

Audyt  
z wstępnym doborem rozwiązań dla  
instalacji fotowoltaicznej planowanej do  
zlokalizowania na terenie oczyszczalni  
ścieków we Frydmanie

Zamawiający	Podhalańskie Przedsiębiorstwo Komunalne Sp. z o.o Al. Tysiąclecia 35A, 34 – 400 Nowy Targ
Obiekt	Oczyszczalnia ścieków we Frydmanie Nr działki      8960/191 Obręb          Frydman Gmina        Łąpsze Niżne

Opracowanie:



dla biznesu .

Columbus Energy S.A.  
ul. Jasnogórska 9, 31-358 Kraków  
NIP 9492163154  
tel. 12 307 30 96  
[bok@columbusenergy.pl](mailto:bok@columbusenergy.pl)

## **Spis treści**

1.1.	Fotowoltaika - definicja	3
1.2.	Rodzaje paneli fotowoltaicznych	3
1.3.	Fotowoltaika - jak działa?	5
1.4.	Technologie paneli fotowoltaicznych	6
2.1.	Projektowanie mikroinstalacji	8
2.2.	Opusty	8
2.3.	Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych	9
2.4.	Zmiany w fotowoltaice w 2022 roku	10
2.5.	Podatki i inne opłaty od instalacji fotowoltaicznej	11
7.1.	Panele fotowoltaiczne	15
7.2.	Falownik sieciowy	19
7.3.	Monitoring produkcji	23
7.4.	Konstrukcja montażowa	23
8.1.	Analiza zużycia energii elektrycznej	25
8.2.	Instalacja o mocy ok 10,12 kWp - szacunkowe uzyski	27
8.3.	Instalacja o mocy ok 24,84 kWp - szacunkowe uzyski	29
8.4.	Instalacja o mocy ok 39,56 kWp - szacunkowe uzyski	31
8.5.	Podsumowanie analizy uzysków energii elektrycznej	33

## 1. Wstęp

### 1.1. Fotowoltaika - definicja

Fotowoltaika (w skrócie PV – z ang. photovoltaic) to dziedzina nauki i techniki zajmująca się przetwarzaniem promieniowania słońca na energię elektryczną. Słońce z punktu widzenia człowieka jest niewyczerpywalnym źródłem energii. Fotowoltaika to inaczej wytwarzanie prądu elektrycznego ze słońca, czyli odnawialnego źródła przy wykorzystaniu zjawiska fotowoltaicznego.



Rys. 1 Fotowoltaika - schemat

### 1.2. Rodzaje paneli fotowoltaicznych

Producenci paneli fotowoltaicznych wprowadzają na rynek coraz nowsze produkty o różnych parametrach i technologiach. Celem jest osiągnięcie jak najwyższej mocy paneli przy jak najmniejszych rozmiarach. Większość producentów wraz ze zwiększaniem mocy paneli zwiększa liczbę ogniw, a co za tym idzie - zwiększa się rozmiar modułów. To powoduje, że panele zajmują więcej miejsca na dachu lub gruncie a taka instalacja stanowi na przykład większe obciążenie konstrukcji dachu. W związku z tym nie zawsze większa moc jest jednoznaczna z postępowaniem technologicznym i lepszą wydajnością.

Wybór paneli fotowoltaicznych powinien być oparty na kilku podstawowych parametrach: moc jednostkowa panela, ilość ogniw, rozmiar panela, sprawność oraz zastosowane technologie pozwalające na zwiększenie uzysku energii oraz mocy danego komponentu.

#### 1.2.1. Panele amorficzne

Najniższą wydajnością spośród paneli słonecznych pierwszego typu charakteryzują się ogniwa amorficzne. Wytwarzane z krzemu amorficznego (niekryształicznego) osiągają sprawność jedynie na poziomie 6-10%. Ich cechą charakterystyczną jest kolor niebieski. Są również lekkie i elastyczne, a przy tym tanie, jednak ich żywotność wynosi jedynie ok. 10 lat.

#### 1.2.2. Panele polikryształiczne

Ogniwa polikryształiczne cechuje niższa sprawność, która standardowo waha się w przedziale od 14-18%. Dotychczas były one najpopularniejsze na rynku i często mylone z kolektorami słonecznymi ze względu na niebieską, mieniącą się barwę. Ogniwa tego typu wytwarza się z wielu kryształów krzemu. Ich zaletą jest niższa cena. Podstawowe zalety paneli polikryształicznych:

- a. sprawność do 18%,
- b. relatywnie dobra sprawność w warunkach słabego oświetlenia,
- c. dobry stosunek ceny do mocy.

Wady paneli polikrystalicznych:

- a. niższa sprawność niż monokryształów,
- b. mniejsza odporność na warunki zewnętrzne.

### 1.2.3. Panele monokrystaliczne

Ogniwa paneli monokrystalicznych możemy rozpoznać po ich jednorodnej, ciemnografitowej lub czarnej barwie. Klasyczne moduły monokrystaliczne wykonane są w technologii bus-barowej. Podstawowe zalety paneli monokrystalicznych:

- a) wysoka sprawność do 23%,
- b) wysoka wydajność nawet w upalne dni,
- c) wysoka trwałość,
- d) niski stopień degradacji.

### 1.2.4. Panele cienkowarstwowe

Panele słoneczne drugiego typu nazywa się cienkowarstwowymi, ponieważ najczęściej wytwarzane są z jednego ogniwa, mają grubość kilku mikrometrów i można je montować na elewacjach. Wśród ich rodzajów wymienia się ogniwa CdTe oraz CIGS o sprawności na poziomie 10-14%. Czasem ze względu na niską wydajność klasyfikuje się do nich również te amorficzne.

W przypadku tego typu paneli słonecznych najczęściej sięga się po ogniwa CIGS. Ich nazwa pochodzi od pierwiastków, z których zostały zbudowane: miedzi, indu, galu i selenu. Dzięki takiemu składowi mogą absorbować więcej promieniowania słonecznego. Dlatego sprawdzają się na elewacjach budynków, do których słońce dociera bezpośrednio, odbite lub rozproszone.

Natomiast ogniwa CdTe wykonane są głównie z półprzewodnika – tellurku kadmu. Cały moduł fotowoltaiczny zazwyczaj zbudowany jest z jednego ogniwa i powstaje przez napylanie cienkiej warstwy półprzewodnika na szkło lub inne podłoże. Na rynku pojawiają się o barwie czerwonej lub czarnej.

### 1.2.5. Podsumowanie rodzajów paneli fotowoltaicznych

Na rynku odnawialnych źródeł energii największe znaczenie mają panele monokrystaliczne oraz polikrystaliczne. Jednak monokrystaliczne panele słoneczne to gwarancja większej wydajności i najlepszej sprawności na rynku – na poziomie powyżej 20%. Moduły tego rodzaju wyróżnia również niska masa i mniejsze rozmiary. To sprawia, że na tej samej powierzchni dachu zmieści się więcej paneli monokrystalicznych niż polikrystalicznych, które dodatkowo wyprodukują więcej energii elektrycznej.

Monokryształy to również najmniejszy spadek mocy w czasie użytkowania

oraz najwyższa trwałość – minimum 30 lat użytkowania instalacji. Nowoczesna, dopracowana technologia produkcji umożliwia współpracę paneli ze wszystkimi typami inwerterów i sterowników.

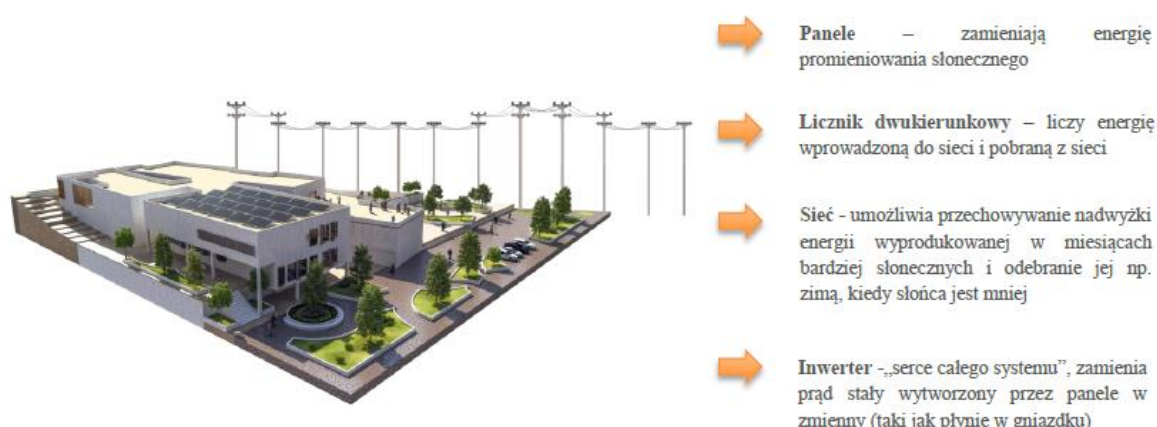
Instalacja fotowoltaiczna oparta o technologię monokrystaliczną modułów cechuje się wysoką odpornością na różne anomalie pogodowe. Nie zagraża jej silny wiatr, grad ani zalegający mokry śnieg. Panele monokrystaliczne cechują się wydajniejszą produkcją prądu nawet podczas pogody niesprzyjającej pracy instalacji.

### 1.3. Fotowoltaika - jak działa?

Na instalacja fotowoltaiczną składa się cały zestaw urządzeń, wśród których najważniejszymi elementami są panele fotowoltaiczne montowane na dachach lub gruncie i inwerter, który przekształca prąd stały, w prąd zmienny dostępny w gniazdkach. By instalacja była bezpieczna konieczne są zabezpieczenia przeciwnapięciowe, które chronią ją przed wyładowaniami elektrycznymi i przepięciami. Nie mniej ważnym elementem zestawu fotowoltaicznego jest system montażowy, do którego zostają zamocowane panele. Prawidłowo wykonana instalacja może efektywnie wytwarzać energię elektryczną przez ponad 30 lat.

Instalacja fotowoltaiczna by działać i produkować energię potrzebuje światła, a właściwie – nośnika oddziaływań elektrycznych czyli fotonu. To właśnie ta cząstka wprawia w ruch elektrony, dzięki którym powstaje napięcie elektryczne. Prąd stały z paneli fotowoltaicznych wędruje do falownika, gdzie zamieniany jest na prąd przemienny, zużywany przez pracujące urządzenia. Dzięki wyższemu napięciu wyprodukowany przez instalację prąd wypiera z obiektu prąd sieciowy, jego nadwyżka trafia natomiast do sieci i zaczyna się „bilansować”.

Poniższy rysunek schematycznie przedstawia zasadę działania mikroinstalacji fotowoltaicznej.



Rys. 2 Sposób działania instalacji fotowoltaicznej

#### 1.4. Technologie paneli fotowoltaicznych

Panele fotowoltaiczne różnią się od siebie między innymi technologią, jakością wykonania, ceną, wydajnością oraz mocą. Nowoczesne rozwiązania pozwalają osiągać coraz wyższe parametry modułów fotowoltaicznych. Poniżej opisano podstawowe technologie stosowane przez producentów paneli fotowoltaicznych.

##### a) Half Cut

To inaczej moduł z ogniwami ciętymi na pół. W typowym module opartym na technologii krzemowej znajduje się 63 ogniwa, w Half Cut to 126 ogniw. Dzięki dwóm niezależnym częściom modułu, zacienienie jednej z nich nie powoduje spadku produkcji w drugiej. Zalety takiej technologii:

- a. dłuższa żywotność,
- b. lepsza praca w upalne dni,
- c. bardziej odporne na uszkodzenia mechaniczne,
- d. mniejsze straty wynikające z zacienienia zw na niezależną pracę połówek modułu.

##### b) Passivated Emitter and Rear Cell (PERC)

Ogniwo fotowoltaiczne wykonane w technologii PERC posiada dodatkową, dolną warstwę odbijającą promienie światła. Dzięki temu dłuższe fale światła – o poranku i wieczorem – nie przenikają przez ogniwa bez wygenerowania prądu, tylko odbijają się i trafiają z powrotem w głąb ogniwa. Foton ma więc powtórny szansę na wytworzenie energii. Technologia PERC pozwala na wyższą sprawność paneli fotowoltaicznych.

##### c) Metal Wrap Through (MWT)

W modułach MWT ogniwa posiadają elektrody na tylnej części, dzięki czemu nie widzimy charakterystycznych pasm biegnących wzdłuż modułu. Technologia MWT pozwala wyeliminować straty wynikające z zacieniania przedniej powierzchni ogniwa przez bus bary, a także utrzymuje pracę ogniwa w niższej temperaturze – panele nie przegrzewając się pracują wydajniej. Moduły MWT pozbawione są również szkodliwego dla środowiska ołowiu. Zalety technologii:

- a. innowacyjna technologia w fotowoltaice,
- b. wysoka sprawność,
- c. większa powierzchnia absorpcji promieni słonecznych,
- d. wysoka wydajność nawet w upalne dni,
- e. niska degradacja modułów w czasie,
- f. technologia bez ołowiu,
- g. mniejsze ryzyko korozji,
- h. większa odporność na mikropęknięcia.

#### d) All back contact

Ogniwa z obiema elektrodami z tyłu w przeciwieństwie do klasycznych paneli produkowane są z krzemu typu N przewodnictwa, a nie typu P. Sprawność paneli w tej technologii sięga 21%. Moduły fotowoltaiczne All black contact dobrze absorbują niskoenergetyczne promieniowanie podczerwone, mają zazwyczaj bardzo dobre parametry elektryczne i charakteryzują się dobrym, jak na moduły z krzemu krystalicznego, temperaturowym współczynnikiem mocy (od -0,30 do -0,36) co oznacza, iż wraz ze wzrostem temperatury tracą wolniej wydajność niż w przypadku klasycznych modułów fotowoltaicznych.

#### e) Heterojunction with Intrinsic Thin Layer (HIT)

Moduły monokrystaliczne typu HIT opierają się na ogniwach z heterozłączem z wewnętrzną cienką warstwą. W tym przypadku oprócz monokrystalicznego krzemu zawierają one również dwie cienkie warstwy krzemu amorficznego, co sprawia, że są one hybrydą pomiędzy ogniwami z krzemu monokrystalicznego oraz amorficznego. Do podstawowych zalet tego typu ogniw należy przede wszystkim wysoka sprawność, która przekracza 22% co przekłada się na sprawność modułów na poziomie 18,5-19,7% - 2 punkty procentowe (12,5%) więcej niż w przypadku klasycznych krzemowych modułów fotowoltaicznych.

#### f) Bifacial

Moduły bifacjalne (obustronne) mogą produkować energię zarówno bezpośrednio - absorbując światło przez przednią powierzchnię panela, jak i pośrednio - absorbując światło odbite od podłoża i padające na tylną powierzchnię. Dzięki takiemu rozwiązaniu moduły te charakteryzują się większą wydajnością od tradycyjnych paneli monofacjalnych. Doskonale sprawdzają się na farmach fotowoltaicznych oraz płaskich dachach, jeżeli zainstalowane są na wysoce odbłaskowej powierzchni takiej jak: biała membrana dachowa, biały piasek czy pomalowany na biało beton. Producenci modułów bifacial zapewniają, że montaż na odpowiednim podłożu może zapewnić do 30% więcej dodatkowej mocy generowanej z tyłu ogniwa.

#### g) SmartWire (SWCT)

Smart Wire Connection Technology jest nową technologią produkcji paneli fotowoltaicznych, polegającą na zastąpieniu klasycznego lutowania ogniw z trzema lub czterema szynowodami laminacją siatki z 18-32 mikroprzewodami z 990-1760 kontaktami. Wprowadzenie nowych rozwiązań technologii łączenia sprawiło, że moduły SWCT posiadają wyższą odporność na ewentualne mikropęknięcia ogniw fotowoltaicznych, a rozbudowana siatka kontaktów na ogniwie przekłada się na niższą odporność, a co z tym związane - wyższą moc.

#### h) Shingled

Moduły fotowoltaiczne w technologii ułożenia ogniw na zakładkę



(ang. Shingled) naśladują zakładkę gontu na dachach. Ogniwa połączone są za pomocą pasty lutowniczej, a łączenie schowane jest między ogniwami. Dzięki temu szyny zbiorcze są ukryte i nie ograniczają powierzchni absorpcji promieniowania słonecznego przez ogniwo. Główną zaletą technologii ułożenia na zakładkę jest niższa rezystancja na linii ogniwo - moduł, co przekłada się na niższe straty. Zbliżenie oraz zagęszczenie ogniw PV skutkuje także wyższą sprawnością modułu PV w porównaniu do klasycznego systemu połączeń.

Panele fotowoltaiczne dostępne na rynku zazwyczaj łączą w sobie kilka technologii wyżej wymienionych. Najczęstszym połączeniem jest technologia half-cut, PERC oraz jakaś inna technologia opracowana przez danego producenta. Kierując się wyborem paneli fotowoltaicznych poza technologią w jakiej zostały wykonane należy zwrócić uwagę na parametry (przede wszystkim elektryczne) danych komponentów.

## 2. Wymagania formalno – prawne realizacji mikroinstalacji fotowoltaicznej

### 2.1. Projektowanie mikroinstalacji

Zgodnie z obowiązującym prawem mikroinstalacja fotowoltaiczna nie wymaga: uzyskania decyzji środowiskowych, warunków przyłączenia do sieci elektroenergetycznej, weryfikacji z Miejscowym Planem Zagospodarowania Przestrzennego czy uzyskanie warunków zabudowy. Wszystkie wymienione wcześniej kroki wymagane są prawem budowlanym dla instalacji przekraczającej 50 kWp. Dodatkowo podstawą realizacji małej instalacji fotowoltaicznej jest przygotowanie projektu budowlanego i uzyskanie pozwolenia na budowę. Natomiast proces realizacji mikroinstalacji jest uproszczony, ponieważ do jej montażu wystarczający jest projekt techniczny uzgodniony z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych. Z kolei po montażu konieczne jest mikroinstalacji zgłoszenie do właściwego operatora Systemu Dystrybucyjnego oraz organów Państwowej Straży Pożarnej. Po zgłoszeniu w terminie do 30 dni Zakład Energetyczny wymienia licznik na dwukierunkowy.

### 2.2. Opusty

Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o Odnawialnych Źródłach Energii definiuje mikroinstalację jako instalację o łącznej zainstalowanej mocy nie większej niż 50 kW, która jest przyłączona do sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV lub o mocy osiągalnej cieplnej w skojarzeniu nie większej niż 150 kW. Natomiast prosumenta energii odnawialnej jako "odbiorcę końcowego wytwarzającego energię elektryczną wyłącznie z odnawialnych źródeł energii na własne potrzeby w mikroinstalacji, pod warunkiem że w przypadku odbiorcy końcowego niebędącego odbiorcą energii elektrycznej w gospodarstwie domowym, nie stanowi to przedmiotu przeważającej działalności gospodarczej

określonej zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 40 ust. 2 ustawy z dnia 29 czerwca 1995 r. o statystyce publicznej (Dz. U. z 2020 r. poz. 443 i 1486)."

Od września 2019 roku przedsiębiorcy mogą zostać prosumentami i korzystać z systemu opustów. Rozliczenie w przypadku firm do momentu nowelizacji ustawy w 2019 roku polegało na sprzedaży nadwyżki energii do Zakładu Energetycznego. Dlatego w takim przypadku najkorzystniejsza była instalacja zaprojektowana na około 30-40% zużycia rocznego, czyli taka która pokrywa codzienne zapotrzebowanie bez produkcji nadwyżek.

W myśl Ustawy o Odnawialnych Źródłach Energii, rozliczenie prosumenta z Zakładem Energetycznym odbywa się bezgotówkowo. Sposób, w jaki odbywa się rozliczanie zależy od wielkości instalacji fotowoltaicznej. W świetle obowiązującego prawa najbardziej korzystne jest przewymiarowanie mocy instalacji względem zapotrzebowania danego obiektu. Wprowadzając nadwyżki energii do sieci elektroenergetycznej, gdzie jest "magazynowana", prosument otrzymuje opust:

- 0,8 kWh za każdą wyprodukowaną 1 kWh energii (w przypadku instalacji do 10 kW),
- 0,7 kWh za każdą wyprodukowaną 1 kWh energii (w przypadku instalacji do 50 kW).

Dzięki bilansowaniu nadwyżka energii wyprodukowana w miesiącach letnich bez problemu może być wykorzystywana do zasilania obiektu również zimą. Prosument ma możliwość skorzystania z wyprodukowanej nadwyżki przez 365 dni od momentu wprowadzenia jej do sieci energetycznej. Zrealizowana instalacja fotowoltaiczna wymaga zgłoszenia do Zakładu Energetycznego, który ma obowiązek bezpłatnie wymienić licznik na dwukierunkowy do 30 dni od momentu zgłoszenia mikroinstalacji. Jego zadaniem jest zliczanie energii, którą prosument wysyła do sieci oraz tej, którą pobiera z sieci publicznej.

### **2.3. Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych**

3 marca 2020 r. Prezydent RP podpisał Ustawę z dnia 13 lutego 2020 r. o zmianie ustawy – Prawo budowlane oraz niektórych innych ustaw. Nowelizacja zawiera szereg zmian w przepisach Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 2019 r., poz. 1186 t.j., dalej: „Pb”). Zmiany dotyczące mikroinstalacji fotowoltaicznych (<50 kWp) obowiązujące od dnia 19.09.2020 r. Zgodnie z nowym art. 29 ust. 4 pkt 3 lit. c Pb wprowadzono następujące zmiany:

- nie jest wymagana decyzja o pozwoleniu na budowę;
- nie jest wymagane zgłaszanie wykonywania robót budowlanych polegających na:
  - instalowaniu pomp ciepła;
  - wolnostojących kolektorów słonecznych;
  - urządzeń fotowoltaicznych o mocy zainstalowanej nie większej niż 50 kW;
- do urządzeń fotowoltaicznych o mocy zainstalowanej większej niż 6,5 kW wymaga się:

- uzgodnienia z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych;
- zawiadomienia organów Państwowej Straży Pożarnej.

Zapisy ustawy nie wyczerpują tematu. Ustawa nie określa jednoznacznie w jakim zakresie projekt powinien być uzgodniony z rzeczoznawcą ds. PPOŻ, a co więcej nie wskazuje jednoznacznie na to jaki system zabezpieczeń powinien być zastosowany.

Nowelizacja rozgranicza instalacje na te "o mocy do 6,5 kWp oraz większej", nie bierze również pod uwagę typu budynku. To znaczy, że takie same przepisy dotyczą niewielkich instalacji domowych o mocy np. 7 kWp, jak i tych komercyjnych o dużo wyższej mocy.

## 2.4. Zmiany w fotowoltaice w 2022 roku

Ministerstwo Klimatu i Środowiska zapowiedziało wprowadzenie zmian dla przyszłych właścicieli instalacji fotowoltaicznych. Przekształcenia mają wprowadzić rynek prosumentów na kolejny etap oraz zapewnić im aktywną rolę w rynku energii.

Nakreślona przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska zmiana zakłada wprowadzenie systemu handlu energią. Instalacje, które zostaną przyłączone po wejściu w życie przepisów nie będą mogły korzystać z systemu opustów. Nadwyżki energii oddane do sieci będą sprzedawane "agregatorom", których zadaniem będzie zakup nadwyżek energii elektrycznej. Sprzedaż nadwyżek odbędzie się po średniej cenie hurtowej z poprzedniego kwartału.

Gdy produkcja energii będzie niewystarczająca lub jej nie ma np. nocą, energię trzeba będzie dokupić. Prosument za dokupiony prąd zapłaci cenę detaliczną, czyli wyższą, bo z wliczonymi opłatami operatora. Możliwość sprzedaży nadwyżek energii będzie zagwarantowana bezterminowo. Przychód ze sprzedaży energii elektrycznej nie będzie stanowił przychodu w rozumieniu ustawy o podatku dochodowym.

Dotychczasowi prosumenci mają dzięki ustawie o OZE zagwarantowany system opustów przez 15 lat od pierwszego dnia wprowadzenia energii do sieci. Prosumencji, którzy podłączą instalację przed wprowadzeniem zmian będą mogli korzystać z systemu opustów przez kolejne 15 lat, jednak nie dłużej niż do dnia 31 grudnia 2035 r. W przepisach przejściowych zawarto zapis, umożliwiający jednorazową migrację prosumenta z dotychczasowego systemu rozliczeń do nowego systemu sprzedaży nadwyżek energii elektrycznej.

W najnowszej wersji ustawy o OZE uchwalonej 29.10.2021 r. wprowadzono niewielkie zmiany w stosunku do pierwotnej wersji m.in. przesunięto wejście w życie nowych norm rozliczeń prosumenckich od 1 kwietnia 2022 r. Pierwotnie zakładano, że wejdą one 1 stycznia 2022 r. W związku z tym aktualny system opustów miałby obowiązywać do końca marca 2022 r. Po tej dacie wszystkie wnioski będą rozpatrywane w ramach nowego reżimu, czyli net billingu, przy czym do połowy 2022 r. obowiązywać ma okres przejściowy, w czasie którego wiążąca będzie tymczasowa forma rozliczania na zasadach opustów.

Przykładowe rozliczenie według nowych zasad w maju 2021 wyglądałoby następująco:

- średnia cena sprzedaży energii za 1 kWh – 0,25 zł,
- cena zakupu 1 kWh – 0,67 zł.

Różnica pomiędzy ceną sprzedaży, a zakupu wynosi 0,42 zł.

Porównywane w niniejszej analizie instalacje fotowoltaiczne rozpatrywane są jako instalacje prosumenckie, zgodnie z prawem obowiązującym na dzień przygotowania niniejszego audytu.

## 2.5. Podatki i inne opłaty od instalacji fotowoltaicznej

Prosumenci, generujący energię z instalacji fotowoltaicznej na własny użytek są zwolnieni z podatku akcyzowego oraz dochodowego (PIT oraz CIT) związanego z taką produkcją.

Rada gminy Łapsze Niżne dnia 29 października 2021 r. wprowadziła uchwałę nr XXXII-304/21 w sprawie określenia stawek podatku od nieruchomości na terenie Gminy Łapsze Niżne. Uchwała ta wprowadza podatek od budowli wynoszący 2% ich wartości określonej na podstawie art. 4 ust. 1 pkt. 3 i ust. 3-7 ustawy o podatkach i opłatach lokalnych. Każda gmina ma obowiązek co roku wprowadzać uchwałę określającą stawki podatków od nieruchomości. W zależności od danej gminy instalacja fotowoltaiczna może podlegać zwolnieniu od tego podatku, stanowić do 2% wartości inwestycji lub być zależna od powierzchni terenów należących do danego przedsiębiorstwa.

Podatkiem pośrednim, który jest płacony dla każdego rodzaju transakcji, a tym samym również za zakup instalacji fotowoltaicznej to podatek VAT. Dla przedsiębiorców stawka podatku VAT wynosi 23% i może on zostać odliczony od należnego podatku.

W 2021 roku pojawiła się opłata, która jest doliczana do rachunku za prąd, co stanowi nowe obciążenie. Dotyczy ona każdego odbiorcy energii elektrycznej, niezależnie czy jest posiadaczem instalacji fotowoltaicznej czy nie. Jej wysokość w przypadku:

- konsumentów jest uzależniona od zużycia, ale nie przekracza 125,52 zł rocznie.
- odbiorców biznesowych zależy od zużycia energii w godzinach szczytu – to wydatek rzędu 76,20 zł za każdą megawatogodzinę, zużytą w godzinach od 7-22, od poniedziałku do piątku, z wyjątkiem dni ustawowo wolnych od pracy.

W przypadku opłaty mocowej fotowoltaika nie tylko nie zwiększa obciążenia, lecz może wręcz pomóc obniżyć wysokość opłaty – dzięki autokonsumpcja wyprodukowanej energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej.

Gruntowa instalacja fotowoltaiczna na terenie oczyszczalni ścieków będzie podlegać podatkowi od nieruchomości, opłacie mocowej naliczanej każdemu odbiorcy energii elektrycznej oraz pośredniemu podatkowi VAT od wykonanej transakcji.

### 3. Podstawa opracowania audytu

Audyt przygotowany został w oparciu o:

- udostępnione profile oraz dane rozliczeniowe za zużycie energii elektrycznej za rok 2020;
- wizję lokalną;
- ustalenia z Inwestorem;
- uzgodnienia międzybranżowe;
- normy i przepisy obowiązujące w kraju;
- wytyczne projektowania wykonywanych instalacji;
- doświadczenie wykonawcy w realizacji usług o tej samej lub zbliżonej tematyce.

### 4. Opis stanu istniejącego

Miejscem inwestycji jest teren oczyszczalni ścieków Frydman na działce nr 8960/191, obręb Frydman, gmina Łapsze Niżne.

Z racji swojej działalności obiekt funkcjonuje bez przerw. Oczyszczalnia jest zasilana w energię elektryczną przez Zespół Elektrowni Wodnych Niedzica S.A., w ramach umowy kompleksowej na zakup oraz dystrybucję energii elektrycznej. Na obiekcie znajduje się analizator sieci, skąd można odczytać podstawowe parametry oraz wartość mocy chwilowych kształtujących się na poziomie 20 kW. Moc przyłączeniowa obiektu wynosi 45 kW. Rozdzielnica licznikowa zabezpieczona jest wyłącznikiem o prądzie znamionowym równym 80 A.

Grunтова instalacja fotowoltaiczna planowana jest w północno-zachodniej części działki. W miejscu planowanej inwestycji niegdyś znajdował się staw, który został zasypyany, a teren został wyrównany i przygotowany do posadowienia planowanej instalacji fotowoltaicznej. Ziemia, którą został wyrównany teren może zawierać pojedyncze kamienie, utrudniające posadowienie stołów grantowych.



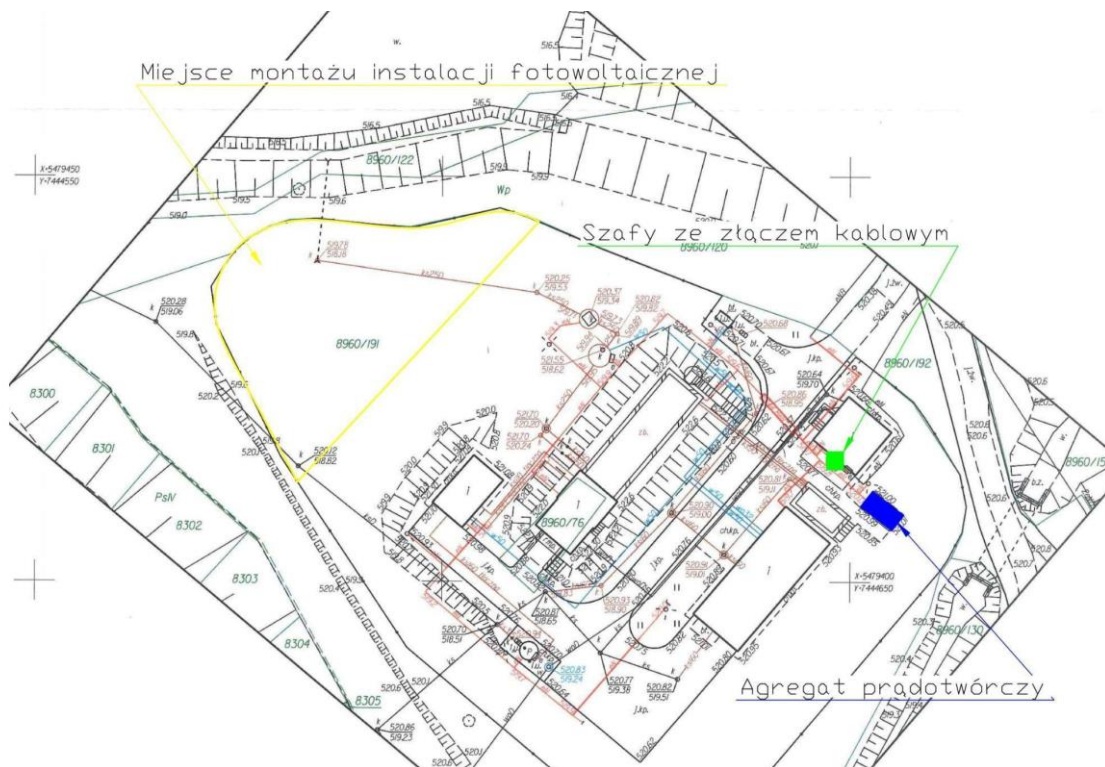
Zdj. 1 Miejsce montażu instalacji fotowoltaicznej.

W północnej części działki znajduje się rura kanalizacyjna, która jest widoczna na zdjęciach satelitarnych oraz oznaczona na portalu mapowym Geoportal. W momencie montażu stołów gruntowych oraz prowadzenia trasy kablowej należy unikać kolizji z istniejącą infrastrukturą podziemną.

Obiekt posiada zasilanie rezerwowe w postaci agregatu prądotwórczego. Instalacja fotowoltaiczna może zostać wpięta do skrzynki znajdującej się obok licznika. Obok skrzynki z licznikiem jest skrzynka z automatyką, która automatycznie odcina sieć i uruchamia agregat prądotwórczy w momencie braku zasilania z sieci. Instalacja powinna zostać wyposażona w odpowiednie czujniki fazowe i przekaźniki w celu odcięcia instalacji fotowoltaicznej w momencie podjęcia pracy przez agregat prądotwórczy.

Poniższy rysunek przedstawia miejsce szaf ze złączem kablowym oraz licznikiem w miejscu zielonego kwadratu oraz agregat oznaczony niebieskim prostokątem.





Zdj. 2 Lokalizacja instalacji PV, agregatu i miejsca wpięcia instalacji fotowoltaicznej.

## 5. Warunki środowiskowe i wpływ na otoczenie

Planowana instalacja fotowoltaiczna znajdować będzie się na terenie znajdującym się w 3 strefie wiatrowej Polski (wg normy PN-EN 1991-1-4:2008). Każda ze stref wiatru w Polsce ma wyznaczone charakterystyczne parametry, opracowane na podstawie informacji dotyczących prędkości wiatru, zebranych ze stacji meteorologicznych w całej Polsce.

Instalacja fotowoltaiczna znajdować będzie się na terenie, znajdującym się w 3 strefie obciążenia śniegiem (wg normy PN-EN 1991-1-3:2005). Poszczególne strefy mają wyznaczone charakterystyczne obciążenia śniegiem.

Nie przewiduje się emisji hałasu przekraczającego dopuszczalną normę hałasu na granicy działki, promieniowania oraz innych szkodliwych oddziaływań na środowisko. Nie występują istniejące, a także nie przewiduje się wystąpienia innych zagrożeń dla środowiska oraz higieny i zdrowia użytkowników w projektowanym obiekcie oraz jego otoczeniu, objętym opracowaniem projektowym. Powstała instalacja fotowoltaiczna nie będzie oddziaływała w sposób negatywny na środowisko i jego użytkowników.

## 6. Opis instalacji fotowoltaicznej na terenie oczyszczalni ścieków we Frydmanie

Projektowana instalacja fotowoltaiczna składać się będzie z zespołów paneli fotowoltaicznych. Zastosowane moduły PV będą współpracowały z inwerterem

(przetwornicą stałej energii elektrycznej na energię elektryczną zmienną). Energia elektryczna produkowana przez instalację będzie dostarczana do sieci energetycznej nN-0,4 kV, poprzez istniejące złącze pomiarowo-rozliczeniowe.

Analiza omawia zastosowanie instalacji o różnych mocach około, tj.: 10 kWp, 25 kWp oraz 40 kWp. Rekomendowanym miejscem montażu instalacji fotowoltaicznej na terenie oczyszczalni ścieków Frydman jest północna część działki nr 8960/191, obręb Frydman, gmina Łąpsze Niżne. Panele fotowoltaiczne należy zamontować za pomocą dedykowanego systemu montażowego dla instalacji gruntowej. Ukierunkowanie instalacji na południe pozwoli na najwyższy uzysk energii elektrycznej.

Konstrukcja wsporcza pod instalację fotowoltaiczną musi być zgodna z przepisami prawa budowlanego i będzie dedykowana do systemów fotowoltaicznych montowanych na gruncie. Prace montażowe przeprowadzić należy zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa budowlanego a także z zachowaniem przepisów BHP.

Trasa kablowa od instalacji fotowoltaicznej będzie prowadzona w gruncie, terenem zielonym. Część trasy kablowej przy istniejących zabudowaniach i ułożonej kostce brukowej będzie wymagało chwilowej jej rozbiórki lub przecisku sterowanego. Koszt wykonania trasy kablowej został wliczony w nakłady początkowe realizacji inwestycji.

Inwerter wraz z zabezpieczeniami należy zamontować w miejscu ustalonym z Inwestorem. Najbardziej optymalnym rozwiązaniem jest umiejscowienie falownika fotowoltaicznego jak najbliżej paneli. W związku z tym inwerter wraz z skrzynkami z zabezpieczeniami powinien być umiejscowiony na stołach gruntowych, pod panelami.

Do podglądu pracy instalacji fotowoltaicznej służy dedykowana aplikacja, która jest kierowana wyłącznie do użytkowników inwerterów danej marki. Monitoring umożliwia gromadzenie oraz prezentację danych o ilości wytworzonej w instalacji energii elektrycznej. Prowadzenie monitoringu wymaga dostępu do Internetu.

Licznik energii elektrycznej wymieniany jest na dwukierunkowy przez Zakład Energetyczny po stosownym zgłoszeniu mikroinstalacji.

## 7. Komponenty instalacji fotowoltaicznej

### 7.1. Panele fotowoltaiczne

Analiza rozpatruje instalację paneli fotowoltaicznych różnych modeli oraz producentów modułów monokrystalicznych, o mocy jednostkowej nie mniejszej niż 370 Wp. Wybór najbardziej korzystnej technologii został podyktowany dominacją technologiczną ogniw opartych na krzemie monokrystalicznym a przede wszystkim ich zaletami, takimi jak:

- e) wysoka sprawność do 23% ;
- f) wysoka wydajność nawet w upalne dni;



- g) wysoka trwałość;
- h) niski stopień degradacji.

Szacuje się, że panele tego typu posiadają ok. 95% udziału w rynku, w tym ok. 59% to moduły technologii mono-PERC. Ten typ modułów PV charakteryzuje się największą sprawnością. Wykorzystanie ogniw PERC pozwala z kolei na produkcję paneli PV o wyższej mocy w stosunku do powierzchni absorpcyjnej.



Rys. 3 Porównanie powierzchni potrzebnej do uzyskania 1 kWp dla modułów różnych technologii (źródło: "Instalacje Fotowoltaiczne" Bogdan Szymański).

Moc zainstalowaną oblicza się poprzez iloczyn mocy jednostkowej paneli oraz ich liczby. Niniejsza analiza uwzględnia 22, 54 oraz 86 paneli co po przemnożeniu przez moc 0,46 kWp daje 10,12 kWp, 24,84 kWp oraz 39,56 kWp.

Zestawienie parametrów paneli fotowoltaicznych różnych Producentów przedstawia poniższa tabela.

Tabela 1. Porównanie parametrów paneli fotowoltaicznych

<b>Parametr</b>	<b>Jiangsu Sunport Power</b>	<b>Jinko Solar</b>	<b>Longi Solar</b>	<b>LG Electronics</b>	<b>REC Solar</b>
Model	SPP460NHJH	JKM460M-7RL3-V	LR4-72HPH-460M	LG455S2W-U6	REC370TP4 Black
Moc jednostkowa [Wp]	460	460	460	455	370
Technologia	half-cut; MWT; PERC	half-cell; TR technology; PERC; MBB	half-cell; PERC	half-cut	half-cut; MBB
Tolerancja mocy	0 /+ 5W	0 /+ 3%	0 /+ 5W	0 /+ 3%	0 /+ 5
Sprawność modułu [%]	20,8	20,49	21,20	20,4	20,3
Współczynnik temperaturowy Pmax [%/°C]	-0,36	-0,35	-0,35	-0,365	-0,34
Współczynnik temperaturowy Voc [%/°C]	-0,28	-0,28	-0,27	-0,27	-0,26
Współczynnik temperaturowy Isc [%/°C]	0,06	0,048	0,048	0,038	0,04
Liczba ogniw	156	156	144	144	120
Masa [kg]	23,6	26,1	23,3	22,3	20,0
Wymiary (dł. x szer. x wys.) [m]	2005 x 1105 x 35	2182×1029×40	2094 x 1038 x 35	2115 x 1052 x 40	1755 x 1040 x 30

Puszka przyłączeniowa	IP68	IP67	IP68	IP68	IP68
Maks. napięcie systemu DC [V DC]	1500	1500	1500	IEC 1500V / IEC 1000V	1000
Maks. prąd znamionowy bezpiecznika [A]	15	20	20	20	25
Liczba busbarów	-	9	9	9	9
Zakres temperatury roboczej	-40 do +85	-40 do +85	-40 do +85	-40 do +85	-40 do +85
Obciążenie mechaniczne [Pa]	5400 (przód) /2400 (tył)	5400 (przód) /2400 (tył)	5400 (przód) /2400 (tył)	5400 (przód) /3000 (tył)	7000 (przód) /4000 (tył)
Certyfikat IEC 61215	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak
Certyfikat IEC 61730	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak
Gwarancja producenta [lat]	15	12	12	15	25
Gwarancja na uzysk	85,45 % po 30 latach	83,10 % po 25 latach	84,8 % po 25 latach	87,9 % po 25 latach	86,0 % po 25 latach

Przedstawione parametry paneli fotowoltaicznych są podobne. Komponenty Jinko Solar oraz Longi Solar mają najwyższą cenę na rynku, jednocześnie mają największą powierzchnię i krótszy okres gwarancji niż panele Sunport. Najwyższą sprawność osiągają panele Longi Solar, a zaraz za nimi są komponenty Firmy Sunport, które charakteryzują najniższą ceną. Największą zaletą paneli Sunport jest niski poziom degradacji po 1 roku, który wynosi 1,5 % a po 30 latach gwarantowane jest 84,45 % mocy wyjściowej. Wszystkie wyżej wymienione panele spełniają wymagania krajowe i europejskie dopuszczające je do sprzedaży.

## 7.2. Falownik sieciowy

Inwertery porównywane w niniejszym opracowaniu będą przetwarzać prąd stały, wyprodukowany przez panele fotowoltaiczne, na prąd przemienny. Inwerter oprócz swojej podstawowej funkcji (przetwarzania prądu stałego na przemienny) będzie zabezpieczać instalację PV (oraz sam inwerter) przed działaniem nieprawidłowych parametrów sieci zewnętrznej. W przypadku zaniku napięcia w sieci zewnętrznej inwerter wyłączy produkcję energii i odłączy się od sieci zewnętrznej, aby nie doprowadzić do porażenia ekip monterskich pracujących przy instalacjach elektrycznych zgodnie z normą PN-HD 60364-4-41:2017-09. Ponadto inwerter musi spełniać obowiązujące normy: bezpieczeństwa sieci, kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) oraz jakości energii.

Inwerter powinien zostać dobrany tak, aby zapewnić optymalną wydajność instalacji PV oraz gwarancję poprawnej i skutecznej współpracy z siecią energetyczną. Instalację projektuje się tak, aby wypadkowe napięcie układu otwartego na szeregu modułów nie przekraczało maksymalnego napięcia dopuszczalnego na wejściu przez falownik przy najniższej spodziewanej temperaturze pracy systemu. Dodatkowo wypadkowe napięcie punktu mocy maksymalnej na szeregu modułów nie może być niższe niż minimalne napięcie, dla którego falownik jest w stanie zaimplementować procedurę MPPT przy najwyższej spodziewanej temperaturze pracy systemu.

Inwerter wraz z zabezpieczeniami należy zamontować na stołach gruntowych, pod panelami fotowoltaicznymi i/lub miejscu ustalonym z Inwestorem. Falownik musi być zamontowany na podłożu niepalnym o klasie reakcji na ogień nie gorszej niż A2, w jak najbliższej odległości od modułów fotowoltaicznych, jednak nie zaleca się montażu inwerterów:

- na odkrytej fasadzie budynku;
- w miejscach narażonych na intensywne działanie promieni słonecznych;
- w miejscach narażonych na intensywne działanie warunków atmosferycznych;
- w pomieszczeniach w których temperatura może przekraczać 40 st.C;
- na drewnianych elementach konstrukcyjnych budynku.

Porównanie podstawowych parametrów falowników przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Porównanie parametrów falowników sieciowych

<b>Parametr</b>	<b>Ginlong Technologies - Solis</b>	<b>SolarEdge</b>	<b>Fronius International</b>	<b>Huawei Technologies</b>
Falownik beztransformatorowy	Tak	Tak	Tak	Tak
Maksymalne napięcie wejściowe [V]	1000 - 1100	900 - 1000	1000	1080 - 1100
Liczba MPPT	2 - 4	2 - 4	2	2 - 4
Znamionowa częstotliwość napięcia sieci	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz $\pm 5\%$	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	50 Hz / 60 Hz
Całkowite zniekształcenie harmoniczne prądu [%]	< 1,5 lub 3	$\leq 3$	< 1,8	$\leq 3$
Maks. wydajność [%]	98,7 - 98,8	98 - 98,3	98 - 98,1	98,5 - 98,7
Europejska sprawność [%]	98,1 - 98,3	97,6 - 98	97,4 - 97,9	98 - 98,4
Zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją prądu stałego DC	Tak	Tak	Tak	Tak
Zabezpieczenie obwodu przed zwarcie	Tak	Tak	Tak	Tak
Anty wyspowy system ochronny	Tak	Tak	Tak	Tak
Zintegrowany wyłącznik prądu stałego	Tak	Opcjonalne zintegrowane urządzenie	Tak	Tak

		zabezpieczające DC eliminujące potrzebę stosowania zewnętrznych izolatorów prądu stałego		
Ochronniki przeciwprzepięciowe	DC typ II / AC typ II	DC typ II / AC typ II	DC typ II / AC typ III	DC typ II / AC typ II
Monitoring parametrów sieci	Tak	Nie	Tak	Tak
Zużycie własne (noc) [W]	< 1	< 2,5 - 4	< 1	< 5,5
Roboczy zakres temperatury otoczenia [°C]	-25 do +60	-20 (lub -40) do +60	od -40 do +60	-25 do +60
Koncepcja chłodzenia	naturalna konwekcja / inteligentne redundantne chłodzenie wentylatora	wentylator (wymienny)	regulowana wymuszona wentylacja	naturalna konwekcja
Stopień ochrony	IP65	IP65	IP66	IP65 - IP66
Standard połączenia z siecią	G98 or G99, VDE-AR-N 4105 / VDE V 0124, EN 50549-1, VDE 0126 / UTE C 15 / VFR:2019, RD 1699 / RD 244 / UNE 206006 / UNE 206007-1, CEI 0-21, C10/11, NRS 097-2-1, TOR, EIFS 2018.2, IEC 62116, IEC 61727, IEC60068, IEC 61683, EN 50530	VDE-AR-N 4105, AS-4777, EN50438, CEI-021, VDE 0126-1-1, CEI-016, EN50549-1, EN50549-2, VDE-AR-N-4110, TOR Erzeuger Typ A, G99, G99 (NI), VFR 2019	ÖVE / ÖNORM E 8001-4- 712, DIN V VDE 0126-1- 1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0- 16, CEI 0-21, NRS 097	G98, G99, EN 50438, EN50549, CEI 0-21, CEI 0- 16, VDE-AR-N-4105, VDE- AR-N-4110, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15- 712, RD 1699, RD 661, PO 12.3, TOR D4, IEC61727, IEC62116, DEWA
Standard bezpieczeństwa / EMC	IEC/EN 62109-1/-2, IEC/EN 61000-6-1/-2/-3/-4	IEC - 62103 (EN50178), IEC - 62109, AS3100,	IEC 62109-1/-2, 61000-6- 1/-2/-3/-4	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2

		IEC/EN 61000-6-2/-3, IEC/EN 61000-3-11/-12		
Wyświetlacz	Tak	Nie	Tak	Tak
Komunikacja	RS485, WLAN / Ethernet, Opcjonalny: Wi-Fi, GPRS	RS485, Ethernet, Wi-Fi (wymaga anteny), komórkowych (opcjonalnie)	RS485, WLAN / Ethernet LAN, Wi-Fi	RS485, WLAN / Ethernet, Opcjonalny: Wi-Fi
Gwarancja producencka (podstawowa)	10 lat	12 lat	5 lat	5 lat

Podstawowe parametry falowników porównywanych w powyższej tabeli są bardzo zbliżone, wszystkie posiadają stosowne certyfikaty i dopuszczenia pozwalające na odbiór instalacji fotowoltaicznej przez Zakład Energetyczny. Zestaw SolarEdge jest opcją najdroższą, co wynika z konieczności zastosowania dodatkowych urządzeń jakimi są optymalizatory mocy. Dla analizowanego przypadku, gdzie instalacja fotowoltaiczna będzie umieszczona na gruncie nie ma konieczności ich stosowania ze względu m.in. na brak zacienień znacząco obniżających uzyski energetyczne. W związku z tym zwiększają one nakłady początkowe oraz wydłużają czas zwrotu inwestycji. Ceny inwerterów SolarEdge oraz Solis na rynku kształtują się podobnych wartościach, a Huawei jest opcją droższą. Huawei ma jednocześnie najkrótszy okres podstawowej gwarancji producenckiej wynoszący 5 lat, natomiast pozostałe falowniki w standardzie mają minimum 10 lat gwarancji Producenta.

### 7.3. Monitoring produkcji

Zgodnie z normą PN-EN 61724 „Monitorowanie własności systemu fotowoltaicznego - Wytyczne pomiaru, wymiany danych i analizy” należy zastosować system monitorujący parametry pracy. Monitoring produkcji powinien być prowadzony poprzez funkcję, w jaką wyposażony zostanie inwerter. Umożliwia on gromadzenie oraz prezentację danych o ilości wytworzonej w instalacji energii elektrycznej oraz podstawowych parametrów energii elektrycznej. W celu poprawnego funkcjonowania monitoringu Inwestor udostępnia sieci internetowe, aby Wykonawca mógł zrealizować podłączenie i konfigurację. Umożliwia monitorowanie, gromadzenie oraz prezentację danych takich jak:

- moc chwilowa, czyli moc, z jaką pracują panele fotowoltaiczne w danym momencie;
- ilość energii, jaką wyprodukowała instalacja fotowoltaiczna w dniu bieżącym, a także od momentu pierwszego uruchomienia;
- zestawienia okresowe pracy instalacji – dzień, tydzień, miesiąc, rok;
- szacunkowe oszczędności dzięki wyprodukowanej, darmowej energii;
- informacje o statusie instalacji, parametrach prądowo-napięciowych i ewentualnych błędach;
- ilość unikniętej emisji CO<sub>2</sub>.

### 7.4. Konstrukcja montażowa

W niniejszej analizie ekonomiczno-technicznej pod uwagę zostały wzięte panele fotowoltaicznej o mocy jednostkowej 460 Wp. W celu estetyki oraz bezpieczeństwa instalacji gruntowej należy zapełnić w całości stoły gruntowe, tak jak nie pozostawiać wolnych miejsc. Niżej opisany system montażowy to stoły gruntowe w konfiguracji 2x4 + dostawki, dlatego też musi być parzysta liczba paneli.

Konstrukcja - słupy stalowe powinny zostać wbite w grunt na głębokość sięgającą około 1,3-1,6 m. Dolna krawędź paneli powinna znajdować się około 70 cm nad powierzchnią gruntu a ich nachylenie to 25-30 stopni. Moduły fotowoltaiczne do profili powinny zostać przymocowane z wykorzystaniem klem środkowych oraz klem końcowych.

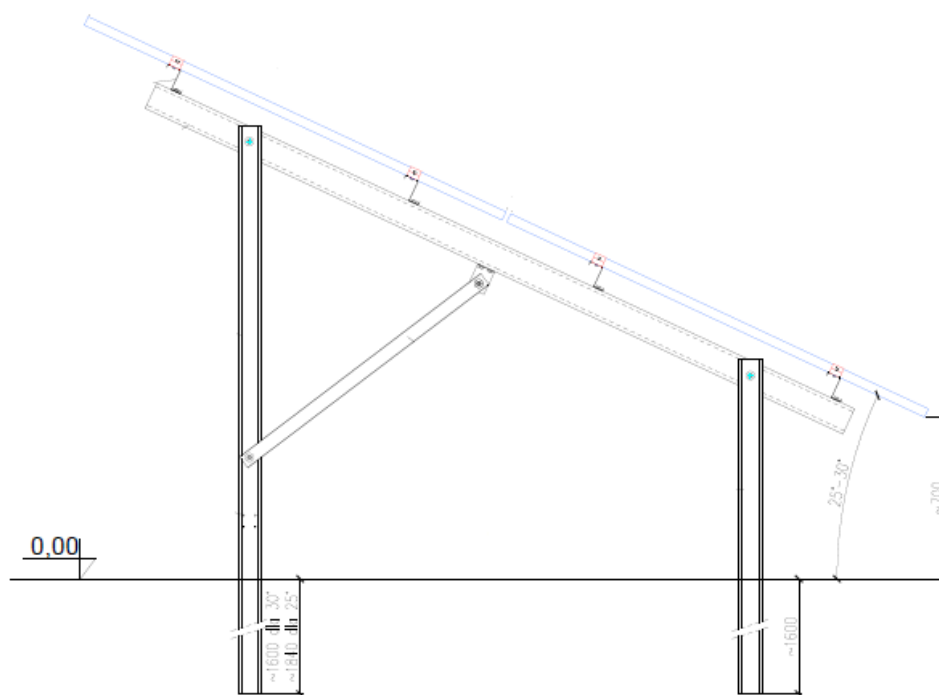
Konstrukcja wsporcza musi zostać zabezpieczona powłoką antykorozyjną. Wszystkie stoły wykonane ze stali konstrukcyjnej z powłoką antykorozyjną lub zabezpieczone inną techniką zapewniającą równorzędne lub lepsze parametry techniczno-użytkowe.

W związku ze zmianą zagospodarowania terenu tj. zakopanie stawu i wyrównanie terenu planowanej inwestycji, nie jest znana struktura oraz zagęszczenie gruntu. Badania geologiczne miejsca montażu instalacji fotowoltaicznej pozwoliłyby na określenie zasadności zastosowania danego systemu montażowego, np wykonania fundamentu pod stoły w celu zachowania stabilności instalacji. Strefa klimatyczna lokalizacji, w której realizowana ma być



inwestycja nie ma wpływu na dobór systemu montażowego. Do celów analizy ekonomicznej przyjęto wbijane w grunt stoły pod panele fotowoltaiczne.

Poniższy rysunek przedstawia proponowany system montażowy.



Rys. 4 System montażowy instalacji gruntowej.

## 8. Symulacja pracy instalacji PV oraz struktura zapotrzebowania na energię

Ilość wyprodukowanej energii z instalacji fotowoltaicznej zależy od wielu czynników, o których decyduje przede wszystkim lokalizacja inwestycji. Należy przez to rozumieć miejsce montażu jako położenie geograficzne, a także sposób montażu paneli (azymut, nachylenie oraz ewentualne zacieniające przeszkody). Na przestrzeni roku uzyski z instalacji fotowoltaicznej uzależnione są przede wszystkim od warunków pogodowych.

Symulację wyników pracy instalacji fotowoltaicznej uzyskano z programu komputerowego PV\*sol. Wykorzystuje on dane geograficzne wraz z uśrednionymi danymi meteorologicznymi zebranymi na przestrzeni ubiegłych lat. Dla opisywanej lokalizacji oczyszczalni ścieków w Frydmanie najbliższym miastem, które posiada dostępne są dane klimatyczne jest miasto Zakopane.

Produkcja z instalacji elektrycznej uwzględnia straty powstałe w wyniku:

- straty na przewodach,
- straty falownika,
- straty na modułach z uwagi na temperaturę,
- straty z uwagi na pracę przy niskim natężeniu promieniowania słonecznego,

- straty z uwagi na zacinienie, zabrudzenie,
- straty wynikające z niedopasowania prądowego modułów,
- straty na diodach bocznikujących.

Analiza obejmuje porównanie uzysków instalacji z zastosowaniem optymalizatorów mocy oraz bez dla poszczególnych mocy instalacji PV.

Dane o zużyciu energii elektrycznej do jego analizy :

- zużycie szczyt 1: 2,132 MWh;
- zużycie szczyt 2: 1,073 MWh;
- zużycie szczyt 3: 8,167 MWh;
- praca oczyszczalni w niedzielę i święta.

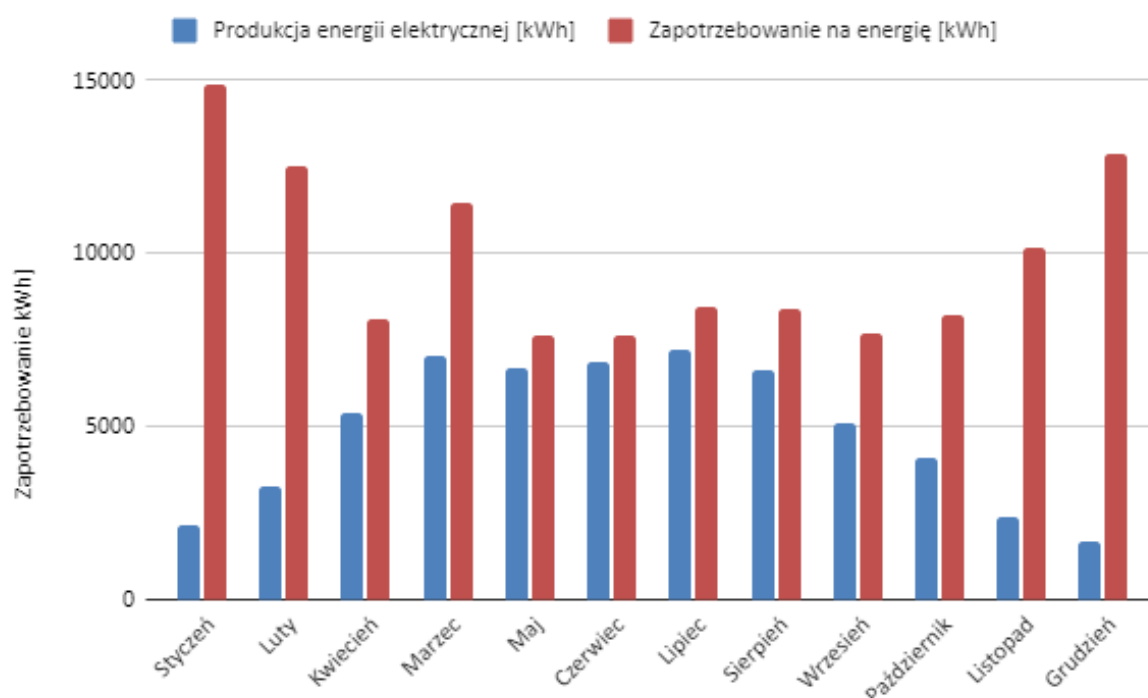
W oparciu o analizę zużycia energii elektrycznej oraz biorąc pod uwagę moc przyłączeniową obiektu, zaproponowano instalację fotowoltaiczną o trzech różnych mocach o odmiennych stopniach bieżącej konsumpcji własnej. Autokonsumpcja energii elektrycznej to ilość energii wyprodukowana przez instalację fotowoltaiczną, która jest zużywana na bieżące potrzeby obiektu (w momencie produkcji przez instalację fotowoltaiczną). Im większy współczynnik autokonsumpcji tym lepiej, ponieważ wytworzona energia zostaje wykorzystana na potrzeby Przedsiębiorstwa. W przypadku gdy nadwyżki energii są oddawane do sieci, należy liczyć się z tym, że tylko 70% będzie możliwość odebrania. Znaczne przewymiarowanie instalacji fotowoltaicznej względem energii, która może być zużyta w obiekcie powoduje, że nadwyżki energii nie zostaną wykorzystane, co wydłuży okres zwrotu takiej inwestycji.

## 8.1. Analiza zużycia energii elektrycznej

Analiza dotychczasowego zużycia energii elektrycznej oczyszczalni ścieków we Frydmanie wykazała, że największe zużycie energii elektrycznej występuje w miesiącach zimowych. Natomiast w miesiącach letnich zapotrzebowanie na energię spada nawet o 50%. Instalacja fotowoltaiczna osiąga najwyższe uzyski w okresie letnim, dlatego też dobór instalacji powinien być dopasowany do mniejszego zużycia w tych miesiącach, aby znaczne nadwyżki wyprodukowanej energii nie były oddawane do sieci elektroenergetycznej. W sezonie zimowym przeważająca część energii elektrycznej będzie kupowana z Zakładu Energetycznego. Odpowiednia moc instalacji fotowoltaicznej zapewnia rentowność instalacji fotowoltaicznej, na którą składają się w głównej mierze: parametry techniczne paneli fotowoltaicznych oraz szacunkowe korzyści z produkcji energii elektrycznej.

Analizowane moce instalacji fotowoltaicznych nie przekraczają mocy przyłączeniowej, a ich realizacja jest możliwa zgodnie z aktualnie obowiązującym prawem. Zwiększenie mocy przyłączeniowej w celu realizacji instalacji o wyższych mocach związana jest z dodatkowym czasem koniecznym na uzgodnienia z Zakładem Energetycznym. W przypadku zmiany może zostać naliczona opłata z iloczynu wartości zamówionej mocy, która zostanie pobrana ponad dotychczasową moc zgodną z taryfą operatora sieci.

Zgodnie z punktem 3.1. niniejszej analizy realizacja mikroinstalacji jest procedurą uproszczoną. Do wykonania instalacji przekraczającej 50 kWp konieczny jest szereg zgód i pozwoleń, m.in.: decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach, warunki przyłączenia oraz projekt budowlany i uzyskanie pozwolenia na budowę. Proces realizacji takiej inwestycji od momentu kompletacji dokumentacji do złożenia odpowiednich wniosków do chwili wymiany licznika na dwukierunkowy może trwać nawet 85 tygodni. Instalacji przekraczającej 50 kWp nie dotyczy system opustów w związku z czym wszystkie nadwyżki trafiające do sieci są sprzedawane po średniej cenie energii elektrycznej na rynku konkurencyjnymi. Urząd Regulacji Energetyki określa stawkę energii sprzedawanej na około 256,22 zł netto/MWh, cena jest zmienna w czasie. Dla analizowanej oczyszczalni ścieków we Frydmanie instalacja fotowoltaiczna o mocy większej niż 50 kWp powodowałaby, że w okresie letnim nadwyżki sprzedawane byłyby do Zakładu Energetycznego po niekorzystnych, niższych stawkach. Dla przykładu, poniższy wykres przedstawia zależność produkcji energii elektrycznej przez instalację o mocy 59,80 kWp i zapotrzebowania energetycznego obiektu.



Wykres 1. Zestawienie produkcji energii przez instalację o mocy 59,89 kWp oraz zapotrzebowania na energię oczyszczalni.

Powyższy wykres obrazuje, że instalacja fotowoltaiczna o mocy 58,90 kWp w miesiącach letnich będzie niemal w 100% pokrywać bieżące miesięczne zapotrzebowanie. Jednak nakłady początkowe takiej instalacji to dodatkowo koszty wcześniej wymienionych zgód i pozwoleń, które wynoszą około 33 000 zł netto. Dodatkowym kosztem instalacji powyżej 50 kWp jest elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa oraz inne urządzenia i modernizacje wskazane przez Zakład Energetyczny w wydanych warunkach przyłączenia do sieci. Towarzyszące temu nakłady początkowe mogą być bardzo różne, tj. od kilkudziesięciu tysięcy do kilkuset tysięcy złotych.

W związku z powyższym instalacja fotowoltaiczna o mocy zainstalowanej powyżej 50 kWp jest nieopłacalna dla analizowanego obiektu ponieważ ma on zbyt małe zapotrzebowanie a koszty poniesione na taką inwestycję są zbyt wysokie.

Autokonsumpcja energii elektrycznej to część energii jaka zostanie wyprodukowana przez instalację fotowoltaiczną w trakcie dnia, która jest na zużywana na bieżące potrzeby zasilanego obiektu. Ta część produkcji nie zostaje oddana jako nadwyżka do Zakładu Energetycznego. Współczynnik autokonsumpcji zależny jest od charakterystyki działania obiektu a tym samym od profilu zużycia energii elektrycznej. Obliczany jest zgodnie ze wzorem:

$$A = \frac{\Sigma Z}{\Sigma P} * 100 [\%]$$

gdzie:

A - współczynnik autokonsumpcji [%];

$\Sigma Z$  - suma zużytej energii elektrycznej w obiekcie wyprodukowanej przez instalację fotowoltaiczną w ciągu roku;

$\Sigma P$  - suma energii wyprodukowanej przez instalację fotowoltaiczną w ciągu roku.

Rozwój instalacji opartych na Odnawialnych Źródłach Energii w Polsce powoduje, że Operatorzy Systemu Dystrybucyjnego wymagają od nowych wytwórców realizacji instalacji pokrywających w jak największym stopniu bieżące zapotrzebowanie obiektu a nawet brak możliwości oddawania wyprodukowanej energii do sieci elektroenergetycznej. Planowane od 2022 roku zmiany będą ukierunkowane właśnie na zwiększenie stopnia autokonsumpcji, dlatego niniejsza analiza obejmuje instalacje o mocy 10,12 kWp, która zapewnia niemal 100% bieżącego zużycia oraz większe moce, które są korzystne dla aktualnego stanu prawnego.

## 8.2. Instalacja o mocy ok 10,12 kWp - szacunkowe uzyski

Symulacja pracy oraz zależność produkcji od bieżącego zapotrzebowania Przedsiębiorstwa instalacji o mocy 10,12 kWp składającej się z 22 paneli fotowoltaicznych o mocy jednostkowej 460 Wp oraz falownika sieciowego o mocy 10 kW została przedstawiona poniższa analiza. Wyniki zostały porównane dla instalacji fotowoltaicznej wyposażonej w optymalizatory mocy oraz bez tych urządzeń.

Współczynnik autokonsumpcji dla instalacji o mocy 10,12 kWp wynosi:

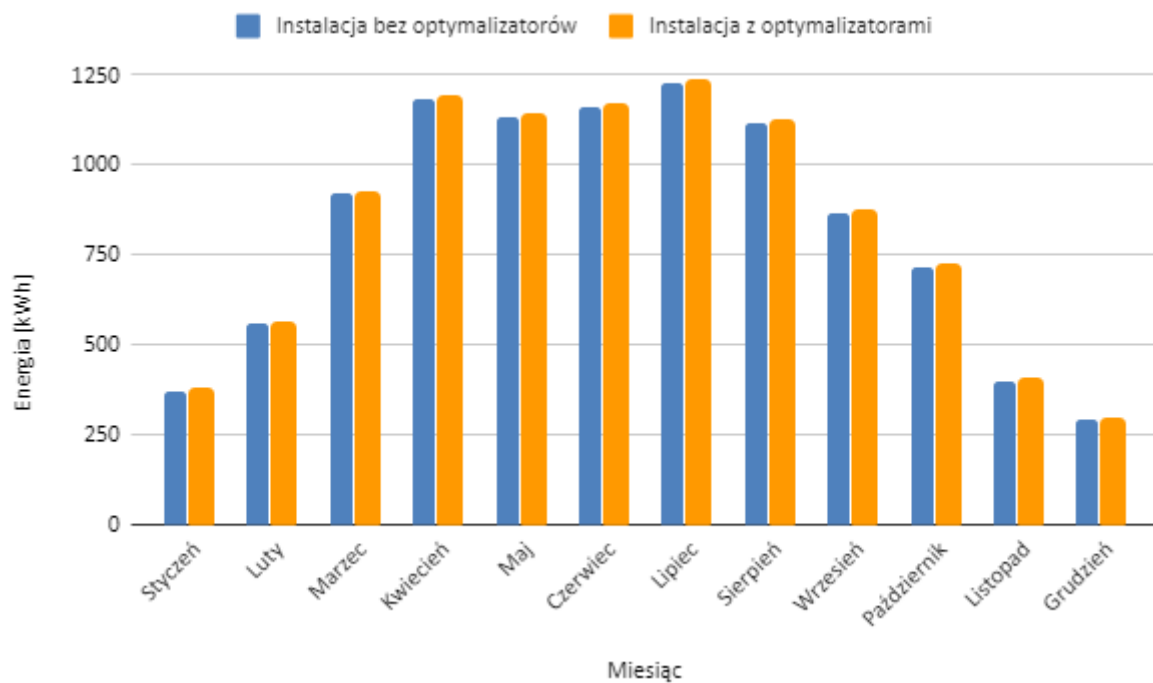
$$A_1 = \frac{9,93}{9,95} * 100 = 99,80 \%$$

$$A_2 = \frac{9,93}{10,00} * 100 = 99,23 \%$$

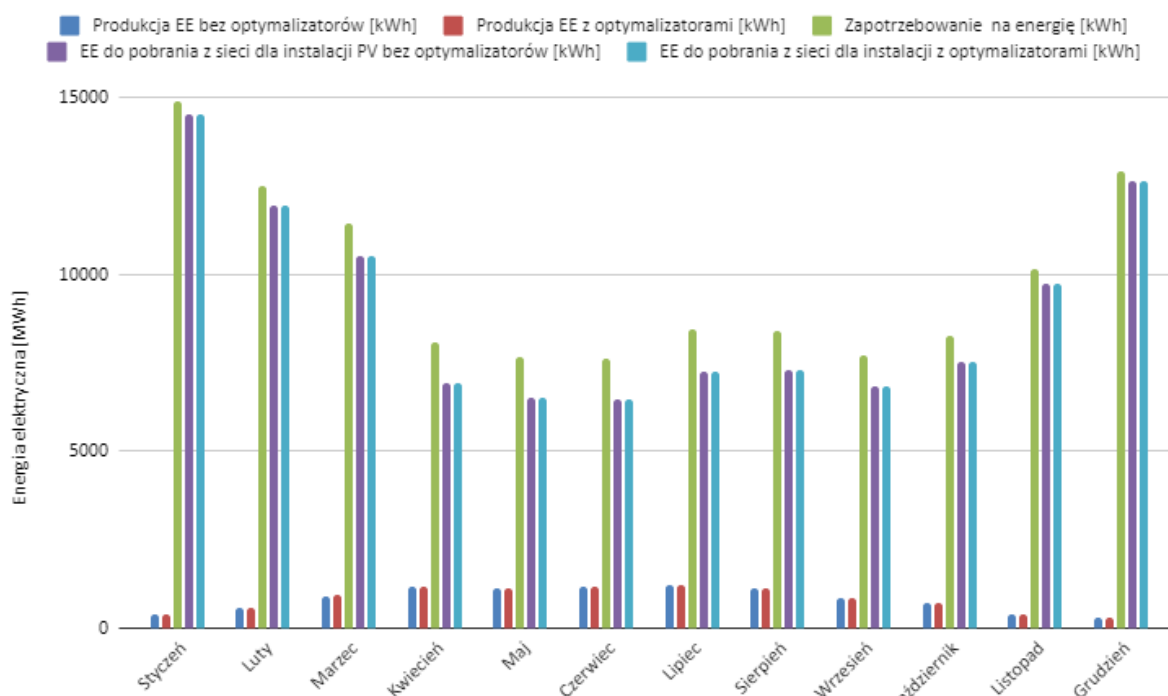
Tabela 3. Szacunkowe uzyski instalacji o mocy 10,12 kWp

Parametr	Jednostka	Instalacja PV bez optymalizatorów	Instalacja PV z optymalizatorami
----------	-----------	-----------------------------------	----------------------------------

Uzysk właściwy	kWh/kWp	982,35	987,96
Zdolności produkcyjne instalacji fotowoltaicznej w pierwszym roku (przy pełnej sprawności)	kWh	9 945,50	10 002,30
Autokonsumpcja	%	99,80	99,23



Wykres 1. Prognoza uzysku z instalacji o mocy ok 10,12 kWp.



Wykres 2. Wykres zależności produkcji energii elektrycznej w odniesieniu do zapotrzebowania dla każdego miesiąca w skali roku instalacji o mocy ok 10,12 kWp.

Wyniki symulacji pokazują, że najwyższy uzysk z rozważanej instalacji fotowoltaicznej występuje od kwietnia do sierpnia. Najmniej energii uzyskuje się natomiast w styczniu i grudniu. W przypadku instalacji o tej mocy niemalże cała wyprodukowana energia zostanie wykorzystana na bieżąco, co jest korzystne ekonomicznie, ponieważ w przypadku nadwyżek Zakład Energetyczny pobiera 30% prowizji za przechowywanie energii, której nie wykorzystaliśmy.

### 8.3. Instalacja o mocy ok 24,84 kWp - szacunkowe uzyski

Symulacja pracy oraz zależność produkcji od bieżącego zapotrzebowania Przedsiębiorstwa instalacji o mocy 24,84 kWp składającej się z 54 paneli fotowoltaicznych o mocy jednostkowej 460 Wp oraz falownika sieciowego o mocy 25 kW została przedstawiona poniższa analiza. Wyniki zostały porównane dla instalacji fotowoltaicznej wyposażonej w optymalizatory mocy oraz bez tych urządzeń.

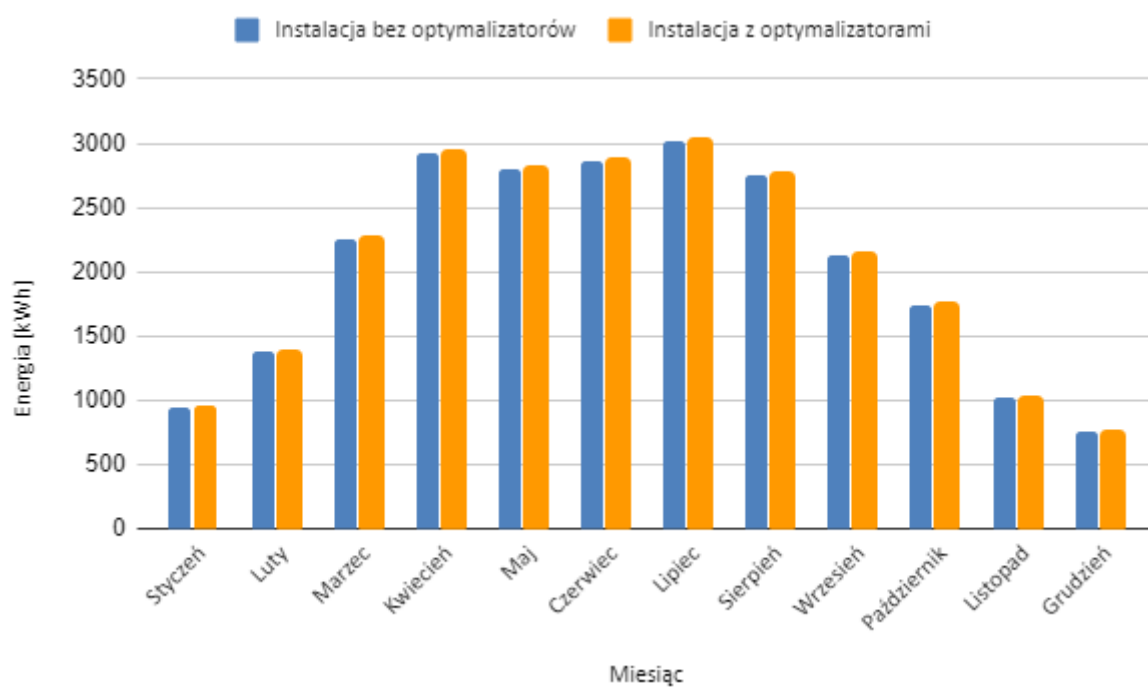
Współczynnik autokonsumpcji dla instalacji o mocy 24,84 kWp wynosi:

$$A_1 = \frac{21,31}{24,55} * 100 = 86,80 \%$$

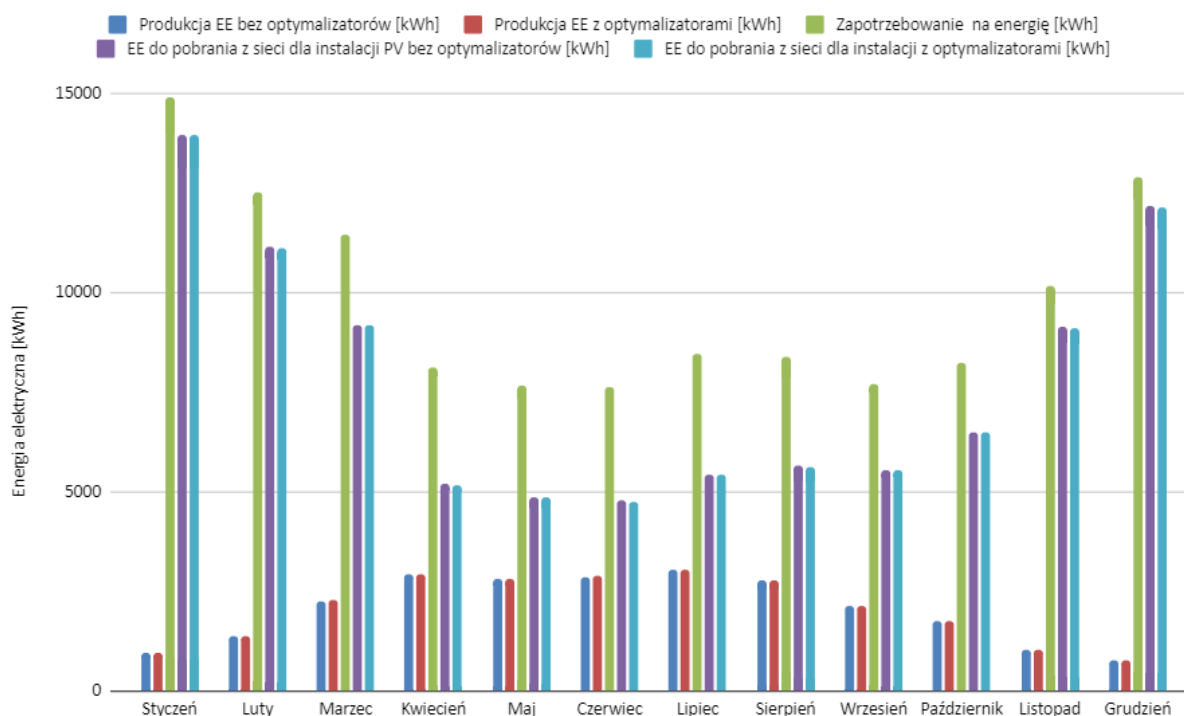
$$A_2 = \frac{21,31}{24,72} * 100 = 86,20 \%$$

Tabela 4. Szacunkowe uzyski instalacji o mocy 24,84 kWp

Parametr	Jednostka	Instalacja PV bez optymalizatorów	Instalacja PV z optymalizatorami
Uzysk właściwy	kWh/kWp	987,14	994,00
Zdolności produkcyjne instalacji fotowoltaicznej w pierwszym roku (przy pełnej sprawności)	kWh	24 545,70	24 716,00
Autokonsumpcja	%	86,80	86,20



Wykres 3. Prognoza uzysku z instalacji o mocy ok 24,84 kWp.



Wykres 4. Wykres zależności produkcji energii elektrycznej w odniesieniu do zapotrzebowania dla każdego miesiąca w skali roku instalacji o mocy ok 24,84 kWp.

W przypadku instalacji o mocy 24,84 kWp wyprodukowana energia w większym stopniu pokrywa zapotrzebowanie obiektu. Zmniejsza się natomiast stopień autokonsumpcji, co oznacza, że część energii zostanie oddana do sieci i będzie ją można odzyskać jedynie w 70% - pozostała część energii elektrycznej pozostaje w Zakładzie Energetycznym.

#### 8.4. Instalacja o mocy ok 39,56 kWp - szacunkowe uzyski

Symulacja pracy oraz zależność produkcji od bieżącego zapotrzebowania Przedsiębiorstwa instalacji o mocy 39,56 kWp składającej się z 86 paneli fotowoltaicznych o mocy jednostkowej 460 Wp oraz falownika sieciowego o mocy 36 kW została przedstawiona poniższa analiza. Wyniki zostały porównane dla instalacji fotowoltaicznej wyposażonej w optymalizatory mocy oraz bez tych urządzeń.

Współczynnik autokonsumpcji dla instalacji o mocy 39,56 kWp wynosi:

$$A_1 = \frac{27,05}{38,81} * 100 = 69,70 \%$$

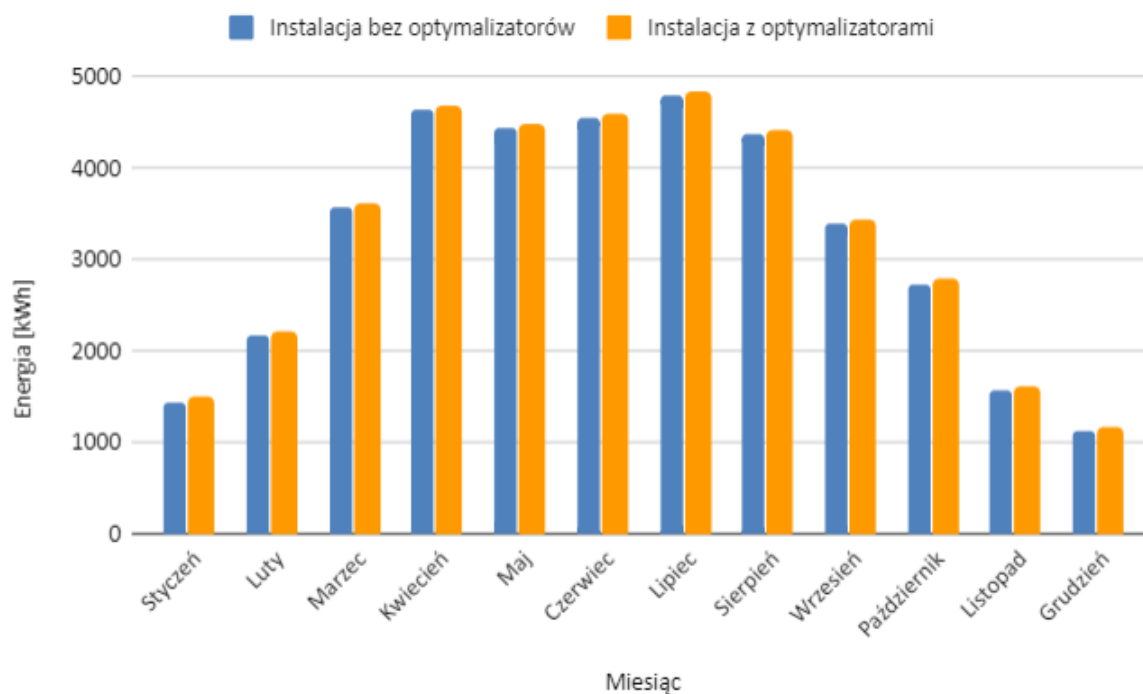
$$A_2 = \frac{27,05}{39,12} * 100 = 69,14 \%$$

Tabela 5. Szacunkowe uzyski instalacji o mocy 39,56 kWp

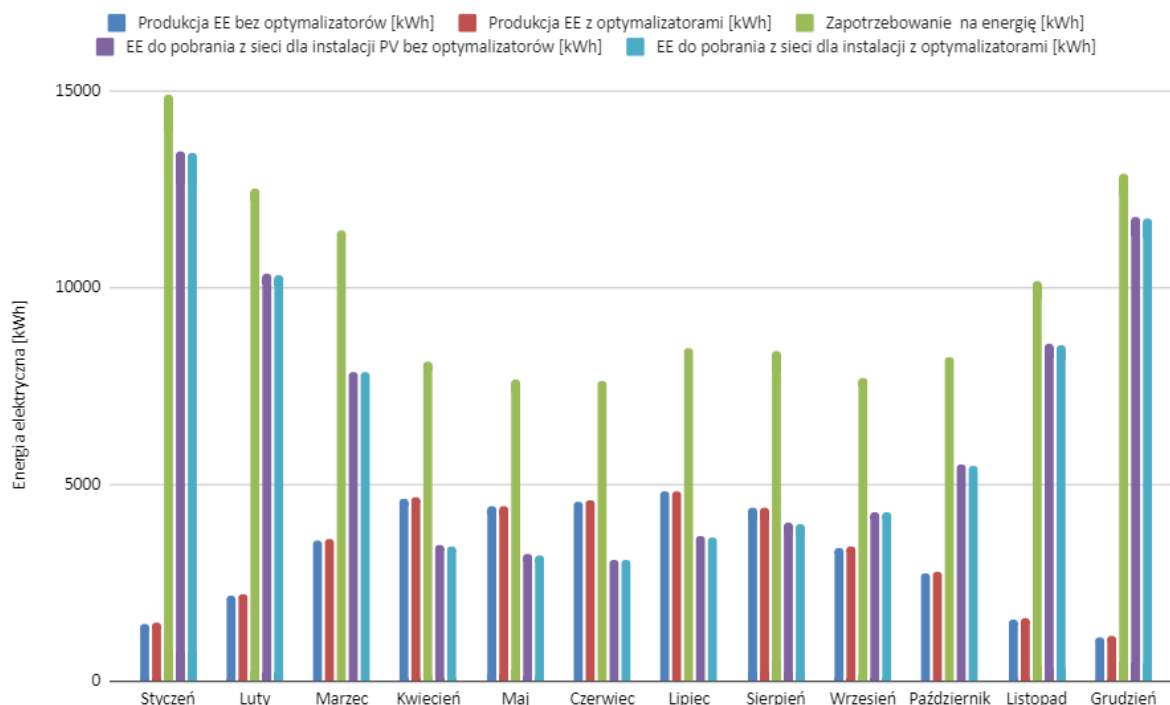
Parametr	Jednostka	Instalacja PV bez optymalizatorów	Instalacja PV z optymalizatorami
----------	-----------	-----------------------------------	----------------------------------



Uzysk właściwy	kWh/kWp	980,40	988,30
Zdolności produkcyjne instalacji fotowoltaicznej w pierwszym roku (przy pełnej sprawności)	kWh	38 808,60	39 121,20
Autokonsumpcja	%	69,70	69,14



Wykres 5. Prognoza uzysku z instalacji o mocy ok 39,56 kWp.



Wykres 6. Wykres zależności produkcji energii elektrycznej w odniesieniu do zapotrzebowania dla każdego miesiąca w skali roku instalacji o mocy ok 39,56 kWp.

Dla powyższego przypadku autokonsumpcja kształtuje się na znacznie niższym poziomie niż dla dwóch pozostałych mocy, co oznacza, że wprowadzenie energii do Zakładu Energetycznego będzie wiązało się z jej stratami. Instalacja o tej mocy zapewni jednak pokrycie aktualnego zapotrzebowania w największym stopniu w przypadku rozliczenia prosumenckiego.

## 8.5. Podsumowanie analizy uzysków energii elektrycznej

Użytkownicy instalacji fotowoltaicznych będących prosumentami muszą mieć na uwadze, że produkcja energii elektrycznej w ciągu roku będzie się rozkładać nierównomiernie. Przeważającą część energii instalacja fotowoltaiczna będzie produkować w półroczu letnim. Natomiast dla analizowanego obiektu widoczny jest znaczący wzrost zużycia energii elektrycznej w miesiącach zimowych w stosunku do okresu letniego. Dysproporcja w produkcji energii pomiędzy latem a zimą może sięgać nawet 400%, co ma praktyczne znaczenie ze względu na strukturę oszczędności z instalacji fotowoltaicznej.

Zaletą instalacji gruntowych jest możliwość optymalnego ich usytuowania w celu maksymalizacji produkcji energii elektrycznej. Z tego względu optymalizatory mocy zwiększają tylko w niewielkim stopniu produkcję energii a podwyższają koszty inwestycyjne. Dla prosumentów najkorzystniejszą opcją jest produkcja jak największej ilości energii a tym samym minimalizacja zakupu energii z sieci. Jednak Zakłady Energetyczne oraz planowane zmiany prawne w coraz większym stopniu wymagają od Wytwórców konsumowania energii na bieżące potrzeby działalności obiektu.

## 9. Analiza ekologiczna

Projektowana instalacja fotowoltaiczna zakłada minimum 25-letnią eksploatację, której prawidłowe działanie powinny zapewnić coroczne przeglądy serwisowe. Energia elektryczna wyprodukowana dzięki pracy systemu fotowoltaicznego o dedykowanej mocy będzie wykorzystywana na potrzeby własne oczyszczalni ścieków we Frydmanie.

Instalacja fotowoltaiczna ze względu na swój neutralny charakter działania nie wpłynie negatywnie na środowisko, ludzi oraz zwierzęta ponieważ moduły fotowoltaiczne nie produkują dwutlenku węgla ani innych szkodliwych gazów do atmosfery. Komponenty instalacji fotowoltaicznej można również poddać procesowi recyklingu, dzięki któremu możliwe jest odzyskanie cennych składników produktów do ponownego wykorzystania. Biorąc pod uwagę specyfikację inwestycji nie będą występować oddziaływania o zasięgu lokalnym oraz transgenicznym m.in. emisja hałasu.

Wszelkie prace wykonywane podczas realizacji montażu instalacji fotowoltaicznej powinny zostać wykonywane przez specjalistów z branży elektrycznej oraz branży Odnawialnych Źródeł Energii. Materiały oraz sprzęt użyte do budowy muszą charakteryzować się wysoką jakością poświadczoną odpowiednimi certyfikatami i aprobatami technicznymi.

## 10. Efekt ekologiczny

Efekt ekologiczny można rozumieć jako zmniejszenie ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska w relacji przed i po rozpoczęciu eksploatacji nowych urządzeń, będących przedmiotem inwestycji.

Projektowana instalacja fotowoltaiczna pozwoli w dużym stopniu na redukcję gazów cieplarnianych, w szczególności CO<sub>2</sub>. Jej praca przyczyni się do osiągnięcia efektu ekologicznego obliczanego na podstawie raportu KOBIZE pt. „Wskaźnik emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2019 rok”, opublikowanego w grudniu 2020, aktualnego na dzień sporządzenia analizy.

Wskaźniki emisyjności wyprodukowanej energii elektrycznej wyliczone na podstawie ww. informacji dla energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacjach spalania wynoszą:

Tabela 12. Wskaźniki emisyjności na podstawie raportu KOBIZE, opublikowanego w grudniu 2020 r., aktualne na dzień sporządzenia analizy

Wskaźnik	Wartość wskaźnika [kg/MWh]
CO <sub>2</sub>	719
SO <sub>2</sub>	0,511
NO <sub>x</sub>	0,576
CO	0,233
TSP	0,029

Przykład obliczeniowy dla instalacji o mocy 10,12 kWp:

$$E_{CO_2} = W_{CO_2} * E_{PV} = 719 * 9,95 = 7\,150,81\,kg$$

Gdzie:

$E_{CO_2}$  – uniknięta emisja CO<sub>2</sub> [kg]

$W_{CO_2}$  – wartość wskaźnika  $[\frac{kg}{MWh}]$

$\square_{PV}$

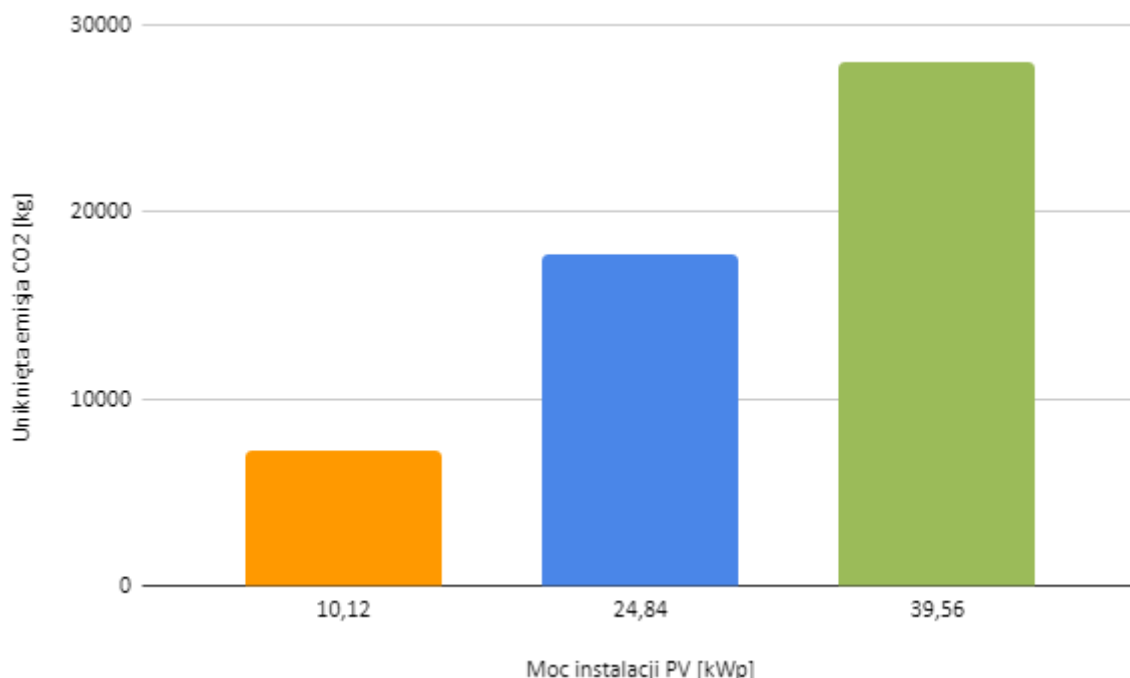
– zdolność produkcyjna instalacji fotowoltaicznej w pierwszym roku działania [MWh]

Wartość unikniętej emisji dla analizowanych instalacji fotowoltaicznej, przy uwzględnieniu wskaźnika emisyjności dla CO<sub>2</sub> przedstawia tabela 13.

Tabela 13. Zestawienie wartości unikniętej emisji CO<sub>2</sub> dla analizowanych instalacji w pierwszym roku eksploatacji.

Moc instalacji PV [kWp]	Wartość wskaźnika CO <sub>2</sub> [kg/MWh]	Szacunkowa produkcja energii [MWh]	Uniknięta emisja CO <sub>2</sub> [kg]
10,12	719	9,95	7 150,81
24,84		24,55	17 648,36
39,56		38,81	27 903,38

Na podstawie otrzymanych danych sporządzono wykres numer 16.



Wykres 16. Szacunkowa uniknięta emisja CO<sub>2</sub> omawianych instalacji fotowoltaicznej w pierwszym roku działania instalacji fotowoltaicznej.

Dla analizowanych przypadków różnych mocy instalacji fotowoltaicznej ilość unikniętej emisji CO<sub>2</sub> jest proporcjonalna do wzrostu jej mocy zainstalowanej. System o mocy 39,56 kWp umożliwia produkcję największej ilości energii elektrycznej, a tym samym pozwala na osiągnięcie najwyższego efektu ekologicznego. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że realizacja planowanej instalacji fotowoltaicznej pozwoli na redukcję zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery oraz zostanie osiągnięty wymierny efekt ekologiczny.

Zamiana konwencjonalnych źródeł energii na źródła alternatywne – odnawialne jakim jest m.in. instalacja fotowoltaiczna przynosi zawsze korzyści dla środowiska. Obserwuje się redukcję wielkości emisji zanieczyszczeń ogółem, na którą pozwoli realizacja instalacji fotowoltaicznej na potrzeby oczyszczalni ścieków we Frydmanie.

## 11. Podsumowanie i wnioski

Inwestycja w instalację fotowoltaiczną wiąże się ze zmiennością zasobów energii słonecznej w poszczególnych latach, co przekłada się na odchylenia w rocznej produkcji energii od prognoz wykonanych w komputerowych programach symulacyjnych. Również rozkład produkowanej energii w poszczególnych miesiącach w następnych latach będzie się zmieniał - w miesiącach letnich o kilkadziesiąt procent, a w miesiącach zimowych zmiany te mogą sięgać kilkuset procent.

Użytkownicy instalacji fotowoltaicznej muszą mieć również na uwadze, że produkcja energii elektrycznej przez taki system będzie się rozkładać nierównomiernie w ciągu roku. Przeważająca część energii, tj. ok. 70%, zostanie wyprodukowana w półroczu letnim, czyli od kwietnia do września. Dysproporcja w produkcji energii pomiędzy latem a zimą może sięgać nawet 400%, co ma praktyczne znaczenie ze względu na strukturę przychodów z instalacji fotowoltaicznej w szczególności, że obserwuje się widoczny wzrost zużycia energii elektrycznej w okresie zimowym w analizowanym obiekcie.

Przeprowadzona analiza produkcji energii elektrycznej przez poszczególne instalacje wykazała, że dla różnych mocy zastosowanie optymalizatorów mocy zwiększa uzysk właściwy do maksymalnie 10 kWh/kWp dla gruntowego systemu ukierunkowanego na południe oraz bez źródła zacienień. Jest to niewielki zysk energetyczny w stosunku do nakładów poniesionych na zakup tych urządzeń. W związku z tym, montaż optymalizatorów mocy dla analizowanej gruntowej instalacji fotowoltaicznej na terenie oczyszczalni ścieków we Frydmanie nie jest opłacalny.

Wybór odpowiedniej mocy instalacji fotowoltaicznej powinien zostać podyktowany czynnikami takimi jak: zapotrzebowanie energetyczne badanego obiektu, moc przyłączeniowa czy współczynnik wykorzystania wyprodukowanej energii na bieżące potrzeby Przedsiębiorstwa. Niezwykle ważne jest, aby instalacja była nie tylko ekologiczna, ale również taka inwestycja była ekonomicznie uzasadniona. Biorąc pod uwagę aspekt rosnących cen energii elektrycznej, korzystne jest przynajmniej częściowe uniezależnienie się od ich wzrostu. Analiza dotychczasowego zużycia wykazała, że największe zużycie występuje w miesiącach zimowych a w okresie letnim spada, co nie jest korzystne z punktu widzenia charakterystyki produkcji energii przez instalację fotowoltaiczną.

Zgodnie z aktualnie obowiązującym prawem instalacje do 50 kWp, które posiadają umowę kompleksową z Zakładem Energetycznym rozliczane są na zasadzie opustów. Nadwyżki produkowane przez instalację fotowoltaiczną mogą być odebrane w ilości 70% całkowitej energii wprowadzonej do sieci elektroenergetycznej w ciągu roku (dot. mikroinstalacji powyżej 10 kWp). Zważywszy na taką formę rozliczenia, nie występuje sprzedaż energii do Zakładu Energetycznego, co wiązałoby się z dodatkowym zyskiem dla Przedsiębiorstwa, a tym samym skróceniem okresu zwrotu inwestycji. Analiza ekonomiczna niniejszego audytu wykazała, że instalacja o mocy 10,12 kWp osiąga najkrótszy prosty okres zwrotu inwestycji, natomiast najdłuższy ma system o mocy 39,56 kWp. Jest to wynikiem stosunku nakładów początkowych i oszczędności, które są pomniejszane o 30% dla energii oddawanej do sieci elektroenergetycznej.

Opłacalność inwestycji jest zależna od nakładów początkowych poniesionych na realizację założonego projektu oraz możliwości produkcji energii elektrycznej przez instalację fotowoltaiczną. W konsekwencji tego, im większa moc, tym wyższe oszczędności z realizacji takiego przedsięwzięcia. W rozliczeniu prosumenckim najbardziej korzystny jest dobór takiej mocy systemu, aby w jak największym stopniu zostało pokryte zapotrzebowanie na energię. Jednocześnie należy zwrócić uwagę, aby produkcja nie powodowała oddawania zbyt dużej ilości

wyprodukowanej energii do sieci elektroenergetycznej, która nie będzie mogła być wykorzystana w ciągu okresu rozliczeniowego. Wśród badanych mocy instalacji najwyższy zysk możliwy jest do osiągnięcia dzięki instalacji o mocy 39,56 kWp. Uzyskane korzyści wynikają z generowanej energii elektrycznej - im wyższa moc zainstalowana, tym większa produkcja w konsekwencji czego mniej energii elektrycznej jest kupowane od Zakładu Energetycznego.

Na podstawie przeprowadzonej oceny korzyści projektu za pomocą wartości bieżącej netto (NPV), uwzględniającej założenia finansowe tj. koszt inwestycji, coroczne oszczędności, przeglądy serwisowe oraz podatek od nieruchomości oraz stopę dyskontową na poziomie 5 % można stwierdzić, że inwestycja w analizowaną mikroinstalację fotowoltaiczną będzie najbardziej opłacalna w przypadku systemu o największej mocy dla zestawu I.

Całościowa analiza ekonomiczna wskazuje, że inwestycja w fotowoltaikę stanowi interesującą alternatywę do lokowania środków, szczególnie w aktualnie obowiązującym systemie opustów. Planowany prosty zwrot nakładów w analizowanych przypadkach wynosi 8-10 lat, przy czym planowany okres eksploatacji instalacji fotowoltaicznej to ok. 25 lat. Oznacza to, że po okresie zwrotu nakładów taka inwestycja będzie generować jedynie zyski dla oczyszczalni ścieków we Frydmanie.

Podsumowując, instalacja o mocy 39,56 kWp jest najbardziej opłacalna ekonomicznie dla aktualnie obowiązującego prawa regulującego podłączanie mikroinstalacji do sieci elektroenergetycznej. Rozliczenie z Zakładem Energetycznym w formie opustów zapewni, że całość wyprodukowanej energii będzie wykorzystywana w ciągu okresu rozliczeniowego, co zapewnia znaczące oszczędności dla obiektu zasilanego z instalacji fotowoltaicznej. Analiza ekonomiczna wykazała, że najbardziej opłacalny jest zestaw komponentów oparty na panelach Sunport oraz falownikach Solis, co związane jest z najniższymi kosztami początkowymi. Nie mniej jednak zestaw III osiąga nieznacznie gorsze parametry i wskaźniki ekonomiczne przy większych nakładach początkowych.