

PRZEDSIĘBIORSTWO PRODUKCYJNO-USŁUGOWE

INWEST-BUD mgr inż. Włodzimierz Makowski

NIP 6721063258 Regon 364827217 78-100 Kołobrzeg, ul. Grochowska 4c/1 tel.: 508 944 047
mail: makowskiwłodzimierz@poczta.onet.pl

EKSPERTYZA TECHNICZNA DOTYCZĄCA

**możliwości budowa instalacji fotowoltaicznej na dachu istniejącego
budynku kotłowni Szpitala Powiatowego w Białogardzie przy ul Chopina 29
wraz z niezbędnymi urządzeniami infrastruktury technicznej o mocy nominalnej
49,68 kWp.**

ADRES OBIEKTU: **BIAŁOGARD, ul. Chopina 29**

NWESTOR :

Regionalne Centrum Medyczne w Białogardzie Sp. z o.o. 78-200 Białogard, ul. Chopina 29,
tel. 94 311 37 26, fax. 94 311 37 27, e-mail: sekretariat@rcm24.pl
NIP 3020002009, REGON 331031257, KRS 0000525422

Opinię wykonał:

Branża zakres
Konstrukcyjno-budowlana

Imię Nazwisko

Podpis

mgr inż. Włodzimierz Makowski
nr upr. UAN/N/7210/512/94
nr zas. Izba ZP/IS/2074/01

Ekspertyza techniczna objęta jest prawami autorskimi Firmy INWEST-BUD mgr inż. Włodzimierz Makowski 78-100 Kołobrzeg ul. Grochowska 4C/1 i nie może być używana, bądź reprodukowana w części lub w całości przy wykorzystaniu do prac budowlanych bez pisemnej zgody.

Data opracowania: 23.01. 2023r

EGZ. Nr.....

-CZĘŚĆ OPISOWA

1. PODSTAWA OPRACOWANIA
2. PRZEDMIOT I ZAKRES OPRACOWANIA
3. ZAŁOŻENIA I MATERIAŁY WYJŚCIOWE DO ANALIZY
4. BUDYNEK
 - 4.1 CHARAKTERYSTYKA BUDYNKU
 - 4.2 KONSTRUKCJA BUDYNKU
 - 4.3 OCENA STANU TECHNICZNEGO
6. WYTYCZNE DO MONTAŻU ELEMENTÓW ELEKTROWNI SŁONECZNEJ- PANELI FOTOWOLTAICZNYCH
7. UWAGI
8. WNIOSKI
9. ZAŁĄCZNIK A – WYCIĄG Z OBLICZEŃ
10. ZAŁĄCZNIK NR 1 WIDOK UKŁADU BUDYNKU Z ROZMIESZCZENIEM MODUŁÓW PANELI FOTOWOLTAICZNY
10. ZAŁĄCZNIK IZBA I UPRAWNIENIA

1 PODSTAWA OPRACOWANIA

- Zlecenie DT/2023.01.20.01 od Inwestora
- Projekt Zagospodarowania Terenu i Projekt Architektoniczny
- Oględziny obiektu
- Dokumentacja Powykonawcza Konstrukcji „Budynku kotłowni w Szpitalu Powiatowym” Białogard ul. Chopina 29
- Przepisy i normy
- Audyt energetyczny budynku – opr. INPACO Roland Kałużniacki 75-430 Koszalin ul. Fińska 37D

Wykaz norm, literatura, oprogramowanie komputerowe

NORMY wg PN

- 1.1 Norma PN-90 / B-03000 Obliczenia statyczne.
- 1.2 Norma PN-82 / B-02000 Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości
- 1.3 Norma PN-82 / B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
- 1.4 Norma PN-77/B-02011 Az1:2009 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.
- 1.5 Norma PN-82/B-02003 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.
- 1.6 Norma PN-80 / B-02010 Az1:2006 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenia śniegiem.
- 1.7 PN-87-B-02013 Obciążenia budowli. Obciążenie oblodzeniem.
- 1.8 Norma PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- 1.9 Norma PN-EN 12975-1: „Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy – kolektory słoneczne – Część 1: Wymagania ogólne”.
- 1.10 PN-B-06200:2002 Konstrukcje stalowe budowlane. Warunki wykonania i odbioru. Wymagania podstawowe.
- 1.11 Norma PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- 1.12 Norma PN-81 / B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie. NORMY wg EN (Eurokody) obejmujące następujące kategorie:
- 1.13 PN-EN 1990 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji.
- 1.14 PN-EN 1991 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje.
- 1.16. PN-EN 1992 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu.
- 1.17. PN-EN 1993 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych.
- 1.18. PN-EN 1992 Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych.
- 1.19. PN-EN 1992 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych.
- 1.20. PN-EN 1997 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne.

LITERATURA

- Wł. Starosolski : „Konstrukcje żelbetowe t. I, II, III”, PWN, Warszawa 1994.
- R. Ciesielski : „Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji” Arkady, Warszawa 1993.
- J. Bródka, M. Łubiński : „Lekkie konstrukcje stalowe i aluminiowe”, Arkady, Warszawa 1996.
- L. Rudziński : „Konstrukcje murowe – remonty i wzmocnienia”, Wydawnictwa Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2010r.
- Wł. Bogucki, Mikołaj Żybertowicz : „Tablice do projektowania konstrukcji stalowych”,

wyd. Arkady, Warszawa 2004.

OPROGRAMOWANIE KOMPUTEROWE

Kompleksowy system oprogramowania inżynierskiego do obliczeń statycznych
ArcadiaSoft

2 PRZEDMIOT I ZAKRES OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest wykonanie ekspertyzy technicznej konstrukcji istniejącego budynku kotłowni Szpitala Powiatowego przy ul. Chopina 29 w Białogardzie pod kątem możliwości zamontowania na dachu elementów elektrowni słonecznej – paneli fotowoltaicznych wraz z oceną bezpieczeństwa użytkowania, w warunkach oddziaływania na budynki projektowanego układu obciążeń stałych, użytkowych i klimatycznych. W związku z powyższym zakres opracowania obejmuje:

- oględziny,
- analizę dokumentacji archiwalnej,
- ocenę obecnego stanu technicznego elementów konstrukcji budynku objętych zakresem opracowania,
- sprawdzające obliczenia statyczno- wytrzymałościowe,
- analizę wyników obliczeń wraz z analizą bezpieczeństwa istniejącej konstrukcji nośnej w obrębie lokalizacji kolektorów,
- ocenę końcową możliwości zamontowania elementów elektrowni słonecznej na dachu budynku oraz ich wpływu na konstrukcję budynku.

3 ZAŁOŻENIA I MATERIAŁY WYJŚCIOWE DO ANALIZY

Analizę obliczeniową konstrukcji i pokrycia połaci dachu przeprowadzono na podstawie dokumentacji powykonawczej otrzymanej od Zamawiającego. Opracowano własne modele obliczeniowe obciążenia dachu i konstrukcji przy zachowaniu grubości pokrycia dachu zgodnej z rysunkiem powykonawczym. Modele obciążono zwiększonymi wartościami obciążeń od paneli PV z uwzględnieniem obciążeń klimatycznych obowiązujących w Białogardzie.

WIDOK UKŁADU BUDYNKU Z ROZMIESZCZENIEM MODUŁÓW PANELI FOTOWOLTAICZNYCH ZAŁĄCZNIK NR 10

4 BUDYNEK

4.1 CHARAKTERYSTYKA BUDYNKU

Budynek o przeznaczeniu kotłowni. Konstrukcja budynku została zaprojektowana jako szkieletową. Budowę budynku kotłowni zakończono w 2003 roku, aktualnie użytkowany, w dobrym stanie technicznym.

4.2 KONSTRUKCJA BUDYNKU

FUNDAMENTY

Fundamenty żelbetowe wylewane w postaci ław i stóp żelbetowych, z betonu B37 (stopy, ściany fundamentowe), zbrojonych stalą A-IIIIN (B500SP) zbrojenie główne oraz A-I strzemiona. Ławy o zmiennej szerokości i wysokości 40 cm stopy o zmiennych wymiarach (od 1,6 m do 3,1 m) i wysokości 40 – 60cm. Słupy żelbetowe utwierdzone w stopach. Zbrojenie podłużne ław powiązane ze zbrojeniem stóp zlokalizowanych na wspólnych osiach oraz w miejscach skrzyżowań.

SŁUPY

Słupy stalowe wykonane jako jednogąłęziowe z profili dwuteowych.

ŚCIANY

Ściany wypełniające z cegły kratówki 38

NADPROŻA

Nadproża monolityczne w ścianach murowanych prefabrykowane typu „L” lub żelbetowe wylewane na mokro. żelbetowe wykonane z betonu klasy B37 (C30/37). Zbrojenie główne ze stali A-IIIIN - (B500SP), strzemiona ze stali A-I - St3S. Otulina zbrojenia 5 cm.

STROPY

Stropy żelbetowe wszystkich poziomów łącznie ze stropodachem bez-żebrowe o grubości 30 cm z betonu klasy B37 (C30/37) zbrojonego stalą klasy A-IIIIN (B500SP).

Stropy po krawędziach są wieńczone belkami-wieńcami o wymiarach 25x30 cm.

Ze względu na występujące przypadki przebicia stropu przez słupy wykonano dodatkowe zbrojenie w części górnej stropu.

Stropy opisano na podstawie przekazanej przez Zamawiającego dokumentacji powykonawczej. Z uwagi na ciągłe użytkowanie obiektu nie wykonywano odkrywek i badań szczegółowych stropodachu.

4.3 OCENA STANU TECHNICZNEGO

Budynek znajduje się w dobrym stanie technicznym – adekwatnym do wieku. Jest prawidłowo użytkowany i utrzymywany w należyty sposób. W elementach konstrukcyjnych na podstawie wybiórczych oględzin nie zaobserwowano cech przeciążenia i nieprawidłowości pracy konstrukcji. Zakres planowanych prac związanych z montażem elementów elektrowni słonecznej – paneli fotowoltaicznych na stropodachu budynku nie wpłynie istotnie na elementy konstrukcyjne budynku, nie spowoduje przekroczenia dopuszczalnych wartości ugięcia stropodachu, nie będzie skutkować dociążeniem lub osiadaniem fundamentów oraz nie zagraża użytkowaniu budynku. Montaż elementów elektrowni słonecznej jest możliwy.

Panele PV należy instalować w układzie rzędownym

System montażu		
Ilości modułowe PV	szt.	108
Moc nominalna	kWp	49,68
Miasto	Białogard	Ul. Chopina 29
Wysokość terenu	m npm	25,95
Strefa obciążenia wiatrem		2
Kategoria terenu	obszar	I
Wysokość budynku	m	11,77
Wysokość attyki	m	
Nachylenie dachu	ca 35°	0
Pokrycie dachu		Blachodachówka
Typ modułu PV		Parametry techniczne panelu przyjęte do obliczeń

Waga modułu	kg	23,3
Wymiary modułu	mm	2094x1038x35
Waga konstrukcji na panel	kg	9,44 kg
Liczba modułów	szt.	108
Punkty balastowe	szt.	148
Balast łącznie	kg	7063,00
Obciążenie dachu		
Moduły	kg	2516,40
Konstrukcja	kg	1019,52
Balast	kg	7063,00
Waga łączna	kg	10598,92
Powierzchnia dachu	m ²	239,96
Średnie obciążenie	kg/m ²	44,17
Powierzchnia modułowa	m ²	239,96
Waga maksymalna	kg/m ²	70,26

Dodatkowe obciążenie wynikające z montażu elementów elektrowni słonecznej wynosi 70,26 kg/m² (ciężar paneli z podkonstrukcją i balastem) i 105 kg/m² (obciążenie wiatrem), łącznie 175,26 kg/m² = 1,75kN/m².

Łączny ciężar dachu z warstwami, obciążeniem śniegiem, wiatrem i elementami elektrowni wynosi 12,35 kN/m².

Ciężar własny dachu z warstwami i przyjętym w projekcie obciążeniem użytkowym 1,5 kN/m² oraz obciążeniem śniegiem wynosi 10,6 kN/m².

Dodatkowe obciążenie w stosunku do przyjętego w projekcie stanowi przyrost o około 8,58%.

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że stan graniczny nośności stropu nie zostanie przekroczony. Jeżeli w trakcie prowadzenia robót pojawią się wątpliwości co do zastanego stanu rzeczywistego danego elementu konstrukcyjnego – należy niezwłocznie powiadomić o tym Opracowującego opinię.

Powierzchnia dachu możliwa do wykorzystania przy montażu elementów elektrowni słonecznej:
710,32 m²

6 WYTYCZNE DO MONTAŻU ELEMENTÓW ELEKTROWNI SŁONECZNEJ

- Podczas montażu elementów elektrowni słonecznej należy nie dopuścić do uszkodzenia pokrycia dachu budynku.
 - Elementy elektrowni słonecznej należy ustawiać na przekładkach z tworzywa sztucznego elastycznego w celu zabezpieczenia przed uszkodzeniami membrany kryjących powierzchnię dachu budynku (tzw. montaż nieinwazyjny).
 - Nie zaleca się mocowania elementów elektrowni za pomocą śrub kotwiących do płyty stropodachu z uwagi na potencjalnie dużą ilość koniecznych przebić pokrycia dachu. (może pojawić się problem uszczelnienia w dłuższym okresie użytkowania)
 - Elementy elektrowni słonecznej należy dociążyć na elementach podkonstrukcji paneli w celu zabezpieczenia przed obciążeniem wyrwywającym wiatru.
- Przyjęto ciężar balastu o wartości 105 kg/m² powierzchni dachu na budynku

– Zaleca się układanie ciągów paneli w większej liczbie rzędów, co zmniejsza średnie obciążenie wiatrowe przypadające na panele.

7 UWAGI

- W razie wątpliwości technicznych kontaktować się z autorem opracowania.
- W przypadku stwierdzenia warunków odmiennych od założonych w opracowaniu niezwłocznie powiadomić opracowującego ekspertyzę .
- Wszystkie prace prowadzić zgodnie z przepisami BHP i obowiązującym prawem.

8 WNIOSKI

Dach budynku nadaje się do zainstalowania elementów elektrowni w układzie wielorzędowym na całej swojej powierzchni. Przeprowadzona analiza wykazuje wzrost obciążeń o 8,58%, a po obliczeniach wytrzymałościowych stwierdza się, że nie ma to wpływu na bezpieczeństwo konstrukcji. Wpływ na posadowienie i podłoże gruntowe ocenia się jako nieistotny.

Stwierdza się co następuje:

1. Ogólny stan techniczny budynku kotłowni będący przedmiotem pracowania budynku przy ul. Chopina 29, Białogardzie, jak również nośność elementów konstrukcji dachu i konstrukcji nośnej budynku, w warunkach obecnego stanu oddziaływań stałych i zmiennych (klimatycznych - śnieg), ocenia się jako dobry, a jego nośność jest wystarczająca.
2. Na podstawie przeprowadzonej analizy statyczno- wytrzymałościowej stwierdza się, że **nośność płyty dachu** którym mocowana będzie konstrukcja instalacji fotowoltaicznej nadaje się do montażu paneli fotowoltaicznych PV
3. Należy spełnić dodatkowe wytyczne i wymagania dot. montażu instalacji fotowoltaicznych przedstawione w instrukcji producenta.
5. Wszystkie roboty należy prowadzić zgodnie z zasadami wiedzy technicznej i sztuki budowlanej oraz zgodnie z odpowiednimi normami i przepisami.

Autor opracowania: **mgr inż. Włodzimierz Makowski**

Kołobrzeg, 23.01.2023r.

9 ZAŁĄCZNIK A – WYCIĄG Z OBLICZEŃ

Układ i grubości warstw dachowych przyjęto na podstawie przekrojów opisanych w Projekcie Architektonicznym oraz konstrukcyjnym otrzymanym od Zamawiającego.

Nie wykonano odkrywki sprawdzającej na dachu istniejącym z uwagi na brak możliwości naprawy miejsca odkrywki.

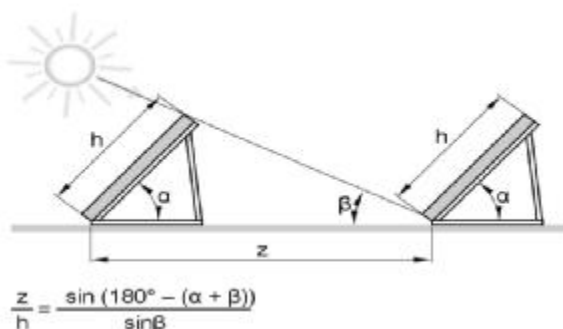
Przy montażu elementów elektrowni w miejscach przejść kablowych przez pokrycie należy potwierdzić zgodność grubości warstw dachowych z założonymi w obliczeniach.

Założenia do obliczeń

OBLICZENIA

Montaż modułów fotowoltaicznych

z Odstęp między szeregami modułów
h Wysokość modułu
 α Kąt nachylenia modułu
 β Kąt ustawienia słońca



Dane do obliczeń:

$h = 0,992 \text{ m}$

$\alpha = 30^\circ$

$\beta = 17^\circ$ – minimalny kąt padania promieni słonecznych, przypadający na najkrótszy dzień w roku wg danych geograficznych (szerokość) dla lokalizacji: Mielno

$z = 2,04 \text{ m}$

Wolna przestrzeń między rzędami modułów powinna wynosić 1,10m.

Poglądowe rozmieszczenie instalacji solarnych na dachu budynku:

Zestawienie obciążeń

Dach budynku

Nr	Rodzaj obciążenia	grubość [m]	ciężar [kN/m ³]	q _k [kN/m ²]	q _{ammf}	q _k [kN/m ²]
1	Blachodachówka	0,55mm		0,350	1,30	0,45
2	Wełna mineralna 15 cm	0,15	2	0,4	1,35	0,405
3	Łaty i kontrłaty 0,038x0,05	0,035		1,3	1,2	0,05
4	Sufit podwieszany			0,30	1,35	0,315
5	Razem bez ciężaru konstrukcji dachu i obc. użytkowych			0,90	1,35	1,22
6	Dach+konstrukcja	0,3	25	7,50	1,35	10,13
7	śnieg			0,72	1,5	1,08
8	Panel PV			1,30	1,35	1,76
9	RAZEM			10,43	1,36	14,19

Obliczenia ciężaru balastu dla ciągów paneli PV

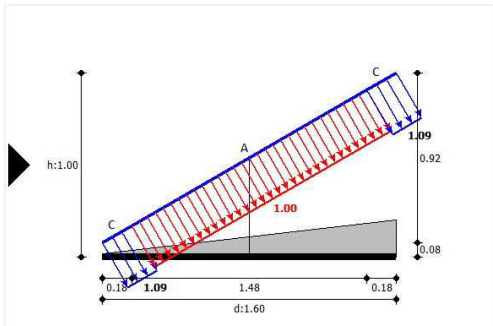
Obciążenie wiatrem

Informacje ogólne

Nazwa: Obciążenie wiatrem

Typ: Wiatry jednorodnego

Widok: Schemat obciążenia



Lokalizacja

Strefa obciążenia wiatrem: 1 2 3

Wysokość n.p.m. [m]: 30.0

$V_{0,0} = 22.0$ m/s

Oddziaływanie: niższy okap - środek pola

Wpływ ukształtowania terenu

Kategoria terenu: 0 I II III IV

$z_0 = 1.0$ m

$h_{dip} = 0.84$

Wysokość odniesienia inna niż całkowita wysokość budowli

Wysokość odniesienia: z_r [m]: 13.0

$c_s(z) = 0.63$

Budowla na stoku

Współczynniki ciśnienia

Wysokość budynku h [m]: 1.0

Długość dachu d [m]: 1.6

Szerokość dachu b [m]: 10.0

Kąt nachylenia dachu α [°]: 30.0

Wsp. ograniczenia przepływu φ : 0.2

$C_{p,net} = 2.2$

Opcje

Wsp. konstrukcyjny $C_s C_{pe}$: 1.0

Znany kierunek wiatru

Współczynnik sezonowy C_{season} : 1.0

Wyniki

Schemat 1 Połączenie dachu - pole A - parcie

$V_m(z) = C_s(z) \cdot C_{pe}(z) \cdot C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{0,0} = 13.83$ m/s

$I_s(z) = 1 / (C_s(z) \cdot \ln(z/z_0)) = 0.4$

$q_{e,0}(z) = [1 + 7 \cdot I_s(z)] \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot V_m^2(z) = 0.45$ kN/m²

$F_w = C_s C_{pe} \cdot q_{e,0}(z) \cdot C_{p,net} = 1.00$ kN/m²

Przyjmij wartość: Zalecana $\Rightarrow 1.000$ kN/m² \Rightarrow sprawdź do: Obc. powierzchniowe

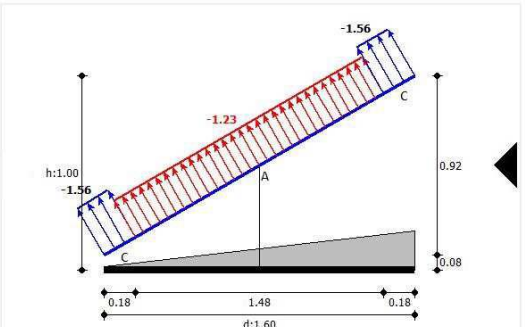
Obciążenie wiatrem

Informacje ogólne

Nazwa: Obciążenie wiatrem

Typ: Wiatry jednorodnego

Widok: Schemat obciążenia



Lokalizacja

Strefa obciążenia wiatrem: 1 2 3

Wysokość n.p.m. [m]: 30.0

$V_{0,0} = 22.0$ m/s

Oddziaływanie: niższy okap - środek pola

Wpływ ukształtowania terenu

Kategoria terenu: 0 I II III IV

$z_0 = 1.0$ m

$h_{dip} = 0.84$

Wysokość odniesienia inna niż całkowita wysokość budowli

Wysokość odniesienia: z_r [m]: 13.0

$c_s(z) = 0.63$

Budowla na stoku

Współczynniki ciśnienia

Wysokość budynku h [m]: 1.0

Długość dachu d [m]: 1.6

Szerokość dachu b [m]: 10.0

Kąt nachylenia dachu α [°]: 30.0

Wsp. ograniczenia przepływu φ : 0.2

$C_{p,net} = -2.7$

Opcje

Wsp. konstrukcyjny $C_s C_{pe}$: 1.0

Znany kierunek wiatru

Współczynnik sezonowy C_{season} : 1.0

Wyniki

Schemat 2 Połączenie dachu - pole A - ssanie

$V_m(z) = C_s(z) \cdot C_{pe}(z) \cdot C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{0,0} = 13.83$ m/s

$I_s(z) = 1 / (C_s(z) \cdot \ln(z/z_0)) = 0.4$

$q_{e,0}(z) = [1 + 7 \cdot I_s(z)] \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot V_m^2(z) = 0.45$ kN/m²

$F_w = C_s C_{pe} \cdot q_{e,0}(z) \cdot C_{p,net} = -1.23$ kN/m²

Przyjmij wartość: Zalecana $\Rightarrow -1.230$ kN/m² \Rightarrow sprawdź do: Obc. powierzchniowe

Wartość charakterystyczna obciążenia odrywającego wiatru:

$p_k = -1,23$ kN/m²

Wartość obliczeniowa obciążenia odrywającego wiatru:

$p_d = -1,23 \cdot 1,5 = -1,85$ kN/m² ~ 185 kg/m²

do obliczeń przyjęto ciężar panela PV z podkonstrukcją: 36,5 kg.

Przyjęto wymiary panela 2,094 x 1,038 m i kąt ustawienia panela w stosunku do powierzchni dachu równy 5 stopni.

Ciężar panela PV z podkonstrukcją na m² powierzchni dachu:

$$Q_{PVk} = 36,5 / (2,094 \times 1,038 \times \cos 5) = 16,86 \text{ kg/m}^2$$

Obliczeniowy ciężar panela PV z podkonstrukcją:

$$Q_{PVd} = 0,9 \times Q_{PVk} = 0,9 \times 16,86 = 15,17 \text{ kg/m}^2$$

Ciężar balastu równoważący wartość obliczeniową obciążenia odrywającego wiatru pomniejszoną o ciężar panela PV z podkonstrukcją:

$$Q = p_d - Q_{PVd}$$

Ze względu na powtarzający się układ ciągów paneli, przyjęto zredukowane współczynniki ciśnienia zewnętrznego wiatru zgodnie z PN-EN 1991-1-4 2008:

Zgodnie z tym schematem przyjęto:

- obciążenie obliczeniowe odrywającego wiatru dla pierwszego rzędu paneli PV:

$$p_{d1} = 185 \text{ kg/m}^2$$

- obciążenie obliczeniowe odrywającego wiatru dla drugiego rzędu paneli PV:

$$p_{d2} = 0,8 \times 185 = 148 \text{ kg/m}^2$$

- obciążenie obliczeniowe odrywającego wiatru dla trzeciego i kolejnych rzędów paneli PV:

$$p_{d3} = 0,6 \times 185 = 111 \text{ kg/m}^2$$

Ciężar obliczeniowy balastu równoważący obciążenie odrywającego wiatru dla pierwszego rzędu paneli PV:

$$Q_1 = 185 - 23,7 = 161,3 \text{ kg/m}^2$$

Ciężar balastu równoważący obciążenie odrywającego wiatru dla drugiego rzędu paneli PV:

$$Q_2 = 148 - 23,7 = 124,3 \text{ kg/m}^2$$

Ciężar balastu równoważący obciążenie odrywającego wiatru dla trzeciego rzędu paneli PV:

$$Q_3 = 111 - 23,7 = 87,3 \text{ kg/m}^2$$

przyjęto następującą liczbę rzędów paneli PV:

Budynek – 2-4 rzędy paneli PV

Z uwagi na wykazane w dalszej części obliczeń możliwe do pokrycia powierzchnie dachu należy przyjąć, że dach budynku powinien mieć układ paneli PV wielorzędowy.

Dla budynku, ze względu na położenie pierwszego rzędu paneli PV w niedalekiej odległości od attyki, co ma wpływ na zmniejszenie współczynnika ciśnienia zewnętrznego, oraz znikomy wpływ ciężaru pierwszego rzędu na ugięcie środka przęsła płyty stropodachu, przyjęto uśredniony współczynnik ciśnienia zewnętrznego dla wszystkich rzędów paneli PV o wartości $C_{pe} = 0,7$.

Stąd uśrednione obciążenie odrywającego wiatru dla wszystkich rzędów paneli PV jest równe:

$$p_{dC} = 0,7 \times 185 = 129,5 \text{ kg/m}^2$$

a ciężar balastu równoważący uśrednione obciążenie odrywającego wiatru jest równy:

$$Q_C = 129,5 - 23,7 = 105,8 \text{ kg/m}^2$$