

# PROJEKT WYKONAWCZY

ELEMENTÓW TYMCZASOWEJ WYSTAWY

W SIEDZIBIE MUZEUM SZTUKI NOWOCZESNEJ

W WARSZAWIE

Branża:

**KONSTRUKCJA**

Adres inwestycji:

Ul. Wybrzeże Kościuszkowskie  
dz. nr ew. 5/1 i 1/3, obręb 5-04-04

Inwestor:

Muzeum Sztuki Nowoczesnej w Warszawie  
00-124 Warszawa  
Ul. Pańska 3

KONSTRUKCJA :

projektant

nr upr

mgr inż. Daniel Przybyłek

MAZ/0547/POOK/12

uprawnienia budowlane  
do projektowania bez ograniczeń  
w specjalności konstrukcyjno - budowlanej

Warszawa, dn. 23 października 2017 r.

## **Zawartość opracowania**

- 1. Opis techniczny**
- 2. Zestawienie obciążeń**
- 3. Obliczenia statyczne**
- 4. Spis rysunków**

## 1. Opis techniczny

1.1 Przedmiotem opracowania jest zaprojektowanie ścian dzielących pomieszczenie wystawy w budynku Muzeum Sztuki Nowoczesnej w Warszawie. Cztery ze ścian będą podwieszone do istniejącej konstrukcji dachu, a dodatkowe cztery ściany postawione na istniejącej podłodze betonowej. Projekt obejmuje sprawdzenie nośności konstrukcji dachu od nowych obciążeń oraz sposób montażu przedmiotowych elementów. Dobrano także optymalne materiały ze względu na ciężar i łatwość montażu ścian.

### 1.2 Ściany wiszące.

Ściany wiszące o wymiarach 650x300 cm, 550x300 cm, 880 x 300 cm (BxH). Złożono poszycie ścian z płyt OSB3 gr. 12 mm. Poszycie grubości 36 mm składające się z trzech warstw płyt gr. 12 mm. Wewnętrzna warstwa ułożona ażurowo. Wszystkie warstwy skrócone drewnokrętami 4x35 i 4x45 mm. Do ścian zamocowane płyty gipsowo kartonowe gr. 9,5 mm. Do oparcia na głównych dźwigarach dachu dobrano profile Niczuk SD-ME3 (50x160x3mm) ustawione pionowo. Obciążenie obliczeniowe do 10 kN na jeden profil. W miejscach oparcia na drewnie zastosować złącza kątowe DMX KM9 DMX. Profile na podporach przyciąć do połowy, ponieważ dostępne jest tylko 10 cm wysokości do montażu na dźwigarze górnym kratownic. Do połączeń wieszaków zastosować systemowe złączki NICZUK np. stopki konstrukcyjne ST-M12, profile gwintowane M12, złączki ZL M12, do podwieszenia ściany zastosować kształtowaną płytkę perforowaną DMX PP99 2x200x1200 mm + drewnokręty 4x45 mm i 4x35 mm. Elementy zawiesi wg wytycznych architektonicznych z prętów kwadratowych 12x12 mm S235JR nagwintowanych na końcach aby połączyć elementami systemowymi.

### 1.3 Ściany stojące.

W technologii gipsowo kartonowej na stelażu stalowym gr. 10 cm. Słupki pionowe co 40 cm. Ściany należy mocować do istniejącej ściany zewnętrznej. W ścianie zewnętrznej występują poziome belki drewniane w rozstawie co 62,5 cm o szer. 6 cm. Skrajne słupki ścian należy kotwić do wszystkich belek poziomych istniejących ścian zew. co 62,5 cm drewnokrętami CT i SC 8x160 DMX. Należy zastosować wzmocniony profil przyścienny ścianki g/k (profil drzwiowy). Profil podstawy należy skleić do istniejącej posadzki łatwo zmywalnym klejem po zmyciu którego powierzchnia istniejącej posadzki nie odbarwi się.

### 1.4 Sufity drewniane.

Konstrukcje stanowią belki drewniane 10x10 cm co 40 cm. Belki strugane zabezpieczone do stopnia niezapalności NRO. Do belek zamocowane tylko od dołu płyty g/k grubości 9,5 mm. Poszycie płyt g/k kotwić do ścian zewnętrznych co zapewni sztywność przestrzenną układu dwóch ścian i sufitu. W warstwie płyt g/k zamocowane elementy wystawy z płyt drewnopochodnych.

### 1.5 Uwagi

Podwieszenia do sufitu nie mogą występować równocześnie z zaleganiem śniegu na dachu budynku. W przypadku wystąpienia opadów śniegu dach należy niezwłocznie odśnieżyć.

Podczas montażu ścian wiszących należy zwrócić szczególną uwagę na równomierne obciążenie wszystkich trzech wieszaków dla ścian Nr 2 i Nr 3.

Projekt należy rozpatrywać łącznie z pozostałymi projektami branżowymi.

## Materiały konstrukcyjne

Wieszaki i belki wsporcze	NICZUK
Płyty drewnopochodne	OSB3
Złącza do drewna	DMX domax
Wkręty	DMX i Wkręt Met

Wszystkie materiały budowlane konstrukcyjne i wykończeniowe użyte przez wykonawcę muszą posiadać obowiązujące w Polsce świadectwa dopuszczenia, aprobaty techniczne oraz certyfikaty.

Zmiana użytych materiałów na inne, niż określone w projekcie, może być dokonana jedynie w uzgodnieniu z autorem projektu.

## 2. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

### 2.1 OBCIĄŻENIA STAŁE

#### 2.1.1 Ściana wisząca

		obc. charakter.	$\gamma_f$	obc. oblicz.
- płyty g/k gr. 9,5 mm		0,076	1,10	0,08
- płyty OSB3 gr. 12 mm		0,072	1,10	0,08
- płyty OSB3 gr. 2x12 mm 30%		0,043	1,10	0,05
- płyty OSB3 gr. 12 mm		0,072	1,10	0,08
- płyty g/k gr. 9,5 mm		0,076	1,10	0,08
<b>RAZEM [kN/m<sup>2</sup>]</b>		<b>0,34</b>	<b>1,1</b>	<b>0,37</b>
pow. ściany 3,0 x 6,5	19,5 m <sup>2</sup>	<b>6,61 kN</b>		
pow. ściany 3,0 x 8,8	26,4 m <sup>2</sup>	<b>8,95 kN</b>		
pow. ściany 3,0 x 5,5	16,5 m <sup>2</sup>	<b>5,60 kN</b>		

#### 2.1.2 Ściana stojąca

		obc. charakter.	$\gamma_f$	obc. oblicz.
- płyty g/k gr. 2x 9,5 mm		0,15	1,10	0,17
- stelaż stalowy ocynkowany 10 cm co 40 cm		0,04	1,10	0,05
- wypełnienie wełną mineralną		0,04		
- płyty g/k gr. 2x 9,5 mm		0,15	1,10	0,17
<b>RAZEM [kN/m<sup>2</sup>]</b>		<b>0,39</b>	<b>0,99</b>	<b>0,38</b>

#### 2.1.3 Sufit tymczasowy g/k

		obc. charakter.	$\gamma_f$	obc. oblicz.
- wypełnienie wełną mineralną		0,02	1,20	0,02
- płyty g/k gr. 9,5 mm		0,10	1,20	0,12
<b>RAZEM [kN/m<sup>2</sup>]</b>		<b>0,12</b>	<b>1,20</b>	<b>0,14</b>
dla rozstawu =	0,4 m	0,05	1,20	0,06

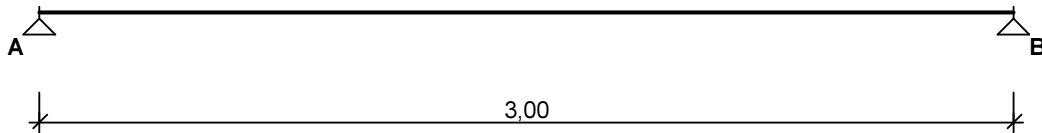
### 3. Obliczenia statyczne

#### Spis obliczeń

3.1.	Ściany wiszące	7
3.2.	Wymiarowanie wieszaka	8
3.3.	Profile wsparte na dźwigarach kratowych	9
3.4.	Sprawdzenie dźwigara kratowego	11
3.5.	Belki sufitu tymczasowego (co 40 cm)	25

### 3.1. Ściany wiszące

#### SCHEMAT BELKI



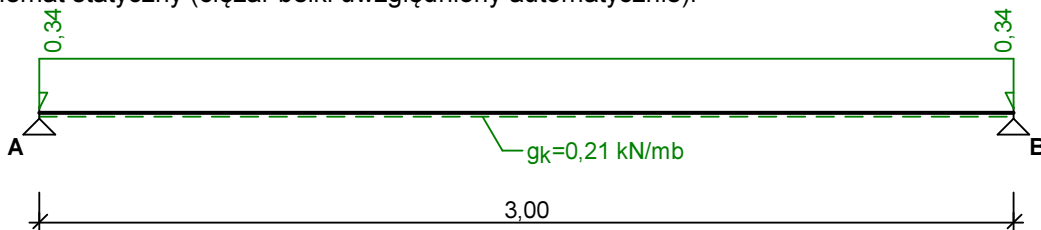
Parametry belki (prostokąt)

- moment bezwładności przekroju  $J_x = 388,8 \text{ cm}^4$ ; moduł sprężystości podłużnej  $E = 3,5 \text{ GPa}$ ;
- masa belki  $m = 21,6 \text{ kg/m}$ ; współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki  $\gamma_f = 1,1$

#### OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

Przypadek **P1: Przypadek 1** ( $\gamma_f = 1,15$ )

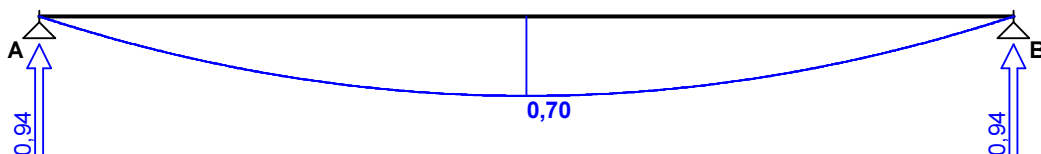
Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



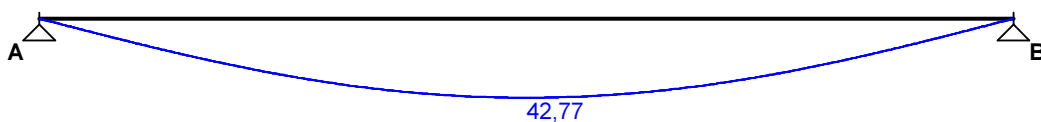
#### WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Przypadek **P1: Przypadek 1**

Momenty zginające [kNm]:



Ugięcia [mm]:



#### Żebro ściany w rozstawie co 1,25 m

**DANE:**

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość  $b = 40,0 \text{ cm}$

Wysokość  $h = 3,6 \text{ cm}$

Drewno:

drewno użytkownika o oznaczeniu **OSB3 10-18 mm**

→  $f_{m,k} = 20 \text{ MPa}$ ,  $f_{t,0,k} = 12 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 19 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 2,2 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 3,5 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 600 \text{ kg/m}^3$   
Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Obciążenia:

Moment zginający  $M_y = 0,54 \text{ kNm}$

Moment zginający  $M_z = 0,00 \text{ kNm}$

Klasa trwania obciążenia: krótkotrwałe

**WYNIKI:**

Zginanie:

$M_y = 0,54 \text{ kNm}$

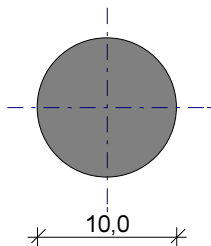
$\sigma_{m,y,d} = 8,33 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,y,d} = 9,23 \text{ MPa}$

Warunek nośności:

$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,903 < 1$

## 3.2. Wymiarowanie wieszaka

Pręt okrągły  $\phi 10$



**Wymiary przekroju**

$d = 10,0 \text{ mm}$

**Cechy geometryczne przekroju**

$A = 0,790 \text{ cm}^2$

$J = 0,049 \text{ cm}^4$

$W = 0,098 \text{ cm}^3$

$i = 0,250 \text{ cm}$

$A_L = 0,031 \text{ m}^2/\text{m}$ ,  $A_G = 50,92 \text{ m}^2/\text{t}$

$U/A = 397,7 \text{ m}^{-1}$ ,  $m = 0,617 \text{ kg/m}$

**Stal:** St3,  $f_d = 215 \text{ MPa}$ ,  $\lambda_p = 84,0$ ;

**Nośność obliczeniowa przy rozciąganiu**

$N_{Rt} = 16,98 \text{ kN}$

**Nośność obliczeniowa przy ściskaniu**

$N_{Rc} = 16,98 \text{ kN}$  (klasa: 1,  $\psi = 1,000$ )

pominięto wyboczenie elementu →  $\varphi_x = 1,0$ ;  $\varphi_y = 1,0$

**Nośność obliczeniowa przy zginaniu**

$M_R = 0,021 \text{ kNm}$  (klasa: 1, pominięto rezerwę plastyczną przekroju →  $\alpha_p = 1,000$ )

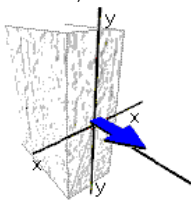
**Nośność obliczeniowa przy ścinaniu**

$V_R = 9,851 \text{ kN}$  (klasa: 1,  $\varphi_{pv} = 1,000$ )



### Obciążenie elementu

$N = -10,0 \text{ kN}$



### Warunki nośności elementu

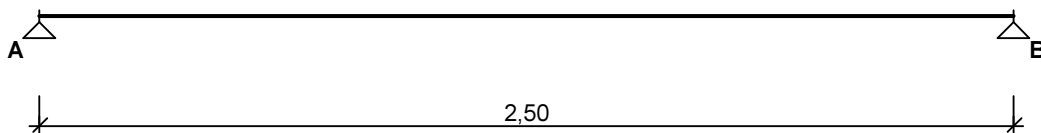
(31)  $N = 10,00 \text{ kN} < N_{Rt} = 16,98 \text{ kN} \quad (58,9\%)$

## 3.3. Profile wsparte na dźwigarach kratowych

Dobrano profile Niczuk SD-ME3 (50x160x3mm) ustawione pionowo. Obc. obl. 9 kN.

W miejscach oparć na drewnie zastosować podkładki stalowe 10x10x2,5 mm, profile na podporach przyciąć do połowy ponieważ dostępne jest tylko 10 cm do montażu na dźwigarze górnym kratownic.

### SCHEMAT BELKI



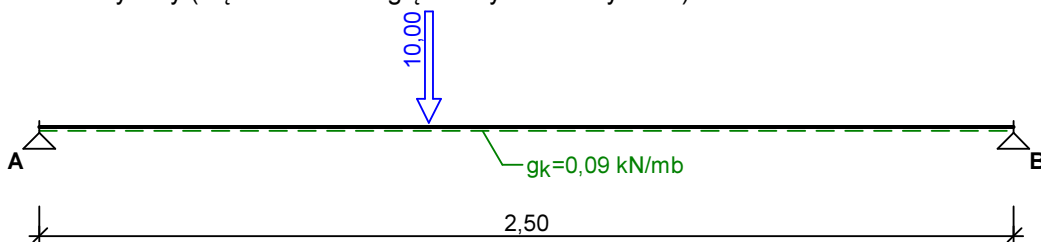
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki  $\gamma_f = 1,10$

### OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

Przypadek **P1: Przypadek 1** ( $\gamma_f = 1,15$ )

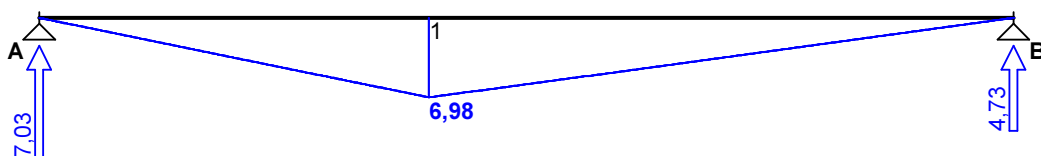
Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



### WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Przypadek **P1: Przypadek 1**

Momenty zginające [kNm]:



### ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;

### WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200

Przekrój: **50x160x3**

$$A_v = 9,42 \text{ cm}^2, \quad m = 9,43 \text{ kg/m}$$

$$J_x = 353 \text{ cm}^4, \quad J_y = 56,0 \text{ cm}^4, \quad J_\omega = 0,00 \text{ cm}^6, \quad J_T = 163 \text{ cm}^4, \quad W_x = 44,1 \text{ cm}^3$$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ( $\alpha_p = 1,170$ )  $M_R = 11,10 \text{ kNm}$

- ścinanie: klasa przekroju 1  $V_R = 117,47 \text{ kN}$

Nośność na zginanie

Przekrój  $z = 1,00 \text{ m}$

Współczynnik zwichrzenia  $\phi_L = 1,000$

Moment maksymalny  $M_{\max} = 6,98 \text{ kNm}$

$$(52) \quad M_{\max} / (\phi_L \cdot M_R) = 0,629 < 1$$

Nośność na ścinanie

Przekrój  $z = 0,00 \text{ m}$

Maksymalna siła poprzeczna  $V_{\max} = 7,03 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{\max} / V_R = 0,060 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$$V_{\max} = 7,03 \text{ kN} < V_o = 0,3 \cdot V_R = 35,24 \text{ kN} \rightarrow \text{warunek niemiarodajny}$$

Stan graniczny użytkowania

Przekrój  $z = 1,18 \text{ m}$

Ugięcie maksymalne  $f_{k,\max} = 4,33 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne  $f_{gr} = l_o / 350 = 2500 / 350 = 7,14 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 4,33 \text{ mm} < f_{gr} = 7,14 \text{ mm} \quad (60,6\%)$$

**Docisk do włókien na podporze**

**DANE:**

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość  $b = 12,0 \text{ cm}$

Wysokość  $h = 26,0 \text{ cm}$

Drewno:

drewno klejone warstwowo jednorodne wg PN-EN 1194:2000, klasa wytrzymałości **GL24h**

$$\rightarrow f_{m,k} = 24 \text{ MPa}, \quad f_{t,0,k} = 16,5 \text{ MPa}, \quad f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}, \quad f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}, \quad E_{0,\text{mean}} = 11,6 \text{ GPa}, \quad \rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Obciążenia:

Kąt nachylenia przekroju  $\alpha = 90^\circ$

Naprężenie ściskające  $\sigma_{c,90,d} = 1,00 \text{ MPa}$

Klasa trwania obciążenia: stałe

**WYNIKI:**

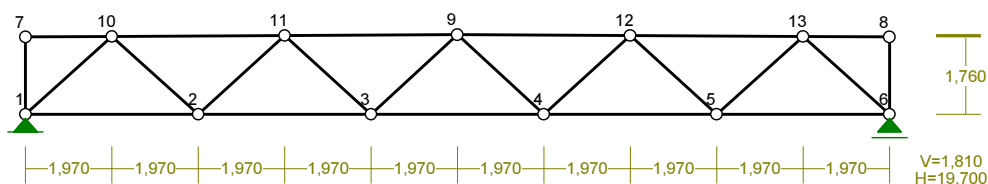
#### Ściskanie skośne:

$$\begin{aligned} f_{c,0,d} &= 11,08 \text{ MPa}; & f_{c,90,d} &= 1,25 \text{ MPa} \\ \sigma_{c,90,d} &= 1,00 \text{ MPa} & < & f_{c,90,d} = 1,25 \text{ MPa} \quad (80,2\%) \end{aligned}$$

### 3.4. Sprawdzenie dźwigara kratowego

NAZWA: krata 1

WĘZŁY:



WĘZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000	8	19,700	1,760
2	3,940	0,000	9	9,850	1,810
3	7,880	0,000	10	1,970	1,770
4	11,820	0,000	11	5,910	1,790
5	15,760	0,000	12	13,790	1,790
6	19,700	0,000	13	17,730	1,770
7	0,000	1,760			

PODPORY:

P o d a t n o ś c i

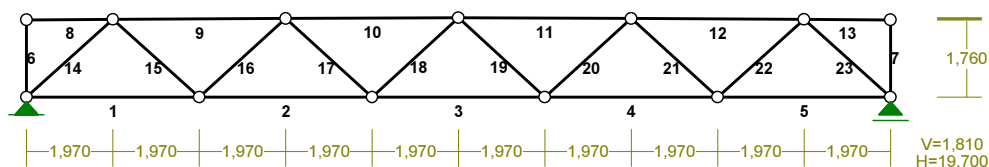
Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*): [ m / k N ]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
1	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
6	przesuwna	0,0	0,000E+00*		

OSIADANIA:

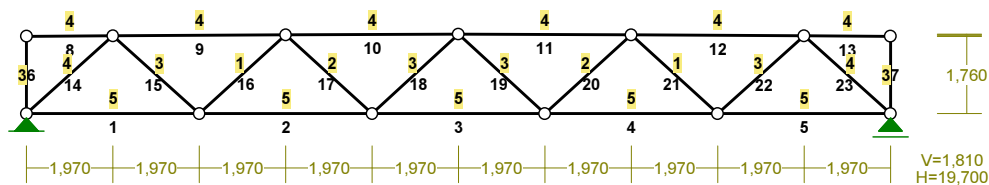
Węzeł:	Kąt:	Wx (Wo*) [m]:	Wy [m]:	FIo [grad]:
--------	------	---------------	---------	-------------

## B r a k   O s i a d a ń

PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



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	11	1	2	3,940	0,000	3,940	1,000	5 B 18,0x12,0
2	11	2	3	3,940	0,000	3,940	1,000	5 B 18,0x12,0
3	11	3	4	3,940	0,000	3,940	1,000	5 B 18,0x12,0
4	11	4	5	3,940	0,000	3,940	1,000	5 B 18,0x12,0
5	11	5	6	3,940	0,000	3,940	1,000	5 B 18,0x12,0
6	11	1	7	0,000	1,760	1,760	1,000	3 B 14,0x12,0
7	11	6	8	0,000	1,760	1,760	1,000	3 B 14,0x12,0
8	11	7	10	1,970	0,010	1,970	1,000	4 B 26,0x12,0
9	11	10	11	3,940	0,020	3,940	1,000	4 B 26,0x12,0
10	11	11	9	3,940	0,020	3,940	1,000	4 B 26,0x12,0
11	11	9	12	3,940	-0,020	3,940	1,000	4 B 26,0x12,0
12	11	12	13	3,940	-0,020	3,940	1,000	4 B 26,0x12,0
13	11	13	8	1,970	-0,010	1,970	1,000	4 B 26,0x12,0
14	11	1	10	1,970	1,770	2,648	1,000	4 B 26,0x12,0

15	11	10	2	1,970	-1,770	2,648	1,000	3	B 14,0x12,0
16	11	2	11	1,970	1,790	2,662	1,000	1	B 18,0x12,0
17	11	11	3	1,970	-1,790	2,662	1,000	2	B 12,0x12,0
18	11	3	9	1,970	1,810	2,675	1,000	3	B 14,0x12,0
19	11	9	4	1,970	-1,810	2,675	1,000	3	B 14,0x12,0
20	11	4	12	1,970	1,790	2,662	1,000	2	B 12,0x12,0
21	11	12	5	1,970	-1,790	2,662	1,000	1	B 18,0x12,0
22	11	5	13	1,970	1,770	2,648	1,000	3	B 14,0x12,0
23	11	13	6	1,970	-1,770	2,648	1,000	4	B 26,0x12,0

#### WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	I <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> ]	I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>g</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>d</sub> [cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Material:
1	216,0	5832	2592	648	648	18,0	1E+02 Drewno GL32h
2	144,0	1728	1728	288	288	12,0	1E+02 Drewno GL32h
3	168,0	2744	2016	392	392	14,0	1E+02 Drewno GL32h
4	312,0	17576	3744	1352	1352	26,0	1E+02 Drewno GL32h
5	216,0	5832	2592	648	648	18,0	1E+02 Drewno GL32h

#### STAŁE MATERIAŁOWE:

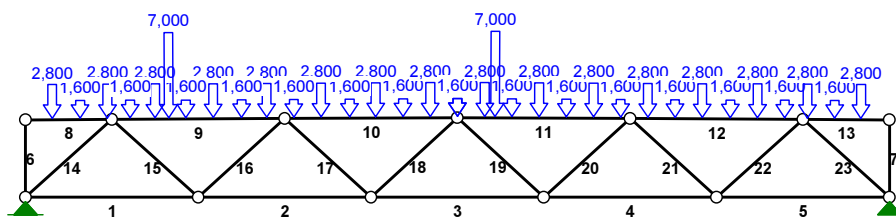
Material:	Moduł E: [kN/mm <sup>2</sup> ]	Napręż.gr.: [N/mm <sup>2</sup> ]	AlfaT: [1/K]
1E+02 Drewno GL32h	14	32,000	5,00E-06

#### ZESTAWIENIE MATERIAŁU:

Oznaczenie:	Material:	Długość[m]	Masa[t]
B 18,0x12,0	Drewno GL32h 5x 3,94 + 2x 2,66	= 25,02	0,232
B 14,0x12,0	Drewno GL32h 2x 1,76 + 2x 2,65 + 2x 2,68	= 14,17	0,102
B 26,0x12,0	Drewno GL32h 2x 1,97 + 4x 3,94 + 2x 2,65	= 25,00	0,335
B 12,0x12,0	Drewno GL32h 2x 2,66	= 5,32	0,033

MASA CAŁKOWITA USTROJU: **0,703**

# OBCIĄŻENIA:

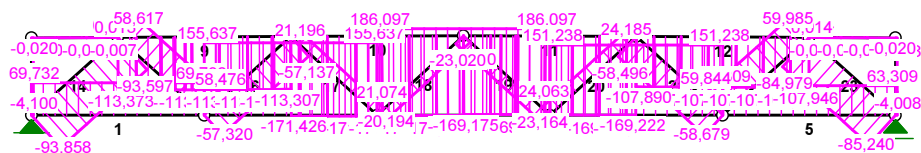


## OBCIĄŻENIA: ([ kN] , [ kNm] , [ kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
-----						
Grupa:	A	" "	Zmienne		$\gamma_f = 1,43$	
8	Skupione	0,0	2,800		1,87	
8	Skupione	0,0	1,600		1,24	
8	Skupione	0,3	2,800		0,61	
9	Skupione	0,0	2,800		3,53	
9	Skupione	0,0	2,800		2,31	
9	Skupione	0,0	1,600		1,69	
9	Skupione	0,0	1,600		2,96	
9	Skupione	0,3	2,800		0,99	
9	Skupione	0,3	0,000		1,53	
9	Skupione	0,3	1,600		0,42	
9	Skupione	0,3	7,000		1,30	
10	Skupione	0,0	1,600		3,94	
10	Skupione	0,0	1,600		2,70	
10	Skupione	0,0	2,800		3,32	
10	Skupione	0,3	1,600		3,94	
10	Skupione	0,3	2,800		2,07	
10	Skupione	0,3	1,600		1,48	
10	Skupione	0,3	2,800		0,83	
10	Skupione	0,3	1,600		0,21	
11	Skupione	0,0	1,600		3,72	
11	Skupione	0,0	1,600		1,24	
11	Skupione	0,0	2,800		1,86	
11	Skupione	-0,3	1,600		2,48	
11	Skupione	-0,3	0,000		1,19	
11	Skupione	-0,3	2,800		3,10	
11	Skupione	-0,3	2,800		0,62	
11	Skupione	-0,3	7,000		0,85	
12	Skupione	0,0	2,800		0,40	
12	Skupione	0,0	1,600		1,02	
12	Skupione	0,0	2,800		1,64	
12	Skupione	-0,3	1,600		2,28	
12	Skupione	-0,3	2,800		2,90	
12	Skupione	-0,3	1,600		3,52	
13	Skupione	0,0	2,800		0,10	
13	Skupione	0,0	1,600		0,72	
13	Skupione	-0,3	2,800		1,32	
-----						



NORMALNE:



# **SILY PRZEKROJOWE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x[m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	0,000	0,201	69,732
	0,50	1,970	<b>0,198*</b>	0,000	69,732
	1,00	3,940	0,000	-0,201	69,732
2	0,00	0,000	0,000	0,201	155,637
	0,50	1,970	<b>0,198*</b>	0,000	155,637
	1,00	3,940	0,000	-0,201	155,637
3	0,00	0,000	0,000	0,201	186,097
	0,50	1,970	<b>0,198*</b>	-0,000	186,097
	1,00	3,940	-0,000	-0,201	186,097
4	0,00	0,000	0,000	0,201	151,238
	0,50	1,970	<b>0,198*</b>	-0,000	151,238
	1,00	3,940	-0,000	-0,201	151,238
5	0,00	0,000	0,000	0,201	63,309
	0,50	1,970	<b>0,198*</b>	-0,000	63,309
	1,00	3,940	-0,000	-0,201	63,309
6	0,00	0,000	0,000	0,000	-4,100
	1,00	1,760	0,000	0,000	-3,961
7	0,00	0,000	0,000	0,000	-4,008
	1,00	1,760	0,000	0,000	-3,868
8	0,00	0,000	0,000	3,961	-0,020
	0,31	0,610	<b>2,387*</b>	3,871	-0,020
	1,00	1,968	0,011	-6,626	<b>0,013*</b>
	0,00	0,010	0,038	3,959	<b>-0,020*</b>
	1,00	1,970	-0,000	-6,626	0,013
9	0,00	0,000	0,000	16,011	-113,373
	0,33	1,297	<b>17,386*</b>	9,527	-113,372
	1,00	3,934	0,087	-13,456	<b>-113,307*</b>
	0,00	0,013	0,209	16,009	<b>-113,373*</b>
	1,00	3,940	-0,000	-13,457	-113,307



10	0,00	0,000	0,000	10,294	-171,426
	0,53	2,074	<b>10,435*</b>	-2,596	-171,424
	0,53	2,074	<b>10,435*</b>	1,408	-171,424
	0,00	0,013	0,135	10,292	<b>-171,426*</b>
	1,00	3,940	0,000	-9,163	-171,391
11	0,00	0,000	0,000	17,015	-169,175
	0,47	1,860	<b>14,943*</b>	-3,566	-169,208
	0,47	1,860	<b>14,943*</b>	0,438	-169,188
	0,00	0,010	0,165	17,013	<b>-169,175*</b>
	1,00	3,940	-0,000	-12,453	-169,222
12	0,00	0,000	0,000	10,186	-107,890
	0,42	1,640	<b>10,123*</b>	3,652	-107,923
	0,42	1,640	<b>10,123*</b>	-0,352	-107,944
	0,00	0,013	0,127	10,184	<b>-107,890*</b>
	1,00	3,933	0,061	-9,270	<b>-107,946*</b>
	1,00	3,940	-0,000	-9,271	-107,946
13	0,00	0,000	0,000	6,719	0,014
	0,67	1,320	<b>2,483*</b>	-3,772	-0,019
	0,67	1,320	<b>2,483*</b>	0,232	-0,019
	0,01	0,013	0,084	6,717	<b>0,014*</b>
	1,00	1,970	-0,000	-3,868	-0,020
14	0,00	0,000	0,000	0,145	-93,858
	0,50	1,314	<b>0,096*</b>	0,001	-93,729
	0,50	1,335	<b>0,096*</b>	-0,001	-93,727
	1,00	2,648	-0,000	-0,145	-93,597
15	0,00	0,000	0,000	0,078	58,617
	0,50	1,335	<b>0,052*</b>	-0,001	58,546
	1,00	2,648	-0,000	-0,078	58,476
16	0,00	0,000	0,000	0,101	-57,320
	0,50	1,320	<b>0,067*</b>	0,001	-57,229
	0,50	1,341	<b>0,067*</b>	-0,001	-57,228
	1,00	2,662	0,000	-0,101	-57,137
17	0,00	0,000	0,000	0,067	21,196
	0,50	1,341	<b>0,045*</b>	-0,001	21,135
	1,00	2,662	0,000	-0,067	21,074
18	0,00	0,000	0,000	0,078	-20,194
	0,50	1,348	<b>0,052*</b>	-0,001	-20,121
	1,00	2,675	0,000	-0,078	-20,050
19	0,00	0,000	0,000	0,078	-23,020
	0,50	1,348	<b>0,052*</b>	-0,001	-23,093
	1,00	2,675	0,000	-0,078	-23,164
20	0,00	0,000	0,000	0,067	24,063
	0,50	1,341	<b>0,045*</b>	-0,001	24,124
	1,00	2,662	-0,000	-0,067	24,185
21	0,00	0,000	0,000	0,101	-58,496
	0,50	1,320	<b>0,067*</b>	0,001	-58,587
	0,50	1,341	<b>0,067*</b>	-0,001	-58,588
	1,00	2,662	0,000	-0,101	-58,679

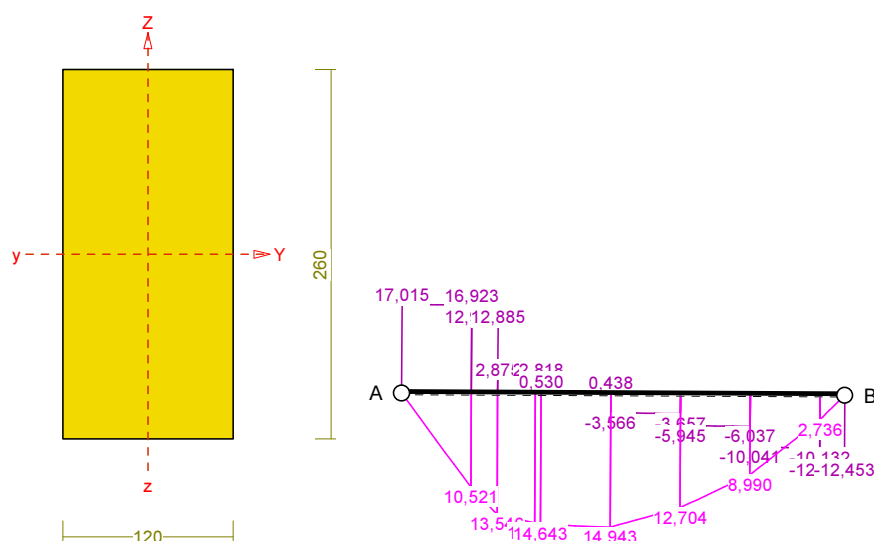
22	0,00	0,000	0,000	0,078	59,844
	0,50	1,335	<b>0,052*</b>	-0,001	59,915
	1,00	2,648	0,000	-0,078	59,985
23	0,00	0,000	0,000	0,145	-84,979
	0,50	1,314	<b>0,096*</b>	0,001	-85,108
	0,50	1,335	<b>0,096*</b>	-0,001	-85,110
	1,00	2,648	0,000	-0,145	-85,240

---

\* = Wartości ekstremalne

## Pręt nr 11

Zadanie: krata 1



**Przekrój: 4** „B 26,0x12,0”

Wymiary przekroju:

$$h=260,0 \text{ mm} \quad b=120,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=17576,0; \quad J_z=3744,0 \text{ cm}^4; \quad A=312,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=7,5; \quad i_z=3,5 \text{ cm}; \quad W_y=1352,0; \quad W_z=624,0 \text{ cm}^3.$$

### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Średniotrwałe** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

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

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno GL32h.**

$$f_{m,k} = 32,00$$

$$f_{m,d} = 19,69 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 22,50$$

$$f_{t,0,d} = 13,85 \text{ MPa}$$

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

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

$$f_{c,0,k} = 29,00$$

$$f_{c,0,d} = 17,85 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 3,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,03 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 3,80$$

$$f_{v,d} = 2,34 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 13700 \text{ MPa}$$

$$E_{90, \text{mean}} = 460 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 11100 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}} = 850 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 430 \text{ kg/m}^3$$

## Sprawdzenie nośności pręta nr 11

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

### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=3,94 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „A”.

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,940 = 3,940 \text{ m}$$

- długość wybocheniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 0,620 = 0,620 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 3,940 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 0,620 \text{ m}$$

Współczynniki wybocheniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 3,940 / 0,0751 = 52,50$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 0,620 / 0,0346 = 17,90$$

$$\sigma_{c, \text{crit}, y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 11100 / (52,50)^2 = 39,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c, \text{crit}, z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 11100 / (17,90)^2 = 342,00 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel}, y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c, \text{crit}, y}} = \sqrt{29/39,75} = 0,854$$

$$\lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c, \text{crit}, z}} = \sqrt{29/342,00} = 0,291$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel}, y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,1 \times (0,854 - 0,5) + (0,854)^2] = 0,882$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel}, z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,1 \times (0,291 - 0,5) + (0,291)^2] = 0,532$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel}, y}^2}) = 1 / (0,882 + \sqrt{0,882^2 - 0,854^2}) = 0,906$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2}) = 1 / (0,532 + \sqrt{0,532^2 - 0,291^2}) = 1,023$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 312,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 169,222 / 312,00 \times 10 = \mathbf{5,42} < \mathbf{16,16} = 0,906 \times 17,85 = k_c f_{c,0,d}$$

**Ściskanie ze zginaniem** dla  $x_a=1,86 \text{ m}$ ;  $x_b=2,08 \text{ m}$ , przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{5,42}{0,906 \times 17,85} + 0,7 \times \frac{0,00}{19,69} + \frac{11,05}{19,69} = \mathbf{0,897} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{5,42}{1,023 \times 17,85} + \frac{0,00}{19,69} + 0,7 \times \frac{11,05}{19,69} = \mathbf{0,690} < \mathbf{1}$$

### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=1,86 \text{ m}$ ;  $x_b=2,08 \text{ m}$ , przy obciążeniach „A”.

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

$$l_d = 1,00 \times 1250 + 260 + 260 = 1770 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1770 \times 260 \times 19,69}{3,142 \times 120^2 \times 11100}} \times \sqrt[4]{\frac{13700}{850}} = 0,269$$

Wartość współczynnika zwężenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 14,943 / 1352,00 \times 10^3 = \mathbf{11,05} < \mathbf{19,69} = 1,000 \times 19,69 = k_{\text{crit}} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,86$  m;  $x_b=2,08$  m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{11,05}{19,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{19,69} = \mathbf{0,561} < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{11,05}{19,69} + \frac{0,00}{19,69} = \mathbf{0,393} < 1$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=1,86$  m;  $x_b=2,08$  m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{5,42^2}{17,85^2} + \frac{11,05}{19,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{19,69} = \mathbf{0,654} < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{5,42^2}{17,85^2} + 0,7 \times \frac{11,05}{19,69} + \frac{0,00}{19,69} = \mathbf{0,485} < 1$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=3,94$  m, przy obciążeniach „A”.

Napężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 17,015 / 312,00 \times 10 = 0,82 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 312,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,82^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,82} < \mathbf{2,34} = 1,000 \times 2,34 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

A ○ ————— ○ B



Wyniki dla  $x_a=1,86$  m;  $x_b=2,08$  m, przy obciążeniach „A” liczone od cięciwy pręta.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 26,3 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,2 \times [1 + 19,2 \times (260,0/3940)^2] (1 + 0,60) = -0,3 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = -6,9 \times [1 + 19,2 \times (260,0/3940)^2](1 + 0,60) = -12,0 \text{ mm}$$

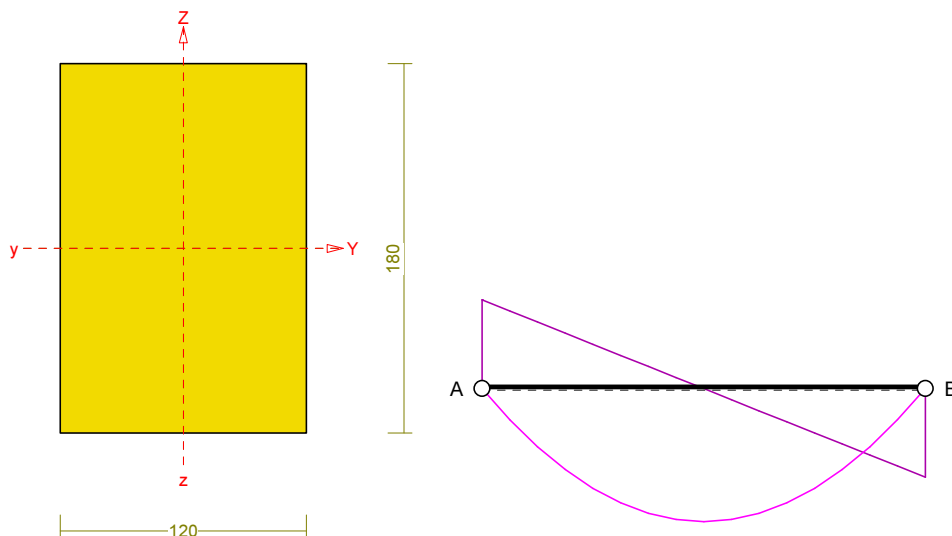
$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1+k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -0,3 + -12,0 = \mathbf{12,3} < \mathbf{26,3} = u_{net,fin}$$

### Pręt nr 3

Zadanie: krata 1



**Przekrój: 5** „B 18,0x12,0”

Wymiary przekroju:

$$h=180,0 \text{ mm} \quad b=120,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=5832,0; \quad J_z=2592,0 \text{ cm}^4; \quad A=216,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=5,2; \quad i_z=3,5 \text{ cm}; \quad W_y=648,0; \quad W_z=432,0 \text{ cm}^3.$$

**Własności techniczne drewna:**

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

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

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno GL32h.**

$$f_{m,k} = 32,00$$

$$f_{m,d} = 22,15 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 22,50$$

$$f_{t,0,d} = 15,58 \text{ MPa}$$

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

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

$$f_{c,0,k} = 29,00$$

$$f_{c,0,d} = 20,08 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 3,30$$

$$f_{c,90,d} = 2,28 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 3,80$$

$$f_{v,d} = 2,63 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 13700 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 460 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 11100 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 850 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 430 \text{ kg/m}^3$$

### Sprawdzenie nośności pręta nr 3

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

#### Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=3,94$  m, przy obciążeniach „A”.

Pole powierzchni przekroju netto  $A_n = 216,00 \text{ cm}^2$ .

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 186,097 / 216,00 \times 10 = \mathbf{8,62} < \mathbf{15,58} = f_{t,0,d}$$

#### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=1,97$  m;  $x_b=1,97$  m, przy obciążeniach „A”.

Przyjęto, że pręt jest zabezpieczony przed zwichrzeniem ( $k_{crit} = 1$ ).

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,198 / 648,00 \times 10^3 = \mathbf{0,31} < \mathbf{22,15} = 1,000 \times 22,15 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,97$  m;  $x_b=1,97$  m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{8,62}{15,58} + \frac{0,31}{22,15} + 0,7 \times \frac{0,00}{22,15} = \mathbf{0,567} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{8,62}{15,58} + 0,7 \times \frac{0,31}{22,15} + \frac{0,00}{22,15} = \mathbf{0,563} < \mathbf{1}$$

#### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=3,94$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „A”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,201 / 216,00 \times 10 = 0,01 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 216,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,01} < \mathbf{2,63} = 1,000 \times 2,63 = k_v f_{v,d}$$

#### Stan graniczny użytkowania:

A ○ ————— ○ B

\_\_\_\_\_

Wyniki dla  $x_a=1,97$  m;  $x_b=1,97$  m, przy obciążeniach „A” liczone od cięciwy pręta.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 26,3 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} (1 + k_{def}) = -0,4 \times (1 + 0,60) = -0,6 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

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

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

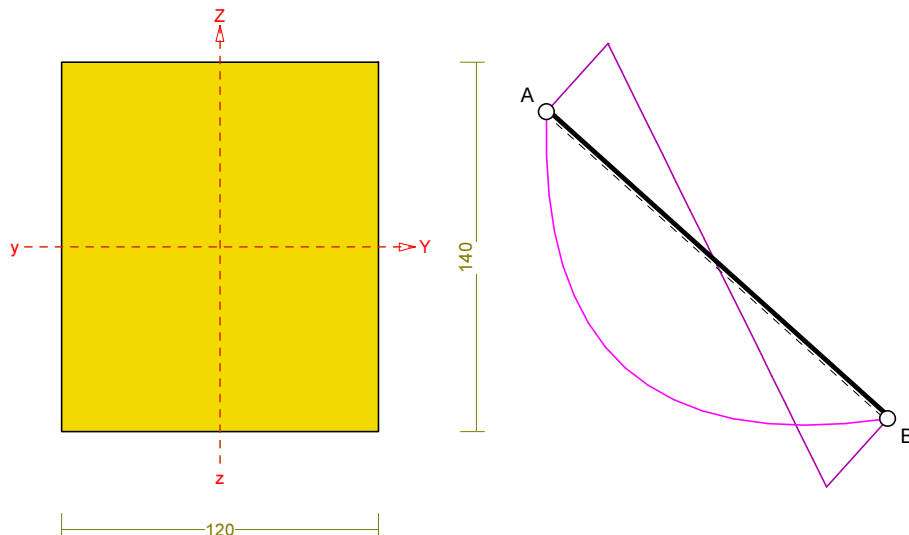
$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,50) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -0,6 + 0,0 = \mathbf{0,6} < \mathbf{26,3} = u_{net,fin}$$

## Pręt nr 15

Zadanie: kratka 1



**Przekrój: 3** „B 14,0x12,0”

Wymiary przekroju:

$$h=140,0 \text{ mm} \quad b=120,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=2744,0; \quad J_z=2016,0 \text{ cm}^4; \quad A=168,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=4,0; \quad i_z=3,5 \text{ cm}; \quad W_y=392,0; \quad W_z=336,0 \text{ cm}^3.$$

**Własności techniczne drewna:**

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

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

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno GL32h.**

$$f_{m,k} = 32,00$$

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

$$f_{t,0,k} = 22,50$$

$$f_{t,0,d} = 10,38 \text{ MPa}$$

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

$$f_{t,90,d} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 29,00$$

$$f_{c,0,d} = 13,38 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 3,30$$

$$f_{c,90,d} = 1,52 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 3,80$$

$$f_{v,d} = 1,75 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 13700 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 460 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 11100 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 850 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 430 \text{ kg/m}^3$$

## Sprawdzenie nośności pręta nr 15

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

### Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,65$  m, przy obciążeniach „A”.

Pole powierzchni przekroju netto  $A_n = 168,00 \text{ cm}^2$ .

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 58,617 / 168,00 \times 10 = \mathbf{3,49} < \mathbf{10,38} = f_{t,0,d}$$

### Nośność na zginanie:

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

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

$$l_d = 1,00 \times 2648 + 140 + 140 = 2928 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2928 \times 140 \times 14,77}{3,142 \times 120^2 \times 11100}} \times \sqrt[4]{\frac{13700}{850}} = 0,220$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,052 / 392,00 \times 10^3 = \mathbf{0,13} < \mathbf{14,77} = 1,000 \times 14,77 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,32$  m;  $x_b=1,32$  m, przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,48}{10,38} + \frac{0,13}{14,77} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,345} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,48}{10,38} + 0,7 \times \frac{0,13}{14,77} + \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,342} < \mathbf{1}$$

### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=2,65$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „A”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,078 / 168,00 \times 10 = 0,01 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 168,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

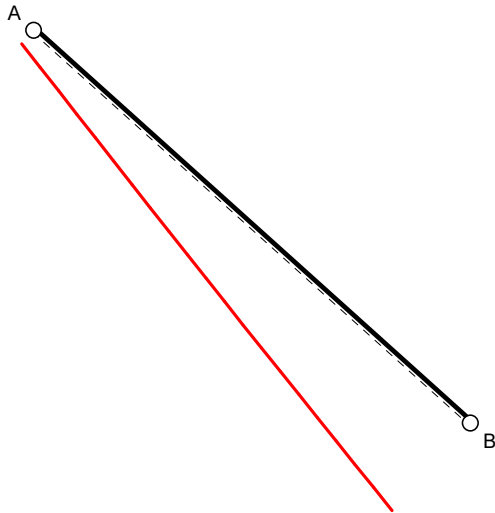
Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,01} < \mathbf{1,75} = 1,000 \times 1,75 = k_v f_{v,d}$$

### Stan graniczny użytkowania:





Wyniki dla  $x_a=2,65$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „A”.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 17,7 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = -0,5 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2648)^2] (1 + 0,60) = -0,9 \text{ mm}$$

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

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

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

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = -7,4 \times [1 + 19,2 \times (140,0/2648)^2] (1 + 0,60) = -12,4 \text{ mm}$$

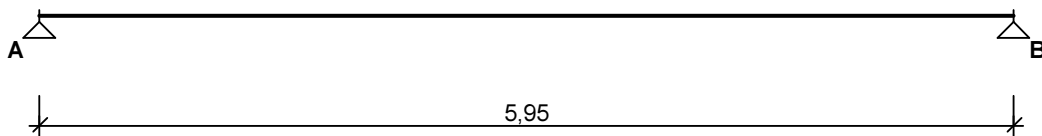
$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -0,9 + -12,4 = 13,4 < 17,7 = u_{\text{net,fin}}$$

### 3.5. Belki sufitu tymczasowego (co 40 cm)

#### SCHEMAT BELKI



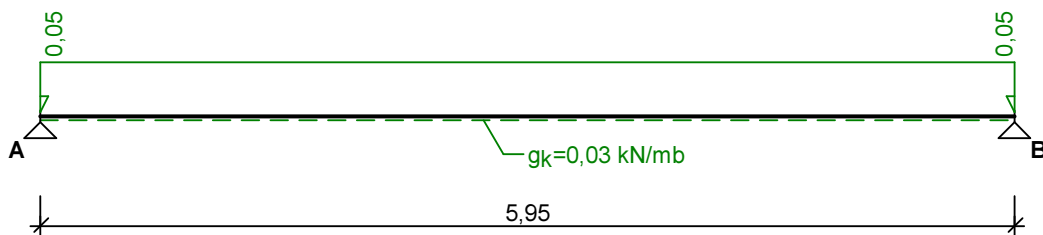
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki  $\gamma_f = 1,10$

#### OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

Przypadek **P1: Przypadek 1** ( $\gamma_f = 1,15$ , klasa trwania - stałe)

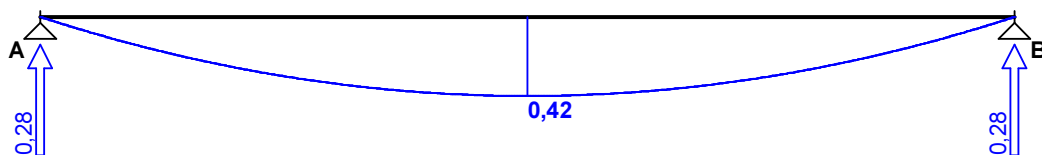
Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



## WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

### Przypadek P1: Przypadek 1

Momenty zginające [kNm]:



## ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Klasa użytkowania konstrukcji - 2

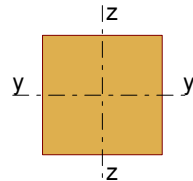
Parametry analizy zwężenia:

- belka zabezpieczona przed zwężeniem

Ugięcie graniczne przęsła  $u_{net,fin} = l_o / 150$

## WYNIKI OBLICZEŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

### WYMIAROWANIE WG PN-B-03150:2000



Przekrój prostokątny 10 / 10 cm

$$W_y = 167 \text{ cm}^3, \quad J_y = 833 \text{ cm}^4, \quad m = 3,50 \text{ kg/m}$$

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C24**

$$\rightarrow f_{m,k} = 24 \text{ MPa}, \quad f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}, \quad f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}, \quad f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}, \quad E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}, \quad \rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

### Zginanie

Przekrój  $x = 2,98 \text{ m}$

Moment maksymalny  $M_{max} = 0,42 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,y,d} = 2,53 \text{ MPa}, \quad f_{m,y,d} = 12,01 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,21 < 1$$

Warunek stateczności:

$$k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 2,53 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 12,01 \text{ MPa} \quad (21,1\%)$$

### Ścinanie

Przekrój  $x = 5,95 \text{ m}$

Maksymalna siła poprzeczna  $V_{max} = -0,28 \text{ kN}$

$$\tau_d = 0,04 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa} \quad (3,7\%)$$

### Docisk na podporze

Reakcja podporowa  $R_B = 0,28 \text{ kN}$

$$a_p = 5,0 \text{ cm}, \quad k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,y,d} = 0,06 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,15 \text{ MPa} \quad (4,9\%)$$

#### Stan graniczny użytkowości

Przekrój  $x = 2,98 \text{ m}$

Ugięcie maksymalne  $u_{fin} = 27,03 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne  $u_{net,fin} = l_o / 150 = 5950 / 150 = 39,67 \text{ mm}$

$u_{fin} = 27,03 \text{ mm} < u_{net,fin} = 39,67 \text{ mm} \quad (68,1\%)$

## 4. Spis rysunków

K-1 - ELEMENTY ŚCIAN I PODWIESZEŃ DO KONSTRUKCJI DACHU