

10 Przybrzeżne elektrownie wiatrowe

Przybrzeżna farma wiatrowa London Array znacząco przyczyni się do osiągnięcia przez Wielką Brytanię jej celów dotyczących energetyki odnawialnej.

James Smith, prezes koncernu Shell w Wielkiej Brytanii

Energia elektryczna jest zbyt istotnym towarem, by traktować ją jako program tworzenia nowych miejsc pracy w przemyśle turbin wiatrowych.

David J. White

Wiatry wiejące nad morzem są silniejsze i stabilniejsze niż te nad lądem. Dzięki temu przybrzeżne farmy wiatrowe dostarczają więcej mocy na jednostkę powierzchni niż farmy lądowe. Farma wiatrowa Kentish Flats, położona na Morzu Północnym, u ujścia Tamizy, około 8,5 km od miejscowości Whitstable i Herne Bay, rozpoczęła pracę pod koniec 2005 roku. Oczekiwano, że jej średnia moc na jednostkę powierzchni wyniesie $3,2 \text{ W/m}^2$. W roku 2006 średnia moc elektrowni wyniosła $2,6 \text{ W/m}^2$.

Zakładam, że moc na jednostkę powierzchni równa 3 W/m^2 (o 50% większa niż nasze oszacowanie dla elektrowni wiatrowych na lądzie – 2 W/m^2) jest odpowiednią liczbą dla przybrzeżnych farm wiatrowych w Wielkiej Brytanii.

Warunki wiatrowe na Bałtyku są nieco gorsze niż na Morzu Północnym, jednak zostawiamy te oszacowania Davida bez zmian.

Potrzebujemy teraz oszacowania, jak duża powierzchnia morza w rzeczywistości mogłaby zostać pokryta turbinami wiatrowymi. Zgodnie z przyjętą konwencją powinniśmy podzielić przybrzeżne elektrownie wiatrowe na znajdujące się na płytkich wodach i te, które usytuowane są na głębokich akwenach, co ilustruje rys. 10.2. Według powszechnej opinii płytko posadowione elektrownie wiatrowe (budowane na dnie o głębokości do 25–30 m), chociaż są prawie dwa razy droższe od elektrowni lądowych, to przy niewielkich dopłatach są ekonomicznie opłacalne. Z kolei budowa elektrowni osadzonych głęboko na dnie morza nie jest obecnie opłacalna. Do roku 2008 powstała zaledwie jedna taka farma wiatrowa na wodach brytyjskich jako próbny prototyp, przesyłający wyprodukowaną przez siebie energię do położonej niedaleko platformy wiertniczej Beatrice.

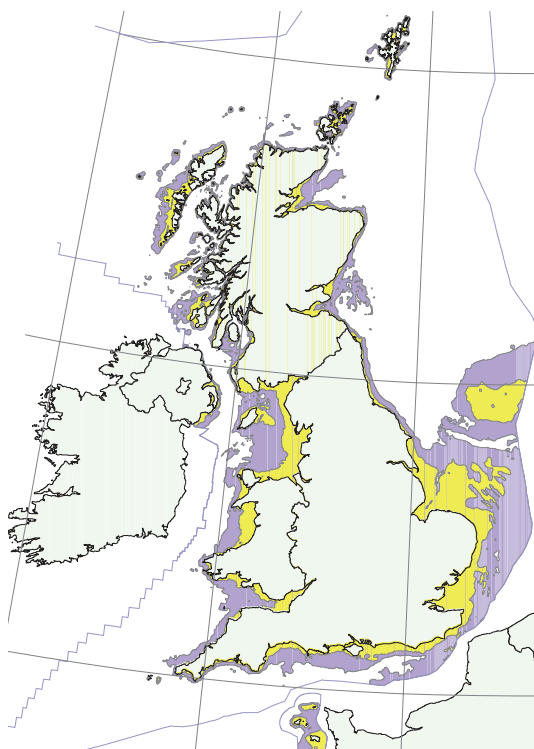
Płytko położone przybrzeżne elektrownie wiatrowe

W granicach brytyjskich wód terytorialnych obszary płytkie to około 40 000 km², z czego większość znajduje się u wybrzeży Anglii i Walii. To dwukrotność powierzchni Walii.

Średnia moc możliwa do uzyskania z farm wiatrowych, pokrywających cały ten teren, wynosiłaby 120 GW lub 48 kWh na osobę dziennie. Jednakże trudno wyobrazić sobie pogodzenie tych planów z żeglugą. Jestem pewien, że na znaczących obszarach zakazano by budowy farm wiatrowych. Musimy więc zredukować dostępną powierzchnię o tereny stanowiące korytarze żeglugowe oraz wykorzystywane przez rybołówstwo. Proponuję, byśmy oszacowali dostępną część na jedną trzecią całości tych akwenów (sugeruję jednak, żebyś zapoznał się z przypisami do tego rozdziału, aby poznać bardziej pesymistyczny

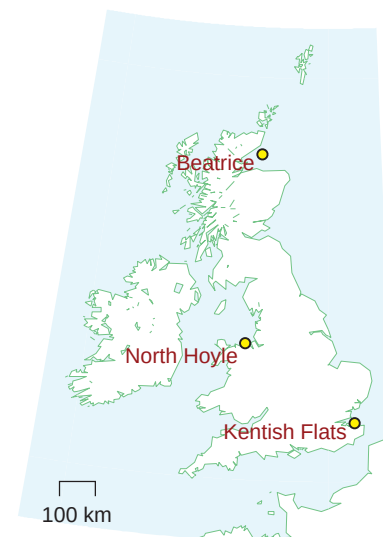


Fot. 10.1. Kentish Flats – farma wiatrowa w płytkich wodach przybrzeżnych. Każdy wirnik ma średnicę 90 m, a jego środek znajduje się w głowicy na wysokości 70 m. Każda turbina o mocy maksymalnej 3 MW waży 500 ton, połowa to waga fundamentów.
Fot. © Elsam (elsam.com).
Użyte za pozwoleniem



Rys. 10.2. Brytyjskie wody terytorialne płytsze niż 25 m (kolor żółty) i o głębokości pomiędzy 25 m a 50 m (kolor fioletowy). Dane pochodzą z DTI Atlas of Renewable Marine Resources.

© Prawa autorskie do publikacji rządowych



punkt widzenia!). A zatem oszacowana przez nas maksymalna rzeczywista moc dostępna z płytko posadowionych przybrzeżnych farm wiatrowych wynosi 16 kWh na osobę dziennie.

Zanim przejdziemy dalej, chciałbym zaznaczyć, jak wielka powierzchnia morza – dwie trzecie Walii – jest potrzebna, by dostarczyć 16 kWh na osobę dziennie. Jeśli wzdłuż całej linii brzegowej Wielkiej Brytanii (długość: 3000 km) wybudujemy pas turbin o stałej szerokości 4 km, to będzie on miał powierzchnię 13 000 km². To powierzchnia, którą musimy zapęłnić turbinami, żeby dostarczyć moc 16 kWh na osobę dziennie. By pokazać to w inny sposób, rozważmy liczbę turbin, które musiałyby być użyte. Moc 16 kWh na osobę dziennie byłaby dostarczana przez 44 000 „3 MW” turbin, co oznacza 15 elektrowni na kilometr linii brzegowej, gdyby rozmieścić je wszystkie w równych odstępach na 3000 km wybrzeża.

Przybrzeżna energetyka sprawia wiele problemów ze względu na korozyjne działanie morskiej wody. Na terenie dużej duńskiej farmy wiatrowej Horns Reef wszystkie 80 turbin trzeba było rozmontować i naprawić zaledwie po 18 miesiącach wystawienia na działanie morskiego wiatru. Wszystko wskazuje na to, że turbiny z Kentish Flats mają podobne problemy ze skrzyniami biegów, a jedna trzecia z nich musiała zostać wymieniona w ciągu pierwszych 18 miesięcy użytkowania.

Polskie wody terytorialne to około 8000 km², przy czym przybrzeżne wody Bałtyku Południowego mają niewielkie głębokości, nieprzekraczające 20 m. Średnia moc możliwa do uzyskania z farm wiatrowych, pokrywających cały ten teren, wynosiłaby 24 GW lub 10 kWh na osobę dziennie. Przy założeniu wykorzystania 40% tego obszaru (więcej niż dla Wielkiej Brytanii) na potrzeby energetyki wiatrowej uzyskujemy 4 kWh na osobę dziennie.

Głęboko posadowione przybrzeżne elektrownie wiatrowe

Obszary o głębokości pomiędzy 25 m a 50 m zajmują około 80 000 km² – taką powierzchnię ma Szkocja. Zakładając ponownie, że moc na jednostkę powierzchni wynosi 3 W/m², głęboko posadowione przybrzeżne farmy wiatrowe mogłyby dostarczyć kolejne 240 GW, czyli 96 kWh na osobę dziennie, gdyby obszar ten całkowicie pokryć wiatrakami. Ponownie musimy wziąć pod uwagę korytarze żeglugowe. Proponuję, tak jak poprzednio, przyjąć jedną trzecią powierzchni jako możliwą do zabudowania farmami wiatrowymi. Obszar ten będzie więc o około 30% większy niż Walia i duża jego część będzie znajdowała się w odległości większej niż 50 km od wybrzeża.

Rezultat: jeśli powierzchnia równa pasowi o szerokości 9 km, położonemu wzdłuż wybrzeża, zostałaby wypełniona turbinami, to mogłyby one dostarczyć moc 32 kWh na osobę dziennie. To faktycznie wielka ilość energii, lecz wciąż niewystarczająca, by zaspokoić nasze ogromne zużycie. I wciąż jeszcze nie wspomnieliśmy o problemie sporadyczności wiatru. Powrócimy do tego tematu w rozdziale 26.

Umieszczę ten potencjalny udział „głębokich” przybrzeżnych elektrowni wiatrowych w słupku produkcji z zastrzeżeniem, że – jak już wcześniej wspominałem – eksperci od energetyki wiatrowej obliczyli, że ten rodzaj energetyki jest niezmiernie kosztowny.

W przypadku Polski jedyne głęboko położone wody terytorialne to rejon Zatoki Gdańskiej, gdzie dno opada w stronę Głębi Gdańskiej. Względnie mała powierzchnia tego obszaru w stosunku do całości wód terytorialnych, jak i intensywna żegluga nie czynią z niego atrakcyjnego miejsca do budowy elektrowni wiatrowych.

Można za to rozważyć budowę głęboko posadowionych elektrowni wiatrowych POZA wodami terytorialnymi. Na razie jednak, do momentu znaczącego wykorzystania wód terytorialnych, pominiemy tę możliwość i przyjmijmy, że dla Polski energia pochodząca z głęboko posadowionych elektrowni wiatrowych wyniesie **0 kWh na osobę dziennie**.

Wiatr,
głębokowodne:
32 kWh/d

Wiatr,
płytkowodne:
16 kWh/d

El. wodne: **1,5 kWh/d**

Biomasa: żywność,
biopaliwa, drewno,
spalanie odpadów,
metan z wysypisk:
24 kWh/d

Elektrownie
słoneczne
(200 m²/o):
50 kWh/d

PV, 10 m²/o: **5**

Ogrzewanie
słoneczne:
13 kWh/d

Wiatr:
20 kWh/d

Oświetlenie: **4 kWh/d**

Ogrzewanie,
klimatyzacja:
37 kWh/d

Podróż
samolotem:
30 kWh/d

Samochód:
40 kWh/d

Rys. 10.3. Przybrzeżne elektrownie wiatrowe

Trochę porównań i kosztów

Jak więc ma się nasz wyścig pomiędzy zużyciem energii a jej produkcją? Po dodaniu przybrzeżnych elektrowni wiatrowych zarówno płytko-, jak i głębokowodnych do słupka produkcji, zielony słupek wyszedł na prowadzenie. Tym, co chciałbym, abyś dostrzegł w wyścigu, jest kontrast: jak *łatwo* jest dorzucić większy klocek do słupka zużycia i jak *trudne* jest podwyższanie słupka produkcji. Podczas pisanego tego akapitu poczułem, że jest mi trochę zimno, więc

podkreśliłem odrobinę ogrzewanie. Łatwo jest zużywać dodatkowe 30 kWh dziennie. Jednakże wyciśnięcie kolejnych 30 kWh na osobę dziennie z odnawialnych źródeł energii wymaga tak dużej industrializacji środowiska, że aż trudno to sobie wyobrazić.

By wytworzyć 48 kWh dziennie na osobę z przybrzeżnych elektrowni wiatrowych w Wielkiej Brytanii, potrzebne jest **60 milionów ton betonu i stali** – jedna tona na osobę. Roczna światowa produkcja stali wynosi około 1200 milionów ton, co oznacza 0,2 tony na osobę na świecie. Podczas drugiej wojny światowej amerykańskie stocznie zbudowały 2751 statków klasy Liberty, każdy zawierający 7 000 ton stali, co w sumie daje 19 milionów ton stali lub 0,1 tony na Amerykanina. Tak więc wybudowanie 60 milionów ton turbin nie jest poza zasięgiem naszych możliwości, jednakże nie oszukujemy się, myśląc, że jest to łatwe. Wytworzenie tak wielu wiatraków jest wyczynem porównywalnym z budową statków Liberty.

Dla porównania, aby w Wielkiej Brytanii wytworzyć 48 kWh mocy na dobę na osobę z energetyki jądrowej, potrzeba **8 milionów ton stali i 140 milionów ton betonu**. Możemy także porównać 60 milionów ton elementów konstrukcyjnych potrzebnych do wybudowania rozważanych przybrzeżnych elektrowni wiatrowych, z istniejącą infrastrukturą eksploatacji paliw kopalnych znajdującą się pod wodami i wokół Morza Północnego (rys. 10.4). W 1997 roku 200 instalacji oraz 7000 km rurociągów w wodach Morza Północnego, należących do Wielkiej Brytanii, zawierało w sobie 8 milionów ton stali i betonu. Nowo wybudowany gazociąg Langeled, biegnący z Norwegii do Wielkiej Brytanii, dostarczający gaz w ilości odpowiadającej mocy 25 GW (10 kWh na dobę na osobę), pochłoniął kolejny **milion ton stali i milion ton betonu** (rys. 10.5).

Rząd brytyjski ogłosił 10 grudnia 2007 roku, że mógłby zezwolić na utworzenie 33 GW mocy z przybrzeżnych elektrowni wiatrowych (co pozwoliłoby na dostarczenie Wielkiej Brytanii średnio 10 GW, czyli 4,4 kWh na osobę dziennie). Plan ten przez niektórych w branży wiatrowej nazywany jest „gruszkami na wierzbie” („*pie in the sky*”). Zaokrąglimy tę liczbę do 4 kWh na osobę dziennie [co odpowiada naszym oszacowaniom dla Polski – *red.*] To jedna czwarta mojego oszacowania dla płytko posadowionych przybrzeżnych elektrowni wiatrowych (16 kWh na osobę dziennie). By uzyskać taką średnią moc, potrzeba około 10 000 „3 MW” turbin wiatrowych – takich jak na rysunku 10.1 (mają one maksymalną moc 3 MW, jednakże średnio dostarczają 1 MW).

Ile kosztowałoby wzniesienie tych „33 GW” mocy? No cóż, „90 MW” farma wiatrowa, Kentish Flats, kosztowała 105 milionów funtów, więc „33 GW” powinny kosztować około 33 miliardów funtów. Jednym ze sposobów, by wyjaśnić, co oznacza przeznaczenie 33 miliardów funtów na przybrzeżne elektrownie wiatrowe, dostarczające 4 kWh na dobę na osobę, jest rozdzielenie tej kwoty pomiędzy mieszkańców Wielkiej Brytanii, co daje 550 funtów na osobę. Nawiasem mówiąc, jest to znacznie lepszy interes niż w przypadku mikroturbin. Montowane na dachach mikroturbiny kosztują obecnie około 1500 funtów i, nawet przy dość optymistycznie założonej prędkości wiatru równej 6 m/s, dostarczają zaledwie 1,6 kWh/dobę. W rzeczywistości, w typowej miejskiej lokalizacji w Anglii, takie turbiny dostarczają jedynie 0,2 kWh dziennie.

Kolejnym wąskim gardłem, ograniczającym instalowanie turbin wiatrowych, jest potrzeba użycia do tego celu specjalnych statków. By postawić 10 000 turbin wiatrowych („33 GW”) w ciągu 10 lat, potrzeba około 50 specjalnych platform samopodnoszących. Ponieważ każda kosztuje 60 milionów funtów, to



Fot. 10.4. Platforma Magnus, położona w brytyjskiej północnej części Morza Północnego, składa się z 71 000 ton stali.

W roku 2000 platforma ta dostarczyła 3,8 miliona ton ropy i gazu, co odpowiada mocy 5 GW. Koszt platformy to 1,1 miliarda funtów.

Fot. Terry Caver



Fot. 10.5. Rury do budowy gazociągu Langeled.

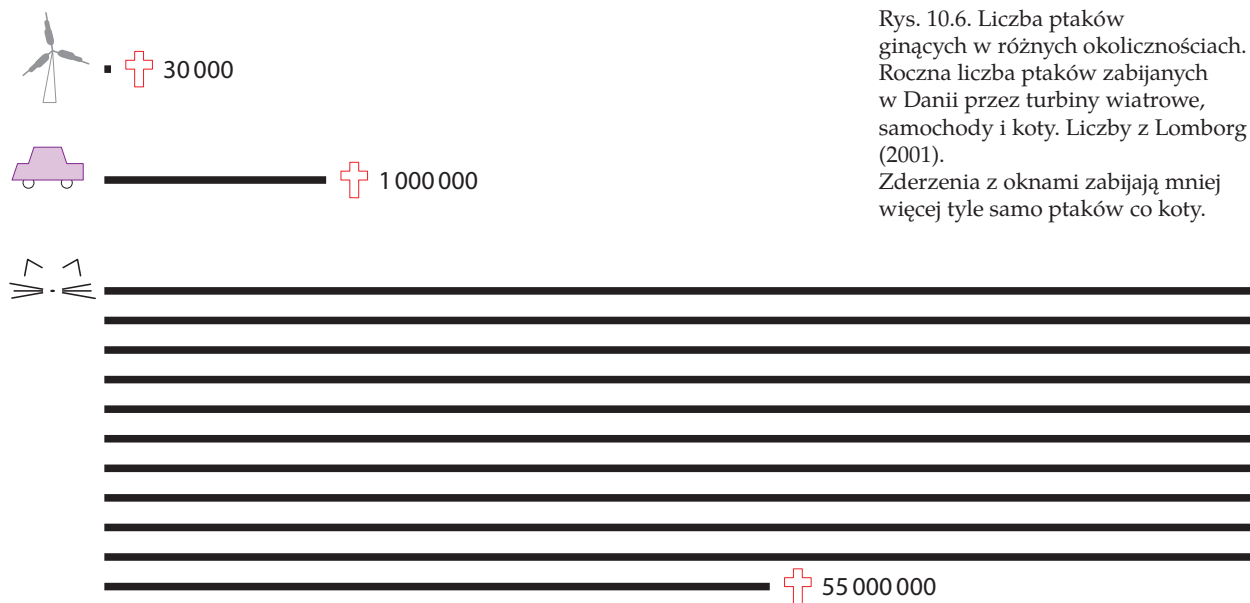
Zdjęcie pochodzi z Bredero-Shaw [brederoshaw.com]

dotatkowo trzeba w nie zainwestować 3 miliardy funtów. Nic wielkiego w porównaniu z wspomnianymi 33 miliardami funtów, ale potrzeba wykorzystania specjalnych barek jest elementem wymagającym wcześniejszego zaplanowania.

Koszty dla ptaków

Czy wiatraki zabijają „ogromne liczby” ptaków? Farmy wiatrowe okryły się ostatnio złą sławą w Norwegii, gdzie turbiny wiatrowe położone na Smola, grupce wysepek przy północno-zachodnim wybrzeżu, zabiły 9 orłów bielików w ciągu 10 miesięcy. Podzielałam troskę BirdLife International o ochronę rzadkich gatunków. Jednak, jak zawsze, wydaje mi się, że warto bliżej przyjrzeć się liczbom.

Oszacowano, że w Danii rocznie turbiny wiatrowe zabijają 30 000 ptaków. Jednocześnie wiatraki generują 19% elektryczności. Horror! Zakazać wiatraków! Jednakże wiemy również, że ruch samochodowy zabija w Danii jeden milion ptaków rocznie. Trzydzieści trzy razy większy horror! Trzydzieści trzy razy więcej powodów, żeby zakazać samochodów! Zaś w Wielkiej Brytanii 55 milionów ptaków rocznie jest zabijanych przez koty (rys. 10.6).



Rys. 10.6. Liczba ptaków ginących w różnych okolicznościach. Roczna liczba ptaków zabijanych w Danii przez turbiny wiatrowe, samochody i koty. Liczby z Lomborg (2001). Zderzenia z oknami zabijają mniej więcej tyle samo ptaków co koty.

Kierując się tylko emocjami, wolałbym żyć w kraju bez żadnych samochodów, właściwie żadnych wiatraków, ale z mnóstwem kotów i ptaków (z kotami polującymi na ptaki i jednocześnie będącymi ofiarą norweskich bielików, by wyrównać szanse). Jednakże tak naprawdę chciałbym po prostu, by decyzje dotyczące samochodów i wiatraków były podejmowane na podstawie racjonalnego, opartego na faktach myślenia, a nie tylko emocji. Może jednak potrzebujemy wiatraków!

Przypisy i zalecana literatura

Numer strony:

69 Farma wiatrowa Kentish Flats, położona u ujścia Tamizy...

Zobacz www.kentishflats.co.uk. Jej 30 turbin wiatrowych Vestas V90 ma sumaryczną moc szczytową 90 MW, a przewidywana średnia moc wynosi 32 MW (zakładając współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej na poziomie 36%). Średnia prędkość wiatru na wysokości głowicy wynosi 8,7 m/s. Turbiny stoją w wodzie o głębokości 5m, w odległości 700 m od siebie i zajmują obszar 10km². Na tej podstawie można obliczyć średnią moc pozyskiwaną z jednostki terenu na 3,2 W/m². Rzeczywista średnia moc wynosi 26 MW, a więc średni współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej wynosi 29% [wbd80], dając średnią gęstość mocy równą 2,6 W/m². Farma wiatrowa North Hoyle w okolicy Prestatyn w Północnej Walii ma współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej równy 36% (dane z 2006 r.) Jej 30 turbin, każda o mocy 2 MW, zajmuje 8,4 km², również dając średnią moc pozyskiwaną z jednostki terenu w wysokości 2,6 W/m².

Region	głębokość 5 do 30 m		głębokość 30 do 50 m	
	obszar (km²)	potencjalne zasoby (kWh/d/o)	obszar (km²)	potencjalne zasoby (kWh/d/o)
Północny Zachód	3 300	6	2 000	4
Greater Wash*	7 400	14	950	2
Estuarium Tamizy	2 100	4	850	2
Inne	14 000	28	45 000	87
SUMA	27 000	52	49 000	94

Tabela 10.7. Potencjalne zasoby energii wiatrowej w proponowanych regionach strategicznych, możliwe do otrzymania, gdyby obszary te zostały całkowicie zastawione turbinami wiatrowymi. Źródło: Departament Handlu i Przemysłu (2002b)

* Greater Wash – Morze Północne w pobliżu Anglii

- ... płytko posadowione elektrownie wiatrowe, chociaż są prawie dwa razy droższe od elektrowni lądowych, to przy niewielkich dopłatach są ekonomicznie opłacalne. – Źródło: Duński Związek Wiatrowy, windpower.org
 - ... budowa elektrowni osadzonych głęboko na dnie morza nie jest obecnie opłacalna. – Źródło: dokument Brytyjskiego Związku Energii Wiatrowej (British Wind Energy Association), wrzesień 2005, www.bwea.com. Tym niemniej, w roku 2007 w pobliżu pola naftowego Beatrice, 22 km na wschód od wybrzeża Szkocji (rys. 10.8) wykonany został głębokowodny projekt demonstracyjny składający się z dwóch turbin o mocy 5 MW ustawionych w wodzie o głębokości 45 m. Wysokość głowicy turbiny 107 m; średnica 126 m. Całość wytwarzanej elektryczności będzie zużywana przez platformy naftowe. Czy to nie jest wyjątkowe? Koszt tego 10 MW projektu to 30 mln £ – co daje 3 £ na każdy wat mocy szczytowej w porównaniu z 1,2 £ za wat dla Kentish Flats (105 mln £ za 90 MW). www.beatricewind.co.uk
Możliwe, że pływające turbiny wiatrowe zmienią ekonomiczną opłacalność głębokowodnych farm wiatrowych.
 - Obszar dostępny dla przybrzeżnej energetyki wiatrowej.
Dokument Departamentu Handlu i Przemysłu z 2002 pt. *Future Offshore* przedstawia szczegółowe zestawienie obszarów, które mogą być użyteczne z punktu widzenia przybrzeżnej energetyki wiatrowej.
- 74 Tabela 10.7. pokazuje szacowane zasoby energii wiatrowej na obszarze 76 000 km² płytkich i głębokich akwenów. Szacunki energetyczne departamentu pokazują, że gdyby obszary te *całkowicie* zabudować wiatrakami, to pozwoliłoby to na wytworzenie 146 kWh/d na osobę (w tym 52 kWh/d/o z obszarów wód płytkich i 94 kWh/d/o z wód głębokich). Jednak końcowe szacunki potencjału wiatro-

wego mówią o 4,6 kWh dziennie na osobę. Przedstawienie, jak doszło do redukcji 146 kWh/d/o do poziomu 4,6 kWh/d/o, może być całkiem interesujące. Dlaczego końcowa liczba jest tak znacząco niższa od naszej? Po pierwsze, nałożono pewne ograniczenia: instalacje muszą znajdować się w odległości maksymalnie 30 km od brzegu i w wodzie nie głębszej niż 40 m; dno morza nie może być nachylone o więcej niż 5°; drogi żeglugowe, strefy wojskowe, rurociągi, łowiska i rezerваты zostały wyłączone. Po drugie, założono, że jedynie 5% potencjalnych miejsc zostanie wykorzystanych (z powodu budowy dna morskiego lub ograniczeń projektowych); ze względu na problemy z akceptacją społeczną prognozy instalowanej mocy zredukowano o 50% dla wszystkich terenów położonych mniej niż 10 mil od brzegu; dla terenów o prędkości wiatru przekraczającej 9 m/s ze względu na „bariery w rozwoju stwarzane przez wrogie środowisko” zredukowano możliwości instalacji o 95%, a dla terenów o prędkości wiatru w granicach 8–9 m/s możliwość instalacji ograniczono o 5%.

70 **Horns Reef** (Horns Rev). Trudności z tą „160 MW” duńską farmą wiatrową u brzegów Jutlandii [www.hornsrev.dk] zostały opisane przez Halkema (2006). Podczas pracy współczynnik wykorzystania mocy wynosi 43%, a średnia moc na jednostkę powierzchni 2,6 W/m².

72 Jeśli wzdłuż całej linii brzegowej Wielkiej Brytanii (długość: 3000 km) wybudujemy pas turbin o stałej szerokości 4 km, to będzie on miał powierzchnię 13 000 km². Czepialscy mogą powiedzieć, że „długość linii brzegowej Wielkiej Brytanii nie jest dobrze zdefiniowana, bo jest ona fraktalem”. – Tak, tak, jasne. – Jednak, drogi czepialski, weź, proszę mapę i nakreśl pas turbin na 4 km szeroki wokół naszej pięknej wyspy i zobacz, czy przypadkiem nie ma on jakichś 3000 km długości.

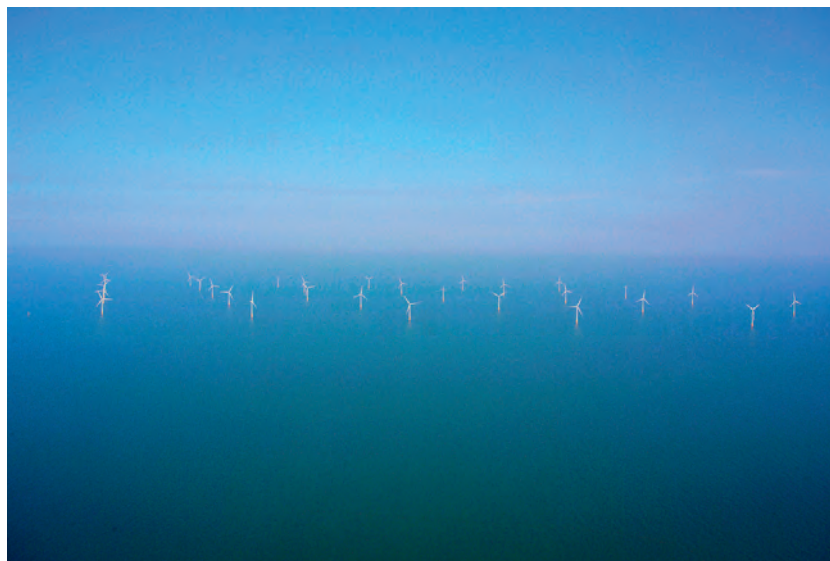
- **Statki Liberty** – www.liberty-ship.com/html/yards/introduction.html
- ...infrastruktura do eksploatacji paliw kopalnych w wodach Morza Północnego zawierała 8 milionów ton stali i betonu – Rice and Owen (1999).
- Rząd brytyjski ogłosił 10 grudnia 2007 roku, że mógłby zezwolić na utworzenie 33 GW mocy z przybrzeżnych elektrowni wiatrowych... [25e59w].
- ...gruszki na wierzbie. Source: Guardian [2t2vjq].
- Ile kosztowałoby wzniesienie turbin do uzyskania tych „33 GW” mocy? Według Departamentu Handlu i Przemysłu z listopada 2002, elektryczność z przybrzeżnych farm wiatrowych kosztuje około 50 £ za MWh (5 p za kWh) (Departament Handlu i Przemysłu, 2002b, str. 21). Dane gospodarcze jednak się zmieniają i w kwietniu 2007 szacowany koszt instalacji podskoczył do 92 £ za MWh (Departament Handlu i Przemysłu, 2007, str. 7). Do kwietnia 2008 cena poszła w górę jeszcze bardziej, a Shell wycofał się ze swojego zobowiązania budowy farmy London Array. To właśnie z powodu tak wysokich kosztów przybrzeżnej energetyki wiatrowej rząd brytyjski musiał zwiększyć liczbę certyfikatów energii odnawialnej przypadających na jednostkę wiatrowej energii przybrzeżnej (ROC). ROC są jednostką subsydiów przekazywanych różnym formom wytwarzania elektryczności ze źródeł odnawialnych. Standardowa wartość ROC dla 1 MWh to 45 £; tak więc przy cenie elektryczności na poziomie 40 £/MWh wytwarzający energię odnawialną dostają w sumie 85 £ za MWh. Jest to zbyt mało, aby pokryć koszty w wysokości 92 £ za MWh. W tym samym dokumencie szacunki dla innych źródeł odnawialnych (średnie koszty ustandaryzowane na rok 2010) przedstawiają się jak poniżej:

energia wiatrowa na lądzie 65 – 89 £/MWh;
współspalanie biomasy: 53 £/MWh;
wielkoskalowe hydroelektrownie: 63 £/MWh;
gaz z wypisk: 38 £/MWh;
ogniwa słoneczne: 571 £/MWh;
fale: 196 £/MWh;
pływy: 177 £/MWh.

„Dale Vince, dyrektor wykonawczy Ecotricity – dostawcy zielonej energii, zaangażowanego w budowę lądowych farm wiatrowych – stwierdził, że popiera rządowe plany budowy farm wiatrowych na morzu, ale jedynie przy założeniu, że



Fot. 10.8. Budowa demonstracyjnej „głębokiej” farmy wiatrowej Beatrice. Fotografie udostępnione przez Talisman Energy (UK).



nie będzie się to odbywać kosztem farm wiatrowych na lądzie. «To niebezpieczne ignorować fantastyczne zasoby, jakie mamy w naszym kraju... Według naszych oszacowań, zbudowanie tych 33 GW mocy na morzu, które proponuje Huttington, będzie kosztować około 40 miliardów funtów. My, budując na lądzie, moglibyśmy postawić instalacje o takiej mocy już za 20 miliardów funtów» [57984r].

- W typowej miejskiej lokalizacji w Anglii takie turbiny dostarczają jedynie 0,2 kWh dziennie. – Źródło: Third Interim Report, www.warwickwindtrials.org.uk/2.html

Jeden z najlepszych wyników w badaniach Warwick Wind Trials uzyskała mikroturbina Windsave WS1000 (o mocy 1 kW) zainstalowana w Daventry na wysokości 15 m nad ziemią, wytwarzając średnio 0,6 kWh/d. Jednak niektóre mikroturbiny dostarczają jedynie 0,05 kWh/d – Źródło: Donnachadh McCarthy: *Mój rok bez węgla* „The Independent”, grudzień 2007 [60c3ja]. Turbina Windsave WS1000, sprzedawana w Anglii w sklepach B&Q's, wygrała nagrodę Eko-Nonsens Marka Brinkleya, autora Biblii Budowniczego Domu: „Dajcie spokój, najwyższy czas przyznać, że montowane na dachach turbiny wiatrowe to kompletne fiasko. Wywala się pieniądze na coś, co po prostu nie działa” [5soql2]. Biuro Meteorologiczne Hadley wraz z Carbon Trust opublikowały w lipcu 2008 roku raport [6g2jm5] zawierający m.in. szacunki pokazujące, że mikroturbiny wiatrowe, gdyby zainstalować je na wszystkich domach w Wielkiej Brytanii z sensownymi warunkami wiatrowymi, mogłyby dać w sumie około 0,7 kWh/d/o. Organizacje te zauważają, że instalowanie turbin wiatrowych w domach jest zwykle gorsze niż bezużyteczne: „w wielu przypadkach mikroturbiny wiatrowe mogą nie zwrócić nakładów energetycznych włożonych w ich wyprodukowanie, instalację i działanie”.

- Platformy samopodnoszące kosztują 60 milionów funtów za sztukę. – Źródło: news.bbc.co.uk/1/hi/magazine/7206780.stm. Oszacowałem, że potrzebowalibyśmy około 50 platform, zakładając, że w roku byłoby 60 dni warunków pozwalających na pracę, a ustawienie turbiny zajmowałoby 3 dni.

77 Statki Liberty – www.liberty-ship.com/html/yards/introduction.html

- ... infrastruktura do eksploatacji paliw kopalnych w wodach Morza Północnego zawierała 8 milionów ton stali i betonu – Rice and Owen (1999).
- Rząd brytyjski ogłosił 10 grudnia 2007 roku, że mógłby zezwolić na utworzenie 33 GW mocy z przybrzeżnych elektrowni wiatrowych... [25e59w].
- ... gruszki na wierzbie. – Źródło: „The Guardian” [2t2vjq].

Dalsza lektura: baza danych energii wiatrowej Wielkiej Brytanii [www.bwea.com/ukwed/].

Fot. 10.9. Kentish Flats. Fotografie

© Elsam (elsam.com)

Użyte za pozwoleniem