

IZABELA WIELEWSKA\*, MICHAŁ MAJCHEREK\*, EWA GOLISZ\*\*<sup>1</sup>

\* Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy,

\*\* Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## ZASOBY WIATRU JAKO PODSTAWOWY CZYNNIK WPŁYWAJĄCY NA ROZWÓJ ENERGETYKI WIATROWEJ NA PRZYKŁADZIE WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO

### 1. Wstęp

Zapotrzebowanie na energię systematycznie wzrasta, w Polsce rośnie wraz z rozwojem gospodarczym kraju. Dane oraz szacunki dostępne w literaturze wyraźnie wskazują, że w 2020 roku zapotrzebowanie na energię całkowitą na całym świecie będzie około 4,5 razy większe niż w roku 1960. Dalsze prognozy zapotrzebowania są równie niepokojące i wynoszą ponad 6 razy więcej w roku 2050 w stosunku do roku 1960. Pojawia się więc problem zaspokojenia zaistniałych potrzeb energetycznych i pytanie, czy istnieją rozbudowane systemy, by zapewnić wystarczającą ilość energii? [Różycka 2009, s. 1353].

Przed polskim sektorem energetycznym stoją zatem poważne wyzwania. Coraz wyższe zapotrzebowanie na energię, przestarzała infrastruktura wytwórcza i transportowa paliw i energii, znaczące uzależnienie od zagranicznych dostaw gazu ziemnego i niemal pełne od zagranicznych dostaw ropy naftowej, a także zobowiązania w dziedzinie ochrony środowiska, zwłaszcza dotyczące klimatu, powodują konieczność podjęcia intensywnych działań zapobiegających pogorszeniu się sytuacji konsumentów paliw i energii. Jednocześnie w ostatnich latach na świecie wystąpił szereg niekorzystnych zjawisk: wahania cen surowców energetycznych, rosnące zapotrzebowanie na energię ze strony krajów rozwijających się, awarie systemów energetycznych oraz wzrastające zanieczyszczenie środowiska. Wymaga to nowego podejścia do prowadzenia polityki energetycznej [Polityka energetyczna... 2009, s. 4].

---

<sup>1</sup> Wkład pracy: Izabela Wielewska – 75%, Michał Majcherek – 15%, Ewa Golisz – 10%

Mądre i efektywne wykorzystywanie energii winno opierać się na zasadach zrównoważonego rozwoju i sprzyjać rozkwitowi społeczno-gospodarczemu państwa, a także poprawie jakości życia mieszkańców. Trwały i zrównoważony rozwój polega na zaspokajaniu potrzeb dnia dzisiejszego w sposób, który nie ograniczy przyszłym pokoleniom możliwości zaspokojenia ich potrzeb. Wobec tego, trwały rozwój oznacza nie tylko sprawiedliwość w krótkim czasookresie polegającą na zaspokojeniu potrzeb aktualnie żyjącego pokolenia, ale także zawiera działania mające na celu sprawiedliwość międzypokoleniową [Strumińska-Kutra 2010].

Obecnie w skali całego świata dominują technologie oparte na spalaniu paliw kopalnych, co oznacza silną presję na środowisko, jego zanieczyszczanie i degradację. Ponadto zasoby tych nośników są ograniczone, np. światowe zasoby węgla wystarczą na ok. 200 lat, gazu na 60 lat, a ropy na 40 lat. Powyższe uwarunkowania sprzyjają przygotowaniu rozwiązań alternatywnych, opartych na odnawialnych źródłach energii (OZE) [Cholewa, Pawłowski 2009, s. 1165].

Krajowa polityka energetyczna wpisuje się w realizację celów polityki energetycznej określonych na poziomie Wspólnoty. Unia Europejska wyznaczyła na 2020 rok ekologiczne cele ilościowe, tzw. „3×20%”, tj.: zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 20% (w stosunku do roku 1990), zmniejszenie zużycia energii o 20% w porównaniu z prognozami dla UE na 2020 r., zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii do 20% całkowitego zużycia energii w UE, (w tym zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii w transporcie do 10%) [Polityka energetyczna...2009, s. 4].

Jednym z odnawialnych źródeł odgrywającym istotną rolę w zaspokojeniu zapotrzebowania energetycznego państw jest energia wiatru.

Wiatr stanowi przekształconą formę energii słonecznej. Jest to ruch mas powietrza wywołany nierównomiernym nagrzewaniem się powierzchni Ziemi. Około 1/4 tej energii to masy powietrza bezpośrednio przylegające do ziemskiej powierzchni [Nalepa 2007, s. 30].

Energia wiatru, podobnie jak energia słoneczna i morska, zaliczana jest do odnawialnych źródeł energii (OZE) charakteryzujących się szybkim tempem wzrostu [Rogall 2010]. Energia wiatru jest przekształcana przy pomocy turbin wiatrowych na energię mechaniczną, a następnie na elektryczną [Diagnoza...2012].

Niniejsze opracowanie ma na celu przedstawienie zasobu wiatru, jako czynnika wpływającego na rozwój energetyki wiatrowej w województwie pomorskim.

Badania oparto na analizie danych zawartych w „*Programie rozwoju elektroenergetyki z uwzględnieniem źródeł odnawialnych w województwie pomorskim do 2025 roku*” oraz raportów badawczych i statystycznych GUS dotyczących wykorzystania źródeł odnawialnych.

## 2. Energetyka wiatrowa jako element zrównoważonej polityki energetycznej

Pogarszający się stan środowiska naturalnego oraz perspektywy wyczerpywania się zapasów energetycznych surowców kopalnych w sposób znaczący wpłynęły na kształtowanie się zrównoważonej polityki energetycznej zarówno w krajach Unii Europejskiej, jak i w Polsce. Polityka ta winna rozwiązywać bieżące problemy w taki sposób, by zapewnić nie tylko materialne, ale też społeczne podstawy dalszego rozwoju.

Zrównoważona polityka energetyczna wpłynęła na wymagania stawiane systemom energetycznym. System energetyczny zgodny z założeniami zrównoważonego rozwoju winien stanowić gwarancję dla bezpieczeństwa energetycznego kraju, wysokiej jakości i niezawodności dostaw. Unia Europejska w tym aspekcie zwraca również uwagę na konkurencyjność, efektywność i wspieranie dynamiki wzrostu gospodarczego oraz zatrudnienie i dobrobyt społeczeństwa. Zrównoważona polityka energetyczna winna utrzymywać podstawy ekologiczne życia na Ziemi, chronić środowisko i mieć na uwadze zdrowie ludzi [Europejska...2007]. Kalkuluje się, iż wyprodukowanie przez elektrownię wiatrową 1000 kWh energii eliminuje emisję do atmosfery około 5,5 kg SO<sub>2</sub>, 4,2 kg NO<sub>2</sub>, 700 kg CO<sub>2</sub> oraz 49 kg pyłów [Majewski, Nasiłowska 2011, s. 61].

Porównanie cech konwencjonalnego i zrównoważonego systemu energetycznego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

### Konwencjonalny a zrównoważony system energetyczny

konwencjonalny	System energetyczny	
	zrównoważony	
nacisk kładziony jest na wzrost PKB	nacisk kładziony jest na długoterminowe cele ekonomiczne i środowiskowe	
występuje przewaga paliw kopalnych	występuje wzrost wykorzystania OZE	
polityka energetyczna skoncentrowana na wytwarzaniu	polityka energetyczna ukierunkowana na ochronę zasobów naturalnych	
występuje scentralizowane wytwarzanie energii	następuje wzrost zaufania do systemów średniej skali	
występują scentralizowane usługi energetyczne	występuje generacja rozproszona	
występuje dominacja celów ekonomicznych	dochodzi do wyważenia pomiędzy celami ekonomicznymi, społecznymi i środowiskowymi	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [Wach 2008, s. 4].

Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii w systemach energetycznych stanowi jeden z elementów zrównoważonego rozwoju i przynoszących wymierne efekty ekologiczno-energetyczne.

W strukturze pozyskiwania OZE we wszystkich krajach ujętych w zestawieniu (tabela 2) na pierwszy plan wysuwa się energia z biomasy stałej.

Tabela 2

## Struktura pozyskiwania energii według źródeł odnawialnych w Polsce na tle wybranych państw Unii Europejskiej [%]

Wyszczególnienie		UE-27	Austria	Czechy	Estonia	Finlandia	Litwa	Łotwa	Niemcy	Polska	Słowacja	Szwecja
Biomasa stała	2006	52,7	46,2	79,4	98,1	87,0	94,3	86,3	39,1	90,8	46,8	57,9
	2007	50,2	48,1	82,3	98,1	84,0	91,6	85,3	35,1	91,1	50,3	55,2
	2008	49,5	49,3	81,2	97,9	80,7	88,8	82,4	37,2	87,7	48,6	53,2
	2009	49,3	46,7	75,8	97,3	80,8	85,6	82,8	40,4	86,0	52,9	54,5
	2010	48,5	50,5	72,2	97,0	85,4	84,6	82,5	37,3	85,5	52,9	56,9
Energia promieniowania słonecznego	2006	0,8	1,4	0,1	—	0,0	—	—	2,2	0,0	—	0,0
	2007	0,9	1,4	0,2	—	0,0	—	—	2,1	0,0	—	0,1
	2008	1,2	1,4	0,2	—	0,0	—	—	2,6	0,0	—	0,1
	2009	1,7	1,5	0,5	—	0,0	—	—	3,5	0,1	—	0,1
	2010	2,2	2,0	2,1	—	0,0	—	—	4,4	0,1	—	0,1
Energia wody	2006	21,5	43,5	10,1	0,2	11,3	3,6	12,6	7,9	3,7	43,8	36,9
	2007	19,9	40,9	7,6	0,3	14,0	3,7	13,1	6,4	4,2	39,8	37,2
	2008	19,8	39,8	7,2	0,3	16,1	3,3	15,0	6,4	3,4	33,6	38,0
	2009	19,0	41,8	8,1	0,3	13,8	3,1	14,2	5,8	3,4	30,7	35,8
	2010	18,9	38,4	8,3	0,2	12,3	3,9	14,4	5,4	3,7	32,3	32,8
Energia wiatru	2006	5,7	2,1	0,2	1,1	0,1	0,1	0,2	12,2	0,5	0,1	0,6
	2007	6,7	2,2	0,5	1,1	0,2	0,9	0,3	12,2	0,9	0,1	0,8
	2008	7,2	2,1	0,9	1,5	0,2	1,0	0,3	12,5	1,3	0,1	1,1
	2009	7,7	2,0	1,0	2,0	0,3	1,2	0,2	12,0	1,5	0,1	1,4
	2010	7,7	2,1	1,0	2,4	0,3	1,6	0,2	9,9	2,1	0,1	1,7
Biogaz	2006	3,9	2,3	2,9	0,6	0,4	0,2	0,4	7,7	1,3	0,9	0,2
	2007	5,2	2,0	3,2	0,5	0,5	0,2	0,4	13,1	1,3	0,7	0,3
	2008	5,1	2,1	3,7	0,4	0,5	0,3	0,5	13,2	1,8	1,0	0,7
	2009	5,5	1,9	5,0	0,3	0,5	0,4	0,5	15,2	1,6	1,3	0,7
	2010	6,6	2,0	6,1	0,4	0,4	0,8	0,6	20,4	1,7	1,0	0,6
Biopaliwa	2006	6,5	2,0	4,6	—	—	1,7	0,5	25,9	3,5	4,9	2,2
	2007	7,3	3,4	3,8	—	—	3,3	0,8	21,5	2,3	6,1	2,8
	2008	7,7	3,4	4,4	—	0,9	6,5	1,8	18,4	5,5	13,5	2,9
	2009	8,0	3,6	7,5	—	2,9	9,2	2,3	14,2	7,1	12,3	3,5
	2010	7,8	2,5	8,1	—	—	8,6	2,3	14,0	6,7	11,5	3,6
Energia geotermalna	2006	4,5	0,5	—	—	—	0,2	—	0,8	0,3	1,0	—
	2007	4,3	0,4	—	—	—	0,2	—	0,8	0,2	1,0	—
	2008	4,0	0,4	—	—	—	0,1	—	0,9	0,2	0,9	—
	2009	3,9	0,4	—	—	—	0,4	—	1,7	0,2	0,7	—
	2010	3,5	0,4	—	—	—	0,4	—	1,6	0,2	0,6	—
Odnawialne odpady komunalne	2006	4,3	1,9	2,6	—	1,1	—	—	4,2	0,0	2,4	2,1
	2007	5,5	1,7	2,4	—	1,4	—	—	8,8	0,0	2,0	3,6
	2008	5,4	1,6	2,4	—	1,5	—	—	8,8	0,0	2,4	4,1
	2009	5,0	2,0	2,1	—	1,7	—	—	7,4	0,0	2,0	4,1
	2010	4,8	2,2	2,2	—	1,6	—	—	6,9	0,0	1,6	4,3

Źródło: [Energia...2012, s. 24].

W państwach całej UE pozyskiwanie energii z biomasy wynosi 48,5%. W Polsce wskaźnik ten jest jeszcze raz tak wysoki i kształtuje się na poziomie 85,5%. W UE na drugim miejscu plasuje się pozyskiwanie energii z wody (18,9%). Z kolei w Polsce są to biopaliwa (6,7%).

W państwach UE najmniejszy odsetek w strukturze pozyskiwania energii z OZE zajmuje energia promieniowania słonecznego (2%). W Polsce wynosi ona zaledwie 0,1%.

Z kolei w strukturze pozyskiwania energii wiatru we wszystkich krajach ujętych w zestawieniu (tabela 2) na pierwszy plan wysuwają się Niemcy z 9,9% jej udziałem, przy średniej 7,7% dla całej UE. W Polsce odsetek pozyskiwania energii wiatru wynosił w 2006 roku 0,5% i systematycznie wzrastał, do poziomu 2,1% w 2010 roku.

Jak zauważa H. Rogall [2010] w 27 państwach UE w latach 1990–2006 produkcja prądu wytwarzanego przez elektrownie wiatrowe wzrosła z 0,8 do 283,5 TWh. Można to uznać za znaczący wzrost tej gałęzi energetyki. Jednakże w dalszym ciągu energetyka wiatrowa w skali globalnej stanowi zaledwie 0,6% ogólnej produkcji energii.

Tabela 3

### Produkcja energii elektrycznej z OZE w Polsce w latach 2006–2013 [GWh]

Rodzaj OZE	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013*
Biogaz	116 692	161 768	220 883	300 850	363 596	430 537	528 099	37 953
Biomasa	503 846	545 765	560 967	601 088	635 635	1 055 152	1 097 719	2 031
Promieniowanie słoneczne	0	0	0	2	178	178	1 137	26
Wiatr	257 037	472 116	806 319	1 045 166	1 823 297	3 126 526	4 524 474	446 873
Woda	2 029 636	2 252 659	2 152 943	2 375 767	2 922 052	2 316 833	2 031 545	199 134
Współspalanie	1 314 337	1 797 217	2 751 954	4 281 615	5 243 251	5 999 582	5 754 955	40 071
Ogółem	4 221 548	5 229 525	6 493 066	8 604 488	10 988 009	12 928 808	13 937 929	726 088

\* do 30 czerwca 2013 r.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: *Produkcja energii elektrycznej w OZE w latach 2005–2013 na podstawie wydanych przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki świadectw pochodzenia*, [www.ure.gov.pl](http://www.ure.gov.pl) [dostęp z dnia 15.10.2013].

Produkcja energii elektrycznej w OZE w Polsce w latach 2006–2013 (tabela 3) sukcesywnie wzrastała. W początkowym okresie badawczym (2006 rok) wyniosła ona łącznie 4.221.548 GWh. Na koniec 2012 roku jej produkcja wzrosła do poziomu 13.937.929 GWh. W poszczególnych rodzajach OZE występował również sukcesywny wzrost, poza energią wody i współspalania, w których to nastąpił w 2012 roku nieznaczny spadek produkcji w stosunku do 2011 roku.

Produkcja energii elektrycznej wyniosła na koniec 2012 roku w elektrowniach wiatrowych 4.524.474 GWh (tabela 3), co stanowiło 32,5% ogółu wartości produkcji energii elektrycznej w OZE [Produkcja...2013].

Tabela 4

#### Moc zainstalowana OZE w Polsce w latach 2006–2013 [MW]

Rodzaj OZE	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013*
Elektrownie na biogaz	36 760	45 699	54 615	70 888	82 884	103 487	131 247	136 319
Elektrownie na biomasę	238 790	255 390	231 990	252 490	356 190	409 680	820 700	876 108
Elektrownie solarne	0	0	0	0,001	0,033	1,125	1,290	1,290
Elektrownie wiatrowe	152 560	287 909	451 090	724 657	1 180 272	1 616 361	2 496 748	2 644 898
Elektrownie wodne	934 031	934 779	940 576	945 210	937 044	951 390	966 103	966 236
<b>Ogółem</b>	<b>1 362 141</b>	<b>1 523 777</b>	<b>1 678 271</b>	<b>1 993 246</b>	<b>2 556 423</b>	<b>3 082 043</b>	<b>4 416 088</b>	<b>4 624 851</b>

\* do 30 czerwca 2013 r.

Źródło: *Produkcja energii elektrycznej w OZE w latach 2005–2013* na podstawie wydanych przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki świadectw pochodzenia, [www.ure.gov.pl](http://www.ure.gov.pl) [dostęp z dnia 15.10.2013].

Według danych Urzędu Regulacji Energetyki w Polsce do czerwca 2013 uruchomionych zostało 743 instalacji wiatrowych o łącznej mocy 2645 MW [Produkcja...2013].

Wykorzystanie energii wiatru stanowi dzisiaj jeden z najtańszych sposobów pozyskiwania energii odnawialnych. Stało się możliwe dzięki technologicznemu rozwojowi w zakresie siłowni wiatrowych [Ciechanowicz, Szczukowski 2006].

Polska charakteryzuje się rozdrobnieniem źródeł wytwórczych. Większość farm wiatrowych składa się z zaledwie kilku turbin. Przyczyną jest m.in. trudny dostęp do sieci energetycznej wyższych napięć. Zaletą takiego stanu rzeczy jest szansa na obniżenie kosztów przesyłu energii i ograniczenie strat przesyłu. Małe źródła umożliwiają też bardziej elastyczne dopasowanie do zapotrzebowania mocy jednostek wytwórczych. Mała farma wiatrowa charakteryzuje się jednak niższą sprawnością i wyższymi jednostkowymi kosztami wytwarzania energii w stosunku do dużych projektów [Energetyka wiatrowa... 2010, s. 38–40].

### 3. Warunki dla rozwoju energetyki wiatrowej w województwie pomorskim

Województwo pomorskie położone jest na północy Polski. Jest jednym z dwóch województw mających dostęp do Morza Bałtyckiego. Łącznie z Zatoką Gdańską linia brzegowa Bałtyku w województwie, stanowi 60% linii brzegu morskiego Polski. Województwo pomorskie obejmuje dwa regiony:

Pobrzeże Południowobałtyckie i Pojezierze Południowobałtyckie. Powierzchnia geodezyjna województwa pomorskiego wynosi 1.831.000 ha ogółem, w tym obszary miejskie zajmują 110.640 ha (6,04%), zaś wiejskie 1.720.365 ha (93,96%). Rzeźba terenu województwa wykazuje dużą zmienność: od depresji położonej  $-0,9$  m p.p.m. do wysokości 329 m n.p.m. – szczyt Wieżycy [Wielewska 2005].

Rozkład roczny i sezonowa częstość występowania wiatru na badanym obszarze są zbliżone do parametrów dla całego Niżu Polskiego i przeważę notuje tu wiatr z kierunków zachodniego i południowo-zachodniego. Jeśli chodzi o prędkość wiatru, to na obszarze województwa pomorskiego wyraźnie zarysowują się dwa rejon, które znacząco różnią się w tym aspekcie. Pierwszy z rejonów zlokalizowany jest w pasie nadmorskim, który obejmuje pobrzeża Słowińskie i Kaszubskie. Występują na tym obszarze najwyższe w Polsce (poza górami) prędkości wiatru. Również liczba dni w roku z wiatrem silnym i bardzo silnym (powyżej 15 m/sek.), kształtuje się do 70. Wiatr bardzo silny i silny pojawia się w głównej mierze zimą. Z kolei najmniejsza liczba dni z bardzo silnym i silnym wiatrem na wybrzeżu występuje latem, wówczas adekwatnie do powyższego wzrasta w tym rejonie liczba dni bezwietrznych i słabych wiatrów [Warunki...2013].

Drugim rejonem województwa pomorskiego z uwzględnieniem występowania wiatru jest Pojezierze Pomorskie. Obserwuje się tu w ciągu roku średnio pięć-, sześciokrotnie mniejszą liczbę dni z bardzo silnym i silnym wiatrem. Znacznie wyższa jest tu w ciągu roku liczba dni ze słabym wiatrem i dni bez wiatru [Warunki...2013].

Zgodnie z mapą zasobów energii wiatru na terenie Polski opracowaną przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (rysunek 1), do uprzywilejowanych pod względem zasobów wiatru regionów w mezoskali należą [Walory...2013]:

- strefa I – pas nadmorski, Pojezierze Mazurskie i Zachodniosuwalskie (zaliczane do terenów wybitnie korzystnych),
- strefa II – Mazowsze i środkowa Wielkopolska (zaliczane do terenów bardzo korzystnych),
- strefy III i IV – obszary Beskidu Śląskiego i Żywieckiego oraz Pogórze Dynowskie i Bieszczady (zaliczane do terenów korzystnych i mało korzystnych)
- strefa V – obszary wysokogórskie (zaliczane do terenów niekorzystnych).

Rysunek 1

Zasoby energii wiatru na terenie Polski  
według Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej



Źródło: [Bastian 2012, s. 17].

Obszar województwa pomorskiego zdominowany jest strefami I, II i III. Wynika z tego, że posiada dogodne warunki dla rozwoju energetyki wiatrowej.

Działania na rzecz rozwoju wykorzystania OZE ujęte w polityce energetycznej Polski do roku 2030 obejmują m.in. stworzenie warunków sprzyjających podejmowaniu decyzji inwestycyjnych w zakresie budowy farm wiatrowych na morzu [Polityka energetyczna...2009, s.20].

Wybór miejsca pod budowę siłowni wiatrowej powinien uwzględniać analizę warunków wiatrowych. Ocena wstępna w tym zakresie może zostać przeprowadzona w oparciu o atlasy i mapy wietrzności. Jednak czynnikiem, który w znaczącym stopniu decyduje o powodzeniu lokalizacji siłowni wiatrowej są autentyczne informacje o prędkościach i kierunkach wiatrów w obszarze planowanej inwestycji, a także częstotliwość i długość okresów występowania wiatru o określonych prędkościach na tym terenie. Prawidłowa ocena potencjału energetycznego danego obszaru wymaga pozyskania długookresowych informacji o parametrach wiatru [Nalepa 2007, s. 30].

Tabela 5

**Średnia prędkość wiatru i temperatury powietrza  
w województwie pomorskim**

Lata, stacje meteorologiczne		Temperatury powietrza w °C			Średnia prędkość wiatru w m/s <sup>a)</sup>
		średnie	skrajne		
			maks.	min.	
Chojnice	2000	9,0	35,0	-14,1	3,6
	2005	7,8	31,0	-15,4	3,8
	2006	8,3	32,5	-22,4	3,7
	2007	8,7	34,0	-12,2	4,0
	2008	8,6	30,1	-11,4	4,1
	2009	7,9	29,1	-19,9	3,7
Hel	2000	9,4	30,7	-6,7	3,9
	2005	8,5	29,1	-8,9	3,8
	2006	9,1	30,2	-14,9	3,6
	2007	9,5	30,7	-7,8	4,0
	2008	9,3	25,1	-8,5	3,9
	2009	8,6	27,2	-11,5	3,6
Łeba	2000	9,1	30,6	-11,5	4,4
	2005	8,2	28,9	-13,1	4,7
	2006	8,9	32,1	-18,7	4,5
	2007	9,3	30,2	-8,1	5,1
	2008	8,9	27,7	-8,7	5,1
	2009	8,3	30,5	-17,7	4,5

<sup>a)</sup> na wysokości 10 m nad poziomem gruntu

Źródło: [Wykorzystanie...2010, s. 11].

Odpowiednie parametry wiatru na danym obszarze stanowią niezbędny warunek do właściwego funkcjonowania elektrowni wiatrowej. Jeżeli parametry te nie są wystarczające, powinno zrezygnować się z budowy turbin wiatrowych.

Standardowe pomiary wiatru wykonywane są w stacjach meteorologicznych na wysokości 10 m. Na takiej wysokości w 2009 roku średnia prędkość wiatru wahała się od 3,7 m/s w okolicach Chojnic, do 4,5 m/s w okolicach Łeby (tabela 5). Za strefy uprzywilejowane dla rozwoju energetyki wiatrowej uznawane są obszary o minimalnej średniej prędkości wiatru, która winna wynosić 5 m/s. Zgodnie z danymi zawartymi w tabeli 5 najkorzystniejsze warunki dla energetyki wiatrowej występują w nadmorskim pasie koło Łeby.

Na obszarze województwa pomorskiego prędkość wiatru na wysokości 100 m nad poziomem gruntu wynosi 7 m/s, z kolei na wysokości 50 m n.p.g. prędkość ta kształtuje się w granicach 5,5–6 m/s. Najkorzystniejsza sytuacja pod względem terenów otwartych, które mogą być dostępne do wykorzystania pod budowę farm wiatrowych występuje w powiecie słupskim. Na tym obszarze powierzchnia użyt-

ków rolnych, które są możliwe do technicznego wykorzystania wynosi 100–130 tys. ha. Również w powiatach wejherowskim i kartuskim istnieją dogodne techniczne warunki do umiejscowienia siłowni wiatrowych, bowiem powierzchnia użytków rolnych zawiera się w przedziale ok. 50–100 tys. ha [Bastian 2012, s. 17]. Powiaty te należą do terenów o wybitnie sprzyjających warunkach wiatrowych. Z kolei ze względów środowiskowych ochrony przyrody realizacja przedsięwzięć może być utrudniona na terenach powiatów: bytowskiego, kartuskiego, kościerskiego, chojnickiego i gdańskiego. Skala wykluczeń, która jest wyrażona poprzez stopień obszarowej ochrony przyrody, wynosi w tych strefach 60–80% [Bastian 2012, s. 17].

Tabela 6

### Lokalizacja farm wiatrowych w województwie pomorskim i ich moc według stanu na rok 2013

Lokalizacja źródła	Moc zainstalowana [MW]
Lisewo	10,800
Puck	22,000
Starbienio	0,250
Swarzewo	0,600
Zwartowo	0,320
Opalino	10,800
Zwarcienko	0,500
Słajkowo	0,075
Bogatka	0,900
Połczyno	1,600
Łebcz	3,200
Luzino	0,015
Waldowo	1,100
Zespół elektrowni wiatrowych Zajączkowo	48,000
Kisielice	40,500
Farma Wiatrowa Koniecwałd	18,000
Nowy Staw	45,000
Kobylnica	48,000
Gniewino	10,800
Sztum	18,000
Potęgowo	12,000
Wicko	40,000
Stupsk	2,000
Pelplin	48,000
Bystra	24,000
<b>Ogółem</b>	<b>411,860</b>

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [Bastian 2012; Program...2010].

Farmy wiatrowe w województwie pomorskim obecnie (2013 r.) posiadają łączną moc 411,86 MW przy 272 MW w roku 2010 [Program...2010]. Oznacza to dynamikę wzrostu mocy o 151%. Do najbardziej znaczących elektrowni wiatrowych zaliczyć należy farmy zlokalizowane w Kobylnicy, Pelplinie, Zajączkowie, Wicku, Nowym Stawie oraz w Kisielicach i Bystrej. Z analizy tabeli 6 wynika, iż lokalizacja farm wiatrowych w badanym województwie skupia się głównie w pasie nadmorskim.

Podsumowując warto przyrzeć się zakładanej perspektywie rozwojowej OZE w Polsce i jej poszczególnym składowym.

Tabela 7

#### Perspektywa rozwoju OZE w Polsce do 2030 roku [zużycie w peta dżulach PJ]

Rodzaj odnawialnych zasobów energii (OZE)	Zużycie OZE w PJ w roku		
	2010	2020	2030
Energia wodna	24	82	135
Energia wiatrowa	10	43	125
Energia słoneczna i fotowoltaiczna	25	100	145
Energia geotermalna i inna	21	77	130
Energia z biomasy	235	408	525
Łączne zużycie OZE w Polsce	315	690	1060
Udział % OZE w krajowym bilansie energetycznym	7,5%	15%	20%

Źródło: [Wójcicki 2011, s. 10].

Prognoza zakłada na lata 2010–2030 przyrost o 745 PJ zielonej energii. Przyrost energii wodnej szacowany jest na 111 PJ, słonecznej i fotowoltaicznej na 120 PJ, geotermalnej na 109 PJ, a wiatrowej na 115 PJ. Wynika z tego, że przyrost ten ma rozkładać się w miarę równomiernie. Największy wzrost nastąpić ma w zakresie energii otrzymywanej z biomasy i szacuje się, że będzie wynosił 290 PJ.

Z kolei udział % OZE w krajowym bilansie energetycznym ma wzrosnąć z poziomu 7,5% w 2010 roku do 20% w 2030 roku.

#### 4. Podsumowanie

Energetyka XXI wieku, zarówno w świecie, jak i w Polsce, opierać się winna na bezpiecznych, czystych i trwałych odnawialnych źródłach energii. Jedno z takich źródeł stanowi energetyka wiatrowa. Rozwój wykorzystania energii wiatru wskazuje na fakt, że jest on uzależniony głównie od zasobów wiatru na danym terenie.

Przeprowadzone badania wykazały, iż na obszarze województwa pomorskiego istnieją dobre warunki do rozwoju energii wiatrowej. Teren ten bezpośrednio graniczy z Morzem Bałtyckim. Zarówno położenie, jak również odpowiednie

parametry wiatru na tym obszarze w postaci prędkości, kierunku, częstotliwości i długości sprzyjają powstawaniu farm wiatrowych. Najlepsze warunki możliwe do technicznego wykorzystania mieszczą się na obszarach powiatów: słupskiego, wejherowskiego i kartuskiego, bowiem znajdują się tam tereny użytków rolnych o powierzchni 50–130 tys. ha. Powstałe do tej pory farmy wiatrowe w województwie pomorskim mają moc 411,86 MW.

#### LITERATURA

1. Bastian M. (2012): Z energetyką przyjazną środowisku za pan brat. Raport dla województwa pomorskiego, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Gdańsk.
2. Cholewa T., Pawłowski A. (2009): Zrównoważone użytkowanie energii w sektorze komunalnym [w:] Rocznik Ochrony Środowiska, Śródkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, Tom 11, Koszalin, 1165–1177.
3. Ciechanowicz W., Szczukowski S. (2006): Paliwa i energia XXI wieku szansą rozwoju wsi i miast, Oficyna Wydawnicza WIT, Warszawa.
4. Diagnoza stanu przedsiębiorstw sektora odnawialnych źródeł energii (OZE) i instytucji wspierających rozwój sektora OZE mających siedzibę na terenie województwa pomorskiego i kujawsko-pomorskiego. Raport końcowy z badań: 2012, Kwidzyński Park Przemysłowo-Technologiczny, Górkki.
5. Energetyka wiatrowa w Polsce (2010): Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej, raport, listopad.
6. Energia ze źródeł odnawialnych w 2011 roku (2012): GUS, Warszawa.
7. Europejska polityka energetyczna. Komunikat komisji do Rady Europejskiej i Parlamentu Europejskiego, 2007: Komisja Wspólnot Europejskich, Bruksela.
8. Majewski G., Nasiłowska B. (2011): Energia wiatru – ocena zasobów i problemy inwestycji w odnawialne źródła energii na przykładzie gminy Latowicz (woj. mazowieckie), Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, nr 51, 61–71.
9. Nalepa K. (2007): Możliwości wykorzystania energii wiatru, [w:] Energia odnawialna. Jak z niej korzystać?, Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego, Białystok, 30–39.
10. Polityka energetyczna Polski do 2030 roku – załącznik do uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów z dnia 10 listopada 2009 r.
11. Produkcja energii elektrycznej w OZE w latach 2005–2013 na podstawie wydanych przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki świadectw pochodzenia, [www.ure.gov.pl](http://www.ure.gov.pl) [dostęp z dnia 15.10.2013]
12. Program rozwoju elektroenergetyki z uwzględnieniem źródeł odnawialnych w województwie pomorskim do 2025 roku (2010): Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego, Gdańsk.
13. Rogall H. (2010): Ekonomia zrównoważonego rozwoju, Wydawnictwo Zysk i S-ka, Poznań.
14. Różycka E. (2009): Analiza opłacalności zastosowania niekonwencjonalnych źródeł energii w projektowanym budynku jednorodzinny, Kolektory słoneczne, pompy

- ciepła [w:] Rocznik Ochrony Środowiska, Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, Tom 11, Koszalin, 1353–1371.
15. Strumińska-Kutra M. (2010): Elementy teorii zrównoważonego rozwoju, [w:] Wezwania zrównoważonego rozwoju w Polsce, (red.) J. Kronenberg, T. Bergier, Fundacja Sendzimira, Kraków, 71–86.
  16. Wach E. (2008): Polityka zrównoważonego rozwoju energetycznego w gminach, Bałtycka Agencja Poszanowania Energii S.A., Gdańsk, 4.
  17. Walory energetyczne wiatru w Polsce, <http://energiazwiatru.w.interia.pl> [dostęp z dnia 15.10.2013].
  18. Warunki klimatyczne w województwie pomorskim, <http://www.pomorskie.eu/pl/> [dostęp z dnia 15.10.2013].
  19. Wielewska I. (2005): Międzynarodowe znaczenie ochrony środowiska w regionie pomorskim, [w:] Regiony Europy środkowej i wschodniej wobec globalizacji i integracji międzynarodowej, (red.) W. Kosiedowski, Włocławskie Towarzystwo Naukowe, Włocławek, 573–581.
  20. Wójcicki Z. (2011): Energia odnawialna i ochrona środowiska wiejskiego, Infrastruktura i Ekologia Obszarów Wiejskich, nr 1, 7–15.
  21. Wykorzystanie źródeł energii odnawialnej w województwie pomorskim w latach 2000–2009, (2010): Urząd Statystyczny w Gdańsku, Gdańsk.

IZABELA WIELEWSKA, MICHAŁ MAJCHEREK, EWA GOLISZ

#### ZASOBY WIATRU JAKO PODSTAWOWY CZYNNIK WPLYWAJĄCY NA ROZWÓJ ENERGETYKI WIATROWEJ NA PRZYKŁADZIE WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO

**Słowa kluczowe:** energia wiatru, elektrownie wiatrowe, farmy wiatrowe, odnawialne źródła energii, system energetyczny

#### STRESZCZENIE

Ludzkość od dawna wykorzystywała siłę wiatru chociażby do napędzania żaglowców, pompowania wody czy mielenia ziarna. Obecnie coraz częściej wykorzystuje się ją do produkcji energii elektrycznej. W tym celu stawia się wiatraki (czyli turbiny wiatrowe) zwykle w postaci tak zwanych farm wiatrowych.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie zasobu wiatru, jako czynnika wpływającego na rozwój energetyki wiatrowej w województwie pomorskim.

Biorąc pod uwagę obszar Polski, teren województwa pomorskiego znajduje się w strefie bardzo dogodnych warunków dla rozwoju energetyki wiatrowej. Położenie nad Morzem Bałtyckim oraz odpowiednie parametry wiatru sprzyjają powstawaniu farm wiatrowych. Najlepsze warunki możliwe do technicznego wykorzystania mieszczą się na obszarach powiatów: słupskiego, wejherowskiego i kartuskiego, bowiem znajdują się tam tereny użytków rolnych o powierzchni 50–130 tys. ha. Powstałe do tej pory farmy wiatrowe w województwie pomorskim mają moc 411,86 MW.

IZABELA WIELEWSKA, MICHAŁ MAJCHEREK, EWA GOLISZ

WIND RESOURCES AS A PRIMARY FACTOR AFFECTING THE DEVELOPMENT OF  
WIND ENERGY ON THE EXAMPLE OF POMERANIAN PROVINCE

**Keywords:** *wind energy, wind power plants, wind farms, renewable energy sources, energy system*

SUMMARY

People have been using the power of wind for a long time for example for sailing ships, pumping water or milling grain. Nowadays wind is being used more often to produce electricity. For this purpose windmills are placed (i.e. wind turbines) usually in the form of so-called wind farms.

The aim of this study is to present the wind resource as a factor affecting the development of wind energy in Pomeranian province.

Taking into account the area of Poland, Pomeranian province is located in the zone of very favorable conditions for the development of wind energy. Location by the Baltic Sea shore and the relevant wind parameters conducive to the emergence of wind farms. The best conditions possible for technical use are located in areas of districts: Slupsk, Wejherowo and Carthusian, because there are areas of agricultural land with an area of 50–130 thousand ha. The existing so far wind farms in the Pomeranian province have the power of 411.86 MW.

e-mail: [izabel2000@wp.pl](mailto:izabel2000@wp.pl)