



# Rozwój i potencjał energetyki odnawialnej w Polsce

Cytowanie:

Juszczak, A., Maj, M. (2020), *Rozwój i potencjał energetyki odnawialnej w Polsce*, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa.

Warszawa, grudzień 2020 r.

Autorzy: Adam Juszczak, Magdalena Maj

Redakcja: Jakub Nowak, Małgorzata Wieteska

Projekt graficzny: Anna Olczak

Współpraca graficzna: Liliana Gałązka, Tomasz Gałązka, Sebastian Grzybowski

Skład i łamanie: Sławomir Jarząbek

Polski Instytut Ekonomiczny

Al. Jerozolimskie 87

02-001 Warszawa

© Copyright by Polski Instytut Ekonomiczny

ISBN 978-83-66698-24-6

# Spis treści

Kluczowe liczby.....	4
Kluczowe wnioski .....	5
Wprowadzenie .....	7
Rozwój OZE w Polsce i Unii Europejskiej .....	9
Charakterystyka energetyki wiatrowej.....	9
Energetyka wiatrowa w Polsce na tle Unii .....	11
Potencjał energetyki wiatrowej .....	13
Charakterystyka energetyki słonecznej.....	13
Fotowoltaika w Polsce na tle Unii .....	13
Potencjał fotowoltaiki .....	15
Prosumenci w energetyce słonecznej .....	17
Charakterystyka biopaliw.....	18
Biopaliwa w Polsce na tle Unii.....	19
Brak rozwoju biogazowni .....	21
Potencjał biogazu .....	24
Porównanie OZE w regionach .....	26
Bibliografia .....	29
Spis map, wykresów i tabel.....	32

## Kluczowe liczby

**12,2 proc.** udział OZE w krajowym zużyciu energii brutto w 2019 r.

**14,3 proc.** udział OZE w krajowym zużyciu energii elektrycznej brutto w 2019 r.

**10 proc.** udział energii elektrycznej wytworzonej w farmach wiatrowych w zużyciu energii elektrycznej netto w Polsce w 2019 r.

**1/3** mikroinstalacji w Polsce to instalacje fotowoltaiczne dofinansowane w programie *Mój Prąd*

**158 proc.** wzrost mocy instalacji fotowoltaicznych od stycznia do końca grudnia 2020 r.

**65 proc.** koncesjonowanych źródeł OZE to farmy wiatrowe

**9 kW/os.** największa moc OZE w powiecie sławieńskim (woj. zachodniopomorskie) dzięki farmom wiatrowym

**18 proc.** rocznej produkcji energii elektrycznej w Polsce może pochodzić z biogazu

**11 000 vs 304** liczba biogazowni w Niemczech (lider UE) i w Polsce

**232 vs 0** liczba biometanowni w Niemczech (lider UE) i w Polsce

# Kluczowe wnioski

## **U**dział odnawialnych źródeł energii w końcowym zużyciu energii brutto w 2019 r. osiągnął poziom 12,2 proc.

Jest to wynik niższy o 2,8 pkt. proc. od założonego przez UE celu 15 proc. na 2020 r. Według większości ekspertów luki tej nie udało się nadrobić w ciągu roku, jednakże ostateczne dane dotyczące zużycia energii za 2020 r. będą dostępne dopiero pod koniec 2021 r. Wyższy jest udział OZE w zużyciu końcowym nie całkowitej energii, a tylko energii elektrycznej brutto, który w 2019 r. wyniósł 14,3 proc.

**Według Krajowego Planu na rzecz Energii i Klimatu na lata 2021-2030 w 2030 r. Polska ma osiągnąć 21-23 proc. udziału OZE w finalnym zużyciu energii brutto.** Cel ten ma być realizowany przez wzrost wykorzystania zaawansowanych biopaliw, rozwój morskiej energetyki wiatrowej i zwiększenie dynamiki rozwoju mikroinstalacji OZE.

**Najwięcej energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2019 r. pozyskano w farmach wiatrowych (ok. 10 proc.).** Udział energii elektrycznej wytwarzanej w instalacjach na biopaliwa wyniósł 5,8 proc., a w instalacjach fotowoltaicznych 1,5 proc. Istotny udział w strukturze produkcji energii z OZE miały biopaliwa ciekłe (10 proc.).

**Moc zainstalowana w koncesjonowanych odnawialnych źródłach energii stanowi ok. 40 proc. średniego dziennego zapotrzebowania na moc Polsce.** Jednak porównując wytworzoną ilość energii z OZE z dziennym zapotrzebowaniem na energię, to udział ten wynosi już tylko nieco ponad 10 proc. Źródła konwencjonalne charakteryzuje większy współczynnik wykorzystania mocy w ciągu roku niż niestabilne źródła odnawialne. Moc zainstalowana w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym będzie

wzrastać nie tylko z powodu wzrostu zapotrzebowania, ale także przez przyłączanie większych mocy OZE.

**Największe ilości mocy OZE są zainstalowane w województwach północnej części Polski:** zachodniopomorskim, kujawsko-pomorskim i wielkopolskim. 40 proc. mocy koncesjonowanych źródeł OZE jest w tych trzech województwach. Przeważającym rodzajem elektrowni są w nich elektrownie wiatrowe. Planowana budowa morskich elektrowni wiatrowych dodatkowo powiększy dysproporcję wytwarzanej mocy OZE między północną a południową częścią kraju.

**W przeliczeniu na mieszkańca najmniejszej mocy OZE występuje w powiecie stawińskim w woj. zachodniopomorskim (9,2 MW/1000 os.), powiecie leskim w woj. podkarpackim (7,8 MW/1000 os.) i już znacznie mniej w powiecie grudziądzkim w woj. kujawsko-pomorskim (3,8 MW/1000 os.).** W pierwszej dekadzie powiatów o największej mocy w przeliczeniu na mieszkańca występują powiaty, gdzie dominuje energetyka wiatrowa. Wyjątkiem jest powiat leski w woj. podkarpackim, w którym działa elektrownia szczytowo-pompowa o mocy ponad 200 MW i powiat staszowski z instalacją do spalania biomasy – o mocy 230 MW.

**Potencjał fotowoltaiki w Polsce nie jest w pełni wykorzystany, w szczególności w regionach południowych.** Polska ma blisko 2-krotnie mniejsze nasłonecznienie niż kraje na południu Europy. Jednak Niemcy, kraj o najbardziej zbliżonych do Polski warunkach, jeszcze na koniec 2020 r. miały ponad 8-krotnie większy udział energetyki słonecznej w produkcji energii elektrycznej. Najlepsze warunki nasłonecznienia są na południu Polski, mimo tego, np. w województwie podkarpackim, w przeliczeniu na

mieszkańca, moce koncesjonowanych instalacji fotowoltaicznych są 3-krotnie mniejsze niż w warmińsko-mazurskim.

**Potencjał biogazu w Polsce nie jest dostatecznie wykorzystany.** Liderzy w Unii Europejskiej – Niemcy – produkują 33 razy więcej tego paliwa niż Polska. Szacunki Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu wskazują na potencjał 31 TWh przy wykorzystaniu głównie substratów pochodzących z odpadów w rolnictwie (w tym 58 proc. to biometan), co

stanowiłoby 18 proc. obecnej produkcji energii elektrycznej w Polsce. Przyczyną słabego rozwoju biogazowni w Polsce jest niewystarczający system dofinansowań. Oprócz systemu dofinansowań do produkcji biogazu (*Feed in Tariff*, FIT, dominującego w krajach UE-15 lub *Feed in Premium*, FIP) potrzeba większych środków przeznaczonych na koszty kapitałowe budowy biogazowni. System dofinansowania produkcji biogazu należy rozszerzyć także na produkcję biometanu.



# Wprowadzenie

**W** ramach przeciwdziałania zmianom klimatu obecne cele UE obejmują nie tylko perspektywę całkowitej neutralności klimatycznej do 2050 r., ale dotyczą także znacznie bliższej perspektywy, czyli 2030 r. W obowiązujących przepisach unijnych założono minimum 40-procentowe obniżenie poziomu emisji gazów cieplarnianych (w porównaniu z 1990 r.) dzięki wzrostowi udziału energetyki odnawialnej do 32 proc. i 32,5 proc. poprawie efektywności energetycznej (www1).

We wrześniu 2020 r. Komisja Europejska zaproponowała podwyższenie celu redukcji emisji gazów cieplarnianych z 40 do 55 proc., deklarując jednocześnie przedstawienie pełnego pakietu legislacyjnego do czerwca 2021 r. Będzie to wymagać także zmiany pozostałych celów. Według KE udział odnawialnej energii w zużyciu energii w 2030 r. zgodnie z obecnymi postępami może wynieść więcej niż planowano: 33,7 proc. Jednakże zwiększenie nawet o 1,7 proc. w stosunku do obecnych założeń

może nie wystarczyć do ograniczenia emisji o 55 proc. (www2).

Polska w Krajowym Planie na rzecz Energii i Klimatu na lata 2021-2030 (KPEiK) zadeklarowała zwiększenie udziału OZE w finalnym zużyciu energii brutto (łącznie w elektroenergetyce, ciepłownictwie i chłodnictwie oraz transporcie) do 21-23 proc.<sup>1</sup>. Według oceny autorów planu udział OZE w ciepłownictwie i chłodnictwie w perspektywie do 2030 r. będzie zwiększać się średnio o 1,1 pkt. proc. rocznie (do poziomu 28,4 proc.), natomiast w elektroenergetyce ma osiągnąć poziom 32 proc. (wzrost o ok. 1,6 pkt. proc. rocznie). Planowany udział energii odnawialnej w transporcie ma wynieść 14 proc. Jako środki realizacji tych celów w KPEiK podano dalsze wspieranie odnawialnych źródeł energii (OZE) przez wzrost wykorzystania zaawansowanych biopaliw, rozwój morskiej energetyki wiatrowej oraz wspieranie rozwoju mikroinstalacji<sup>2</sup> OZE. Działania te mają łącznie zapewnić redukcję emisji CO<sub>2</sub> o 30 proc. w porównaniu z poziomem z 1990 r. (Ministerstwo Aktywów Państwowych, 2019).

▼ **Tabela 1.** Udział energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii brutto w Polsce w podziale na sektory w 2019 r. oraz w planach na 2030 r. (w proc.)

Sektor	Stan obecny (2019 r.)	Cel na 2030 r.
Elektroenergetyka	14,3	32,0
Ciepłownictwo i chłodnictwo	16,0	28,4
Transport	6,1	14,0

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych KPEiK oraz danych GUS.

<sup>1</sup> Z zastrzeżeniem, że cel 23 proc. będzie możliwy do spełnienia wyłącznie w przypadku otrzymania dodatkowych funduszy z UE.

<sup>2</sup> Według definicji URE do mikroinstalacji zaliczają się najmniejsze instalacje OZE o łącznej mocy zainstalowanej do 50 kW (www21).

Komisja Europejska w opinii dotyczącej zobowiązań Polski ujętych w ramach KPEiK doceniła szczegółowy plan zmniejszenia emisji w sektorze transportowym, bezpieczeństwa energetycznego oraz współpracy regionalnej. KE zwróciła jednak uwagę, że cel 23 proc. jest poniżej rekomendowanego dla Polski przez KE 25-procentowego udziału OZE w końcowym zużyciu energii brutto. Ponadto Komisja zwróciła uwagę na potrzebę doprecyzowania planów dotyczących programów polityki publicznej i środków dla zapewnienia dojścia do deklarowanego celu. Według obliczeń KE opartych na deklaracji 23 proc. udziału OZE w końcowym zużyciu energii brutto do 2030 r. Polska powinna osiągnąć 16,4 proc. w 2022 r., 18,4 proc. w 2025 r. oraz 20,2 proc. w 2027 r. (www3). Zgodnie z danymi

GUS udział OZE w 2019 r. w zużyciu energii elektrycznej brutto był na poziomie 14,3 proc., natomiast w ogólnym zużyciu energii wyniósł 12,2 proc.

W niniejszym opracowaniu dokonaliśmy przeglądu rozwoju instalacji odnawialnych źródeł energii w Polsce, w szczególności farm wiatrowych, fotowoltaiki i biopaliw (biomasy i biogazu) do produkcji energii elektrycznej z uwzględnieniem analizy regionalnej. Morską energetykę wiatrową opisaliśmy w kontekście jej potencjału w Europie i w Polsce. W szerszej analizie nie uwzględniamy energetyki wodnej, gdyż znaczna jej część w Polsce to elektrownie szczytowo-pompowe. Ukształtowanie rzek w Polsce i konieczność zmiany krajobrazu utrudniają rozwój tego rodzaju energetyki.





# Rozwój OZE w Polsce i Unii Europejskiej

## Charakterystyka energetyki wiatrowej

---

Energia wiatru to energia ruchu atmosfery, która jest przekształconą formą energii słonecznej. Wiatr jest wywołany przez różnicę ciśnienia spowodowaną różnicami w nagrzewaniu Ziemi oraz przez siłę Coriolisa. Zasoby wiatru, podobnie jak i zasoby promieni słonecznych, są niewyczerpywalne. Z punktu widzenia produkcji energii istotne wydają się dwa parametry wiatru: prędkość i częstotliwość. Prędkość ta jest najmniejsza przy powierzchni ziemi i wzrasta wraz z wysokością. Najbardziej efektywne są instalacje na wysokości ok. 100 m. Minimalna prędkość wiatru, przy jakiej duże turbiny mogą pracować, to 4 m/s, a maksymalna – 30 m/s. Po jej przekroczeniu wytworzony moment obrotowy może spowodować mechaniczne uszkodzenie turbiny. Optymalne prędkości to 15-20 m/s. Do określenia warunków wietrzności nie wystarczy średnia roczna prędkość. Istotne jest też występowanie danej wielkości prędkości w ciągu roku. Do budowy elektrowni czy farmy wiatrowej potrzebne są roczne pomiary wiatru na danym terenie. Inwestycję uznaje się za opłacalną przy występowaniu danej prędkości przez ponad 2000 h/rok. Bardziej precyzyjną metodą jest określanie siły, kierunku i częstotliwości wiatru oraz potencjału energetycznego na podstawie kilkuletnich, a najlepiej dziesięcioletnich serii badań. Turbiny wiatrowe są źródłem energii niewytwarzającym

żadnych zanieczyszczeń w procesie produkcji energii. Ich wadą jest hałas towarzyszący ich pracy (Nalepa i in., 2011).

Wyróżnia się dwa rodzaje energetyki wiatrowej: lądową (*onshore*) i morską (*offshore*).

Światowe zasoby energii wiatru szacuje się na 53 tys. TWh/rok, to ponad dwukrotnie może zaspokoić światowe potrzeby na energię elektryczną (MAE, 2020). W Europie najkorzystniejsze warunki do instalacji farm wiatrowych są w Danii, Wielkiej Brytanii, Holandii i na północnym wybrzeżu Francji. Szacunki potencjału produkcji energii z wiatru w Europie sięgają 16-21 tys. TWh, wobec ok. 3 tys. TWh zapotrzebowania. Nowe wyniki badań z 2019 r. wskazują na znacznie większy potencjał lądowych farm wiatrowych, bo nawet do 34,4 PWh w 2050 r., czyli 13,4 TW mocy zainstalowanej. Dla Polski potencjał ten określono na 0,8 TW i prawie 2 PWh. Jako przyczynę niedoszacowania autorzy podają źle oszacowane zasoby ziemi pod budowę farm wiatrowych, nieodkładne przewidywania meteorologiczne, a także niedoceniony rozwój technologii turbin wiatrowych w najbliższych latach. Zwracają także uwagę na koszty związane z rozwojem turbin wiatrowych oraz na ich niekorzystny i nieciągły tryb pracy, którego wkomponowanie w system elektroenergetyczny jest kosztowne (Ryberg i in., 2019).

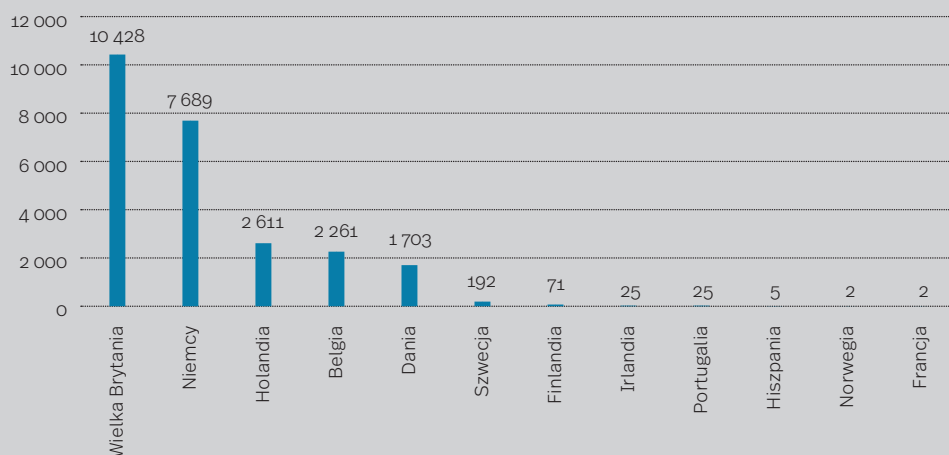
### Morska energetyka wiatrowa

Korzyści morskiej energetyki wiatrowej w porównaniu z lądową wynikają z oddalenia instalacji od miejsc zaludnionych, dzięki czemu hałas podczas pracy urządzeń nie jest uciążliwy i sama konstrukcja nie wpływa bezpośrednio na życie społeczności. Także współczynnik wykorzystania mocy morskich turbin wiatrowych jest większy niż lądowych turbin wiatrowych, przez co z tej samej mocy zainstalowanej można wyprodukować więcej energii w ciągu roku (McKinsey & Company, 2016). Głównym wyzwaniem dla rozwoju morskiej energetyki wiatrowej są obecnie wysokie koszty budowy w porównaniu z innymi źródłami energii, które jednak z czasem maleją. Międzynarodowa Agencja Energii szacuje, że do 2040 r. koszty te spadną o 40 proc. i morska energetyka wiatrowa będzie konkurencyjna wobec lądowej energetyki wiatrowej, słonecznej i gazowej (Wilson, 2020).

Morskie technologie wiatrowe są kosztowe w realizacji przez konieczność budowy potężnych kablowych i instalacji wspornych. W związku z tym pojawiły się koncepcje pływających farm wiatrowych, pozwalających na instalację turbin dalej od lądu. Umieszczenie takich farm na wodach o głębokości powyżej 50-60 m ogranicza szkody dla społeczności lokalnych i zwiększa wydajność farm przez wykorzystanie silniejszych wiatrów. Najwięcej tego typu turbin (83 proc. światowych mocy) jest zainstalowanych w Europie: na koniec 2020 r. były to 62 MW. Na następne trzy lata planowana jest instalacja trzykrotnie większej mocy.

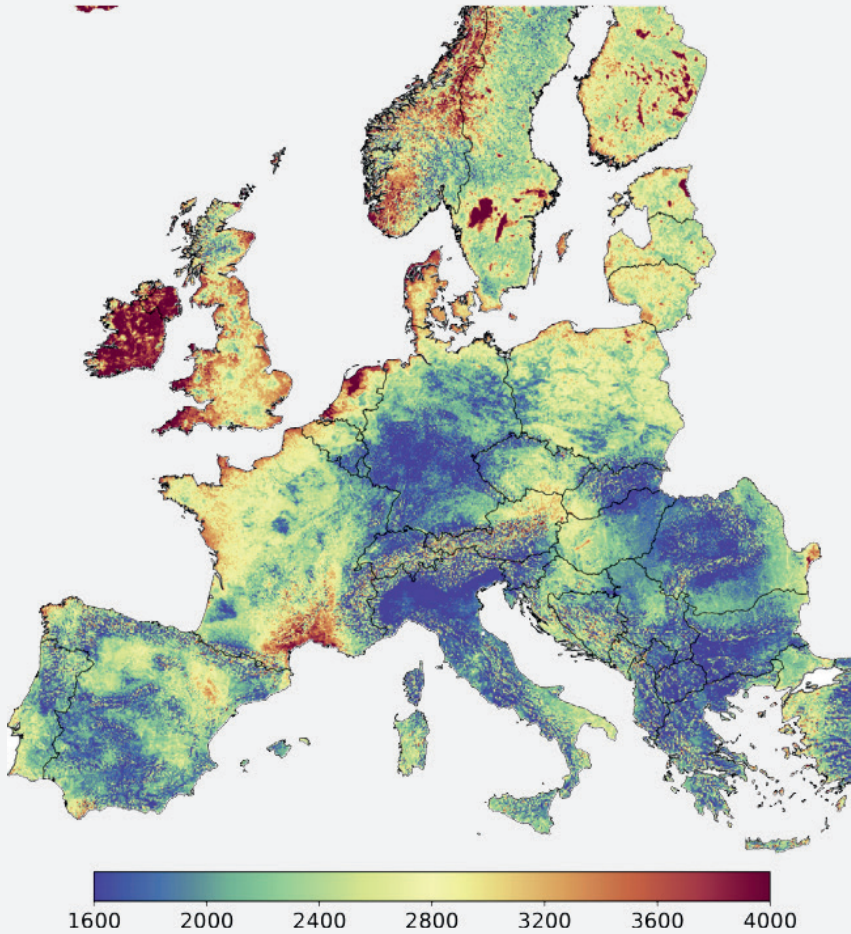
Europa odpowiada za 80 proc. mocy zainstalowanej w energetyce morskiej i jest liderem technologii i produkcji (25 GW mocy zainstalowanej w morskiej energetyce wiatrowej w 12 krajach). Tylko w 2020 r. powstało 2,9 GW (Ramirez, Fraile, Brindley, 2021). Do 2050 r. Komisja Europejska przewiduje 240 GW mocy zainstalowanej w UE. Według niektórych szacunków potencjał ten wynosi 450 GW, z czego 83 GW przypada na Morze Bałtyckie (Marczak, 2020). Do inwestycji w morskie farmy wiatrowe planuje dołączyć Irlandia, Francja, Litwa i Polska (Wilson, 2020). Zgodnie z *Polityką energetyczną Polski do 2040 r.* do 2030 r. na Bałtyku ma powstać 5,9 GW, a do 2040 r. 8-11 GW mocy w siłowniach wiatrowych (Ministerstwo Energii, 2019). Docelowo w 2050 r. może to być 28 GW (Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2020), czyli ok. 6 proc. potencjału w Unii. Polskie morskie farmy wiatrowe będą lokowane w wewnętrznej strefie ekonomicznej w odległości 20-30 km od polskich portów.

▼ Wykres 1. Moc zainstalowana w morskiej energetyce wiatrowej w Europie w 2020 r. (w MW)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Ramirez, Fraile, Brindley (2021).

▼ Mapa 1. Czas pracy turbiny wiatrowej z pełnym obciążeniem w ciągu roku (w kWh/kW)



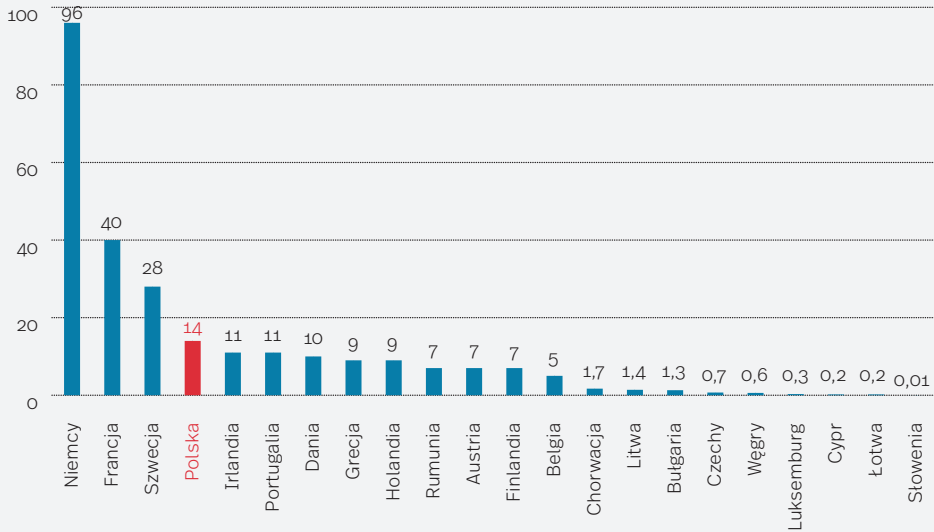
Źródło: Ryberg i in. (2019).

### *Energetyka wiatrowa w Polsce na tle Unii*

W Unii Europejskiej największy udział energii elektrycznej wytworzonej z wiatru jest w Danii (36 proc.), a w wartościach bezwzględnych najwięcej energii z wiatru generują Niemcy (96 GWh). Według danych Eurostatu w Polsce

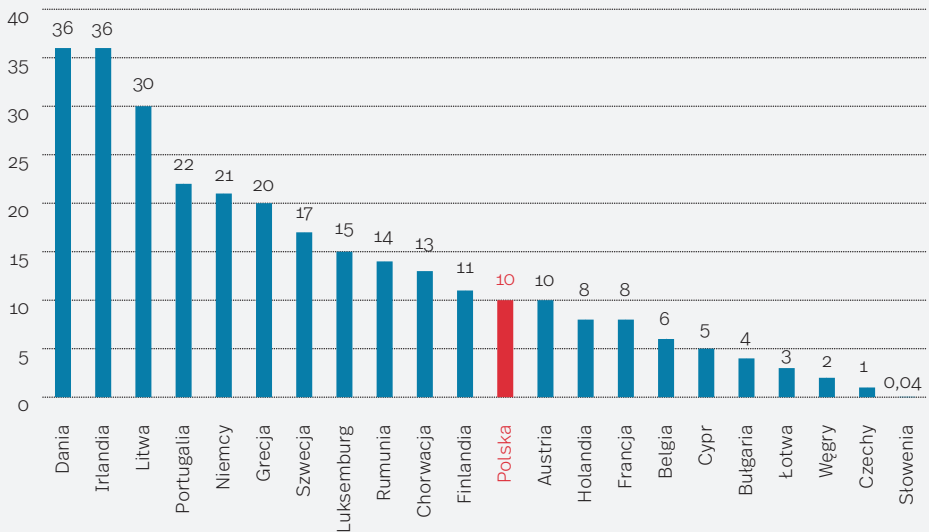
w 2020 r. było to 13,6 GWh, co przelożyło się na udział 10 proc. Po zestawieniu tych danych z prognozami Ryberg i in. (2019), obliczyliśmy że najbardziej optymistyczny potencjał Polski do 2050 r. w zakresie rozwoju farm wiatrowych jest ponad 100-krotnie większy niż moce zainstalowane obecnie.

▼ Wykres 2. Wytwarzanie energii elektrycznej z wiatru w krajach UE w 2020 r. (w TWh)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych Eurostatu.

▼ Wykres 3. Udział wytworzonej energii elektrycznej z wiatru w całości wytworzonej energii elektrycznej netto w 2020 r. (w proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych Eurostatu.

### Potencjał energetyki wiatrowej

Najlepsze warunki wiatrowe w Polsce występują w środkowych, najbardziej na północ wysuniętych częściach wybrzeża od Koszalina po Hel, w rejonie wyspy Wolin, na Suwalszczyźnie, w środkowej Wielkopolsce, na Mazowszu, w Beskidzie Śląskim i Żywieckim oraz w Bieszczadach i na Pogórzu Dynowskim (Nalepa i in., 2011). Większość terenów Polski ze względu na warunki wietrzności nie nadaje się do budowy dużych farm wiatrowych, ale badania wykazują, że istnieje potencjał dla małej energetyki wiatrowej korzystającej z lokalnych warunków wietrzności. Duże farmy przekraczają 1 MW mocy zainstalowanej i są budowane w celu produkcji dużej ilości energii elektrycznej i sprzedaży jej do sieci. Małe i mikro elektrownie do 100 kW powstają przede wszystkim w bezpośrednim sąsiedztwie budynków

mieszkalnych, a także często są budowane w miejscach trudno dostępnych dla konwencjonalnej energetyki. W miejscach, gdzie wieją ekstremalnie silne wiatry, nad morzem i w górach, sprawdzają się mikroturbiny o pionowej osi obrotu VAWT (Vertical Axis Wind Turbines). Usytuowanie ich na dachach budynków pozwala wykorzystać większe prędkości wiatru, jakie powstają w związku z przeszkodą, którą dla wiatru jest budynek. Mikroturbinami wiatrowymi mogą być zainteresowane osoby prywatne oraz rolnicy.

Do analizy potencjału farm wiatrowych szczególnie należy brać pod uwagę rozwój technologii, dzięki czemu efektywność turbin wiatrowych wzrasta. W ostatnich latach nastąpił wzrost mocy wytwórczych, wysokości wieży i średnicy wirnika, należy się spodziewać dalszego udoskonalania tych elementów.

## Charakterystyka energetyki słonecznej

Energetyka słoneczna jest drugim po wiatrowej, najprężniej rozwijającym się odnawialnym źródłem energii. W 2019 r. światowa ilość energii generowanej za pomocą paneli fotowoltaicznych wzrosła o 131 TWh (22 proc.) do 720 TWh. Według celów zrównoważonego rozwoju na świecie do 2030 r. fotowoltaika ma odpowiadać za produkcję ponad 3200 TWh energii rocznie (MAE, 2019).

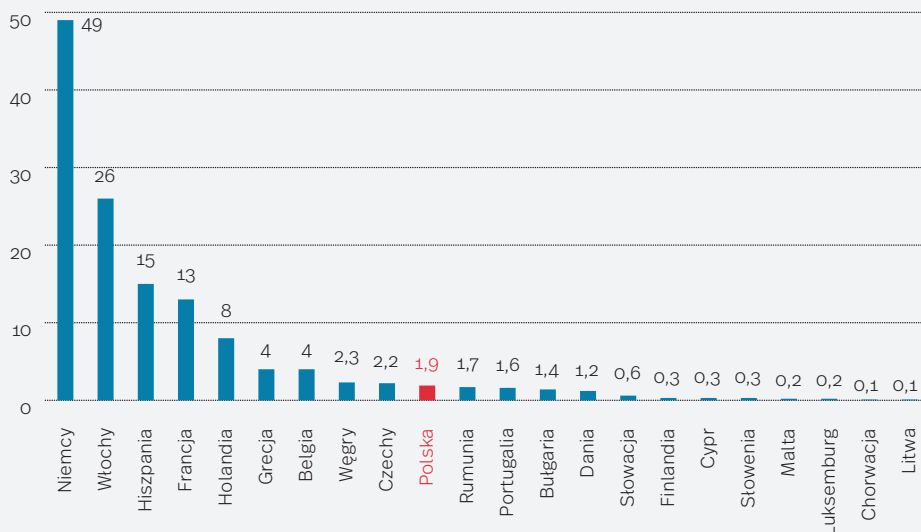
### Fotowoltaika w Polsce na tle Unii

W krajach UE-28 w 2020 r. wyprodukowano 134 TWh energii ze słońca. Najwięcej

w Niemczech (49 TWh), Włoszech (26 TWh), Hiszpanii (15 TWh) i Francji (13 TWh). W Polsce z energii słonecznej pochodziło w 2020 r. prawie 2 TWh energii elektrycznej.

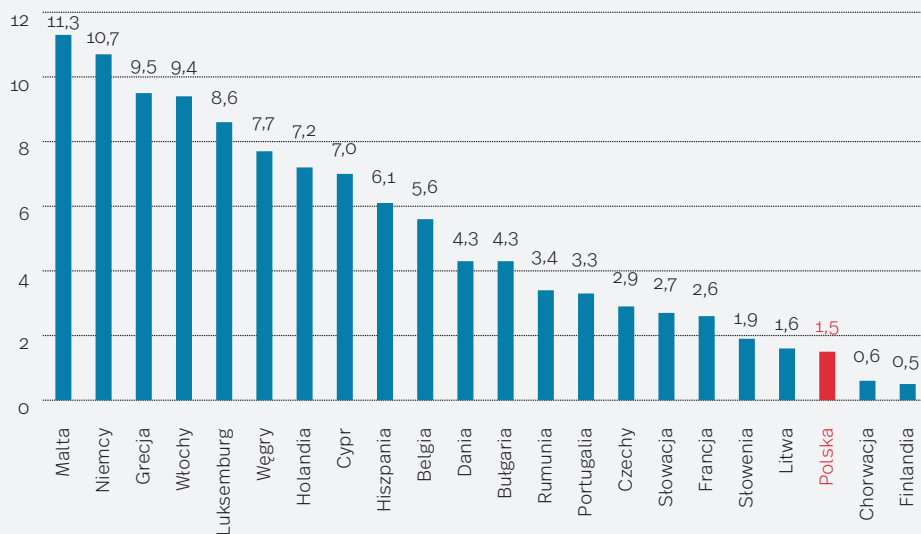
Jeśli weźmiemy pod uwagę udział energii słonecznej w całości produkowanej energii elektrycznej pierwsze miejsce w krajach UE zajmuje jednak Malta (11,3 proc). Spoza krajów południa Europy na pierwszym miejscu są Niemcy (10,7 proc.). Polska w 2020 r. ze źródeł fotowoltaicznych pozyskała 1,5 proc. energii elektrycznej, co jest wynikiem siedmiokrotnie wyższym niż w 2018 r.

▼ Wykres 4. Energia elektryczna wytworzona w instalacjach fotowoltaicznych w krajach UE w 2020 r. (w TWh)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych Eurostatu.

▼ Wykres 5. Udział energii elektrycznej wytworzonej z instalacji fotowoltaicznych w całości wytworzonej energii elektrycznej w krajach UE w 2020 r. (w proc.)



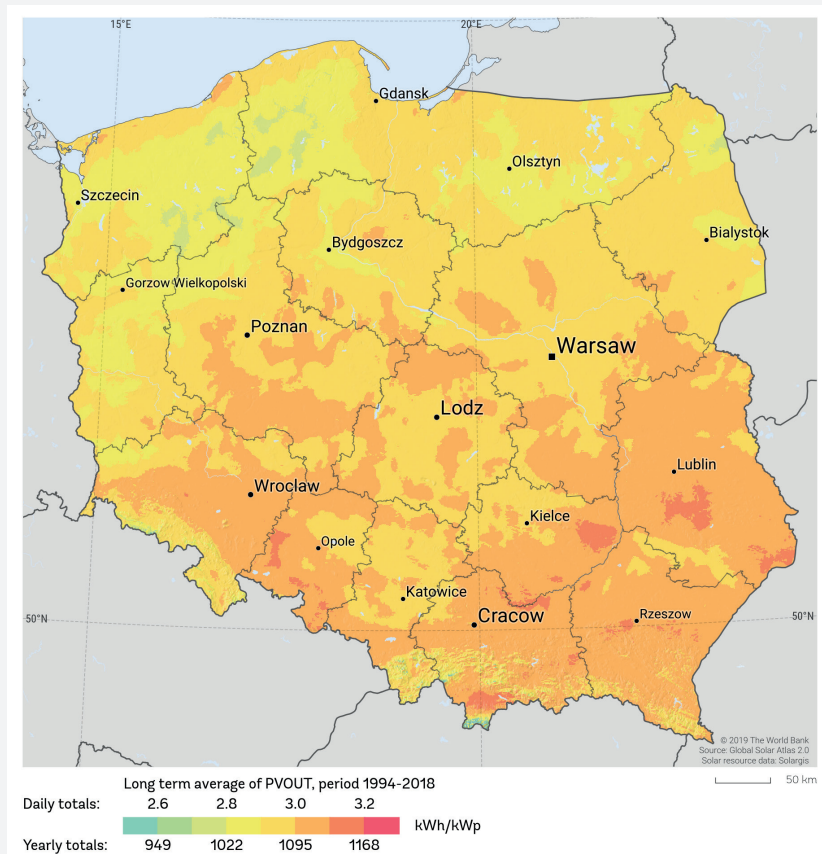
Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych Eurostatu.

## Potencjał fotowoltaiki

Potencjał produkcji energii elektrycznej z paneli fotowoltaicznych w Polsce nie różni się znacząco od potencjału naszych sąsiadów na podobnej szerokości geograficznej i wynosi ok. 1000-1100 kWh/kWp<sup>3</sup>. Jest jednak znacząco niższy od krajów południa Europy, gdzie z 1 kilowatopika można pozyskać nawet 1800 kWh. Największą efektywność

w naszym kraju mają instalacje na południu Polski, zwłaszcza w województwach podkarpackim, małopolskim, lubelskim, opolskim i dolnośląskim. Najmniej energii z kilowatopika otrzymuje się w województwach na północy kraju, w szczególności w województwie zachodniopomorskim, pomorskim i warmińsko-mazurskim (z wyłączeniem wybrzeża i okolic Gdańska).

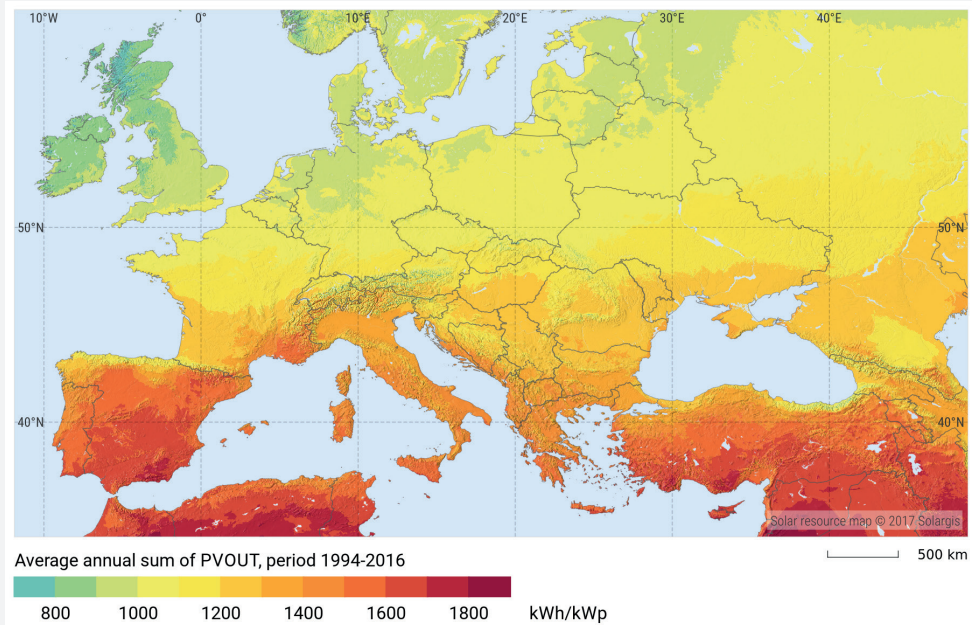
### Mapa 2. Efektywność instalacji fotowoltaicznych w poszczególnych regionach Polski (KWh/KWp)



Źródło: Global Solar Atlas 2.0 (www4).

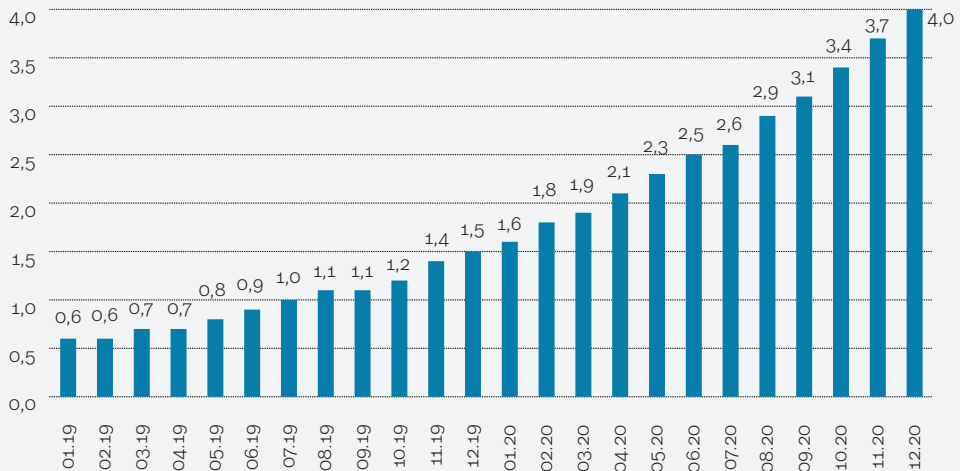
<sup>3</sup> Wp to jednostka określająca maksymalną wydajność, z jaką pracują moduły fotowoltaiczne, określana dla STC (Standard Test Conditions), czyli dla standardowych warunków testowych (natężenia promieniowania słonecznego 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatury ogniw 25°C). Wynik 1000 kWh/kWp oznacza więc, że jeden panel fotowoltaiczny o mocy 1 kilowatopika rocznie może dostarczyć ok. 1000 kWh energii.

▼ **Mapa 3.** Efektywność instalacji fotowoltaicznych w poszczególnych regionach Europy (KWh/KWp)



Źródło: Solar resource map (www4).

▼ **Wykres 6.** Moc zainstalowana fotowoltaiki w Polsce w latach 2019-2020 (w GW)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: ARE (2020).



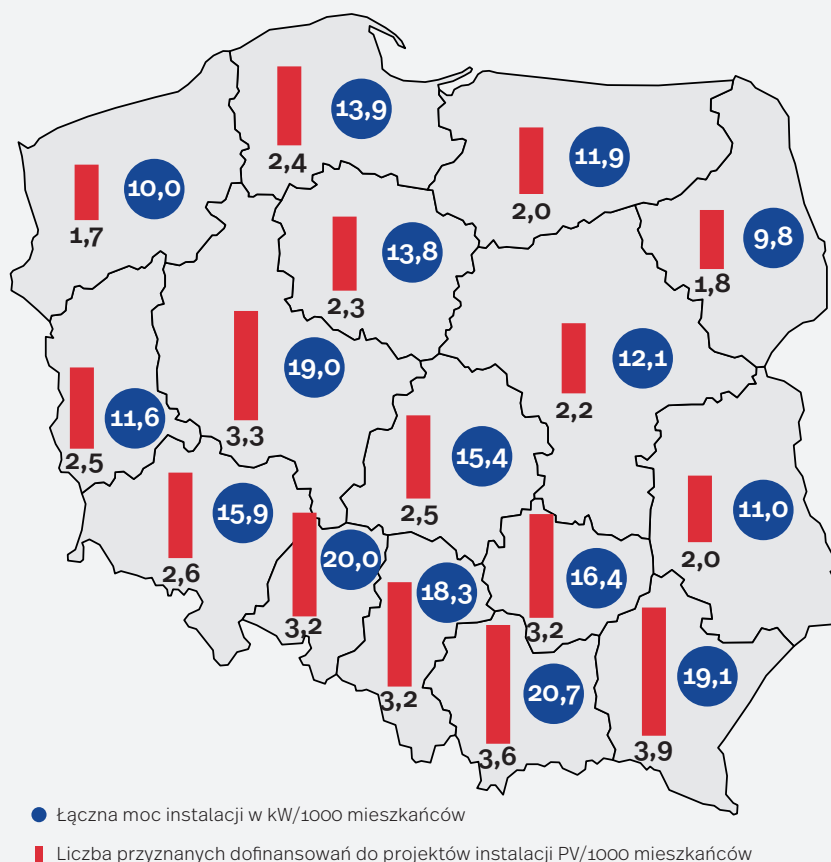
W ostatnich latach widać wyraźny wzrost produkcji energii z paneli fotowoltaicznych w Polsce z 0,3 TWh w 2018 r. do ok. 1,92 TWh w 2020 r. Wynika to ze wzrostu mocy zainstalowanej z 0,57 GW do ok. 4 GW. Jest to głównie efekt popularyzacji paneli fotowoltaicznych instalowanych przez prosumentów<sup>4</sup> (ARE, 2020). Na koniec 2019 r. było 1,5 GW mocy

zainstalowanej, z czego w URE koncesjonowane źródła stanowiły niecałe 0,5 GW.

### Prosumenci w energetyce słonecznej

Jedną z najistotniejszych form wsparcia prosumentów inwestujących w panele fotowoltaiczne jest program *Mój Prąd*. Łączna moc zainstalowana instalacji prosumenckich

▼ **Mapa 4.** Liczba przyznanych dofinansowań do projektów instalacji PV na 1000 mieszkańców oraz łączna moc instalacji (kW/tys. mieszk.) dofinansowanych w ramach programu *Mój Prąd* w poszczególnych województwach Polski



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ze strony programu *Mój Prąd* oraz danych GUS.

<sup>4</sup> Dla porównania według danych URE, które nie zawierają informacji o instalacjach prosumenckich, moc zainstalowana paneli fotowoltaicznych to niewiele powyżej 700 MW.

dofinansowanych w ramach tego projektu wynosi 590 MW<sup>5</sup>, co stanowi 1/7 całości mocy zainstalowanej w Polsce. Najwięcej mocy zainstalowanej w ramach programu *Mój Prąd* można zanotować w woj. śląskim (83 MW), małopolskim (70 MW), wielkopolskim (66 MW) oraz mazowieckim (65 MW), czyli w większości na południu Polski, gdzie mamy większe nasłonecznienie. Przy uwzględnieniu populacji poszczególnych województw najwięcej mocy zainstalowanej na 1000 mieszkańców przypada na woj. małopolskie (21 kW/1000 mieszkańców), opolskie (20 kW/1000 mieszkańców), podkarpackie (19 kW/1000 mieszkańców), wielkopolskie (19 kW/1000

mieszkańców) oraz śląskie (18 kW/1000 mieszkańców).

Biorąc pod uwagę stosunkowo niewielki udział dużych instalacji w ogóle zainstalowanych mocy fotowoltaicznych oraz szybkie tempo rozwoju fotowoltaiki z programu *Mój Prąd* (wzrost z 400 MW w czerwcu do 590 MW w grudniu 2020, Maj, Szpor, 2020) można zauważyć, że w przypadku fotowoltaiki sprawdzają się programy nastawione na zwiększanie udziału prosumentów w sieci. Istotnym elementem dalszego poszerzenia udziału źródeł fotowoltaicznych w polskiej strukturze produkcji energii elektrycznej w przyszłości będzie więc utrzymanie, a nawet dalsze rozszerzenie tych programów.

## Charakterystyka biopaliw

Mianem biopaliw określa się wszystkie paliwa produkowane z biomasy, czyli całości materii zwierzęcej oraz roślinnej ulegającej biodegradacji, a także produkty przemiany ich materii. Biopaliwa dzieli się na trzy rodzaje

zależnie od formy ich występowania – stałej, ciekłej lub gazowej. Energia z biopaliw jest wykorzystywana przy produkcji energii elektrycznej, w sektorze ciepłowniczym i chłodniczym oraz transporcie.

▼ **Tabela 2.** Rodzaje biopaliwa wraz z przykładowymi substratami używanymi do ich produkcji

Rodzaj biopaliwa	Przykładowe substraty
Stałe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• biomasa drzewna z odpadów,</li> <li>• biomasa z upraw energetycznych,</li> <li>• słoma</li> </ul>
Ciekłe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rośliny oleiste,</li> <li>• oleje posmażalnicze,</li> <li>• ziarno zbóż,</li> <li>• buraki cukrowe</li> </ul>
Gazowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• biomasa świeża z upraw polowych,</li> <li>• odpady organiczne, w tym odchody zwierzęce.</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Szeptycki (2007).

<sup>5</sup> Stan na dzień 11.12.2020.

Wyróżnia się trzy generacje biopaliw:

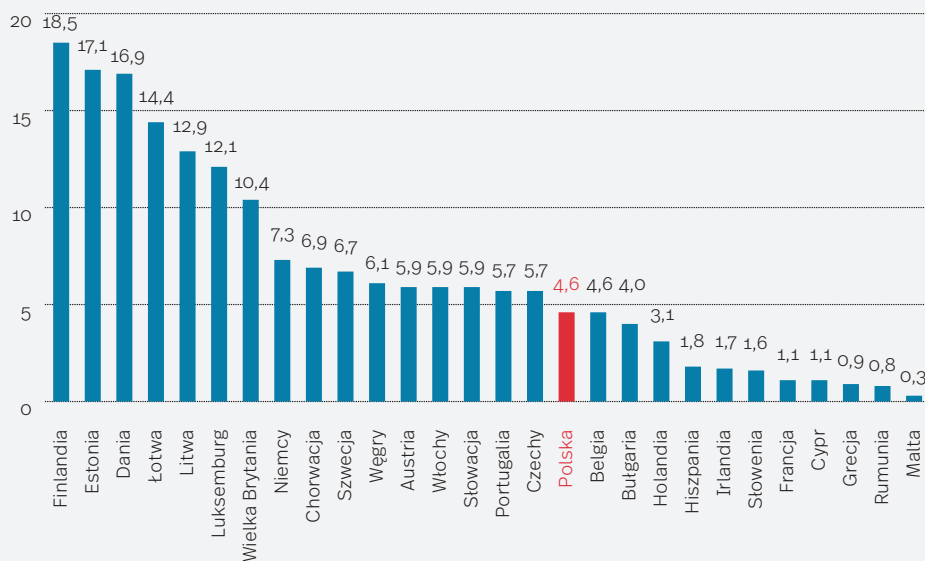
- I – biopaliwa, których głównym substratem są rośliny uprawne, m.in. kukurydza, trzcina cukrowa czy rzepak.
- II – do produkcji używa się m.in. celulozowych resztek organicznych pochodzących z roślin, które mogą być uprawiane na nieużytkach rolnych i terenach zanieczyszczonych (np. słoma).
- III – substratem są algi, które charakteryzują się szybkim wzrostem i pozwalają na efektywne wykorzystanie terenu pozwalając na uzyskanie nawet 30 razy więcej energii niż z biopaliw I i II generacji uprawianych

na terenie takiej samej wielkości (Jonek-Kowska, Berny, Płaza, 2016).

### Biopaliwa w Polsce na tle Unii

Biopaliwa w krajach Unii Europejskiej w 2019 r. stanowiły 5,4 proc. udziału w całości produkcji energii elektrycznej (4,9 proc., jeśli wyłączyć Wielką Brytanię). Największy udział w strukturze produkcji energii elektrycznej biopaliwa mają w Finlandii (18,5 proc.), Estonii (17,1 proc.), Danii (16,9 proc.) i Łotwie (14,4 proc.). W Polsce udział biopaliw w produkowanej energii elektrycznej wyniósł w 2019 r. 4,6 proc.

↘ Wykres 7. Procentowy udział biopaliw w ogólnej produkcji energii elektrycznej w krajach UE-28 w 2019 r.



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych Eurostatu.

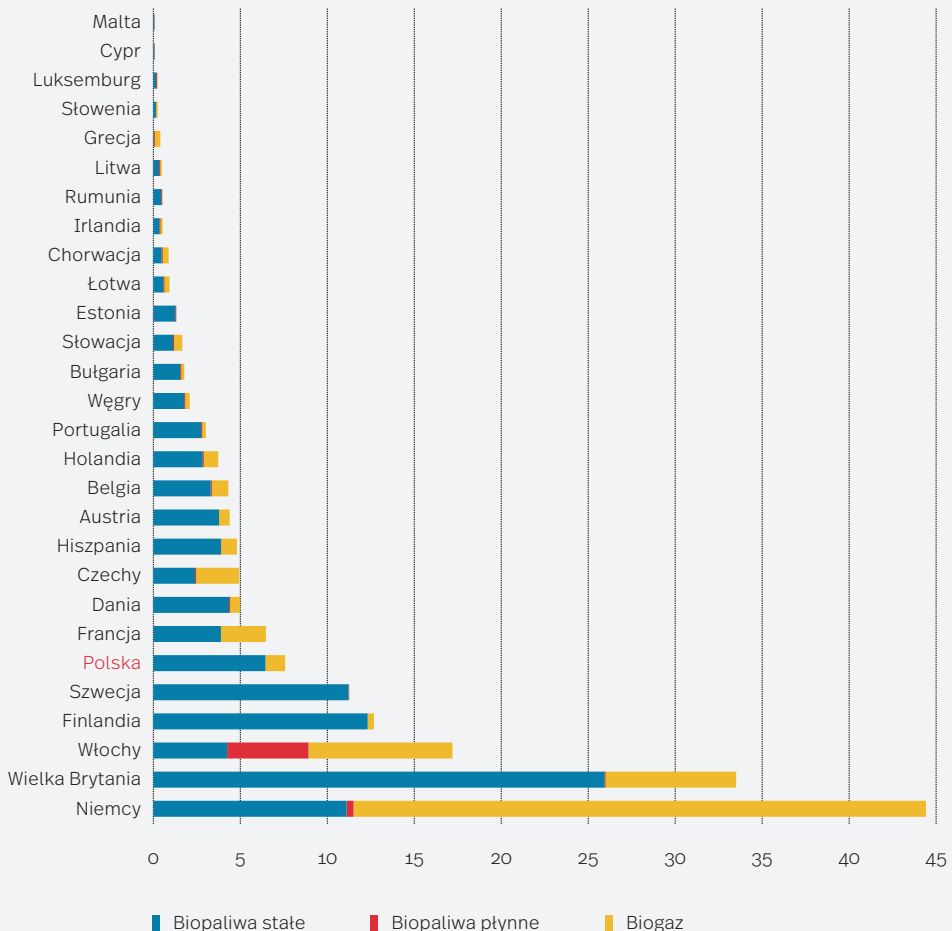
We wszystkich krajach UE-28 w 2019 r. z biopaliw wyprodukowano 174 TWh energii elektrycznej. Najwięcej, bo aż 107 TWh

pochodziło z biopaliw stałych. Bardzo istotny udział miał też biogaz (63 TWh), natomiast najmniejszy – biopaliwa płynne (niecałe 5 TWh).

Największym producentem energii elektrycznej z biopaliw w wartościach bezwzględnych pozostają Niemcy, które w 2019 r. z biopaliw uzyskały blisko 45 TWh energii elektrycznej, co odpowiada za 26 proc. całości produkcji energii elektrycznej z biopaliw w krajach Unii. W przeciwieństwie do większości krajów UE, w Niemczech dominującym rodzajem nie są biopaliwa

stałe, a biogaz, z którego wyprodukowano 33 TWh energii elektrycznej. Odpowiadało to 53 proc. całości produkcji energii z biogazu we wszystkich krajach UE-28. W Polsce z biopaliw w 2019 r. wyprodukowano 7,5 TWh energii, z czego 6,4 TWh pochodziło z biopaliw stałych, 1,1 TWh z biogazu, a zaledwie 0,002 TWh z biopaliw płynnych.

▸ **Wykres 8.** Produkcja energii elektrycznej z biopaliw stałych, ciekłych i biogazu w krajach UE-28 w 2019 r. (w TWh)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych Eurostatu.

Według Krajowego Planu na Rzecz Energii i Klimatu na lata 2021-2030 na cele energetyczne można przeznaczyć maksymalnie ok. 13 proc. krajowego potencjału biomasy. Jest to granica, do której nie nastąpią negatywne skutki w postaci degradacji gleb czy naruszenia wymogów ochrony środowiska. Potencjał energetyczny biomasy pochodzenia rolniczego wynosi ok. 900 PJ/rok. Ponadto do biomasy zaliczamy także słomę (przeciętna nadwyżka roczna waha się od 2 do 4,5 mln ton, w zależności od plonów) i biomasę z upraw energetycznych (120-130 tys. ton suchej masy oraz 88 tys. ton drewna z sadów rocznie) (MAP, 2019).

### *Brak rozwoju biogazowni*

W kontekście pozyskiwania energii z biopaliw w ekologiczny sposób, jednym z najczęściej wymienianych źródeł energii jest biogaz. Powstaje on w procesie fermentacji metanowej w wyniku rozkładu materii organicznej, m.in. odpadów zwierzęcych, ściekowych czy organicznych. Używany jest powszechnie do produkcji energii elektrycznej, w ciepłownictwie, w sektorze transportu czy w przemyśle gazowniczym. W ostatnich dwóch zastosowaniach konieczne jest użycie biometanu – czyli biogazu o wysokiej zawartości metanu (www5; Pomykała i in., 2013).

W 2018 r. w Europie<sup>6</sup> znajdowało się ponad 18 tys. instalacji biogazowych o łącznej mocy 11,1 GW, co przekłada się na produkcję 63,5 TWh energii elektrycznej (www6). W Polsce w 2018 r. znajdowały się jedynie 304 instalacje biogazowe o łącznej mocy 230 MW, co jest wynikiem znacznie niższym niż w sąsiednich Niemczech (ponad 11 tys. instalacji) czy Czechach (574 instalacji). Według European Biogas Association (EBA) plasuje nas to na 8. miejscu w Europie, ale jeśli przeliczymy liczbę biogazowni na populację,

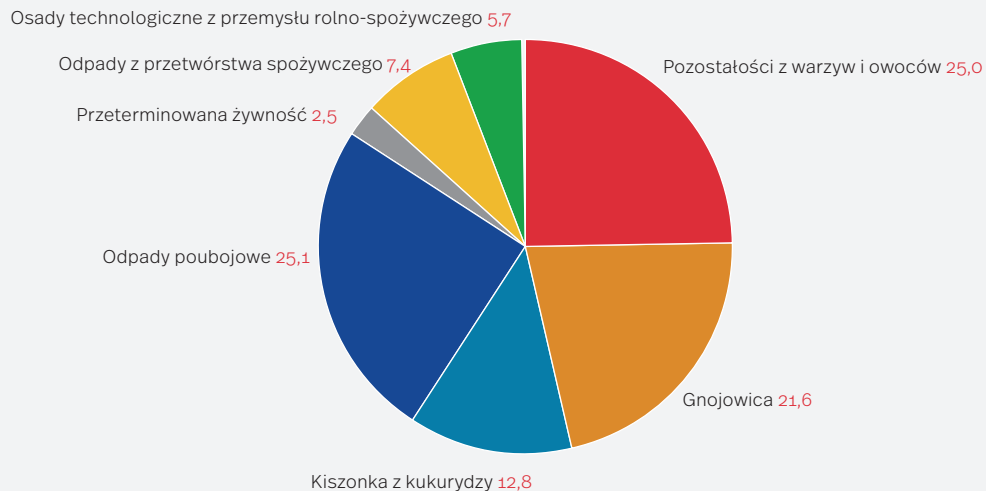
to spadamy na 24. pozycję z wynikiem 8 biogazowni na 1 mln mieszkańców (Koalicja na Rzecz Biometanu, 2020). Istotnym z punktu widzenia rozwoju regionów rolniczych jest biogaz rolniczy. Wedle definicji ustawy o OZE może być on pozyskiwany w „procesie fermentacji metanowej surowców rolniczych, produktów ubocznych rolnictwa, płynnych lub stałych odchodów zwierzęcych, produktów ubocznych, odpadów lub pozostałości z przetwórstwa produktów pochodzenia rolniczego lub biomasy leśnej, lub biomasy roślinnej zebranej z terenów innych niż zaewidencjonowane jako rolne lub leśne”. Nie może być pozyskiwany z surowców pochodzących ze składowisk odpadów oraz oczyszczalni ścieków (www7).

W Polsce w grudniu 2020 r. istniało 116 instalacji wytwarzających biogaz rolniczy łącznie o mocy blisko 118 MW, należących w sumie do 99 zarejestrowanych wytwórców (www8). Jedynie kilka podmiotów posiada więcej niż jedną biogazownię. W 2011 r. było 8 instalacji i 4 podmioty. Można zaobserwować, że po bardzo intensywnym wzroście liczby instalacji biogazu rolniczego w latach 2011-2017 nastąpiło 2-letnie przystopowanie wzrostu (www9). W 2020 r. można zauważyć powrót do budowy biogazowni – według danych z grudnia ich liczba wzrosła o 13 w porównaniu z końcem 2019 r.

W Polsce do produkcji biogazu rolniczego w pierwszej połowie 2019 r. najczęściej używanymi surowcami były pozostałości z warzyw i owoców (25 proc.), odpady poubojowe (25 proc.) oraz gnojowica (22 proc.). Jedynie ok. 13 proc. stanowiła kiszonka z kukurydzy specjalnie hodowanej na cele fermentacji. Wskazuje to na dobry trend w polskim biogazownictwie, które jednocześnie dzięki temu wspomaga recykling odpadów (www8).

<sup>6</sup> Dane European Biogas Association obejmują także kilka pozaunijnych krajów Europy, m.in. Norwegię i Islandię.

▼ Wykres 9. Surowce wykorzystywane do produkcji biogazu rolniczego w pierwszej połowie 2019 r. (w proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa (www7).

W Polsce funkcjonuje kilka systemów wsparcia biogazowni. Pierwszym z nich jest system taryf gwarantowanych tzw. *Feed in Tariff* (FiT), polegający na określeniu na szczeblu regulacyjnym stałej ceny sprzedaży energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. Podmiot (zwykle przedsiębiorstwo energetyczne zajmujące się obrotem energią), na którym ciąży obowiązek zakupu, jest wyznaczany na danym obszarze przez prezesa URE. System ten jest przeznaczony dla wytwórców, których biogazownie nie przekraczają łącznie 500 kW zainstalowanej mocy. Drugi to system *Feed in Premium* (FiP), gwarantujący określonym instalacjom prawa do pokrycia tzw. ujemnego salda. Skierowany jest do wytwórców, których instalacje mieszczą się w przedziale między 500 kW a 2,5 MW mocy zainstalowanej. W przypadku przedsiębiorstw, które

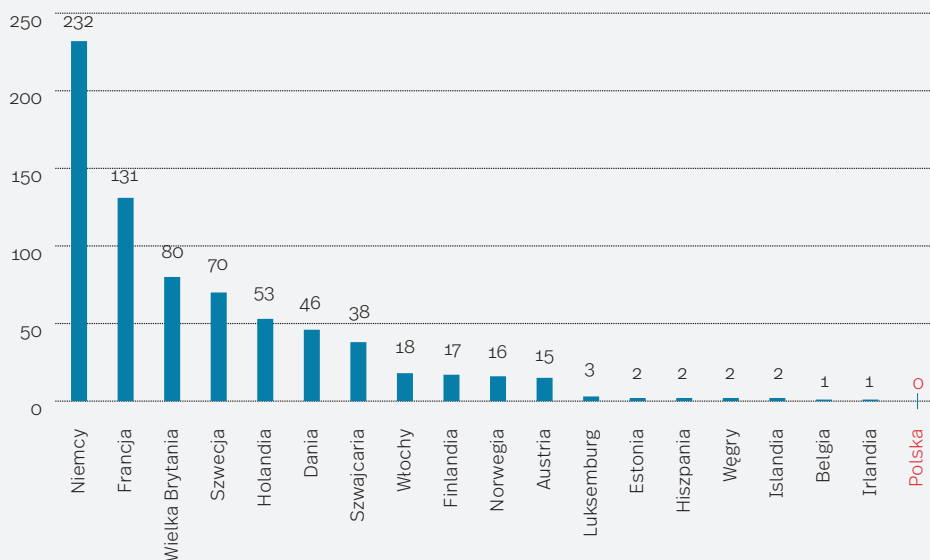
przekraczają 2,5 MW mocy zainstalowanej, pozostaje trzecia możliwość – udział w aukcjach OZE (www10; URE, 2018).

### **Biometan – szczególny rodzaj biogazu**

W połowie 2020 r.<sup>7</sup> w Europie znajdowało się 729 biometanowni (www11). Najwięcej w Niemczech (232) oraz Francji (131). Duża liczba jednostek produkujących biometan występuje także w Wielkiej Brytanii, Szwecji, Holandii, Danii i Szwajcarii. Na rynku energii zanotowano bardzo dynamiczny wzrost na przestrzeni ostatniej dekady – w 2011 r. wybudowano zaledwie 187 jednostek – mniej niż obecnie w samych Niemczech (www12). Co istotne, do tej pory w Polsce nadal nie funkcjonuje żadna biometanownia.

<sup>7</sup> Stan na lipiec 2020 r.

▼ Wykres 10. Liczba biometanowni w poszczególnych krajach Europy na koniec 2019 r.



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych Gas Infrastructure Europe.

Sytuacja ta ma zmienić się w najbliższych latach. Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo SA (PGNiG) zapowiada, że jednym z priorytetowych działań spółki w najbliższej dekadzie będzie inwestycja w biometan – pierwsza biometanownia ma powstać w 2021 r. Docelowo do 2030 r. system biometanowni PGNIG ma działać na zasadzie franczyzy<sup>8</sup> z zewnętrznymi spółkami i rozbudować polską sieć do 1500-2000 jednostek zapewniających do 4 mld m<sup>3</sup> biometanu rocznie. Koszt takiej inwestycji ma wynieść do 70 mld PLN. PGNiG rozważa jednak przede wszystkim użycie biometanu w sektorze ciepłowniczym, a nie do produkcji energii elektrycznej (www13).

W Unii Europejskiej funkcjonują różne systemy wsparcia produkcji biometanu, dominującym jest FIT. Charakterystyczny dla większości krajów jest długi czas zawieranych kontraktów z producentem – zwykle między 10 a 20 lat. Mechanizm ten funkcjonuje we Francji, Wielkiej Brytanii, Niemczech oraz Austrii – w dwóch ostatnich krajach jednak jedynie wtedy, gdy sposobem wykorzystania biometanu jest produkcja energii elektrycznej. Drugim z popularnych sposobów wsparcia jest FIP, który działa w Danii, Holandii i Estonii. Do pozostałych rozwiązań należą system zachęt fiskalnych (Szwecja, Szwajcaria), system wsparcia „zielonymi” certyfikatami (Belgia<sup>9</sup>, Włochy) lub

<sup>8</sup> Wypowiedź Jarosława Wróbla, wiceprezesa spółki (pełniącego obecnie obowiązki prezesa zarządu) z dnia 9.10.2020 (www14).

<sup>9</sup> Wyłącznie w regionie Watonii.

wsparcia przy procesie inwestycyjnym (Finlandia) (REGATRACE, 2020).

Poszczególne kraje znacząco różnią się wielkością oferowanego wsparcia oraz okresem jego zapewnienia. Na najwyższym poziomie jest ono we Francji (do 120 EUR/MWh),

Wielkiej Brytanii (do 92 EUR/MWh), Estonii (80 EUR/MWh), Niemczech (do 77 EUR/MWh) oraz Belgii (75 EUR/MWh). Okres oferowanego wsparcia wynosi od kilku do nawet dwudziestu lat w przypadku Danii, Francji, Niemiec czy Belgii.

▸ **Tabela 3.** Wysokość oraz okres oferowanego wsparcia przy produkcji biometanu w wybranych krajach Europy

Kraj	Wsparcie operacyjne dla biometanu (EUR/MWh)	Okres wsparcia (w latach)
Austria	17	15
Belgia	75	20
Dania	35	20
Estonia	80	5
Francja	60-120	20
Niemcy	56-77	20
Włochy	60	10
Szwecja	30	Zależna od różnych czynników
Holandia	49-92	12
Wielka Brytania	63	20

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: REGATRACE (2020).

Preferowanym przez producentów na rynku europejskim systemem wsparcia jest system *Feed in Tariff*. W badaniu przeprowadzonym przez REGATRACE na tę formę pomocy wskazało 65 proc. ankietowanych wytwórców gazu ze źródeł odnawialnych. Mniejszą, ale też znaczną popularnością cieszy się także system *Feed in Premium* (14 proc.) oraz system oparty na certyfikatach (14 proc.).

### Potencjał biogazu

Obecny poziom produkcji biogazu w Polsce jest znacznie niższy niż potencjał

wskazywany w licznych analizach. Analizy wydajnościowe Pracowni Ekotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu ostrożnie wskazują na możliwość wytwarzania 13,5 mld m<sup>3</sup> biogazu (7,8 mld m<sup>3</sup> biometanu). Przekładałoby się to na zaspokajanie ok 3,6 GW mocy elektrycznej (co odpowiada produkcji 30,5 TWh rocznie) (www15; www16). Potencjał taki wskazywany jest przy założeniach używania głównie substratów pochodzących z odpadów z procesów rolniczych. Zakładając poziom hodowli kukurydzy w celu przerabiania jej na biogaz w podobnej



do Niemiec skali, szacowany potencjał produkcji energii elektrycznej z biogazu wyniósłby nawet 8 GW (Pułka i in., 2019). Średnie miesięczne krajowe zapotrzebowanie na moc w dobowych szczytach obciążenia dni roboczych w 2019 r. wahało się między niespełna 22 GW w lipcu, a 25,5 GW w styczniu (www17), co oznacza, że z biogazu można by zaspokajać od kilkunastu do nawet 30 proc. dziennego zapotrzebowania na moc w Polsce. Kierownictwo PGNiG określiło potencjał biogazu w Polsce na 13-14 mld m<sup>3</sup>, z czego nawet powyżej połowy ma stanowić biometan. Podobne wyliczenia w wersji bazowej przedstawili naukowcy z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (www18).

Wśród rekomendacji dotyczących rynku biogazu i biometanu często wskazuje się na konieczność wsparcia już na poziomie

inwestycji. Biogazownia o mocy 0,5 MW to koszt 8-10 mln PLN. Nawet przy atrakcyjnych formach wsparcia dla wielu rolników jest to koszt, który przekracza ich możliwości (www19; www20). Systemy wsparcia zarówno pod względem pomocy w finansowaniu budowy, jak i prostoty administracyjnej, można częściowo upodobnić do prężnie rozwijających się w Polsce programów wsparcia fotowoltaiki. Należy także podtrzymać stabilne i trwałe wsparcie OZE w postaci systemu aukcyjnego (Pułka i in., 2019).

W przypadku systemów wsparcia biometanu w Polsce w powstających obecnie ramach legislacyjnych należy rozważyć nie tylko systemy francyzowe i wsparcie inwestycyjne, ale i – na wzór krajów Europy Zachodniej – rozszerzenie systemów *Feed in Tariff* oraz *Feed in Premium* także na rynek biometanu.



## Porównanie OZE w regionach

**W** tym rozdziale analizujemy dane URE dotyczące zainstalowanych mocy OZE w poszczególnych powiatach. Interesuje nas, które powiaty mają największą ilość danego rodzaju OZE w odniesieniu do liczby mieszkańców. Dla energii z wiatru i słońca porównujemy potencjał regionów według danych Global Wind Atlas i Global Solar Atlas. W analizie nie zostały ujęte dane URE dotyczące hydroenergii, gdyż znaczna część wyprodukowanej energii elektrycznej w elektrowniach wodnych, pochodzi z elektrowni szczytowo-pompowych (ARE, 2020).

105 tys. instalacji fotowoltaicznych otrzymało dofinansowanie z programu *Mój Prąd*.

Stanowi to 1/3 wszystkich mikroinstalacji na koniec września b.r. (357 tys.) (PTPiREE, 2020). Łączna moc mikroinstalacji przyłączonych przez operatorów sieci dystrybucyjnych wynosi ok. 2,4 GW. Jest to znaczna ilość, jednak bez danych o ich lokalizacjach w analizie regionów możemy oprzeć się tylko na danych URE uboższych o te instalacje, które nie posiadają koncesji. Znaczna część to instalacje fotowoltaiczne, które według danych programu *Mój Prąd* analizowanych w rozdziale *Charakterystyka energetyki słonecznej* na poziomie województw nie wykazują znacznych różnic regionalnych w zainstalowanych mocach w odniesieniu do mieszkańców.

▼ **Tabela 4.** Koncesjonowane instalacje OZE na koniec 2019 r.

Wielkość instalacji	Parametr	Razem	BG	BM	PVA	WIL	WO
Mikro (0<50 kW)	Moc [MW]	19	0	0,1	10	0,2	8
	Liczba instalacji	738	0	2	434	10	292
Małe (50-499 kW)	Moc [MW]	168	0	0,7	49	33	51
	Liczba instalacji	698	0	3	238	114	343
Duże (>500 kW)	Moc [MW]	8 919	209	1 492	420	5 884	913
	Liczba instalacji	1 698	185	47	432	1 083	136
Razem	Moc [MW]	9 106	209	1 493	480	5 917	973
	Liczba instalacji	3 134	185	52	1 104	1 207	771

Uwaga: skróty BG, BM, PVA, WIL, WO oznaczają kolejno instalację OZE wykorzystującą biogaz, biomasę, energię promieniowania słonecznego, energię wiatru, hydroenergię.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych URE.

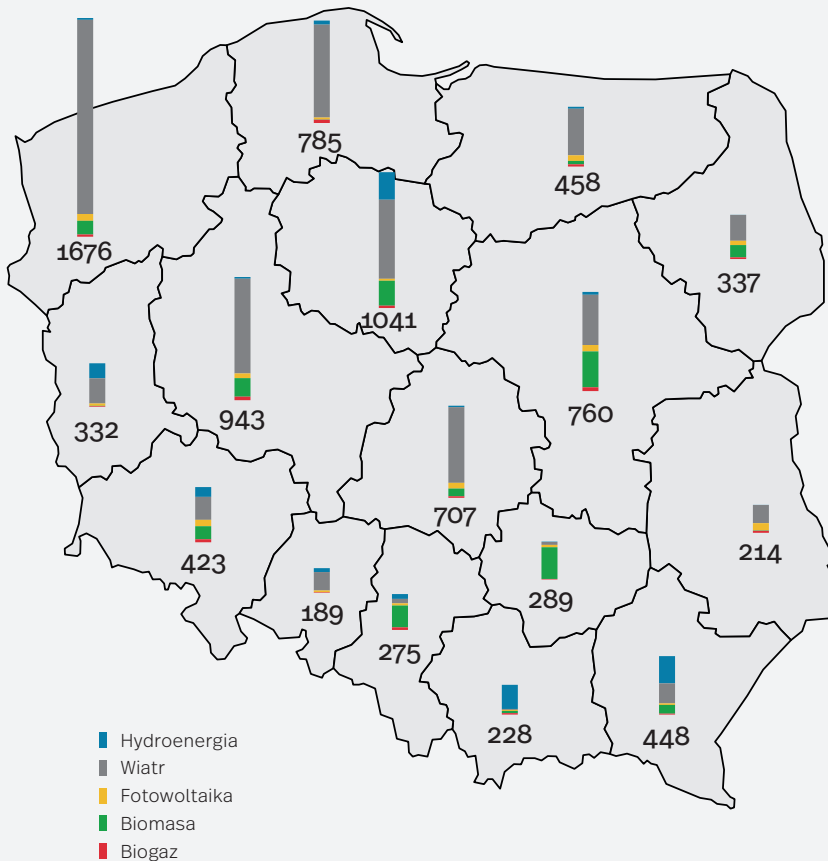
Według danych URE na koniec 2019 r. w Polsce było zarejestrowanych ponad 3100 instalacji OZE wykorzystujących biogaz,

biomasę, energię promieniowania słonecznego, energię wiatru i hydroenergię. Ich łączna moc to 9,1 GW, co stanowi 39 proc. średniego

dziennego zapotrzebowania w Polsce w 2019 r. (Polskie Sieci Elektroenergetyczne, 2020). Jednak ze względu na niski współczynnik wykorzystania mocy odnawialnych źródeł energii, szczególnie wiatru i słońca, ilość energii wyprodukowanej z OZE jest mniejsza niż z elektrowni konwencjonalnych o tej samej mocy i dlatego

skuteczniejsze jest porównywanie wyprodukowanej energii. Z danych PSE i GUS wynika, że w 2019 r. udział OZE w produkcji energii elektrycznej był na poziomie 11-12 proc., co oznacza, że współczynnik wykorzystania mocy źródeł OZE w Polsce jest ok. 3-krotnie mniejszy niż źródeł konwencjonalnych.

↘ **Mapa 5. Moce OZE zainstalowane w poszczególnych województwach (w MW)**



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych URE.

Największe moce OZE (słońce, wiatr, biomasa, biogaz, woda) są zainstalowane

w województwach zachodniopomorskim (1,7 GW), kujawsko-pomorskim (1 GW)

i wielkopolskim (0,9 GW). Stanowią 40 proc. koncesjonowanych źródeł w całej Polsce. Większościowy udział w mocach OZE w tych województwach mają elektrownie wiatrowe.

Największą moc OZE – w odniesieniu do liczby mieszkańców – mają powiat stawieński w woj. zachodniopomorskim (9,2 MW/1000 os.), leski w woj. podkarpackim (7,8 MW/1000 os.)

i grudziądzki w woj. kujawsko-pomorskim (3,8 MW/1000 os.). W powiatach z największą mocą zainstalowaną w OZE dominuje energetyka wiatrowa. Wyjątkiem jest powiat leski, w którym działa Zespół Elektrowni Wodnych Solina-Myczkowce o mocy ponad 200 MW i powiat staszowski z instalacją na biomasę o mocy 230 MW.

▼ **Tabela 5.** Ranking powiatów według mocy zainstalowanej w OZE opartych na biopaliwach, energii słonecznej, wiatrowej i hydroenergii

Województwo	Powiat	Moc (w MW/1000 os.)
Zachodniopomorskie	stawieński	9,2
Podkarpackie	leski	7,8
Kujawsko-Pomorskie	grudziądzki	3,8
Podlaskie	suwalski	3,3
Świętokrzyskie	staszowski	3,2
Zachodniopomorskie	kołobrzeski	3,0
Zachodniopomorskie	pyrzycki	2,9
Zachodniopomorskie	łobeski	2,8
Pomorskie	lęborski	2,7
Wielkopolskie	chodzieski	2,6

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych URE.

Największe moce z energii wiatrowej w odniesieniu do liczby mieszkańców uzyskują powiaty: stawieński (9,2 MW), grudziądzki (3,7 MW) oraz suwalski (3,2 MW). W powiecie stawieńskim znajduje się kilka dużych farm wiatrowych: Marszewo o mocy 100 MW, oddana do użytku w 2013 r., Farma Wiatrowa Tychowo o mocy 50 MW wybudowana w 2009 r. oraz Elektrownia Wiatrowa Karwice o mocy 40 MW wybudowana w 2015 r. W przypadku farm wiatrowych wyraźnie widać, że więcej inwestycji powstaje w regionach o lepszych

warunkach wietrzności, tzn. w powiatach nad wybrzeżem oraz na Warmii i Mazurach. Większość instalacji, bo prawie 90 proc., ma powyżej 500 kW.

Największe moce farm fotowoltaicznych na 1000 mieszkańców mają powiaty: walecki w zachodniopomorskim (235 kW/1000 os.), włodawski w lubelskim (229 kW/1000 os.) oraz sejneński w podlaskim (210 kW/1000 os.). Analizując mapę Global Atlas Solar można wnioskować, że nie są to regiony o najlepszych warunkach nasłonecznienia.

# Bibliografia

- ARE (2020), *Statystyka Elektroenergetyki Polskiej 2019*, Warszawa, <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf> [dostęp: 20.12.2020].
- Jonek-Kowalska, I., Berny, D., Płaza, G. (2016), *Ocena konkurencyjności biopaliw w aktualnych uwarunkowaniach technologicznych, rynkowych i prawnych*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Organizacja i Zarządzanie”, nr 97.
- Koalicja na Rzecz Biometanu (2020), *Biła Księga Biometanu – Bariery rozwoju sektora biometanu w Polsce oraz proponowane rozwiązania*, <https://www.teraz-srodowisko.pl/media/pdf/aktualnosci/8993-biala-ksiega-biometanu.pdf> [dostęp: 02.12.2020].
- MAE (2019), *Solar – Fuels & Technologies – IEA*, International Energy Agency, <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/solar> [dostęp: 27.02.2021].
- MAE (2020), *Electricity information: Overview (2020 edition)*, IEA Publications, Paryż.
- Maj, M., Szpor, A. (2020), *Południowe województwa aktywniejsze w programie Mój Prąd*, „Tygodnik Gospodarczy PIE”, [https://pie.net.pl/wp-content/uploads/2020/07/Tygodnik-Gospodarczy-PIE\\_26-2020.pdf](https://pie.net.pl/wp-content/uploads/2020/07/Tygodnik-Gospodarczy-PIE_26-2020.pdf) [dostęp: 27.02.2021].
- Marczak, P. (2020), *Polskie porty lokalne a rozwój morskich farm wiatrowych*, Kancelaria Senatu. Biuro Analiz Dokumentacji, Dokumentacji i Korespondencji, <https://www.gov.pl/web/gospodarkamorska/program-rozwoju-polskich-portow-morskich-do-2030-roku> [dostęp: 27.02.2021].
- McKinsey & Company (2016), *Developing offshore wind power in Poland*.
- Ministerstwo Aktywów Państwowych (2019), *Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030*, <https://www.gov.pl/web/aktywa-panstwowe/krajowy-plan-na-rzecz-energii-i-klimatu-na-lata-2021-2030-przekazany-do-ke> [dostęp: 10.12.2020].
- Ministerstwo Energii (2019), *Polityka Energetyczna Polski 2040*, Warszawa.
- Ministerstwo Klimatu i Środowiska (2020), *Projekt ustawy wspierającej morskie farmy wiatrowe przyjęty*, <https://www.gov.pl/web/klimat/projekt-ustawy-wspierajacej-morskie-farmy-wiatrowe-przyjety> [dostęp: 27.02.2021].
- Nalepa, K. i in. (2011), *Poradnik Małej Energetyki Wiatrowej*, Warmińsko-Mazurska Agencja Energetyczna, Olsztyn.
- Polskie Sieci Elektroenergetyczne (2020), *Raporty za rok 2019 – PSE*, [https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-rb/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2019#t3\\_1](https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-rb/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2019#t3_1) [dostęp: 15.12.2020].
- Pomykała, R. i in. (2013), *Biogaz z odpadów (bio) paliwem dla transportu – bariery i perspektywy*, Chemik, Gliwice.
- PTPIREE (2020), *Mikroinstalacje w Polsce*, <http://www.ptpiree.pl/energetyka-w-polsce/energetyka-w-liczbach/mikroinstalacje-w-polsce> [dostęp: 27.02.2021].
- Pułka J. i in. (2019), *Potencjał biogazu rolniczego na tle innych rodzajów OZE*, [https://www.pimr.eu/wp-content/uploads/2019/05/trol\\_dach\\_pulka.pdf](https://www.pimr.eu/wp-content/uploads/2019/05/trol_dach_pulka.pdf) [dostęp: 01.12.2020].
- Ramirez, L., Fraile, D., Brindley, G. (2021), *Offshore wind in Europe: Key trends and statistics 2020*, <https://windeurope.org/data-and-analysis/product/offshore-wind-in-europe-key-trends-and-statistics-2020/> [dostęp: 27.02.2021].

- REGATRACE (2020), *Mapping the state of play of renewable gases in Europe*, <https://www.regatrace.eu/wp-content/uploads/2020/02/REGATRACE-D6.1.pdf> [dostęp: 10.12.2020].
- Ryberg, D.S. i in. (2019), *The future of European onshore wind energy potential: Detailed distribution and simulation of advanced turbine designs*, "Energy", No. 182.
- Szeptycki, A. (2007), *Biopaliwa – zalecenia UE, potrzeby, realne możliwości produkcji*, „Inżynieria Rolnicza”, nr 7(95).
- URE (2018), *Informacja Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki nr 60/2018w sprawie warunków korzystania z nowych form wsparcia wytwarzania energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii tj. tzw. Systemów FIT/FIP*, <https://www.ure.gov.pl/pl/urzed/informacje-ogolne/komunikaty-prezesa-ure/7635,Informacja-nr-602018.html> [dostęp: 10.12.2020].
- Wilson, A.B. (2020), *Offshore Wind Energy in Europe*, European Parliamentary Research Service, Bruksela.

#### Źródła internetowe

- (www1) [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en) [dostęp: 15.12.2020].
- (www2) [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_20\\_1599](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_1599) [dostęp: 07.12.2020].
- (www3) [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/staff\\_working\\_document\\_assessment\\_necp\\_poland.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/staff_working_document_assessment_necp_poland.pdf) [dostęp: 26.11.2020].
- (www4) <https://solargis.com/> [dostęp: 15.12.2020].
- (www5) <https://zielona-energia.cire.pl/st,6,281,tr,47,0,0,0,0,0,energia-z-biogazu.html> [dostęp: 10.12.2020].
- (www6) <https://www.europeanbiogas.eu/poland-expanded-biogas-target-can-be-obtained/> [dostęp: 11.12.2020].
- (www7) <https://www.kowr.gov.pl/uploads/pliki/oze/szkolenia%20oze/konferencja/biogaz%20-%20prezentacje%2017.10.2019/1.%20Zmiana%20definicji%20biogazu%20rolniczego%20-%20proces%20weryfikacji%20surowc%C3%B3w%20wykorzystywanych%20do%20produkcji%20biogazu%20rolniczego.pdf> [dostęp: 11.12.2020].
- (www8) <https://www.kowr.gov.pl/uploads/pliki/oze/biogaz/Rejestr%20wytw%C3%B3rc%C3%B3w%20biogazu%20rolniczego%20z%20dnia%2002.12.2020%20r..pdf> [dostęp: 11.12.2020].
- (www9) <https://bip.kowr.gov.pl/informacje-publiczne/odnawialne-zrodla-energii/biogaz-rolniczy/dane-dotyczace-dzialalnosci-wytworcow-biogazu-rolniczego-w-latach-2011-2019> [dostęp: 11.12.2020].
- (www10) <https://www.roedl.pl/pl/warto-wiedziec/warto-wiedziec/odnawialne-zrodla-energii/systemy-wsparcia-biogazowni-w-polsce> [dostęp: 15.12.2020].
- (www11) [https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2020/06/GIE\\_EBA\\_BIO\\_2020\\_Ao\\_FULL\\_FINAL.pdf](https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2020/06/GIE_EBA_BIO_2020_Ao_FULL_FINAL.pdf) [dostęp: 16.12.2020].
- (www12) [https://www.gie.eu/download/maps/2018/GIE\\_BIO\\_2018\\_Ao\\_1189x841.pdf](https://www.gie.eu/download/maps/2018/GIE_BIO_2018_Ao_1189x841.pdf) [dostęp: 16.12.2020].
- (www13) <https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/Wizja-Jerzy-Kwiecinski-biometan-prezes-PGNiG-Green-Gas-Poland-9311.html> [dostęp: 16.12.2020].
- (www14) <https://www.youtube.com/watch?v=aLKbPAvct3c> [dostęp: 15.12.2020].
- (www15) [https://www.senat.gov.pl/gfx/senat/userfiles/\\_public/kg/komisje/2017/kgni/materialy/2017\\_06\\_20\\_komisja\\_sejmowa.pdf](https://www.senat.gov.pl/gfx/senat/userfiles/_public/kg/komisje/2017/kgni/materialy/2017_06_20_komisja_sejmowa.pdf) [dostęp: 15.12.2020].
- (www16) <https://magazynbiomasa.pl/potencjal-biogazowy-w-polsce-aktualne-dane/> [dostęp: 08.12.2020].

- (www17) <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-rb/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2019> [dostęp: 05.12.2020].
- (www18) <https://biznesalert.pl/rozwój-program-biometan-biogaz-finanse-strategia-dystrybucja-gaz-energetyka/> [dostęp: 03.12.2020].
- (www19) <https://wysokienapiecie.pl/29476-inwestycje-w-biogaz-trudniejsze-niz-w-fotowoltaike/> [dostęp: 10.12.2020].
- (www20) <https://www.gramzielone.pl/bioenergia/2136/dotacje-i-ulgi-poteguja-inwestycje-w-biogazownie> [dostęp: 14.12.2020].
- (www21) <https://www.ure.gov.pl/pl/urząd/informacje-ogólne/aktualności/8830,Coraz-wiecej-zielonej-energii-z-malych-instalacji-OZE-kolejny-raport-Prezesa-URE.html> [dostęp: 14.12.2020].

# Spis map, wykresów i tabel

## SPIS MAP

↘ Mapa 1. Czas pracy turbiny wiatrowej z pełnym obciążeniem w ciągu roku (w kWh/kW) . . . . .	11
↘ Mapa 2. Efektywność instalacji fotowoltaicznych w poszczególnych regionach Polski (KWh/KWp) . . . . .	15
↘ Mapa 3. Efektywność instalacji fotowoltaicznych w poszczególnych regionach Europy (KWh/KWp) . . . . .	16
↘ Mapa 4. Liczba przyznanych dofinansowań do projektów instalacji PV na 1000 mieszkańców oraz łączna moc instalacji (kW/tys. mieszk.) dofinansowanych w ramach programu Mój Prąd w poszczególnych województwach Polski . . . . .	17
↘ Mapa 5. Moce OZE zainstalowane w poszczególnych województwach (w MW) . . . . .	27

## SPIS WYKRESÓW

↘ Wykres 1. Moc zainstalowana w morskiej energetyce wiatrowej w Europie w 2020 r. (w MW) . . . . .	10
↘ Wykres 2. Wytwarzanie energii elektrycznej z wiatru w krajach UE w 2020 r. (w TWh) . . . . .	12
↘ Wykres 3. Udział wytworzonej energii elektrycznej z wiatru w całości wytworzonej energii elektrycznej netto w 2020 r. (w proc.) . . . . .	12
↘ Wykres 4. Energia elektryczna wytworzona w instalacjach fotowoltaicznych w krajach UE w 2020 r. (w TWh) . . . . .	14
↘ Wykres 5. Udział energii elektrycznej wytworzonej z instalacji fotowoltaicznych w całości wytworzonej energii elektrycznej w krajach UE w 2020 r. (w proc.) . . . . .	14
↘ Wykres 6. Moc zainstalowana fotowoltaiki w Polsce w latach 2019-2020 (w GW) . . . . .	16
↘ Wykres 7. Procentowy udział biopaliw w ogólnej produkcji energii elektrycznej w krajach UE-28 w 2019 r. . . . .	19
↘ Wykres 8. Produkcja energii elektrycznej z biopaliw stałych, ciekłych i biogazu w krajach UE-28 w 2019 r. (w TWh) . . . . .	20
↘ Wykres 9. Surowce wykorzystywane do produkcji biogazu rolniczego w pierwszej połowie 2019 r. (w proc.) . . . . .	22
↘ Wykres 10. Liczba biometanowni w poszczególnych krajach Europy na koniec 2019 r. . . . .	23

## SPIS TABEL

↘ Tabela 1. Udział energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii brutto w Polsce w podziale na sektory w 2019 r. oraz w planach na 2030 r. (w proc.) . . . . .	7
↘ Tabela 2. Rodzaje biopaliwa wraz z przykładowymi substratami używanymi do ich produkcji . . . . .	18



↘ <b>Tabela 3.</b> Wysokość oraz okres oferowanego wsparcia przy produkcji biometanu w wybranych krajach Europy .....	.24
↘ <b>Tabela 4.</b> Koncesjonowane instalacje OZE na koniec 2019 r.....	.26
↘ <b>Tabela 5.</b> Ranking powiatów według mocy zainstalowanej w OZE opartych na biopaliwach, energii słonecznej, wiatrowej i hydroenergii .....	.28

# Polski Instytut Ekonomiczny

Polski Instytut Ekonomiczny to publiczny *think tank* gospodarczy, którego historia sięga 1928 roku. Obszary badawcze Polskiego Instytutu Ekonomicznego to przede wszystkim handel zagraniczny, makroekonomia, energetyka i gospodarka cyfrowa oraz analizy strategiczne dotyczące kluczowych obszarów życia społecznego i publicznego Polski. Instytut zajmuje się dostarczaniem analiz i ekspertyz do realizacji Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju, a także popularyzacją polskich badań naukowych z zakresu nauk ekonomicznych i społecznych w kraju oraz za granicą.