

ZAŁĄCZNIK NR 1
EKSPERTYZA KONSTRUKCJI HALI A2 POD KĄTEM OBCIĄŻENIA ŚNIEGIEM
DO PROJEKTU ODŚNIEŻANIA DACHU HALI A2 NA TERENIE ZAKŁADU
DOZAMEL, WROCŁAW UL. FABRYCZNA 10



ZAMAWIAJĄCY:
DOZAMEL SP Z O.O.
UL. FABRYCZNA 10
53-609 WROCŁAW

LOKALIZACJA OBIEKTU:
UL. FABRYCZNA 10
53-609 WROCŁAW

PRZYGOTOWANY PRZEZ:



BUDOSERWIS Z.U.H. Sp. z o.o.

Zakłady Ekspertyz i Usług Gospodarczych

AUTORZY OPRACOWANIA:
mgr inż. Marcin Zarzycki

Uprawnienia budowlane

do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
Nr ewid. **SLK/7559/PBKb/18** i **SLK/6509/WBKb/16**

Członek Śląskiej Izby Inżynierów Budownictwa o nr ewid. **SLK/BO/9619/18** posiada wymagane ubezpieczenie
od odpowiedzialności cywilnej do 31.07.2022

mgr inż. Piotr Strojek

Uprawnienia budowlane

do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
Nr ewid. **SLK/2615/OWOK/09** i **SLK/7558/PBKb/18**

Członek Śląskiej Izby Inżynierów Budownictwa o nr ewid. **SLK/BO/6683/10** posiada wymagane ubezpieczenie
od odpowiedzialności cywilnej do 30.06.2022

ZAŁACZNIK NR 1

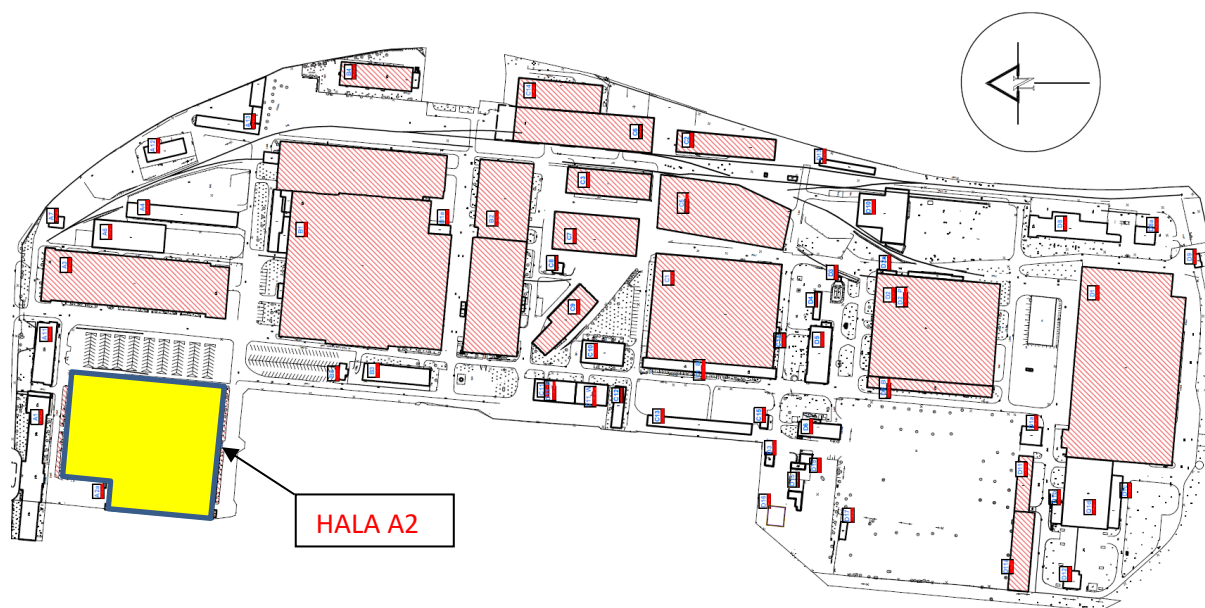
EKSPERTYZA KONSTRUKCJI HALI A2 POD KĄTEM OBCIĄŻENIA ŚNIEGIEM DO PROJEKTU ODŚNIEŻANIA DACHU HALI A2 NA TERENIE ZAKŁADU DOZAMEL, WROCŁAW UL FABRYCZNA 10

SPIS ZAWARTOŚCI:

1. PRZEDMIOT I CEL OPRACOWANIA.....	2
2. PODSTAWY OPRACOWANIA	2
3. OGÓLNY OPIS HALI	3
4. OPIS STANU TECHNICZNEGO ISTNIEJĄCEGO OBIEKTU	5
5. OBLICZENIA STATYCZNE	6
5.1. PODSTAWA WYKONANIA OBLICZEŃ.....	6
5.2. OPIS WYKONANYCH OBLICZEŃ	7
5.4. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA NAWA 5	8
5.5. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA NAWA 4,6,7.....	16
5.6. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA NAWA 8	22
5.7. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA NAWA 9, 10.....	30
5.8. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA NAWA 1,2,3.....	43
5.9. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA NAWA 11	48
6. TABELA ZBIORCZA.....	63
7. WNIOSKI.....	64

1. PRZEDMIOT I CEL OPRACOWANIA

Opracowanie zawiera ekspertyzę techniczną hali A2 wraz z częścią biurową zlokalizowaną na terenie zakładu DOZAMEL we Wrocławiu pod kątem obciążenia śniegiem. Zakres opracowania obejmuje m.in.: analizę nośności dachu istniejącego, określenie dopuszczalnego obciążenia śniegiem połaci dachowej oraz określenie stanu technicznego elementów konstrukcyjnych hali oraz jej elementów wykończenia. Lokalizację obiektu pokazano poniżej na rys. 1.



Rys. 1. Lokalizacja przedmiotowego obiektu

2. PODSTAWY OPRACOWANIA

- 2.1. Umowa nr 18/RI/2021 z dnia 14.09.2021r.,
- 2.2. Dokumentacja archiwalna
- 2.3. Wizja przeprowadzona w dniach 27.09, 13.10, 14.10.2021 r.
- 2.4. Dokumentacja fotograficzna
- 2.5. Informacje uzyskane od użytkownika obiektu
- 2.6. PN-EN 1991-1-1 Oddziaływanie na konstrukcje. Ciężar objętościowy, ciężar własny. Obciążenia użytkowe w budynkach
- 2.7. PN-EN 1991-1-3 Oddziaływanie na konstrukcje. Obciążenie śniegiem
- 2.8. PN-EN-1993-1-1 Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły ogólne i reguły dla budynków
- 2.9. PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe – Obliczenia statyczne i projektowanie
- 2.10. Weryfikacyjne pomiary z natury

3. OGÓLNY OPIS HALI

Hala A2 jest obiektem przemysłowym składającym się z 11 naw, w którym odbywa się proces wytwarzania i obróbki konstrukcji stalowych. Ściany zewnętrzne murowane, słupy wewnętrzne naw 1-10 stalowe dwułęziowe. Dach hali na różnych wysokościach. Na dachu usytuowane są świetliki oraz systemy instalacji wentylacji i klimatyzacji.

Nawy 1, 2, 3

Dach naw jednospadowy w kierunku południowym o nachyleniu ok. 7%. Przykrycie dachu to płyta lekka Kleina, na płytach ułożona szlichta cementowa oraz 2 x papa na lepiku + 16cm ocieplenia ze styropianu i 2 warstw papy termozgrzewalnej.

Słupy zewnętrzne nawy 1 murowane, słupy pomiędzy nawą 1 i 2 oraz nawą 2 i 3 stalowe dwułęziowe skratowane. Na słupach stalowych usytuowanych wzdłuż nawy 1, 2 i 3 wspierają się dwuteowniki 475, na których co ok. 250 cm opierają się belki dachowe z dwuteownika 240. Na długości nawy 1, 2 i 3 usytuowanych jest 18 szt. pasm świetlnych aluminiowych wypełnionych płytami z poliwęglanu komorowego.

Nawy 4, 5, 6, 7, 8

Dach naw dwuspadowy w kierunku wschodnim i zachodnim o nachyleniu ok. 3%. W czterech środkowych przęsłach nawy 5 dach wyższy o ok. 510 cm od pozostałych przęseł oraz dachu nawy 4, 6, 7 i 8. Słupy pomiędzy nawami stalowe dwułęziowe skratowane.

Wiązary dachowe stalowe kratowe wspierające się na słupach naw, na węzłach pasa górnego wiązara opierają się płatwie z dwuteownika 280, rozstaw płatwi ok. 250 cm.

Przekrycie dachu to lekka płyta Kleina wsparta na płatwiach, na płytach ułożona szlichta cementowa oraz 2 x papa na lepiku + 16cm ocieplenia ze styropianu i 2 warstw papy termozgrzewalnej.

Nawy 9 - 10

Dach naw jednospadowy w kierunku północnym. Na dachu zamontowane są 4 świetliki trójkątne, stalowe wypełnione szkłem bezpiecznym.

Przekręcie dachu w części zachodniej to płyty żużłobetonowe, na płytach ułożona szlichta cementowa oraz 2 x papa na lepiku + 16cm ocieplenia ze styropianu i 2 warstw papy termozgrzewalnej. Płyty opierają się na belkach dachowych z dwuteownika 160, który opiera się na dźwigarze stalowym kratowym. Rozstaw belek to ok. 210 cm.

Przekrycie dachu w części wschodniej to stropodach drewniany, na deskowaniu ułożona 2 x papa na lepiku + 16cm ocieplenia ze styropianu i 2 warstwy papy termozgrzewalnej. Belki

drewniane stropodachu wspierają się na belkach stalowych z dwuteownika 160, oparciem dla belek dachowych stalowych jest dźwigar dachowy stalowy kratowy jak w części zachodniej.

Nawa 11

Dach nawy jednospadowy w kierunku zachodnim o nachyleniu ok. 3%. Konstrukcja nawy stalowa, słupy dwugałęziowe skratowane, na słupach wspierają się dźwigary kratowe stalowe, w węzłach górnego pasa dźwigara opierają się płatwie z dwuteownika 160.

Przekrycie dachu nawy jest różnorodne w części to płyta lekka Kleina, w części płyty żelbetowe. Na płytach ułożona jest szlichta cementowa oraz 2 x papa na lepiku + 16cm ocieplenia ze styropianu i 2 warstwy papy termozgrzewalnej.



Rys. 2. Lokalizacja przedmiotowego obiektu z wyszczególnieniem poszczególnych naw

4. OPIS STANU TECHNICZNEGO ISTNIEJĄCEGO OBIEKTU

Poniżej w tablicy 1 oszacowano stan techniczny elementów budynku. Przyjęto następujące kryteria oceny i klasyfikacji stanu technicznego elementów:

- ❑ **stan techniczny – dobry.** Element budynku (lub rodzaj konstrukcji, wykończenie, wyposażenia) jest dobrze utrzymany, konserwowany, nie wykazuje zużycia i uszkodzeń. Cechy i właściwości wbudowanych materiałów odpowiadają wymogom normowym. Procent zużycia od 0 do 15%.
- ❑ **stan techniczny – zadowalający.** Element budynku utrzymany jest należycie. Celowy jest remont bieżący, polegający na drobnych naprawach uzupełniających, konserwacji i impregnacji. Procent zużycia od 16 do 30%
- ❑ **stan techniczny – średni.** W elementach budynku występują niewielkie uszkodzenia i ubytki, nie zagrażające bezpieczeństwu konstrukcji. Celowy jest częściowy remont kapitalny. Procent zużycia od 31 do 50%.
- ❑ **stan techniczny – niezadowalający.** W elementach występują znaczne uszkodzenia i ubytki. Cechy i właściwości wbudowanych materiałów mają obniżoną klasę. Wymagany jest kompleksowy remont kapitalny, względnie wymiana. Procent zużycia od 51 do 70%.
- ❑ **stan techniczny – zły.** Elementy bardzo zniszczone. Wymagany remont kapitalny lub rozbiórka. Procent zużycia od 71 do 100%.

W zależności od stanu technicznego obiektu lub elementu ustala się cztery stopnie pilności wykonania robót budowlanych (od I do IV):

- ❑ **I** – remont w przypadku uszkodzeń, które zagrażają bezpieczeństwu użytkowania lub mogą stać się przyczyną zniszczenia lub awarii obiektu. Wytypowane elementy obiektu budowlanego lub wytypowane roboty budowlane wymagają natychmiastowego zabezpieczenia, naprawy głównej, wymiany lub rozbiórki.
- ❑ **II** – remont, który może być odłożony na okres do 1 roku lub do okresu zimowego bez szkody dla użytkowników obiektu. Okres przesunięcia remontu winien być wykorzystany do opracowania dokumentacji projektowej oraz przeprowadzenia postępowania przetargowego na wybór wykonawcy robót budowlanych.
- ❑ **III** – remont, który może być odłożony na okres do 2 lat bez specjalnej szkody dla użytkowników obiektu.
- ❑ **IV** – remont, który może być odłożony na okres do 3 lat bez specjalnej szkody dla użytkowników obiektu.

Stan techniczny poszczególnych elementów przedmiotowego budynku zamieszczono w tablicy 1. W tablicy 2 podano zaś przyjęte stopnie pilności napraw elementów konstrukcji i wykończenia tego obiektu.

Tablica 1. Stan techniczny elementów budynku

Element konstrukcji lub wykończenia budynku	Stan techniczny
Fundamenty	Żelbetowe. Nie zaobserwowano oznak mogących świadczyć o osiadaniu budynku - stan zadowalający.
Ściany	Murowane Żelbetowe prefabrykowane - lokalne uszkodzenia – stan zadowalający
Słupy	Żelbetowe, stalowe - stan zadowalający
Konstrukcja dachu	Stalowa, dźwigary kratownicowe – w stanie zadowalającym, lokalna degradacja powłok malarskich na dźwigarach kratowych. Ruszt stalowy z profili gorącowalcowanych w stanie zadowalającym.
Pokrycie dachu	Papa - pokrycie dachu w stanie zadowalającym lokalnie średnim, lokalne uszkodzenia otuliny płyt betonowych, lokalne spękania stropów typu Klein
Obróbki blacharskie i układ rynien i rur spustowych oraz koryt odwadniających	Stan zadowalający
Kominy ponad dachem, świetliki	Świetliki w stanie zadowalającym

Tablica 2. Stopień pilności napraw budynku

Stopień pilności napraw	Element budynku
I	Brak zaleceń
II	Brak zaleceń
III	Brak zaleceń
IV	Prowadzić bieżącą konserwację i usuwać powstałe usterki.

5. OBLICZENIA STATYCZNE

5.1. PODSTAWA WYKONANIA OBLICZEŃ

A) Normy obliczeniowe

- [1] PN-EN 1991-1-1 Oddziaływanie na konstrukcje. Ciężar objętościowy, ciężar własny. Obciążenia użytkowe w budynkach
- [2] PN-EN 1991-1-3 Oddziaływanie na konstrukcje. Obciążenie śniegiem
- [3] PN-EN-1993-1-1 Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [4] PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe -- Obliczenia statyczne i projektowanie

B) Programy obliczeniowe

Pakiet SPECBUD v.11
Rama 3D

- C) Dokumentacja archiwalna
- D) Wizja lokalna

5.2. OPIS WYKONANYCH OBLICZEŃ

Obliczenia wykonano dla elementów dachu poszczególnych naw wchodzącego w skład hali A2.

Sprawdzona została nośność płyt betonowych i dźwigarów w układzie płaskim, bez uwzględniania przestrzennej pracy konstrukcji. Obciążenia od warstw dachowych oraz przekroje elementów dachu przyjęto na podstawie dokumentacji archiwalnej oraz wizji lokalnej i informacji uzyskanych od Inwestora. Do wykonania analizy przyjęto podstawowe obciążenie charakterystyczne dachu śniegiem na poziomie $0,56 \text{ kN/m}^2$ w przypadku nie spełnienia warunków nośności lub wykazania zapasów nośności przeprowadzono analizę symulacyjną zwiększającą lub zmniejszającą obciążenie.

Podstawowe oznaczenia w wykonanych obliczeniach:

q_a - obciążenie stałe od pokrycia dachowego

q_s / q_x - obciążenie śniegiem podstawowe / obciążenie od worków śnieżnych

c_w - ciężar własny

$\gamma_f = 1,35$ - współczynnik obliczeniowy dla obciążeń stałych

$\gamma_f = 1,5$ - współczynnik obliczeniowy dla obciążeń zmiennych

SGN - stan graniczny nośności dla obciążeń obliczeniowych

SGU - stan graniczny użytkowania dla obciążeń charakterystycznych

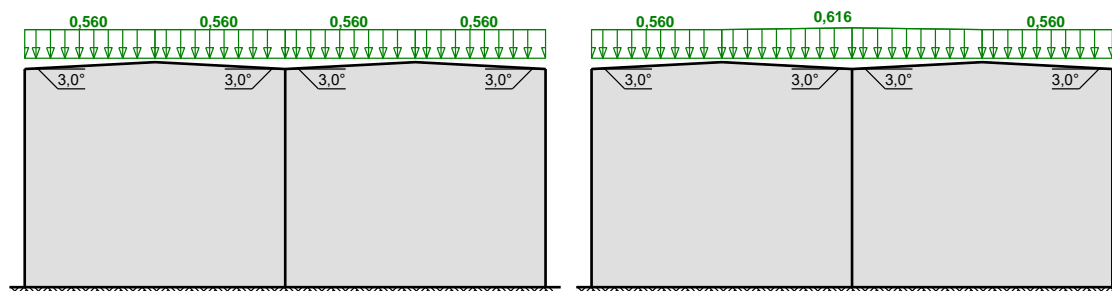
Normowe obciążenie śniegiem oraz wiatrem

Obciążenie śniegiem wg PN-EN 1991-1-3 / Dachy wielopołaciowe (p.5.3.4)

przypadek (i)

przypadek (ii)

s [kN/m²]



- Dach wielopołaciowy
- Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu (wg Załącznika krajowego NA):
 - strefa obciążenia śniegiem 1; $A = 150 \text{ m n.p.m.} \rightarrow$
 - $s_k = 0,007 \cdot A - 1,4 = -0,350 \text{ kN/m}^2 < 0,7 \text{ kN/m}^2 \rightarrow s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$
- Warunki lokalizacyjne: normalne, przypadek A (brak wyjątkowych opadów i brak wyjątkowych zamieci)
- Sytuacja obliczeniowa: trwała lub przejściowa
- Współczynnik ekspozycji:
 - teren normalny $\rightarrow C_e = 1,0$
- Współczynnik termiczny $\rightarrow C_t = 1,0$

Połąć dachu obciążonego równomiernie - przypadek (i):

- Współczynnik kształtu dachu:

nachylenie połaci $\alpha = 3,0^\circ$ $\mu_1 = 0,8$ Obciążenie charakterystyczne:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,700 = \mathbf{0,560 \text{ kN/m}^2}$$

Skrajna połąć dachu obciążonego nierównomiernie - przypadek (ii):

- Współczynnik kształtu dachu:

nachylenie połaci $\alpha = 3,0^\circ$ $\mu_1 = 0,8$ Obciążenie charakterystyczne:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,700 = \mathbf{0,560 \text{ kN/m}^2}$$

Zagłębienie dachu obciążonego nierównomiernie - przypadek (ii):

- Współczynnik kształtu dachu:

nachylenie połaci do środka zagłębienia $\alpha = 3,0^\circ$

$$\mu_2 = 0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30^\circ = 0,8 + 0,8 \cdot 3,0^\circ / 30^\circ = 0,880$$

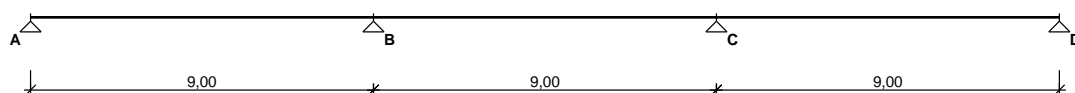
Obciążenie charakterystyczne:

$$s = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,880 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,700 = \mathbf{0,616 \text{ kN/m}^2}$$

5.4. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA NAWA 5**Zestawienie obciążeń na płatew I280**

Nr	Rodzaj obciążenia	wartość	jednostka	mnożnik [m]	obc. charakt. [kN/m ²]	współcz. obc.	obc. oblicz. [kN/m ²]
	OBCIĄŻENIE DACHU						
1	4 x papa	11,00	kN/m ³	0,02	0,22	1,35	0,3
2	Styropian 20 cm	0,45	kN/m ³	0,2	0,09	1,35	0,12
3	Warstwa cementowa 3 cm	21,0	kN/m ³	0,03	0,63	1,35	0,85
4	Strop Kleina Typu lekkiego	1,14	kN/m ²	1	1,14	1,35	1,539
		Razem obc. stałe q_a			2,08	1,35	2,81

- Analiza płatwi I 280**

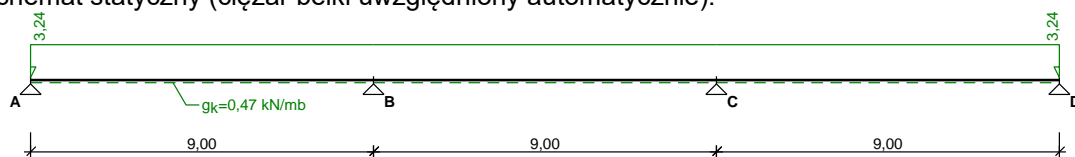
SCHEMAT BELKI

Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki $\gamma_f = 1,10$ **OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI**

Przypadek **P1: stałe** ($\gamma_f = 1,30$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):

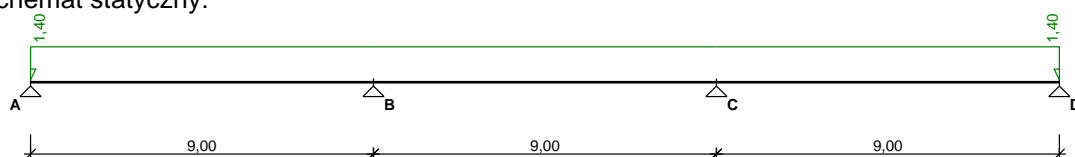


Tablica obciążeń charakterystycznych (dodatkowo ciężar belki $g_k = 0,47$ kN/m)

Przekrój	z [m]	q_l [kN/m]	q_p [kN/m]	F [kN]	M [kN]
A.	0,00	--	3,24	0,00	0,00
B.	9,00	3,24	3,24	0,00	0,00
C.	18,00	3,24	3,24	0,00	0,00
D.	27,00	3,24	--	0,00	0,00

Przypadek **P2: śnieg** ($\gamma_f = 1,5$)

Schemat statyczny:



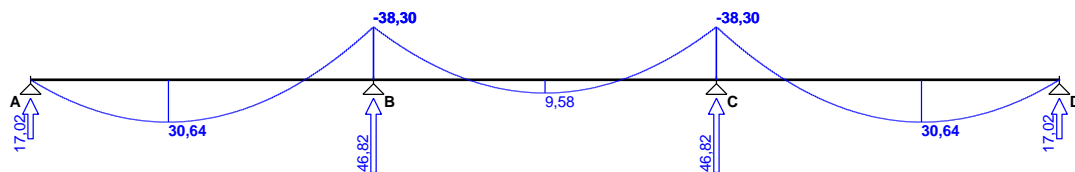
Tablica obciążeń charakterystycznych

Przekrój	z [m]	q_l [kN/m]	q_p [kN/m]	F [kN]	M [kN]
A.	0,00	--	1,40	0,00	0,00
B.	9,00	1,40	1,40	0,00	0,00
C.	18,00	1,40	1,40	0,00	0,00
D.	27,00	1,40	--	0,00	0,00

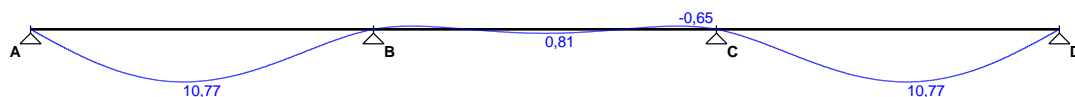
WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Przypadek **P1: stałe**

Momenty zginające [kNm]:

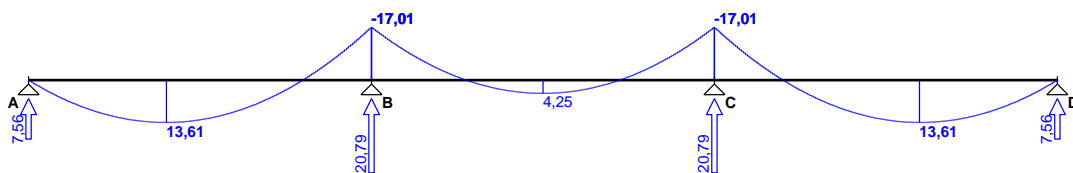


Ugięcia [mm]:

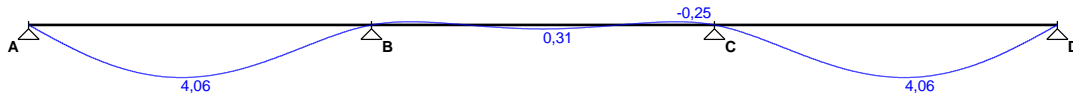


Przypadek **P2: śnieg**

Momenty zginające [kNm]:

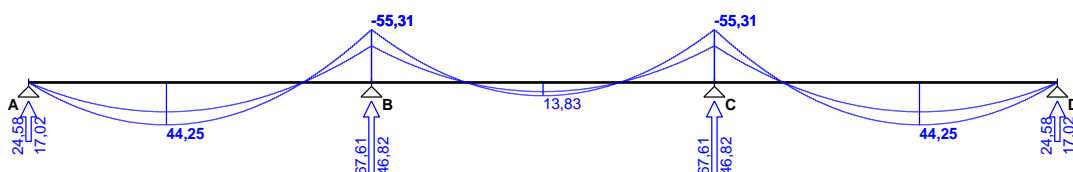


Ugięcia [mm]:

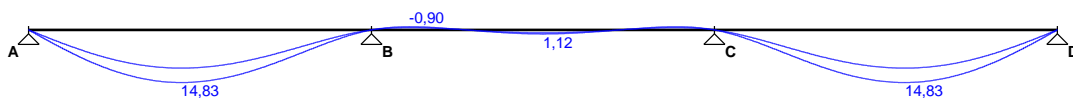


Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



Ugięcia [mm]:



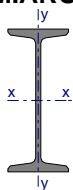
ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **I 280**

$$A_v = 28,3 \text{ cm}^2, \quad m = 47,9 \text{ kg/m}$$

$$J_x = 7590 \text{ cm}^4, \quad J_y = 364 \text{ cm}^4, \quad J_\omega = 63800 \text{ cm}^6, \quad J_T = 47,8 \text{ cm}^4, \quad W_x = 542 \text{ cm}^3$$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,081$) $M_R = 125,99 \text{ kNm}$

- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 352,65 \text{ kN}$

Belka

Nośność na zginanie

Przekrój $z = 9,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

Współczynnik zwichrzenia $\varphi_L = 1,000$

Moment maksymalny $M_{\max} = -55,31 \text{ kNm}$

$$(52) \quad M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,439 < 1$$

Nośność na ścinanie

Przekrój $z = 9,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = -36,88 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{\max} / V_R = 0,105 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{\max} = (-)36,88 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 211,59 \text{ kN} \rightarrow$ warunek niemiarodajny

Stan graniczny użytkowania

Przekrój $z = 4,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

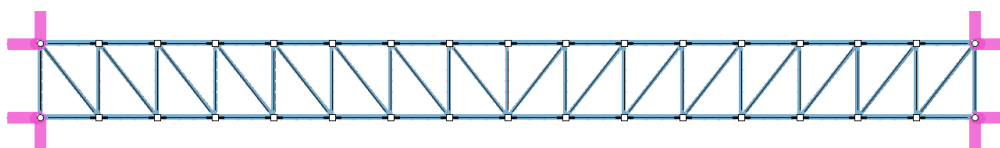
Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 14,83 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 350 = 9000 / 350 = 25,71 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 14,83 \text{ mm} < f_{gr} = 25,71 \text{ mm} \quad (57,7\%)$$

Dźwigar kratowy

Geometria



Węzły w globalnym układzie współrzędnych:

Nr	x [m]	y [m]	z [m]	Przegub
1	0,000	0,000	0,000	+
2	0,000	0,000	1,580	+
3	20,000	0,000	0,000	+
4	20,000	0,000	1,580	+
5	1,250	0,000	0,000	+
6	18,750	0,000	0,000	+
7	1,250	0,000	1,580	+
8	18,750	0,000	1,580	+
9	2,500	0,000	0,000	+
10	17,500	0,000	0,000	+
11	2,500	0,000	1,580	+
12	17,500	0,000	1,580	+
13	3,750	0,000	0,000	+
14	16,250	0,000	0,000	+
15	3,750	0,000	1,580	+
16	16,250	0,000	1,580	+
17	5,000	0,000	0,000	+
18	15,000	0,000	0,000	+
19	5,000	0,000	1,580	+
20	15,000	0,000	1,580	+

Nr	x [m]	y [m]	z [m]	Przegub
21	6,250	0,000	0,000	+
22	13,750	0,000	0,000	+
23	6,250	0,000	1,580	+
24	13,750	0,000	1,580	+
25	7,500	0,000	0,000	+
26	12,500	0,000	0,000	+
27	7,500	0,000	1,580	+
28	12,500	0,000	1,580	+
29	8,750	0,000	0,000	+
30	11,250	0,000	0,000	+
31	8,750	0,000	1,580	+
32	11,250	0,000	1,580	+
33	10,000	0,000	0,000	+
34	10,000	0,000	1,580	+

Pręty:

Nr	Węzły		Przekrój pręta	Długość [m]
	w1	w2		
1: K1-Słupki	1 (P)	2 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
2: K1-Słupki	3 (P)	4 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
3: K1-Pas dolny	5 (S)	1 (P)	Z3-L 110x110x12	1,250
4: K1-Pas dolny	3 (P)	6 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
5: K1-Pas górny	7 (S)	2 (P)	Z3-L 120x120x12	1,250
6: K1-Pas górny	4 (P)	8 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
7: K1-Krzyżulce	5 (P)	2 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
8: K1-Krzyżulce	6 (P)	4 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
9: K1-Słupki	5 (P)	7 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
10: K1-Słupki	6 (P)	8 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
11: K1-Pas dolny	9 (S)	5 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
12: K1-Pas dolny	6 (S)	10 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
13: K1-Pas górny	11 (S)	7 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
14: K1-Pas górny	8 (S)	12 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
15: K1-Krzyżulce	9 (P)	7 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
16: K1-Krzyżulce	10 (P)	8 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
17: K1-Słupki	9 (P)	11 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
18: K1-Słupki	10 (P)	12 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
19: K1-Pas dolny	13 (S)	9 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
20: K1-Pas dolny	10 (S)	14 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
21: K1-Pas górny	15 (S)	11 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
22: K1-Pas górny	12 (S)	16 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
23: K1-Krzyżulce	13 (P)	11 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
24: K1-Krzyżulce	14 (P)	12 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
25: K1-Słupki	13 (P)	15 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
26: K1-Słupki	14 (P)	16 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
27: K1-Pas dolny	17 (S)	13 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
28: K1-Pas dolny	14 (S)	18 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250

Nr	Węzły		Przekrój pręta	Długość [m]
	w ₁	w ₂		
29: K1-Pas górny	19 (S)	15 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
30: K1-Pas górny	16 (S)	20 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
31: K1-Krzyżulce	17 (P)	15 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
32: K1-Krzyżulce	18 (P)	16 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
33: K1-Słupki	17 (P)	19 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
34: K1-Słupki	18 (P)	20 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
35: K1-Pas dolny	21 (S)	17 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
36: K1-Pas dolny	18 (S)	22 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
37: K1-Pas górny	23 (S)	19 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
38: K1-Pas górny	20 (S)	24 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
39: K1-Krzyżulce	21 (P)	19 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
40: K1-Krzyżulce	22 (P)	20 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
41: K1-Słupki	21 (P)	23 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
42: K1-Słupki	22 (P)	24 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
43: K1-Pas dolny	25 (S)	21 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
44: K1-Pas dolny	22 (S)	26 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
45: K1-Pas górny	27 (S)	23 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
46: K1-Pas górny	24 (S)	28 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
47: K1-Krzyżulce	25 (P)	23 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
48: K1-Krzyżulce	26 (P)	24 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
49: K1-Słupki	25 (P)	27 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
50: K1-Słupki	26 (P)	28 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
51: K1-Pas dolny	29 (S)	25 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
52: K1-Pas dolny	26 (S)	30 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
53: K1-Pas górny	31 (S)	27 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
54: K1-Pas górny	28 (S)	32 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
55: K1-Krzyżulce	29 (P)	27 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
56: K1-Krzyżulce	30 (P)	28 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
57: K1-Słupki	29 (P)	31 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
58: K1-Słupki	30 (P)	32 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
59: K1-Pas dolny	33 (S)	29 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
60: K1-Pas dolny	30 (S)	33 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
61: K1-Pas górny	34 (S)	31 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
62: K1-Pas górny	32 (S)	34 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
63: K1-Krzyżulce	33 (P)	31 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
64: K1-Krzyżulce	33 (P)	32 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
65: K1-Słupki	33 (P)	34 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580

Podpory i osiadania podpór w globalnym układzie współrzędnych:

Nr	r _x	r _y	r _z	φ _x	φ _y	φ _z	Spreżystość [kN/m]			Spreżystość [kN/rad]		
							k _x	k _y	k _z	f _x	f _y	f _z
1	+	+	+									
2	+	+	+									

Nr	r_x	r_y	r_z	ϕ_x	ϕ_y	ϕ_z	Spreżystość [kN/m]			Spreżystość [kN/rad]		
							k_x	k_y	k_z	f_x	f_y	f_z
3	+	+	+									
4	+	+	+									

Grupy obciążeń:

Nazwa grupy	Nr	Rodzaj obciążeń	Charakter	Grupa aktywna	Oddziaływanie
Stałe	1	Stałe	stały	+	stałe
Ciężar własny	2	Stałe	stały	+	stałe
Śnieg	3	Zmienne	stały	+	śnieg (do 1000 m n.p.m.)

Oddziaływania grup obciążeń:

Oddziaływanie	$\gamma_{f,inf}(min)$	$\gamma_{f,sup}(max)$	Ψ_0 lub ξ	Wiodący ¹
stałe	1.0	1.35	0.85	
użytkowe (mieszkalne i biurowe)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (handlowe i zebrania)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (magazynowe)	-	1.5	1.0	+
użytkowe (pojazdy do 30kN)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (pojazdy 30 - 160kN)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (dachy)	-	1.5	0.0	+
śnieg (do 1000 m n.p.m.)	-	1.5	0.5	+
śnieg (> 1000 m n.p.m.)	-	1.5	0.7	+
wiatr	-	1.5	0.6	+
temperatura	-	1.5	0.6	+

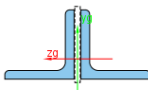
1) + Określa czy oddziaływanie zmienne ma być potencjalnie rozpatrywane jako wiodące

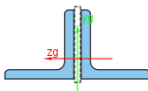
Obciążenia układu:**Obciążenia węzłowe**

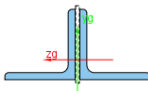
Grupa	Węzeł	Typ	Wartość	α [°]	β [°]	Kier.	Lok.
Śnieg	7	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	8	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	15	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	16	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	23	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	24	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	31	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	32	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	7	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	8	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	15	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	16	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	23	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	

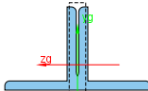
Grupa	Węzeł	Typ	Wartość	α [°]	β [°]	Kier.	Lok.
Stałe	24	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	31	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	32	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	

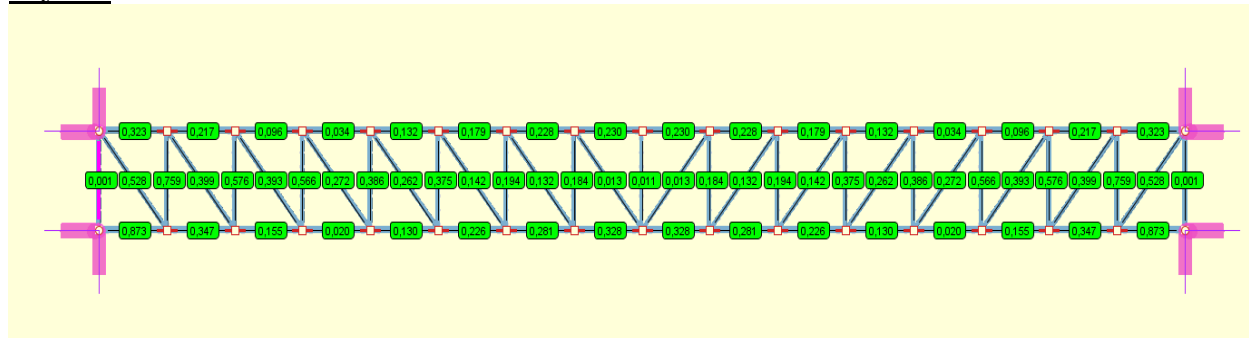
Parametry geometryczne i fizyczne elementów:

Nazwa	Z3-L 80x80x10				
Parametry przekroju	A = 30,22cm ²				
	J _x = 10cm ⁴	J _y = 175cm ⁴	J _z = 401,18cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 401,18cm ⁴	J _{zg} = 175cm ⁴		
	W _{y max} = 74,91cm ³		W _{y min} = 30,9cm ³		
	W _{z max} = 47,76cm ³		W _{z min} = 47,76cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 75x75x10				
Parametry przekroju	A = 28,17cm ²				
	J _x = 9,33cm ⁴	J _y = 142,85cm ⁴	J _z = 335,66cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 335,66cm ⁴	J _{zg} = 142,85cm ⁴		
	W _{y max} = 64,45cm ³		W _{y min} = 27,04cm ³		
	W _{z max} = 42,49cm ³		W _{z min} = 42,49cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 120x120x12				
Parametry przekroju	A = 55,08cm ²				
	J _x = 26,27cm ⁴	J _y = 735,3cm ⁴	J _z = 1 529,03cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 1 529,03cm ⁴	J _{zg} = 735,3cm ⁴		
	W _{y max} = 216,49cm ³		W _{y min} = 85,46cm ³		
	W _{z max} = 123,31cm ³		W _{z min} = 123,31cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 110x110x12				
Parametry przekroju	A = 46,56cm ²				
	J _x = 23,96cm ⁴	J _y = 533,28cm ⁴	J _z = 714,14cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 714,14cm ⁴	J _{zg} = 533,28cm ⁴		
	W _{y max} = 159,51cm ³		W _{y min} = 69,65cm ³		
	W _{z max} = 74,19cm ³		W _{z min} = 74,19cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Wyniki

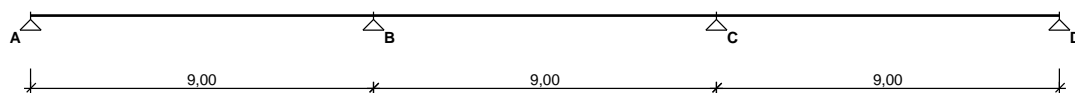
Stopień wykorzystania przekroju

Podsumowanie:

Maksymalne dopuszczalne obciążenie śniegiem wynosi $0,56 \text{ kN/m}^2$.

5.5. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA NAWA 4,6,7**Zestawienie obciążeń na płatew I 280**

Nr	Rodzaj obciążenia	wartość	jednostka	mnożnik [m]	obc. charakt. $[\text{kN/m}^2]$	współcz. obc.	obc. oblicz. $[\text{kN/m}^2]$
	OBCIĄŻENIE DACHU						
1	4 x papa	11,00	kN/m^3	0,02	0,22	1,35	0,3
2	Styropian 20 cm	0,45	kN/m^3	0,2	0,09	1,35	0,12
3	Warstwa cementowa 3 cm	21,0	kN/m^3	0,03	0,63	1,35	0,85
4	Strop Kleina	1,14	kN/m^2	1	1,14	1,35	1,539
		Razem obc. stałe q_a			2,08	1,35	2,81

Analiza płatwi I 280**SCHEMAT BELKI**

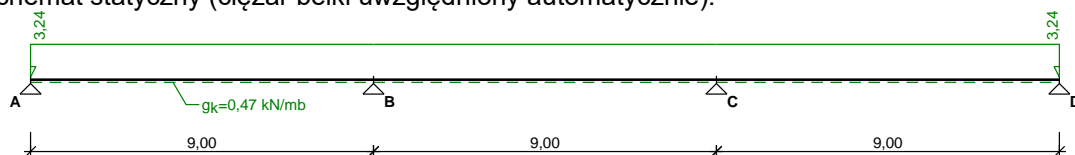
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

Przypadek **P1: stałe** ($\gamma_f = 1,30$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):

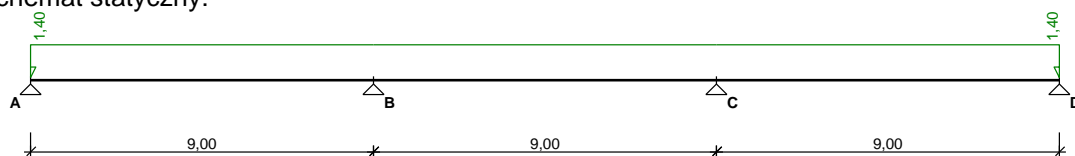


Tablica obciążeń charakterystycznych (dodatkowo ciężar belki $g_k = 0,47 \text{ kN/m}$)

Przekrój	z [m]	q_l [kN/m]	q_p [kN/m]	F [kN]	M [kN]
A.	0,00	--	3,24	0,00	0,00
B.	9,00	3,24	3,24	0,00	0,00
C.	18,00	3,24	3,24	0,00	0,00
D.	27,00	3,24	--	0,00	0,00

 Przypadek **P2: śnieg** ($\gamma_f = 1,5$)

Schemat statyczny:



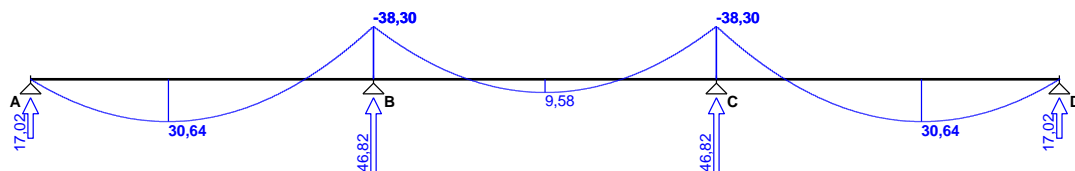
Tablica obciążeń charakterystycznych

Przekrój	z [m]	q_l [kN/m]	q_p [kN/m]	F [kN]	M [kN]
A.	0,00	--	1,40	0,00	0,00
B.	9,00	1,40	1,40	0,00	0,00
C.	18,00	1,40	1,40	0,00	0,00
D.	27,00	1,40	--	0,00	0,00

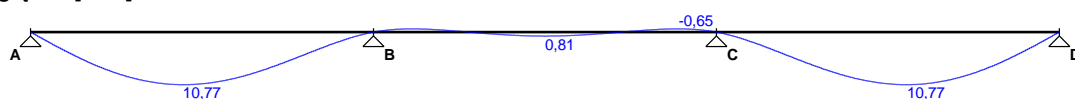
WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

 Przypadek **P1: stałe**

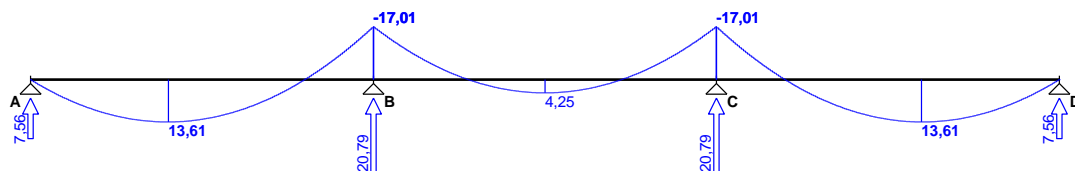
Momenty zginające [kNm]:



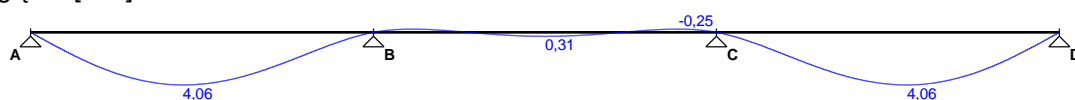
Ugięcia [mm]:


 Przypadek **P2: śnieg**

Momenty zginające [kNm]:

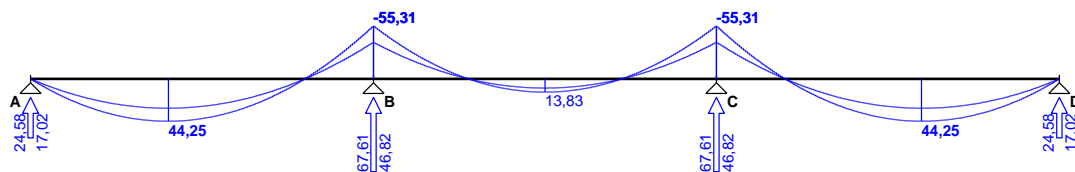


Ugięcia [mm]:

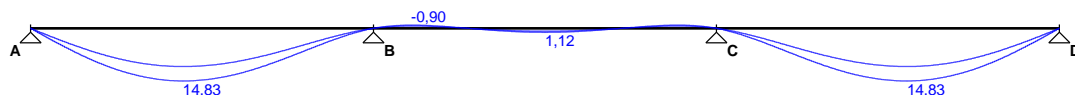


Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



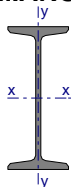
Ugięcia [mm]:

**ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA**

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200Przekrój: **I 280** $A_v = 28,3 \text{ cm}^2$, $m = 47,9 \text{ kg/m}$ $J_x = 7590 \text{ cm}^4$, $J_y = 364 \text{ cm}^4$, $J_\omega = 63800 \text{ cm}^6$, $J_T = 47,8 \text{ cm}^4$, $W_x = 542 \text{ cm}^3$ Stal: **St3**Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,081$) $M_R = 125,99 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 352,65 \text{ kN}$

BelkaNośność na zginaniePrzekrój $z = 9,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)Współczynnik zwichrzenia $\varphi_L = 1,000$ Moment maksymalny $M_{\max} = -55,31 \text{ kNm}$

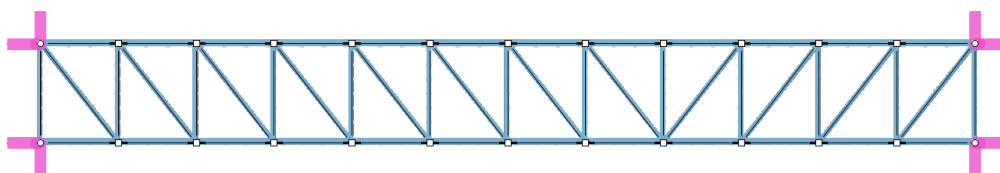
$$(52) \quad M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,439 < 1$$

Nośność na ścinaniePrzekrój $z = 9,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = -36,88 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{\max} / V_R = 0,105 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem $V_{\max} = (-)36,88 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 211,59 \text{ kN} \rightarrow$ warunek niemiarodajnyStan graniczny użytkowaniaPrzekrój $z = 4,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 14,83 \text{ mm}$ Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 350 = 9000 / 350 = 25,71 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 14,83 \text{ mm} < f_{gr} = 25,71 \text{ mm} \quad (57,7\%)$$

Dźwigar kratowy**Geometria**

Nr	Węzły		Przekrój pręta	Długość [m]
	w1	w2		
1: K1-Słupki	1 (P)	2 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
2: K1-Pas dolny	3 (S)	1 (P)	Z3-L 110x110x12	1,250
3: K1-Pas górny	4 (S)	2 (P)	Z3-L 120x120x12	1,250
4: K1-Krzyżulce	3 (P)	2 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
5: K1-Słupki	3 (P)	4 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
6: K1-Pas dolny	5 (S)	3 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
7: K1-Pas górny	6 (S)	4 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
8: K1-Krzyżulce	5 (P)	4 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
9: K1-Słupki	5 (P)	6 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
10: K1-Pas dolny	7 (S)	5 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
11: K1-Pas górny	8 (S)	6 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
12: K1-Krzyżulce	7 (P)	6 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
13: K1-Słupki	7 (P)	8 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
14: K1-Pas dolny	9 (S)	7 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
15: K1-Pas górny	11 (S)	8 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
16: K1-Krzyżulce	9 (P)	8 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
17: K1-Słupki	9 (P)	11 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
18: K1-Słupki	10 (P)	12 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
19: K1-Pas dolny	13 (S)	9 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
20: K1-Pas dolny	10 (P)	14 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
21: K1-Pas górny	15 (S)	11 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
22: K1-Pas górny	12 (P)	16 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
23: K1-Krzyżulce	13 (P)	11 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
24: K1-Krzyżulce	14 (P)	12 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
25: K1-Słupki	13 (P)	15 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
26: K1-Słupki	14 (P)	16 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
27: K1-Pas dolny	17 (S)	13 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
28: K1-Pas dolny	14 (S)	18 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
29: K1-Pas górny	19 (S)	15 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250

Nr	Węzły		Przekrój pręta	Długość [m]
	w ₁	w ₂		
30: K1-Pas górny	16 (S)	20 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
31: K1-Krzyżulce	17 (P)	15 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
32: K1-Krzyżulce	18 (P)	16 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
33: K1-Słupki	17 (P)	19 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
34: K1-Słupki	18 (P)	20 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
35: K1-Pas dolny	21 (S)	17 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
36: K1-Pas dolny	18 (S)	22 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
37: K1-Pas górny	23 (S)	19 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
38: K1-Pas górny	20 (S)	24 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
39: K1-Krzyżulce	21 (P)	19 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
40: K1-Krzyżulce	22 (P)	20 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
41: K1-Słupki	21 (P)	23 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
42: K1-Słupki	22 (P)	24 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580
43: K1-Pas dolny	25 (S)	21 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
44: K1-Pas dolny	22 (S)	25 (S)	Z3-L 110x110x12	1,250
45: K1-Pas górny	26 (S)	23 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
46: K1-Pas górny	24 (S)	26 (S)	Z3-L 120x120x12	1,250
47: K1-Krzyżulce	25 (P)	23 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
48: K1-Krzyżulce	25 (P)	24 (P)	Z3-L 75x75x10	2,015
49: K1-Słupki	25 (P)	26 (P)	Z3-L 80x80x10	1,580

Grupy obciążeń:

Nazwa grupy	Nr	Rodzaj obciążeń	Charakter	Grupa aktywna	Oddziaływanie
Stałe	1	Stałe	stały	+	stałe
Ciężar własny	2	Stałe	stały	+	stałe
Snig	3	Zmienne	stały	+	śnieg (do 1000 m n.p.m.)

Oddziaływania grup obciążeń:

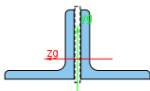
Oddziaływanie	$\gamma_{f,inf(min)}$	$\gamma_{f,sup(max)}$	Ψ_0 lub ξ	Wiodący ¹
stałe	1.0	1.35	0.85	
użytkowe (mieszkalne i biurowe)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (handlowe i zebrania)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (magazynowe)	-	1.5	1.0	+
użytkowe (pojazdy do 30kN)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (pojazdy 30 - 160kN)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (dachy)	-	1.5	0.0	+
śnieg (do 1000 m n.p.m.)	-	1.5	0.5	+
śnieg (> 1000 m n.p.m.)	-	1.5	0.7	+
wiatr	-	1.5	0.6	+
temperatura	-	1.5	0.6	+

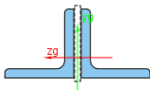
1) + Określa czy oddziaływanie zmienne ma być potencjalnie rozpatrywane jako wiodące

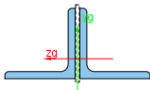
Obciążenia układu:
Obciążenia węzłowe

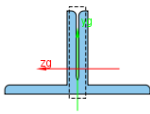
Grupa	Węzeł	Typ	Wartość	α [°]	β [°]	Kier.	Lok.
Śnieg	4	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	8	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	15	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	16	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	23	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	24	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	4	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	8	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	15	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	16	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	23	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	24	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	

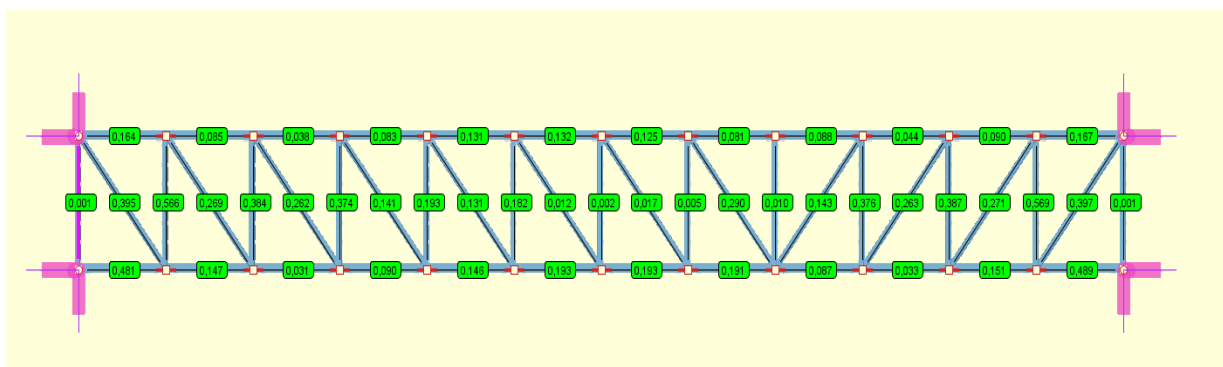
Parametry geometryczne i fizyczne elementów:

Nazwa	Z3-L 80x80x10				
Parametry przekroju	A = 30,22cm ²				
	J _x = 10cm ⁴	J _y = 175cm ⁴	J _z = 401,18cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 401,18cm ⁴	J _{zg} = 175cm ⁴		
	W _{y max} = 74,91cm ³		W _{y min} = 30,9cm ³		
	W _{z max} = 47,76cm ³		W _{z min} = 47,76cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 75x75x10				
Parametry przekroju	A = 28,17cm ²				
	J _x = 9,33cm ⁴	J _y = 142,85cm ⁴	J _z = 335,66cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 335,66cm ⁴	J _{zg} = 142,85cm ⁴		
	W _{y max} = 64,45cm ³		W _{y min} = 27,04cm ³		
	W _{z max} = 42,49cm ³		W _{z min} = 42,49cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 120x120x12				
Parametry przekroju	A = 55,08cm ²				
	J _x = 26,27cm ⁴	J _y = 735,3cm ⁴	J _z = 1 529,03cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 1 529,03cm ⁴	J _{zg} = 735,3cm ⁴		
	W _{y max} = 216,49cm ³		W _{y min} = 85,46cm ³		
	W _{z max} = 123,31cm ³		W _{z min} = 123,31cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 110x110x12				
Parametry przekroju	A = 46,56cm ²				
	J _x = 23,96cm ⁴	J _y = 533,28cm ⁴	J _z = 714,14cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 714,14cm ⁴	J _{zg} = 533,28cm ⁴		
	W _{y max} = 159,51cm ³		W _{y min} = 69,65cm ³		
	W _{z max} = 74,19cm ³		W _{z min} = 74,19cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	



Stopień wykorzystania przekroju

Podsumowanie:

Maksymalne dopuszczalne obciążenie śniegiem wynosi $0,60\text{kN/m}^2$ ze względu na nośność płatwi.

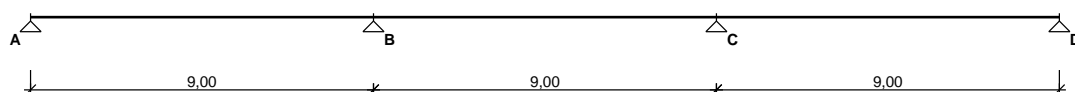
5.6. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA NAWA 8

Zestawienie obciążeń na płatew I 280

Nr	Rodzaj obciążenia	wartość	jednostka	mnożnik [m]	obc. charakt. $[\text{kN/m}^2]$	współcz. obc.	obc. oblicz. $[\text{kN/m}^2]$
	OBCIĄŻENIE DACHU						
1	4 x papa	11,00	kN/m^3	0,02	0,22	1,35	0,3
2	Styropian 20 cm	0,45	kN/m^3	0,2	0,09	1,35	0,12
3	Warstwa cementowa 3 cm	21,0	kN/m^3	0,03	0,63	1,35	0,85
4	Strop Kleina	1,14	kN/m^2	1	1,14	1,35	1,539
	Razem obc. stałe q_a				2,08	1,35	2,81

• Analiza płatwi I 280

SCHEMAT BELKI



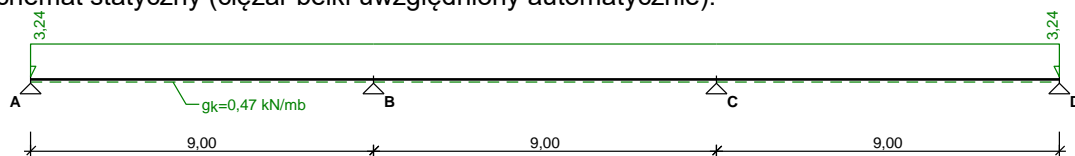
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

Przypadek **P1: stałe** ($\gamma_f = 1,30$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):

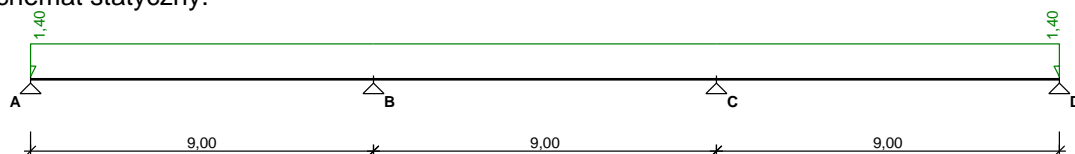


Tablica obciążeń charakterystycznych (dodatkowo ciężar belki $g_k = 0,47$ kN/m)

Przekrój	z [m]	q_l [kN/m]	q_p [kN/m]	F [kN]	M [kN]
A.	0,00	--	3,24	0,00	0,00
B.	9,00	3,24	3,24	0,00	0,00
C.	18,00	3,24	3,24	0,00	0,00
D.	27,00	3,24	--	0,00	0,00

Przypadek **P2: śnieg** ($\gamma_f = 1,5$)

Schemat statyczny:



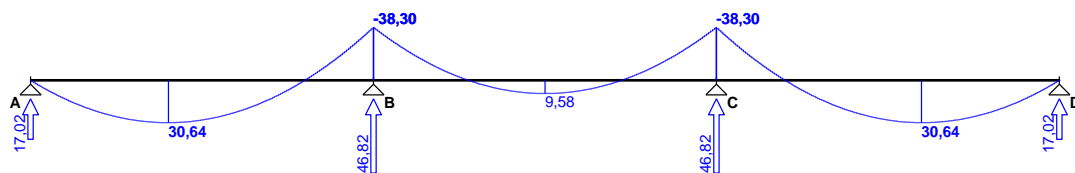
Tablica obciążeń charakterystycznych

Przekrój	z [m]	q_l [kN/m]	q_p [kN/m]	F [kN]	M [kN]
A.	0,00	--	1,40	0,00	0,00
B.	9,00	1,40	1,40	0,00	0,00
C.	18,00	1,40	1,40	0,00	0,00
D.	27,00	1,40	--	0,00	0,00

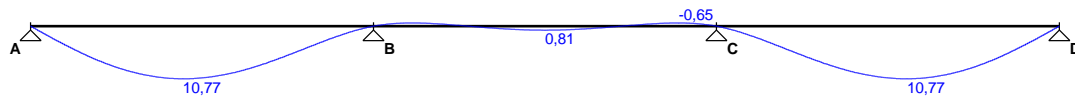
WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Przypadek **P1: stałe**

Momenty zginające [kNm]:

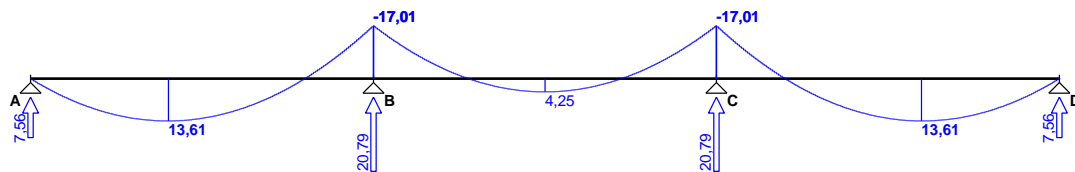


Ugięcia [mm]:

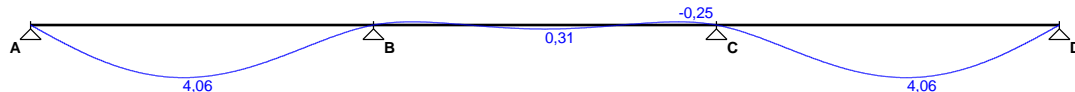


Przypadek **P2: śnieg**

Momenty zginające [kNm]:

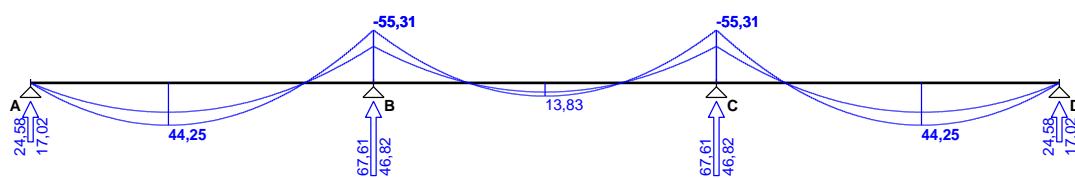


Ugięcia [mm]:

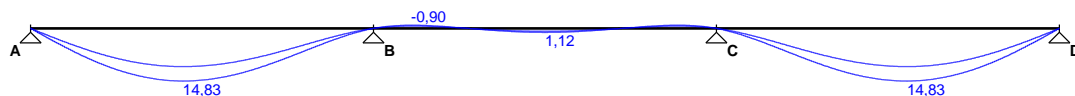


Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



Ugięcia [mm]:



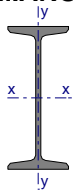
ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **I 280**

$$A_v = 28,3 \text{ cm}^2, \quad m = 47,9 \text{ kg/m}$$

$$J_x = 7590 \text{ cm}^4, \quad J_y = 364 \text{ cm}^4, \quad J_\omega = 63800 \text{ cm}^6, \quad J_T = 47,8 \text{ cm}^4, \quad W_x = 542 \text{ cm}^3$$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,081$) $M_R = 125,99 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 352,65 \text{ kN}$

Belka

Nośność na zginanie

Przekrój $z = 9,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

Współczynnik zwichrzenia $\varphi_L = 1,000$

Moment maksymalny $M_{\max} = -55,31 \text{ kNm}$

$$(52) \quad M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,439 < 1$$

Nośność na ścinanie

Przekrój $z = 9,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = -36,88 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{\max} / V_R = 0,105 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$$V_{\max} = (-)36,88 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 211,59 \text{ kN} \rightarrow \text{warunek niemiarodajny}$$

Stan graniczny użytkowania

Przekrój $z = 4,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

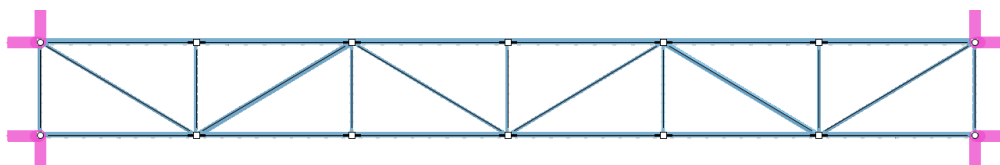
Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 14,83 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 350 = 9000 / 350 = 25,71 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 14,83 \text{ mm} < f_{gr} = 25,71 \text{ mm} \quad (57,7\%)$$

Dźwigar kratowy

Geometria



Węzły w globalnym układzie współrzędnych:

Nr	x [m]	y [m]	z [m]	Przegub
1	0,000	0,000	0,000	+
2	0,000	0,000	1,720	+
3	17,260	0,000	0,000	+
4	17,260	0,000	1,720	+
5	2,877	0,000	0,000	+
6	14,383	0,000	0,000	+
7	2,877	0,000	1,720	+
8	14,383	0,000	1,720	+
9	5,753	0,000	0,000	+
10	11,507	0,000	0,000	+
11	5,753	0,000	1,720	+
12	11,507	0,000	1,720	+
13	8,630	0,000	0,000	+
14	8,630	0,000	1,720	+

Pręty:

Nr	Węzły		Przekrój pręta	Długość [m]
	w1	w2		
1: K1-Słupki	1 (P)	2 (P)	Z3-L 60x60x8	1,720

[illegible]

Nr	Węzły		Przekrój pręta	Długość [m]
	w₁	w₂		
EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT- UP-EuroStal BUILT-UP- EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT- UP-EuroStal BUILT-UP- EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT- UP-EuroStal BUILT-UP- EuroStal BUILT-UP				
17: K1-Słupki	9 (P)	11 (P)	Z3-L 60x60x8	1,720
18: K1-Słupki	10 (P)	12 (P)	Z3-L 60x60x8	1,720
19: K1-Pas dolny	13 (S)	9 (S)	Z3-L 110x110x14	2,877
20: K1-Pas dolny	10 (S)	13 (S)	Z3-L 110x110x14	2,877
21: K1-Pas górny	14 (S)	11 (S)	Z3-L 120x120x12	2,877
22: K1-Pas górny	12 (S)	14 (S)	Z3-L 120x120x12	2,877
23: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT- UP-EuroStal BUILT-UP- EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT- UP-EuroStal BUILT-UP- EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT- UP-EuroStal BUILT-UP- EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT- UP-EuroStal BUILT-UP- EuroStal BUILT-UP	13 (P)	11 (P)	Z3-L 60x60x8	3,352
24: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT- UP-EuroStal BUILT-UP- EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT- UP-EuroStal BUILT-UP- EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT- UP-EuroStal BUILT-UP- EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT- UP-EuroStal BUILT-UP- EuroStal BUILT-UP	13 (P)	12 (P)	Z3-L 60x60x8	3,352
25: K1-Słupki	13 (P)	14 (P)	Z3-L 60x60x8	1,720

Grupy obciążeń:

Nazwa grupy	Nr	Rodzaj obciążeń	Charakter	Grupa aktywna	Oddziaływanie
Stałe	1	Stałe	stały	+	stałe
Ciężar własny	2	Stałe	stały	+	stałe
Śnieg	3	Zmienne	stały	+	śnieg (do 1000 m n.p.m.)

Oddziaływania grup obciążeń:

Oddziaływanie	$\gamma_{f,inf(min)}$	$\gamma_{f,sup(max)}$	Ψ_0 lub ξ	Wiodący ¹
stałe	1.0	1.35	0.85	
użytkowe (mieszkalne i biurowe)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (handlowe i zebrzeń)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (magazynowe)	-	1.5	1.0	+
użytkowe (pojazdy do 30kN)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (pojazdy 30 - 160kN)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (dachy)	-	1.5	0.0	+
śnieg (do 1000 m n.p.m.)	-	1.5	0.5	+
śnieg (> 1000 m n.p.m.)	-	1.5	0.7	+
wiatr	-	1.5	0.6	+
temperatura	-	1.5	0.6	+

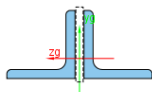
1) + Określa czy oddziaływanie zmienne ma być potencjalnie rozpatrywane jako wiodące

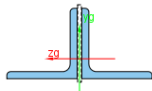
Obciążenia układu:

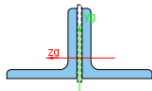
Obciążenia węzłowe

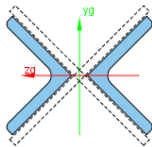
Grupa	Węzeł	Typ	Wartość	α [°]	β [°]	Kier.	Lok.
Śnieg	7	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	8	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	11	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	12	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	14	Siła węzłowa	13,86kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	7	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	8	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	11	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	12	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	14	Siła węzłowa	37,20kN	0,0	0,0	Z	

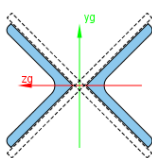
Parametry geometryczne i fizyczne elementów:

Nazwa	Z3-L 60x60x8				
Parametry przekroju	A = 18,06cm ²				
	J _x = 3,82cm ⁴	J _y = 58,3cm ⁴	J _z = 143,26cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 143,26cm ⁴	J _{zg} = 58,3cm ⁴		
	W _{y max} = 32,96cm ³		W _{y min} = 13,78cm ³		
	W _{z max} = 22,38cm ³		W _{z min} = 22,38cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

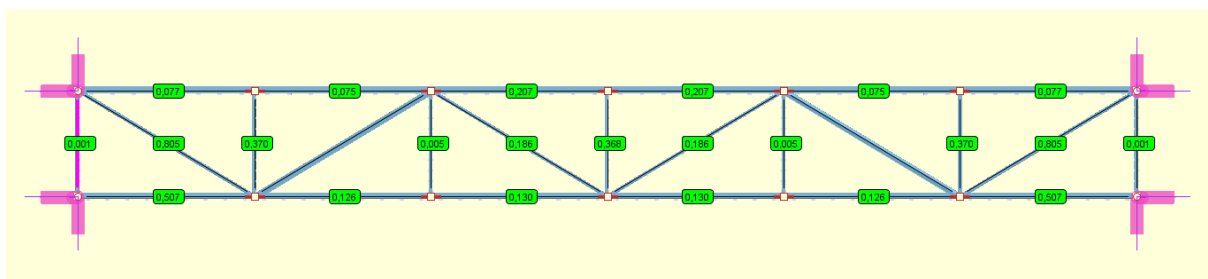
Nazwa	Z3-L 120x120x12				
Parametry przekroju	A = 55,08cm ²				
	J _x = 26,27cm ⁴	J _y = 735,3cm ⁴	J _z = 1 529,03cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 1 529,03cm ⁴	J _{zg} = 735,3cm ⁴		
	W _{y max} = 216,49cm ³		W _{y min} = 85,46cm ³		
	W _{z max} = 123,31cm ³		W _{z min} = 123,31cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 110x110x14				
Parametry przekroju	A = 58,04cm ²				
	J _x = 37,68cm ⁴	J _y = 636,2cm ⁴	J _z = 1 399,35cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 1 399,35cm ⁴	J _{zg} = 636,2cm ⁴		
	W _{y max} = 197,22cm ³		W _{y min} = 81,84cm ³		
	W _{z max} = 122,75cm ³		W _{z min} = 122,75cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z4-L 60x60x8_2				
Parametry przekroju	A = 18,06cm ²				
	J _x = 3,82cm ⁴	J _y = 92,29cm ⁴	J _z = 194,18cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 194,18cm ⁴	J _{zg} = 92,29cm ⁴		
	W _{y max} = 21,75cm ³		W _{y min} = 21,75cm ³		
	W _{z max} = 37,28cm ³		W _{z min} = 37,28cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z4-L 75x75x8				
Parametry przekroju	A = 22,94cm ²				
	J _x = 4,85cm ⁴	J _y = 186,68cm ⁴	J _z = 342,42cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 342,42cm ⁴	J _{zg} = 186,68cm ⁴		
	W _{y max} = 35,2cm ³		W _{y min} = 35,2cm ³		
	W _{z max} = 54,99cm ³		W _{z min} = 54,99cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Wyniki



Stopień wykorzystania przekroju

Podsumowanie wyników

Maksymalne obciążenie śniegiem przyjęto na poziomie 0,60 kN/m².

5.7. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA NAWA 9, 10

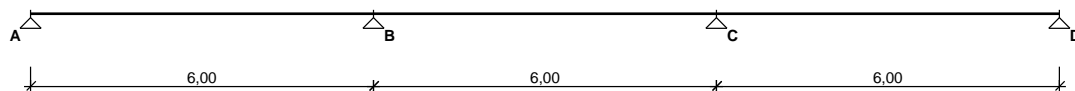
• Zestawienie obciążeń na płatew I 160

Nr	Rodzaj obciążenia	wartość	jednostka	mnożnik [m]	obc. charakt. [kN/m ²]	współcz. obc.	obc. oblicz. [kN/m ²]
	OBCIĄŻENIE DACHU						
1	2 x papa	11,00	kN/m ³	0,01	0,11	1,35	0,15
2	Styropian 20 cm	0,45	kN/m ³	0,20	0,09	1,35	0,12
3	Żużłobetonowe płyty typu bytomskiego	0,91	kN/m ²	1	0,91	1,35	1,23
		Razem obc. stałe q _a			1,11	1,35	1,50

Analiza przy maksymalnym obciążeniu śniegiem 0,56 kN/m²

- Płatew I 160
- Część z płytami żużłobetonowymi.

SCHEMAT BELKI



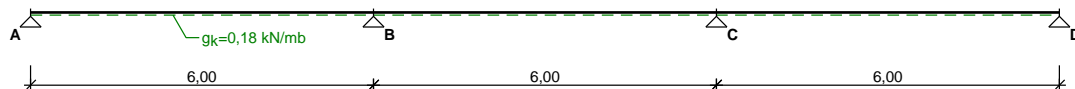
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

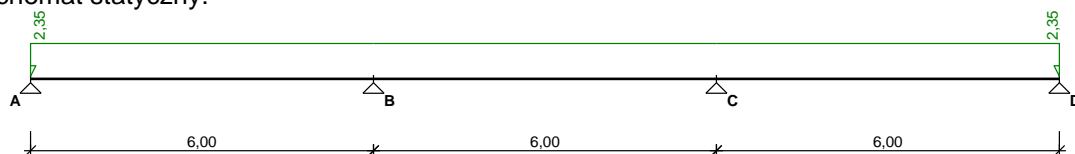
Przypadek **P1: Przypadek 1** ($\gamma_f = 1,15$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



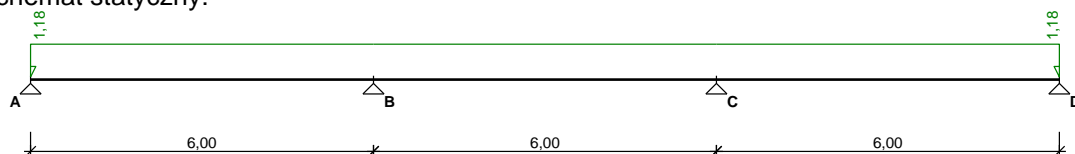
Przypadek **P2: stałe** ($\gamma_f = 1,20$)

Schemat statyczny:



Przypadek **P3: śnieg** ($\gamma_f = 1,5$)

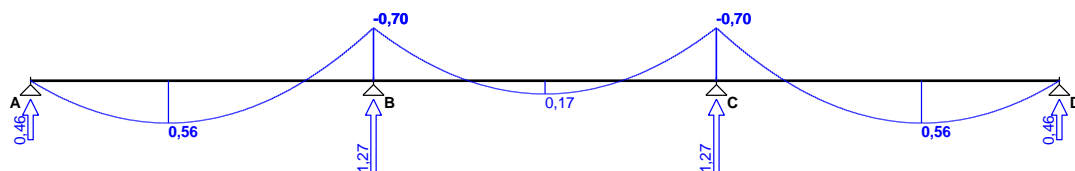
Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

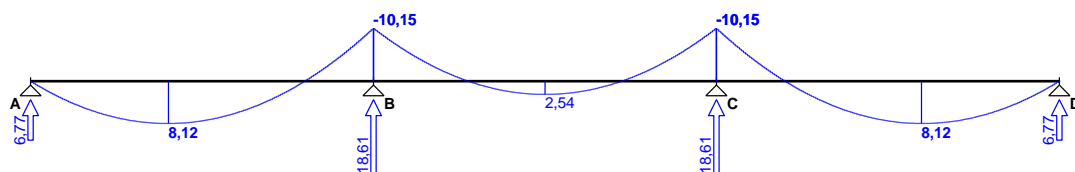
Przypadek **P1: Przypadek 1**

Momenty zginające [kNm]:



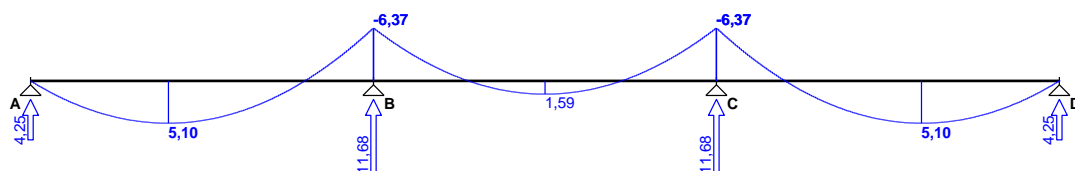
Przypadek **P2: stałe**

Momenty zginające [kNm]:



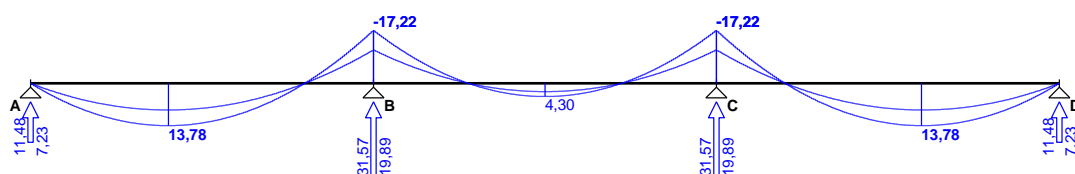
Przypadek **P3: śnieg**

Momenty zginające [kNm]:



Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:

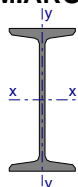


ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200

Przekrój: **I 160**

$A_v = 10,1 \text{ cm}^2$, $m = 17,9 \text{ kg/m}$

$J_x = 935 \text{ cm}^4$, $J_y = 54,7 \text{ cm}^4$, $J_\omega = 3100 \text{ cm}^6$, $J_T = 7,11 \text{ cm}^4$, $W_x = 117 \text{ cm}^3$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,080$) $M_R = 27,18 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 125,70 \text{ kN}$

Belka

Nośność na zginanie

Przekrój $z = 12,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Współczynnik zwichrzenia $\varphi_L = 1,000$

Moment maksymalny $M_{\max} = -17,22 \text{ kNm}$

$$(52) \quad M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,634 < 1$$

Nośność na ścinanie

Przekrój $z = 12,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = 17,22 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{\max} / V_R = 0,137 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{\max} = (-)17,22 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 75,42 \text{ kN} \rightarrow$ warunek niemiarodajny

Stan graniczny użytkowania

Przekrój $z = 2,66 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 17,25 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 350 = 6000 / 350 = 17,14 \text{ mm}$

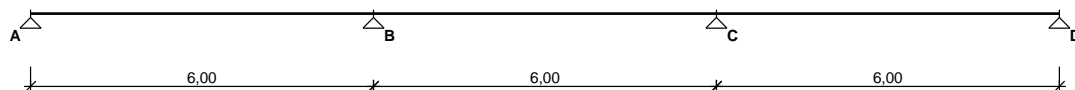
$$f_{k,\max} = 17,25 \text{ mm} > f_{gr} = 17,14 \text{ mm} \quad (100,6\%) \quad (!!!)$$

Maksymalne obciążenie śniegiem części z płytami należy przyjąć $0,50 \text{ kN/m}^2$.

Cześć z stropem drewnianym - obciążenie śniegiem $0,30 \text{ kN/m}^2$

Nr	Rodzaj obciążenia	wartość	jednostka	mnożnik [m]	obc. charakt. [kN/m ²]	współcz. obc.	obc. oblicz. [kN/m ²]
	OBCIĄŻENIE DACHU						
1	2 x papa	11,00	kN/m ³	0,01	0,11	1,35	0,148
2	Styropian 16 cm	0,45	kN/m ³	0,16	0,072	1,35	0,097
3	Papa na deskowaniu	0,35	kN/m ²	1	0,35	1,35	0,47
		Razem obc. stałe q_a			0,55	1,35	0,71

SCHEMAT BELKI



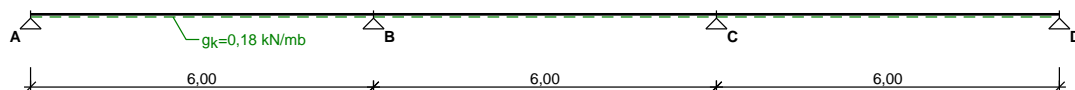
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

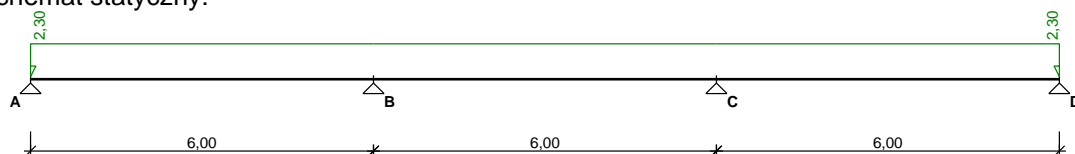
Przypadek **P1: Przypadek 1** ($\gamma_f = 1,15$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



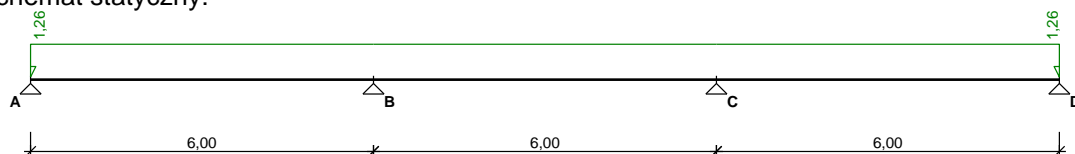
Przypadek **P2: stałe** ($\gamma_f = 1,20$)

Schemat statyczny:



Przypadek **P3: śnieg** ($\gamma_f = 1,5$)

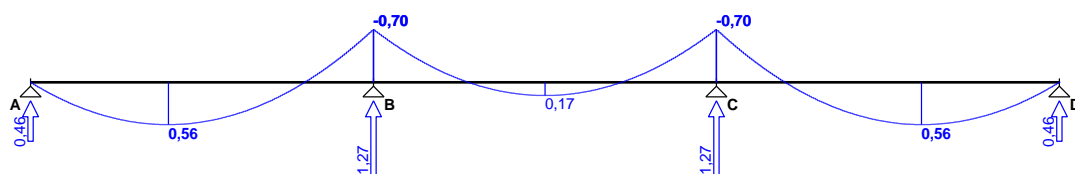
Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

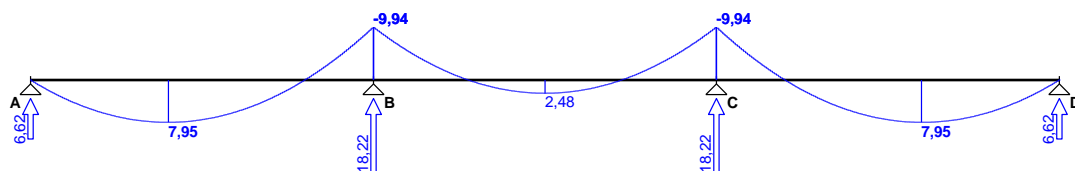
Przypadek **P1: Przypadek 1**

Momenty zginające [kNm]:



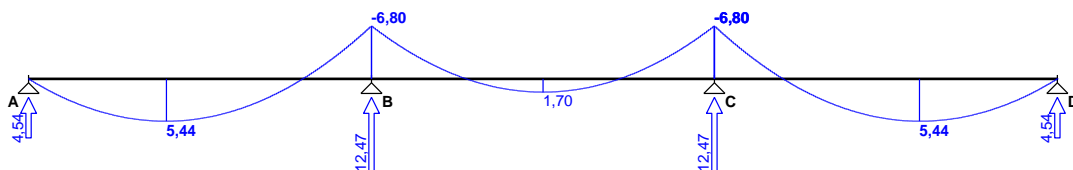
Przypadek **P2: stałe**

Momenty zginające [kNm]:



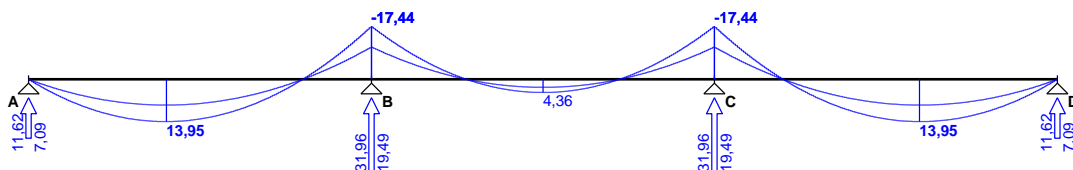
Przypadek P3: śnieg

Momenty zginające [kNm]:



Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



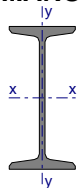
ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **I 160**

$A_v = 10,1 \text{ cm}^2$, $m = 17,9 \text{ kg/m}$

$J_x = 935 \text{ cm}^4$, $J_y = 54,7 \text{ cm}^4$, $J_\omega = 3100 \text{ cm}^6$, $J_T = 7,11 \text{ cm}^4$, $W_x = 117 \text{ cm}^3$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,080$) $M_R = 27,18 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 125,70 \text{ kN}$

Belka

Nośność na zginanie

Przekrój $z = 6,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P_1 + 1,0 \cdot P_2 + 1,0 \cdot P_3$)

Współczynnik zwichrzenia $\varphi_L = 1,000$

Moment maksymalny $M_{\max} = -17,44 \text{ kNm}$

(52) $M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,642 < 1$

Nośność na ścinanie

Przekrój $z = 6,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P_1 + 1,0 \cdot P_2 + 1,0 \cdot P_3$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = -17,44 \text{ kN}$

(53) $V_{\max} / V_R = 0,139 < 1$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{\max} = (-)17,44 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 75,42 \text{ kN} \rightarrow$ warunek niemiarodajny

Stan graniczny użytkowania

Przekrój $z = 2,66 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P_1 + 1,0 \cdot P_2 + 1,0 \cdot P_3$)

Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 17,39 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 350 = 6000 / 350 = 17,14 \text{ mm}$

$f_{k,\max} = 17,39 \text{ mm} > f_{gr} = 17,14 \text{ mm}$ (101,4%) (!!!)

Maksymalne obciążenie śniegiem części z płytami należy przyjąć 0,30 kN/m².

Krokwie drewniane

Przy założeniu normowego obciążenia śniegiem 0,56 kN/m²

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 9,0$ cm

Wysokość $h = 16,0$ cm

Zacios na podporach $t_k = 3,0$ cm

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C18**

→ $f_{m,k} = 18$ MPa, $f_{t,0,k} = 11$ MPa, $f_{c,0,k} = 18$ MPa, $f_{v,k} = 2$ MPa, $E_{0,mean} = 9$ GPa, $\rho_k = 320$ kg/m³

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 3,0^\circ$

Rozstaw krokwi $a = 1,00$ m

Długość rzutu poziomego wspornika $l_{w,x} = 0,00$ m

Długość rzutu poziomego odcinka środkowego $l_{d,x} = 4,20$ m

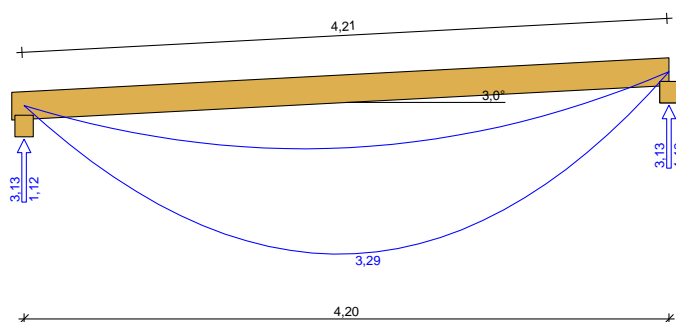
Długość rzutu poziomego odcinka górnego $l_{g,x} = 0,00$ m

Obciążenia dachu:

- obciążenie stałe $g_k = 0,550$ kN/m² połaci dachowej; $\gamma_f = 1,10$
- uwzględniono ciężar własny krokwi
- obciążenie śniegiem $S_k = 0,560$ kN/m² rzutu połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$
- obciążenie wiatrem $p_k = 0,000$ kN/m² połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$
- obciążenie ociepleniem $g_{kk} = 0,000$ kN/m² połaci dachowej

WYNIKI:

— M [kNm]
— R [kN]



Zginanie:

decyduje kombinacja B (obc.stałe max.+śnieg)

Momenty obliczeniowe:

$M_{przest} = 3,29$ kNm; $M_{podp} = 0,00$ kNm

Warunek nośności - przęsło:

$\sigma_{m,y,d} = 8,56$ MPa, $f_{m,y,d} = 11,08$ MPa

$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,773 < 1$

Warunek nośności - podpora:

$\sigma_{m,y,d} = 0,01$ MPa, $f_{m,y,d} = 11,08$ MPa

$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,001 < 1$

Ugięcie (odcinek środkowy):

$U_{fin} = 25,94$ mm $>$ $U_{net,fin} = l / 200 = 21,03$ mm (123,4%)

(!!!)

Krokiew Drewniana

Przy założeniu maksymalnego obciążenie, które przenoszą płatwie stalowe I 160 = 0,30 kN/m²

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 9,0$ cm

Wysokość $h = 16,0$ cm

Zacios na podporach $t_k = 3,0$ cm

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C18**

→ $f_{m,k} = 18$ MPa, $f_{t,0,k} = 11$ MPa, $f_{c,0,k} = 18$ MPa, $f_{v,k} = 2$ MPa, $E_{0,mean} = 9$ GPa, $\rho_k = 320$ kg/m³

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 3,0^\circ$

Rozstaw krokwi $a = 1,00$ m

Długość rzutu poziomego wspornika $l_{w,x} = 0,00$ m

Długość rzutu poziomego odcinka środkowego $l_{d,x} = 4,21$ m

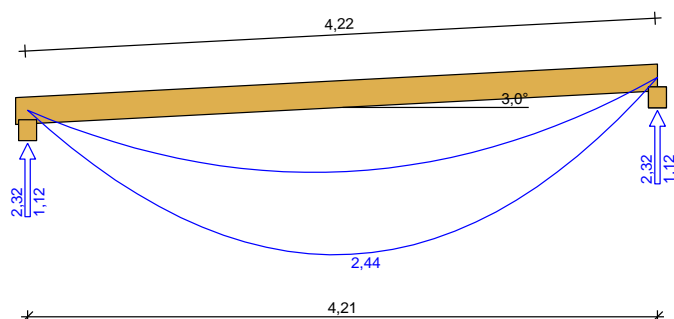
Długość rzutu poziomego odcinka górnego $l_{g,x} = 0,00$ m

Obciażenia dachu:

- obciążenie stałe $g_k = 0,550$ kN/m² połaci dachowej; $\gamma_f = 1,10$
- uwzględniono ciężar własny krokwi
- obciążenie śniegiem $S_k = 0,300$ kN/m² rzutu połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$
- obciążenie wiatrem $p_k = 0,000$ kN/m² połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$
- obciążenie ociepleniem $g_{kk} = 0,000$ kN/m² połaci dachowej

WYNIKI:

— M [kNm]
— R [kN]



Zginanie:

decyduje kombinacja B (obc.stałe max.+śnieg)

Momenty obliczeniowe:

$M_{prześl} = 2,44$ kNm; $M_{podp} = 0,00$ kNm

Warunek nośności - prześło:

$\sigma_{m,y,d} = 6,35$ MPa, $f_{m,y,d} = 8,31$ MPa

$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,765 < 1$

Warunek nośności - podpora:

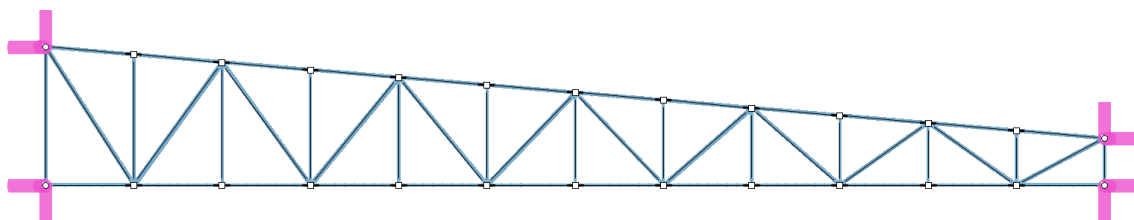
$\sigma_{m,y,d} = 0,01$ MPa, $f_{m,y,d} = 8,31$ MPa

$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,001 < 1$

Ugięcie (odcinek środkowy):

$u_{fin} = 21,37$ mm $>$ $u_{net,fin} = l / 200 = 21,08$ mm (101,4%)

(!!!)

Dźwigar Stalowy**Geometria**

Węzły w globalnym układzie współrzędnych:

Nr	x [m]	y [m]	z [m]	Przegub
1	50,000	0,000	0,000	+
2	50,000	0,000	1,100	+
3	47,917	0,000	0,000	+
4	47,917	0,000	1,279	+
5	45,833	0,000	0,000	+
6	45,833	0,000	1,458	+
7	43,750	0,000	0,000	+
8	43,750	0,000	1,637	+
9	41,667	0,000	0,000	+
10	41,667	0,000	1,817	+
11	39,583	0,000	0,000	+
12	39,583	0,000	1,996	+
13	37,500	0,000	0,000	+
14	37,500	0,000	2,175	+
15	35,417	0,000	0,000	+
16	35,417	0,000	2,354	+
17	33,333	0,000	0,000	+
18	33,333	0,000	2,533	+
19	31,250	0,000	0,000	+
20	31,250	0,000	2,712	+
21	29,167	0,000	0,000	+
22	29,167	0,000	2,892	+
23	27,083	0,000	0,000	+
24	27,083	0,000	3,071	+
25	25,000	0,000	0,000	+
26	25,000	0,000	3,250	+

Pręty:

Nr	Węzły		Przekrój pręta	Długość [m]
	w1	w2		
1: K1-Słupki	1 (P)	2 (P)	Z4-L 50x50x6	1,100
2: K1-Pas dolny	1 (P)	3 (S)	Z3-L 100x100x12	2,083
3: K1-Pas górny	2 (P)	4 (S)	Z3-L 90x90x11	2,091
4: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP	3 (P)	2 (P)	Z3-L 90x90x11	2,356
5: K1-Słupki	3 (P)	4 (P)	Z4-L 50x50x6	1,279
6: K1-Pas dolny	3 (S)	5 (S)	Z3-L 80x80x10	2,083
7: K1-Pas górny	4 (S)	6 (S)	Z3-L 90x90x11	2,091
8: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP	3 (P)	6 (P)	Z3-L 90x90x11	2,543
9: K1-Słupki	5 (P)	6 (P)	Z4-L 50x50x6	1,458
10: K1-Pas dolny	5 (S)	7 (S)	Z3-L 80x80x10	2,083
11: K1-Pas górny	6 (S)	8 (S)	Z3-L 90x90x11	2,091
12: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP	7 (P)	6 (P)	Z3-L 90x90x11	2,543
13: K1-Słupki	7 (P)	8 (P)	Z4-L 50x50x6	1,637
14: K1-Pas dolny	7 (S)	9 (S)	Z3-L 80x80x10	2,083
15: K1-Pas górny	8 (S)	10 (S)	Z3-L 90x90x11	2,091
16: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP	7 (P)	10 (P)	Z3-L 90x90x11	2,764
17: K1-Słupki	9 (P)	10 (P)	Z4-L 50x50x6	1,817
18: K1-Pas dolny	9 (S)	11 (S)	Z3-L 80x80x10	2,083
19: K1-Pas górny	10 (S)	12 (S)	Z3-L 90x90x11	2,091
20: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP	11 (P)	10 (P)	Z4-L 80x80x10	2,764
21: K1-Słupki	11 (P)	12 (P)	Z4-L 50x50x6	1,996
22: K1-Pas dolny	11 (S)	13 (S)	Z3-L 80x80x10	2,083
23: K1-Pas górny	12 (S)	14 (S)	Z3-L 90x90x11	2,091
24: K1-Krzyżulce-EuroStal	11 (P)	14 (P)	Z3-L 90x90x11	3,012

Nr	Węzły		Przekrój pręta	Długość [m]
	w1	w2		
BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP				
25: K1-Słupki	13 (P)	14 (P)	Z4-L 50x50x6	2,175
26: K1-Pas dolny	13 (S)	15 (S)	Z3-L 80x80x10	2,083
27: K1-Pas górny	14 (S)	16 (S)	Z3-L 90x90x11	2,091
28: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP	15 (P)	14 (P)	Z4-L 80x80x10	3,012
29: K1-Słupki	15 (P)	16 (P)	Z4-L 50x50x6	2,354
30: K1-Pas dolny	15 (S)	17 (S)	Z3-L 80x80x10	2,083
31: K1-Pas górny	16 (S)	18 (S)	Z3-L 90x90x11	2,091
32: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP	15 (P)	18 (P)	Z3-L 90x90x11	3,280
33: K1-Słupki	17 (P)	18 (P)	Z4-L 50x50x6	2,533
34: K1-Pas dolny	17 (S)	19 (S)	Z3-L 80x80x10	2,083
35: K1-Pas górny	18 (S)	20 (S)	Z3-L 90x90x11	2,091
36: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP	19 (P)	18 (P)	Z4-L 80x80x10	3,280
37: K1-Słupki	19 (P)	20 (P)	Z4-L 50x50x6	2,712
38: K1-Pas dolny	19 (S)	21 (S)	Z3-L 80x80x10	2,083
39: K1-Pas górny	20 (S)	22 (S)	Z3-L 90x90x11	2,091
40: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP	19 (P)	22 (P)	Z3-L 90x90x11	3,564
41: K1-Słupki	21 (P)	22 (P)	Z4-L 50x50x6	2,892
42: K1-Pas dolny	21 (S)	23 (S)	Z3-L 80x80x10	2,083
43: K1-Pas górny	22 (S)	24 (S)	Z3-L 90x90x11	2,091
44: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP	23 (P)	22 (P)	Z4-L 80x80x10	3,564
45: K1-Słupki	23 (P)	24 (P)	Z4-L 50x50x6	3,071

Nr	Węzły		Przekrój pręta	Długość [m]
	w ₁	w ₂		
46: K1-Pas dolny	23 (S)	25 (P)	Z3-L 100x100x12	2,083
47: K1-Pas górny	24 (S)	26 (P)	Z3-L 90x90x11	2,091
48: K1-Krzyżulce-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP-EuroStal BUILT-UP	23 (P)	26 (P)	Z3-L 90x90x11	3,860
49: K1-Słupki	25 (P)	26 (P)	Z4-L 50x50x6	3,250

Podpory i osiadania podpór w globalnym układzie współrzędnych:

Nr	r _x	r _y	r _z	ϕ_x	ϕ_y	ϕ_z	Spreżystość [kN/m]			Spreżystość [kN/rad]		
							k _x	k _y	k _z	f _x	f _y	f _z
1	+	+	+									
2	+	+	+									
25	+	+	+									
26	+	+	+									

Grupy obciążeń:

Nazwa grupy	Nr	Rodzaj obciążeń	Charakter	Grupa aktywna	Oddziaływanie
Stałe	1	Stałe	stały	+	stałe
Ciężar własny	2	Stałe	stały	+	stałe
Śnieg	3	Zmienne	stały	+	śnieg (do 1000 m n.p.m.)

Oddziaływania grup obciążeń:

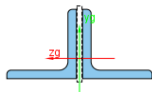
Oddziaływanie	$\gamma_{f,inf(min)}$	$\gamma_{f,sup(max)}$	Ψ_0 lub ξ	Wiodący ¹
stałe	1.0	1.35	0.85	
użytkowe (mieszkalne i biurowe)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (handlowe i zebrania)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (magazynowe)	-	1.5	1.0	+
użytkowe (pojazdy do 30kN)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (pojazdy 30 - 160kN)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (dachy)	-	1.5	0.0	+
śnieg (do 1000 m n.p.m.)	-	1.5	0.5	+
śnieg (> 1000 m n.p.m.)	-	1.5	0.7	+
wiatr	-	1.5	0.6	+
temperatura	-	1.5	0.6	+

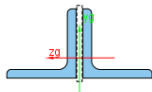
1) + Określa czy oddziaływanie zmienne ma być potencjalnie rozpatrywane jako wiodące

Obciążenia układu:**Obciążenia węzłowe**

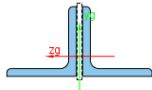
Grupa	Węzeł	Typ	Wartość	α [°]	β [°]	Kier.	Lok.
Śnieg	4	Siła węzłowa	7,60kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	6	Siła węzłowa	7,60kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	8	Siła węzłowa	7,60kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	10	Siła węzłowa	7,60kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	12	Siła węzłowa	7,60kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	14	Siła węzłowa	7,60kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	16	Siła węzłowa	7,60kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	18	Siła węzłowa	7,60kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	20	Siła węzłowa	7,60kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	22	Siła węzłowa	7,60kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	24	Siła węzłowa	7,60kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	4	Siła węzłowa	16,50kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	6	Siła węzłowa	16,50kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	8	Siła węzłowa	16,50kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	10	Siła węzłowa	16,50kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	12	Siła węzłowa	16,50kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	14	Siła węzłowa	16,50kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	16	Siła węzłowa	16,50kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	18	Siła węzłowa	16,50kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	20	Siła węzłowa	16,50kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	22	Siła węzłowa	16,50kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	24	Siła węzłowa	16,50kN	0,0	0,0	Z	

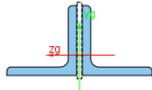
Parametry geometryczne i fizyczne elementów:

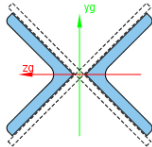
Nazwa	Z3-L 90x90x11				
Parametry przekroju	A = 37,44cm ²				
	J _x = 15cm ⁴	J _y = 275,27cm ⁴	J _z = 616,74cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 616,74cm ⁴	J _{zg} = 275,27cm ⁴		
	W _{y max} = 105,08cm ³		W _{y min} = 43,14cm ³		
	W _{z max} = 65,61cm ³		W _{z min} = 65,61cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 80x80x10				
Parametry przekroju	A = 30,22cm ²				
	J _x = 10cm ⁴	J _y = 175cm ⁴	J _z = 401,18cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 401,18cm ⁴	J _{zg} = 175cm ⁴		
	W _{y max} = 74,91cm ³		W _{y min} = 30,9cm ³		
	W _{z max} = 47,76cm ³		W _{z min} = 47,76cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

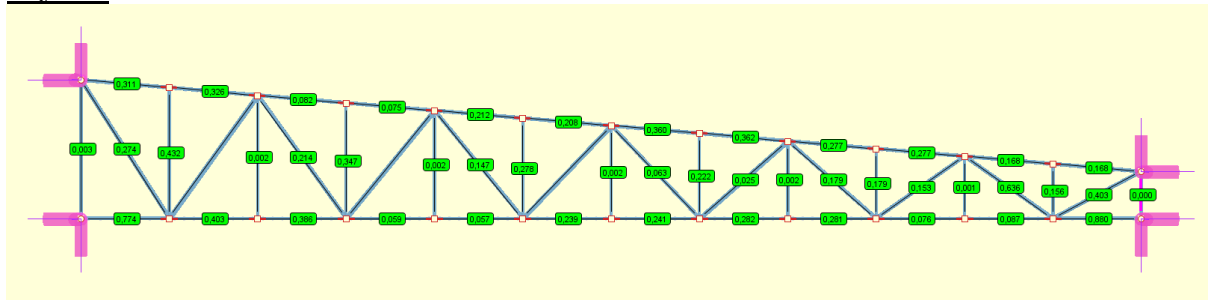
Nazwa	Z4-L 50x50x6				
Parametry przekroju	A = 11,39cm ²				
	J _x = 1,35cm ⁴	J _y = 40,68cm ⁴	J _z = 88,24cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 88,24cm ⁴	J _{zg} = 40,68cm ⁴		
	W _{y max} = 11,51cm ³		W _{y min} = 11,51cm ³		
	W _{z max} = 20,14cm ³		W _{z min} = 20,14cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 90x90x10				
Parametry przekroju	A = 34,26cm ²				
	J _x = 11,33cm ⁴	J _y = 253,82cm ⁴	J _z = 558,06cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 558,06cm ⁴	J _{zg} = 253,82cm ⁴		
	W _{y max} = 98,39cm ³		W _{y min} = 39,53cm ³		
	W _{z max} = 59,37cm ³		W _{z min} = 59,37cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 100x100x12				
Parametry przekroju	A = 45,43cm ²				
	J _x = 21,66cm ⁴	J _y = 413,35cm ⁴	J _z = 908,99cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 908,99cm ⁴	J _{zg} = 413,35cm ⁴		
	W _{y max} = 142,38cm ³		W _{y min} = 58,24cm ³		
	W _{z max} = 87,4cm ³		W _{z min} = 87,4cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z4-L 80x80x10				
Parametry przekroju	A = 30,22cm ²				
	J _x = 10cm ⁴	J _y = 277,25cm ⁴	J _z = 525,04cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 525,04cm ⁴	J _{zg} = 277,25cm ⁴		
	W _{y max} = 49,01cm ³		W _{y min} = 49,01cm ³		
	W _{z max} = 78,11cm ³		W _{z min} = 78,11cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Wyniki



Podsumowanie:

Ze względu na nośność stalowych płatwi dachowych I 160 dopuszczalne obciążenie śniegiem nawy 9, 10 w części z płytami żużlobetonowymi wynosi **0,56 kN/m²**, natomiast w części z drewnianym dachem **0,30 kN/m²**. Nośność dźwigara przy normowym obciążeniu śniegiem jest zachowana.

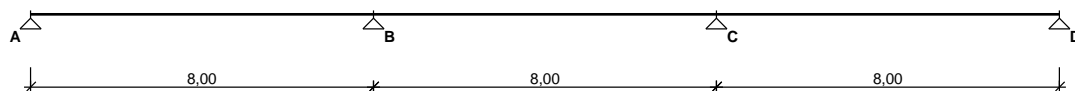
5.8. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA NAWA 1,2,3

Zestawienie obciążeń na płatew I 240

Nr	Rodzaj obciążenia	wartość	jednostka	mnożnik [m]	obc. charakt. [kN/m²]	współcz. obc.	obc. oblicz. [kN/m²]
	OBCIĄŻENIE DACHU						
1	4 x papa	11,00	kN/m³	0,02	0,22	1,35	0,3
2	Styropian 20 cm	0,45	kN/m³	0,2	0,09	1,35	0,12
3	Warstwa cementowa 3 cm	21,0	kN/m³	0,03	0,63	1,35	0,85
4	Strop Kleina	1,14	kN/m²	1	1,14	1,35	1,539
		Razem obc. stałe q_a			2,08	1,35	2,81

- Analiza - Płatew I 240

SCHEMAT BELKI



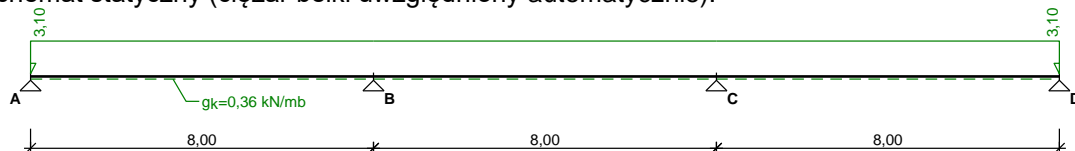
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

Przypadek **P1: stałe** ($\gamma_f = 1,20$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):

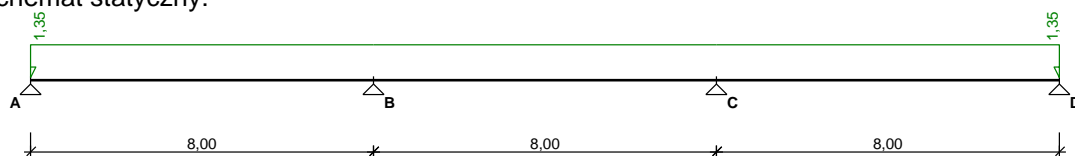


Tablica obciążeń charakterystycznych (dodatkowo ciężar belki $g_k = 0,36 \text{ kN/m}$)

Przekrój	z [m]	q_l [kN/m]	q_p [kN/m]	F [kN]	M [kN]
A.	0,00	--	3,10	0,00	0,00
B.	8,00	3,10	3,10	0,00	0,00
C.	16,00	3,10	3,10	0,00	0,00
D.	24,00	3,10	--	0,00	0,00

Przypadek **P2: śnieg** ($\gamma_f = 1,5$)

Schemat statyczny:



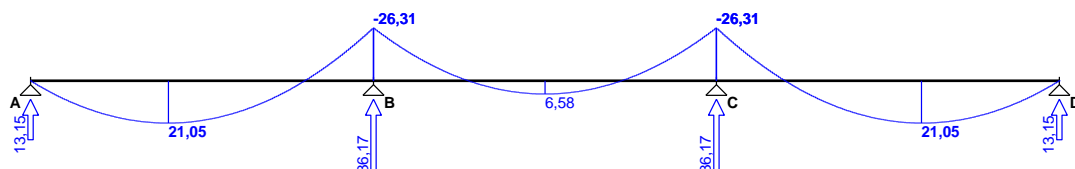
Tablica obciążeń charakterystycznych

Przekrój	z [m]	q_l [kN/m]	q_p [kN/m]	F [kN]	M [kN]
A.	0,00	--	1,35	0,00	0,00
B.	8,00	1,35	1,35	0,00	0,00
C.	16,00	1,35	1,35	0,00	0,00
D.	24,00	1,35	--	0,00	0,00

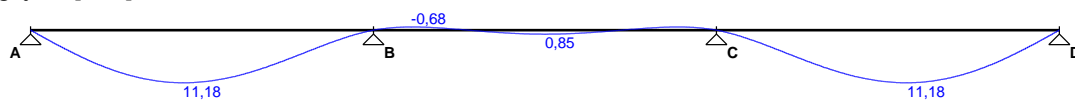
WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Przypadek **P1: stałe**

Momenty zginające [kNm]:

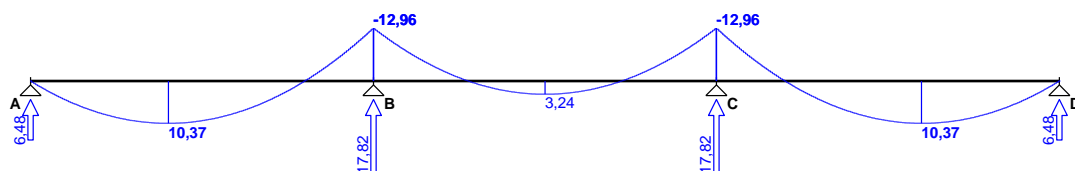


Ugięcia [mm]:

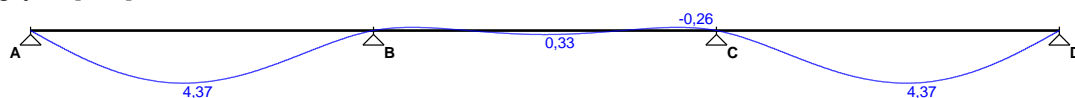


Przypadek **P2: śnieg**

Momenty zginające [kNm]:

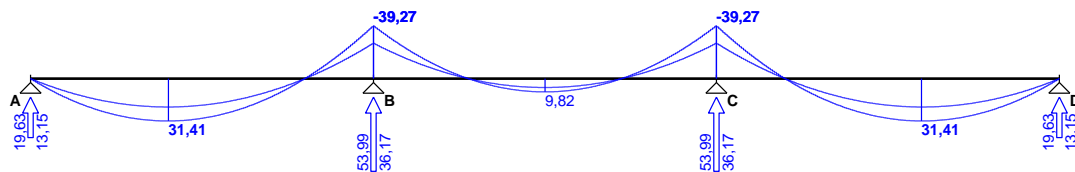


Ugięcia [mm]:

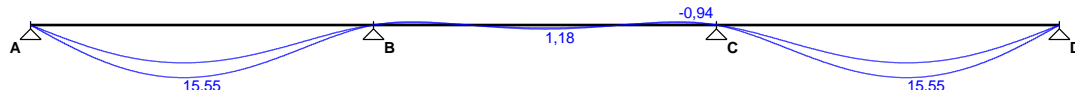


Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



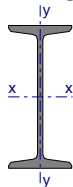
Ugięcia [mm]:

**ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA**

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200Przekrój: **I 240** $A_v = 20,9 \text{ cm}^2$, $m = 36,2 \text{ kg/m}$ $J_x = 4250 \text{ cm}^4$, $J_y = 221 \text{ cm}^4$, $J_\omega = 28500 \text{ cm}^6$, $J_T = 27,2 \text{ cm}^4$, $W_x = 354 \text{ cm}^3$ Stal: **St3**Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,079$) $M_R = 82,13 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 260,37 \text{ kN}$

BelkaNośność na zginaniePrzekrój $z = 8,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)Współczynnik zwichrzenia $\varphi_L = 1,000$ Moment maksymalny $M_{\max} = -39,27 \text{ kNm}$

$$(52) \quad M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,478 < 1$$

Nośność na ścinaniePrzekrój $z = 8,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = -29,45 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{\max} / V_R = 0,113 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

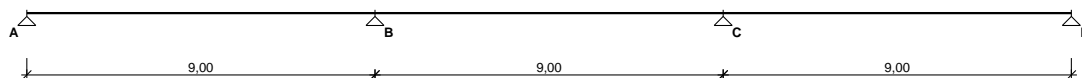
$$V_{\max} = (-)29,45 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 156,22 \text{ kN} \rightarrow \text{warunek niemiernodajny}$$

Stan graniczny użytkowaniaPrzekrój $z = 3,55 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 15,55 \text{ mm}$ Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 350 = 8000 / 350 = 22,86 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 15,55 \text{ mm} < f_{gr} = 22,86 \text{ mm} \quad (68,0\%)$$

Podciąg I475

SCHEMAT BELKI



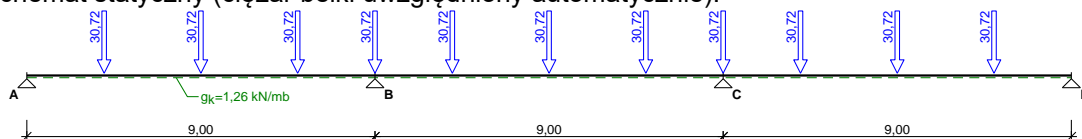
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

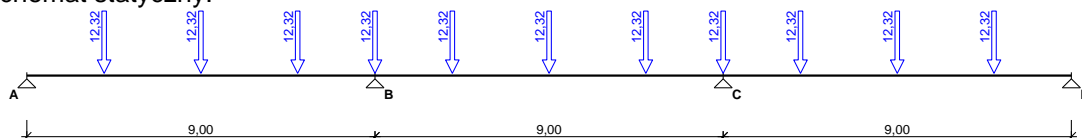
Przypadek **P1: stałe** ($\gamma_f = 1,20$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



Przypadek **P2: śnieg** ($\gamma_f = 1,5$)

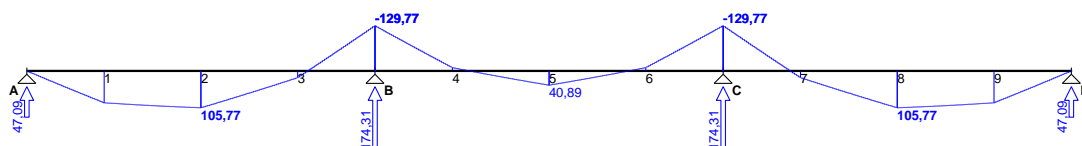
Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

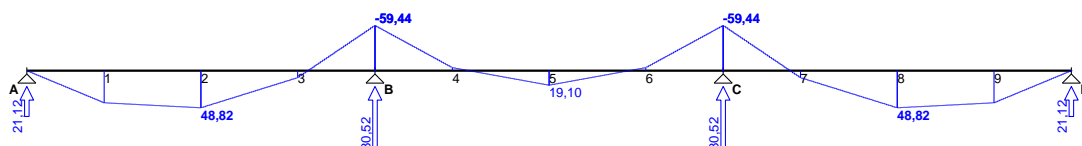
Przypadek **P1: stałe**

Momenty zginające [kNm]:



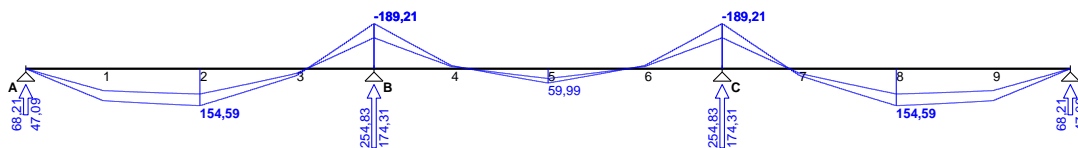
Przypadek **P2: śnieg**

Momenty zginające [kNm]:



Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



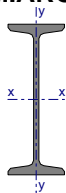
ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

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: **I 475**

$A_v = 81,2 \text{ cm}^2$, $m = 128 \text{ kg/m}$

$J_x = 56480 \text{ cm}^4$, $J_y = 2090 \text{ cm}^4$, $J_\omega = 1056000 \text{ cm}^6$, $J_T = 357 \text{ cm}^4$, $W_x = 2380 \text{ cm}^3$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,087$) $M_R = 530,54 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 965,77 \text{ kN}$

Belka

Nośność na zginanie

Przekrój $z = 4,50 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

Współczynnik zwichrzenia $\varphi_L = 0,521$

Moment maksymalny $M_{\max} = 154,59 \text{ kNm}$

(52) $M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,559 < 1$

Nośność na ścinanie

Przekrój $z = 9,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = -110,26 \text{ kN}$

(53) $V_{\max} / V_R = 0,114 < 1$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{\max} = (-)110,26 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 579,46 \text{ kN} \rightarrow$ warunek niemiarodajny

Stan graniczny użytkowania

Przekrój $z = 4,05 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$)

Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 7,22 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 350 = 9000 / 350 = 25,71 \text{ mm}$

$f_{k,\max} = 7,22 \text{ mm} < f_{gr} = 25,71 \text{ mm}$ (28,1%)

Podsumowanie :

Maksymalne dopuszczalne obciążenie śniegiem wynosi $0,60 \text{ kN/m}^2$ ze względu na nośność płatwi.

5.9. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA NAWA 11

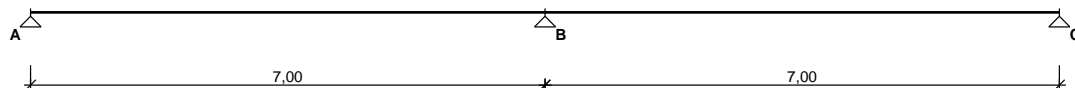
Nr	Rodzaj obciążenia	wartość	jednostka	mnożnik [m]	obc. charakt. [kN/m ²]	współcz. obc.	obc. oblicz. [kN/m ²]
	OBCIĄŻENIE DACHU						
1	4 x papa	11,00	kN/m ³	0,02	0,22	1,35	0,3
2	Styropian 16 cm	0,45	kN/m ³	0,16	0,07	1,35	0,09
3	Warstwa cementowa 3 cm	21,0	kN/m ³	0,03	0,63	1,35	0,85
4	Strop Kleina	1,14	kN/m ²	1	1,14	1,35	1,539
		Razem obc. stałe q _a			2,08	1,35	2,81

W nawie 11 przedmiotowej hali występują płatwie dwuteowe I 160. Analizę wykonano w następujących krokach:

- Analizę płatwi skrajnej w pełni obciążonej śniegiem na poziomie normowym 0,56kN/m² oraz w pełni obciążona na całej długości ciężarem pokrycia (strop Kleina)

Charakterystyczne obciążenie śniegiem 0,56kN/m²

I160

SCHEMAT BELKI

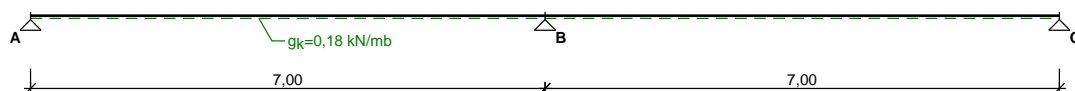
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

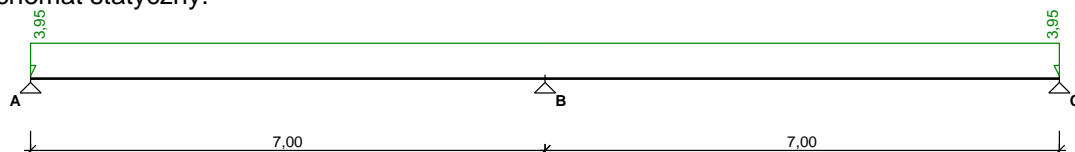
Przypadek **P1: Przypadek 1** ($\gamma_f = 1,15$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):

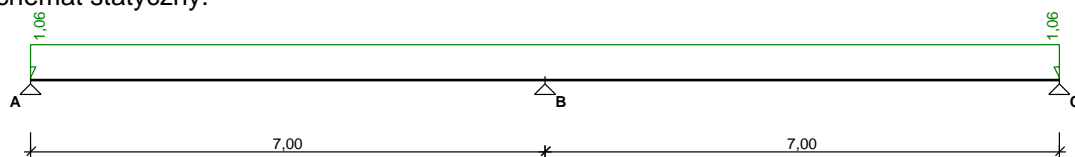


Przypadek **P2: stałe** ($\gamma_f = 1,20$)

Schemat statyczny:



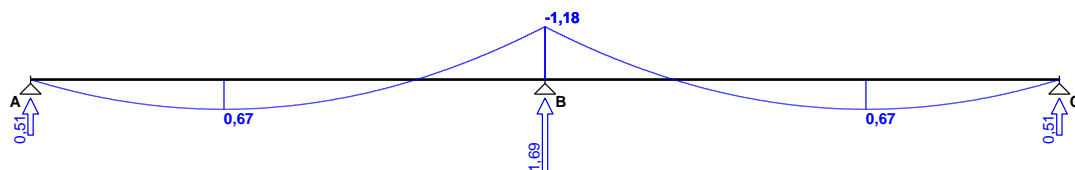
Przypadek **P3: śnieg** ($\gamma_f = 1,5$)
 Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

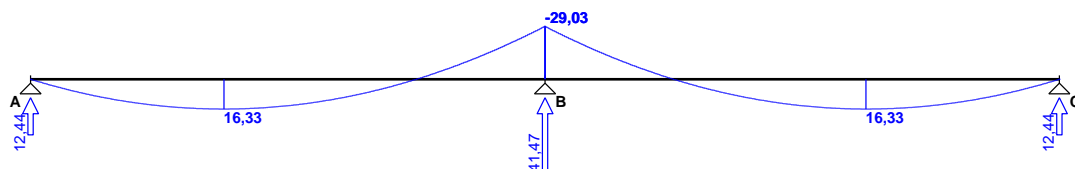
Przypadek **P1: Przypadek 1**

Momenty zginające [kNm]:



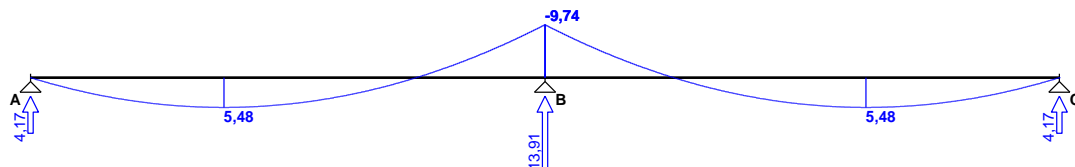
Przypadek **P2: stałe**

Momenty zginające [kNm]:



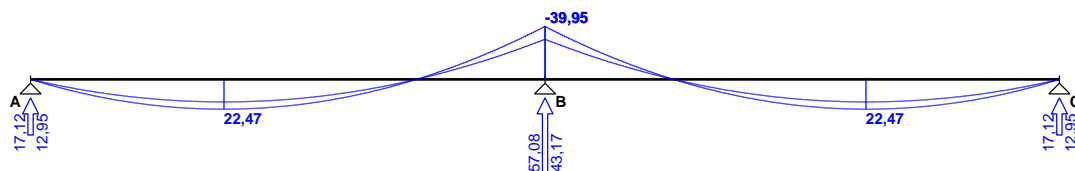
Przypadek **P3: śnieg**

Momenty zginające [kNm]:



Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:

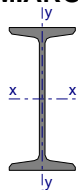


ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200Przekrój: **I 160**

$$A_v = 10,1 \text{ cm}^2, \quad m = 17,9 \text{ kg/m}$$

$$J_x = 935 \text{ cm}^4, \quad J_y = 54,7 \text{ cm}^4, \quad J_\omega = 3100 \text{ cm}^6, \quad J_T = 7,11 \text{ cm}^4, \quad W_x = 117 \text{ cm}^3$$

Stal: **St4**Nośności obliczeniowe przekroju:- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,080$) $M_R = 29,70 \text{ kNm}$ - ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 137,39 \text{ kN}$ **Belka**Nośność na zginaniePrzekrój z = 7,00 m (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)Współczynnik zwężenia $\varphi_L = 1,000$ Moment maksymalny $M_{\max} = -39,95 \text{ kNm}$

$$(52) \quad M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 1,345 > 1 \quad (!!!)$$

Nośność na ścinaniePrzekrój z = 7,00 m (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = -28,54 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{\max} / V_R = 0,208 < 1$$

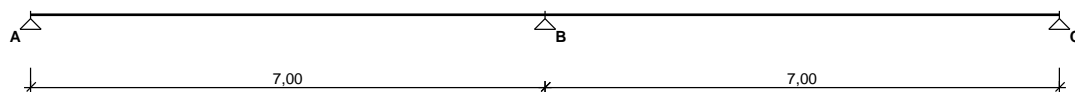
Nośność na zginanie ze ścinaniem

$$V_{\max} = (-)28,54 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 82,43 \text{ kN} \rightarrow \text{warunek niemiarodajny}$$

Stan graniczny użytkowaniaPrzekrój z = 11,06 m (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 35,18 \text{ mm}$ Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 350 = 7000 / 200 = 20,00 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 35,18 \text{ mm} > f_{gr} = 20,00 \text{ mm} \quad (100,1\%) \quad (!!!)$$

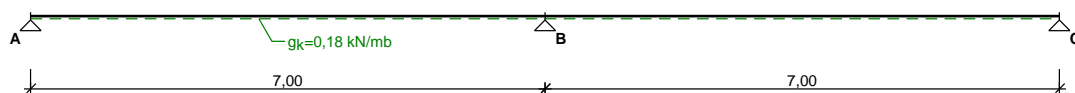
- **Analizę płatwi skrajnej w pełni obciążoną na całej długości ciężarem pokrycia (strop Kleina) bez obciążenia śniegiem**

SCHEMAT BELKI

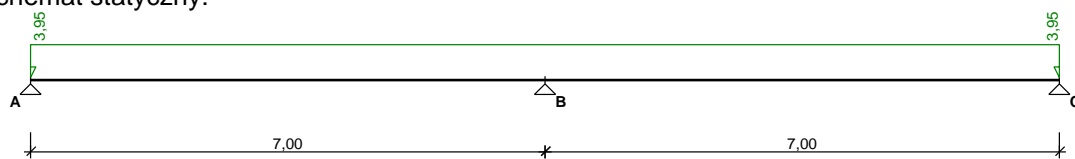
Parametry belki:

- 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):



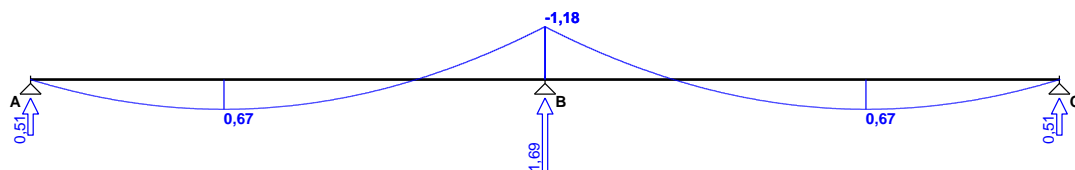
Przypadek **P2: stałe** ($\gamma_f = 1,20$)
 Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

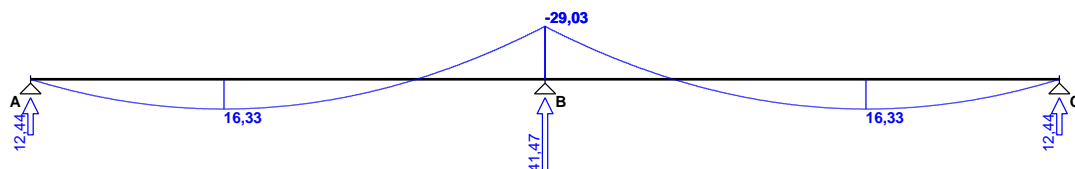
Przypadek **P1: Przypadek 1**

Momenty zginające [kNm]:



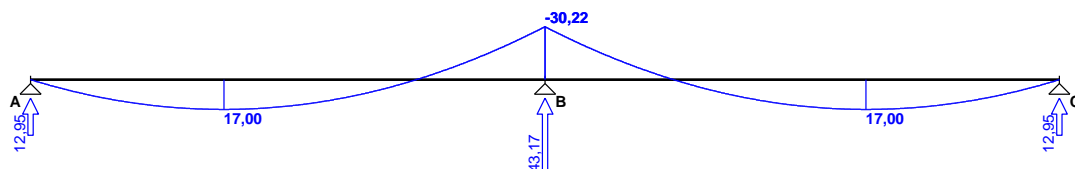
Przypadek **P2: stałe**

Momenty zginające [kNm]:



Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



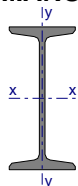
ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **I 160**

$A_v = 10,1 \text{ cm}^2$, $m = 17,9 \text{ kg/m}$

$J_x = 935 \text{ cm}^4$, $J_y = 54,7 \text{ cm}^4$, $J_\omega = 3100 \text{ cm}^6$, $J_T = 7,11 \text{ cm}^4$, $W_x = 117 \text{ cm}^3$

Stal: **St4**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,080$) $M_R = 29,70 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 137,39 \text{ kN}$

Belka

Nośność na zginanie

Przekrój z = 7,00 m (**K1**: 1,0·P1+1,0·P2)

Współczynnik zwichrzenia $\varphi_L = 1,000$

Moment maksymalny $M_{\max} = -30,22 \text{ kNm}$

$$(52) \quad M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 1,017 > 1 \quad (!!!)$$

Nośność na ścinanie

Przekrój z = 7,00 m (**K1**: 1,0·P1+1,0·P2)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = 21,58 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{\max} / V_R = 0,157 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$$V_{\max} = (-)21,58 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 82,43 \text{ kN} \rightarrow \text{warunek niemiarodajny}$$

Stan graniczny użytkowania

Przekrój z = 2,94 m (**K1**: 1,0·P1+1,0·P2)

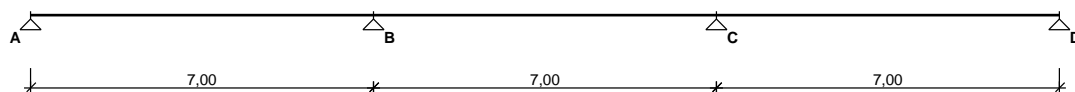
Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 27,99 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 350 = 7000 / 200 = 20,00 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 35,00 \text{ mm} > f_{gr} = 28,00 \text{ mm} \quad (80,0\%)$$

- **Platow obciążona świetlikami i ciężarem pokrycia bez obciążenia śniegiem świetlików (strop Kleina)**

SCHEMAT BELKI



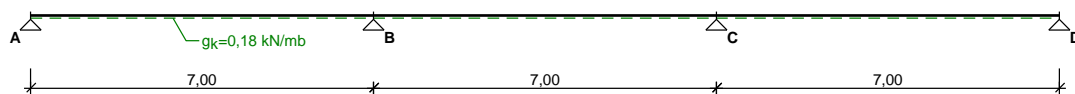
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

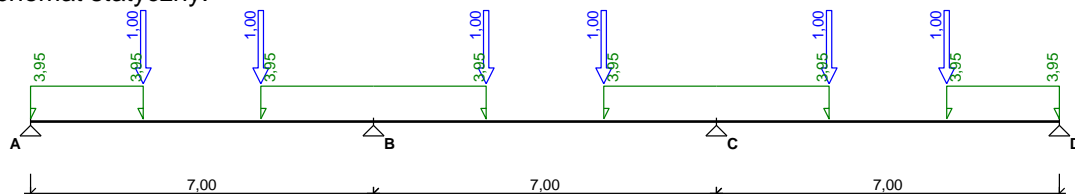
Przypadek **P1: Przypadek 1** ($\gamma_f = 1,15$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



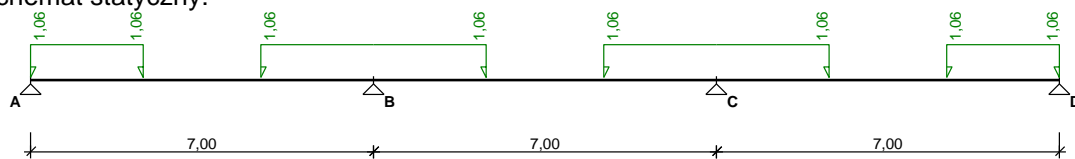
Przypadek **P2: stałe** ($\gamma_f = 1,20$)

Schemat statyczny:



Przypadek **P3: śnieg** ($\gamma_f = 1,5$)

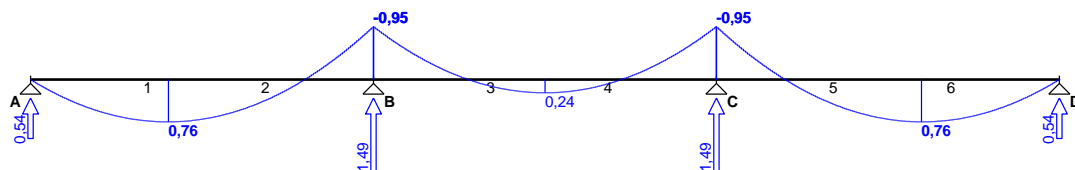
Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

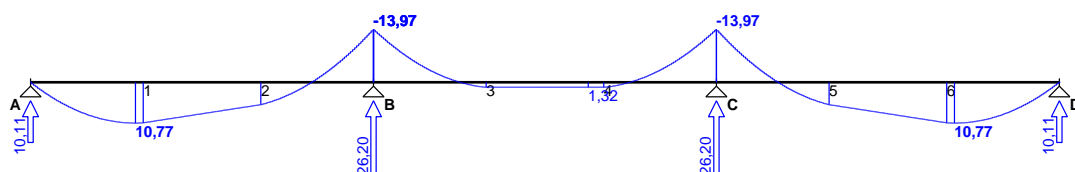
Przypadek **P1: Przypadek 1**

Momenty zginające [kNm]:



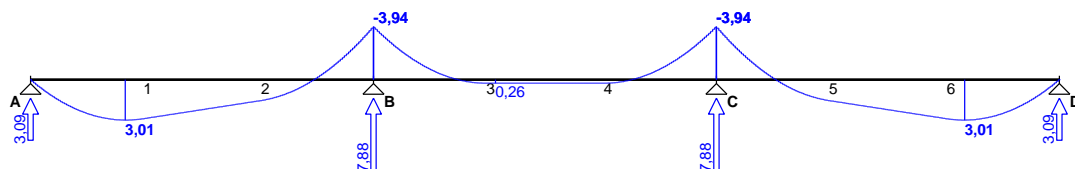
Przypadek **P2: stałe**

Momenty zginające [kNm]:



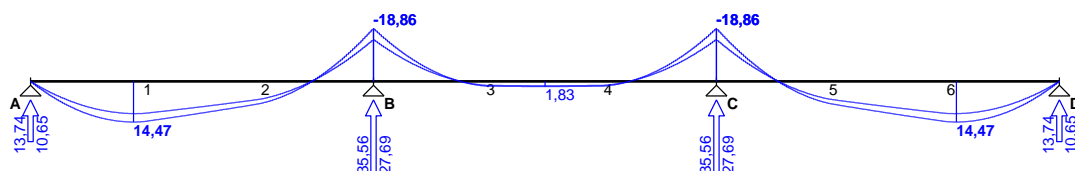
Przypadek **P3: śnieg**

Momenty zginające [kNm]:



Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:

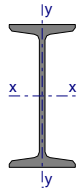


ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200Przekrój: **I 160**

$$A_v = 10,1 \text{ cm}^2, \quad m = 17,9 \text{ kg/m}$$

$$J_x = 935 \text{ cm}^4, \quad J_y = 54,7 \text{ cm}^4, \quad J_\omega = 3100 \text{ cm}^6, \quad J_T = 7,11 \text{ cm}^4, \quad W_x = 117 \text{ cm}^3$$

Stal: **St3**Nośności obliczeniowe przekroju:- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,080$) $M_R = 27,18 \text{ kNm}$ - ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 125,70 \text{ kN}$ **Belka**Nośność na zginaniePrzekrój z = 14,00 m (**K2**: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3)Współczynnik zwichrzenia $\varphi_L = 1,000$ Moment maksymalny $M_{\max} = -18,86 \text{ kNm}$

$$(52) \quad M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,694 < 1$$

Nośność na ścinaniePrzekrój z = 14,00 m (**K2**: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3)Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = 19,13 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{\max} / V_R = 0,152 < 1$$

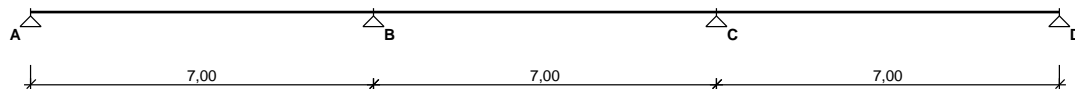
Nośność na zginanie ze ścinaniem

$$V_{\max} = (-)19,13 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 75,42 \text{ kN} \rightarrow \text{warunek niemiarodajny}$$

Stan graniczny użytkowaniaPrzekrój z = 17,98 m (**K2**: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3)Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 24,82 \text{ mm}$ Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 250 = 7000 / 250 = 28,00 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 24,82 \text{ mm} < f_{gr} = 28,00 \text{ mm} \quad (88,6\%)$$

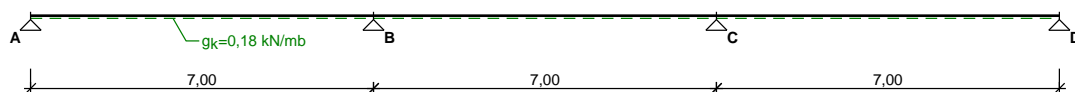
- **Płatew obciążona świetlikami: obciążeniem śniegiem świetlików + płyta żelbetowa**
1,50 kN/m²

SCHEMAT BELKI

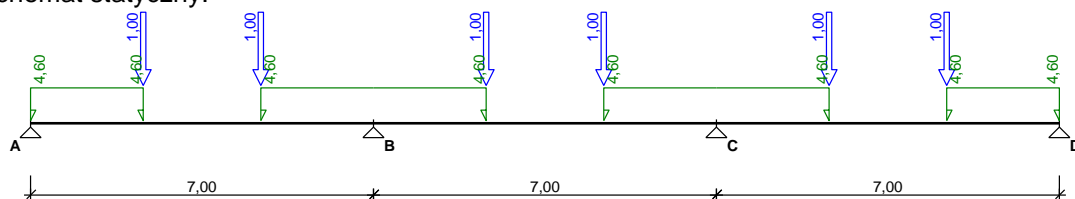
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki $\gamma_f = 1,10$ **OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI**Przypadek **P1: Przypadek 1** ($\gamma_f = 1,15$)

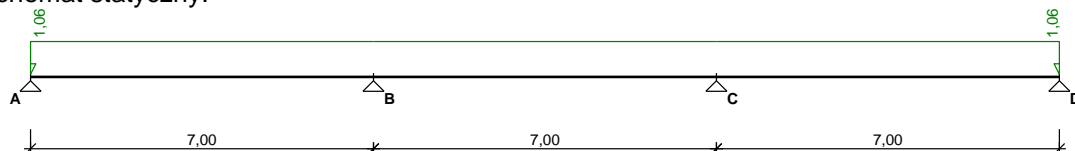
Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



Przypadek **P2: stałe** ($\gamma_f = 1,20$)
 Schemat statyczny:



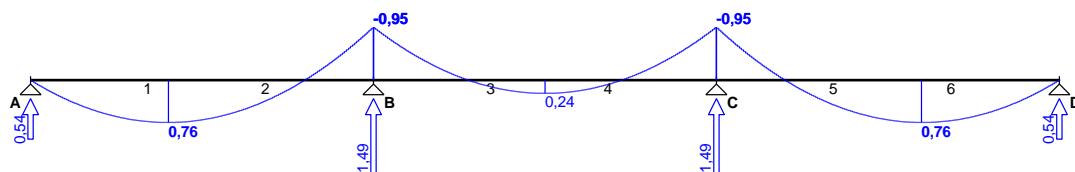
Przypadek **P3: śnieg** ($\gamma_f = 1,5$)
 Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

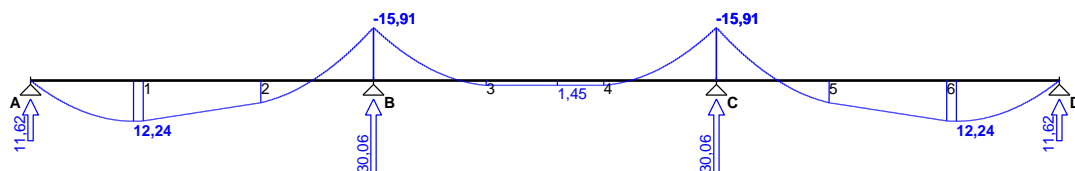
Przypadek **P1: Przypadek 1**

Momenty zginające [kNm]:



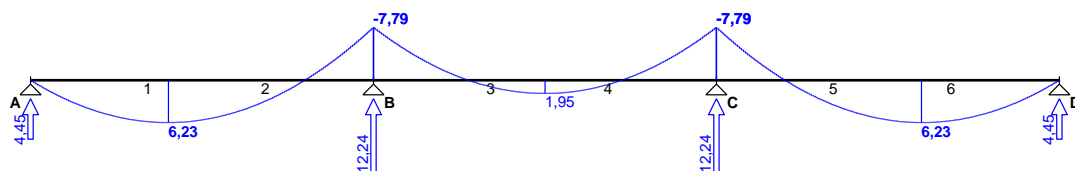
Przypadek **P2: stałe**

Momenty zginające [kNm]:



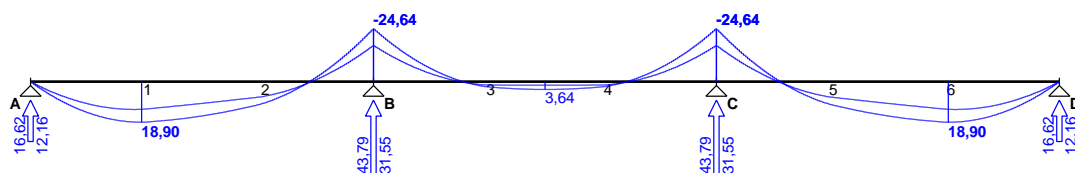
Przypadek **P3: śnieg**

Momenty zginające [kNm]:



Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:

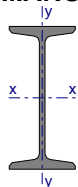


ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200

Przekrój: **I 160**

$A_v = 10,1 \text{ cm}^2$, $m = 17,9 \text{ kg/m}$

$J_x = 935 \text{ cm}^4$, $J_y = 54,7 \text{ cm}^4$, $J_\omega = 3100 \text{ cm}^6$, $J_T = 7,11 \text{ cm}^4$, $W_x = 117 \text{ cm}^3$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,080$) $M_R = 27,18 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 125,70 \text{ kN}$

Belka

Nośność na zginanie

Przekrój z = 14,00 m (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Współczynnik zwichrzenia $\varphi_L = 1,000$

Moment maksymalny $M_{\max} = -24,64 \text{ kNm}$

$$(52) \quad M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,907 < 1$$

Nośność na ścinanie

Przekrój z = 14,00 m (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = 23,66 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{\max} / V_R = 0,188 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{\max} = (-)23,66 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 75,42 \text{ kN} \rightarrow$ warunek niemiarodajny

Stan graniczny użytkowania

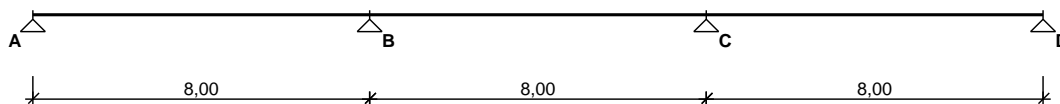
Przekrój z = 17,93 m (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 32,32 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 250 = 7000 / 200 = 28,00 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 32,32 \text{ mm} > f_{gr} = 28,00 \text{ mm} \quad (92,4\%)$$

➤ **Dla pola o długości 8,0m – obciążenie charakterystyczne 0,30 kN/m²**

SCHEMAT BELKI

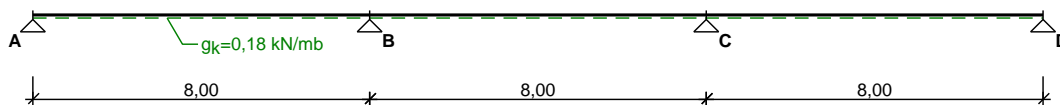
Parametry belki:

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

OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

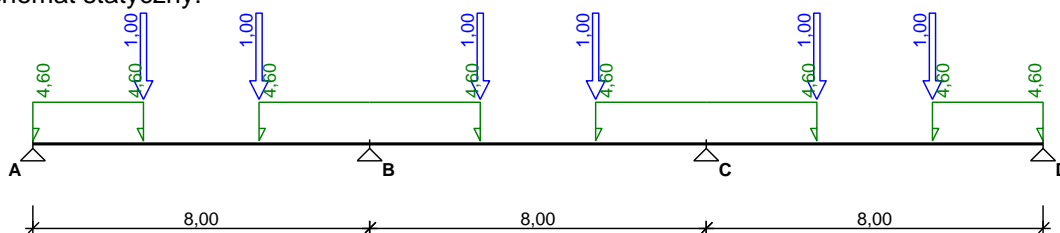
Przypadek **P1: Przypadek 1** ($\gamma_f = 1,15$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



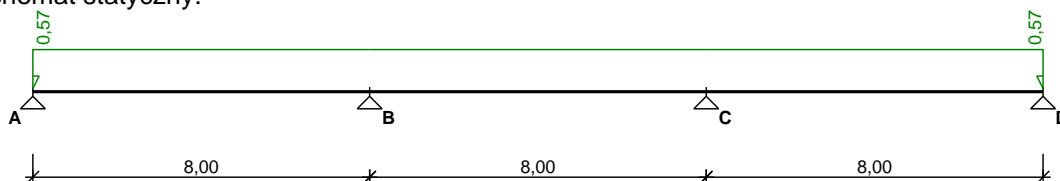
Przypadek **P2: stałe** ($\gamma_f = 1,20$)

Schemat statyczny:



Przypadek **P3: śnieg** ($\gamma_f = 1,5$)

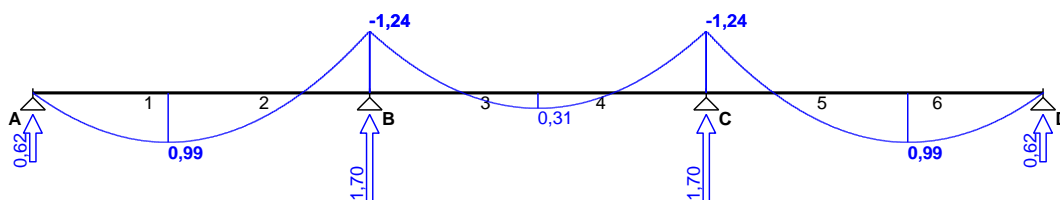
Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

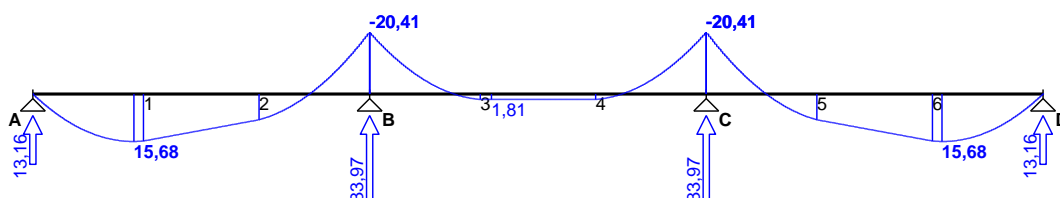
Przypadek **P1: Przypadek 1**

Momenty zginające [kNm]:



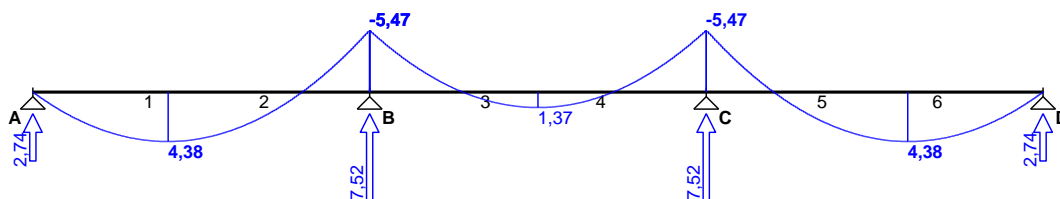
Przypadek **P2: stałe**

Momenty zginające [kNm]:



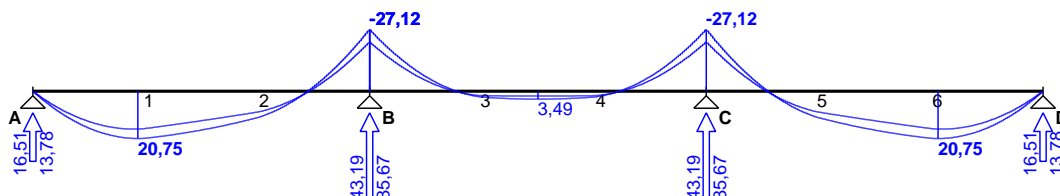
Przypadek **P3: śnieg**

Momenty zginające [kNm]:



Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



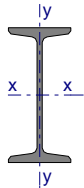
ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- belka zabezpieczona przed zwichrzeniem;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **I 160**

$A_v = 10,1 \text{ cm}^2$, $m = 17,9 \text{ kg/m}$

$J_x = 935 \text{ cm}^4$, $J_y = 54,7 \text{ cm}^4$, $J_\omega = 3100 \text{ cm}^6$, $J_T = 7,11 \text{ cm}^4$, $W_x = 117 \text{ cm}^3$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,080$) $M_R = 27,18 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1 $V_R = 125,70 \text{ kN}$

Belka

Nośność na zginanie

Przekrój $z = 16,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Współczynnik zwichrzenia $\varphi_L = 1,000$

Moment maksymalny $M_{\max} = -27,12 \text{ kNm}$

(52) $M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,998 < 1$

Nośność na ścinanie

Przekrój $z = 16,00 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = 23,29 \text{ kN}$

(53) $V_{\max} / V_R = 0,185 < 1$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{\max} = (-)23,29 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 75,42 \text{ kN} \rightarrow$ warunek niemiernodajny

Stan graniczny użytkowania

Przekrój $z = 20,50 \text{ m}$ (**K2**: $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$)

Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 47,21 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 200 = 8000 / 200 = 40,00 \text{ mm}$

$$f_{k,max} = 47,21 \text{ mm} > f_{gr} = 40,00 \text{ mm} \quad (118,0\%) \quad (!!!)$$

Analiza dźwigara:

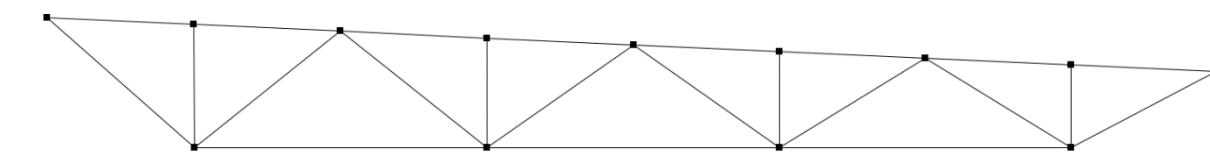
Przeprowadzono analizę dźwigara kratowego w przedmiotowej nawie 11 przy założeniach.

Pole o rozstawie 8,0 m

Obciążenie charakterystyczne śniegiem $0,56 \text{ kN/m}^2$.

Płatew skrajna w pełni obciążona

Płatwie nad świetlikami obciążone siłą skupioną 1 kN od ciężaru świetlików.

Geometria**Podpory i osiadania podpór w globalnym układzie współrzędnych:**

Nr	r_x	r_y	r_z	ϕ_x	ϕ_y	ϕ_z	Spreżystość [kN/m]			Spreżystość [kN/rad]		
							k_x	k_y	k_z	f_x	f_y	f_z
3	+	+	+									
4	+	+	+									

Grupy obciążeń:

Nazwa grupy	Nr	Rodzaj obciążeń	Charakter	Grupa aktywna	Oddziaływanie
Stałe	1	Stałe	stały	+	stałe
Ciężar własny	2	Stałe	stały	+	stałe
Śnieg	3	Zmienne	stały	+	śnieg (do 1000 m n.p.m.)

Oddziaływania grup obciążeń:

Oddziaływanie	$\gamma_{f,inf(min)}$	$\gamma_{f,sup(max)}$	Ψ_0 lub ξ	Wiodący ¹
stałe	1.0	1.35	0.85	
użytkowe (mieszkalne i biurowe)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (handlowe i zebrania)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (magazynowe)	-	1.5	1.0	+
użytkowe (pojazdy do 30kN)	-	1.5	0.7	+
użytkowe (pojazdy 30 - 160kN)	-	1.5	0.7	+

Oddziaływanie	$\gamma_{f,inf(min)}$	$\gamma_{f,sup(max)}$	Ψ_0 lub ξ	Wiodący ¹
użytkowe (dachy)	-	1.5	0.0	+
śnieg (do 1000 m n.p.m.)	-	1.5	0.5	+
śnieg (> 1000 m n.p.m.)	-	1.5	0.7	+
wiatr	-	1.5	0.6	+
temperatura	-	1.5	0.6	+

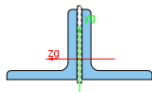
1) + Określa czy oddziaływanie zmienne ma być potencjalnie rozpatrywane jako wiodące

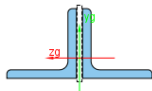
Obciążenia układu:

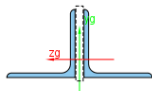
Obciążenia węzłowe

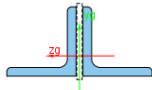
Grupa	Węzeł	Typ	Wartość	α [°]	β [°]	Kier.	Lok.
Śnieg	3	Siła węzłowa	4,80kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	4	Siła węzłowa	4,80kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	6	Siła węzłowa	9,42kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	7	Siła węzłowa	9,42kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	9	Siła węzłowa	9,42kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	10	Siła węzłowa	9,42kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	11	Siła węzłowa	9,42kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	12	Siła węzłowa	9,42kN	0,0	0,0	Z	
Śnieg	13	Siła węzłowa	9,42kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	3	Siła węzłowa	21,00kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	4	Siła węzłowa	14,15kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	6	Siła węzłowa	28,31kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	7	Siła węzłowa	28,31kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	9	Siła węzłowa	28,31kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	10	Siła węzłowa	28,31kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	11	Siła węzłowa	42,18kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	12	Siła węzłowa	42,18kN	0,0	0,0	Z	
Stałe	13	Siła węzłowa	28,31kN	0,0	0,0	Z	

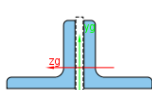
Parametry geometryczne i fizyczne elementów:

Nazwa	Z3-L 110x110x14				
Parametry przekroju	A = 58,04cm ²				
	J _x = 37,68cm ⁴	J _y = 636,2cm ⁴	J _z = 1 399,31cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 1 399,31cm ⁴	J _{zg} = 636,2cm ⁴		
	W _{y max} = 197,22cm ³		W _{y min} = 81,84cm ³		
	W _{z max} = 122,75cm ³		W _{z min} = 122,75cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

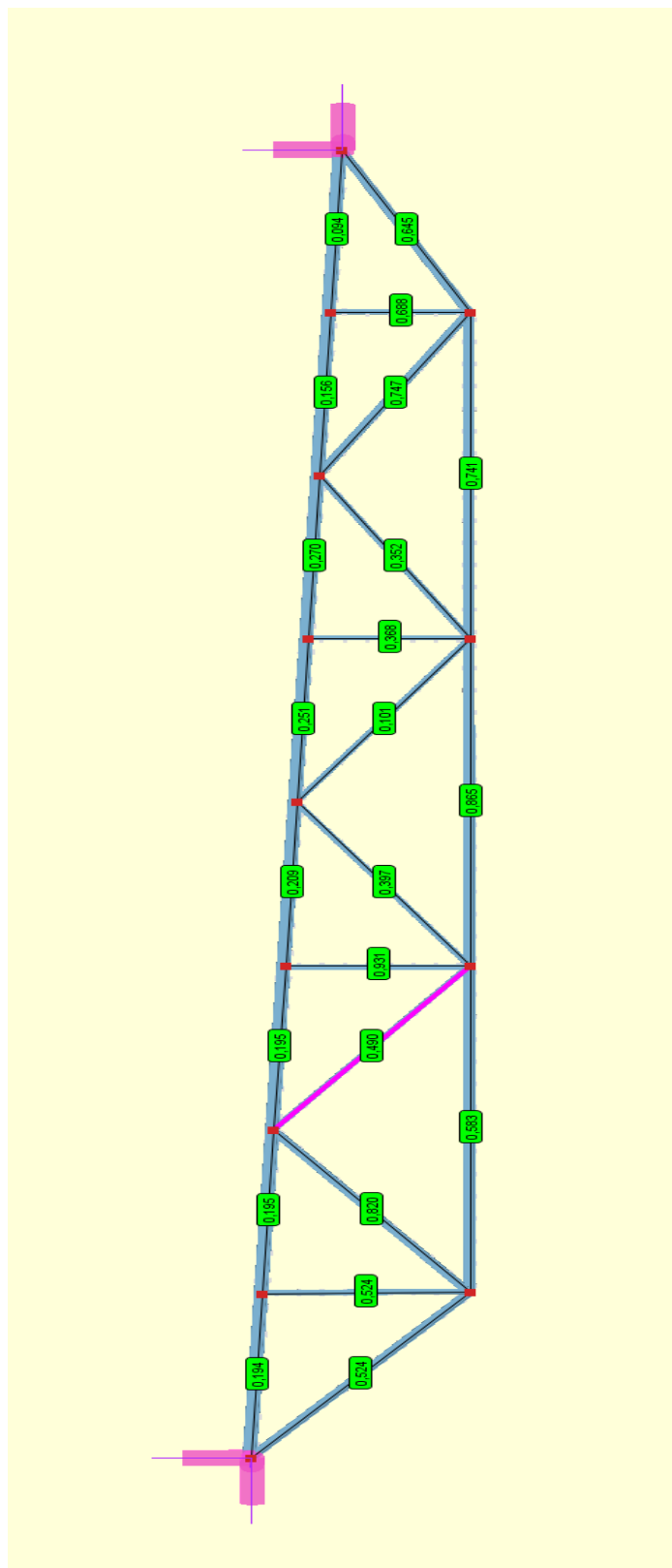
Nazwa	Z3-L 90x90x11				
Parametry przekroju	A = 37,44cm ²				
	J _x = 15cm ⁴	J _y = 275,27cm ⁴	J _z = 616,64cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 616,64cm ⁴	J _{zg} = 275,27cm ⁴		
	W _{y max} = 105,08cm ³		W _{y min} = 43,14cm ³		
	W _{z max} = 65,6cm ³		W _{z min} = 65,6cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 60x60x4				
Parametry przekroju	A = 9,42cm ²				
	J _x = 0,49cm ⁴	J _y = 31,55cm ⁴	J _z = 69,05cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 69,05cm ⁴	J _{zg} = 31,55cm ⁴		
	W _{y max} = 19,77cm ³		W _{y min} = 7,16cm ³		
	W _{z max} = 10,79cm ³		W _{z min} = 10,79cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 80x80x10				
Parametry przekroju	A = 30,22cm ²				
	J _x = 10cm ⁴	J _y = 175cm ⁴	J _z = 401,18cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 401,18cm ⁴	J _{zg} = 175cm ⁴		
	W _{y max} = 74,91cm ³		W _{y min} = 30,9cm ³		
	W _{z max} = 47,76cm ³		W _{z min} = 47,76cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Nazwa	Z3-L 60x60x10				
Parametry przekroju	A = 22,14cm ²				
	J _x = 7,33cm ⁴	J _y = 69,86cm ⁴	J _z = 181,48cm ⁴		
	α _{y-yg} = 90°	J _{yg} = 181,48cm ⁴	J _{zg} = 69,86cm ⁴		
	W _{y max} = 37,85cm ³		W _{y min} = 16,82cm ³		
	W _{z max} = 28,36cm ³		W _{z min} = 28,36cm ³		
Material	Stal EN S235	E = 210GPa	G = 81GPa	Cieź. = 78,5kN/m ³	

Wyniki



Podsumowanie :

Z powyższej analizy wynika że w przedmiotowym obiekcie płatew skrajna nieobciążona świetlikami nie spełnia warunków normowych. Nośność jest wykorzystana w 100%. Przy dodatkowym obciążeniu normowym śniegiem nośność jest przekroczona o ponad 35%.

Przedmiotową konstrukcję dachu należy wzmocnić. Do czasu wzmocnienia, w przypadku wystąpienia opadów śniegu należy niezwłocznie rozpocząć odśnieżanie w pasie przy okapie o szerokości min. 4,0 m.

Dla pól o szerokości 7,0 m maksymalne obciążenie śniegiem wynosi 0,45 kN/m².

Dla pola o długości 8,0 m – 0,35kN/m².

Ze względu na przekroczenie nośności skrajnej płatwi w części nad świetlikami maksymalne obciążenie śniegiem przyjęto na poziomie 0,30 kN/m².

6. TABELA ZBIORCZA

Obiekt nr	Obiekt Nazwa / część	Dopuszczalne obciążenie śniegiem	Grubość pokrywy śnieżnej w zależności od ciężaru objętościowego śniegu				
			śnieg świeży 1kN/m ³	śnieg osiadły 2kN/m ³	śnieg stary 3kN/m ³	śnieg mokry 4kN/m ³	śnieg złodowaciały 7kN/m ³
		[kN/m ²]	[m]				
A2	Nawa 1,2,3	0,60	0,60	0,30	0,20	0,15	0,09
	Nawa 5	0,56	0,56	0,28	0,18	0,14	0,08
	Nawa 4,6,7	0,60	0,60	0,30	0,20	0,15	0,09
	Nawa 8	0,56	0,56	0,28	0,18	0,14	0,08
	Nawa 9,10 część z płytami żużłobetonowymi	0,50	0,50	0,25	0,17	0,13	0,08
	Nawa 9,10 część z pokryciem drewnianym	0,30	0,30	0,15	0,10	0,07	0,03
	Nawa 11	0,30	0,30	0,15	0,10	0,07	0,04
	Nawa 11 część przy okapie szer. 4,0 m	Brak możliwości dociążenia, śnieg z pasma należy niezwłocznie usuwać po wystąpieniu opadów do czasu wzmocnienia konstrukcji.					

7. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych oględzin, analiz i obliczeń stwierdza się, że:

- W projekcie odśnieżania dachu hali A2 po wykonanej analizie dopuszczalne obciążenie śniegiem przedstawiono w pkt 6 ekspertyzy.
- Należy zwracać szczególną uwagę na powstawanie worków śnieżnych oraz zasp przy ścianach budynku oraz między poszczególnymi nawami.
- Elementy konstrukcji i wykończenia hali nie wykazują uszkodzeń wymagających natychmiastowych i zdecydowanych działań. Należy jednak systematycznie przeglądać obiekt i reagować na jakiegokolwiek uszkodzenia.
- Z powyższej analizy wynika że w przedmiotowym obiekcie w nawie 11 płatew skrajna nieobciążona świetlikami nie spełnia warunków normowych. Nośność jest wykorzystana w 100% . Przy dodatkowym obciążeniu normowym śniegiem nośność jest przekroczona. Przedmiotowa konstrukcja dachu należy wzmocnić. Do czasu wzmocnienia, przy każdych opadach śniegu należy niezwłocznie rozpocząć odśnieżanie głównie w pasmie przy okapie o szerokości min 4,0 m.
- w punkcie 4 opracowania oszacowano stan techniczny elementów konstrukcji i wykończenia obiektu oraz przyjęto stopnie pilności napraw.