

Ocena możliwości rozwoju i potencjału energetyki wiatrowej w Polsce do roku 2020

1. Wprowadzenie

Podczas marcowego szczytu Unii Europejskiej w Brukseli przywódcy państw członkowskich przyjęli zobowiązanie, że do 2020 roku 20% energii produkowanej w UE będzie pochodzić ze źródeł energii odnawialnej. Ustalono, iż dla poszczególnych krajów cel będzie różnicowany w zależności od sytuacji wyjściowej i potencjału w zakresie produkcji energii ze źródeł odnawialnych, jak również obecnego poziomu jej wykorzystania i struktury zużycia paliw w energetyce. Polska, podobnie jak inne państwa Wspólnoty, stoi obecnie przed ważnym zadaniem wyznaczenia krajowego celu na rok 2020.

Identyfikacja istniejących w Polsce źródeł energii odnawialnych produkujących energię elektryczną jest w pełni możliwa, dzięki funkcjonowaniu systemu świadectw pochodzenia. Dlatego też określenie tzw. „stanu wyjściowego” rozwoju rynku jest stosunkowo proste.

Tabela 1. Instalacje wytwarzające energię elektryczną w OZE – koncesje ważne na dzień 31 grudnia 2006 r. (Źródło: URE)

Rodzaj źródła OZE	Moc zainstalowana [MW]	Liczba instalacji [szt.]
Elektrownie na biomasę	238,79	6
Elektrownie na biogaz	36,76	74
Elektrownie wiatrowe	152,56	104
Elektrownie wodne	1 081,43	684
Łącznie	1 307,54	868

Poza rozwojem ww technologii, dodatkowo uruchomione zostały rezerwy produkcji „zielonej energii” w źródłach konwencjonalnych /technologia współspalania/. Dzięki temu, początkowy, dość powszechny sceptycyzm co do możliwości realizacji obowiązku w roku 2005 i 2006, ustąpił miejsca optymizmowi co do perspektyw dalszego rozwoju źródeł energii odnawialnej w Polsce. W 2006 wydane zostały 4 112 świadectwa na wolumen energii 4 449 960,354 MWh¹.

Pod koniec 2006 roku Ministerstwo Gospodarki zwiększyło poziomy obowiązek zakupu energii ze źródeł odnawialnych na lata 2007-2014 – zgodnie z nowym rozporządzeniem udział ten ma wzrastać do poziomu 10,4 % w 2010 roku. Udana wdrożenie systemu świadectw pochodzenia dla zielonej energii stało się podstawą do budowy innych systemów wsparcia – np. energii produkowanej w kogeneracji.

Dużo trudniejszym zadaniem jest próba opracowania scenariuszy rozwoju sektora energetyki odnawialnej w przyszłości. Sporządzenie szacunków co do możliwej do zainstalowania mocy w energetyce wiatrowej i określenie potencjału kraju w zakresie produkcji energii elektrycznej z wiatru wymaga zebrania wielu danych jakościowych i ilościowych, których w obecnej chwili bądź nie ma, bądź nie są one publicznie dostępne. Niestety w Polsce brak jest – wzorem innych krajów jak Wielka Brytania, Niemcy czy Hiszpania – profesjonalnych rządowych i naukowych opracowań dotyczących potencjału poszczególnych technologii OZE. Co gorsza, brakuje także rzetelnych analiz skutków /finansowych, technicznych, społecznych itd./ rozwoju tych źródeł. Nieliczne istniejące opracowania nie są publicznie dostępne.

W ocenie przygotowanej przez PSEW przeanalizowane zostaną podstawowe czynniki determinujące potencjał rozwoju energetyki wiatrowej. Wielkość graniczna wyznaczona w

oparciu o czynnik wprowadzający największe ograniczenie zostanie zaproponowana jako możliwy do wdrożenia poziom energetyki wiatrowej do roku 2020. Przedstawiony przez Stowarzyszenie scenariusz rozwoju rynku z założenia ma być zatem bardzo konserwatywny. Podkreślić należy również, że stanowi on jedynie wstępną, szacunkową ocenę możliwości rozwoju źródeł wiatrowych w naszym kraju, nieuwzględniając możliwości wynikających z rozwoju parków wiatrowych offshore czy przyrostów mocy wynikających z postępu technologicznego w zakresie mocy jednostkowej urządzeń i produktywności elektrowni wiatrowych.

Ze względu na wczesną fazę życia sektora w Polsce i niewielką penetrację rynku przez elektrownie wiatrowe - ok. 216 MW zainstalowanej mocy i ok. 142 zainstalowane elektrownie (stan na 10 maja 2007) - nie można posłużyć się krajowymi doświadczeniami do antycypacji przyszłości rozwoju tych źródeł. Toteż podstawą oceny potencjału rozwojowego energetyki wiatrowej do roku 2020 będą doświadczenia i wnioski zebrane w innych krajach, w których energia wiatrowa ma już dziś znaczny udział w pokrywaniu zapotrzebowania na energię elektryczną. Scenariusz rozwoju opracowany został przy uwzględnieniu krajowych uwarunkowań technicznych i geograficznych oraz założeniu, iż bariery występujące obecnie i mogące ujawnić się w przyszłości, a wynikające ze złych regulacji prawnych, będą sukcesywnie eliminowane.

2. Dane bazowe

Poziom rozwoju energetyki wiatrowej w roku 2020 musi zostać odniesiony do przewidywanego stanu całego sektora energetycznego w tej perspektywie czasu.

Stan bieżący (dane za 2005 rok):

- | | |
|---|------------------|
| a. łączna moc generacji zainstalowana w systemie | – ok. 35 000 MW, |
| b. produkcja energii elektrycznej brutto | – ok. 157 TWh, |
| c. zużycie energii elektrycznej | – ok. 144 TWh,, |
| d. maksymalne wykorzystanie mocy zainstalowanych | - ok. 65 %, |
| e. średnia roczna efektywność pracy obecnych źródeł generacji w systemie (z pkt. a i c) | - ok. 49 %, |

Zakładane wskaźniki

- | | |
|--|---|
| a. średnioroczny wzrost PKB do roku 2020 | - 5,1% (5,4% w latach 2006-2010), |
| b. średnioroczny wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną – 0,8 PKB (0,8 – wskaźnik elastyczności) ¹ , | |
| c. zużycie energii elektrycznej w roku 2020 o | – 267 TWh, (wyliczone w oparciu o prognozę wzrostu PKB z pkt a, przy założeniu wskaźnika elastyczności na poziomie 0,8),, |
| d. udział energii odnawialnej / w wolumenie energii dla odbiorców końcowych/ w 2014 | – 10,4%. |

3. Ocena potencjału wzrostu energetyki wiatrowej

W celu dokonania oceny możliwości rozwoju rynku energetyki wiatrowej, przeprowadzona zostanie analiza dziś znanych i dających się racjonalnie wyznaczyć podstawowych ograniczeń mających wpływ na potencjał sektora. Do podstawowych obszarów ograniczeń należy zaliczyć:

- ilość źródeł wiatrowych bezpiecznych dla Krajowego Systemu Elektroenergetycznego,
- ograniczenia wynikające z możliwości lokalizacji elektrowni wiatrowych na obszarze Polski (dostępność terenu),
- możliwości rozbudowy systemów elektroenergetycznych u operatorów do roku 2020.

Świadomie pominięto analizę ograniczeń rozwoju źródeł generacji energii odnawialnej związanych z barierą cenową wynikającą ze wzrostu kosztów energii ponoszonych przez odbiorców końcowych przy zakładanym rozwoju energetyki wiatrowej. W dokumentach strategicznych kraju, w tym

w „Polityce Energetycznej Polski do roku 2025”, brak jest odniesień do przewidywanych cen energii elektrycznej w przyszłości. Stowarzyszenie również nie dysponuje wiarygodnymi danymi w zakresie:

- prognozowanych kosztów wytwarzania energii elektrycznej w roku 2020,
- prognozowanych kosztów funkcjonowania mechanizmów wsparcia rozwoju OZE /o ile takie będą/ w roku 2020.

Brak tych danych uniemożliwia praktycznie posłużenie się kryterium bariery cenowej dla oceny możliwego poziomu wzrostu energetyki wiatrowej.

Opracowanie to nie uwzględnia również ograniczeń wynikających z istnienia sieci ekologicznej NATURA 2000 i rozwoju innych powierzchniowych form ochrony przyrody. Prowadzone obecnie przez PSEW i reprezentację środowiska ornitologów prace, pozwolą w perspektywie dwóch – trzech lat na ocenę rzeczywistego wpływu elektrowni wiatrowych na ptaki oraz weryfikację skuteczności podejmowanych działań minimalizujących i kompensacyjnych, dzięki czemu, mamy nadzieję samo istnienie obszaru NATURA 2000 nie będzie wykluczać możliwości budowy elektrowni wiatrowych na danym terenie. Ponadto, z uwagi na brak zakończenia aktualizacji listy obszarów NATURA 2000 i brak wyznaczenia ostatecznych granic już zatwierdzonych obszarów, nie można ustalić jak duże obszary są ewentualnie, jak zakładamy jedynie tymczasowo, wyłączone z możliwości realizacji na nich inwestycji z zakresu energetyki wiatrowej.

PSEW nie może także w pełni ocenić możliwości rozwoju energetyki wiatrowej na obszarze Polskiego Morza Terytorialnego i Wyłącznej Strefy Ekonomicznej. Powodów jest wiele, najistotniejszymi są jednak:

- brak woli politycznej rozwoju energetyki wiatrowej offshore,
- brak działań w zakresie ustanowienia procedur realizacji inwestycji na obszarach NATURA 2000 wyznaczonych w obrębie Polskiego Morza Terytorialnego,
- brak regulacji w zakresie sposobu wyłaniania podmiotów uprawnionych do projektowania i realizacji tego typu projektów (proces koncesyjny),
- problemy z zagospodarowaniem przestrzennym obszarów morskich i brak zatwierdzonych planów zagospodarowania przestrzennego tych obszarów.

Budowa parków wiatrowych offshore jest obecnie głównym kierunkiem ekspansji energetyki wiatrowej w Europie. Większość krajów europejskich, mogących podobnie jak Polska, wykorzystywać swoje wody terytorialne (lub/i wyłączną strefę ekonomiczną) pod budowę elektrowni wiatrowych, ma przygotowane strategie w tym zakresie. Budowa farm wiatrowych na morzu jest bowiem przedsięwzięciem znacznie bardziej skomplikowanym niż budowa farm na lądzie, wymagającym większego zaangażowania ze strony państwa, a także, z uwagi na wyższe koszty realizacji inwestycji, ustanowienia dodatkowych mechanizmów wsparcia dla projektów offshore. Wykorzystanie obszarów morskich pod posadowienie elektrowni wiatrowych pozwala jednak na uzyskanie wyższych produktywności niż w przypadku projektów realizowanych na lądzie, a także znacznych przyrostów mocy.

Uwzględnienie potencjału wynikającego z wykorzystania obszarów morskich może znacząco zmienić przedstawioną ocenę potencjału Polski w zakresie mocy zainstalowanej i produkcji energii elektrycznej z elektrowni wiatrowych.

3.1. Bezpieczeństwo Krajowego Systemu Elektroenergetycznego - wskaźniki

Zasadnicze różnice systemów elektroenergetycznych w poszczególnych krajach powodują, iż nie istnieją proste wskaźniki, które pozwalają na dokonanie jednoznacznej oceny wpływu generacji wiatrowej na poziom bezpieczeństwa w sieciach energetycznych. Ta sama różnorodność powoduje także, iż doświadczenia i obserwacje zebrane na obszarze działania jednego operatora nie dają jednoznacznych odpowiedzi co do oddziaływania w przyszłości dużych ilościowo generacji

wiatrowych w sieciach innych operatorów. Jednak dla oszacowania stanu rozwoju energetyki wiatrowej w różnych krajach stosuje się powszechnie dwa wskaźniki²:

- penetrację /*penetration*/ definiowaną jako udział energii wiatrowej w całości energii elektrycznej generowanej w systemie,
- penetrację mocy /*capacity penetration*/ określaną jako stosunek mocy elektrowni wiatrowych do łącznej mocy generacji w systemie.

Zarówno teoretyczne analizy, jak i zarejestrowane w praktyce sytuacje,³ potwierdzają możliwość znaczącego (30%, do 50%) udziału /penetracji/ energii wiatrowej w systemie elektroenergetycznym bez szczególnych negatywnych oddziaływań ze strony źródeł wiatrowych na system energetyczny. Z uwzględnieniem marginesu bezpieczeństwa, za bezpieczną przyjmuje się penetrację na poziomie około 20 %. Określenie wyższych bezpiecznych poziomów penetracji dla przyjętej niezawodności i założonego poziomu bezpieczeństwa w systemie opiera się na symulacjach i analizach modelowych danej sieci elektroenergetycznej. Analizy takie wykorzystują złożone modele systemu energetycznego, uwzględniają rzeczywiste charakterystyki turbin, definiują precyzyjnie dopuszczalne wielkości elektryczne odzwierciedlające dopuszczalny wpływ generacji wiatrowej na system. Z dostępnych publikacji wynika, iż w Polsce nie wykonano takiej kompleksowej analizy „bezpiecznego” dla systemu udziału generacji wiatrowej. Również Stowarzyszenie z oczywistych względów /choćby z uwagi na brak danych o systemie/ nie ma możliwości zlecenia wykonania takich analiz.

Toteż dla wstępnej oceny możliwej do zainstalowania mocy elektrowni wiatrowych w KSE proponuje się przyjęcie bardzo konserwatywnego wskaźnika na poziomie 20 % jako zakładanego wskaźnika penetracji mocy /*capacity penetration*/. Wskaźnik ten jest prostszy do określenia i „łagodniejszy” dla systemu ze względu na różnicę efektywności wytwarzania energii w elektrowniach konwencjonalnych w stosunku do elektrowni wiatrowych. Również doświadczenia praktyczne w szeregu krajów i regionów /Dania, Hiszpania, północne obszary Niemiec USA/ potwierdzają prawidłowość takiego założenia. Plany rozwoju energetyki wiatrowej w poszczególnych krajach wskazują na możliwość znacznego przekroczenia zaproponowanych 20% jako bezpiecznego poziomu wskaźnika penetracji mocy bez obawy o stabilność i niezawodność sieci (tabela nr 2).

Tabela nr 2. Wskaźniki penetracji energetyki wiatrowej przyjęte przez różne kraje (Źródło: na podstawie danych Garrad Hassan)

Kraj	Zakładany wskaźnik penetracji
Niemcy	2012: 39%
Hiszpania	2010: 54%
Wielka Brytania	2010: 13%

Znacznie wyższe poziomy, niż proponowane 20 %, wskaźnika penetracji są bezpiecznie dzięki implementacji w sieciach złożonych systemów kontroli i sterownia generacją wiatrową, jak również poprzez określenie restrykcyjnych wymagań w stosunku do nowo instalowanych turbin wiatrowych. W polskich przepisach prawnych /obowiązującej IRiESP oraz projekcie rozporządzenia systemowego/ istnieją podobne regulacje, ale ze względu na niewielką liczbę źródeł wiatrowych zapisy te nie są jeszcze wdrażane w praktyce.

3.2. Oszacowanie bezpiecznego poziomu generacji wiatrowej w KSE według współczynnika penetracji mocy

Zakładane wskaźniki dla roku 2020



W opracowaniu przyjęto jako podstawę dane dla roku 2020, o których mowa w pkt 2. Rokiem bazowym jest rok 2005.

- I) Zakładana wielkość zużycia energii w roku w roku 2020
– 267 TWh

Zakłada się liniowy, proporcjonalny do wzrostu zużycia energii, wzrost generacji w systemie. Z uwagi na fakt, iż dzisiejsza produkcja energii oparta jest głównie na generacji w źródłach konwencjonalnych /ciepłych/, podana w punkcie II wielkość określa aproksymowaną moc łącznej generacji zdominowanej przez źródła konwencjonalne pracujące z efektywnością ok. 50 % (pkt f).

- II) Równoważna /bez uwzględnienia zastąpienia części źródeł konwencjonalnych źródłami wiatrowymi/ łączna wielkość mocy generacji w źródłach konwencjonalnych w systemie w roku 2020
– 62 000 MW

Przyjęte założenia

- III) Efektywność wytwarzania energii w turbinach wiatrowych
– 20 do 35 %
Dla dalszych obliczeń przyjęto zakładaną efektywność dla turbin wiatrowych w wysokości 25%.
- IV) Maksymalna penetracja mocy z elektrowni wiatrowych w KSE w roku 2020
– 20 %

Obliczenia

Przy założeniu, iż w 2020 roku

- efektywności pracy źródeł konwencjonalnych w systemie wynosić będzie 50 %,
- efektywności pracy źródeł wiatrowych b będzie na poziomie 25 %,
- penetracji mocy ze źródeł wiatrowych w systemie wyniesie 20 %,

to:

- V) **Wielkość mocy łącznej generacji wiatrowej w systemie do roku 2020 może wynieść**
– ok. 13 600. MW
- VI) Wielkość mocy łącznej generacji konwencjonalnej w systemie do roku 2020 może wynieść
– ok. 54 000 MW
- VII) Wielkość mocy łącznej generacji w systemie do roku 2020 (VI+VII) może wynieść
– ok. 67 600 MW

Dyskusja wyników

Ważniejsze uproszczenia w powyższych obliczeniach to:

- założenie liniowego wzrostu zużycia energii i wzrostu mocy generacji w systemie. W dostępnych dokumentach⁴ zakłada się budowę nowych mocy do 2020 r. na poziomie 21 do 23 tys. MW, jednak nie uwzględnia się w tych opracowaniach znaczącego wzrostu potencjału energetyki wiatrowej,
- założenie, że wypadkowa efektywność generacji konwencjonalnej w roku 2020 będzie na poziomie danych bazowych (dzisiaj ok. 50%). Przyjmując efektywność wykorzystania źródeł konwencjonalnych na poziomie ok. 60 %⁵, wielkość generacji wiatrowej dla założonego poziomu penetracji zmniejszy się o ok. 2000 MW.

Porównując otrzymane wyniki z wielkościami zainstalowanych mocy w Niemczech czy Hiszpanii oraz planami rozwoju energetyki wiatrowej w USA, Wielkiej Brytanii, można uznać je za całkowicie realne i możliwe do osiągnięcia.



Określenie ilości energii elektrycznej wytwarzanej w elektrowniach wiatrowych w roku 2020

W oparciu o wielkości wyliczone w pkt VI i przy uwzględnieniu zakładanej 25% efektywności generacji w turbinach wiatrowych (pkt IV) można wyznaczyć:

- IX) Ilość energii wytwarzanej w elektrowniach wiatrowych w roku 2020**
- ok. 30 TWh

WNIOSEK

Dla zakładanego poziomu penetracji mocy z elektrowni wiatrowych w systemie /20%/ sumaryczna moc w zainstalowanych turbinach wiatrowych może osiągnąć poziom ok. 13 600 MW. Przy tych wielkościach ilość energii elektrycznej wytwarzanej przez elektrownie wiatrowe w roku 2020 wyniesie 30 TWh.

3.3. Możliwości lokalizacji elektrowni wiatrowych

Kolejnym analizowanym w niniejszej ocenie elementem jest zagadnienie związane z ograniczeniami lokalizacyjnymi turbin wiatrowych. Pytanie, ile turbin /lub ile MW łącznie w turbinach wiatrowych/ można posadzić na obszarze kraju z uwzględnieniem czynników ekonomicznych, prawnych i społecznych, jest najsłabiej przeanalizowanym dotychczas zagadnieniem w kilkuletniej historii rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce. Tymczasem czynniki te bezpośrednio determinują możliwość budowy określonej liczby elektrowni wiatrowych o określonej mocy.

- Uwarunkowania ekonomiczne – dostępne dla energetyki wiatrowej lokalizacje, które pozwalają uzyskać zadawalające inwestora wyniki ekonomiczne ściśle zależą od: wietrzności na danym obszarze, kosztów przyłączenia czy kosztów dzierżawy. Wszystkie te elementy są bardzo zmienne. Akceptowalny dziś poziom wietrzności dla realizacji projektu jest znacznie niższy niż kilka lat temu, dzięki stosowaniu coraz wyższych i coraz bardziej wydajnych turbin wiatrowych. Oznacza to, że również tereny wewnątrz kraju, a nie tylko tereny nadmorskie, mają szansę na rozwój energetyki wiatrowej. Rozproszenie energetyki na większym obszarze zmniejsza również jednostkowe koszty przyłączenia. Większy potencjalny obszar penetracji przez energetykę wiatrową to z kolei relatywnie niższe ceny dzierżawy terenów pod turbiny wiatrowe. Z tego powodu naciski inwestorów, by lokować projekty w szerszym niż tylko północnym obszarze Polski są coraz większe. Taką drogę rozwoju przechodzi właśnie energetyka w Niemczech, gdzie występują zbliżone do polskich warunki wiatrowe.
- Uwarunkowania prawne – regulacje prawne budowy turbin wiatrowych znacznie ograniczają dostępne obszary lokalizacji projektów. Dotyczy to w szczególności ograniczeń środowiskowych /powierzchniowe formy ochrony przyrody, normy w zakresie emisji hałasu/.
- Czynniki społeczne – akceptacja społeczna dla energetyki wiatrowej może ulegać zmniejszeniu wraz ze wzrostem nasycenia turbinami poszczególnych obszarów kraju. To również wpłynie na ograniczenie potencjalnych obszarów dla energetyki wiatrowej

3.3.1. Ocena analityczna wyznaczenia potencjału lokalizacji turbin wiatrowych

Polska to kraj o powierzchni 312.685 km². Przeważająca część obszaru jest wyłączona z możliwości realizacji inwestycji budowy parków wiatrowych, zajmują ją bowiem tereny zurbanizowane, zajęte przez zabudowę mieszkalną, drogi, lotniska, porty, infrastrukturę kolejową, fabryki i zakłady przemysłowe, a także lasy, rzeki jeziora, tereny podmokłe lub o strukturze geologicznej niepozwalającej na posadowienie tam turbin wiatrowych. Wiele z terenów znajduje się ponadto w

bezpośrednim sąsiedztwie zabudowań, lasów lub położonych jest w obniżeniach, co ogranicza ich przydatność dla energetyki wiatrowej.

Szacując powierzchnię dostępną pod inwestycje budowy parków wiatrowych, należy z obszaru lądowego wyłączyć grunty znajdujące się pod wodami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, grunty zabudowane i zurbanizowane. Przy dodatkowym, upraszczającym założeniu rozdzielności wyszczególnionych funkcji terenu (tzn. założeniu, że np. powierzchnie terenów chronionych są całkowicie rozdzielne z powierzchnią lasów), w oparciu o dane statystyczne GUS zamieszczone w tabeli 3, wyliczyć można, że jedynie ok. 9080155ha powierzchni lądowej, czyli ok. 29,8% powierzchni kraju może być teoretycznie wykorzystane pod rozwój energetyki wiatrowej. Dodatkowo należy wyłączyć kolejne obszary ze względu na bliskie sąsiedztwo lasów, zabudowań mieszkalnych czy występowanie określonej rzeźby terenu (terenów położonych w zagłębieniach lub trudno dostępnych terenów górskich).

Tabela 3: Struktura wykorzystania powierzchni w Polsce – wybrane pozycje:

Obszar	Powierzchnia w ha	Udział obszaru w powierzchni kraju w %
Powierzchnia kraju (obszar lądowy wraz z wodami śródlądowymi oraz część morskich wód wewnętrznych)	31 268 500	100%
Powierzchnia wodna	822 000	
Powierzchnia lądowa	30 446 500	
Grunty pod wodami	647 000	2,1%
Powierzchnia prawnie chroniona	Ok. 10 047 345	Ok. 32%
Grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, w tym lasy	9 214 000	29,5%
	8 942 000	28,6%
Powierzchnia użytków rolnych (grunty orne, sady, łąki i pastwiska trwałe, grunty rolne zabudowane, grunty pod stawami, grunty pod rowami), w tym orne, łąki i pastwiska	19 241 000	61,5%
	16 899 300	ok. 55%
Grunty zabudowane i zurbanizowane, w tym: tereny mieszkaniowe, tereny przemysłowe, tereny komunikacyjne.	1 458 000 188 000 94 000 933 000	4,7% 0,6% 0,3% 3%
Szacowana powierzchnia potencjalnie dostępna dla energetyki wiatrowej	9080155	29,8%
Szacowana powierzchnia o korzystnych warunkach wiatrowych ⁶	2 724 047 (wyliczona jako 30% z obszaru potencjalnie dostępnego dla energetyki wiatrowej)	8,9%
Szacowana powierzchnia o wybitnie korzystnych warunkach wiatrowych ⁷	454 007,8 (wyliczone jako 5% obszaru potencjalnie dostępnego dla energetyki wiatrowej)	1,4%

Źródło: Obliczenia własne w oparciu o dane GUS.

Brak atlasu wiatru dla Polski, a co za tym idzie także informacji na temat powierzchni kraju, na której występują określone średnie prędkości wiatru, uniemożliwia dokonanie oceny, jaka część z tych potencjalnie dostępnych terenów może być rzeczywiście wykorzystana pod rozwój energetyki wiatrowej ze względu na wietrzność. Opierając się o dane IMGW, mówiące o tym, że tereny o dobrych warunkach wiatrowych stanowią ok. 30% powierzchni kraju, wyliczyć można, że

szacunkowa powierzchnia, na której można i warto rozwijać energetykę wiatrową na lądzie wynosiłaby dla Polski ok. 2 724 047ha, czyli 8,9% powierzchni lądowej kraju. Gdyby energetyka wiatrowa rozwijana miała być jedynie na obszarach zakwalifikowanych przez IMGW jako wybitnie korzystne (5% powierzchni kraju), to obszar ten byłby jeszcze mniejszy i wynosiłby 454 007,8ha.

Wyliczenia takie to duże uogólnienie, dostępność powierzchni nie musi być w ogóle skorelowana z występowaniem dobrych warunków wiatrowych. Ponadto szacunek ten nie uwzględnia występowania zamkniętych obszarów wojskowych, lotniczych, etc. oraz faktu, że powierzchnia nie jest monolitem, podzielona jest przecież infrastrukturą komunikacyjną lasami, zabudowaniami, etc. Przepisy prawa nakładają obowiązek zachowania pewnego dystansu, np. w stosunku do zabudowań mieszkalnych, wiele obszarów posiada również otuliny, w których realizacja inwestycji wiatrowych często jest zakazana prawnie (np. w przypadku występowania ścisłych form ochrony przyrody czy ochrony architektonicznej) lub niewskazana z uwagi na produktywność elektrowni wiatrowych (tak jest w przypadku lasów czy dużych przeszkód, od których, ze względu na zaburzenia prędkości wiatru, zachowuje się określona odległość). W szacunku tym nie został również uwzględniony zakładany wzrost lesistości kraju, jak i jego dalsza urbanizacja oraz planowany rozwój obszarów chronionych, w tym Sieci Ekologicznej Natura 2000. Ponadto w wyliczeniach pominięto ograniczenie wynikające z dostępności i bliskości infrastruktury energetycznej, w tym przede wszystkim linii WN.

Zakładając, że na 1MW zainstalowanej mocy zarezerwować należy średnio, ze względu na strefę oddziaływania oraz powierzchnię zajmowaną przez infrastrukturę techniczną, ok. 10ha, a wszystkie wspomniane czynniki ograniczają powierzchnię o korzystnych warunkach wiatrowych, do 50% dostępnego dla energetyki wiatrowej obszaru, to teren, na którym można realizować projekty wyniósłby 227 000ha. **Na podstawie tego szacunku stwierdzić można, że w Polsce, oceniając jedynie dostępność powierzchni lądowej i uwzględniając dzisiejszy rozwój technologii, możliwa jest instalacja blisko 23 000MW w energetyce wiatrowej.**

3.3.2. Ocena porównawcza wyznaczenia potencjału lokalizacji turbin wiatrowych

Dla weryfikacji obliczeń przeprowadzonych w punkcie 3.3.1 odniesiono teoretyczne wyliczenia z tego punktu do mocy zainstalowanej dziś w Niemczech. Obecny stan rozwoju rynku w Niemczech porównany został z potencjałem lokalizacyjnym w Polsce i tym sposobem zweryfikowano oszacowane możliwości lokalizacji elektrowni wiatrowych.

Zasadniczo turbiny wiatrowe na lądzie lokalizowane są na użytkach rolnych. Jak wspomniano wcześniej, z uwagi na postęp technologiczny, w tym zastosowanie coraz wyższych wież, projekty mogą być lokalizowane w miejscach o gorszych warunkach wiatrowych, co powoduje, że coraz więcej parków jest budowanych w głębi lądu.

Zakłada się, że z uwagi na dynamiczny rozwój technologii i wzrost jednostkowej mocy zainstalowanej urządzeń, który dokonał się w okresie minionych 25 lat, w Polsce instalowane będą turbiny o znacznie większej mocy jednostkowej w porównaniu z rynkiem niemieckim / o ok. 50%/. Dzisiaj podstawową jednostką budowaną w Polsce jest turbina o wielkości 1,5-2,0 MW. Obszar zajęty przez turbiny wiatrowe w przeliczeniu na moc zainstalowaną jest w przybliżeniu jednakowy dla turbin wielkości kilkuset kW i turbin klasy MW (ok. 10ha na 1MW). Wynika to z konieczności odpowiedniego oddalenia turbin od siebie, który wynosi od 4 -8 średnic śmigieł turbiny.

I.	Wielkość użytków rolnych w Niemczech wynosi	- ok. 17 mln ha
II.	Wielkość użytków rolnych w Polsce wynosi	- ok. 15,9 mln ha
III.	Obecna liczba elektrowni wiatrowych w Niemczech	- ok. 20 000.
IV.	Średnia wielkość zainstalowanych turbin w Niemczech	- ok. 1 MW

- V. Średnia wielkość turbin które będą instalowane w Polsce
- ok. 1,5- 2,0MW
- VI. Możliwa do zainstalowania moc elektrowni wiatrowych w Polsce wyznaczona w oparciu o wskaźnik wykorzystania terenu pod turbinę z rynku niemieckiego
- 18 800 MW.

Wniosek

Z przeprowadzonych analiz wynika, że dostępność terenów pod lokalizację turbin wiatrowych nie stanowi znaczącego ograniczenia rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce. Dodatkowo, jak wspomniano wcześniej w opracowaniu nie uwzględniono możliwości wykorzystania obszarów morskich pod budowę parków wiatrowych ze względu na istniejące dziś bariery w zakresie rozwoju energetyki wiatrowej offshore wynikające m.in.: z ustanowienia obszaru NATURA 2000 na prawie całym obszarze Morza Terytorialnego czy wprowadzenia wysokich opłat za promesę koncesji na posadowienie sztucznej wyspy w Wyłącznej Stefie Ekonomicznej. Zdaniem Stowarzyszenia budowa parków wiatrowych na morzu stwarza duże możliwości dla dalszego rozwoju energetyki wiatrowej. Wykorzystanie obszarów morskich może on znacząco zwiększyć /do 30 %/ zarówno moc możliwą do zainstalowania w energetyce wiatrowej do 2020, jak i ilość energii generowanej przez elektrownie wiatrowe.

3.4. Możliwości rozbudowy systemów elektroenergetycznych u operatorów do roku 2020

Jak wspomniano, jest niewiele⁸ ogólnie dostępnych analiz i publikacji dotyczących skutków rozwoju energetyki wiatrowej uwzględniających znaczący (20 %) udział energii generowanej z wiatru w pokrywaniu zapotrzebowania na energię. Szczególnie brak jest rządowych opracowań analizujących różne warianty zakresu i kosztów niezbędnej rozbudowy sieci oraz innych elementów systemu elektroenergetycznego przy możliwym znaczącym rozwoju źródeł wiatrowych. Jednym nich niewiele jest opracowanie⁹ wykonane na zlecenie PSE SA w 2003 r. dotyczące scenariuszy rozwoju energetyki wiatrowej. Niestety jest ono dostępne jedynie we fragmentach lub streszczeniach. W roku 2005 wykonano aktualizację studium, ale OSP nie udostępnił publicznie żadnych informacji z tego opracowania.

Poniżej przedstawiono informacje z opracowania z roku 2003. W tabelach zawarty jest wykaz niezbędnych inwestycji w sieci przesyłowej dla różnych poziomów rozwoju energetyki wiatrowej. W tabeli oznaczonej z nr 4 wykazane są koszty modernizacji i rozbudowy sieci elektroenergetycznych operatora przesyłowego i spółek dystrybucyjnych dla poszczególnych etapów modernizacji systemu elektroenergetycznego.

Nr etapu	Wyszczególnienie inwestycji	Moc źródeł wiatrowych [MW]
1.	<ul style="list-style-type: none"> ◆ modernizacja osprzętu na linii 110 kV Kąty Rybackie - Nowy Dwór, ◆ budowa linii 110 kV Resko - Łobez i od stacji Żarnowiec do miejsca wprowadzenia 138 MW z generacji wiatrowej pomiędzy Opalinem a Wickiem, ◆ zmiana przekroju przewodów ze 120 mm² na 240 mm² na 9 ciągach linii 110 kV terenie: Energetyki Szczecińskiej, ZE Koszalin, ZE Słupsk i ZE Gorzów, ◆ budowa stacji 220 kV Reclaw (zmiana napięcia pracy istniejącej linii Morzyczyn - Reclaw na 220 kV i dodanie transformatora o mocy 250 MVA w stacji Reclaw), 	3 224
2.	◆ zwiększenie przepustowości połączenia 220 kV Krajnik - Vierraden o 81%,	3 654
3.	<ul style="list-style-type: none"> ◆ dostawienie nowego transformatora 400/110 kV o mocy 330 MVA w stacji Dunowo, ◆ dostawienie nowego transformatora 400/110 kV o mocy 330 MVA w stacji Słupsk, 	3 927
4.	◆ dostawienie nowego transformatora 400/220 kV o mocy 250 MVA w stacji Krajnik,	4 094
5.	◆ zmiana napięcia połączenia Krajnik - Vierraden z 220 na 400 kV,	5902
6.	<ul style="list-style-type: none"> ◆ zmiana przekroju przewodów ze 120 mm² na 240 mm² na 5 ciągach linii 110 kV na terenie Energetyki Kaliskiej, ZE Białystok i Energetyki Poznańskiej, ◆ budowa linii 400 kV Dunowo-Żydowo-Piła Krzewina - Plewiska (zastępującej ciąg 220 kV), budowa nowych stacji Żydowo i Piła Krzewina z transformatorami 330 MVA 400/110 kV, 	6805
7.	◆ wymiana przekładników prądowych na ciągach 400 kV Krajnik - Dunowo - Żarnowiec, Gdańsk Błonie - Grudziądz i Gdańsk Błonie - Olsztyn Mątki,	7 731
8.	<ul style="list-style-type: none"> ◆ budowa drugiego ciągu linii 400 kV Krajnik - Dunowo - Słupsk - Żarnowiec oraz linii 400 kV Piła Krzewina - Bydgoszcz z transformatorem 400/110 kV 500 MVA w stacji Bydgoszcz, ◆ zwiększenie obciążalności linii 400 kV Piła Krzewina - Plewiska do 1200 MVA. 	9 482

Zestawienie kosztów inwestycji sieciowych związanych z rozwojem energetyki wiatrowej. Tabela 4

	Koszty realizacji etapów inwestycji [tys. PLN]								
	1	2	3	4	5	6	7	8	Łącznie
Spółki dystrybucyjne	192 075	0	0	0	0	83 990	0	0	276 065
PSE SA	38 100	2 240	43 000	19 000	15 300	521 140	3 000	685 850	1 327 630
Razem	230 175	2 240	43 000	19 000	15 300	605 130	3 000	685 850	1 603 695

Ocena wykonalności wymienionych w tabeli inwestycji z punktu widzenia prawnego, administracyjnego czy społecznego, jest dość trudna. Inwestycje sieciowe, szczególnie w zakresie elementów linii wysokich i najwyższych napięć, trwają latami /5-10 lat/, a czasami nie mogą zostać sfinalizowane ze względów społecznych lub środowiskowych. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, iż studium zostało wykonane jeszcze w czasie gdy nie obowiązywały restrykcyjne przepisy o ochronie przyrody / Natura 2000/, które mogą utrudnić realizację niektórych z wymienionych etapów.

Tym niemniej zakres proponowanych w tabeli modernizacji jest, zdaniem Stowarzyszenia, realny do przeprowadzenia, uwzględniając niemal 13-letni horyzont czasowy. Ewentualne problemy z jego realizacją mogą wynikać z faktu zbyt późnego rozpoczęcia działań mających doprowadzić do wykonania niezbędnych modernizacji i rozbudowy systemu lub pojawić się mogą gdy wskazany zakres będzie znacząco różny od rzeczywistych potrzeb inwestycyjnych.

Z przedstawionych zestawień wynika, iż włączenie do systemu generacji wiatrowej o mocy do 9 500 MW wymagać będzie szeregu prac, których koszty oszacowane zostały na około 1,6 mld zł. Ważną informacją dostarcza szacunek, iż dla przyłączenia mocy do 5 900 MW wymagane łączne koszty modernizacji u operatorów: przesyłowego i dystrybucyjnych nie przekroczą 310 mln zł. Przy założeniu kosztów budowy elektrowni wiatrowych na poziomie 1 – 1,2 mln €/ MW oznacza to wzrost kosztów realizacji projektów wiatrowych o ok. 1,3 %. Nie są to kwoty, które mogą znacząco zmienić decyzje inwestorskie.

Również ocena wpływu kosztów dalszej modernizacji i rozbudowy systemu na potrzeby przyłączania energetyki wiatrowej do poziomu 9 500 MW, skłania do wyciągnięcia wniosku, że nie są one krytyczne. Koszty modernizacji na poziomie 1,6 mld – do 2 mld zł (po uwzględnieniu wzrostu kosztów inwestycyjnych) powodują wzrost kosztów realizacji projektów wiatrowych od 4 do 5 %, co także dla dużej liczby projektów wiatrowych, szczególnie tych rozmieszczonych w północnych rejonach kraju, nie powinno skutkować decyzjami inwestorów o zaprzestaniu realizacji inwestycji z powodów ekonomicznych.

Analiza powyższych danych pozwala stwierdzić, że koszty rozbudowy i modernizacji sieci nie stanowią istotnej bariery dla rozwoju energetyki wiatrowej do poziomu ok. 10 000 MW. Zdaniem Stowarzyszenia, zwiększenie tego poziomu nawet do 15 000 MW nie powinno w istotny sposób zwiększyć jednostkowych kosztów modernizacji sieci, a tym samym znacząco ograniczyć powstawanie kolejnych projektów wiatrowych. Pamiętać należy że w latach 2007-2013 z różnego rodzaju funduszy unijnych dostępne będą znaczne środki na dofinansowanie inwestycji infrastrukturalnych.

WNIOSEK

W takiej sytuacji przyjąć należy, że konieczność i warunki rozbudowy sieci przesyłowej i sieci dystrybucyjnych nie stanowią istotnego ograniczenia /pod względem technicznym, prawnym czy finansowym/ potencjału rozwoju energetyki wiatrowej do poziomu 15 000 MW.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Podsumowując wyniki oszacowań w trzech obszarach: bezpieczeństwo systemu, ograniczenia przyłączeniowe i ograniczenia lokalizacyjne, można stwierdzić, iż to bezpieczny dla systemu poziom penetracji energetyki wiatrowej w systemie będzie podstawowym technicznym ograniczeniem wzrostu tych źródeł odnawialnych. Z oszacowań wynika, iż, biorąc pod uwagę dzisiejsze uwarunkowania techniczne i technologiczne, całkowicie możliwym, bezpiecznym i realnym poziomem rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce do 2020 roku jest instalacja 13 600 MW i osiągnięcie produkcji energii elektrycznej z elektrowni wiatrowych na poziomie 30TWh.

Jest to, zdaniem Polskiego Stowarzyszenia Energetyki Wiatrowej, wielkość minimalna, wyliczona w oparciu o konserwatywne założenia, nieuwzględniająca potencjału w zakresie rozwoju projektów offshore czy zmian technologicznych i wzoru mocy jednostkowej turbin, które dokonają się w przeciągu najbliższych 14 lat. Budowa 13600MW wymagać będzie dalszej, konsekwentnej eliminacji barier prawnych i administracyjnych. Pamiętać należy, iż w okresie 2007-2020, a więc najbliższych 14 lat, oddanych do użytku miałyby zostać ok.13 400 MW (rocznie konieczna byłaby zatem budowa ok. 900-1000MW). Doświadczenia wielu krajów (Niemcy, USA, Hiszpania,), w których roczne przyrosty mocy przekroczyły 2000MW oraz krajów takich jak Francja, Wielka Brytania czy Portugalia, w których przyrosty mocy wyniosły powyżej 700MW, wskazują, że jest to możliwe.



Rozwój energetyki wiatrowej w ostatnich latach dowodzi jednoznacznie, iż ograniczenia w zakresie wykorzystania elektrowni wiatrowych i założenia co do rozwoju sektora są systematycznie przekraczane. Niemożliwe wczoraj, dziś staje się rzeczywistością, a zwiększająca się nieustannie liczba nowych turbin wiatrowych w systemach energetycznych i wzrost udziału energii z wiatru w zaspokajaniu potrzeb odbiorców jest tego dobitnym dowodem.

¹ Jedną z metod prognozowania wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną jest zastosowanie metody polegającej na założeniu tzw. wskaźników elastyczności wzrostu zużycia energii elektrycznej brutto względem wzrostu PKB. Wskaźnik elastyczności opracowany na potrzeby "Krajowego Planu Rozdziału Uprawnień do Emisji CO₂ na lata 2008-2012 (projekt maj 2007) wynosi 0,8. Taki wskaźnik został przyjęty na potrzeby oszacowania wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną. Źródło:

http://www.mos.gov.pl/she/prace_nad_kpru/kpru/KPRU_II_projekt_2007_18052007.pdf,

² The impact of large scale wind power production on the Nordic electricity system - Holttinen, H, 2004

³ Developments in wind turbine technology and energy forecasting for high wind penetration - Andrew Garrad and Paul Gardner, Garrad Hassan and Partners

⁴ Długoterminowa prognoza rozwoju paliwami i energią do roku 2025 – Agencja Rynku Energii SA 2004r.

⁵ DLACZEGO ENERGETYKA JĄDROWA W POLSCE? -Stefan Chwaszczewski, Instytut Energii Atomowej, Otwock-Świerk

⁶ Termin pochodzi z opracowanej przez IMGW mapy wietrzności Polski. W opracowaniu tym powierzchnie o korzystnych warunkach wiatrowych szacowane są na 30% powierzchni lądowej.

⁷ Termin pochodzi z opracowanej przez IMGW mapy wietrzności Polski. W opracowaniu tym powierzchnie o wybitnie korzystnych warunkach wiatrowych szacowane są na 5% powierzchni lądowej.

⁸ Study of Integration Possibilities of Wind Energy with the Polish Power Grid.- R. Janiczek, K. Madajewski, B. Sobczak: European Wind Energy Conference, Madrid 16÷19 June 2003

⁹ Studium wpływu rozwoju energetyki wiatrowej na pracę i rozwój Krajowego Systemu Elektroenergetycznego – opracowanie PSE SA 2003 r