

ENERGIA WIATRU

WIND POWER

Sławomir Szymanowicz – „Poltegor Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław
 Łukasz Piotrowicz – Iberdrola, Warszawa

(pl)DOI: 10.5604/01.3001.0054.6354

Abstrakt

Mimo, iż energia wiatru znana jest ludzkości od tysięcy lat, od czasu tzw. Rewolucji Przemysłowej jej gospodarcze znaczenie na przestrzeni wieków wyraźnie zmalało. Obecnie w dobie kryzysu klimatycznego, energia pochodząca z wiatru ponownie przeżywa renesans i zyskuje na znaczeniu, jako źródło o praktycznie niewyczerpalnych zasobach. W artykule przedstawiono podstawowe informacje na temat energetyki wiatrowej w szczególności Offshore oraz jej miejsce w Polskiej Polityce Energetycznej Państwa do 2040 r.

Słowa kluczowe: wiatr, turbina wiatrowa, morskie farmy wiatrowe

Although wind energy has been known to mankind for thousands of years, since the so-called Industrial Revolution, its economic importance has declined markedly over the centuries. Today, in the era of the climate crisis, wind energy is once again experiencing a renaissance and gaining importance as a source with virtually inexhaustible resources. The article presents basic information on wind energy in particular Offshore and its place in the Polish National Energy Policy until 2040.

Keywords: wind, wind turbine, offshore wind farm

Wstęp

Wiatrem, zgodnie z definicją PWN [1], nazywamy ruch powietrza atmosferycznego względem powierzchni Ziemi. Wiatr powstaje w wyniku nierównomiernego rozkładu ciśnienia atmosferycznego na danym poziomie nad powierzchnią Ziemi dzięki energii Słońca. Wiatry odgrywają ważną rolę w krążeniu energii i wody między Ziemią a atmosferą ziemską. Powodują m.in. powstawanie prądów morskich i falowanie zbiorników wodnych. Ocenia się, że około 1-2% energii słonecznej dochodzącej do Ziemi ulega przemianom w energię kinetyczną wiatru, a około 25% tej energii przypada na stumetrową grubość warstwy powietrza atmosferycznego otaczającego bezpośrednio powierzchnię Ziemi. Uwzględniając straty energetyczne oraz możliwości rozmieszczenia instalacji wiatrowych, mają one ogromny potencjał energetyczny (zasoby) o mocy blisko 40 TW [2].



Rys.1. Statek egipski, 2000 lat p.n.e. (<https://www.statkihistoryczne.pl/historia-zaglowcow/>)
 Fig.1. Egyptian ship 2000 B.C.

Najstarszym znanym sposobem wykorzystania energii kinetycznej wiatru jest napęd żaglowy, który stosowany był już w Starożytnym Egipcie około 3200 lat p.n.e. [3]. Od tamtego czasu technologia żaglowa była ciągle rozwijana i udoskonalana osiągając swój rozkwit w czasach wielkich odkryć geograficznych. Za zmierzch przemysłowego wykorzystania okrętów żaglowych uważa się powszechne zastosowanie w żegludze napędów opartych na paliwach kopalnych.

Drugim sposobem na zagospodarowanie energii wiatru, którego początki sięgają również starożytności są wiatraki. Pierwsze historyczne wzmianki o wiatrakach znajdują się już w Kodeksie Hammurabiego spisany około 1750 roku p.n.e. [3].



Rys. 2. Perski wiatrak o pionowej osi obrotu (<http://aigoalexxyz.wordpress.com/2011/01/31/five-environmental-discoveries-that-originated-in-the-middle-east/>)

Fig.2. Persian horizontal wind turbine

Były to konstrukcje o pionowej osi obrotu, miały ozaglowane koła obracające się w powietrzu. Używano ich głównie do pompowania wody, później również do mielenia ziarna. Te ówczesne wiatraki, obracające się wokół centralnie usytuowanego słupa, rozpowszechniły się szczególnie w krajach islamskich. W XII w. wiatraki pojawiły się również w Europie. Kiedy weszły do powszechnego użytku, ich budowa uległa zmianie. Najczęściej były to tzw. „koźlaki” z poziomą osią śmigła. Cała konstrukcja takiego wiatraka mogła obracać się, co pozwalało ustawiać go w stronę wiejącego wiatru. Początkowo urządzeń tych używano w Europie niemal wyłącznie jako napędu młynów zbożowych. Nieco później w Holandii zaczęto wykorzystywać je do pompowania wody, a także jako napędu tartaków i wytłaczarni olejów. Pierwsze wiatraki na terenach polskich zbudowano najprawdopodobniej na początku XIV w.[2]. Kolejne stulecia to czas ogromnej popularności wiatraków w Europie i na świecie, które wraz z rozwojem technologii, zaczęto wykorzystywać również do produkcji energii elektrycznej. Już pod koniec XIX wieku, powstają pierwsze turbiny wiatrowe. W 1888 roku Charles F. Brush zbudował w Stanach Zjednoczonych pierwszą samoczynnie działającą siłownię wiatrową produkującą energię elektryczną o mocy 12 kW. W 1891 r. duński wynalazca Poul la Cour skonstruował pierwszą testową turbinę wiatrową, a w trzy lata później pierwszą elektrownię wiatrową.



Rys. 3. Turbina wiatrowa produkująca energię elektryczną (1891 r.)
Fig.3. Electricity generating wind turbine (1891 year)

Pierwsza komercyjna morska farma wiatrowa powstała w Danii w 1991 roku. Składała się ona z jedenastu turbin wiatrowych o łącznej mocy 4,95 MW. Kolumny z turbinami posadowiono na fundamentach grawitacyjnych, umieszczonych 1,5–3 km na północ od wybrzeża wyspy Lolland, w pobliżu miejscowości Vindeby, na płytkiej wodzie o głębokości 2–6 m[6].

Współczesne turbiny wiatrowe

Współczesne elektrownie wiatrowe pod względem zasady działania bardzo przypominają historyczne konstrukcje. Jednak kiedyś pchane siłą wiatru łopaty napędzały głównie młyny zbożowe, urządzenia tartaków oraz pompy odwadniające. Natomiast obecnie turbiny wiatrowe produkują głównie energię elektryczną.

Standardowa turbina wiatrowa składa się z kilku zasadniczych elementów [4]:

- fundamentu gwarantującego bezpieczne i trwałe posadowienie całej konstrukcji,
- wieży umożliwiającej ulokowanie turbiny na znaczącej wysokości, gdzie wiatr wieje bardziej stabilnie, niż przy powierzchni terenu,
- ruchomej gondoli umożliwiającej ustawienie położenia turbiny zgodnie z kierunkiem wiejącego wiatru. Gondola jest również elementem, w którym ulokowany jest generator oraz układy sterujące wszystkimi urządzeniami,
- wirnika, dzięki któremu dokonuje się zamiana energii kinetycznej wiatru w energię mechaniczną. Zwykle są to trzy łopaty osadzone na osi (choćby spotykane są konstrukcje z dwoma łopatami lub większą ilością łopat).

Różnica ciśnień przed i za łopatami wiatraka spowodowana przez wiatr sprawia, że turbina zaczyna się obracać. Ocenia się, że minimalna prędkość wiatru potrzebna do wprawienia łopat turbiny w ruch powinna wynosić min. 4-5 m/s dlatego dla energetyki wiatrowej preferowane są obszary, na których średnia prędkość wiatru przekracza te wartości. Nie oznacza to jednak, że górna granica dopuszczalnej prędkości wiatru nie ma ograniczeń. Zbyt duża prędkość wiatru może spowodować uszkodzenie wirnika, dlatego w zależności od rodzaju turbiny, pracują one najczęściej w zakresie prędkości (5÷25 m/s). W przypadku przekroczenia dopuszczalnego zakresu prędkości (w tym przypadku np. 25 m/s), następuje automatyczne wyłączenie prądnic, a turbina wiatrowa zostaje ustawiona równoległe do kierunku wiatru, aby uniknąć ewentualnego zniszczenia.[5]

Istotnym elementem różniącym turbiny lądowe od morskich jest ich rozmiar. Morskie elektrownie wiatrowe są wyższe i mają większą średnicę łopat wirnika, dzięki czemu są bardziej wydajne. Elektrownie morskie tzw. „Offshore” są w stanie dostarczyć nawet o 40% więcej energii od ich odpowiedników wybudowanych na lądzie. Zgrupowane w tzw. morskie farmy wiatrowe cechują się dłuższym czasem użytkowania w ciągu roku (ok. 3500 h rocznie) od ich lądowych odpowiedników (2000 h rocznie). Dłuższy czas pracy takich turbin jest spowodowany brakiem przeszkód w postaci wysokich drzew czy budynków, lepszą stabilnością wiatru, a także umiejscowieniem gondoli na większej wysokości, niż ma to miejsce w przypadku lądowych elektrowni wiatrowych. Jednak koszt ich budowy według różnych szacunków jest o około 30-50% wyższy w porównaniu z wiatrakami stawianymi na lądzie. Głównym czynnikiem kapitałochłonnym budowy morskich farm wiatrowych jest konieczność wykonania szeregu badań środowiskowych, dostosowanie lokalizacji do linii tras żeglugowych i rybackich, a także większe trudności związane z transportem oraz montażem poszczególnych elementów na morzu [5]. Ponadto ich posadawianie na dnie morskim wymaga zastosowania specjalnych fundamentów, których koszt jest dużo wyższy, niż w przypadku turbin lądowych.

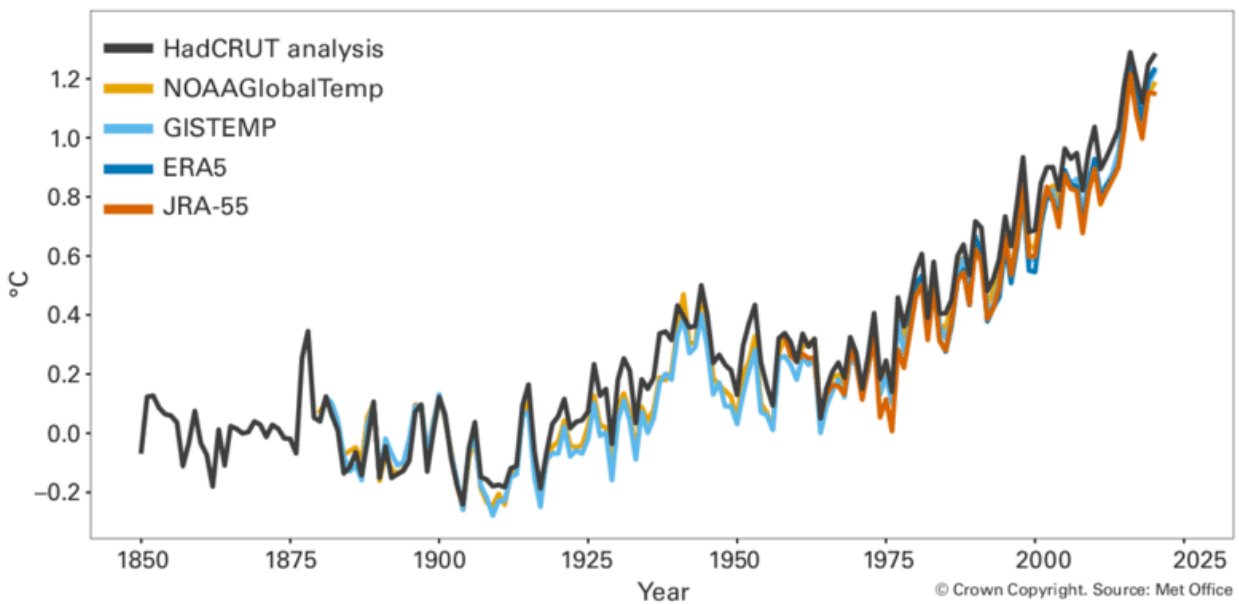
Jak już wspomniano elektrownie wiatrowe budowane na morzu, nie różnią się zasadniczo budową wewnętrzną oraz zasadą działania od ich lądowych odpowiedników. Najczęściej są to trzyłopate turbiny o poziomej osi obrotu z gondolą osadzoną na wieży. Wirnik turbiny konwertuje energię wiatru na energię mechaniczną za pomocą wału. Przekładnia zwiększa prędkość obrotową, napędzając generator, w którym następuje konwersja energii mechanicznej na elektryczną, która następnie podziemnymi liniami kablowymi wędruje do sieci elektroenergetycznej.

Zmiany klimatyczne napędzają energetykę wiatrową

Obserwowana w ostatnich dekadach dyskusja związana ze zmianami klimatycznymi zmusiła ludzkość do zastanowienia się nad przyczynami tego procesu. Za jedną z przyczyn wzrostu globalnej temperatury na Ziemi uznaje się nadmierną emisję tzw. gazów cieplarnianych, głównie CO₂, który powstaje m.in. poprzez spalanie paliw kopalnych. W Porozumieniu Paryskim z 2015 roku określono cel globalnej polityki klimatycznej. Jest nim zatrzymanie wzrostu temperatury do końca stulecia na poziomie dużo poniżej 2°C względem poziomu sprzed ery przemysłowej (określanej jako przedział lat 1850-1900), a najlepiej ograniczenie jej wzrostu do 1,5°C. Planowana światowa redukcja emisji CO₂ jest dużym wyzwaniem dla

w większości na paliwach kopalnych. Dlatego nowa strategia energetyczna kraju musi zagwarantować bezpieczeństwo energetyczne w sposób możliwie najbardziej racjonalny pod względem poniesionych kosztów oraz jednocześnie zachować przystępne ceny energii [7].

Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 2 marca 2021 r. w sprawie polityki energetycznej państwa do 2040 r. (PEP2040) wyznacza ramy transformacji energetycznej w Polsce. Zawiera strategię w zakresie doboru technologii służących budowie nisko emisyjnego systemu energetycznego. Uwzględnia również skalę wyzwań związanych z dostosowaniem krajowej gospodarki do uwarunkowań regulacyjnych UE związanych z celami klimatyczno-energetycznymi na 2030 r. Transformacja energetyczna będzie wymagała zaangażowania



Rys.4. Wykres zmian globalnej temperatury na przestrzeni wieków
Fig. 4. Graph of changes in global temperature over the centuries

energetyki, opierającej się głównie na paliwach kopalnych a planowana, szczególnie w Europie dekarbonizacja sprzyja obecnie rozwojowi energetyki opartej na odnawialnych źródłach, m.in. na energii kinetycznej wiatru. Według Międzynarodowej Agencji Energii Odnawialnej morska energetyka wiatrowa jest obecnie jedną z najszybciej rozwijających się technologii OZE na świecie, a łączna moc morskich farm wiatrowych na świecie osiągnęła na koniec 2021 r. moc 55,678 GW [7].

Polityka Energetyczna Polski w kontekście celów klimatycznych UE

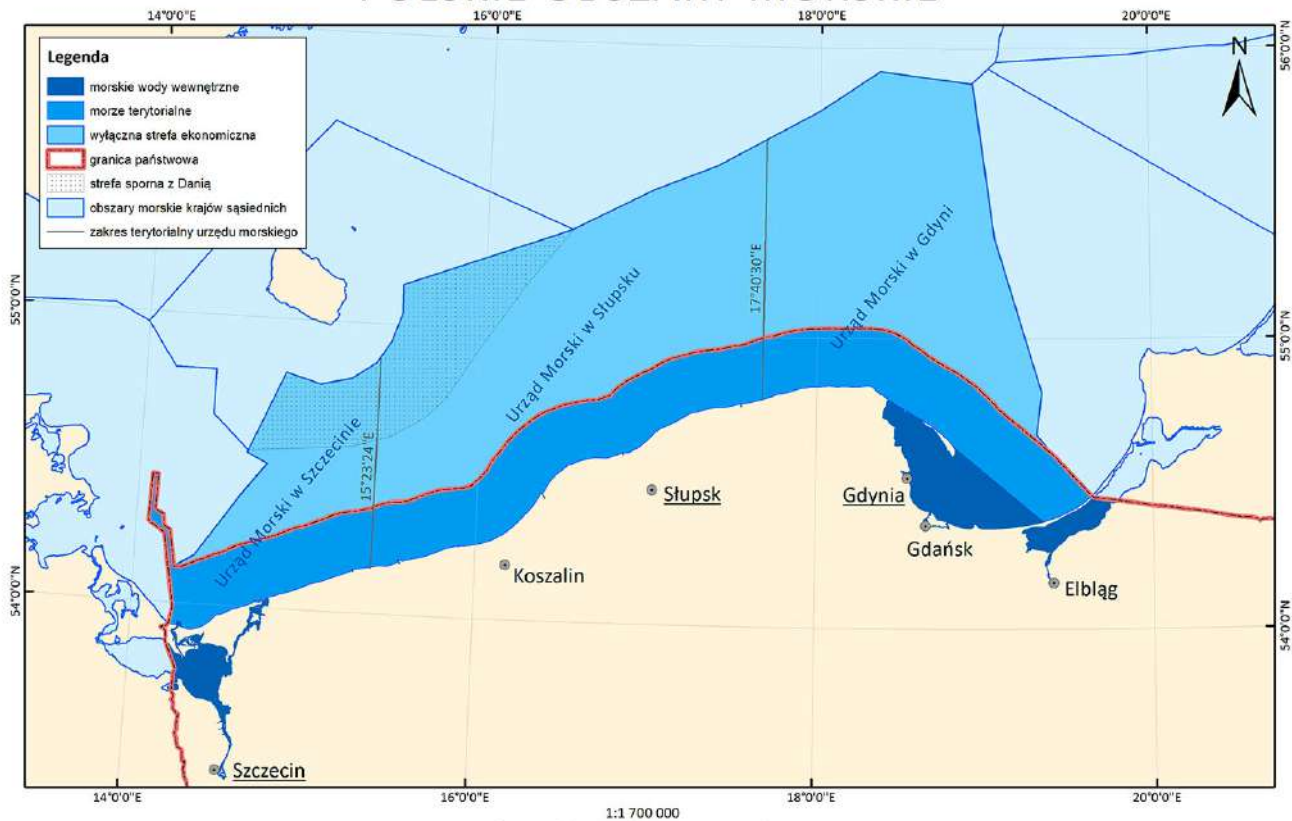
W związku z Porozumieniem Paryskim oraz realizacją obecnej polityki klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej (UE), której członkiem jesteśmy od 2004 roku, ma ona również istotny wpływ na kształtowanie krajowej strategii energetycznej. W grudniu 2020 r. Rada Europejska zatwierdziła wiążący unijny cel zakładający ograniczenie emisji netto gazów cieplarnianych do roku 2030 o co najmniej 55% w porównaniu z poziomem z roku 1990. Zwiększono tym samym dotychczas obowiązujący 40% cel redukcyjny [7]. Ten ambitny Unijny plan stanowi dla Polski znaczące wyzwanie, szczególnie w kształtowaniu tzw. krajowego miksu energetycznego opartego obecnie

wielu podmiotów i poniesienia znacznych nakładów inwestycyjnych, których skala do roku 2040 może sięgnąć ok. 1 600 mld PLN. Z czego inwestycje w sektorach paliwowo energetycznych angażować będą środki finansowe w kwocie ok. 867-890 mld PLN. Prognozowane nakłady w sektorze wytwórczym energii elektrycznej sięgać będą ok. 320-342 mld PLN, z czego ok. 80% zostanie przeznaczonych na moce bez emisyjne tj. OZE i energetykę jądrową [7].

Program rozwoju Morskich Farm Wiatrowych

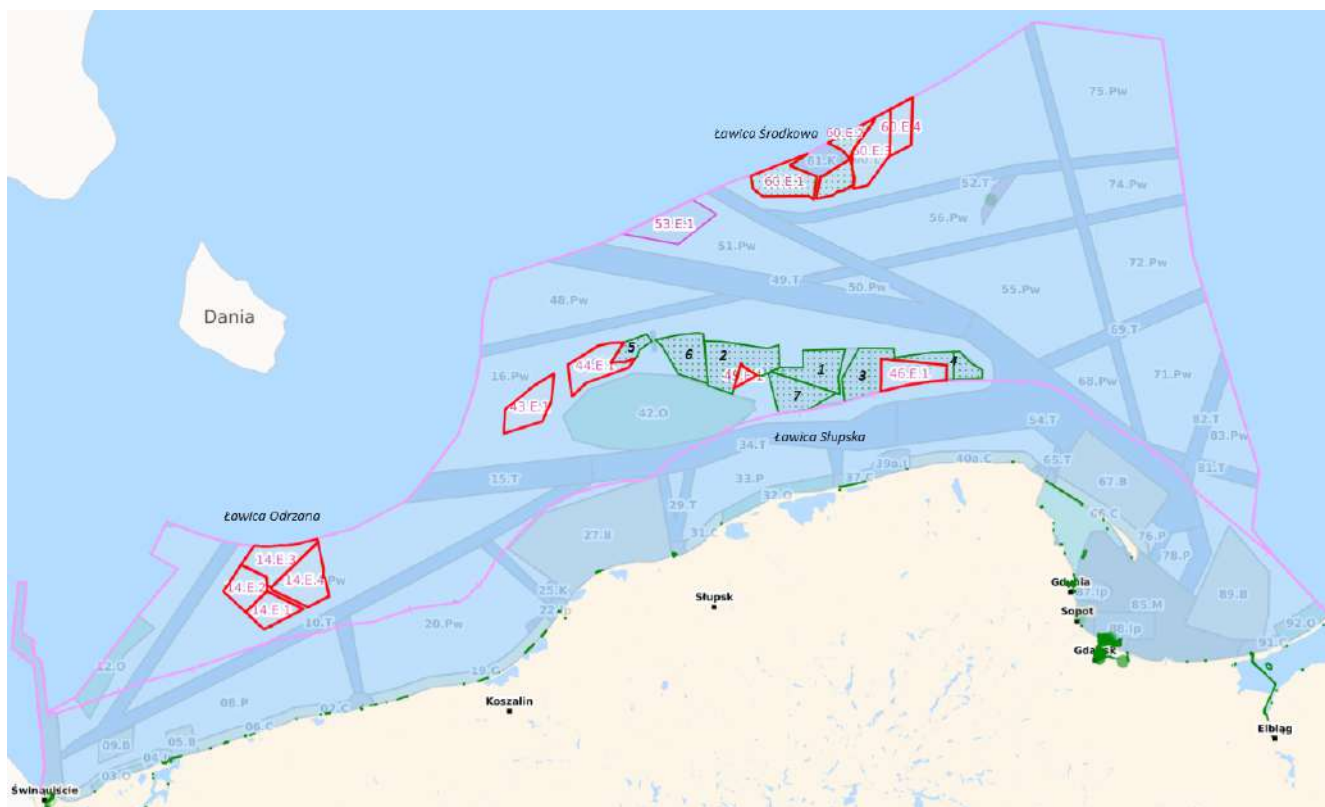
Morska energetyka wiatrowa to strategiczny kierunek transformacji energetycznej wzmacniający bezpieczeństwo energetyczne oraz stanowiący impuls do rozwoju gospodarczego Polski. W Polityce Energetycznej Polski do 2040 r. wskazano, że moc zainstalowana w morskiej energetyce wiatrowej („MEW”) osiągnie w 2030 r. wartość 5,9 GW, natomiast w 2040 r. – do 11 GW. Przy czym w aktualizowanej obecnie wersji Polityki Energetycznej wskazano 18 GW mocy zainstalowanej do 2040 roku. Projekty morskich farm wiatrowych będą rozwijane w polskiej wyłącznej strefie ekonomicznej Morza Bałtyckiego na obszarze wyznaczonym w planie zagospodarowania

POLSKIE OBSZARY MORSKIE



Rys. 5. Polskie obszary morskie [16]

Fig. 5. Polish Sea Areas [16]



Rys. 6. Projekty morskich farm wiatrowych w polskiej wyłącznej strefie ekonomicznej Morza Bałtyckiego [14]

Fig. 6. Offshore wind farm projects in the Polish exclusive economic zone of the Baltic Sea [14]

obszarów morskich w rejonie Ławicy Słupskiej, Ławicy Środkowej i Ławicy Odrzanej. Projekty morskich farm wiatrowych na polskich obszarach będą oddalone od linii brzegowej w odległości nie mniejszej niż 22 km, co eliminuje negatywny wpływ na krajobraz nadmorskich miejscowości turystycznych.

Projekty znajdują się również poza najważniejszymi obszarami dla rybołówstwa krajowego. W dłuższej perspektywie morskie farmy wiatrowe będą odpowiadać w 2030 r. za około 13%, a w 2040 r. za około 19% całkowitej generowanej energii elektrycznej w Polsce. Pierwsze morskie farmy wiatrowe, w polskiej wyłącznej strefie ekonomicznej na Bałtyku, zaczną produkować energię już w 2026 roku. Szacowana wartość inwestycji wyniesie ok. 130 mld zł, które pozwolą

na rozwój krajowego łańcucha dostaw oraz przyczynią się do powstania nowych, wysokopłatnych miejsc pracy. W fazie inwestycyjnej morskich farm wiatrowych niezbędnych będzie około 34 tysięcy etatów, natomiast docelowo w fazie operacyjnej (obsługa gotowych już farm wiatrowych) będzie to około 29 tysięcy miejsc pracy. Udział lokalnych dostawców w budowie i eksploatacji może osiągnąć aż 50% dla projektów realizowanych po 2030 roku, co w rezultacie przyczyni się do dynamicznego rozwoju polskiej gospodarki. Rozwój kompetencji na rynku morskiej energetyki wiatrowej poprzez wykorzystanie krajowego udziału dostaw stwarza szansę dla polskiego przemysłu – wzrost zatrudnienia, nowa gałąź przemysłu, wzrost dochodów państwa. Ważne jest dotychczasowe doświadczenie polskich firm w budowie

Tab.1. Planowane i realizowane projekty w ramach rozwoju morskich farm wiatrowych zgodnie z Polityką Energetyczną Państwa do 2040 r. [14]
Tab.1. Planned and implemented projects in the development of offshore wind farms in accordance with The Energy Policy of Poland until 2040 [14]

Obszar	Nazwa projektu/ spółka realizująca projekt	Inwestorzy	Moc wskazana w PSZW	Moc objęta wsparciem
I faza systemu wsparcia (decyzja Prezesa URE)				
1	Baltica 3/Elektrownia Wiatrowa Baltica 3 sp. z o.o.	PGE Baltica/Orsted	1050 MW	1045,5 MW
2	Baltica 2/Elektrownia Wiatrowa Baltica 2 sp. z o.o.	PGE Baltica/Orsted	1500 MW	1498 MW
3	Baltic Power/Baltic Power sp. z o.o.	Orlen/Northland	1200 MW	1197 MW
4	BC-Wind/C-Wind Polska sp. z o.o.	Ocean Winds	500 MW (2 x 250 MW)	369,5 MW
5	FEW Baltic II/Baltic Trade and Invest sp. z o.o.	RWE Renewables	440 MW	350 MW
6	MFW Bałtyk II/MFW Bałtyk II sp. z o.o.	Polenergia/Equinor	720 – 1200 MW	720 MW
7	MFW Bałtyk III/MFW Bałtyk III sp. z o.o.	Polenergia/Equinor	720 – 1200 MW	720 MW
II faza systemu wsparcia (aukcyjna)				
14.E.1	Energa MFW 1/Energa MFW 1 sp. z o.o.	Orlen	812 MW	bd
14.E.2	Energa MFW 2/Energa MFW 2 sp. z o.o.	Orlen	896 MW	bd
14.E.3	Orlen Neptun 14.E.3/Orlen Neptun III sp. z o.o.	Orlen	1204 MW	bd

14.E.4	Orlen Neptun 14.E.4/Orlen Neptun IV sp. z o.o.	Orlen	1204 MW	bd
43.E.1	Baltica 7/PGE Baltica 4 sp. z o.o.	PGE/Tauron	990 MW	bd
44.E.1	Baltica 9/Elektrownia Wiatrowa Baltica 9 sp. z o.o.	PGE	975 MW	bd
45.E.1	Baltica 2+/Elektrownia Wiatrowa Baltica 2 sp. z o.o.	PGE/Orsted	210 MW	bd
46.E.1	Orlen Neptun 46.E.1/Orlen Neptun VIII sp. z o.o.	Orlen	966 MW	bd
60.E.1	MFW Bałtyk I/MFW Bałtyk I S.A.	Polenergia/Equinor	1560 MW	bd
60.E.2	Baltica 1/Elektrownia Wiatrowa Baltica 1 sp. z o.o.	PGE Baltica	900 MW	bd
60.E.3	Baltica 1+/Elektrownia Wiatrowa Baltica 1 sp. z o.o.	PGE	1185 MW	bd
60.E.4	Baltica 5/Elektrownia Wiatrowa Baltica 5 sp. z o.o.	PGE/Enea	555 MW	bd
53.E.1	Postępowanie nierozstrzygnięte			

jednostek pływających do budowy i serwisowania morskich farm wiatrowych. Obecnie ponad 100 polskich podmiotów dysponuje wiedzą i doświadczeniem potrzebnym w procesie wytwarzania elementów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na potrzeby budowy morskich farm wiatrowych. Jak wskazują opracowania organizacji branżowych polski przemysł ma znaczący potencjał rozwoju w kierunku zapewnienia dostaw i usług związanych z budową i eksploatacją morskich farm wiatrowych. W Polsce największymi beneficjentami będą m.in. stocznie, przemysł stalowy i metalowy. Rozkwitną też firmy usługowe i serwisowo-instalacyjne.

Wiele z nich już teraz bierze udział w zagranicznych projektach budowy morskich farm wiatrowych, ale są też takie, które planują dopiero wejść do łańcucha dostaw dla morskiej energetyki wiatrowej, dywersyfikując swoje przychody.

Podsumowanie

Energia wiatru jest jednym z najstarszych odnawialnych źródeł energii eksploatowanych przez człowieka. Wytwarzanie energii z wiatru jest nie tylko neutralne pod względem emisji dwutlenku węgla, ale w sposób przyjazny dla klimatu może być również wykorzystywane do produkcji wodoru, metanu, amoniaku i paliw syntetycznych, takich jak nafta i olej napędowy. W porównaniu z innymi technologiami, które wykorzystywane są do produkcji energii elektrycznej,

energetyka wiatrowa wypada również dobrze pod względem emisji dwutlenku węgla. Według danych Niemieckiej Agencji Ochrony Środowiska, nowo wybudowana morska turbina wiatrowa wytwarza tylko około 7 gramów CO₂ na każdą wyprodukowaną kilowatogodzinę (kWh).

Polska może stać się jednym z regionalnych liderów rozwoju morskich farm wiatrowych. Zgodnie z najnowszymi analizami planistycznymi Polska posiada całkowity potencjał morskiej energetyki wiatrowej na poziomie około 33 GW [7]. Uruchomienie morskich elektrowni wiatrowych o takiej mocy przede wszystkim zagwarantuje dostawy dużych wolumenów energii elektrycznej z suwerennych źródeł wytwórczych, co znacznie poprawi bezpieczeństwo energetyczne kraju, znacząco obniży zależność od importu paliw kopalnych, oraz zapewni konkurencyjność polskiego przemysłu i gospodarki na świecie. A sama realizacja tych projektów może przełożyć się na nowe miejsca pracy oraz dużą skalę inwestycji w naszym kraju w kolejnych dekadach..

Literatura

- [1] <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/wiatr;3995323.html>
- [2] <https://portalkomunalny.pl/plus/artykul/krotka-historia-wiatrakow/>
- [3] https://pl.wikipedia.org/wiki/Energia_wiatru
- [4] <https://pgeo.pl/zielona-energia-i-oze/energia-z-wiatru>
- [5] Dobrzycki A., Wodnicki G. (2018). *Analiza techniczno-ekonomiczna budowy morskiej farmy wiatrowej w warunkach Polski*. Poznan University of Technology Academic Journals, No 94
- [6] Palmowski T., Kwiatkowska E (2023). *Rozwój morskiej energetyki wiatrowej w Polsce*. Czasopismo Geograficzne, s.389-409
- [7] Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 2 marca 2021 r. w sprawie polityki energetycznej państwa do 2040 r. Monitor Polski - Dziennik Urzędowy Rzeczypospolitej Polskiej, poz.264, Warszawa, dnia 10 marca 2021
- [8] <https://www.cire.pl/artykuly/serwis-informacyjny-cire-24/109561-ile-kosztuje-produkcja-energii-z-farm-wiatrowych>
- [9] <https://www.gov.pl/web/morska-energetyka-wiatrowa/lancuch-dostaw-w-polsce>
- [10] <https://www.dw.com/pl/ekologia-czy-zielona-energia-jest-naprawde-zielona/a-60299645>
- [11] <https://www.dw.com/pl/odpady-zielonej-energii-drugie-życie-turbin-wiatrowych/a-59895096>
- [12] <https://www.dw.com/pl/odpady-zielonej-energii-drugie-życie-turbin-wiatrowych/a-59895096>
- [13] <https://globenergia.pl/fabryka-wiez-do-morskich-turbin-wiatrowych-powstaje-w-gdansk-ruszy-w-2025-r/>
- [14] <https://www.gov.pl/web/morska-energetyka-wiatrowa/mew-w-europie-i-na-swiecie-w-liczbach>
- [15] <https://map.4coffshore.com/offshorewind/>
- [16] <https://www.portalmorski.pl/offshore/53782-krok-po-kroku-jak-przebiega-budowa-morskiej-farmy-wiatrowej>
- [17] <https://pgeo.pl/zielona-energia-i-oze/energia-z-wiatru>
- [18] <https://balticwind.eu/pl/opublikowano-166-kluczowych-transgranicznych-projektow-energetycznych-ue/>



Fot. Widok lotniczy kopalni otwartej.