

# METRYKA PROJEKTU

TEMAT:	BUDOWA INSTALACJI FOTOWOLTANICZNEJ O MOCY 9,9 KWp NA POTRZEBY SOCJALNO - BYTOWE		
ADRES INWESTYCJI:	BUDYNEK PRZEDSZKOŁA UL. SŁOWACKIEGO 18 47-420 KUŹNIA RACIBORSKA		
INWESTOR:	GMINA KUŹNIA RACIBORSKA UL. SŁOWACKIEGO 4, 47-420 KUŹNIA RACIBORSKA		
STADIUM:	PROJEKT BUDOWLANO-WYKONAWCZY		
BRANŻA:	ELEKTRYCZNA		
JEDNOSTKA PROJEKTOWA:	FU ELTOM" KRYSTIAN TOMALA ul. WOLNOŚCI 25 47-420 BUDZISKA		
TOM: A	NR UMOWY:		
	imię i nazwisko:	nr uprawnień:	podpis:
PROJEKTANT:	mgr inż. Krystian Tomala	247/02	mgr inż. KRYSTIAN TOMALA uprawnienia do projektowania i kierowania robotami w zakresie elektryczności elektrotechnicznych Upr. nr 247/02
SPRAWDZAJĄCY:			
NR EGZ.: 1 <del>2</del> <del>3</del> <del>4</del> <del>5</del>			
DATA OPRACOWANIA: MAJ 2020r			

## *Spis treści*

Oświadczenie projektanta .....	3
Uprawnienia budowlane projektanta .....	4
Zaświadczenie przynależności do SIIB .....	5
1. WSTĘP .....	6
1.1. Przedmiot opracowania .....	6
1.2. Podstawa opracowa .....	6
1.3. Wstępne założenia .....	7
1.4. Pomieszczenie techniczne (sterowni) systemu fotowoltanicznego .....	7
2. INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA .....	7
2.1. Rozmieszczenie instalacji fotowoltaicznej .....	7
2.2. Moduły fotowoltaiczne .....	7
2.3. Inwertery (przetwornica) .....	8
2.4. Konstrukcje wsporcze pod moduły .....	9
2.5. Optymalizatory mocy o mocy 370W (dla modułów wysokiej mocy o 60 i 72 ogniwach) .....	9
2.6. Tablice rozdzielcze/główne/licznikowe .....	9
3. DOBÓR ELEMENTÓW INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ .....	10
3.1. Okablowanie .....	10
3.2. Zabezpieczenia .....	11
4. WARUNKI OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ .....	11
5. UWAGI KOŃCOWE .....	11
6. ZESTAWIENIE MATERIAŁÓW PODSTAWOWYCH .....	15
7. KLAUZULA O RÓWNORZĘDNOŚCI MATERIAŁÓW .....	15
8. RYSUNKI .....	16
9. ZDJĘCIA .....	16

## Oświadczenie projektanta

Zgodnie z art.20 ust.4 Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (tj. Dz.U. Nr 207 z 2003 r. Poz. 2016 z póź. zm.) niniejszym oświadczam, że projekt budowlano pn.:

**„Budowa instalacji fotowoltaicznej o mocy 9,9 kWp na potrzeby socjalno – bytowe budynku przedszkola przy ul. Słowackiego 18 w Kuźni Raciborskiej”.**

sporządzony w:       maju, 2020r.

dla:                   Gmina Kuźnia Raciborska  
                          ul. Słowackiego 4,  
                          47-420 Kuźnia Raciborska

został wykonany zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

<i><b>Projektował: imię i nazwisko</b></i>	<i><b>Uprawnienia</b></i>	<i><b>Nr członkowski izby</b></i>
mgr inż. Krystian Tomala	247/02	SLK/IE/8429/02

mgr inż. KRYSZTOF TOMALA  
uprawnienia do projektowania  
i kierowania robotami  
w zakresie sieci i systemów elektroenergetycznych  
Upr. nr 247/02  
(pieczęć i podpis)



WOJEWODA ŚLĄSKI

Katowice, 13 maja 2002 r.  
AG.II.4/ZO/7131-2/247/02

## DECYZJA NR 247/02

Na podstawie art.13 i 14 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity Dz.U.Nr 106 z 2000 r. poz.1126), i § 9 ust.1 rozporządzenia M.G.P.IB. z dnia 30.12.1994 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz.U.Nr 8, poz.38 z 1995 r.), w związku z art.104 § 1 i 2 Kpa (tekst jednolity Dz.U.Nr 98 z 2000 r. poz.1071), po rozpatrzeniu wniosku Pana Krystiana TOMALA na podstawie dokumentów stwierdzających wymagane wykształcenie oraz praktykę zawodową oraz na podstawie pozytywnej oceny z egzaminu na uprawnienia budowlane złożonego przed Komisją egzaminacyjną powołaną Zarządzeniem Nr 160/99 z 19 sierpnia 1999 r. stwierdza się, że:

**Pan mgr inż. Krystian TOMALA**  
ur. dnia 15 listopada 1972 r. w Raciborzu  
**o t r z y m u j e**  
**UPRAWNIENIA BUDOWLANE**  
**bez ograniczeń**  
**do projektowania i kierowania robotami budowlanymi w specjalności:**  
**instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń:**  
**elektrycznych i elektroenergetycznych**

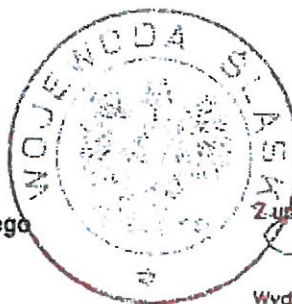
## Uzasadnienie

W związku z potwierdzeniem przez Komisję egzaminacyjną powołaną przez Wojewodę Śląskiego Zarządzeniem nr 160/99 z 19 sierpnia 1999 r., posiadania przez Pana Krystiana TOMALA wymaganego prawem wykształcenia na Politechnice Śląskiej Wydział Elektryczny na kierunku elektrotechnika oraz praktyki zawodowej koniecznej do uzyskania uprawnień budowlanych w w/w specjalności i po uzyskaniu pozytywnego wyniku egzaminu na uprawnienia budowlane, orzeczono jak w sentencji.

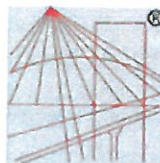
Od niniejszej decyzji przysługuje odwołanie do Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego 00-926 Warszawa, ul. Krucza 38/42, za pośrednictwem Wojewody Śląskiego w terminie 14 dni od daty otrzymania decyzji.

Otrzymują:

1. Pan Krystian TOMALA  
ul. Wolności 25  
47-420 Budziska
2. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego  
ul. Krucza 38/42, 00-926 Warszawa
3. a/a



**Z. J. WOJEWODY ŚLĄSKIEGO**  
*[Signature]*  
Zygmunt Konopka  
DYREKTOR  
Wydziału Rozwoju Regionalnego



P O L S K A  
I Z B A  
I N Ż Y N I E R Ó W  
B U D O W N I C T W A

### **Zaświadczenie**

o numerze weryfikacyjnym:

**SLK-DGP-D88-EY1 \***

**Pan Krystian Tomala o numerze ewidencyjnym SLK/IE/8429/02  
adres zamieszkania ul. WOLNOŚCI 25, 47-420 Budziska  
jest członkiem Śląskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2020-12-31.**

**Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2019-12-05 roku przez:**

**Roman Karwowski, Przewodniczący Rady Śląskiej 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.pilb.org.pl](http://www.pilb.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.





## **1. WSTĘP**

### **1.1. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest projekt budowlany instalacji fotowoltaicznej o mocy **9,9 kWp** budynku przedszkola przy ul. Słowackiego 18 w Kuźni Raciborskiej.

Budowa polegać będzie na montażu na dachu 30szt. modułów fotowoltaicznych zorientowanych w kierunku południowym. W szczególności zakres robót obejmuje:

- montaż stalowo - aluminiowych konstrukcji przeznaczonych do montażu modułów fotowoltaicznych ,
- montaż modułów fotowoltaicznych w ilości 30szt.,
- montaż optymalizatorów mocy w ilości 30szt. ,
- montaż inwerterów w ilości 1szt.
- podłączenie przewodów elektrycznych DC
- podłączenie przewodów elektrycznych AC
- montaż rozdzielnic
- montaż instalacji uziemiającej
- montaż instalacji odgromowej
- montaż ogrodzenia

### **1.2. Podstawa opracowania**

- Wizja lokalna,
- Ustalenia z Inwestorem,
- Wytyczne producentów urządzeń,
- Obowiązujące przepisy i normy, w tym m.in.:
  - Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. z 2002 r. Nr 147 poz. 1229 z późniejszymi zmianami),
  - 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 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 dopuszczenia 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 badan. (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.
- Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii z późniejszymi nowelizacjami

### **1.3. Wstępne założenia**

Projektuje się zabudowę modułów fotowoltaicznych na dachu. Ze względu na ograniczenia wielkości instalacji mikro, a także techniczne możliwości zabudowy modułów fotowoltaicznych projektowane moduły fotowoltaiczne dostarczą moc:

- 30 szt. x 330 W = 9900 Wp

Szacunkowa roczna produkcja energii elektrycznej przez instalację fotowoltaiczną wyniesie około 9227 kWh.

Porównanie wielkości zapotrzebowania na energię z możliwościami produkcyjnymi instalacji fotowoltaicznej pozwala stwierdzić, że wytworzona energia elektryczna w całości zostanie zużyta na potrzeby socjalno – bytowe obiektu. Nie projektuje się magazynowania nadwyżki wyprodukowanej energii elektrycznej. Projektuje się włączenie instalacji fotowoltaicznej do rozdzielni niskiego napięcia znajdującej się w budynku.

Projektowane moduły fotowoltaiczne połączone zostaną systemem szeregowym w łańcuchy (stringi). Do połączenia elektrycznego modułów zastosowane będą kable solarne odporne na promieniowanie UV. Łańcuchy wytwarzać będą napięcie prądu stałego DC.

### **1.4. Pomieszczenie techniczne (sterowni) systemu fotowoltaicznego**

Urządzenia typu skrzynka DC (przeciwpzepięciowa) oraz inwerter (przekształtnik DC/AC) przystosowane są do pracy w warunkach zewnętrznych (IP 65). Nie ma konieczności wydzielania osobnego pomieszczenia dla obsługi urządzeń. Instalacja jest bezobsługowa, a inwerter i skrzynka DC zabezpieczone są przed ingerencją.

## **2. INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA**

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

Projektowana instalacja fotowoltaiczna zabudowana będzie na dachu z południową orientacją modułów. Instalacja zbudowana zostanie z 30 modułów o łącznej mocy 9,9 kWp.

Projektuje się montaż modułów fotowoltaicznych z zastosowaniem konstrukcji systemowych wsporczych eliminujących potrzebę wykonywania dodatkowych podkonstrukcji.

### **2.2 Moduły fotowoltaiczne.**

Projektowane moduły fotowoltaiczne połączone zostaną systemem szeregowym w łańcuchy (stringi). Do połączenia elektrycznego modułów należy zastosować kable solarne odporne na promieniowanie UV o przekroju min. 6 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 jest szkłem hartowanym, z powłoką antyrefleksyjną. Jako źródło energii odnawialnej w projektowanej instalacji fotowoltaicznej zastosowanych zostanie 30 modułów fotowoltaicznych monokrystalicznych o mocy 330 Wp każdy.

Moduły fotowoltaiczne o mocy 330 Wp, spełniają wszystkie normy jakościowe obowiązujące w krajach UE. Obudowa modułu wykonana jest z aluminium. Wyposażony jest w kable ze spolaryzowanymi złączami odpornymi na warunki atmosferyczne. Wymiary przyjętego do projektu modułu 1665x1005x40mm; waga: ok. 19 kg. Moduł posiada zabezpieczenie w postaci diod bocznikująco-blokujących mających na celu ochronę przed przepływem prądu wstecznego co w przypadku zacinienia części ogniw nie odcina całego łańcucha paneli (string). W projekcie zaproponowano zastosowanie urządzeń, których parametry gwarantują efektywną i długotrwałą eksploatację.

#### **Podstawowe parametry modułu monokrystalicznego 330 Wp:**

- napięcie jałowe	U	41,00 V,
- napięcie maksymalne		33,60 V,
- prąd nominalny	I	9,84 A,
- prąd zwarciov		10,36 A,
- współczynnik efektywności modułu	-	19,72 %.

### **2.3. Inwertery (przetwornica)**

Inwertery umożliwiają zamianę wytwarzanego przez panele prądu o stałym napięciu na prąd o napięciu zmiennym. Na wyjściu inwertera w kierunku instalacji założono napięcie prądu zmiennego AC o wartości 400/230 V. W przedmiotowej instalacji projektuje się zastosowanie jednej sztuki inwertera beztransformatorowego mocy wyjściowej 9kW.

#### **• Dane techniczne zastosowanego inwertera o mocy 9 kW:**

##### **Wejście (DC)**

Maks. moc DC (@ $\cos \varphi = 1$ ) / moc znamionowa DC	12 150 W
Maks. napięcie wejściowe	900 V
Zakres napięcia MPP / znamionowe napięcie wejściowe	750 V
Maks. prąd wejściowy	15 A
Liczba niezależnych wejść MPP / pasm na wejście MPP	2

##### **Wyjście (AC)**

Moc znamionowa prądu zmiennego	9000 W
Moc maksymalna AC	9000 W
Napięcie wyjściowe AC - faza do fazy / faza do przewodu zerowego (napięcie znamionowe)	380 / 220 ; 400 / 230 Vac
Zakres napięcia wyjściowego - faza do przewodu zerowego	184 - 264,5 Vac
Częstotliwość AC	50/60 $\pm$ 5 Hz
Maksymalny ciągły prąd wyjściowy (na fazę)	14,5 A
Obsługiwane sieci – trójfazowa	3 / N / PE (uziemia punkt zerowym sieć gwiazdowa z przewodem zerowym)

#### **Sprawność**

Maks. sprawność / europ. sprawność	98 % / 97,5 %
------------------------------------	---------------

#### **Dane ogólne**

Wymiary (wys. x szer. x głęb.)	540 x 315 x 191
Masa	18,9 kg
Zakres temperatury roboczej	-40 - +60(6) °C
Standardowy poziom emisji hałasu	< 40 dBA
Zużycie własne (noc)	< 2,5 W
Topologia / zasada chłodzenia	Wentylator wewnętrzny
Stopień ochrony (wg IEC 60529)	IP65



## 2.4. Konstrukcje wsporcze pod moduły.

Instalacje fotowoltaiczną zaprojektowano dachu. Przyjęto system konstrukcji – montażowych a dach skośny.

Zaprojektowano 30 szt. modułów zamontowanych na dachu skośnym w pionie.

Zaprojektowano i dopuszcza się jedynie konstrukcje wsporcze, które posiadają badania wraz zastosowanym modułem fotowoltaicznym przeprowadzone przez niezależny Instytut badawczy w zakresie:

- a. Odporność zestawu na obciążenie równomiernie rozłożone (śniegiem, parcie i ssanie wiatru).

Dobór powłok antykorozyjnych jest oparty na wymogach normy PN-EN ISO 129442:2001 z uwzględnieniem jej ubytku w odniesieniu do czasu żywotności instalacji oraz kategorii korozyjnej środowiska w jakim będzie ona funkcjonowała.

## 2.5. Optymalizatory mocy o mocy 370 W (dla modułów wysokiej mocy o 60 i 72 ogniwach)

Urządzenie, które ma za zadanie zwiększenie wydajności instalacji fotowoltaicznej.

Jest rozwiązaniem wykorzystywanym przy modułach, które nie są odpowiednio dopasowane pod względem prądowo-napięciowym (przede wszystkim w przypadku zacienienia).

### Wejście

Nominalna moc wejściowa	370 W
Absolutne maksymalne napięcie wejściowe (Voc w najniższej temperaturze)	60 V
Zakres napięcia MPPT	8 – 60 V
Maksymalny prąd zwarcia (Isc)	11 A
Maksymalna sprawność	99.5 %
Sprawność ważona	98.8 %
Kategoria przepięciowa	II

### Wyjście w trakcie pracy

Maksymalny prąd wyjściowy	15 A
Maksymalne napięcie wyjściowe	60 V

### Wyjście w trybie gotowości

Bezpieczne napięcie wyjściowe optymalizatory mocy	$1 \pm 0.1$ V
---	---------------

### Zgodność z normami

EMC	FCC część 15 klasa B, IEC61000-6-2, IEC61000-6-3
Bezpieczeństwo	IEC62109-1 (klasa bezpieczeństwa II), UL1741
RoHS	Tak
Zabezpieczenie p.poż.	VDE-AR-E 2100-712:2013-05

### Dane ogólne

Maksymalne dopuszczalne napięcie systemu	1000 V
Wymiary (sz x dł x w)	129 x 153 x 27.5 [mm]
Waga (wraz z przewodami)	630 655 gr
Złącze wejściowe	MC4
Długość przewodu wejściowego	0.16 m
Złącze wyjściowe	MC4
Długość przewodu wyjściowego	0.9 m
Zakres temperaturowy pracy	-40 - +85 °C
Stopień ochrony	IP68
Wilgotność względna	0 - 100 %

## 2.6. Tablice rozdzielcze / główne / licznikowe

Tablica główna zlokalizowana w budynku. Przyłączenie mikroelektrowni pv zrealizowane zostanie do tego miejsca, urządzenia: falownik oraz skrzynka PV (ochrona DC) zamontowane

zostaną w pomieszczeniu wskazanym przez właściciela nieruchomości, przy akceptacji instalatora. Proponuje się montaż urządzeń w piwnicy

### 3. DOBÓR ELEMENTÓW INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

Doboru inwerterów i podziału modułów na stringi dokonano przy pomocy specjalistycznego oprogramowania. Główne założenia przedstawiono poniżej:

- 30 szt. modułów o łącznej mocy 9,9 kWp

Dobry inwerter:

- 1) Inwerter o mocy nominalnej 9 kW -> 30 szt. w konfiguracji: 1x30 moduły;

#### 3.1. Okablowanie.

##### Strona stałoprądowa DC.

Okablowanie prowadzić w rurach osłonowych pod konstrukcjami paneli. Okablowanie mocować do konstrukcji plastikowymi opaskami zaciskowymi w sposób uniemożliwiający kontakt z powierzchnią pod panelami. W celu zminimalizowania strat mocy w przewodach, poszczególne moduły w obwodzie każdego łańcucha należy rozmieszczać w miarę możliwości jak najbardziej równomiernie.

Inwerter	Łańcuch	Długość odcinka przewodu [m]	Projektowany przekrój przewodów [mm <sup>2</sup> ]	Straty w przewodach [%]
Inwerter 9.0 kW	A/1	80	6	0,48

##### Strona zmiennoprądowa AC.

Obciążalność prądowa kabla dla obwodu trójfazowego:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} * \cos \varphi * U_n}$$

gdzie:

$I_B$  - obliczeniowy prąd obciążenia kabla [A]

$P$  - moc czynna obciążenia przewodu lub kabla [W]

$\cos \varphi$  - współczynnik mocy

$U_n$  - napięcie międzyfazowe [V]

Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot s \cdot U_{n1}^2}$$

gdzie:

$P$  – Moc czynna obciążenia przewodu lub kabla [kW]

$L$  – Długość przewodu [m]

$s$  – przekrój przewodu [mm<sup>2</sup>]

$\gamma$  – konduktywność przewodu

(dla miedzi 56 [m/(Ω\*mm<sup>2</sup>)]; dla aluminium 34 [m/(Ω\*mm<sup>2</sup>)])

$U_{n1}^2$  – napięcie międzyfazowe.

Prąd obciążenia przewodu (dla obwodu trójfazowego):

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} * \cos \varphi * U_n}$$

gdzie:

$I_B$  - Obliczeniowy prąd obciążenia przewodu/kabla [A]

$P$ - Moc czynna obciążenia przewodu lub kabla [W]

$\cos \varphi$ - współczynnik mocy [-]

$U_n$ - napięcie międzyfazowe [V]

#### Obliczenia dla inwertera (9.0kW)

- Prąd obciążenia przewodu:

$$I_B = \frac{9000}{\sqrt{3} * 0,9 * 400} = \frac{9000}{623,538} = 14,43[A]$$

- Warunek spadku napięcia:

$$\Delta U = 0,20\%$$

Obliczenia wykonano dla przewodu miedzianego o przekroju żył roboczych 6 mm<sup>2</sup> i odległości do 30 m.

### 3.2. ZABEZPIECZENIA

#### Zabezpieczenia strona stałoprądowa DC

Zabezpieczenie przed prądami wstecznymi, zwarciove bezpieczniki o charakterystyce gPV:

$$I_n \geq \frac{I_{sc}}{k} * 1,4$$

gdzie:

$I_n$  – prąd znamionowy bezpiecznika,

$I_{sc}$  – prąd zwarcia łańcucha modułów,

$k$  – współczynnik korygujący w zależności od temperatury (dla 20°C  $k=1$ , dla 40°C  $k=0,92$ ) przy  $I_{sc} = 10,36 A$

$$I_n \geq \frac{10,36 A}{0,92} * 1,4$$

$$I_n \geq 15,77 A$$

Bezpieczniki po stronie DC muszą mieć napięcie znamionowe spełniające warunek:

$$U_n \geq U_{sc} * 1,2$$

gdzie:

$U_n$  – napięcie znamionowe bezpiecznika,

$U_{sc}$  – napięcie obwodu otwartego łańcucha modułów,

- dla obwodu 30 modułów:

$$U_{sc} = 30 * 41 = 1230 V$$

Napięcie przekracza 1000 V, lecz zastosowano optymalizację każdego z modułów co nam w efekcie uniemożliwia osiągnięcie napięcia wyższego niż 1000 V.

Przyjmuje się po stronie DC zabezpieczenie 16A o napięciu znamionowym co najmniej 1000 V. Z uwagi na występowanie rozłącznika izolacyjnego w inwerterze nie jest konieczny montaż dodatkowego rozłącznika po stronie stałoprądowej.

#### Zabezpieczenia - strona zmiennoprądowa AC

Z uwagi na wytyczne Zakładu Energetycznego odnośnie montażu mikro-instalacji projektowane zostają dwa urządzenia łączeniowe w postaci wyłącznika nadprądowego oraz stycznika.

Na podstawie wartości obciążenia wyjściowego inwertera o mocy 9 kW,  $I_{sc} = 14,5 A$  dobrano zabezpieczenie nadprądowe:

$$\begin{aligned} 1,1 \cdot I_{sc} &\leq I_N \leq 1,45 \cdot I_{sc} \\ 1,1 \cdot 14,5 &\leq I_N \leq 1,45 \cdot 14,5 \\ 15,95 &\leq I_N \leq 21,03 \\ I_N &= 16 [A] \end{aligned}$$

Instalacja zostanie podłączona do głównej rozdzielnicy zasilającej obiekt.

#### Ochrona przepięciowa instalacji

Do ochrony przepięciowej projektuje się ochronnik przepięciowy po stronie DC typu I+II (B+C) o napięciu co najmniej 1000V.

Po stronie AC również projektuje się ochronnik przepięciowy odpowiedni dla charakteru pracy instalacji i obiektu.

## **Ochrona przeciwpożarowa**

W przypadku pożaru optyimizery mocy (najczęściej stosowane w tego typu instalacjach) obniżą napięcie DC na modułach i przewodach do bezpiecznego poziomu w razie awarii lub rozłączenia systemu PV. Uruchamiają się w momencie zaniku napięcia zasilającego lub odłączenia falownika, automatycznie zmniejszając napięcie paneli do 1V aż do momentu podłączenia ich do inwertera. Dodatkowo inwerter i optyimizery wyłączą się pod wpływem ekstremalnie wysokiej temperatury lub gdy wystąpi łuk elektryczny. Obecnie są najlepszym i jedynym bezpiecznym sposobem zabezpieczenia instalacji PV od porażeń w sytuacji pożaru. Nawet zerwanie czy zniszczenie przewodów pomiędzy poszczególnymi panelami spowoduje obniżenie napięcia na panelu do 1V.

Należy pamiętać, że choć wyłącznik nadprądowy i rozłącznik Q zabezpieczają od porażeń, to w momencie zerwania przewodów, np. podczas zawalenia dachu przy pożarze, napięcie powraca na przewody.

## **Ochrona przeciwporażeniowa.**

Instalacja fotowoltaiczna pracować będzie w układzie TN-C-S. Ochrona podstawowa, ochrona przed dotykiem bezpośrednim realizowana jest przez izolowanie części czynnych (izolacja podstawowa) oraz stosowanie obudów i osłon zastosowanych urządzeń o stopniu ochrony co najmniej IP2X. Ochrona przeciwporażeniowa dodatkowa spełniona zostanie przez zastosowanie wyłączników nadprądowych. Powszechnym elementem ochrony będzie zastosowanie instalacji wyrównawczej.

Przy inwerterze należy zamontować miejscową szynę połączeń wyrównawczych, do której trzeba podłączyć inwertera, modułów fotowoltaicznych, ochronniki przepięciowe i pozostałe elementy metalowe instalacji. Szyny połączeń wyrównawczych należy umieścić również w rozdzielnicy instalacji fotowoltaicznej. Uziemienie instalacji wyrównawczej stanowić będzie płaskownik FeZn 30x4 mm umieszczony w ziemi na głębokości co najmniej 0,6 m i prowadzony wzdłuż każdego rzędu modułów fotowoltaicznych oraz między nimi do rozdzielnic instalacji fotowoltaicznej. Każdy wyodrębniony zespół konstrukcji metalowej modułów fotowoltaicznej należy podłączyć do płaskownika FeZn 30x4 mm. Trasa prowadzenia uziemienia pokazana będzie w projekcie wykonawczym. Oporność uziemienia nie może przekraczać wartości 10  $\Omega$ . W przypadku nie uzyskania wymaganej wartości oporności należy uzupełnić je o dodatkowe odcinki płaskownika.

Uziemione połączenie wyrównawcze modułów i falowników spełnia kilka funkcji, jest elementem ochrony przeciwporażeniowej, przeciwprzepięciowej i odgromowej. Uziemienie stanowi ważny element bezpieczeństwa instalacji fotowoltaicznej. Uziemione połączenie wyrównawcze poprawia bezpieczeństwo pracy instalacji fotowoltaicznej w szczególnych sytuacjach, jak uszkodzenie modułu, czy w trakcie wyładowań atmosferycznych w pobliżu instalacji. Przy wykonywaniu połączeń wyrównawczych należy pamiętać, że wszystkie uziemienia po stronie DC, jak i AC powinny być wspólne.

## **Rozdzielnice nN inwerterów.**

W rozdzielnicy nN instalacji fotowoltaicznej znajdować się będą zabezpieczenia kabli zasilających od kolejnych inwerterów, ochronnik przepięciowy typu 2. W rozdzielnicach tych należy również zainstalować rozłączniki o prądach znamionowych podanych na schematach. Rozdzielnice inwerterów należy wykonać w obudowach o stopniu ochrony co najmniej IP65, odpornych na warunki atmosferyczne, przystosowanych do montażu na zewnątrz budynku.

## **Ochrona odgromowa.**

Właściwą ochronę przed bezpośrednim działaniem prądu piorunowego zaprojektowano w oparciu o normy ochrony odgromowej PN-EN 62305-2:2012; -3:2011 i -4:2011, w których stwierdzono, że „wszystkie urządzenia dachowe z materiałów izolacyjnych lub przewodzących, które zawierają wyposażenie elektryczne i/lub służące przetwarzaniu informacji, powinny znajdować się w przestrzeni ochronnej układu zwodów”.

W celu zapewnienia skutecznej ochrony instalacji fotowoltaicznej przed przepięciami, należy ją chronić ogranicznikami przepięć zarówno po stronie AC jak i DC. Dla ochrony DC przewidziano ograniczniki przepięć typu 2. Projektowany system fotowoltaiczny będzie



współpracował z siecią elektroenergetyczną stąd należy, nie tylko zapewnić ochronę elementów systemu fotowoltaicznego przed bezpośrednim uderzeniem piorunu, ale również zastosować urządzenia ograniczające przepięcia SPD w układach kontrolno-pomiarowych oraz dochodzące do inwerterów.

Inwerter, należy chronić przed przepięciami dochodzącymi z sieci elektroenergetycznej stosując ogranicznik przepięć SPD typu 2 o napięciu 400/230V.

### **Prowadzenie linii kablowych.**

Przewody DC instalacji fotowoltaicznej prowadzić zgodnie z wytycznymi producenta modułów fotowoltaicznych.

W ziemi kable niskiego napięcia AC należy układać zgodnie z normą „Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa”. Głębokość ułożenia kabli 0,9 m na użytkach rolnych, kabli średniego napięcia oraz niskiego pod ulicami i drogami 0,8 m, niskiego napięcia poza użytkami rolnymi 0,7 m. Kable ułożyć w wykopie na podsypce z piasku, przykryć 10 cm warstwą piasku i 15 cm warstwą gruntu rodzimego oraz oznaczyć poprzez ułożenie folii koloru czerwonego kable średniego napięcia i niebieskiego kable niskiego napięcia. Ułożenie kabli w wykopie należy prowadzić linią falistą celem skompensowania naprężeń powstałych w wyniku osiadania ziemi.

Promień gięcia kabli powinien być nie mniejszy niż 15-krotna zewnętrzna średnica kabla.

Kable zasilające powinny być prowadzone w odległości co najmniej 10 cm od innych kabli zasilających i kabli sygnalizacyjnych, przy skrzyżowaniach w odległości co najmniej 15 cm. Odległość przebiegu kabli od rur wodociągowych nie może być mniejsza niż 25 cm + średnica rurociągu. Kable sygnalizacyjne mogą stykać się ze sobą.

W miejscach kolizji z istniejącym i projektowanym uzbrojeniem terenu kable należy prowadzić w rurach osłonowych typu AROT, o średnicy wewnętrznej min. 1,5 razy większej od średnicy kabla i nie mniejszej niż 50 mm. Osłony powinny wystawać co najmniej 50 cm z każdej strony od krawędzi uzbrojenia terenu.

Kable należy układać poza częściami dróg i ulic przeznaczonymi do ruchu kołowego, w odległości co najmniej 50 cm od jezdni i od fundamentów budynków. Dopuszcza się układanie kabli w częściach dróg i ulic przeznaczonych do ruchu kołowego w osłonach otaczających. Długość i kształt osłon otaczających kabli musi umożliwić wymianę osłoniętego kabla.

Przy wprowadzeniu kabli do złącz oraz przy przepustach należy pozostawić zapasy kabla o długości nie mniejszej niż 2,5 m każdy, zgodnie z normą.

Kabel na całej trasie należy wyposażyć w oznaczniki rozmieszczone co około 10 m i w miejscach charakterystycznych. Na oznaczniku należy podać:

- symbol i numer linii kablowej,
- oznaczenie kabla wg odpowiedniej normy,
- znak użytkownika kabla,
- rok ułożenia kabla.

Treść opaski kabla wykonawca powinien uzgodnić z użytkownikiem kabla.

Linie kablowe należy zgłosić przed zasypaniem do uprawnionych służb geodezyjnych celem inwentaryzacji.

Po wykonaniu prac należy odtworzyć istniejącą strukturę zagospodarowania terenu.

W budynkach przewody silnoprądowe i sterownicze prowadzić pod tynkiem w rurach instalacyjnych lub natynkowo w listwach instalacyjnych.

### **Monitoring pracy instalacji fotowoltaicznej.**

Projektuje się monitoring parametrów pracy instalacji fotowoltaicznej w oparciu o oprogramowanie inwerterów i moduły WLAN w które wyposażone są projektowane inwertery i portale do monitoringu prowadzone przez większość czołowych producentów inwerterów. Wymiana informacji następować będzie przewodowo poprzez sieć wewnętrzną. Do systemu przekazywane będą informacje o pracy systemu, ilości wyprodukowanej energii oraz przypadkach awarii systemu. Instalacja fotowoltaiczna dzięki takiemu rozwiązaniu będzie generować maksymalne uzyski energii elektrycznej, monitorując stan każdego inwertera.

Każdy inwerter musi zostać połączony z centralną jednostką sterującą przewodami sygnałowymi.

W przypadku wystąpienia uszkodzenia modułu (-ów) fotowoltaicznego nie występuje potrzeba demontażu większej ilości modułów. Z uwagi na topologię całego systemu w łatwy sposób można zlokalizować łańcuch, w którym znajduje się uszkodzony moduł (-y). Dane pomiarowe uzyskiwane z inwerterów pozwolą na porównanie wartości chwilowych z teoretycznymi. W przypadku uszkodzenia modułu (-ów) występujący spadek mocy inwertera (-ów) może zostać łatwo zauważony, a w toku odpowiednich pomiarów łatwo określić położenie uszkodzonego elementu.

#### **4. WARUNKI OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ**

Budynek na którym zamontowany zostanie układ ogniw fotowoltaicznych o mocy 9,9KW pełni funkcję przedszkola. Jest zakwalifikowany do kategorii ZLII zagrożenia ludzi. Zgodnie z obowiązującymi przepisami powinien spełniać wymagania klasy C odporności pożarowej. Przed montażem instalacji PV konieczne jest, o ile nie spełniono do tej pory tego wymogu, doprowadzenie konstrukcji dachu do klasy R30 odporności ogniowej a jego przekrycia do klasy RE15 odporności ogniowej (nierozprzestrzeniające ognia (NRO) tzn. posiadające klasę odporności dachu na ogień zewnętrzny BROOF(t1)).

Falownik oraz skrzynka PV (ochrona DC) powinien być zamontowany poza strefą pożarową budynku. W instalacji na panelach PV zamontowane są optymalizery mocy (najczęściej stosowane w tego typu instalacjach) które w przypadku pożaru obniżą napięcie DC na modułach i przewodach do bezpiecznego poziomu w razie awarii lub rozłączenia systemu PV. Uruchamiają się w momencie zaniku napięcia zasilającego lub odłączenia falownika, automatycznie zmniejszając napięcie paneli do 1V aż do momentu podłączenia ich do inwertera.

Budynek powinien posiadać instalację odgromową chroniącą instalację PV.

Budynek należy oznakować zgodnie z normą PN-EN 60364-7-712:2016 (naklejka „z wizerunkiem modułów PV na dachu budynku” powinna być umieszczona w miejscu przyłączenia instalacji PV, przy liczniku oraz przy głównym przeciwpożarowym wyłączniku prądu GPWP).

Opracowana dla budynku przedszkola Instrukcja Bezpieczeństwa Pożarowego powinna zostać zaktualizowana o informacje dotyczącą instalacji PV.

Po zakończeniu inwestycji wymagane jest zawiadomienia organów Państwowej Straży Pożarnej, o którym mowa w art. 56 ust. 1a Prawa Budowlanego, w którym należy podać między innymi lokalizację modułów PV, lokalizację falownika, drogę prowadzenia przewodów DC pozostających pod napięciem oraz miejsce lokalizacji rozłącznika DC.

#### **5. UWAGI KOŃCOWE.**

- 1) Wykonanie wszystkich prac powinno być zgodne ze współczesną sztuką budowlaną, z obowiązującymi zarządzeniami oraz normami i przepisami BHP. Całość prac powinna być wykonana przez osoby mające uprawnienia w zakresie prowadzenia prac przy instalacjach elektrycznych dla instalacji niskiego napięcia i mające przeszkolenie w zakresie wykonywania instalacji fotowoltaicznych. Prace należy prowadzić zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami oraz wytycznymi producentów instalowanych urządzeń. Zastosowane urządzenia i elementy instalacji powinny mieć wymagane certyfikaty i dopuszczenia.
- 2) Wykonując wszystkie prace, należy przestrzegać procedur obowiązujących w TAURON Dystrybucja S.A., zgodnie z obowiązującymi okólnikami eksploatacyjnymi.
- 3) Projektowane urządzenia elektroenergetyczne na styku energetyki zawodowej winny spełniać aktualne wytyczne w sprawie standaryzacji technicznych TAURON Dystrybucja S.A..
- 4) Przed rozpoczęciem prac ziemnych, należy zapoznać się z aktualną mapą uzbrojenia podziemnego.
- 5) Wszystkie roboty ziemne w miejscach skrzyżowań z istniejącym uzbrojeniem podziemnym, należy wykonać bezwzględnie ręcznie. Przed przystąpieniem do robót ziemnych wykonawca powinien powiadomić Właścicieli uzbrojenia podziemnego

znajdującego się na trasie projektowanych urządzeń elektro-energetycznych o rozpoczęciu prac.

- 6) Projektowane linie kablowe, należy układać ściśle według trasy wytyczonej na podstawie niniejszego projektu przez uprawnionego geodetę, zgodnie z postanowieniami N SEP-E-004 i załącznikiem „Budowa elektroenergetycznych linii kablowych ziemnych”.
- 7) Linie kablowe, należy przed zasypaniem zgłosić do zinwentaryzowania przez uprawnionego geodetę i do odbioru technicznego przez Inspektora Nadzoru.
- 8) Po wykonaniu wszystkich prac, należy wykonać badania techniczne i dostarczyć Inwestorowi protokoły badań i dokumentację powykonawczą.
- 9) Wszystkie zakupione przez Wykonawcę materiały, dla których normy PN i BN przewidują posiadanie zaświadczenia o jakości lub atestu, powinny być zaopatrzone przez producenta w taki dokument. Inne materiały powinny być wyposażone w takie dokumenty na życzenie Inwestora.
- 10) Po zakończeniu prac należy wszelkie zmiany nanieść na dokumentację powykonawczą.
- 11) Zainstalowane do ochrony odgromowej iglice mogą częściowo zacieniać najniższe rzędy paneli fotowoltaicznych w okresie od początków listopada do końca stycznia. Ponieważ na ten okres przypada tylko niecałe 5 % produkcji rocznej energii, a ewentualne zacinienie dotyczyć będzie pojedynczych paneli wobec tego straty z tego tytułu są pomijalne w stosunku do zysków z większego wykorzystania powierzchni gruntu i umieszczenia na nim większej ilości paneli. W celu zmniejszenia możliwości zacinienia modułów przez drzewa i krzewy należy część z nich usunąć, a w pozostawionych, kontrolować koronę i okresowo przycinać ją w sposób uniemożliwiający zacinienie rzędów paneli.

## 6. ZESTAWIENIE MATERIAŁÓW PODSTAWOWYCH

L.p.	Wyszczególnienie	ilość
1	Ogniwa monokrystaliczne 330Wp	30 szt.
2	Kabel solarny do połączeń paneli z inwerterami 1x6 mm <sup>2</sup>	80 m
3	Puszka przyłączenia po stronie DC zgodnie ze specyfikacją opisu technicznego	1 szt.
4	Inwerter 9,0 kW (parametry zgodne ze specyfikacją opisu technicznego)	1 kpl.
5	Optymalizatory mocy (parametry zgodne ze specyfikacją opisu technicznego)	30 szt.
6	Puszka przyłączenia po stronie AC zgodnie ze specyfikacją opisu technicznego	1 szt.
7	Kabel przyłączeniowy YKY 5x6mm <sup>2</sup> (strona AC)	30 m
8	Konstrukcja wsporcza pod zabudowę paneli	1 kpl.
9	Rozdzielnica AC	1 kpl
10	Wyłącznik nadprądowy 3P+N 16A	1 szt
11	Wyłącznik różnicowoprądowy (o znamionowym prądzie różnicowym 100mA)	1 szt
12	Rozłącznik modułowy 63A	1 szt
13	Podstawa bezpiecznikowa 2P wraz z wkładkami topikowymi 16A	1 szt
14	Ogranicznik przepięć	2 szt
15	Instalacja odgromowa i uziemiająca	1 kpl.
16	Kabel uziemiający DY 1x16mm <sup>2</sup>	25 m

## 7. KLAUZULA O RÓWNORZĘDNOŚCI MATERIAŁÓW.

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.

Projektant celem pełniejszego zobrazowania rozwiązania projektowanego powołał się na konkretne urządzenia. Wszystkie urządzenia wskazane w projekcie są przykładowe, a odwołanie do nich miało na celu informować wykonawcę o standardzie zastosowanych do realizacji urządzeń i w żadnym przypadku nie jest obowiązkowe.

Zgodnie z zasadami zamówień publicznych można zastosować materiały i rozwiązania równoważne, to jest w żadnym stopniu nie obniżające standardu i nie zmieniające zasad i rozwiązań technicznych przyjętych w projekcie. W przypadku innych rozwiązań i elementów projektu należy pisemnie tj. z wykresami, tabelami porównawczymi charakterystyk udowodnić, że zastosowany typoszereg urządzeń spełnia zasadę wydajności oraz pewności prawidłowego kompatybilnego zadziałania w przypadku zagrożenia oraz zapewnia ochronę i bezpieczeństwo ludzi oraz urządzeń.

Równoważność techniczną musi po weryfikacji potwierdzić w formie pisemnej – przedstawiciel Inwestora i Projektant.

## **8. RYSUNKI**

1. Schemat instalacji fotowoltaicznej,
2. Rozmieszczenie modułów fotowoltaicznych .

## **9. ZDJĘCIA**