


PROJEKT TECHNICZNY

„Budowa instalacji fotowoltaicznej na budynku E i F Akademii Nauk Stosowanych w Tarnowie”

ADRES OBIEKTU BUDOWLANEGO:	Wydział Ochrony Zdrowia obejmujący: halę sportową, zespół sportowo-rekreacyjny, pływalnię, budynek dydaktyczny oraz garaż podziemny Akademia Nauk Stosowanych w Tarnowie ul. Mickiewicza 8 33-100 Tarnów, dz. nr ewid. 4/18, 4/19, 4/21 Obręb ewid. nr 0164, jednostka ewid. 126301_1 m. Tarnów
KATEGORIA OBIEKTU	VIII
INWESTOR:	Akademia Nauk Stosowanych w Tarnowie ul. Mickiewicza 8 33-100 Tarnów

JEDNOSTKA PROJEKTOWA:	Skorut Systemy Solarne Sp. z o.o. 32-400 Myślenice, ul. Wybickiego 71	
GŁÓWNY PROJEKTANT	mgr inż. Jerzy Halek	

Branża: Elektryczna		
PROJEKTOWAŁ	mgr inż. Jerzy Halek Nr upr. 217/2002	
SPRAWDZIŁ	mgr inż. Damian Kumor Nr ewid. MAP/0060/PWOWE/10	
Branża: Konstrukcyjna		
PROJEKTOWAŁ	mgr inż. Maciej Pawłowski Nr upr. KUP/0035/PWOK/06	
SPRAWDZIŁ	mgr inż. Dorota Adamczyk Nr ewid. KUP/0050/PWBKb/16	

MAJ, 2022

Spis treści

PROJEKT TECHNICZNY	1
I. OŚWIADCZENIA I UPRAWNIENIA PROJEKTANTÓW	4
II. PROJEKT TECHNICZNY	14
BRANŻA INSTALACJE ELEKTRYCZNE	15
1. Zakres opracowania – Instalacja fotowoltaiczna	16
2. Podstawa opracowania	16
3. Podstawy prawne oraz inne przepisy i dokumenty	16
4. Stan istniejący budynku	17
5. Opis projektowanej instalacji	17
6. Konstrukcja wsporcza modułów fotowoltaicznych	19
7. Dobór urządzeń	19
8. Umiejscowienie urządzeń	22
9. Przyłączenie instalacji PV do sieci elektroenergetycznej	22
10. Prowadzenie kabli po stronie DC	22
11. Prowadzenie kabli po stronie AC	23
12. Instalacja wyrównawcza instalacji fotowoltaicznej	27
13. Instalacja odgromowa instalacji fotowoltaicznej	27
14. Ochrona przeciwprzepięciowa, przeciążeniowa i zwarciorowa instalacji fotowoltaicznej	28
15. Dobór zabezpieczeń	29
16. Ochrona przeciwpożarowa instalacji fotowoltaicznej	30
17. Monitoring parametrów	31
18. Inteligentne zarządzanie energią z instalacji fotowoltaicznej	32
19. Planowane uzyski energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej	32
20. Warunki ochrony przeciwpożarowej	33
21. Oznakowanie elementów instalacji fotowoltaicznej	40
22. Wytyczne instalacyjno – budowlane	40
23. Uwagi końcowe	41
BRANŻA KONSTRUKCYJNA	42
1. Przedmiot i cel opracowania	43
2. Podstawa opracowania	43
3. Ogólny opis konstrukcji instalacji fotowoltaicznej	43
4. Założenia obliczeniowe	44
5. Charakterystyka elementów fotowoltaicznej	44
5.1. Moduły fotowoltaiczne	44
5.2. Konstrukcja mocująca	44
6. Zabezpieczenie antykorozyjne	45
7. Zabezpieczenia przeciwpożarowe konstrukcji	45
8. Wytyczne wykonania i montażu konstrukcji	45
Opracowanie nośności konstrukcji z drewna klejonego dla Kampusu Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Tarnowie	46
III. Zestawienie podstawowych materiałów i urządzeń	47

Plan Zagospodarowania Terenu – lokalizacja inwestycji E01

Schemat rozmieszczenia modułów PV – rzut dachu E02

Podział instalacji PV na stringi (łańcuchy) - rzut dachu	E03
Schemat rozmieszczenia urządzeń instalacji PV – rzut dachu	E04
Schemat rozmieszczenia urządzeń instalacji PV – rzut piwnicy	E05
Instalacja odgromowa – rzut dachu	E06
Schemat elektryczny instalacji fotowoltaicznej	E07
Schemat rozdzielnic głównej RGNN	E08
Schemat stacji transformatorowej K-9091 „Instytut PWSZ”	E09
Schemat monitoringu instalacji fotowoltaicznej	E10
Schemat rozmieszczenia urządzeń instalacji PV – widok A-A	E11
Schemat rozmieszczenia urządzeń instalacji PV – widok B-B	E12

I. OŚWIADCZENIA I UPRAWNIENIA PROJEKTANTÓW

OŚWIADCZENIE

PROJEKTANTA / PROJEKTANTA SPRAWDZAJĄCEGO
O SPORZĄDZENIU / SPRAWDZENIU PROJEKTU TECHNICZNEGO

„Budowa instalacji fotowoltaicznej na budynku E i F Akademii Nauk Stosowanych w Tarnowie”

Oświadczam, że zgodnie z art. 41 ust. 4a pkt 2 Prawo budowlane (tekst jednolity: Dz. U. z 2020 r. poz. 1333 z późn. zmianami) o sporządzeniu projektu technicznego, dotyczącego zamierzenia budowlanego zgodnie z obowiązującymi przepisami, zasadami wiedzy technicznej, projektem zagospodarowania działki lub terenu oraz projektem architektoniczno-budowlanym oraz rozstrzygnięciami dotyczącymi zamierzenia budowlanego obiektu położonego:

Akademia Nauk Stosowanych w Tarnowie

ul. Mickiewicza 8

33-100 Tarnów

.....
(podpis sprawdzającego)

.....
(podpis projektanta)

Maj, 2022

Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych w celu realizacji przez Powiatowego Inspektora Nadzoru Budowlanego Tarnowie zadań wynikających z ustawy Prawo Budowlane, związanych z określoną w niniejszym oświadczeniu inwestycją.



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

MAP-PUU-LKU-6BG *

Pan Jerzy Halek o numerze ewidencyjnym MAP/IE/0236/03
adres zamieszkania ul. Pachońskiego 18/176, 31-223 Kraków
jest członkiem Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2022-03-01 do 2023-02-28.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-02-15 roku przez:

Mirosław Boryczko, Przewodniczący Rady Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)



KUJAWSKO
POMORSKA
OKRĘGOWA
I Z B A
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA
OKRĘGOWA KOMISJA KWALIFIKACYJNA

Sygn. akt: KUPOIIB/KK-0054-0031/06
KUPOIIB/KK-0055-0067/06

Bydgoszcz, dnia 26 czerwca 2006 r.

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów (*Dz. U. z 2001 r. Nr 5, poz. 42, z późn. zm.*), art. 13 ust. 1 pkt 1 i 2 i ust. 2, art. 14 ust. 1 pkt 2 i ust. 3 pkt 1 i 3 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (*Dz. U. z 2003 r. Nr 207, poz. 2016, z późn. zm.*) oraz § 11 ust. 1 pkt 1 w związku z § 28 ust. 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (*Dz. U. 83, poz. 578*) w związku z art. 104 Kodeksu postępowania administracyjnego (*Dz. U. z 2000 r. Nr 98, poz. 1071, z późn. zm.*)

Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna n a d a j e

Panu Maciejowi Pawłowskiemu
magistrowi inżynierowi o kierunku budownictwo
urodzonemu dnia 08 sierpnia 1977 r. w Toruniu

UPRAWNIENIA BUDOWLANE

numer ewidencyjny KUP/0035/PWOK/06

do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno - budowlanej

w rozumieniu przepisów obowiązujących do 30 maja 2006 r. – podstawa prawna: § 28 ust. 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (*Dz. U. Nr 96, poz. 817*)

UZASADNIENIE

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a. odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

Pouczenie

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej KUPOIIB w Bydgoszczy w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia.



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

KUP-GQ5-G8K-46K *

Pan Maciej Pawłowski o numerze ewidencyjnym KUP/BO/0326/06
adres zamieszkania ul. Olszynowa 8, 87-162 Krobia
jest członkiem Kujawsko-Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada
wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2022-08-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2021-08-26 roku przez:

Renata Staszak, Przewodniczący Rady Kujawsko-Pomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

II. PROJEKT TECHNICZNY

BRANŻA INSTALACJE ELEKTRYCZNE

1. Zakres opracowania – Instalacja fotowoltaiczna

Przedmiotem opracowania jest projekt budowlany małej instalacji fotowoltaicznej (PV) zlokalizowanej na dachu budynku E i F (dach nad areną sportową oraz krytą pływalnią) Wydziału Ochrony Zdrowia Akademii Nauk Stosowanych przy ul. Mickiewicza 8 w Tarnowie. Instalacja systemu fotowoltaicznego obejmuje montaż układu modułów fotowoltaicznych na konstrukcji dachu wraz z infrastrukturą towarzyszącą. Wyprodukowana energia elektryczna będzie wykorzystywana na potrzeby własne obiektu. Instalacja fotowoltaiczna zostanie wyposażona w system zarządzania energią. Obecnie całe zapotrzebowanie energetyczne budynków ANS pokrywane jest z zewnętrznej sieci energetycznej.

2. Podstawa opracowania

Niniejsze opracowanie obejmuje:

- opis instalacji PV dla przedmiotowego obiektu,
- opis mocy instalacji fotowoltaicznej oraz obliczenia elektryczne,
- opis przyłączenia instalacji PV do sieci elektroenergetycznej,
- zakres prac instalacyjnych oraz wytycznych w zakresie wykonania instalacji,
- schemat instalacji PV z opisanymi zabezpieczeniami, kablami oraz innymi podzespołami instalacji,
- rzut dachu oraz opis miejsca montowania inwerterów.

Podstawę opracowania stanowią:

- umowa z Inwestorem,
- ustalenia i uzgodnienia z Inwestorem,
- opracowania i inwentaryzacje znajdujące się w posiadaniu Inwestora,
- wizja lokalna,
- wytyczne projektowania instalacji fotowoltaicznych,
- normy i przepisy obowiązujące w kraju.

3. Podstawy prawne oraz inne przepisy i dokumenty

- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity: Dz. U. z 2020 r. poz. 1333);
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (Dz.U. 2019 poz. 755);
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [tekst jednolity: Dz. U. z 7 czerwca 2019 roku, poz. 1065];
- PN-HD 60364-5-52: 2011 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych — Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego — Oprzewodowanie;
- Norma PN-HD 60364 – 4 –41: 2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4 – 41. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym;

- Norma PN-HD 60364 – 5 –54: 2010 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5 – 54. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia, przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych;
- PN-HD 60364-5-534: 2016-04 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-534: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie;
- PN-EN 62305-2: 2012 Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenie fizyczne obiektów i zagrożenie życia;
- N-SEP-E-004 „Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa”
- Katalogi urządzeń, materiały i opracowania udostępnione przez producentów

4. Stan istniejący budynku

Projektowana instalacja fotowoltaiczna zlokalizowana będzie na dachu budynku Wydziału Ochrony Zdrowia ANS W Tarnowie (budynek „E, F, G”). Budynek składa się z pełnowymiarowej hali sportowej, krytej pływalni, zespołu sportowo-rekreacyjnego oraz części dydaktycznej przeznaczonej dla potrzeb szkolnych. Obiekt, na którym projektowany jest montaż instalacji fotowoltaicznej jest budowlą średniowysoką o dwóch kondygnacjach naziemnych (część dydaktyczna cztery kondygnacje naziemne) i jednej podziemnej wzniesioną w technologii tradycyjnej.

Stropodach pływalni oraz hali sportowej, przeznaczony pod zabudowę instalacją fotowoltaiczną wykonany został z dźwigarów i płatwi z drewna klejonego pokrytych dwoma warstwami papy termozgrzewalnej. Izolację termiczną stropodachów stanowią płyty z wełny mineralnej o łącznej grubości 20 cm. Na dachu budynku znajduje się instalacja odgromowa wykonana z drutu - układ zwodów poziomych z masztami odgromowymi (na dachu hali sportowej).

Moc umowna wszystkich obiektów wchodzących w skład ANS wynosi 500 kW, natomiast moc przyłączeniowa wynosi 900 kW.

Miejscem przyłączenia instalacji fotowoltaicznej do sieci elektroenergetycznej przedmiotowego obiektu będzie istniejąca rozdzielnica główna (RGNN) zlokalizowana w pomieszczeniu technicznym (elektrycznym) w piwnicy na poziomie - 1. Rozdzielnica główna zasilana jest linią kablową 4x(YAKY 1x300mm² – zasilanie podstawowe) wyprowadzoną z pola nr 1 stacji transformatorowej 15/04kV K-9091 „Instytut PWSZ” zlokalizowanej na terenie ANS Tarnów zasilanej poprzez przyłącze kablowe wyprowadzone ze stacji transformatorowej S-1088. Jest to rozdzielnica wykonana w oparciu o wolnostojące szafy rozdzielcze z dwoma sekcjami zasilającymi (zasilanie podstawowe i rezerwowe), sekcją wyłącznika głównego, sekcją odpływów oraz sekcją rozdziału PEN.

Instalacja elektryczna obiektu zabezpieczona jest przeciwpożarowym wyłącznikiem prądu. Funkcja wyłączenia zasilania w czasie pożaru w budynku realizowana jest przez wyłącznik w polu wyłącznika głównego rozdzielnicy RGNN. Przyciski sterujące cewką wzrostową głównego wyłącznika prądu (GWP) znajdują się w okolicach głównych wejść do budynku.

Projekt nie ingeruje w istniejący układ zasilania i opomiarowania obiektu.

5. Opis projektowanej instalacji

Specyfikacja działania sieciowego systemu fotowoltaicznego polega na produkcji energii elektrycznej z generatorów fotowoltaicznych w postaci prądu stałego, a następnie przekształceniu go na prąd przemienny o napięciu 400V przez inwerter trójfazowy. Wyprodukowana energia będzie zużywana wyłącznie na bieżące potrzeby obiektów wchodzących w skład ANS w Tarnowie. Instalacja fotowoltaiczna zostanie wyposażona w system zarządzania energią. Moc zainstalowana projektowanych instalacji nie będzie przekraczać mocy przyłączeniowej obiektów.

Projektuje się instalację fotowoltaiczną jako małą instalację PV w rozumieniu Ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii, to jest instalację o mocy generatora od 50 kW do 1 MW. Przyłączenie małej instalacji wymaga uprzedniego uzyskania od odpowiedniego Operatora Systemu Dystrybucji warunków technicznych przyłączenia źródła wytwórczego.

Planuje się wykonanie instalacji fotowoltaicznej o łącznej mocy 165,095 kWp zlokalizowanej na dachach budynku E i F ANS w Tarnowie (dach nad areną sportową oraz dach nad krytą pływalnią) według poniższego zestawienia:

5.1. Budynek „E”, dach płaski nad halą sportową – 259 modułów PV o łącznej mocy 115,255 kWp

5.2. Budynek „F”, dach płaski nad krytą pływalnią – 112 modułów PV o łącznej mocy 49,84kWp

W skład projektowanego układu będą wchodziły następujące urządzenia elektryczne:

- moduły fotowoltaiczne,
- inwertery,
- optymalizatory mocy,
- wyłączniki ppoż. części obwodów elektrycznych prądu stałego DC,
- skrzynki przyłączeniowe z zabezpieczeniami po stronie prądu stałego DC,
- skrzynki przyłączeniowe z zabezpieczeniami po stronie prądu zmiennego AC.

Dla potrzeb ww. urządzeń wykonane zostaną:

- trasy kablowe DC,
- trasy kablowe AC,
- instalacja połączeń wyrównawczych.

Urządzenia instalacji fotowoltaicznej przyłączone zostaną do istniejącej rozdzielniczy głównej budynku RGNN 0,4 kV w sekcji rozdziału PEN za głównym wyłącznikiem prądu.

Moduły fotowoltaiczne należy mocować w układzie poziomym na dedykowanej, bezinwazyjnej konstrukcji wsporczej nachylonej pod kątem 15° względem powierzchni dachu, przy azymucie południowym ok. 7° (dach areny sportowej) oraz -19° (dach krytej pływalni). Azymut montażu wynika z równoległego posadowienia konstrukcji względem krawędzi dachu. Rozmieszczenie modułów PV na dachu budynku przedstawia Rys. E02.

Instalacja fotowoltaiczna zostanie podłączona do inwerterów zlokalizowanych na dachu hali sportowej – na ścianie zachodniej wyższej części areny (część hali ze ścianką wspinaczkową) oraz dachu hali basenowej – na ścianie zachodniej części dydaktycznej obiektu. Rozmieszczenie urządzeń instalacji fotowoltaicznej przedstawiają Rys. E04-E07.

Ze względu na duże zacinienie części instalacji fotowoltaicznej spowodowane obecnością ścian konstrukcyjnych wyższych segmentów obiektu przewiduje się zastosowanie optymalizatorów mocy dla tych modułów PV, które są najbardziej narażone na skutki ograniczonego dostępu promieniowania słonecznego (moduły zlokalizowane najbliżej ścian – Rys. E02).

W związku z obecnością instalacji odgromowej na dachach w obwodach DC zastosowane zostaną zabezpieczenie przeciwprzepięciowe.

Projektowany i zastosowany zostanie jeden układ pomiaru ilości wytworzonej energii elektrycznej, w postaci dwukierunkowego licznika trójfazowego. Instalacja włączona zostanie w wewnętrzną sieć elektryczną za układem pomiarowo rozliczeniowym.

6. Konstrukcja wsporcza modułów fotowoltaicznych

Instalacja fotowoltaiczna zostanie zamontowana na dachach budynku Wydziału Ochrony Zdrowia ANS w Tarnowie za pomocą systemowej, balastowej, prefabrykowanej konstrukcji wsporczej do zastosowań na dachach płaskich w poszyciu z papy termozgrzewalnej. Konstrukcja zostanie wykonana ze stali ocynkowanej ogniowo, do której przytwierdzone zostaną profile aluminiowe. Moduły fotowoltaiczne będą montowane w jednym rzędzie poziomo. System montażowy powinien zapewnić stabilność mocowania oraz odporność na obciążenia śniegiem i wiatrem.

Dodatkowe obciążenie modułami fotowoltaicznymi wraz z systemem montażowym nie spowodują przekroczenia stanu granicznego nośności i nie wpłynie na bezpieczeństwo konstrukcji.

7. Dobór urządzeń

Do wykonania instalacji fotowoltaicznej proponuje się zastosowanie modułów fotowoltaicznych połączonych w łańcuchy przyłączone do wejść DC inwerterów przekształcających energię prądu stałego na prąd przemienny. Ze względu na występowanie dużego zacienienia części instalacji fotowoltaicznej spowodowane obecnością ścian konstrukcyjnych wyższych segmentów budynku, przewiduje się dodatkowo zastosowanie optymalizatorów mocy dla tych modułów PV, które są najbardziej narażone na skutki ograniczonego dostępu promieniowania słonecznego. Optymalizatory posiadać będą funkcję obniżania napięcia prądu stałego do poziomu bezpiecznego dzięki czemu nie ma konieczności montażu rozłączników prądu stałego lub wyłącznika zwarciovego na obwodach DC wyposażonych w optymalizatory.

– Generatory

Moduł fotowoltaiczny to układ połączonych szeregowo lub szeregowo-równolegle ogniw słonecznych, które wykorzystują efekt fotowoltaiczny do konwersji energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną.

Projektowana instalacja składać się będzie z 371 sztuk modułów fotowoltaicznych monokrystalicznych BRUK-BET PEM.WB-445 o mocy znamionowej 445Wp.

Schemat podziału instalacji fotowoltaicznej na stringi (łańcuchy) przedstawia Rys. E03.

Podstawowe parametry projektowanych modułów fotowoltaicznych w Standardowych Warunkach Testowania (STC):

NAZWA PARAMETRU	WARTOŚĆ
Typ ogniwa	KRZEMOWE – MONOKRYSTALICZNE
Liczba ogniw	144
Moc maksymalna P_{max}	445 Wp
Napięcie obwodu otwartego V_{OC}	49,45 V
Prąd zwarcia I_{SC}	11,21 A
Napięcie przy mocy maksymalnej V_{mp}	41,32 V
Prąd przy mocy maksymalnej I_{mp}	10,77 A
Sprawność [%]	20,4 %
Tolerancja mocy [%]	0~ +4,99Wp
Współczynnik temperaturowy I_{SC}	0,0045 %/°C
Współczynnik temperaturowy V_{OC}	-0,276%/°C
Współczynnik temperaturowy P_{max}	-0,36 %/°C
Wytrzymałość mechaniczna	5400 Pa
Gwarancja na produkt	15 lat
Gwarancja mocy	83% mocy znamionowej po 25 latach

Wszystkie zamontowane moduły muszą być identyczne, tego samego producenta i posiadać jednakowe parametry. Parametry modułów muszą być potwierdzone przez Wykonawcę aktualną kartą katalogową produktu.

– Inwerter sieciowy

Urządzeniami odpowiedzialnym za współpracę z generatorami będą beztransformatorowe inwertery trójfazowe służące do konwersji prądu stałego wytworzonego w generatorze PV na prąd zmienny. Przekształtniki tego typu automatycznie synchronizują się z siecią elektroenergetyczną. Inwertery posiadają własne układy regulacji i zabezpieczeń mające na celu utrzymanie właściwych parametrów energii elektrycznej oraz zabezpieczenia uniemożliwiające podanie napięcia na wyłączoną sieć. Oprócz sterowania urządzenia posiadają wbudowaną funkcję monitorowania generatorów fotowoltaicznych z komunikacją przez sieć Ethernet, bezprzewodową lub komórkową w celu zapewnienia pełnej widoczności systemu oraz podglądu ilości energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalację fotowoltaiczną. Dla projektowanych instalacji planuje się zastosować jeden inwerter SMA SUNY TRIPOWER CORE2 STP 110-60 o mocy znamionowej 110000 W oraz jeden inwerter SMA SUNNY TRIPOWER CORE1 STP 50-40 o mocy znamionowej 50000 W.

Schemat połączenia poszczególnych łańcuchów modułów PV do inwerterów przedstawia Rys. E09.

Podstawowe parametry projektowanych inwerterów:

NAZWA PARAMETRU	WARTOŚĆ	
	INWERTER 110 kW	INWERTER 50 kW
Typ	Beztransfornatorowy	
Maksymalne napięcie prądu stałego	1100 V	1000 V
Początkowe napięcie wejściowe	250 V	188 V
Zakres napięcia MPPT	500 V – 800 V	
Napięcie nominalne	585 V	670 V
Maksymalny prąd zwarciaowy na MPPT	40 A	30 A
Ilość MPPT/ ilość ciągów modułów dla 1 MPPT	12/2	6/2
Moc wyjściowa	110000 W	50000 W
Maksymalny prąd wyjściowy	159 A	72,5 A
Maksymalna sprawność	98,6%	98,1%
Ważona sprawność europejska	98,4%	97,8%
Ochrona przed odwróconą polaryzacją		
Rozłącznik DC		
Ochrona przeciwprzepięciowa DC i AC		
Zabezpieczenie przeciwzwarciowe AC		
Monitorowanie prądu różnicowego		
Monitoring zwarcia doziemnego, monitoring parametrów sieci		
Temperaturowy zakres pracy	-30°C do +60°C	-25°C do +60°C
Stopień ochrony	IP66	IP65
Przyłącze DC/ przyłącze AC	Sunclix/końcówka kablowa	Sunclix/zacisk śrubowy
Sposób chłodzenia	Aktywne chłodzenie	OptiCool
Gwarancja	5 lat	
Złącze sieci Ethernet		

Inwertery wraz z rozdzielnicami RPV i RI zamontowane zostaną na zewnątrz. Inwerter 50 kW na dachu krytej pływalni, a inwerter 110 kW na dachu hali sportowej.

– Optymalizatory mocy

Urządzeniami odpowiedzialnymi za optymalizację pracy instalacji fotowoltaicznej będą optymalizatory TIGO TS4-A-O mocy nominalnej 500 W. Projektuje się zastosowanie 129 sztuk optymalizatorów dla modułów PV najbardziej narażonych na skutki zacielenia od ścian konstrukcyjnych wyższych segmentów przedmiotowego budynku. Rozwiązanie to pozwala na optymalizację mocy na poziomie modułu PV poprzez ograniczenie strat wynikających m.in. z zacielenia czy degradacji modułów. Projektowane urządzenia umożliwiają również pozyskiwanie danych w czasie rzeczywistym, monitoring poszczególnych modułów oraz eliminację niebezpieczeństwa zbyt wysokiego napięcia. Dzięki funkcji bezpieczeństwa zespół optymalizatorów w chwili zaniku napięcia zasilającego po stronie AC sprowadza napięcie na swoich wyjściach do poziomu 0V, dając na wyjściu całego łańcucha również napięcie 0V.

Podstawowe parametry optymalizatorów TIGO TS4-A-O:

NAZWA PARAMETRU	WARTOŚĆ
Moc maksymalna	500 W
Maksymalne napięcie wejściowe	90 V
Zakres napięcia	16-90 V
Prąd maksymalny	12 A
Komunikacja	Bezprzewodowa
Stopień ochrony	IP68
Zakres temperatury pracy	od -40°C do +85°C

8. Umiejscowienie urządzeń

Rozdzielnica główna RGNN, która stanowić będzie miejsce wpięcia instalacji fotowoltaicznej znajduje się w pomieszczeniu technicznym (elektrycznym) na poziomie piwnic (poziom -1).

Inwertery wraz z rozdzielnicami RPV oraz RI, a także przeciwpożarowe wyłączniki bezpieczeństwa zostaną zamontowane na dachu areny sportowej (ściana zachodnia wyższego segmentu hali obejmującego ściankę wspinaczkową) oraz na dachu pływalni (ściana zachodnia części dydaktycznej obiektu WOZ). W celu ochrony urządzeń przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi (opady, promieniowanie słoneczne) projektuje się wykonanie zadaszenia oraz dodatkowej ścianki od strony południowej. Lokalizację urządzeń instalacji fotowoltaicznej przedstawiają Rys. E04-E07.

Podczas montażu inwertera należy zachować przewidziane przez producenta odstępy – min. 50 cm od innych przedmiotów i urządzeń celem zapewnienia odpowiedniego odprowadzania ciepła.

9. Przyłączenie instalacji PV do sieci elektroenergetycznej

Miejszem zasilania obiektu z obwodów fotowoltaiki będzie istniejąca rozdzielnica główna RGNN zlokalizowana w pomieszczeniu technicznym (elektrycznym) w części podpiwniczonej obiektu (poziom -1). Obwody zasilania z instalacji PV należy przyłączyć w RGNN w polu szynowym w sekcji rozdziału PEN za głównym wyłącznikiem prądu wg. Rys. E10.

10. Prowadzenie kabli po stronie DC

Połączenie pomiędzy poszczególnymi modułami w rzędzie zostanie wykonane za pomocą kabla DC dołączonego do skrzynki przyłączeniowej dla każdego modułu PV. Połączenia pomiędzy rzędami modułów oraz skrajnymi końcami łańcuchów (stringów), a odpowiednim inwerterem zostanie zrealizowane za pomocą kabli dedykowanych dla instalacji stałoprądowych fotowoltaicznych o przekroju żył roboczych min. 6mm² o napięciu znamionowym 1,5kV (DC). Ze względu na to, że łańcuchy nie będą łączone równolegle, lecz wprowadzone zostaną bezpośrednio na wejście DC inwertera ich obciążalność prądowa jest wystarczająca. Prąd maksymalny (zwarciovowy) wynikający z danych modułu wynosi 11,21A i jest mniejszy od obciążalności prądowej zastosowanego kabla, która wynosi 70A (dane producenta). Wszystkie połączenia po stronie prądu stałego będą realizowane z wykorzystaniem przeznaczonych do tego celu konektorów w standardzie MC4.

Pracując ze złączkami należy używać wskazanych przez producenta narzędzi odpowiednich do prawidłowego montażu. Przy dokręcaniu śrub w aparatach elektrycznych lub klemach modułów fotowoltaicznych należy stosować odpowiednie momenty, wskazane przez producenta. Do określania siły z jaką dokręcono dany element należy zastosować wkrętaki i klucze dynamometryczne. Wszystkie błędy związane z niewłaściwym momentem dokręcenia mogą przełożyć się na nadmierne nagrzewanie się połączeń co może skutkować pożarem.

Moduły będą łączone szeregowo. Kable poza obszarem ogniw fotowoltaicznych (między poszczególnymi rzędami oraz do inwertera) należy prowadzić w perforowanych korytach kablowych z pokrywą wykonanych ze stali ocynkowanej o wymiarach 50x100 mm (wys. x szer.). Przewody muszą być luźno ułożone, nie mogą być układane pod obciążeniem mechanicznym, muszą być odciążone i w wystarczającym stopniu uwolnione od naprężeń.

Trasy kablowe przewodów DC oznakować poprzez umieszczenie na nich następującej informacji: „NIEBEZPIECZEŃSTWO. WYSOKIE NAPIĘCIE DC, W CIĄGU DNIA OBECNE PO WYŁĄCZENIU INSTALACJI”.

Łącząc panele fotowoltaiczne w łańcuchy należy unikać tworzenia pętli przewodów, w których mogłyby się indukować napięcia. W celu minimalizacji wewnętrznej indukcji magnetycznej należy prowadzić przewód dodatni blisko ujemnego. Przewody solarne należy zamocować do konstrukcji opaskami zaciskowymi odpornymi na promieniowanie UV w sposób uniemożliwiający kontakt z powierzchnią pod panelami.

11. Prowadzenie kabli po stronie AC

Każdy z inwerterów zostanie połączony z rozdzielnicą główną RGNN stanowiącą punkt wpięcia instalacji PV do sieci wewnętrznej budynku. Linię zasilania pomiędzy inwerterem INW1 a rozdzielnicą RI1 oraz pomiędzy RI1 a rozdzielnicą RGNN należy prowadzić za pomocą przewodu YKYżo 5x95 mm², natomiast przewód między INW2 a rozdzielnicą RI2 oraz pomiędzy RI2, a rozdzielnicą RGNN prowadzić za pomocą przewodu YKYżo 5x35 mm². Kable energetyczne z wyjścia każdego z inwerterów połączone zostaną z aparatami zabezpieczającymi zabudowanymi odpowiednio w rozdzielnicach RI1 oraz RI2. Dalej przewody należy prowadzić po dachu do miejsca ich przejścia do wnętrza budynku (dach nad klatką schodową w południowo-zachodniej części segmentu „F” – Rys. E04). Dalej przewody należy wprowadzić przebicciem przez stropodach na klatkę schodową na I piętrze budynku (pom. 2.51). Przejście przewodów przez konstrukcję dachu należy wykonać z zastosowaniem odpornego na UV systemowego przepustu kablowego o średnicy DN 125 ze zintegrowanym kołnierzem bitumicznym zapewniającym szczelne połączenie z pokryciem dachowym. Wewnątrz budynku przewody należy prowadzić klatką schodową pionowo w dół do piwnicy (poziom -1). Z klatki schodowej w piwnicy przewody doprowadzić do pomieszczenia technicznego (elektrycznego) istniejącym kanałem kablowym. Przewody należy wpiąć w rozdzielnicę RGNN w sekcji rozdziału PEN w miejscu wskazanym na Rys. E10. Obwody PV zostaną zabezpieczone rozłącznikami bezpiecznikowymi z wkładką zabezpieczającą.

Trasy kablowe na dachu należy wykonać za pomocą perforowanych koryt kablowych z pokrywami wykonanych ze stali ocynkowanej. Koryta z pokrywami należy łączyć za pomocą metalowych opasek.

Wymiary projektowanych korytek kablowych (wys. x szer.):

- przewód YKY 5x35 mm² – 50x100 mm

- przewód YKY 5x95 mm² – 50x200 mm

Wewnątrz klatki schodowej oba przewody zostaną poprowadzone przy użyciu stalowej drabinki kablowej o wymiarach 50x200 mm mocowanej do ściany. Drabinkę na całej długości należy zabudować np. za pomocą płyt gipsowo-kartonowych zapewniając brak dostępu osobom postronnym.

Dobór przekroju przewodu łączącego inwerter IN1= 110 kW z rozdzielnicą RI1 ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

$$I_z > I_B$$

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}$$

gdzie:

I_z – dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa dla dobranego typu i przekroju przewodu, [A].

I_B – obliczeniowy prąd obciążenia przewodu, [A]

P – moc czynna obciążenia przewodu, [W]

U_n – napięcie międzyfazowe, [V]

$\cos \varphi$ – współczynnik mocy, przyjmuje się 0,90

$$I_B = \frac{110000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,90} = 176,4 \text{ A}$$

Dobrano przewód typu YKYżo 5x95mm² o obciążalności prądowej 246 [A] (dane producenta).

$$246 \text{ A} > 176,4 \text{ A} - \text{warunek spełniony}$$

Dobór przekroju przewodu łączącego inwerter IN1= 110 kW z rozdzielnicą RI1 ze względu na straty napięcia

Obliczenia dla dobranego przewodu typu YKYżo 5x95 mm²

$$\text{straty napięcia} = (P \cdot l) / (U^2 \cdot k \cdot A) \cdot 100\% \leq 1\%$$

gdzie:

P – moc instalacji [W]

l – sumaryczna długość obwodu [m]

U – napięcie wyjściowe instalacji [V]

k – przewodność właściwa dla miedzi 48-55, dla aluminium 0,9-33 m/ohm · mm²

A – przekrój poprzeczny przewodu [mm²]

$$\text{straty napięcia} = \frac{115255 \cdot 1 \cdot 100\%}{400^2 \cdot 55 \cdot 95} = 0,01\% \leq 1,0\% \quad \text{warunek spełniony}$$

Dobór przekroju przewodu łączącego rozdzielnicę RI1 z rozdzielnicą główną RGNN ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

$$I_z > I_B$$

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}$$

gdzie:

I_z – dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa dla wybranego typu i przekroju przewodu, [A].

I_B – obliczeniowy prąd obciążenia przewodu, [A]

P – moc czynna obciążenia przewodu, [W]

U_n – napięcie międzyfazowe, [V]

$\cos \varphi$ – współczynnik mocy, przyjmuje się 0,90

$$I_B = \frac{110000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,90} = 176,4 \text{ A}$$

Dobrano przewód typu YKYżo 5x95 mm² o obciążalności prądowej 246 [A] (dane producenta).

$$246 \text{ A} > 176,4 \text{ A} - \text{warunek spełniony}$$

Dobór przekroju przewodu łączącego rozdzielnicę RI1 z rozdzielnicą główną RGNN ze względu na straty napięcia

Obliczenia dla wybranego przewodu typu YKYżo 5x95 mm²

$$\text{straty napięcia} = (P \cdot l) / (U^2 \cdot k \cdot A) \cdot 100\% \leq 1\%$$

gdzie:

P – moc instalacji [W]

l – sumaryczna długość obwodu [m]

U – napięcie wyjściowe instalacji [V]

k – przewodność właściwa dla miedzi 48-55, dla aluminium 0,9-33 m/ohm · mm²

A – przekrój poprzeczny przewodu [mm²]

$$\text{straty napięcia} = \frac{115255 \cdot 70 \cdot 100\%}{400^2 \cdot 55 \cdot 95} = 0,97\% \leq 1,0\% \quad \text{warunek spełniony}$$

Dobór

przekroju przewodu łączącego inwerter IN2= 50 kW z rozdzielnicą RI2 ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

$$I_z > I_B$$

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}$$

gdzie:

I_z – dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa dla wybranego typu i przekroju przewodu, [A].

I_B – obliczeniowy prąd obciążenia przewodu, [A]

P – moc czynna obciążenia przewodu, [W]

U_n – napięcie międzyfazowe, [V]

$\cos \varphi$ – współczynnik mocy, przyjmuje się 0,90

$$I_B = \frac{50000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,90} = 80,2 \text{ A}$$

Dobrano przewód typu YKYżo 5x35 mm² o obciążalności prądowej 129 [A] (dane producenta).

$$129 \text{ A} > 80,2 \text{ A} - \text{warunek spełniony}$$

Dobór przekroju przewodu łączącego inwerter IN2= 50 kW z rozdzielnicą RI2 ze względu na straty napięcia

Obliczenia dla wybranego przewodu typu YKYżo 5x35 mm²

$$\text{straty napięcia} = (P \cdot l) / (U^2 \cdot k \cdot A) \cdot 100\% \leq 1\%$$

gdzie:

P – moc instalacji [W]

l – sumaryczna długość obwodu [m]

U – napięcie wyjściowe instalacji [V]

k – przewodność właściwa dla miedzi 48-55, dla aluminium 0,9-33 m/ohm · mm²

A – przekrój poprzeczny przewodu [mm²]

$$\text{straty napięcia} = \frac{49840 \cdot 1 \cdot 100\%}{400^2 \cdot 55 \cdot 35} = 0,02\% \leq 1,0\% \quad \text{warunek spełniony}$$

Dobór przekroju przewodu łączącego rozdzielnicę RI2 z rozdzielnicą główną RGNN ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

$$I_z > I_B$$

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}$$

gdzie:

I_z – dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa dla wybranego typu i przekroju przewodu, [A].

I_B – obliczeniowy prąd obciążenia przewodu, [A]

P – moc czynna obciążenia przewodu, [W]

U_n – napięcie międzyfazowe, [V]

cosφ – współczynnik mocy, przyjmuje się 0,90

$$I_B = \frac{50000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,90} = 80,2 \text{ A}$$

Dobrano przewód typu YKYżo 5x35 mm² o obciążalności prądowej 129 [A] (dane producenta).

$$129 \text{ A} > 80,2 \text{ A} - \text{warunek spełniony}$$

Dobór przekroju przewodu łączącego rozdzielnicę RI2 z rozdzielnicą RGNN ze względu na straty napięcia

Obliczenia dla wybranego przewodu typu YKYżo 5x35 mm²

$$\text{straty napięcia} = (P \cdot l) / (U^2 \cdot k \cdot A) \cdot 100\% \leq 1\%$$

gdzie:

P – moc instalacji [W]

l – sumaryczna długość obwodu [m]

U – napięcie wyjściowe instalacji [V]

k – przewodność właściwa dla miedzi 48-55, dla aluminium 0,9-33 m/ohm · mm²

A – przekrój poprzeczny przewodu [mm²]

$$\text{straty napięcia} = \frac{49840 \cdot 55 \cdot 100\%}{400^2 \cdot 55 \cdot 35} = 0,89\% \leq 1,0\% \quad \text{warunek spełniony}$$

12. Instalacja wyrównawcza instalacji fotowoltaicznej

Metalowe ramy modułów PV oraz konstrukcja wsporcza zostaną objęte połączeniem wyrównawczym. Przewód ochronny o przekroju 16mm² należy przyłączyć do uziemienia o rezystancji $R \leq 10\Omega$.

Połączeniem wyrównawczym, celem zapewnienia bezpieczeństwa przeciwporażeniowego należy objąć również inne metalowe części instalacji i urządzeń fotowoltaicznych to jest na przykład: aluminiowy radiator inwertera i stalowe płyty montażowe oraz inne metalowe elementy konstrukcji rozdzielnic elektrycznych.

13. Instalacja odgromowa instalacji fotowoltaicznej

Przedmiotowe budynki objęte są ochroną odgromową składającą się ze zwodów poziomych oraz dwóch masztów odgromowych zlokalizowanych na dachu hali sportowej. Przewiduje się modernizację istniejącej instalacji odgromowej tak, aby spełniała ona funkcje ochrony instalacji fotowoltaicznej przed wyładowaniami atmosferycznymi. W tym celu na dachu pływalni projektuje się dwa maszty odgromowe o wysokości 3 m każdy, natomiast na dachu hali sportowej dodatkowe dwa maszty o wysokości 4 m każdy. Maszty należy mocować do dachu z wykorzystaniem betonowych obciążników i połączyć z istniejącymi zwodami poziomymi za pośrednictwem złączy krzyżowych. Rozmieszczenie masztów odgromowych na dachu przedstawia Rys. E08. Przy doborze elementów instalacji odgromowej posłużono się metodą geometryczną, to jest metodą „toczącej się kuli”. Założono klasę II LPS – dobór elementów dla warunku kuli o promieniu 30 m.

Właściwe funkcjonowanie oraz bezpieczeństwo instalacji fotowoltaicznej zapewnione będzie także poprzez uziemienie modułów PV i systemu mocowania oraz zastosowanie ochrony przeciwprzepięciowej. Każdą z instalacji należy wyposażać w ograniczniki przepięć typu T2 po stronie stałoprądowej DC (na każdym stringu) oraz ograniczniki przepięć typu T1+T2 po stronie zmiennoprądowej AC. Uziemienie zostanie wykonane za pomocą przewodu LgYżo 16 mm².

Przewody ochronne należy prowadzić równolegle możliwie blisko trasy kablowej DC i AC, aby uniknąć tworzenia pętli indukcyjnych.

Rezystancja uziemienia powinna wynosić $R \leq 10\Omega$.

Podczas montażu modułów fotowoltaicznych należy zachować odstęp izolacyjny od elementów LPS wynoszący minimum 0,6 m.

Odstęp izolacyjny zgodnie z normą PN-EN 62305-3: 2012

$$S \geq \frac{k_i}{k_m} (k_{c1} \cdot l_1 + k_{c2} \cdot l_2 + \dots k_{cn} \cdot l_{1n})$$

gdzie:

S – minimalny odstęp izolacyjny

k_i – współczynnik uzależniony od klasy ochrony LPS

k_m – współczynnik uzależniony od materiału odstępu izolacyjnego

k_{ci} – współczynnik uzależniony od rozptywu prądu w przewodach

l_i – długość w metrach, mierzona wzdłuż zwodów lub przewodów odprowadzających od punktu, w którym jest rozpatrywany odstęp izolacyjny, do punktu najbliższego połączenia wyrównawczego

$$S \geq \frac{0,06}{1} \cdot (1 \cdot 1,2 + 0,5 \cdot 12 + 0,17 \cdot 5 + 0,085 \cdot 16) = 0,56 \text{ m}$$

14. Ochrona przeciwprzepięciowa, przeciążeniowa i zwarciorowa instalacji fotowoltaicznej

Ochronę przed przepięciami spowodowanymi wyładowaniami atmosferycznymi stanowić będzie uniwersalny, modułowy ogranicznik przepięć typu T2 dla ochrony instalacji PV (po stronie DC) zainstalowany na każdym stringu w rozdzielnicach RPV. Ponadto instalacja zostanie zabezpieczona nad prądowo za pomocą rozłącznika bezpiecznikowego z wkładkami dedykowanymi do prądu stałego DC gPV 16A. Zabezpieczenie urządzeń po stronie DC od zwarcia i przeciążenia realizowane będzie przez zabezpieczenia wbudowane w inwerterze, który wyposażony jest w odpowiednią aparaturę dla każdego łańcucha elektrycznego DC wprowadzonego indywidualnie na wejścia DC dla każdego wejścia MPPT.

Projektuje się dwie rozdzielnice z zabezpieczeniami po stronie prądu stałego DC:

- RPV1 – obudowa IP 65 o wymiarach 600x1000x250 mm,
- RPV2 – rozdzielnica modułowa 3x18 IP65

Po stronie AC inwerter IN1 zostanie zabezpieczony wyłącznikiem mocy o prądzie znamionowym ciągłym 200A, natomiast inwerter IN2 należy zabezpieczyć wyłącznikiem nadmiarowo-prądowym o charakterystyce czasowo-prądowej typu „B” i wartości 100A. Dodatkowo w rozdzielnicy RI2 projektuje się rozłącznik izolacyjny FR 125A. Ochronę przed przepięciami po stronie zmiennoprądowej stanowić będzie ogranicznik przepięć T1+T2. Zabezpieczenia inwerterów zainstalowane zostaną w rozdzielnicach RI1 oraz RI2. Projektuje się:

- rozdzielnicę RI1 – obudowa IP65 o wymiarach 600x600x300 mm
- rozdzielnicę RI2 – rozdzielnica modułowa 2x18 IP65

Na zewnątrz wszystkie rozdzielnice powinny posiadać obudowę wykonaną z blachy aluminiowej/alucynkowej lub zabezpieczonej powłoką chroniącą przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi.

Ponadto w rozdzielnicy RGNN należy zainstalować rozłącznik bezpiecznikowy z wkładką gG 200A stanowiący zabezpieczenie przewodu YDY 5x95mm² oraz rozłącznik bezpiecznikowy z wkładką gG 160A stanowiący zabezpieczenie przewodu YDY 5x35mm².

Ograniczniki przepięć po stronie DC i AC należy podłączyć przewodem ochronnym do szyny wyrównawczej o przekroju min. 16 mm².

15. Dobór zabezpieczeń

Zabezpieczenia po stronie DC

Dobór prądu znamionowego bezpiecznika:

$$I_n \geq \frac{I_{SC\ STC}}{K} \cdot 1,375 [A]$$

gdzie:

I_n – prąd znamionowy bezpiecznika, [A]

$I_{SC\ STC}$ – prąd zwarcia łańcucha modułów, [A]

K – współczynnik korygujący w zależności od temperatury, dla temperatury 20°C=1

Dobrano bezpieczniki o charakterystyce gPV 16A

$$I_n \geq \frac{11,21}{1} \cdot 1,375 = 15,4 [A]$$

$$16 [A] \geq 15,4 [A] - \text{warunek spełniony}$$

Zabezpieczenia po stronie AC

Obciążenie znamionowe inwertera 110 kW

Moc znamionowa falownika: 110 [kW]

Napięcie zasilania: 0,4 [kV]

Prąd obciążenia: 176,4 [A]

Sprawdzenie doboru kabli i zabezpieczeń:

$$[1] \quad I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$[2] \quad I_2 \leq 1,6 \times I_Z$$

gdzie:

I_B – maksymalny prąd wyjściowy po stronie AC inwertera, [A]

I_Z – długotrwała obciążalność prądowa przewodu, [A]

I_n – prąd znamionowy lub prąd nastawienia urządzenia zabezpieczającego, [A]

I_2 – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego

Jako zabezpieczenie przeciążeniowe kabla dobrano wyłącznik mocy 200A.

$$I_B(110\text{ kW}) = 176,4 [A]$$

$$I_N = 200 [A]$$

$$I_Z = 246 [A]$$

$$I_2 = 1,6 \times 200 \text{ [A]} = 320 \text{ [A]}$$

$$1,6 \times I_z = 1,6 \times 246 \text{ [A]} = 393,6 \text{ [A]}$$

$$176,4 \text{ [A]} \leq 200 \text{ [A]} \leq 246 \text{ [A]} - \text{warunek [1] spełniony}$$

$$320 \text{ [A]} \leq 393,6 \text{ [A]} - \text{warunek [2] spełniony}$$

Obciążenie znamionowe inwertera 50 kW

Moc znamionowa falownika: 50 [kW]

Napięcie zasilania: 0,4 [kV]

Prąd obciążenia: 80,2 [A]

Sprawdzenie doboru kabli i zabezpieczeń:

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

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

gdzie:

I_B – maksymalny prąd wyjściowy po stronie AC inwertera, [A]

I_z – długotrwała obciążalność prądowa przewodu, [A]

I_n – prąd znamionowy lub prąd nastawienia urządzenia zabezpieczającego, [A]

I_2 – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego

Jako zabezpieczenie przeciążeniowe kabla dobrano wyłącznik nadmiarowo prądowy B100A.

$$I_B(50 \text{ kW}) = 80,2 \text{ [A]}$$

$$I_N = 100 \text{ [A]}$$

$$I_z = 129 \text{ [A]}$$

$$I_2 = 1,45 \times 100 \text{ [A]} = 145 \text{ [A]}$$

$$1,45 \times I_z = 1,45 \times 129 \text{ [A]} = 187,1 \text{ [A]}$$

$$80,2 \text{ [A]} \leq 100 \text{ [A]} \leq 129 \text{ [A]} - \text{warunek [1] spełniony}$$

$$145 \text{ [A]} \leq 187,1 \text{ [A]} - \text{warunek [2] spełniony}$$

16. Ochrona przeciwpożarowa instalacji fotowoltaicznej

Ochrona przeciwpożarowa części instalacji fotowoltaicznej zapewniona zostanie poprzez zastosowanie optymalizatorów mocy TIGO TS4-A-O z funkcją gwarantującą wysoki poziom bezpieczeństwa dzięki automatycznemu obniżeniu wartości napięcia w optymalizatorach oraz w przewodach prądu stałego do 1V na panel w momencie wyłączenia inwertera lub gdy utraci on zasilanie prądem przemiennym. Zadziałanie funkcji powoduje, że w instalacji na dachu utrzymywane jest niskie napięcie niestanowiące zagrożenia dla osób przebywających w pobliżu. Funkcja bezpieczeństwa przeciwpożarowego zostanie zrealizowana poprzez podłączenie optymalizatorów do rejestratora danych CCA.

W obwodach DC niewyposażonych w optymalizatory projektuje się zastosowanie przeciwpożarowych wyłączników bezpieczeństwa typu PROJOY Electric sterowanych automatycznie

poprzez sieć prądu zmiennego. W chwili zaniku napięcia zasilającego po stronie AC nastąpi odłączenie (przerwanie) obwodów DC między modułami PV a inwerterem, dzięki czemu wysokie napięcie po stronie stałoprądowej mogące wynosić do 1000V dochodzić będzie jedynie do skrzynek ppoż. Przywrócenie zasilania AC spowoduje automatyczne załączenie obwodów prądu stałego.

Wyłączniki przeciwpożarowe należy zamontować na dachu hali sportowej (3 sztuki) oraz na dachu hali basenowej (1 sztuka). Lokalizacje wyłączników ppoż. przedstawiają Rys.E04, Rys. E06 oraz Rys. E07.

Ponadto budynek, na którym zlokalizowane będą moduły fotowoltaiczne wyposażony jest w przeciwpożarowy wyłącznik prądu zabudowany w polu wyłącznika głównego RGNN. Przyciski sterujące cewką wzrostową głównego wyłącznika prądu (GWP) znajdują się w okolicach głównych wejść do budynku. Zadziałanie przeciwpożarowego wyłącznika prądu będzie skutkowało desynchronizacją inwertera PV z siecią elektroenergetyczną, rozłączeniem obwodów DC, a następnie wyłączeniem urządzenia. W tym stanie nie ma możliwości zasilania obwodów ze strony generatora PV.

Dodatkowo zastosowany inwerter powinien być wyposażony w system wykrywania i gaszenia łuków elektrycznych, a także pomiar rezystancji izolacji oraz zabezpieczenie przed pracą wyspową. Inwerter zostanie zamontowany na podłożu niepalnym, w odległości minimum 0,5 m od innych materiałów i konstrukcji palnych.

W celu zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa dla ekip ratowniczo gaśniczych należy odpowiednio oznakować obiekt wyposażony w PV (zgodnie z normą PN-EN 60364-7-712). Piktogramy z wizerunkiem modułów PV na dachu budynku zostaną umieszczone w miejscu przyłączenia instalacji PV, przy liczniku oraz przy głównym wyłączniku zasilania. Okablowanie DC należy oznakować tablicą bezpieczeństwa informującą o obecności napięcia do 1kV.

17. Monitoring parametrów

Do zarządzania i wizualizacji pracy układu ogniw fotowoltaicznych posłuży moduł komunikacyjny SMA Data Manager zamontowany w pomieszczeniu technicznym w piwnicy. Urządzenie należy wpiąć przewodowo do sieci Ethernet (LAN) na obiekcie. Moduł komunikacyjny, poprzez dedykowane oprogramowanie wykorzystujące technologię informacyjno-komunikacyjną umożliwia użytkownikowi, jak również instalatorowi zdalny dostęp do bieżących i archiwalnych parametrów pracy instalacji PV. Łączy wszystkie porty, konwertuje protokoły, gromadzi i przechowuje dane oraz centralnie monitoruje i konserwuje urządzenia w instalacji PV (posiada technologię wykrywania błędów). SMA Data Manager monitoruje podstawowe parametry pracy instalacji takie jak: moc chwilowa i wyprodukowana energia elektryczna, posiada również szeroki zakres opcji regulacji i sterowania mocą czynną i bierną. Dodatkowo zastosowane urządzenie ma wbudowaną opcję ograniczenia ilości mocy czynnej oddawanej do sieci do 0%.

Urządzeniem odpowiedzialnym za połączenie wszystkich sprzętów wchodzących w skład systemu monitoringu instalacji fotowoltaicznej będzie zarządzalny przełącznik sieciowy – switch LAN. Switch powinien zawierać co najmniej 8 portów komunikacyjnych w tym co najmniej 4 cztery porty obsługujące 1 Gbps i pozostałe minimum 100 Gbps.

Wszystkie przewody komunikacyjne powinny być ekranowane. Do połączenia poszczególnych urządzeń sieciowych należy zastosować kabel zewnętrzny żelowany FTPw, kat. 6 F/UTP 4x2x0,57.

Monitoring instalacji fotowoltaicznej na poziomie pojedynczego modułu PV zostanie zrealizowany dzięki zastosowaniu optymalizatorów mocy TIGO TS4-A-O podłączonych do rejestratora danych CCA (Cloud Connect Advanced). W celu zapewnienia widoczności instalacji fotowoltaicznej

rejestrator należy połączyć przewodem do magistral szeregowych RS485 1x3x22AWG PVC (czarnym) z punktem dostępu (TAP), który komunikuje się bezprzewodowo z optymalizatorami. Podłączenie optymalizatorów do CCA umożliwia przeglądanie i zaawansowaną analizę wszystkich danych na temat pracy instalacji PV na poziomie modułu w systemie monitorowania Tigo Energy Intelligence.

Wszystkie urządzenia do monitorowania instalacji fotowoltaicznej należy zabudować w oddzielnej rozdzielni elektrycznej (RM) zlokalizowanej w piwnicy w pomieszczeniu elektrycznym w pobliżu RGNN. Proponowane miejsce lokalizacji pokazano na Rys. E04. Zasilanie rozdzielni RM należy zabezpieczyć wyłącznikiem nadmiarowo-prądowym o charakterystyce czasowo-prądowej typu „B” i wartości 10A.

Przewody sieciowe z dachu do piwnicy budynku należy prowadzić razem z przewodami AC we wspólnych trasach kablowych.

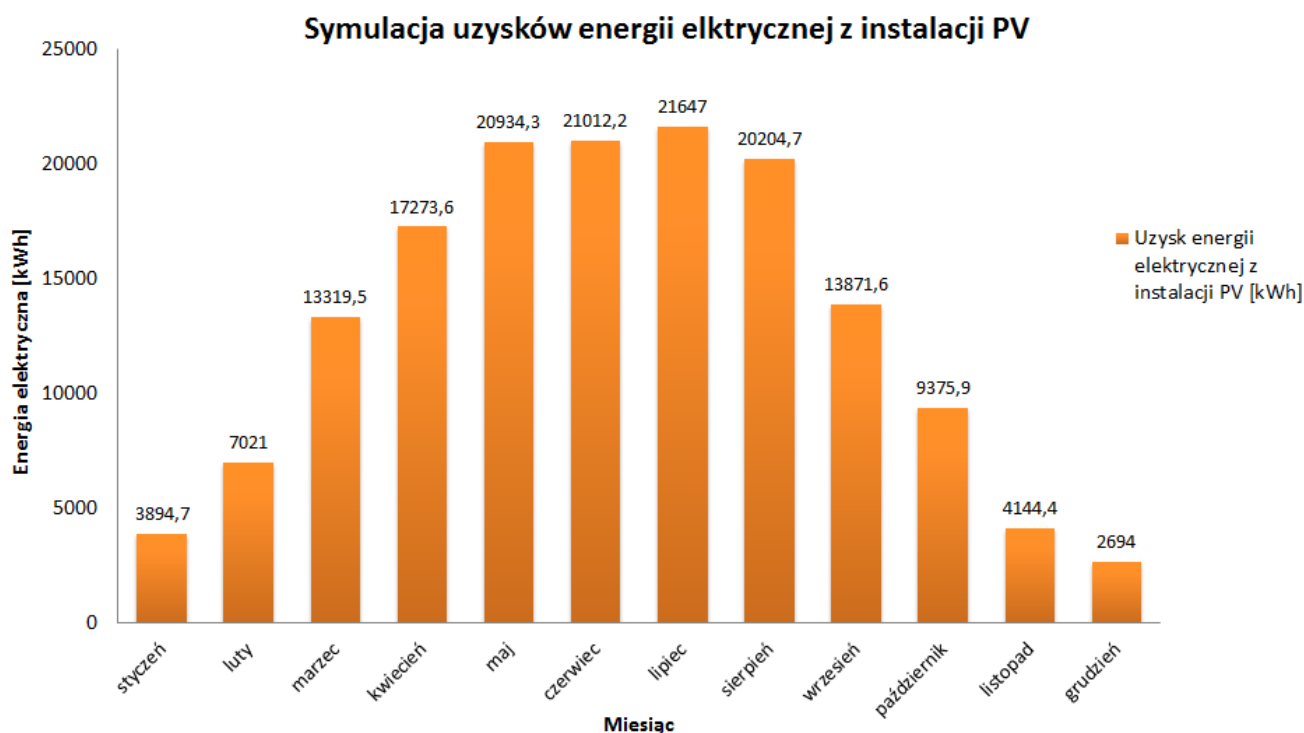
18. Inteligentne zarządzanie energią z instalacji fotowoltaicznej

W celu inteligentnego zarządzania energią w instalacji fotowoltaicznej projektuje się zastosowanie urządzenia SMA Energy Meter. Urządzenie będzie realizowało pomiar energii na zasilaniu rozdzielni niskiego napięcia na stacji transformatorowej 15/04kV K-9091 „Instytut PWSZ”. W celu pomiaru rzeczywistego zużycia energii przez budynek z uwzględnieniem projektowanej instalacji fotowoltaicznej i wizualizacji danych pomiarowych należy połączyć Energy Meter z Data Managerem. SMA Energy Meter należy zbudować w stacji transformatorowej w osobnej rozdzielni elektrycznej. Urządzenie należy połączyć ze switchem LAN zlokalizowanym w piwnicy budynku kablem zewnętrznym żelowanym FTPw, kat. 6 F/UTP 4x2x0,57. Przewód należy wyprowadzić z budynku istniejącymi trasami kablowymi. Na zewnątrz przewód zostanie poprowadzony wykopem do stacji transformatorowej K-9091 „Instytut PWSZ”, gdzie zlokalizowany zostanie SMA Energy Meter.

19. Planowane uzyski energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej

- moc zainstalowana: 165,095 kWp
- jednostkowy uzysk roczny: 941 kWh/kWp
- roczna produkcja energii elektrycznej: 155 393 kWh

Należy pamiętać, że z uwagi na wahania wydajności modułów w zależności od zmienności warunków atmosferycznych oraz czynniki zewnętrzne, takie jak ich zabrudzenie obliczony uzysk energetyczny w ujęciu rocznym, w poszczególnych latach może różnić się od wartości przedstawionych powyżej.



20. Warunki ochrony przeciwpożarowej

Celem rozdziału opracowania jest wskazanie warunków ochrony przeciwpożarowej dla nowoprojektowanej instalacji fotowoltaicznej. Zakres opracowania obejmuje wybrane elementy istotne w kontekście projektowanej instalacji.

Z uwagi na projektowaną moc wynoszącą 165 kWp niniejszy projekt wymaga obowiązkowemu uzgodnieniu pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej z uwagi na Art. 29 ust. 2.6 pkt. 16. (Dz. U. 2019 poz. 1186 z późn. zm.).

Akty prawne i normy stanowiące podstawę opracowania:

- 1) Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. z 2016 r., poz. 191 tekst jednolity);
- 2) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2017 r. poz. 2285);
- 3) Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 roku w sprawie uzgadniania projektu zagospodarowania działki lub terenu, projektu architektoniczno-budowlanego, projektu technicznego oraz projektu urządzenia przeciwpożarowego pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej (Dz. U. z 2021 r., poz. 1722);
- 4) Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z 2010 r. nr 109, poz. 719 z późn. zm.);
- 5) Ustawa Prawo Budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz. U. 2019 poz. 1186 z późn. zm.);
- 6) PN-HD 60364-7-712:2016 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7 –712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji–Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania;
- 7) PN-EN IEC 61730-1:2018-06 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) –Część 1: Wymagania dotyczące konstrukcji;

- 8) PN-EN IEC 61730-2:2018-06 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) –Część 2: Wymagania dotyczące badań;
- 9) PN-EN 62446-1:2016-08 oraz PN-EN 62446-1:2016-08/A1:2019-01 Systemy fotowoltaiczne (PV)– Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania – Część 1: Systemy podłączone do sieci – Dokumentacja, odbiory i nadzór.

20.1. Informacja o powierzchni wewnętrznej, wysokości i liczbie kondygnacji

Projektowana instalacja fotowoltaiczna zajmować będzie powierzchnię dachu nad budynkami:

- E – o powierzchni ok. 1480 m²
- F – o powierzchni ok. 550 m²

Dla połaci dachu budynku E panele usytuowane będą w grupach o maksymalnej szerokości 1 panelu i długości 7 paneli. Dostęp do paneli poprzez wolną przestrzeń biegnącą wzdłuż o szerokości ok. 1 m.

Dla połaci dachu budynku F panele usytuowane będą w grupach o szerokości 1 panelu oraz długości 4 paneli. Pomiędzy poszczególnymi grupami paneli zlokalizowane będą pasy wolnej przestrzeni o szerokości ok. 1 m.

20.2. Charakterystyka zagrożenia pożarowego projektowanej instalacji PV

Obiekt na dachu którego projektowana jest instalacja fotowoltaiczna, to budynek Wydziału Ochrony Zdrowia Akademii Nauk Stosowanych w Tarnowie. Zgodnie z danymi opublikowanymi przez BRE National Solar Centre, niezależny instytut badawczy z Wielkiej Brytanii w publikacji „Fire and Solar PV Systems – Investigations and Evidence in July 2017” - prawidłowo zaprojektowana oraz eksploatowana instalacja nie stwarza zwiększonego ryzyka powstania pożaru w budynku. Podobne wnioski płyną również z innych raportów opublikowanych m.in. przez TÜV Rheinland we współpracy z Instytutem Systemów Energetyki Słonecznej im. Fraunhofera gdzie wskazuje się, że pożary wywołane przez system PV stanowią zaledwie 0,016% w odniesieniu do wszystkich instalacji fotowoltaicznych powstałych w Niemczech. Charakterystyka zagrożenia pożarowego wynika przede wszystkim z możliwości powstania łuku elektrycznego, do którego może dojść w wyniku uszkodzenia izolacji okablowania solarne. Zatem w niniejszym projekcie stwierdza się, że projektowana instalacja fotowoltaiczna nie stwarza dodatkowego zagrożenia pożarowego dla przedmiotowego budynku.

20.3. Informacja o klasyfikacji pożarowej z uwagi na przeznaczenie i sposób użytkowania

Zgodnie obowiązującymi przepisami [1] instalacja fotowoltaiczna nieklasyfikowana jest jako kategoria zagrożenia ludzi (ZL) i/lub obiekt produkcyjno – magazynowy (PM). Projektowana instalacja fotowoltaiczna znajdować się będzie nad strefami pożarowymi ZL I.

20.4. Informacja kategorii zagrożenia ludzi oraz przewidywanej liczbie osób na każdej kondygnacji, a także w pomieszczeniach, których drzwi ewakuacyjne powinny otwierać się na zewnątrz pomieszczeń

Zgodnie obowiązującymi przepisami [1] instalacja fotowoltaiczna nieklasyfikowana jest jako kategoria zagrożenia ludzi (ZL).

20.5. Informacja o podziale na strefy pożarowe

Obowiązujące przepisy nie nakładają obowiązku zastosowania podziału na strefy pożarowe instalacji fotowoltaicznej. Instalacja ta zlokalizowana będzie na dachu nad budynkami – każdy z budynków stanowi jedną strefę pożarową. Na dachach tych brak jest zainstalowanych klap oddymiających.

20.6. Maksymalna gęstość obciążenia ogniowego

Zgodnie z obowiązującymi przepisami instalacji fotowoltaicznej nie klasyfikuje się jako strefa pożarowa PM. Maksymalna gęstość obciążenia ogniowego stref pożarowych (pomieszczeń pomocniczych) nad którymi zlokalizowana będzie instalacja wynosi $PM \leq 500 \text{ MJ/m}^2$.

20.7. Informacja o klasie odporności pożarowej oraz odporności ogniowej i stopniu rozprzestrzeniania ognia przez elementy budowlane

Dla instalacji fotowoltaicznej nie określa się klasy odporności pożarowej oraz odporności ogniowej i stopnia rozprzestrzeniania ognia. Wymagana klasa odporności pożarowej dla budynków nad którymi znajdować się będzie instalacja fotowoltaiczna to B.

20.8. Ocena zagrożenia wybuchem pomieszczeń oraz przestrzeni zewnętrznych

Przyjęta funkcja budynku nie przewiduje występowania substancji mogących powodować występowanie stref zagrożenia wybuchem – w tym również na dachu tj. brak zlokalizowanych kanałów wentylacji bezpieczeństwa pracującej w strefach lub pomieszczeniach zagrożonych wybuchem.

Dla projektowanego budynku nie przyjmuje się dodatkowych obostrzeń z uwagi na lokalizację komponentów instalacji fotowoltaicznej.

20.9. Informacja o warunkach i strategii ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób, uwzględniające liczbę i stan sprawności osób przebywających w obiekcie

Projektowana instalacja PV nie ingeruje w parametry dotyczące dojścia i przejścia ewakuacyjnego. Te dla przedmiotowego obiektu pozostają bez zmian.

Obręb instalacji fotowoltaicznej nie jest przewidziany do przebywania ludzi. Ewentualne przebywanie osób na dachu będzie mieć charakter krótkotrwały i będzie związany z konserwacją techniczną instalacji.

20.10. Informacja o doborze urządzeń przeciwpożarowych oraz innych instalacji i urządzeń służących bezpieczeństwu pożarowemu wraz z określeniem zakresu i celu ich stosowania

Budynki wyposażone są w przeciwpożarowe wyłączniki prądu, oświetlenie awaryjne ewakuacyjne, instalację wodociągową przeciwpożarową z hydrantami wewnętrznymi, system sygnalizacji pożarowej, instalację oddymiającą klatki schodowe.

Obowiązujące przepisy nie wymagają wyposażenia instalacji fotowoltaicznej w urządzenia przeciwpożarowe oraz inne urządzenia służące bezpieczeństwu pożarowemu.

20.11. Informacja o przygotowaniu obiektu budowlanego do prowadzenia działań ratowniczych

Istniejący budynek posiada instrukcję bezpieczeństwa pożarowego w której określone zostały trasy i parametry dróg pożarowych. Projektowana instalacja PV na dachu budynku I Ochrony Zdrowia ANS nie powoduje dodatkowych obostrzeń w zakresie ilości wody potrzebnej do zewnętrznego gaszenia pożaru, a także nie ingeruje w zasady prowadzenia dróg pożarowych do obiektu.

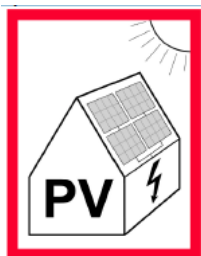
W celu zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa dla ekip ratowniczo gaśniczych należy odpowiednio oznakować obiekt wyposażony w PV wg normy PN-EN 60364-7-712:

Z uwagi na zapewnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych podczas działań, należy wykonać oznaczenia następujących składowych instalacji fotowoltaicznej w ramach uaktualnienia instrukcji bezpieczeństwa pożarowego lub wykonania planu urządzenia fotowoltaicznego.

Plan instalacji fotowoltaicznej umieszcza się w skrzynce z głównym wyłącznikiem prądu całej instalacji elektrycznej obiektu (lub w widocznym miejscu na zewnątrz) na trwałym materiale wykonanym metodą druku i o formacie nie mniejszym niż A4.

Część graficzna powinna zawierać:

- obszar lokalizacji modułów PV,
- lokalizację inwerterów PV,
- miejsce usytuowania elementu (np. rozłącznika) zapewniającego odłączenie napięcia po stronie DC falownika (nawet jeśli stanowi wyposażenie falownika PV),
- przebieg tras przewodów prądu stałego (po stronie DC) pozostających pod napięciem,
- opcjonalnie przebieg tras kablowych prądu przemiennego,
- legendę zastosowanych oznaczeń graficznych i literowych,
- wskazanie osób lub podmiotów opracowujących plan oraz datę jego opracowania.



Piktogram z wizerunkiem modułów PV na dachu budynku, powinien być umieszczony:

- w miejscu przyłączenia instalacji PV,
- przy liczniku oraz
- przy głównym wyłączniku zasilania.

20.12. Informacja o usytuowaniu z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, w tym rozporządzeniem [1], dla instalacji fotowoltaicznej nie określa się minimalnych odległości od budynków i/lub innych obiektów budowlanych, granicy działki, granicy lasu.

20.13. Informacja o rozwiązaniach zamiennych

Dla przedmiotowej instalacji nie przewiduje się rozwiązań zamiennych.

20.14. Informacje o sposobie zabezpieczenia przeciwpożarowego instalacji PV, a także rozwiązania zmniejszające ryzyko powstania pożaru

Projektowana liczba modułów: 371 szt.

Projektowany rodzaj modułów: BRUK-BET PEM.WB-445

Projektowana ilość stringów: 23

Projektowana ilość oraz rodzaj inwerterów: 2 szt.: SMA SUNY TRIPOWER CORE2 STP 110-60 oraz SMA SUNNY TRIPOWER CORE1 STP 50-40

Podstawowe parametry projektowanych modułów PV

NAZWA PARAMETRU	WARTOŚĆ
Typ ogniwa	KRZEMOWE – MONOKRYSTALICZNE
Liczba ogniw	144
Moc maksymalna P_{max}	445 Wp
Napięcie obwodu otwartego V_{OC}	49,45 V
Prąd zwarcia I_{SC}	11,21 A
Napięcie przy mocy maksymalnej V_{mp}	41,32 V
Prąd przy mocy maksymalnej I_{mp}	10,77 A
Sprawność [%]	20,4 %
Tolerancja mocy [%]	0~ +4,99Wp
Współczynnik temperaturowy I_{SC}	0,0045 %/°C
Współczynnik temperaturowy V_{OC}	-0,276%/°C
Współczynnik temperaturowy P_{max}	-0,36 %/°C
Wytrzymałość mechaniczna	5400 Pa
Gwarancja na produkt	15 lat
Gwarancja mocy	83% mocy znamionowej po 25 latach

Moduły fotowoltaiczne przeznaczone dla projektowanej instalacji będą zamontowane na dedykowanej konstrukcji montażowej. Moduły będą łączone ze sobą i z falownikiem przewodem w podwójnej izolacji posiadającym odporność na promieniowanie UV i zmienne warunki atmosferyczne, dedykowanym do zastosowanie w instalacjach fotowoltaicznych.

Do konwersji energii elektrycznej wygenerowanej modułach fotowoltaicznych, w postaci prądu stałego na energię prądu przemiennego, zaprojektowano dwa inwertery: SMA SUNY TRIPOWER CORE2 STP 110-60 oraz SMA SUNNY TRIPOWER CORE1 STP 50-40. Inwertery zlokalizowane będą na dachu hali sportowej oraz na dachu hali basenowej.

Podstawowe parametry wyjściowe AC i parametry wejściowe DC inwerterów

NAZWA PARAMETRU	WARTOŚĆ	
	INWERTER 110 kW	INWERTER 50 kW
Typ	Beztransfatorowy	
Maksymalne napięcie prądu stałego	1100 V	1000 V
Początkowe napięcie wejściowe	250 V	188 V
Zakres napięcia MPPT	500 V – 800 V	
Napięcie nominalne	585 V	670 V
Maksymalny prąd zwarciaowy na MPPT	40 A	30 A
Ilość MPPT/ ilość ciągów modułów dla 1 MPPT	12/2	6/2
Moc wyjściowa	110000 W	50000 W
Maksymalny prąd wyjściowy	159 A	72,5 A
Maksymalna sprawność	98,6%	98,1%
Ważona sprawność europejska	98,4%	97,8%
Ochrona przed odwróconą polaryzacją		
Rozłącznik DC		
Ochrona przeciwprzepięciowa DC i AC		
Zabezpieczenie przeciwzwarciowe AC		
Monitorowanie prądu różnicowego		
Monitoring zwarcia doziemnego, monitoring parametrów sieci		
Temperaturowy zakres pracy	-30°C do +60°C	-25°C do +60°C
Stopień ochrony	IP66	IP65
Przyłącze DC/ przyłącze AC	Sunclix/końcówka kablowa	Sunclix/zacisk śrubowy
Sposób chłodzenia	Aktywne chłodzenie	OptiCool
Gwarancja	5 lat	
Złącze sieci Ethernet		

Przewody fotowoltaiczne zastosowane są do odprowadzenia energii elektrycznej wytworzonej w modułach fotowoltaicznych do falownika i przeznaczone są do pracy z prądem stałym. Projektuje się przewody elektryczne (wpisać producenta i typ przewodu). Połączenia DC zaprojektowano za pomocą szybkozłączy tego samego producenta i typu.

Kabel AC odpowiada za odprowadzenie energii elektrycznej z falownika do wewnętrznej instalacji elektrycznej. Zastosowano kabel: YKYżo 5x35 mm² oraz YKYżo 5x95 mm².

Kable łączące poszczególne moduły fotowoltaiczne będą mocowane do konstrukcji wsporczej samych modułów, kable pomiędzy łączeniami modułów PV, a falownikami będą prowadzone na trasach kablowych lub osłoniętych korytek kablowych.

Okablowanie AC oraz DC prowadzić zgodnie ze schematem. Łącząc panele fotowoltaiczne w łańcuchy należy unikać tworzenia pętli przewodów, w których mogłyby się indukować napięcia. W celu minimalizacji wewnętrznej indukcji magnetycznej należy prowadzić przewód dodatni blisko ujemnego.

Przewody powinny być układane w sposób wykluczający ich uszkodzenie przez zginanie, skręcanie, rozciąganie itp. Temperatura otoczenia przy układaniu przewodów nie powinna być

mniej niż 0° C. Przewody można zginać jedynie w przypadkach koniecznych, przy czym promień gięcia powinien być możliwie duży, jednak nie mniejszy niż 20-krotna zewnętrzna jego średnica. Przy skrzyżowaniu z innymi instalacjami przewodów należy układać w przepustach kablowych. Przepusty powinny być zabezpieczone przed przedostawaniem się do ich wnętrza wody. Przewód na całej swej długości powinien posiadać oznaczniki identyfikacyjne oraz ostrzegawcze. Na oznacznikach należy umieścić trwałe napisy zawierające: opisy wejść i wyjść obwodów elektrycznych, sekcji stringów generatora fotowoltaicznego oraz opisy zastosowanych aparatów i obwodów.

Trasy kablowe po stronie DC będą odpowiednio oznakowane „Niebezpieczeństwo – wysokie napięcie DC w ciągu dnia obecne po wyłączeniu instalacji”.

Dla przedmiotowej instalacji projektuje się:

Rozdzielnica DC:

- zabezpieczenie przeciwprzepięciowe – ograniczniki przepięć DC połączone przewodem ochronnym do szyny wyrównawczej,
- zabezpieczenie przeciążeniowe i zwarciovowe – bezpieczniki topikowe z wkładką topikową gPV.

Rozdzielnica AC:

- zabezpieczenie przeciążeniowe i zwarciovowe – wyłącznik nadmiarowoprądowy, wyłącznik mocy,
- zabezpieczenie przeciwprzepięciowe – ogranicznik przepięć AC połączony przewodem ochronnym do szyny wyrównawczej.

Wytyczne w zakresie wykonania instalacji:

- po stronie DC należy wykonać połączenia za pomocą szybkozłączy jednego typu i jednego producenta. Przy połączeniu do falownika należy stosować szybkozłącza dostarczone przez producenta falownika. Pracując ze złączkami należy używać wskazanych przez producenta narzędzi odpowiednich do prawidłowego montażu.

- przy dokręcaniu śrub w aparatach elektrycznych lub klemach modułów fotowoltaicznych należy stosować odpowiednie momenty, wskazane przez producenta. Do określania siły z jaką dokręcono dany element należy zastosować wkrętaki i klucze dynamometryczne. Wszystkie błędy związane z niewłaściwym momentem dokręcenia mogą przełożyć się na nadmierne nagrzewanie się połączeń co może skutkować pożarem.

- przewody muszą być luźno ułożone, nie mogą być układane pod obciążeniem mechanicznym, muszą być odciążone i w wystarczającym stopniu uwolnione od naprężeń.

20.15. Wyposażenie w gaśnice

Należy zapewnić wyposażenie instalacji fotowoltaicznej w gaśnice proszkowe 4 kg ABC (GP-4x) zlokalizowane w pobliżu inwerterów PV. Do gaśnic winien być zapewniony dostęp o szerokości nie mniejszej niż 1 m.

20.16. Uwagi końcowe

Po zakończeniu prac instalacyjnych należy wykonać:

- protokoły z pomiaru skuteczności ochrony przeciwporażeniowej,
- protokoły z badań odbiorczych instalacji elektrycznych,
- protokoły z pomiarów rezystancji uziemienia,
- protokoły z pomiarów impedancji pętli zwarcia.

Zakres prób odbiorczych (zgodnie z normą PN-HD 60364-6:2008):

- próba ciągłości przewodów ochronnych,
- pomiar rezystancji izolacji instalacji elektrycznej,
- próba ochrony za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania,
- pomiar rezystancji uziomów,
- sprawdzenie kolejności faz,
- próba działania.

Po zakończeniu instalacji wykonawca robót zobowiązany jest do wykonania wszystkich prac związanych ze zgłoszeniem instalacji OZE do określonego operatora energii elektrycznej i jej uruchomieniem do eksploatacji.

21. Oznakowanie elementów instalacji fotowoltaicznej

Celem ułatwienia eksploatacji urządzeń i zapewnieniu bezpieczeństwa personelowi technicznemu instalację fotowoltaiczną należy oznaczyć:

- Inwertery PV – „Nie dotykać urządzenie elektryczne – inwerter fotowoltaiczny”,
- Rozdzielnice RPV – „Rozdzielnica fotowoltaiki – RPV”,
- Rozdzielnice RI – „Rozdzielnica fotowoltaiki – RI”,
- Rozdzielnica główna RGNN – „Rozdzielnica główna RGNN, „Nie dotykać urządzenie elektryczne”,
- Trasy przewodów DC – „Niebezpieczeństwo. wysokie napięcie DC, w ciągu dnia obecne po wyłączeniu instalacji”,
- Przycisk poż. – „Przeciwpożarowy wyłącznik prądu”.

22. Wytyczne instalacyjno – budowlane

Należy wykonać lub zamontować:

- wykonać montaż konstrukcji wsporczej modułów fotowoltaicznych na dachu budynku, montaż wykonać ściśle według instrukcji producenta systemu montażowego oraz producenta modułów PV
- zamontować inwertery I1, I2,
- zamontować rozdzielnicę RPV1, RPV2
- zamontować rozdzielnicę RI1, RI2,
- rozbudować istniejącą rozdzielnicę główną RGNN obiektu o pola odpływowe fotowoltaiki,
- wykonać linię zasilania między RI1, RI2 a RGNN,
- zapewnić zdalny monitoring parametrów pracy instalacji PV,
- wykonać pomocnicze prace budowlane (przebiecia, otwory montażowe, przejścia instalacyjne przez przegrody budowlane itp.),
- wykonać prace porządkowe mające na celu doprowadzenie obiektów do stanu pierwotnego,
- przeprowadzić rozruch instalacji,
- wykonać próby, kontrole pomiary instalacji.

Wszystkie prace związane z mocowaniem konstrukcji modułów fotowoltaicznych, należy bezwzględnie wykonywać pod kierunkiem i w obecności uprawnionego kierownika robót budowlanych posiadającego uprawnienia wykonawcze w specjalności konstrukcyjno-budowlanej, bez ograniczeń lub projektanta konstrukcji budowlanych.

23. Uwagi końcowe

1. Instalacje wykonać zgodnie z „Warunkami technicznymi wykonywania i odbioru robót budowlano-montażowych” tom V, Instalacje elektryczne.
2. Wszelkie konieczne do wprowadzenia na budowie zmiany w stosunku do treści projektu powinny być uzgodnione z projektantem.
3. Montaż urządzeń: ogniw fotowoltaicznych, inwerterów, optymalizatorów, rozdzielnic elektrycznych wraz z wyposażeniem należy przeprowadzić po zapoznaniu się z instrukcjami montażu dostarczonymi przez producenta lub dystrybutora.
4. Instalacje wykonać w ścisłej koordynacji z wystrojem wnętrza i robotami budowlanymi.
5. Przed przekazaniem robót do eksploatacji wykonać pomiary elektryczne przyrządami posiadającymi legalizację i homologację:
 - Pomiar rezystancji izolacji w obwodach instalacji fotowoltaicznej,
 - Pomiar skuteczności ochrony przeciwporażeniowej instalacji fotowoltaicznej,
 - Pomiar ciągłości połączeń wyrównawczych,
 - Pomiar rezystancji uziomów.
6. Do odbioru dostarczyć protokoły badań, atesty i certyfikaty na aparaty i osprzęt oraz dokumentację powykonawczą.

BRANŻA KONSTRUKCYJNA

1. Przedmiot i cel opracowania

Przedmiotem opracowania jest projekt budowlany elementów konstrukcyjnych mocujących systemowe elementy wsporcze pod moduły fotowoltaiczne rozmieszczone na dachu budynku E i F (dach nad areną sportową oraz krytą pływalnią) Wydziału Ochrony Zdrowia Akademii Nauk Stosowanych przy ul. Mickiewicza 8 w Tarnowie.

Celem opracowania jest sprawdzenie obciążeniowe konstrukcji dachu, które będzie stanowiło załącznik do projektu budowlanego instalacji fotowoltaicznej w zakresie rozwiązania konstrukcyjnego.

2. Podstawa opracowania.

- karty techniczne podkonstrukcji systemowej
- uzgodnienia z przedstawicielami Inwestora
- normy przedmiotowe

PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.

PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru. PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne. Obciążenie śniegie.

PN-EN 1991-1-5:2005 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-5: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania termiczne.

PN-EN 1993-1-1:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.

PN-EN 1999-1-1:2011 Eurokod 9: Projektowanie konstrukcji aluminiowych –Część 1-1: Reguły ogólne 6/10

3. Ogólny opis konstrukcji instalacji fotowoltaicznej.

Projektowany system instalacji stanowi zestaw modułów fotowoltaicznych rozmieszczonych na istniejącym dachu budynku E i F (dach nad areną sportową oraz krytą pływalnią) Wydziału Ochrony Zdrowia Akademii Nauk Stosowanych przy ul. Mickiewicza 8 w Tarnowie. Elementy fotowoltaiczne rozmieszczone na dachu zostaną przykręcone do systemowej konstrukcji wsporczej posadowionej balastowo. Konstrukcję wsporczą stanowi układ poprzecznych profili systemowych wykonanych z kształtowników ze stali nierdzewnej lub aluminiowych. Zostaną one ułożone bezpośrednio na pokryciu dachu. Obiekt, na którym projektowana jest montaż instalacji fotowoltaicznej jest budowlą średniowysoką o dwóch kondygnacjach naziemnych (część dydaktyczna cztery kondygnacje naziemne i jednej podziemnej wzniesioną w technologii tradycyjnej).

Stropodach pływalni oraz hali sportowej, przeznaczony pod zabudowę instalacją fotowoltaiczną wykonany został z dźwigarów i płatwi z drewna klejonego pokrytych dwoma warstwami papy termozgrzewalnej. Izolację termiczną stropodachów stanowią płyty z wełny mineralnej o łącznej grubości 20 cm. Na dachu budynku znajduje się instalacja odgromowa wykonana z drutu - układ zwodów poziomych z masztami odgromowymi (na dachu hali sportowej).

4. Założenia obliczeniowe.

Obciążenia:

- obciążenia stałe- PN-EN 1991-1-1 – ciężar własny systemowych elementów konstrukcji wsporczych i ciężar modułów fotowoltaicznych wraz z osprzętem wg kart technicznych producenta, ciężary elementów mocujących,
- obciążenie wiatrem – PN-EN 1991-1-4 –elementy znajdują się na połaci dachu budynku.

Wymiarowanie:

- obliczenia konstrukcji stalowych wg PN-EN 1993-1,
- obliczenia połączeń wg PN-EN 1993-1-8,
- ciężar paneli przenoszą warstwy dachowe
- Siły poziome od wiatru przenoszone są przez tarcie profili do pokrycia.
- Ciężar samych paneli: 11 kg/m²
- nachylenie paneli 15° w stosunku do powierzchni połaci
- przewyższenie paneli fotowoltaicznych w odniesieniu do połaci dachu – max. 30 cm – nie spowoduje ono wzrostu obciążenia dachu śniegiem (brak zasp śnieżnych przy przeszkodach na dachu)
- konstrukcja dachu przenosi równomierne obciążenie instalacją fotowoltaiczną,

5. Charakterystyka elementów fotowoltaicznej.

5.1. Moduły fotowoltaiczne

Przyjęto pojedyncze panele fotowoltaiczne o masie własnej 11 kg/m² . Możliwe jest zastosowanie innego alternatywnego rozwiązania elementów fotowoltaicznych z zachowaniem ciężaru nie przekraczającego ciężaru modułów przyjętych w projekcie. Panele mocowane są na konstrukcji systemowej nośnych przy użyciu zacisków. Wsporniki nośne będą przymocowane do systemowych profili podstawowych rozmieszczonych na połaci dachu w kierunku poprzecznym. W celu zapewnienia nachylenia paneli modułowych w systemie przewidziano dedykowany system z prefabrykowaną konstrukcją zapewniającą stałe nachylenie 15°.

5.2. Konstrukcja mocująca

Zaprojektowano zastosowanie systemowej konstrukcji balastowej REM 23.

Jest to układ pod zestaw paneli fotowoltaicznych mocowanych w 6 miejscach każdy w regularnym rozstawie podpór co ~0,83m. Podpory wykonane z prostokątnego profilu aluminiowego o przekroju poprzecznym 5x80mm. Nachylenie płaszczyzny paneli względem terenu wynosi 15°. Panele przytwierdzone za pomocą łączników dociążone są betonowymi elementami balastującymi. Podkonstrukcja wykonana z aluminium EN-AW 6063 (EP) T66.

Konstrukcja posiada badanie spełniające normy:

- PN – EN 1090 1/2/3/4/5 + A1
- PN – EN ISO 3834

6. Zabezpieczenie antykorozyjne

Konstrukcja ze stali nierdzewnej oraz konstrukcja aluminiowa nie wymagają zabezpieczenia antykorozyjnego.

Ewentualne elementy stalowe (wykonane ze stali zwykłej) zabezpieczyć wg PN ISO 12944: trwałość M, kategoria korozyjności C3, stopień czystości Sa2½

7. Zabezpieczenia przeciwpożarowe konstrukcji

Konstrukcja nie wymaga zabezpieczenia przeciwpożarowego.

8. Wytyczne wykonania i montażu konstrukcji

- Łączenia zaprojektowanej konstrukcji z panelami wymagają okresowej kontroli
- Wymiary elementów wymagających dopasowania do istniejącej sytuacji sprawdzić na budowie
- Roboty budowlane prowadzić zgodnie z „Warunkami technicznymi wykonania i odbioru robót budowlano - montażowych” i sztuką budowlaną.
- Zmiany w stosunku do rozwiązań w niniejszym projekcie są możliwe jedynie po uzyskaniu akceptacji projektanta konstrukcji

**Opracowanie nośności konstrukcji z drewna klejonego dla Kampusu Państwowej Wyższej Szkoły
Zawodowej w Tarnowie**

III. Zestawienie podstawowych materiałów i urządzeń

Lp.	Pozycja	Ilość	J.m.
1.	Moduł fotowoltaiczny BRUK-BET o mocy 445 Wp	371	szt.
2.	Inwerter SMA SUNNYTRIPower CORE 1 STP 50-40 50 kW	1	szt.
3.	Inwerter SMA SUNNY TRIPower CORE 2 STP 110-60 110 kW	1	szt.
4.	Optymalizator mocy TIGO TS4-A-O 500 W	129	szt.
5.	Obudowa metalowa o wymiarach 600x1000x250 IP65	1	szt.
6.	Obudowa metalowa o wymiarach 600x600x300 IP65	1	szt.
7.	Rozdzielnica modułowa 3x18 IP65	1	szt.
8.	Rozdzielnica modułowa 2x18 IP65	1	szt.
9.	Rozłącznik z wkładką bezpiecznikową $I_N = 32$ A $U_N = 1000$ V DC 2P, Hager	23	szt.
10.	Wkładka bezpiecznikowa gPV 16A, Hager	46	szt.
11.	Wyłącznik nadprądowy B100A 3P, Hager	1	szt.
12.	Wyłącznik nadprądowy B6A 1P, Hager	2	szt.
13.	Wyłącznik nadprądowy B10A 1P, Hager	1	szt.
14.	Wyłącznik mocy HNB200H 200A 3P, Hager	1	szt.
15.	Rozłącznik izolacyjny SBN399 125A 3P, Hager	1	szt.
16.	Postawa bezpiecznikowa NH00 3x160A, Hager	1	szt.
17.	Wkładka bezpiecznikowa NH1 160A gG, Hager	3	szt.
18.	Postawa bezpiecznikowa NH00 3x200A, Hager	1	szt.
19.	Wkładka bezpiecznikowa NH1 200A gG, Hager	3	szt.
20.	Ogranicznik przepięć typ T2 U/CPV = 1000V 3P, DEHN	23	szt.
21.	Ogranicznik przepięć typ T1+T2 4P, DEHN	2	szt.
22.	Inteligentny licznik energii elektrycznej SMA Energy Meter	1	szt.
23.	Przekładnik prądowy 1250/5A kl. 0,5	3	szt.
24.	Zarządzalny switch LAN	1	szt.
25.	SMA Data Manager	1	szt.
26.	Rejestrator danych CCA TIGO	1	szt.
27.	Punkt dostępu TIGO (TAP)	2	szt.
28.	Wyłącznik ppoż. PROJOY PEFS-EL50H-6	1	szt.
29.	Wyłącznik ppoż. PROJOY PEFS-EL50H-8	3	szt.
30.	Przewód solarny Bitner typ BIT 1000 Solar H1Z2Z2-K PV 1x6mm ²	2300	m
31.	Przewód YKYżo 5x95 mm ² TF Kable	80	m
32.	Przewód YKYżo 5x35 mm ² TF Kable	60	m
33.	Przewód OMY 3x0,75 mm ² TF Kable	6	m
34.	Przewód zewnętrzny żelowany FTPw, kat. 6 F/UTP 4x2x0,57	250	m
35.	Przewód do magistral szeregowych RS485 1x3x22AWG PVC czarny	200	m
36.	Korytka kablowe Baks KCJ100H50/3	400	m
37.	Korytka kablowe Baks KCJ200H50/3	70	m
38.	Drabinka kablowa Baks DKD200H50/3N	15	m
39.	Pokrywa korytka Baks PKJ100/3	400	m
40.	Pokrywa korytka Baks PKJ200/3	70	m
41.	Konstrukcja wsporcza, balastowa na dach skośny	1	kpl
42.	Maszt odgromowy h=3 m na pojedynczym obciążniku	2	kpl
43.	Maszt odgromowy h=4 m na pojedynczym obciążniku	2	kpl

