

# **System fotowoltaiczny**

MOC ZNAMIONOWA RÓWNA 19,6 kWp

NAZWA PROJEKTU:

INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA 19,6 kWp NA BUDYNKU URZĘDU GMINY

## **Zlokalizowany w**

ZWIERZYN

ZWIERZYN UL. WOJSKA POLSKIEGO 8

## **Klient**

GMINA ZWIERZYN

WOJSKA POLSKIEGO 8

ZWIERZYN - ZWIERZYN (66-542)

## **PROJEKT KONCEPCYJNO-TECHNICZNY**

## **Projektant**

MGR INZ. JAROSŁAW KOPYŚ

MIKROSYSTEM JAROSŁAW KOPYŚ CERTYFIKAT OZE-E/28/000025/16

UL. SOSNOWA 4

BOGDANIEC - JENIN (66-450)

DATA: JENIN, 2015-09-27

## SPIS TREŚCI

1. Zakres i podstawa opracowania .....	3
1.1 Opis obiektu i stan istniejący .....	3
1.2 Ocena wpływu zamierzenia na środowisko .....	4
1.3 Podstawy prawne oraz inne przepisy i dokumenty .....	4
1.4 Opis projektowanej nstalacji .....	4
2. Koncepcja techniczna .....	5
2.1 Dane projektu .....	5
2.2 Opis systemu fotowoltaicznego .....	6
2.2.1 Genetator fotowoltaiczny .....	6
2.2.2 Grupa konwersji DC/AC .....	7
2.2.3. Panele fotowoltaiczne DC .....	9
3. Rysunki .....	10
3.1 Diagram obwodu jednoliniowego .....	10
3.2 Ogólny układ systemu .....	11
4. Wstępna kalkulacja .....	12
4.1 Roczna technologiczność (wydajność) .....	12
4.1.1 Położenie geograficzne lokalizacji .....	12
4.1.2 Warunki meteorologiczne dla danej lokalizacji .....	13
4.2 Weryfikacja prawidłowego połączenia elektrycznego pomiędzy generatorem fotowoltaicznym i grupą konwersji DC AC .....	16
4.3 Przewody elektryczne .....	17
4.4 Instalacja odgromowa. ....	19
4.5 Ochrona przeciwprzebieciowa .....	22
4.6 Montaż rozdzielnic .....	22
4.7 Układ pomiarowy .....	22
4.8 Umieszczenie urządzeń .....	22
4.9 Prowadzenie kabli .....	23
4.10 Zabezpieczenia jednostek wytwórczych .....	23
4.11 Automatyka sterująca /opcja/ .....	23
4.12 Prace budowlane .....	24
4.13 Obsługa i serwisowanie .....	24
4.14 Uwagi końcowe .....	24
5. Podsumowanie i wnioski .....	25
6. Dane techniczne komponentów systemu - .....	26-

## **1. ZAKRES I PODSTAWA OPRACOWANIA**

Przedmiotem opracowania jest koncepcyjny projekt sieciowej instalacji fotowoltaicznej ukierunkowanej na wykorzystywanie energii na własne potrzeby. Instalacja ta zlokalizowana będzie na dachu budynku.

Niniejsze opracowanie obejmuje:

- Projekt instalacji fotowoltaicznej.
- Usytuowanie modułów PV, dobór inwerterów.
- Zabudowa zabezpieczeń jednostki wytwórczej.
- Projekt konstrukcji wsporczej.

Podstawę opracowania stanowią:

- udostępnione rysunki architektoniczno - budowlane
- uzgodnienia z Inwestorem
- wytyczne projektowania wykonywanych instalacji normy i przepisy obowiązujące w kraju

### **1.1 OPIS OBIEKTU I STAN ISTNIEJĄCY**

Budynek Urzędu Gminy Zwierzyn położony jest przy Wojska Polskiego 8 , 66-542 Zwierzyn i pełni funkcję budynku administracyjnego.

Konstrukcja budynku - tradycyjna, murowana z elementami żelbetowymi. Poddasze przykryte jest w części budynku od strony elewacji frontowej blachą trapezową. W pozostałej części poddasze przykryte jest papą asfaltową ułożoną na konstrukcji stropu drewnianego. Nachylenie połaci dachu od 12 stopni w kierunku północno-zachodnim.

W budynku znajdują się pomieszczenia techniczne obsługujące cały obiekt: przyłącze wody i rozdzielnia energetyczna N.N.

## **1.2 OCENA WPŁYWU ZAMIERZENIA NA ŚRODOWISKO**

Przedmiotowa instalacja zlokalizowana będzie na dachu budynku. Powierzchnia przeznaczona do przekształcenia w wyniku realizacji przedsięwzięcia jest mniejsza niż 0,5 ha. Urządzenia instalacji będą zlokalizowane w pomieszczeniu nie przeznaczonym do stałego przebywania ludzi.

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 z sąsiedztwie przedsięwzięcia zabudowę mieszkalną. Szata roślinna w wyniku prowadzenia prac budowlanych a także w trakcie eksploatacji na przedmiotowej działce pozostanie nienaruszona.

## **1.3 PODSTAWY PRAWNE ORAZ INNE PRZEPISY I DOKUMENTY**

- PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Obciążalność prądowa długotrwała przewodów
- PN-EN 62305-3:2009 Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenie fizyczne obiektów i zagrożenie życia
- N-SEP-E-004 „Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa”
- Karty katalogowe zastosowanych urządzeń

## **1.4 OPIS PROJEKTOWANEJ INSTALACJI**

Specyfikacja działania sieciowego systemu fotowoltaicznego polega na produkcji energii elektrycznej z generatorów fotowoltaicznych w postaci prądu stałego, a następnie przekształceniu na prąd przemienny o napięciu 400V przez inwertery trójfazowe. Energia ta będzie wykorzystywana na własne potrzeby. Układ wyposażony zostanie w automatykę sterującą pracą falowników tak aby ewentualne nadwyżki nie zostały odprowadzone do sieci energetycznej. Moduły fotowoltaiczne o łącznej mocy 19,6 kWp zostaną zainstalowane na dachu od strony południowej wschodniej zgodnie z jego nachyleniem pod kątem 12 stopni na podwyższonej konstrukcji. Ustawienie takie umożliwi dedykowana konstrukcja wsporcza aluminiowo stalowa, zamontowana pod kątem 15° w kierunku południowo-wschodnim.

## 2. KONCEPCJA TECHNICZNA

System fotowoltaiczny o mocy znamionowej 19,6 kWp będzie zlokalizowany w Zwierzynie (woj. lubuskie) przy ul. Wojska Polskiego 8 i będzie podłączony do sieci dystrybucji energii elektrycznej NN w układzie trójfazowym prądu zmiennego 400,00V podlegającego pod Operatora OSD Enea Operator Sp. z o.o.

### 2.1 DANE PROJEKTU

Dane projektu są przedstawione poniżej i odnoszą się do klienta, miejsca instalacji, danych dotyczących dostaw energii elektrycznej i obecności lub nieobecności zacienienia obiektów.

Klient	
Firma	Gmina Zwierzyn
Adres	Wojska Polskiego 8
Miasto	Zwierzyn - Zwierzyn (66-542)

Miejsce instalacji	
Lokalizacja	Zwierzyn
Adres	Zwierzyn ul. Wojska Polskiego 8
Szerokość	50,61 st
Długość geograficzna	22,98 st
Wysokość	0 metry
Temperatura maksymalna	23,86 �t.C
Temperatura minimalna	-5,90 �t.C
Globalne natężenie promieniowania słonecznego w płaszczyźnie poziomej	2,93 kWh/m <sup>2</sup>
Wartości natężenia promieniowania słonecznego	NASA-SSE
Albedo (współczynnik odbicia)	20%

Instalacja fotowoltaiczna zostanie podłączona do systemu użytkownika, obsługiwanego przez sieci energetyczne posiadające następujące cechy:

Dostawa energii elektrycznej	
Operator sieci	Enea Operator Sp. z o.o.
Rodzaj zasilania	trójfazowy
Napięcie nominalne	400,00 V
Moc dostępna	40,00 kW

## 2.2 OPIS SYSTEMU FOTOWOLTAICZNEGO

System fotowoltaiczny o mocy nominalnej 19,6 kWp będzie połączony z siecią dystrybucji elektrycznej w Niskie napięcie w układzie Trójfazowym prądu zmiennego typu NN 400,00 V podlegający kompetencji Enea Operator Sp. z o.o..

Cechy układu są przedstawione poniżej, w szczególności rysunek 1 przedstawia schemat elektryczny układu jednoprzewodowego.

Wyróżnia się w nim:

Generator fotowoltaiczny składający się z:

- 4 strun 20 moduły połączone szeregowo
- Grupa konwersji utworzona przez 1 falownik Trójfazowy
- Grupa interfejsu z zabezpieczeniami AC/DC
- Systemy pomiaru energii

### 2.2.1 GENERATOR FOTOWOLTAICZNY

Będzie się ona składać z:

- Moduły fotowoltaiczne połączone szeregowo dla realizacji obwodów,
- Kable elektryczne do połączenia między modułami oraz między nimi a panelami elektrycznymi

Poniżej znajduje się charakterystyka generatora fotowoltaicznego i jego głównych elementów, a mianowicie obwodów i modułów. Wartości odzwierciedlają parametry typowe dla ogólnie dostępnych komponentów PV.

Parametry elektryczne generatora fotowoltaicznego	
Moc znamionowa	19,6 kWp
Numer modułów fotowoltaicznych	76
Powierzchnia przechwytyjąca	130,4 m <sup>2</sup>
Numer pasm	4
Napięcie maksymalne @STC (Voc)	760 V
Napięcie przy mocy maksymalnej @STC (Vmpp)	606 V
Prąd zwarciaowy @STC (Isc)	35 A
Prąd przy maksymalnej mocy @STC (Imp)	33,04 A

W przypadku omawianej instalacji, generator fotowoltaiczny ma jedną ekspozycję (kąt nachylenia i kąt azymutu są równe dla pól fotowoltaicznych), a mianowicie:

Ekspozycja generatora PV:

Azymut : **-45 °**  
Nachylenie : **15 °**

Generator fotowoltaiczny o mocy znamionowej 19,6 kWp korzysta z konfiguracji szeregowo-równoległej i będzie podzielony na 4 pasma modułów połączonych szeregowo. Poniżej znajduje się omówienie kompozycji pasm systemu.

Parametry elektryczne pasm	
Liczba modułów fotowoltaicznych w serii	19

Moc znamionowa	4940 W
Napięcie jałowe (Voc)	760 V
Prąd zwarciový (Isc)	8,75 A
Prąd przy maksymalnej mocy (Impp)	8,26 A

Dane konstrukcyjne modułów:

<b>Dane konstrukcyjne modułów</b>	
Technologia	Si-Poly
Moc znamionowa	250,00 W
Tolerancja	3,00%
Napięcie jałowe (Voc)	38,00 V
Napięcie przy maksymalnej mocy (Vmpp)	30,30 V
Prąd zwarciový (Isc)	8,75 A
Prąd przy maksymalnej mocy (Impp)	8,26 A
Płasczyzna	1,63 m <sup>2</sup>
Wydajność	15,3%

### **2.2.2 GRUPA KONWERSJI DC/AC**

Grupa konwersji systemu fotowoltaicznego składa się z 1 falownika trójfazowego o łącznej mocy około 19,6 kW po stronie AC.

Główne cechy techniczne falownika podsumowano poniżej.

<b>Szczegóły konstrukcyjne falownika</b>	
Moc znamionowa	19,60 kW
Moc maksymalna	21,20 kW
Maksimum wydajności	98,20%
Europejska wydajność	97,80%
Maksymalne napięcie z PV	1 000,00 V
Minimalne napięcie MPPT	480,00 V
Maksymalne napięcie MPPT	850,00 V
Maksymalny prąd wejściowy	41,00 A
Numer MPPT	1
AC napięcie przemienné wyjściowe	400,00 V
Wyjście	Trójfazowy
Częstotliwość	50/60 Hz

### 2.2.3 PANELE FOTOWOLTAICZNE DC

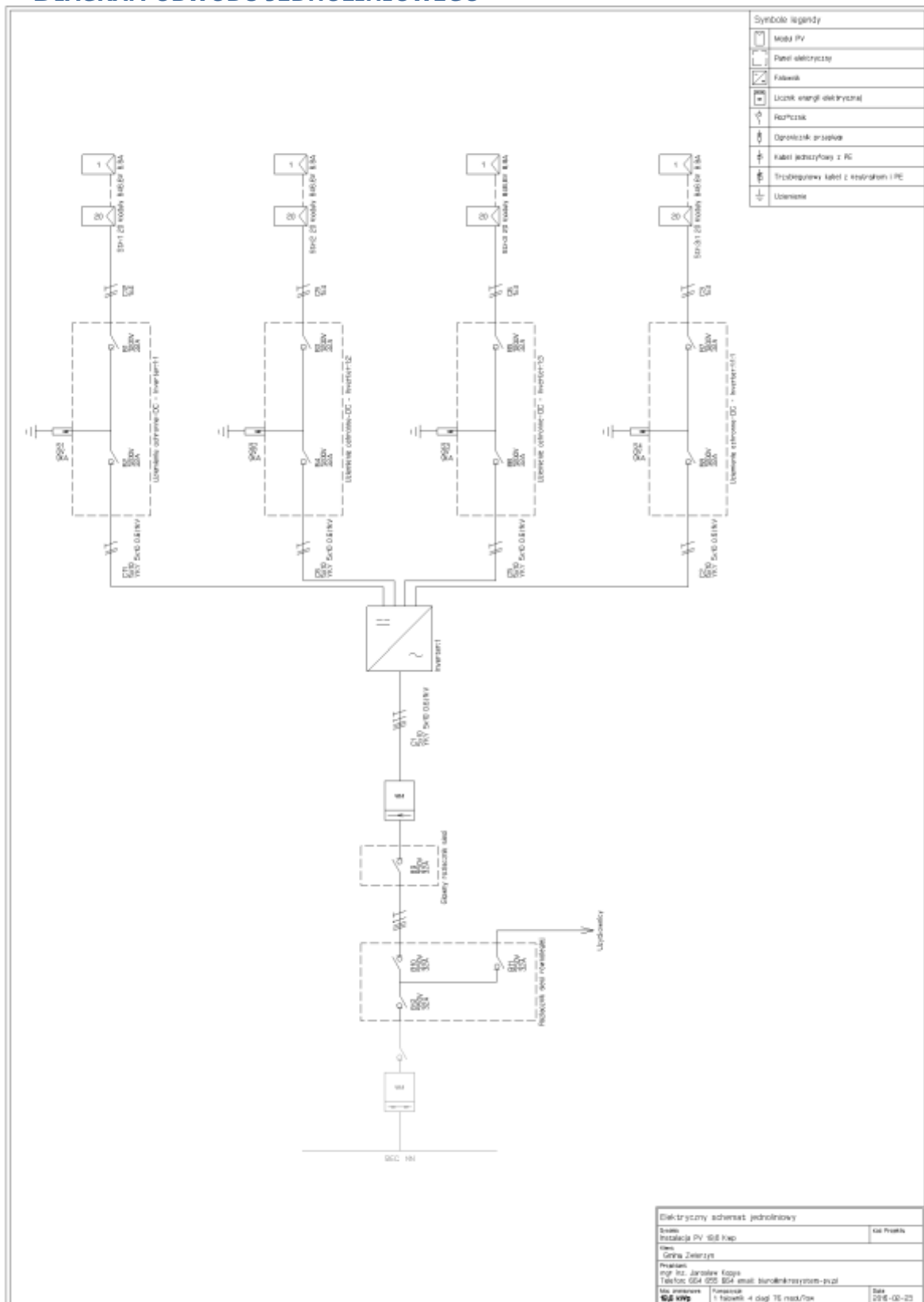
System fotowoltaiczny składa się z 4 paneli DC, poniżej wymienione są różne kompozycje paneli elektrycznych w systemie:

Panel elektryczny DC	
Liczba wejść	1
Maksymalny prąd dla każdego wejścia	8,75 A
Maksymalne napięcie wejściowe	846,63 V
Maksymalny prąd wyjściowy	8,75 A
Urządzenie wejściowe	ROZŁĄCZNIK DC
Prąd znamionowy urządzenia wejściowego	32,00 A
Urządzenie wyjściowe	ZABEZPIECZENIE PRZECIWPRAZIECIOWE
Prąd znamionowy urządzenia wyjściowego	32,00 A
Odgromnik	PV
Kategoria odgromnika	II
Napięcie odgromnika	1000,00 V



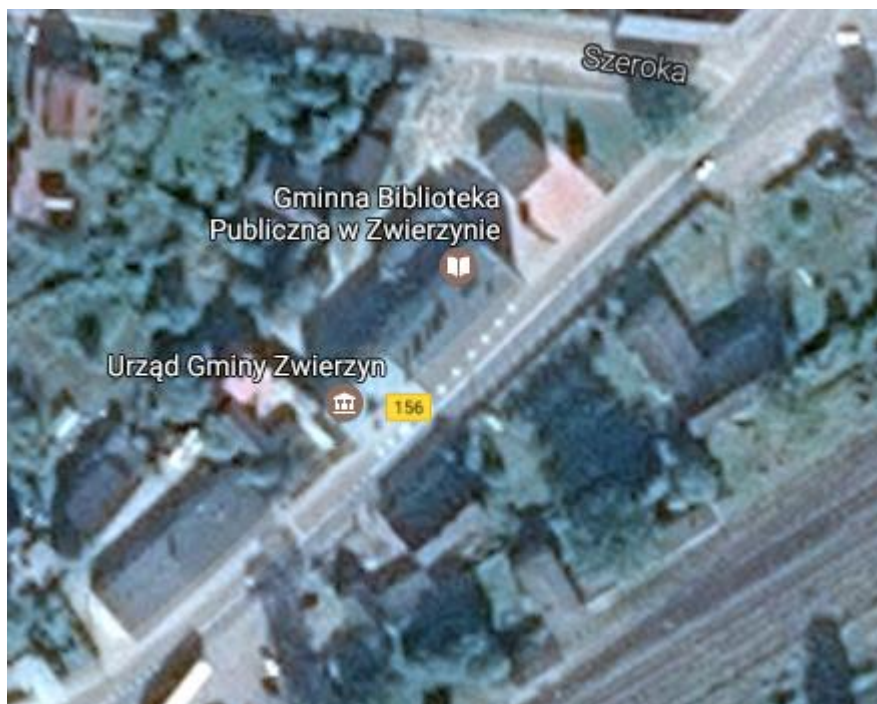
# 3. Rysunki

## 3.1 – DIAGRAM OBWODU JEDNOLINIOWEGO



Rysunek 1: diagram obwodu jednofazowego

### 3.2 - OGÓLNY UKŁAD SYSTEMU



Rysunek 2: Umieszczenie generatora fotowoltaicznego

## 4. Wstępna kalkulacja

### 4.1 - ROCZNA TECHNOLOGICZNOŚĆ (WYDAJNOŚĆ)

#### 4.1.1 . POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE DANEJ LOKALIZACJI

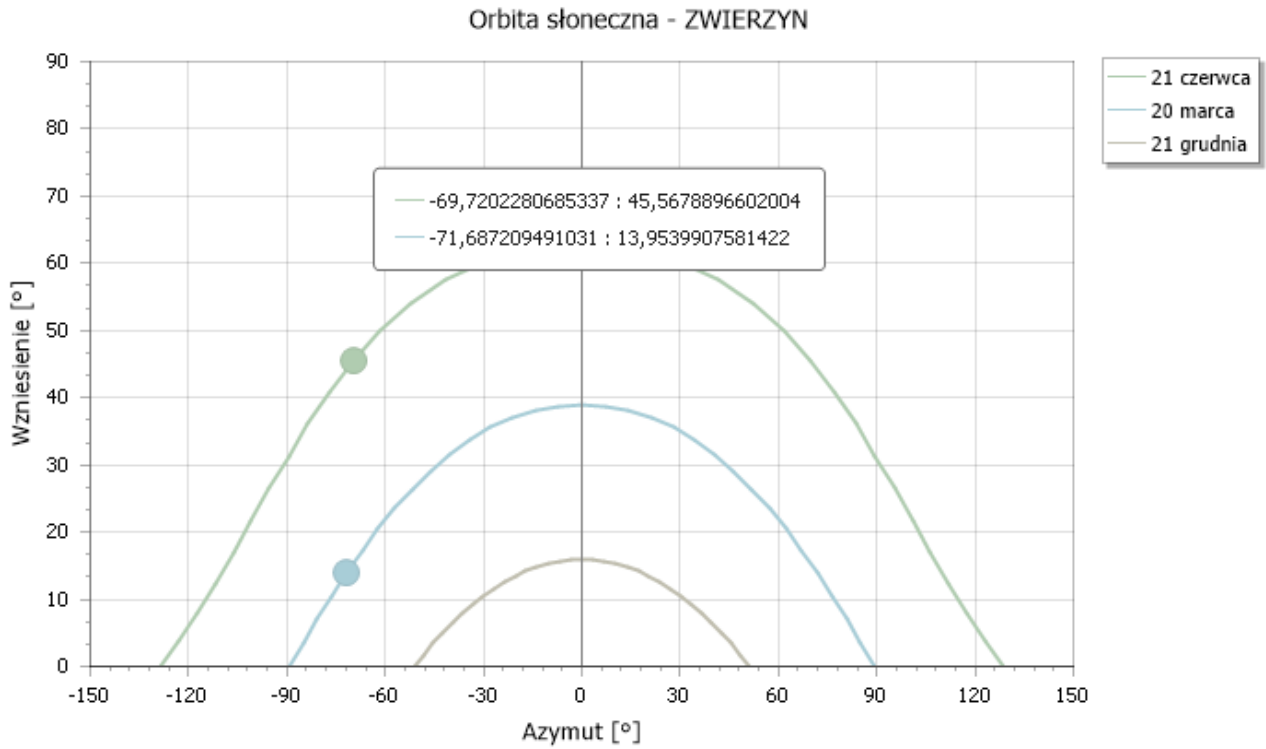
Położenie geograficzne :



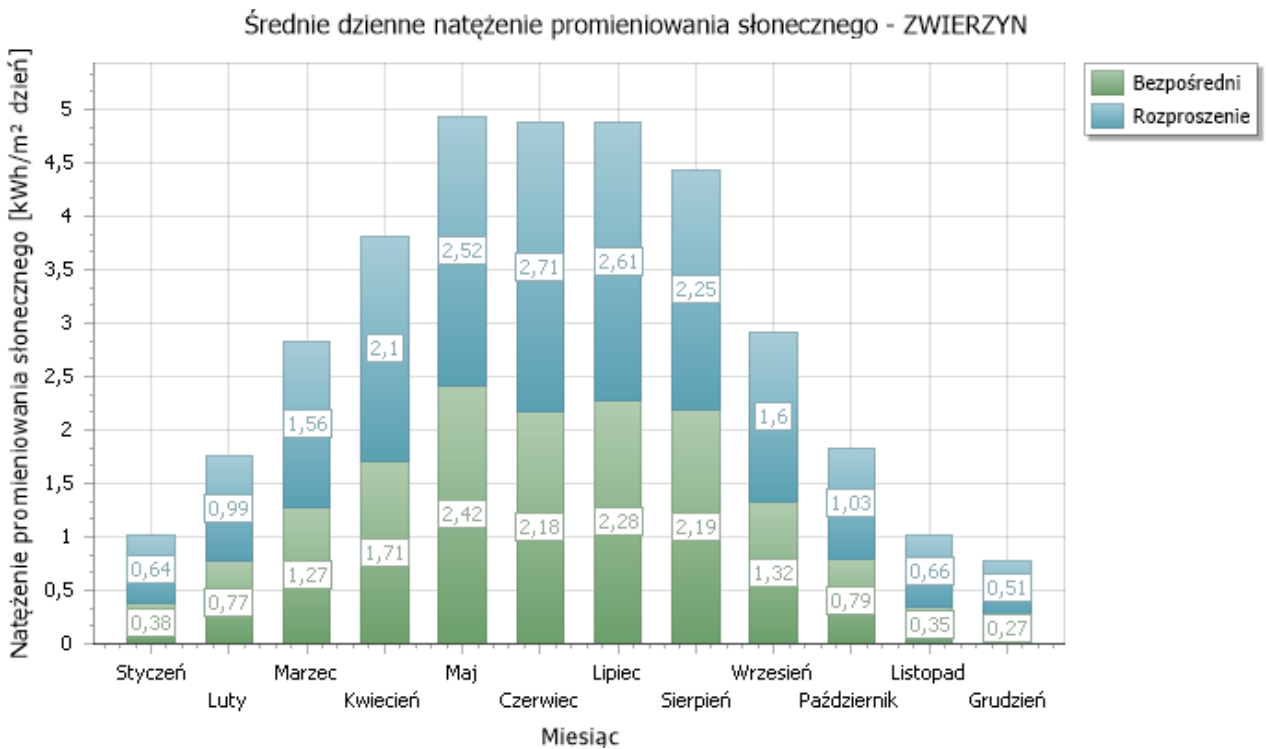
Rysunek 3. Położenie geograficzne obiektu. /źródło :OpenStreetMap 2016/

#### 4.1.2. WARUNKI METEOROLOGICZNE DANEJ LOKALIZACJI

Dane klimatyczne zawierają wartość natężenia promieniowania, podawaną w watach na metr kw. ustawionej poziomo powierzchni do obłożenia (natężenie promieniowania na powierzchni poziomej). Przelicza tę wartość na powierzchnię nachyloną i przemnaża przez całkowitą powierzchnię do obłożenia.



Rysunek 4. Orbita słoneczna dla lokalizacji. / źródło: NASA-SSE - program PVSOL /



Rysunek 5. Średnie dzienne natężenia promieniowania słonecznego. źródło: NASA-SSE - program PVSOL /

Układ zostanie zainstalowany w lokalizacjach Zwierzyn (66-542) Zwierzyn ul. Wojska Polskiego 8.

Poniższa tabela przedstawia podstawowe dane geograficzne miejsca instalacji.

Dane geograficzne miejsca	
Lokalizacja	Zwierzyn
Szerokość	50,61 st.
Długość geograficzna	22,98 st.
Wysokość	0 metry
Temperatura maksymalna	23,86 �t.C
Temperatura minimalna	-5,90 �t.C
Wartości natężenia promieniowania słonecznego	NASA-SSE

W tej lokalizacji mamy pozyskane następujące dzienne natężenie promieniowania słonecznego na poziomej powierzchni, według źródła NASA-SSE.

Miesiąc	Rozproszone dzienne [kWh/m.]	Bezpośrednie dzienne [kWh/m.]	Globalne dzienne [kWh/m.]
Styczeń	0,64	0,38	1,02
Luty	0,99	0,77	1,76
Marzec	1,56	1,27	2,83
Kwiecień	2,10	1,71	3,81
Maj	2,52	2,42	4,94
Czerwiec	2,71	2,18	4,89
Lipiec	2,61	2,28	4,89
Sierpień	2,25	2,19	4,44
Wrzesień	1,60	1,32	2,92
Październik	1,03	0,79	1,82
Listopad	0,66	0,35	1,01
Grudzień	0,51	0,27	0,78
<b>Rocznie</b>	<b>1,60</b>	<b>1,33</b>	<b>2,93</b>

Biorąc pod uwagę miesięczne średnie dzienne natężenie promieniowania słonecznego oraz liczbę dni, które składają się na dwanaście miesięcy w roku, można określić wartość rocznego globalnej natężenia promieniowania słonecznego na poziomej powierzchni dla lokalizacji Zwierzyn (66-542). Ta wartość jest równa 2,93 [kWh/m<sup>2</sup>].

#### Zacienienie odległe

W systemie fotowoltaicznym zazwyczaj należy unikać zacienienia, ponieważ powoduje to straty energii, a tym samym energii produkowanej. Jednak w szczególnych przypadkach jest to dozwolone, jeżeli sytuacja jest właściwie oceniona.

W przypadku omawianej instalacji nie występuje zacinienie.

#### Obliczanie technologiczności

Technologiczności systemu została obliczona na podstawie danych, pochodzących ze źródeł danych klimatycznych NASA-SSE, w miejscu instalacji w stosunku do przeciętnego miesięcznego globalnego promieniowania słonecznego na powierzchni poziomej.

Procedura obliczania energii wytwarzanej przez układ bierze pod uwagę moc znamionową (19,6 kW), kąt nachylenia oraz azymut ( 15° , -45° ) generator PV, straty na generatorze PV (straty rezystancyjne, straty z powodu różnicy temperatury modułów, refleksji bądź niedopasowania pomiędzy pasmami), wydajność falownika, jak również współczynnik odbicia ziemi z przodu modułów (20%) (albedo).

W związku z tym, energia wytwarzana przez układ corocznie ( $E_p, y$ ) jest obliczana w następujący sposób:

$$E_{p,y} = P_{nom} * Irr * (1-Losses) = 19\,518,88 \text{ kWh}$$

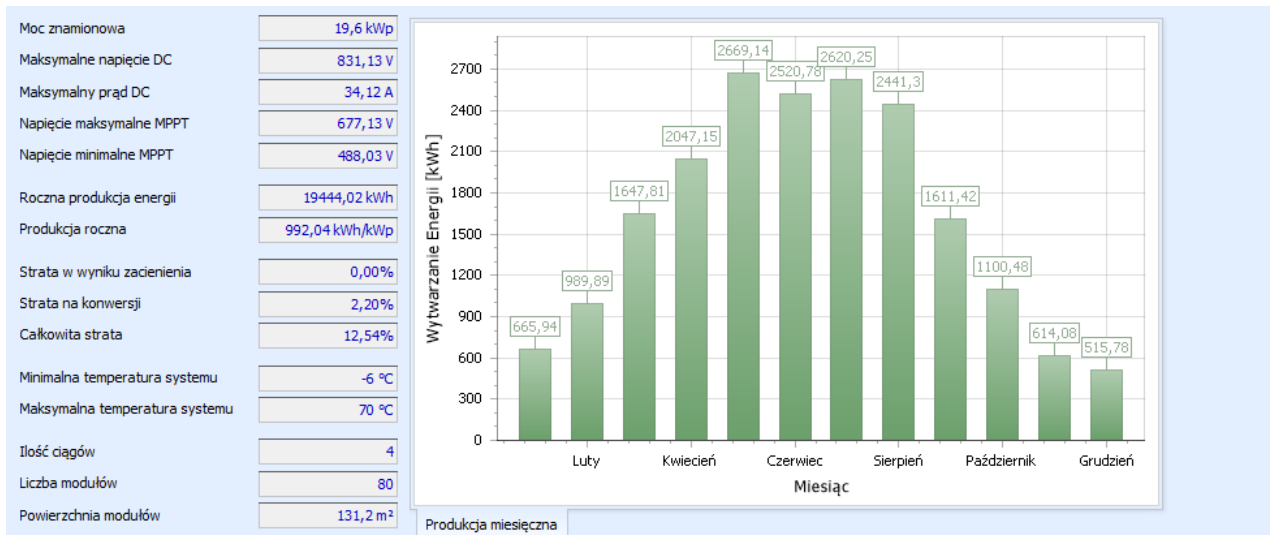
Gdzie:

- $P_{nom}$  = Moc znamionowa systemu: 19,6 kW
- $Irr$  = Roczne natężenie promieniowania słonecznego na powierzchni modułów: 1138,58 kWh/m<sup>2</sup>
- $Losses$  = Straty mocy: 12,54 %

Straty mocy są spowodowane różnymi czynnikami. Poniższa tabela zawiera owe czynniki strat oraz ich wartości przyjęte przez procedury obliczania systemu wydajności (technologiczności).

Straty	
Straty ciepła	3,00 %
Straty z niedopasowania	2,00 %
Straty rezystancyjne	4,00 %
Straty spowodowane konwersją DC/AC	2,20 %
Inne straty	2,00 %
Straty z zacinienia	0,00 %
<b>Straty całkowite</b>	<b>12,54 %</b>

Poniższy wykres przedstawia trend miesięcznej produkcji energii przewidywany w danym roku.



## 4.2 - WERYFIKACJA PRAWIDŁOWEGO POŁĄCZENIA ELEKTRYCZNEGO POMIĘDZY GENERATOREM FOTOWOLTAICZNYM I GRUPĄ KONWERSJI DC AC.

W celu doboru falownika jest zazwyczaj konieczne, aby zweryfikować zgodność używanych falowników z polami fotowoltaicznymi.

Weryfikacja falowników odnosi się do sekcji prądu stałego systemu fotowoltaicznego i dotyczy:

- Weryfikacja napięcia stałego
- Weryfikacja prądu stałego
- Weryfikacja mocy

### Weryfikacja napięcia stałego

Sprawdzenie napięcia stałego wykonywane jest w celu weryfikacji, czy zestaw napięć dostarczanych przez pole fotowoltaiczne jest zgodny z zakresem wahań napięcia wejściowego falownika.

Innymi słowy, niezbędne jest, aby wyliczyć minimalny i maksymalny poziom napięcia pola ogniw fotowoltaicznych i zweryfikować, że pierwszy jest większy od minimalnej dopuszczalnej dla napięcia wejściowego falownika, a drugi jest mniejszy od maksymalnego napięcia wejściowego dopuszczalnego przez falownik.

### Weryfikacja prądu stałego

Weryfikacja prądu stałego wykonywana jest w celu sprawdzenia, czy prąd zwarciový pola PV @ STC jest mniejszy niż maksymalna dopuszczalna prądu wejściowego falownika.

### Weryfikacja mocy

Weryfikacji mocy jest wykonywana w celu sprawdzenia czy moc znamionowa grupy konwersji DC / AC (suma mocy znamionowej falownika) jest większa niż 40,00% i mniejsza niż 120,00% mocy znamionowej systemu fotowoltaicznego (suma mocy znamionowej modułów fotowoltaicznych).

Poniższe tabele przedstawiają wynik tych weryfikacji.

Inverter:1	
Limity napięcia	Minimalne napięcie w temperaturze modułu z 70°C (494,62 V) > Minimalne napięcie MPPT (480 V)
Limity napięcia	Maksymalne napięcie w temperaturze modułu -10°C (692,63 V) < Maksymalne napięcie MPPT (850 V)

Limity napięcia	Napięcie jałowe w temperaturze modułu -10°C (846,62 V) < Maksymalne napięcie falownika (1000 V)
Limity prądu	Prąd zwarciovowy (35 A) < Maksymalny prąd falownika (41 A)
Limity mocy	Współczynnik wielkości mocy (40 %) < (102%) < (120 %)

### 4.3 – PRZEWODY ELEKTRYCZNE

Zwymiarowanie przewodów elektrycznych obejmuje następujące obliczenia:

- Obliczanie spadku napięcia

#### Obliczanie spadku napięcia

Znając długość przewodu, typ kabla i maksymalny prąd na nim, obliczenie procenta spadku napięcia dla kabla na prąd stały jest uzyskane ze stosunku:

$$\Delta V_{\%} = 2 \cdot \frac{R}{V_{nom}} \cdot I_{nom} \cdot \frac{L}{1000}$$

gdzie:

$L$  to długość przewodu w metrach

$I_{nom}$  jest to prąd w kablu @STC

$V_{nom}$  jest to napięcie na kablu @STC

$R$  jest to odporność kabla na km długości, w temperaturze 80 °C

Należy zwrócić uwagę na długość kabla, typ kabla i prąd maksymalny, obliczanie procentowego spadku napięcia na kablu dla prądu przemiennego uzyskuje się z relacji:

Uwaga: długość przewodu, rodzaj kabla i maksymalny prąd, który płynie, obliczenie procenta spadku napięcia dla przewodu, jest uzyskane z relacji:

Dla linii jednofazowej:

$$\Delta V_{\%} = 2 \cdot \frac{\sqrt{R^2 + X^2}}{V_{AC}} \cdot I_{nom} \cdot \frac{L}{1000}$$

Dla linii trójfazowej:

$$\Delta V_{\%} = 1,73 \cdot \frac{\sqrt{R^2 + X^2}}{V_{AC}} \cdot I_{nom} \cdot \frac{L}{1000}$$

gdzie:

$L$  to długość przewodu w metrach

$I_{nom}$  jest to prąd w kablu @STC

$V_{AC}$  jest to napięcie sieci

$R, X$  są to odporność i reaktancja linii na km długości, w temperaturze 80 °C

Poniższe tabele przedstawiają wykaz kabli używanych w systemie.

Aby uzyskać więcej informacji, zapoznaj się z dokumentem "Zestaw kabli"

Tabela kabli					
Etykieta	Kod	Opis	Formacja	Spadek napięcia	Długość
C1		Z: Inverter:1 Do: Sieć elektryczna	5x10	0,28%	32 m
C2		Z: Uziemienie ochronne-DC - Inverter:1:1:1 Do: Inverter:1	5x10	0,07%	61 m
C3		Z: Str:3:1 Do: Uziemienie ochronne-DC - Inverter:1:1:1	1x4	0,30%	42 m
C4		Przewód łączący moduły: Str:3:1	1x4	0,30%	29,84 m



C5		Z: Uziemienie ochronne-DC - Inverter:1:3 Do: Inverter:1	5x10	0,02%	20 m
C6		Z: Str:3 Do: Uziemienie ochronne-DC - Inverter:1:3	1x4	0,30%	40 m
C7		Przewód łączący moduły: Str:3	1x4	0,30%	29,84 m
C8		Z: Uziemienie ochronne-DC - Inverter:1:2 Do: Inverter:1	5x10	0,02%	21 m
C9		Z: Str:2 Do: Uziemienie ochronne-DC - Inverter:1:2	1x4	0,30%	43 m
C10		Przewód łączący moduły: Str:2	1x4	0,30%	29,84 m
C11		Z: Uziemienie ochronne-DC - Inverter:1:1 Do: Inverter:1	5x10	0,02%	27 m
C12		Z: Str:1 Do: Uziemienie ochronne-DC - Inverter:1:1	1x4	0,30%	44 m
C13		Przewód łączący moduły: Str:1	1x4	0,30%	29,84 m

Połączenia poszczególnych generatorów do falownika zostaną zrealizowane za pomocą kabli dedykowanych dla instalacji stałoprądowych fotowoltaicznych o przekroju żył roboczych w/g tabeli powyżej. Kable pomiędzy łączeniami modułów PV a falownikiem będą prowadzone na trasach kablowych osłoniętych za pomocą rur osłonowych lub korytek kablowych, przy czym rury osłonowe lub korytka kablowe będą przystosowane do pracy w przestrzeniach otwartych i będą odporne na promieniowanie UV. Falownik zostanie połączony z rozdzielnicą Inwerterów (RI) za pomocą kabli YKY 0,6/1kV 5x10mm<sup>2</sup>. Strona zmiennoprądowa (AC) zabezpieczona zostanie wyłącznikiem nadmiarowo prądowym S314. Wyprowadzenie mocy z rozdzielniczy Genetatora PV zostanie zrealizowane za pomocą kabla typu YKY 5x10mm<sup>2</sup>. Za rozdzielnicą PV planuje się zainstalowanie tablicy licznikowej (TL) z licznikiem mierzącym energię wyprodukowaną przez źródło fotowoltaiczne. Kabel poprowadzony zostanie do miejsca przyłączenia instalacji fotowoltaicznej do sieci wewnętrznej budynku tj. do rozdzielnic RG znajdującej się w budynku. Zabezpieczeniem kabla odpływowego do sieci wewnętrznej stanowić będzie rozłącznik typu FR 304. Zabezpieczenie to powinno być zdublowane w rozdzielniczy głównej. Kabel sygnałowy UTP łączący analizator sieci (wpięty na zasilaniu rozdzielniczy głównej), z rozdzielnicą sterowniczą RS prowadzić równolegle do przewodów AC. Połączenia sygnałowe pomiędzy inwerterem a RS zrealizować kablami UTP.

#### **4.4 INSTALACJA ODGROMOWA.**

Ochroną odgromową objęte zostaną wszystkie moduły fotowoltaiczne PV oraz zostaną one objęte systemem połączeń wyrównawczych. Każdy moduł fotowoltaiczny zostanie przyłączony za pomocą przewodu miedzianego LgY 16 mm<sup>2</sup> z konstrukcją bazową modułu. Projektuje się podłączanie do istniejącej instalacji odgromowej budynków jeżeli taka istnieje. Jeżeli instalacja odgromowa nie istnieje i spadek dachu jest większy niż 1/10, to ochronę PV przed bezpośrednim uderzeniem pioruna powinny zapewniać zwody poziome ułożone na kalenicy i krawędziach dachu, ewentualnie uzupełnione zwodami pionowymi. W przypadku systemów PV montowanych na

dachach płaskich należy zawsze stosować odpowiednio zaprojektowany system zwodów pionowych. Czyli, właściwy system ochrony przed bezpośrednim uderzeniem pioruna (przeznaczony do przejścia prądu pioruna i odprowadzenia go do ziemi w sposób bezpieczny dla ludzi i urządzeń) tworzy się zawsze za pomocą odpowiedniego układu zwodów pionowych, poziomych lub ich kombinacji – zależnie od konstrukcji budynku i systemu PV. Do określenia wielkości i kształtu strefy ochronnej systemu odgromowego należy wykorzystać normy: PN-EN 62305-3:2009 Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów budowlanych i zagrożenia życia.

Zwody mogą być utworzone przez dowolną kombinację następujących elementów:

- prętów,
- rozpiętych przewodów,
- przewodów ułożonych w postaci sieci.

Przy projektowaniu zwodów może być stosowana niezależnie, lub w dowolnej kombinacji metoda:

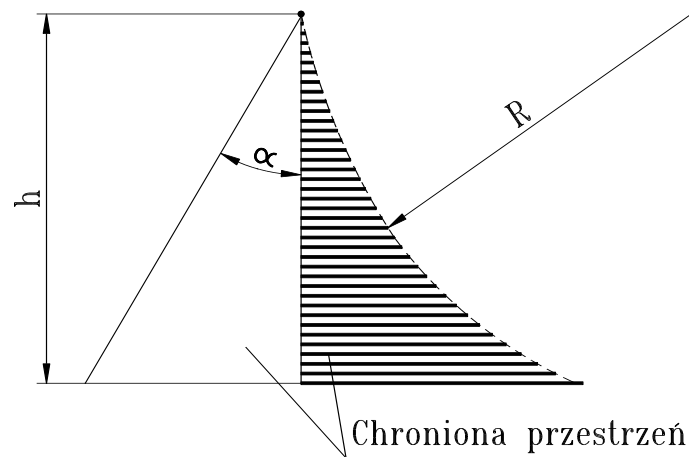
- kąta ochronnego,
- toczącej się kuli,
- wymiarowania sieci.

Roźmieszczenie zwodów, zgodnie z poziomem ochrony przedstawione jest w tablicy 1 i na rysunku 7.

Tablica 1. Roźmieszczenie zwodów zgodnie z poziomem ochrony

Poziom ochrony	$h$ [m] $R$ [m]	20	30	45	60	Wymiar oka sieci [m]
		$\alpha_o$	$\alpha_o$	$\alpha_o$	$\alpha_o$	
I	20	25	*	*	*	5 x 5
II	30	35	25	*	*	10 x 10
III	45	45	35	25	*	15 x 15
IV	60	55	45	35	25	20 x 20
* W tych przypadkach tylko tocząca się kula i sieć						

Objaśnienia:  $R$  – promień toczącej się kuli;  $\alpha$  - kąt ochronny;  $h$  – wysokość zwodu nad płaszczyzną odniesienia.

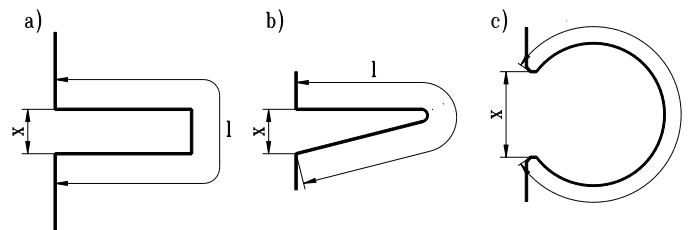


Rysunek 7. Graficzne wyznaczanie chronionych przestrzeni

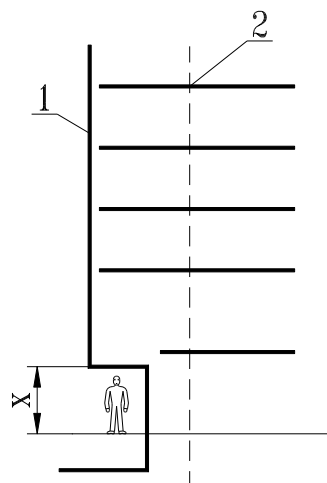
Sztuczne przewody odprowadzające i uziemiające powinny być montowane z zachowaniem poniższych zasad.

Przewody odprowadzające i uziemiające mogą być układane:

- na zewnętrznych ścianach obiektu budowlanego na wspornikach lub metodą bezuchwytową jako instalacje naprężane (przewody sztuczne zewnętrzne),
- wewnątrz obiektu.



Rysunek 8. Zasady pętli cofniętej ( $l \leq 10 \cdot x$ )



Rysunek 9. Trasy przewodów odprowadzających w budynkach z nadwieszonymi kondygnacjami górnymi

1 – przewód prowadzony po ścianie zewnętrznej, gdy  $x$  spełnia warunek określony na rysunku 3, lecz nie jest mniejszy niż 3 m; 2 – przewód prowadzony wewnątrz obiektu.

W przypadku, gdy nie można zapewnić wymaganej odległości, należy umieszczać przewód w rurze lub w rurach osłonowych z PVC o łącznej grubości ścianki nie mniejszej niż 5 mm. Rury

osłonowe powinny sięgać na wysokość 2,5 m nad powierzchnię ziemi i na głębokość 0,5 m pod powierzchnię ziemi. W instalacjach wykonywanych metodą naprężania należy przewody odprowadzające montować według wskazań dokumentacji projektowo-technicznej. Przewody odprowadzające pionowe w instalacjach naprężanych należy mocować w taki sposób i w takich odstępach, aby uniemożliwić ich uciążliwe drgania i uderzenia o ścianę, wymuszone parciem wiatru. Przewody odprowadzające wewnątrz obiektu budowlanego można instalować, jeżeli wymagają tego względy bezpieczeństwa (budynki z okapami lub nawisami), albo względy estetyczne – rysunek 4. Przewody odprowadzające wewnętrzne powinny być ułożone w rurze z PVC lub w bruździe zakrytej materiałem nieprzewodzącym i niepalnym (np. tynkiem). Rury powinny być zatopione w betonie lub układane pod tynkiem. W rurze lub bruździe z przewodem odprowadzającym nie należy umieszczać innych instalacji.

Połączenia przewodów odprowadzających ze zwodami należy wykonywać jako spawane, śrubowe lub zaciskane, zachowując wymagania przedstawione w punkcie 4.

Połączenia przewodów odprowadzających z uziomami sztucznymi należy wykonywać za pomocą zacisków probierczych, usytuowanych pomiędzy przewodem odprowadzającym a uziemiającym, przestrzegając wymagań przedstawionych w punkcie 4.

Znormalizowane zaciski probiercze powinny mieć co najmniej dwie śruby zaciskowe M6 lub jedną śrubę M10. Należy je umieszczać i osłaniać w taki sposób, aby były łatwo dostępne dla potrzeb okresowych konserwacji oraz podczas pomiaru rezystancji uziomu.

Połączenia przewodów uziemiających z uziomami należy wykonywać przez spawanie lub za pomocą połączeń śrubowych, zgodnie z zasadami przedstawionymi w punkcie 4.

Przy łączeniu przewodów uziemiających z uziomami rurowymi należy stosować obejmy. Po oczyszczeniu miejsca połączenia należy na rurę założyć podkładkę ołowianą, a następnie obejmę, którą po skręceniu i oczyszczeniu należy zabezpieczyć farbą antykorozyjną.

Przewody uziemiające należy chronić przed korozją przez pomalowanie farbą antykorozyjną lub lakierem asfaltowym do wysokości 0,3 m nad ziemią i do głębokości 0,2 m w ziemi.

Część nadziemną przewodów uziemiających, układanych na zewnętrznych powierzchniach obiektu budowlanego, należy chronić przed uszkodzeniem mechanicznym przy użyciu osłon do wysokości 1,5 m nad ziemią i do głębokości 0,2 m w ziemi. Ochrona ta nie jest wymagana, jeżeli grubość taśmy wynosi co najmniej 3 mm, a średnica drutu 8 mm.

Przy montażu osłon na przewodzie uziemiającym należy: w przypadku stosowania kształtowników (kątownik, ceownik itp.) po nałożeniu osłony na przewód i zaprawieniu jego kotew w murze, połączyć je na obydwu końcach z przewodem uziemiającym, a następnie oczyścić miejsce spawania i pomalować farbą antykorozyjną, w przypadku stosowania rury, połączenie jej z przewodem uziemiającym należy wykonywać za pomocą obejmy. Jeżeli w dokumentacji urządzenia piorunochronnego obiektu budowlanego, wykonywanego z betonu zbrojonego jest wymagane zastosowanie dodatkowych przewodów odprowadzających, to przewody te powinny być zatopione w betonie razem ze zbrojeniem, podczas wykonywania ścian. Połączenia tych przewodów należy wykonywać jako spawane.

Elementy zbrojenia obiektu budowlanego przewidziane jako naturalne przewody uziemiające powinny mieć przyspawane wypusty w celu ich połączenia z przewodami odprowadzającymi sztucznymi i dodatkowymi uziomami sztucznymi obiektu budowlanego, zgodnie z wymaganiami podanymi wyżej. Jako wypusty należy stosować stalowe ocynkowane pręty lub płaskowniki o wymiarach nie mniejszych niż 30 x 4 mm lub  $\phi$  12 mm.

Uziomy pionowe należy umieszczać w ziemi w taki sposób, aby ich najniższa część była umieszczona na głębokości nie mniejszej niż 3 m, a najwyższa nie mniej niż 0,5 m pod powierzchnią ziemi.

#### **4.5 OCHRONA PRZECIWPZEPĘCIOWA**

Ochronę przed przepięciami spowodowanymi wyładowaniami atmosferycznymi stanowią będą modułowe ograniczniki przepięć TYPU B+C 3P . Inwerter zostanie zabezpieczony jednym ochronnikiem przepięciowym. Zabezpieczenie przepięciowe Inwertera zainstalowane zostaną w rozdzielnicach w postaci ogranicznika przepięć TYPU B+C . Dodatkowo falowniki wyposażone będą fabrycznie w ograniczniki przepięć DC typu II.

#### **4.6. MONTAŻ ROZDZIELNICY**

Rozdzielnice RI mieścić się będą w obudowie o stopniu ochrony min IP54. Zostanie ona zainstalowana natynkowo w pomieszczeniu zgodnie z rysunkiem 01. Znajdą się w niej zabezpieczenia nadprądowe, przeciwprzepięciowe każdego z urządzeń jak i wyłącznik główny. Maskownice będą miały możliwość zaplombowania.

#### **4.7 UKŁAD POMIAROWY**

Zaprojektowano bezpośredni układ pomiarowy oparty na czterokwadrantowym liczniku energii elektrycznej. Liczniki tego typu pozwalają na rejestrację mocy czynnej oraz biernej w obu kierunkach i we wszystkich kwadrantach. Dokładność pomiaru energii czynnej, wg IEC 62053-21, powinna być klasy 1, zaś energii biernej, wg IEC 62053-23 dokładność pomiaru wynosi 1%. Licznik ten powinien posiadać zdolność rejestrowania i przechowywania w pamięci przebiegów obciążenia w programowalnym zakresie, od 1 do 60 minutowym okresie uśredniania oraz zaprogramowania na automatyczne zamykanie okresu obrachunkowego. Zaprojektowano zegar synchronizujący np. MK-6, umożliwiający synchronizację czasu w przemysłowych urządzeniach pomiarowych, komputerach i innych urządzeniach elektronicznych wymagających precyzyjnego czasu. Zegar powinien mieć możliwość Współpracy z atomowym wzorcem czasu przekazywanym przez system DCF77. Zabezpieczeniem układu pomiarowego po stronie instalacji PV jak i po stronie sieci będą rozłączniki nadprądowe typu S, które stanowią będą zabezpieczenie przed i za

licznikowe. Licznik powinien mieć możliwość zabudowania modułu komunikacyjnego GSM/GPRS, który pozwoli na komunikację z zakładem energetycznym.

#### **4.8 UMIEJSCOWIENIE URZĄDZEŃ**

Inwerter, rozdzielnicę RI, tablicę sterowniczą RS oraz tablicę licznikową TL zainstalować do ściany w pomieszczeniu technicznym o ograniczonym dostępie osób postronnych.

#### **4.9 PROWADZENIE KABLI**

Okablowanie AC oraz DC poprowadzić możliwie najkrótszymi trasami. Połączenia międzymodułowe będą realizowane poprzez fabryczne złączki. Przewody solarne (DC) prowadzone będą na trasach kablowych osłoniętych za pomocą rur osłonowych lub korytek kablowych (odpornych na UV) na dachu oraz elewacji budynku (od strony podwórza). Kable doprowadzić do pomieszczenia na urządzenia instalacji fotowoltaicznej zlokalizowanego w pomieszczeniu technicznym budynku.

#### **4.10 ZABEZPIECZENIA JEDNOSTEK WYTWÓRCZYCH**

Inwerter posiadać będzie wbudowane zabezpieczenia: zerowo-nadnapięciowe, zabezpieczenia do ochrony przed: obniżeniem napięcia, wzrostem napięcia oraz zapobiegające pracy niepełno fazowej. Dodatkowo Inwerter wyposażony jest w automatykę uniemożliwiającą pracę wyspowa. Działanie wszystkich wbudowanych zabezpieczeń odbywać się będzie bezzwłocznie lub z krótką zwłoką czasową poniżej 0,2 s.

#### **4.11 AUTOMATYKA STERUJĄCA / OPCJA/**

System musi być wyposażony w automatykę sterującą ograniczaniem mocy poszczególnych inwerterów. Rozwiązanie to wymagane jest z tytułu braku prawnej możliwości oddawania energii do sieci energetycznej ( ograniczenie możliwości sprzedaży energii wprowadzonej do OSD). Sterowanie realizowane będzie dzięki aparaturze kontrolno-pomiarowej, oraz urządzenia do ograniczania mocy inwerterów. Analizator sieci (wpięty na zasilaniu rozdzielnic RG) podawał będzie aktualne obciążenie przyłącza do sterownika, ten podawał będzie impuls do kontrolera inwertera, zaś ten płynnie ograniczał moc instalacji tak aby nie pozwolić na oddanie energii do sieci.

#### **4.12 PRACE BUDOWLANE**

Wszystkie miejsca przekuć przez przegrody budowlane należy po wprowadzeniu instalacji zamurować. Przewody przy przejściach przez przegrody budowlane należy prowadzić w tulejach

ochronnych. Należy przygotować powierzchnię pod malowanie po przebicjach poprzez szpachlowanie nierówności, następnie wykonać malowanie.

Instalację i urządzenia należy mocować w sposób trwały i pewny, w zależności od warunków lokalnych i zgodnie z wytycznymi producenta. Przewody należy prowadzić w rurach ochronnych. Urządzenia należy rozmieszczać w pomieszczeniach zgodnie z wytycznymi producenta z zastosowaniem się do wymaganych odległości od przeszkód. Wszystkie prace porządkowe należy wykonać tak, aby obiekt doprowadzić do stanu pierwotnego. Wszystkie materiały i roboty związane z realizacją projektu muszą być zgodne z zapisami STWiOR

#### **4.13 OBSŁUGA I SERWISOWANIE**

Na obiekcie nie przewiduje się konieczności utrzymywania stałej obsługi. Należy opracować harmonogram czynności eksploatacyjnych wynikających z obowiązujących przepisów oraz zapotrzebowania.

Czynności wynikające z przepisów to między innymi utrzymanie urządzeń elektroenergetycznych sprzężonych z siecią Operatora. Czynności te będą wynikać z „Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Instalacji, Sieci i Urządzeń”, którą należy opracować i uzgodnić z Operatorem. W cyklach dwuletnich wykonać pomiaru instalacji z kamerą termowizyjną.

Te czynności mogą wykonać jedynie osoby posiadające stosowne uprawnienia. Czasookres eksploatacji urządzeń przewiduje się na 25 lat.

#### **4.14 UWAGI KOŃCOWE**

Roboty wykonać zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami, pod kierunkiem osoby posiadającej kwalifikacje oraz uprawnienia budowlane i uprawnienia SEP.

Instalacje wykonać zgodnie z „Warunkami technicznymi wykonywania i odbioru robót budowlano-montażowych” tom V , Instalacje elektryczne.

Instalacje wykonać w ścisłej koordynacji z wystrojem wnętrza i robotami budowlanymi .

Przed przekazaniem robót do eksploatacji wykonać pomiary elektryczne przyrządami posiadającymi legalizację i homologację :

- pomiar szybkiego wyłączenia pomiar oporności izolacji przewodów,
- pomiar oporności izolacji przewodu N w stosunku do przewodu PE przy odłączeniu od szyn N i PE w rozdzielniach,
- pomiar ciągłości przewodu PE,
- pomiar oporności uziemień,
- pomiar i badania dla tablicy bezpiecznikowej.

Do odbioru dostarczyć protokoły badań, atesty i certyfikaty na aparaty i osprzęt, dokumentację powykonawczą.

## **5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI**

Projektowany system został dopasowany do potrzeb zużycia energii elektrycznej. Moc systemu została dobrana tak aby instalacja nie produkowała dużych nadwyżek energii. W dni słoneczne produkcja energii będzie się pokrywać z zapotrzebowaniem z okresu wzmożonej pracy obiektu.

Efekty finansowe:

Całkowita produkcja energii elektrycznej w ciągu 25 lat: 414787,65 kWh

Całkowita produkcja energii (ilość na rok w pierwszym roku ): 19 444,00 kWh

Cena energii (średnia z kosztem dystrybucji ): 0,5494 PLN /kWh

Oszczędność na zakupie energii elektrycznej w pierwszym roku eksploatacji - 10682,00 zł

Zielone certyfikaty /rocznie w okresie 15 lat/ - 18 szt x cena rynkowa ok 210,00 zł = 3780,00 zł

**Redukcja emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery w okresie 1 roku = 6122 kg CO<sub>2</sub>**



## 6. MINIMALNE WYMAGANIA TECHNICZNE KOMPONENTÓW SYSTEMU

### 6.1 PANELE FOTOWOLTAICZNE - DANE TECHNICZNE I PARAMETRY EKSPLOATACYJNE

Ilość paneli : łączna moc znamionowa **P >= min 19 600 Wp**

#### NORMY

IEC 61215, IEC 61730, IEC62716, IEC61701, CE,

#### GWARANCJA

Co najmniej 10-letnia gwarancja producenta lub Dystrybutora na produkt.

Co najmniej 30-letnia gwarancja na liniowy spadek mocy nie więcej niż do: 90% po 10 latach, 80% po 30 latach.

#### PARAMETRY MECHANICZNE

Wymiary modułu	Grubość ramy min. 40mm
Grubość szkła	Min 3 mm
Maksymalne obciążenie	Min. 5200Pa
Puszka przyłączeniowa	IP67
Zakres temperatur pracy	-30 do +75°C
Moc znamionowa Pmp	Min. 250Wp
Tolerancja mocy	0 ÷ min.+3%
Sprawność modułu	Min. 15,9%

## 6.2 INWERTER / GRUPA KONWERSJI

Maks. sprawność	Co najmniej 98%
Sprawność europejska	Co najmniej 98.3%
Maks. moc wejściowa DC	Co najmniej 20000 W
Ilość MPPT	Co najmniej 2
Znamionowa moc wyjściowa	Co najmniej 20000 W
Znamionowe napięcie wyjściowe	3X230V/400V+N+PE
Częstotliwość zasilania AC	50 Hz
Maks. całkowite zakłócenia harmoniczne	<3%
Ochrona rozłączeniowa po stronie wejścia	Tak lub opcjonalnie poza urządzeniem
ochrona przed pracą wyspową (anti islanding)	Tak lub opcjonalnie poza urządzeniem
Ochrona przed nadmiernym prądem AC	Tak lub opcjonalnie poza urządzeniem
Ochrona przed odwrotną polaryzacją	Tak lub opcjonalnie poza urządzeniem
Monitorowanie awarii łańcucha generatora PV	Tak lub opcjonalnie poza urządzeniem
Ochrona przepięciowa DC	Typ II lub opcjonalnie poza urządzeniem
Ochrona przepięciowa AC	Typ II lub opcjonalnie poza urządzeniem
Monitorowanie izolacji	Tak lub opcjonalnie poza urządzeniem
Wykrywanie prądu resztkowego	Tak lub opcjonalnie poza urządzeniem
Wyświetlacz	Tak lub opcjonalnie poza urządzeniem
Zakres temperatury roboczej	Minimalny -25 °C do +60 °C
Stopień ochrony	Min. IP65
Zużycie prądu nocą	< 10 W
Emisja hałasu	< 30 dB
Ochronny bezpiecznik różnicowoprądowy RCD	Tak lub opcjonalnie poza urządzeniem
Monitoring podstawowych parametrów pracy na WZW lub Sieci lokalne	Tak lub opcjonalnie poza urządzeniem
Powiadamianie o awarii na SMS lu maila	Tak lub opcjonalnie poza urządzeniem
Parametry elektryczne DC	Dostosowane do typu zastosowanych paneli PV.
Normy przyłączenia do sieci	IEC61727 IEC62116
Bezpieczeństwo/Kompatybilność elektrom. (EMC)	EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-3-2, EN61000-3-3, EN61000-3-11, EN61000-3-12, EN/IEC62109-1, EN/IEC62109-2
Gwarancja	Co najmniej 5 lat

### **6.3 PRZEWODY SOLARNE W INSTALACJI PV**

Dane techniczne :

- Zakres temperatur  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+70^{\circ}\text{C}$
- max. dopuszczalna temperatura na przewodniku min.  $+120^{\circ}\text{C}$
- Napięcie nominalne wg VDE 600/1000 V prądu przemiennego prądu stałego 1800 V

Żyła/żyły:

- Napięcie testu 50 Hz 4000 V
- Minimalny promień gięcia stacjonarnie ok.  $4 \times \varnothing$  kabla

Budowa :

- podwójnie izolowany
- żyła miedziana, pobielana, linka skręcana wg VDE 0295 kl. 5 i IEC 60228
- kl.5 izolacja żył z komponentu sieciowanego
- opona zewnętrzna z komponentu sieciowanego
- odporny na UV, ozon, warunki atmosferyczne oraz hydrolizę
- dobra odporność na oleje oraz chemikalia
- płomienioodporność wg VDE 0482- 332-2, DIN EN 60332-1
- opona zewnętrzna odporna na przetarcia i uszkodzenia
- odporny na bardzo wysoką temperaturę min do  $190^{\circ}\text{C}$
- przewidywany okres eksploatacji: min 25 lat

### **6.4 SYSTEM MONTAŻOWY**

Kąt nachylenia paneli generatora PV min 15 st. max. 32 st.

Dostosowany do warunków atmosferycznych ( II strefa obciążenia śniegiem i I strefa obciążenia wiatrem )

Dostosowany do nośności dachu na którym montowany będzie generator PV - jeżeli zaistnieje konieczność podniesienia nośności konstrukcji dachu - trzeba to uwzględnić przy montażu generatora.

Materiały :

Stal nierdzewna A2 , stopy aluminium , stal z zabezpieczeniem antykorozyjnym ( cynkowanie ogniowe , cynkowanie galwaniczne , malowanie proszkowe , inna powłoka antykorozyjna o trwałości min. 5 lat )

Wymagana gwarancja producenta na system montażowy - min. 10 lat

### **6.5 OSŁONY KABLI , KORYTA KABLOWE, ROZDZIELNIE NN, APARATY**

Stosowane na zewnątrz - odporne na warunki atmosferyczne i promieniowanie UV, - zgodne z obowiązującymi przepisami i normami

Stosowane wewnątrz - zgodne z obowiązującymi przepisami i normami