



Współczesne rozwiązania i transformacja energetyczna w Polsce

dr hab. inż. Tomasz Gałka, prof. IEn

Instytut Energetyki, Warszawa





W roku 2020 produkcja energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych (OZE) w UE po raz pierwszy w historii była większa niż z paliw kopalnych.

Średnia emisja CO₂ wyniosła 226 g/kWh (w 2015 r. 317 g/kWh – spadek o 28.7 %).

W Polsce średnia emisja wyniosła 724 g/kWh (w 2015 r. 803 g/kWh – spadek o 9.8 %) i była najwyższa w Europie – II miejsce Grecja 522 g/kWh, III miejsce Czechy 386 g/kWh, spadki odpowiednio 29.4 % i 22.0 %.

(źródło: Agora Energiewende and Ember (2021): *The European Power Sector in 2020: Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition*)

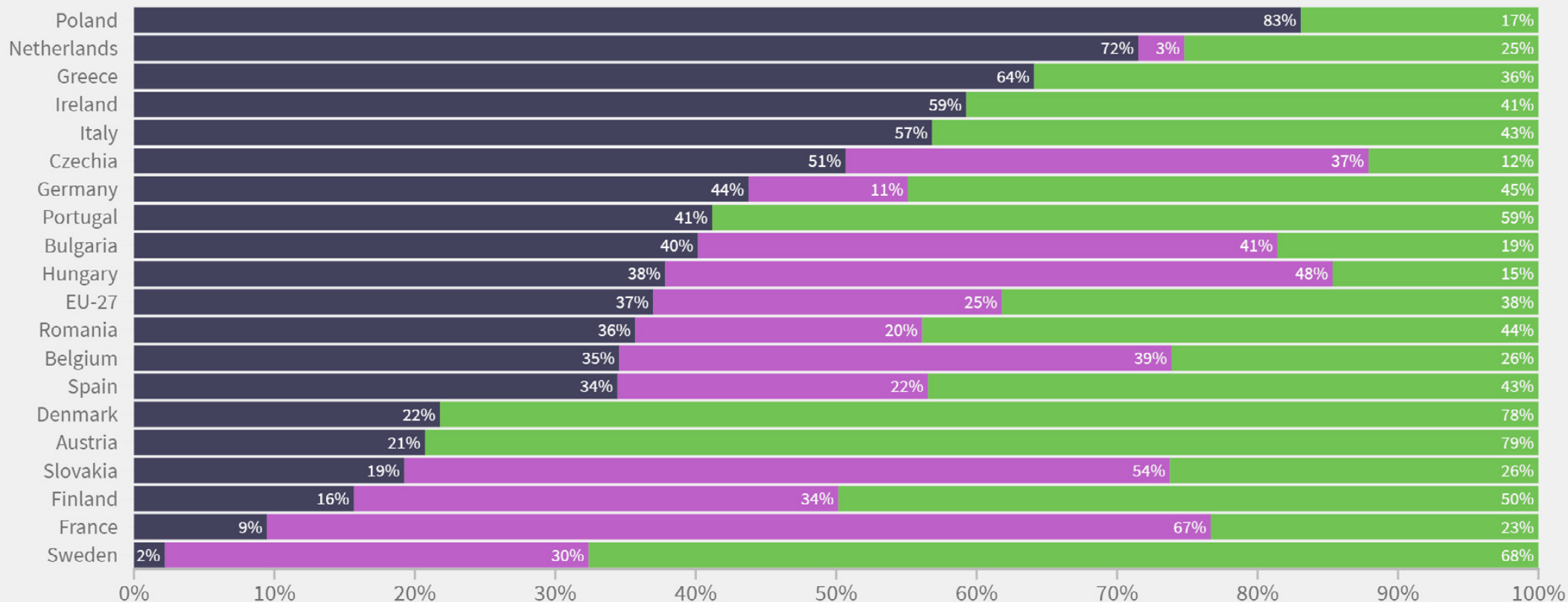


Fossil fuels vs. Renewables

Share of electricity generation

EMBER

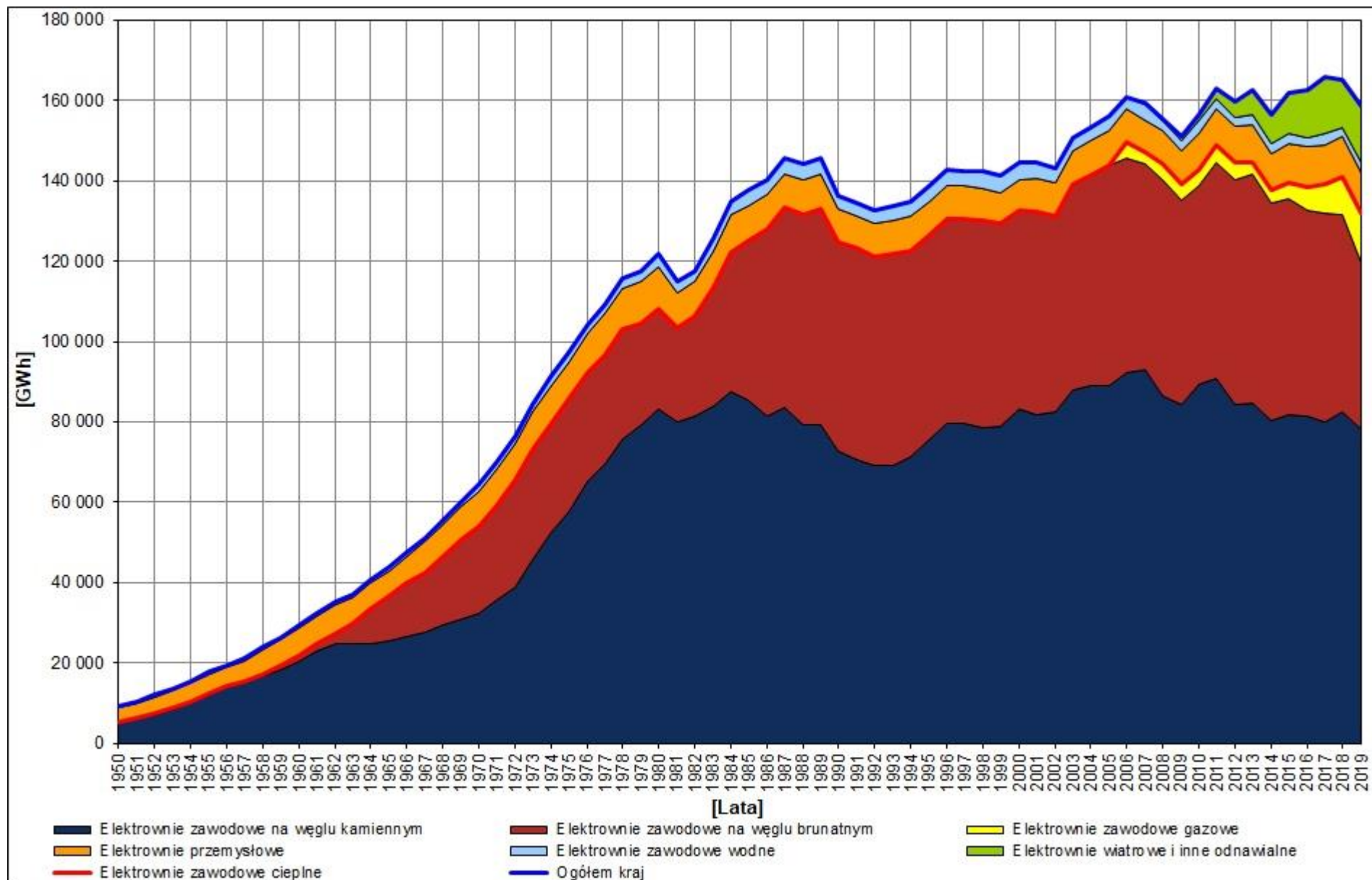
■ Fossil ■ Nuclear ■ Renewables



Europe's Power Sector in 2020, published by Ember and Agora Energiewende on 25th January 2021.

The 19 countries displayed account for > 97% of EU-27 electricity consumption.

Współczesne rozwiązania i transformacja energetyczna w Polsce



Źródło: PSE

Współczesne rozwiązania i transformacja energetyczna w Polsce



Polityka energetyczna Polski do 2030 r. (przyjęta przez Radę Ministrów 10.11.2009 r.):

- Poprawa efektywności energetycznej (cel – osiągnięcie energochłonności polskiej gospodarki na poziomie UE-15),
- Wzrost bezpieczeństwa dostaw paliw i energii,
- Dywersyfikacja struktury wytwarzania energii elektrycznej poprzez wprowadzenie energetyki jądrowej,
- Rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym biopaliw,
- Rozwój konkurencyjnych rynków paliw i energii,
- Ograniczenie oddziaływania energetyki na środowisko.



Polityka energetyczna Polski do 2040 r. (projekt dokumentu opracowany w 2018 r. przez ówczesne Ministerstwo Energii, nigdy nie przyjęty przez rząd).

Zgodnie z tym dokumentem m.in. :

- Do 2030 r. udział węgla w produkcji energii elektrycznej ma się zmniejszyć do ok. 60%,
- Po 2025 r. nowe bloki węglowe mają wykorzystywać technologie zapewniające emisję na poziomie nie więcej niż 450 g/kWh CO₂ *),
- Do 2033 r. ma być uruchomiony pierwszy blok jądrowy o mocy 1 ÷ 1.5 GW, do 2040 r. cztery dalsze (plus jeszcze dwa w latach 2040 – 2041),
- Udział OZE w produkcji energii elektrycznej ok. 27%,
- Magazyny energii o mocy 10% mocy zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych do 2023 r.,
- 50 tys. pojazdów elektrycznych w 2020 r. i 1 mln w 2025 r.

*) Dla porównania: blok 1075 MW El. Kozienice – 745 g/kWh



Polityka energetyczna Polski do 2040 r. (dokument opracowany pod koniec 2020 r. przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska, przyjęty przez Radę Ministrów 2.2.2021 r.).

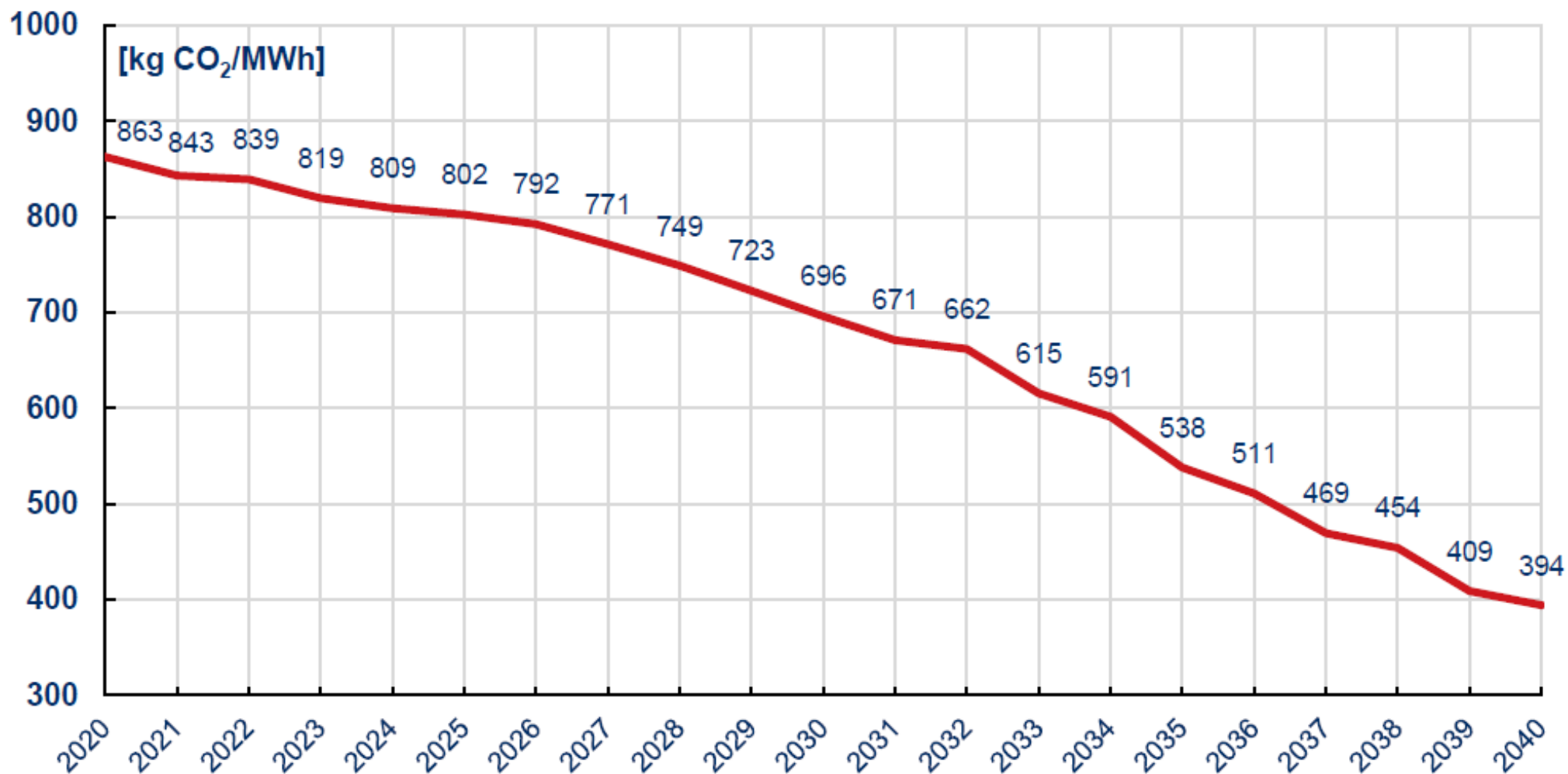
Zgodnie z tym dokumentem m.in. :

- Do 2030 r. udział węgla w produkcji energii elektrycznej ma się zmniejszyć co najmniej do 56% (zależnie od tendencji zmian ceny uprawnień do emisji),
- Odejście od spalania węgla w gospodarstwach domowych w miastach do 2030 r., na obszarach wiejskich do 2040 r.
- Do 2033 r. ma być uruchomiony pierwszy blok jądrowy o mocy 1 ÷ 1.6 GW, następnie kolejnych pięć co 2 – 3 lata,
- Udział OZE w produkcji energii elektrycznej co najmniej 32%,
- Rozwój transportu nisko- i zeroemisyjnego.



Prognozowany spadek jednostkowej emisji netto z elektrowni i elektrociepłowni

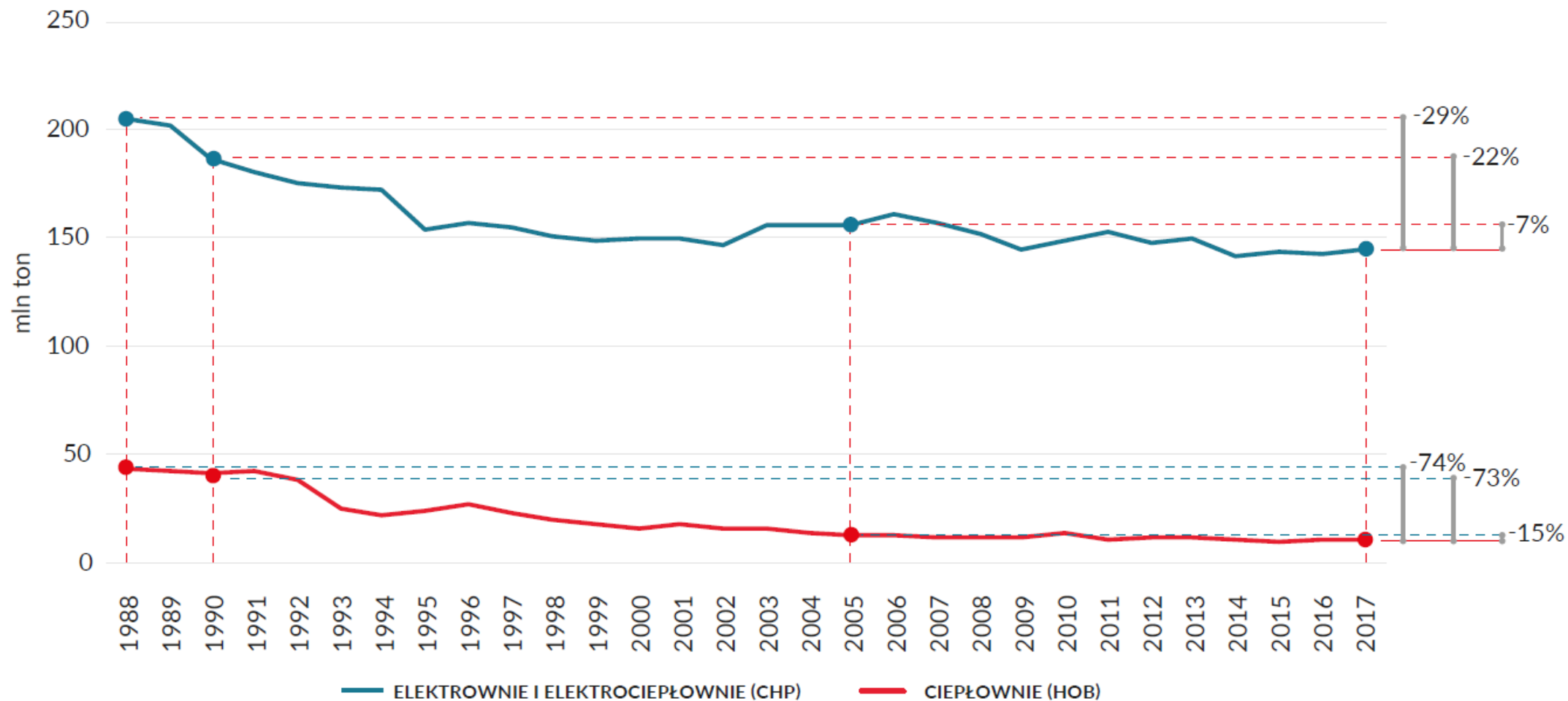
(źródło: ME)





Emisja gazów cieplarnianych z elektroenergetyki i ciepłownictwa

(źródło: www.forum-energii.eu)



Współczesne rozwiązania i transformacja energetyczna w Polsce

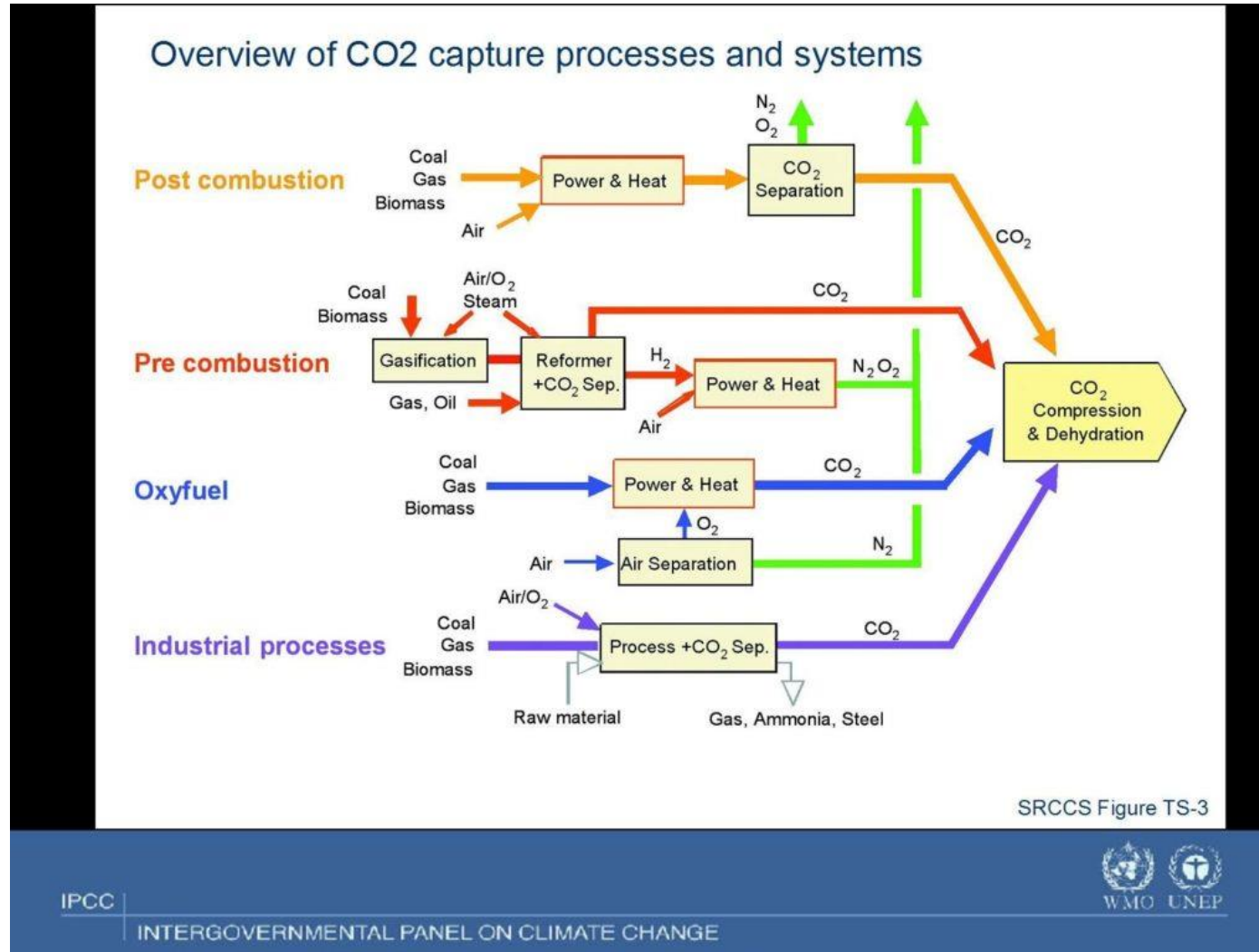


Uzyskanie prognozowanej emisji jednostkowej netto nieco poniżej 400 kg CO₂/MWh oznaczałoby (uwzględniając prognozowany wzrost produkcji) obniżenie całkowitej emisji o około 36% w ciągu 20 lat (2020 – 2040).

Tymczasem w ciągu 12 lat (2005 – 2017) udało się obniżyć całkowitą emisję w energetyce o około 7%, w ciepłownictwie – o około 15%.

Oznacza to, że obecnie stosowane technologie wyczerpują swoje możliwości. Dalszy postęp będzie oznaczał coraz większe nakłady przy coraz mniejszych efektach.

Sekwestracja CO₂ (CCS)



Źródło: *Technical Summary – Carbon Dioxide Capture and Storage*, IPCC Special Report, 2005

Współczesne rozwiązania i transformacja energetyczna w Polsce



Pilotażowa instalacja CCS na bloku 858 MW opalanym węglem brunatnym:

- Ilość wychwytywanego CO₂: około 1.8 mln ton rocznie,
- Sprawność wychwytu: 90%,
- Zapotrzebowanie energii: 40 MW,
- Sprawność bloku bez CCS: około 41.7%,
- Sprawność bloku z CCS: około 38%.

Projekt nie był realizowany z przyczyn ekonomicznych.

Przy obecnym poziomie opłat za emisję CO₂ instalacje CCS są ekonomicznie nieopłacalne.



Według przyjętej *Polityki Energetycznej Polski do 2040 r.* najbardziej oczekiwane innowacje w energetyce obejmują:

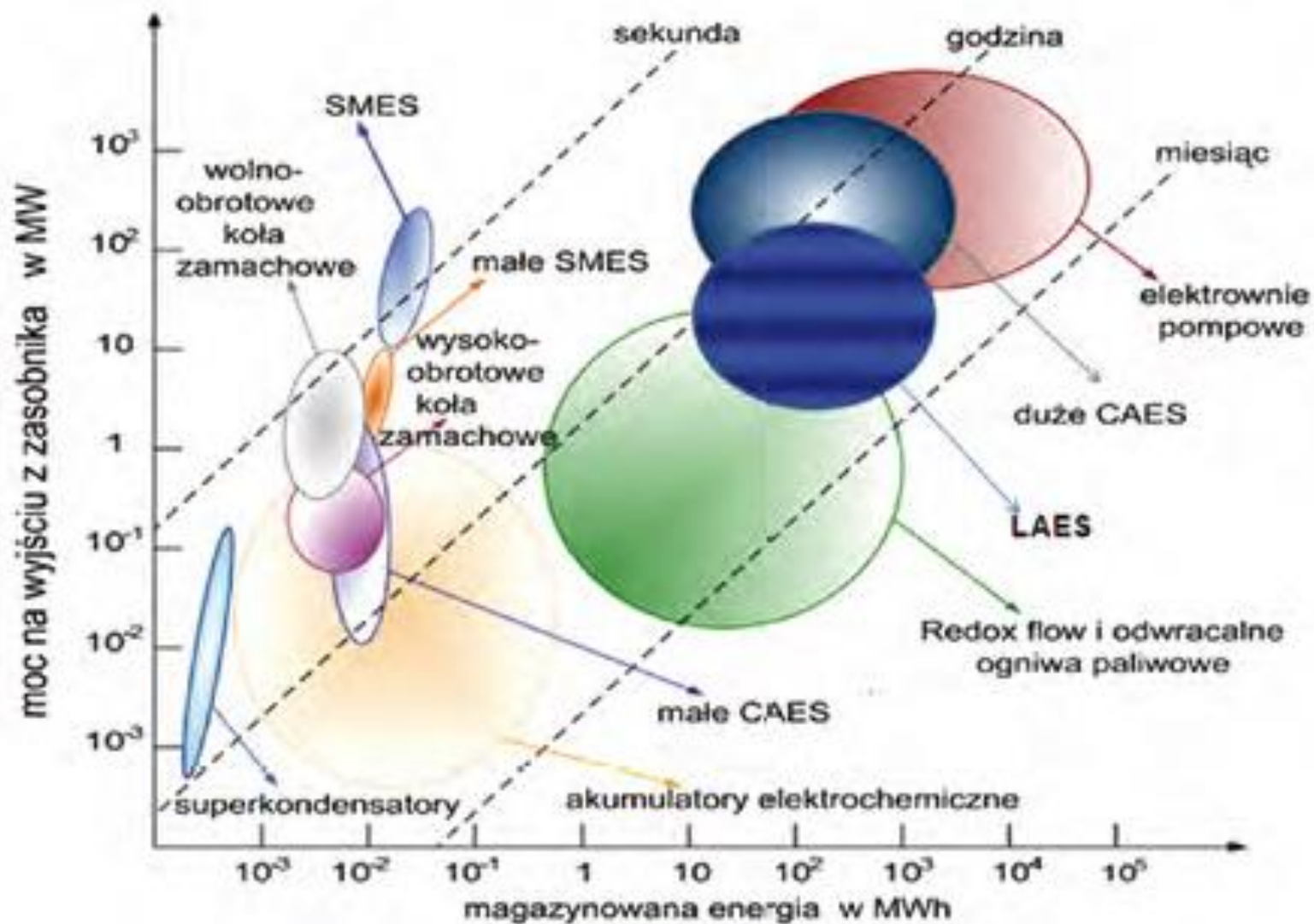
- technologie magazynowania energii,
- inteligentne opomiarowanie i systemy zarządzania energią,
- elektromobilność i paliwa alternatywne,
- technologie wodorowe.



Technologie magazynowania energii:

- Akumulatory wielokrotnego ładowania
- Superkondensatory
- Odwracalne systemy ogniw paliwowych
- Systemy nadprzewodzące (SMES)
- Koła zamachowe
- Systemy magazynowania termicznego
- Magazynowanie w sprężonym powietrzu (CAES)
- Magazynowanie w skroplonym powietrzu (LAES)
- Wodne elektrownie pompowe

Źródło: H. Wojciechowski: Technologie magazynowania energii cz. I i II, www.cire.pl (dostęp 27.1.2021)



Źródło: H. Wojciechowski: Technologie magazynowania energii cz. I i II, www.cire.pl (dostęp 27.1.2021)

Współczesne rozwiązania i transformacja energetyczna w Polsce



Dlaczego wodór?

Ogromne zainteresowanie technologiami wodorowymi wynika z tego, że są one postrzegane jako potencjalne rozwiązanie trzech problemów:

- Magazynowanie energii,
- Alternatywa dla paliw węglowodorowych w transporcie lądowym, morskim i lotniczym,
- Alternatywa dla paliw kopalnych w przemyśle.

Według ‚wodorowego scenariusza’ (dekarbonizacja oraz wyeliminowanie energetyki jądrowej) mix energetyczny Europy w 2050 r. obejmowałby jedynie fotowoltaikę, energię wiatru oraz wodór.



Wybrane projekty badawcze IEn z zakresu technologii wodorowych

- ONSITE. Operation of a Novel SOFC-battery Integrated hybrid for Telecommunication Energy systems (FP7, zakończony 2017);
- Badanie procesów degradacji elektrody paliwowej stałotlenkowego ogniwa paliwowego podczas pracy powyżej 1000 h z realizacją reformingu parowego na jej powierzchni (NCN, zakończony 2018);
- HyLAW. Identification of legal rules and administrative processes applicable to Fuel Cell and Hydrogen technologies' deployment, identification of legal barriers and advocacy towards their removal (H2020, zakończony 2019);
- NewSOFC. Nowe konstrukcje, materiały i technologie wytwarzania zaawansowanych stałotlenkowych ogniw paliwowych (PO IR, zakończony 2019);
- NewSOC. Next Generation solid oxide fuel cell and electrolysis technology (H2020, w realizacji);
- BALANCE. Increasing penetration of renewable power, alternative fuels and grid flexibility by cross-vector electrochemical processes (H2020, w realizacji);
- Eksperymentalne i numeryczne badania wpływu mikrostruktury ceramicznych przewodników jonowych na przebieg procesu wytwarzania wodoru w stałotlenkowych ogniwach elektrochemicznych (SOC) (NCN, w realizacji).



Problemy:

- Ograniczona i niezbyt wysoka sprawność cyklu energia elektryczna – wodór – energia elektryczna. Nawet przy optymistycznych założeniach i wykorzystaniu ogniw paliwowych o sprawności mniej więcej dwukrotnie wyższej od turbiny gazowej oznacza to, że straty energii w procesie magazynowania przekraczają 50%.
- Ograniczenie pierwotnych źródeł energii jedynie do słońca i wiatru oznacza oparcie się na źródłach o niskiej gęstości energii. Według symulacji opartej na dość optymistycznych założeniach w warunkach Polski wymagałoby to przeznaczenia ponad 12% powierzchni kraju na farmy wiatrowe i fotowoltaiczne.

Źródło: M. Garbicz: *Wodór jako brakujące ogniwo?* Rynek Energii nr 6 (151)-2020, str. 3-7



Propozycja C. Marchettiego: „Wyspa energetyczna”

Pierwotne źródło energii: kilka (5 -10) reaktorów powielających HTGR o łącznej mocy cieplnej około 1 TW. Skroplony wodór transportowany tankowcami.

- Wyspa o powierzchni około 4 km² (lokalizacja: Pacyfik),
- Sprawność około 60%,
- Roczna produkcja wodoru równoważna 500 mln ton ropy naftowej,
- Zapotrzebowanie na wodę chłodzącą: 500 mld ton rocznie,
- Zapotrzebowanie na materiały rozszczepialne: 500 ton rocznie,
- Pozyskanie materiałów rozszczepialnych z wody morskiej: 600 ton rocznie (zasoby w oceanie światowym szacowane na 5 mld ton),
- Koszt: 50 mld USD.

Źródło: C. Marchetti: *Hydrogen and Energy*, Chemical Economy & Engineering Review, 1973



,Ciemna strona OZE'

W latach 2007 – 2017 produkcja energii elektrycznej w Niemczech wzrosła z 640 TWh do 654 TWh, zaś zużycie spadło z 622 TWh do 600 TWh. Nadal jednak 94 TWh pochodziło z węgla kamiennego, zaś 148 TWh z węgla brunatnego – łącznie nieco więcej niż z OZE.

Planowane jest całkowite wyeliminowanie energii jądrowej do 2022 r. i zamknięcie wszystkich elektrowni węglowych do 2038 r. Oznacza to oparcie się na OZE i gazie ziemnym (import z Rosji).

Cena energii elektrycznej dla gospodarstw domowych w 2015 r. była w Niemczech niemal dwukrotnie wyższa niż w Polsce. Niemal 25% tej ceny stanowiła ,opłata OZE'. Przeciętna rodzina niemiecka płaci rocznie 1 300 euro za luksus wysokiego udziału OZE w produkcji energii elektrycznej.

W dniu 1 maja 2018 r. przez dwie godziny produkcja z OZE pokrywała 100% zapotrzebowania na energię elektryczną w Niemczech. Nadwyżka (około 15 GW) szła na eksport za ujemną cenę (około 70 euro/MWh).



Dekarbonizacja?

W 2018 r. na świecie wydobyto nieco ponad 7 000 mln ton węgla kamiennego i ponad 800 mln ton węgla brunatnego. Wydobycie w Chinach wyniosło nieco ponad 3 500 mln ton, w USA około 900 mln ton, w Indiach około 770 mln ton, w Indonezji i Australii niemal po 500 mln ton.

Moc zainstalowana elektrowni węglowych w Chinach w 2018 r. wyniosła 943 GW, w budowie były bloki o mocy ponad 220 GW. W całej Europie moc zainstalowana elektrowni węglowych wynosiła wówczas 152 GW.

Na Chiny przypada jedna trzecia światowej emisji gazów cieplarnianych ze spalania paliw kopalnych.

Nawet całkowita dekarbonizacja Europy nie spowoduje radykalnego spadku emisji w skali globalnej.



Dziękuję za uwagę.