

**ZAŁĄCZNIK NR 1**  
**EKSPERTYZA KONSTRUKCJI HALI D11A POD KĄTEM OBCIĄŻENIA ŚNIEGIEM**  
**DO PROJEKTU ODŚNIEŻANIA DACHU HALI D11A 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 2**

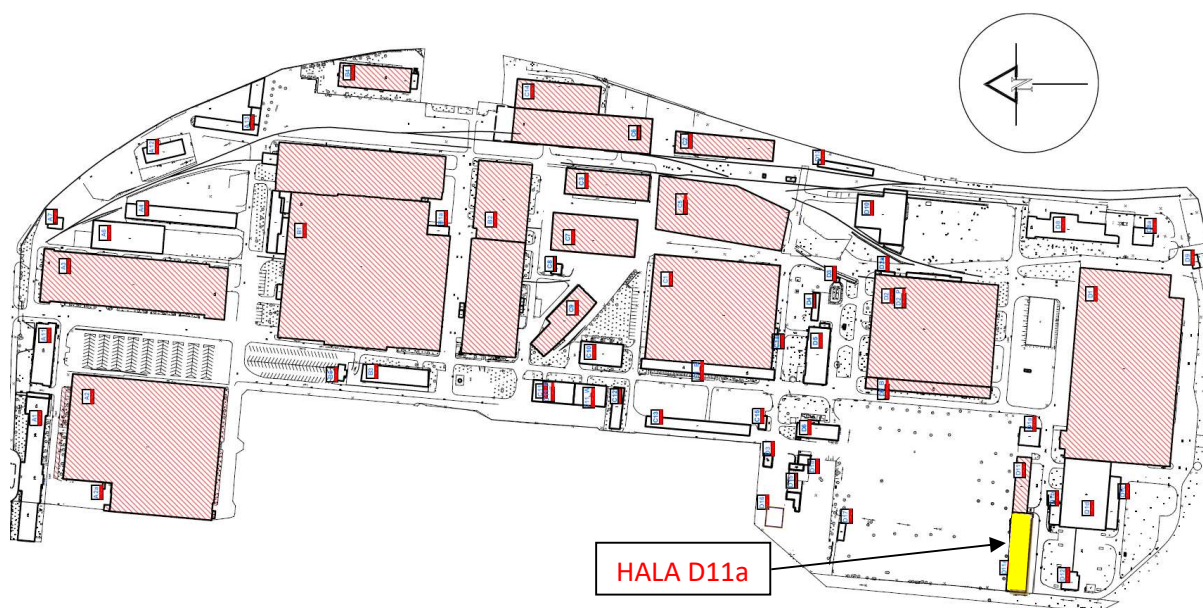
### **EKSPERTYZA KONSTRUKCJI HALI C7 POD KĄTEM OBCIĄŻENIA ŚNIEGIEM DO PROJEKTU ODŚNIEŻANIA DACHU HALI D11a NA TERENIE ZAKŁADU DOZAMEL, WROCŁAW UL FABRYCZNA 10**

#### **SPIS ZAWARTOŚCI:**

<b>1. PRZEDMIOT I CEL OPRACOWANIA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. PODSTAWY OPRACOWANIA.....</b>	<b>2</b>
<b>3. OGÓLNY OPIS HALI .....</b>	<b>3</b>
<b>4. OPIS STANU TECHNICZNEGO ISTNIEJĄCEGO OBIEKTU .....</b>	<b>3</b>
<b>5. OBLICZENIA STATYCZNE .....</b>	<b>5</b>
<b>5.1 PODSTAWA WYKONANIA OBLICZEŃ.....</b>	<b>5</b>
<b>5.2. OPIS WYKONANYCH OBLICZEŃ .....</b>	<b>5</b>
<b>5.3 ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ .....</b>	<b>6</b>
<b>5.3.1 Obciążenia stałe .....</b>	<b>6</b>
<b>5.3.2 Obciążenia śniegiem .....</b>	<b>6</b>
<b>5.3.3. Obciążenia wiatrem .....</b>	<b>7</b>
<b>5.4. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA.....</b>	<b>8</b>
<b>5.4.1. Blacha trapezowa T50/0,75 .....</b>	<b>8</b>
<b>5.4.2. Płatew Z200/2,5 .....</b>	<b>9</b>
<b>5.4.3. Konstrukcja ramy .....</b>	<b>11</b>
<b>6. WNIOSKI .....</b>	<b>17</b>

## 1. PRZEDMIOT I CEL OPRACOWANIA

Opracowanie zawiera ekspertyzę techniczną hali D11a zlokalizowanej 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. Projekt budowlany „Rozbudowa hali magazynowej D11”. Przedsiębiorstwo Konsultingowo-Inżynieryjne „Predom” sp. z o.o. lipiec 2014 r.
- 2.3. Dokumentacja powykonawcza „Rozbudowa hali magazynowej D11”. Oz-bud sp. z o.o. Lipiec 2015r.
- 2.4. Wizja przeprowadzona w dniach 27.09, 13.10, 14.10.2021 r.
- 2.5. Dokumentacja fotograficzna,
- 2.6. Informacje uzyskane od użytkownika obiektu,
- 2.7. PN-EN 1991-1-1 Oddziaływanie na konstrukcje. Ciężar objętościowy, ciężar własny. Obciążenia użytkowe w budynkach
- 2.8. PN-EN 1991-1-3 Oddziaływanie na konstrukcje. Obciążenie śniegiem
- 2.9. Weryfikacyjne pomiary z natury
- 2.10. PN-EN-1993-1-1 Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły ogólne i reguły dla budynków

## 2.11. PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe - Obliczenia statyczne i projektowanie

**3. OGÓLNY OPIS HALI**

Konstrukcję hali D11a stanowią ramy jednonawowe w układzie poprzecznym. Wymiary w rzucie hali 18,8 m x 59,9 m. Słupy ram wykonano z profili gorącowalcowanych o sztywno mocowane w fundamentach. Rygle dachowe dwuteowe o przekroju IPE500. Obudowę stanowi blacha trapezowa posadowiona na zimnogiętych profilach zetowych. Pokrycie dachowe wykonano z papy (ocieplenie wełną mineralną gr.20cm).



Rys. 2. Lokalizacja przedmiotowego obiektu

**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 hali oraz budynku biurowego

Element konstrukcji lub wykończenia budynku	Stan techniczny
Fundamenty	Żelbetowe. Nie zaobserwowano oznak mogących świadczyć o osiadaniu budynku - stan dobry.
Ściany	Obudowa hali - stan dobry
Słupy	Słupy stalowe - stan dobry
Konstrukcja dachu	Konstrukcja stalowa - stan dobry
Pokrycie dachu	Papa - stan dobry
Obróbki blacharskie i układ rynien i rur spustowych	Odwodnienie - stan dobry



Kominy ponad dachem	Wywiewki wentylacyjne - stan dobry
Świetliki dachowe	Stan dobry

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

#### C) Dokumentacja archiwalna

#### D) Wizja lokalna

### 5.2. OPIS WYKONANYCH OBLICZEŃ

Obliczenia wykonano dla elementów dachu hali D11a.

Sprawdzona została nośność blachy fałdowej, dźwigarów w układzie płaskim, bez uwzględniania przestrzennej pracy konstrukcji.

W obliczeniach uwzględniono obciążenie wiatrem na połacie dachową, ze względu na nachylenie połaci (kąt nachylenia  $14,3^\circ$ ).

Obciążenia od warstw dachowych oraz przekroje elementów stalowych dachu przyjęto na podstawie dokumentacji archiwalnej, informacji od Inwestora oraz pomiarów konstrukcji.

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

### 5.3 ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

#### 5.3.1 Obciążenia stałe

Nr	Rodzaj obciążenia	wartość	jednostka	mnożnik [m]	obc. charakt. [kN/m <sup>2</sup> ]	współcz. obc.	obc. oblicz. [kN/m <sup>2</sup> ]
	<b>OBCIĄŻENIE DACHU</b>						
1	2 x papa na lepiku	11,0	kN/m <sup>3</sup>	0,01	0,11	1,35	0,148
2	Wełna mineralna 20cm	2,00	kN/m <sup>3</sup>	0,20	0,40	1,35	0,54
3	Blacha trapezowa T50/0,75	0,068	kN/m <sup>2</sup>	1	0,068	1,35	0,092
		Razem obc. stałe q <sub>a</sub>			<b>0,578</b>	1,35	<b>0,78</b>

#### 5.3.2 Obciążenia śniegiem

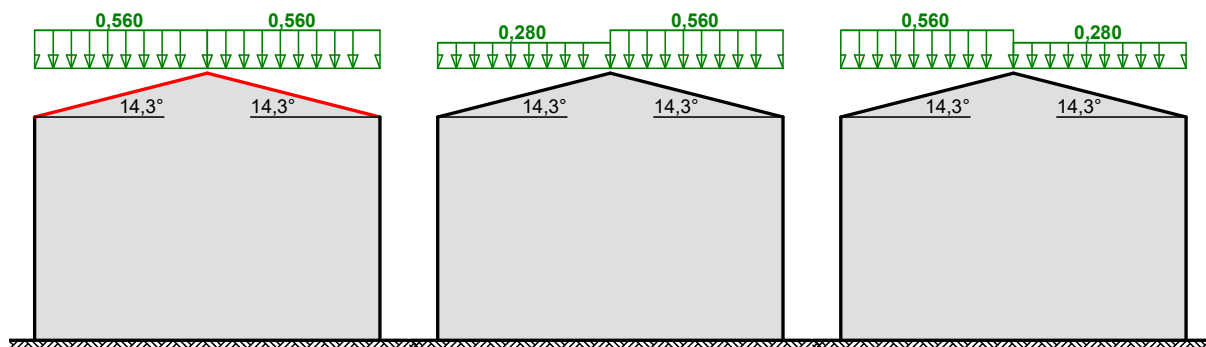
##### Obciążenie śniegiem wg PN-EN 1991-1-3 / Dachy dwupołaciowe (p.5.3.3)

przypadek (i)

przypadek (ii)

przypadek (iii)

 s [kN/m<sup>2</sup>]



##### Połąć dachu obciążonego równomiernie - przypadek (i):

- Dach dwupołaciowy
- Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu (wg Załącznika krajowego NA):
  - strefa obciążenia śniegiem 1; A = 120 m n.p.m. →
  - $s_k = 0,007 \cdot A - 1,4 = -0,560 \text{ kN/m}^2 < 0,7 \text{ kN/m}^2 \rightarrow s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$
- Warunki lokalizacyjne: normalne, przypadek A (brak wyjątkowych opadów i brak wyjątkowych zamieci)
- Sytuacja obliczeniowa: trwała lub przejściowa
- Współczynnik ekspozycji:
  - teren normalny →  $C_e = 1,0$
- Współczynnik termiczny →  $C_t = 1,0$
- Współczynnik kształtu dachu:
  - nachylenie połaci  $\alpha = 14,3^\circ$
  - $\mu_1 = 0,8$

### Obciążenie charakterystyczne:

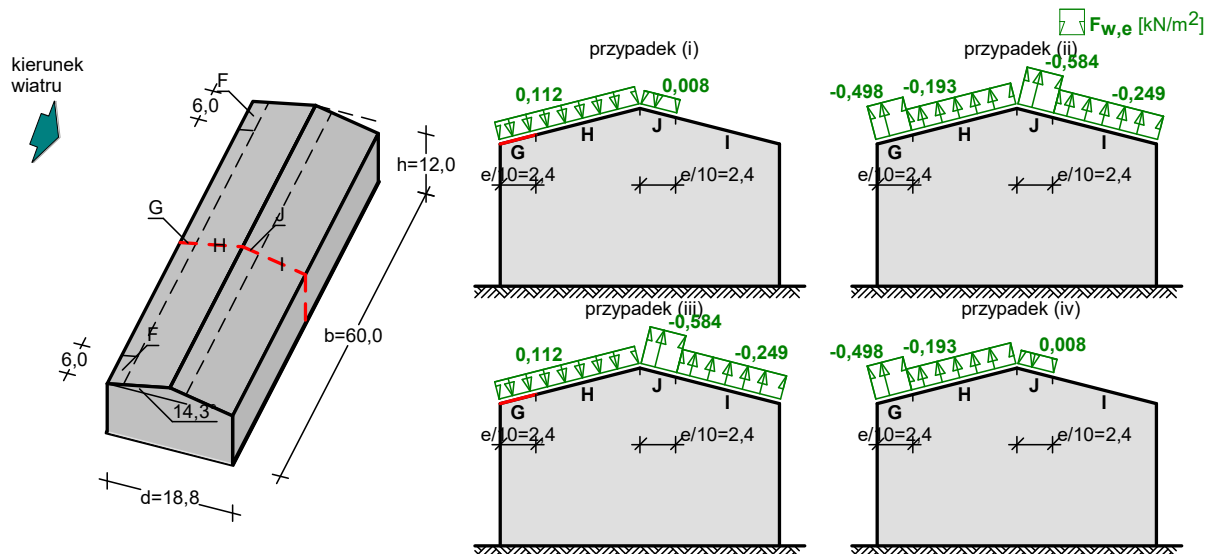
$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,700 = \mathbf{0,560 \text{ kN/m}^2}$$

### Worki śnieżne

W przedmiotowej hali nie występują uskoki połaci dachowej – nie uwzględniono w obliczeniach możliwości wystąpienia worków śnieżnych.

### 5.3.3. Obciążenia wiatrem

#### Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4 / Dachy dwuspadowe (p.7.2.5)



#### Połacie w przekroju x/b = 0,50 - pole G - parcie:

- Dach dwuspadowy o wymiarach:  $b = 60,0 \text{ m}$ ,  $d = 18,8 \text{ m}$ , kąt nachylenia połaci  $\alpha = 14,3^\circ$
- Budynek o wysokości  $h = 12,0 \text{ m}$
- Wymiar  $e = \min(b, 2 \cdot h) = 24,0 \text{ m}$
- Wiatr wiejący na ścianę boczną,  $\theta = 0^\circ$
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (wg Załącznika krajowego NA):
  - strefa obciążenia wiatrem 1;  $A = 120 \text{ m n.p.m.} \rightarrow v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$
- Współczynnik kierunkowy:  $c_{dir} = 1,0$
- Współczynnik sezonowy:  $c_{season} = 1,00$
- Bazowa prędkość wiatru:  $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22,00 \text{ m/s}$
- Wysokość odniesienia:  $z_e = h = 12,00 \text{ m}$
- Kategoria terenu III  $\rightarrow$  współczynnik chropowatości:  $c_r(z_e) = 0,8 \cdot (12,0/10)^{0,19} = 0,83$  (wg Załącznika krajowego NA.6)
- Współczynnik rzeźby terenu (orografii):  $c_o(z_e) = 1,00$
- Średnia prędkość wiatru:  $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 18,22 \text{ m/s}$
- Intensywność turbulencji:  $I_v(z_e) = 0,271$
- Gęstość powietrza:  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- Wartość szczytowa ciśnienia prędkości:
  - $q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 601,2 \text{ Pa} = 0,601 \text{ kPa}$
- Współczynnik konstrukcyjny:  $c_{sCd} = 1,000$
- Współczynnik ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe} = c_{pe,10} = 0,186$

#### Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_{sCd} \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,601 \cdot 0,186 = \mathbf{0,112 \text{ kN/m}^2}$$



W celu uproszczenia obliczeń w dalszej części opracowania uwzględniono jedynie parcie wiatru na połac dachową o wartości charakterystycznej równej **0,112 kN/m<sup>2</sup>**.

## 5.4. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA

### 5.4.1. Blacha trapezowa T50/0,75

Wg pomiarów z natury wysokość fałdy blachy trapezowej została zmierzona i wynosi ok. 5 cm – do obliczeń przyjęto blachę konstrukcyjną T50/0,75. Podstawowy rozstaw płatwi dla hali D11a wynosi ok. 1,6m.

Na podstawie tablic Pruszyński, max. dopuszczalne obciążenie dla blachy T50P w układzie 3-przęsłowym i dla podparcia co 1,75 m wynosi:

SGN:  $q_{dop} = 6,20 \text{ kN/m}^2$  (stan graniczny nośności, obciążenia obliczeniowe)

SGU (L/150):  $q_{dop} = 6,20 \text{ kN/m}^2$  (stan graniczny ugięć, obciążenia charakterystyczne)

Obciążenie SGN obliczeniowe, podstawowe (obciążenie stałe + obciążenie śniegiem podstawowe + obciążenie wiatrem) wynosi:

$$= 0,578 \times 1,35 + 0,56 \times 1,5 + 0,112 \times 1,5 = 1,79 \text{ kN/m}^2 < q_{dop} = 6,20 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie SGU (obciążenie stałe + obciążenie śniegiem podstawowe) wynosi:

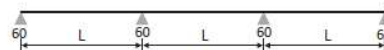
$$= 0,578 + 0,56 + 0,112 = 1,25 \text{ kN/m}^2 < q_{dop} = 6,20 \text{ kN/m}^2$$

### Wniosek:

Blacha trapezowa T50 o przyjętej grubości 0,75 mm przenosi obciążenia śniegiem podstawowe. Wytwężenie blachy wynosi max. 29%.

**BELKA TRÓJPRZĘŚŁOWA**

**POZYTYW**



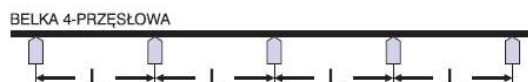
Gru- bość	Jx [cm4]	Ciężar (kN/m²)	Przy- padek	Dopuszczalne obciążenia ciągłe równomiernie rozłożone w kN/m² przy rozpiętości L(m)																
				1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
0,50	min/max 15,02 19,73	0,045	SGN	7,08	5,15	3,94	3,12	2,53	2,10	1,78	1,52	1,32	1,15	1,02	0,90	0,81	0,73	0,66	0,60	0,55
			L/150	7,08	5,15	3,94	3,12	2,53	2,10	1,78	1,51	1,21	0,99	0,81	0,67	0,56	0,48	0,41	0,35	0,30
			L/200	7,08	5,15	3,94	3,12	2,53	2,08	1,60	1,24	0,98	0,79	0,64	0,53	0,44	0,37	0,31	0,27	0,23
			L/300	7,08	5,15	3,94	3,11	2,21	1,61	1,21	0,93	0,72	0,57	0,46	0,38	0,31	0,26	0,22	0,19	0,16
0,63	21,96 26,51	0,057	SGN	10,73	7,75	5,88	4,63	3,75	3,10	2,60	2,22	1,92	1,67	1,47	1,31	1,17	1,05	0,95	0,86	0,79
			L/150	10,73	7,75	5,88	4,63	3,75	3,10	2,60	2,15	1,72	1,39	1,13	0,93	0,78	0,65	0,55	0,47	0,41
			L/200	10,73	7,75	5,88	4,63	3,75	2,96	2,25	1,74	1,37	1,09	0,88	0,72	0,60	0,50	0,42	0,36	0,31
			L/300	10,73	7,75	5,88	4,41	3,12	2,24	1,66	1,26	0,98	0,77	0,62	0,51	0,42	0,35	0,30	0,25	0,22
0,70	24,19 30,18	0,064	SGN	12,91	9,29	7,03	5,53	4,46	3,68	3,09	2,64	2,27	1,98	1,74	1,55	1,38	1,24	1,12	1,02	0,93
			L/150	12,91	9,29	7,03	5,53	4,46	3,68	3,09	2,52	2,01	1,62	1,31	1,07	0,89	0,75	0,63	0,54	0,47
			L/200	12,91	9,29	7,03	5,53	4,46	3,46	2,64	2,02	1,57	1,25	1,01	0,82	0,68	0,57	0,48	0,41	0,36
			L/300	12,91	9,29	7,03	5,15	3,60	2,57	1,90	1,44	1,12	0,88	0,71	0,57	0,47	0,39	0,33	0,28	0,24
0,75	26,99 32,72	0,068	SGN	14,55	10,45	7,90	6,20	5,00	4,12	3,46	2,95	2,54	2,21	1,94	1,72	1,54	1,38	1,25	1,13	1,02
			L/150	14,55	10,45	7,90	6,20	5,00	4,12	3,46	2,79	2,22	1,77	1,43	1,17	0,97	0,81	0,69	0,59	0,51
			L/200	14,55	10,45	7,90	6,20	5,00	3,83	2,90	2,21	1,72	1,36	1,10	0,90	0,74	0,62	0,53	0,45	0,39
			L/300	14,55	10,45	7,90	5,71	3,94	2,81	2,07	1,56	1,20	0,95	0,76	0,62	0,51	0,42	0,36	0,30	0,26
0,88	34,72 38,39	0,080	SGN	19,17	13,71	10,33	8,08	6,50	5,35	4,48	3,81	3,28	2,85	2,51	2,22	1,98	1,78	1,60	1,43	1,29
			L/150	19,17	13,71	10,33	8,08	6,50	5,35	4,48	3,50	2,73	2,17	1,75	1,43	1,18	0,99	0,84	0,71	0,61
			L/200	19,17	13,71	10,33	8,08	6,50	4,82	3,56	2,70	2,10	1,66	1,33	1,08	0,89	0,74	0,63	0,53	0,46
			L/300	19,17	13,71	10,33	7,10	4,76	3,34	2,44	1,83	1,41	1,11	0,89	0,72	0,60	0,50	0,42	0,36	0,30
1,00	41,76 43,62	0,091	SGN	24,06	17,17	12,92	10,09	8,11	6,67	5,58	4,74	4,08	3,55	3,11	2,75	2,45	2,20	1,97	1,76	1,59
			L/150	24,06	17,17	12,92	10,09	8,11	6,67	5,42	4,12	3,20	2,52	2,02	1,64	1,35	1,13	0,95	0,81	0,69
			L/200	24,06	17,17	12,92	10,09	7,93	5,66	4,16	3,12	2,41	1,89	1,51	1,23	1,01	0,85	0,71	0,61	0,52
			L/300	24,06	17,17	12,83	8,08	5,41	3,80	2,77	2,08	1,60	1,26	1,01	0,82	0,68	0,56	0,48	0,40	0,35

### 5.4.2. Płatew Z200/2,5

Wg pomiarów z natury grubości ścianki zetownika wynosiła ok. 2,5 mm (przyjęto płatew BP/Z200x55/48x2.50). Podstawowy rozstaw płatwi dla hali D11a wynosi ok. 1,6 m.

Na podstawie tablic Pruszyński, max. obciążenie dla profilu zetowego w układzie 5-przęsłowym o rozpiętości 6,6 m oraz rozstawie 1,5 m wynosi 2,14 kN/m<sup>2</sup> dla rzeczywistego rozstawu, który wynosi ok. 1,6 m dopuszczalne obciążenie wyznaczono z interpolacji i wynosi 2,03 kN/m<sup>2</sup>.

**TABELA NOŚNOŚCI ZETOWNIKÓW**  
dla belki 4-przęsłowej (gatunek stali S350)  
(nośność wyliczona zgodnie z wyszczególnionymi w opisie  
uwagami i przyjętymi warunkami)



ROZPIĘTOŚĆ 6,6 m

Oznaczenie	Masa [kg/mb]	Tężnik	Obciążenie Qd [kN/m <sup>2</sup> ] przy rozstawie [m]					Obciążenie [kN/mb]		
			1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	Qd + N=10	Wd	q L/200
BP/Z100x53/48x1.50	4.14	2	0.95	0.64	0.48	0.38	0.32	0.78	-1.23	0.55
x2.00	5.43	2	1.27	0.84	0.63	0.51	0.42	1.09	-1.65	0.71
x2.50	6.69	2	1.58	1.05	0.79	0.63	0.53	1.43	-2.10	0.86
x3.00	7.90	2	1.90	1.27	0.95	0.76	0.63	1.76	-2.58	1.00
BP/Z150x53/48x1.50	5.07	2	1.44	0.96	0.72	0.58	0.48	1.17	-2.00	1.44
x2.00	6.68	2	1.95	1.30	0.97	0.78	0.65	1.67	-2.83	1.93
x2.50	8.24	2	2.39	1.60	1.20	0.96	0.80	2.14	-3.58	2.35
x3.00	9.77	2	2.82	1.88	1.41	1.13	0.94	2.58	-4.35	2.75
BP/Z200x53/48x1.50	5.99	2	1.80	1.20	0.90	0.72	0.60	1.44	-2.73	1.80
x2.00	7.91	2	2.57	1.71	1.28	1.03	0.86	2.15	-3.95	2.57
BP/Z280x53/48x1.50	7.48	2	2.51	1.67	1.25	1.00	0.84	1.94	-4.01	2.51
x2.00	9.89	2	3.52	2.35	1.76	1.41	1.17	3.02	-5.84	3.52
BP/Z200x55/48x2.50	9.84	2	3.21	2.14	1.61	1.29	1.07	2.81	-5.26	3.21
x3.00	11.69	2	3.77	2.51	1.88	1.51	1.26	3.40	-6.45	3.77
BP/Z280x55/48x2.50	12.32	2	4.64	3.09	2.32	1.86	1.55	4.17	-7.71	4.64
x3.00	14.66	2	5.59	3.73	2.80	2.24	1.86	5.06	-9.83	5.59
BP/Z100x68/60x1.50	4.71	2	0.98	0.66	0.49	0.39	0.33	0.85	-1.35	0.66
x2.00	6.25	2	1.54	1.03	0.77	0.62	0.51	1.38	-1.90	0.86
x2.50	7.65	2	1.90	1.27	0.95	0.76	0.63	1.75	-2.37	1.04
x3.00	9.13	2	2.31	1.54	1.15	0.92	0.77	2.16	-2.94	1.22

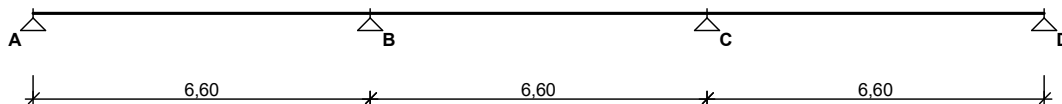
Obciążenie SGN obliczeniowe, podstawowe (obciążenie stałe + obciążenie śniegiem podstawowe) wynosi:

$= 0,578 \times 1,35 + 0,56 \times 1,5 + 0,112 \times 1,5 = 1,79 \text{ kN/m}^2 < q_{\text{dop}} = 2,03 \text{ kN/m}^2$  co daje 88% obciążenia dopuszczalnego.

#### Obciążenie od płatwi

Płatew Z200

#### SCHEMAT BELKI



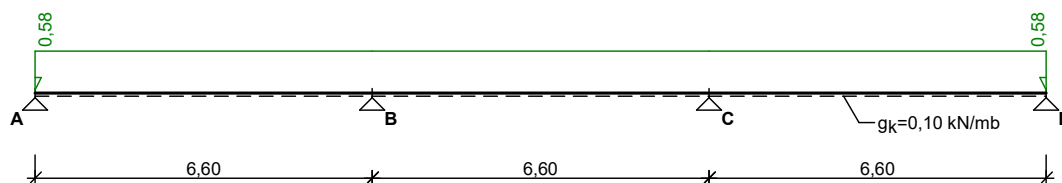
Parametry belki

- masa belki  $m = 9,9 \text{ kg/m}$

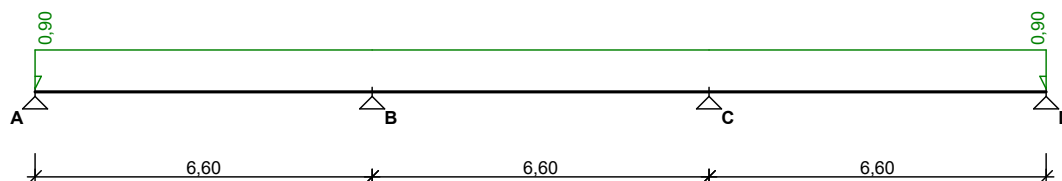
#### OBCIĄŻENIA CHARAKTERYSTYCZNE BELKI

**Przypadek G1: Stałe** (stałe)

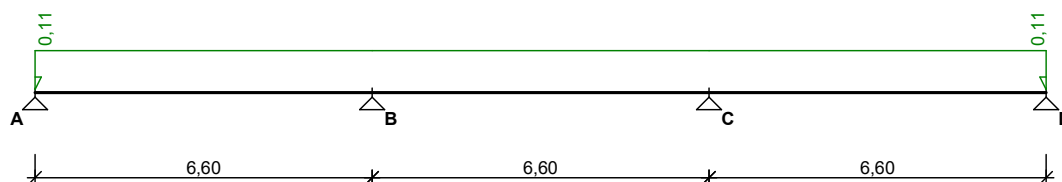
Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):


**Przypadek Q1: Śnieg** (zmiennie,  $\Psi_0 = 0,70$ ,  $\Psi_1 = 0,50$ ,  $\Psi_2 = 0,20$ )

Schemat statyczny:


**Przypadek Q2: Przypadek 3** (zmiennie,  $\Psi_0 = 0,60$ ,  $\Psi_1 = 0,20$ ,  $\Psi_2 = 0,00$ )

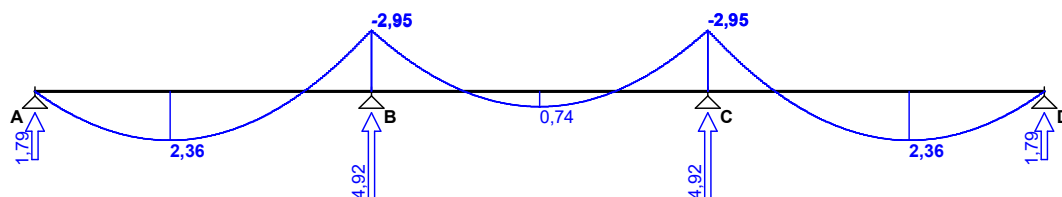
Schemat statyczny:


**Tablica opisu kombinacji automatycznych:**

Nazwa kombinacji	Typ kombinacji	Wzór
K1: 1,35·Stałe	SGN podstawowa STR	wg tablica A1.2(B), wzór (6.10)
K2: 1,35·Stałe+1,5·Śnieg	SGN podstawowa STR	wg tablica A1.2(B), wzór (6.10)
K3: 1,35·Stałe+1,5·Śnieg+1,5·0,60·Przypadek 3	SGN podstawowa STR	wg tablica A1.2(B), wzór (6.10)
K4: 1,35·Stałe+1,5·Przypadek 3	SGN podstawowa STR	wg tablica A1.2(B), wzór (6.10)
K5: 1,35·Stałe+1,5·Przypadek 3+1,5·0,5·Śnieg	SGN podstawowa STR	wg tablica A1.2(B), wzór (6.10)
K6: 1,0·Stałe	SGN podstawowa STR	wg tablica A1.2(B), wzór (6.10)
K7: 1,0·Stałe+1,5·Śnieg	SGN podstawowa STR	wg tablica A1.2(B), wzór (6.10)
K8: 1,0·Stałe+1,5·Śnieg+1,5·0,60·Przypadek 3	SGN podstawowa STR	wg tablica A1.2(B), wzór (6.10)
K9: 1,0·Stałe+1,5·Przypadek 3	SGN podstawowa STR	wg tablica A1.2(B), wzór (6.10)
K10: 1,0·Stałe+1,5·Przypadek 3+1,5·0,5·Śnieg	SGN podstawowa STR	wg tablica A1.2(B), wzór (6.10)
K11: Stałe	SGU charakterystyczna	wzór (6.14b)
K12: Stałe+Śnieg	SGU charakterystyczna	wzór (6.14b)
K13: Stałe+Śnieg+0,60·Przypadek 3	SGU charakterystyczna	wzór (6.14b)
K14: Stałe+Przypadek 3	SGU charakterystyczna	wzór (6.14b)
K15: Stałe+Przypadek 3+0,5·Śnieg	SGU charakterystyczna	wzór (6.14b)

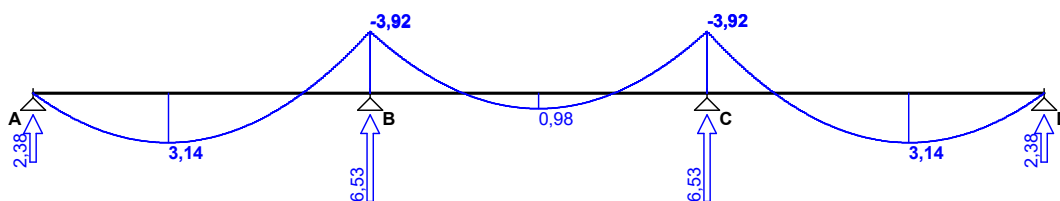
**EFEKTY ODDZIAŁYWANIA dla poszczególnych przypadków (wartości charakterystyczne)**
**Przypadek G1: Stałe**

Momenty zginające [kNm]:



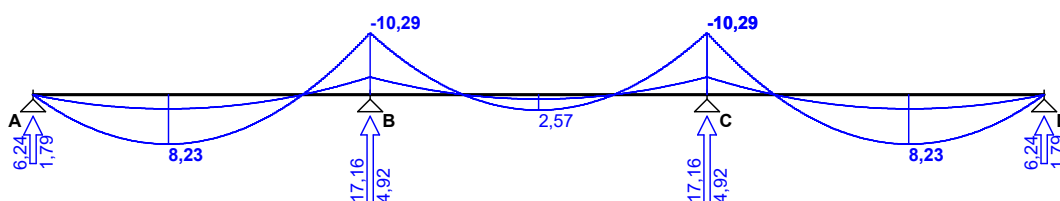
### Przypadek Q1: Śnieg

Momenty zginające [kNm]:



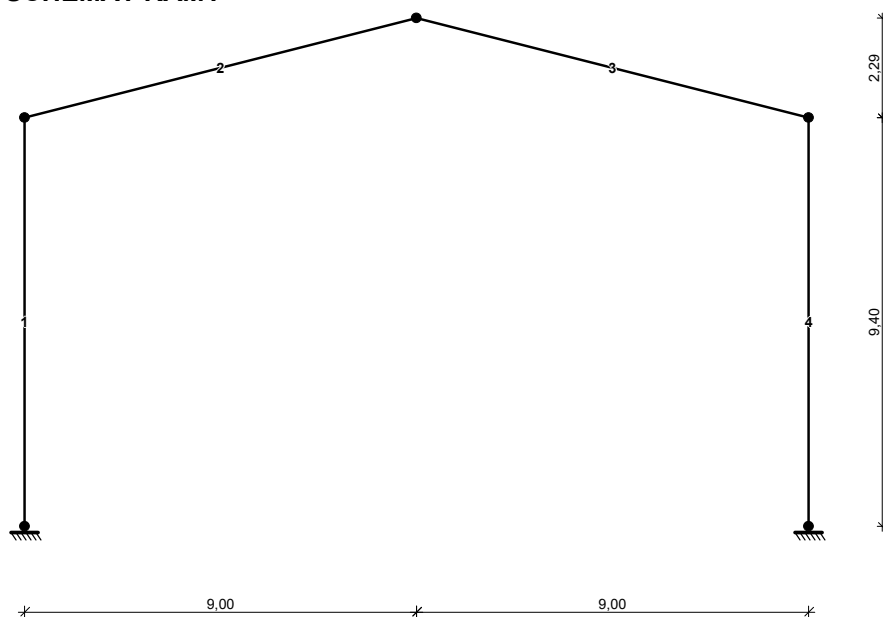
### OBWIEDNIA EFEKTÓW ODDZIAŁYWAŃ dla kombinacji SGN podstawowa STR

Momenty zginające [kNm]:



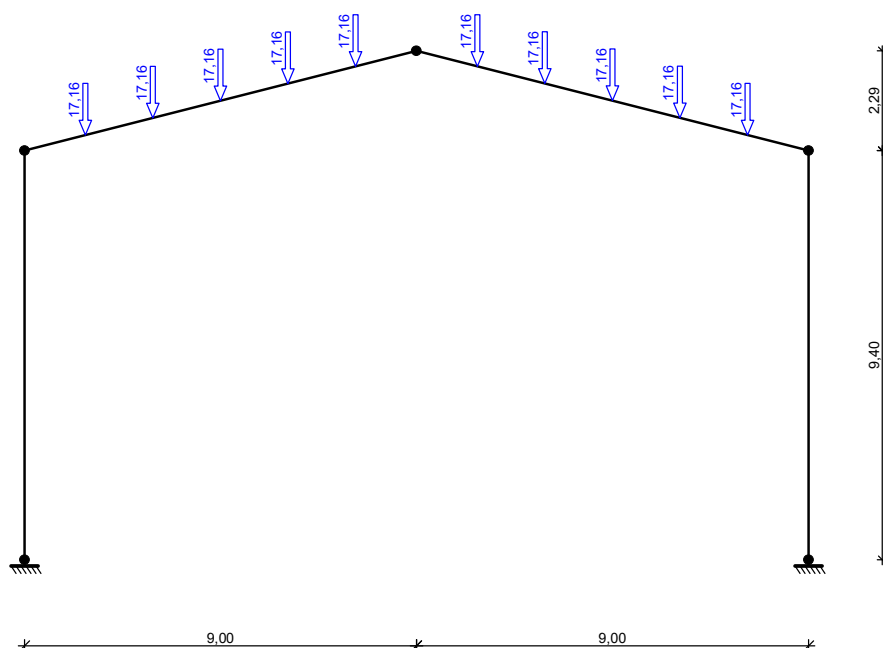
### 5.4.3. Konstrukcja ramy

#### SCHEMAT RAMY



**OBCIĄŻENIA:** (wartości obliczeniowe)

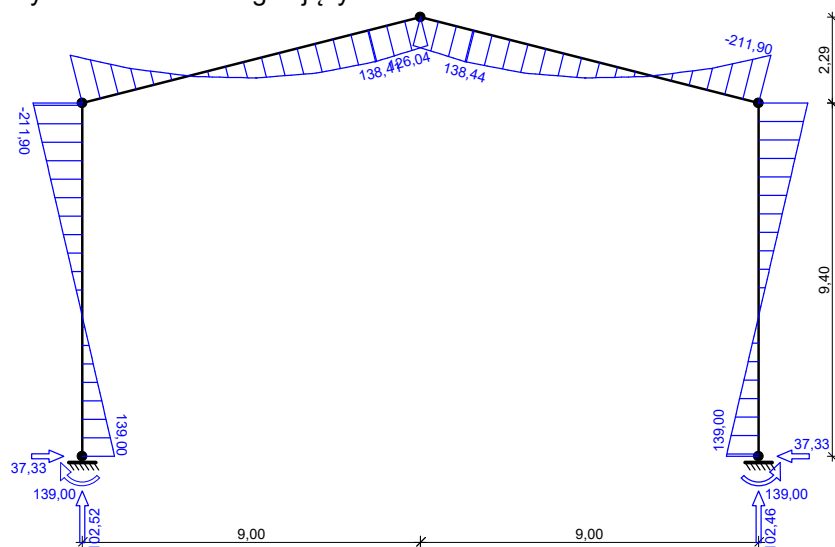
Przypadek P1: Przypadek 1 ( $\gamma_f = 1,0$ )



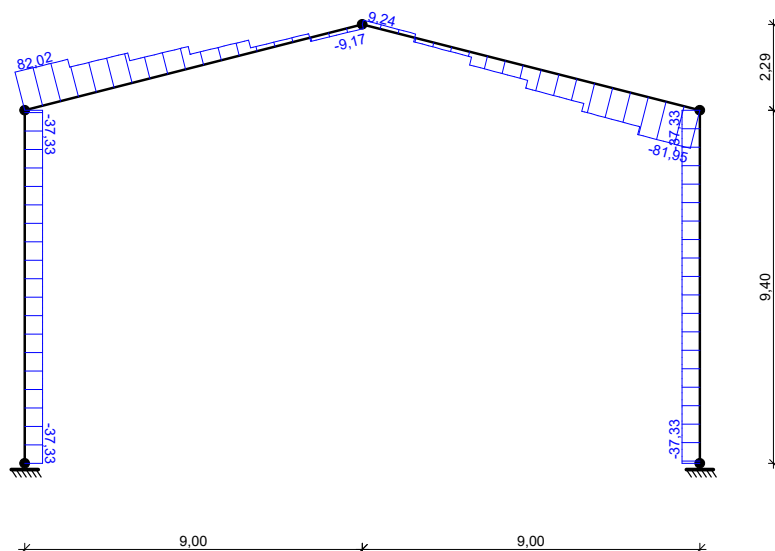
### WYNIKI:

Przypadek **P1**: Przypadek 1

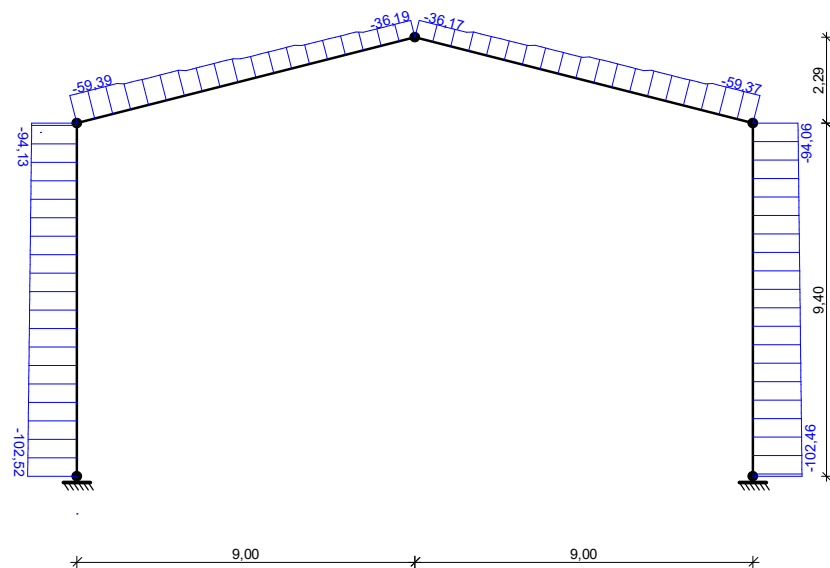
Wykres momentów zginających:



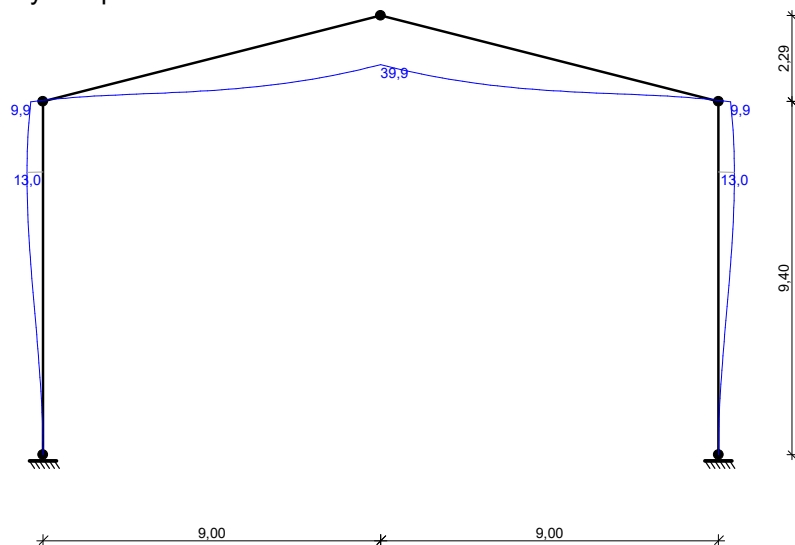
Wykres sił tnących:



Wykres sił osiowych:

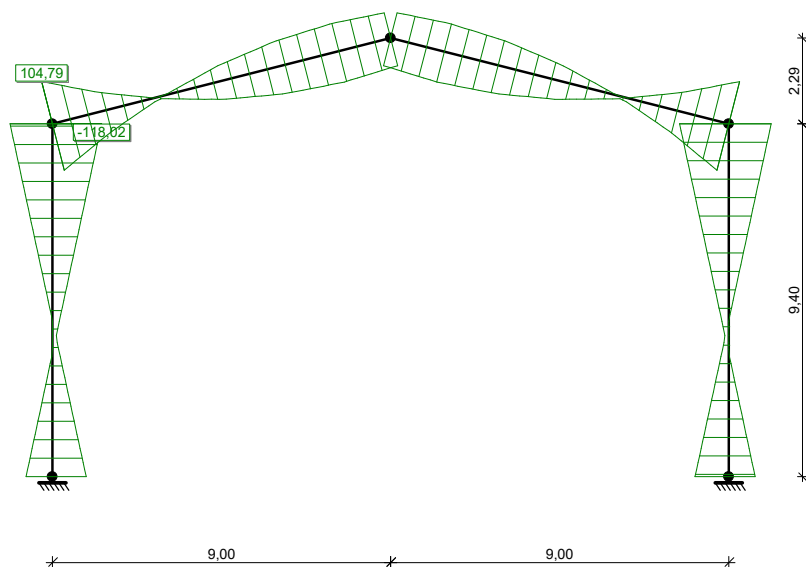


Wykres przemieszczeń:



Wykres naprężeń:





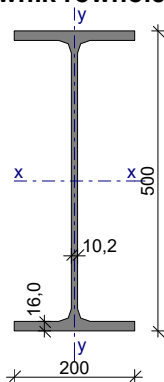
Siły wewnętrzne:

pręt	węzeł/x [m]	M [kNm]	N [kN]	T [kN]
1	1	139,00	-102,52	-37,33
	2	-211,90	-94,13	-37,33
2	2	-211,90	-59,39	82,02
	x = 7,84 m	138,41	-36,50	-7,92
	3	126,04	-36,19	-9,17
3	3	126,04	-36,17	9,24
	x = 1,44 m	138,44	-40,72	-8,64
	4	-211,90	-59,37	-81,95
4	4	-211,90	-94,06	-37,33
	5	139,00	-102,46	-37,33

## Weryfikacja elementów

### Słup-rygiel

Dwuteownik równoległościenny IPE 500 (wg PN-H-93419:1997)



### Wymiary przekroju

h = 500 mm, b<sub>f</sub> = 200 mm  
t<sub>w</sub> = 10,2 mm, t<sub>f</sub> = 16,0 mm  
r = 21,0 mm

### Cechy geometryczne przekroju

A = 116,0 cm<sup>2</sup>, A<sub>vy</sub> = 51,00 cm<sup>2</sup>, A<sub>vx</sub> = 64,00 cm<sup>2</sup>  
J<sub>x</sub> = 48200 cm<sup>4</sup>, J<sub>y</sub> = 2140 cm<sup>4</sup>  
W<sub>x</sub> = 1930 cm<sup>3</sup>, W<sub>y</sub> = 214,0 cm<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} W_{pl,x} &= 2194 \text{ cm}^3, & W_{pl,y} &= 332,2 \text{ cm}^3 \\ i_x &= 20,40 \text{ cm}, & i_y &= 4,310 \text{ cm} \\ J_{\omega} &= 1249000 \text{ cm}^6, & J_T &= 89,29 \text{ cm}^4 \\ W_{\omega} &= 5160 \text{ cm}^4, & S_x &= 1097 \text{ cm}^3 \\ A_L &= 1,744 \text{ m}^2/\text{mb}, & A_G &= 1,922 \text{ m}^2/\text{t} \\ U/A &= 150,3 \text{ m}^{-1}, & m &= 90,70 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

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

#### **Nośność obliczeniowa przy rozciąganiu**

$$N_{Rt} = 2494 \text{ kN}$$

#### **Nośność obliczeniowa przy ściskaniu**

$$N_{Rc} = 2494 \text{ kN} \text{ (klasa: 3, } \psi = 1,000)$$

• wyboczenie giętne względem osi x-x

$$l_{ex} = 9,00 \text{ m}, \lambda_{x} = 44,1, N_{cr,x} = 12040 \text{ kN}, \bar{\lambda}_{x} = 1,15 \cdot \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 0,525 \text{ wg "a"} \rightarrow \varphi_x = 0,964$$

$$\varphi_x \cdot N_{Rc} = 2404 \text{ kN}$$

• wyboczenie giętne względem osi y-y

$$l_{ey} = 9,00 \text{ m}, \lambda_{y} = 208,8, N_{cr,y} = 534,5 \text{ kN}, \bar{\lambda}_{y} = 1,15 \cdot \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,y}} = 2,486 \text{ wg "b"} \rightarrow \varphi_y = 0,157$$

$$\varphi_y \cdot N_{Rc} = 390,5 \text{ kN}$$

• wyboczenie skrętne

$$l_{\omega} = 9,00 \text{ m}, N_{cr,\omega} = 2361 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_{\omega} = 1,15 \cdot \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,\omega}} = 1,182 \text{ wg "b"} \rightarrow \varphi_{\omega} = 0,537$$

$$\varphi_{\omega} \cdot N_{Rc} = 1338 \text{ kN}$$

#### **Nośność obliczeniowa przy zginaniu**

$$M_{Rx} = 443,3 \text{ kNm} \text{ (klasa: 1, } \alpha_{px} = 1,068)$$

$$M_{Ry} = 57,51 \text{ kNm} \text{ (klasa: 1, } \alpha_{py} = 1,250)$$

• ustalenie współczynnika zwichrzenia

$$l_{zw} = 1,60 \text{ m}; \text{ warunki podparcia: P,P; } \mu_y = 1,00, \mu_{\omega} = 1,00;$$

obc. równomiernie rozłożone przyłożone do pasa ściskanego

$$M_{cr} = 3077,82 \text{ kNm}, \bar{\lambda}_L = 1,15 \cdot \sqrt{M_{Rx}/M_{cr}} = 0,436, \text{ wg "a"} \rightarrow \varphi_L = 0,994$$

$$\varphi_L \cdot M_{Rx} = 440,6 \text{ kNm}$$

#### **Nośność obliczeniowa przy ścinaniu**

$$V_{Ry} = 636,0 \text{ kN} \text{ (klasa: 1, } \varphi_{pvy} = 1,000)$$

$$V_{Rx} = 798,1 \text{ kN} \text{ (klasa: 1, } \varphi_{pvx} = 1,000)$$

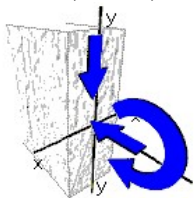
#### **Nośność obliczeniowa przy zginaniu ze ścinaniem**

$$V_y = 82,00 \text{ kN} < V_{0,y} = 0,6 \cdot V_{R,y} = 381,6 \text{ kN} \rightarrow M_{Rx,V} = M_{Rx}$$

$$V_x = 0,000 \text{ kN} < V_{0,x} = 0,3 \cdot V_{R,x} = 239,4 \text{ kN} \rightarrow M_{Ry,V} = M_{Ry}$$

#### **Obciążenie elementu**

$$N = 60,00 \text{ kN}, M_x = -212 \text{ kNm}, V_y = -82,0 \text{ kN}$$



#### **Warunki nośności elementu**

$$(57) \Delta_x = 0,004; \text{ założono } \beta_x = 1,0$$

$$(58) N / (\varphi_x \cdot N_{Rc}) + \beta_x \cdot M_x / (\varphi_L \cdot M_{Rx}) + \Delta_x = 0,025 + 0,481 + 0,004 = 0,510 < 1$$

$$(57) \Delta_y = 0,000; \text{ założono } \beta_x = 1,0$$

$$(58) N / (\varphi_y \cdot N_{Rc}) + \beta_x \cdot M_x / (\varphi_L \cdot M_{Rx}) + \Delta_y = 0,154 + 0,481 + 0,000 = 0,635 < 1$$

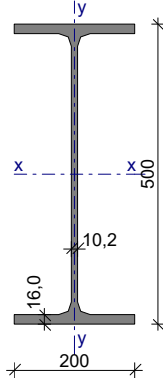
$$(55) N / N_{Rc} + M_x / M_{Rx,V} = 0,024 + 0,478 = 0,502 < 1$$

(53)  $V_y / V_{Ry} = 0,129 < 1$

(56)  $V_y = 82,00 \text{ kN} < V_{Ry,N} = V_{Ry} \cdot \text{pierw}(1 - (N/N_{Rc})^2) = 635,8 \text{ kN} \quad (12,9\%)$

### Rygiel-kalenica

**Dwuteownik równoległościenny IPE 500** (wg PN-H-93419:1997)



### Wymiary przekroju

$h = 500 \text{ mm}, \quad b_f = 200 \text{ mm}$

$t_w = 10,2 \text{ mm}, \quad t_f = 16,0 \text{ mm}$

$r = 21,0 \text{ mm}$

### Cechy geometryczne przekroju

$A = 116,0 \text{ cm}^2, \quad A_{vy} = 51,00 \text{ cm}^2, \quad A_{vx} = 64,00 \text{ cm}^2$

$J_x = 48200 \text{ cm}^4, \quad J_y = 2140 \text{ cm}^4$

$W_x = 1930 \text{ cm}^3, \quad W_y = 214,0 \text{ cm}^3$

$W_{pl,x} = 2194 \text{ cm}^3, \quad W_{pl,y} = 332,2 \text{ cm}^3$

$i_x = 20,40 \text{ cm}, \quad i_y = 4,310 \text{ cm}$

$J_\omega = 1249000 \text{ cm}^6, \quad J_T = 89,29 \text{ cm}^4$

$W_\omega = 5160 \text{ cm}^4, \quad S_x = 1097 \text{ cm}^3$

$A_L = 1,744 \text{ m}^2/\text{mb}, \quad A_G = 1,922 \text{ m}^2/\text{t}$

$U/A = 150,3 \text{ m}^{-1}, \quad m = 90,70 \text{ kg/m}$

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

### Nośność obliczeniowa przy rozciąganiu

$N_{Rt} = 2494 \text{ kN}$

### Nośność obliczeniowa przy ściskaniu

$N_{Rc} = 2494 \text{ kN}$  (klasa: 3,  $\psi = 1,000$ )

• wyboczenie giętne względem osi x-x

$l_{ex} = 9,00 \text{ m}, \quad \lambda_x = 44,1, \quad N_{cr,x} = 12040 \text{ kN}, \quad \bar{\lambda}_x = 1,15 \cdot \text{pierw}(N_{Rc}/N_{cr,x}) = 0,525 \quad \text{wg "a"} \rightarrow \varphi_x = 0,964$

$\varphi_x \cdot N_{Rc} = 2404 \text{ kN}$

• wyboczenie giętne względem osi y-y

$l_{ey} = 9,00 \text{ m}, \quad \lambda_y = 208,8, \quad N_{cr,y} = 534,5 \text{ kN}, \quad \bar{\lambda}_y = 1,15 \cdot \text{pierw}(N_{Rc}/N_{cr,y}) = 2,486 \quad \text{wg "b"} \rightarrow \varphi_y = 0,157$

$\varphi_y \cdot N_{Rc} = 390,5 \text{ kN}$

• wyboczenie skrętne

$l_\omega = 9,00 \text{ m}, \quad N_{cr,\omega} = 2361 \text{ kN}$

$\bar{\lambda}_\omega = 1,15 \cdot \text{pierw}(N_{Rc}/N_{cr,\omega}) = 1,182 \quad \text{wg "b"} \rightarrow \varphi_\omega = 0,537$

$\varphi_\omega \cdot N_{Rc} = 1338 \text{ kN}$

### Nośność obliczeniowa przy zginaniu

$M_{Rx} = 443,3 \text{ kNm}$  (klasa: 1,  $\alpha_{px} = 1,068$ )

$M_{Ry} = 57,51 \text{ kNm}$  (klasa: 1,  $\alpha_{py} = 1,250$ )

- ustalenie współczynnika zwichrzenia

$l_{zw} = 1,60 \text{ m}$ ; warunki podparcia: P,P;  $\mu_y = 1,00$ ,  $\mu_{\omega} = 1,00$ ;

obc. równomiernie rozłożone przyłożone do pasa ściskanego

$M_{cr} = 3077,82 \text{ kNm}$ ,  $\lambda_L = 1,15 \cdot \text{pierw}(M_{Rx}/M_{cr}) = 0,436$ , wg "a0"  $\rightarrow \varphi_L = 0,994$

$\varphi_L \cdot M_{Rx} = 440,6 \text{ kNm}$

#### **Nośność obliczeniowa przy ścinaniu**

$V_{Ry} = 636,0 \text{ kN}$  (klasa: 1,  $\varphi_{pvy} = 1,000$ )

$V_{Rx} = 798,1 \text{ kN}$  (klasa: 1,  $\varphi_{pvx} = 1,000$ )

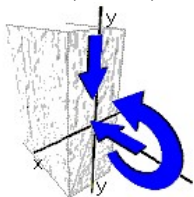
#### **Nośność obliczeniowa przy zginaniu ze ścinaniem**

$V_y = 10,00 \text{ kN} < V_{0,y} = 0,6 \cdot V_{R,y} = 381,6 \text{ kN} \rightarrow M_{Rx,V} = M_{Rx}$

$V_x = 0,000 \text{ kN} < V_{0,x} = 0,3 \cdot V_{R,x} = 239,4 \text{ kN} \rightarrow M_{Ry,V} = M_{Ry}$

#### **Obciążenie elementu**

$N = 37,00 \text{ kN}$ ,  $M_x = 127,0 \text{ kNm}$ ,  $V_y = -10,0 \text{ kN}$



#### **Warunki nośności elementu**

(57)  $\Delta_x = 0,001$ ; założono  $\beta_x = 1,0$

(58)  $N / (\varphi_x \cdot N_{Rc}) + \beta_x \cdot M_x / (\varphi_L \cdot M_{Rx}) + \Delta_x = 0,015 + 0,288 + 0,001 = 0,305 < 1$

(57)  $\Delta_y = 0,000$ ; założono  $\beta_x = 1,0$

(58)  $N / (\varphi_y \cdot N_{Rc}) + \beta_x \cdot M_x / (\varphi_L \cdot M_{Rx}) + \Delta_y = 0,095 + 0,288 + 0,000 = 0,383 < 1$

(55)  $N / N_{Rc} + M_x / M_{Rx,V} = 0,015 + 0,286 = 0,301 < 1$

(53)  $V_y / V_{Ry} = 0,016 < 1$

(56)  $V_y = 10,00 \text{ kN} < V_{Ry,N} = V_{Ry} \cdot \text{pierw}(1 - (N/N_{Rc})^2) = 635,9 \text{ kN} \quad (1,6\%)$

#### **Podsumowanie wyników**

Maksymalne wyężenie rygla ramy wynosi 64% przy obciążeniu śniegiem na poziomie normowym  $0,56 \text{ kN/m}^2$  oraz obciążeniu wiatrem.

Maksymalne obciążenie śniegiem należy przyjąć na poziomie normowym maksymalnie  $0,56 \text{ kN/m}^2$  tj.  $56 \text{ kg/m}^2$ .

## **6. WNIOSKI**

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

- Maksymalne wyężenie rygla ramy wynosi 64% przy obciążeniu stałym, śniegiem na poziomie normowym  $0,56 \text{ kN/m}^2$  oraz obciążeniu wiatrem.
- Blacha trapezowa T50 o przyjętej grubości  $0,75 \text{ mm}$  przenosi obciążenia śniegiem podstawowe. Wyężenie blachy wynosi 29%.
- Wyężenie płatwi z zetownika zimnogiętego Z200 przy obciążeniu ciężarem własnym, śniegiem na poziomie normowym oraz obciążeniu wiatrem daje 88% obciążenia dopuszczalnego.

- Maksymalne obciążenie śniegiem należy przyjąć na poziomie normowym - maksymalnie  $0,56 \text{ kN/m}^2$  tj.  $56 \text{ kg/m}^2$ .
- Elementy konstrukcji i wykończenia hali nie wykazują uszkodzeń wymagających natychmiastowych i zdecydowanych działań. Należy jednak systematycznie przeglądać obiekt i reagować na jakiegokolwiek uszkodzenia.
- w punkcie 4 opracowania oszacowano stan techniczny elementów konstrukcji i wykończenia obiektu oraz przyjęto stopnie pilności napraw.