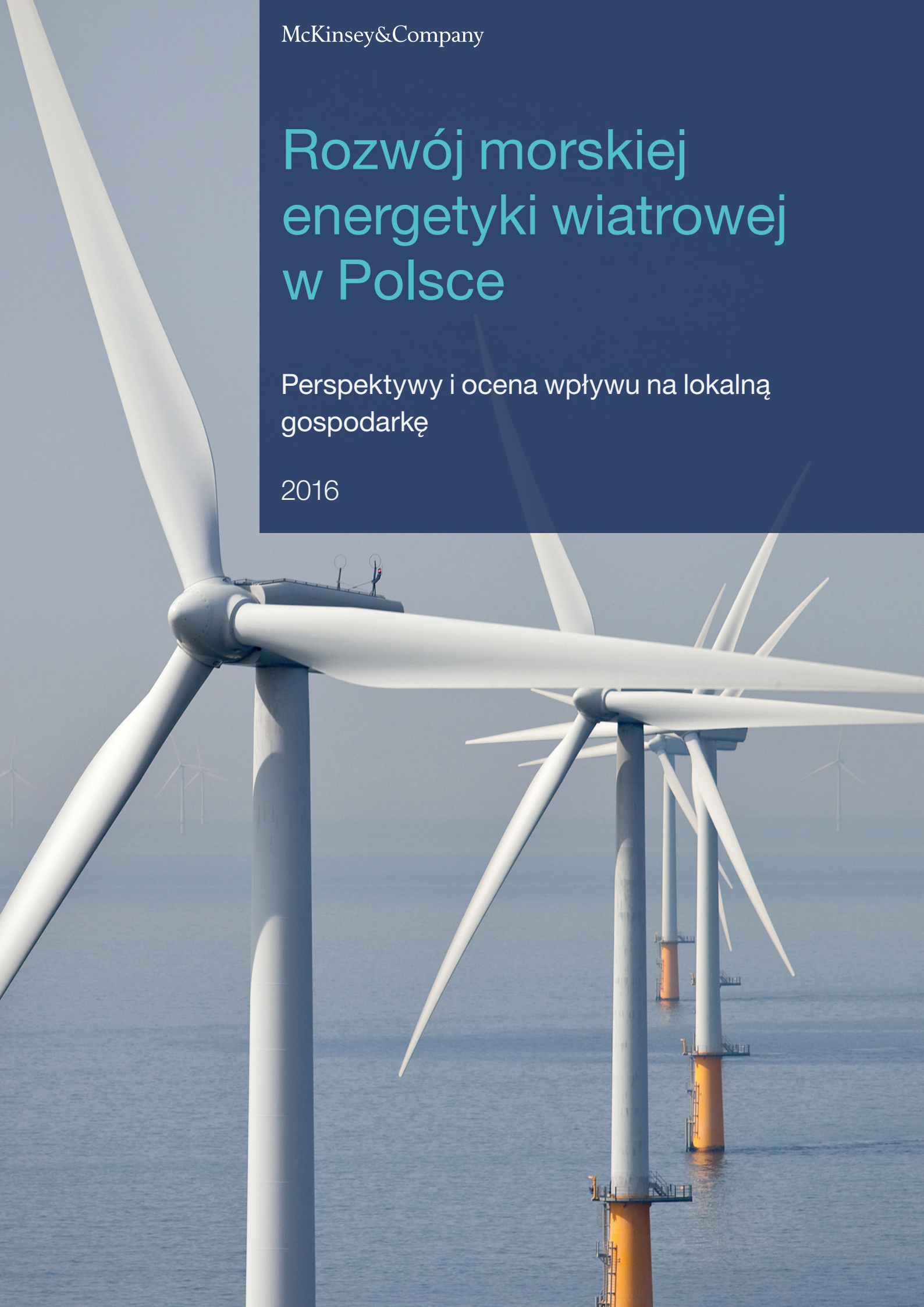


McKinsey&Company

Rozwój morskiej energetyki wiatrowej w Polsce

Perspektywy i ocena wpływu na lokalną
gospodarkę

2016



Spis treści

Podziękowania	2
Wstęp – transformacja systemu energetycznego w Europie	3
Rynek morskich farm wiatrowych w Europie i jego perspektywy do roku 2020	4
Charakterystyka morskiej energetyki wiatrowej	8
Łańcuch wartości morskich farm wiatrowych	10
Finansowanie morskiej energetyki wiatrowej	18
Morskie farmy wiatrowe w Polsce	19
Wpływ morskiej energetyki wiatrowej na polską gospodarkę – wstęp	19
Wydatki inwestycyjne dla farm wiatrowych o mocy 6 GW	20
PKB i zatrudnienie na terytorium Polski	21
Rzeczywisty koszt technologii	22
Wpływy z podatków	23
Korzyści lokalne	23
Innowacyjność	25
Wykorzystanie szansy – rozwój łańcucha dostaw	25
Podsumowanie	27
Autorzy raportu	28
Przypisy końcowe	29

Podziękowania

W raporcie „Rozwój morskiej energetyki wiatrowej w Polsce. Perspektywy i ocena wpływu na lokalną gospodarkę” przedstawiliśmy możliwości rozwoju tej technologii w Polsce oraz oceniliśmy, jaki wpływ może mieć ona na gospodarkę.

Wiele działających w Polsce przedsiębiorstw to aktywni gracze w branży lub firmy, które mają potencjał działania w tym sektorze. Wskazuje to, że rozwój morskiej energetyki wiatrowej niesie ze sobą znaczący potencjał lokalizacji łańcucha dostaw w Polsce.

Raport przedstawia obecną sytuację, perspektywy morskiej energetyki wiatrowej w Europie oraz wskazuje, jak rozwój sektora może wpłynąć na polską gospodarkę. Nasze założenia i wnioski przedyskutowaliśmy z ekspertami, a metodologia zastosowana przy obliczaniu potencjału wpływu gospodarczego – analiza przepływów międzygałęziowych – jest powszechnie wykorzystywana w podobnych badaniach na całym świecie. W naszej opinii taka niezależna i oparta na faktach analiza jest kluczowa dla konstruktywnej debaty publicznej o morskiej energetyce wiatrowej w Polsce.

Raport jest projektem biura McKinsey & Company w Polsce. Został przygotowany we współpracy z ekspertami McKinsey z całej Europy, w szczególności z Florianem Kuhnem, partnerem McKinsey & Company w Oslo, liderem Działu Energii Odnawialnej w Europie. Zespołem, w którego pracach brało udział łącznie kilkadziesiąt osób, kierował Marcin Purta, Lider Działu Energetyki oraz Gazu Ziemnego w Europie Środkowo-Wschodniej we współpracy z Tomaszem Marciniakiem oraz Kacprem Rozenbaumem. Istotny wkład w przygotowanie raportu mieli również Agnieszka Chmielewska oraz Adam Chrzanowski z zespołem.

Szczególne podziękowania należą się Joannie Iszkowskiej i Bartoszowi Dyrdzie, którzy kierowali pracami redakcyjnymi nad raportem.

Wstęp – transformacja systemu energetycznego w Europie

System energetyczny w Europie przechodzi głęboką transformację – widać wyraźny zwrot w kierunku niskoemisyjnych źródeł energii, będący reakcją między innymi na ambitne plany Unii Europejskiej dotyczące redukcji emisji gazów cieplarnianych, katastrofę w elektrowni atomowej w Fukushima oraz gwałtowny rozwój technologiczny.

Morska energetyka wiatrowa, z przyrostem zainstalowanej mocy na poziomie ponad 30% rocznie¹, jest jedną z najszybciej rozwijających się technologii produkcji energii elektrycznej w Europie. Obecnie na kontynencie zainstalowanych jest już ponad 11,5 GW mocy², co odpowiada ponad 28% łącznej mocy zainstalowanej w polskim krajowym systemie elektroenergetycznym³.

Morska energetyka wiatrowa opiera się na skomplikowanym łańcuchu dostaw – średni koszt budowy 1 MW mocy wynosi ok. 4 mln euro⁴. To przekłada się na milionowe inwestycje, które w Europie przekraczają już 40 mld euro⁵ oraz tworzenie nowych miejsc pracy. Europejskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej (EWEA) szacuje, że w Europie ok. 75 tys. osób zatrudnionych jest na stanowiskach bezpośrednio związanych z morską energetyką wiatrową⁶.

Rozwój sektora stworzył szanse dla mniej rozwiniętych miast na północy Niemiec i przyciągnął inwestorów do podupadających portów. Dla niemieckich portów Cuxhaven i Bremerhaven, a także brytyjskich Mostyn i Grimsby morska energetyka wiatrowa stanowi obecnie jedną z kluczowych branż lokalnej gospodarki⁷, a nowe fabryki turbin dają zatrudnienie tysiącom osób⁸.

Liczba projektów planowanych na kolejne lata wskazuje na potencjał dalszego rozwoju sektora. W najbliższym roku (H2 2016-H1 2017) powstać mogą farmy o mocy 1,4 GW⁹. W dalszej perspektywie w samej tylko Wielkiej Brytanii wydano zgody na budowę kolejnych 10,4 GW, a kolejne 3,1 GW czeka na pozwolenia¹⁰.

Polska również ma szansę stać się częścią tego europejskiego trendu. Analiza McKinsey, oparta na metodzie analizy przepływów międzygałęziowych, wskazuje, że morska energetyka wiatrowa może do roku 2030 dodać nawet 60 mld zł do PKB Polski¹¹, przyczynić się do powstania 77 tys. nowych miejsc pracy, w szczególności w regionach nadmorskich oraz zasilić budżet państwa oraz samorządów kwotą 15 mld zł. Ponadto może stać się impulsem do rozwoju przemysłu stalowego i stoczniowego oraz jednym z motorów rozwoju gospodarczego po roku 2020, gdy zakończy się obecna perspektywa finansowa Unii Europejskiej.

Rozwój morskiej energetyki wiatrowej jest szansą na unowocześnienie infrastruktury portowej (porty do obsługi konstrukcji oraz serwisowania morskich farm wiatrowych). Dla zrealizowania pełnego potencjału niezbędne jest rozwinięcie odpowiedniego systemu wsparcia i stworzenie strategii rozwoju łańcucha dostaw w Polsce.

Rynek morskich farm wiatrowych w Europie i jego perspektywy do roku 2020

Silny trend europejski

Obecnie ponad 90% mocy zainstalowanej w morskich farmach wiatrowych znajduje się w Europie¹². Morska energetyka wiatrowa stanowi obecnie 1% miks energii elektrycznej Unii Europejskiej¹³, ale znajduje się na trajektorii szybkiego rozwoju z przyrostem zainstalowanych mocy ponad 30% rocznie w ostatnich latach.

W sierpniu 2016 roku ponad 11 GW mocy było w pełni operacyjnych, a dodatkowe ponad 4 GW były na etapie budowy¹⁴. W roku 2030 zainstalowanych może być od 26 do ponad 84 GW mocy¹⁵, w zależności od wsparcia dla technologii niskoemisyjnych oraz rozwoju technologii, skutkującego obniżeniem średniego jednostkowego kosztu wytworzenia energii.

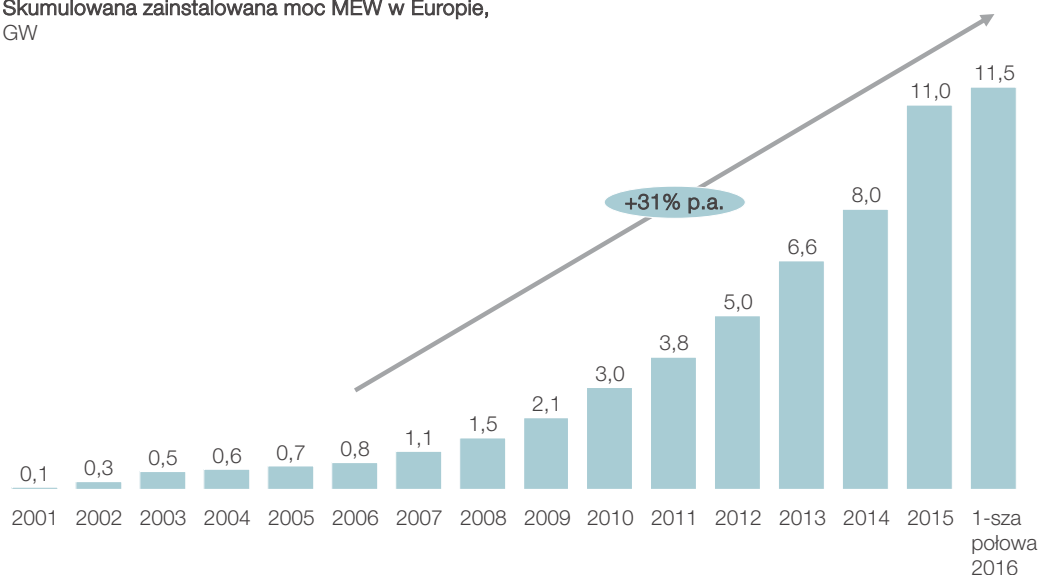
Lokalizacja morskich farm wiatrowych

Obecnie większość morskich farm wiatrowych znajduje się na Morzu Północnym, podobnie jak większość planowanych farm, dla których została wydana zgoda na budowę lub oczekujących na jej wydanie. Drugim dogodnym miejscem dla rozwoju morskiej energetyki wiatrowej jest Morze Bałtyckie, gdzie morskie farmy wiatrowe posiadają już Niemcy i Duńczycy, a obecnie rozwijają Szwedzi.

Rysunek 1

Moc zainstalowana w morskiej energetyce wiatrowej w Europie w ostatnich 10 latach rośnie średnio 30% w skali roku

Skumulowana zainstalowana moc MEW w Europie, GW



ŹRÓDŁO: Analiza McKinsey na podstawie danych z bazy 4C Offshore, "The European offshore wind industry – key trends and statistics 1st half 2016", WindEurope

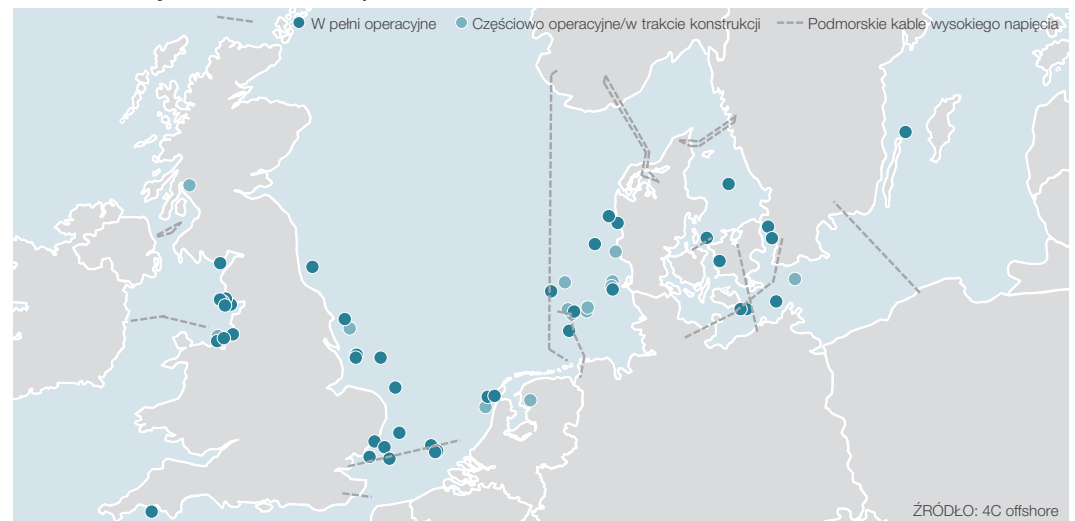
Morskie farmy wiatrowe powstają głównie na północy Europy ze względu na panujące tam dogodnie warunki wiatrowe – gęstość energii wiatrowej (czyli największa średnia moc wiatrowa, którą możemy uzyskać z 1 km² powierzchni) jest w Europie najkorzystniejsza właśnie na Morzu Północnym i Bałtyckim¹⁶.

Wielka Brytania, Niemcy i Dania – na czele rynku¹⁷

Najwięcej zainstalowanej mocy znajduje się obecnie w Wielkiej Brytanii – około 5 GW, co stanowi 5% całkowitego mixu energetycznego kraju¹⁸. Kolejne 1,6 GW jest częściowo operacyjne i wkrótce zostanie w pełni oddane do użytku. W Wielkiej Brytanii znajdują się obecnie 25 morskie farmy wiatrowe i planowane jest powstanie kolejnych.

Rysunek 2

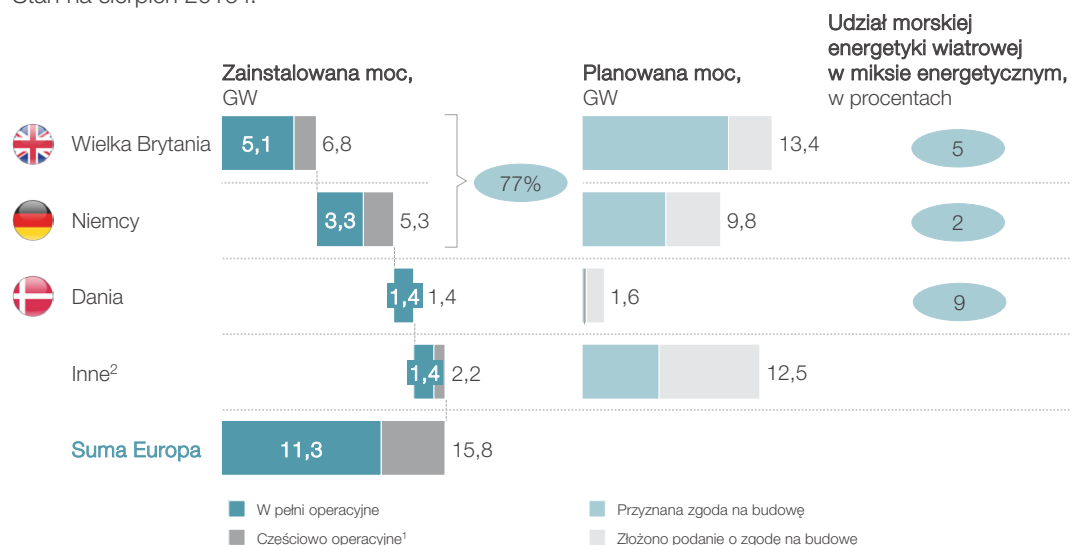
Morskie farmy wiatrowe w Europie



Rysunek 3

Już 16 GW mocy jest w pełni bądź częściowo operacyjne – z tego prawie 80% znajduje się w Wielkiej Brytanii lub Niemczech

Stan na sierpień 2016 r.



¹ Przynajmniej jedna turbina jest podłączona do sieci. Część farmy jest wciąż w budowie

² Belgia, Holandia, Szwecja

ŹRÓDŁO: 4C Offshore; McKinsey

Dodatkowe 13 GW uzyskało już zgodę na budowę bądź też jest na etapie ubiegania się o takie pozwolenie.

W Niemczech zainstalowane jest ponad 3 GW mocy, a kolejne 2,1 GW już wkrótce stanie się w pełni operacyjne. Choć morska energetyka wiatrowa stanowi niecałe 2% całkowitej zainstalowanej mocy systemu elektroenergetycznego¹⁹, ta liczba wkrótce może znacznie wzrosnąć, gdyż w planach jest dodatkowe 10 GW mocy – w tym 6 GW ma już zgodę na budowę, a prawie 4 GW ubiega się o takie pozwolenie.

Dania jest kolebką technologii morskiej energetyki wiatrowej. To właśnie tam w 1991 roku powstała pierwsza morska farma wiatrowa. Obecnie zainstalowanych jest tam 1,4 GW mocy, co stanowi aż 9% całkowitej mocy elektrowni w Danii²⁰.

Struktura własnościowa morskich farm wiatrowych

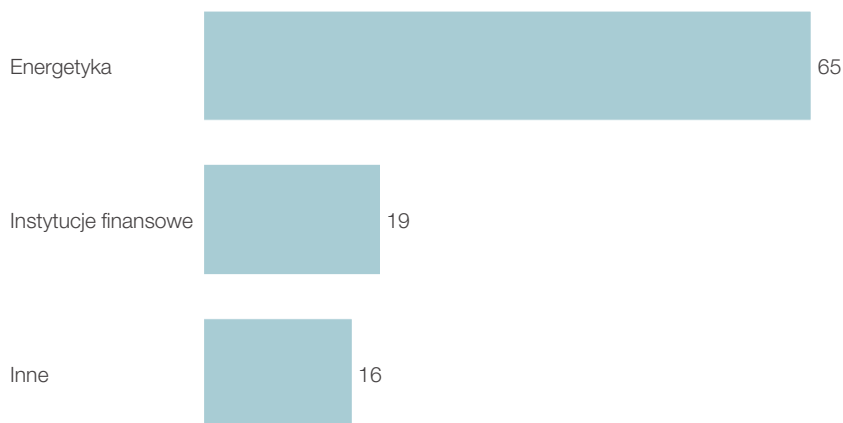
Właścicielami morskich farm wiatrowych są głównie koncerny energetyczne z północnej Europy, które odpowiadają obecnie za 65% rynku²¹.

Widoczny jest wyraźny trend zaangażowania kapitałowego instytucji finansowych, takich jak fundusze emerytalne czy fundusze typu *private equity*, które w sumie posiadają prawie 20% całkowitej zainstalowanej mocy. Wskazuje to na rosnącą atrakcyjność finansową tego typu inwestycji. Pozostali właściciele to m.in. firmy naftowe i gazowe czy producenci turbin i firmy instalujące je.

Rysunek 4

Ponad 65% mocy MEW zainstalowanej w Europie należy do przedsiębiorstw energetycznych, a prawie 20% do instytucji finansowych

Własność zainstalowanej mocy morskich farm wiatrowych w Europie w podziale na sektory, 2016
w procentach, 100% = 11 GW¹



¹ Farmy wiatrowe w pełni operacyjne
ŹRÓDŁO: EWEA; 4C Offshore; Powervision; prasa; McKinsey

Scenariusze rozwoju morskiej energetyki wiatrowej do roku 2020

Europejskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej (EWEA) przewiduje, że do roku 2020 europejski rynek morskiej energetyki wiatrowej wzrośnie do około 20-30 GW. Stowarzyszenie nakreśliło trzy potencjalne scenariusze wzrostu: niewielkiego (20 GW zainstalowanej mocy), średniego (23 GW) oraz znaczącego (28 GW)²².

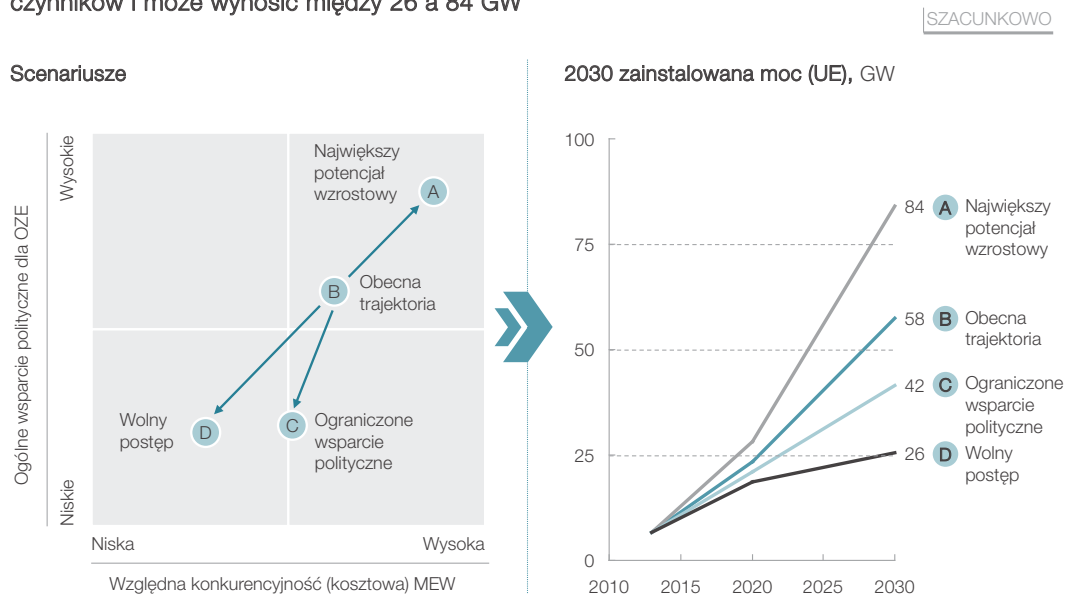
Scenariusze rozwoju morskiej energetyki wiatrowej do roku 2030

Z analiz McKinsey wynika, że dalszy rozwój morskiej energetyki wiatrowej oraz tempo wzrostu zależą głównie od dwóch czynników: konkurencyjności kosztu wytworzenia energii przez ten sektor i polityki wsparcia dla rozwoju energetyki odnawialnej w Europie.

Oba czynniki są od siebie zależne. Brak poprawy konkurencyjności kosztu wytworzenia może skutkować zmianą korzystnych systemów wsparcia. Zmniejszenie wsparcia może z kolei zahamować nowe inwestycje. Jednym z głównych czynników obniżki kosztów jest efekt skali, w przypadku zahamowania inwestycji wyhamuje również tempo poprawy konkurencyjności kosztowej. W efekcie w Europie, w zależności od scenariusza, morska energetyka wiatrowa może w naszej ocenie w 2030 roku odpowiadać za 26-84 GW zainstalowanej mocy.

Rysunek 5

Rozmiar rynku morskich farm wiatrowych do roku 2030 zależy od dwóch kluczowych czynników i może wynosić między 26 a 84 GW



ŹRÓDŁO: Analiza McKinsey

Charakterystyka morskiej energetyki wiatrowej

W porównaniu z innymi odnawialnymi źródłami energii morska energetyka wiatrowa charakteryzuje się korzystną charakterystyką pracy w podstawie (patrz Rysunek 6).

Ograniczone negatywne efekty zewnętrzne to kolejna zaleta morskiej energetyki wiatrowej. Ze względu na posadowienie farm z daleka od miejsc zamieszkałych nie zanieczyszczają one krajobrazu, a hałas związany z ich pracą nie przeszkadza okolicznym mieszkańcom.

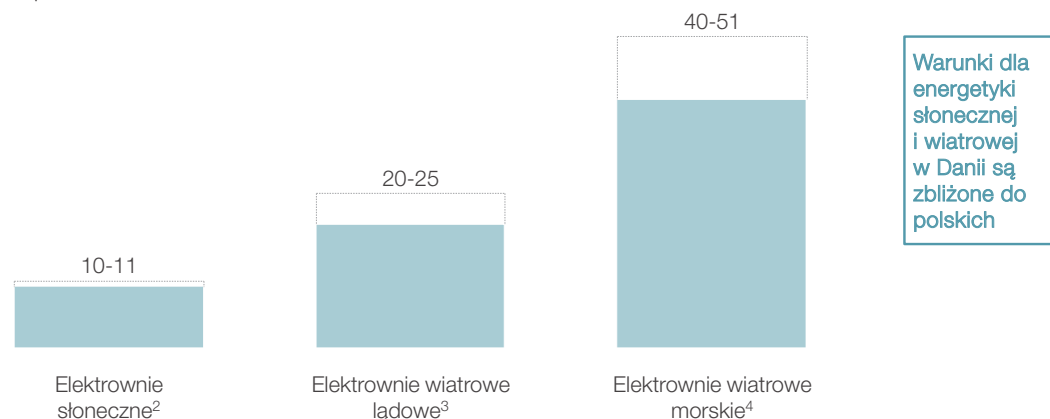
Głównym wyzwaniem stojącym przed morską energetyką wiatrową jest obecny poziom kosztów w porównaniu z innymi technologiami produkcji energii elektrycznej. W 2015²³ uśredniony koszt wytworzenia energii (LCOE)²⁴ dla morskiej energetyki wiatrowej wynosił 153 euro/MWh, w porównaniu z 117 euro/MWh dla energetyki słonecznej (fotowoltaika) oraz 64 euro/MWh dla lądowej energetyki wiatrowej.

Jednak mimo że morska energetyka wiatrowa jest młodym sektorem, już teraz można zauważyć spadek uśrednionego kosztu energii wyprodukowanego w tej technologii (patrz Rysunek 7). Główni gracze na rynku dążą do osiągnięcia średniego kosztu wytworzenia energii na poziomie 100 euro/MWh²⁵. Głównymi czynnikami obniżki kosztów są: rozwój technologii (przede wszystkim większe i sprawniejsze turbiny), zwiększenie skali rynku, specjalizacja i standaryzacja oraz lepsza współpraca pomiędzy wykonawcami i dostawcami. Poziom 100 euro/MWh spowoduje, że morska energetyka wiatrowa będzie konkurencyjna w stosunku do innych niskoemisyjnych źródeł energii, szczególnie w północnej części Europy – bardziej wietrznej i mniej nasłonecznionej, zwłaszcza w miesiącach zimowych.

Rysunek 6

MEW produkuje prąd bardziej stabilnie i przewidywalnie niż inne technologie odnawialne

Porównanie przeciętnego współczynnika wykorzystania mocy zainstalowanej¹, w procentach



¹ Ang. capacity factor – wskaźnik faktycznej mocy wyjściowej elektrowni w czasie w porównaniu do jej potencjalnej mocy wyjściowej. Na przykładzie Danii, lata 2013-2014

² Na podstawie danych sumarycznych mocy zainstalowanej oraz łącznej produkcji

³ Zakres dla średniej i 3 kwartyła, na podstawie danych dla 4423-4586 turbin

⁴ Zakres dla średniej i 3 kwartyła, na podstawie danych dla 419-516 turbin

ŹRÓDŁO: Dane o zainstalowanej mocy oraz produkcji elektrowni słonecznych za Energinet.dk. Dane dla energetyki wiatrowej na podstawie analizy wszystkich działających turbin wiatrowych, za: „Master data register for wind turbines”, ENS

Długi czas realizacji projektów jest kolejnym z kluczowych wyzwań, którym musi sprostać morską energetyka wiatrowa. Przeciętnie od ostatecznej decyzji finansowej do oddania farmy do użytku mija około 2 lat, a wcześniej potrzeba od 5 do 7 lat na przygotowanie inwestycji i uzyskanie niezbędnych pozwoleń²⁶.

Już dziś widać znaczną redukcję kosztów – w przypadku aukcji w Danii i Wielkiej Brytanii cena gwarantowana, o jaką ubiegali się potencjalni klienci w 2015 roku, w stosunku do aukcji z lat poprzednich spadła o 25%. Inwestorzy z powodu niższych kosztów nadal będą realizować zwrot z inwestycji, mimo znacznie niższej ceny energii. Jako główne źródło obniżki kosztów w stosunku do aukcji z lat wcześniejszych wskazuje się planowane szersze zastosowanie turbin o mocy nominalnej 6 MW oraz związane z tym przewidywane obniżki kosztów instalacji (mniejsza liczba fundamentów i turbin do zainstalowania dla takiej samej mocy nominalnej morskiej farmy wiatrowej) oraz eksploatacji (mniejsza liczba turbin do serwisowania – ograniczenie czasu oraz kosztów transportu), a także zwiększona produkcja²⁷.

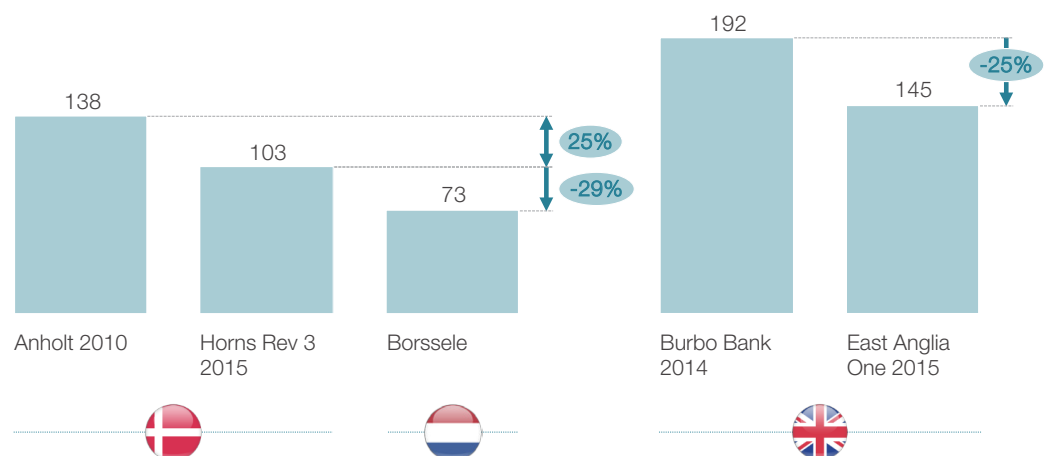
Różnica pomiędzy ceną wykonania w Danii i Wielkiej Brytanii wynika z odmiennego zakresu inwestycji. W Danii państwowa spółka zarządzająca siecią energetyczną odpowiedzialna jest za przyłączenie nowej morskiej farmy wiatrowej do sieci, podczas gdy w Wielkiej Brytanii jest to obowiązek dewelopera lub specjalnego podmiotu (tzw. OFTO), który przejmuje odpowiedzialność za budowę i/lub zarządzanie infrastrukturą przesyłową. Ponadto w Danii cena wykonania nie jest indeksowana zgodnie z inflacją.

Realny jest dalszy spadek cen. W lipcu 2016 w Holandii ogłoszono budowę farmy wiatrowej na morzu o mocy 700 MW z ceną 72,7 EUR/MWh.²⁸ Cena ta nie obejmuje przyłączenia do sieci.

Rysunek 7

W Danii i Wielkiej Brytanii cena wykonania za 1 MWh wyprodukowanej energii spadła średnio o 25% i możliwe są dalsze spadki cen

Cena wykonania¹, euro/MWh



¹ Średni kurs funt/euro w roku 2014 wynosił 1,24. <http://www.ens.dk/en/supply/renewable-energy/wind-power/offshore-wind-power/new-offshore-wind-tenders/questions-answers#Horns Rev 3>. Różnica w koszcie między Danią a Wielką Brytanią jest w dużej mierze powodowana zakresem projektu.

W Danii cena nie obejmuje kosztów przyłączenia do lądowej sieci elektroenergetycznej

² Uwzględniając element łączący z lądową siecią elektroenergetyczną koszt wyniesie 87 EUR/MWh. <http://www.ft.com/cms/s/0/18b0f2b6-42db-11e6-b22f-79eb4891c97d.html?siteedition=intl#axzz4HXQpEPn3>

ŹRÓDŁO: The Crown Estate; Danish Energy Agency

Łańcuch wartości morskich farm wiatrowych

Elementy morskich farm wiatrowych

Morskie farmy wiatrowe to grupa turbin wiatrowych ulokowanych na morzu, które są połączone do sieci elektroenergetycznej przez kable podmorskie.

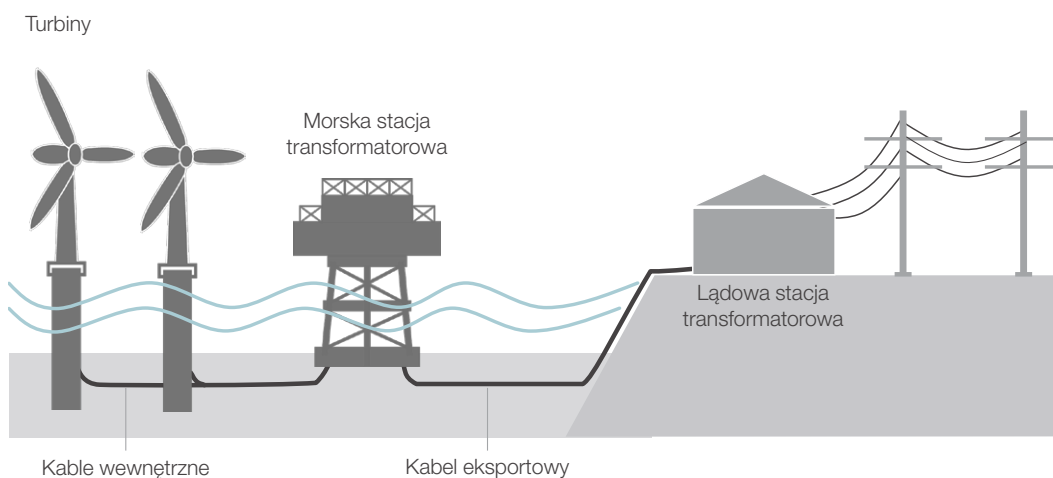
Głównymi elementami morskiej farmy wiatrowej są:

- Turbiny morskie
- Kable wewnętrzne (typu *array*)
- Morska stacja transformatorowa (jedna lub więcej))
- Kable eksportowe
- Lądowa stacja transformatorowa

W obecnie budowanych farmach pracuje maksymalnie około 175 turbin, przy mocy pojedynczej turbiny do 6 MW.

Rysunek 8

Morskie farmy wiatrowe to grupy turbin wiatrowych ulokowanych na morzu, które są połączone do sieci przez kable podmorskie



ŹRÓDŁO: The Crown Estate; E.ON; DONG Energy; 4C offshore; prasa; McKinsey

Łańcuch wartości morskich farm wiatrowych

Łańcuch wartości morskich farm wiatrowych można podzielić na pięć części:

1. Projektowanie i planowanie
2. Produkcja turbiny
3. Produkcja infrastruktury przyłączeniowej i fundamentów
4. Instalacja
5. Eksploatacja i utrzymanie (O&M – ang. *operations & maintenance*)

Główną część inwestycji stanowią koszty produkcji turbiny, fundamentów i infrastruktury przyłączeniowej; razem składają się one na 70% wydatków inwestycyjnych. Proces instalacji może pochłonąć około 25% całkowitych nakładów, a projektowanie i planowanie farmy około 5%.

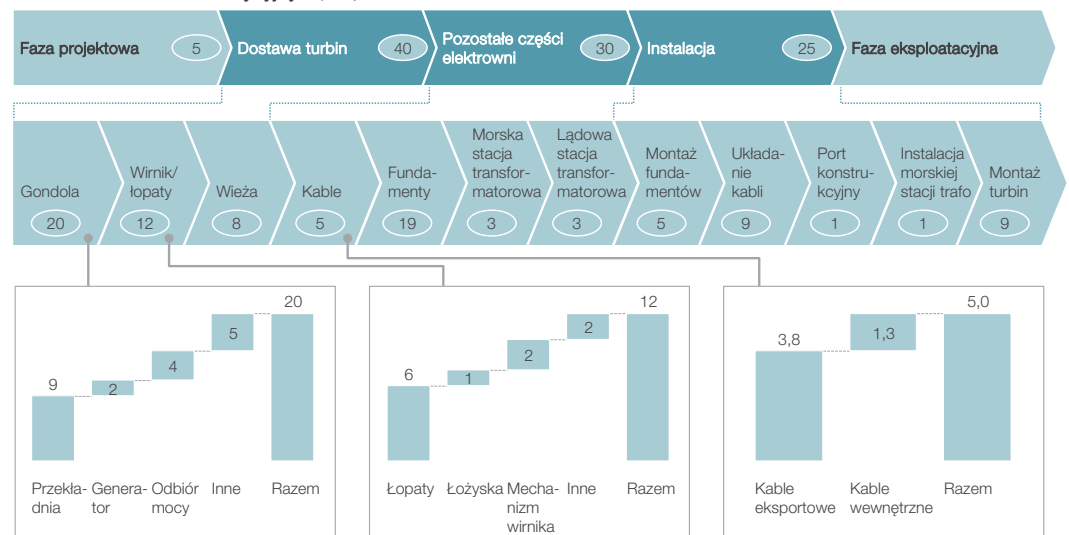
Projektowanie i planowanie

Mimo że projektowanie i planowanie stanowi zaledwie 5% nakładów inwestycyjnych²⁹, jest kluczową fazą dla powodzenia projektu. Obejmuje ona wszystkie procesy, od podjęcia decyzji przez inwestora dotyczącej budowy farmy aż do złożenia zamówień na jej elementy. Pieczę nad tą fazą sprawuje inwestor, który kontraktuje odpowiednie firmy do poszczególnych czynności związanych z procesem projektowania i planowania.

Rysunek 9

Dostawa turbin i dostawa pozostałych części elektrowni to główne składowe nakładów inwestycyjnych

Rozbicie nakładów inwestycyjnych, w procentach



● Przeciętny procent łącznych nakładów inwestycyjnych dla farmy wiatrowej o mocy 500 MW (w Wielkiej Brytanii)

ŹRÓDŁO: EWEA; BVG; The Crown Estate; McKinsey

W tej fazie inwestor ponosi głównie koszty związane z zarządzaniem projektem, wykupem licencji, przeprowadzeniem analiz przestrzennych w celu wybrania lokalizacji farmy czy też zaplanowaniem łańcucha dostaw (łącznie około 35% całkowitych kosztów w tej fazie³⁰). Czynności związane z badaniami środowiskowymi i dna morza także generują znaczne koszty, które mogą razem stanowić powyżej 40% całkowitych wydatków w fazie projektowania i planowania³¹.

Turbiny

Turbina jest głównym elementem morskiej farmy wiatrowej. Łącznie turbiny odpowiadają za średnio 40% nakładów inwestycyjnych na budowę nowej farmy wiatrowej³². Konwertuje ona energię kinetyczną pozyskiwaną z wiatru na trójfazowy prąd elektryczny. W jej skład wchodzi trzy główne elementy: gondola, wirnik (którego głównym elementem są łopaty) i wieża.

Gondola

Gondola znajduje się na szczycie turbiny i mieści się w niej generator energii elektrycznej. Ma masę od 150 do około 300 ton.

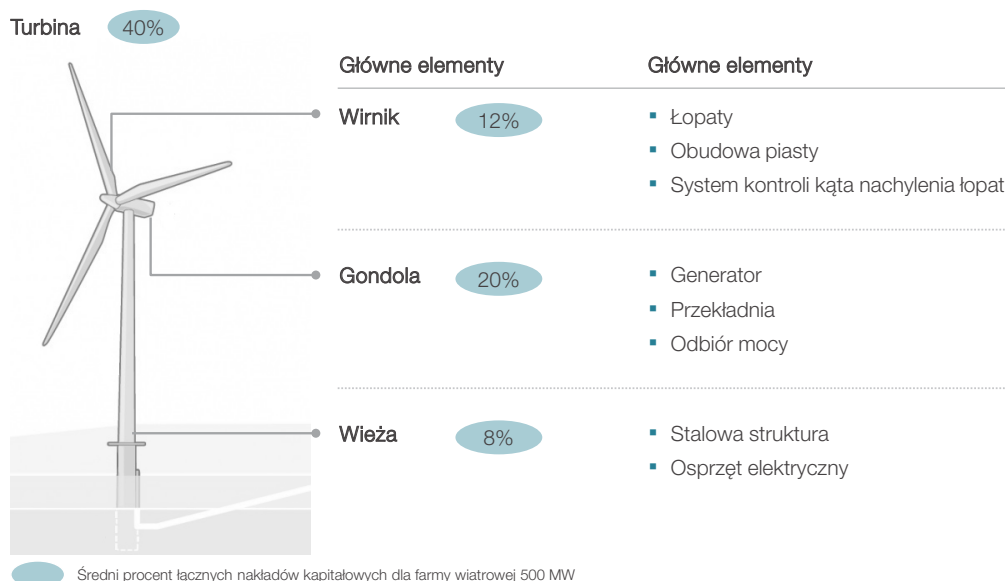
Łopaty wirnika

Wirnik w morskiej energetyce wiatrowej składa się zazwyczaj z trzech łopat, wykonanych z kompozytów zawierających włókno szklane, poliester, żywicę epoksydową, a niekiedy także włókno węglowe.

Produkcją łopat zajmują się zazwyczaj producenci turbin wiatrowych. Około 30% rynku łopat zagospodarowane jest przez niezależnych dostawców³³.

Rysunek 10

Turbina składa się z gondoli, w której znajduje się napęd, z wirnika z łopatom oraz wieży, która łączy turbinę z fundamentem



ŹRÓDŁO: „A Guide to an Offshore wind Farm” The Crown Estate; McKinsey

Koszt łopat stanowi około 50% całkowitych kosztów wimnika i około 15% całkowitych kosztów turbiny. Koszt jednej łopaty przeznaczonej dla turbiny o mocy 5 MW może dochodzić do 300-500 tys. euro³⁴.

Wieża

Głównym materiałem używanym przy produkcji wież jest blacha stalowa. Waga wieży zależy przede wszystkim od mocy turbiny, która wpływa na jej wysokość i tym samym masę. 100-metrowa wieża waży na ogół 300-400 ton. Koszty wyprodukowania wież stanowią około 8% całkowitych nakładów inwestycyjnych.

Rynek morskich turbin wiatrowych

W ostatnich latach można zauważyć wzrost mocy turbin, a także ich wielkości i wysokości. O ile w roku 2002 średnia moc instalowanych wówczas turbin wynosiła około 2 MW, to obecnie sięga 4,8 MW³⁵. Na rok 2020 przewiduje się instalacje turbin o mocach powyżej 8 MW³⁶. Wraz z mocą rosną średnica wimnika i wysokość turbiny.

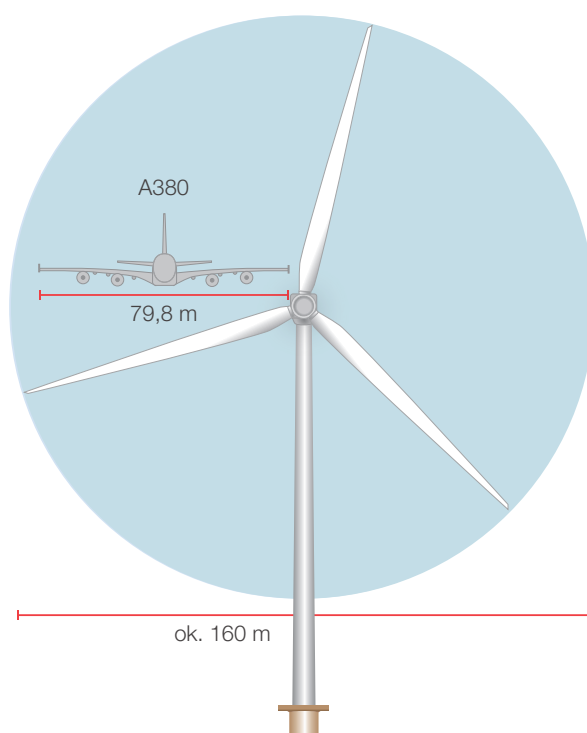
Produkcja infrastruktury przyłączeniowej i fundamentów

Fundamenty

Fundamenty są strukturą pośredniczącą pomiędzy wieżą a dnem morza. Zapewniają one stabilność i utrzymują turbinę w pionie.

Fundamenty morskich turbin wiatrowych można podzielić na dwa główne rodzaje: gruntowe oraz pływające. Fundamenty gruntowe przytwierdzone są do dna morskiego. Można wyróżnić

Rysunek 11



Obecnie wdrażane turbiny o mocy 8 MW mają łopaty wimnika o długości około 80 m. Jest to porównywalne z rozpiętością skrzydeł największego samolotu pasażerskiego na świecie, czyli Airbusa A380.

kilka ich rodzajów – wybór odpowiedniego zależy głównie od właściwości dna, głębokości morza, a także od mocy turbiny (patrz Rysunek 12).

Spośród 78 morskich farm wiatrowych, które są w pełni operacyjne, niemal wszystkie posiadają fundamenty gruntowe³⁷. Fundamenty pływające zostały zainstalowane tylko dla turbin testowych. Najbardziej popularnym typem fundamentu gruntowego jest monopale, na którym zainstalowanych jest aż 77% morskich turbin wiatrowych. Ze względu na zwiększającą się moc turbin, a także rozwój technologii budowania morskich farm wiatrowych na większych głębokościach, można się spodziewać zwiększenia udziału procentowego fundamentów kratownicowych.

Morska stacja transformatorowa

Morska stacja transformatorowa przekształca energię doprowadzoną z generatorów umieszczonych w turbinach na wyższy poziom napięcia, tak aby możliwe było wprowadzenie jej do sieci elektroenergetycznej na lądzie. Jest to konstrukcja posadowiona na oddzielnym fundamencie, która z reguły znajduje się na wysokości około 25 m nad poziomem morza.

Kable





Głównym zadaniem kabli jest przesył energii elektrycznej wyprodukowanej przez morskie turbiny wiatrowe do sieci elektroenergetycznej. Kable wykorzystywane w morskich farmach wiatrowych możemy podzielić na dwie główne grupy: eksportowe i wewnętrzne.

Kable wewnętrzne

Kable wewnętrzne łączą turbiny z morską stacją transformatorową. Są to najczęściej kable średniego napięcia (około 33 kV) przystosowane do przesyłu prądów zmiennych (AC). Obecnie

Rysunek 12

Istnieje wiele rodzajów fundamentów – zastosowanie zależy od głębokości oraz wielkości turbiny

Typy fundamentów	Konstrukcja	Maksymalna głębokość, w metrach	Udział w rynku ¹ , w procentach	Użyte materiały
Monopale		25	77	<ul style="list-style-type: none"> Konstrukcja stalowa
Grawitacyjne		30	9	<ul style="list-style-type: none"> Beton zbrojony Do 6000 ton 45% stali, 45% betonu, 10% piasku
Trójnóg		35	4	<ul style="list-style-type: none"> Ciężka konstrukcja stalowa
Kratownicowe		45	4	<ul style="list-style-type: none"> Konstrukcja stalowa

¹ Uwzględniono 78 farm oddanych do użytku i częściowo produkujących energię
 ŹRÓDŁO: <http://www.windpoweroffshore.com>; „U.S. Offshore Wind Manufacturing and Supply Chain Development” Navigant; „Wind Turbine Technology Factbook” E.ON; McKinsey

długość kabli wewnętrznych zainstalowanych w morskich farmach wiatrowych, które powstały po roku 2010 w Europie, wynosi ponad 2000 km³⁸.

Kable eksportowe

Kable eksportowe stosowane są do przesyłu prądu od morskiej stacji transformatorowej do sieci elektroenergetycznej na lądzie. Przesył odbywa się kablami wysokiego napięcia (głównie 150 kV) typu AC lub DC. Po roku 2010 w Europie położone zostało około 1400 km kabli eksportowych. Liczba dostawców tego typu kabli jest ograniczona³⁹. Przewiduje się, podobnie jak w przypadku kabli wewnętrznych, wzrost napięcia kabli eksportowych, co może wpłynąć na redukcję strat mocy i tym samym kosztów.

Instalacja

Proces instalacji dotyczy zarówno elementów turbiny, jak i instalacji przyłączeniowej oraz fundamentów. W tej fazie kluczową rolę odgrywają specjalistyczne statki oraz dobrze rozwinięta infrastruktura portowa. Proces instalacji obejmuje: kładzenie kabli podmorskich, instalację fundamentów, instalację turbin morskich oraz instalację morskiej stacji transformatorowej.

Infrastruktura portowa

W porcie wykorzystywanym w procesie instalacji następuje wstępny montaż elementów turbiny. Port powinien być ulokowany niedaleko morskich farm wiatrowych, aby zredukować ryzyko i koszty związane z transportem. Głównymi wymaganiami dla takiego portu są: długość nabrzeża wynosząca około 200-300 m ze strefą o dużej nośności, głębokość wystarczająca do przyjęcia statków instalacyjnych (8-10 m), dostępność dźwigów oraz miejsce do składowania elementów przyszłej farmy wiatrowej.

Specjalistyczne statki

Instalacja poszczególnych elementów morskich farm wiatrowych wymaga użycia specjalistycznych statków. Statki związane z procesem instalacji można podzielić na 4 grupy w zależności od ich funkcji: jednostki do instalacji turbin, posadowienia fundamentów, kładzenia kabli wewnętrznych i kabli eksportowych.

Stocznie

Łańcuch wartości dla fazy instalacji rozpoczyna się od stoczni, która buduje statek przeznaczony do obsługi morskich farm wiatrowych. Stocznie produkujące statki do instalacji znajdują się przede wszystkim w Azji, np. Chinach czy Korei Południowej. Polska stocznia CRIST wyprodukowała dwa statki instalacyjne: Innovation i Vidar, natomiast Remontowa Shipbuilding S.A. w Gdańsku i Poltramp Yard S.A. w Świnoujściu były zaangażowane w budowę statków do kładzenia kabli.

Firmy instalacyjne

Firmy instalacyjne to przedsiębiorstwa posiadające flotę specjalistycznych statków. W związku z wysokim kosztem budowy i utrzymania statków oraz ich specjalizacją nie ma jeszcze firmy świadczącej wszystkie usługi związane z instalacją morskich farm wiatrowych.

Można zauważyć dwa sposoby kontraktowania firm w fazie instalacyjnej. Pierwszym sposobem jest pojedynczy kontrakt pomiędzy inwestorem i wykonawcą typu EPC⁴⁰, który przejmuje na siebie obowiązek wyboru odpowiednich firm instalacyjnych. Drugi sposób zakłada wiele kontraktów pomiędzy deweloperem a poszczególnymi firmami.

Eksploatacja i utrzymanie

Eksploatacja i utrzymanie obejmują wszystkie czynności następujące po oddaniu farmy do użytku. Są to:

1. Eksploatacja i konserwacja prewencyjna
2. Niezaplanowane prace utrzymaniowe (konserwacja korekcyjna)

Zdyskontowane wydatki w fazie operacyjnej stanowią 25-27% całkowitych kosztów związanych z postawieniem i działaniem morskich farm wiatrowych.

Główne koszty w fazie eksploatacji i utrzymania

Główne nakłady w tej fazie to koszty części zamiennych, a także wynajmu statków. Wynajem to około 36% całkowitych zdyskontowanych kosztów, zaś części wymienne stanowią około 18% kosztów⁴¹. Pozostałe wydatki przeznaczone są na pensje dla techników, ubezpieczenia i badania środowiskowe.

Odpowiedzialność za eksploatację i utrzymanie

Zazwyczaj przez pierwsze kilka lat po uruchomieniu turbiny są objęte gwarancją producenta. Po wygaśnięciu gwarancji właściciel farmy ma trzy możliwości:

1. Odnowić kontrakt na eksploatację i utrzymanie z dostawcą oryginalnego wyposażenia (OEM – ang. *Original Equipment Manufacturer*)
2. Zakontraktować firmę zewnętrzną specjalizującą się w eksploatacji i utrzymaniu morskich farm wiatrowych
3. Samemu przejąć obowiązki związane z utrzymaniem i eksploatacją

Zatrudnienie w fazie eksploatacji i utrzymania

Liczba osób zatrudnionych przy fazie utrzymania i eksploatacji wynosi pomiędzy 70 a 100 dla jednej farmy wiatrowej⁴².

Eksploatacja morskiej farmy wiatrowej wymaga stałego zatrudnienia techników działających zarówno na morzu, jak i na lądzie, menedżerów, a także pracowników administracji. Największą grupę pracowników stanowią technicy pracujący na morzu. Dla farmy o mocy 500 MW jest to około 60 techników pracujących regularnie na morzu oraz przynajmniej kilku bazujących na lądzie⁴³.

Czas realizacji projektów morskich farm wiatrowych

Analizując harmonogramy morskich farm wiatrowych oddanych do użytku w latach 2014-2015, można dostrzec, że czas realizacji poszczególnych projektów bardzo się różni.

Analiza ośmiu ostatnio oddanych do użytku projektów⁴⁴ wskazuje, że średnio od chwili otrzymania zgody na budowę do ostatecznej decyzji finansowej mijało około 5 lat. Po ostatecznej decyzji finansowej potrzebne było około 12 miesięcy do rozpoczęcia budowy. Okres ten jest wykorzystywany na projektowanie farmy wiatrowej czy negocjacje z dostawcami. Czas konstrukcji morskiej farmy wiatrowej wyniósł średnio 2 lata.

Finansowanie morskiej energetyki wiatrowej

Projekty związane z morską energetyką wiatrową wymagają dużych nakładów finansowych rzędu miliardów euro. Z tego powodu inwestorzy korzystają z wielu modeli finansowania, czemu sprzyja coraz szersze zainteresowanie inwestorów spoza branży energetycznej.

Recykling kapitału – trend na rynku morskiej energetyki wiatrowej

Główni gracze rynku morskiej energetyki wiatrowej – północnoeuropejskie przedsiębiorstwa energetyczne – stosują model tzw. recyklingu kapitału (ang. *capital recycling*). Sprzedają oni udziały w morskich farmach wiatrowych, aby zdobyć fundusze na rozwijanie kolejnych. Zainteresowanie ze strony funduszy emerytalnych i instytucji finansowych sprawia, że model ten jest stosowany coraz szerzej.

W momencie, gdy farma jest oddana do użytku, nie ciąży na niej ryzyko regulacyjne czy związane z niepowodzeniem w czasie budowy, nowi inwestorzy odkupują udziały od inwestora pierwotnego – przedsiębiorstwa energetycznego. W ostatnich latach zauważyć można wykorzystanie modelu recyklingu kapitału na wcześniejszych etapach realizacji⁴⁵.

W modelu recyklingu kapitału przedsiębiorstwa energetyczne skupiają się na swoich kluczowych kompetencjach, czyli planowaniu i konstrukcji morskich farm wiatrowych.

Zainteresowanie ze strony inwestorów instytucjonalnych

Projekty związane z morskimi farmami wiatrowymi ze względu na dużą skalę, długi okres realizacji i stabilny zwrot są atrakcyjne dla inwestorów instytucjonalnych. Niski koszt kapitału dla inwestorów instytucjonalnych sprawia, że nabycie udziałów na etapie operacyjnym morskich farm wiatrowych jest atrakcyjne. Jednak aby zachęcić inwestorów instytucjonalnych do udziału w projekcie już na etapie konstrukcji, deweloper musi ograniczyć ryzyka związane z jego niepowodzeniem.

Morskie farmy wiatrowe w Polsce

Przed Polską stoi szansa stania się jednym z liderów rozwoju morskiej energetyki wiatrowej. Na Morzu Bałtyckim panują korzystne warunki dla tej technologii, a kilku polskich inwestorów posiada już pozwolenia na wznoszenie sztucznych wysp. Dwóch inwestorów ma już podpisane umowy przyłączeniowe do sieci elektroenergetycznej dla farm wiatrowych o mocy 2,2 GW⁴⁶. Docelowy potencjał morskiej energetyki wiatrowej w Polsce oceniany jest różnie – między 7,5 GW⁴⁷ a 14 GW⁴⁸, w perspektywie nawet do roku 2050⁴⁹.

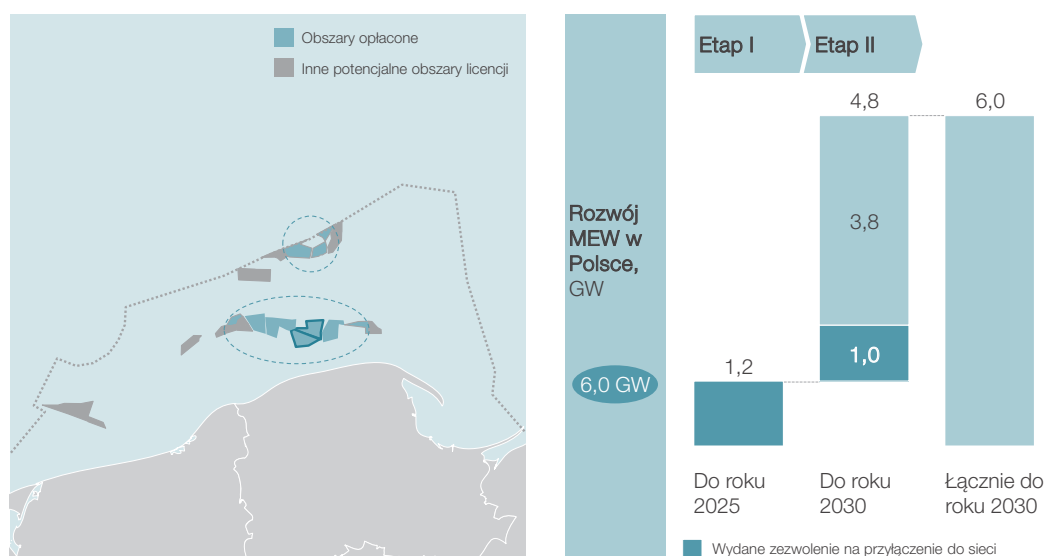
Z naszych analiz oraz wywiadów z potencjalnymi inwestorami wynika, że budowa 6 GW jest osiągalna w perspektywie roku 2030. Tej wielkości zainstalowaną moc docelową w roku 2030 przyjęliśmy do analiz wpływu na gospodarkę. Taka skala morskiej energetyki wiatrowej w Polsce pozwoli na zlokalizowanie w kraju znaczącej części łańcucha dostaw, co przełoży się na istotny wpływ na gospodarkę. Po roku 2030 możliwy jest dalszy rozwój morskiej energetyki wiatrowej w Polsce, realizujący w pełni potencjał tej technologii w kraju, jednak z powodu odległego horyzontu czasowego nie zostało to uwzględnione w analizach.

Wpływ morskiej energetyki wiatrowej na polską gospodarkę – wstęp

Kwantyfikacja potencjalnego wpływu na gospodarkę została przeprowadzona na podstawie modelu przepływów międzygałęziowych (nazywanego też modelem Leontiefa lub modelem *input/output*). Zasadniczym założeniem modelu przepływów międzygałęziowych jest ukazanie wzajemnych zależności w gospodarce⁵⁰. Tablica przepływów międzygałęziowych (ang. *input/output tables*) zawiera statystyczny opis działalności produkcyjnej poszczególnych gałęzi przemysłu (na podstawie danych z GUS) i służy do obliczenia efektu wpływu na gospodarkę.

Rysunek 13

Potencjał zainstalowania w Polsce 6 GW mocy do 2030 roku przy już wydanych zezwoleniach na przyłączenie 2,2 GW do sieci



ŹRÓDŁO: PGE; Polenergia

Metodologia

Do obliczenia wpływu na gospodarkę skorzystaliśmy z najbardziej aktualnych tabel przepływów międzygałęziowych dla Polski, publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny⁵¹.

Wpływ na PKB oraz zatrudnienie został obliczony przy wykorzystaniu mnożników skalkulowanych na podstawie tabel przepływów międzygałęziowych. Każdy element łańcucha dostaw morskiej energetyki wiatrowej został podzielony na obszary dające się zidentyfikować z jedną z branż, dla których możliwe jest stworzenie mnożnika na podstawie danych GUS. Następnie wartość inwestycji w dany element łańcucha została przy pomocy mnożników przeliczona na wpływ na PKB. Dla każdego obszaru łańcucha wartości zostały przeanalizowany procentowy udział kosztów pracy. Na podstawie tej analizy oraz mnożników zatrudnienia został skalkulowany poziom nowych miejsc pracy.

Bazując na wielkości inwestycji, zakładanych przychodach przedsiębiorstw polskich, historycznych efektywnych stawkach podatkowych oraz zarobkach zatrudnionych w morskiej energetyce wiatrowej, obliczono wpływ podatkowy.

Na podstawie udziału województw pomorskiego i zachodniopomorskiego oraz założeń dotyczących lokalizacji łańcucha dostaw obliczony został wpływ na gospodarkę tych dwóch regionów.

Na potrzeby analizy wpływu gospodarczego przeprowadziliśmy również wywiady z ekspertami oraz przedstawicielami firm z łańcucha dostaw.

Wyróżnić można trzy kategorie efektów:

- Efekty bezpośrednie – efekty kreowane bezpośrednio przez sektor morskiej energetyki wiatrowej
- Efekty pośrednie – zatrudnienie i dochody kreowane w łańcuchu dostaw morskiej energetyki wiatrowej
- Efekty indukowane – wynikają z wydatków konsumpcyjnych pracowników zatrudnionych w gospodarce na skutek efektu bezpośredniego i pośredniego

Na potrzeby analizy wpływu gospodarczego przeprowadziliśmy również wywiady z ekspertami oraz przedstawicielami firm z łańcucha dostaw.

Wydatki inwestycyjne dla farm wiatrowych o mocy 6 GW

Budowa morskich farm wiatrowych to ogromna inwestycja. W chwili obecnej koszt budowy 1 MW mocy wynosi ok. 4 mln euro⁵¹. Jak wspomniano wyżej, po wylicytowanych cenach wykonania w Danii, Wielkiej Brytanii i Holandii widoczny jest trend redukcji kosztów. Według przeprowadzonych analiz łączne nakłady inwestycyjne konieczne do zainstalowania 6 GW mocy w Polsce to 70 mld zł⁵³. Uwzględnia to również koszt rozbudowy infrastruktury przesyłowej na lądzie. PSE S.A. szacuje, że dla bezpiecznego dla sieci przyjęcia energii produkowanej przez 6 GW morskich farm wiatrowych konieczna jest modernizacja i rozbudowa lądowej sieci elektroenergetycznej. Prognozowany przez PSE S.A. koszt inwestycji to ok. 3 mld zł⁵⁴.

PKB i zatrudnienie na terytorium Polski

Inwestycja w morskie elektrownie wiatrowe o mocy 6 GW może stworzyć skalę, która pozwoli na zlokalizowanie w Polsce znacznej części łańcucha dostaw. Dlatego znaczna część inwestycji może wrócić do polskiej gospodarki.

Dzięki rozwojowi morskiej energetyki wiatrowej Polska gospodarka może wygenerować do roku 2030 łącznie dodatkowe 60 mld zł produktu krajowego brutto (niecałe pół procent 10-letniego PKB na poziomie roku 2015). Na tę kwotę składa się kilka czynników: 21 mld zł to wpływ bezpośredni wygenerowany inwestycjami, 22 mld zł to wpływ pośredni, czyli wygenerowany przez nowe przedsięwzięcia przedsiębiorstw z łańcucha wartości morskiej energetyki wiatrowej, możliwe dzięki pierwotnej inwestycji. Kolejne 17 mld zł to tzw. wpływ indukowany – wartość wygenerowana w pozostałych gałęziach gospodarki przez dochody pracowników zatrudnionych w łańcuchu wartości morskiej energetyki wiatrowej.

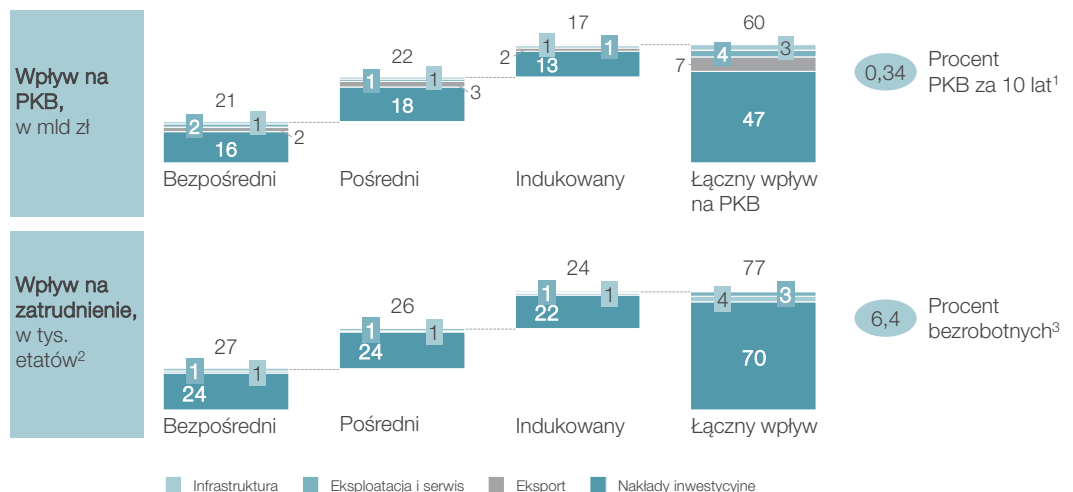
Niemal 47 mld zł może zostać wygenerowane przez całokształt działalności związanej z przygotowaniem oraz realizacją inwestycji. Pozostałe 13 mld zł może wynikać z dodatkowego eksportu zrealizowanego przez zlokalizowane w Polsce przedsiębiorstwa z łańcucha wartości morskiej energetyki wiatrowej, działalności operacyjnej i utrzymaniowej morskich farm wiatrowych oraz inwestycje w infrastrukturę elektroenergetyczną na lądzie.

Rozwój morskiej energetyki wiatrowej w Polsce może zapewnić średniorocznie 77 tys. miejsc pracy w okresie konstrukcyjnym – do roku 2030⁵⁵. 27 tys. miejsc pracy może zostać stworzonych bezpośrednio przy rozwoju i eksploatacji morskich farm wiatrowych (efekt bezpośredni). Łącznie aż 70 tys. miejsc pracy (zarówno bezpośrednich, jak i pośrednich oraz indukowanych) może pojawić się przy przygotowaniu i konstrukcji 6 GW mocy morskich farm wiatrowych. Pozostałe miejsca pracy mogą zostać stworzone w obszarze eksploatacji i utrzymania morskich farm wiatrowych.

Rysunek 14

Rozwój morskiej energetyki w Polsce może wyrzucić znaczący wpływ na gospodarkę – ponad 60 mld zł dodatkowego PKB i 77 tys. miejsc pracy do roku 2030

Wpływ na gospodarkę do roku 2030 generowany przez farmy wiatrowe o mocy 6 GW



1 W porównaniu do PKB w 2015

2 Średnio

3 1,2 mln bezrobotnych w I kw. 2016

ŹRÓDŁO: GUS; McKinsey

Większość wartości dodatkowego PKB może zostać wygenerowana w trzech obszarach łańcucha wartości – budowie elementów wirnika (przede wszystkim łopat), budowie fundamentów oraz w związku z instalacją konstrukcji. W przypadku zatrudnienia dodatkowe kluczowe obszary to również budowa wież oraz morskich stacji transformatorowych.

Rzeczywisty koszt technologii

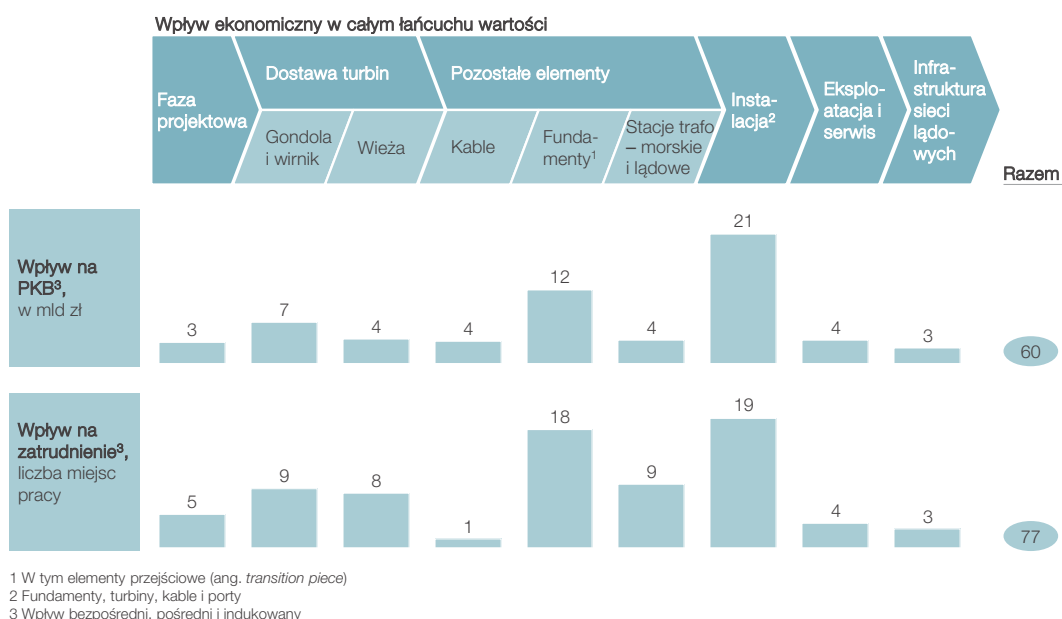
Optymalność morskiej energetyki wiatrowej, podobnie jak innych odnawialnych źródeł energii, zależy od poziomu wsparcia. Porównanie poziomu wsparcia z wpływem na PKB pozwala zrozumieć zwrot z inwestycji dla społeczeństwa. Poziom wsparcia do roku 2050⁵⁶ (kiedy po 20 latach wyłączona zostanie ostatnia morska farma wiatrowa wybudowana do roku 2030) po sprowadzeniu do wartości bieżącej⁵⁷ to 42 mld zł⁵⁸. Zdyskontowana wartość wpływu na PKB w tym samym okresie to 52 mld zł, o 23% więcej niż wartość dotacji.

Przeanalizowany został również hipotetyczny koszt netto morskiej energetyki wiatrowej w przeliczeniu na 1 MWh wyprodukowanej energii. Średni koszt wyprodukowania energii elektrycznej z morskich farm wiatrowych w Polsce według naszych prognoz wynosić będzie 96 euro/MWh (średnia dla elektrowni wybudowanych do roku 2030, przy założeniu sukcesywnego spadku kosztów, wynikającego z rozwoju technologii, wzrostu skali, konkurencyjności oraz poprawy operacyjnej), nieznacznie poniżej celu 100 euro/MWh, który inwestorzy z Wielkiej Brytanii chcą osiągnąć już dla projektów z decyzją inwestycyjną w 2020 roku.

Aby inwestycja w farmę wiatrową była korzystna dla inwestora i aby zdecydował się on ją zrealizować, poziom wsparcia powinien pokryć różnicę pomiędzy rynkową ceną energii elektrycznej a kosztem wytworzenia tej energii. W związku z tym można przyjąć, że 96 euro/MWh to uśredniona cena energii (zawierająca koszt wsparcia), a więc na koniec koszt dla polskiego obywatela. Jednak jeśli w podobny sposób policzony zostanie wpływ na PKB rozłożony na MWh⁵⁹, wówczas okazuje się, że faktyczny koszt to jedynie 39 euro/MWh (patrz Rysunek 17).

Rysunek 15

Instalacja farm wiatrowych i produkcja fundamentów to dwa główne elementy łańcucha dostaw, decydujące o wpływie MEW na gospodarkę



Wpływy z podatków

Powstanie morskich farm wiatrowych może przynieść nawet 15 mld zł wpływów z podatków do roku 2030. W większości mogą być to wpływy z VAT oraz CIT związane z transakcjami i działalnością przedsiębiorstw z łańcucha wartości zlokalizowanych w Polsce. Ponadto niemal 2 mld zł może zasilić budżet państwa z tytułu podatku PIT oraz opłaty lokalizacyjnej. Łączne wpływy stanowiąc mogą niecały 1 procent łącznych 10-letnich wpływów budżetowych⁶⁰.

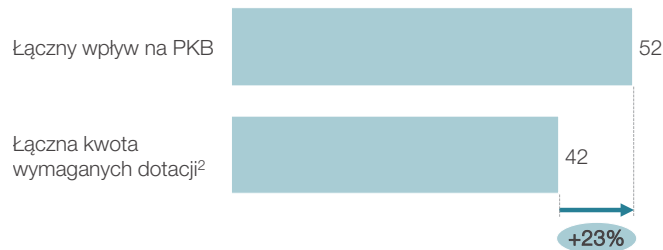
Korzyści lokalne

Oprócz korzyści związanych z reindustrializacją, zwiększonymi wpływami z podatków do budżetu państwa i zatrudnieniem wzdłuż całego łańcucha dostaw województwa nadmorskie mają szansę na przyciągnięcie przemysłu i inwestycji związanych z morską energetyką wiatrową, a tym samym zmniejszenie bezrobocia. Bezpośredni wpływ na PKB województw

Rysunek 16

Łączny wpływ morskiej energetyki wiatrowej na PKB Polski jest o 23% wyższy niż łączne dotacje

W mld zł (według wartości bieżącej¹), do roku 2050

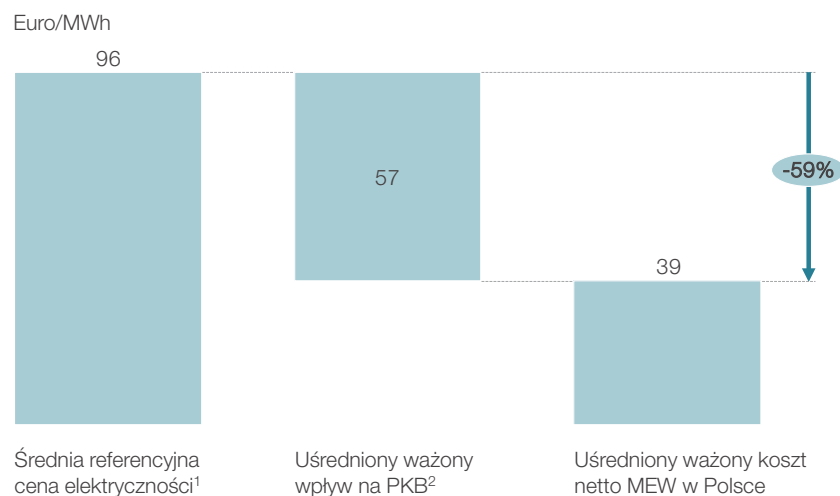


¹ Wpływ w latach 2017-2050 (koniec okresu użyteczności zainstalowanych 6 GW) dyskontowany stopą 4% (na podstawie średniego oprocentowania 10-letnich polskich obligacji w złotych w latach 2012-2015)

² Na podstawie kontraktów CfD, z ceną wahającą się od 31 do 45 euro/MWh po roku 2020
ŹRÓDŁO: McKinsey Power Model

Rysunek 17

Koszt netto MEW dla Polski jest o 60% niższy niż średnia referencyjna cena energii, z uwagi na uśredniony wpływ na PKB i gospodarkę kraju



¹ Przeciętne LCOE dla 6 GW w Polsce, ważone zakładaną ilością energii produkowanej w okresie użytkowania (2019-2050)

² Wpływ 6 GW z MEW na PKB w Polsce w okresie użytkowania farm wiatrowych, dyskontowany stopą 4% (na podstawie średniego oprocentowania 10-letnich polskich obligacji w złotych w latach 2012-2015), podzielony przez dyskontowaną zakładaną ilość energii w MWh wyprodukowaną w okresie użytkowania (podobnie do obliczenia średniego ważonego LCOE)

ŹRÓDŁO: Global Insight; McKinsey

pomorskiego i zachodniopomorskiego łącznie do roku 2030 może przekroczyć 7 mld zł – około 0,5% skumulowanego 10-letniego PKB dla tych regionów⁶¹. Ponadto w województwach tych może powstać ponad 10 tysięcy miejsc pracy, co stanowi prawie 7% łącznej liczby bezrobotnych w tych województwach⁶².

Korzyści w łańcuchu wartości

Rozwój morskiej energetyki wiatrowej stanowić może renesans przemysłu stoczniowego, który ma szansę produkować statki wymagane do instalacji oraz obsługi farm, a także kluczowe elementy samych farm – wieże, turbiny oraz fundamenty.

Nieoczywistą korzyścią wynikającą z rozwoju morskiej energetyki wiatrowej w Polsce jest wpływ na przemysł ciężki oraz wydobywczy. Dwa główne surowce wykorzystywane do budowy morskich farm wiatrowych to stal (przede wszystkim do wież i fundamentów) oraz miedź (do kabli wewnętrznych oraz eksportowych).

Utrzymanie i eksploatacja morskiej farmy wiatrowej i redukcja bezrobocia

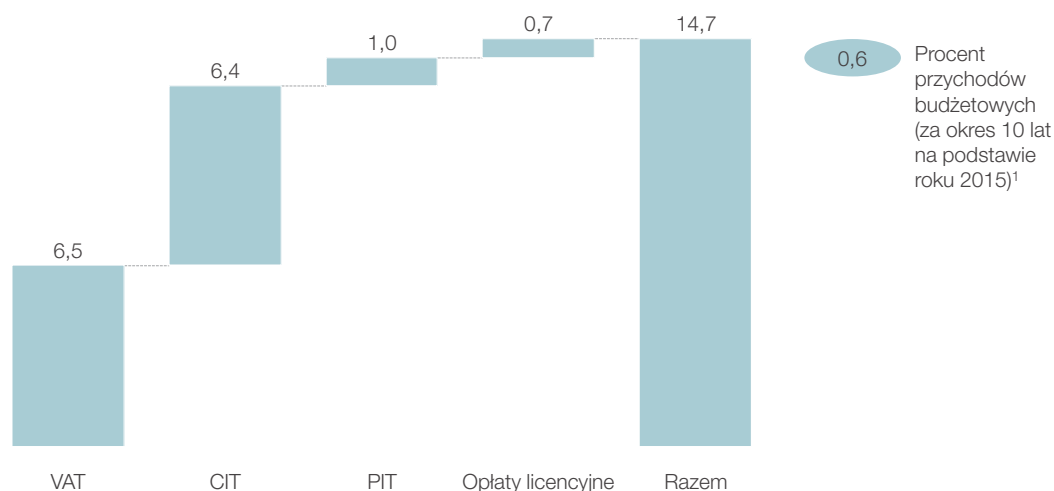
Zakłada się, że morskie farmy wiatrowe są eksploatowane przez około 20 lat. W tym okresie, zgodnie z naszymi analizami, serwisowaniem, monitorowaniem i naprawami morskich farm wiatrowych w Polsce o łącznej mocy 6 GW zajmować się może ponad 1200 osób⁶³. Dalszy tysiąc miejsc pracy powstać może w branżach obsługujących morskie farmy wiatrowe – usługach portowych, transporcie, serwisie okrętów.

Dla potencjalnych portów operacyjnych dla polskich morskich farm wiatrowych – Władysławowa, Ustki, Darłowa, Łeby i Kołobrzegu – oznaczałoby to szansę na znaczny spadek bezrobocia.

Rysunek 18

Rozwój morskiej energetyki w Polsce może przynieść 15 mld zł wpływu do budżetu w formie podatków i opłat

Wpływ na przychody budżetowe, w mld zł



¹ W porównaniu do 260 mld wpływów podatkowych za 2015 r.
ŹRÓDŁO: GUS; McKinsey

Rozwój morskich farm wiatrowych do roku 2030 w Polsce może stać się największym projektem stalochłonnym ostatnich lat. Może to zwiększyć popyt na produkty wielu polskich hut stali, w tym przede wszystkim Huty Częstochowa, w przeszłości produkującej blachę okrętową o specyfikacji zbliżonej do blachy wykorzystywanej na potrzeby produkcji wież do morskich turbin wiatrowych. Wzrost popytu może ożywić przemysł metalurgiczny w Częstochowie, będący niegdyś podstawą lokalnej gospodarki.

Na potrzeby kabli potrzebnych do wybudowania morskich farm wiatrowych o łącznej mocy 6 GW potrzebne będzie do roku 2030 niecałe 30 tysięcy ton zwojów miedzianych, wartych od 0,5 do 1 mld zł⁶⁴.

Innowacyjność

Morska energetyka wiatrowa to wciąż stosunkowo nowa technologia, której rozwój dopiero nabiera tempa⁶⁵. Ponieważ kluczem do długoterminowego sukcesu jest redukcja kosztów, można zaobserwować coraz większe nastawienie na innowacyjność. Polska, ze swoimi ośrodkami naukowymi na Wybrzeżu, może również na tym skorzystać, a nawet stać się jednym z liderów obszaru badań i rozwoju w branży. Nie tylko podniesie to poziom innowacyjności, ale także może zwiększyć siłę polskich przedsiębiorstw w łańcuchu wartości.

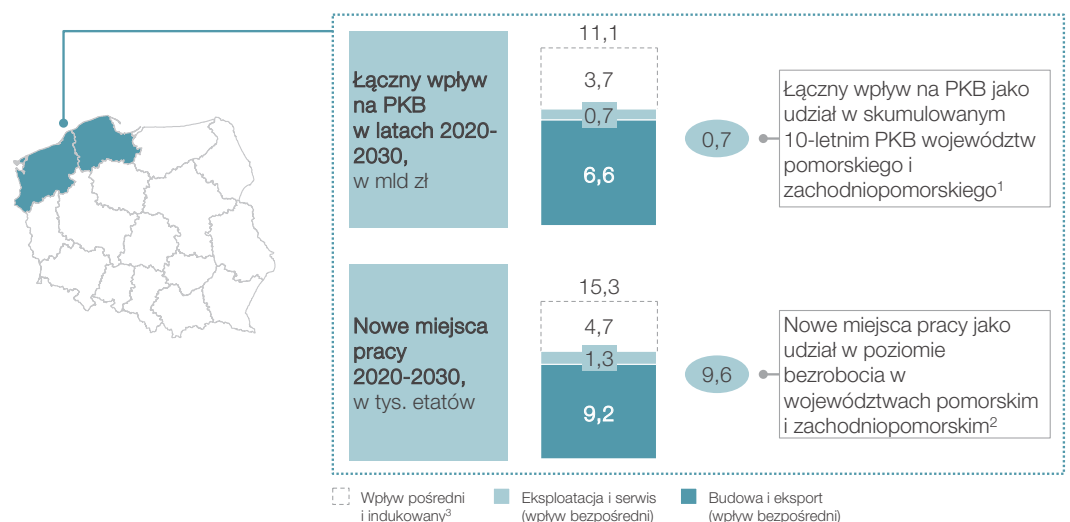
Wykorzystanie szansy – rozwój łańcucha dostaw

Aby sektor morskiej energetyki wiatrowej wywarł znaczący wpływ na polską gospodarkę, przedsiębiorstwa zlokalizowane w kraju muszą grać pierwsze skrzypce w łańcuchu dostaw.

Kluczem do tego jest zdobywanie doświadczenia przez polskie firmy. Pozwoli to osiągnąć ugruntowaną pozycję na rynku morskiej energetyki wiatrowej i ekspansję na rynku europejskim. Liczba planowanych farm na terenie Niemiec czy też Wielkiej Brytanii⁶⁶ stwarza duży potencjał dla polskich firm planujących rozpoczęcie działalności w sektorze.

Rysunek 19

Wpływ gospodarczy MEW w województwach pomorskim i zachodniopomorskim w latach 2020-2030 – ponad 11 mld PKB i ponad 15 tys. miejsc pracy



¹ Na podstawie najnowszych dostępnych danych GUS o PKB w województwach (2014)

² Na podstawie danych GUS za I kw. 2016

³ Udział wpływu pośredniego i indukowanego, oszacowany na podstawie udziału w PKB kraju województw pomorskiego (5,7%) i zachodniopomorskiego (3,7%).

ŹRÓDŁO: GUS; McKinsey

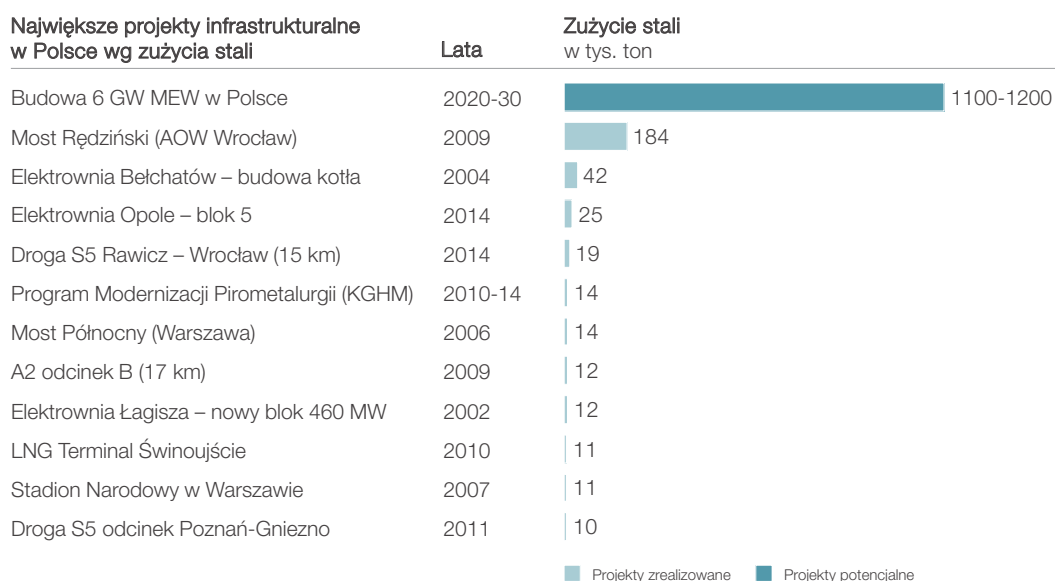
Dodatkowo udział w rynku morskiej energetyki wiatrowej już teraz pozwoli polskim firmom kreować trend redukcji kosztów. Tym samym będą oni mogli konkurować z zagranicznymi dostawcami w momencie, gdy będzie zapadać decyzja o kontraktach na dostawców dla polskich farm wiatrowych.

Przykład – duńska agencja eksportowa (EKF)

W Danii EKF (duńska agencja ubezpieczeń kredytów eksportowych) jest zaangażowana we wspieranie rozwoju morskich farm wiatrowych. Jej portfolio w roku 2014 składało się w 1/3 z projektów związanych z morską energetyką wiatrową. Co więcej, zaangażowana była w rozwój farm na terenie Niemiec, Danii i Belgii.

Rysunek 20

Rozwój morskiej energetyki wiatrowej mógłby stać się największym stalochłonnym przedsięwzięciem ostatnich 25 lat



ŹRÓDŁO: Mostostal; Rafako; GDKKIA; ISD Huta Częstochowa; Ministerstwo Infrastruktury; Bifinger Mars Offshore, prasa; wywiady z ekspertami; McKinsey

Podsumowanie

Morska energetyka wiatrowa to szybko rozwijająca się technologia produkcji energii, która kreuje w Europie dziesiątki tysięcy miejsc pracy. Jest to technologia o stabilniejszym profilu produkcji energii od innych źródeł niskoemisyjnych. Prognozy wskazują na kilkukrotne zwiększenie mocy zainstalowanych w Europie do roku 2030.

Rozwój w Polsce 6 GW mocy w tej technologii wiązać się będzie z 70 mld zł inwestycji. Taka skala inwestycji pozwoli na zbudowanie w Polsce łańcucha dostaw poprzez rozwój przedsiębiorstw rodzimych oraz lokalizację zakładów międzynarodowych przedsiębiorstw obecnych w branży.

Rozwój morskiej energetyki wiatrowej do roku 2030 wygenerować może 60 mld zł dodatkowego PKB, 77 tysięcy miejsc pracy oraz 15 mld zł przychodów do budżetu państwa. Może to przynieść korzyści nie tylko obszarom nadmorskim, ale również, z uwagi na rozwinięty łańcuch dostaw, przedsiębiorstwom z całego kraju. Morska energetyka wiatrowa w Polsce może wpłynąć na rozwój i odbudowę przemysłu stoczniowego i stalowego oraz stać się jednym z motorów rozwoju gospodarczego po roku 2020, gdy zakończy się obecna perspektywa finansowa Unii Europejskiej.

Przy uwzględnieniu potencjalnych korzyści gospodarczych koszt morskiej energetyki wiatrowej będzie dla polskiego społeczeństwa znacznie niższy niż rozumiany według tradycyjnych wskaźników. Ponadto rozwój sektora może stać się impulsem do rozwoju lokalnego potencjału innowacyjności, ponieważ technologia ta wymaga innowacji.

Realizacja tego potencjału wymaga sprostania wielu wyzwaniom, jednak kompleksowa strategia rozwoju sektora morskiej energetyki wiatrowej oraz bliska współpraca pomiędzy kluczowymi interesariuszami może sprawić, że Polska stanie się jednym z liderów morskiej energetyki wiatrowej w Europie.

Autorzy raportu



Marcin Purta, partner, McKinsey & Company

Lider Działu Energetyki oraz Gazu Ziemnego w Europie Środkowo-Wschodniej. Doradza głównie klientom z sektora energetycznego oraz z branży logistycznej. Ekspert w zakresie kreowania i wdrażania strategii, transformacji przedsiębiorstw, w szczególności w obszarze dystrybucji energii elektrycznej i gazu. Jest jednym z autorów raportu „Ocena potencjału redukcji gazów cieplarnianych w Polsce do 2030 r.”. Absolwent SGH oraz programu MBA na INSEAD.



Tomasz Marciniak, partner lokalny, McKinsey & Company

Doradza klientom z sektora energetycznego, surowcowego oraz private equity w Polsce, Europie, Afryce i Azji. Lider Działu Energetyki i Gazu Ziemnego w Europie Środkowo-Wschodniej. Ekspert w dziedzinie tworzenia strategii, transformacji operacyjnej oraz fuzji i przejęć. W latach 2005-2006 pracował w banku J.P. Morgan w Londynie. Absolwent Uniwersytetu Łódzkiego; ukończył programy z zakresu ekonomii i finansów w LSE oraz Uniwersytecie Pompeu Fabry w Barcelonie.



Kacper Rozenbaum, konsultant, McKinsey & Company

Wspiera głównie klientów z sektora energetycznego, surowcowego oraz naftowego w Polsce, Europie i Australii. Doradza w dziedzinie strategii, efektywności inwestycyjnej, transformacji operacyjnej oraz restrukturyzacji. Absolwent Wydziału Prawa i Administracji Uniwersytetu Warszawskiego. Studiował również na Uniwersytecie Lizbońskim.

Przypisy końcowe

1. „The European offshore wind industry – key trends and statistics 1st half 2016”, WindEurope
2. „The European offshore wind industry – key trends and statistics 1st half 2016”, WindEurope
3. Informacje statystyczne o energii elektrycznej, ARE, czerwiec 2016
4. „The European offshore wind industry – key trends and statistics 1st half 2016”, WindEurope
5. Analiza McKinsey na podstawie danych z bazy 4C Offshore
6. EWEA, <http://www.ewea.org/policy-issues/offshore/>
7. „Offshore Wind Industrial Strategy. Business and Government Action”, HM Government, 2013; „Port of Cuxhaven Forging Ahead with Offshore Wind”, <http://www.offshorerewind.biz/2014/12/19/port-of-cuxhaven-forging-ahead-with-offshore-wind/> (data dostępu: 30.08.2015); „Offshore Wind Report Bremerhaven”, BIS, 2012; „Boomtown Bremerhaven: The Offshore Wind Industry Success Story”, <http://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-12/issue-1/wind-power/boomtown-bremerhaven-the-offshore-wind-industry-success-story.html>
8. Np. „MHI Vestas Offshore Wind to serial produce blades on the Isle of Wight, UK”, <http://www.mhivestasoffshore.com/mhi-vestas-offshore-wind-to-serial-produce-blades-on-the-isle-of-wight-uk/>, (data dostępu: 30.09.2015); „Siemens to build wind power plant in Cuxhaven, Germany” [http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/pressrelease/2015/windpower-renewables/pr2015080298wpen.htm&content\[\]=WP](http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/pressrelease/2015/windpower-renewables/pr2015080298wpen.htm&content[]=WP), (data dostępu: 30.09.2015); „Siemens to build major offshore wind manufacturing site in the UK”, https://www.siemens.co.uk/en/news_press/index/news_archive/2014/major-uk-offshore-wind-manufacturing-site-to-be-built-by-siemens.htm
9. „The European offshore wind industry – key trends and statistics 1st half 2016”, WindEurope
10. Analiza McKinsey na podstawie danych z bazy 4C Offshore
11. W cenach z 2014 roku
12. Analiza McKinsey na podstawie danych z bazy Enerdata
13. Analiza McKinsey na podstawie danych z bazy Enerdata
14. Analiza McKinsey na podstawie danych z bazy 4C Offshore
15. Prognoza McKinsey
16. „Europe’s onshore and offshore wind energy potential. An assessment of environmental and economic constraints”, European Environment Agency, 2009
17. Analiza McKinsey na podstawie danych z bazy 4C Offshore
18. Analiza McKinsey na podstawie danych z bazy Enerdata
19. Analiza McKinsey na podstawie danych z bazy Enerdata
20. Analiza McKinsey na podstawie danych z bazy Enerdata
21. Analiza McKinsey na podstawie danych z bazy 4C Offshore; Powervision
22. „Wind energy scenarios for 2020”, EWEA, 2014
23. The Power to Change: Solar and Wind cost reduction potential to 2025, international Renewable Energy Agency, June 2016; średni kurs w 2015 na podstawie The Economist Intelligence Unit 2016

24. LCOE (*levelized cost of energy*) – łączny zdyskontowany koszt wytworzenia (nakłady inwestycyjne, koszty operacyjne, koszty wycofania z eksploatacji) podzielony przez łączną zdyskontowaną wyprodukowaną energię elektryczną w MWh. Uwzględnia zwrot na zainwestowanym kapitale na poziomie stopy dyskontowej
25. W modelu brytyjskim, w którym to inwestor odpowiada za przyłączenie morskiej farmy wiatrowej do sieci elektroenergetycznej
26. Na podstawie analizy budowy 8 farm wiatrowych oddanych do użytku w latach 2014-2015
27. „Cost Reduction Monitoring Framework. Summary Report to the Offshore Wind Programme Board”, The Offshore Renewable Energy Catapult, 2015
28. Dong Energy in offshore wind cost breakthrough, The Financial Times, 05.07.2016
29. Dla farmy wiatrowej budowanej w systemie brytyjskim, w którym inwestor odpowiada za morskie przyłącze. Za: „A Guide to an Offshore Wind Farm”, The Crown Estate
30. „A Guide to an Offshore Wind Farm”, The Crown Estate
31. „A Guide to an Offshore Wind Farm”, The Crown Estate
32. „A Guide to an Offshore Wind Farm”, The Crown Estate
33. „A Guide to an Offshore Wind Farm”, The Crown Estate
34. „A Guide to an Offshore Wind Farm”, The Crown Estate
35. „The European offshore wind industry – key trends and statistics 1st half 2016”, WindEurope
36. Analiza McKinsey, na podstawie danych z bazy 4C Offshore
37. Analiza McKinsey, na podstawie danych z bazy 4C Offshore
38. Analiza McKinsey, na podstawie danych z bazy 4C Offshore
39. Analiza McKinsey, na podstawie danych z bazy 4C Offshore
40. Formuła EPC (engineering, procurement, construction) obejmuje projektowanie, dostawę i budowę „pod klucz”
41. „Offshore wind: Operations and Maintenance opportunities in Scotland”, Scottish Enterprise and The Crown Estate
42. Na podstawie analizy 10 farm o mocy pomiędzy 300 a 600 MW
43. J.w.
44. Na podstawie analizy budowy 8 farm wiatrowych oddanych do użytku w latach 2014-2015
45. Na podstawie analizy McKinsey wszystkich europejskich transakcji sprzedaży oraz nabycia udziałów w morskich farmach wiatrowych w latach 2010-2015, na podstawie bazy Dealogic
46. „Raport Roczny 2014”, Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.
47. „Plan rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2016-2025”, Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.
48. „Model optymalnego miks energetycznego dla Polski do roku 2060”, Kancelaria Prezesa Rady Ministrów
49. J.w.
50. Czyżewski A., Grzelak A., „Możliwości wykorzystania statystyki bilansów przepływów międzygałęziowych dla makroekonomicznych ocen w gospodarce”, Przegląd Statystyczny 1/2012

51. Tabele przepływów międzygałęziowych opublikowane w roku 2010: <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rachunki-narodowe/roczne-rachunki-narodowe/bilans-przeplywo-w-miedzygaleziowych-w-biezacych-cenach-bazowych-w-2010-r-,7,2.html>
52. „The European offshore wind industry – key trends and statistics 1st half 2016”, WindEurope
53. Wynika to zarówno z trajektorii redukcji kosztów, jak i umacniania się złotówki (wykorzystana została długoterminowa prognoza IHS Global Insight)
54. Wewnętrzna analiza spółki Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.
55. Liczonych jako ekwiwalenty pełnych etatów – FTE (ang. *full time equivalent*)
56. Założony mechanizm wsparcia dla morskiej energetyki wiatrowej to kontrakty różnicowe (ang. *contract for difference*) z okresem wsparcia określonym na 15 lat. Mechanizm ten działa w ten sposób, że wytwórca energii sprzedaje energię po normalnej cenie rynkowej. Jeśli cena ta jest niższa niż cena uzgodniona w kontrakcie (tzw. cena realizacji, ang. *Strike Price*) to płatnik dopłaca różnicę. Jeśli cena na rynku jest wyższa niż cena realizacji, wytwórca zwraca różnicę płatnikowi.
57. Przy zastosowaniu stopy dyskontowej 4% (na podstawie średniego oprocentowania 10-letnich polskich obligacji w zł w latach 2012-2015)
58. Przy założeniu systemu wsparcia *contract for difference*
59. Wpływ 6 GW z morskiej energetyki wiatrowej na PKB w Polsce w okresie użytkowania farm wiatrowych, dyskontowany stopą 4% (na podstawie średniego oprocentowania 10-letnich polskich obligacji w zł w latach 2012-2015), podzielony przez dyskontowaną zakładaną ilość energii w MWh wyprodukowaną w okresie użytkowania (podobnie do obliczenia średniego ważonego LCOE)
60. Na podstawie wpływów budżetowych w 2015 roku
61. Wstępne szacunki produkt krajowy brutto według województw w 2014 roku, GUS, styczeń 2016
62. Na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego za 1 kw. 2016 roku
63. Analiza McKinsey na podstawie zatrudnienia przy utrzymaniu i eksploatacji 13 morskich farm wiatrowych w Wielkiej Brytanii oraz i Danii oraz publikacji The Crown Estate oraz i Norwegian University of Life Sciences (UMB) wskazuje, że średnio na 1 MW zainstalowanej mocy przypada 0,2 etatu do obsługi farmy
64. Analiza McKinsey na podstawie wywiadów z dostawcami. Wartość zależna od cen miedzi. Podany zakres dla maksimum i minimum cen miedzi w okresie 2010-2015 (LME)
65. W roku 2015 oddano do użytku więcej mocy morskich elektrowni wiatrowych w Europie niż w jakimkolwiek innym roku. Farmy wiatrowe oddane do użytku w 2014 i 2015 roku stanowią niemal 40% łącznych zainstalowanych w Europie mocy
66. „UK offshore wind. Energy and infrastructure key facts 2015-16”, The Crown Estate; Analiza McKinsey na podstawie danych z bazy 4C Offshore

