



*Stanisław Sowiński*

*ul. Rycerska 2/34*

*20-552 Lublin*

*NIP: 712-105-39-67*

*tel. (81) 743-48-83*

## PROJEKT TECHNICZNO-WYKONAWCZY

ADRES:	<i>Budynek Centrum Kształcenia Praktycznego Powiatowego Centrum Edukacji Zawodowej w Świdniku ul. Warsztatowa 10 21-045 Świdnik</i>
BRANŻA:	<i>elektryczna</i>
TEMAT:	<i>Montaż instalacji fotowoltaicznych w obiektach Powiatu Świdnickiego w Świdniku</i>
ZADANIE:	<i>Montaż mikroinstalacji fotowoltaicznej on-grid na budynkach Powiatowego Centrum Edukacji Zawodowej w Świdniku (warsztat A)</i>
INWESTOR:	<i>Powiat Świdnicki w Świdniku ul. Niepodległości 13 21-040 Świdnik</i>
KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO:	<i>XII</i>

PROJEKTANT:	<i>mgr inż. Stanisław Sowiński upr.bud.: 2721/Lb/94</i>
ASYSTENT:	<i>inż. Jakub Siedliski</i>

Lublin – maj 2023r.

## Spis zawartości

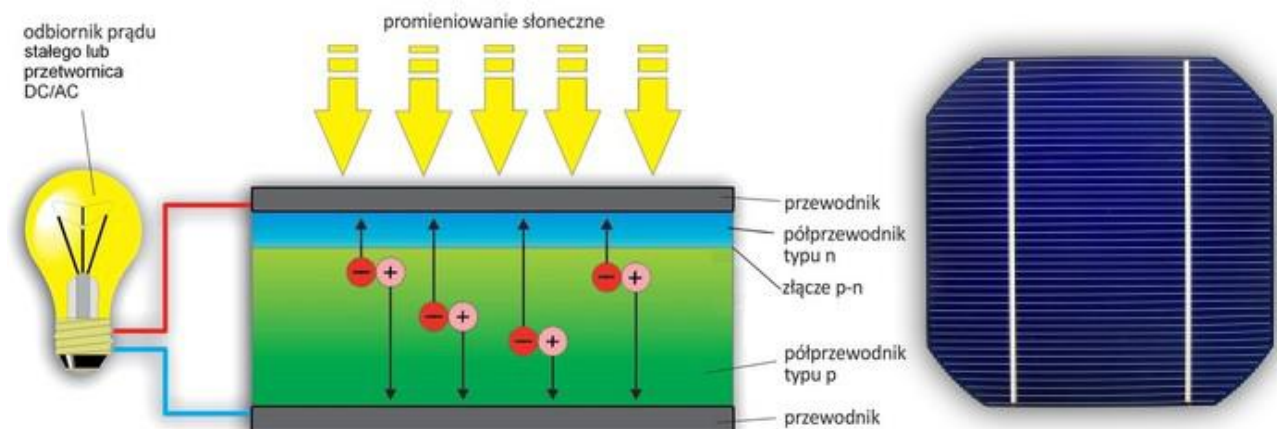
Spis zawartości.....	2
1. Podstawa opracowania projektu instalacji fotowoltaicznej .....	3
2. Cel projektu.....	3
3. Opis działania ogniwa fotowoltaicznego .....	3
4. Zasilanie i pomiar.....	3
5. Istniejąca instalacja fotowoltaiczna .....	4
6. Opis wykonania.....	4
7. Ochrona przeciwporażeniowa, ochrona odgromowa.....	10
8. Opis projektowanych zabezpieczeń po stronie DC i AC .....	10
9. Ochrona przeciwpożarowa.....	11
10. Inne zabezpieczenia .....	11
11. Oznakowanie instalacji PV .....	11
12. Przebieg prac montażowych .....	13
13. Obliczenia .....	13
13.1 Szacowany uzysk energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej .....	13
13.2 Obliczenia mocy .....	14
13.3 Dobór zabezpieczeń DC.....	14
13.4 Obliczenia prądu AC.....	14
13.5 Dobór zabezpieczeń AC.....	14
13.6 Dobór przekroju przewodu DC.....	14
13.7 Dobór przewodu AC .....	15
13.8 Minimalny odstęp izolacyjny w instalacji odgromowej .....	15
14. Wykaz rysunków.....	16

## 1. Podstawa opracowania projektu instalacji fotowoltaicznej

- Umowa z Inwestorem
- Uzgodnienia z Inwestorem
- Częściowa inwentaryzacja budynku
- Obowiązujące przepisy i normy

## 2. Cel projektu

Celem jest zaprojektowanie instalacji fotowoltaicznej służącej, zgodnie z art. 4. Dz. U. 2016 poz. 925, do wykorzystania energii elektrycznej na potrzeby własne.



Ryc. 1. Budowa ogniwa fotowoltaicznego

## 3. Opis działania ogniwa fotowoltaicznego

Ogniwa fotowoltaiczne (fotoogniwa, ogniwa słoneczne), to krzemowe płytki półprzewodnikowe o sprawność około 15-20%, w których znajdują się bariery potencjału (pola elektrycznego), pod postacią złącza p-n (positive-negative). Dzięki złączu p-n możliwe jest przekształcenie energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną. Proces ten nazywa się konwersją fotowoltaiczną.

Padające na ogniwo promieniowanie słoneczne (fotony światła) wybija elektrony z ich miejsc w strukturze półprzewodnika, wtedy tworzą się pary nośników o przeciwnych ładunkach. Następnie zostają one rozdzielone przez istniejące na złączu p-n pole elektryczne, co w konsekwencji prowadzi do tego, iż w ogniwie pojawia się napięcie. Podłączone do ogniwa elektrody, powodują przepływ prądu elektrycznego.

## 4. Zasilanie i pomiar

### Zasilanie

Obiekt zasilony jest przyłączem kablowym 2xYAKY 4x240mm<sup>2</sup> do złącza kablowo-pomiarowego ZK1+P zlokalizowanego przy wschodniej elewacji budynku, z którego poprowadzono wlv do tablicy głównej RG, do której przewidziano podłączenie instalacji fotowoltaicznej, poprzez rozdzielnicę przyłączeniową RAC i inwerter.

Rozdzielnicę RG należy przystosować do wyprowadzenia projektowanego obwodu, poprzez zainstalowanie w niej dodatkowego zabezpieczenia 3p C20A.

Skrzynkę przyłączeniową (rozdzielnicę) RAC i inwerter zlokalizowano na parterze, w głównej hali

warsztatowej, na ścianie obok RG oraz falownika i skrzynek przyłączeniowych istniejącej instalacji fotowoltaicznej.

#### Układ pomiarowy

Układ pomiarowy pośredni i zabezpieczenie zlokalizowano w złączu kablowym ZK. Zgodnie z zaleceniami PGE, w przypadku pozostawienia układu pośredniego, istniejące przekładniki prądowe należy wymienić na kl. 0,2s.

Projekt przebudowy układu pomiarowego nie jest przedmiotem niniejszego opracowania.

#### Zabezpieczenia główne instalacji fotowolt

Jako zabezpieczenie zalicznikowe instalacji fotowoltaicznej zaprojektowano wyłącznik nadmiarowo-prądowy 3p C20A, zainstalowany w RG oraz 3p B20A, zainstalowany w RAC.

### **5. Istniejąca instalacja fotowoltaiczna**

Na obiekcie znajduje się istniejąca instalacja fotowoltaiczna o mocy 20 kWp, zasilona z tablicy licznikowej TLPV, podłączonej kablem YKY5x16mm<sup>2</sup> do rozdzielnicy głównej RG. Obca instalacja składa się z 80 paneli fotowoltaicznych o mocy 250Wp oraz inwertera trójfazowego o mocy znamionowej 20,44kW. Inwerter podłączony jest do TLPV za pośrednictwem rozdzielnicy RAC-o. Rozdzielnica wyposażona jest w:

- rozłącznik bezpiecznikowy z wkładkami topikowym 32A,
- wyłącznik nadprądowy 3p B32A,
- wyłącznik różnicowoprądowy 4p 40/0,03A,
- ochronniki przeciwprzepięciowe T1+T2 zabezpieczone wyłącznikiem nadprądowym 3p C40A.

Instalacja modułów PV połączona jest z inwerterem za pośrednictwem rozdzielnicy RDC-o. Rozdzielnica wyposażona jest w:

- 4xrozłącznik bezpiecznikowy PCF10 DC 2P,
- 4xrozłącznik izolacyjny PV LS32 SMA A2,
- 4xochronniki przeciwprzepięciowe PV T2.

Moduły obcej instalacji fotowoltaicznej zamontowano na konstrukcjach balastowych na południowej części dachu obiektu. Lokalizację paneli pokazano na rys. 3.

### **6. Opis wykonania**

Projektowana instalacja fotowoltaiczna usytuowana będzie na północnej części dachu segmentu A budynku warsztatów PCEZ. W skład systemu fotowoltaicznego wchodzić będą moduły fotowoltaiczne o łącznej mocy 9,875 kWp, podłączone do inwertera. Falownik podłączony zostanie do rozdzielnicy RG. Wyprodukowana energia wykorzystywana będzie na potrzeby własne budynku, z kolei jej nadmiar oddawany będzie do sieci elektroenergetycznej. W skład projektowanej instalacji fotowoltaicznej, oprócz modułów fotowoltaicznych i inwertera, wchodzi również zabezpieczenia strony DC i AC, które zapewnią odpowiednią ochronę przed przepięciami i przetężeniami wywołanymi czynnikami zewnętrznymi i wewnętrznymi instalacji. Moduły fotowoltaiczne będą zajmowały powierzchnię około 46 m<sup>2</sup>.



Ocena możliwości obciążenia konstrukcji dachu instalacją PV nie wchodzi w zakres niniejszego opracowania i leży w gestii Inwestora.

### Przeciwpowozarowy wyl4cznik bezpieczeŃstwa PWB

Na dachu zaprojektowano przeciwpowozarowy wyl4cznik bezpieczeŃstwa PWB , kt3ry przeznaczony jest do bezpiecznego i nagłego odci4cia zasilania w instalacjach fotowoltaicznych w przypadku awarii i/lub powaru. Wyl4cznik przystosowany jest do montaŹu na 2 obwodach. Po wyl4czeniu zasilania AC PWB wykryje awari4 sieci, a po 5 sekundach automatycznie wyl4czy przełącznik izolacji , przerywaj4c połącznienie pr4du stałego mi4dzy modułami, a falownikiem. PWB resetuje si4 automatycznie po przywr3ceniu zasilania AC - wyl4cznik połączny obwód bez koniecznoŃci ingerencji uŹytkownika.

PWB posiada teŹ automatyczny wyl4cznik przy temp. 70st.C.

Wyl4cznik naleŹy zamontowa4 w pobliŹu paneli fotowoltaicznych.

PWB zasilic z RAC przewodem HDGs3x1,5mm<sup>2</sup> ukł4danym w r.o.

### Podstawowe wymagane parametry PWB:

Napi4cie na stringach: 300~1500V

Maksymalny pr4d przy 1000V: 40A

Maksymalny pr4d przy 1200V: 30A

Maksymalny pr4d przy 1500V: 20A

IloŃ niezaleŹnych string3w: 2 szt.

Nominalne napi4cie AC: 230Vac

Zakres napi4cia załącznienia dla AC: 100Vac-270Vac

StopieŃ ochrony: IP66.

### Instalacja nn AC

Instalacje; od skrzynki przyłączeniowej RAC do inwertera oraz od RAC do rozdzielnicy RG zaprojektowano przewodem N2XH-J 5x4mm<sup>2</sup> w sztywnych rurach osł3nowych. n.u NaleŹy stosowa4 przewody, aparaty i urz4dzenia z atestami stosownoŃci w budownictwie, przewody musz4 mie4 izolacj4 o napi4ciu znamionowym 750V, kable niskiego napi4cia – izolacje o napi4ciu znamionowym 1000V.

Do zasilania PWB przewidziano HDGs3x1,5mm<sup>2</sup> ukł4dany w r.o.

Przebieg trasy przewod3w pokazano na rys. nr 2-3.

Po Ńcianie budynku i wewn4trz budynku przewody ukł4da4 w sztywnych winidurowych n.u.

Rury ukł4dane na zewn4trz budynku musz4 by4 odporne na działanie promieniowania UV.

### Instalacja nn-DC

Zaprojektowano kabel solarny 6mm<sup>2</sup>. Moduły fotowoltaiczne naleŹy łączyc przeznaczonym do instalacji kablem solarnym oraz złączkami systemowymi kategorii MC4 lub równowaŹnymi.

Należy zastosować przewody odporne na UV, ozon, warunki atmosferyczne oraz hydrolizę dla napięcia stałego DC 1000V, w podwójnej izolacji krótkotrwale odporne na bardzo wysoką temp. Izolacja zewnętrzna powinna być odporna na przetarcia i uszkodzenia.

Wewnątrz budynku, na drogach ewakuacyjnych, zastosować przewody odpowiadające klasie (CPR): B2ca-s1b,d1,a1

Całość okablowania powinna być prowadzona w elementach montażowych odpornych na działanie promieniowania UV. Luźne odcinki przewodów należy przymocować do konstrukcji wsporczej instalacji przy pomocy opasek kablowych odpornych na promieniowanie UV. Złączki MC4 powinny być zaciskane z odpowiednią siłą na końcówkach przewodów, zgodnie z wytycznymi producenta. Przewody „+” i „-” należy układać w taki sposób, aby nie tworzyły one pętli. Poza konstrukcjami przewody układać w sztywnych rurach osłonowych lub zamkniętych korytkach kablowych.

Korytka (rury) instalować na dachu w sposób bezinwazyjny, np. poprzez mocowanie do konstrukcji wsporczej paneli lub za pomocą wsporników dachowych.

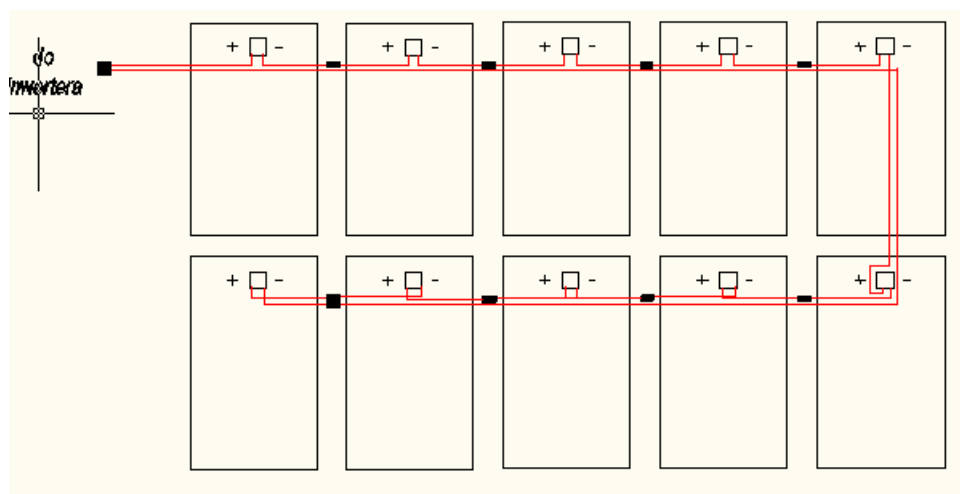
Wewnątrz budynku przewody układać n.u. po ścianie budynku w rurach winidurowych sztywnych.

W pionie (pomiędzy RDC1 i RDC2) przewody układać wewnątrz budynku, w rurze osłonowej sztywnej (w kolorze białym), na uchwytach.

Przewody wyprowadzone na dach prowadzić w rurach typu „łabędzia szyja”, odpornych na działanie promieniowania UV i uszczelnionymi przed wnikaniem wody.

W przypadku skrzyżowań z istniejącą instalacją odgromową, istniejące zwody poziome osłonić za pomocą grubościennych rur, dedykowanych dla instalacji odgromowych.

Przebieg trasy przewodów pokazano na rys. nr 2 i 3.



Rys.2. Przykład prawidłowego podłączenia modułów w łańcuch

### Inwerter

Dla instalacji zaprojektowano 3-faz. inwerter, który zlokalizowano w piwnicy.

Zadaniem inwertera jest zamiana prądu stałego, produkowanego przez moduły, na prąd zmienny, zsynchronizowany z siecią energetyczną 3-faz.400V.

W przypadku zaniku napięcia od strony zarządcy sieci automatyka falownika samoczynnie odłączy zasilanie. Przy powrocie napięcia następuje proces synchronizacji z siecią i wznowienie dostaw energii do sieci.

Podstawowe wymagane parametry inwertera:

- napięcie znamionowe AC: 3/N/PE; 230 V / 400 V ,
- znamionowa moc wyjściowa  $\geq 10\text{kW}$ ,
- maksymalne napięcie wejściowe:  $\geq 1100\text{Vdc}$
- znam. częstotliwość napięcia : 50Hz/230V,
- min. sprawność: 97%
- ilość MPPT:  $\geq 2$
- min. stopień szczelności: IP65
- min. temperaturowy zakres pracy:  $-25^{\circ}\text{C}$  do  $+60^{\circ}\text{C}$ ,
- maksymalny pobór mocy (nocą):  $\leq 3\text{W}$ ,
- zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją,
- zabezpieczenie przed pracą wyspowa,
- obsługa interfejsów komunikacyjnych : RS485, Wi-Fi, 4G.
- gwarancja min. 5 lat.

#### Rozdzielnica (skrzynka) przyłączeniowa RDC1

Zaprojektowano skrzynkę przyłączeniową RDC1 wykonaną z tworzywa termoutwardzalnego o szczelności min. IP67. W RDC1 zlokalizowano ograniczniki przepięć DC t.1+2.

Rozdzielnicę przyłączeniową RDC1 zainstalować na dachu, na konstrukcji wsporczej paneli obok PWB.

*Podstawowe wymagane parametry RDC1:*

- Obudowa min. 12 modułowa z przezroczystymi drzwiczkami, II kl. ochr., stopień ochrony IP67,  $I_n=63\text{A}$ ,  $U_i=1000\text{V}$ ,  $I_K=08$ ,

Wyposażenie:

- ochronniki przeciwprzepięciowe t.1+2.

#### Rozdzielnica (skrzynka) przyłączeniowa RDC2

Zaprojektowano skrzynkę przyłączeniową RDC2 wykonaną z tworzywa termoutwardzalnego o szczelności min. IP44. W RDC2 zlokalizowano ograniczniki przepięć DC t.1+2. oraz rozłącznik bezpiecznikowy z wymiennymi wkładkami topikowymi o charakterystyce gPV.

Rozdzielnicę przyłączeniową RDC2 zainstalować na ścianie w pobliżu falownika.

*Podstawowe wymagane parametry RDC2:*

- Obudowa min. 24 modułowa z przezroczystymi drzwiczkami, II kl. ochr., stopień ochrony IP44,  $I_n=63\text{A}$ ,  $U_i=1000\text{V}$ ,  $I_K=08$ ,

Wyposażenie:

- rozłącznik bezp. z wymiennymi wkładkami topikowymi o charakterystyce gPV, montowane na obu biegunach łańcucha,
- ochronniki przeciwprzepięciowe t.1+2.

#### Rozdzielnica (skrzynka) przyłączeniowa RAC

Zaprojektowano skrzynkę przyłączeniową RAC wykonaną z tworzywa termoutwardzalnego.

W rozdzielnicy przyłączeniowej RAC zlokalizowano wyłącznik nadprądowy modułowy typu 3p B20A, wyłącznik różnicowoprądowy 4p 25/0,1A, wyłącznik nadprądowy modułowy typu 1p B6A (do zasilenia PWB) i ograniczniki przepięciowe AC t.1+2. Rozdzielnicę przyłączeniową AC zainstalować na ścianie w pobliżu falownika. Zasilanie RAC od strony inwertera wykonać przewodem OWY5x4mm<sup>2</sup>, układanym w sztynnych rurach osłonowych. n.u. lub listwach ściennych.

*Podstawowe wymagane parametry RAC:*

-Obudowa 24 modułowa z przezroczystymi drzwiczkami, II kl. ochr., stopień ochrony min. IP44,  $I_n=63A$ ,  $U_i=690V$ ,  $I_K=08$ , -min. temperaturowy zakres pracy:  $-40^{\circ}C$  do  $+80^{\circ}C$ ,

Wyposażenie:

- wyłącznik nadprądowy 1p.B6A,  $I_{cn}=6kA$
- wyłącznik nadprądowy 3p.B20A, $I_{cn}=6kA$
- ochronniki przeciwprzep.t.1+2 ,
- wyłącznik różnicowoprądowy 4p 25/0,1A.

### Moduły fotowoltaiczne

Moduły fotowoltaiczne zaproponowane w instalacji, to moduły wykonane w technologii monokrystalicznej, o mocy min. 395 Wp i sprawności min. 21%. Moduł powinien być pokryty szkłem hartowanym. Komponenty modułu powinny być zamknięte w aluminiowej ramie.

Podstawowe parametry modułu (dla warunków STC):

- moc. min.395Wp (standardowe warunki testu: napromieniowanie 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura ogniw 25 °C i współczynnik masy powietrza AM 1,5),
- maks. ilość modułów:25szt.,
- min. sprawność:20,5%,
- odporność na efekt PID,
- wyłącznie dodatnia tolerancja mocy,
- powierzchnia antyrefleksyjna, szyba samoczyszcząca,
- gwarancja mechaniczna– min. 12 lat;
- gwarancja wydajności mocy producenta 25 lat: min. 84% mocy znamionowej, gwarancja na moc musi mieć liniową krzywą degradacji mocy w czasie,
- min. temperaturowy zakres pracy:  $-40^{\circ}C$  do  $+85^{\circ}C$ ,
- współczynnik temperaturowy  $V_{oc}$  nie gorszy niż  $-0,28\%/^{\circ}C$ ,
- współczynnik temperaturowy  $P_m$  nie gorszy niż  $-0,35\%/^{\circ}C$ ,
- odporność na obciążenia statyczne min.5400Pa,
- odporność na obciążenia dynamiczne min.2400Pa,
- ciężar całkowity nie większy niż 21 kg,
- puszka przyłączeniowa modułu szczelna IP68 (zalana materiałem uszczelniającym).

Niedopuszczalne są moduły z puszkami przykrywanymi pokrywami uszczelnionymi mikrogumami, gumami lub silikonem.

### Konstrukcja montażowa na dach płaski

Zaprojektowano system konstrukcji wsporczej balastowej umożliwiającej zamocowanie modułów fotowoltaicznych na płaskim dachu, bez ingerencji w poszycie dachu.  
Przed przystąpieniem do robót, należy uzyskać odpowiednią aprobatę konstruktorską na obciążenie dachu instalacją PV, z uwzględnieniem konstrukcji balastowej.  
Konstrukcja wsporcza powinna być wykonana z profili ze stopu aluminium z wykorzystaniem elementów złącznych ze stali nierdzewnej. Konstrukcja montażowa powinna być odporna na czynniki atmosferyczne, tj. deszcz, słońce czy śnieg. Pokrycie dachu powinno być odizolowane od konstrukcji wsporczej za pomocą przekładek izolujących (np. z podwójnej warstwy papy) odpornych na działanie czynników atmosferycznych.  
Kąt nachylenia ramy 25-35°.  
Na konstrukcji wsporczej należy zastosować wiatrownice.  
Przykład montażu konstrukcji balastowej pokazano na rys. nr 5.

### Podłączenie do internetu

Połączenie z internetem przewidziano za pomocą Ethernetu, Wi-Fi, 4G lub modułu komunikacyjnego w standardzie RS485.  
Moduł komunikacyjny jest urządzeniem przeznaczonym do monitoringu i kierowania pracą systemu PV produkującego energię. Urządzenie to zawiera wszystkie niezbędne wejścia, przetwarza protokoły, zbiera dane i je układa oraz centralnie monitoruje i informuje na temat systemu fotowoltaicznego.  
Do połączenia inwertera z serwerem monitoringu (szafa RACK) zaprojektowano kabel UTPw4x2x0,5 kat.6. Lokalizację podłączenia do internetu należy ustalić na etapie wykonawstwa

### Instalacja przeciwprzepięciowa i połączeń wyrównawczych

Aby uchronić projektowaną instalację fotowoltaiczną przed przepięciami łączeniowymi oraz pochodzącymi, od wyładowań atmosferycznych bezpośrednich i pośrednich, należy zainstalować ochronniki przepięć typu 1+2 w skrzynce przyłączeniowej DC oraz typu 1+2 w skrzynce przyłączeniowej AC.  
Po stronie DC należy zastosować tylko ochronniki przepięć dedykowane do elektrowni fotowoltaicznych.  
Na ścianie, w pobliżu inwertera, należy zamontować główną szynę uziemiającą GSU.  
Do szyny przyłączyć:

- szynę PE rozdzielnic RDC1,
- szynę PE rozdzielnic RDC2,
- szynę PE rozdzielnic RAC,
- inwerter,
- konstrukcje paneli fotowoltaicznych,

Do połączenia z GSU zaprojektowano *przewody uziemiające* : LgY16mm<sup>2</sup>.  
Przewody uziemiające należy wyprowadzić do wewnątrz budynku .  
GSU uziemić tak, aby rezystancja uziemienia wynosiła  $R_u \leq 10 \Omega$ .

## **7. Ochrona przeciwporażeniowa, ochrona odgromowa**

### Ochrona przeciwporażeniowa

## *Instalacja AC*

Jako system ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym zastosowano „samoczynne wyłączenie zasilania”.

Ochronę przeciwporażeniową w sieci elektrycznej zapewnić w oparciu o wymagania normy PN-HD-60364-4-41 dla istniejącego układu sieciowego (układ sieci – TN-S).

Ochrona przeciwporażeniowa przed dotykiem bezpośrednim realizowana jest poprzez zadziałanie wyłącznika różnicowoprądowego.

Ochrona przy uszkodzeniu zapewniona będzie przez samoczynne wyłączenie zasilania, zastosowanie urządzeń w II klasie ochronności oraz uziemione połączenia wyrównawcze

W skrzynce przyłączeniowej dokonać uziemienia punktu PE, tak aby  $R_u \leq 10 \Omega$ .

***Wszystkie skrzynki połączeniowej elektrowni fotowoltaicznej powinny mieć tabliczkę ostrzegawczą informacją, że części czynne wewnątrz skrzynek mogą być wciąż pod napięciem, mimo odłączenia od falowników PV.***

## *Instalacja nn DC*

Jako system ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym zastosowano uziemienie ochronne. Wymagana wartość rezystancji uziemienia wynosi:  $R_u \leq 10 \Omega$ .

### Ochrona odgromowa

Przedmiotowy obiekt wg wizji w terenie wyposażony w instalację odgromową w III kl. LPS.

Dla ochrony paneli fotowoltaicznych zastosować zwody pionowe : iglice i maszty odgromowe oraz zwody poziome niskie.

Iglice montować na podstawach betonowych.

Zaprojektowano jednolity maszt o wysokości  $h=2000\text{mm}$  z płytą oraz obciążnikiem (podstawą) o wadze 15kg – lokalizacja zgodnie z zał. rys.

Proj. maszty połączyć z istniejącą instalacją piorunochronną za pomocą zwodów poziomych niskich wykonanych drutem  $d_{FeZn} \varnothing 8$  i łączonych za pomocą złączy krzyżowych.

Pomiędzy chronionym urządzeniem (elektrycznym) a iglicą odgromową zachować odpowiedni odstęp izolacyjny  $s$ -wolnej przestrzeni między elementami instalacji odgromowej a elementami instalacji fotowoltaicznej. Odpowiedni odstęp służy zabezpieczeniu elementów instalacji fotowoltaicznej przed przeskokami iskrowymi czy łukami elektrycznymi od zwodów pionowych i poziomych instalacji odgromowej.

W przypadku braku możliwości zachowania wymaganego odstępu  $s$ , istniejące zwody poziome osłonić za pomocą grubościennych rur, dedykowanych dla instalacji odgromowych.

## **8. Opis projektowanych zabezpieczeń po stronie DC i AC**

### Ograniczniki przepięć

W instalacji zaprojektowano ograniczniki przepięć przeznaczone są do ochrony instalacji fotowoltaicznych przed przejściowymi przepięciami wywołanymi np. uderzeniem pioruna w linię elektroenergetyczną, bądź w jej obrębie, powodując indukcję napięcia w tej linii lub przepięciami powstającymi podczas załączania czy wyłączania nieobciążonej linii elektroenergetycznej.

W instalacji zaprojektowano ograniczniki przepięć typu 1 i 2, o odpowiednim napięciu

znamionowym dla strony AC i DC.

### Wyłącznik nadmiarowo-prądowy po stronie AC

Wyłącznik nadmiarowo-prądowy (nadprądowy) służy do ochrony przed przeciążeniami elektrycznymi. Sytuacja taka następuje w momencie, gdy przez dany element elektryczny przepływa prąd większy niż znamionowy, np. w wyniku podłączenia zbyt dużej liczby odbiorników lub podłączenia odbiornika o zbyt dużej mocy. Zjawisko to powoduje wydzielanie się ciepła, jeśli jest długotrwałe, przez co może być niebezpieczne – może dojść do zwarcia i w konsekwencji pożaru. Wartość wydzielanego ciepła jest proporcjonalna do kwadratu prądu i kwadratu czasu występowania przeciążenia. Ponadto wyłączniki pozwalają na rozłączenie całej instalacji fotowoltaicznej, w analogiczny sposób, jak inne odbiorniki w domu.

W instalacji konieczne jest zastosowanie wyłącznika nadprądowego po stronie AC – za inwerterem, a przed rozdzielnicą w budynku. Znajdować będzie się on w skrzynce przyłączeniowej modułów wraz z ogranicznikami przepięć. Wyłącznik nadprądowy powinien być dopasowany do maksymalnego wyjściowego natężenia prądu falownika przy napięciu skutecznym.

## **9. Ochrona przeciwpożarowa**

Po stronie prądu stałego zastosowano przeciwpożarowy wyłącznik bezpieczeństwa PWB, odcinający dopływ prądu DC pomiędzy panelami a falownikiem, gdy wykryje zanik napięcia zasilającego.

Po stronie prądu przemiennego zainstalowany jest główny wyłącznik prądu, który z chwilą zadziałania wyłącza również inwerter fotowoltaiczny, wykluczając tym samym możliwość spowodowania zwarcia instalacji elektrycznej czy porażenia osób.

Ochrona przeciwpożarowa została dobrana zgodnie z przepisami ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej. W systemach fotowoltaicznych znajduje się ochrona przeciwpożarowa w zakresie zgodnym z wymaganiami dotyczącymi ochrony przeciwpożarowej dla instalacji elektrycznych.

## **10. Inne zabezpieczenia**

Inwerter zastosowany w instalacji fotowoltaicznej wyposażony jest w urządzenia monitorujące parametry energii elektrycznej. W przypadku odchylenia monitorowanych parametrów częstotliwości i napięcia od parametrów granicznych normy PN-EN 50438, fotowoltaiczne źródło wytwórcze jest natychmiast odłączone od sieci elektroenergetycznej. System fotowoltaiczny pozostaje odłączony do momentu powrotu parametrów do ustawionych limitów.

**Wykonanie wszystkich rozwiązań zabezpieczających instalację jest zgodne z obowiązującym prawem i odpowiednimi normami, w tym z polską normą PN-HD 60364 „Instalacje elektryczne niskiego napięcia”.**

## **11. Oznakowanie instalacji PV**

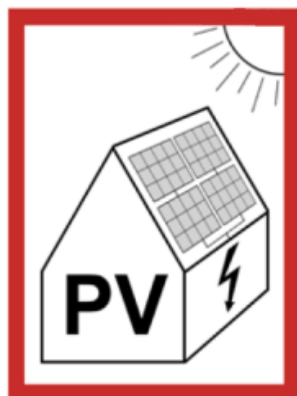
Oznakowanie instalacji PV w budynku wykonać zgodnie z normą PN-EN 60364-7-712:

- naklejka z wizerunkiem modułów PV na dachu budynku powinna być umieszczona w miejscu przyłączenia instalacji PV,
- przy liczniku, przy głównym wyłączniku zasilania (przeciwpożarowym wyłączniku prądu).
- wszystkie skrzynki połączeniowej elektrowni fotowoltaicznej powinny mieć tabliczkę ostrzegawczą informacją, że części czynne wewnątrz skrzynek mogą być wciąż pod napięciem,

mimo odłączenia od falowników PV.

**Opis zastosowanych oznaczeń:**

Uwaga instalacja fotowoltaiczna – Naklejka umieszczona przy głównym wyłączniku prądu budynku.



Naklejka umieszczona na obudowie rozdzielnic RAC.

**GŁÓWNY  
WYŁĄCZNIK AC  
INSTALACJI  
FOTOWOLTAICZNEJ**

Naklejka umieszczona na obudowie falownika w widocznym miejscu obok wyłącznika izolacyjnego DC wbudowanego w falownik.

**GŁÓWNY  
WYŁĄCZNIK DC  
INSTALACJI  
FOTOWOLTAICZNEJ**

Naklejka umieszczona na obudowie falownika.



**NIE DOTYKAĆ !  
URZĄDZENIE ELEKTRYCZNE**

Naklejka umieszczona na obudowie rozdzielnic RDC.





## UWAGA!

URZĄDZENIE MOŻE BYĆ  
POD NAPIĘCIEM NAWET  
PO ROZŁĄCZENIU

## 12. Przebieg prac montażowych

- Montaż konstrukcji nośnej na dachu
- Montaż paneli fotowoltaicznych na dachu
- Uziemienie zestawu modułów fotowoltaicznych ( $R < 10 \Omega$ )
- Montaż inwertera i zabezpieczeń strony AC oraz DC
- Połączenie modułów z inwerterem
- Ułożenie przewodów DC
- Podłączenie instalacji do rozdzielnicy RG
- Sprawdzenie pracy układu

## 13. Obliczenia

### 13.1 Szacowany uzysk energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej

Uzysk energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacji obliczono w następujący sposób:

$$U = \frac{(N_{as} \cdot K) \cdot P_{PV} \cdot WW}{N_{at}}$$

gdzie:

U – uzysk energetyczny z instalacji PV, kWh/rok

N<sub>as</sub> – nasłonecznienie w pobliżu miejsca występowania instalacji PV, kWh/(m<sup>2</sup>\*rok)

K – współczynnik korygujący wartość nasłonecznienia w zależności od jej ustawienia,

P<sub>PV</sub> – moc instalacji fotowoltaicznej, kWp

WW – współczynnik wydajności systemu fotowoltaicznego, -

N<sub>at</sub> – natężenie promieniowania słonecznego, kW/m<sup>2</sup>

Uwzględniając:

-nasłonecznienie N<sub>as</sub> wynoszące 900 kWh/(m<sup>2</sup>\*rok)

-współczynnik korygujący K (spadek lub wzrost nasłonecznienia w stosunku do nasłonecznienia na powierzchnię horyzontalną), dla modułów fotowoltaicznych odchylonych o 0 stopni od południa i ich nachylenie równe 30 stopni, wynoszący 97%

-moc instalacji równą 9,875 kWp.

-współczynnik wydajności (sprawność instalacji) równy 87%, obliczony zgodnie z równaniem:

$$S_{PV} = 1 - (\sum S_P + S_F + S_T + S_{NPS} + S_Z + S_{NPM} + S_D) \cdot 100\%$$

gdzie:

SPV – sprawność instalacji fotowoltaicznej, %

SP – straty na przewodach – ok. 1%

SF – straty falownika – ok. 1,5%

ST – straty temperaturowe – 4-8%

SNPS – straty związane z niskim natężeniem promieniowania słonecznego – 1-3%

SZ – straty związane z zacienieniem, zabrudzeniem, itp. 1-5%

SNP – strat wynikające z niedopasowania prądowego modułów – ok. 1%

SD – straty na diodach bocznikujących – ok. 0,5%

Natężenie promieniowania słonecznego  $Nat$  w warunkach STC równe 1 kW/m<sup>2</sup>  
uzysk energii elektrycznej wynosi:

$$U = \frac{900 \cdot 0,97 \cdot 9,875 \cdot 0,982}{1} = ok. 8465 \frac{kWh}{rok}$$

### 13.2 Obliczenia mocy

*Ilość paneli:  $L_M = 25$*

*Moc modułu fotowolt.: 395Wp*

*Moc zainstalowana DC:  $25 \times 395Wp = 9,875kWp$*

*Moc szcz. (AC):  $9,875 \times 0,982 = 9,7kW$*

### 13.3 Dobór zabezpieczeń DC

*Prąd znamionowy zabezpieczenia powinien spełniać poniższą zależność*

$$1,4 \cdot I_{sc} \leq I_n \leq 0,9 \cdot I_{rew} \approx 2,4 \cdot I_{sc}$$

*Uwzględniając powyższe:*

$$1,4 \cdot 10,07 = 14,09A \leq I_n = 15 \leq 2,4 \cdot 10,07 = 24,17A$$

*gdzie:*

$I_{sc}$  – znamionowy prąd zwarcia panelu fotowoltaicznego w warunkach STC, przyjęto:  $I_{sc} = 10,07A$

$I_{rew}$  – maksymalny dopuszczalny prąd wsteczny (rewersyjny) panelu fotowoltaicznego,

$I_n$  – prąd znamionowy bezpiecznika.

Dobrano zabezpieczenie DC : wkładkę bezpiecznikową cylindryczną o prądzie znamionowym 15A, napięciu znamionowym 1000V i charakterystyce gPV

### 13.4 Obliczenia prądu AC

*Wartość prądu obciążenia:*

$$I_B = \frac{P_s}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{9875 \cdot 0,982}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 14A$$

### 13.5 Dobór zabezpieczeń AC

Dobrano zabezpieczenie : wyłącznik nadprądowy 3p B20A.

### 13.6 Dobór przekroju przewodu DC

$$S \geq \frac{P_s \cdot l}{U^2 \cdot \gamma \cdot 0,01}$$

$$S \geq \frac{13 \cdot 395 \cdot 2 \cdot 58}{(13 \cdot 40,9)^2 \cdot 54 \cdot 0,01} \geq 3,9mm^2$$

Dobrano przewód solarny DC 6mm<sup>2</sup>.

### 13.7 Dobór przewodu AC

### 13.7.1 Dobór przekroju przewodu AC

$$S \geq \frac{P_s \cdot l}{U^2 \cdot \gamma \cdot 0,01}$$
$$S \geq \frac{9875 \cdot 0,982 \cdot 4}{400^2 \cdot 54 \cdot 0,01} \geq 0,45 \text{ mm}^2$$

*Dobrano przewód AC N2XH-J 5x4mm<sup>2</sup>.*

### 13.7.2 Sprawdzenie doboru przewodu AC na warunki obciążalności prądowej (wg PN-HD 60364-4-43)

$$\begin{cases} I_B \leq I_n \leq I_Z \\ I_Z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} \end{cases}$$

$$I_n = 1,25 \cdot I_B = 1,25 \cdot 14 = 17,5 \rightarrow I_n = 20A$$
$$I_Z \geq \frac{1,45 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,45 \cdot 20}{1,45} \geq 20A$$

Dla sposobu ułożenia B1 (przewód wielożyłowy ułożony w rurze na ścianie z materiału izolującego cieplnie)  $I_Z = 28A$  dla przewodu 4mm<sup>2</sup>. Z uwagi na fakt, że trasa przewodu przebiega w drodze ewakuacyjnej, dobrano przewód bezhalogenowy N2XH-J5x4mm<sup>2</sup>.

$$14A < 20A < 28A$$

Warunek został spełniony.

### 13.8 Minimalny odstęp izolacyjny w instalacji odgromowej (wg.pkt.6.3 PN-EN 62305-3)

Zgodnie z obliczeniami, minimalny odstęp izolacyjny wynosi:

$$s > 21 \text{ cm}$$

## **14. Wykaz rysunków**

- Rys.1 Plan sytuacyjny
- Rys.2 Rzut parteru (fragm.) –plan instalacji fotowoltaicznej
- Rys.3 Rzut dachu–plan rozmieszczenia paneli fotowolt.
- Rys.4 Schemat zasilania
- Rys.5 System montażu modułów fotowoltaicznych na konstrukcji balastowej

## **OŚWIADCZENIE PROJEKTANTA**

*Ja niżej podpisany Stanisław Sowiński posiadający upr. bud. nr. 2721/LB/94 w specjalności instalacyjno-inżynieryjnej oświadczam, że projekt techniczny:*

*„Montaż mikroinstalacji fotowoltaicznej on-grid na budynkach Powiatowego Centrum Edukacji Zawodowej w Świdniku (warsztat A)”*

*sporządziłem zgodnie z obowiązującymi przepisami i zasadami wiedzy technicznej*

*(art. 34 ust. 3d pkt 3 Ustawy Prawo Budowlane z dn. 07.07.2020r. Dz.U. z 2020r. poz 1333 z późn. zmianami).*

Projektant:

***mgr inż. Stanisław Sowiński***  
***upr.bud.: 2721/Lb/94***

Wymagane odstępy izolacyjne wyznaczono z zależności:

$$s = k_i \times (k_c / k_m) \times L = 0,04 \times (0,2/1) \times 26,7 = 21\text{cm}$$

$$s > 21\text{cm}$$

Gdzie:

**s** - minimalny odstęp izolacyjny

**k<sub>i</sub>** - wsp. zależny od klasy LPS (dla III = 0,04)

**k<sub>c</sub>** - wsp. zależny od rozptywu prądu (dla 12 przewodów 0,2)

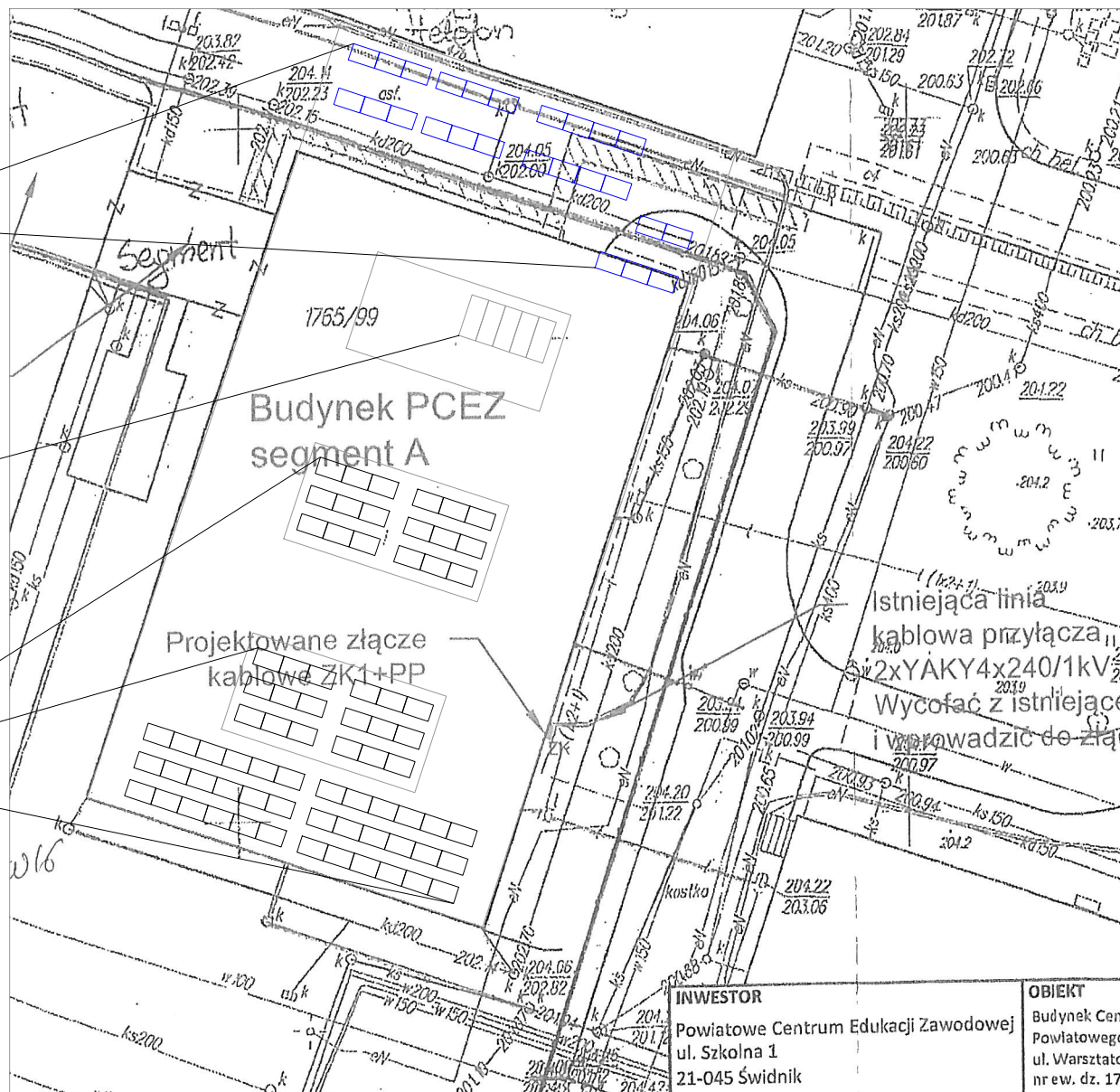
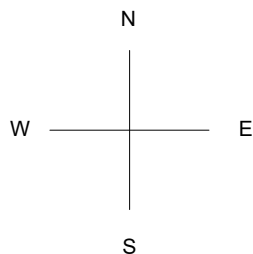
**k<sub>m</sub>** - wsp. zależny od materiału izolacji (dla powietrza = 1)

**L** – najdłuższa długość drogi do najbliższego punktu wyrównawczego 26,7m, zatem dla największego odstępu.

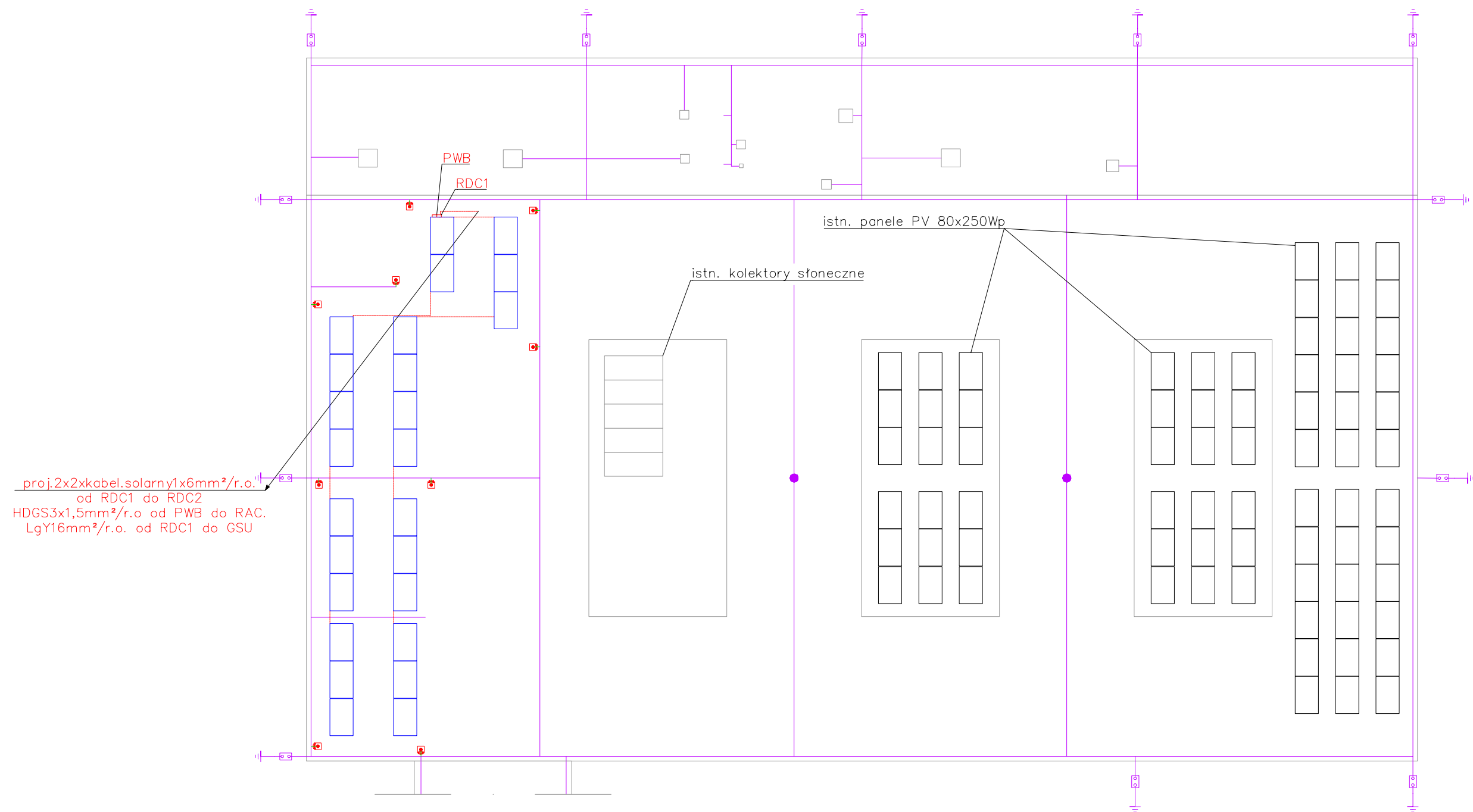
PV 395W-25szt  
na konstrukcji balastowej

istn. kolektory słoneczne

istn. PV 250W-80szt.



<p>Obiekt: Instalacja PV na dachu warsztatu "A" PCEZ w Świdniku</p>	<p>Inwestor: Powiat Świdnicki w Świdniku ul. Niepodległości 13 21-040 Świdnik</p>	<p>Skala: 1:500</p>
<p>Tytuł:  Plan sytuacyjny</p>	<p>Projektant: mgr inż. Stanisław Sowiński upr. bud. 2721/Lb/94</p> <p>Asystent: inż. Jakub Siedliski</p>	<p>Data: 05.2023</p> <p>Nr rys.: 1</p>

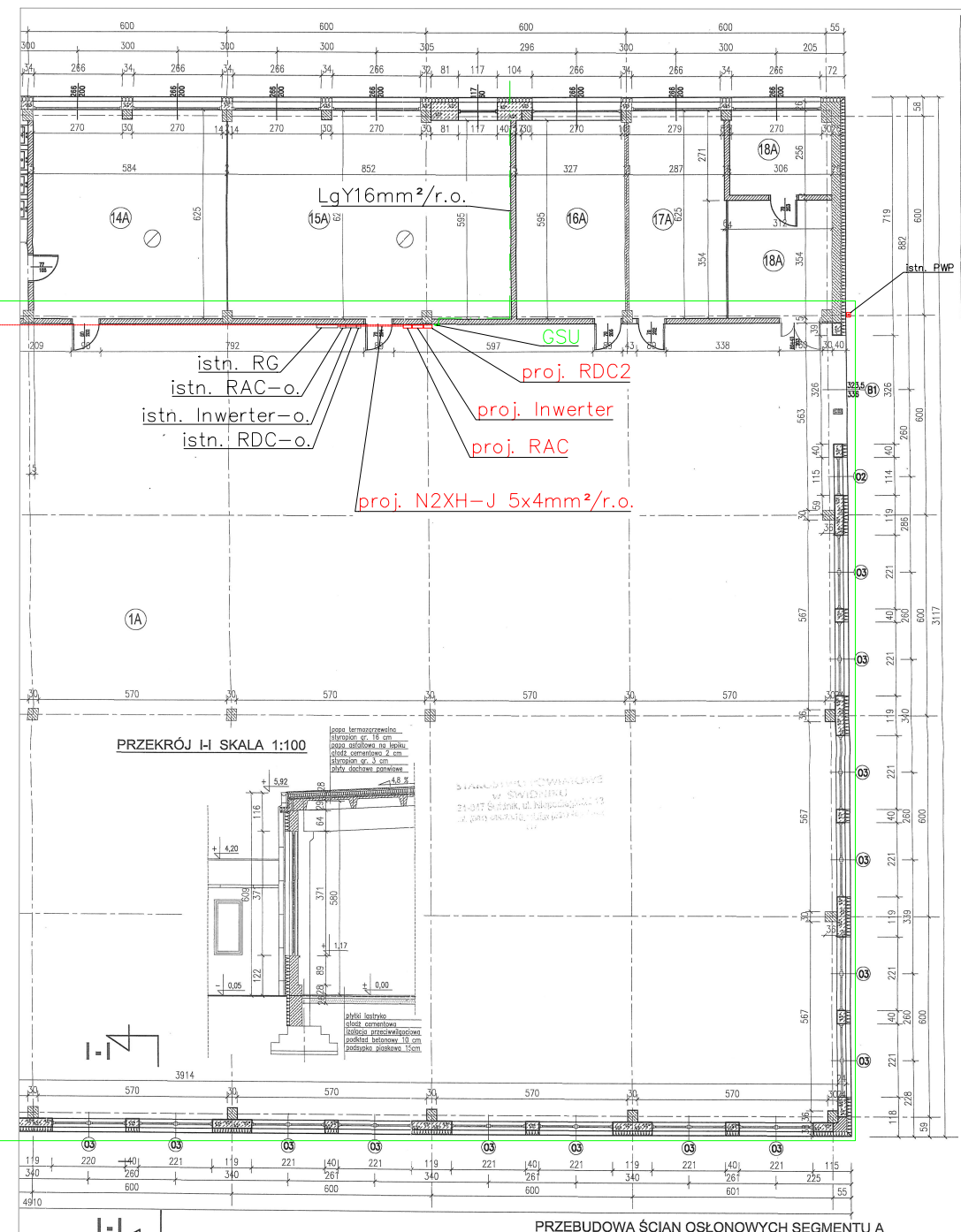
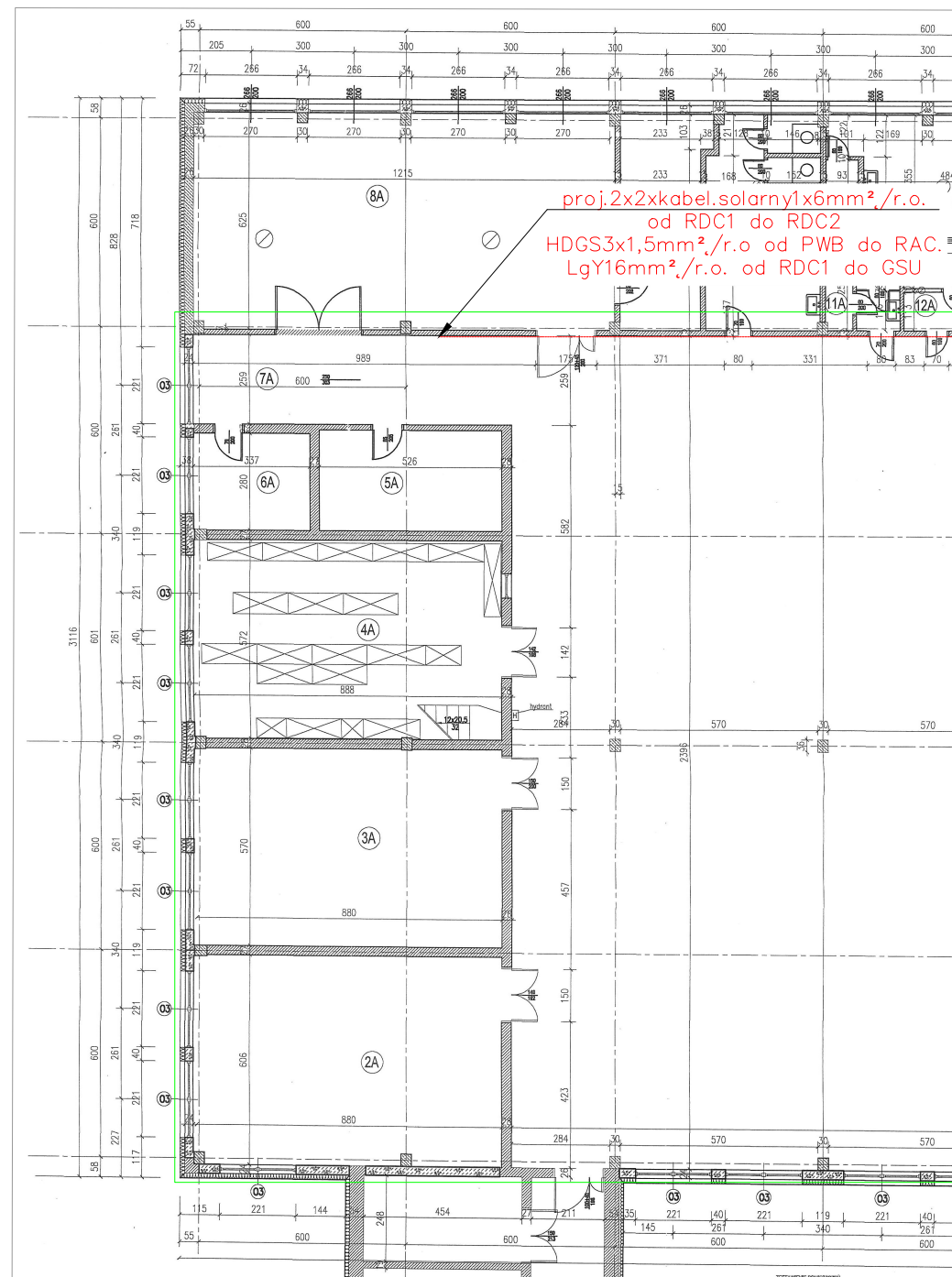


LEGENDA SYMBOLI I OZNACZEŃ:

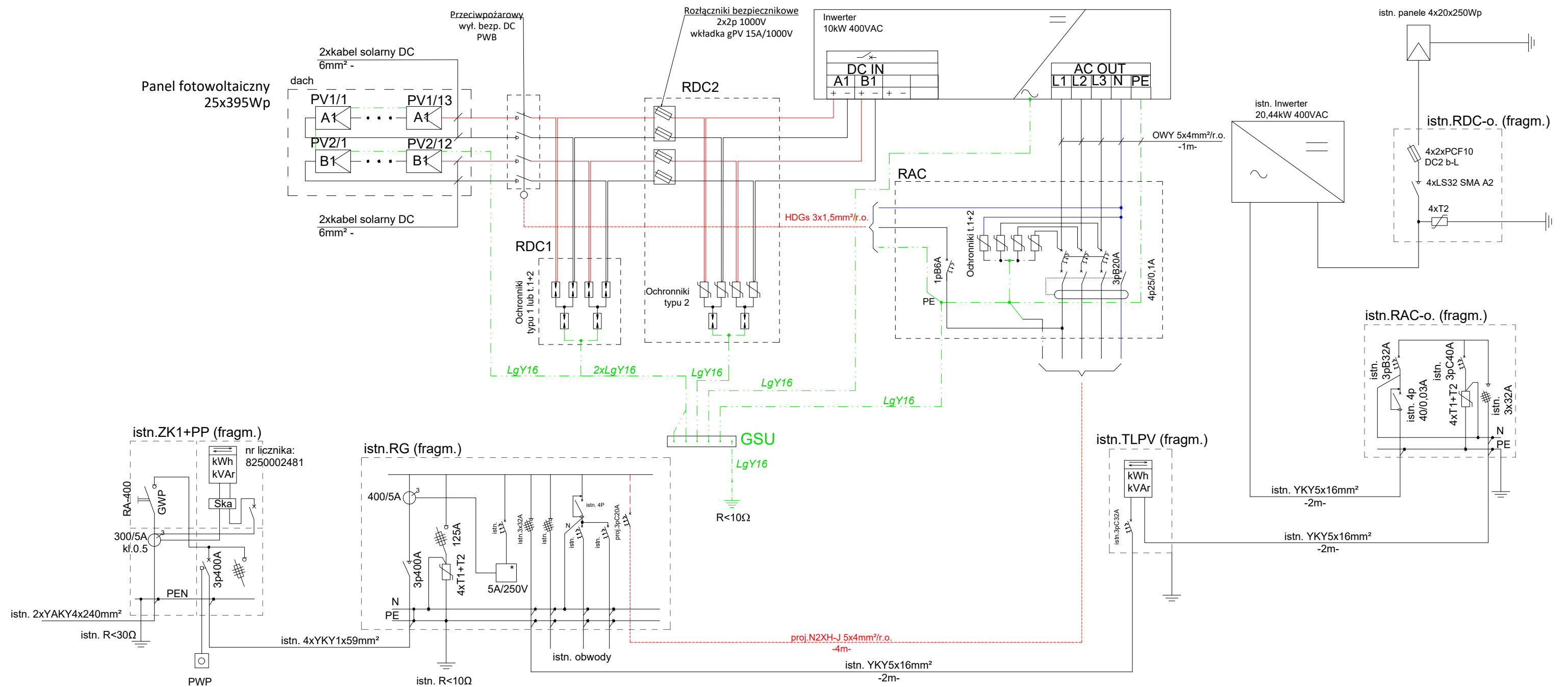
- proj. trasa głównych ciągów kablowych DC
- istn. zwód poziomy - drut FeZn  $\Phi 8$
- proj. zwód poziomy - drut FeZn  $\Phi 8$
- proj. iglica odgromowa FeZn  $\Phi 16, l=2m$
- istn. zacisk kontrolny
- istn. iglica odgromowa

Obiekt: Instalacja PV na dachu warsztatu "A" PCEZ w Świdniku	Inwestor: Powiat Świdnicki w Świdniku ul. Niepodległości 13 21-040 Świdnik	Skala: 1:200
Rzut dachu (fragm.) -plan rozmieszczenia paneli na dachu	Projektant: mgr inż. Stanisław Sowiński upr. bud. 2721/Lb/94	Data: 05.2023
	Asystent: inż. Jakub Siedliski	Nr rys.: 3

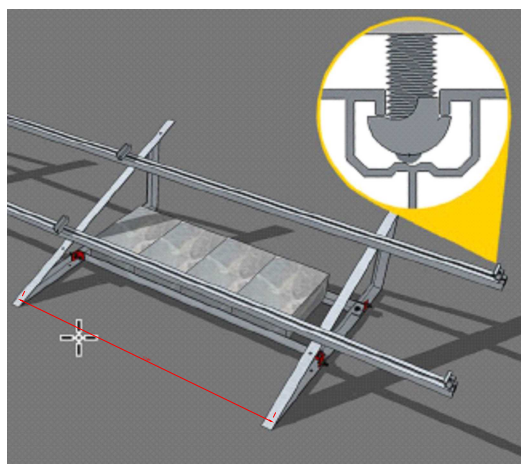
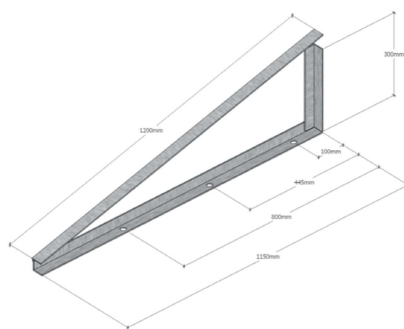




Obiekt: Instalacja PV na dachu warsztatu "A" PCEZ w Świdniku	Inwestor: Powiat Świdnicki w Świdniku ul. Niepodległości 13 21-040 Świdnik	Skala: 1:200
Tytuł: Rzut parteru -plan instalacji fotowoltaicznej	Projektant: mgr inż. Stanisław Sowiński upr. bud. 2721/Lb/94 Asystent: inż. Jakub Siedliski	Data: 05.2023 Nr rys.: 2



Obiekt: Instalacja PV na dachu warsztatu "A" PCEZ w Świdniku	Inwestor: Powiat Świdnicki w Świdniku ul. Niepodległości 13 21-040 Świdnik	Skala: —
Tytuł: Schemat zasilania	Projektant: mgr inż. Stanisław Sowiński upr. bud. 2721/Lb/94 Asystent: inż. Jakub Siedliski	Data: 05.2023 Nr rys.: 4



<p>Obiekt: Instalacja PV na dachu warsztatu "A" PCEZ w Świdniku</p>	<p>Inwestor: Powiat Świdnicki w Świdniku ul. Niepodległości 13 21-040 Świdnik</p>	<p>Skala: —</p>
<p>Tytuł: System montażu modułów fotowoltaicznych na konstrukcji balastowej</p>	<p>Projektant: mgr inż. Stanisław Sowiński upr. bud. 2721/Lb/94</p> <p>Asystent: inż. Jakub Siedliski</p>	<p>Data: 05.2023</p> <p>Nr rys.: 5</p>