

Spis treści

1	OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI	2
1.1	Cel i zakres opracowania	2
1.2	Dane szczegółowe:	2
1.3	Uszkodzenia, stan techniczny elementów stropu	2
1.4	Wnioski	2
1.5	Zestawienie rysunków	2
2	OBLICZENIA STATYCZNE I WYTRZYMAŁOŚCIOWE	3
2.1	Normy i obciążenia	3
2.2	Zestawienie obciążeń	3
2.3	Sprawdzenie nośności istniejących belek stropowych	4
2.3.1	Belka BI-1	4
2.3.2	Belka BI-2	6
2.3.3	Belka BI-3	8
2.4	Wzmocnienie belek stropowych w których przekroczone zostały SG	10
2.4.1	Belka BI-2	10
2.4.2	Miecz	12
2.5	Belki nowoprojektowane	13
2.5.1	Belka BP-1	13
2.5.2	Belka BP-2	15

1 OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI

1.1 Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest doprowadzenie stropu pod sceną w domu kultury do klasy ognioodporności REI60, w zakresie obejmującym:

- ustalenie stanu technicznego stropu,
- sprawdzenie nośności istniejących belek stropowych,
- zakres i sposób koniecznych prac remontowo-naprawczych w/w stropu.

1.2 Dane szczegółowe:

Strop nad podsceniem jest to strop drewniany złożony z legarów ułożonych na belkach głównych. Oparcie stropu stanowią mury grubości ok.50cm, oraz słupy 40x40cm z cegły ceramicznej. Wierzchnią warstwę stanowią deski podłogowe gr.4,0cm. Całkowita wysokość stropu wynosi 20,0cm.

1.3 Uszkodzenia, stan techniczny elementów stropu

Ocena stanu technicznego została dokonana na podstawie oględzin konstrukcji stropu. W chwili obecnej strop jest użytkowany i spełnia swoją funkcję. Nie stwierdzono, żeby strop był w sposób nadmierny ugięty a stan techniczny drewna w części dostępnej określono jako dobry.

1.4 Wnioski

Ze względu na konieczność zwiększenia klasy odporności ogniowej, strop jest dociążony nowymi warstwami co powoduje konieczność wzmocnienia niektórych elementów istniejącego stropu,

Podczas prac remontowych należy wykonać kompleksowe oględziny konstrukcji stropu i wymianę części konstrukcyjnych dotkniętych korozją biologiczną na elementy o takim samym przekroju wykonane z drewna klasy C27,

Pozostałą część konstrukcji stropu należy oczyścić i zabezpieczyć preparatem, który ochroni przed korozją biologiczną. Zaleca się zastosowanie środków grzybobójczego i pleśniowego BORAMON C30 i HYLOTOX PLUS,

W celu wykonania nowych warstw przegrody poziomej należy:

- usunąć istniejącą warstwę desek,
- przeprowadzić prace remontowe polegające na: oczyszczeniu, zabezpieczeniu przed korozją oraz wzmocnieniu/wymianie istniejących belek,
- wykonać nowoprojektowane warstwy stropu.

1.5 Zestawienie rysunków

K_01 Konstrukcja stropu

skala 1:100, 1:10

2 OBLICZENIA STATYCZNE I WYTRZYMAŁOŚCIOWE

2.1 Normy i obciążenia

Obliczenia wykonano w oparciu o następujące normy:

- PN-B-03150 - Konstrukcje drewniane, obliczenia statyczne i projektowanie,
- PN-82/B-02000 - Obciążenia budowli,
- PN-82/B-02001 - Obciążenia stałe,
- PN-82/B-02003 - Podstawowe obciążenia technologiczne montażowe.

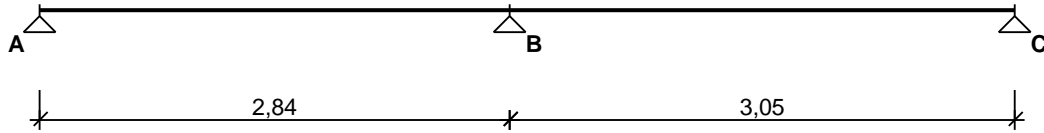
2.2 Zestawienie obciążeń

Lp.	Opis obciążenia	Obc.char. kN/m ²	γ_f	kd	Obc. obl. kN/m ²
1.	Deski podłogowe gr. 40mm [0,42kN/m ²]	0,42	1,20	--	0,51
2.	Płyty ogniodoporne "FERMACELL" 2x12,5mm [0,30kN/m ²]	0,30	1,20	--	0,36
3.	Płyty OSB gr. 25mm [0,24kN/m ²]	0,25	1,20	--	0,30
4.	Folia paroprzepuszczalna	--	--	--	--
5.	Wełna mineralna o gęst. obj. min. 30kg/m ³ 140mm	0,17	1,20	--	0,21
6.	Folia PE	--	--	--	--
7.	Łaty drewniane 60x40mm w rozstawie co 400mm	0,06	1,20	--	0,07
8.	Płyty ogniodoporne "FERMACELL" 2x12,5mm [0,30kN/m ²]	0,30	1,20	--	0,36
7.	Obciążenie zmienne [4,0kN/m ²]	5,00	1,40	0,35	7,00
	Σ:	6,50	1,35		8,81

2.3 Sprawdzenie nośności istniejących belek stropowych

2.3.1 Belka BI-1

SCHEMAT BELKI



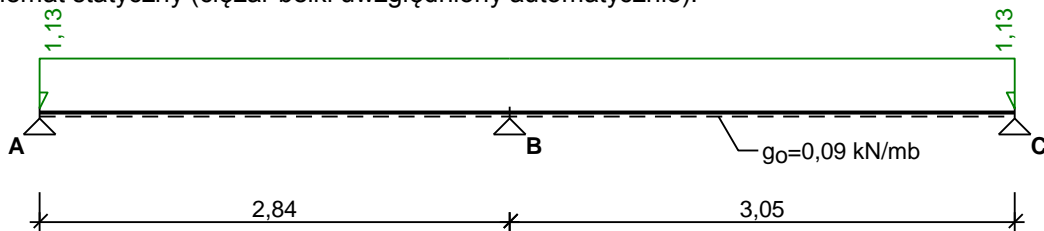
Parametry belki:

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

OBciążENIA OBLICZENIOWE BELKI

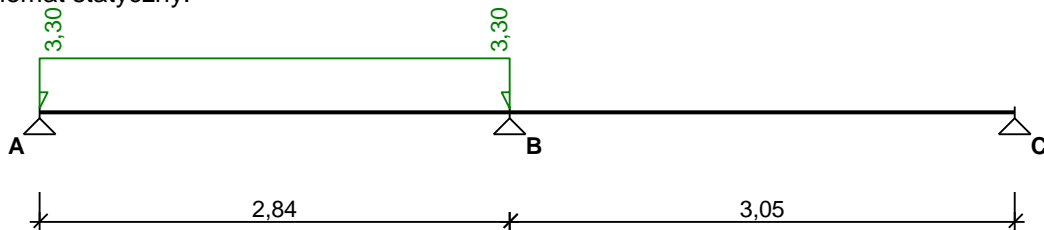
Przypadek **P1: obc.stałe** ($\gamma_f = 1,20$, klasa trwania - stałe)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



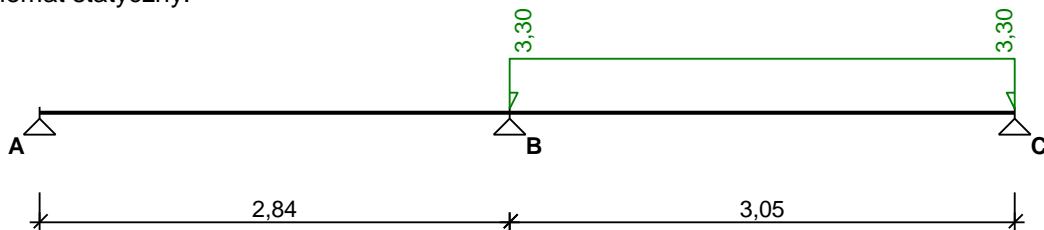
Przypadek **P2: obc.zmienne przęsło A - B** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

Schemat statyczny:



Przypadek **P3: obc.zmienne przęsło B - C** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

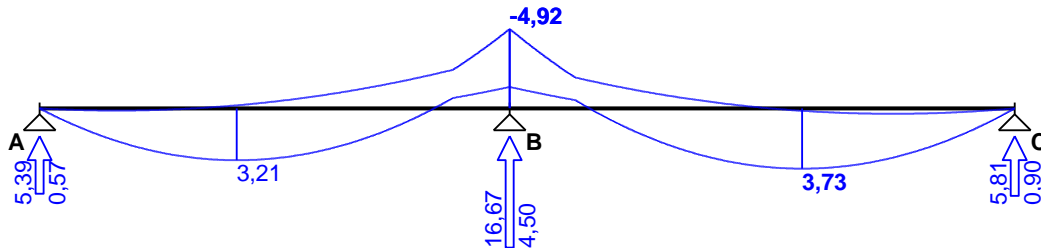
Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

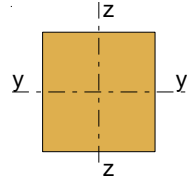
Klasa użytkowania konstrukcji - 2

Parametry analizy zwiczenia:

- brak stężeń bocznych na długości belki
 - stosunek $l_d/l = 1,00$
 - obciążenie przyłożone na pasie ściskanym (górnym) belki
- Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l_o / 300$

WYNIKI OBLICZEŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

WYMIAROWANIE WG PN-B-03150:2000



Przekrój prostokątny **15 / 16 cm**

$$W_y = 640 \text{ cm}^3, J_y = 5120 \text{ cm}^4, m = 8,40 \text{ kg/m}$$

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

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

Belka

Zginanie

Przekrój $x = 2,84 \text{ m}$ (**K3**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Moment maksymalny $M_{max} = -4,92 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,y,d} = 7,69 \text{ MPa}, f_{m,y,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,60 < 1$$

Warunek stateczności:

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

$$\sigma_{m,y,d} = 7,69 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 12,92 \text{ MPa} \quad (59,5\%)$$

Ścinanie

Przekrój $x = 2,84 \text{ m}$ (**K3**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{max} = 8,51 \text{ kN}$

$$\tau_d = 0,53 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,35 \text{ MPa} \quad (39,5\%)$$

Docisk na podporze

Reakcja podporowa $R_B = 16,67 \text{ kN}$ (**K3**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

$$a_p = 16,0 \text{ cm}, k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,y,d} = 0,69 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,35 \text{ MPa} \quad (51,6\%)$$

Stan graniczny użytkowalności

Przekrój $x = 4,49 \text{ m}$ (**K4**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P3$)

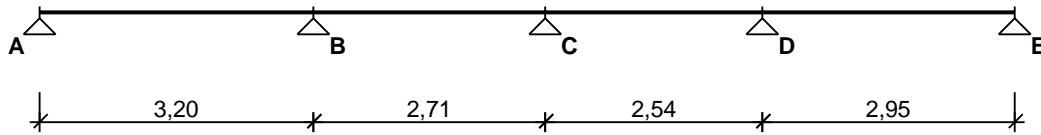
Ugięcie maksymalne $u_{fin} = u_M + u_T = 6,84 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l_o / 300 = 10,17 \text{ mm}$

$$u_{fin} = 6,84 \text{ mm} < u_{net,fin} = 10,17 \text{ mm} \quad (67,2\%)$$

2.3.2 Belka BI-2

SCHEMAT BELKI



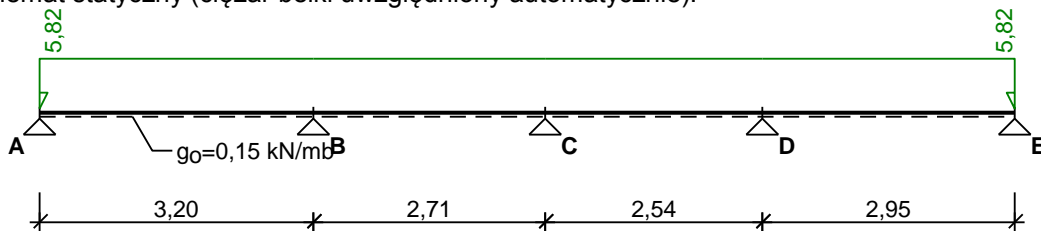
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

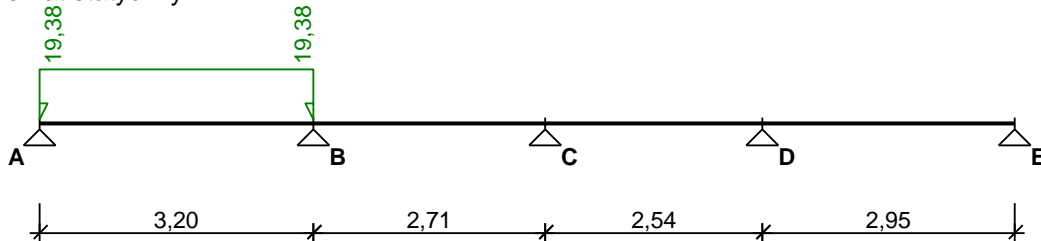
Przypadek **P1: obc. stałe** ($\gamma_f = 1,20$, klasa trwania - stałe)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



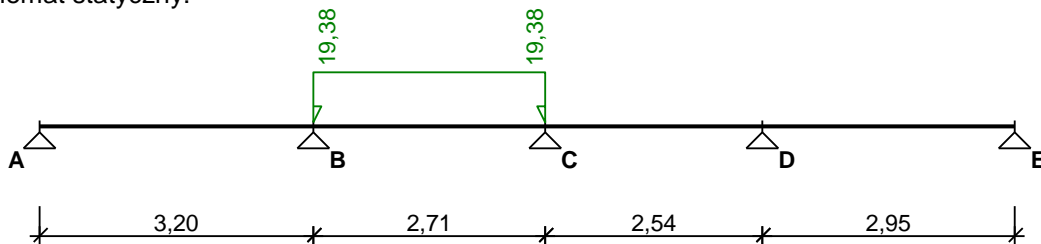
Przypadek **P2: obc. zmienne przęsło A - B** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

Schemat statyczny:



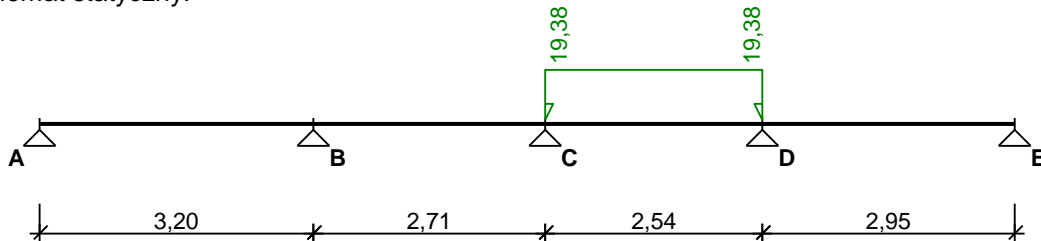
Przypadek **P3: obc. zmienne przęsło B - C** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

Schemat statyczny:

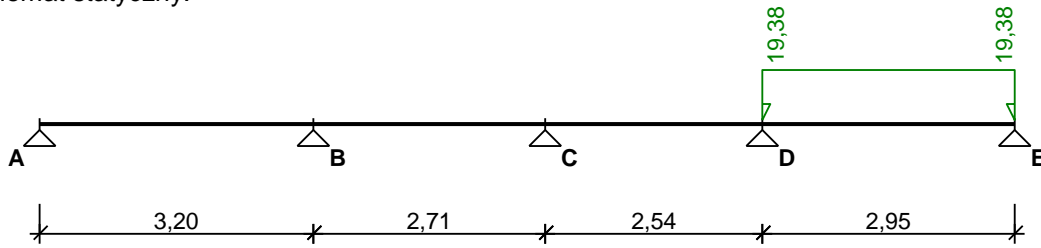


Przypadek **P4: obc. zmienne przęsło C - D** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

Schemat statyczny:



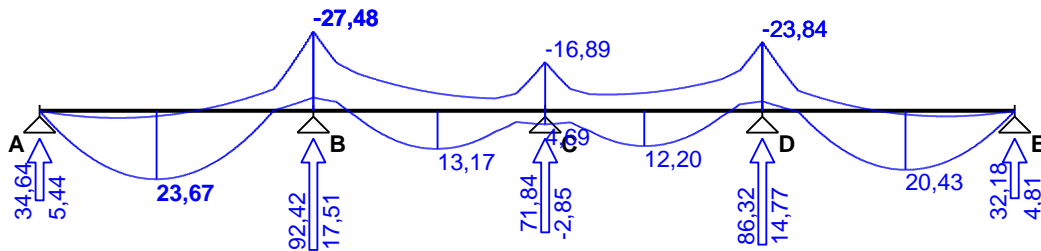
Przypadek **P5**: **obc.zmienne pręśło D - E** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)
 Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:

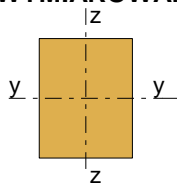


ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

- Klasa użytkowania konstrukcji - 2
- Parametry analizy zwichrzenia:
 - brak stężeń bocznych na długości belki
 - stosunek $I_d/I = 1,00$
 - obciążenie przyłożone na pasie ściskany (górnym) belki
- Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l_o / 300$

WYNIKI OBLICZEŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

WYMIAROWANIE WG PN-B-03150:2000



Przekrój prostokątny **17,5 / 22,5 cm**

$$W_y = 1477 \text{ cm}^3, J_y = 16611 \text{ cm}^4, m = 13,8 \text{ kg/m}$$

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

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

Belka

Zginanie

Przekrój $x = 3,20 \text{ m}$ (**K6**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3 + 1,0 \cdot P5$)

Moment maksymalny $M_{max} = -27,48 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,y,d} = 18,61 \text{ MPa}, f_{m,y,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 1,44 > 1 \quad (!!!)$$

Warunek stateczności:

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

$$\sigma_{m,y,d} = 18,61 \text{ MPa} > k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 12,92 \text{ MPa} \quad (144,0\%) \quad (!!!)$$

Ścinanie

Przekrój $x = 3,20$ m (**K6**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3 + 1,0 \cdot P5$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = -49,15$ kN

$$\tau_{d} = 1,87 \text{ MPa} > f_{v,d} = 1,35 \text{ MPa} \quad (139,1\%) \quad (!!!)$$

Docisk na podporze

Reakcja podporowa $R_B = 92,42$ kN (**K6**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3 + 1,0 \cdot P5$)

$a_p = 25,0$ cm, $k_{c,90} = 1,00$

$$\sigma_{c,90,y,d} = 2,11 \text{ MPa} > k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,35 \text{ MPa} \quad (156,9\%) \quad (!!!)$$

Stan graniczny użyteczności

Przekrój $x = 1,48$ m (**K7**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P4$)

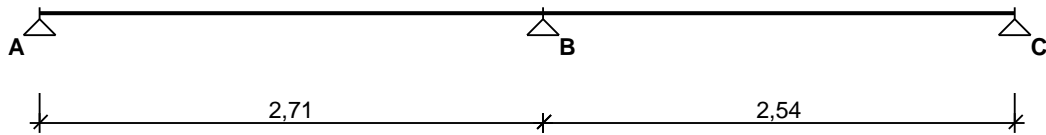
Ugięcie maksymalne $u_{\text{fin}} = u_M + u_T = 15,59$ mm

Ugięcie graniczne $u_{\text{net,fin}} = l_0 / 300 = 10,67$ mm

$$u_{\text{fin}} = 15,59 \text{ mm} > u_{\text{net,fin}} = 10,67 \text{ mm} \quad (146,2\%) \quad (!!!)$$

2.3.3 Belka Bl-3

SCHEMAT BELKI



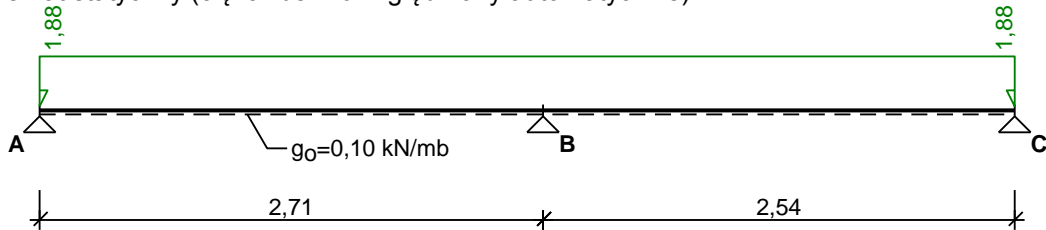
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

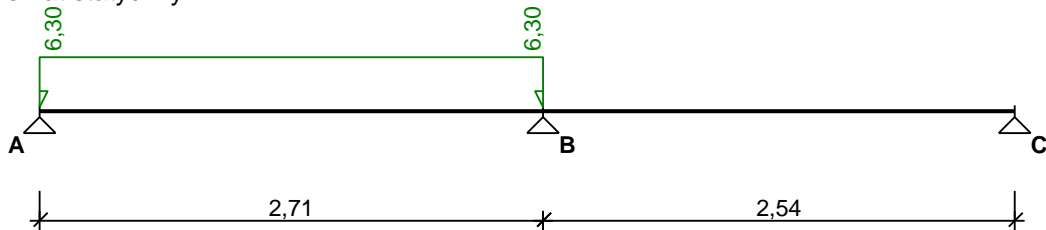
Przypadek **P1: obc.stałe** ($\gamma_f = 1,20$, klasa trwania - stałe)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



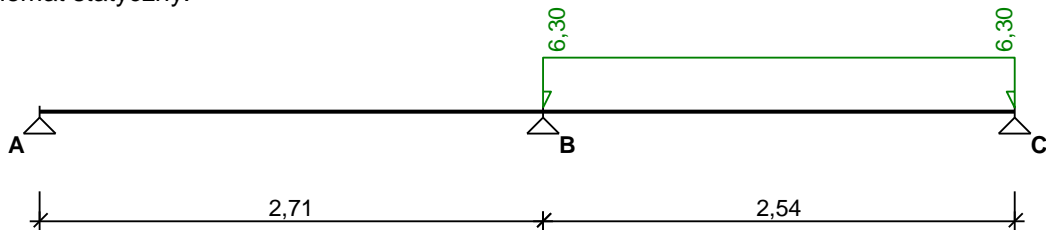
Przypadek **P2: obc.zmienne przęsło A - B** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

Schemat statyczny:



Przypadek **P3: obc.zmienne przęsło B - C** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

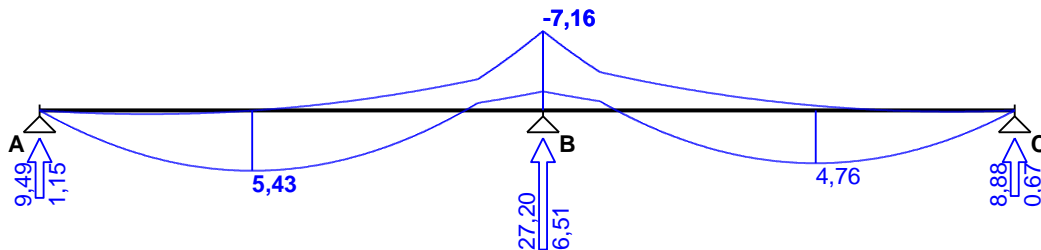
Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

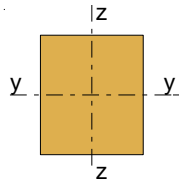
Klasa użytkowania konstrukcji - 2

Parametry analizy zwichrzenia:

- brak stężeń bocznych na długości belki
 - stosunek $I_d/l = 1,00$
 - obciążenie przyłożone na pasie ściskanym (górnym) belki
- Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l_o / 300$

WYNIKI OBLICZEŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

WYMIAROWANIE WG PN-B-03150:2000



Przekrój prostokątny **15 / 17,5 cm**

$$W_y = 766 \text{ cm}^3, J_y = 6699 \text{ cm}^4, m = 9,19 \text{ kg/m}$$

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

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

Belka

Zginanie

Przekrój $x = 2,71 \text{ m}$ (**K3**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Moment maksymalny $M_{max} = -7,16 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,y,d} = 9,35 \text{ MPa}, f_{m,y,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,72 < 1$$

Warunek stateczności:

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

$$\sigma_{m,y,d} = 9,35 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 12,92 \text{ MPa} \quad (72,3\%)$$

Ścinanie

Przekrój $x = 2,71 \text{ m}$ (**K3**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{max} = -13,86 \text{ kN}$

$$\tau_d = 0,79 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,35 \text{ MPa} \quad (58,8\%)$$

Docisk na podporze

Reakcja podporowa $R_B = 27,20 \text{ kN}$ (**K3**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

$$a_p = 25,0 \text{ cm}, k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,y,d} = 0,73 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,35 \text{ MPa} \quad (53,9\%)$$

Stan graniczny użytkowalności

Przekrój $x = 1,25 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

Ugięcie maksymalne $u_{fin} = u_M + u_T = 6,15 \text{ mm}$

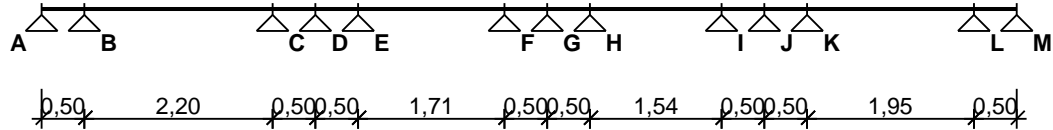
Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l_o / 300 = 9,03 \text{ mm}$

$$u_{fin} = 6,15 \text{ mm} < u_{net,fin} = 9,03 \text{ mm} \quad (68,1\%)$$

2.4 Wzmocnienie belek stropowych w których przekroczone zostały SG

2.4.1 Belka BI-2

SCHEMAT BELKI



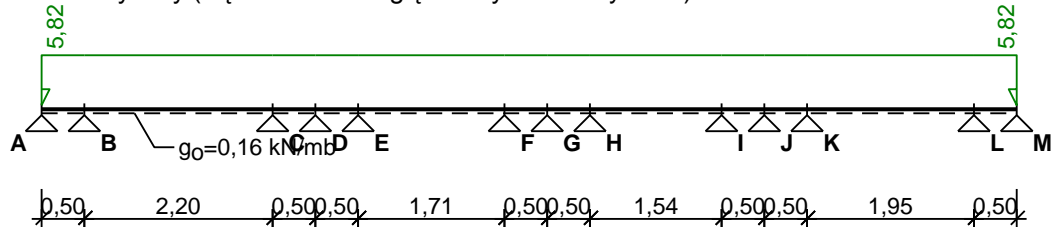
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

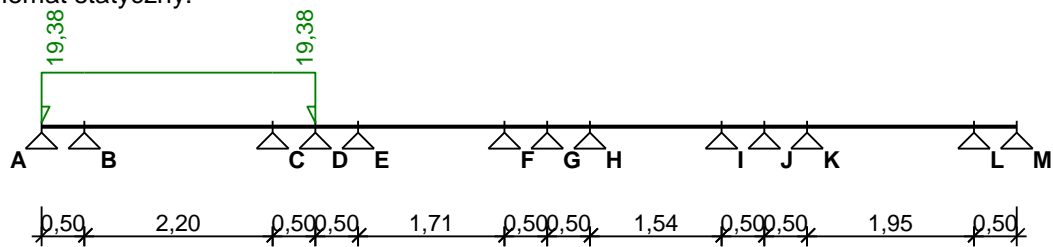
Przypadek **P1: obc.stałe** ($\gamma_f = 1,20$, klasa trwania - stałe)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



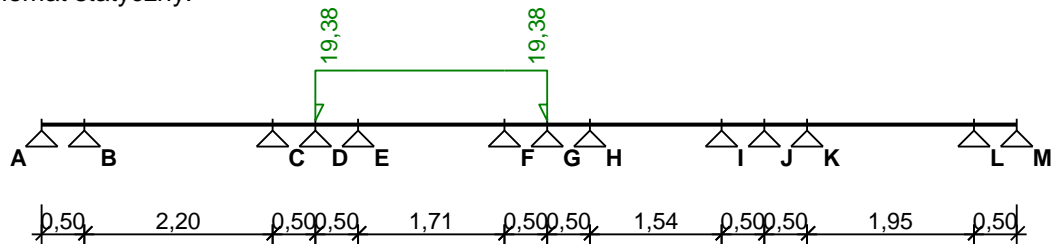
Przypadek **P2: obc.zmienne przęsło A - B** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

Schemat statyczny:



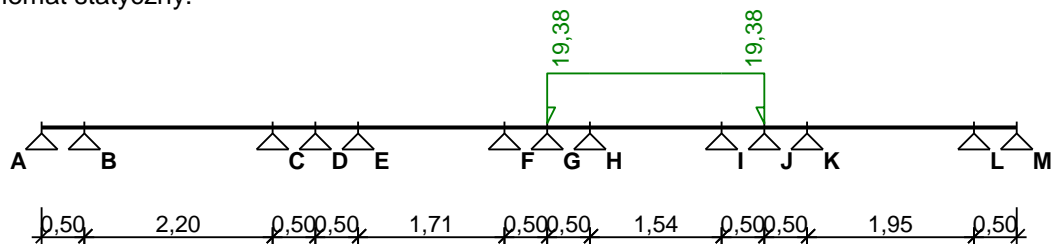
Przypadek **P3: obc.zmienne przęsło B - C** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

Schemat statyczny:

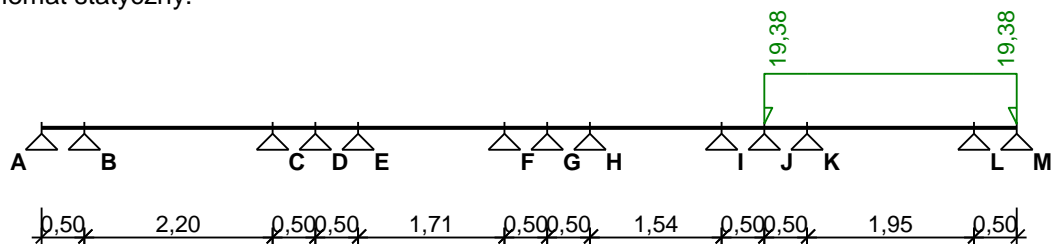


Przypadek **P4: obc.zmienne przęsło C - D** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

Schemat statyczny:



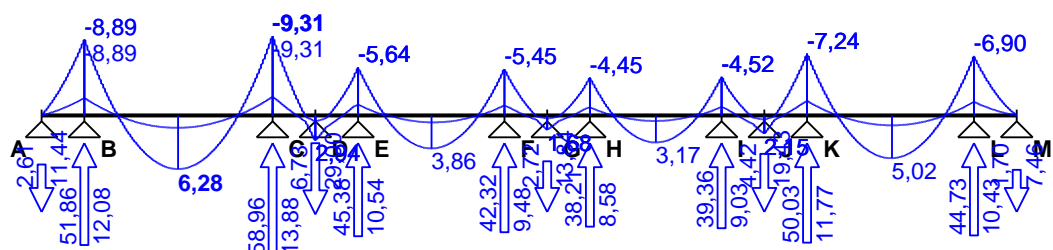
Przypadek **P5: obc.zmienne pręsięło D - E** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)
 Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:

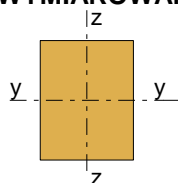


ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Klasa użytkowania konstrukcji - 2
 Parametry analizy zwichrzenia:
 - belka zabezpieczona przed zwichrzeniem
 Belka w obiekcie starym, remontowanym
 Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l_0 / 250$

WYNIKI OBLICZEŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

WYMIAROWANIE WG PN-B-03150:2000



Przekrój prostokątny **17,5 / 22,5 cm**

$$W_y = 1477 \text{ cm}^3, J_y = 16611 \text{ cm}^4, m = 14,6 \text{ kg/m}$$

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C27**

$$\rightarrow f_{m,k} = 27 \text{ MPa}, f_{t,0,k} = 16 \text{ MPa}, f_{c,0,k} = 22 \text{ MPa}, f_{v,k} = 2,8 \text{ MPa}, E_{0,mean} = 11,5 \text{ GPa}, \rho_k = 370 \text{ kg/m}^3$$

Belka

Zginanie

Przekrój $x = 2,70 \text{ m}$ (**K6**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3 + 1,0 \cdot P5$)

Moment maksymalny $M_{max} = -9,31 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,y,d} = 6,31 \text{ MPa}, f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,43 < 1$$

Warunek stateczności:

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

$$\sigma_{m,y,d} = 6,31 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 14,54 \text{ MPa} \quad (43,4\%)$$

Ścinanie

Przekrój $x = 2,70 \text{ m}$ (**K6**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3 + 1,0 \cdot P5$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = 30,86 \text{ kN}$

$$\tau_d = 1,18 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,51 \text{ MPa} \quad (78,0\%)$$

Docisk na podporze

Reakcja podporowa $R_C = 58,96 \text{ kN}$ (**K6**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3 + 1,0 \cdot P5$)

$a_p = 25,0 \text{ cm}$, $k_{c,90} = 1,00$

$$\sigma_{c,90,y,d} = 1,35 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,40 \text{ MPa} \quad (96,3\%)$$

Stan graniczny użyteczności

Przekrój $x = 1,60 \text{ m}$ (**K7**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P4$)

Ugięcie maksymalne $u_{\text{fin}} = u_M + u_T = 1,66 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $u_{\text{net,fin}} = 1,5 \cdot l_0 / 250 = 13,20 \text{ mm}$

$$u_{\text{fin}} = 1,66 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = 13,20 \text{ mm} \quad (12,5\%)$$

2.4.2 Miecz

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 12,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 12,0 \text{ cm}$

Drewno:

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

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

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Wysokość słupa $l_{\text{col}} = 0,70 \text{ m}$

Współczynniki długości wybojeniowej:

- względem osi y $\mu_y = 2,00$

- względem osi z $\mu_z = 2,00$

Obciążenia:

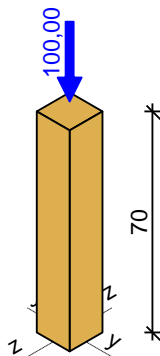
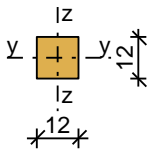
Siła ściskająca $N_c = 100,00 \text{ kN}$

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

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

Klasa trwania obciążenia: stałe

WYNIKI:



Ściskanie równoległe:

$N_c = 100,00 \text{ kN}$

Warunek smukłości:

$$\lambda_y = 40,41 < \lambda_c = 150 \quad (26,9\%)$$

$$\lambda_z = 40,41 < \lambda_c = 150 \quad (26,9\%)$$

Warunek nośności:

$k_{c,y} = 0,938$; $k_{c,z} = 0,938$

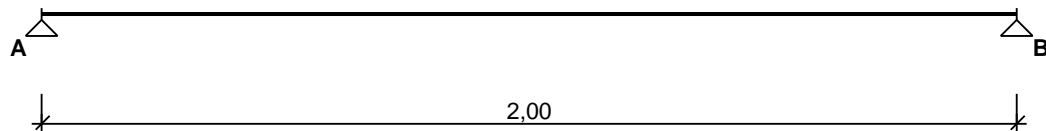
$$\sigma_{c,y,d} = 7,40 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa} \quad (76,4\%)$$

$$\sigma_{c,z,d} = 7,40 \text{ MPa} < f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa} \quad (76,4\%)$$

2.5 Belki nowoprojektowane

2.5.1 Belka BP-1

SCHEMAT BELKI



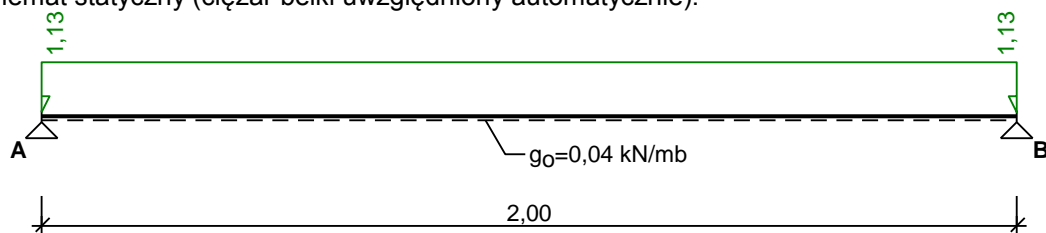
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

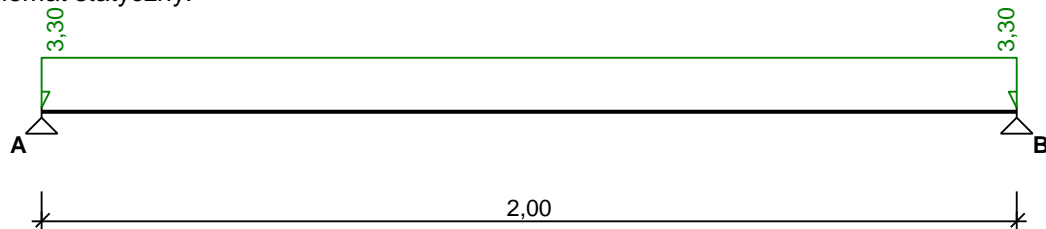
Przypadek **P1: obc.stałe** ($\gamma_f = 1,20$, klasa trwania - stałe)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



Przypadek **P2: obc.zmienne przęsło A - B** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

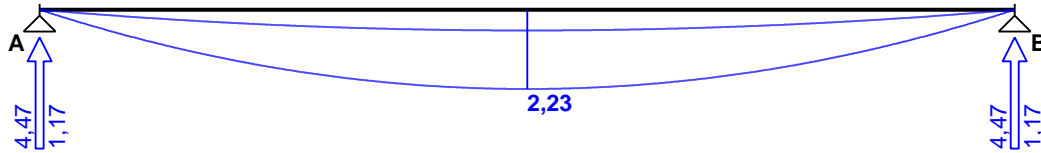
Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

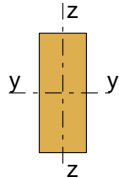
Klasa użytkowania konstrukcji - 2

Parametry analizy zwichrzenia:

- brak stężeń bocznych na długości belki
 - stosunek $I_d/I = 1,00$
 - obciążenie przyłożone na pasie ściskanym (górnym) belki
- Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l_o / 300$

WYNIKI OBLICZEŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

WYMIAROWANIE WG PN-B-03150:2000



Przekrój prostokątny **6,3 / 16 cm**

$$W_y = 269 \text{ cm}^3, J_y = 2150 \text{ cm}^4, m = 3,53 \text{ kg/m}$$

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

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

Zginanie

Przekrój $x = 1,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

Moment maksymalny $M_{max} = 2,23 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,y,d} = 8,31 \text{ MPa}, f_{m,y,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,64 < 1$$

Warunek stateczności:

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

$$\sigma_{m,y,d} = 8,31 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 12,92 \text{ MPa} \quad (64,3\%)$$

Ścinanie

Przekrój $x = 0,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{max} = 4,47 \text{ kN}$

$$\tau_d = 0,67 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,35 \text{ MPa} \quad (49,4\%)$$

Docisk na podporze

Reakcja podporowa $R_A = 4,47 \text{ kN}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

$$a_p = 16,0 \text{ cm}, k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,y,d} = 0,44 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,35 \text{ MPa} \quad (32,9\%)$$

Stan graniczny użytkowości

Przekrój $x = 1,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

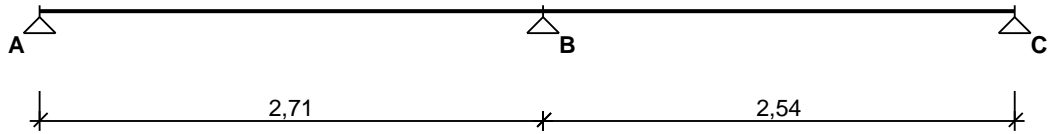
Ugięcie maksymalne $u_{fin} = u_M + u_T = 5,21 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l_o / 300 = 6,67 \text{ mm}$

$$u_{fin} = 5,21 \text{ mm} < u_{net,fin} = 6,67 \text{ mm} \quad (78,1\%)$$

2.5.2 Belka BP-2

SCHEMAT BELKI



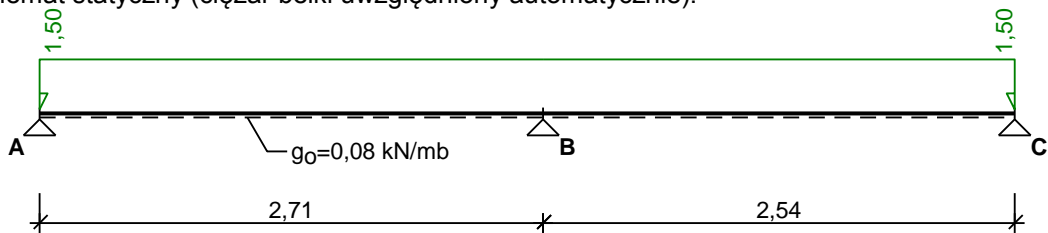
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

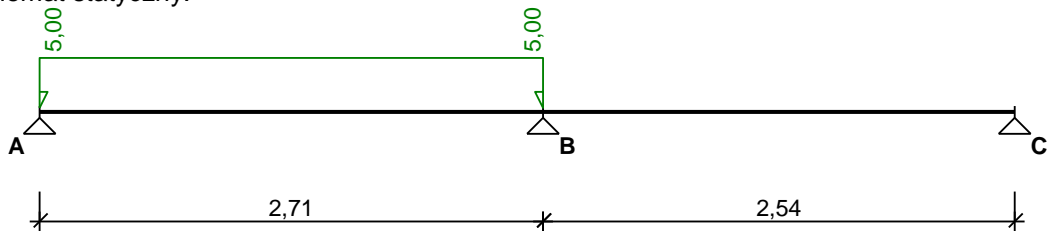
Przypadek **P1: obc.stałe** ($\gamma_f = 1,20$, klasa trwania - stałe)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



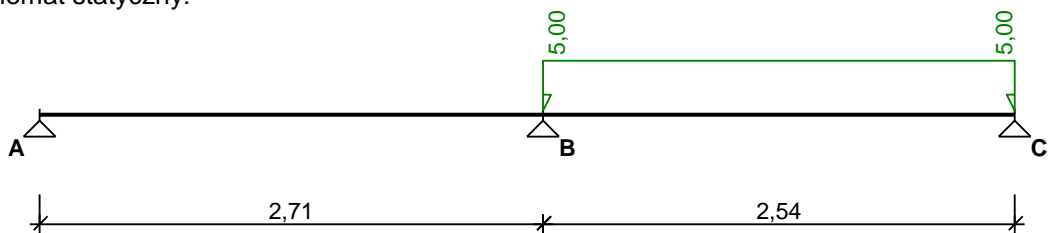
Przypadek **P2: obc.zmienne przęsło A - B** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

Schemat statyczny:



Przypadek **P3: obc.zmienne przęsło B - C** ($\gamma_f = 1,40$, klasa trwania - długotrwałe)

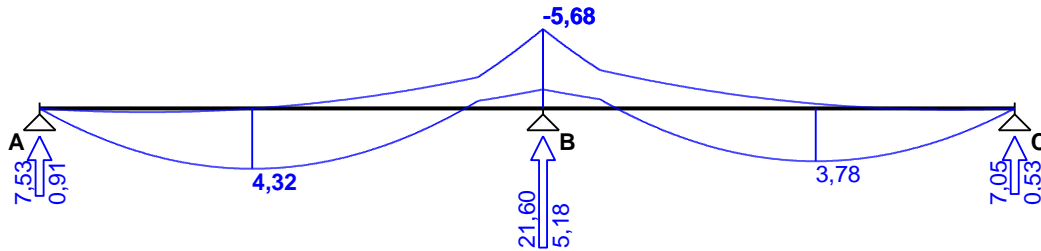
Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

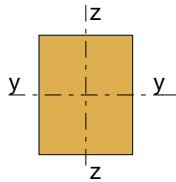
Klasa użytkowania konstrukcji - 2

Parametry analizy zwiczenia:

- brak stężeń bocznych na długości belki
 - stosunek $I_d/l = 1,00$
 - obciążenie przyłożone na pasie ściskanym (górnym) belki
- Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l_o / 300$

WYNIKI OBLICZEŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

WYMIAROWANIE WG PN-B-03150:2000



Przekrój prostokątny **12,5 / 16 cm**

$$W_y = 533 \text{ cm}^3, J_y = 4267 \text{ cm}^4, m = 7,00 \text{ kg/m}$$

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

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

Belka

Zginanie

Przekrój $x = 2,71 \text{ m}$ (**K3**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Moment maksymalny $M_{max} = -5,68 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,y,d} = 10,66 \text{ MPa}, f_{m,y,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,82 < 1$$

Warunek stateczności:

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

$$\sigma_{m,y,d} = 10,66 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 12,92 \text{ MPa} \quad (82,5\%)$$

Ścinanie

Przekrój $x = 2,71 \text{ m}$ (**K3**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{max} = -11,01 \text{ kN}$

$$\tau_d = 0,83 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,35 \text{ MPa} \quad (61,3\%)$$

Docisk na podporze

Reakcja podporowa $R_B = 21,60 \text{ kN}$ (**K3**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

$$a_p = 24,0 \text{ cm}, k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,y,d} = 0,72 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,35 \text{ MPa} \quad (53,5\%)$$

Stan graniczny użytkowalności

Przekrój $x = 1,25 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

Ugięcie maksymalne $u_{fin} = u_M + u_T = 7,58 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $u_{net,fin} = l_o / 300 = 9,03 \text{ mm}$

$$u_{fin} = 7,58 \text{ mm} < u_{net,fin} = 9,03 \text{ mm} \quad (83,9\%)$$