

3energy Sp. z o.o.  
 Liściasta 17  
 91-357 Łódź  
 tel. 42 6580648  
 www.3energy.com.pl

## PROJEKT TECHNICZNY

Inwestycja:	Odnawialne źródła energii w budynkach użyteczności publicznej Powiatu Zduńskowolskiego – Instalacja fotowoltaiczna o mocy 7,99 kWp na terenie Zespołu Szkół Zawodowych nr 1 im. Obrońców Westerplatte w Zduńskiej Woli – budynek wydziału geodezji
Adres inwestycji:	Ul. Żeromskiego 10 98-220 Zduńska Wola Województwo: łódzkie Powiat: Zduńska Wola Gmina: Zduńska Wola - gmina miejska Nr działki: 133/10, 133/7 Obręb ewidencyjny: Siódmy
Inwestor:	Powiat Zduńskowolski ul. Złotnickiego 25 98-220 Zduńska Wola

Skład zespołu projektowego:

Opis:	Imię i nazwisko, nr uprawnień	Podpis
Projektant:	mgr inż. Jan Tyburczy Uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania robotami budowlanymi BEZ OGRANICZEŃ upr. bud. nr 177/89/WŁ ŁOIIB nr ew. ŁOD/IE/0219/02	
Sprawdzający:	tech. Zbigniew Kotecki Uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania robotami budowlanymi upr. bud. nr 235/90/WŁ ŁOIIB nr ew. ŁOD/IE/4597/03	
Asystent projektanta:	mgr inż. Marcin Anielak Certyfikowany instalator OZE Systemy fotowoltaiczne (PV) nr certyfikatu UDT OZE-W/14/000016/20	

**Data opracowania: Październik 2023**



My niżej podpisani, oświadczamy, iż projekt techniczny, którego przedmiotem jest:  
**Instalacja fotowoltaiczna o mocy 7,99 kWp na terenie Zespołu Szkół Zawodowych nr 1 im. Obrońców Westerplatte w Zduńskiej Woli** w świetle art. 20 ust. 4 ustawy z dnia 7 lipca 1994 roku – Prawo budowlane (tekst jednolity Dz. U. z 2016 r. poz. 290) został opracowany zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

Projektant:

Sprawdzający:

Jan Tyburchy

Zbigniew Kotecki

## Spis treści

1.	Uprawnienia projektantów.....	5
2.	Opis zagospodarowania terenu .....	11
2.1.	Przedmiot i cel opracowania .....	11
2.2.	Zakres opracowania, podstawa opracowania.....	11
2.3.	Ocena wpływu zamierzenia na środowisko .....	11
2.4.	Opis stanu istniejącego i lokalizacja inwestycji.....	12
2.5.	Podstawy prawne oraz inne przepisy i dokumenty .....	12
3.	Opis techniczny .....	13
3.1.	Opis techniczny instalacji.....	13
3.2.	Zakres robót .....	14
3.3.	Projektowane rozwiązanie .....	14
3.4.	Prowadzenie kabli .....	17
3.5.	Konstrukcja wsporcza .....	18
3.6.	Obliczenia techniczne .....	18
3.6.1	Dobór okablowania systemu oraz prowadzenie okablowania .....	18
3.6.2	Dobór zabezpieczeń systemu.....	20
3.7.	Zabezpieczenie przeciwpożarowe .....	22
3.8.	Zabezpieczenia przeciwprzepięciowe i odgromowe systemu .....	22
3.9.	Uziemienie i połączenia wyrównawcze instalacji fotowoltaicznej.....	23
3.10.	Oznakowanie instalacji.....	23
3.11.	Układy pomiarowe .....	24
4.	Zalecenia związane z eksploatacją, konserwacją i użytkowaniem wykonanej instalacji.....	25
5.	Uwagi końcowe.....	26
6.	Zasady bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w czasie wykonywania robót budowlano - montażowych .....	26

### Załączniki:

1. Schemat instalacji
2. Trasy kablowe wraz z rozmieszczeniem modułów na dachu oraz schematem instalacji odgromowej
3. Ekspertyza konstrukcyjno-budowlana powierzchni do montażu instalacji fotowoltaicznej
4. Efekt Ekologiczny
5. Symulacja wydajności instalacji



## 1. Uprawnienia projektantów

URZĄD MIASTA ŁÓDŹ  
WYDZIAŁ ARCHITEKTURY  
I URBANISTYKI  
ul. Piotrowska 104, tel. 38-05  
90-926 Łódź  
Ident. Regon 0514182  
(potwierc.)

Łódź

dnia 30.06 1989 r.

Nr 177/89/WŁ

### DECYZJA O STWIERDZENIU PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie

Na podstawie § 2 ust 1 p.1, §5 ust.1 p.1 i § 13 ust. 1 pkt. 4d lit.

rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r.

w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. Nr 8, poz. 46) stwierdza się

że: Obywatel(ka) Jan Tyburchy  
magister inżynier elektryk  
(tytuł zawodowy)

urodzony(a) dnia 3 stycznia 1946 r. w Łodzi

posiada przygotowanie zawodowe upoważniające do wykonania samodzielnej funkcji  
projektanta oraz kierownika budowy i robót  
(rodzaj funkcji)

w specjalności instalacyjno - inżynieryjnej  
(rodzaj specjalności techniczno-budowlanej)

w zakresie sieci i instalacji elektrycznych  
(specjalizacja zawodowa)

WSP. Z.7 EAM, 1217/87 3.000 szt.

URZĄD MIASTA ŁÓDZI  
Wydział Gospodarki Przemysłowej  
ul. Piotrkowska nr 104, tel. 601-85  
90-926 Łódź

~~PREZYDIUM~~  
RADY NARODOWEJ m. ŁÓDZI  
~~WZGLĘD~~  
URBANISTYKI I ARCHITEKTURY  
w Łodzi

Łódź, dnia 28 listopada 1974 r.

Nr ewid. uprawn. 415/74/Am.

## UPRAWNIENIA BUDOWLANE

Na podstawie art. 18, art. 19 ust. 1 pkt 1 i art. 20 ust. 1 ustawy z dnia 31 stycznia 1961 r. — prawo budowlane (Dz. U. nr 7, poz. 46) oraz § 29 i § 9.1 pkt 1 rozporządzenia Przewodniczącego Komitetu Budownictwa, Urbanistyki i Architektury z dnia 10 września 1962 r. w sprawie kwalifikacji fachowych osób wykonujących funkcje techniczne w budownictwie powszechnym (Dz. U. Nr 53, poz. 266)

ob. Jan TYBURCZY  
magister inżynier elektryk  
urodzony dnia 3 stycznia 1946 r. w Łodzi

otrzymuje  
w specjalności instalacji i urządzeń elektrycznych  
uprawnienia budowlane do sporządzania projektów wszelkiego rodzaju instalacji i urządzeń elektrycznych wchodzących do zakresu budownictwa powszechnego.



Z-ca Dyrektora Wydziału

int. arch. Tadeusz Sakieta

Z to Głównego Architekta





### Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

ŁOD-XG9-R99-3TP \*

Pan Jan TYBURCZY o numerze ewidencyjnym ŁOD/IE/0219/02  
adres zamieszkania ul. Boksytowa 55, 91-360 Łódź  
jest członkiem Łódzkiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2023-01-01 do 2023-12-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-11-02 roku przez:

Piotr Parkitny, Zastępca Przewodniczącego Rady Łódzkiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78<sup>5</sup> K.c.

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

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

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



WYDZIAŁ PROJEKTOWY  
SŁUCHAŁ RZECZY PRZECIWNIE  
Złoty ul. Rybickiego Nr 104

Łódź, dnia 21.08. 1990 r.

Nr 235/90/WZ.

# DECYZJA O STWIERDZENIU PRZYGOTOWANIA ZAWODOWICZKI

do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie

z podaniem 2 ust. 1 pkt 2 15 13 ust 1 pkt 4 lit. 3

rozporządzenia Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r.

w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. Nr 6, poz. 46) stwierdza się

z. Osypała (ka) Zbigniew KOTECKI (imię i nazwisko)  
technik energetyk (typu samostoj. zawodowy)

urodzony(a) dnia 3.07. 1946 r. w Łodzi

posiada przygotowanie zawodowe upoważniające do wykonania samodzielnej funkcji projektanta oraz kierownika budowy i robót

w specjalności instalacyjno-inżynierskiej

w zakresie sieci i instalacji elektrycznych

WSP. ZŁ. 7. 1247/87 3.000 zł.

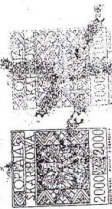
Osypała (ka) Zbigniew Kotecki jest upoważniony(a) do

1. sporządzania projektów obejmujących instalacje elektryczne, napowietrzne i kablowe linie energetyczne, stacje i urządzenia elektroenergetyczne o powołaniu znanych rozrządzeniach konstrukcyjnych i schematach technicznych.

2. kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy i robót kierowania i kontrolowania wytworzenia konstrukcyjnych elementów sieci i instalacji oraz oceniania i nadzoru technicznego obejmujących instalacje elektryczne, napowietrzne i kablowe linie energetyczne, stacje i urządzenia elektryczne i kablowe linie energetyczne, stacje i urządzenia elektryczne.

Za zgodność  
z oryginałem  
Z. Kotecki

ARCHITECT NORTON  
D. P. K. O. F.  
Wydział Architektury i Inżynierii  
Złoty ul. Rybickiego 104







### Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:  
ŁOD-YPH-8IH-ZHY \*

Pan Zbigniew KOTECKI o numerze ewidencyjnym ŁOD/IE/4597/03  
adres zamieszkania ul. Lutomska 123 m. 52, 91-037 Łódź  
jest członkiem Łódzkiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2023-04-01 do 2024-03-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2023-03-23 roku przez:

Piotr Parkitny, Zastępca Przewodniczącego Rady Łódzkiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78<sup>1</sup> K.c.

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

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

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





URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO

CERTYFIKAT INSTALATORA  
ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

NR CERTYFIKATU:  
OZE-W/14/000016/20

IMIĘ (MIOŚĆ):  
MARCIN PAWEŁ

NAMER:  
ANIELAK



WAŻNY Z DOKUMENTEM TOŻSAMOŚCI

ORGAN WYDAJĄCY PRZEZ URZĘD DOZORU TECHNICZNEGO  
CERTYFIKAT NR OZE-W/14/000016/20

NINIEJSZY CERTYFIKAT POTWIERDZA POSIADANIE  
KWALIFIKACJI DO INSTALOWANIA NASTĘPUJĄCYCH  
RODZAJÓW ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII:  
SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH (PV).

MIĘJSCOWOŚĆ:  
LÓDŹ / PL

DATA WYDANIA  
CERTYFIKATU  
06.02.2020

Niniejszy certyfikat został wydany na podstawie ustawy z dnia 20 lutego 2011 r.  
o odnawialnych źródłach energii (Dz. U. poz. 416, z późn. zm.).

CERTYFIKAT JEST WAŻNY DO DZIA 06.02.2025

## **2. Opis zagospodarowania terenu**

### **2.1. Przedmiot i cel opracowania**

Przedmiotem opracowania jest instalacja fotowoltaiczna zlokalizowana na dachu Zespołu Szkół Zawodowych nr 1 im. Obrońców Westerplatte w Zduńskiej Woli, o mocy 7,99kWp wytwarzający energię elektryczną na potrzeby własne budynku, a tym samym zmniejszenie ilości pobranej energii z sieci elektroenergetycznej i redukcję kosztów jej zakupu. Instalacja fotowoltaiczna przyczyni się również do zmniejszenia wielkości emisji szkodliwych substancji do atmosfery oraz ograniczenie tak zwanej niskiej emisji.

### **2.2. Zakres opracowania, podstawa opracowania**

Niniejsze opracowanie obejmuje:

- opis techniczny instalacji wraz z wykazem parametrów technicznych urządzeń,
- dobór zabezpieczeń systemu,
- schemat instalacji,
- rozmieszczenie modułów fotowoltaicznych na dachu budynku.

Podstawę techniczną do niniejszego opracowania stanowią:

- umowa oraz uzgodnienia z Inwestorem,
- inwentaryzacja terenu,
- obowiązujące normy i przepisy.

### **2.3. Ocena wpływu zamierzenia na środowisko**

Po przeanalizowaniu przepisów przedmiotowa instalacja i eksploatacja paneli fotowoltaicznych nie będzie powodowała przekroczeń dopuszczalnych standardów środowiska (praca instalacji jest bezgłówna, bezwibracyjna, nie generuje żadnych skutków ubocznych) oraz nie będzie negatywnie oddziaływała na występującą w sąsiedztwie przedsięwzięcia zabudowę. Szata roślinna w wyniku prowadzenia prac budowlanych, a także w trakcie eksploatacji na przedmiotowej działce pozostanie nienaruszona. Przedsięwzięcie nie kwalifikuje się do mogących znacząco oddziaływać na środowisko z uwagi na powierzchnię zabudowy nieprzekraczającą 10 000 m<sup>2</sup> powierzchni. Teren planowanej instalacji fotowoltaicznej nie jest objęty formami ochrony przyrody.

## **2.4. Opis stanu istniejącego i lokalizacja inwestycji**

Budynek szkoły nie jest wpisany do rejestru zabytków i nie podlega ochronie konserwatora zabytków.

Teren inwestycji nie znajduje się w granicach terenu górniczego. Inwestycja nie powoduje zmian w zagospodarowaniu terenu. Projektowana instalacja zostanie umieszczona na dachu istniejącego budynku i będzie z nim związane trwale.

Obszar planowanej inwestycji znajduje się na budynku Zespołu Szkół Zawodowych nr 1 im. Obrońców Westerplatte, przy ul. Żeromskiego 10 w Zduńskiej Woli. Powierzchnia całkowita działek to około 16337,61 m<sup>2</sup>. Zużycie energii budynku w 2022 roku wynosiło 7427 kWh/rok. Na tym obszarze zlokalizowany jest obiekt szkoły. Instalacja fotowoltaiczna będzie zbudowana na działce 133/10 w siódmym obrębie geodezyjnym. Całość będzie stanowić zabudowę techniczną niską do wysokości 1,0 m. Planowana jest budowa wewnętrznych linii elektrycznych kablowych, łączących instalację fotowoltaiczną z instalacją wewnętrzną budynku, której zadaniem jest zasilenie obiektów znajdujących się na terenie budynku.

Moc przyłączeniowa obiektu wynosi 8 kW i jest większa od mocy instalacji.

## **2.5. Podstawy prawne oraz inne przepisy i dokumenty**

1. PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Obciążalność prądowa długotrwała przewodów,
2. N-SEP-E-004 „Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa”,
3. Umowa z Inwestorem,
4. PN-EN 61215 - Moduły fotowoltaiczne z krzemu krystalicznego do zastosowań naziemnych,
5. PN-EN 62109-1:2010 - Bezpieczeństwo konwerterów mocy stosowanych w fotowoltaicznych systemach energetycznych - Część 1: Wymagania ogólne.

### 3. Opis techniczny

#### 3.1. Opis techniczny instalacji

Celem nadrzędnym budowy instalacji fotowoltaicznej jest produkcja energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii, która poprzez zmniejszenie wykorzystania energii pochodzącej ze źródeł kopalnych znacząco wpłynie na ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> i ochronę środowiska. Działanie instalacji fotowoltaicznej opiera się na pracy generatora fotowoltaicznego, który składa się ze wzajemnie połączonych ze sobą modułów fotowoltaicznych. Instalacja ta została zaprojektowana w taki sposób, aby całość produkowanej energii wykorzystać na potrzeby własne.

Moduły fotowoltaiczne zamieniają energię promieniowania słonecznego na energię elektryczną. W tym celu wykorzystują zarówno promieniowanie bezpośrednie jak i rozproszone. Moc uzyskiwana z modułów zależy od wielu czynników takich jak: natężenie promieniowania słonecznego, temperatura, wartość kąta nachylenia czy odchylenie od kierunku południowego. Poszczególne moduły łączy się ze sobą szeregowo i/lub równolegle tworząc w ten sposób łańcuchy, które podłączone są do wejść inwertera. Zadaniem inwertera jest zamiana wejściowego napięcia stałego DC, na zadaną wartość napięcia przemiennego (jedno- lub trójfazowego) AC oraz dopasowanie innych parametrów wyjściowych do parametrów sieci energetycznej. Przy doborze inwertera do danego łańcucha należy zwrócić uwagę na dwa bardzo ważne parametry, którymi są: napięcie obwodu otwartego  $U_{oc}$  i prąd zwarcia  $I_{sc}$ . Wartości tych parametrów muszą się mieścić w zakresie pracy inwertera.

Ze względu na olbrzymią rolę inwertera w instalacji fotowoltaicznej musi on spełniać szereg wymogów, które określone są w deklaracjach zgodności z obowiązującymi normami. Do podstawowych wymagań stawianych inwerterom należą:

- automatyczne i samoczynne wyłączenie inwertera w przypadku zaniku napięcia w sieci energetycznej – ochrona przed pracą wyspową;
- ciągły monitoring parametrów sieci zasilającej;

Bardzo ważną rolę w instalacji fotowoltaicznej pełnią zabezpieczenia, które zabezpieczają inwerter przed niekorzystnymi działaniami czynników zewnętrznych zarówno od strony wejściowej DC jak i wyjściowej AC.



### **3.2. Zakres robót**

Zakres robót obejmuje:

przygotowanie terenu budowy (wymiarowanie terenu przeznaczonego na montaż konstrukcji wsporczej, ustalenie optymalnego usytuowania paneli, itp.);

- montaż systemowej konstrukcji wsporczej;
- montaż paneli fotowoltaicznych wraz z okablowaniem i infrastrukturą elektryczną (inwertery, zabezpieczenia, itp.);
- wykonanie przyłącza do rozdzielni NN obiektu;
- sprawdzenie, wykonanie i podłączenie do uziomu roboczego o parametrach zgodnych z obowiązującą normą;
- wykonanie pomiarów instalacji fotowoltaicznej zgodnie z obowiązującą normą;
- uruchomienie i przekazanie do eksploatacji instalacji fotowoltaicznej zgodnie z obowiązującymi wymogami.

Przepisy towarzyszące:

- N-SEP-E-004;
- PN-EN 62215;

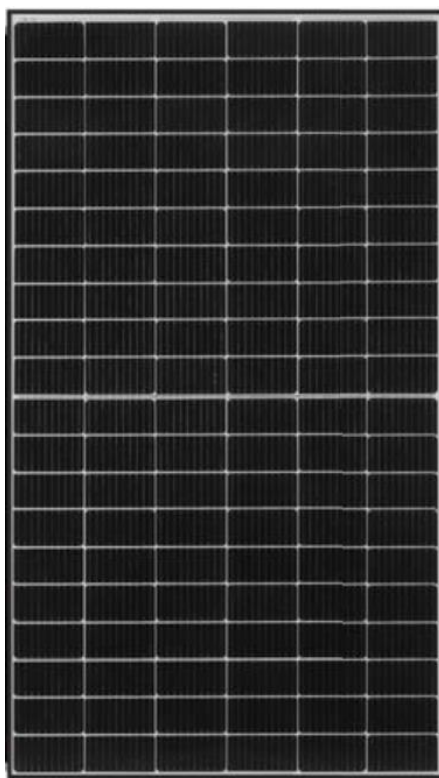
### **3.3. Projektowane rozwiązanie**

Przedmiotem opracowania jest system fotowoltaiczny o mocy 7,99 kWp składający się z 17 monokrystalicznych modułów fotowoltaicznych o mocy jednostkowej 470 Wp. Łączną moc systemu fotowoltaicznego podano dla Standardowych Warunków Badania (STC). Panele monokrystaliczne charakteryzują się dobrym stosunkiem uzysku energii do ceny, średnim wskaźnikiem spadku mocy przy wzroście temperatury, stosunkowo wysoką sprawnością przez okres minimum 25 lat eksploatacji. Gwarancja na wady fizyczne panelu to 15 lat.



### **Minimalne parametry techniczne modułu fotowoltaicznego:**

- Typ ogniwa PV: monokrystaliczny,
- Moc modułu w warunkach STC: 470 Wp,
- Tolerancja mocy: - 0/ +5%
- Napięcie obwodu otwartego: 41,88 V,
- Prąd zwarciaowy 13,96 A,
- Napięcie w punkcie mocy maksymalnej: 35,69 V,
- Prąd w punkcie mocy maksymalnej: 13,17 A,
- Sprawność: 21,8 %,
- Maksymalne napięcie pracy: 1000/1500 V,
- Wymiary maksymalne: 1903x1134x05 mm,
- Maksymalne obciążenie statyczne: 5400 Pa,
- Maksymalna odporność na ssanie wiatru: 2400 Pa,
- Masa maksymalna: 24,5 kg,
- Współczynnik temperaturowy mocy  $P_{\max}$ : -0,32 %/°C.
- Współczynnik temperaturowy napięcia  $U_{oc}$ : -0,26 %/°C.
- Współczynnik temperaturowy natężenia prądu  $I_{sc}$ : 0,046 %/°C.
- Gwarancja produktowa: 15 lat,
- Gwarancja liniowa produkcji mocy: 89,4% po 25 latach,
- Certyfikaty: IEC 61730, IEC 61215.



Moduły należy łączyć za pośrednictwem systemowych złączy typu MC4. Do wykonania okablowania należy stosować wyłącznie przewody dedykowane do systemów fotowoltaicznych, z podwójną izolacją odporną na promieniowanie UV. Minimalna grubość stosowanego przewodu wynosi 6 mm<sup>2</sup>.

**Minimalne parametry techniczne dla falownika o mocy 8kW:**

- Znamionowa moc czynna AC: 8000 W
- Napięcie maksymalne wejściowe DC: 1100 V
- Minimalne napięcie DC: 200 V
- Zakres nominalny napięcia roboczego: 140-1000 V
- Maksymalny prąd na wejście MPPT: 13,5 A
- Częstotliwość nominalna: 50 Hz
- Ilość niezależnych MPP: 2
- Sprawność europejska: minimum 98 %
- Stopień ochrony IP: IP65
- Ilość faz: 3
- Konstrukcja: bez transformatora

- Gwarancja: 10 lat
- Podłączenie do Internetu przez sieć LAN lub Wifi

W projektowanym rozwiązaniu zastosowany zostanie falownik trójfazowy o mocy 8kW. Umożliwia on przekształcenie napięcia stałego na napięcie sinusoidalne i oddawanie energii do sieci energetycznej. Falownik zostanie umieszczony w pomieszczeniu gospodarczym warsztatu szkoły, sala wentylatorni. Falownik będzie posiadał klasę ochrony minimum IP65, wbudowane zabezpieczenia przed pracą wyspową, wbudowane ochronniki przepięciowe typu 2 po stronie stałoprądowej i zmiennoprądowej oraz wbudowany moduł komunikacyjny RS485 lub USB. Falownik zostanie podłączony do sieci bezprzewodowej dostępnej w budynku, dzięki czemu uzyskamy monitoring produkowanej energii z instalacji dostępny na stronie producenta po zalogowaniu użytkownika na indywidualne konto utworzone podczas pierwszego uruchomienia falownika.

### **3.4. Prowadzenie kabli**

Okablowanie AC i DC prowadzone będą w sposób dostosowany do kształtu i geometrii elementów, podłoża, przepustów oraz szachtów. Przewody DC, łączące poszczególne panele, dedykowane dla instalacji fotowoltaicznych, będą prowadzone pod panelami fotowoltaicznymi, zamocowane do profili konstrukcji wsporczej modułów, poprzez opaski zaciskowe odporne na UV w sposób uniemożliwiający kontakt z powierzchnią paneli oraz z powierzchnią dachu. Kable „powrotne” należy układać wzdłuż tych samych profili, równoległe do innych kabli, tak, aby nie tworzyć pętli indukcyjnej. Połączenia międzymodułowe realizowane są poprzez złącza typu MC4, które są odporne na oddziaływanie warunków atmosferycznych.

Poza obszarem modułów instalacje będą prowadzone w rurkach instalacyjnych odpornych na promieniowanie UV oraz w metalowych korytach kablowych, zachowując ostęp separacyjny od palnego podłoża dachowego. Kable pomiędzy łączeniami modułów PV, a miejscem montażu falowników zostaną poprowadzone w rurce osłonowej odpornym na promieniowanie UV po elewacjach budynków. Od falownika zostanie poprowadzony kabel AC do głównej rozdzielni budynku. Nie wymaga się modernizacji rozdzielnic istniejących, instalację fotowoltaiczną należy przyłączyć w wolne pole rozdzielnic głównej budynku

zgodnie ze schematem. Wewnątrz budynków należy prowadzić kable w korycie kablowym, trasa kablowa została przedstawiona w załączniku.

Do mocowania tras kablowych na dachu oraz ocieplonej elewacji (grubość ocieplenia 15 cm, materiał styropian) należy stosować dedykowane uchwyty i wsporniki dobrane do miejsca montażu. Przejścia przez elewacje oraz wszelkie otwory uszczelnić masami do tego przeznaczonymi, zgodnie z technologią wykonania ściany i jego ocieplenia tak, aby zachować warunki atmosferyczne i chronić budynek przed wilgocią.

Połączenia wyrównawcze pomiędzy profilami instalacji PV zostaną zrobione pod modułami fotowoltaicznymi za pomocą kabla LgY minimum 16mm<sup>2</sup>.

### **3.5. Konstrukcja wsporcza**

Konstrukcja wsporcza dla instalacji fotowoltaicznej zostanie wykonana w oparciu o systemową konstrukcję wsporczą na dach płaski pokryty papą termozgrzewalną. Panele zostaną zamontowane trwale do konstrukcji dachu, nie dopuszcza się zastosowania balastowego systemu mocującego. Moduły zostaną zamontowane i skierowane w kierunku zbliżonym do południowego za pomocą konstrukcji wsporczej pod kątem minimum 15 stopni za pomocą bezinwazyjnej, klejonej konstrukcji wsporczej dedykowanej pokrycia dachowego wykonanego z papy termozgrzewalnej. Rozmieszczenie paneli na dachu przedstawiono w oddzielnym załączniku.

### **3.6. Obliczenia techniczne**

#### **3.6.1 Dobór okablowania systemu oraz prowadzenie okablowania**

Aby wybrać odpowiednie okablowanie DC należy wykonać obliczenia:

- napięcie pojedynczego łańcucha:

Dane wejściowe:

$$U_{oc} = 41,88 \text{ V}$$

$$N_1 = 17$$

$$U_{cv} = U_{oc} * N$$

$$U_{cv1} = 41,88V * 17$$



$$U_{cv1} = 711,96 \text{ V}$$

Napięcie dla łańcucha o długości 17 modułów wynosi 711,96 V.

- Sprawdzamy prąd znamionowy modułu fotowoltaicznego

$$I_{sc} = 13,96 \text{ A}$$

Prąd znamionowy panelu wynosi 13,96 A

- Dobór przekroju przewodu DC dla najdłuższej przewidywanej trasy kablowej 120m:

Dane wejściowe:

$$I = 13,96 \text{ A}$$

$$l = 120 \text{ m}$$

$$U_{max} = 711,96 \text{ V}$$

$$k = 58 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$$

$$A = \frac{I * l}{U * k * 0,01} \quad (3)$$

$$A = \frac{13,96 * 120}{711,96 * 58 * 0,01}$$

$$A = 4,05 \text{ mm}^2$$

Dobrano kabel DC 6 mm<sup>2</sup> wykonany z miedzi.

Dobór okablowania AC od falownika do rozdzielnic przyłączeniowej fotowoltaiki:

- Obliczamy przekrój przewodu AC:

Dane wejściowe:

$$P = 8000 \text{ W}$$

$$l = 10 \text{ m}$$

$$U_n = 400 \text{ V}$$

$$k = 58 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$$

$$A = \frac{P * l}{U_n^2 * k * 0,01}$$

$$A = \frac{8000 * 10}{400^2 * 58 * 0,01}$$

$$A = 0,86 \text{ mm}^2$$

Sprawdzamy obciążalność prądową kabla o przekroju 4 mm<sup>2</sup> w miedzi:

$$I_z = 34 \text{ A}$$

Maksymalny prąd uzyskany z falownika:

$$I_{\text{falownika}} = 13,3 \text{ A}$$

Podstawiając pod wzór:

$$I_z \geq 1,25 * I_{\text{falownika}}$$

$$34 \text{ A} \geq 1,25 * 13,3 \text{ A}$$

$$34 \text{ A} \geq 16,63 \text{ A} - \text{WARUNEK SPEŁNIONY}$$

Dobrano kabel miedziany o przekroju 4 mm<sup>2</sup>, gdzie jego obciążalność  $I_z = 34 \text{ A}$ , na przykład YKY 5x4mm<sup>2</sup>.

### 3.6.2 Dobór zabezpieczeń systemu

Do wykonania doboru zabezpieczeń systemu fotowoltaicznego po stronie stałoprądowej należy wykonać obliczenia:

- Obliczenie doboru zabezpieczeń nadnapięciowego dla poszczególnych łańcuchów modułu.

Dane wejściowe:

$$U_{cv_{\max}} = 711,96 \text{ V}$$

$$U_{cpv} \geq 1,2 * U_{cv}$$

$$U_{cpv1} \geq 1,2 * 711,96V$$

$$U_{cpv1} \geq 854,35 V$$

Należy zastosować zabezpieczenie o napięciu znamionowym 1000V DC T1+T2 na każde wejście falownika.

- dla zabezpieczenia dodatkowego systemu po stronie DC zastosowane zostanie zabezpieczenie nadprądowe w postaci wkładek topikowych o charakterystyce gPV o prądzie znamionowym obliczonym ze wzoru:

$$I_{dop} \geq I_n \geq 1,375 * I_{sc}$$

Dane wejściowe:

$$I_{dop} = 25 A$$

$$I_{sc} = 13,96 A$$

$$25 A \geq I_n \geq 1,375 * 13,96 A$$

$$25A \geq I_n \geq 19,2A$$

Dobrano wkładkę bezpiecznikową o maksymalnym natężeniu prądu o wartości 25 A.

Zabezpieczenie nadprądowe zostanie dobrane o wartości wyznaczonej ze wzoru:

$$I_z \geq I_n \geq I_b$$

Dobór zabezpieczenia nadmiarowo prądowego po stronie AC

Dane wejściowe:

$$I_z = 34 A$$

$$I_b = 13,3 A$$

$$I_z \geq I_n \geq I_b$$

$$34 \geq I_n \geq 13,3 A$$

Dobrano zabezpieczenie S303 16A o charakterystyce B.

### **3.7. Zabezpieczenie przeciwpożarowe**

Przewody elektryczne na zewnątrz należy prowadzić w rurach osłonowych odpornych na promienie UV. Aby wyeliminować ryzyko powstawania łuku elektrycznego, wszelkie połączenia przewodów po stronie prądu stałego należy wykonywać wyłącznie z wykorzystaniem systemowych szybkozłączy, np. typu MC 4. Szybkozłącza zaciskać wyłącznie z użyciem systemowych narzędzi do tego przeznaczonych.

Zostaną zastosowane przeciwpożarowe wyłączniki bezpieczeństwa umieszczone na dachu obiektu jak najbliżej paneli fotowoltaicznych. Po użyciu istniejącego przycisku przeciwpożarowego wyłącznika prądu zostanie odcięte zasilanie po stronie AC, co spowoduje wyłączenie falownika oraz przełączenie systemu w pozycję wyłączoną, co pozwala na przeprowadzenie bezpiecznej akcji gaśniczej.

### **3.8. Zabezpieczenia przeciwprzepięciowe i odgromowe systemu**

Instalacja fotowoltaiczna po stronie prądu stałego będzie zabezpieczona poprzez ochronniki przeciwprzepięciowe typu T1+T2. Po stronie prądu przemiennego instalacja będzie zabezpieczona poprzez ogranicznik przepięć. Zostanie zastosowany wyłącznik nadmiarowo prądowy o wartości B16A.

Ochroną odgromową objęte zostaną wszystkie moduły fotowoltaiczne PV, które zostaną objęte systemem połączeń wyrównawczych. Konstrukcja modułów wraz z modułami fotowoltaicznymi zostanie połączona za pomocą przewodu miedzianego LgY 16 mm<sup>2</sup>, z GSW umieszczoną przy falowniku. Projektuje się podłączenie do istniejącej instalacji odgromowej budynku.

### **3.9. Uziemienie i połączenia wyrównawcze instalacji fotowoltaicznej**

Połączeniami wyrównawczymi zostaną objęte również wszystkie przewodzące części instalacji, w szczególności:

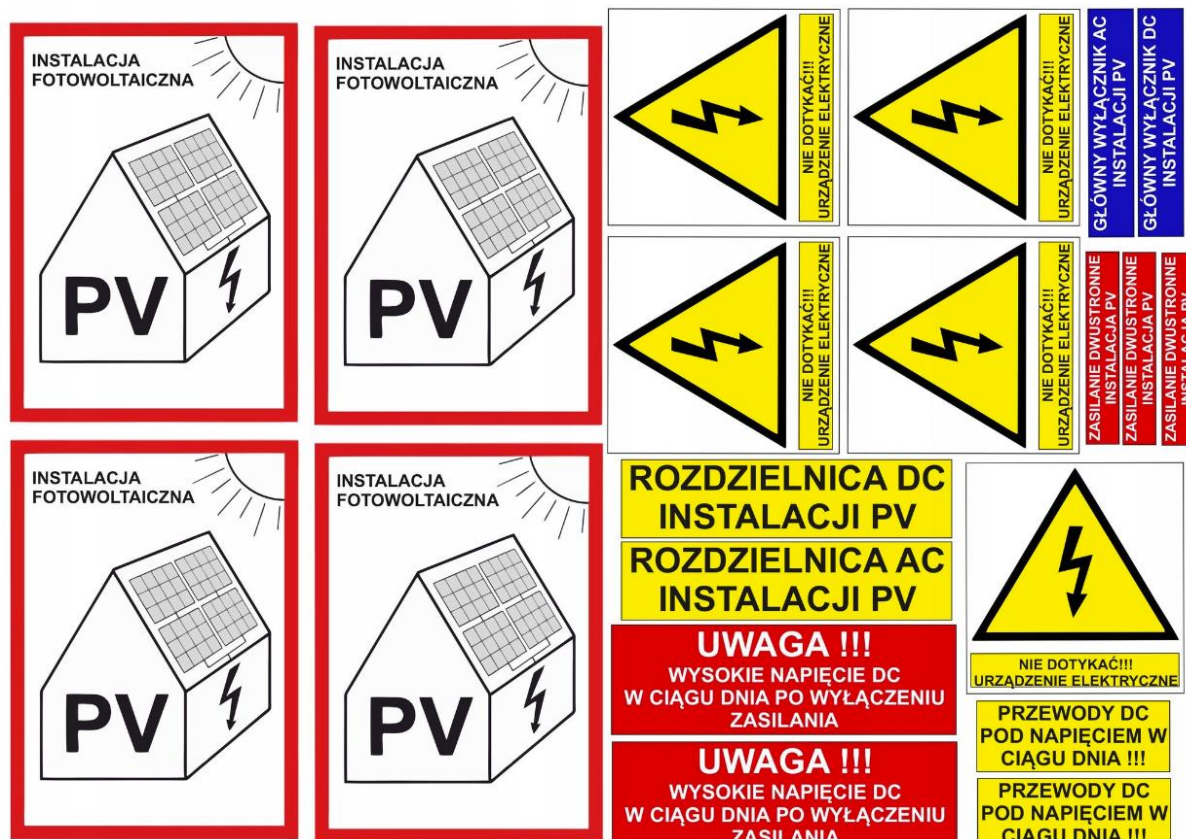
- Konstrukcja wsporcza dla modułów fotowoltaicznych,
- Aluminiowe ramy paneli fotowoltaicznych,
- Obudowa falownika.

Poszczególne konstrukcje należy ze sobą połączyć oraz uziemić przewodem LgY minimum  $16\text{mm}^2$ , zachowując wymagane odległości od instalacji elektrycznych, pomiar rezystancji uziemienia przy rozdzielnicy powinien wykazać parametr poniżej  $10\ \Omega$ . Trasa kabli uziemiających będzie tożsama z trasą instalacji fotowoltaicznej.

### **3.10. Oznakowanie instalacji**

Elementy instalacji fotowoltaicznej, takie jak rozdzielnice AC oraz DC, falownik oraz w widocznym miejscu przy wyłączniku głównym zasilania budynku powinny zostać wyposażone w dedykowane oznaczenia oraz piktogramy sugerujące przyłączenie instalacji fotowoltaicznej do sieci energetycznej budynku.





Rys.: Przykładowe oznaczenia

### 3.11. Układy pomiarowe

Wykorzystany falownik wyposażony jest w wbudowany fabrycznie licznik energii wyprodukowanej umożliwiający lokalną prezentację danych. Falownik zostanie podłączony do sieci internetowej budynku, co umożliwi przedstawienie informacji o produkcji energii na dowolnym urządzeniu z zainstalowaną aplikacją producenta. Licznik energii elektrycznej budynku zostanie wymieniony przez miejscowy zakład energetyczny po zgłoszeniu gotowości przyłączenia mikroinstalacji do sieci.

Zgodnie z przygotowaną symulacją produkcji energii zaprojektowana instalacja fotowoltaiczna powinna w pierwszym roku działania wyprodukować 6 870 kWh energii w ciągu roku.

#### **4. Zalecenia związane z eksploatacją, konserwacją i użytkowaniem wykonanej instalacji**

Zaleca się regularne sprawdzanie instalacji. Elektrownia fotowoltaiczna wykonana jest z elementów trwałych i odpornych na działanie zewnętrznych warunków atmosferycznych, jest zaprojektowana jako urządzenie praktycznie bezobsługowe, wymagające minimalnej ingerencji ze strony użytkownika. Z tych powodów nie przewiduje się przeprowadzania specjalnych czynności konserwacyjnych, które miałyby zapewnić poprawną pracę całej elektrowni. W celu zmniejszenia ryzyka wystąpienia usterek instalacji PV, czy też wyeliminowania przerw w produkcji energii elektrycznej należy:

a) Raz w na pół roku zaleca się inspekcję wizualną z poziomu gruntu wykonaną przez użytkownika elektrowni, która ma na celu wykrycie widocznych uszkodzeń modułów (pęknięcia, odbarwienia, przesunięcia względem siebie modułów),

b) Raz na 5 lat wymaga się przeprowadzenia pełnych pomiarów elektrycznych całej instalacji PV zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa.

Moduły fotowoltaiczne nie wymagają czyszczenia, padający deszcz usuwa z ich powierzchni wszelkie zanieczyszczenia typu pył, brud, zanieczyszczenia spowodowane ptasimi odchodami. Nie należy czyścić modułów fotowoltaicznych, wszelka ingerencja na powierzchni modułów inna niż naturalna może spowodować uszkodzenia powierzchni szyby, zarysowania oraz uszkodzenie powłoki antyrefleksyjnej.

Moduły fotowoltaiczne nie wymagają odśnieżania. Zalegający śnieg nie powoduje uszkodzenia modułów, następuje zmniejszenie ilości produkowanej energii przez system. Ze względu na duże prawdopodobieństwo mechanicznego uszkodzenia modułów oraz z uwagi na długość dni zimowych i ilość promieniowania słonecznego w miesiącach zimowych nie zaleca się odśnieżania modułów. Nie ma potrzeby stosowania płotków śniegowych na dachu oraz ingerencji w obecny sposób odwodnienia dachu.

Niedopuszczalne jest chodzenie po modułach. Może to spowodować mikropęknięcia na powierzchni modułu, które mogą być niewidoczne gołym okiem. Wymiana uszkodzonego modułu powinna być wykonywana przez doświadczonych serwisantów, posiadających stosowne

uprawnienia, certyfikaty oraz niezbędny sprzęt uprawniające do napraw serwisowych instalacji fotowoltaicznych.

Użytkownik ze swej strony powinien przeprowadzać jedynie tzw. inspekcję wizualną i w razie awarii wzywać serwis. Użytkownik po oddaniu instalacji do użytku otrzymuje instrukcję obsługi oraz informacje na temat zastosowanych urządzeń i sposobu obchodzenia się z nimi.

## **5. Uwagi końcowe**

- Całość prac związanych z realizacją inwestycji powinny wykonywać osoby mające do tego uprawnienia. Prace powinny być wykonane zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami oraz wytycznymi instalowanych urządzeń. Zastosowane urządzenia powinny posiadać wymagane normy i certyfikaty,
- Po wykonaniu prac montażowych należy wykonać pomiary elektryczne zgodne z normą PN-EN 62446:2010, przeprowadzić szkolenie pracowników, bądź osoby wskazanej przez inwestora z zakresu obsługi urządzeń,
- Zaleca się dokonywania przeglądów stanu istniejącego instalacji fotowoltaicznej.

## **6. Zasady bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w czasie wykonywania robót budowlano - montażowych**

W trakcie prac związanych z realizacją projektu występują czynniki dotyczące prac na wysokości pow. 3 m, nie ma zagrożenia wynikającego z prac w kesonach, studniach, tunelach. Nie występują prace związane z materiałami wybuchowymi, nie występują prace z ciężkimi elementami.

Ze względu na wykonywaną instalację pracownicy powinni posiadać aktualne uprawnienia SEP do 1 KV w zakresie niezbędnym do wykonywania czynności objętych zakresem projektu oraz uprawnieniami.

Szczególnie należy położyć nacisk na:

- poprawne przygotowanie, oznakowanie i zabezpieczenie miejsca pracy,
- sprawdzenie stanu technicznego narzędzi,
- zapewnienie drogi ewakuacji,
- stosowanie indywidualnych środków ochrony indywidualnej,

- odpowiednie przeszkolenie pracowników na stanowisku pracy,
- zabezpieczenie sprzętu P. Poż. na stanowisku pracy.

Przepisy towarzyszące:

- Ustawa z dnia 7 lipca 1999r – Prawo budowlane z nowelizacjami (późniejszymi zmianami),
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 – Prawo Energetyczne z nowelizacjami (późniejszymi zmianami),
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 września 1999r / Dz. U 1999 nr 80 poz. 912 / w zakresie BHP przy wykonywaniu instalacji elektrycznych,
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. / Dz.U. Nr 47 poz.401 / w zakresie BHP przy wykonywaniu robót budowlanych.