

Alicja GŁÓW*
Dariusz KURZ*

ANALIZA OPŁACALNOŚCI INWESTOWANIA W PRZYDOMOWE INSTALACJE FOTOWOLTAICZNE NA PRZYKŁADZIE PANELI I DACHÓWEK FOTOWOLTAICZNYCH

W pracy dokonano porównania danych technicznych tradycyjnego panelu fotowoltaicznego oraz dachówki solarnej. Dla wybranego przykładowego domu jednorodzinnego przeprowadzono analizę kosztów instalacji złożonej z obydwu rodzajów ogniw PV, oszacowano uzysk energii oraz czas zwrotu inwestycji. Wskazano możliwości uzyskania dofinansowania dla inwestycji w obszarze przydomowych instalacji fotowoltaicznych dla osób fizycznych.

1. WPROWADZENIE

W Polsce w ostatnich latach można zaobserwować zmiany w branży energetycznej, dotyczące wielu aspektów. Po pierwsze widoczny jest ciągły wzrost cen energii elektrycznej. Po drugie coraz bardziej popularne, a przede wszystkim opłacalne stają się „zielone źródła” energii, jak na przykład promieniowanie słoneczne. W obrębie energetyki solarnej pojawiają się kolejne, nowocześniejsze i wydajniejsze elementy systemu, które współuczestniczą w procesie przetwarzania promieniowania słonecznego na energię elektryczną bez emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

Wśród elementów fotowoltaicznych można wyróżnić tradycyjne panele PV, których zadaniem jest wytwarzanie energii elektrycznej z energii słonecznej. Szybkie tempo rozwoju rynku fotowoltaicznego powoduje spadki cen urządzeń, wzrost popularyzacji systemów solarnych oraz prowadzi do powstawania innowacyjnych rozwiązań, do których można zaliczyć technologię BIPV (ang. Buildings Integrated Photovoltaics), czyli fotowoltaikę zintegrowaną z budynkiem. Można w tej grupie wyróżnić wiele elementów, takich jak na przykład dachówki solarne, folie hydroizolacyjne, różnokolorowe szyby półprzezroczyste, czy nawet ozdobne elementy elewacyjne budynku. Zastępują

* Politechnika Poznańska.

one zwykle materiały budowlane, pełniąc ich pierwotną funkcję, wytwarzając dodatkowo energię elektryczną [1, 4, 5, 6].

Zarówno dachówki solarne, jak i panele PV mają zalety i wady. Przed podjęciem decyzji o wyborze odpowiednich elementów instalacji fotowoltaicznej należy przeanalizować różne czynniki, począwszy od właściwości urządzeń, analizy kosztów, a skończywszy na korzyściach, jakie mogą wynikać z danej inwestycji.

2. ZAŁOŻENIA DO ANALIZY

Obecne na rynku tradycyjne panele PV i dachówki solarne znajdują swoje zastosowania w przydomowych elektrowniach słonecznych. Przed dokonaniem wyboru oferty, należy zwrócić uwagę na dane techniczne produktów i odpowiedni dobór elementów składowych systemu do uzyskania założonych efektów. Należy również bardzo dokładnie przeanalizować koszty całej inwestycji oraz uzyskać energię, jakie możemy otrzymać w ciągu roku.

W celu dokonania analizy kosztów instalacji i uzysków energii wybrano zlokalizowany w Poznaniu (współrzędne geograficzne miasta 52,406° N, 16,925° E) przykładowy dom jednorodzinny dla czteroosobowej rodziny, zużywającej średnio 2,1 MWh energii rocznie, o kącie nachylenia dachu 42,23°. Dom usytuowany jest na linii wschód – zachód względem kierunków świata, a jedna z połaci dachowych od strony ogrodu jest skierowana na południe. Dodatkowo nie występują na niej żadne elementy konstrukcyjne, jak np. kominy, które wpływałyby na zacienienia ogniw fotowoltaicznych i zmniejszenie powierzchni użytkowej dachu. W bardzo bliskim sąsiedztwie brak jest także innych elementów mogących zasłaniać ogniwa PV. Na rysunku 1 przedstawiono poglądowe umiejscowienie elementów PV na dachu o wymiarach 11,42 x 6,38 m i powierzchni ok. 72 m² [3, 10].

Duże zainteresowanie technologią fotowoltaiczną przez potencjalnych klientów, jak i rosnąca liczba inwestycji wykorzystujących systemy PV sprawiają, że na rynku można znaleźć wiele ofert różnych producentów i ich produktów. Odnotowuje się ciągły spadek zarówno cen dachówek jak i paneli, co wpływa na wzrost atrakcyjności tego typu inwestycji. Dokonano przeglądu ofert kilku firm zajmujących się systemami fotowoltaicznymi, takich jak np.: Fotton, Tegola, Suntech, Solsun, Solar Energy, SunPower. Biorąc pod uwagę kompleksową obsługę inwestycji, począwszy od projektu, poprzez realizację i na serwisie kończąc, dostępność produktów tradycyjnych, BIPV oraz niezbędnego osprzętu całej instalacji, doświadczenie i czas istnienia na rynku do analizy wybrano ofertę firmy Fotton.



Rys. 1. Widok projektu domu jednorodzinnego od strony południowo – wschodniej [10]

W celu przeanalizowania kosztów instalacji systemu fotowoltaicznego dla przyjętego domu jednorodzinnego wybrano dostępne na rynku dwa produkty firmy Fotton, a mianowicie dachówkę solarną oraz panel fotowoltaiczny, których dane techniczne zostały zebrane w tabeli 1. Przedstawione dane odnoszą się do warunków testu standardowego STC (ang. Standard Test Conditions), czyli dla natężenia promieniowania równego 1000 W/m^2 , temperatury pracy modułu $25 \text{ }^\circ\text{C}$ oraz masy powietrza 1,5 [1,4].

Tabela 1. Zestawienie parametrów technicznych dachówki i panelu solarnych [8, 9]

	Dachówka solarna FTDS50 6 V	Panel słoneczny SL/CL 240 24 V
Moc maksymalna P_{\max} [W]	52	240
Napięcie nominalne U [V]	6	24
Napięcie maks. (jałowe) U_{oc} [V]	8,5	37,2
Napięcie w punkcie mocy maks. U_m [V]	6,59	7,97
Prąd zwarcia I_{sc} [A]	8,05	8,60
Prąd w punkcie mocy maks. I_m [A]	7,58	7,97
Napięcie maksymalne U_{\max} [V]	600	1000
Gwarancja wydajności ogniwa	90% - 10 lat 80% - 25 lat	90% - 10 lat 80% - 25 lat
Cena [zł]	599,00	1477,00

Obydwa ogniwa wykonane są z krzemu monokrystalicznego. Napięcie nominalne panelu jest 4 razy większe od napięcia dachówki, natomiast prądy i napięcia w punkcie maksymalnej mocy (ang. Maximum Power Point MPP) są nieznacznie większe niż dla dachówki. Producent udziela 3 letniej gwarancji na

swoje produkty i gwarantuje wydajność ogniw na poziomie 10 % przez 10 lat i 80 % do 25 lat pracy. Cena dachówki, w przeliczeniu na jeden wat mocy maksymalnej, jest aż o ponad połowę wyższa od ceny panelu (11,52 zł dla dachówki i 6,15 zł dla panelu). Jednak od ceny dachówki solarnej należy odliczyć koszty dachówki ceramicznej, natomiast do ceny paneli tradycyjnych doliczyć konstrukcję wsporczą, wykonaną najczęściej z aluminium. Przez to obciążenie konstrukcji dachu z dachówkami będzie porównywalne, bądź może nawet mniejsze niż z tradycyjnymi panelami. Panele zajmują o 10 % mniejszą powierzchnię niż dachówki. Jednakże prawie cała powierzchnia panelu jest powierzchnią czynną, czyli oprócz ramki jest ona wypełniona ogniwami PV. W przypadku dachówki aż 20 % jej powierzchni stanowi ramka i częściowo jest przykrywana innymi dachówkami, tak jak ma to miejsce przy pokryciach dachowych. Można więc wywnioskować, że dachówka charakteryzuje się wyższą sprawnością konwersji fotowoltaicznej niż panel, jednak mimo wszystko uzysk energii będzie mniejszy, ze względu na gorsze warunki wymiany ciepła i ogólnie przyjęte 5 % straty energii z tym związane.

3. ANALIZA PORÓWNAWCZA

Rozpatrując dachówkę solarną, na południowej połaci dachu możliwe będzie zamontowanie ich aż 104 sztuk, co daje łączną powierzchnię zabudowy ok. 50 m², z uwzględnieniem minimalnego odstępu ok. 0,5 m od krawędzi dachu pokrytego zwykłą dachówką ceramiczną. Łączny koszt zakupu samej dachówki wynosi 62 296 zł, jednak od tej kwoty należy odjąć koszty związane z zakupem dachówki ceramicznej, która w tym przypadku nie będzie potrzebna, gdyż dachówka PV mocowana jest bezpośrednio do konstrukcji dachu. Moc zainstalowanego systemu fotowoltaicznego jest równa 5408 W, a roczny uzysk energii elektrycznej wynosi 4610 kWh [3,7]. Analiza uwzględnia 10 % straty energii na elementach instalacji oraz 5 % straty większe niż w przypadku zwykłych paneli ze względu na warunki pracy, o czym była już mowa w poprzednim punkcie pracy.

Rozważając instalację składającą się z tradycyjnych paneli słonecznych, chcąc uzyskać zbliżone wartości mocy całego systemu do opisanego wyżej przypadku, na dachu należałoby umieścić 21 sztuk paneli słonecznych, których łączna powierzchnia wynosi ok. 40 m². Koszt zakupu tych paneli wynosi 31 017 zł, która jest o połowę niższa od kosztów zakupu dachówek PV. Jednakże do tej kwoty należy dodać cenę zakupu stelaży, które są niezbędne do zamontowania paneli na dachu. Moc zainstalowanego systemu wynosi 5040 W, a roczny uzysk energii jest równy 4730 kWh [3,7]. Analiza uwzględnia także 10 % straty energii na elementach składowych instalacji, gdyż są one takie same dla obydwu rodzajów elementów PV.

Tabela 2. Zestawienie kosztów instalacji dachówki solarnej i panelu słonecznego

	Dachówka solarna	Panel słoneczny
Cena elementów PV	62 296 zł	31 017 zł
Dodatkowe koszty (dachówka ceramiczna, stelaż)	- 2150 zł	+10 000 zł
Pozostałe elementy instalacji, takie jak m.in.: okablowanie, inwerter, regulator ładowania, akumulator	18 472 zł	18 472 zł
Łącznie	78 618 zł	59 489 zł

Zestawione w tabeli 2 koszty instalacji fotowoltaicznej dla dachówki solarnej są o ok. 33 % wyższe od kosztów dla panelu pomimo, że sama dachówka jest aż dwukrotnie droższa niż panel. Ze względu na podobną moc całej instalacji, pozostałe elementy systemu są identyczne, dlatego też ich koszty się pokrywają, niezależnie od rozwiązania.

Uwzględniając wydajność ogniw w kolejnych latach użytkowania instalacji, zgodnie z danymi producenta, rosnące ceny energii elektrycznej (6 % rocznie [11, 12, 13, 14]) oraz przedstawione wcześniej założenie i wyniki obliczeń można dokonać oceny opłacalności i czas zwrotu poniesionych nakładów finansowych. Przyjęto aktualną cenę energii elektrycznej, wraz ze wszystkimi innymi opłatami jakie ponosi gospodarstwo domowe, na poziomie 0,6 zł/kWh w pierwszym roku użytkowania i obliczono, że po 25 latach łączna suma jaką należałoby zapłacić zakładowi energetycznemu w przypadku instalacji z dachówkami PV za zakup 4610 kWh rocznie to 131 042 zł, natomiast w przypadku paneli słonecznych za zakup 4730 kWh rocznie kwota ta wyniosłaby 134 453 zł. Rozliczając poniesione wcześniej wydatki na instalację można zauważyć, że koszt systemu dachówek PV i paneli słonecznych zwróci się w czasie ich eksploatacji i dodatkowo wygeneruje zysk wynoszący 52 424 zł dla dachówek oraz 77 964 zł dla paneli. Inny jest natomiast czas zwrotu inwestycji, ponieważ dachówki zwrócą się po 18 latach, natomiast panele już po 15 latach eksploatacji.

Biorąc pod uwagę cenę energii z odnawialnych źródeł i zielonych certyfikatów wynoszącą w 2012 roku 489,05 zł/MW [2, 15] za odsprzedaż energii wygenerowanej przez 25 lat otrzymalibyśmy 49 930 zł w przypadku dachówki solarnej, a dla paneli słonecznych ta kwota wyniosłaby 51 230 zł. Wynika z tego, że całkowita sprzedaż energii wyprodukowanej ze źródeł odnawialnych nie pokryłaby nawet kosztów instalacji systemu. Jednak bardziej opłacalne jest zużywanie energii na potrzeby własne (nie ma konieczności zakupu energii z sieci), a powstałą ewentualnie nadwyżkę odsprzedać bądź gromadzić w magazynach energii, w zależności od rodzaju przyłączenia instalacji. Zestawienie zainstalowanej mocy oraz rocznych uzysków energii zebrano w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie mocy i rocznego uzysku z analizowanej instalacji

	Dachówka solarna	Panel słoneczny
Moc w 1 roku [W]	5353,9	4989,6
Moc w 25 roku [W]	4326,4	4032,0
Uzysk energii w 1 roku [kWh]	4563,9	4682,7
Uzysk energii w 25 roku [kWh]	3688,0	3784,0
Uzysk energii po 25 roku [MWh]	102,1	104,7

Tabela 3 zawiera zestawienie mocy i uzysku energii z porównywanych instalacji z uwzględnieniem spadku wydajności ogniw zgodnie w gwarancjami producenta, czyli w pierwszym dziesięcioleciu przyjęto spadek wydajności o 1 % rocznie, natomiast w kolejnych 15 – spadek o 0,67 %. W rezultacie gwarantowana moc systemu będzie o 8 % niższa dla paneli niż dla dachówek oraz o 2 % wyższa jeśli chodzi o ilość wygenerowanej energii.

4. WNIOSKI

Zainstalowanie systemu fotowoltaicznego na własnym domu może nieść za sobą wiele korzyści, począwszy od generacji własnej energii, niezależnie od dystrybutora, przez ograniczanie zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery, a skończywszy na aspekcie ekonomicznym, czyli uzyskaniu dochodów ze sprzedaży nadwyżki wyprodukowanej energii.

W przypadku systemu opartego na dachówkach solarnych roczny uzysk energii wynosi 4,61 MWh. Uwzględniając zapotrzebowanie budynku pozostaje jeszcze nadwyżka energii w ilości 2,51 MWh rocznie, którą można odsprzedać. Oczywiście corocznie uzysk ten będzie mniejszy, co zapewne będzie kompensowane rosnącymi cenami energii. I tak dla przykładu w pierwszym roku użytkowania instalacji za zakup niezbędnych 2,1 MWh energii należało by zapłacić 1 260 zł a za sprzedaną nadwyżkę otrzymano by kwotę 1 205 zł. Łącznie więc można otrzymać zysk w wysokości 2 465 zł. W 25 roku eksploatacji, przy przyjętych założeniach wzrostu ceny energii z sieci i stałych cenach jej skupu (gdyż polityka państwa jest nieprzewidywalna w tym aspekcie), za niezbędną energię trzeba by było zapłacić 5 102 zł, a za nadwyżkę można by było uzyskać 777 zł, co daje łączny zysk w kwocie 5 879 zł. Po całym okresie eksploatacji systemu, za niezakupioną energię z sieci niezbędną dla funkcjonowania domu należałoby zapłacić 69 130 zł, za odsprzedaż nadwyżek można uzyskać 24 255 zł, co łącznie pozwoliłoby na wygenerowanie zysku w kwocie 93 385 zł. Odliczając koszty inwestycji, po 25 latach użytkowania przykładowe gospodarstwo domowe mogło by uzyskać zysk o wartości 14 767 zł.

Biorąc pod uwagę system składający się z paneli słonecznych roczny uzysk energii wynosi 4,73 MWh, dzięki czemu można zaoszczędzić i odsprzedać

2,63 MWh energii. Analizując analogicznie jak poprzednio pierwszy rok, w którym nie zapłacimy 1 260 zł za zakup oraz otrzymamy 1 263 zł za sprzedaż energii, uzyskamy łączny dochód w wysokości 2 523 zł. W 25 roku natomiast odpowiednie kwoty będą na poziomie 5 102 zł za niezakupioną energię oraz 824 zł za odsprzedaną, dzięki czemu zaoszczędzić można 5 926 zł. Po całym cyklu eksploatacji systemu, za niezapłaconą energię z sieci uzyskano kwotę 69 130 zł a za odsprzedaną nadwyżkę otrzymano 25 554 zł, co łącznie pozwoliło na wygenerowanie zysku w kwocie 94 684 zł. Po odliczeniu kosztów całego systemu uzyskano zysk w wysokości 35 195 zł.

Jednak sam czas zwrotu inwestycji jest dość długi, bo w zależności od wersji systemu może on wynosić od 15 do 20 lat. Przy obecnych cenach energii kupowanej i sprzedawanej jedynym opłacalnym rozwiązaniem jest generowanie energii na własne potrzeby (aby nie płacić zakładowi energetycznemu za jej zakup) i odsprzedaż jedynie jej nadwyżek. W sytuacji całkowitej sprzedaży wytworzonej energii inwestycja jest nierentowna, a inwestor nie otrzyma nawet zwrotu całości poniesionych nakładów finansowych.

Inwestycje związane z odnawialnymi źródłami energii mają ogromne znaczenie dla rozwoju energetycznego państwa, dlatego też możliwe jest uzyskanie na nie dofinansowania. Przedsiębiorstwa realizujące inwestycje mają na dzień dzisiejszy więcej możliwości uzyskania pomocy niż klienci indywidualni. Obecnie osoby fizyczne nie mogą uzyskać żadnej dotacji a jedynym wsparciem w finansowaniu inwestycji z obszaru fotowoltaiki jest uzyskanie kredytu bądź jego poręczenia w następujących źródłach:

- Bank Ochrony Środowiska (linia kredytowa),
- Bank Gospodarstwa Krajowego (poręczenie od 50 % do 70 % wysokości kredytu),
- programy samorządów terytorialnych (uchwalane lokalnie).

Jednakże ze względu na wzrost zainteresowania i zapotrzebowania ze strony właścicieli prywatnych budynków, powstają nowe możliwości uzyskania dotacji lub systemów wsparcia.

LITERATURA

- [1] Haberlin H., Photovoltaics. System Designed and Practice, John Wiley & Sons Ltd., 2012.
- [2] Kurz D., Analiza porównawcza panelu fotowoltaicznego i dachówki solarnej w zastosowaniu do budownictwa jednorodzinne, Informatyka Automatyka Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska, nr 4b, 2012, Lublin, Polska, str. 17 – 20.
- [3] Kurz D., Trzmiel G., Analyzing the method of determining the energy output of photovoltaic roof tiles, X międzynarodowa konferencja Advanced Methods in the Theory of Electrical Engineering, 6 – 9 wrzesień 2011, Klatovy, Czechy, str. V7 – V8.

- [4] Paska J., Wytwarzanie rozproszone energii elektrycznej i ciepłej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.
- [5] Sarnik M. T., Podstawy fotowoltaiki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
- [6] Tytko R.: *Odnawialne źródła energii*, Wyd. OWG, Warszawa 2011.
- [7] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>, dn. 10.07.2012 r.
- [8] <http://www.fotton.eu>, dn. 15.07.2012 r.
- [9] <http://www.elektrosklad.pl>, dn. 15.07.2012 r.
- [10] <http://www.archon.pl>, dn. 13.07.2012 r.
- [11] http://wyborcza.biz/biznes/1,100969,8832230,URE_zatwierdzilo_wzrost_cen_energii_o_7_8_dla_spolek.html, dn. 22.02.2013 r.
- [12] http://wyborcza.biz/biznes/1,100969,8843658,URE_zgodzil_sie_na_wzrost_cen_energii_w_taryfach_na.html, dn. 22.02.2013 r.
- [13] http://www.efs.gov.pl/AnalizyRaportyPodsumowania/baza_projektow_badawczych_efs/Documents/Prognoza_wzrostu_cen_energii_elektrycznej_i_ciepła_dla_gosp.pdf, dn. 22.02.2013 r.
- [14] <http://www.cire.pl/pliki/2/cenfakmity.pdf>, dn. 22.02.2013 r. – artykuł: Pazdra A., Ceny energii elektrycznej – fakty i mity, Wokół Energetyki, Sierpień 2006.
- [15] <http://gramwzielone.pl/trendy/841/cena-zielonego-certyfikatu-w-2012-roku>, dn. 10.03.2013 r.

ECONOMIC ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC PANEL AND ROOFING TILE FOR DOMESTIC USE

This paper presents a comparison of the specifications of the traditional photovoltaic panel and solar roof tiles. For the selected sample of a single-family house was analyzed costs installation consisting of both types of PV cells, estimated energy yield and return on investment. Indicated the possibility of obtaining funding for investment in the domestic photovoltaic installations for individuals.