



# Wyzwania i zagrożenia w branży energetycznej

dr hab. inż. Tomasz Gałka, prof. IEn

Instytut Energetyki

Warszawa





W 1992 r. przyjęto **Ramową Konwencję Narodów Zjednoczonych W Sprawie Zmian Klimatu** („Szczyt Ziemi”, Rio de Janeiro) – weszła w życie w marcu 1994 r.

Podpisany w grudniu 1997 r. **Protokół z Kioto** wszedł w życie w lutym 2005 r. (zasada 2 x 55 – ratyfikacja przez minimum 55 państw odpowiedzialnych za minimum 55% emisji gazów cieplarnianych, tzn. dwutlenku węgla, metanu, tlenków azotu, halogenoalkanów, perfluorowęglowodorów i sześćiofluorku siarki).

Zakładano ograniczenie emisji tych gazów o 5.2% do 2012 r.

Protokół z Kioto nigdy nie został ratyfikowany przez USA. Kanada wycofała się w 2011 r.

Formalnie Protokół z Kioto przestał obowiązywać z końcem 2012 r., ale Unia Europejska i kilka innych państw europejskich zobowiązały się do jego przestrzegania do 2020 r.

Postanowienia Protokołu z Kioto stały się podstawą do handlu emisjami.



W 2015 r. podpisano **Porozumienie Paryskie** – drugi wiążący dokument realizujący postulaty Ramowej Konwencji Klimatycznej.

Celem Porozumienia jest ograniczenie średniego wzrostu temperatury na Ziemi od czasów „przedprzemysłowych” (1750 r.) do 2100 r. znacznie poniżej 2 st. Celsjusza oraz dążenie do ograniczenia tego wzrostu do 1,5 st. C. W Porozumieniu zawarto także dążenie do osiągnięcia neutralności węglowej (*carbon neutrality*) do 2050 r.

W celu realizacji tych założeń Porozumienie zakłada, że wszystkie państwa będą, począwszy od 2020 roku, ogłaszać dobrowolne cele redukcji emisji gazów cieplarnianych. Cele te będą poddawane rewizji i zwiększane co pięć lat.

Porozumienie Paryskie zaczęło obowiązywać w listopadzie 2016 r., również na zasadzie 2 x 55.

W sierpniu 2017 r. USA rozpoczęły oficjalny proces występowania z Porozumienia. Proces ten ma się zakończyć w listopadzie 2020 r.



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

- Poprawa efektywności energetycznej,
- 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.



W 2018 r. Ministerstwo Energii opracowało projekt dokumentu *Polityka energetyczna Polski do 2040 r.* Zakładano w nim m.in.:

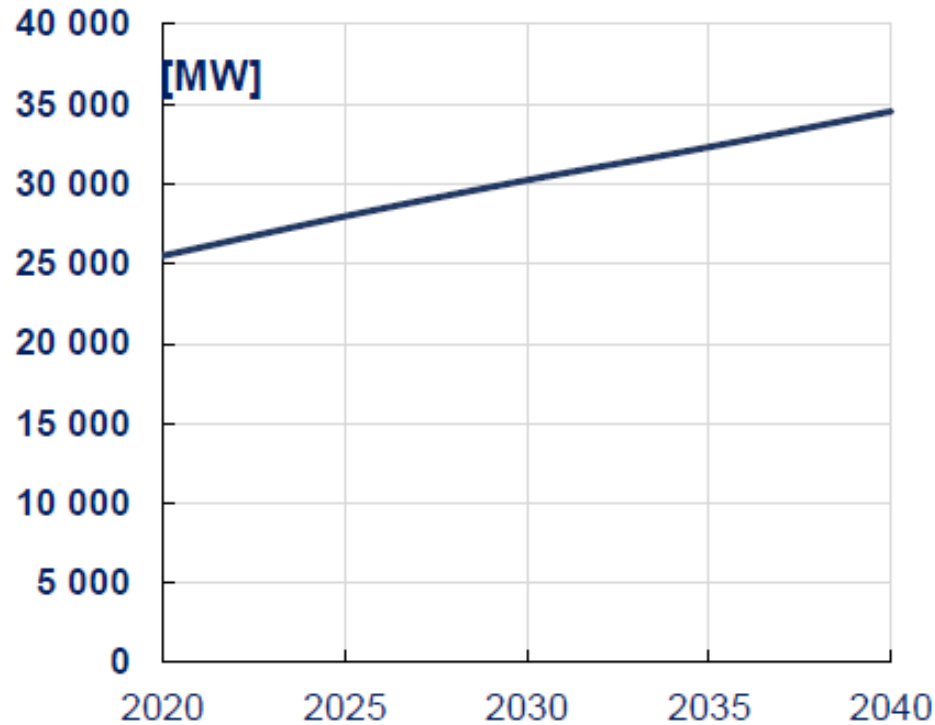
- Do 2030 r. udział węgla w produkcji energii elektrycznej ma się zmniejszyć do ok. 60%,
- Po 2025 r. nowe bloki węglowe mają wykorzystywać technologie zapewniające emisję na poziomie nie więcej niż 450 g/kWh CO<sub>2</sub>,
- Do 2033 r. ma być uruchomiony pierwszy blok jądrowy o mocy 1 ÷ 1.5 GW, do 2040 r. cztery dalsze (plus jeszcze dwa w latach 2040 – 2041),
- Udział odnawialnych źródeł energii (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.

Dokument ten nie został nigdy przyjęty przez Radę Ministrów. Po likwidacji Ministerstwa Energii w listopadzie 2019 r. Ministerstwo Klimatu ogłosiło w styczniu 2020 r. rozpoczęcie prac nad nowym dokumentem.

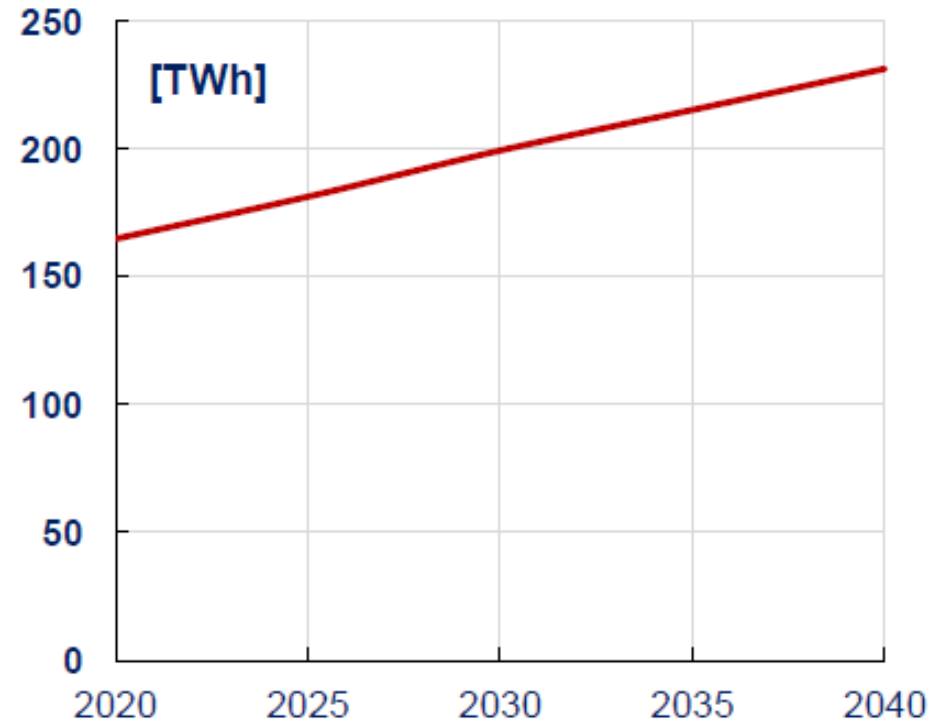


# Prognoza zapotrzebowania na moc szczytową i produkcję energii elektrycznej

(źródło: [www.forum-energii.eu](http://www.forum-energii.eu))



— zapotrzebowanie na moc w szczycie [MW]

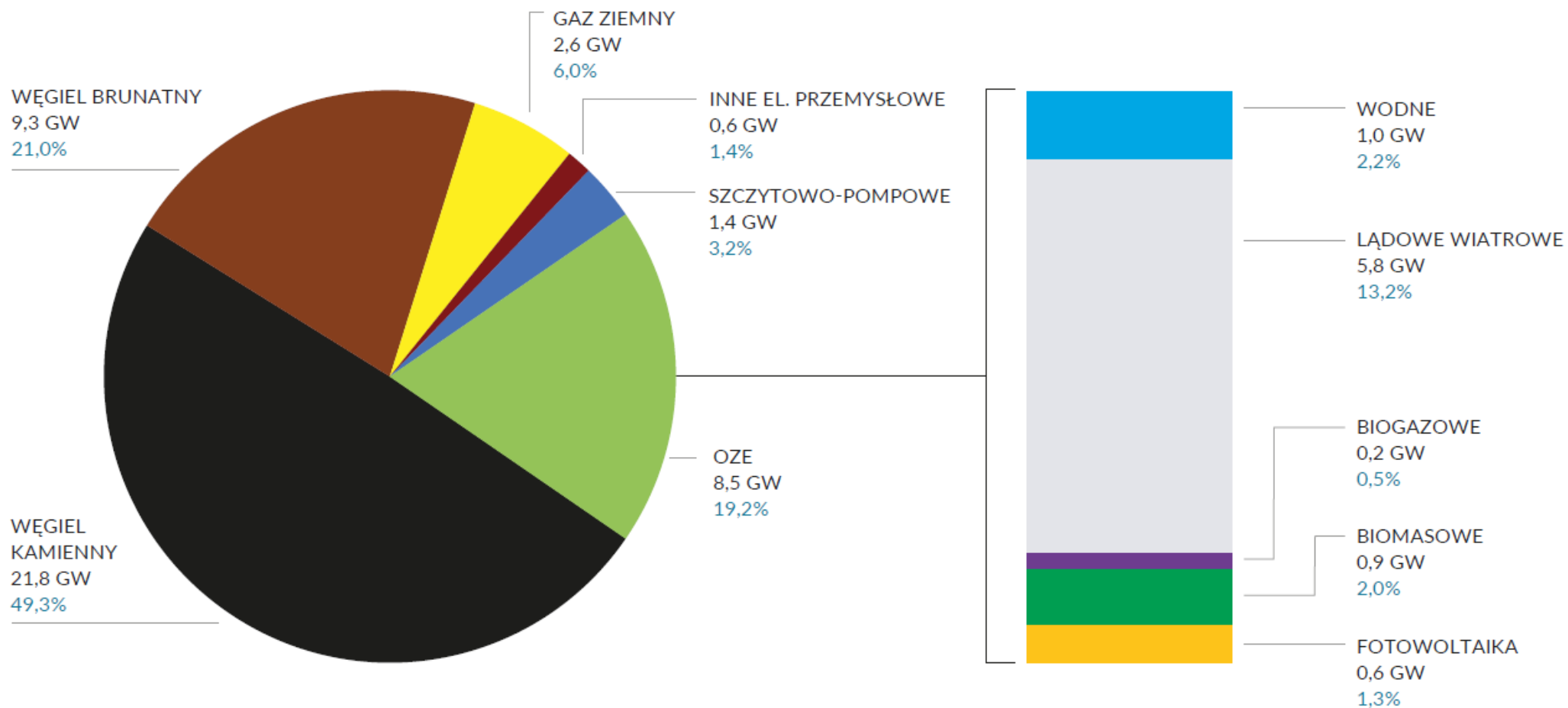


— zapotrzebowanie na energię elektryczną [TWh]



# Struktura mocy zainstalowanej w 2018 r.

(źródło: [www.forum-energii.eu](http://www.forum-energii.eu))





- Udział węgla kamiennego i brunatnego w mocy zainstalowanej wynosił w 2018 r. 70.3% (udział w produkcji był jeszcze większy – 78.2%);
- Udział OZE w końcowym zużyciu energii brutto wyniósł w 2018 r. 11.16% i w stosunku do 2017 r. wzrósł zaledwie o 0.26 p. proc.;
- Rosnący trend udziału OZE załamał się w 2016 r. i od tego czasu wzrost był znikomy;
- Dla porównania: cel OZE w 2020 r. – 15%, w 2030 r. – 21% (zalecenie Komisji Europejskiej: 25%)
- Osiągnięcie celu OZE w 2020 r. wydaje się nierealne, w 2030 r – co najmniej problematyczne.



# Prognoza struktury mocy zainstalowanej netto [MW]

(źródło: ME)

	2020	2025	2030	2035	2040
elektrownie na węgiel brunatny	7 400	7 600	7 600	3 800	1 500
elektrownie na węgiel kamienny – istniejące	12 700	11 100	9 300	5 400	3 100
elektrownie na węgiel kamienny – planowane i w budowie	2 500	3 400	3 400	3 400	3 400
elektrociepłownie na węgiel kamienny	5 450	5 210	5 130	5 010	5 485
elektrownie jądrowe	0	0	0	2 800	5 600
elektrownie na gaz ziemny	1 500	2 000	4 700	7 900	9 700
elektrociepłownie na gaz ziemny	1 350	1 520	2 200	2 330	2 745
elektrownie fotowoltaiczne	900	5 200	10 200	15 200	20 200
elektrownie wiatrowe lądowe	6 400	7 000	6 000	2 100	800
elektrownie wiatrowe morskie	0	0	4 600	6 100	10 300
elektrownie OZE pozostałe (na biomasę, biogaz, wodne)	3 400	3 800	4 100	4 300	4 300
elektrociepłownie pozostałe	400	470	470	460	470
elektrownie rezerwowe (OCGT*/diesel)	0	0	0	3 600	5 000
<b>RAZEM</b>	<b>42 000</b>	<b>47 300</b>	<b>57 700</b>	<b>62 400</b>	<b>72 600</b>



# Prognoza wytwarzania energii elektrycznej [TWh]

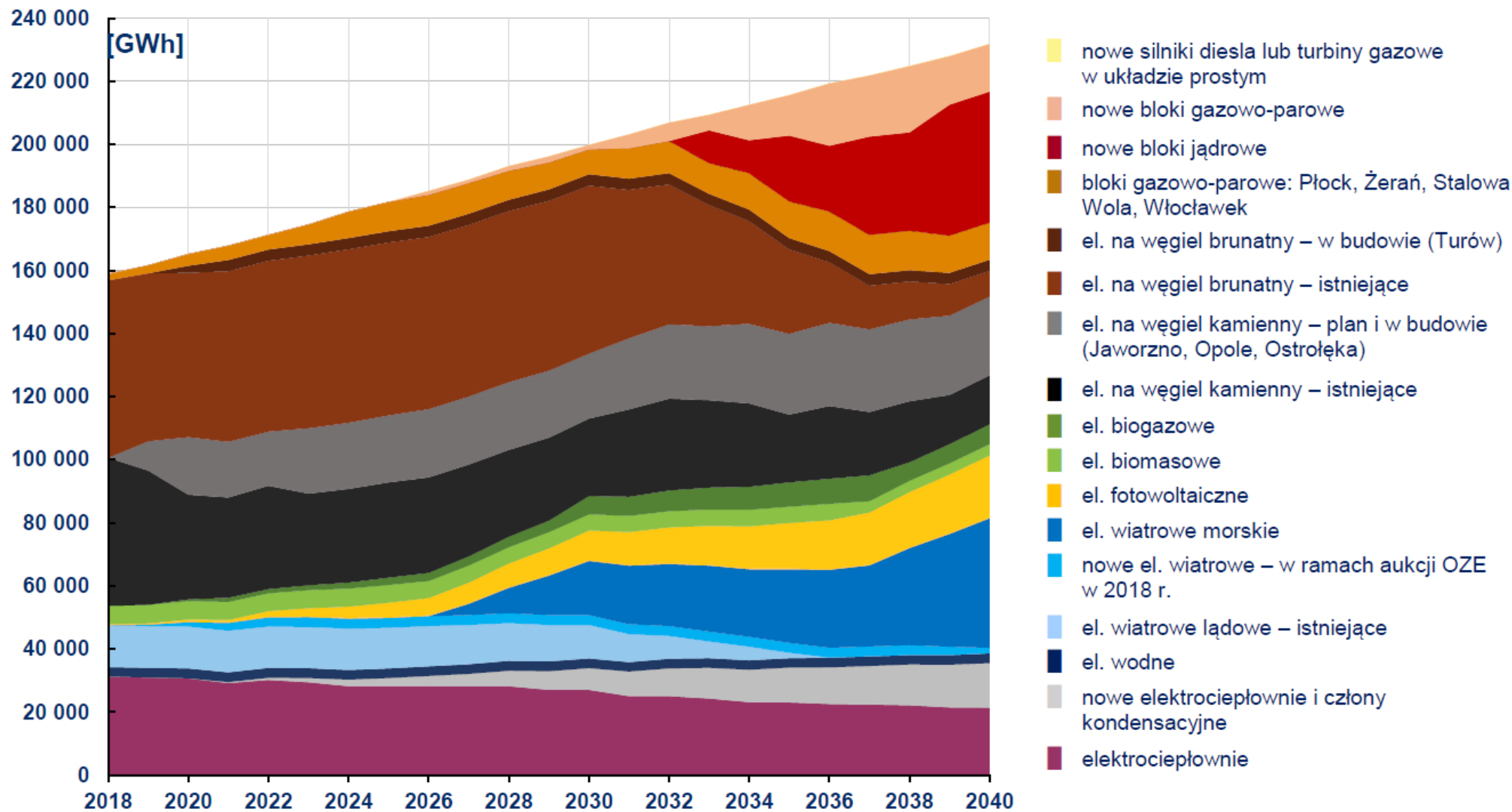
(źródło: ME)

	2020	2025	2030	2035	2040
elektrownie na węgiel brunatny	54,3	58,4	56,9	30,3	11,7
elektrownie na węgiel kamienny – istniejące	33,1	30,2	24,5	21,5	15,5
elektrownie na węgiel kamienny – planowane i w budowie	18,2	21,3	20,6	25,6	25,0
elektrociepłownie na węgiel kamienny – istniejące i nowe	23,2	22,3	22,3	21,9	22,4
elektrownie jądrowe	0,0	0,0	0,0	20,8	41,5
elektrownie na gaz ziemny	3,7	9,3	9,4	24,5	26,8
elektrociepłownie na gaz ziemny	5,8	6,5	9,6	10,2	11,2
elektrownie fotowoltaiczne	0,8	4,8	9,6	14,7	19,9
elektrownie wiatrowe lądowe	14,7	16,0	13,7	4,9	1,8
elektrownie wiatrowe morskie	0,0	0,0	17,1	23,3	41,1
elektrownie OZE pozostałe (na biomasę, biogaz, wodne)	9,5	11,0	14,1	15,9	13,0
elektrociepłownie pozostałe	1,7	2,0	2,0	2,0	1,9
elektrownie rezerwowe (OCGT/diesel)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>RAZEM</b>	<b>165,0</b>	<b>181,8</b>	<b>199,8</b>	<b>215,6</b>	<b>231,8</b>



# Prognoza struktury produkcji energii elektrycznej według technologii

(źródło: ME)





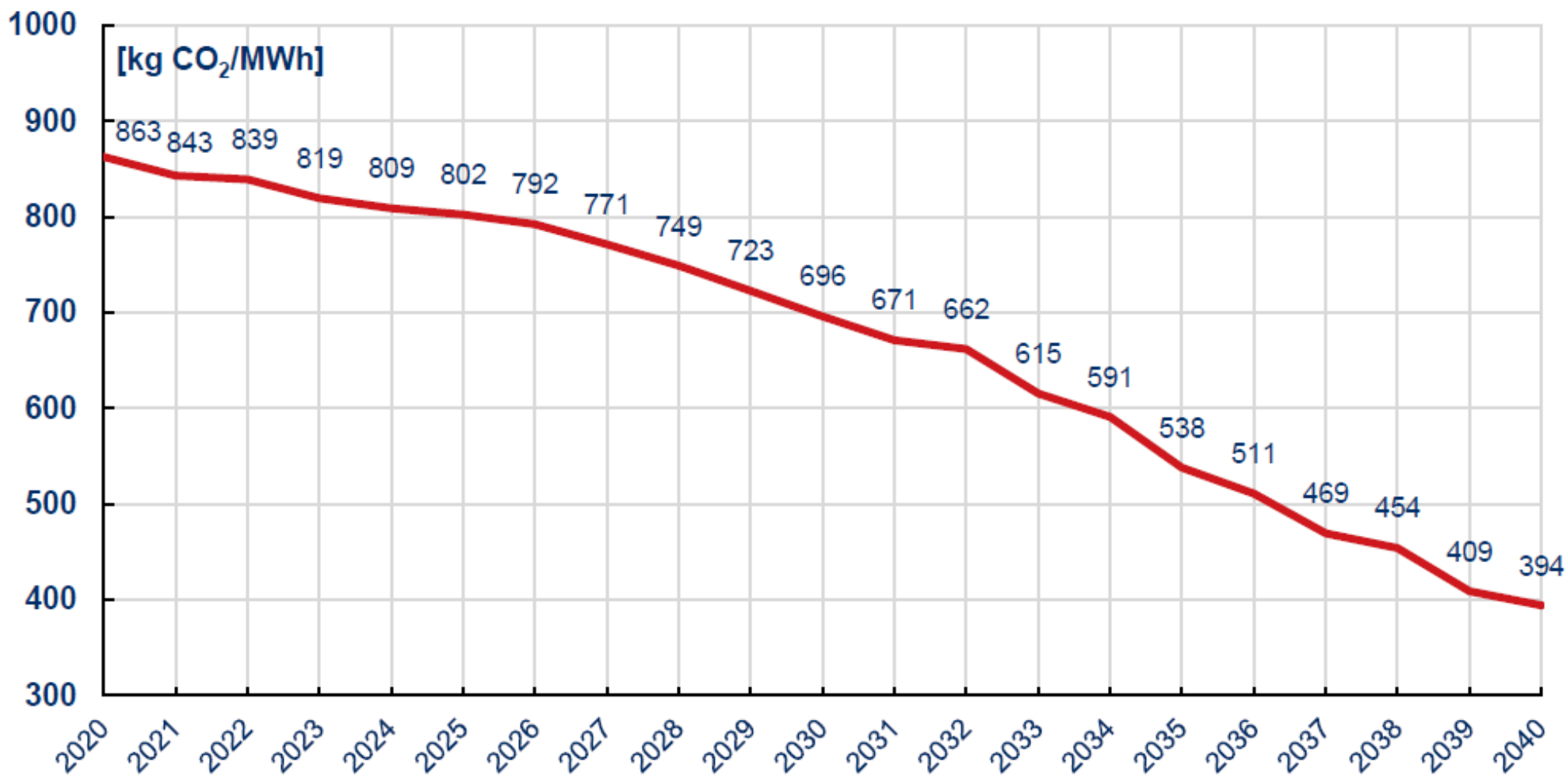
## Co ma się zmienić w latach 2020 – 2040?

- Węgiel brunatny – niemal pięciokrotny spadek produkcji;
- Węgiel kamienny – spadek produkcji o około 15%;
- Elektrownie jądrowe – w ciągu 7 lat (!) udział w produkcji ma wzrosnąć od zera do około 18%;
- Gaz ziemny – czterokrotny wzrost produkcji;
- Fotowoltaika – 25-krotny wzrost produkcji (!);
- Elektrownie wiatrowe – trzykrotny wzrost produkcji przy niemal całkowitej eliminacji instalacji lądowych (morskie pojawią się po 2025 r.);
- Pozostałe OZE – wzrost produkcji o około 40%.



# Prognozowany spadek jednostkowej emisji netto z elektrowni i elektrociepłowni

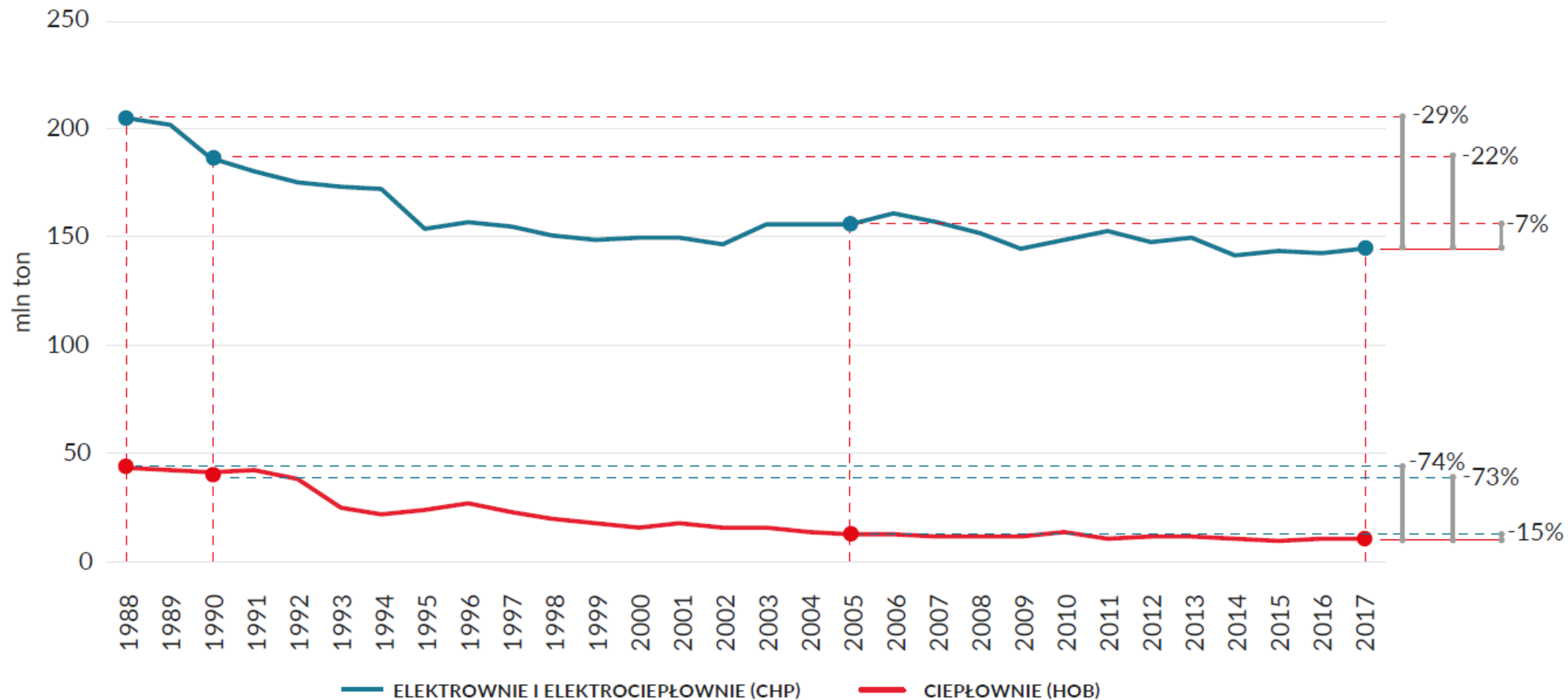
(źródło: ME)





# Emisja gazów cieplarnianych z elektroenergetyki i ciepłownictwa

(źródło: [www.forum-energii.eu](http://www.forum-energii.eu))





Uzyskanie prognozowanej emisji jednostkowej netto nieco poniżej 400 kg CO<sub>2</sub>/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.



W ciągu 20 lat (2020 – 2040) zostanie wycofanych z eksploatacji 5 900 MW w elektrowniach na węgiel brunatny, 9 600 MW w elektrowniach na węgiel kamienny oraz 5 600 MW w lądowych elektrowniach wiatrowych.

W tym czasie ma się pojawić 3 400 MW w nowych elektrowniach na węgiel kamienny<sup>\*)</sup>, 5 600 MW w elektrowniach jądrowych, 10 300 MW w morskich elektrowniach wiatrowych, 19 300 MW w fotowoltaice oraz 9 600 MW w elektrowniach i elektrociepłowniach na gaz ziemny.

**Jest to ogromne wyzwanie.**

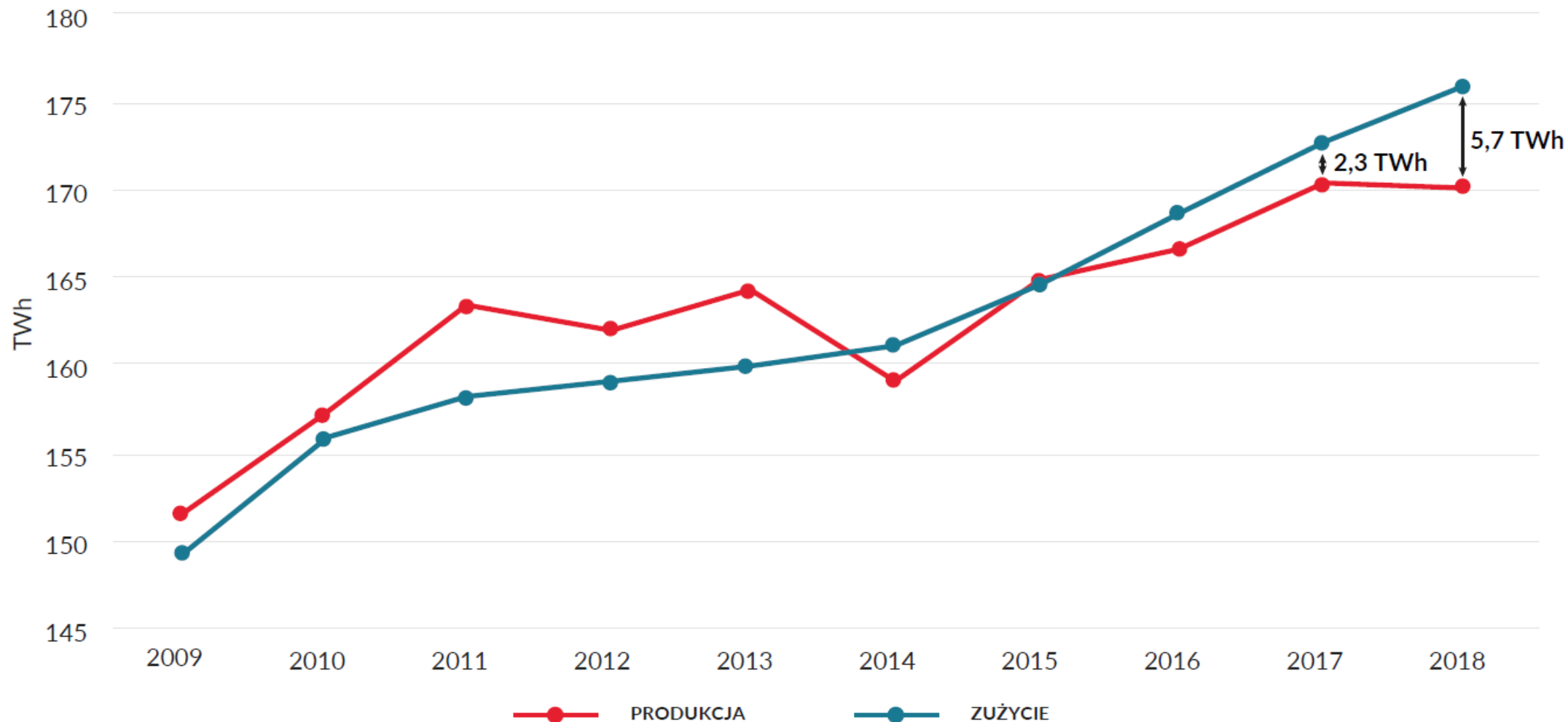
<sup>\*)</sup> Jak ma się to do deklaracji, że Ostrołęka C (1000 MW) ma być ostatnim blokiem węglowym w Polsce?



# Bilans produkcji i zużycia energii elektrycznej w Polsce

(źródło: [www.forum-energii.eu](http://www.forum-energii.eu))

W 2018 r. import wyniósł około 3% całkowitego zużycia.

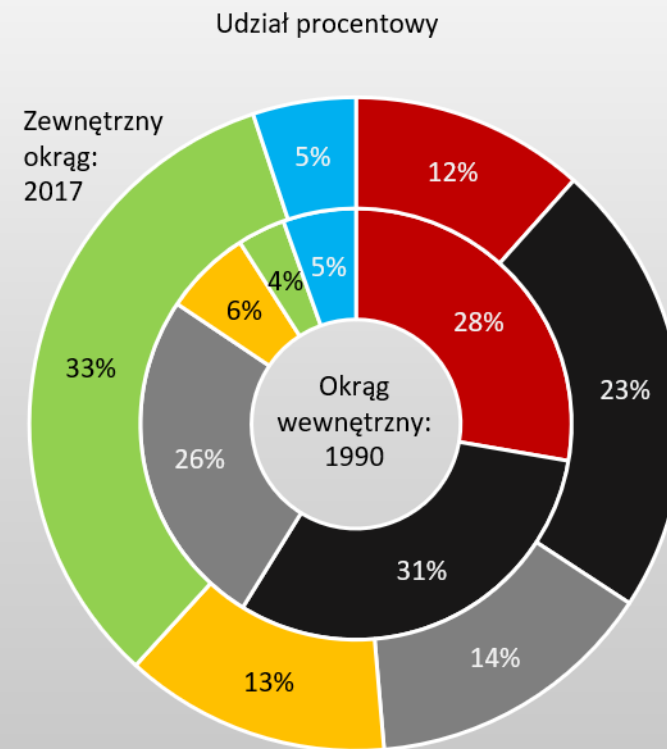
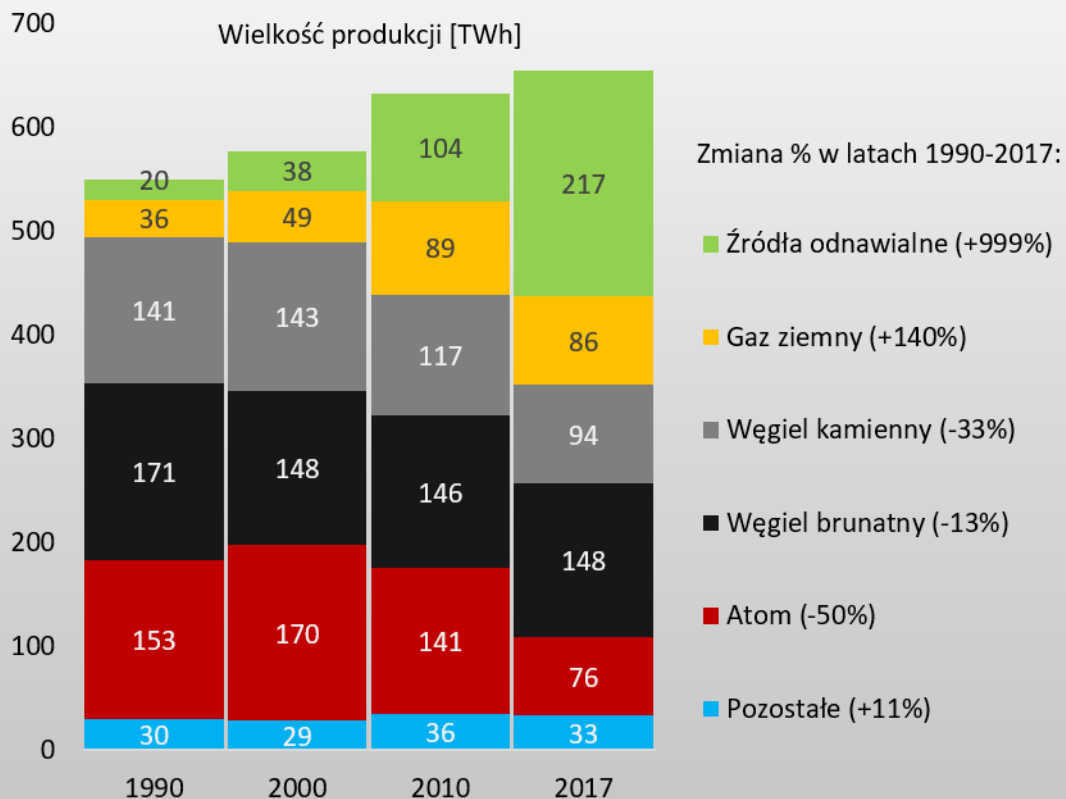




# Dla porównania: Niemcy

(źródło: [www.wysokienapiecie.pl](http://www.wysokienapiecie.pl))

## Produkcja energii elektrycznej w Niemczech od 1990 do 2017 roku



wysokie  napięcie.pl

Dane: AGEB | Luty 2018 | Licencja: CC-BY 4.0



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 wycofanie się z 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).

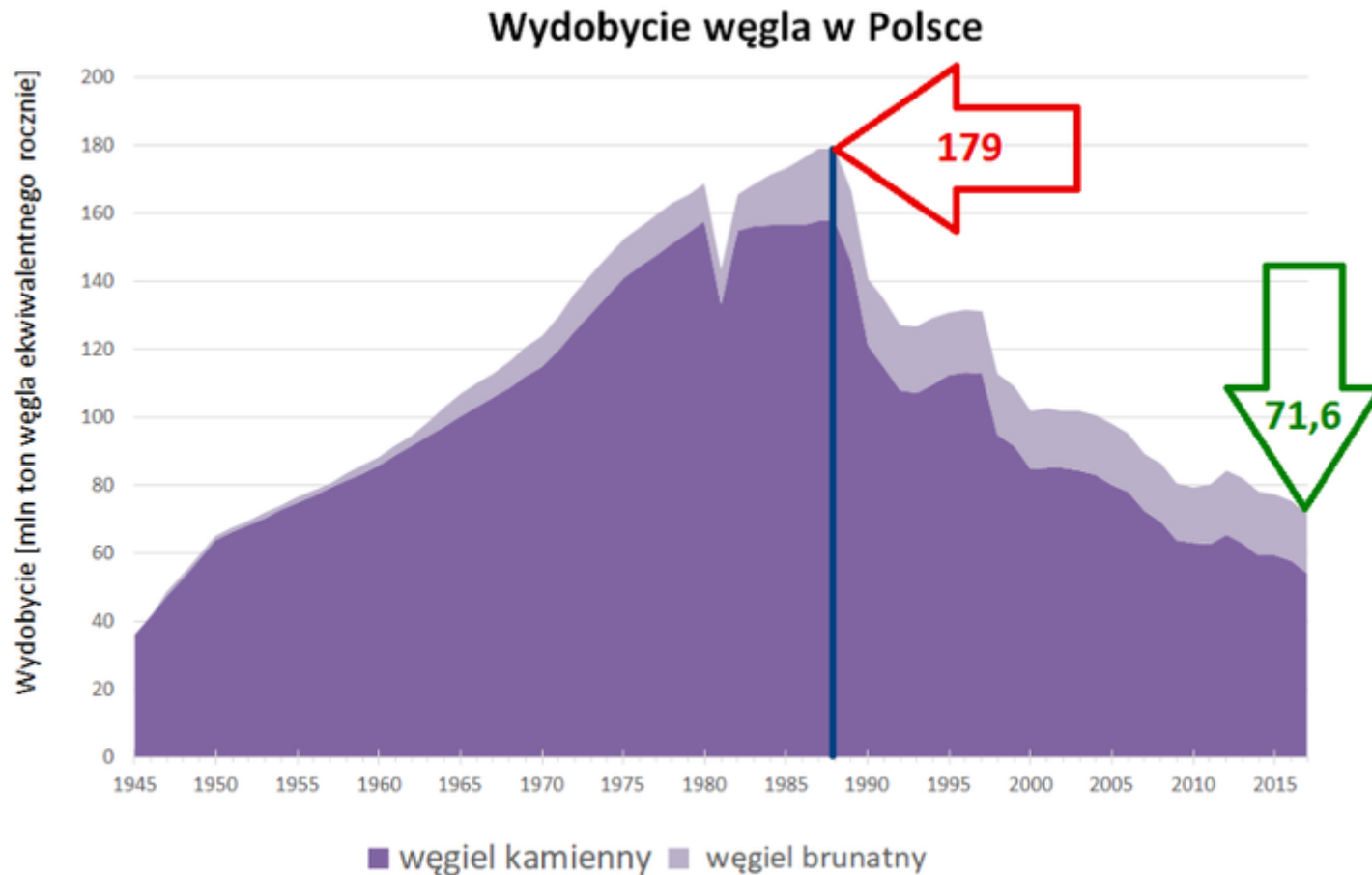
Cena energii elektrycznej dla gospodarstw domowych w 2015 r. była w Niemczech niemal dwukrotnie wyższa niż w Polsce. Niemal 25% tej ceny stanowiła ,opłata OZE'. Przeciętna rodzina niemiecka płaci rocznie 1 300 euro za luksus wysokiego udziału OZE w produkcji energii elektrycznej. Polska rodzina płaciłaby tyle samo lub niewiele mniej – ale PKB *per capita* to 31 939 dolarów międzynarodowych w Polsce i 52 559 w Niemczech (dane za rok 2018).

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).



# Wydobycie węgla kamiennego i brunatnego w Polsce

(źródło: [www.wysokienapiecie.pl](http://www.wysokienapiecie.pl))



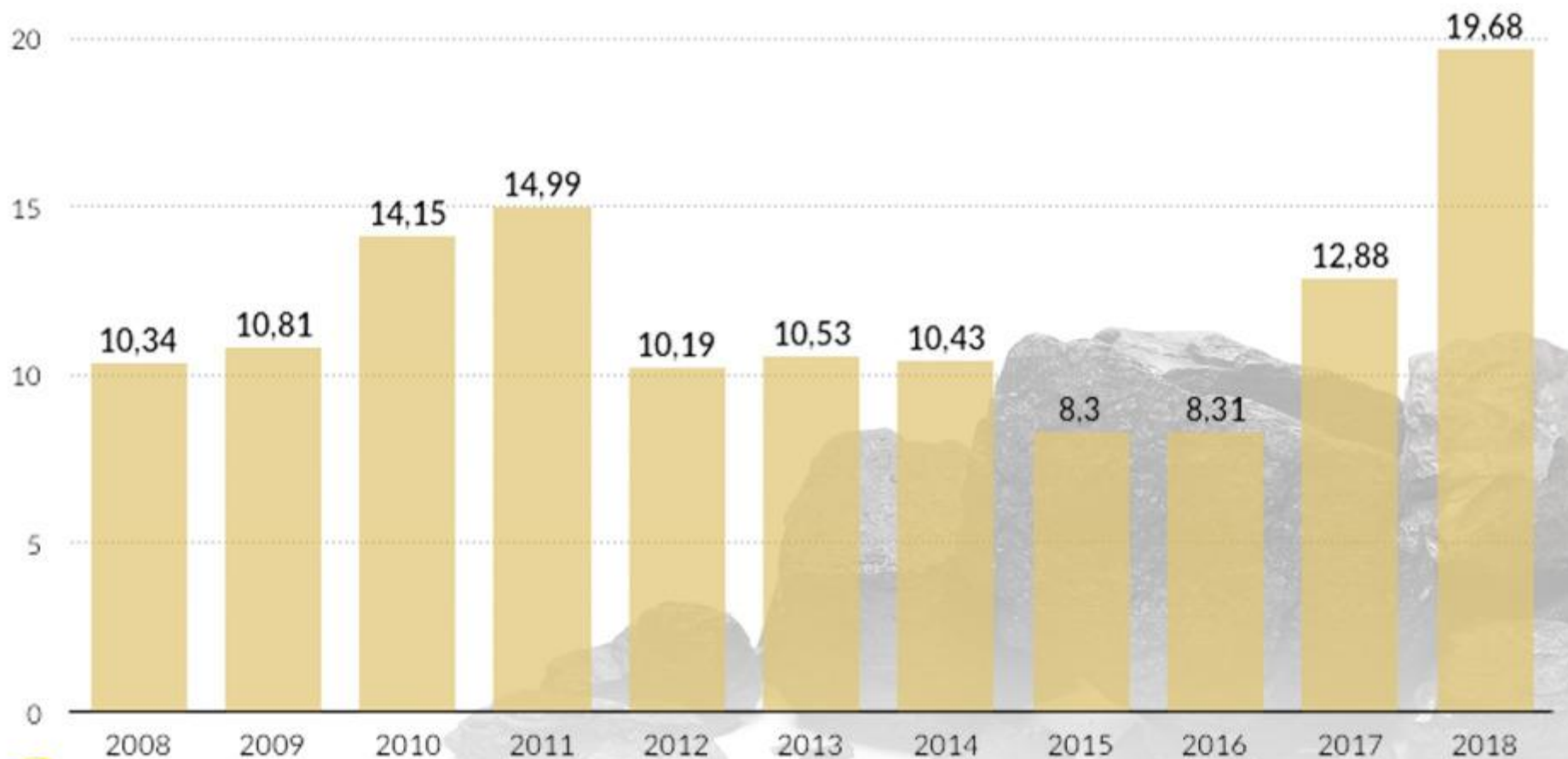
Źródło: Ziemia na rozdrożu (na podst. m.in. GUS, WUG)

wysokie  napięcie.pl



(źródło: [www.tvn24bis.pl](http://www.tvn24bis.pl))

## IMPORT WĘGLA KAMIENNEGO DO POLSKI W MILIONACH TON



ŹRÓDŁO: PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY



# Średnie źródła opalane węglem kamiennym- przykładowe standardy emisyjne

Nominalna moc cieplna źródła w MW	Źródło oddane do użytkowania po 28.03.1990 r.								
	do 31.12.2024r.			1.01.2025r. – 31.12.2029r.			od 1.01.2030r.		
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	pył	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	pył	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	pył
≤ 5	1500/1300	400	200/100	1500/1300	400	200/100	1100	400	50
>5 i ≤ 20	1300	400	100	1100	400	50	1100	400	50
>20 i < 50	1300	400	100	400	400	30	400	400	30

## Źródła nowe:

Nominalna moc cieplna źródła w MW	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	pył
≤ 5	400	400	50
>5 i < 50	400	300	30/20



# Alternatywy dla energetyki przemysłowej

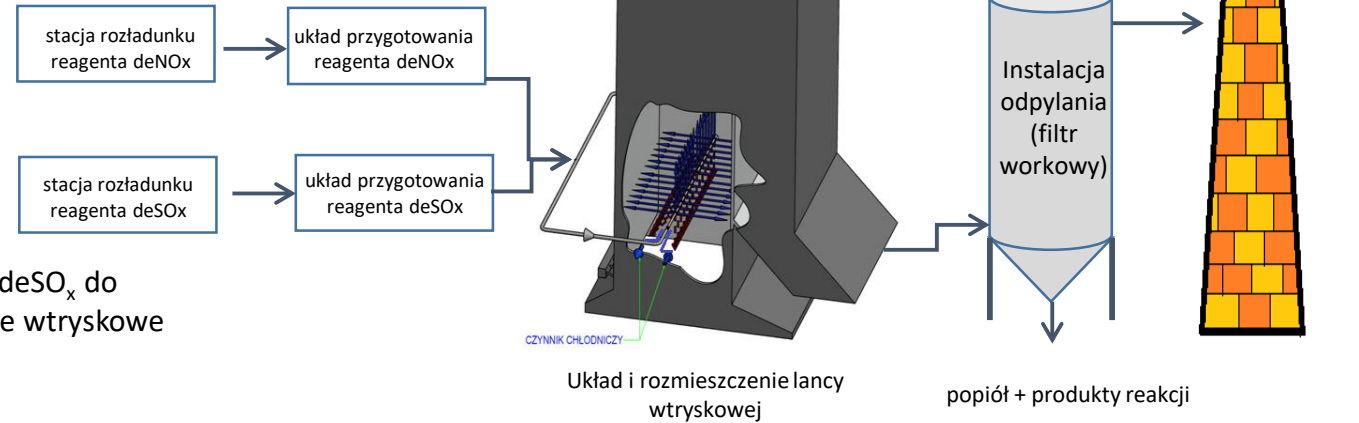
(źródło: Piotr Danielski, DB Energy, Forum Odbiorców Energii Elektrycznej i Gazu)

Źródło energii	Zalety	Wady
Gaz	<ul style="list-style-type: none"><li>• Czysta technologia</li><li>• Łatwość aplikacji i mobilność</li><li>• Niski wpływ na środowisko</li><li>• Prosta konstrukcja</li><li>• Niskie koszty</li><li>• Wysoka elastyczność źródła</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Wysoki koszt energii</li><li>• Wymagane częste przeglądy</li><li>• Niski parametr ciepła</li><li>• Konieczność funkcjonowania w obszarze sieci średniego ciśnienia gazu lub dostaw LNG</li></ul>
Węgiel	<ul style="list-style-type: none"><li>• Niski koszt energii</li><li>• Łatwo jest uzyskać duże moce generacji</li><li>• Prosta konstrukcja</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Technologia droga jeśli ma być czysta</li><li>• Wysokie nakłady inwestycyjne</li><li>• Wymaganie magazynu paliwa</li><li>• Mała dynamika źródła</li><li>• Skomplikowana obsługa</li></ul>
Biomasa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Średni koszt energii</li><li>• Łatwo jest uzyskać duże moce generacji</li><li>• Możliwe jest pozyskanie środków</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Technologia złudnie czysta</li><li>• Wysokie nakłady inwestycyjne</li><li>• Wymaganie magazynu paliwa</li><li>• Mała dynamika źródła</li><li>• Wysoka wrażliwość na paliwo</li></ul>



# Instalacja SeNeX – nowa metoda jednoczesnej redukcji NO<sub>x</sub> i SO<sub>2</sub> ze spalin kotłów rusztowych

- układ dostosowany do specyfiki pracy kotła rusztowego
- kompaktowa budowa
- dozowanie reagentów deNO<sub>x</sub>/deSO<sub>x</sub> do strumienia spalin poprzez lance wtryskowe wsuwane do komory spalania
- system „2 w 1” daje korzystny poziom CAPEX oraz OPEX (dzięki mniejszemu zużyciu reagentów) w porównaniu z konkurencyjnymi technologiami
- układ wymaga współpracy z filtrem workowym → uzyskiwane najlepsze efekty odsiarczania



*Lanca wtryskowa gotowa do pracy na kotle WR25*



# Instalacja SeNeX – nowa metoda jednoczesnej redukcji NO<sub>x</sub> i SO<sub>2</sub> ze spalin kotłów rusztowych

Możliwości metody bez obniżania emisji metodami pierwotnymi:

Końcowa emisja NO <sub>x</sub> *	< 150 mg/m <sup>3</sup> <sub>u</sub>
Końcowa emisja SO <sub>2</sub>	< 160 mg/m <sup>3</sup> <sub>u</sub>
Emisja nieprzereagowanego amoniaku	< 5 mg/m <sup>3</sup> <sub>u</sub>
Wpływ na sprawność kotła	neutralny
Wpływ na zawartość części palnych w popiele i żużlu	neutralny
Zagrożenie korozyjne	niskie

\*Połączenie metod pierwotnych i technologii SeNeX pozwala na jeszcze głębszą redukcję NO<sub>x</sub>.



## 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 wynosi 152 GW. Węgiel kamienny jest wydobywany jedynie w pięciu krajach (Polska, Czechy, Niemcy, Wielka Brytania i Hiszpania) – jeszcze w 1990 r. było ich czternaście.

W 2018 r. w Unii Europejskiej wydobyto 74 mln ton węgla kamiennego, z tego 86% w Polsce.

Wydobycie węgla brunatnego wyniosło 383 mln ton, z czego niemal połowa (171.3 mln ton) w Niemczech.



## Dekarbonizacja?

Po awarii w elektrowni jądrowej Fukushima w 2011 r. Japonia postawiła na węgiel, chociaż nie dysponuje jego znaczącymi zasobami. Do 2025 r. zamierza oddać do użytku 22 bloki węglowe, z czego pięć w 2020 r. Emisja CO<sub>2</sub> z tych bloków będzie w przybliżeniu taka, jak ze wszystkich samochodów osobowych sprzedanych w tym czasie w USA.

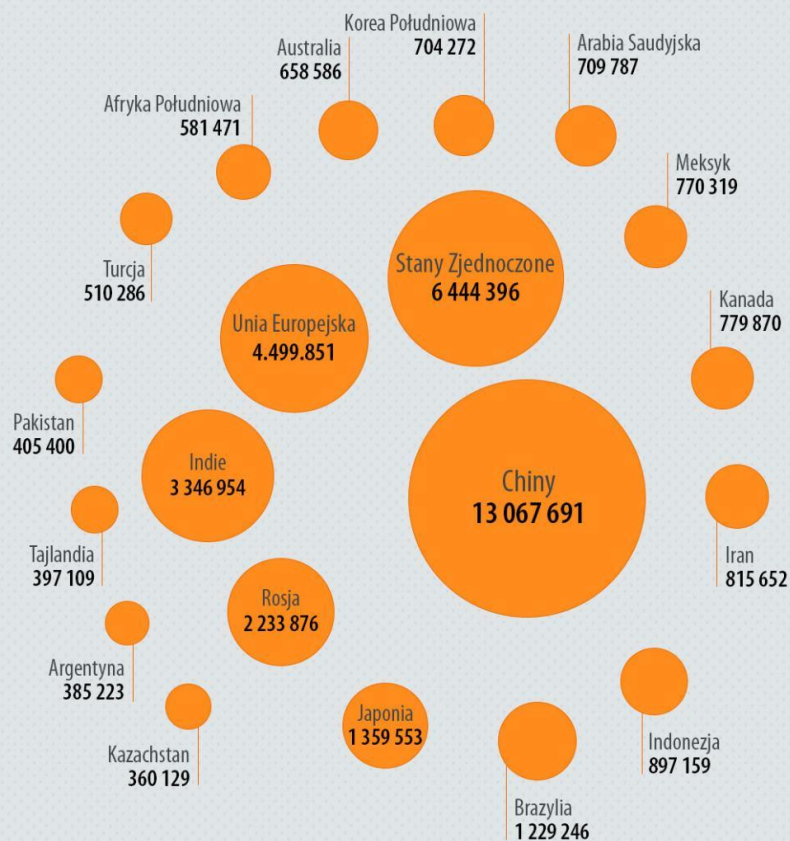
Emisja CO<sub>2</sub> to nie tylko energetyka. Dwaj najwięksi producenci stali – Chiny i Indie – planują znaczny wzrost produkcji. W Indiach ma ona do 2050 r. wzrosnąć czterokrotnie, co da w efekcie emisję 837 mln ton CO<sub>2</sub> (dla porównania w 2018 r. w Niemczech wyniosła ona 799 mln ton ze wszystkich źródeł).

**Dekarbonizacja oznacza dla Europy ogromny wysiłek finansowy i zagrozi konkurencyjności jej gospodarki w skali światowej, bez uzyskania znaczącego efektu globalnego.**



## Najwięksi emitenci gazów cieplarnianych na świecie w 2015

[kilotony ekwiwalentu CO<sub>2</sub>]



europarl.eu

Źródło: Raport JRC (2019)

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.**



## Punkt widzenia – 1

(National Centre for Climate Restoration, Australia)

**„Jeżeli do 2050 r. średnia temperatura na całym świecie wzrośnie o 3°C, gatunek Homo sapiens wkrótce wyginie.”**

- Najbliższa dekada będzie decydująca dla losów gatunku ludzkiego;
- Pokrywy lodowe już zanikają, powodując nieodwracalne zmiany (wzrost poziomu wody, zanikanie gatunków roślin i zwierząt);
- W 2050 r. 35% powierzchni Ziemi i 55% populacji będzie przez co najmniej 20 dni w roku narażone na temperatury przekraczające możliwości przeżycia człowieka;
- Niemal 30% powierzchni lądów stanie się pustynią;
- Około miliarda ludzi będzie musiało opuścić swoje siedziby z powodu braku możliwości zdobycia żywności (upadek rolnictwa);
- Ludzkość pogrąży się w totalnym chaosie.



Punkt widzenia – 2  
(James Taylor, Heartland Institute, USA)

**„Działalność człowieka nie ma wpływu na globalne zmiany klimatu i nie ma uzasadnienia, aby wprowadzać w energetyce zmiany rujnujące gospodarkę i cofające cywilizację.”**

- Węgiel był podstawą sukcesu gospodarki i dobrobytu ludności krajów rozwiniętych;
- Węgiel jest paliwem tanim i łatwo dostępnym – nie ma racjonalnych powodów, aby z niego rezygnować;
- Emisja dwutlenku węgla jedynie w kilku procentach zależy od działalności człowieka i spalania paliw kopalnych;
- Ziemia przechodziła globalne cykle ocieplenia i ochłodzenia, zależne przede wszystkim od aktywności Słońca (po ostatnim zlodowaceniu klimat w Europie był przez długi czas znacznie cieplejszy niż obecnie);
- Tempo wzrostu temperatury jest znacznie mniejsze od określanego przez niektóre organizacje międzynarodowe;
- Globalne ocieplenie ma korzystne efekty.



## Podsumowanie

- Polska potrzebuje zrównoważonego miksu energetycznego;
- Rezygnacja z węgla w bliskiej perspektywie czasowej jest nierealna;
- Osiągnięcie celów wynikających ze zobowiązań międzynarodowych Polski stanowi ogromne wyzwanie techniczne, finansowe i organizacyjne (koszt polskiej transformacji energetycznej do 2050 r. to około 500 mld euro);
- Kluczowe decyzje, dotyczące przede wszystkim nowych mocy wytwórczych ( w tym elektrowni jądrowych), muszą być podjęte w najbliższym czasie;
- Rosnący udział OZE i generacji rozproszonej będzie wymagał gruntownego przekształcenia systemu dystrybucyjnego;
- Ceny energii elektrycznej z pewnością wzrosną, a próby ich utrzymania na niższym poziomie mogą być śmiertelnym zagrożeniem dla przemysłu elektroenergetycznego;
- Konieczna jest intensyfikacja prac badawczo-rozwojowych i wdrożeniowych, ukierunkowanych na ograniczenie emisji i sprawne funkcjonowanie systemu elektroenergetycznego.



Dziękuję za uwagę.