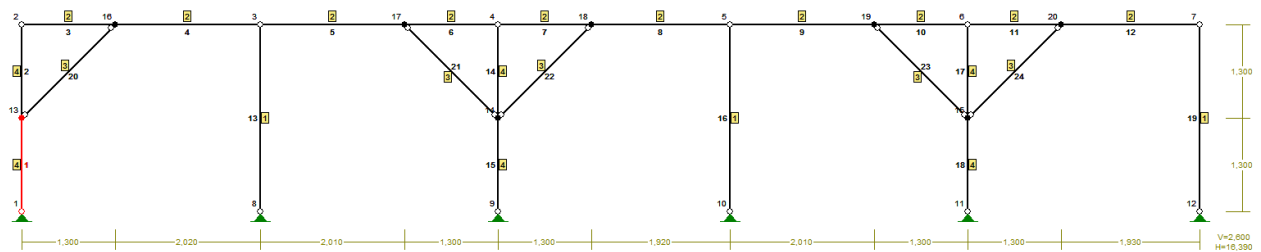
## CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:

Drewno C16

Gł.centrosie bezwładn.[cm]:	Xc= 11,0	Yc= 9,0	alfa= 90,0
Momenty bezwładności [cm4]:	Jx= 10692,0	Jy= 15972,0	Dxy= 0,0
Moment dewiacji [cm4]:		Ix= 15972,0	Iy= 10692,0
Gł.momenty bezwładn. [cm4]:		ix= 6,4	iy= 5,2
Promienie bezwładności [cm]:		Wx= 1452,0	Wy= 1188,0
Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:		Wx= -1452,0	Wy= -1188,0
Powierzchnia przek. [cm2]:		F= 396,0	m= 14,7
Masa [kg/m]:			Jzg= 10692,0
Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]:			

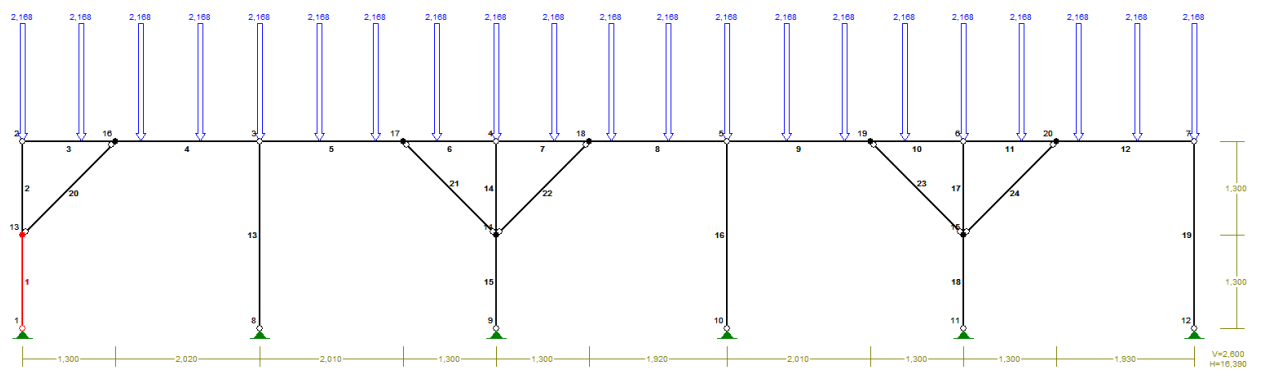
Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]
1	B 180x220	0	0,00	-0,00	-0,0	0,0	396,0

## Schemat ustroju przyjęty do obliczeń:

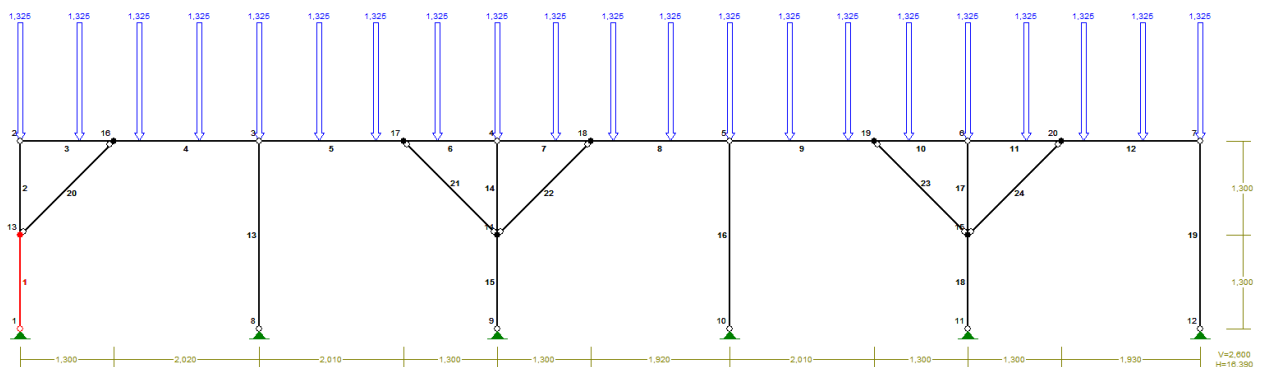


## UKŁADY OBCIĄŻEŃ PRZYJĘTE W OBLICZENIACH:

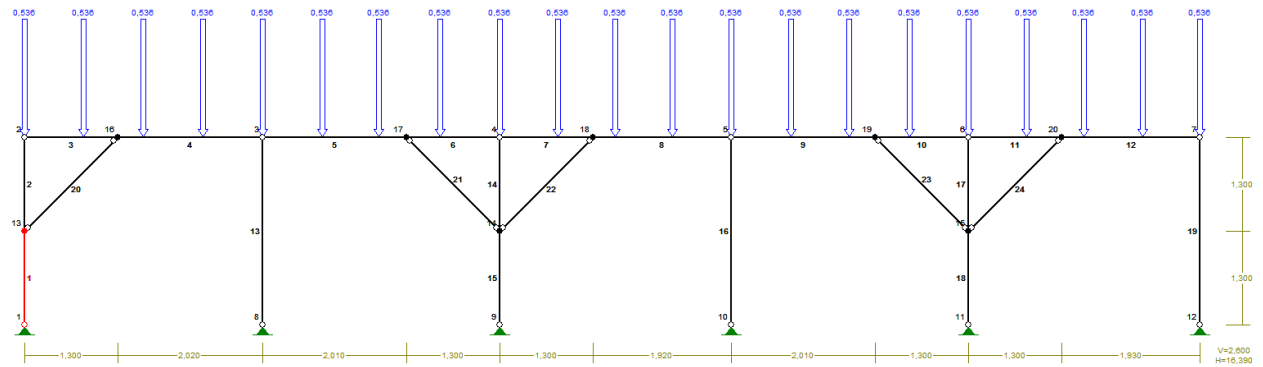
## Obciążenia stałe - ciężar poszycia:



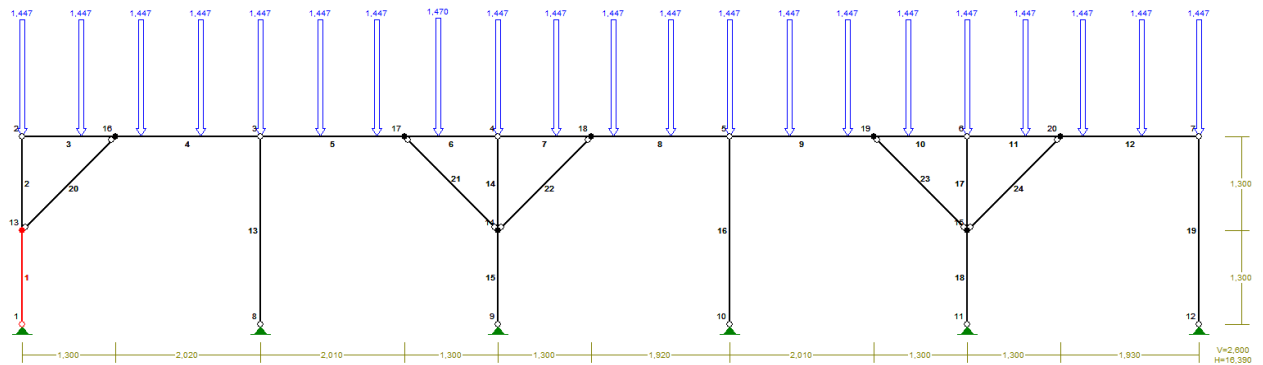
## Obciążenie śniegiem:



## Obciążenie wiatrem - wariant I (W):



## Obciążenie wiatrem - wariant II (V):



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

## OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,10
G - "Ciężar poszycia dachu"	Stałe		1,20
S - "Obciążenie śniegiem"	Zmienne	1	1,00
V - "Obciążenie wiatrem - W-II"	Zmienne	1	1,00
W - "Obciążenie wiatrem - W-I"	Zmienne	1	1,00

## RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
G - "Ciężar poszycia dachu"	EWENTUALNIE
S - "Obciążenie śniegiem"	EWENTUALNIE
V - "Obciążenie wiatrem - W-II"	EWENTUALNIE
W - "Obciążenie wiatrem - W-I"	EWENTUALNIE

## KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : G EWENTUALNIE: S+V/W

**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	0,000	<b>0,000*</b>	-4,833	-21,403	GSV
	1,300	<b>-6,283*</b>	-4,833	-21,193	GSV
	0,000	0,000	<b>-4,833*</b>	-21,403	GSV
	1,300	-6,283	<b>-4,833*</b>	-21,193	GSV
	1,300	-2,486	-1,912	<b>-8,509*</b>	G
	0,000	0,000	-4,833	<b>-21,403*</b>	GSV
2	1,300	<b>0,000*</b>	4,833	-11,239	GSV
	0,000	<b>-6,283*</b>	4,833	-11,448	GSV
	1,300	0,000	<b>4,833*</b>	-11,239	GSV
	0,000	-6,283	<b>4,833*</b>	-11,448	GSV
	1,300	0,000	1,912	<b>-4,396*</b>	G
	0,000	-6,283	4,833	<b>-11,448*</b>	GSV
3	0,830	<b>3,683*</b>	4,394	4,833	GSV
	0,000	<b>0,000*</b>	4,479	4,833	GSV
	0,000	0,000	<b>4,479*</b>	4,833	GSV
	0,000	0,000	4,479	<b>4,833*</b>	GSV
	0,830	3,683	4,394	<b>4,833*</b>	GSV
	0,000	0,000	1,795	<b>1,912*</b>	G
	0,830	1,454	1,709	<b>1,912*</b>	G
4	1,190	<b>5,403*</b>	-6,467	-4,833	GSV
	1,190	<b>5,403*</b>	0,292	-4,833	GSV
	2,020	<b>0,000*</b>	-6,552	-4,833	GSV
	0,000	2,559	<b>7,174*</b>	-4,833	GSV
	0,000	1,023	2,806	<b>-1,912*</b>	G
	1,190	2,126	0,082	<b>-1,912*</b>	G
	2,020	-0,000	-2,605	<b>-1,912*</b>	G
	0,000	2,559	7,174	<b>-4,833*</b>	GSV
	1,190	5,403	0,292	<b>-4,833*</b>	GSV
	2,020	0,000	-6,552	<b>-4,833*</b>	GSV
5	0,830	<b>2,454*</b>	-3,846	-4,833	GSV
	0,830	<b>2,454*</b>	2,914	-4,833	GSV
	2,010	<b>-4,792*</b>	-10,726	-4,833	GSV
	2,010	-4,792	<b>-10,726*</b>	-4,833	GSV
	2,010	-1,886	-4,212	<b>-1,912*</b>	G
	0,830	0,958	1,112	<b>-1,912*</b>	G
	2,010	-4,792	-10,726	<b>-4,833*</b>	GSV
	0,830	2,454	2,914	<b>-4,833*</b>	GSV
6	1,300	<b>0,000*</b>	1,167	14,066	GSV
	0,000	<b>-4,792*</b>	8,094	14,066	GSV
	0,000	-4,792	<b>8,094*</b>	14,066	GSV
	0,000	-4,792	8,094	<b>14,066*</b>	GSV
	1,300	0,000	1,167	<b>14,066*</b>	GSV
	0,000	-1,886	3,179	<b>5,558*</b>	G
	1,300	0,000	0,445	<b>5,558*</b>	G
7	0,805	<b>1,553*</b>	-4,872	11,660	GSV
	0,805	<b>1,553*</b>	1,887	11,660	GSV
	1,300	<b>-0,872*</b>	-4,923	11,660	GSV
	1,300	-0,872	<b>-4,923*</b>	11,660	GSV
	1,300	-0,872	-4,923	<b>11,660*</b>	GSV
	0,805	1,553	1,887	<b>11,660*</b>	GSV
	1,300	-0,333	-1,934	<b>4,607*</b>	G
	0,805	0,611	0,718	<b>4,607*</b>	G

8	1,106	<b>3,736*</b>	-4,548	-2,427	GSV
	1,106	<b>3,736*</b>	2,212	-2,427	GSV
	0,000	<b>-0,872*</b>	9,085	-2,427	GSV
	0,000	-0,872	<b>9,085*</b>	-2,427	GSV
	0,000	-0,333	3,556	<b>-0,962*</b>	G
	1,106	1,467	0,841	<b>-0,962*</b>	G
	0,000	-0,872	9,085	<b>-2,427*</b>	GSV
	1,106	3,736	2,212	<b>-2,427*</b>	GSV
9	0,830	<b>2,389*</b>	-3,924	-2,427	GSV
	0,830	<b>2,389*</b>	2,835	-2,427	GSV
	2,010	<b>-4,747*</b>	-10,805	-2,427	GSV
	2,010	-4,747	<b>-10,805*</b>	-2,427	GSV
	2,010	-1,868	-4,242	<b>-0,962*</b>	G
	0,830	0,933	1,082	<b>-0,962*</b>	G
	2,010	-4,747	-10,805	<b>-2,427*</b>	GSV
	0,830	2,389	2,835	<b>-2,427*</b>	GSV
10	1,300	<b>-0,000*</b>	1,109	16,459	GSV
	0,000	<b>-4,747*</b>	8,002	16,459	GSV
	0,000	-4,747	<b>8,002*</b>	16,459	GSV
	0,000	-4,747	8,002	<b>16,459*</b>	GSV
	1,300	-0,000	1,109	<b>16,459*</b>	GSV
	0,000	-1,868	3,152	<b>6,512*</b>	G
	1,300	0,000	0,417	<b>6,512*</b>	G
11	0,810	<b>1,562*</b>	-4,873	14,032	GSV
	0,810	<b>1,562*</b>	1,887	14,032	GSV
	1,300	<b>-0,838*</b>	-4,923	14,032	GSV
	1,300	-0,838	<b>-4,923*</b>	14,032	GSV
	1,300	-0,838	-4,923	<b>14,032*</b>	GSV
	0,810	1,562	1,887	<b>14,032*</b>	GSV
	1,300	-0,322	-1,935	<b>5,550*</b>	G
	0,810	0,614	0,717	<b>5,550*</b>	G
12	1,122	<b>3,754*</b>	-4,604	0,000	GSV
	1,122	<b>3,754*</b>	2,155	0,000	GSV
	0,000	<b>-0,838*</b>	9,030	0,000	GSV
	0,000	-0,838	<b>9,030*</b>	0,000	GSV
	0,000	-0,838	9,030	<b>0,000*</b>	GSV
	1,122	3,754	2,155	<b>0,000*</b>	GSV
	0,000	-0,838	9,030	<b>0,000*</b>	GSV
	1,122	3,754	2,155	<b>0,000*</b>	GSV
13	0,000	<b>0,000*</b>	0,000	-16,311	GSV
	2,600	<b>0,000*</b>	0,000	-16,654	GSV
	0,000	<b>0,000*</b>	0,000	-16,311	GSV
	2,600	<b>0,000*</b>	0,000	-16,654	GSV
	0,000	0,000	<b>0,000*</b>	-16,311	GSV
	2,600	0,000	<b>0,000*</b>	-16,654	GSV
	0,000	0,000	0,000	<b>-6,403*</b>	G
	2,600	0,000	0,000	<b>-16,654*</b>	GSV
14	0,000	<b>0,000*</b>	-2,407	-7,563	GSV
	1,300	<b>-3,128*</b>	-2,407	-7,772	GSV
	0,000	0,000	<b>-2,407*</b>	-7,563	GSV
	1,300	-3,128	<b>-2,407*</b>	-7,772	GSV
	0,000	0,000	-0,951	<b>-2,958*</b>	G
	1,300	-3,128	-2,407	<b>-7,772*</b>	GSV
15	1,300	<b>0,000*</b>	2,407	-41,124	GSV
	0,000	<b>-3,128*</b>	2,407	-40,915	GSV
	1,300	0,000	<b>2,407*</b>	-41,124	GSV
	0,000	-3,128	<b>2,407*</b>	-40,915	GSV
	0,000	-1,236	0,951	<b>-16,364*</b>	G
	1,300	0,000	2,407	<b>-41,124*</b>	GSV

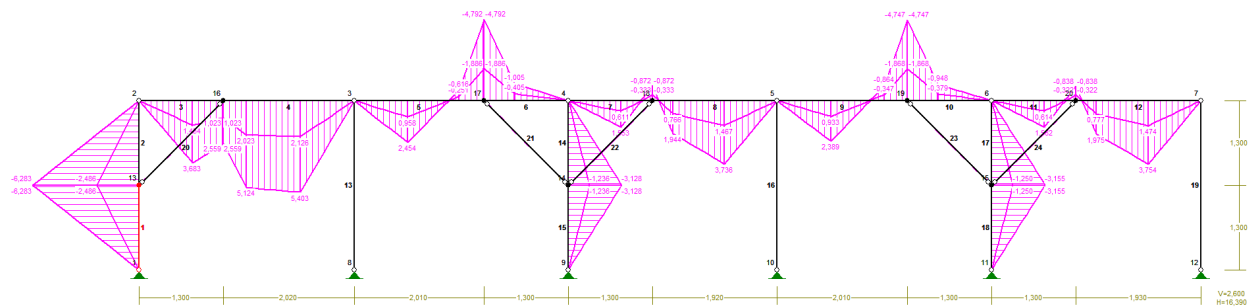
16	0,000	<b>0,000*</b>	0,000	-14,312	GSV
	2,600	<b>0,000*</b>	0,000	-14,654	GSV
	0,000	<b>0,000*</b>	0,000	-14,312	GSV
	2,600	<b>0,000*</b>	0,000	-14,654	GSV
	0,000	0,000	<b>0,000*</b>	-14,312	GSV
	2,600	0,000	<b>0,000*</b>	-14,654	GSV
	0,000	0,000	0,000	<b>-5,613*</b>	G
	2,600	0,000	0,000	<b>-14,654*</b>	GSV
17	0,000	<b>0,000*</b>	-2,427	-7,620	GSV
	1,300	<b>-3,155*</b>	-2,427	-7,830	GSV
	0,000	0,000	<b>-2,427*</b>	-7,620	GSV
	1,300	-3,155	<b>-2,427*</b>	-7,830	GSV
	0,000	0,000	-0,962	<b>-2,984*</b>	G
	1,300	-3,155	-2,427	<b>-7,830*</b>	GSV
18	1,300	<b>-0,000*</b>	2,427	-41,114	GSV
	0,000	<b>-3,155*</b>	2,427	-40,904	GSV
	1,300	-0,000	<b>2,427*</b>	-41,114	GSV
	0,000	-3,155	<b>2,427*</b>	-40,904	GSV
	0,000	-1,250	0,962	<b>-16,374*</b>	G
	1,300	-0,000	2,427	<b>-41,114*</b>	GSV
19	0,000	<b>0,000*</b>	0,000	-11,447	GSV
	2,600	<b>0,000*</b>	0,000	-11,789	GSV
	0,000	<b>0,000*</b>	0,000	-11,447	GSV
	2,600	<b>0,000*</b>	0,000	-11,789	GSV
	0,000	0,000	<b>0,000*</b>	-11,447	GSV
	2,600	0,000	<b>0,000*</b>	-11,789	GSV
	0,000	0,000	0,000	<b>-4,467*</b>	G
	2,600	0,000	0,000	<b>-11,789*</b>	GSV
20	0,919	<b>0,026*</b>	-0,000	-13,670	GSV
	0,000	<b>0,000*</b>	0,056	-13,726	GSV
	1,838	<b>-0,000*</b>	-0,056	-13,615	GSV
	0,000	0,000	<b>0,056*</b>	-13,726	GSV
	1,838	-0,000	<b>-0,056*</b>	-13,615	GSV
	1,838	-0,000	-0,056	<b>-5,354*</b>	G
	0,000	0,000	0,056	<b>-13,726*</b>	GSV
21	0,000	<b>0,000*</b>	-0,056	-26,783	GSV
	1,838	<b>0,000*</b>	0,056	-26,672	GSV
	0,919	<b>-0,026*</b>	0,000	-26,728	GSV
	0,000	0,000	<b>-0,056*</b>	-26,783	GSV
	1,838	0,000	<b>0,056*</b>	-26,672	GSV
	1,838	0,000	0,056	<b>-10,509*</b>	G
	0,000	0,000	-0,056	<b>-26,783*</b>	GSV
22	0,919	<b>0,026*</b>	-0,000	-19,921	GSV
	0,000	<b>0,000*</b>	0,056	-19,976	GSV
	1,838	<b>-0,000*</b>	-0,056	-19,865	GSV
	0,000	0,000	<b>0,056*</b>	-19,976	GSV
	1,838	-0,000	<b>-0,056*</b>	-19,865	GSV
	1,838	-0,000	-0,056	<b>-7,820*</b>	G
	0,000	0,000	0,056	<b>-19,976*</b>	GSV
23	0,000	<b>0,000*</b>	-0,056	-26,763	GSV
	1,838	<b>0,000*</b>	0,056	-26,652	GSV
	0,919	<b>-0,026*</b>	0,000	-26,708	GSV
	0,000	0,000	<b>-0,056*</b>	-26,763	GSV
	1,838	0,000	<b>0,056*</b>	-26,652	GSV
	1,838	0,000	0,056	<b>-10,513*</b>	G
	0,000	0,000	-0,056	<b>-26,763*</b>	GSV

24	0,919	<b>0,026*</b>	-0,000	-19,844	GSV
	0,000	<b>0,000*</b>	0,056	-19,900	GSV
	1,838	<b>-0,000*</b>	-0,056	-19,789	GSV
	0,000	0,000	<b>0,056*</b>	-19,900	GSV
	1,838	-0,000	<b>-0,056*</b>	-19,789	GSV
	1,838	-0,000	-0,056	<b>-7,793*</b>	G
	0,000	0,000	0,056	<b>-19,900*</b>	GSV

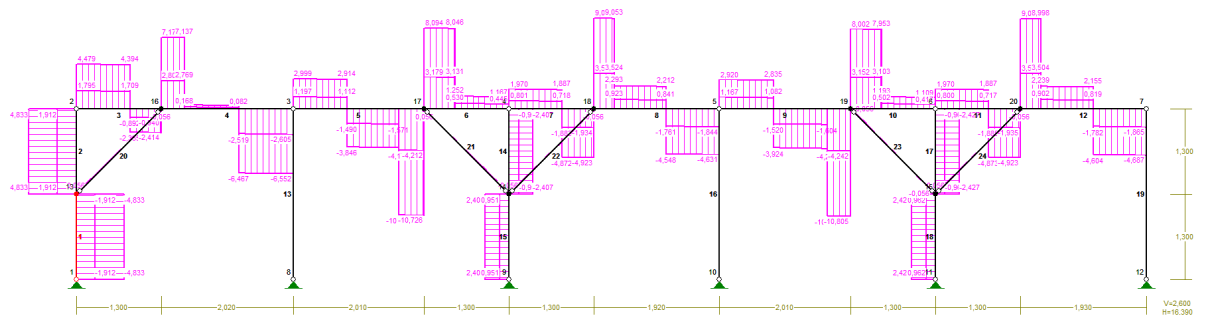
\* = Wartości ekstremalne

### Obwiednie sił wewnętrznych:

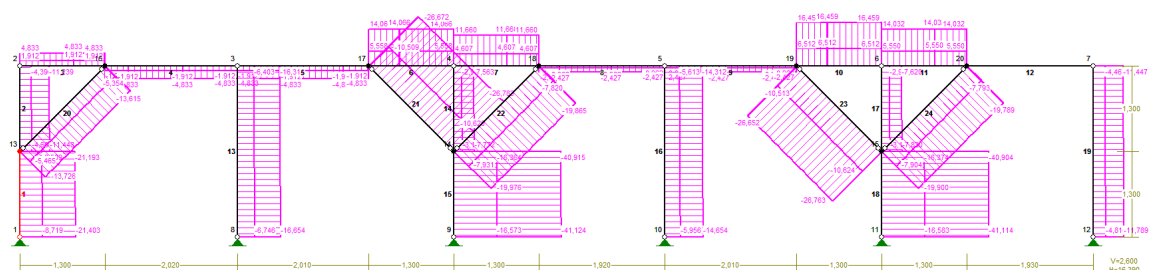
#### Momenty:



#### Tnaące:



#### Normalne:



### REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

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

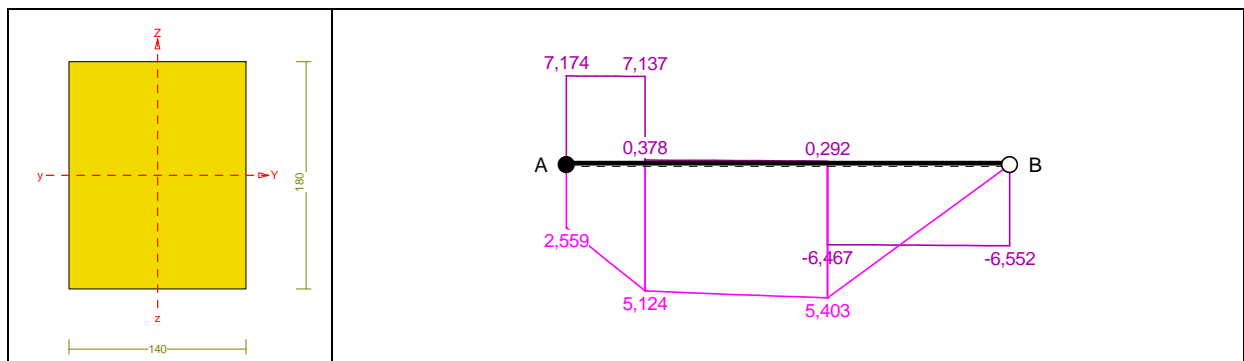
Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	<b>4,833*</b>	21,403	21,942		GSV
	<b>1,912*</b>	8,719	8,926		G
	4,833	<b>21,403*</b>	21,942		GSV
	1,912	<b>8,719*</b>	8,926		G
	4,833	21,403	<b>21,942*</b>		GSV

8	0,000*	16,654	16,654	GSV
	0,000*	6,746	6,746	G
	0,000	16,654*	16,654	GSV
	0,000	6,746*	6,746	G
	0,000	16,654	16,654*	GSV
9	-0,951*	16,573	16,600	G
	-2,407*	41,124	41,195	GSV
	-2,407	41,124*	41,195	GSV
	-0,951	16,573*	16,600	G
	-2,407	41,124	41,195*	GSV
10	0,000*	14,654	14,654	GSV
	0,000*	5,956	5,956	G
	0,000	14,654*	14,654	GSV
	0,000	5,956*	5,956	G
	0,000	14,654	14,654*	GSV
11	-0,962*	16,583	16,611	G
	-2,427*	41,114	41,185	GSV
	-2,427	41,114*	41,185	GSV
	-0,962	16,583*	16,611	G
	-2,427	41,114	41,185*	GSV
12	0,000*	11,789	11,789	GSV
	0,000*	4,810	4,810	G
	0,000	11,789*	11,789	GSV
	0,000	4,810*	4,810	G
	0,000	11,789	11,789*	GSV

\* = Wartości ekstremalne

### Z3-2.3.2 Warunki normowe dla elementów układu podłużnego

#### Z3-2.3.2.1 Płatew w układzie podłużnym



#### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,02$  m, przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_c = \mu l = 0,837 \times 2,020 = 1,691 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,320 = 3,320 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 1,691 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 3,320 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,691 / 0,0520 = 32,54$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,320 / 0,0404 = 82,15$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 5400 / (32,54)^2 = 50,34 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 5400 / (82,15)^2 = 7,90 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{17/50,34} = 0,581$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{17/7,90} = 1,467$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,581 - 0,5) + (0,581)^2] = 0,677$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,467 - 0,5) + (1,467)^2] = 1,673$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,677 + \sqrt{0,677^2 - 0,581^2}) = 0,976$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,673 + \sqrt{1,673^2 - 1,467^2}) = 0,404$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 252,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 4,833 / 252,00 \times 10 = \mathbf{0,19} < \mathbf{3,43} = 0,404 \times 8,50 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=1,19 \text{ m}$ ;  $x_b=0,83 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,19}{0,976 \times 8,50} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} + \frac{7,15}{8,00} = \mathbf{0,916} < \mathbf{1} \Rightarrow \text{SGN}=91,6\%$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,19}{0,404 \times 8,50} + \frac{0,00}{8,00} + 0,7 \times \frac{7,15}{8,00} = \mathbf{0,681} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=1,19 \text{ m}$ ;  $x_b=0,83 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_d = 1,00 \times 2020 + 180 + 180 = 2380 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2380 \times 180 \times 8,00}{3,142 \times 140^2 \times 5400}} \times \sqrt{\frac{4 \times 8000}{500}} = 0,203$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 5,403 / 756,00 \times 10^3 = \mathbf{7,15} < \mathbf{8,00} = 1,000 \times 8,00 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,19 \text{ m}$ ;  $x_b=0,83 \text{ m}$ , przy obciążeniach „G”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,81}{8,00} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,352} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{2,81}{8,00} + \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,246} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=1,19 \text{ m}$ ;  $x_b=0,83 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,19^2}{8,50^2} + \frac{7,15}{8,00} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,894} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,19^2}{8,50^2} + 0,7 \times \frac{7,15}{8,00} + \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,626} < \mathbf{1}$$



**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,02$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 7,174 / 252,00 \times 10 = 0,43 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 252,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,43^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,43} < \mathbf{0,90} = 1,000 \times 0,90 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=0,46$  m;  $x_b=1,56$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 13,5 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{\text{net,fin}} = 20,2 \text{ mm}$ .

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -3,5 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2020)^2] (1 + 2,00) = -12,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2020)^2] (1 + 2,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („SV”):

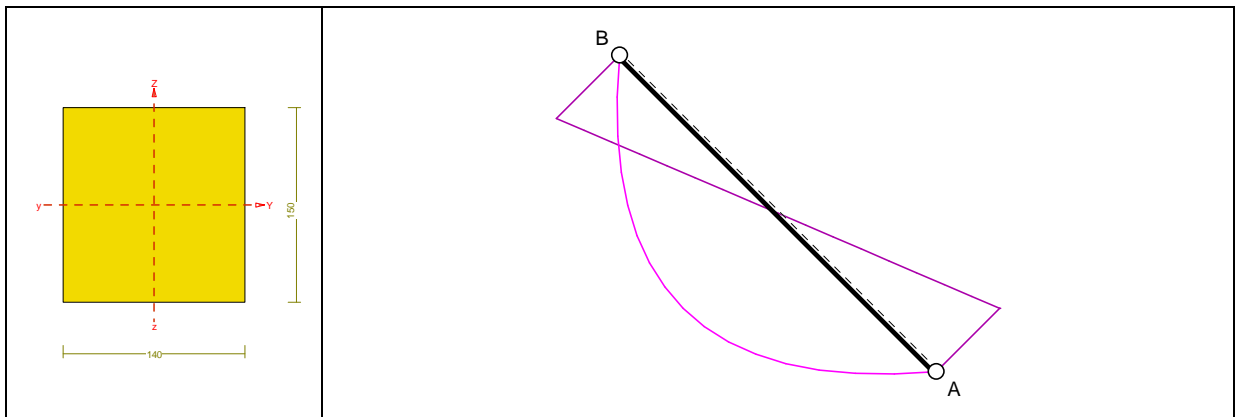
Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Średniotrwale** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -4,2 \times [1 + 19,2 \times (180,0/2020)^2] (1 + 0,75) = -8,5 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2020)^2] (1 + 0,75) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -12,0 + -8,5 = \mathbf{20,5} > \mathbf{20,2} = u_{\text{net,fin}} \Rightarrow \text{SGU} = (20,5 \cdot 100) : 20,2 = \mathbf{101,5\%}$$

**Z3-2.3.2.2 Miecz w układzie podłużnym****Nośność na ściskanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,84$  m, przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,838 = 1,838 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,838 = 1,838 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 1,838 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 1,838 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 1,838 / 0,0433 = 42,46$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,838 / 0,0404 = 45,49$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 5400 / (42,46)^2 = 29,57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 5400 / (45,49)^2 = 25,75 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{17/29,57} = 0,758$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{17/25,75} = 0,812$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,758 - 0,5) + (0,758)^2] = 0,813$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,812 - 0,5) + (0,812)^2] = 0,861$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,813 + \sqrt{0,813^2 - 0,758^2}) = 0,903$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,861 + \sqrt{0,861^2 - 0,812^2}) = 0,872$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 210,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 26,783 / 210,00 \times 10 = \mathbf{1,28} < \mathbf{7,41} = 0,872 \times 8,50 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

**Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=0,92 \text{ m}$ ;  $x_b=0,92 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,27}{0,903 \times 8,50} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} + \frac{0,05}{8,00} = \mathbf{0,172} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,27}{0,872 \times 8,50} + \frac{0,00}{8,00} + 0,7 \times \frac{0,05}{8,00} = \mathbf{0,176} < \mathbf{1} \Rightarrow \text{SGN}=17,6\%$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=1,84 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „GSV”.

Ugięcia graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 12,3 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{net,fin} = 18,4 \text{ mm}$ .

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = -2,8 \times [1 + 19,2 \times (150,0/1838)^2] (1 + 2,00) = -9,6 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1838)^2] (1 + 2,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („SV”):

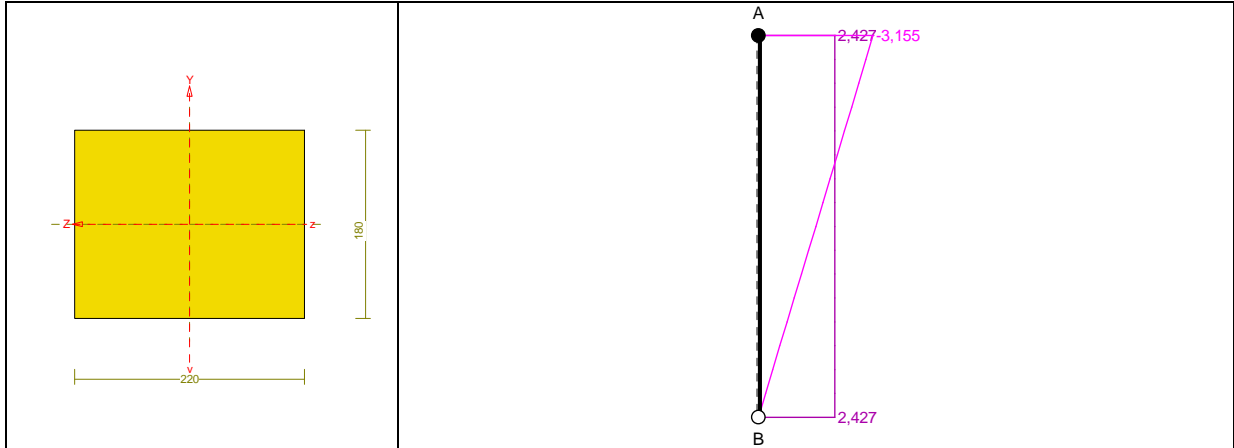
Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = -3,4 \times [1 + 19,2 \times (150,0/1838)^2] (1 + 2,00) = -11,7 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (140,0/1838)^2] (1 + 2,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -9,6 + -11,7 = \mathbf{21,3} > \mathbf{18,4} = u_{net,fin} \Rightarrow \text{SGU}=(21,3 \cdot 100):18,4=\mathbf{115,8\%}$$

**Z3-2.3.2.3 Słupek układu podłużnego (G)****Nośność na ściskanie:**

Wyniki dla  $x_a=1,30$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_c = \mu l = 2,312 \times 1,300 = 3,006 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,600 = 2,600 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 2,600 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 3,006 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,600 / 0,0635 = 40,94$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,006 / 0,0520 = 57,84$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 5400 / (40,94)^2 = 31,80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 5400 / (57,84)^2 = 15,93 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{17/31,80} = 0,731$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{17/15,93} = 1,033$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,731 - 0,5) + (0,731)^2] = 0,790$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,033 - 0,5) + (1,033)^2] = 1,087$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (0,790 + \sqrt{0,790^2 - 0,731^2}) = 0,917$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (1,087 + \sqrt{1,087^2 - 1,033^2}) = 0,702$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 396,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 41,114 / 396,00 \times 10 = \mathbf{1,04} < \mathbf{5,97} = 0,702 \times 8,50 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

**Ściskanie ze zginaniem** dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,30$  m, przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,03}{0,917 \times 8,50} + 0,7 \times \frac{2,66}{8,00} + \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,365} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,03}{0,702 \times 8,50} + \frac{2,66}{8,00} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} = \mathbf{0,505} < \mathbf{1} \Rightarrow \text{SGN}=50,5\%$$

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,30$  m, przy obciążeniach „GSV”.

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

$$l_d = 1,00 \times 1300 + 220 + 220 = 1740 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1740 \times 220 \times 8,00}{3,142 \times 180^2 \times 5400}} \times \sqrt{\frac{4 \times 8000}{500}} = 0,149$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,000 / 1452,00 \times 10^3 = \mathbf{0,00} < \mathbf{8,00} = 1,000 \times 8,00 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,30$  m, przy obciążeniach „G”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00}{8,00} + 0,7 \times \frac{1,05}{8,00} = \mathbf{0,092} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} + \frac{1,05}{8,00} = \mathbf{0,132} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,30$  m, przy obciążeniach „GSV”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,03^2}{8,50^2} + \frac{0,00}{8,00} + 0,7 \times \frac{2,66}{8,00} = \mathbf{0,247} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,03^2}{8,50^2} + 0,7 \times \frac{0,00}{8,00} + \frac{2,66}{8,00} = \mathbf{0,347} < \mathbf{1}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,30$  m, przy obciążeniach „GSV”.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 8,7 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{net,fin} = 13,0 \text{ mm}$ .

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/1300)^2] (1 + 2,00) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 2,4 \times [1 + 19,2 \times (180,0/1300)^2] (1 + 2,00) = 9,7 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („SV”):

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

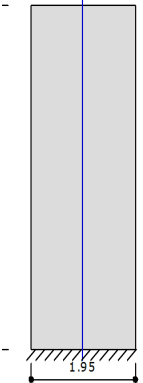
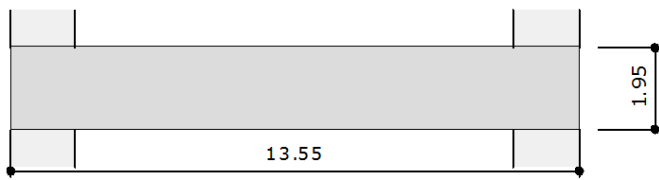
$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (220,0/1300)^2] (1 + 2,00) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 2,9 \times [1 + 19,2 \times (180,0/1300)^2] (1 + 2,00) = 11,8 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{y,fin} = 9,7 + 11,8 = \mathbf{21,5} > \mathbf{13,0} = u_{net,fin} \Rightarrow \text{SGU} = (21,5 \cdot 100) : 13 = \mathbf{165,4\%}$$

**Z3-2.4. Poprzeczne mury nośne**

<p>Przekrój pionowy</p> 	<p>Przekrój poziomy</p>  <p><b>Usztywnienia ściany:</b></p> <table> <tr> <td>Usztywnienie lewostronne</td><td>TAK</td></tr> <tr> <td>Usztywnienie prawostronne</td><td>TAK</td></tr> </table> <p><b>Usztywnienia przestrzenne konstrukcji:</b></p> <p>Usztywnienie konstrukcji całkowicie eliminuje przesuw poziomy</p>	Usztywnienie lewostronne	TAK	Usztywnienie prawostronne	TAK
Usztywnienie lewostronne	TAK				
Usztywnienie prawostronne	TAK				

Wysokość efektywna ściany:  $h_{\text{eff}} = h \cdot \rho_h \cdot \rho_n = 5.35 \text{ m} \cdot 2.00 \cdot 0.87 = 9.26 \text{ m}$

Smukłość ściany:  $s = \frac{h_{\text{eff}}}{t} = \frac{9.26 \text{ m}}{1.95 \text{ m}} = 4.75$

**LEGENDA:**

- $\rho_h = 2.00$  - współczynnik zależny od przestrzennego usztywnienia budynku  
 $\rho_n = 0.87$  - współczynnik zależny od usztywnienia ściany

**Element murowy:**

Rodzaj elementu murowego: Ceramika  
 Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie :  $f_b = 5.00 \text{ [MPa]}$   
 Grupa elementu murowego : 2

**Zaprawa:**

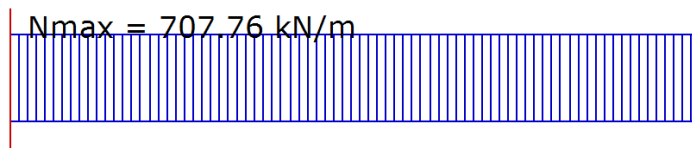
Zaprawa murarska : Przypisana PN-B-10104  
 Rodzaj : Zwykła  
 Wytrzymałość zaprawy na ściskanie :  $f_m = 0.30 \text{ [MPa]}$

**Mur - materiałowy współczynnik bezpieczeństwa:**

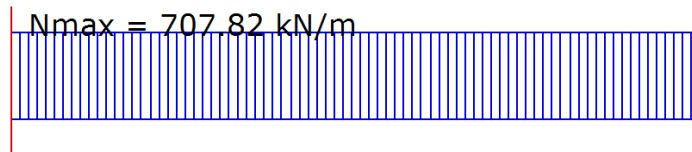
Sposób zadawania : indywidualnie przez projektanta  
 Częściowy współczynnik bezpieczeństwa : 2.00  
 Obecność spoiny podłużnej : Nie

**Tabela obciążeń:**

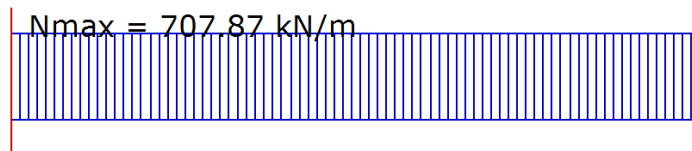
Lp	Typ obciążenia	$q_1$ [kN/m]	$q_2$ [kN/m]
1	Liniowe jednorodne	699.78	---
2	Liniowe jednorodne	7.98	---

**Wykres obciążeń zredukowanych w przekroju górnym**

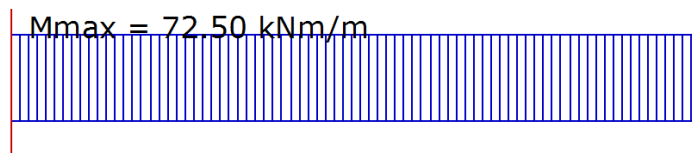
Wykres obciążeń zredukowanych w przekroju środkowym



Wykres obciążeń zredukowanych w przekroju dolnym



Wykres momentów w przekroju górnym



**LEGENDA:**

Czerwonym kolorem zaznaczono przekroje brane do dalszych obliczeń.

**UWAGA:**

Rozkład momentów uwzględnia tylko momenty pochodzące od sił pionowych. W pozostałych przekrojach założono równomierny rozkład momentów na długości ściany.

**Wytrzymałości charakterystyczne:**

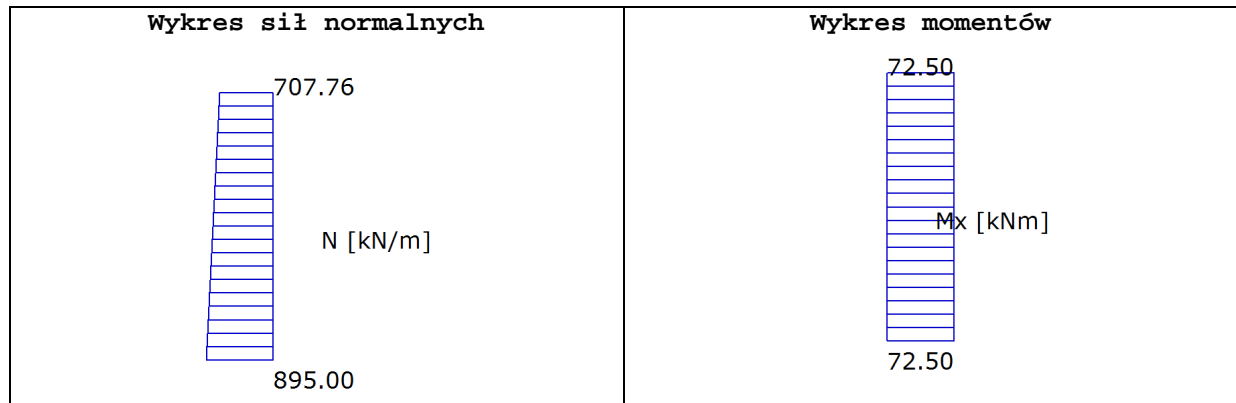
$f_k$	= 0.97 [MPa]	- wytrzymałość na ściskanie
$f_{vk}$	= 0.16 [MPa]	- wytrzymałość na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych
$f_{vvk}$	= 0.20 [MPa]	- wytrzymałość na ścinanie w kierunku prostopadłym do spoin wspornych
$f_{xk1}$	= 0.10 [MPa]	- wytrzymałość na rozciąganie w kierunku przez spoiny wsporne

**Wytrzymałości obliczeniowe:**

$f_d$	= 0.48 [MPa]	- wytrzymałość na ściskanie
$f_{vd}$	= 0.08 [MPa]	- wytrzymałość na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych
$f_{vvd}$	= 0.10 [MPa]	- wytrzymałość na ścinanie w kierunku prostopadłym do spoin wspornych
$f_{xd1}$	= 0.05 [MPa]	- wytrzymałość na rozciąganie w kierunku przez spoiny wsporne

**Charakterystyki sprężyste :**

$a_{c\infty}$	= 400	- cecha sprężystości muru pod obciążeniem długotrwałym
---------------	-------	--

**Sprawdzenie naprężeń ściskających:**

Dla przekroju górnego 1-1: warunek jest spełniony

$$\frac{N_{sc1}}{\phi_1 \cdot A} = \frac{707.76}{0.89 \cdot 1.95} = 405.56 \text{ kN/m}^2 < f_{sd} = 485.00 \text{ kN/m}^2$$

Dla przekroju pośredniego: warunek jest spełniony

$$\frac{N_{scm}}{\phi_m \cdot A} = \frac{801.38}{0.86 \cdot 1.95} = 480.64 \text{ kN/m}^2 < f_{sd} = 485.00 \text{ kN/m}^2$$

Dla przekroju dolnego 2-2: warunek jest spełniony

$$\frac{N_{sc2}}{\phi_2 \cdot A} = \frac{895.00}{1.00 \cdot 1.95} = 458.98 \text{ kN/m}^2 < f_{sd} = 485.00 \text{ kN/m}^2$$

**Sprawdzenie naprężeń rozciągających:**

Dla przekroju dolnego 2-2: brak naprężeń rozciągających - warunek spełniony

$$\frac{N_{scm}}{A} - \frac{M_{scnx}}{W_y} = \frac{895.00}{1.95} - \frac{0.00}{0.63 \cdot 10^0} = 458.98 - 0.00 = 458.98 > 0$$

**Sprawdzenie naprężeń ściskających:**

Dla przekroju dolnego 2-2: warunek jest spełniony

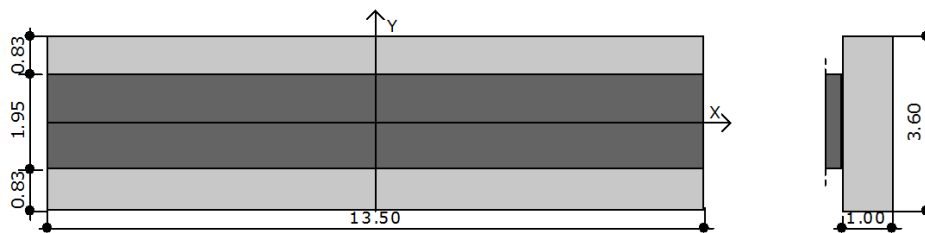
$$\frac{N_{scm}}{A} + \frac{M_{scnx}}{W_y} = \frac{895.00}{1.95} + \frac{0.00}{0.63 \cdot 10^0} = 458.98 + 0.00 = 458.98 \text{ kN/m}^2 < f_{sd} = 485.00 \text{ kN/m}^2$$

**Z3-2.5. Poziom posadowienia**

Obliczenia orientacyjne dla fundamentu znajdującego się w najniekorzystniejszych warunkach statycznych.

**Geometria**

Szerokość ławy B	[m]	3.60
Długość ławy L	[m]	13.50
Wysokość ławy H <sub>f</sub>	[m]	1.00
Grubość ściany b	[m]	1.95
Mimośród e <sub>y</sub>	[m]	-0.00

**Warunki gruntowe**

Warstwa	Nazwa gruntu	Miaższość [m]	$\rho(n)$ [t/m <sup>3</sup> ]	$c(n)_u$ [kPa]	$\phi(n)_u$ [°]	M [kPa]	$M_O$ [kPa]
1	Gliny	4.00	2.10	23.23	13.60	28484.46	21368.69

Metoda określenia parametrów geotechnicznych		C
Głębokość posadowienia	[m]	1.20
Ciężar zasypki	[kN/m <sup>3</sup> ]	20.00

**Obciążenia**

Numer zestawu	N [kN]
1	10813.23

**Stan graniczny nośności**

DLA SCHEMATU NR 1

DLA WARSTWY NR 1

$$N=12256.65 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{fNB}=0.81 \cdot 15328.07 = 12415.73 \text{ kN}$$

**Naprężenia pod fundamentem**

DLA SCHEMATU NR 1

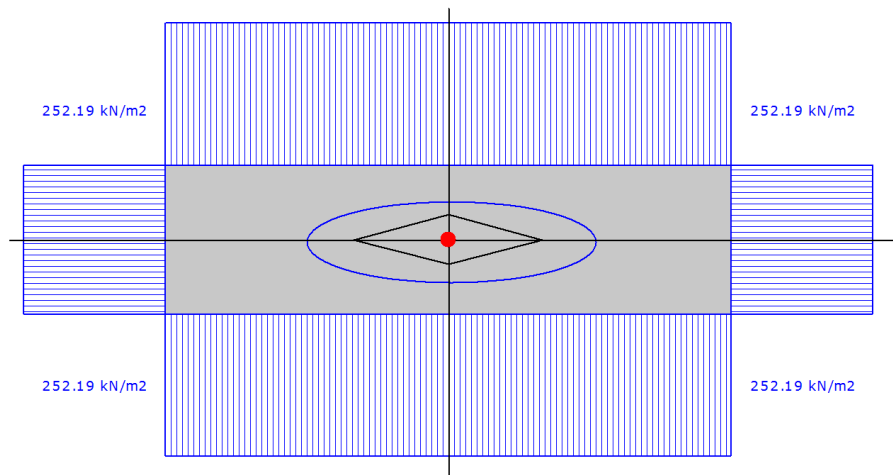
Naprężenia w narożach:

$$q_1=252.19 \text{ kN/m}^2$$

$$q_2=252.19 \text{ kN/m}^2$$

$$q_3=252.19 \text{ kN/m}^2$$

$$q_4=252.19 \text{ kN/m}^2$$





**Osiadanie fundamentu**

Osiadania pierwotne = 3.797 cm

Osiadania wtórne = 0.000 cm

Osiadania całkowite = 3.797 cm

Tangens kąta nachylenia względem osi X = 0.00000

Tangens kąta nachylenia względem osi Y = 0.00000

Przechyłka = 0.00000 rad

Warunek naprężeniowy:

$$0.3 \cdot \sigma_{zp} = 0.3 \cdot 121.94 \text{ kN/m}^2 = 36.58 \text{ kN/m}^2 \geq \sigma_{zd} = 34.90 \text{ kN/m}^2$$

Głębokość, na której zachodzi warunek wytrzymałościowy = 11.30 m

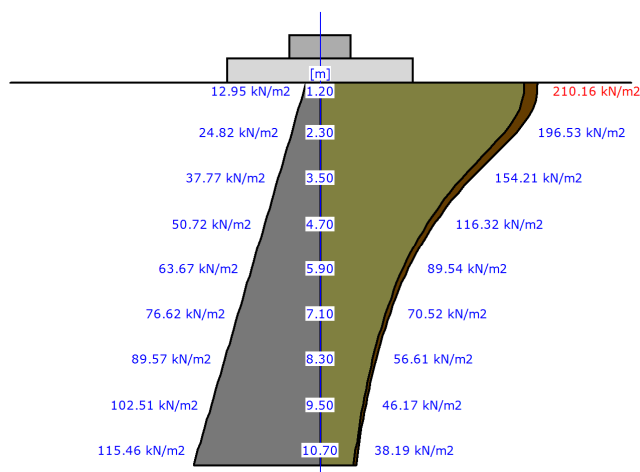
**Rozkład naprężeń pod analizowanym fundamentem:**

Tabela z wartościami:

Nr	H [m]	$\sigma_{ZR}$ [kN/m²]	$\sigma_{ZS}$ [kN/m²]	$\sigma_{ZD}$ [kN/m²]	Suma = $\sigma_{ZS} + \sigma_{ZD} + \sigma_{ZDsila} + \sigma_{ZDfund}$
0	1.20	12.95	12.95	197.21	210.16
1	1.30	14.03	12.95	197.16	210.11
2	1.50	16.19	12.92	196.80	209.72
3	1.70	18.34	12.84	195.57	208.41
4	1.90	20.50	12.68	193.11	205.79
5	2.10	22.66	12.43	189.29	201.72
6	2.30	24.82	12.11	184.42	196.53
7	2.50	26.98	11.73	178.61	190.33
8	2.70	29.14	11.31	172.26	183.57
9	2.90	31.29	10.86	165.32	176.18
10	3.10	33.45	10.42	158.70	169.12
11	3.30	35.61	9.96	151.63	161.59
12	3.50	37.77	9.50	144.71	154.21
13	3.70	39.93	9.06	138.01	147.07
14	3.90	42.08	8.64	131.60	140.24
15	4.10	44.24	8.24	125.51	133.75
16	4.30	46.40	7.86	119.74	127.60
17	4.50	48.56	7.50	114.29	121.79
18	4.70	50.72	7.17	109.15	116.32
19	4.90	52.88	6.85	104.31	111.16
20	5.10	55.03	6.55	99.76	106.31
21	5.30	57.19	6.27	95.47	101.74
22	5.50	59.35	6.00	91.43	97.43
23	5.70	61.51	5.75	87.62	93.37
24	5.90	63.67	5.52	84.02	89.54
25	6.10	65.83	5.29	80.62	85.92
26	6.30	67.98	5.08	77.41	82.50

27	6.50	70.14	4.88	74.37	79.26
28	6.70	72.30	4.69	71.49	76.19
29	6.90	74.46	4.52	68.77	73.28
30	7.10	76.62	4.35	66.18	70.52
31	7.30	78.77	4.18	63.72	67.90
32	7.50	80.93	4.03	61.39	65.42
33	7.70	83.09	3.88	59.16	63.05
34	7.90	85.25	3.75	57.05	60.80
35	8.10	87.41	3.61	55.04	58.65
36	8.30	89.57	3.49	53.12	56.61
37	8.50	91.72	3.37	51.29	54.66
38	8.70	93.88	3.25	49.55	52.80
39	8.90	96.04	3.14	47.89	51.03
40	9.10	98.20	3.04	46.30	49.34
41	9.30	100.36	2.94	44.78	47.72
42	9.50	102.51	2.84	43.33	46.17
43	9.70	104.67	2.75	41.94	44.69
44	9.90	106.83	2.67	40.61	43.28
45	10.10	108.99	2.58	39.34	41.92
46	10.30	111.15	2.50	38.12	40.62
47	10.50	113.31	2.43	36.95	39.38
48	10.70	115.46	2.35	35.84	38.19
49	10.90	117.62	2.28	34.76	37.05
50	11.10	119.78	2.21	33.73	35.95
51	11.30	121.94	2.15	32.75	34.90

Legenda:

H [m]	- głębokość liczona od poziomu terenu
$\sigma_{ZR}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	- naprężenia pierwotne
$\sigma_{ZS}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	- naprężenia wtórne
$\sigma_{ZD}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	- naprężenia dodatkowe

### Z3- 3. Podsumowanie

- 1) Obliczenia stanów granicznych (SGN – stan graniczny nośności, SGU – stan graniczny użytkowania) elementów konstrukcyjnych budynku zostały wykonane z zastosowaniem norm obciążeniowych i zasad podanych w PN.
- 2) W obliczeniach uwzględniono zurzycie techniczne przez przyjęcie odpowiednio niższej klasy elementu, lub przez redukcję wymiarów jego przekrojów obliczeniowych w charakterystycznych miejscach..
- 3) Wykonano obliczenia sprawdzające dla konstrukcji dachu, poprzecznych murów nośnych i fundamentu pod nimi.
- 4) Dla konstrukcji dachu wykonano obliczenia krokwi dachowych, jętek, mieczy i słupków w układach pośrednich (UP), i układach głównych (UG) oraz układu płatwi uzyskując następujące stopnie wykorzystania stanów granicznych:

L.p.	Element	SGN	SGU
1	krokiew układu pośredniego (UP)	144,1%	21,9%
2	jętka układu pośredniego (UP)	20,5%	21,2%
3	krokiew układu głównego (UG)	122,3%	59,9%
4	jętka układu głównego (UG)	95,7%	37,5%
5	rozpora układu głównego (UG)	10,5%,	----
6	słupki układu głównego (UG)	21,7%	32,7%
7	płatw układzie podłużnym	91,6%	101,5%,
8	miecze w układzie podłużnym	17,6%	115,8%
9	słupki układu podłużnego	50,6%	165,4%

- 5) Podane wyżej stopnie wyężenia konstrukcji dachu dotyczą obliczeń elementów, w których założono obniżenie wartości technicznych drewna wskutek starzenia elementów przyjmąc przy tym geometrię kotrukcji bez występujących imperfekcji.
- 6) Konstrukcje murowe spełniają normowe warunki nośności z wykorzystaniem je na maksymlnym poziomie 94,8%.
- 7) Dla poziomu posadowienia wykonane obliczenia orientacyjne wykazują spełnienie warunków normowych, jednak z wykorzystaniem na poziomie 98%.

----- Koniec załącznika Z3 -----