INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA

OPRACOWANIE TECHNICZNE

Nazwa zadania	Opracowanie koncepcyjne instalacji fotowoltaicznej dla Szkoły Podstawowej nr 2 im. L. Kobieli, ul. Szkolna 8, 43-520 Chybie
Moc zainstalowana	Instalacja fotowoltaiczna o mocy zainstalowanej 13,34 kWp
Inwestor	Gmina Chybie ul. Bielska 78, 43-520 Chybie
Wykonawca	
Adres inwestycji	ul. Szkolna 8, 43-520 Chybie

INFORAMCJA:

Niniejsze opracowanie stanowi koncepcję instalacji fotowoltaicznej dla ww. obiektu. Przedstawione w opracowaniu komponenty/urządzenia są przykładowe. Należy zastosować urządzenia równoważne lub o parametrach nie gorszych niż przedstawione w niniejszym opracowaniu.

Spis treści

I. Część opisowa

1. Podstawa opracowania	3
2. Przedmiot i zakres opracowania	3
3. Stan istniejący	3
4. Opis rozwiązań	4
5. Panele fotowoltaiczne	4
6. Inwertery fotowoltaiczne	5
7. Konstrukcja montażowa	6
8. Układ pomiarowo-rozliczeniowy	6
9. Dobór połączeń DC, obliczenia dopasowania modułów do falowników	6
10. Rozdzielnica DC i połączenia	6
11. Rozdzielnica AC i połączenia	7
12. Rozdzielnica główna budynku i połączenia	7
13. Ochrona przeciwprzepięciowa, przeciwporażeniowa i zabezpieczenia	7
14. Ochrona przeciwpożarowa	8
15. Prognozowane uzyski z instalacji fotowoltaicznej	9
16. Uwagi końcowe	9

II. Część rysunkowa

Załączniki

Zał. 1. Raport .
Zał. 2. Tabela 1 - Obliczenia DC
Zał. 3. Tabela 2 - Obliczenia AC

1. Podstawa opracowania

- Wytyczne technologiczne dla systemów fotowoltaicznych
- Zalecenia i wytyczne Inwestora
- Inwentaryzacja istniejącej sieci na obiekcie
- Uzgodnienia międzybranżowe, obowiązujące normy i przepisy
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jedn. Dz.U. z 2023 r. poz. 682 z późn. zm.)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jedn. Dz.U. z 2022 r. poz. 1225)
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (tekst jedn. Dz.U. z 2022 r. poz. 1679 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (tekst jedn. Dz.U. z 2024 r. poz. 54)
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (tekst jedn. Dz.U. z 2023 r. poz. 977 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (tekst jedn. Dz.U. z 2010 r. nr 185, poz. 1243 z późn. zm.)
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (tekst jedn. Dz.U. z 2023 r. poz. 822)
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz.U. z 2009 r. nr 124 poz. 1030)
- Eurokody PN EN 1990, PN EN 1991, PN EN 1992, PN EN 1993

2. Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania jest projekt techniczny montażu instalacji fotowoltaicznej wraz z niezbędną infrastrukturą techniczną: panelami fotowoltaicznymi, inwerterami, konstrukcją wsporczą, okablowaniem stało i zmiennoprądowym, zaprojektowanej na dachu budynku Szkoły Podstawowej nr 2 im. L. Kobieli w Chybiu.

Opracowanie swoim zakresem obejmuje:

- Opis stanu istniejącego
- Montaż paneli fotowoltaicznych
- Montaż inwerterów
- Posadowienie konstrukcji i elementów montażowych
- Montaż kabli solarnych
- Montaż linii kablowych nN
- Montaż zabezpieczeń po stronie DC/AC

3. Stan istniejący

Projektowana Instalacja Fotowoltaiczna ma na celu pokrycie części potrzeb energetycznych obiektu. Projektowana inwestycja ma na celu budowę instalacji fotowoltaicznej o mocy 13,34 kWp. Energia elektryczna wyprodukowana w instalacji fotowoltaicznej zostanie wykorzystana na potrzeby oświetlenia oraz funkcjonowania urządzeń elektrycznych. Energia elektryczna produkowana przez przedmiotową instalacje będzie w całości zużywana na terenie obiektu. Nadwyżki będą rozliczane z dostawcą energii na zasadach ustalonych w umowie pomiędzy sprzedawcą energii elektrycznej a inwestorem, nie branej pod uwagę w niniejszym opracowaniu. Przedmiotowa instalacja fotowoltaiczna zostanie wpięta w wewnętrzną sieć elektryczną obiektu/budynku, za układem pomiarowo-rozliczeniowym (licznikiem). Punktem wpięcia do sieci 0,4kV będzie istniejąca rozdzielnica główna budynku, niżej nazwana RGB/TBG zlokalizowana w granicy działki.

Obiekt jest zakwalifikowany jako budynek szkoły. Kubatura obiektu jest większa niż 1000m3, w związku z czym występuje konieczność stosowania przeciwpożarowego wyłącznika prądu.

4. Opis rozwiązań

Projektowana instalacja fotowoltaiczna składać się będzie z zespołów paneli. Zastosowane moduły PV będą współpracowały z jednym falownikiem (konwersja stałej energii elektrycznej na przemienną o odpowiednich parametrach). Łączna moc zainstalowanych paneli wynosi 13,34 kWp. Energia produkowana przez instalację będzie dostarczana do sieci energetycznej obiektu. Wyprodukowana przez instalacje energia będzie w całości zużywana na potrzeby własne. W przypadku nadwyżek, będą one rozliczane w sieci OSD według warunków ustalonych w umowie pomiędzy sprzedawcą energii elektrycznej a inwestorem, nie będącą przedmiotem niniejszego opracowania. Instalacja będzie wyposażona w inwerter hybrydowy, umożliwiający bezpośrednie podłączenie magazynów energii.

W celu dokonania montażu paneli niezbędne jest dokonanie wymiany części poszycia dachowego budynku w celu dostosowania go do bezpiecznego montażu paneli, panele fotowoltaiczne będą wyposażone w powłokę antyrefleksyjną. Rozwiązanie takie zapewni brak możliwości odbijania się promieni słonecznych a tym samym brak możliwości interpretacji pół paneli fotowoltaicznych jako zbiorniki wodne co zapewnia bezpieczeństwo migracyjne ptactwa.

Rozwiązanie takie poprawia również bezpieczeństwo ruchu lądowego uniemożliwiając odbijanie się światła a tym samym nie oślepiają kierowców oraz pieszych.
Dodatkowo ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko określa powierzchnię zabudowy dla inwestycji fotowoltaicznych budowanych na obszarach chronionych w tym NATURA 2000 „Farma fotowoltaiczna o powierzchni zabudowy mniejszej niż 0,5 ha na obszarach objętych formami ochrony przyrody (rezerwaty przyrody, parki krajobrazowe, użytki ekologiczne, itd.) i mniejsza niż 1 ha na terenach pozostałych, nie wymaga uzyskania decyzji środowiskowej."

5. Panele fotowoltaiczne

Panele Fotowoltaiczne są to urządzenia, które wykorzystują zjawisko fotowoltaiczne do zamiany promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Panele połączone są miedzy sobą tworząc stringi, z których energia przekazywana jest za pomocą okablowania prądu stałego o polu przekroju poprzecznego 4mm^2, przystosowanego do pracy na zewnątrz, odpornego na działanie promieniowania UV, do inwertera. Zakończenie przewodów należy wykonać za pomocą wtyków MC4. Pętlę powrotną trzeba prowadzić równolegle do siebie, zgodnie z wytycznymi producenta paneli. Przewody prowadzić w rurze osłonowej typu Arot. W instalacji zastosowano moduły fotowoltaiczne o mocy 460Wp, w ilości 29 szt. Układ paneli oraz metoda połączenia poszczególnych stringów przedstawia załącznik nr 1 (Raport z programu PVSol Premium).

Tabela 3. Parametry elektryczne modułów

Parametr	Wartość	Jednostka
Moc znamionowa	460	Wp
Napięcie jałowe Voc	50,01	V
Prąd zwarciowy Isc	11,45	A
Napięcie maksymalne Vmax	42,13	V
Prąd maksymalny Impp	10,92	A
Sprawność	20,7	%

Tabela 4. Parametry mechaniczne modułów

Parametr	Wartość
Ilość ogniw	144
Wymiar	2112x1052x35 mm
Puszka przyłączeniowa	IP68

Tabela 5. Parametry eksploatacyjne modułów

Parametr	Wartość	Jednostka
Max. napięcie systemu	1500	V
Temp. współczynnik mocy	-0,35	%/°C
Maksymalne obciążenie	5400	Pa
Gwarancja produktowa	12	lat

6. Inwertery fotowoltaiczne

Projektowane falowniki lokalizuje się w pomieszczeniu technicznym. Inwertery spełniają obowiązujące normy: bezpieczeństwa sieci, kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) oraz jakości energii. Falownik został dobrany tak, aby zapewnić optymalną wydajność instalacji PV oraz gwarancję poprawnej i skutecznej współpracy z siecią energetyczną. Instalację projektuje się tak, aby wypadkowa napięcia układu otwartego na szeregu modułów nie przekraczała maksymalnego dopuszczalnego napięcia na wejściu falownika (1000V) przy najniższej skrajnej spodziewanej temp. pracy sytemu. Dodatkowo wypadkowe napięcie punktu mocy maksymalnej na szeregu modułów nie jest niższe niż minimalne napięcie pracy inwertera przy najwyższej skrajnej spodziewanej temp. pracy systemu.
Dodatkowo falownik jest dostosowany do bezpośredniej współpracy z magazynem energii oraz posiada funkcję pracy wyspowej.

Dane falownika:

Tabela 6. Parametry elektryczne falownika DC

Parametr	Wartość	Jednostka
Moc max. DC	18000	Wp
Max. napięcie wejściowe	1100	V
Ilość MPP	2	-
Max. prąd na MPPT	30	A
Rozłącznik DC	Tak	-
Max. napięcie pracy	1000	V

Tabela 7. Parametry elektryczne falownika AC

Parametr	Wartość	Jednostka
Moc znamionowa	12000	W
Max. moc pozorna	13200	VA
Max. prąd AC	17,3	A
Napięcie wyjściowe	230/400	V
Częstotliwość	50	Hz
Fazy zasilania	3	-

7. Konstrukcja montażowa

Projektuje się zastosowanie systemu montażowego specjalnie dostosowanego do montażu modułów PV. Konstrukcja montażowa składa się z elementów niekorodujących (stal nierdzewna / aluminium) lub pokrytych warstwą chroniącą przed korozją. W projektowanym rozwiązaniu przewiduje się montaż za pomocą konstrukcji dachowej z korekcją kąta dla dachu płaskiego (kąt wynikowy 15 st) oraz bez korekcji kata dla dachu skośnego (zgodnie z kątem nachylenia dachu). Do wsporników konstrukcji za pomocą klem zostaną zamocowane moduły. Konstrukcja posiada wszystkie wymagane certyfikaty. W celu montażu paneli na połaci dachowej niezbędna jest wymiana części poszycia dachowego budynku

8. Układ pomiarowo-rozliczeniowy

Instalacja fotowoltaiczna będzie pracowała w systemie on-grid produkując energię elektryczną na potrzeby własne obiektu, a nadwyżka produkcji będzie oddawana do sieci, poprzez zastosowanie licznika dwukierunkowego na potrzeby rozliczenia z OSD. Dodatkowo inwerter posiada licznik wyprodukowanej energii. Zdalny monitoring inwertera umożliwia zbiorczy podgląd parametrów pracy instalacji, falownik ma ponadto możliwość pracy w systemie off-gridowym.

9. Dobór połączeń DC, obliczenia dopasowania modułów do falowników

Panele należy połączyć szeregowo, do połączeń łańcuchowych tworzonych za pomocą skrzynek połączeniowych należy używać szybkozłączek MC4 umieszczonych na spodzie układu mechanicznego.

Sprawdzono wartość napięć w granicznych warunkach temp. dla -25°C oraz 70°C, spadki napięć na poszczególnych stringach celem zredukowania ich wartości poniżej 3%, oraz sprawdzono obciążalność długotrwałą przewodów. Wyniki zawarte w tabeli 1 - obliczenia DC (Zał. 2).

Obliczenia zmiany napięcia względem temp:

$$\Delta U_{temp} = U_{STC} + (\beta \times U_{STC} \times \Delta T)$$

Gdzie:

U_{temp} - napięcie obwodu w zadanej temp. [V]

U_{STC} - napięcie obwodu w warunkach STC [V]

β – współczynnik temperaturowy napięcia [%/°C]

ΔT - różnica temperatur [°C]

Obliczenie spadków napięć:

$$\Delta U\ [\%] = \frac{I \times L}{S \times \gamma \times U} \times 100$$

Gdzie:

L – całkowita długość przewodu DC [m]

I – prąd w przewodzie DC (stringu) [A]

S – przekrój przewodu DC [mm2]

γ - konduktywność przewodu (dla miedzi γ=58) [m/Ωmm2]

U – napięcie międzyprzewodowe [V]

Sprawdzenia obciążalności długotrwałej dokonano porównując prąd maksymalny modułów i obciążalność długotrwałą zastosowanych przewodów DC z karty katalogowej.

10. Rozdzielnica DC i połączenia

Projektuje się podłączenie modułów do falownika w konfiguracji przedstawionej zgodnie doborem przeprowadzonym w programie PVSol Premium (zał. 1). Panele należy połączyć szeregowo, do połączeń łańcuchowych należy używać szybkozłączek (wielostykowych lub kompatybilnych z MC4 tego samego producenta).

Przewody solarne paneli należy prowadzić wzdłuż konstrukcji montażowej, a w miejscach, w których nie jest to możliwe w rurze karbowanej, odpornej na promieniowanie UV, niepalnej, nierozprzestrzeniającej płomienia, lub w stalowych korytach perforowanych. Przejścia przewodów należy zrealizować poprzez kanał techniczny. Przejście okablowania wykonać w sposób zapewniający szczelność. Zaleca się używać przewodów solarnych, dedykowanych do instalacji PV (H1Z2Z2-K przekrój min. 4mm^2) odpornych na UV oraz z wysoką odpornością na warunki atmosferyczne.

W bezpośrednim sąsiedztwie falownika zamontować rozdzielnicę DC w stopniu ochrony IP65 (RPV-DC), wyposażoną zgodnie z pkt. 13 niniejszego opracowania.

11. Rozdzielnica AC i połączenia

W sąsiedztwie inwerterów zamontować rozdzielnice AC (RPV-AC) – dla każdego inwertera oddzielnie. Rozdzielnicę wyposażyć w wyłącznik nadprądowy, ogranicznik przepięć zgodnie z pkt. 13 niniejszego opracowania. Przewód dla inwertera o przekroju min. 5x6mm^2 (Cu). Z rozdzielnicy RPV-AC prowadzić do punktu wpięcia instalacji w sieć w rurach, kanałach elektroinstalacyjnych lub w korytach stalowych perforowanych. Obliczenia dotyczące doboru przewodów AC zawarte są w tabeli 2 - obliczenia AC (Zał.3).

Promień gięcia przewodów wykonać zgodnie z zalecaniami producenta. Przewody prowadzić zgodnie ze sztuką.

Porównano obciążalność długotrwałą przewodów AC z graniczną wartością generowanego prądu przez inwerter, oraz skorygowano o metodę ułożenia przewodów.

Sprawdzono spadek napięcia na przewodach AC celem zredukowania go poniżej 1%:

$$\Delta U\ [\%] = \frac{100 \times P \times l}{\gamma \times S \times U^2}$$

Gdzie:
l – długość kabla AC [m]
P – moc czynna [W]
cos φ – współczynnik mocy (do obliczeń przyjmujemy najwyższy współczynnik cos φ=1)
S – przekrój kabla AC [mm^2]
γ - konduktywność przewodu (dla miedzi γ=58) [m/Ωmm^2]
U – napięcie międzyfazowe [V]

12. Rozdzielnica główna budynku i połączenia

Rozdzielnica główna obiektu jest to miejsce wpięcia instalacji fotowoltaicznej do sieci wewnętrznej budynku. Miejscem wpięcia instalacji jest zabezpieczenie główne obiektu, zlokalizowane w granicy działki.

13. Ochrona przeciwprzepięciowa, przeciwporażeniowa i zabezpieczenia

Zastosowano dodatkową ochronę przeciwprzepięciową. W przypadku ochrony przeciwprzepięciowej po stronie DC zastosować trzeba ograniczniki przepięć typu 1+2 w rozdzielnicy RPC-DC. Przy określaniu napięcia Uc (max napięcie trwałej pracy) brane jest pod uwagę napięcie szeregowo połączonych modułów PV w typowych warunkach testowych - gęstość strumienia świetlnego 1000 W/m^2, rozkład widmowy AM =1,5, temp. modułu 25°C. Obliczenia dla strony DC przedstawia tabela 1 (Zał.2).

Instalację przeciwprzepięciową po stronie AC w celu ochrony sieci należy wyposażyć w ograniczniki przepięć typu 2. Ograniczniki przepięć zamontować w rozdzielnicy RPV-AC.

Zabezpieczeniem przed porażeniem elektrycznym jest stosowanie połączeń wyrównawczych. Wszystkie elementy metalowe instalacji, zwykle nie będące pod napięciem w czasie pracy normalnej zostaną uziemione i połączone do szyny wyrównawczej. W tym celu należy zabudować układ połączeń wyrównawczych w rozdzielnicy RPV-AC. Ochronę przeciwporażeniową dla sieci AC zapewnia zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania. Ponadto zastosować trzeba urządzenia w I klasie ochronności (w celu zapewnienia ochrony przed dotykiem pośrednim stosuje się przyłączenie do zacisku ochronnego urządzenia, przewodu ochronnego (PE)) i II klasie ochronności (poprzez zastosowanie izolacji dodatkowej - izolacja stosowana dodatkowo, oprócz izolacji podstawowej, jako środek ochrony przeciwporażeniowej w razie uszkodzenia izolacji podstawowej).
Dobór zabezpieczeń i sprawdzenie przekroju kabla dobrano na podstawie:

- wytrzymałości mechanicznej
- obciążalności długotrwałej
- przeciążalności
- spadku napięcia
- samoczynnego wyłączenia dla celów ochrony przeciwporażeniowej

Zabezpieczenie przed prądem przeciążeniowym, zgodnie z normą PN-HD 60364-4-43 musi spełniać warunki:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} \qquad I_B < I_N < I_z \qquad k_2 * I_B \leq 1{,}45 * I_Z$$

Gdzie:
I_B – obliczony maksymalny prąd inwertera [A]
I_N – minimalny prąd znamionowy zabezpieczenia nadprądowego [A]
I_Z – obciążalność długotrwała przewodu [A]
k_2 – od 1,6 do 2,1 dla wkładek bezpiecznikowych w zależności od typy, 1,45 dla wyłączników nadprądowych o charakterystyce B,C,D
U_N - napięcie znamionowe [V]

Dobór zabezpieczeń i sprawdzenie przekroju kabla przedstawia tabela 2 - Obliczenia AC (Zał. 3).

14. Ochrona przeciwpożarowa

Zastosowane rozwiązanie oraz zalecenia w celu zapewnienia zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej zostały przedstawione poniżej.
Instalacja została wyposażona w dedykowany podnapięciowy wyłącznik dla instalacji PV. Wyłącznik działa zgodnie z procedurami strażackimi w wyniku czego, automatycznie wyłącza i izoluje przewody DC biegnące pomiędzy modułami PV a falownikiem. Urządzenie odłączy napięcie DC gdy zasilanie AC zostanie wyłączone, lub gdy temperatura w module wyłącznika osiągnie 70°C.

Ponadto należy trzymać się następujących wymogów:

- Nakaz wykonywania połączeń DC za pomocą szybkozłączek (np. złączy MC4) tego samego typu i producenta
- Ze względów bezpieczeństwa należy minimalizować w instalacji ilość połączeń DC.
- Trasy przewodów DC prowadzić, o ile to możliwe, w metalowych korytach (eliminując ostre krawędzie) lub w peszlu samogasnącym, nie rozprzestrzeniającym płomienia.
- Oznakowanie w budynku wg normy PN-EN 60364-7-712
- Trasy kablowe powinny zostać odpowiednio oznakowane
- Całość instalacji wykonać zgodnie z normą PN-HD 60364

Instalacja na obiekcie zlokalizowanym pod adresem ul. Szkolna 8 43-520 Chybie, została zaprojektowana zgodnie z obowiązującymi przepisami, normami oraz dobrą praktyką. Inwerter posiada zabezpieczenie antywyspowe, po zaniku zasilania automatycznie ulegnie wyłączeniu. Nie dotyczy to przypadku gdy będzie współpracował z magazynem energii. W takiej sytuacji, po zaniku zasilania, przełączy się na system offgrid podtrzymując zasilanie w wybranych obwodach obiektu.

15. Prognozowane uzyski z instalacji fotowoltaicznej

Energia produkowana z instalacji fotowoltaicznej posiada spore wahania mocy, zależne m. in. od nasłonecznienia, zacienienia, przejrzystości powietrza, temp. otoczenia. Dlatego należy sugerować się wartościami uśrednionymi. Przeanalizowano roczny uzysk z przedmiotowej instalacji. W pierwszym roku pracy instalacja powinna wyprodukować 10076 kWh. W związku z typową dla produktu, jakim jest krzem, czasową degradacją sprawności ogniw, przewiduje się, że z czasem wydajność systemu będzie się zmniejszać. Jednak zgodnie z kartą techniczną modułów efektywność nie spadnie poniżej 80% po upływie 25 lat.

Tabela 8. Prognozowana produkcja energii w poszczególnych miesiącach [kWh]

miesiąc	Produkcja energii kWh
styczeń	303
luty	480
marzec	891
kwiecień	1 115
maj	1 295
czerwiec	1 313
lipiec	1 396
sierpień	1 263
wrzesień	880
październik	619
listopad	316
grudzień	204
RAZEM	10 076

16. Uwagi końcowe

Koncepcja rozwiązania opracowana została dla instalacji fotowoltaicznej. Zastosowane w symulacji komponenty są przykładowe. Należy zastosować komponenty równoważne lub o parametrach nie gorszych.

- Wykonanie prac powinno być zgodne z projektem oraz obowiązującymi przepisami i normami.
- Koniecznym jest przestrzeganie technologii montażu projektowanych urządzeń.
- Urządzenia po zakończeniu montażu należy skonfigurować do wzajemnej, współpracy.
- Dopuszcza się zastosowanie innych urządzeń i materiałów niż zaprojektowane pod warunkiem, że ich parametry nie będą gorsze od zastosowanych w projekcie.
- Całość prac powinny wykonywać osoby mające do tego uprawnienia.
- Prace powinny być wykonane zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami oraz wytycznymi producentów instalowanych urządzeń.
- Zastosowane aparaty i urządzenia winny posiadać wymagane certyfikaty i dopuszczenia.