



INSTYTUT JAGIELLOŃSKI

**DIAGNOZA OBECNEJ SYTUACJI I POTENCJAŁU  
KRAJOWEGO ŁAŃCUCHA DOSTAW  
DLA LĄDOWEJ ENERGETYKI WIATROWEJ W POLSCE**  
ORAZ REKOMENDACJE NA RZECZ OPTYMALIZACJI  
JEGO ROZWOJU

MACIEJ MIERZWIŃSKI  
KRZYSZTOF TOMASZEWSKI  
KAMIL MOSKWIK  
JAROSŁAW ŁASIŃSKI  
ADAM KOWALSKI  
EWA MAŁEK-LASKA

**DIAGNOZA OBECNEJ SYTUACJI I POTENCJAŁU  
KRAJOWEGO ŁAŃCUCHA DOŚTAW  
DLA LĄDOWEJ ENERGETYKI WIATROWEJ W POLSCE  
ORAZ REKOMENDACJE NA RZECZ OPTYMALIZACJI  
JEGO ROZWOJU**

MACIEJ MIERZWIŃSKI  
KRZYSZTOF TOMASZEWSKI  
KAMIL MOSKWIK  
JAROSŁAW ŁASIŃSKI  
ADAM KOWALSKI  
EWA MAŁEK-LASKA

©Copyright by Instytut Jagielloński  
Warszawa, listopad 2021



**Instytut Jagielloński**  
ul. Marszałkowska 84/92 lok. 115  
00-514 Warszawa

jagiellonski.pl  
instytut@jagiellonski.pl

PROJEKT I PRODUKCJA:  
**PIOTR PERZYNA**

 **NOWEMEDIA24.PL**

PARTNER RAPORTU



**DIAGNOZA OBECNEJ SYTUACJI I POTENCJAŁU  
KRAJOWEGO ŁAŃCUCHA DOSTAW  
DLA LĄDOWEJ ENERGETYKI WIATROWEJ W POLSCE**  
ORAZ REKOMENDACJE NA RZECZ OPTYMALIZACJI  
JEGO ROZWOJU

MACIEJ MIERZWIŃSKI  
KRZYSZTOF TOMASZEWSKI  
KAMIL MOSKWIK  
JAROSŁAW ŁASIŃSKI  
ADAM KOWALSKI  
EWA MAŁEK-LASKA

WARSZAWA, LISTOPAD 2021

 **INSTYTUT  
JAGIELLOŃSKI**

# Spis treści

Spis treści	4
Słownik skrótów i wyrażeń	8
<b>1 Główne wnioski</b>	<b>9</b>
<b>2 Wprowadzenie</b>	<b>11</b>
2.1 Dekarbonizacja oraz Europejski Zielony Ład	11
2.2 Korzyści rozwoju lądowych farm wiatrowych w kontekście społeczno-gospodarczym	13
<b>3 Metodyka raportu</b>	<b>16</b>
<b>4 Przegląd uwarunkowań i scenariuszy rozwoju energetyki w Polsce</b>	<b>17</b>
4.1 Rozwój energetyki wiatrowej z punktu widzenia systemu elektroenergetycznego	17
4.2 Koszt LCOE oraz jednostkowe nakłady inwestycyjne w przypadku lądowej energetyki wiatrowej	20
4.3 Scenariusze rozwoju lądowych farm wiatrowych	23
4.4 Wartość przepływów pieniężnych związanych z inwestycjami w lądową energetykę wiatrową w Polsce	26
<b>5 Charakterystyka zapotrzebowania na produkty, materiały i usługi wykorzystane w toku budowy i eksploatacji lądowych farm wiatrowych</b>	<b>27</b>
5.1 Opis poszczególnych elementów łańcucha dostaw	27
5.2 Struktura kosztów budowy i eksploatacji farmy wiatrowej	27
5.3 Rozwój technologiczny	29
5.4 Wartość popytu na produkty i usługi związane z budową lądowych farm wiatrowych	30
5.5 Materiały do produkcji	31
<b>6 Kwantyfikacja rynku i zapotrzebowania na poszczególne komponenty i usługi. Analiza popytu na krajowym rynku, kreującego rozwój lokalnych dostawców</b>	<b>33</b>
6.1 Faza przygotowawcza	33
6.2 Instalacja turbiny	33
6.3 Faza budowy i podłączenia elektrycznego	34
6.4 Faza eksploatacji, serwisu i likwidacji (albo repowering)	35
6.5 Podsumowanie popytu	36
<b>7 Analiza i oszacowanie udziału wkładu krajowego w polskie projekty lądowych farm</b>	

<b>wiatrowych</b>	<b>37</b>	
7.1	Diagnoza stanu obecnego krajowego łańcucha dostaw	37
7.2	Studium wybranych projektów	41
7.2.1	Rozwój polskiego łańcucha dostaw dla energetyki wiatrowej na przykładzie doświadczenia przedsiębiorstwa Sevivon	41
7.2.2	Rozwój łańcucha dostaw branży wiatrowej w Polsce – studium przypadku współpracy Vestas z ConverterTec	42
<b>8</b>	<b>Określenie potencjału, poziomu i struktury zatrudnienia (bezpośrednich miejsc pracy) w krajowym sektorze łańcucha dostaw dla lądowych farm wiatrowych</b>	<b>45</b>
8.1	Zatrudnienie w łańcuchu dostaw	45
8.2	Dekarbonizacja łańcucha dostaw	49
8.3	Analiza inwestycji w lądowe farmy wiatrowe w kontekście Krajowego Planu Odbudowy oraz innych programów Unii Europejskiej, możliwości i źródeł finansowania rozwoju krajowego łańcucha dostaw	51
8.3.1	Krajowy Plan Odbudowy (KPO)	51
8.3.2	Europejski Zielony Ład, czyli Green Deal	52
8.3.3	Program „Nowe technologie w zakresie energii”	54
8.3.4	Perspektywa 2021-2027, programy krajowe	55
8.3.5	Perspektywa 2021-2027, programy zarządzane przez organy UE	56
8.3.5.1	Horyzont Europa 2021-2022	56
8.3.5.2	CINEA – Wind Energy	56
8.4	Możliwy wpływ obecnego scenariusza rozwoju morskich farm wiatrowych wynikającego ze strategii energetycznej na rozwój łańcucha dostaw dla lądowej energetyki wiatrowej	57
<b>9</b>	<b>Makroekonomiczne efekty rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce – szacowany wpływ na PKB oraz zatrudnienie na bazie aktualizacji istniejących modeli rynkowych</b>	<b>61</b>
<b>10</b>	<b>Wyzwania i rekomendacje</b>	<b>65</b>
	<b>Spis tabel</b>	<b>69</b>
	<b>Spis rysunków</b>	<b>71</b>



**50-97**  
**tysięcy**

Nowe  
miejsca  
pracy



**80**  
**mld zł**

Portfel  
zamówień  
na produkty  
i usługi  
w łańcuchu  
dostaw



**70-133**  
**mld zł**

Całkowity,  
szacunkowy  
i skumulowa-  
ny  
przyrost PKB



**490-935**  
**mln zł**

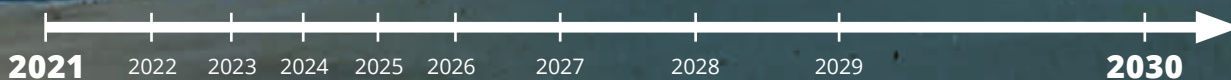
Dodatkowe  
wpływy  
do samorzą-  
dów z tytułu  
podatku od  
nierucho-  
-mości

# POTENCJAŁ ROZWOJU FARM WIATROWYCH NA LĄDZIE DO 2030 R. (w zależności od scenariusza)



# LOCAL CONTENT

W ŁAŃCUCHU  
DOSTAW DLA  
LĄDOWYCH  
FARM  
WIATROWYCH  
DO 2030 R.



**55-60%**  
obecny wykorzystywany  
potencjał dostawców

**70-75%**  
pełny potencjał  
łańcucha dostaw

## Słownik skrótów i wyrażeń

<b>ARE</b>	Agencja Rynku Energii S.A.
<b>Capex</b>	wydatki inwestycyjne na rozwój produktu lub wdrożenie systemu – jednak tylko w tej części, w której kapitał przeznaczony jest na podtrzymanie dotychczasowej zdolności przedsiębiorstwa do generowania przychodu (ang. capital expenditures)
<b>CNC</b>	komputerowe sterowanie urządzeń numerycznych (ang. computerized numerical control)
<b>EC</b>	elektrociepłownia / elektrociepłownie
<b>EENS</b>	oczekiwany wolumen energii niedostarczonej w wyniku deficytów mocy w rozpatrywanym okresie (ang. Expected Energy Not Supplied)
<b>EL</b>	elektrownia / elektrownie
<b>EZŁ</b>	Europejski Zielony Ład (European Green Deal)
<b>GW</b>	gigawat
<b>GWh</b>	gigawatogodzina
<b>IJ</b>	Instytut Jagielloński
<b>IRENA</b>	Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej (ang. the International Renewable Energy Agency)
<b>JWCD</b>	jednostka wytwórcza centralnie dysponowana
<b>KE</b>	Komisja Europejska
<b>KSE</b>	Krajowy System Elektroenergetyczny
<b>LCA</b>	ocena cyklu życia (ang. the life cycle assessment)
<b>LCOE</b>	średni zdyskontowany koszt wytwarzania energii elektrycznej dla danej technologii obliczony dla całości okresu ekonomicznego użytkowania tej technologii, z uwzględnieniem kosztów inwestycyjnych (capex) oraz operacyjnych (opex). Koszt LCOE umożliwia porównanie pomiędzy różnymi technologiami (np. wiatr onshore, wiatr offshore, fotowoltaika, gaz, atom) (ang. levelised cost of electricity)
<b>LFW</b>	lądowe farmy wiatrowe
<b>Local content</b>	wykorzystywanie aktywów krajowych w celu wytwarzania danego produktu w miejscu jego przeznaczenia
<b>MFW</b>	morskie farmy wiatrowe
<b>MW</b>	megawat
<b>MWh</b>	megawatogodzina
<b>Offshore</b>	energetyka oparta o MFW
<b>Onshore</b>	energetyka oparta o LFW
<b>OZE</b>	odnawialne źródła energii
<b>PEP2040</b>	Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku, załącznik do uchwały nr 22/2021 Rady Ministrów z dnia 2 lutego 2021 r.
<b>PRSP2030</b>	Plan rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2021-2030, Polskie Sieci Elektroenergetyczne, Konstancin-Jeziorna, 2020 r.
<b>PV</b>	fotowoltaika
<b>SCADA</b>	System monitoringu i nadzoru (ang. Supervisory Control And Data Acquisition)
<b>TOTEX</b>	całkowite wydatki inwestycyjne oraz koszty operacyjne niezbędne do zaplanowania, zaprojektowania, wybudowania, uruchomienia oraz obsługi, serwisu przez 25 lat oraz likwidacji
<b>TWh</b>	terawatogodzina
<b>UE</b>	Unia Europejska
<b>WB</b>	węgiel brunatny
<b>WK</b>	węgiel kamienny



# 1. Główne wnioski

Kluczowym wyzwaniem transformacji elektroenergetyki jest tzw. local content, co w istocie oznacza wypracowanie oraz wdrożenie rozwiązań pozwalających na zatrzymanie jak największej kwoty inwestycji w krajowej gospodarce, rozwój łańcucha dostaw i eksportu polskich firm, a także stworzenie nowych miejsc pracy.

Rozwój lądowych farm wiatrowych w Polsce ma olbrzymi wpływ na PKB, rynek pracy i sytuację zakładów produkcyjnych. Realizacja tego typu projektów zwiększy aktywność polskich firm działających w łańcuchu dostaw. Szacuje się, że może też przyczynić się do powstania od 51 do 97 tysięcy nowych miejsc pracy.

Potencjał wkładu krajowego w łańcuchu dostaw dla lądowych farm wiatrowych ocenia się obecnie na 55-60%, przy czym w ciągu najbliższych 10 lat możliwe jest osiągnięcie nawet 75%. Z uwagi na dynamiczny rozwój lądowej energetyki wiatrowej w Polsce przed rokiem 2016, na rynku krajowym działa wiele podmiotów, które dostarczają komponenty na potrzeby rynku onshore. Wykorzystanie całości potencjału, czyli 75% udziału local content, jest jednak w dużej mierze uzależnione od stabilnego rozwoju rynku i wsparcia nowych inwestycji w Polsce.

Dodatkowym czynnikiem pozytywnie wpływającym na możliwości zwiększenia udziału komponentu polskiego jest planowany rozwój i potencjalnie dostępne finansowanie morskiej energetyki wiatrowej (efekt synergii). Prognozy dotyczące morskiej energetyki wiatrowej z raportu PSEW i PTMEW, przygotowanego na przełomie 2020 i 2021 roku, wskazują obecny udział krajowych dostawców w łańcuchach dostaw na poziomie 20-25%. Rozwój morskiej energetyki wiatrowej w Polsce może wpłynąć na transformację i odbudowę przemysłu stoczniowego i stalowego oraz stać się jednym z motorów rozwoju gospodarczego po roku 2021, gdy napłyną do Polski środki z obecnej perspektywy finansowej Unii Europejskiej oraz Krajowego Planu Odbudowy.

W okresie przed oddaniem pierwszych farm morskich lądowa energetyka wiatrowa może dać impuls dla kluczowych sektorów polskiego przemysłu, w tym przemysłu stalowego, konstrukcyjnego, odlewniczego i wielu innych, do przygotowania na dużo wyższe tonaże i gabaryty tych konstrukcji. Zielone światło dla rozwoju lądowej energetyki to informacja dla krajowego przemysłu oraz branży usługowo-instalacyjnej, by rozpocząć inwestycje w infrastrukturę wytwórczą, nowe technologie, kadry, które pozwolą na rozwój łańcucha dostaw zarówno dla lądowej, jak i morskiej energetyki wiatrowej. Portfel zamówień na produkty i usługi w łańcuchu dostaw lądowych farm wiatrowych wyniesie nawet 80 mld PLN do 2030 r. Oznacza to możliwość wygenerowania średniego rocznego obrotu o wartości pomiędzy 6 a 9 miliardami złotych.

Uwzględniając potencjał obecny i rozwój polskich firm, przy możliwości osiągnięcia poziomów wkładu krajowego nawet do 75%, długoterminowy poziom nowych mocy na rok, wynoszący 1 GW, pozwoli na stabilny przyrost OZE, ale też na zrównoważony rozwój i utrzymanie potencjału łańcucha dostaw. W zależności od scenariusza analizy, wartość skumulowanych przepływów pieniężnych związanych z rozwojem mocy onshore w Polsce to 27,4-52,3 miliardów złotych. Przedział tej wartości to realistyczne poziomy obrotu polskich przedsiębiorstw (z uwzględnieniem ich obecnego i przyszłego potencjału) w łańcuchu dostaw. Jest on uzależniony od poziomu nowej mocy zainstalowanej oraz poziomu udziału polskich przedsiębiorstw w łańcuchu dostaw. Uwzględniając efekt mnożnikowy, wpływ rozwoju przedsiębiorstw, innowacyjności, rynku pracy – całkowity szacunkowy skumulowany przyrost PKB do roku 2030 – w zależności od przyjętego scenariusza rozwoju – to od 70 do 133 miliardów złotych.

Unijny budżet będzie się przyczyniać do realizacji wyznaczonych celów klimatycznych, a w jego ramach przeznaczono środki, uwzględniając cele: transformacji energetycznej, gospodarki o obiegu zamkniętym, dekarbonizacji procesów produkcyjnych i transportu oraz innowacje w wielu obszarach. W Polsce inwestycje w rozwój technologii wiatrowych to nie tylko realizacja wyzwania związanego ze zmianą klimatu i ochroną środowiska naturalnego, ale także wdrożenie innowacji w produkcji i możliwość ekspansji na rynki UE. Odpowiednie wykorzystanie środków pochodzących z UE, poprzez inwestycje w innowacyjną infrastrukturę produkcyjną dla OZE, w perspektywie długoterminowej przełoży się na rozwój gospodarczy, jakość życia, wysokiej jakości miejsca pracy.

By wykorzystać powyższe szanse dla polskiej gospodarki i rozwoju istniejącego potencjału, niezbędne jest uelastycznienie zasady 10H poprzez umożliwienie społecznościom lokalnym decydowania co do zgody lub jej braku na budowę elektrowni wiatrowych w bliższej odległości od budynków mieszkalnych.

Niezbędna jest również aktualizacja dokumentów strategicznych w kwestii planowanego udziału lądowej energetyki wiatrowej w miksie energetycznym, utrzymanie/stabilne systemy aukcyjne, rozwój rynku kontraktów PPA, zwiększenie integracji systemów, sprawny proces udzielania niezbędnych pozwoleń. Tak ogromna skala inwestycji w polskiej gospodarce potwierdza konieczność podpisania umowy sektorowej na wzór podpisanego 15 września 2021 r. Porozumienia sektorowego na rzecz rozwoju morskiej energetyki wiatrowej w Polsce.

## 2. Wprowadzenie

### 2.1 Dekarbonizacja oraz Europejski Zielony Ład

Jednym z głównych celów realizowanej od 1990 r. polityki energetyczno-klimatycznej UE jest redukcja emisji zanieczyszczeń do powietrza. Drogą do spełnienia celu redukcji emisji CO<sub>2</sub> jest dekarbonizacja, czyli odejście od wykorzystania węgla oraz węglowodorów kopalnych jako źródła energii.

Zaprezentowany przez KE w grudniu 2019 r. dokument pt. Europejski Zielony Ład (EZŁ) jest kolejną odsłoną polityki energetyczno-klimatycznej UE oraz nową strategią wzrostu. EZŁ ma na celu przekształcenie UE w sprawiedliwe i prosperujące społeczeństwo żyjące w nowoczesnej, zasobooszczędnej i konkurencyjnej gospodarce. Według wizji EZŁ, gospodarka UE w 2050 r. osiągnie zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych netto, a wzrost gospodarczy będzie oddzielony od wykorzystania zasobów naturalnych. Celem EZŁ jest również ochrona, zachowanie i poprawa kapitału naturalnego UE oraz ochrona zdrowia i dobrostanu obywateli przed zagrożeniami i negatywnymi skutkami związanymi ze środowiskiem.

Według EZŁ transformacja powinna przebiegać w sposób sprawiedliwy i inkluzyjny: na pierwszym miejscu należy stawiać ludzi i należy brać pod uwagę rozwój regionów, sektorów przemysłu i pracowników, którzy będą borykać się z trudnościami okresu dekarbonizacji.

W grudniu 2020 r. Rada Europejska potwierdziła wolę przeprowadzenia w UE zielonej transformacji. Liderzy zaaprobowali nowy wiążący cel zakładający ograniczenie do 2030 r. unijnych emisji netto gazów cieplarnianych o co najmniej 55% w porównaniu z poziomem z roku 1990 (ambitniejszy cel niż uzgodniona w 2014 r. redukcja emisji do 2030 r. o co najmniej 40%). Przywódcy UE zaapelowali do Rady i Parlamentu, by uwzględniły nowy cel w europejskim prawie klimatycznym, którego projekt przedstawiła Komisja w ramach zielonego Ładu.

Analiza KE z września 2020 roku<sup>1</sup> zarysowuje ścieżkę redukcji emisji CO<sub>2</sub> mającą na celu osiągnięcie wskaźnika 55% redukcji względem 1990 r. (rys. 1). Według analizy KE, cele dekarbonizacyjne w zakresie elektroenergetyki mogą wynieść od 53% do nawet 76% redukcji emisji względem roku 2015, aby osiągnąć cel główny.

Polska, jako kraj pozyskujący ok. 70-75% energii elektrycznej z paliw węglowych (węgiel brunatny i kamienny), stoi przed wyzwaniem rozwoju źródeł o znacząco niższej emisyjności CO<sub>2</sub> niż źródła węglowe (tj. wysokosprawne źródła gazowe CCGT) lub zeroemisyjnych (tj. wiatrowych na lądzie i morskich, fotowoltaicznych, opartych o biomasę pochodzącą ze źródeł zrównoważonych, a także atom lub tzw. zielony wodór).

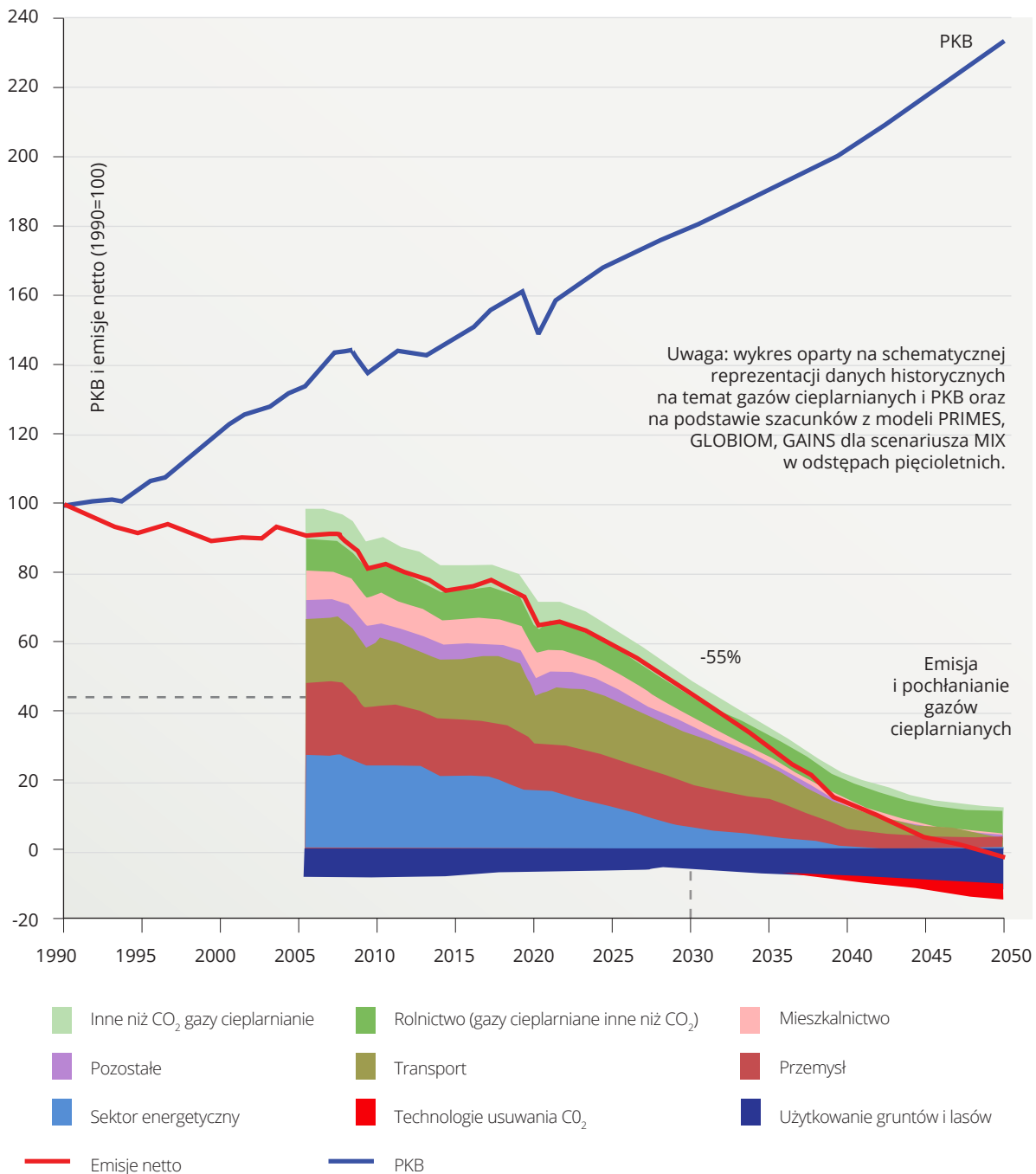
Na równi z dążeniami dekarbonizacyjnymi UE, konieczność transformacji KSE wynika także z czynników technicznych (zwłaszcza zaawansowanego wieku oraz niskiej sprawności infrastruktury wytwórczej opartej głównie na węglu), przekładających się na kwestie ekonomiczne (wysokie koszty wytwarzania energii z uwagi na wysokie ceny CO<sub>2</sub> oraz niską sprawność skutkującą wysoką emisyjnością).

Powyższe sprawia, że Polska gospodarka stoi przed widmem rosnących cen energii elektrycznej, co skutkować będzie pogorszeniem konkurencyjności krajowej gospodarki na arenie międzynarodowej.

1 [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu-climate-action/docs/impact\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu-climate-action/docs/impact_en.pdf).

Biorąc pod uwagę wskazane czynniki (regulacyjne - presja dekarbonizacyjna, techniczne oraz ekonomiczne), transformacja polskiej energetyki w kierunku nisko- i zeroemisyjnego wytwarzania energii elektrycznej po niższych niż obecnie kosztach jest nieunikniona.

**RYS. 1. TRAJEKTORIA REDUKCJI EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH W UE W CELU OSIĄGNIĘCIA WSKAŹNIKA 55% REDUKCJI WZGLĘDEM ROKU 1990**



Źródło: Zaadaptowano z przeglądarki danych EEA GHG, dane PKB z EUROSTAT oraz modele PRIMES, GLOBIOM, GAINS.

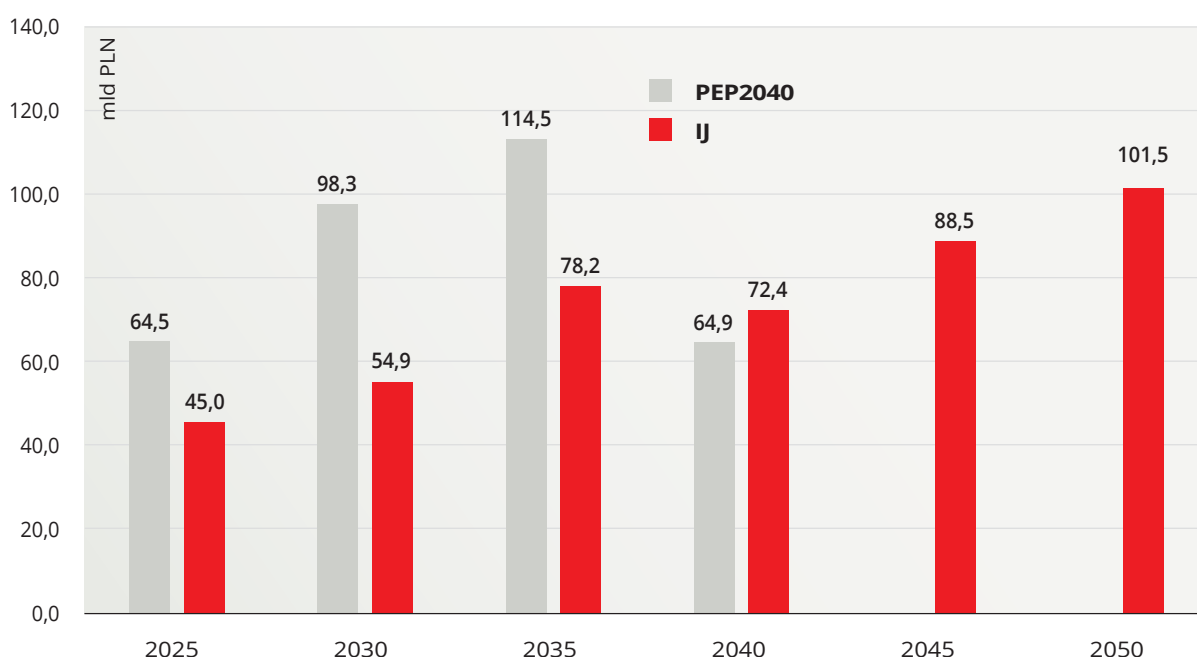
## 2.2 Korzyści rozwoju lądowych farm wiatrowych w kontekście społeczno-gospodarczym

Biorąc pod uwagę wieloaspektowe oddziaływania elektroenergetyki na gospodarkę, społeczeństwo oraz środowisko naturalne, należy spodziewać się, iż przebudowa polskiego miks wytwórczego energii elektrycznej przełoży się na:

- napływ inwestycji związanych z budową nowej infrastruktury wytwórczej, magazynowej oraz sieciowej,
- wzrost wolumenu energii elektrycznej z OZE oraz redukcję emisji pochodzących z sektora wytwarzania,
- presję na spadek cen energii elektrycznej na rynku hurtowym.

Według PEP2040, łączne nakłady inwestycyjne w okresie 2021-2040 związane z budową nowych źródeł wytwórczych to ok. 342,3 mld PLN do roku 2040 oraz ok. 162,8 mld PLN do roku 2030. Według analizy IJ, łączne nakłady inwestycyjne w okresie 2021-2050 związane z budową nowych źródeł wytwórczych to ok. 440,9 mld PLN (ok. 250,5 mld PLN do roku 2040 oraz ok. 99,9 mld PLN do roku 2030).<sup>2</sup>

**RYS. 2. PROGNOZOWANA KWOTA NAKŁADÓW ZWIĄZANYCH Z INWESTYCJAMI W NOWE MOCE WYTWÓRCZE ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POLSCE**

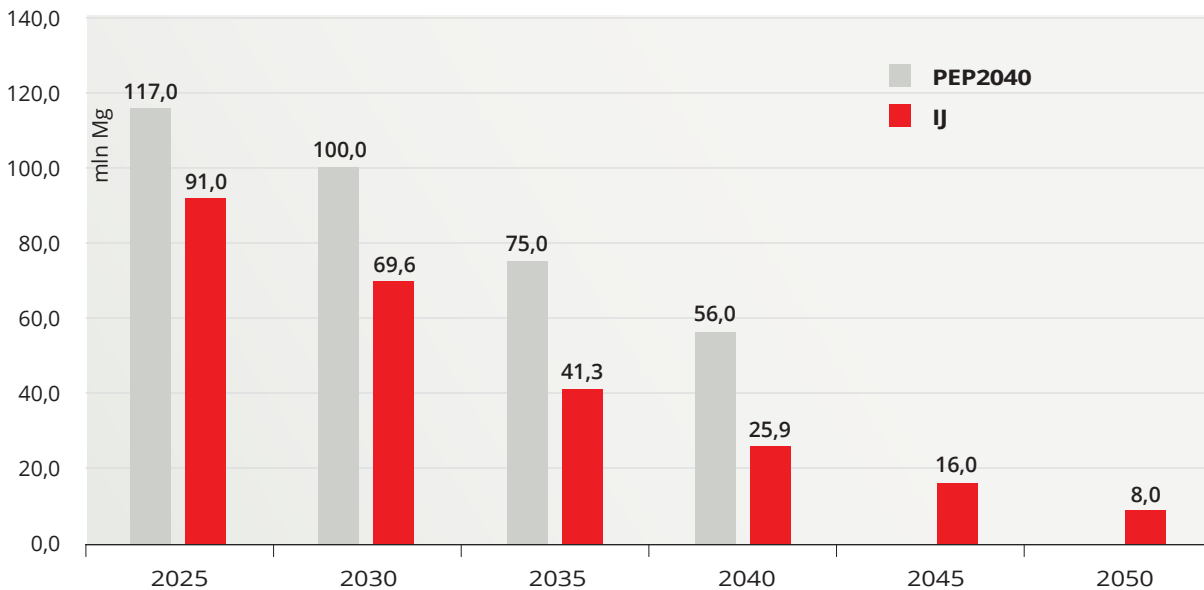


Źródło: PEP2040, analiza IJ

<sup>2</sup> Szybsze tempo redukcji emisji CO<sub>2</sub>, pomimo niższych nakładów inwestycyjnych, w przypadku analizy IJ wynika po części z innych niż w PEP założeń co do jednostkowych nakładów inwestycyjnych, a przede wszystkim z innej modelowanej struktury źródeł wytwórczych oraz struktury produkcji energii elektrycznej (m.in. analiza IJ wskazuje większe wolumeny produkcji energii z technologii nisko- i zeroemisyjnych, tj. ze źródeł gazowych oraz z energetyki wiatrowej lądowej oraz morskiej).

W zakresie efektów środowiskowych, PEP2040 przewiduje spadek emisji CO<sub>2</sub> z sektora wytwarzania energii elektrycznej i ciepła do ok. 56 mln Mg w roku 2040 (rys. 3). Analiza IJ wskazuje na potencjał szybszej redukcji emisji CO<sub>2</sub>, powodowanej zaostrzeniem polityki energetyczno-klimatycznej UE (25,9 mln Mg w 2040 r. oraz 8,0 mln Mg w roku 2050).

**RYŚ. 3. PROGNOZA SPADKU EMISJI CO<sub>2</sub> W SEKTORZE WYTWARZANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ I CIEPŁA**



Źródło: PEP2040, analiza IJ

Lądowa energetyka wiatrowa może znacząco przyczynić się do osiągnięcia wspomnianych wyżej efektów ekonomiczno-społecznych w Polsce, ponieważ jest jedną z najdojrzałych technologii wytwarzania energii elektrycznej, pozwalającą na:

- wytwarzanie energii elektrycznej w sposób bezemisyjny,
- wytwarzanie energii elektrycznej bez wykorzystania paliw kopalnych lub jądrowych, a zatem z niemal zerowymi kosztami zmiennymi<sup>3</sup>,
- wytwarzanie energii elektrycznej w sposób konkurencyjny kosztowo z punktu widzenia kosztu LCOE w porównaniu do innych technologii (por. sekcję 4.2).

Bezpośrednim efektem ekonomicznym rozwoju lądowych farm wiatrowych może być spadek średniej ceny hurtowej energii elektrycznej, co z kolei pozytywnie wpłynie na konkurencyjność gospodarki. Biorąc pod uwagę, że lądowa energetyka wiatrowa jest obecnie jednym z najtańszych źródeł wytwarzania

<sup>3</sup> Koszty wytwarzania w przypadku energetyki wiatrowej na lądzie oraz na morzu obejmują tylko koszty stałe (odpowiednio ok. 50 tys. EUR/MW/rok oraz ok. 90 tys. EUR/MW/rok). W przypadku energetyki atomowej koszty wytwarzania obejmują koszty stałe (ok. 85 tys. EUR/MW/rok), pozapaliwowe koszty zmienne (ok. 0,8 EUR/MWh) oraz koszty paliwa. W przypadku energetyki wiatrowej koszty paliwa nie występują.



energii elektrycznej w Polsce (por. sekcję 4.2), rozwój LFW może przyczynić się do obniżenia cen energii elektrycznej na rynku hurtowym, a tym samym – do obniżenia cen energii elektrycznej dla gospodarki.

Energetyka wiatrowa na lądzie (o zerowym koszcie zmiennym) będzie wywierała coraz większą presję na spadek cen hurtowych na rynku energii elektrycznej, co wynika bezpośrednio z zasad cenotwórstwa na rynku energii elektrycznej w oparciu o mechanizm merit order. W perspektywie najbliższych lat wzrost mocy oraz przyrost produkcji z energetyki wiatrowej na lądzie będzie zatem silnie korelował z presją na spadek cen hurtowych energii elektrycznej z uwagi na zastępowanie droższej energii z paliw kopalnych energią ze źródeł o zerowym koszcie zmiennym.

Kluczowym wyzwaniem transformacji elektroenergetyki jest tzw. local content<sup>4</sup>, co w istocie oznacza wypracowanie oraz wdrożenie rozwiązań pozwalających na:

- zatrzymanie jak największej kwoty inwestycji w krajowej gospodarce w celu stymulacji wzrostu PKB,
- rozwój łańcucha dostaw w oparciu o krajowych producentów oraz wykonawców,
- stworzenie nowych miejsc pracy w krajowej gospodarce,
- eksport produkcji wytworzonej przez polskie podmioty gospodarcze.

<sup>4</sup> Local content definiuje się jako wykorzystywanie aktywów krajowych w celu wytwarzania danego produktu w miejscu jego przeznaczenia (zamiast importu aktywów z innego obszaru).

### 3. Metodyka raportu

W 2021 r. Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej zleciło przeprowadzenie analizy stanu obecnego i perspektyw rozwoju łańcucha dostaw lądowej energetyki wiatrowej w Polsce. Projekt zakończono w sierpniu 2021 r. Celem analizy było zbadanie i kwantyfikacja zapotrzebowania na produkty i usługi wynikające z planowanych projektów lądowych farm wiatrowych w Polsce.

Ponadto, na podstawie potencjału poszczególnych sektorów usług i dostaw oszacowano udział wydatków na planowane i realizowane na terenie Polski projekty LEW, które mogłyby zostać poniesione w kraju. Wydatki te stanowią wartość wytworzoną lokalnie i istotną z punktu widzenia kraju (local content).

W ramach prac wykonano projekcję rozwoju zainstalowanej mocy lądowych farm wiatrowych w perspektywie do 2030 r. W oparciu o prognozę oszacowano zapotrzebowanie na części, materiały i usługi konieczne do realizacji zakładanych projektów budowy lądowych farm wiatrowych. Na podstawie analizy obecnych możliwości dostawców z Polski, jak i możliwych opcji rozwojowych, przeprowadzonego w formie ankiet dialogu z kluczowymi firmami związanymi z lądową energetyką w Polsce, obliczono poziom obecnego i możliwego do osiągnięcia (do 2030 r.) wkładu krajowego. Bazując na tych danych, określono udział wydatków na projekty oraz możliwość kreacji miejsc pracy, jaki mógłby zostać zrealizowany w Polsce.

Kwestionariusze ankietowe przesłano do trzech grup podmiotów w celu oceny wartości wytworzonej w Polsce podczas realizacji projektów lądowych farm wiatrowych. Wyszczególniono grupę dostawców fazy budowy i fazy elektrycznej, deweloperów oraz dostawców turbin wiatrowych. Ankietowane podmioty to dostawcy reprezentujący każdą z trzech faz, posiadający wieloletnie doświadczenie w branży energetyki wiatrowej oraz rozbudowane łańcuchy dostaw na terenie Polski. Badanie PSEW jest rzetelnym źródłem wiedzy o polskim łańcuchu dostaw dla branży lądowej energetyki wiatrowej. Firmy zostały poproszone o przedstawienie informacji o swojej obecnej i planowanej działalności w związku z projektami LFW w Polsce. Ankieta zawierała między innymi pytania dotyczące planów rozwoju firmy na terytorium Polski, łańcucha dostaw i udziału krajowych dostawców, a także oceny kluczowych kryteriów zakupowych. Wyniki ankiet zostały uwzględnione w niniejszym raporcie.

W dalszej części dokumentu omówiono szczegółowy plan inicjatyw i działań, jakie powinny zostać podjęte w celu utrzymania i osiągnięcia zakładanego poziomu local content.

Raport został przygotowany na podstawie spotkań/warsztatów z ekspertami i przedstawicielami branży, kwestionariuszy ankietowych kluczowych interesariuszy oraz danych z licznych źródeł zewnętrznych, w tym polskich i międzynarodowych raportów.

## 4. Przegląd uwarunkowań i scenariuszy rozwoju energetyki w Polsce

### 4.1 Rozwój energetyki wiatrowej z punktu widzenia systemu elektroenergetycznego

Według danych ARE za czerwiec 2021 r., łączna moc zainstalowana źródeł wytwórczych energii elektrycznej w Polsce wynosiła ok. 52,8 GWe, z czego moc elektrowni:

- węglowych<sup>5</sup> wynosiła ok. 33,3 GWe (ok. 63,8%),
- wiatrowych wynosiła ok. 6,7 GWe<sup>6</sup> (ok. 12,6%),
- fotowoltaicznych wynosiła ok. 5,4 GWe (ok. 9,1%),
- gazowych wynosiła ok. 3,2 GWe (ok. 6,2%),
- wykorzystujących inne źródła energii wynosiła ok. 4,2 GWe (ok. 8,2%).

Według prognoz zawartych w PEP2040 spodziewany wolumen wycofań istniejących mocy wytwórczych w horyzoncie do 2040 roku to ok. 22,5 GWe (ok. 43,8% aktualnej mocy KSE). Prognozowane przez PEP2040 wolumeny wyłączeń mocy wytwórczych prezentuje tab. 1.

**TAB. 1. PROGNOZA WOLUMENÓW WYŁĄCZEŃ MOCY WYTWÓRCZYCH [GWE] W POLSCE WEDŁUG PEP2040**

Rodzaj	2021-25	2026-30	2031-35	2036-40	RAZEM
EL WK	-0,5	0,0	-2,9	-1,2	-4,5
EC WK	-0,4	-0,8	-0,4	-0,4	-2,0
EL WB	-1,3	-2,9	-4,5	-0,6	-9,3
EC przemysłowe	-0,5	-0,1	-0,2	-0,2	-1,0
EC gaz ziemny	0,0	0,0	-0,7	-0,0	-0,7
EL wiatrowe	0,0	-0,1	-1,0	-3,8	-4,9
RAZEM	-2,6	-4,0	-9,7	-6,2	-22,5

Źródło: PEP2040

5 Z tego 24,3 GWe w elektrowniach na węgiel kamienny oraz 9,1 GWe w elektrowniach na węgiel brunatny.

6 Na chwilę obecną w Polsce istnieją tylko lądowe farmy wiatrowe. Dane PSE za czerwiec oraz lipiec 2021 r. wskazują na 7,0 GWe.

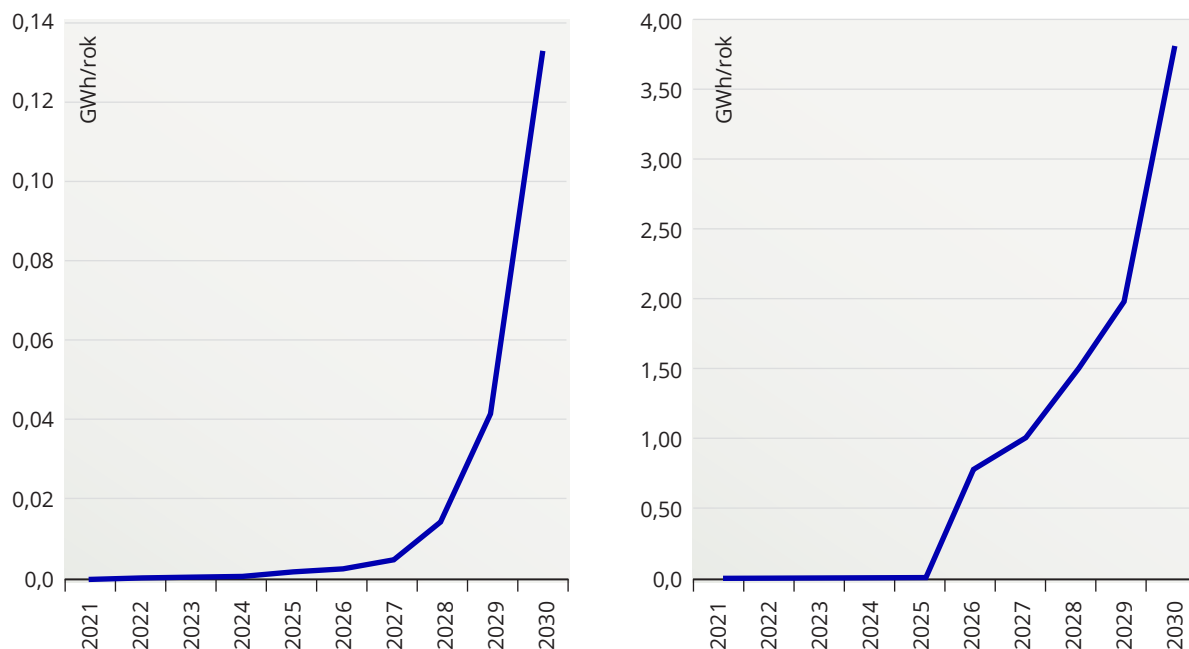
### Według prognoz zawartych w PRSP2030:

W zakresie JWCD szacuje się, że w przypadku możliwości funkcjonowania [...] mechanizmów [mocowych] po 01.07.2025 r. dla jednostek wytwórczych ciepłych [...] do 2030 r. wycofanych zostanie około 3 GW mocy zainstalowanej. Kumulacja odstawiń jednostek wytwórczych z eksploatacji nastąpi dopiero w latach 2030-2040, kiedy przestaną działać źródła o dodatkowej sumarycznej mocy rzędu 15 GW.

W przypadku braku mechanizmów mocowych od 01.07.2025 dla jednostek wytwórczych ciepłych [...] przewiduje się, że już około 2025 r. wyłączonych zostanie w przybliżeniu 4,9 GW zainstalowanej mocy elektrycznej netto, co przekładać się będzie bezpośrednio na istotne pogorszenie wskaźników wystarczalności generacji w KSE.

Prognozy PRSP2030 dla wskaźnika oczekiwanego wolumenu energii niedostarczonej w wyniku deficytów mocy w rozpatrywanym okresie (EENS) wskazują, iż po roku 2025 wystąpić może ryzyko drastycznego wzrostu rocznych wolumenów energii niedostarczonej na skutek deficytów mocy (rys. 4).

**RYŚ. 4. PROGNOZA PSE W ZAKRESIE OCZEKIWANYCH ROCZNYCH WOLUMENÓW ENERGII NIEDOSTARCZONEJ W WYNIKU DEFICYTÓW MOCY [GWH/ROK] (WSKAŹNIK EENS)**



**Lewy wykres:** wariant podstawowy analiz PSE

**Prawy wykres:** wariant opóźnień i braku mechanizmów mocowych po 01.07.2025 r. dla JWCD w ramach rynku mocy

Źródło: PRSP2030

Według informacji Ministerstwa Aktywów Państwowych<sup>7</sup>

<sup>7</sup> <https://www.gov.pl/web/aktywa-panstwowe/rusza-transformacja-sektora-energetycznego> [dostęp z 1 lipca 2021 r.]

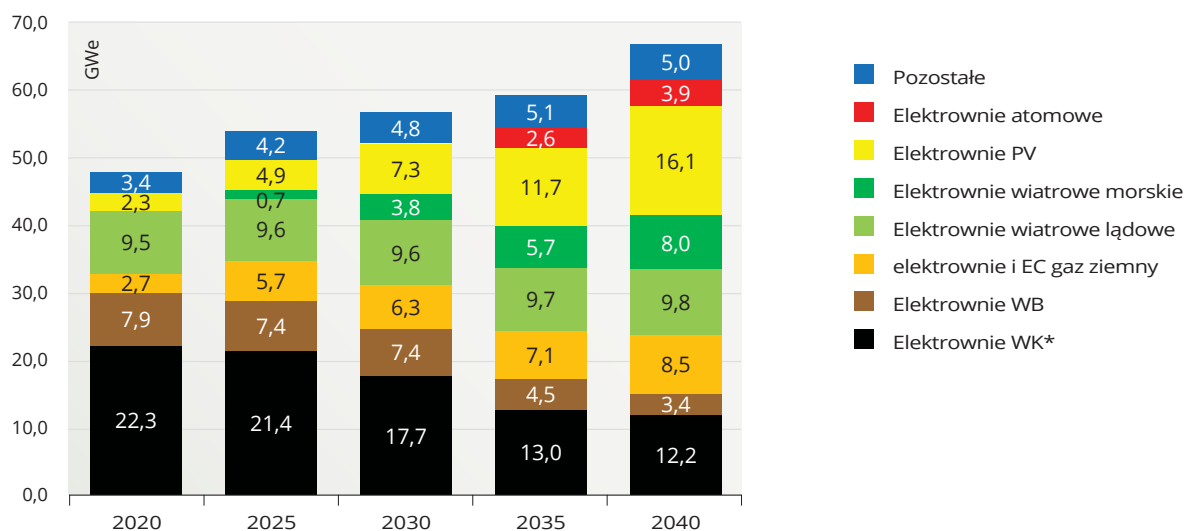
Polska musi w najbliższych latach dokonać zasadniczej zmiany systemu, a praktycznie wybudować nowy. Chodzi o to, by zapewnić bezpieczeństwo energetyczne kraju i móc pokrywać zwiększające się zapotrzebowanie na energię, a jednocześnie opierać się przy tym na krajowych źródłach i chronić obywateli przed drastycznym wzrostem cen.

Powyższe informacje wskazują, że najbliższe lata będą stanowić dla Polski wyzwanie w zakresie budowy nowych mocy pozwalających zastąpić moce istniejące, wycofywane głównie z uwagi na:

- wysoką emisyjność (a tym samym niespełnianie wymogów zaostrej polityki energetyczno-klimatycznej UE),
- stan techniczny (w tym zwłaszcza niską sprawność),
- wysokie koszty wytwarzania energii elektrycznej powodowane wzrostami cen uprawnień do emisji CO<sub>2</sub> (drastyczne pogorszenie rentowności wytwarzania).

Elektrownie wiatrowe to całkowicie bezemisyjne oraz jedno z najbardziej konkurencyjnych kosztowo źródeł wytwarzania energii elektrycznej w Polsce (por. sekcję 4.2), rozwój tych źródeł jawi się jako szansa na sprostanie wskazanym wcześniej wyzwaniom stojącym przed Polską w perspektywie roku 2030 oraz 2040.

**RYS. 5. MOŻLIWA STRUKTURA KRAJOWYCH MOCY WYTWÓRCZYCH (GWE) WEDŁUG PEP2040**



Źródło: PEP2040

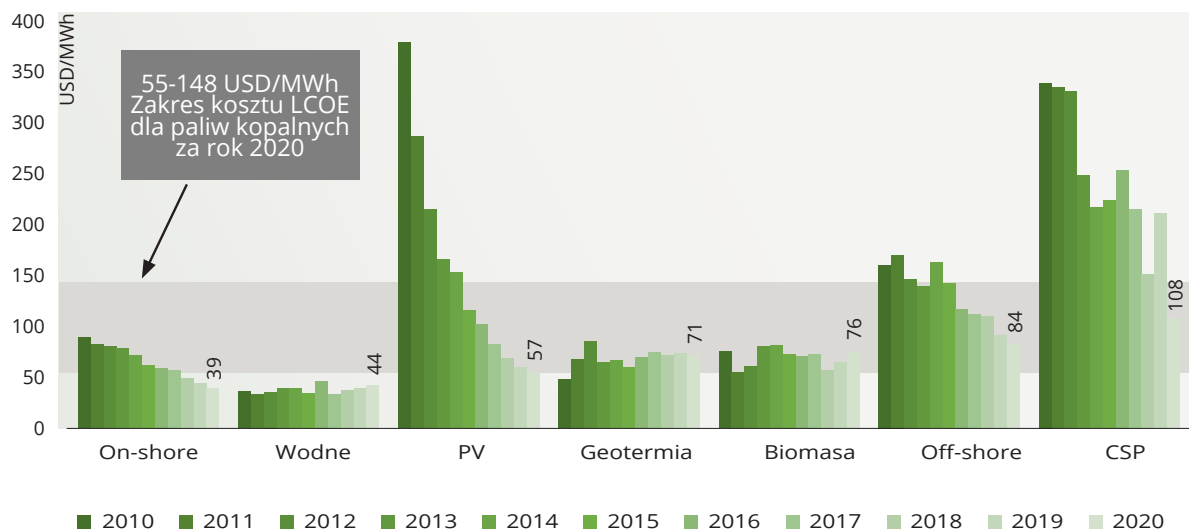
## 4.2 Koszt LCOE oraz jednostkowe nakłady inwestycyjne w przypadku lądowej energetyki wiatrowej

Według danych IRENA za rok 2020<sup>8</sup>, energetyka onshore jest technologią o najniższym poziomie kosztu LCOE w porównaniu do innych OZE oraz paliw kopalnych.

Globalna średnia wartość LCOE raportowana przez IRENA to ok. 39 USD/MWh, tj. ok. 153 PLN/MWh. Druga i trzecia najtańsza technologia OZE to energetyka wodna oraz PV (z LCOE na poziomie odpowiednio ok. 44 USD/MWh oraz ok. 57 USD/MWh), natomiast przedział LCOE dla paliw kopalnych raportowany przez IRENA to 55-148 USD/MWh.

Tendencje w zakresie globalnych średnich kosztów LCOE dla poszczególnych technologii wytwarzania energii elektrycznej w oparciu o dane IRENA przedstawia rys. 6.

**RYŚ. 6. TRENDY W ZAKRESIE KOSZTU LCOE DLA OZE ORAZ PALIW KOPALNYCH (ŚREDNIA WAŻONA, WARTOŚCI GLOBALNE)**



Źródło: IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2020

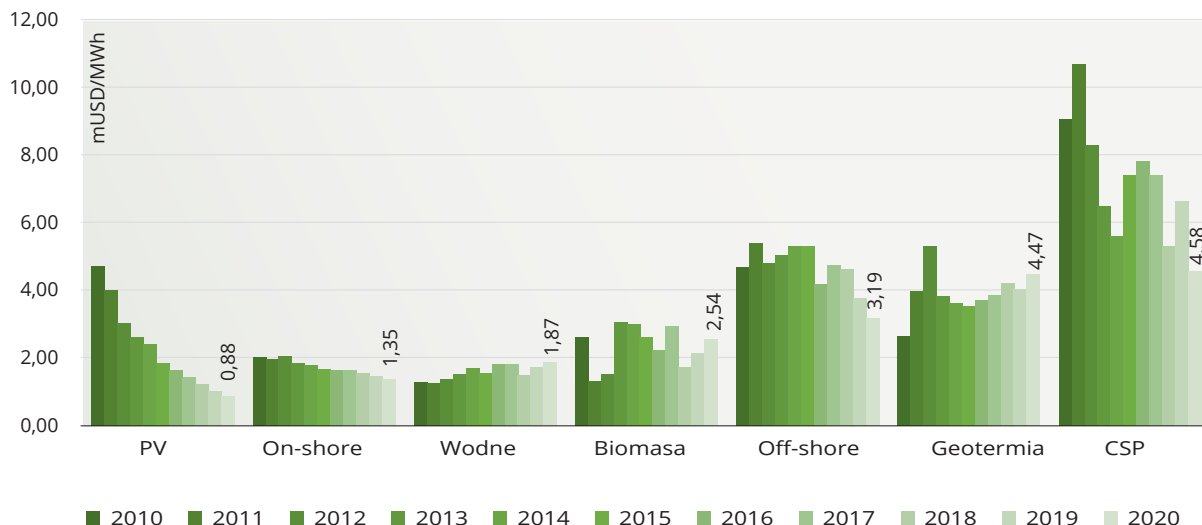
Dane IRENA w zakresie capex wskazują, że energetyka onshore jest globalnie drugą technologią OZE o najniższym poziomie jednostkowych nakładów inwestycyjnych na 1 MW mocy zainstalowanej.

Globalna średnia wartość capex raportowana przez IRENA to ok. 1,35 mUSD/MW, w porównaniu do 0,88 mUSD/MW dla PV, tj. technologii o globalnie najniższym poziomie capex. Tendencje w zakresie globalnych średnich wartości capex dla poszczególnych technologii wytwarzania energii elektrycznej w oparciu o dane IRENA przedstawia rys. 7.

8 <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>



**RYS. 7. TRENDY W ZAKRESIE CAPEX DLA OZE (ŚREDNIA WAŻONA, WARTOŚCI GLOBALNE)**

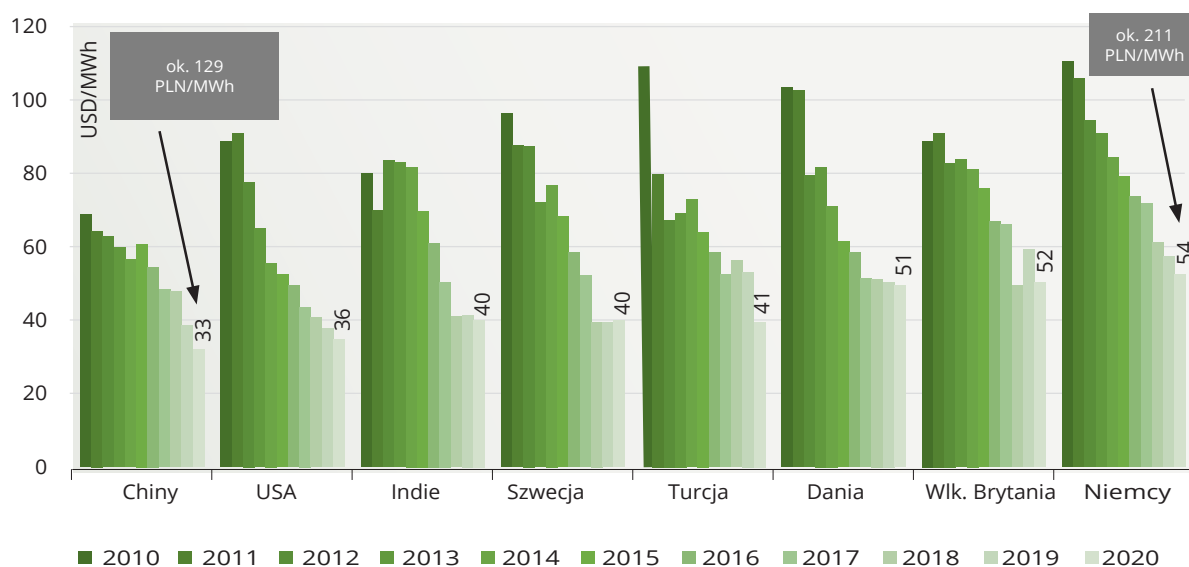


Źródło: IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2020

Porównanie kosztów LCOE dla LFW w ujęciu wybranych krajów analizowanych przez IRENA wskazuje na wieloletnią tendencję spadkową (rys. 8).

Najniższy poziom LCOE za rok 2020 odnotowano w przypadku Chin (ok. 33 USD/MWh, tj. ok. 129 PLN/MWh). W przypadku Niemiec LCOE za rok 2020 odnotowany przez IRENA wyniósł ok. 54 USD/MWh (ok. 211 PLN/MWh). Krajem o najwyższym raportowanym poziomie LCOE za rok 2020 była Japonia (ok. 96 USD/MWh, tj. ok. 374 PLN/MWh).

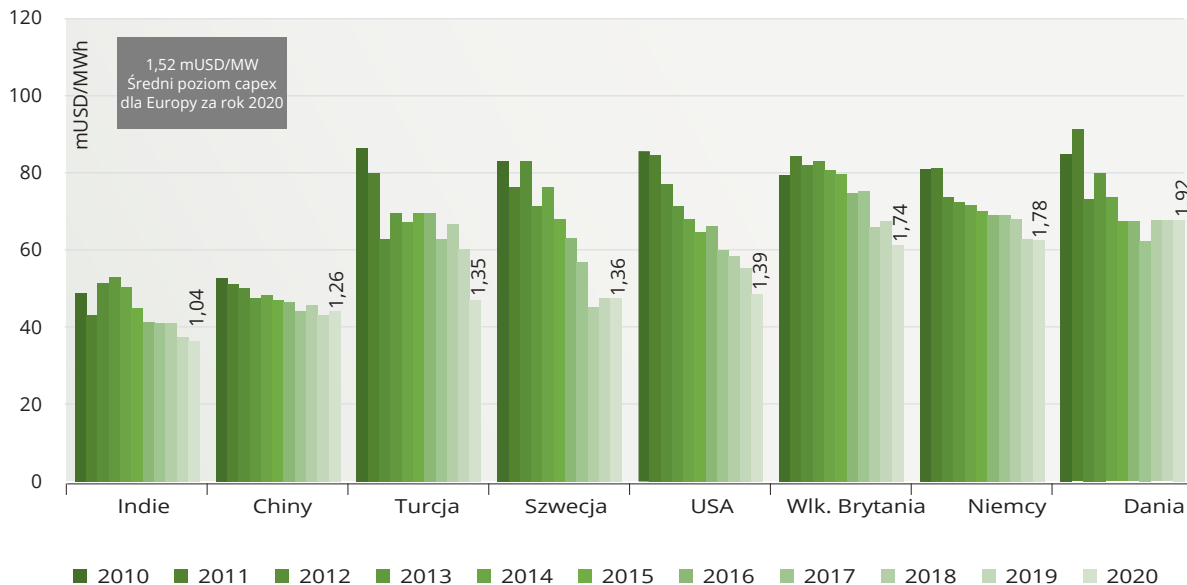
**RYS. 8. TRENDY W ZAKRESIE KOSZTU LCOE DLA ENERGETYKI ONSHORE W POSZCZEGÓLNYCH KRAJACH**



Źródło: IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2020

Tendencja spadkowa w zakresie kosztu LCOE dla LFW raportowana według IRENA to przede wszystkim efekt spadających nakładów inwestycyjnych dla technologii LFW (rys. 8). W przypadku Europy, dane IRENA za 2020 r. wskazują na średnioważony capex na poziomie 1,52 mUSD/MW. Natomiast dane IRENA dla Wielkiej Brytanii, Niemiec i Danii za rok 2020 wskazują odpowiednio na 1,74 mUSD/MW, 1,78 mUSD/MW oraz 1,92 mUSD/MW (rys. 9).

**RYS. 9. TRENDY W ZAKRESIE CAPEX DLA ENERGETYKI ONSHORE W POSZCZEGÓLNYCH KRAJACH**



Źródło: IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2020

W przypadku Polski oszacowany poziom kosztu LCOE dla energetyki onshore to 241 PLN/MWh, co pozycjonuje LFW jako źródło energii elektrycznej o koszcie wytwarzania niższym niż oszacowane koszty zmienne dla bloków JWCD w Polsce (tab. 2).

**TAB. 2. PORÓWNANIE KOSZTU LCOE DLA ENERGETYKI ONSHORE ORAZ KOSZTU ZMIENNEGO WYTWARZANIA DLA WB, WK ORAZ GAZU ZIEMNEGO W POLSCE**

Pozycja	WB	WB	WK	WK	Gaz ziemny	LFW
Sprawność netto [%]	42,0%	38%	45,5%	39,0%	58,0%	[-]
Cena uprawnień do emisji CO <sub>2</sub> [EUR/Mg]	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	[-]
Emisyjność netto [Mg CO <sub>2</sub> /MWh]	0,918	1,015	0,741	0,864	0,344	[-]
Cena paliwa*	8,5	8,5	11,2	11,2	125,0	[-]
Koszt paliwa [PLN/MWh]	72,9	80,5	88,6	103,4	215,5	[-]
Koszt emisji CO <sub>2</sub> [PLN/MWh]	219,0	242,1	176,7	206,1	82,0	[-]
Koszt wytwarzania** [PLN/MWh]	292	323	265	310	298	241

\* Dla WB oraz WK cena w PLN/GJ, dla gazu ziemnego w PLN/MWh.

\*\* Dla WB, WK oraz gazu ziemnego koszt wytwarzania to koszt zmienny (paliwo oraz CO<sub>2</sub>), dla LFW przyjęto koszt LCOE.

\*\*\* Obliczenia własne LCOE na podstawie danych w zakresie capex, opex oraz okresu użytkowania jak w sekcji 7. Średnioroczny wskaźnik wykorzystania mocy zainstalowanej na poziomie 30,5%. Stopa dyskonta na poziomie 5,0%.

Źródło: opracowanie własne

Oszacowany wyżej poziom kosztu LCOE dla energetyki onshore jest porównywalny z poziomem ceny referencyjnej<sup>9</sup> dla źródeł o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej większej niż 1 MW, wykorzystujących do wytwarzania energii elektrycznej wyłącznie energię wiatru na lądzie, wynoszącej 250 PLN/MWh. Jednocześnie warto wskazać na wyniki aukcji OZE w ostatnich latach, według których implikowana średnia cena sprzedaży energii elektrycznej z lądowych farm wiatrowych<sup>10</sup> wynosiła odpowiednio:

- 196 PLN/MWh dla aukcji w roku 2018,
- 208 PLN/MWh dla aukcji w roku 2019,
- 224 PLN/MWh dla aukcji w roku 2020.

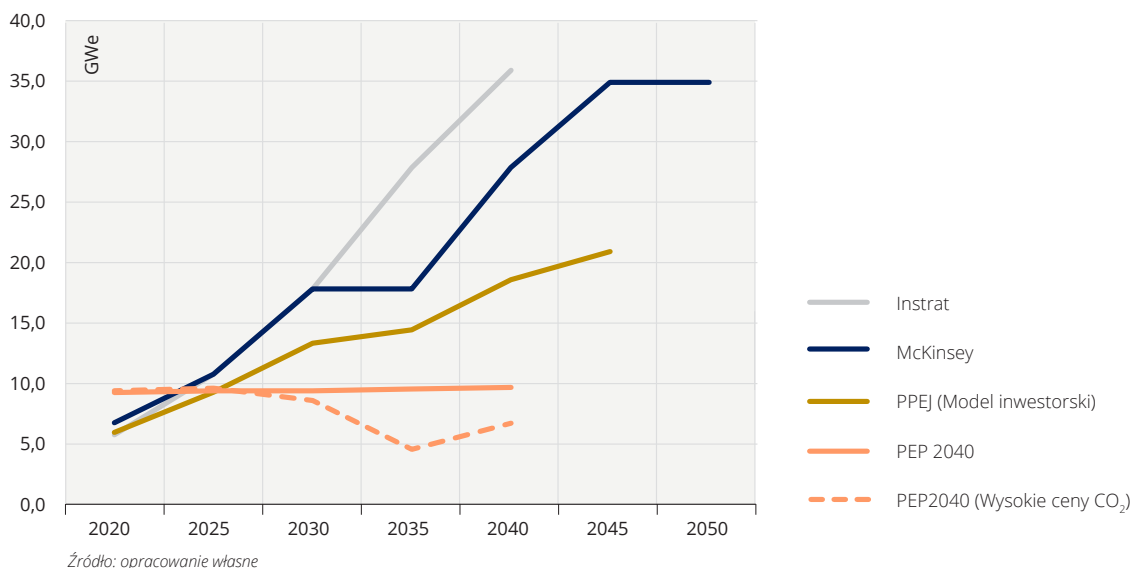
### 4.3 Scenariusze rozwoju lądowych farm wiatrowych

Przegląd opracowań analitycznych poruszających tematykę rozwoju polskiego systemu elektroenergetycznego pozwala na zestawienie przewidywanych scenariuszy rozwoju energetyki onshore.

Jak wskazano w sekcji 4.1, aktualna moc zainstalowana LFW to ok. 6,7 GWe według danych ARE<sup>11</sup> oraz 7,0 GWe według danych PSE<sup>12</sup> za lipiec 2021 r. Rysunek 10 przedstawia ścieżkę rozwoju mocy onshore przewidywaną przez PEP2040 oraz inne zidentyfikowane opracowania analityczne.

O ile zaprezentowane scenariusze alternatywne dla PEP2040 przewidują wzrost mocy zainstalowanej w LFW, o tyle PEP2040 jako jedyne opracowanie prognozuje trend spadkowy mocy LFW.

**RYŚ. 10. SCENARIUSZE ROZWOJU MOCY ZAINSTALOWANEJ W LFW W POLSCE**



9 Por. wysokość cen referencyjnych według rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 16 kwietnia 2021 r. w sprawie ceny referencyjnej energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii w 2021 r. (<https://www.ure.gov.pl/pl/oze/aukcje-oze/ceny-referencyjne/6539,Ceny-referencyjne.html>).

10 W większości projekty oparte są na technologii sprzed kilku lat. W przypadku najnowszych technologii onshore pozwalających na uzyskanie wyższych współczynników wykorzystania mocy można spodziewać się niższych poziomów cen/kosztów wytwarzania w LFW.

11 Dane ARE na czerwiec 2021 r.

12 Dane PSE za czerwiec oraz lipiec 2021 r. wskazują na 7,0 GWe.

Dane zaprezentowane na powyższym wykresie przedstawia tab. 3.

**TAB. 3. SCENARIUSZE ROZWOJU MOCY ZAINSTALOWANEJ W LFW W POLSCE**

Instytucja	j.m.	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Instrat	GWe	6,0	11,0	18,0	28,0	36,0		
McKinsey	GWe	7,0	11,0	18,0	18,0	28,0	35,0	35,0
PPEJ (model inwestorski)	GWe	6,2	9,5	13,5	14,6	18,7	21,0	
PEP 2040	GWe	9,5	9,6	9,6	9,7	9,8		
PEP 2040 (wysokie ceny CO2)	GWe	9,5	9,7	8,7	4,8	6,9		

Źródło: opracowanie własne

Jak wskazano w sekcji 2.3, spodziewanymi efektami ekonomiczno-społecznymi wynikającymi z rozwoju LFW w Polsce są:

- napływ inwestycji związanych z budową nowej infrastruktury wytwórczej, magazynowej oraz sieciowej,
- wzrost wolumenu energii elektrycznej z OZE oraz redukcja emisji pochodzących z sektora wytwarzania,
- presja na spadek cen energii elektrycznej na rynku hurtowym (sekcja 2.3),
- zatrzymanie jak największej kwoty inwestycji w krajowej gospodarce oraz rozwój eksportu w celu stymulacji wzrostu PKB,
- utrzymanie konkurencyjności polskich przedsiębiorstw na rynkach zagranicznych dzięki możliwość wykorzystywania do produkcji towarów energii o niskim „śladzie węglowym”,
- rozwój łańcucha dostaw w oparciu o krajowych producentów oraz wykonawców,
- stworzenie nowych miejsc pracy w krajowej gospodarce.

Jednocześnie, głównymi czynnikami determinującymi rozwój LFW będą:

- ograniczenia natury administracyjno-regulacyjnej, w tym zwłaszcza tzw. zasada 10H, tj. liberalizacja przepisów dotyczących rozwoju LFW w Polsce,
- istnienie lub brak określonego scenariusza rozwoju elektroenergetyki podpartego obiektywną analityką oraz modelowaniem techniczno-ekonomicznym w oparciu o transparentną metodykę i założenia,
- stworzenie warunków sprzyjających rozwojowi krajowego łańcucha dostaw w ramach realizacji postulatów local content;
- zdolności przesyłowe oraz inne kwestie techniczne (w tym rozwój magazynowania oraz kwestie bilansowania technicznego) związane z funkcjonowaniem KSE oraz wpływem LFW na system.

Zasadne wydaje się rozwinięcie ostatniego z czynników determinujących LEW, czyli zdolności przesyłowych i kwestii technicznych. Po pierwsze jednym z aspektów technicznych ograniczającym możliwość rozwoju LFW może być zjawisko „zatorów” sieciowych (congestion), wynikających z niskiej przepustowości sieci w obszarach o dogodnych warunkach naturalnych (np. obszary o wysokiej wietrzności korelują z obszarami o niskiej przepustowości sieci 110 kV lub 220 kV), co może skutkować koniecznością redukcji generacji LFW przez operatora („curtailment”).

Po drugie, aby zaradzić zjawisku zatorów oraz redukcji, konieczne są inwestycje w rozwój przepustowości sieci przesyłowej oraz dystrybucyjnej w Polsce.

Trzecim kluczowym elementem jest rozwój generacji opartej na źródłach pogodowo zależnych (LFW, MFW, PV), który wymagać będzie zapewnienia odpowiednich mocy magazynowych (odpowiednio długiego czasu magazynowania – „storage duration”) oraz poprawiających efektywność wykorzystania istniejących mocy przyłączeniowych, pozwalających na magazynowanie energii w okresach nadprodukcji oraz oddawanie do systemu w okresie zapotrzebowania szczytowego i niskiej generacji z OZE (tzw. time shifting) oraz na zwiększenie elastyczności sieci. Obecnie istnieją już technologie umożliwiające magazynowanie energii na długie okresy (elektrownie szczytowo-pompowe, odpowiednio zwymiarowane magazyny bateryjne, magazyny bazujące na sprężonym powietrzu). W perspektywie kilku lat obiecującymi technologiami są: magazynowanie energii pod postacią wodoru, magazyny grawitacyjne lub baterie żelazowo-powietrzne<sup>13</sup>. Ponadto, istnieją rozwiązania zapewniające poprawę efektywności wykorzystania istniejących mocy przyłączeniowych, m.in. cable pooling, a także rozwiązania niegenerujące obciążenia KSE – linia bezpośrednia.

Na podstawie przeanalizowanych scenariuszy rozwoju LFW w Polsce, do dalszej analizy przyjęto następujące warianty: konserwatywny, bazowy, rozwojowy. Wariant konserwatywny przewiduje uśredniony roczny przyrost mocy zainstalowanej LFW w Polsce na poziomie 0,6 GW, w bazowym scenariuszu jest to 1,0 GW, a w wariantcie rozwojowym do 1,2 GW.

Kluczowe czynniki determinujące rozwój poszczególnych wariantów prezentuje tab. 4.

**TAB. 4. KLUCZOWE CZYNNIKI DETERMINUJĄCE ROZWÓJ LFW W POLSCE W PROPONOWANYCH WARIANTACH**

Scenariusz	Stopień liberalizacji 10H	Systemowe uwzględnienie rozwoju LEW w dokumentach kierunkowych Polski (PEP)	Rozwój rynku kontraktów PPA dla OZE, dostępność środków z KPO	Rozwój infrastruktury sieciowej i magazynowej, przyspieszenie procesów przyłączeniowych	Rozwój rynku węzłowego (lepszą dostępność sygnałów lokalizacyjnych)
Konserwatywny	Niski	Nie	Powolny, niska	Powolny	Nie
Bazowy	Średni	Tak	Średni, średnia	Średni	Nie
Rozwojowy	Wysoki	Tak	Szybki, wysoka	Szybki	Tak

Źródło: opracowanie własne

<sup>13</sup> Magazyny grawitacyjne pozwalają oddawać energię przez 6-14 godzin, magazyny żelazowo-powietrzne mogą oddawać energię nawet przez 150 godzin.

Informacje ilościowe na temat przyjętych wariantów przedstawia tab. 5.

**TAB. 5. WARIANTY ROZWOJU MOCY ZAINSTALOWANEJ W LFW W POLSCE (GWE) PRZYJĘTE DO DALSZYCH ANALIZ**

Scenariusz	2021	2025	2030	Przyrost w okresie 2021-2030 (GWe)	Uśredniony przyrost roczny (GWe)
Konserwatywny	6,9	9,8	12,7	5,8	0,6
Bazowy	6,9	10,3	15,8	8,9	1,0
Rozwojowy	6,9	11,0	18,0	11,1	1,2

Źródło: opracowanie własne

#### 4.4 Wartość przepływów pieniężnych związanych z inwestycjami w lądową energetykę wiatrową w Polsce

W oparciu o przyjęte do analizy scenariusze rozwoju mocy zainstalowanej LFW zaprezentowane w tab. 5, w tab. 6 dokonano oszacowania przepływów pieniężnych wynikających z nakładów inwestycyjnych oraz kosztów eksploatacyjnych związanych z rozwojem LFW w Polsce.

**TAB. 6. SZACUNKOWE SKUMULOWANE PRZEPIŁY WYPIENIĘŻNE ZWIĄZANE Z PRZYROSTEM MOCY LFW W POLSCE**

Scenariusz	Średnioroczny przyrost mocy LFW [GWe]	Łączny przyrost mocy LFW [GWe] do roku 2030	Skumulowane przepływy pieniężne z tytułu nakładów inwestycyjnych do roku 2030 [mld PLN]	Skumulowane przepływy pieniężne z tytułu kosztów eksploatacyjnych do 2030 roku [mld PLN]	ŁĄCZNE [mld PLN]	ŁĄCZNE w skali roku [mld PLN]
Konserwatywny	0,6	5,8	24,5	2,9	27,4	3,0
Bazowy	1,0	8,9	37,3	4,4	41,7	4,6
Rozwojowy	1,2	11,1	46,8	5,5	52,3	5,8

Źródło: opracowanie własne

Prognozowanych wyliczeń dokonano na podstawie wartości przyjętych dla szacunków w sekcji 7 z uwzględnieniem podziału na fazę inwestycyjną (faza przygotowawcza, instalacja turbiny, budowa i podłączenie elektryczne) oraz fazę eksploatacyjną. Wzięto też pod uwagę oszacowaną ścieżkę udziału local content dla poszczególnych faz.



## 5. Charakterystyka zapotrzebowania na produkty, materiały i usługi wykorzystane w toku budowy i eksploatacji lądowych farm wiatrowych

### 5.1 Opis poszczególnych elementów łańcucha dostaw

Na potrzeby niniejszego raportu w oparciu o główne grupy dostawców i fazy projektu wyróżniamy następujące elementy łańcucha dostaw:

1. Faza przygotowawcza (Project Development) składająca się z:
  - wyboru lokalizacji,
  - analiz technicznych, środowiskowych, prawnych oraz finansowych,
  - planowania, projektowania i przetargów.
2. Faza budowlana i elektryczna (Balance of Plant) składa się z:
  - przygotowania terenu oraz prac budowlanych,
  - instalacji elektrycznych i podłączenia,
  - uruchomienia.
3. Instalacja turbiny (Turbine Installation) składa się z:
  - produkcji komponentów:
    - gondoli,
    - wirnika,
    - wieży,
  - logistyki,
  - montażu.
4. Faza eksploatacji, serwisu i likwidacji (lub repowering) składająca się z:
  - eksploatacji i serwisu,
  - likwidacji albo repoweringu.

### 5.2 Struktura kosztów budowy i eksploatacji farmy wiatrowej

Szacowany całkowity koszt (TOTEX) 1MW turbin w 25-letnim okresie eksploatacji i likwidacji szacuje się na poziomie 10-11 mln PLN. Procentowy udział w szacowanym całkowitym koszcie (TOTEX) poszczególnych faz przedstawia się następująco:

- faza przygotowawcza – ok. 7-10%,
- faza budowy i elektryczna – ok. 10-13%,
- instalacja turbiny – ok. 45%,
- faza eksploatacji, serwisu i likwidacji – ok. 35%.

Szczegółowe rozbitcie kosztów łącznie ze składowymi poszczególnych faz prezentuje Tab. 7.

**TAB. 7. SZCZEGÓŁOWE ROZBITCIE KOSZTÓW ŁĄCZNIE ZE SKŁADOWYMI POSZCZEGÓLNYCH FAZ**

NR	Faza/ Komponent / usługa	% udział
<b>1</b>	<b>Faza przygotowawcza</b>	<b>7%</b>
1.1	Wybór lokalizacji	1%
1.2	Analizy techniczne, środowiskowe, prawne oraz finansowe	1%
1.3	Planowanie, projektowanie, przetargi	3%
1.4	Opłata przyłączeniowa	2%
<b>2</b>	<b>Turbina</b>	<b>45%</b>
<b>2.1</b>	<b>Gondola</b>	<b>21% łącznie</b>
2.1.1	Gondola montaż	2%
2.1.2	Płyta podstawowa	1%
2.1.3	Łożysko główne	1%
2.1.4	Wał główny	1%
2.1.5	Przekładnia zębata	4%
2.1.6	Generator i wał odbioru mocy	7%
2.1.7	System sterowania i monitorowania	1%
2.1.8	Zespół i łożysko kierunkowe	1%
2.1.9	System pomocniczy	<1%
2.1.10	Obudowa gondoli	2%
2.1.11	Elementy konstrukcyjne	<1%
<b>2.2</b>	<b>Wirnik</b>	<b>12 % łącznie</b>
2.2.1	Wirnik montaż	1%
2.2.2	Łopaty wirnika	7%
2.2.3	Odlew piasty	1%
2.2.4	Łożyska łopat	1%
2.2.5	Mechanizm kąta natarcia	<1%
2.2.6	Obudowa piasty i systemy pomocnicze wirnika	1%
2.2.7	Elementy konstrukcyjne	1%
<b>2.3</b>	<b>Wieża</b>	<b>12% łącznie</b>
2.3.1	Produkcja wieży	2%
2.3.2	Blacha	4%
2.3.3	Kołnierze	2%
2.3.4	Wyposażenie i pozostałe	1%
2.3	Transport i montaż	3%
<b>3</b>	<b>Faza budowy i elektryczna</b>	<b>13%</b>
3.1	Przygotowanie terenu oraz prace budowlane	5%
3.2	Instalacje elektryczne i podłączenia	6%
3.3	Uruchomienie	2%
<b>4</b>	<b>Faza Eksploatacji, serwisu i likwidacji</b>	<b>35%</b>
4.1	Eksploatacja i serwis	30%
4.2	Likwidacja	5%

Źródło. opracowanie własne

Najdroższym elementem turbiny jest gondola, której całe wyposażenie stanowi około 21% wartości instalacji turbiny. W fazie eksploatacji, serwisu i likwidacji największy udział w kosztach całkowitych to serwis gondoli wraz z innymi kosztami eksploatacyjnymi, w tym dzierżawa terenu.

Faza budowy i elektryczna składa się w równych częściach z przygotowania terenu wraz z fundamentowaniem oraz prac elektrycznych, w tym zakupu i instalacji kabli, stacji elektroenergetycznej oraz uruchomienia farmy wiatrowej. Faza przygotowawcza składa się z wielu elementów, głównie kosztów analiz i wniosków oraz opłaty przyłączeniowej.

Ze względu na rozwój technologii, w tym wzrostu mocy turbiny (nawet do 6 MW), całkowite koszty na 1 MW spadają. W przypadku Polski spadek ten jest, niestety, w dużej mierze zahamowany przez zasadę 10H, która w istotny sposób ograniczyła możliwości stosowania turbin powyżej 4 MW, wykorzystujących nowe rozwiązania i innowacje technologiczne.

### 5.3 Rozwój technologiczny

Redukcja kosztów energii wiatrowej wynika głównie z postępu w technologii turbin wiatrowych. Kluczowymi parametrami, które służą ulepszeniu technologii turbin wiatrowych, są: średnica wirnika i wysokość piasty pozwalających na uzyskanie większej mocy z turbin wiatrowych, nawet na obszarach o niższych prędkościach wiatru. Równocześnie z badaniami nad efektywnością prowadzone są prace wdrożeniowe redukujące ilość elementów, ich rozmiary i wagę – co sumarycznie jest istotną składową kosztu i niezawodności funkcjonowania. Większe wirniki z lepszą efektywnością zwiększają współczynniki wydajności i otwierają możliwości wykorzystania obszarów o słabym wietrze. Producenci oferują teraz technologie turbin lądowych o mocy odpowiednio 4,8 MW i 5,3 MW. Pojawiły się także modele o mocy do 6 MW i średnicy wirnika 170 metrów.

Obecnie trwają intensywne prace badawczo-rozwojowe w zakresie konstrukcji i materiałów wykorzystywanych do produkcji łopat wirnika. Badania te koncentrują się na poprawie profili aerodynamicznych i materiałów łopat, w szczególności w celu maksymalizacji produkcji energii i zmniejszenia kosztów eksploatacji i serwisu (O&M).

Elektronika to kolejny obszar, w którym trwają prace nad nowymi rozwiązaniami. Optymalizacja niezawodności i wymiarów falowników może obniżyć koszty instalacji i eksploatacji turbiny (modułów mocy ze względu na kondensację i akumulację wody), skalowalność (tworzenie nowych inteligentnych modułów, takich jak moduły spiekane) oraz zmniejszenie liczby części w celu poprawy niezawodności energoelektroniki poprzez zmniejszenie liczby aktywnych elementów w modułach, a tym samym ograniczenie defektów lub awarii.

W celu usprawnienia działań konserwacyjnych, a przez to zmniejszenia kosztów dzięki ograniczeniu liczby awarii (wykrywanie usterek z wyprzedzeniem poprzez monitorowanie stanu modułów) i zapewnieniu sprawności elektroniki nawet w wilgotnych warunkach, testowane i wdrażane są zaawansowane algorytmy prewencyjne.

Cyfrowa rewolucja wpływa również na branżę energetyki wiatrowej, w ramach której rozwija się trend tzw. inteligentnych turbin wiatrowych. Zauważalne jest usprawnienie mechanizmu prognozowania (wykorzystującego big data i sztuczną inteligencję) oraz automatyzacji regulacji turbin (sterowanie pochylem i odchyleniem), aby doprowadzić do maksymalizacji całkowitej produkcji energii. Ma to kluczowe znaczenie dla ograniczenia nieplanowanych kosztów spowodowanych awariami, które obecnie stanowią ponad połowę całkowitych kosztów utrzymania.

Kolejny obszar badawczy związany jest z logistyką komponentów ponadgabarytowych, w szczególności łopat, gondoli i wież. Z jednej strony rosnące moce turbin wiatrowych optymalizują inwestycję w przeliczeniu na 1 MW, z drugiej powodują presję na wdrażanie rozwiązań transportowych dostosowanych do rosnącej masy i wielkości poszczególnych komponentów. Odpowiedzią na te wyzwania jest na przykład zastosowanie dzielonych sekcji wież, które znacząco ułatwiają transport i pozwalają na ostateczny montaż na miejscu realizacji farmy wiatrowej.

Jednocześnie na efekt powyższych inicjatyw i wdrożeń wpływ mają rosnące koszty pracy oraz ceny materiałów. Niemniej jednak całkowite koszty mocy zainstalowanej dla energetyki wiatrowej znajdują się w trendzie spadkowym. Oczekuje się, że do roku 2030 całkowity koszt (Totex) w przeliczeniu na 1 MW spadnie o około 7%.

## **5.4 Wartość popytu na produkty i usługi związane z budową lądowych farm wiatrowych**

Istotnym czynnikiem w kształtowaniu się kosztu budowy lądowych farm wiatrowych będzie opisany w poprzednich rozdziałach rozwój technologiczny, wpływający na wielkość i koszt wyprodukowania turbin wiatrowych. Z drugiej strony, wobec istotnego udziału kosztów pracy w fazach budowy, instalacji oraz obsługi, należy liczyć się z wpływem rosnących wynagrodzeń. W szczególności faza eksploatacji i serwisu – pomimo zmniejszenia pracochłonności w przeliczeniu na 1 MW, z uwagi na bardzo wysoki udział kosztów wynagrodzeń, nie będzie tańsza (stąd założenie braku zmiany kosztu jednostkowego).

Dla niniejszego opracowania przyjęto, że do 2030 roku koszt jednostkowy na 1 MW mocy zainstalowanej najbardziej istotnie ograniczony zostanie w zakresie kosztu instalacji turbiny, co wiąże się z instalacją turbin o coraz większej mocy jednostkowej.

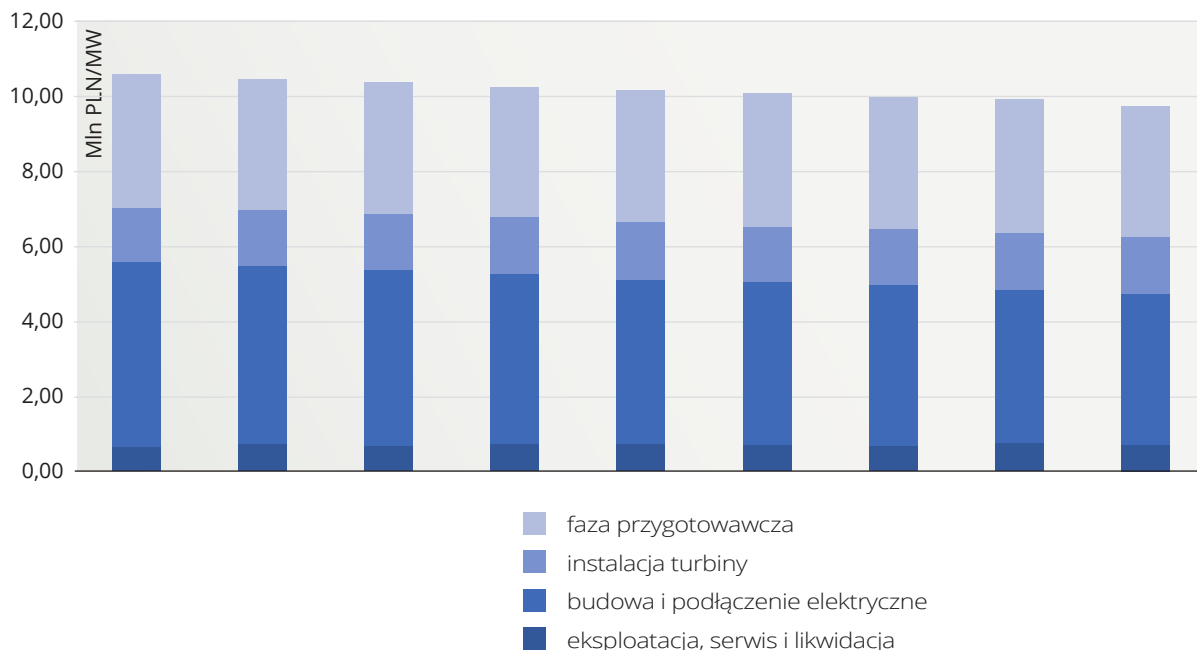
**TAB. 8. KUMULATYWNA ZMIANA KOSZTU JEDNOSTKOWEGO NA 1 MW**

Faza budowy/obsługi	Kumulatywna zmiana kosztu jednostkowego na 1 MW 2022-2030
Faza przygotowawcza	8%
Instalacja turbiny	-18%
Budowa i podłączenie elektryczne	3%
Eksploatacja, serwis i likwidacja	0%

Źródło: opracowanie własne

Zakłada się więc, że w latach 2022-2030 całkowity koszt budowy i eksploatacji 1 MW lądowej farmy wiatrowej spadnie z przedziału 10,7-11 milionów PLN/MW do poziomu około 9,5-10 milionów PLN/MW.

**RYS. 11. ZMIANA KOSZTU BUDOWY I EKSPLOATACJI 1 MW LĄDOWEJ FARMY WIATROWEJ**



## 5.5 Materiały do produkcji

Podstawowymi materiałami do produkcji i instalacji farmy wiatrowej są: beton, stal, kompozyty (włókno szklane, węglowe, polimery i inne) oraz miedź i aluminium. Większość materiałów jest wytwarzana w Polsce. Tabela 9 przedstawia średnie ilości materiałów niezbędnych do budowy i uruchomienia lądowej farmy wiatrowej o mocy 50 MW.

**TAB. 9. ŚREDNIE ILOŚCI MATERIAŁÓW NIEZBĘDNYCH DO URUCHOMIENIA FARMY WIATROWEJ O MOCY 50 MW**

Materiały	Ton materiałów
<b>Beton</b> (wykorzystywany np. do produkcji fundamentów, dróg technicznych)	22 836
<b>Stal</b> (wykorzystywana np. do produkcji wież wiatrowych, kołnierzy, obudowy gondoli, elementów konstrukcyjnych, odlewów komponentów gondoli i wirnika)	6 687
<b>Kompozyty</b> (wykorzystywane np. do produkcji łopaty wirnika, obudowy piasty, obudowy gondoli, osłony kabli)	1 051
<b>Aluminium i miedź</b> (komponenty elektryczne, kable, elementy wyposażenia)	301

Dokonano wyliczenia ilości niezbędnych materiałów do budowy farm wiatrowych zgodnie z przedstawionymi w raporcie wariantami rozwoju lądowych farm wiatrowych w perspektywie do roku 2030 (tab. 10).

**TAB. 10. ILOŚCI MATERIAŁÓW (W TONACH) NIEZBĘDNYCH DO BUDOWY FARM WIATROWYCH W WARIANTACH**

Materiały (tony)	Wariant konserwatywny	Wariant bazowy	Wariant rozwojowy
<b>Beton</b> (wykorzystywany np. do produkcji fundamentów, dróg technicznych)	2 648 976	4 064 808	5 069 592
<b>Stal</b> (wykorzystywana np. do produkcji wież wiatrowych, kołnierzy, obudowy gondoli, elementów konstrukcyjnych, odlewów komponentów gondoli i wirnika)	775 692	1 190 286	1 484 514
<b>Kompozyty</b> (wykorzystywane np. do produkcji łopaty wirnika, obudowy piasty, obudowy gondoli, osłony kabli)	121 916	187 078	233 322
<b>Aluminium i miedź</b> (komponenty elektryczne, kable, elementy wyposażenia)	34 916	53 578	66 822

Źródło: IRENA, opracowanie własne

Szczególną uwagę zwracamy na zapotrzebowanie na stal. W omawianym okresie – w wariantcie rozwojowym – polskie huty mogą jej dostarczyć w ilości od około 800 tysięcy do nawet blisko 1,5 miliona ton. Również pozostałe materiały mogą być w 100% dostarczone przez polskie firmy.

## 6. Kwantyfikacja rynku i zapotrzebowania na poszczególne komponenty i usługi. Analiza popytu na krajowym rynku, kreującego rozwój lokalnych dostawców

### 6.1 Faza przygotowawcza

Faza przygotowawcza, obejmująca w szczególności prace związane z wyborem lokalizacji, przeprowadzeniem analiz technicznych, środowiskowych, prawnych oraz finansowych, planowaniem, projektowaniem, przeprowadzeniem przetargów oraz uiszczeniem opłaty przyłączeniowej, stanowi około 7% całkowitego kosztu budowy i eksploatacji lądowej farmy wiatrowej. Zwiększanie mocy turbin ma ograniczony wpływ na zmniejszenie kosztów tej fazy. Dodatkowo, prace te opierają się (oprócz opłaty przyłączeniowej) w ogromnej części na działaniach ekspertów, których koszt usług będzie rósł. Zakłada się więc, że koszty fazy przygotowawczej będą rosły (analiza na potrzeby tego raportu wskazuje na kumulatywny około 8-procentowy wzrost do 2030 roku).

**TAB.11. SZACUNKOWE NAKŁADY NA BUDOWĘ LĄDOWYCH FARM WIATROWYCH W FAZIE PRZYGOTOWAWCZEJ (MILIONY PLN) W LATACH 2022-2030**

Faza przygotowawcza	Wariant konserwatywny	Wariant bazowy	Wariant rozwojowy
Wybór lokalizacji	641	976	1 224
Analizy techniczne, środowiskowe, prawne oraz finansowe	641	976	1 224
Planowanie, projektowanie, przetargi	1 924	2 928	3 672
Opłata przyłączeniowa	1 283	1 952	2 448
<b>RAZEM</b>	<b>4 490</b>	<b>6 832</b>	<b>8 568</b>

Źródło: opracowanie własne

Rynek usług związanych z fazą przygotowawczą budowy lądowych farm wiatrowych w Polsce może wynieść pomiędzy 4,5 a 8,5 miliarda PLN w latach 2022-2030, z uwzględnieniem opłat przyłączeniowych. **Z wyłączeniem tych opłat rynek ten może osiągnąć wartość pomiędzy 3,2 a 6 miliardów PLN, co oznacza średnioroczny potencjał przychodów dla firm z łańcucha dostaw na poziomie od 300 do blisko 700 milionów PLN.**

### 6.2 Instalacja turbiny

Faza instalacji turbiny to główny element kosztowy elektrowni wiatrowej, a jej udział to około 45% w koszcie całkowitym. Nakłady i koszty ponoszone w jej trakcie obejmują zakup, transport i montaż turbiny. Zakładany wzrost mocy jednostkowej turbin oznacza jednoznacznie, że koszty w przeliczeniu na 1 MW zakupu, transportu i montażu spadną. Pomimo zakładanego wzrostu cen materiałów i wynagrodzeń, należy uwzględnić jednak nieproporcjonalne zwiększenie mocy stosowanych turbin wiatrowych, które wpłyną na ograniczenie kosztu na 1 MW. Zakłada się więc, że koszty tej fazy spadną kumulatywnie do 2030 roku o 18%.

**TAB. 12. SZACUNKOWE NAKŁADY NA BUDOWĘ LĄDOWYCH FARM WIATROWYCH W FAZIE INSTALACJI TURBINY (MILIONY PLN) W LATACH 2022-2030**

Faza instalacji turbiny	Wariant konserwatywny	Wariant bazowy	Wariant rozwojowy
Gondola	12 151	18 487	23 187
Wirnik	6 931	10 545	13 226
Wieża	4 877	7 421	9 307
Transport i montaż	1 711	2 604	3 266
<b>RAZEM</b>	<b>25 671</b>	<b>39 057</b>	<b>48 986</b>

Źródło: opracowanie własne

Rynek dostaw związanych z fazą instalacji turbin dla lądowych farm wiatrowych w Polsce może wynieść od 26 do 48 miliardów PLN w latach 2022-2030. **Największym rynkiem będzie dostawa turbin, z uwzględnieniem transportu jej głównych komponentów – gondoli, wirnika, wieży.**

**W ramach dostaw komponentów dla gondoli, potencjał generowania przychodów przez dostawców lub ich poddostawców to w wariantcie bazowym ponad 2 miliardy PLN, w przypadku komponentów dla wirnika (w tym produkcja łopat i odlewów) to ponad 1 miliard PLN, a dostawy wież wiatrowych to rynek wart nawet 900 milionów PLN średniorocznie.**

### 6.3 Faza budowy i podłączenia elektrycznego

Faza budowy i podłączenia elektrycznego to około 13% kosztów całkowitych. Nakłady i koszty ponoszone w jej trakcie obejmują: przygotowanie terenu, prace budowlane, dostawę instalacji elektrycznych i ich podłączenie oraz uruchomienie farmy. Zwiększanie mocy turbin ma ograniczony wpływ na zmniejszenie kosztów tej fazy. Biorąc pod uwagę wzrost cen materiałów i wynagrodzeń, należy liczyć się ze wzrostem kosztu jednostkowego. Zakłada się więc, że koszty tej fazy wzrosną kumulatywnie do 2030 roku o 3%.

**TAB. 13. SZACUNKOWE NAKŁADY NA BUDOWĘ LĄDOWYCH FARM WIATROWYCH W FAZIE BUDOWY I PODŁĄCZENIA ELEKTRYCZNEGO (MILIONY PLN) W LATACH 2022-2030**

Faza budowy i podłączenia elektrycznego	Wariant konserwatywny	Wariant bazowy	Wariant rozwojowy
Przygotowanie terenu oraz prace budowlane	3 372	5 130	6 434
Instalacje elektryczne i podłączenia	4 046	6 156	7 721
Uruchomienie	1 349	2 052	2 574
<b>RAZEM</b>	<b>8 766</b>	<b>13 338</b>	<b>16 728</b>

Źródło: opracowanie własne



Rynek dostaw komponentów i usług związanych z fazą budowy i podłączenia elektrycznego może wynieść od 9 do 17 miliardów PLN w latach 2022-2030. **Największym rynkiem dostaw będzie dostawa instalacji elektrycznych wraz z usługą ich podłączenia. Średnioroczna wartość przychodów, które mogą osiągnąć firmy w łańcuchu dostaw w tym segmencie, to około 700 milionów PLN. W ramach prac budowlanych z przygotowaniem terenu średnioroczny koszyk przychodów to około 600 milionów PLN. Przedsiębiorstwa dostarczające usługi kompleksowego uruchomienia lądowych farm wiatrowych mogłyby uczestniczyć w rynku o średniorocznym obrocie około 200 milionów PLN.**

## 6.4 Faza eksploatacji, serwisu i likwidacji (albo repowering)

Faza eksploatacji, serwisu i likwidacji to najbardziej rozciągnięta w czasie kategoria kosztów. Zakładając eksploatację rozłożoną na 25 lat, należy liczyć się w tym okresie z kosztami związanymi w szczególności z bieżącą konserwacją, jak i wymianą części zamiennych. Według zebranych informacji średnioroczny koszt eksploatacji i serwisu na 1 MW wynosi około 0,15-0,2 mln PLN na rok. W ramach tych kosztów największą pozycję stanowi serwis i wymiana komponentów na miejscu farmy (nawet do 50% tej kategorii kosztów).

**TAB.14. INDYKATYWNY ROCZNY KOSZT EKSPLOATACJI I SERWISU WEDŁUG BENCHMARKÓW ŚWIATOWYCH**

Koszty komponentów	Roczny koszt (PLN/MW)	Udział procentowy w całości
Serwis i utrzymanie turbin wiatrowych	77.385 - 94.325	47,6 - 49,3%
Zarządzanie i administracja	31.185 - 38.115	19,2 - 19,9%
Ubezpieczenia	28.875 - 37.730	18,9 - 18,4%
Podatek od nieruchomości	15.400 - 23.100	11,7 - 9,8%
Serwis i utrzymanie instalacji elektrycznej	4.235 - 5.005	2,6%
<b>Łącznie</b>	<b>157.080 - 198.275</b>	<b>100%</b>

Źródło: IRENA

Przygotowane na potrzeby raportu analizy kosztów budowy i eksploatacji, a co za tym idzie popytu na poszczególne komponenty i usługi, obejmują okres do 2030 r. Należy przy tym pamiętać, że znaczące zapotrzebowanie na usługi związane z obsługą i eksploatacją będzie występowało po tym okresie. Ponadto, dla określenia realizacji przychodów związanych z obsługą i eksploatacją farm wiatrowych warto wskazać na obecnie zainstalowane moce farm wiatrowych jako potencjał przychodów dla przedsiębiorstw z łańcucha dostaw.

Szacuje się, że oddane do eksploatacji farmy wiatrowe, do roku 2030 (łącznie z oddanymi do końca 2021 r.), mogą wygenerować usługi i dostawy w ramach obsługi i eksploatacji w średniorocznej wysokości nawet ponad 1,5 miliarda PLN. Przeważającą wartość (około 50%) stanowią dostawy części zamiennych i związane z tym usługi.

**TAB. 15. SZACUNKOWE NAKŁADY NA OBSŁUGĘ I EKSPLOATACJĘ LĄDOWYCH FARM WIATROWYCH (MILIONY PLN) W LATACH 2022-2030**

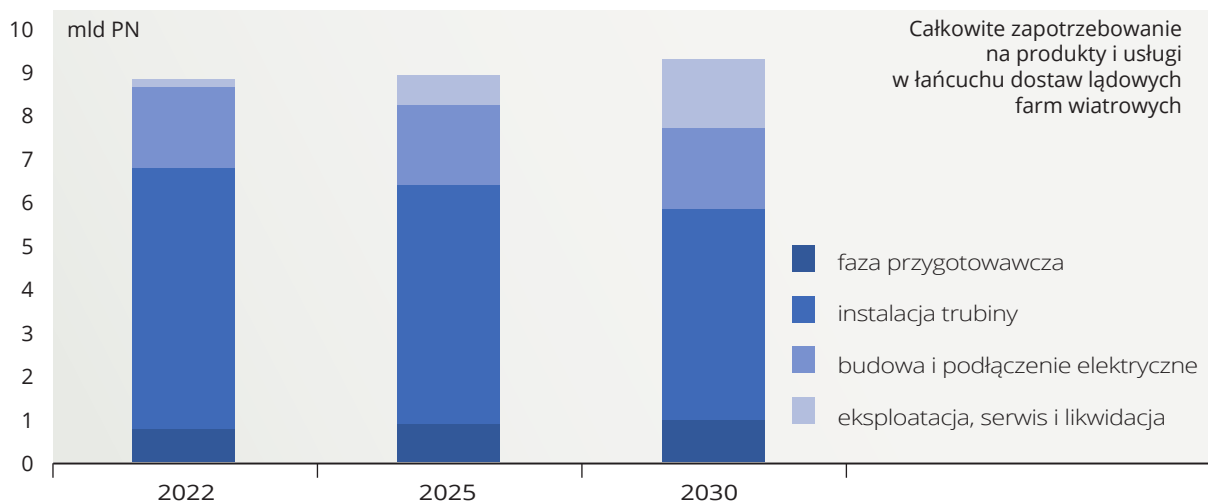
Faza obsługi i eksploatacji	Wariant konserwatywny	Wariant bazowy	Wariant rozwojowy
Farmy obecnie eksploatowane (ok. 6,9 GW w 2021 roku)	8 810	8 810	8 810
Farmy budowane 2022-2030	4 067	6 188	7 761
RAZEM	12 877	14 997	16 571

Źródło: opracowanie własne

## 6.5 Podsumowanie popytu

Całkowita wartość przychodów, które mogą być ukierunkowane na firmy w łańcuchu dostaw lądowych farm wiatrowych, może wynieść w latach 2022-2030 kumulatywnie pomiędzy 50 a 80 mld PLN. Oznacza to możliwość wygenerowania średniego rocznego obrotu o wartości 6-9 mld PLN. Poziom ten jest uwarunkowany rozwojem budowy nowych lądowych farm wiatrowych, poziomem kosztów oraz tempem rozwoju technologicznego.

**RYS. 12. PODSUMOWANIE NAKŁADÓW (W MLD PLN) NA BUDOWĘ I EKSPLOATACJĘ LĄDOWYCH FARM WIATROWYCH W LATACH 2022-2030**



Źródło: opracowanie własne

## 7. Analiza i oszacowanie udziału wkładu krajowego w polskie projekty lądowych farm wiatrowych

### 7.1 Diagnoza stanu obecnego krajowego łańcucha dostaw

Obecnie szacuje się udział dostawców komponentów i usług z Polski dla lądowej energetyki wiatrowej na poziomie 55-60% z ambicją sięgającą 75% w ciągu najbliższych 10 lat. Jednocześnie z uwagi na ograniczenia wprowadzone przez zasadę 10H szacuje się, iż obecnie wykorzystujemy krajowe moce produkcyjne i usługowe w ograniczonym zakresie, co powoduje, że udział wkładu krajowego wynosi obecnie 40%. Dalsze utrzymywanie się restrykcyjnych przepisów ograniczających lokalizację w postaci tzw. zasady 10H spowoduje istotne ograniczenia dla nowych projektów lądowej energetyki, a to przełoży się na dalszy zanik mocy produkcyjnych i firm usługowych dla branży. Idąc dalej, można zaryzykować stwierdzenie, iż brak odblokowania potencjału LEW przełoży się na wysokość udziału krajowych dostawców w łańcuchach dostaw również dla branży morskiej energetyki wiatrowej.

Możliwość realizacji pełnego potencjału ambicji jest więc w dużej mierze uzależniona od stabilnego rozwoju rynku i wsparcia nowych inwestycji w Polsce, o których jest mowa w kolejnych sekcjach niniejszego raportu. Dodatkowym czynnikiem pozytywnie wpływającym na możliwości zwiększania udziału komponentu polskiego jest planowany rozwój i potencjalnie dostępne finansowanie dotyczące morskiej energetyki wiatrowej – które, w szczególności w zakresie produkcji komponentów gondoli, może wykreować istotne synergie.

W poszczególnych etapach realizacji inwestycji największy udział mają firmy realizujące fazę przygotowawczą oraz fazę budowy i elektryczną, ze względu na lokalny charakter tych usług i produkcję komponentów w Polsce.

Jednakże największy potencjał, zarówno procentowego wzrostu, jak i budowania wartości dodanej (z potencjałem eksportowym), leży w fazie instalacji turbiny oraz eksploatacji i serwisie, zarówno ze względu na ich największy udział (w sumie około 75%) w całkowitym koszcie 1 MW (Totex), jak i na potencjalną konkurencyjność dostarczania produkcji poszczególnych komponentów i usług z Polski.

Dla produkcji gondoli (z potencjałem przyrostu wartości dostaw z Polski z obecnego poziomu 30% do ponad 50%) można wyróżnić trzy główne grupy rozwojowe przyrostu wartości dostaw z Polski:

- międzynarodowe koncerny technologiczne, które przy odpowiednich zachętach inwestycyjnych mogą być zainteresowane relokacją lub utworzeniem nowych mocy produkcyjnych w Polsce (w szczególności należy zwrócić uwagę na potencjał montowni gondoli i wirnika, który może wzmocnić lokalny łańcuch dostaw poszczególnych komponentów);
- polskie firmy, które już dziś posiadają niezbędne kompetencje lub dostarczają do energetyki wiatrowej komponenty, w szczególności w zakresie konstrukcji stalowych, kompozytowych, wszelkiego rodzaju odlewów oraz wyspecjalizowanej obróbki termicznej i mechanicznej oraz komponenty eklektyczne (w tym zlokalizowane w regionach węglowych);
- polski przemysł metalurgiczny, który z obecnymi technologiami jest w stanie zapewnić większość niezbędnej stali do produkcji wież i gondoli, a po inwestycjach również ewentualną dostawę kołnierzy.

Potencjał przyrostu wartości dla fazy eksploatacji i serwisu (około 30% kosztów) szacuje się z obecnego poziomu 70% do poziomu 90%, jako efekt naturalnego rozwoju kompetencji w tym zakresie, przy założeniu stabilnego rozwoju rynku, jak również jako pochodną rozwoju zakresu komponentów turbin produkowanych w Polsce. Pociągnie to za sobą większe możliwości lokalnego serwisu i produkcji niezbędnych specjalistycznych części zamiennych w Polsce. Otwartą kwestią jest przeprowadzenie utylizacji komponentów, rozbiórki i odzysk surowców do ponownego przetworzenia. Proces ten nie jest jeszcze ustrukturyzowany w Polsce.

Poniżej opisany został stan obecny i potencjał poszczególnych głównych komponentów faz realizacji lądowych elektrowni wiatrowych.

- 1. Faza przygotowawcza, ok. 7% udziału w całym łańcuchu.** Poszczególne grupy zadań, z racji lokalizacji posadowienia turbin na lądzie, osiągają poziom 90% udziału polskiego wkładu w realizacji. Główny udział to wybór lokalizacji i decyzje administracyjne, które w naturalny sposób są świadczone przez polskie firmy. Stabilna pozycja na przyszłość.
- 2. Instalacja turbiny** – główny element elektrowni wiatrowej, jej udział to około 45% w łańcuchu wartości. Średni ważony udział w kosztach (Totex), w tym udział polskich komponentów, szacuje się na poziomie 30%, z potencjałem do ponad 50%. Poszczególne rozkłady i wpływ przedstawiono w tab. 16.

**TAB. 16. SZACOWANY UDZIAŁ POLSKIEGO PRZEMYSŁU W ŚWIADCZENIU USŁUG I PRODUKCJI KOMPONENTÓW LĄDOWYCH FARM WIATROWYCH**

Lp.	Komponent/usługa	Obecny local content	Rozwojowy local content	Polski potencjał w komponentach /usługach
1	Montaż gondoli	10%	30%	Jeden z producentów rozbudowuje centrum montażu dla turbin lądowych przy aktywnej współpracy polskiej grupy przemysłowej. Impulsem do wzrostu udziału polskiego wkładu do 30% jest współpraca z producentem turbiny, który ostatecznie może zdecydować o powstaniu zakładu montażu w Polsce jako relokacja istniejących lub powstanie nowych mocy produkcyjnych.
2	Płyta podstawy	10%	70%	Istnieje ograniczona liczba przedsiębiorstw, które dysponują obecnie właściwą technologią i wytwarzają odpowiednie produkty lub podobne. Jednakże technologia jest znana i wykorzystywana w Polsce w podobnych produktach, które mają jedynie inne przeznaczenie końcowe, np. ramach dla ciężkich pojazdów mechanicznych.
3	Łożysko główne	10%	30%	Technologia produkcji łożysk jest z powodzeniem realizowana dla mniejszych gabarytów, czy innych typów łożysk. Obecni producenci stanowią wąską grupę wyspecjalizowanych producentów, posiadając doprecyzowaną i wypróbowaną technologię wytwarzania z możliwościami zwiększenia mocy produkcyjnych.
4	Wał główny	20%	70%	Podobnie jak w przypadku płyty podstawy, w Polsce działa obecnie kilka przedsiębiorstw wykorzystujących te same techniki i technologie produkcji innych rodzajów wałów. Technologie nie stanowią bariery rozwoju wzrostu. W związku z powyższym oszacowano, że w Polsce istnieje dobra baza do rozwoju skali produkcji.
5	Przekładnia zębata	5%	30%	Rynek zdominowany przez międzynarodowych producentów głównie wywodzących się z przemysłu samochodowego. Polska dysponuje kompetencjami i zasobami na każdym etapie produkcji elementów: kół, przekładni, obudów i montażu końcowego. Polskie klastry lotnicze dysponują światowej klasy wyposażeniem i technologią, którą z powodzeniem można wykorzystać do uruchomienia produkcji. Bariery wejścia jest dostęp do projektów i technologii przekładni dla energetyki wiatrowej, ale z oczekiwanym potencjałem na poziomie 30% dostaw z Polski przy dodatkowych inwestycjach koncernów międzynarodowych.
6	Generator i wał odbioru mocy	10%	50%	Jeden z bardziej zaawansowanych technologicznie elementów oraz dodatkowo wykonywany w całości w jednym elemencie – już ten fakt stanowi naturalną barierę logistyczną. Realizowane obecnie przez kilka przedsiębiorstw dysponujących precyzyjnymi centrami obróbkowymi CNC i odpowiednimi halami produkcyjnymi z kontrolą klimatu wewnątrz. Polskie klastry lotnicze dysponują światowej klasy wyposażeniem i technologią, którą z powodzeniem można wykorzystać do uruchomienia dodatkowych mocy produkcyjnych w Polsce.

7	Systemy sterowania i monitorowania	30%	70%	Systemy stanowią głównie oprogramowanie rozwijane przez producentów turbin. Posiadają oni centra monitoringu i zbierania danych SCADA. Produkcja elementów wyposażenia oraz całych systemów sterowania odbywa się głównie w dolnośląskich klastrach technologicznych oraz przez rodzimie firmy dostarczające fragmenty oprogramowania, i uznawana jest za stabilną.
8	Zespół i łożysko kierunkowe	5%	30%	Ogólna sytuacja taka sama jak dla łożyska głównego. Produkcja łożysk obecna w Polsce dla innych zastosowań, a obecni producenci stanowią wąską grupę wyspecjalizowanych producentów posiadając doprecyzowaną i wypróbowaną technologię wytwarzania z możliwościami zwiększenia mocy.
9	Obudowa gondoli	70%	90%	Realizowane przez doświadczonego zagranicznego producenta na terenie Polski (materiał kompozytowy) oraz polską grupę przemysłową (stal). Większość obudów realizowana jest z tworzywa sztucznego podobnego do materiału wykorzystywanego do produkcji kadłubów łodzi. Jest możliwość realnego wykorzystania bazy polskich małych stocznijachtowych. Możliwy rozwój przez zwiększenie skali obecnych producentów lub nowe inwestycje do szacowanego poziomu 90% dostaw z Polski.
10	Montaż wirnika	10%	30%	Proces zazwyczaj współistniejący z montażem gondoli. Jeden z producentów rozbudowuje centrum montażu dla turbin lądowych przy aktywnej współpracy polskiej grupy przemysłowej. Impulsem do wzrostu udziału polskiego wkładu jest współpraca z producentem turbiny, który ostatecznie może zdecydować o powstaniu zakładu montażu w Polsce jako relokacja istniejących lub powstanie nowych mocy produkcyjnych.
11	Łopaty wirnika	30%	70%	Obecnie na rynku od lat funkcjonuje producent łopat, ze znajomością technologii. Ograniczenia dotyczą gabarytów produkowanych łopat i ich ilości – ma to wpływ wielkość hal produkcyjnych i technologia (wielkość formy). Nowa generacja łopat wymaga powstania nowego zakładu – miejsca produkcji. Może to być ten sam producent, który jest obecnie, lub konieczna jest budowa nowego jako synergia z morską energetyką wiatrową.
12	Odlew piasty	20%	70%	Podobnie jak z pozostałymi elementami konstrukcji stalowych, istnieją liczne zakłady – odlewnie dysponujące technologią i mogące się rozwijać w kierunku produkcji odlewów piast. Bariera to inwestycje w nowe linie do odlewania i obróbki. W związku z powyższym oszacowano, że w Polsce istnieje dobra baza do rozwoju skali produkcji.
13	Łożyska łopat	10%	30%	Produkcja łożysk jest obecna w Polsce dla innych zastosowań. Ogólna sytuacja taka sama jak dla łożyska głównego. Producenci stanowią wąską wyspecjalizowaną grupę posiadającą doprecyzowaną i wypróbowaną technologię wytwarzania z możliwościami zwiększenia mocy produkcyjnych i zwiększenia poziomu dostaw z Polski.
14	Obudowa piasty i systemy pomocnicze wirnika	50%	90%	Istniejące kompetencje w Polsce. Bariery zwiększenia udziału są moce produkcyjne. Możliwy rozwój przez zwiększenie skali obecnych producentów lub nowe inwestycje do szacowanego poziomu 90% dostaw z Polski.
15	Produkcja wieży	70%	90%	Produkcja realizowana przez dwa podmioty na terenie Polski. Obie grupy mają ograniczenia co do zdolności produkcyjnych – ilości oraz wymiarów poszczególnych sekcji wieży. Bariery w rozwoju są inwestycje w nowe linie produkcyjne dla zwiększenia ilości sztuk oraz rozszerzenia zakresu możliwości produkcji większych i cięższych sekcji wieży. Dodatkowym utrudnieniem jest posiadanie odpowiedniego terenu na magazyn wyrobów gotowych – place i infrastruktura logistyczna umożliwiająca transport nowo projektowanych sekcji za pomocą specjalistycznych samochodów. Możliwy rozwój przez inwestycje obecnych lub nowych producentów, również jako potencjalna synergia z morską energetyką wiatrową.
16	Blacha	50%	70%	Stal jak blacha może być dostarczana przez huty w Polsce. Posiadają one certyfikację producentów turbin. Ograniczeniami są zdolność produkcyjna – ilość oraz szerokość, grubość, a przez to masa arkusza blachy. Wraz z oczekiwaną stabilizacją producenta blachy grubej w Polsce, oczekujemy rozwiązań dających szansę na zwiększenie udziału blachy w zakresach, które nie wymagają zmiany obecnie stosowanych technologii.
17	Kolnierze stalowe	0%	40%	W Polsce obecnie nie produkuje się kolnierzy stalowych. Istnieją zakłady przemysłu ciężkiego dysponujące niezbędną technologią „kucia” i łączenia na gorąco profili stalowych. Obecnie rynek producentów zdominowany jest przez azjatyckie koncerny. Bariery rozpoczęcia produkcji są inwestycje w maszyny, piece, zbudowanie łańcucha dostaw dla materiału wsadowego, opanowanie i ustabilizowanie technologii. Jednakże międzynarodowe koncerny metalurgiczne posiadających swoje zakłady na terenie Polski posiadają potencjał produkcyjny.
18	Wyposażenie sekcji wieży wiatrowych	70%	90%	Wysoki procent udziału wynika z bardzo licznej grupy przedsiębiorstw, w tym małych i średnich wykonujących specjalistyczne elementy na potrzeby LFW. W tej grupie bariery w rozwoju dotyczą lokalnych przedsiębiorstw, głównie inwestycje w park maszynowy i teren. Część elementów wyposażenia nie jest produkowana ze względu na patenty jakimi dysponują zagraniczni producenci. Możliwy rozwój przez inwestycje obecnych lub nowych producentów również jako potencjalna synergia z morską energetyką wiatrową.
19	Transport i montaż	100%	100%	Bardzo dobrze ugruntowana pozycja przedsiębiorstw w tym sektorze. Znajomość lokalnych podwykonawców, charakterystyki terenów i dróg gminnych. Wraz ze wzrostem ilości instalacji pojawi się zapotrzebowanie na nowy sprzęt o ogólnie większych parametrach technicznych. Niespodziewanie może pojawić się konkurencja z innych krajów sąsiadujących z Polską, gdzie instalowane są nowszej generacji turbiny wymagające nowocześniejszego wyposażenia technicznego.

Źródło: opracowanie własne

**3. Faza budowy i podłączenia elektrycznego** (90% udziału polskiego przemysłu). Wszystkie prace przygotowawcze i budowlane wykonywane są przez doświadczone przedsiębiorstwa – większość posiadająca w 100% polskie zasoby. Realizacja bardzo często oparta jest na lokalnych firmach budowlanych. Przyłączenie elektryczne zgodnie z prawem musi być realizowane przez operatora energetycznego.

Ze względu na rozwój energetyki lądowej w poprzednich latach w Polsce powstały liczne podmioty, które z czasem umocniły się technologicznie i organizacyjnie. Jednak na skutek „zamrożenia” inwestycji w lądową energetykę wiatrową w ostatnich kilku latach część z nich zredukowała swoje zdolności produkcyjne, część z nich kontynuuje produkcję eksportową. W uprzywilejowanej sytuacji (prawie 100% wkład krajowy) są wszystkie podmioty krajowe, które realizują takie prace, jak:

- cała faza przygotowawcza,
- transport i montaż turbiny,
- faza budowy i podłączenia elektrycznego.

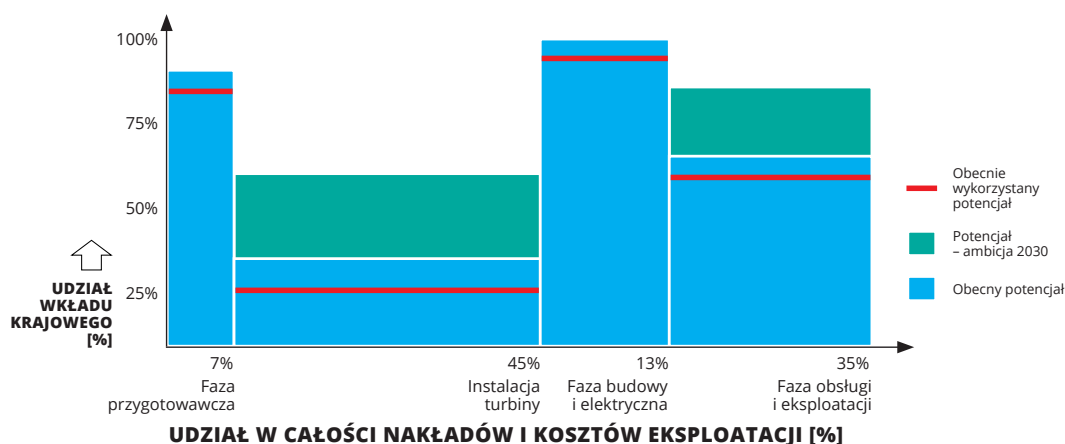
Istotną grupę o średnim i dużym udziale wkładu krajowego stanowią producenci:

- stalowych elementów wyposażenia, którzy realizują obecnie zamówienia na eksport,
- wielkogabarytowych elementów, jak wieże wiatrowe, obudowy, łopaty, płyty podstawowe – dysponujący technologią, produkują obecnie na eksport, a lokalizacja w Polsce znacznie zmniejszy koszt transportu na farmy wiatrowe,
- wyspecjalizowani w systemach sterowania.

Trzecia grupa, która nie jest licznie reprezentowana przez rodzimych producentów, to specjalistyczne elementy turbiny i jej montaż oraz systemy wspomaganie o istotnym znaczeniu w łańcuchu wartości – gdzie zwiększenie udziału w lokalnym łańcuchu dostaw może nastąpić poprzez inwestycje międzynarodowych koncernów technologicznych:

- przekładnie zębate,
- całe spektrum łożysk,
- generator,
- montaż turbiny i wirnika.

**RYŚ. 13. UDZIAŁ WKŁADU KRAJOWEGO NA POLSKIE PROJEKTY LĄDOWYCH FARM WIATROWYCH**



Źródło: opracowanie własne



## 7.2. Studium wybranych projektów

### 7.2.1. Rozwój polskiego łańcucha dostaw dla energetyki wiatrowej na przykładzie doświadczenia przedsiębiorstwa Sevicon

Działalność firmy Sevicon sp. z o.o. obejmuje kompleksowe rozwijanie farm wiatrowych i farm fotowoltaicznych od greenfieldu aż po etap budowy „pod klucz”. Od 2007 roku Sevicon z sukcesem realizuje projekty w Polsce. W ramach tych projektów do dzisiaj powstały farmy wiatrowe o łącznej mocy ok. 330 MW. Firma działa w oparciu o silną sieć partnerską budowaną przez lata, w której główną rolę odgrywa grono doświadczonych ekspertów posiadających specjalistyczną wiedzę branżową.

Sevicon sp. z o.o. jest polską firmą należącą do WKN GmbH, która rozpoczęła swoją działalność deweloperską w Polsce w 2000 r. WKN GmbH jest spółką w 100% zależną od PNE AG. Marki PNE i WKN są obecne w Grupie PNE od 2013 r. i wspólnie rozwijają się jako „Clean Energy Solutions Provider”. Grupa PNE jest pionierem energetyki wiatrowej działającym na arenie międzynarodowej i jednym z najbardziej doświadczonych deweloperów projektów farm wiatrowych na lądzie i na morzu. Na lądzie zrealizowano farmy wiatrowe o mocy 3.100 MW, a na morzu sprzedano projekty o łącznej mocy 2.644 MW.

#### RYS. 14. FARMA WIATROWA JASNA



Źródło: Sevicon sp. z o.o.

## Projekt Jasna

Projekt farmy wiatrowej Jasna o mocy zainstalowanej 132 MW, składający się z 39 turbin Vestasa V126-3.3/3.45 MW, został wybudowany w latach 2019-2021 na terenie województwa pomorskiego. Farma wiatrowa Jasna jest obecnie największą farmą wiatrową w Polsce z jednym punktem przyłączenia.

### Wyjątkowe wyzwania, jakim musieli sprostać wykonawcy farmy

Szczególne wyzwanie strukturalne stanowił rozmiar farmy wiatrowej, tj. 39 turbin z przedłużeniem północ-południe wynoszącym ok. 17 km oraz trasa przyłączeniowa do stacji PSE Gdańsk-Błonia, która ma ok. 70 km długości i przecina dwie rzeki: Wisłę i Nogat. W ramach linii przesyłowej wysokiego napięcia należało wykonać ok. 250 otworów wiertniczych (przewiert sterowany HDD), w tym najdłuższy w Polsce o długości prawie 1,5 km pod rzeką Wisłą. Ponadto w elektroenergetyce zastosowano wiele nowatorskich rozwiązań, które zrealizowano po raz pierwszy w Polsce.

### Polskie firmy w procesie projektowania i budowy farmy wiatrowej Jasna

Realizacja projektu farmy wiatrowej Jasna była możliwa dzięki zaangażowaniu lokalnych polskich firm na każdym etapie projektowania i budowy. W okresie realizacji inwestycji Sevivon współpracował z wysoko wyspecjalizowanymi ekspertami, w tym instytutem zajmującym się obliczeniami elektroenergetycznymi, firmą specjalistyczną od usług wiertniczych, biurami projektowymi, ekspertami z zakresu ochrony środowiska, polskim producentem kabli i wykonawcą fundamentów.

#### 7.2.2. Rozwój łańcucha dostaw branży wiatrowej w Polsce – studium przypadku współpracy Vestas z ConverterTec

Vestas Wind Systems A/S jest liderem w stymulowaniu polskich firm działających w łańcuchu dostaw dla branży wiatrowej na lądzie. W ciągu ostatniej dekady koszt zakupionych materiałów i usług od dostawców i podwykonawców z Polski wyniósł prawie 800 milionów euro, a w roku 2020 wydano 185 milionów euro. Obecnie Vestas zatrudnia w Polsce ponad 500 osób, a dzięki inwestycjom w całym polskim łańcuchu dostaw zatrudnione są tysiące pracowników. Vestas widzi ogromne możliwości polskich dostawców dostarczających komponenty i usługi na potrzeby rynku onshore, w szczególności w obszarach takich, jak wieże, odlewy, łopaty wirnika i inne podzespoły, a także w montażu wstępnym i serwisie.



## RYS. 15. MONTAŻ ŁOPAT WIRNIKA



Źródło: Vestas Wind Systems A/S

### Panele sterowania — elementy krytyczne

Panele sterowania są elementem krytycznym komponentów elektrycznych turbiny. Wykorzystywane są one w całym portfolio firmy Vestas i są podobne zarówno w przypadku energetyki wiatrowej na lądzie, jak i na morzu, tworząc potencjalne synergie rynkowe dla ich producenta. Każda z turbin wiatrowych Vestas zawiera co najmniej pięć paneli kontrolnych, z najnowszą morską turbiną wiatrową V236-15.0 MW, obejmującą osiem paneli kontrolnych w różnych lokalizacjach i wykonujących różne funkcje kontrolne.

## ConverterTec – polski producent paneli sterowania

Główne zakłady produkcyjne ConverterTec znajdują się w Niepołomicach (Kraków), a dodatkowo planuje się rozbudowę mocy produkcyjnych w Brzegach (Kraków). Firma w Polsce zatrudnia obecnie ponad 150 osób.

### RYS. 16. CONVERTERTEC BRZEGI, KRAKÓW. ROZBUDOWA MOCY PRODUKCYJNYCH



Źródło: Vestas Wind Systems A/S

## Vestas – ConverterTec – historia sukcesu polskiej współpracy wiatrowej

Od 2016 r. Vestas jest partnerem firmy ConverterTec w Polsce w zakresie lądowej energetyki wiatrowej. Dzięki wsparciu polskiej administracji firma ConverterTec zlokalizowała w Polsce wszystkie swoje zakłady produkujące wysokotechniczne panele sterowania. **100% globalnych** zakupów Vestas od dostawcy ConverterTec jest realizowane w Polsce. ConverterTec jest obecnie jednym z wiodących dostawców paneli sterowania dla Vestas na całym świecie, z silną polską bazą, i dostarcza znaczne korzyści lokalnej społeczności w Niepołomicach (okolice Krakowa) poprzez tworzenie miejsc pracy i powiązane inwestycje. Współpraca między Vestas i ConverterTec jest wzorowym przykładem, jak krajowe firmy mogą stać się konkurencyjne regionalnie i globalnie, otwierając możliwości rozszerzonej współpracy, ponieważ przemysł wiatrowy staje się jednym z filarów globalnego przechodzenia na zieloną energię.

## **8. Określenie potencjału, poziomu i struktury zatrudnienia (bezpośrednich miejsc pracy) w krajowym sektorze łańcucha dostaw dla lądowych farm wiatrowych**

### **8.1. Zatrudnienie w łańcuchu dostaw**

W roku 2020 na świecie, pomimo pandemii COVID-19, nastąpił historyczny wzrost o 93 GW nowych zainstalowanych mocy wiatrowych. Za wzrost ten odpowiada rozwój lądowej i morskiej energetyki wiatrowej. To wyraźny sygnał, że w nadchodzących latach przemysł i globalny łańcuch dostaw będzie charakteryzować tendencja wzrostowa produkcji i usług dla farm wiatrowych, a tym samym będzie on kreować nowe, wysokiej jakości miejsca pracy.

Na podstawie raportu IRENA<sup>14</sup>, praca na rzecz łańcucha dostaw dla lądowej energetyki wiatrowej to 5,24 miejsca pracy na 1 MW w ciągu 25 lat życia typowego projektu wiatrowego na lądzie o mocy 50 MW, i to tylko efekt krajowy (bez eksportu).

Miejsca pracy generowane przez projekty budowy elektrowni wiatrowych obejmują pełny łańcuch wartości dla tego sektora, uwzględniający m.in. umiejętności techniczne i projektowe oraz umiejętności miękkie. Sektor energetyki wiatrowej zapewnia szereg miejsc pracy dystrybuowanych w zróżnicowanym łańcuchu wartości. W przypadku krajów wykorzystujących energię wiatrową potencjał generowania dochodu i tworzenia miejsc pracy będzie zależał od stopnia, w jakim lokalny przemysł w różnych segmentach łańcucha wartości może wykorzystać istniejące zakłady produkcyjne i usługowe oraz tworzyć nowe. Dodatkowo potrzebna jest analiza osobodni i umiejętności wymaganych w każdym segmencie łańcucha wartości, która jest niezbędna do oszacowania potencjału tworzenia miejsc pracy i oceny dostępności umiejętności potrzebnych do rozwoju sektora krajowego.

Badanie dostępności do surowców, materiałów, półproduktów i sprzętu potrzebnego do produkcji komponentów może pomóc w podjęciu decyzji, które segmenty łańcucha wartości należy gdzie zlokalizować. W zależności od dostępności materiałów i usług, krajowa produkcja komponentów skutecznie wspierałaby branżę istotne dla energetyki wiatrowej. Na przykład w niektórych krajach istnieje lokalny przemysł stalowy lub lotniczy, który stanowi podstawę rozwoju przemysłu wiatrowego, czego potwierdzeniem są w Polsce huty oraz zakłady lotnicze, które obecnie stanowią ważne ogniwo produkcji materiałów do wież i łopat. W latach 2008-2015 polska huta zlokalizowana w Częstochowie była bardzo ważnym dostawcą blach dla producentów wież wiatrowych dla LEW. Czynnikiem ten pozwalała na utrzymanie produkcji przy bardzo zwalniającym sektorze stoczniowym, który był przed 2011 r. ważnym odbiorcą zakładu.

Branża wiatrowa zaangażowana jest w tworzenie pośrednich miejsc pracy dla osób zatrudnionych przez dostawców i poddostawców. Istotne są również tzw. indukowane miejsca pracy, związane z wydatkami generowanymi przez zatrudnienie bezpośrednie i pośrednie, np. personel zatrudniony w hotelach i restauracjach zlokalizowanych w pobliżu miejsc realizacji projektu oraz obsługujący pracowników projektu. Tabela 17 wyszczególnia miejsca pracy generowane przez lądowe projekty wiatrowe w 25-letnim okresie użytkowania, z podziałem na komponenty, fazy budowy i obsługi farmy i wskazaniem przykładowych zawodów oraz niezbędnego zaangażowania w osobodniach

<sup>14</sup> IRENA (2017), Renewable energy benefits: Leveraging local capacity for onshore wind, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.



**TAB. 17. MIEJSCA PRACY GENEROWANE, W PRZELICZANIU NA 50 MW, NIEZBĘDNE DO OBSŁUGI PROJEKTÓW ENERGETYKI WIATROWEJ NA LĄDZIE Z 25-LETNIM OKRESEM UŻYTKOWANIA**

Komponenty/segmenty łańcucha dostaw w lądowej energetyce wiatrowej	Przykładowe działania	Przykładowe zawody	Wymagane osobodni (% całości)	Wymagane prace w pełnym wymiarze godzin (% całości)
Planowanie i rozwój projektu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studia wykonalności</li> <li>• Oceny oddziaływania na środowisko</li> <li>• Zaangażowanie społeczności</li> <li>• Projekty techniczne</li> <li>• Rozwój projektów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekspersi prawni, majątkowi i podatkowi</li> <li>• Analitycy finansowi</li> <li>• Inżynierowie</li> <li>• Naukowcy zajmujący się środowiskiem i geotechnicznymi</li> </ul>	2,580 (3,8%)	10,3 (3,8%)
Produkcja komponentów i systemów	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkcja i montaż turbin, łopat i wież</li> <li>• Produkcja systemów monitorujących i sterujących</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pracownicy fabryki</li> <li>• Kontrola jakości</li> <li>• Marketing i sprzedaż</li> <li>• Inżynierowie</li> <li>• Project Menadżerowie</li> </ul>	18,967 (27,9%)	73 (27,9%)
Transport	Transport komponentów	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kierowcy</li> <li>• Ekspersi logistyki</li> <li>• Personel techniczny</li> </ul>	875 (1,3%)	3,4 (1,3%)
Instalacja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Przygotowanie miejsca realizacji projektu</li> <li>• Prace budowlane</li> <li>• Montaż komponentów na miejscu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Budowlańcy</li> <li>• Personel techniczny</li> <li>• Inżynierowie</li> <li>• Eksperci BHP</li> <li>• Eksperci ds. logistyki i jakości</li> </ul>	26,800 (39,4%)	103,1 (39,4%)
Podłączenie do sieci i uruchomienie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Okablowanie i podłączenie do sieci</li> <li>• Uruchomienie projektu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Budowlańcy</li> <li>• Personel techniczny</li> <li>• Inżynierowie</li> <li>• Eksperci BHP</li> </ul>	7,680 (11,3%)	29,5 (11,3%)
Eksplatacja i obsługa (O&M)	Bieżąca obsługa i utrzymanie projektu w okresie eksploatacji (zazwyczaj 25 lat)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operatorzy</li> <li>• Inżynierowie</li> <li>• Budowlańcy</li> <li>• Personel techniczny</li> <li>• Prawnicy</li> <li>• Project menadżerowie</li> </ul>	2,665 (3,9%)	10,3 (3,9%)
Likwidacja / utylizacja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Likwidacja lub ponowne zasilanie</li> <li>• Demontaż projektu na miejscu</li> <li>• Utylizacja i recykling komponentów</li> <li>• Czyszczenie terenu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Budowlańcy</li> <li>• Personel techniczny</li> <li>• Kierowcy</li> <li>• Inżynierowie</li> <li>• Naukowcy zajmujący się środowiskiem</li> <li>• Eksperci BHP</li> </ul>	8,420 (12,4%)	32,4 (12,4%)
		<b>RAZEM</b>	<b>67 987 dni</b>	<b>262 pracowników</b>

Źródło: IRENA, 2017

Produkcja głównych elementów farmy wiatrowej (łopat, turbin i wież stalowych), o mocy 50 MW, wymaga około 19 000 osobodni. Turbina wraz z podzespołami to część, która wymaga największego zaangażowania w przeliczeniu na osobodni pracy (prawie 50% z całości). Zarówno produkcja łopat, jak i wieży wymaga kolejnych 24% z całkowitego zapotrzebowania na osobodni.

Duża część wymagań dotyczących pracy i umiejętności potrzebnych do wytworzenia głównych komponentów to prace o niskich lub średnich umiejętnościach. Szacuje się, że 66% pracy wymaganej (około 12 500 osobodni) do produkcji turbin to praca fabryczna, ze średnimi lub niskimi kwalifikacjami związanymi z energią wiatrową. Produkcja zaawansowanych technologicznie podzespołów, takich jak skrzynia biegów, generator i elektronika, wymaga wysoko wyspecjalizowanych umiejętności.

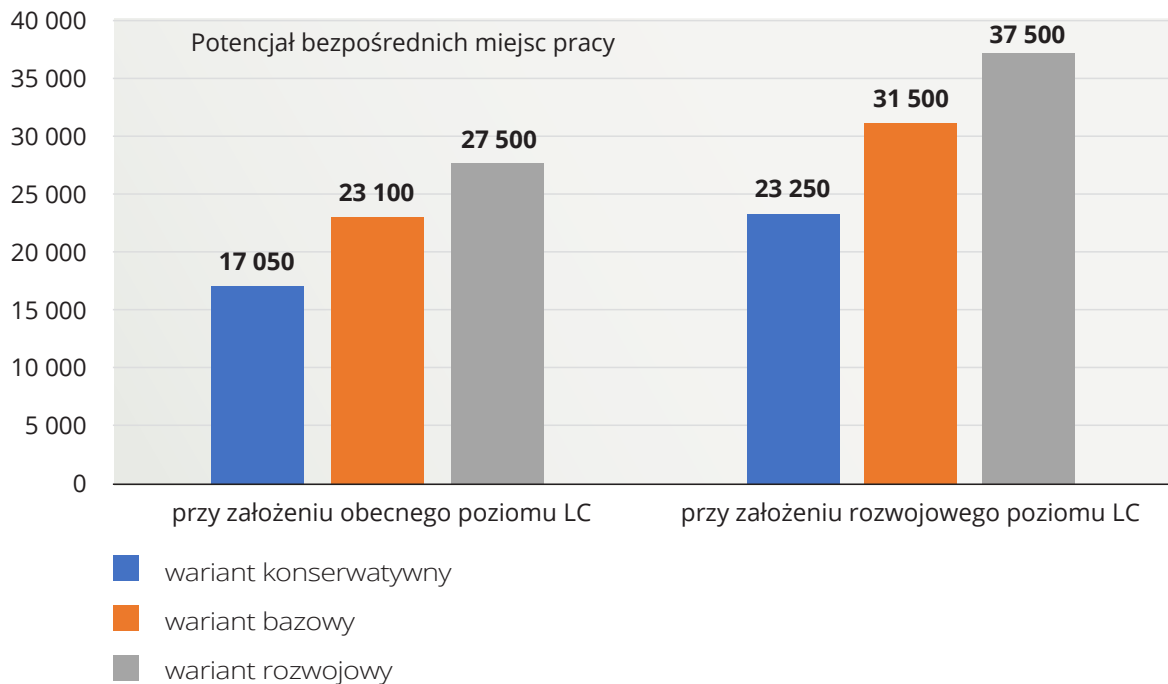
**TAB. 18. ZASOBY LUDZKIE WYMAGANE DO WYTWORZENIA GŁÓWNYCH ELEMENTÓW FARMY WIATROWEJ O MOCY 50 MW (OSOBODNI) I PODZIAŁ NA GŁÓWNE ELEMENTY (TURBINA, ŁOPATY, WIEŻA, SYSTEM MONITOROWANIA I KONTROLI)**

Rodzaj zasobów ludzkich	Turbina	Łopaty	Wieża	System monitorowania i kontroli	Razem według zawodów
Pracownicy fabryki	5 890	3 400	2 850	300	12 440
Eksperti BHP	620	125	300	30	1 075
Eksperti logistyki	620	125	300	15	1 060
Eksperti ds. kontroli jakości	620	125	300	15	1 060
Personel ds. marketingu i sprzedaży	480	290	230	45	1 045
Inżynierowie produkcji	480	277	232	15	1 004
Personel administracji	480	113	230	45	868
Projekt menadżerowie	185	110	90	-	385
Inżynierowie telekomunikacji i informatyki	-	-	-	15	15
Eksperti ds. regulacji normalizacji	-	-	-	15	15
<b>RAZEM</b>	<b>9 375 (49%)</b>	<b>4 565 (24%)</b>	<b>4 532 (24%)</b>	<b>495 (3%)</b>	<b>18 967</b>

Źródło: IRENA, 2017

Poniżej zaprezentowany został wykres obrazujący potencjał bezpośrednich miejsc pracy zgodnie z wariantami przedstawionymi w sekcji 4.2, 4.3 i 9.1. raportu oraz dodatkowo przy założeniu obecnego i potencjalnego poziomu local content w Polsce.

**RYS 17. POTENCJAŁ DODATKOWYCH BEZPOŚREDNICH MIEJSC PRACY WEDŁUG WARIANTÓW ROZWOJU ONSHORE WIND PRZY ZAŁOŻENIU OBECNEGO I POTENCJALNEGO POZIOMU LOCAL CONTENT DO ROKU 2030**



Źródło: opracowanie własne

Szczegółowe dane dotyczące szacowanego potencjału bezpośrednich miejsc pracy, w podziale na komponenty i segmenty łańcucha dostaw dla elektrowni wiatrowych prezentuje tab. 19.

**TAB. 19. POTENCJAŁ DODATKOWYCH BEZPOŚREDNICH MIEJSC PRACY W PODZIALE NA KOMPONENTY/SEGMENTY ŁAŃCUCHA DOSTAW W ONSHORE WIND DLA WARIANTU BAZOWEGO**

Komponenty/segmenty łańcucha dostaw w lądowej energetyce wiatrowej	Potencjał bezpośrednich miejsc pracy przy założeniu obecnego poziomu LC	Potencjał bezpośrednich miejsc pracy przy założeniu rozwojowego poziomu LC
Planowanie i rozwój projektu	908	1 243
Produkcja komponentów i systemów	6 490	8 810
Transport	303	410
Instalacja	8 993	12 322
Podłączenie do sieci i uruchomienie	2 640	3 560
Eksploatacja i obsługa (O&M)	908	1 243
Likwidacja / utylizacja	2 860	3 910
<b>Łącznie</b>	<b>23 100 pracowników</b>	<b>31 500 pracowników</b>

Źródło: opracowanie własne

Wraz z dynamicznym rozwojem energetyki wiatrowej w Polsce i na świecie przedsiębiorstwa z łańcucha dostaw dla lądowej i morskiej energetyki będą poszukiwały pracowników o zróżnicowanym poziomie specjalizacji i kompetencji. Analizy poziomu zatrudnienia w lądowej energetyce wiatrowej pokazują tendencje wzrostowe, co potwierdza również badanie przesłanych ankiet. W przypadku realizacji wariantu rozwojowego, branża może wkrótce stanąć przed wyzwaniem, jakim będą pojawiające się luki kompetencyjne i brak dostępu do wyspecjalizowanych kadr niezbędnych do rozwijania i obsługi nowych projektów.

Zauważalne są stopniowe zmiany zachodzące w systemie edukacji i szkoleń w zakresie energetyki odnawialnej. Edukacja przyszłych specjalistów w OZE nie zastąpiła jeszcze kierunków kształcenia związanych z energetyką węglową, widać jednak tendencję wzrostową i pojawia się wiele ciekawych propozycji dla osób chętnych do rozwoju zawodowego w tym obszarze. Oprócz dedykowanych kierunków studiów na wyższych uczelniach, w Polsce funkcjonuje wiele centrów szkoleniowych, pozwalających uzyskać niezbędne uprawnienia i kompetencje, często potwierdzane wymaganymi certyfikatami, obejmujące m.in. prace wysokościowe czy zasady bezpieczeństwa przeciwpożarowego. Aby przygotować się na rozwój rynku pracy, kolejne uczelnie otwierają kierunki studiów pierwszego i drugiego stopnia oraz studia podyplomowe. Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej proponuje studia podyplomowe „Morska energetyka wiatrowa”. Natomiast Akademia Morska w Szczecinie uruchamia 3,5-letnie studia pierwszego stopnia na kierunku „Inżynieria przemysłowa i morskie elektrownie wiatrowe, specjalność eksploatacja siłowni wiatrowych”.

Obok tych specjalizacji w sektorze offshore, ale także onshore, znaleźć można też kierunki bardziej menedżerskie, typu zarządzanie zieloną energią w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie oraz proponowane przez Instytut Energetyki Odnawialnej i Politechnikę Warszawską studia podyplomowe „Energetyka odnawialna dla biznesu: technologie, ekonomia, wdrożenia”. Wiele uczelni proponuje też szersze studia w zakresie odnawialnych źródeł energii, ekoenergetyki czy zarządzania energią. Na poziomie szkół średnich, w technikach i szkołach zawodowych powstają specjalizacje związane z OZE, a potrzeby rynkowe i atrakcyjne, dobrze płatne miejsca pracy będą najlepszą motywacją, by kształcić się w tym kierunku.

## 8.2. Dekarbonizacja łańcucha dostaw

Energetyka wiatrowa jest obecnie najmniej oddziałującym dostępnym źródłem wytwarzania energii. Zgodnie z Raportem IPCC, emisja CO<sub>2</sub> w cyklu życia wynosi<sup>15</sup>: 11gCO<sub>2</sub>eq/KWh dla lądowej energetyki wiatrowej, 12 gCO<sub>2</sub>eq/KWh dla morskiej energetyki wiatrowej. Porównując, w przypadku elektrowni jądrowych emisja gazów cieplarnianych w cyklu życia jest na poziomie 12gCO<sub>2</sub>eq/KWh, fotowoltaiki na poziomie 48 gCO<sub>2</sub>eq/KWh, a energia wytwarzana z biomasy pozyskiwanej z dedykowanych upraw i instalacji OZE wynosi 230 gCO<sub>2</sub>eq/KWh. Natomiast poziom emisji w cyklu życia elektrowni węglowej kształtuje się na poziomie 820 CO<sub>2</sub>eq/KWh.<sup>16</sup>

Pomimo niskiego poziomu LCOE emisji dla lądowej energetyki wiatrowej, branża stoi przed wyzwaniem, jakim jest osiągnięcie neutralności pod względem emisji dwutlenku węgla w całym łańcuchu dostaw dla farm wiatrowych. Wyzwanie to wynika z zapisów Europejskiego Zielonego Ładu, tj. zerowej emisji netto do roku 2050. Złagodzenie wpływu na środowisko w produkcji komponentów wymusza rozpoczęcie współpracy producentów z dostawcami i wspieranie ich w drodze do dekarbonizacji produkcji własnej oraz budowania własnych planów dekarbonizacji.

15 Emisja gazów cieplarnianych wybranych technologii wytwarzania energii elektrycznej w g CO<sub>2</sub>eq1, na 1 kWh (mediana). Emisja w cyklu życiowym obejmuje dodatkowo emisje metanu i efekt albedo.

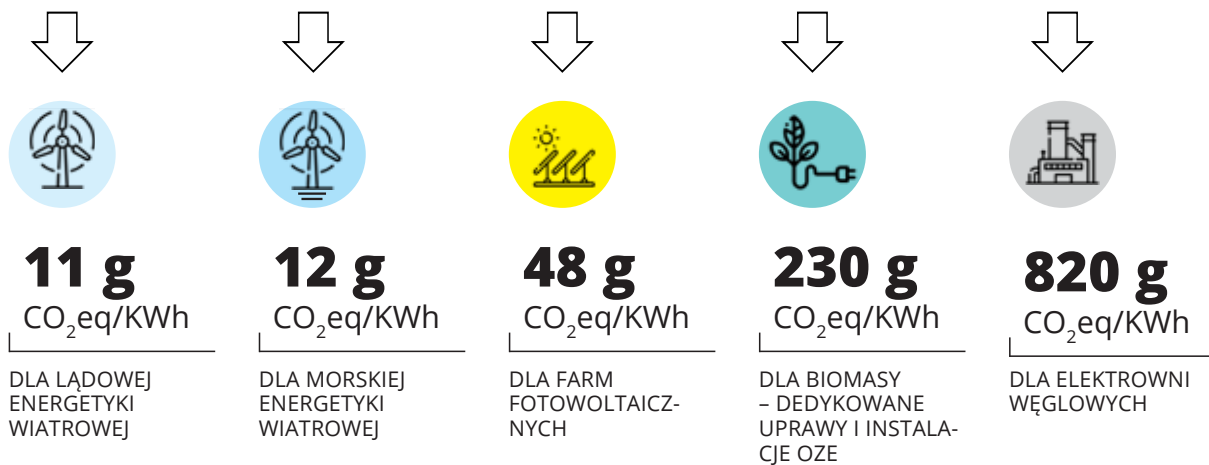
16 <https://www.ipcc.ch/sr15/>.

Analizy wpływu na środowisko i emisyjności z punktu oceny cyklu życia lądowej farmy wiatrowej wskazują, że najwyższe wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> występują podczas wydobycia surowców, ich transportu i produkcji elementów. Faza produkcyjna odpowiada za prawie 90% całkowitej emisji całego cyklu życia (LCA wskazywane przez IPCC 11gCO<sub>2</sub>eq/KWh) farmy wiatrowej<sup>17</sup>. Natomiast działania związane z transportem stanowią 5,6% całkowitej emisji CO<sub>2</sub>, a 3,5 % to emisje wygenerowane w okresie obsługi farmy.

## RYS. 18. EMISYJNOŚĆ DLA RÓŻNYCH TECHNOLOGII WYTWARZANIA ENERGII

**ENERGETYKA WIATROWA JEST NAJMNIEJ ODDZIAŁUJĄCYM DOSTĘPNYM ŹRÓDŁEM ENERGII**

**MIĘDZYRZĄDOWY ZESPÓŁ DS. ZMIAN KLIMATU (IPCC) WSKAZUJE  
POZIOM EMISJI CO<sub>2</sub>\* W CYKLU ŻYCIOWYM  
DLA RÓŻNYCH TECHNOLOGII WYTWARZANIA ENERGII**



\* Emisja gazów cieplarnianych wybranych technologii wytwarzania energii elektrycznej w g CO<sub>2</sub>eq, na 1 kWh (mediana). Emisja w cyklu życiowym obejmuje dodatkowo emisje metanu i efekt albedo.

Źródło: Raport Specjalny 2018 IPCC – Global Warming of 1,5 °C

Produkcja wież dla farm wiatrowych jest głównym źródłem emisji dwutlenku węgla i odpowiada za 51% emisji gCO<sub>2</sub>/kWh<sup>18</sup> wszystkich wyprodukowanych komponentów, a zatem doskonałym miejscem do rozpoczęcia wdrożenia projektów dekarbonizacyjnych. Stal, która jest kluczowym materiałem używanym do budowy wież, jest głównym źródłem emisji dwutlenku węgla na całym świecie. Oprócz produkcji wieży, za znaczne emisje CO<sub>2</sub> odpowiedzialne są: fundamenty 20%, gondola 16% i produkcja łopat 10% udziału w emisji<sup>19</sup>.

Kluczowym elementem w tej sytuacji są zobowiązania przedsiębiorstw do budowania planów dochodzenia do osiągnięcia zerowych emisji netto w ich całej działalności, ale także wdrażanie rozwiązań dekarbonizacyjnych z poddostawcami komponentów<sup>20</sup>. W przypadku przemysłu związanego z energią wiatrową potrzebne są dalsze innowacje, aby znaleźć zrównoważone i konkurencyjne cenowo sposoby produkcji stali niskowęglowej lub „zielonej”. Jedną ze skutecznych metod wdrażania zmian

17 Al-Behadili S.H., El-Osta W.B. Ocena cyklu życia farmy wiatrowej Derna (Libia) Renew Energy, 83(2015), s. 1227-1233.

18 Life cycle assessment of an onshore wind farm located at the northeastern coast of Brazil (Article) Oebels, K.B., Pacca, S.

19 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484720315298>.

20 <https://www.ewind.es/2020/12/20/decarbonizing%E2%80%AFthe%E2%80%AFsupply%E2%80%AFchain/78674>.



prowadzących do ograniczania emisji CO<sub>2</sub> jest zobowiązanie przedsiębiorców do ujawniania emisji własnych i dodatkowo zobowiązanie do ustalania celów redukcji emisji dwutlenku węgla. Produkcja turbin wiatrowych, fundamentów, kabli, podstacji i pozostałych komponentów docelowo powinna być realizowana przy wykorzystaniu 100% odnawialnej energii elektrycznej. Tylko wtedy będziemy mogli mówić o zerowej emisji w roku 2050.

Odnosząc się do całego cyklu życia farmy wiatrowej, można stwierdzić, że nie tylko ulepszenia w logistyce, transporcie, stosowanie miksów energetycznych w produkcji, ale również bardziej wydajna produkcja elementów i komponentów, wykorzystywanie nowoczesnych materiałów i innowacyjnych technik budowlanych mogą zmniejszyć emisje CO<sub>2</sub> i zapotrzebowanie na energię w procesie ich wytwarzania. W celu wdrażania innowacyjnych rozwiązań związanych z dekarbonizacją procesów produkcyjnych i transportu warto zwrócić uwagę na szereg wspierających transformację instrumentów finansowych przygotowanych przez instytucje europejskie (sekcja 8.3.6.).

W etapie likwidacji kluczowym zadaniem jest zaprojektowanie innowacyjnych rozwiązań, które będą skutkować zmniejszeniem zużycia energii i emisji CO<sub>2</sub> poprzez ponowne użycie sprzętu i recykling krytycznych materiałów pod koniec cyklu życia, co w rezultacie doprowadzi do zmniejszenia wydobycia surowców i wielkości całkowitego zużycia ograniczonych zasobów. Kluczem jest projektowanie i budowanie gospodarki o obiegu zamkniętym, co wpłynie na nieoczywiste zmiany na rynku, powstanie nowych podmiotów, ograniczenie braków w dostawach i uniezależnienie się od importu.<sup>21</sup>

Z raportu WindEurope, przygotowanego we współpracy z Cefic i EuCIA, nt. „Accelerating Wind Turbine Blade Circularity”<sup>22</sup> wynika, że choć branża dobrze sobie radzi z recyklingiem wycofywanych już z eksploatacji turbin wiatrowych, to jednak potrzebne są dalsze działania badawczo-rozwojowe, by doprowadzić do komercjalizacji innowacyjnych rozwiązań. Obecnie około 85 do 90% całkowitej masy turbin wiatrowych jest przetwarzana i istnieje możliwość ich ponownego wykorzystania. Przetwarzanie łopat turbin wiatrowych, produkowanych z materiałów kompozytowych,<sup>23</sup> to obszar nadal wymagający zmiany.

W maju 2021 r. producent turbin wiatrowych Vestas zaprezentował nową technologię, która pozwala na pełny recykling łopat turbin wiatrowych. W ciągu trzech lat spółka planuje uruchomienie produkcji łopat zgodnie z opracowaną technologią na skalę przemysłową. Ponadto w styczniu firma Vestas ogłosiła nową strategię zrównoważonego rozwoju, w której jednym z celów jest zobowiązanie do produkcji bezodpadowych turbin wiatrowych do roku 2040.<sup>24</sup>

### **8.3. Analiza inwestycji w lądowe farmy wiatrowe w kontekście Krajowego Planu Odbudowy oraz innych programów Unii Europejskiej, możliwości i źródeł finansowania rozwoju krajowego łańcucha dostaw**

#### **8.3.1. Krajowy Plan Odbudowy (KPO)**

Celem **Instrumentu na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności** (Recovery and Resilience Facility – RRF) jest złagodzenie gospodarczych i społecznych skutków pandemii COVID-19 oraz wspar-

21 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484720315298#b22>.

22 Accelerating Wind Turbine Blade Circularity, Wind Europe, Cefic i EuCIA, Maj 2020.

23 <https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/recykling-lopata-turbin-wiatrowych-raport-8792.html>.

24 [https://www.vestas.com/en/media/blog/sustainability/20200511\\_zero-waste-turbines#!](https://www.vestas.com/en/media/blog/sustainability/20200511_zero-waste-turbines#!)

cie europejskich gospodarek i społeczeństw, aby stały się bardziej zrównoważone, odporne i lepiej przygotowane na wyzwania i możliwości związane z zielonymi i cyfrowymi przemianami.

Każde państwo przygotowało oddzielny Krajowy Plan Odbudowy, zawierający szczegółowe informacje na temat alokacji środków na reformy, programy i inwestycje. W ramach Instrumentu na działania związane z zieloną transformacją ma zostać przekazane 37% alokacji. Składa się on z Instrumentu na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności oraz mniejszych funduszy i programów.

Polska w ramach Instrumentu i zatwierdzonego KPO otrzyma około 58 mld euro (ok. 260 mld PLN), z czego 23,1 mld stanowią bezzwrotne granty, natomiast budżet na nisko oprocentowane pożyczki wynosi 34 mld euro.

Do realizacji celów KPO przyczyni się realizacja pięciu komponentów stanowiących obszary koncentracji reform i działań. Komponent B KPO: zielona energia i zmniejszenie energochłonności wyniesie ok. 28,6 mld PLN i środki z tych źródeł posłużą między innymi transformacji energetycznej. Z uwagi na ten fakt Polska wpisała do KPO inwestycje w morskie farmy wiatrowe oraz poprawę warunków dla rozwoju odnawialnych źródeł energii.

W części grantowej uzupełniono zapisy dokumentu w obszarze energetyki m.in. o reformę związaną z likwidacją barier dla OZE oraz ułatwienie realizacji inwestycji w zakresie lądowych elektrowni wiatrowych. Celem dokonywanej zmiany przepisów jest zapewnienie gminom, które wyrażają wolę umieszczenia na swoim terenie takiej infrastruktury, większej elastyczności w określaniu lokalizacji lądowych elektrowni wiatrowych.

### 8.3.2 Europejski Zielony Ład, czyli Green Deal

EZŁ to wyraz aspiracji Europy do miana pierwszego kontynentu neutralnego dla klimatu. Program ten ma pomóc przekształcić UE w nowoczesną, zasobooszczędną i konkurencyjną gospodarkę, która w 2050 r. osiągnie zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych netto. Elementem polityki jest „zrównoważony przemysł”, czyli przejście na bardziej zrównoważone i przyjazne środowisku cykle produkcyjne. KE podkreśla, iż do osiągnięcia unijnych celów klimatycznych i środowiskowych konieczna jest nowa polityka przemysłowa oparta na gospodarce o obiegu zamkniętym i wdrożenie działań prowadzących do obniżenia emisyjności i modernizacji energochłonnych gałęzi przemysłu, takich jak produkcja stali i cementu. Zgodnie z propozycją Komisji dotyczącą kolejnych wieloletnich ram finansowych, w poszczególnych programach uwzględnione zostaną konkretne działania mające wzmocnić powiązanie między wykonaniem budżetu UE a celem, jakim jest bardziej przyjazna dla środowiska, bezemisyjna Europa. Na przykład <sup>25</sup>:

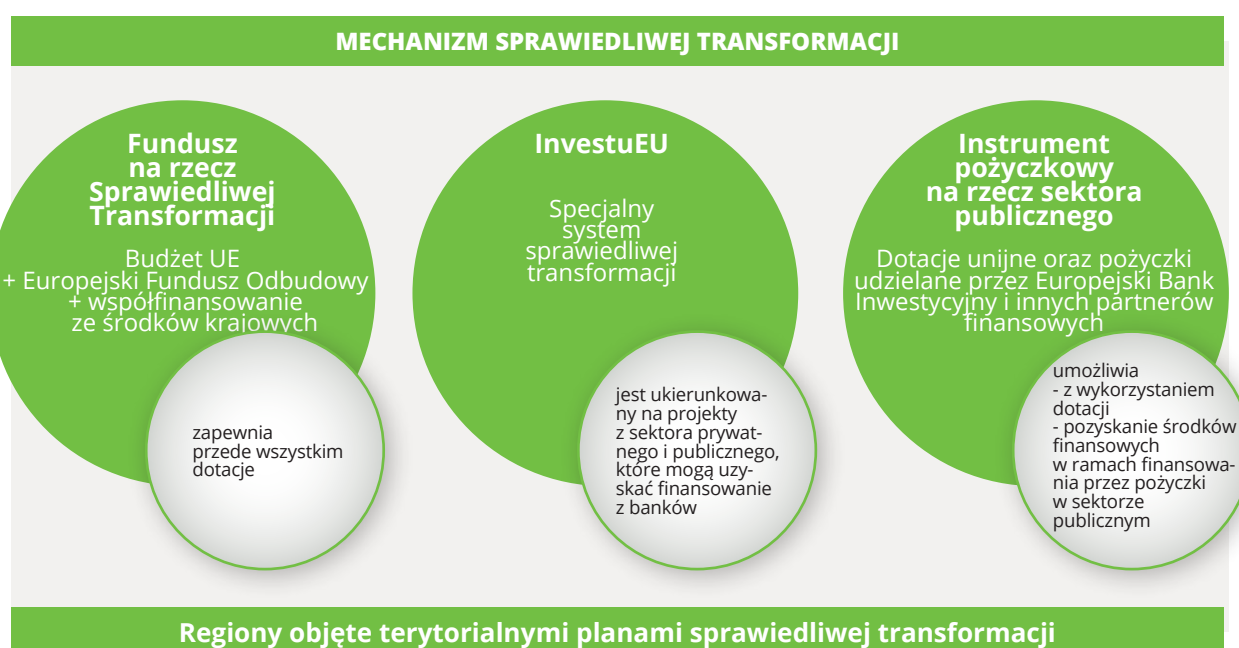
- Fundusz Spójności i Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego (w perspektywie 2021-2027) zainwestują co najmniej 108 mld EUR w projekty związane z klimatem i środowiskiem – stanowi to ponad 30% całkowitej puli środków finansowych;
- co najmniej 35% budżetu programu „Horyzont Europa” (czyli ok. 35 mld EUR) przeznaczonych zostanie na wsparcie celów związanych z klimatem;
- co najmniej 60% budżetu instrumentu „Łącząc Europę” (czyli ok. 30 mld EUR) wspierającego infrastrukturę transportową, energetyczną i cyfrową, zostanie przeznaczone na wspieranie celów w zakresie klimatu. W ramach **sektora energii** wspierane będą projekty transgraniczne

25 Plan inwestycyjny na rzecz Europejskiego Zielonego Ładu, Bruksela, dnia 14.1.2020 r. COM(2020) 21.

w dziedzinie energii odnawialnej, w tym projekty dotyczące innowacyjnych rozwiązań, jak również magazynowania energii odnawialnej oraz ich opracowanie.

**Mechanizm Sprawiedliwej Transformacji** (jest częścią EŻŁ) składa się z trzech filarów i ma być kompleksowym rozwiązaniem dla wsparcia możliwości państw członkowskich do sfinansowania działań związanych z transformacją energetyczną. Mechanizm ten przewiduje **100 mld euro** dla państw członkowskich z możliwością zwiększenia tej kwoty. Mechanizm Sprawiedliwej Transformacji pozwoli na wdrażanie polityk przez kraje i regiony, które przedstawią w 2021 r. przemyślane plany działania, tzw. Krajowe Plany Transformacji i Regionalne Plany Sprawiedliwej Transformacji. Plany transformacji muszą powstać w ścisłej współpracy z zainteresowanymi regionalnymi grupami społecznymi.

**RYS. 19. STRUKTURA MECHANIZMU SPRAWIEDLIWEJ TRANSFORMACJI**



Źródło: Europejski Trybunał Obrachunkowy Opinia nr 8/2020

Pierwszym filarem Mechanizmu Sprawiedliwej Transformacji jest Fundusz Sprawiedliwej Transformacji odpowiadający za środki na poziomie **30-50 mld euro**. Drugi filar to InvestEU z budżetem na poziomie **30-40 mld euro** i trzeci filar, czyli mechanizm pożyczkowy w ramach Europejskiego Banku Inwestycyjnego, w kwocie **25-30 mld euro**.

W latach 2021-2027 do Polski z Funduszu Sprawiedliwej Transformacji ma trafić ponad 4,4 mld euro. Fundusz ma pomóc ograniczyć negatywne skutki społeczne, gospodarcze oraz środowiskowe transformacji energetycznej. Polski rząd obecnie negocjuje z Komisją Europejską, by wsparcie z unijnego Funduszu Sprawiedliwej Transformacji trafiło do sześciu najbardziej narażonych na skutki transformacji energetycznej regionów: śląskiego, dolnośląskiego, wielkopolskiego, lubelskiego, łódzkiego i małopolskiego.

Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji przyniesie korzyści obszarom o wysokim poziomie zatrudnienia w sektorach produkcji węgla kamiennego, węgla brunatnego, łupków bitumicznych i torfu, a także obszarom, gdzie występują gałęzie przemysłu o wysokiej intensywności emisji gazów cieplarnianych, których działalność zostanie przerwana lub znacznie ograniczona na skutek transformacji. Poziom wsparcia odzwierciedlać będzie skalę wyzwań na tych obszarach, pod względem potrzeb w zakresie zarówno dywersyfikacji gospodarczej, jak i transformacji w kierunku bezemisyjnych i niskoemisyjnych rodzajów działalności o wysokim potencjale wzrostu, a także potrzeby zmiany kwalifikacji pracowników w celu wyposażenia ich w umiejętności niezbędne do podjęcia nowej pracy.

O środki z Funduszu na rzecz Sprawiedliwej Transformacji ubiegać się będą mogli m.in.: MŚP, startupy, inkubatory przedsiębiorczości, podmioty świadczące usługi konsultingowe, podmioty prowadzące działania badawcze i innowacyjne, podmioty wdrażające technologie na rzecz czystej energii oraz odnawialnych źródeł energii.

Specjalny system sprawiedliwej transformacji regionów w ramach **Funduszu InvestEU**<sup>26</sup> w celu uruchomienia dodatkowych inwestycji na rzecz najbardziej dotkniętych regionów. Umożliwi to wprowadzenie nowych rodzajów działalności gospodarczej w miejsce tych, które muszą zostać wycofane ze względu na ich wpływ na klimat i środowisko. Dzięki szerszej definicji kwalifikowalności inwestycji w ramach InvestEU mechanizm umożliwi inwestycje w szerszy zakres projektów niż Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji.

Fundusz InvestEU jest mechanizmem gwarancyjnym przeznaczonym dla instytucji finansowych. Jego zadaniem jest zapewnienie gwarancji finansowania dla projektów inwestycyjnych. Poprzez zwiększenie zdolności do ponoszenia ryzyka, możliwe jest uruchomienie inwestycji długoterminowych bez konieczności angażowania środków budżetowych danego kraju i tym samym niegenerowanie długu publicznego<sup>27</sup>.

InvestEU będzie finansować między innymi projekty związane z infrastrukturą energetyczną i transportową, w tym infrastrukturą gazową i systemami ciepłowniczymi, ale również projekty w zakresie dekarbonizacji, dywersyfikacji gospodarczej regionów, infrastruktury społecznej i umiejętności. Umożliwi on również szybsze dostosowanie dotkniętych sektorów do przyjaznych dla klimatu sposobów produkcji. Finansowanie z InvestEU może być przeznaczone na wsparcie rentownych inwestycji w tych obszarach i będzie stanowić uzupełnienie Funduszu na rzecz Sprawiedliwej Transformacji oraz przynosić synergie z tym funduszem.

W kontekście wyzwań Europejskiego Zielonego Ładu i transformacji energetycznej warto skierować uwagę w kierunku klastrów, które zostały wskazane jako podmioty wdrażające Green Deal w małych i średnich przedsiębiorstwach. Klastry wspierają rozwój gospodarczy, głównie poprzez sieciowanie przedsiębiorców i świata nauki, a także łączenie dużych z małymi i średnimi przedsiębiorcami. Dzięki tym przewagom małe firmy mają większe możliwości zgromadzenia środków niezbędnych do osiągnięcia masy krytycznej dla wdrożenia nowych „zielonych” rozwiązań technologicznych.

26 Plan inwestycyjny na rzecz Europejskiego Zielonego Ładu, Bruksela, dnia 14.1.2020 r. COM(2020) 21.

27 <https://www.gov.pl/web/fundusze-regiony/fundusz-investeu>.

### 8.3.3. Program „Nowe technologie w zakresie energii”

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju zatwierdziło strategiczny program badań naukowych i prac rozwojowych pn. „Nowe technologie w zakresie energii”. Celem głównym programu jest wsparcie osiągnięcia neutralności klimatycznej Polski poprzez wdrożenie rozwiązań podnoszących bezpieczeństwo energetyczne kraju i zwiększających konkurencyjność polskiej gospodarki. W efekcie zwiększy się o 20-50% (w stosunku do poziomu z roku 2020) udział energii pochodzącej z OZE w ogólnym mieszkaniu energetycznym kraju.

Cele strategiczne krajowe i europejskie w programie zostaną osiągnięte poprzez realizację zadań badawczo-rozwojowych o dużym potencjale innowacyjnym i wysokim stopniu zaawansowania technologii (TRL 8-9) w sześciu obszarach technologicznych, w tym w obszarze T2. Energetyka wiatrowa na lądzie i na morzu. Program ustanowiony został na okres 2020-2029, natomiast środki NCBR na realizację Programu wynoszące 800 mln PLN pochodzą z dotacji celowej na realizację strategicznych programów badań naukowych i prac rozwojowych. W ramach obszaru T.2.1. Energetyka wiatrowa na lądzie zdefiniowano następujące dwa poddziałania:

- T2.1.1 Inteligentna farma wiatrowa,
- T2.1.2. Rozwój technologii utylizacji lub recyklingu komponentów elektrowni wiatrowych.

### 8.3.4. Perspektywa 2021-2027, programy krajowe

Polityka spójności na lata 2021-2027 ma obejmować następujące fundusze: Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego (EFRR), Fundusz Spójności (FS), Europejski Fundusz Społeczny+ (EFS+) oraz Fundusz Sprawiedliwej Transformacji (FST- sekcja 8.3.2). Szczegółowe programy są obecnie w fazie opracowywania.

**Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko (FEnIKS)** – następca Programu Infrastruktura i Środowisko (POLiŚ). Program przyczyni się do rozwoju gospodarki niskoemisyjnej, ochrony środowiska oraz przeciwdziałania i adaptacji do zmian klimatu. FEnIKS wesprze również inwestycje transportowe oraz dofinansuje ochronę zdrowia i dziedzictwo kulturowe. Planowany budżet to ponad 25 mld euro.

**Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki (FENG)** – program jest kontynuacją dwóch wcześniejszych programów: Innowacyjna Gospodarka 2007-2013 (POIG) oraz Inteligentny Rozwój 2014-2020 (POIR). FENG będzie wspierał realizację projektów badawczo-rozwojowych, innowacyjnych oraz takich, które zwiększają konkurencyjność polskiej gospodarki. Z programu będą mogli skorzystać m.in. przedsiębiorcy, instytucje z sektora nauki, konsorcja przedsiębiorstw oraz instytucje otoczenia biznesu, w szczególności ośrodki innowacji. Planowany budżet to ok 7,9 mld euro.

### 8.3.5. Perspektywa 2021-2027, programy zarządzane przez organy UE

#### 8.3.5.1. Horyzont Europa 2021-2022

Horyzont Europa to nowy sztandarowy program UE na rzecz badań i innowacji, zapewniający finansowanie beneficjentom w latach 2021-2022<sup>28</sup>. Program ten to inwestycje na poziomie 95,5 mld euro w badania i innowacje, których celem jest ukształtowanie przyszłości Europy, co czyni go najbardziej ambitnym programem w zakresie badań naukowych i innowacji, jaki kiedykolwiek wprowadziła UE. Szacuje się, że 36% funduszy będzie wspierać działania w dziedzinie klimatu. W ramach programu będzie wiele konkursów dotyczących innowacji w obszarze energii wiatrowej<sup>29</sup>.

Przykładowo HORIZON-CL5-2022-D3-01-02 to środki w wysokości 40 mln euro, które można przeznaczyć na badania w celu demonstracji innowacyjnych materiałów, cykli dostaw, technologii recyklingu w celu zwiększenia ogólnej cyrkulacji technologii energii wiatrowej i zmniejszenia pierwotnego zużycia surowców krytycznych.

#### 8.3.5.2. CINEA – Wind Energy

Agencja Wykonawcza ds. Innowacyjności i Środowiska<sup>30</sup> przeznaczą środki na realizację projektów wielkoskalowych prowadzących do ograniczenia emisyjności CO<sub>2</sub> z planowanym budżetem w wysokości 2,5-7,5 mln euro (60% dofinansowania capex). Środki przeznaczone są dla podmiotów prywatnych, publicznych lub organizacji międzynarodowych, a wnioskować można pojedynczo lub jako konsorcjum. W ramach CINEA można sfinansować przełomowe technologie, procesy lub produkty dla:

- przemysłu energochłonnego, w tym produktów zastępczych (np. wodór). Działania wspierające innowacje w zakresie niskoemisyjności technologii i procesów w sektorach wymienione w załączniku I do dyrektywy ETS, w tym bezpieczne dla środowiska wychwytywanie i utylizację CO<sub>2</sub> (CCU), które przyczynią się do ograniczania zmian klimatycznych;
- wychwytywanie dwutlenku węgla (CCS), przechowywanie/magazynowanie. Działania, które pomagają stymulować budowę i obsługę projektów, których celem jest bezpieczne dla środowiska wychwytywanie i geologiczne składowanie CO<sub>2</sub>;
- produkcja i wykorzystanie energii odnawialnej, w tym zakładów produkujących komponenty oraz magazynowanie energii. Działania, które stymulują powstawianie innowacyjnych rozwiązań wykorzystywanych w budowie i eksploatacji odnawialnych źródeł energii.

28 [https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2021-2022/wp-1-general-introduction\\_horizon-2021-2022\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2021-2022/wp-1-general-introduction_horizon-2021-2022_en.pdf).

29 [https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2021-2022/wp-8-climate-energy-and-mobility\\_horizon-2021-2022\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2021-2022/wp-8-climate-energy-and-mobility_horizon-2021-2022_en.pdf).

30 CINEA - the European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency.



Całkowita kwota środków, o które mogą wnioskować przedsiębiorstwa z łańcucha dostaw dla lądowej energetyki wiatrowej, w chwili obecnej jest trudna do oszacowania. Programy krajowe z perspektywy finansowej na lata 2021-2027 są obecnie w fazie projektowania, natomiast o środki w programach europejskich typu Horizon, CINEA mogą również wnioskować przedsiębiorcy ze wszystkich państw europejskich. W zakresie faz projektu, komponentów, usług firmy mogą otrzymać dofinansowanie na wiele działań, np.: dekarbonizację produkcji, transport, innowacje w technologii, magazynowanie energii lub budowanie gospodarki obiegu zamkniętego. Skala środków na realizację inwestycji dla przedsiębiorców jest olbrzymia, a poziom ich wykorzystania będzie miał wpływ na rozwój gospodarczy Polski oraz na szacowaną wysokość udziału polskich przedsiębiorców w łańcuchach dostaw dla branży lądowej i morskiej.

#### **8.4. Możliwy wpływ obecnego scenariusza rozwoju morskich farm wiatrowych wynikającego ze strategii energetycznej na rozwój łańcucha dostaw dla lądowej energetyki wiatrowej**

Przejście z systemów energetycznych opartych na paliwach kopalnych na systemy energii odnawialnej jest „kamieniem węgielnym” zielonej transformacji mającej na celu dekarbonizację naszych systemów gospodarczych i złagodzenie zmian klimatycznych. Biorąc pod uwagę pilną potrzebę skutecznego złagodzenia zmian klimatu, dyfuzja energii odnawialnej musi drastycznie przyspieszyć. Wśród wielu ograniczeń rozwoju produkcji energii ze źródeł odnawialnych często pomija się ważną rolę łańcucha dostaw, a dobrym przykładem jest synergia w przypadku energetyki wiatrowej na lądzie i na morzu.

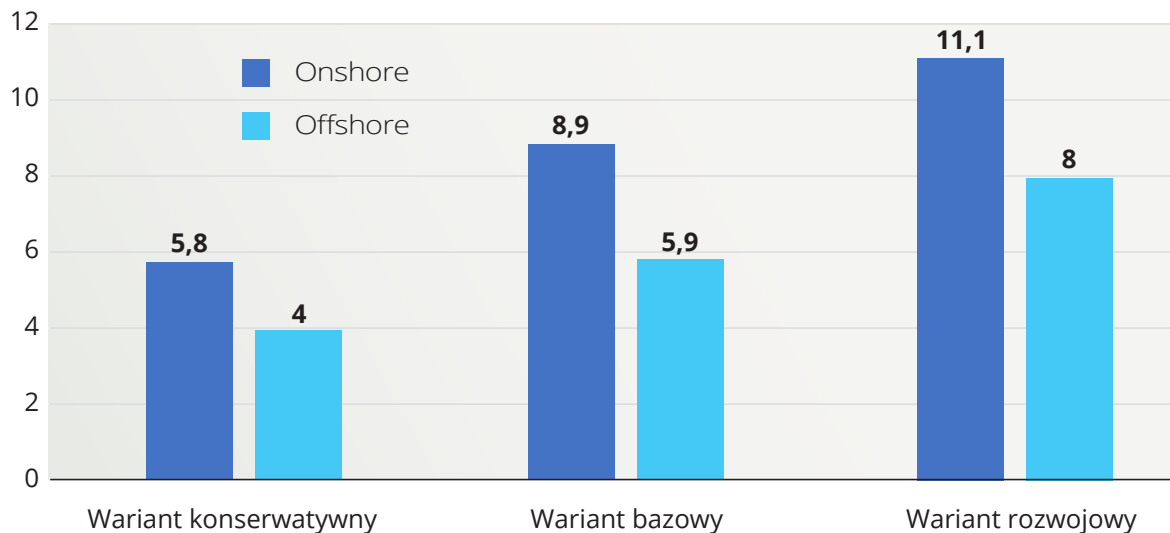
Przemysł związany z morską energetyką wiatrową (MEW) szybko się rozwija. Morskie zasoby wiatrowe mają ogromny potencjał, a rozwiązania technologiczne stają się bardziej konkurencyjne kosztowo. Morska energetyka wiatrowa przekłada się na redukcję wskaźników emisji gazów cieplarnianych i jednocześnie wpływa na zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju, tworzenie miejsc pracy i promuje zrównoważony rozwój. Dynamika rozwoju łańcuchów dostaw dla MEW wynika pośrednio z istniejącego dojrzałego i rozwiniętego przemysłu lądowej energetyki wiatrowej. Analiza odpowiedzi ankietowanych firm pozwala również na określenie potencjału wzrostu i efektu synergii rozwoju łańcucha dostaw dla branż energetyki wiatrowej.

Na wykresie poniżej (rys. 20) zestawione zostały prognozy scenariuszy wzrostu mocy farm wiatrowych, tak na morzu, jak i na lądzie. Prognozy dotyczące morskiej energetyki wiatrowej pochodzą z raportu PSEW i PTMEW, który został przygotowany na przełomie 2020 i 2021 r. i przedstawia możliwości do uzyskania krajowy udział łańcucha dostaw. Dużo większe moce pojedynczej morskiej turbiny wiatrowej to na początkowym etapie dla krajowego przemysłu oraz branży usługowo-instalacyjnej zderzenie się z potrzebami inwestycyjnymi oraz brakiem wykwalifikowanej kadry. Oszacowany w raporcie PSEW/PTMEW poziom obecnego local content w morskiej energetyce wiatrowej to przedział 20-25%, gdy oszacowany krajowy udział w lądowej energetyce wiatrowej to około 55-60%.

Polskie projekty lądowych elektrowni wiatrowych, których wzrost w latach 2021-2030 jest szacowany w wariantach bazowym łącznie na blisko 8 GW (po 1 GW rocznie), mogą przyczynić się do wybudowania mocy produkcyjnych i wzrostu zdolności produkcyjnych komponentów niezbędnych również dla morskiej energetyki wiatrowej.

## RYS. 20. PORÓWNANIE WARIANTÓW PROGNOZY PRZYROSTU MOCY W ENERGETYCE WIATROWEJ

Porównanie wariantów prognozy przyrostu mocy w energetyce wiatrowej  
do roku 2030



Źródło: opracowanie własne

Producenci lądowych i morskich turbin wiatrowych wspierają swoich dostawców w zakresie wzrostu efektywności oraz pozyskiwania i obsługi nowych rynków zbytu. Europejscy producenci turbin lokalnie tworzą i rozwijają ośrodki produkcji, sprzedaży i badań B+R, dzięki którym rozwijają regionalne łańcuchy dostaw i zatrudnienie, przyczyniając się w ten sposób znacząco do rozwoju europejskiej gospodarki.

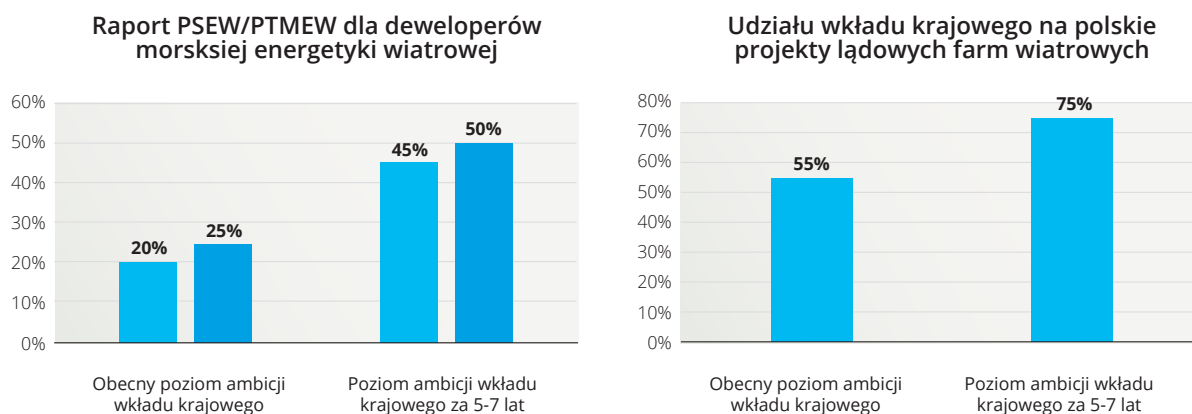
Zauważalnym trendem w lądowej energetyce wiatrowej jest zwiększanie mocy pojedynczej turbiny do poziomu jeszcze niedawno wykorzystywanego wyłącznie w farmach morskich. Pozwala to nie tylko zwiększać efektywność lądowych farm wiatrowych, ale także utrzymać, a nawet rozbudowywać istniejące moce produkcyjne przy znacznym udziale lokalnych europejskich łańcuchów dostaw. Europejska branża wiatrowa to historia sukcesu o zasięgu ogólnoświatowym, która tworzy wysokiej jakości miejsca pracy i przyczynia się do wzrostu gospodarczego państw europejskich.

Sektor morskiej energetyki wiatrowej może znacząco wpłynąć na wzrost polskiej gospodarki, jednak wymaga to zaangażowania krajowych przedsiębiorstw w łańcuchu dostaw. Kluczem do rozwoju kompetencji i doświadczenia przez polskie firmy już teraz jest udział w produkcji i świadczenie usług dla lądowej energetyki wiatrowej. Pozwoli to osiągnąć ugruntowaną pozycję na rynku energetyki wiatrowej i ekspansję na rynku europejskim, np. poprzez wykorzystanie utworzonych zakładów produkcyjnych dostarczających mniejsze komponenty dla onshore wind. Liczba planowanych morskich farm wiatrowych na terenie Niemiec, Litwy, Szwecji czy też Wielkiej Brytanii stwarza duży potencjał dla polskich firm planujących rozpoczęcie działalności w sektorze.



Na potrzeby niniejszego raportu dokonano porównania oszacowanego potencjału wkładu krajowego dla morskiej i lądowej energetyki wiatrowej, zestawiając dane z raportu PSEW/PTMEW realizowanego na przełomie 2020 i 2021 r. dla morskiej energetyki wiatrowej oraz zaprezentowanych w sekcji powyżej wyliczeń dla lądowych farm wiatrowych w Polsce.

## RYS. 21. PORÓWNANIE WARIANTÓW WKŁADU KRAJOWEGO W ENERGETYCE WIATROWEJ



**Podstawą szacunków jest turbina 10+ MW**

Źródło: opracowanie własne

Dysponująca dużym potencjałem rozwojowym branża produkująca komponenty i urządzenia towarzyszące dla elektrowni wiatrowych może przyczynić się do szybszego wzrostu produkcji tych komponentów początkowo dla „odblokowanych” inwestycji na lądzie, a następnie stanowić podstawę rozwoju potencjału dostaw dla inwestycji wiatrowych na morzu. Rozwój krajowego rynku energetyki wiatrowej sprzyjałby rozwojowi kolejnych przedsiębiorstw produkcyjnych w tym obszarze, a także zbudowałby potencjał eksportowy do krajów UE, a także poza jej granice. Możliwe jest tu wykorzystanie znaczącego potencjału produkcyjnego polskiego przemysłu stocznioowego i okrętowego, elektromaszynowego, energetycznego i innych. Dodatkowo rozwój edukacji branżowej w obszarze kompetencji energetyki wiatrowej na lądzie stanowiłby znaczący wkład w rozwój kompetencji dla morskiej energetyki wiatrowej.

Udział polskich firm zarówno w rynku lądowej, jak i morskiej energetyki wiatrowej pozwoli zredukować koszty poprzez krzywą uczenia oraz wykorzystanie efektu skali. Pozwoli to przedsiębiorstwom konkurować z zagranicznymi dostawcami w momencie, gdy będą zapadać decyzje o kontraktacji dostawców dla farm wiatrowych na Bałtyku.

Skala inwestycji zarówno w morską, jak i lądową energetykę wiatrową pozwoli na zbudowanie w Polsce łańcucha dostaw poprzez rozwój przedsiębiorstw rodzimych oraz lokalizację zakładów międzynarodowych przedsiębiorstw obecnych w branży. Tym samym może to przynieść korzyści nie tylko obszarom nadmorskim, ale również, z uwagi na rozwinięty już łańcuch dostaw w lądowej energetyce wiatrowej, przedsiębiorstwom z całego kraju. Morska energetyka wiatrowa w Polsce może wpłynąć na rozwój i odbudowę przemysłu stocznioowego i stalowego oraz stać się jednym z motorów rozwoju gospodarczego po roku 2021, gdy napłyną do Polski środki z obecnej perspektywy finansowej Unii Europejskiej oraz Krajowego Planu Odbudowy. Szczególnie w pierwszych latach przed oddaniem pierwszych farm morskich to właśnie lądowa energetyka wiatrowa może dać impuls w zakresie przemysłu stalowego,

przy jednoczesnym przygotowaniu na dużo wyższe tonaże i gabaryty tych konstrukcji. Ponadto rozwój sektora może stać się impulsem do rozwoju krajowego potencjału nowych innowacyjnych produktów, usług i rozwiązań. Realizacja tego potencjału wymaga sprostania wielu wyzwaniom, jednak kompleksowa strategia rozwoju sektora energetyki wiatrowej oraz bliska współpraca pomiędzy kluczowymi interesariuszami może sprawić, że Polska stanie się jednym z liderów morskiej energetyki wiatrowej w Europie.

Proces transformacji energetycznej UE nabiera tempa i decyzje dotyczące przyszłego kształtu systemów elektroenergetycznych UE muszą zostać podjęte w najbliższym czasie. W związku z tym należy przewidzieć silną i wyraźną zachętę finansową ze strony UE, w szczególności w przypadku inwestycji w infrastrukturę przesyłową. Istnieje potrzeba dalszego korzystania z już istniejących i dobrze funkcjonujących instrumentów finansowych.

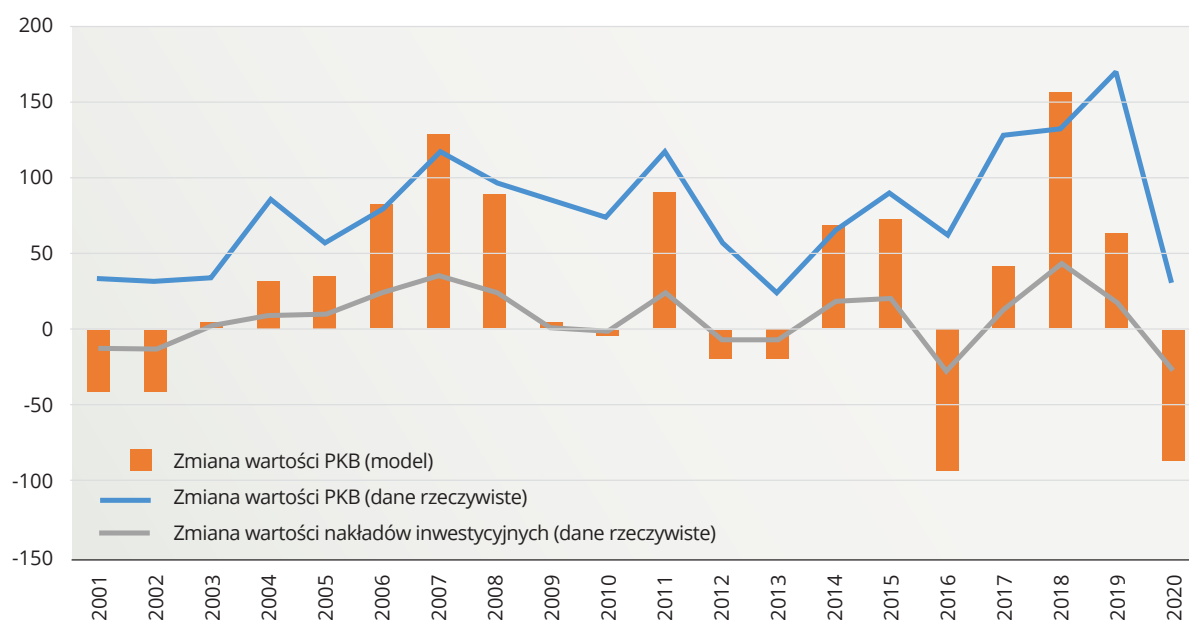
Centralnym elementem tego ciągłego transferu wiedzy jest to, że branża morskiej energii wiatrowej w Europie może nadal się rozwijać i ewoluować, a jej rozwój ciągle jest możliwy z wykorzystaniem wiedzy i doświadczeń płynących z rozwoju lądowej energetyki wiatrowej. W przypadku rozwoju obu tych segmentów wymaga to długoterminowego horyzontu inwestycyjnego w zakresie kluczowej infrastruktury, aktywów, wyposażenia, personelu i umiejętności.

## 9. Makroekonomiczne efekty rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce – szacowany wpływ na PKB oraz zatrudnienie na bazie aktualizacji istniejących modeli rynkowych

Na podstawie kwot przepływów pieniężnych związanych z rozwojem mocy LFW do roku 2030 w Polsce (skwantyfikowanych w sekcji 4.3) dokonano oszacowania wpływu inwestycji w LFW na przyrost polskiego PKB w horyzoncie roku 2030.

Szacunku dokonano w oparciu o metodykę mnożnika inwestycyjnego Keynesa<sup>31</sup> z uwzględnieniem korekty *in minus* do danych rzeczywistych. Podstawę korekty stanowiły obserwacje rozbieżności pomiędzy modelowanymi a rzeczywistymi zmianami PKB (rys. 22.).

**RYC. 22. WARTOŚCI RZECZYWISTE ZMIAN NAKŁADÓW INWESTYCYJNYCH ORAZ PKB ZESTAWIONE Z WARTOŚCIAMI MODELOWANYMI NA PODSTAWIE MNOŻNIKA KEYNESA [MLD PLN – ANALIZA DLA POLSKI]**



Źródło: opracowanie własne

Mnożnik inwestycyjny Keynesa obliczono w oparciu o dane historyczne GUS dotyczące wartości PKB (mln PLN) oraz spożycia (mln PLN) dla lat 2001-2020. Oszacowany w ten sposób mnożnik przyjął wartość 3,50. Oznacza to, iż każda złotówka nakładów inwestycyjnych przekłada się na 3,50 PLN dodatkowego PKB ze względu na poniesione w gospodarce inwestycje.

31 Por. np. Lis Ch., 2016: Mnożnik inwestycyjny Keynesa w ocenie wpływu inwestycji w pogłębienie toru wodnego Świnoujście-Szczecin do 12,5 m na gospodarkę Polski, Problemy Transportu i Logistyki 1/2017 (37).

Na podstawie rys. 22. obliczono średni bezwzględny błąd procentowy (MAPE), który posłużył do korekty wartości modelowanych. Nie uwzględniono lat, gdy historyczne wartości zmiany nakładów w inwestycjach były ujemne, skutkując ujemnym modelowanym przyrostem PKB.

Wyniki estymacji wpływu na PKB przepływów pieniężnych związanych z rozwojem LFW w horyzoncie roku 2030 prezentuje tab. 20.

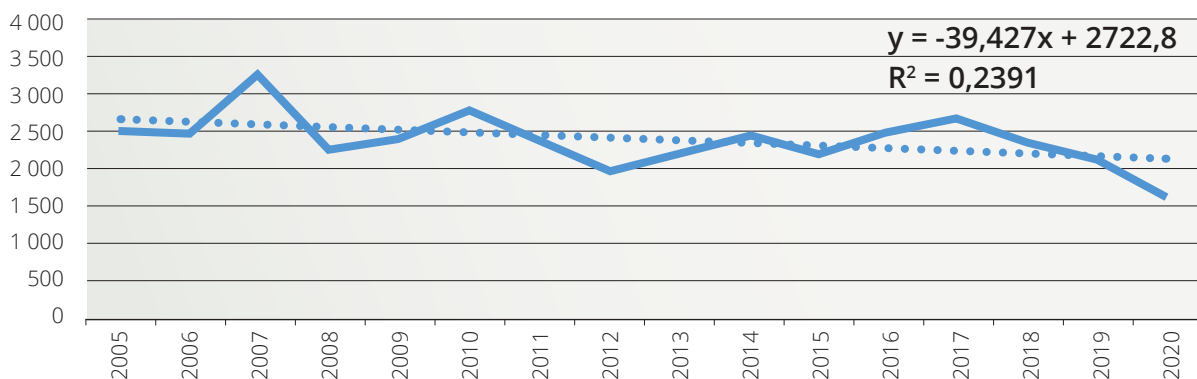
**TAB. 20. ESTYMACJA WPŁYWU NA PKB POLSKI PRZEPLYWÓW PIENIĘŻNYCH ZWIĄZANYCH Z ROZWOJEM LFW W POLSCE W HORYZONCIE ROKU 2030**

Scenariusz	Średnioroczny przyrost mocy LFW [GWe]	Łączny przyrost mocy LFW [GWe] do roku 2030	Skumulowane przepływy pieniężne do roku 2030 [mld PLN]	Skumulowany wpływ na PKB do roku 2030 [mld PLN]	
				Skorygowany	Modelowany
Konserwatywny	0,6	5,8	27,4	69,7	96,0
Bazowy	1,0	8,9	41,7	106,0	146,0
Rozwojowy	1,2	11,1	52,3	133,0	183,1

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie kwot przepływów pieniężnych związanych z rozwojem mocy LFW do roku 2030 skwantyfikowanych w sekcji 4.3 dokonano także oszacowania wpływu inwestycji w LFW na nowe miejsca pracy w gospodarce do roku 2030. Szacunku dokonano w oparciu o model regresyjny na podstawie danych GUS dotyczących ewolucji wskaźnika łącznej liczby nowych miejsc pracy w przeliczeniu na 1 mld PLN nakładów inwestycyjnych (rys. 23).

**RYŚ. 23. EWOLUCJA WSKAŹNIKA ŁĄCZNEJ LICZBY MIEJSC PRACY W PRZELICZENIU NA 1 MLD PLN NAKŁADÓW INWESTYCYJNYCH [SZT.]**



Źródło: opracowanie własne

Wyniki szacowania łącznej liczby nowo utworzonych miejsc pracy w polskiej gospodarce do roku 2030 związanych z rozwojem LFW, z podziałem na scenariusze, prezentuje tab. 21.

**TAB. 21. ESTYMACJA LICZBY NOWO UTWORZONYCH MIEJSC PRACY (EFEKT ŁĄCZNY) W HORYZONCIE ROKU 2030 [TYS.]**

Scenariusz	Skumulowane przepływy pieniężne z tytułu rozwoju LFW w Polsce do roku 2030 [mld PLN]	Szacunkowe łączne nowe miejsca pracy do roku 2030 [tys. szt.]
Konserwatywny	27,4	50,9
Bazowy	41,7	77,4
Rozwojowy	52,3	97,1

Źródło: opracowanie własne

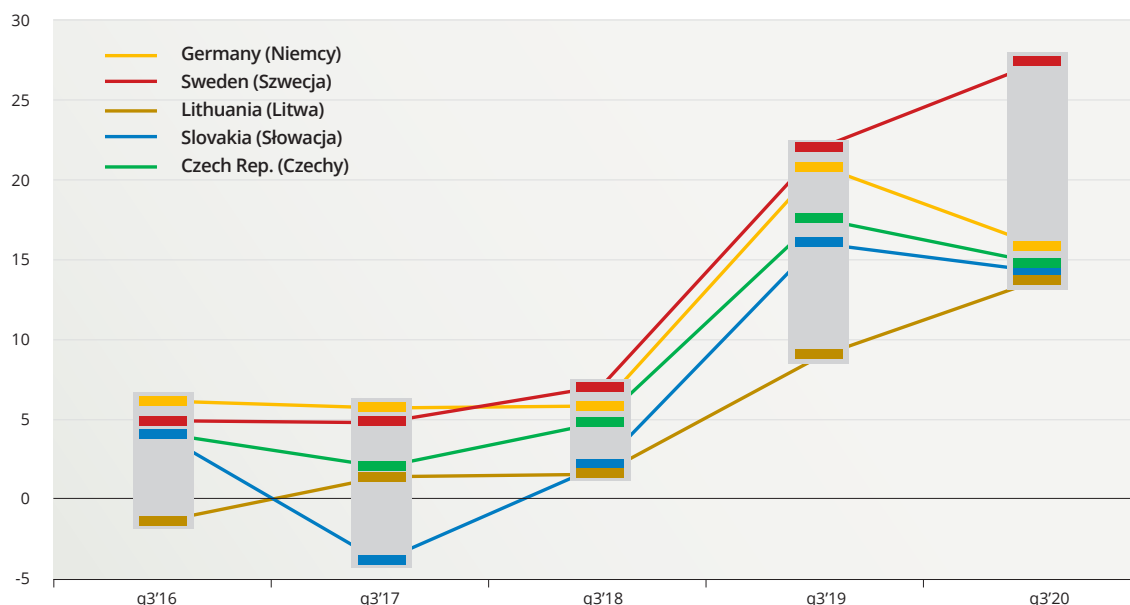
INSTYTUT JAGIELLOŃSKI

NOWEMEDIA24.PL  
GRAFIKA: PIOTR PERZYŃA

Oszacowana na podstawie tab. 5 łączna liczba miejsc pracy<sup>32</sup> wynosi około 8,7 miejsc pracy/MWe.

Oprócz wskazanych wyżej korzyści gospodarczo-społecznych, dodatkowym spodziewanym efektem rozwoju LFW w Polsce jest wspomniana wcześniej redukcja emisji CO<sub>2</sub> z sektora wytwarzania energii elektrycznej, a także presja na spadek cen hurtowych energii elektrycznej, co może przełożyć się na spadek cen energii elektrycznej w gospodarce, przyczyniając się tym samym do wzrostu jej konkurencyjności. Według analizy Instytutu Jagiellońskiego, polskie ceny hurtowe energii elektrycznej od kilku lat są istotnie wyższe niż w krajach ościennych (rys. 24). Jak wskazano w sekcji 4.2, energetyka onshore, będąca obecnie jedną z najtańszych technologii wytwarzania energii elektrycznej, ma potencjał do obniżenia cen hurtowych energii elektrycznej.

**RYC. 24. RÓŻNICE W POZIOMACH CEN HURTOWYCH ENERGII ELEKTRYCZNEJ: POLSKA A KRAJE OŚCIENNE (EUR/MWH)**



Źródło: opracowanie własne

INSTYTUT JAGIELLOŃSKI

NOWEMEDIA24.PL  
GRAFIKA: PIOTR PERZYŃA

<sup>32</sup> Dotyczy efektu łącznego, tj. miejsca pracy bezpośrednie, pośrednie i indukowane. Wskazany wcześniej wskaźnik IRENA (sekcja 8.1) dotyczy efektu bezpośredniego.

Kolejnym zidentyfikowanym efektem rozwoju LFW w Polsce będzie wzrost wpływów z tytułu podatku od nieruchomości. W oparciu o wartość nakładów inwestycyjnych jak w sekcji 4.3 oraz przy założeniu stawki 2% wartości budowli oszacowano wartość podatku od nieruchomości związanego z rozwojem LFW w horyzoncie roku 2030. Szacunkowe kwoty podatku od nieruchomości prezentuje tab. 22.

**TAB. 22. SZACOWANA WARTOŚĆ PODATKU OD NIERUCHOMOŚCI ZWIĄZANEGO Z WARTOŚCIĄ BUDOWLI POWSTAŁYCH W WYNIKU ROZWOJU LFW W POLSCE**

Scenariusz	Skumulowane przepływy pieniężne z tytułu nakładów inwestycyjnych do roku 2030 [mld PLN]	Szacunkowa wartość podatku od nieruchomości do roku 2030 [mln PLN]
Konserwatywny	24,5	490,2
Bazowy	37,3	745,8
Rozwojowy	46,8	935,4

Źródło: opracowanie własne

## 10. Wyzwania i rekomendacje

Obecnie walka z ociepleniem klimatu przestaje być argumentem zmian, a zaczyna być celem do wprowadzenia gruntownych zmian w miksach energetycznych wszystkich państw europejskich. Polska energetyka wiatrowa posiada zasoby i potencjał rynkowy wdrażania zaawansowanych technologii produkcji zielonej energii, z perspektywami rozwoju w kolejnych dekadach. Duże powierzchnie, zarówno terenów lądowych, jak i obszarów morskich w Polsce, pozwalają na ogromne możliwości w zakresie lokalizacji elektrowni wiatrowych. Nie ma wątpliwości, że potencjał ten odegra istotną rolę we wdrożeniu założeń prawa klimatycznego UE, jednak obecnie nie jest wykorzystany.

W związku z przedstawionym przez Komisję Europejską w lipcu 2021 r. pakietem Fit for 55, który stanowi nową bazę dla wdrożenia zaktualizowanego celu unijnego, odnoszącego się do redukcji emisji gazów cieplarnianych o 55% do 2030 r., pojawiają się nowe wyzwania w zakresie przyspieszenia transformacji energetycznej. Pakiet ten jest również szansą na przeprowadzenie sprawiedliwej transformacji gospodarki przy wsparciu środków unijnych. Wskazuje na konieczność wznowienia dyskusji nad przyszłym polskim miksem energetycznym i koniecznością wprowadzenia pilnych zmian w kluczowych dokumentach rządowych.

Współczesna energetyka wiatrowa jest technologią o korzystnym (w porównaniu z innymi technologiami produkcji energii) wpływie na środowisko, a przy tym pozwalającą w sposób efektywny ekonomicznie realizować cele postawione przed Polską w ramach polityki klimatycznej UE. Rozwój technologii wiatrowych doprowadził do ograniczenia jej wad oraz redukcji kosztów pozyskiwania energii z wiatru, wraz z perspektywami ich dalszego spadku.

Polityka państwa odgrywa znaczącą rolę w kształtowaniu mechanizmów i instrumentów wspierających, tak aby gospodarka i całe społeczeństwo w pełni korzystało z olbrzymiego, niewykorzystanego potencjału tkwiącego w krajowych zasobach energii wiatru, wysoko rozwiniętej i efektywnej ekonomicznie technologii i już zdobytych doświadczeniach przez krajowych producentów oraz wykonawców. Jest to ciągle niezwykle atrakcyjny i niedostatecznie wykorzystany obszar aktywności gospodarczej w Polsce. Wzrost inwestycji w elektrownie wiatrowe na lądzie przełoży się bezpośrednio na napływ inwestycji związanych z budową nowej infrastruktury wytwórczej, magazynowej i sieciowej oraz stworzenie nowych miejsc pracy w krajowej gospodarce. Potrzebne są dalsze prace nad większym (w stosunku do obecnej sytuacji) i bardziej wieloaspektowym (większe udziały oznaczają też więcej problemów do aktywnego rozwiązania) odzwierciedleniem roli energetyki wiatrowej w energetyce i w krajowej polityce energetycznej.

Niedotrzymanie wyznaczonych celów energetycznych może skutkować koniecznością transferu energii OZE z innego kraju, co przełoży się na większe koszty dla budżetu państwa. Ponadto na podstawie wskazanego w opracowaniu modelu widać, iż lądowa energetyka wiatrowa to obecnie najtańsza technologia wytwarzania energii elektrycznej w Polsce, a rozwój tego sektora przyniesie inne pozytywne efekty makroekonomiczne oraz przyczyni się do redukcji emisji szkodliwych gazów i pyłów, zwiększając jednocześnie komfort życia i bezpieczeństwo energetyczne kraju.

W kontekście kluczowych wyzwań dla rozwoju lokalnego łańcucha dostaw dla lądowej energetyki zwracamy uwagę na dwa aspekty: makro – dotyczący możliwości stabilnego rozwoju lądowej energetyki wiatrowej w Polsce przedstawiony w sekcji wyżej jak i mikro – czyli możliwości zwiększania udziału firm z Polski w tym rozwoju.



W aspekcie makro główną barierą wskazywaną przez wszystkie ankietowane podmioty oraz innych uczestników rynku jest tzw. zasada 10H, bez zmiany której nie będzie możliwości wykorzystania potencjału gospodarczego energetyki wiatrowej. Eliminacja głównej bariery rozwojowej jest punktem startowym do właściwego wykorzystania szansy na wzrost polskiego PKB oraz stworzenia dużej ilości miejsc pracy, o czym była mowa w głównej części niniejszej analizy. Ponadto, istotnymi ograniczeniami są wciąż brak stabilności i przewidywalności systemu aukcyjnego oraz brak jasnych reguł przyłączenia nowych mocy do sieci elektroenergetycznej.

W aspekcie mikro brakuje mechanizmów finansowych (wskazywanych przez większość ankietowanych) wspierających nowe inwestycje z obszaru wdrażania nowych i rozwoju istniejących produktów i usług dla lądowej energetyki wiatrowej. W tym obszarze pojawia się szansa wynikająca z instrumentów Krajowego Planu Odbudowy i synergii z rozwojem morskiej energetyki wiatrowej. Wydaje się jak najbardziej możliwe wdrażanie nowych produktów i usług dla morskiej energetyki wiatrowej finansowanych z instrumentów Krajowego Planu Odbudowy, których część będzie mogła być wykorzystana dla realizacji lądowych projektów.

Przechodząc do analizy poszczególnych faz budowy lądowych elektrowni wiatrowych, kluczowym elementem jest turbina wiatrowa oraz faza eksploatacji i serwisu, które łącznie stanowią około 75% całkowitych kosztów (Totex) lądowej farmy wiatrowej. Zwiększenie produkcji komponentów na terenie Polski przełoży się na zwiększenie potencjału świadczenia lokalnie usług serwisowych i dostępności oryginalnych części zamiennych, jak również pozytywnie wpłynie na potencjał eksportowy Polski. W ramach tych faz kluczowa jest produkcja elementów i montaż gondoli i wirnika, gdzie ciągle większość komponentów obecnie produkowana jest poza Polską lub w Polsce są zlokalizowane ograniczone moce produkcyjne.

Konieczne jest wdrożenie inicjatyw na poziomie regulacyjnym, finansowym i organizacyjnym, aby zachęcić zarówno dużych, międzynarodowych producentów do tworzenia nowych lub relokacji istniejących mocy produkcyjnych w Polsce (np. w zakresie montażu całej gondoli, wirnika lub nowych producentów łopat), co naturalnie pociągnie za sobą presję na tworzenie dodatkowych lub nowych elementów produkowanych lokalnie, ze względu na oczekiwane korzyści logistyczne.

W ramach inicjatyw na **poziomie regulacyjnym** za konieczne uznaje się:

- uelastycznienie zasady 10H, aby otworzyć społecznościom lokalnym możliwość wpływu na decyzje co do zgody lub jej braku na budowę elektrowni wiatrowych w bliższej odległości od budynków mieszkalnych;
- aktualizację dokumentów strategicznych co do planowanego udziału lądowej energetyki wiatrowej w miksie energetycznym Polski;
- wdrożenie stabilnych, systematycznych aukcji dedykowanych lądowej energetyce wiatrowej;
- wspieranie rozwoju rynku kontraktów PPA;
- wdrożenie rozwiązań umożliwiających przyłączanie do sieci większych ilości źródeł odnawialnych (linia bezpośrednia, cable pooling etc.);
- rozwój rynku węzłowego (lepszą dostępność sygnałów lokalizacyjnych).

W ramach inicjatyw na **poziomie finansowym** proponuje się wdrożenie:

- instrumentów operacyjnych umożliwiających wykorzystanie środków z Krajowego Planu Odbudowy na rzecz rozwoju lądowej energetyki wiatrowej, zarówno w formie dotacji, jak i preferencyjnych kredytów;
- instrumentów finansujących innowacje, rozumiane jako wdrożenie technologii lub produkcji, która obecnie w Polsce nie jest realizowana.

W ramach inicjatyw na **poziomie organizacyjnym** proponuje się wdrożenie:

- obowiązku przygotowania i przedkładania planu łańcucha dostaw dla lądowej energetyki wiatrowej w ramach aplikacji aukcyjnych oraz jego okresowe raportowanie;
- wdrożenie krótkiej umowy sektorowej celem zwiększania udziału firm z Polski do min. 75% w Tote-xie, w tym nie mniej niż 50% w produkcji komponentów turbiny oraz nie mniej niż 90% w realizacji eksploatacji i serwisu w perspektywie do roku 2030;
- raportowanie udziału firm z Polski w ramach planów łańcucha dostaw zgodnie z powyższymi celami.

W stosunku do polityki ogólnokrajowej rekomenduje się:

- opracowanie programów finansowania rozwoju przemysłu produkcji komponentów dla energetyki wiatrowej oraz firm usługowych wykorzystywanych w łańcuchu dostaw. Odpowiednie regulacje, w tym przywileje finansowe dla całego sektora, będą mieć wpływ na rozwój społeczno-gospodarczy oraz przyczynią się do obniżenia kosztów dla nowych elektrowni wiatrowych. Ważne jest również, aby do rozwoju przemysłu produkcji komponentów dla energetyki wiatrowej włączone zostały jednostki badawczo-rozwojowe. Opracowywanie w kraju nowych technologii dla sektora zwiększy jego konkurencyjność na arenie globalnej;
- przeprowadzenie w stosunku do społeczeństwa ogólnokrajowej kampanii informacyjnej przedstawiającej w sposób obiektywny wszystkie aspekty związane z funkcjonowaniem lądowych elektrowni wiatrowych. Po przeprowadzonej kampanii informacyjnej należałoby przeprowadzić szeroko posunięte konsultacje społeczne w gminach o wyznaczonej wysokiej atrakcyjności dla elektrowni wiatrowych. Konieczne jest prowadzenie rzetelnej polityki edukacyjnej i informacyjnej. Równoległe do niej należy wsłuchiwać się w apele mieszkańców, aby z nich i z dostępnych badań naukowych wyciągać wnioski. Zgody na budowę można też przenieść na jednostki samorządowe, aby cały proces był rozstrzygany bliżej ludzi. Może również pomóc namacalny bodziec ekonomiczny;
- rozszerzać programy nauczania o wiedzę z zakresu odnawialnych źródeł energii w szkołach oraz na uczelniach wyższych, co w znaczący sposób wykształci i przygotuje do zawodu przyszłą kadrę pracowniczą dla branży.

Realizacja wskazanych wyżej rekomendacji przyczyni się do kontrolowanego, planowego rozwoju lądowej energetyki wiatrowej. Globalne trendy rozwoju OZE są niezaprzeczalne i nieunikniony jest ich wpływ na Polskę. Podjęcie wskazanych działań jest uzależnione od zmian *ustawy o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych* oraz uwzględnienia ich w aukcjach OZE. Niezwykle ważna jest również konsekwentna

polityka państwa. Konieczne jest wprowadzenie stosownych korekt w strategicznym dokumencie, jakim jest „Polityka energetyczna Polski do 2040 r.”, zawierającym zapisy konkretnego, określonego docelowego udziału OZE w miksie energetycznym oraz systematyczna realizacja wskazanych w tym dokumencie celów. Lądowa energetyka wiatrowa powinna stać się zielonym kołem zamachowym wyjścia z kryzysu po pandemii Covid-19.

## Spis tabel

Tab. 1.	Prognoza wolumenów wyłączeń mocy wytwórczych [GWe] w Polsce według PEP2040	17
Tab. 2.	Porównanie kosztu LCOE dla energetyki onshore oraz kosztu zmiennego wytwarzania dla WB, WK oraz gazu ziemnego w Polsce	22
Tab. 3.	Scenariusze rozwoju mocy zainstalowanej w LFW w Polsce	24
Tab. 4.	Kluczowe czynniki determinujące rozwój LFW w Polsce w proponowanych wariantach	25
Tab. 5.	Warianty rozwoju mocy zainstalowanej w LFW w Polsce (GWe) przyjęte do dalszych analiz	26
Tab. 6.	Szacunkowe skumulowane przepływy pieniężne związane z przyrostem mocy LFW w Polsce	26
Tab. 7.	Szczegółowe rozbiecie kosztów łącznie ze składowymi poszczególnych faz	28
Tab. 8.	Kumulatywna zmiana kosztu jednostkowego na 1 MW	30
Tab. 9.	Średnie ilości materiałów niezbędnych do uruchomienia farmy wiatrowej o mocy 50 MW	31
Tab. 10.	Ilości materiałów (w tonach) niezbędnych do budowy farm wiatrowych w wariantach	32
Tab. 11.	Szacunkowe nakłady na budowę lądowych farm wiatrowych w fazie przygotowawczej (miliony PLN) w latach 2022-2030	33
Tab. 12.	Szacunkowe nakłady na budowę lądowych farm wiatrowych w fazie instalacji turbiny (miliony PLN) w latach 2022-2030	34
Tab. 13.	Szacunkowe nakłady na budowę lądowych farm wiatrowych w fazie budowy i podłączenia elektrycznego (miliony PLN) w latach 2022-2030	34
Tab. 14.	Indykatorywny roczny koszt eksploatacji i serwisu według benchmarków światowych	35
Tab. 15.	Szacunkowe nakłady na obsługę i eksploatację lądowych farm wiatrowych (miliony PLN) w latach 2022-2030	36
Tab. 16.	Szacowany udział polskiego przemysłu w świadczeniu usług i produkcji komponentów lądowych farm wiatrowych	38
Tab. 17.	Miejsca pracy generowane, w przeliczeniu na 50 MW, niezbędne do obsługi projektów energetyki wiatrowej na lądzie z 25-letnim okresem użytkowania	46
Tab. 18.	Zasoby ludzkie wymagane do wytworzenia głównych elementów farmy wiatrowej o mocy 50 MW (osobodni) i podział na główne elementy (turbina, łopaty, wieża, system monitorowania i kontroli)	47
Tab. 19.	Potencjał dodatkowych bezpośrednich miejsc pracy w podziale na komponenty/segmenty łańcucha dostaw w onshore wind dla wariantu bazowego	48

Tab. 20.	Estymacja wpływu na PKB Polski przepływów pieniężnych związanych z rozwojem LFW w Polsce w horyzoncie roku 2030	62
Tab. 21.	Estymacja liczby nowo utworzonych miejsc pracy (efekt łączny) w horyzoncie roku 2030 [tys.]	63
Tab. 22.	Szacowana wartość podatku od nieruchomości związanego z wartością budowli powstałych w wyniku rozwoju LFW w Polsce	64

## Spis rysunków

Rys. 1.	Trajektoria redukcji emisji gazów cieplarnianych w UE w celu osiągnięcia wskaźnika 55% redukcji względem roku 1990	12
Rys. 2.	Prognozowana kwota nakładów związanych z inwestycjami w nowe moce wytwórcze energii elektrycznej w Polsce	13
Rys. 3.	Prognoza spadku emisji CO <sub>2</sub> w sektorze wytwarzania energii elektrycznej i ciepła	14
Rys. 4.	Prognoza PSE w zakresie oczekiwanych rocznych wolumenów energii niedostarczonej w wyniku deficytów mocy [GWh/rok] (wskaźnik EENS)	18
Rys. 5.	Możliwa struktura krajowych mocy wytwórczych (GWe) według PEP2040	19
Rys. 6.	Trendy w zakresie kosztu LCOE dla OZE oraz paliw kopalnych (średnia ważona, wartości globalne)	20
Rys. 7.	Trendy w zakresie capex dla OZE (średnia ważona, wartości globalne)	21
Rys. 8.	Trendy w zakresie kosztu LCOE dla energetyki onshore w poszczególnych krajach	21
Rys. 9.	Trendy w zakresie capex dla energetyki onshore w poszczególnych krajach	22
Rys. 10.	Scenariusze rozwoju mocy zainstalowanej w LFW w Polsce	23
Rys. 11.	Zmiana kosztu budowy i eksploatacji 1 MW lądowej farmy wiatrowej	31
Rys. 12.	Podsumowanie nakładów (w mld PLN) na budowę i eksploatację lądowych farm wiatrowych w latach 2022-2030	36
Rys. 13.	Udział wkładu krajowego na polskie projekty lądowych farm wiatrowych	40
Rys. 14.	Farma wiatrowa Jasna	41
Rys. 15.	Montaż łopat wirnika	43
Rys. 16.	ConverterTec Niepołomice, Kraków	44
Rys. 17.	Potencjał dodatkowych bezpośrednich miejsc pracy według wariantów rozwoju onshore wind przy założeniu obecnego i potencjalnego poziomu local content do roku 2030	48
Rys. 18.	Emisyjność dla różnych technologii wytwarzania energii	50
Rys. 19.	Struktura mechanizmu sprawiedliwej transformacji	53
Rys. 20.	Porównanie wariantów prognozy przyrostu mocy w energetyce wiatrowej	58
Rys. 21.	Porównanie wariantów wkładu krajowego w energetyce wiatrowej	59
Rys. 22.	Wartości rzeczywiste zmian nakładów inwestycyjnych oraz PKB zestawione z wartościami modelowanymi na podstawie mnożnika Keynesa [mld PLN – analiza dla Polski]	61
Rys. 23.	Ewolucja wskaźnika łącznej liczby miejsc pracy w przeliczeniu na 1 mld PLN nakładów inwestycyjnych [ szt.]	62
Rys. 24.	Różnice w poziomach cen hurtowych energii elektrycznej: Polska a kraje ościenne (EUR/MWh]	63



**Instytut Jagielloński**  
ul. Marszałkowska 84/92 lok. 115  
00-514 Warszawa

[jagiellonski.pl](http://jagiellonski.pl)  
[instytut@jagiellonski.pl](mailto:instytut@jagiellonski.pl)