



## **OCENA POZIOMU REZERW MOCY W KSE PRZY ZNACZĄCYM ROZWOJU ŹRÓDEŁ ODNAWIALNYCH**

**Maksymilian Przygrodzki, Paweł Chmurski**

**Kazimierz Dolny, 11.05.2015 r**

# Problematyka badań

## Cel

Analiza udziału i zmienności wytwarzanej mocy w źródłach odnawialnych oraz ocena wpływ tych czynników na utrzymywany poziom rezerw mocy w KSE przy uwzględnieniu doświadczeń innych operatorów systemu.

## Rezerwy mocy w KSE

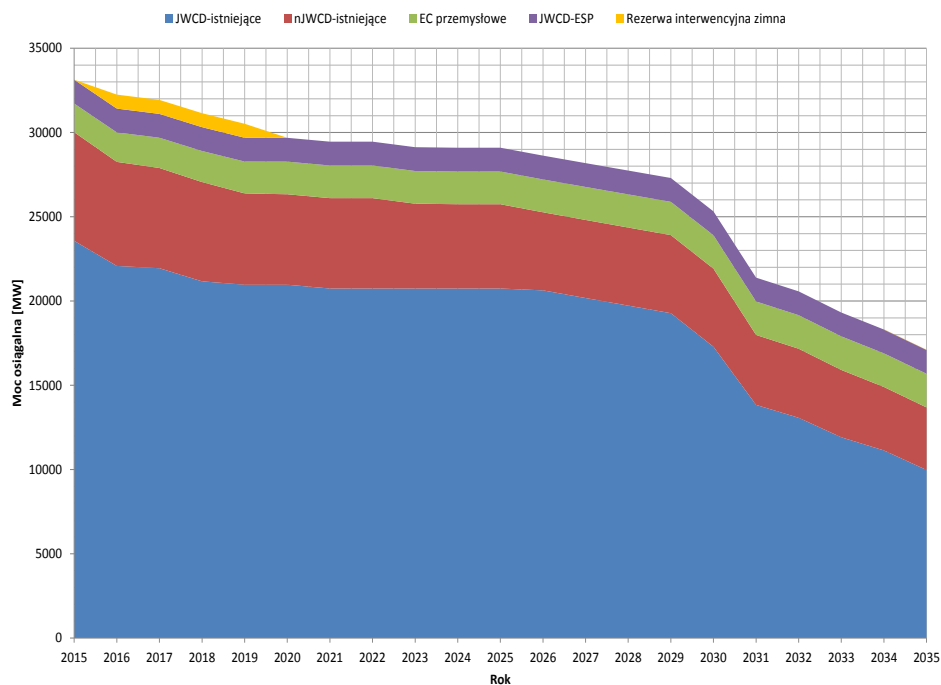
- operacyjne – są to zdolności wytwórcze źródeł krajowych, które zapewniają wymaganą, zgodnie z zasadami zawartymi w IRiESP, nadwyżkę planistyczną mocy dostępnej dla operatora ponad zapotrzebowanie;
- interwencyjne – są to zasoby mocy aktywowane na polecenie operatora systemu, które służą do interwencyjnego równoważenia bilansu mocy w całym KSE lub w wybranych jego obszarach ze względu na warunki pracy sieci, w celu zapewnienia bezpieczeństwa pracy KSE. Rezerwa interwencyjna została dedykowana dla określonych źródeł wytwórczych, tj. elektrowni szczytowo-pompowych i elektrowni gazowych oraz dopuszcza się także możliwość świadczenia tej usługi przez wybranych odbiorców.

## Rezerwy operacyjne

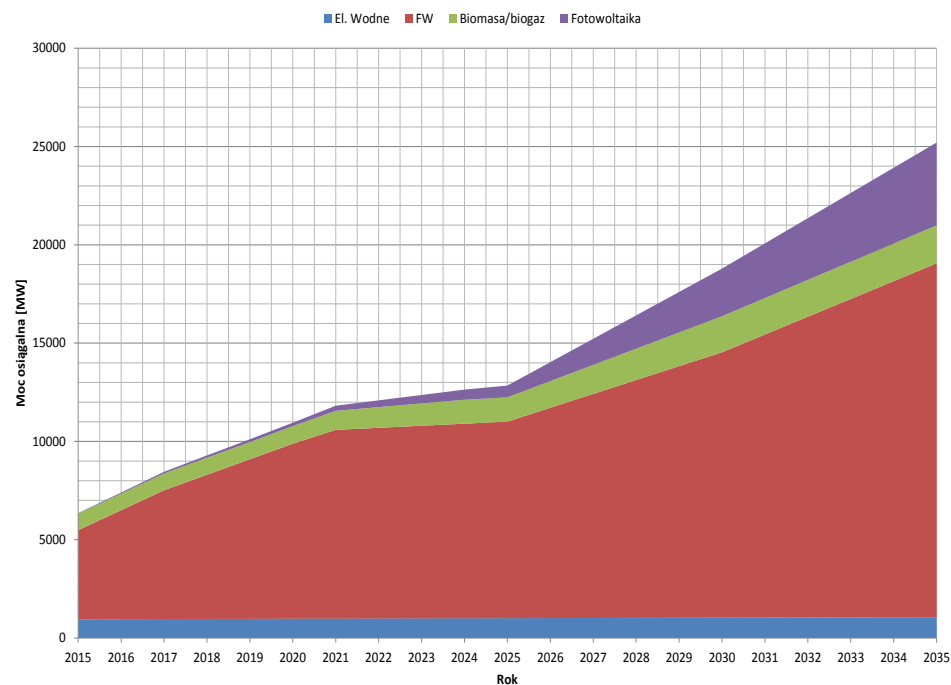
Wymagana ilość operacyjnej rezerwy mocy jednostki wytwórczej oraz wymagany zakres regulacji pierwotnej i wtórnej są określane przez operatora systemu w dobie n-1. W ramach tego obowiązuje (wg IRiESP):

- operacyjna rezerwa mocy – 9% planowanego zapotrzebowania do pokrycia przez elektrownie krajowe, pomniejszone o planowane wykorzystanie regulacyjnych usług systemowych w zakresie rezerwy interwencyjnej z wyłączeniem redukcji zapotrzebowania na polecenie OSP;
- zakres regulacji pierwotnej – około  $\pm 170$  MW;
- zakres regulacji wtórnej – około  $\pm 500$  MW.

# Prognoza rozwoju źródeł

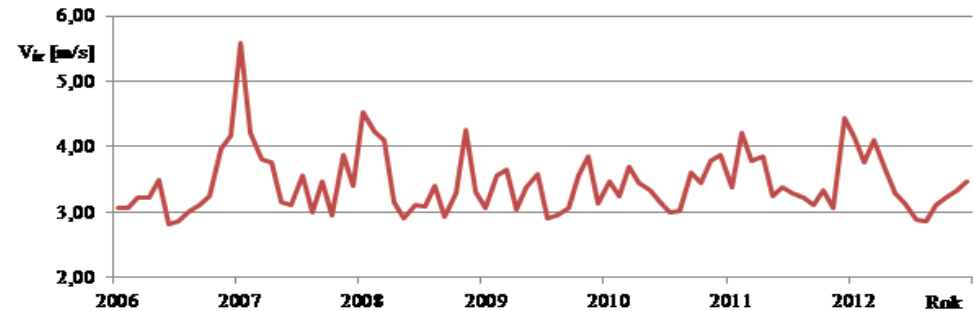
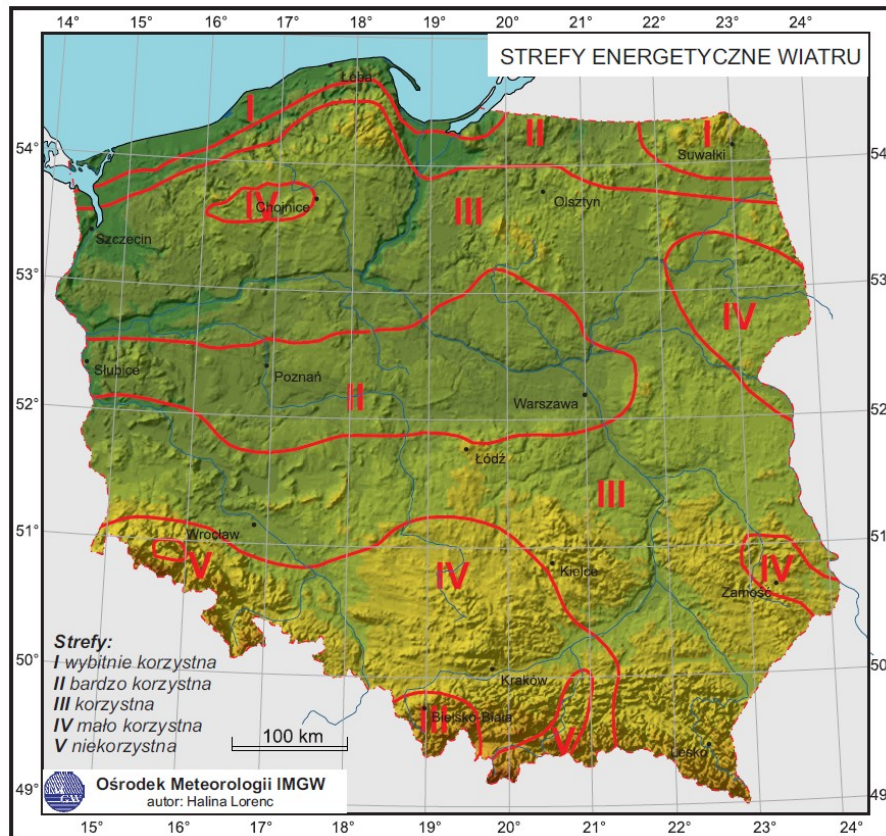


Moc osiągalna w źródłach konwencjonalnych

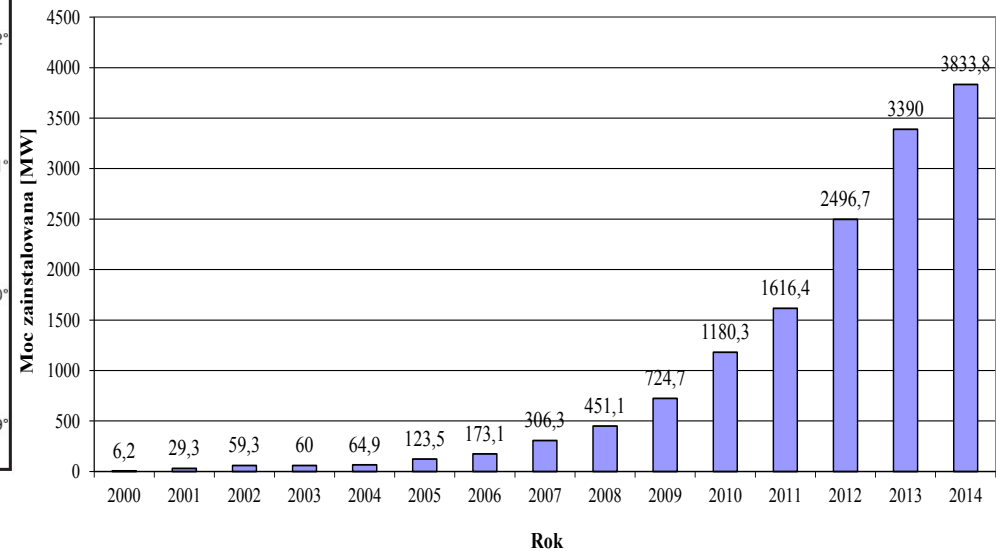


Moc osiągalna w źródłach odnawialnych

# Warunki wietrzne



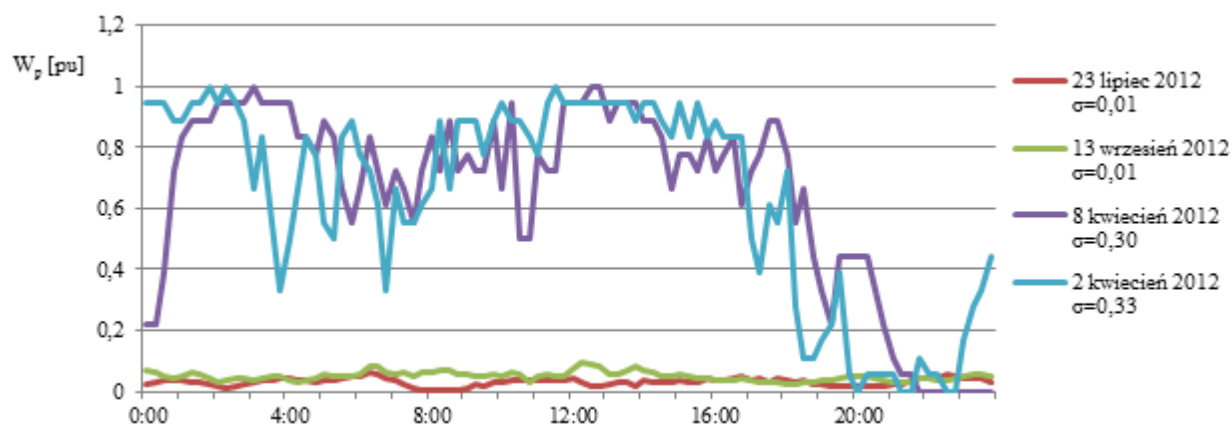
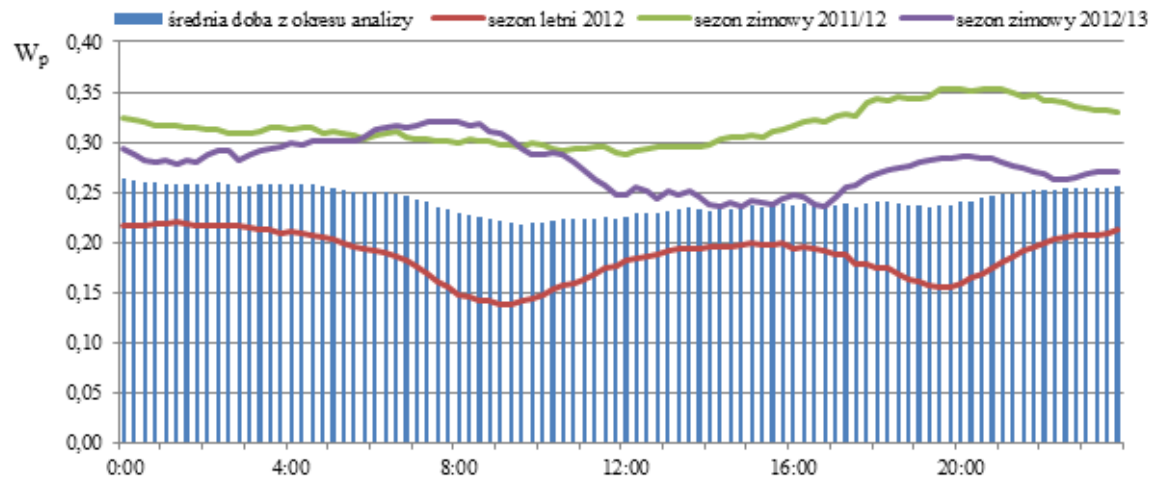
Średniomiesięczne prędkości wiatru w Polsce



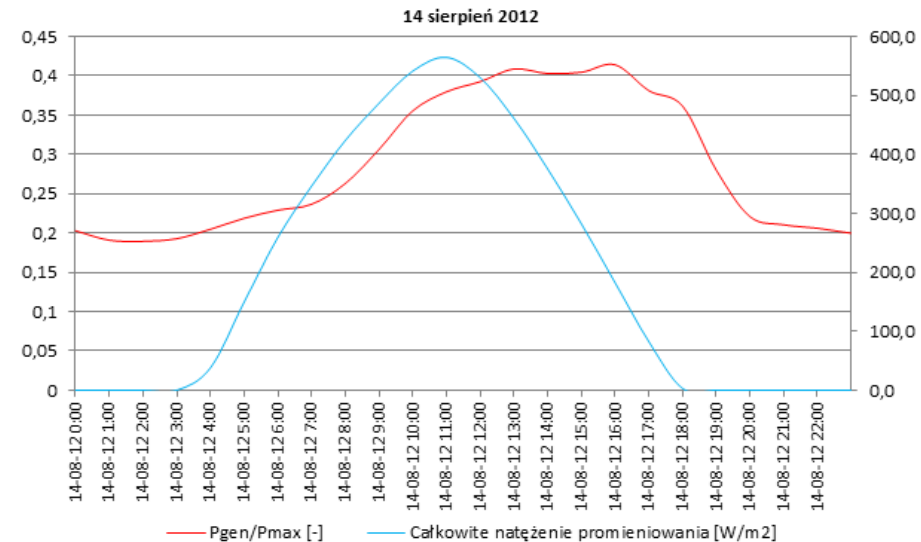
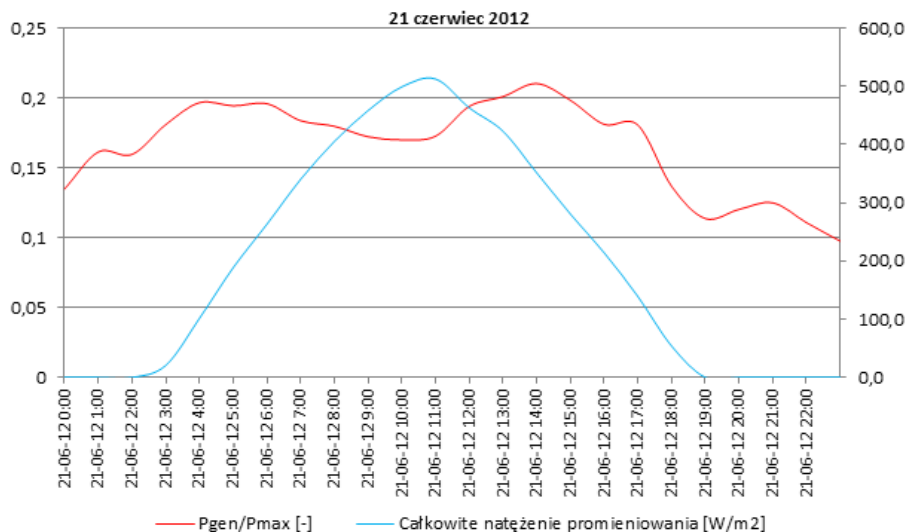
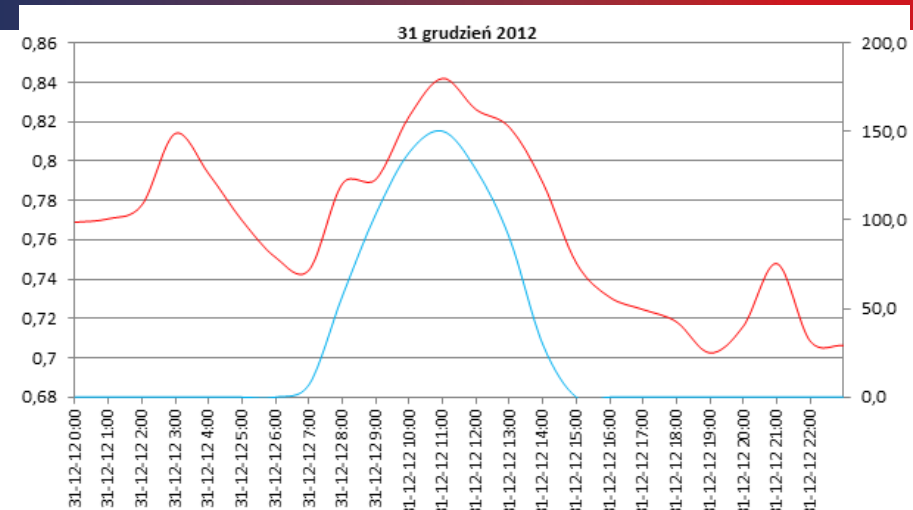
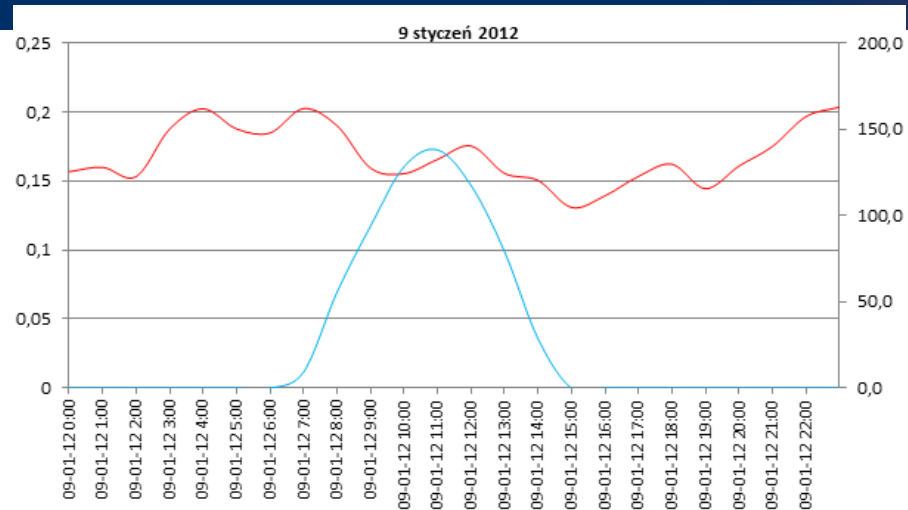
Moc zainstalowana w FW

Źródło: IMGW

# Generacja FW (1)



# Analiza (współ)pracy źródeł odnawialnych



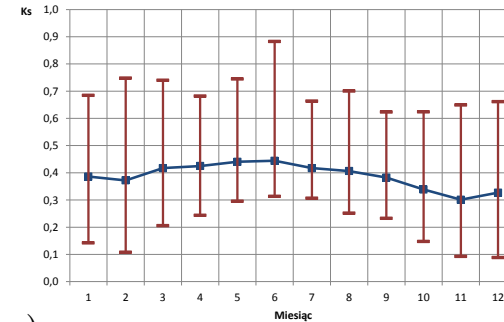
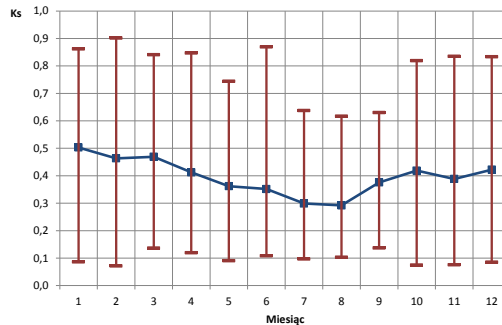
# Analiza (współ)pracy źródeł odnawialnych

Współczynniki synergii w poszczególnych miesiącach i latach analizy przy prognozowanym poziomie mocy generowanej w PV

$\max P_{PV} = 1000 \text{ MW}$

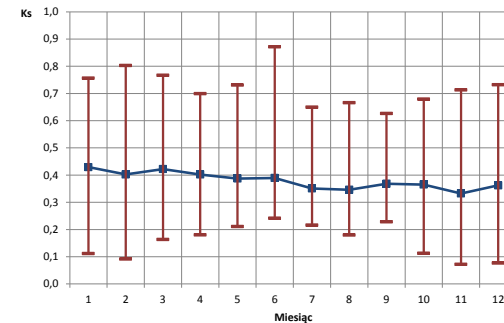
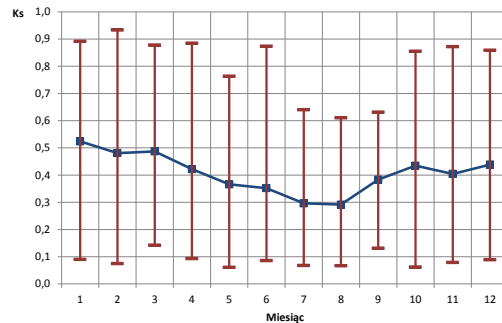
$\max P_{PV} = 5000 \text{ MW}$

Rok 2015



$$K_S = \frac{\max(P_{PV} + P_{FW})}{\max P_{PV} + \max P_{FW}}$$

Rok 2020



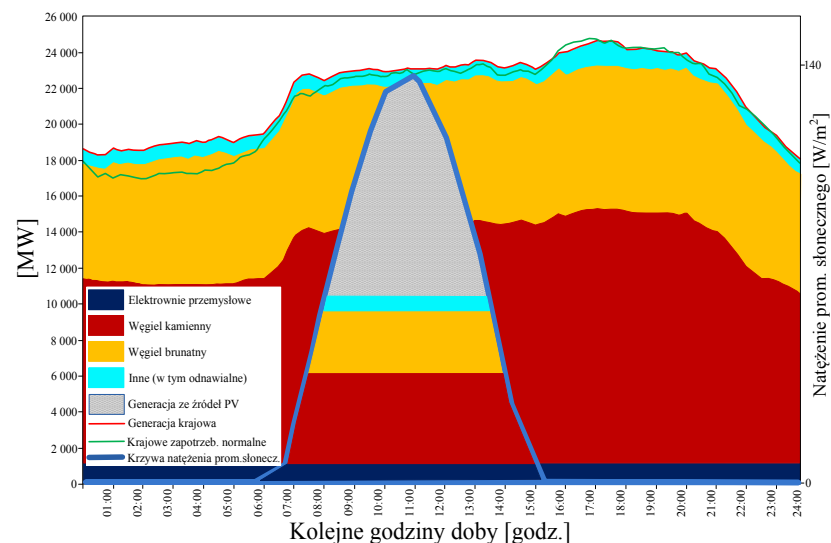


## Wnioski dla oceny rezerwy operacyjnej

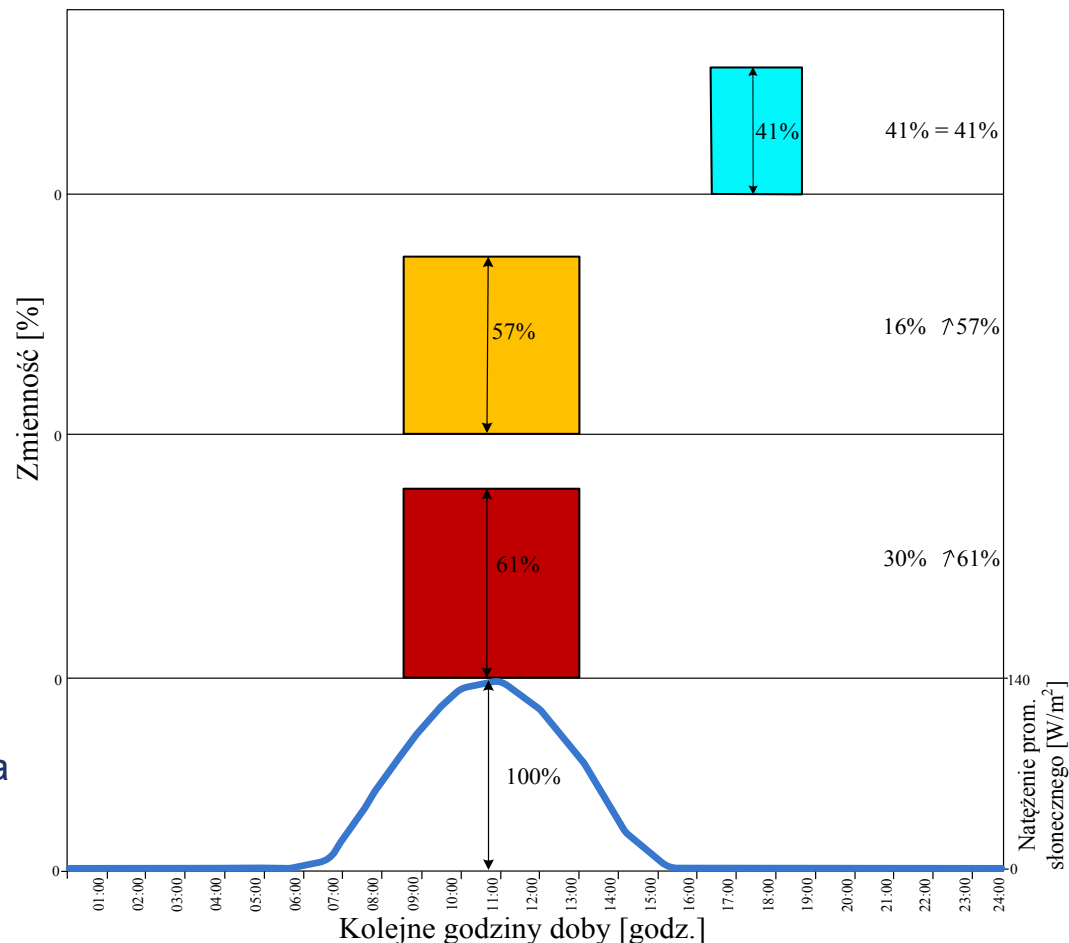
Zmieniające się warunki pracy źródeł, w tym struktura wytwarzania, prowadzą do sformułowania pewnych przesłanek:

- wzrost mocy zainstalowanej w pojedynczych jednostkach konwencjonalnych (kryterium mocy największego bloku – do niedawna było to 500 MW) powinien prowadzić do korekty założeń utrzymywania pasma regulacji rezerwy wtórnej;
- wzrost mocy w danych farmach wiatrowych, które jako obiekty są lokalizowane na określonym obszarze o quasijednolitych warunkach wietrzności powinien być uwzględniony w zakresach pasm regulacji rezerwy pierwotnej i wtórnej;
- rozwój źródeł PV (w tym farm PV), które jako obiekty podlegają lokalnym warunkom pogodowym musi prowadzić do uwzględnienia nowych wymagań regulacyjnych dla bloków JWCD.

# Bilans JWCD



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

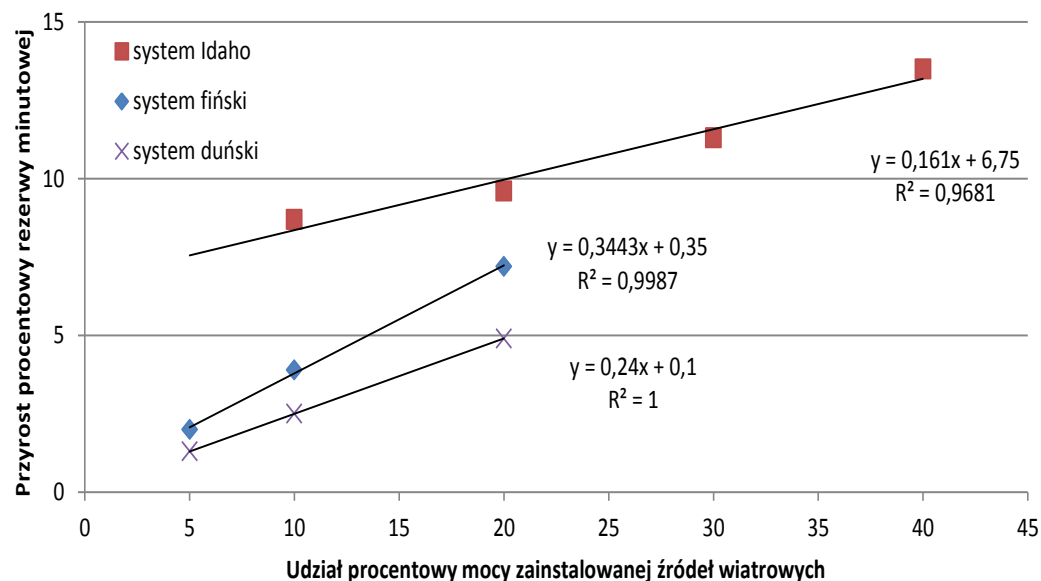


# Wnioski dla oceny rezerwy operacyjnej

W wymiarze operacyjnym ważne jest powiązanie wytycznych dotyczących rezerw mocy z zakresem występowania zmienności:

- sekundowej – wynika z czynnika napędowego w elektrowniach wiatrowych i irradiancji w elektrowniach PV. Zmiany obciążenia elektrowni wiatrowej w przedziałach sekundowych są wynikiem turbulencji i danych rozwiązań konstrukcyjnych. W przypadku elektrowni PV szybka zmiana poziomu produkowanej mocy jest związana ze zmianą nasłonecznienia, zwykle w przypadku przemieszczania się chmur;
- minutowej – związana jest z okresem procesów zmiennych w przedziale od kilku minut do godziny. Zmienność ta jest istotna w przypadku energetyki wiatrowej dla prowadzenia ruchu KSE. W tym okresie dla pojedynczej farmy wiatrowej zmiany mogą wynieść nawet 100% jej mocy znamionowej (np. przy wyłączeniu z powodu nadmiernej prędkości wiatru). Zjawisko to jest łagodzone przy dużym rozproszeniu farm wiatrowych. W przypadku farm PV sytuacja jest podobna. Zjawiska te mogą notować efekt nakładania się (co może wpływać na amplitudę zmian poziomu mocy generowanej);
- godzinowej – spowodowana zmianą warunków atmosferycznych (ruchem mas powietrza) oraz zmianą nasłonecznienia (ruch kuli ziemskiej).

# Ocena wymagań operacyjnych rezerw mocy



System	Równanie	Ps [MW]	Udział FW w obciążeniu szczytowym KSE			
			10%	20%	30%	40%
Idaho	$0,161x+6,75$	3 200	8,7%	9,6%	11,2%	13,4%
fiński	$0,3443x+0,35$	15 000	3,8%	7,2%	10,7%	14,1%
duński	$0,24x+0,1$	6 600	2,5%	4,9%	7,3%	9,7%
polski	średnia ważona	25 000	4,0%	6,9%	9,8%	12,8%

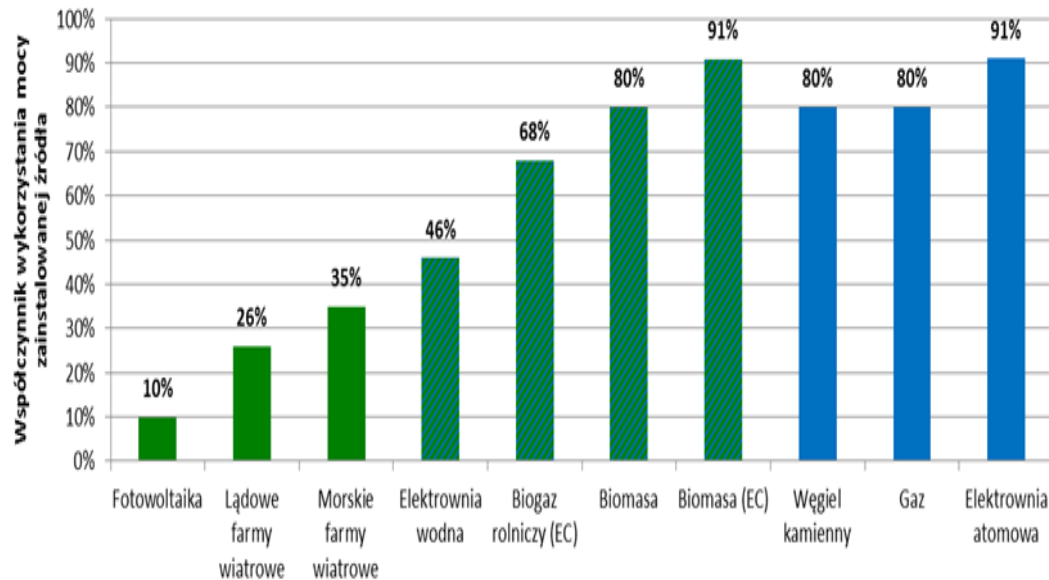
# Wnioski

- Bezpieczeństwo pracy KSE wymaga, aby moc generowana (zainstalowana) źródeł OZE nie przekroczyła ograniczeń KSE (np. wymagane minimum techniczne mocy generowanej w źródłach konwencjonalnych) oraz ograniczeń technicznych wynikających z operacyjnych zasad funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (ograniczenia sieciowe i bezpieczeństwo pracy KSE).
- Moc OZE musi być na takim poziomie, który umożliwi OSP zapewnienie wymaganych rezerw mocy w źródłach konwencjonalnych. Przekroczenie tego poziomu spowoduje konieczność budowy źródeł interwencyjnych o szybkim czasie dostępu, wykorzystywanych maksymalnie kilkaset godzin w roku (w warunkach krajowych będą to głównie elektrownie gazowe), co spowoduje istotny wzrost kosztów utrzymywania rezerw mocy.
- W celu zapewnienia bezpieczeństwa pracy KSE należy uwzględnić możliwość wprowadzania przez OSP ograniczeń w produkcji energii elektrycznej w źródłach OZE, które będą mogły być aktywowane w tych stanach bilansowych, w których wystąpi nadwyżka produkcji mocy względem zapotrzebowania. Ograniczenia takie będą występowały kilkadziesiąt godzin w roku i z tego powodu nie będą miały istotnego wpływu na przychody właścicieli źródeł OZE, będą natomiast sprzyjały ograniczaniu rozwoju rezerw mocy, a tym samym zmniejszając koszty zarówno utrzymania mocy, jak i przeciętne koszty wytwarzania energii elektrycznej w kraju.

## Pytania Recenzenta

- *Brak jest w artykule informacji skąd pochodzą dane przedstawione na rys. 2.*
- *Zawarte w tabeli 3 oszacowanie przyrostu rezerwy minutowej w KSE w zależności od udziału mocy zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych w obciążeniu szczytowym wydaje się być wstępnym i bardzo przybliżonym, z uwagi na wykorzystanie w nim informacji dotyczących tak różnych od krajowego systemów.*
- *W literaturze artykułu brak jest opracowań źródłowych, dotyczących przywoływanych systemów (Idaho, fiński, duński), podane pod pozycją [2] opracowanie nie jest najświeższej daty – czy Autorom jest znany zakończony w 2014 roku projekt REserviceS (Economic Grid Support from Variable Renewables) i jego wyniki?*

# Pytania Recenzenta



Opracowanie własne na podstawie danych literaturowych, w tym m.in.:

- Wpływ energetyki wiatrowej na wzrost gospodarczy w Polsce. Raport. Ernst & Young, marzec 2012
- European Wind Energy Association, [www.ewea.org](http://www.ewea.org)
- Ekonomiczna analiza porównawcza technologii wytwarzania energii elektrycznej. Spektrum, styczeń/luty 2007

# Pytania Recenzenta



## **Ekonomiczne usługi wspierania sieci ze źródeł wiatrowych i fotowoltaicznych**

Przegląd potrzeb systemowych, opcji  
technologicznych, korzyści ekonomicznych  
oraz odpowiednich mechanizmów rynkowych

Streszczenie i zalecenia do projektu  
Wrzesień 2014



Numer umowy: IEE/11/814/SI2.616374  
Czas trwania: Kwiecień 2012 – Wrzesień 2014  
Koordynator: European Wind Energy Association



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

Źródło: <http://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/reservices>

- Technologia wiatrowa i fotowoltaiczna mogą być wykorzystywane do świadczenia usług systemowych lub usług wspierania sieci w ramach regulacji częstotliwości i napięcia oraz wykonywania niektórych funkcji w ramach przywracania zdolności systemowej.
- OSP i regulatorzy powinni ustanowić jasne procedury i zasady sprawozdawczości, w których rozróżnia się zarządzanie bilansowaniem/ograniczeniami przesyłowymi oraz obniżanie mocy ze względu na bezpieczeństwo systemu
- Procedury systemowe: planowanie probabilistyczne i procedury operacyjne (szczególnie wykorzystujące metody prognozowania probabilistycznego) w obsłudze systemów energetycznych





Dziękuję za uwagę