

lokalizacja

SZKOŁA PODSTAWOWA NR 4

ul. Kopydło 74 53 , 43-460 Wiśła

OPINIA KONSTRUKCYJNA

**WPŁYW ROZMIESZCZENIA OGNIW FOTOWOLTAICZNYCH
NA DACHU SZKOŁY PODSTAWOWEJ NR 4 W WIŚLE GŁĘBCE
NA STAN BEZPIECZEŃSTWA ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH DACHU**

inwestor

„**MIASTO WIŚLA**”

pl. Hoffa 3, 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 dachów.....	7
III.	Analiza dachu części wysokiej.....	12
6.	Założenia dotyczące projektowanych modułów fotowoltaicznych na dachu części wysokiej	12
7.	Analiza obciążeniowa.....	14
IV.	Analiza dachu bryły głównej budynku.....	17
8.	Założenia dotyczące projektowanych modułów fotowoltaicznych na dachu części głównej budynku	17
9.	Analiza obciążeniowa.....	19
10.	Wnioski i zalecenia	22
11.	Uwagi dodatkowe	22

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 4 przy ul. Kopydło 74 w Wiśle Głębcze, 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
- 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

Budynek w planie zbudowano na bazie nieregularnego kształtu składającego się z kilku prostokątów, na których wyodrębnia się zróżnicowaną pod względem bryłowym zawartą zabudowę. Każda z części przekryta jest niezależnymi pod względem konstrukcyjnym dachami wielospadowymi. Główna bryła budynku dwukondygnacyjna z nieużytkowym poddaszem i częściowym podpiwniczeniem. Części hali sportowej oraz północna bryła jednokondygnacyjne z nieużytkowym poddaszem. Najwyższa, górująca nad główną bryłą budynku część obiektu trzykondygnacyjna z nieużytkowym poddaszem i podpiwniczeniem.

Ustrój nośny wykształcony przez podłużne ściany murowane usztywnione układem ścian. Główna bryła budynku. Więźba dachowa nad wszystkimi częściami drewniana krokwiowo - płatwiowa. Poszycie wykonane z papy termozgrzewalnej na pełnym deskowaniu.

5. Ocena elementów konstrukcyjnych dachów

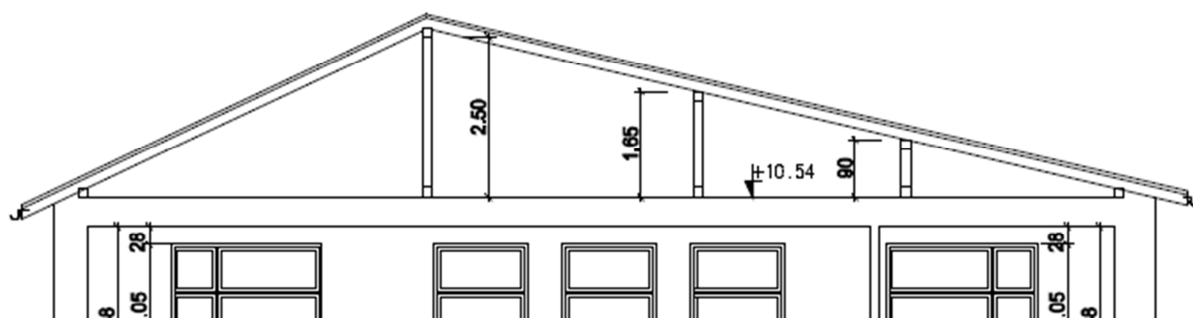
Instalację modułów fotowoltaicznych zaprojektowano na dachach dwóch brył budynku.

- Bryła południowo-wschodnia – trzykondygnacyjna z dachem dwuspadowy o ekspozycji północnej i południowej.
- Bryła główna budynku – dwukondygnacyjna. Panele obciążają dwie połacie o ekspozycji wschodniej i zachodniej.

Podczas wizji lokalnej ocenie poddano elementy konstrukcyjne nad tymi dwiema częściami obiektu.

5.1. Część trzykondygnacyjna – bryła południowo-wschodnia

Więźba dachowa wykonana została jako płatwiowo-krokwiowa, rozpięta na murowanych ścianach kolankowych oraz dodatkowo wsparta na drewnianych słupkach pośrednich. Połacie na której przewidziano montaż modułów skierowana jest w stronę południową i zrealizowana została z krokwi o wymiarach 8 x 16 cm pracujących w układzie trójpłaszczyznowym. Krokwie opierają się na murłacie (ścianka kolankowa) dwóch na płatwiach pośrednich oraz płatwi kalenicowej. Wszystkie elementy o wymiarze 16 x 16 cm. Płatwie pośrednie oraz kalenicowe opierają się na słupkach tworząc ramy usztywnione w kierunku podłużnym mieczami skracającymi rozpiętość płatwi. Przekrój poprzeczny słupków 16 x 16 cm. Rozstaw słupków w nieregularnym rytmie o rozstawie maksymalnym około 4,5 m.



Szkielet 1. Przekrój przez więźbę dachową – rysunek archiwalny

Drewno więźby dachowej zachowane jest w zadowalającym stanie technicznym bez widocznych śladów korozji biologicznej i nadmiernych ugięć. Widoczne są natomiast wzmocnienia konstrukcji (np. dodatkowe słupki podporowe), które były zrealizowane w trakcie użytkowania budynku, co może świadczyć o problemach związanych z więźbą dachową wymuszających konieczność jej wzmocnienia. Ogólna ocena więźby dachowej zadowalająca.

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



Fot.1 Widok ogólny na elementy więźby dachowej.

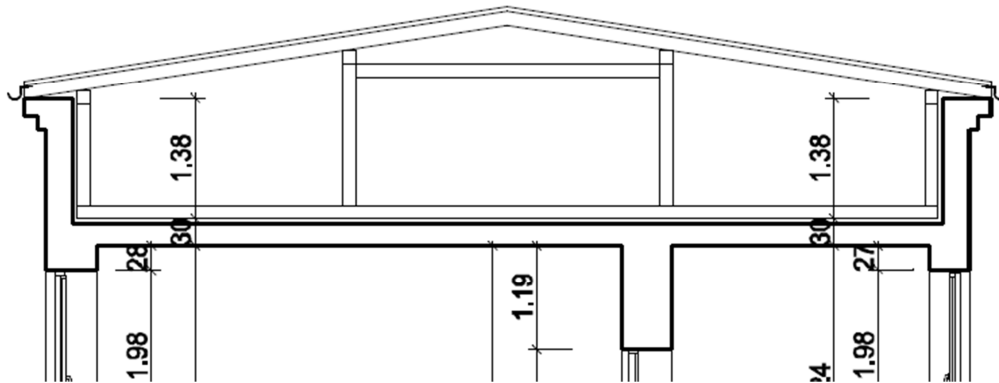


Fot.2. Widok na krokwie

5.2. Część główna budynku

Więźba dachowa wykonana została jako płatwiowo-krokwiowa, rozpięta na murowanych ścianach kolankowych oraz dwóch rzędów słupków wewnętrznym zwieńczonych płatwami pośrednimi. Przekrój krokwi 10x14 cm w rozstawie co 110 cm. Płatwie pośrednie oraz

słupki o przekroju 16 x 16 cm. Z uwagi na duży rozstaw słupków, płatwie pośrednie wzmocnione są od spodu koźłami rozpartymi pomiędzy podstawami słupków głównych, tworząc dodatkowe ramy stanowiące liniowe podparcie płatwi.



Szkic 2. Przekrój przez więźbę dachową – rysunek archiwalny

Na ocenę stanu technicznego więźby dachowej tej części obiektu wpływ ma kondycja elementów konstrukcyjnych zlokalizowanych w centralnej części wschodniej połaci dachu.

Elementy więźby dachowej w środkowej części połaci znajduje się w awaryjnym stanie technicznym. Przekroje są skorodowane, zawilgocone i w części zostały zupełnie zniszczone tworząc znaczne braki w ustroju nośnym. Lokalnie zostały podjęte próby wzmocnienia więźby dachowej, ale wykonano je w sposób niedbały, bez uprzednio przygotowanego programu naprawczego i nadzoru technicznego.

Niezbędne jest bezzwłoczne przeprowadzenie prac naprawczych elementów więźby dachowej. Prace należy poprzedzić ekspertyzą zawierającą zakres badań mykologicznych.

Połąć zachodnia zachowana jest w stanie zadawalającym. Elementy spełniają warunki stanów granicznych nośności i użyteczności ale widoczny jest wpływ środowiska. Elementy wymagają okresowych przeglądów technicznych.

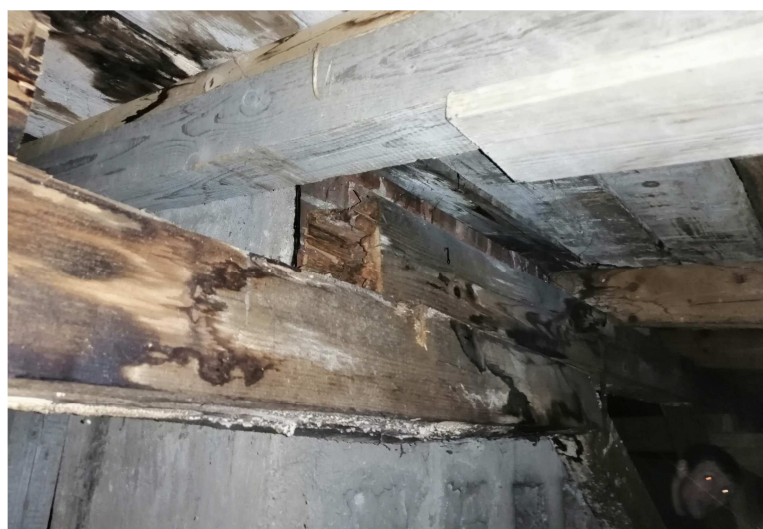
Konstrukcja dachu w stanie awaryjnym. Niezbędne jest natychmiastowe zabezpieczenie i przeprowadzenie prac naprawczych. Stan techniczny zaliczono do klasy C2.



Fot.1 Widok na elementy wschodniej połaci – widoczna zaawansowana korozja biologiczna



Fot.2 Widok na elementy wschodniej połaci – osłabiony wycięciem przekrój płatwi



Fot.3 Widok na elementy wschodniej połaci – brak płatwi i korozja biologiczna



Fot.4 Widok na wschodnią połąć – fragmenty spróchniałych elementów więźby dachowej



Fot.5 Kozły podporowe dla płatwi pośrednich



Fot.6 Węzeł podporowy płatwi

III. Analiza dachu części wysokiej

6. Założenia dotyczące projektowanych modułów fotowoltaicznych na dachu części wysokiej

6.1. Lokalizacja instalacji fotowoltaicznej

Zgodnie z założeniami instalacyjnymi, panele fotowoltaiczne zlokalizowane zostaną na połaci południowej głównej bryły budynku.



Fot.7. Widok ogólny budynku Szkoły Podstawowej nr 4 w Wiśle Głębcach – część południowo-wschodnia.



Fot.2. Lokalizacja i intensywność paneli fotowoltaicznych na połaci dachowej

6.2. Obciążenie od instalacji fotowoltaicznej

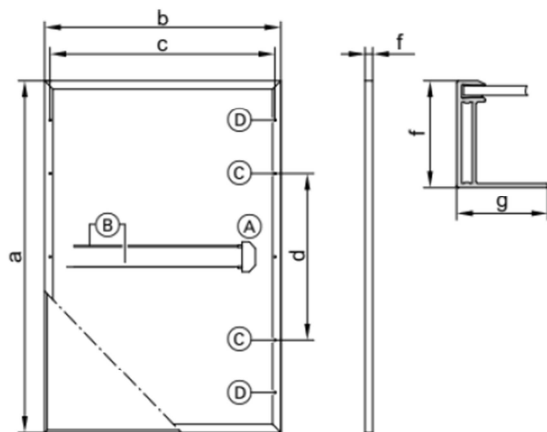
Instalacja modułów fotowoltaicznych odzwierciedla nachylenie połaci dachowej, a montaż zrealizowany zostanie na systemie dedykowanym przez producenta zgodnie z kartą techniczną produktu. Takie usytuowanie paneli nie spowoduje powstania „kieszeni” prowo-

kujących tworzenie się worków śnieżnych, co pozwala na analizę statyczno - wytrzymałościową wyłącznie z uwzględnieniem obciążenia od ciężaru własnego instalacji.

Zaplanowano montaż 33 modułów o zwartym szyku i ciężarze równym 22 kg / szt.

Charakterystykę zastosowanych w projekcie modułów przedstawiono poniżej.

Wymiary montażowe



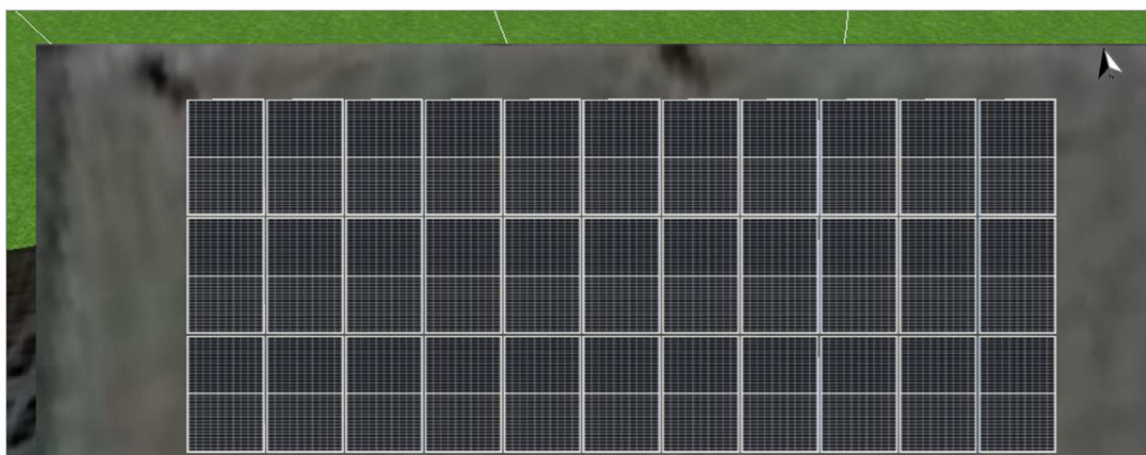
a	mm	1719
b	mm	1140
c	mm	1090
d	mm	1031
e	mm	35
f	mm	35

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. Powierznię modułu - Budynek 01-Powierzchnia dachu Południe

Nazwa	Budynek 01-Powierzchnia dachu Południe
Moduły PV	33 x Vitovolt 300 M405 WE (v1)
Producent	Viessmann Climate Solutions SE
Nachylenie	40 °
Orientacja	Południe 195 °
Rodzaj montażu	Równoległe z dachem
Powierzchnia generatora PV	64,7 m ²



Łączne obciążenie od paneli: $G = 22 \text{ kg/szt} \times 33 \text{ szt} = 726 \text{ kg}$

Powierzchnia działającego obciążenia: $A = 33 \times 1.14\text{m} \times 1.79\text{m} = 67.34 \text{ m}^2$

Obciążenie powierzchniowe od paneli: $q_p = G/A = 726\text{kg}/67.36 \text{ m}^2 = 10.77 \text{ kg/m}^2$

Obciążenie od konstrukcji wsporczej przyjęto: $q_s = 2 \text{ kg/m}^2$

Obciążenie całkowite od instalacji:

$$q = q_p + q_s = 10.77 \text{ kg/m}^2 + 2 \text{ kg/m}^2 = 12.77 \text{ kg/m}^2$$

Przyjęto **$q = 0.13 \text{ kN/m}^2$**

7. Analiza obciążeniowa.

7.1. Obciążenia

Więźba dachowa - obciążenie stałe

- papa termozgrzewalna $q_{1k} := 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

- deskowanie gr 18 mm $q_{2k} := 0.14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$$q_k = 0.29 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{- łączne obciążenie charakterystyczne}$$

$\gamma_f := 1.35$ wsp. obl.

$q_{do} := q_k \cdot \gamma_f$ $q_{do} = 0.39 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ - łączne obciążenie obliczeniowe

Obciążenie śniegiem

Strefa śniegowa III

Wysokość terenu w m n.p.m. $A := 505\text{m}$

Wartość charakt. obc. śniegiem:

$$s_k := \max\left(0.006 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot A - 0.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}, 1.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right) \quad s_k = 2.43 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Wartość ekspozycji: $C_e := 0.8$ Wartość termiczny: $C_t := 1$

Dla kąta nachylenia połaci: $\alpha := 13$

Wartość wsp. kształtu: $\mu_1 := 0.8$

Obciążenie charakterystyczne: $s := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$ $s = 1.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Wsp. obciążenia: $\gamma_f := 1.5$

Wartość obliczeniowa obciążenia śniegiem: $\gamma_f \cdot s = 2.33 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Suma wartości charakterystycznych obciążeń przekazywanych na połąć:

$$P_k := s + q_k \quad P_k = 1.85 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Instalacja fotowoltaiczna

$q_f = 0.13 \text{ kN/m}^2$ – obciążenie charakterystyczne

Obliczenie przyrostu obciążeń:

Suma obciążeń statycznych istniejących oraz klimatycznych: $P_k = 1.85 \text{ kN/m}^2$

Nowe obciążenie zewnętrzne od modułów fotowoltaicznych: $q_f = 0.13 \text{ kN/m}^2$

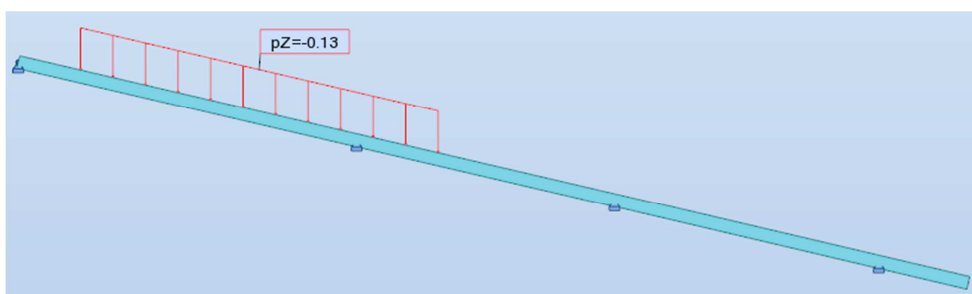
Przyrost obciążenia charakterystycznego na m^2 wynosi 6.8 %

7.2. Wymiarowanie krokwi

Założenia:

- Przekrój: 8 x 16 cm,
- Rozstaw krokwi 100 cm,
- Drewno: C27,
- Układ dwuprzęsłowy,
- Nachylenie $\alpha = 13^\circ$

Charakterystyczne obciążenie liniowe od instalacji fotowoltaicznej wynosi 0.13 kN/m :



Schemat statyczny krokwi i obszar obciążenia modułami fotowoltaicznymi

Na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych określono wyężenie przekroju krokwi od obciążenia panelami fotowoltaicznymi.

Stwierdza się przyrost wykorzystania nośności o 4% w odniesieniu do przekroju krokwi

Rezultaty		Komunikaty				
Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Wyteż.	Przypadek
3 K-1_3	8x16	C27	97.43	194.86	0.04	5 fotowoltaika

Wnioski:

Udział planowanego obciążenia od modułów fotowoltaicznych jest pomijalnie mały w odniesieniu do nośności krokwi i nie wpływa niekorzystnie na ich pracę statyczno - wytrzymałościową. Przyrost wykorzystania nośności jest mniejszy od współczynników przeciążenia. Nośność krokwi jest wystarczająca do przeniesienia dodatkowego obciążenia zewnętrznego modułami fotowoltaicznymi.

7.3. Wymiarowanie płatwi pośredniej

Założenia:

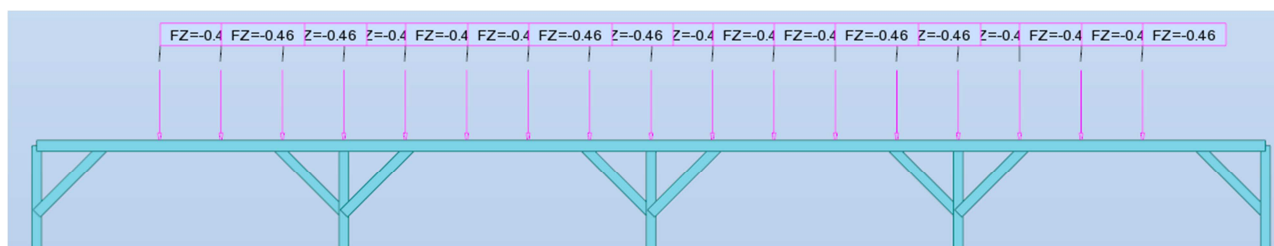
Przekrój: 16x 16 cm.

Maksymalna rozpiętość 450 cm,

Drewno: C27

Układ wieloprzęstowy.

Charakterystyczne obciążenie punktowe od instalacji fotowoltaicznej wynosi 0.43 kN



Schemat statyczny płatwi i obszar obciążenia modułami fotowoltaicznymi

Na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych określono wyężenie przekroju płatwi od obciążenia panelami fotowoltaicznymi.

Stwierdza się przyrost wykorzystania nośności o 5% w odniesieniu do przekroju płatwi.

Rezultaty		Komunikaty					
Pręt		Profil	Materiał	Lay	Laz	Wyęż.	Przypadek
8 BD_8	OK	16x16	C27	90.93	90.93	0.05	5 fotowoltaika

Wnioski:

Udział planowanego obciążenia od modułów fotowoltaicznych nie wpływa niekorzystnie na nośność płatwi. Przyrost wykorzystania nośności jest mniejszy współczynników przeciężenia.

Nośność płatwi jest wystarczająca do przeniesienia dodatkowego obciążenia zewnętrznego modułami fotowoltaicznymi.

IV. Analiza dachu bryły głównej budynku

8. Założenia dotyczące projektowanych modułów fotowoltaicznych na dachu części głównej budynku

8.1. Lokalizacja instalacji fotowoltaicznej

Zgodnie z założeniami instalacyjnymi, panele fotowoltaiczne zlokalizowane zostaną na połaci południowej głównej bryły budynku.



Fot.7. Widok ogólny budynku Szkoły Podstawowej nr 4 w Wiśle Głębcach – część południowo-wschodnia.



Fot.2. Lokalizacja i intensywność paneli fotowoltaicznych na połaci dachowej

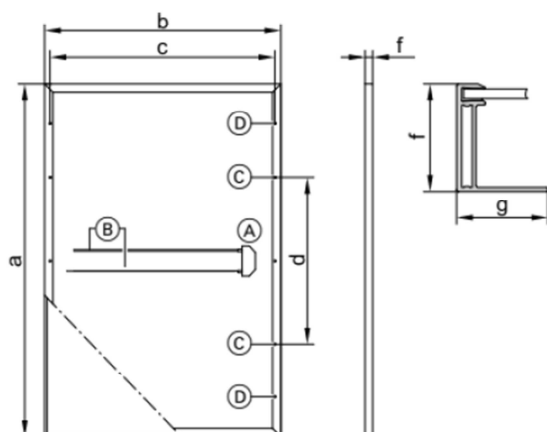
8.2. Obciążenie od instalacji fotowoltaicznej

Instalacja modułów fotowoltaicznych odzwierciedla nachylenie połaci dachowej, a montaż zrealizowany zostanie na systemie dedykowanym przez producenta zgodnie z kartą techniczną produktu. Takie usytuowanie paneli nie spowoduje powstania „kieszeni” powodujących tworzenie się worków śnieżnych, co pozwala na analizę statyczną - wytrzymałościową wyłącznie z uwzględnieniem obciążenia od ciężaru własnego instalacji.

Zaplanowano montaż 33 modułów o zwartym szyku i ciężarze równym 22 kg / szt.

Charakterystykę zastosowanych w projekcie modułów przedstawiono poniżej.

Wymiary montażowe

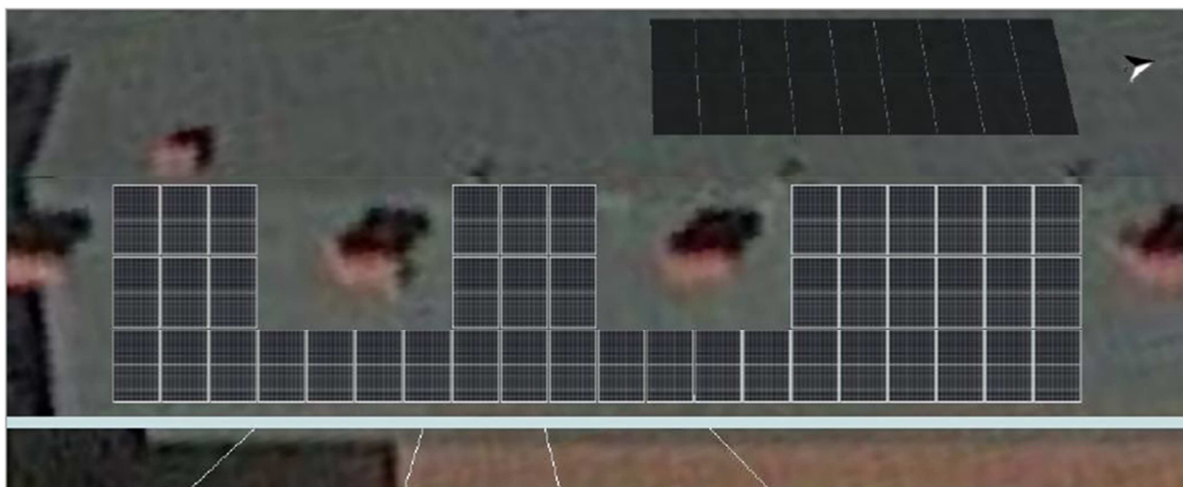


a	mm	1719
b	mm	1140
c	mm	1090
d	mm	1031
e	mm	35
f	mm	35

Typ ogniw:	monokrystaliczne ogniwa krzemowe PERC
Liczba ogniw:	68 pełnych ogniw ciętych na 340 części (shingled)
Materiał laminujący ogniwo:	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 - Budynek 01-Powierzchnia dachu Wschód

Nazwa	Budynek 01-Powierzchnia dachu Wschód
Moduły PV	44 x Vitovolt 300 M405 WE (v1)
Producent	Viessmann Climate Solutions SE
Nachylenie	10 °
Orientacja	Wschód 104 °
Rodzaj montażu	Równoległe z dachem
Powierzchnia generatora PV	86,2 m ²



Obciążenie od modułu: $G = 22 \text{ kg/szt}$

Powierzchnia działającego obciążenia: $A = 1.14\text{m} \times 1.79\text{m} = 2.04\text{ m}^2$

Obciążenie powierzchniowe od paneli: $q_p = G/A = 22\text{kg}/2.04\text{ m}^2 = 10.77\text{ kg/m}^2$

Obciążenie od konstrukcji wsporczej przyjęto: $q_s = 2\text{ kg/m}^2$

Obciążenie całkowite od instalacji:

$$q = q_p + q_s = 10.77\text{ kg/m}^2 + 2\text{ kg/m}^2 = 12.77\text{ kg/m}^2$$

Przyjęto **$q = 0.13\text{ kN/m}^2$**

9. Analiza obciążeniowa.

9.1. Obciążenia

Wieżba dachowa - obciążenie stałe

- papa termozgrzewalna $q_{1k} := 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

- deskowanie gr 18 mm $q_{2k} := 0.14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$$q_k = 0.29 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{- łączne obciążenie charakterystyczne}$$

$\gamma_f := 1.35$ wsp. obl.

$$q_{do} := q_k \cdot \gamma_f \quad q_{do} = 0.39 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{- łączne obciążenie obliczeniowe}$$

Obciążenie śniegiem

Strefa śniegowa III

Wysokość terenu w m n.p.m. $A := 505\text{m}$

Wartość charakt. obc. śniegiem:

$$s_k := \max \left(0.006 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot A - 0.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}, 1.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \quad s_k = 2.43 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Wartość ekspozycji: $C_e := 0.8$ Wartość termiczny: $C_t := 1$

Dla kąta nachylenia połaci: $\alpha := 9$

Wartość wsp. kształtu: $\mu_1 := 0.8$

Obciążenie charakterystyczne: $s_k := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad s = 1.56 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Wsp. obciążenia: $\gamma_f := 1.5$

Wartość obliczeniowa obciążenia śniegiem: $\gamma_f \cdot s = 2.33 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Suma wartości charakterystycznych obciążeń przekazywanych na połąć:

$$P_k := s + q_k \quad P_k = 1.85 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Instalacja fotowoltaiczna

$q_f = 0.13 \text{ kN/m}^2$ – obciążenie charakterystyczne

Obliczenie przyrostu obciążeń:

Suma obciążeń stałych istniejących oraz klimatycznych: $P_k = 1.9 \text{ kN/m}^2$

Nowe obciążenie zewnętrzne od modułów fotowoltaicznych: $q_f = 0.13 \text{ kN/m}^2$

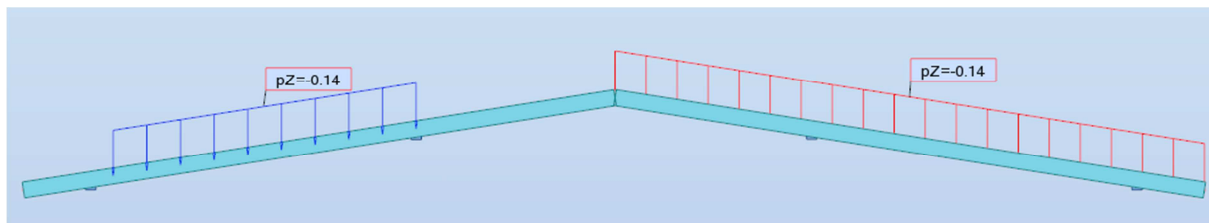
Przyrost obciążenia charakterystycznego na m^2 wynosi 6.8 %

9.2. Wymiarowanie krokwi

Założenia:

- Przekrój: 8 x 16 cm,
- Rozstaw krokwi 100 cm,
- Drewno: C27,
- Układ dwuprzęsłowy.
- Nachylenie $\alpha = 9^\circ$

Charakterystyczne obciążenie liniowe od instalacji fotowoltaicznej wynosi 0.13 kN/m :



Schemat statyczny krokwi i obszar obciążenia modułami fotowoltaicznymi

Na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych określono wyężenie przekroju krokwi od obciążenia panelami fotowoltaicznymi.

Stwierdza się przyrost wykorzystania nośności o 3% w odniesieniu do przekroju krokwi

Rezultaty		Komunikaty					
Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Wyęż.	Przypadek	
2 K-1_2	OK 10x14	C27	74.23	103.92	0.03	5 fotowoltaika	
3 K-1_3	OK 10x14	C27	74.23	103.92	0.03	5 fotowoltaika	

Wnioski:

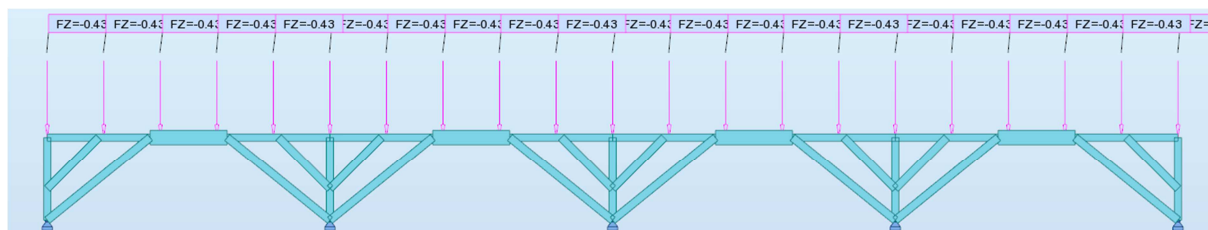
Udział planowanego obciążenia od modułów fotowoltaicznych jest pomijalnie mały w odniesieniu do nośności krokwi i nie wpływa niekorzystnie na ich pracę statycznie - wytrzymałościową. Przyrost wykorzystania nośności jest mniejszy od współczynników przeciążenia. Nośność krokwi jest wystarczająca do przeniesienia dodatkowego obciążenia zewnętrznego modułami fotowoltaicznymi.

9.3. Wymiarowanie płatwi pośredniej

Założenia:

- Przekrój: 16x 16 cm.
- Maksymalna rozpiętość 550 cm,
- Drewno: C27
- Układ wieloprzęstowy.


Charakterystyczne obciążenie punktowe od instalacji fotowoltaicznej wynosi 0.43 kN.



Schemat statyczny płatwi i obszar obciążenia modułami fotowoltaicznymi

Na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych określono wyężenie przekroju płatwi od obciążenia panelami fotowoltaicznymi.

Stwierdza się przyrost wykorzystania nośności o 2% w odniesieniu do przekroju płatwi.

Rezultaty		Komunikaty				
Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Wyteż.	Przypadek
4	 14x14	C27	49.49	49.49	0.02	5 fotowoltaika

Wnioski:

Udział planowanego obciążenia od modułów fotowoltaicznych nie wpływa niekorzystnie na nośność płatwi. Przyrost wykorzystania nośności jest mniejszy współczynników przeciążenia. Nośność płatwi jest wystarczająca do przeniesienia dodatkowego obciążenia zewnętrznego modułami fotowoltaicznymi.

10. Wnioski i zalecenia

- 10.1. Przed montażem modułów fotowoltaicznych należy przystąpić do prac naprawczych związanych z wyminą i odtworzeniem więźby dachowej na wschodniej połaci dachu nad główną bryłą budynku.
- 10.2. Po przeprowadzeniu prac naprawczych dodatkowe obciążenie obliczeniowe połaci dachu nad częścią wysoką oraz główną bryłą budynku panelami fotowoltaicznymi i towarzyszącą konstrukcją wsporczą nie zagraża stanom granicznym nośności oraz użytkowalności obiektu.
- 10.3. Konstrukcja dachu nad częścią wysoką zachowana w stanie zadawalającym.
- 10.4. Konstrukcja dachu nad częścią główną budynku w stanie awaryjnym – konieczne niezwłoczne przeprowadzenie prac naprawczych.
- 10.5. Podczas wizji lokalnej wykonano lokalne pomiary elementów konstrukcyjnych.
- 10.6. Analiza statyczno-wytrzymałościowa wykazała pomijalnie mały przyrost wykorzystania nośności elementów drewnianych więźby dachowej – poniżej współczynnika przeciążenia.

11. Uwagi dodatkowe

- 11.1. Zaleca się stosowanie podkładów chroniących pokrycie dachowe.
- 11.2. Przed realizacją montażu modułów fotowoltaicznych zaleca się zweryfikowanie przekrojów poprzecznych elementów konstrukcyjnych krokwi oraz płatwi. W przypadku stwierdzenia przekrojów mniejszych niż elementów konstrukcyjnych (krokwi / płatwi) należy powiadomić autora niniejszego opracowania.
- 11.3. Prace związane z montażem instalacji fotowoltaicznej prowadzić pod nadzorem osoby uprawnionej, zgodnie z zasadami BHP i ogólnej wiedzy technicznej.
- 11.4. W przypadku jakichkolwiek wątpliwości dotyczących niniejszego opracowania skontaktować się z autorem opracowania.

Opracował: **mgr inż. Sławomir Żebracki**

Kraków, maj 2023