

# ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MIKROINSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

## TECHNICAL-ECONOMICAL ANALYSIS OF MICRO PHOTOVOLTAIC SYSTEM

**J. Bigorajski<sup>1</sup>**

1. Instytut Techniki Ciepłej, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Politechnika Warszawska, Warszawa

### STRESZCZENIE

W artykule zaprezentowano analizę techniczno-ekonomiczną instalacji fotowoltaicznej podłączonej do sieci elektroenergetycznej (ang. on grid) o mocy 3 kW. Dobrano panele fotowoltaiczne oraz inwerter. Symulacja działania instalacji została przeprowadzona za pomocą programu PVsyst. W ramach analizy ekonomicznej rozważane były różne warianty wsparcia finansowego. Najlepszym spośród rozważanych wariantów okazał się system wsparcia w postaci dotacji z programu priorytetowego NFOŚiGW "Prosument".

### ABSTRACT

The article presents technical and economical analysis of the on grid photovoltaic system with a nominal power of 3 kW. Photovoltaic panels and inverter were selected and simulation of operation of the installation was carried out using the PVsyst software. Economic analysis took into account various forms of financial support. The best option turned out to be the option with grant of priority programme NFEPiWM.

### WPROWADZENIE

26 lipca 2013 roku została wydana Ustawa o zmianie ustawy - Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw (data wejścia w życie 11 września 2013) [Ustawa o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw, 2013]. Ustawa ta zwana potocznie "Małym Trójakiem Energetycznym" wprowadziła kilka zmian dotyczących odnawialnych źródeł energii. Najważniejsze z tych zmian to [Ustawa o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw, 2013]:

- zdefiniowanie mikroinstalacji oraz małej instalacji OZE,
- wprowadzenie preferencyjnych warunków przyłączenia mikroinstalacji do sieci (zwolnienie z opłaty przyłączeniowej),
- zwolnienie wytwórców energii w mikroinstalacjach z obowiązku prowadzenia działalności gospodarczej i koncesjonowania,

- ustalenie ceny zakupu energii elektrycznej na 80% średniej ceny energii elektrycznej z roku poprzedzającego (tzw. cena URE),
- wprowadzenie certyfikacji instalatorów urządzeń OZE.

Zmiany te miały przyczynić się do promowania odnawialnych źródeł energii.

Celem ustawy o OZE, którą prezydent podpisał 11 marca 2015 jest dalsze polepszenie warunków do rozwoju odnawialnych źródeł energii w Polsce. Mimo to nie wszystkie propozycje pojawiające się w kolejnych wersjach projektu Ustawy o OZE znacząco polepszały warunki do rozwoju mikroinstalacji OZE w Polsce. Rozważane było m.in. wprowadzenie taryf gwarantowanych za energię wyprodukowaną w mikroinstalacjach OZE [Ustawa o odnawialnych źródłach energii, 2015 A], [Ustawa o odnawialnych źródłach energii, 2015 B]. Dla mikroinstalacji fotowoltaicznych zostały przewidziane dwie stawki feed in tariff [Ustawa o odnawialnych źródłach energii, 2015 A], [Ustawa o odnawialnych źródłach energii, 2015 B]:

- 0,75 PLN/kWh dla instalacji o mocy do 3 kWp łącznie,
- 0,65 PLN/kWh dla instalacji o mocy powyżej 3 kWp do 10 kWp łącznie.

Inne rozwiązania, które były rozważane to wprowadzenie net meteringu, czyli bilansowania energii, czy też wprowadzenie ceny odsprzedaży nadwyżek energii elektrycznej z mikroinstalacji do sieci na poziomie 210% średniej ceny energii z poprzedniego roku [Uchwała Senatu Rzeczypospolitej Polskiej w sprawie ustawy o odnawialnych źródłach energii, 2015], [Ustawa o odnawialnych źródłach energii, 2015 A]. W dalszej części tego artykułu przeanalizowano wszystkie wspomniane rozwiązania pod kątem opłacalności.

### ANALIZA TECHNICZNA MIKROINSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

Analizowana była mikroinstalacja fotowoltaiczna podłączona do sieci elektroenergetycznej (ang. on grid). Założone zapotrzebowanie na energię

elektryczną w rozważanym domu jednorodzinnym wynosi 2850 kWh/rok. Szacunkowa ilość energii elektrycznej uzyskiwana rocznie z 1 kWp mocy zainstalowanej instalacji fotowoltaicznej w polskim klimacie wynosi 950 kWh. Uwzględniając ten fakt rozważano instalację fotowoltaiczną o mocy 3 kWp tak, aby ilość energii wyprodukowanej z instalacji fotowoltaicznej w przybliżeniu równoważyła roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną. Założono, że instalacja jest zlokalizowana w Warszawie, a moduły fotowoltaiczne są zamontowane na dachu domu jednorodzinnego (kąt azymutalny: 0° - kierunek południowy, kąt pochylenia dachu: 30°). Założono, że moduły fotowoltaiczne nie są zacieniane.

Podstawowe parametry dobranych modułów fotowoltaicznych zostały zaprezentowane w tabeli 1, a parametry dobrego falownika w tabeli 2.

Tabela 1. Parametry modułów fotowoltaicznych

Parametr	Wartość
Moc nominalna [Wp]	250
Napięcie w punkcie mocy maksymalnej MPP [V]	30,2
Natężenie prądu w punkcie mocy maksymalnej MPP [A]	8,3
Natężenie prądu zwarcia [A]	8,86
Napięcie otwartego obwodu [V]	37,4
Temperaturowy współczynnik napięciowy [%/°C]	-0,4
Temperaturowy współczynnik prądowy [%/°C]	0,024
Sprawność STC [%]	15,19

Tabela 2. Parametry falownika

Parametr	Wartość
Minimalne napięcie MPP [V]	230
Maksymalne napięcie MPP [V]	480
Maksymalne napięcie [V]	600
Moc nominalna [kW]	2,98
Maksymalna sprawność [%]	97,2

Na podstawie parametrów falownika oraz modułów fotowoltaicznych wyliczono możliwą liczbę modułów połączonych szeregowo oraz równolegle.

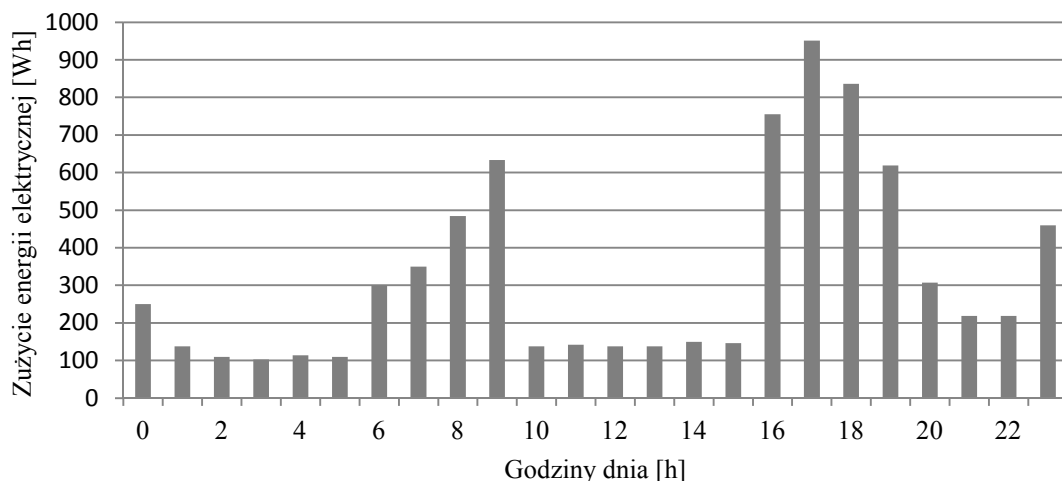
Sprawdzano następujące warunki:

- napięcie modułów MPP przy temperaturze 70°C musi być większe od najniższego napięcia wejścia DC do inwertera (warunek I),
- napięcie rozwarcia  $U_{oc}$  przy temperaturze -20°C musi być mniejsze od maksymalnego napięcia inwertera DC (warunek II),
- napięcie modułów MPP przy temperaturze -20°C musi być mniejsze od maksymalnego napięcia MPP dla wejścia DC (warunek III),
- maksymalny prąd wejściowy nie może zostać przekroczony (warunek IV).

Warunki od I do III pozwoliły określić, że (przy dobranym falowniku oraz modułach fotowoltaicznych) można zamontować szeregowo od 10 do 13 modułów fotowoltaicznych. Warunek IV pozwolił określić, że równolegle można w tym przypadku połączyć moduły tylko w jeden rząd. Uwzględniając planowaną moc instalacji 3 kW oraz moc nominalną jednego modułu 250 Wp można wyliczyć, że potrzebne jest 12 modułów fotowoltaicznych. Biorąc pod uwagę ile modułów można połączyć szeregowo oraz ile rzędów paneli można połączyć równolegle okazuje się, że w tym przypadku mamy tylko jedną możliwość połączenia - należy połączyć 12 modułów szeregowo.

## SYMULACJA DZIAŁANIA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

Symulacja działania instalacji fotowoltaicznej została wykonana za pomocą programu PVsyst. Podczas symulacji założono dobowy profil zużycia energii elektrycznej w rozważanym domu jednorodzinnym. Założony profil zużycia został zaprezentowany na rys. 1.



Rys. 1. Dobowy profil zużycia energii elektrycznej

Po przeprowadzeniu symulacji działania rozważanej mikroinstalacji fotowoltaicznej zlokalizowanej w Warszawie otrzymano wyniki, które zostały zaprezentowane na rys. 2.

Na wykresie zaprezentowano dla poszczególnych miesięcy:

- zapotrzebowanie na energię elektryczną,
- energię elektryczną uzyskaną z instalacji fotowoltaicznej,
- energię zużyta na potrzeby własne,
- energię sprzedaną do sieci.

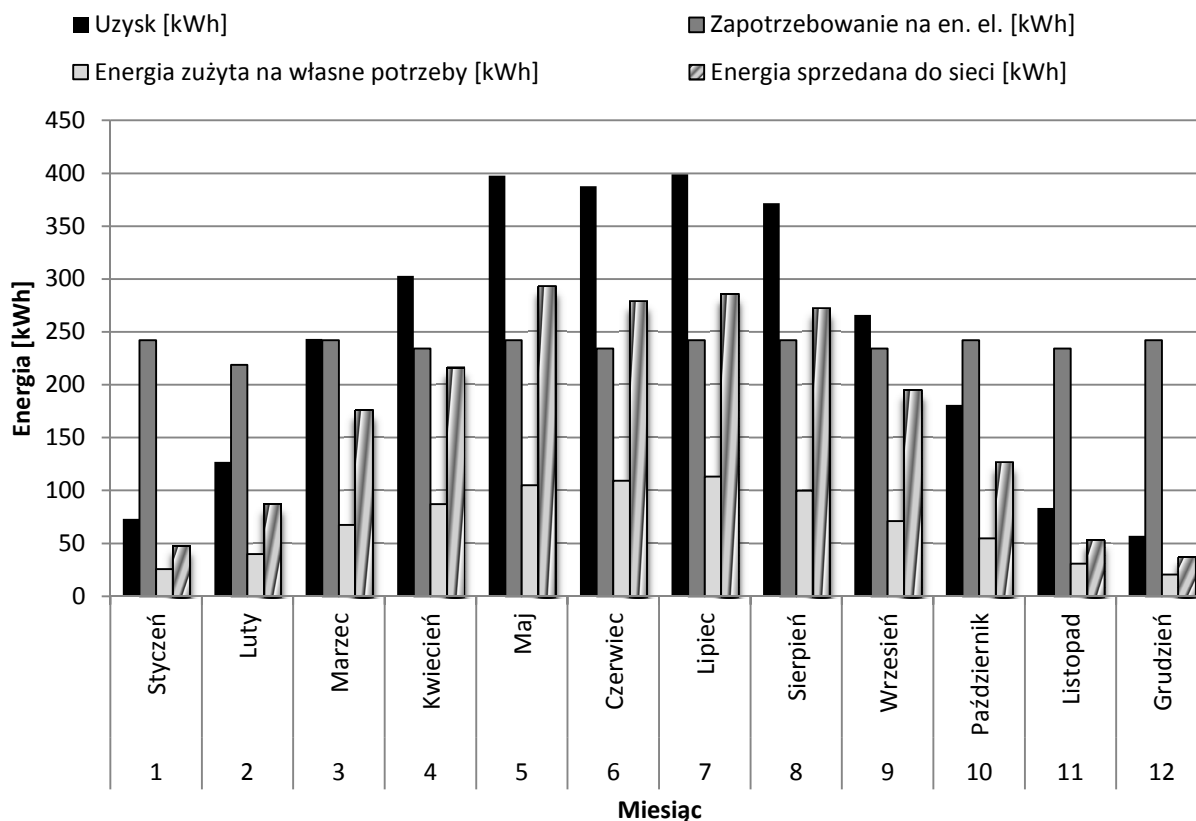
Na potrzeby symulacji założono, że dobowy profil zużycia energii elektrycznej jest taki sam dla każdego dnia w roku, dlatego zapotrzebowanie na energię elektryczną w kolejnych miesiącach uzależnione jest wyłącznie od liczby dni w danym miesiącu.

Wyniki symulacji pokazują, że stosunkowo wysoki uzysk z rozważanej instalacji fotowoltaicznej występuje od maja do sierpnia (od 372 do 399 kWh miesięcznie). Najmniej energii uzyskuje się natomiast w styczniu i grudniu (uzysk osiąga wartość 57 kWh w grudniu oraz 73 kWh w styczniu). Można również zaobserwować, że wraz ze wzrostem uzysku rośnie ilość energii wykorzystanej na potrzeby własne oraz ilość energii sprzedanej do sieci.

Z zaprezentowanych w tabeli nr 3 danych wynika, że energia z instalacji fotowoltaicznej, którą udało się zużyć na potrzeby własne to zaledwie 824 kWh, co stanowi tylko 28,5% całej produkcji energii elektrycznej. Pozostała wyprodukowana energia, czyli 2066 kWh, co stanowi 71,5% energii elektrycznej wyprodukowanej przez moduły fotowoltaiczne, została sprzedana do sieci. Taka sytuacja ma miejsce dlatego, że pomimo zbliżonej wartości produkcji energii elektrycznej rocznie oraz rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną nie ma spójności w czasie pomiędzy produkcją, a zapotrzebowaniem na energię (produkcja i zapotrzebowanie są przesunięte w czasie).

Tabela 3. Wyniki symulacji działania instalacji fotowoltaicznej w ciągu całego roku

Parametr	Wartość
Zapotrzebowanie na energię elektryczną [kWh/rok]	2850
Uzysk z instalacji fotowoltaicznej [kWh/rok]	2890
Energia zużyta na potrzeby własne [kWh/rok]	824
Energia sprzedana do sieci [kWh/rok]	2066
Energia kupiona z sieci [kWh/rok]	2026



Rys. 2. Wyniki symulacji działania instalacji fotowoltaicznej

## ANALIZA EKONOMICZNA

Na potrzeby analizy ekonomicznej oszacowany został koszt rozważanej instalacji. Koszty poszczególnych elementów instalacji zostały określone następująco:

- moduły fotowoltaiczne - 12 000 PLN,
- falownik - 6 000 PLN,
- montaż, okablowanie, mocowania itp. - 9 000 PLN.

Całkowity koszt instalacji fotowoltaicznej wraz z montażem został określony jako 27 000 PLN.

Analizę ekonomiczną wykonano dla ośmiu różnych wariantów. We wszystkich wariantach przeprowadzono analizę dla okresu 25 lat, bo na tyle jest szacowana żywotność tego typu instalacji. Obliczenia wskaźnika NPV również przeprowadzono dla okresu 25 lat. Cena zakupu energii elektrycznej z sieci, jaka była wykorzystywana podczas analizy ekonomicznej, to 0,55 PLN/kWh (zawiera koszt energii elektrycznej oraz koszt jej dystrybucji). W analizie uwzględniono 18% podatek dochodowy od ceny energii, którą inwestor sprzedaje do sieci. Założono stopę dyskonta równą 5%.

**Wariant nr 1** odpowiada aktualnej sytuacji prawnej tzn. mamy możliwość sprzedaży nadwyżek energii elektrycznej do sieci otrzymując za sprzedaną energię 80% średniej ceny energii z ubiegłego roku [Ustawa o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw, 2013]. Średnią cenę energii z ubiegłego roku podaje każdego roku na koniec marca Prezes URE. Do 31 marca 2015 roku obowiązuje średnia cena energii elektrycznej z roku 2013, która zgodnie z ogłoszeniem Prezesa URE z 31 marca 2014 roku wynosi 0,18155 PLN/kWh [Informacja Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki (nr 15/2014) w sprawie średniej ceny sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym za rok 2013, 2014]. Oznacza to, że cena sprzedaży energii z mikroinstalacji do sieci wynosi 0,14524 PLN/kWh (80%). Jest to cena brutto, należy ją pomniejszyć o 18% podatek dochodowy. W wariantcie pierwszym założono, że inwestor nie korzysta z kredytu.

Zysk z energii sprzedanej do sieci wynosi:  $2066 \text{ kWh/rok} \cdot 0,14524 \text{ PLN/kWh} \cdot (1 - 18\%) =$

$246,05 \text{ PLN/rok}$  Oszczędność wynikająca z energii zużytej na potrzeby własne wynosi:

$824 \text{ kWh/rok} \cdot 0,55 \text{ PLN/rok} = 453,20 \text{ PLN/rok}$

Łączna roczna korzyść wynosi:

$$246,05 \text{ PLN/rok} + 453,20 \text{ PLN/rok} = 699,25 \text{ PLN/rok}$$

Biorąc pod uwagę całkowity koszt inwestycyjny, który wynosi 27 000 PLN to prosty okres zwrotu wynosi 38,6 lat, co znacznie przewyższa szacowaną żywotność instalacji (25 lat). Wskaźnik wartości bieżącej netto (ang. Net Present Value) dla tej inwestycji wynosi -17 145 PLN. Ujemna wartość wskaźnika NPV oznacza, że inwestycja jest nieopłacalna.

**Wariant nr 2** różni się od wariantu nr 1 jedynie ceną sprzedaży energii elektrycznej do sieci. W wariantcie nr 2 założono, że cena sprzedaży energii do sieci wynosi 100% średniej ceny energii, czyli 0,18155 PLN/kWh.

Zysk z energii sprzedanej do sieci w tym wariantcie wynosi:

$$2066 \text{ kWh/rok} \cdot 0,18155 \text{ PLN/kWh} \cdot (1 - 18\%) = 307,57 \text{ PLN/rok}$$

Oszczędność wynikająca z energii zużytej na potrzeby własne pozostaje bez zmian i jest taka sama jak w wariantcie nr 1. Łączna roczna korzyść wynosi natomiast:

$$307,57 \text{ PLN/rok} + 453,20 \text{ PLN/rok} = 760,77 \text{ PLN/rok}$$

Dzięki zwiększeniu rocznej korzyści wynikającej z posiadania instalacji fotowoltaicznej prosty okres zwrotu nieznacznie się skraca i dla wariantu nr 2 wynosi 35,5 lat. Wskaźnik NPV dla tej inwestycji wynosi -16 278 PLN. Inwestycja nadal jest nieopłacalna (ujemna wartość wskaźnika NPV).

**Wariant nr 3** różni się od wariantu nr 1 oraz 2 jedynie założoną ceną sprzedaży energii elektrycznej do sieci. W wariantcie tym założono cenę energii na poziomie 210% średniej ceny energii z ubiegłego roku, czyli 0,381255 PLN/kWh [Uchwała Senatu Rzeczypospolitej Polskiej w sprawie ustawy o odnawialnych źródłach energii, 2015]. Taka cena pozwala na skrócenie czasu zwrotu inwestycji do 24,5 roku. Wartość wskaźnika NPV wynosi w tym przypadku -11 509 PLN.

**Wariant nr 4** jest podobny do wariantu nr 2. Różni się od wariantu nr 2 tym, że w wariantcie nr 4 dodatkowo założono średni roczny wzrost cen energii na poziomie 2,6%. Cena sprzedaży energii do sieci w pierwszym roku wynosi 0,18155 PLN/kWh, a w 25 roku eksploatacji inwestycji wynosi 0,33615 PLN/kWh. Cena kupna energii z sieci w pierwszym roku wynosi 0,55 PLN/kWh, a w 25 roku eksploatacji inwestycji wynosi 1,02 PLN/kWh.

Zysk z energii sprzedanej do sieci zmienia się od 307,57 PLN w pierwszym roku, aż do 569,48 PLN w 25 roku eksploatacji instalacji. Oszczędność wynikająca z energii zużytej na potrzeby własne wynosi od 453,20 PLN w pierwszym roku, aż do 839,12 PLN w 25 roku eksploatacji instalacji. Całkowita roczna korzyść wynosi od 760,77 PLN w pierwszym roku, aż do 1408,60 PLN w 25 roku eksploatacji instalacji. Prostym okresem zwrotu w tym przypadku wynosi 25,5 roku, a wskaźnik NPV wynosi -13 084 PLN. Ujemny wskaźnik NPV oznacza, że inwestycja jest nieopłacalna. Można zauważyć, że uwzględnienie wzrostu cen wpływa pozytywnie na opłacalność inwestycji i nieznacznie ją poprawia.

**Wariant nr 5** zakłada, że inwestor korzysta z programu priorytetowego Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej „Wspieranie rozproszonych, odnawialnych źródeł energii Część 2) Prosument - linia dofinansowania z przeznaczeniem na zakup i montaż mikroinstalacji

odnawialnych źródeł energii” (zwany dalej programem "Prosument") oraz zakłada net metering roczny [Treść programu „Wspieranie rozproszonych, odnawialnych źródeł energii Część 2) Prosument - linia dofinansowania z przeznaczeniem na zakup i montaż mikroinstalacji odnawialnych źródeł energii”, 2015]. Net metering roczny oznacza bilansowanie energii w okresie jednego roku, tzn. że jeśli w ciągu roku zużyjemy tyle samo energii elektrycznej, co sprzedamy do sieci to nasze koszty będą równe 0. Na potrzeby tej analizy założono, że net metering pozwala na bilansowanie zarówno kosztu energii elektrycznej, jak i kosztu dystrybucji energii (tzn. że inwestor nie ponosi kosztu dystrybucji energii, która została zbilansowana). Zgodnie z założeniami programu priorytetowego "Prosument" na rozważaną instalację można otrzymać dotację w wysokości 40% kosztów kwalifikowanych (od 2016 roku ulega zmniejszeniu do 30%) [Treść programu „Wspieranie rozproszonych, odnawialnych źródeł energii Część 2) Prosument - linia dofinansowania z przeznaczeniem na zakup i montaż mikroinstalacji odnawialnych źródeł energii”, 2015]. Maksymalne koszty kwalifikowane w programie "Prosument" dla instalacji fotowoltaicznej o mocy do 10 kW wynoszą 8 000 PLN/kW [Treść programu „Wspieranie rozproszonych, odnawialnych źródeł energii Część 2) Prosument - linia dofinansowania z przeznaczeniem na zakup i montaż mikroinstalacji odnawialnych źródeł energii”, 2015]. Dla rozważanej instalacji maksymalne koszty kwalifikowane wynoszą zatem:

$$3 \text{ kW} \cdot 8\,000 \text{ PLN/kWh} = 24\,000 \text{ PLN}$$

Koszt instalacji wynosi 27 000 PLN, a więc dotacja nie może być wyliczona od całego kosztu ponieważ przekracza on maksymalne koszty kwalifikowane. W tym przypadku dotacja wynosi:

$$40\% \cdot 24\,000 \text{ PLN} = 9\,600 \text{ PLN}$$

Należy pamiętać, że inwestor jest zobowiązany do zapłaty 18% podatku dochodowego od kwoty dotacji. W tym przypadku podatek dochodowy wynosi:

$$18\% \cdot 9\,600 \text{ PLN} = 1\,728 \text{ PLN}$$

Na pozostałe 60% kosztów kwalifikowanych inwestor otrzymuje kredyt preferencyjny na 15 lat w ramach programu "Prosument" [Treść programu „Wspieranie rozproszonych, odnawialnych źródeł energii Część 2) Prosument - linia dofinansowania z przeznaczeniem na zakup i montaż mikroinstalacji odnawialnych źródeł energii”, 2015]. Oprocentowanie kredytu to 1% w skali roku [Treść programu „Wspieranie rozproszonych, odnawialnych źródeł energii Część 2) Prosument - linia dofinansowania z przeznaczeniem na zakup i montaż mikroinstalacji odnawialnych źródeł energii”, 2015]. Różnicę pomiędzy kosztami kwalifikowanymi, a całkowitym kosztem instalacji (27 000 PLN – 24 000 PLN = 3 000 PLN) inwestor musi pokryć ze środków własnych lub kredytem komercyjnym, którego oprocentowanie jest zazwyczaj znacznie wyższe niż 1%. Na potrzeby tej analizy założono, że inwestor pokrywa te koszty ze środków własnych.

Stałe roczne raty kredytu (oprocentowanie 1%) zaciągniętego na kwotę 14 400 PLN (60% kosztów kwalifikowanych) wynoszą 1034,20 PLN.

Ilość energii elektrycznej kupionej z sieci to 2026 kWh. Ilość energii sprzedanej do sieci to 2066 kWh. Po zbilansowaniu energii inwestor otrzyma zapłatę za nadwyżkę energii, którą sprzedał w porównaniu z energią, którą kupił. Nadwyżka wynosi 40 kWh. Inwestor otrzyma więc:

$$40 \text{ kWh} \cdot 0,18155 \text{ PLN/kWh} \cdot (1 - 18\%) =$$

$$5,95 \text{ PLN}$$

Kwota zaoszczędzona dzięki bilansowaniu rocznemu wynosi:

$$2026 \text{ kWh} \cdot 0,55 \text{ PLN/kWh} = 1\,114,30 \text{ PLN}$$

Oszczędności wynikające z energii elektrycznej zużytej na potrzeby własne wynoszą:

$$824 \text{ kWh} \cdot 0,55 \text{ PLN/kWh} = 453,20 \text{ PLN}$$

Całkowita roczna korzyść w tym wariantcie wynosi:

$$5,95 \text{ PLN} + 1\,114,30 \text{ PLN} + 453,20 \text{ PLN} =$$

$$= 1\,573,45 \text{ PLN}$$

Okres zwrotu dla tego wariantu wynosi 5,5 roku. Wskaźnik NPV w tym przypadku wynosi 6 714 PLN. Dodatni wskaźnik NPV oznacza, że inwestycja jest opłacalna. Wariant ten pokazuje, że skorzystanie z programu "Prosument" oraz zastosowanie rocznego bilansowania energii znacznie poprawia opłacalność inwestycji oraz skraca czas zwrotu nakładów inwestycyjnych.

**Wariant nr 6** jest analogiczny do wariantu nr 5 (również założono korzystanie z programu "Prosument"). Różnica polega na tym, że w wariantcie nr 6 założono bilansowanie w okresie półrocznym. Założono, że pierwsze półrocze rozliczeniowe trwa od stycznia do czerwca, a drugie półrocze rozliczeniowe trwa od lipca do grudnia. W tabeli nr 4 zestawiono wyniki symulacji dla obu półroczy.

Po zbilansowaniu w pierwszym półroczu inwestor otrzyma kwotę:

$$(1098 \text{ kWh} - 979 \text{ kWh}) \cdot 0,18155 \text{ PLN/kWh} \cdot$$

$$\cdot (1 - 18\%) = 17,72 \text{ PLN}$$

Natomiast w drugim półroczu zapłaci kwotę:

$$(1047 \text{ kWh} - 968 \text{ kWh}) \cdot 0,55 \text{ PLN/kWh} =$$

$$43,45 \text{ PLN}$$

Tabela 4. Wariant nr 6

Półrocze	I (styczeń - czerwiec)	II (lipiec - grudzień)
Uzysk [kWh]	1532	1358
Zapotrzebowanie [kWh]	1413	1437
Energia zużyta na potrzeby własne [kWh]	434	390
Energia sprzedana do sieci [kWh]	1098	968
Energia kupiona z sieci [kWh]	979	1047

Oszczędność wynikająca z energii zużytej na potrzeby własne w całym roku wynosi:

$$(434 \text{ kWh} + 390 \text{ kWh}) \cdot 0,55 \text{ PLN/kWh} = 453,20 \text{ PLN}$$

Oszczędność wynikająca z energii zbilansowanej w całym roku wynosi:  $(979 \text{ kWh} + 968 \text{ kWh}) \cdot 0,55 \text{ PLN/kWh} = 1070,85 \text{ PLN}$

Całkowita roczna korzyść w tym wariantcie wynosi:  $17,72 \text{ PLN} - 43,45 \text{ PLN} + 453,20 \text{ PLN} + 1070,85 \text{ PLN} = 1498,32 \text{ PLN}$

Okres zwrotu dla tego wariantu wynosi 6,5 roku. Wskaźnik NPV dla tej inwestycji wynosi: 5 625 PLN. Dodatnia wartość wskaźnika NPV oznacza, że inwestycja jest opłacalna. Jednak wartość wskaźnika NPV w tym przypadku jest niższa niż w przypadku bilansowania rocznego.

**Wariant nr 7** różni się od wariantu nr 6 podziałem roku na półrocza. W tym wariantcie również zastosowano bilansowanie półroczne, ale w inny sposób rozdzielono rok na półrocza. Założono, że pierwsze półrocze trwa od kwietnia do września, a drugie półrocze trwa od października do marca. W tabeli nr 5 zestawiono wyniki symulacji dla obu półroczy.

Tabela 5. Wariant nr 7

Półrocze	I (kwiecień - wrzesień)	II (październik - marzec)
Uzysk [kWh]	2125	765
Zapotrzebowanie [kWh]	1429	1421
Energia zużyta na potrzeby własne [kWh]	585	239
Energia sprzedana do sieci [kWh]	1540	526
Energia kupiona z sieci [kWh]	844	1182

Po zbilansowaniu w pierwszym półroczu inwestor otrzyma kwotę:

$$(1540 \text{ kWh} - 844 \text{ kWh}) \cdot 0,18155 \text{ PLN/kWh} \cdot (1 - 18\%) = 103,61 \text{ PLN}$$

Natomiast w drugim półroczu zapłaci kwotę:  $(1182 \text{ kWh} - 526 \text{ kWh}) \cdot 0,55 \text{ PLN/kWh} = 360,80 \text{ PLN}$

Oszczędność wynikająca z energii zużytej na potrzeby własne w całym roku wynosi:

$$(585 \text{ kWh} + 239 \text{ kWh}) \cdot 0,55 \text{ PLN/kWh} = 453,20 \text{ PLN}$$

Oszczędność wynikająca z energii zbilansowanej w całym roku wynosi:

$$(844 \text{ kWh} + 526 \text{ kWh}) \cdot 0,55 \text{ PLN/kWh} = 753,50 \text{ PLN}$$

Całkowita roczna korzyść w tym wariantcie wynosi:  $103,61 \text{ PLN} - 360,80 \text{ PLN} + 453,20 \text{ PLN} + 753,50 \text{ PLN} = 949,51 \text{ PLN}$

Okres zwrotu w tym przypadku wynosi 19,5 roku. Wskaźnik NPV dla tego wariantu wynosi -2 080 PLN. Ujemna wartość wskaźnika oznacza, że inwestycja jest nieopłacalna. Dowodzi to tego, że bardzo duże

znaczenie ma w jaki sposób dzielimy rok na półrocza. Mimo, iż wpływ podziału roku na półrocza jest bezsporny, to w jednym z projektów ustawy o OZE pojawił się zapis o półrocznym bilansowaniu energii bez wyszczególnienia w jaki sposób należy dzielić rok na półrocza.

**Wariant nr 8**, podobnie jak wariant nr 6 zakłada bilansowanie półroczne (styczeń - czerwiec, lipiec - grudzień) oraz zakłada, że korzystamy z taryf gwarantowanych (ang. feed in tariff). W jednej z wersji projektu Ustawy o OZE przewidziano taryfy gwarantowane energii z instalacji fotowoltaicznych o mocy do 3 kW na poziomie 0,75 PLN/kWh brutto. Taryfa gwarantowana obowiązuje przez 15 lat, w kolejnych latach energia elektryczna jest sprzedawana do sieci po cenie równej 100% średniej ceny energii z ubiegłego roku (w analizie przyjęto dzisiejszą cenę, czyli 0,18155 PLN/kWh).

Zgodnie z tym zysk z energii sprzedanej do sieci wynosi w pierwszym półroczu wynosi:

$$(1098 \text{ kWh} - 979 \text{ kWh}) \cdot 0,75 \text{ PLN/kWh} \cdot (1 - 18\%) = 73,19 \text{ PLN}$$

Po 15 latach zysk ten przyjmuje taką samą wartość jak w przypadku wariantu nr 6. Pozostałe składniki bilansu ekonomicznego są identyczne jak w wariantcie nr 6.

Całkowita roczna korzyść w tym wariantcie wynosi:

$$73,19 \text{ PLN} - 43,45 \text{ PLN} + 453,20 \text{ PLN} + 1070,85 \text{ PLN} = 1553,79 \text{ PLN}$$

Okres zwrotu tej inwestycji wynosi 21 lat, a wskaźnik NPV ma wartość: -3 162 PLN. Ujemna wartość wskaźnika NPV oznacza, że wariant ten jest nieopłacalny. Taryfy gwarantowane zastosowane równocześnie z bilansowaniem półrocznym nie powodują znaczącego wzrostu opłacalności inwestycji.

Na potrzeby tej analizy rozważano wariant, w którym inwestor korzysta z programu "Prosument" oraz inny wariant, w którym inwestor korzysta z taryf gwarantowanych. Jednoczesne korzystanie z programu "Prosument" oraz taryf gwarantowanych nie jest możliwe. Oba te mechanizmy stanowią pomoc publiczną, której nie można ze sobą łączyć. Oznacza to, że po ewentualnym wprowadzeniu stałych cen energii z instalacji fotowoltaicznych inwestor będzie musiał wybrać, czy chce skorzystać z dotacji z programu "Prosument", czy też woli skorzystać z taryf gwarantowanych.

Na rys. 3 zestawiono wartości NPV dla wszystkich rozważanych wariantów. Jak widać sześć z ośmiu wariantów charakteryzuje się ujemnymi wartościami wskaźnika NPV, co oznacza, że takie inwestycje są nieopłacalne. Najniższy wskaźnik NPV ma wariant nr 1, który odpowiada aktualnej sytuacji prawnej. Dwa warianty spośród ośmiu cechują się dodatnią wartością wskaźnika NPV, co oznacza, że są opłacalne. Najbardziej opłacalnym wariantem jest skorzystanie z programu "Prosument" oraz zastosowanie bilansowania rocznego. Drugi wariant, dla którego wartość NPV jest dodatnia to wariant nr 6, czyli program "Prosument" z bilansowaniem półrocznym (styczeń - czerwiec, lipiec - grudzień).

Na rys. 4 zestawiono okresy zwrotu nakładów inwestycyjnych dla wszystkich rozważanych wariantów. Tylko dwa warianty mają stosunkowo krótki okres zwrotu w porównaniu z okresem żywotności instalacji. Są to te same warianty, które charakteryzują się dodatnią wartością wskaźnika NPV. Najkrótszym okresem zwrotu cechuje się wariant nr 5, który zakłada skorzystanie z programu "Prosument" oraz bilansowanie rocznego.

Poszczególne warianty oznaczają:

Wariant nr 1 - aktualny stan - sprzedaż nadwyżki energii do sieci za 80% średniej ceny energii z ubiegłego roku;

Wariant nr 2 - sprzedaż nadwyżki energii do sieci za 100% średniej ceny energii z ubiegłego roku;

Wariant nr 3 - sprzedaż nadwyżki energii do sieci za 210% średniej ceny energii z ubiegłego roku;

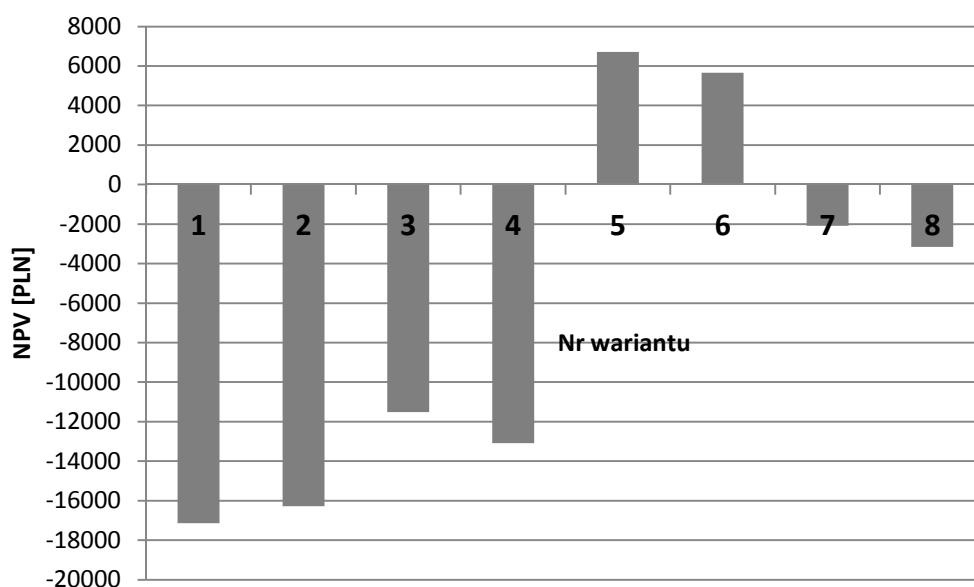
Wariant nr 4 - sprzedaż nadwyżki energii do sieci za 100% średniej ceny energii z ubiegłego roku oraz dodatkowo założony średnioroczny wzrost ceny na poziomie 2,6%;

Wariant nr 5 - korzystanie z programu "Prosument" oraz bilansowanie roczne;

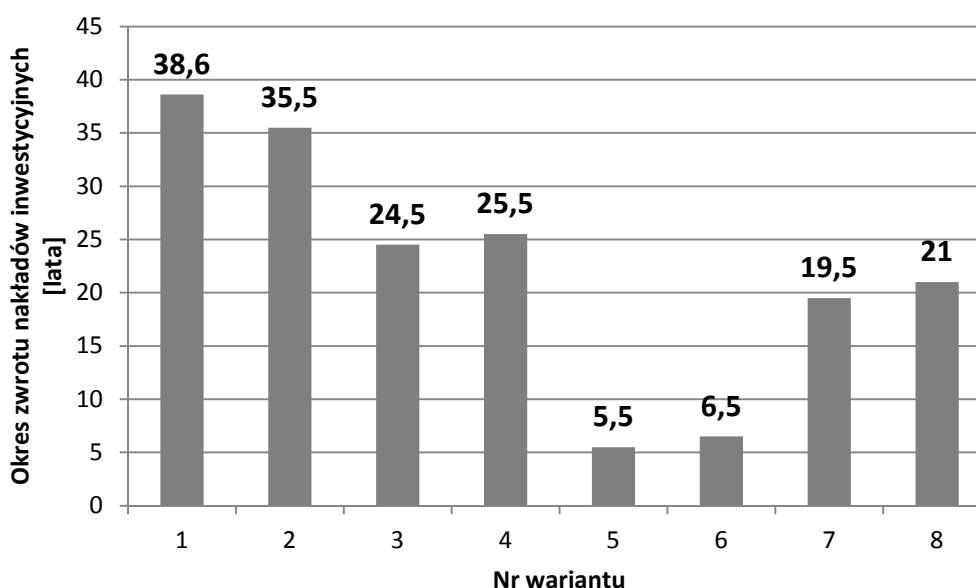
Wariant nr 6 - korzystanie z programu "Prosument" oraz bilansowanie półroczne (styczeń - czerwiec i lipiec - grudzień);

Wariant nr 7 - korzystanie z programu "Prosument" oraz bilansowanie półroczne (kwiecień - wrzesień i październik - marzec);

Wariant nr 8 - korzystanie z taryf gwarantowanych (ang. feed in tariff) oraz bilansowanie półroczne (styczeń - czerwiec i lipiec - grudzień).



Rys. 3. Wartości NPV dla wszystkich rozważanych wariantów



Rys. 4. Okresy zwrotu nakładów inwestycyjnych dla wszystkich rozważanych wariantów

**PODSUMOWANIE**

Główne wnioski z przeprowadzonej analizy są następujące:

- rozważana podczas analizy inwestycja jest nieopłacalna przy braku wsparcia finansowego;
- wsparcie tego typu instalacji poprzez podniesienie ceny energii do 210% średniej ceny energii z ubiegłego roku nieznacznie poprawia opłacalność inwestycji;
- wzrost rynkowej ceny energii wpływa pozytywnie na opłacalność inwestycji w instalacje fotowoltaiczne;
- program piorytetowy "Prosument" NFOŚiGW znacząco wpływa na poprawę opłacalności inwestycji instalacji fotowoltaicznej w mikro skali;
- bilansowanie energii (ang. net metering) poprawia opłacalność inwestycji pod warunkiem, że tak jak w analizowanym przykładzie bilansowaniu podlega zarówno koszt samej energii elektrycznej, jak i koszt jej dystrybucji (inwestor nie ponosi kosztów dystrybucji energii, która uległa zbilansowaniu);
- kluczowe znaczenie dla opłacalności inwestycji ma okres bilansowania energii, najbardziej korzystny dla inwestora jest okres roczny;
- przy bilansowaniu półrocznym istotny jest podział roku na półrocza, jedynym korzystnym dla inwestora podziałem roku jest podział na półrocza: od stycznia do czerwca oraz od lipca do grudnia;
- system wsparcia oparty na taryfach gwarantowanych stosowany razem z bilansowaniem półrocznym nie poprawia znacząco opłacalności inwestycji.

Mimo, iż aktualna sytuacja dla mikro instalacji fotowoltaicznych nie jest korzystna to w przyszłość

należy patrzeć z optymizmem, ponieważ ceny tego typu instalacji sukcesywnie maleją, a ich sprawność rośnie. Pozwala to przypuszczać, że w przyszłości fotowoltaika może odegrać znaczącą rolę w systemie elektroenergetycznym naszego kraju.

**LITERATURA**

*Informacja Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki (nr 15/2014) w sprawie średniej ceny sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym za rok 2013, Warszawa 31.03.2014 r.*

*Treść programu „Wspieranie rozproszonych, odnawialnych źródeł energii Część 2) Prosument - linia dofinansowania z przeznaczeniem na zakup i montaż mikroinstalacji odnawialnych źródeł energii”, 2015*

*Uchwała Senatu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 7 lutego 2015 r. w sprawie ustawy o odnawialnych źródłach energii*

*Ustawa z dnia 16 stycznia 2015 r. o odnawialnych źródłach energii - Tekst ustawy przekazany do Senatu zgodnie z art. 52 regulaminu Sejmu, A*

*Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii - Tekst ustawy ustalony ostatecznie po rozpatrzeniu poprawek Senatu, B*

*Ustawa z dnia 26 lipca 2013 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw*