

# W trosce o przyszłość czyli energia ze źródeł odnawialnych

Praktyczny przewodnik dla nauczycieli i edukatorów



Dołącz  
do promotorów  
zrównoważonego  
rozwoju!

**Zespół autorski:**  
dr Wojciech Szymalski,  
Aleksandra Stępiak,  
Agata Golec

**GREENPEACE**

# Spis treści

<b>Wstęp - Dlaczego warto uczyć o odnawialnych źródłach energii?</b>	3
<b>Rozdział 1 - Co to są odnawialne źródła energii?</b>	5
<b>Rozdział 2 - Dlaczego odnawialne źródła energii?</b>	7
Trochę historii	8
Globalne ocieplenie	10
Skutki globalnego ocieplenia	12
Odnawialne źródła energii rozwiązaniem globalnych problemów	15
<b>Rozdział 3 - Czy energia w Polsce może pochodzić wyłącznie ze źródeł odnawialnych?</b>	16
<b>Rozdział 4 - Energia ze słońca</b>	20
Kolektory słoneczne	22
Ogniwa fotowoltaiczne	24
Zalety i wady energetyki słonecznej	27
Potencjał energetyki słonecznej w Polsce	29
<b>Rozdział 5 - Energia z wiatru</b>	32
Typy energetyki wiatrowej	34
Turbiny wiatrowe	35
Zalety i wady energetyki wiatrowej	37
Potencjał energetyki wiatrowej na świecie i w Polsce	39
<b>Rozdział 6 - Energia z wody</b>	43
Zalety i wady energetyki wodnej	46
Potencjał energetyki wodnej w Polsce	47
<b>Rozdział 7 - Energia z wnętrza Ziemi</b>	49
Zalety i wady energetyki geotermalnej	52
Potencjał energetyki geotermalnej w Polsce	53
<b>Rozdział 8 - Energia z biomasy</b>	56
Zalety i wady energetyki opartej na biomasie	60
Potencjał energii z biomasy w Polsce	61
<b>Rozdział 9 - Współpraca odnawialnych źródeł energii z siecią ciepłą i elektroenergetyczną</b>	62
<b>Odpowiedzi na najczęściej zadawane pytania</b>	67

## Wstęp

# Dlaczego warto uczyć o odnawialnych źródłach energii?

Ludzkość stanęła wobec jednego z największych wyzwań w swojej historii. Są nim **szybko postępujące skutki zmian klimatu**. Niosą one za sobą wiele zagrożeń dla świata i Polski, takich jak przewlekłe susze i niedobory wody, częstsze oraz poważniejsze powodzie czy – w konsekwencji – problemy związane z produkcją rolniczą i przemysłową. Ponadto, coraz bardziej niepokojące stają się: szybkie wyczerpywanie surowców mineralnych, przede wszystkim energetycznych, oraz postępujące zmniejszanie się bioróżnorodności. Wszystkie te zagrożenia skłaniają do zadania sobie pytania – **jak będzie wyglądała niedaleka przyszłość ludzi na Ziemi?**

**97% naukowców twierdzi, że zmiana klimatu jest skutkiem działalności człowieka i należy jej przeciwdziałać.** Nie ma ani jednej liczącej się organizacji naukowej badającej klimat, która twierdziłaby inaczej. Rządy na całym świecie mają świadomość ogromnej wagi zagrożeń związanych z tą zmianą i starają się podejmować środki zaradcze. **W 2015 roku w Paryżu prawie wszystkie kraje świata zawarły porozumienie klimatyczne**, zobowiązując się do działań, które pozwolą ograniczyć wzrost globalnej temperatury o nie więcej niż 2°C, i do kontynuowania wysiłków na rzecz ograniczenia tego wzrostu do 1,5°C w stosunku do poziomu z 1750 roku. Już w 2016 roku większość krajów ratyfikowała porozumienie i jest ono wiążące. Oznacza to, że **zgodnie z opinią większości naukowców najpóźniej do połowy obecnego wieku należy obniżyć emisję gazów cieplarnianych do zera**. Tego rodzaju wyzwanie wymaga nie tylko mobilizacji rządów i przedsiębiorców, lecz także świadomego i wykształconego społeczeństwa.

Oddajemy w Państwa ręce publikację, która pomoże sprostać temu wyzwaniu i pogłębi wiedzę dzieci i młodzieży na temat odnawialnych źródeł energii. Korzystanie z odnawialnych źródeł energii (OZE) jawi się jako jedno z głównych rozwiązań, które może przyczynić się do powstrzymania zmian klimatu, zapewniających równocześnie bezpieczeństwo energetyczne świata, w tym Polski. **To nowoczesne, przyszłościowe rozwiązanie, które jest już wdrażane, zaczyna być masowe i z którym będzie się wiązać coraz więcej miejsc pracy.**

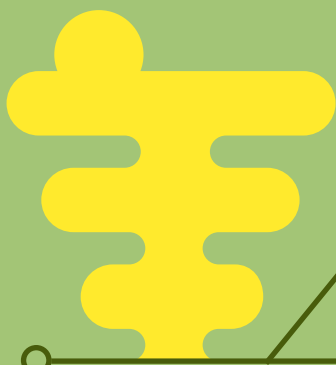
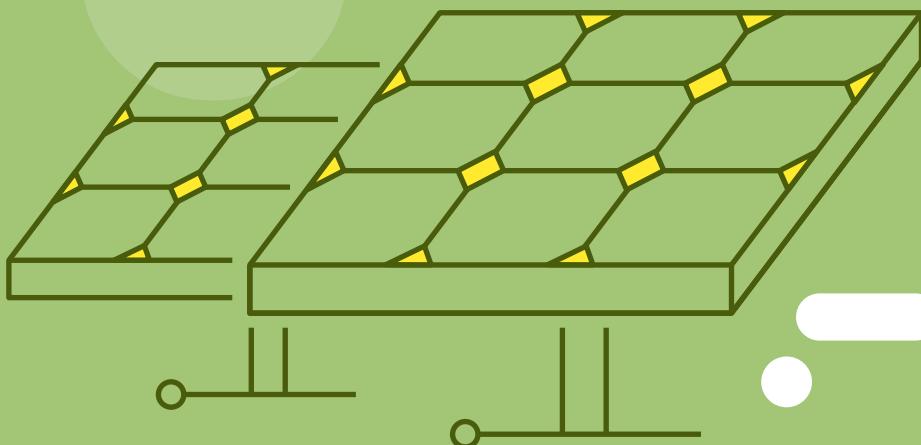
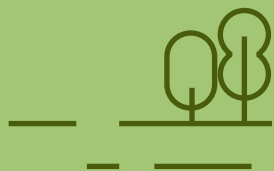
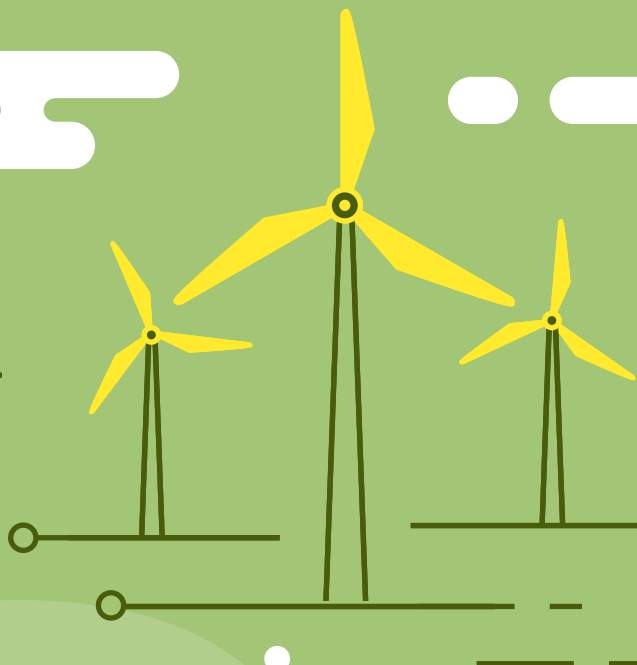
Publikacja zawiera **zwięzły opis głównych źródeł energii odnawialnej**, a także możliwości wykorzystania ich w naszym kraju. Dołączone do przewodnika **scenariusze zajęć edukacyjnych** obejmujących wszystkie grupy wiekowe szkół podstawowych umożliwiają przygotowanie i przeprowadzenie ciekawej, zgodnej z podstawą programową i angażującej uczniów lekcji. Tematyka publikacji powinna być bliska szczególnie młodym ludziom, których jakość życia już w niedalekiej przyszłości będzie zależała od podejmowanych obecnie decyzji o kierunku polityki energetycznej.

Gorąco zachęcamy do zapoznania się z treścią przewodnika i realizacji lekcji na temat odnawialnych źródeł energii.

Zespół autorski

Rozdział 1

# Co to są odnawialne źródła energii?



## Rozdział 1

# Co to są odnawialne źródła energii?

Przyjęto, że **odnawialne źródła energii to te, które w wyniku wytworzenia energii potrzebnej człowiekowi nie ulegają bezpowrotnie zużyciu**. Są one obecne na Ziemi zawsze – po wykorzystaniu można je odtworzyć w czasie życia jednego, najdalej dwóch pokoleń ludzi. Odnawialne źródła energii to **wiatr, słońce, woda, ziemia i jej płody, np. biomasa**.

Przeciwieństwem źródeł odnawialnych są nieodnawialne surowce energetyczne: węgiel kamienny, węgiel brunatny, torf, ropa naftowa, gaz ziemny oraz pierwiastki promieniotwórcze. Substancje te powstawały na Ziemi przez wiele milionów lat, jeszcze zanim pojawił się na niej człowiek. Obecnie na naszej planecie nie zachodzą procesy, które mogłyby doprowadzić do szybkiego odtworzenia tych surowców.

### ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII



### NIEODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII





Rozdział 2

# Dlaczego OZE?





## Rozdział 2

# Dlaczego odnawialne źródła energii?



Fot. rangizz / Adobe Stock

## Trochę historii

Odnawialne źródła energii (OZE) są wykorzystywane przez nas **od początków cywilizacji**. Człowiek użył ich po raz pierwszy, gdy wrzucił drewno do ogniska. Rozwój rolnictwa przyniósł bardziej przemyślane zastosowania OZE. Suszenie żywności na słońcu, przesiewanie ziarna za pomocą wiatru, nawadnianie pól z wykorzystaniem spadku wody w rzekach – to właśnie przykłady zastosowania OZE w tej dziedzinie.

Do początków XVIII wieku większa część energii wykorzystywanej przez człowieka pochodziła ze źródeł odnawialnych. Przy ich użyciu powstały wielotysięczne miasta, statki napędzane wiatrem, drukarnie, spichlerze, papier, szkło i wiele innych pożytecznych dla człowieka rzeczy. **Ok. 300 lat temu zaczęliśmy wykorzystywać nieodnawialne surowce energetyczne:** węgiel, ropę i gaz. **Rewolucja przemysłowa** rozpoczęła się wraz z wynalezieniem maszyny parowej i lampy naftowej. Z czasem uświadomiliśmy sobie jednak, że wykorzystywanie surowców nieodnawialnych niesie ze sobą **katastrofalną w skutkach zmianę klimatu**. Z tego powodu człowiek musiał zacząć szukać **rozwiązań alternatywnych**.



## NAJWAŻNIEJSZE WYNAŁAZKI LUDZKOŚCI ORAZ OKRESY WYKORZYSTANIA OZE I PALIW KOPALNYCH

**5000 r. p.n.e.**

cegła (suszona na słońcu)

**3500 r. p.n.e.**

pierwsze statki żaglowe

**1250 r. p.n.e.**

wytapianie szkła

**VII w. p.n.e.**

koncentracja światła  
w celu zapalenia ognia

**III w. p.n.e.**

pierwszy młyn wodny

**8 r. p.n.e.**

wynalezienie papieru

**I w. n.e.**

pierwsze mechaniczne  
wykorzystanie wiatraka

**600 r. n.e.**

prasa drukarska

**1200 r.**

kołowrotek

OKRES PRZED REWOLUCJĄ PRZEMYSŁOWĄ

**1763 r.**

maszyna parowa

**1827 r.**

turbina wodna

**1839 r.**

ogniwo fotowoltaiczne

**1853 r.**

lampa naftowa

**1859 r.**

pierwsza bateria ołowiowa

**1876 r.**

silnik benzynowy

**1888 r.**

elektryczna turbina wiatrowa

**1938 r.**

komputer elektroniczny

**1958 r.**

pierwszy sztuczny satelita  
Ziemi zasilany energią słoneczną

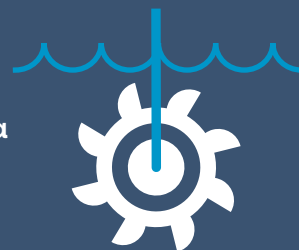
**1969 r.**

Internet

**1980 r.**

pierwsza przemysłowa  
farma wiatrowa

OKRES WYKORZYSTANIA PALIW KOPALNYCH



## Globalne ocieplenie

**Surowce energetyczne to skondensowane i stosunkowo łatwe w użyciu paliwa. Wystarczy je spalić, energia w nich zawarta uwalnia się od pierwszej iskry.**

Wiemy jednak, że wykorzystanie surowców nieodnawialnych niesie ze sobą zgubne skutki dla całej Ziemi, w tym dla człowieka. **Produktami spalania są szkodliwe dla zdrowia substancje**, np. tlenek węgla, dwutlenek siarki, tlenki azotu oraz pyły i popioły. Produktem spalania węgla, ropy naftowej czy gazu ziemnego jest także dwutlenek węgla. Nie jest on szkodliwy dla zdrowia człowieka, ale zwiększenie jego ilości w ziemskiej atmosferze wzmacnia efekt cieplarniany.



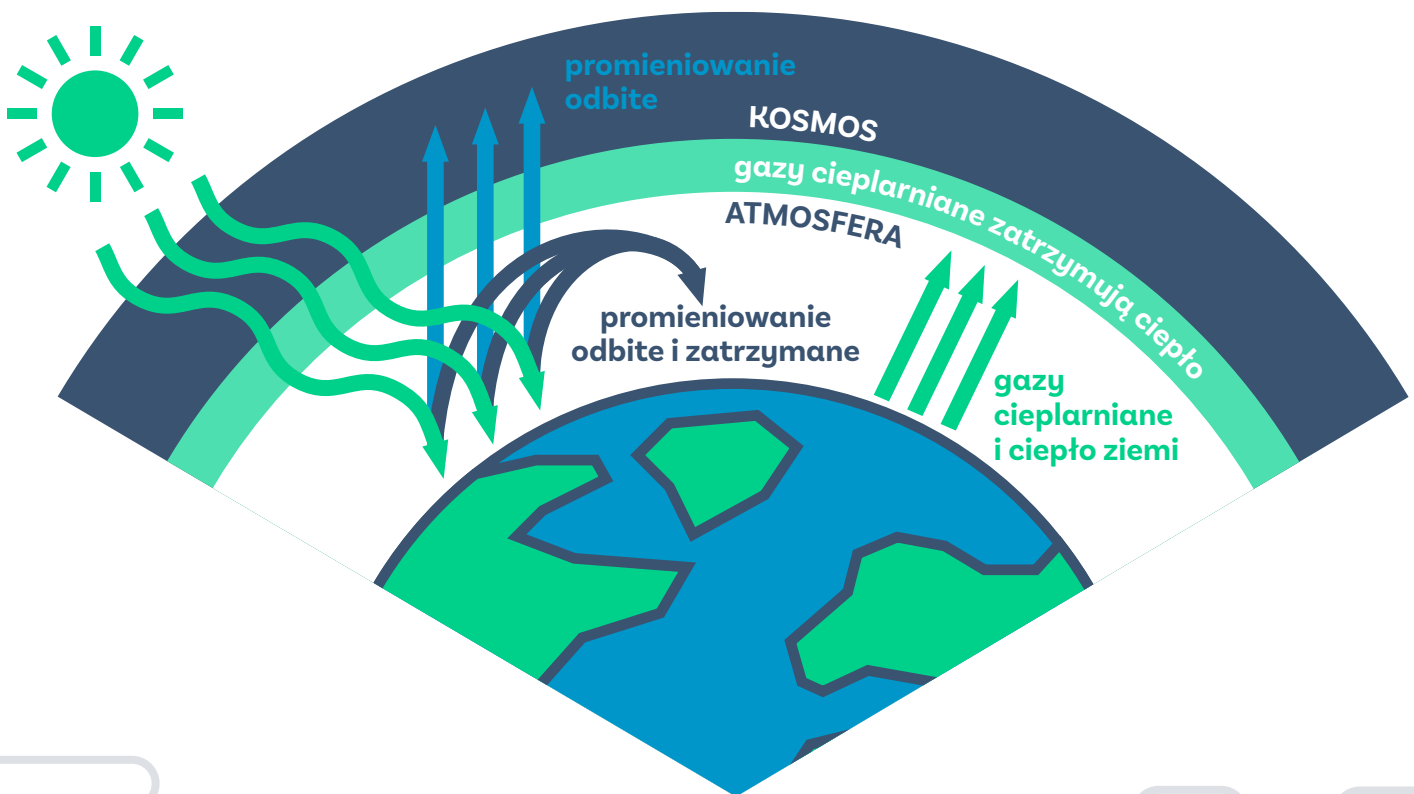
©Grzegorz Broniatowski / Greenpeace

Kopalnia odkrywkowa węgla brunatnego i elektrownia Bełchatów

**Efekt cieplarniany** polega na tym, że gazy cieplarniane nie pozwalają uciekać w kosmos ciepła, które unosi się z powierzchni Ziemi. Ciepło to pochodzi z wnętrza Ziemi lub jest wynikiem przemiany promieni słonecznych w ciepło na jej powierzchni. Dzięki temu ciepłu i gazom cieplarnianym, które nie pozwalają mu uciec, przy Ziemi od wielu tysięcy lat panuje średnia temperatura ok. 15 st. C.

Efekt cieplarniany występuje na Ziemi od momentu, gdy wokół naszej planety powstała powłoka gazowa zwana **atmosferą**. W jej skład wchodzi m.in. gazy cieplarniane. Są nimi m.in. dwutlenek węgla, metan czy też para wodna. Gazy te w sposób naturalny powstają w procesach oddychania roślin, zwierząt i człowieka, a także w procesach rozkładu martwych ciał tych organizmów. Ważne jest jednak **zachowanie równowagi w systemie** – wytwarzane przez organizmy gazy cieplarniane są pochłaniane przez rośliny i inne organizmy oraz wykorzystywane w takich procesach jak fotosynteza czy chemosynteza.

### RYSUNEK OBJAŚNIAJĄCY DZIAŁANIE EFEKTU CIEPLARNIANEGO





W panujących na Ziemi od kilkunastu tysięcy lat stabilnych warunkach klimatycznych wyewoluował człowiek, który był w stanie stworzyć cywilizację i technikę. Jednak od czasu, kiedy zaczęliśmy wykorzystywać nieodnawialne surowce energetyczne, czyli od ok. 1750 roku, o tyle zwiększyliśmy ilość gazów cieplarnianych w atmosferze, że już obecnie obserwujemy wzrost średniej temperatury Ziemi o ok. 1°C. Naukowcy przewidują, że temperatura wzrośnie jeszcze bardziej. Będzie to oznaczało niekorzystną dla ludzkości zmianę klimatu na Ziemi.

## Skutki globalnego ocieplenia

Naukowcy próbują przewidzieć skutki podnoszącej się na Ziemi temperatury i perspektywy te nie są optymistyczne. Poniżej podano bezpośrednie, najbardziej zgubne w skutkach zjawiska, które zajdą w wyniku wzrostu temperatury.



©Christian Åslund / Greenpeace

Cielenie się lodowca, Svalbard, 2014 rok

**Stopnieją wszystkie lodowce**, w tym także lód na Oceanie Arktycznym i na Antarktydzie. Topnienie lodowców górskich spowoduje obniżenie stanu wód w rzekach, co doprowadzi do pozbawienia mieszkańców wody potrzebnej do upraw oraz wody pitnej.



Podnoszenie się linii brzegowej i budowa ściany ochronnej, Tajlandia, 2007 rok

Topniejące lodowce spowodują, że **poziom mórz i oceanów podniesie się o kilka metrów**, a tym samym zmieni się linia brzegowa kontynentów. Jedna piąta ludności żyje w strefach przybrzeżnych, gdzie podnoszący się poziom wody oznacza **zalanie terenów rolniczych i zamieszkanym obszarów**.

**Znaczna część Ziemi może stać się niezdatna do życia dla człowieka, roślin i zwierząt** ze względu na przekroczenie temperatury i poziomu wilgotności bezpiecznej dla życia. Szacuje się, że jedna trzecia wszystkich gatunków roślin i zwierząt może znaleźć się na krawędzi wymarcia. Już dziś w wyniku katastrof ekologicznych takich jak susze, powodzie, upały czy huragany cierpią miliony ludzi na całym świecie. Przykładowo: poszerzający się skutek wyższych temperatur obszar Sahary (pustynnienie terenu) stanowi zagrożenie dla rolnictwa na kontynencie afrykańskim. Zmniejszenie obszaru upraw oznacza mniejszą produkcję żywności i może prowadzić do głodu (szczególnie w Afryce Zachodniej).

Pole słoneczników w dotkniętej suszą okolicy na południu Francji, 2003 rok





Coraz częściej ludzie są zmuszeni opuścić swoje domy z powodu opisanych powyżej zmian – to tak zwani **uchodźcy klimatyczni**. Nie mogą mieszkać w regionach swojego pochodzenia, ponieważ nie mają tam możliwości uprawy ziemi. Ich domy zalewane są przez coraz częstsze powodzie lub przeciwnie – studnie w ich wsiach zaczynają wysychać. Duża część z nich migruje wewnątrz krajów, z których pochodzą, pozostali próbują przedostać się na inne kontynenty.

To tylko wybrane, bezpośrednie konsekwencje zmiany klimatu, które będą wpływać na ludzką cywilizację.

Zmiana klimatu widoczna jest już także w Polsce. Analizy wykonane dla Warszawy<sup>1</sup> wskazują, że średnia temperatura roczna wzrosła z ok. 7,5°C w 1990 roku do 8,5°C w 2010 roku. Coraz częściej pojawiają się też tak zwane **ekstrema temperaturowe**, czyli np. długotrwałe fale upałów. Ich świadkiem jesteśmy także w Europie. W 2015 roku w Polsce rekordowo długo trwała fala upałów, a w wielu miastach padły rekordy ciepła. Maleć będzie natomiast liczba dni mroźnych i tych z pokrywą śnieżną. **Brak śniegu w zimie i zwiększone parowanie latem zwiększają w Polsce ryzyko występowania suszy.** Równocześnie **coraz gwałtowniejsze zjawiska pogodowe przynoszą często duże straty materialne.**



©Rafał Wojczal / Greenpeace

Sylcno w woj. pomorskim – jedna z miejscowości, które ucierpiały podczas nawałnicy w sierpniu 2017 roku

1. Elwira Żmudzka, *Zmienność czasowa i zróżnicowanie przestrzenne podstawowych elementów klimatu w wybranych punktach pomiarowych na terenie Warszawy (1981–2014)*, opracowanie na zlecenie Fundacji Instytut na rzecz Ekorozwoju w ramach projektu ADAPTCITY, Warszawa 2015.

## Odnawialne źródła energii rozwiązaniem globalnych problemów

W tym momencie warto zadać sobie pytanie: **czy zmianę klimatu da się powstrzymać?** Wszystkie środowiska naukowe zajmujące się badaniami klimatu zgadzają się co do tego, że człowiek przyczynił się do zwiększenia ilości gazów cieplarnianych w atmosferze. Skoro jesteśmy odpowiedzialni za obecny i przeszły wzrost, to powinniśmy też przyjąć na siebie odpowiedzialność za jego konsekwencje w przyszłości i zrobić jak najwięcej, by powstrzymać najbardziej katastrofalne skutki zmian klimatu. Jak to zrobić? Nie tylko zahamować wzrost ilości gazów cieplarnianych w atmosferze, lecz aktywnie je zmniejszać. Łatwo powiedzieć, trudniej zrobić, bo aby ograniczyć dopływ dwutlenku węgla do atmosfery, **musimy zrezygnować ze spalania nieodnawialnych surowców energetycznych**. A gdy zdecydujemy, by nie spalać tych surowców, pozostanie nam wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii oraz stopniowe zmniejszanie zużycia energii.

Osiągnięcia technologiczne ostatnich 300 lat pozwoliły na stworzenie zaawansowanych technologicznie urządzeń do wykorzystania odnawialnych źródeł energii i produkcji energii na dużą skalę. Naukowcy na całym świecie szukają coraz to nowszych rozwiązań, by w bardziej efektywny sposób pozyskiwać energię z zasobów odnawialnych. **Z odnawialnych źródeł energii możemy uzyskać już nie tylko energię cieplną czy mechaniczną, lecz także energię elektryczną. Czy takiej właśnie energii może wystarczyć, by zaspokoić wszystkie potrzeby współczesnego człowieka?**



A stylized map of Poland is centered on a teal background. The map is light green and contains several red icons representing different energy sources: a flame (top left), a cloud with a lightning bolt (top center), a sun (top right), wavy lines (bottom center), and three vertical wavy lines (bottom right). The map is surrounded by a border of stylized houses, trees, and clouds.

Rozdział 3

# Czy energia w Polsce może pochodzić wyłącznie z OZE?

## Rozdział 3

# Czy energia w Polsce może pochodzić wyłącznie ze źródeł odnawialnych?

**Odpowiedź na tytułowe pytanie jest prosta: tak!** Potencjał wykorzystania wszystkich dostępnych odnawialnych źródeł energii w Polsce przewyższa nasze zapotrzebowanie.

Poniższa tabela sumuje dostępne informacje o potencjale odnawialnych źródeł energii w Polsce i na świecie.

## POTENCJAŁ OZE W POLSCE I NA ŚWIECIE

[PJ – PETADŻUL, EJ – EKSADŻUL]

	MOŻLIWOŚCI I PRODUKCJA ENERGII OZE W POLSCE		MOŻLIWOŚCI I PRODUKCJA ENERGII OZE NA ŚWIECIE	
	Potencjał techniczny OZE (2011) (PJ) <sup>2</sup>	Faktyczne wykorzystanie OZE (PJ) 2014 <sup>3</sup>	Potencjał techniczny OZE (EJ) <sup>4</sup>	Faktyczne wykorzystanie OZE (EJ) 2015 <sup>5</sup>
WIATR	2582	27,6	401	3,16
SŁOŃCE	381	0,71	2807	2,28
WODA	18	7,9	379	14,18
GEOTERMIA	313	1,4	5000	0,54
BIOMASA	602	300	1135 <sup>6</sup>	1,67
<b>SUMA</b>	<b>3896</b>	<b>338</b>	<b>9722</b>	<b>21,83</b>
		<b>ZAPOTRZEBOWANIE NA ENERGIĘ (2011)</b>	<b>ZAPOTRZEBOWANIE NA ENERGIĘ (2015)</b>	
		<b>3730<sup>2</sup></b>	<b>402</b>	

2. Grzegorz Wiśniewski (red.), Instytut Energii Odnawialnej, [R]ewolucja energetyczna dla Polski. Scenariusz zaopatrzenia Polski w czyste nośniki energii w perspektywie długookresowej, Greenpeace Polska, Warszawa 2013.

3. GUS, Energia ze źródeł odnawialnych w 2014 roku, Warszawa 2015.

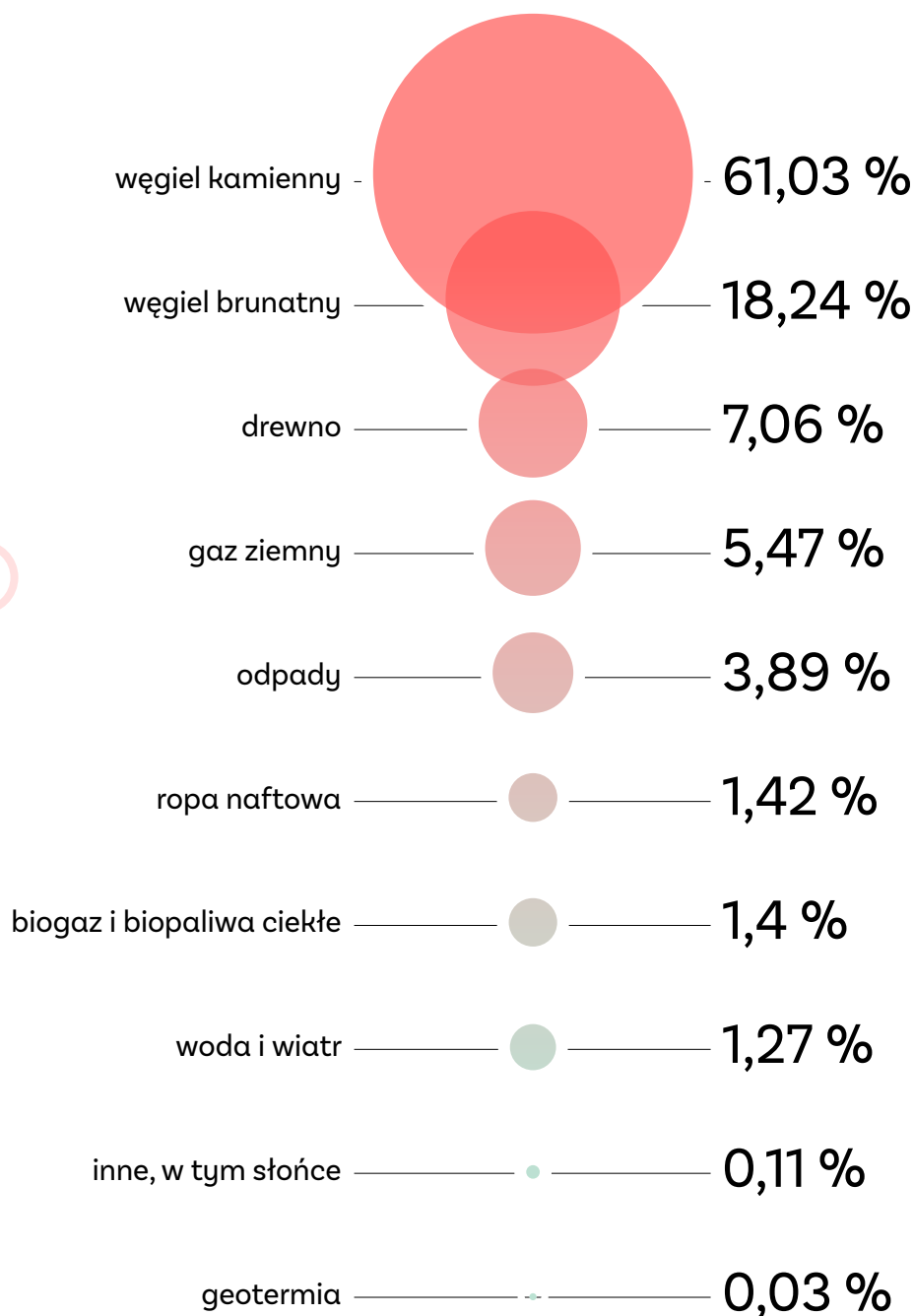
4. Monique Hoogwijk, Wina Graus, Global Potential of Renewable Energy Sources: a literature assessment – background paper, Ecofys, 2008.

5. REN21, Renewables 2016 – Global Status Report, REN21 Secretariat, Paryż 2016.

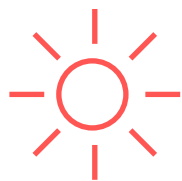
6. Svetlana Landai, Johan Vinterback, Global Potential of Sustainable Biomass for Energy, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala 2009.

Na podstawie tych tabel można obliczyć, że obecnie **w Polsce odnawialne źródła energii odpowiadają jedynie za produkcję ok. 14% całej energii, którą zużywamy**. Pozostała jej część pochodzi z nieodnawialnych surowców energetycznych. Są to przede wszystkim węgiel kamienny i węgiel brunatny. Sytuację tę pokazuje poniższy wykres.

### STRUKTURA PRODUKCJI ENERGII PIERWOTNEJ<sup>7</sup> W POLSCE W 2014 r. OPRACOWANIE WŁASNE NA PODSTAWIE DANYCH GUS, 2015



7. Energia pierwotna to energia zawarta w pierwotnych nośnikach energii (nośnik energii to np. hałda węgla czy podmuch wiatru) pozyskiwanych bezpośrednio z zasobów naturalnych nieodnawialnych (tj. z zasobu węgla znajdującego się w kopalni) lub odnawialnych (tj. z zasobu wiatru w powietrzu nad Polską).



W Polsce w 2015 roku przy ok. 4000 instalacjach fotowoltaicznych i ponad 175 tys. kolektorów<sup>8</sup> słonecznych wykorzystywaliśmy niecałą 1% możliwości produkcji energii cieplnej i elektrycznej ze słońca. **Gdyby wykorzystać dostępny potencjał techniczny produkcji energii ze słońca, zaspokoiłaby ona 10-15% rocznego zapotrzebowania Polski na energię.**



**Potencjał techniczny pozyskiwania energii z wiatru jest na tyle duży, że farmy wiatrowe morskie i lądowe mogłyby pokryć 70-90% obecnego zapotrzebowania Polski na energię elektryczną.** Tymczasem w 2015 roku 6,3% energii elektrycznej w Polsce produkowane było w ponad 3500 elektrowniach wiatrowych. To nieco ponad 8% krajowych możliwości technicznych.



Obecnie na terenie Polski<sup>9</sup> funkcjonuje 757 elektrowni wodnych. Wykorzystują one nieco więcej niż 2% potencjału technicznego energii spadku rzek.



**Ciepło Ziemi może nam dostarczyć 8-10% potrzebnej w Polsce energii, choć wyłącznie do ogrzewania wody lub mieszkań.** Do 2015 roku zamontowano łącznie ok. 25 tys. małych instalacji wykorzystujących ciepło z gruntu oraz otwarto 11 dużych ciepłowni. To jednak tylko niecałe 0,5% potencjału pozyskania energii z tego źródła.



**Z biomasy, przy uwzględnieniu potrzeby utrzymania istniejących eko-systemów leśnych i rolnych, możemy uzyskać nawet 16-21% potrzebnej w Polsce energii.** Obecnie wykorzystujemy już prawie 50% istniejących technicznych możliwości produkcji energii z biomasy.

Po zsumowaniu potencjału wszystkich wyżej wymienionych źródeł energii odnawialnej w Polsce okazuje się, że przy jego całkowitym wykorzystaniu moglibyśmy nie tylko zaspokoić nasze zapotrzebowanie na energię, lecz wręcz **produkować znacznie więcej energii, niż obecnie zużywamy.**

Polska stoi przed wyzwaniem znacznego zwiększenia wykorzystania źródeł odnawialnych. Czas lepiej poznać te technologie.

8. Projekt LIFE\_WZROST\_PL, Raport merytoryczny - Przyjazny rozwój Polski. Ludziom - gospodarce - środowisku, 2016.

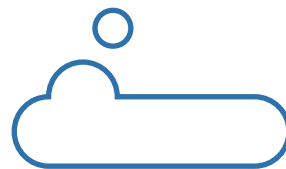
9. Urząd Regulacji Energetyki, [www.ure.gov.pl](http://www.ure.gov.pl)



Rozdział 4

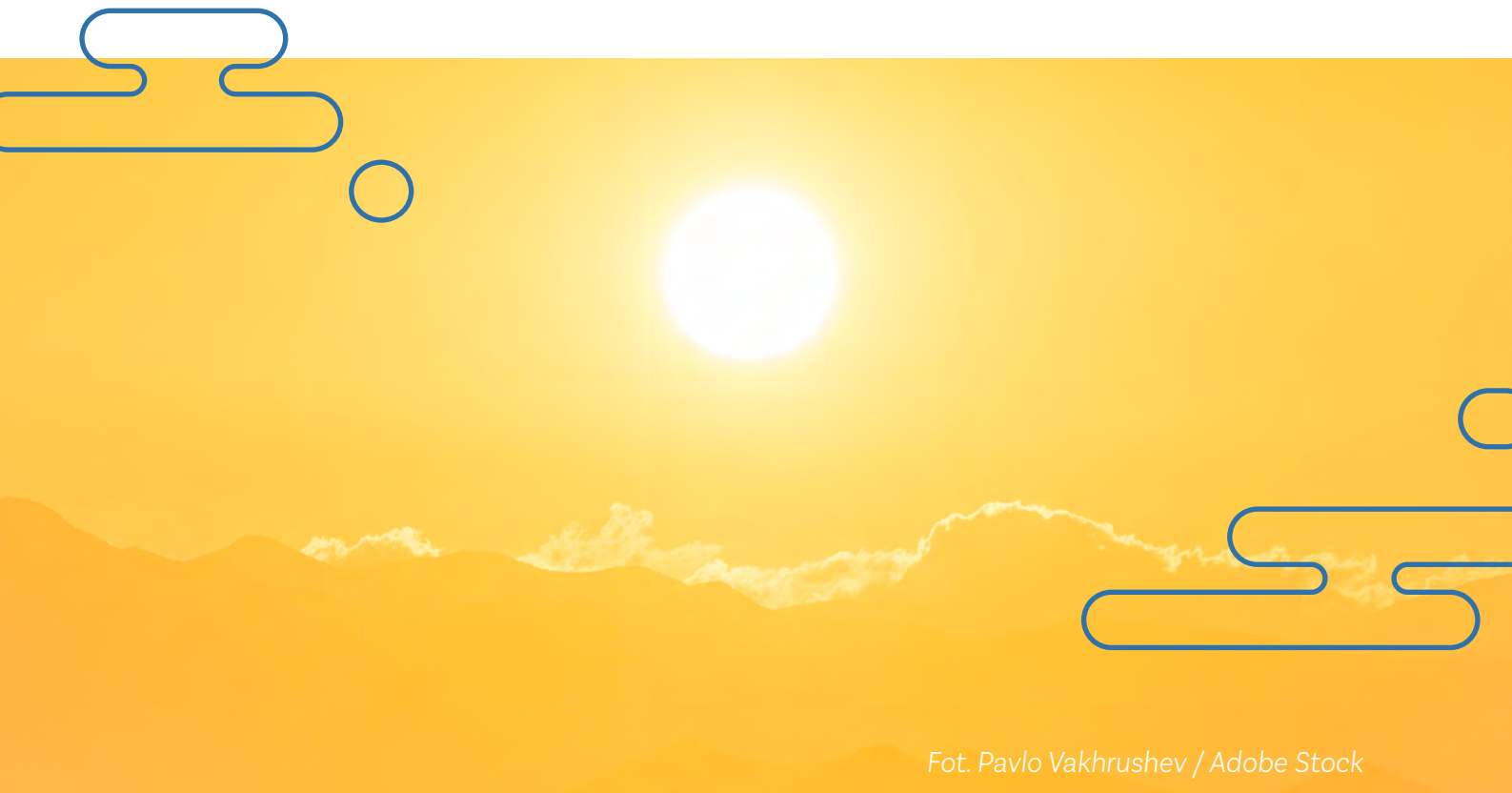
# Energia ze słońca





## Rozdział 4

# Energia ze słońca



Fot. Pavlo Vakhrushev / Adobe Stock

**Słońce z punktu widzenia człowieka jest niewyczerpywalnym źródłem energii. Energia ta dociera do Ziemi w postaci promieni słonecznych. Jest jej znacznie więcej, niż kiedykolwiek moglibyśmy uzyskać z nieodnawialnych surowców energetycznych.**

Promienie słoneczne na Ziemi w sposób naturalny ulegają przemianom w inne formy energii, głównie w ciepło. Człowiek opanował także sposób zamiany energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną. Ciepło z promieni słonecznych jest wytwarzane w kolektorach słonecznych, natomiast energia elektryczna w ogniwach fotowoltaicznych. Pośrednio, za pomocą urządzeń napędzanych prądem lub reagujących na ciepło, możemy z energii elektrycznej lub ciepła pochodzącego ze słońca uzyskać energię mechaniczną.





1. Kolektor słoneczny próżniowy
2. Instalacja fotowoltaiczna
3. Farma fotowoltaiczna

## Kolektory słoneczne

Promienie słoneczne są nośnikami energii. Padają na powierzchnię, np. na glebę, i są przez nią pochłaniane lub odbijane w zależności od barwy, gęstości czy składu chemicznego podłoża. Pochłonięta energia promieni słonecznych zmienia się w inną jej formę – ciepło. Dzięki kolektorom słonecznym możemy tę energię wykorzystać. Kolektory słoneczne działają jak wzmacniacz energii cieplnej, którą możemy uzyskać ze słońca. Kolektory zbudowane są tak, aby jak najwięcej energii promieni słonecznych zostało przez nie pochłoniętej i zamienionej w ciepło. Dlatego najczęściej mają czarny kolor. Czarna barwa pochłania więcej promieni słonecznych niż inne kolory, a w wyniku tego czarny obiekt silniej się nagrzewa.

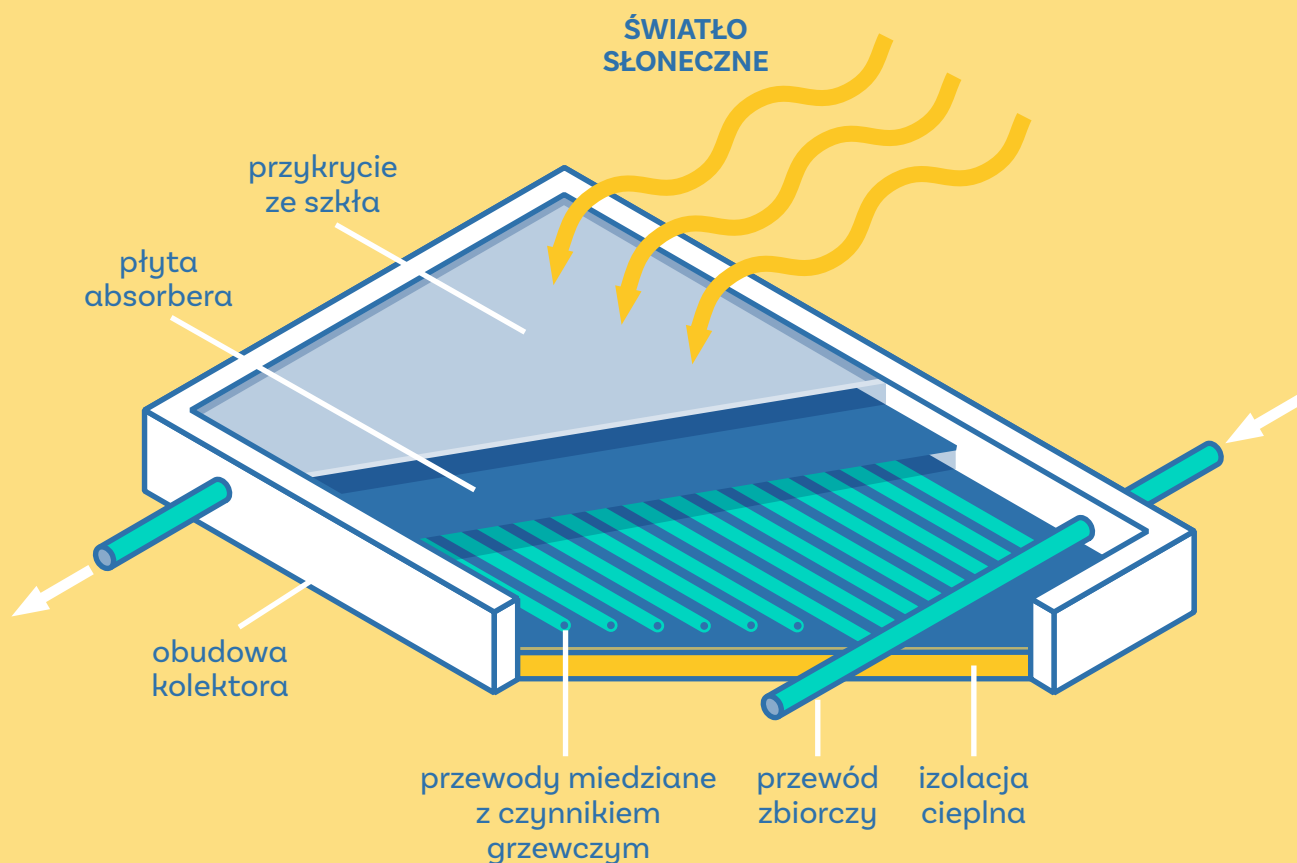


Kolektory to układy cienkich rurek (zwykle miedzianych) położonych na powierzchni z czarnego podłoża (tzw. absorber) izolowanej od spodu. Całość układu jest zamknięta w przezroczystej obudowie (często szklanej), która ma ograniczyć straty ciepła i chronić konstrukcję przed uszkodzeniami, ale jednocześnie nie ograniczać dopływu promieni słonecznych do wnętrza.

Można wyróżnić dwa podstawowe typy kolektorów słonecznych: płaskie i próżniowe. Różnią się one tylko tym, że w kolektorach próżniowych cienkie rurki są umieszczone w osłonie, w której wnętrzu wytworzono próżnię. W kolektorze płaskim takiej próżni nie ma. Dzięki próżni kolektor traci mniej ciepła, a więc osiąga wyższą sprawność. Sprawność kolektora zależy także od jego położenia względem Słońca, temperatury otoczenia, wykorzystywanej cieczy i gazu w układzie rurek.

Ciecz lub gaz nagrzewają się podczas przepływu przez rurki kolektora. Ogrzana ciecz lub gaz z kolektora kierowane są do miejsca, gdzie ciepło jest potrzebne lub gdzie może być zmagazynowane.

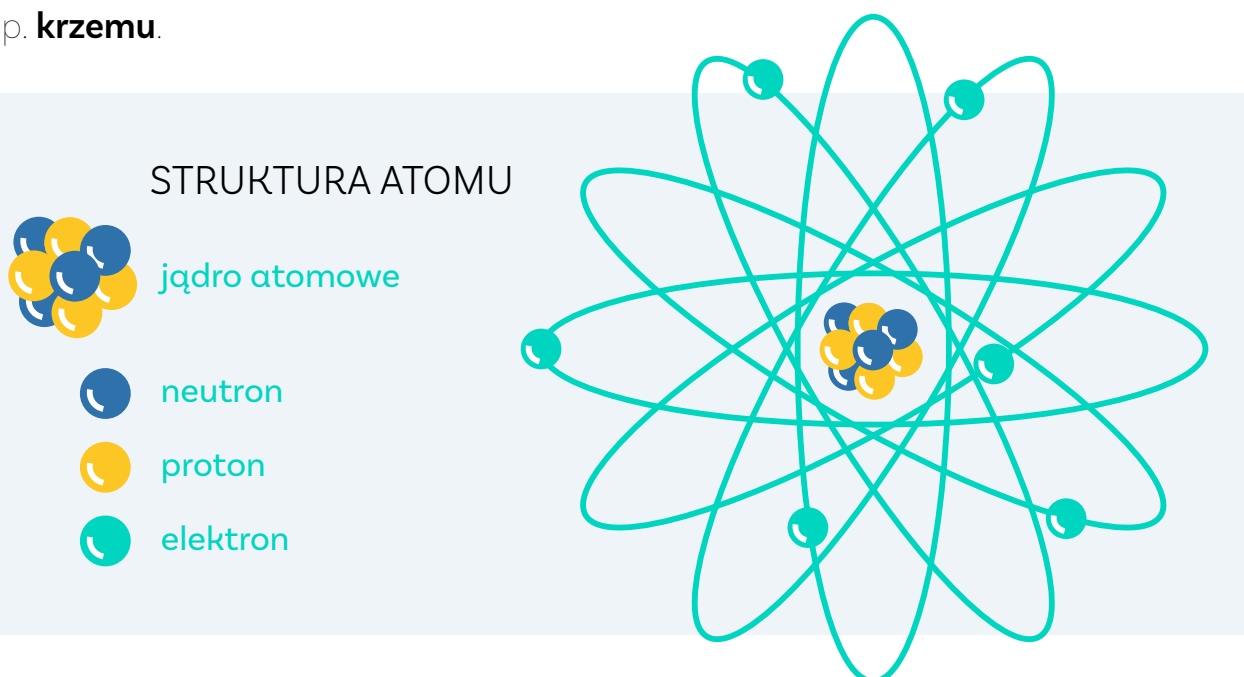
## ZASADA DZIAŁANIA KOLEKTORA SŁONECZNEGO



## Ogniwa fotowoltaiczne

Ogniwa fotowoltaiczne mają bardziej skomplikowaną zasadę działania, która wymaga zrozumienia pojęcia energii elektrycznej oraz budowy atomów.

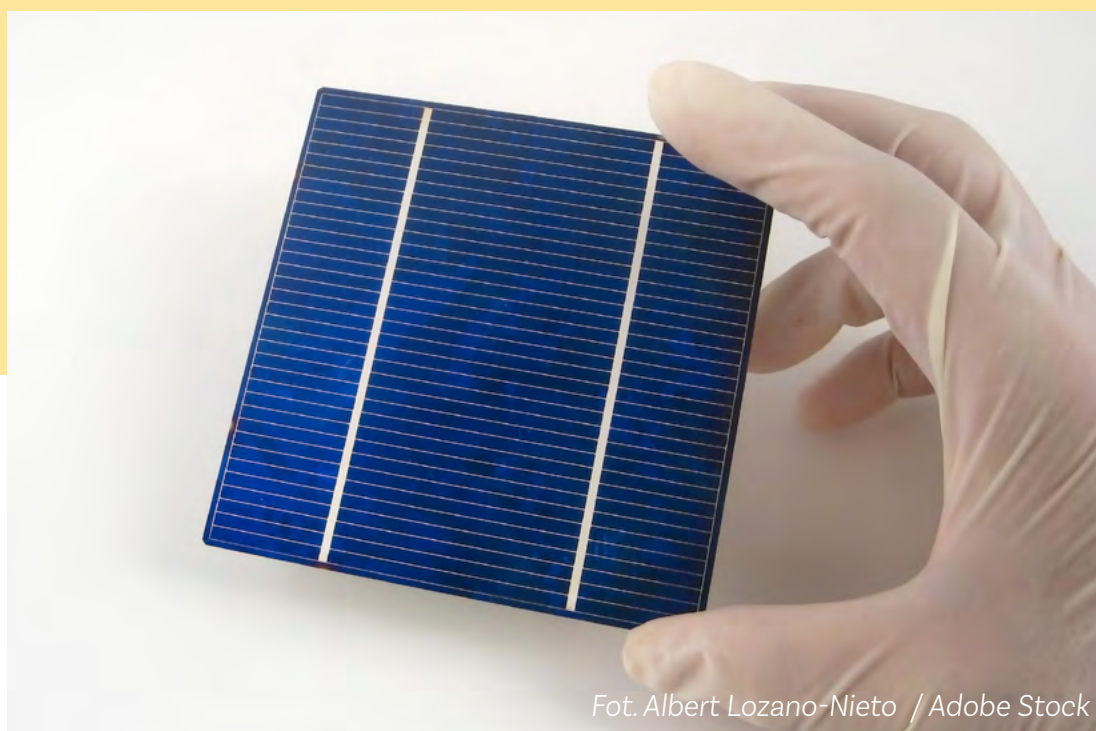
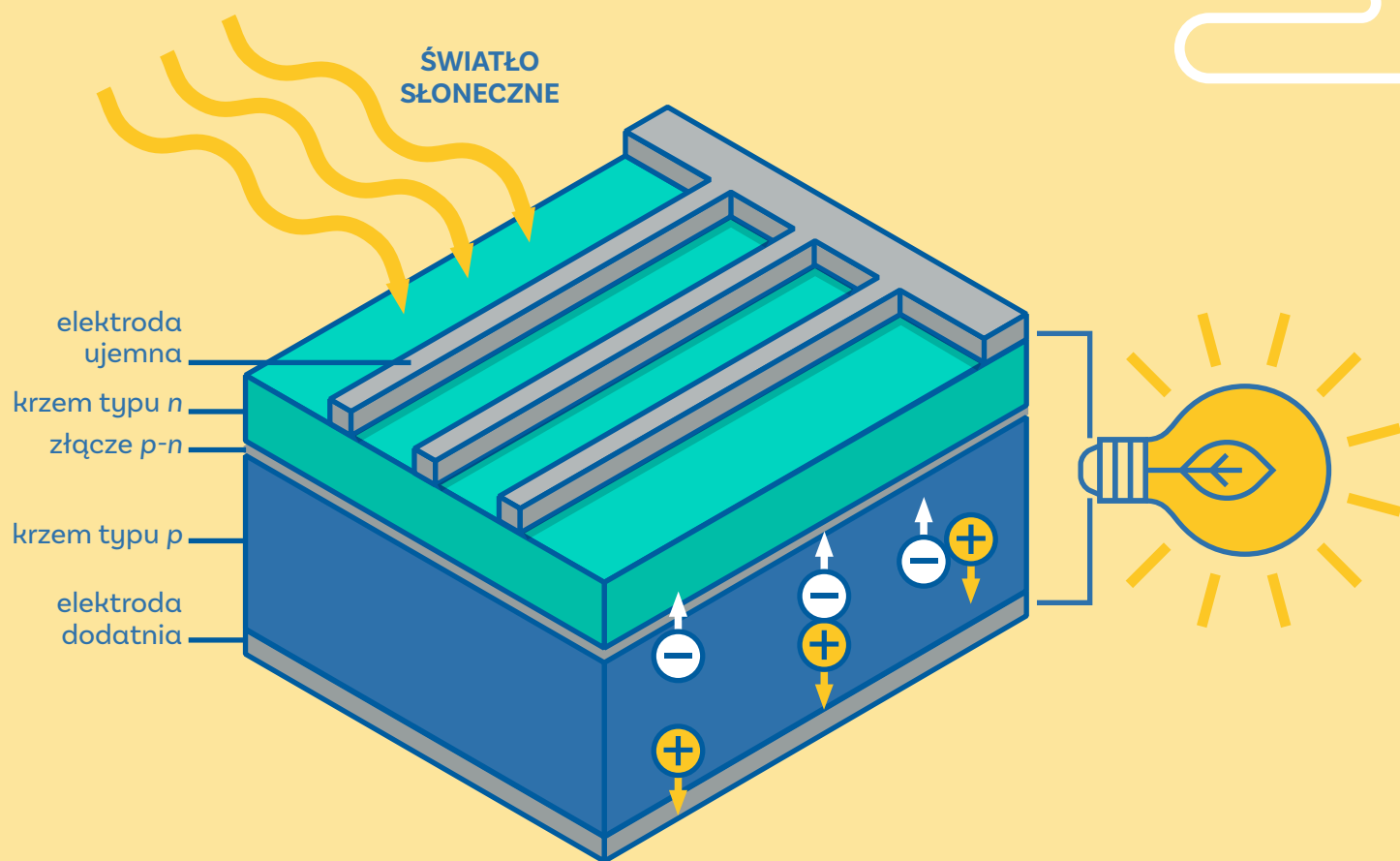
Atom składa się z protonów, neutronów i elektronów. Protony i neutrony stanowią jądro atomu, wokół którego krążą elektrony. Protony i elektrony posiadają ładunek elektryczny. Poprzez uporządkowanie ruchu ładunków elektrycznych uzyskujemy prąd elektryczny, który możemy praktycznie wykorzystać. **Energię elektryczną można wyzwolić głównie z atomów niektórych metali, np. miedzi, żelaza, cyny, ołowiu czy srebra**, będących **przewodnikami**, oraz z atomów **półprzewodników**, np. **krzemu**.



Do zamiany energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną służą ogniwa fotowoltaiczne, a proces zamiany nosi nazwę **konwersji fotowoltaicznej**. **Ogniwo fotowoltaiczne** to krzemowa płytka półprzewodnikowa, wewnątrz której istnieje bariera potencjału (pole elektryczne) w postaci złącza p-n (positive - negative). Padające na fotoogniwo promieniowanie słoneczne wybija elektrony z ich miejsc w strukturze półprzewodnika, tworząc pary nośników o przeciwnych ładunkach (elektron z ładunkiem ujemnym, a z ładunkiem dodatnim „dziura” powstała po wybiciu elektronu). Ładunki te zostają następnie rozdzielone przez istniejące na złączu p-n pole elektryczne, co sprawia, że w ogniwie pojawia się napięcie. Prąd z ogniwa możemy odebrać za pomocą kabli oraz zmagazynować w bateriach (akumulatorach) lub, po przetworzeniu<sup>10</sup>, oddać do sieci elektrycznej.

10. Prąd musi uzyskać specjalne właściwości umożliwiające jego przesłanie, takie jak: napięcie, częstotliwość.

## DZIAŁANIE OGNIWA FOTOWOLTAICZNEGO



Fot. Albert Lozano-Nieto / Adobe Stock




Ogniwo fotowoltaiczne

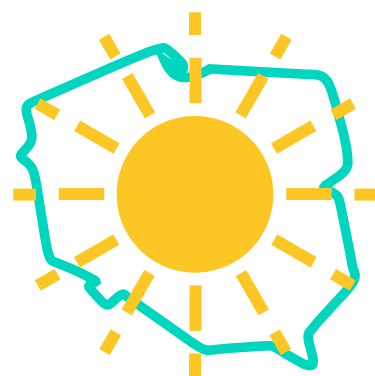
Panele fotowoltaiczne to instalacje zbudowane z wielu pojedynczych ogniw fotowoltaicznych. Wielkość paneli zależy od liczby połączonych ze sobą ogniw. Właściwości panelu fotowoltaicznego, np. ilość absorbowanego promieniowania słonecznego, zależą zaś od właściwości pojedynczych ogniw oraz sposobu połączenia ich ze sobą. Ogniw fotowoltaiczne są budowane z półprzewodników. Substancje te występują w ogniwie w postaci krystalicznej. Ogniwo może być zbudowane z jednego lub wielu kryształów – zwane jest wtedy mono- lub polikrystalicznym.

Ogniw mają zakończenia o przeciwnym ładunku: plus lub minus. Można połączyć je ze sobą tak samo jak baterie, czyli szeregowo lub równolegle, co ma wpływ na ilość energii produkowanej w instalacji. Przy połączeniu szeregowym cały panel będzie produkował tyle energii, co jego najsłabsze ogniwo, a więc moc panela znacznie spadnie w przypadku zacinienia jego części. W połączeniu równoległym zacinienie lub uszkodzenie niektórych ogniw też obniży wydajność, ale i tak będzie ona sumarycznie większa niż w podobnej sytuacji przy połączeniu szeregowym.

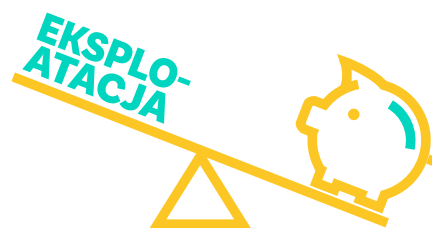
## Zalety i wady energetyki słonecznej

O tym, że wykorzystanie energii słonecznej poprzez zastosowanie kolektorów słonecznych i ogniw fotowoltaicznych jest korzystne dla ludzi i środowiska, świadczą następujące zalety:

-  Promieniowanie słoneczne jest dostępne praktycznie wszędzie, a więc w każdym miejscu można je próbować przetworzyć na użyteczną człowiekowi energię.
-  Kolektory słoneczne mogą wytwarzać ciepło przez cały rok. W warunkach polskich od wiosny do jesieni mogą nawet całkowicie zaspokoić zapotrzebowanie na ciepłą wodę, natomiast zimą mogą służyć do jej wstępnego podgrzania.
-  Ogniw fotowoltaiczne produkują najwięcej energii w ciągu dnia, kiedy zwykle zapotrzebowanie na energię jest największe.

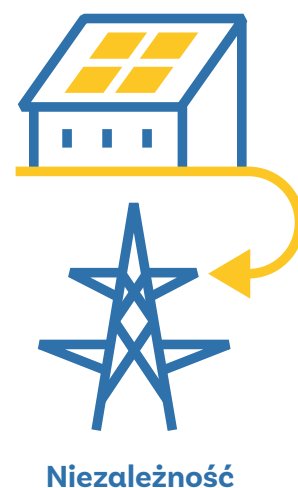


**Słońce świeci wszędzie**

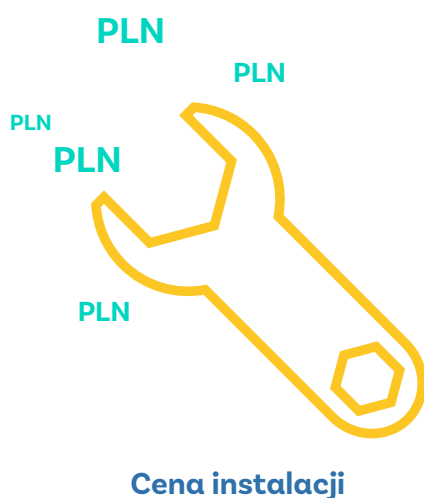


**Niskie koszty eksploatacji**

- ☀️ Obsługa instalacji fotowoltaicznej sprowadza się do okresowych przeglądów i napraw oraz czyszczenia powierzchni pokryw szklanych.
- ☀️ Za energię słoneczną do oświetlania ogniw nie musimy płacić tak, jak np. za węgiel do elektrowni.
- ☀️ Fotowoltaika jest jedną z najbardziej innowacyjnych i przyjaznych dla środowiska technologii. Systemy fotowoltaiczne wyróżniają się prostotą instalacji i są łatwe do wykorzystania.
- ☀️ Instalacje słoneczne mogą funkcjonować bez podłączenia do sieci albo jako elementy włączone do sieci ciepłowniczej lub elektroenergetycznej.
- ☀️ Wraz z rozwojem i popularyzacją technologii energetyki słonecznej maleje cena rynkowa instalacji słonecznych, a jednocześnie wzrasta ich efektywność.
- ☀️ Instalacje słoneczne to źródła czystej energii. Nie emitują szkodliwych gazów i pyłów oraz nie produkują odpadów, np. popiołów.

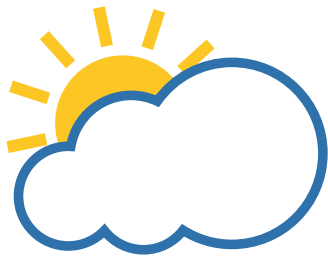


**Energia bez emisji gazów i pyłów**



Energetyka słoneczna ma również swoje wady:

- ☀️ Cena pojedynczej instalacji słonecznej ciągle jeszcze może wydawać się wysoka, ale instalacja praktycznie nie wymaga wielu napraw i przeglądów, a więc samo jej funkcjonowanie jest tanie.
- ☀️ Ilość promieniowania słonecznego zmienia się w zależności od pory dnia, stopnia zachmurzenia oraz położenia Ziemi względem Słońca. W przypadku energii elektrycznej ta zmienność może stanowić problem dla sieci elektroenergetycznych. W Polsce w zimie,




**Zmienna ilość  
promieniowania słonecznego**



**Użycie rzadkich metali**

kiedy zapotrzebowanie na ciepło jest największe w ciągu roku, ilość dostępnego promieniowania słonecznego jest najniższa, co obniża korzyści płynące z zainstalowania kolektorów słonecznych.

 Wytwarzanie ogniw fotowoltaicznych może być uciążliwe dla środowiska ze względu na wykorzystywanie przy produkcji urządzeń pierwiastków o właściwościach toksycznych. Każda fabryka tych urządzeń jest odpowiednio zabezpieczona, aby pierwiastki te nie były uwalniane do środowiska. Trwają prace nad wyeliminowaniem ich z użycia.

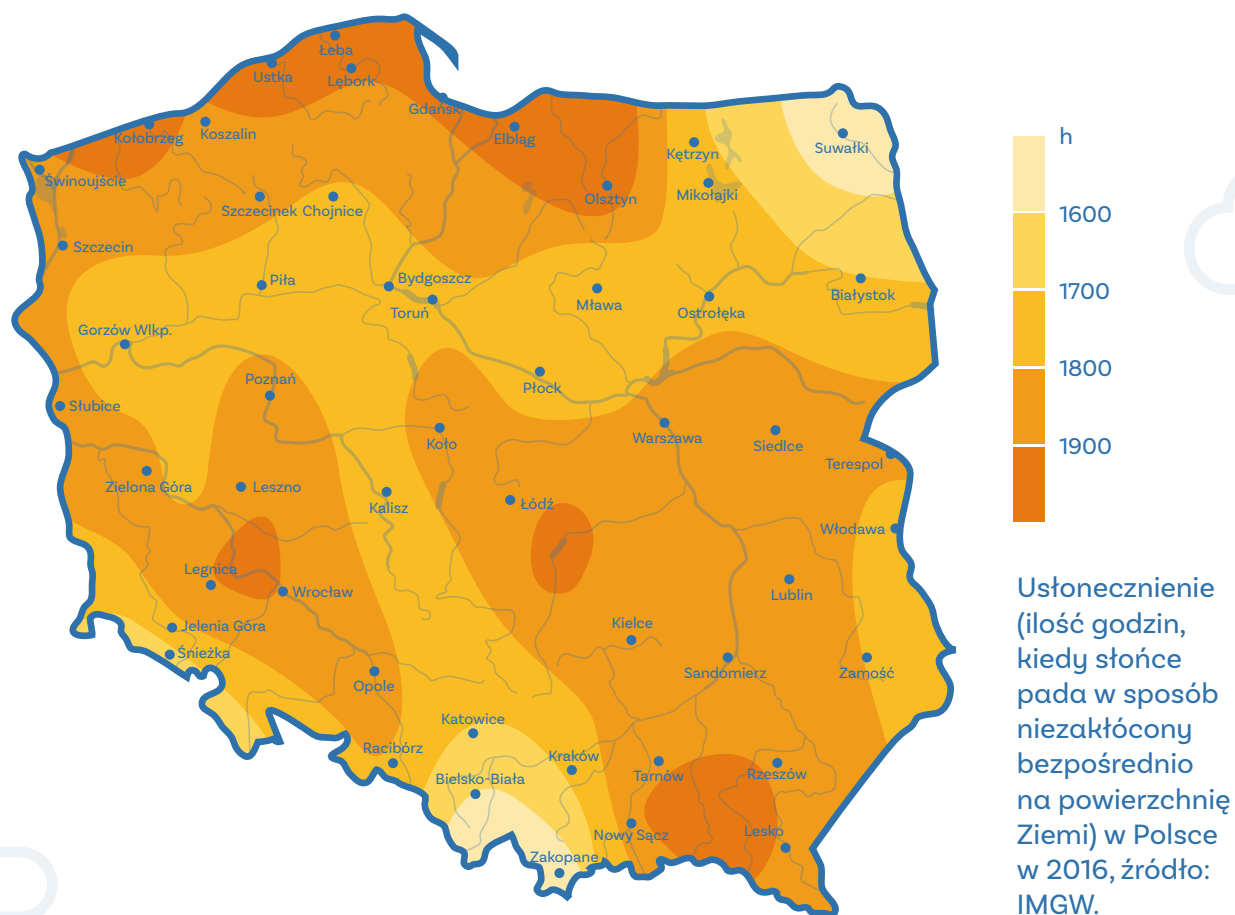
## Potencjał energetyki słonecznej w Polsce

Szacuje się, że w czasie 100 minut Słońce dostarcza naszej planecie więcej energii niż ludzkość zużywa jej w ciągu całego roku. Przy bezchmurnej pogodzie, w ciągu minuty do powierzchni naszego kraju dociera tyle energii słonecznej, ile zużywają mieszkańcy Polski rocznie.

Zasoby dostępnej energii słonecznej na terenie Polski nie są równomiernie rozłożone. Teoretycznie – ze względu na położenie geograficzne – najwięcej energii słonecznej powinno być na południu kraju. Jednak zmienność zachmurzenia powoduje, że najwięcej dni słonecznych w roku występuje na wschodnich krańcach Polski – na Lubelszczyźnie i Podlasiu oraz w centrum – w Wielkopolsce i ziemi łódzkiej, a także na Wybrzeżu. Na tych obszarach energia słoneczna w dużej ilości jest dostępna przez więcej niż 1650 godzin rocznie, czyli ok. 19% godzin w roku. Najmniej energii słonecznej występuje na obszarach górskich – poniżej 1500 godzin rocznie, tj. ok. 17% godzin w roku. Taka ilość słonecznych godzin może wystarczyć do tego, by wyprodukować taką ilość energii elektrycznej, która odpowiada zapotrzebowaniu na energię w przeciętnym gospodarstwie domowym, przy wykorzystaniu mikroinstalacji o mocy zaledwie 2 kW. Roczna zmienność zachmurzenia jest tak duża, że energetyka słoneczna może mieć zastosowanie praktycznie w całym kraju.

Energię ze słońca można produkować przez cały rok. Jednak **dawka promieniowania słonecznego w Polsce latem, w związku ze zmianą długości dni i nocy, jest siedmiokrotnie wyższa niż zimą**. Doświadczenia pierwszych polskich elektrowni słonecznych pokazują, że tak też zmienia się możliwość produkcji prądu ze słońca w ciągu roku.

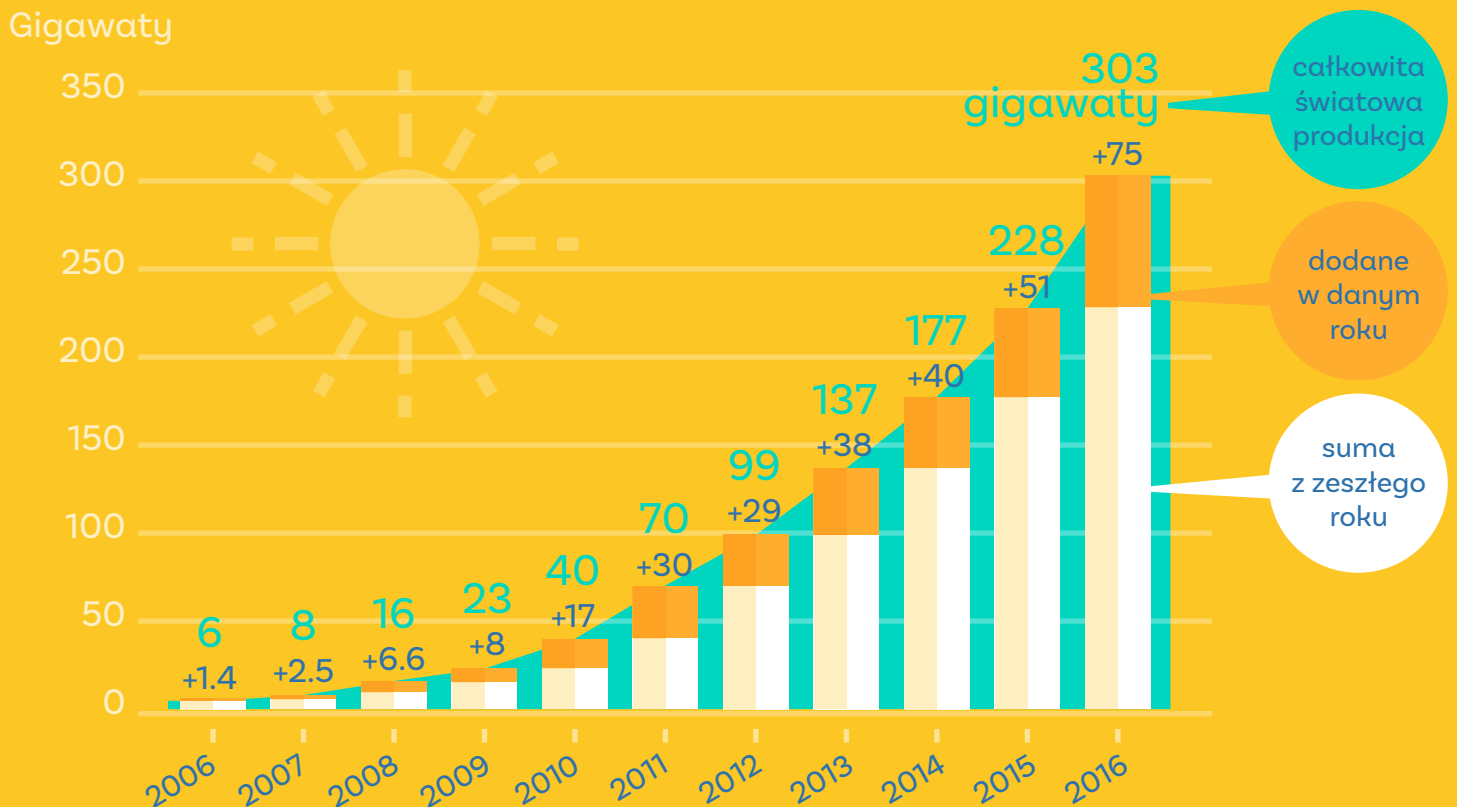
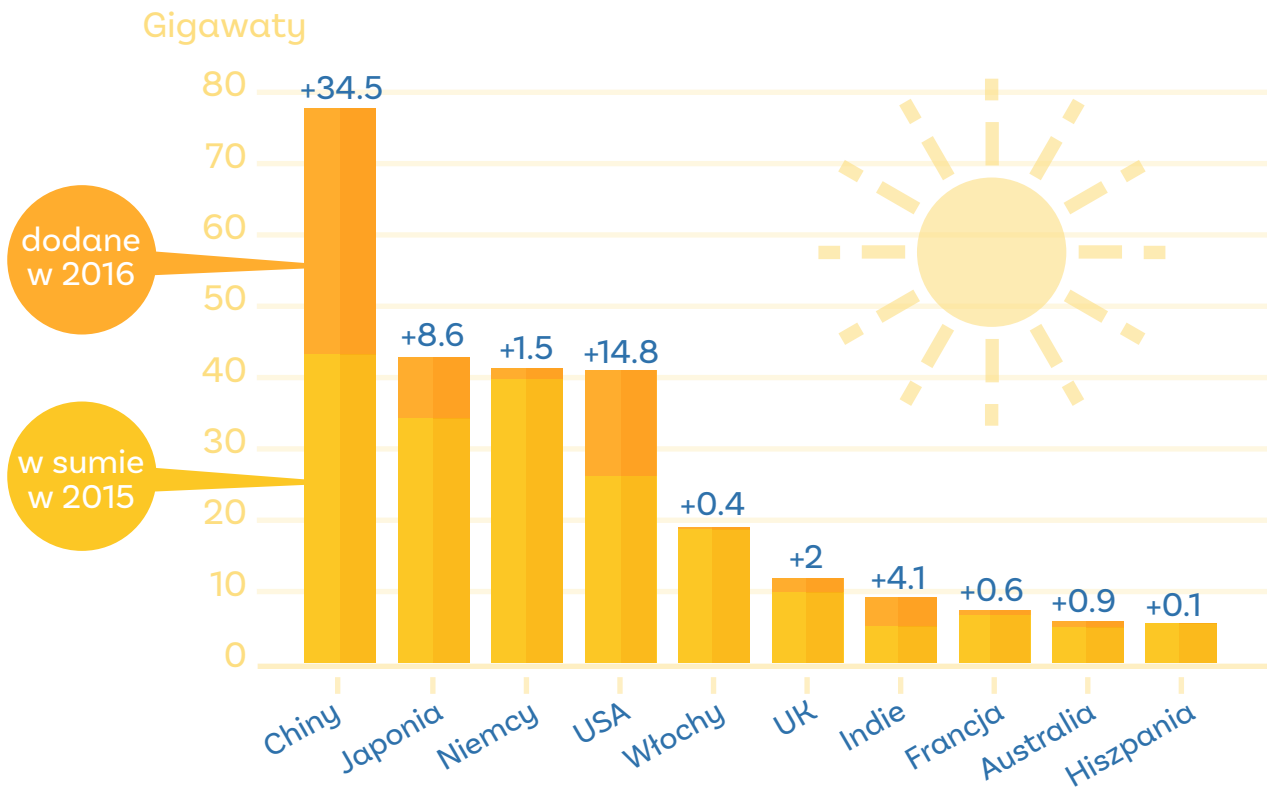
## POTENCJAŁ ENERGII SŁONECZNEJ W POLSCE

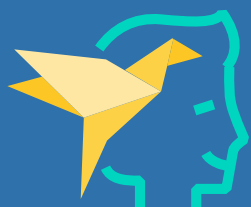


Na świecie od kilkunastu lat wielkość produkcji energii ze słońca coraz szybciej rośnie. Nowe instalacje powstają głównie w Chinach, Japonii, Stanach Zjednoczonych, Niemczech i Wielkiej Brytanii. Coraz więcej mamy ich także w Polsce. Mimo to, roczna światowa produkcja energii ze słońca zaspokaja jedynie 2% aktualnych rocznych potrzeb ludzkości. To wciąż zbyt mało, by znacząco ograniczyć wykorzystanie surowców nieodnawialnych oraz związaną z ich spalaniem emisję dwutlenku węgla. Podobnie jest w Polsce. **Wykorzystujemy niecały 1% możliwości produkcji energii ze słońca** – oznacza to, że moglibyśmy produkować znacznie więcej energii z tego źródła. **Gdyby wykorzystać wszystkie obecne możliwości techniczne, byłoby to 10–15% potrzebnej nam energii pierwotnej.**



## ILOŚĆ PRODUKOWANEJ ENERGII/MOCY ZAINSTALOWANEJ ZE SŁOŃCA W RÓŻNYCH KRAJACH





## Ciekawostki

*W 1958 roku powstał pierwszy satelita zasilany energią słoneczną. Nazwany został Vanguard 1, wystrzelono go na orbitę okołozemską. Ważył 1,49 kg, miał średnicę 14,5 cm i przesyłał dane nieprzerwanie przez sześć lat. Ze względu na niewielkie rozmiary satelity w ZSRR śmiano się, że Amerykanie wysłali w kosmos „grejpfruta”.*



Fot. Wikimedia Commons



Makieta satelity Vanguard 1, fot. Wikimedia Commons

*Zjawisko fotowoltaiczne w 1839 roku odkrył francuski fizyk Alexandre Edmond Becquerel. Niestety wnioski z jego badań musiały czekać kolejne sto lat na praktyczne zastosowanie.*

Rozdział 5

# Energia z wiatru



## Rozdział 5

# Energia z wiatru

Wiatr potrafi przemieszczać liście, łamać drzewa, burzyć budynki, tworzyć morskie fale. To skutki jego działania, które pokazują, że niesie on ze sobą potężną energię. Człowiek od dawna próbował ją wykorzystać i zaprząć wiatr do pracy. Dlatego można zaryzykować stwierdzenie, że energia wiatru jest jednym z pierwszych źródeł energii odnawialnej aktywnie wykorzystywanych przez człowieka. Okręty żaglowe opływały świat dookoła długo przed pierwszym statkiem parowym. Z kolei pierwsze wiatraki pojawiły się na początku naszej ery w Chinach oraz w basenie Morza Śródziemnego, a wykorzystywane były przede wszystkim do pompowania wody (w systemach nawadniania pól) oraz do mielenia ziarna. Energię elektryczną w turbinie wiatrowej po raz pierwszy wyprodukowano już w latach 80. XIX wieku w Stanach Zjednoczonych.

**Turbina wiatrowa** to podstawowa instalacja, dzięki której wiatr jest wykorzystywany przez człowieka do produkcji energii elektrycznej.



Fot. James Steidl / Adobe Stock



Fot. Daan / Adobe Stock

1. Żaglowiec
2. Wiatrak „holender”



## Typy energetyki wiatrowej

Aktualnie rozwijane są **trzy typy instalacji wiatrowych**, które różnią się przede wszystkim wielkością urządzeń oraz warunkami lokalizacyjnymi. Są to:



### Lądowa energetyka wiatrowa

– farmy wiatrowe będące zespołem kilku lub kilkudziesięciu turbin wiatrowych, zlokalizowane na lądzie w miejscach o dostatecznej wietrzności, z zachowaniem bezpiecznych odległości od zabudowań.

### Morska energetyka wiatrowa

– farmy wiatrowe składające się z kilkunastu do kilkudziesięciu turbin wiatrowych, które są zlokalizowane na otwartych wodach morskich oraz są na stałe związane z dnem morskim. Obecnie bada się również możliwości budowy pływających platform, do których umocowane będą duże morskie farmy wiatrowe. Pozwoliłoby to na znaczne oddalenie instalacji od lądu.



### Mała i mikro (rozproszona) energetyka wiatrowa

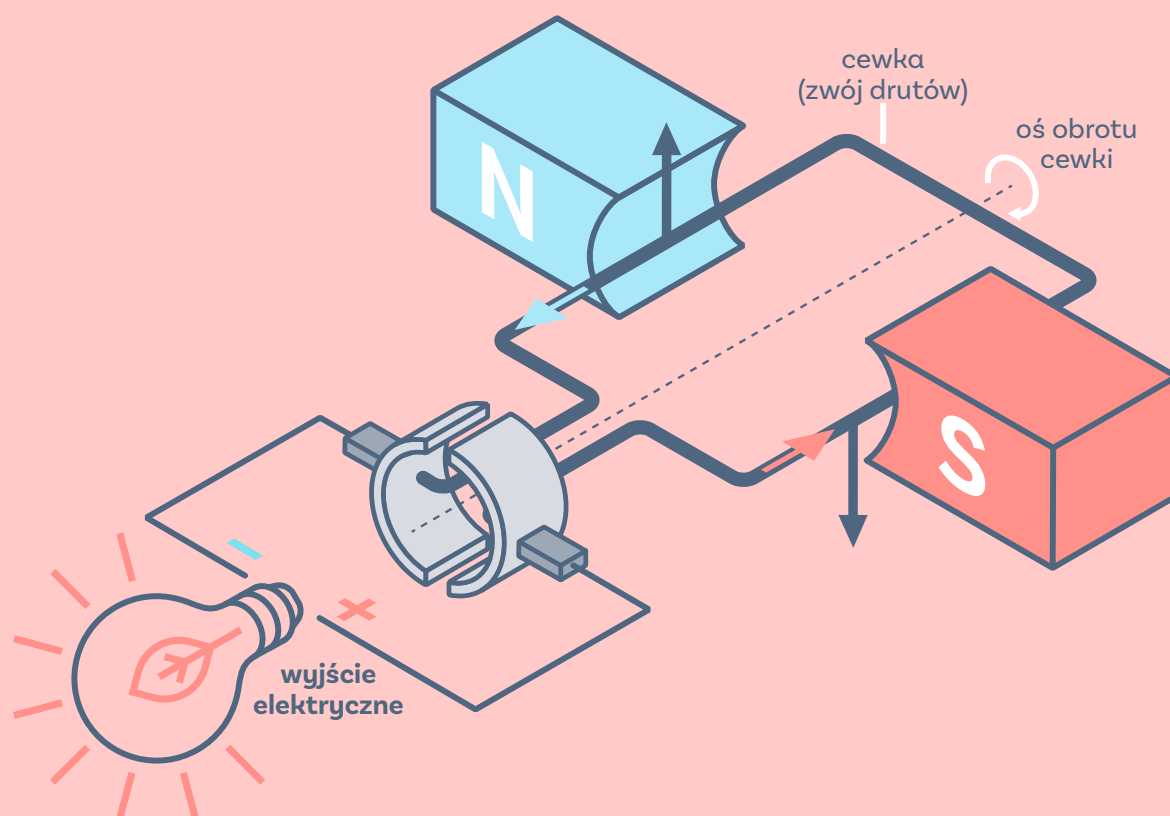
– pojedyncze turbiny wiatrowe o niewielkiej mocy, zlokalizowane w pobliżu domostw lub na dachach jako alternatywne źródło energii. Małe elektrownie wiatrowe znajdują zastosowanie także tam, gdzie doprowadzenie energii z sieci elektroenergetycznej nie znajduje uzasadnienia ekonomicznego (np. zasilanie oświetlenia znaków drogowych, ulic, billboardów).



## Turbiny wiatrowe

Z punktu widzenia techniki, działanie turbiny wiatrowej jest bardzo proste. W zasadzie najprostszy wiatrak to prądnica, do której przymocowane są łopaty poruszane przez wiatr. Wiatr poruszając łopaty wiatraka powoduje ruch mechaniczny – obrót. Obracają się łopaty oraz oś wiatraka. Jeśli przymocujemy do osi wiatraka zwój drutu, a wokół tego drutu umieścimy magnesy, to zbudujemy cewkę magnetyczną (inaczej: prądnicę, dynamo), czyli najprostszy generator elektryczny. **Cewka magnetyczna była jednym z pierwszych wynalezionych przez człowieka przyrządów do generowania prądu elektrycznego** i jego badania. Ilość wytworzonego w turbinie wiatrowej prądu zależy m.in. od prędkości obrotu osi wiatraka oraz mocy magnesów. Dlatego, aby wyprodukować więcej prądu, potrzeba zarówno większych wiatraków o mocniejszych magnesach, jak i większej prędkości wiatru.

### ZASADA DZIAŁANIA PRĄDNICY



Prądnica prądu przemiennego jest urządzeniem zamieniającym pracę mechaniczną (obracanie cewki) w energię elektryczną. Najprostszy model prądnicy prądu przemiennego składa się z dwóch magnesów o biegunach N i S oraz aluminiowej ramki obracanej w polu wytwarzanym przez te magnesy. Końce ramki umieszczone są na odizolowanych od siebie pierścieniach. Obracając ramkę w polu magnetycznym magnesu wykonujemy pracę. W ramce, w wyniku zjawiska indukcji, powstaje prąd indukcyjny.

Turbiny wiatrowe mogą mieć **pionową** lub **poziomą** oś obrotu. Obecnie najbardziej powszechne są turbiny o poziomej osi obrotu. Są to najczęściej duże wiatraki korzystające z dużych prędkości wiatru na większych wysokościach. Turbiny wiatrowe o pionowej osi obrotu zwykle lepiej sprawdzają się w zastosowaniach przydomowych. Umieszczone na niedużych wysokościach, gdzie wiatr wieje nie tylko poziomo, ale często również z góry na dół lub z dołu na górę (jak np. na kalenicy dachu), wiatraki pionowe mogą pracować w sposób bardziej wydajny od wiatraków poziomych, ponieważ generują prąd także przy mniejszych prędkościach wiatru. Najprostszym wiatrakiem pionowym jest wiatromierz.










1. Wiatrak poziomy  
2. Wiatrak pionowy





## Zalety i wady energetyki wiatrowej

Zalety energetyki wiatrowej:

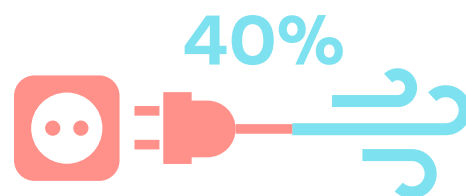
-  Wiatr jest dostępny na powierzchni Ziemi praktycznie wszędzie, więc wszędzie można próbować go wykorzystać do produkcji energii.
-  Wiatraki mogą obecnie wykorzystać **nawet 40% energii wiatru**, który je porusza. Zakres prędkości wiatru, przy których turbina wiatrowa może bezpiecznie produkować prąd, wynosi **od 4 do 25 m/s**.
-  Wiatraki mogą pracować **przez cały rok**, zarówno w dzień jak i w nocy, i przez tyle czasu produkować energię elektryczną.
-  Instalacje wiatrowe to źródło czystej energii. Nie emitują pyłów ani szkodliwych gazów, w tym gazów cieplarnianych. Nie produkują też odpadów.
-  Energia wiatrowa wytwarzana jest przy bardzo niskich kosztach. Obsługa turbin sprowadza się do okresowych przeglądów i napraw.
-  Turbiny wiatrowe mogą funkcjonować autonomicznie albo jako elementy włączone do sieci elektroenergetycznej.
-  Wraz z rozwojem i popularyzacją technologii energetyki wiatrowej **maleje cena rynkowa instalacji wiatrowych**, a jednocześnie wzrasta ich efektywność, czyli ilość pozyskiwanej energii w relacji do siły wiatru.



**Wiatr wieje wszędzie**



**Energia bez emisji  
szkodliwych substancji  
do atmosfery**

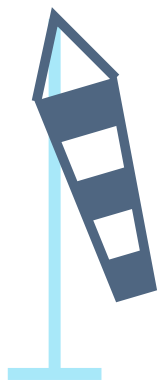


**Wysoki stopień wykorzystania  
energii wiatru**

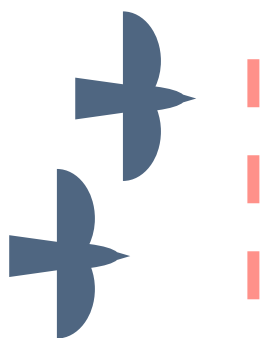


**Niskie koszty eksploatacji**

Negatywne skutki działania elektrowni wiatrowych mogą być związane z ich następującymi cechami:



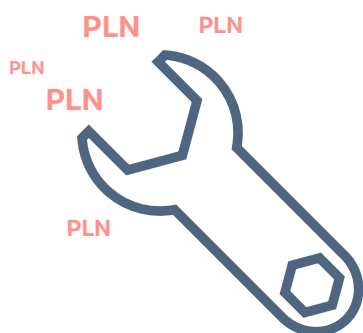
**Wiatr nie wieje  
zawsze**



**Bariera dla ptaków**



**Emisja hałasu**



**Cena instalacji**






Wiatr nie wieje zawsze i nie zawsze ma taką siłę, aby wiatrak mógł poruszyć turbinę i produkować prąd. Obecnie elektrownia lądowa działa przez ok. 25–30% godzin w roku. Jeśli prąd jest oddawany do sieci elektroenergetycznej, zmienność dostaw energii może powodować utrudnienia w zarządzaniu siecią. Aby uzupełnić braki w dostawie energii wiatrowej, **potrzebne są inne źródła energii**, które będą mogły bilansować zapotrzebowanie (jak np. elektrownie biomasowe czy biogazownie) lub **magazyny energii**. Te drugie, kiedy wiatr nie wieje, pozwalają wykorzystać nadwyżkę energii wyprodukowaną w dni wietrzne.



Niekiedy turbiny wiatrowe, zwłaszcza duże instalacje, mogą stanowić barierę dla nietoperzy i ptaków migrujących. Aby uniknąć lokalizacji wiatraków na trasach przelotu tych zwierząt, przed powstaniem farmy wiatrowej wykonuje się trwający co najmniej rok **monitoring środowiska**, który z dużym prawdopodobieństwem pozwala wyeliminować tego typu zagrożenia.



Pojedyncze duże wiatraki, a także farmy wiatrowe, mogą być postrzegane przez niektórych ludzi jako niepożądany, nieestetyczny element krajobrazu oraz czynnik wpływający na zmniejszenie wartości terenu. Trzeba jednak zaznaczyć, że w niektórych miejscowościach nowoczesne wiatraki stanowią również atrakcję turystyczną, która przynosi gminom dodatkowe dochody.

-  Obracające się łopaty wiatraka są dla niektórych uciążliwe wizualnie (błyski, efekt stroboskopowy).
-  Turbiny wiatrowe są źródłem hałasu (dźwięków słyszalnych oraz niesłyszalnych dla ludzkiego ucha, czyli tzw. infradźwięków) pochodzącego głównie z generatora oraz łopat wirnika. Przy niewłaściwej lokalizacji wiatraki mogą być więc uciążliwe dla ludzi i zwierząt. Jednak **poziom hałasu z turbin wiatrowych w zdecydowanej większości przypadków nie ma negatywnego wpływu na zdrowie ludzi. Jest on porównywalny do szumu samochodów na autostradzie.** Z tego względu farmy wiatrowe są zwykle lokalizowane w pewnej odległości od terenów zamieszkałych. Aby wyeliminować uciążliwości dla mieszkańców, przed zainstalowaniem turbiny wykonuje się specjalistyczne analizy w celu upewnienia się, że hałas przez nie generowany nie przekracza dozwolonych poziomów.
-  Choć zdarza się to niezwykle rzadko, turbiny wiatrowe mogą też być emitерem nadmiernego pola elektromagnetycznego. Pole elektryczne emitowane przez turbiny wiatrowe jest ok. 100 razy, a magnetyczne ok. 10 razy mniejsze niż dopuszczalne normy określone ze względu na wpływ na zdrowie. **Pole elektryczne wytwarzane przez turbinę wiatrową jest mniejsze niż pole emitowane przez telefony komórkowe**, których codziennie używamy.

## Potencjał energetyki wiatrowej na świecie i w Polsce

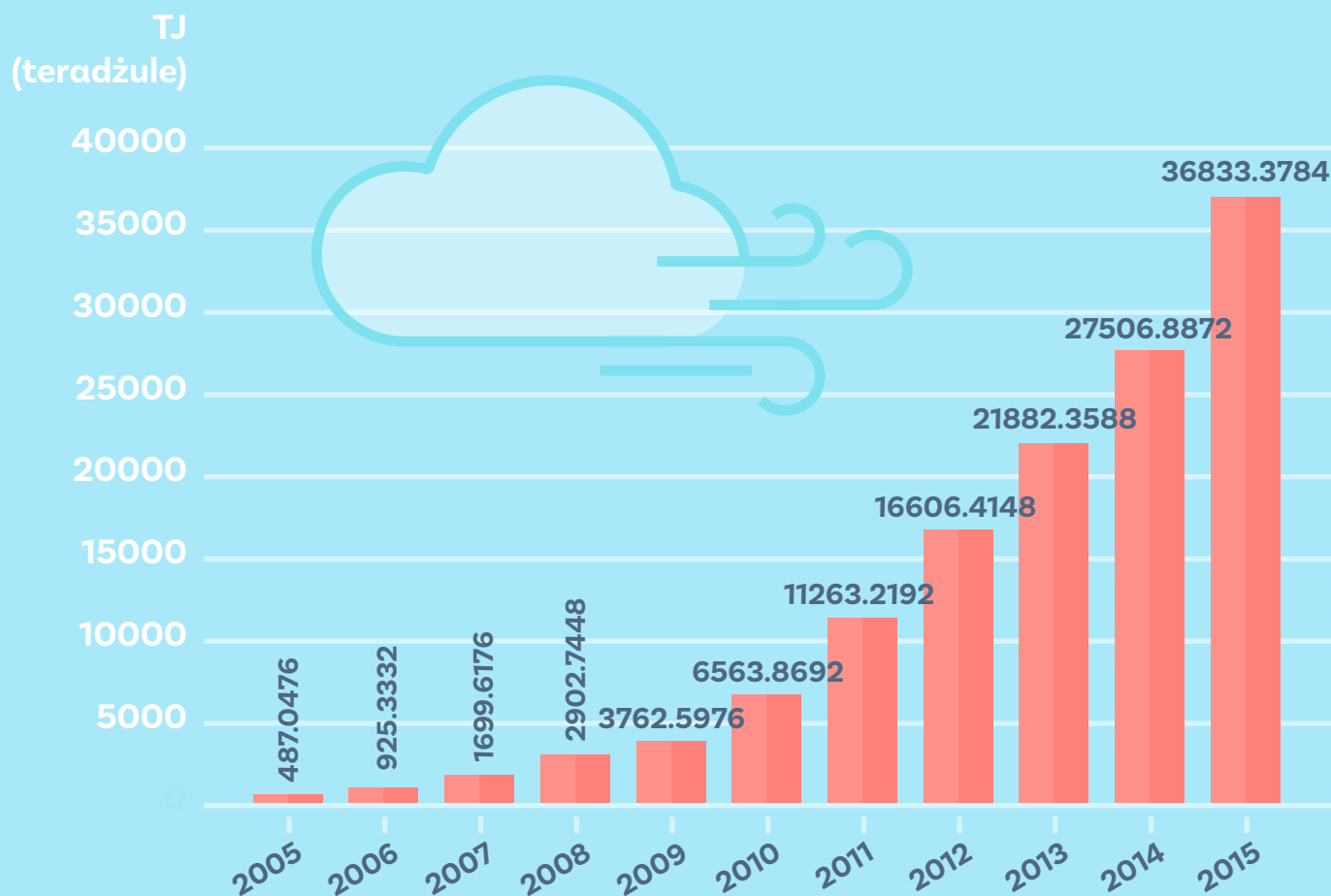
Jak pokazano to już w pierwszym rozdziale, ilość energii generowanej dzięki sile wiatru może znacznie przewyższyć światowe zapotrzebowanie na energię.

W Polsce początek rozwoju energetyki wiatrowej przypada na lata 90. XX wieku, a największy wzrost liczby zainstalowanych turbin wiatrowych zaobserwowano w latach 2004–2015. W tym czasie ilość energii produkowanej w turbinach wiatrowych w kraju wzrosła blisko **pięćdziesięciokrotnie**. W roku 2015 już 6,3% energii elektrycznej w Polsce wyprodukowano w elektrowniach wiatrowych. To nieco ponad 8% możliwości technicznych<sup>11</sup>. **Gdyby całkowicie wykorzystać możliwości techniczne produkcji energii z wiatru, energetyka wiatrowa mogłaby zaspokoić nawet 80-90% obecnego zapotrzebowania na energię w naszym kraju.**

<sup>11</sup>. Możliwości techniczne to te, które możemy wykorzystać przy istniejącej technologii.

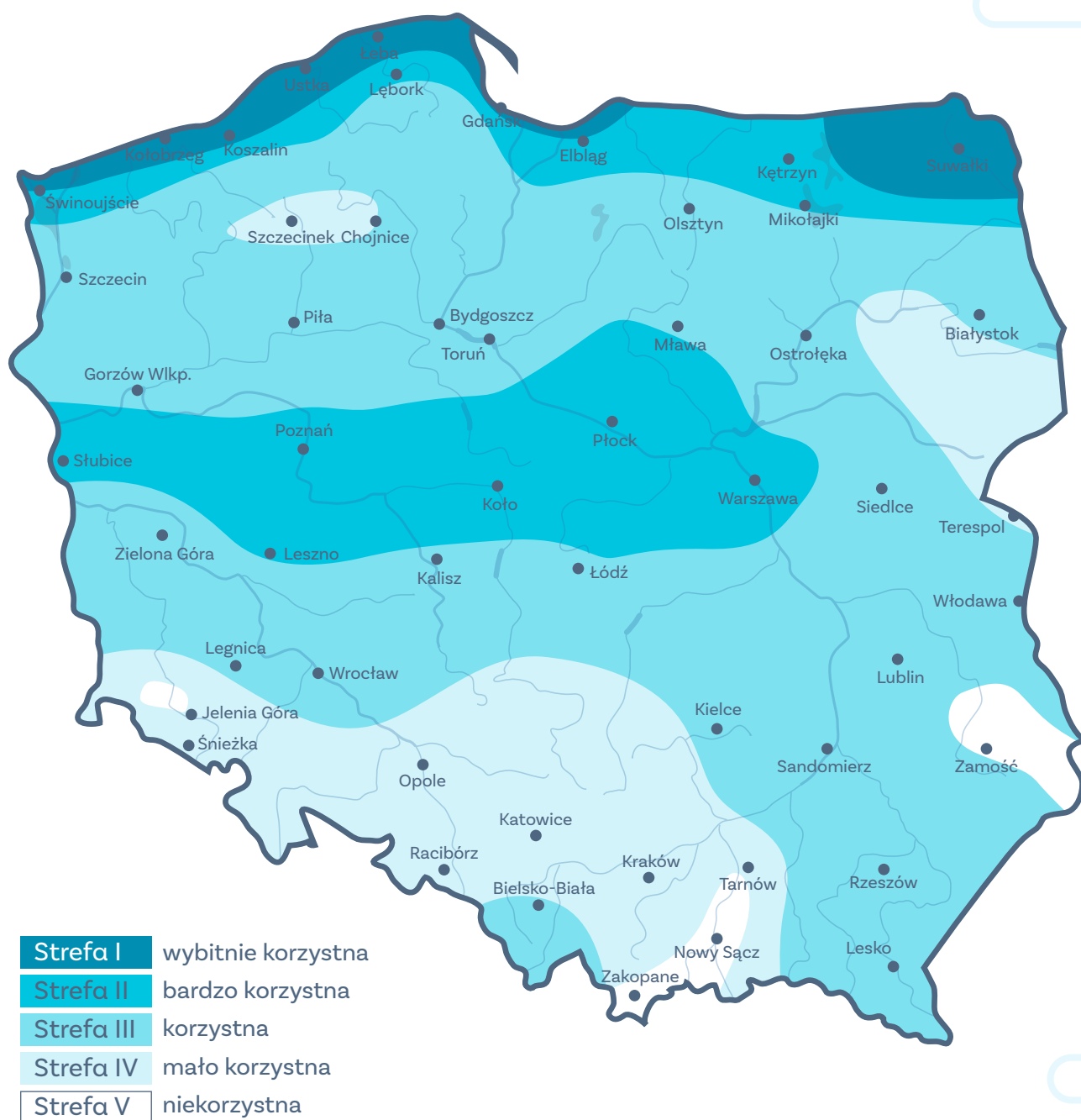
## WZROST ILOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ UZYSKANEJ Z WIATRU W POLSCE

Źródło: URE, jednostki – TJ (teradżule)



Aby się obracać, turbiny wiatrowe potrzebują wiatru o prędkości **powyżej 4 m/s**. Przez większą część roku wiatr o takiej prędkości wieje na Wybrzeżu, w północnej części Warmii, Mazur i Suwalszczyzny oraz w pasie nizin centralnej Polski. Tam też są najlepsze warunki do lokalizacji elektrowni wiatrowych. Słabszy, mniej korzystny dla turbin wiatr występuje w Sudetach, na Śląsku, w Małopolsce oraz na Podlasiu. Jednak nawet w górach mogą występować miejsca, np. przełęcz lub doliny, gdzie lokalne warunki wiatrowe mogą być sprzyjające dla lokalizacji elektrowni wiatrowych. Warto także pamiętać, że meteorologiczne pomiary prędkości wiatru wykonuje się na wysokości 10 m nad ziemią, a duże elektrownie wiatrowe zbierają wiatr **z ponad 30 m, gdzie silniejszy i mniej zmienny wiatr występuje znacznie częściej**.

## POTENCJAŁ WIATRU W POLSCE



Według prof. Haliny Lorenc z IMGW obszar Polski można podzielić na strefy energetyczne warunków wiatrowych. Źródło: Ośrodek Meteorologii IMGW.

Duże elektrownie wiatrowe mogą być także z powodzeniem budowane na morzu. Na Bałtyku można wybudować tyle wiatraków, że wyprodukowana z nich energia elektryczna mogłaby zastąpić kilka elektrowni węglowych.

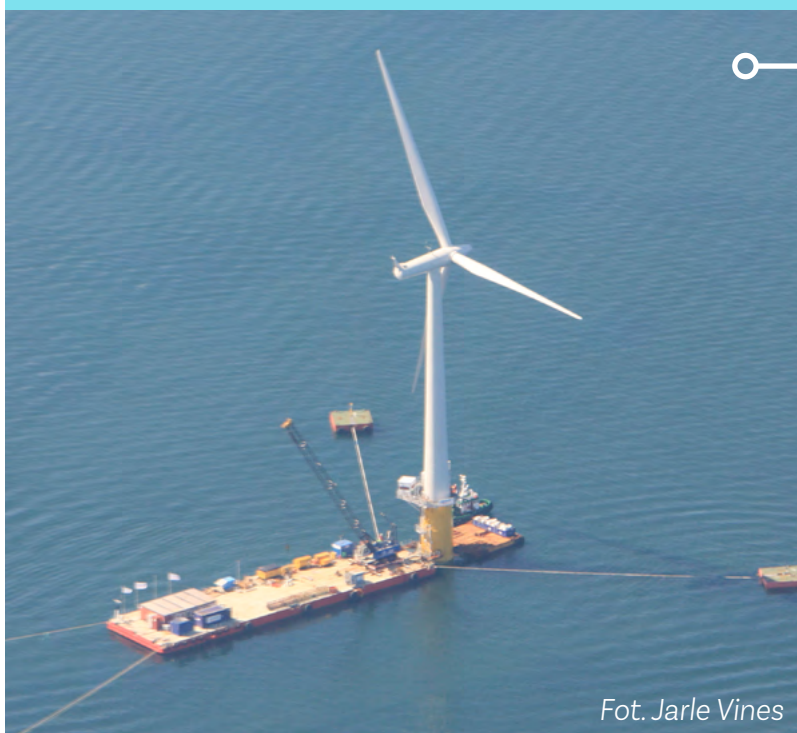


## Ciekawostki



Fot. Carol Hyman / Adobe Stock

*Tehachapi Pass Wind Farm – elektrownia wiatrowa w południowej Kalifornii w USA liczy aż 5000 wiatraków należących do różnych właścicieli i pochodzących z różnych okresów rozwoju technologii. Farma istnieje od lat 70. XX wieku.*



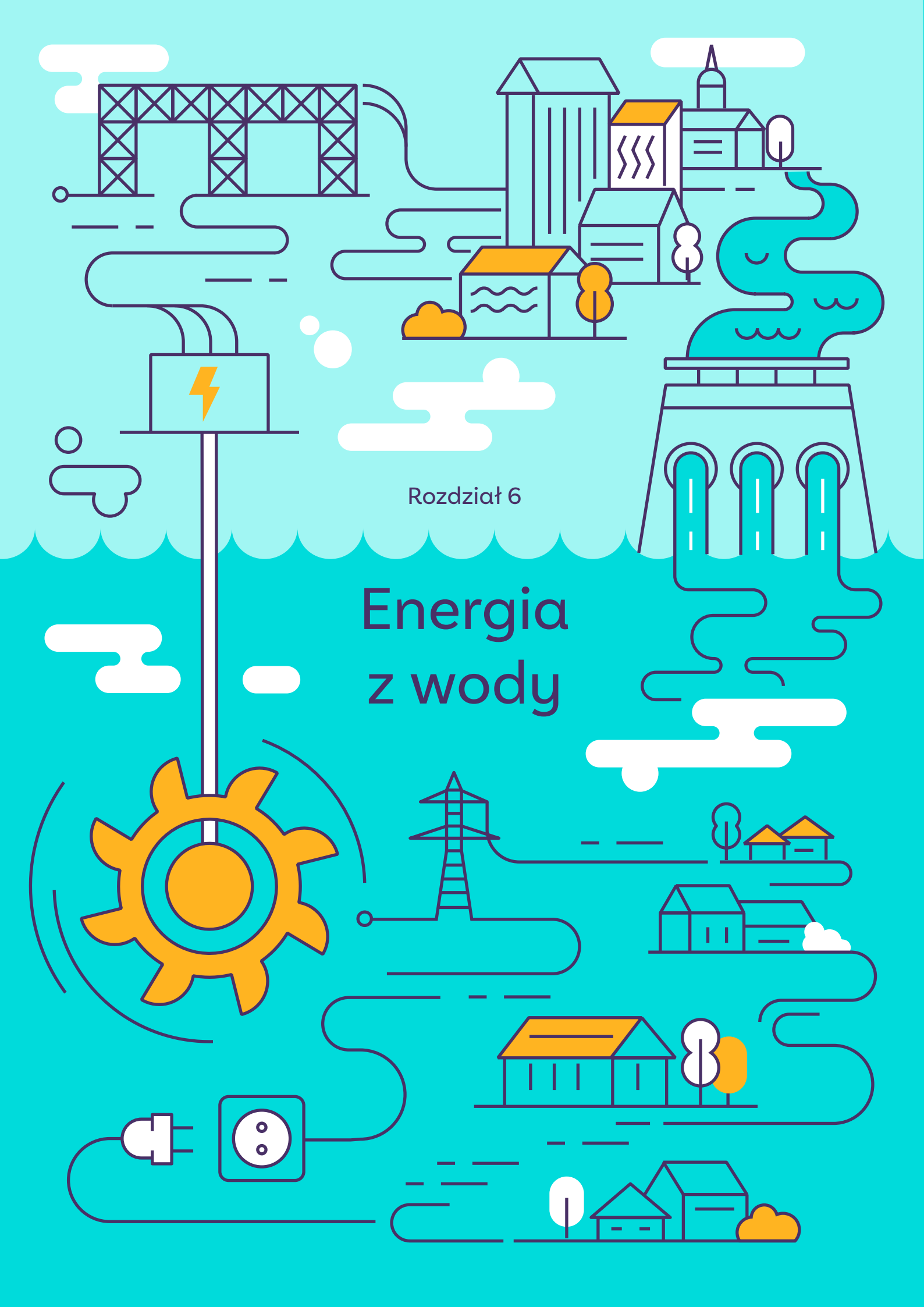
Fot. Jarle Vines

*Hywind to pojedyncza turbina wiatrowa pływająca na powierzchni morza ok. 10 km od wybrzeży Norwegii. Waży 138 ton, mierzy 165 m, posiada wirnik o średnicy 82,4 m, a mimo to pływa! W miejscu utrzymują ją trzy kable, którymi została zakotwiczona.*



Rozdział 6

# Energia z wody





## Rozdział 6

# Energia z wody

Ponad 70% powierzchni Ziemi pokryte jest wodą. Woda jest nie tylko niezbędna do istnienia życia, ale jest również doskonałym źródłem energii. To źródło energii było jednym z najwcześniej odkrytych i wykorzystywanych przez ludzi. Pośród pierwszych urządzeń przetwarzających energię płynących wód wymienić możemy **koła wodne służące do nawadniania pól** lub też jako siła napędowa w młynach. Pierwsze instalacje wodne na ziemiach polskich pojawiły się w XII wieku, a rozkwit rozwoju młynów wodnych przypadł na XVI wiek. Było ich wtedy **ponad 3000 – w porównaniu do niecałego 1000 obecnie**. Można powiedzieć, że była to imponująca liczba.



Fot. HealthyBacon / Pixabay



Fot. compuinfoto / Adobe Stock

Dawne młyny wodne

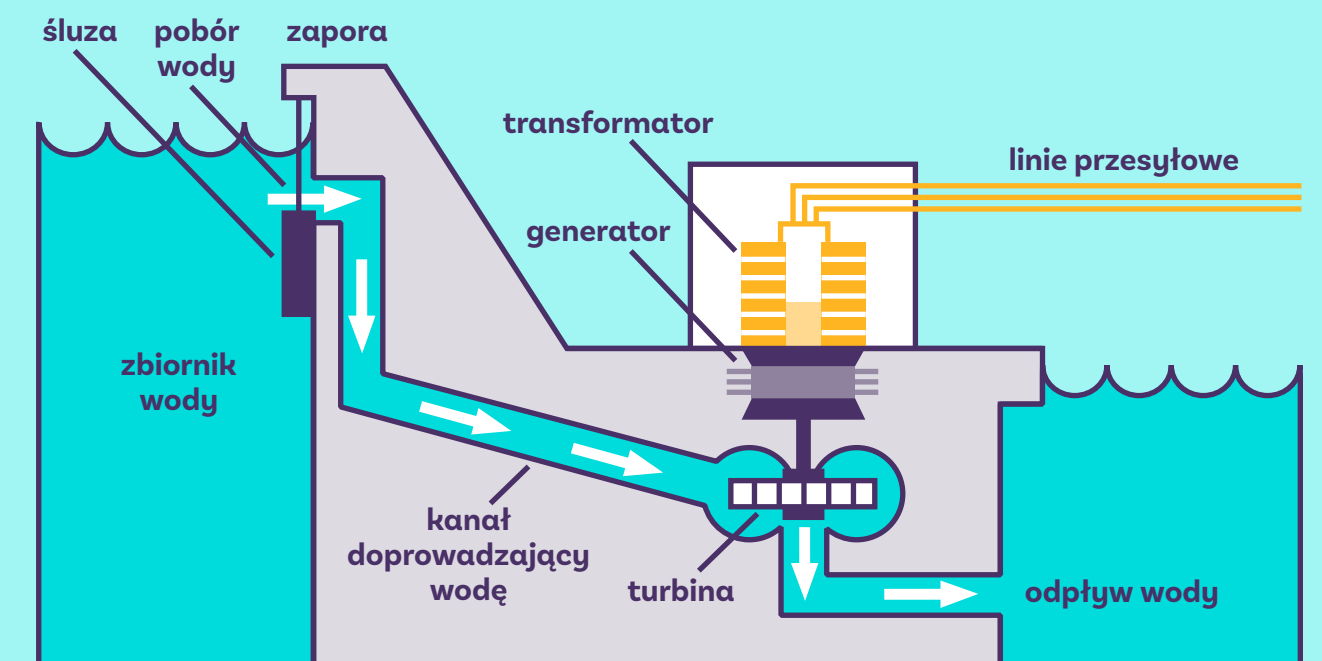
Instalacje energetyki wodnej wykorzystują energię płynącej wody, fal lub pływów morskich. W Polsce wykorzystuje się jedynie energię płynącej wody. Aby wykorzystać energię płynącej wody, najczęściej buduje się na rzekach zapory wodne. Woda zgromadzona w zbiorniku utworzonym przez zaporę jest kierowana na **turbiny wodne**, które produkują energię elektryczną. Bardzo rzadko wykorzystywane są turbiny, które do produkcji prądu nie potrzebują zapory.



Fot. leungchopan / Adobe Stock

Elektrownia wodna

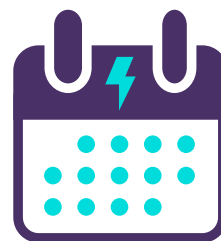
### SCHEMAT ELEKTROWNI WODNEJ



## Zalety i wady energetyki wodnej

Zalety:

-  Turbiny wodne mogą produkować prąd przez większą część roku. Przerwy w produkcji mogą być związane jedynie z remontami czy też zbyt niskim lub zbyt wysokim stanem wody w zbiorniku. Takie przerwy zdarzają się rzadko.
-  Elektrownie wodne są czystą i bezodpadową technologią wytwarzania energii elektrycznej. Nie powodują szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi emisji zanieczyszczeń.
-  Technologia wykorzystywana w elektrowniach wodnych jest bezpieczna, sprawdzona i powszechnie wykorzystywana. Elektrownie wodne charakteryzują się dużą żywotnością – **mogą działać nawet powyżej 100 lat.**
-  Elektrownie wodne na własne potrzeby zużywają niewielkie ilości energii (ok. 0,5 – 1% własnej produkcji) i nie wymagają skomplikowanej i pracochłonnej obsługi.
-  Zbiorniki wodne związane z elektrowniami wodnymi mogą pełnić ważne funkcje dodatkowe, np. zapobiegać powodziom, gromadzić wodę do nawadniania terenów rolniczych lub zaopatrzenia miast w wodę, tworzyć warunki do turystyki i rekreacji.



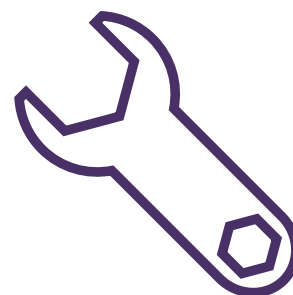
**Produkcja energii  
przez większą  
część roku**



**Bezpieczna  
technologia**

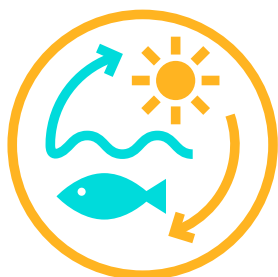


**Długowieczność  
instalacji**

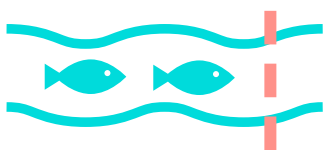


**Łatwość obsługi**

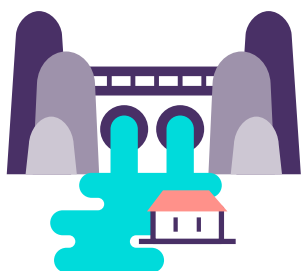
Wady:



**Zmiana ekosystemu rzeki**




**Bariera dla ryb**



**Zmiana krajobrazu**

 Budowa elektrowni wodnych wiąże się na ogół z ingerencją w naturalne koryto rzeki, z zakłóceniem jej przepływu i zatrzymaniem materiału akumulacyjnego. W związku z tym może powodować zmiany w lokalnych ekosystemach (proporcjonalnie do wielkości elektrowni). Największe negatywne oddziaływania na środowisko społeczne i przyrodnicze związane są z budową dużych elektrowni wodnych. Mogą się z tym wiązać m.in. **przesiedlenia ludzi, zatapianie ekosystemów, dewastacja zabytków kultury**. Za mało szkodliwe uznaje się tzw. małe elektrownie wodne (MEW), czyli takie, które osiągają moc mniejszą niż 10 MW.

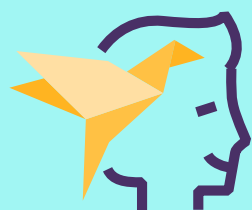
 Elektrownia wodna może stanowić barierę na drodze migracji ryb (przede wszystkim gatunków wędrujących). **Bardzo istotnym elementem inwestycji powinny być sztuczne korytarze migracji dla ryb, tzw. przepławki.**

## Potencjał energetyki wodnej w Polsce

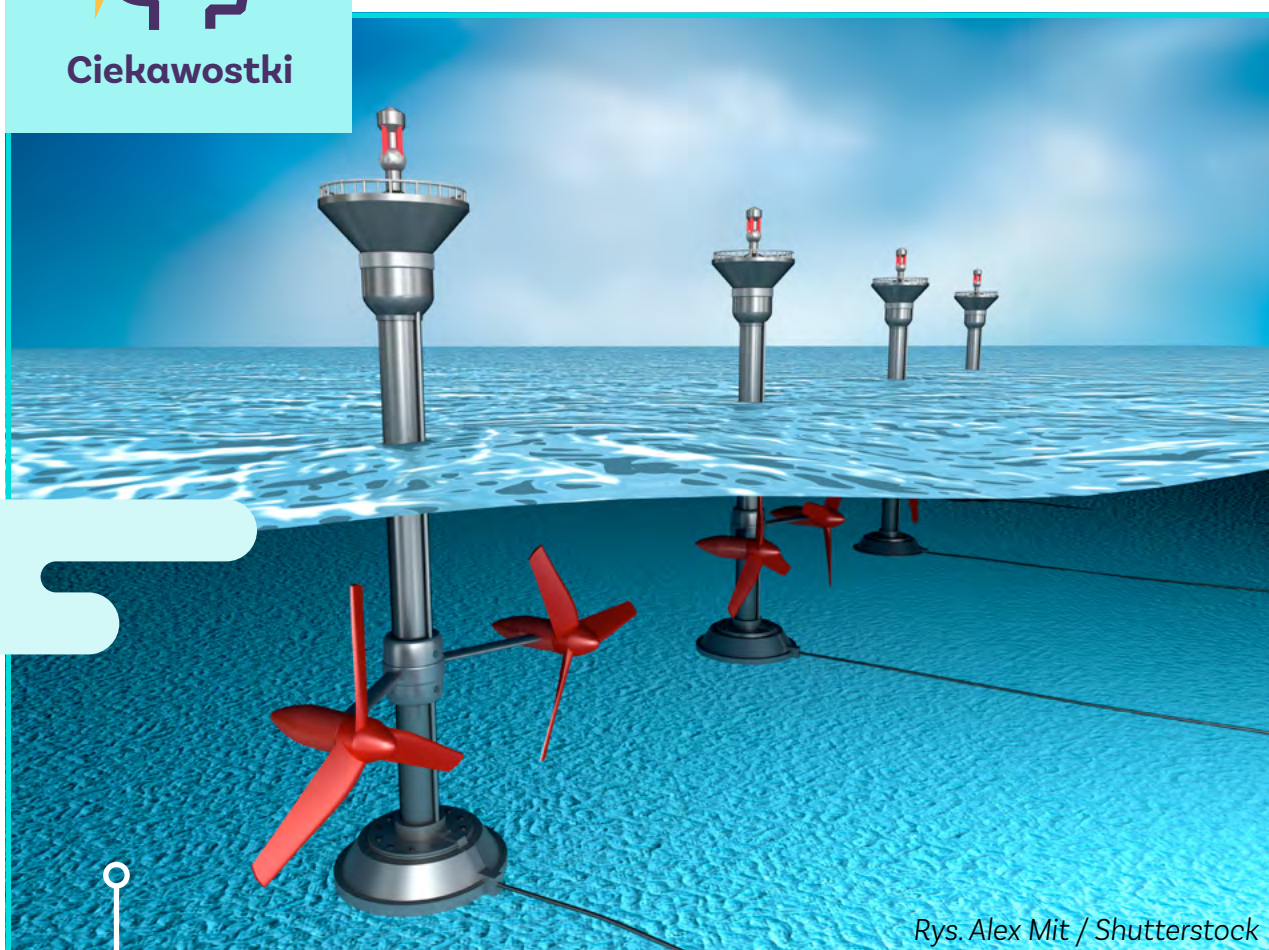
Przepływy wody w polskich rzekach zależą częściowo od opadów deszczu, a w części także od opadów śniegu w zimie. Najkorzystniejsze dla produkcji energii wodnej są rzeki o stabilnym, najlepiej dużym przepływie rocznym, a także o dużym spadku wzdłuż koryta rzeki. Dlatego w Polsce najlepsze warunki do energetyki wodnej występują na wyżynach i w górach, a także na pojezierzach, gdzie często polskie rzeki mają charakter górskich potoków. Potencjał techniczny energetyki wodnej w Polsce wynosi ok. 43 TJ rocznie. Dla porównania: produkcja energii elektrycznej



w elektrowniach wodnych w Polsce w 2015 roku wynosiła 6,5 TJ, czyli ok. 15% całego potencjału technicznego energetyki wodnej. Większość tego potencjału może być wykorzystana poprzez budowę małych elektrowni wodnych, czyli elektrowni o mocy poniżej 10 MW. Jednak **energia wodna może zaspokoić nasze krajowe potrzeby energetyczne tylko w ok. 1%.**



### Ciekawostki



Rys. Alex Mit / Shutterstock

*Pływy morskie wykorzystuje się do produkcji energii w elektrowniach pływowych. Instalacja pływowa jest zaporą, w której znajdują się turbiny wykorzystujące moc przelewającej się przez nie wody. Pierwsza elektrownia tego typu uruchomiona została w 1966 roku we francuskiej miejscowości Saint-Malo nad kanałem La Manche.*



Rozdział 7

# Energia z wnętrza Ziemi



## Rozdział 7

# Energia z wnętrza Ziemi

Energia geotermalna to energia znajdująca się we wnętrzu Ziemi – w skałach oraz w gorących wodach podziemnych. Temperatura wnętrza Ziemi zwiększa się średnio o 2,5°C na każdy kilometr w głąb. Energia geotermalna jest wykorzystywana przez człowieka od tysięcy lat, przede wszystkim jako **źródło ciepła do ogrzewania domów, gotowania czy leczniczych kąpeli**. Jednak na szeroką skalę geotermia zaczęła być wykorzystywana dopiero na początku XX wieku.



Fot. Anthony Brown / Adobe Stock

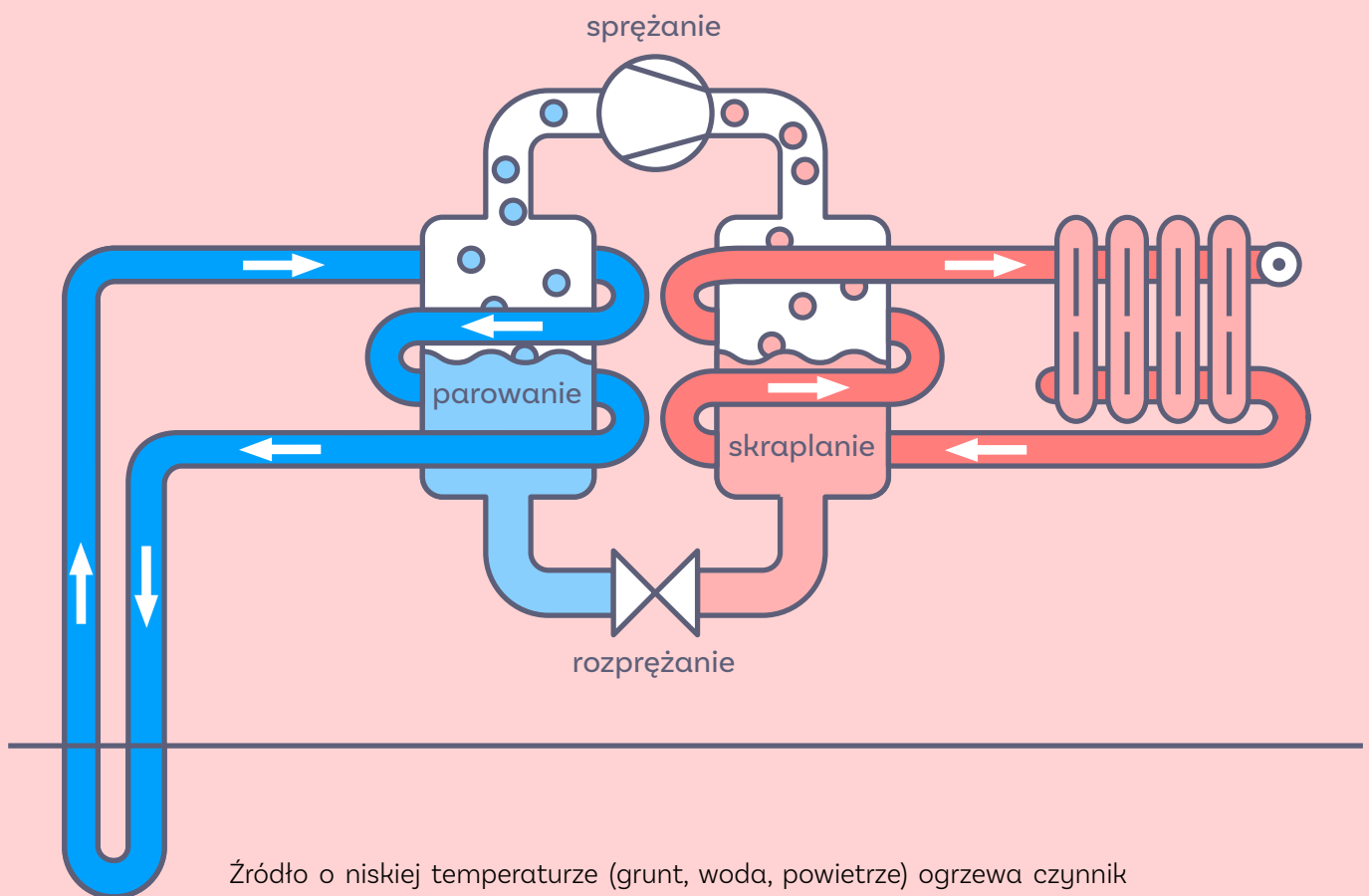


Fot. Pexels / Pixabay

1. Termy rzymskie
2. Gejzer

Zasoby energii geotermalnej występują na różnej głębokości oraz w różnej formie. Najczęściej wykorzystuje się **energię cieplną wód geotermalnych** poprzez bezpośrednie wydobycie ich na powierzchnię z odwiertów geotermalnych – to tzw. **geotermia głęboka (wysokotemperaturowa)**. Technologia wymiany ciepła umożliwia również wykorzystanie **energii zakumulowanej w skałach podziemnych i w gruncie**. Pośrednio możemy kumulować tego typu ciepło z Ziemi dzięki zastosowaniu pomp ciepła – to tzw. **geotermia płytka (niskotemperaturowa)**. Energię geotermalną pozyskujemy wyłącznie w postaci ciepła, ale jeśli jest go bardzo dużo, możemy wykorzystać je do wytworzenia energii elektrycznej w turbinach parowych.

### SCHEMAT DZIAŁANIA POMPY CIEPŁA



Źródło o niskiej temperaturze (grunt, woda, powietrze) ogrzewa czynnik krążący w układzie (woda, solanka), który, przepływając przez parownik, doprowadzany jest do wrzenia, na skutek czego paruje. Para sprężana jest w sprężarce i jej temperatura gwałtownie rośnie. Gorąca – trafia do skraplacza. Odbierane tam od niej ciepło ogrzewa wodę krążącą w instalacji grzewczej.

## Zalety i wady energetyki geotermalnej

Zalety:

Geotermia jest odnawialnym i praktycznie niewyczerpywalnym źródłem energii.

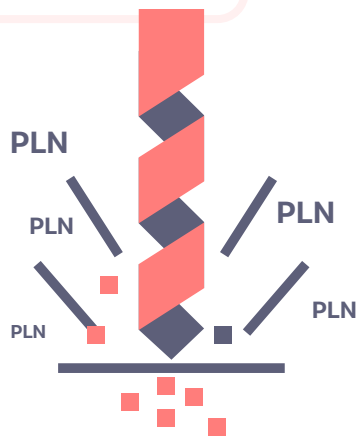
Geotermia ma bardzo szerokie zastosowanie. Zasoby wysokotemperaturowe mogą być wykorzystywane **do produkcji energii elektrycznej** w ciepłowniach geotermalnych, natomiast niskotemperaturowe – **do produkcji ciepła** do ogrzania domów, na potrzeby rolnictwa, przemysłu spożywczego, balneologii (w lecznictwie uzdrowiskowym).

**Zasoby energii geotermalnej mogą być wykorzystywane przez cały rok**, niezależnie od sezonowej zmienności pór roku czy lokalnych warunków pogodowych. Pompy ciepła mogą być wykorzystywane zimą na potrzeby centralnego ogrzewania, a latem w systemach klimatyzacyjnych. Wody geotermalne latem mogą być wykorzystane jako atrakcja turystyczna, np. w basenach geotermalnych, a zimą dodatkowo jako źródło ciepła dla sieci ciepłowniczych.

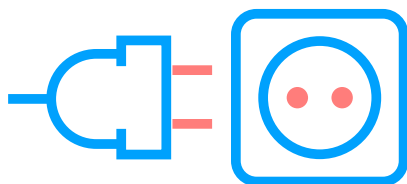
**Instalacje geotermalne nie powodują emisji zanieczyszczeń do powietrza, a także nie emitują hałasu oraz nie przyczyniają się do powstawania odpadów.**

Produkcja energii ze źródeł geotermalnych to proces, który w dużej mierze jest zautomatyzowany. Wymagania związane z obsługą elektrowni oraz pomp ciepła są minimalne.

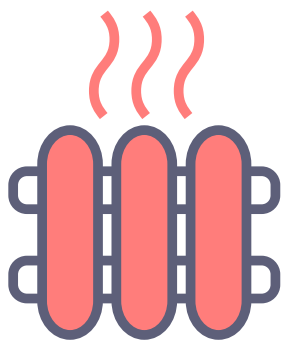




Koszty odwiertów geotermalnych



Zużycie energii elektrycznej



Produkcja głównie ciepła

Wady:

!!! Jakość zasobów wód geotermalnych (tj. temperatura, zasolenie) ma wpływ na opłacalność realizacji inwestycji w duże, głębinowe elektrownie. Wody o wysokim zasoleniu powodują szybką korozję instalacji, co znacznie zwiększa koszty jej utrzymania. **W Polsce rzadko występują wody geotermalne o niskim zasoleniu.**

!!! **Nieprawidłowo przeprowadzone wiercenia otworów geotermalnych mogą stanowić zagrożenie dla środowiska.** Ryzyko związane jest przede wszystkim z zanieczyszczeniem wód powierzchniowych szkodliwymi związkami metali lub pierwiastków promieniotwórczych pochodzących z wnętrza Ziemi. Każde wiercenie musi być odpowiednio zabezpieczone, a wody odprowadzane z otworu muszą przejść proces oczyszczania.

!!! **Produkcja ciepła w pompach ciepła wiąże się ze zużyciem energii elektrycznej.** W Polsce, gdzie ponad 85% energii elektrycznej pochodzi z węgla, użytkowanie pomp ciepła nie może być uznawane za technologię w pełni bezemisyjną, chyba że dany budynek korzysta z energii wiatrowej lub słonecznej.

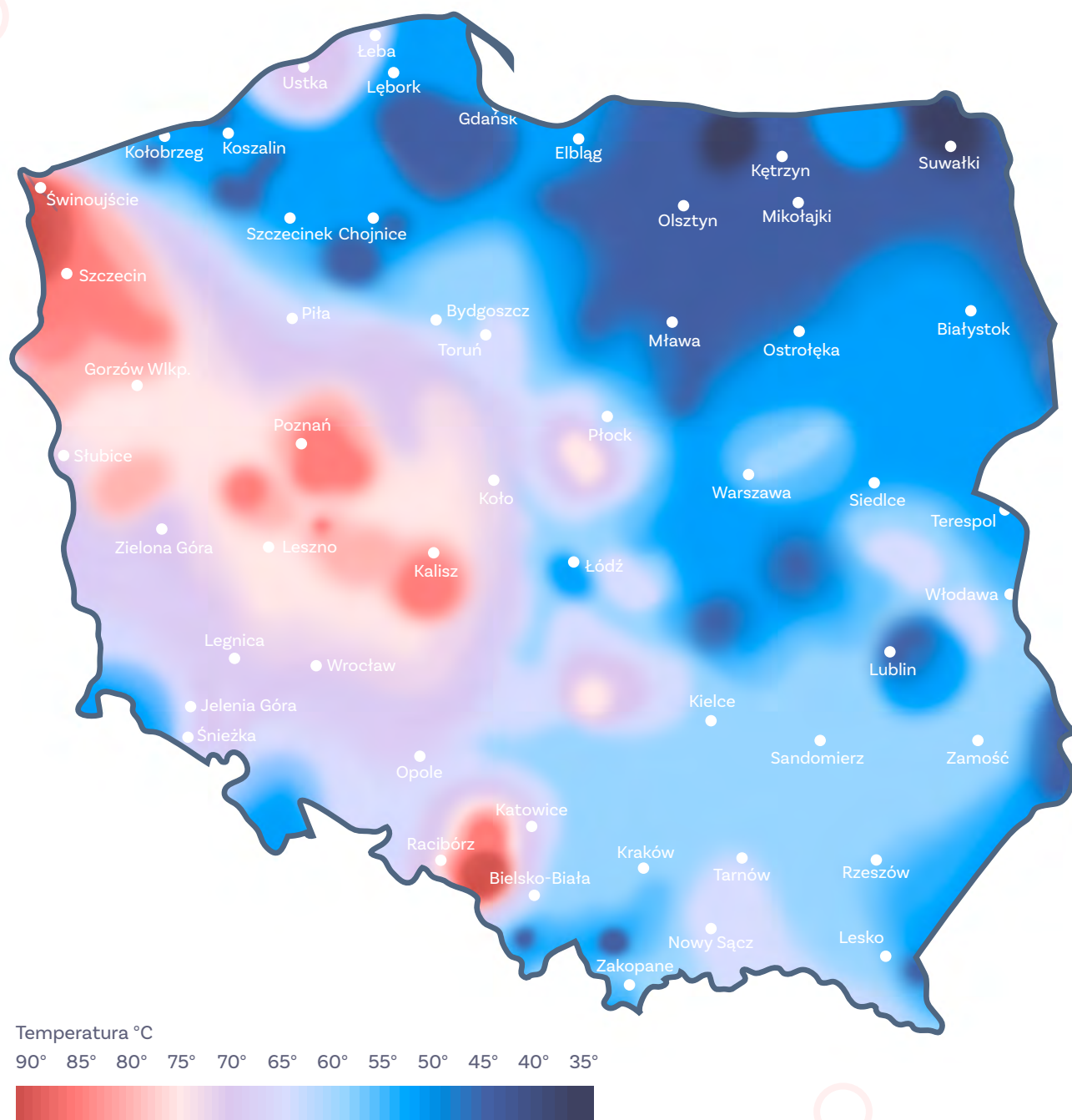
## Potencjał energetyki geotermalnej w Polsce

W Polsce występują zróżnicowane warunki dla rozwoju różnych form geotermii. Na terenie województwa wielkopolskiego i lubuskiego dopływ energii z głębi Ziemi umożliwia korzystne lokalizowanie instalacji geotermii głębokiej. Z kolei na obszarze rozciągającym się pomiędzy miastami takimi jak Szczecin, Poznań, Łódź, Warszawa,



Toruń i Bydgoszcz, a także na Podhalu, na dużych głębokościach występują potencjalnie korzystne do wykorzystania zasoby ciepłej wody geotermalnej. Ponadto, ze względu na inną zasadę działania, geotermia płytka (nisko-temperaturowa), czyli tzw. pompy ciepła, może być wykorzystywana w Polsce praktycznie na całym obszarze kraju.

### MAPA ROZKŁADU TEMPERATURY NA GŁĘBOKOŚCI 2 km



Ciepło Ziemi może dostarczyć 8-10% potrzebnej w Polsce energii, choć głównie do ogrzewania wody lub mieszkań. Aby uzyskać energię elektryczną z geotermii, temperatura pary wodnej musi być wyższa niż 250°C. Niestety, wody o takiej temperaturze w Polsce dotychczas nie zostały odkryte, co widoczne jest na powyższej mapie.

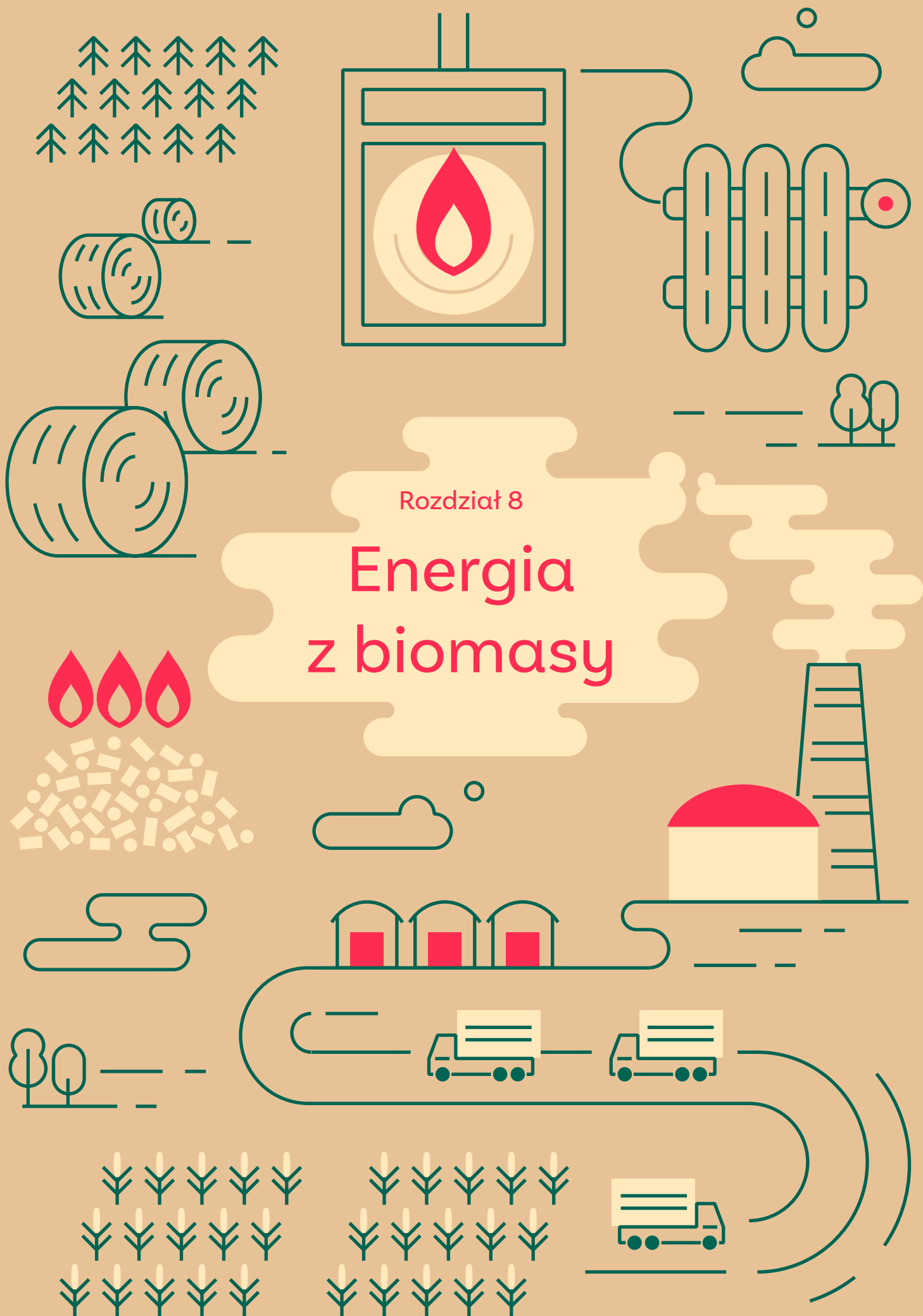
**Ciekawostki***Fot. vichie81 / Adobe Stock*

*Islandia to kraj, który wykorzystuje najwięcej energii geotermalnej na świecie. Działa tam pięć dużych elektrowni geotermalnych, które dostarczają ponad 25% krajowej produkcji energii elektrycznej<sup>12</sup>. Dodatkowo gorąca woda ogrzewa blisko 87% budynków w kraju.*

12. Islandzka Krajowa Agencja Energetyczna, 2016 ([www.nea.is](http://www.nea.is)).

Rozdział 8

# Energia z biomasy








## Rozdział 8

# Energia z biomasy

Rośliny, odpady roślinne lub zwierzęce zwane są biomasą. Biomase w formie nieprzetworzonej możemy spalać, uzyskując z niej energię cieplną. W ten sposób ludzie wykorzystywali drewno od wielu tysięcy lat. Biomasa może służyć także do wytworzenia biopaliw. Powstają one z przetworzenia produktów organizmów roślinnych, zwierzęcych lub mikroorganizmów.

### Wyróżnia się biopaliwa:

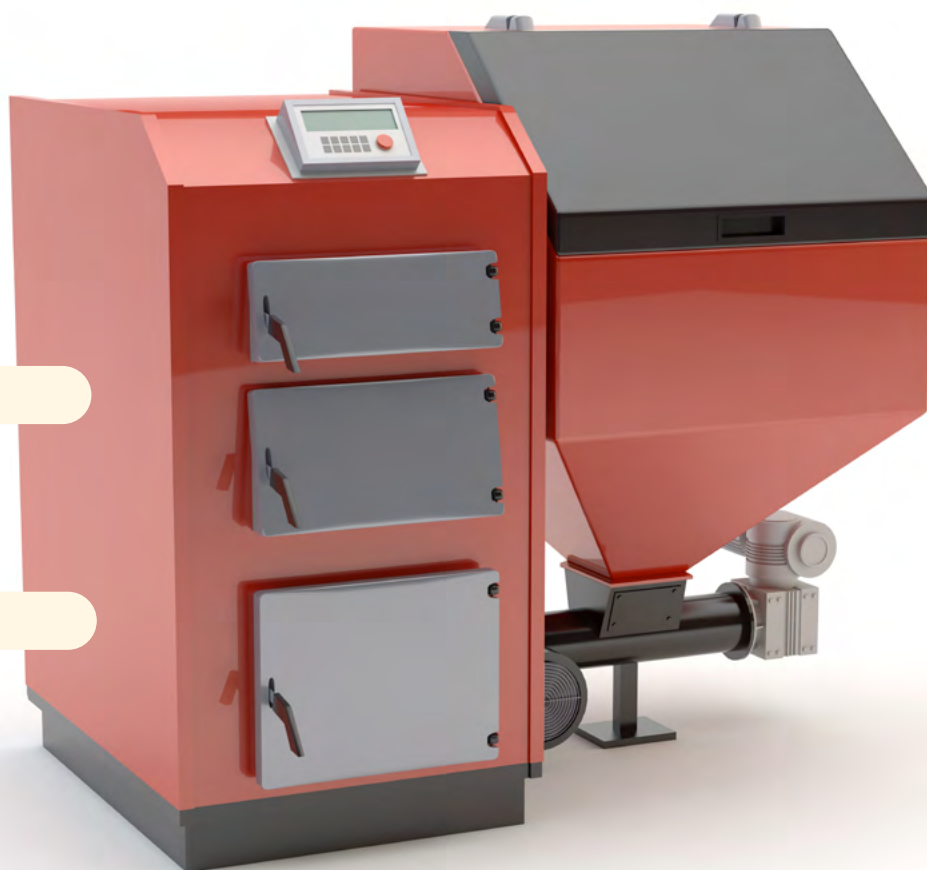
-  stałe, np. zrębki drzewne, pellet, czyli sprasowane trociny z drewna, bele słomy
-  płynne, np. etanol lub estryfikowane oleje roślinne
-  gazowe, np. biogaz lub gaz drzewny



1. Zakład produkcji bioetanolu
2. Pellet
3. Zbiornik biogazu

Biomasa i biopaliwa teoretycznie nie przyczyniają się do wzmocnienia efektu cieplarnianego. Dlaczego teoretycznie? Rośliny, gdy rosną, wyłapują dwutlenek węgla z powietrza i wytwarzają z niego materiał do budowy swoich tkanek. Kiedy rośliny się palą, dwutlenek węgla uwalniany jest ponownie do atmosfery. **Tylko jeśli wychwycimy równoważną ilość dwutlenku węgla z powietrza poprzez zasadzenie i wzrost nowych roślin, spalanie biomasy nie wzmocni efektu cieplarnianego.**

Biomasa lub biopaliwo może służyć do wytwarzania zarówno ciepła, jak i energii elektrycznej w mniej lub bardziej skomplikowanych układach **kotłów, pieców** czy też **silników na biomasę lub biopaliwo**. Zwykle w warunkach domowych biomasa stosowana jest jako paliwo w niewielkim piecu lub kominku, z którego płomień ogrzewa bezpośrednio powietrze lub wodę. Część biomasy może być przetworzona w procesie fermentacji w biogaz lub nawóz mineralny. Fermentację tę prowadzi się w specjalnych instalacjach, tzw. **biogazowniach**. Biogaz może być też pozyskany z oczyszczalni ścieków lub wysypisk odpadów.



Rys. kange\_one / Adobe Stock

Piec na biomasę





Fot. LiāneM / Adobe Stock

### Biogazownia






Biomasę lub biopaliwo wykorzystuje się także w dużych instalacjach energetycznych. Działają one bardzo podobnie jak duże elektrownie konwencjonalne (na węgiel), z tą jednak różnicą, że paliwem jest biomasa. Ze względu na konieczność transportu biomasy na duże odległości oraz wpływ plantacji roślin energetycznych na sposób użytkowania gruntów (np. karczowanie lasów pod plantacje roślin energetycznych) rozwiązanie to uznaje się za kontrowersyjne z punktu widzenia ochrony klimatu. Trudno jest też zbilansować spaloną w dużej instalacji biomasę oraz paliwo potrzebne do jej transportu taką samą ilością nowych sadzonek drzew lub innych roślin.





Biogaz swoim składem w niewielkim stopniu odbiega od składu gazu ziemnego. Głównym składnikiem tych gazów jest metan. Biogaz z powodzeniem jest wykorzystywany w zwykłych piecach gazowych lub w przystosowanych do jego spalania kotłach wytwarzających ciepło lub energię elektryczną.



## Zalety i wady energetyki opartej na biomasie

Zalety:

-  Zastosowanie biomasy przyczynia się do zmniejszenia zużycia paliw kopalnych.
-  W procesie spalania biopaliw lub biogazu powstają niższe ilości zanieczyszczeń, tj. pyłów, tlenków azotu w porównaniu z wykorzystaniem paliw konwencjonalnych.
-  Wykorzystanie biomasy wpływa na rozwój lokalnych gospodarek i przyczynia się do aktywizacji obszarów wiejskich poprzez tworzenie dodatkowych miejsc pracy poza rolnictwem.
-  Przetwarzanie biomasy na biogaz może również stanowić rozwiązanie uciążliwego problemu zagospodarowania odpadów z rolnictwa i przetwórstwa spożywczego. Odpady rolnicze i spożywcze mogą być wykorzystywane do produkcji biogazu.
-  W procesie produkcji biopaliw i biogazu powstaje osad, który może być wykorzystywany jako nawóz naturalny.

Wady:

-  Wykorzystanie biomasy w niskosprawnych kotłach czy kominkach prowadzi do **wzrostu zanieczyszczenia powietrza**.
-  Produkcja biomasy do celów energetycznych, w tym także przetwarzanie w biogaz czy biopaliwo, może stanowić konkurencję dla produkcji żywności i pasz dla zwierząt oraz dla ekosystemów leśnych. Do celów energetycznych mogą być wykorzystane m.in. niektóre ziarna zbóż, pojawia się więc **problem zajmowania przestrzeni rolniczej potrzebnej do produkcji żywności**.

-  Intensyfikacja upraw na potrzeby wytwarzania biomasy, przy braku działań na rzecz zrównoważonego rozwoju, może przyczyniać się m.in. do zwiększenia **zapotrzebowania na energię, wodę i wykorzystania nawozów sztucznych w rolnictwie** oraz do **wyjaławienia gleb, karczowania lasów, niszczenia torfowisk** itp.
-  Uprawy biomasy mogą prowadzić także do tworzenia monokultur, a tym samym do ubożenia różnorodności biologicznej i walorów krajobrazowych.
-  Negatywne oddziaływanie może się też wiązać z **uciążliwością zapachową biogazowni**. Jest to powodowane głównie przyjęciem substratu do biogazowni (np. obornika, nawozu kurzego) i ogranicza się zwykle do najbliższego sąsiedztwa instalacji. Specyfika procesu fermentacji wymaga, aby zbiorniki w biogazowniach były hermetyczne, co eliminuje emisję odorów na etapie wytwarzania biogazu.

## Potencjał energii z biomasy w Polsce

Ile biomasy możemy bezpiecznie wykorzystać w Polsce? Okazuje się, że dość dużo. Potencjał oparty wyłącznie na wykorzystaniu odpadów roślinnych z rolnictwa, sadownictwa oraz drzewnych z leśnictwa i przemysłu drzewnego szacuje się na ok. 600 PJ rocznie. Gdyby zużyć wszystko do produkcji energii elektrycznej, **zaspokoilibyśmy potrzeby Polski w 16–21%**. A są jeszcze w Polsce dodatkowe możliwości pozyskania roślin do celów energetycznych, m.in. poprzez znacznie lepsze wykorzystanie gruntów rolnych. Trzeba jednak pamiętać, że **potencjał biomasy musi być wykorzystywany w sposób zrównoważony, a spalanie tego surowca w dużych instalacjach niesie za sobą negatywne skutki dla środowiska**. Poza tym zapotrzebowanie na ten surowiec wykazują też inne sektory gospodarki, takie jak **przemysł drzewny, meblarski** czy **papierniczy**. W związku z tym **biomasa powinna być pozyskiwana lokalnie oraz wykorzystywana w małych instalacjach i mikroinstalacjach**.



Rozdział 9

# Współpraca OZE z siecią



## Rozdział 9

# Współpraca odnawialnych źródeł energii z siecią ciepłą i elektroenergetyczną



Fot. freedom\_naruk / Adobe Stock



Fot. theyok / Adobe Stock

Wspólną cechą energetyki wiatrowej i słonecznej jest to, że nie zawsze możemy uzyskać z nich taką ilość energii, jakiej akurat w danym momencie potrzebujemy. Słońce świeci zawsze, ale w poszczególnych częściach Ziemi raz jest noc, a raz dzień. Wiatr nie zawsze osiąga prędkość, która umożliwia produkcję energii elektrycznej. W związku z tym wykorzystanie wiatru i słońca wymaga dodatkowego **wsparcia technicznego**, jeśli chcemy je wykorzystywać w sieciach ciepłych lub elektroenergetycznych. Sieci energetyczne, w których takie wsparcie działa, nazywamy **sieciami inteligentnymi**.

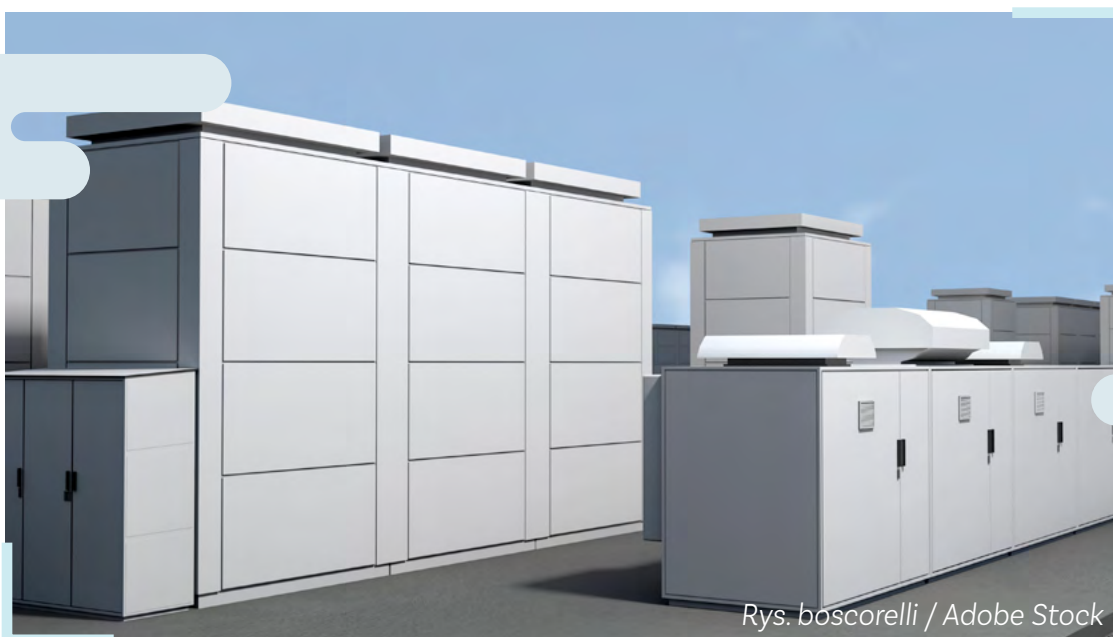
W sieciach ciepłych i elektroenergetycznych muszą być utrzymane minimalne wartości wybranych parametrów ciepła lub prądu. **W przypadku ciepła są to ciśnienie i temperatura pary w sieci, w przypadku energii elektrycznej – napięcie i natężenie prądu.** Jeśli jedno źródło ciepła lub energii elektrycznej w sieci przestaje działać, konieczny jest pobór większej ilości energii z innych źródeł, **by utrzymać te parametry w określonych wartościach**. Za regulację tych parametrów odpowiada **centrum sterowania siecią**. Są trzy różne rodzaje sieci elektroenergetycznej, które różnią się parametrem napięcia prądu, tzn. sieci wysokiego, średniego i niskiego napięcia. Połączenia pomiędzy tymi sieciami to **transformatory**, które zmieniają



napięcie prądu. Różne elektrownie oddają energię do sieci, ale w gniazdku elektrycznym nie można ze 100% pewnością zidentyfikować, z jakiej elektrowni pochodzi, chyba że daną sieć zasila tylko jedna elektrownia.

W przypadku funkcjonowania w sieci instalacji słonecznych i wiatrowych trzeba zapewnić **rezerwową energię** wykorzystywaną w sytuacji, kiedy w danej chwili nie możemy pozyskać energii ani ze słońca, ani z wiatru. Podstawowym rodzajem takiego wsparcia jest funkcjonowanie w sieci takich instalacji, które można szybko uruchomić. Dobrym uzupełnieniem mogą więc być instalacje wykorzystujące odnawialne źródła energii, takie jak biopaliwa, biogaz czy energię przepływu wody. Dostarczają one energię do sieci w sposób ciągły lub mogą być na żądanie centrum sterowania szybko uruchomione, aby wyprodukować brakującą energię.

Czasem instalacje wiatrowe i słoneczne produkują tyle energii, że nie jest ona w wystarczającym stopniu zużywana. Stwarza to konieczność instalowania dodatkowych urządzeń w sieci ciepłej lub elektroenergetycznej. To **magazyny energii**, które mogą zarówno gromadzić nadwyżkę energii, jak i dostarczać ją do sieci, kiedy będzie ona potrzebna. Magazyny stwarzają możliwość wykorzystania energii z wiatru i słońca z opóźnieniem i pomagają utrzymać parametry sieci ciepłych lub elektroenergetycznych na właściwym poziomie. Nadwyżkę energii wyprodukowanej z wiatru czy słońca można także przesłać siecią elektroenergetyczną do miejsc, gdzie aktualnie energii jest mniej, niż potrzeba.



Rys. boscorelli / Adobe Stock

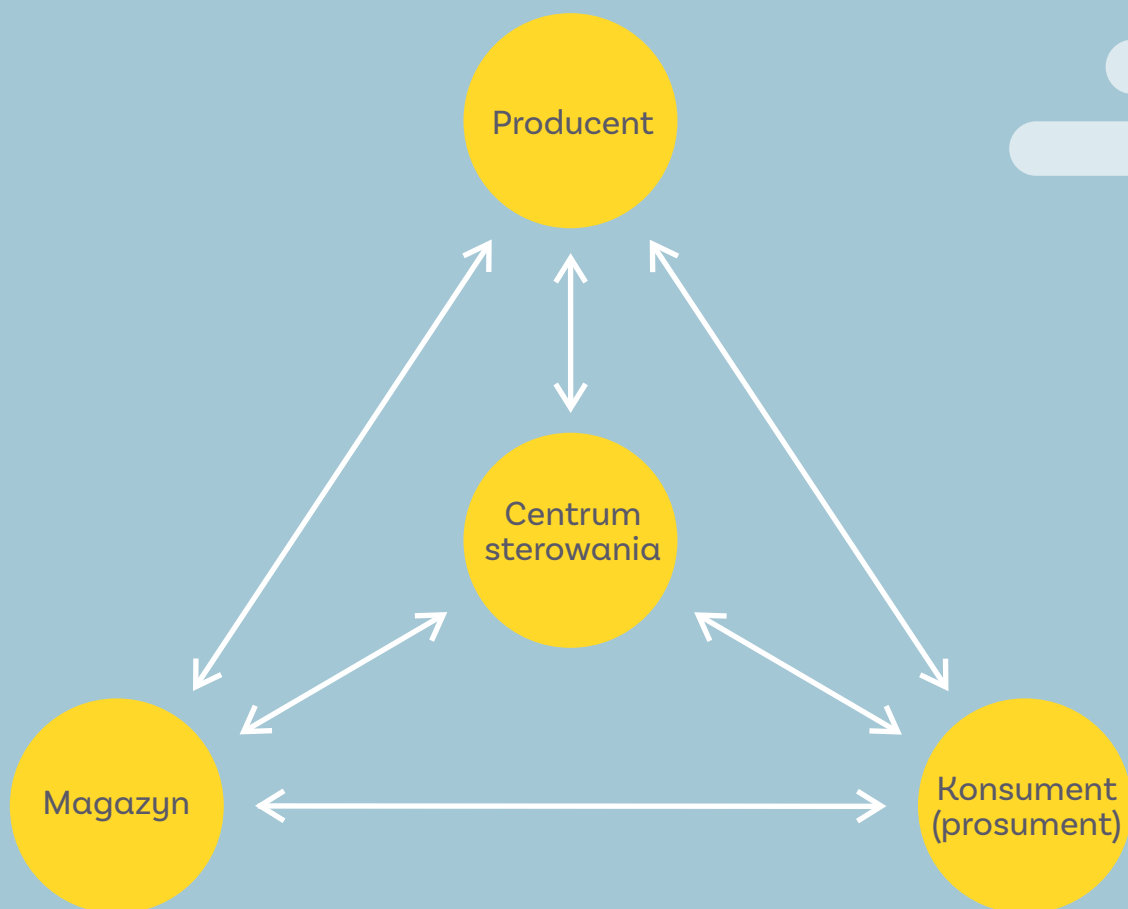
Magazyny energii

Warto także pamiętać, że w obu rodzajach sieci (ciepłej i elektroenergetycznej) wartości wspomnianych wcześniej parametrów spadają **wraz z oddalaniem się od źródła ciepła lub energii elektrycznej**. Pojedyncza instalacja wykorzystująca odnawialne źródło energii zwykle produkuje mniejsze ilości energii elektrycznej niż duża elektrownia na węgiel. Instalacje wiatrowe, słoneczne, wodne lub biogazownie często powstają w miejscach oddalonych od dużych elektrowni – tam, gdzie trudniej jest utrzymać odpowiednie parametry w sieci energetycznej lub ciepłej. Obecność tak zlokalizowanych instalacji OZE może korzystnie wpływać na utrzymanie parametrów sieci ciepłej lub elektrycznej. Może zmniejszyć to np. liczbę przerw w dostawach prądu w ciągu roku.

Instalacje odnawialnych źródeł energii mogą być budowane nie tylko przez duże firmy energetyczne, ale też przez małe firmy i osoby prywatne, które dotychczas były jedynie odbiorcami energii z sieci – jej konsumentami. Dzięki małym instalacjom i mikroinstalacjom OZE sposób korzystania z sieci przez konsumentów się zmienia: będą oni zużywać mniej energii lub nawet ją produkować. O takich osobach i małych firmach często mówi się, że są prosumentami. **Prosument** to ktoś, kto nie tylko konsumuje energię, lecz także ją produkuje – przy czym za prosumenta uznajemy osobę czy firmę wykorzystującą niewielkie instalacje z myślą o zaspokojeniu głównie własnych potrzeb energetycznych.

Prosumentów w mniejszym stopniu dotyczą wyłączenia prądu w sieci, ponieważ mają własne źródło energii. Nie grozi im także brak prądu, gdy nie wieje wiatr lub nie świeci słońce, bo mogą wtedy pobierać energię z sieci. Problem pojawia się tylko wtedy, gdy jednocześnie zawiedzie zarówno sieć, jak i własna instalacja OZE, ale może on być rozwiązany poprzez wykorzystanie niewielkiego magazynu prądu, np. baterii. Tym samym prosumenci, przynajmniej częściowo, zwiększają **bezpieczeństwo dostaw energii do swojego domu**, tzw. **bezpieczeństwo energetyczne**. Przy dużym udziale prosumentów w ilości produkowanej energii w skali kraju możemy mówić o **energetyce obywatelskiej**. Poprzez zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego pojedynczych odbiorców energii elektrycznej i możliwość oddawania przez nich energii do sieci zwiększa się także bezpieczeństwo energetyczne całego kraju.

## SCHEMAT SIECI INTELIGENTNEJ



Inteligentna sieć elektroenergetyczna łączy producentów, prosumentów oraz magazyny energii. Połączona jest ona z siecią informacyjną, która pozwala przesyłać informacje o stanie sieci oraz gotowości producentów, prosumentów i magazynów od odbioru lub oddania energii do sieci.



**Dlaczego  
słońce, woda  
i wiatr, ciepło  
ziemi i biomasa  
definiowane są  
jako odnawialne  
źródła energii,  
a węgiel nie?  
(Co to jest  
odnawialne  
źródło energii?)**

**Czy kolektor  
słoneczny  
lub ogniwo  
fotowoltaiczne  
działają, gdy nie  
ma słońca?**

## Odpowiedzi na najczęściej zadawane pytania

Słońce, woda i wiatr, ciepło ziemi i biomasa to odnawialne źródła energii, ponieważ czerpanie z nich energii nie powoduje uszczuplenia ilości zasobów dostępnych dla człowieka na Ziemi. Wykorzystanie ogniw fotowoltaicznych nie powoduje, że słońce przestaje świecić. Elektrownia wodna nie powoduje, że woda w rzekach przestaje płynąć. Siłownia wiatrowa nie ogranicza ilości dostępnego wiatru. Tymczasem węgiel kamienny, brunatny, ropa naftowa czy gaz ziemny występują na Ziemi w ograniczonych ilościach. Każde eksploatowane przez człowieka złożę kiedyś się wyczerpie i nie będzie mogło być odnowione, bo warunki panujące obecnie na Ziemi są inne od tych, które panowały w czasie powstawania tych zasobów. Ponadto surowce energetyczne takie jak paliwa kopalne powstają w procesach trwających wiele milionów lat.

Kolektor słoneczny służy do podgrzewania wody przez energię słoneczną i zasadniczo nie jest w stanie działać (podgrzać wody) w momencie, gdy nie padają nań bezpośrednio promienie słońca. Ogniwo fotowoltaiczne służące do produkcji prądu może działać nawet przy rozproszonym świetle, np. gdy słońce jest schowane za chmurami, lub sztucznym świetle, jednak produkuje wtedy mniej energii elektrycznej. Rozwijane są technologie, które



**Skąd wziąć  
czystą energię  
w nocy, skoro  
wtedy słońce  
nie świeci?**

zwiększą wykorzystanie promieni słonecznych w pochmurne dni. Aby ograniczyć efekty zmniejszonej produkcji energii przy rozproszonym świetle, rozwijane są technologie jej magazynowania.

Energii ze słońca nie możemy produkować nocą. Aby zapewnić energię elektryczną ze słońca w nocy, trzeba zgromadzić nadmiar energii wyprodukowanej w ciągu dnia w magazynach energii, np. bateriach, akumulatorach. Nocą można produkować energię z innych źródeł odnawialnych, np. wiatru, wody, biogazu lub biomasy.

Instalacje słoneczne to systemy całoroczne. Trzeba jednak pamiętać, że ich wydajność jest w dużej mierze uzależniona od stopnia nasłonecznienia. Oznacza to, że instalacje słoneczne będą miały inną wydajność latem, a inną – zimą.

**Skąd wziąć  
energię ze źródeł  
odnawialnych,  
gdy nie wieje  
wiatr?**

Nie można uzyskać energii z wiatru, kiedy powietrze się nie porusza lub gdy prędkość wiatru jest zbyt duża, np. podczas huraganu. Wtedy można wykorzystać energię pochodzącą z wiatru, którą wyprodukowano wcześniej i zgromadzono w akumulatorach lub innych magazynach energii albo wykorzystać energię elektryczną z innych źródeł odnawialnych. Przykładowo, w upalny dzień zwykle nie wieje wiatr, ale słońce silnie świeci. Istnieje także możliwość przesyłu energii z innych, bardziej odległych miejsc, gdzie wiatr akurat wieje.



**Czy produkcja energii z OZE ma wady? Jakież?**

Wpływ rozwoju odnawialnych źródeł energii na środowisko jest inny w przypadku różnych instalacji produkujących energię. Siłownie wiatrowe mogą powodować nadmierny hałas, a także drgania niesłyszalne dla ludzi (tzw. infradźwięki). Z kolei w przypadku niewłaściwej lokalizacji turbiny ptaki i nietoperze mogą wpaść w łopaty wiatraka. Elektrownie słoneczne postawione na gruncie zacierają miejsce, które mogłoby być dostępne dla roślin. Do produkcji wiatraków i instalacji słonecznych wykorzystywane są metale ziem rzadkich. Metale te są trudno dostępne i mogą wymagać tworzenia kopalń, które znacznie przekształcają środowisko. Elektrownie wodne zakłócają stosunki wodne w rzekach i mogą być przyczyną zmniejszenia się liczebności ryb wędrownych. Z kolei biogazownie mogą emitować nieprzyjemne zapachy. Więcej o różnych wadach przeczytać można w części merytorycznej podręcznika. Należy jednak przy tym pamiętać, że te wady są dużo mniej niebezpieczne niż zagrożenia związane ze spalaniem paliw kopalnych, takich jak węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa czy gaz ziemny lub zagrożenia związane z uszkodzeniem elektrowni jądrowej i skażeniem środowiska związkami radioaktywnymi.

**Dlaczego wykorzystywanie OZE jest bardziej korzystne od produkcji energii ze źródeł konwencjonalnych?**

Obecnie największym zagrożeniem ekologicznym dla środowiska i życia człowieka jest zmiana klimatu i związane z nią globalne ocieplenie. Zmiana klimatu jest powodowana przez gromadzące się w nadmiarze w atmosferze gazy cieplarniane, które emitowane są przy spalaniu paliw konwencjonalnych, takich jak węgiel, ropa czy



**Czy wykorzy-  
stanie energii ze  
słońca jest  
opłacalne w kraju  
o takim klimacie  
jak Polska?**

## Odpowiedzi na najczęściej zadawane pytania

gaz ziemny. Innym zagrożeniem pochodzącym ze spalania paliw kopalnych jest zanieczyszczenie powietrza szkodliwymi substancjami np. tlenkiem węgla, dwutlenkiem siarki, tlenkiem azotu oraz pyłami i popiołami. Mogą one powodować choroby płuc, serca oraz nowotwory. Odnawialne źródła energii nie powodują emisji gazów cieplarnianych ani szkodliwych pyłów i gazów (za wyjątkiem biomasy), co jest ich główną zaletą w porównaniu do paliw konwencjonalnych.

Elektrownie konwencjonalne, zarówno węglowe, jak i atomowe, w procesach produkcji energii potrzebują dużej ilości wody do chłodzenia. Woda wykorzystywana w elektrowniach może ulec skażeniu radioaktywnemu lub chemicznemu. Wody tej może też być po prostu za mało, aby bezpiecznie można było ją wykorzystać zarówno w elektrowni, jak i w lokalnym ekosystemie oraz przez lokalną społeczność wokół elektrowni. Odnawialne źródła energii w większości nie mają wpływu na jakość wody.

Ponadto odnawialne źródła energii wykorzystywane są w mniejszych instalacjach niż duże elektrownie konwencjonalne. Mniejsze instalacje nie są zwykle tak uciążliwe dla lokalnego środowiska jak duże elektrownie.

Tak! Gdy mamy odpowiednią instalację, to z energii słonecznej możemy korzystać za darmo. Ponadto wykorzystanie energii słonecznej nie powoduje zanieczyszczenia powietrza będącego przyczyną wielu chorób układu oddechowego i serca.

## Źródła wiedzy

Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju, Instytut Energetyki Odnawialnej, *Zielona Energia – broszura projektu „Z energetyką przyjazną środowisku za Pan Brat”*, Warszawa 2011 [[http://www.ine-isd.org.pl/theme/UploadFiles/File/publikacje/broszury/10\\_zielona\\_energia\\_screen.pdf](http://www.ine-isd.org.pl/theme/UploadFiles/File/publikacje/broszury/10_zielona_energia_screen.pdf)]

Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju, *Biogazownia – przemysłany wybór, Co powinien wiedzieć każdy obywatel?*, Warszawa 2013 [[http://old.chronmyklimat.pl/theme/UploadFiles/File/biogazownia/Broszury/Biogazownia\\_dla\\_obywatela\\_www.pdf](http://old.chronmyklimat.pl/theme/UploadFiles/File/biogazownia/Broszury/Biogazownia_dla_obywatela_www.pdf)]

Główny Urząd Statystyczny, *Energia ze źródeł odnawialnych w 2014 roku*, Warszawa 2015 [[http://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/3/9/1/energia\\_ze\\_zrodel\\_odnawialnych\\_w\\_2014\\_roku.pdf](http://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/3/9/1/energia_ze_zrodel_odnawialnych_w_2014_roku.pdf)]

Monique Hoogwijk, Wina Graus, *Global Potential of Renewable Energy Sources: a literature assessment – background paper*, Ecofys, 2008 [[https://www.researchgate.net/profile/Wina\\_Crijns-Graus/publication/237576106\\_Global\\_Potential\\_of\\_Renewable\\_Energy\\_Sources\\_a\\_Literature\\_Assessment/links/0deec52f89ed07b2b9000000.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Wina_Crijns-Graus/publication/237576106_Global_Potential_of_Renewable_Energy_Sources_a_Literature_Assessment/links/0deec52f89ed07b2b9000000.pdf?origin=publication_detail)]

Andrzej Kapel, Mateusz Ciechanowski, Radosław Jaros, *Wytyczne dotyczące oceny oddziaływania elektrowni wiatrowych na nietoperze*, GDOŚ, Warszawa 2011 [[http://www.ekoefekt.pl/dokumenty/dokument\\_29.pdf](http://www.ekoefekt.pl/dokumenty/dokument_29.pdf)]

Svetlana Landai, Johan Vinterback, *Global Potential of Sustainable Biomass for Energy*, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala 2009 [[http://www.worldbioenergy.org/sites/default/files/WBA\\_Global%20Potential.pdf](http://www.worldbioenergy.org/sites/default/files/WBA_Global%20Potential.pdf)]

Krzysztof Nalepa, Wojciech Miąskowski, Paweł Pietkiewicz, Janusz Piechocki, Piotr Bogacz, *Poradnik małej energetyki wiatrowej*, Warmińsko-Mazurska Agencja Energii Odnawialnej, Olsztyn 2011 [[http://www.wmae.pl/userfiles/file/Aktualnosci/poradnik\\_a5.pdf](http://www.wmae.pl/userfiles/file/Aktualnosci/poradnik_a5.pdf)]

REN21, *Renewables 2016 – Global Status Report*, REN21 Secretariat, Paryż 2016 [[http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR\\_2016\\_Full\\_Report\\_lowres.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR_2016_Full_Report_lowres.pdf)]

Maciej Stryjecki, Krzysztof Mielniczuk, *Wytyczne w zakresie prognozowania oddziaływań na środowisko farm wiatrowych*, GDOŚ, Warszawa 2011 [<http://www.fnez.pl/upload/File/Wytyczne.pdf>]

Bogdan Szymański, Elżbieta Gierek, Krzysztof Kus, Piotr Draus, Wiktor Tabak i inni, *Prezentacja multimedialna na temat odnawialnych źródeł energii*, Fundacja Wspierania Inicjatyw Ekologicznych, 2011 [<http://www.zielonaenergia.eco.pl/>]

Urząd Regulacji Energetyki – mapa odnawialnych źródeł energii [[www.ure.gov.pl](http://www.ure.gov.pl)]

Grzegorz Wiśniewski (red.), *Morski wiatr kontra atom*, Greenpeace, Warszawa 2011 [<http://www.greenpeace.org/poland/PageFiles/351920/morski-wiatr-kontra-atom.pdf>]

Grzegorz Wiśniewski (red.), *(R)ewolucja energetyczna dla Polski. Scenariusz zaopatrzenia Polski w czyste nośniki energii w perspektywie długookresowej*, Greenpeace Polska, Warszawa 2013 [[http://www.greenpeace.org/poland/PageFiles/559373/Greenpeace\\_Rewolucja\\_Energetyczna.pdf](http://www.greenpeace.org/poland/PageFiles/559373/Greenpeace_Rewolucja_Energetyczna.pdf), dostęp]

Elwira Żmudzka, *Zmienność czasowa i zróżnicowanie przestrzenne podstawowych elementów klimatu w wybranych punktach pomiarowych na terenie Warszawy (1981–2014)*. Opracowanie na zlecenie Fundacji Instytut na rzecz Ekorozwoju w ramach projektu ADAPTCITY. Warszawa 2015.

Publikacja pod redakcją: dr Wojciech Szymalski,  
Aleksandra Stępnia, Agata Golec

Redakcja: Anna Ogniewska, Anna Meres, Izabela Urbańska

Ilustracje, projekt i skład: Zuzanna Szczepaniak

Październik 2017

## GREENPEACE

Greenpeace to międzynarodowa organizacja pozarządowa,  
działająca na rzecz ochrony środowiska naturalnego.

Organizacja koncentruje swoje działania na najbardziej  
istotnych, zarówno globalnych jak i lokalnych,  
zagrożeniach dla bioróżnorodności i środowiska.

Aby zachować swoją niezależność, organizacja nie przyjmuje  
dotacji od rządów, partii politycznych i korporacji. Działania  
finansowane są dzięki wsparciu indywidualnych darczyńców.

W Polsce Greenpeace działa od 2004 roku.

Siedziba biura znajduje się w Warszawie.

Fundacja Greenpeace Polska  
ul. Altowa 4, 02-386 Warszawa  
[www.greenpeace.pl](http://www.greenpeace.pl)