

Jacek NAWROT
Politechnika Częstochowska

ANALIZA RODZAJÓW MIKROINSTALACJI ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII POD KĄTEM PROGNOZOWANEGO OKRESU KOSZTÓW ZWROTU Z INWESTYCJI

Dokonano oceny zasadności wykonania i eksploatacji mikroinstalacji odnawialnych źródeł energii o mocy 3 kW w postaci dachowej instalacji fotowoltaicznej oraz elektrowni wiatrowej. Zaproponowano przykładowe rozwiązania techniczne analizowanych rodzajów mikroinstalacji. Oszacowano wartość nakładów na wykonanie i uruchomienie instalacji, policzono zyski ze sprzedaży wytworzonej energii elektrycznej. Określono czas zwrotu nakładów, jakie należy ponieść na wykonanie takich instalacji.

Słowa kluczowe: odnawialne źródła energii, instalacja fotowoltaiczna, elektrownia wiatrowa

WPROWADZENIE

Uchwalenie ustawy [1] otworzyło nowe możliwości dla potencjalnych inwestorów indywidualnych, chcących budować instalacje wytwarzające energię elektryczną ze źródeł odnawialnych. System gwarantowanych cen, po których można odsprzedawać wytworzoną, a niewykorzystaną energię elektryczną, preferuje instalacje o stosunkowo niewielkiej mocy (mikroinstalacje - o łącznej zainstalowanej mocy elektrycznej nie większej niż 40 kW), uzależniając wartość ceny za 1 kWh od całkowitej mocy instalacji. Najkorzystniejsze stałe ceny (0,75 zł/kWh), mające obowiązywać przez okres pierwszych 15 lat działania instalacji, po których wytwórcy energii mogą ją odsprzedawać do sieci, obowiązują dla mikroinstalacji o mocy do 3 kW, produkujących energię w elektrowniach wodnych (hydroenergia), wiatrowych oraz instalacjach wykorzystujących promieniowanie słoneczne (ogniwa fotowoltaiczne).

Ze względu na największą dostępność (mierzoną kosztem początkowym inwestycji) oraz maksymalną wysokość gwarantowanej ceny odsprzedaży wytworzonej energii elektrycznej w niniejszej pracy rozważano mikroinstalacje o mocy 3 kW, wytwarzające energię z wiatru (elektrownia wiatrowa) oraz instalację fotowoltaiczną. Pominięto hydroelektrownie z uwagi na stosunkowo ograniczoną dostępność tego typu instalacji dla przeciętnego inwestora - ograniczone zasoby cieków wod-

nych, nadających się do tego typu wykorzystania, oraz skomplikowaną procedurą uzyskania stosownych pozwoleń.

Założono, że instalacja będzie zlokalizowana w rejonie Częstochowy, a uwarunkowania formalnoprawne, wielkość działki, konstrukcja budynku dają możliwość wykonania zarówno jednego, jak i drugiego rodzaju analizowanych mikroinstalacji.

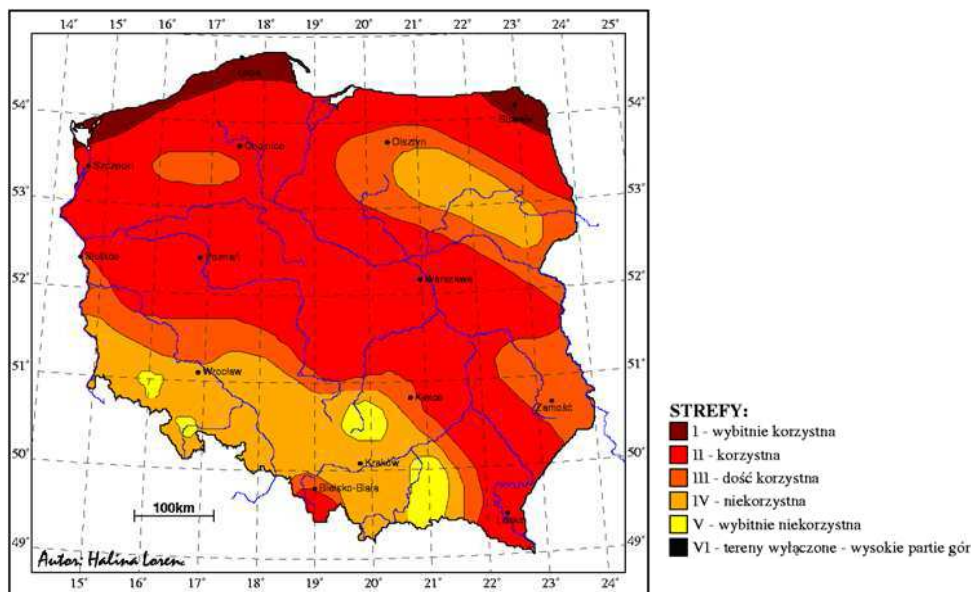
1. ELEKTROWNIA WIATROWA

1.1. Wiadomości wstępne

Energia wiatrowa tworzy się w wyniku różnicy ciśnień spowodowanej nierównomiernym nagrzewaniem się powierzchni Ziemi, zależącym m.in. od rodzaju podłoża (wody, lądy), a także od kąta padania promieni słonecznych. Na skutek różnicy ciśnień masy powietrza poruszają się w kierunku od ciśnienia wyższego do niższego, dzięki czemu powstaje wiatr.

Energia wiatru wykorzystywana była przez ludzi od najdawniejszych czasów - wiatraki nawadniały pola uprawne, napędzały żarna w młynach, jednak najefektywniejsze wykorzystanie tego rodzaju energii nastąpiło wraz z wynalezieniem turbiny wiatrowej zamieniającej energię wiatru na energię elektryczną.

Czynnikiem mającym istotny wpływ na wielkość zasobów energii wiatru jest tzw. wietrzność. Na podstawie badań i obserwacji w IMGW opracowano mapę wietrzności dla obszaru naszego kraju [2].



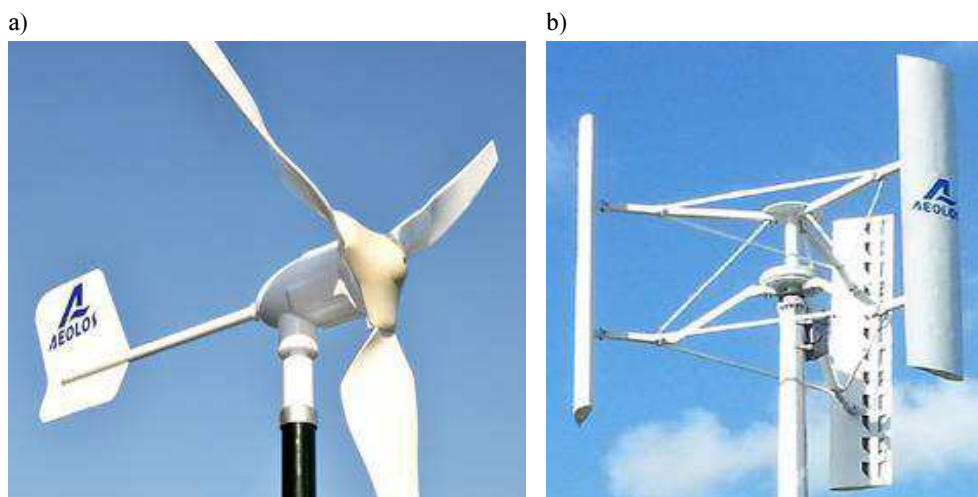
Rys. 1. Strefy energetyczne wiatru w Polsce [2]

Polska podzielona została na sześć stref w zależności od poziomu uprzywilejowania potencjalnych zasobów energii wiatru (rys. 1). Do najkorzystniejszych lokalizacji zaliczyć można wybrzeże Morza Bałtyckiego od Świnoujścia po Hel, Suwalszczyznę, Wielkopolskę, Mazowsze, Beskid Żywiecki i Śląski, Bieszczady oraz Pogórze Dynowskie.

Inną istotną kwestią jest ukształtowanie terenu, na którym ma być zlokalizowana elektrownia wiatrowa. Im lepsza ekspozycja na działanie wiatru (tereny otwarte, niezalesione, nieotoczone wysokimi zabudowaniami, na wzniesieniach, brzegi mórz lub obszary morskie), tym większe wykorzystanie energii wiatrowej.

1.2. Rodzaje oraz zasada działania

Elektrownie wiatrowe można klasyfikować wg różnych kryteriów. Ze względu na lokalizację możemy podzielić je na lądowe i morskie, ze względu na zastosowanie - na przydomowe i przemysłowe, ze względu na wielkość (moc) - na mikro (do 100 W), małe (100 W÷50 kW) i duże (ponad 50 kW) oraz z uwagi na budowę - z turbinami o pionowej lub poziomej osi obrotu (rys. 2).

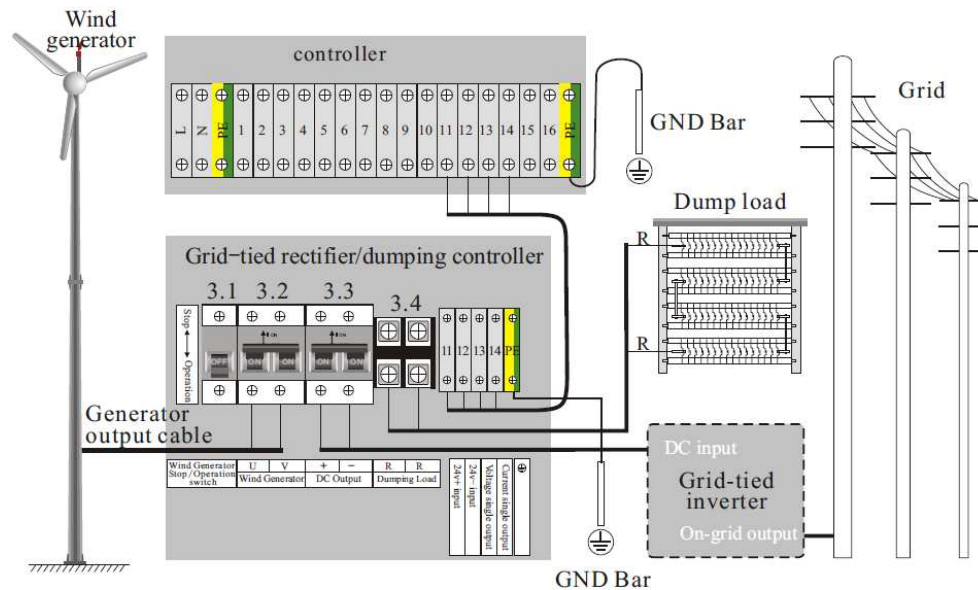


Rys. 2. Turbiny elektrowni wiatrowych Aeolos: a) z poziomą osią obrotu, b) z pionową osią obrotu [3]

Zasadniczo elektrownia wiatrowa składa się z wirnika, gondoli, w której znajduje się generator, wieży oraz fundamentu. Najistotniejszym elementem elektrowni wiatrowej jest wirnik, dzięki któremu następuje zamiana energii wiatru na energię elektryczną. Wirnik wprawiany w ruch strumieniem przepływającego powietrza przekazuje energię za pomocą wału wolnoobrotowego do przekładni, dzięki której wzrasta prędkość obrotowa. Następnie z przekładni energia przekazywana jest poprzez wał szybkoobrotowy do prądnicy (generatora), gdzie następuje zamiana z energii mechanicznej na elektryczną.

1.3. Proponowane rozwiązanie

Na rynku dostępnych jest wiele rozwiązań elektrowni wiatrowych. Dokonując wyboru, kierowano się przede wszystkim stosunkiem jakości do ceny, wzięto pod uwagę konstrukcje sprawdzone, uznanych producentów. Przyjęto elektrownię typu PW-V o mocy 3 kW, oferowaną przez firmę Brasit. W skład kompletnego zestawu wchodzi: turbina (generator wiatru), kontroler PLC, falownik, system zrzutu energii oraz wieża o wysokości 6 m (rys. 3).



Rys. 3. Poglądowy schemat elektrowni wiatrowej wraz z instalacją przyjęty do analizy [3]

Przyjmując roczne procentowe wykorzystanie zdolności produkcyjnych elektrowni (uwzględniające okresy, w których nie produkuje energii elektrycznej - dni o zbyt małej prędkości wiatru lub dni bezwietrzne) na poziomie 20%, można oszacować wielkość produkowanej energii elektrycznej, która wyniesie 5256 kWh.

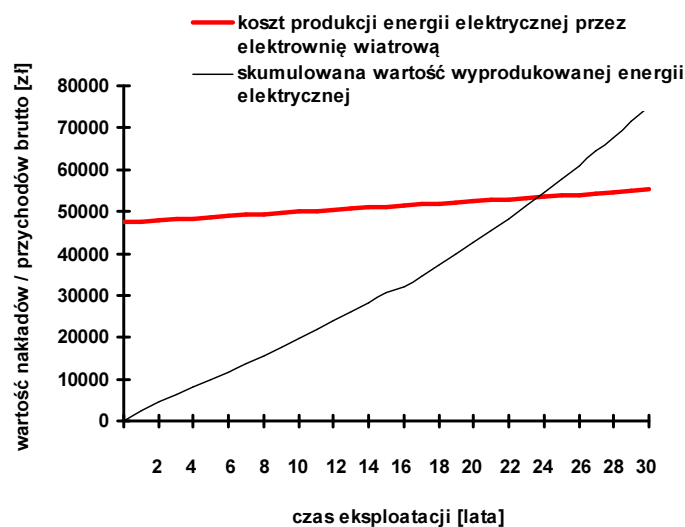
1.4. Analiza opłacalności

Na potrzeby przeprowadzenia analizy opłacalności elektrowni wiatrowej przyjęto następujące założenia:

- a) roczne zużycie energii elektrycznej: 4400 kWh,
- b) koszt energii elektrycznej brutto (uwzględniający opłaty stałe i zmienne) dla odbiorców indywidualnych: 0,5952 zł brutto/kWh,
- c) szacowany roczny wzrost cen energii elektrycznej 3%,
- d) gwarantowana stawka odsprzedaży wyprodukowanej, a nie wykorzystanej energii elektrycznej, obowiązująca przez pierwsze 15 lat: 0,7500 zł brutto/kWh,

- e) stawka odsprzedaży wyprodukowanej, a nie wykorzystanej energii elektrycznej po upływie 15 lat (po zakończeniu preferencji gwarantowanych ustawą [1]) przyjęta jako 1/3 prognozowanej rynkowej ceny energii: 0,3091 zł brutto/kWh,
- f) roczne koszty przeglądów, konserwacji i drobnych napraw bieżących: 0,5% wartości początkowej instalacji,
- g) wartość podatku dochodowego płaconego z tytułu sprzedaży energii: 19%,
- h) ilość wyprodukowanej energii elektrycznej zużywana na własne potrzeby: 50%,
- i) ilość wyprodukowanej energii elektrycznej odsprzedawana: 50%,
- j) koszt zakupu i montażu: 47 500 zł brutto.

Na podstawie ww. czynników wyliczono okres zwrotu nakładów poniesionych na budowę i eksploatację elektrowni wiatrowej (rys. 4).



Rys. 4. Rozkład nakładów i przychodów związanych z zakupem i eksploatacją elektrowni wiatrowej

Biorąc pod uwagę średnie roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną w wysokości 4400 kWh oraz szacowaną ilość wyprodukowanej w ciągu roku energii elektrycznej przez elektrownię wiatrową, poniesione nakłady dla analizowanego przypadku zwrócą się po ok. 23 latach eksploatacji.

2. MIKROINSTALACJA FOTOWOLTAICZNA

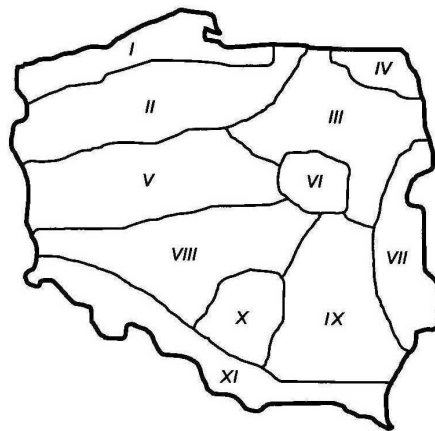
2.1. Wiadomości wstępne

Najczęściej stosowanymi urządzeniami służącymi do przekształcenia energii słonecznej w energię elektryczną są ogniwa fotowoltaiczne. Ogniwo fotowoltaiczne wykorzystuje zjawisko generowania energii elektrycznej przez materiał półprzewodnikowy absorbujący promieniowanie słoneczne, w wyniku czego uwalniane są

elektrony z wiązań chemicznych międzyatomowych. Szczegółowo zasadę działania ogniwa fotowoltaicznego omówiono w podręczniku [4], a także przytoczono w pracy [5].

Wśród modułów fotowoltaicznych (zawierających zespoły ogniw fotowoltaicznych) w zależności od zastosowanego materiału można wyróżnić: monokrystaliczne (z monolitycznego krystalu krzemu o uporządkowanej strukturze wewnętrznej), polikrystaliczne (z wykryształizowanego krzemu o niejednolitej powierzchni) lub cienkowarstwowe (np. CIGS lub z krzemu amorficznego) [4].

Efektywność działania instalacji fotowoltaicznej uzależniona jest od nasłonecznienia terenu, na którym ma być ona zrealizowana. Obszar Polski podzielony został na dziewięć stref heliograficznych pod kątem przydatności dla energetyki słonecznej (rys. 5).



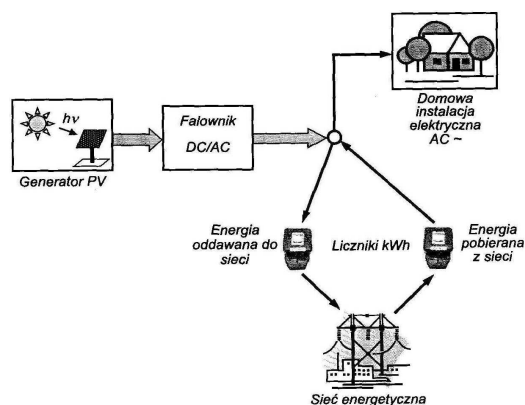
Rys. 5. Podział Polski na strefy heliograficzne [4]

Najkorzystniejsze warunki występują w pasie wybrzeża (I) oraz w rejonie podlasko-lubeskim (VII), najgorsze w górnośląskim (X). Chociaż dla Polski warunki heliograficzne są dużo mniej korzystne niż dla krajów o cieplejszym klimacie, biorąc pod uwagę parametry techniczne aktualnie oferowanych na rynku modułów fotowoltaicznych, jak i ich cenę, produkcję energii elektrycznej przy ich użyciu w naszym położeniu geograficznym ma uzasadnienie ekonomiczne i ekologiczne.

2.2. Proponowane rozwiązanie

Przyjęto instalację fotowoltaiczną składającą się z 12 polikrystalicznych modułów SV60P.4-250 firmy Selfa GE SA o mocy 250 W każdy i sprawności 15,3%, o powierzchni całkowitej 19,70 m², falownika trójfazowego, okablowania oraz liczników energii. Całkowita moc instalacji wynosi 3 kW. Schemat zastosowanej instalacji fotowoltaicznej pokazano na rysunku 6.

Wielkość produkowanej energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach (przy uwzględnieniu lokalnych warunków heliograficznych) przedstawiono w tabeli 1.



Rys. 6. Poglądowy schemat zastosowanej instalacji fotowoltaicznej [4]

Tabela 1. Przewidywana miesięczna produkcja energii elektrycznej

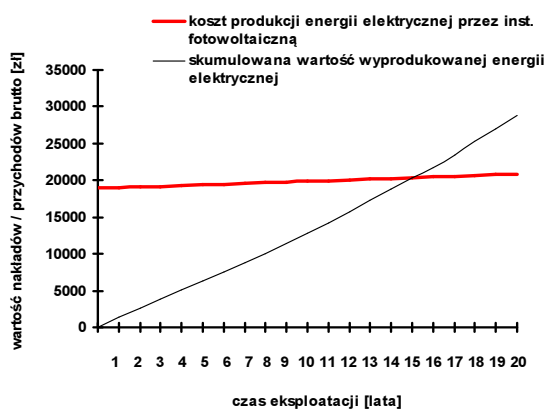
	miesiąc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Szacowana miesięczna produkcja energii [kWh]	110	122	219	282	289	410	413	374	247	156	74	61

2.3. Analiza opłacalności

Na potrzeby przeprowadzenia analizy opłacalności rozpatrywanej instalacji fotowoltaicznej przyjęto następujące założenia:

- a)–g) jak w pkt. 1.4,
- h) ilość wyprodukowanej energii elektrycznej zużywana na własne potrzeby: 65%,
- i) ilość wyprodukowanej energii elektrycznej odsprzedawana: 35%,
- j) koszt zakupu i montażu: 18 900 zł brutto.

Na podstawie ww. czynników wyliczono okres zwrotu nakładów poniesionych na budowę i eksploatację rozważanej instalacji fotowoltaicznej (rys. 7).



Rys. 7. Rozkład nakładów i przychodów związanych z zakupem i eksploatacją instalacji fotowoltaicznej

Biorąc pod uwagę średnie roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną w wysokości 4400 kWh oraz szacowaną ilość wyprodukowanej w ciągu roku energii elektrycznej przez instalację fotowoltaiczną, poniesione nakłady dla analizowanego przypadku zwrócą się po ok. 15 latach eksploatacji.

PODSUMOWANIE, WNIOSKI

Porównując analizowane warianty instalacji odnawialnych źródeł energii - dla przyjętych założeń, instalacja fotowoltaiczna wydaje się być rozwiązaniem korzystniejszym niż elektrownia wiatrowa. Przede wszystkim nakłady inwestycyjne związane z zakupem i uruchomieniem tej instalacji są 2,5-krotnie niższe niż w przypadku elektrowni wiatrowej, a okres zwrotu kosztów jest o 8 lat krótszy.

Innym czynnikiem wskazującym na przewagę instalacji fotowoltaicznej nad elektrownią wiatrową jest mniej skomplikowany proces inwestycyjny - mniej restrykcyjne wymagania co do lokalizacji, uzyskania stosownych zgód i pozwoleń, a także mniejsza możliwość oprotestowania inwestycji przez strony postępowania (sąsiadów, ekologów, urzędy).

Prawdopodobna zmiana (spadek) gwarantowanej ceny odsprzedaży energii, uwzględniona w przeprowadzonych obliczeniach po upływie 15 lat funkcjonowania mikroinstalacji, nie będzie miała wpływu na wyznaczony okres zwrotu dla instalacji fotowoltaicznej, który również wynosi 15 lat. W przypadku elektrowni wiatrowej rzeczywisty okres zwrotu poniesionych nakładów może się nieznacznie różnić od obliczonego (wynoszącego 23 lata) w zależności od tego, jaka będzie rzeczywista cena sprzedaży energii do sieci po wygaśnięciu preferencji gwarantowanych ustawą [1].

Na potrzeby niniejszej publikacji przyjęto założenia zmierzające do oszacowania realnych zdolności produkcyjnych analizowanych instalacji i tym samym wielkości wytwarzanej przez nie energii. Nie uwzględniono również ewentualnych dotacji i innych instrumentów preferencyjnego finansowania tego typu inwestycji. Dlatego też wyliczone okresy zwrotu są nieco dłuższe niż te podawane przez podmioty zajmujące się sprzedażą i montażem tego typu elektrowni.

Przedstawiona analiza ma charakter szacunkowy, decydując się na wykonanie instalacji pozyskującej energię elektryczną z odnawialnych źródeł energii, potencjalny inwestor powinien w sposób bardzo szczegółowy przeanalizować wszystkie czynniki mające wpływ na opłacalność inwestycji, w tym przede wszystkim:

- warunki lokalizacyjno-techniczne terenu, na którym ma być realizowana inwestycja (wielkość działki, odległość od zabudowań, przeznaczenie terenu w planie miejscowym (MPZP), powierzchnia dachu w przypadku instalacji fotowoltaicznej, umiejscowienie połączeń względem kierunków świata, itp.),
- położenie geograficzne terenu (strefa heliograficzna, strefa wietrzności),
- cenę zakupu i koszty eksploatacji.

Z uwagi na rosnące zapotrzebowanie na „zieloną energię” spowodowane wymaganiami dotyczącymi procentowego jej udziału w całkowitym bilansie energe-

tycznym poszczególnych krajów członkowskich UE, a także coraz większą świadomość ekologiczną społeczeństw zachodnich energetyka oparta o odnawialne źródła energii będzie się stale rozwijać. Z jednej strony będzie następował dalszy rozwój techniczny (wzrost sprawności i wydajności urządzeń połączony ze spadkiem ich cen), z drugiej tworzone będą preferencyjne zasady finansowania, czyniąc tę dziedzinę energetyki jeszcze bardziej atrakcyjną finansowo. W konsekwencji tych działań, okresy zwrotu nakładów na tego typu inwestycje będą ulegały skróceniu, czyniąc je bardziej atrakcyjne finansowo, niż ma to miejsce obecnie.

LITERATURA

- [1] Ustawa z dn. 20.02.2015 r. o odnawialnych źródłach energii, DzU 2015, poz. 478.
- [2] Lorenc H., Struktura i zasoby energetyczne wiatru w Polsce”, Materiały badawcze IMGW 1996, seria Meteorologia - 25.
- [3] Materiały informacyjno-techniczne firmy Brasit, www.brasit.pl
- [4] Sarniak M., Podstawy fotowoltaiki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
- [5] Nawrot J., Analiza efektywności wykonania i eksploatacji instalacji fotowoltaicznej w budynku biurowym o pow. 860 m², Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym 2014, 1(13), 71-78.

ANALYSIS OF THE MICRO-INSTALLATIONS TYPES OF RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR FORECAST PAYBACK PERIOD OF INVESTMENT COST

In this publication the validity of the implementation and operation of the micro-installations of the renewable energy sources about a power of 3 kW for a photovoltaic installation of roof and wind power plant. Examples of the technical solution researched types of micro-installations have been proposed. It was estimated the value of inputs to execute and run the installation, computed the profits from the sale of electricity produced. Return time is specified to be incurred for the execution of the installations.

Keywords: renewable energy sources, photovoltaic installation, wind power plant