

Czy Polska powinna iść „duńską” drogą ?

Krótkie porównanie elektrowni wiatrowych i jądrowych

Dr inż. Andrzej Strupczewski

W związku z ogłoszeniem przez rząd projektu *Polityki Energetycznej Polski do 2030 roku* wykazującego potrzebę wprowadzenia energetyki jądrowej, swój renesans wśród działaczy antynuklearnych przeżywa hasło „wiatraki zamiast atomu”. Mówi się, że Duńczykom niepotrzebna jest energia jądrowa, a mimo to mają zapewnione bezpieczeństwo energetyczne! Greenpeace twierdzi nawet, że „*Energia jądrowa nie jest konkurencyjna w stosunku do energii wiatrowej, bo przy takim samym poziomie inwestycji wiatr pozwala uzyskać 2 - 3 razy więcej energii niż reaktor jądrowy*”¹. Przyjrzyjmy się faktom.

Stawka w tej grze jest bardzo wysoka - niezawodność dostaw energii elektrycznej i jej niska cena warunkują dobrobyt gospodarczy. Jeśli wybierzemy strategię energetyczną, która spowoduje utratę stabilności sieci i duży wzrost kosztów energii elektrycznej, to nie tylko o rozwoju, ale nawet o utrzymaniu obecnej sytuacji wzrostu ekonomicznego nie ma co marzyć. Tymczasem częste zmiany siły wiatru – proponowanego nam jako najlepsze źródło energii - powodują niestabilność mocy wiatraków, a to skutkuje niskim współczynnikiem wykorzystania ich mocy, wysokimi kosztami wytwarzania energii i trudnościami w zaspokojeniu potrzeb odbiorców. Przykład Danii, podawanej jako wzór kraju skutecznie rozwijającego energetykę wiatrową, dobrze ilustruje problemy, jakie czekają nas w przypadku poważniejszego udziału elektrowni wiatrowej w systemie wytwarzania energii elektrycznej.

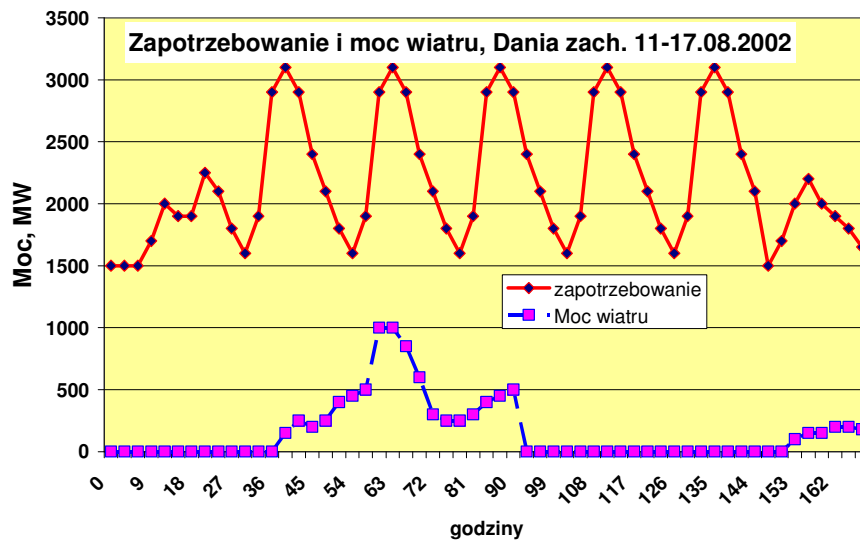
Według powszechnej opinii, prawie 20% zapotrzebowania Danii na energię elektryczną pokrywają turbiny wiatrowe, a przemysł produkcji turbin kwitnie. To

¹Energia jądrowa, Mit i Rzeczywistość, str 91, Heinrich Boll Stiftung, Warszawa, 2006.

nie jest pełny obraz sytuacji. Gdzieś umyka sprawa kosztów, dyspozycyjności, średniego rocznego wykorzystania mocy zainstalowanej i trudności eksploatacyjnych. Przemilcza się istnienie potężnej sieci energetycznej w krajach skandynawskich i w Niemczech, pozwalającej kompensować falowanie dostaw energii wiatru. Przede wszystkim zaś nie wspomina się, że wiatr jest zmienny, niepewny i nieprzewidywalny, podczas gdy odbiorcy energii elektrycznej potrzebują dostaw energii dostarczanej niezawodnie, ciągle i tanio.

Problem okresowych zaników wiatru

Zmienność wiatru jest wręcz przysłowiowa². Przy nominalnej mocy wiatraka np. 2 MW w praktyce daje on moc od 2 MW do zera. Jeżeli znajduje się w miejscu o dobrych warunkach wiatrowych – średnio 0,4 MW. Podana wielkość średnia nie oznacza oczywiście, że można zawsze na tyle liczyć. Są bowiem okresy, gdy cały system wiatrowy nie dostarcza energii elektrycznej w ogóle. Tak było np. w sierpniu 2002 r. gdy przez tydzień moc dostarcza przez elektrownie wiatrowe była bliska zeru (rys. 1). Łącznie w 2002 roku w Zachodniej Danii było 52 dni, gdy wiatr dostarczał mniej niż 1 % zapotrzebowania. Nie ulega więc wątpliwości, że moc systemu energetycznego musi być wystarczająca dla pokrycia potrzeb odbiorców niezależnie od mocy wiatraków³.



Rys. 1 Brak energii wiatru w okresie słabych wiatrów w Danii zachodniej.

² Sharman, H. Why wind works for Denmark? Civil Engineering 158 May 2005. Pages 66–72

³ j.w

Wg niemieckiej firmy E.ON, w której w końcu 2005 r. pracowały wiatraki o łącznej mocy szczytowej 7.600 MW udział energii wiatrowej w pokryciu dziennego zapotrzebowania szczytowego sieci energetycznej wahał się od 0.1% do 32%. Doświadczenie wykazało, że gdy zapotrzebowanie energii elektrycznej było wysokie wskutek mrozów zimowych czy upałów letnich, elektrownie wiatrowe dawały minimalny wkład w jego pokrycie⁴. W 2004 roku przeprowadzono w Niemczech dwie duże prace studialne, z których wynikało, że na skutek niskiej dyspozycyjności wiatraków, gdy rośnie stosunek ich łącznej mocy do mocy sieci, względne wykorzystanie ich mocy do pokrycia potrzeb szczytowych maleje. „Przewiduje się, że w 2020 r. przy planowanej mocy zainstalowanej w wiatrakach wynoszącej ponad 48,000 MW⁵, można będzie zastąpić nimi tylko 2,000 MW tradycyjnych źródeł energii”- stwierdzono w raporcie E.ON z 2005⁶.

Szybkie zmiany prędkości wiatru

Zmiany siły wiatru zachodzą zbyt szybko, by dało się je skompensować włączając lub wyłączając elektrownie węglowe. Przyznaje to nawet Greenpeace⁷, który gorąco popiera wprowadzanie wiatraków. Jednakże doświadczenie wykazało, że nawet znacznie bardziej elastyczne niż węglowe, elektrownie gazowe nie dają się uruchomić dostatecznie szybko. Wzrost prędkości wiatru od 9 do 11.5 metrów na sekundę w duńskiej morskiej farmie wiatrowej Horns Rev może spowodować podwojenie jej mocy z 80 do 160 MW w ciągu kilku minut⁸. Przykładów takich gwałtownych zmian jest wiele. Np. firma E.ON pokazała w swym raporcie, jak w wigilię 2004 r. o 9.15 rano, moc wiatraków osiągnęła maksimum roczne równe 6.024 MW, a następnie spadła poniżej 2.000 MW w ciągu zaledwie 10 godzin. Stanowiło to różnicę ponad 4,000 MW. W drugim dniu Świąt moc wiatru w sieci E.ON spadła jeszcze bardziej - poniżej 40 MW.⁹ Te zmiany mocy wiatraków musiały wyrównać elektrownie syste-

⁴ E.ON Netz Wind Report 2004

- dokument dostępny m.in. pod adresem: <http://www.aweo.org/windEon2004.html>

⁵ „Planning of the Grid Integration of Wind Energy in Germany Onshore and Offshore up to the Year 2020”

- dokument dostępny m.in. pod adresem:

<http://www.eon-etz.com/Ressources/downloads/dena-Summary-Consortium-English.pdf>

⁶ E.ON Netz Wind Report 2005

- dokument dostępny m.in. pod adresem: <http://www.windaction.org/documents/461>

⁷ Energia jądrowa – mit a rzeczywistość, s.47, Heirich Boll Stiftung, Warszawa, 2006

⁸ Eltra, 2005: Annual Report 2004. (In English)

⁹ E.ON Netz Wind Report 2005

- dokument dostępny m.in. pod adresem: <http://www.windaction.org/documents/461>

mowe opalane gazem lub węglem, albo – import energii z Norwegii (hydroelektrownie) i Szwecji (elektrownie jądrowe).

Możliwości przewidywania zmian siły wiatru

Doświadczenie duńskie wskazuje, że przewidywanie zmian prędkości wiatru jest zbyt mało trafne, by na tej podstawie dało się planować uruchomienie lub wyłączenie elektrowni¹⁰. W Niemczech wiodąca firma E.ON Netz wykorzystuje do tego celu skomplikowany system oparty na danych Niemieckiej Służby Meteorologicznej, ale wyniki nie są lepsze niż w Danii. Jak wszystkie prognozy pogody, prognoza prędkości wiatru jest tylko częściowo trafna. W 2003 r. średni błąd ujemny prognozowania w rejonie obsługiwany przez E.ON wynosił - 370 MW, a średni błąd dodatni + 477 MW. Jednakże podczas poszczególnych godzin odchylenia były dużo większe i sięgały w 2004 roku -2,532 MW, +3,999 MW. Błędy te były równe połowie zainstalowanej mocy szczytowej wiatraków¹¹.

Operator sieci przesyłowej musi wyrównać różnice między mocą przewidywaną a rzeczywiście generowaną przez wiatr wykorzystując zakres regulacji i moc rezerwową. Decydujące znaczenie dla określenia zapotrzebowania na moc rezerwową mającą zrównoważyć wahania siły wiatru jest oczekiwane maksymalne odchylenie prognozy, a nie średni błąd prognozy. Jest tak dlatego, że nawet jeśli moc dostarczana do sieci jest mniejsza od prognozowanej choćby przez kilka dni w roku, to operator musi być przygotowany na tę ewentualność i mieć dostateczny zapas mocy dla zapewnienia niezawodnego zasilania odbiorców. Konieczne jest więc utrzymywanie w systemie rezerwy wirującej, to jest elektrowni pracujących na biegu luzem lub na malej mocy. Niestety, utrzymywanie elektrowni w rezerwie wirującej oznacza, że pracują one bardzo daleko od swych parametrów optymalnych (co skutkuje wzrostem kosztów wytwarzania energii oraz emisji gazów i pyłów) więc i korzyści ekologiczne, do jakich dążymy budując wiatraki, w dużej mierze znikają przy rozpatrywaniu łącznie systemu wiatraków i elektrowni rezerwowych. Natomiast wysokie koszty inwestycyjne na budowę wiatraków i koszty inwestycyjne na niezbędne dla ich rezerwowania elektrownie systemowe - pozostają.

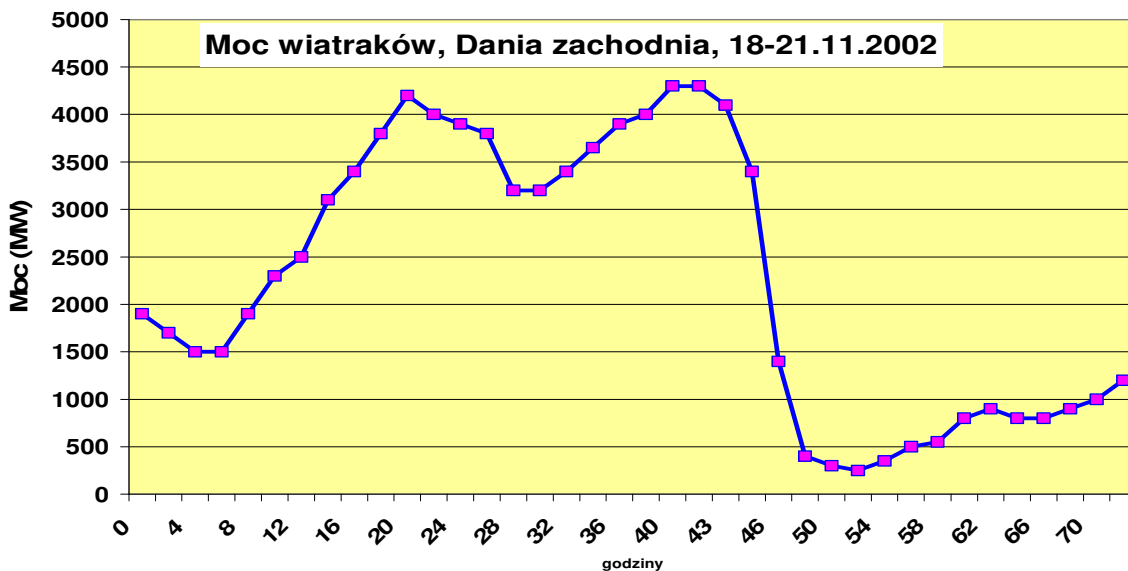
¹⁰ Sharman, H. Why wind works for Denmark? Civil Engineering 158 May 2005. Pages 66–72

¹¹ E.ON Netz Wind Report 2004

- dokument dostępny m.in. pod adresem: <http://www.aweo.org/windEon2004.html>

Co zrobić z nadmiarem wyprodukowanej przez wiatraki energii ?

Ponad 70% tej energii nie jest przydatne na potrzeby odbiorców krajowych. Dlatego chociaż produkcja energii wiatrowej w Danii odpowiada wielkości 20% jej potrzeb, to w rzeczywistości wiatr pokrywa tylko około 6% zapotrzebowania odbiorców duńskich. Resztę energii wiatrowej trzeba usunąć poza granice duńskiej sieci energetycznej¹². W 2004 r w Danii jako całości eksport stanowił 70.5% ogólnej generacji elektryczności wiatrowej i była ona sprzedawana ze stratą¹³. Na szczęście Dania jest połączona potężnym mostem energetycznym o przepustowości 5 GW z krajami skandynawskimi i z Niemcami¹⁴. Szczególnie ważne dla eksportu energii wiatrowej jest połączenie ze Skandynawią, bo do kompensacji wahań mocy turbin wiatrowych najlepiej nadają się hydroelektrownie. Rozruch elektrowni opalanych paliwami organicznymi następuje zbyt wolno by pokryć ubytek mocy powodowany nagłym spadkiem prędkości wiatru.



Rys. 2 Gwałtowny spadek mocy wiatraków – przykład jeden z wielu.

Norwegia czerpie swą energię elektryczną niemal wyłącznie z hydroelektrowni, a Szwecja z elektrowni wodnych i jądrowych. Łączna produkcja energii elektrycznej z samych hydroelektrowni w tych krajach wynosi 178 TWh, a z jądrowych w Szwecji –

¹² Sharman, H., 2004: "Electrolysis for Energy Storage & Grid Balancing in West Denmark." Work Group Report prepared for Energistyrelsen [Danish Energy Authority], August.

¹³ Vestergaard, F., 2005: "Bistand til Tyskland." "[Aid for Germany]." Weekend Avisen, 4 th November.

¹⁴ Mason V. C. Wind power in Denmark, 2006. (March 2007)

- dokument dostępny m.in. pod adresem: <http://www.countryguardian.net/vmason.htm>

60 TWh. Dania ma wiatraki o łącznej mocy 3 GW, które rocznie produkują około 10 TWh. Jest to mała część, około 5,6% energii produkowanej w hydroelektrowniach Szwecji i Norwegii. Kraje te mogą więc przyjąć do swej sieci chwilowy nadmiar energii otrzymywanej z elektrowni wiatrowych, zmniejszając moc hydroelektrowni albo pompując wodę do zbiorników górnych by odzyskać energię, gdy będzie ona potrzebna. Ale trzeba za to płacić. Zamiast z eksportu elektryczności mieć zysk, Dania sprzedaje ją poniżej kosztów własnych. W 2003 r. suma otrzymana przez rząd ze sprzedaży tej energii za granicę była o miliard DKK, to jest o 500 milionów PLN mniejsza niż opłaty przekazane przez rząd producentom energii wiatrowej¹⁵. Innymi słowy, duński obywatel płaci Szwecji i Norwegii za przywilej eksploatacji farm wiatrowych około 500 mln PLN. Jak na kraj liczący tylko 5,4 mln mieszkańców, jest to wydatek znaczący. Odbija się to oczywiście na cenie energii elektrycznej płaconej przez odbiorców indywidualnych. Wynosi ona w Danii 0.8 PLN/kWh, co stanowi jedną z najwyższych stawek płaconych w Europie¹⁶.

Czy wiatraki są małe i tanie?

W Danii¹⁷, wolnostojąca turbina wiatrowa o mocy 2 MW może wytwarzać energię elektryczną po cenie 0.49 DKK/kWh (0.25 PLN/kWh), a więc znacznie wyższej niż średnia cena dla Unii Europejskiej, a ponad 2 razy wyższej niż w przypadku elektrowni jądrowych. Wg firmy Vattenfall¹⁸, produkującej energię elektryczną w krajach skandynawskich, w Niemczech i w Polsce z elektrowni wiatrowych, wodnych, węglowych i jądrowych, koszt produkcji 1 kWh liczony w eurocentach dla nowych elektrowni oceniano jak pokazuje tablica 1.

Tablica 1: Koszty wytwarzania energii elektrycznej w nowych elektrowniach wg firmy Vattenfall (€/kWh)

Elektrownie Jądrowe	Hydro elektrownie	Elektrownie węglowe kondensacyjne	Gaz ziemny w cyklu skojarzonym	Biopaliwa w cyklu skojarzonym	Energia wiatrowa
3,7-4,4	4,4-6,6	4,9-5,6	5,6-6,5	6,0-6,6	7,3-9,1

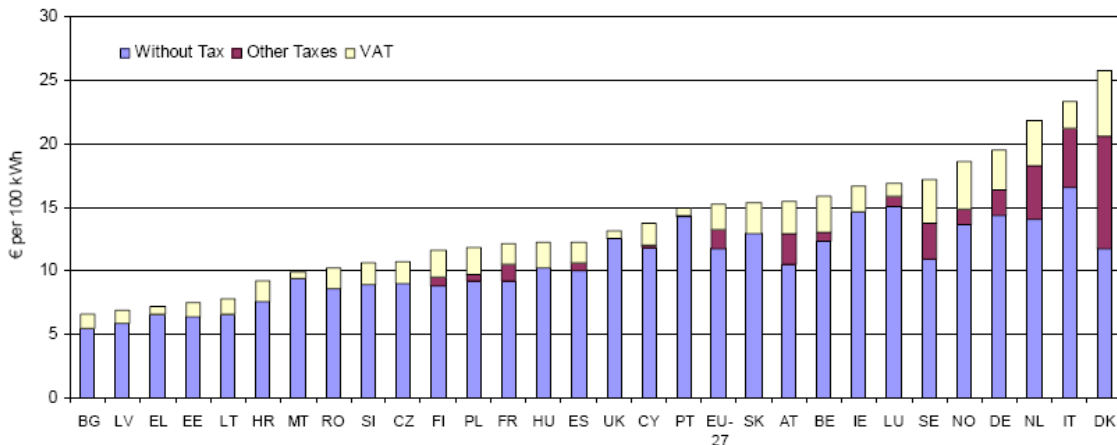
¹⁵ Vestergaard, F., 2005: "Bistand til Tyskland." "[Aid for Germany]." Weekend Avisen, 4 th November.

¹⁶ Mason V. C. Wind power in Denmark, 2006. (March 2007)
- dokument dostępny m.in. pod adresem: <http://www.countryguardian.net/vmason.htm>

¹⁷ Sharman, H., 2005: "Why wind power works for Denmark." Proc. of ICE. Civil Engineering, 158, 66-72.

¹⁸ Vattenfall, Annual Report 2006, p.19

Dane publikowane dla Unii Europejskiej potwierdzają wysokie koszty energii wiatrowej. Z rysunku 3 widać, że najwyższe ceny dla odbiorców indywidualnych występowały w dniu 1.1.2007 w Danii i we Włoszech¹⁹, w a więc w dwóch krajach Unii które programowo wyrzekły się energii jądrowej.



Rys. 3: Koszty energii elektrycznej dla odbiorców indywidualnych w krajach Unii Europejskiej w dniu 1.1.2007 (źródło: Eurostat²⁰).

Tak wysokie koszty energii wiatrowej, której składnik eksploatacyjny jest niewielki, powodowane są ogromnym nakładem materiałów i pracy potrzebnej do zbudowania wiatraków i związanej z nimi infrastruktury, a następnie z niską ich dyspozycyjnością. W przypadku Danii uderza ogromny wkład „innych podatków”, poświęconych na wspieranie energii wiatrowej i jej eksportu.

Dlaczego na wiatraki potrzeba tyle materiału? Obrazy pokazywane przez przemysł wiatrowy pokazują smukłe wieże lśniące jasno na tle krajobrazu lub prześwitujące w odległych mgłach, pięknie otoczone białymi obłokami. Ale wieża o wysokości 100 m, na której znajduje się turbina o wielkości autobusu i trzy 50 metrowe łopaty wirnika tnące powietrze z prędkością ponad 150 km/h wymagają na początek dużych i solidnych fundamentów. W przypadku wiatraka o mocy 1.5 MW waga turbiny wynosi ponad 56 ton, zestaw łopatek wirnika waży ponad 35 ton, a cała wieża ponad 160 ton²¹. Wg danych amerykańskich, podstawę każdej

¹⁹ Electricity prices for EU households and industrial consumers on 1 January 2007 Statistics in focus, ENVIRONMENT AND ENERGY 80/2007 Energy.

²⁰ j.w.

²¹ <http://www.aweo.org/ProblemWithWind.html>

100 metrowej wieży tworzy ośmiokąt o średnicy 13 m który wypełnia 12 ton stali zbrojeniowej i 180 m³ betonu. Fundamenty farmy Buffalo Mountain w stanie Tennessee mają 9 m głębokości i zawierają 3500 m sześciennych betonu. A pamiętajmy, że produkcja cementu jest jednym z poważnych źródeł emisji CO₂²². Na tle tych danych o rzekomo lekkich i małych elektrowniach wiatrowych łatwiej będzie czytelnikowi pogodzić się z obiektywnymi porównaniami charakterystyk elektrowni wiatrowych i jądrowych przytoczonymi poniżej na podstawie studiów przeprowadzonych w Instytucie Racjonalnego Użytkowania Energii na Uniwersytecie w Stuttgarcie w Niemczech²³ i w Politechnice w Szczecinie²⁴

Do porównań zespołu Politechniki w Szczecinie przyjęto, że elektrownia jądrowa pracuje przy współczynniku wykorzystania mocy równym 0,88 co daje 7700 godzin pracy na pełnej mocy rocznie, a w elektrowniach wiatrowych zainstalowane są wiatraki o mocy szczytowej 2.5 MWe, o wysokości 60 m i średnicy śmigła 80 m, pracujące ze współczynnikiem wykorzystania mocy 0,34 na lądzie (co daje 3000 h rocznie) a 0,45 na morzu (4000 h rocznie). Są to założenia bardzo korzystne dla wiatraków, osiągalne przy bardzo dobrych warunkach wiatrowych w Danii zachodniej, ale z pewnością nieosiągalne w Polsce, gdzie realne wykorzystanie mocy może sięgać 0,16. Jako wielkość odniesienia przyjęto całkowitą ilość energii wytworzonej w ciągu życia elektrowni, ocenianego na 40 lat dla elektrowni jądrowej i 20 lat dla elektrowni wiatrowej. Po przeliczeniu na jednostkę energii elektrycznej, charakterystyczne wskaźniki dla obu typów elektrowni określone przez Politechnikę w Szczecinie przedstawiają się następująco²⁵:

- Zapotrzebowanie powierzchni jest ponad 28 razy większe dla elektrowni wiatrowej.
- Emisja CO₂ przy uwzględnieniu całego cyklu budowy i likwidacji elektrowni jest dwukrotnie większa dla energii wiatrowej.
- Zapotrzebowanie materiałowe odniesione do całkowitej ilości energii wytworzonej w trakcie cyklu życia w elektrowni jest ponad dwukrotnie mniejsze dla elektrowni jądrowej! Zaskakujący wynik: choć uważa się, że elek-

²² Eric Rosenbloom: A Problem With Wind Power, September 5, 2006 www.aweo.org/

²³ T. Marheineke, W. Krewitt, J. Neubarth, R. Friedrich, A. Voß: Ganzheitliche Bilanzierung der Energie- und Stoffströme von Energieversorgungstechniken, Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Band 74, August 2000

²⁴ J. Eliaz, A. Biwan: Analiza porównawcza siłowni jądrowej z siłownią wiatrową – przykład praktycznego zastosowania. “*Energetyka 2006*” – Politechnika Wrocławska; 8 – 10 listopada 2006 r.

²⁵ j.w.

trownia jądrową jest „ogromna i ciężka” potrzebuje ona na jednostkę wytworzonej energii elektrycznej niecałą połowę masy materiałów zużywanych na „lekkie” i „przyjazne środowisku” elektrownie wiatrowe.

- Stosunek całkowitej ilości energii wytworzonej w ciągu całego cyklu życia elektrowni do skumulowanych nakładów energetycznych poniesionych w fazie jej budowy jest 4,5 razy większy dla elektrowni jądrowej niż dla wiatrowej. Twierdzenie Greenpeace’u jakoby elektrownie wiatrowe dawały 2 - 3 razy więcej energii elektrycznej na jednostkę nakładów inwestycyjnych, jest więc sprzeczne z bezstronnymi ocenami niemieckiego instytutu i polskiej politechniki.
- Zapotrzebowanie aluminium odniesione do całkowitej mocy zainstalowanej elektrowni jest 75 razy większe dla elektrowni wiatrowej. Wynika to stąd, że każda z wielu siłowni wiatrowych jest wyposażona w turbogenerator oraz systemy sterowania i wyprowadzenia mocy, podczas gdy w elektrowni jądrowej pracuje tylko jeden taki system²⁶.

Takich porównań jest więcej, a wszystkie podobnie niekorzystne dla energii wiatru. Aluminium zaś warto zapamiętać, bo z jego produkcją wiążą się znaczne emisje zanieczyszczeń powietrza – przed laty w Polsce doprowadziły one do zamknięcia huty aluminium Skawina. Jest to dobra ilustracja znaczenia emisji występujących jeszcze przed rozpoczęciem pracy przez elektrownię wiatrową.

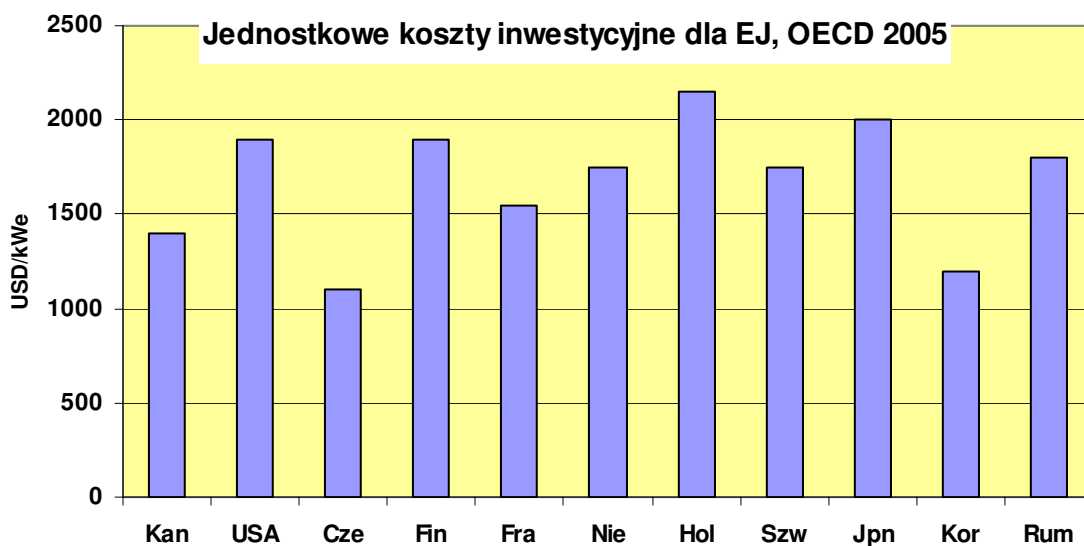
Nakłady inwestycyjne na elektrownie wiatrowe i elektrownie jądrowe ?

Najpoważniejszym i uznanym międzynarodowo studium ekonomicznym kosztów inwestycyjnych dla różnych źródeł energii jest praca OECD z 2005 roku²⁷. Dla energetyki jądrowej koszty wg tego studium wahają się od 1100 do 2150 USD/kWe. Przyjmując jako reprezentatywne koszty najwyższe, to jest 2150 USD/kWe, otrzymamy po przeliczeniu na euro koszty równe 1550 €/kW mocy zainstalowanej. Wg. danych OECD (rys. 5) koszty inwestycyjne dla wiatraków są najniższe w Danii. Według danych duńskich są one jeszcze niższe niż wg OECD i wynoszą obecnie 910 €/kW²⁸ (w Niemczech o około 30% wyższe). Te dane duńskie przejmujemy jako najbardziej korzystne dla energii wiatrowej do dalszych porównań. Trzeba dodać, że są to dane dla farm wiatrowych na lądzie. W przypadku farm na morzu nakłady inwestycyjne są około 30-50% wyższe.

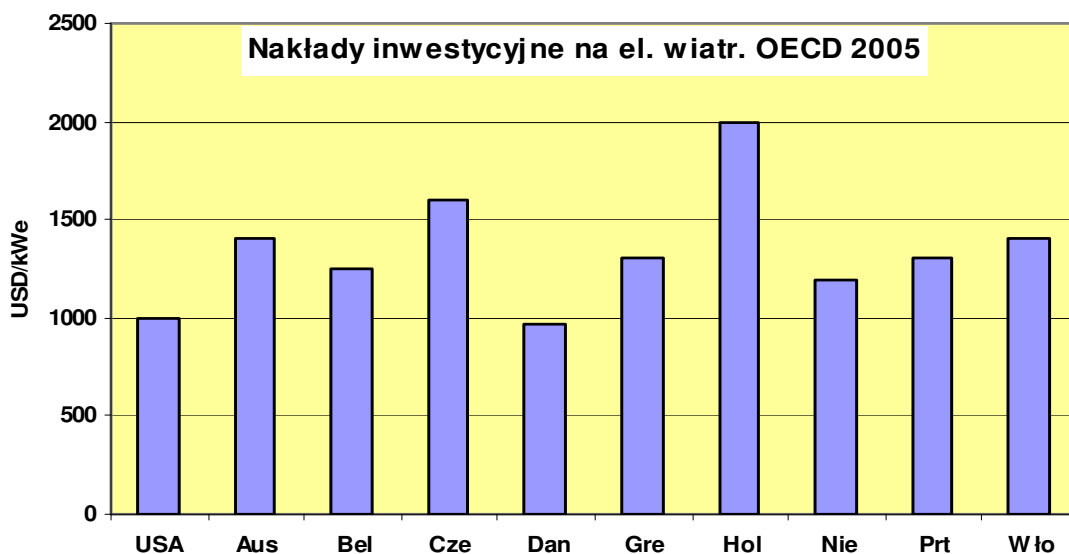
²⁶ T. Marheineke, W. Krewitt, J. Neubarth, R. Friedrich, A. Voß Ganzheitliche Bilanzierung der Energie- und Stoffströme von Energieversorgungstechniken, Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Band 74, August 2000

²⁷ OECD Projected Costs of Generating Electricity, 2005 update

²⁸ Wind Energy, Fact sheets, Vol. 2. Costs and prices, Riso, Denmark, 2006



Rys. 4. Jednostkowe nakłady inwestycyjne na EJ, USD/kWe mocy zainstalowanej, bez uwzględnienia oprocentowania kapitału w czasie budowy²⁹.



Rys. 5 Nakłady na jednostkę mocy zainstalowanej dla elektrowni wiatrowych (moc szczytowa) bez oprocentowania kapitału w czasie budowy³⁰

²⁹ Wind Energy, Fact sheets, Vol. 2. Costs and prices, Riso, Denmark, 2006

³⁰ j.w.

Oczywiście nie ma sensu porównywanie nakładów z punktu widzenia produkcji energii elektrycznej, jeśli nie uwzględni się, że elektrownie wiatrowe pracują tylko przez część czasu, podobnie jak przyjęto w metodyce niemieckiej pokazanej powyżej i w metodyce Politechniki Szczecińskiej. Odniesiono więc nakłady inwestycyjne do iloczynu średniej mocy wykorzystywanej w ciągu roku i łącznego czasu pracy elektrowni. Dla wiatru przyjmujemy najkorzystniejsze obecnie istniejące warunki, mianowicie średni współczynnik wykorzystania mocy 0,24 rocznie (jak w Danii zachodniej) i 20 lat pracy, a dla elektrowni jądrowej współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej równy 0.9 i 60 lat pracy. Oznacza to, że przy mocy 1000 MWe budowana obecnie elektrownia wiatrowa dostarczy w ciągu życia 42 TWh, a elektrownia jądrowa 473 TWh. Stąd otrzymano nakłady inwestycyjne przypadające na jednostkę energii elektrycznej na wiatr w wysokości 21.6 MEuro/TWh, na elektrownię jądrową 3.3 MEuro/TWh.

Dla porównania przykład praktyczny z USA: w proponowanej elektrowni wiatrowej w zatoce koło Cape Cod koszty inwestycyjne przekroczą miliard USD za turbiny o mocy nominalnej 400 MWe³¹, co przy współczynniku wykorzystania mocy zainstalowanej 0.3 daje moc średnią około 120 MWe. W przeliczeniu na jednostkę energii produkowanej w ciągu 20-letniego życia oznacza to jednostkowe nakłady inwestycyjne w wysokości 47 MUSD/TWh lub 33.2 M€/TWh.

Powyższe zestawienie wyjaśnia chyba wystarczająco, dlaczego prąd z energii wiatrowej jest znacznie droższy od prądu z elektrowni jądrowych, i z innych typów elektrowni. Warto tutaj dodać, że poza kosztami samych farm wiatrowych niepewność dostaw energii elektrycznej z farm wiatrowych wywołuje potrzebę równoległej – i pozornie zbędnej - rozbudowy mocy z elektrowni systemowych innych typów oraz rozbudowę sieci przesyłowych. Pociąga więc ona dalsze wydatki inwestycyjne, koszty środowiskowe i społeczne związane z ich budową. Jednocześnie mniejsze niż mogło by być wykorzystanie zainstalowanych mocy elektrowni systemowych – które są zmuszone przez system nakazowy ustępować z rynku producentów energii, gdy wieje wiatr - wywołuje wzrost kosztów produkowanej w nich energii. Paradoksalnie – rosną w ten sposób koszty wszystkich rodzajów energii elektrycznej.

³¹ Cape Cod Wind Farm Dealt Sour Blow, 07.10.19

- dokument dostępny m.in. pod adresem: <http://abcnews.go.com/Technology/story?id=3752405>

Koszty przesyłu energii do użytkowników

Firma E.ON prowadząca rozbudowę elektrowni wiatrowych podaje, że „Energia wiatru wymaga odpowiedniej infrastruktury sieci przesyłowej. Rejony nadbrzeżne w Niemczech są obszarami, na których sieci osiągnęły już kres swych możliwości przesyłowych. Dlatego obecnie firma E.ON planuje rozbudowę sieci i dodanie 300 km nowych linii wysokiego i super wysokiego napięcia by powiększyć możliwości przesyłu energii wiatrowej”. Znaczna rozbudowa elektrowni wiatrowych zwiększyła potrzebne moce rezerwowe dla wsparcia energii wiatrowej w Niemczech. W 2003 r. koszty poniesione na ten cel tylko przez E.ON Netz wyniosły około 100 mln €. Koszty dodatkowe związane z integracją elektrowni wiatrowych w sieci energetycznej oceniono w studium SCAR – System Costs of Additional Renewables³² wykonanym w 2002 roku na zlecenie brytyjskiego Ministerstwa Handlu i Przemysłu DTI, prowadzącego w owym czasie politykę intensywnego rozwoju energii wiatrowej. Studium wykazało, że dla scenariusza z wiatrakami ulokowanymi w rejonach o najsilniejszym wietrze i dostarczającymi 20% mocy dodatkowe koszty wyniosą 570 mln £ rocznie, co odpowiada narzutowi w wysokości około 14 Euro/MWh elektryczności z energii wiatrowej³³. Podobne koszty, wynoszące 11 Euro/MWh dla zrównoważenia sieci przy pracy w niej energii wiatrowej, podała niemiecka firma E.ON³⁴.

Bezpieczeństwo



Rys. 7. Części połamanego wiatraka, które upadły blisko autostrady³⁵

³² Strbac, G. and ILEX Consulting (2002), Quantifying the System Costs of Additional Renewables in 2020, London: Department of Trade and Industry.

³³ International Energy Agency, Variability of wind power and other renewables, June 2005

³⁴ International Energy Agency, Variability of wind power and other renewables, June 2005

³⁵ <http://www.wind-watch.org/documents/category/locations/europe/germany/> - August 24, 2007, Germany

W listopadzie 2006 roku, w okolicach Oldenburga w Niemczech, nagły podmuch wiatru zerwał 10 metrowy fragment łopaty z 100 metrowego wiatraka. Urwany kawałek blachy wbił się w ziemię 200 metrów dalej. Ze skutków tego wypadku dla energetyki wiatrowej dopiero dzisiaj zdajemy sobie sprawę. Zaskoczone wypadkiem władze miejscowe nakazały sprawdzenie stanu technicznego sześciu innych wiatraków tego typu. Wyniki badań zaalarmowały zarząd okręgu, który nakazał zamknąć cztery dalsze wiatraki ze względu na zagrożenie bezpieczeństwa. Stwierdzono, że był to już drugi wypadek tego typu w tym okręgu, a oceny ekspertów wykazały defekty i nieprawidłowości w wykonawstwie wiatraków. Okazuje się, że wiatraki nie są wcale tak niezawodne i bezpieczne, jak twierdzi przemysł budowy wiatraków. W świetle tysięcy doniesień o awariach i wypadkach w ostatnich latach trudności wydają się rosnać z roku na rok. Skrzynki przekładniowe umieszczone na szczycie masztów mają krótki okres użytecznej pracy, często psują się zanim minie pięć lat. W pewnych przypadkach pojawiają się pęknięcia wirników, a nawet fundamentów już po krótkim okresie pracy. Zwarcia elektryczne lub przegrzanie śmigieł powodują pożary. I to wszystko pomimo obietnic producentów, że turbiny wiatrowe będą pracować co najmniej przez 20 lat ³⁶. Nawet firmy ubezpieczeniowe uważają obecnie wiatraki za ryzykowne przedsięwzięcie. W samym 2006 roku firma Alianz musiała wypłacić odszkodowania za 1000 awarii. Jej eksperci oceniają, że operator wiatraka musi liczyć się z uszkodzeniem go średnio raz na 4 lata, nie licząc usterek i awarii nie objętych ubezpieczeniem ³⁷. Wiele firm ubezpieczeniowych podwyższa obecnie wymagania i wpisuje do kontraktu obowiązek wymiany skrzynki przekładniowej raz na 5 lat. To z kolei znacząco podnosi koszty eksploatacyjne, bo skrzynka przekładniowa kosztuje około 10% ceny wiatraka.

Protesty mieszkańców



Rys. 8 Widok farmy wiatrowej na lądzie (Dania).

³⁶ <http://www.wind-watch.org/documents/category/locations/europe/germany/> - August 24, 2007, Germany.

³⁷ j.w.

Ludzie, którzy czytają o „parkach wiatrowych”, mogą przeżyć szok widząc, jak naprawdę wygląda farma wiatrowa na lądzie. Rys. 8 udowadnia, że o żadnym „parku” nie ma mowy, jest to produkt industrializacji, brutalnie niszczącej estetykę krajobrazu. Zespół wiatraków z oddali wygląda jak drut kolczasty rozciągnięty na wzgórzach. Pech chce, że najwięcej wiatru jest właśnie tam, gdzie są najpiękniejsze krajobrazy. Nic dziwnego, że mieszkańcy protestują i nie dopuszczają do budowy nowych wiatraków. obrońcy środowiska piszą o przejmującym hałasie, uniemożliwiającym normalne życie, o świstaniu potężnych skrzydeł, o migotaniu cieni, o tym jak opustoszały zielone przedtem tereny, w których obecnie nie ma żadnych zwierząt, wreszcie - o ptakach, które giną przecinane śmigłami. Elektrownie wiatrowe usytuowane na klifach u wybrzeży Wielkiej Brytanii często są budowane na terenach naturalnych łowisk ptaków drapieżnych. Szkołkie elektrownie wiatrowe zabijają w dużych ilościach zagrożone wyginięciem orły złote, kanie czerwone, sokoły i latające szybko i na małych wysokościach drzemliki. Właściciel farmy wiatraków w amerykańskim Altamont Pass w listopadzie 2004 został pozwany do sądu przez Center for Biological Diversity za... zabijanie ptaków pod ochroną. Pozarządowa organizacja policzyła, że olbrzymia farma wiatraków od 20 lat, co roku zabija do 1300 drapieżnych ptaków, takich jak orły, sokoły czy sowy. Przeniesienie elektrowni nie wchodzi w grę, ale nacisk opinii publicznej wymusił sezonowe unieruchamianie obracających się turbin. Ustalono, że pomiędzy listopadem a lutym każdego roku połowa z prawie 5000 wiatraków wchodzących w skład elektrowni Altamont Pass zostanie wyłączona. Tym samym w ciągu trzech lat o 35 % ma spaść ilość zabitych ptaków drapieżnych.

Ruch protestacyjny obejmuje coraz inne okolice Danii, Niemiec i Wielkiej Brytanii. Już teraz w Danii i Holandii nie sposób sprzedać dom w pobliżu farmy wiatraków. Protesty nie ograniczają się do farm wiatrowych na lądzie. Próba zbudowania wiatraków w zatoce Cape Cod (USA) doprowadziła do masowych protestów ludności, która nie chciała zgodzić się z utratą walorów widokowych pięknej zatoki i obawiała się możliwego pożaru ogromnego transformatora olejowego (10 pięter, 150 000 litrów), który ma znajdować na morzu i stanowić element farmy wiatrowej. „Najstraszniejszy koszmar dla Cape Cod” – głosiły plakaty obrońców środowiska. Innym przykładem były protesty w czasie budowy niemieckiej elektrowni wiatrowej Butendiek. Ekolodzy decyzje o budowie morskich wiatraków zaskarżyli nawet do Komisji Europejskiej. Wbijanie w dno morskie ważących 360 ton słupów wg obrońców środowiska zniszczy lokalną faunę i florę. Poza tym kable, które trzeba będzie przeciągnąć od oddalonej o 34 km od brzegów Niemiec



elektrowni zdewastują chroniony prawnie rezerwat przyrody oraz powierzchnię wyspy Sylt.

Rys. 9 Fragment demonstracji przeciw budowie wiatraków w Cape Cod, USA

Subsydia rządowe na elektrownie wiatrowe

Chociaż Dania cytowana jest jako świetlany przykład osiągnięć w rozwoju energetyki wiatrowej, rząd duński zapowiedział wstrzymanie lub zmniejszenie subsydiów dla istniejących farm. To natychmiast odbiło się na tempie budowy wiatraków. Z tysięcy megawatów energii wiatrowej, jakie zainstalowano w 2006 r. na świecie, tylko 14 megawatów zainstalowano w Danii. Poza problemami politycznymi i ekonomicznymi, Dania stanęła także wobec problemów technicznych związanych z budową ogromnych wiatraków na morzu. Np. w 2004 r. w farmie wiatraków w Horns Reef, w odległości 16 km od wybrzeży Danii, wystąpiły awarie wskutek uszkodzenia kluczowych elementów wyposażenia przez sztormy i słoną wodę. Pracuje tam 80 turbin wiatrowych o mocy nominalnej 2 MW każda. Naprawy wymagały demontażu wszystkich turbin i przewiezienia ich na ląd celem napraw³⁸. Duński producent wiatraków Vestas przeprowadził naprawy za cenę 38 milionów euro, ale przedstawiciel tej firmy ostrzegł, że wiatraki na morzu są nie tylko droższe inwestycyjnie ale też i wiążą się ze znacznie większymi kosztami utrzymania i napraw. „Wiatraki na morzu nie niszczą piękna krajobrazu, - oświadczył – ale koszty ich utrzymania będą wielkim rozczarowaniem dla polityków w różnych krajach”.³⁹ Duńskie firmy są światowymi liderami w sektorze turbin wiatrowych, a co się z tym wiąże rząd poddawany jest silnemu naciskowi przemysłu, który żąda, by wznowić program subsydiów.

³⁸ Troubled Wind Farm Undergoes Dismantling - www.solaraccess.com/news/story?storyid=7116

³⁹ J.Kanter: Across the Atlantic, Slowing Breezes March 7, 2007

<http://www.nytimes.com/2007/03/07/business/businessspecial2/07europe.html?ref=businessspecial2&pagewanted=all>

Trudności występują również w Niemczech, a niezależni eksperci zwracają uwagę na wysokie koszty subwencji dla wiatraków. Koszty bilansowania sieci rosną wraz ze wzrostem mocy energetyki wiatrowej. Niemiecka Agencja Energii opublikowała w lutym 2005 studium stwierdzające, że wskutek wzrostu udziału energii wiatrowej w systemie energetycznym koszty dla odbiorców mogą wzrosnąć do 3,7 razy, a obniżenie emisji gazów cieplarnianych można osiągnąć tańszymi metodami⁴⁰. Dodatkowe koszty połączenia farm wiatrowych do sieci energetycznej wyniosą 1,1 mld €, jeśli zrealizowany zostanie cel postawiony przed niemiecką energetyką, to jest podniesienie produkcji energii elektrycznej z energii wiatrowej do 20% łącznej produkcji w Niemczech. Trzeba będzie położyć lub ulepszyć 1300 km sieci, a elektrownie muszą być zastąpione nowymi lub przebudowane tak by mogły poradzić sobie z wielkimi fluktuacjami mocy wiatraków.⁴¹ Opłaty dla operatorów wiatraków w Niemczech mają wg tego studium wzrosnąć z 2,1 mld € w 2003 roku do 5,4 mld € w 2015 roku. Za energię otrzymywaną z wiatraków, które będą zbudowane od 2003 do 2015 roku odbiorcy będą musieli zapłacić od 1,4 do 2,1 miliarda Euro więcej niż za energię z innych źródeł. W sumie z wydatkami na inne formy energii odnawialnej oraz na istniejące już wiatraki gospodarstwo domowe zużywające około 4 000 kWh rocznie będzie musiało zapłacić dodatkowo od 36 do 44 Euro począwszy od 2015 roku.

Ze względu na niestabilność pracy sieci, jaką wywołują wiatraki, Irlandia wstrzymała w 2003 roku podłączanie jakichkolwiek nowych farm wiatrowych do sieci energetycznej. Moratorium to, które utrzymano w mocy do maja 2005,⁴² spowodowało nagłe zahamowanie budowy nowych farm wiatrowych w Irlandii i zmusiło przemysł wiatrowy do podjęcia kroków zmniejszających wahania dostaw energii elektrycznej pochodzenia wiatrowego. W 2004 r. w Irlandii opracowano analizę wpływu wiatru na ekonomikę generacji energii elektrycznej. Stwierdzono, że wysoka penetracja wiatru na rynek energetyczny silnie zwiększa liczbę włączeń i koszt mocy turbin gazowych pracujących w sieci, a koszty wykorzystania wiatru do obniżenia emisji CO₂ w irlandzkim systemie energetycznym wynoszą €120/tonę⁴³.

W USA pracują wiatraki o łącznej mocy 9,100 MWe, z czego 2400 MWe zainstalowano w 2005 r. Był to skutek uchwalenia przez Kongres zwolnienia podatkowe-

⁴⁰ DENA : Planning of the grid integration of wind energy in Germany onshore and offshore up to the year 2020 (dena Grid study). Deutsche EnergieAgentur Dena, March 2005.

⁴¹ Report doubts future of wind power - <http://www.guardian.co.uk/international/story/0,,1425850,00.html>

⁴² Commission for Energy Regulation 2004 Resuming Connection Offers to Wind Generators – Proposed Direction to System Operators CER 04381.

⁴³ ESB National Grid, Impact of wind power generation in Ireland on the operation of conventional plant and the economic implications, February 2004.

go dla producentów energii wiatrowej, wynoszącego obecnie 1.9 ¢/kWh. W 2004 Australia zredukowała poziom obowiązkowych zakupów energii odnawialnej dla firm energetycznych, co dramatycznie zahamowało rozwój energii wiatrowej.

Jak widać elektrownie wiatrowe rozwijają się tam, gdzie są odpowiednie subwencje rządowe, gdzie kosztami bilansowania sieci obciąża się firmy energetyczne, gdzie odbiór prądu z wiatraków w chwili gdy akurat zawieje wiatr jest obowiązkowy, a cena prądu odbieranego z wiatraków jest gwarantowana przez rząd i zapewnia producentom zysk. Gdy takich gwarancji zysku zabraknie, rozwój wiatraków ustaje.

W Polsce lobbystom energetyki wiatrowej udało się wprowadzić do ustawy Prawo Energetyczne zapisy, umożliwiające przerzucanie całości kosztów bilansowania źródeł wiatrowych na odbiorców (poprzez taryfy przedsiębiorstw elektroenergetycznych). Przepisy te obowiązują (na razie) do końca 2010. Tak więc właściciele źródeł wiatrowych nie tylko korzystają z nadzwyczajnych preferencji dotyczących sprzedaży energii wytwarzanej z OZE, ale też nie ponoszą żadnego ryzyka związanego z nieprzewidywalnością tych źródeł, a dodatkowe koszty z tym związane pokrywają odbiorcy energii. Natomiast dla polskich niezamożnych odbiorców energia elektryczna jest już obecnie i tak droga (uwzględniając siłę nabywczą) i nie są oni skłonni akceptować nadmiernego jej wzrostu, tylko dlatego że pochodzić ma ona z OZE. Dowodzą tego porównania cen na podstawie danych Eurostat'u⁴⁴ i wyniki badań opinii publicznej wykonane przez Eurobarometr w krajach UE. Jak pisze Gazeta Prawna: „Ceny energii są dla Polaków sprawą kluczową. Jesteśmy na tym punkcie bardziej wyczuleni niż unijna średnia. [...] Polacy wolą zużywać mniej prądu niż drożej za niego płacić. Nie godzimy się na kupowanie bardziej kosztownej energii ze źródeł odnawialnych.”⁴⁵

Elektrownie wiatrowe a redukcja efektu cieplarnianego

Wpływ rozwoju elektrowni wiatrowych na zmniejszenie emisji CO₂ jest wątpliwy. Jeśli elektrownie wiatrowe mają zastąpić elektrownie wodne, to oczywiście nie eliminują one żadnej emisji CO₂. Jeśli zaś współpracują one z elektrowniami opalanymi paliwem organicznym, to doświadczenie wskazuje, że zmia-

⁴⁴ Polska energia należy do najdroższych w Europie”, Gazeta Prawna Nr 252, z dnia 29.12.2006 r

⁴⁵ Energia ze źródeł odnawialnych jest ciągle zbyt droga dla odbiorców”, Gazeta Prawna Nr 83, z dnia 27.04.2007 r.

ny prędkości wiatru następują zbyt szybko, by można było po spadku prędkości wiatru uruchomić elektrownie. Trzeba więc mieć cały czas rezerwę wirującą. Jednakże pracujące na biegu luzem elektrownie emitują znacznie więcej CO₂/kWh niż elektrownie pracujące pełną mocą, przy optymalnych parametrach. Dodatkowa emisja związana jest z procesami produkcji, instalacji, konserwacji i ostatecznego demontażu potężnych fundamentów betonowych, elementów turbin, pylonów, dróg dojazdowych i towarzyszącego tym przedsięwzięciom wyposażenia. Dlatego właśnie wiodący ekspert duńskiej firmy ELSAM rozwijającej energetykę wiatrową w Jutlandii, przyznał w 2004 r. że rozwój wiatraków nie ma wpływu na redukcję emisji CO₂⁴⁶, Podobne oświadczenie złożyła firma ELSAM dnia 27 maja 2006 roku na spotkaniu Danish Wind Energy Association z rządem duńskim. Kierownik sieci energetycznej Irlandii w lutym 2004 r. oświadczył: „Koszt redukcji emisji CO₂ przez wprowadzanie na dużą skalę energii wiatrowej jest wysoki w porównaniu z innymi możliwościami”.⁴⁷

Ocena kosztów wdrażania wiatraków w Polsce.

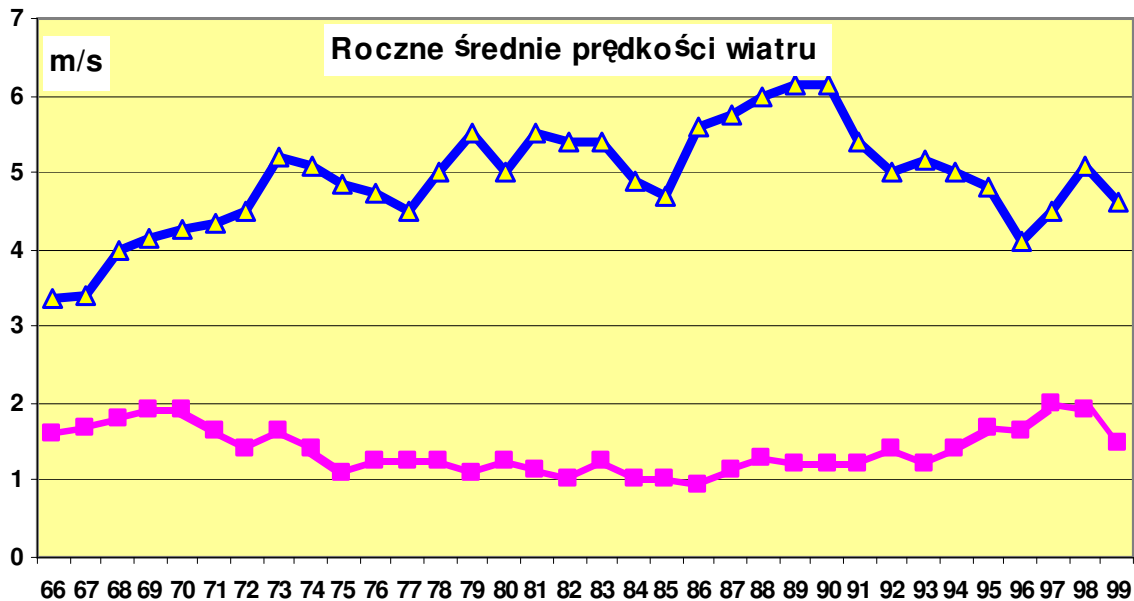
Porównując Danię i Polskę należy przede wszystkim zwrócić uwagę na różnice w prędkościach wiatrów, a następnie na potencjalne możliwości wykorzystania sieci elektrowni wodnych do amortyzowania wahań produkcji energii wiatrowej. W Danii zachodniej średnie prędkości wiatru w skali rocznej przekraczają znacznie 7,5 m/s⁴⁸. Dzięki temu stosunek mocy średniej do mocy szczytowej wynosi tam około 0.24 w skali rocznej. W Polsce średnia energia wiatru jest niższa niż w Danii, która ma zupełnie wyjątkowe położenie geograficzne na półwyspie otoczonym z obu stron morzem. Dla Polski bardziej reprezentatywny jest współczynnik rocznego wykorzystania mocy rzędu 16%, tak jak w Niemczech. Oznacza to, że przy tej samej mocy maksymalnej moc średnia wiatraka będzie w Polsce mniejsza, a straty finansowe na utrzymanie stabilności sieci – większe. W Polsce najlepsze warunki do instalacji elektrowni wiatrowych są na wybrzeżu, Jak jednak widać z rys. 10, nawet w rejonie Łeby średnia roczna prędkość wiatru jest znacznie niższa niż w Danii i waha się wokoło 5 m/s. Wobec tego, że współczynnik

⁴⁶ Nissen, F., 2004: “Hvordan kan vindkraft styrke danske energiselskaber på det europæiske marked?” “[How can wind power strengthen Danish energy companies in the European market]?” Elsam presentation at a conference “Vind eller forsvind”, held at the Dansk Design Center, Copenhagen, on 27 th May 2004. [http://www.windpower.org/media\(254,1030\)/ELSAMFlemmingNissen.ppt](http://www.windpower.org/media(254,1030)/ELSAMFlemmingNissen.ppt)

⁴⁷ <http://www.wind-watch.org/documents/category/locations/europe/germany/> August 24, 2007 Germany.

⁴⁸ Troen I And Petersen E. L. *European Wind Atlas*. Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1989.

wykorzystania mocy nominalnej (szczytowej) maleje z kwadratem prędkości średniej wiatru, można oczekiwać, że ilość energii elektrycznej uzyskiwanej w Łebie z takiej samej turbiny wiatrowej jak zainstalowana w Danii zachodniej będzie przynajmniej dwukrotnie mniejsza. Oznacza to, że opłacalność inwestycji w wiatraki w Polsce będzie dwa razy niższa niż w Danii.



Rys. 10 Roczne średnie prędkości wiatru w Łebie (linia górna –niebieska) i w Nowym Sączu (linia dolna, czerwona). (Dane z ośrodka meteorologii IMGW⁴⁹)

Przy układaniu planów strategicznych dla Polski trzeba też zwrócić uwagę na fakt, że Dania może opierać się na sieci elektrowni wodnych w Skandynawii wytwarzających ponad 170 TWh rocznie. Pozwala to skompensować wahania siły wiatru w systemie elektrowni wiatrowych o mocy 3 GW, przy czym jak widzieliśmy na przykładzie Danii, powoduje to straty rzędu miliarda koron rocznie. W Polsce łączna energia wytwarzana w hydroelektrowniach pracujących na przepływie naturalnym wynosi około 1,8TWh, a więc mniej niż jedną setną tego, co w Skandynawii. Przy tym mamy zaledwie kilka elektrowni wodnych, które mogą być wykorzystane do regulacji obciążenia, są to elektrownie szczytowo-pompowe (Żarnowiec, Porąbka-Żar, Żydowo) i elektrownie z członem pompowym (Solina, Dychów i Niedzica), o łącznej mocy osiągalnej 1754 MW. Nie mamy też tak dużych przepustowości naszych połączeń z sieciami energetycznymi za granicą, ani

⁴⁹ Xinxin- walory wiatru w Polsce, www.xinxin.pl/index.html

nie ma dużych kompleksów hydroelektrowni w sąsiednich krajach. Ewentualny eksport energii do Skandynawii nie wchodzi w grę.

Tak więc Polska nie ma takich możliwości kompensacji skoków produkcji energii wiatrowej jak Dania. Jakie będą straty przy utrzymywaniu rezerwy wirującej w elektrowniach opalanych paliwem organicznym? I jakie to da efekty w bilansie emisji CO₂? Pamiętajmy przy tym, że nawet bez uwzględniania problemu utrzymywania stabilności systemu, koszty wytwarzania energii elektrycznej z wiatraków nawet przy doskonałych warunkach wiatrowych w Danii są około dwukrotnie większe niż koszty dla elektrowni jądrowych⁵⁰. W Polsce z powodu mniejszych prędkości wiatru i wyższych kosztów wahań napięć w sieci te proporcje będą jeszcze korzystniejsze dla energetyki jądrowej. Już teraz jednostkowe koszty zakupu energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii na rynkach hurtowych przekraczają 3-krotnie średnie ceny energii elektrycznej.

Piękne obietnice, że wiatr da bezpłatną energię elektryczną, trzeba traktować podobnie jak inne hasła reklamowe i zdawać sobie sprawę, że kryją się za nimi korzyści polityczne i finansowe – ale nie dla odbiorców energii elektrycznej, a raczej dla zagranicznego przemysłu produkcji turbin wiatrowych i deweloperów. Do planowania rozwoju wiatraków w Polsce trzeba podchodzić z rozwagą, wykluczając czynniki ideologiczne, oraz wyciągając naukę z bardzo kosztownych błędów i doświadczeń innych krajów. Nie chodzi wcale o to aby z energetyki wiatrowej zrezygnować, jednak nie należy forsować jej rozwoju za wszelką cenę oszukując jednocześnie społeczeństwo polskie co do rzeczywistych kosztów tej energii i jej wpływu na środowisko. Trzeba zaprojektować politykę energetyczną dla Polski w sposób pragmatyczny, uwzględniając wszystkie aspekty, tak aby uzyskać optymalny układ i skład źródeł wytwórczych.

Dr inż. Andrzej Strupczewski

Autor jest wiceprezesem Stowarzyszenia Ekologów na Rzecz Energii Nuklearnej. Ma 45 lat doświadczenia zawodowego, w tym 6 lat pracy w Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej w Wiedniu w sekcji bezpieczeństwa jądrowego i porównań wpływu różnych źródeł energii na zdrowie człowieka. Od 5 lat jest ekspertem Komisji Europejskiej w Brukseli w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego. Uczestniczył w ponad 30 misjach międzynarodowych w sprawach bezpieczeństwa elektrowni jądrowych. Jest przewodniczącym Komisji Bezpieczeństwa Jądrowego w Instytucie Energii Atomowej w Świerku. Jest autorem 3 książek, ponad 130 publikacji i 10 patentów międzynarodowych.

⁵⁰ Vattenfall Annual Report for 2006.

Powyższy raport został skonsultowany przez :

- prof. Zbigniewa Jaworowskiego, przewodniczącego Rady Naukowej Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej,
- dr Tadeusza Wójcika, specjalistę w zakresie ekonomii i wieloletniego doradcę Prezesa Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej w Wiedniu,
- dr inż. Olgierda Skoniecznego, specjalistę Polskich Sieci Energetycznych,
- dr inż. Władysława Kielbasę, konsultanta i eksperta w sprawach energetyki firmy Hydroenergo,
- dr inż. Henryka Torbickiego, konsultanta w sprawach energetyki,
- dr Marka Pawłowski, fizyka i rzecznika prasowego Instytutu Fizyki Jądrowej w Świerku