

**Polskie Towarzystwo Fizyczne  
Oddział Katowicki**

**Konwersatorium**

**Elektroenergetyka polska  
– wybrane zagadnienia**



**Maksymilian Przygodzki**



**Katowice, 18.03.2015 r**

## Zakres tematyczny

- System elektroenergetyczny
- Zapotrzebowanie na moc i energię elektryczną
- Potencjał wytwórczy
- Odnawialne Źródła Energii
- Uwarunkowania pracy
- Zbilansowanie KSE
- Prognozy rozwojowe
- Wybrane kraje europejskie

## System elektroenergetyczny (1)

**System elektroenergetyczny (SEE)** to zbiór wzajemnie powiązanych elementów realizujących funkcje:

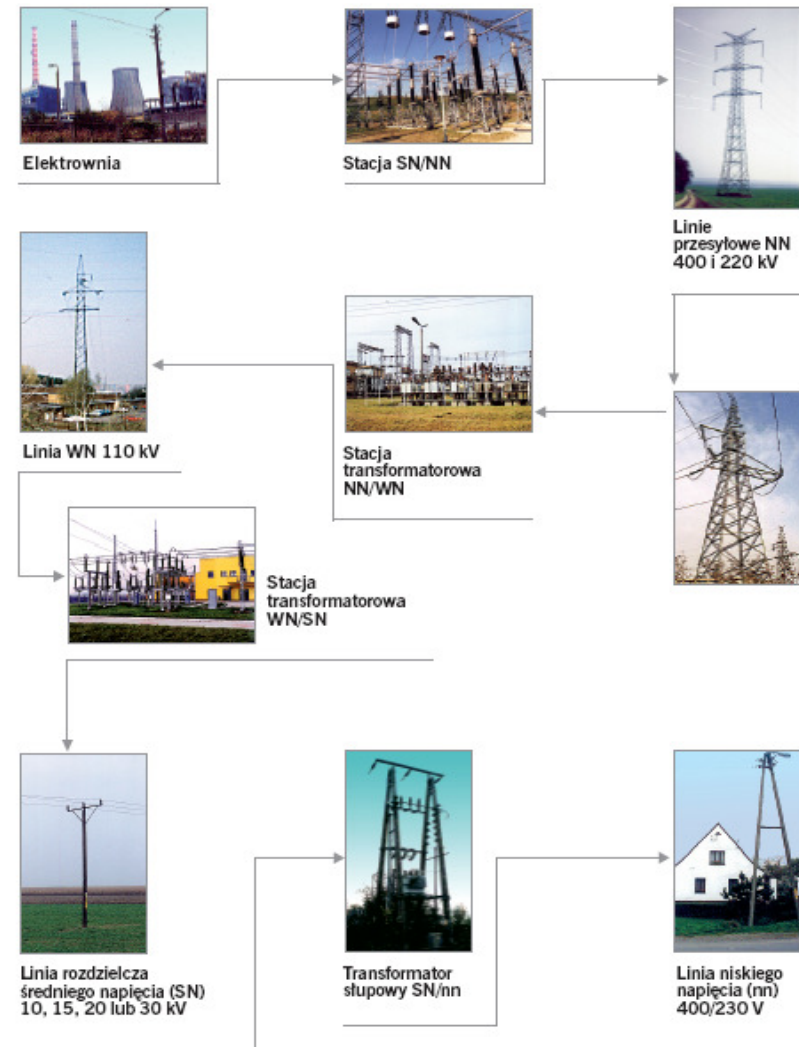
- wytwarzania,
- przesyłania,
- rozdziału,
- użytkowania energii elektrycznej,

a także elementów niezbędnych do sterowania jego pracą, połączonych ze sobą w celu realizacji ciągłej dostawy energii elektrycznej odbiorcom.

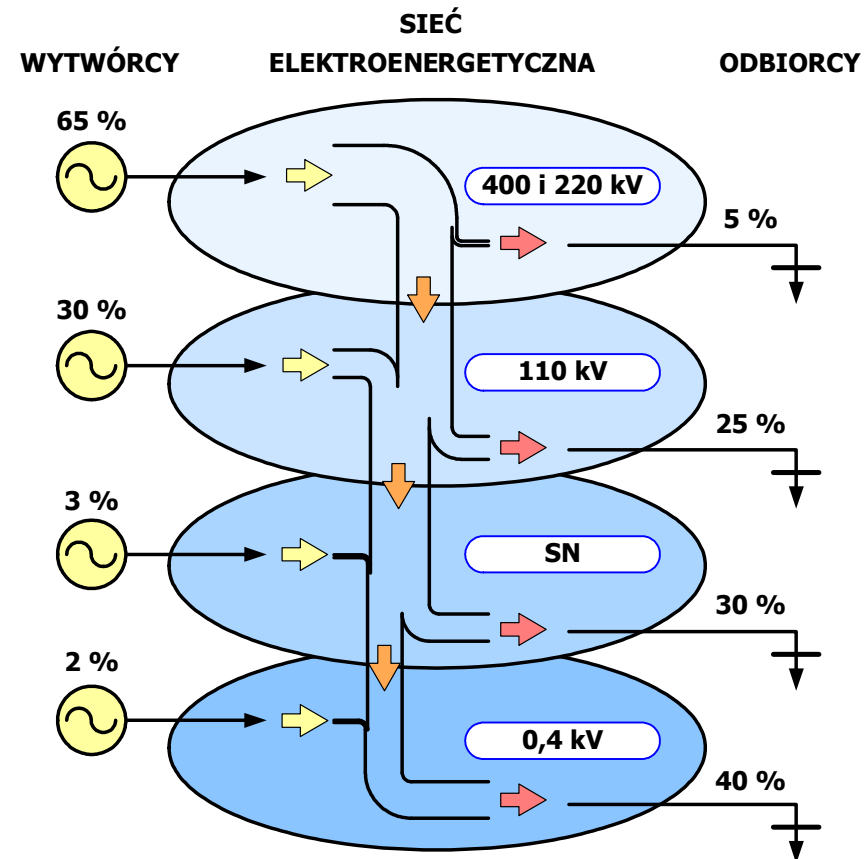
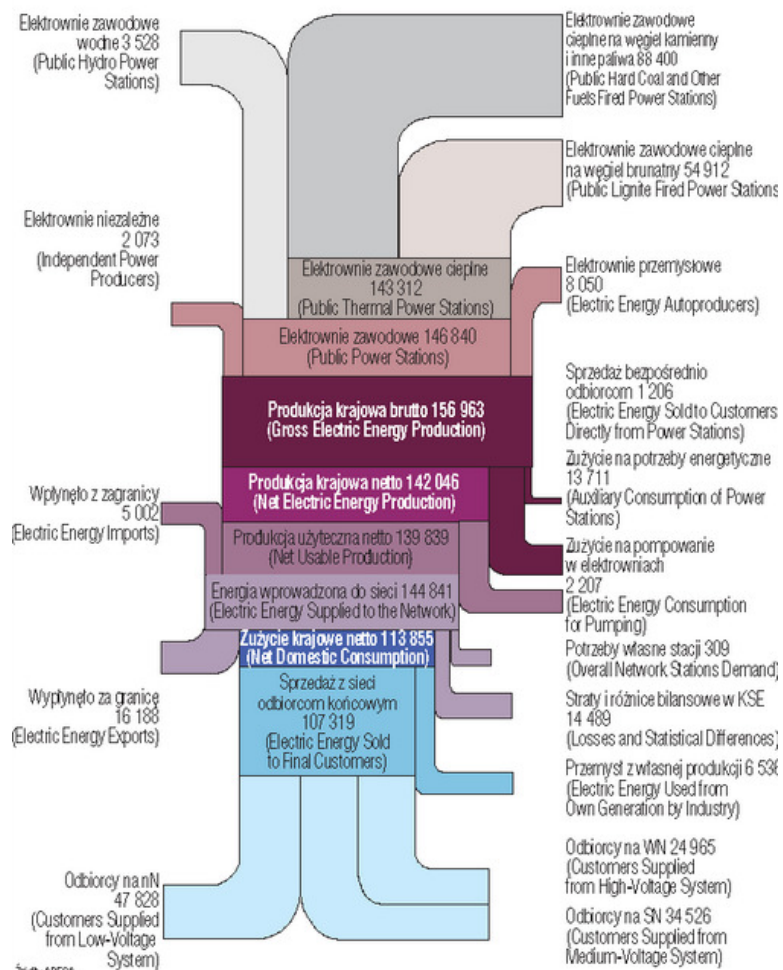
Ze względu na niewielkie możliwości magazynowania energii elektrycznej, cała bieżąca produkcja energii jest natychmiast konsumowana. Ma to fundamentalne znaczenie dla procesu sterowania pracą SEE.

# System elektroenergetyczny (2)

Droga energii elektrycznej od miejsc wytworzenia (elektrowni) do miejsc konsumpcji (odbiorców)



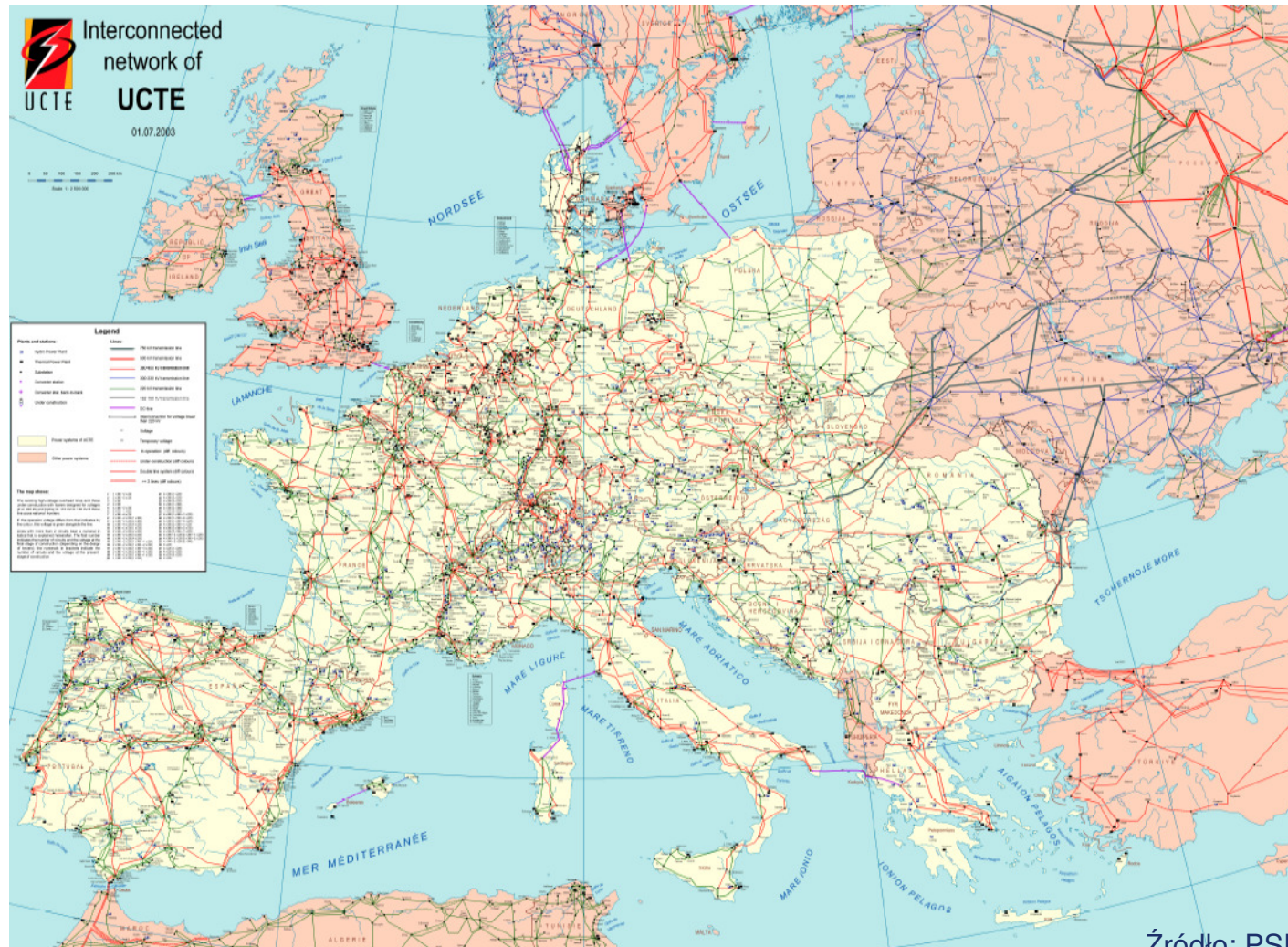
# System elektroenergetyczny (3)



Źródło: ARE SA

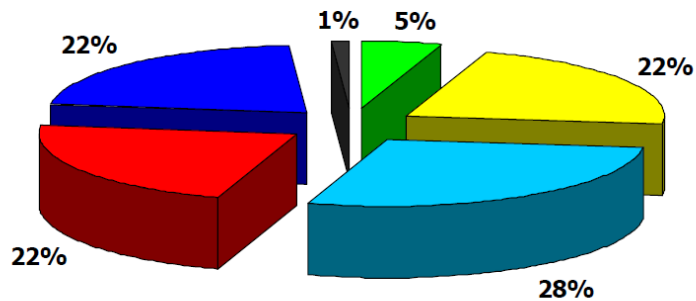


## System elektroenergetyczny (4)

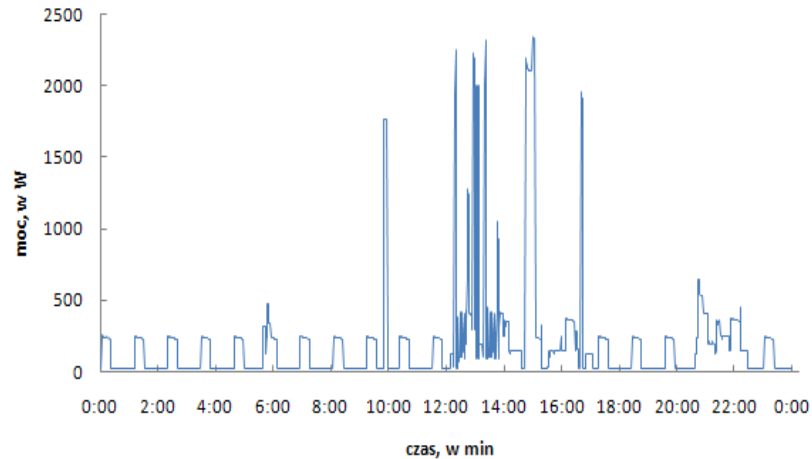


Źródło: PSE SA

# Zapotrzebowanie na moc i energię elektryczną (1)

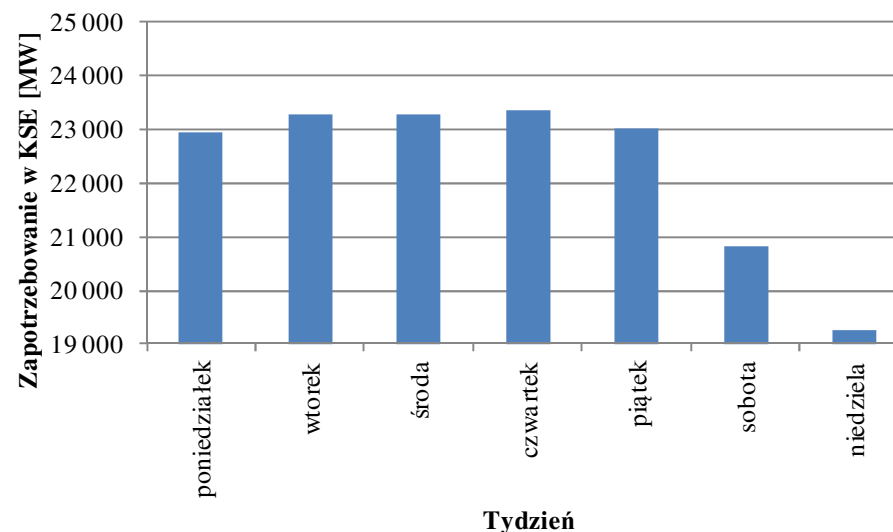
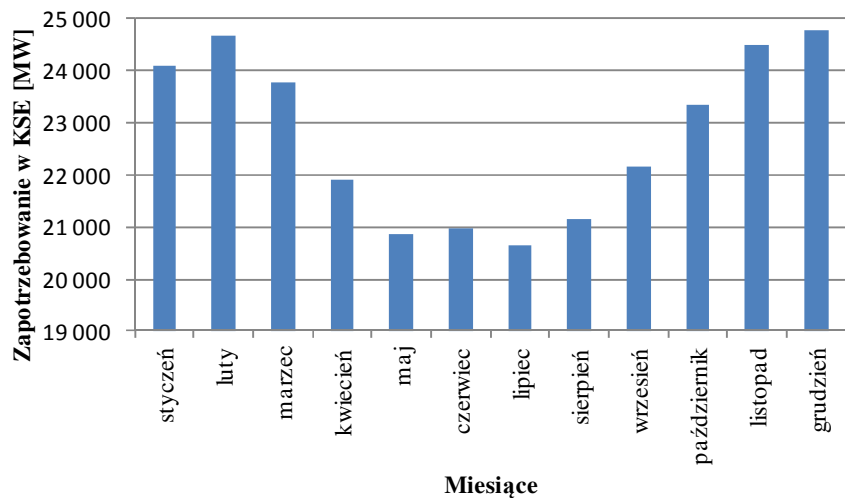


■ Przyg. posiłków ■ Oświetlenie ■ Chłodzenie ■ Pranie ■ RTV ■ Inne



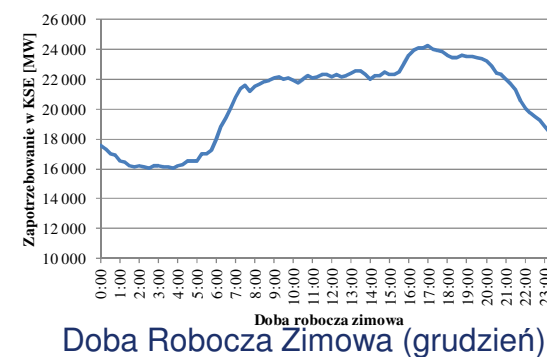
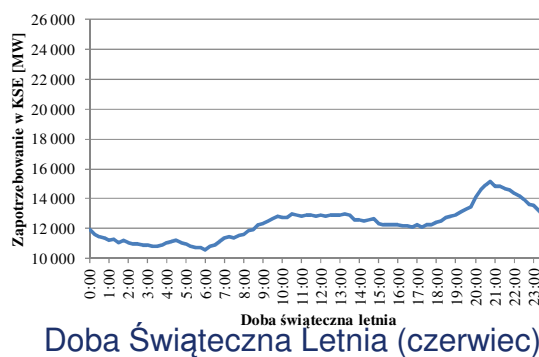
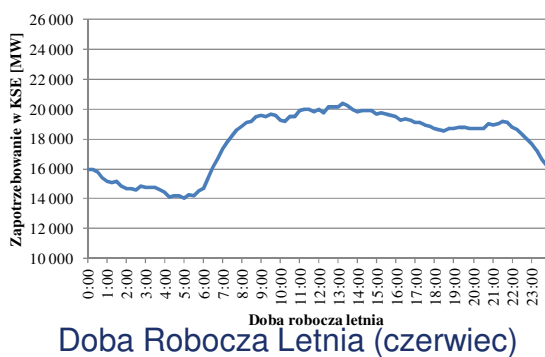
Urządzenie elektryczne	Moc znamionowa [W]	Czas użytkowania			Roczne zużycie energii elektrycznej [kWh]
		dziennie [h]	tygodniowo [h]	rocznie [h]	
Akwarium	130	12		4380	570
Czajnik elektryczny (2l)	2000	0,08		30	80
Ekspres do kawy (2l)	800	0,25		91	75
Komputer osobisty	65	1		365	25
Kuchenska mikrofalowa	1300	0,17		61	80
Kuchnia elektryczna		gotowanie posiłków dla 4 osób			ok. 530
Lodówka (200 l)	85	24		8760	180
Lodówka - zamrażarka (350 l)	150	24		8760	630
Lóżko wodne					500-1000
Magnetofon	20	1		365	7
Mikser	400			21	8
Odkurzacz	1000		1	52	52
Piekarnik elektryczny	850		3	156	130
Pompa cyrkulacyjna	60	24		8760	525
Pralka automatyczna			5-6 prań w tygodniu		370
Przepływowy podgrzewacz wody	3600	150 l wody dziennie o temp. 50°C			3200
Suszarka do włosów	1000		1	52	52
Suszarka			4 razy w tygodniu		520
Światłówka	40	4		1460	60
Światłówka kompaktowa	11	4		1460	16
Telewizor	100	3		1095	110
Toster	850	0,17		61	50
Video	45	2		750	40
Wentylator kuchenny	150	1		365	55
Wiertarka elektryczna	500		0,25	13	7
Zamrażarka - nowa (250 l)	100	24		8760	430
Zamrażarka - stara (250 l)	150	24		8760	700
Zestaw Hi Fi	100	3		1095	110
Zmywarka do naczyń			4 razy w tygodniu		415 - 520
Żarówka	60	4		1460	90
Żelazko	1000		1	52	20

# Zapotrzebowanie na moc i energię elektryczną (2)



Maksymalne miesięczne zapotrzebowanie na moc

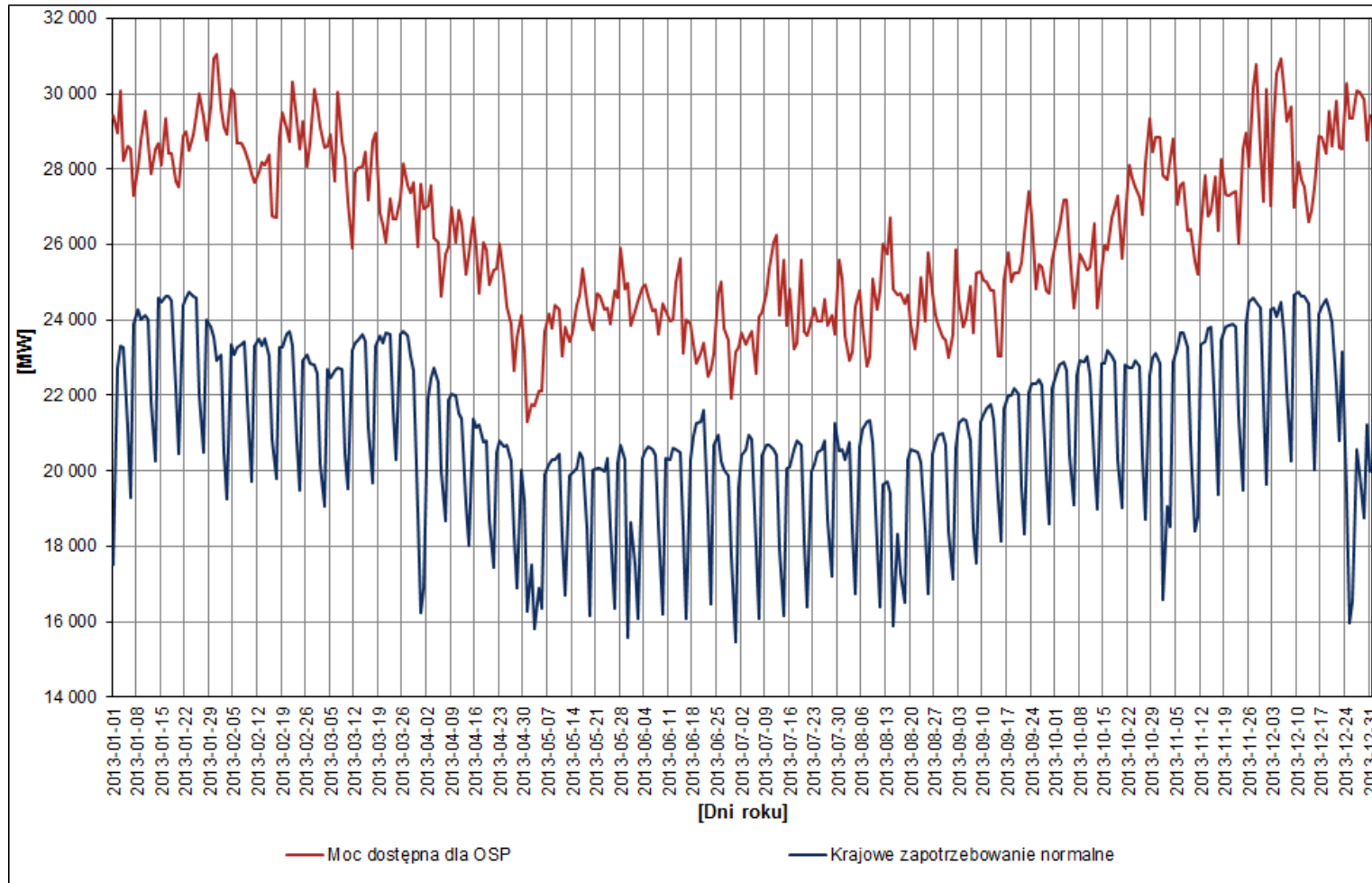
Maksymalne tygodniowe zapotrzebowanie na moc (październik)



Źródło: PSE SA



## Zapotrzebowanie na moc i energię elektryczną (3)

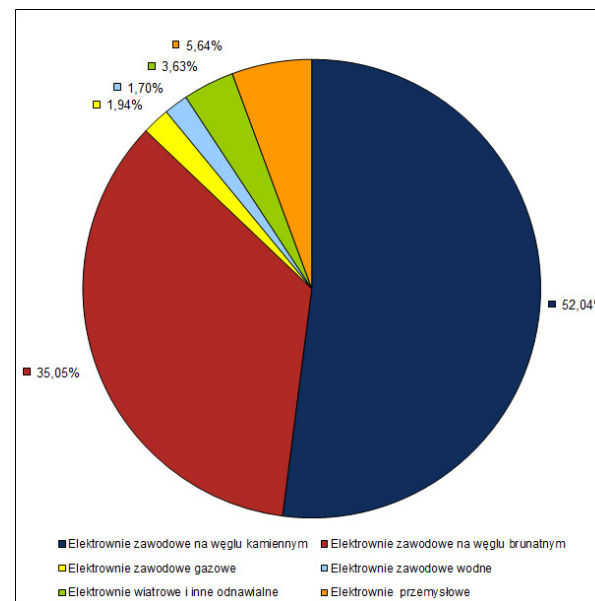
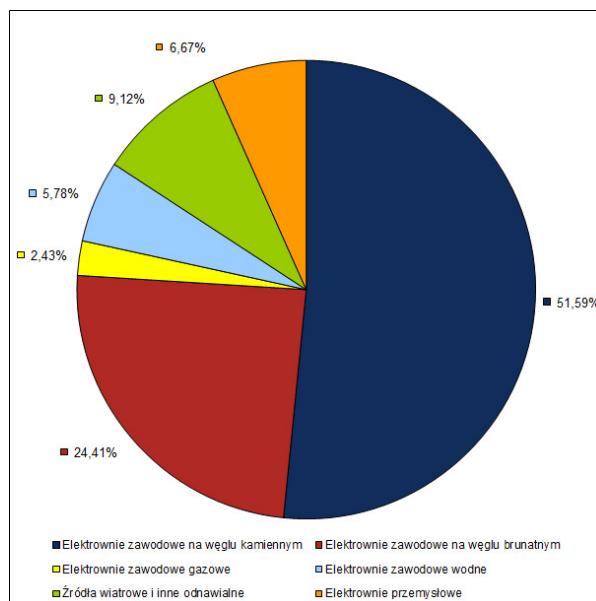


Źródło: PSE SA

## Potencjał wytwórczy (1)

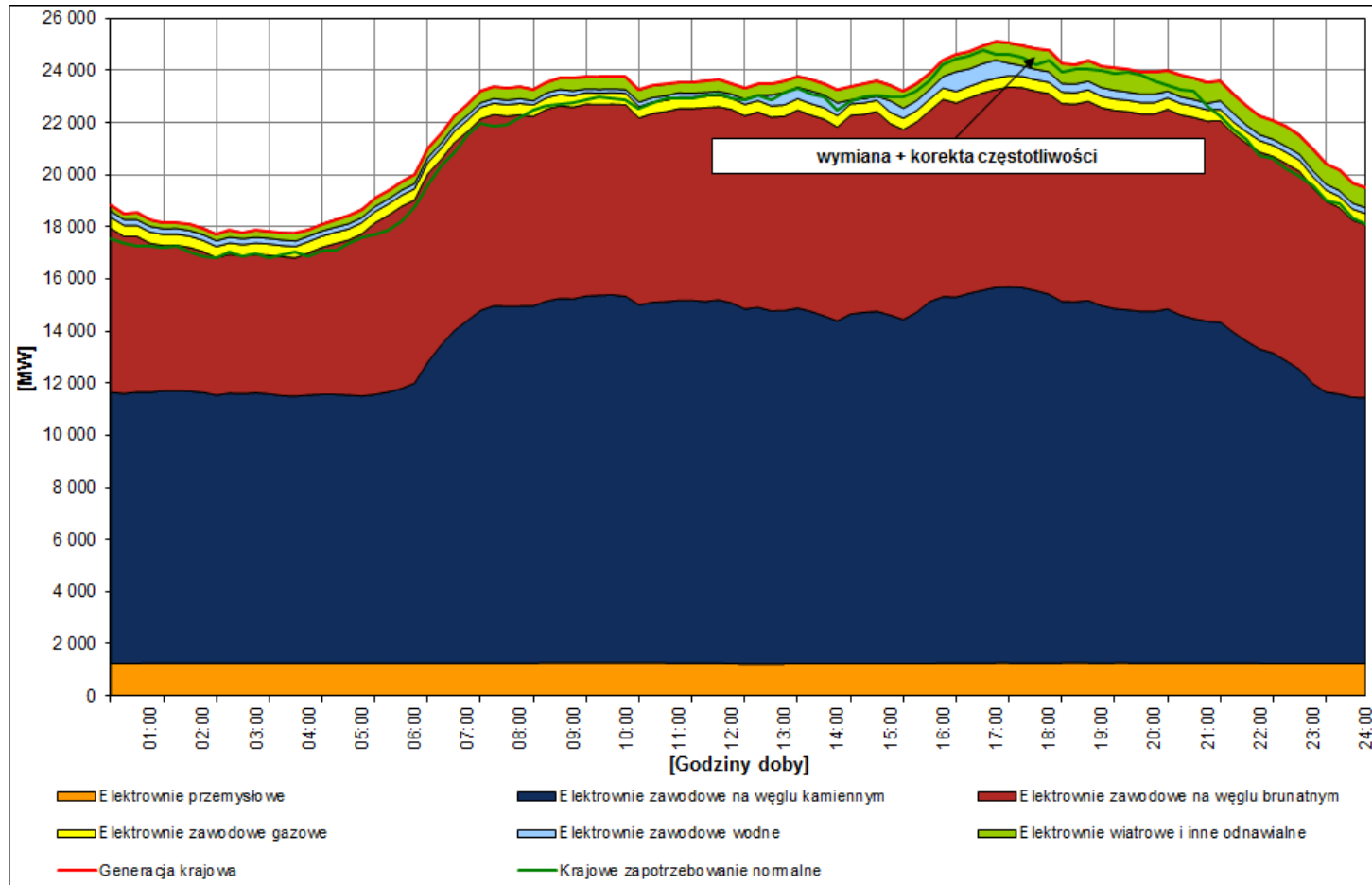
**Podsystem wytwórczy** – tworzą go wszystkie elektrownie krajowe, które ogólnie dzielą się na:

- elektrownie ciepłne na węgiel kamienny i inne paliwa, np. gaz ziemny,
- elektrownie ciepłne na węgiel brunatny,
- elektrownie wodne (w tym szczytowo-pompowe),
- elektrownie przemysłowe,
- źródła odnawialne.



Źródło: PSE SA

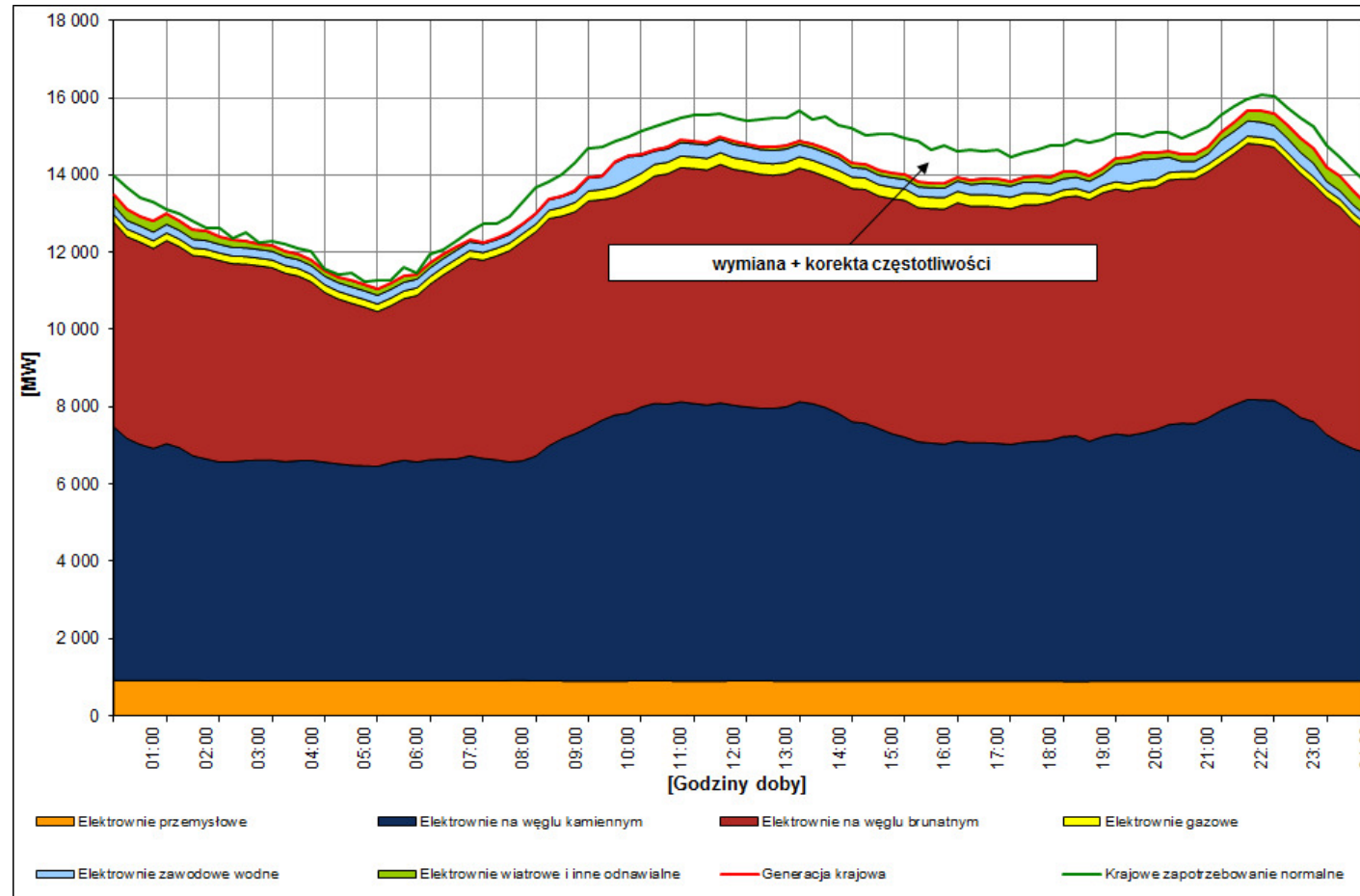
## Potencjał wytwórczy (2)



Przebieg zapotrzebowania na moc w KSE w dniu, w którym wystąpiło maksymalne krajowe zapotrzebowanie na moc i sposób jego pokrycia

Źródło: PSE SA

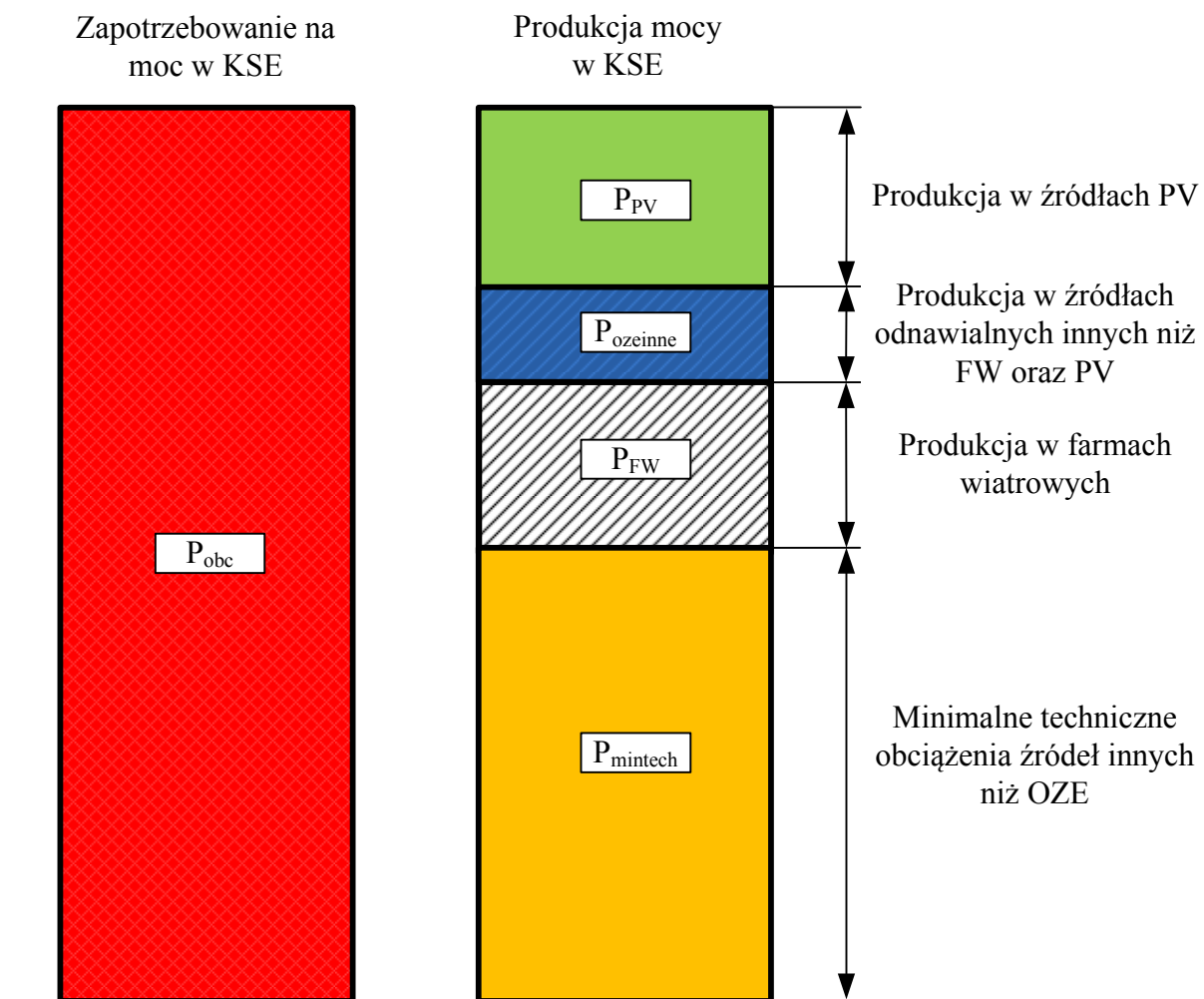
## Potencjał wytwórczy (3)



Przebieg zapotrzebowania na moc w KSE w dniu, w którym wystąpiło minimalne krajowe zapotrzebowanie na moc i sposób jego pokrycia

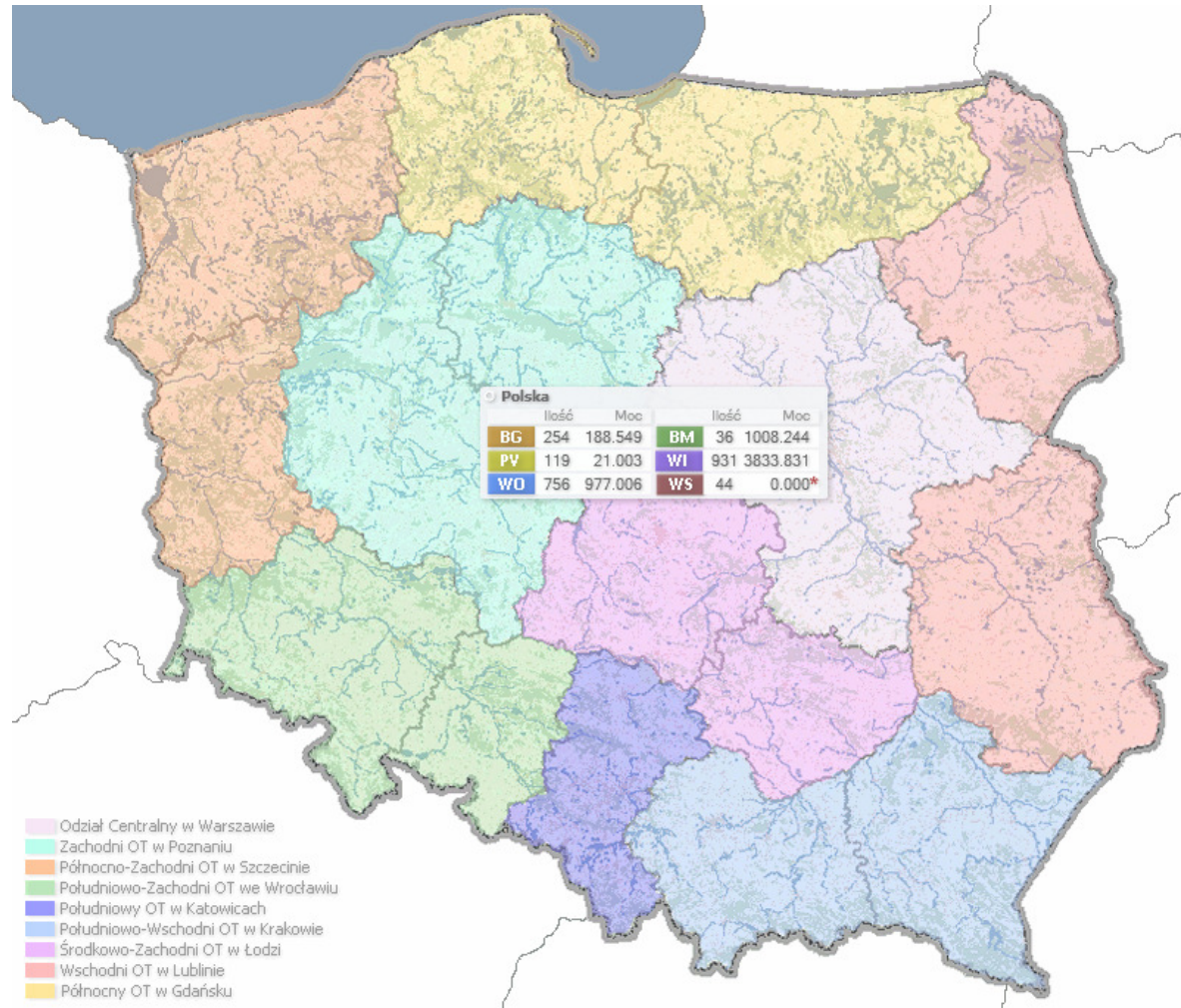
Źródło: PSE SA

# Bilans mocy w KSE



# Odnawialne Źródła Energii

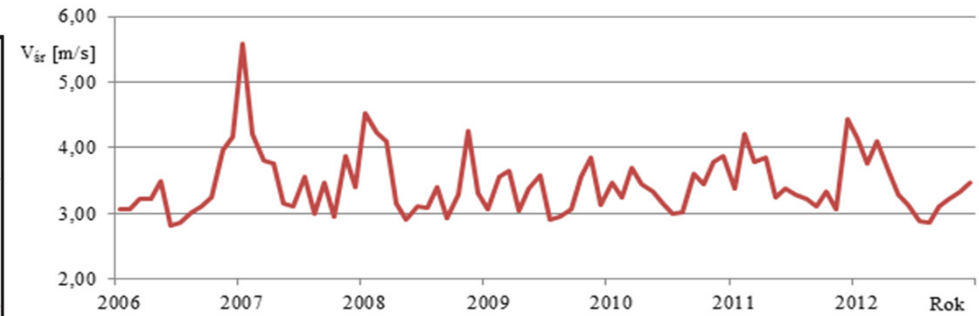
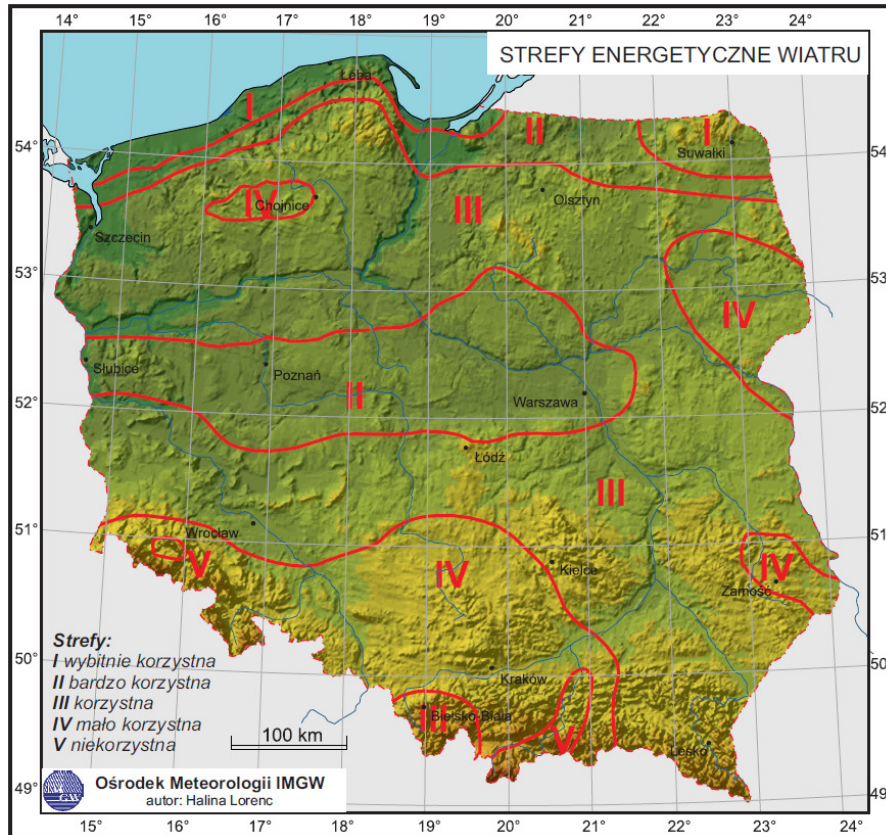
**Odnawialne źródło energii**  
– odnawialne, niekopalne źródła energii obejmujące energię wiatru, energię promieniowania słonecznego, energię aerotermalną, energię geotermalną, energię hydrotermalną, hydroenergię, energię fal, prądów i pływów morskich, energię otrzymywaną z biomasy, biogazu, biogazu rolniczego oraz z biopłynów



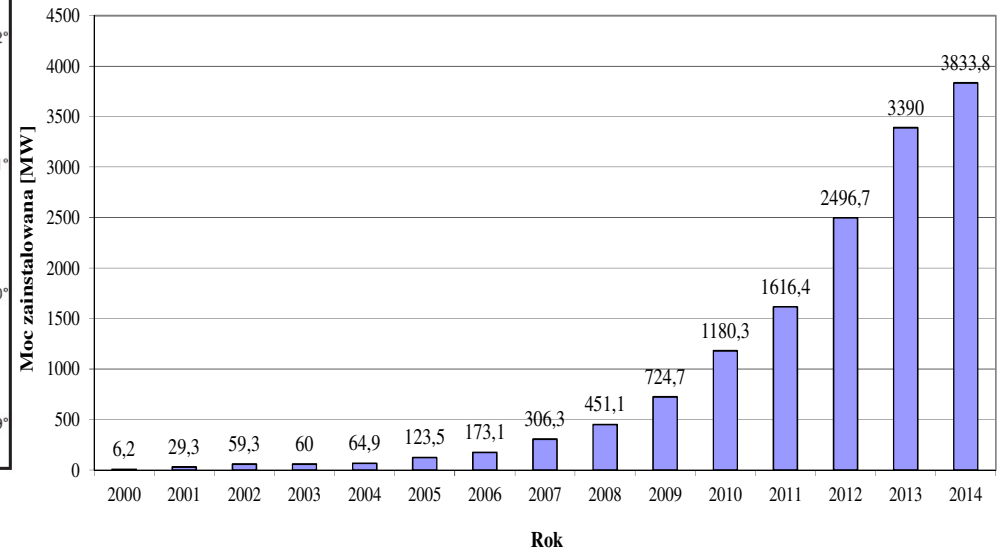
Źródło: URE



# Warunki wietrzne

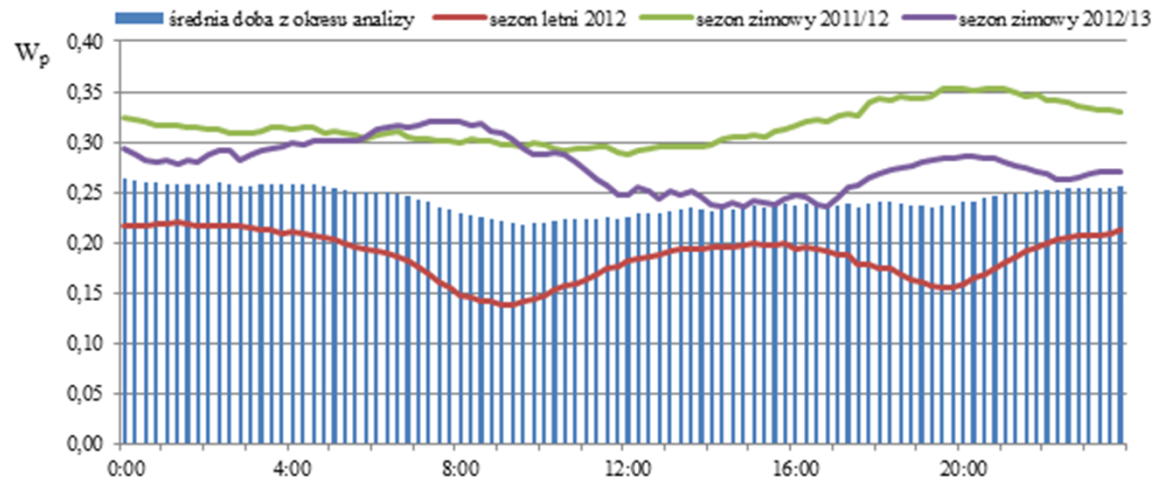


Średniomiesięczne prędkości wiatru w Polsce

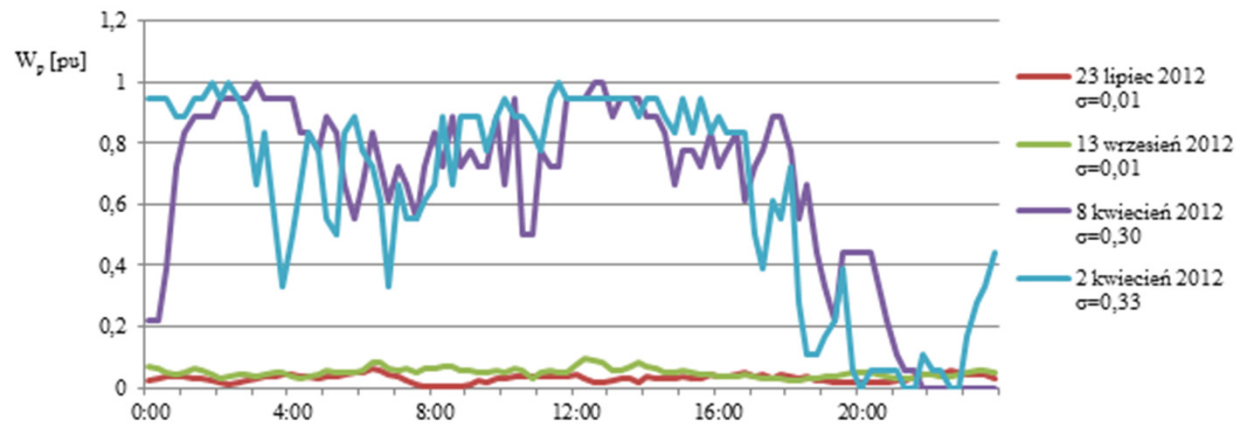


Źródło: IMGW

# Generacja FW (1)

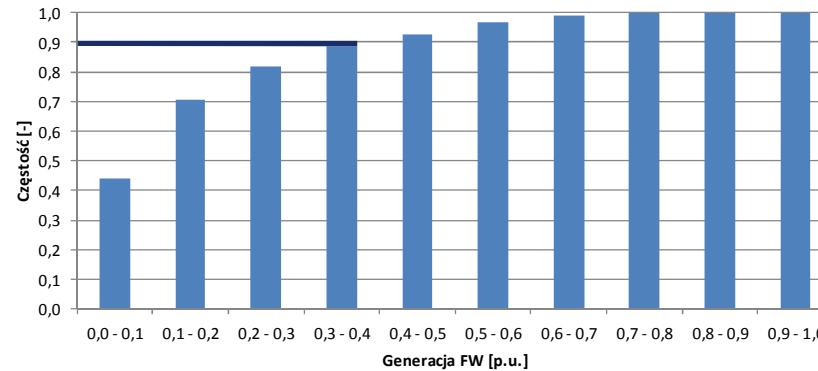


Średnie wykorzystanie mocy w FW w Polsce

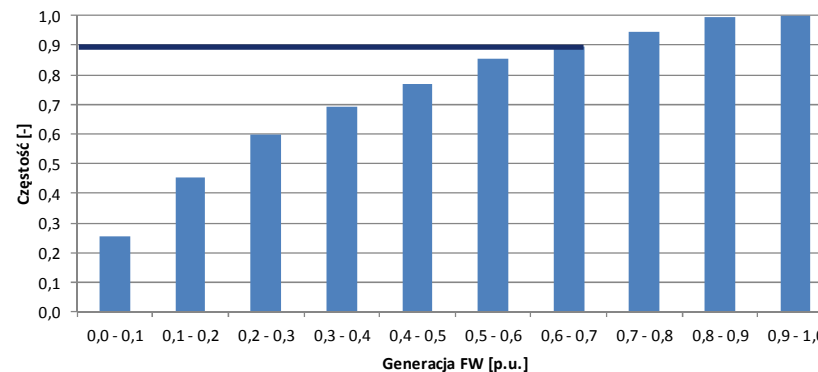


Wybrane przebiegi wykorzystania mocy w FW

## Generacja FW (2)

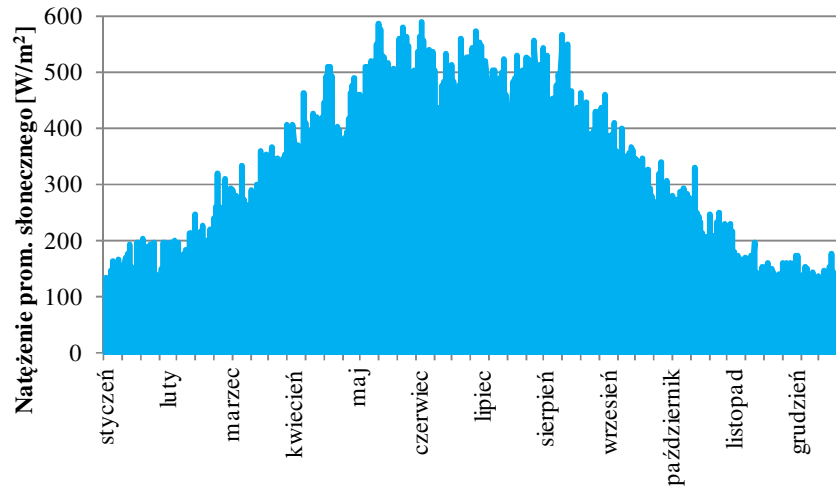


Częstość występowania stopnia wyzyskania mocy zainstalowanej w farmach wiatrowych dla okresu wiosenno-letniego ( $k_{FW} = 0,4$ )

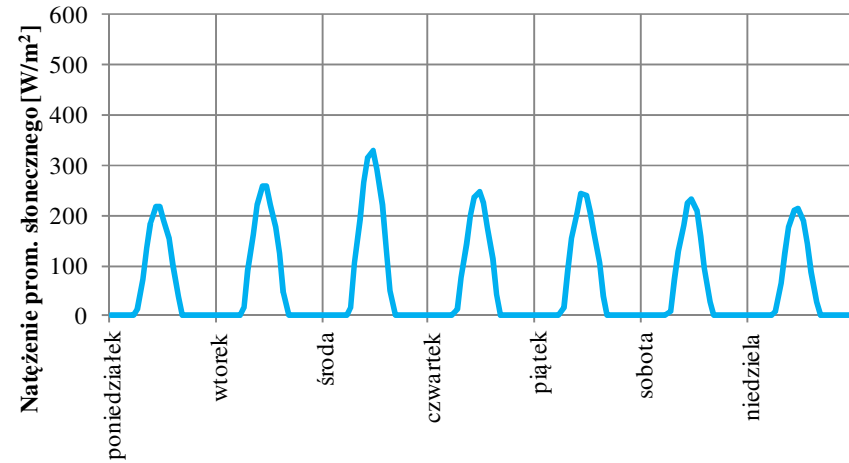


Częstość występowania stopnia wyzyskania mocy zainstalowanej w farmach wiatrowych dla okresu jesienno-zimowego ( $k_{FW} = 0,7$ )

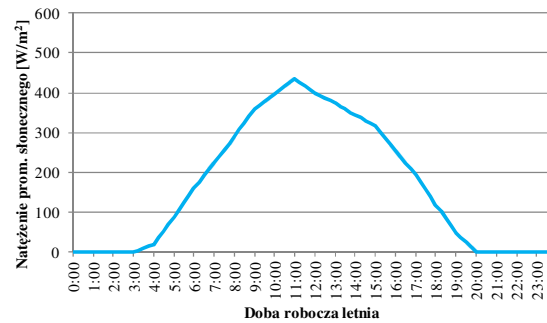
# Warunki nasłonecznienia



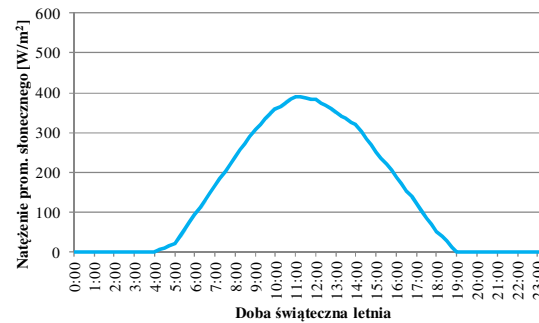
Miesiące  
Miesięczne wielkości nasłonecznienia



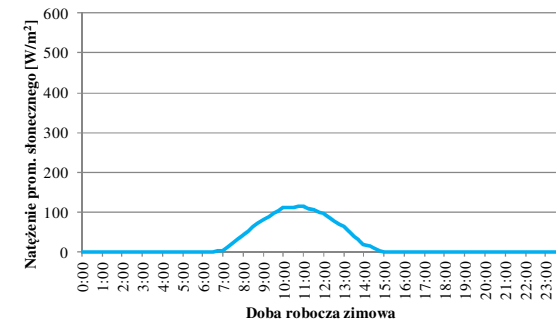
Tydzień  
Tygodniowe wielkości nasłonecznienia (październik)



Doba Robotcza Letnia (czerwiec)



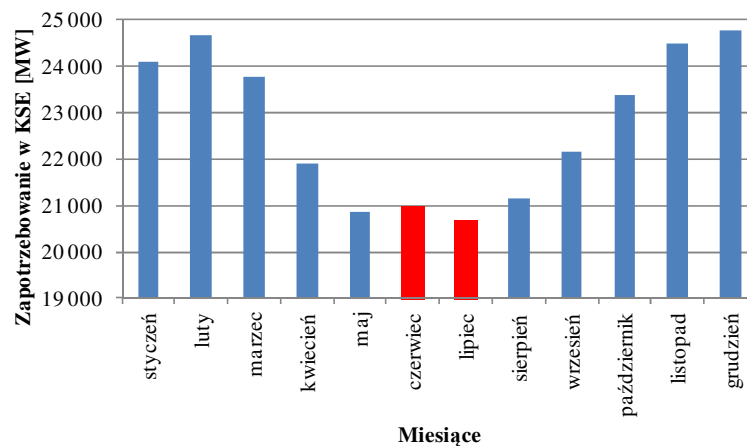
Doba Świąteczna Letnia (czerwiec)



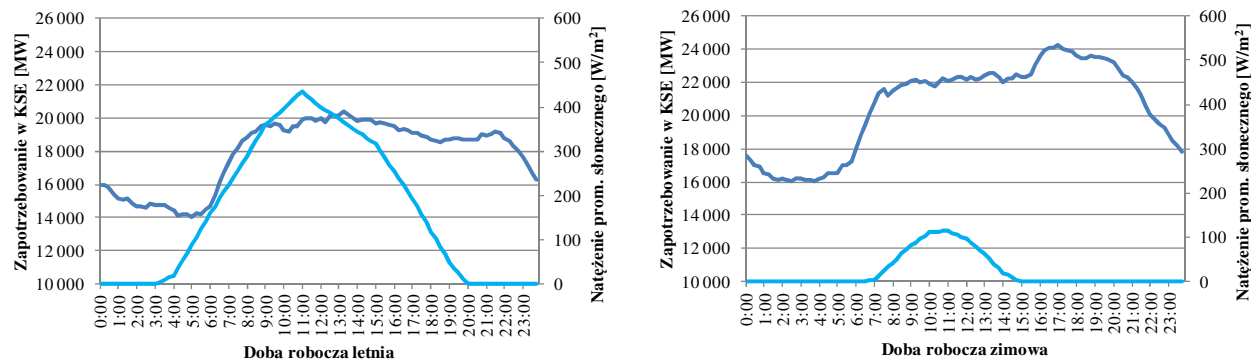
Doba Robotcza Zimowa (grudzień)

Źródło: [www.mir.gov.pl](http://www.mir.gov.pl)

# Analiza warunków nasłonecznienia (1)

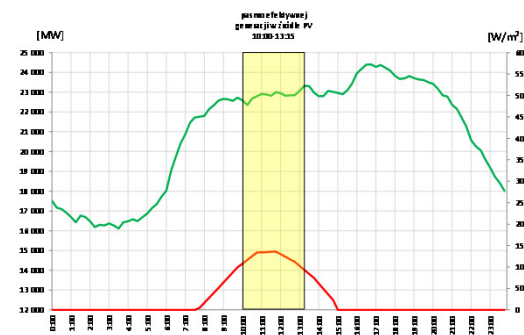
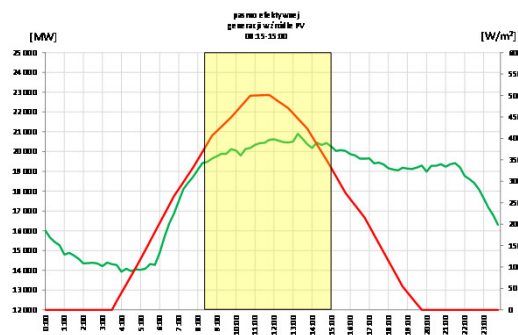
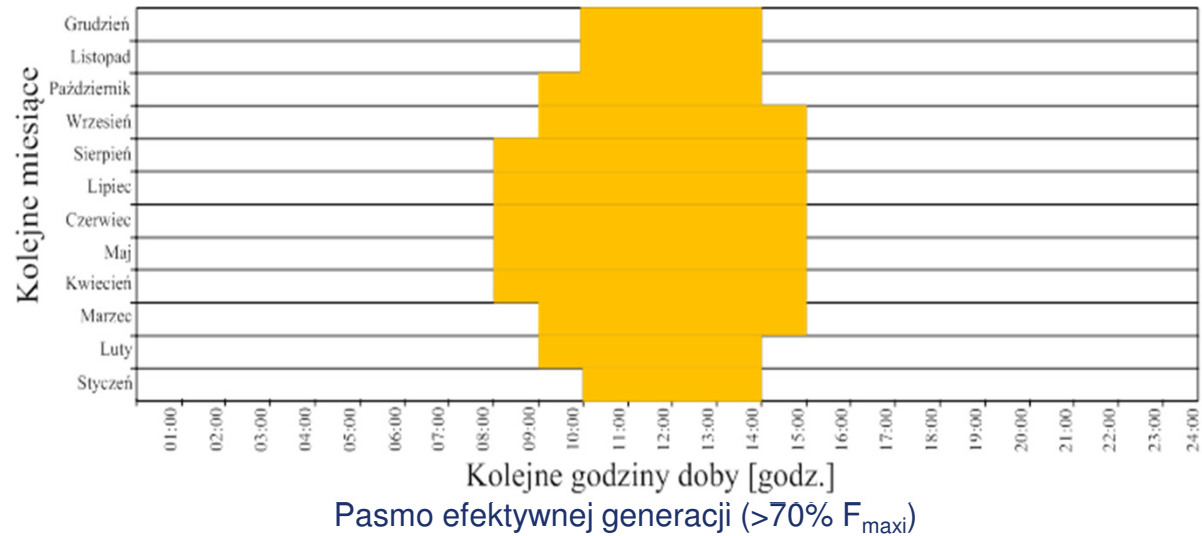


Zapotrzebowanie maksymalne na moc w KSE a średnie nasłonecznienie



Zapotrzebowanie dobowe na moc w KSE a średnie nasłonecznienie

## Analiza warunków nasłonecznienia (2)



Zapotrzebowanie dobowe na moc w KSE a średnie nasłonecznienie (lato / zima)



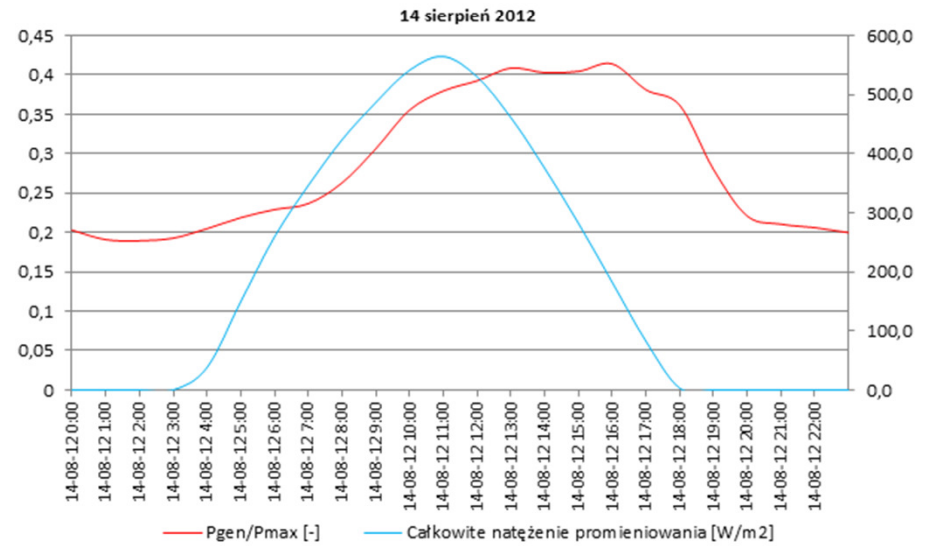
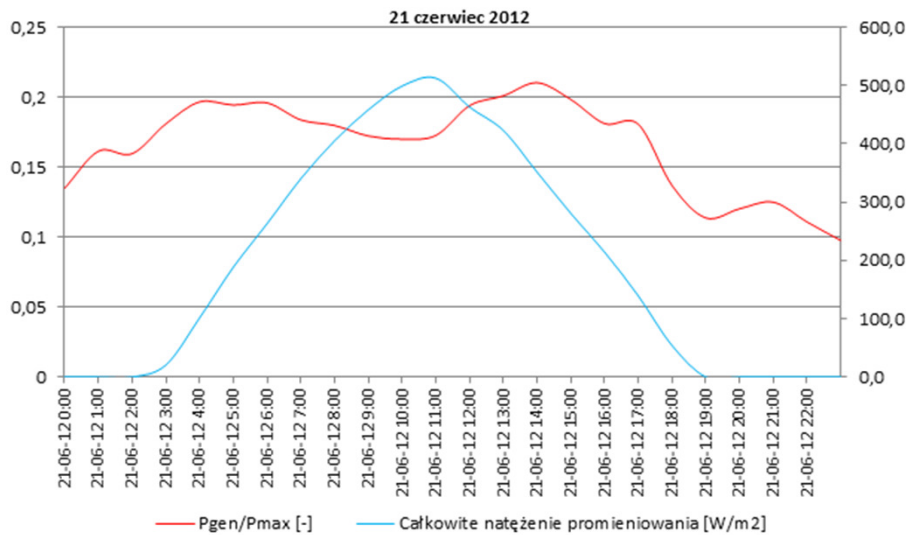
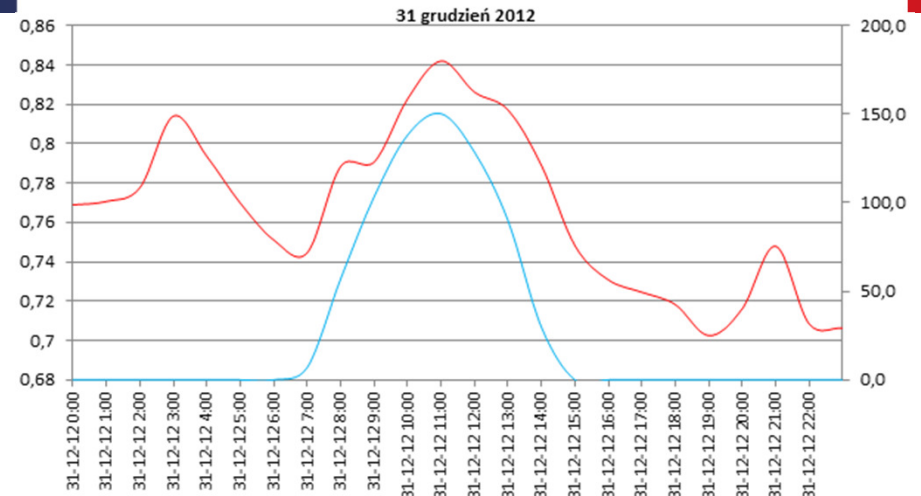
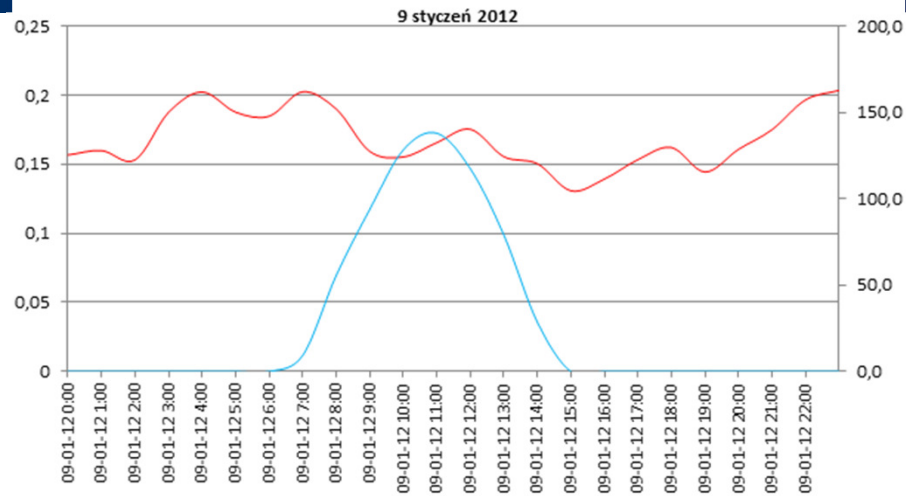
## Analiza pracy źródeł konwencjonalnych

Minimalny poziom generacji w źródłach konwencjonalnych uwzględnia:

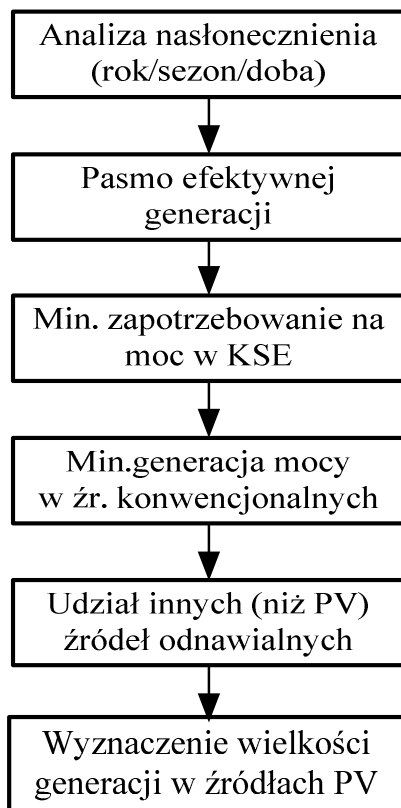
- jednostki wytwórcze pracujące w układzie kogeneracji (elektrociepłownie),
- jednostki wytwórcze ESP,
- jednostki wytwórcze w elektrowniach kondensacyjnych, których praca jest wymuszona przyczynami leżącymi po stronie wytwórców ,
- jednostki wytwórcze w elektrowniach kondensacyjnych, których praca jest wymuszona ze względu na bezpieczeństwo pracy sieci,
- jednostki wytwórcze, których praca jest niezbędna dla utrzymania procesów technologicznych dużych odbiorców (elektrownie przemysłowe).

Analizowany stan	P <sub>mintech</sub> [MW]		
	2015	2020	2025
Dni robocze w okresie wiosenno-letnim (szczyt poranny)	9 099,1	10 691,0	10 839,9
Dni wolne od pracy (weekend) w okresie wiosenno-letnim (szczyt poranny)	8 468,8	9 928,1	10 080,6
Dni robocze w okresie jesienno-zimowym (szczyt poranny)	12 266,7	15 168,1	14 798,4
Dni wolne od pracy (weekend) w okresie jesienno-zimowym (szczyt poranny)	11 744,2	14 519,0	14 152,3
W okresie Świąt Wielkiej Nocy (dolina poranna)	9 495,7	11 592,8	11 740,6

# Analiza (współ)pracy źródeł odnawialnych



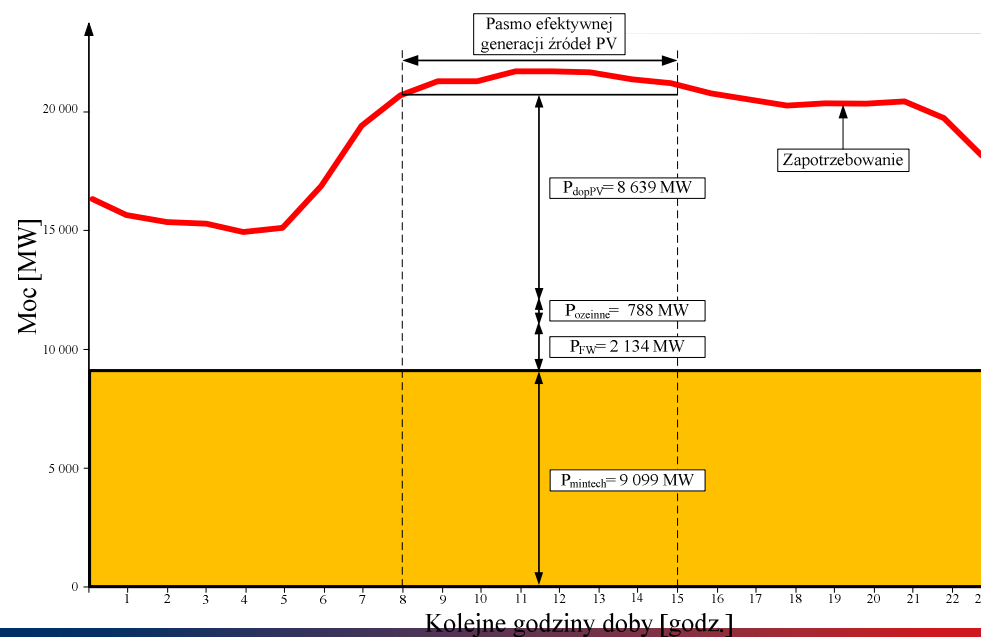
# Ocena generacji w źródłach PV



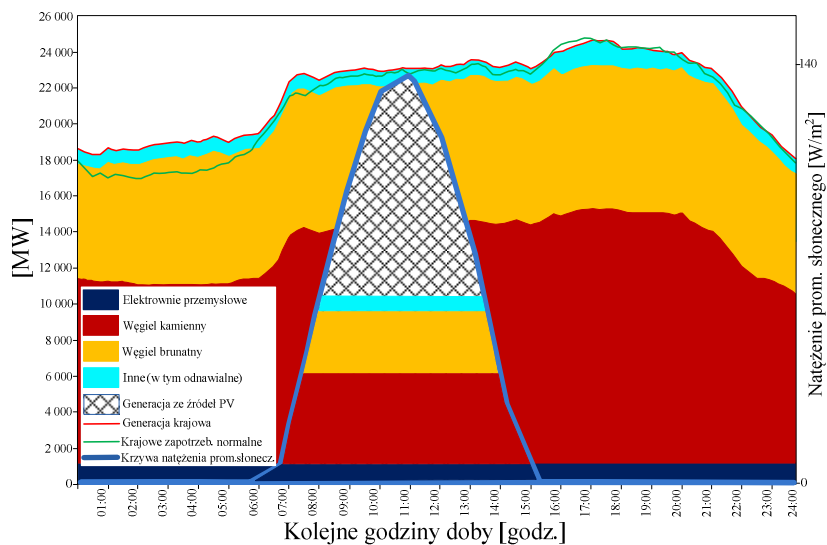
$$P_{dopOZE} = P_{obc\ min} - P_{min\ tech}$$

$$P_{PV} = P_{dopOZE} - P_{FW} - P_{OZE\ inne}$$

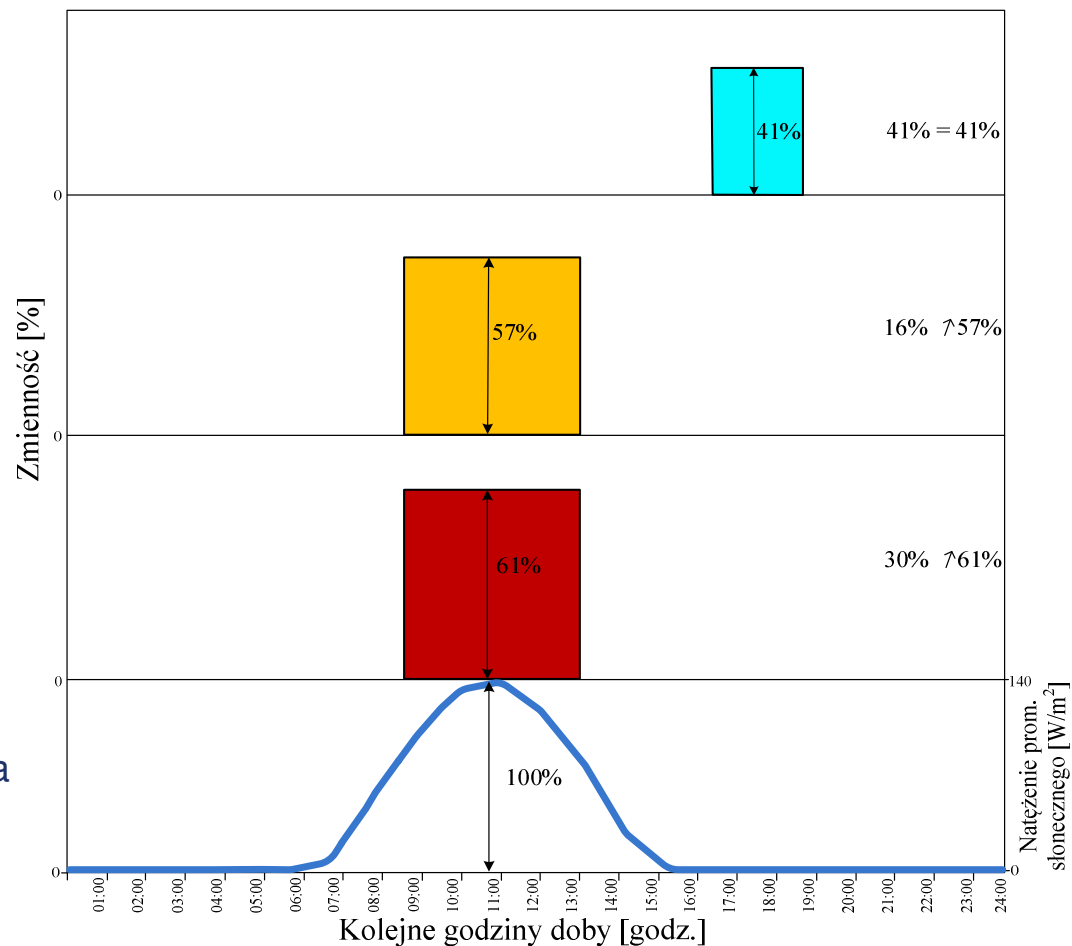
$$P_{FW} = k_{FW} \cdot P_{zFW}$$



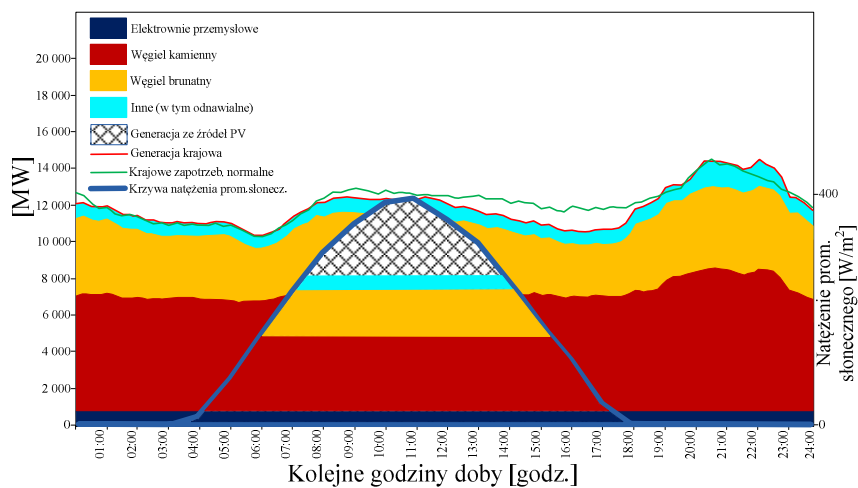
# Weryfikacja wyznaczonego bilansu (1)



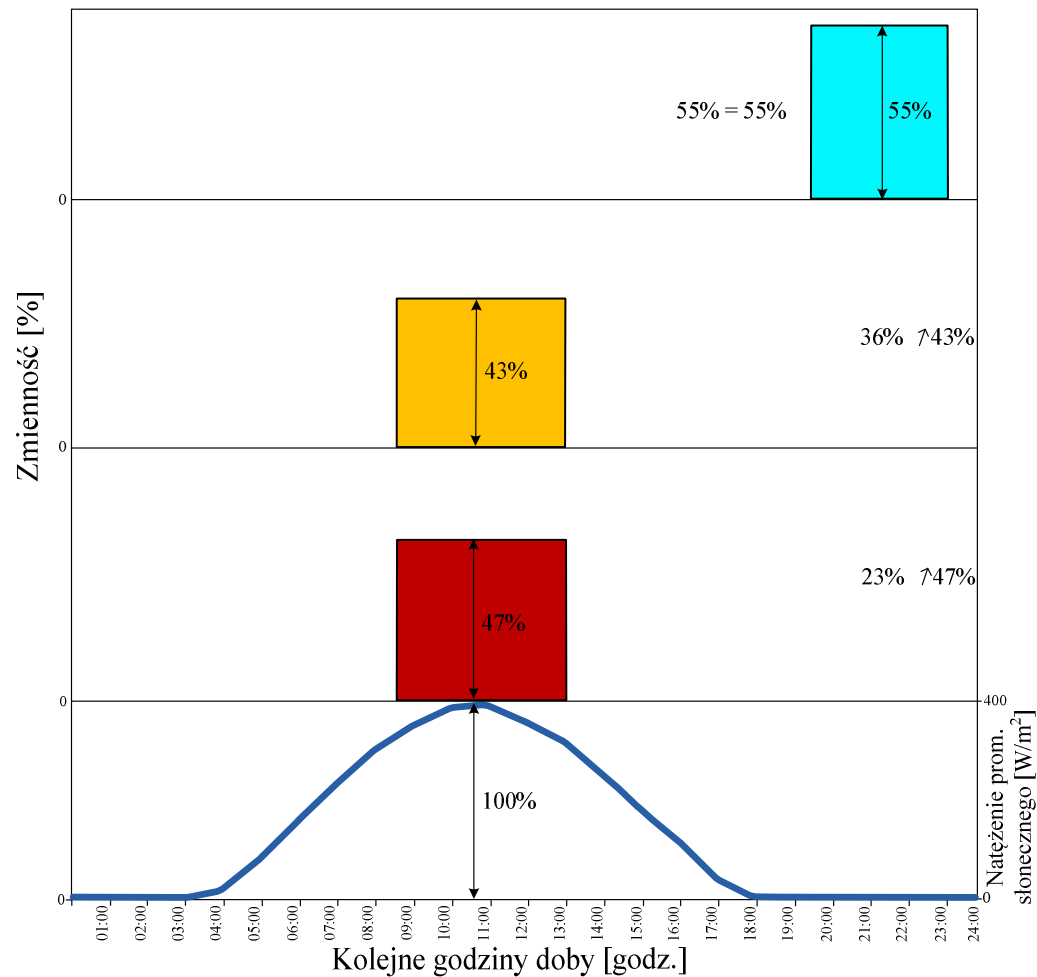
Przebiegi zapotrzebowania na moc w KSE w dniu, w którym wystąpiło maksymalne krajowe zapotrzebowanie na moc i sposób jego pokrycia na tle krzywej natężenia promieniowania słonecznego



## Weryfikacja wyznaczonego bilansu (2)

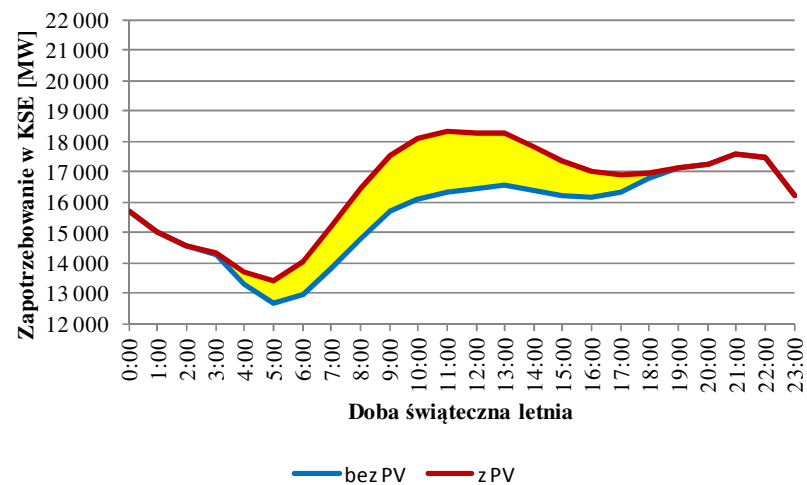
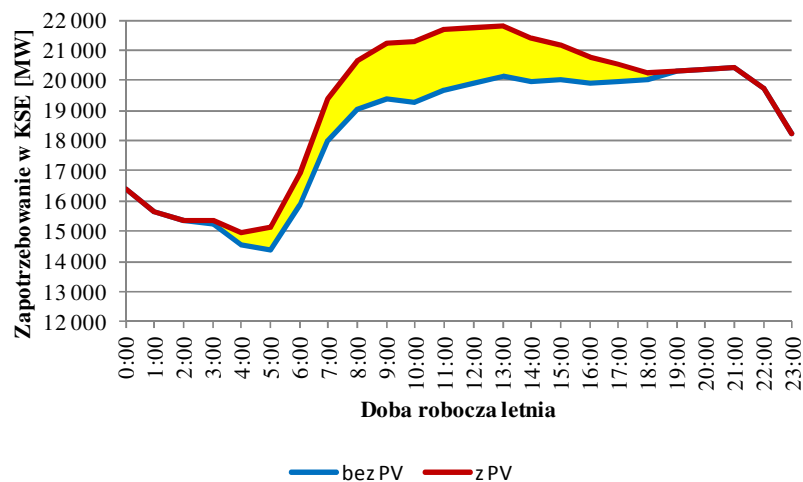


Przebiegi zapotrzebowania na moc w KSE w dniu, w którym wystąpiło minimalne krajowe zapotrzebowanie na moc i sposób jego pokrycia na tle krzywej natężenia promieniowania słonecznego



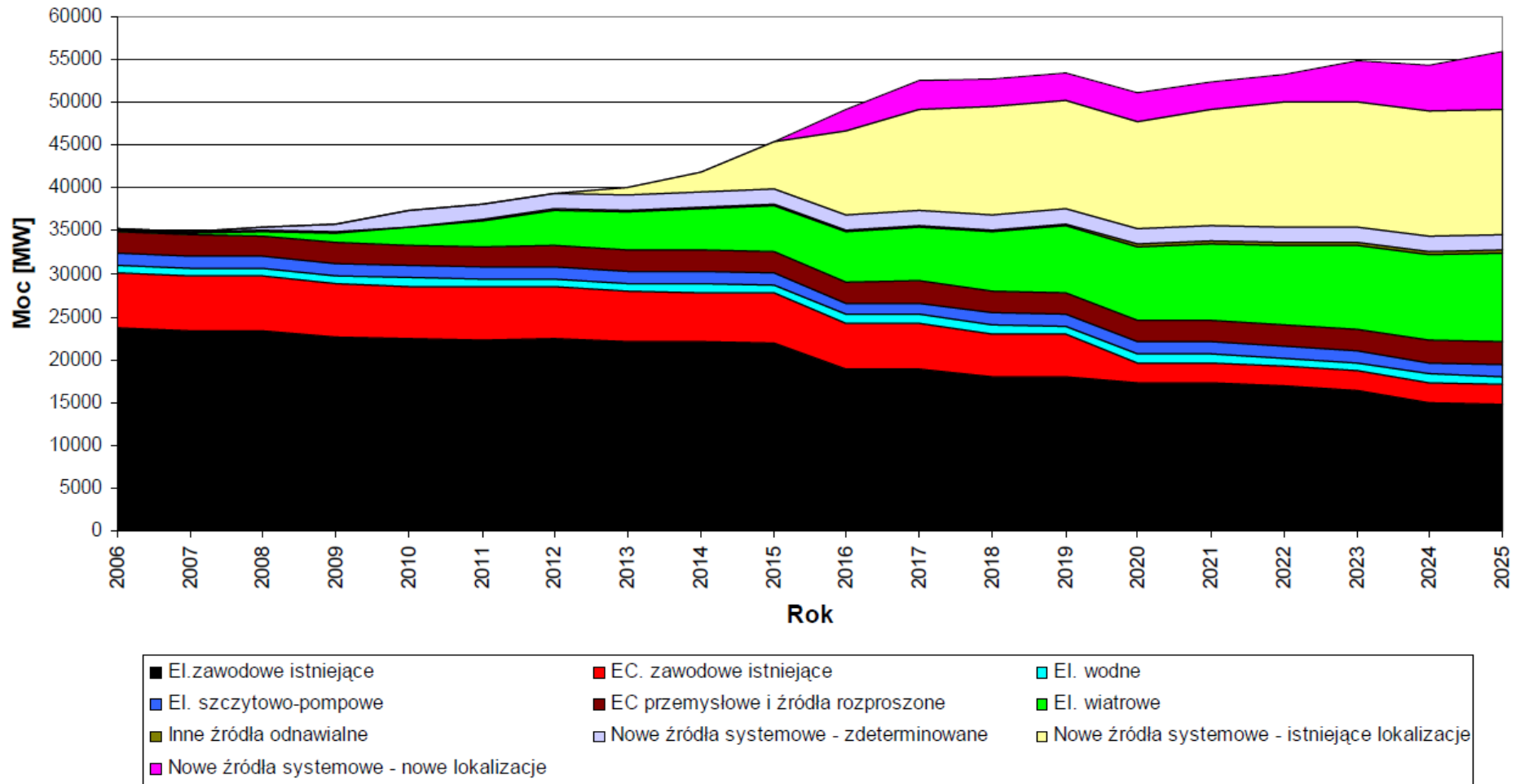
# Wnioski

- Ocena dopuszczalnych wielkości produkcji OZE powinna być wielostronna, obejmując zarówno stronę popytową jak i podażową. Warto zauważyć, że mogą również występować takie dni, dla których w godzinach południowych będą zachodziły jednocześnie dobre warunki wietrzności oraz dogodne warunki nasłonecznienia, szczególnie w okresie wiosenno-letnim. Godziny południowe będą w tym kontekście wносиły znaczącą niepewność (ryzyko) co do poziomu mocy generowanej w źródłach fotowoltaicznych i tym samym do sumy mocy generowanych w KSE.
- Znaczący udział źródeł PV będzie powodował zjawisko „wypierania” produkcji mocy w źródłach konwencjonalnych, zwiększając tym samym nawet dwukrotnie zmienność obciążeń tych elektrowni w ciągu doby, zmuszając do korygowania zakresu utrzymania rezerwy wtórnej i trójnej.



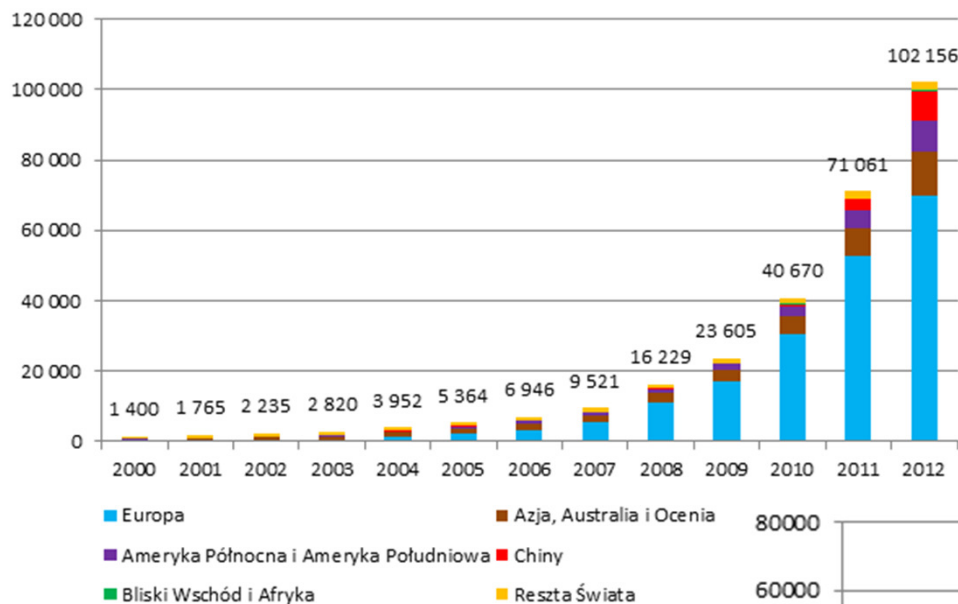


# Prognoza rozwoju źródeł w KSE

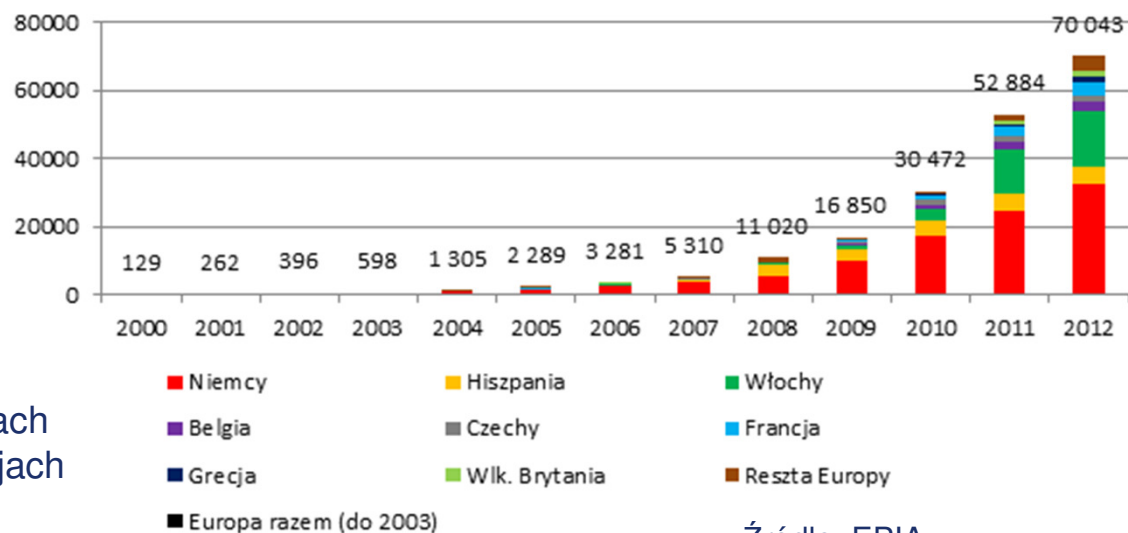


Źródło: PSE SA

## Wybrane kraje europejskie (1)



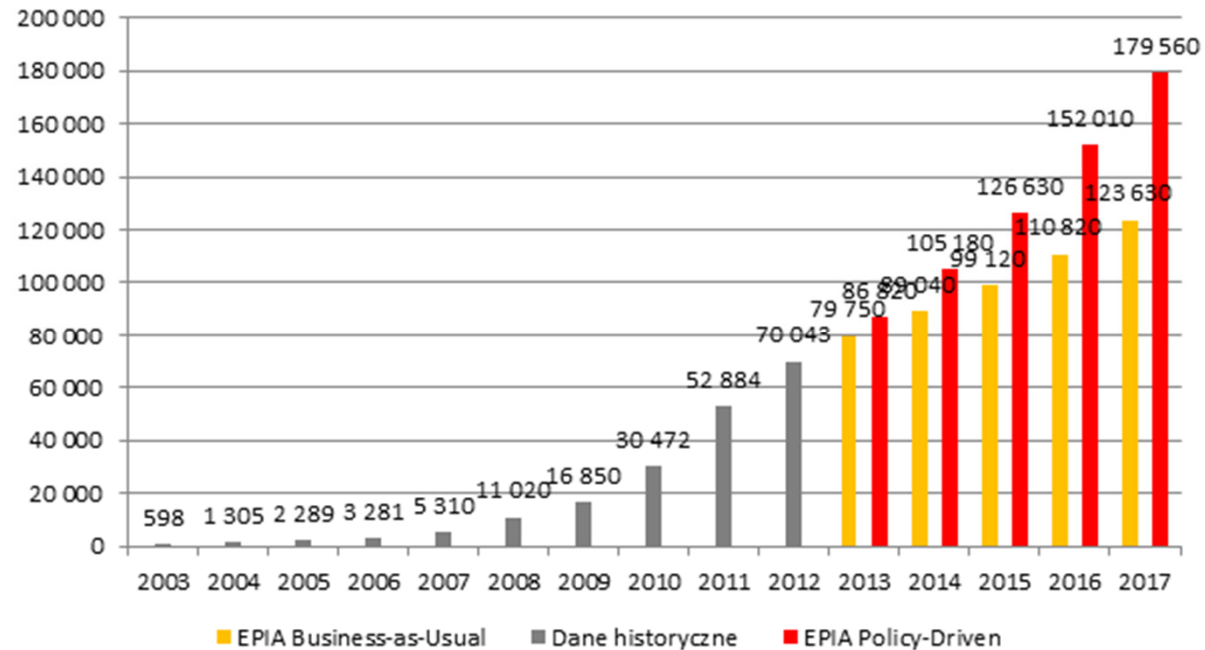
Sumaryczna moc zainstalowana w źródłach fotowoltaicznych na świecie, w MW



Sumaryczna moc zainstalowana w źródłach fotowoltaicznych w krajach europejskich, w MW

Źródło: EPIA

## Wybrane kraje europejskie (2)

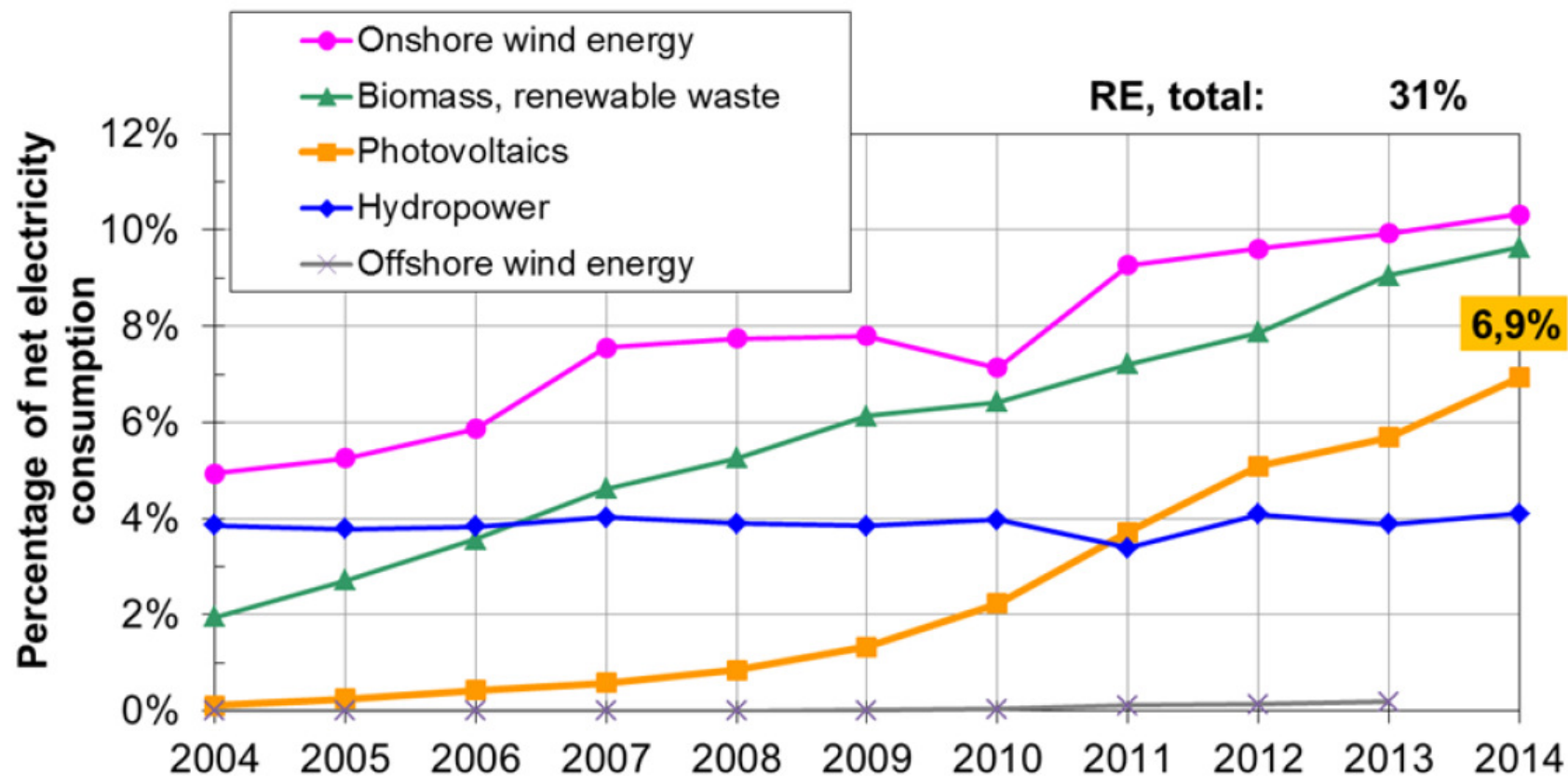


Prognoza sumarycznej mocy zainstalowanej  
w źródłach fotowoltaicznych w Europie, w MW

Źródło: EPIA

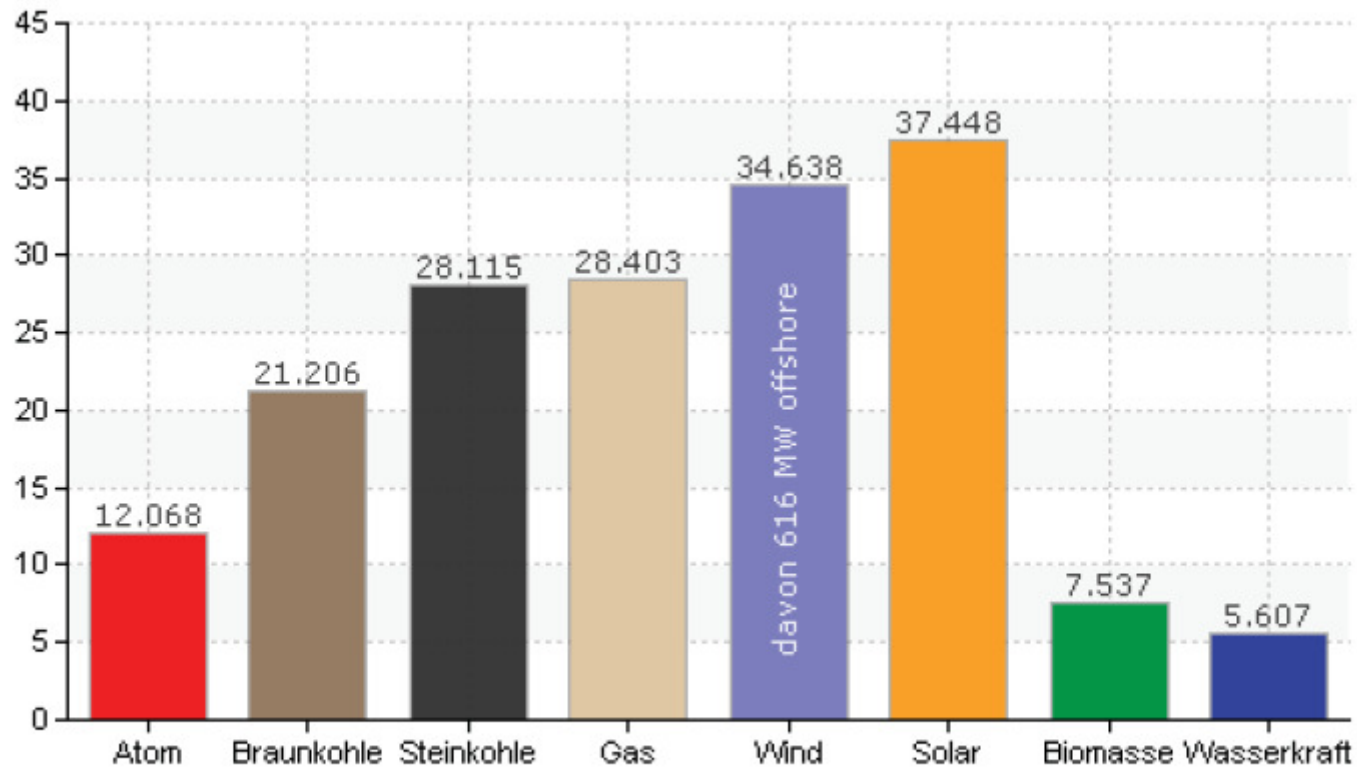
## Wybrane kraje europejskie (3)

Źródło: Fraunhofer Institute



Procentowy udział źródeł odnawialnych w zużyciu energii elektrycznej przez odbiorców w Niemczech

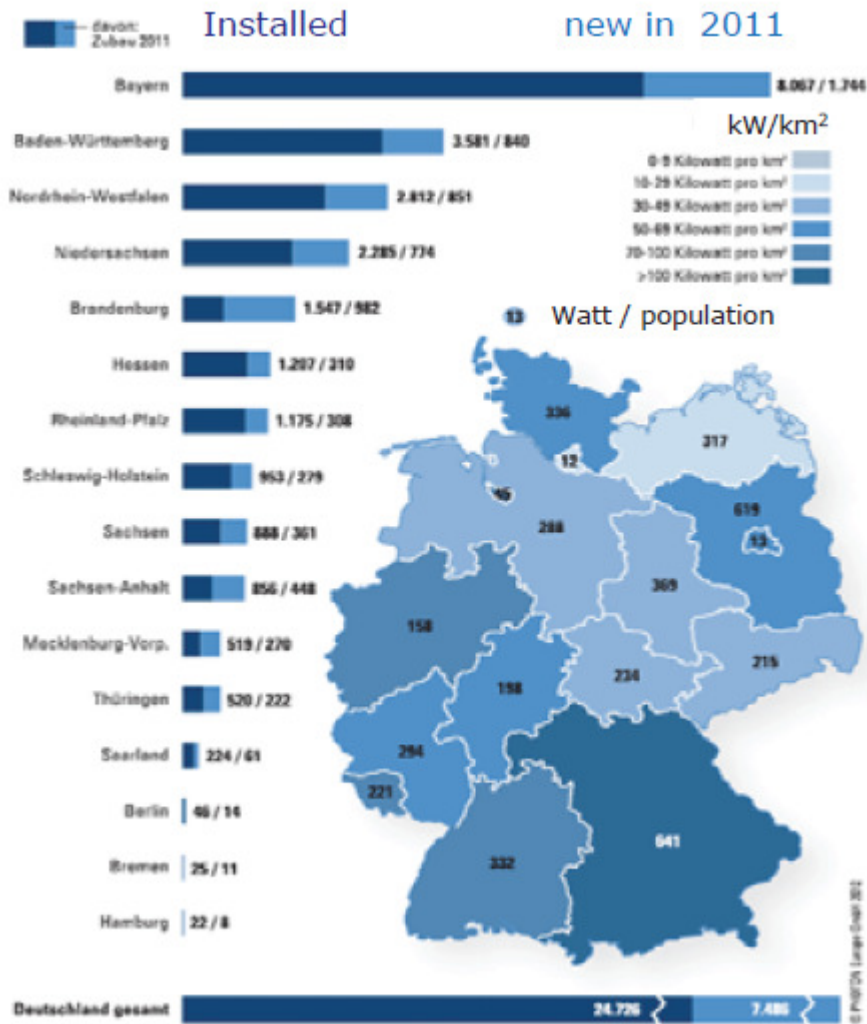
## Wybrane kraje europejskie (4)



Daten: (Fraunhofer ISE), BNetzA, BMU ©2014 Proteus Solutions GbR, 07.2014

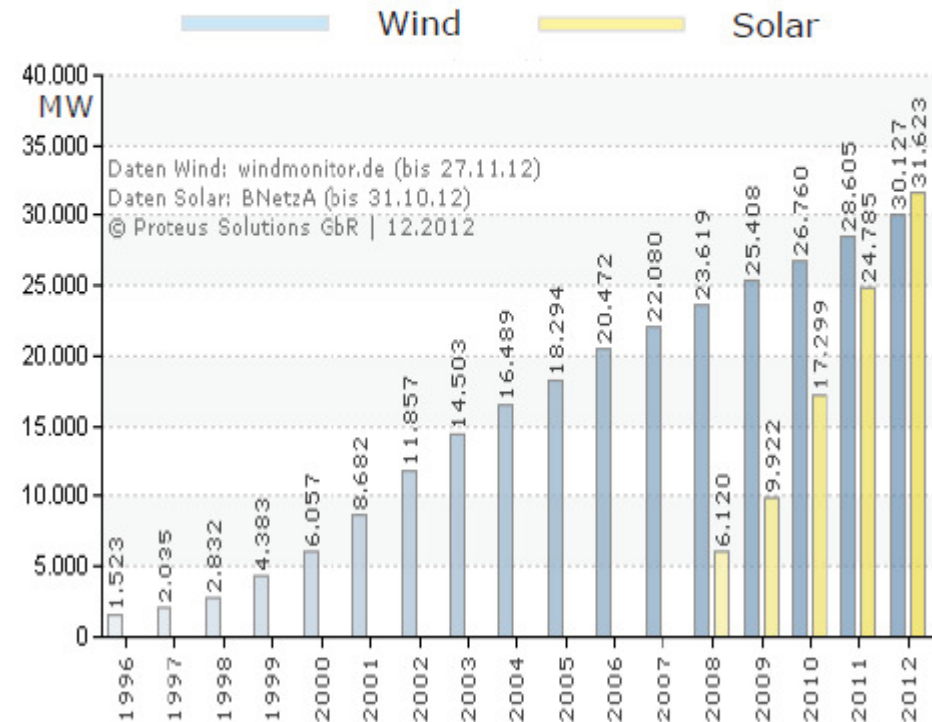
Moc zainstalowana w Niemczech do lipca 2014 roku, w MW

# Wybrane kraje europejskie (5)



Źródło: Institute of Electrical Power Systems

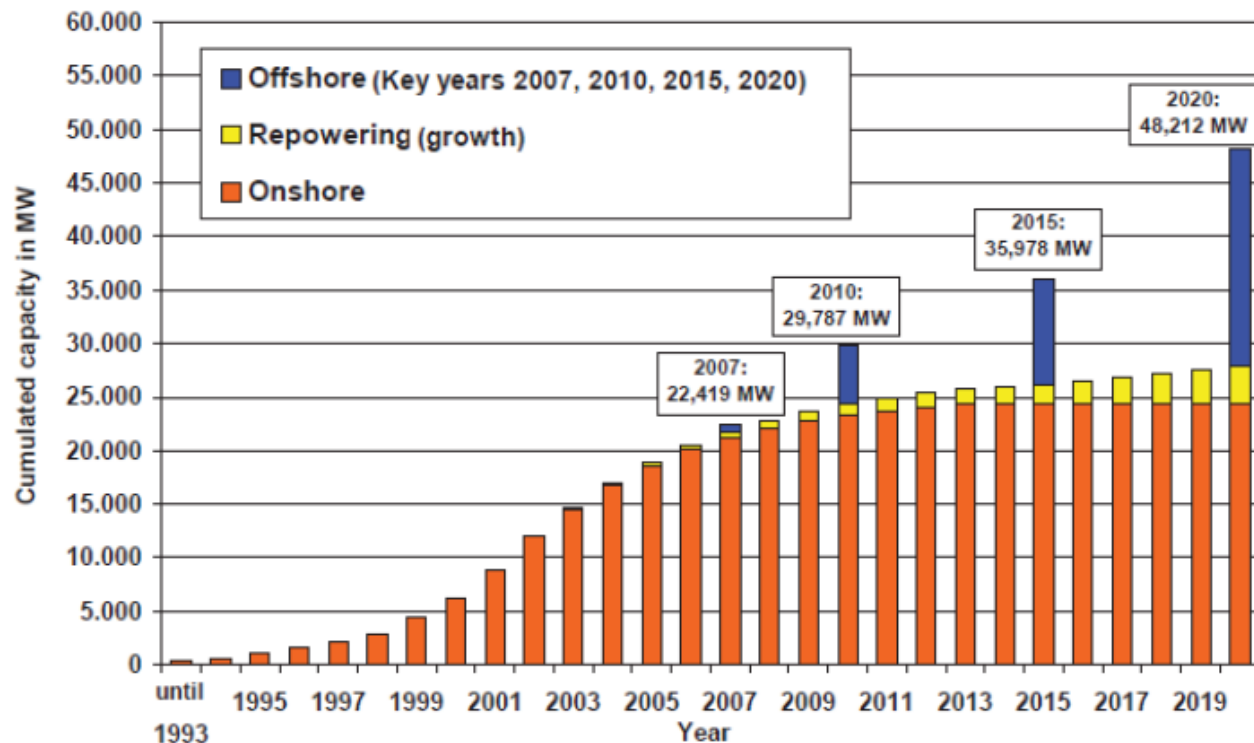
## Solar power in comparison with onshore wind



Moc zainstalowana w Niemczech w źródłach PV

## Wybrane kraje europejskie (6)

Źródło: Institute of Electrical Power Systems



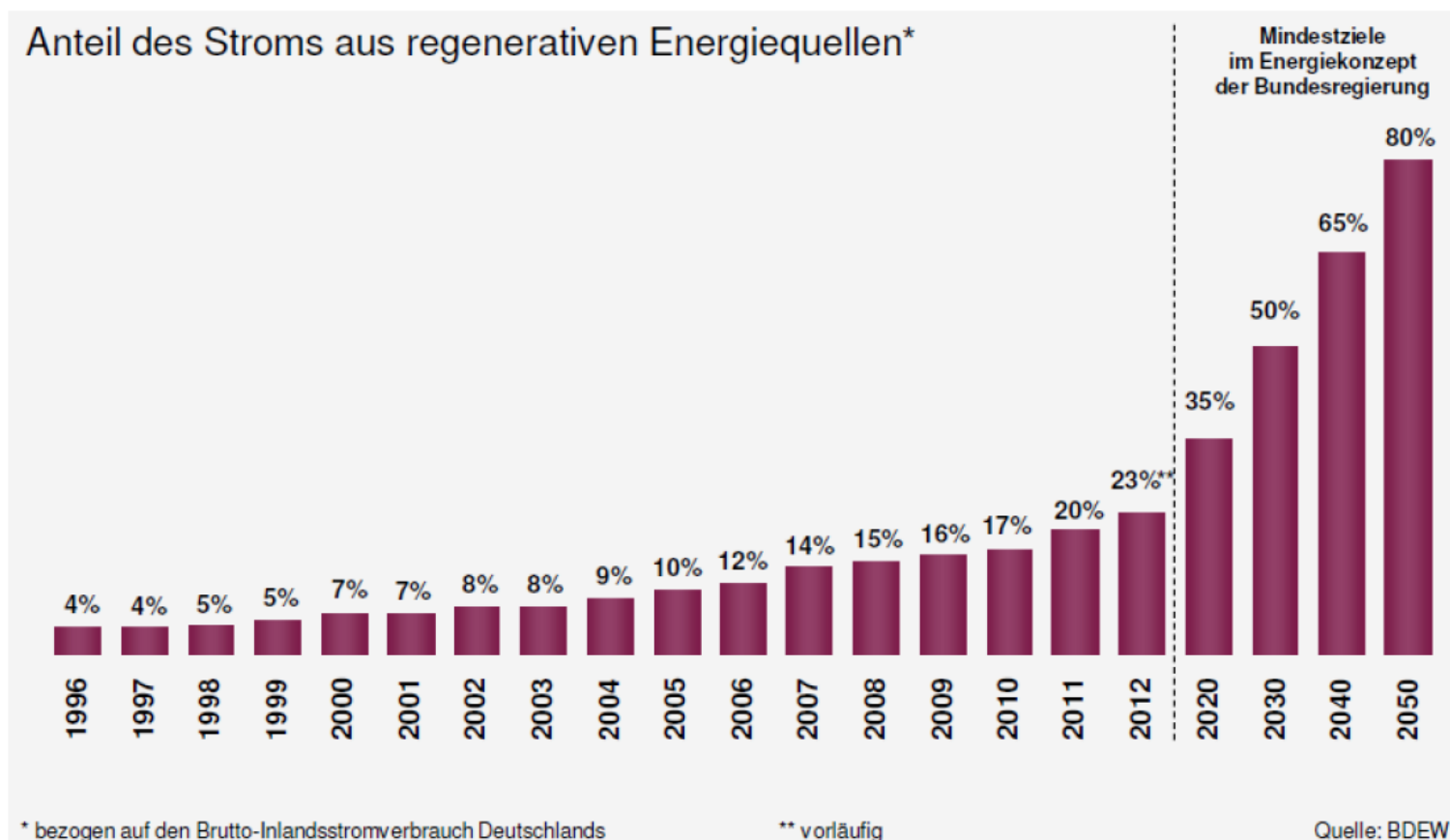
Year	Onshore	Repowering (growth)	Offshore	Sum
2007	21.264	504	651	22.419
2010	23.264	1.083	5.439	29.787
2015	24.386	1.799	9.793	35.978
2020	24.386	3.468	20.358	48.212

Prognoza rozwoju mocy zainstalowanej w Niemczech w źródłach wiatrowych



## Wybrane kraje europejskie (7)

Źródło: Fraunhofer Institute / BDEW



Procentowy udział źródeł odnawialnych w zużyciu energii elektrycznej brutto w Niemczech – założenia celowe



**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!**