

**HYDROELEKTROWNIE
JAKO KOMPENSACYJNE ŹRÓDŁO ENERGII ODNAWIALNEJ
W KRAJACH O BARDZIEJ RÓŻNORODNYM SYSTEMIE OZE
OPARTYM NA ENERGETYCE WIATROWEJ I SŁONECZNEJ.
POTENCJAŁ ROZWOJU MAŁYCH ELEKTROWNI WODNYCH**

Janusz Steller
Instytut Maszyn Przepływowych PAN

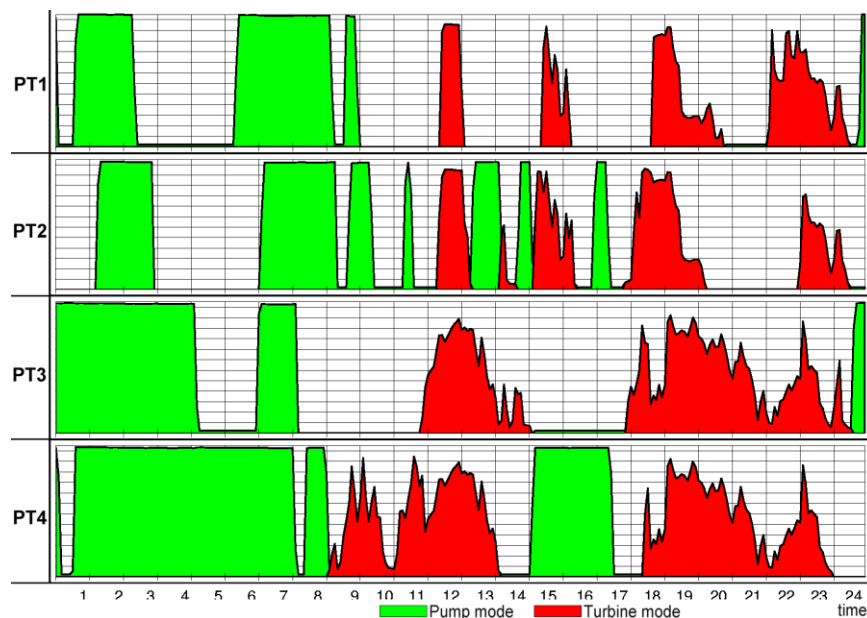
Stanisław Lewandowski
LS Hydroconsult

**HYDROELEKTROWNIE
JAKO KOMPENSACYJNE ŹRÓDŁO ENERGII ODNAWIALNEJ
W KRAJACH O BARDZIEJ RÓŻNORODNYM SYSTEMIE OZE
OPARTYM NA ENERGETYCE WIATROWEJ I SŁONECZNEJ**

- Problem kompensacji fluktuacji mocy w sieciach elektroenergetycznych z niestabilnymi źródłami energii
- Wybrane technologie magazynowania energii
- Współczesne trendy rozwojowe hydroenergetyki
- Przykłady sieci z dużym udziałem niestabilnych źródeł energii, stabilizowanych przy użyciu elektrowni wodnych
- Informacje o energetyce wodnej w Polsce
- Istniejące i potencjalne możliwości kompensacji fluktuacji mocy wywołanych niestabilnymi źródłami energii w Polsce w oparciu krajową hydroenergetykę
- Podsumowanie

PROBLEM KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH Z NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII - TYPOWY CYKL PRACY REGULACYJNEJ I INTERWENCYJNEJ ELEKTROWNI WODNYCH

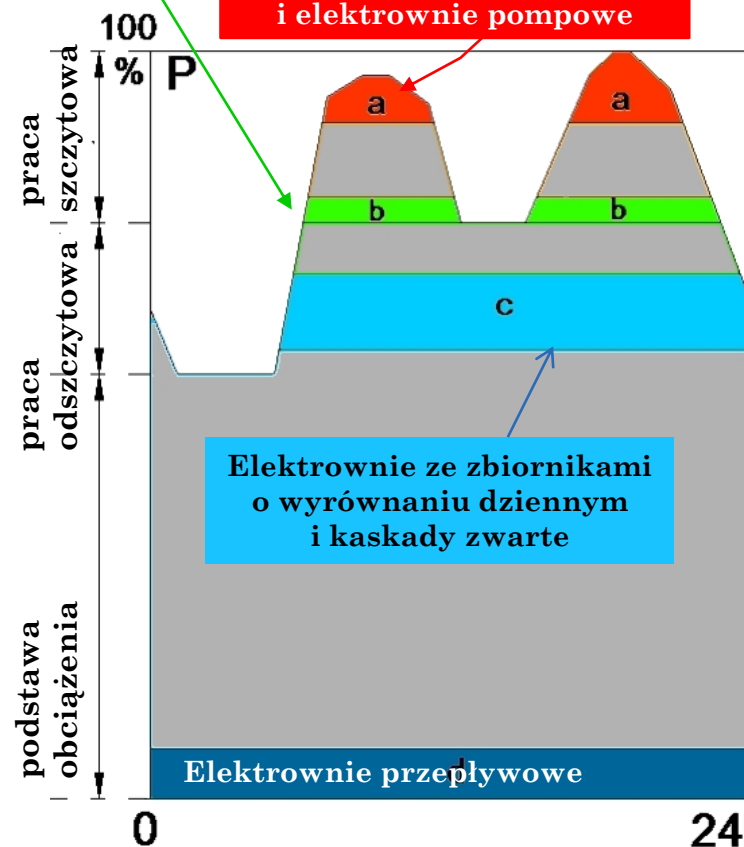
Elektrownia wodna pompowa



źródło: H.Reinhardt, A.Ruprecht:
Improvement of older hydro power plants
for the requirement of the new market. HYDROFORUM'2005

Elektrownie ze zbiornikami
o wyrównaniu sezonowym

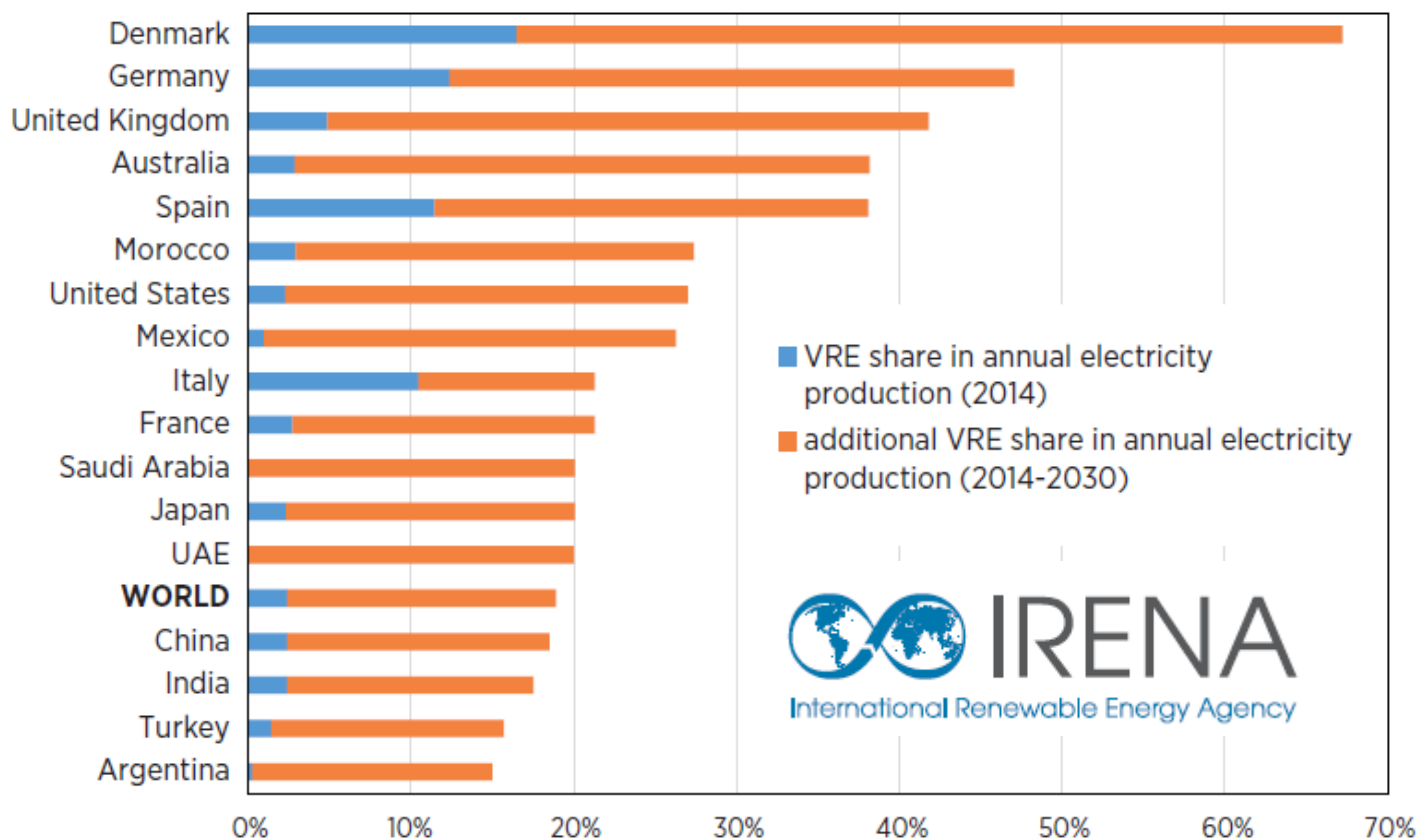
Elektrownie ze zbiornikami
o wyrównaniu sezonowym
i elektrownie pompowe



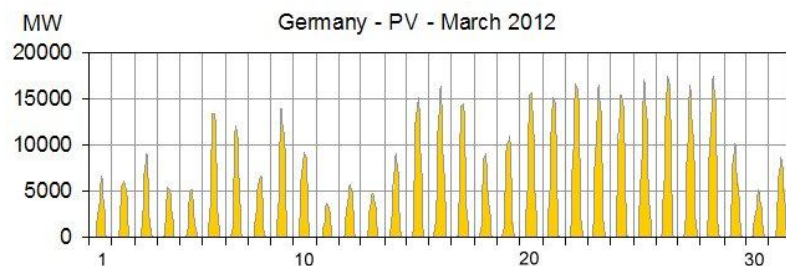
źródło: S. Michałowski, J. Plutecki, „Energetyka wodna”,
Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1975

PROBLEM KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH Z NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII - OBECNY I PRZEWIDYWANY UDZIAŁ NIESTABILNYCH ŹRÓDŁ ENERGII W BILANSIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Figure 1: Annual share of annual variable renewable power generation in 2014 and in 2030 if all REmap options are implemented

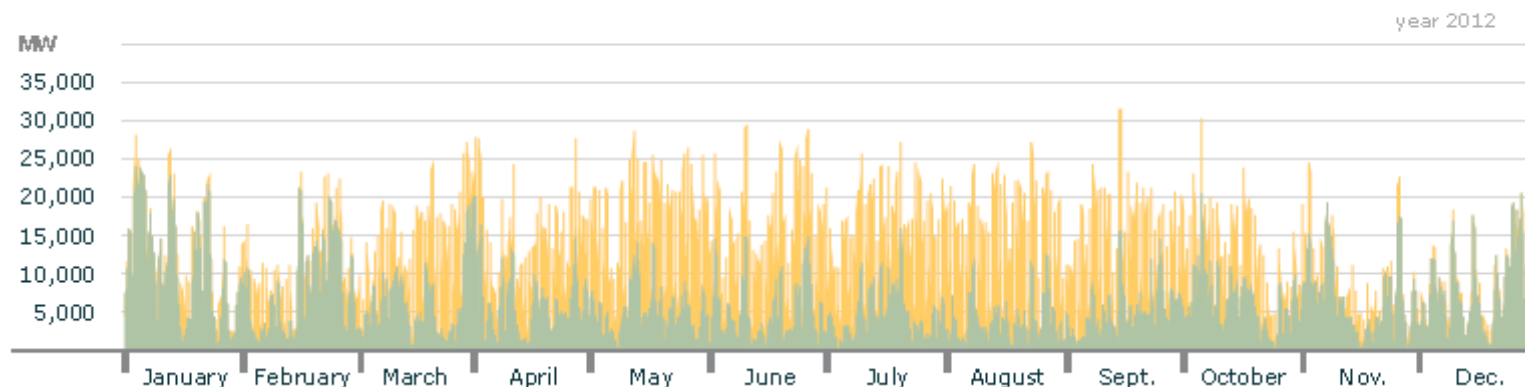


PROBLEM KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH Z NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII NIEMCY 2012



źródło: Mearn E., German power grids increasingly strained. June 1st, 2012,
http://www.theoil Drum.com/tag/german_electric_power_grid

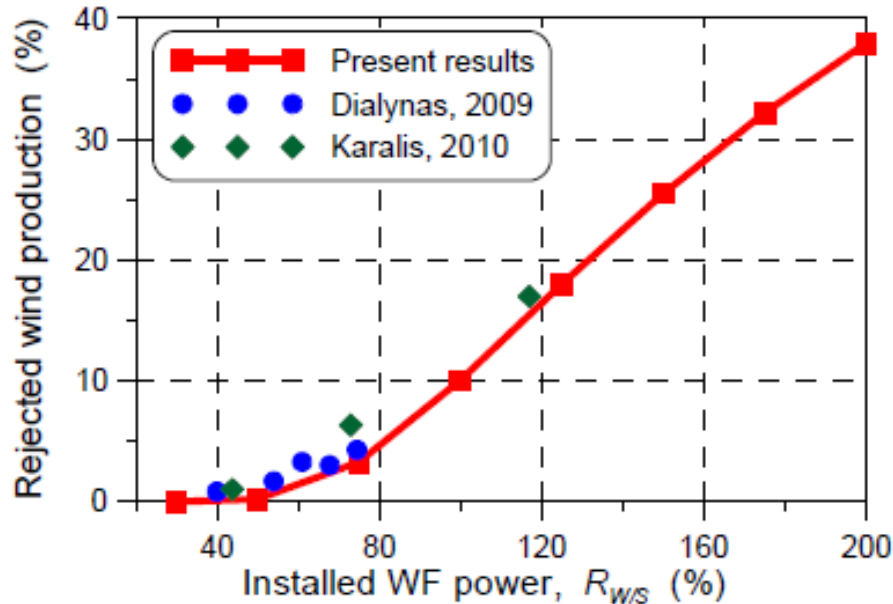
Actual production solar and wind



źródło: Atle Harby, SINTEF Energy Research, Mechanical energy storage. Status and future development

PROBLEM KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH Z NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII

MOC I ENERGIA OFEROWANA PRZEZ FARMY WIATROWE W GRECJI I ODRZUCANA WSKUTEK BRAKU POJEMNOŚCI MAGAZYNOWYCH - OBLICZENIA SYMULACYJNE



Oznaczenia:

WF – farmy wiatrowe

R_{WS} = moc zainstalowana w WF/
średnie obciążenie sieci

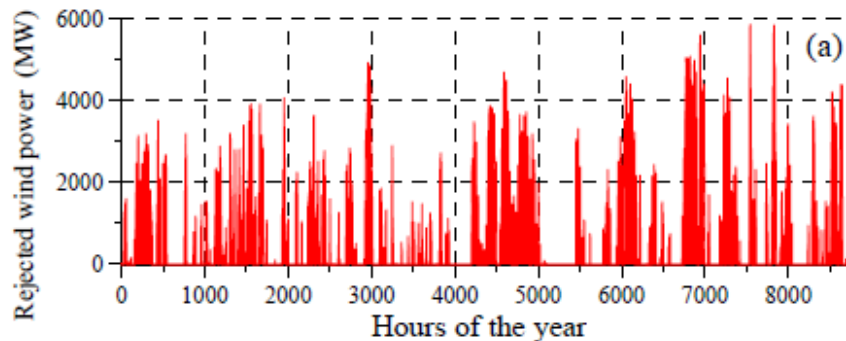
Informacje o sieci (2008)

Średnie obciążenie sieci: 6350 MW

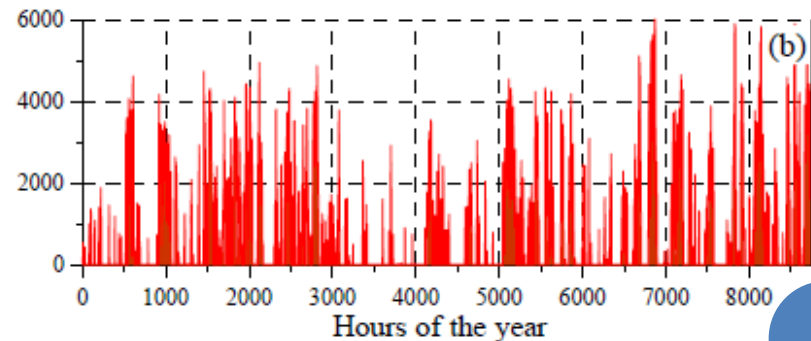
Moc farm wiatrowych: 790 MW

Rok 2020

Moc farm wiatrowych: 7,5÷10 GW



rok 2006, $R_{WS} = 1,5$



rok 2008, $R_{WS} = 1,5$

**ZDOLNOŚĆ MAGAZYNOWANIA ENERGII
W ZBIORNIKACH ELEKTROWNI WODNYCH
TO NIE TYLKO SPOSÓB
NA POZYSKIWANIE KORZYŚCI
Z TYTUŁU ŚWIADCZENIA TAKIEJ USŁUGI,**

TO TAKŻE:

PROBLEM KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH Z NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII - REZERWY MOCY I ENERGII

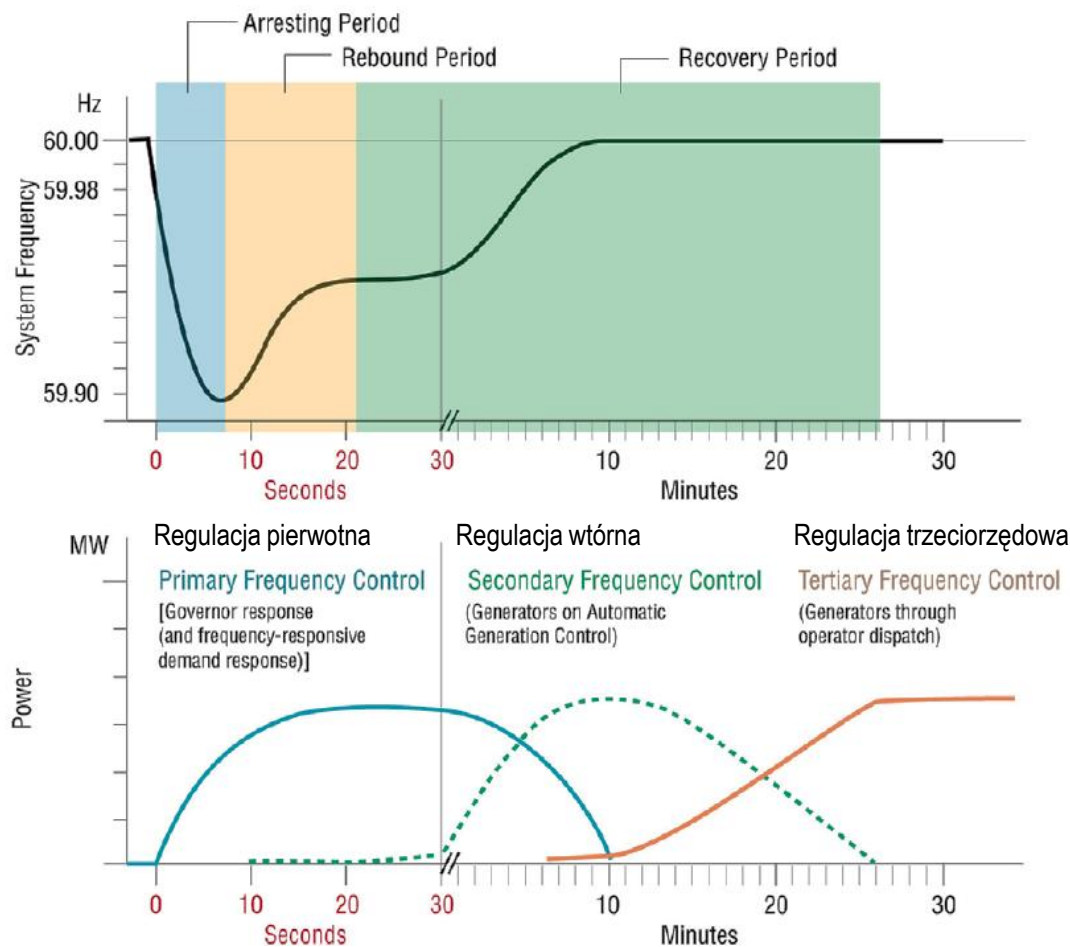
- **Stabilizacja zapotrzebowania na energię w systemach lokalnych poprzez:**
 - **Obniżanie obciążenia elektrowni zbiornikowych w okresach, w których występuje nadwyżka produkowanej energii elektrycznej we własnych instalacjach oze (elektrownie wiatrowe i fotowoltaiczne). Nadwyżka energii surowej (dopływ wody) jest magazynowana w zbiornikach elektrowni wodnych.**
 - **Wykorzystywanie zakumulowanej energii w zbiornikach elektrowni wodnych do pokrycia deficytu energii dostarczanej odbiorcom finalnym w okresach zmniejszonej generacji w instalacjach oze, czy też zwiększonego zapotrzebowania na energię u odbiorców finalnych.**
 - **Wykorzystywanie zespołów pompowych elektrowni zbiornikowych do odbioru nadwyżek produkowanej energii elektrycznej we własnych instalacjach oze, do magazynowania energii w zbiornikach elektrowni wodnych.**

PROBLEM KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH Z NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII - REZERWY MOCY I ENERGII

- Wykorzystywanie magazynów energii do pokrycia zapotrzebowania na energię w okresach braku zasilania zewnętrznego (lokalny lub systemowy blackout).
 - **Praca na wydzielony system.**
 - **Usługa odbudowy napięcia w systemie po wystąpieniu blackoutu.**
- Wykorzystanie pojemności magazynowych do świadczenia usługi regulacji częstotliwości i mocy [ARCM] w systemach lokalnych podczas pracy na wydzielony system.

PROBLEM KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH Z NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII

- PIERWOTNA, WTÓRNA I TRÓJNA REGULACJA CZĘSTOTLIWOŚCI



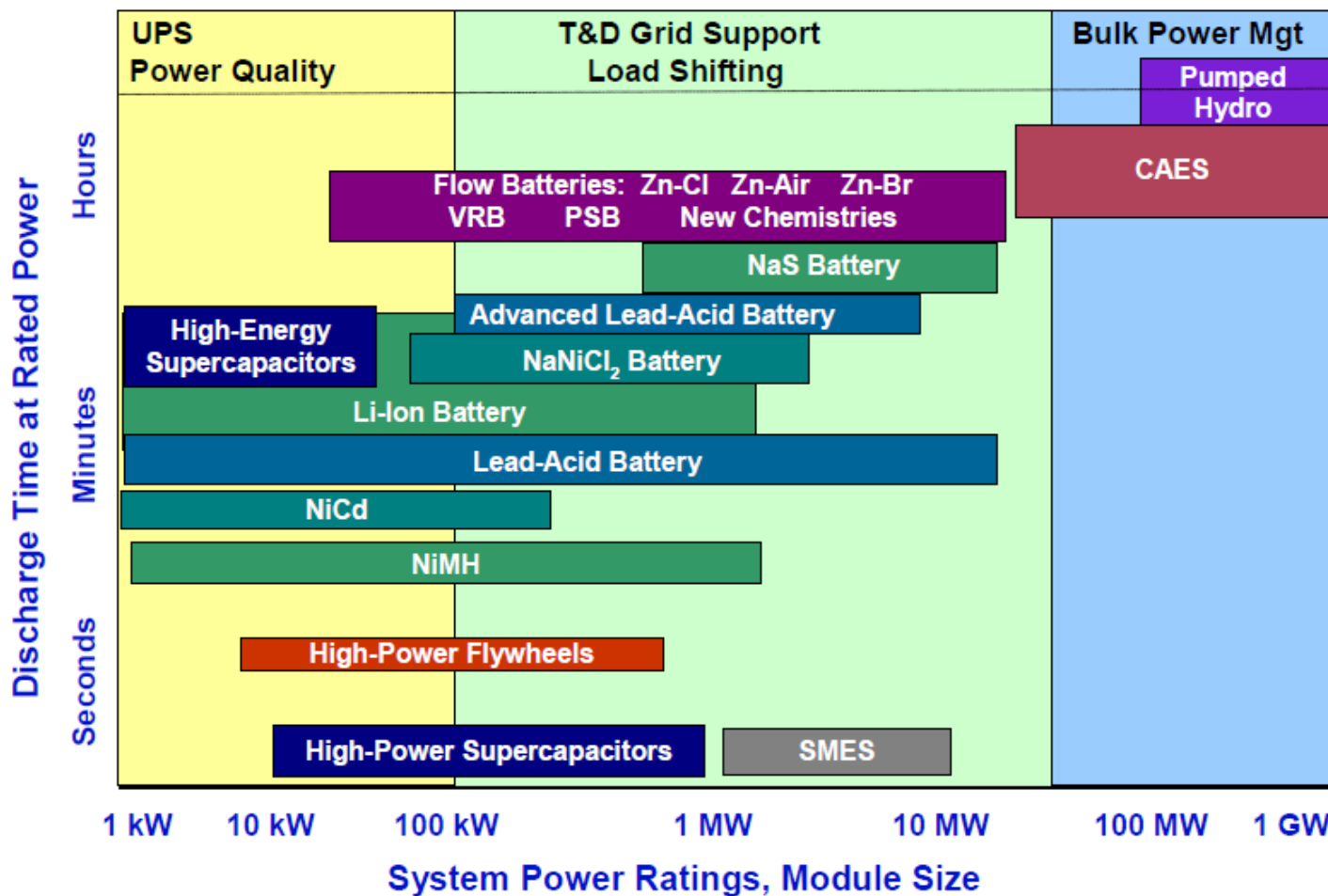
PROBLEM KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH Z NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII - REZERWY MOCY

- **rezerwa wirująca (zsynchronizowana)** - moc dostępna „online”;
czas zadziałania rezerwy kompensującej awaryjne zaniki generacji nie powinien przekroczyć 10 minut;
czas zadziałania rezerwy podtrzymującej częstotliwość sieci nie powinien przekroczyć 10 sekund
- **rezerwa niewirująca**
rezerwa powinna być dostępna w ciągu 10 minut
- **rezerwa dodatkowa**
rezerwa zapasowa dla rezerwy wirującej i niewirującej;
dostępność w ciągu 1 godziny

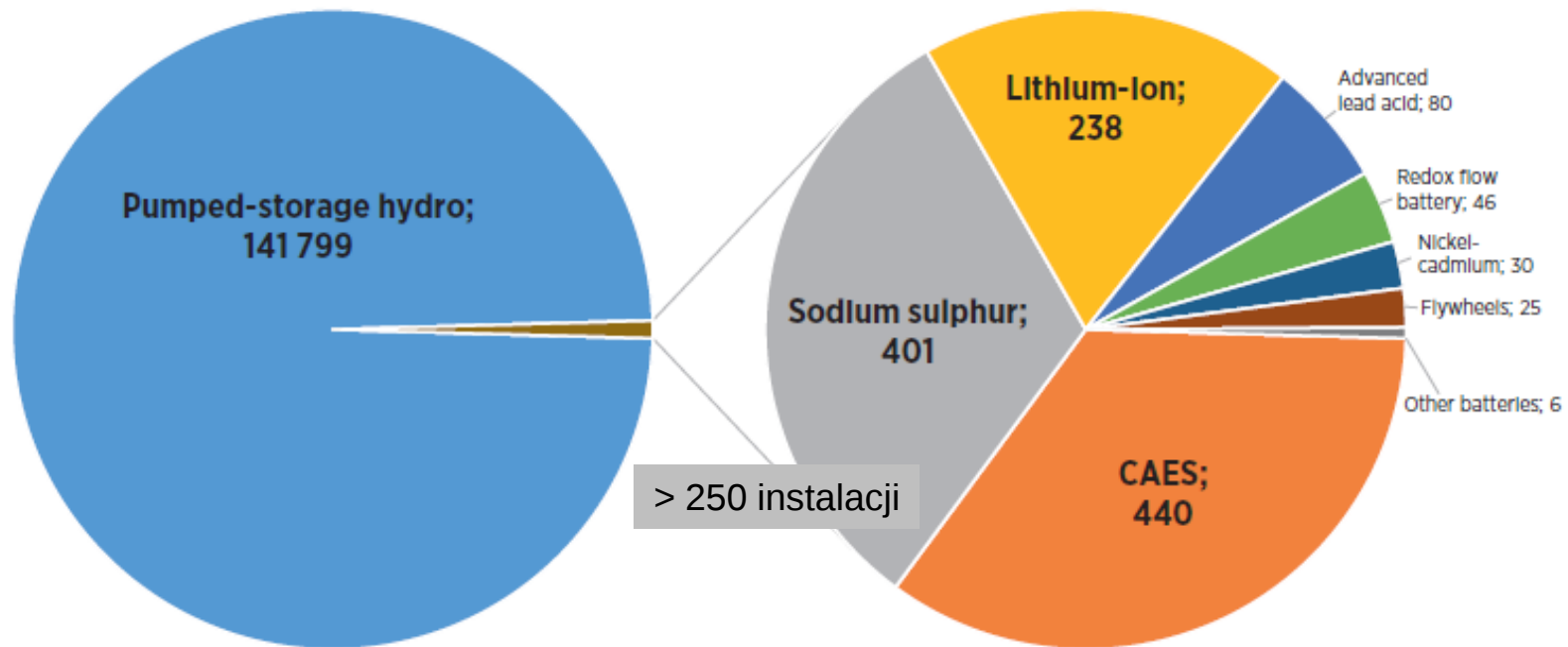
źródło: SANDIA Report 2013-5131: *DOE/EPRI 2013 Electricity Storage Handbook in Collaboration with NRECA*

Czasy uruchamiania rezerwy zimnej w blokach cieplnych oraz czasy reakcji tych bloków na sygnał zmiany mocy są zbyt długie, by mogły one uczestniczyć w kompensacji fluktuacji mocy wywołanych źródłami niestabilnymi. Stosowanie bloków cieplnych do celów regulacyjnych jest utrudnione także z uwagi na wzrost zużycia elementów turbin parowych.

WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII - ZAKRES ZASTOSOWAŃ



WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII MOC ZAINSTALOWANA, MW



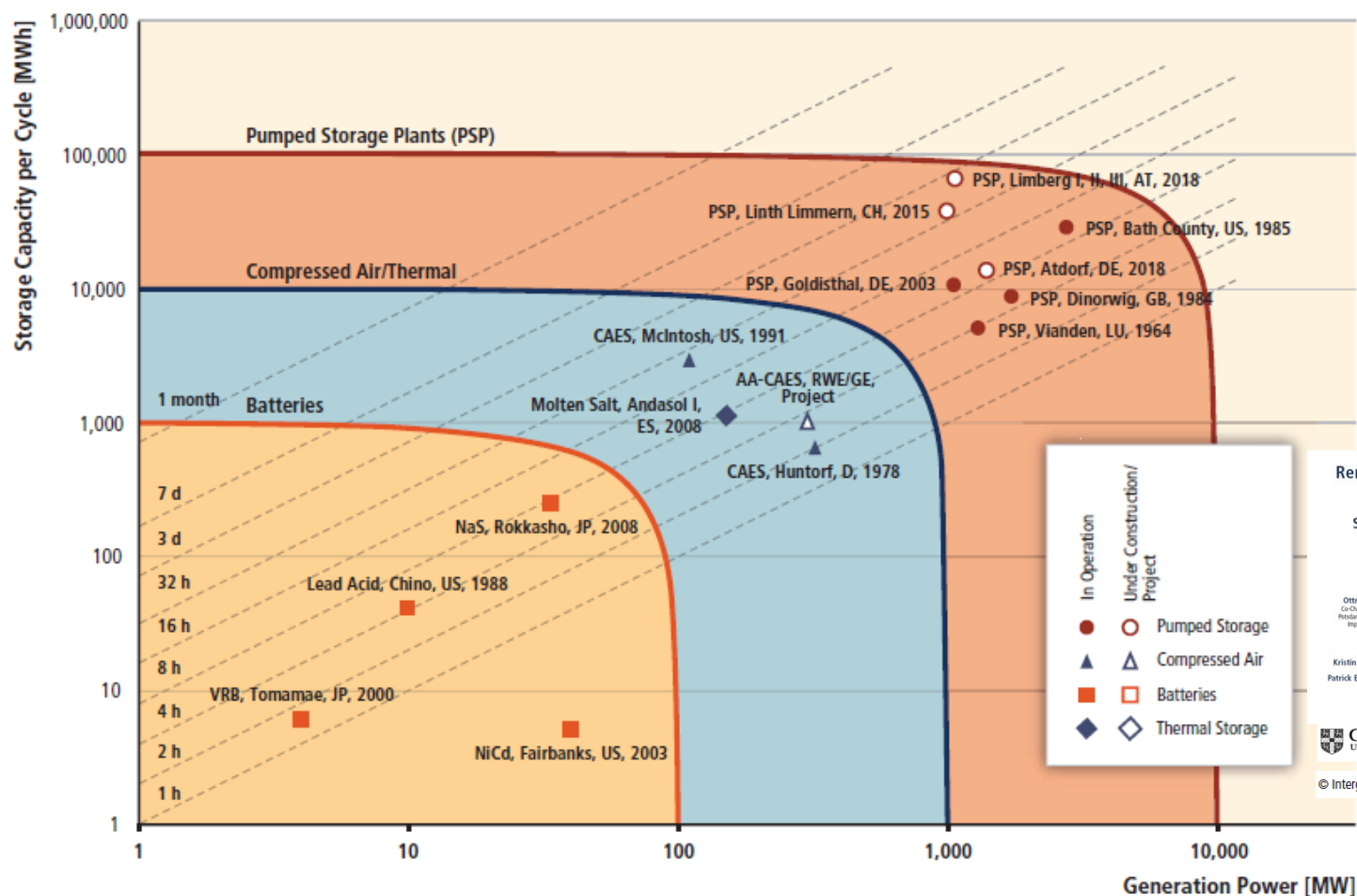

**Renewables and
ELECTRICITY STORAGE**
A technology roadmap for REmap 2030

 **IRENA**
International Renewable Energy Agency



WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII

- ZAKRES ZASTOSOWAŃ



źródło:

Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation
Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Edited by

Ottmar Edenhofer
Co-Chair Working Group III
Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK)

Ramón Pichs Madruga
Co-Chair Working Group III
Centro de Investigación de la Economía Mundial (CIEM)

Youba Sokona
Co-Chair Working Group III
African Climate Policy Centre, United Nations Economic Commission for Africa (UNECA)

Kristin Seyboth
Patrick Eickemeier

Patrick Matschos
Gerrit Hansen

Susanne Kadner
Steffen Schlömer

Timm Zwickel
Christoph von Stechow

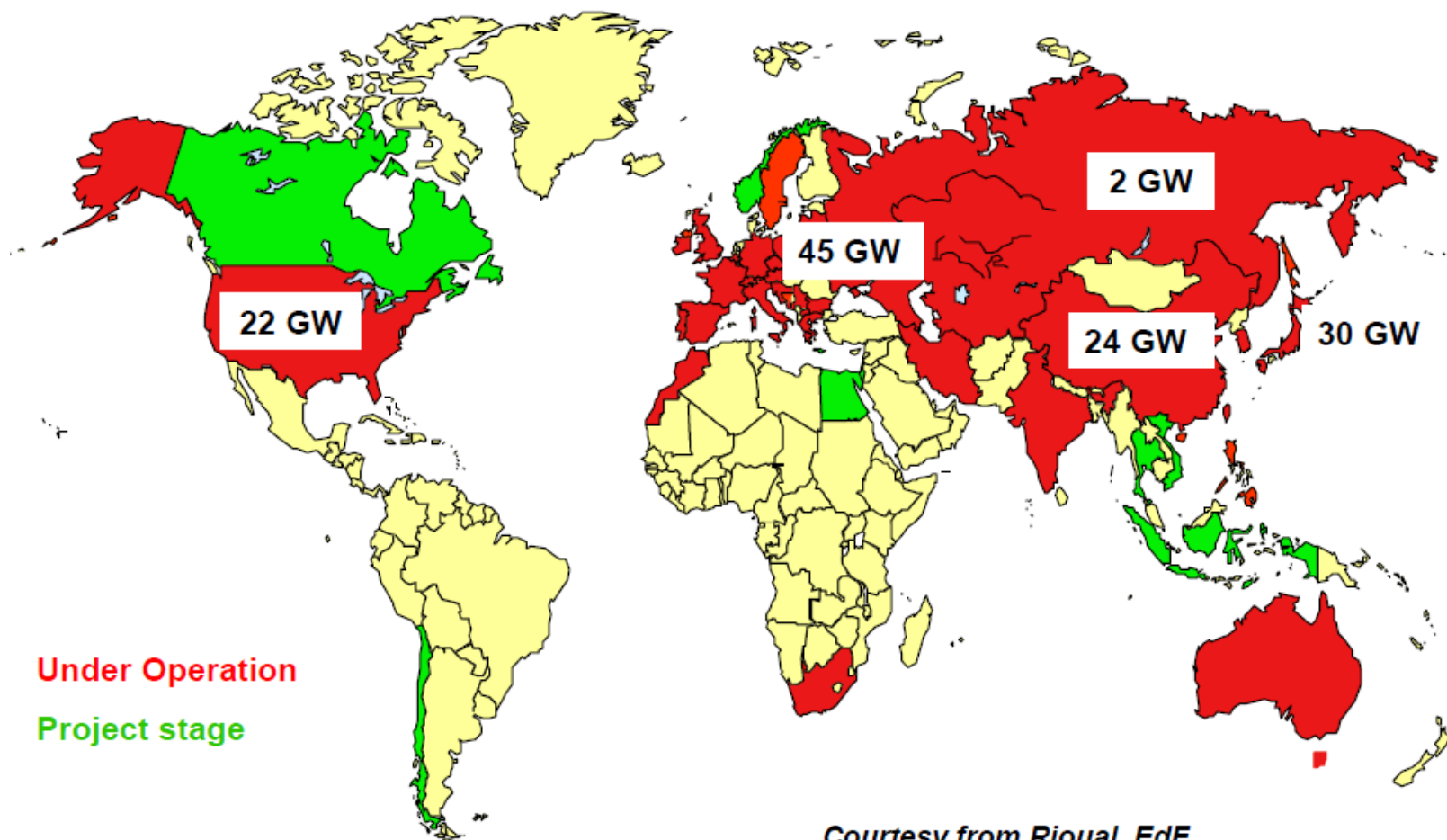
Technical Support Unit Working Group III
Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK)

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

© Intergovernmental Panel on Climate Change 2012

Figure 5.13 | Storage and installed capacity of selected large electricity storage sites (Vennemann et al., 2010).

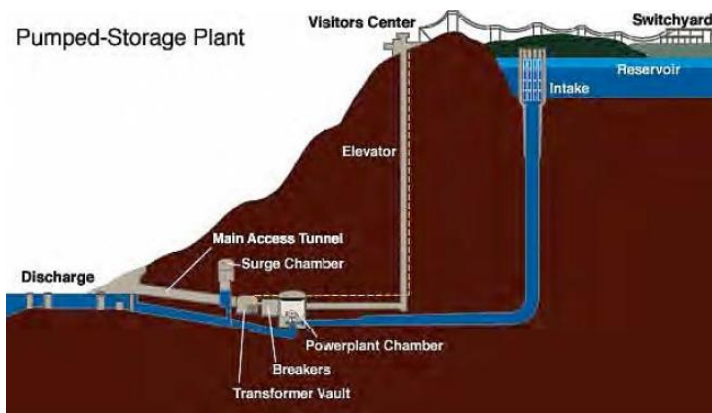
WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII MOC ZAINSTALOWANA W ELEKTROWNIACH POMPOWYCH



źródło: Atle Harby, SINTEF Energy Research, Mechanical energy storage. Status and future development

WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII

- ELEKTROWNIE POMPOWO-SZCZYTOWE



Typowe parametry

czas uruchamiania:

pojedyncze minuty

czas osiągnięcia mocy maksymalnej:

dziesiątki sekund

zakres mocy instalowanych:

50 ÷ 3000 MW

zakres pojemności energetycznych zbiorników:

0,4 ÷ 80 GWh

sprawność cyklu praca silnikowa/generatorowa:

67 ÷ 84 %

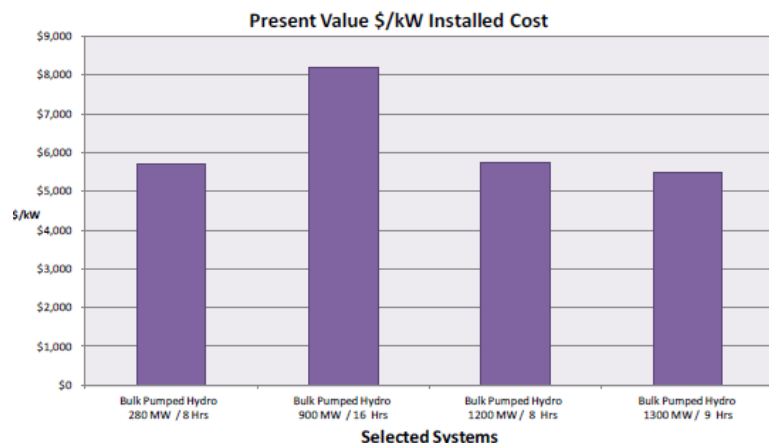
nakłady inwestycyjne:

500 ÷ 1200 €/kW

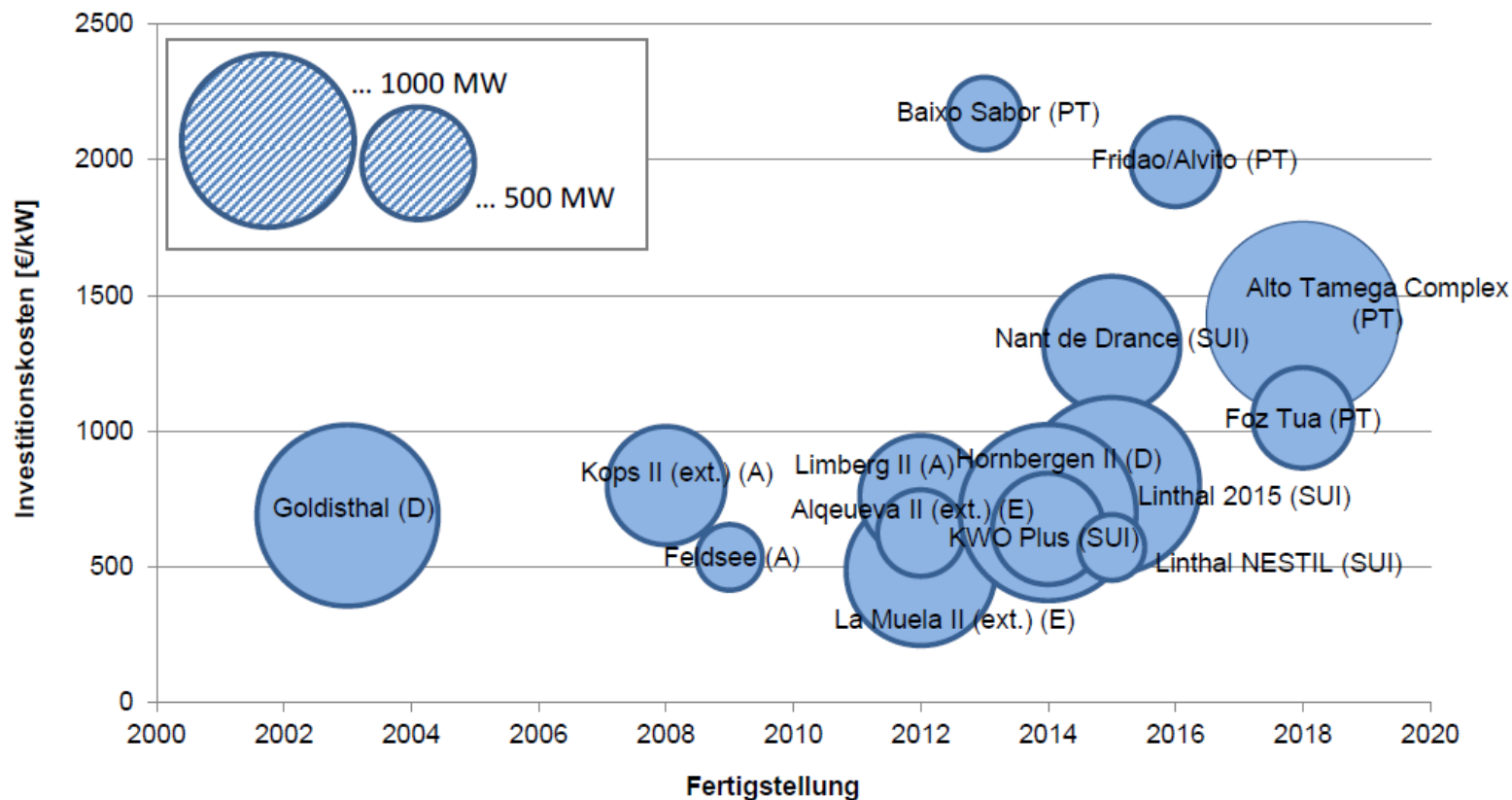
10 ÷ 60 €/kWh

Definicja:

Wartość obecna kosztu instalacji obejmuje koszty instalacji i wszystkie stałe oraz zmienne koszty utrzymania ruchu przez cały czas eksploatacji.



WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII - ELEKTROWNIE POMPOWO-SZCZYTOWE



źródło: Deane, J.P., B.P. Ó Gallachóir, E.J. McKeogh. 2010.

„Techno-economic review of existing and new pumped hydro energy storage plant”.

Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (4): 1293–1302. doi: 10.1016/j.rser.2009.11.015

WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII

- ZBIORNIKI ELEKTROWNI WODNYCH

Norwegia:

- > 100 zespołów dużych zbiorników
- > 20 zbiorników o pojemności ponad 100 km³
- całkowita pojemność energetyczna: > 85 TWh



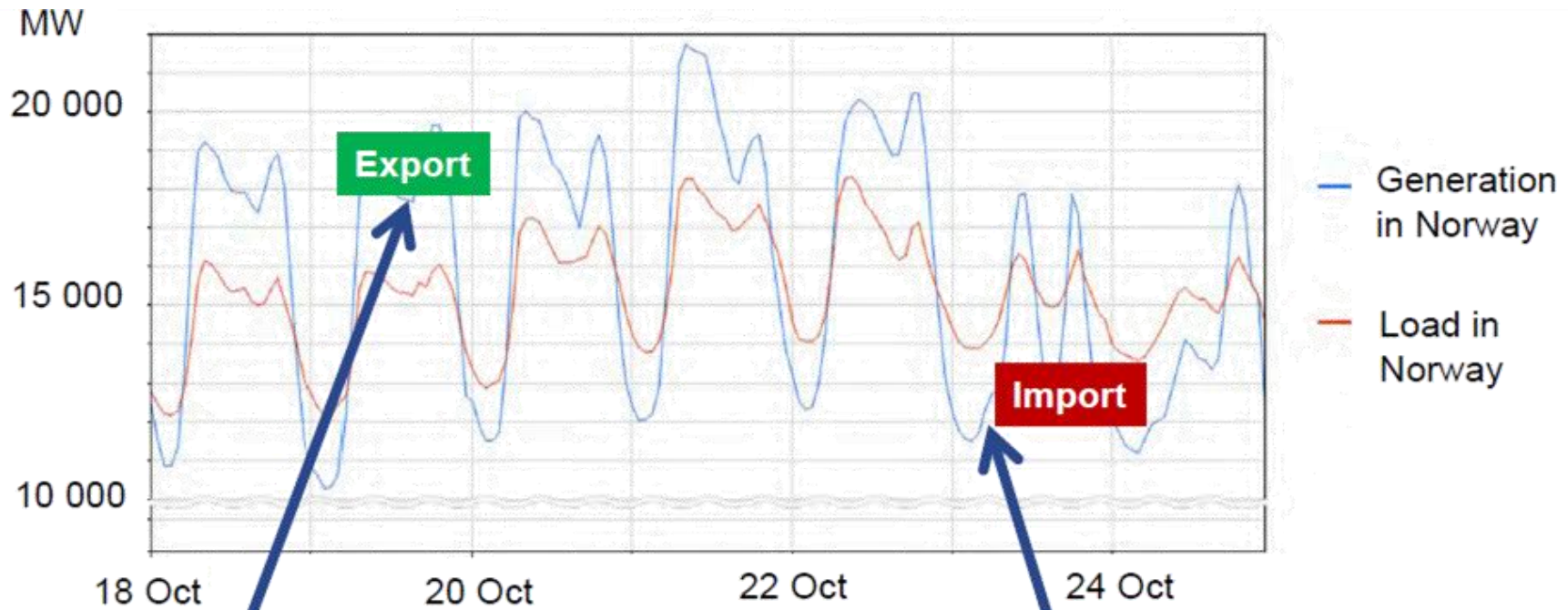
Łączną pojemność energetyczną zbiorników elektrowni wodnych zbiornikowych i pompowych w Norwegii i Szwecji ocenia się na 116 TWh. Pojemność energetyczną zbiorników w Austrii i Szwajcarii ocenia się na 12 TWh.

Źródło:
Obserwator przebudowy energetyki
(EP-NI-WEK) nr 10/2015

źródło: Atle Harby, SINTEF Energy Research, Mechanical energy storage. Status and future development

WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII

- ENERGETYKA WODNA W NORWEGII & ENERGETYKA WIATROWA W DANII

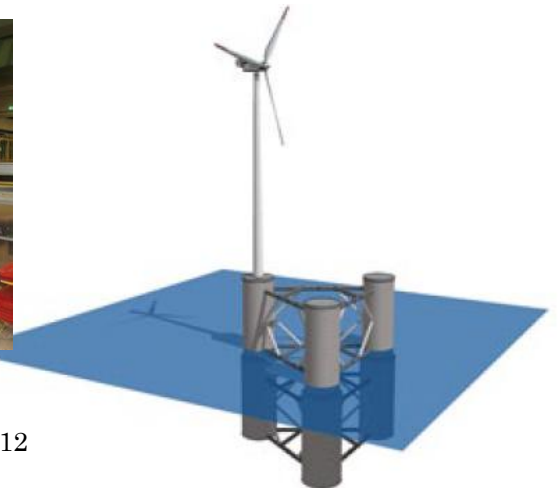
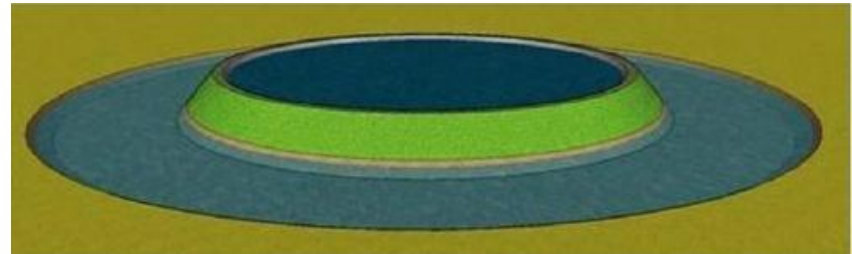
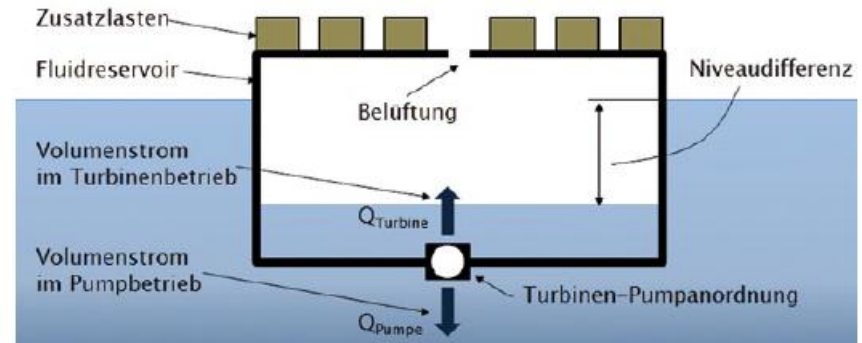
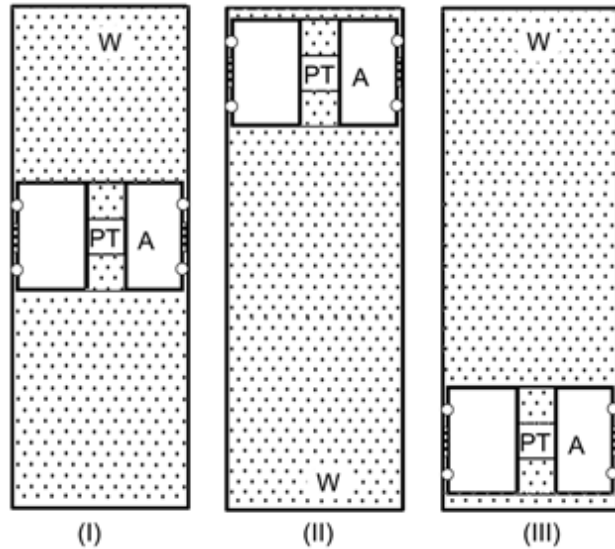


Norwegian hydro exporting



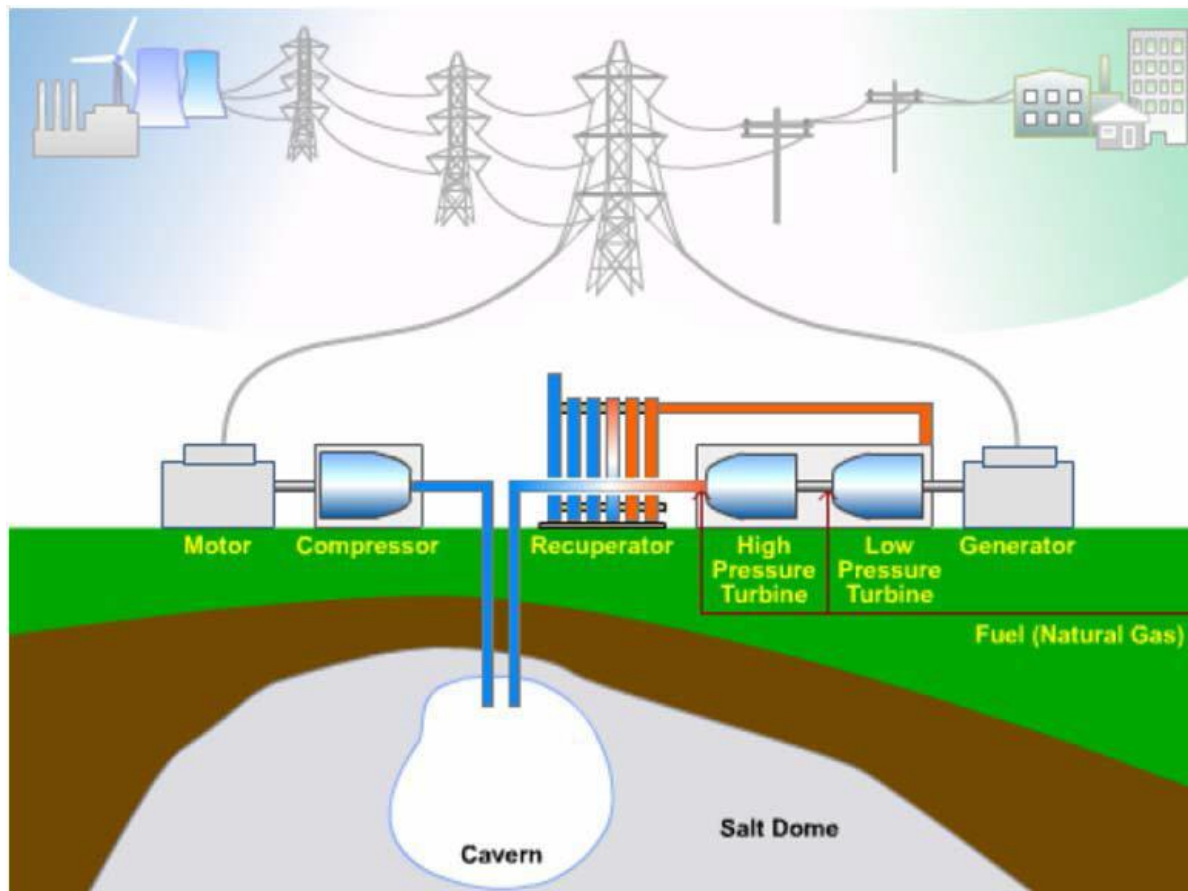
Danish wind cover underproduction

WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII NIEKONWENCJONALNE ZESPOŁY POMPOWO-SZCZYTOWE



źródło: Markus Aufleger, Barbara Brinkmeier, Robert Klar und Valerie Neisch
Wasser als Energiespeicher – neue Ideen und Konzepte, WASSERWIRTSCHAFT 7-8 | 2012

WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII - ZASOBNIKI POWIETRZA SPRĘŻONEGO (CAES)



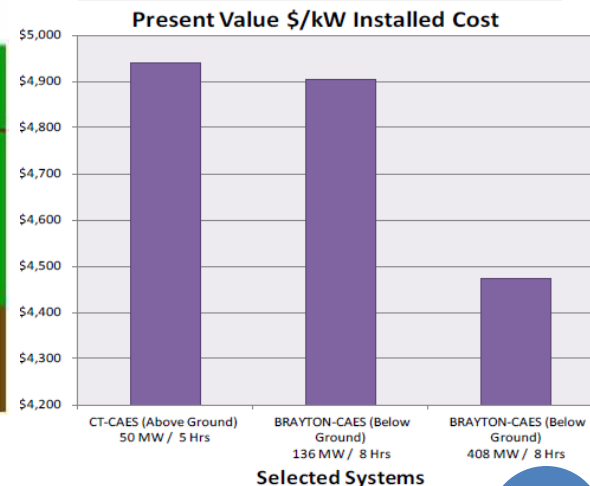
Typowe parametry

moce instalowane:
100 ÷ 400 MW

pojemności energetyczne :
0,4 ÷ 2 GWh

sprawność cyklu :
42 ÷ 54 %

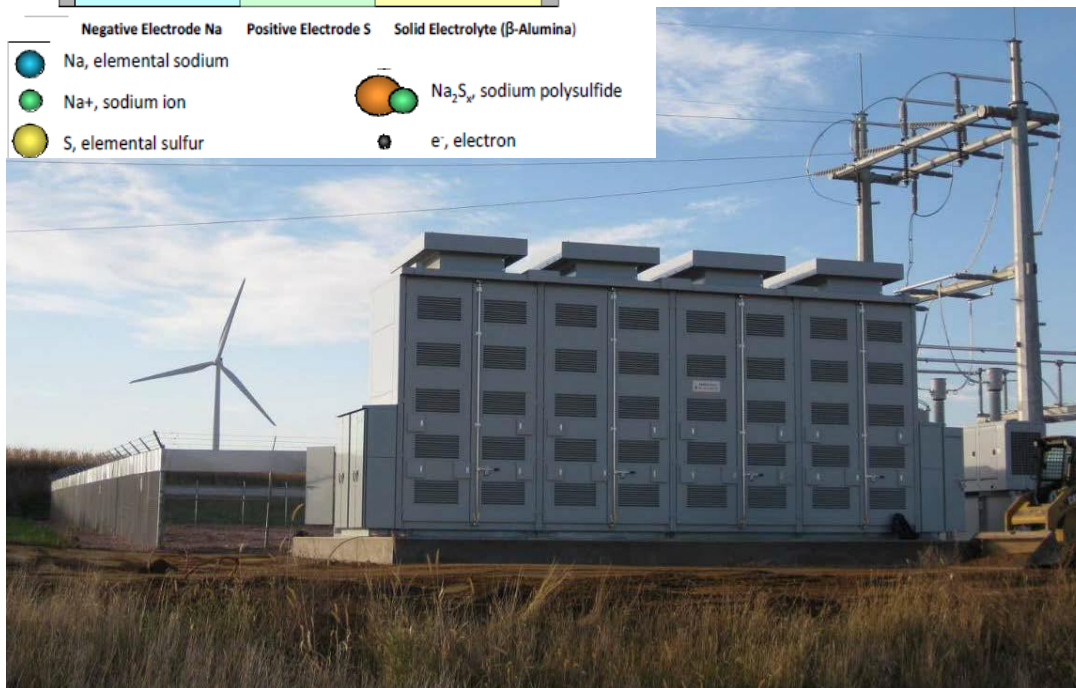
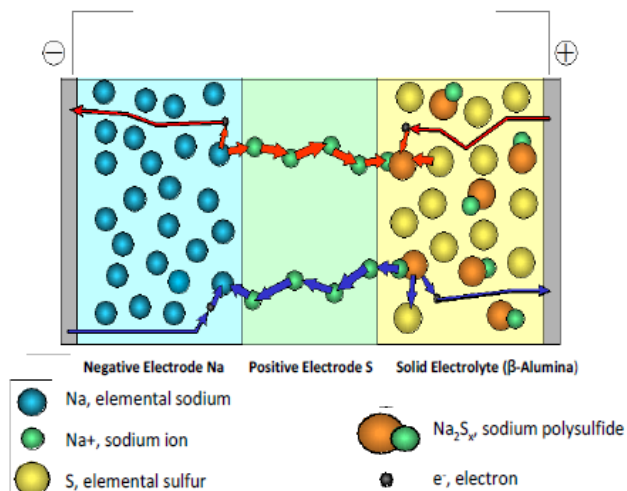
nakłady inwestycyjne:
500 ÷ 700 €/kW
31 ÷ 70 €/kWh



*Uwaga: Sprawność cyklu może zostać podwyższona nawet do 70 %
w układach ze sprężaniem adiabatycznym (AA-CAES)*

WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII

- BATERIE SODOWO-SIARKOWE



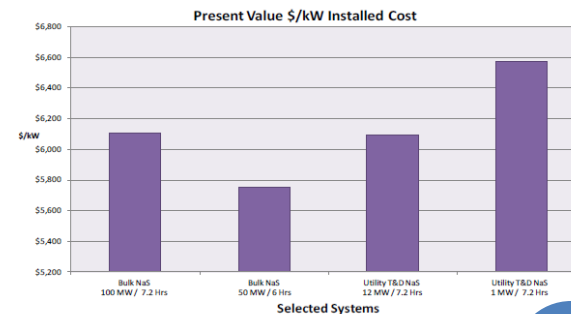
Typowe parametry

moce instalowane:
2 ÷ 10 MW (nawet 160 MW)

czas zasilania:
6 ÷ 7 h

sprawność cyklu :
> 86% (DC)

trwałość: 4500 cykli lub 15 lat



Uwaga: Wysoka temperatura rozładowania (300 do 350 °C).

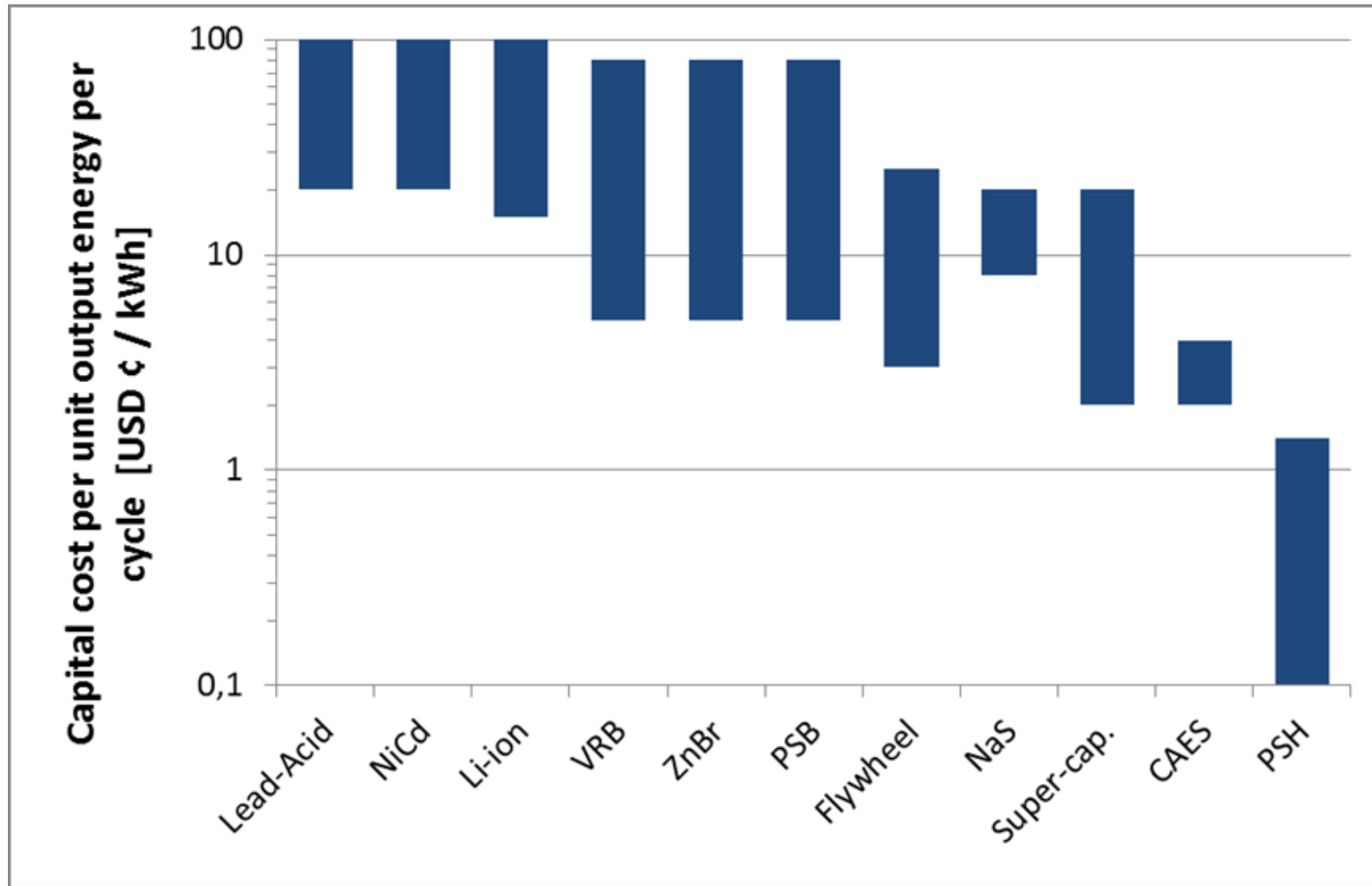
Niebezpieczne materiały (np. ciekły sód)

WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII - ZESTAWIENIE PARAMETRÓW

Technologia		ESP	CAES	AA-CAES	H ₂	CH ₄
Parametry techniczne						
Moc przyłączeniowa	MW	50 ÷ 3000	100÷400	100÷400	50÷400	100÷400
Pojemność energetyczna	GWh	0,4 ÷ 80	0,4 ÷ 2	0,5 ÷ 2	> 1	>1
Sprawność cyklu	%	67 ÷ 84	42 ÷ 54	60 ÷ 70	19 ÷ 46	16 ÷ 39
Trwałość	lata	30 ÷ 50	20 ÷ 30	20 ÷ 30	20 ÷ 30	20 ÷ 30
Nakłady inwestycyjne						
na jednostkę mocy	€/kW	500 ÷ 1200	500 ÷ 700	750 ÷ 900	850 ÷ 1600	1300 ÷ 2600
na jednostkę pojemności	€/kWh	10 ÷ 60	31 ÷ 70	40 ÷ 80	0,5	0,15

Komentarz: Zbiorniki klasycznych elektrowni wodnych są obiektami wielozadaniowymi i dlatego rzadko są obecne w zestawieniach dotyczących magazynów energii. Nakłady na jednostkę mocy instalowanej są z reguły kilkakrotnie wyższe niż w elektrowniach pompowych. Nakłady na jednostkę pojemności energetycznej zależą od pojemności zbiornika i mogą być wielokrotnie niższe. Sprawność cyklu wynosi praktycznie 100 %, gdyż magazynowanie polega tylko na czasowym obniżeniu mocy generacyjnej. Straty energetyczne wynikają mogą jedynie z wymuszonego ruchu poza optymalnym punktem pracy.

WYBRANE TECHNOLOGIE MAGAZYNOWANIA ENERGII - ASPEKTY EKONOMICZNE



The Time is Right for Small Pumped Energy Storage, UK Hydropower Developer Says

September 10, 2013

By Tildy Bavar

**HYDRO
REVIEW**
FREE SUBSCRIPTION

 Register Now!
It's all **FREE!**
**EPRI
JOURNAL**

Getting Pumped Up

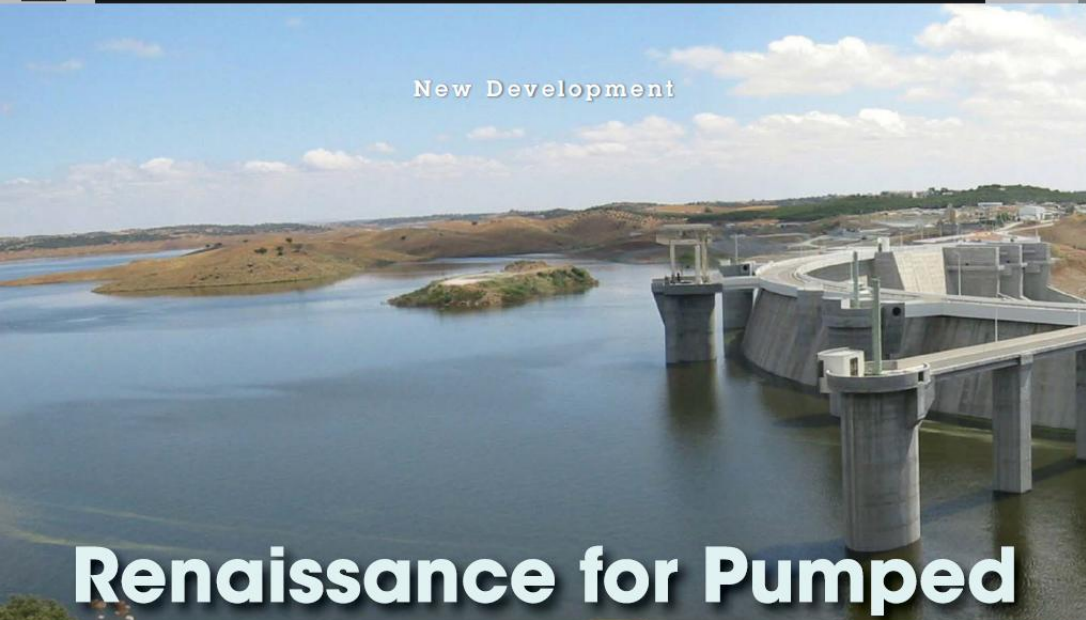


Interest in Pumped Storage Hydropower Grows in Many Countries

Grid operators are taking a closer look at pumped storage hydropower to balance growing intermittent renewable generation, according to an [EPRI review](#) of the technology. Compared to newer, battery-based energy storage technologies, electric utilities are more familiar with pumped storage hydropower and its operational and maintenance requirements. Global capacity is projected to nearly double from 147 gigawatts in 2015 to 284 gigawatts in 2025.


[Previous Page](#) | [Contents](#) | [Zoom in](#) | [Zoom out](#) | [Front Cover](#) | [Search Issue](#) | [Next Page](#)

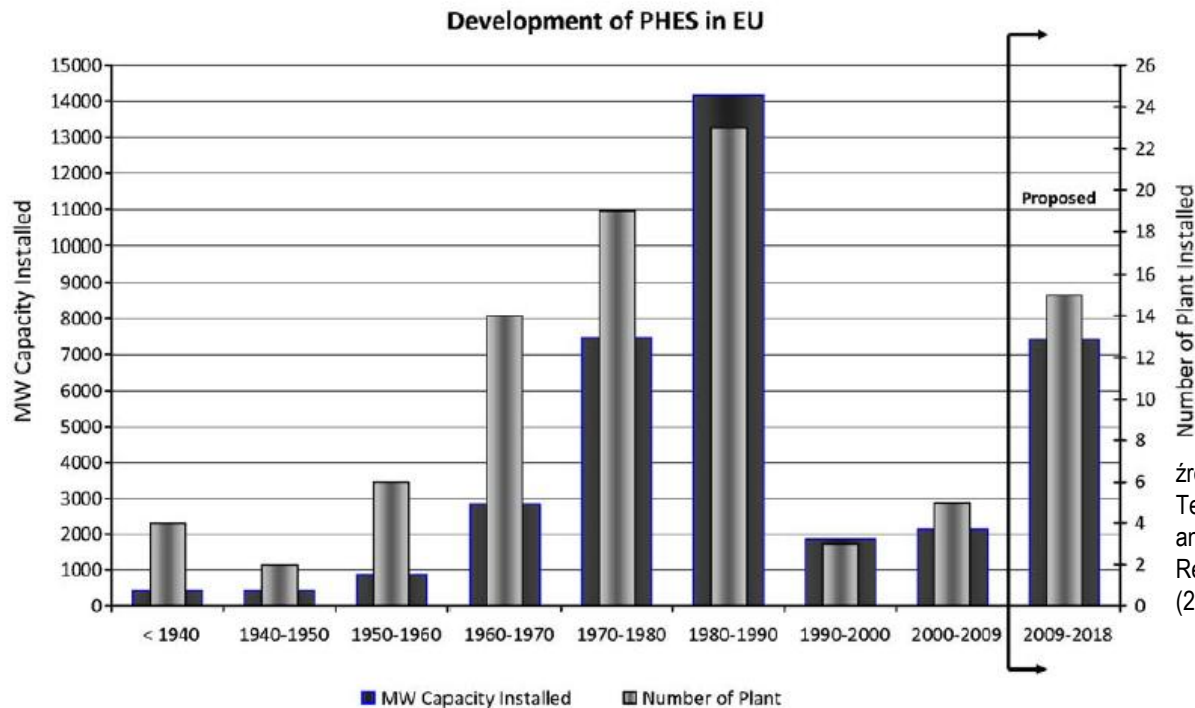
[SHARE](#)



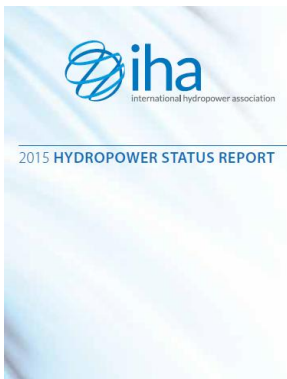
New Development

Renaissance for Pumped Storage in Europe

Consulting company ecoprolog anticipates more than 60 new pumped-storage plants with a total capacity of about 27 GW will be built in Europe by 2020, with the market particularly booming in Spain, Switzerland and Austria. The main reason for this growth is the development of renewable energy throughout Europe, including intermittent sources.



źródło: J.P. Deane , B.P. O'Gallachóir, E.J. McKeogh:
Techno-economic review of existing
and new pumped hydro energy storage plants,
Renewable and Sustainable Energy Reviews 14
(2010) 1293–1302



rok 2014

Moc elektrowni pompowych na świecie wzrosła o **1,46 GW** i wynosi obecnie **142 GW**.

Europa

Moc elektrowni pompowych wynosi **50 GW**.

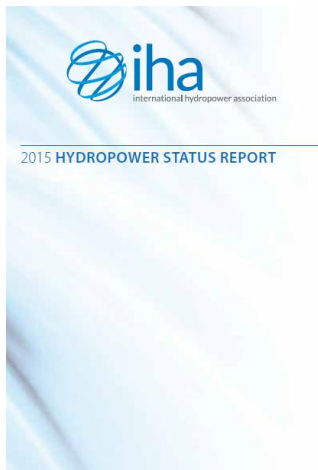
Uruchomiono ESP **Reisseck II** w Karyntii (**430 MW**).

W budowie są kolejne elektrownie o łącznej mocy **4,9 GW**, w tym: **Linthal (1000 MW)** i **Nant de Drance (924 MW)** w Szwajcarii oraz **Vendo Nova (800 MW)** w Portugalii.

PRZYKŁADY SIECI Z DUŻYM UDZIAŁEM NIESTABILNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII, STABILIZOWANYCH PRZY UŻYCIU ELEKTROWNI WODNYCH

EL HIERRO

– SIEĆ ZASILANA WYŁĄCZNIE PRZEZ FARMĘ WIATROWĄ Z ELEKTROWNIĄ POMPOWĄ



Najbardziej na zachód wysunięta wyspa w hiszpańskim archipelagu Wysp Kanaryjskich. Rezerwat Biosfery (UNESCO).

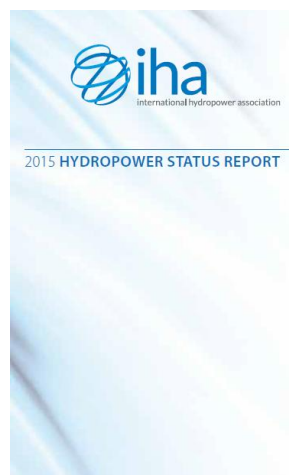
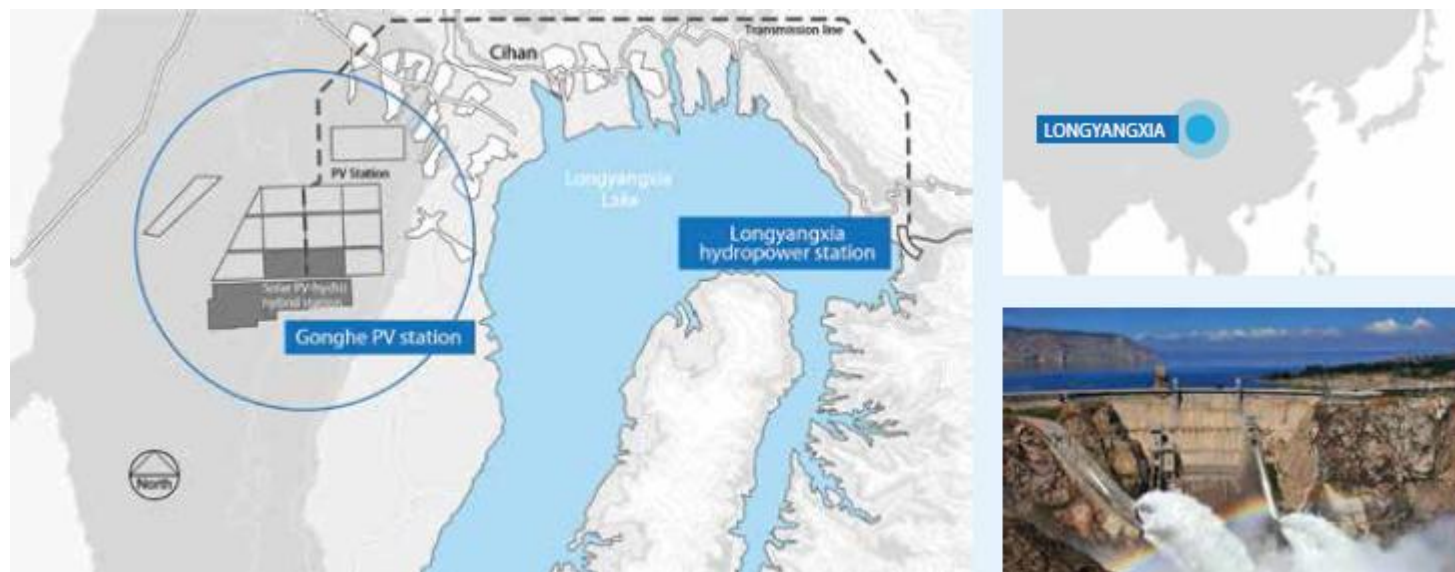
Elektrownia wiatrowa: 5 turbozespołów wiatrowych o łącznej mocy 11,5 MW

Elektrownia pompowa: 4 turbiny Peltona o łącznej mocy 11,32 MW
2 pompy zasobnikowe o mocy po 1500 kW
14 pomp zasobnikowych o mocy po 500 kW

Elektrownia cieplna: 9 zespołów prądotwórczych z silnikami Diesla o łącznej mocy 13,36 MW
(od roku 2014 utrzymywana tylko w rezerwie)

PRZYKŁADY SIECI Z DUŻYM UDZIAŁEM NIESTABILNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII, STABILIZOWANYCH PRZY UŻYCIU ELEKTROWNI WODNYCH

LONGYANGXIA – PIERWSZA WIELKOSKALOWA SŁONECZNO-WODNA ELEKTROWNIA HYBRYDOWA

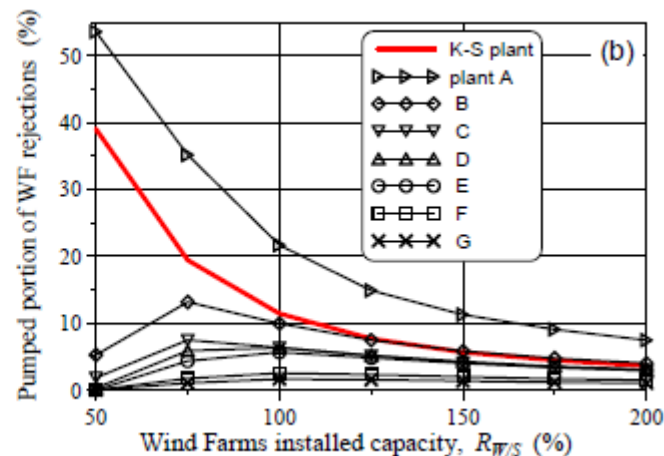
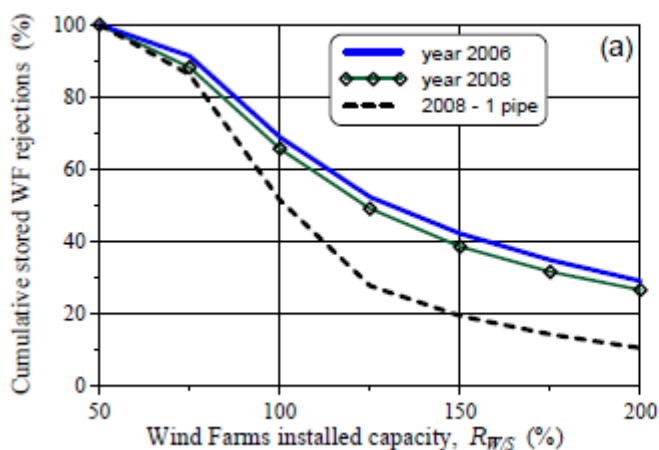


Elektrownia hybrydowa zlokalizowana jest w chińskiej prowincji Qinghai. Składa się z elektrowni fotowoltaicznej i wodnej połączonych linią przesyłową 330 kV. Elektrownia wodna usytuowana jest na głównym ramieniu Rzeki Żółtej.

Elektrownia wodna: 4 hydrozespoły o łącznej mocy 1280 MW.
Rok uruchomienia: 1992

Elektrownia słoneczna: Łączna moc: 320 MW. Rok uruchomienia: 2013
Moc docelowa: 530 MW (rok 2015)

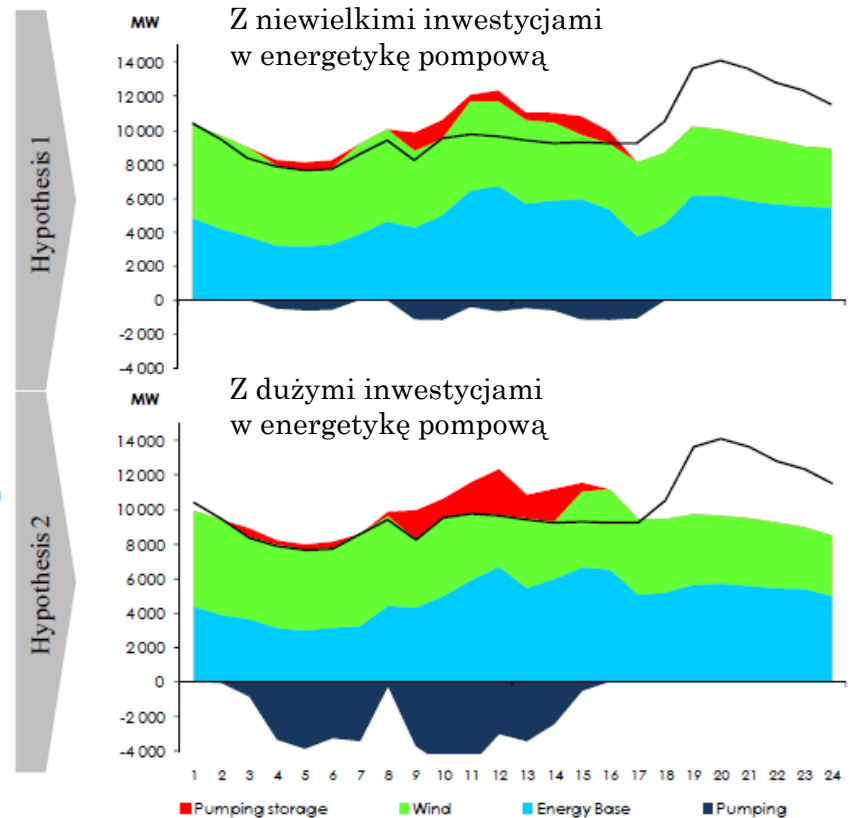
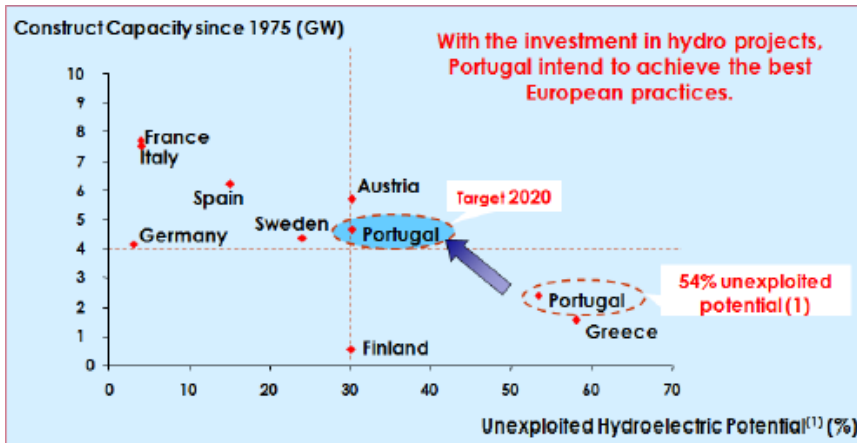
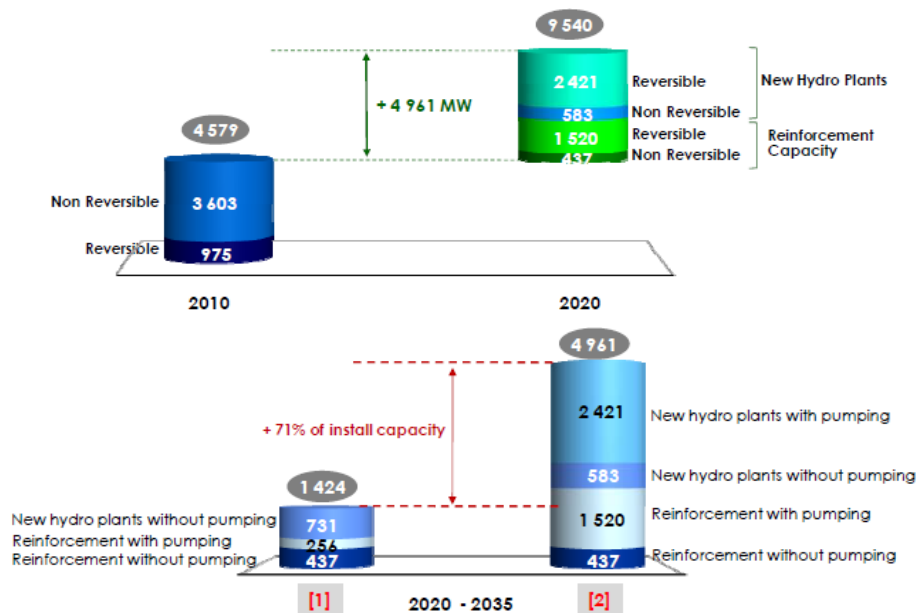
PRZYKŁADY SIECI Z DUŻYM UDZIAŁEM NIESTABILNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII, STABILIZOWANYCH PRZY UŻYCIU ELEKTROWNI WODNYCH WZROST MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ENERGII WIATRU W SIECI GRECKIEJ W WYNIKU URUCHOMIENIA ZESPOŁU 7 ELEKTROWNI POMPOWYCH KASTRAKI - SYMULACJA NUMERYCZNA



Symulacja akumulacji energii oferowanej przez farmy wiatrowe i odrzucanej w warunkach roku hydrologicznego 2006 i 2008. Stan po uruchomieniu 7 elektrowni pompowych nad jeziorem Kastraki.
Rok 2008: obciążenie maksymalne sieci 10,6 GW; produkcja energii 55 700 GWh.

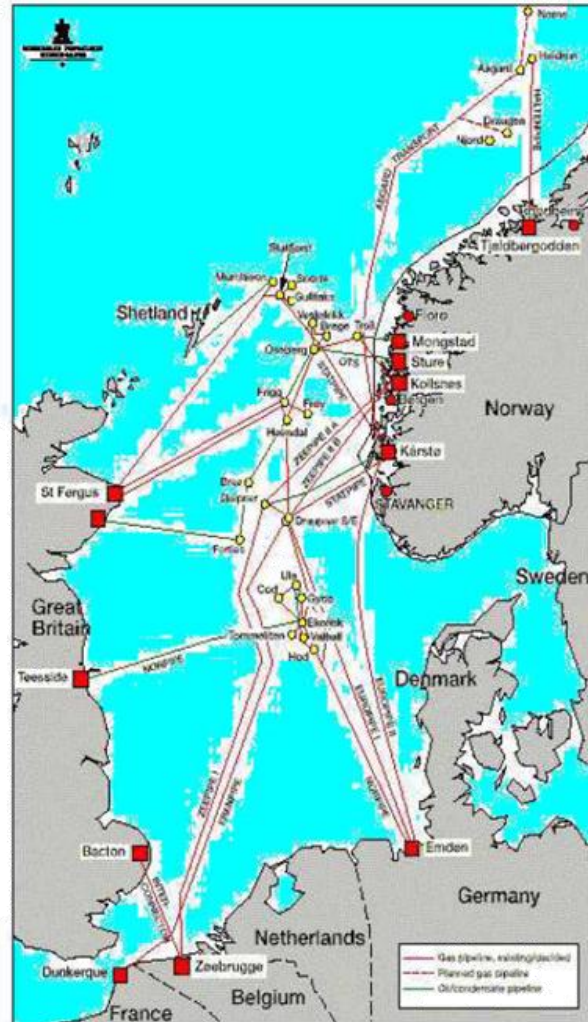


PRZYKŁADY SIECI Z DUŻYM UDZIAŁEM NIESTABILNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII, STABILIZOWANYCH PRZY UŻYCIU ELEKTROWNI WODNYCH SYMULACJE ZAGOSPODAROWANIA NADWYŻKI ENERGII ELEKTRYCZNEJ W SIECI PORTUGALSKIEJ W PERSPEKTYWIE ROKU 2020



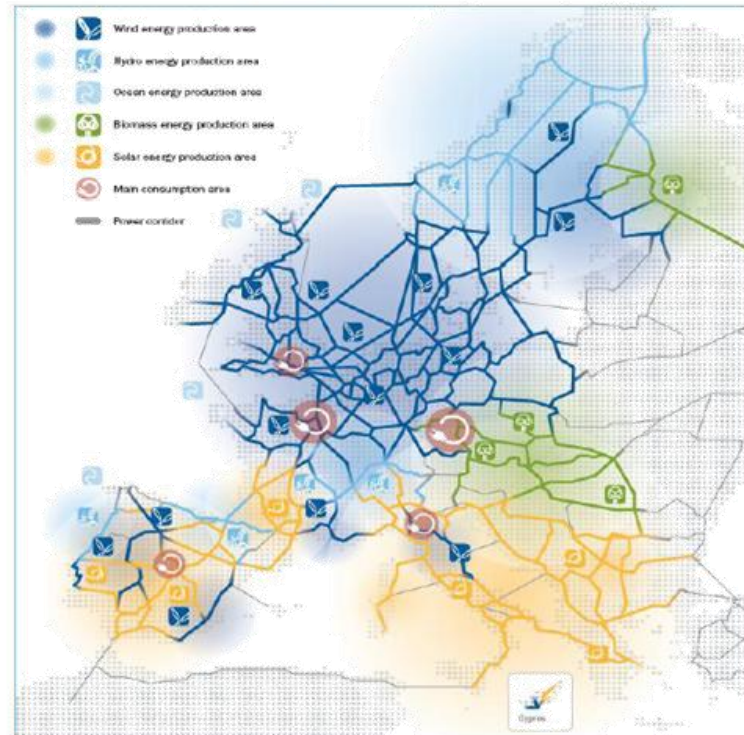
Źródło: R.F.Silva, V.T.Mendes, A.C.Nunes:
Hydro and wind power capacity expansion scenarios
impacts in Portuguese power system, HYDRO 2011, Paper 11.05

PRZYKŁADY SIECI Z DUŻYM UDZIAŁEM NIESTABILNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII,
STABILIZOWANYCH PRZY UŻYCIU ELEKTROWNI WODNYCH
SIEĆ EUROPEJSKA STABILIZOWANA ELEKTROWNIAMI WODNYMI
- PROPOZYCJA Z NORWEGII



← Natural gas grid today

Can we establish a similar
electricity grid for exchange?



źródło: Atle Harby, SINTEF Energy Research, Mechanical energy storage. Status and future development

INFORMACJE O ENERGETYCE WODNEJ W POLSCE

POTENCJAŁ HYDROENERGETYCZNY

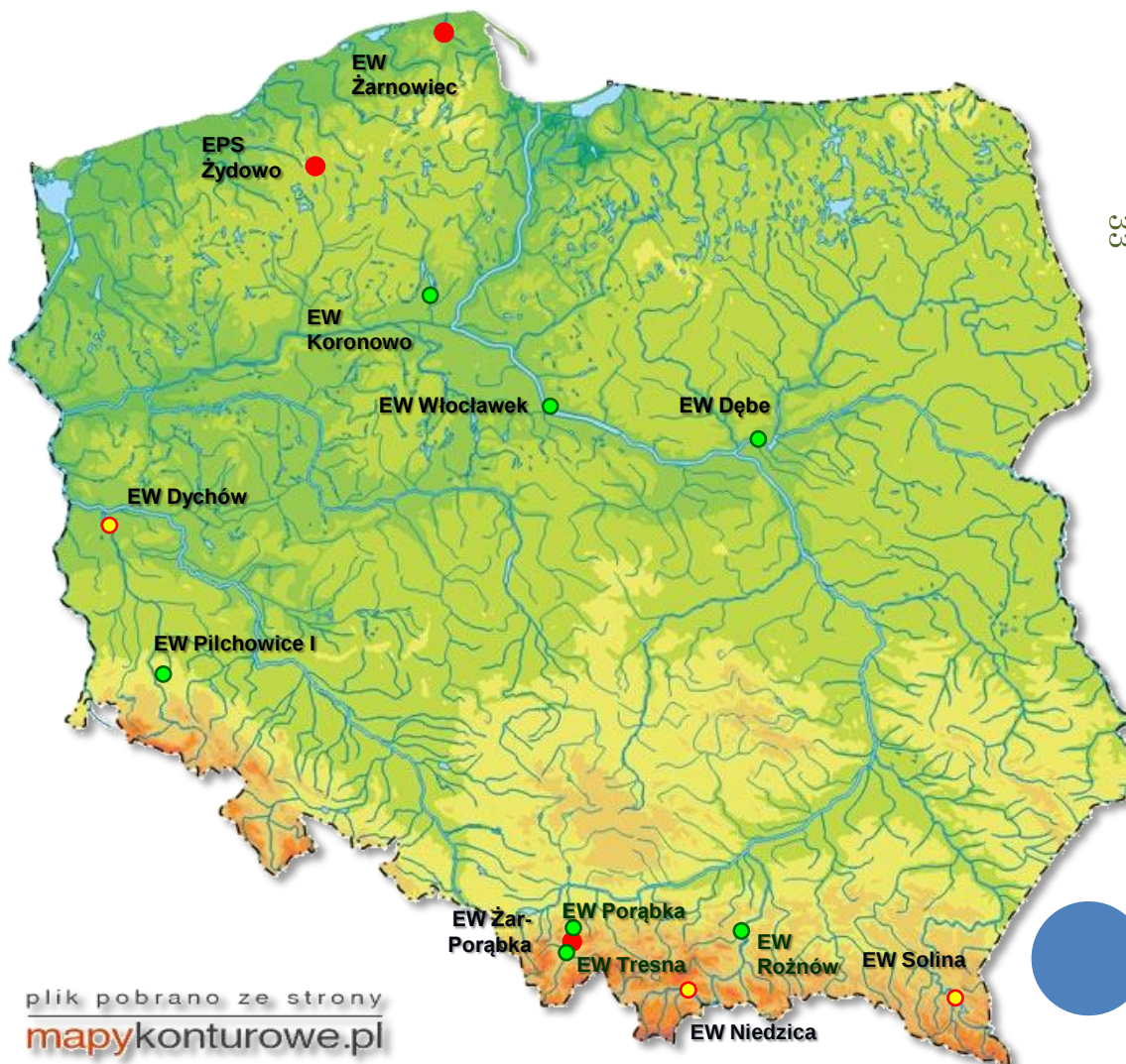
No.	Państwo członkowskie	Potencjał techniczny	Moc zainstalowana (OZE)	Produkcja normalizowana (RES)	Wykorzystanie potencjału technicznego	Nakłady jednostkowe	
						<10 MW	≥ 10 MW
		GWh/year	MW	GWh	%	k€/kW	k€/kW
1	Austria	73 000	8 380	38 746	53,1	4,5	b.d.
2	Belgia	400	119	370	92,5	2,5 ÷ 12	b.d.
3	Bułgaria	4520	3 019	3693	92,5	1,4 ÷ 1,5	b.d.
4	Estonia	163	6,8	22	13,5	1,9	b.d.
5	Finlandia	16 916	3 049	14 000	82,8	3,5	b.d.
6	Francja	120 000	25 423	61 650	51,4	2,3 ÷ 4,5	2,0 ÷ 3,0
7	Grecja	no data	3 200	5 239	b.d.	1,5	2
8	Hiszpania	68 500	b.d.	28 230	41,2	1,5	b.d.
9	Irlandia	847	241	788	93	3,0 ÷ 12	b.d.
10	Litwa	2 090	130	422	20,2	2,5	b.d.
11	Łotwa	5 360	1 553	2 963	55,3	2,6	b.d.
12	Niemcy	36 000	3 905	19 503	54,2	7,5	b.d.
13	Polska	12 000	945	2 353	19,6	6,5	>10
14	Portugalia	19 440	5 039	11 380	58,5	2,5	b.d.
15	Rep. Czeska	4 880	1 531	2 253	46,2	6,8	3
16	Rumunia	34 509	6 403	17 193	49,8	2,5 ÷ 3,5	4,0 ÷ 5,0
17	Słowacja	7 560	1 802	4 424	58,5	6,35	6,36
18	Słowenia	8 800	1 219	5 241	59,6	7	6
19	Szwecja	130 000	16 934	68 071	52,4	3,1 ÷ 3,5	1,3
20	Wlk. Brytania	27 203	1 542	4 965	18,1	3,0 ÷ 12	1,8
21	Włochy	160 000	17 721	44 092	27,6	4,5	b.d.

Źródło danych:
HYDI, 2011

INFORMACJE O ENERGETYCE WODNEJ W POLSCE

DUŻE ELEKTROWNIE WODNE (> 10 MW)

Elektrownia	Moc, MW
Włocławek	160,2
Rożnów	50
Koronowo	26
Tresna	21
Debe	20
Pilchowice I	13,4
Porąbka	11
Solina	200
Dychów	91,5
Niedzica	91,5
Razem z członem pompowym	383
Razem OZE	682
Porąbka-Żar	500
Żarnowiec	716
Żydowo	157
Razem elektrownie pompowe	1373
Razem duża energetyka wodna	2058



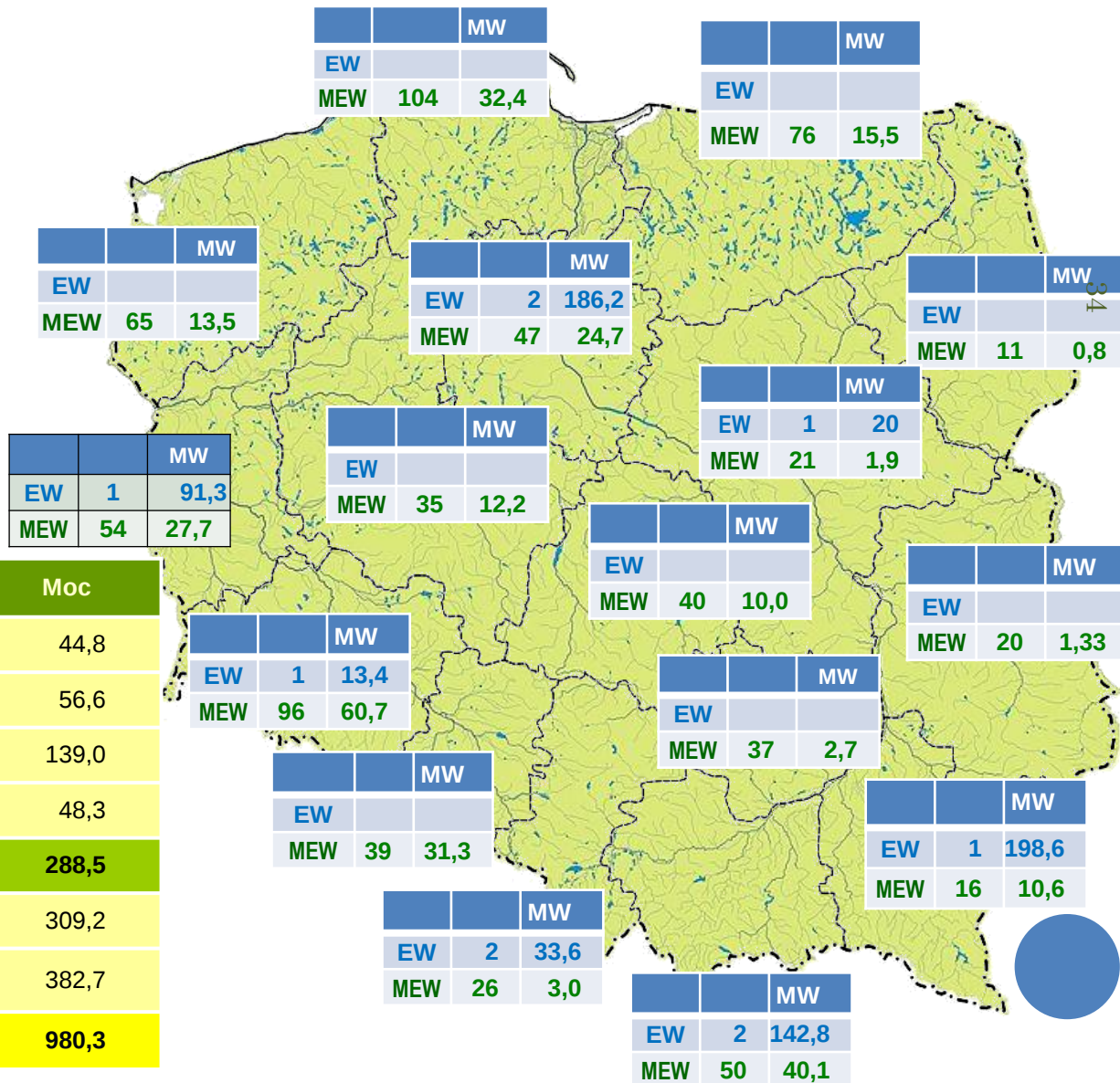
INFORMACJE O ENERGETYCE WODNEJ W POLSCE

ELEKTROWNIE WODNE W SEKTORZE OZE



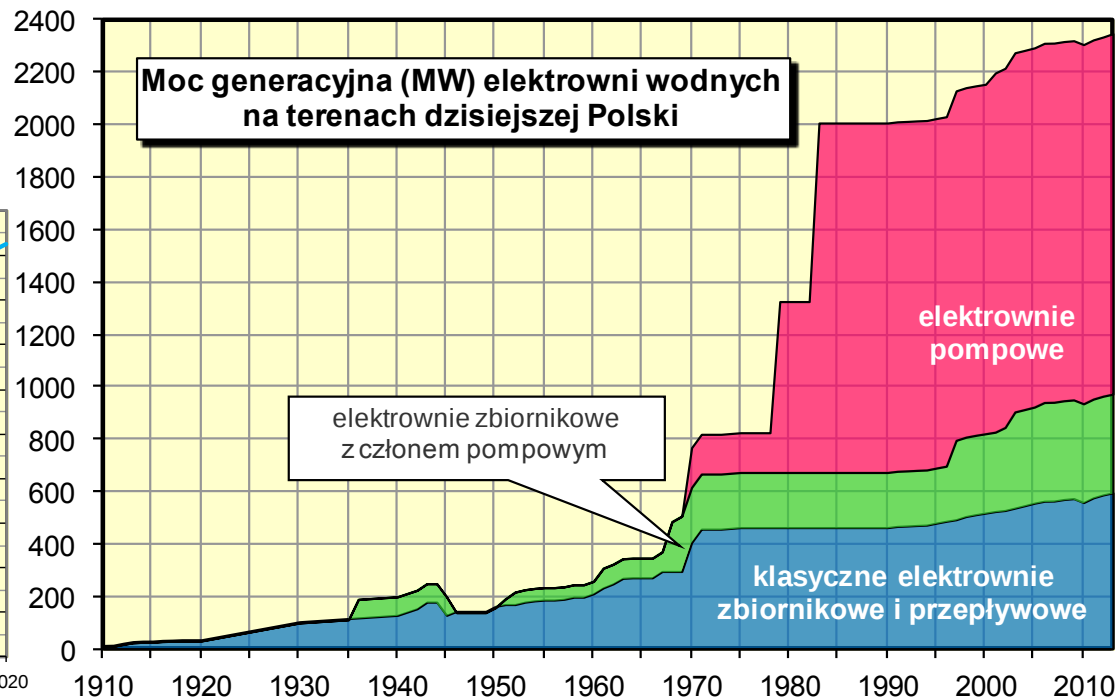
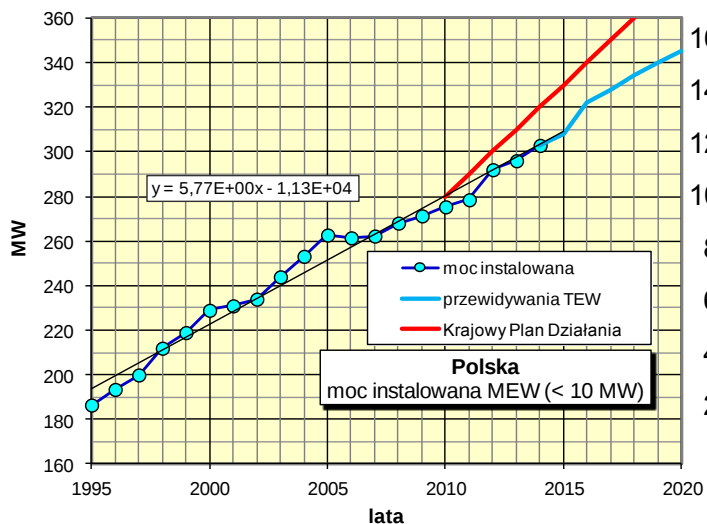
Stan na 30.06.2015

kategoria	Liczba elektrowni	Moc
$P \leq 0,3 \text{ MW}$	577	44,8
$0,3 \text{ MW} < P \leq 1 \text{ MW}$	93	56,6
$1 \text{ MW} < P \leq 5 \text{ MW}$	61	139,0
$5 \text{ MW} < P \leq 10 \text{ MW}$	6	48,3
MEW razem	737	288,5
klasyczne duże EW	7	309,2
elektrownie pompowe z dopływem naturalnym	3	382,7
Razem odnawialne EW	747	980,3



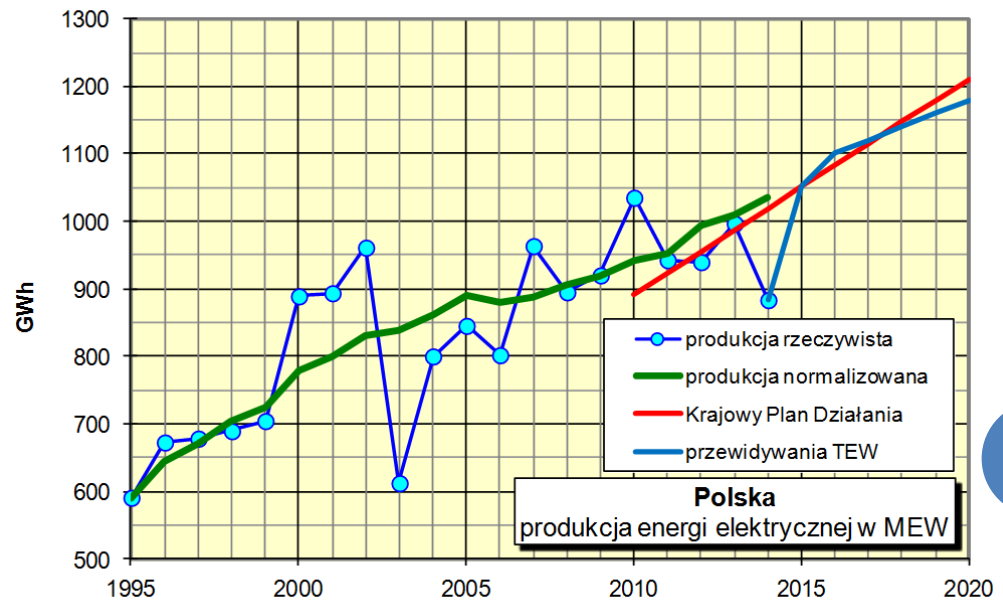
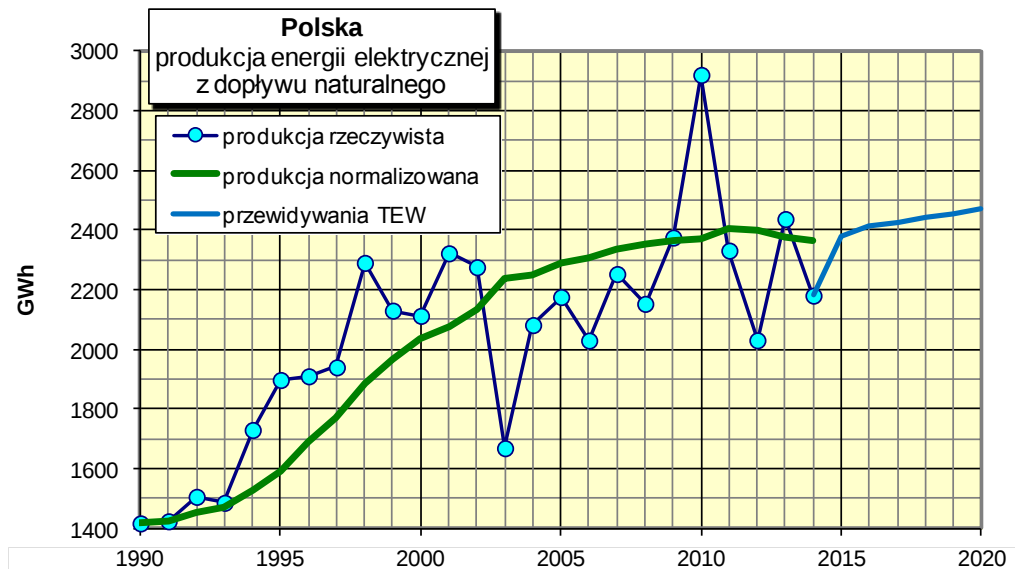
INFORMACJE O ENERGETYCE WODNEJ W POLSCE

OBSERWOWANE TRENDY



INFORMACJE O ENERGETYCE WODNEJ W POLSCE

OBSERWOWANE TRENDY



INFORMACJE O ENERGETYCE WODNEJ W POLSCE SZACUNKOWY POTENCJAŁ HYDROENERGETYCZNY MEW

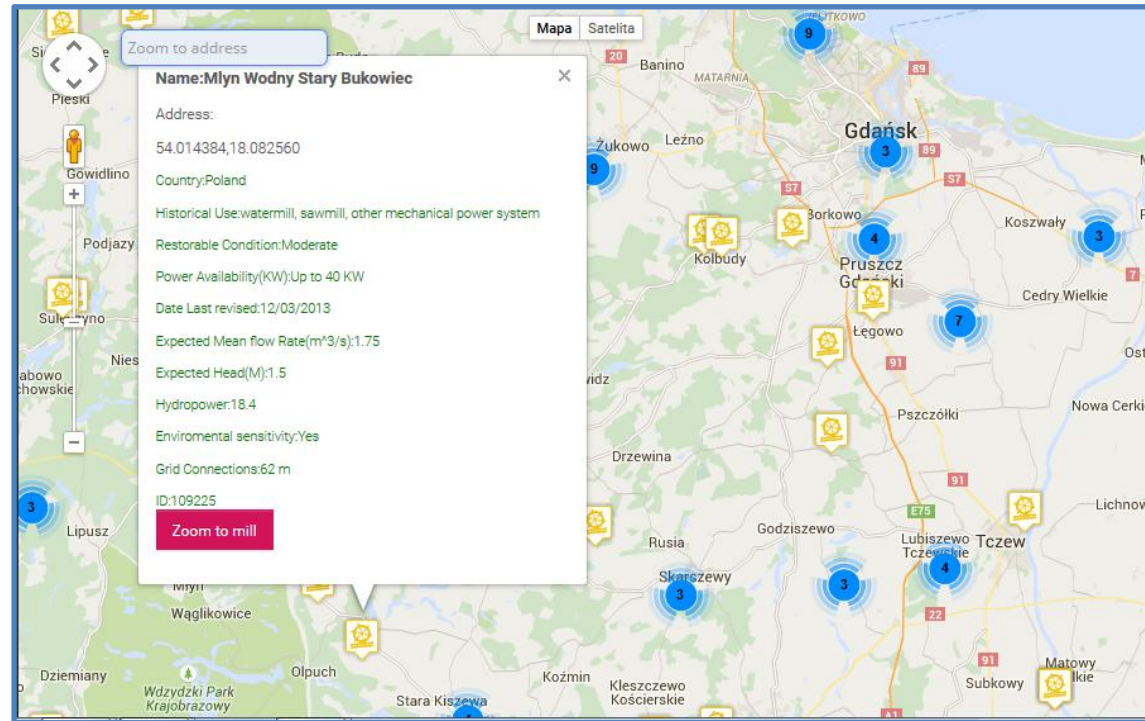
	≤ 10 MW		> 10 MW	
	GWh	MW	GWh	MW
a) Potencjał teoretyczny	13 400		11 600	
b) Potencjał techniczny	3350 (5050)*	1 500	8 650	4 000
c) Potencjał ekonomiczny	2 500	735	6 000	2 800
Rok 2014	1035**	302	1370**	674

* Po dodaniu 1700 GWh związanych z ciekami o jednostkowej mocy surowej < 100 kW/km

** Wartość normalizowana wg Dyrektywy OZE

Obiekty piętrzące będące własnością Skarbu Państwa, zinwentaryzowane przez KZGW (wysokość budowli powyżej 0,7 m)*	14 420
MEW przy zinwentaryzowanych obiektach*	651
Stopień wykorzystania hydroenergetycznego zinwentaryzowanych obiektów piętrzących	4,5%

*źródło: Prezentacja pt. Inwentaryzacja stopni piętrzących, M. Kowalczyk, KZGW,
Konferencja *Dziś i jutro energetyki wodnej w Polsce i UE*, Renexpo, Warszawa, 18.10.2012.



Mapa RESTOR Hydro 6 tysięcy potencjalnych lokalizacji MEW w Polsce

Dane o obiektach

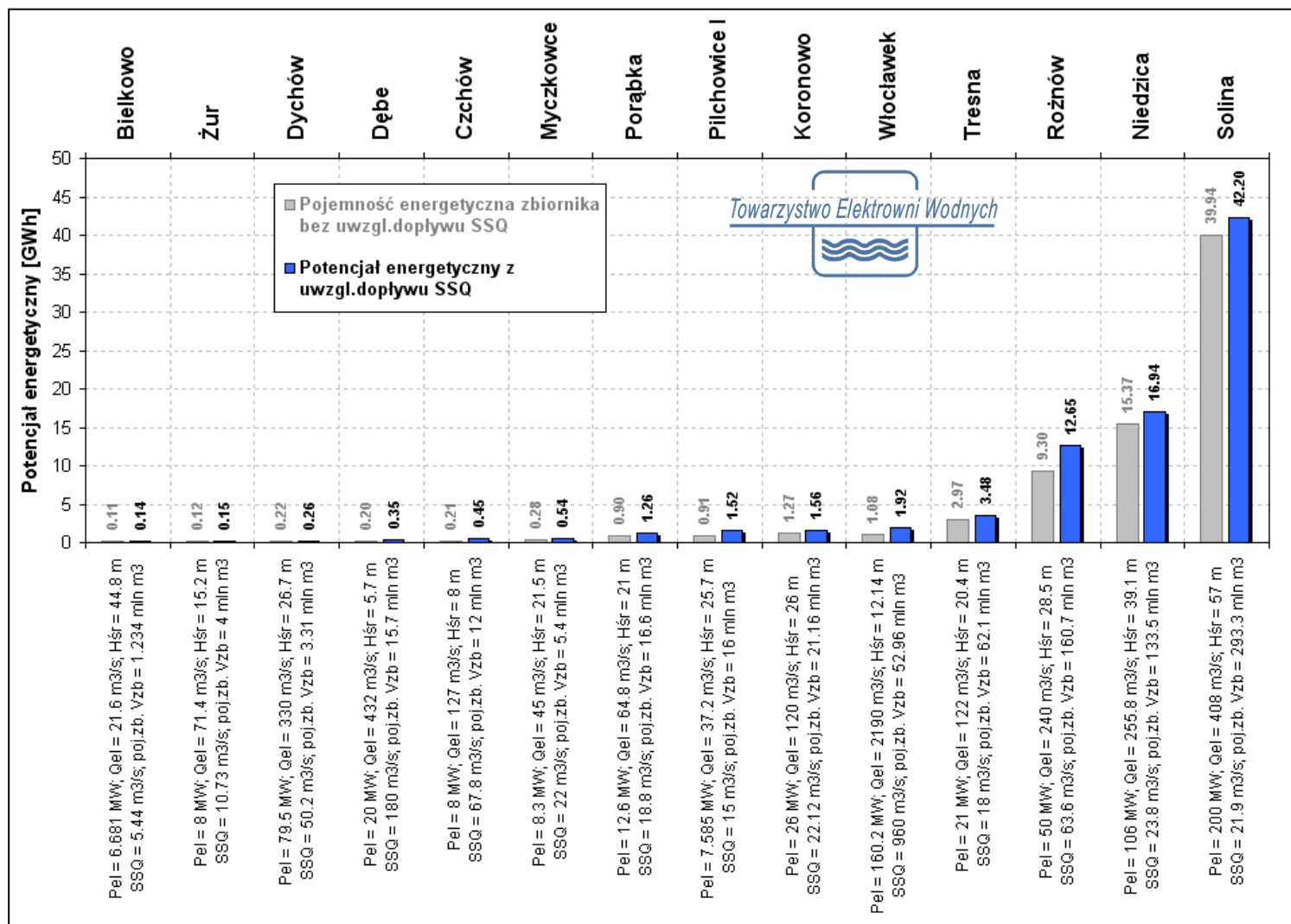
- szacowany średni przepływ,
- szacowana wysokość spadu,
- szacunkowa moc instalowana obiektu,
- historyczne przeznaczenie,
- obecny stan techniczny,
- informacje o ograniczeniach związanych z ochroną środowiska,
- informacje o ograniczeniach związanych z ochroną obiektów zabytkowych,
- odległość od sieci energetycznej.

W JAKIEJ MIERZE POLSKA HYDROENERGETYKA MOŻE PODJĄĆ SIĘ STABILIZACJI SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO W WARUNKACH SILNEJ PENETRACJI NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII?

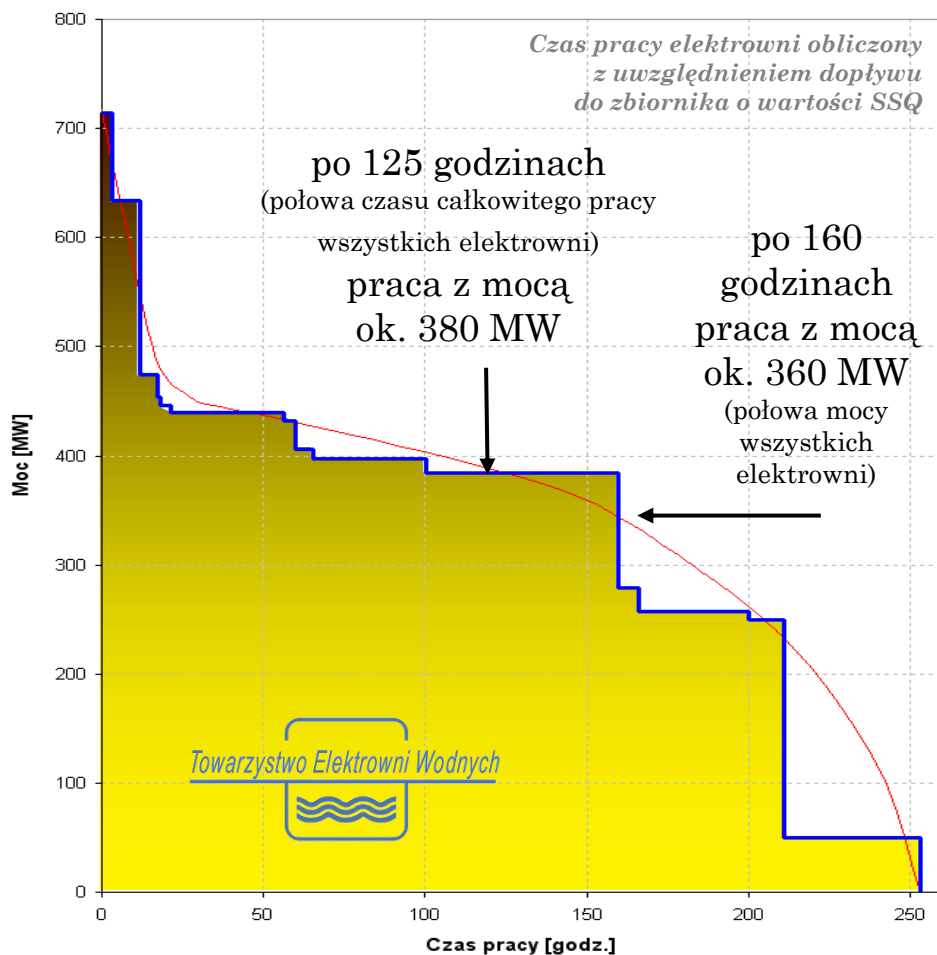
39

Inicjatywa TEW na rzecz
uwolnienia i rozbudowy potencjału magazynowego
polskich elektrowni wodnych

ISTNIEJĄCE I POTENCJALNE MOŻLIWOŚCI KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY WYWOŁANYCH NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII W POLSCE W OPARCIU KRAJOWĄ HYDROENERGETYKĘ MOŻLIWOŚCI AKUMULACYJNE ELEKTROWNI ZBIORNIKOWYCH O MOCY POWYŻEJ 5 MW



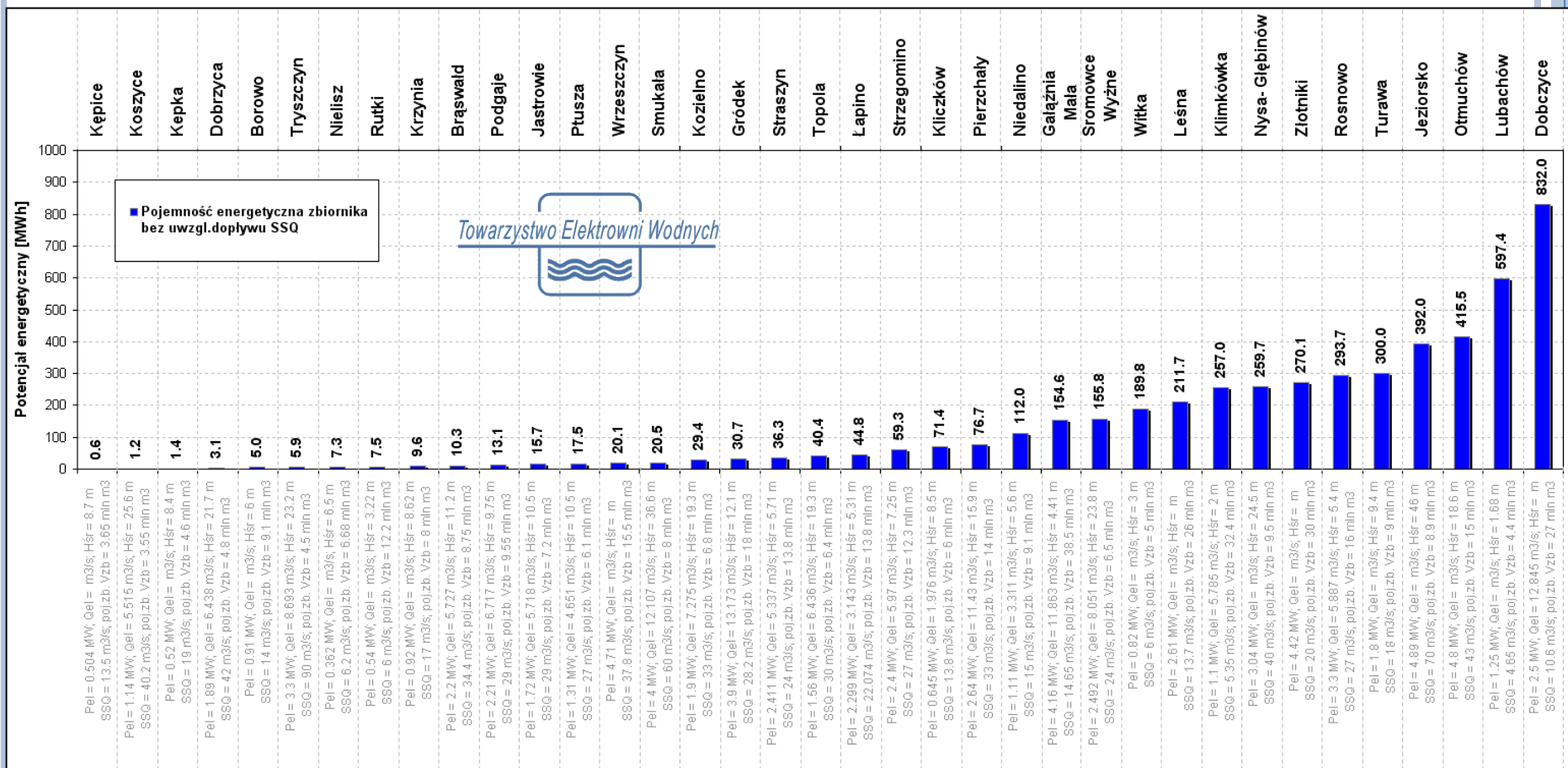
ISTNIEJĄCE I POTENCJALNE MOŻLIWOŚCI KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY WYWOŁANYCH NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII W POLSCE W OPARCIU KRAJOWĄ HYDROENERGETYKĘ



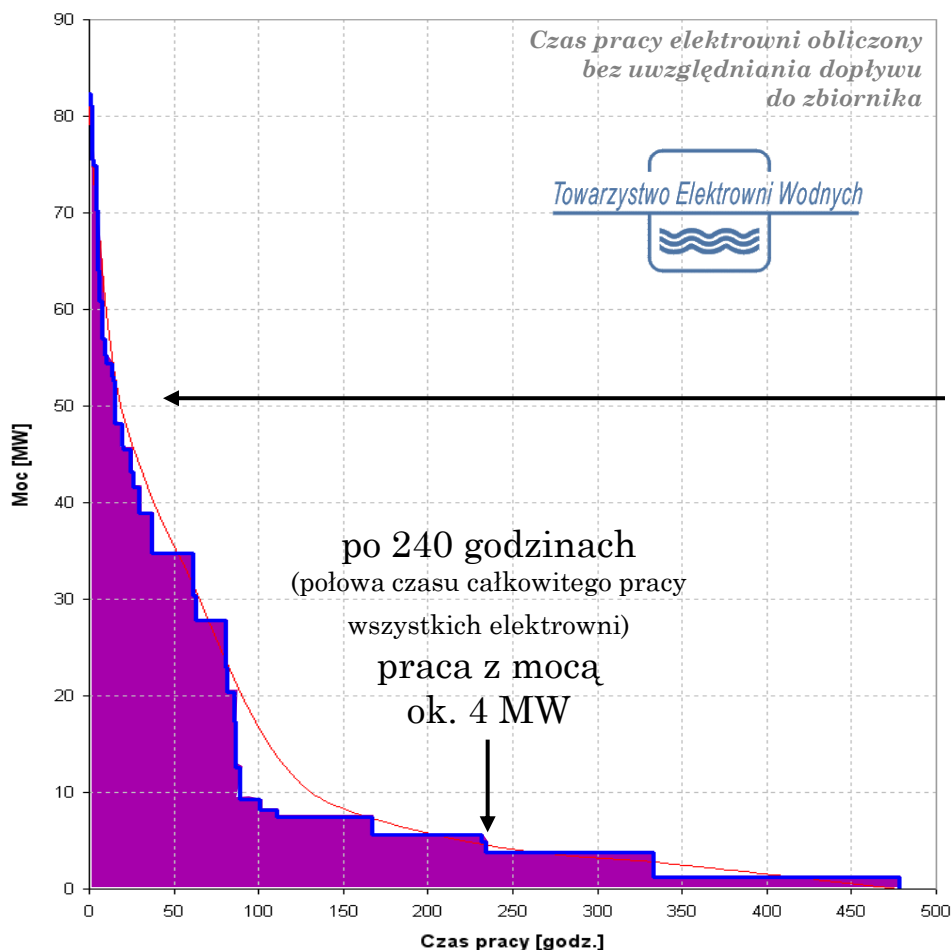
**Możliwości akumulacyjne
elektrowni zbiornikowych
o mocy powyżej 5 MW**
 $\Sigma E_{aku} = 86\,000\text{ MWh}$



ISTNIEJĄCE I POTENCJALNE MOŻLIWOŚCI KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY WYWOŁANYCH NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII W POLSCE W OPARCIU KRAJOWĄ HYDROENERGETYKĘ MOŻLIWOŚCI AKUMULACYJNE ELEKTROWNI ZBIORNIKOWYCH O MOCY DO 5 MW



ISTNIEJĄCE I POTENCJALNE MOŻLIWOŚCI KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY WYWOŁANYCH NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII W POLSCE W OPARCIU KRAJOWĄ HYDROENERGETYKĘ



Możliwości akumulacyjne
elektrowni zbiornikowych

o mocy do 5 MW

$$\Sigma E_{aku} = 9\,700 \text{ MWh}$$

po 29 godzinach
praca z mocą
ok. 40 MW
(połowa mocy
wszystkich elektrowni)



ISTNIEJĄCE I POTENCJALNE MOŻLIWOŚCI KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY WYWOŁANYCH NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII W POLSCE W OPARCIU KRAJOWĄ HYDROENERGETYKĘ



Możliwości akumulacyjne
istniejących elektrowni pompowych
 $\Sigma E_{aku} = 6\,200\text{ MWh}$

Elektrownia	Moc , MW	Spad średni, m	Pojemność energetyczna, MWh
Żydowo	157	78	600
Żarnowiec	716	116	3600
Porąbka Żar	500	432	2000
Razem			6200



ISTNIEJĄCE I POTENCJALNE MOŻLIWOŚCI KOMPENSACJI FLUKTUACJI MOCY
WYWOŁANYCH NIESTABILNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII W POLSCE
W OPARCIU KRAJOWĄ HYDROENERGETYKĘ

SEDYMENTACJA

ZNACZĄCO ZMNIEJSZA POJEMNOŚĆ RETENCYJNĄ ZBIORNIKÓW

Z 51 zbiorników, które zostały objęte monografią wykonana przez OTKZ IMGW *

tylko dla 18 wykonuje się systematycznie pomiary batymetryczne!

- utrata pojemności tych zbiorników wskutek sedymentacji wynosi: **32,580 mln m³;**

na 12 zbiornikach odstąpiono od wykonywania pomiarów batymetrycznych w 2008 r.

- utrata pojemności tych zbiorników wskutek sedymentacji wynosi: **96,260 mln m³;**

na pozostałych 21 zbiornikach nigdy nie wykonywano pomiarów batymetrycznych

- obliczeniowa utrata pojemności wynosi: **25,920 mln m³.**

W sumie utrata pojemności 51 analizowanych zbiorników osiągnęła wielkość
> 150 mln m³.

*Monografia OTKZ IMGW Warszawa 2012 r. Tom IV „Zrównoważone gospodarowanie zasobami wodnymi oraz infrastrukturą hydrotechniczną w świetle prognozowanych zmian klimatycznych”



1. **Udział niestabilnych źródeł energii** w europejskim bilansie energetycznym będzie nadal rosnąć.
2. W przewidywalnej przyszłości **energetyka wodna utrzyma swoją pozycję** dominującego stabilizatora sieci elektroenergetycznej. Należy oczekiwać dalszego rozwoju elektrowni pompowych i rosnącego wykorzystania zbiorników istniejących elektrowni wodnych - również w ramach międzynarodowego rynku usług systemowych.
3. Ograniczona liczba dobrych lokalizacji dla elektrowni pompowych , duży stopień wykorzystania potencjału hydroenergetycznego w niektórych krajach członkowskich i ograniczenia środowiskowe obowiązujące dziś w całej Unii Europejskiej spowodują zapewne stopniowy **wzrost znaczenia niekonwencjonalnych magazynów energii hydraulicznej**.
4. **Znaczenie magazynów energii elektrochemicznej i elektrycznej** (ogniwa, kondensatory itp.) będzie również rosło, ale pozostanie ograniczone głównie do sieci lokalnych. Istotną przeszkodą może okazać się ograniczona trwałość i troska o środowisko naturalne. Dziś jest nią również stosunkowo wysoki koszt tych urządzeń. W wielu przypadkach dobrym rozwiązaniem alternatywnym mogą być zespoły małych elektrowni wodnych.
5. Wykorzystanie **potencjału magazynowego zbiorników istniejących elektrowni wodnych** oraz kaskad zwartych jest optymalnym sposobem zapewnienia mocy regulacyjnej i interwencyjnej dla systemu elektroenergetycznego. Ponowne uwolnienie tego potencjału w Polsce wymaga jednak rewizji rygorystycznych pozwoleń wodnoprawnych.
6. Bezpieczny rozwój niestabilnych źródeł energii w Polsce po roku 2020 wymaga uruchomienia z dawna planowanych inwestycji w **elektrownie pompowe, rzeczne kaskady zwarte i elektrownie zbiornikowe**. Alternatywnym rozwiązaniem pozostaje import usług systemowych lub rezygnacja z takiego rozwoju.



Dziękujemy za uwagę