



**Sekcja Nauka, Innowacje
Narodowej Rady Rozwoju
Warszawa, 7.01.2019**

Polska potrzebuje energetyki jądrowej

Dr inż. A. Strupczewski, prof. nadzw. NCBJ
Przewodniczący Komisji Bezpieczeństwa Jądrowego
Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Czemu Polska potrzebuje energetyki jądrowej?

- EJ **nie zanieczyszczają** środowiska naturalnego
- EJ wytwarzają energię elektryczną **najtaniej**
- EJ generacji III i III+ **są odporne na awarie**
- **Kurczy się baza paliwowa** polskiej energetyki węglowej
- Rosną **koszty emisji zanieczyszczeń** (opłaty za emisje i koszty ograniczenia emisji)
- Źródła wiatrowe i fotowoltaiczne są **kapryśne i nieprzewidywalne**
 - konieczne utrzymywanie **kosztownych rezerw mocy** (rezerwa wirująca i interwencyjna – stojąca) o wielkości zbliżonej do ich mocy zainstalowanej
→ **skutkuje zwiększeniem emisji**
- Wykorzystanie OZE i poprawa efektywności energetycznej **nie wystarczą**
- Energia z **OZE i gazu** jest **droga**

Na jak długo wystarczy nam węgla?

- Zasoby przemysłowe węgla kamiennego WK to 3,2 mld ton a po odliczeniu różnego rodzaju strat przy wydobywaniu, zasoby operatywne węgla w naszym kraju wynoszą 2,24 mld ton.
- Wydobywanie WK w Polsce na przestrzeni lat systematycznie spadało i w ciągu 2017 r. wyniosło 65,5 mln ton. Import węgla już dla roku 2018 spodziewany jest na poziomie 18 mln ton
- Zasoby operatywne WK wystarczą na ok 35 lat.
- Łączne zasoby geologiczne węgla brunatnego WB w Polsce to 23,5 mld ton. Zasoby przemysłowe natomiast to 1,13 mld ton Roczne wydobywanie WB wyniosło w 2015 roku 63,13 mln ton.
- Węgiel w Bełchatowie wyczerpie się w zależności od zapotrzebowania w latach 2032 - 2040.

Jak zasilać system elektroenergetyczny by wyrównać utratę elektrowni węglowych?

Źródła nisko-emisyjne to

- Energetyka jądrowa (EJ)
- Odnawialne Źródła Energii (OZE)

Które zapewnią stabilną produkcję energii elektrycznej?

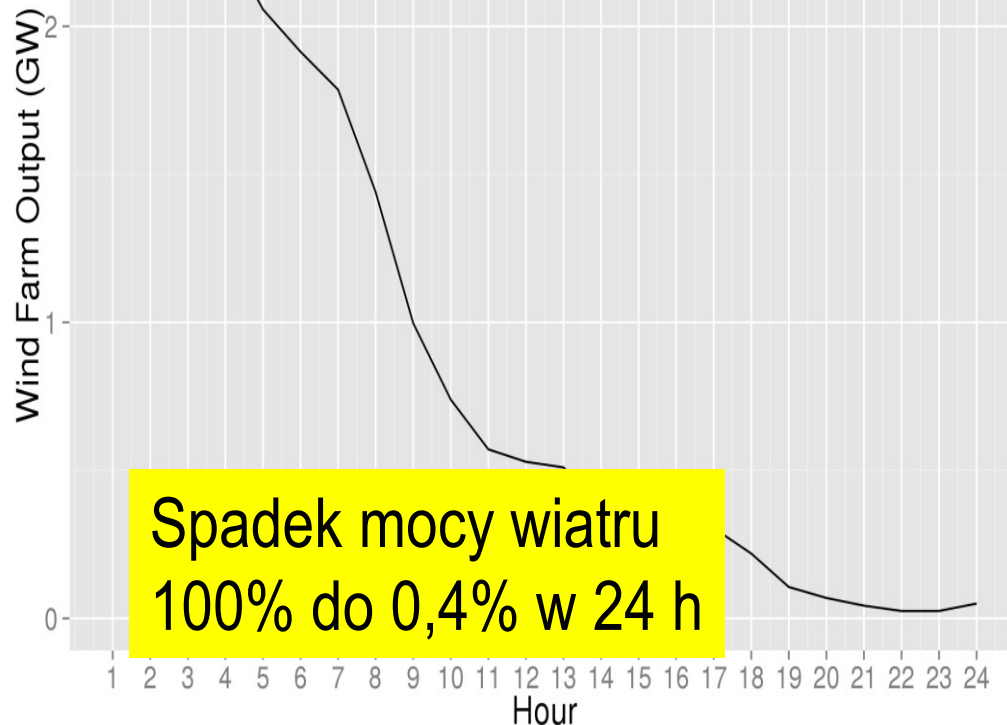
Które spowodują obniżenie emisji CO₂ z naszej energetyki?

Które dadzą energią elektryczną tanio, bez subsydiów?

Wahania produkcji energii z wiatraków spadki mocy i okresy ciszy

On 16th June 2013, Britain's wind farm output was 100 times higher at the start of the day than at the end of it

**UK - poniżej 1,25%
mocy – 10 dni w roku**



**Polska: Przez 8 dni współczynnik
wykorzystania mocy zainstalowanej
8%, przez 24 h – tylko 3,7%**

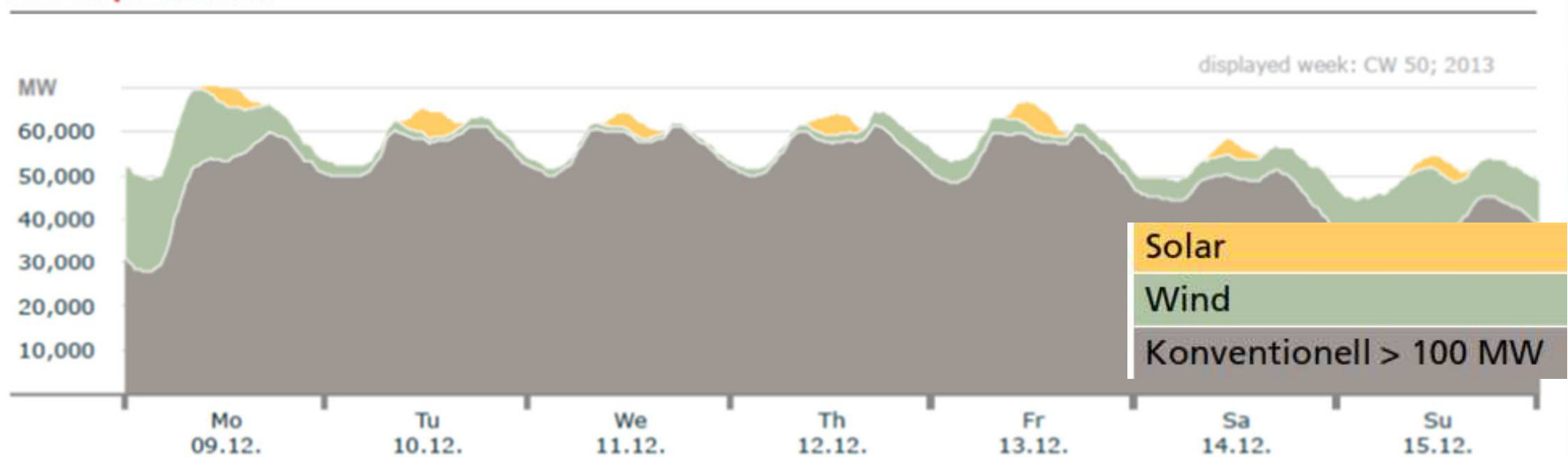


Niemcy – np. 2-gi tydzień grudnia 2013 r. - brak energii z OZE

Electricity Production in Germany: Calendar Week 50

Institut Fraunhofer für Solar und Wind Energie ISE

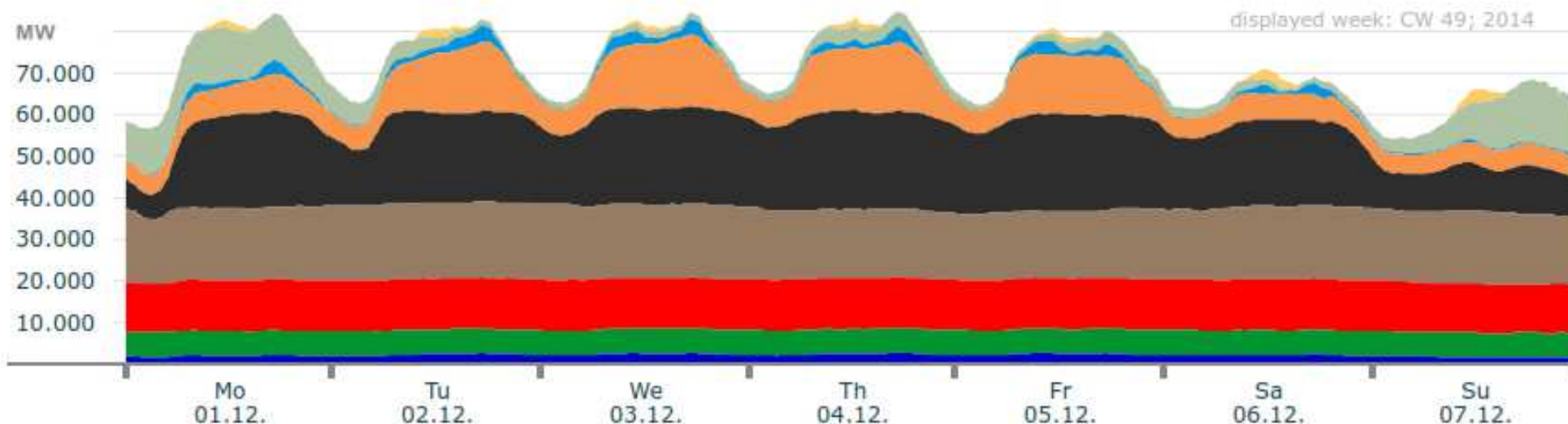
Actual production



Die Welt: „Na początku grudnia 2013 r. produkcja energii z elektrowni wiatrowych i słonecznych niemal kompletnie stanęła. Nie obracało się ponad 23 000 wiatraków. Milion układów fotowoltaicznych niemal całkowicie przerwało wytwarzanie prądu. Przez cały tydzień EW, EJ i gazowe musiały zaspokajać około 95% zapotrzebowania Niemiec

2014.12.2-6 : Mimo mocy wiatru i pV 74 GW przez 5 dni obciążenie pokrywały EJ, EW i EG.

Actual production



Legend: ■ Hydro ■ Biomass ■ Uranium ■ Brown Coal ■ Hard Coal ■ Gas ■ Pumped Storage ■ Wind ■ Solar

	Hyd	Bio	Uran	BC	HC	Gas	PSt	Wind	Solar
min. power (GW)	1.4		11.44	15.36	5.81	4.52	0.01	0.65	0
max. power (GW)	2.02		12.11	18.43	23.85	17.36	4.19	15.43	3.13
weekly energy (TWh)	0.35	1.0	2.04	2.91	3.19	1.52	0.19	0.73	0.06

Graph: Bruno Burger, Fraunhofer ISE; Data: EEX Transparency Platform

W razie ciszy wiatrowej w Polsce, na ile starczą zapasy energii w hydroelektrowniach?

Przy udziale energii z OZE 18,2%, w tym 50% z wiatru, moc wiatraków **średnio wyniesie 1,72 GW**.

W razie zupełnej ciszy wiatrowej elektrownie pompowo-szczytowe mogą dać 1,75 GW. Ale tylko przez krótki czas. .

Maksymalna energia zgromadzona w elektrowniach szczytowo- pompowych to 7,8 GWh - czas ich pracy do opróżnienia to 4,5 h

A co potem?

Czy wystarczy energia elektryczna z akumulatorów aut elektrycznych?

- Załóżmy że w Polsce będzie milion aut z napędem elektrycznym, każde z akumulatorem o pojemności 74 kWh.
- Układy EcoBlade mają kosztować 500 USD/kWh. Podobnie przyszłe akumulatory w autach. Milion ich to 37 miliardów USD. Nie jest to tanie.
- Załóżmy, że w godzinach szczytu 10% tych samochodów będzie dostarczało prąd do sieci. Mamy więc w skali kraju rezerwę energetyczną 7,4 GWh. Moc odbiorników krajowych w Polsce wynosi średnio 18 GW.
- Gdyby wiatr miał pokrywać 10% tej mocy, to rezerwa z akumulatorów samochodowych wystarczyłaby na 4 h.
- **A co potem?**

Czy można 37 miliardów USD lepiej wykorzystać?

Nakłady inwestycyjne bezpośrednie na EJ to 5 mld USD/1000 MWe

Za 37 mld USD można zbudować EJ o mocy 7 000 MWe, a więc więcej niż przewidziano w PPEJ (6000 MWe)

Ich średnia moc w skali rocznej to $7000 \times 0,85 = 5950$ MWe

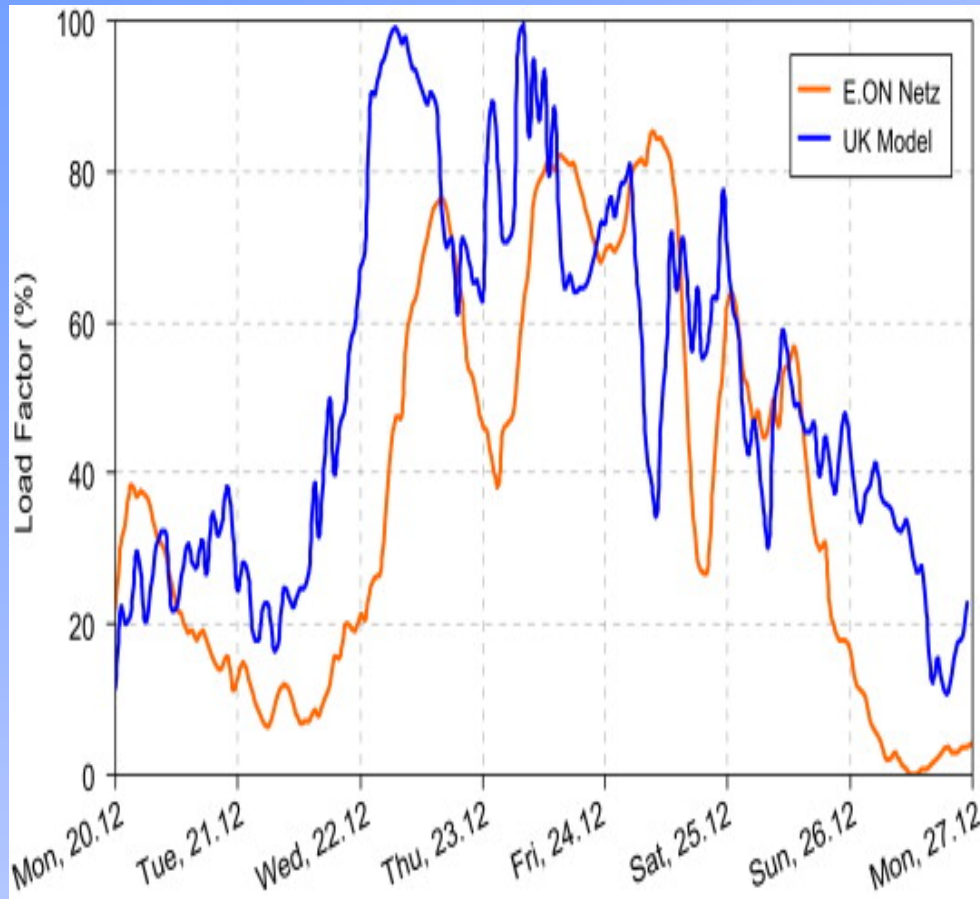
Wystarczyłoby, aby zastąpić wiatraki o mocy szczytowej

$5959/0,24 = 24890$ MWe - dając tani prąd i stabilną generację przez cały rok i całą dobę.

A prąd z elektrowni jądrowych jest najtańszy – świadczą o tym statystyki Eurostatu.

Zamiast budować drogie wiatraki i źródła rezerwowe, budujmy EJ!

Czy lekarstwem jest przesyłanie energii z sąsiednich krajów?



<http://docs.wind-watch.org/oswald-energy-policy-2008.pdf>

Budowa wielkich sieci przesyłowych jest kosztowna i sprzeczna z ideałem energetyki rozproszonej, gdzie każdy wytwarza sam potrzebną mu energię elektryczną.

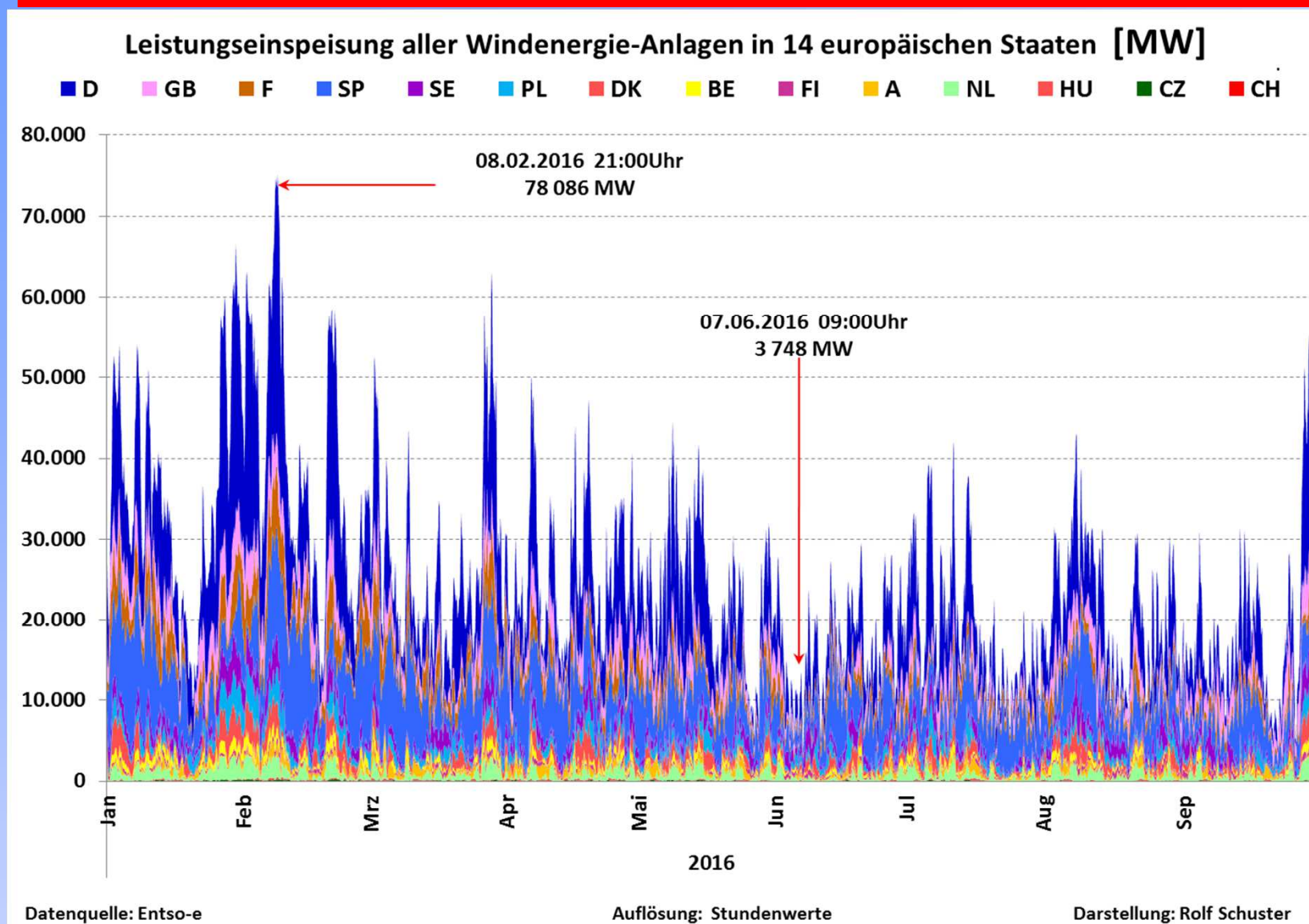
Co więcej, nie jest to wystarczające.

Zmiany mocy wiatru występują na dużych obszarach jednocześnie.

Przykład – moc wiatru w Wielkiej Brytanii i w Niemczech. (Oswald 2008)

Wzrost i spadki mocy od 100% do 10% i od 85% do 0% występują jednocześnie w obu obszarach

Produkcja energii elektrycznej z farm wiatrowych 14 krajów EU w 2016 r.



Zwiększania izby krajów nie prowadzi do wyrównania wykresu zmian generacji energii z wiatru.

Moce farm w 14 krajach UE sięgają od 3,7 GW do 78 GW.

Dane przedstawione przez NGO Vernunftkraft

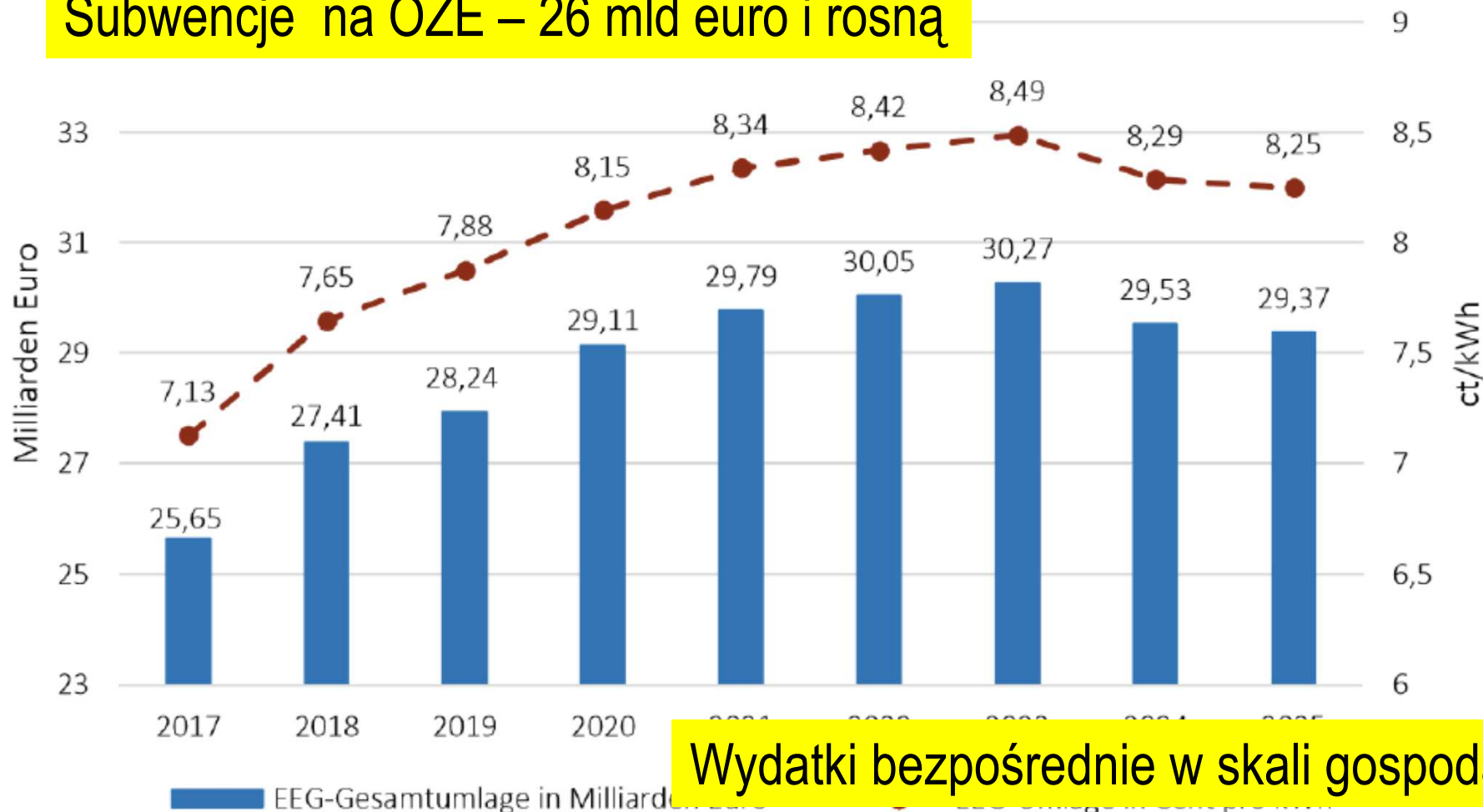
Niemcy- subsydia dla OZE w 2013 r. wzrosły do 20 mld euro rocznie, w 2016 – 26 mld.

- Rodzina 3-osobowa w **2000 r.** płaciła miesięcznie **40.60** euro za elektryczność, a w listopadzie **2012** już **75.08** Euros. To wzrost dużo szybszy od inflacji.
- A w **2013 r.** nastąpił dalszy wzrost – dopłaty do zielonej energii wzrosły z 36 euro/MWh w 2012 r. do **55 euro/MWh** zielonej energii w 2013 r.
- Minister środowiska Niemiec ostrzegł, że jeśli rząd nie ograniczy subwencji, to do 2022 r. łączne dopłaty do zielonej energii dojdą do 680 miliardów euro. (Reuters)
- Obecnie Niemcy wydają średnio 34% dochodów na opłaty za czynsz i energię. 800 000 rodzin nie może zapłacić rachunków za energię (Welt Sonntag)

Dodatkowe koszty transformacji energetycznej w Niemczech 2017 - 2025

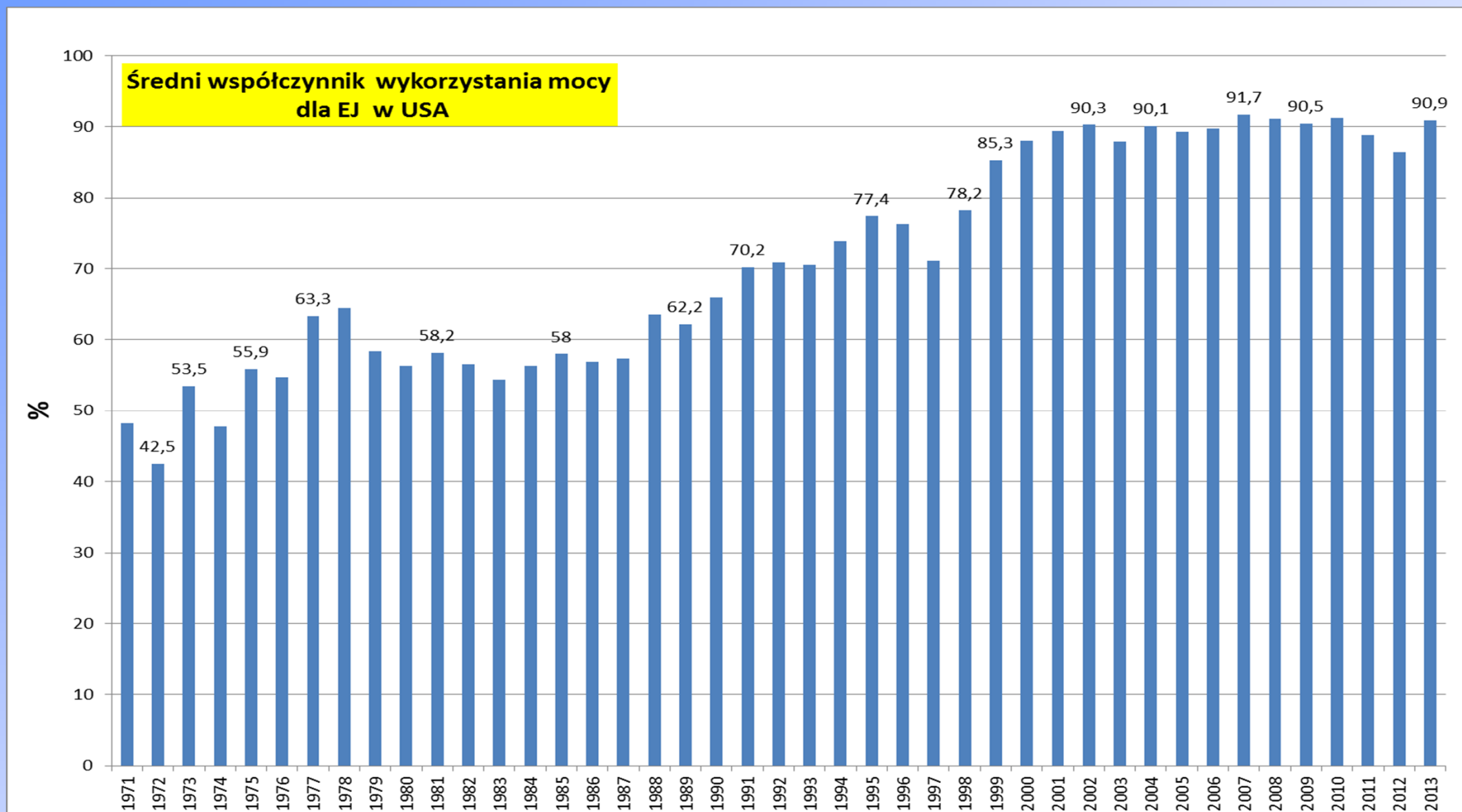
ABBILDUNG 8: PROGNOTIZIERTE ENTWICKLUNG DER EEG-UMLAGE (IN CT/KWH) UND DER EEG-GESAMTUMLAGE FÜR DEN ZEITRAUM 2017-2025

Subwencje na OZE – 26 mld euro i rosną

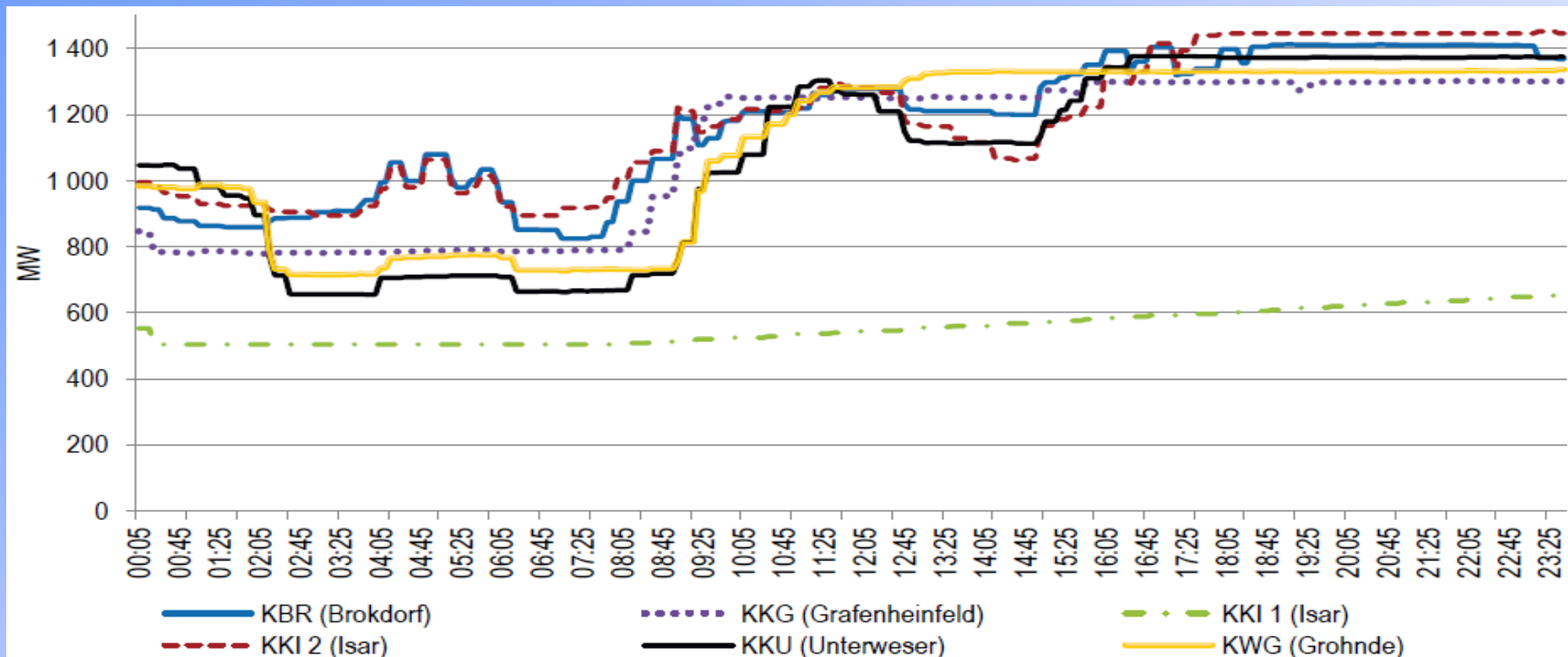


Wydatki bezpośrednie w skali gospodarstwa

A jaki jest średni wsp. obciążenia dla wszystkich bloków jądrowych w USA?



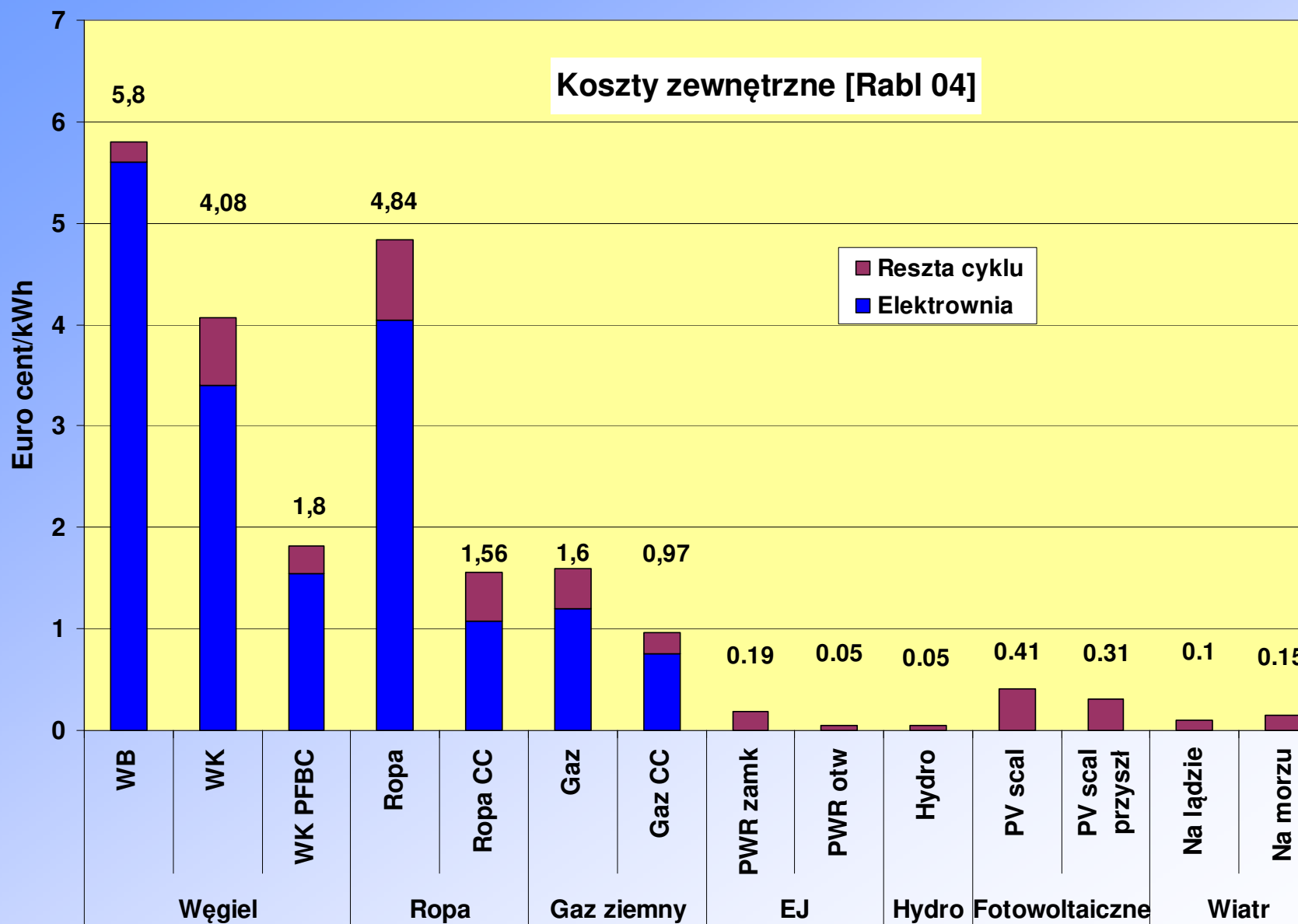
EJ mogą pracować w systemie nadążania za obciążeniem ... i pracują!



Zmiany mocy w funkcji obciążenia w niemieckich EJ w ciągu 24 h.

Francuskie EJ pracują podobnie. A reaktory UK EPR zaprojektowano do cyklicznych zmian mocy w granicach 25%-100%

Szkody na zdrowiu i inne koszty zewnętrzne dla typowej lokalizacji w UE-15: najniższe dla EJ



PFBC-
spalanie w
złożu
fluidalnym pod
ciśnieniem,
CC- cykl
kombino-
wany,
PWR otw.
– cykl
paliwowy
otwarty,
PWR zamk.
- cykl
paliwowy
zamknięty

Elektrownie jądrowe – to czyste niebo i woda, tania energia elektryczna i zachowanie węgla dla przyszłych pokoleń

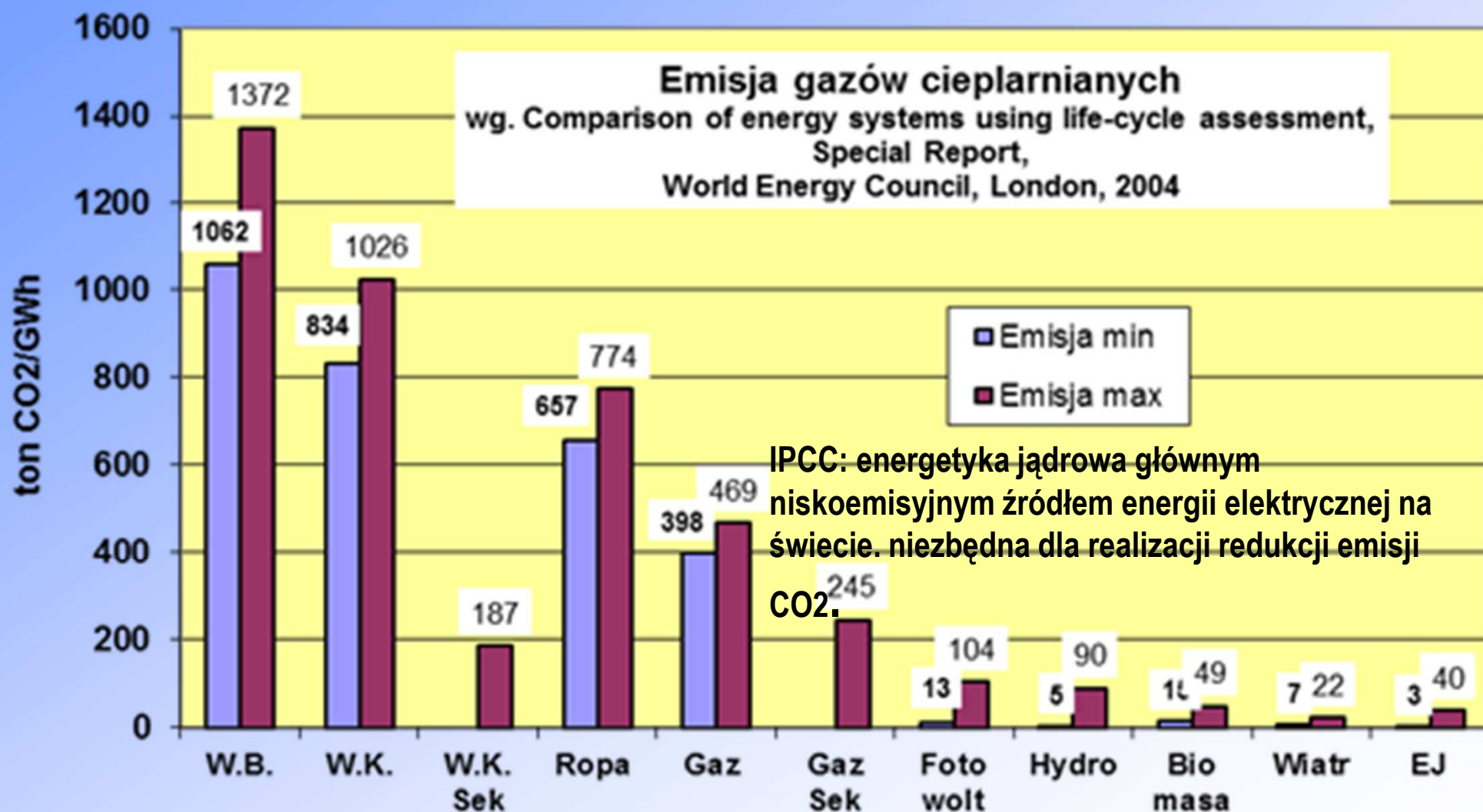


EJ Loviisa w Finlandii
Zdjęcie pokazane za
zezwoleńiem FORTUM

Czy sama rozbudowa wiatraków i paneli fotowoltaicznych daje obniżenie emisji CO2?

- Niestety nie.
- Sprawdźmy to na przykładzie Niemiec.
- Porównanie wielkości emisji CO2 podawanych przez urząd statystyczny UE wykazuje, że emisje CO2 przypadające na jednego mieszkańca są w Niemczech większe (**9.3 t/rok**) niż w Polsce (7,8 t/rok) i dużo większe niż we Francji (5,0 t/rok).
- W stosunku do 2014 r. emisje CO2 w Niemczech w 2015 r. wzrosły o 1.3%, a **w stosunku do roku 2009 średnie emisje roczne w latach 2010-2015 były o 2% wyższe.**
- Zamknięcie 8 elektrowni jądrowych, które nie emitują CO2, trudno jest skompensować

Wg World Energy Council, IPCC, IAEA EJ to najlepsze źródło niskoemisyjne



Nakłady inwestycyjne na MWh en. el. wytworzonej w okresie życia danego źródła.



Przewidywane nakłady inwestycyjne na EJ w Polsce

Wg studium dla KE prof. W. D'haeseleera z Belgii, oczekiwane nakłady inwestycyjne dla EJ to **3400 €'2012/kW** z rozrzutem od 3060 do 3910 €'2012/kW to jest -10% + 15%. (2013)_

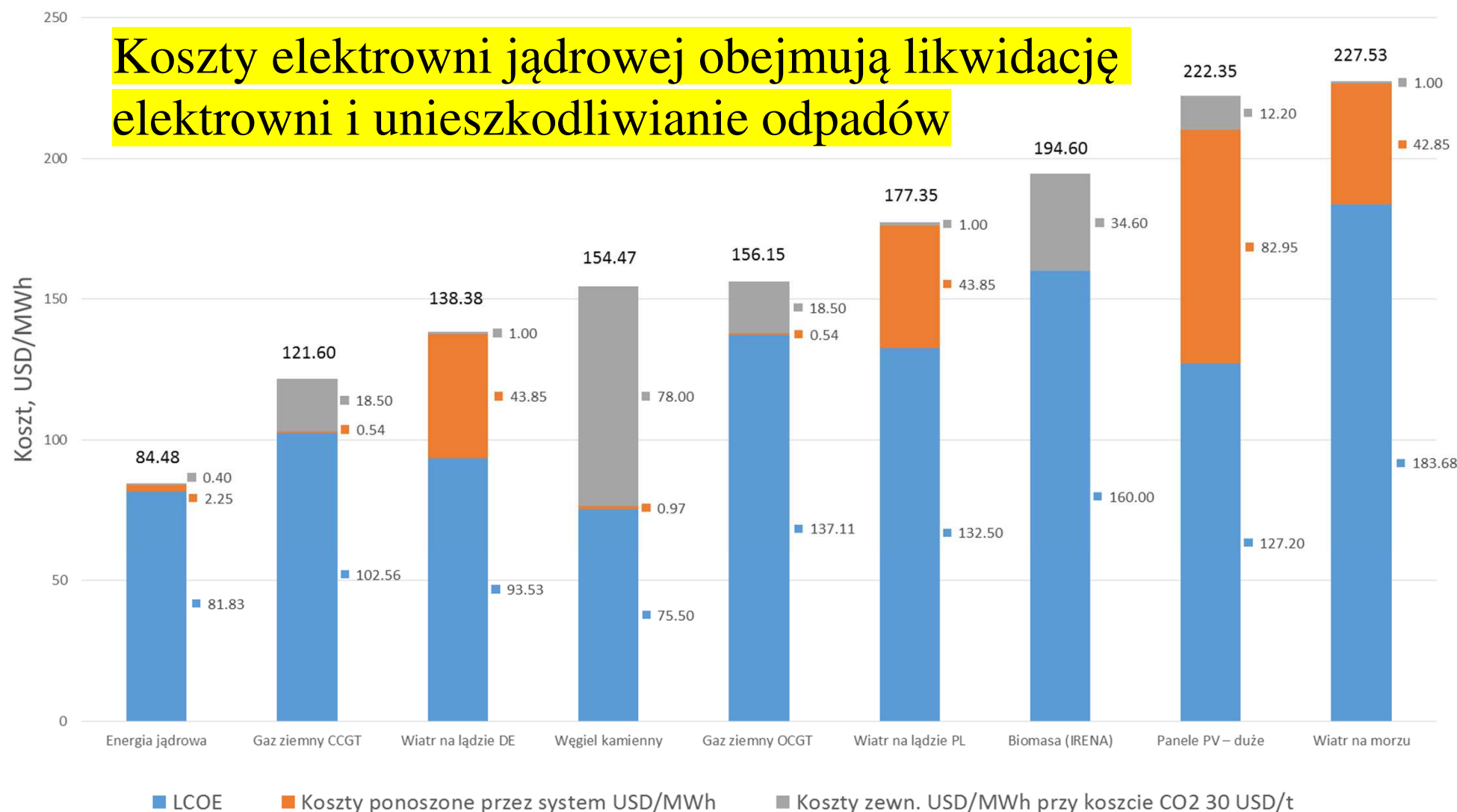
W przypadku programu polskiego (bloki łącznie 6000 MWe) nakłady dla 1. bloku mogą być nieco wyższe W przypadku budowy tylko 2 bliźniaczych bloków **3910 €'2012/kW** z odpowiednim rozrzutem.

Wg ARE nakłady inwestycyjne bezpośrednie (OVN) w Polsce na r. 2025 to **4 mln €'2012/MW**, a na r. 2035 3,85 mln €'2012/MW.
Średnioważony koszt kapitału WACC = 8%

Wg. PGE nakłady inwestycyjne (z IDC) na 3000 MWe to 40-60 mld PLN, a więc w granicach od 3,2 do 4,8 mln euro/MWe

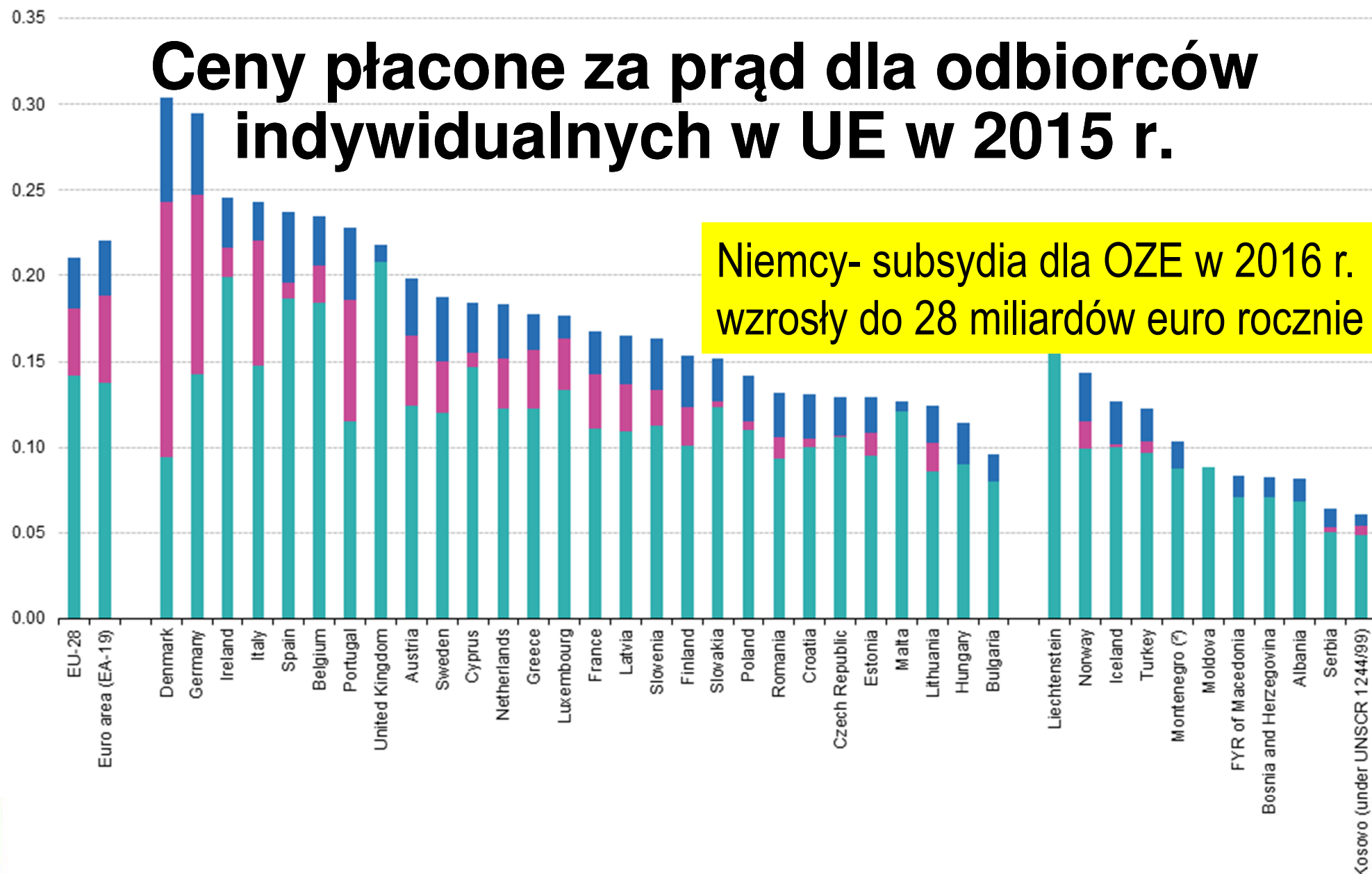
Suma kosztów ponoszonych przez społeczeństwo przy wytwarzaniu energii elektrycznej z różnych źródeł.

Koszty elektrowni jądrowej obejmują likwidację elektrowni i unieszkodliwianie odpadów



Ceny płacone za prąd dla odbiorców indywidualnych w UE w 2015 r.

Niemcy- subsydia dla OZE w 2016 r. wzrosły do 28 miliardów euro rocznie



Cena dla gospodarstw indywidualnych we Francji 0,17 €/kWh, 2 x mniejsza niż w Niemczech 0,29 €/kWh

(*) Annual consumption: 2 500 kWh < consumption < 5 000 kWh.

(*) Taxes and levies other than VAT are slightly negative and therefore the overall price is marginally lower than that shown by the bar.

Czym uzupełnić moce elektrowni węglowych po 2030 roku? Wybór dla Polski

Albo energia jądrowa – duże nakłady inwestycyjne, tania energia przez 60 lat, spłata nakładów z tych NISKICH opłat.

Albo energia wiatru i słońca – wg praktyki w Niemczech

- nakłady inwestycyjne na jednostkę mocy średniej wyższe niż dla EJ, pokrywane z przymusowych wpłat obywateli
- Subwencje w Niemczech łącznie 26 miliardów euro /rok na 80 milionów obywateli, to 1300 euro/rok na 4-osobową rodzinę, rok po roku.

Czy Polacy zgodzą się by każda 4-osobowa rodzina dopłacała rocznie 6000 zł do rachunku za prąd w zamian za przywilej produkcji prądu z wiatru i paneli pV?

Pierwszą EJ należy zbudować jak najszybciej, wcześniej niż w 2033 r.

- Aby to zrealizować, należy zmodyfikować trzy dokumenty: Prawo Atomowe, Prawo Ochrony Środowiska i Prawo Inwestycyjne, tak by etapy cyklu inwestycyjnego można było prowadzić bez opóźnień, bez powielania szeregu czynności przygotowawczych do zbudowania elektrowni jądrowej. Np. należy przeprowadzać konsultacje społeczne raz, a nie trzy razy,
- Trzeba wyeliminować etapy stwarzające niepewność co do dalszego toku prac inwestycyjnych, a nawet umożliwiające ich zatrzymanie, jak np. ustalanie granic strefy ograniczonego użytkowania przez sejmik wojewódzki w chwili, gdy budowa elektrowni jądrowej jest już bliska zakończenia.

Konieczna decyzja rządowa o rzeczywistym rozpoczęciu programu jądrowego

- Należy zintensyfikować prace przy wyborze lokalizacji dla pierwszej elektrowni jądrowej. Wobec tego, że dla zbudowania bloków jądrowych o łącznej mocy 6000 MWe potrzeba przynajmniej dwóch lokalizacji dla elektrowni jądrowych, należy niezwłocznie podjąć prace przy badaniu lokalizacji dla drugiej elektrowni jądrowej.
- Bełchatów stanowi bardzo atrakcyjną propozycję, ponieważ ma już dobrze rozwiniętą infrastrukturę i kadrę techniczną, która po wyczerpaniu złóż węgla brunatnego nie będzie miała zatrudnienia.
- Decyzja rządowa o rzeczywistym rozpoczęciu realizacji programu jądrowego jest niezbędna, by wzmocnić kadry u inwestora i w dozorze jądrowym, przyciągnąć studentów i inżynierów do kształcenia w kierunku energetyki jądrowej i umożliwić intensywne prace dla realizacji tego wielkiego zadania.

Dziękuję za uwagę



Tłumy na plaży koło EJ Vandellos w Hiszpanii