

ZWROT Z INWESTYCJI FARMY FOTOWOLTAICZNEJ W RAMACH ZMIENIAJĄCYCH SIĘ PRZEPISÓW

ANNA M. KLEPACKA
KAMIL PAWLIK

Abstrakt

Produkcja energii odnawialnej rośnie w Polsce zgodnie z mandatem UE. Wykorzystanie energii słonecznej jest w szczególności uzależnione od przepisów i związanego z nimi mechanizmu subsydiowania. Celem prezentowanego badania jest analiza pięciu scenariuszy z wykorzystaniem danych finansowych i operacyjnych udostępnionych przez istniejącą elektrownię fotowoltaiczną w Jadownikach. Dwa scenariusze dotyczą założeń działających w ramach mechanizmu wsparcia stosowanego przed 1 lipca 2016 r., natomiast trzy scenariusze dotyczą założeń działających w ramach systemu aukcyjnego, który stał się mechanizmem wsparcia dla producentów energii odnawialnej od 1 lipca 2016 roku. Scenariusze I i II generują dodatnią wartość NPV oraz IRR w założonych warunkach, w tym z wykorzystaniem zielonych certyfikatów. W przypadku elektrowni PV działających od 1 lipca 2016 r. scenariusze III i IV pokazują, że zwrot zależy od ceny aukcji, a wielkość NPV i IRR zniechęca do inwestycji. Scenariusz V zakłada brak wsparcia w postaci zielonych certyfikatów lub systemów aukcyjnych i generuje straty. Ciągłe zmiany w regulacji wytwarzania energii z odnawialnych źródeł, w tym energii słonecznej, stwarzają niepewność, która może zniechęcić do inwestowania w duże komercyjne elektrownie PV w Polsce.

Słowa kluczowe: elektrownia PV, zwrot z inwestycji, reżim regulacyjny.

Kody JEL: Q42, Q47, Q48.

Wprowadzenie

Unia Europejska (UE) wprowadziła wymóg, aby wszystkie państwa członkowskie zwiększyły udział energii wytwarzanej ze źródeł odnawialnych (Jeager-Waldau, Szabo, Scarlat i Monforti-Ferrario, 2011). Do roku 2020 udział energii wytwa-

Dr inż. Anna M. Klepacka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji, Zakład Organizacji, Zarządzania i Inżynierii Produkcji; ul. Nowoursynowska 164, 02-787 Warszawa (anna_klepacka@sggw.pl).

Kamil Pawlik, absolwent Szkoły Głównego Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Inżynierii Produkcji; ul. Nowoursynowska 164, 02-787 Warszawa (kpkamiil01@gmail.com).

rzanej ze źródeł odnawialnych w Polsce powinien wynosić 15% (Urząd Regulacji Energetyki, 2016). Nie dalej jak w 2014 roku Polska wytworzyła 11,4% energii ze źródeł odnawialnych (EurObserv'ER, 2014). Wytwarzanie energii odnawialnej, zwłaszcza energii słonecznej, zbiega się z krajowym programem redukcji zanieczyszczenia powietrza na lata 2013-2018. Energia słoneczna może przynieść korzyści wynikające z ograniczenia wytwarzania dwutlenku węgla (CO₂) oraz innych gazów cieplarnianych (GHG) (Tudorache i Kreindler, 2010), a także części stałych zazwyczaj związanych ze stosowaniem węgla, pierwotnego paliwa kopalnego wykorzystywanego w Polsce do wytwarzania energii elektrycznej.

W ostatnich latach zaobserwowano w Polsce rozwój kilku form energii odnawialnej. Najbardziej widoczny postęp to budowa i wykorzystanie energii wiatru i promieniowania słonecznego (Chochowski, 2008a,b). Wśród nowych instalacji wykorzystujących energię odnawialną większość reprezentowana jest przez panele fotowoltaiczne (PV) i wiatraki (77%), natomiast resztę stanowią elektrownie wodne (REN21, 2016). Pomimo szybkiego wzrostu liczby instalacji energii słonecznej i wiatrowej ich udział pozyskanej energii ze źródeł odnawialnych jest nadal niewielki i w 2015 roku wynosił 10,4% w przypadku wiatru oraz 0,5% w przypadku energii słonecznej. Natomiast udział produkcji energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii wynosił w Polsce 47,9% w przypadku wiatru i zaledwie 0,3% w przypadku energii słonecznej w 2015 roku (GUS, 2017).

Wykorzystanie energii słonecznej jest związane przede wszystkim z zakupem paneli słonecznych stosowanych w wytwarzaniu ciepła dla gospodarstw domowych, a nie paneli fotowoltaicznych (Klepacka i Buska, 2015) ze względu na brak regulacji do roku 2017. W 2013 roku zgłoszono w Polsce tylko jeden projekt inwestycji w elektrownię fotowoltaiczną o wartości 6,65 mln EUR (moc 4 MWP) (EurObserv'ER, 2014). W tym samym roku moc systemów fotowoltaicznych podłączonych do sieci (on-grid) wynosiła 0,4 MWP, ale w 2014 roku znacznie wzrosła – do 19,7 MWP. Dla porównania, moc zainstalowana systemów fotowoltaicznych niepodłączonych do sieci (off-grid) wynosiła jedynie 0,2 MWP w 2013 roku, a w 2014 r. wzrosła do 0,5 MWP (EurObserv'ER, 2015). Ze względu na zmiany w systemie wsparcia energii słonecznej, omówione w kolejnych sekcjach, zainstalowana moc systemów fotowoltaicznych off-grid wzrosła szybciej w roku 2015 (EurObserv'ER, 2017).

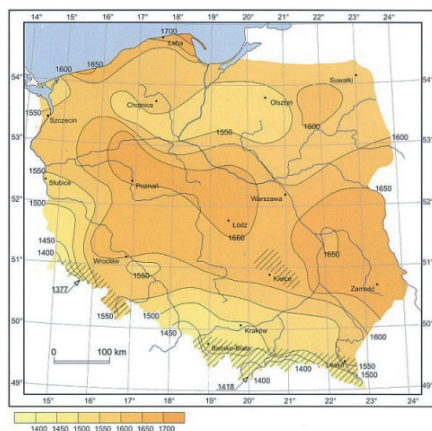
Badanie ma na celu weryfikację wpływu wywieranego przez regulacje w zakresie odnawialnych źródeł energii na kwotę dochodów i okres czasu, po jakim inwestorzy mogą spodziewać się pozytywnych zwrotów z eksploatacji farmy fotowoltaicznej.

Niniejsze opracowanie bada opłacalność wytwarzania energii słonecznej w ramach poprzednich i nowych systemów wsparcia w Polsce. W szczególności analiza rozpoznaje zastosowanie „zielonych certyfikatów” (stary system) i mechanizmu aukcji (nowy system) we wspieraniu instalacji energii słonecznej. Opracowanie wykorzystuje dwa mierniki, NPV i IRR, w celu obliczenia zysków z inwestycji w elektrownię fotowoltaiczną. Analiza empiryczna bazuje na istniejącym obiekcie wytwarzającym energię słoneczną w Jadownikach w Polsce (fot. 1). Promieniowanie słoneczne ma zróżnicowane natężenie w całym kraju, a obszary o szczególnie korzystnych warunkach obejmują województwo lubelskie, południową część wojewódz-

twa mazowieckiego i wielkopolskiego, obszary wzdłuż wybrzeża Bałtyku oraz góry na południu kraju. Farma fotowoltaiczna Jadowniki znajduje się na obszarze o stosunkowo wysokiej intensywności promieniowania słonecznego, a jego działanie jest częściowo zdeterminowane korzystnym położeniem geograficznym (mapa 1 i 2).

Ta elektrownia słoneczna ma moc 1 MW. Zakład stosuje system paneli fotowoltaicznych umieszczonych na trackerach umożliwiających zmianę pozycji paneli w odpowiedzi na ruch słońca w ciągu dnia. Wytwarzana energia sprzedawana jest podmiotowi zamawiającemu, określone przez regulacje dla potrzeb zakupu całości wytwarzanej energii.

Energia elektryczna generowana przez elektrownię fotowoltaiczną Jadowniki bezpośrednio przyczynia się do realizacji mandatu KE w zakresie udziału energii odnawialnej w całości zużywanej energii. Z perspektywy lokalnej usytuowanie elektrowni na obszarach wiejskich województwa małopolskiego może tworzyć miejsca pracy, gdyż znaczenie rolnictwa w regionie spada, a użytkowanie gruntów przechodzi na cele nierolnicze.



Mapa 1. Średnia roczna liczba godzin nasłonecznienia w Polsce.

Źródło: Lorenc (2005).



Mapa 2. Lokalizacja farmy fotowoltaicznej Jadowniki w gminie Brzesko w województwie małopolskim.

Źródło: opracowanie własne na podstawie MapInfo.

Materiały i metody

Wybór elektrowni fotowoltaicznej w Jadownikach podyktowany był jej dużą mocą w momencie rozpoczęcia wytwarzania energii elektrycznej w 2015 roku, co wtedy było w Polsce nowością. Ponadto uzyskanie dostępu do konkretnych danych finansowych i kosztów operacyjnych jest nietypowe ze względu na zastrzeżony charakter takich danych w odniesieniu do sytuacji innej niż hipotetyczna. Uzyskane informacje pozwoliły rozważyć kilka scenariuszy umożliwiających wgląd w potencjalne wyniki gospodarcze w zakresie czasu budowy i eksploatacji elektrowni fotowoltaicznej.

Analiza empiryczna obejmuje pięć scenariuszy opłacalności elektrowni przy użyciu systemu fotowoltaicznego. Prognozy zwrotu dotyczą okresu 2016-2040 odpowiadającego oczekiwanemu cyklowi życia systemu paneli fotowoltaicznych wynoszącemu 25-30 lat. Dwa scenariusze dotyczą elektrowni słonecznych zbudowanych przed 2016 r. (takich jak elektrownia Jadowniki) i podlegających przepisom stosowanym w czasie budowy zakładu. Elektrownie te nadal uczestniczą w programie wsparcia na podstawie tzw. zielonych certyfikatów. Pozostałe trzy scenariusze mają zastosowanie do elektrowni słonecznych, które rozpoczęły funkcjonowanie po 1 lipca 2016 r. Elektrownie takie mogą uczestniczyć w nowym programie wsparcia za pomocą mechanizmu aukcji w celu dystrybucji ograniczonej kwoty dotacji. Wzrost cen energii elektrycznej bazuje na prognozach Ministerstwa Gospodarki. Wszystkie scenariusze zakładają, że inwestor w elektrownię słoneczną korzysta z kredytu w wysokości 40% całkowitej inwestycji. Zakłada się, że roczny wzrost kosztów wynosi 2%.

Tabela 1 przedstawia założenia dla każdego z pięciu scenariuszy rozważanych w opracowaniu. Zasoby własne inwestora obejmują koszty gruntu, na którym znajduje się elektrownia fotowoltaiczna (zob. fot. 1), co ma zastosowanie do scenariuszy I, II i V. W przypadku scenariuszy II i III zapewnione przez inwestora środki własne są znacznie większe, ponieważ dotacja wynosi jedynie 23% w scenariuszu II, natomiast w scenariuszu III nie zapewniono żadnych dotacji.

Tabela 1

Podstawowe założenia dotyczące czynników stosowanych w pięciu scenariuszach inwestowania i funkcjonowania elektrowni fotowoltaicznej

Wyszczególnienie	Scenariusz I	Scenariusz II	Scenariusz III	Scenariusz IV	Scenariusz V
Wkład własny (PLN)	150 000	150 000	2 689 924,25	4 322 229,8	150 000
Dotacja (%)	60	60	23	Brak	60
Forma wsparcia	Zielony certyfikat	Zielony certyfikat	System aukcji	System aukcji	Brak
Kwota wsparcia (PLN)	120,00	149,00	381,00	465,00	Brak
NPV (PLN)	1 456 363,66	868 253,41	-556 567,55	-2 027 888,85	-1 250 459,95
IRR (%)	6,94	11,04	1,34	-1,20	-2,76
Przychody (PLN)	9 735 046	10 297 636	10 488 459	12 120 764	7 403 737
Koszty (PLN)	7 625 365	7 625 365	7 625 365	7 625 365	7 625 365

Źródło: opracowanie własne w oparciu o dane z farmy fotowoltaicznej Jadowniki.

Ponadto scenariusze I i II obejmują wsparcie dla energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych poprzez alokację zielonych certyfikatów odzwierciedlających przepisy dotyczące elektrowni fotowoltaicznych, które rozpoczęły funkcjonowanie przed 1 lipca 2016 r. Scenariusze III i IV otrzymują wsparcie poprzez system aukcji, który udostępniono dla elektrowni fotowoltaicznych rozpoczynających wytwarzanie energii elektrycznej po 1 lipca 2016 roku. W przypadku scenariusza I, II, III i IV kwota wsparcia na przyznany zielony certyfikat lub certyfikat uzyskany na podstawie aukcji jest różna (tab. 1). Inwestor działający w ramach

scenariusza V nie otrzymuje żadnego wsparcia w drodze aukcji ani alokacji zielonego certyfikatu od początku działania elektrowni fotowoltaicznej. We wszystkich scenariuszach zakładana stopa dyskontowa wynosi 3,5%.



Fot. 1. Elektrownia fotowoltaiczna w Jadownikach, województwo małopolskie, Polska.

Źródło: Zdjęcie udostępnione przez farmę fotowoltaiczną Jadowniki.

Niniejsze opracowanie dotyczące faktycznie działających elektrowni fotowoltaicznych dotacza do wcześniejszej literatury, która koncentruje się na hipotetycznych sytuacjach badających korzyści z usytuowania elektrowni fotowoltaicznych w różnych miejscach w innych krajach (np. El-Shimy, 2009; Harder i MacDonald Gibson, 2011; Khalid i Junaidi, 2013; Chandel, Agrawal, Mathur i Mathur, 2014). Wielkość elektrowni fotowoltaicznej w tym opracowaniu jest zgodna z naturalnym promieniowaniem słonecznym w regionie. Analiza wyjaśnia skutki dwóch różnych systemów regulacyjnych dotyczących wsparcia dla wytwarzania energii odnawialnej. Systemy regulacyjne są specyficzne dla unijnego programu wsparcia wykorzystania energii słonecznej.

Wyniki i dyskusja

Rozwój sektora energii słonecznej w Polsce

Promieniowanie słoneczne

Warunki w Polsce zbliżone są do warunków w krajach sąsiednich, tj. w Niemczech i Czechach. Promieniowanie energii słonecznej w Polsce waha się od 950 do 1250 kWh/m². Średnia liczba godzin słonecznych wynosi 1600 godzin rocznie (Instalacje Budowlane, 2017). Na przykład, średnio, centralnie położone województwo mazowieckie otrzymuje 1550-1600 godzin słonecznych rocznie w swoim regionie północno-zachodnim i 1600-1650 godzin w regionie wschodnim.

Województwo małopolskie, znajdujące się w południowo-wschodniej Polsce, otrzymuje 1500-1550 godzin słonecznych rocznie (mapa 1). Promieniowanie słoneczne jest nierównomiernie rozłożone w ciągu roku. Prawie 80% promieniowania słonecznego w typowym roku występuje w okresie wiosna-lato (Mientus, 2011), zwłaszcza od maja do lipca (Knyps, 2010).

Kolektory słoneczne i panele fotowoltaiczne

Kolektory słoneczne różnią się od paneli fotowoltaicznych pod względem budowy, działania i rodzaju wytwarzanej energii. Panele fotowoltaiczne dokonują przekształcenia promieniowania słonecznego na energię elektryczną i bez dodatkowych generatorów mogą stanowić źródło zasilania sprzętu elektrycznego. Kolektory słoneczne wytwarzają energię cieplną w drodze przekształcania energii słonecznej i dostarczają, na przykład, gorącą wodę do użytku domowego lub ogrzewania. Chociaż panele fotowoltaiczne mogą również ogrzewać wodę z wykorzystaniem urządzenia grzewczego, z ekonomicznego punktu widzenia takie wykorzystanie paneli fotowoltaicznych jest kosztowne i nieefektywne. W tym charakterze ich skuteczność wynosi zaledwie 20% w porównaniu do wydajności kolektora słonecznego wynoszącej 85% (kolektorowo.pl, 2016).

Pojedynczy panel fotowoltaiczny wytwarza 0,5-2V. Jego moc zależy od jego powierzchni, natomiast moc systemu zależy od liczby poszczególnych paneli. Panele mogą być montowane na trackerach zapewniających większą ilość wytwarzanej energii elektrycznej (Räuber, 2004). Panele na trackerach zmieniają kąt położenia względem ruchu słońca. W rezultacie skuteczność panelu fotowoltaicznego może wzrosnąć nawet o 30% (Anderson, Dohan, Sikora, Bitar i McNeill, 2003; Sefa, Demirtas i Colak, 2009).

Nie można sprzedawać energii elektrycznej wytwarzanej przez panele fotowoltaiczne, chyba że spełnia ona określone wymogi. Aby zapewnić podstawowe właściwości, prąd stały wymaga przekształcenia na prąd zmienny za pomocą konwertera napięcia. Ponadto konieczny jest transformator w celu zmiany napięcia i przesyłania energii elektrycznej z systemu off-grid elektrowni fotowoltaicznej do systemu on-grid (Kahl, 1984).

Wytwarzanie energii przy użyciu promieniowania słonecznego

W Polsce fotonapięcie to wciąż stosunkowo nowa technologia. Sektor ten rozwija się w odpowiedzi na zapotrzebowanie ze strony gospodarstw domowych i firm zainteresowanych mikroinstalacjami. Do końca 2013 roku moc elektrowni fotowoltaicznych wynosiła 4,2 MWP, z których 1,8 MWP było objęte systemem on-grid (EurObserv'ER, 2015). W maju 2014 roku w systemie on-grid istniało 29 elektrowni fotowoltaicznych o łącznej mocy 3,8 MWP oraz około 200 mikroelektrowni o łącznej mocy off-grid wynoszącej 2,8 MWP. W 2014 roku rozwój sektora był szybki i wzrósł w sumie o 26 MWP mocy, był to pięciokrotny wzrost w porównaniu z rokiem 2013. W 2015 r. zainstalowana moc fotowoltaiczna wyniosła 108 MWP, a szybki rozwój sektora trwał nadal. W 2016 roku całkowita zainstalowana moc fotowoltaiczna on- i off-grid w Polsce wynosiła 195,7 MWP (EurObserv'ER, 2017).

Pomimo szybkiego wzrostu liczby instalacji fotowoltaicznych, udział Polski w mocy zainstalowanej w Europie był znikomy i na koniec roku 2014 wynosił 0,03% (EurObserv'ER, 2014). Mimo że w 2015 r. uległ potrojeniu, to nadal było to zaledwie 0,09% (EurObserv'ER, 2016). Ogólnie rzecz biorąc, całkowita moc wszystkich instalacji fotowoltaicznych jest w Polsce niewielka w porównaniu z innymi krajami UE (Klepacka i Zalewska, 2016).

Ceny ogniw fotowoltaicznych w ostatnich latach

Farmer i Lafond (2016) poinformowali, że od 1980 r. koszt panelu fotowoltaicznego spadł o około 10% stawki rocznej. Oczekuje się, że trend ten będzie trwał, chociaż istnieje prawdopodobieństwo wynoszące 5%, że cena w roku 2030 będzie wyższa w porównaniu z cenami z roku 2013. Kontynuacja tendencji spadkowej cen oznacza, że w ciągu dziesięciu lat energia słoneczna może zaspokoić jedną piątą globalnego zapotrzebowania na energię elektryczną. Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA) szacuje, że w ramach najbardziej optymistycznego scenariusza wykorzystania energii odnawialnej elektrownie słoneczne będą zaspokajać 16% globalnych potrzeb energetycznych nie wcześniej niż w roku 2050 (creconsulting.pl, 2016). Spadek kosztów technologii fotowoltaicznej w okresie 2009-2013 jest porównywalny do spadku kosztów w sektorze IT w przeszłości. Od roku 2008 ceny paneli fotowoltaicznych spadły o 80% i oczekuje się, że ta tendencja się nie zmieni (IRENA, 2014). Zmiany cen wpłyną na zwrot z inwestycji w przyszłych elektrowniach fotowoltaicznych, ale nie w aktualnie działających instalacjach.

Program wsparcia wykorzystania energii słonecznej w Polsce

System zielonych certyfikatów

Zielony certyfikat to wspólna nazwa zbywalnego certyfikatu energii odnawialnej (TREC) (Brick i Visser, 2009). Certyfikaty takie stanowią określoną ilość energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych. Zostały one stworzone w odpowiedzi na zalecenie korzystania ze źródeł odnawialnych jako źródła energii w UE, a ich zbywalność zapewnia elastyczność w osiągnięciu celów nałożonych przez rozporządzenia. System zielonych certyfikatów został po raz pierwszy wdrożony w Europie przez rząd brytyjski. Następnie wdrożyły go belgijskie regiony Flandrii i Walonii oraz Włochy. Polska wprowadziła system certyfikatów energii odnawialnej (RECS) w roku 2005 (Linden i in., 2005). Jednakże początkowe prawo definiujące system zielonych certyfikatów zostało już zawarte w ustawie energetycznej uchwalonej w dniu 10 kwietnia 1997 r. i uzupełnionej późniejszymi zmianami (Obwieszczenie, 2006). System zielonych certyfikatów rozpoczął funkcjonowanie w roku 2005, co zbiegło się z nowymi przepisami zmieniającymi obowiązkowy zakup energii ze źródeł odnawialnych.

Zielone certyfikaty utworzono w wyniku nałożenia wymogu na firmy sprzedające energię ostatecznym nabywcom, aby uzyskały i przedstawiły Prezesowi Urzędu Regulacji Energii (URE) określoną liczbę certyfikatów potwierdzających, że sprzedana energia elektryczna pochodzi z odnawialnych źródeł energii (Green Energy

Poland SA, 2016). Przedsiębiorstwa, które nie mogą przedstawić odpowiedniej liczby zielonych certyfikatów, muszą uiścić opłaty na rzecz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW).

Zielony certyfikat stanowi prawo własności utworzone w wyniku przekształcenia certyfikatów pochodzenia energii wystawionych przez Prezesa URE. Proces przekształcania następuje automatycznie w momencie rejestracji w oficjalnym Rejestrze Certyfikatów Pochodzenia. Każdy wygenerowany certyfikat pochodzenia odnoszący się do energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych generuje jednocześnie zielony certyfikat. Pojedynczy zielony certyfikat wskazuje pochodzenie 1 kWh (Przewodnik dla przedsiębiorcy, 2016), a liczba wygenerowanych zielonych certyfikatów odpowiada ilości energii. Podmiot rejestrujący wytwarzanie energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych uzyskuje zielone certyfikaty, jeżeli zakład rozpoczął wytwarzanie przed 1 lipca 2016 roku. (Ministerstwo Energii, 2016). Certyfikaty istnieją wyłącznie w formie elektronicznej udokumentowanej w systemie rejestracji. Nie mają one daty ważności i są likwidowane na wniosek bieżącego właściciela.

Po wygenerowaniu zielone certyfikaty podlegają obrotowi na giełdzie. Wyłączną giełdą obrotu zielonymi certyfikatami jest Towarowa Giełda Energii, S.A. w Polsce. Giełda zarządza Rejestrzem Certyfikatów Pochodzenia i obrotem certyfikatami pochodzenia na dedykowanym Rynku Praw Majątkowych. Komitet Nadzoru Finansowego zapewnia bezpieczeństwo operacji giełdy.

System zielonych certyfikatów będzie funkcjonował do roku 2030. Produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł mogli przyłączyć się do systemu do końca roku 2015 (Rynek Praw Majątkowych, 2016). Łączna wartość wsparcia udzielanego w ramach systemu zielonych certyfikatów w okresie 2006-2015 wyniosła 30 bln PLN. Wsparcie umożliwiło zwiększenie mocy elektrowni energii odnawialnej w Polsce z 1,158 MW w 2005 roku do 7,829 MW w roku 2016 (na dzień 31 marca 2016 roku według Prezesa URE). Zwiększona moc została odzwierciedlona we wzroście ilości energii elektrycznej wytwarzanej z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii z 3,76 TWh w 2005 roku do 21,08 TWh w roku 2015 (Ministerstwo Energii, 2016). Obecnie zielone certyfikaty wydawane są tylko dla już istniejących obiektów, tj. tych, które rozpoczęły funkcjonowanie przed 1 lipca 2016 roku. (Ministerstwo Energii, 2016; gramwzielone.pl, 2015c).

System oparty na wymianie

Nowe elektrownie, które rozpoczęły wytwarzanie energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, mogą otrzymać wsparcie w ramach systemu aukcji. Start tego systemu, w oparciu o kontrakt różnic kursowych wykorzystujący aukcję, zaplanowano na 1 stycznia 2016 r., ale pomimo „wysokich oczekiwań sektora i obietnic rządowych” (art. 4) odroczono go do 1 lipca 2016 roku (Magazyn Biomasa, 2016). Początkowo system został powołany ustawą z 20 lutego 2015 roku, ale ustawa została przeniesiona na 22 czerwca 2016 roku. Zmiany w przepisach doprowadziły do przesunięcia daty.

W ramach systemu aukcji zwycięzcy licytacji mają zagwarantowaną sprzedaż energii elektrycznej przez 15 lat po najlepszej cenie. Cena zostanie skorygowana w celu odzwierciedlenia stopy inflacji (gramwzielone.pl, 2015c). Zgodnie z przepi-

sami zwycięska cena aukcyjna nie może przekroczyć ustalonej ceny rządowej, zwanej ceną referencyjną. Cena referencyjna jest ustalana w PLN za 1 MWh w danym roku kalendarzowym (Ustawa, 2016). Cena referencyjna określa wsparcie inwestycyjne oprócz wsparcia zapewnionego w ramach aukcji.

Aukcja będzie korzystać z platformy elektronicznej dostępnej pod adresem <https://ipa.ure.gov.pl/logowanie>. W okresie od 24 maja do 12 sierpnia 2016 roku strona internetowa przeprowadziła trzy sesje testowe na platformie elektronicznej aukcji. Miała ona oferować podmiotom wytwarzającym energię elektryczną ze źródeł odnawialnych możliwość zapoznania się z zasadami funkcjonowania aukcji (Urząd Regulacji Energetyki, 2016).

W istocie aukcja odbyła się tuż przed końcem 2016 r., w dniu 30 grudnia. Zakończona aukcja obejmowała trzy koszyki dla elektrowni o mocy mniejszej niż 1 MW. Beneficjentami aukcji było 140 projektów, głównie biogazowni, ale także małe elektrownie wodne, i łącznie 84 projektów z udziałem energii słonecznej oraz kilka generatorów wiatrowych. Średnia cena (po odjęciu dotacji) dla nowych elektrowni fotowoltaicznych wynosiła 353,78 PLN/MWh. Cena przekroczyła ceny na ostatnich aukcjach w Niemczech, jednakże podatki, koszty finansowe i technologiczne przedsiębiorstwa również były wyższe. Według Prezesa Instytutu Energii Odnawialnej poprzedni system zielonych certyfikatów charakteryzował się niższymi kosztami administracyjnymi w porównaniu z aukcją i mógł, po kilku udoskonaleniach, dostarczać mniej kosztowną energię bez tworzenia struktury biurokratycznej. Zaniebdania rządu opóźniły aukcję i wystawiły na ryzyko Skarb Państwa oraz inwestorów. W niestabilnym otoczeniu politycznym i instytucjonalnym największym wyzwaniem stojącym przed inwestorami jest to, że system wsparcia publicznego nie posiada prostego mechanizmu powiadamiania; dotacje są zazwyczaj używane na etapie inwestycji (Wiśniewski, 2017).

Kolejne aukcje odbyły się w dniach 29-30 czerwca 2017 roku. Uczestnicy aukcji po raz pierwszy mieli możliwość wytwarzać energię elektryczną ze źródeł odnawialnych przy użyciu urządzeń o mocy mniejszej niż 1 MW. Zwycięzcy aukcji to 352 oferty 236 producentów ze średnią ceną energii 296,94 PLN/MWh (gramwzielone.pl, 2017). W odpowiedzi na wynik tych aukcji Ministerstwo Energii zaczęło wspierać elektrownie fotowoltaiczne o mocy do 1 MW, oferując kontrakt na 0,3-0,4 TWh rocznie w okresie 2016-2017, z długoterminowym celem 10 TWh rocznie. W przypadku instalacji o mocy nie większej niż 1 MW rozważane są plany dodania 800 MW do mocy sieci.

Mniej niż połowa tych instalacji wygrała na aukcjach tworzących możliwości ekspansji. Dodatkowo, od 4 maja 2015 r. podpisano lub zatwierdzono kontrakty dla instalacji fotowoltaicznych o mocy 1,2 GW. Jednakże podczas aukcji projekty fotowoltaiczne konkurują z projektami elektrowni wiatrowych, ale przy odpowiednim planowaniu projekty można zaklasyfikować jako elektrownie o mocy mniejszej niż 1 MW. Instalacje fotowoltaiczne szybko się rozwijają, mają minimalny wpływ na środowisko i nie wywołują protestów publicznych (Schnell, 2018).

Pod koniec 2017 r. Ministerstwo Energii zaproponowało cenę referencyjną dla aukcji planowanych na rok 2018. Cena referencyjna ustanowiła pułap sprzedaży

energii z różnych źródeł odnawialnych w ofertach przedstawionych w 2018 roku. Proponowana cena referencyjna dla aukcji 2018 różniła się od cen w 2016 i 2017 roku. Cena została zwiększona w przypadku energii wytwarzanej przez biogazownie, ale obniżona w przypadku elektrowni fotowoltaicznych. Dla elektrowni fotowoltaicznych o mocy do 1 MW proponowana cena za energię elektryczną wynosiła 420 PLN/MWh w porównaniu z 450 PLN/MWh w roku 2017, co stanowiło spadek o 7%. Cena w 2016 r. wynosiła 465 PLN/MWh. Proponowana cena referencyjna dla elektrowni fotowoltaicznych o mocy przekraczającej 1 MW wynosiła 400 PLN/MWh, o 6% mniej niż 425 PLN/MWh w 2017 roku i znacznie mniej niż 445 PLN/MWh w roku 2016 (Schnell, 2018).

Na początku marca 2018 roku rząd przyjął projekt ustawy zmieniający przepisy dotyczące energii odnawialnej i powiązane ustawy. Propozycja zmienia mechanizm aukcji wspierający odnawialne źródła energii. Dotychczasowe siedem klas projektów w zakresie energii odnawialnej należy zastąpić pięcioma (w drodze likwidacji „termicznego oczyszczania odpadów stałych” i „klastrow energetycznych” oraz stworzenia „instalacji hybrydowych”). Proponowana ustawa umożliwiłaby elektroniczne składanie ofert za pomocą platformy usług publicznych ePUAP, jak również w formie papierowej (Chojnacki, 2018).

Ekspertcy utrzymują, że aukcja wciąż może odbyć się w trzecim, a najpóźniej w czwartym kwartale 2018 r. Takie ramy czasowe umożliwią niektórym inwestorom zakończenie swoich projektów i podłączenie ich do sieci w 2019 r., wytwarzając jednocześnie energię przez cały rok. Mogłoby to pomóc w realizacji celu zleconego przez Komisję Europejską z terminem na rok 2020. Projekty, które mogłyby zostać zakończone stosunkowo szybko, obejmują małe elektrownie fotowoltaiczne i kilka gotowych instalacji wiatrowych oczekujących na podłączenie. Proponowana ustawa tworzy największą klasę „wiatr na lądzie, fotowoltaika” w zmienionym systemie wsparcia, która miałaby zastosowanie do mocy 1,870 MW, w tym 870 MW z elektrowni fotowoltaicznych (Chojnacki, 2018).

Ważną kwestią interesującą inwestorów, zaproponowaną w nowej ustawie, jest skrócenie okresu inwestycyjnego do 18 miesięcy (wcześniej 24 miesiące). Kolejna to finansowanie inwestycji, które zależy od decyzji banku o podjęciu ryzyka i udzieleniu kredytu na instalację energii odnawialnej w ramach systemu aukcji lub – biorąc pod uwagę przeszłe niepowodzenia z wiatrakami – odmówieniu udzielenia kredytu (Chojnacki, 2018). Niektórzy eksperci wyrazili opinię, że kontrakty o podłączenie do sieci zawarte przed 4 maja 2015 r. powinny zostać przedłużone, włączając w to instalacje fotowoltaiczne, jeżeli projekty wygrają aukcję przed 4 maja 2019 r. (Schnell, 2018).

Ostatnio, w dniu 29 czerwca 2018 r., projekt ustawy o zmianie przepisów dotyczących odnawialnych źródeł energii i powiązanych dokumentów został podpisany jako ustawa. Szczegółowe przepisy zostaną wydane przez Ministerstwo Energii, w tym spełnienie zobowiązań międzynarodowych. Zmiany przepisów zapewniają pełną zgodność ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o energii odnawialnej i przepisów regulujących dotacje publiczne. Wymóg ten wynikał z obowiązków względem Komisji Europejskiej i przepisów UE. Nowa ustawa modyfikuje klasyfikację

projektów w systemie aukcji poprzez uwzględnienie szczególnej konkurencyjności różnych odnawialnych źródeł energii. Celem było zwiększenie konkurencyjności ofert złożonych do aukcji obniżających koszty programu wsparcia (odnawialneźrodlaenergii.pl, 2018).

Wyniki gospodarcze elektrowni fotowoltaicznej w Jadownikach, Polska w ramach scenariuszy alternatywnych

Elektrownia fotowoltaiczna, która służy jako podstawa analizy w niniejszym opracowaniu, znajduje się w Jadownikach, województwo małopolskie, w południowo-wschodniej Polsce. Łączna powierzchnia elektrowni wynosi 3 ha i działa ona od lipca 2015 r. Wykorzystuje 4000 monokrystalicznych paneli fotowoltaicznych, każdy o mocy 260 W. Panele zamontowane są na jednoosiowych trackerach, które podążają za ruchem słońca za pomocą silnika na prąd stały (Tudorache i Kreindler, 2010). Jest to pierwsza w Polsce elektrownia fotowoltaiczna z panelami zamontowanymi na trackerach (gramwzielone.pl, 2015a). Cała wytwarzana energia przesyłana jest do konwertera napięcia, a transformator podłączony jest do sieci zewnętrznej. Przewidywane wytwarzanie energii elektrycznej stosowane w przedstawionych scenariuszach to wytwarzanie stosowane przez inwestorów w elektrowni Jadowniki. Ponadto koszty operacyjne w tym badaniu bazują na rzeczywistych kosztach operacyjnych zaobserwowanych w początkowym okresie funkcjonowania elektrowni.

Rentowność gospodarcza farmy fotowoltaicznej

Długoterminowa rentowność gospodarcza farmy słonecznej zależy od jej trwałej opłacalności. Wśród kluczowych czynników stosowanych w tym badaniu w celu określenia zwrotu z inwestycji znajduje się kwota zainwestowanych środków finansowych oraz koszty operacyjne farmy fotowoltaicznej. W tego rodzaju energii odnawialnej ważne są regulacje odzwierciedlone w możliwości uzyskania wsparcia finansowego i jego kwoty w odniesieniu do środków własnych inwestora (Laudyn, 1999). Odsetki od kredytu i warunki kredytowe, jak również kwota dotacji są pomocne w ocenie zdolności farmy fotowoltaicznej do generowania zwrotów (Rogowski, 2008; O'Brien, 2008). Kapitał własny i przewidywany zwrot z całego zainwestowanego kapitału uważane są za wstępne nakłady inwestycyjne (Rogowski, 2008; O'Brien, 2008).

Koszty. Koszty to nakłady finansowe wynikające z podjęcia określonej działalności i wpływające na zwrot z inwestycji. Koszty operacyjne związane są z wytwarzaniem energii z paneli fotowoltaicznych. W przypadku elektrowni fotowoltaicznej największy udział kosztów wiąże się z inwestycją początkową (Laudyn, 1999). Cztery kategorie wydatków obejmują przygotowanie projektu, niezbędne licencje i zezwolenia, zakup odpowiedniego gruntu oraz wnioski o kredyt (jeśli to konieczne). Inny rodzaj wydatków związany jest z urządzeniami niezbędnymi do instalacji i obsługi paneli. Koszty transportu i instalacja to oddzielna kategoria kosztów. Wreszcie, istnieją koszty związane z integracją elektrowni fotowoltaicznej z siecią elektryczną.

Przychody. Główne źródło przychodów elektrowni fotowoltaicznych to sprzedaż wytwarzanej energii. W Polsce elektrownie fotowoltaiczne, które rozpoczęły funk-

cjonowanie przed 1 lipca 2016 r. uzyskują przychody ze sprzedaży energii i zielonych certyfikatów. Elektrownie fotowoltaiczne, które działają od 1 lipca 2016 r., generują przychody ze sprzedaży energii po cenach gwarantowanych przez pierwsze 15 lat eksploatacji elektrowni. Oferowana cena nie może przekroczyć ceny referencyjnej dla danego źródła energii podanej przez Ministerstwo Gospodarki.

Elektrownie fotowoltaiczne, które rozpoczęły wytwarzanie energii po 1 lipca 2016 roku mogą również otrzymać wsparcie w ramach mechanizmu aukcji. Oczekiwany system otwierania aukcji miał miejsce pod koniec roku 2016. Alternatywnie inwestor lub operator elektrowni fotowoltaicznej, który nie uczestniczy w aukcji (lub którego oferta jest zbyt wysoka, przyjmując funkcje aukcji), może sprzedawać energię nabywcy wyznaczonemu przez rząd. Ten ostatni jest zobowiązany do zakupu całości wytworzonej energii (Ligus, 2009).

Finansowanie. Drury (1998) wymienia trzy źródła finansowania w przypadku elektrowni fotowoltaicznej: kapitał inwestycyjny, dotacje i kredyty. W przypadku elektrowni fotowoltaicznej rozpatrywanej w niniejszym badaniu dotacja stanowiła 60% finansowania, a saldo zostało uzupełnione kredytem bankowym. Dodatkowy koszt stanowił zakup niezbędnych gruntów o szacunkowej wartości 150 000 PLN (ok. 35 800 EUR) (zob. tab. 1).

Wskaźniki opłacalności. Wskaźniki efektywności i opłacalności obejmują miary zastosowane w początkowej ocenie inwestycji. Niniejsze badanie stosuje miary, które uwzględniają przychody i wydatki na przestrzeni czasu. Wartość bieżąca netto (NPV) to zdyskontowana wartość od momentu początkowej inwestycji, koszty operacyjne przez okres trwania inwestycji oraz przychody (Rogowski, 2008; Drury, 1998). Standardowe równanie:

$$NPV = -N_0 + \frac{NCF_1}{(1+d)} + \frac{NCF_2}{(1+d)^2} + \dots + \frac{NCF_n}{(1+d)^n} = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+d)^t} - N_0 \quad (1)$$

gdzie:

N_0 – początkowa kwota inwestycji,

NCF_t – strumień transferów netto w okresie t ,

d – stopa dyskontowa,

n – liczba lat w analizowanym okresie (Marcinek, 2002).

Inwestycja jest opłacalna, jeśli $NPV \geq 0$ i każda taka inwestycja może zostać uznana za wartą wysiłku i ryzyka. Przyjęta stopa dyskontowa określa NPV. Stopa dyskontowa może być równa stopie procentowej kredytu długoterminowego (Czerska, 2002) lub odpowiadać prawie wolnej od ryzyka inwestycji, takiej jak krótkoterminowe rządowe instrumenty dłużne.

Inną miarą jest wewnętrzna stopa zwrotu (IRR). IRR to stopa dyskontowa z NPV równą zero. Inwestycja jest uważana za opłacalną, jeśli stopa dyskontowa jest niższa od IRR. W konsekwencji, im wyższa IRR w odniesieniu do stopy dyskontowej, tym bardziej opłacalna jest inwestycja (Rogowski, 2008; Sawicki, 1998). Równanie jest następujące:

$$\sum_{t=0}^n \frac{NCF_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (2)$$

Alternatywne scenariusze funkcjonowania farmy fotowoltaicznej

Opracowano pięć scenariuszy uwzględniających elektrownie fotowoltaiczne zbudowane i funkcjonujące przed i po 1 lipca 2016 r. Scenariusze odzwierciedlają różnice w systemach dotacji. Scenariusze I i II stosuje się do elektrowni funkcjonujących przed 2016 r. i kwalifikujących się do dotowania poprzez stosowanie zielonych certyfikatów. Scenariusze III i IV odnoszą się do obowiązujących przepisów i nowego systemu wsparcia opartego na mechanizmie aukcji. Scenariusz V to czysto komercyjne przedsięwzięcie generujące przychody wyłącznie ze sprzedaży energii elektrycznej bez uzyskania wsparcia. Tabela 2 przedstawia cechy dotyczące każdego z pięciu scenariuszy odzwierciedlających rzeczywiste warunki elektrowni fotowoltaicznej w Jadownikach (na przykład kwota kredytu i odsetki) oraz założenia dotyczące przyszłych warunków (np. dynamika wzrostu kosztów operacyjnych).

Wiele wartości początkowych stosowanych do obliczania zwrotu z inwestycji w elektrownię fotowoltaiczną jest identycznych w przypadku wszystkich rozważanych scenariuszy (tab. 2). Horyzont czasowy inwestycji odpowiada niższemu zakresowi przewidywanego cyklu życia panelu fotowoltaicznego (25 lat). Roczna ilość wytwarzanej energii odzwierciedla średnie warunki promieniowania słonecznego dla ogólnej lokalizacji elektrowni fotowoltaicznej Jadowniki w województwie małopolskim w południowo-wschodniej Polsce. Przewidywane ceny energii elektrycznej zostały wygenerowane przez Ministerstwo Energii. Roczne koszty operacyjne bazują na rzeczywistych wynikach elektrowni fotowoltaicznej Jadowniki po pierwszych miesiącach funkcjonowania i zakłada się, że będą wzrastać o 2% rocznie. Wszystkie scenariusze zakładają roczną stopę oprocentowania 3,5% dla kredytu na 10 lat w wysokości 3 510 804,93 PLN (837 901 EUR). Wszystkie wartości pieniężne wyrażone w PLN zostały przeliczone na EUR według średniego kursu walutowego podanego przez Narodowy Bank Polski w dniu 1 lipca 2015 roku (NBP, 2016). Ogólnie rzecz biorąc, koszty całkowite nie są zbyt rozbieżne w różnych scenariuszach (tab. 2).

Scenariusze I i II

Zakładana cena zielonego certyfikatu w scenariuszu I to 120 PLN (28,64 EUR) przez cały czas trwania okresu wsparcia. W scenariuszu tym zakłada się również dotację z programu Unii Europejskiej w wysokości 60% kosztów inwestycji lub 4 172 229,08 PLN (995 758,70 EUR). Inwestor zapewnia działkę o powierzchni 3 ha wycenianą na 150 000 PLN. Scenariusz II różni się od scenariusza I pod względem zakładanej ceny zielonych certyfikatów (tab. 3). Cena wynosi 149 PLN (35,56 EUR) i odpowiada średniej cenie zielonych certyfikatów w ciągu dwóch lat poprzedzających nowe przepisy (obowiązuje od 1 lipca 2016 r.).

Zwroty netto są różne, zwłaszcza gdy kredyt spłacany jest pod koniec dziesiątego roku funkcjonowania elektrowni (tab. 3). Ale nawet wcześniej ujemny przepływ netto w ramach scenariusza II jest znacznie mniejszy, co ułatwia zarządzanie całą elektrownią. Obydwa scenariusze generują dodatnie NPV i IRR. Jednakże w przypadku scenariusza II IRR wynosi 11,04%, prawie dwa razy więcej niż IRR wygenerowana w scenariuszu I (6,94%). Mimo to oczekuje się, że elektrownia fotowoltaiczna, która rozpoczęła funkcjonowanie przed 1 lipca 2016 r., będzie rentowna gospodarczo.

Tabela 2

Ilość wytworzonej energii, oczekiwane ceny energii, roczne koszty operacyjne, harmonogram spłaty kredytu i całkowite koszty zastosowane w alternatywnych scenariuszach w celu obliczenia zwrotów dla elektrowni fotowoltaicznej Jadowniki w Polsce na okres 2016-2040

Rok	Wytworzona energia, w MWh	Cena energii za 1 MWh	Koszty operacyjne	Rata kredytu	Koszty operacyjne i rata kredytu
2016	1 359,8	41,21	25 761,52	99 374,87	125 136,39
2017	1 350,3	43,62	26 276,75	99 374,87	125 651,62
2018	1 340,9	45,94	26 802,28	99 374,87	126 177,15
2019	1 331,5	48,33	27 338,33	99 374,87	126 713,20
2020	1 322,1	51,12	27 885,09	99 374,87	127 259,97
2021	1 312,9	53,69	28 442,79	99 374,87	127 817,67
2022	1 303,7	54,66	29 011,65	99 374,87	128 386,52
2023	1 294,6	55,27	29 591,88	99 374,87	128 966,76
2024	1 285,5	55,80	30 183,72	99 374,87	129 558,59
2025	1 276,5	56,25	30 787,40	99 374,87	130 162,27
2026	1 267,6	56,49	31 403,14	-	31 403,14
2027	1 258,7	58,00	32 031,21	-	32 031,21
2028	1 249,9	59,03	32 671,83	-	32 671,83
2029	1 241,1	59,08	33 325,27	-	33 325,27
2030	1 232,5	58,95	33 991,77	-	33 991,77
2031	1 223,8	59,51	34 671,61	-	34 671,61
2032	1 215,3	60,08	35 365,04	-	35 365,04
2033	1 206,8	60,65	36 072,34	-	36 072,34
2034	1 198,3	61,22	36 793,79	-	36 793,79
2035	1 189,9	61,80	37 529,66	-	37 529,66
2036	1 181,6	62,39	38 280,26	-	38 280,26
2037	1 173,3	62,98	39 045,86	-	39 045,86
2038	1 165,1	63,58	39 826,78	-	39 826,78
2039	1 157,0	64,18	40 623,31	-	40 623,31
2040	1 148,9	64,79	41 435,78	-	41 435,78
Razem	31 287,5	-	825 149,05	993 748,73	1 818 897,78

Źródło: jak do tab. 1.

Scenariusze III, IV i V

Trzy scenariusze odzwierciedlają nowe przepisy i traktują aukcję jako mechanizm określający kwotę dotacji dla elektrowni fotowoltaicznej. Scenariusz III zakłada cenę aukcyjną wynoszącą 381 PLN (90,93 EUR) za 1 MWh (tab. 4), która wynika ze zwiększonych ograniczeń w zakresie energii odnawialnej uchwalonych w dniu 20 lutego 2015 r. (art. 39) (Ustawa, 2015). Poziom cen odpowiada średniej cenie w odniesieniu do ceny referencyjnej na rynku niemieckim (gramwzielone.pl, 2015b), gdzie ta pierwsza po początkowej serii aukcji wyniosła 82%. Zgodnie z przepisami najwyższa dotacja, przy cenie 381 PLN za 1 MWh, wynosi 1 632 304,83 PLN (389 571,6 EUR). W tym scenariuszu inwestor musi zapewnić 2 689 924,25 PLN (641 986,7 EUR).

Kwota dotacji została obliczona jako różnica między wartością całkowitej energii wytworzonej w okresie 15 lat (tj. w okresie, w którym realizowana jest dotacja) z wykorzystaniem ceny referencyjnej a kwotą dotacji przy założeniu, że cena jest ustalana podczas aukcji (tj. 381 PLN). Konkretnie: (cena referencyjna x ilość energii wytworzona w okresie 15 lat) – (średnia cena energii elektrycznej ogłoszona przez rządową agencję energetyczną x ilość energii wytworzona w okresie 15 lat) lub $(465 \text{ PLN} \times 19\,427,57 \text{ MWh}) - (172,75 \text{ PLN} \times 19\,427,57 \text{ MWh}) = 5\,677\,707,33 \text{ PLN}$ (1 355 061 EUR); oraz (cena ustalona podczas aukcji x ilość energii wytworzona w okresie 15 lat) – (średnia cena energii elektrycznej ogłoszona przez rządową agencję energetyczną x ilość energii wytworzona w okresie 15 lat) lub $(465 \text{ PLN} \times 19\,427,57 \text{ MWh}) - (172,75 \text{ PLN} \times 19\,427,57 \text{ MWh}) = 5\,677\,707,33 \text{ PLN}$ $(381 \text{ PLN} \times 19\,427,57 \text{ MWh}) - (172,75 \text{ PLN} \times 19\,427,57 \text{ MWh}) = 4\,045\,791,45 \text{ PLN}$ (965 582,7 EUR). Maksymalna dotowana kwota wynosi 1 631 915,88 PLN (389 478,7 EUR), a kwota ta obniża koszty i wpływa na zwrot w scenariuszu III. Zwrot jest w dużym stopniu zależny od ceny aukcyjnej. W ramach tego scenariusza NPV jest ujemna, -556 567,55 PLN (-132 832,4 EUR), a IRR wynosi 1,34%. Prognozy nie przyciągną inwestorów, biorąc pod uwagę nowy mechanizm wsparcia wprowadzony po 1 lipca 2016 r. przy zakładanej cenie aukcyjnej.

Scenariusz IV zakłada cenę aukcyjną na maksymalnym poziomie dozwolonym przez ustawę o odnawialnych źródłach energii (Ustawa, 2015). Cena wynosi 465 PLN (110,92 EUR) za 1 MWh (Ustawa, 2015) i jest równa cenie referencyjnej (gramwzielone.pl, 2015b). W tych okolicznościach elektrownia fotowoltaiczna nie jest w stanie uzyskać dotacji. Inwestor musi zapewnić środki w wysokości 4 322 229,08 PLN (1 031 558 EUR). Scenariusz ten generuje ujemną wartość NPV i IRR odpowiednio w wysokości: -2 027 888,85 PLN (-483 983 EUR) i -1,20%.

Scenariusz V zakłada dotację w wysokości 60% szacowanego kosztu inwestycji ze środków dostarczonych w ramach programu UE, ale inwestor jest wykluczony z udziału w aukcji (tab. 5). Przychody uzyskiwane są wyłącznie ze sprzedaży energii elektrycznej nabywcy wyznaczonemu przez rząd (nabywca jest spółką wymienioną w ustawie). Wśród wszystkich rozważanych sytuacji scenariusz V jest najmniej atrakcyjny i generuje znaczną stratę dla inwestora. IRR wynosi -2,76%, a NPV to strata w wysokości 298 275,40 PLN (71 148,39 EUR).

Tabela 3

Cena zielonego certyfikatu, cena za 1 MWh, przychody i przepływ netto dla scenariuszy I i II

Rok	Scenariusz I				Scenariusz II			
	Cena zielonego certyfikatu	Cena sprzedaży energii za 1 MWh	Przychód	Przepływ netto	Cena zielonego certyfikatu	Cena sprzedaży energii za 1 MWh	Przychód	Przepływ netto
2016	28,62	69,83	94 957,03	-30 179,35	35,53	76,74	104 350,02	-20 786,37
2017	28,62	72,25	97 557,01	-28 094,61	35,53	79,16	106 884,24	-18 767,38
2018	28,62	74,57	99 982,47	-26 194,69	35,53	81,47	109 244,41	-16 932,74
2019	28,62	76,96	102 464,19	-24 249,01	35,53	83,86	111 661,30	-15 051,90
2020	28,62	79,74	105 430,56	-21 829,40	35,53	86,65	114 563,29	-12 696,67
2021	28,62	82,32	108 071,75	-19 745,92	35,53	89,22	117 140,55	-10 677,12
2022	28,62	83,29	108 582,82	-19 803,71	35,53	90,20	117 588,14	-10 798,38
2023	28,62	83,89	108 607,25	-20 359,51	35,53	90,80	117 549,53	-11 417,22
2024	28,62	84,42	108 527,10	-21 031,49	35,53	91,33	117 406,79	-12 151,80
2025	28,62	84,88	108 344,24	-21 818,03	35,53	91,78	117 161,77	-13 000,50
2026	28,62	85,11	107 883,26	61 948,89	35,53	92,02	116 639,06	69 041,10
2027	28,62	86,62	109 033,03	62 371,47	35,53	93,53	117 727,54	69 414,03
2028	28,62	87,66	109 560,87	62 280,12	35,53	94,56	118 194,53	69 273,38
2029	28,62	87,70	108 852,32	61 176,92	35,53	94,61	117 425,54	68 121,23
2030	28,62	87,58	107 935,31	59 894,27	35,53	94,48	116 448,52	66 789,97
2031	-	59,51	72 833,73	30 911,32	-	59,51	72 833,73	30 911,32
2032	-	60,08	73 010,33	30 492,69	-	60,08	73 010,33	30 492,69
2033	-	60,65	73 187,36	30 063,17	-	60,65	73 187,36	30 063,17
2034	-	61,22	73 364,82	29 622,54	-	61,22	73 364,82	29 622,54
2035	-	61,80	73 542,71	29 170,57	-	61,80	73 542,71	29 170,57
2036	-	62,39	73 721,03	28 707,03	-	62,39	73 721,03	28 707,03
2037	-	62,98	73 899,79	28 231,68	-	62,98	73 899,79	28 231,68
2038	-	63,58	74 078,98	27 744,28	-	63,58	74 078,98	27 744,28
2039	-	64,18	74 258,60	27 244,58	-	64,18	74 258,60	27 244,58
2040	-	64,79	74 438,65	26 732,33	-	64,79	74 438,65	26 732,33
Razem	-	-	9 735 045,50	1 523 004,42	-	-	10 297 635,68	2 051 207,78

Źródło: jak do tab. 1.

Tabela 4

Cena aukcyjna, cena za 1 MWh, przychody i przepływ netto dla scenariuszy III i IV

Rok	Scenariusz III				Scenariusz IV			
	Cena aukcyjna	Cena sprzedaży energii za 1 MWh	Przychód	Przepływ netto	Cena aukcyjna	Cena sprzedaży energii za 1 MWh	Przychód	Przepływ netto
2016	90,88	90,88	123 575,51	-1 560,88	110,92	110,92	150 828,42	20 810,55
2017	90,88	90,88	122 710,48	-2 941,14	110,92	110,92	149 772,62	19 538,01
2018	90,88	90,88	121 851,51	-4 325,64	110,92	110,92	148 724,22	18 263,12
2019	90,88	90,88	120 998,55	-5 714,65	110,92	110,92	147 683,15	16 985,66
2020	90,88	90,88	120 151,56	-7 108,41	110,92	110,92	146 649,36	15 705,41
2021	90,88	90,88	119 310,50	-8 507,17	110,92	110,92	145 622,82	14 422,17
2022	90,88	90,88	118 475,32	-9 911,20	110,92	110,92	144 603,46	13 135,72
2023	90,88	90,88	117 646,00	-11 320,76	110,92	110,92	143 591,23	11 845,83
2024	90,88	90,88	116 822,48	-12 736,12	110,92	110,92	142 586,10	10 552,28
2025	90,88	90,88	116 004,72	-14 157,55	110,92	110,92	141 587,99	9 254,84
2026	90,88	90,88	115 192,68	67 869,53	110,92	110,92	140 596,88	88 446,92
2027	90,88	90,88	114 386,34	66 707,66	110,92	110,92	139 612,70	87 141,01
2028	90,88	90,88	113 585,63	65 540,18	110,92	110,92	138 635,41	85 830,50
2029	90,88	90,88	112 790,53	64 366,86	110,92	110,92	137 664,96	84 515,15
2030	90,88	90,88	112 001,00	63 187,47	110,92	110,92	136 701,31	83 194,72
2031	-	59,51	72 833,73	30 911,32	-	59,51	72 833,73	30 911,32
2032	-	60,08	73 010,33	30 492,69	-	60,08	73 010,33	30 492,69
2033	-	60,65	73 187,36	30 063,17	-	60,65	73 187,36	30 063,17
2034	-	61,22	73 364,82	29 622,54	-	61,22	73 364,82	29 622,54
2035	-	61,80	73 542,71	29 170,57	-	61,80	73 542,71	29 170,57
2036	-	62,39	73 721,03	28 707,03	-	62,39	73 721,03	28 707,03
2037	-	62,98	73 899,79	28 231,68	-	62,98	73 899,79	28 231,68
2038	-	63,58	74 078,98	27 744,28	-	63,58	74 078,98	27 744,28
2039	-	64,18	74 258,60	27 244,58	-	64,18	74 258,60	27 244,58
2040	-	64,79	74 438,65	26 732,33	-	64,79	74 438,65	26 732,33
Razem	-	-	10 488 458,88	2 256 750,19	-	-	12 120 763,71	3 641 272,82

Źródło: jak do tab. 1.

Tabela 5

Cena sprzedaży energii, przychód i przepływ netto dla scenariusza V

Rok	Scenariusz V		
	Cena sprzedaży energii za 1 MWh	Przychód	Przepływ netto
2016	41,21	56 033,57	69 102,82
2017	43,62	58 906,01	66 745,61
2018	45,94	61 602,02	64 575,13
2019	48,33	64 352,41	62 360,79
2020	51,12	67 585,56	59 674,40
2021	53,69	70 491,66	57 326,00
2022	54,66	71 265,80	57 120,73
2023	55,27	71 551,45	57 415,31
2024	55,80	71 730,69	57 827,91
2025	56,25	71 805,40	58 356,87
2026	56,49	71 600,19	32 559,61
2027	58,00	73 003,94	33 187,92
2028	59,03	73 783,99	33 300,85
2029	59,08	73 325,88	32 400,50
2030	58,95	72 657,56	31 319,29
2031	59,51	72 833,73	30 911,32
2032	60,08	73 010,33	30 492,69
2033	60,65	73 187,36	30 063,17
2034	61,22	73 364,82	29 622,54
2035	61,80	73 542,71	29 170,57
2036	62,39	73 721,03	28 707,03
2037	62,98	73 899,79	28 231,68
2038	63,58	74 078,98	27 744,28
2039	64,18	74 258,60	27 244,58
2040	64,79	74 438,65	26 732,33
Razem	-	7 403 736,53	665 809,47

Źródło: jak do tab. 1.

Wnioski

Badanie wykorzystuje istniejącą elektrownię fotowoltaiczną w Jadownikach, województwo małopolskie, jako podstawę analizy zwrotów z inwestycji, a nie analizy hipotetycznej lokalizacji. Zarząd elektrowni fotowoltaicznej udostępnił informacje finansowe i wyniki techniczne, dzięki którym przeprowadzono badanie możliwych pięciu scenariuszy. Zmienne zwroty zapewniają pomiar rentowno-

ści gospodarczej inwestowania w elektrownie fotowoltaiczne i pośrednio rzucają światło na potencjalną rolę energii słonecznej w wytwarzaniu energii elektrycznej w Polsce oraz obowiązek dotyczący udziału energii odnawialnej w całkowitym zużyciu energii do roku 2020.

Scenariusze stanowią pięć sytuacji, w których elektrownie fotowoltaiczne funkcjonujące przed 1 lipca 2016 r. podlegają systemowi wsparcia opartemu na zielonych certyfikatach. Natomiast te, które rozpoczęły funkcjonowanie po 1 lipca 2016 roku, mogą uzyskać wsparcie poprzez aukcje organizowane przez Urząd Regulacji Energetyki. Dwa scenariusze inwestycyjne wykorzystujące zielone certyfikaty jako formę wsparcia dla wytwarzania energii odnawialnej wskazują istotne zwroty w zakładanych warunkach. Scenariusze te kontrastują z dwoma scenariuszami wykorzystującymi mechanizm aukcji jako źródło generowania wsparcia dla inwestora w elektrownię fotowoltaiczną. W ramach ustalonej podczas aukcji ceny energii elektrycznej zwroty są niezadowalające, a inwestycja prowadzi do strat. Podobnie, elektrownia fotowoltaiczna funkcjonująca bez żadnego wsparcia to projekt gospodarczo niewykonalny w warunkach rozważanych w analizie.

Badanie wykorzystujące informacje z elektrowni fotowoltaicznej Jadowniki ilustruje, w jaki sposób zmiana systemu regulacyjnego może radykalnie zmienić inwestycje w wykorzystanie energii odnawialnej. Niestabilne przepisy stwarzają niepewność i zmuszają inwestorów do ponownego przemyślenia projektów, które można ukończyć nawet relatywnie szybko, ale które będą funkcjonować przez dłuższy czas. Najnowsze zmiany przepisów regulujących wykorzystanie energii odnawialnej dalej ilustrują trwającą niestabilność w sektorze energii odnawialnej. Chociaż przepisy uległy zmianie, badanie to stanowi punkt odniesienia, względem którego przyszli inwestorzy mogą dokonać przeglądu swoich planów, stosując alternatywne założenia podyktowane nowymi warunkami.

Zniechęcanie do inwestycji w duże komercyjne elektrownie fotowoltaiczne poprzez zmianę zwrotów inwestycji sugeruje polityczne przejście z energii słonecznej na inne odnawialne źródła energii, ponieważ zlecony przez KE udział odnawialnych źródeł energii w całkowitym wytwarzaniu energii pozostaje bez zmian. Zmiana systemu regulacyjnego w 2017 r. wydaje się sprzyjać mikroinstalacjom, umożliwiając gospodarstwom domowym inwestowanie w urządzenia fotowoltaiczne i podłączenie do sieci. Takie instalacje, których nie obejmowało niniejsze badanie, otrzymują wsparcie w ramach obecnie przydzielonych przez UE środków i mogą stanowić przedmiot przyszłych badań analizujących ich rentowność gospodarczą.

Podziękowania

Autorzy wyrażają swoje podziękowania dla Laury Alfonso, Kevina Cooka, Wojciecha J. Florkowskiego i Amandy Hollar za pomoc w przygotowaniu niniejszego opracowania oraz krytyczne komentarze.

Literatura

- Anderson, E., Dohan, C., Sikora, A., Bitar, S.J., McNeill, J.A. (2003). *Solar Panel Peak Power Tracking System*. Bachelor of Science Thesis. Worcester Polytechnic Institute.
- Brick, K., Visser, M. (2009). *Green certificate trading*. University of Cape Town. G:Enesis. EPRU. Energy Research Centre.
- Chandel, M., Agrawal, G.D., Mathur, S., Mathur, A. (2014). Techno-economic analysis of solar photovoltaic power plant for garment zone of Jaipur city. *Case Study in Thermal Engineering*, nr 2, s. 1-7.
- Chochowski, A. (2008a). Energetyka słoneczna. W: A. Chochowski, F. Krawiec (red.) *Zarządzanie w energetyce: koncepcje, zasoby, strategie, struktury, procesy i technologie energetyki odnawialnej* (s. 267-292). Difin.
- Chochowski, A. (2008b). Energetyka wiatrowa. W: A. Chochowski, F. Krawiec (red.), *Zarządzanie w energetyce: koncepcje, zasoby, strategie, struktury, procesy i technologie energetyki odnawialnej*. (s. 255-266). Difin.
- Chojnacki, I. (2018). *Aukcje OZE. System ma szansę wreszcie zacząć działać*. Pobrane z: https://energetyka.wnp.pl/aukcje-oze-system-ma-szanse-wreszcie-zaczac-dzialac,319882_1_0_0.html (data dostępu: 09.07.2018).
- cire.pl (2017). *Ceny referencyjne w aukcjach na 2018 r. według Ministerstwa Energii*. Pobrane z: www.cire.pl/item,155211,1,0,0,0,0,ceny-referencyjne-w-aukcjach-na-2018-r-wedlug-ministerstwa-energii.html (data dostępu: 09.07.2018).
- creconsulting.pl (2016). Pobrane z: www.cre-consulting.pl/sekcjainformacji/2_informacje-z-rynku/informacja/392_oxford-university--od-lat-80--panele-pv-tanieja-o-10-proc--rocznie.html, Oxford University: od lat 80. panele PV tanieją o 10 proc. Rocznie (data dostępu: 11.08.2016).
- Czerska, J. (2002). *Metody oceny efektywności projektów inwestycyjnych*. Gdańsk: Politechnika Gdańska.
- Drury, C. (1998). *Rachunek kosztów*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE, Dz.U. UE L 09.140.16. Pobrane z: <http://www.ure.gov.pl/pl/prawo/prawo-wspolnotowe/dyrektywy> (data dostępu: 10.08.2016).
- energetyka.wnp.pl (2018). *Aukcje OZE. System ma szansę wreszcie zacząć działać*. Pobrane z: https://energetyka.wnp.pl/aukcje-oze-system-ma-szanse-wreszcie-zaczac-dzialac,319882_1_0_0.html (data dostępu: 09.07.2018).
- El-Shimy, M. (2009). Viability analysis of PV power plants in Egypt. *Renewable Energy*, nr 34, s. 2187-2196.
- EurObserv'ER (2014). *The State of Renewable Energies in Europe*. Edition 2014. 14th EurObserv'ER Report. Pobrane z: <http://www.eurobserv-er.org/14th-annual-overview-barometer> (data dostępu: 11.08.2016).
- EurObserv'ER. (2015). Barometr fotowoltaiczny. Biuletyn Energii Odnawialnej Fotowoltaika. Pobrane z: <http://www.eurobserv-er.org/category/barometers-in-polish> (data dostępu: 11.08.2016).
- EurObserv'ER. (2016). Photovoltaic Barometer April. Pobrane z: www.eurobserv-er.org/category/barometer-2016 (data dostępu: 11.08.2016).
- EurObserv'ER (2017). Photovoltaic Barometer April. Pobrane z: <https://www.eurobserv-er.org/category/barometers-in-english/> (data dostępu: 11.07.2018).
- Farmer, J.D., Lafond, F. (2016). How predictable is technological progress? *Research Policy*, nr 45, s. 647-665.

- GUS (2017). *Energia ze źródeł odnawialnych w 2016 roku. Struktura pozyskania energii odnawialnej (wg źródeł) w wybranych krajach UE. Struktura produkcji energii elektrycznej z odnawialnych nośników energii w wybranych krajach UE*. Pobrane z: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-ze-zrodel-odnawialnych-w-2016-roku,3,11.html>, s. 27 i 30 (data dostępu: 11.07.2018).
- gramwzielone.pl (2015a). *W Małopolsce powstała farma fotowoltaiczna na trackerach*. Pobrane z: <http://gramwzielone.pl/energia-sloneczna/15805/w-malopolsce-powstala-farma-fotowoltaiczna-na-trackerach> (data dostępu: 11.08.2016).
- gramwzielone.pl (2015b). *Ceny w aukcji dla PV w Niemczech od 0,01 EUR/kWh*. Pobrane z: <http://gramwzielone.pl/energia-sloneczna/17782/ceny-w-aukcji-dla-pv-w-niemczech-od-001-eurkwh> (data dostępu: 11.08.2016).
- gramwzielone.pl (2015c). *Ceny referencyjne dla aukcji OZE na 2016 r.* Pobrane z: <http://gramwzielone.pl/trendy/18093/ceny-referencyjne-dla-aukcji-oze-na-2016-r> (data dostępu: 11.08.2016).
- gramwzielone.pl (2017). *URE podał wyniki aukcji dla OZE z 29-30 czerwca*. Pobrane z: <http://gramwzielone.pl/trendy/27264/ure-podal-wyniki-aukcji-dla-oze-z-29-30-czerwca> (data dostępu: 04.07.2017).
- Green Energy Poland SA. (2016). *Zielone certyfikaty mechanizm działania, cena, zasady obrotu*. Pobrane z: <http://gepsa.pl/322-2/> (data dostępu: 11.08.2016).
- Harder, E., MacDonald Gibson, J. (2011). The costs and benefits of large-scale solar photovoltaic power production in Abu Dhabi, United Arab Emirates. *Renewable Energy*, nr 36/2, s. 789-796.
- IRENA (2014). *PV prices have declined 80% since 2008*. Pobrane z: https://www.pv-magazine.com/2014/09/11/irena-pv-prices-have-declined-80-since-2008_100016383/ (data dostępu: 11.08.2016).
- Jeager-Waldau, A., Szabo, M., Scarlat N., Monforti-Ferrario, F. (2011). Renewable electricity in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, nr 15, s. 3703-3716.
- Kahl, T. (1984). *Sieci elektroenergetyczne*. Warszawa: WNT.
- Khalid, A., Junaidi, H. (2013). Study of economic viability of photovoltaic electric power for Quetta – Pakistan. *Renewable Energy* 50C, s. 253-258.
- Klepacka, A.M., Zalewska, J.I. (2016). Rozwój energetyki fotowoltaicznej w Polsce na tle UE (na przykładzie województwa mazowieckiego). *Wiś Jutra*, nr 1, s. 40-44.
- Klepacka, A.M., Buska, A. (2015). Ocena znajomości wykorzystania energii słonecznej oraz dofinansowania z budżetu rządowego rozwoju odnawialnych źródeł energii w opinii mieszkańców wybranych gmin powiatu włodawskiego. *Wiś Jutra*, nr 3, s. 9-12.
- Knyps, P. (2010). *Zasoby słoneczne w Polsce*. Pobrane z: <http://pv.pl/zasoby-sloneczne-w-polsce> (data dostępu: 11.08.2016).
- kolektorowo.pl (2016). *Czym różni się panele fotowoltaiczne od kolektorów słonecznych*. Pobrane z: <http://kolektorowo.pl/index.php/strefawiedzy/144-czym-roni-si-panele-fotowoltaiczne-od-kolektorow-sonecznych> (data dostępu: 11.08.2016).
- Laudyn, D. (1999). *Rachunek ekonomiczny w elektroenergetyce*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Ligus, M. (2009). *Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii – analiza kosztów i korzyści*. Warszawa: CeDeWu.
- Linden, N.H., van den Uyterlinde, M.A., Vrolijk, C., Nilsson, L.J., Khan, J., Ås Trand, K., Ericsson, K., Wiser, R. (2005). *Review of International Experience with Renewable Energy Obligation Support Mechanisms, ECN*. Pobrane z: <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2005/c05025.pdf> (data dostępu: 23.09.2016).

- Lorenc, H. (2005). *Atlas klimatu Polski*. Warszawa: Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.
- Magazyn Biomasa (2016). *System aukcyjny od 1 lipca 2016 roku*. Pobrane z: <http://magazyn-biomasa.pl/uruchomienie-systemu-aukcyjnego-prawdopodobnie-odroczone/> (data dostępu: 23.09.2016).
- Marcinek, K. (2002). *Finansowa ocena przedsięwzięć inwestycyjnych przedsiębiorstw*. 5. edycja. Katowice.
- Mientus, K. (2011). *Energia słońca – aspekty ekologiczne i ekonomiczne*. Pobrane z: <http://www.cire.pl/pliki/2/MientusKrzysztof.pdf> (data dostępu: 23.09.2016).
- Ministerstwo Energii (2016). *KE potwierdziła zgodność polskiego systemu wsparcia OZE z unijnym prawem pomocy publicznej*. Pobrane z: <http://www.me.gov.pl/node/26262> (data dostępu: 23.09.2016).
- Narodowy Bank Polski (NBP). (2016). Pobrane z: <http://www.nbp.pl/home.aspx?navid=archa-&c=/ascx/tabarch.ascx&n=a125z150701> (data dostępu: 23.09.2016).
- O'Brien, H. (2008). Team Sets Sight on Emerging Markets. *Windpower*, nr 10.
- Obwieszczenie Marszałka Sejmu RP z dnia 16 maja 2006 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy - Prawo energetyczne (Dz.U. 2006 r., nr 89, poz. 625). Pobrane z: <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20060890625> (data dostępu: 25.03.2018).
- odnawialneźródłaenergii.pl (2018). *Prezydent podpisał ustawę pozwalającą na efektywniejsze wykorzystanie OZE*. Pobrane z: <http://odnawialneźródłaenergii.pl/oze-aktualnosci/item/391-6-prezydent-podpisał-ustawę-pozwalającą-na-efektywniejsze-wykorzystanie-oze> (data dostępu: 09.07.2018).
- Przewodnik dla przedsiębiorcy (2016). *Centrum informacji o środowisku*. Pobrane z: http://archiwum.ekoportal.gov.pl/dla_przedsiębiorców_i_inwestorów/PoradnikDlaPrzedsiębiorców/WP_0.html (data dostępu: 10.08.2016).
- Räuber, A. (2004). *Technologie wytwarzania i własności ogniw słonecznych*. Freiburg; Warszawa: SOLTRAIN.
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21). (2016). *Renewables Global Status Report*. Pobrane z: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/105/46105561.pdf (data dostępu: 11.08.2016).
- Rogowski, W. (2008). *Rachunek efektywności inwestycji*. Kraków: WoltersKluwer.
- Rynek Praw Majątkowych (2016). *Towarowa Giełda Energii S.A.* Pobrane z: <https://www.tge.pl/fm/upload/Wszystko-o-RPM/FolderRPM.pdf> (data dostępu: 10.08.2016).
- Sawicki, K. (1998). *Podstawy rachunkowości*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Sefa, I., Demirtas, M., Colak, I. (2009). Application of one-axis tracking system. *Energy Conversion and Management*, nr 50(11), s. 2709-2718.
- Schnell, C. (2018). *System aukcyjny po notyfikacji i cel OZE*. Pobrane z: <https://wysokienapiecie.pl/7435-system-aukcyjny-po-notyfikacji-cel-oze/#dalej> (data dostępu: 09.07.2018).
- Tudorache, T., Kreindler, L. (2010). Design of a Solar Tracker System for PV Power. *Acta Polytechnica Hungarica*, t. 7, nr 1, s. 23-39.
- URE podał wyniki aukcji dla OZE z 29-30 czerwca (2017). Pobrane z: <http://gramwzielone.pl/trendy/27264/ure-podal-wyniki-aukcji-dla-oze-z-29-30-czerwca> (data dostępu: 09.07.2018).
- Urząd Regulacji Energetyki (2016). *Rusza testowa wersja Internetowej Platformy Aukcyjnej (IPA) sprzedaży energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii*. Pobrane z: <http://www.ure.gov.pl/pl/urząd/informacje-ogólne/aktualnosci/6551,Rusza-testowa-wersja-Internetowej-Platformy-Aukcyjnej-IPA-sprzedaży-energii-elek.html> (data dostępu: 11.08.2016).

- Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2015 r., poz. 478). Pobrane z: <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20150000478>; http://orka.sejm.gov.pl/proc7.nsf/ustawy/2604_u.htm (data dostępu: 25.03.2018).
- Ustawa z dnia 22 czerwca 2016 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2016 r., poz. 925). Pobrane z: <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20160000925> (data dostępu: 25.03.2018).
- Warunki nasłonecznienia Polski a kolektory.* (2017). Pobrane z: <http://www.instalacjebudowlane.pl/4011-77-12394-warunki-naslonecznienia-polski-a-kolektory.html> (data dostępu: 11.08.2016).
- Wiśniewski, G. (2017). *Pierwsza aukcja na energię z OZE i co z niej wynika.* „Odnawialny” Blog. Pobrane z: <http://odnawialnezrodlaenergii.pl/oze-aktualnosci/item/3916-prezydent-podpisal-ustawe-pozwalajaca-na-efektywniejsze-wykorzystanie-oze> (data dostępu: 09.07.2018).

RETURN ON INVESTMENT IN PV POWER PLANTS UNDER CHANGING SUPPORT REGIMES (SCHEMES)

Abstract

The production of renewable energy has been increasing in Poland in accordance with the EU mandate. Solar energy use, in particular, has been affected by regulations and the associated subsidy mechanism. The specific aim of the study was the verification of the influence exerted by renewable energy regulations on the amount of revenues and duration of the period when an investor can expect positive returns on operating a PV power plant. The analysis involved five scenarios and used financial and operational data shared by the existing PV power plant in Jadowniki, Poland. Two scenarios refer to plants operating under the support mechanism applied before July 1, 2016, while three scenarios consider plants operating under the auction system that became the support mechanism for renewable energy producers on July 1, 2016. Scenarios I and II generate a positive NPV and IRR under the assumed conditions including the use of green certificates. For PV power plants operating since July 1, 2016, Scenarios III and IV show that the return is dependent on the auction price and the size of NPV and IRR discourages investment. Scenario V assumes absence of support in the form of green certificates or through auction systems and generates loss. The continuing changes in the regulation of power generation from renewable energy sources, including solar energy, creates uncertainties that are likely to discourage investment in large commercial PV power plants in Poland.

Keywords: PV power plant, return on investment, regulatory regime.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 5.09.2018.