

Alicja Małgorzata Pultowicz

OPLACALNOŚĆ INWESTOWANIA W ELEKTROWNIE WIATROWE

1. Wstęp

Celem artykułu jest ukazanie wpływu poszczególnych czynników (stóp procentowych, okresu spłaty kredytu, okresu amortyzacji, ryzyka finansowego, kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych) na opłacalność inwestowania w elektrownie wiatrowe.

Energetyka wiatrowa na świecie w ostatnich kilkunastu latach podlegała bardzo silnemu i zarazem dynamicznemu rozwojowi. Wysoka sprawność i produktywność siłowni pozwalają obecnie traktować inwestycje wiatrowe jako opłacalne, komercyjne przedsięwzięcie. Warunki wietrzne w Polsce są zbliżone do Niemiec (światowy lider energii wiatrowej), toteż istnieje duża szansa na powodzenie inwestycji. W najbliższej perspektywie będzie to uwarunkowane spadkową tendencją kosztów wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych, a także tendencjami wzrostu kosztów energii elektrycznej wytwarzanej na bazie paliw kopalnych.

Podstawowymi kwestiami dotyczącymi inwestowania w energetykę wiatrową są¹:

- wybór odpowiedniej lokalizacji w celu optymalizacji produktywności projektu;
- odpowiednia strukturyzacja finansowania projektu zapewniająca poziom bezpieczeństwa inwestycji, pozwalająca maksymalnie wykorzystać korzyści dźwigni finansowej;
- wynegocjowanie korzystnych warunków zawieranych z odbiorcą umów sprzedaży energii – wybór optymalnego okresu i cen (skorelowanego z obciążeniami związanymi z finansowaniem inwestycji);

¹ R. Kiecko, *Finansowanie inwestycji – siłownie wiatrowe*, konferencja „Źródła energii odnawialnej”, Kielce 2001, s. 17.

- wybór odpowiedniego dostawcy urządzeń i developera, którzy zapewnią wysoką jakość i sprawność siłowni oraz przeprowadzą albo pomogą przeprowadzić proces inwestycyjny.

Aby jednostka finansująca potraktowała inwestycje aeroenergetyczne z należytą powagą, niezbędne są gwarancja uzyskania odpowiedniego efektu ekologicznego oraz sprawny przebieg procesu zwrotu nakładów kapitałowych. Planując inwestycje, należy skorzystać z wiedzy doświadczonych i uznanych producentów turbin oraz precyzyjnie określić planowaną lokalizację pod względem zasobów wiatru.

Oczywiście, kluczowym elementem dla rentowności przedsięwzięcia (oprócz ceny sprzedaży prądu) jest oprocentowanie kredytu. Ponieważ do czasu spłaty kredytu podstawowym wydatkiem dla właściciela siłowni wiatrowej są płatności rat i odsetek, należy szczególnie dokładnie określić w projekcie finansowym wielkość przychodów i tak dopasować koszty, by nawet przy przychodach niższych od zakładanych nie stracić płynności finansowej. Nie jest również pożądane, by zwiększać ryzyko przedsięwzięcia przez dodatkową działalność finansowaną z przychodów ze sprzedaży energii. Bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na opłacalność inwestycji są dotacje rządowe do 1kW mocy zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych, których do tej pory w RP nie wprowadzono, a są one konieczne ze względu na sporą kapitałochłonność inwestycji.

2. Ceny energii wiatrowej

Porównanie cen energii w różnych krajach jest trudnym zadaniem, ponieważ na ich poziom wpływa wiele czynników instytucjonalnych. Większość analiz porównawczych poziomu cen oferowanych przez producentów energii elektrycznej nie uwzględnia specyfiki warunków ich kalkulacji w różnych krajach, np. wydobycie węgla w Niemczech jest dotowane, a w Polsce istnieje „ukryta” dotacja do wydobycia węgla kamiennego w postaci finansowania z budżetu państwa procesu restrukturyzacji górnictwa. Powoduje to zaniżenie poziomu kalkulowanej ceny energii elektrycznej i utrudnia porównanie cen (w Niemczech dotacja ta zaniża rzeczywiste koszty wytwarzania energii elektrycznej o ok. 0,02 euro/kWh). Jeśli uwzględni się koszty ochrony środowiska naturalnego, preferencje w wykorzystaniu energii odnawialnej oraz kierunki zmian kosztów i pozyskania energii, to można zauważyć, że po dłuższym okresie energia wiatrowa staje się coraz tańsza w stosunku do energii pozyskiwanej tradycyjną drogą. Dodatkowo trudność w porównaniu cen energii wywołana jest zróżnicowaniem kosztów wytwarzania energii elektrycznej zarówno stałych, jak i zmiennych, dotyczy to również energii elektrycznej wytwarzanej w elektrowniach wiatrowych.

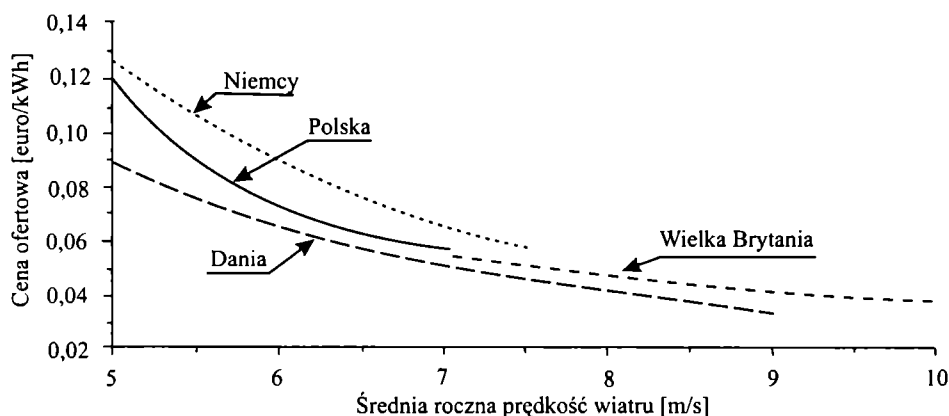
Do głównych czynników wpływających na poziom cen energii w różnych krajach należą²:

² B. Soliński, I. Soliński, *Ceny energii wiatrowej na konkurencyjnym rynku energii elektrycznej*, materiały z konferencji „Rozwój energetyki wiatrowej w Polsce Północnej – konieczność czy idealizm”, Szczecin, 15-16 marca 2001, s. 6.

- stopa procentowa,
- okres spłaty kredytu,
- okres amortyzacji,
- ryzyko finansowe.

Głównym czynnikiem, od którego uzależniona jest cena energii wiatrowej, jest średnia roczna prędkość wiatru. Jednakże wymienione czynniki (zmiennie dla różnych krajów) utrudniają ocenę konkurencyjności energii wiatrowej w stosunku do energii pochodzącej z tradycyjnych źródeł w skali międzynarodowej. Kalkulowaną cenę energii oparto na kosztach producenta, uwzględniając również koszty alternatywne wykorzystania kapitału zawarte w kosztach ekonomicznych oraz sposób finansowania inwestycji.

Na rys. 1 przedstawiono zróżnicowanie cen energii elektrycznej ze względu na prędkość wiatru w: Niemczech, Wielkiej Brytanii i Danii.



Założenia: koszty kapitałowe: 850 euro/1kW, koszty eksploatacji: 17 euro/kW/rok + 0,003 euro/kWh.

Rys. 1. Ceny energii wiatrowej w Niemczech, Polsce i Wielkiej Brytanii

Źródło: B. Soliński, I. Soliński, wyd. cyt., s. 6.

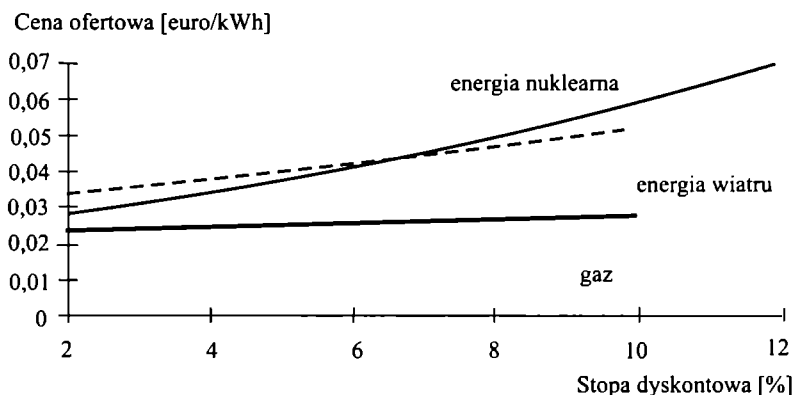
Wymienione różnice w cenie energii wynikają z różnych poziomów stóp procentowych. Sektor usług publicznych w Danii często kalkuluje ceny energii wiatrowej przy założeniu realnej stopy oprocentowania na poziomie 6%. Koszty kapitału w tym kraju mogą być odpisywane podczas nieustannego funkcjonowania życia obiektu, np. przez 25 lat, co powoduje, że duńska cena energii elektrycznej z elektrowni wiatrowych obniża się z 0,093 euro/kWh przy niższych prędkościach wiatru do 0,038 euro/kWh przy prędkości wiatru 8,5 m/s i jest niższa aniżeli w Anglii i Niemczech (rys. 1).

Okres amortyzacji elektrowni w Anglii jest krótszy i wynosi 15 lat; developerzy w prywatnym sektorze stosują stopy procentowe większe niż 8%, co powoduje wyższe ceny energii.

Kalkulowane ceny energii wiatrowej w Niemczech są znacznie wyższe niż w innych krajach. Wynika to z faktu, iż większość instalacji jest tworzona przez prywatnych developerów otrzymujących pieniądze z Deutsche Ausgleichsbank (okres spłaty kredytu 10 lat). Typowy kredyt w Niemczech pokrywa tylko 80% całkowitego kosztu, pozostałe 20% to kapitał własny. Inwestorzy oczekują wysokich stóp zwrotu w wysokości co najmniej 10%. Zatem farma wiatrowa w Niemczech, pracująca na terenie o średniej rocznej prędkości wiatru 7 m/s, będzie generowała cenę 35% wyższą niż w Danii. Dodatkowo słabsze warunki wietrzne w Niemczech (średnia roczna prędkości wiatru wynosi ok. 6 m/s) powodują, że wytwarza się mniej energii z jednego kW mocy zainstalowanej.

Wpływ stopy procentowej na poziom cen energii ma duże znaczenie dla technologii wymagających znacznych nakładów kapitałowych, takich jak energia wiatrowa. Wpływ stopy procentowej na poziom ceny energii elektrycznej przedstawia rys. 2. Sektor energetyki wiatrowej jest bardziej wrażliwy na wysokość stopy oprocentowania niż gazownictwo, ale mniej wrażliwy niż energetyka atomowa³.

Okres spłaty kapitału ma też znaczny wpływ na poziom ceny zielonej energii. Krótszy czas spłaty kredytu powoduje jego większy koszt, co wpływa na wzrost ceny energii ze źródeł wymagających dużych nakładów finansowych (rys. 3). Cena przynosząca zysk w przypadku energii wiatru utrzymywana przez okres 15 lat jest czynnikiem decydującym o okresie spłaty kapitału⁴.



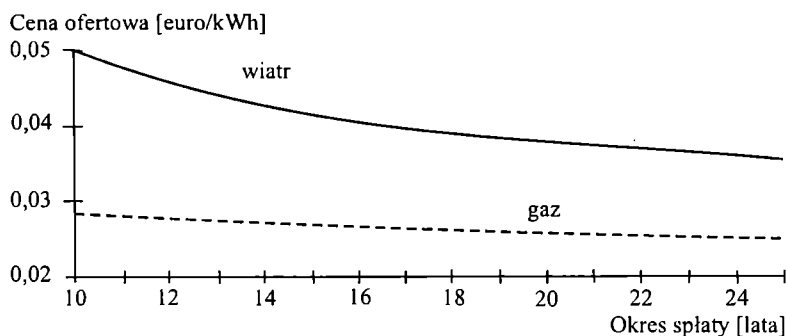
Założenia: Energia jądrowa: 1980 euro/kW, budowa 6 lat, koszty eksploatacji 0,012 euro/kWh. Energia wiatrowa: 850 euro/kW, budowa 6 miesięcy, koszty eksploatacji 17 euro/kW/rok + 0,003 euro/kWh. Gaz: 850 euro/kW, budowa 6 miesięcy, koszty eksploatacji 17 euro/kW/rok + 0,003 euro/kWh.

Rys. 2. Wpływ stopy procentowej na cenę energii elektrycznej

Źródło: jak do rys. 1, s. 7.

³ B. Soliński, I. Soliński, wyd. cyt., s. 7.

⁴ Tamże, s. 8.

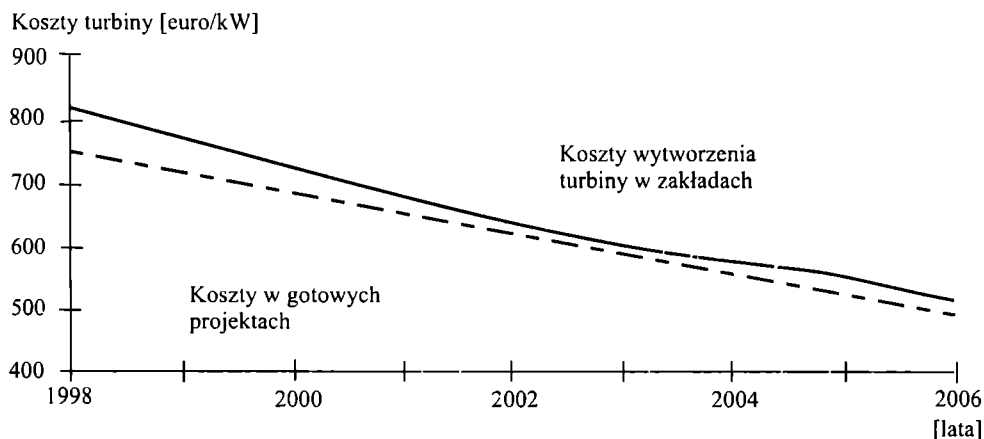


Rys. 3. Wpływ okresu spłaty kapitału na cenę energii elektrycznej (oparty na 8% stopie dyskontowej w każdym przypadku)

Źródło: jak do rys. 1, s. 8.

Można przypuszczać, iż możliwości wzrostu mocy w elektrowniach wiatrowych będą podwajały się co trzy lata, czemu za każdym razem będzie towarzyszyła redukcja kosztów produkcji turbin o 15% oraz redukcja kosztów wytwarzania energii elektrycznej. Według przewidywań, ceny turbin wiatrowych będą malały co trzy lata. W 2001 r. wynosiły 750 euro/kW, w 2006 r. mają wynosić 496 euro/kW (w zależności od zakresu mocy). Ten scenariusz pokrywa się z prognozami organizacji Renewable Energy Policy Project (REPP), badającej techniczne i polityczne zagadnienia związane z rozwojem energii odnawialnej⁵.

Koszty kalkulowane przez REPP dotyczą kompletnych projektów, dlatego są nieco wyższe w porównaniach z podstawowymi kosztami wytworzenia turbin (w 1998 r.



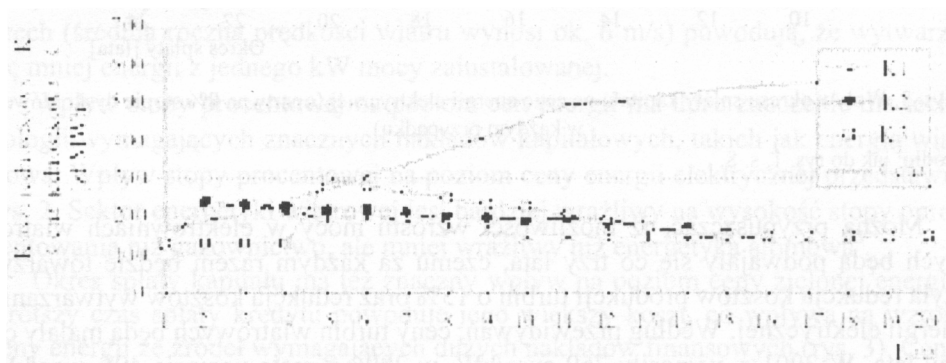
Rys. 4. Prognoza redukcji kosztów 1kW mocy zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych (8% stopa dyskontowa w każdym przypadku)

Źródło: jak do rys. 1, s. 9.

⁵ B. Soliński, I. Soliński, wyd. cyt.

wynosiły 812 euro/kW, w 2006 r. przewiduje się ich spadek do 513 euro/kW, co ilustruje rys. 4).

Ogólnie cena energii oparta jest na kosztach ekonomicznych jej pozyskania. W Polsce cenę energii elektrycznej z elektrowni wiatrowej określają przepisy ustawy o prawie energetycznym, której bazą jest cena energii elektrycznej wytworzonej z węgla. Cena ta jest zróżnicowana lokalnie; zakłady energetyczne mogą ustalić ją na różnym poziomie.



K1 – dla 10-letniego okresu kredytowania i 1 roku karencji w spłacie kredytu,
 K2 – dla 15-letniego okresu kredytowania i 1 roku karencji w spłacie kredytu,
 K3 – dla 10-letniego okresu spłaty i 6-letniego okresu karencji.

Rys. 5. Wpływ warunków kredytowania inwestycji na koszty jednostkowe energii elektrycznej w elektrowni wiatrowej o mocy 600 kW

Źródło: jak do rys. 1, s. 12.

Na rys. 5 przedstawiono wpływ długości okresu kredytowania na poziom kosztów wytwarzania energii w elektrowni wiatrowej. Obliczenia zostały wykonane dla trzech wariantów okresu kredytowania, w wypadku elektrowni wiatrowej o mocy 600 kW: K1 – dla 10-letniego okresu kredytowania i 1 roku karencji w spłacie kredytu, K2 – dla 15-letniego okresu kredytowania i 1 roku karencji w spłacie kredytu, K3 – dla 10-letniego okresu spłaty i 6-letniego okresu karencji. Wydłużenie okresu kredytowania powoduje wzrost kosztów wytwarzania energii elektrycznej na skutek wzrostu kosztów kapitału (odsetek). Wywołuje to sytuację odwrotną niż w innych krajach, ponieważ w polskich warunkach okres amortyzacji elektrowni nie pokrywa się z okresem spłaty kredytu, a stawka amortyzacji liczona dla 20 lat jest jednakowa we wszystkich rozważanych wariantach. Można również zauważyć, że na skutek wzrostu cen energii elektrycznej (krzywa C na rys. 5), karencja w spłacie kredytu zapewnia opłacalność eksploatacji elektrowni wiatrowej już w początkowym okresie, co jest zjawiskiem korzystnym⁶.

⁶ B. Soliński, I. Soliński, wyd. cyt., s. 12.

3. Koszty inwestowania w siłownie wiatrowe

Kosztami podstawowymi, które powinien uwzględnić inwestor podczas projektowania i budowy elektrowni wiatrowej, są⁷:

- koszt zakupu turbiny wiatrowej (wynosi ok. 60-70% wartości inwestycji);
- opracowanie analiz opłacalności (2-5% wartości inwestycji);
- płace pracowników;
- przygotowanie terenu, czyli przygotowanie dróg dojazdowych (ok. 2-5% wartości inwestycji), poziomowanie terenu i inne czynności wymienione w specyfikacji budowy;
- transport; załadunek i wyładunek oraz inne koszty związane z przewozem kompletnej elektrowni z fabryki na budowę i jej montaż (ok. 5% wartości inwestycji);
- budowa fundamentów (ok. 3-5% wartości inwestycji);
- podłączenie do sieci energetycznej (ok. 10-20% wartości inwestycji);
- koszty zewnętrznego monitoringu i kontroli (standard dla większych instalacji);
- konsultacje, opracowanie i nadzór nad instalacją;
- koszty związane z infrastrukturą budowy (sanitariaty, ochrona, zaopatrzenie);
- koszty zakupu albo dzierżawy gruntów pod budowę oraz ewentualnej zmiany przeznaczenia ziemi (z rolnej na przemysłową) (ok. 2-9% wartości inwestycji).

Ogólnie koszty stałe związane z wyposażeniem budynków, zaplecza, terenu, zakupem urządzeń itp. ponoszone są na samym początku inwestycji. Do kosztów wstępnych zalicza się również: czynsz dzierżawny, ubezpieczenia, administrację ogólną. Kosztami zmiennymi są: robocizna (pracownicy bezpośrednio produkcyjni), paliwo, utrzymanie w ruchu itp.⁸

Do nakładów inwestycyjnych zalicza się natomiast przygotowanie planu biznesowego, studia wykonalności, usługi prawne itp.

Można obniżyć o połowę koszty przyłączenia do sieci, zlecając to zadanie nie zakładom energetycznym, lecz wykwalifikowanym firmom lokalnym. Zakład energetyczny nie może domagać się otrzymania tego typu zlecenia. Inwestor ma możliwość wyboru oferty atrakcyjniejszej cenowo. Kosztami trudnymi do skalkulowania są koszty naprawy dróg po ukończeniu inwestycji, ponieważ są one zależne od pogody. Wiele samorządów gminnych wymaga przed rozpoczęciem budowy deponowania minimum 50 000 zł, aby uniknąć szkód⁹. Koszty planowania pro-

⁷ K. Kundera, T. Pietrkowski, *Elektrownia wiatrowa w Słupie – koncepcja, realizacja, eksploatacja*, materiały z konferencji „Energetyka 2000”, PWR, listopad 2000.

⁸ T. Lachowicz, *Przygotowanie biznesplanów dla przedsięwzięć z zakresu wykorzystania odnawialnych źródeł energii*, uzupełnienie materiałów konferencyjnych „Energia dla przyszłości – odnawialne źródła energii w Polsce”, EC BREC, Szczecin, 30-31 marca 2000, s. 12.

⁹ G. Seel, *Planowanie siłowni wiatrowych w praktyce*, materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Elektrownie wiatrowe 2000 (Projektowanie, budowa, eksploatacja, ekologia, finansowanie i współpraca z siecią elektroenergetyczną)”, Kołobrzeg, 30-31 maja 2000, s. 112.

jektów dla siłowni wiatrowych opierają się na honorariach uzgadnianych na zasadzie wolnych pertraktacji. Dodatkowo należy wziąć pod uwagę koszty specjalnych ekspertyz, np. ornitologicznych, oceny wpływu urządzeń na krajobraz, które mogą okazać się dość wysokie.

4. Porównanie kosztów inwestycyjnych w Niemczech, Danii, USA i w Polsce

W USA koszty budowy elektrowni wiatrowych wynosiły w 1997 r. ok. 1500-2500 USD/kW, a średni koszt produkcji energii elektrycznej to 0,1 USD/kWh¹⁰. W listopadzie 2004 r. koszt produkcji 1 kWh energii elektrycznej pochodzącej z elektrowni wiatrowej w USA wynosił 0,042 USD, dla porównania: taka sama ilość energii produkowanej z węgla kosztowała 0,04 USD, przy wykorzystaniu gazu ziemnego – 0,068 USD, dla ropy naftowej jest to już 0,09 USD centa, zaś koszt energii generowanej w elektrowniach atomowych wynosi 0,1 USD¹¹. W USA zielona energia stała się konkurencyjna w stosunku do źródeł konwencjonalnych.

W Niemczech energia z elektrowni wiatrowej kosztowała w 1999 r. do 0,16 DM/kWh tylko o 0,05 DM drożej niż energia wytwarzana z węgla¹². Biorąc pod uwagę kurs wymiany na euro (1 euro = 1,956 DM), dawało to wartość ok. 0,082 euro. Koszty kapitałowe były wyższe o 3% niż w RP i wносиły 33% wartości inwestycji, koszty napraw bieżących oraz koszty produkcji, bez kosztów materiałowych do 10 lat użytkowania elektrowni, kształtowały się natomiast na poziomie zbliżonym do polskiego. Ogólnie dr Hans Peter Ahmels oszacował wysokość kosztu inwestycji w siłownie wiatrowe na kwotę 1700 DM/kW (869 euro/kW), przy założeniu 92% współczynnika sprawności, 3% inflacji, stopie oprocentowania kredytu 7,5%, wysokości wieży 65 m, okresie eksploatacji do 20 lat i szorstkości terenu 0,1m.

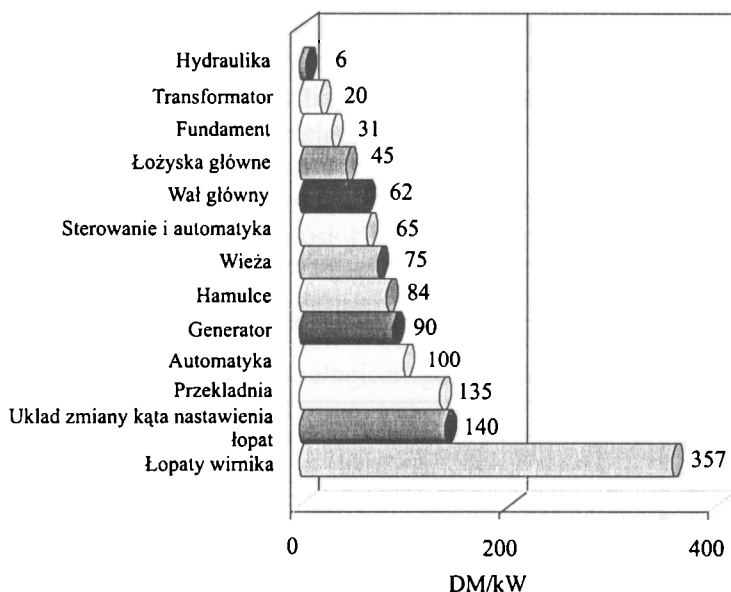
Na rys. 6 przedstawiono koszty eksploatacyjne, tj. koszty wymiany komponentów i remontu, od 11 do 20 roku użytkowania elektrowni wiatrowej w Niemczech, opracowane na podstawie Deutsches Windenergie Institut w Wilhelmshaven w 1999 r. Łączne koszty eksploatacyjne w tym okresie wynosiły 1210 DM (618 euro) na każdy zainstalowany kilowat¹³. Danish Wind Industry Association twierdzi, że nowoczesne elektrownie wiatrowe mogą pracować 120 000 godz. przez 20 lat ich użytkowania. Rocznie stanowi to trzykrotną wartość modelu H. Ahmelsa, który średnią liczbę godzin pracy elektrowni niemieckich ocenia na 2000 godz. rocznie.

¹⁰ J. Kucowski, D. Laudyn, M. Przekwas, *Energetyka a ochrona środowiska*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1994, s. 410.

¹¹ Dane podawane przez Rocky Mountain Institute, grupę badawczą zajmującą się rozpowszechnianiem ekologii w biznesie, www.elektrownie-wiatrowe.pl.

¹² H. Ahmels, *Generation Costs of Windpower*, „Subvention of Energies”, konferencja „Źródła energii odnawialnej”, Kielce 2001, s. 23.

¹³ Tamże, s. 21-22.



Rys. 6. Koszty eksploatacyjne (remontów i wymiany komponentów) elektrowni wiatrowej w Niemczech od 11 do 20 roku użytkowania (podano dokładne ceny przy każdym komponentie w DM/kW)

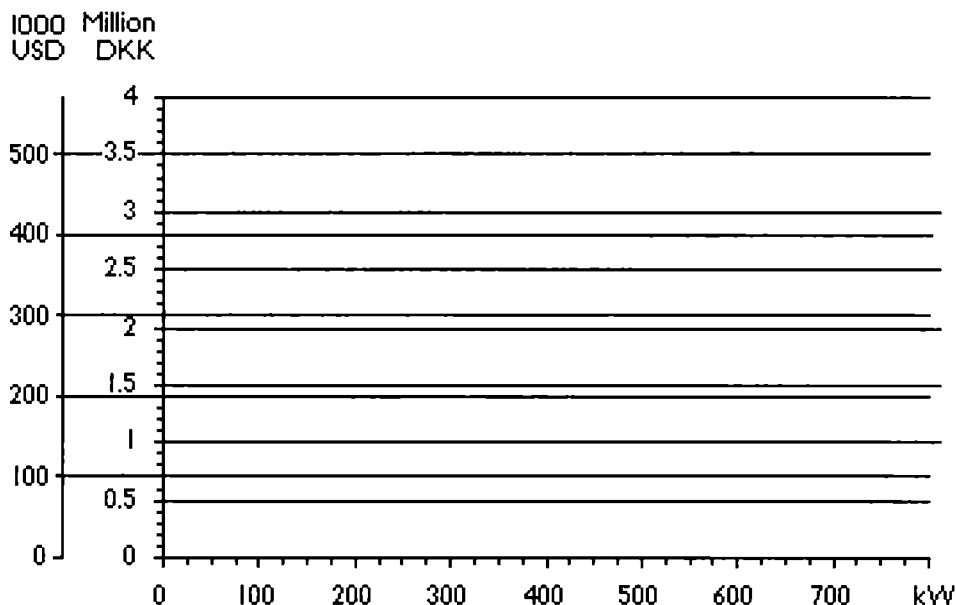
Źródło: opracowanie własne na podstawie „Ersatzinvestitionen und Reparatur für WEA während einer kalkulierten Lebensdauer von 20 Jahren” – H. Ahmels, wyd. cyt., s. 22.

Badania nad kosztami eksploatacji 5000 duńskich turbin wiatrowych prowadzone od 1975 r. wykazały, iż są one bardzo niskie w porównaniu z nakładami inwestycyjnymi. Koszty zastąpienia zużytych komponentów nowymi w Danii i w Niemczech są zbliżone i wynoszą ok. 15-20% wartości turbiny¹⁴.

Najczęściej zużywającymi się elementami konstrukcji elektrowni wiatrowej są łopaty wirnika i przekładnie. Przeciętny czas funkcjonowania elektrowni jest określany podobnie, jak w Niemczech na 20 lat. Jest on uzależniony od jakości turbiny i warunków klimatycznych, np. farmy zlokalizowane na morzu mają dłuższy okres żywotności ze względu na mniejsze turbulencje powietrza. Na rys. 7 przedstawiono koszty nowoczesnych turbin duńskich w 1998 r. Ceny uzależnione są od generowanej mocy oraz od wysokości wieży, średnicy rotora itd. Elektrownia mająca dużą średnicę wirnika i niską wieżę jest droższa od elektrowni o wyższej wieży i mniejszej średnicy. Koszt zakupu 150 kW elektrowni jest trzy razy niższy niż 600 kW. Najpopularniejszym rozwiązaniem jest elektrownia o średnicy rotora 43 m, o mocy 600 kW zainstalowana na 40-50 m wieży. Koszty zakupu takiej turbiny wynoszą

¹⁴ Operation and Maintenance Cost of Wind Turbines, Wind Energy Economics, What Does a Wind Turbine Cost?, luty 1998, www.windpower.org.

ok. 500 tys. USD, a koszty instalacji – od 100 do 150 tys. USD. Przykładowo koszt budowy morskiej farmy wiatrowej w okolicach Vindeby w Danii, składającej się z 11 elektrowni o mocy 450 kW każda, wynosił w 1991 r. 12,5 mln USD¹⁵. Jednak budowa farmy na morzu jest o 40% droższa niż na lądzie¹⁶.



Rys. 7. Koszty nowoczesnych turbin duńskich w 1998 r.

Źródło: www.windpower.org.

W Polsce w 2001 r. koszt elektrowni o mocy 30 kW kształtował się w granicach 160 tys. zł netto, zaś 160 kW – 500 tys. zł netto. Koszt ten zawiera montaż, układ sterowania i rozruch technologiczny¹⁷. Dla porównania koszty inwestycyjne elektrowni 600 kW w Rymanowie przedstawiają się następująco¹⁸:

- koszt zakupu i zainstalowania: 1,85 mln zł;
- koszt budowy drogi o długości 800 m: 80 tys. zł;
- koszt przyłącza i stacji transformatorowej: 250 tys. zł;
- koszty (fundamentu, transportu, dokumentacji geologicznej, działki itp.) stanowiące 3% powyższych pozycji: 327 tys. zł.

W kosztach zakupu elektrowni nie uwzględniono 22% podatku VAT, który jest zwracany w następnym roku po dokonaniu zakupu z urzędu skarbowego. Została

¹⁵ K. Ledwoń, *Ekologiczne podstawy kształtowania technosfery*, PWN, Warszawa–Wrocław 1998, s. 85.

¹⁶ W. Underhill, *Catching the Wind*, „Newsweek” 15 August 2002, s. 59.

¹⁷ Darmowy tylko napęd... po co ta rewolucja?, „Energia Gigawat” 3/2001, s. 58.

¹⁸ I. Soliński, *Energetyczne i ekonomiczne aspekty wykorzystania energii wiatrowej*, Wyd. IGMiE PAN, Kraków 1999, s. 83-84.

natomiast uwzględniona cena zakupu u producenta za granicą wraz z kosztem zainstalowania 500 tys. USD (kurs 3,7 zł). Koszty eksploatacyjne w latach 2000-2003 oszacowano na poziomie niższym niż w Niemczech, a zbliżonym do Danii. Różnica w wysokości kosztów eksploatacyjnych może wynikać z odmiennych warunków klimatycznych czy lokalizacji elektrowni. Ma to też wpływ na roczną produkcję energii elektrycznej, która dla 600 kW elektrowni przy średniej rocznej prędkości wiatru ok. 7,5 m/s wynosi 1750 MWh, zaś już tylko 1100 MWh przy 6 m/s¹⁹.

Trwałość instalacji jest zbliżona do tych w analizowanych krajach, podobnie jak średni koszt zainstalowania 1 kW mocy (w Polsce w 1999 r. wynosił on ok. 781 zł). Rezultatem rozwoju technologicznego, udoskonalenia produkcji, wzrostu wielkości instalacji wiatrowych i rosnącego zainteresowania czystą energią w latach 1991-1997 są malejące o 20% koszty zakupu turbin, koszt produkcji 1 kWh, który zmalał o 30%, oraz koszty fundamentów, dróg i podłączenia do sieci, które obniżyły się o 50%.

5. Podsumowanie

Bardzo nierówny rozwój energetyki wiatrowej w krajach o podobnych zasobach wiatru jest rezultatem istotnych różnic wynikających z ekonomicznego wsparcia inwestorów przez rząd, powiązań z operatorami sieci dystrybucyjnej, finansowania, istnienia systemu zielonych świadectw, cen stałych czy systemu przetargowego itp.

Bezpośrednim czynnikiem decydującym o konkurencyjności energii wiatru jest średnia roczna prędkość wiatru. Na cenę energii elektrycznej wpływa duża liczba czynników, które muszą być porównywalne, by móc ocenić konkurencyjność tej energii względem pozostałych źródeł. Jednym z nich jest ukryta dotacja do wydobycia węgla kamiennego w postaci finansowania z budżetu państwa procesu restrukturyzacji górnictwa, powodująca zaniżenie poziomu kalkulowanej ceny energii elektrycznej. Dodatkowo powinny być brane pod uwagę koszty ochrony środowiska naturalnego, które dzięki zastąpieniu elektrowni konwencjonalnych wiatrowymi są zerowe. Trudność w porównywaniu cen energii wywołana jest również zróżnicowaniem kosztów stałych i kosztów zmiennych wytwarzania energii elektrycznej, okresem spłaty kredytu i jego oprocentowaniem. Bardzo istotnym punktem zwrotnym w inwestowaniu w energię ze źródeł odnawialnych staje się stworzenie kompensującego systemu cen energii elektrycznej w funkcji jej wpływu na środowisko (np. Dania, USA).

Polska ma zbliżone do Niemiec warunki wietrzne. Jednak warunki ekonomicznego rozwoju są zupełnie różne, o czym świadczą w Niemczech choćby łatwość w

¹⁹ S. Aleksandrow, J. Dołowy, A. Kerner, *Koszty produkcji energii elektrycznej w małych rozproszonych źródłach energii (I)*, „Ekoprofit” 1999, nr 7/8, s. 38.

dostępie do tanich kredytów, dłuższy okres ich spłaty, wielkość kredytu do 80% kosztów inwestycyjnych, zwolnienia z podatków i, co najważniejsze, ustalona przez rząd wysoka cena zakupu energii 0,085 euro/kWh. Obecnie ceną optymalną energii wytworzonej w elektrowni wiatrowej w Polsce byłoby 260-300 zł za 1 MWh. Jednak zakłady energetyczne skłonne są płacić od 160 do 220 zł za 1 MWh, zatem niewiele więcej niż wynosi średnia cena energii w kraju – 130 zł za 1 MWh.

W Danii 30% kosztów inwestycji pokrywa dotacja rządowa; zwracane jest też 35% kosztów przyłączenia do sieci; istnieje obowiązek zakupu energii z OZE za minimum 70% jej średniej ceny sprzedaży. Dodatkowo użytkownikom zwraca się podatek od dobrobytu stanowiący 1/3 kosztu zakupu energii elektrycznej²⁰. W Polsce w prowadzonych analizach ekonomicznych określa się okres amortyzacji na 20 do 25 lat, a kredyty udzielane są na 5 do 7 lat, przeważnie w wysokości 50% wartości inwestycji.

Wnioskując, można stwierdzić, że istnieje konieczność dofinansowania i wspierania rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce. Udowodniono, że wyłącznie z powodu zmniejszenia strat ekologicznych w Polsce dotacja do 1 kW mocy zainstalowanej w energetyce wiatrowej powinna wynieść 2500 zł (ok. 60% wartości kosztów inwestycyjnych).

Energetyka wiatrowa będzie się stale rozwijać dzięki m.in. spadkowej tendencji kosztów wytwarzania energii elektrycznej, redukcji kosztów produkcji turbin oraz wzrostowi mocy zainstalowanej w parkach wiatrowych i wzrostowi cen energii z paliw kopalnych. Dodatkowo wykorzystanie energii wiatru jest traktowane coraz częściej jako mało ryzykowne przedsięwzięcie, stąd okres zwrotu kapitału stopniowo się wydłuża.

Literatura

- Ahmels H., *Generation Costs of Windpower*, „Subvention of Energies”, konferencja „Źródła energii odnawialnej”, Kielce 2001.
- Aleksandrow S., Dołowy J., Kerner A., *Koszty produkcji energii elektrycznej w małych rozproszonych źródłach energii (I)*, „Ekoprofit” 1999, nr 7/8.
- Bielski W.M., *Aeroenergetyka – wyzwania i szanse*, „Przegląd Energetyczny” 2000, nr 3.
- Darmowy tylko napęd... po co ta rewolucja?*, „Energia Gigawat” 2001, nr 3.
- Kiecko R., *Finansowanie inwestycji – siłownie wiatrowe*, konferencja „Źródła energii odnawialnej”, Kielce 2001.
- Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M., *Energetyka a ochrona środowiska*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1994.
- Kundera K., Pietrakowski T., *Elektrownia wiatrowa w Słupie – koncepcja, realizacja, eksploatacja*, materiały z konferencji „Energetyka 2000”, PWR listopad, 2000.
- Lachowicz T., *Przygotowanie biznesplanów dla przedsięwzięć z zakresu wykorzystania odnawialnych źródeł energii*, uzupełnienie materiałów konferencyjnych „Energia dla przyszłości – odnawialne źródła energii w Polsce”, EC BREC, Szczecin, 30-31 marca 2000.

²⁰ W.M. Bielski, *Aeroenergetyka – wyzwania i szanse*, „Przegląd Energetyczny” 2000, nr 3, s. 19.

- Ledwoń K., *Ekologiczne podstawy kształtowania technosfery*, PWN, Warszawa–Wrocław 1998.
- Operation and Maintenance Cost of Wind Turbines, Wind Energy Economics, What Does a Wind Turbine Cost?*, luty 1998, www.windpower.org.
- Seel G., *Planowanie siłowni wiatrowych w praktyce*, materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Elektrownie wiatrowe 2000 (Projektowanie, budowa, eksploatacja, ekologia, finansowanie i współpraca z siecią elektroenergetyczną)”, Kołobrzeg, 30-31 maja 2000.
- Soliński B., Soliński I., *Ceny energii wiatrowej na konkurencyjnym rynku energii elektrycznej*, Materiały z konferencji „Rozwój energetyki wiatrowej w Polsce Północnej – konieczność czy idealizm”, Szczecin, 15-16 marzec 2001.
- Soliński I., *Energetyczne i ekonomiczne aspekty wykorzystania energii wiatrowej*, Wyd. IGMiE PAN, Kraków 1999.
- Underhill W., *Catching the Wind*, „Newsweek” 15 August 2002.

PROFITABILITY OF INVESTING IN WIND TURBINES

Summary

The main issue of this article is to emphasize how financial risk, time of amortization and paying credit, investment and operating costs influence profitability of wind power farms. The first part concerns the main factors responsible for the level of wind energy prices. Investment and operating costs are presented in the second part of the article.

Wind energy sector was characterized by very dynamic development rate in the last decade. In comparison to Germany, the world leader, Poland has almost the same wind conditions what can result in further and wider development of this sector. However, the main obstacles are lack of required energy price and direct financial support from the government.