

lokalizacja

**SZKOLNA HALA SPORTOWA
PRZY ZESPOLE SZKÓŁ I LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCEGO W WIŚLE**

Pl. Jawornik 58 , 43-460 Wiśła

OPINIA KONSTRUKCYJNA

**WPŁYW ROZMIESZCZENIA OGNIW FOTOWOLTAICZNYCH
NA DACHU HALI SPORTOWEJ I LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCEGO W WIŚLE
NA STAN BEZPIECZEŃSTWA ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH DACHU**

inwestor

MIASTO WIŚLA

pl. Hoffa 5, 43-460 Wiśła

projektant generalny

Instytut Doradztwa Europejskiego – Innowacja s.c.
ul. Olszańska 18/1, 31-517 Kraków

opracowanie

mgr inż. Sławomir Żebracki
MAP/0087/PWOK/07

Maj 2023

Spis treści

I.	CZĘŚĆ OGÓLNA	3
1.	Uprawnienia / Izby	3
II.	CZĘŚĆ OPISOWA	5
1.	Przedmiot i cel opracowania	5
2.	Podstawa opracowania.....	5
3.	Elementy oceny stanu technicznego konstrukcji	6
4.	Ogólna charakterystyka obiektu - stan istniejący	7
5.	Ocena elementów konstrukcyjnych dachu	8
6.	Założenia dotyczące projektowanych modułów fotowoltaicznych	9
7.	Analiza obciążeniowa.....	11
8.	Wnioski i zalecenia	16
9.	Uwagi dodatkowe	17

I. CZĘŚĆ OGÓLNA

1. Uprawnienia / Izby



MAŁOPOLSKA
OKRĘGOWA
IZBA
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

Kraków, dnia 18 czerwca 2007 r.

MAP OIIB/KK/0054-0022/07

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów (Dz. U. z 2001 r. Nr 5 poz. 42, z późn. zm.), art. 12 ust. 1 pkt 1-5, art. 12 ust. 3, art. 13 ust. 1, 3 i 4, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity: Dz. U. z 2006 r. Nr 156 poz. 1118 z późn. zm.), § 11 ust. 1 pkt 1, § 15 i § 17 ust. 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. z 2006 r. Nr 83 poz. 578) oraz art. 104 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (tekst jednolity: Dz. U. z 2000 r. Nr 98, poz. 1071 z późn. zm.).

Małopolska Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna
stwierdza, że

Pan mgr inż. **Sławomir Żebracki**
urodzony dnia 16.12.1977 r. w Jasle
uzyskał

UPRAWNIENIA BUDOWLANE

numer ewidencyjny MAP/0087/PWOK/07

do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno - budowlanej.

UZASADNIENIE

Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Krakowie na podstawie protokołów z postępowania kwalifikacyjnego oraz z przeprowadzonego egzaminu, stwierdziła, że Pan Sławomir Żebracki posiada wymagane prawem wykształcenie i praktykę zawodową konieczną do uzyskania uprawnień budowlanych w wyżej wymienionej specjalności i uzyskał pozytywny wynik egzaminu na uprawnienia budowlane. Szczegółowy zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

POUCZENIE

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Krakowie w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.

Skład Orzekający
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej

1. Przewodniczący Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej
dr inż. Stanisław Karczmarczyk
2. Członek Składu Orzekającego
mgr inż. arch. Elżbieta Gabrys
3. Członek Składu Orzekającego
dr inż. Marian Plachecki

[Signature]
[Signature]
[Signature]



Otrzymują:

1. Pan Sławomir Żebracki
ul. Bujaka 16A/45
30-611 Kraków
2. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
3. a/a



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

MAP-GR4-V7T-9FB *

Pan Sławomir Żebracki o numerze ewidencyjnym MAP/BO/0519/07
adres zamieszkania ul. Zalesie 48/31, 30-384 Kraków
jest członkiem Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2022-09-01 do 2023-08-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-08-24 roku przez:

Mirosław Boryczko, Przewodniczący Rady Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78¹ K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarcza złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go
kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na
stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piiib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów
Budownictwa.



II. CZĘŚĆ OPISOWA

1. Przedmiot i cel opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest obiekt Szkoły Podstawowej nr 3 przy ul. Malinka 53 w Wiśle Malince, na którego dachu zaplanowano montaż modułów fotowoltaicznych.

Celem opracowania jest wykonanie opinii konstrukcyjnej dotyczącej wpływu rozmieszczenia ogniw fotowoltaicznych na bezpieczeństwo elementów konstrukcyjnych dachu.

2. Podstawa opracowania.

Podstawą opracowania jest:

- Zlecenie Inwestora,
- Wizja lokalna,
- Materiały archiwalne
- „Opinia techniczna dotycząca stanu istniejącego dachu hali sportowej” wykonana w marcu 2019. Zespół autorski: mgr inż. Józef Szczotka, mgr inż. Michał Gwazdacz.
- Wytyczne dotyczące ilości i sposobu mocowania modułów fotowoltaicznych przygotowane przez Viessmann Sp. z o.o. z siedzibą przy ul. Gen. Żiętka 126 w Mysłowicach

Przedmiotowe normy:

- PN-EN 1990 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji.
- PN-EN 1991 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje.
- PN-EN 1995 Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych.

- PN-82/B – 02000: Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości.
- PN-82/B – 02001: Obciążenia budowli. Obciążenie stałe.
- PN-82/B–02003: Obciążenia budowli. Obciążenie zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.
- PN-80/B-02010: Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem.
- PN-80/B-02010/Az1 październik 2006: Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem.
- PN-77/B-02011 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.
- PN-77/B-02011/Az1 lipiec 2009: Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.

3. Elementy oceny stanu technicznego konstrukcji

3.1. Sposób wykonania oceny

W celu oceny stanu technicznego konstrukcji:

- przeprowadzono ogólne oględziny całości budynku ze szczególnym uwzględnieniem konstrukcji więźby dachowej.
- Wykonano podstawowe pomiary niezbędne do wykonania przedmiotu opinii.

3.2. Skala ocen elementów konstrukcyjnych

Do oceny konstrukcji zastosowano następujące klasy stanu technicznego:

- klasa **A1** – dobry stan techniczny, pożądany stan techniczny elementu konstrukcyjnego, brak jakichkolwiek oznak uszkodzeń i/lub korozji
- klasa **A2** – zadowalający stan techniczny, spełnione stany graniczne nośności i użytkowania, widoczny wpływ środowiska na element lecz bez konieczności prowadzenia napraw i prac zabezpieczających, wymagana jest okresowa ocena stanu technicznego elementu.
- klasa **B1** – dostateczny stan techniczny, spełnione stany graniczne nośności i użytkowania, widoczny wpływ środowiska, konieczność wykonania prac zabezpieczających przed dalszą degradacją elementu, bez konieczności ingerencji w konstrukcję.
- klasa **C1** – zły stan techniczny, element nie spełnia warunków granicznych użytkowania, nie ma niebezpieczeństwa awarii konstrukcji, element powinien zostać wzmocniony w najbliższym możliwym terminie
- klasa **C2** – awaryjny stan techniczny, element nie spełnia warunków granicznych nośności, konieczne natychmiastowe wykonanie prac wzmacniających i/lub ograniczenie obciążenia elementu, w pewnych przypadkach konieczność ograniczenia użytkowania całości lub części obiektu.

3.3. Dokładność wykonanej pracy

Dokonano oględzin i podstawowych pomiarów. Nie przeprowadzono badań laboratoryjnych, których brak nie wpływa w znaczący sposób na sformułowane w dalszej części opracowania wnioski i zalecenia, a dotyczące elementów konstrukcyjnych.

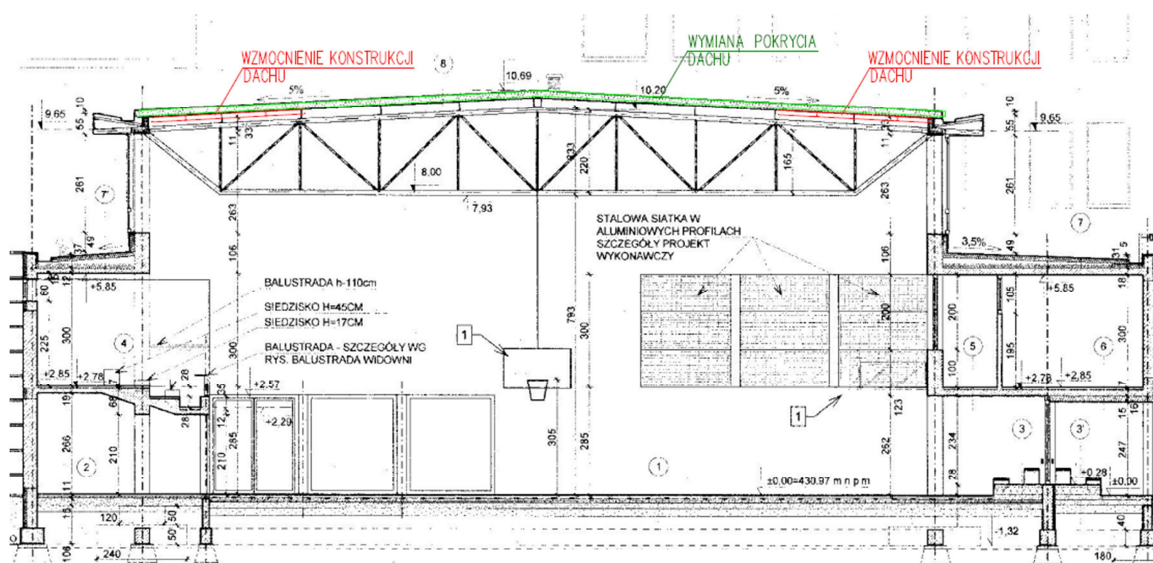
4. Ogólna charakterystyka obiektu - stan istniejący

Główna bryła budynku jednokondygnacyjna w części głównej hali i dwukondygnacyjna w części zaplecza. Wymiary budynku wpisują się w prostokąt o wymiarach około 25 x 40 [m]. Wymiary sali gimnastycznej 16 x 36 [m]. Przekrycie nad salą gimnastyczną zaprojektowano i wykonano jako układ kratownic o rozpiętości osiowej 19,30m i rozstawie 6 m. Pomiędzy kratownicami rozpięto płatwie wykonane z ceowników C260.

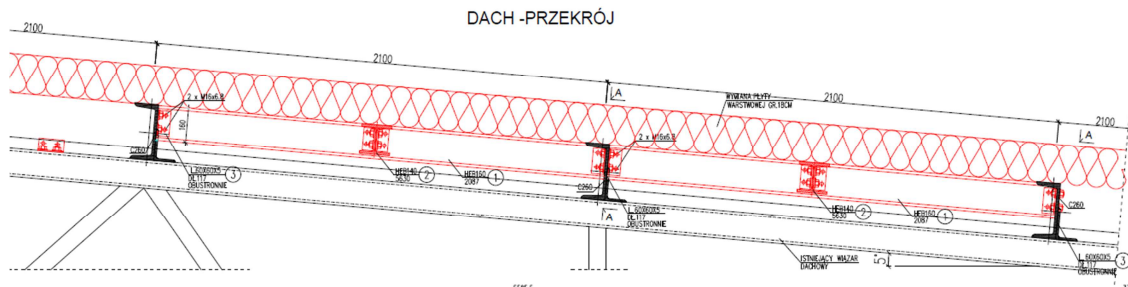


Foto 1. Widok ogólny na obiekt

W 2019 roku wykonano projekt wymiany poszycia dachowego i wykonano wzmocnienie skrajnych przęseł płyt poprzez dodanie dodatkowych linii płatwi. Podstawowy rozstaw płatwi wynosi 2.1 m i po dodaniu dodatkowych elementów w skrajnych przęsłach zagęszczono go do 1.05 m. Szkice poniżej.



Szkic 1. Przekrój przez budynek



Szkic 2. Przekrój fragment dźwigara dachowego – wzmocnienie

Zgodnie z przekazanymi materiałami poszycie dachu wykonano z płyt warstwowych BALEX 160 / 205 z rdzeniem z twardej pianki poliuretanowej.

5. Ocena elementów konstrukcyjnych dachu

Ocenić poddać główną połączyć dachu, na której zaplanowano montaż paneli fotowoltaicznych.

Główne dźwigary dachowe wykonano jako kratownicowe o rozpiętości 19.30 m. Wszystkie elementy wykonano z profili zamkniętych. Pasy dolne oraz górne i krzyżulce przypodporowe z RK130x6 pozostałe elementy z RP100x50x5. Stal St3S.

Płatwie dachowe wykonane z profili stalowych C260.

Konstrukcja zachowana w stanie dobrym. Dźwigary nie wykazują nadmiernych ugięć. Nie widać symptomów świadczących o przeciążeniu.

Konstrukcja dachu nie wykazuje przekroczenia stanów granicznych SGN i SGU.
Stan techniczny zaliczono do klasy A2.

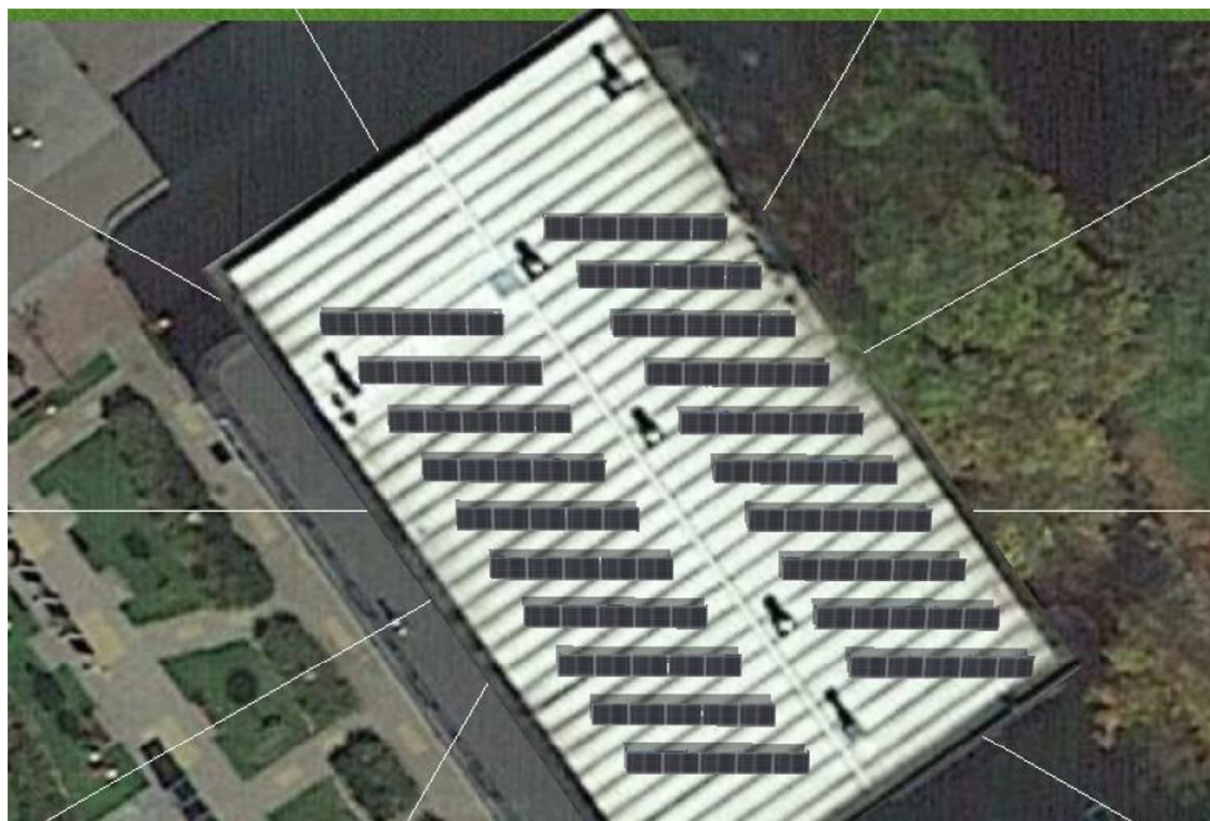


Fot.2 Widok ogólny na wieżbę dachową

6. Założenia dotyczące projektowanych modułów fotowoltaicznych

6.1. Lokalizacja instalacji fotowoltaicznej

Zgodnie z założeniami instalacyjnymi, panele fotowoltaiczne zlokalizowane zostaną na całej powierzchni dachu.



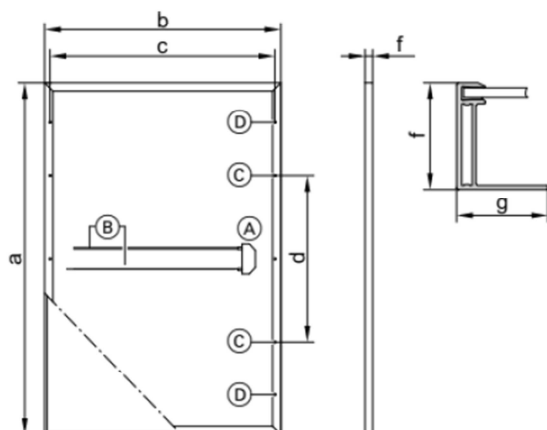
Fot.3. Lokalizacja i intensywność paneli fotowoltaicznych na połaci dachowej

6.2. Obciążenie od instalacji fotowoltaicznej

Instalacja modułów fotowoltaicznych zrealizowana ma zostać z dodatkowym nachyleniem zapewniającym maksymalną wydajność energetyczną pod kątem 15° z ekspozycją południową. Montaż zrealizowany ma zostać na systemie dedykowanym przez producenta zgodnie z kartą techniczną produktu. W celu minimalizowania obciążenia od instalacji, mocowanie do dachu zrealizowane ma zostać poprzez zastosowanie technologii klejenia podkonstrukcji do poszycia w celu zabezpieczenia przed negatywnym działaniem wiatru. Zaplanowano montaż 10. Każdy moduł o ciężarze równym 22 kg / szt. Wraz z systemem podpór, łączne obciążenie od instalacji wynosi 30 kg/m².

Charakterystykę zastosowanych w projekcie modułów przedstawiono poniżej.

Wymiary montażowe



a	mm	1719
b	mm	1140
c	mm	1090
d	mm	1031
e	mm	35
f	mm	35

Typ ogniw:	monokrystaliczne ogniwa krzemowe PERC
Liczba ogniw:	68 pełnych ogniw ciętych na 340 części (shingled)
Materiał laminujący ogniw:	kopolimer etylenu i octanu winylu (EVA)
Rama:	stop aluminium, anodowany kolor czarny
Szkło wierzchnie:	szkło bezpieczne 1-warstwowe 3,2 mm z powłoką antyrefleksową
Ciężar:	22 kg

Generator PV, 1. Powierzchnię modułu - Dowolny budynek 01-Powierzchnia do obłożenia Północny-Wschód

Nazwa	Dowolny budynek 01-Powierzchnia do obłożenia Północny-Wschód
Moduły PV	100 x Vitovolt 300 M405 WE (v1)
Producent	Viessmann Climate Solutions SE
Nachylenie	15 °
Orientacja	Południe 180 °
Rodzaj montażu	Dach - podniesiony
Powierzchnia generatora PV	196,0 m ²



7. Analiza obciążeniowa.

7.1. Obciążenia

Obciążenie śniegiem

Strefa śniegowa III

Wysokość terenu w m n.p.m. $A := 431\text{m}$

Wartość charakt. obc. śniegiem:

$$s_k := \max\left(0.006 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot A - 0.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}, 1.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right) \quad s_k = 1.99 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Wartość ekspozycji: $C_e := 1$ Wartość termiczny: $C_t := 1$

Dla kąta nachylenia połaci: $\alpha := 5$

Wartość wsp. kształtu: $\mu_1 := 0.8$

Obciążenie charakterystyczne: $s := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad s = 1.59 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Wsp. obciążenia: $\gamma_f := 1.5$

Wartość obliczeniowa obciążenia śniegiem: $\gamma_f \cdot s = 2.38 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Instalacja fotowoltaiczna

$q_f = 0.15 \text{ kN/m}^2$ – wartość charakterystyczna

Dach - obciążenie powierzchniowe			
Rodzaj obciążenia	Obciążenia powierzchniowe		
	Obc. char. g_k [kN/m ²]	Wsp. obc. γ_f	Obc. obl. g_o [kN/m ²]
OBCIĄŻENIA STAŁE			
warstwy i konstrukcja płyty stropowej			
Płyta dachowa gr. 160mm	0,16	1,35	0,22
Razem stałe Σ	0,16	1,35	0,22
OBCIĄŻENIA ZMIENNE			
	Obciążenia powierzchniowe		

Rodzaj obciążenia powierzchniowego	Obc. char. p_k [kN/m ²]	Wsp. obc. γ_f	Obc. obl. p_o [kN/m ²]
Obciążenie zmienne - użytkowe	0,50	1,50	0,75
Obciążenie zmienne - technologiczne	0,35	1,50	0,53
Śnieg	1,59	1,50	2,39
Razem zmienne (bez wiatru) Σ	2,44	1,50	3,66

Przyrost obciążeń powierzchniowych od paneli fotowoltaicznych wynosi około 6%

7.2. Sprawdzenie nośności płyt dachowych

Założenia:

- Płyta dachowa z rdzeniem z pianki poliuretanowej 160/205
- Rozpiętość 2.1 m
- Maksymalne obciążenie zewnętrzne na płyty: $q = 2.09 \text{ kN/m}^2$ – uwzględniono ciężar modułów fotowoltaicznych

Zgodnie z tabelą nośności płyt dachowych, przeprowadzono interpolację wartości obciążenia zewnętrznego do rozpiętości 2.1 m i wyznaczono maksymalną wartość $q_{\max} = 2.35 \text{ kN/m}^2$.

Tabela 15. Układ wieloprzęsłowy - maksymalne obciążenie charakterystyczne płyt w okładzinach 0,5/0,4 i profilacji trapez/liniowanie; w nawiasie szerokość podpory zewnętrznej/wewnętrznej [mm]

Grubość rdzenia	Kierunek działania obciążenia	Maksymalne obciążenie charakterystyczne [kN/m²] przy danej rozpiętości [m]																
		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	5,25	5,50	5,75	6,00
160/205	parcie	2,53 (43/86)	2,1 (41/82)	1,79 (40/78)	1,54 (40/75)	1,35 (40/72)	1,19 (40/70)	1,06 (40/68)	0,95 (40/66)	0,86 (40/64)	0,78 (40/63)	0,71 (40/61)	0,65 (40/60)	0,6 (40/60)	0,55 (40/60)	0,51 (40/60)	0,47 (40/60)	0,43 (40/60)
	ssanie	-3,15 (43/86)	-2,67 (41/82)	-2,31 (40/78)	-2,03 (40/75)	-1,80 (40/72)	-1,62 (40/70)	-1,48 (40/68)	-1,35 (40/66)	-1,25 (40/64)	-1,16 (40/63)	-1,08 (40/61)	-1,02 (40/60)	-0,96 (40/60)	-0,91 (40/60)	-0,86 (40/60)	-0,82 (40/60)	-0,78 (40/60)

$$q = 2.09 \text{ kN/m}^2 < q_{\max} = 2.35 \text{ kN/m}^2$$

Wniosek:

Nośność płyty dachowej jest wystarczająca do przeniesienia dodatkowego obciążenia zewnętrznego od modułów fotowoltaicznych. Zapas nośności dla płyty dachowej wynosi 12%.

7.3. Wymiarowanie płatwi

Założenia:

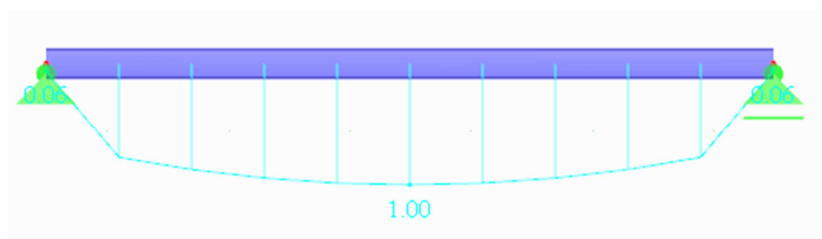
- Przekrój: C260,
- Maksymalny rozstaw: 210 cm,
- Rozpiętość; L=6 m
- Stal: St3S (S235)

Obciążenia liniowe - Płatw dachowa							
Rodzaj obciążenia		Obciążenia powierzchniowe			Obciążenia liniowe na płatwie		
		Obc. char.	Wsp. obc.	Obc. obl.	Obc. char.	Wsp. obc.	Obc. obl.
		g_k [kN/m ²]	γ_f	g_o [kN/m ²]	g_k [kN/m]	γ_f	g_o [kN/m]
OBCIĄŻENIA STAŁE							
warstwy i konstrukcja płyty stropowej							
Płyta dachowa gr. 160mm		0,16	1,35	0,22	0,34	1,35	0,45
Razem stałe Σ		0,16	1,35	0,22	0,34	1,35	0,45
OBCIĄŻENIA ZMIENNE							
Rodzaj obciążenia powierzchniowego		Obciążenia powierzchniowe			Obciążenia liniowe na płatwie		
		Obc. char.	Wsp. obc.	Obc. obl.	Obc. char.	Wsp. obc.	Obc. obl.
		p_k [kN/m ²]	γ_f	p_o [kN/m ²]	g_k [kN/m]	γ_f	g_o [kN/m]
Obciążenie zmienne - użytkowe		0,50	1,50	0,75	1,05	1,50	1,58
Obciążenie zmienne - technologiczne		0,35	1,50	0,53	0,74	1,50	1,10
Obciążenie zmienne - fotowoltaika		0,15	1,50	0,23	0,32	1,50	0,47
Śnieg		1,59	1,50	2,39	3,35	1,50	5,02
Razem zmienne (bez wiatru) Σ		2,59	1,50	3,89	5,45	1,50	8,17

W obliczeniach statyczno-wytrzymałościowych uwzględniono jednoprzęstową pracę płatwi.

W kombinacji obciążeń wykluczono jednoczesne działanie pełnego obciążenia śniegiem oraz obciążenia użytkowego i przyjęto wyłącznie obciążenie śniegiem jako bardziej niekorzystne.

Maksymalne obciążenie uwzględniające montaż modułów fotowoltaicznych wykorzystuje nośności płatwi na poziomie 100%.



Szkic.2. Schemat statyczny płatwi / wykorzystanie nośności.

Wniosek:

Nośność płatwi jest wystarczająca do przeniesienia dodatkowego obciążenia zewnętrznego od modułów fotowoltaicznych, ale nośność wykorzystana jest w 100% - brak dodatkowej rezerwy.

7.4. Wymiarowanie dźwigara głównego

Założenia:

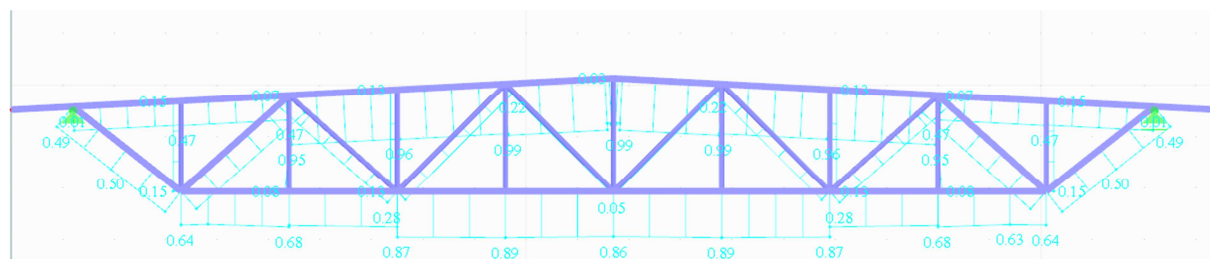
- Geometria: Zgodna z dokumentacją archiwalną.
- Maksymalna rozpiętość 9.30m,
- Rozstaw: 6 m
- Stal: St3S (S235)
- Układ statyczny: jednoprzęsłowa kratownica podparta przegubowo z jednostronnym przesuwem.

Obciążenia - Dźwigar dachowy									
Rodzaj obciążenia	Obciążenia powierzchniowe			Obciążenia liniowe na płatwie			Obciążenia punktowe na węzeł kratownicy		
	Obc. char.	Wsp. obc.	Obc. obl.	Obc. char.	Wsp. obc.	Obc. obl.	Obc. char.	Wsp. obc.	Obc. obl.
	g_k [kN/m ²]	γ_f	g_o [kN/m ²]	g_k [kN/m]	γ_f	g_o [kN/m]	g_k [kN]	γ_f	g_o [kN]
OBCIĄŻENIA STAŁE									
warstwy i konstrukcja płyty stropowej									
Płyta dachowa gr. 160mm	0,16	1,35	0,22	0,34	1,35	0,45	2,02	1,35	2,73
Płatew Ceownik 260				0,38			2,27	1,35	3,07
Wzmocnienie profilami HEB							1,46	1,35	1,97

Razem stałe	0,16	1,35	0,22	0,34	1,35	0,45	5,75	1,35	7,77
OBCIĄŻENIA ZMIENNE									
	Obciążenia powierzchniowe			Obciążenia liniowe na płatwie			Obciążenia punktowe na węzeł kratownicy		
Rodzaj obciążenia powierzchniowego	Obc. char. p_k [kN/m ²]	Wsp. obc. γ_f	Obc. obl. p_o [kN/m ²]	Obc. char. g_k [kN/m]	Wsp. obc. γ_f	Obc. obl. g_o [kN/m]	Obc. char. g_k [kN]	Wsp. obc. γ_f	Obc. obl. g_o [kN]
Obciążenie zmienne - użytkowe	0,50	1,50	0,75	1,05	1,50	1,58	6,31	1,50	9,47
Obciążenie zmienne - technologiczne	0,35	1,50	0,53	0,74	1,50	1,10	4,42	1,50	6,63
Obciążenie zmienne - fotowoltaika	0,15	1,50	0,23	0,32	1,50	0,47	1,89	1,50	2,84
Śnieg	1,59	1,50	2,39	3,35	1,50	5,02	20,07	1,50	30,11
Razem zmienne (bez wiatru)	2,59	1,50	3,89	5,45	1,50	8,17	32,70	1,50	49,04

W kombinacji obciążeń wykluczono jednoczesne działanie pełnego obciążenia śniegiem oraz obciążenia użytkowego i przyjęto wyłącznie obciążenie śniegiem jako bardziej niekorzystne.

Maksymalne obciążenie uwzględniające montaż modułów fotowoltaicznych wykorzystuje nośności płatwi na poziomie 99%.



Szkic.3. Schemat statyczny dźwigara / wykorzystanie nośności.

Wniosek:

Nośność dźwigara jest wystarczająca do przeniesienia dodatkowego obciążenia zewnętrznego od modułów fotowoltaicznych. ale nośność wykorzystana jest w 99% - brak dodatkowej rezerwy.

8. Wnioski i zalecenia

- 8.1. Dodatkowe obciążenie obliczeniowe połaci dachu panelami fotowoltaicznymi i towarzyszącą konstrukcją wsporczą powoduje przyrost wykorzystania nośności o około 6%.
- 8.2. Konstrukcja dachu zachowana w stanie zadawalającym.
- 8.3. Podczas wizji lokalnej nie stwierdzono korozji oraz degradacji elementów konstrukcyjnych.
- 8.4. Analiza statyczno-wytrzymałościowa wykazała wystarczającą nośność elementów nośnych budynku, umożliwiającą montaż modułów fotowoltaicznych.
- 8.5. Z uwagi na dodatkowe obciążenie modułami fotowoltaicznymi i całkowite wyczerpanie nośności elementów dachowych niezbędne jest prowadzenie stałego monitoringu obciążenia śniegiem i odśnieżanie dachu. Szczególnie istotne jest usuwanie śniegu z tzw. „kieszeni” pod panelami ustawionymi pod kątem 15°. Są to miejsca newralgiczne, gdzie mogą tworzyć się worki śnieżne lub gromadzić zleżały śnieg, a w skrajnych przypadkach może tam dochodzić do powstawania pokrywy lodowej. Zaleca się ograniczyć grubość zalegającej pokrywy śnieżnej do 80% wartości normowej. W instrukcji odśnieżania dachu zaleca się umieścić poniższe wartości grubości warstwy śniegu zalegającej na budynku:

Rodzaj śniegu i lodu	Ciężar objętościowy	Dopuszczalna grubość pokrywy śniegu / lodu
	[kN/m ³]	[m]
Świeży	1,0	1,30
Osiadły (kilka godzin lub dni po opadach)	2,0	0,65
Stary (kilka tygodni lub miesięcy po opadach)	3,5	0,37
Mokry	4,0	0,33
Zladowaciały	7,0	0,19
Lód (z zamarzniętej wody)	9,0	0,14

9. Uwagi dodatkowe

- 9.1. Zaleca się stosowanie podkładów chroniących pokrycie dachowe.
- 9.2. Prace związane z montażem instalacji fotowoltaicznej prowadzić pod nadzorem osoby uprawnionej, zgodnie z zasadami BHP i ogólnej wiedzy technicznej.
- 9.3. W przypadku jakichkolwiek wątpliwości dotyczących niniejszego opracowania skontaktować się z autorem opracowania.

Opracował: **mgr inż. Sławomir Żebracki**

Kraków, maj 2023