

**PROJEKT TECHNICZNY INSTALACJI
FOTOWOLTAICZNEJ O MOCY 10,01 kWp
NA DACHU BUDYNKU
UL. SIKORSKIEGO 40 - KATOWICE**

MOC INSTALACJI	10,01 kWp
----------------	-----------

OBIEKT	Budynek mieszkalny wielolokalowy
--------	----------------------------------

LOKALIZACJA	ul. Sikorskiego 40, 40-282 Katowice działka nr ewid. 10/17, obręb 0002, AR_62 Katowice ID: 246901_1.0002.AR_62.10/17
-------------	---

INWESTOR	Spółdzielnia Mieszkaniowa Paderewskiego ul. Paderewskiego 65 40-282 Katowice
----------	--

PROPOZYCJA URZADZEŃ	Rodzaj	Typ	Model/seria	Producent
	Moduły fotowoltaiczne	monokrystaliczne typu HAL-CUT, PERC	Trina Solar TSM- DE17M(II) – 455Wp	Trina Solar
	Falowniki fotowoltaiczne	3-fazowe	SE 9K	SolarEdge
	Optymalizator mocy	seria S (1x1)	S500	SolarEdge

	Imię i Nazwisko	Branża	Podpis
Projektował	mgr inż. Sebastian Majerski	Instalacje fotowoltaiczne	

KWIECIEŃ 2023

Spis treści

SPIS TREŚCI	2
1. OPIS OGÓLNY	3
1.1. Przedmiot opracowania	3
1.2. Podstawa opracowania	3
1.3. Zakres opracowania	4
2. OPIS TECHNICZNY	4
2.1. Ogólna charakterystyka obiektu	4
2.2. Podstawowe elementy instalacji fotowoltaicznej	7
2.3. Moduły fotowoltaiczne	8
2.4. Falownik fotowoltaiczny	9
2.5. Optymalizatory mocy	11
2.6. Ochrona PPOŻ	12
2.7. Gwarancja	13
2.8. Konstrukcja wsporcza modułów fotowoltaicznych	13
2.9. Okablowanie DC i AC	15
2.10. Rozdzielnica DC	16
2.11. Rozdzielnica główna RPV	17
2.12. Ochrona przeciwporażeniowa, przeciążeniowa i zwarciorowa	17
2.13. Ochrona przeciwprzepięciowa	18
2.14. Instalacja odgromowa i uziemiająca	19
2.15. Ochrona przeciwpożarowa	19
2.17. Interfejs komunikacyjny	20
2.18. Konfiguracja doboru modułów	21
2.19. Obliczenia doboru przewodów i zabezpieczeń	22
2.20. Uwagi końcowe	23
2.21. Zestawienie planowanych urządzeń i komponentów	25
3. UZYSK ENERGETYCZNY	26
4. EFEKT EKOLOGICZNY	27
5. ANALIZA SZACOWANEGO OKRESY ZWROTU Z INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ	29
6. ANALIZA ZACIENIENIA	30
7. WIZUALIZACJE ZAGOSPODAROWANIA DACHU	31
8. SPIS ZAŁĄCZNIKÓW	35

1. OPIS OGÓLNY

1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt techniczny instalacji fotowoltaicznej o mocy 10,01 kWp zamontowanej na dachu płaskim budynku mieszkalnego wielolokalowego ul. Sikorskiego 40, 40-282 Katowice wraz z niezbędną infrastrukturą towarzyszącą oraz podłączeniem instalacji do wewnętrznej sieci elektrycznej obiektu. Projektowana instalacja fotowoltaiczna będzie spięta równolegle z istniejącą rozdzielnicą widny w pomieszczeniu technicznym na dachu budynku. Planowana instalacja fotowoltaiczna będzie produkowała energię elektryczną na potrzeby własne rozdzielnic windy „RG Winda 1” oraz pozostałych odbiorów wpiętych do rozdzielnic RGnN na parterze przy liczniku części wspólnych budynku. Moc instalacji fotowoltaicznej oraz podzespoły dobrano do maksymalnej możliwości wykorzystania dachu, zapotrzebowania na energię oraz norm i przepisów branżowych. Niniejszy projekt techniczny stanowi podstawę do wykonania instalacji fotowoltaicznej oraz uzyskania niezbędnych opinii technicznych.

1.2. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania dokumentacji technicznej wraz z oceną stanu technicznego budynku, oceną możliwości montażu modułów fotowoltaicznych na dachu budynku mieszkalnego wielolokalowego ul. Sikorskiego 40, 40-282 Katowice stanowi zlecenie Inwestora..

Niniejszą dokumentację sporządzono na podstawie:

- Umowy oraz uzgodnień z Inwestorem;
- Dokumentacji i materiałów dostarczonych przez Inwestora;
- Materiałów zebranych podczas wizji lokalnej;
- Obowiązujące normy i przepisy branżowe m. in.:
 - PN-HD 60364-7-712:2007 - Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji - Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania;
 - PN-HD 60364 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych (norma wieloarkuszowa);
 - 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;
 - PN-EN 61173:2002 - Ochrona przepięciowa fotowoltaicznych (PV) systemów wytwarzania mocy elektrycznej – Przewodnik;
 - Norma N SEP-E-004 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.

- o Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. 2020 poz. 1333 z późniejszymi zmianami),

1.3. Zakres opracowania

Zakres opracowania niemniejszego projektu:

- Opis i analizę obiektu z oceną stanu technicznego dachu
- Opis techniczny elementów instalacji fotowoltaicznej;
- Dobór i opis zabezpieczeń elektroenergetycznych;
- Obliczenia doboru przewodów i zabezpieczeń AC
- Symulacja szacowanych uzysków energetycznych z instalacji PV;
- Obliczenie efektu ekologicznego;
- Analiza okresu zwrotu i opłacalności inwestycji;
- Wizualizacje rozmieszczenia urządzeń z analizą zacienienia;
- Plan sytuacyjny z lokalizacją urządzeń instalacji fotowoltaicznej,
- Schematy elektryczne instalacji fotowoltaicznej.

2. OPIS TECHNICZNY

2.1. Ogólna charakterystyka obiektu

Na podstawie przeprowadzonej analizy oceny możliwości technicznych montażu instalacji fotowoltaicznej w obiekcie, materiałów z wizji lokalnej oraz materiałów dostarczonych przez inwestora, zaprojektowano instalację fotowoltaiczną dobraną do zasilania części wspólnej obiektu w zakresie odbiorów oraz windy, składającą się z 22 szt. modułów fotowoltaicznych o mocy 455 Wp oraz falownika beztransformatorem o mocy 9 kW współpracującego z optymalizatorami mocy w układzie 1:1. Do montażu instalacji fotowoltaicznej przeznaczono dwie części dachu budynku przy ul. Sikorskiego 40, 40-282 Katowice, oddzielonych od siebie ogniomurkami.

Budynek przeznaczony pod montaż instalacji fotowoltaicznej jest obiektem wielopiętrowym z dachem płaskim pokrytym papą. Konstrukcja dachu wykonana jest z płyt korytkowych mocowanych na płcie betonowej stanowiącej strop ostatniego piętra. Budynek posiada dach o strukturze betonowej, płaski z niewielkim nachyleniem w kierunku osi dachu, wykonany płyt korytkowych. Według dokumentacji projektowanej konstrukcji wsporczej modułów fotowoltaicznych oraz samych modułów, maksymalne obciążenie dodatkowe połączenia dachowej nie powinno być większe niż 15 kg m². Wytrzymałość połączenia dachowej na obciążenie, powinna zostać sprawdzona przez projektanta konstruktora z uprawnieniami, na podstawie stanu faktycznego oraz wartości obciążeń standardowych dla śniegu i wiatru dla lokalizacji obiektu i budowy dachu. Dach nachylony jest pod kątem ok. 2° w

kierunku osi budynku. Dach pokryty jest papą o dobrym stanie technicznym. Na dachu budynku znajdują się liczne kominy wentylacyjne murowane o wysokości 40 do 120 cm, stalowe kominy wentylacyjne o wysokości ok. 50 cm ponad poszycie dachowe oraz nadbudowa z pomieszczeniem technicznym.



Rys. 1 Zdjęcie lotnicze budynku przeznaczonego pod montaż instalacji (obszar przeznaczony pod moduły oznaczony kolorem żółtym).

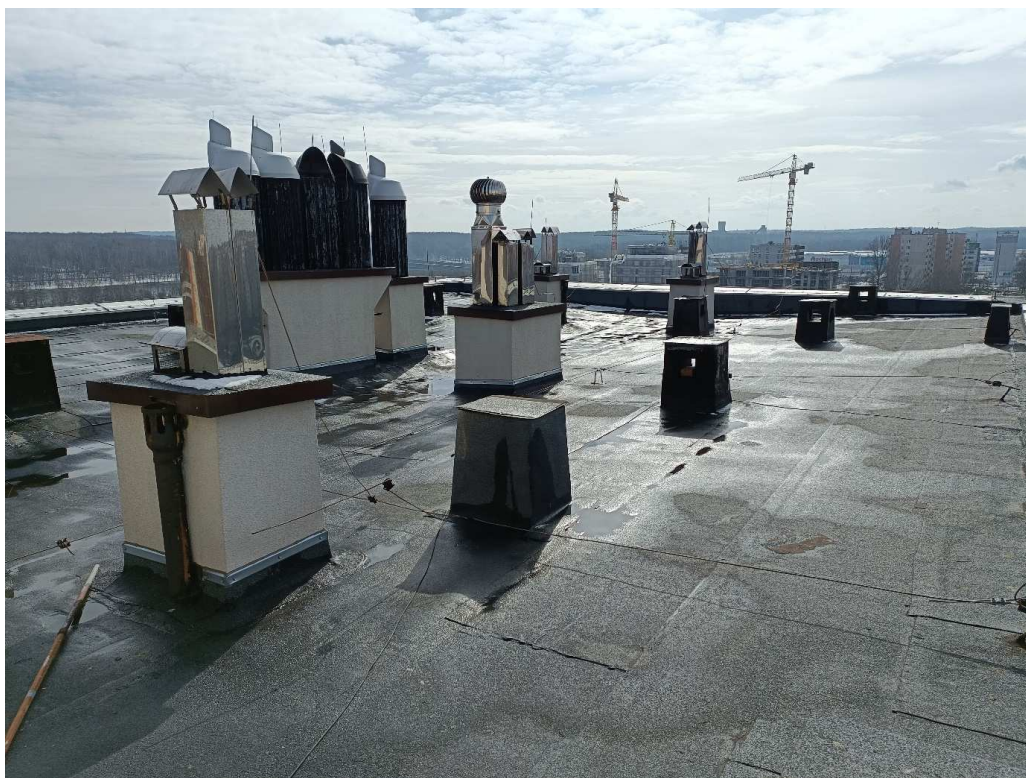
Na dachu budynków znajduje się instalacja odgromowa w postaci zwodów poziomych prowadzonych po krawędzi dachu oraz zwodów pionowych na kominach wentylacyjnych. Ze względu na brak możliwości zachowania odstępów bezpiecznych od instalacji odgromowej, konstrukcja wsporcza modułów zostanie podłączona z zwodami poziomymi.

Budynek wielolokalowy przeznaczony pod montaż instalacji PV zasilany jest poprzez złącze kablowe nN umieszczone przy budynku. Instalacja fotowoltaiczna zostanie wpięta do rozdzielnic „RG winda 1” w pomieszczeniu technicznym w nadbudowie na dachu budynku. Rozdzielnic „RG winda 1”

zasilana jest z rozdzielnicy głównej części wspólnej RGnN zlokalizowanej na parterze budynku. Ochronę przeciwpożarową budynku zapewnia główny wyłącznik PPOŻ zamontowany wewnątrz budynku. Dodatkowo w ramach ochrony PPOŻ projektowanej instalacji PV, zostanie zamontowany przycisk wyzwolenia rozłącznika PPOŻ pomiędzy „RG winda 1”, a rozdzielnicą RPV w pomieszczeniu technicznym na dachu budynku.



Rys. 2 Zdjęcie lokalizacji rozdzielnicy RG winda 1 w pomieszczeniu technicznym na dachu budynku.



Rys. 3 Zdjęcie dachu budynku przeznaczonego pod zabudowę modułami PV.

Projektowaną moc instalacji fotowoltaicznej oszacowano na podstawie szacowanego zużycia energii elektrycznej oraz dostępnej powierzchni dachowej. Wielkość uzysku energetycznego w ujęciu całorocznym oszacowana na etapie projektu może odbiegać o rzeczywistej produkcji energii, gdyż jest ona silnie uzależniona od warunków pogodowych w danym roku kalendarzowym.

2.2. Podstawowe elementy instalacji fotowoltaicznej

Planowana instalacja fotowoltaiczna powinna składać się z 22 szt. modułów fotowoltaicznych (PV) monokrystalicznych model Trina Solar TSM-DE17M(II) – 455Wp wykonanych w technologii PERC (ogniwa połówkowe) o mocy jednostkowej 455Wp każdy. Projektowane moduły fotowoltaiczne zostaną umieszczone na konstrukcji montażowej z trójkątów ze stali w powłoce magnelis z balastem, układanych bezpośrednio na poszyciu dachowym bez konieczności wkręcania się do elementów nośnych dachu. Projektowane na dachu moduły fotowoltaiczne zostaną podłączone do jednego inwertera fotowoltaicznego SolarEdge o mocy 9 kW. Falownik zostanie wpięty do rozdzielnicy RPV, a następnie do rozdzielnicy „RG winda 1”.

Instalacja fotowoltaiczna będzie się składać z następujących elementów:

➤ 22 szt. modułów fotowoltaicznych Trina Solar TSM-DE17M(II) – 455Wp
➤ 1 kpl. Konstrukcji wsporczej modułów w układzie poziomym, o orientacji pionowej modułów, materiał aluminium i stal z powłoką magnelis
➤ 1 szt. falownika trójfazowego SOLAREEDGE SE9 K o mocy 9,0 kW
➤ 22 szt. optymalizatorów mocy SolarEdge S500 (1x1 moduł)
➤ 1 kpl. okablowania i systemu połączeń modułów fotowoltaicznych,
➤ 1 szt. rozdzielnicy DC z zabezpieczeniami,
➤ 1 szt. rozdzielnicy fotowoltaicznej RPV i systemu zabezpieczeń elektroenergetycznych (przeciwporażeniowe, przeciążeniowe i zwarciovowe, przeciwprzepięciowe).
➤ 1 kpl. systemu monitoringu produkcji energii elektrycznej,
➤ 1 kpl. osprzętu elektroinstalacyjnego i koryt kablowych,
➤ 1 kpl. uziemienia ochronnego i połączeń wyrównawczych.

2.3. Moduły fotowoltaiczne

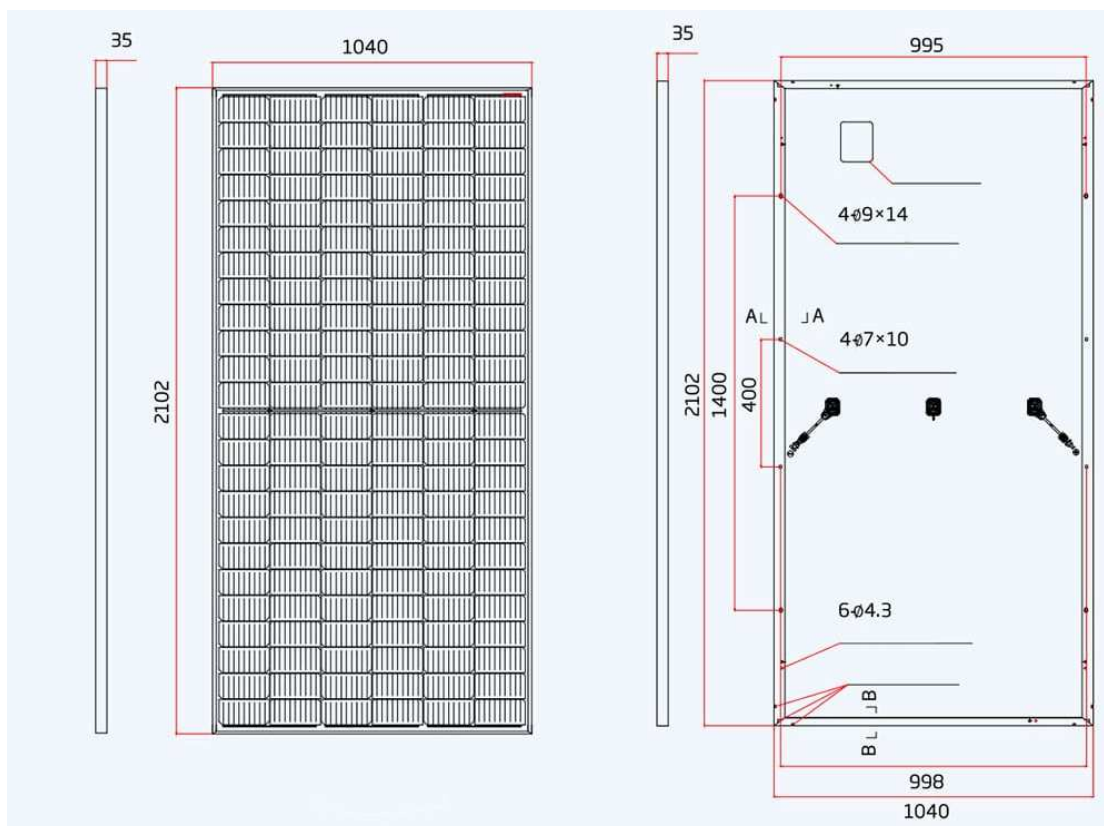
W instalacji fotowoltaicznej zaprojektowano 22 szt. modułów fotowoltaicznych monokrystalicznych wykonanych w technologii PERC (pasywacja tylnej ścianki ogniwa) o mocy nominalnej 455 Wp każdy. Wybrane moduły fotowoltaiczne wyposażone są w ogniwa monokrystaliczne wykonane w technologii half-cut (ogniwa połówkowe), 3 diody zabezpieczające przed efektem zacinienia (diody by-pass) obsługujące 6 sekcji ogniw w module. Cały moduł jest podzielony na 6 obwodów – co szczególnie istotne jest w przypadku zacinienia np. od komina, lukarny lub innej infrastruktury dachowej i z otoczenia (np. cień drzewa). Wybrane moduły fotowoltaiczne zapewniają uzyski energetyczne zarówno w bezpośrednim świetle słonecznym, jak również w świetle rozproszonym. Moduły fotowoltaiczne należy montować do precyzyjnie ułożonych szyn montażowych za pomocą klem w 4 punktach podparcia. Stosując taki system montażu, zostanie zachowane minimum 2 cm odstępu pomiędzy modułami.

Zastosowane moduły fotowoltaiczne charakteryzują się solidną i trwałą konstrukcją, odpornością na obciążenia mechaniczne min. 5400 Pa na obciążanie mechaniczne i 2400 Pa na ssanie. Wybrane moduły fotowoltaiczne powinny posiadać się następujące certyfikaty: CE, TUV, MCS, IEC 61215 i IEC61730.

Moduły fotowoltaiczne należy podłączyć do optymalizatorów mocy, a optymalizatory w łańcuchy zgodnie z parametrami konfiguracji zastosowanego inwertera. Połączenie pomiędzy pierwszy a ostatnim optymalizatorem mocy należy wykonać za pomocą specjalistycznych przewodów solarnych o przekroju min. 6 mm². Do połączeń przewodów solarnych należy zastosować dedykowane złącza do przewodów fotowoltaicznych typu MC-4. Najważniejsze parametry elektryczne zaprojektowanych modułów zamieszczono w tabeli poniżej. W instalacji PV można zastosować moduły o parametrach zbliżonych lub lepszych do zaproponowanych w projekcie.

Charakterystyki elektryczne	
STC Moc P_{mp} (W)	455
Napięcie jałowe V_{oc} (V)	49,8
Prąd zwarcia I_{sc} (A)	11,61
Max. napięcie zasilania V_{mpp} (V)	41,2
Max. prąd I_{mpp} (A)	11,06
Sprawność [%]	20,8
Tolerancja mocy [W]	0~+5
Maksymalne napięcie systemu V_{max} (V)	1500
Współczynniki temperatury	
Współczynnik temperaturowy I_{sc}	0,04 % /°C

Współczynnik temperaturowy V_{oc}	-0,25 % /°C
Współczynnik temperaturowy P_{mp}	-0,34 % /°C



Rys. 4 Wymiary modułu wybranego TRINA SOLAR.

Wybór konkretnego modelu modułów fotowoltaicznych przeprowadzono w celu właściwego doboru pozostałych elementów instalacji fotowoltaicznej. Zaproponowane moduły posiadają ogniwa w monokrystaliczne cięte na pasy o wymiarach 210 mm z wykorzystaniem technologii non-destructive cutting (NDC).

2.4. Falownik fotowoltaiczny

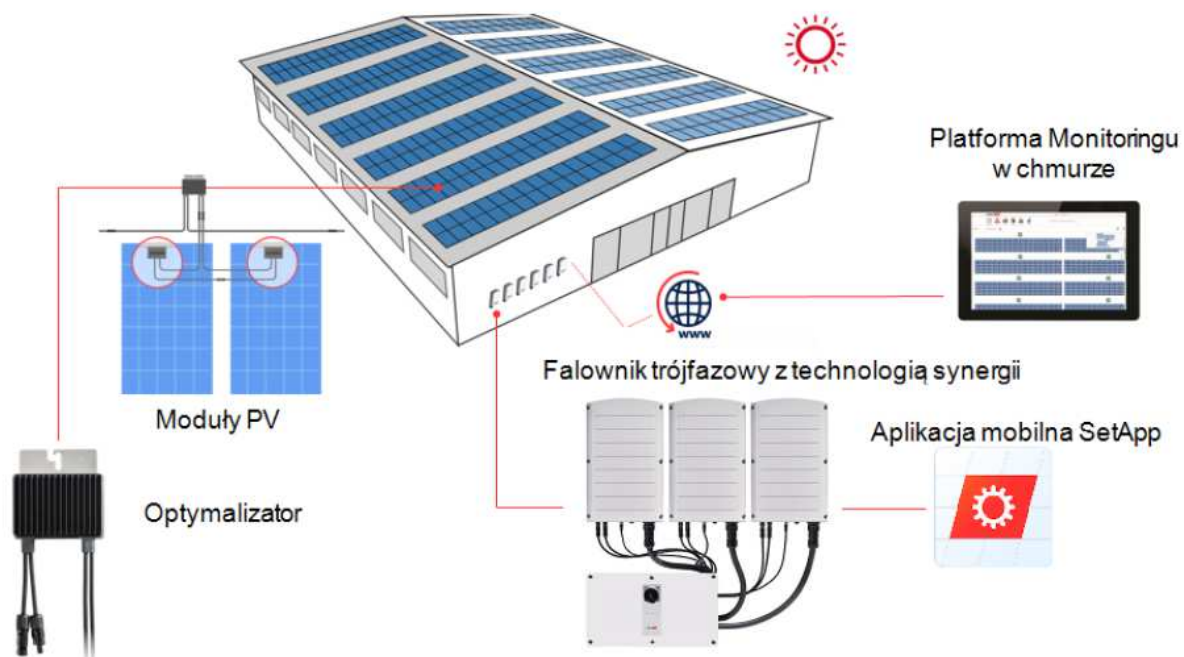
W instalacji fotowoltaicznej zostanie zastosowany falownik trójfazowy beztransformatorowy SolarEdge SE9 K, przystosowany do pracy z optymalizatorami mocy podłączonymi do modułów fotowoltaicznych oraz dostosowany do sieci energetycznej OSD. Energia elektryczna z modułów fotowoltaicznych będzie przetwarzana przez optymalizatory mocy w układzie 1 do 1. Falownik nie posiada osobnych układów sterowania MPPT, gdyż obciążaniem modułów zajmują się optymalizatory mocy. Optymalizatory mocy komunikują się z falownikiem, który przekształca energię prądu stałego (DC) na prąd przemienny o parametrach dostosowanych do sieci elektroenergetycznej OSD.

Falownik fotowoltaiczny zostanie zamontowany na dedykowanej konstrukcji wsporczej na dachu blisko rozdzielnic głównej „RG winda 1”. Skrzynki z zabezpieczeniami przy falowniku będą wykonane z obudowy z tworzywa, która będzie zapewnić ochronę przed dotykiem pośrednim typu 2 oraz stopień ochrony obudowy min. IP45. Parametry wyprodukowanej energii po stronie prądu przemiennego (AC) inwerterów muszą być zgodne z parametrami jakościowymi sieci nN. Parametry łańcucha modułów fotowoltaicznych po stronie napięcia stałego (DC) zostały dobrano tak, aby zapewnić właściwą pracę falowników.

Z uwagi na jego budowę falownik można montować wewnątrz jak i na zewnątrz budynku. W celu zapewniania połączenia z Internetem do falownika zostanie doprowadzona przewodem Ethernet (kabla UTP dla modułu LAN) w miejsce montażu falownika z rozdzielnic RGnN.

Poniżej zamieszczono specyfikację techniczną inwertera SolarEdge SE 9K

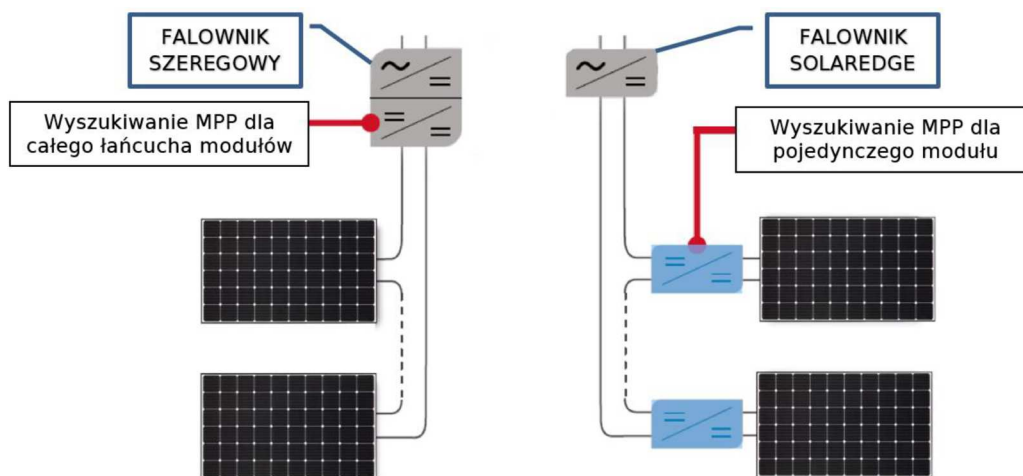
Parametry/Model	SolarEdge SE 9K
Wejście DC	
Moc maksymalna DC	12150 W
Napięcie maksymalne	1000 V
Zakres napięcia DC	750 V
Maksymalny prąd wejściowy	15 A
Liczba MPPT tracker/przylączy DC	nd
Wyjście AC	
Moc pozorna maksymalna AC	9 000 VA
Moc nominalna AC	9 000 W
Maksymalny prąd wyjściowy	14,5 A
Zakres napięcia nominalnego	3/N/PE; 230V/400 V
Zakres częstotliwości nominalnej	50 Hz
Współczynnik zniekształceń	< 2 %
Sprawność	
Maksymalna sprawność	98,0 %
Euro ETA	97,6 %
Max. sprawności MPPT	nd
Zabezpieczenia	
Rozłącznik DC	
Pomiar rezystancji izolacji DC, SafeDC, wykrywanie łuków DC	
Komunikacja: RS485, Ethernet, WLAN	
Inne	
Zakres temperatur pracy	-40°C do 60°C
Pobór mocy: noc	<2,5W
Rejestrator danych i serwer web	zintegrowany
Wymiary (wys. x szer. x głęb.)	540 x 315 x 191



Rys. 5 Struktura instalacji PV w systemie SolarEdge.

2.5. Optymalizatory mocy

W projektowanej instalacji fotowoltaicznej przewidziano zainstalowanie optymalizatorów mocy SolarEdge S500 na każdy moduł fotowoltaiczny. Systemy fotowoltaiczne oparte o optymalizatory mocy pozwalają na wykorzystanie nowatorskiej koncepcji wyszukiwania punktu mocy maksymalnej (MPP) na poziomie pojedynczego modułu fotowoltaicznego. Optymalizatory pracują jak przetwornice DC/DC. W sposób ciągły przekształcają parametry napięcia i natężenia prądu tak, aby do falownika docierała stała wartość napięcia (750Vdc).



Rys. 6 Schemat blokowy koncepcji zastosowania optymalizatorów mocy SolarEdge

Systemy oparte o tradycyjne falowniki szeregowo dostosowują MPP do całego łańcucha modułów, co w praktyce ogranicza uzysk energii. Idea SolarEdge pozwala na zmniejszenie negatywnego wpływu następujących czynników:

- nieliniowa degradacja struktury krystalicznej ogniw PV,
- punktowe i obszarowe zanieczyszczenia,
- cykliczne zacinienie.

Dodatkowo optymalizatory mocy automatycznie obniżają napięcie wyjściowe do wartości 1V (na moduł) w czasie, gdy instalacja nie pracuje. Funkcja ta zwiększa bezpieczeństwo użytkowania systemu pod kątem zabezpieczenia PPOŻ. W przypadku zaniku napięcia w sieci optymalizatory przechodzą w tryb bezpieczeństwa obniżając napięcie do poziomu 1V DC.

Poniżej zamieszczono specyfikację techniczną optymalizatorów SolarEdge S500

Parametry/Model	S500
Wejście DC	
Moc nominalna wejściowa	500 W
Napięcie maksymalne wejściowe	60 V
Zakres napięcia MPPT	8 - 60 V
Maksymalny prąd wejściowy	15 A
Liczba MPPT tracker / przyłącza DC	1
Maksymalne dopuszczalne napięcie systemu	1000 V
Ilość modułów szeregowo	1
Sprawność	
Maksymalna sprawność	99,5 %
Sprawność ważona	98,6 %
Zabezpieczenia	
Bezpieczne napięcie wyjściowe 1V DC	
Kategoria bezpieczeństwa II	
PPOŻ VDE-AR-E 2100-712:2013-05	
Inne	
Zakres temperatur pracy	-40°C do 85°C
Przewód wyjściowy	2,2 m
Transmisja danych	po kablu DC
Wymiary (wys. x szer. x głęb.)	129 x 155 x 30 mm

2.6. Ochrona PPOŻ

W projektowanej instalacji fotowoltaicznej przewidziano zainstalowanie optymalizatorów mocy, które zapewniają najwyższy poziom ochrony PPOŻ od strony modułów fotowoltaicznych wśród rozwiązań dostępnych na rynku. Optymalizatory mocy zapewniają odcięcie zasilania obwodów DC na każdym module fotowoltaicznym w przypadku zadziałania głównego wyłącznika przeciwpożarowego pomiędzy przyłączem kablowym, a tablicą licznikową przy rozdzielnicy RGnN obiektu.

ZASTOSOWANE ZABEZPIECZENIA ORAZ PROFILAKTYKA PPOŻ W INSTALACJI PV:

- Zastosowanie falownika z funkcją zabezpieczenia przed pracą wyspową (wyłącznie obwodu AC i DC przy zadziałaniu wyłącznika głównego w rozdzielnicy lub zaniku napięcia w sieci).
- Zastosowanie optymalizatorów mocy na modułach z funkcją zadziałania przy zaniku napięcia w sieci i obniżenia napięcia do bezpiecznego.
- Zastosowanie ograniczników przepięć DC i AC oraz zabezpieczeń przed zwarcie i przeciążeniem AC (wyłącznik nadmiarowo prądowy).
- Zastosowanie dedykowanych przewodów solarnych oraz oryginalnych złącz MC4.
- Zastosowanie rozdzielnic DC o zwiększonej odporności na ogień (samogasnących).
- Zminimalizowanie ilość połączeń DC.
- Prowadzenie przewodów w rurach elektroinstalacyjnych odpornych na UV i samogasnących oraz po elementach niepalnych (np. po dachówce, po ścianie, w przepuszczeniu z rury stalowej w ścianie).
- Prowadzenie przewodów w stalowych korytach kablowych BAKS 50x50 mm.
- Oznakowanie obiektu (rozdzielnic, złącza kablowego, falownika, koryt kablowych DC i AC) znakiem bezpieczeństwa wg normy PN-EN 60364-7-712.
- Zastosowanie przycisku wyzwolenia wyłącznika PPOŻ pomiędzy rozdzielnicą RPV a rozdzielnicą „RG winda 1”.

2.7. Gwarancja

Projektowaną instalację fotowoltaiczną należy wykonać w oparciu o fabrycznie nowe komponenty objęte gwarancją producenta. Minimalny wymóg gwarancji na poszczególne komponenty powinien wynosić:

- Min. 12 lat gwarancji produktowej na moduły fotowoltaiczne.
- Min. 25 lat gwarancji na liniowy spadek mocy modułów fotowoltaicznych
- Min. 10 lat gwarancji na falowniki
- Min. 10 lat gwarancji na konstrukcje wsporcze
- Min. 5 lat gwarancji na pozostałe komponenty
- Min. 5 lat gwarancji na prace montażowe

2.8. Konstrukcja wsporcza modułów fotowoltaicznych

Konstrukcję wsporcza modułów fotowoltaicznych będą montowane do poszycia dachowego zgodnie z wytycznymi producenta konstrukcji montażowej. Zaproponowano system bezinwazyjny polegający na układaniu na poszyciu dachowym, trójkątów z blachy stalowej obciążonych balastem z

bloczków betonowych, do których mocowane są moduły fotowoltaiczne. Moduły fotowoltaiczne zostaną zamontowane na konstrukcji nośnej poziomo (horyzontalnie) i przykręcone za pomocą klem do trójkątów nośnych konstrukcji. Konstrukcja pod moduły powinna być wykonana z materiałów o wysokiej wytrzymałości mechanicznej oraz korozyjnej, dzięki czemu jej elementy nośne, powinny zapewnić długoletnie funkcjonowanie elektrowni fotowoltaicznej. Elementy konstrukcji powinny być wykonane ze stali nierdzewnej lub stali z powłoką cynk Magnelis. Dobranie konstrukcji o odpowiedniej wytrzymałości oraz zastosowanie wysokiej jakości elementów łączących zapewni niezbędną wytrzymałość konstrukcji, która zapewni wytrzymałość na obciążenie wiatrem i śniegiem dla wybranej lokalizacji. Jako rozwiązanie montażowe wybrano system montażowy CORAB PB-096 lub system PMG STEEL lub inna konstrukcja o zbliżonych parametrach.

Konstrukcja wsporcza pod moduły będzie się składać z następujących elementów:

- Podkłady z papy do montażu pod trójkąty z blachy stalowej,
- Wspornik trójkątny 15° z blachy stalowej z powłoką Magnelis,
- Bloczki betonowe o wymiarach 25x30x15 cm (25 kg) po jednym na każdy trójkąt,
- Klem aluminiowych i śrub nimbusowych M8 lub zacisków mocujących,
- Wiatrownica stalowa,
- Zestaw śrub mocujących,

Konstrukcja montażowa pod instalację fotowoltaiczną należy montować zgodnie z zasadami wiedzy technicznej oraz dobrymi praktykami dla tego typu konstrukcji. Montaż powinien być zgodny z wytycznymi producenta wybranej konstrukcji wsporczej. Konstrukcja montażowa powinna posiadać sprawdzoną statykę według europejskiej normy DIN - konstrukcje dopasowane do europejskich/polskich wymogów i standardów. Projektowaną konstrukcję montażową złożoną z trójkątów stalowych i uchwytów należy zweryfikować z producentem uwzględniając czynniki związane z warunkami klimatycznymi na obszarze inwestycji. Przy doborze konstrukcji uwzględniono czynniki zewnętrzne dla II strefy obciążenia opadami śniegu oraz I strefy obciążenia wiatrem. Obciążenie konstrukcją wsporczą wraz z modułem fotowoltaicznym wyniesie do 15 kg/m² na 1 m² powierzchni modułów co daje 147 N/m². Rozmieszczenie oraz ilość zastosowanego balastu powinna zostać zweryfikowana przez producenta konstrukcji wsporczej na podstawie niemniejszego projektu.



Rys. 7 Widok projektowanego systemu mocowania modułów fotowoltaicznych do dachu.

2.9. Okablowanie DC i AC

Przewód stałoprądowy DC należy prowadzić bezpośrednio pod modułami łącząc je szeregowo poprzez optymalizatory mocy jeden z drugim, a następnie w korytkach kablowych/rurach PCV po powierzchni dachu do miejsca montażu falownika. Połączenie pomiędzy poszczególnymi modułami a optymalizatorami mocy SolarEdge należy wykonać za pomocą dedykowanego kabla DC dołączonego do skrzynki przyłączeniowej każdego modułu fotowoltaicznego. Połączenie pomiędzy skrajnymi końcami łańcuchów (stringów), a falownikiem fotowoltaicznym, należy wykonać za pomocą dedykowanego kabla solarnego o przekroju 6 mm^2 oraz oryginalnych (lub wysokiej jakości) konektorów solarnych MC4. Zakończenia przewodów oraz połączenia pomiędzy rzędami modułów należy wykonać za pomocą konektorów solarnych MC-4 oraz przewodów solarnych 6 mm^2 . Przewody solarne

prorowadzone po konstrukcji nośnej należy zabezpieczyć opaskami zaciskowymi odpornymi na działanie promieni UV mocowanymi do ramy modułów. Główne trasy kablowe stałoprądowe oraz zmiennoprądowe należy układać w korytkach kablowych pełnych krytych o wymiarach 50x50 mm z pokrywami. Korytka kablowe należy układać na stopach betonowych w otulinie z gumy lub bituminu. Dedykowane przewody solarne powinny charakteryzować się następującymi parametrami:

- napięcie znamionowe: 0,6/1kV,
- podwójna izolacja,
- żyły: wg PN/EN-60228, miedziane wielodrutowe klasy 5,
- izolacja: polwinitowa na 90°C
- powłoka: polwinitowa odporna na UV i warunki atmosferyczne, guma usieciowana
- temperatura na powierzchni przewodu: max. 90°C po ułożeniu na stałe, praca dopuszczalna w temp. -30°C do +90°C,

Podczas układania przewodów DC, należy stosować się do następujących zasad:

- przewody prowadzić możliwie jak najkrótszą drogą,
- nie naprężać przewodów podczas przeciągania,
- zachować odległości od instalacji odgromowej oraz kabli sieciowych i transmisji danych,
- unikać krzyżowania przewodów instalacja odgromową.

Kabel energetyczny zmiennoprądowy AC o oznaczeniu YKYżo 5x4 mm² z wyjścia inwertera należy poprowadzić w stalowym korycie kablowym do rozdzielnicy RPV, a następnie przewodem YKYżo 5x4 mm² do rozdzielnicy głównej windy „RG winda 1”. Wyprodukowana w instalacji PV energia elektryczna będzie w ten sposób trafiać na obwody odbiorcze części wspólnej budynku. Okablowanie zmiennoprądowe AC pomiędzy falownikiem, a rozdzielnicą będzie układane w korytkach kablowych stalowych pełnych BAKS 50x50 mm. Okablowanie zmiennoprądowe należy układać zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami.

2.10. Rozdzielnica DC

W instalacji fotowoltaicznej zostaną zastosowane skrzynki stałoprądowe DC z zabezpieczeniami. Rozdzielnice DC należy wyposażyć w ogranicznik przepięć SPD DC Typu I+II na każdy obwód falownika. Rozdzielnice DC mogą być wykonana w oparciu o system spełniający wymogi normy PN-HD 60364-7-712. Rozdzielnicę można wyposażyć w przyłącza wtykowe kompatybilne z MC4 umożliwiające podłączenie kilku łańcuchów generatora PV. W celu zapewnienia poprawnej i bezpiecznej pracy instalacji fotowoltaicznej i urządzeń elektrycznych, w rozdzielnicy DC należy zamontować ograniczniki przepięć SPD DC typu I+II po jednym na każdy obwód modułów fotowoltaicznych. Rozłącznik DC nie

jest wymagany ze względu na jego ilość wejść solarnych na każdy obwód MPPT. Zabezpieczenie przed prądami rewersyjnymi nie jest konieczne, ponieważ nie występuje połączenie równoległe co najmniej trzech łańcuchów generatora PV do jednego obwodu MPPT.

Podstawowe parametry techniczne rozdzielnic przewidzianych do zamontowania skrzynek DC:

- Prąd znamionowy: DC 20 A
- Napięcie znamionowe: DC 1000 V
- Termiczne warunki pracy: pomiędzy -40°C – +120°C
- Klasa ochronności: II
- Stopień ochrony: IP65

2.11. Rozdzielnica główna RPV

W instalacji fotowoltaicznej przewidziano montaż rozdzielnic głównej RPV w obudowie z tworzywa, wyposażoną w wyłącznik główny nadmiarowo prądowy. Konstrukcja rozdzielnic RPV wykonana będzie z elementów z tworzywa o montażu natynkowym. Rozdzielnica w wykonaniu standardowym przystosowana jest do pracy w układzie TN-S. Rozdzielnicę należy zamontować na ścianie w pomieszczeniu technicznym pomiędzy falownikiem a rozdzielnicą windy „RG winda 1”. Rozdzielnicę RPV należy przyłączyć do rozłącznika PPOŻ, a następnie do przewodów zasilających rozdzielnicę „RG winda 1”.

Podstawowe parametry rozdzielnic RPV:

- stopień ochrony IP65
- obudowa wykonana ze tworzywa,
- kolor obudowy szary RAL7032
- wyposażona szyny PE i N,
- szyna DIN pod montaż zabezpieczeń,
- maskownica przednia zabezpieczająca przed dotykiem pośrednim przewodów pod napięciem.

2.12. Ochrona przeciwporażeniowa, przeciążeniowa i zwarceniowa

Jako środek ochrony przeciwporażeniowej podstawowej (przed dotykiem bezpośrednim) przyjęto izolację części czynnych, stosowanie przegród, osłon (IIP2X) oraz barier. W instalacji należy zamontować obudowy (rozdzielnicę) oraz urządzenia o II klasie ochronności. Urządzenia klasy ochronności II to urządzenia, których ochrona przeciwporażeniowa podstawowa polega na zastosowaniu izolacji podstawowej, przy uszkodzeniu polega na zastosowaniu izolacji dodatkowej, lub polega na zastosowaniu izolacji wzmocnionej. Jako środek ochrony dodatkowej (przed dotykiem

pośrednim) należy przyjąć samoczynne wyłączenie zasilania, oraz dodatkową i podwójną izolację ochronną.

Przewody łączące odbiorniki energii elektrycznej ze źródłem zasilania powinny być chronione przed skutkami prądów przetężeniowych przez urządzenia zabezpieczające, samoczynnie wyłączające zasilanie w przypadku przeciążenia lub zwarcia. Urządzeniem, które pełni funkcję zabezpieczającą jednocześnie przed prądem przeciążeniowym i przed prądem zwarciovym jest wyłącznik nadprądowy lub rozłącznik bezpiecznikowy z wkładką bezpiecznikową.

W instalacji należy zastosować wyłącznik nadmiarowo prądowy o charakterystyce B i prądzie znamionowym większym niż prąd roboczy falownika i mniejszym niż obciążalność długotrwała przewodu zasilającego (odczytana z normy). Wyłącznik nadmiarowo prądowy należy zamontować w rozdzielnicy RPV przy falowniku.

Konfiguracja zabezpieczeń falowników po stronie AC.

PARAMETR/URZĄDZENIE	Falownik 9 kW
	SOLAREGE SE 9K
Typ przewodu	YKYżo 5x4 mm ²
Obciążalność długotrwała	27 A
Długość obwodu	3-5 m
Prąd roboczy AC	13,69 A
Zabezpieczenie w rozdzielnicy RPV	wyłącznik B 20A
Zabezpieczenie w rozdzielnicy RG	stycznik modułowy 40A

2.13. Ochrona przeciwprzepięciowa

Elektrownia powinna posiadać dwa układy zabezpieczeń elektroenergetycznych reagujących na nieprawidłowe parametry współpracy z siecią elektroenergetyczną: układ zabezpieczeń podstawowych w falownikach oraz układ zabezpieczeń dodatkowych w zewnętrznych skrzynkach DC oraz w rozdzielnicy AC. W celu zabezpieczenia modułów fotowoltaicznych oraz falownika przed przepięciami i przetężeniami, należy zastosować dedykowane ograniczniki przepięć (SPD) przeznaczone do systemów fotowoltaicznych po stronie prądu stałego DC oraz standardowe ograniczniki przepięć AC po stronie prądu przemiennego AC. W instalacja PV po stronie AC należy zastosować ograniczniki przepięć SPD AC typu I+II. Po stronie DC należy zastosować ograniczniki przepięć SPD DC Typu I+II, który pozwalają ograniczyć przepięcia do poziomu $U_p = 4,75$ kV przy prądzie udarowym (8/20) 30 kA (15 kA na jeden biegun). Ogranicznik przepięć DC Typu I+II należy zamontować na każdy obwód generatora fotowoltaicznego.

Konfiguracja zabezpieczeń przeciw-przebiegowych falowników po stronie AC i DC

	Falownik 9 kW
	SOLAREEDGE SE 9K
Rodzaj przewodu strona DC	PV 1-F 1x6 mm ²
Rodzaj przewodu strona AC	YKYżo 5x4 mm ²
Zabezpieczenie strona DC	SPD DC 1000 V Typ I+II
Zabezpieczenie strona AC	SPD AC 230/400 V Typ I+II

2.14. Instalacja odgromowa i uziemiająca

Poprawna praca, właściwe funkcjonowanie instalacji fotowoltaicznej i jej bezpieczeństwo zapewnione będzie poprzez uziemienie modułów fotowoltaicznych i systemu mocowania. Uziemienie powinno być wykonane zgodnie ze obowiązującymi standardami. W związku z obecnością zwodów poziomy instalacji odgromowej na dachu nie będzie możliwości zachowaniem odstępu bezpiecznego od tej instalacji. W związku z tym uziemienie konstrukcji wsporczej należy wykonać do zwodów poziomych instalacji odgromowej. Osobne uziemienie należy wykonać w przypadku szyny uziemiających GSU w rozdzielnicy RPV. Uziemienie szyny należy sprowadzić do głównej tablicy rozdzielczej „RG winda 1”. Do szyny GSU uziemiającej należy podpiąć falownik oraz ograniczniki przepięć AC i DC. Połączenie szyny uziemiającej do głównej szyny w tablicy rozdzielczej należy wykonać linką miedzianą LgY 16 mm². Połączenia wyrównawcze należy prowadzić równolegle możliwie blisko linii DC i AC, aby uniknąć tworzenie pętli indukcyjnych wywołujących przepięcia indukowane.

Do magistrali uziemiającej należy podłączyć następujące elementy instalacji fotowoltaicznej:

- Rozdzielnicę RPV– szyna PE w RG przewodem LgY 16 mm²;
- Falownik fotowoltaiczny – obudowa falownika przewodem LgY 16 mm² do GSU;
- Ogranicznik przepięć DC i AC – szyny PE przy ogranicznikach przewodem LgY 16 mm² do GSU;
- Stalowe koryta kablowe 50x50 mm BAKS - przewodem LgY 16 mm² do instalacji odgromowej.

Wszystkie elementy stalowe konstrukcji wsporczej modułów PV oraz koryt kablowych, należy połączyć międzyrzędowo linką LgY 16 mm² lub drutem stalowym/aluminiowym o średnicy 8 mm do instalacji odgromowej.

2.15. Ochrona przeciwpożarowa

Ochrona przeciwpożarowa zostanie zapewniona przez natychmiastowe wyłączenie zasilania, które będzie realizowane przez główny wyłącznik PPOŻ za przyłączem kablowym a przed tablicą

pomiarową wewnątrz budynku. Odłączenie zasilania z sieci spowoduje wyłączenie falownika z uwagi na brak możliwości synchronizacji urządzenia z siecią. W przypadku wyłączenia falownika napięcie na przewodach DC na odcinku pomiędzy modułami a falownikiem spadnie do napięcia bezpiecznego ze względu na zastosowanie optymalizatorów mocy z ochroną PPOZ. Ponadto przewody elektryczne stałoprądowe będą prowadzone w sposób uniemożliwiający powstanie przypadkowego zwarcia i uszkodzenia izolacji. Po poszyciu dachowym przewody solarne należy prowadzić w stalowych korytach kablowych. W celu zmniejszenia zagrożenia pożarowego w instalacji należy zastosować:

- System detekcji i przerywania łuku elektrycznego (zintegrowany z optymalizatorami).
- Zabezpieczenie przed pracą wyspowa (zintegrowane z falownikiem). Urządzenie nie będzie wprowadzało energii do sieci w momencie wykrycia nieprawidłowego napięcia zasilania.
- Odpowiedni montaż - wszystkie połączenia elektryczne należy wykonywać starannie oraz upewnić się, że mają one odpowiednią wytrzymałość.

2.16. Elementy monitorujące pracę elektrowni fotowoltaicznej

Podstawową formą reprezentacji danych dotyczących wielkości produkcji i pracy instalacji jest wyświetlacz graficzny inwertera, na którym na bieżąco oraz archiwalnie można analizować i przeglądać dane odnośnie produkcji energii elektrycznej. Na wyświetlaczu można również sprawdzić prawidłowość działania falownika oraz wyświetlić ewentualne błędy pracy urządzenia. Falownik SolarEdge posiada możliwość podłączenia z modemem za pomocą złącza WLAN lub LAN. Dzięki połączeniu z Internetem oraz dostęp do platformy SolarEdge, możliwy jest podgląd w produkcji energii elektrycznej za pośrednictwem interfejsu użytkownika w przeglądarce internetowej. Zdalny podgląd w produkcję wymaga połączenia falownika do Internetu oraz założenie konta na stronie SolarEdge oraz zarejestrowanie falownika. Podgląd w produkcję jest możliwy zarówno na komputerze jak i na telefonie dzięki aplikacji mobilnej. Projektowany falownik należy dostarczyć wraz z kartą do monitoringu przewodowej LAN.

W celu zapewniania ciągłości sygnału internetowego w miejscu montażu falowników należy doprowadzić przewód sygnałowy F/UTP 4x2x0,5 mm² z modemem GSM w rozdzielnicy RG zamontowanej w pomieszczeniu technicznych na dachu. Połączenie falowników fotowoltaicznych z modemem należy zrealizować za pomocą skrętki wielożyłowej UTP prowadzonej w kanale kablowym. Alternatywnie można zastosować połączenie WLAN bezpośrednio z modemem.

2.17. Interfejs komunikacyjny

Służy do połączenia inwerterów w celu komunikacji oraz zbierania danych o produkcji energii, a także przesyłania ich do systemu monitorującego pracę instalacji. Połączenie falownika SolarEdge za

pomocą LAN jest możliwe ze względu na obecność tego portu w karcie komunikacyjnej inwertera. W rozpatrywanym przypadku połączenie pomiędzy falownikiem a modemem umieszczonym na parterze obiektu, zostanie wykonane za pomocą skrętki wielożyłowej F/UTP 4x2x0,5 mm². Alternatywnie komunikację pomiędzy falownikami SolarEdge, a modemem można zrealizować przez sieć bezprzewodową Wi-Fi.

2.18. Konfiguracja doboru modułów

MODUŁ FOTOWOLTAICZNY	Trina Solar TSM-DE17M(II)-455Wp	PARAMETRY OTOCZENIA
Napięcie obwodu otwartego STC Uoc [V]	49,8	Warunki STC
Maksymalne napięcie pracy STC Umpp [V]	41,2	Temp. Ogniwa [°C] 25
Prąd zwarcia STC Isc [A]	11,61	Nat. prom. [W/m ²] 1000
Maksymalny prąd roboczy STC Impp [V]	11,06	Warunki ZIMA
Moc znamionowa STC [Wp]	455	Temp. Ogniwa [°C] -15
Sprawność [%]	20,8	Nat. prom. [W/m ²] 1000
Wsp. temp. natężenia Isc [%/K]	0,04	Warunki LATO
Wsp. temp. napięcia Voc [%/K]	-0,25	Temp. Ogniwa [°C] 75
Wsp. temp. mocy Pmpp [%/K]	-0,34	Nat. prom. [W/m ²] 1000
OPTYMALIZATOR	S500	Wymiary modułu
Znamionowe napięcie wejściowe [V]	105	Długość [mm] 2102
Maksymalny prąd wejściowy [A]	14,1	Szerokość [mm] 1040
Maksymalna moc wejściowa [W]	440	Wysokość [mm] 35

Przedstawione poniżej parametry elektryczne szeregu modułów, czyli napięcie oraz natężenie prądu stałego nie przedstawiają rzeczywistych wartości docierających do falownika, a jedynie parametry skrajne. Obliczenia nie uwzględniają pracy modułu MPPT w optymalizatorze mocy S500. Rzeczywiste napięcia i natężenia na wejściu falownika będą płynnie regulowane (zależnie od temperatury ogniw i natężenia promieniowania słonecznego) i dostosowane do parametrów pracy falownika na poziomie pojedynczej modułu.

PARAMETRY MODUŁÓW	MAX	Akceptacja	MIN	Akceptacja
Ilość modułów:	1		1	
Parametry STC (25°C, 1000 W/m ²)		TAK		TAK
Napięcie obwodu otwartego STC Uoc [V]	49,80		49,80	
Maksymalne napięcie pracy STC Umpp [V]	41,20		41,20	
Prąd zwarcia STC Isc [A]	11,61		11,61	
Maksymalny prąd roboczy STC Impp [V]	11,06		11,06	
Moc znamionowa STC [Wp]	455,00		455,00	
Parametry skrajne - zima (-25°C, 1000 W/m ²)		TAK		TAK
Napięcie obwodu otwartego (-25°C) Uoc [V]	54,78		54,78	
Maksymalne napięcie pracy (-25°C) Umpp [V]	46,18		46,18	
Prąd zwarcia (-25°C) Isc [A]	11,42		11,42	
Maksymalny prąd roboczy (-25°C) Impp [V]	10,87		10,87	
Moc znamionowa (-25°C) [Wp]	516,88		516,88	

Parametry skrajne - lato (75°C, 1000 W/m ²)				
Napięcie obwodu otwartego (75°C) U _{oc} [V]	43,58		43,58	
Maksymalne napięcie pracy (75°C) U _{mpp} [V]	34,98		34,98	
Prąd zwarcia (75°C) I _{sc} [A]	11,84	TAK	11,84	TAK
Maksymalny prąd roboczy (75°C) I _{mpp} [V]	9,61		9,61	
Moc znamionowa (75°C) [Wp]	377,65		377,65	

Moduły	Trina Solar TSM-DE17M(II)-455Wp				
Falownik	SOLAREGE SE 9K				
KONFIGURACJA OBWODÓW	WEJŚCIE	Obwód	Ilość optymalizatorów	Ilość modułów	Moc [kWp]
	1	1	22	22	10,010
		2	0	0	0,000
	2	3	0	0	0,000
		4	0	0	0,000
SUMA			22	22	10,010

2.19. Obliczenia doboru przewodów i zabezpieczeń

DOBÓR KABLI I ZABEZPIECZEŃ DLA OBWODU FALOWNIKA 9 kW

P = 9 kW

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi} = \frac{9,0}{1,73 \times 0,4 \times 0,95} = 13,69 \text{ A}$$

Dobrano przewody YKYžo 5x4 mm²

Sprawdzenie doboru kabli i zabezpieczeń:

[1] $I_B \leq I_N \leq I_z$

[2] $I_z \leq 1,45 \times I_z$

I_z – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego przed przeciążeniem i zwarcie

Jako zabezpieczenie przeciążeniowe kabla dobrano wyłącznik nadprądowy o charakterystyce B prądzie znamionowym 20 A.

[1] $I_B = 13,69 \text{ A} \leq I_N = 20 \text{ A} \leq I_z = 27 \text{ A}$ – warunek [1] spełniony

[2] $I_z = 1,45 \times I_N = 1,45 \times 20 \text{ A} = 29 \text{ A}$

[2] $29 \text{ A} \leq (1,45 \times 27 \text{ A})$

[2] $29 \text{ A} \leq 39,15 \text{ A}$ – warunek [2] spełniony

Przewód i zabezpieczenie dobrano prawidłowo.

OBLICZENIE SPADKÓW NAPIĘĆ NA OBWODZIE FALOWNIKA 16 kW

$$\Delta U_{\%} = \frac{100 \times P \times l}{\gamma \times s \times U_n^2} = \frac{100 \times 9000 \times 5}{55 \times 4 \times 400^2} = 0,05 \%$$

gdzie:

P – moc czynna [W], P= 9000 [W]

l – długość przewodu [m], l= 5 [m]

s – przekrój żyły [mm²], s= 4 [mm²]

γ – konduktywność przewodu [m/W*mm²], dla Cu: 55 [m/W*mm²],

U_n – napięcie międzyfazowe [V], U_n=400 [V]

Spadek napięcia jest mniejszy od 1 % i jest dopuszczalny.

2.20. Uwagi końcowe

- Wybór konkretnych modeli modułów oraz falowników miał na celu właściwy doboru systemu fotowoltaicznego. Projektant dopuszcza możliwość zastosowania urządzeń o zbliżonych lub lepszych parametrach do zaprojektowanych.
- Po wykonaniu systemu przeprowadzić pomiary elektryczne: a. Oględziny/inspekcja zgodnie z normą PN-HD 60364-6, b. Pomiary podstawowe kategorii „I”: (kontrola bezpieczeństwa zgodnie z normą PN-EN 62446-1), ciągłość połączeń uziemiających/wyrównawczych, rezystancja izolacji przewodów, rezystancja uziemienia, kontrola polaryzacji, napięcie i natężenie prądu, sprawdzenie funkcjonalne
- Prace montażowe należy wykonywać zgodnie z obowiązującymi normami, przepisami oraz wytycznymi producentów instalowanych urządzeń przez osoby posiadające niezbędne uprawnienia.
- Zastosowane aparaty i urządzenia powinny posiadać wymagane certyfikaty i dopuszczenia pracy na terenie Polski.
- Wszelkie zmiany lub niezgodności z projektem na etapie montażu powinny zostać uzgodnione i zaaprobowane z Inwestorem.
- Montaż należy prowadzić przy zachowaniu przepisów BHP, a roboty elektryczne należy wykonywać pod nadzorem osób uprawnionych.
- Podawana wydajności instalacji fotowoltaicznej obliczono na podstawie szacunków z programu. Wartości uzysków są określone w sposób matematyczny. Projektant nie ponosi odpowiedzialności za prawdziwe uzyskane wartości, które mogą odbiegać od wartości uzysków podawanych w projekcie. Przyczyny odchyień są różne i zazwyczaj są one związane z

warunkami zewnętrznymi takimi jak: zabrudzenia modułów fotowoltaicznych, warunków pogodowych, zacienienia, przerwach w zasilaniu z sieci energetycznej.

- Kolejne kroki realizacji inwestycji to: uzyskanie opinii konstruktora pod kątem wytrzymałości dachu, wybór wykonawcy, montaż i uruchomienie elektrowni fotowoltaicznej, pomiary i odbiory końcowe.
- W związku z kolizją konstrukcji wsporczej modułów z elementami instalacji odgromowej na obiekcie, należy dokonać niezbędnych przeróbek instalacji odgromowej w celu wyeliminowania kontaktu elementów stalowych konstrukcji wsporczej z instalacją odgromową.

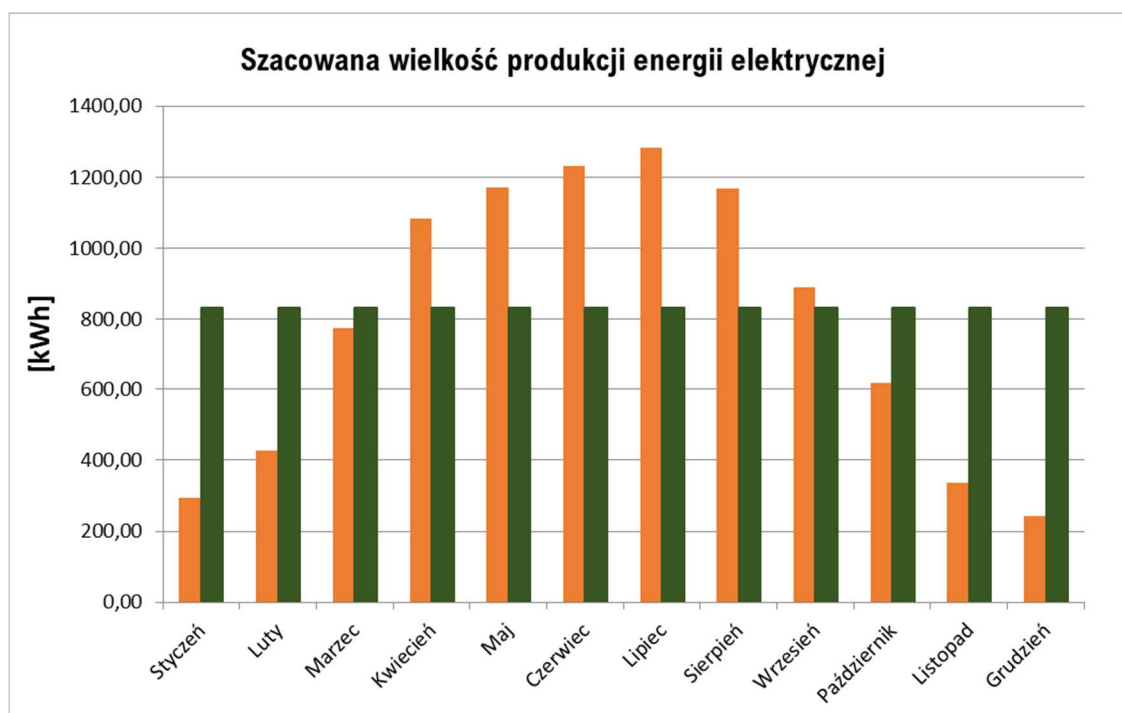
2.21. Zestawienie planowanych urządzeń i komponentów

	KOMPONENT	ILOŚĆ	J.M
GŁÓWNE	Moduły fotowoltaiczne Trina Solar TSM-DE17M(II)-455Wp	22	szt.
	Falownik SOLAREGE SE9K (3P, WI-FI)	1	szt.
	Optymalizatory mocy SolarEdge S500	22	szt.
	Moduł do komunikacji SolarEdge wi-fi (opcja)	1	szt.
KONSTRUKCJA	Wsporniki konstrukcji montażowej 15° CORAB PB-096	35	kpl.
	Płyta montażowa balastu z podkładem z papy	35	szt.
	Balast betonowy 25x35x15 cm (25 kg)	70	szt.
	Klema środkowa komplet (klema śruba M8 imbus)	18	szt.
	Klema końcowa komplet (klema śruba M8 imbus)	52	szt.
	Wiatrownica	22	szt.
OSPRZĘT DC	Kabel solarny 1x6 mm ² czarny	150	m
	Konektor Multi-Contakt MC4	10	kpl.
	Rozdzielnia n/t natynkowa, IP65, 1x12p DC	1	szt.
	Koryto kablowe stalowe BAKS z uchwyty i pokrywą 50x50 mm	60	m
	Ogranicznik przepięć typ 1+2 (B+C) 3P 1000 V DC	1	szt.
OSPRZĘT AC	Ogranicznik przepięć typ 1+2 (C) 4P 230/400V AC	1	szt.
	Wyłącznik nadprądowy 3P, B 20A	1	szt.
	Stycznik modułowy iCT50-40-30-230 40A 3NO 50Hz 220/240 VAC	1	szt.
	Wyłącznik nadprądowy 1P, B 6A	1	szt.
	Rozdzielnica RPV n/t natynkowa, IP65, 1x12p DC	1	kpl.
	Gniazdo na szynę DIN 16A 2P+Z	1	szt.
	Opaska kablowa 4,5 mm 310 mm (100 szt.)	4	kpl.
	Rura karb. PVC 750N pilot UV fi 32 mm	100	m
	Przewód uziemiający LgY 1x 16 mm ²	50	m
	Przewód zasilający AC YKYżo 5x4 mm ²	6	m
	Modem internetowy z GPRS	1	kpl.
	Przycisk wyzwalania PPOŻ w obudowie i przewód sygnałowy	1	kpl.
	Przewód sygnałowy F/UTP 4x2x0,5 mm ²	10	m
	Osprzęt elektroinstalacyjny i montażowy drobny (śruby, kołki i uchwyty)	1	kpl.

3. UZYSK ENERGETYCZNY

Moc nominalna systemu fotowoltaicznego: 10,01 kWp (krystaliczny krzem). Szacunkowe straty z powodu temperatury 5,47 % (z wykorzystaniem lokalnej temperatury otoczenia). Szacowane straty z powodu efekty odbicia 3,55 %. Inne straty 17,0 % (kable, falownik, inne). Łączne straty systemowe 23,12 %.

Nachylenie = 15°, Orientacja (azymut S) = 10°S					Zużycie szacowane [kWh]
Miesiąc	Dziennie [kWh]	Miesięcznie [kWh]	H_d	H_m	
Styczeń	9,47	293,43	1,17	36,16	833,33
Luty	15,27	427,52	1,86	52,15	833,33
Marzec	24,99	774,73	3,12	96,67	833,33
Kwiecień	36,10	1082,93	4,65	139,63	833,33
Maj	37,75	1170,40	4,96	153,90	833,33
Czerwiec	41,00	1229,86	5,48	164,26	833,33
Lipiec	41,36	1282,18	5,60	173,75	833,33
Sierpień	37,64	1166,95	5,08	157,37	833,33
Wrzesień	29,62	888,68	3,89	116,60	833,33
Październik	19,90	616,87	2,56	79,28	833,33
Listopad	11,22	336,60	1,43	43,03	833,33
Grudzień	7,86	243,54	1,01	31,39	833,33
Średnia roczna	26,01	792,81	3,40	103,68	833,33
SUMA [kWh]		9514		1244,19	10000,00



Rys. 8 Uzyski energii w poszczególnych miesiącach z instalacji PV

4. EFEKT EKOLOGICZNY

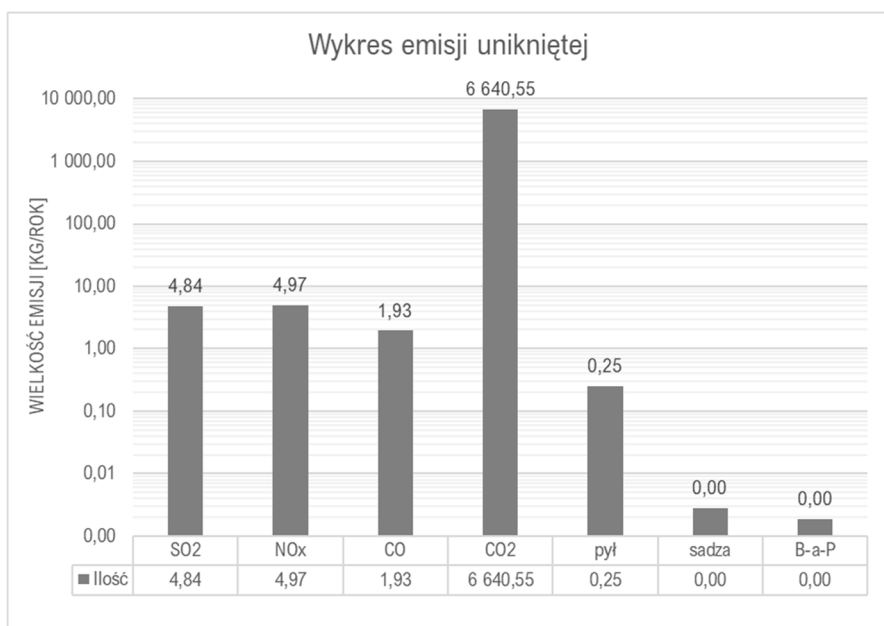
Emisja uniknięta to ilość substancji, jaka byłaby wprowadzona do powietrza w danym roku z instalacji stosowanych powszechnie do wytwarzania określonego produktu na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, a przez zastosowanie nowej instalacji, innego rozwiązania technicznego lub technologicznego lub innych surowców lub paliw nie została wprowadzona do powietrza. (Źródło: Ustawa z dnia 22 grudnia 2004 r. o handlu uprawnieniami do emisji do powietrza gazów cieplarnianych i innych substancji, art. 3 ust. 3).

Emisję unikniętą obliczono na podstawie wskaźników emisji dla energii elektrycznej u odbiorców końcowych energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2020 r., podanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE). Wskaźnik unosu CO₂ [kg/MWh] wskazuje, ile kg CO₂ jest produkowane dla każdej kilowatogodziny energii elektrycznej wytworzonej w procesie spalania i przetwarzania energii cieplnej na energię elektryczną w całym systemie energetycznym. Dodatkowo zastosowane wskaźniki dla emisyjności energii elektrycznej u odbiorcy końcowego uwzględnia całą wyprodukowaną energię elektryczną w kraju, niezależnie od rodzaju instalacji (instalacje spalania, energia z wody, energia z wiatru, energia z innych źródeł OZE) oraz uwzględniają saldo wymiany z zagranicą, a także straty i różnice bilansowe.

Na podstawie wskaźników emisyjności podanych przez KOBiZE wyliczono efekt ekologiczny dla produkcji energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej. Produkcja energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej pozwoli wyeliminować równowartość emisji zanieczyszczenia związanej z poborem takiej samej ilości energii z sieci elektroenergetycznej. Zatem efekt ekologiczny będzie równy ilości wyprodukowanej energii elektrycznej przez instalację fotowoltaiczną.

Lp.	Wyszczególnienie	J.m.	Ilość
1.	Dwutlenek siarki	kg/MWh	0,5090
2.	Tlenki azotu	kg/MWh	0,5220
3.	Tlenek węgla	kg/MWh	0,2030
4.	Dwutlenek węgla	kg/MWh	698,0000
5.	pył (PM2,5, PM10)	kg/MWh	0,0260
6.	sadza	kg/Mg	0,0006
7.	Benzo- α -piren	kg/Mg	0,0004

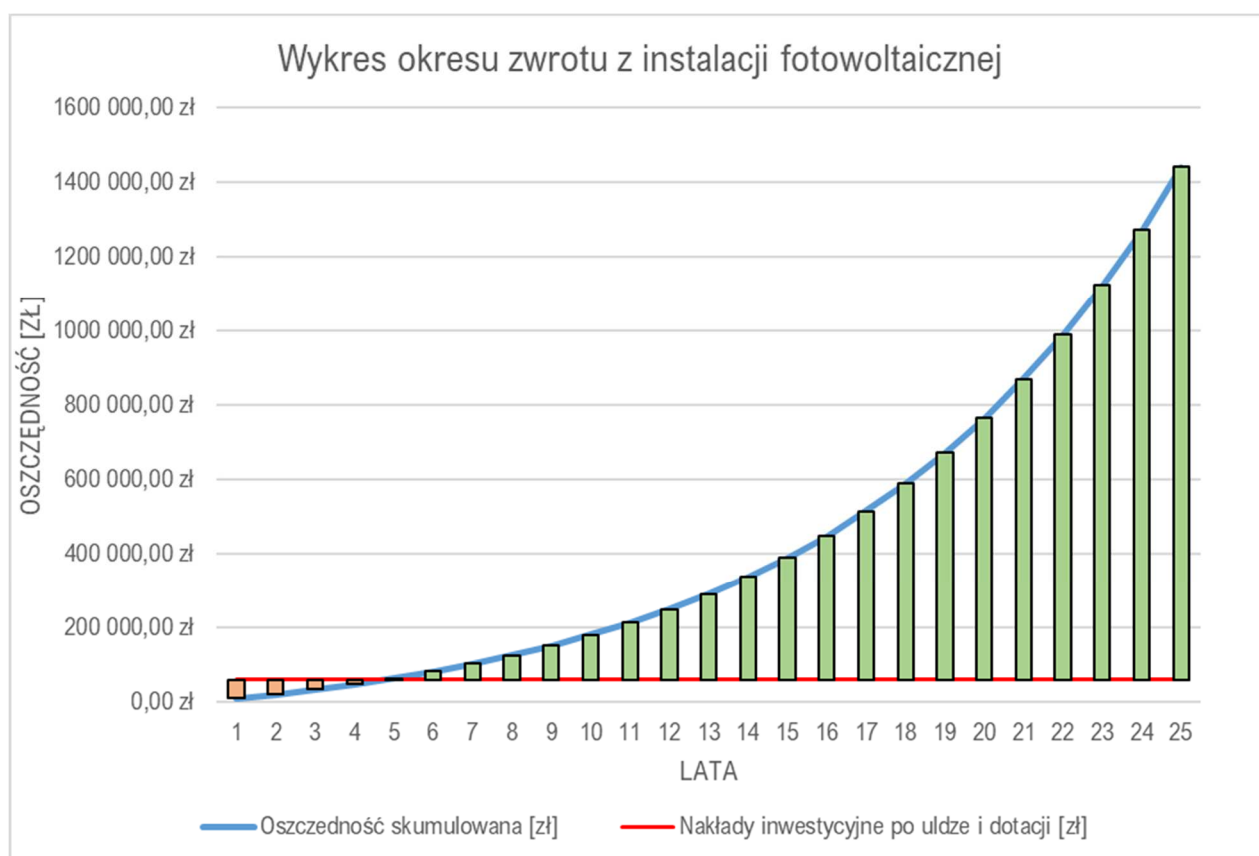
EFEKT EKOLOGICZNY				
Ilość wyprodukowanej energii:		9,514	[MWh/rok] [GJ/a]	
Ilość wyprodukowanej energii:		34,249		
współczynnik nakładu EP		3	[-]	
wartość opałowa węgla:		21,770	[GJ/Mg]	
zawartość siarki:		0,80	[%]	
zawartość popiołu:		15,00	[%]	
sprawność odpylania:		0,98	[-]	
sprawność odsiarczania:		0,98	[-]	
zużycie węgla w EC przed inwestycją:		4,63	[Mg/rok]	
zużycie węgla w EC po inwestycji:		0,00	[Mg/rok]	
Wskaźniki unosu				
Lp.	Wyszczególnienie	J.m.	Ilość	
1.	Dwutlenek siarki	kg/MWh	0,5090	
2.	Tlenki azotu	kg/MWh	0,5220	
3.	Tlenek węgla	kg/MWh	0,2030	
4.	Dwutlenek węgla	kg/MWh	698,0000	
5.	pył (PM2,5, PM10)	kg/MWh	0,0260	
6.	sadza	kg/Mg	0,0006	
7.	Benzo-α-piren	kg/Mg	0,0004	
Ilość substancji niewyemitowanych do powietrza z tytułu realizacji projektu - budowy instalacji fotowoltaicznej.				
Wyszczególnienie		Jm.	Ilość	
1.	Dwutlenek siarki	SO ₂	kg/rok	4,84
2.	Tlenki azotu	NO _x	kg/rok	4,97
3.	Tlenek węgla	CO	kg/rok	1,93
4.	Dwutlenek węgla	CO ₂	kg/rok	6 640,55
5.	pył	pył	kg/rok	0,25
6.	sadza	sadza	kg/rok	0,00
7.	Benzo-α-piren	B-a-P	kg/rok	0,00



Rys. 9 Wykres efektu ekologicznego/emisji unikniętej.

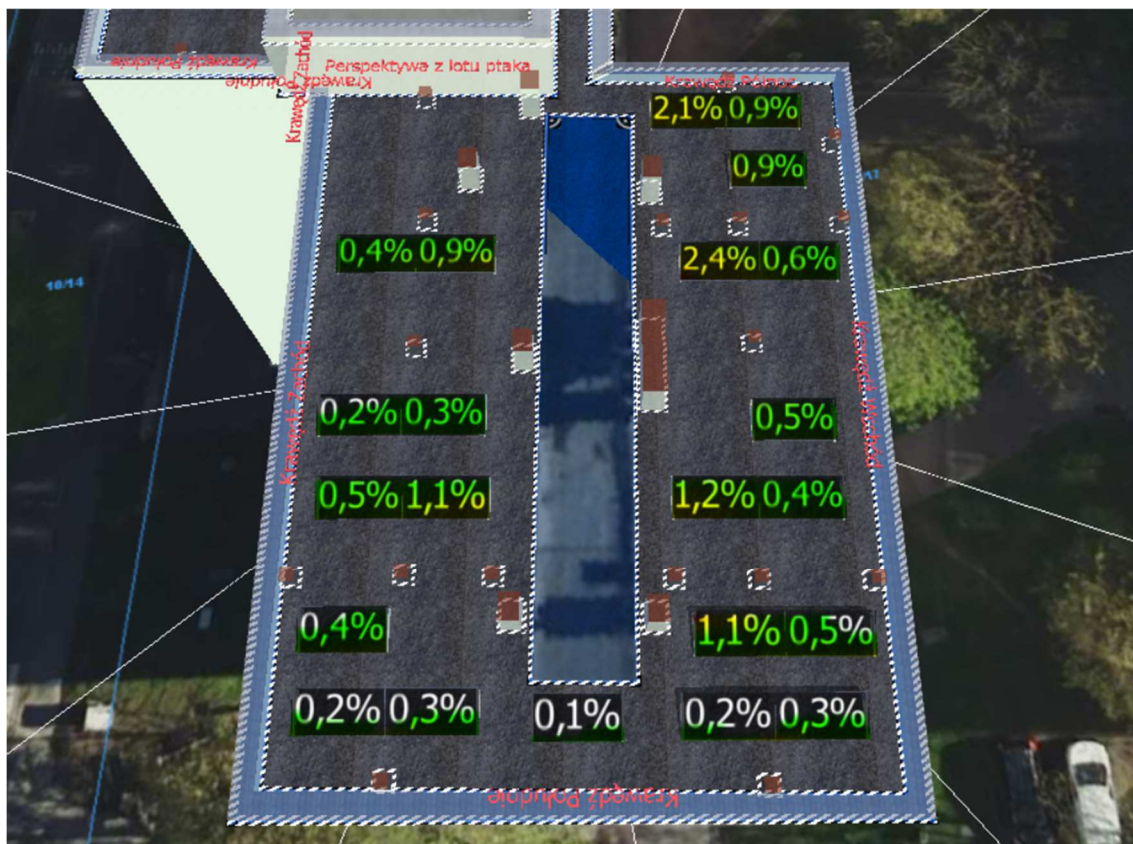
5. ANALIZA SZACOWANEGO OKRESY ZWROTU Z INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

DANE PODSTAWOWE	WARTOŚĆ
Moc instalacji [kWp]	10,01
Stawka VAT [%]	23,00
Koszt całkowity netto [zł]	48780,49
Koszt jednostkowy netto [zł/kWp]	4873,18
Koszt całkowity brutto [zł]	60000,00
Koszt jednostkowy brutto [zł/kWp]	5994,01
Uzysk energetyczny w roku [kWh]	9513,68
Cena energii elektrycznej [zł/kWh]	1,15
Cena sprzedaży nadwyżek do sieci z TGE [zł/kWh]	0,70
Przewidywany wzrost ceny energii elektrycznej [%]	8,00
Przewidywana inflacja [%]	5,00
Energia oddawana do zakładu energetycznego [%]	25,00



Rys. 10 Wykres szacunkowego okresu zwrotu z instalacji fotowoltaicznej

6. ANALIZA ZACIENIENIA

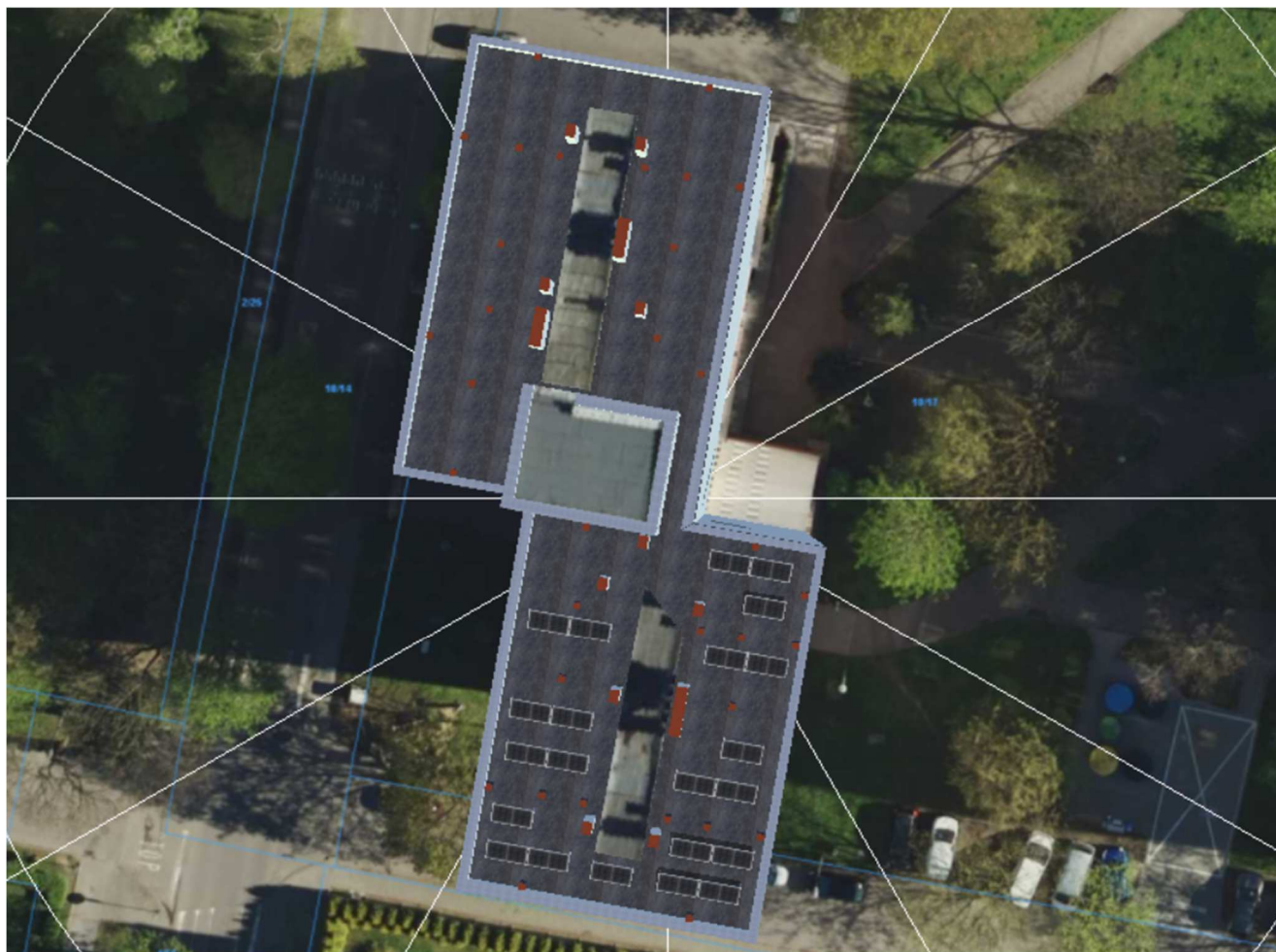


Rys. 11 Wizualizacja instalacji fotowoltaicznej – symulacja strat 1

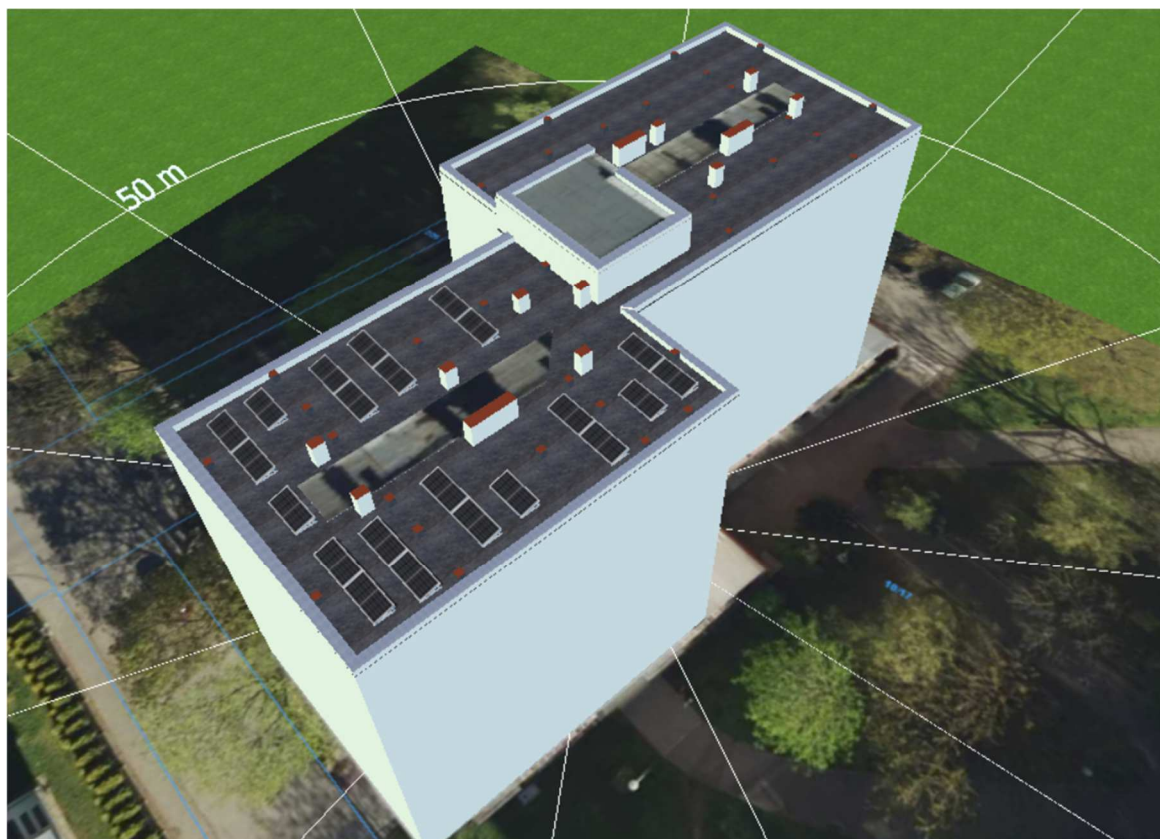


Rys. 12 Wizualizacja instalacji fotowoltaicznej – symulacja strat 2

7. WIZUALIZACJE ZAGOSPODAROWANIA DACHU



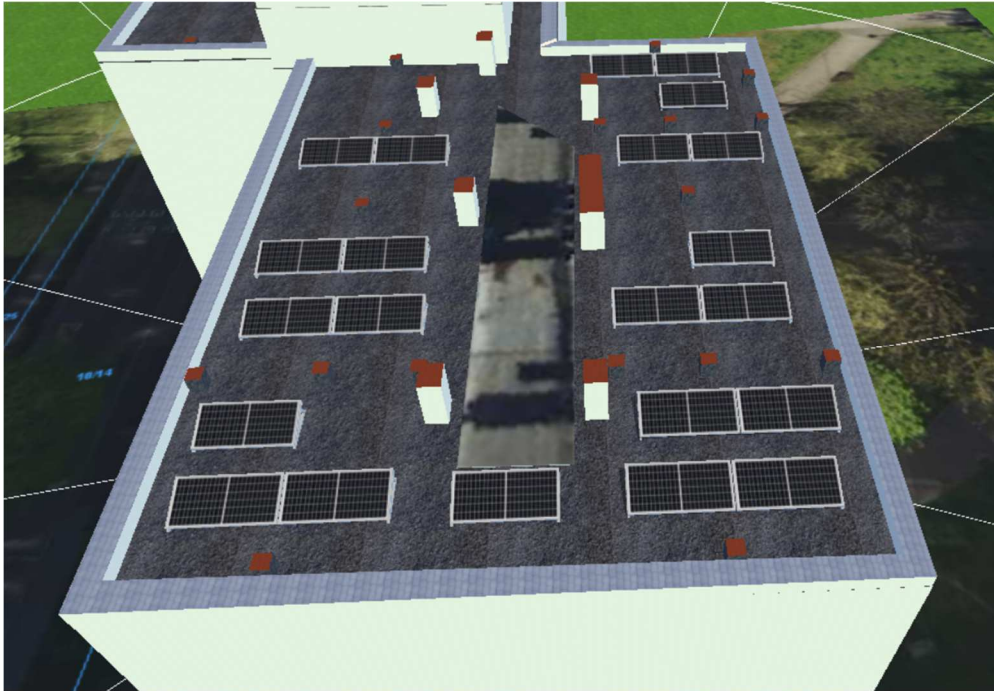
Rys. 13 Wizualizacja instalacji fotowoltaicznej – budynek główny.



Rys. 14 Wizualizacja instalacji fotowoltaicznej – 1



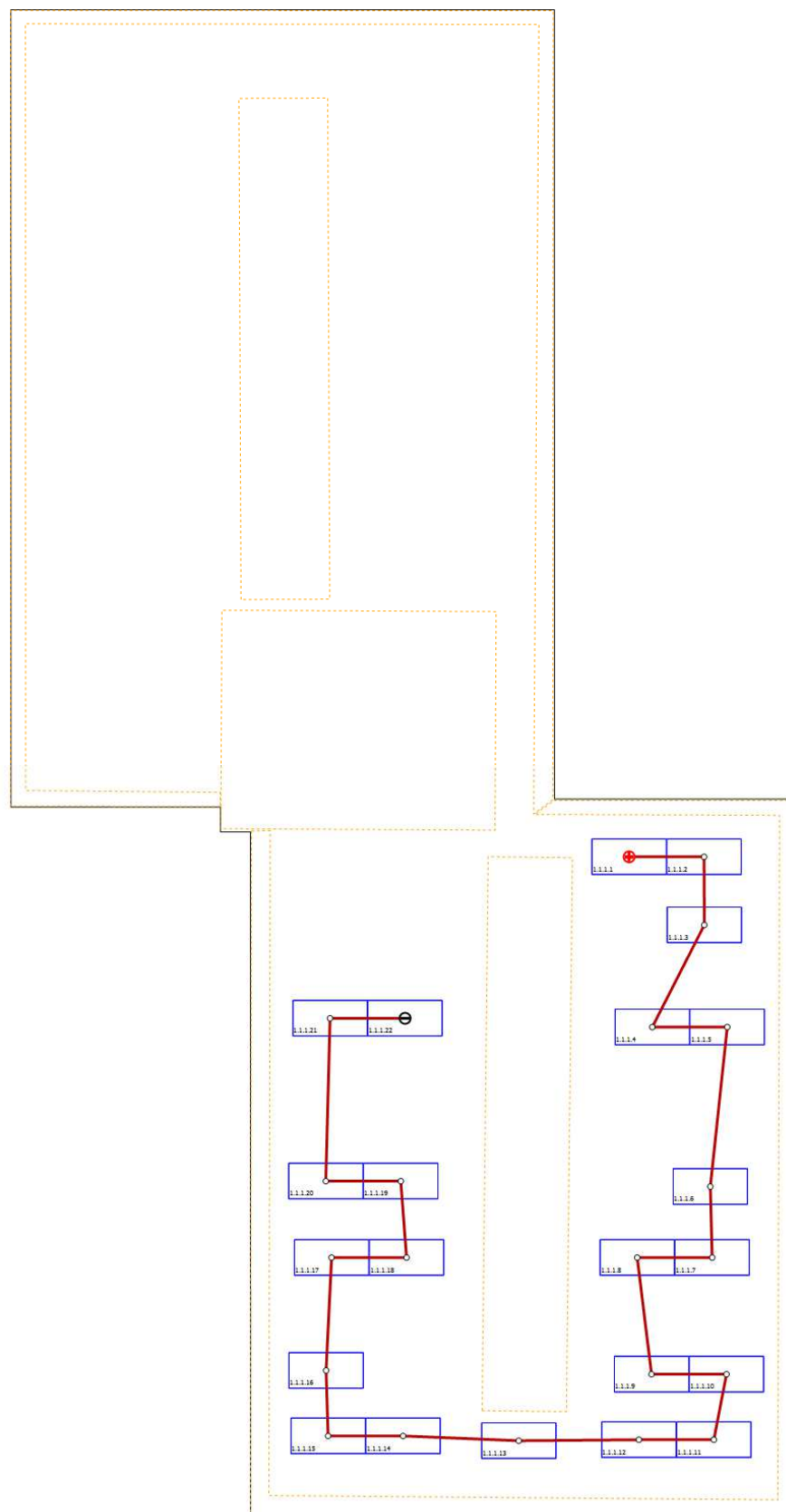
Rys. 15 Wizualizacja instalacji fotowoltaicznej – 2.



Rys. 16 Wizualizacja instalacji fotowoltaicznej – 3.



Rys. 17 Wizualizacja połączenia obwodów.



Rys. 18 Schemat połączeń elektrycznych.

8. SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

Lp.	Tytuł	Numer
1	Plan sytuacyjny	R1
2	Rzut dachu budynku	R2
3	Schemat elektryczny strona DC	R3
4	Schemat elektryczny strona AC	R4
5	Karta katalogowa modułów fotowoltaicznych	Zał 1
6	Karta katalogowa optymalizatorów mocy	Zał 2
7	Karta katalogowa falowników	Zał 3
8	Karta katalogowa konstrukcji montażowej	Zał 4