



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

„ODNAWIALNE I NIEODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII”

rozwiniecie

Spis treści

Wstęp	4
Znaczenie energii w życiu człowieka.....	4
Podstawowe pojęcia związane z energią	4
Definicja energii	4
Podział źródeł energii.....	5
Pojęcia: zrównoważony rozwój, efektywność energetyczna	5
Odnawialne źródła energii (OZE)	6
Charakterystyka i cechy OZE.....	6
Energia słoneczna	6
Energia wiatru	7
Energia wodna	8
Energia geotermalna.....	8
Biomasa.....	9
Zalety i wady odnawialnych źródeł energii	9
Nieodnawialne źródła energii.....	10
Charakterystyka paliw kopalnych.....	10
Węgiel.....	10
Ropa naftowa.....	11
Gaz ziemny.....	11
Energia jądrowa	12
Wpływ nieodnawialnych źródeł energii na środowisko.....	13
Porównanie odnawialnych i nieodnawialnych źródeł energii	13
Koszty pozyskiwania i eksploatacji	13
Wydajność i stabilność dostaw	14
Aspekty ekologiczne	14
Dostępność i lokalizacja.....	15
Podsumowanie rozdziału:	16
Transformacja energetyczna i przyszłość energetyki	16
Polityki energetyczne i strategie Unii Europejskiej.....	17

2

Radland, 2025. Udostępniono na licencji **CC BY 4.0**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>, Projekt współfinansowany przez
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu FERS.03.01: Dostępność
szkolnictwa wyższego, „WSSiP rozwija dostępność dla ON”
(FERS.03.01-IP.08-001/23)



Trendy rozwoju OZE na świecie i w Polsce.....	17
Innowacje technologiczne i magazynowanie energii.....	18
Podsumowanie rozdziału	19
Wpływ energetyki na społeczeństwo i gospodarkę.....	19
Energetyka a jakość życia.....	20
Energetyka a zatrudnienie i rynek pracy	20
Wpływ energetyki na gospodarkę	21
Bezpieczeństwo energetyczne.....	21
Społeczne wyzwania transformacji energetycznej	22
Podsumowanie rozdziału	22
Wyzwania i zagrożenia związane z energią	23
Kryzys klimatyczny a energetyka	23
Wyczerpywanie się zasobów naturalnych.....	23
Geopolityka i zależność od surowców.....	24
Zagrożenia dla sieci energetycznych	24
Społeczne i polityczne konflikty wokół energetyki	25
Odpady i zagrożenia ekologiczne	25
Podsumowanie rozdziału	26
Przyszłość energetyki – scenariusze i prognozy	26
Scenariusz 1: Transformacja energetyczna na pełną skalę (scenariusz optymistyczny)	26
Scenariusz 2: Stopniowa adaptacja (scenariusz umiarkowany).....	27
Scenariusz 3: Kontynuacja obecnych trendów (scenariusz pesymistyczny)	28
Rola innowacji technologicznych	28
Prognozy dla Polski.....	29
Podsumowanie rozdziału	29
Podsumowanie	29
BIBLIOGRAFIA	31



Wstęp

Znaczenie energii w życiu człowieka

Energia odgrywa fundamentalną rolę w funkcjonowaniu współczesnego świata. To dzięki niej możliwa jest produkcja dóbr, transport, ogrzewanie domów, a także rozwój technologii i gospodarki. Wraz z postępowaniem cywilizacyjnym i rosnącym zapotrzebowaniem społeczeństw na energię, coraz większego znaczenia nabiera pytanie: skąd ją czerpać, aby zaspokoić potrzeby ludzi, nie niszcząc jednocześnie środowiska naturalnego?

W ciągu ostatnich dziesięcioleci ludzkość polegała głównie na nieodnawialnych źródłach energii, takich jak węgiel, ropa naftowa czy gaz ziemny. Ich eksploatacja doprowadziła jednak do poważnych konsekwencji ekologicznych, takich jak zanieczyszczenie powietrza, zmiany klimatu czy degradacja ekosystemów. W tym kontekście odnawialne źródła energii (OZE), czyli takie, które są niewyczerpywalne w skali ludzkiego życia, zyskują coraz większe znaczenie jako alternatywa dla paliw kopalnych.

Podstawowe pojęcia związane z energią

Definicja energii

Energia to zdolność do wykonania pracy. Jest wielkością fizyczną, która występuje w różnych formach – m.in. mechanicznej, cieplnej, elektrycznej, chemicznej czy jądrowej. W kontekście energetyki szczególnie istotna jest energia użytkowa, którą człowiek może wykorzystać do zaspokojenia swoich potrzeb – takich jak ogrzewanie budynków, zasilanie urządzeń, transport czy produkcja.

Zgodnie z zasadą zachowania energii, nie może ona zostać stworzona ani zniszczona – może jedynie zmieniać swoją formę. Na przykład energia chemiczna zawarta w paliwach kopalnych może zostać przekształcona w energię cieplną i elektryczną podczas spalania w elektrowni.



Podział źródeł energii

Źródła energii dzielimy przede wszystkim na dwie podstawowe grupy:

- **Odnawialne źródła energii (OZE)** – to źródła, które w sposób naturalny odnawiają się w krótkim czasie, są niewyczerpalne w skali życia człowieka. Należą do nich: energia słoneczna, wiatrowa, wodna, geotermalna oraz biomasa. Ich wykorzystywanie wiąże się z dużo mniejszym obciążeniem dla środowiska w porównaniu do paliw kopalnych.
- **Nieodnawialne źródła energii** – to źródła, których zasoby są ograniczone i powstają przez setki milionów lat. Zalicza się do nich: węgiel kamienny i brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny oraz uran wykorzystywany w energetyce jądrowej. Ich spalanie wiąże się z emisją gazów cieplarnianych i degradacją środowiska.

Podział ten ma fundamentalne znaczenie w kontekście planowania długoterminowej polityki energetycznej oraz walki z kryzysem klimatycznym.

Pojęcia: zrównoważony rozwój, efektywność energetyczna

Zrównoważony rozwój to koncepcja, według której potrzeby obecnych pokoleń powinny być zaspokajane w taki sposób, aby nie ograniczać możliwości przyszłych pokoleń do realizacji ich własnych potrzeb. W kontekście energetyki oznacza to konieczność wykorzystywania źródeł energii w sposób racjonalny, z poszanowaniem środowiska i zasobów naturalnych.

Efektywność energetyczna to stosunek uzyskanej energii użytecznej do energii pierwotnej zużytej do jej wytworzenia. Innymi słowy, chodzi o to, by zużywać jak najmniej energii przy zachowaniu tego samego efektu – np. ogrzewania, oświetlenia czy produkcji. Zwiększenie efektywności energetycznej jest jednym z najważniejszych elementów polityki energetycznej Unii Europejskiej i wielu innych krajów.



Odnawialne źródła energii (OZE)

Charakterystyka i cechy OZE

Odnawialne źródła energii (OZE) to źródła, które samoczynnie się odnawiają i nie ulegają wyczerpaniu w perspektywie ludzkiego życia. W przeciwieństwie do paliw kopalnych, których eksploatacja prowadzi do stopniowego zmniejszania się zasobów, OZE opierają się na naturalnych, nieustannie zachodzących procesach – takich jak promieniowanie słoneczne, ruch powietrza, obieg wody czy przemiany biologiczne.

Do najważniejszych cech OZE należą:

- **Niewyczerpalność** – energia słońca czy wiatru jest praktycznie nieograniczona w skali czasu istnienia cywilizacji ludzkiej.
- **Niska emisja gazów cieplarnianych** – OZE nie powodują (lub powodują bardzo niewielką) emisję CO₂ i innych zanieczyszczeń.
- **Bezpieczeństwo energetyczne** – lokalne źródła energii pozwalają uniezależnić się od importu paliw kopalnych.
- **Zmienność produkcji** – niektóre OZE (np. energia wiatru czy słońca) są uzależnione od warunków atmosferycznych, co wymaga stosowania systemów magazynowania energii lub rezerwowych źródeł.

Poniżej szczegółowo omówiono najważniejsze rodzaje odnawialnych źródeł energii.

Energia słoneczna

Energia słoneczna to jedna z najbardziej dostępnych i wszechstronnych form OZE.

Można ją wykorzystywać na dwa główne sposoby:

- **Fotowoltaika (PV)** – technologia polegająca na bezpośrednim przekształcaniu energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną przy użyciu ogniw fotowoltaicznych.



- **Kolektory słoneczne** – urządzenia służące do przetwarzania energii słonecznej na ciepło, wykorzystywane głównie do podgrzewania wody użytkowej.

Zalety energii słonecznej:

- czysta i niewyczerpalna,
- możliwa do zastosowania na dachach budynków (mikrogeneracja),
- niewielkie koszty eksploatacji po instalacji.

Wady:

- uzależnienie od nasłonecznienia (w Polsce średnio 1000–1100 kWh/m²/rok),
- wysokie koszty początkowe (choć systemy dotacji je obniżają),
- konieczność magazynowania energii lub połączenia z siecią

Energia wiatru

Energia wiatru powstaje na skutek ruchu powietrza, będącego efektem różnic temperatury i ciśnienia w atmosferze. Wykorzystywana jest przy pomocy turbin wiatrowych, które przekształcają energię kinetyczną wiatru w energię elektryczną.

Zalety:

- czysta i bezemisyjna produkcja energii,
- wysokie moce produkcyjne w sprzyjających warunkach,
- szybki rozwój technologii i obniżające się koszty.

Wady:

- hałas i ingerencja w krajobraz,
- zmienność wiatru i brak produkcji w okresach ciszy,
- możliwy wpływ na ptaki i nietoperze.



Energia wodna

Energia wodna (hydroenergetyka) to jedna z najstarszych form wykorzystywania energii odnawialnej. Polega na przekształceniu energii potencjalnej lub kinetycznej płynącej wody w energię elektryczną przy pomocy turbin wodnych.

Wyróżnia się:

- duże elektrownie wodne (tamy, zapory),
- małe elektrownie wodne (do 10 MW mocy),
- elektrownie pływowe i prądów morskich.

Zalety:

- wysoka sprawność i stabilność produkcji,
- możliwość magazynowania energii (zbiorniki),
- dodatkowe funkcje zapór (retencja wody, ochrona przed powodzią).

Wady:

- duża ingerencja w środowisko wodne i ekosystemy rzek,
- wysokie koszty budowy,
- ograniczona dostępność odpowiednich lokalizacji.

Energia geotermalna

Energia geotermalna pochodzi z wnętrza Ziemi – z naturalnego ciepła zgromadzonego w skałach i wodach gruntowych. Może być wykorzystywana do ogrzewania budynków, produkcji ciepłej wody oraz – w przypadku bardzo wysokich temperatur – do produkcji energii elektrycznej.

Zalety:

- niezależność od warunków pogodowych,
- stabilność i przewidywalność dostaw,



- możliwość wykorzystania lokalnego.

Wady:

- wysokie koszty wierceń i instalacji,
- ograniczona dostępność terenów z odpowiednim potencjałem,
- ryzyko emisji gazów i zanieczyszczeń z wnętrza ziemi.

Biomasa

Biomasa to materia organiczna pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, która może być wykorzystywana jako paliwo. Może występować w postaci:

- drewna i odpadów drzewnych,
- roślin energetycznych,
- odpadów rolniczych,
- biogazu i bioetanolu.

Zalety:

- możliwość zagospodarowania odpadów organicznych,
- niska emisja netto CO₂ (cykl węgla jest zamknięty),
- dostępność w wielu regionach.

Wady:

- emisja spalin przy spalaniu biomasy,
- konieczność transportu i magazynowania surowca,
- możliwa konkurencja z produkcją żywności (przy uprawach energetycznych).

Zalety i wady odnawialnych źródeł energii

Zalety OZE:

- redukcja emisji gazów cieplarnianych,



- niskie koszty eksploatacji (po inwestycji),
- zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego,
- możliwość rozwoju energetyki lokalnej.

Wady OZE:

- zależność od warunków pogodowych (w niektórych technologiach),
- wysokie koszty początkowe inwestycji,
- potrzeba rozbudowy infrastruktury i magazynowania energii.

Nieodnawialne źródła energii

Charakterystyka paliw kopalnych

Nieodnawialne źródła energii to takie, których zasoby są ograniczone i których odtworzenie w skali czasu ludzkiego życia jest niemożliwe. Głównymi przedstawicielami tej grupy są: węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny oraz uran wykorzystywany w energetyce jądrowej. Powstały one w wyniku długotrwałych procesów geologicznych trwających setki milionów lat.

Choć paliwa kopalne były podstawą rozwoju gospodarczego w XIX i XX wieku, ich intensywne wykorzystanie wiąże się z poważnymi problemami:

- emisją dwutlenku węgla i innych gazów cieplarnianych,
- zanieczyszczeniem powietrza i wód,
- degradacją środowiska naturalnego,
- ryzykiem geopolitycznym związanym z importem surowców.

Węgiel

Węgiel jest jednym z najstarszych i najpowszechniejszych źródeł energii. Wyróżnia się węgiel kamienny i brunatny. W Polsce odgrywa on nadal dużą rolę w miksie energetycznym.

Zalety:



- duża dostępność (szczególnie w Polsce),
- niskie koszty wydobycia (w porównaniu z innymi źródłami energii),
- stabilność dostaw i produkcji energii.

Wady:

- bardzo wysoka emisja CO₂ i pyłów,
- szkodliwy wpływ na zdrowie ludzi (smog),
- wyczerpywalność i konieczność kosztownej rekultywacji terenów pokopalnianych.

Ropa naftowa

Ropa naftowa to ciecz o pochodzeniu organicznym, z której pozyskuje się paliwa (benzyna, olej napędowy), tworzywa sztuczne i wiele innych produktów chemicznych. Jest podstawowym źródłem energii w transporcie.

Zalety:

- wysoka gęstość energetyczna,
- łatwość transportu i przetwarzania,
- ogromne znaczenie przemysłowe i gospodarcze.

Wady:

- silna zależność od importu (Polska nie posiada dużych złóż),
- emisje CO₂ i innych zanieczyszczeń przy spalaniu,
- ryzyko katastrof ekologicznych (np. wycieki ropy do morza),
- niestabilność cen na rynku światowym.

Gaz ziemny

Gaz ziemny to paliwo kopalne, które emituje mniej CO₂ niż węgiel czy ropa, dlatego często uważany jest za „paliwo przejściowe” w drodze do transformacji



energetycznej. Może być wykorzystywany w elektrociepłowniach, do ogrzewania domów, gotowania czy w przemyśle.

Zalety:

- niższa emisja CO₂ w porównaniu z węglem,
- wysoka sprawność spalania,
- szybka możliwość regulacji produkcji energii.

Wady:

- metan (główny składnik) jest bardzo silnym gazem cieplarnianym,
- uzależnienie od dostawców zewnętrznych (np. Rosji),
- wysokie koszty infrastruktury (gazociągi, terminale LNG)

Energia jądrowa

Energia jądrowa pochodzi z rozszczepienia jąder atomowych (głównie uranu-235). Proces ten uwalnia ogromne ilości energii, która zamieniana jest w energię elektryczną. Elektrownie jądrowe działają już w ponad 30 krajach na świecie. Polska dopiero planuje budowę pierwszej elektrowni atomowej.

Zalety:

- bardzo wysoka wydajność (dużo energii z małej ilości paliwa),
- brak emisji CO₂ podczas produkcji energii,
- stabilna, niezależna od warunków atmosferycznych produkcja.

Wady:

- wysokie koszty budowy i długi czas realizacji,
- problem składowania odpadów radioaktywnych,
- obawy społeczne związane z bezpieczeństwem (awarie: Czarnobyl, Fukushima),



- ryzyko wykorzystania technologii do celów militarnych.

Wpływ nieodnawialnych źródeł energii na środowisko

Eksploatacja i spalanie paliw kopalnych ma bardzo negatywny wpływ na środowisko.

Oto główne zagrożenia:

- **zmiany klimatu** – wynikające z emisji gazów cieplarnianych (CO₂, metan),
- **zanieczyszczenie powietrza** – smog, pyły zawieszone, tlenki siarki i azotu,
- **zanieczyszczenie wód i gleb** – w wyniku wycieków, odpadów przemysłowych,
- **degradacja krajobrazu** – szkody górnicze, zniszczenia pokopalniane,
- **utruty bioróżnorodności** – wynikające z zanieczyszczeń i zmian klimatycznych.

Porównanie odnawialnych i nieodnawialnych źródeł energii

Celem tego rozdziału jest zestawienie kluczowych cech, zalet i wad obu grup źródeł energii. Porównanie obejmuje czynniki ekonomiczne, techniczne, środowiskowe i społeczne, które wpływają na wybór źródeł energii w kontekście polityki energetycznej, bezpieczeństwa państw oraz ochrony klimatu.

Koszty pozyskiwania i eksploatacji

Odnawialne źródła energii:

- Koszty inwestycyjne (np. instalacja paneli PV, farmy wiatrowej) są zazwyczaj wysokie, ale systematycznie spadają.
- Koszty eksploatacji są niskie – brak konieczności zakupu paliwa, niewielka liczba części ruchomych.
- W wielu krajach stosowane są dotacje, ulgi i programy wsparcia (np. „Mój Prąd” w Polsce).

Nieodnawialne źródła energii:



- Koszty inwestycyjne mogą być niższe (np. budowa elektrowni węglowej), ale rosnące wymagania środowiskowe i emisje powodują wzrost kosztów operacyjnych.
- Konieczność ciągłego zakupu surowców (węgla, ropy, gazu).
- Duże wahania cen paliw na rynkach światowych, co wpływa na niestabilność ekonomiczną.

Wniosek: OZE są bardziej opłacalne w długiej perspektywie, mimo wyższych kosztów początkowych.

Wydajność i stabilność dostaw

OZE:

- Zależność od warunków atmosferycznych (słońce, wiatr) sprawia, że niektóre źródła są mniej stabilne.
- Konieczność stosowania systemów magazynowania energii (np. baterie litowo-jonowe, elektrownie szczytowo-pompowe).
- Energia wodna i geotermalna cechują się większą przewidywalnością.

Nieodnawialne źródła:

- Duża stabilność i przewidywalność dostaw energii.
- Elektrownie węglowe i gazowe mogą pracować w sposób ciągły i reagować na zmiany zapotrzebowania.
- Zasoby mogą się jednak wyczerpywać lub być politycznie niedostępne.

Wniosek: Nieodnawialne źródła są bardziej niezawodne operacyjnie, ale niosą ze sobą ryzyko długoterminowego braku surowców i zależności od dostawców.

Aspekty ekologiczne

OZE:

- Bardzo niski lub zerowy ślad węglowy w fazie eksploatacji.



- Brak emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych.
- Mniejszy wpływ na zmiany klimatu.

Nieodnawialne źródła:

- Duża emisja CO₂ i innych zanieczyszczeń (SO₂, NO_x, pyły zawieszone).
- Negatywny wpływ na zdrowie ludzi (choroby układu oddechowego, sercowo-naczyniowego).
- Ryzyko awarii i katastrof ekologicznych (wycieki ropy, awarie reaktorów jądrowych).

Wniosek: Z punktu widzenia ochrony środowiska OZE mają wyraźną przewagę

Dostępność i lokalizacja

OZE:

- Występowanie uzależnione od warunków naturalnych (nasłonecznienie, wiatry, zasoby wodne).
- Mogą być rozwijane lokalnie – np. fotowoltaika na dachach, lokalne biogazownie.
- Niekiedy problemem jest dostępność przestrzeni (np. farmy wiatrowe) oraz kolizje z ochroną przyrody.

Nieodnawialne źródła:

- Wymagają istnienia złóż surowców, co determinuje ich geograficzne rozmieszczenie.
- Często skupione w kilku krajach – powoduje to zależność energetyczną.
- Transport paliw na duże odległości (gazociągi, tankowce) wiąże się z dodatkowymi kosztami i ryzykiem.

Wniosek: OZE oferują większą niezależność energetyczną, ale ich potencjał lokalny zależy od warunków naturalnych.

Podsumowanie rozdziału:

Kryterium	Odnawialne źródła energii (OZE)	Nieodnawialne źródła energii
Koszty początkowe	Wysokie	Niskie/umiarkowane
Koszty eksploatacji	Niskie	Wysokie (paliwo, serwis)
Emisje CO ₂	Niskie / zerowe	Wysokie
Stabilność dostaw	Zmienna (pogoda)	Wysoka
Wpływ na zdrowie	Minimalny	Negatywny
Uzależnienie od importu	Niskie (lokalna produkcja)	Wysokie (surowce z zagranicy)
Czas życia infrastruktury	20–30 lat (zależnie od technologii)	30–50 lat lub więcej
Rozwój technologii	Szybki, innowacyjny	Stabilny, ale kosztowny

Transformacja energetyczna i przyszłość energetyki

Transformacja energetyczna to proces systemowych zmian w sposobie pozyskiwania, dystrybucji i użytkowania energii, którego celem jest odejście od wysokoemisyjnych paliw kopalnych na rzecz czystych, odnawialnych źródeł energii. Jest to kluczowe działanie w walce ze zmianami klimatycznymi, rosnącym zapotrzebowaniem na energię oraz wyczerpywaniem się tradycyjnych zasobów naturalnych.



Polityki energetyczne i strategie Unii Europejskiej

Unia Europejska od wielu lat prowadzi aktywną politykę klimatyczno-energetyczną, której celem jest osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 roku. Główne dokumenty i inicjatywy to:

- **Europejski Zielony Ład (European Green Deal)** – strategia zakładająca całkowitą dekarbonizację gospodarki europejskiej, transformację energetyki, transportu, budownictwa i przemysłu.
- **Pakiet Fit for 55** – zestaw regulacji mający na celu redukcję emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 55% do 2030 r. w porównaniu z poziomem z 1990 r.
- **System handlu emisjami EU ETS** – mechanizm rynkowy, który motywuje przedsiębiorstwa do ograniczania emisji poprzez kupno i sprzedaż uprawnień do emisji CO₂.
- **Wspieranie rozwoju OZE i efektywności energetycznej** – cele udziału OZE w miksie energetycznym UE, rozwój technologii wodorowych i inteligentnych sieci.

Trendy rozwoju OZE na świecie i w Polsce

Na świecie:

- Liderami rozwoju OZE są Chiny, USA, Niemcy, Indie i Brazylia.
- Globalna moc zainstalowana w fotowoltaice i energetyce wiatrowej dynamicznie rośnie z roku na rok.
- Rozwija się rynek zielonego wodoru oraz technologie magazynowania energii.
- Inwestycje w OZE często przewyższają inwestycje w energetykę konwencjonalną.

W Polsce:



- Od 2019 r. nastąpił gwałtowny rozwój mikroinstalacji fotowoltaicznych (głównie na dachach domów).
- Rośnie znaczenie farm wiatrowych, szczególnie planowanych inwestycji na Bałtyku (offshore).
- Rząd zapowiedział budowę pierwszej elektrowni jądrowej w latach 2030–2040.
- Polska zmaga się z wyzwaniami: starzejąca się infrastruktura, uzależnienie od węgla, niskie tempo modernizacji sieci przesyłowych.

Innowacje technologiczne i magazynowanie energii

Postęp technologiczny jest nieodzownym elementem transformacji energetycznej.

Najważniejsze innowacje to:

Magazynowanie energii

- **Baterie litowo-jonowe** – najczęściej stosowane, szczególnie w domach i pojazdach elektrycznych.
- **Magazyny ciepłe i wodne** – np. elektrownie szczytowo-pompowe.
- **Wodorowe systemy magazynowania** – wodór produkowany z nadmiaru energii (power-to-gas).

Magazyny energii są niezbędne do bilansowania zmienności OZE i zapewnienia stabilności sieci.

Smart grid – inteligentne sieci energetyczne

- Cyfrowe systemy zarządzania przepływem energii, pozwalające na lepsze dopasowanie podaży i popytu.
- Umożliwiają aktywne uczestnictwo prosumentów – czyli odbiorców, którzy jednocześnie produkują energię.



Rozwój energetyki wodorowej

- Wodór może być wykorzystywany jako paliwo przyszłości w przemyśle, transporcie i energetyce.
- Zielony wodór (z OZE) jest kluczowy dla neutralności klimatycznej.

Technologie sekwestracji CO₂ (CCS)

- Metody wychwytywania i magazynowania dwutlenku węgla z elektrowni i zakładów przemysłowych.
- Wciąż drogie i rozwijane eksperymentalnie, ale mogą mieć znaczenie przejściowe.

Podsumowanie rozdziału

Transformacja energetyczna to konieczność wynikająca z ograniczoności zasobów, kryzysu klimatycznego i rosnącej świadomości społecznej. Jej fundamentami są:

- rozwój OZE i odchodzenie od węgla,
- modernizacja infrastruktury energetycznej,
- wdrażanie innowacyjnych technologii,
- międzynarodowa współpraca i polityka klimatyczna.

Niezbędne jest także zaangażowanie społeczeństwa i przemysłu w procesy zmian oraz dostosowanie systemów edukacji i rynku pracy do nowej rzeczywistości energetycznej.

Wpływ energetyki na społeczeństwo i gospodarkę

Energetyka odgrywa kluczową rolę nie tylko w środowisku naturalnym, ale także w funkcjonowaniu społeczeństw i rozwoju gospodarczym. Źródła energii wpływają na jakość życia, strukturę zatrudnienia, bezpieczeństwo narodowe oraz konkurencyjność przemysłu. W rozdziale tym omówione zostaną najważniejsze



aspekty społeczno-gospodarcze związane z energetyką – zarówno w odniesieniu do tradycyjnych, jak i odnawialnych źródeł energii

Energetyka a jakość życia

Dostęp do taniej i stabilnej energii elektrycznej oraz ciepłej warunkuje:

- funkcjonowanie usług publicznych (szpitali, szkół, administracji),
- dostęp do informacji i komunikacji (media, internet),
- komfort życia (ogrzewanie, chłodzenie, oświetlenie),
- bezpieczeństwo (systemy alarmowe, sygnalizacja, oświetlenie uliczne).

W krajach rozwiniętych deficyty energii występują rzadko, ale w wielu regionach świata brak dostępu do energii elektrycznej wciąż jest poważnym problemem – tzw. ubóstwo energetyczne dotyka setek milionów ludzi, szczególnie w Afryce Subsaharyjskiej i Azji Południowej

Energetyka a zatrudnienie i rynek pracy

Sektor energetyczny zatrudnia miliony ludzi na całym świecie. Wyróżnia się dwa główne kierunki wpływu:

Energetyka tradycyjna:

- Górnictwo i przemysł paliwowy zapewniały przez dekady zatrudnienie w regionach takich jak Śląsk, Zagłębie Ruhry czy Appalachy.
- Jednak automatyzacja, zmniejszanie wydobycia oraz dekarbonizacja prowadzą do likwidacji miejsc pracy.

Energetyka odnawialna:

- Tworzy nowe miejsca pracy w sektorze zielonej gospodarki: projektowanie, montaż, obsługa instalacji PV, farm wiatrowych, biogazowni.
- Wymaga jednak nowych kwalifikacji – technicznych, inżynierskich, cyfrowych.



- Wzrost zapotrzebowania na specjalistów z zakresu elektromobilności, efektywności energetycznej, smart gridów.

Wniosek: Transformacja energetyczna prowadzi do głębokich zmian strukturalnych na rynku pracy i wymaga odpowiedniej polityki szkoleniowej oraz społecznej (np. programy sprawiedliwej transformacji).

Wpływ energetyki na gospodarkę

Energia jest podstawą działalności gospodarczej – od przemysłu ciężkiego po usługi. Jej cena i dostępność bezpośrednio wpływają na:

- konkurencyjność przedsiębiorstw,
- koszty produkcji,
- inwestycje i innowacje.

Energetyka konwencjonalna:

- Paliwa kopalne, choć do niedawna tanie, stają się coraz mniej opłacalne z powodu opłat emisyjnych (np. EU ETS), regulacji środowiskowych oraz konieczności modernizacji przestarzałych jednostek.
- Dla krajów importujących surowce energetyczne (jak Polska), wzrost cen ropy czy gazu oznacza wzrost inflacji i deficytu handlowego.

Energetyka odnawialna:

- Choć początkowo wymaga dużych nakładów inwestycyjnych, z czasem zapewnia tanie, stabilne i lokalne źródła energii.
- Sprzyja rozwojowi lokalnych rynków pracy, zmniejsza uzależnienie od importu paliw i poprawia bilans handlowy.

Bezpieczeństwo energetyczne

Bezpieczeństwo energetyczne oznacza pewność, że kraj ma wystarczające i stabilne źródła energii, które są dostępne po akceptowalnej cenie. Źródła energii mają tu kluczowe znaczenie:



- **Paliwa kopalne** – mogą pochodzić z politycznie niestabilnych regionów (Rosja, Bliski Wschód), co wiąże się z ryzykiem embarga, wojen, szantażu energetycznego.
- **Odnawialne źródła** – są lokalne, niezależne od importu, ale wymagają dobrze rozwiniętej infrastruktury, magazynów energii i stabilnej sieci przesyłowej.

Wniosek: Dywersyfikacja źródeł energii, rozwój OZE i efektywność energetyczna to kluczowe elementy bezpieczeństwa państwa.

Spółeczne wyzwania transformacji energetycznej

Proces transformacji energetycznej nie odbywa się bez konfliktów społecznych.

Główne problemy to:

- opór społeczny wobec inwestycji (np. farm wiatrowych),
- obawy górników i pracowników sektora węglowego przed utratą pracy,
- rosnące ceny energii na etapie przejściowym (koszty transformacji przenoszone na konsumentów),
- brak równości regionalnej – niektóre obszary rozwijają się szybciej niż inne.

Dlatego ważne jest wdrażanie koncepcji sprawiedliwej transformacji, która zakłada:

- ochronę pracowników w likwidowanych sektorach,
- wsparcie regionów węglowych,
- włączanie społeczności lokalnych w procesy decyzyjne,
- sprawiedliwy podział korzyści z transformacji.

Podsumowanie rozdziału

Energetyka to nie tylko technologia – to także polityka, gospodarka i społeczeństwo.

Jej wpływ rozciąga się na:

- codzienne życie obywateli,
- strukturę zatrudnienia,



- rozwój gospodarczy,
- bezpieczeństwo państwa.

Przyszłość energetyki to nie tylko zmiana technologii, ale również zmiana kultury korzystania z energii – bardziej świadoma, sprawiedliwa i zrównoważona.

Wyzwania i zagrożenia związane z energią

Choć energia jest podstawą funkcjonowania nowoczesnych społeczeństw, jej pozyskiwanie, przesył i zużycie wiąże się z wieloma wyzwaniami — zarówno technologicznymi, ekonomicznymi, jak i środowiskowymi. W dobie globalnego kryzysu klimatycznego i transformacji energetycznej, coraz większą rolę odgrywają również zagrożenia geopolityczne, społeczne oraz cyberbezpieczeństwo. Poniżej przedstawiono najważniejsze z nich.

Kryzys klimatyczny a energetyka

Energetyka jest głównym źródłem emisji gazów cieplarnianych — zwłaszcza CO₂, metanu (CH₄) i podtlenku azotu (N₂O). Ich nagromadzenie w atmosferze prowadzi do:

- globalnego ocieplenia,
- ekstremalnych zjawisk pogodowych (susze, powodzie, huragany),
- topnienia lodowców i podnoszenia się poziomu mórz,
- zakłóceń w ekosystemach i rolnictwie.

Wyzwanie: szybka dekarbonizacja gospodarki przy zachowaniu bezpieczeństwa energetycznego i akceptowalnych kosztów dla społeczeństwa.

Wyczerpywanie się zasobów naturalnych

Paliwa kopalne nie są odnawialne — ich eksploatacja prowadzi do stopniowego wyczerpywania zasobów. Dodatkowo:

- złoża łatwo dostępne już dawno zostały wyeksploatowane,



- nowe złoża są często trudno dostępne (np. Arktyka, głębiny morskie),
- wydobywanie wiąże się z coraz większymi kosztami i ryzykiem dla środowiska.

Wniosek: przejście na OZE jest konieczne, ponieważ zasoby nieodnawialne są ograniczone i drożeją.

Geopolityka i zależność od surowców

Energia ma kluczowe znaczenie dla stosunków międzynarodowych. Kraje posiadające surowce energetyczne często wykorzystują je jako narzędzie nacisku politycznego. Przykłady:

- **Rosja** jako główny dostawca gazu do Europy przez wiele lat,
- **Bliski Wschód** jako centrum eksportu ropy,
- **Chiny** jako lider w produkcji paneli słonecznych, baterii i metali ziem rzadkich.

Zagrożenia:

- konflikty zbrojne o kontrolę nad surowcami,
- niestabilność cen na rynkach światowych,
- szantaż energetyczny.

Odpowiedź: dywersyfikacja dostaw, rozwój lokalnych źródeł energii i wzmacnianie współpracy międzynarodowej

Zagrożenia dla sieci energetycznych

Współczesne sieci energetyczne są coraz bardziej skomplikowane i zależne od technologii cyfrowych. Otwiera to nowe pola zagrożeń:

Cyberataki:

- Włamania do systemów zarządzania energią (np. elektrownie, przesył),
- Paraliż sieci energetycznych w wyniku złośliwego oprogramowania,



- Przykład: cyberatak na Ukrainę w 2015 r., który odciął prąd setkom tysięcy ludzi.

Awaryjność i blackout:

- Przeciążenie sieci może prowadzić do awarii łańcuchowych,
- Niewystarczająca elastyczność sieci przy dużym udziale OZE może powodować wahania napięcia.

Rozwiązania:

- rozwój systemów magazynowania,
- modernizacja i cyfryzacja sieci przesyłowych (smart grids),
- lepsze zabezpieczenia IT w sektorze energetycznym

Społeczne i polityczne konflikty wokół energetyki

Transformacja energetyczna wywołuje szereg napięć społecznych:

- protesty wobec lokalizacji farm wiatrowych („nie w moim sąsiedztwie”),
- niepokoje społeczne w regionach górniczych (strajki, blokady),
- dezinformacja i manipulacja opinią publiczną, np. przez grupy interesu broniące paliw kopalnych.

Politycy często stają przed dylematem: szybka transformacja vs. utrzymanie poparcia społecznego.

Wniosek: konieczna jest edukacja społeczeństwa, przejrzystość decyzji i udział obywateli w procesach planowania energetycznego

Odpady i zagrożenia ekologiczne

Energetyka — niezależnie od źródła — generuje odpady:

- **Paliwa kopalne:** popioły, szlamy, zanieczyszczenia powietrza i wody,



- **Energia jądrowa:** odpady promieniotwórcze wymagające specjalistycznego składowania,
- **Fotowoltaika:** po 20–30 latach działania panele PV wymagają recyklingu (zawierają m.in. krzem, srebro, ołów).

W przypadku zaniedbań może dojść do długotrwałych i nieodwracalnych skutków środowiskowych.

Podsumowanie rozdziału

Energetyka przyszłości musi nie tylko zaspokajać potrzeby energetyczne, ale także:

- minimalizować ryzyka dla klimatu, środowiska i zdrowia ludzi,
- zapewniać stabilność dostaw i bezpieczeństwo narodowe,
- integrować nowe technologie w sposób bezpieczny,
- uwzględniać czynniki społeczne i geopolityczne.

Dlatego wyzwania związane z energią są jednocześnie zagrożeniem i szansą – kluczowe jest, by odpowiedzieć na nie w sposób mądry, sprawiedliwy i zrównoważony.

Przyszłość energetyki – scenariusze i prognozy

Energetyka stoi u progu wielkich zmian. Globalne cele klimatyczne, postęp technologiczny i zmieniające się potrzeby społeczeństw determinują różnorodne możliwe ścieżki rozwoju sektora energetycznego. W niniejszym rozdziale omówimy główne scenariusze oraz prognozy dotyczące przyszłości energii — z naciskiem na rolę odnawialnych i nieodnawialnych źródeł, technologii, polityk oraz wpływu na gospodarkę i społeczeństwo.

Scenariusz 1: Transformacja energetyczna na pełną skalę (scenariusz optymistyczny)

W tym scenariuszu:



- Znacząco wzrasta udział OZE (fotowoltaika, wiatr, wodna, biomasa, geotermia) w globalnym miksie energetycznym, przekraczając 70–80% do 2050 roku.
- Energetyka jądrowa odgrywa istotną rolę jako źródło stabilnej, niskoemisyjnej energii.
- Technologie magazynowania energii i smart gridów osiągają pełną dojrzałość, umożliwiając efektywne zarządzanie sieciami i bilansowanie popytu.
- Wodór zielony staje się powszechnym nośnikiem energii dla transportu, przemysłu i ciepłownictwa.
- Globalna emisja CO₂ spada do poziomu netto-zero, co pozwala na powstrzymanie ocieplenia do poniżej 1,5°C.
- Polityka klimatyczna jest ambitna i skuteczna, a społeczeństwa są świadome i aktywnie wspierają transformację.

Efekty:

- Znaczna poprawa jakości powietrza i zdrowia publicznego,
- Stabilność ekonomiczna i bezpieczeństwo energetyczne,
- Nowe miejsca pracy w sektorze zielonej energii.

Scenariusz 2: Stopniowa adaptacja (scenariusz umiarkowany)

W tym wariantcie:

- Udział OZE rośnie, ale wolniej, do około 50–60% w 2050 roku.
- Energetyka jądrowa utrzymuje stabilny udział, ale rozwój nowych instalacji jest umiarkowany.
- Technologie magazynowania są rozwijane, ale wciąż stanowią wyzwanie pod względem kosztów i skali.
- Wodór zyskuje popularność, ale głównie w wybranych sektorach.



- Emisje CO₂ spadają, lecz nieco powyżej poziomów koniecznych do ograniczenia ocieplenia do 1,5°C (np. do 2°C).
- Polityka klimatyczna jest fragmentaryczna, a społeczeństwa są mniej zaangażowane.

Efekty:

- Stopniowa poprawa stanu środowiska,
- Częściowe ograniczenia kosztów związanych z kryzysem klimatycznym,
- Wyzwania dla niektórych regionów i sektorów gospodarki

Scenariusz 3: Kontynuacja obecnych trendów (scenariusz pesymistyczny)

Charakteryzuje się:

- Wolnym tempem rozwoju OZE, nadal dominują paliwa kopalne.
- Brakiem większych inwestycji w nowoczesne technologie i magazynowanie.
- Niskim poziomem politycznej i społecznej mobilizacji w kwestii klimatu.
- Wzrostem globalnej emisji CO₂ i nasileniem zmian klimatycznych (3°C i więcej ocieplenia).
- Ryzykiem poważnych kryzysów energetycznych, społecznych i ekonomicznych.

Efekty:

- Zwiększona liczba ekstremalnych zjawisk pogodowych,
- Pogorszenie jakości życia, migracje klimatyczne,
- Znaczne koszty zdrowotne i gospodarcze.

Rola innowacji technologicznych

Niezależnie od scenariusza, innowacje będą kluczowe dla przyszłości energetyki:

- Rozwój tanich i efektywnych baterii oraz magazynów energii,



- Wzrost efektywności paneli słonecznych i turbin wiatrowych,
- Zastosowanie sztucznej inteligencji do optymalizacji zarządzania siecią,
- Technologie wychwytywania i wykorzystywania dwutlenku węgla (CCS/CCU),
- Nowe materiały i metody produkcji energii.

Prognozy dla Polski

- Polska planuje odchodzenie od węgla oraz rozwój OZE, zwłaszcza fotowoltaiki i morskich farm wiatrowych.
- Budowa pierwszej elektrowni jądrowej planowana jest na lata 30. XXI wieku.
- Rząd i sektor prywatny inwestują w modernizację sieci przesyłowej i magazyny energii.
- Wyzwania to m.in. modernizacja systemu, społeczne wsparcie dla transformacji oraz uniezależnienie się od importu gazu.

Podsumowanie rozdziału

Przyszłość energetyki to dynamiczna przestrzeń pełna wyzwań, ale i możliwości. Kierunek, jaki obierze świat i poszczególne kraje, zależy od decyzji politycznych, poziomu innowacji technologicznych oraz zaangażowania społeczeństwa. W każdym scenariuszu kluczowa będzie elastyczność, adaptacyjność oraz dążenie do zrównoważonego rozwoju.

Podsumowanie

Energia jest fundamentem rozwoju cywilizacyjnego, gospodarki i codziennego życia. W pracy przeanalizowano dwa główne typy źródeł energii: odnawialne i nieodnawialne, ich zalety, wady oraz wpływ na środowisko, społeczeństwo i gospodarkę.

Źródła nieodnawialne, takie jak węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny i energia jądrowa, przez dekady stanowiły podstawę globalnego miksu energetycznego. Zapewniały stabilność i dużą moc, ale wiążą się z poważnymi problemami: emisją gazów



cieplarnianych, zanieczyszczeniem środowiska, wyczerpywaniem zasobów oraz zagrożeniami bezpieczeństwa. W efekcie coraz większy nacisk kładzie się na ograniczenie ich roli.

Źródła odnawialne – energia słoneczna, wiatrowa, wodna, geotermalna i biomasa – oferują ekologiczne, praktycznie niewyczerpalne alternatywy. Ich rozwój pozwala na redukcję emisji, uniezależnienie od importu paliw i tworzenie nowych miejsc pracy. Jednak wyzwaniem pozostają koszty inwestycji, niestabilność dostaw i potrzeba nowoczesnej infrastruktury.

Transformacja energetyczna, konieczna ze względu na zmiany klimatu i bezpieczeństwo, niesie ze sobą wielowymiarowe wyzwania: technologiczne, ekonomiczne, społeczne i polityczne. Kluczowa jest integracja OZE z istniejącymi systemami, rozwój magazynów energii, dywersyfikacja źródeł oraz społeczna akceptacja.

Prognozy wskazują, że przyszłość energetyki będzie zależała od zaangażowania politycznego, inwestycji w innowacje oraz współpracy międzynarodowej. Scenariusze optymistyczne zakładają niemal całkowite odejście od paliw kopalnych i osiągnięcie neutralności klimatycznej, podczas gdy scenariusze pesymistyczne ostrzegają przed wzrostem emisji i nasileniem kryzysów.

Podsumowując, droga ku zrównoważonej, bezpiecznej i efektywnej energetyce wymaga połączenia nowoczesnych technologii z odpowiedzialną polityką i świadomością społeczną. Tylko takie podejście zapewni stabilny rozwój gospodarczy i ochronę naszej planety dla przyszłych pokoleń.



BIBLIOGRAFIA

1. **Smil, Vaclav** (2017). *Energy and Civilization: A History*. MIT Press.
2. **Twidell, John, Weir, Tony** (2015). *Renewable Energy Resources*. Routledge.
3. **Sawin, Janet L., Moomaw, William R. (eds.)** (2018). *Renewable Energy Policies and Markets*. Springer.
4. **International Energy Agency (IEA)** (2023). *World Energy Outlook 2023*. IEA Publishing.
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
5. **IPCC** (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
6. **Kucharski, Radosław** (2019). *Energetyka w Polsce i na świecie*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
7. **Kraśniewski, Zbigniew** (2021). *Energetyka odnawialna – technologie i zastosowania*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
8. **REN21** (2023). *Renewables 2023 Global Status Report*. REN21 Secretariat.
<https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
9. **Smiechowski, M., Wolski, R.** (2018). "Perspectives of Energy Storage Systems Development in Poland." *Energy Policy*, 115, 178-189.



10. **World Nuclear Association** (2024). *Nuclear Power in the World Today*.
<https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx>
11. **Heffron, Raphael J., McCauley, Darren** (2018). "What is the 'Just Transition'?" *Energy Policy*, 119, 1-7.
12. **U.S. Energy Information Administration (EIA)** (2023). *International Energy Outlook 2023*.
<https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>
13. **Szlęk, A., Budzianowski, W. M.** (2020). "Green Hydrogen as a Key Element of the Future Energy System." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 128, 109896.
14. **European Commission** (2021). *A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe*.
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf
15. **Jasiński, M., Zieliński, T.** (2022). *Bezpieczeństwo energetyczne Polski*.
Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju