



COREMATIC ENGINEERING SP. Z O.O.  
ul. Lipowa 14  
44-100 Gliwice  
tel./fax 0 (prefix) 32-7505268  
e-mail: biuro@corematic.net  
www.corematic.net

## METRYKA PROJEKTU

<b>INWESTYCJA:</b>	TERMOMODERNIZACJA SZKOŁY PODSTAWOWEJ IM. J. KLICHA W WIEPRZU
<b>INWESTOR:</b>	GMINA RADZIECHOWY-WIEPRZ WIEPRZ 700 34-381 RADZIECHOWY
<b>TEMAT OPRACOWANIA:</b>	<b><u>INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA</u></b> <b><u>PV O MOCY 33,21 kWp</u></b>
<b>OBIEKT:</b>	SZKOŁA PODSTAWOWA IM. J. KLICHA W WIEPRZU UL. SZKOLNA 800 34-382 WIEPRZ
<b>KATEGORIA OBIEKTU:</b>	IX
<b>NR DZIAŁKI I OBREB:</b>	DZ. NR 843, 844, 845, 846, 847, 862, 866 OBREB: WIEPRZ
<b>JEDNOSTKA PROJEKTOWA:</b>	COREMATIC ENGINEERING SP. Z O.O. UL. LIPOWA 14 44-100 GLIWICE
<b>STADIUM:</b>	<b><u>PROJEKT TECHNICZNY</u></b>
<b>PROJEKTOWAŁ:</b> mgr inż. Jan Traczyk upr. nr 20/93/Op	
<b>OPRACOWAŁ:</b> mgr inż. Jarosław Pierzchawka	

Gliwice, styczeń 2023 r.

Gliwice, 10.01.2023 r.

### Oświadczenie projektanta

Zgodnie z art. 34 ust.3 d) Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (tj. Dz.U.2020.1333 tekst jednolity z późniejszymi zmianami) niniejszym oświadczam, że projekt techniczny pn.:

- TERMOMODERNIZACJA SZKOŁY PODSTAWOWEJ IM. J. KLICHA W WIEPRZU:
  - **INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA O MOCY 33,21 kWp**

sporządzony w: styczeń, 2023 r.

dla: GMINA RADZIECHOWY-WIEPRZ  
WIEPRZ 700  
34-381 RADZIECHOWY

został wykonany zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

<i>Imię Nazwisko</i>	<i>uprawnienia</i>	<i>nr członkowski izby</i>
Projektował:		
mgr inż. Jan Traczyk	20/93/Op	OPL/IE/0137/03



### Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

OPL-LNX-TDK-MXD \*

Pan JAN TRACZYK o numerze ewidencyjnym OPL/IE/0137/03  
adres zamieszkania ul. PIASTOWSKA nr 7 m. 4, 47-200 KĘDZIERZYN - KOŹLE  
jest członkiem Opolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2022-03-01 do 2023-02-28.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-02-16 roku przez:

Adam Rak, Przewodniczący Rady Opolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

\* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa [www.piib.org.pl](http://www.piib.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Urząd Wojewódzki w Opolu  
Wydział Gospodarki Przestrzennej  
45-082 Opole, ul. Piastowska 14  
skrytka pocztowa 8  
Nr ewid. 20/93/OP

Opole, 11.02.93

STWIERDZENIE PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO  
DO PEKNIENIA SAMODZIELNYCH FUNKCJI TECHNICZNYCH W BUDOWNICTWIE

Na podstawie § 4 ust.2, § 7, § 13 ust.1 pkt.4 lit.d  
rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia  
20 lutego 1975r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie  
(Dz.U.Nr 8, poz.46) stwierdza się, że:

Obywatel/ka: TRACZYK Jan

mgr inż. transportu

urodzony/a/ dnia: 28 stycznia 1955r.

posiada przygotowanie zawodowe upoważniające do wykonywania samodzielnej

funkcji projektanta

w specjalności instalacyjno-inżynieryjnej

w zakresie instalacje elektryczne

Obywatel/ka TRACZYK Jan jest upoważniony/a/ do:

- 1/ sporządzania projektów instalacji elektrycznych,
- 2/ w budownictwie jednorodzinnym, zagrodowym oraz innych budynków o kubaturze do 1000 m<sup>3</sup> - do kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy, kierowania i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych elementów instalacji oraz kontrolowania stanu technicznego instalacji elektrycznych.-



Z up. Wojewody Opolskiego  
Główny Architekt Wojewódzki

*Maciej Mazurek*  
mgr inż. arch. Maciej Mazurek

## SPIS TREŚCI

Oświadczenie projektanta .....	2
1. WSTĘP .....	7
1.1. Przedmiot opracowania.....	7
1.2. Podstawa opracowania.....	7
1.3. Wstępne założenia .....	9
2. INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA .....	10
2.1. Rozmieszczenie instalacji fotowoltaicznej .....	10
2.2. Moduły fotowoltaiczne .....	10
2.3. Inwerter (przetwornica) .....	11
3. DOBÓR ELEMENTÓW INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ .....	12
3.1. MOC INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ .....	13
3.2. ZMIANA NAPIĘCIA NA 1°C .....	13
3.3. NAPIĘCIE W SKRAJNYCH TEMPERATURACH PRACY DLA POSZCZEGÓLNYCH ŁAŃCUCHÓW .....	14
3.3.1. Napięcie obwodu otwartego w temperaturze -25°C .....	14
3.3.2. Napięcie w punkcie mocy maksymalnej w temperaturze -25°C.....	15
3.3.3. Napięcie w punkcie mocy maksymalnej w temperaturze 70°C .....	16
4. PRZEWODY .....	17
4.1. Przekrój przewodów DC.....	17
4.2. Przekrój przewodów AC .....	18
5. ZABEZPIECZENIA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ .....	18
5.1. Zewnętrzna instalacja odgromowa .....	19
5.2. Ochrona przeciwprzepięciowa .....	19
5.3. Uziemienie i połączenie wyrównawcze.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
5.4. Zabezpieczenie przed przetężeniami .....	20
5.4.1. Wyłączniki nadmiarowo-prądowe AC.....	20
5.5. Inne zabezpieczenia .....	22
6. KONSTRUKCJA MONTAŻOWA.....	22
7. UZYSK ENERGII ELEKTRYCZNEJ.....	23
8. EFEKT EKOLOGICZNY.....	24
9. OCHRONA PRZECIWPOŻAROWA .....	25
9.1. Charakterystyka zagrożenia pożarowego projektowanej instalacji PV .....	25

9.2. Miejsce montażu paneli fotowoltaicznych, falownika oraz sposób przeprowadzenia przewodów DC pomiędzy modułami a falownikiem .....	26
9.3. Informacje o kategorii zagrożenia ludzi przedmiotowego budynku .....	27
9.4. Podział obiektu na strefy pożarowe oraz strefy dymowe .....	27
9.5. Maksymalna gęstość obciążenia ogniowego strefy pożarowej .....	27
9.6. Występowanie zagrożenia wybuchem, w tym pomieszczeń zagrożonych wybuchem i stref zagrożenia wybuchem.....	27
9.7. Klasa odporności pożarowej, odporności ogniowej i stopień rozprzestrzeniania ognia przez elementy budowlane.....	27
9.8. Usytuowanie z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe, w tym o odległości od sąsiadujących obiektów, działek lub terenów .....	28
9.9. Warunki i strategia ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób.....	28
9.10. Sposób zabezpieczenia przeciwpożarowego instalacji fotowoltaicznej PV, a także rozwiązania zmniejszające ryzyko powstania pożaru. ....	28
9.11. Wpływ instalacji PV na urządzenia przeciwpożarowe oraz inne instalacje i urządzenia służące bezpieczeństwu pożarowemu. ....	29
9.11.1. Przeciwpożarowy wyłącznik prądu PWP .....	29
9.11.2. Wyposażenie w gaśnice i inny sprzęt gaśniczy .....	29
9.12. Sposób zapewnienia bezpieczeństwa dla ekip ratowniczo-gaśniczych .....	29
9.13. Woda do zewnętrznego gaszenia pożaru oraz drogi pożarowe.....	31
9.14. Oznakowanie budynku.....	31
9.15. Konserwacja systemu PV.....	31
10. PRACE KOŃCOWE I ODBIOROWE .....	32
11. UWAGI.....	32
10. SPIS RYSUNKÓW .....	33

## **1. WSTĘP**

### **1.1. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest projekt wykonawczy instalacji fotowoltaicznej o mocy 33,21 kWp, która pracować będzie na potrzeby własne budynku Szkoły Podstawowej w Wieprzu. Budowa instalacji polegać będzie na zabudowie na dachu budynku krytym blachą 82 szt. paneli fotowoltaicznych zorientowanych w kierunku południowym. W szczególności zakres robót obejmuje:

- montaż konstrukcji wsporczych dla dachów spadzistych krytych blachą – dla montażu paneli w ilości 82 szt. pod kątem 39°,
- montaż ogniw fotowoltaicznych w ilości 82 szt.,
- montaż inwertera (2 kpl.),
- podłączenie przewodów elektrycznych do aparatów,
- montaż instalacji elektrycznej,
- instalacja odgromowa.

### **1.2. Podstawa opracowania**

- Wizja lokalna,
- Ustalenia i umowa zawarta z Inwestorem,
- Audyt energetyczny,
- Wytyczne producentów urządzeń,

#### **Akty prawne i normy stanowiące podstawę opracowania:**

- Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. z 2016 r., poz. 191 tekst jednolity).
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (t.j. Dz.U. z 2013 r. poz. 1410 z późniejszymi zmianami),
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2002 r. Nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami),

- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015 roku w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz. U. z 2015r., poz. 2117).
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r. Nr 109 poz. 719),
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2006 r. w sprawie wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczeni tych wyrobów do użytkowania (Dz.U. z 2006 r. Nr 143 poz. 1002),
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004 r. w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz.U. z 2004 r. Nr 198 poz. 2041),
- PN-IEC 60364-1:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Zakres, przedmiot i wymagania podstawowe.
- PN-IEC 60364-5-51:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Postanowienia ogólne.
- HD 384/HD 60364 PN-IEC 60364:1999 (norma wieloczęściowa) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych.
- Zespół norm PN-IEC 62104. Ochrona odgromowa obiektów budowlanych,
- PN-EN ISO 9488:2002 Energia słoneczna - Terminologia.
- PN-EN 61173:2002 Ochrona przepięciowa fotowoltaicznych (PV) systemów wytwarzania mocy elektrycznej - Przewodnik.
- PN-EN 61194:2002 Parametry charakterystyczne autonomicznych systemów fotowoltaicznych (PV).
- PN-EN 61215:2005 Moduły fotowoltaiczne (PV) z krzemu krystalicznego do zastosowań naziemnych - Kwalifikacja konstrukcji i aprobaty typu. (j.ang.)
- PN-EN 61730-1:2007 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) - Część 1: Wymagania dotyczące konstrukcji. (j.ang.)
- PN-EN 61730-2:2007 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) - Część 2: Wymagania dotyczące badań. (j.ang.)
- PN-EN 62093:2005 Elementy uzupełniające w systemach fotowoltaicznych – Założenia kwalifikacyjne dla środowiska naturalnego. (j.ang.)



- PN-EN 62108:2008 Moduły fotowoltaiczne oraz systemy z koncentratorami światła (CPV) - Kwalifikacja konstrukcji i zatwierdzenie typu. (j.ang.)
- PN-EN 62124:2005 Systemy fotowoltaiczne (PV) wolnostojące - Weryfikacja projektu. (j.ang.).
- ICE 60364-7-712:2007 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji - Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania.
- PN-HD 60364-7-712:2016 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7 –712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania.
- PN-EN IEC 61730-1:2018-06 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) – Część 1: Wymagania dotyczące konstrukcji.
- PN-EN IEC 61730-2:2018-06 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) – Część 2: Wymagania dotyczące badań.
- PN-EN 62446-1:2016-08 oraz PN-EN 62446-1:2016-08/A1:2019-01 Systemy fotowoltaiczne (PV) – Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania – Część 1: Systemy podłączone do sieci – Dokumentacja, odbiory i nadzór.

### 1.3. Wstępne założenia

Projektuje się zabudowę paneli na dachu budynku z orientacją południową. Projektowane panele fotowoltaiczne dostarczą moc:

- 82 szt. x 405 W = 32,21 kWp

Szacunkowa roczna produkcja energii elektrycznej przez instalację fotowoltaiczną wyniesie ok. 34754,93 kWh. Porównanie wielkości zapotrzebowania na energię z możliwościami produkcyjnymi instalacji fotowoltaicznej pozwala stwierdzić, że wytworzona energia elektryczna w całości zostanie zużyta na potrzeby własne obiektu (w tym projektowanej pompy ciepła powietrze-woda). Nie projektuje się magazynowania nadwyżki wyprodukowanej energii elektrycznej. Projektuje się włączenie instalacji fotowoltaicznej do rozdzielni niskiego napięcia zlokalizowanej w podpiwniczeniu przedmiotowego budynku. Projektowane moduły fotowoltaiczne połączone zostaną systemem mieszanym (szeregowo-równoległe) w łańcuchy (stringi). Do połączenia elektrycznego modułów zastosowane będą kable solarne odporne na promieniowanie UV. Łańcuchy wytwarzać będą napięcie prądu stałego DC.

## **2. INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA**

### **2.1. Rozmieszczenie instalacji fotowoltaicznej**

Projektowane moduły fotowoltaiczne zamontowane zostaną na dedykowanej konstrukcji montażowej na dach spadzisty kryty papą. Połączone ze sobą moduły przyłączone zostaną do inwertera za pomocą przewodu w podwójnej izolacji, odpornego na promieniowanie UV oraz zmienne warunki atmosferyczne, dedykowanego do zastosowań fotowoltaicznych. Inwerter wpięty zostanie równolegle do istniejącej instalacji elektrycznej obiektu za pomocą kabla przeznaczonego do pracy z prądem przemiennym. Zarówno strona prądowa DC jak i AC zabezpieczone zostaną odpowiednią aparaturą. Energia elektryczna wyprodukowana w systemie wykorzystywana będzie na potrzeby własne.

#### Obciążenie połaci dachu:

- obciążenie od konstrukcji wsporczej: 17,9 kg dla 1kW mocy paneli (ok. 6 kg/m<sup>2</sup>),
- obciążenie od panela PV - 10,8 kg/m<sup>2</sup>.

Ogółem obciążenie połaci dachu: 29,7 kg/m<sup>2</sup> pozostaje bez wpływu na obciążenie graniczne konstrukcji dachu.

W przypadku zmiany mocy jednostkowej panelu Wykonawca instalacji zobligowany jest do przedstawienia przed wykonaniem montażu instalacji opinii technicznej dotyczącej możliwości posadowienia wybranych do montażu paneli fotowoltaicznych.

### **2.2. Moduły fotowoltaiczne**

Projektowane moduły fotowoltaiczne połączone zostaną systemem mieszanym (szeregowo-równolegle) w łańcuchy (stringi). Do połączenia elektrycznego modułów należy zastosować kable solarne odporne na promieniowanie UV o przekroju min. 4 mm<sup>2</sup>. Łańcuchy wytwarzać będą napięcie prądu stałego DC. Zastosowanie do produkcji modułu komponentów wysokiej jakości pozwala na uzyskiwanie większej ilości energii i gwarantuje długą żywotność urządzenia. Moduł projektowany do wykorzystania pokryty będzie szkłem hartowanym, o niskiej zawartości żelaza, z powłoką antyrefleksyjną. Jako źródło energii odnawialnej w projektowanej instalacji fotowoltaicznej zastosowanych zostanie 82 szt. modułów fotowoltaicznych o mocy 405 Wp każdy. Moduły zostaną podzielone na 6 sekcji (stringi) szeregowo i podłączone do projektowanych falowników sieciowych. Obudowa każdego z modułów wykonana z anodowanego aluminium. Moduł wyposażony w kable ze

spolaryzowanymi złączami odpornymi na warunki atmosferyczne. Wymiary przyjętego do projektu modułu 1719x1140x35mm; waga: ok. 22,0 kg. Dobrany panel posiadać będzie zabezpieczenie w postaci diod bocznikująco-blokujących, mających na celu ochronę przed przepływem prądu wstecznego, co w przypadku zacinienia części ogniw pozwoli uniknąć odcięcia całego łańcucha paneli (string). Podstawowe parametry modułu monokrystalicznego 405 Wp wg tabeli poniżej.

DANE ELEKTRYCZNE MODUŁU W WARUNKACH STC		
Moc maksymalna	$P_{PV}$	405 Wp
Napięcie obwodu otwartego	$V_{oc}$	37.20 V
Prąd zwarciov	$I_{sc}$	13.76 A
Napięcie w punkcie mocy maksymalnej	$V_{MPP}$	31.26 V
Natężenie prądu w punkcie mocy maksymalnej	$I_{MPP}$	12.96 A
Sprawność	$\eta_{PV}$	20.9
Współczynnik temperaturowy mocy	$\alpha$	-0.35
Współczynnik temperaturowy napięcia obwodu otwartego	$\beta$	-0.27
Współczynnik temperaturowy prądu zwarciov	$\gamma$	0.045
Maksymalne napięcie systemu	$V_{MAX. PV}$	1500 V
Dopuszczalny maksymalny prąd wsteczny	$I_{REV. MAX. PV}$	25 A
Maksymalne obciążenie mechaniczne (śnieg)	$ML_S$	5400 Pa
Maksymalne obciążenie mechaniczne (wiatr)	$ML_W$	2400 Pa
Zakres temperaturowy pracy modułu	$T_{MIN. PV} - T_{MAX. PV}$	-40 - +85 °C
Wymiary (długość, szerokość, głębokość)	D x S x G.	1708.00x1133.00x30.00 mm
Współczynnik wypełnienia (tzw. Fill Factor)	FF	79.1%
Waga	m	21.50 kg

Moduł musi posiadać podstawowe certyfikaty potwierdzające zgodności z normami w odniesieniu do parametrów i bezpieczeństwa: PN-EN 61215-1:2005 – Moduły fotowoltaiczne (PV) do zastosowań naziemnych. Kwalifikacja konstrukcji i aprobaty typu: PN-EN 61730-2:2007 – Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV)

### 2.3. Inwerter (przetwornica)

Inwerter pełni rolę konwertera energii elektrycznej powstałej w modułach fotowoltaicznych, w postaci napięcia i natężenia prądu stałego, na energię o parametrach występujących w instalacji

elektrycznej obiektu, tj. napięcia i natężenia prądu przemiennego. W projektowanej instalacji zastosowane zostaną 2 falowniki przeznaczony do współpracy z 3-fazową instalacją elektryczną w obiekcie, charakteryzujący się następującymi parametrami:

DANE WYJŚCIOWE AC		
Moc znamionowa AC	$P_{AC}$	<b>15000 W</b>
Maksymalny prąd wyjściowy	$I_{AC \text{ MAX.}}$	<b>23.9 A</b>
Napięcie sieciowe	$V_{AC}$	<b>230 V / 400 V</b>
Zakres częstotliwości	$f$	<b>45 Hz - 65 Hz</b>

DANE WEJŚCIOWE DC		
Maksymalna moc wejściowa	$P_{DC \text{ MAX.}}$	Wp
maksymalny prąd wejściowy na MPPT	$I_{DC \text{ MPPT1 MAX.}}$	<b>33 A</b>
Minimalne napięcie wejściowe	$V_{DC \text{ MIN.}}$	<b>320 V</b>
Napięcie rozpoczęcia pracy	$V_{DC \text{ START}}$	<b>200 V</b>
Znamionowe napięcie wejściowe	$V_{DC}$	<b>1000 V</b>
Maksymalne napięcie wejściowe	$V_{DC \text{ MAX.}}$	<b>1000 V</b>
Liczba MPPT	$L_{MPPT}$	<b>2</b>
Liczba łańcuchów na MPPT	$L_{STRING \text{ MPPT}}$	<b>3</b>
Zakres napięć MPP	$V_{MPP \text{ MIN.}} - V_{MPP \text{ MAX.}}$	<b>320 V - 1000 V</b>

INNE DANE		
Stopień ochrony obudowy urządzenia	$IP_{XY}^1$	<b>66</b>
Topologia falownika	T	<b>beztransformatory</b>
Temperatura otoczenia falownika	$T_{A \text{ MIN.}} - T_{A \text{ MAX.}}$	<b>-40 °C - 60 °C</b>

Projektuje się zastosowanie inwerterów posiadających podstawowe certyfikaty potwierdzające zgodności z normami w odniesieniu do parametrów i bezpieczeństwa: EN 50549(-1,-2):2019 - Wymagania dla instalacji mikrogeneracyjnych przeznaczonych do równoległego przyłączenia do publicznych sieci dystrybucyjnych niskiego napięcia. Inwerter powinien spełniać wymogi TAURON Dystrybucja S.A. w zakresie współpracy z siecią. Inwertery zostaną zasilone z istniejącej rozdzielni głównej RG odpowiednio dostosowanej do potrzeb fotowoltaiki i projektowanej pompy ciepła (wg oddzielnego opracowania) - patrz rys. E-02.

### 3. DOBÓR ELEMENTÓW INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

Doboru inwerterów i podziału modułów na stringi dokonano przy pomocy oprogramowania. Główne założenia wyjściowe:

- 82 szt. x 405 W = 33,21 kWp

Dobre inwertery:

- 1) Inwerter nr 1 o mocy nominalnej 15,0 kW ->

2x12 szt. paneli

1x16 szt. paneli

- 2) Inwerter nr 2 o mocy nominalnej 15,0 kW ->

2x12 szt. paneli

1x18 szt. paneli

### 3.1. MOC INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

Moc projektowanej instalacji fotowoltaicznej DC obliczono w oparciu o dane modułu fotowoltaicznego, zgodnie z równaniem:

$$P_{PV} = LM * P_{STC PV}$$

gdzie:

- $P_{PV}$  – moc instalacji fotowoltaicznej (kWp)
- $LM$  – liczba modułów fotowoltaicznych w instalacji (szt)
- $P_{STC PV}$  – moc jednostkowa modułu fotowoltaicznego (Wp)

$$P_{PV} = 82 * 0.405 = 33,21$$

Moc DC instalacji fotowoltaicznej wynosi 33,21 kWp. Z kolei moc AC instalacji fotowoltaicznej, równa mocy wyjściowej falowników, jest równa 30 kW.

### 3.2. ZMIANA NAPIĘCIA NA 1°C

W celu poprawnego skonfigurowania systemu fotowoltaicznego określono zmianę napięcia na 1°C według wzoru:

$$\Delta V = \beta * V_{oc}$$

gdzie:

- $\Delta V$  – zmiana napięcia na 1°C (V/°C)
- $\beta$  – współczynnik temperaturowy napięcia obwodu otwartego (‰/°C)
- $V_{oc}$  – napięcie obwodu otwartego (V)

$$\Delta V = -0.27\% * 37.20 = -0.10044$$

Zmiana napięcia na 1°C wynosi -0,10044 V/°C. Wyliczona wartość posłuży do obliczenia napięć w skrajnych temperaturach.

### 3.3. NAPIĘCIE W SKRAJNYCH TEMPERATURACH PRACY DLA POSZCZEGÓLNYCH ŁAŃCUCHÓW

#### 3.3.1. Napięcie obwodu otwartego w temperaturze -25°C

- Napięcie obwodu otwartego pochodzące z 3 łańcuchów modułów na 1 MPPT falownika nr 1 w temperaturze -25°C, obliczono według równania:

$$V_{OC - 25} = LM * [ V_{OC} + ( \Delta V * \Delta T_1 ) ]$$

gdzie:

- $V_{OC - 25}$  – napięcie jałowe łańcucha modułów o temperaturze -25°C (V)
- $V_{OC}$  – napięcie jałowe modułu w warunkach STC (V)
- $\Delta V$  – zmiana napięcia na 1°C ( $V/^\circ C$ )
- $\Delta T_1$  – różnica temperatur pomiędzy warunkami STC, a warunkami obliczeniowymi (50°C)

$$V_{OC - 25} = 40 * [ 37.20 + ( -0.10044 * -50 ) ] = 1688,88$$

Obliczone napięcie obwodu otwartego dla 1 łańcucha wchodzącego na 1 MPPT falownika nr 1 jest równe 1688,88 V. Maksymalne napięcie generowane przez moduły nie przekracza maksymalnego dopuszczalnego przez falownik napięcia dla zadanej temperatury -25°C.

- Napięcie obwodu otwartego pochodzące z 3 łańcuchów modułów na 1 MPPT falownika nr 2 w temperaturze -25°C, obliczono według równania:

$$V_{OC - 25} = LM * [ V_{OC} + ( \Delta V * \Delta T_1 ) ]$$

gdzie:

- $V_{OC - 25}$  – napięcie jałowe łańcucha modułów o temperaturze -25°C (V)
- $V_{OC}$  – napięcie jałowe modułu w warunkach STC (V)
- $\Delta V$  – zmiana napięcia na 1°C ( $V/^\circ C$ )
- $\Delta T_1$  – różnica temperatur pomiędzy warunkami STC, a warunkami obliczeniowymi (50°C)

$$V_{OC - 25} = 42 * [ 37.20 + ( -0.10044 * -50 ) ] = 1733,32$$

Obliczone napięcie obwodu otwartego dla 1 łańcucha wchodzącego na 1 MPPT falownika nr 1 jest równe 1733,32 V. Maksymalne napięcie generowane przez moduły nie przekracza maksymalnego dopuszczalnego przez falownik napięcia dla zadanej temperatury -25°C.

### 3.3.2. Napięcie w punkcie mocy maksymalnej w temperaturze -25°C

- Napięcie w punkcie mocy maksymalnej pochodzące z 3 łańcuchów modułów na 1 MPPT falownika nr 1 w temperaturze -25°C, obliczono według równania:

$$V_{MPP - 25} = LM * [ V_{MPP} + ( \Delta V * \Delta T_1 ) ]$$

gdzie:

- $V_{MPP - 25}$  – napięcie pracy łańcucha modułów o temperaturze -25°C(V)
- $V_{MPP}$  – napięcie modułu w punkcie mocy maksymalnej, w warunkach STC (V)
- $\Delta V$  – zmiana napięcia na 1°C (V/°C)
- $\Delta T_1$  – różnica temperatur pomiędzy warunkami STC, a warunkami obliczeniowymi (50°C)

$$V_{MPP - 25} = 42 * [ 31.26 + ( -0.10044 * -50 ) ] = 1451,28$$

Obliczone napięcie obwodu otwartego dla 3 łańcuchów wchodzących na 1 MPPT falownika nr 1 jest równe 1451.28 V. Napięcie robocze, osiągnęte w temperaturze -25° C znajduje się w zakresie napięciowym układu MPPT, gwarantując tym samym wysoką sprawność pracy całego systemu.

- Napięcie w punkcie mocy maksymalnej pochodzące z 3 łańcuchów modułów na 1 MPPT falownika nr 2 w temperaturze -25°C, obliczono według równania:

$$V_{MPP - 25} = LM * [ V_{MPP} + ( \Delta V * \Delta T_1 ) ]$$

gdzie:

- $V_{MPP - 25}$  – napięcie pracy łańcucha modułów o temperaturze -25°C(V)
- $V_{MPP}$  – napięcie modułu w punkcie mocy maksymalnej, w warunkach STC (V)
- $\Delta V$  – zmiana napięcia na 1°C (V/°C)
- $\Delta T_1$  – różnica temperatur pomiędzy warunkami STC, a warunkami obliczeniowymi (50°C)

$$V_{MPP - 25} = 42 * [ 31.26 + ( -0.10044 * -50 ) ] = 1523,84$$

Obliczone napięcie obwodu otwartego dla 3 łańcuchów wchodzących na 1 MPPT falownika nr 2 jest równe 1523,84 V. Napięcie robocze, osiągnięte w temperaturze  $-25^{\circ}\text{C}$  znajduje się w zakresie napięciowym układu MPPT, gwarantując tym samym wysoką sprawność pracy całego systemu.

### 3.3.3. Napięcie w punkcie mocy maksymalnej w temperaturze $70^{\circ}\text{C}$

- Napięcie w punkcie mocy maksymalnej pochodzące z 3 łańcuchów modułów na 1 MPPT falownika nr 1 w temperaturze  $70^{\circ}\text{C}$ , obliczono według równania:

$$V_{MPP+70} = LM * [ V_{MPP} + ( \Delta V * \Delta T_2 ) ]$$

gdzie:

- $V_{MPP+70}$  – napięcie pracy łańcucha modułów o temperaturze  $+70^{\circ}\text{C}$ (V)
- $V_{MPP}$  – napięcie modułu w punkcie mocy maksymalnej, w warunkach STC (V)
- $\Delta V$  – zmiana napięcia na  $1^{\circ}\text{C}$  ( $\text{V}/^{\circ}\text{C}$ )
- $\Delta T_2$  – różnica temperatur pomiędzy warunkami STC, a warunkami obliczeniowymi ( $45^{\circ}\text{C}$ )

$$V_{MPP+70} = 40 * [ 31.26 + ( -0.10044 * 45 ) ] = 1069,61$$

Obliczone napięcie obwodu otwartego dla 3 łańcuchów wchodzących na 1 MPPT falownika nr 1 jest równe 1069,61 V. Napięcie robocze, osiągnięte w temperaturze  $70^{\circ}\text{C}$  znajduje się w zakresie napięciowym układu MPPT, gwarantując tym samym wysoką sprawność pracy całego systemu.

- Napięcie w punkcie mocy maksymalnej pochodzące z 3 łańcuchów modułów na 1 MPPT falownika nr 2 w temperaturze  $70^{\circ}\text{C}$ , obliczono według równania:

$$V_{MPP+70} = LM * [ V_{MPP} + ( \Delta V * \Delta T_2 ) ]$$

gdzie:

- $V_{MPP+70}$  – napięcie pracy łańcucha modułów o temperaturze  $+70^{\circ}\text{C}$ (V)
- $V_{MPP}$  – napięcie modułu w punkcie mocy maksymalnej, w warunkach STC (V)
- $\Delta V$  – zmiana napięcia na  $1^{\circ}\text{C}$  ( $\text{V}/^{\circ}\text{C}$ )
- $\Delta T_2$  – różnica temperatur pomiędzy warunkami STC, a warunkami obliczeniowymi



(45°C)

$$V_{MPP+70} = 42 * [ 31.26 + ( -0.10044 * 45 ) ] = 1123,09$$

Obliczone napięcie obwodu otwartego dla 3 łańcuchów wchodzących na 1 MPPT falownika nr 2 jest równe 1123,09 V. Napięcie robocze, osiągnięte w temperaturze 70° C znajduje się w zakresie napięciowym układu MPPT, gwarantując tym samym wysoką sprawność pracy całego systemu.

#### 4. PRZEWODY

Przewody fotowoltaiczne, to przewody przeznaczone do pracy z prądem stałym DC. Ich zadaniem jest odprowadzenie energii elektrycznej wytworzonej w modułach fotowoltaicznych do inwertera. Z kolei kabel AC odpowiada za odprowadzenie energii elektrycznej z inwertera do instalacji elektrycznej obiektu i sieci elektroenergetycznej. Zakłada się, że strata mocy w przewodzie DC i przewodach kabla AC w systemie fotowoltaicznym powinna być mniejsza niż 1% i z tego względu należy dobrać odpowiedni przekrój żyły przewodu lub żył w kablach.

##### 4.1. Przekrój przewodów DC

Przekrój przewodów DC obliczono zgodnie z równaniem:

$$A_{DC} = \frac{P_{PV} * L_{DC}}{U^2 * k * 1\%}$$

gdzie:

- $A_{DC}$  – przekrój przewodów DC (mm<sup>2</sup>)
- $P_{PV}$  – moc łańcucha modułów fotowoltaicznych w warunkach STC (kWp)
- $L_{DC}$  – sumaryczna długość przewodu DC łańcucha "+" oraz "-" (m)
- $U$  – napięcie w punkcie mocy maksymalnej w łańcuchu fotowoltaicznym w warunkach STC (V)
- $k$  – przewodność właściwa (54mΩ\*mm<sup>2</sup> dla miedzi)

Dla falownika nr 1:

$$A_{DC} = \frac{16200 * 70}{1250.4^2 * 54 * 1\%} = 1.34314025$$

Dobry przewód fotowoltaiczny powinien mieć przekrój minimum 1.34 mm<sup>2</sup>.

Dla falownika nr 2:

$$A_{DC} = \frac{17010 * 70}{1312.92^2 * 54 * 1\%} = 1.27918119$$

Dobry przewód fotowoltaiczny powinien mieć przekrój minimum 1.28 mm<sup>2</sup>.

#### 4.2. Przekrój przewodów AC

Przekrój żyły w kablu AC, dla instalacji elektrycznej trójfazowej, obliczono według wzoru:

$$A_{AC} = \frac{P_{AC} * L_{AC}}{U_{mf}^2 * k * 1\%}$$

gdzie:

- $A_{AC}$  – przekrój przewodów AC (mm<sup>2</sup>)
- $P_{AC}$  – moc znamionowa inwertera po stronie AC (kW)
- $L_{AC}$  – długość kabla AC pomiędzy inwerterem a miejscem wpięcia inwertera (m)
- $U_{mf}$  – napięcie międzyfazowe ( $U_{mf} = 400$  V)
- $k$  – przewodność właściwa (54mΩ\*mm<sup>2</sup> dla miedzi, 32mΩ\*mm<sup>2</sup> dla aluminium)

$$A_{AC} = \frac{15000 * 90}{400^2 * 54 * 1\%} = 15.625$$

Przewody kabla powinien mieć przekrój minimum 15,63 mm<sup>2</sup>.

### 5. ZABEZPIECZENIA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

W projektowanej instalacji przewidziano zastosowanie ograniczników przepięć DC. Po stronie AC z kolei planowane jest zastosowanie ograniczników przepięć AC oraz zabezpieczenia przetężeniowego.

## 5.1. Zewnętrzna instalacja odgromowa

Zakłada się, że wszystkie części instalacji fotowoltaicznej posiadać będą ochronę odgromową. Realizowana ona będzie przez zastosowanie układu zwodów pionowych:

- iglica pionowa AL, l=2,5 m – 3 szt., montaż na blasze – dach budynku A
- iglica pionowa AL, l=2,0 m – 2 szt., montaż na kominie – dach budynku A

obejmującym swoim obszarem ochronnym pole instalacji na dachu budynku. Wyliczona klasa ochronności - III wg normy PN EN -62305. Zwody pionowe instalacji odgromowej należy podłączyć do zwodu poziomego niskiego i do istniejącego uziomu otokowego poprzez złącza kontrolne (lub zastosować uziomy pionowe pomiedziowane typu szpilka o dł. 3,0 m każdy, rozstaw min. 4,0 m). Stan techniczny uziomu otokowego i jego przydatność sprawdzić po jego punktowym odkopaniu. Dodatkowo inwerter będzie posiadać ochronniki przepięciowe. Do elementów wymagających ochrony, prac antykorozyjne należy wykonać zgodnie z wymaganiami normy PN -71/E-97053, 79/H-97070, 93/E - 04500 oraz N SEP - E - 001. Konstrukcje winny być zabezpieczone antykorozyjnie przez cynkowanie na gorąco.

## 5.2. Ochrona przeciwprzepięciowa

Instalacja przeciwprzepięciowa przeznaczona jest do ochrony instalacji fotowoltaicznej przed przejściowymi przepięciami wywołanymi na zewnątrz instalacji fotowoltaicznej np. indukowanym napięciem poprzez uderzenie pioruna w linię elektroenergetyczną, bądź w jej obrębie lub przepięciami wewnętrznymi, powstającymi podczas załączania czy wyłączania nieobciążonej linii elektroenergetycznej. Zjawisko przejściowego przepięcia może spowodować uszkodzenie elementów instalacji elektrycznej w budynku lub instalacji fotowoltaicznej. W projektowanej instalacji fotowoltaicznej przewiduje się zastosowanie ograniczników przepięć DC typu 2 oraz ograniczników przepięć AC typu 2 przystosowanych do pracy z napięciem sieciowym. Ograniczniki powinny być połączone z główną szyną wyrównawczą przewodem o przekroju 16 mm<sup>2</sup>.

Projektowane ograniczniki przepięć DC dobrane zostaną w taki sposób, aby napięcie obwodu otwartego nie przekraczało maksymalnego napięcia wejściowego na falownik:

$$V_{MPP} + 70 \leq V_{DC\ MAX} \leq V_{SPD}$$

gdzie:

- $V_{MPP} + 70$  – napięcie jałowe modułu w warunkach STC (V)
- $V_{SPD}$  – napięcie znamionowe ogranicznika przepięć (V)
- $V_{DC\ MAX}$  – maksymalne napięcie wejściowe na falownik (V)

$$2364,432 \leq 1000 \leq V_{SPD}$$

Zgodnie z powyższą zależnością, dla projektowanej instalacji dobrano ogranicznik przepięć o napięciu znamionowym pracy 1000 V.

### 5.3. Połączenia wyrównawcze

Połączenia wyrównawcze konstrukcji modułów oraz inwertera pełnią funkcję przeciwporażeniową, przeciwprzepięciową i odgromową. Oznacza to, że chroni to moduły fotowoltaiczne w sytuacjach uszkodzenia modułu czy w trakcie wyładowań atmosferycznych nieopodal instalacji. W projektowanej instalacji fotowoltaicznej przewiduje się zastosowanie przewodu, służącego do wyrównania potencjałów, o przekroju minimum 16 mm<sup>2</sup>. Przewód ten połączy elementy konstrukcji montażowej z główną szyną wyrównawczą.

### 5.4. Zabezpieczenie przed przetężeniami

Wyłączniki nadmiarowo-prądowe, bezpieczniki topikowe i inne zabezpieczenia posiadające człon zwarciovowy służą do ochrony przed przeciążeniami elektrycznymi. Sytuacja taka następuje w momencie, gdy przez dany element elektryczny przepływa prąd większy niż znamionowy, np. w wyniku podłączenia zbyt dużej liczby odbiorników lub podłączenia odbiornika o zbyt dużej mocy. Zjawisko to powoduje wydzielanie się ciepła, a jeśli jest długotrwałe, może być niebezpieczne – i wywołać zwarcie, a w konsekwencji pożar. Wartość wydzielanego ciepła jest proporcjonalna do oporu przewodnika, kwadratu przepływającego prądu i czasu występowania przeciążenia. Ponadto wyłączniki pozwalają na rozłączenie całej instalacji fotowoltaicznej.

#### 5.4.1. Wyłączniki nadmiarowo-prądowe AC

Stronę AC należy zabezpieczyć przed zwarcie od strony sieci lub przeciążeniem wyłącznikiem nadprądowym o charakterystyce B. W celu dobrania odpowiedniego

zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego, według normy PN-HD 60364-4-43:2012, należy obliczyć prąd znamionowy zabezpieczenia, mając przy tym na uwadze długotrwałą obciążalność prądową przewodu, aby urządzenie zabezpieczające zadziałało przed nadmiernym wzrostem temperatury żył kabla. Długotrwałą obciążalność prądową przewodu według normy PN-IEC 60364-5-52:2011 dla przewodu wielożyłowego w rurce prowadzonej na ścianie – 3 obciążone żyły miedziane o przekroju 16 mm<sup>2</sup> wynosi 66A . Znamionowy prąd zabezpieczenia powinien więc mieścić się w zakresie:

$$I_{MAX.AC} \leq I_N \leq I_{OP}$$

gdzie:

- $I_{MAX.AC}$  – maksymalny prąd wyjściowy AC falownika (A)
- $I_N$  – znamionowe natężenie prądu bezpiecznika (A)
- $I_{OP}$  – dopuszczalny maksymalny prąd wsteczny przepływający przez moduł (A)

$$23,9A \leq I_N \leq A$$

Dla powyższej zależności, z dostępnego typoszeregu wyłączników nadmiarowo-prądowych, wybrano zabezpieczenie o znamionowym prądzie 32A.

Za nadmierny wzrost temperatury żył uważa się wartość przekraczającą 145% długotrwałej obciążalności prądowej przewodu. Wobec tego prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego, powinien być mniejszy lub równy tej wartości:

$$I_Z \leq 145\% \cdot I_{OP}$$

gdzie:

- $I_Z$  – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego (A)
- $I_{OP}$  – dopuszczalny maksymalny prąd wsteczny przepływający przez moduł (A)

$$I_Z \leq 36,25 A$$

Wyzwalacz przeciążeniowy (termiczny) wyłącznika nadprądowego zadziała bezwzględnie, po określonym czasie według charakterystyki wyłącznika, w momencie przekroczenia krotności prądu znamionowego zabezpieczenia:

$$I_Z = k * I_N$$

gdzie:

- $I_Z$  – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego (A)
- $k$  – współczynnik krotności prądu powodującego zadziałanie zabezpieczenia ( $k = 145\%$  dla wyłączników nadmiarowo- prądowych o charakterystyce B)
- $I_N$  – długotrwała obciążalność prądowa kabla (A)

$$I_Z = 145\% * 32A = 46,4A$$

Oznacza to, że prąd zadziałania zabezpieczenia jest mniejszy od prądu, w którym następuje nadmierny wzrost temperatury żył kabla mogący je uszkodzić:

$$46,4 A \leq 66,0A$$

Wyłącznik nadmiarowo-prądowy jest prawidłowym zabezpieczeniem dla falownika. Zgodnie z powyższymi obliczeniami, w projektowanej instalacji fotowoltaicznej, dobrano wyłącznik nadmiarowo-prądowy o charakterystyce B i prądzie znamionowym 32A.

## 5.5. Inne zabezpieczenia

Inwerter zastosowany w instalacji fotowoltaicznej wyposażony jest w urządzenia monitorujące parametry energii elektrycznej. W przypadku odchylenia monitorowanych parametrów częstotliwości i napięcia od parametrów granicznych normy PN-EN:50549, fotowoltaiczne źródło wytwórcze jest natychmiast odłączone od sieci elektroenergetycznej. System fotowoltaiczny pozostaje odłączony do momentu powrotu parametrów do ustawionych limitów. Wykonanie wszystkich rozwiązań zabezpieczających instalację jest zgodne z obowiązującym prawem i odpowiednimi normami, w tym z normą IEC 60364-4-41.

## 6. KONSTRUKCJA MONTAŻOWA

Konstrukcja montażowa na dach kryty blachą składa się z aluminiowych profili, które przykręcane są do specjalnego uchwyty montażowego, przytwierdzonego bezpośrednio do krokwi dachowej. Pozostałe elementy konstrukcji, takie jak klemy końcowe, śruby i nakrętki, służą do przymocowania modułów fotowoltaicznych do wyżej opisanych profili. Elementy te

wykonane są ze stali nierdzewnej. Konstrukcja montażowa jest odporna na czynniki atmosferyczne takie jak: deszcz, słońce, śnieg.

## 7. UZYSK ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Uzysk energii elektrycznej wyprodukowanej w projektowanej instalacji obliczono zgodnie z równaniem:

$$U = \frac{(N_{AS} * K) * P_{PV} * WW}{N_{AT}}$$

gdzie:

- U – uzysk energetyczny z instalacji PV (kWh/rok)
- $N_{AS}$  – nasłonecznienie w pobliżu miejsca występowania instalacji PV na powierzchnię horyzontalną (kWh/m<sup>2</sup>\*rok)
- k – współczynnik korygujący wartość nasłonecznienia w zależności od ustawienia modułów fotowoltaicznych (%)
- $P_{PV}$  – moc instalacji fotowoltaicznej (kWp)
- $N_{AT}$  – natężenie promieniowania słonecznego (kW/m<sup>2</sup>)
- WW – współczynnik wydajności (%)

Uwzględniając:

- nasłonecznienie, dla najbliższej miejsca inwestycji, stacji meteorologicznej Katowice, wynoszące 1080 kWh/rok współczynnik korygujący K (spadek lub wzrost nasłonecznienia w stosunku do nasłonecznienia na powierzchnię horyzontalną), dla modułów fotowoltaicznych: 1.15
- moc instalacji fotowoltaicznej równą 33,21 kWp
- natężenie promieniowania słonecznego w warunkach STC równe 1 kW/m<sup>2</sup>
- teoretyczny współczynnik wydajności instalacji fotowoltaicznej (sprawność instalacji fotowoltaicznej) równy 85%, oszacowany na podstawie wzoru:

$$S_{PV} = 1 - (\sum S_P + S_F + S_T + S_{N_{PS}} + S_Z + S_{N_{PN}} + S_D) * 100\%$$

gdzie:

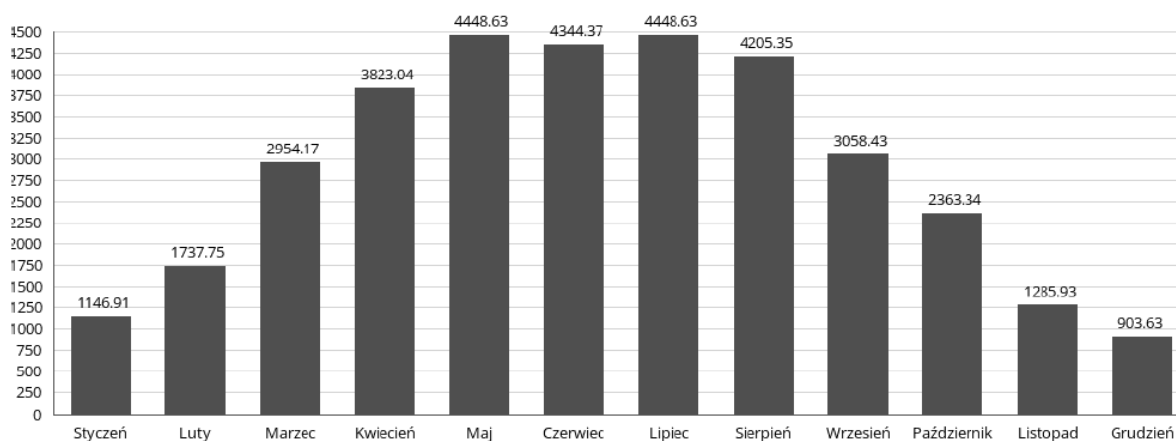
- $S_{PV}$  – sprawność instalacji fotowoltaicznej (%)
- $S_P$  – straty na przewodach (+/- 1%)
- $S_F$  – straty falownika (+/- 3-7%)

- $S_T$  – straty temperaturowe (+/- 4-8%)
- $S_{Nps}$  – straty związane z niskim natężeniem promieniowania słonecznego (+/- 1-3%)
- $S_Z$  – straty związane z zacieleniem, zabrudzeniem itp. (+/- 1-5%)
- $S_{NPN}$  – straty wynikające z niedopasowania prądowego modułów (+/- 1%)
- $S_D$  – straty na diodach bocznikujących (+/- 0,5%)

Uwzględniając powyższe dane, uzysk energii elektrycznej wynosi:

$$U = \frac{(1080 * 1.14) * 33.21 * 85\%}{1} = 34754.9292 \text{ kWh/rok} \mid 1046.52 \text{ kWh/kwp}$$

Uzysk rozbity na miesiące przedstawia poniższy wykres:



## 8. EFEKT EKOLOGICZNY

Efekt ekologiczny, czyli ograniczenie emisji istotnych z punktu widzenia ochrony środowiska związków chemicznych, obliczono według wzoru:

$$E_i = \frac{(U * W_i)}{1000}$$

gdzie:

- $E_i$  – emisja danego związku do środowiska (Mg/rok)
- $U$  – uzysk energii (kWh/rok)
- $W_i$  – wskaźnik emisyjności danego związku chemicznego dla energii elektrycznej (kg/kWh)



ZWIĄZEK CHEMICZNY	W <sub>i</sub> (kg/kWh)
CO <sub>2</sub>	0,781
SO <sub>2</sub>	0,000818
NO <sub>x</sub>	0,000824
CO	0,000252
Pył całkowity	0,000053

Efekt ekologiczny, dla powyższych wskaźników emisji, przedstawia tabela:

ZWIĄZEK CHEMICZNY	EMISJA ZWIĄZKU DO ATMOSFERY (kg/kWh)
CO <sub>2</sub>	27.1435997052
SO <sub>2</sub>	0.0284295320856
NO <sub>x</sub>	0.0286380616608
CO	0.0087582421584
Pył całkowity	0.0018420112476

## 9. OCHRONA PRZECIWPOŻAROWA

Celem niniejszego punktu opracowania jest wskazanie warunków ochrony przeciwpożarowej dla nowoprojektowanej instalacji fotowoltaicznej. Zakres opracowania obejmuje wybrane elementy istotne w kontekście projektowanej instalacji wskazane w § 4 ust. 1 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz. U. z 2015r., poz. 2117). Z uwagi na projektowaną moc instalacji PV niniejszy projekt wymaga obowiązkowemu uzgodnieniu pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej z uwagi na Art. 29 ust. 2. 6kt. 16. (Dz. U. 2019 poz. 1186 z późn. zm.)

### 9.1. Charakterystyka zagrożenia pożarowego projektowanej instalacji PV

Zgodnie z danymi opublikowanymi przez BRE National Solar Centre, niezależny instytut badawczy z Wielkiej Brytanii w publikacji „Fire and Solar PV Systems – Investigations and Evidence in July 2017” - prawidłowo zaprojektowana oraz eksploatowana instalacja nie stwarza zwiększonego ryzyka powstania pożaru w budynku. Podobne wnioski płyną również z innych raportów opublikowanych m.in. przez TÜV Rheinland we współpracy z Instytutem Systemów Energetyki Słonecznej im. Fraunhofera gdzie wskazuje się, że pożary wywołane przez system PV stanowią zaledwie 0,016% w odniesieniu do wszystkich instalacji

fotowoltaicznych powstałych w Niemczech. Analiza wykazała, że ponad 70% pożarów wynika z wpływów zewnętrznych (poza urządzeniem) lub błędów montażowych. Zaledwie 10% przyczyn wszystkich pożarów jest usterką falownika. Szczegółowa analiza przyczyn awarii dla zdarzeń pożarowych wskazała wystąpienie łuku elektrycznego jako główną przyczynę pożarów z udziałem systemów fotowoltaicznych. Wystąpienie łuku wynika przede wszystkim:

- a) nieprawidłowego użycia złązek (źle dobrane, niekompatybilne),
- b) nieprawidłowo zaciśnięte styki złącza,
- c) brak prawidłowego zatrzaśnięcia wtyk lub gniazd powstałe w wyniku błędów montażowych,
- d) błędnie wykonane połączenia umożliwiające wnikanie wilgoci w złączach, skrzynkach połączeniowych i przełącznikach,
- e) poluzowanie zacisków śrubowych w puszkach przyłączeniowych lub wyłącznikach izolacyjnych powstałe najczęściej w wyniku błędów montażowych
- f) złe, niezgodne ze sztuką wykonane lutowanie połączenia w skrzynce przyłączeniowej modułu PV
- g) nieprawidłowego podłączenia izolatorów przepięć lub - w przypadku zewnętrznych puszek - zastosowanie w nieodpowiedniej klasie zabezpieczenia przed czynnikami zewnętrznymi, w wyniku uszkodzenia izolacji, kabla lub zbyt dużego kąta gięcia kabli.

Należy mieć na uwadze, że wystąpienie łuku jest najczęściej skutkiem błędnego, niezgodnego ze sztuką montażu instalacji PV. Drugą istotną przyczyną występowania łuków elektrycznych jest brak wykonywania przez użytkownika instalacji fotowoltaicznej – cyklicznych przeglądów instalacji. Te powinny być wykonywane regularnie w celu wykrycia postępujących nieprawidłowości na wczesnym etapie.

## **9.2. Miejsce montażu paneli fotowoltaicznych, falownika oraz sposób przeprowadzenia przewodów DC pomiędzy modułami a falownikiem**

Moduły instalacji fotowoltaicznej zlokalizowane będą na dachu budynku, krytym blachą. Montaż falownika przewiduje się wykonać w pomieszczeniu przedsionka. Trasa przewodu DC od modułów do falownika przewidziana jest podstropowo na poziomie poddaszy oraz podtynkowo korytarzem, w kierunku inwertera i pozostałej aparatury w podpiwniczeniu segmentu A, w sąsiedztwie RG dla budynku szkoły.

### **9.3. Informacje o kategorii zagrożenia ludzi przedmiotowego budynku**

Budynek, dla którego potrzeb projektowana jest instalacja fotowoltaiczna to budynek użyteczności publicznej, eksploatowany. Przedmiotowy budynek należy do grupy wysokości: niski (N). Kategoria zagrożenia ludzi – ZL III. Klasa odporności pożarowej budynku – „C”.

### **9.4. Podział obiektu na strefy pożarowe oraz strefy dymowe**

W przedmiotowym obiekcie szkolnym występują strefy pożarowe. Oddzielną strefę pożarową stanowi segment A oraz docelowo kotłownia olejowa zlokalizowana w podpiwniczeniu segmentu A.

### **9.5. Maksymalna gęstość obciążenia ogniowego strefy pożarowej**

Dla przedmiotowego budynku gęstości obciążenia ogniowego nie oblicza się. Gęstość obciążenia pojedynczych pomieszczeń technicznych oraz innych przestrzeni PM będzie wynosiła do 500 MJ/m<sup>2</sup>.

### **9.6. Występowanie zagrożenia wybuchem, w tym pomieszczeń zagrożonych wybuchem i stref zagrożenia wybuchem**

Przyjęta funkcja poszczególnych segmentów budynku nie przewiduje występowania substancji mogących powodować występowanie stref zagrożenia wybuchem – w tym również na dachu, tj. brak zlokalizowanych kanałów wentylacji bezpieczeństwa pracującej w strefach lub pomieszczeniach zagrożonych wybuchem. Dla projektowanego budynku nie przyjmuje się dodatkowych obostrzeń z uwagi na lokalizację komponentów instalacji fotowoltaicznej.

### **9.7. Klasa odporności pożarowej, odporności ogniowej i stopień rozprzestrzeniania ognia przez elementy budowlane**

W budynku zaprojektowano instalację, które nie stanowi przykrycia dachu których mowa § 216, § 218 §219 §235 §271 §274 §287 w Warunkach Technicznych. Zatem nie określa się w tym przypadku konieczności stosowania paneli odpowiedniej klasyfikacji w zakresie odporności dachów na ogień zewnętrznych zgodnie np. Polską Normą PN-ENV 1187:2004 „Metody badań oddziaływania ognia zewnętrznego na dachy”; badanie 1. Projektowany system należy traktować jako instalację posadowioną na dachu który spełnia kryteria

projektowe dla danego budynku np. dach  $N_{RO}/B_{ROOF}(t1)$ . Warunkiem stosowania komponentów PV w przedmiotowym budynku jest zaprojektowanie instalacji w oparciu o urządzenia dopuszczonych do stosowania z odpowiednimi normami i zawartymi w nich wymaganiami bezpieczeństwa w tym palności.

#### **9.8. Usytuowanie z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe, w tym o odległości od sąsiadujących obiektów, działek lub terenów**

Instalacja fotowoltaiczna projektowana w przedmiotowym obiekcie pozostaje bez wpływu na wymagania w zakresie usytuowania budynku względem sąsiednich obiektów, granicy działki oraz dróg stanowiących dojazd dla ekip ratowniczych oraz dróg pożarowych.

#### **9.9. Warunki i strategia ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób**

Projektowana instalacja fotowoltaiczna PV nie ingeruje w parametry dotyczące dojścia i przejścia ewakuacyjnego. Te dla przedmiotowego obiektu pozostają bez zmian.

#### **9.10. Sposób zabezpieczenia przeciwpożarowego instalacji fotowoltaicznej PV, a także rozwiązania zmniejszające ryzyko powstania pożaru.**

W przedmiotowym projekcie instalacji fotowoltaicznej trzymano się następujących zasad wiedzy technicznej mających na względzie zminimalizowanie ryzyka powstania pożaru:

- Połączenia DC zaprojektowano za pomocą szybkozłączek tego samego typu i producenta.
- Zminimalizowano w instalacji ilość połączeń DC.
- Trasy przewodów DC prowadzono w metalowych kanałach kablowych (eliminując wszelkie ostre krawędzie) .
- Kable instalacji PV nie będą prowadzone w obrębie istniejących szachtów wentylacyjnych.
- Trasy kablowe będą odpowiednio oznakowane „Niebezpieczeństwo – wysokie napięcie DC w ciągu dnia obecne po wyłączeniu instalacji”.
- W pomieszczeniu falownika kable lub przewody należy prowadzić w kanałach elektroinstalacyjnych lub rurkach elektroinstalacyjnych z wyłączeniem obszaru bezpośrednio przy falowniku, gdzie przewody mogą być wyprowadzone bez osłon,

jednak nie więcej niż 40 cm bezpośrednio przy ścianach i pod sufitami na odpowiednio przygotowanych konstrukcjach nośnych

- W przypadku montowania falownika fotowoltaicznego wewnątrz budynku należy lokalizować go w pomieszczeniu zdolnym do odprowadzenia energii cieplnej wydzielanej przez falownik, przy założeniu, że 5% mocy nominalnej falownika może być wyemitowane w postaci energii cieplnej.
- Temperatura pomieszczenia w którym jest falownik nie powinna przekraczać 35 °C, chyba że producent falownika dopuszcza pracę w wyższej temperaturze.
- Falownik fotowoltaiczny musi mieć zapewnioną przestrzeń wentylacyjną zgodnie w wymogami danego producenta. Falownika fotowoltaicznego nie należy zabudowywać bez zapewnienia wymaganej wentylacji będącej w stanie odprowadzić wydzielaną energię ciepłą.
- Falownik fotowoltaiczny powinien być montowany na podłożu niepalnym o klasie reakcji na ogień nie gorszej niż A2 (niepalne). Wyklucza się montaż falownika na płytach drewnianych, drewnopochodnych, z tworzyw sztucznych itp.
- Zapewniono ochronę odgromową urządzeń fotowoltaicznych.

## **9.11. Wpływ instalacji PV na urządzenia przeciwpożarowe oraz inne instalacje i urządzenia służące bezpieczeństwu pożarowemu.**

### **9.11.1. Przeciwpowarowy wyłącznik prądu PWP**

Zastosowano przeciwpożarowy wyłącznik prądu kompletny wraz z urządzeniem wykonawczym, zabudowany przy głównym wejściu do budynku.

### **9.11.2. Wyposażenie w gaśnice i inny sprzęt gaśniczy**

Należy zapewnić wyposażenie w gaśnicę proszkową 4 kg ABC o skuteczności gaśniczej 21A zlokalizowaną w pobliżu falownika PV. Do gaśnicy winien być zapewniony dostęp o szerokości nie mniejszej niż 1 m. Miejsce lokalizacji gaśnicy oznakowane zgodnie z PN-EN.

## **9.12. Sposób zapewnienia bezpieczeństwa dla ekip ratowniczo-gaśniczych**

W budynku obwody DC mające szczególne znaczenie dla służb podczas prowadzenia działań ratowniczych. Obwód prądu stałego (okablowanie DC) znajduje się pomiędzy elementami

generatora słonecznego a falownikiem. Napięcie DC w tym obwodzie najczęściej zawiera się w zakresie 250–900 V, w wybranych instalacjach może być jeszcze wyższe. Do porażenia prądem stałym może dojść w przypadku kontaktu (dotknięcia) jednocześnie biegunów dodatniego i ujemnego. Podczas działań ratowniczych i awaryjnych stanów pracy instalacji PV szczególne zagrożenie stanowią uszkodzenia elementów instalacji PV, w tym przede wszystkim okablowania. Do przeniesienia napięcia może dojść np. na ramie/mocowaniu uziemionego modułu PV poprzez wyrównanie potencjałów. Takie przeniesienie napięcia może doprowadzić do porażenia prądem przy dotknięciu (poruszeniu) innego przewodu. Do porażenia może dojść również w przypadku bezpośredniego kontaktu z uszkodzonym przewodem DC w budynku. Dlatego przyjęte zabezpieczenia mają na celu zminimalizowanie ryzyka porażenia prądem elektrycznym. W budynku optymalny poziom bezpieczeństwa ekip ratowniczych zapewnia się poprzez zastosowanie odpowiednich rozwiązań budowlanych. Przewód DC prowadzony będzie obudowanym kanałem wykonanym z materiałów niepalnych, co stanowić będzie barierę przed bezpośrednim kontaktem z przewodem DC przebiegającym w pionie. Wszelkie poziome trasy kablowe prowadzone w budynku, wykonane będą w stalowych korytach kablowych na wysokości min. 2,0 m. W przypadku uszkodzenia kabla DC pod wpływem ciepła powodującego plastyfikację izolacji kabla, stopienie czy jego odpadnięcie – metalowe koryto zapobiegnie bezwładnemu wiszeniu takich kabli i również zapobiegnie przypadkowemu najściu na taki kabel przez interweniujące ekipy ratowniczo-gaśnicze. Rozwiązanie to minimalizuje możliwość bezpośredniego kontaktu strażaków z przewodami pozostającymi pod napięciem. Z uwagi na zapewnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych podczas działań, należy wykonać oznaczenia następujących składowych instalacji fotowoltaicznej w ramach uaktualnienia instrukcji bezpieczeństwa pożarowego lub wykonania planu urządzenia fotowoltaicznego. Część graficzna powinna zawierać:

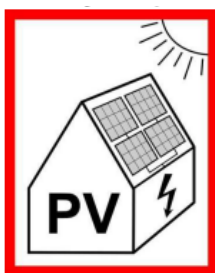
- obszar lokalizacji modułów PV,
- lokalizację falownika/ów PV,
- miejsca usytuowania elementu (np. rozłącznika) zapewniającego odłączenie napięcia po stronie DC falownika (nawet jeśli stanowi wyposażenie falownika PV),
- przebieg tras przewodów prądu stałego (po stronie DC) pozostających pod napięciem,
- opcjonalnie przebiegu tras kablowych prądu przemiennego,
- legendę zastosowanych oznaczeń graficznych i literowych,
- wskazanie osób lub podmiotów opracowujących plan oraz datę jego opracowania

### 9.13. Woda do zewnętrznego gaszenia pożaru oraz drogi pożarowe

Projektowana instalacja fotowoltaiczna nie powoduje dodatkowych obostrzeń w zakresie wymaganej ilości wody do zewnętrznego gaszenia pożaru, a także nie ingeruje w zasady doprowadzenia dróg pożarowych do obiektu.

### 9.14. Oznakowanie budynku

Obiekty, w których zamontowana jest instalacja PV, powinny być oznakowane. Odpowiednie oznakowanie i plan instalacji fotowoltaicznej obiektu są dla ekip ratowniczo-gaśniczych istotnym elementem mającym wpływ na szybkie przeprowadzenie rozpoznania i podjęcie właściwych decyzji. Są one pomocne zarówno dla osób znajdujących się w środku, jak i na zewnątrz budynku. Informują między innymi o lokalizacji wyłączników DC. W celu zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa dla ekip ratowniczych należy odpowiednio oznakować obiekt wyposażony w instalację PV wg normy PN-EN 60364-7-712.



Znak jak na rysunku powyżej, powinien być umieszczony: w złączu instalacji elektrycznej, w miejscu pomiaru, jeśli jest oddalony od złącza, w jednostce lub tablicy rozdzielczej, do której podłączone jest zasilanie z falownika. Instalację fotowoltaiczną oznakować zgodnie z normą PN-HD-60364-7-712\_2016. O zakończeniu inwestycji Inwestor powiadomi pisemnie Komendanta Powiatowej Państwowej Straży Pożarnej wg obowiązującej w KPPSP procedury. Natomiast schemat instalacji PV (plan instalacji fotowoltaicznej dla ekip ratowniczych) w miejscu łatwo dostępnym dla ratowników, np. szafce przyłącza elektrycznego do budynku.

### 9.15. Konserwacja systemu PV

Istotnym elementem w zapobieganiu pożarów instalacji fotowoltaicznych jest wykonywanie okresowych przeglądów, które będą w stanie wykryć potencjalne usterki dzięki czemu możliwe będzie podjęcie czynności naprawczych na wczesnym etapie. Okresowa konserwacja instalacji

fotowoltaicznej oraz wykonanie testów i pomiarów wskazanych w szczególności w normie PN-EN 62446-2, która zawiera wskazówki dotyczące takiej okresowej konserwacji powinna być wykonywana przynajmniej raz w roku jednak nie rzadziej niż wynika to z wskazań danego producenta instalacji, falownika, modułów.

## **10. PRACE KOŃCOWE I ODBIOROWE**

Wykonawca zobowiązany jest do przeprowadzenia pomiarów i testów zgodnie z normami PN-EN 62446:2016 oraz PN-HD 60364-6:2016-07 dla:

- a) instalacji elektrycznej wewnątrz budynku w zakresie odnoszących się do zamontowanej instalacji fotowoltaicznej,
- b) instalacji fotowoltaicznej.

Pomiary i testy muszą być potwierdzone raportami podpisanymi przez uprawnioną osobę posiadającą odpowiednie kwalifikacje.

Dla instalacji elektrycznej wymaga się przeprowadzenia badań w zakresie:

- a) ochrony przeciwporażeniowej,
- b) rezystancji izolacji,

Dla instalacji fotowoltaicznej wymaga się wyników pomiaru:

- a) napięcia otwarcia [Voc],
- b) pierwszy odczyt produkcji energii
- c) pomiar rezystancji uziemienia.
- d) rezystancji izolacji kabli DC.

## **11. UWAGI**

Całość prac powinna być wykonana przez osoby mające uprawnienia w zakresie prowadzenia prac przy instalacjach elektrycznych dla instalacji niskiego napięcia. Prace należy prowadzić zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami oraz wytycznymi producentów instalowanych urządzeń. Wszystkie urządzenia i materiały użyte do realizacji projektowanych instalacji muszą być zgodne z obowiązującymi w Polsce normami i przepisami oraz posiadać odpowiednie certyfikaty, atesty i dopuszczenia. Wszelkie odstępstwa od wytycznych zawartych w projekcie należy pisemnie zgłosić Inżynierowi Kontraktu do akceptacji.



## **12. SPIS RYSUNKÓW**

Rys. nr E-01. Mapa sytuacyjna

Rys. nr E-02. Schemat instalacji fotowoltaicznej, schematy ideowe rozdzielnic

Rys. nr E-03. Rozmieszczenie instalacji fotowoltaicznej. Instalacja odgromowa – rzut dachu

Rys. nr E-04. Plan tras kablowych z PV do RG – poddasze nieużytkowe

Rys. nr E-05. Plan tras kablowych z PV do RG – piwnica (segment A)