

DOI 10.15199/74.2022.3.

Wybrane zagadnienia z obszaru nowych technologii wytwarzania energii elektrycznej

Selected issues in the area of new energy generation technologies

Dionizy Saniawa

Słowa kluczowe: wytwarzanie energii elektrycznej, nowe technologie, szanse rozwoju.

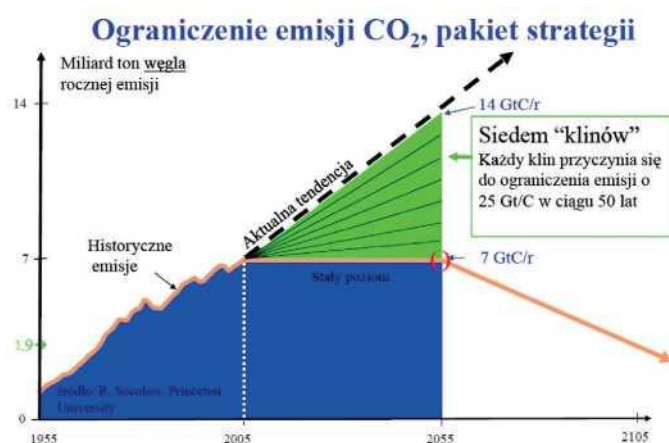
Artykuł przedstawia informacje o wybranych nowych technologiach wytwarzania energii elektrycznej oraz szansach ich wdrożenia w praktyce.

Keywords: electricity generation, new technologies, development opportunities

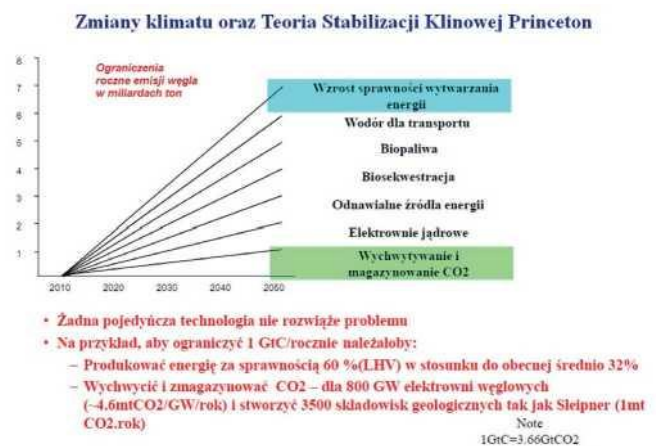
The paper presents information on selected new electricity generation technologies and the chances of their implementation in practice.

Przyspieszenie prac nad nowymi technologiami wytwarzania energii elektrycznej związane jest głównie z wymogami ekologicznymi. Na rys. 1 i 2 przedstawiono w sposób poglądowy zarys strategii ograniczania przyrostu dwutlenku węgla w atmosferze. Strategia ta zakłada ograniczenie rocznej emisji CO₂ do 7 GtC/r.

Opracowana została przez naukowców Uniwersytetu Princeton (USA) na początku XX w. Tegoroczny laureat Nagrody Nobla z fizyki za badania zmian klimatu Syukuro Manabe prowadził prace na tym uniwersytecie. Obecnie ocenia się, że należy ograniczać emisje do 10 GtC/r (czystego węgla). Na rys. 2 przedstawia „kliny” jakie musimy wprowadzić do polityki energetycznej aby zrealizować stawiany cel. Nie uwzględniała ona energetyki termojądrowej.



Rys. 1. Strategia ograniczania CO₂ w atmosferze
Strategy for reducing CO₂ in the atmosphere.



Rys. 2. Propozycje „klinów” zmniejszających CO₂.
Proposals of "wedges" to reduce CO₂.

Dr hab. inż. Dionizy Saniawa - członek Zarządu Oddziału Radomskiego SEP, emerytowany profesor UTH Radom

CZYSTE TECHNOLOGIE WĘGLOWE

Termin Czyste technologie węglowe dotyczy całego tzw. łańcucha węglowego - od wydobycia do utylizacji po jego wykorzystanie. Nowoczesne kierunki wykorzystania węgla zmierzają do obniżenia emisji dwutlenku węgla. Występują tu dwa kierunki: wzrost sprawności produkcji energii i ciepła i technologie separacji dwutlenku węgla.

Ocenia się, że sprawność wytwarzania energii elektrycznej może dochodzić do 50%, wymaga to jednak stosowania urządzeń z wysoko gatunkowych stali, co wiąże się ze znacznym wzrostem nakładów inwestycyjnych. Dla osiągnięcia oczekiwanej redukcji CO₂ konieczne jest stosowanie technologii jego separacji. Istnieją trzy główne opcje technologiczne usuwania CO₂ w elektrowni:

- usuwanie po spaleniu,
- usuwanie przed spalaniem,
- spalanie tlenowe (oksy-fuelcombustion).

Na rys. 3 przedstawiono zasady poszczególnych sposobów. W procesie usuwania CO₂ po spaleniu dwutlenek węgla wychwytywany jest ze spalin wychodzących z kotła lub turbiny gazowej.

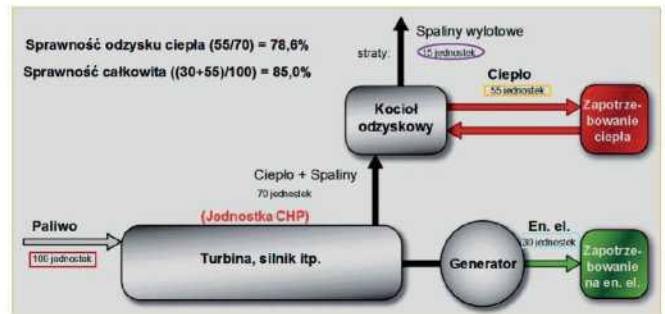
Separacja CO₂ z gazów spalinowych obniża sprawność wytwarzania energii o 8-11%. Obniżenie sprawności wytwarzania energii jest barierą do wdrażania technologii wychwytywania CO₂. Jednak specjaliści sugerują, że traktowanie CO₂ jako produktu odpadowego jest błędne. Przewiduje się, że CO₂ będzie wykorzystane w produkcji chemicznej (np. polimery) lub do produkcji paliw dla transportu, co pozwoli odzyskać część kosztów gdy zostaną opracowane metody efektywnego wykorzystania tego półproduktu. Przy gazyfikacji i spalaniu w tlenie, straty energii związane z wychwytywaniem są mniejsze. Należy zaznaczyć, że obecnie blisko 2/3 energii elektrycznej zawdzięczamy paliwom kopalnym.

KOGENERACJA

Kogeneracja - CHP (Combined Heat & Power) to jednoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej w jednej instalacji przy maksymalnym ograniczeniu strat przesyłu transformowanej energii. Układy kogeneracyjne (rys. 4) pozwalają zwiększyć sprawność całkowitą wytwarzania energii do ok. 85%, a tym samym znacznie ograniczyć ilość spalanych kopalnin.

Na rys. 4 przedstawiono podstawowy schemat układu kogeneracyjnego. Oprócz silnika lub turbiny układami przetwarzającymi energię mogą być także: silnik Stirlinga, ogniwo paliwowe napęd hybrydowy (OZE + ...).

CHP – skojarzona produkcja energii

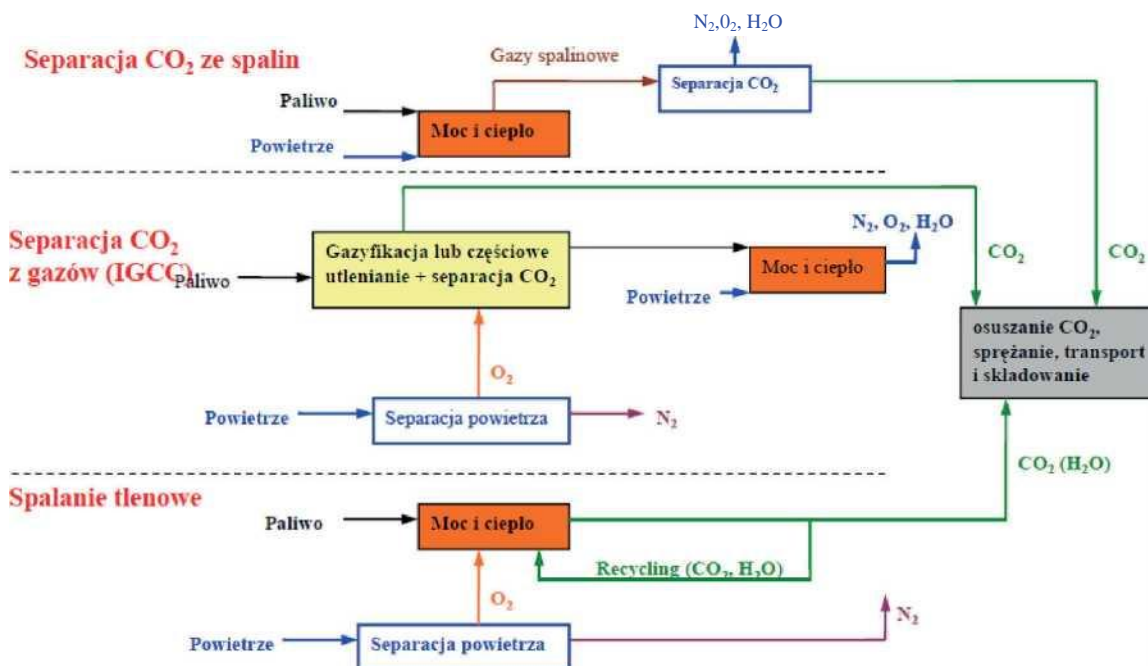


Rys. 4. Schemat układu kogeneracyjnego. Diagram of a cogeneration system.

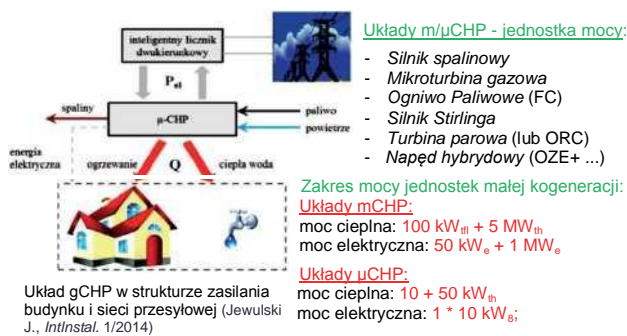
Na rys. 5 przedstawiono schemat lokalnego układu mikrokogeneracji. Opracowywane i wdrażane są bardziej złożone układy kogeneracyjne takie jak trigeneracja i poligeneracja.

Trzy główne drogi wychwytywania CO₂

Rys. 3. Sposoby wychwytywania CO₂. Ways of capturing CO₂.



Lokalne układy μ CHP



Rys. 5. Schemat lokalnego układu mikrogeneracji.
 Diagram of the local microcogeneration system.

Trigeneracja – CHCP (Combined Heat, Cooling & Power) łączy w sobie efektywne wytwarzanie energii elektrycznej, ciepłej i chłodu w jednej instalacji. Poligeneracja (poligeneration) to zespół procesów konwersji paliw i energii, pozwalający uzyskiwać oprócz energii elektrycznej, ciepła, chłodu także nowe produkty (gaz syntezowy, metanol, wodór i inne). Zwykle tego typu systemy zintegrowane są z OZE, tworząc tzw. układy hybrydowe.

MAŁE JĄDROWE REAKTORY MODUŁOWE

Małe reaktory modułowe SMR (Small Modular Reactors) to zaprojektowane w technologii modułowej małe reaktory jądrowe o mocy 10-300 MW. Na świecie istnieje (na różnych etapach rozwoju) ok. 50 koncepcji SMR. Reaktory modułowe mogą być używane do wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej. Dzięki małym rozmiarom i charakterystyce bezpieczeństwa mogą być budowane w lokalizacjach o słabo rozwiniętej sieci energetycznej, ograniczonej dostępności wody chłodzącej, a także w bliskości instalacji przemysłowych, np. zastępując konwencjonalne kotły gazowe lub węglowe. Przełomowe znaczenie SMR wynika z faktu, że seryjna produkcja małych reaktorów umożliwia znaczne obniżenie kosztów i czasu budowy elektrowni modułowych.

Według danych literaturowych - obecnie nad SMR pracują kraje: USA, Rosja, Chiny, Kanada, Wielka Brytania, Korea Południowa. Koncern NuScale (USA), uzyskał amerykańską certyfikację w 2020 r.

Podstawowe zalety zastosowania małych reaktorów jądrowych to:

- jednoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej (kogeneracja),
- rozproszone rozmieszczenie przestrzenne powoduje rozproszenie wymagań dotyczących chłodzenia, a tym samym w znacznie mniejszym stopniu ingeruje w system wodny i ogranicza skutki zmian środowiska,
- równomierne przestrzenne rozmieszczenie SMR zwiększa niezawodność i stabilność pracy systemu elektroenergetycznego.

ENERGETYKA TERMOJĄDROWA

Najbardziej obiecującym sposobem wytwarzania energii elektrycznej jest fuzja jądrowa. Synteza jądrowa jest źródłem energii Słońca i gwiazd. W ich jądrze w warunkach bardzo wysokiej temperatury i grawitacji dochodzi do zderzenia jąder izotopów wodoru, które łączą się w cięższe atomy helu i uwalniają przy tym ogromne ilości energii. Uważa się, że najwydajniejsza jest reakcja fuzji między dwoma izotopami wodoru deuteru i trytu. Fuzja ta daje największy zysk energetyczny przy najwyższej temperaturze.

Obecnie realizowany jest międzynarodowy projekt, który jest jednym z najbardziej ambitnych projektów energetycznych na świecie (uruchomiony w 2002 r., pomysł projektu - 1985 r.). Nazwa projektu to Iter (łac. droga). Członkami projektu są: Chiny, Unia Europejska, Wielka Brytania, Indie, Japonia, Korea, Rosja, Stany Zjednoczone. Każdy z członków pracuje indywidualnie nad swoimi projektami. We Francji (Saint Paul-lez-Durance, południe Francji) budowana jest eksperymentalna instalacja elektrowni termojądrowej, gdzie będą weryfikowane rozwiązania opracowane przez poszczególnych członków. Pierwsze jej uruchomienie planowane jest na 2025 r.

Tokamak, główny element instalacji, to urządzenie dające możliwość odzysku ciepła z fuzji termojądrowej. Składa się z komory próżniowej w kształcie opony. Naładowane cząstki plazmy mogą być formowane i kontrolowane przez pole elektromagnetyczne wytworzone przez masywne cewki magnetyczne umieszczone wokół zbiornika. Naładowane cząstki krążą zgodnie z liniami sił pola elektromagnetycznego, a neutrony mogą z tego pola „wyciekać” i to one przekazują ciepło otaczającym ściankom. Podobnie do elektrowni konwencjonalnych ciepło to wytwarza parę, która napędza turbinę i dalej następuje proces powszechnie znany.

Ostatnio w prasie popularnej pojawiają się doniesienia o uzyskanych rezultatach w pracach nad fuzją termojądrową. Na przykład:

- Korea - fuzja o temperaturze 100 mln °C trwała 20 sek.,
- Chiny - fuzja o temperaturze 120 mln °C trwała 100 sek.,
- Chiny - fuzja o temperaturze 160 mln °C trwała kilkadziesiąt milisekund,
- USA - fuzja wywołana laserami bardzo dużej mocy (2021 r.),
- USA - MIT-tokamak - 40 razy mniejszy od dotychczasowych (2021 r.).

Chiny zapowiadają, że będą w stanie uruchomić prototypową elektrownię do 2030 r. Polak pracujący w Instytucie Maxa Plancka dr M. Jakubowski przewiduje, że w roku 2035 możemy mieć energię elektryczną z elektrowni termojądrowej.

FOTOWOLTAIKA

Nowe rodzaje ogniw

Ogniwa: jednozłączowe, monokrystaliczne, polikrystaliczne, amorficzne, teoretycznie mogą osiągać sprawność do ok. 30%. Obecnie masowo stosowane ogniwa mają sprawność:

- panele polikrystaliczne (14-16%),
- panele monokrystaliczne (16-22%).

Trwają prace nad sposobami podwyższenia sprawności praktycznie we wszystkich rodzajach ogniw. Tworzy się ogniwa wieloczołowe. Największą sprawność - 47,2% uzyskały panele z koncentracją światła. Powstały one w wyniku współpracy Narodowego Laboratorium Energii Odnawialnej (USA) i firm z Korei Południowej. Panele te budowane są na bazie arsenku galu. Innym bardzo obiecującym kierunkiem są prace nad ogniwami z perowskitów, związków chemicznych znacznie tańszych od krzemu. Dzięki swoim własnościom mogą być umieszczane na dowolnym podłożu, szczególnie na folii. Można nimi pokryć budynki (dachy, ściany), a nawet okna - bo są cienkie i częściowo transparentne. Perowskity zamieniają energię słoneczną, a nawet pochodzącą ze sztucznego oświetlenia na energię elektryczną. Dla nas jest to emocjonujące, bo liderem prac nad tymi rozwiązaniami jest Polka dr Olga Malinkiewicz. Firma Saule Technologies z Wrocławia w maju tego roku uruchomiła przemysłową produkcję takich ogniw. Jeden z fizyków przewiduje, że dr Olga Malinkiewicz może być kandydatem do Nagrody Nobla. Teoretyczna sprawność tego typu ogniw nie przekracza 30% (obecnie w laboratorium ociążnięto 20%). Ze względu na bardzo szerokie możliwości zastosowań, ogniwa budowane na bazie perowskitów mogą stać się bardzo popularne.

Największe elektrownie fotowoltaiczne

Na koniec 2019 r. łączna moc elektrowni fotowoltaicznych przekroczyła 580 GW. W tabeli pokazano zbiór 17 największych elektrowni zainstalowanych do 2020 r.

Największe elektrownie fotowoltaiczne

Państwo	Moc zainstalowana [MW]	Rok uruchomienia
Indie	2245	2021
	2050	2019
	1000	2016
	900	2020
	750	2018
	690	2012
	648	2017
Chiny	2200	2021
	1547	2016
	1000	2010
	850	215
Egipt	1650	2019
Zjednoczone Emiraty Arabskie	1177	2019
	1013	2020
Meksyk	828	2018
Stany Zjednoczone	747	2015
	552	2016

W literaturze można spotkać informacje o budowie na pustyni Nevada (USA), elektrowni słonecznej o mocy ok 2000 MW, która ma pracować całą dobę.

W ciągu dnia wytwarzana będzie energia elektryczna i ciepła, która posłuży do podgrzewania rozpuszczonej soli. Ciepło to wykorzystane zostanie do wytwarzania w nocy energii elektrycznej metodą klasyczną. Należy dodać, że elektrownia ta budowana jest jako spółka akcyjna, bez dotacji z budżetu państwa. W USA panuje przekonanie, że na wytwarzaniu energii z OZE można zarobić.

PODSUMOWANIE

Ze względu na wymagania ochrony klimatu, a także oczekiwanego wzrostu dostępu do energii elektrycznej (ok. 800 mln ludzi na świecie nie ma dostępu do energii elektrycznej), spodziewanego zwiększenia zużycia energii elektrycznej na osobę, wyczerpywanie się paliw kopalnych, zagadnienia wytwarzania energii elektrycznej będą dla świata priorytetowe. Należy oczekiwać, że kraje uruchomią cały potencjał badawczy do rozwiązywania tych zagadnień.

LITERATURA

- [1] Bielizewski B., Nowak Z., 2021. Perspektywy rozwoju małych reaktorów modułowych. PISM, 110.
- [2] Górski J., Lis J., 2017. Małe i średnie CHP, oferta rynku a potrzeby branży. AGH 2017 r. (prezentacja).
- [3] Marcisz M., Probiez K., Chmielniak T., 2017. Czyste technologie węglowe - szansą rozwoju sektora górnictwa. Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, 3.
- [4] Nowak W. Czyste technologie węglowe.. P Cz.(prezentacja)
- [5] Nowak W., Świrski K., 2018. II Kongres innowacji w energetyce. Prezentacja wprowadzająca AGH, PW.
- [6] Plucińska P., 2016. Reaktory termojądrowe. AGH, (prezentacja).