KONCEPCJA
TECHNICZNO – EKONOMICZNA
(aktualizacja)

TEMAT:

Budowa minielektrowni fotowoltaicznej na terenie Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Chrzanowie o mocy do 100 kW z możliwością rozbudowy do 340kW

ADRES LOKALIZACJI:

ul. Powstańców Styczniowych 15
32-500 Chrzanów

INWESTOR:

Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o.
ul. Jagiellońska 8
32-500 Chrzanów

OPRACOWAŁ:

mgr inż. Rafał Kurzac

mgr inż. Mateusz Stachurski

Lipiec, 2019

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP ..... - 3 -
1.1 Przedmiot i zakres opracowania ..... - 3 -
1.2 Podstawa opracowania ..... - 3 -
1.3 Założenia wstępne ..... - 5 -
2 Urządzenia Elementy elektrowni fotowoltaicznej ..... - 5 -
2.1 Panele fotowoltaiczne ..... - 6 -
2.2 Inwertery ..... - 9 -
2.3 Konstrukcja wsporcza ..... - 11 -
2.4 Ogrodzenie terenu ..... - 11 -
2.5 Drogi dojazdowe ..... - 11 -
2.6 System monitoringu i kontroli ..... - 12 -
3 Wydajność instalacji fotowoltaicznej ..... - 13 -
4 Ochrona przeciwporażeniowa ..... - 14 -
5 Ochrona odgromowa ..... - 14 -
6 Zapotrzebowanie na energię elektryczną ..... - 14 -
7 Instalacja fotowoltaiczna ..... - 17 -
7.1 Obliczenia ilości modułów fotowoltaicznych ..... - 17 -
7.2 Opis przyjętego rozwiązania ..... - 17 -
7.3 Wydajność instalacji fotowoltaicznej ..... - 19 -
8 Analiza ekonomiczna ..... - 22 -
8.1 Wstęp ..... - 22 -
8.1.1 Koszty ..... - 22 -
8.1.2 Zużycie energii ..... - 23 -
8.1.3 Produkcja energii elektrycznej ..... - 23 -
8.1.4 Wskaźniki ekonomiczne ..... - 24 -
8.1.5 Wartość bieżąca netto (NPV) ..... - 24 -
8.1.6 Przepływy pieniężne ..... - 26 -
8.1.7 Dochód netto ..... - 28 -
8.2 Tabela analizy ekonomicznej ..... - 30 -
9 Efekt ekologiczny ..... - 39 -
10 Wnioski ..... - 43 -
10.1 Efekt ekonomiczny ..... - 43 -
10.2 Opinia ..... - 43 -
10.3 Dalsze działania ..... - 44 -

Rysunki:

Rys. PV-1 – Plan rozmieszczenia instalacji fotowoltaicznej - I etapu

Rys. PV-2 – Schemat blokowy instalacji fotowoltaicznej - I etapu

Rys. PV-3 – Plan rozmieszczenia instalacji fotowoltaicznej - II etapu

Rys. PV-4 – Schemat blokowy instalacji fotowoltaicznej - II etapu

Załączniki:

1) Opinia geotechniczna ustalająca warunki gruntowo-wodne dla elektrowni fotowoltaicznej na ternie oczyszczalni RPWK Chrzanów miasto Chrzanów powiat chrzanowski, województwo małopolskie.

1. WSTĘP

1.1 Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania jest koncepcja małej instalacji fotowoltaicznej o mocy od 50 do 500 kWp (wg zapisów Ustawy o odnawialnych źródłach energii Art. 1 punkt 18), do wytwarzania energii elektrycznej dla obiektów Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Chrzanowie, ul. Powstańców Styczniowych 15.
W zakres koncepcji będą analizy wielkości i usytuowania instalacji fotowoltaicznej jak również analiza finansowa kosztów przedsięwzięcia i prognozowanych oszczędności w zakupie energii elektrycznej od OSD.
Teren przeznaczony pod budowę instalacji fotowoltaicznej znajduje się na działce nr 4184/4, objętej Księgą wieczystą nr KR1C/00054996/3.

Przedmiot opracowania składa się z II etapów:

Etap 1: Budowa instalacji fotowoltaicznej o mocy 100 kW

Etap 2: Możliwość rozbudowy instalacji fotowoltaicznej z etapu 1 do mocy 340 kW

1.2 Podstawa opracowania

- Zlecenie od Inwestora,
- Ustalenia z Inwestorem,
- Zestawienia zużycia energii elektrycznej za rok 2018,
- Zestawienie produkcji energii elektrycznej z biogazu za lata 2016-2018,
- Opinia geotechniczna ustalająca warunki gruntowo-wodne dla elektrowni fotowoltaicznej na ternie oczyszczalni RPWK Chrzanów, K. Potoniec luty 2019,
- Wytyczne producentów urządzeń.
- Obowiązujące przepisy i normy, w tym m.in.:
  - Ustawa z dnia 10.04.1997 r. Prawo energetyczne (Dz.U. 1997 Nr 54 poz. 348 z późn. zmianami),
  - Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tj. Dz.U. z 2018 poz. 1202 z późn. zmianami)
  - Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2015 poz. 1422),
  - Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r. Nr 109 poz. 719),

- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 maja 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz.U. 2018 poz. 984),
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz.U. 2016 poz. 1966),
- PN-IEC 60364-1:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Zakres, przedmiot i wymagania podstawowe,
- PN-IEC 60364-5-51:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Postanowienia ogólne,
- HD 384/HD 60364 PN-IEC 60364:1999 (norma wieloczęściowa) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych,
- Zespół norm PN-IEC 62104. Ochrona odgromowa obiektów budowlanych,
- PN-EN ISO 9488:2002 Energia słoneczna – Terminologia,
- PN-EN 61173:2002 Ochrona przepięciowa fotowoltaicznych (PV) systemów wytwarzania mocy elektrycznej – Przewodnik,
- PN-EN 61194:2002 Parametry charakterystyczne autonomicznych systemów fotowoltaicznych (PV),
- PN-EN 61215:2005 Moduły fotowoltaiczne (PV) z krzemu krystalicznego do zastosowań naziemnych - Kwalifikacja konstrukcji i aprobata typu. (j.ang.),
- PN-EN 61277:2002 Naziemne fotowoltaiczne (PV) systemy wytwarzania mocy - Uwagi ogólne i przewodnik. (j.ang.),
- PN-EN 61724:2002 Monitorowanie własności systemu fotowoltaicznego - Wytyczne pomiaru, wymiany danych i analizy,
- PN-EN 61730-1:2007 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) - Część 1: Wymagania dotyczące konstrukcji. (j.ang.),
- PN-EN 61730-2:2007 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) - Część 2: Wymagania dotyczące badań. (j.ang.),
- PN-EN 62093:2005 Elementy uzupełniające w systemach fotowoltaicznych - Założenia kwalifikacyjne dla środowiska naturalnego. (j.ang.),
- PN-EN 62124:2005 Systemy fotowoltaiczne (PV) wolnostojące - Weryfikacja projektu. (j.ang.),
- ICE 60364-7-712:2007 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji - Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania.

1.3 Założenia wstępne

Aktualna moc zamówiona energii elektrycznej dla obiektu wynosi 450,00 kW.
Obiekt posiada zasilanie 2-stronne – 2 transformatory 630 kVA, moc wykorzystywana z przyłączy naprzemiennie. Energia elektryczna wytwarzana jest również przez zespół 2 kogeneratorów biogazowych o łącznej mocy 160 kW, wykorzystujących odpady z oczyszczalni ścieków do produkcji ciepła i prądu. Kogeneracja biogazowa w okresie zimowym dostarcza głównie ciepła dla ogrzewania pomieszczeń, produkcja prądu jest okresowo wstrzymywana. Układ zasilania elektrycznego posiada kompensacje mocy biernej – 2 zestawy każdy po 155 kVA oraz 1 zestaw 200 kVA dla kogeneracji.

Do analizy przyjęto dane o zużyciu zakupionej energii elektrycznej w ww. obiekcie miesięczne z zestawienia za zakup energii elektrycznej oraz ilości prądu wytworzonego w kogeneracji.

Zakres analizy obejmie wariant lokalizacji i mocy planowanej instalacji fotowoltaicznej – moc instalacji odpowiada przewidywanemu zużyciu energii elektrycznej na obiekcie zgodnie z wytycznymi Inwestora.
Opracowanie ma wskazać sposób optymalny sposób zasilania obiektu w energię elektryczną

Wartości uzysku energii elektrycznej oraz charakter pracy instalacji PV podano w oparciu o symulacje wykonane w programie BlueSol.

Roczna utrata wydajności systemu oraz inflacja cen są brane pod uwagę dla całego okresu oceny. Wyniki określone są na podstawie modelu matematycznego. Rzeczywiste wydajności systemu fotowoltaicznego mogą różnić się od tych wartości z powodu wahań pogody, wydajności modułów i inwerterów oraz innych czynników.

2 Urządzenia Elementy elektrowni fotowoltaicznej

Elektrownia fotowoltaiczna będzie się składać z następujących elementów:

- Panele fotowoltaiczne;
- Inwertery;
- Konstrukcja wsporcza;
- Instalacja elektryczna strona DC;
- Instalacja elektryczna strona AC;
- Instalacja uziemiająca i odgromowa;
- System monitoringu i kontroli;
- Ogrodzenie terenu, drogi dojazdowe.

W koncepcji projektowej zaproponowano zastosowanie urządzeń, których parametry gwarantują efektywną i długotrwałą eksploatację.

2.1 Panele fotowoltaiczne

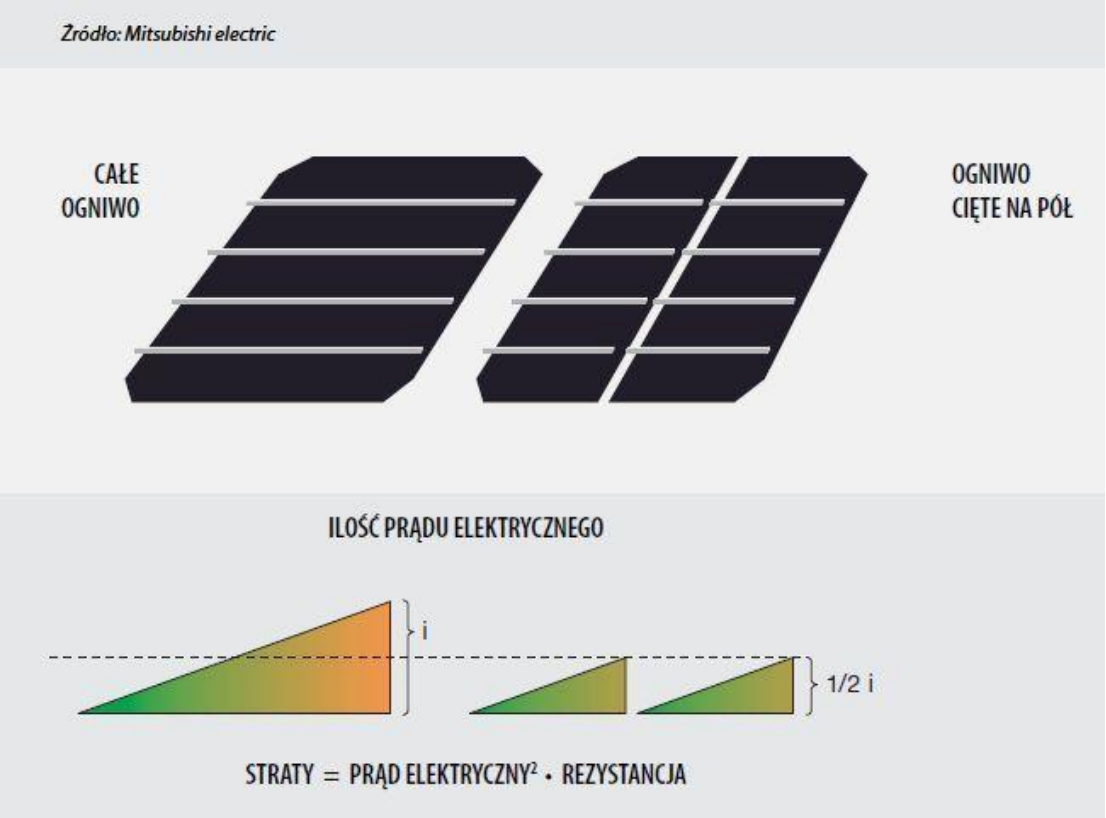
Podstawowym elementem instalacji są panele fotowoltaiczne. Panele fotowoltaiczne to urządzenia elektroniczne, które stanowią zespół ogniw fotowoltaicznych. Ogniwo fotowoltaiczne, (ogniwo fotoelektryczne, fotoogniwo) to element półprzewodnikowy, w którym następuje przemiana (konwersja) energii promieniowania słonecznego (światła) w energię elektryczną w wyniku zjawiska fotowoltaicznego. Poprzez wykorzystanie półprzewodnikowego złącza typu p-n, w którym pod wpływem fotonów o energii większej niż szerokość przerwy energetycznej półprzewodnika, elektrony przemieszczają się do obszaru n, a dziury (zob. nośniki ładunku) do obszaru p. Takie przemieszczenie ładunków elektrycznych powoduje pojawienie się różnicy potencjałów, czyli napięcia elektrycznego. Fotoogniwa słoneczne są produkowane z materiałów półprzewodnikowych, najczęściej z krzemu (Si), germanu (Ge), selenu (Se). Zwykłe ogniwo słoneczne z krystalicznego krzemu ma nominalne napięcie ok. 0,5 wolta. Istnieją panele (moduły) fotowoltaiczne z różną liczbą ogniw, w zależności od zastosowania, jak i od jakości ogniw.

Rys. 1. Ogniwo fotowoltaiczne (*wg Wikipedia.pl*)

Panele fotowoltaiczne dostarczane są w ramach aluminiowych zamkniętych szybą ze szkła refleksyjnego z niska zawartością żelaza. Zastosowanie do produkcji panelu komponentów wysokiej jakości pozwala na uzyskiwanie większej ilości energii i gwarantuje długą żywotność urządzenia.

W niniejszym opracowaniu przyjęto panele fotowoltaiczne pół-celkowe (half-cells), których parametry techniczne spełniają wszystkie normy jakościowe obowiązujące w krajach UE.

W typowym module wykonanym w technologii krzemowej, znajdują się ogniwa o wymiarach standardowo 156×156 mm i jest ich najczęściej 60 – 96 sztuk. Producenci, chcąc ograniczyć straty mocy na linii ogniwo PV – moduł PV, wynikające z dużej powierzchni ogniwa w stosunku do liczby elektrod zbiorczych, postanowili podzielić poszczególne ogniwa na pół. Tym sposobem powstał moduł o 2-krotnej ilości ogniw, których rozmiary to 156×78 mm. Zgodnie z zasadami fizyki, strata mocy to iloczyn oporu (rezystancji) przewodnika i kwadratu natężenia prądu. Ogniwo, które ma o połowę mniejszą powierzchnię, generuje odpowiednio mniejszy prąd. Odnosząc się do wzoru na stratę mocy – im mniejszy prąd, tym mniejsza strata mocy. Sposób z wykorzystaniem o połowę mniejszych ogniw powoduje, że każdy z busbarów (szynowodów) transportuje mniejszy prąd. Idąc dalej, spada również opór elektryczny.



Rys. 2. Idea zastosowania ogniwa pół-celkowego

Moduły pół-celkowe to – oprócz wyższych mocy – również produkty, które są mniej wrażliwe na powstawanie gorących punktów, czyli bardziej odporne na negatywne skutki zacienienia. Są też odporne na zjawisko PID (z ang. Potential Induced Degradation), czyli na degradację ogniwa indukowanym napięciem, które to zjawisko negatywnie wpływa na wydajność całego systemu fotowoltaicznego.

Proponowany panel fotowoltaiczny posiada 200 ogniw pół-celkowych, pozwalających na uzyskanie mocy 500 Wp i sprawności ok. 19,1 %. Panel pokryty jest szkłem hartowanym o grubości 4 mm, o niskiej zawartości żelaza.

Obudowa wykonana jest z anodowanego aluminium (grubość 40mm). Wyposażony jest w kable ze spolaryzowanymi złączami odpornymi na warunki atmosferyczne. Wymiary panelu 1996x1310x40 mm; waga: ok. 36,5 kg.

Charakterystyka techniczna panelu:

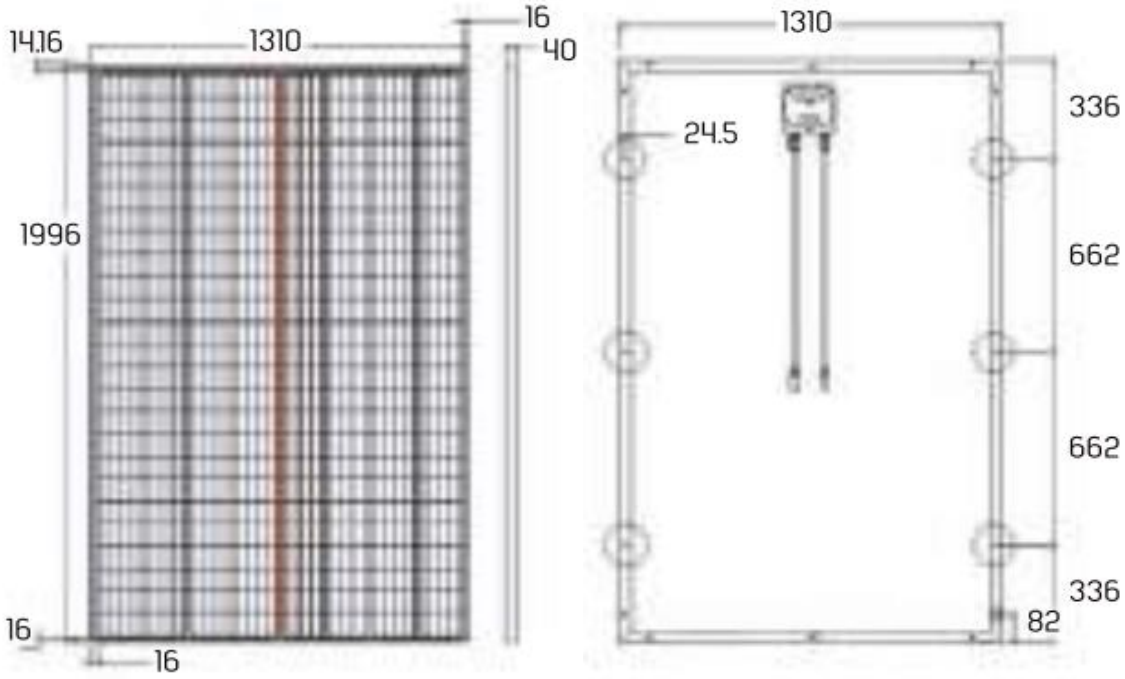
Tabela 1

Długość x Szerokość x Grubość	1996 mm x 1310 mm x 40 mm
Waga	36,5 kg
Celki solarne	monokrystaliczne
Puszka przyłączeniowa / Połączenia	4 diody baypass / IP 67
Ramka	Aluminiowa anodowana z otworami
Szkło	Szkło hartowane o niskiej zawartości żelaza (4.0 mm), antyrefleksyjne
Potwierdzona wytrzymałość statyczna	5 400 Pa

Specyfikacja elektryczna:

Tabela 2

Model	500
Moc nominalna P_{MPP} [W]	500
Prąd zwarciowy I_{SC} [A]	9,77
Napięcie otwarcia bramki V_{OC} [V]	65,92
Prąd MPP I_{MPP} [A]	9,27
Napięcie MPP V_{MPP} [V]	53,94
Efektywność modułu η_M [%]	19,12
Maksymalne napięcie pracy	1000 V
Prądowy współczynnik temperaturowy α	0,032 %/°C
Napięciowy współczynnik temperaturowy β	- 0,308 %/°C
Współczynnik temperaturowy mocy γ	- 0,42 %/°C
NOCT	45 °C ± 3



2.2 Inwertery

Inwertery fotowoltaiczne odbierają energię w postaci prądu stałego od modułów PV i zamieniają ją na prąd przemienny o parametrach takich jak w sieci.
Inwertery są wyposażone w wiele funkcji pozwalających na sprawne użytkowanie instalacji fotowoltaicznej:

- automatyka załączania i wyłączania,
- zdalne monitorowanie sieci poprzez Internet,
- pomiary w sieci i wizualizacja danych,
- komunikacja z PC,
- rejestrowanie i zapisywanie pomiarów,
- synchronizacja sieci (regulacja),
- ograniczanie prądu wejściowego i wyjściowego,
- współpraca z innymi systemami energetycznymi oraz systemami zarządzania.

Proponowane inwertery trójfazowe, beztransformatorowe spełniają wszystkie wymagania nowoczesnej instalacji fotowoltaicznej.

Charakterystyka techniczna inwerterów:

Tabela 3

DANE WEJŚCIOWE	**Inwerter o mocy 20 kW**
Maks. prąd wejściowy (Idc max1 / Idc max2)	33,0 A / 27,0 A
Maks. użyteczny prąd wejściowy łącznie (Idc max1 + Idc max2)	51,0 A
Maks. prąd zwarciowy, pole modułu ((MPP1 / MPP2)	49,5 A / 40,5 A
Min. napięcie wejściowe (Udc min)	200 V
Napięcie rozpoczęcia pracy (Udc start)	200 V
Znamionowe napięcie wejściowe (Udc,r)	600 V
Maks. napięcie wejściowe (Udc max)	1.000 V
Zakres napięć MPP (Umpp min - Umpp max)	420 - 800 V
Liczba trackerów MPP	2
Liczba przyłączy prądu stałego DC	3 + 3
Maks. moc generator PV (Pdc max)	30,0 kWpeak
DANE WYJŚCIOWE	
Moc znamionowa AC (Pac,r)	20.000 W
Maks. moc wyjściowa	20.000 VA
Prąd wyjściowy AC (Iac nom)	28,9 A
Przyłącze sieciowe (zakres napięcia)	3~NPE 400 V / 230 V lub 3~NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)
Częstotliwość (zakres częstotliwości)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Współczynnik zniekształceń nieliniowych	< 2 %
Współczynnik mocy (cos φac,r)	0 - 1 ind. / poj.
SPRAWNOŚĆ	
Maks. sprawność	98,1 %
Europejski współczynnik sprawności (ηEU)	97,90%
Sprawność dostosowania MPP	> 99,9 %

2.3 Konstrukcja wsporcza

W rozwiązaniu przyjęto panele słoneczne o wymiarach 1996 mm x 1310 mm, bok dłuższy usytuowany pionowo. Panele zestawiono w baterie.

Głównym elementem konstrukcji jest układ ram z kształtowników zimno giętych ocynkowanych. Z uwagi na agresywne środowisko oczyszczalni ochrona antykorozyjna konstrukcji winna być podwyższona – np. grubością powłoki cynku albo przez zastosowanie powłoki Magnelis (rozwiązanie określi projekt). Słupki ram zagłębione w gruncie na głębokość 3,5 m – na podstawie badań geotechnicznych. Belki ram i wysokość słupków zapewnią optymalny kąt pochylenia paneli fotowoltaicznych tj. 35° do poziomu. Rzędy ram ustawione będą w kierunku południowym. Panele fotowoltaiczne mocowane zostaną do ram stalowych za pomocą systemowych belek aluminiowych. Wszystkie elementy łączące winny być wykonane ze stali nierdzewnej. Ww. konstrukcja zapewni maksymalny uzysk energetyczny i długotrwałą odporność na warunki atmosferyczne.

2.4 Ogrodzenie terenu

Ogrodzenie realizowane będzie na obrzeżu farmy fotowoltaicznej. Od strony wschodniej planowanej instalacji fotowoltaicznej istnieje ogrodzenie. Przyjęto ogrodzenie panelowe z drutu stalowego powlekanego o wys. 1,5 m. Słupki ogrodzeniowe stalowe ocynkowane, deklowane od góry w sposób trwały. Przęsła, które będą pełnić funkcję bramy dwuskrzydłowej należy wykonać z siatki stalowej powlekanej, w stalowych ramach. Skrzydła takie osadzić na zawiasach przyspawanych do słupków ogrodzeniowych. Elementy zamykania bramy i furtki wejściowej należy przyspawać do ramy skrzydła. Na boku górnego poziomego profilu jednego ze skrzydeł bramy przymocować stalową zasuwę (zamykaną na kłódkę) w taki sposób, aby po zamknięciu oba skrzydła zostały połączone płaskownikiem/prętem zasuwy w sposób uniemożliwiający otwarcie bramy. Dodatkowo na każdym ze skrzydeł należy przewidzieć opuszczaną nóżkę służącą do blokady położenia skrzydeł na czas jej otwarcia.

Wszystkie elementy stalowe należy pomalować farbą antykorozyjną po uprzednim ich oczyszczeniu i zagruntowaniu farbą podkładową. Wybór systemu ogrodzenia należy uzgodnić z Inwestorem przed realizacją.

2.5 Drogi dojazdowe

Dojście i dojazd do planowanej lokalizacji instalacji fotowoltaicznej istniejącymi drogami wewnętrznymi. Należy wykonać od strony wschodniej dojazd do elektrowni fotowoltaicznej oraz plac manewrowy z nawierzchni utwardzonej (np. z płyt betonowych albo tłucznia).

W celu wykonania utwardzenia, należy usunąć grunt na głębokość projektowanych warstw konstrukcyjnych i na całości utwardzenia wybrać glebę poniżej warstw konstrukcyjnych w celu wymiany na grunt nośny odpowiednio zagęszczony.

Nawierzchnia utwardzonego dojazdu wykonana będzie z tłucznia grubości 20 cm (granulacja 31,5 – 63 mm – dolna warstwa, 0 – 31,5 – górna warstwa), z warstwą odcinającą 10 cm piasku.

2.6 System monitoringu i kontroli

Proponuje się monitoring parametrów pracy instalacji fotowoltaicznej. Wymiana informacji następować będzie przewodowo poprzez sieć wewnętrzną. Do systemu przekazywane będą informacje o pracy instalacji fotowoltaicznej, ilości wyprodukowanej energii oraz przypadkach awarii systemu. Farma fotowoltaiczna dzięki takiemu rozwiązaniu będzie generować maksymalne uzyski energii elektrycznej, monitorując stan każdego inwertera. Każdy inwerter musi zostać połączony z centralną jednostką sterującą przewodami sygnałowymi.

W przypadku wystąpienia uszkodzenia modułu (-ów) fotowoltaicznego nie występuje potrzeba demontażu większej ilości modułów. Z uwagi na topologię całego systemu w łatwy sposób można zlokalizować łańcuch, w którym znajduje się uszkodzony moduł (-y). Dane pomiarowe uzyskiwane z inwerterów pozwolą na porównanie wartości chwilowych z teoretycznymi. W przypadku uszkodzenia modułu (-ów) występujący spadek mocy inwertera (-ów) może zostać łatwo zauważony, a w toku odpowiednich pomiarów łatwo określić położenie uszkodzonego elementu.

3 Wydajność instalacji fotowoltaicznej

Poniższa tabela przedstawia dzienne natężenie promieniowania słonecznego na poziomej powierzchni, według źródła NASA – SSE dla miejscowości Chrzanów.

Tabela 4

Miesiąc	**Natężenie promieniowania słonecznego**		
	Rozproszone dzienne [kWh/m^2]	**Bezpośrednie dzienne [kWh/m^2]**	**Globalne dzienne [kWh/m^2]**
Styczeń	0,64	0,38	1,02
Luty	1,00	0,77	1,77
Marzec	1,55	1,20	2,75
Kwiecień	2,10	1,63	3,73
Maj	2,52	2,38	4,90
Czerwiec	2,70	2,07	4,77
Lipiec	2,59	2,26	4,85
Sierpień	2,25	2,10	4,35
Wrzesień	1,61	1,35	2,96
Październik	1,01	0,76	1,77
Listopad	0,65	0,35	1,00
Grudzień	0,52	0,27	0,79
Rocznie	**1,60**	**1,29**	**2,89**

Biorąc pod uwagę miesięczne średnie dzienne natężenie promieniowania słonecznego oraz liczbę dni, które składają się na dwanaście miesięcy w roku, można określić wartość rocznego globalnej natężenia promieniowania słonecznego na poziomej powierzchni. Wartość ta wynosi 2,89 [kWh/m^2].

4 Ochrona przeciwporażeniowa

Instalacja fotowoltaiczna każdej części pracować będzie w układzie TN-C-S. Ochrona podstawowa, ochrona przed dotykiem bezpośrednim realizowana jest przez izolowanie części czynnych (izolacja podstawowa) oraz stosowanie obudów i osłon zastosowanych urządzeń o stopniu ochrony co najmniej IP2X. Ochrona przeciwporażeniowa dodatkowa spełniona zostanie przez zastosowanie wyłączników nadprądowych. Powszechnym elementem ochrony będzie zastosowanie instalacji wyrównawczej. W rozdzielnicy przy inwerterach należy zamontować miejscową szynę połączeń wyrównawczych, do której trzeba podłączyć obudowy inwerterów, modułów fotowoltaicznych, ochronniki przepięciowe i pozostałe elementy metalowe instalacji. Wartość uziemienie instalacji wyrównawczej powinno obliczona przez projektanta i dobrana do warunków środowiskowych na obszarze planowanej inwestycji.

Uziemione połączenie wyrównawcze modułów i inwerterów spełnia kilka funkcji, jest elementem ochrony przeciwporażeniowej i przeciwprzepięciowej. Uziemienie stanowi ważny element bezpieczeństwa instalacji fotowoltaicznej. Uziemione połączenie wyrównawcze poprawia bezpieczeństwo pracy instalacji fotowoltaicznej w szczególnych sytuacjach, jak uszkodzenie modułu, czy w trakcie wyładowań atmosferycznych w pobliżu instalacji. Przy wykonywaniu połączeń wyrównawczych należy pamiętać, że wszystkie uziemienia po stronie DC, jak i AC powinny być wspólne.

5 Ochrona odgromowa

Zakłada się, że wszystkie części instalacji fotowoltaicznej posiadać będą ochronę odgromową. Realizowana ona będzie przez zastosowanie układu zwodów pionowych (iglic) obejmującym swoim obszarem ochronnym cały teren instalacji. Zwody pionowe instalacji odgromowej należy podłączyć do uziomu wykonanego z płaskownika FeZn. Dodatkowo inwertery posiadać będą ochronniki przepięciowe.

6 Zapotrzebowanie na energię elektryczną

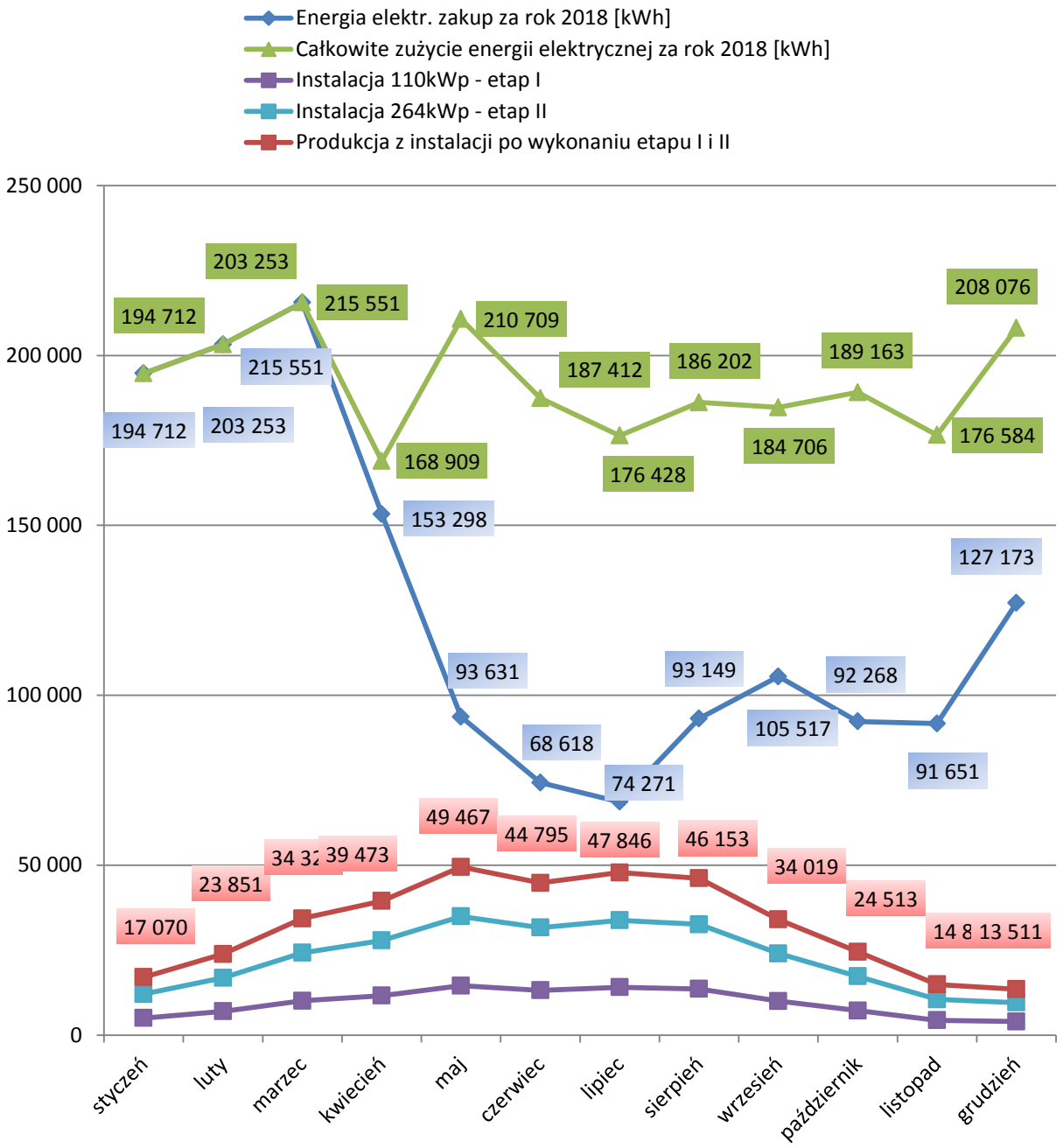
Zapotrzebowanie na energię elektryczną na terenie uwzględnia stan obecny. Zużycie zakupionej energii elektrycznej, a także przewidywaną produkcję energii przez proponowaną lokalizację paneli fotowoltaicznych w poszczególnych miesiącach roku przedstawiają dane w Tabeli 5:

Tabela 5

Zakup energii elektr. 2018r.		Produkcja energii el. przez biogaz [kWh]			Całkowite zużycie energii elektrycznej	Produkcja energii przez fotoogniwa - symulacja		
Miesiące	**kWh**	**2016**	**2017**	**2018**	**2018**	**Etap I**	**Etap II**	**Po wykonaniu etapu I i II**
		kWh	kWh	**kWh**	**kWh**	**kWh**	**kWh**	**kWh**
I	194712	8111	1915	0	194712	5020,2	12 049	17 070
II	203253	16994	24157	0	203253	7014,8	16 836	23 851
III	215551	16273	27024	0	215551	10096,3	24 231	34 327
IV	153298	48212	39709	15611	168909	11609,6	27 863	39 473
V	93631	61442	41670	117078	210709	14549,2	34 918	49 467
VI	74271	52643	56301	113141	187412	13175	31 620	44 795
VII	68618	49281	56051	107810	176428	14072,5	33 774	47 846
VIII	93149	47534	57616	93053	186202	13574,5	32 579	46 153
IX	105517	46648	10960	79189	184706	10005,7	24 014	34 019
X	92268	46509	0	96895	189163	7209,7	17 303	24 513
XI	91651	32852	0	84933	176584	4380,3	10 513	14 893
XII	127173	21575	0	80903	208076	3973,9	9 537	13 511
RAZEM	**1 513 092**	**448 074**	**315**	**788 613**	**2 301 705**	**114 682**	**275 237**	**389 919**

ENERGIA ELEKTRYCZNA - ZUŻYCIE I PRODUKCJA

CHRZANÓW - OCZYSZCZALNIA



Porównanie wielkości zapotrzebowania na energię w poszczególnych miesiącach z możliwościami produkcyjnymi instalacji fotowoltaicznej pozwala stwierdzić, że krzywe zapotrzebowania i produkcji energii są znacznie oddalone. Prawidłowość ta wskazuje, że prąd wytworzony w panelach PV zostanie zużyty na obiekcie.

Biorąc pod uwagę ciągły charakter pracy urządzeń oraz produkcję energii w ciągu dnia można przypuszczać, że moc instalacji PV nie przekroczy planowanej mocy zamówionej. Przyrównanie produkcji prądu do minimalnych poziomów zużycia wskazuje na taką chwilową moc instalacji, aby nie oddawać prądu do sieci Dostawcy.

7 Instalacja fotowoltaiczna

7.1 Obliczenia ilości modułów fotowoltaicznych

Przy założonej mocy modułu 500 Wp potrzebną ilość modułów obliczamy:

Dla I etapu:

500 Wp x 220 szt. = 110 kWp

Dla II etapu:

500 Wp x 528 szt. = 264 kWp

Przyjmuje się, że instalacja fotowoltaiczna składać się będzie z 748 modułów rozmieszczonych w rzędach na gruncie po wykonaniu - po wykonani obydwóch etapów montażu . Dla pierwszego etapu przewiduje się montaż 4 szt. inwerterów o mocy 20kW i 2 o mocy 10kW. W drugim przewiduje etapu 11 szt. inwerterów również o mocy 20kW i 2 o mocy 10kW. Łączna suma zastosowanych inwerterów o mocy 20kW będzie wynosić 15, a inwerterów o mocy 10kW 4 szt., co daje łączną moc wyjściową z całej instalacji 340kW.

7.2 Opis przyjętego rozwiązania

Panele fotowoltaiczne rozmieszczone zostaną na gruncie, w miejscu wskazanym na planie – Rys. PV-1 dla I etapu inwestycji oraz PV-3 dla II etapu inwestycji z uwzględnieniem I etapu .

Moduły fotowoltaiczne zostaną rozmieszczone w rzędach z modułami ułożonymi pionowo – z nachyleniem wynoszącym ok. 35 stopni w stosunku do powierzchni ziemi z ustawieniem w kierunku południowym. Wysokość urządzeń w pionie ok. 2,90 m, przy montażu dolnej krawędzi na wys. ok. 60 cm.

Inwertery zostaną zamontowane na gruncie (na konstrukcji pod panelami fotowoltaicznymi) w miejscu chroniącym je od nasłonecznienia i opadów atmosferycznych. Każdy z nich będzie posiadał własną rozdzielnicę nN z zabezpieczeniami obwodów poszczególnych inwerterów. Pozwoli to na bardzo duże uniezależnienie całego generatora fotowoltaicznego od lokalnych zmian nasłonecznienia (zacienienia).

Na wyjściu inwertera będzie napięcie prądu zmiennego AC o wartości 230/400 V. Pracą inwerterów zarządzać będzie, przy pomocy specjalistycznego oprogramowania, urządzenie monitorujące. Do przesyłu informacji i sterowania poszczególnych inwerterów projektuje się kabel Ethernet np. UTP kat. 5 lub transmisją światłowodową. Dodatkowo w układzie zastosowany zostanie system z sensorami nasłonecznienia i warunków atmosferycznych, a także urządzenie umożliwiające blokadę wypływu energii elektrycznej do sieci. Z inwerterów prąd przesłany zostanie do rozdzielnic instalacji fotowoltaicznej.

Przy każdym inwerterze zainstalowana będzie rozdzielnica z zabezpieczeniami kabli przesyłowych i ochronnikami przepięciowymi. Należy zainstalować ochronniki kombinowane od strony napięcia prądu stałego, od strony napięcia prądu zmiennego oraz na kablach sterowniczych.

Wytworzona energia elektryczna musi być dostarczona do Rozdzielnicy Głównej Obiektu, znajdującej się w płn. części działki, obok stacji transformatorowej.

Zgodnie z ustaleniami z Inwestorem w celu uniknięcia strat większych niż 2% na zasilaniu instalacji oraz z uwagi na charakter pracy obiektu proponuje się podział instalacji fotowoltaicznej na dwie sekcje i podłączenie do rozdzielni nN obiektu. Wstępnie przewiduje się podłączenie w pierwszym etapie dla instalacji 100kW do sekcji I i II rozdzielni nN instalację o mocy 50 kW. W przypadku późniejszej rozbudowy proponuje się podłączenie do sekcji I rozdzielni nN instalację o łącznej mocy 160 kW, a do sekcji II rozdzielni nN instalację o łącznej mocy 180 kW. Wymagać to będzie zastosowania przewodów kabli typu np.:YAKY 4x240 mm w liczbie 2 szt. na każdą z sekcji od rozdzielni zbiorczych do Rozdzielni Głównej Obiektu. Wszystkie pozostałe przewody zasilające strony AC tj. od poszczególnych inwerterów i rozdzielni przy inwerterach do rozdzielni zbiorczych należy prowadzić przewodami miedzianymi. Dotyczy to również przewodów fotowoltaicznych i strony DC. Łączne straty i spadki napięcia począwszy od najdalszego inwertera w instalacji do Rozdzielni Głównej Obiektu nie powinny przekroczyć zgodnie z ustaleniami z Inwestorem 2%. Dla zabezpieczenia układu przed ewentualnym, niekontrolowanym przepływem prądu do sieci publicznej z instalacji fotowoltaicznej zaleca się wystąpienie do Zakładu Energetycznego z wnioskiem o określenie warunków przyłączenia dla urządzeń wytwórczych energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznych do sieci elektroenergetycznej.

7.3 Wydajność instalacji fotowoltaicznej

Zacienienie odległe

W systemie fotowoltaicznym zazwyczaj należy unikać zacienienia, ponieważ powoduje to straty nasłonecznienia, a tym samym energii produkowanej. Jednak w szczególnych przypadkach jest to dozwolone, jeżeli sytuacja jest właściwie oceniona.
W przypadku omawianej instalacji nie występuje zacienienie.

Obliczanie technologiczności

Technologiczności systemu została obliczona na podstawie danych, pochodzących ze źródeł danych klimatycznych NASA-SSE, w miejscu instalacji w stosunku do przeciętnego miesięcznego globalnego promieniowania słonecznego na powierzchni poziomej.

Procedura obliczania energii wytwarzanej przez układ bierze pod uwagę moc znamionową (110 kWp dla pierwszej części zadania i 264 kWp przy późniejszej rozbudowie), kąt nachylenia (35°) oraz azymut (180° - południe) generator PV, straty na generatorze PV (straty rezystancyjne, straty z powodu różnicy temperatury modułów, refleksji bądź niedopasowania pomiędzy pasmami), wydajność falownika, jak również współczynnik odbicia światła od powierzchni ziemi (albedo).z przodu modułów – 20%.

W związku z tym, energia wytwarzana przez układ corocznie (E_p, y) jest obliczana w następujący sposób:

Dla I etapu

$$E_p,y = P^{nom} * I_{rr} * (1\text{-Losses}) = 114\ 682 \text{ kWh}$$

Gdzie:
P_{nom} = Moc znamionowa systemu po wykonaniu pierwszego etapu: 110kWp

Dla II etapu

$$E_p,y = P^{nom} * I_{rr} * (1\text{-Losses}) = 275\ 236{,}95 \text{ kWh}$$

Gdzie:
P_{nom} = Moc znamionowa systemu wykonaniu drugiego etap 264 kWp

Suma produkcji z etapu I i II zadania

$$E_p,y = P^{nom} * I_{rr} * (1\text{-Losses}) = 389\ 985{,}29 \text{ kWh}$$

Gdzie:

P_{nom} = Moc znamionowa systemu wykonaniu drugiego etap 374 kWp

I_{rr} = Roczne natężenie promieniowania słonecznego na powierzchni modułów:

1042,56 kWh/m²

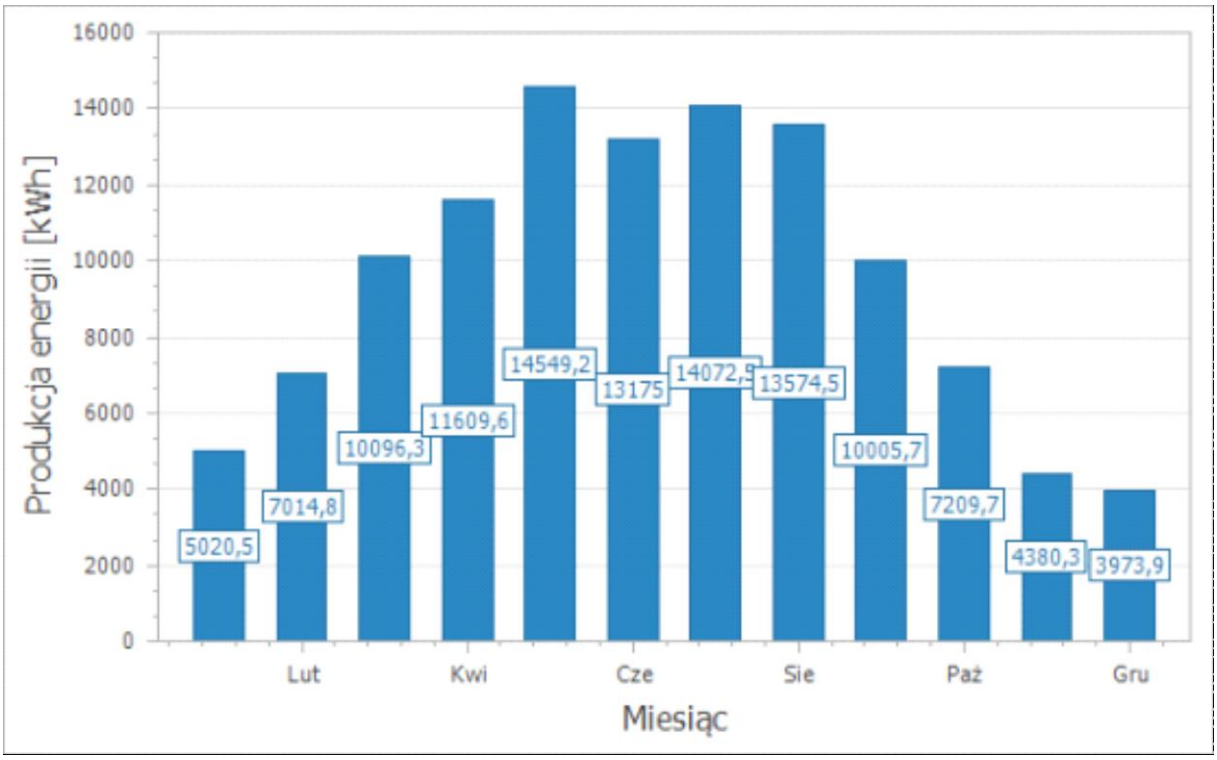
Losses = Straty mocy: 12,54 %

Straty mocy są spowodowane różnymi czynnikami. Poniższa tabela zawiera owe czynniki strat oraz ich wartości przyjęte przez procedury obliczania systemu wydajności (technologiczności).

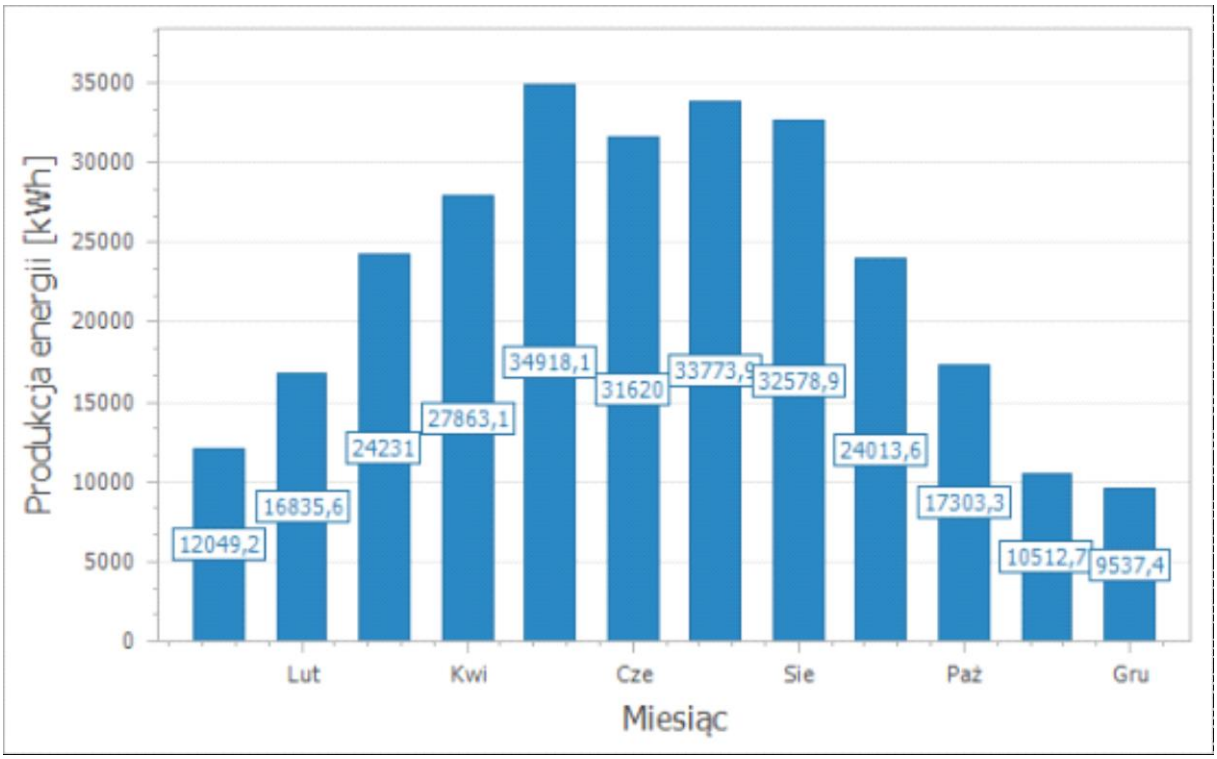
Straty	
Straty ciepła	3,00 %
Straty z niedopasowania	2,00 %
Straty rezystancyjne	4,00 %
Straty spowodowane konwersją DC/AC	2,20 %
Inne straty	2,00 %
Starty z zacienienia	0,00 %
Straty całkowite	**12,54 %**

Poniższy wykres przedstawia trend miesięcznej produkcji energii przewidywany w danym roku:

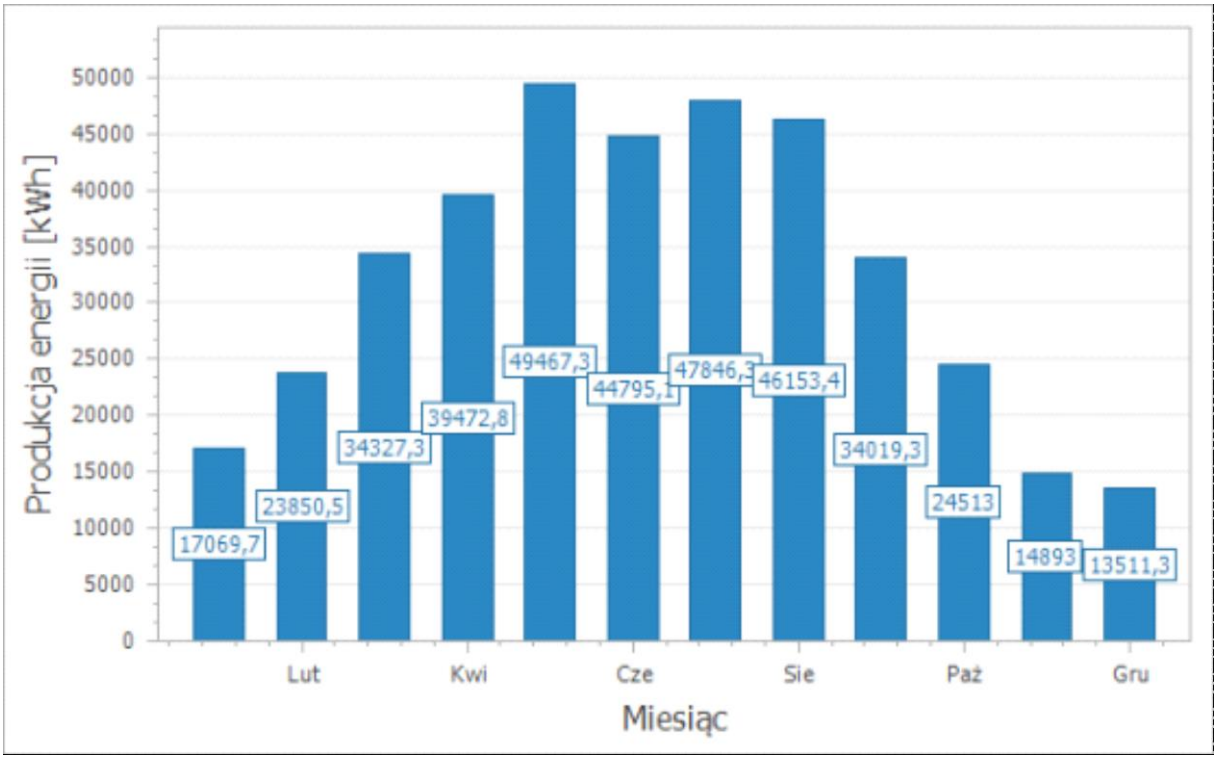
a) etap I - instalacja o mocy 110kWp



b) etap II - instalacja o mocy 264kWp



c) łącznie dla etapu I i II:



8 Analiza ekonomiczna

8.1 Wstęp

8.1.1 Koszty

Szacunkowe koszty realizacji instalacji fotowoltaicznej przedstawia poniższa tabela:

Koszty realizacji	
Koszt instalacji (etap I)	671 000,00 zł
Koszt jednostkowy (etap I)	6 100,00 zł/kWh
Całkowity koszt instalacji (etap II)	1 498 200,00 zł
Koszt jednostkowy (etap II)	5 675,00 zł/kWh
Całkowity koszt instalacji (etap II)	2 169 200,00 zł
Koszt jednostkowy (przy założeniu etap I + etap II)	5 800,00 zł/kWh

Zakłada się koszt netto (bez podatku VAT) instalacji fotowoltaicznej na podstawie cen oraz kursu euro dla I kw. 2019 r.

Inwestor obciążany jest przez Dostawcę - Tauron Dystrybucja wg taryfy B 23

Cena zakupu energii elektrycznej wynosi średnio:

- 0,286 zł netto / kWh.

Ponadto uwzględnione zostały okresowe i nadzwyczajne koszty utrzymania systemu.

Dla potrzeb analizy ekonomicznej przyjęto stawkę 4,31 zł/Euro.

W koszty całkowite wliczono:

- Dostawę paneli fotowoltaicznych, inwertera, systemu montażowego oraz urządzeń elektrycznych i okablowania po stronie DC,
- Montaż konstrukcji wsporczej oraz paneli fotowoltaicznych,
- Montaż okablowania DC, ułożenie tras kablowych DC,
- Przyłączenie paneli w sekcje, przyłączenie i konfiguracja inwerterów fotowoltaicznych,
- Montaż systemu i monitoringu instalacji fotowoltaicznej,
- Roboty przygotowania terenu.

8.1.2 Zużycie energii

Dane wymagane do analizy zużycia energii określone są poniżej:

Zużycie	
Szacunkowe zużycie energii elektrycznej	1 513 092,00 kWh
Średni koszt energii elektrycznej wybranej	0,286 zł/kWh
Udział własnego zużycia energii	100,00%
Roczny wzrost zużycia energii	0,00%

8.1.3 Produkcja energii elektrycznej

Tabela przedstawia dane przyjęte do analizy produkcji energii elektrycznej:

a) etap I:

Moc znamionowa po montażu instalacji	110 kWp
Szacowana roczna produkcja energii	114 682,06 kWh
Własne roczne zużycie energii	100,00%
Roczne straty wydajności systemu	0,70%
Całkowite zużycie roczne energii	1 513 092,00 kWh
Roczny wzrost zużycia energii	0,00%

b) etap II:

Moc znamionowa po montażu instalacji	374 kWp
Szacowana roczna produkcja energii	389 985,29 kWh
Własne roczne zużycie energii	100,00%
Roczne straty wydajności systemu	0,70%
Całkowite zużycie roczne energii	1 398 410,00 kWh
Roczny wzrost zużycia energii	0,00%

8.1.4 Wskaźniki ekonomiczne

Do analizy ekonomicznej zostały przyjęte następujące stopy:

Inflacja	2,50%
Inflacja cen energii	8,20%
Stopa dyskontowa	4,00%

Liczba lat potrzebnych do zwrotu początkowej inwestycji poprzez dodatnie roczne przepływy pieniężne to:

a) Etap I: 13 lat

Całkowity zysk z inwestycji to: 2 061 915,48 zł.

b) Etap II: 12,4 lat

Całkowity zysk z inwestycji to: 3 774 992,81 zł.

c) W przypadku wykonania jednocześnie etapu I i II: 12,5 lat

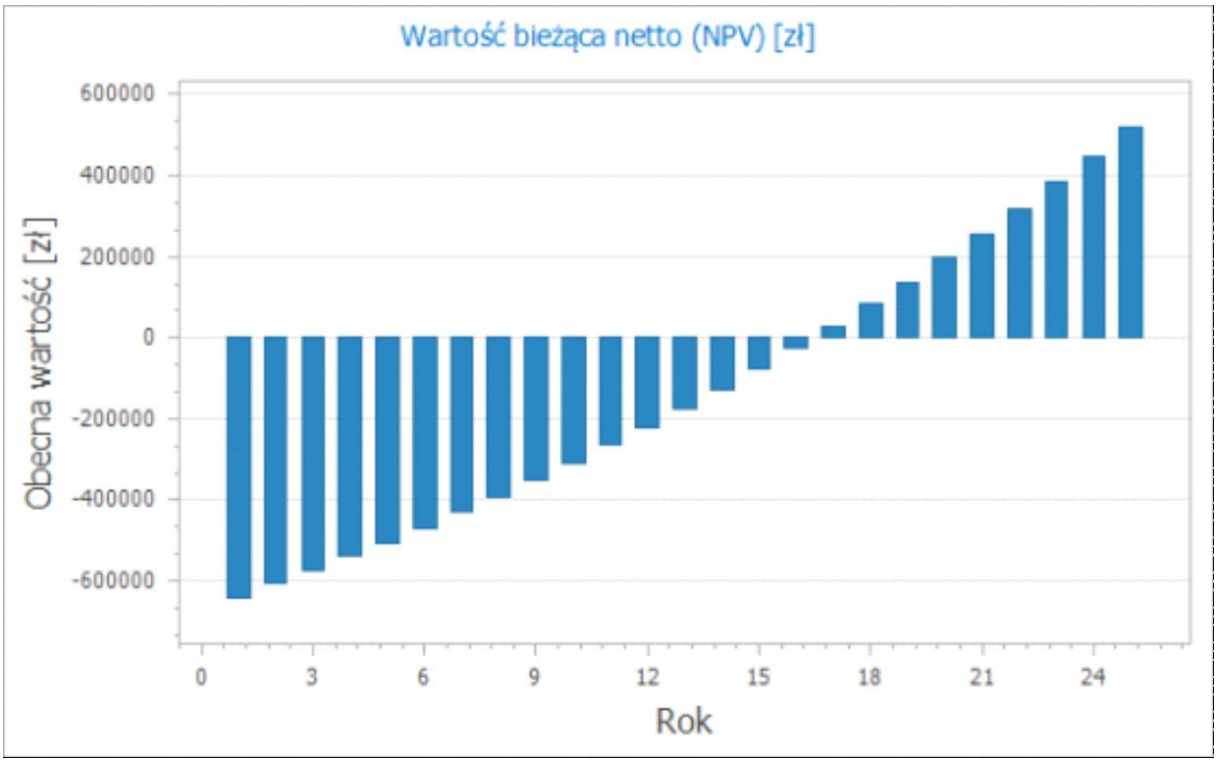
Całkowity zysk z inwestycji to: 5 300 108,29 zł.

Symulacje i obliczenia przeprowadzono w programie BlueSol.

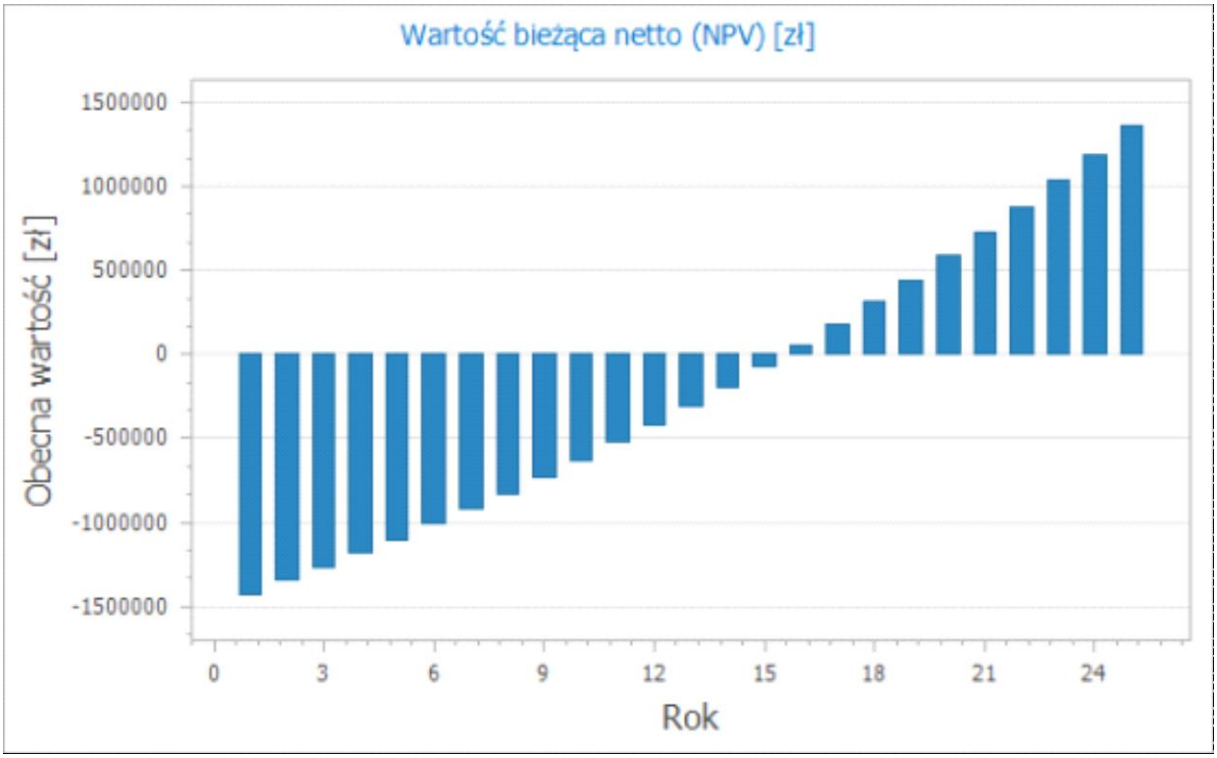
8.1.5 Wartość bieżąca netto (NPV)

Wartość netto przyszłych przepływów pieniężnych wynikających z inwestycji z uwzględnieniem utraty wartości pieniądza w czasie.

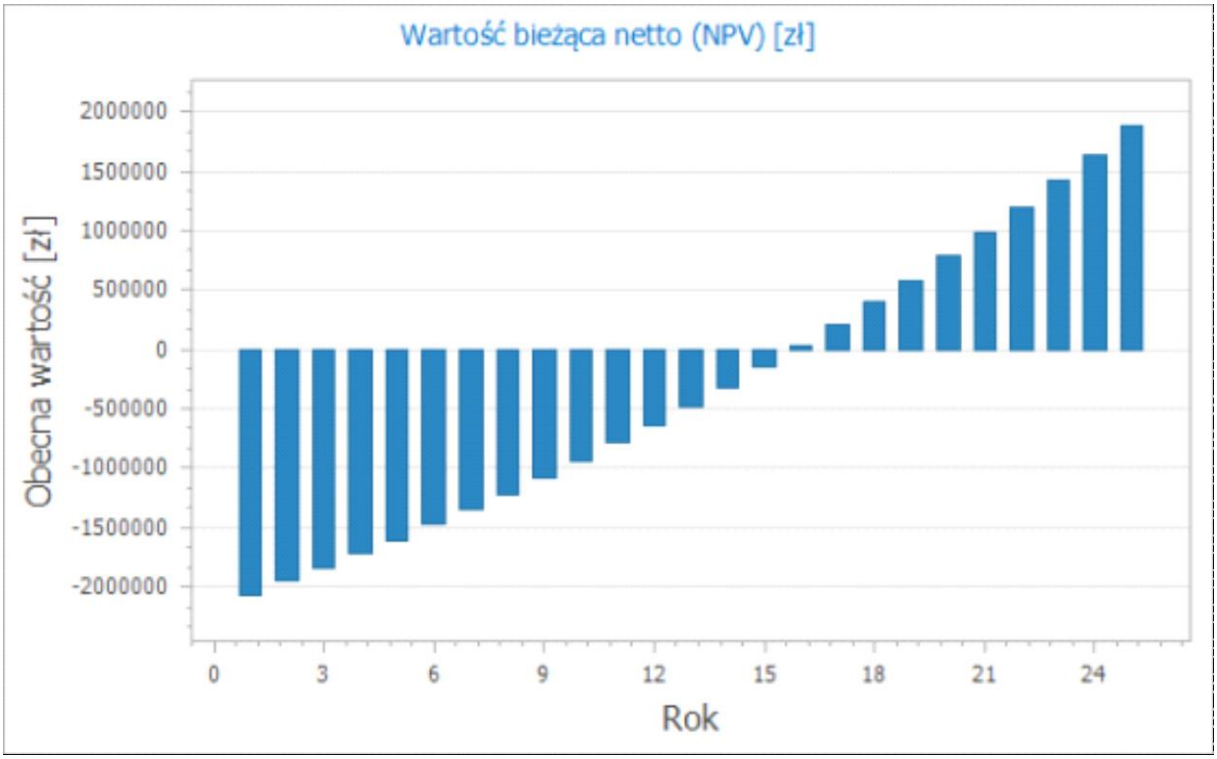
a) Etap I – instalacja o mocy 110kWp



b) Etap II – instalacja o mocy 264kWp



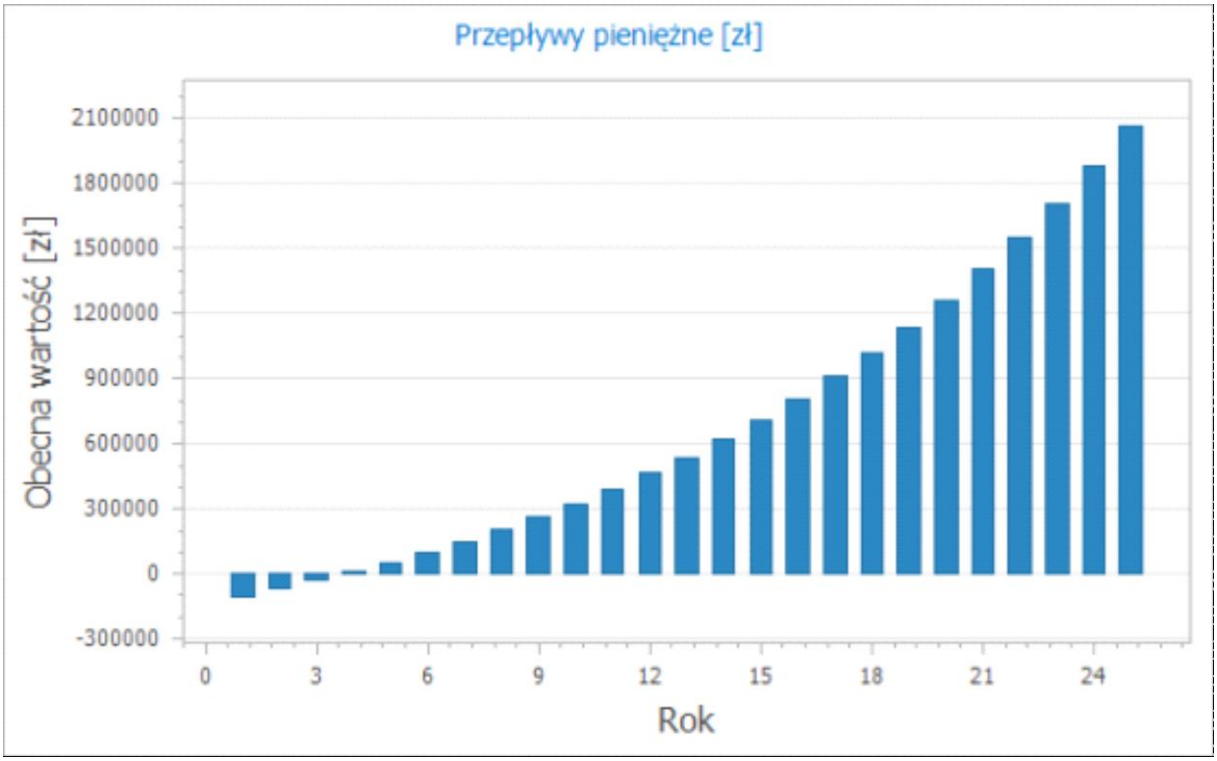
c) Po wykonaniu I i II etapu zadania



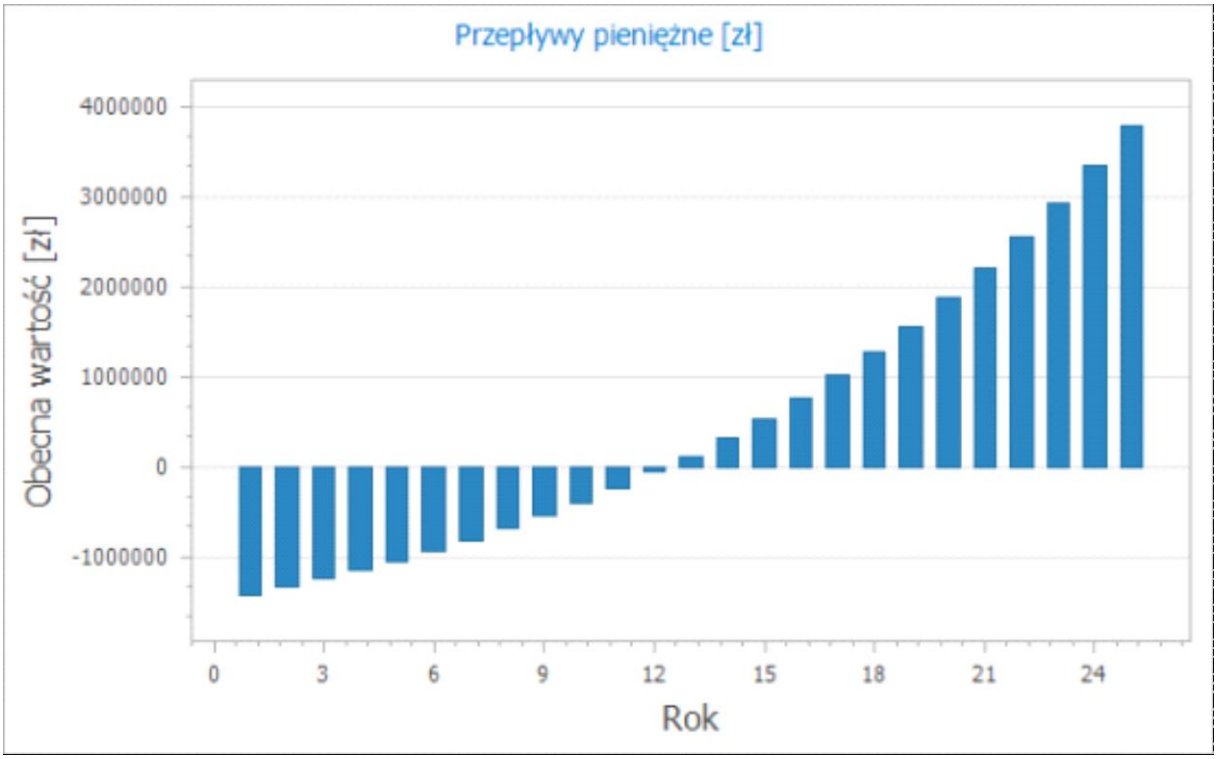
8.1.6 Przepływy pieniężne

Przepływ pieniężny [zł]: Zysk netto+ Deprecjacja (spadek wartości towaru lub dobra) - Wielkość kapitału pożyczkowego.

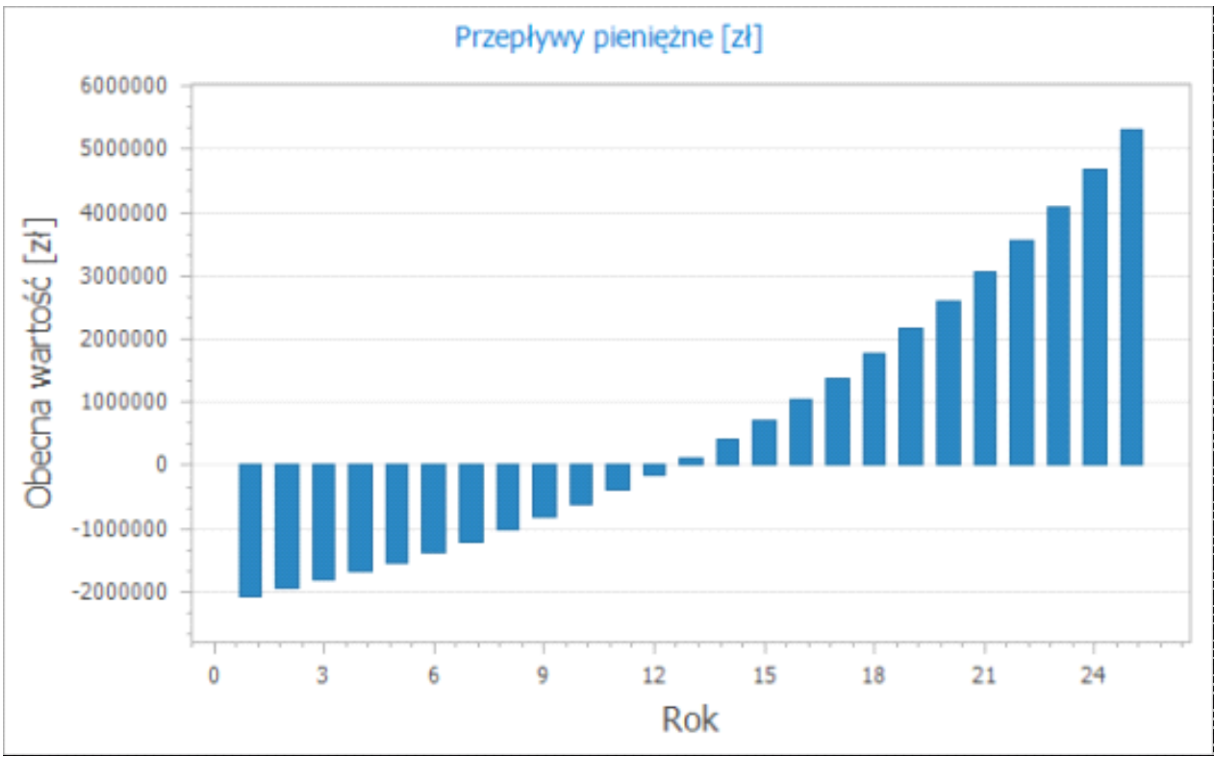
a) Etap I – instalacja o mocy 110kWp



b) Etap II – instalacja o mocy 264kWp

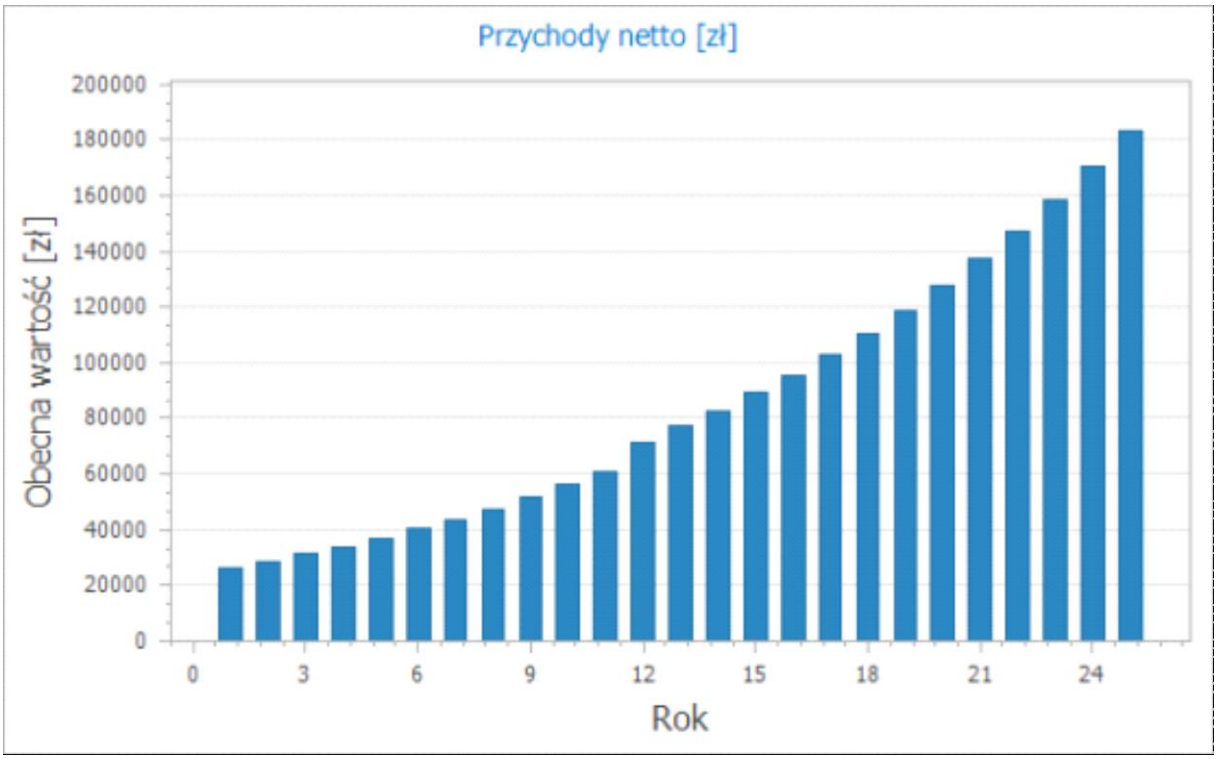


c) Po wykonaniu I i II etapu zadania

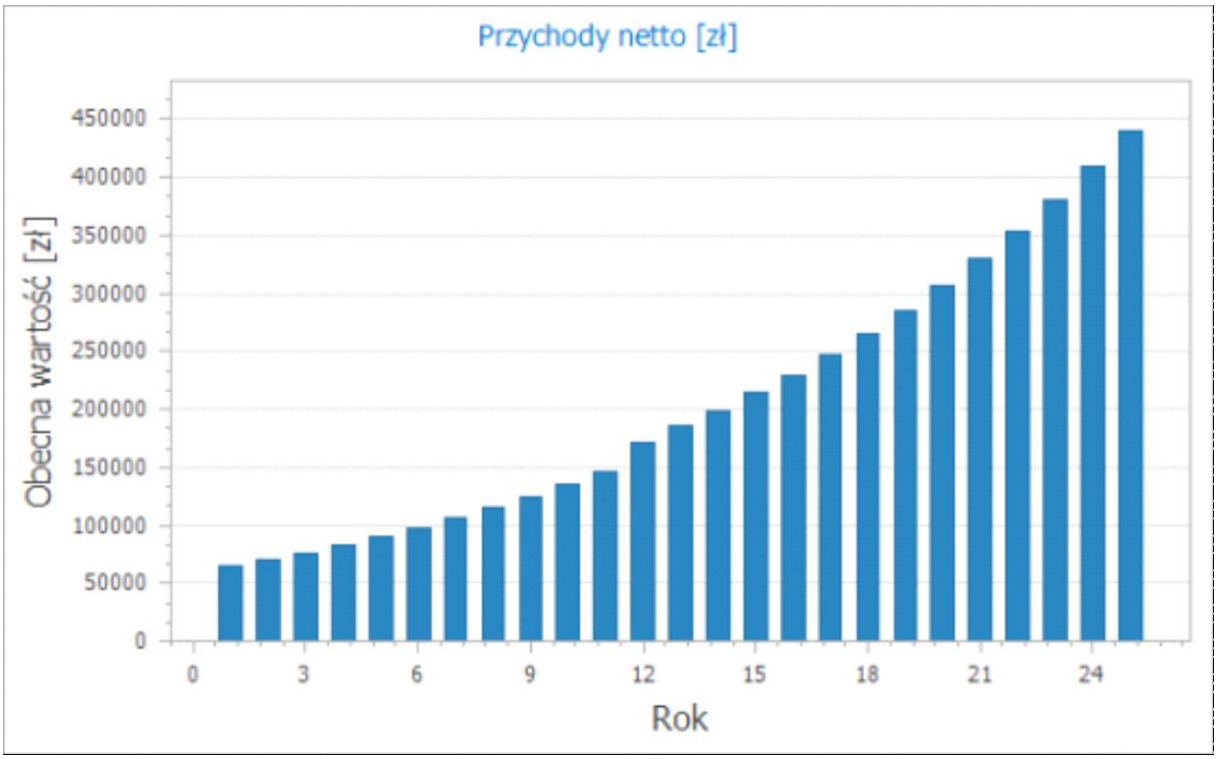


8.1.7 Dochód netto

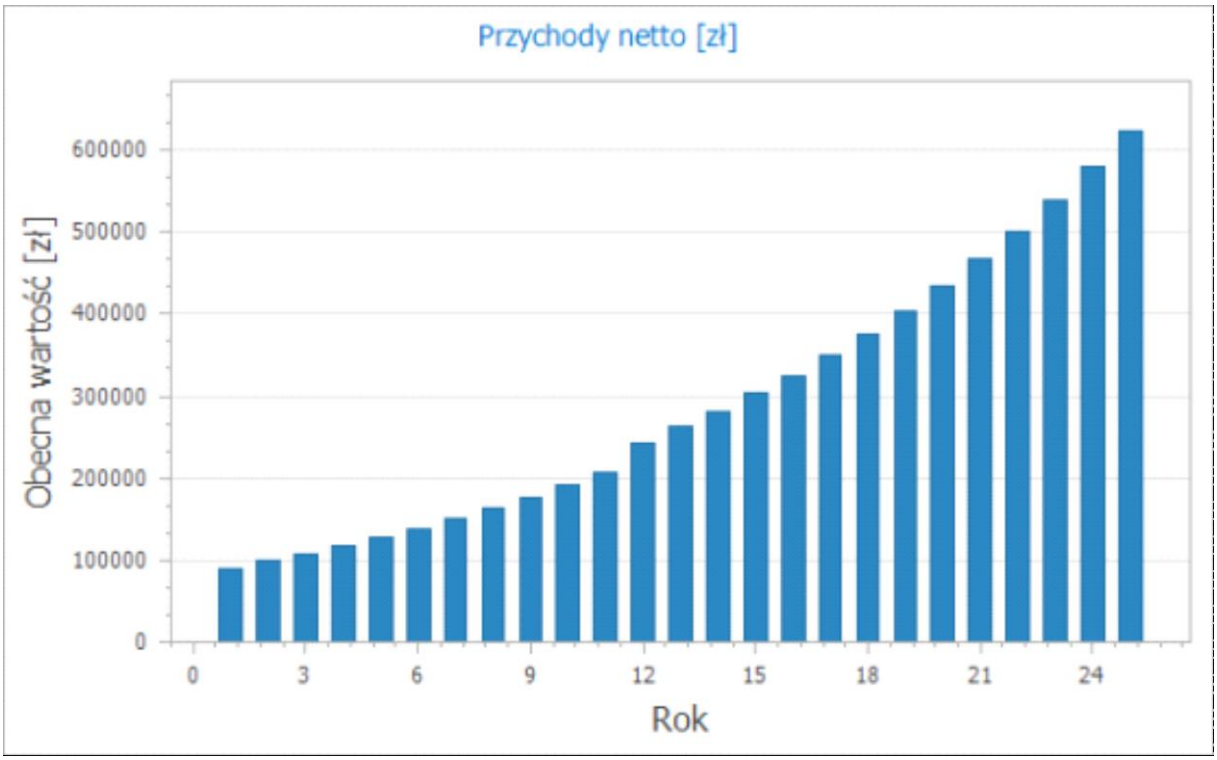
a) Etap I – instalacja o mocy 110kWp



b) Etap II - instalacja o mocy 264kWp



c) Po wykonaniu I i II etapu zadania



8.2 Tabela analizy ekonomicznej

a) Etap I – instalacja o mocy 110kWp

Rok	Produkcja [kWh]	Energia wprowadzana do sieci [kWh]	Szacunkowe zużycie energii [kWh]	Własne zużycie [kWh]	Energia pobrana z sieci [kWh]
1	114 682,06	0,00	1 513 092,00	114 682,06	1 398 409,94
2	113 879,29	0,00	1 550 919,30	113 879,29	1 437 040,01
3	113 082,13	0,00	1 589 692,28	113 082,13	1 476 610,15
4	112 290,56	0,00	1 629 434,59	112 290,56	1 517 144,03
5	111 504,52	0,00	1 670 170,45	111 504,52	1 558 665,93
6	110 723,99	0,00	1 711 924,72	110 723,99	1 601 200,72
7	109 948,92	0,00	1 754 722,83	109 948,92	1 644 773,91
8	109 179,28	0,00	1 798 590,90	109 179,28	1 689 411,62
9	108 415,03	0,00	1 843 555,68	108 415,03	1 735 140,65
10	107 656,12	0,00	1 889 644,57	107 656,12	1 781 988,45
11	106 902,53	0,00	1 936 885,68	106 902,53	1 829 983,15
12	106 154,21	0,00	1 985 307,83	106 154,21	1 879 153,61
13	105 411,13	0,00	2 034 940,52	105 411,13	1 929 529,39
14	104 673,25	0,00	2 085 814,03	104 673,25	1 981 140,78
15	103 940,54	0,00	2 137 959,38	103 940,54	2 034 018,84
16	103 212,96	0,00	2 191 408,37	103 212,96	2 088 195,41
17	102 490,47	0,00	2 246 193,58	102 490,47	2 143 703,11
18	101 773,03	0,00	2 302 348,42	101 773,03	2 200 575,38
19	101 060,62	0,00	2 359 907,13	101 060,62	2 258 846,51
20	100 353,20	0,00	2 418 904,81	100 353,20	2 318 551,61
21	99 650,73	0,00	2 479 377,43	99 650,73	2 379 726,70
22	98 953,17	0,00	2 541 361,86	98 953,17	2 442 408,69
23	98 260,50	0,00	2 604 895,91	98 260,50	2 506 635,41
24	97 572,67	0,00	2 670 018,31	97 572,67	2 572 445,63
25	96 889,67	0,00	2 736 768,76	96 889,67	2 639 879,10

Rok	Oszczędności na rachunkach za energię [zł]	Koszty utrzymania [zł]	Zysk podlegający opodatkowaniu [zł]	Deprecjacja (spadek wartości towaru) [zł]	Zysk netto [zł]
1	32 799,07	469,70	-6 508,70	6 039,00	26 290,37
2	35 240,17	479,09	-6 518,09	6 039,00	28 722,08
3	37 862,96	488,68	-6 527,68	6 039,00	31 335,28
4	40 680,95	498,45	-6 537,45	6 039,00	34 143,50
5	43 708,67	508,42	-6 547,42	6 039,00	37 161,25
6	46 961,73	518,59	-6 557,59	6 039,00	40 404,14
7	50 456,90	528,96	-6 567,96	6 039,00	43 888,94
8	54 212,21	539,54	-6 578,54	6 039,00	47 633,67
9	58 247,01	550,33	-6 589,33	6 039,00	51 657,68
10	62 582,10	561,33	-6 600,33	6 039,00	55 981,76
11	67 239,83	572,56	-6 611,56	6 039,00	60 628,27
12	72 244,22	584,01	-1 255,01	671,00	70 989,21
13	77 621,07	595,69	-595,69	0,00	77 025,38
14	83 398,10	607,61	-607,61	0,00	82 790,49
15	89 605,09	619,76	-619,76	0,00	88 985,33
16	96 274,03	632,15	-632,15	0,00	95 641,88
17	103 439,32	644,80	-644,80	0,00	102 794,53
18	111 137,90	657,69	-657,69	0,00	110 480,21
19	119 409,45	670,85	-670,85	0,00	118 738,60
20	128 296,62	684,26	-684,26	0,00	127 612,35
21	137 845,22	697,95	-697,95	0,00	137 147,27
22	148 104,49	711,91	-711,91	0,00	147 392,58
23	159 127,31	726,15	-726,15	0,00	158 401,17
24	170 970,52	740,67	-740,67	0,00	170 229,85
25	183 695,18	755,48	-755,48	0,00	182 939,69

Rok	Przepływ pieniężny [zł]	Skumulowany przepływ pieniężny [zł]	Wartość bieżąca netto (NPV) [zł]
1	32 329,37	-101 870,63	-639 914,07
2	34 761,08	-67 109,55	-607 775,50
3	37 374,28	-29 735,27	-574 549,89
4	40 182,50	10 447,23	-540 201,73
5	43 200,25	53 647,48	-504 694,27
6	46 443,14	100 090,62	-467 989,58
7	49 927,94	150 018,56	-430 048,45
8	53 672,67	203 691,23	-390 830,35
9	57 696,68	261 387,91	-350 293,43
10	62 020,76	323 408,67	-308 394,43
11	66 667,27	390 075,94	-265 088,64
12	71 660,21	461 736,15	-220 329,89
13	77 025,38	538 761,53	-174 070,44
14	82 790,49	621 552,02	-126 260,99
15	88 985,33	710 537,35	-76 850,60
16	95 641,88	806 179,23	-25 786,62
17	102 794,53	908 973,76	26 985,34
18	110 480,21	1 019 453,96	81 521,48
19	118 738,60	1 138 192,56	137 879,85
20	127 612,35	1 265 804,92	196 120,47
21	137 147,27	1 402 952,19	256 305,30
22	147 392,58	1 550 344,77	318 498,39
23	158 401,17	1 708 745,93	382 765,92
24	170 229,85	1 878 975,79	449 176,24
25	182 939,69	2 061 915,48	517 799,99

b) Etap II - instalacja o mocy 264kWp

Rok	Produkcja [kWh]	Energia wprowadzana do sieci [kWh]	Szacunkowe zużycie energii [kWh]	Własne zużycie [kWh]	Energia pobrana z sieci [kWh]
1	275 236,95	0,00	1 398 410,00	275 236,95	1 123 173,05
2	273 310,29	0,00	1 433 370,25	273 310,29	1 160 059,96
3	271 397,12	0,00	1 469 204,51	271 397,12	1 197 807,39
4	269 497,34	0,00	1 505 934,62	269 497,34	1 236 437,28
5	267 610,86	0,00	1 543 582,98	267 610,86	1 275 972,13
6	265 737,58	0,00	1 582 172,56	265 737,58	1 316 434,98
7	263 877,42	0,00	1 621 726,87	263 877,42	1 357 849,45
8	262 030,28	0,00	1 662 270,04	262 030,28	1 400 239,77
9	260 196,06	0,00	1 703 826,80	260 196,06	1 443 630,73
10	258 374,69	0,00	1 746 422,47	258 374,69	1 488 047,77
11	256 566,07	0,00	1 790 083,03	256 566,07	1 533 516,96
12	254 770,11	0,00	1 834 835,10	254 770,11	1 580 065,00
13	252 986,72	0,00	1 880 705,98	252 986,72	1 627 719,26
14	251 215,81	0,00	1 927 723,63	251 215,81	1 676 507,82
15	249 457,30	0,00	1 975 916,72	249 457,30	1 726 459,42
16	247 711,10	0,00	2 025 314,64	247 711,10	1 777 603,54
17	245 977,12	0,00	2 075 947,50	245 977,12	1 829 970,39
18	244 255,28	0,00	2 127 846,19	244 255,28	1 883 590,91
19	242 545,49	0,00	2 181 042,35	242 545,49	1 938 496,85
20	240 847,67	0,00	2 235 568,41	240 847,67	1 994 720,73
21	239 161,74	0,00	2 291 457,62	239 161,74	2 052 295,88
22	237 487,61	0,00	2 348 744,06	237 487,61	2 111 256,45
23	235 825,20	0,00	2 407 462,66	235 825,20	2 171 637,46
24	234 174,42	0,00	2 467 649,22	234 174,42	2 233 474,81
25	232 535,20	0,00	2 529 340,46	232 535,20	2 296 805,26

Rok	Oszczędności na rachunkach za energię [zł]	Koszty utrzymania [zł]	Zysk podlegający opodatkowaniu [zł]	Deprecjacja (spadek wartości towaru) [zł]	Zysk netto [zł]
1	78 717,77	1 048,74	-14 532,54	13 483,80	64 185,23
2	84 576,42	1 069,71	-14 553,51	13 483,80	70 022,90
3	90 871,10	1 091,11	-14 574,91	13 483,80	76 296,19
4	97 634,27	1 112,93	-14 596,73	13 483,80	83 037,54
5	104 900,80	1 135,19	-14 618,99	13 483,80	90 281,81
6	112 708,15	1 157,89	-14 641,69	13 483,80	98 066,45
7	121 096,57	1 181,05	-14 664,85	13 483,80	106 431,71
8	130 109,30	1 204,67	-14 688,47	13 483,80	115 420,83
9	139 792,81	1 228,77	-14 712,57	13 483,80	125 080,25
10	150 197,03	1 253,34	-14 737,14	13 483,80	135 459,89
11	161 375,60	1 278,41	-14 762,21	13 483,80	146 613,39
12	173 386,14	1 303,98	-2 802,18	1 498,20	170 583,96
13	186 290,57	1 330,06	-1 330,06	0,00	184 960,52
14	200 155,44	1 356,66	-1 356,66	0,00	198 798,78
15	215 052,20	1 383,79	-1 383,79	0,00	213 668,41
16	231 057,68	1 411,47	-1 411,47	0,00	229 646,21
17	248 254,38	1 439,70	-1 439,70	0,00	246 814,68
18	266 730,96	1 468,49	-1 468,49	0,00	265 262,47
19	286 582,68	1 497,86	-1 497,86	0,00	285 084,82
20	307 911,88	1 527,82	-1 527,82	0,00	306 384,06
21	330 828,53	1 558,37	-1 558,37	0,00	329 270,16
22	355 450,77	1 589,54	-1 589,54	0,00	353 861,23
23	381 905,55	1 621,33	-1 621,33	0,00	380 284,22
24	410 329,26	1 653,76	-1 653,76	0,00	408 675,50
25	440 868,42	1 686,83	-1 686,83	0,00	439 181,59

Rok	Przepływ pieniężny [zł]	Skumulowany przepływ pieniężny [zł]	Wartość bieżąca netto (NPV) [zł]
1	77 669,03	-1 420 530,97	-1 423 518,24
2	83 506,70	-1 337 024,27	-1 346 311,60
3	89 779,99	-1 247 244,28	-1 266 497,52
4	96 521,34	-1 150 722,94	-1 183 990,67
5	103 765,61	-1 046 957,33	-1 098 702,90
6	111 550,25	-935 407,07	-1 010 543,11
7	119 915,51	-815 491,56	-919 417,18
8	128 904,63	-686 586,93	-825 227,83
9	138 564,05	-548 022,89	-727 874,57
10	148 943,69	-399 079,19	-627 253,55
11	160 097,19	-238 982,01	-523 257,47
12	172 082,16	-66 899,85	-415 775,46
13	184 960,52	118 060,67	-304 692,97
14	198 798,78	316 859,45	-189 891,62
15	213 668,41	530 527,87	-71 249,14
16	229 646,21	760 174,08	51 360,85
17	246 814,68	1 006 988,76	178 068,91
18	265 262,47	1 272 251,23	309 009,92
19	285 084,82	1 557 336,05	444 323,27
20	306 384,06	1 863 720,11	584 152,96
21	329 270,16	2 192 990,27	728 647,77
22	353 861,23	2 546 851,50	877 961,42
23	380 284,22	2 927 135,73	1 032 252,74
24	408 675,50	3 335 811,23	1 191 685,83
25	439 181,59	3 774 992,81	1 356 430,22

c) Po wykonaniu I i II etapu zadania

Rok	Produkcja [kWh]	Energia wprowadzana do sieci [kWh]	Szacunkowe zużycie energii [kWh]	Własne zużycie [kWh]	Energia pobrana z sieci [kWh]
1	389 919,01	0,00	1 513 092,00	389 919,01	1 123 172,99
2	387 189,58	0,00	1 550 919,30	387 189,58	1 163 729,72
3	384 479,25	0,00	1 589 692,28	384 479,25	1 205 213,03
4	381 787,90	0,00	1 629 434,59	381 787,90	1 247 646,69
5	379 115,38	0,00	1 670 170,45	379 115,38	1 291 055,07
6	376 461,57	0,00	1 711 924,72	376 461,57	1 335 463,14
7	373 826,34	0,00	1 754 722,83	373 826,34	1 380 896,49
8	371 209,56	0,00	1 798 590,90	371 209,56	1 427 381,35
9	368 611,09	0,00	1 843 555,68	368 611,09	1 474 944,59
10	366 030,81	0,00	1 889 644,57	366 030,81	1 523 613,75
11	363 468,60	0,00	1 936 885,68	363 468,60	1 573 417,08
12	360 924,32	0,00	1 985 307,83	360 924,32	1 624 383,51
13	358 397,85	0,00	2 034 940,52	358 397,85	1 676 542,67
14	355 889,06	0,00	2 085 814,03	355 889,06	1 729 924,97
15	353 397,84	0,00	2 137 959,38	353 397,84	1 784 561,55
16	350 924,05	0,00	2 191 408,37	350 924,05	1 840 484,31
17	348 467,59	0,00	2 246 193,58	348 467,59	1 897 725,99
18	346 028,31	0,00	2 302 348,42	346 028,31	1 956 320,10
19	343 606,11	0,00	2 359 907,13	343 606,11	2 016 301,01
20	341 200,87	0,00	2 418 904,81	341 200,87	2 077 703,93
21	338 812,47	0,00	2 479 377,43	338 812,47	2 140 564,96
22	336 440,78	0,00	2 541 361,86	336 440,78	2 204 921,08
23	334 085,69	0,00	2 604 895,91	334 085,69	2 270 810,22
24	331 747,09	0,00	2 670 018,31	331 747,09	2 338 271,21
25	329 424,86	0,00	2 736 768,76	329 424,86	2 407 343,90

Rok	Oszczędności na rachunkach za energię [zł]	Koszty utrzymania [zł]	Zysk podlegający opodatkowaniu [zł]	Deprecjacja (spadek wartości towaru) [zł]	Zysk netto [zł]
1	111 516,84	1 518,44	-21 041,24	19 522,80	90 475,60
2	119 816,59	1 548,81	-21 071,61	19 522,80	98 744,98
3	128 734,06	1 579,78	-21 102,58	19 522,80	107 631,47
4	138 315,22	1 611,38	-21 134,18	19 522,80	117 181,04
5	148 609,47	1 643,61	-21 166,41	19 522,80	127 443,06
6	159 669,88	1 676,48	-21 199,28	19 522,80	138 470,60
7	171 553,47	1 710,01	-21 232,81	19 522,80	150 320,66
8	184 321,51	1 744,21	-21 267,01	19 522,80	163 054,50
9	198 039,82	1 779,09	-21 301,89	19 522,80	176 737,92
10	212 779,13	1 814,68	-21 337,48	19 522,80	191 441,65
11	228 615,43	1 850,97	-21 373,77	19 522,80	207 241,66
12	245 630,36	1 887,99	-4 057,19	2 169,20	241 573,17
13	263 911,65	1 925,75	-1 925,75	0,00	261 985,90
14	283 553,53	1 964,26	-1 964,26	0,00	281 589,27
15	304 657,29	2 003,55	-2 003,55	0,00	302 653,74
16	327 331,71	2 043,62	-2 043,62	0,00	325 288,09
17	351 693,70	2 084,49	-2 084,49	0,00	349 609,21
18	377 868,86	2 126,18	-2 126,18	0,00	375 742,68
19	405 992,13	2 168,71	-2 168,71	0,00	403 823,42
20	436 208,50	2 212,08	-2 212,08	0,00	433 996,42
21	468 673,75	2 256,32	-2 256,32	0,00	466 417,43
22	503 555,26	2 301,45	-2 301,45	0,00	501 253,81
23	541 032,87	2 347,48	-2 347,48	0,00	538 685,39
24	581 299,78	2 394,43	-2 394,43	0,00	578 905,35
25	624 563,60	2 442,32	-2 442,32	0,00	622 121,28

Rok	Przepływ pieniężny [zł]	Skumulowany przepływ pieniężny [zł]	Wartość bieżąca netto (NPV) [zł]
1	109 998,40	-2 059 201,60	-2 063 432,31
2	118 267,78	-1 940 933,82	-1 954 087,10
3	127 154,27	-1 813 779,55	-1 841 047,41
4	136 703,84	-1 677 075,71	-1 724 192,40
5	146 965,86	-1 530 109,85	-1 603 397,17
6	157 993,40	-1 372 116,45	-1 478 532,70
7	169 843,46	-1 202 272,99	-1 349 465,63
8	182 577,30	-1 019 695,70	-1 216 058,19
9	196 260,72	-823 434,98	-1 078 168,01
10	210 964,45	-612 470,52	-935 647,98
11	226 764,46	-385 706,06	-788 346,11
12	243 742,37	-141 963,69	-636 105,35
13	261 985,90	120 022,21	-478 763,40
14	281 589,27	401 611,48	-316 152,62
15	302 653,74	704 265,22	-148 099,74
16	325 288,09	1 029 553,31	25 574,23
17	349 609,21	1 379 162,52	205 054,25
18	375 742,68	1 754 905,19	390 531,40
19	403 823,42	2 158 728,61	582 203,13
20	433 996,42	2 592 725,03	780 273,43
21	466 417,43	3 059 142,46	984 953,07
22	501 253,81	3 560 396,27	1 196 459,81
23	538 685,39	4 099 081,66	1 415 018,66
24	578 905,35	4 677 987,01	1 640 862,07
25	622 121,28	5 300 108,29	1 874 230,21

9 Efekt ekologiczny

Wskaźniki emisyjności produktów są informacją wykorzystywaną w ocenie zmian ekologicznej kondycji poszczególnych branż gospodarczych. Wykorzystuje się je przy prognozowaniu emisji, a także wyliczaniu efektu ograniczenia emisji poprzez modernizacje lub realizacje nowych przedsięwzięć skutkujących ograniczeniem emisji.

Informacje zawarte w raportach pozwalają zestawiać dane o wielkościach emisji rozpatrywanych substancji w korelacji z wielkościami produkcji energii elektrycznej i ciepła w poszczególnych jednostkach wytwórczych i na tej podstawie określać wskaźniki emisyjności dla wyprodukowanej w danym roku energii elektrycznej.

Wskaźniki emisyjności wyprodukowanej energii elektrycznej w roku 2018, wyliczone na podstawie informacji będących w posiadaniu Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) wynoszą odpowiednio:

dla energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacjach spalania:

wskaźnik dla:	***wartość wskaźnika*** **[kg/MWh]**
CO2	814
SO2	0,762
NOx	0,775
CO	0,277
Pyłu całkowitego	0,046

dla odbiorców końcowych energii elektrycznej:

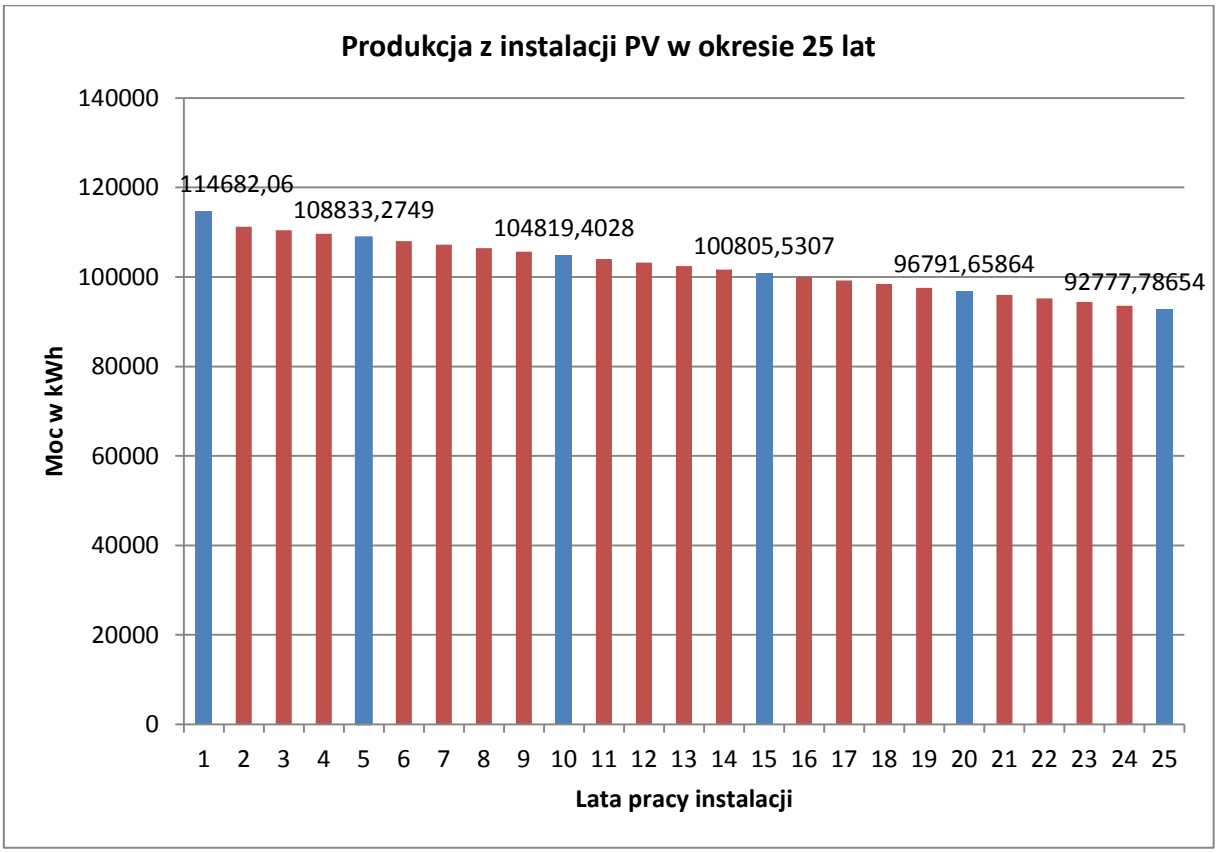
wskaźnik dla:	***wartość wskaźnika*** **[kg/MWh]**
CO2	778
SO2	0,729
NOx	0,741
CO	0,265
Pyłu całkowitego	0,044

*wskaźniki emisyjności CO_2, SO_2, NOx, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2017 rok

Na podstawie powyższych danych wyliczono bilans energetyczny:

1) Instalacja o mocy 110kWp – I etap zadania

a) Prognoza produkcji energii elektrycznej w okresie długotrwałym:



b) Efekt ekologiczny dla obiektu:

Liczba paneli fotowoltaicznych [szt.] – **220**

Moc zainstalowana z paneli [MWp] – **0,110**

Moc zainstalowana z inwerterów [MW] – **0,100**

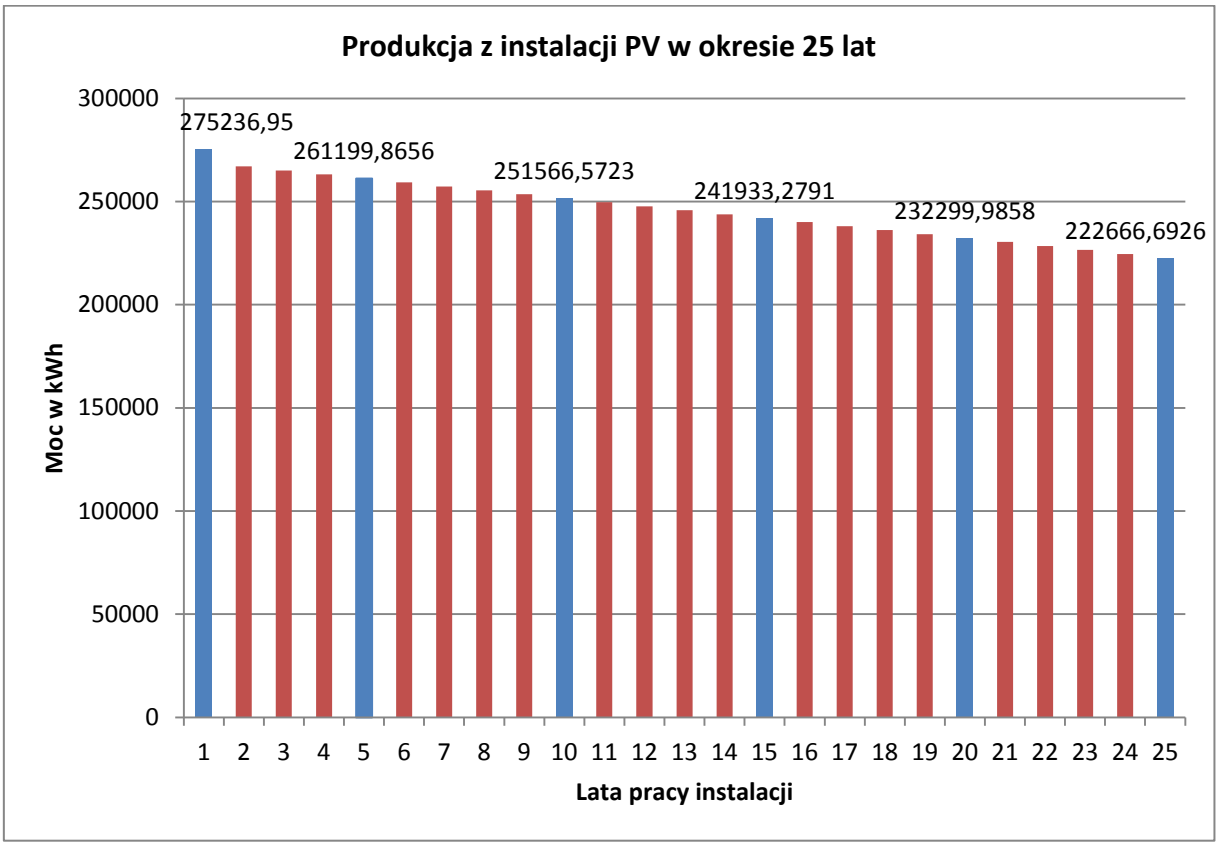
Uzysk energetyczny [MWhe/rok] – **114,986**

Przed modernizacją obiektu					
CO_2 [tony]	***SO_2 [tony]***	***NO_X [tony]***	***CO[tony]***	***PM10 [tony]***	***zużycie [GJ]***
1 231,65689	0,1153	0,11726	0,04191	0,04844	5 447,131

Po modernizacji obiektu					
CO2 [tony]	***SO2 [tony]***	***NOX [tony]***	***CO[tony]***	***PM10 [tony]***	***zużycie [GJ]***
1 138,30574	0,1067	0,10838	0,03874	0,04477	5 034,276

2) Instalacja o mocy 240kWp – II etap zadania

a) Prognoza produkcji energii elektrycznej w okresie długotrwałym:



b) Efekt ekologiczny dla obiektu:

Liczba paneli fotowoltaicznych [szt.] – **528**

Moc zainstalowana z paneli [MWp] – **0,264**

Moc zainstalowana z inwerterów [MW] – **0,240**

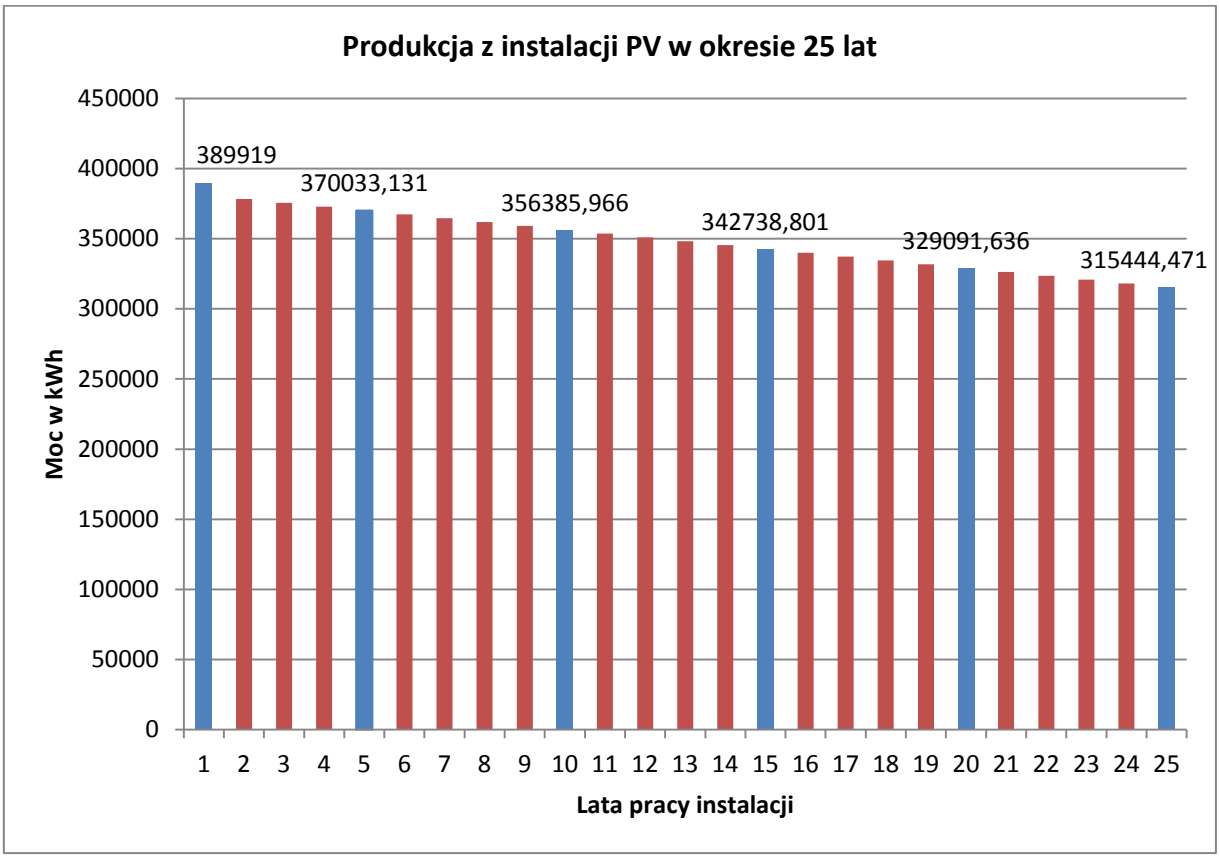
Uzysk energetyczny [MWhe/rok] – **275,237**

Przed modernizacją obiektu					
CO_2 [tony]	***SO_2 [tony]***	***NO_X [tony]***	***CO[tony]***	***PM10 [tony]***	***zużycie [GJ]***
1 138,30574	0,1067	0,10838	0,03874	0,04477	5 034,276

Po modernizacji obiektu					
CO2 [tony]	***SO2 [tony]***	***NOX [tony]***	***CO[tony]***	***PM10 [tony]***	***zużycie [GJ]***
914,26286	0,08559	0,10838	0,03111	0,03596	4 034,423

3) Instalacja o mocy 374kWp (po wykonaniu I i II etapu zadania)

a) Prognoza produkcji energii elektrycznej w okresie długotrwałym:



b) Efekt ekologiczny dla obiektu:

Liczba paneli fotowoltaicznych [szt.] – **748**

Moc zainstalowana z paneli [MWp] – **0,374**

Moc zainstalowana z inwerterów [MW] – **0,340**

Uzysk energetyczny [MWhe/rok] – **389,919**

Przed modernizacją obiektu					
CO_2 [tony]	***SO_2 [tony]***	***NO_X [tony]***	***CO[tony]***	***PM10 [tony]***	***zużycie [GJ]***
1 231,65689	0,1153	0,11726	0,04191	0,04844	5 447,131

Po modernizacji obiektu					
CO2 [tony]	***SO2 [tony]***	***NOX [tony]***	***CO[tony]***	***PM10 [tony]***	***zużycie [GJ]***
914,26286	0,08559	0,10838	0,03111	0,03596	4 034,423

10 Wnioski

10.1 Efekt ekonomiczny

Koszt wybudowania elektrowni fotowoltaicznej o mocy 110 kWp szacowany jest obecnie w kwocie 671 200,00 zł (prognozowane na 2019 ceny transakcyjne).

Koszt jest powiększony o konieczne roboty dodatkowe (przygotowanie terenu, wycinka drzew, ogrodzenie elektrowni i całej infrastruktury do późniejszej rozbudowy instalacji), które w istotny sposób rzutują na efektywność inwestycji, w stosunku do mocy instalacji PV.

Koszt drugiego etapu montażu instalacji o mocy 264 kWp wynosić będzie 1 498 200 zł.

Dla pełnego finansowania inwestycji przez Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. wynosi:

a) Etap I: 13 lat
b) Etap II: 12,4 lat

Dla wsparcia finansowania inwestycji w wysokości 40%, NPV wynosi:

a) Etap I: 9,1 lat
b) Etap II: 8,6 lat

W przypadku wykonania pierwszego i drugiego etapu inwestycji jednocześnie jest to okres około 8,8 lat.
Wsparcie finansowe dla inwestycji w wysokości 40% znacząco wpływa na efektywność inwestycji i czyni ją realnie opłacalną (zwrot kosztów w okresie poniżej 10 lat).

Instalacja PV wykorzystywana na bieżące potrzeby jest rozwiązaniem stabilnym ekonomicznie z uwagi na odporność na zmiany warunków zewnętrznych w czasie. Można przypuszczać, że cena energii w dłuższym horyzoncie czasowym będzie rosła, co dodatkowo podniesie efektywność inwestycji.

10.2 Opinia

Podział instalacji na dwa oddzielne etapy jest mało praktyczny z punktu widzenia proceduralnego oraz finansowo-ekonomicznego. Uzyskanie wniosku o dofinasowanie na wykonanie pierwszego etapu instalacji będzie wymagało złożenie wniosku również na wykonanie etapu drugiego. Obecne formy przygotowania i weryfikacji wniosków o dofinasowani może skutkować, iż kolejna druga część instalacji może zostać wykonana dopiero za kilka lat po wykonaniu pierwszego etapu. Skutkować to może po pierwsze zmniejszenie planowanych uzysków zgodnie z przedstawioną koncepcją z uwagi na

degradacje modułów wykonanych w pierwszym etapie inwestycji. Zmianą cen jednostkowych kosztów instalacji oraz zastosowanych modułów i inwerterów.

W przypadku otrzymania dotacji na budowę instalacji fotowoltaicznej czas zwrotu instalacji ulegnie skróceniu. Z uwagi na możliwość rozbicia w czasie inwestycji ogólny czas zwrotu kosztów może być większy niż w przypadku wykonania założonych instalacji w całości (dwóch etapów jednocześni).

Instalacja fotowoltaiczna musi mieć priorytet przed produkcją energii elektrycznej z układu kogeneracji.

10.3 Dalsze działania

Dalsze działania Inwestora obejmują:

1. Założenie podmiotów odpowiedzialnych za budowę i eksploatację instalacji fotowoltaicznej.
2. Złożenie wniosku o decyzję środowiskową (jeżeli powierzchnia całkowita zabudowy przekracza 0,5 ha na terenach chronionych lub 1 ha na pozostałych terenach) zazwyczaj w przypadku elektrowni fotowoltaicznej o mocy do 1 MWp nie jest wymagana decyzja środowiskowa, jeżeli lokalizacja nie jest na terenie chronionym).
3. Potwierdzone w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego możliwości budowy elektrowni fotowoltaicznej lub – w przypadku braku planu zagospodarowania przestrzennego – należy wystąpić o warunki zabudowy dla planowanej inwestycji;
4. Wystąpienie o warunki przyłączeniowe instalacji lub wytyczne od zakładu energetycznego w zakresie wykonania systemu ograniczającego wypływ energii do sieci
5. Wykonanie projektu budowlanego.
6. Wystąpienie o pozwolenie na budowę instalacji (wydanym przez starostę powiatowego).
7. Złożenie wniosku o uzyskanie wsparcia finansowego na pierwszy a potem na drugi etap (opcjonalnie).
8. Wykonanie instalacji PV:
    a. Montaż konstrukcji,
    b. Montaż paneli fotowoltaicznych,
    c. Montaż inwerterów,
    d. Montaż okablowania i systemów zabezpieczających,
    e. Podłączenie instalacji do sieci, wykonanie pomiarów, sprawdzenie układu pomiarowo - rozliczeniowego i oddanie instalacji do użytkowania
    f. Zgłoszenie instalacji fotowoltaicznej do Operatora sieci.

<u>Uwaga:</u> Koncepcja projektowa oraz symulacja pracy elektrowni fotowoltaicznej zostały opracowane za pomocą modeli matematycznych, dlatego przedstawione uzyski energii są szacunkowe. Rzeczywiste zyski energii mogą się różnić od szacowanych z uwagi na zmienność warunków meteorologicznych, złożoność zjawisk zachodzących w modułach fotowoltaicznych, parametry komponentów i rozwiązań technicznych zastosowanych przez Wykonawcę inwestycji, sposobu użytkowania instalacji przez Użytkownika.

Opracowanie wykonane zostało na podstawie istniejących przepisów prawnych regulujących zasady wytworzenia i sprzedaży energii elektrycznej, w przyszłości warunki te mogą ulec poprawie dla producentów energii.