

Ekspertryza konstrukcji **hali C1**  
pod kątem instalacji paneli PV na dachu i  
dopuszczalnego obciążenia śniegiem dachu po wykonaniu instalacji.



Obiekt	HALA C1 na terenie firmy Dozamel
Zamawiający	DOZAMEL SP. Z O.O
Adres obiektu	ul. Fabryczna 10, 53-609 Wrocław
Wykonawca	SENSE Monitoring sp. z o.o. Zofii Nałkowskiej 11, 38-500 Sanok
Autor	mgr inż. Artiom KOMARDIN
Uprawnienia	MAP/0384/POOK/12
Data	październik 2021

## SPIS TREŚCI

1.0	PRZEDMIOT OPRACOWANIA	3
2.0	PODSTAWA OPRACOWANIA	3
3.0	WIZJA LOKALNA	4
4.0	ANALIZA KONSTRUKCJI STALOWEJ	9
4.1	OPIS KONSTRUKCJI	9
4.2	NORMY	10
4.3	PRZYJĘTE OBCIĄŻENIA KONSTRUKCJI	10
4.4	MODEL OBLICZENIOWY WYDZIELONEGO FRAGMENTU KONSTRUKCJI WRAZ Z PRZEKROJAMI POSZCZEGÓLNYCH ELEMENTÓW	4
4.4.1	SCHEMATY OBCIĄŻEŃ	4
4.5	RYGLE DACHOWE	6
4.6	PŁATWIE DACHOWE	10
4.7	PŁYTY ŻUŻLOBETONOWE „BYTOMSKIE”	16
4.8	KRATOWNICA STALOWA	18
5.0	ZASTOSOWANE SYSTEMY FOTOWOLTAICZNE	19
6.0	WNIOSKI	24

## 1.0 PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem niniejszego opracowania jest analiza konstrukcji stalowej, hali magazynowej C1. Analizę przeprowadzono pod kątem możliwości zainstalowania paneli fotowoltaicznych na dachu hali.

Celem opracowania jest ocena możliwości zainstalowania na połaciach dachowych paneli fotowoltaicznych.

Opracowanie swym zakresem obejmuje:

- analizę dokumentacji archiwalnej,
- ogólną ocenę stanu technicznego,
- niezbędne obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wybranych elementów konstrukcyjnych,
- ocenę możliwości zainstalowania na połaciach dachowych paneli fotowoltaicznych wraz z doбором optymalnego systemu mocowania paneli,
- wnioski i zalecenia końcowe.

Opracowanie swym zakresem nie odnosi się do stanu technicznego budynku, a wyłącznie do analizy możliwości zwiększenia obciążenia na w/w dachach na skutek planowanego montażu instalacji fotowoltaicznej.

## 2.0 PODSTAWA OPRACOWANIA

Podstawą niniejszej analizy jest:

1. Zamówienie Dozamel Sp. z o.o..
2. Uzgodnienia z Inwestorem.
3. Wizja lokalna wraz z inwentaryzacją wykonana dnia 16 września 2021 roku.
4. Projekt termomodernizacji Hali C1 wykonany przez PUP UTEX Sp. z o.o. 30 października 2017r.
5. Projekt techniczno – roboczy – adaptacja konstrukcji dachu Hali „D” w zakresie wymianów dachowych pod przewody wentylacyjne w kuźni i spawalni, opracowany przez PROZAMET, dnia 4 marca 1960 r.
6. Ekspertyza konstrukcji hali C1 pod kątem możliwości montażu instalacji fotowoltaicznej opracowana przez PROJEKT s.c. w czerwcu 2020r.
7. Wytyczne dotyczące proponowanych systemów paneli fotowoltaicznych wraz z wartościami obciążeń oraz ich rozmieszczenia na połaciach dachu
8. Normy powołane

### 3.0 WIZJA LOKALNA

We wrześniu 2021 roku przeprowadzono wizję lokalną wraz z inwentaryzacją konstrukcji dachu budynku. W celu uzyskania możliwie jak najbardziej wiarygodnych pomiarów poszczególnych elementów konstrukcji dachu, do inwentaryzacji wykorzystano samojedzną platformę roboczą (podnośnik koszowy) MANITOU 170 AETJ-L o maksymalnej wysokości roboczej 16.9m. Umożliwiło to szczegółowy pomiar przekrojów elementów konstrukcji dachu i wpłynęło na dokładność wykonania modelu numerycznego.



Fot. 1. Widok na pionową część szeda. Widoczne rygle główne, kratownica w osiach głównych, płatwie i płyty dachowe bytomskie oraz doświetla z poliwęglanu.





Fot. 2. Widok na kosz dachu szedowego. Widoczny rygiel główny szeda (IN400), oparty na słupie żelbetowym poprzez słup stalowy – widok bliżej. Na dalszym planie widoczny rygiel oparty na kratownicy między słupowej.



Fot.3. Widok na słup części pionowej dachu pilastnego. Słup opiera się na kratownicy stalowej w osiach liczbowych. Profil 2xCN160 – nitowany.



Fot.4. Widok na węzeł górny połączenia rygla (IN400), ze słupkiem pionowym w części doświetlającej dachu pilastego. Widoczna płatew szczytowe CN140. Widoczne wyraźne przerwy między żużłobetonowymi płytami prefabrykowanymi „bytomskimi”. Szerokość płyt 49,5cm.





Fot.5. Widok na górny węzeł połączenia rygli ze słupkami części pionowej szeda. Widoczne płatwie dachowe pośrednie (skrajne IN180, pozostałe IN160) oraz wyraźny podział płyt bytomskich.

#### Główne wnioski z wizji lokalnej:

- pokrycie wierzchnie dachu z dwóch warstw papy termozgrzewalnej w stanie dobrym (wykonane podczas termomodernizacji budynku wraz z warstwami płyt PIR),
- na dachu nie zainstalowano dodatkowych urządzeń dociążających konstrukcję,
- do konstrukcji dachu od spodu podwieszono jedynie instalację oświetleniową, a jej ciężar jest pomijalnie mały w stosunku do pozostałych obciążeń,
- stan budynku dobry.

## 4.0 ANALIZA KONSTRUKCJI STALOWEJ

Analiza statyczna – wytrzymałościowa konstrukcji zakłada:

1. Przyjęcie modelu obliczeniowego odzwierciedlającego rzeczywistą pracę konstrukcji.
2. Główne elementy nośne konstrukcji zostały przeanalizowane i zwymiarowane na podstawie modeli obliczeniowych, odzwierciedlających ich rzeczywisty schemat pracy w ustroju konstrukcyjnym. Wybrane sytuacje obliczeniowe zostały tak dobrane, aby uwzględnić wszystkie możliwe warunki, które mogą wystąpić w trakcie użytkowania konstrukcji.
3. Analizę porównawczą obciążeń klimatycznych, stałych i dodatkowych oraz metodologię podejścia do wymiarowania elementów konstrukcji obowiązującą w chwili opracowywania projektu i budowy budynku (lata 50-60 ub. wieku) w stosunku do norm i obciążeń obowiązujących obecnie.
4. Obliczenie i analizę wyników wyteżeń (Stan Graniczny Nośności) i ugięć (Stan Graniczny Użytkowania) w poszczególnych elementach analizowanej konstrukcji.
5. Określenie dopuszczalnego poziomu obciążeń eksploatacyjnych i klimatycznymi i odpowiadającymi im ugięciami głównych elementów konstrukcji przy których elementy te, dysponują niezbędnym wymaganym zapasem nośności i umożliwiają dociążenie konstrukcji dachu dodatkowymi elementami w postaci instalacji fotowoltaicznej.

### 4.1 OPIS KONSTRUKCJI

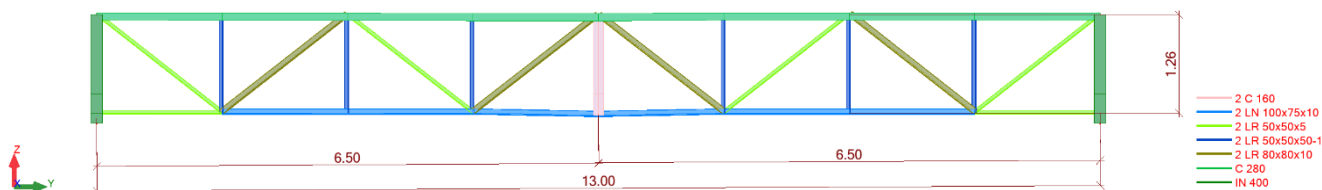
Hala produkcyjna została zaprojektowana jako dziesięcionawowa o rozpiętości nawy 11 m między osiami modularnymi 1-11. Dach w osiach 1-10 wykonany jako szedowy (pilasty) o kącie nachylenia połaci wynoszącym ok.  $25^{\circ}$ . Dach w osi 10-11 wykonany jest jako płaski o kącie nachylenia  $2,5^{\circ}$ . (Z powodu zacienienia dachu w osiach 10-11 instalacja na nim paneli fotowoltaicznych nie jest zasadna i pominięto go w dalszej analizie.)

Dach Szedowy:

Rozstaw rygli głównych szeda wynosi 14x6,50m. Konstrukcję główną obiektu stanowią stalowe kratownice o rozpiętości 13m oparte na słupach żelbetowych. Pas górny kratownic wykonano z profilu CN280, pas dolny – 2xLN100x75x10, krzyżulce i słupki – 2xLR80x80x10 i 2LR50x50x5. Słupki środkowe kratownic (w osiach primowych) wykonano z profilu: 2xCN160.

Widok kratownicy w osiach liczbowych hali, z przekrojami poszczególnych elementów:





Konstrukcję dachu stanowią rygle dachowe wykonane z kształtowników IN 400 w przypadku rygli wewnętrznych oraz IN 240 w przypadku rygli skrajnych – szczytowych, które dodatkowo podparte są w środku rozpiętości. Rygle dachowe oparte są w środku rozpiętości kratownic (w osiach A', B', C', D', E', F', G'), oraz w sposób bezpośredni do słupów żelbetonowych (w osiach A, B, C, D, E, F, G). Rygle w miejscach najniższej części szeda dachu posiadają wzmocnienia zwiększające wysokość przekroju w okapie.

Płatwie dachowe wykonano w polach skrajnych z dwuteowników IN 180 natomiast w polach środkowych hali z IN 160. Rozstaw rygli dachowych wynosi ok. 2,39m, z zagęszczeniem przy szczycie i okapie szeda. Płatw w najniższej części szeda została wzmocniona poprzez dospawanie do jej górnej półki kształtownika CN240.

Pokrycie dachu szedowego stanowią płyty żużlobetonowe zwane „bytomskimi” grub. 8cm, układane na płatwiach dachowych oraz warstwa papy termozgrzewalnej. Po wykonaniu termomodernizacji budynku C1 do wyżej wymienionych warstw dodane zostały płyty izolacyjne PIR grub. 90 + 60mm, a całość została wykończona papą termozgrzewalną.

## 4.2 NORMY

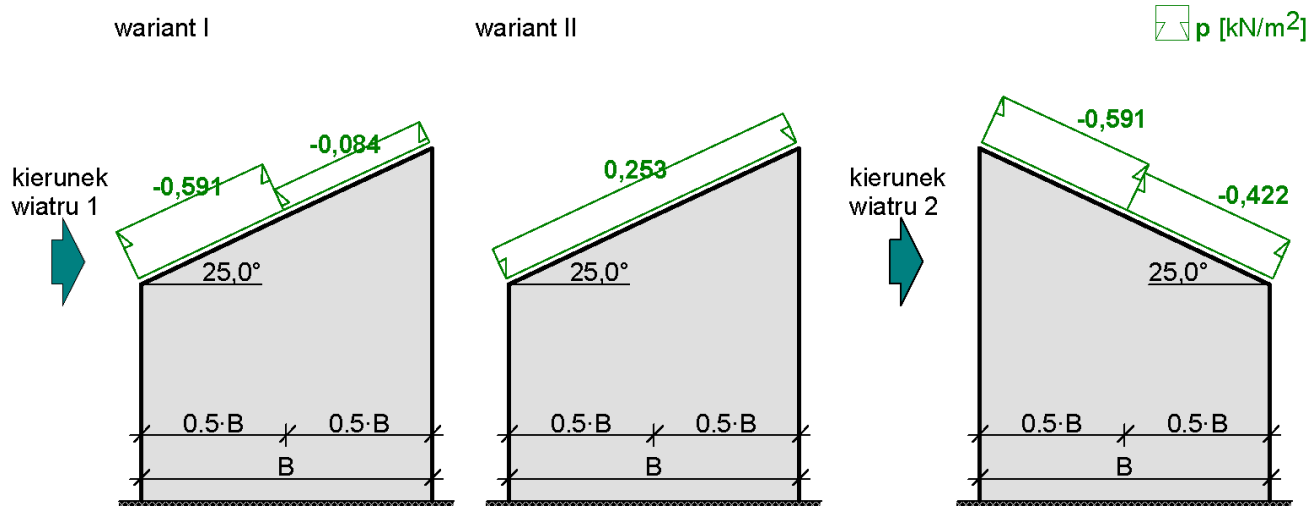
Polskie Normy Budowlane, a w szczególności:

- PN-52/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem – norma wycofana
- PN/B-14255 Płyty dachowe zbrojone z żużla paleniskowego – norma wycofana
- PN/B-14256 Płyty dachowe zbrojone z żużla paleniskowego. Badania techniczne – norma wycofana
- PN-80/B-02010/Az1:2006 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem
- PN-77/B-02011/Az1:2009 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem
- PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie dla budynków uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno
- PN-B-06200:2002 Konstrukcje stalowe budowlane. Warunki wykonania i odbioru. Wymagania Podstawowe

#### 4.3 PRZYJĘTE OBCIĄŻENIA KONSTRUKCJI

L p	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m <sup>2</sup>	γ <sub>f</sub>	k <sub>d</sub>	Obc. obl. kN/m <sup>2</sup>
1.	Papa podkładowa + papa wierzchniego krycia- grub. 11 mm [11,0kN/m <sup>3</sup> ·0,011m]	0,12	1,20	-	0,14
2.	Płyta dachowa poliizocyjanurowa (PIR) 9+6cm = grub. 150 mm [0,40kN/m <sup>3</sup> ·0,15m]	0,06	1,20	-	0,07
3.	Izolacja paroszczelna, papabitumiczna + istniejące pokrycie z papy - grub. 11 mm [11,0kN/m <sup>3</sup> ·0,011m]	0,12	1,20	-	0,14
4.	Gładź cementowa wyrównująca gr. 2cm	0,42	1,30	-	0,55
5.	Płyta dachowa, prefabrykowana, żużłobetonowa "bytomska" gr. 8cm	0,91	1,10	-	1,00
Σ:		<b>1,63</b>	<b>1,17</b>	-	<b>1,90</b>

#### Obciążenie wiatrem wg PN-B-02011:1977/Az1 / Z1-2



- Budynek o wymiarach: B = 11,0 m, L = 90,0 m, H = 12,1 m
- Dach jednospadowy, kąt nachylenia połaci α = 25,0°
- Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru:
  - strefa obciążenia wiatrem I; H = 120 m n.p.m. → q<sub>k</sub> = 300 Pa
  - q<sub>k</sub> = 0,300 kN/m<sup>2</sup>
- Współczynnik ekspozycji:
  - rodzaj terenu: A; z = H = 12,1 m → C<sub>e</sub>(z) = 0,8+0,02·12,1 = 1,04
- Współczynnik działania porywów wiatru:
  - β = 1,80
- Współczynnik ciśnienia wewnętrznego:
  - budynek zamknięty → C<sub>w</sub> = 0

#### Połacie zewnętrzne - część dolna - wariant I:

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznego:
  - C<sub>z</sub> = -1,3+0,04·(α-10°) = -1,3+0,04·(25,0°-10°) = -0,700

#### - Współczynnik aerodynamiczny C:

$$C = C_z - C_w = -0,700 - 0 = -0,700$$

#### Obciążenie charakterystyczne:

$$p_k = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta = 0,300 \cdot 1,04 \cdot (-0,700) \cdot 1,80 = -0,394 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$p = p_k \cdot \gamma_f = (-0,394) \cdot 1,5 = -0,591 \text{ kN/m}^2$$

**Połąć nawietrzna - część górna - wariant I:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznej:

$$C_z = -0,4 + 0,02 \cdot (\alpha - 10^\circ) = -0,4 + 0,02 \cdot (25,0^\circ - 10^\circ) = -0,100$$

- Współczynnik aerodynamiczny C:

$$C = C_z - C_w = -0,100 - 0 = -0,100$$

Obciążenie charakterystyczne:

$$p_k = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta = 0,300 \cdot 1,04 \cdot (-0,100) \cdot 1,80 = -0,056 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$p = p_k \cdot \gamma_f = (-0,056) \cdot 1,5 = -0,084 \text{ kN/m}^2$$

**Połąć nawietrzna - wariant II:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznej:

$$C_z = 0,02 \cdot (\alpha - 10^\circ) = 0,02 \cdot (25,0^\circ - 10^\circ) = 0,300$$

- Współczynnik aerodynamiczny C:

$$C = C_z - C_w = 0,300 - 0 = 0,300$$

Obciążenie charakterystyczne:

$$p_k = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta = 0,300 \cdot 1,04 \cdot 0,300 \cdot 1,80 = 0,169 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$p = p_k \cdot \gamma_f = 0,169 \cdot 1,5 = 0,253 \text{ kN/m}^2$$

**Połąć zawietrzna - część górna:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznej:

$$C_z = -1,3 + 0,04 \cdot (\alpha - 10^\circ) = -1,3 + 0,04 \cdot (25,0^\circ - 10^\circ) = -0,700$$

- Współczynnik aerodynamiczny C:

$$C = C_z - C_w = -0,700 - 0 = -0,700$$

Obciążenie charakterystyczne:

$$p_k = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta = 0,300 \cdot 1,04 \cdot (-0,700) \cdot 1,80 = -0,394 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$p = p_k \cdot \gamma_f = (-0,394) \cdot 1,5 = -0,591 \text{ kN/m}^2$$

**Połąć zawietrzna - część dolna:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznej:

$$C_z = -0,5$$

- Współczynnik aerodynamiczny C:

$$C = C_z - C_w = -0,5 - 0 = -0,5$$

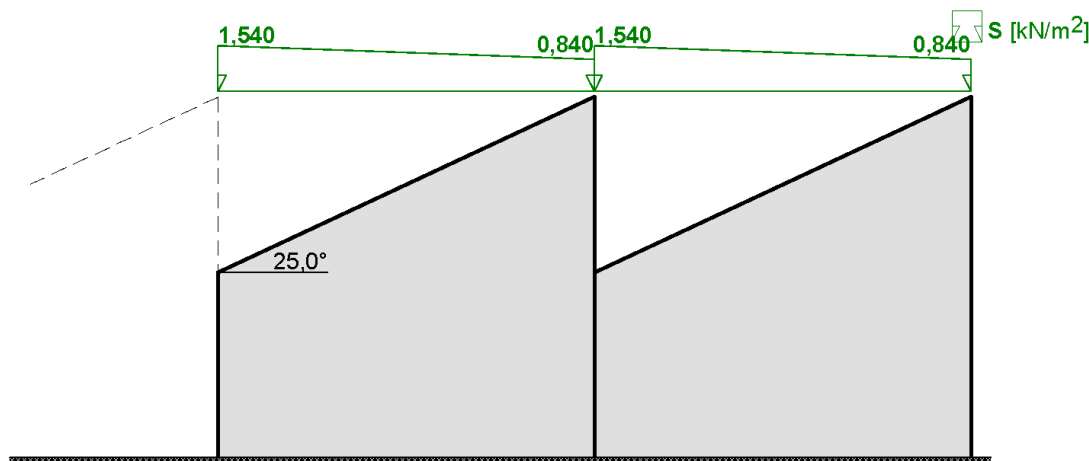
Obciążenie charakterystyczne:

$$p_k = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta = 0,300 \cdot 1,04 \cdot (-0,5) \cdot 1,80 = -0,281 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$p = p_k \cdot \gamma_f = (-0,281) \cdot 1,5 = -0,422 \text{ kN/m}^2$$

**Obciążenie śniegiem wg PN-80/B-02010/Az1 / Z1-2**



- Dach pilasty, nachylenie połaci  $\alpha = 25,0^\circ$

- Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu:

- strefa obciążenia śniegiem 1; A = 120 m n.p.m. →

$$Q_k = 0,007 \cdot A - 1,4 = -0,560 \text{ kN/m}^2 < 0,7 \text{ kN/m}^2 \rightarrow Q_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

**Maksymalne obciążenie połaci:**

- Współczynnik kształtu dachu:

$$C_2 = 0,8 \cdot (30^\circ + \alpha) / 30^\circ = 0,8 \cdot (30^\circ + 25,0^\circ) / 30^\circ = 1,467$$

Obciążenie charakterystyczne dachu:

$$S_k = Q_k \cdot C = 0,700 \cdot 1,467 = 1,027 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$S = S_k \cdot \gamma_f = 1,027 \cdot 1,5 = 1,540 \text{ kN/m}^2$$

**Minimalne obciążenie połaci:**

- Współczynnik kształtu dachu:

$$C_1 = 0,8$$

Obciążenie charakterystyczne dachu:

$$S_k = Q_k \cdot C = 0,700 \cdot 0,800 = 0,560 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$S = S_k \cdot \gamma_f = 0,560 \cdot 1,5 = 0,840 \text{ kN/m}^2$$

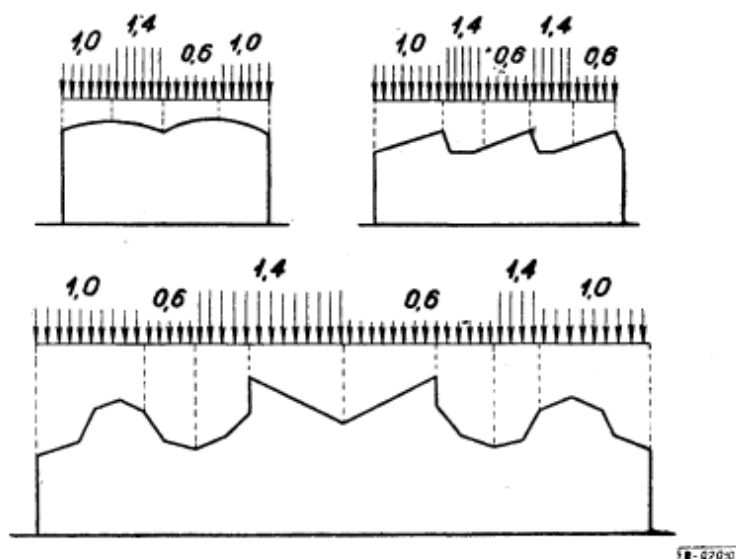
Obciążenie śniegiem wg PN-B-02010 – norma obowiązująca w dniu sporządzania pierwotnej dokumentacji dla budynku.

**2. Obciążenie dachów o połaciach płaskich.** Obciążenie śniegiem „s” w kg/m<sup>2</sup> płaszczyzny rzutu poziomego dachu pochylonego pod kątem  $\alpha$  należy przyjmować z poniższej tablicy, zależnie od strefy oznaczonej na mapie Polski (rys. 1).

Strefa	Grubość pokrywy śnieżnej w m	Obciążenie „s” w kg/m <sup>2</sup> w zależności od pochylenia połaci				U w a g a
		0 ÷ 30°	35°	40°	45°	
I	0,50	60	40	20	0	Dla wartości pośrednich należy interpolować liniowo
II	0,65	80	53	27	0	
III	1,20	150	100	50	0	
IV	1,60	200	133	67	0	

**4. Obciążenie w miejscach worków śnieżnych.** W tych częściach konstrukcji, gdzie mogą tworzyć się worki śnieżne (np. dachy wklęsłe, przestrzenie między świetlikami itp. rys. 2) należy uwzględnić ich ciężar, przyjmując obciążenie jak dla dachu o połaciach płaskich (tablica p. 2 — rubryka „0 ÷ 30°”) — zwiększone o 40%.

Zwiększenie obciążenia śniegiem w workach odciąża o tę samą wielkość przyległe połacie, (rys. 2) tak że w ostatecznym rezultacie całkowite obciążenie dachu obliczone na podstawie tablicy p. 2 nie zmienia się.

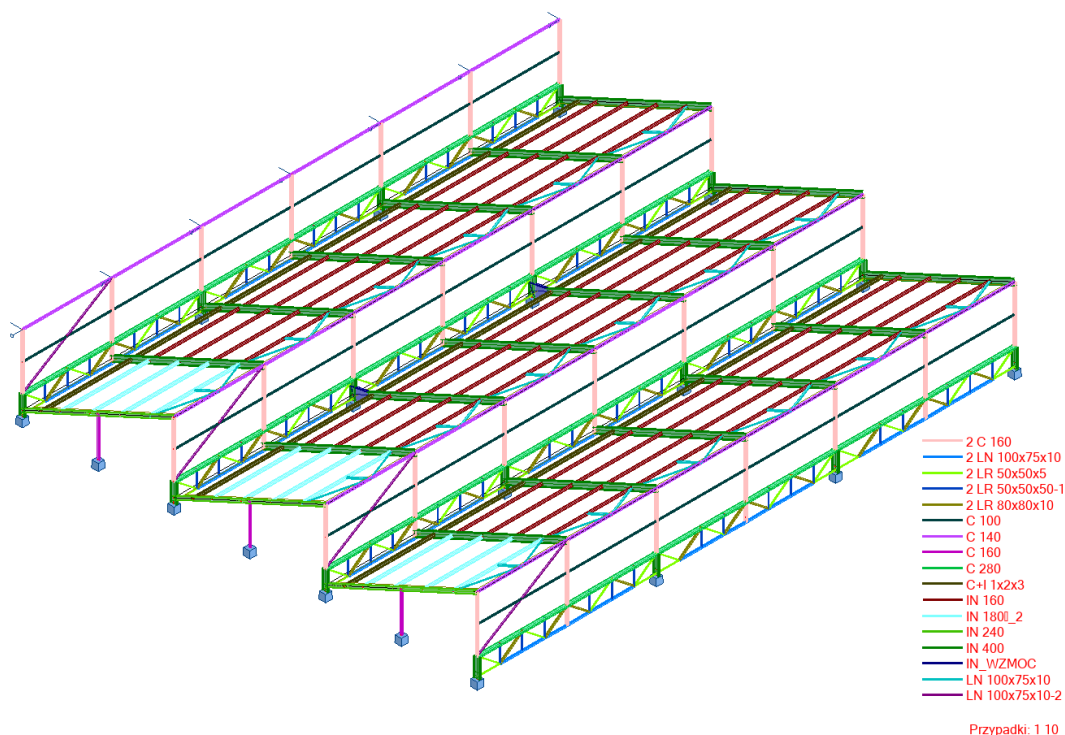


Rys. 2

WNIOSEK: Śnieg zestawiany na podstawie normy PN-B-02010 z 1952r. daje wartości o około 20% mniejsze niż norma PN-80/B-02010/Az1 / Z1-2, do obliczeń wstępnie przyjęto metodologię zestawiania obciążeń wg Normy PN-80/B-02010/Az1 / Z1-2.

Materiały: przyjęto stal S235 (St3S) – na podstawie dokumentacji archiwalnej.

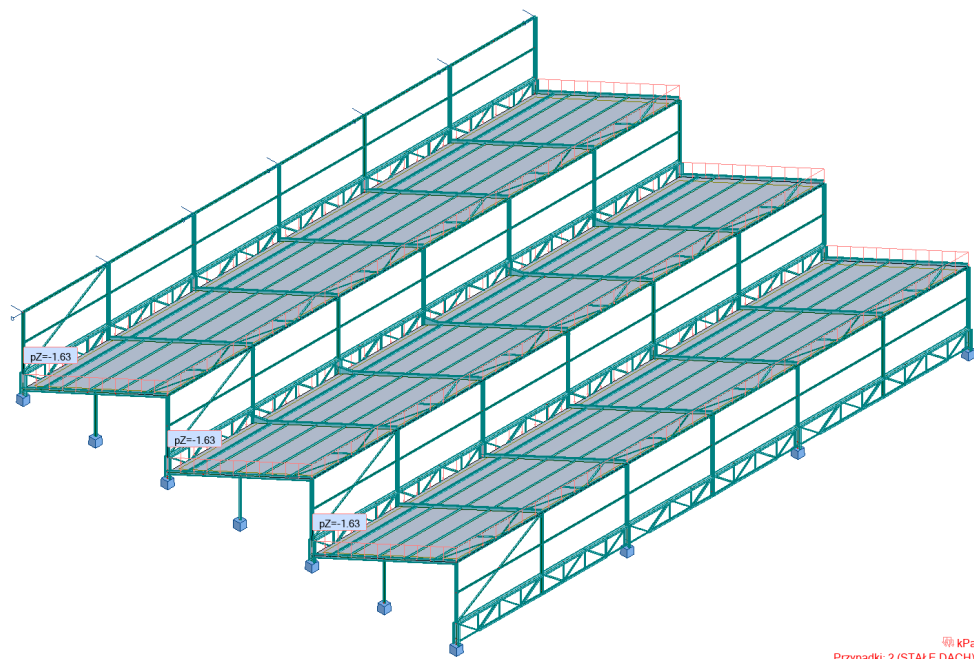
#### 4.4 MODEL OBLICZENIOWY WYDZIELONEGO FRAGMENTU KONSTRUKCJI WRAZ Z PRZEKROJAMI POSZCZEGÓLNYCH ELEMENTÓW



##### 4.4.1 SCHEMATY OBCIĄŻEŃ

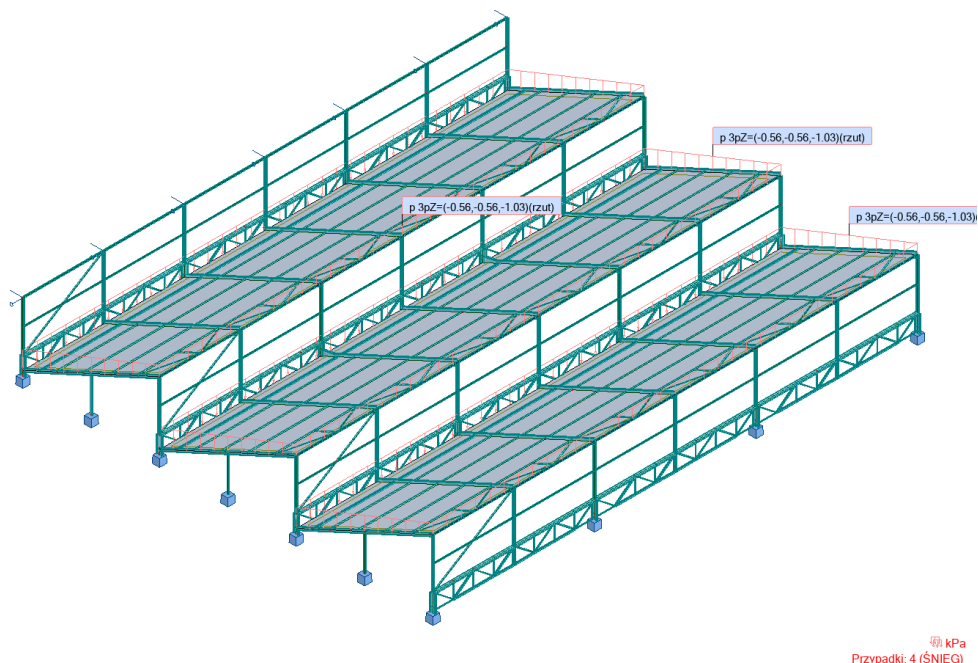
Obciążenia charakterystyczne stałe





Przypadek: 2 (STALE DACH)

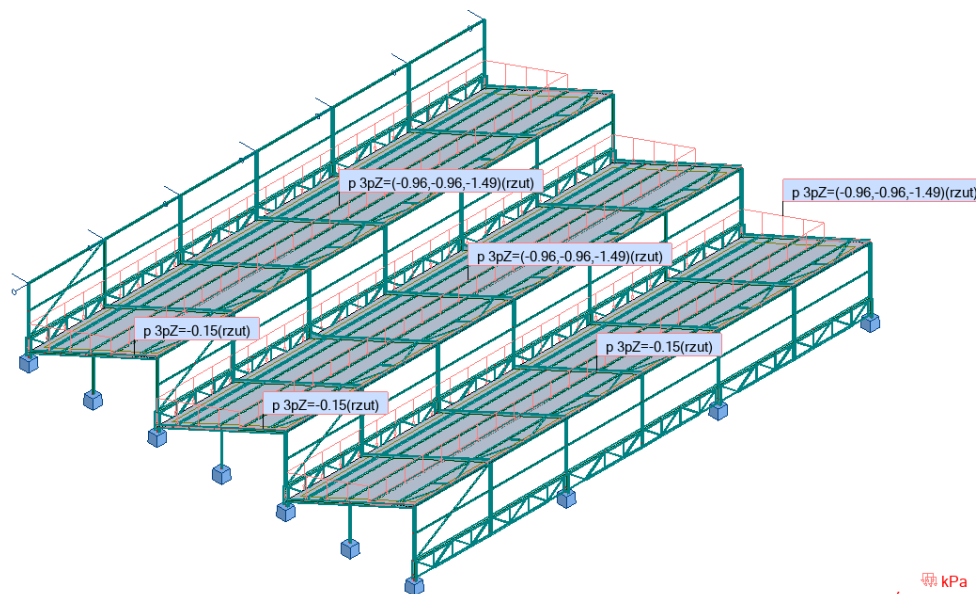
### Obciążenia śniegiem (przypadek I) – ŚNIEG WG NORMY PN-80/B-02010/Az1 / Z1-2):



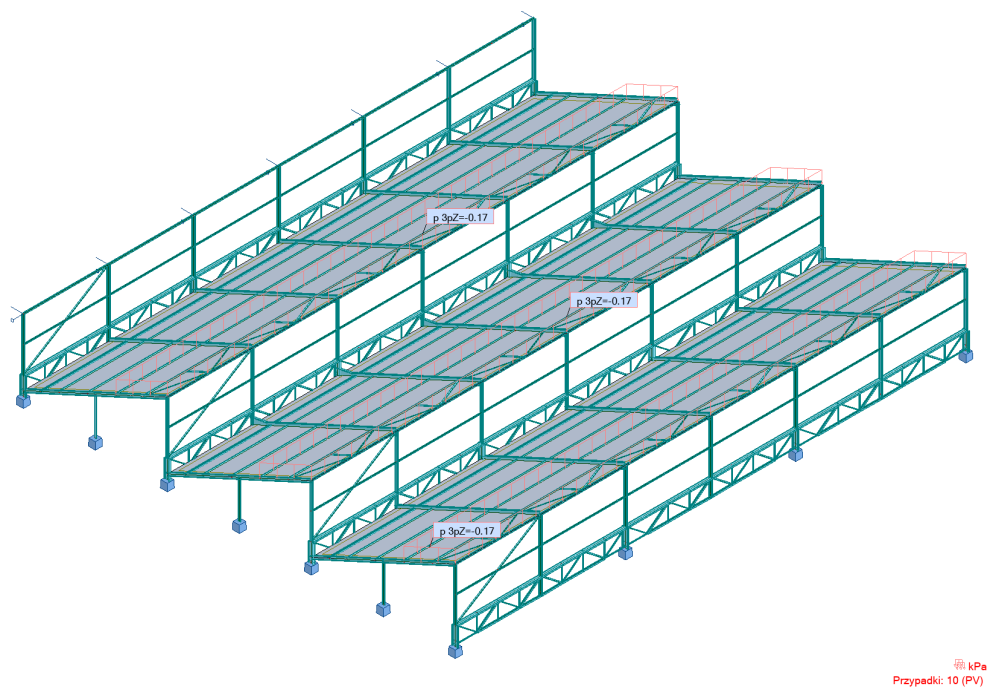
Przypadek: 4 (ŚNIEG)

### Obciążenia śniegiem (przypadek II):

Dla przypadku II założono, że część śniegu zalegającego na panelach może się z nich zsunąć i nagromadzić się w dole szeda, tuż za panelami PV.



## Obciążenie charakterystyczne panelami PV



#### 4.5 RYGLE DACHOWE

Rygiel dachowy oparty na kratownicy – przed redukcją obciążenia śniegiem  $\gamma_f = 1,50$  (śnieg normowy)

**NORMA:** PN-90/B-03200

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

**GRUPA:**

**PRĘT:** 2

**PUNKT:** 10

**WSPÓŁRZĘDNA:**  $x = 0.62$   $L = 6.72$  m

**OBCIĄŻENIA:**

Decydujący przypadek obciążenia: 15 SGN2' (full)  $1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 1.17 + 10 \cdot 1.10 + 11 \cdot 1.50$

**MATERIAŁ:** S 235

$f_d = 205.00$  MPa

$E = 210000.00$  MPa



**PARAMETRY PRZEKROJU:** IN 400

$h = 40.0$  cm

$b = 15.5$  cm

$t_w = 1.4$  cm

$t_f = 2.2$  cm

$A_y = 66.96$  cm<sup>2</sup>

$I_y = 29210.00$  cm<sup>4</sup>

$W_{ely} = 1460.50$  cm<sup>3</sup>

$A_z = 57.60$  cm<sup>2</sup>

$I_z = 1160.00$  cm<sup>4</sup>

$W_{elz} = 149.68$  cm<sup>3</sup>

$A_x = 118.00$  cm<sup>2</sup>

$I_x = 183.00$  cm<sup>4</sup>

**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

$N = -24.40$  kN

$N_{rt} = 2419.00$  kN

$M_y = 314.56$  kN\*m

$M_{ry} = 299.40$  kN\*m

$M_{ry\_v} = 299.40$  kN\*m

$M_z = 0.00$  kN\*m

$M_{rz} = 30.68$  kN\*m

$M_{rz\_v} = 30.68$  kN\*m

$V_y = -0.90$  kN

$V_{ry\_n} = 796.11$  kN

$V_z = 10.88$  kN

$V_{rz\_n} = 684.83$  kN

KLASA PRZEKROJU = 1



**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:**

$z = 1.00$

$L_d = 2.17$  m

$La\_L = 0.47$

$N_z = 5098.37$  kN

$N_w = 34052.49$  kN

$M_{cr} = 1775.93$  kN\*m

$\phi L = 0.99$

**PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**



względem osi Y:



względem osi Z:

**FORMUŁY WERYFIKACYJNE:**

$N/N_{rt} + M_y/(\phi L \cdot M_{ry}) + M_z/M_{rz} = 0.01 + 1.06 + 0.00 = 1.07 > 1.00$  (54)

$V_y/V_{ry\_n} = 0.00 < 1.00$   $V_z/V_{rz\_n} = 0.02 < 1.00$  (56)

**PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE**



**Ugięcia (UKŁAD LOKALNY):**

$u_y = 0.2$  cm  $< u_{y \max} = L/250.00 = 4.3$  cm

Decydujący przypadek obciążenia: 13 SGU2  $(1+2+10+11) \cdot 1.00$

$u_z = 4.9$  cm  $> u_{z \max} = L/250.00 = 4.3$  cm

Decydujący przypadek obciążenia: 13 SGU2  $(1+2+10+11) \cdot 1.00$

Zweryfikowano

Nie zweryfikowano



**Przemieszczenia (UKŁAD GLOBALNY):** Nie analizowano

**Profil niepoprawny !!!**

**Rygiel dachowy oparty na słupie żelbetowym – przed redukcją obciążenia śniegiem  $\gamma_f = 1,50$  (śnieg normowy)**

**NORMA:** PN-90/B-03200

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

**GRUPA:**

**PRĘT:** 1

**PUNKT:** 10

**WSPÓŁRZĘDNA:** x = 1.00 L = 10.86 m

**OBCIĄŻENIA:**

*Decydujący przypadek obciążenia:* 15 SGN2' (full) 1\*1.00+2\*1.17+10\*1.10+11\*1.50

**MATERIAŁ:** S 235

$f_d = 205.00$  MPa

$E = 210000.00$  MPa



**PARAMETRY PRZEKROJU:** IN 400

$h = 40.0$  cm

$b = 15.5$  cm

$t_w = 1.4$  cm

$t_f = 2.2$  cm

$A_y = 66.96$  cm<sup>2</sup>

$I_y = 29210.00$  cm<sup>4</sup>

$W_{ely} = 1460.50$  cm<sup>3</sup>

$A_z = 57.60$  cm<sup>2</sup>

$I_z = 1160.00$  cm<sup>4</sup>

$W_{elz} = 149.68$  cm<sup>3</sup>

$A_x = 118.00$  cm<sup>2</sup>

$I_x = 183.00$  cm<sup>4</sup>

**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

$N = 108.29$  kN

$N_{rc} = 2419.00$  kN

$M_y = -231.75$  kN\*m

$M_{ry} = 299.40$  kN\*m

$M_{ry\_v} = 299.40$  kN\*m

KLASA PRZEKROJU = 1  $B_y * M_{y_{max}} = -231.75$  kN\*m

$V_{rz} = 684.86$  kN

$M_z = 0.15$  kN\*m

$M_{rz} = 30.68$  kN\*m

$M_{rz\_v} = 30.68$  kN\*m

$V_y = 0.12$  kN

$V_{ry} = 796.15$  kN

$V_z = -175.08$  kN

$B_z * M_{z_{max}} = 0.15$  kN\*m



**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:**

$z = 1.00$

$L_d = 2.17$  m

$L_{a\_L} = 0.47$

$N_z = 5098.38$  kN

$N_w = 34052.49$  kN

$M_{cr} = 1775.93$  kN\*m

$\phi_L = 0.99$

**PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**

względem osi Y:

$L_y = 10.86$  m

$L_{wy} = 10.86$  m

$\lambda_{by} = 69.01$

$\lambda_{by} = 0.79$

$N_{cr\_y} = 5135.29$  kN

$\phi_y = 0.85$

względem osi Z:

$L_z = 10.86$  m

$L_{wz} = 2.17$  m

$\lambda_{bz} = 69.26$

$\lambda_{bz} = 0.79$

$N_{cr\_z} = 5098.38$  kN

$\phi_z = 0.78$

**FORMUŁY WERYFIKACYJNE:**

$N / (\phi_L * N_{rc}) + B_y * M_{y_{max}} / (\phi_L * M_{ry}) + B_z * M_{z_{max}} / M_{rz} = 0.06 + 0.78 + 0.00 = 0.84 < 1.00$  - Delta y = 0.98 (58)

$V_y / V_{ry} = 0.00 < 1.00$   $V_z / V_{rz} = 0.26 < 1.00$  (53)

**PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE**



#### Ugięcia (UKŁAD LOKALNY):

$u_y = 0.2 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/250.00 = 4.3 \text{ cm}$

Zweryfikowano

**Decydujący przypadek obciążenia:** 13 SGU2 (1+2+10+11)\*1.00

$u_z = 2.7 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/250.00 = 4.3 \text{ cm}$

Zweryfikowano

**Decydujący przypadek obciążenia:** 13 SGU2 (1+2+10+11)\*1.00



#### Przemieszczenia (UKŁAD GLOBALNY): Nie analizowano

**Profil poprawny !!!**

#### WNIOSKI:

**SGN oraz SGU konstrukcji nie zostały zapewnione, z tego względu aby umożliwić montaż paneli PV na dachu istniejącego obiektu, należy ograniczyć dopuszczalną wartość obciążenia śniegiem.**

**Założono że po instalacji paneli użytkownik budynku zapewni lepszą kontrolę obciążenia śniegiem, stąd zmniejszono współczynnik niepewności o 25%.**

**Rygiel dachowy oparty na kratownicy – po redukcji obciążenia śniegiem o 25%  $\gamma_f = 1,15$**

**NORMA:** PN-90/B-03200

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

#### GRUPA:

**PRĘT:** 2

**PUNKT:** 10

**WSPÓŁRZĘDNA:**  $x = 0.62 L = 6.72 \text{ m}$

#### OBCIĄŻENIA:

**Decydujący przypadek obciążenia:** 12 SGN2  $2*1.17+10*1.10+11*1.15+1*1.00$

**MATERIAŁ:** S 235

$f_d = 205.00 \text{ MPa}$

$E = 210000.00 \text{ MPa}$



#### PARAMETRY PRZEKROJU: IN 400

$h = 40.0 \text{ cm}$

$b = 15.5 \text{ cm}$

$t_w = 1.4 \text{ cm}$

$t_f = 2.2 \text{ cm}$

$A_y = 66.96 \text{ cm}^2$

$I_y = 29210.00 \text{ cm}^4$

$W_{el_y} = 1460.50 \text{ cm}^3$

$A_z = 57.60 \text{ cm}^2$

$I_z = 1160.00 \text{ cm}^4$

$W_{el_z} = 149.68 \text{ cm}^3$

$A_x = 118.00 \text{ cm}^2$

$I_x = 183.00 \text{ cm}^4$

#### SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N = -21.72 \text{ kN}$

$M_y = 287.28 \text{ kN*m}$

$M_z = 0.00 \text{ kN*m}$

$V_y = -0.83 \text{ kN}$

$N_{rt} = 2419.00 \text{ kN}$

$M_{ry} = 299.40 \text{ kN*m}$

$M_{rz} = 30.68 \text{ kN*m}$

$V_{ry\_n} = 796.12 \text{ kN}$

$M_{ry\_v} = 299.40 \text{ kN*m}$

$M_{rz\_v} = 30.68 \text{ kN*m}$

$V_z = 8.53 \text{ kN}$

KLASA PRZEKROJU = 1

$V_{rz\_n} = 684.84 \text{ kN}$



#### PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

$z = 1.00$

$La\_L = 0.47$

$N_w = 34052.49 \text{ kN}$

$f_i L = 0.99$



Ld = 2.17 m

Nz = 5098.37 kN

Mcr = 1775.93 kN\*m

**PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**

względem osi Y:



względem osi Z:

**FORMUŁY WERYFIKACYJNE:**
$$N/N_{rt} + M_y/(f_{tL} * M_{ry}) + M_z/M_{rz} = 0.01 + 0.97 + 0.00 = 0.98 < 1.00 \quad (54)$$
$$V_y/V_{ry\_n} = 0.00 < 1.00 \quad V_z/V_{rz\_n} = 0.01 < 1.00 \quad (56)$$
**PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE****Ugięcia (UKŁAD LOKALNY):** $u_y = 0.2 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/250.00 = 4.3 \text{ cm}$ 

Zweryfikowano

**Decydujący przypadek obciążenia:** 13 SGU2 (1+2+10+11)\*1.00 $u_z = 4.9 \text{ cm} > u_{z \text{ max}} = L/250.00 = 4.3 \text{ cm}$ 

Nie zweryfikowano

**Decydujący przypadek obciążenia:** 13 SGU2 (1+2+10+11)\*1.00**Przemieszczenia (UKŁAD GLOBALNY):** Nie analizowano**Profil poprawny !!!****Rygiel dachowy oparty na słupie żelbetowym – po redukcji obciążenia śniegiem o 25%  $\gamma_f = 1,15$** **NORMA:** PN-90/B-03200**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów**GRUPA:****PRĘT:** 1**PUNKT:** 10**WSPÓŁRZĘDNA:** x = 1.00 L = 10.86 m**OBCIĄŻENIA:****Decydujący przypadek obciążenia:** 12 SGN2 2\*1.17+10\*1.10+11\*1.15+1\*1.00**MATERIAŁ:** S 235

fd = 205.00 MPa

E = 210000.00 MPa

**PARAMETRY PRZEKROJU:** IN 400

h=40.0 cm

b=15.5 cm

tw=1.4 cm

tf=2.2 cm

Ay=66.96 cm<sup>2</sup>Iy=29210.00 cm<sup>4</sup>Wely=1460.50 cm<sup>3</sup>Az=57.60 cm<sup>2</sup>Iz=1160.00 cm<sup>4</sup>Welz=149.68 cm<sup>3</sup>Ax=118.00 cm<sup>2</sup>Ix=183.00 cm<sup>4</sup>**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

N = 99.06 kN

My = -213.04 kN\*m

Mz = 0.13 kN\*m

Vy = 0.11 kN

Nrc = 2419.00 kN

Mry = 299.40 kN\*m

Mrz = 30.68 kN\*m

Vry = 796.15 kN

Mry\_v = 299.40 kN\*m

Mrz\_v = 30.68 kN\*m

Vz = -159.44 kN

KLASA PRZEKROJU = 1 By\*Mymax = -213.04 kN\*m

Bz\*Mzmax = 0.13 kN\*m

Vrz = 684.86 kN



#### PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

$z = 1.00$	$La_L = 0.47$	$N_w = 34052.49 \text{ kN}$	$f_i L = 0.99$
$L_d = 2.17 \text{ m}$	$N_z = 5098.38 \text{ kN}$	$M_{cr} = 1775.93 \text{ kN}\cdot\text{m}$	

#### PARAMETRY WYBOCZENIOWE:

względem osi Y:		względem osi Z:	
$L_y = 10.86 \text{ m}$	$\lambda_y = 0.79$	$L_z = 10.86 \text{ m}$	$\lambda_z = 0.79$
$L_{wy} = 10.86 \text{ m}$	$N_{cr y} = 5135.29 \text{ kN}$	$L_{wz} = 2.17 \text{ m}$	$N_{cr z} = 5098.38 \text{ kN}$
$\lambda_y = 69.01$	$f_i y = 0.85$	$\lambda_z = 69.26$	$f_i z = 0.78$

#### FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$N/(f_i N_{cr}) + B_y \cdot M_{y\max}/(f_i L \cdot M_{ry}) + B_z \cdot M_{z\max}/M_{rz} = 0.05 + 0.72 + 0.00 = 0.77 < 1.00$  - Delta y = 0.98 (58)

$V_y/V_{ry} = 0.00 < 1.00$     $V_z/V_{rz} = 0.23 < 1.00$  (53)

#### PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



##### Ugięcia (UKŁAD LOKALNY):

$u_y = 0.2 \text{ cm} < u_{y\max} = L/250.00 = 4.3 \text{ cm}$  Zweryfikowano

**Decydujący przypadek obciążenia:** 13 SGU2 (1+2+10+11)\*1.00

$u_z = 2.7 \text{ cm} < u_{z\max} = L/250.00 = 4.3 \text{ cm}$  Zweryfikowano

**Decydujący przypadek obciążenia:** 13 SGU2 (1+2+10+11)\*1.00



**Przemieszczenia (UKŁAD GLOBALNY):** Nie analizowano

**Profil poprawny !!!**

## 4.6 PŁATWIE DACHOWE

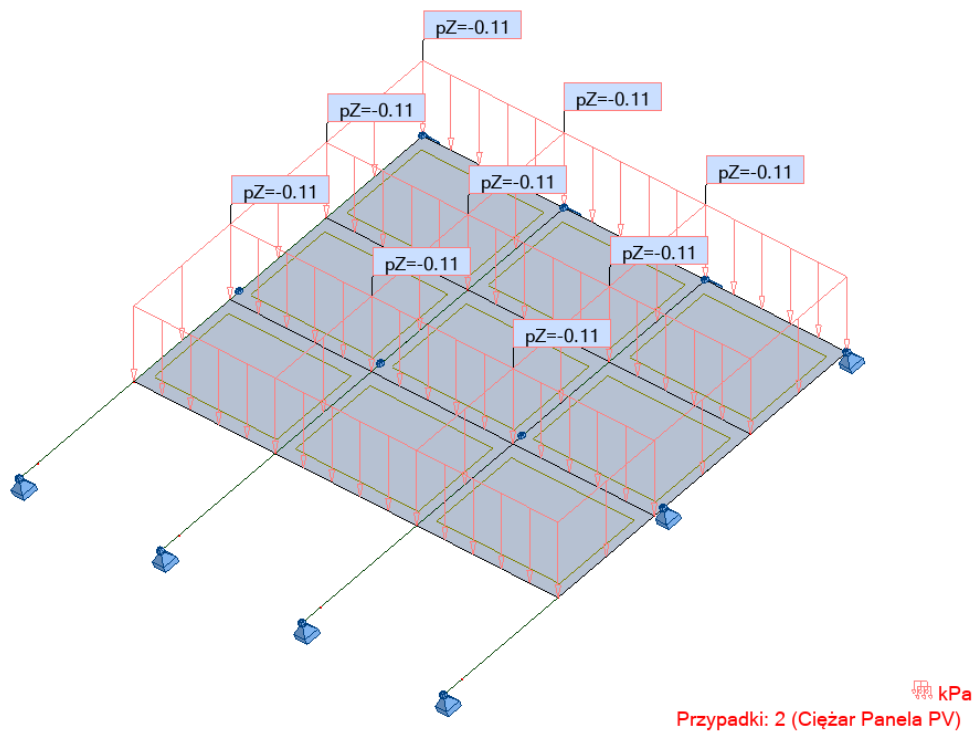
### 4.6.1 Model obliczeniowy płatwi

Płatwę została zamodelowana jako element wydzielony obustronnie utwierdzony, ze względu na ciągłość spawu w połączeniu z ryglem oraz zastosowanie kątowników montażowych spawanych do środka belki. Zamodelowano jedną z płatwi środkowych a obciążenia od zestawu paneli PV rozłożono tak, aby wywołały największy moment zginający w przęsłach oraz nad podporami.

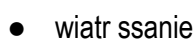
### 4.6.2 Obliczenie reakcji pod zestawem paneli PV

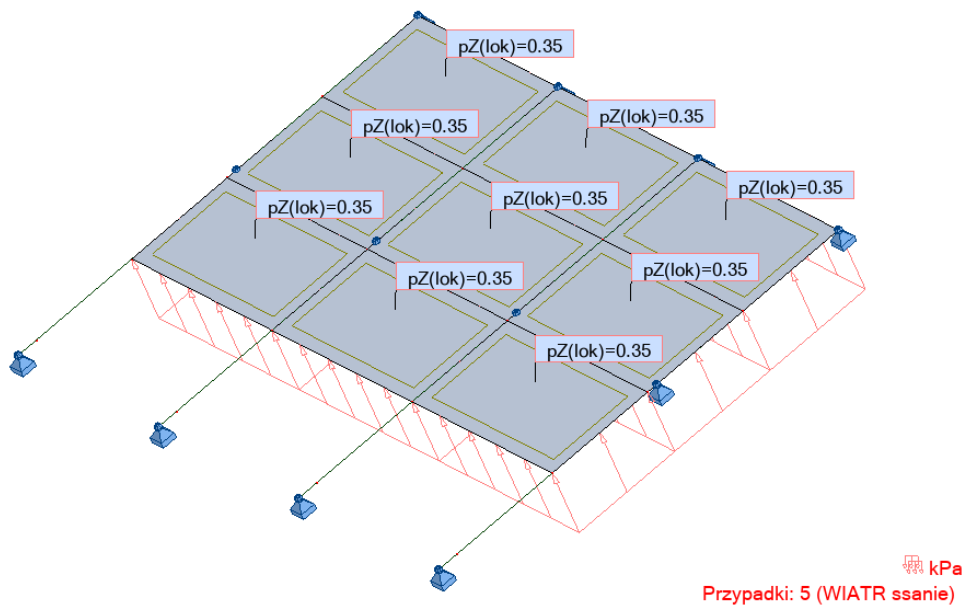
#### 4.6.2.1 Obciążenia na panele

- ciężar paneli PV

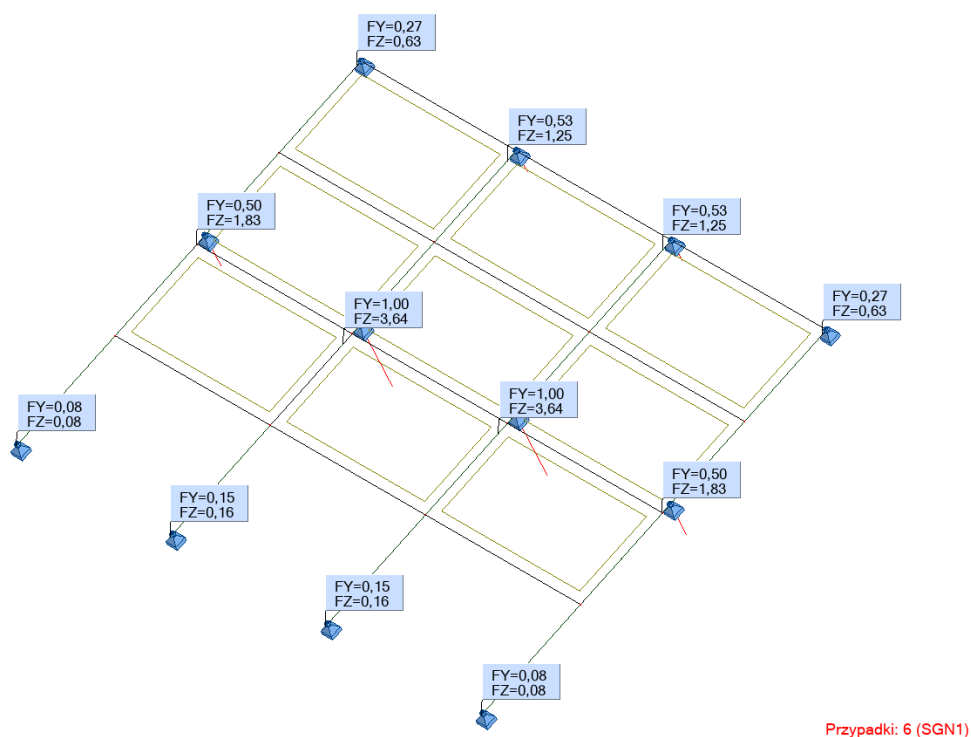


- śnieg na panelach PV (wartość kombinacyjna obciążenia śniegiem obniżona o 25%,  $\gamma_f = 1,15$ )





#### 4.6.2.2 Obliczenie reakcji pod zestawem paneli PV



#### 4.6.3 Obliczenia płatwi pośredniej (drugiej od szczytu szeda)



#### 4.6.3.1 Obciążenia działające na płatew

Przyjęto szerokość zbierania obciążenia równą: 2,22m

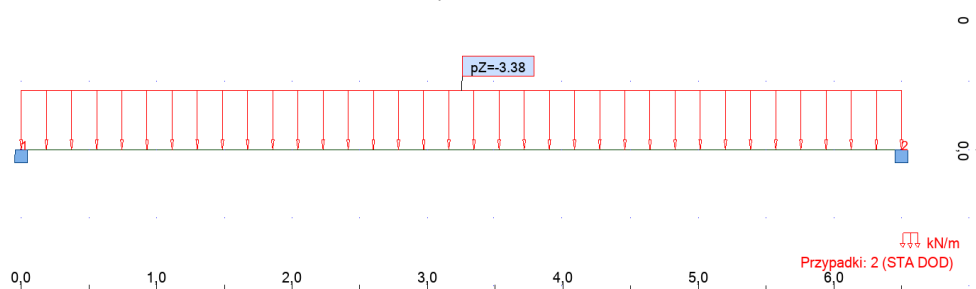
- ciężar własny

Ciężar własny został automatycznie uwzględniony w modelu

- obciążenie stałe dodatkowe

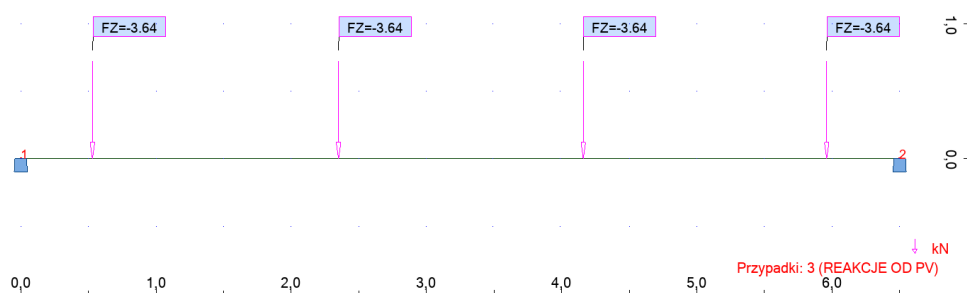
$$q_{sta}^P = 2,22m * \frac{1,68kN}{m^2} * \cos(25^{\circ}) = 3,38kN/m$$

$$q_{sta}^R = 2,22m * \frac{1,68kN}{m^2} * \sin(25^{\circ}) = 1,58kN/m$$



- obciążenie reakcjami z paneli PV

Przyjęto najbardziej niekorzystny przypadek obciążenia reakcjami z rusztu, do którego zamocowane będą panele PV. Wartość reakcji równa:  $P_{PV} = 3,64kN$



#### UWAGA:

**Przyjęto, że płatew będzie zginana jednokierunkowo, a reakcję równoległą do połąci dachu zostaną przeniesione przez płyty żużłobetonowe. Założenie to zostało przyjęte ze względu na brak bezpośredniego mocowania podkonstrukcji pod panele PV do płatwi oraz brak mocowania płyt żużłobetonowych co uniemożliwia przeniesienie reakcji z płyty na płatew.**

#### 4.6.3.2 Wymiarowanie przekroju płatwi

NORMA: PN-90/B-03200

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 1 Płatew\_zamocowana\_1 PUNKT: 3

WSPÓŁRZĘDNA:  $x = 1.00$   $L = 6.50$  m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 4 SGN (1+3)\*1.00+2\*1.17

MATERIAŁ: S 235

$f_d = 215.00$  MPa

$E = 210000.00$  MPa



PARAMETRY PRZEKROJU: IN 160

$h = 16.0$  cm

$b = 7.4$  cm

$t_w = 0.6$  cm

$t_f = 0.9$  cm

$A_y = 14.06$  cm<sup>2</sup>

$I_y = 935.00$  cm<sup>4</sup>

$W_{el_y} = 116.87$  cm<sup>3</sup>

$A_z = 10.08$  cm<sup>2</sup>

$I_z = 54.70$  cm<sup>4</sup>

$W_{el_z} = 14.78$  cm<sup>3</sup>

$A_x = 22.80$  cm<sup>2</sup>

$I_x = 7.11$  cm<sup>4</sup>

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$M_y = -21.80$  kN\*m

$M_{ry} = 25.13$  kN\*m

$M_{ry_v} = 25.13$  kN\*m

$V_z = -20.71$  kN

$V_{rz} = 125.70$  kN

KLASA PRZEKROJU = 1



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi Y:



względem osi Z:

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$M_y / (f_{tL} * M_{ry}) = 21.80 / (1.00 * 25.13) = 0.87 < 1.00$  (52)

$V_z / V_{rz} = 0.16 < 1.00$  (53)

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia (UKŁAD LOKALNY):

$u_y = 0.0000$  mm <  $u_{y \max} = L/200.00 = 32.5000$  mm

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 1 STA1

$u_z = 12.1637$  mm <  $u_{z \max} = L/200.00 = 32.5000$  mm

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 5 SGU (1+2)\*1.00+3\*0.80



Przemieszczenia (UKŁAD GLOBALNY): Nie analizowano

**Profil poprawny !!!**

**4.6.4 Obliczenia płatwi pośredniej (czwartej od szczytu szeda)**

**4.6.4.1 Obciążenia działające na płatew**

Przyjęto szerokość zbierania obciążenia równą: 2,39m

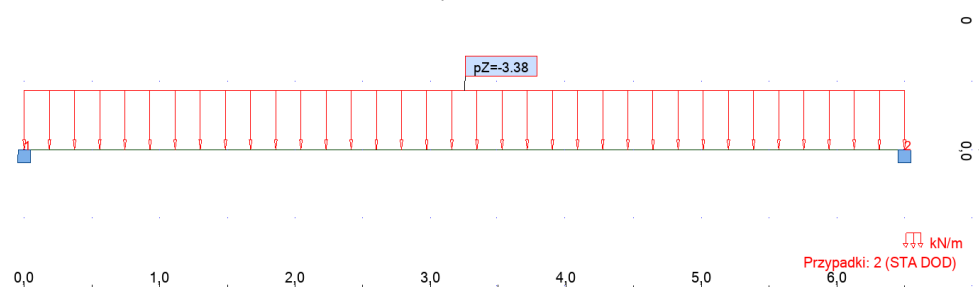
- ciężar własny

Ciężar własny został automatycznie uwzględniony w modelu

- obciążenie stałe dodatkowe

$$q_{sta}^P = 2,39m * \frac{1,63kN}{m^2} * \cos(25^{\circ}) = 3,53kN/m$$

$$q_{sta}^R = 2,39m * \frac{1,63kN}{m^2} * \sin(25^{\circ}) = 1,65kN/m$$

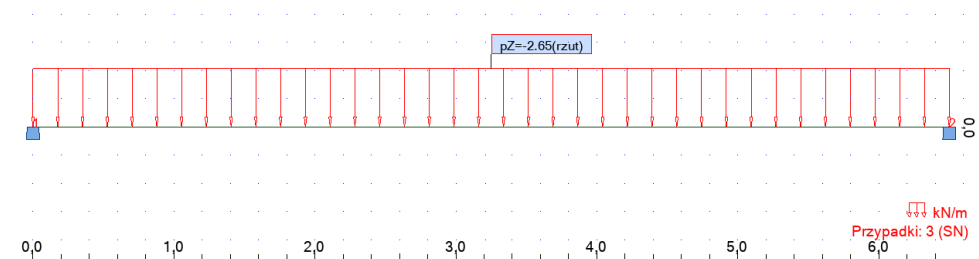


- obciążenie śniegiem (przypadek II – zsuniecie śniegu z paneli PV)

Przyjęto średnią wartość obciążenia śniegiem. Wartość kombinacyjna obciążenia śniegiem została zmniejszona o 25% poprzez zastosowanie współczynnika  $\gamma_f = 1,15$

$$q_{sn}^P = 2,39m * \frac{0,96+1,49}{2} * \cos(25^{\circ}) = 2,65kN/m$$

$$q_{sn}^R = 2,39m * \frac{0,96+1,49}{2} * \sin(25^{\circ}) = 1,24kN/m$$



#### UWAGA:

**Przyjęto, że płatew będzie zginana jednokierunkowo a reakcję równoległą do połąci dachu zostaną przeniesione przez płyty żużłobetonowe. Założenie to zostało przyjęte ze względu na brak bezpośredniego mocowania podkonstrukcji pod panele PV do płatew oraz brak mocowania płyt żużłobetonowych co uniemożliwia przeniesienie reakcji z płyty na płatew.**

#### 4.6.4.2 Wymiarowanie płatwi IN160

NORMA: [PN-90/B-03200](#)

TYP ANALIZY: [Weryfikacja prętów](#)

GRUPA:

PRĘT: 1 [Płatwę\\_zamocowana\\_1](#) PUNKT: 3

WSPÓŁRZĘDNA:  $x = 1.00$   $L = 6.50$  m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 4 SGN  $1*1.00+2*1.17+3*1.05$

MATERIAŁ: S 235

$f_d = 215.00$  MPa

$E = 210000.00$  MPa



PARAMETRY PRZEKROJU: IN 160

$h = 16.0$  cm

$b = 7.4$  cm

$t_w = 0.6$  cm

$t_f = 0.9$  cm

$A_y = 14.06$  cm<sup>2</sup>

$I_y = 935.00$  cm<sup>4</sup>

$W_{el_y} = 116.87$  cm<sup>3</sup>

$A_z = 10.08$  cm<sup>2</sup>

$I_z = 54.70$  cm<sup>4</sup>

$W_{el_z} = 14.78$  cm<sup>3</sup>

$A_x = 22.80$  cm<sup>2</sup>

$I_x = 7.11$  cm<sup>4</sup>

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$M_y = -24.96$  kN\*m

$M_{ry} = 25.13$  kN\*m

$M_{ry_v} = 25.13$  kN\*m

$V_z = -23.04$  kN

KLASA PRZEKROJU = 1

$V_{rz} = 125.70$  kN



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi Y:



względem osi Z:

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$M_y / (f_d I_y M_{ry}) = 24.96 / (1.00 * 25.13) = 0.99 < 1.00$  (52)

$V_z / V_{rz} = 0.18 < 1.00$  (53)

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



**Ugięcia (UKŁAD LOKALNY):**

$u_y = 0.0000$  mm  $< u_{y \max} = L/200.00 = 32.5000$  mm

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 1 STA1

$u_z = 13.7921$  mm  $< u_{z \max} = L/200.00 = 32.5000$  mm

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 5 SGU  $(1+2)*1.00+3*0.80$



**Przemieszczenia (UKŁAD GLOBALNY):** Nie analizowano

**Profil poprawny !!!**

## 4.7 PŁYTY ŻUŻLOBETONOWE „BYTOMSKIE”

### 4.7.1 Założenia ogólne

Zgodnie z archiwalną normą z 1952 roku, PN/B-14225 „Płyty dachowe zbrojone z żużla paleniskowego” oraz na podstawie rozstawu podpór (płatwi) stwierdzono, że na dachu budynku C1 zastosowano płyty dachowe z żużla paleniskowego typ 250 PN/B-14255 o wymiarach 249x49,5x8cm.

**1.2. OZNACZENIE TYPÓW.** Rozróżnia się następujące typy płyt dachowych z żużla paleniskowego:

- 200 — o wymiarach  $199 \times 49,5 \times 8$  cm,
- ➔ 250 — o wymiarach  $249 \times 49,5 \times 8$  cm,
- 300 — o wymiarach  $299 \times 49,5 \times 10$  cm.

### 4.7.2 Zestawienie obciążeń

- obciążenie ciężarem własnym

Obciążenie ciężarem własnym płyty zostało automatycznie uwzględnione w programie obliczeniowym w celu uwzględnienia odpowiedniej masy elementu zgodnie z normą przyjęto ciężar objętościowy betonu, z którego została wykonana płyta, równy:  $1300 \text{ kg/m}^3$

**2.1.5. Beton.** Do wykonania płyt należy stosować beton marki nie niższej niż 90 wg PN/B-03260, przy ciężarze objętościowym betonu nie wyższym niż  $1300 \text{ kg/m}^3$ .

- obciążenie stałe dodatkowe

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. $\text{kN/m}^2$	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. $\text{kN/m}^2$
1.	Papa podkładowa + papa wierzchniego krycia- grub. 11 mm [11,0kN/m <sup>3</sup> ·0,011m]	0,12	1,20	-	0,14
2.	Płyta dachowa poliizocyanurowa (PIR) 9+6cm = grub. 150 mm [0,40kN/m <sup>3</sup> ·0,15m]	0,06	1,20	-	0,07
3.	Izolacja paroszczelna, papabitymiczna + istniejące pokrycie z papy - grub. 11 mm [11,0kN/m <sup>3</sup> ·0,011m]	0,12	1,20	-	0,14
4.	Gładź cementowa wyrównująca gr. 2cm	0,42	1,30	-	0,55
<b>Σ:</b>		<b>0,72</b>	<b>1,23</b>	-	<b>0,90</b>



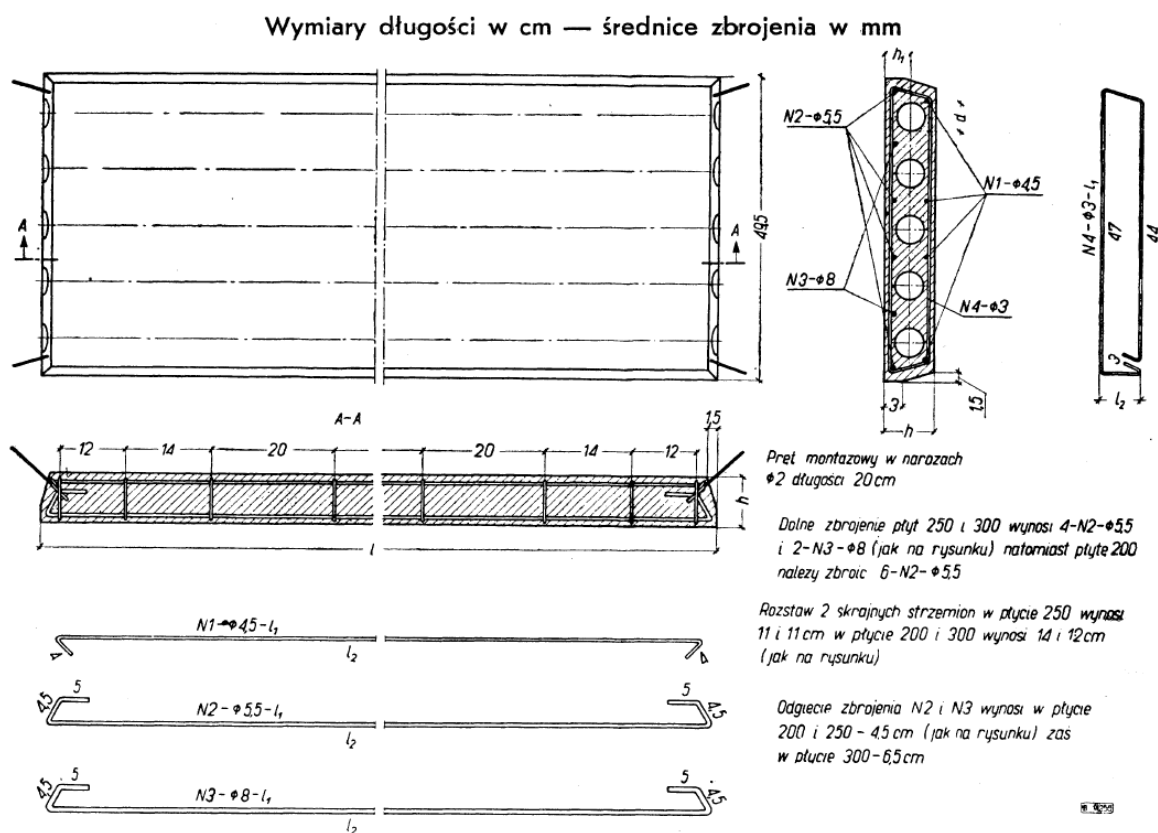
- obciążenie śniegiem

Przyjęto uśrednioną wartość obciążenia śniegiem na podstawie pkt 4.4.1 opracowania przy założeniu przypadku II (śnieg zsuwa się z paneli PV). Zgodnie z ograniczeniem dopuszczalnej grubości pokrywy śnieżnej na dachu.

$$q_{\text{śn}} = \frac{0,96 + 1,49}{2} = 1,23 \text{ kN/m}^2$$

### 3. Sprawdzenie nośności płyty

#### 3.1. Zbrojenie normowe zgodnie z PN/B-14255



Ciąg dalszy na str. 3

Zgodnie z powyższym rysunkiem całkowita powierzchnia zbrojenia dolnego zastosowanego w płycie typu 250 wynosi:

$$A_{s,prov} = 4 * \frac{\pi * (5,5 \text{ mm})^2}{4} + 2 * \frac{\pi * (8 \text{ mm})^2}{4} = 1,96 \text{ cm}^2$$

#### 3.2. Zbrojenie obliczone

#### ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

#### Obciążenia powierzchniowe [kN/m<sup>2</sup>]:

L	Opis obciążenia	Obc.char.	$\gamma_f$	$k_d$	Obc.obl.
p					
1	Stałe dodatkowe	0,72	1,23	--	0,89
2	Obciążenie śniegiem	1,23	1,30	--	1,60
3	Płyta żelbetowa grub.8 cm	1,04	1,10	--	1,14
Σ:		2,99	1,21		3,63

#### DANE MATERIAŁOWE

##### Zbrojenie główne:

Klasa stali A-0 (**St0S-b**) →  $f_{yk} = 220$  MPa,  $f_{yd} = 190$  MPa,  $f_{tk} = 300$  MPa

Średnica prętów w przęśle  $\phi_d = 5,5$  mm

##### Zbrojenie rozdzielcze (konstrukcyjne):

Klasa stali A-0 (**St0S-b**) →  $f_{yk} = 220$  MPa,  $f_{yd} = 190$  MPa,  $f_{tk} = 300$  MPa

Średnica prętów  $\phi = 4,5$  mm

##### Otulenie:

Nominalna grubość otulenia prętów z góry płyty  $c_{nom,g} = 15$  mm

Nominalna grubość otulenia prętów z dołu płyty  $c_{nom,d} = 15$  mm

**WYMIAROWANIE wg PN-B-03264:2002** (metoda uproszczona)

##### Przeszło:

**Zbrojenie potrzebne  $A_s = 2,38$  cm<sup>2</sup>/mb.**

#### WNIOSKI:

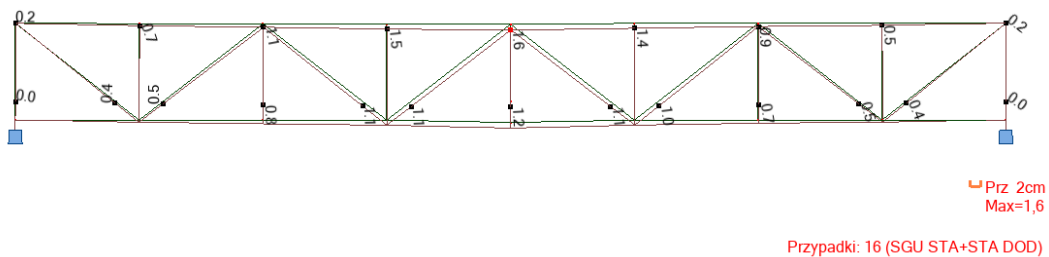
Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzić można, że zbrojenie spełnia wymagania SGN i SGU. Zbrojenie rzeczywiste płyt bytomskich typu 250, o powierzchni 1,96cm<sup>2</sup> jest większe od zbrojenia wymaganego dla zadanych obciążeń które wynosi 2,38cm<sup>2</sup>/mb\*0,50m=1,19cm<sup>2</sup>. (Wartość 0,5m wynika z faktu, że powyżej obliczono zbrojenie zakładając płytę jednokierunkowo zbrojoną o rozpiętości 2.4m i szerokości 1mb. Płyta bytomska ma szerokości 0,495 ~0,5m.)

#### 4.8 KRATOWNICA STALOWA

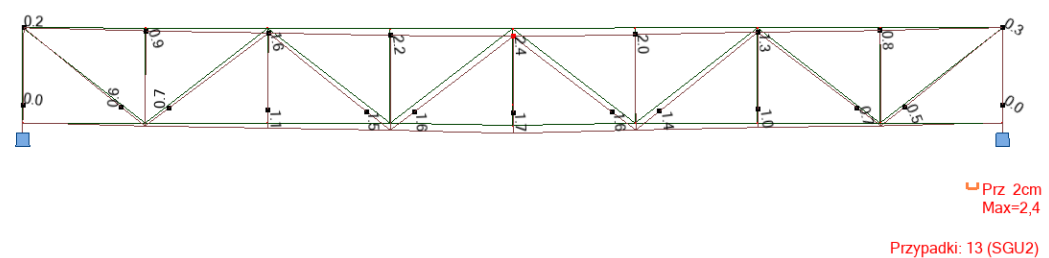
Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Wyteż	Przypadek
4671	C 280	S 235	14.97	59.39	0.96	12 SGN2
4678	2 LR 80x80x10	S 235	85.15	55.19	0.90	12 SGN2
4859	2 C 160	S 235	16.26	38.31	0.87	12 SGN2
4674	2 LR 80x80x10	S 235	85.45	55.39	0.78	12 SGN2
4848	C 280	S 235	14.97	59.39	0.75	12 SGN2
4668	C 280	S 235	14.97	59.39	0.74	12 SGN2
4653	2 LR 80x80x10	S 235	85.15	55.19	0.74	12 SGN2
4849	C 280	S 235	14.97	59.39	0.73	12 SGN2
4663	2 LN 100x75x10	S 235	75.20	33.65	0.70	12 SGN2
4664	2 LN 100x75x10	S 235	75.20	33.65	0.68	12 SGN2
4669	C 280	S 235	14.97	59.39	0.64	12 SGN2
4657	2 LR 80x80x10	S 235	85.30	55.29	0.57	12 SGN2

4837	IN 400	S 235	0.86	4.31	0.51	12 SGN2
4836	IN 400	S 235	1.55	7.78	0.49	12 SGN2
4670	C 280	S 235	14.97	59.39	0.43	12 SGN2
4677	2 LR 50x50x50-1	S 235	83.66	52.03	0.41	12 SGN2
4662	2 LN 100x75x10	S 235	75.18	33.65	0.38	12 SGN2
4846	C 280	S 235	14.97	59.39	0.36	12 SGN2
4673	2 LR 50x50x50-1	S 235	83.66	52.03	0.35	12 SGN2
4835	IN 400	S 235	6.49	32.56	0.34	8 SGN1
4847	C 280	S 235	14.97	59.39	0.33	12 SGN2
4661	2 LN 100x75x10	S 235	75.18	33.65	0.33	12 SGN2
4654	2 LR 50x50x50-1	S 235	83.08	51.67	0.31	12 SGN2
4675	2 LR 50x50x50-1	S 235	83.66	52.03	0.29	12 SGN2
4665	2 LN 100x75x10	S 235	75.18	33.65	0.27	12 SGN2
4825	IN 400	S 235	6.49	32.56	0.27	8 SGN1
4656	2 LR 50x50x50-1	S 235	83.46	51.91	0.23	12 SGN2
4658	2 LR 50x50x50-1	S 235	83.46	51.91	0.23	12 SGN2
4666	2 LN 100x75x10	S 235	75.18	33.65	0.20	12 SGN2
4860	2 C 160	S 235	4.42	10.41	0.04	12 SGN2

### Przemieszczenia istniejące od ciężaru własnego + warstw wykończeniowych



### Przemieszczenia całkowite kratownicy po uwzględnieniu montażu paneli i śniegu



Dopuszczalne ugięcie kratownicy:

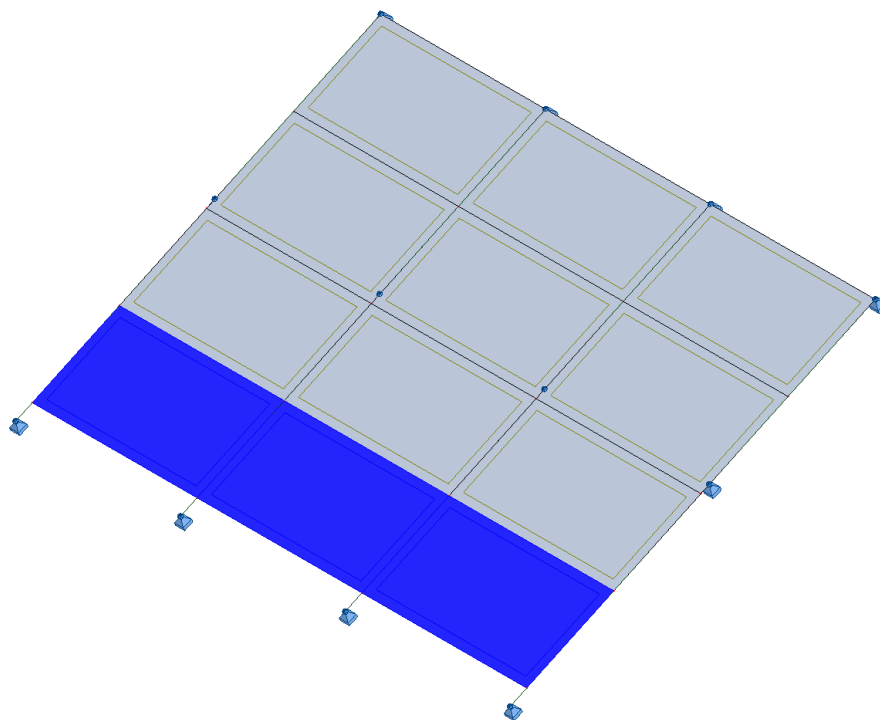
$$u_{dop} = \frac{L}{250} = \frac{1300cm}{250} = 5,20cm$$

## WERYFIKACJA MOŻLIWOŚCI DOŁOŻENIA DODATKOWEGO RZĘDU PANELI PV NA DACHU HALI C1 NA TERENIE FIRMY DOZAMEL

### Weryfikacja płatwi dachowej

### Obliczenie reakcji pod zestawem paneli PV

Widok modelu obliczeniowego z dodatkowym rzędem paneli (nowy rząd zaznaczony na niebiesko):

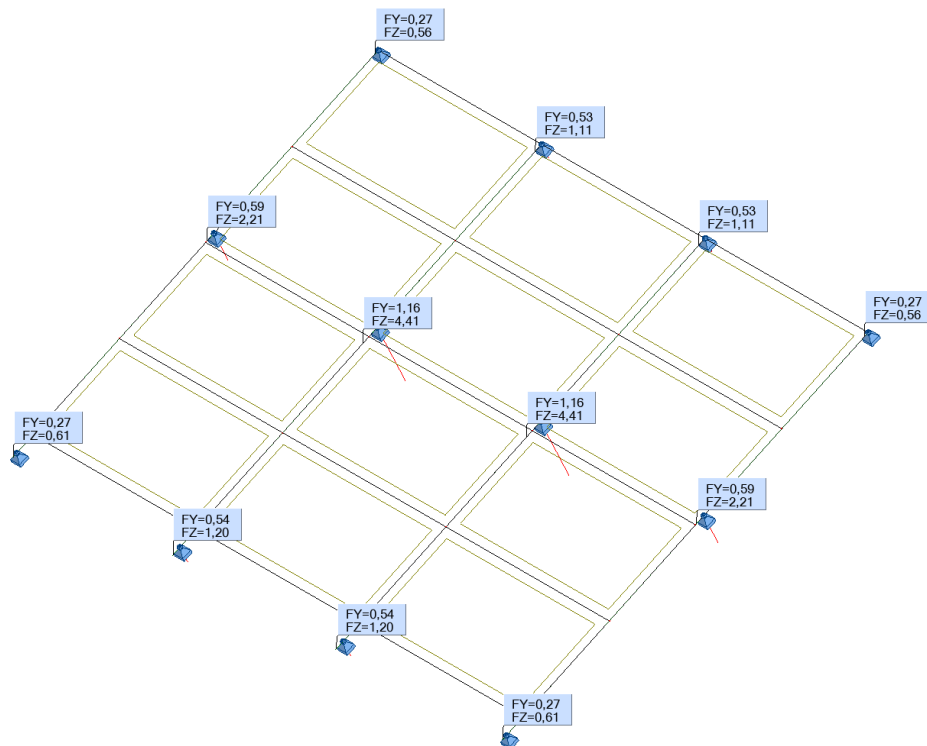


Przypadki: 1 (STA1)

### Obciążenia na panele PV

Obciążenia działające na panele PV zostały przyłożone zgodnie z ekspertyzą wykonaną dla konstrukcji dachu hali C1. Wartości obciążeń należy doczytywać zgodnie z wyżej wymienioną ekspertyzą.

## Reakcje podporowe pod zestawem paneli PV



Przypadki: 6 (SGN1)

## Obciążenia działające na płatew

Przyjęto szerokość zbierania obciążenia równą: 2,22m

- ciężar własny

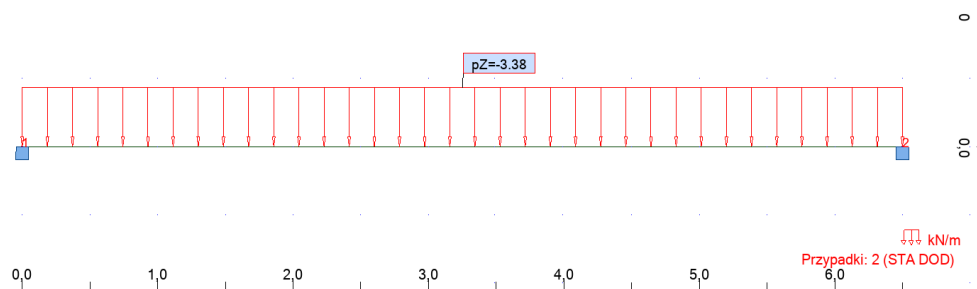
Ciężar własny został automatycznie uwzględniony w modelu

- obciążenie stałe dodatkowe

$$q_{sta}^P = 2,22m * \frac{1,68kN}{m^2} * \cos(25^{\circ}) = 3,38kN/m$$

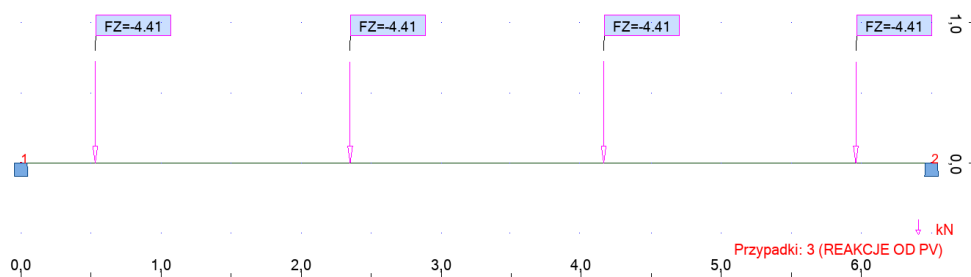
$$q_{sta}^R = 2,22m * \frac{1,68kN}{m^2} * \sin(25^{\circ}) = 1,58kN/m$$





- obciążenie reakcjami z paneli PV

Przyjęto najbardziej niekorzystny przypadek obciążenia reakcjami z rusztu, do którego zamocowane będą panele PV. Wartość reakcji równa:  $P_{PV} = 4,41 kN$



### 1.3. Wymiarowanie płatwi stalowej

## OBLICZENIA KONSTRUKCJI STAŁOWYCH

**NORMA:** PN-90/B-03200

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

**GRUPA:**

**PRĘT:** 1 Płatew\_zamocowana\_1 **PUNKT:** 3

**WSPÓŁRZĘDNA:**  $x = 1.00$   $L = 6.50$  m

**OBCIĄŻENIA:**

Decydujący przypadek obciążenia: 4 SGN (1+3)\*1.00+2\*1.17

**MATERIAŁ:** S 235

$f_d = 215.00$  MPa

$E = 210000.00$  MPa



**PARAMETRY PRZEKROJU:** IN 160

$h = 16.0$  cm

$b = 7.4$  cm

$t_w = 0.6$  cm

$t_f = 0.9$  cm

$A_y = 14.06$  cm<sup>2</sup>

$I_y = 935.00$  cm<sup>4</sup>

$W_{el_y} = 116.87$  cm<sup>3</sup>

$A_z = 10.08$  cm<sup>2</sup>

$I_z = 54.70$  cm<sup>4</sup>

$W_{el_z} = 14.78$  cm<sup>3</sup>

$A_x = 22.80$  cm<sup>2</sup>

$I_x = 7.11$  cm<sup>4</sup>

---

**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

$$M_y = -23.34 \text{ kN*m}$$

$$M_{ry} = 25.13 \text{ kN*m}$$

$$M_{ry\_v} = 25.13 \text{ kN*m}$$

$$V_z = -22.25 \text{ kN}$$

$$V_{rz} = 125.70 \text{ kN}$$

KLASA PRZEKROJU = 1

**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:**

---

**PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**

względem osi Y:



względem osi Z:

---

**FORMUŁY WERYFIKACYJNE:**

$$M_y / (f_{tL} * M_{ry}) = 23.34 / (1.00 * 25.13) = 0.93 < 1.00 \quad (52)$$

$$V_z / V_{rz} = 0.18 < 1.00 \quad (53)$$

---

**PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE****Ugięcia (UKŁAD LOKALNY):**

$$u_y = 0.0000 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L / 200.00 = 32.5000 \text{ mm}$$

Zweryfikowano

**Decydujący przypadek obciążenia:** 1 STA1

$$u_z = 12.9562 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L / 200.00 = 32.5000 \text{ mm}$$

Zweryfikowano

**Decydujący przypadek obciążenia:** 5 SGU (1+2)\*1.00+3\*0.80**Przemieszczenia (UKŁAD GLOBALNY):** Nie analizowano

---

**Profil poprawny !!!****Weryfikacja kratownicy głównej**

Nie przeprowadzano dodatkowej analizy kratownicy dachowej, ponieważ w modelu obliczeniowym konstrukcji dachu wartość obciążenia od paneli PV została rozłożona jak dla 4 rzędów paneli. Stwierdzić można zatem, że obliczenia przeprowadzone w ekspertyzie hali C1 są wystarczające dla zapewnienia nośności kratownicy.

**Wnioski**

Dopuszcza się instalację dodatkowego rzędu paneli fotowoltaicznych na istniejącej konstrukcji dachu hali C1 na terenie firmy Dozamel. Istniejąca konstrukcja w sposób bezpieczny przeniesie dodatkowe obciążenia

**WNIOSKI:**

***Dopuszcza się zamontowanie paneli PV na istniejącej konstrukcji dachu pod warunkiem ograniczenia wartości obciążenia śniegiem do 75% wartości normowej.***

**5.0 ZASTOSOWANE SYSTEMY FOTOWOLTAICZNE**

W związku z bardzo dużym wyężeniem głównej konstrukcji nośnej dachu przyjęto system wklejany/zgrzewany do pokrycia w układzie równoległym do połaci co jest korzystne ze względu na maksymalną ilość zainstalowanych paneli i nie powoduje znacznego dociążenia konstrukcji.

Z punktu widzenia nośności konstrukcji może być zastosowany dowolny system montażowy pod panelami PV nie przekraczający wagowo wartości przyjętych w obliczeniach. Jednakże z praktycznego punktu dalszej eksploatacji dachu nie są rekomendowane rozwiązania powodujące przebicie warstwy wodoszczelnej dachu. Naprawy nieszczelności będą wymagały zdjęcia paneli co spowoduje dodatkowo utratę ich sprawności. Decydując się na tańszą w realizacji instalację Inwestor świadomie narazi się na zwiększone koszty utrzymania szczelności dachu, postoje produkcyjne wewnątrz spowodowane zalaniem, utratę trwałości budynku oraz paneli fotowoltaicznych co może znacznie zniwelować zyski z produkcji energii elektrycznej.

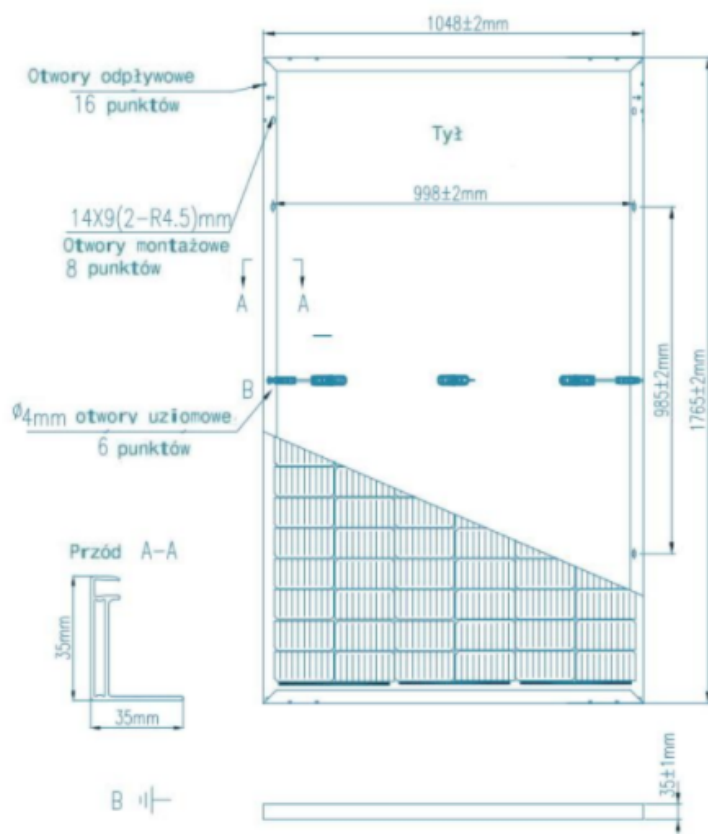
Do analizy obciążenia instalacją fotowoltaiczną wybrano dostępne obecnie na rynku polskim rozwiązania. Dopuszczalne są rozwiązania równoważne co do ich wagi modułu w przeliczeniu na 1m<sup>2</sup>.

Do analizy przyjęto ciężar zestawu: płytka mocująca +wspornik+ szyna + panel w przeliczeniu na 1m<sup>2</sup> połaci dachu wynosi ok. 20kg.

**Moduł fotowoltaiczny**

ULICA SOLAR 375W MONO.

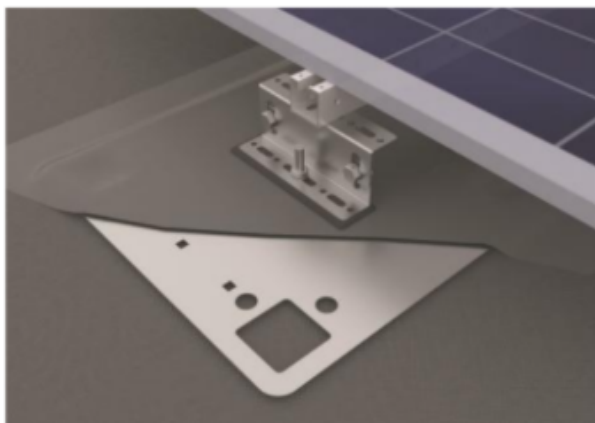
GABARYTY	
Wymiary (Długość/Szerokość/Wysokość)	1765/1048/35mm
Waga	20.2kg



## Wsporniki do kolektorów/ogniów słonecznych CWL

Zamocowania te służą do montażu kolektorów i paneli słonecznych na dachu płaskim.

Płytkę mocującą należy zamontować w pierwszej kolejności na istniejącej papie/membranie zgodnie z instrukcją producenta. Panele słoneczne montuje się bezpośrednio na wspornikach albo za pośrednictwem systemu szyn dostarczonego przez producenta.



#### **Dach kryty papą/membraną**

Wspornik kolektora słonecznego, dach płaski/  
blacha profilowana  
Zestaw wkrętów do wspornika pomostu dachowego  
na dach płaski <18°, 2 szt.  
(Do 2 wsporników kolektora słonecznego na dach płaski)

**Nr art.**

**410009**

**410226P**

#### **Zamocowania**

Płytkę mocującą, dach kryty papą/membraną

**410115**

*Płytkę mocującą należy zamontować w pierwszej kolejności na istniejącej papie/membranie albo jeszcze lepiej przed ułożeniem papy/membrany.*

#### **4. Deklarowane właściwości użytkowe**

*Nr artykułu*

410006

410007

410009

410193

410115

*Maksymalna siła obciążenia  
prostopadle z dachu.*

2,5 kN

2,5 kN

2,5 kN

3 kN

7 kN

*Maksymalna siła obciążenia w  
kierunku nachylenia dachu.*

6 kN

6 kN

3,7 kN

2,4 kN

10 kN

*Zasadnicze charakterystyki*

Reakcja na ogień

Odporność

Odporność

*Właściwości*

Klasa A1, B<sub>roof</sub>

Nie mniej niż równoważne z powłoką  
ocynkowaną

Klasa antykorozyjna C4 40 lat

*Specyfikacja techniczna*

EN 516:2006

EN 516:2006

EN ISO 12944-2





### **Płytkę mocującą montowaną na papie.**

Zamontować śrubę pod płytką w dedykowanym otworze i **zgrzać płytkę mocującą** w wybranym miejscu.

Przyciąć kawałek papy o wymiarach 800 x 1200 mm, 880 x 1100 mm lub 1000 x 1000 mm.

Założyć tuleję chroniącą na śrubę.

Wykonać otwór na śrubę w przyciętej papie.

**Zgrzać papę na całej powierzchni płytki mocującej.**

**Sprawdzić, czy nastąpiło całkowite zgrzanie w punktach mocowania.**

Zdjąć tuleję chroniącą śrubę.

## **Montaż paneli słonecznych na szynach.**

Panele słoneczne montowane są na wspornikach za pomocą m.in. szyny, która jest przykręcana z jednej strony do wspornika/płytki mocującej a z drugiej do panelu słonecznego. Montować panele zgodnie z zaleceniami producenta. Dobór szyny należy do dostawcy instalacji po obliczeniu odpowiedniej ilości podpór(Płytek mocujących) do danej ilości modułów w sekcji.

Autor opracowania dopuszcza inne równoważne rozwiązania, w przypadku zamiany systemu mocującego do dachu wymagana jest pisemna zgoda autora opracowania.

## **6.0 WNIOSKI**

- Przeprowadzona analiza wykazała, że nośność elementów głównej konstrukcji dachu pod działaniem obciążeń stałych, klimatycznych oraz nowoprojektowanej konstrukcji fotowoltaicznej nie została zapewniona. W celu umożliwienia montażu paneli na istniejącej konstrukcji dachu należy ograniczyć wielkość pokrywy śnieżnej mogącej zalegać na dachu szedowym.
- Po wykonaniu obliczeń statycznych - wytrzymałościowych stwierdzono, że obciążenie śniegiem nie powinno przekraczać **75% wartości normowej czyli 76,5kg/m<sup>2</sup> na dole szeda (w koszu) oraz 42kg/m<sup>2</sup> na górze szeda (w kalenicy).**
- Z uwagi że proponowany system ULICA SOLAR 375W MONO z wymienionym wyżej systemem mocowania CWL osiąga ciężar ok. 17kg/m<sup>2</sup>, na istniejącym obiekcie **inwestor może zamontować panele fotowoltaiczne w układzie maksymalnie trzech paneli poziomo od góry z podparciem na stopkach wklejanych tylko na linii płatwi**, zachowując tym samym warunki SGN jak również SGU obiektu.

- Panele należy montować zgodnie z instrukcją producenta systemu oraz ze schematem przedstawionym w części rysunkowej opracowania.

**W celu zapewnienia kontroli obciążenia dachu od paneli oraz ciężaru śniegu hala zostanie wyposażona w system monitoringu dachu płaskiego Sense S-One. System ma za zadanie rejestrowanie zmiany strzałki ugięcia co 3 minuty z dokładnością do 1mm. W ten sposób zostanie zapewniona kontrola stanu granicznego użyteczności konstrukcji.**

OPRACOWAŁ:

mgr inż. Artiom Komardin

Załączniki:

1. Koncepcja rozmieszczenia paneli na dachu hali C1
2. Karta katalogowa modułu ULICA SOLAR 375W MONO
3. Karta katalogowa płytki mocującej CWL0166PL