

Dokumentacja techniczna

Instalacja fotowoltaiczna o mocy 39,44 kWp z magazynem energii o pojemności 62,1 kWh oraz systemem zarządzania przepływem energii w budynku.

TYTUŁ:	Instalacja fotowoltaiczna o mocy 39,44 kWp z magazynem energii o pojemności 62,1 kWh oraz systemem zarządzania przepływem energii w budynku.	
LOKALIZACJA:	Śmieciuchówka, dz. 120/1, 16-427 Przerośl Województwo: podlaskie Powiat: suwalski Gmina: Przerośl Obręb: Śmieciuchówka Identyfikator działki : 201204_2.0019.120/1	
INWESTOR:	Gmina Przerośl ul. Rynek 2, 16-427 Przerośl	
ZAKRES OPRACOWANIA:	Instalacje fotowoltaiczne, magazyn energii	
FUNKCJA:	Imię Nazwisko:	Podpis:
PROJEKTOWAŁ	mgr inż. Adam Łapszo	
DATA OPRACOWANIA:	30.04.2026 r.	

Spis treści

1. Opis ogólny inwestycji.....	4
1.1. Przedmiot opracowania.....	4
1.2. Podstawa formalno-prawna.....	4
1.3. Lokalizacja inwestycji	5
1.4. Charakterystyka zakresu robót.....	6
1.5. Cel inwestycji.....	6
2. Zakres opracowania	7
2.1. Przedmiot i zakres prac	7
3. Podstawowe dane techniczne instalacji	7
3.1. Moc instalacji fotowoltaicznej	7
3.2. Roczne zużycie energii elektrycznej.....	7
3.3. Podstawowe elementy instalacji	7
3.4. Sposób pracy instalacji	8
4. Warunki lokalizacyjne i klimatyczne	8
4.1. Warunki nasłonecznienia	8
4.2. Strefa śniegowa.....	9
4.3. Strefa wiatrowa	9
4.4. Wpływ warunków zewnętrznych na pracę instalacji.....	9
5. Informacje o ochronie terenu i oddziaływanie na środowisko	9
6. Innowacyjność projektu.....	10
7. Moduły fotowoltaiczne.....	11
7.1. Typ modułów fotowoltaicznych	11
7.2. Technologia bifacjalna.....	12
7.3. Konstrukcja wsporcza pod moduły.....	12
7.4. Układ modułów, kąt nachylenia i warunki pracy instalacji.....	13
7.5. Odległości od granicy działki i dostęp serwisowy.....	13
7.6. Inwertery fotowoltaiczne	14
8. Magazyn energii	15
9. System zarządzania przepływem energii (EMS).....	16
10. Parametryzacja techniczna i analiza systemów ochronnych	17
11. Ochrona przeciwporażeniowa, przeciwprzepięciowa i uziemienie.....	18
12. Charakterystyka instalacji i okablowania w sekcjach AC i DC	20
13. Instalacja odgromowa.....	20
14. Wymagania montażowe, uruchomienie i odbiór instalacji.....	21
15. Podsumowanie rozwiązań bezpieczeństwa i PPOŻ	21
16. Rysunki.....	22
17. Załączniki	23

1. Opis ogólny inwestycji

1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem dokumentacji technicznej jest wykonanie instalacji fotowoltaicznej o mocy zainstalowanej 39,44 kWp wraz z magazynem energii elektrycznej o łącznej pojemności nominalnej 62,1 kWh oraz systemem zarządzania przepływem energii w budynku. Inwestycja jest przewidziana na działce nr ewid. 120/1, obręb Śmieciuchówka, gmina Przerośl, powiat suwalski, województwo podlaskie.

Zakres dokumentacji obejmuje instalację fotowoltaiczną posadowioną na gruncie, konstrukcję wsporczą pod moduły fotowoltaiczne, inwertery, magazyn energii, okablowanie strony DC i AC, rozdzielnicę instalacji fotowoltaicznej, zabezpieczenia elektryczne, instalację uziemiającą, połączenia wyrównawcze, ochronę przeciwporażeniową, ochronę przeciwprzepięciową, system monitorowania oraz system zarządzania przepływem energii.

Instalacja będzie pracowała jako instalacja trójfazowa współpracująca z siecią elektroenergetyczną operatora systemu dystrybucyjnego. Energia elektryczna produkowana przez moduły fotowoltaiczne będzie w pierwszej kolejności wykorzystywana na potrzeby własne obiektu. Nadwyżki energii będą kierowane do magazynu energii, a po jego naładowaniu będą mogły być oddawane do sieci elektroenergetycznej zgodnie z warunkami przyłączenia i zasadami pracy układu pomiarowo-rozliczeniowego. W przypadku niedoboru energii z bieżącej produkcji fotowoltaicznej odbiorniki budynku będą zasilane z magazynu energii, a po jego rozładowaniu z sieci elektroenergetycznej.

1.2. Podstawa formalno-prawna

Projekt obejmuje wykonanie instalacji fotowoltaicznej o mocy zainstalowanej 39,44 kWp wraz z magazynem energii elektrycznej o łącznej pojemności 62,1 kWh.

Instalacja fotowoltaiczna o mocy nieprzekraczającej 150 kW nie wymaga uzyskania pozwolenia na budowę ani dokonania zgłoszenia robót budowlanych. Ze względu na moc przekraczającą 6,5 kW wymaga jednak uzgodnienia pod względem ochrony przeciwpożarowej oraz zawiadomienia właściwego organu Państwowej Straży Pożarnej po zakończeniu montażu. (Nie objęta wnioskiem zgłoszenia)

Projektowany magazyn energii elektrycznej ma pojemność większą niż 30 kWh i nie większą niż 300 kWh. Z tego względu jego wykonanie wymaga dokonania zgłoszenia właściwemu organowi administracji architektoniczno-budowlanej, bez konieczności uzyskiwania pozwolenia na budowę.

Po zakończeniu montażu, a przed rozpoczęciem użytkowania magazynu energii, inwestor zawiadomi właściwy organ Państwowej Straży Pożarnej o wykonaniu instalacji. Realizacja zamierzenia następuje zatem w trybie zgłoszenia, przede wszystkim z uwagi na zastosowanie magazynu energii elektrycznej o pojemności 62,1 kWh.

Podstawę formalno-prawną opracowania i realizacji inwestycji stanowią w szczególności:

a) ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane, w szczególności art. 29 ust. 3 pkt 3 lit. h, art. 29 ust. 4 pkt 3 lit. c oraz art. 30;

b) ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii, w zakresie kwalifikacji instalacji jako instalacji odnawialnego źródła energii oraz zasad funkcjonowania urządzeń wytwarzających energię elektryczną z odnawialnych źródeł energii; ustawa ta definiuje m.in. instalację odnawialnego źródła energii oraz odwołuje się do pojęcia magazynu energii elektrycznej.

c) ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne, w zakresie zasad przyłączenia i współpracy instalacji oraz magazynu energii elektrycznej z siecią elektroenergetyczną, w tym określenia parametrów magazynu energii, takich jak moc zainstalowana, pojemność nominalna i sprawność;

d) ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, w zakresie zgodności inwestycji z ustaleniami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego albo konieczności uzyskania decyzji o warunkach zabudowy, jeżeli dla terenu inwestycji nie obowiązuje miejscowy plan;

1.3. Lokalizacja inwestycji

Inwestycja jest zlokalizowana na działce nr ewid. 120/1, obręb Śmieciuchówka, gmina Przerośl, powiat suwalski, województwo podlaskie. Moduły fotowoltaiczne zostaną posadowione na gruncie, na wolnostojącej konstrukcji wsporczej. Lokalizację modułów przyjęto w sposób zapewniający prawidłowe nasłonecznienie, ograniczenie zacienienia, zachowanie dostępu eksploatacyjnego oraz możliwość bezpiecznej obsługi serwisowej instalacji.

Magazyn energii elektrycznej zaprojektowano jako urządzenie wolnostojące, składające się z trzech modułów bateryjnych. Magazyn zostanie usytuowany przy północnej ścianie budynku

znajdującego się na działce. Po obu stronach magazynu energii zaprojektowano falowniki współpracujące z instalacją fotowoltaiczną i systemem magazynowania energii. Rozdzielnica zostanie zlokalizowana na tej samej ścianie budynku, w bezpośrednim sąsiedztwie projektowanych urządzeń.

Pomiędzy poszczególnymi modułami magazynu energii przewidziano przestrzeń techniczną o szerokości 30 cm. Odstęp ten zapewnia prawidłowe warunki pracy urządzeń, umożliwia dostęp do połączeń technicznych oraz ułatwia wykonanie czynności kontrolnych, konserwacyjnych i awaryjnych.

Obok magazynu energii przewidziano strefę techniczną przeznaczoną do obsługi projektowanych urządzeń. Strefa ta zapewnia swobodny dostęp do magazynu energii, falowników, rozdzielnic oraz pozostałych elementów instalacji. Lokalizacja urządzeń przy jednej ścianie budynku porządkuje układ techniczny instalacji, skraca trasy kablowe oraz umożliwia bezpieczną eksploatację i serwisowanie systemu.

1.4. Charakterystyka zakresu robót

Zakres robót obejmuje wykonanie instalacji fotowoltaicznej wraz z urządzeniami towarzyszącymi. W ramach inwestycji przewiduje się w szczególności montaż modułów fotowoltaicznych, montaż konstrukcji wsporczej posadowionej na gruncie, montaż inwerterów fotowoltaicznych, montaż magazynu energii, wykonanie okablowania po stronie DC i AC, wykonanie rozdzielnic instalacji fotowoltaicznej, wykonanie zabezpieczeń elektrycznych, wykonanie instalacji uziemiającej i połączeń wyrównawczych, wykonanie systemu monitorowania oraz systemu zarządzania przepływem energii.

1.5. Cel inwestycji

Celem inwestycji jest ograniczenie zużycia energii elektrycznej pobieranej z sieci elektroenergetycznej poprzez produkcję energii ze źródła odnawialnego. Zastosowanie magazynu energii pozwoli na zwiększenie poziomu autokonsumpcji energii elektrycznej, ponieważ nadwyżki produkcji będą mogły zostać zmagazynowane i wykorzystane w późniejszym czasie.

Instalacja będzie pracowała w sposób zautomatyzowany. System zarządzania przepływem energii będzie kontrolował produkcję, zużycie, magazynowanie oraz oddawanie nadwyżek energii do sieci elektroenergetycznej.

2. Zakres opracowania

2.1. Przedmiot i zakres prac

Zakres opracowania obejmuje wykonanie instalacji fotowoltaicznej posadowionej na gruncie wraz z magazynem energii elektrycznej i systemem zarządzania przepływem energii. W ramach inwestycji przewiduje się montaż modułów fotowoltaicznych w technologii bifacjalnej, montaż konstrukcji wsporczej, montaż inwerterów, montaż magazynu energii, wykonanie tras kablowych po stronie DC i AC, wykonanie rozdzielnicy instalacji fotowoltaicznej, wykonanie ochrony przeciwporażeniowej, ochrony przeciwprzepięciowej, instalacji uziemiającej, połączeń wyrównawczych, systemu monitorowania oraz układu sterowania przepływem energii.

3. Podstawowe dane techniczne instalacji

3.1. Moc instalacji fotowoltaicznej

Projektowana moc generatora fotowoltaicznego po stronie DC wynosi 39,44 kWp. Instalacja będzie współpracowała z dwoma falownikami trójfazowymi. Instalacja zostanie włączona do trójfazowej sieci elektroenergetycznej 230/400 V AC, gdzie napięcie fazowe wynosi 230 V, a napięcie międzyfazowe 400 V.

3.2. Roczne zużycie energii elektrycznej

Roczne zużycie energii elektrycznej obiektu, określone na podstawie faktur za energię elektryczną, wynosi 82 700 kWh/rok.

Projektowana instalacja fotowoltaiczna nie pokryje całkowitego rocznego zapotrzebowania obiektu na energię elektryczną, natomiast pozwoli na znaczące ograniczenie ilości energii pobieranej z sieci elektroenergetycznej.

3.3. Podstawowe elementy instalacji

Projektowana instalacja będzie składała się z następujących zasadniczych elementów:

- modułów fotowoltaicznych o łącznej mocy 39,44 kWp,
- konstrukcji wsporczej pod moduły PV,
- inwerterów fotowoltaicznych,
- magazynu energii o pojemności 62,1 kWh,

- systemu zarządzania przepływem energii,
- rozdzielnic instalacji fotowoltaicznej,
- przewodów po stronie DC,
- przewodów po stronie AC,
- zabezpieczeń nadprądowych,
- przeciwprzepięciowych i przeciwporażeniowych,
- instalacji uziemiającej,
- połączeń wyrównawczych oraz systemu monitorowania pracy instalacji.

3.4. Sposób pracy instalacji

Energia elektryczna będzie produkowana przez moduły fotowoltaiczne w postaci prądu stałego. Następnie energia ta zostanie przesłana przewodami solarnymi do inwerterów, gdzie zostanie przekształcona na prąd przemienny.

Po przekształceniu energia będzie kierowana do instalacji elektrycznej obiektu. W pierwszej kolejności energia z instalacji PV będzie wykorzystywana do zasilania bieżących odbiorów w budynku. Nadwyżka energii będzie kierowana do magazynu energii. Po naładowaniu magazynu niewykorzystana energia będzie mogła zostać oddana do sieci elektroenergetycznej.

W przypadku gdy produkcja energii z instalacji PV będzie niewystarczająca w stosunku do bieżącego zapotrzebowania obiektu, system w pierwszej kolejności wykorzysta energię zgromadzoną w magazynie energii. Po rozładowaniu magazynu energia będzie pobierana z sieci elektroenergetycznej.

4. Warunki lokalizacyjne i klimatyczne

4.1. Warunki nasłonecznienia

Dla lokalizacji inwestycji przyjęto globalne nasłonecznienie horyzontalne na poziomie 1036,5 kWh/m²/rok. Usłonecznienie szacuje się na poziomie około 1600 godzin słonecznych w roku.

Powyższe warunki pozwalają na efektywne wykorzystanie instalacji fotowoltaicznej do produkcji energii elektrycznej. Produkcja energii będzie zmienna w ciągu roku i będzie zależna przede wszystkim od pory roku, warunków atmosferycznych, długości dnia, poziomu zachmurzenia oraz temperatury pracy modułów.

4.2. Strefa śniegowa

Dla lokalizacji inwestycji przyjęto IV strefę śniegową. Obciążenie śniegiem gruntu wynosi 1,2 kN/m². Konstrukcja wsporcza pod moduły fotowoltaiczne powinna zostać dobrana z uwzględnieniem powyższego obciążenia.

4.3. Strefa wiatrowa

Dla lokalizacji inwestycji przyjęto I strefę wiatrową. Obciążenie wiatrem, określone jako ciśnienie prędkości wiatru, wynosi 250 Pa. Projektowana konstrukcja wsporcza zapewnia stabilne przeniesienie obciążeń od wiatru. Dotyczy to zarówno parcia, jak i ssania wiatru oddziałującego na powierzchnię modułów fotowoltaicznych.

4.4. Wpływ warunków zewnętrznych na pracę instalacji

Instalacja fotowoltaiczna będzie pracowała w warunkach zewnętrznych, dlatego zastosowane elementy instalacji dobrano jako odporne na działanie czynników atmosferycznych, w szczególności opadów, promieniowania UV, zmiennych temperatur, wilgoci, obciążenia śniegiem oraz oddziaływania wiatru.

Urządzenia techniczne współpracujące z instalacją, w tym magazyn energii, inwertery oraz rozdzielnicę, zlokalizowano przy budynku, w wydzielonej strefie technicznej pod zadaszeniem. Takie usytuowanie ogranicza bezpośrednie oddziaływanie opadów atmosferycznych na urządzenia, poprawia warunki ich pracy oraz ułatwia dostęp do czynności kontrolnych, konserwacyjnych i awaryjnych.

Urządzenia i osprzęt przewidziane do pracy na zewnątrz posiadają stopień ochrony **IP66** lub inny stopień ochrony wymagany dla danego urządzenia oraz są przeznaczone do eksploatacji w warunkach zewnętrznych.

5. Informacje o ochronie terenu i oddziaływanie na środowisko

Zakres inwestycji obejmuje montaż instalacji fotowoltaicznej o mocy 39,44 kWp wraz z magazynem energii elektrycznej o pojemności 62,1 kWh. Przedsięwzięcie ma charakter techniczny i nie powoduje zmiany sposobu użytkowania istniejącego obiektu. Instalacja fotowoltaiczna zostanie posadowiona na gruncie, na konstrukcji wsporczej, bez konieczności ingerencji w formę architektoniczną budynku. Powierzchnia zajęta przez instalację nie osiąga progów kwalifikujących

przedsięwzięcie jako zabudowę systemami fotowoltaicznymi mogącą znacząco oddziaływać na środowisko.

Teren inwestycji nie znajduje się w granicach form ochrony przyrody. Najbliżej położone obszary chronione znajdują się poza terenem planowanych robót, w tym Obszar Chronionego Krajobrazu Pojezierze Północnej Suwalszczyzny w odległości około 1,08 km, otulina Suwalskiego Parku Krajobrazowego w odległości około 2,36 km oraz rezerwat przyrody Głazowisko Bachanowo nad Czarną Hańczą w odległości około 5,55 km. Ze względu na skalę, lokalizację i techniczny charakter zamierzenia inwestycja nie będzie powodować negatywnego oddziaływania na wskazane formy ochrony przyrody.

Na etapie realizacji mogą wystąpić typowe, krótkotrwałe uciążliwości związane z prowadzeniem robót montażowych, w szczególności czasowa emisja hałasu oraz emisja spalin z pojazdów i sprzętu wykorzystywanego do transportu oraz montażu elementów instalacji. Oddziaływania te będą miały charakter lokalny, odwracalny i ustaną po zakończeniu robót.

Na etapie eksploatacji instalacja fotowoltaiczna oraz magazyn energii nie będą źródłem emisji zanieczyszczeń do powietrza, ścieków technologicznych ani ponadnormatywnego hałasu. Odpady powstające na etapie realizacji i eksploatacji należy gromadzić selektywnie oraz przekazywać podmiotom posiadającym wymagane uprawnienia do ich odbioru i zagospodarowania.

6. Innowacyjność projektu

Innowacyjność projektowanego systemu polega na połączeniu instalacji fotowoltaicznej o mocy **39,44 kWp** z magazynem energii elektrycznej o łącznej pojemności nominalnej **62,1 kWh** oraz systemem zarządzania przepływem energii w budynku. Rozwiązanie to umożliwia nie tylko bieżące wykorzystanie energii elektrycznej produkowanej przez moduły fotowoltaiczne, lecz także magazynowanie nadwyżek energii i ich późniejsze zużycie na potrzeby własne obiektu.

Projektowany układ zwiększa poziom autokonsumpcji energii, ogranicza pobór energii z sieci elektroenergetycznej oraz pozwala na bardziej racjonalne zarządzanie energią w budynku. Energia wytwarzana przez instalację fotowoltaiczną może być w pierwszej kolejności wykorzystywana na potrzeby bieżącego zużycia, następnie kierowana do magazynu energii, a dopiero po jego naładowaniu oddawana do sieci. Takie rozwiązanie poprawia efektywność pracy całej instalacji i zwiększa niezależność energetyczną obiektu.

Zwiększenie efektywności systemu uzyskuje się również poprzez zastosowanie modułów bifacjalnych, czyli dwustronnych, które wykorzystują zarówno promieniowanie słoneczne padające bezpośrednio na przednią powierzchnię modułu, jak i promieniowanie odbite od podłoża, docierające do jego tylnej strony. W celu wzmocnienia tego efektu przewiduje się wykonanie pod modułami jasnej nawierzchni z kruszonego tłucznia, która zwiększa albedo podłoża, czyli jego zdolność do odbijania promieniowania słonecznego. Dzięki temu tylna powierzchnia modułów może brać udział w produkcji energii elektrycznej, co pozwala zwiększyć uzysk instalacji w stosunku do standardowych modułów jednostronnych.

7. Moduły fotowoltaiczne

7.1. Typ modułów fotowoltaicznych

Instalacja fotowoltaiczna składa się z 68 modułów fotowoltaicznych o mocy jednostkowej 580 Wp. Łączna moc zainstalowana generatora fotowoltaicznego po stronie DC wynosi 39,44 kWp. Moduły należy wykonać jako moduły monokrystaliczne, bifacjalne, w technologii N-type, w konstrukcji podwójnego szkła, przystosowane do pracy w instalacji wolnostojącej na gruncie.

Podstawowe parametry modułów przyjęte w dokumentacji

Parametr	Wartość
Moc znamionowa jednego modułu	580 Wp
Łączna moc instalacji fotowoltaicznej	39,44 kWp
Liczba modułów fotowoltaicznych	68 szt. / 32 + 36
Technologia modułów	bifacjalna, N-type, podwójne szkło
Napięcie obwodu otwartego	51,19 V
Prąd zwarciov	14,06 A
Napięcie znamionowe w punkcie MPP	43,52 V
Prąd znamionowy w punkcie MPP	13,33 A
Sprawność modułu	22,45%
Obciążenie prądem wstecznym	20 A

Pojedynczy moduł fotowoltaiczny ma wymiary 1134 × 2278 × 30 mm oraz masę 32,3 kg. Moduły należy montować zgodnie z wymaganiami producenta, z zachowaniem wymaganych stref mocowania, odstępów montażowych, wentylacji tylnej powierzchni oraz ochrony przewodów przed uszkodzeniami mechanicznymi i oddziaływaniem promieniowania UV.

7.2. Technologia bifacjalna

Moduły bifacjalne umożliwiają produkcję energii zarówno z promieniowania słonecznego padającego bezpośrednio na przednią powierzchnię modułu, jak i z promieniowania odbitego od podłoża, docierającego do tylnej strony modułu. Zastosowanie tej technologii zwiększa efektywność pracy instalacji w porównaniu z modułami jednostronnymi, szczególnie przy odpowiednim ukształtowaniu konstrukcji wsporczej i przygotowaniu powierzchni pod panelami.

W celu poprawy pracy tylnej strony modułów należy zastosować jasną nawierzchnię pod instalacją, wykonaną z kruszonego tłucznia o jasnym zabarwieniu. Taka nawierzchnia zwiększa albedo podłoża, czyli zdolność odbijania promieniowania słonecznego. Odbite promieniowanie dociera do tylnej powierzchni modułów bifacjalnych i zwiększa całkowity uzysk energii elektrycznej.

7.3. Konstrukcja wsporcza pod moduły

Moduły fotowoltaiczne zaprojektowano na wolnostojącej konstrukcji wsporczej posadowionej na gruncie. Przyjęto konstrukcję systemową, przeznaczoną do montażu modułów fotowoltaicznych na terenach otwartych, dostosowaną do lokalnych warunków gruntowych, wiatrowych i śniegowych oraz do montażu modułów bifacjalnych.

Przewidziano zastosowanie konstrukcji wbijanej w grunt, bez wykonywania fundamentów betonowych. Słupy nośne konstrukcji zaprojektowano jako elementy wbijane mechanicznie, przy użyciu kafara lub innego urządzenia przeznaczonego do tego typu prac. Dla projektowanej instalacji przyjęto głębokość wbicia słupów nośnych około **2,0 m poniżej poziomu terenu**.

W rozwiązaniu projektowym założono kontrolę pionowego ustawienia słupów, ich właściwej orientacji względem osi konstrukcji oraz zgodności rozstawu podpór z dokumentacją montażową. Przyjęto technologię montażu zabezpieczającą powłokę antykorozyjną słupów przed uszkodzeniem podczas wbijania. W tym celu przewidziano stosowanie odpowiednich adapterów, przekładek lub końcówek roboczych chroniących elementy konstrukcyjne przed deformacją i uszkodzeniem powierzchni ochronnej.

Konstrukcję zaprojektowano z materiałów odpornych na korozję i działanie warunków atmosferycznych, w szczególności ze stali nierdzewnej, stali ocynkowanej lub aluminium. Elementy złączne, w tym śruby, nakrętki i podkładki, przyjęto jako elementy odporne na korozję, w szczególności wykonane ze stali nierdzewnej klasy A2 albo materiału równoważnego. Profile nośne i

elementy montażowe dobrano jako kompatybilne z wymiarami oraz systemem mocowania zastosowanych modułów.

Konstrukcja zapewnia odsłonięcie tylnej powierzchni modułów, odpowiednią przestrzeń pod panelami oraz ograniczenie zacienienia powodowanego przez elementy konstrukcyjne. Moduły zaprojektowano jako mocowane do profili nośnych za pomocą klem montażowych zgodnych z wymaganiami producenta modułów i producenta konstrukcji wsporczej.

Dla lokalizacji inwestycji uwzględniono warunki obciążeniowe wynikające z lokalnych oddziaływań klimatycznych, w tym **IV strefę śniegową** oraz **I strefę wiatrową**. Dobór przekrojów, rozstawu podpór, sposobu stężenia konstrukcji oraz ewentualnej większej głębokości wbicia słupów przyjęto na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych producenta konstrukcji.

7.4. Układ modułów, kąt nachylenia i warunki pracy instalacji

Instalację fotowoltaiczną zaprojektowano jako instalację gruntową, wolnostojącą, podzieloną na trzy części generatora PV. Część wschodnia obejmuje 16 modułów fotowoltaicznych o łącznej mocy 9,28 kWp, ustawionych pod kątem 10° i skierowanych w azymucie 104° . Część zachodnia obejmuje 16 modułów fotowoltaicznych o łącznej mocy 9,28 kWp, ustawionych pod kątem 10° i skierowanych w azymucie 284° . Część południowa obejmuje 36 modułów fotowoltaicznych o łącznej mocy 20,88 kWp, ustawionych pod kątem 25° i skierowanych w azymucie 180° .

Przyjęty układ modułów zapewnia podział instalacji na część wschodnią, zachodnią i południową, co umożliwia rozłożenie produkcji energii elektrycznej w ciągu dnia. Części wschodnia i zachodnia pracują w układzie niskiego nachylenia, natomiast część południowa została zaprojektowana z większym kątem nachylenia, właściwym dla ekspozycji południowej.

7.5. Odległości od granicy działki i dostęp serwisowy

Instalację fotowoltaiczną usytuowano z zachowaniem minimalnej odległości 3,0 m od granic działki. Odległość tę przyjęto jako warunek projektowy zapewniający bezpieczną eksploatację instalacji, możliwość dojścia do urządzeń, wykonania czynności kontrolnych i serwisowych oraz ograniczenie kolizji z granicami nieruchomości.

W projekcie zapewniono dostęp serwisowy do modułów fotowoltaicznych, konstrukcji wsporczej, tras kablowych, rozdzielnic, inwerterów, zabezpieczeń oraz magazynu energii. Układ instalacji umożliwia bezpieczne odłączenie poszczególnych części systemu, identyfikację obwodów oraz przeprowadzenie

czynności eksploatacyjnych i awaryjnych bez konieczności wchodzenia na teren sąsiednich nieruchomości.

7.6. Inwertery fotowoltaiczne

Fundamentem systemu zarządzania energią są dwa trójfazowe inwertery hybrydowe, których łączna moc została skonfigurowana na potrzeby projektu do wartości 35 kW (AC). W skład zestawu wchodzi dwie jednostki o mocach znamionowych odpowiednio 20 kVA oraz 15 kVA. Są to urządzenia beztransformatowe o wysokim stopniu ochrony obudowy IP66, co pozwala na ich bezpieczną pracę w wymagających warunkach zewnętrznych. Inwertery pełnią potrójną rolę: klasycznego falownika sieciowego, inteligentnej ładowarki dla wysokonapięciowych magazynów energii oraz jednostki sterującej rozpiływem energii w budynku.

Weryfikacja parametrów wejściowych DC: Dobór urządzeń został zweryfikowany pod kątem parametrów prądu stałego generowanego przez 68 modułów o łącznej mocy 39,44 kWp. System dysponuje łącznie 4 niezależnymi układami MPPT (po 2 na każde urządzenie), co zapewnia optymalną pracę łańcuchów modułów o różnych orientacjach (wschód, zachód, południe).

Natężenie prądu: Przy prądzie mocy maksymalnej modułu $I_{mp}=13,33$ A, parametry wejściowe pozostają w bezpiecznym marginesie pracy inwerterów, które posiadają po 2 wejścia na każdy układ MPPT.

Napięcie DC: Maksymalne dopuszczalne napięcie wejściowe urządzeń wynosi 1100 V. Dla projektowanych łańcuchów, maksymalne napięcie obwodu otwartego V_{oc} w skrajnie niskich temperaturach (-20°C) nie przekroczy dopuszczalnej granicy bezpieczeństwa, a napięcie robocze będzie oscylować w optymalnym zakresie pracy MPPT (200-1000 V).

Sprawność i zarządzanie energią:

Inwertery charakteryzują się bardzo wysoką sprawnością maksymalną na poziomie 98,4%. Urządzenia współpracują z systemem Smart Meter oraz zewnętrznym sterownikiem zarządzania energią poprzez interfejs RS485. Pozwala to na realizację priorytetu zasilania odbiorów własnych budynku oraz inteligentne ładowanie trzech magazynów energii o łącznej pojemności 62,1 kWh. System automatycznie optymalizuje sprzedaż nadwyżek do sieci w systemie net-billing, korzystając z zaawansowanych algorytmów sterowania.

Bezpieczeństwo i komunikacja:

Urządzenia posiadają zintegrowane zabezpieczenia przeciwprzepięciowe DC i AC typu II oraz wbudowane rozłączniki prądu stałego. Inwertery są wyposażone w moduły komunikacyjne WLAN, co umożliwia zdalny monitoring pracy oraz analizę danych w czasie rzeczywistym. System spełnia surowe wymagania jakościowe w zakresie zawartości harmonicznych (THD < 3%) oraz posiada mechanizmy zapobiegające pracy wyspowej, zgodnie z obowiązującymi normami.

PARAMETRY INWERTERÓW

Parametr	Inwerter nr 1	Inwerter nr 2
Typ urządzenia	Falownik hybrydowy (3-fazowy)	Falownik hybrydowy (3-fazowy)
Moc znamionowa AC	20 kVA	15 kVA
Liczba układów MPPT	2 niezależne tory	2 niezależne tory
Liczba wejść DC	4 (po 2 na MPPT)	4 (po 2 na MPPT)
Maks. napięcie DC	1100 V	1100 V
Napięcie startowe DC	200 V	200 V
Sprawność maksymalna	98,4%	98,4%
Stopień ochrony	IP66	IP66
Zabezpieczenia DC	Rozłącznik DC, SPD typ II	Rozłącznik DC, SPD typ II
Zabezpieczenia AC	SPD typ II, monitoring THD < 3%	SPD typ II, monitoring THD < 3%
Komunikacja	RS485, WLAN/FE	RS485, WLAN/FE

8. Magazyn energii

Projektowany magazyn energii elektrycznej ma łączną pojemność nominalną 62,1 kWh. System magazynowania składa się z trzech jednostek magazynujących o pojemności 20,7 kWh każda. Magazyn będzie współpracował z instalacją fotowoltaiczną, inwerterami oraz systemem zarządzania przepływem energii. Jego zadaniem jest gromadzenie nadwyżek energii elektrycznej i ich późniejsze wykorzystanie na potrzeby własne obiektu.

Podstawowe parametry magazynu energii:

Parametr	Wartość
Łączna pojemność nominalna	62,1 kWh
Liczba jednostek magazynujących	3 szt.
Pojemność jednej jednostki	20,7 kWh
Technologia ogniw	LiFePO ₄
Napięcie znamionowe DC	600 V
Zakres napięcia pracy	600–980 V

Maksymalna moc ładowania/rozładowania jednej jednostki	10,5 kW
Głębokość rozładowania	100%
Stopień ochrony obudowy	IP66
Zakres temperatury pracy	od -20°C do +55°C
Żywotność	6000 cykli ładowania/rozładowania

Magazyn energii należy zamontować w miejscu zapewniającym stabilne posadowienie, ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi, możliwość odprowadzenia ciepła oraz dostęp do czynności kontrolnych i serwisowych. Ze względu na masę pojedynczej jednostki wynoszącą 216 kg podłoże lub konstrukcja pod magazynem muszą zapewniać bezpieczne przeniesienie obciążenia.

9. System zarządzania przepływem energii (EMS)

W ramach projektowanej instalacji kluczową rolę odgrywa system inteligentnego zarządzania energią, składający się z centralnego sterownika oraz licznika dwukierunkowego (Smart Meter) zamontowanego w rozdzielnicy głównej. System ten pełni funkcję nadrzędną nad inwerterami hybrydowymi i magazynami energii, komunikując się z nimi poprzez interfejs RS485 w celu bieżącej optymalizacji przepływów energii w budynku.

Główne priorytety i algorytmy sterowania:

- Zasilanie odbiorników własnych: System w pierwszej kolejności kieruje energią produkowaną przez generator PV (39,44 kWp) na pokrycie bieżącego zapotrzebowania obiektu.
- Ładowanie magazynów energii: Nadwyżki produkcji, których nie skonsumowały urządzenia wewnątrz budynku, są przekazywane do ładowania banku akumulatorów o pojemności 62,1 kWh.
- Wspomaganie systemem bateryjnym: W okresach niedostatecznego nasłonecznienia system automatycznie pokrywa braki energii z magazynów, ograniczając do minimum pobór z sieci publicznej.
- Sprzedaż nadwyżek (Net-billing): Dopiero po pełnym naładowaniu magazynów i zaspokojeniu potrzeb budynku, nadmiar energii jest odsprzedawany do zakładu energetycznego. System umożliwia optymalizację tego procesu poprzez sprzedaż w okresach korzystnych cen rynkowych.

Funkcje inteligentnego sterowania odbiornikami: Sterownik posiada zaawansowane możliwości sterowania dodatkowymi odbiornikami elektrycznymi w okresach nadprodukcji energii. System może bezpośrednio lub za pomocą modułów rozszerzających zarządzać pracą pomp ciepła (np. w celu

grzania wody użytkowej), inteligentnych gniazd oraz ładowarek do pojazdów elektrycznych (obsługa do 2 urządzeń). Łącznie system pozwala na integrację do 20 dodatkowych punktów sterujących.

Kompleksowy monitoring i komunikacja:

System umożliwia bieżący, zdalny nadzór nad pracą instalacji oraz archiwizację danych eksploatacyjnych:

- Kanały komunikacji: Przesyłanie danych odbywa się poprzez moduł WLAN (Wi-Fi) lub przewodowe złącze FE (Fast Ethernet).
- Dostęp dla użytkownika: Pełny wgląd w produkcję energii, stan naładowania baterii oraz parametry pracy inwerterów jest możliwy poprzez dedykowaną aplikację mobilną oraz portal WWW.
- Analiza danych: System pozwala na kontrolę uzysków, analizę parametrów historycznych oraz identyfikację wszelkich nieprawidłowości w pracy generatora.

Automatyczna sygnalizacja awarii i diagnostyka:

W celu zapewnienia szybkiej reakcji serwisowej, system został wyposażony w funkcje alarmowe:

- Kanały powiadomień: Możliwe jest zdefiniowanie adresów e-mail oraz powiadomień typu push, na które wysyłane są komunikaty o awariach lub nieprawidłowej pracy urządzeń.
- Zakres alertów: System raportuje m.in. wykrycie łuku elektrycznego (AFCI), błędy izolacji DC, zanik napięcia sieciowego czy stany awaryjne magazynu energii.
- Zdalny serwis: Dzięki stałemu połączeniu, możliwa jest zdalna identyfikacja usterek, co minimalizuje przestoje i ogranicza straty wynikające z ewentualnych awarii.

Monitoring i diagnostyka: Dzięki zintegrowanemu modułowi komunikacyjnemu (WLAN/FE) użytkownik ma dostęp do pełnego monitoringu pracy instalacji poprzez dedykowaną aplikację. Pozwala to na śledzenie w czasie rzeczywistym produkcji energii, poziomu naładowania baterii oraz zdalne wykrywanie ewentualnych usterek, co znacząco skraca czas reakcji serwisu.

10. Parametryzacja techniczna i analiza systemów ochronnych

Projektowana instalacja została wyposażona w wielopoziomowy system zabezpieczeń, mający na celu ochronę urządzeń, infrastruktury budynkowej oraz personelu obsługującego, zgodnie z obowiązującymi normami bezpieczeństwa elektrycznego i pożarowego. System ochrony bazuje na zaawansowanych funkcjach zintegrowanych w inwerterach hybrydowych oraz zewnętrznej aparaturze modułowej umieszczonej w dedykowanych rozdzielnicach AC i DC.

W zakresie ochrony strony prądu stałego (DC), każdy z inwerterów posiada wbudowane ochronniki przepięć SPD typu II, chroniące przed skutkami wyładowań atmosferycznych i przepięć indukowanych w pętach przewodów solarnych. Kluczowym elementem bezpieczeństwa pożarowego jest inteligentny system wykrywania łuku elektrycznego (AFCI), który dzięki algorytmom sztucznej inteligencji potrafi zidentyfikować i ugasić niebezpieczne iskrzenie w czasie poniżej 0,5 sekundy poprzez automatyczne odłączenie obwodu. Dodatkowo inwertery prowadzą ciągły monitoring rezystancji izolacji przewodów oraz posiadają zintegrowane, mechaniczne rozłączniki obciążenia DC.

Ochrona strony prądu przemiennego (AC) realizowana jest w rozdzielnicy głównej poprzez wyłączniki nadmiarowo-prądowe o charakterystyce dobranej do mocy inwerterów oraz wyłączniki różnicowoprądowe (RCD) o prądzie zadziałania 300 mA, zapewniające ochronę przeciwporażeniową. System posiada również funkcję Anti-Islanding, która w razie zaniku napięcia w sieci operatora natychmiast odłącza instalację, zapobiegając niebezpiecznej pracy wyspowej. Parametry jakościowe generowanej energii są stale monitorowane, co pozwala na utrzymanie niskiego współczynnika zniekształceń harmoniczných (THD < 3%).

Bezpieczeństwo systemu magazynowania energii (BESS) opiera się na technologii LiFePO₄, charakteryzującej się wysoką stabilnością termiczną, oraz zaawansowanym systemie zarządzania baterią (BMS), który nadzoruje napięcie, prąd i temperaturę każdego ogniwa. Całość infrastruktury, w tym konstrukcje wsporcze (gruntowe) oraz obudowy urządzeń o stopniu ochrony IP66, została połączona z główną szyną wyrównawczą obiektu przewodami o przekroju minimum 16 mm², tworząc spójny i skuteczny system uziemień. Wszystkie zastosowane komponenty spełniają rygorystyczne normy międzynarodowe, takie jak IEC 62109 czy IEC 62619, gwarantując niezawodność instalacji przez cały okres eksploatacji.

11. Ochrona przeciwporażeniowa, przeciwprzepięciowa i uziemienie

Projektowaną instalację fotowoltaiczną wraz z systemem magazynowania energii należy wykonać z zachowaniem najwyższych standardów bezpieczeństwa, zgodnie z obowiązującymi normami PN-HD 60364-7-712. Ochrona przeciwporażeniowa podstawowa realizowana jest poprzez izolację części czynnych oraz wysoką klasę ochronności obudów urządzeń (IP66 dla inwerterów i magazynów energii), co zapewnia pełną pyłoszczelność i odporność na silne strumienie wody. Ochrona przy uszkodzeniu opiera się na samoczynnym wyłączeniu zasilania, realizowanym przez wyłączniki nadmiarowo-prądowe oraz wysokoczułe zabezpieczenia różnicowoprądowe (RCD) typu A lub B (zgodnie z DTR inwerterów), zainstalowane w rozdzielnicy AC.

System ochrony przeciwprzepięciowej obejmuje:

- Stronę DC: Zintegrowane w inwerterach ochronniki przepięć SPD typu II, chroniące moduły i wejścia MPPT przed przepięciami indukowanymi.
- Stronę AC: Ograniczniki przepięć klasy II zamontowane w rozdzielniach, dostosowane do parametrów sieci obiektu.

Wszystkie części przewodzące, w tym aluminiowe konstrukcje montażowe na gruncie, ramy modułów, obudowy inwerterów oraz jednostek magazynujących, zostaną włączone do wspólnego systemu połączeń wyrównawczych. Połączenia te należy wykonać przewodem o przekroju minimum 16 mm² Cu, łącząc je z główną szyną uziemiającą obiektu. Po montażu wymagane jest przeprowadzenie pomiarów rezystancji uziemienia oraz ciągłości przewodów ochronnych, których wyniki muszą zostać ujęte w dokumentacji powykonawczej.

Aparatura zabezpieczeniowa, odłączająca i pomiarowa

Instalacja zostanie wyposażona w kompletną aparaturę umożliwiającą bezpieczną eksploatację oraz serwisowanie systemu o mocy 35 kW (AC).

Aparatura DC i AC:

- Po stronie DC wykorzystane zostaną zintegrowane w inwerterach rozłączniki izolacyjne, umożliwiające bezpieczne odcięcie generatora PV od elektroniki mocy.
- Po stronie AC, w dedykowanej rozdzielni, zostaną zainstalowane rozłączniki główne oraz wyłączniki nadprądowe, dobrane do maksymalnego prądu wyjściowego urządzeń, zapewniające selektywność zabezpieczeń względem instalacji budynku.

Układ pomiarowy i komunikacja: Kluczowym elementem aparatury pomiarowej jest inteligentny licznik energii (Smart Meter) zainstalowany w punkcie przyłączenia obiektu. Współpracuje on w czasie rzeczywistym z centralnym sterownikiem zarządzania energią (EMS), przesyłając dane o kierunku przepływu prądu, mocy chwilowej oraz zużyciu własnym budynku. System ten nie tylko monitoruje bilans energetyczny, ale również steruje procesem ładowania i rozładowania magazynów energii o pojemności 62,1 kWh oraz optymalizuje sprzedaż nadwyżek do sieci w systemie net-billing. Bezpieczeństwo awaryjne: Inwertery posiadają wbudowane systemy wykrywania łuku elektrycznego (AFCI) oraz funkcję Anti-islanding, która automatycznie odłącza instalację w przypadku zaniku napięcia w sieci operatora. Wszystkie elementy aparatury zostaną trwale oznakowane zgodnie ze schematem ideowym projektu, a ich lokalizacja zapewni łatwy dostęp dla personelu technicznego. Po zakończeniu prac montażowych nastąpi weryfikacja poprawności komunikacji pomiędzy licznikiem, inwerterami a systemem monitoringu online.

12. Charakterystyka instalacji i okablowania w sekcjach AC i DC

Instalacja została zaprojektowana jako zintegrowany system hybrydowy, w którym przepływ energii pomiędzy generatorem, magazynem a siecią budynku odbywa się za pośrednictwem dedykowanych tras kablowych prądu stałego (DC) oraz przemiennego (AC).

Instalacja prądu stałego (DC)

Część stałoprądowa obejmuje połączenie 68 modułów o mocy 580 Wp każdy, podzielonych na łańcuchy (stringi) o łącznej mocy 39,44 kWp. Okablowanie to zostanie wykonane przewodami solarnymi o przekroju 6 mm², cechującymi się odpornością na promieniowanie UV i napięcie izolacji do 1,5 kV. Przewody te łączą generator z dwoma inwerterami hybrydowymi (20 kVA oraz 15 kVA), obsługującymi łącznie 4 niezależne wejścia MPPT przy maksymalnym napięciu systemowym wynoszącym 1100 V. W tej samej sekcji wykonane zostanie połączenie systemu magazynowania energii o pojemności 62,1 kWh, który komunikuje się z inwerterami poprzez wysokonapięciową szynę DC (zakres pracy 600–980 V), co minimalizuje straty przesyłowe podczas ładowania i rozładowania baterii.

Instalacja prądu przemiennego (AC) i komunikacja

Sekcja AC odpowiada za wyprowadzenie mocy znamionowej 35 kW do rozdzielnic głównej obiektu. Połączenie zostanie zrealizowane kablem ziemnym typu YKY o przekroju dobranym do mocy urządzeń, zapewniającym spadek napięcia poniżej 1%. Inwertery pracują w układzie trójfazowym, oddając energię synchronicznie z parametrami sieci publicznej. Kluczowym elementem tej sekcji jest instalacja inteligentnego systemu zarządzania energią (EMS), który za pomocą ekranowanej magistrali komunikacyjnej RS485 łączy falowniki z licznikiem Smart Meter oraz sterownikiem centralnym. Układ ten pozwala na bieżący pomiar parametrów sieciowych i realizację priorytetu autokonsumpcji energii w budynku. Wszystkie trasy kablowe, zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz obiektu, zostaną poprowadzone w systemowych korytach i rurach osłonowych, zapewniając ochronę mechaniczną i trwałość instalacji.

13. Instalacja odgromowa

Zgodnie z przeprowadzoną analizą ryzyka według PN-EN 62305-2 obiekt nie wymaga wykonania instalacji odgromowej. Pomimo braku konieczności wykonania instalacji odgromowej, instalacja fotowoltaiczna powinna zostać wykonana z zachowaniem zasad ograniczających ryzyko uszkodzeń

wywołanych przepięciami. W tym celu przewiduje się wykonanie instalacji uziemiającej, połączeń wyrównawczych oraz ochrony przeciwprzepięciowej po stronie DC i AC.

14. Wymagania montażowe, uruchomienie i odbiór instalacji

Wszystkie prace instalacyjne należy wykonać zgodnie z dokumentacją projektową, normami PN-HD 60364 oraz instrukcjami technicznymi producentów. Montaż 68 modułów o mocy 580 Wp (łącznie 39,44 kWp) musi zostać zrealizowany na wbijanej konstrukcji gruntowej skierowanej na południe.

Dwa inwertery hybrydowe o łącznej mocy 35 kW oraz bank energii o pojemności 62,1 kWh należy zainstalować w budynku technicznym. Lokalizacja ta zapewnia optymalne warunki pracy, właściwą wentylację układów chłodzenia oraz ochronę przed czynnikami zewnętrznymi. Okablowanie DC (6 mm²) oraz kable AC muszą zostać trwale oznakowane i poprowadzone w dedykowanych trasach (koryta, rury osłonowe), zapewniając ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Przed uruchomieniem systemu wykonawca zobowiązany jest sprawdzić ciągłość połączeń ochronnych konstrukcji, rezystancję uziemienia ($R < 10 \Omega$) oraz poprawność montażu ograniczników przepięć. Kluczowym elementem konfiguracji jest aktywacja sterownika EMS oraz licznika Smart Meter, które odpowiadają za inteligentną optymalizację autokonsumpcji i zarządzanie przepływem energii w systemie Net-billing.

Odbiór instalacji polega na przeprowadzeniu i udokumentowaniu następujących czynności:

- Pomiary rezystancji izolacji obwodów DC i AC.
- Sprawdzenie skuteczności samoczynnego wyłączenia zasilania.
- Test funkcjonalny wyłącznika przeciwpożarowego, zlokalizowanego na nodze konstrukcji wsporczej części gruntowej.
- Weryfikacja poprawności komunikacji systemu monitoringu i zdalnego nadzoru.

Pozytywny wynik wszystkich prób, potwierdzony kompletnym protokołem pomiarowym, przekazanie instrukcji obsługi oraz udostępnienie danych logowania do aplikacji monitorującej stanowią podstawę do finalnego odbioru instalacji.

15. Podsumowanie rozwiązań bezpieczeństwa i PPOŻ

Poniższe zestawienie opisuje systemy zabezpieczeń funkcjonalnych oraz infrastrukturę bezpieczeństwa pożarowego, stanowiącą uzupełnienie technicznych systemów ochrony przeciwporażeniowej i uziemień.

Kluczowym elementem systemu ochrony przeciwpożarowej jest główny wyłącznik instalacji fotowoltaicznej. Został on zlokalizowany w miejscu o najwyższej dostępności dla ekip ratowniczych:

- Lokalizacja: Na nodze konstrukcji wsporczej (stole fotowoltaicznym) części gruntowej generatora PV.
- Funkcja: Umożliwia natychmiastowe odcięcie zasilania z generatora bez konieczności wchodzenia do budynku magazynowego lub bezpośrednio w strefę modułów.
- Oznakowanie: Miejsce montażu wyłącznika zostanie opatrzone odblaskową tablicą „Wyłącznik Przeciwpożarowy PV”, widoczną z drogi dojazdowej do obiektu.

Inwertery hybrydowe posiadają zintegrowany system AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter). Wykorzystuje on algorytmy sztucznej inteligencji do wykrywania łuku elektrycznego w przewodach DC (np. na skutek poluzowania styków lub uszkodzenia izolacji). W przypadku wykrycia zagrożenia, system przerywa obwód w czasie krótszym niż 0,5 sekundy, eliminując przyczynę ewentualnego zapłonu przed powstaniem ognia.

Z uwagi na lokalizację magazynów energii w budynku magazynowym, zastosowano dodatkowe mechanizmy bezpieczeństwa:

- Izolacja stanów awaryjnych: System BMS (Battery Management System) automatycznie odłącza poszczególne jednostki bateryjne w przypadku wykrycia nieprawidłowej temperatury lub napięcia ogniwa.
- Zdalne wyłączenie: Sterownik EMS umożliwia zdalne, programowe odcięcie magazynu od falowników w sytuacjach zagrożenia, co jest monitorowane 24/7 przez platformę diagnostyczną.

Wszystkie trasy kablowe (szczególnie te prowadzące pod napięciem DC) oraz rozdzielnice zostaną oznakowane zgodnie z normą PN-EN 7010. W budynku magazynowym, przy inwerterach, umieszczony zostanie czytelny schemat instalacji z zaznaczeniem wszystkich punktów odcięcia zasilania, co jest kluczowe dla bezpieczeństwa prowadzenia czynności serwisowych i ratowniczych.

16. Rysunki

Lp.	Nr rysunku	Nazwa rysunku
1	R-01	Plan zagospodarowania terenu
2	R-02	Detal gruntowej konstrukcji montażowej PV
3	R-03	Albedo instalacji PV – na gruncie

4	R-04	Rozmieszczenie urządzeń systemowych
5	R-05	Schemat instalacji PV i magazynu energii
8	R-06	Usytuowanie instalacji fotowoltaicznej z trasą kablową

17 . Załączniki

Lp.	Nr	Nazwa załącznik
1	Z-01	Karta uzgodnienia projektu w zakresie ochrony przeciwpożarowej
2	Z-02	Przedmiar robót