

TEMAT LEKCJI

Jak działają źródła odnawialne?



Uczniowie dowiedzą się, czym są odnawialne źródła energii, na jakich zjawiskach fizycznych opiera się ich działanie oraz jak funkcjonują w systemie elektroenergetycznym.

Lekcja pomaga zrozumieć najważniejsze zalety OZE, obala popularne mity na ich temat i pokazuje, z jakimi wyzwaniami wiąże się rozwój energetyki odnawialnej. Treść oparta jest na załączonym scenariuszu lekcji.

Po zakończeniu lekcji uczniowie powinni znać odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czym są odnawialne źródła energii i czym różnią się od paliw kopalnych?
2. Jak fotowoltaika, turbiny wiatrowe, elektrownie wodne i geotermia przekształcają energię ze środowiska w energię użytkową?
3. Dlaczego OZE mają niski ślad węglowy oraz niski koszt krańcowy produkcji energii?
4. Na czym polega zmienność produkcji energii z OZE i dlaczego system elektroenergetyczny musi być elastyczny?
5. Jakie są najczęstsze mity dotyczące OZE i jak można je weryfikować?
6. Dlaczego recykling, żywotność i energetyczny okres zwrotu instalacji OZE są ważne w ocenie ich wpływu na środowisko?
7. Jaką rolę w systemie z dużym udziałem OZE pełnią magazyny energii, elektrownie szczytowo-pompowe i zarządzanie popytem?
8. Kim jest prosument i jak rozproszone źródła energii zmieniają tradycyjny model energetyki?
9. Jakie bariery techniczne, społeczne i przestrzenne utrudniają rozwój OZE?
10. Jak można pogodzić rozwój odnawialnych źródeł energii z potrzebą stabilnych, tanich i bezpiecznych dostaw prądu?

CZĘŚĆ 1

Wprowadzenie do technologii źródeł odnawialnych



Odnawialne źródła energii (czyli OZE) to takie źródła energii, które wykorzystują naturalne, **stałe odnawiające się procesy zachodzące w przyrodzie**, takie jak promieniowanie słoneczne, ruch powietrza, obieg wody czy ciepło wnętrza Ziemi.

W przeciwieństwie do paliw kopalnych, **OZE nie polegają na spalaniu zasobów**, lecz na przekształcaniu energii już obecnej w środowisku, co oznacza **brak bezpośrednich emisji CO₂** w procesie wytwarzania energii lub ich kompensację (np. w przypadku użycia biomasy, wciąż zaliczanej do OZE). Dzięki temu technologie odnawialne mają praktycznie **pomijalny ślad węglowy**.

Technologie OZE opierają się na różnych mechanizmach fizycznych: fotowoltaika przekształca światło w energię elektryczną, turbiny wiatrowe i wodne zamieniają energię kinetyczną ruchu powietrza i wody na energię mechaniczną i dalej elektryczną, a instalacje geotermalne wykorzystują

*Dla porównania: przy generowaniu 1 kWh z lądowych turbin wiatrowych sięga on zaledwie **11 gramów CO₂**. Dla porównania, 1 kWh wygenerowana z elektrowni na węglu brunatnym to koszt emisyjny w wysokości **1200 gramów CO₂**.*

ciepło do produkcji energii lub ogrzewania. Z tego względu źródła odnawialne mają bardzo **niski koszt krańcowy** produkcji energii, niezależny np. od wahań w cenach surowców tak jak w przypadku elektrowni gazowych czy węglowych.

Charakterystyczną cechą większości OZE jest ich **zmiennosc** (np. zależność od pogody i pory dnia czy roku), co odróżnia je od stabilnych źródeł opartych na paliwach kopalnych lub energii jądrowej.

Jednocześnie OZE są z natury bardziej rozproszone, mogą być instalowane zarówno w dużej skali (farmy wiatrowe, elektrownie wodne), jak i w małej (instalacje dachowe), co zmienia strukturę systemu energetycznego.

Rozwój OZE jest obecnie jednym z głównych kierunków transformacji energetycznej, wynikającym z czynników klimatycznych, strategicznych i przemysłowych. Obecnie na świecie działa ok. 5100 GW mocy w źródłach odnawialnych.

CZĘŚĆ 2

Mity dotyczące źródeł odnawialnych

Mit o niewykonalnej utylizacji i zaśmiecaniu środowiska: przeciwnicy OZE twierdzą, że np. zużyte łopaty turbin wiatrowych i stare panele słoneczne to **odpady niemożliwe do przetworzenia**. W rzeczywistości już nawet w Polsce działają firmy specjalizujące się w przetwarzaniu łopat turbin wiatrowych, a **fotowoltaika podlega recyklingowi w ok. 90-95%** (większość masy panela PV to szkło i aluminium). Branża OZE dąży do modelu gospodarki obiegu zamkniętego, czego nie jest w stanie osiągnąć sektor paliw kopalnych.

Mit o szkodliwości dla zdrowia i zwierząt: turbiny wiatrowe bywają oskarżane o zabijanie ogromnej liczby ptaków lub generowanie infradźwięków szkodliwych dla ludzi. Statystyki pokazują jednak, że o kilka-kilkanaście rzędów wielkości większym zagrożeniem dla ptaków są **koty, ekrany akustyczne i przeszkłone biurowce**. Z kolei infradźwięki generowane przez wiatraki są na poziomie porównywalnym z **szumem morza lub wiatru** w drzewach i nie mają udowodnionego negatywnego wpływu na zdrowie przy zachowaniu odpowiednich odległości.

Mit o krótkiej żywotności i szybkiej degradacji urządzeń: źródła odnawialne są często posądzane o krótką żywotność; panele fotowoltaiczne czy turbiny wiatrowe mają psuć się już po kilku latach, stając się bezużytecznym złomem. To błędne przekonanie. Współczesne panele fotowoltaiczne są projektowane tak, aby ich wydajność **po 25 latach pracy** wynosiła co najmniej **80-85% mocy** początkowej. Podobnie jest z turbinami wiatrowymi, których cykl życia przewidziany jest na **20-30 lat**. W efekcie OZE to inwestycje długoterminowe, a nie tymczasowe rozwiązania.

Mit o niestabilności grożącej całkowitym blackoutem: częstym argumentem przeciwko OZE jest twierdzenie, że system oparty na tych technologiach może łatwo ulec awarii, gdy nie wieje i nie świeci słońce. Nowoczesna energetyka rozwiązuje ten problem poprzez **dywersyfikację źródeł** (np. miks wiatr + słońce + atom), rozwój magazynów energii (baterijnych, elektrowni szczytowo-pompowych) oraz **zarządzanie popytem** (DSR).

Mit o tym, że OZE istnieją tylko dzięki dopłatom: to jeden z najczęstszych argumentów, który wskazuje, że bez publicznych pieniędzy i szerokich dotacji OZE by nie powstały. Prawda jest taka, że obecnie fotowoltaika i energia wiatrowa to najtańsze technologie wytwarzania energii, które **potrafią konkurować na wolnym rynku bez żadnego wsparcia**. Co więcej, to sektor paliw kopalnych od dekad otrzymuje ogromne, często ukryte subsydia (np. wsparcie dla górnictwa, brak pełnych opłat za koszty zdrowotne wynikające ze smogu czy koszty degradacji środowiska). Dopłaty do OZE pełnią rolę akceleratora transformacji, a nie kroplówki utrzymującej nierentowny biznes.

Mit o niespłacalnym długu energetycznym i węglowym: w dyskusjach na temat OZE często pojawia się argument, że produkcja paneli fotowoltaicznych lub turbin wiatrowych pochłania więcej energii i **emituje więcej CO₂** niż te urządzenia są w stanie wyprodukować/zaoszczędzić w ciągu życia. To nieprawda; tzw. energetyczny okres zwrotu (Energy Payback Time, EPBT) dla instalacji fotowoltaicznej działającej w Europie wynosi zazwyczaj od 1 roku do 2 lat, a jej emisyjny okres zwrotu (Carbon Payback Time) to ok. 1 rok. W przypadku elektrowni wiatrowych na lądzie wskaźniki te wynoszą odpowiednio ok. 6 lat oraz 6-9 miesięcy. Tymczasem **żywność tych urządzeń to 25-30 lat**.

Mit o szkodliwym wpływie na wartość nieruchomości: w dyskusjach lokalnych często podnosi się argument, że farmy wiatrowe lub słoneczne szpecą okolicę i obniżają ceny działek, które z nimi sąsiadują. Badania rynkowe prowadzone m.in. przez Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej czy inwestorów z poszczególnych spółek nie potwierdzają jednak trwałego spadku wartości nieruchomości w sąsiedztwie takich inwestycji. Co więcej, w gminach inwestujących w OZE budżety samorządowe zasilane są podatkami od instalacji, co pozwala na lepszą infrastrukturę (drogi, szkoły, domy kultury), co w efekcie podnosi atrakcyjność i jakość życia w danej okolicy.



Możliwe pytania do dyskusji:

Dlaczego mity o OZE są tak popularne?

Wynika to m.in. z efektu zakotwiczenia (ludzie trzymają się raz usłyszanych, nieaktualnych już informacji) oraz lęku przed nieznanym. Dodatkowo OZE zmieniają krajobraz i sposób życia (np. panele na dachu) co budzi naturalny opór, często podsycany przez dezinformację.

Jak rozpoznać, że jakiś przekaz jest dezinformacją?

Aby rozpoznać dezinformację, należy przede wszystkim zachować czujność wobec komunikatów wywołujących skrajne emocje, takie jak strach czy gniew, oraz unikać źródeł, które nie podają konkretnych, weryfikowalnych danych pochodzących od uznanych instytucji.

CZĘŚĆ 3

Jak działają odnawialne źródła energii w systemie elektroenergetycznym?

Tradycyjne systemy przypominają układ oparty o pojedyncze, wielkie serca (elektrownie) tłoczące krew (energię) do naczyń (odbiorców). System z OZE **to setki tysięcy małych producentów** (np. farm wiatrowych, elektrowni wodnych, przydomowej fotowoltaiki), z których wielu to prosumenci, a więc podmioty, które równocześnie produkują, jak i zużywają energię.

Najpopularniejsze OZE (elektrownie wiatrowe i słoneczne) produkują energię w sposób **przewidywalny**, ale **niesterowalny**. Nie da się „włączyć” wiatru czy Słońca, gdy akurat potrzeba więcej prądu – ale da się przewidzieć, kiedy będzie wietrznie lub słonecznie. Zarządzanie większą liczbą takich źródeł wymaga od systemu odpowiedniej elastyczności oraz koordynacji, a także dokładnego planowania;

- gdy OZE produkują za dużo lub za mało prądu,



to operator systemowy (w Polsce: Polskie Sieci Elektroenergetyczne) musi to jakoś zagospodarować;

- system uwzględniający OZE potrzebuje **dodatkowych mocy** w postaci magazynów energii, elektrowni szczytowo-pompowych lub elastycznych źródeł konwencjonalnych (np. gazowych), które szybko uzupełnią braki;

- aby efektywnie i skutecznie zarządzać tysiącami jednostek OZE, system musi stać się **inteligentny**, tj. musi wykorzystywać cyfrowe technologie do przewidywania pogody i automatycznego sterowania przepływami prądu;

- w każdej sekundzie **ilość energii wprowadzanej do sieci musi być równa ilości energii zużywanej** przez odbiorców. Jeśli ta równowaga zostanie **zachwiana**, częstotliwość prądu w gniazdkach ulega zmianie, co może prowadzić do uszkodzenia urządzeń lub **awarii** całego systemu. Dlatego tak ważne jest odpowiednie zarządzanie wszystkimi pracującymi w systemie mocami.



Możliwe pytania do dyskusji:

Czy systemy oparte na OZE są bardziej podatne na blackouty?

Niekoniecznie. Blackout to rozległa awaria, która częściej wynika z awarii dużych elektrowni konwencjonalnych lub uszkodzeń sieci przesyłowych niż z problemów z OZE. Systemy z dużym udziałem słońca i wiatru wymagają jednak innego zarządzania. Jeśli jest ono odpowiednio elastyczne i oparte na rozwiązaniach ułatwiających pracę źródeł odnawialnych (magazyny energii, elektrownie gazowe, połączenia międzynarodowe), to system pozostaje stabilny.

Czy często zdarza się, że jednocześnie nie wieje i nie świeci?

Takie zjawisko nazywa się z niemieckiego Dunkelflaute (z niemieckiego „ciemna cisza”). W Polsce zdarza się to głównie zimą, gdy dni są krótkie i pochmurne, a nad krajem zalega wyż bezwietrzny. Nie jest to zjawisko codzienne, ale statystycznie występuje co roku przez kilka do kilkunastu dni. W takich momentach rolę wytwórczą OZE muszą przejąć inne moce – np. atom, magazyny energii, jednostki biogazowe czy elektrownie gazowe.

Kto czuwa nad funkcjonowaniem systemu elektroenergetycznego?

W Polsce jest to firma PSE (Polskie Sieci Elektroenergetyczne).

CZĘŚĆ 4

Problemy rozwoju źródeł odnawialnych

Praca najpopularniejszych OZE zależy od **pogody**. Gdy nagle przestaje wiać lub słońce zachodzi za chmury, system musi błyskawicznie zareagować. Brak wystarczającej liczby mocy alternatywnych, magazynów energii i elastycznych źródeł rezerwowych jest obecnie jedną z największych barier technicznych w rozwoju jednostek odnawialnych.

Większość istniejących systemów energetycznych projektowano **dekady temu** dla kilku wielkich elektrowni gazowych lub węglowych, a rzadziej: jądrowych. Przyłączenie tysięcy rozproszonych źródeł wymaga gigantycznych inwestycji w **modernizację i budowę** nowych linii przesyłowych oraz rozwiązań elastyczności systemowej, na co często brakuje funduszy lub woli politycznej. Budowa niektórych OZE – np. wiatraków – często budzi opór lokal-

nych społeczności (tzw. efekt **NIMBY**: Not In My Backyard). Ludzie obawiają się hałasu, zmiany krajobrazu czy innych problemów, co znacząco wydłuża procesy inwestycyjne, a niekiedy nawet je blokuje.

W porównaniu do tradycyjnych elektrowni, **OZE wymagają znacznie większych powierzchni**, aby wyprodukować tę samą ilość energii. Na przykład, aby zastąpić jeden blok dużej elektrowni węglowej, potrzeba **tysięcy hektarów** farm słonecznych lub **setek turbin** wiatrowych. Powoduje to niekiedy konflikty o przestrzeń, a także wymusza szukanie innowacyjnych rozwiązań, takich jak agrowoltaika (łącznie upraw rolnych czy hodowli z panelami fotowoltaicznymi).



Możliwe pytania do dyskusji:

Jak przekonać społeczność lokalną do budowy farmy wiatrowej w ich sąsiedztwie?

Kluczowa jest partycypacja społeczna i korzyści finansowe. Jeśli mieszkańcy stają się np. współwłaścicielami farmy lub gmina dzięki podatkom od wiatraków może sfinansować nowoczesną szkołę i drogi, opór zazwyczaj maleje. Ważna jest też rzetelna edukacja o braku negatywnego wpływu nowoczesnych turbin na zdrowie.

Czy import technologii OZE nie jest nowym uzależnieniem?

Europa produkuje obecnie niewielką część ogniw fotowoltaicznych czy komponentów do baterii. Dominacja np. Chin w tym sektorze stwarza ryzyko polityczne, ale nie stanowi krytycznego zagrożenia dla bezpieczeństwa energetycznego Europy, ponieważ technologie OZE, w przeciwieństwie do paliw kopalnych, opierają się na zasobach zainstalowanych, a nie na ciągłych dostawach surowca. Co więcej: fabrykę turbin wiatrowych łatwiej przenieść niż np. złożę węgla.

Czy źródła odnawialne faktycznie są czyste?

Odnawialne źródła energii, choć nieporównywalnie czystsze od paliw kopalnych podczas eksploatacji, nie są całkowicie wolne od wpływu na środowisko, ponieważ ich „czystość” należy oceniać w pełnym cyklu życia. Niemniej jednak, bilans ekologiczny OZE pozostaje zdecydowanie dodatni, a ślad węglowy energii elektrycznej z np. turbin wiatrowych jest najniższy w całej energetyce.

CZĘŚĆ 5

Dyskusja podsumowująca

Gdybyś miał(a) zaprojektować system energetyczny Polski na rok 2050, który byłby tani, bezpieczny i czysty, to jak pogodziłbyś rozwój OZE z wyzwaniami współczesności?



Notatki:

[illegible]