



Porównanie efektywności inwestycyjnych wybranych farm PV w Bułgarii

Olaf Gembarzewski, Katarzyna Wróbel
Politechnika Lubelska

1. Wstęp

Republika Bułgarska leży w południowej Europie nad Morzem Czarnym, w północno-wschodniej części Półwyspu Bałkańskiego. Od północy graniczy z Rumunią, od zachodu z Serbią i Macedonią od południa z Grecją i Turcją. Około 60% powierzchni Bułgarii zajmują tereny wyżynne i górskie, średnie wzniesienie kraju wynosi ok. 470 m n.p.m.

Republika Bułgarska nie posiada znaczących zasobów surowców mineralnych. Największe bogactwo naturalne stanowią pokłady węgla (lignity i węgiel brunatny) szacowane na około 2-3 mld ton (BP 2014, IEA 2012). Węgiel wydobywany jest w dziesięciu zagłębiach, głównie w centralnej i zachodniej części państwa. Obecnie najważniejsze jest Zagłębie Maritza, położone na południe od Starej Zagory, w którym wydobywa się blisko 90% bułgarskiego węgla (około 33 mln ton/rocznie) (Euracoal 2016). Własna produkcja nie zaspakaja jednak krajowych potrzeb i około 30-40% konsumowanego węgla jest sprowadzane z zagranicy. Zasoby pozostałych surowców (IEA 2012), tj. gazu ziemnego (6 mld m³) i ropa naftowa (2 mln ton) są niewielkie. Rodzima produkcja gazu wystarcza na pokrycie około 10% potrzeb państwa, natomiast ropa jest w całości importowana.

Ze względów bezpieczeństwa, rząd Bułgarii będąc pod presją Brukseli w 2002 roku zgodził się wygasić dwa (o łącznej mocy elektrycznej 880 MW), a na koniec 2006 roku kolejne dwa (także o łącznej mocy 880 MW) z sześciu reaktorów pracujących w Elektrowni Atomowej Kozłoduj na Dunaju. Tytułem rekompensaty kosztów związanych z wygasze-

niem reaktorów Unia Europejska przyznała Bułgarii 280 mln euro dotacji. Do tej pory Bułgaria pokrywała swoimi dostawami 3/4 zapotrzebowania na energię elektryczną krajów południowo-wschodniej Europy.

2. Odnawialne źródła energii

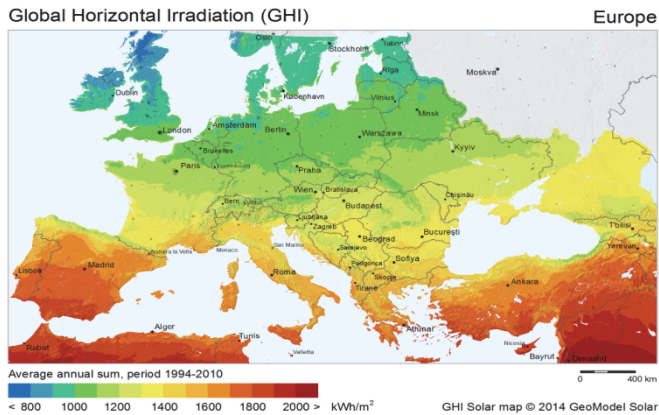
Wzrost gospodarczy i ciągle wzrastające zapotrzebowanie na energię skłania do poszukiwania innych niewyczerpywalnych źródeł energii wykorzystujących w procesie przetwarzania energię wiatru, promieniowania słonecznego, geotermalną, pływów i prądów morskich, energię pozyskiwaną z biogazu i biomasy (Czechowska-Kosacka i in. 2015, Czechowska-Kosacka 2013).

Odnawialne źródła energii znajdują kluczowe miejsce w Strategii Energetycznej Republiki Bułgarskiej. Republika Bułgarii stając się członkiem Unii Europejskiej w 2007 rok zobowiązała się do wypełnienia zobowiązań wynikających z Dyrektywy Parlamentu Europejskiego I Rady 2009/28/WE (Dyrektywy PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2009) i przyjęła Krajowy Plan Działania w Zakresie Energetyki Odnawialnej. W świetle przyjętego dokumentu, planuje się, że w 2020 roku energia ze źródeł odnawialnych będzie wynosił odpowiednio w transporcie – 10,8%, w elektryczności 20,8%, w ogrzewaniu 23,8%. czyli przekrojuwo 16% (Jaworski 2011, National Renewable Energy 2011).

W dniu 20 czerwca 2011 r. ratyfikowano i ogłoszono korzystne prawo dla Odnawialnych Źródeł Energii (OZE), w prowadząc taryfy FIT (tzn. taryfy gwarantowane za odkup energii) (1 – Szymczuk i in. 2012). Szczególnie atrakcyjnym źródłem energii stała się energia promieniowania słonecznego (Olchowik 2006).

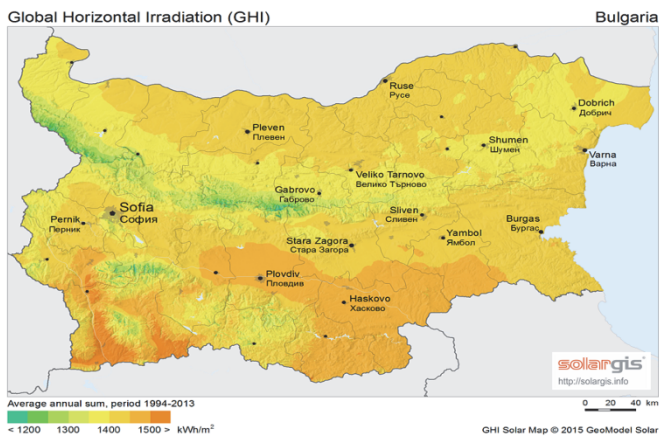
Energia słoneczna może być konwertowana w energię użyteczną na kilka sposobów: na sposób fotochemiczny, fototermiczny czy fotowoltaiczny. Najbardziej uniwersalną i najbardziej wykorzystywaną formą energii użytecznej dla człowieka jest energia elektryczna. Energia elektryczna z promieniowania słonecznego może być uzyskiwana na sposób fotowoltaiczny (Szymczuk i in. 2012, Jarzębski 1990). Przetwornikami tej energii są zazwyczaj półprzewodnikowe fotoogniwa, łączone w moduły (Olchowik i in. 2010, Olchowik 2011, Holland i in. 2011). Moduły fotowoltaiczne najczęściej wytwarzane są w technologii opartej na krzemie. Moduły wytwarzane są w trzech głównych typach: monokrystalicznych, polikrystalicznych i amorficznych (cienkowarstwowych).

Bulgaria jest krajem charakteryzującym się bardzo dobrymi warunkami usłonecznienia w Europie, co czyni go atrakcyjnym dla inwestycji w energetykę słoneczną, co przedstawiono na rysunku 1 i 2.



Rys. 1. Potencjał energii słonecznej Europy (Solargis 2016)

Fig. 1. Solar energy potential of Europe (Solargis 2016)



Rys. 2. Potencjał energii słonecznej Bułgarii (Solargis 2016)

Fig. 2. Solar energy potential of Bulgaria (Solargis 2016)

Dzięki bardzo dobrym warunkom usłonecznienia, Bułgaria stała się atrakcyjnym krajem dla inwestycji w energetykę słoneczną. Przystępne warunki dla inwestorów w pierwszym okresie funkcjonowania prawa energetycznego sprawiły, że kraj ten wysunął się na czoło państw europejskich w dynamice rozwoju fotowoltaiki.

W niniejszej pracy przeanalizowano efektywność ekonomiczną dla wybranych lokalizacji farm PV.

Po wprowadzeniu prawa o OZE w Bułgarii masowo zaczęły powstawać inwestycje w sektorze fotowoltaicznym (wśród nich farmy fotowoltaiczne ze 100% kapitałem polskim). Farmy PV zostały zlokalizowane na terenie Bułgarii w pięciu miejscowościach:

- MELCOM ENERGY – wieś Krushare, region Sliven,
- SUN INVEST 09 – wieś Debelt, region Burgas,
- ZARA LEASING – wieś Krushare, region Sliven,
- SUHINDOL – wieś Shtit, region Svilengrad,
- ALFA SOLAR ENERGY – wieś Mladovo, region Sliven.

Ze względu na różne terminy oddania do użytkowania farm PV, inne moce jednostek wytwórczych, zastosowanie różnych technologii i zróżnicowane lokalizacje, analizie poddano każdą inwestycję oddzielnie. Moce poszczególnych farm wyglądają następująco:

- MELCOM ENERGY: 0,9 MW
- SUN INVEST 09: 1,0 MW
- ZARA LEASING: 1,3 MW
- SUHINDOL: 1,5 MW
- ALFA SOLAR ENERGY: 2,4 MW



Rys. 3. Lokalizacja wybranych farm PV w Bułgarii (Debelt, Mladovo, Krushare, Shtit)

Fig. 3 Location of selected PV farms in Bulgaria (Debelt, Mladovo, Krushare, Shtit)

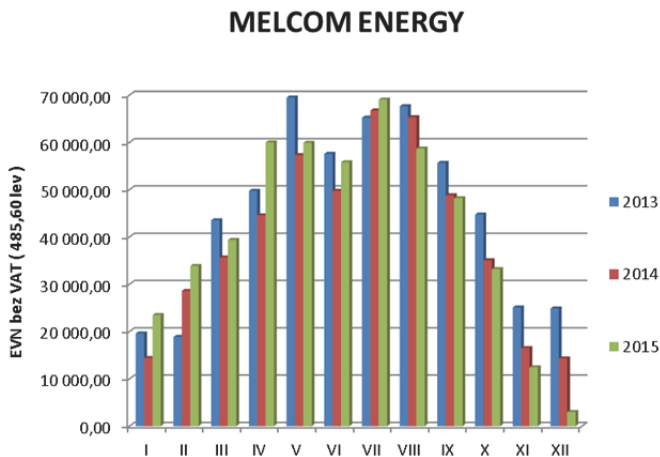
3. Analiza ekonomiczna funkcjonowania farm

Analiza przedstawia przychody, osiągnięte przez każdą z farm tytułem sprzedaży energii elektrycznej, a także koszty ich działalności.

Przychody zostały ujęte w skali miesiąca, ponieważ po każdym miesiącu kalendarzowym poszczególne Spółki celowe wystawiają faktury sprzedaży energii elektrycznej na rzecz odbiorcy energii. Faktury te wystawiane są zgodnie z zawartą umową na sprzedaż energii elektrycznej oraz z obowiązującą dla danej spółki taryfą. Umowy na sprzedaż energii elektrycznej zostały zawarte w Bułgarii na okres 20 lat. Analiza ekonomiczna funkcjonowania farm, została ograniczona jedynie do porównania przychodów i wyprodukowane w poszczególnych miesiącach energii.

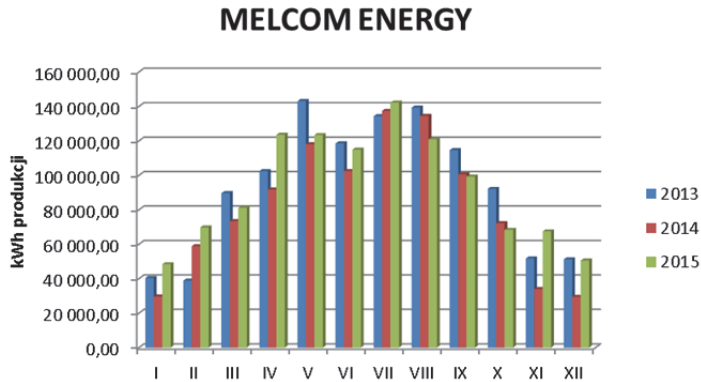
3.1. Farma PV spółki MELCOM ENERGY (0,9MW).

Farma ta została przyłączona do sieci elektroenergetycznej w dniu 29.06.2012. W okresie od I 2013 do XII 2015 przychody w BGN (waluta Bułgarii 1,98 BGN za 1 euro – kurs urzędowy) oraz kWh produkcji w poszczególnych miesiącach analizowanego okresu funkcjonowania farmy przedstawiono na rysunku 4 i 5.



Rys. 4. Analiza ekonomiczna inwestycji MELCOM ENERGY w latach 2013-2015, przychody w BGN

Fig. 4. Economic analysis of MELCOM ENERGY in 2013-2015, income in BGN



Rys. 5. Analiza ekonomiczna inwestycji MELCOM ENERGY w latach 2013-2015, ilość wytworzonej energii kWh

Fig. 5. Economic analysis of MELCOM ENERGY in 2013-2015, produced power in kWh

Farma PV spółki MELCOM ENERGY o mocy 0,9 MW najwyższe przychody osiągnęła:

- w 2013 r. w maju – 69 471,10 BGN (waluta Bułgarii 1,98 BGN za 1 euro – kurs urzędowy) produkując 143 062,40 kWh energii elektrycznej,
- w 2014 r. w lipcu – 66 724,55 BGN produkując 137 406,40 kWh energii elektrycznej,
- w 2015 r. w lipcu – 69 029,02 BGN produkując 142 152,00 kWh energii elektrycznej.

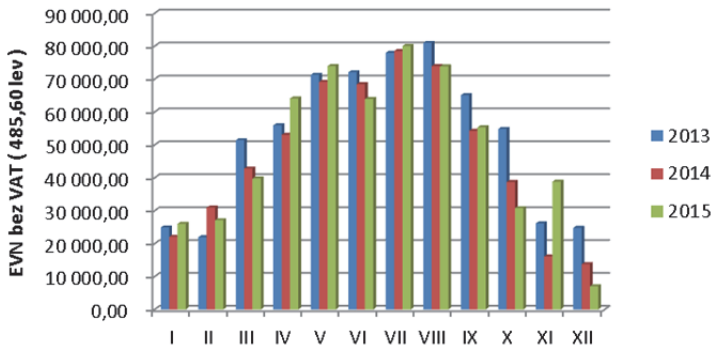
3.2. Farma PV spółki SUN INVEST 09 (1,0 MW)

Farma ta została przyłączona do sieci elektroenergetycznej w dniu 26.06.2012 r. W okresie od I 2013 do XII 2015 przychody w BGN oraz kWh produkcji w poszczególnych miesiącach analizowanego okresu funkcjonowania farmy przedstawiono na rysunku 6 i 7.

Farma PV spółki SUN INVEST 09 o mocy 1,0 MW najwyższe przychody osiągnęła:

- w 2013 r. w sierpniu – 80 986,43 BGN produkując 166 776,00 kWh energii elektrycznej,
- w 2014 r. w lipcu – 78 532,79 BGN produkując 161 723,20 kWh energii elektrycznej,
- w 2015 r. w lipcu – 80 043,20 BGN produkując 164 833,60 kWh energii elektrycznej.

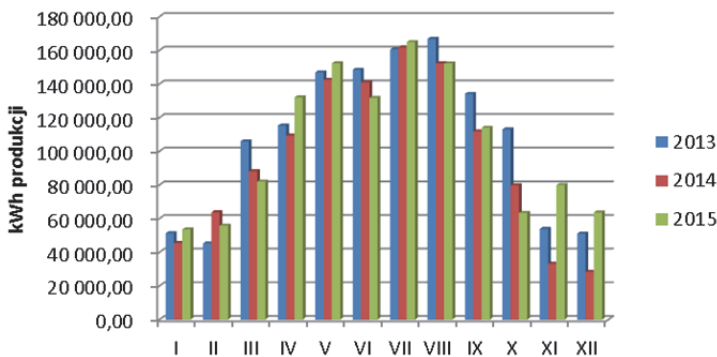
SUN INVEST 09



Rys. 6. Analiza ekonomiczna inwestycji SUN INVEST 09 w latach 2013-2015, przychody w BGN

Fig. 6. Economic analysis of SUN INVEST 09 in 2013-2015, income in BGN

SUN INVEST 09

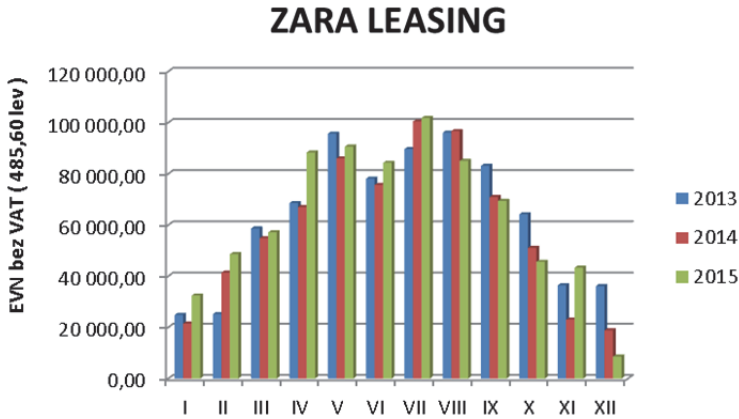


Rys. 7. Analiza ekonomiczna inwestycji SUN INVEST 09 w latach 2013-2015, ilość wytworzonej energii kWh

Fig. 7. Economic analysis of SUN INVEST 09 in 2013-2015, produced power in kWh

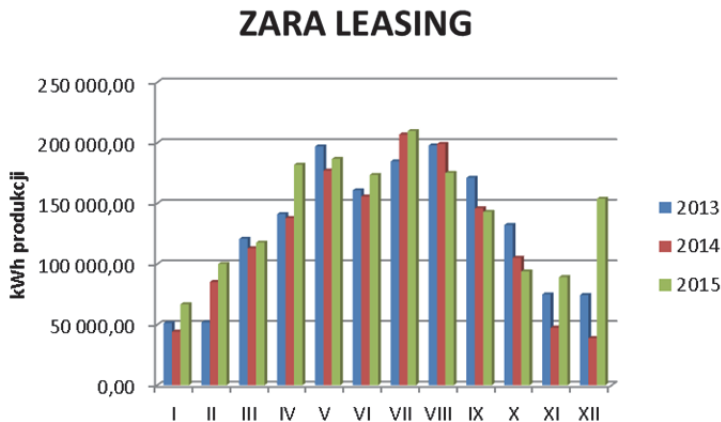
3.3. Farma PV spółki ZARA LEASING (1,3 MW)

Farma ta została przyłączona do sieci elektroenergetycznej w dniu 19.05.2012 r. W okresie od I 2013 do XII 2015 przychody w BGN oraz kWh produkcji w poszczególnych miesiącach analizowanego okresu funkcjonowania farmy przedstawiono na rysunku 8 i 9.



Rys. 8. Analiza ekonomiczna inwestycji ZARA LEASING w latach 2013-2015, przychody w BGN

Fig. 8. Economic analysis of ZARA LEASING in 2013-2015, income in BGN



Rys. 9. Analiza ekonomiczna inwestycji ZARA LEASING w latach 2013-2015, ilość wytworzonej energii kWh

Fig. 9. Economic analysis of ZARA LEASING in 2013-2015, produced power in kWh

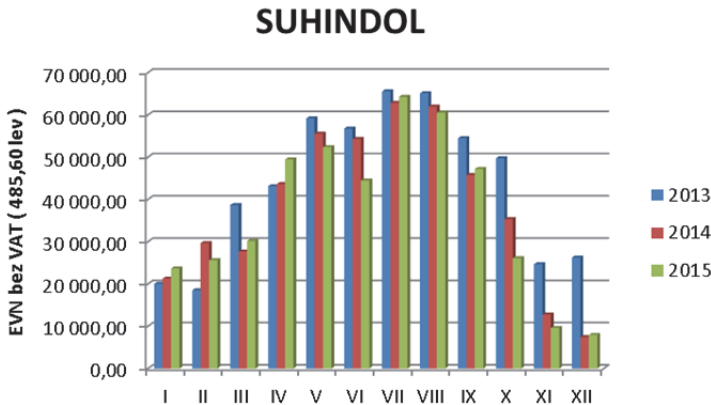
Farma PV spółki ZARA LEASING o mocy 1,3 MW najwyższe przychody osiągnęła:

- w 2013 r. w maju – 95 675,34 BGN produkując 197 025,00 kWh energii elektrycznej,
- w 2014 r. w lipcu – 100 452,19 BGN produkując 206 862,00 kWh energii elektrycznej,

- w 2015 r. w lipcu – 101 833,24 BGN produkując 209 706,00 kWh energii elektrycznej.

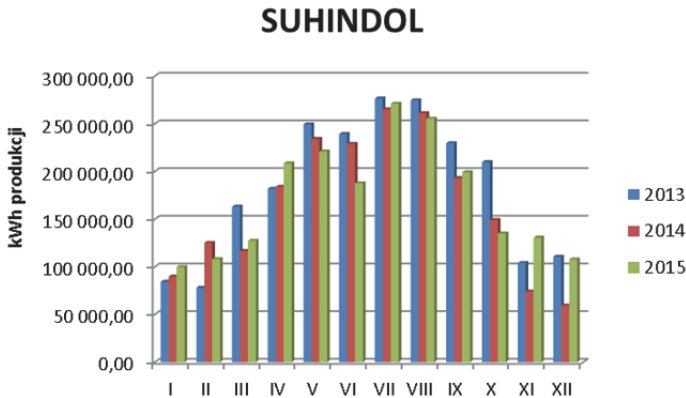
3.4. Farma PV spółki SUHINDOL (1,5 MW)

Farma ta została przyłączona do sieci elektroenergetycznej w dniu 14.08.2012 r. W okresie od I 2013 do XII 2015 przychody w BGN oraz kWh produkcji w poszczególnych miesiącach analizowanego okresu funkcjonowania farmy przedstawiono na rys. 10 i 11.



Rys. 10. Analiza ekonomiczna inwestycji SUHINDOL w latach 2013-2015, przychody w BGN

Fig. 10. Economic analysis of SUHINDOL in 2013-2015, income in BGN



Rys. 11. Analiza ekonomiczna inwestycji SUHINDOL w latach 2013-2015, ilość wytworzonej energii kWh

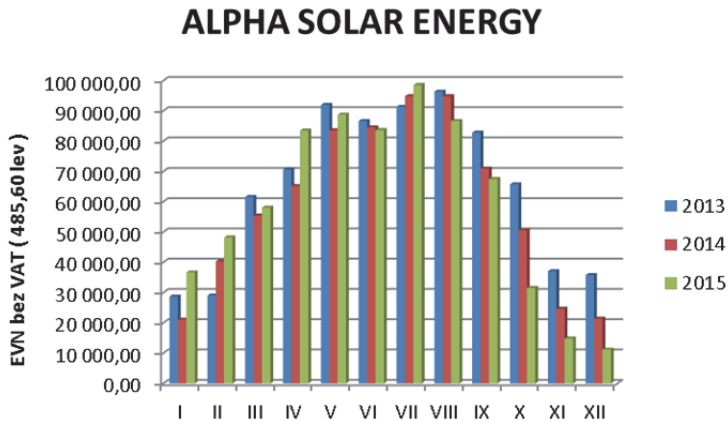
Fig. 11. Economic analysis of SUHINDOL in 2013-2015, produced power in kWh

Farma PV spółki SUHINDOL o mocy 1,5 MW najwyższe przychody osiągnęła:

- w 2013 r. w lipcu – 65 574,43 BGN produkując 276 627,00 kWh energii elektrycznej,
- w 2014 r. w lipcu – 62867,08 BGN produkując 265206,00 kWh energii elektrycznej,
- w 2015 r. w lipcu – 64287,96 BGN produkując 271200,00 kWh energii elektrycznej.

3.5. Farma PV spółki ALFA SOLAR ENERGY (2,4 MW)

Farma ta została przyłączona do sieci elektroenergetycznej w dniu 31.08.2012 r. W okresie od I 2013 do XII 2015 przychody w BGN oraz kWh produkcji w poszczególnych miesiącach analizowanego okresu funkcjonowania farmy przedstawiono na rysunku 12 i 13.



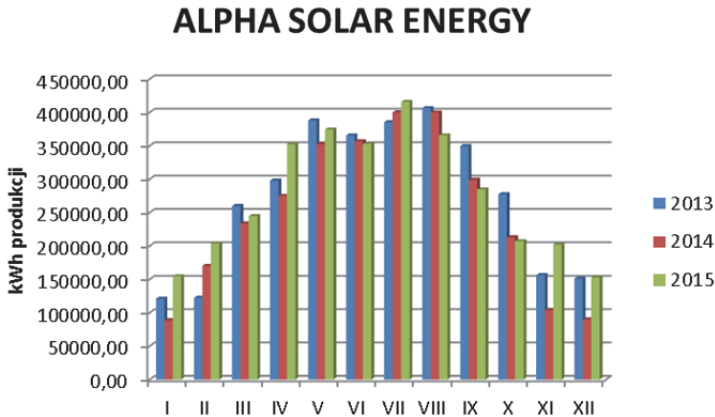
Rys. 12. Analiza ekonomiczna inwestycji ALFA SOLAR ENERGY w latach 2013-2015, przychody w BGN

Fig. 12. Economic analysis of ALFA SOLAR ENERGY in 2013-2015, income in BGN

Farma PV spółki ALFA SOLAR ENERGY o mocy 2,4 MW najwyższe przychody osiągnęła:

- w 2013 r. w maju – 91959,52 BGN produkując 387933,00 kWh energii elektrycznej,
- w 2014 r. w lipcu – 94847,50 BGN produkując 400116,00 kWh energii elektrycznej,

- w 2015 r. w lipcu – 98558,28 BGN produkując 415770,00 kWh energii elektrycznej.



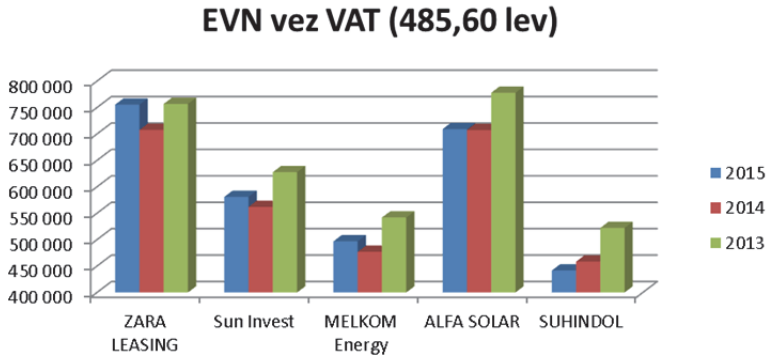
Rys. 13. Analiza ekonomiczna inwestycji ALFA SOLAR ENERGY w latach 2013-2015, ilość wytworzonej energii kWh

Fig. 13. Economic analysis of ALFA SOLAR ENERGY in 2013-2015, produced power in kWh

4. Wnioski

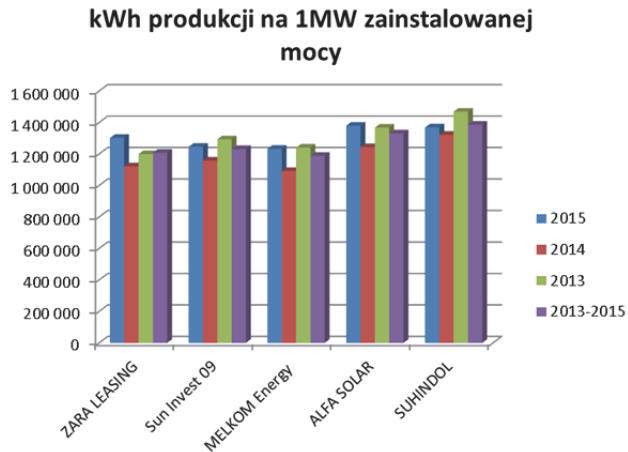
Przeprowadzane analiza, rozpatrywana była w okresie od I 2013 do XII 2015 roku. Wyniki dla poszczególnych farm (zestawione na rysunku 14 i 15) różnią się nieznacznie ze względu na wpływ takich czynników jak: położenie geograficzne, rozmiar instalacji, lokalne warunki klimatyczne oraz użyte moduły PV, które w sposób mało znaczący wpływają na ilość wytworzonej energii. Głównym parametrem meteorologicznym, który w największym stopniu wpływa na pracę farmy jest nasłonecznienie. Z punktu widzenia przedsięwzięcia, kluczową rolę odgrywa nie tylko ilość godzin słonecznych, lecz przede wszystkim natężenie światła słonecznego (mierzone w kWh/m² powierzchni).

Farma SUHINDOL która wytworzyła najwięcej energii na 1 MW zainstalowanej mocy, zlokalizowana jest przy południowej granicy Bułgarii z Turcją na południowym stoku wzgórza. Farma zlokalizowana w granicach miejscowości Svilengrad, Gmina Svilengrad, Region Chaskovo, w obszarze najlepszego nasłonecznienia, które wynosi ok 1550 kWh/m².



Rys. 14. Analiza ekonomiczna inwestycji w latach 2013-2015, przychody w BGN

Fig. 14. Economic analysis 2013-2015, income in BGN



Rys. 15. Analiza inwestycji w latach 2013-2015, wielkość produkcji

Fig. 15. Economic analysis 2013-2015 – produced power in kWh

Farma MELCOM ENERGY która wytworzyła najmniej energii na 1 MW zainstalowanej mocy, zlokalizowana jest w pobliżu miejscowości Sliwen, gdzie nasłonecznienie wynosi ok 1350 kWh/m². Ogół danych meteorologicznych, jakie występują na obszarze obwodu Sliven, które z punktu widzenia fotowoltaiki są korzystne, uzasadniają lokalizację farmy w tym regionie.

Wyniki finansowe uzyskane ze sprzedaży wytworzonej energii, uzależnione są do stałych taryf ustanowionych na 20 lat przez rząd Bułgarii, począwszy od daty rozpoczęcia funkcjonowania farmy.

Najefektywniejszymi inwestycjami okazały się te, które zostały najwcześniej oddane do użytku. Wynika to przede wszystkim ze zmian wartości taryf FIT oraz zmian dokonywanych w Prawie Energetycznym Bułgarii. Zmiany te dotyczą głównie wzrostu obciążenia inwestorów dodatkowymi kosztami – opłata za dostęp do sieci wprowadzona we wrześniu 2012 roku, została odrzucona przez sąd najwyższy w czerwcu 2013 r. W zamian za to, od 01.01.2014 r. parlament Bułgarii wprowadził dodatkowy 20% podatek od przychodów z farm fotowoltaicznych i wiatrowych. Prezydent państwa skierował tę decyzję do Trybunału Konstytucyjnego. Rozpatrując sprawę, Trybunał Konstytucyjny uznał skargę na wprowadzenie dodatkowego 20% podatku, za zasadną. Nie mniej jednak, nawet przy takim podatku, czas zwrotu z najmniej rentownych inwestycji nie przekracza 12 lat, co potwierdza ekonomiczny sens inwestycji.

Literatura

- BP Statistical Review of World Energy 2014, BP, London.
- Czechowska-Kosacka, A., Cel, W., Kujawska, J., Wróbel, K. (2015). Alternative fuel production based on sewage sludge generated in the municipal wastewater treatment. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The environment Protection)*, 17, 246-255.
- Czechowska-Kosacka, A. (2013). Sewage sludge as a source of renewable energy. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The environment Protection)*, 15, 314-323.
- Dyrektywy 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.
- Euracoal, www.euracoal.be, 2016.
- Holland, E., Bedin, D., Rodrigo, A., Aguilera, J., Nofuentes, G., Terrados, J., Muñoz, V, Rassu, A.G., Demurtas, V., Lampadaris, K., Olchowik, J.M, Villa, A., Schrittwieser, W., (2011). *ADMINISTRATIVE HANDBOOK – The installation of ground PV plants: EU regulations, procedures and main country differences*, Venice, ISBN: 978-84-694-2317-2.
- IEA Statistics Natural Gas Information, 2012.
- Jarzębski, Z.M. (1990). *Energia słoneczna*, Warszawa: PWN.
- Jaworski, Ł. (2011). Uwarunkowania rozwoju inwestycji w odnawialne źródła energii do produkcji energii elektrycznej w Unii Europejskiej do roku 2020 i w latach kolejnych. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* 14 (1), Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 167.

- National Renewable Energy Action Plan, Ministry of Economy, Energy and Tourism Republic of Bulgaria, 2011.
- Olchowik, J.M., (2006). *Cienkie warstwy w strukturach baterii słonecznych*. Wydanie drugie – zmienione i poszerzone, Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Lubelskiej.
- Olchowik, J.M., K.Cieślak, J. Aguilera, G. Nofuentes-Garrido, J. Terrados, D. Bedin, (2010). *Strategic Vision Document Project “PVs in Bloom”*. Venice, 2010, ISBN 978890501609.
- Olchowik, J.M., (2011). Trendy rozwoju fotowoltaiki w Europie i na świecie. *Fotowoltaika, (1)*, 9.
- Solargis, <http://solargis.info>, 2016.
- Szymczuk, D, Gembarzewski O, Gołyga A., Zdrojewska A, (2012). *Fotowoltaika w Bułgarii*. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 283 Budownictwo i Inżynieria Środowiska z. 59 (2/2012/II).

Comparison of Investment Efficiency of Selected PV Farms in Bulgaria

Abstract

Bulgaria is a country with good sunshine conditions, which makes it an attractive place for investments connected with solar energy. Therefore, Bulgaria became a leader amongst the European Countries in photovoltaics development. However, the current legal situation in Bulgaria concerning Renewable Energy Sources has changed dramatically, which is connected with growing financial burden that investors must bear. This has significant impact on the economic efficiency of remaining photovoltaic farms. A detailed analysis of five photovoltaic farms located in different parts of Bulgaria was conducted. The farms were built between May and August 2012. Taking into account that building a PV farm is a one-time investment, the economic efficiency is determined mainly by the price of power sold to the distribution network. In the long run, the overhead and maintenance costs become irrelevant, as the profitability depends on the feed-in-tariff rates, as well as the geographical and climatic conditions.

Słowa kluczowe:

farma PV, panele fotowoltaiczne, efektywność ekonomiczna

Keywords:

PV farm, photovoltaic cells, economic efficiency