

**OBLICZENIA STATYCZNO - WYTRZYMAŁOŚCIOWE**  
**DO PROJEKTU WZMOCNIENIA BELKI STROPU DREWNIANEGO**  
**NAD PARTEREM W NAROŻU PÓLNO-CNO – ZACHODNIM BUDYNKU**  
**PRZY UL. JAGIELLOŃSKIEJ 61 W BYDGOSZCZY**  
**W ZWIĄZKU Z PLANOWANĄ ZMIANĄ SPOSOBU UŻYTKOWANIA.**  
**DZIAŁKA NR 158/16.**

**Poz. 1. Wzmocnienie belki stropu o rozpiętości teoretycznej  $\approx 6,40$  m.**

Obciążenia stałe:

- tynk podsufitki na siatce metalowej	$0,02 \cdot 22,0 \cdot 1,3$	$= 0,57 \text{ kN/m}^2$
- deskowanie podsufitki	$0,025 \cdot 6,0 \cdot 1,3$	$= 0,20 \text{ kN/m}^2$
- płyty OSB ślepego pułapu	$0,025 \cdot 6,5 \cdot 1,3$	$= 0,21 \text{ kN/m}^2$
- zasypka z keramzytu	$0,12 \cdot 8,0 \cdot 1,3$	$= 1,25 \text{ kN/m}^2$
- podłoga z desek	$0,032 \cdot 6,0 \cdot 1,3$	$= 0,25 \text{ kN/m}^2$
- warstwa wyrównawcza z płyt OSB	$0,025 \cdot 6,5 \cdot 1,3$	$= 0,21 \text{ kN/m}^2$
- posadzka z paneli drewnianych	$0,20 \cdot 1,3$	$= 0,26 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie zastępcze od ścianek działowych	$1,39 \cdot 1,3$	$= 1,81 \text{ kN/m}^2$
Razem ciężar własny		$4,76 \text{ kN/m}^2$

**Obciążenia obliczeniowe belek stropowych.**

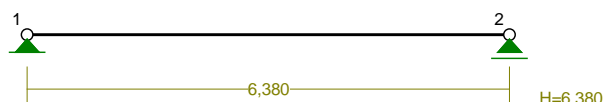
Dla rozstawu belek 110 cm.

- łąty z boku belki	$2 \cdot 0,05 \cdot 0,08 \cdot 6,0 \cdot 1,3$	$= 0,06 \text{ kN/m}$
- elementy wypełnienia	$4,76 \cdot (1,10 - 0,17)$	$= 4,43 \text{ kN/m}$
- obciążenie użytkowe	$2,80 \cdot 1,10$	$= 2,97 \text{ kN/m}$
		$7,46 \text{ kN/m}$

Rozpiętość teoretyczna w odkrywce nr „7”  $l_t = 1,05 \cdot 6,083 = 6,38 \text{ m} \approx 6,40 \text{ m}$

NAZWA: belki co 110 cm\_3

ĘZŁY: Skala 1:100



**WĘZŁY:**

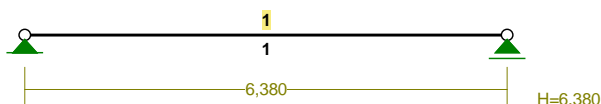
-----  
 Nr:            X [m]:            Y [m]:  
 -----

1	0,000	0,000
2	6,380	0,000

**PODPORY:** Podatności

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

PRĘTY: Skala 1:100  
PRZEKROJE PRĘTÓW: Skala 1:100



**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	11	1	2	6,380	0,000	6,380	1,000	1 Ib 29,0x24,0

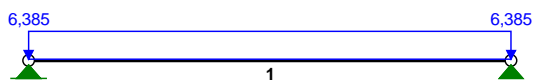
**WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:**

Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	Ix[cm <sup>4</sup> ]	Iy[cm <sup>4</sup> ]	Wg[cm <sup>3</sup> ]	Wd[cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Materiał:
1	696,0	48778	33408	2784	2784	24,0	72 Drewno C30

**STAŁE MATERIAŁOWE:**

Materiał:	Moduł E: [kN/mm <sup>2</sup> ]	Napręż.gr.: [N/mm <sup>2</sup> ]	AlfaT: [1/K]
72 Drewno C30	12	30,000	5,00E-06

OBCIĄŻENIA: Skala 1:100



**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

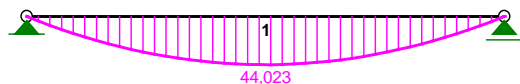
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A	" "		Zmienne	γf= 1,30	
1	Liniowe	0,0	6,385	6,385	0,00	6,38

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

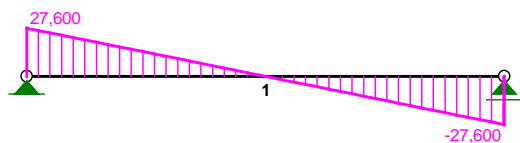
**OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:**

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,10
A - " "	Zmienne	1	1,30

MOMENTY: Skala 1:100



TNĄCE: Skala 1:100



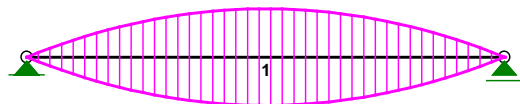
**SIŁY PRZEKROJOWE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	27,600	0,000
	0,50	3,190	<b>44,023*</b>	-0,000	0,000
	1,00	6,380	-0,000	-27,600	0,000

\* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA: Skala 1:100



**NAPRĘŻENIA:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

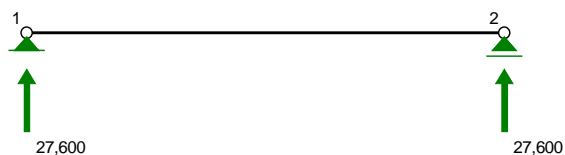
Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
			[MPa]		

**72 Drewno C30**

1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,50	3,190	-15,813	15,813	<b>0,527*</b>
	1,00	6,380	0,000	-0,000	0,000

\* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE: Skala 1:100

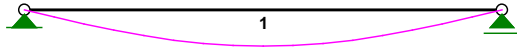


**REAKCJE PODPOROWE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

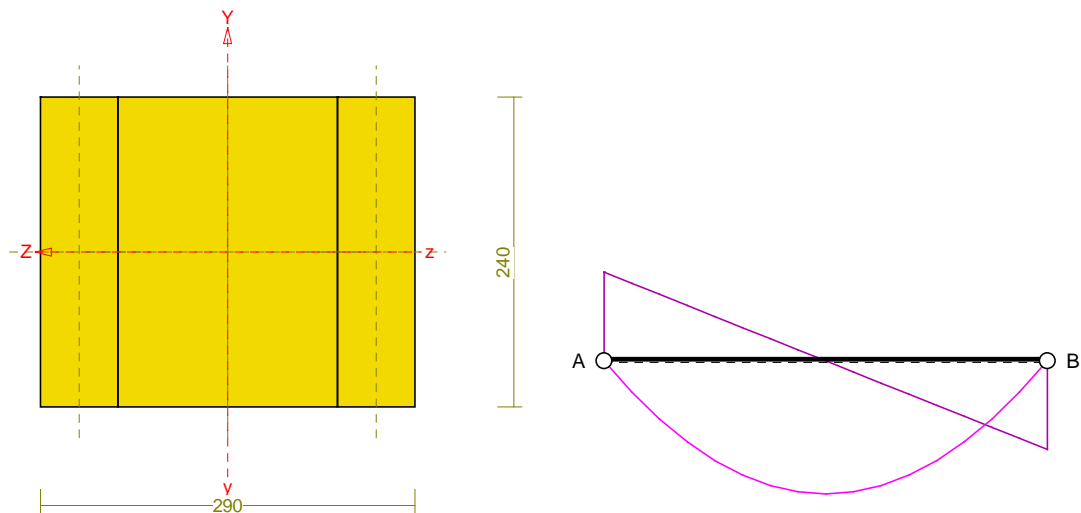
Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,000	27,600	27,600	
2	0,000	27,600	27,600	

PRZEMIESZCZENIA: Skala 1:100

**DEFORMACJE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	F <sub>Ia</sub> [deg]:	F <sub>Ib</sub> [deg]:	f[m]:	L/f:
1	-0,0000	0,0000	-1,338	1,338	0,0466	137,0

**Pręt nr 1**Zadanie: belki co 110 cm<sub>3</sub>**Przekrój: 1 „Ib 29,0x24,0”**

Wymiary przekroju:

$$h=240,0 \text{ mm} \quad b=290,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_y=48778,0; \quad J_z=33408,0 \text{ cm}^4; \quad A=696,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=8,4; \quad i_z=6,9 \text{ cm}; \quad W_y=3364,0; \\ W_z=2784,0 \text{ cm}^3.$$

**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: **Długotrwałe** (6 miesięcy - 10 lat, np. obciążenie magazynu).

$$K_{mod} = 0,70$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C30.**

$$f_{m,k} = 30,00$$

$$f_{m,d} = 16,15 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 18,00$$

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

$$\begin{aligned}
f_{t,90,k} &= 0,60 & f_{t,90,d} &= 0,32 \text{ MPa} \\
f_{c,0,k} &= 23,00 & f_{c,0,d} &= 12,38 \text{ MPa} \\
f_{c,90,k} &= 2,70 & f_{c,90,d} &= 1,45 \text{ MPa} \\
f_{v,k} &= 3,00 & f_{v,d} &= 1,62 \text{ MPa} \\
E_{0,\text{mean}} &= 12000 \text{ MPa} \\
E_{90,\text{mean}} &= 400 \text{ MPa} \\
E_{0,05} &= 8000 \text{ MPa} \\
G_{\text{mean}} &= 750 \text{ MPa} \\
\rho_k &= 380 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

## Sprawdzenie nośności pręta nr 1

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

### Charakterystyka zastępcza przekroju:

Gałęzie przekroju połączone są łącznikami mechanicznymi w postaci gwoździ o średnicy 6,0 mm.

Podatność łączników:

$$K_u = 2/3 \rho_k^{1,5} d^{0,8} / 25 = 2/3 \cdot 380^{1,5} \cdot 6,0^{0,8} / 25 = 828 \text{ N/mm}$$

Dla płaszczyzny prostopadłej do szwów:

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E A_1 s_1 / (K l)^2]^{-1} = [1 + 3,142^2 \cdot 8000 \cdot 144,0 \cdot 100 / (828 \cdot 6,380^2) \cdot 10^{-4}]^{-1} = 0,229$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_3 = [1 + \pi^2 E A_3 s_1 / (K l)^2]^{-1} = [1 + 3,142^2 \cdot 8000 \cdot 144,0 \cdot 100 / (828 \cdot 6,380^2) \cdot 10^{-4}]^{-1} = 0,229$$

Współrzędne środków elementów przekroju wynoszą:

$$a_1 = 11,50; \quad a_2 = 0,00; \quad a_3 = 11,50 \text{ cm}$$

Zastępczy moment bezwładności:

$$I_{ef} = \Sigma (I_i + \gamma_i A_i a_i^2) = 432,0 + 0,229 \cdot 144,0 \cdot 11,50^2 + 9826,0 + 1,000 \cdot 408,0 \cdot 0,00^2 + 432,0 + 0,229 \cdot 144,0 \cdot 11,50^2 = 19400,9 \text{ cm}^4$$

### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=3,19 \text{ m}$ ;  $x_b=3,19 \text{ m}$ , przy obciążeniach „A”.

Największe naprężenia dla zginania:

$$\sigma_{m,i} + \sigma_i = (0,5 h'_i + \gamma'_i a'_i) M' / I'_{ef} = (0,5 \cdot 24,0 + 1,000 \cdot 0,0) \cdot 44,023 / 33408,0 \cdot 10^3 = 15,81 < 16,15 = f_{m,d}$$

Największe naprężenia dla ściskania:

$$\sigma_i = \gamma'_i a'_i M' / I'_{ef} = 1,000 \cdot 0,0 \cdot 44,023 / 33408,0 \cdot 10^3 = 0,00 < 12,38 = f_{c,0,d}$$

Największe naprężenia dla rozciągania:

$$\sigma_i = \gamma'_i a'_i M' / I'_{ef} = 1,000 \cdot 0,0 \cdot 44,023 / 33408,0 \cdot 10^3 = 0,00 < 9,69 = f_{c,0,t}$$

Nośność dla  $x_a=3,19 \text{ m}$ ;  $x_b=3,19 \text{ m}$ , przy obciążeniach „A”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00}{16,15} + 1,0 \cdot \frac{15,81}{16,15} = 0,979 < 1$$

### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=6,38 \text{ m}$ ;  $x_b=0,00 \text{ m}$ , przy obciążeniach „A”.

Naprężenia tnące dla ścinania w płaszczyźnie prostopadłej do szwów:

$$\tau = (\gamma_3 A_3 a_3 + 0,5 b_2 h^2) V / b_2 I_{ef} = (0,229 \cdot 144,0 \cdot 11,50 + 0,5 \cdot 24,00 \cdot 8,50^2) \cdot 0,000 / (24,00 \cdot 19400,9) \cdot 10 = 0,00$$

Naprężenia tnące dla ścinania w płaszczyźnie równoległej do szwów:

$$\tau' = \frac{V' S'}{b' I'} = \frac{27,600 \times 2088,0}{29,00 \times 33408,0} \times 10 = 0,59$$

Nośność na ścinanie:

$$\sqrt{\tau^2 + \tau'^2} = \sqrt{0,00^2 + 0,59^2} = 0,59 < 1,62 = f_{v,d}$$

### Nośność łączników:

Do połączenia gałęzi przekroju, przyjęto łączniki mechaniczne w postaci gwoździ długości 118 mm o średnicy 6,0 mm.

$$f_{h,k} = 0,082 \times 380 \times 6,0^{-0,3} = 18,20$$

$$f_{h,d} = f_{h,k} k_{mod} / 1,3 = 18,20 \times 0,70 / 1,3 = 9,80 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 180 \times 6,0^{2,6} = 18987,41$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 17261,28 \text{ Nmm}$$

$$R_{d,1} = f_{h,1,d} t_1 d = 9,80 \times 60,0 \times 6,0 = 3528,7 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = f_{h,1,d} t_2 d \beta = 9,80 \times 48,0 \times 6,0 \times 1,00 = 2822,9 \text{ N}$$

$$R_{d,3} = f_{h,1,d} t_1 d / (1 + \beta) [\sqrt{\beta + 2\beta^2 (1 + t_2 / t_1 + t_2^2 / t_1^2)} + \beta^3 t_2^2 / t_1^2 - \beta (1 + t_2 / t_1)] = 9,80 \times 60,0 \times 6,0 / (1 + 1,00) \times [\sqrt{1,00 + 2 \times 1,00^2 \times (1 + 48,0 / 60,0 + 48,0^2 / 60,0^2)} + 1,00^3 \times 48,0^2 / 60,0^2 - 1,00 \times (1 + 48,0 / 60,0)] = 1329,3 \text{ N}$$

$$R_{d,4} = 1,1 f_{h,1,d} t_2 d / (1 + 2\beta) [\sqrt{2\beta^2 (1 + \beta) + 4\beta (1 + 2\beta) M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_2^2} - \beta] = 1,1 \times 9,80 \times 48,0 \times 6,0 / (1 + 2 \times 1,00) \times [\sqrt{2 \times 1,00^2 \times (1 + 1,00) + 4 \times 1,00 \times (1 + 2 \times 1,00) \times 17261,28 / (9,80 \times 6,0 \times 48,0^2)} - 1,00] = 1398,7 \text{ N}$$

$$R_{d,5} = 1,1 f_{h,1,d} t_1 d / (2 + \beta) [\sqrt{2\beta (1 + \beta) + 4\beta (2 + \beta) M_{y,d} / f_{h,1,d} d t_1^2} - \beta] = 1,1 \times 9,80 \times 60,0 \times 6,0 / (2 + 1,00) \times [\sqrt{2 \times 1,00 \times (1 + 1,00) + 4 \times 1,00 \times (2 + 1,00) \times 17261,28 / (9,80 \times 6,0 \times 60,0^2)} - 1,00] = 1593,0 \text{ N}$$

$$R_{d,6} = 1,1 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d 2\beta / (1 + \beta)} = 1,1 \times \sqrt{2 \times 17261,28 \times 9,80 \times 6,0 \times 2 \times 1,00 / (1 + 1,00)} = 1567,4 \text{ N}$$

Nośność łącznika na jedno cięcie  $R_d = 1329,3 \text{ N}$ .

Siła przypadająca na jeden łącznik pochodząca od siły rozwarstwiającej:

$$F_1 = \gamma_1 A_1 a_1 s V / I_{ef} = 0,229 \times 144,0 \times 11,50 \times 10,0 \times 0,000 / 19400,9 \times 10^3 = 0,0 \text{ N}$$

$$F_1 = 0,0 < 1329,3 = R_d$$

### Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla  $x_a = 3,19 \text{ m}$ ;  $x_b = 3,19 \text{ m}$ , przy obciążeniach „A”.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 42,5 \text{ mm}$$

w obiektach remontowanym może zostać powiększone o 50%, wówczas  $u_{net,fin} = 63,8 \text{ mm}$ .

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + \eta_1 (h/L)^2](1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (290,0/6380)^2](1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1+k_{def}) = -1,7 \times (1 + 0,60) = -2,8 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („A”):

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + \eta_1 (h/L)^2](1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (290,0/6380)^2](1 + 0,50) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1+k_{def}) = -34,4 \times (1 + 0,50) = -51,5 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{y,fin} = -2,8 + -51,5 = \mathbf{54,3} < \mathbf{63,8} = u_{net,fin}$$

Bydgoszcz, 20 sierpnia 2014 r.