

Integracja źródeł generacji wiatrowej i słonecznej z krajową siecią energetyczną w oparciu o elektrownie szczytowo-pompowe

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
AGH University of Science and Technology

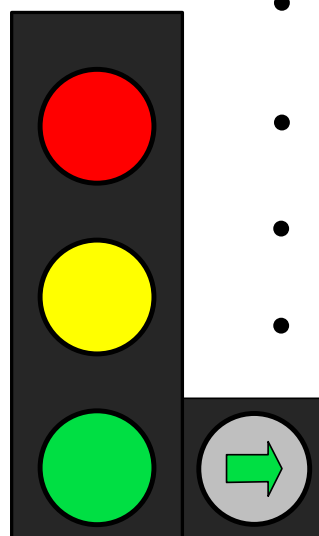
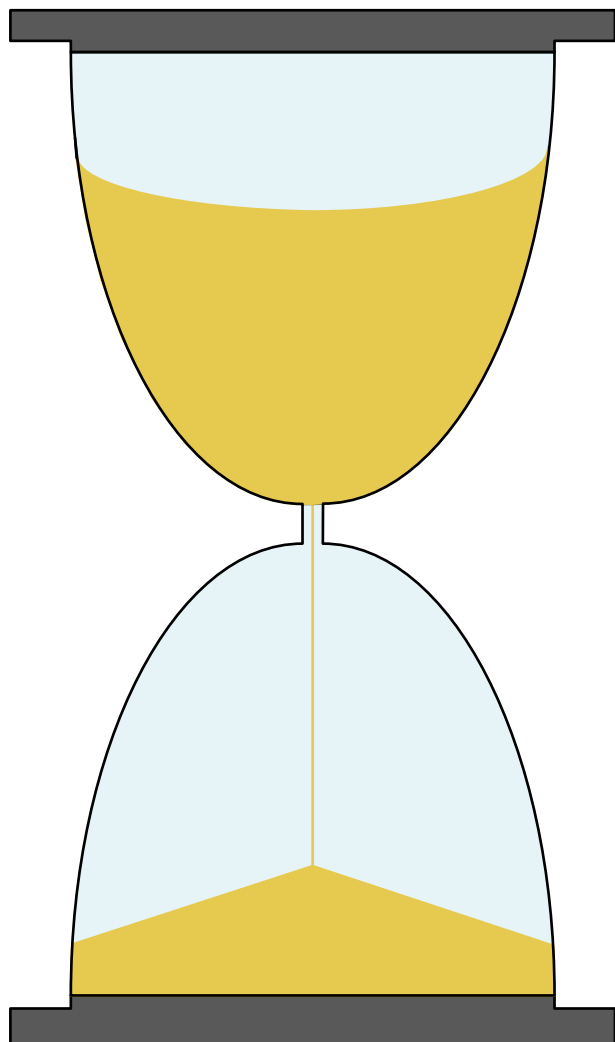
05.07.2017

Jakub Jurasz

*„The wind, as a direct motive power, is wholly **inapplicable to a system of machine labour**, for **during a calm** season the whole business of the country would be thrown **out of gear**. Before the era of steam engines, windmills were tried for draining mines; but though they were powerful machines, they were **very irregular**, so that in a long tract of calm weather the mines were drowned, and all the workmen thrown idle.”*

William Stanley Jevons, 1865

AGENDA



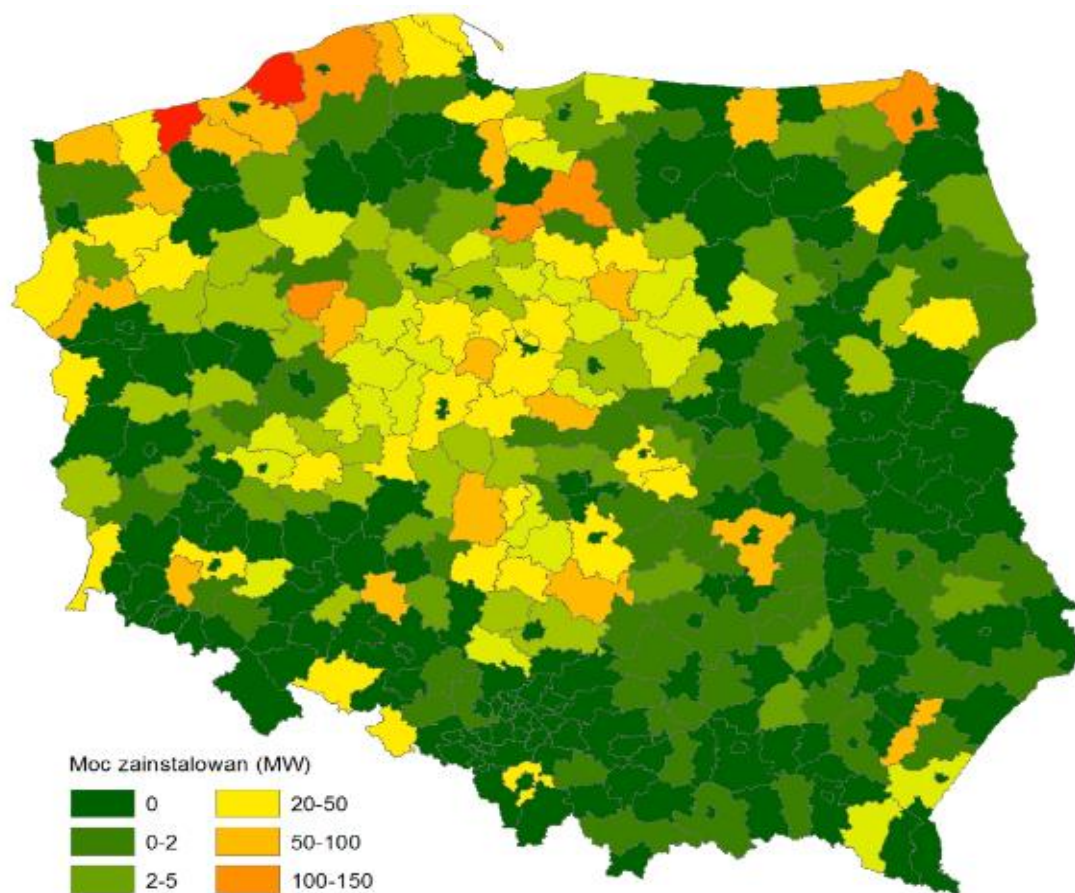
- Integracja OZE do KSE
- Elektrownie szczytowo-pompowe
- Symulacja i optymalizacja
- Praca układu PV-TW-ESP
- Wnioski – możliwe kierunki działań

Integracja do KSE

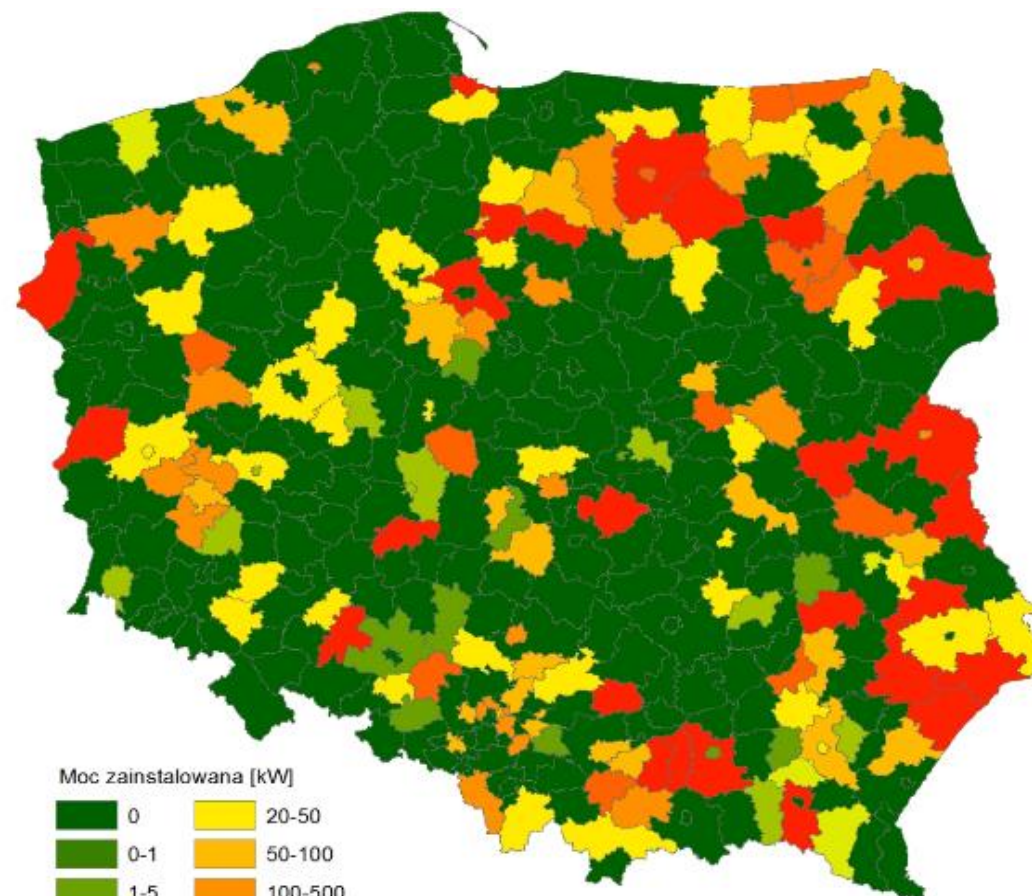
- rozbudowa sieci przesyłowych;
- zarządzanie stroną popytową;
- magazynowanie energii w miejscu jej wytworzenia;
- przewymiarowywanie mocy zainstalowanej;
- prognozowanie uzysku;
- V2G;
- układy hybrydowe.

Delucchi, M. A., & Jacobson, M. Z. (2011). Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part II: Reliability, system and transmission costs, and policies. *Energy policy*, 39(3), 1170-1190.

OZE w Polsce



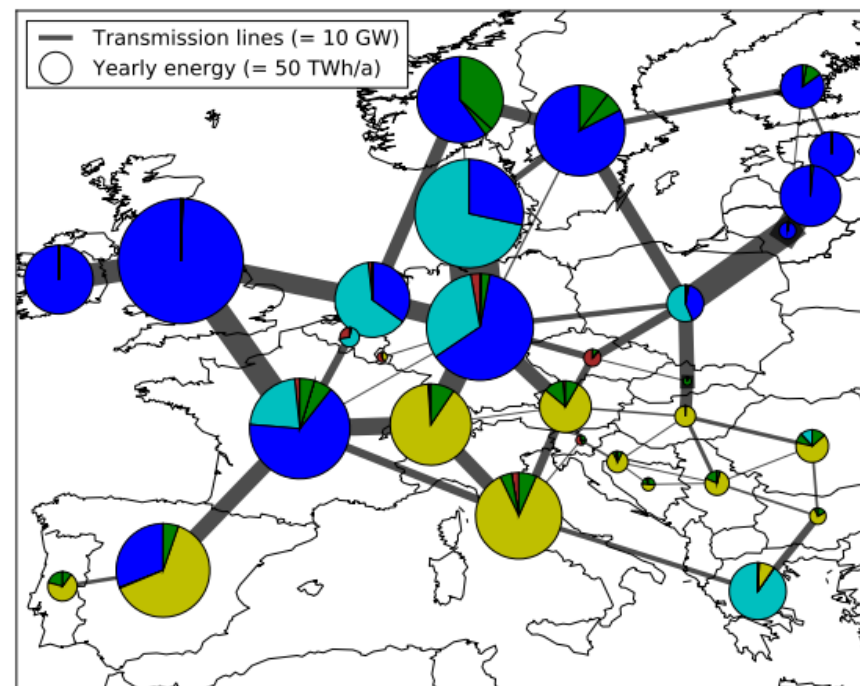
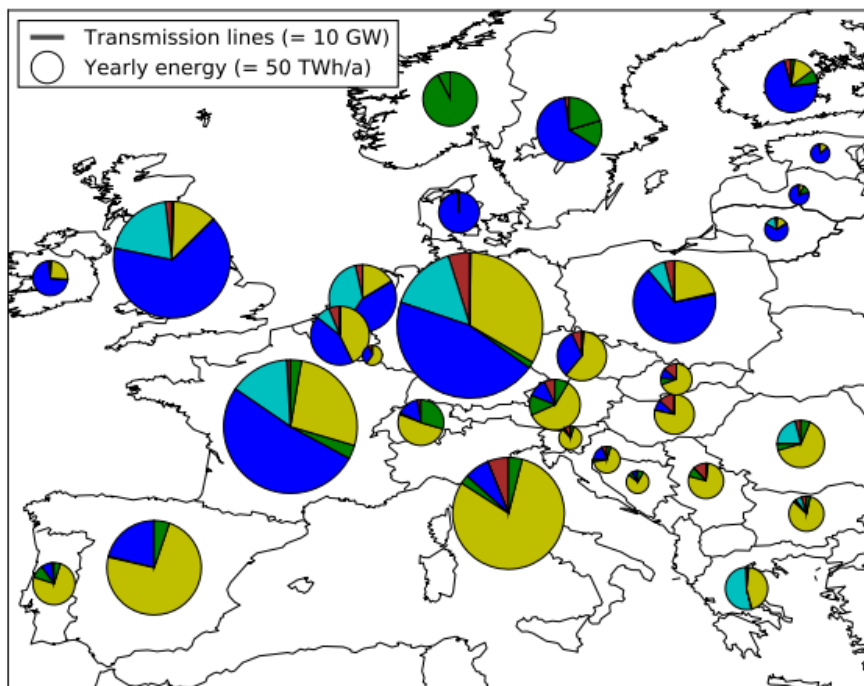
Moc zainstalowan (MW)



Moc zainstalowana [kW]

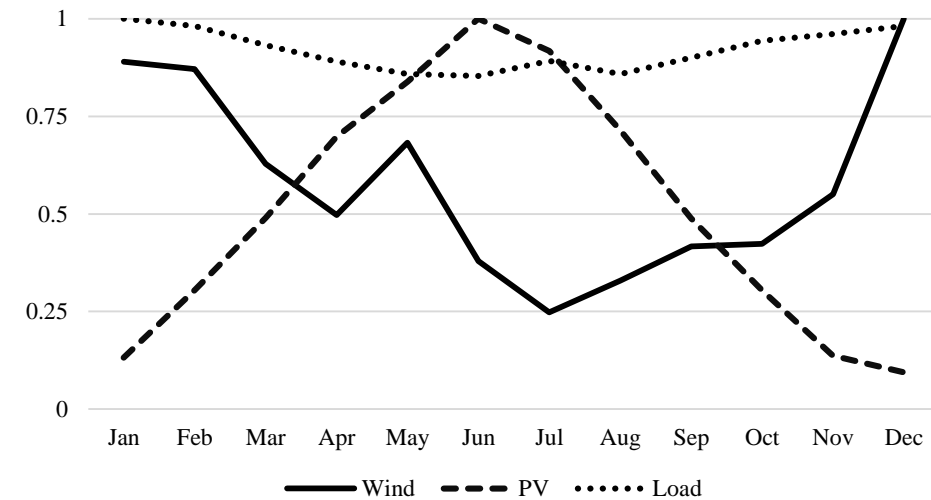
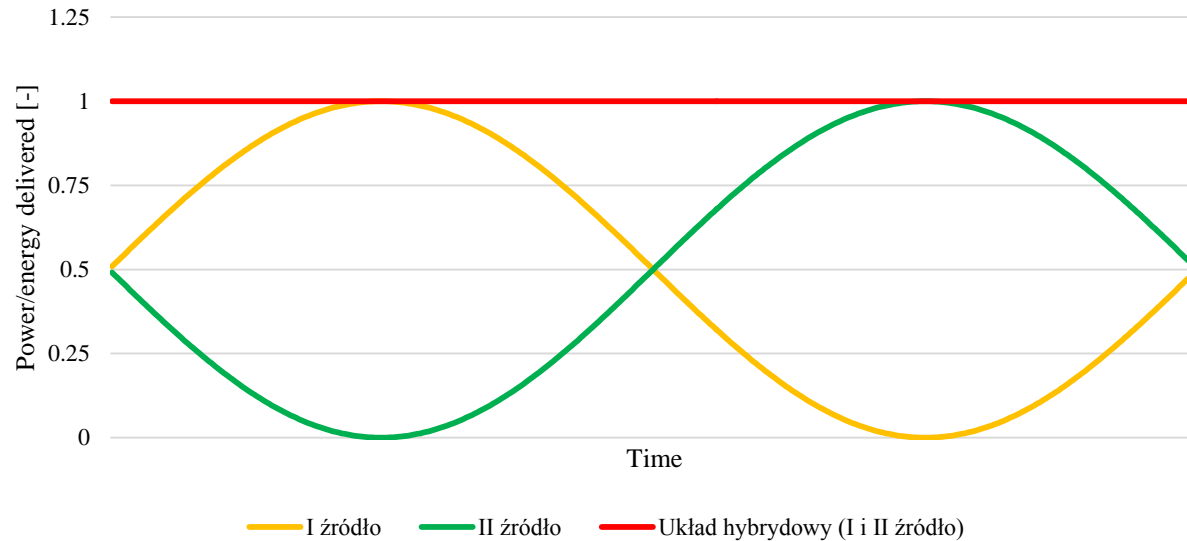


Sieci przesyłowe



Brown, T., Schlachberger, D., Kies, A., & Greiner, M. (2017). Sector Coupling in a Highly Renewable European Energy System. In 15th Wind Integration Workshop.

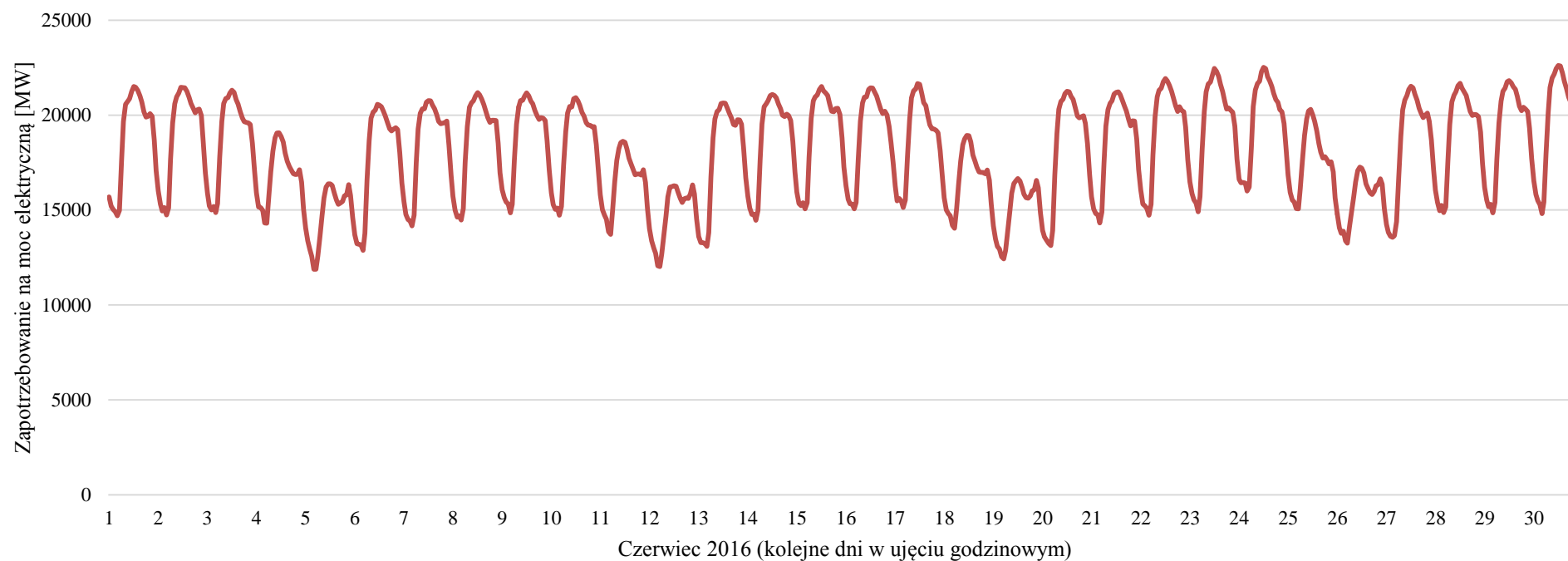
Komplementarność



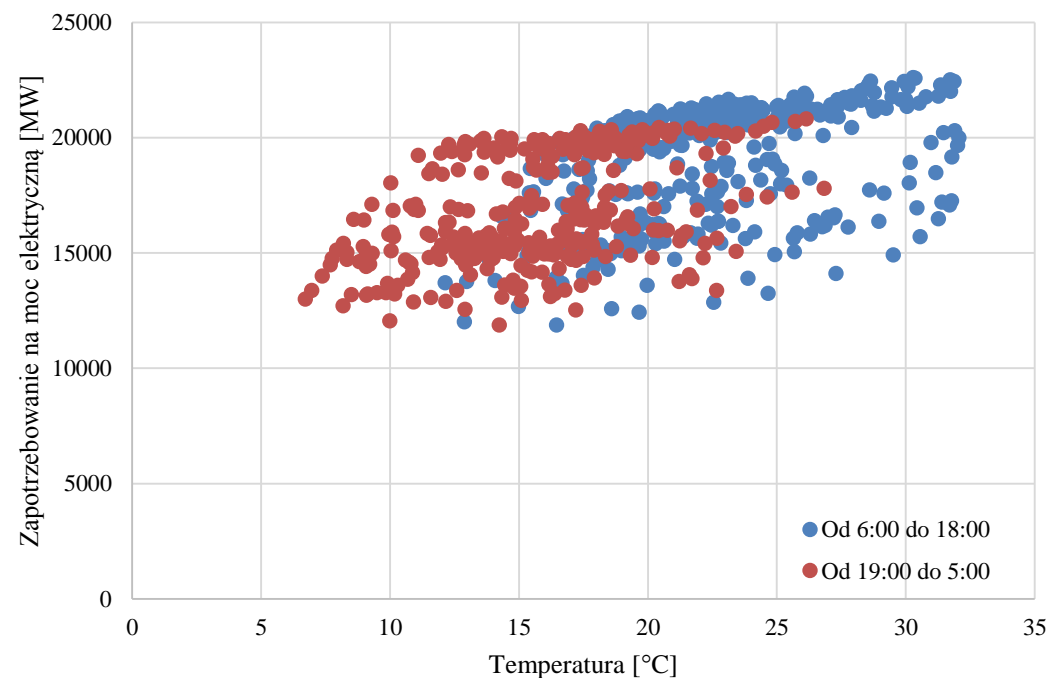
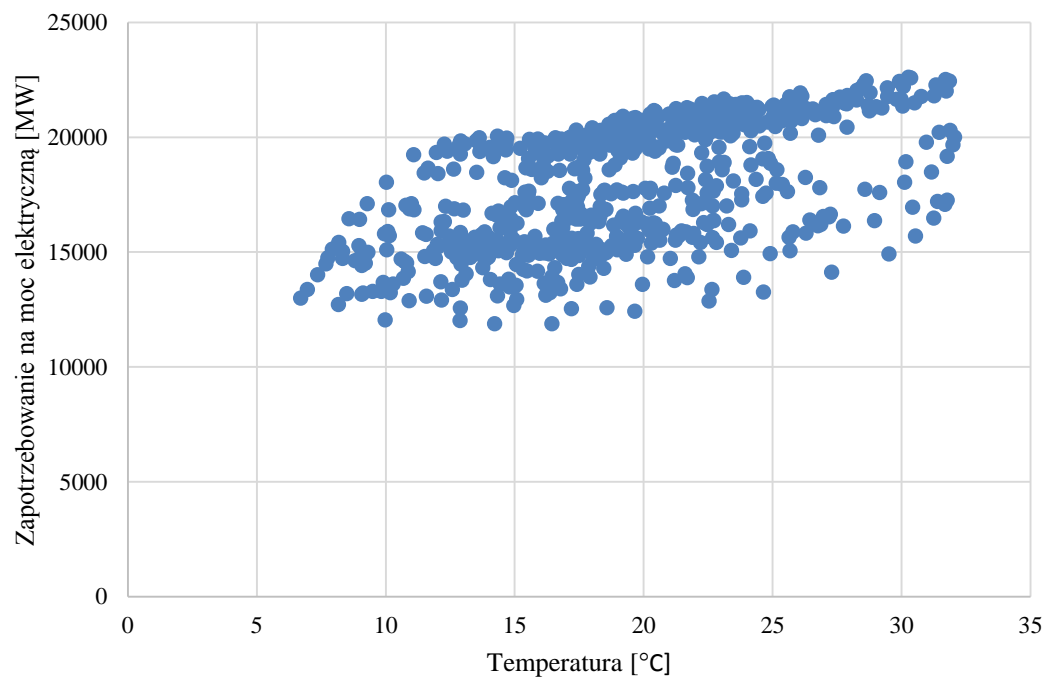
	W ujęciu					
	Godzinowym		Dobowym		Miesięcznym	
	PV	Obciążenie	PV	Obciążenie	PV	Obciążenie
TW	0.0975	0.1631	-0.299	0.1319	-0.6714	0.7264
PV	X	0.1835	X	-0.4999	X	-0.9210

Jurasz, J., Wdowikowski, M., Kazimierczak, B. & Dąbek, P. (2017). Temporal and spatial complementarity of wind and solar resources in Lower Silesia (Poland). To be published in E3S Web of Conferences

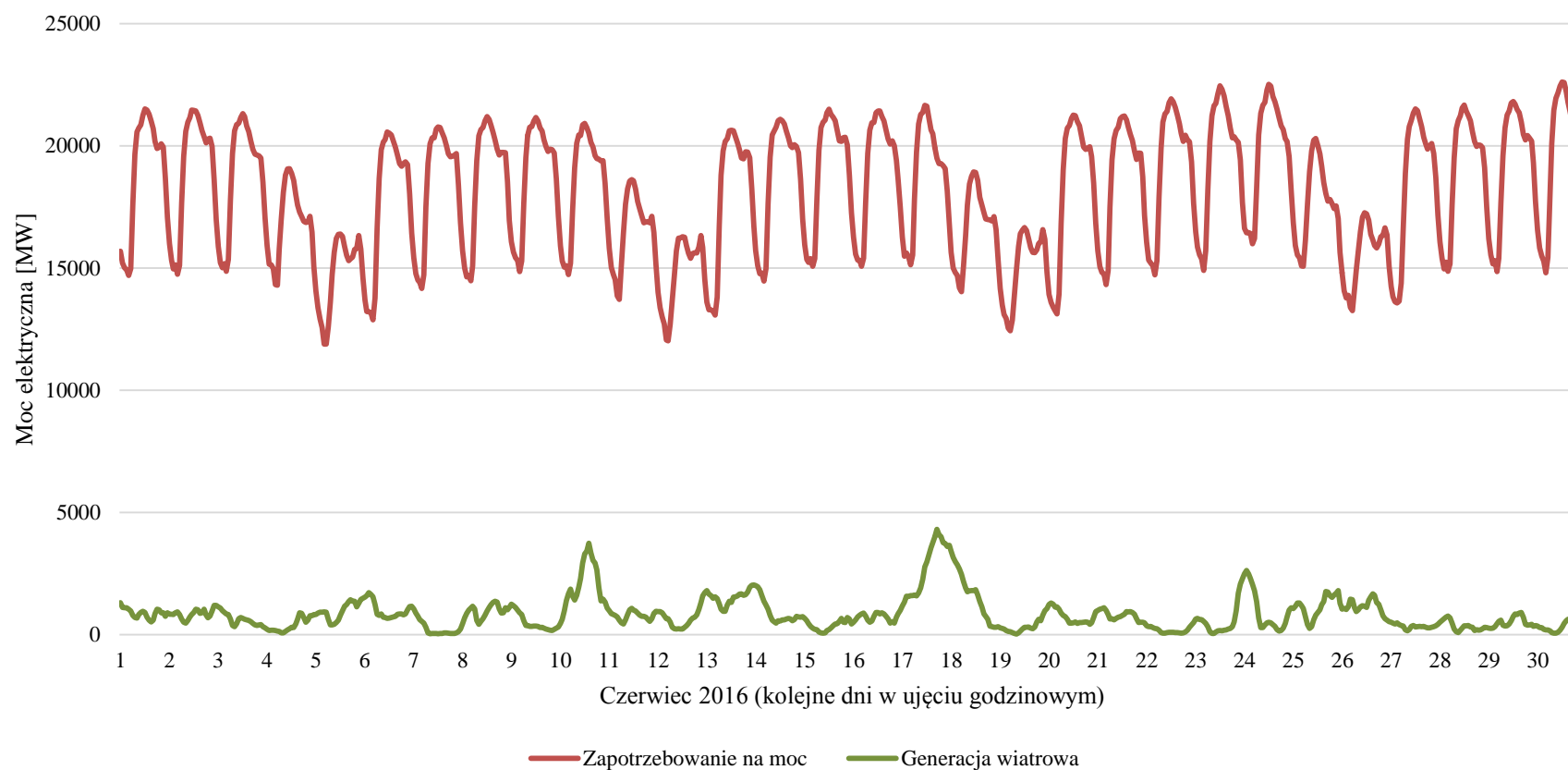
Czerwiec 2016



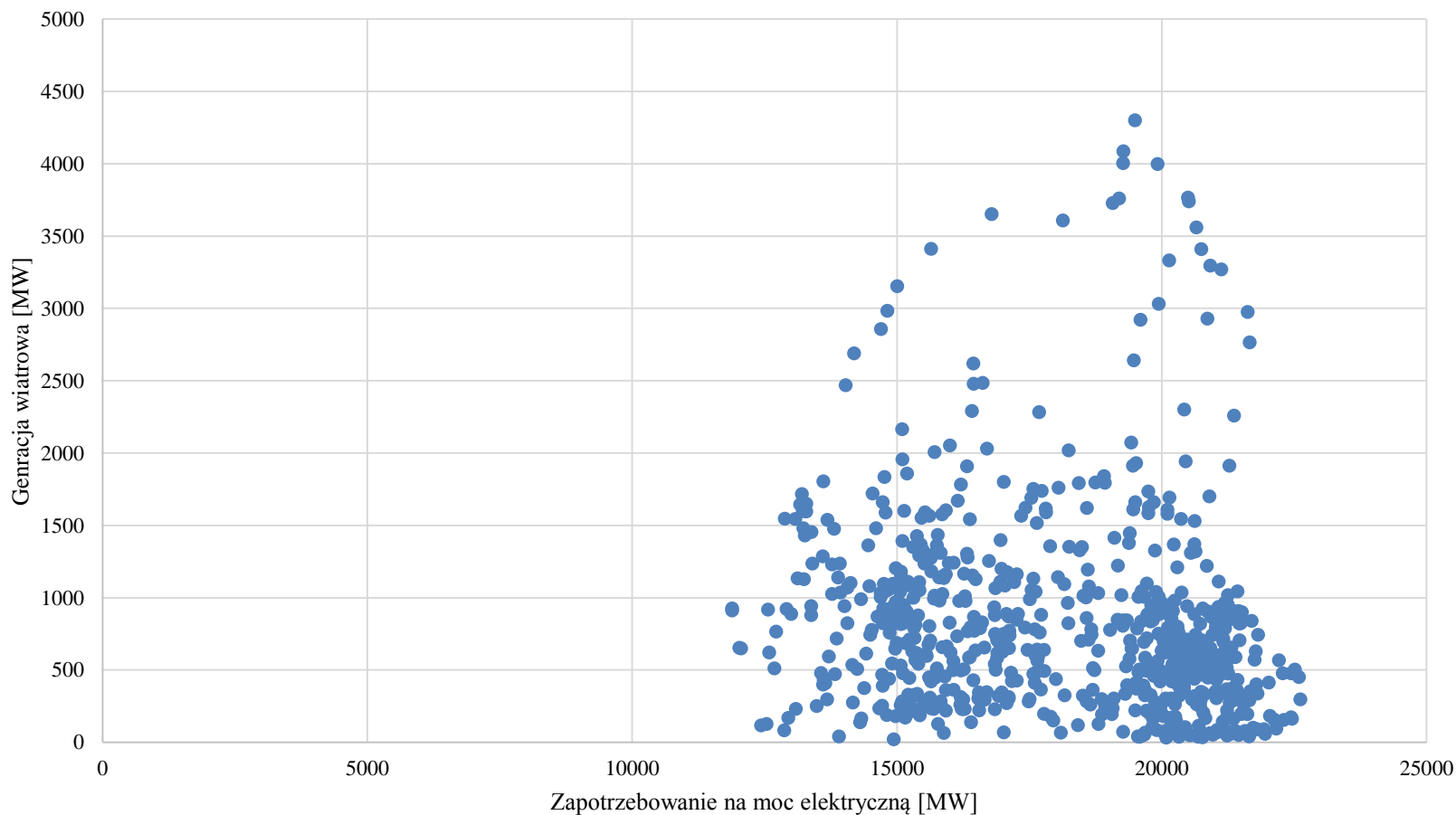
Czerwiec 2016 – moc a temperatura



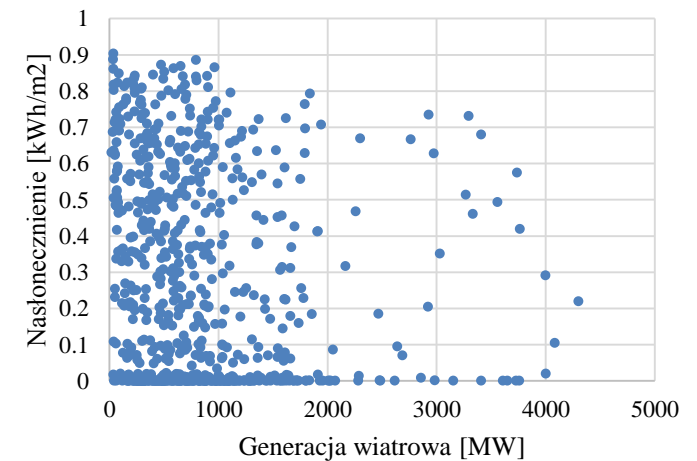
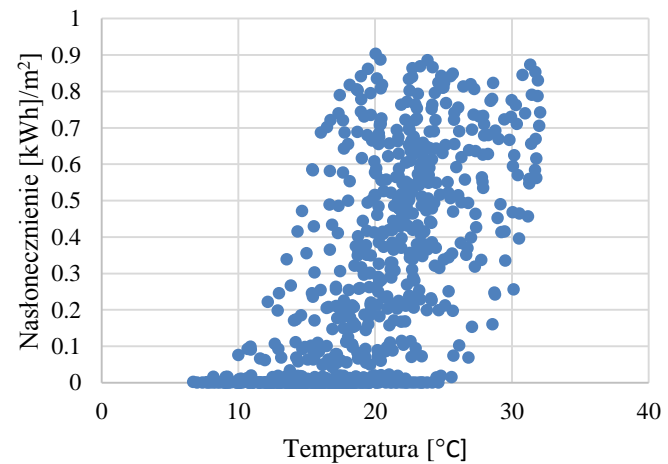
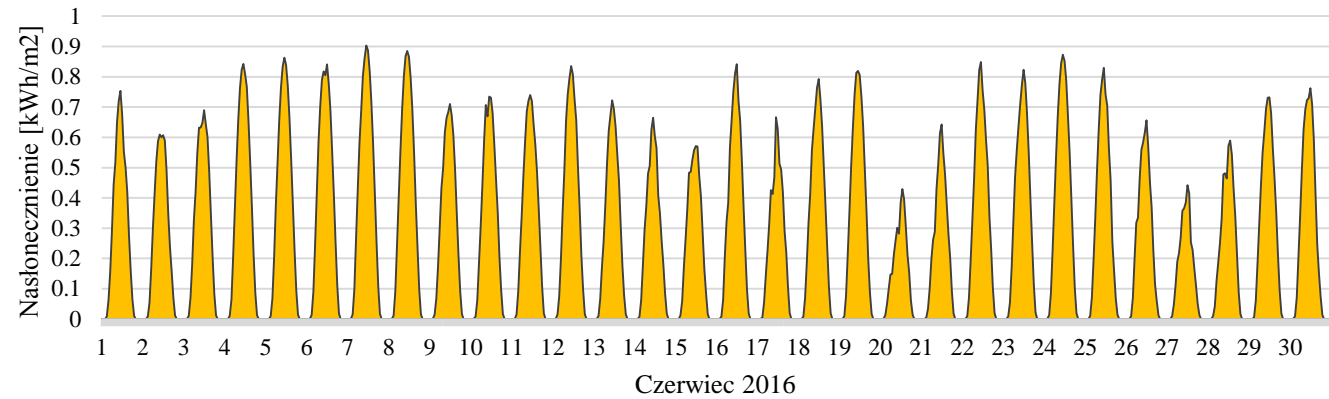
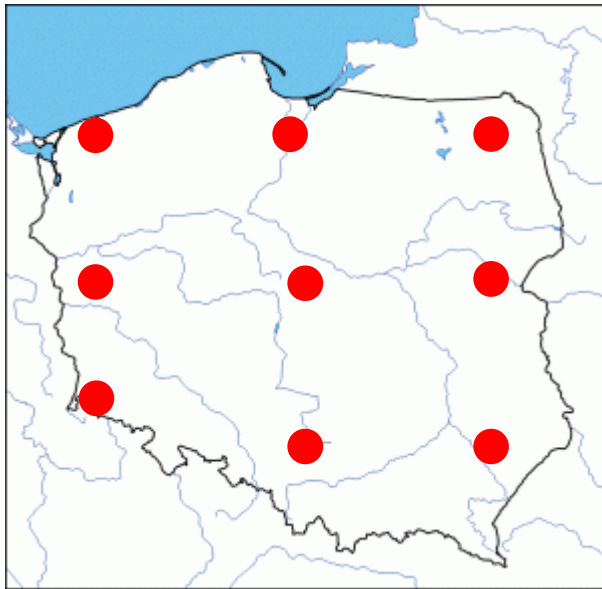
Czerwiec 2016 – moc a generacja wiatrowa



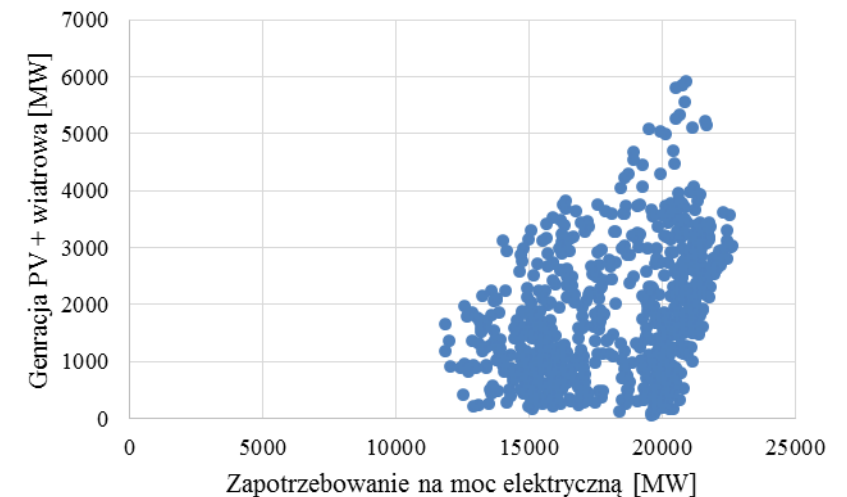
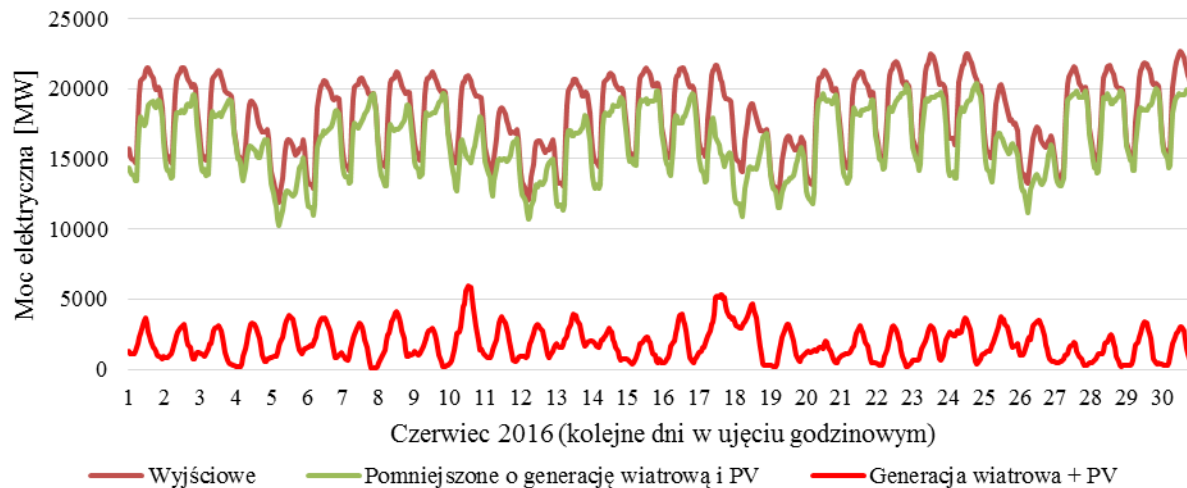
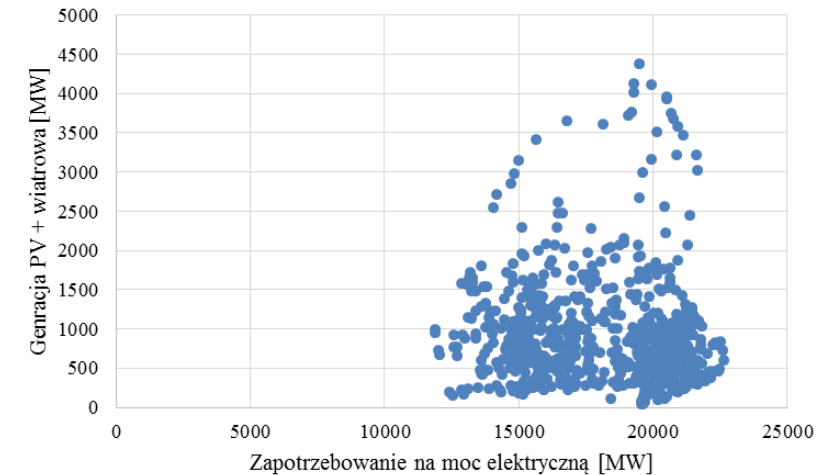
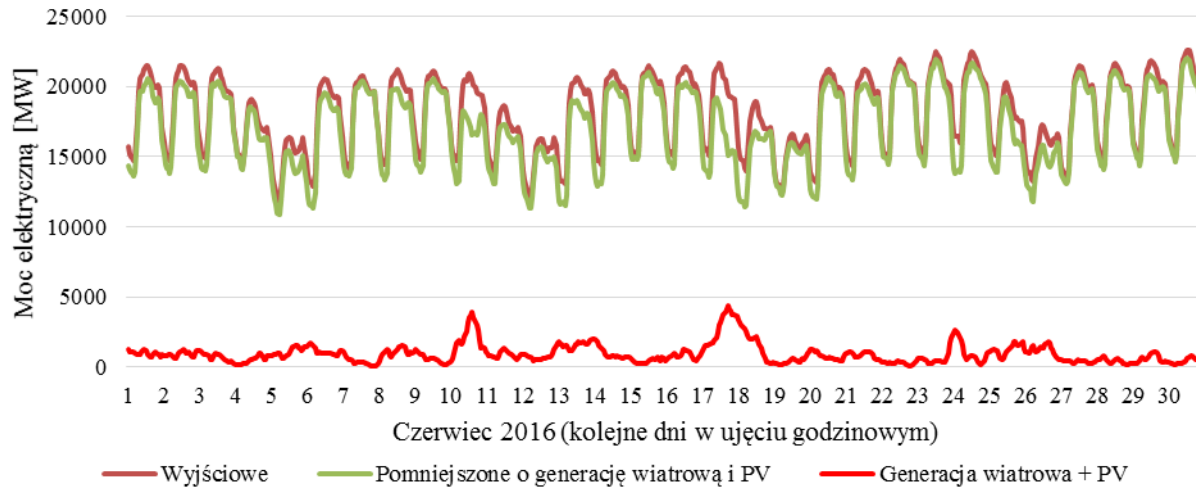
Czerwiec 2016 – moc a generacja wiatrowa cd.



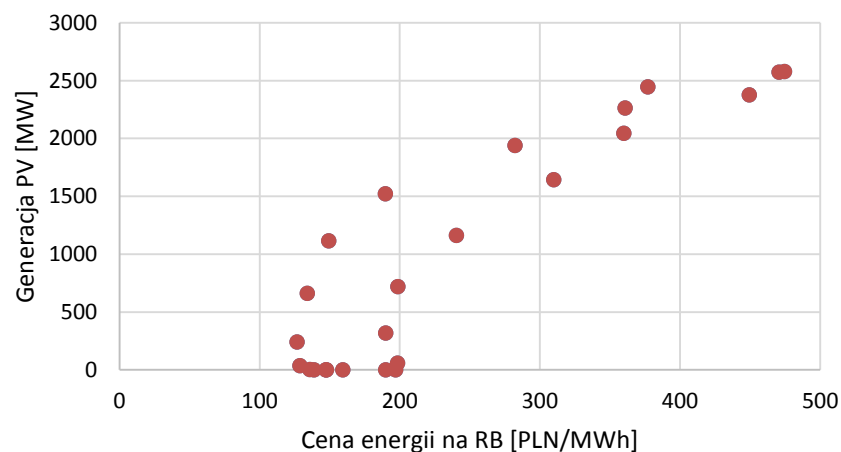
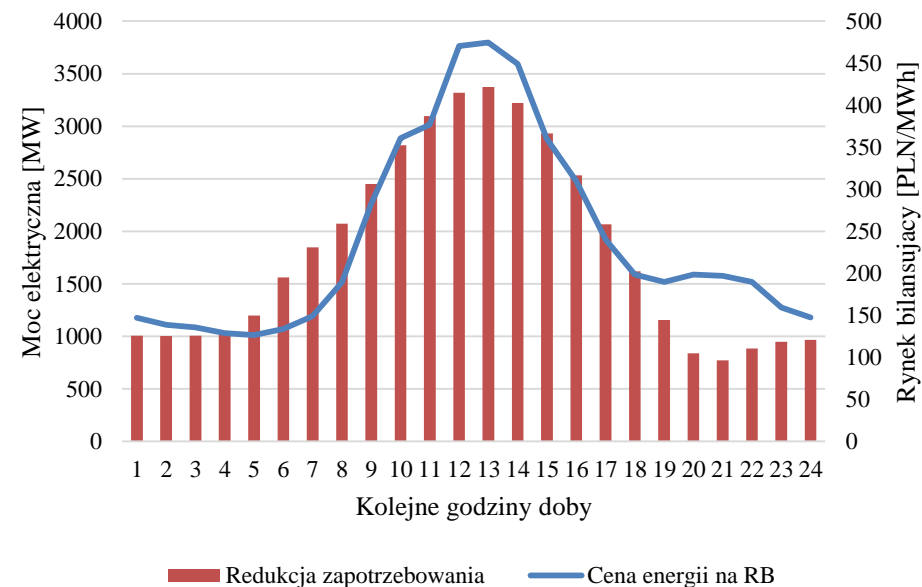
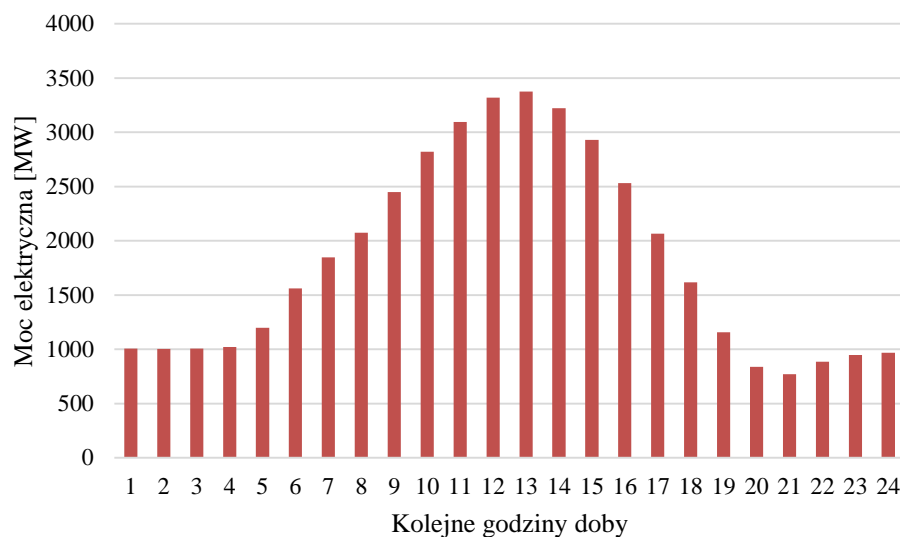
Czerwiec 2016 – symulacja: wiatr a PV



Czerwiec 2016 – symulacja: wiatr + PV a moc



Czerwiec 2016 – wyniki



Elektrownie szczytowo-pompowe

ESP w Polsce



Porąbka - Żar



Żarnowiec



Żydowo



Solina



Dychów



Niedzica

<http://www.niedzica.pl>

Charakterystyka ESP

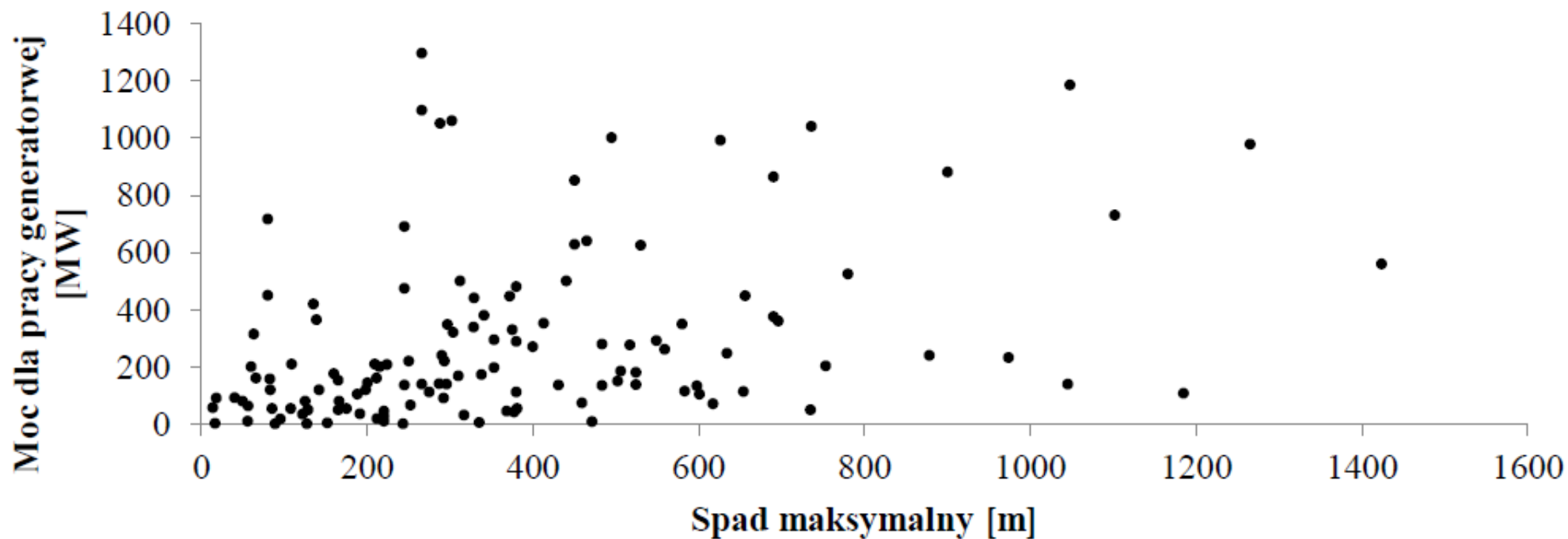
ESP	Rok oddania do pracy w KSE	Moc zainstalowana (generatorowa) [MW]	Zdolność magazynowania energii ⁸
Porąbka – Żar	1979	4 * 125	2 GWh
Żarnowiec	1983	4 * 179	3,6 GWh
Żydowo	1971	3*50 (+17)	0,63 GWh
Dychów	1936	30,5*2+30,37	120 GWh / rok
Solina – Myczkowce	1968	4*50	112 GWh – 85 (praca przepływowa GWh) = 27 GWh / rok
Niedzica	1997	2*46,375	Obecnie przepływowa

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Tokarz i Hryckiwicz 2003; Binkiewicz i Biliński 2000; Binkiewicz i Biliński 1999; Majewski 2013; Steller 2013)

Potencjał ESP w Polsce

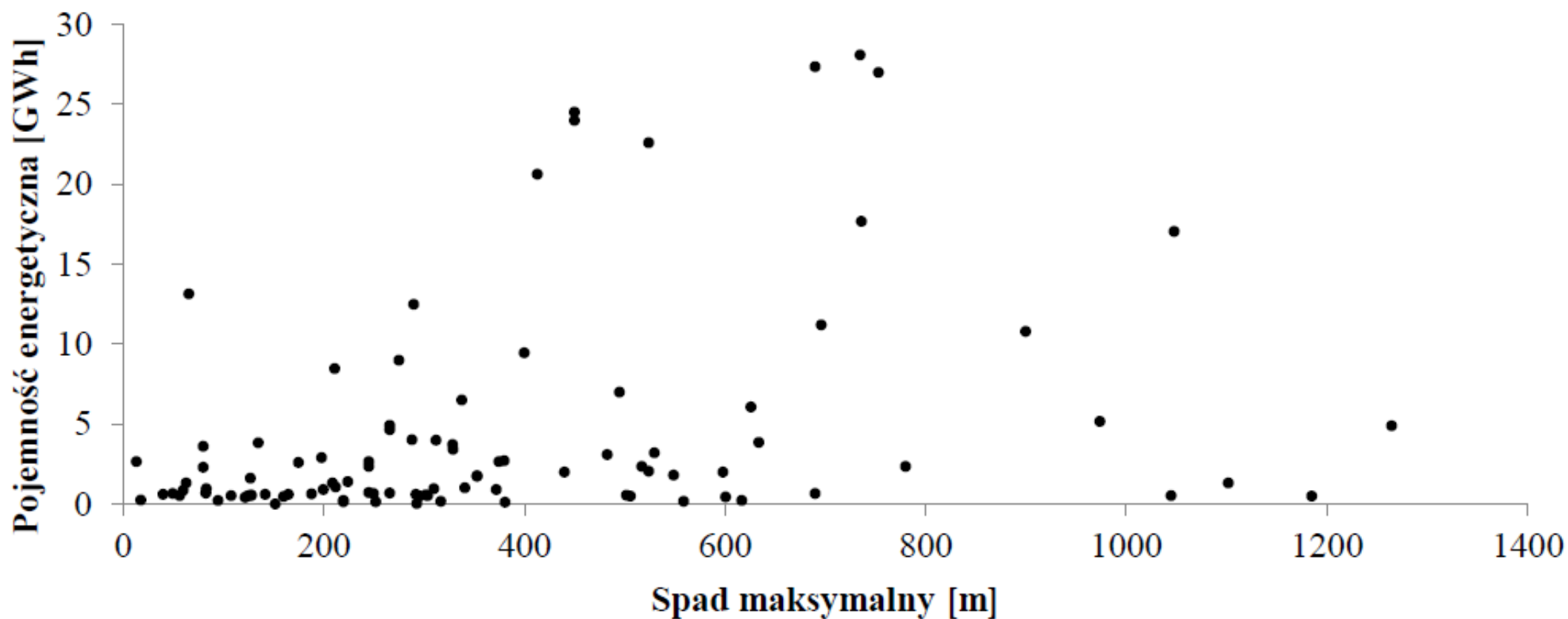
- ESP Sobel 1000 MW;
- ESP Rożnów II 700 MW
- ESP Niewiastka 1000 MW
- ESP Pilchowice III 612 MW
- ESP Kadyny 1040 MW
- ESP Młoty 750 MW
- ESP Smolniki 200 MW
- ESP Żabnica ? MW
- ESP Bełchatów(?) ? MW

ESP: moc a spad



(Punys et al. 2013; Ming et al. 2013; Rehman et al. 2015)

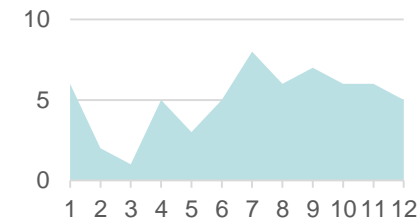
ESP: pojemność energetyczna a spad



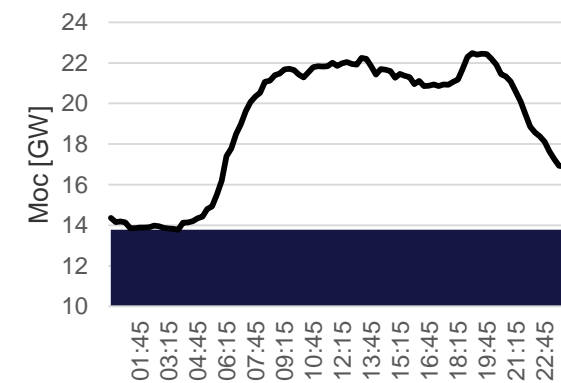
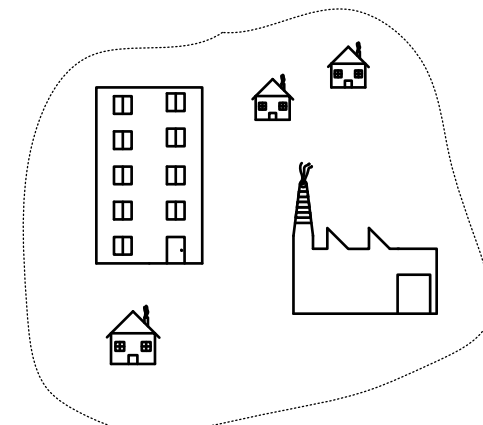
(Punys et al. 2013; Ming et al. 2013; Rehman et al. 2015)



Strona popytowa

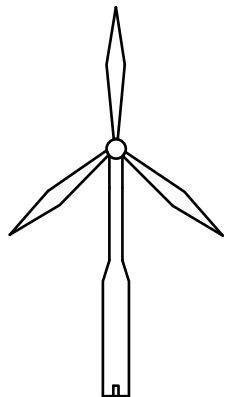


60j

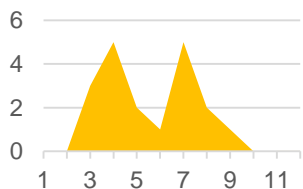
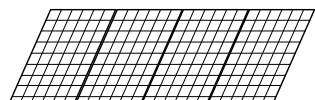
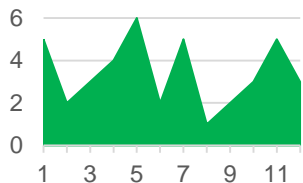


25

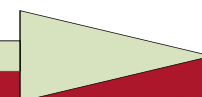
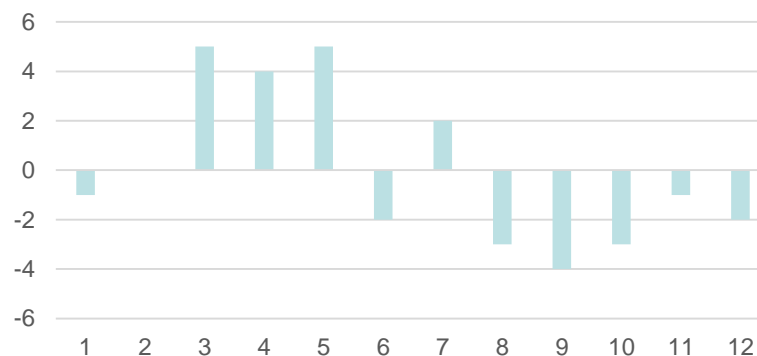
Strona podażowa



60j

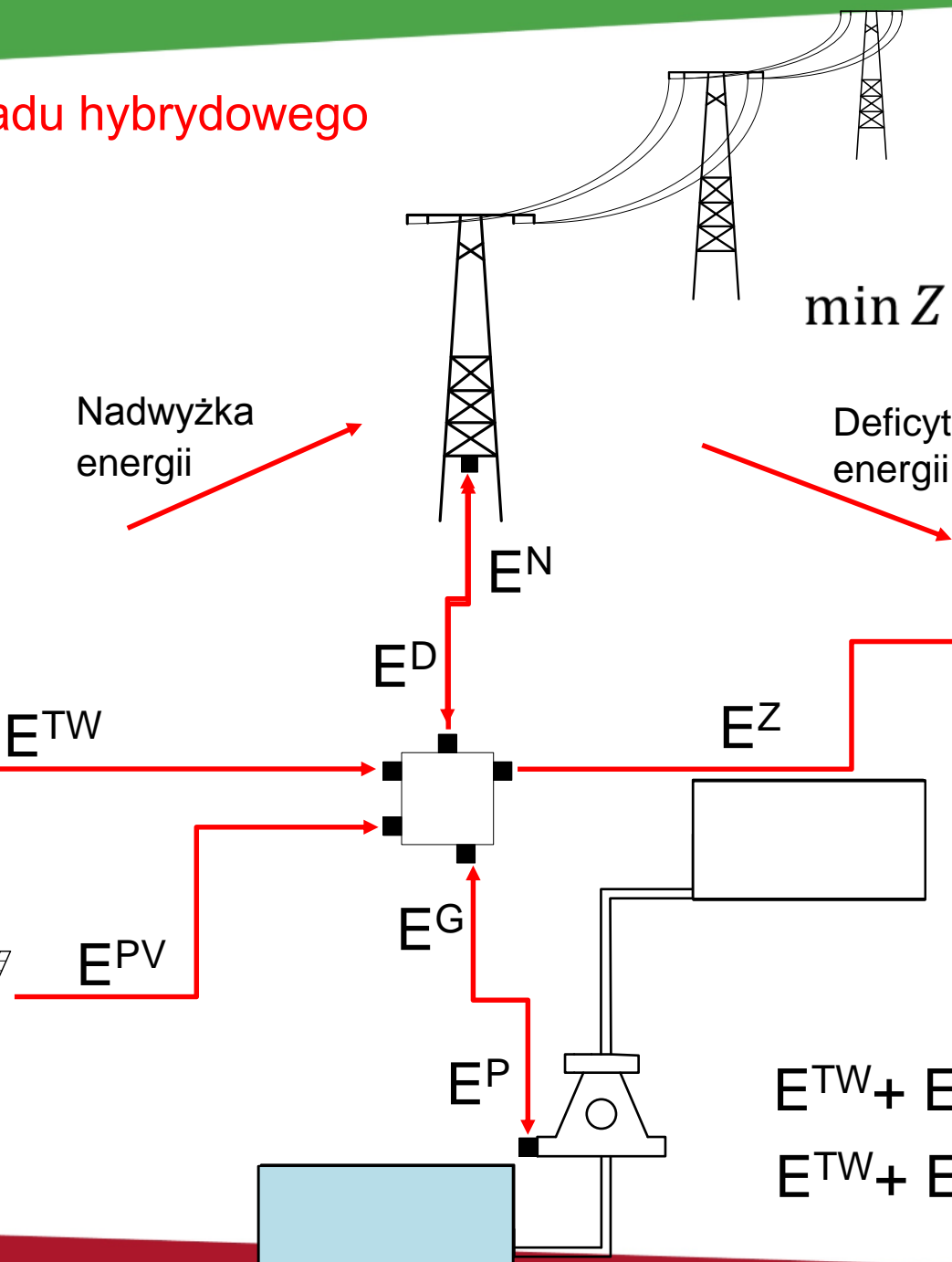
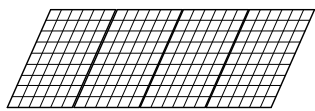
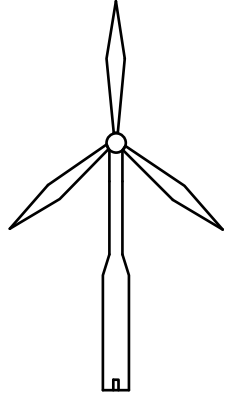


LP	Podaż		Popyt	Bilans
	PV	TW		
1	0	5	6	-1
2	0	2	2	0
3	3	3	1	5
4	5	4	5	4
5	2	6	3	5
6	1	2	5	-2
7	5	5	8	2
8	2	1	6	-3
9	1	2	7	-4
10	0	3	6	-3
11	0	5	6	-1
12	0	3	5	-2



Koncepcja układu hybrydowego

Strona
podażowa



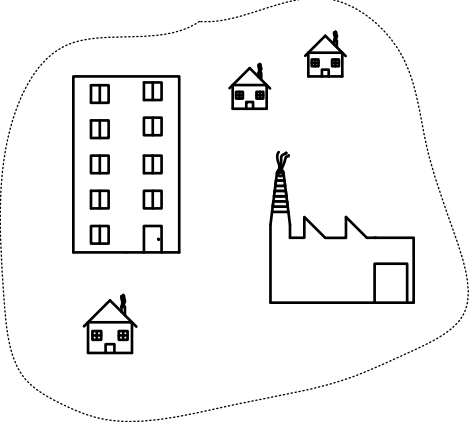
$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n E_{ij}^D + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n E_{ij}^N$$

PO:

$$\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n E_{ij}^D}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n E_{ij}^Z} \leq LOLP^{max}$$

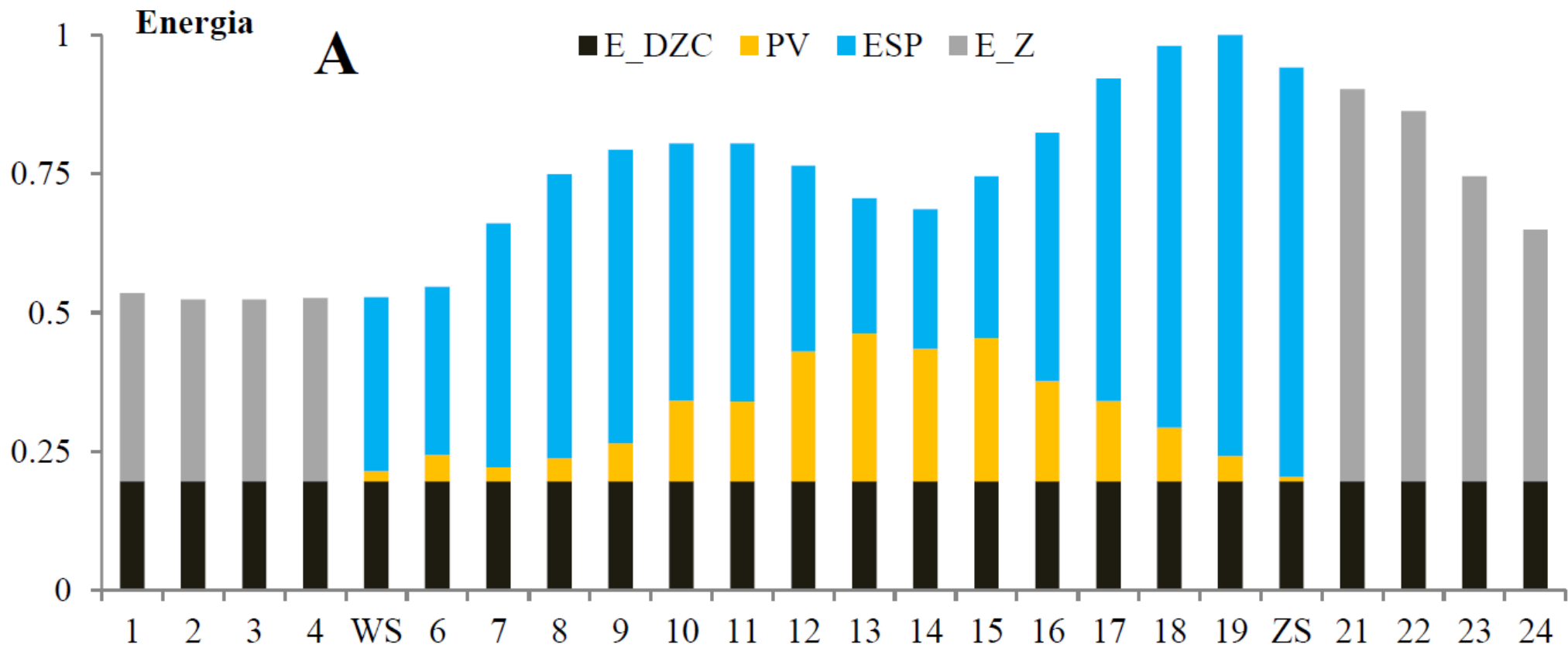
$$E^{TW} + E^{PV} > E^Z$$

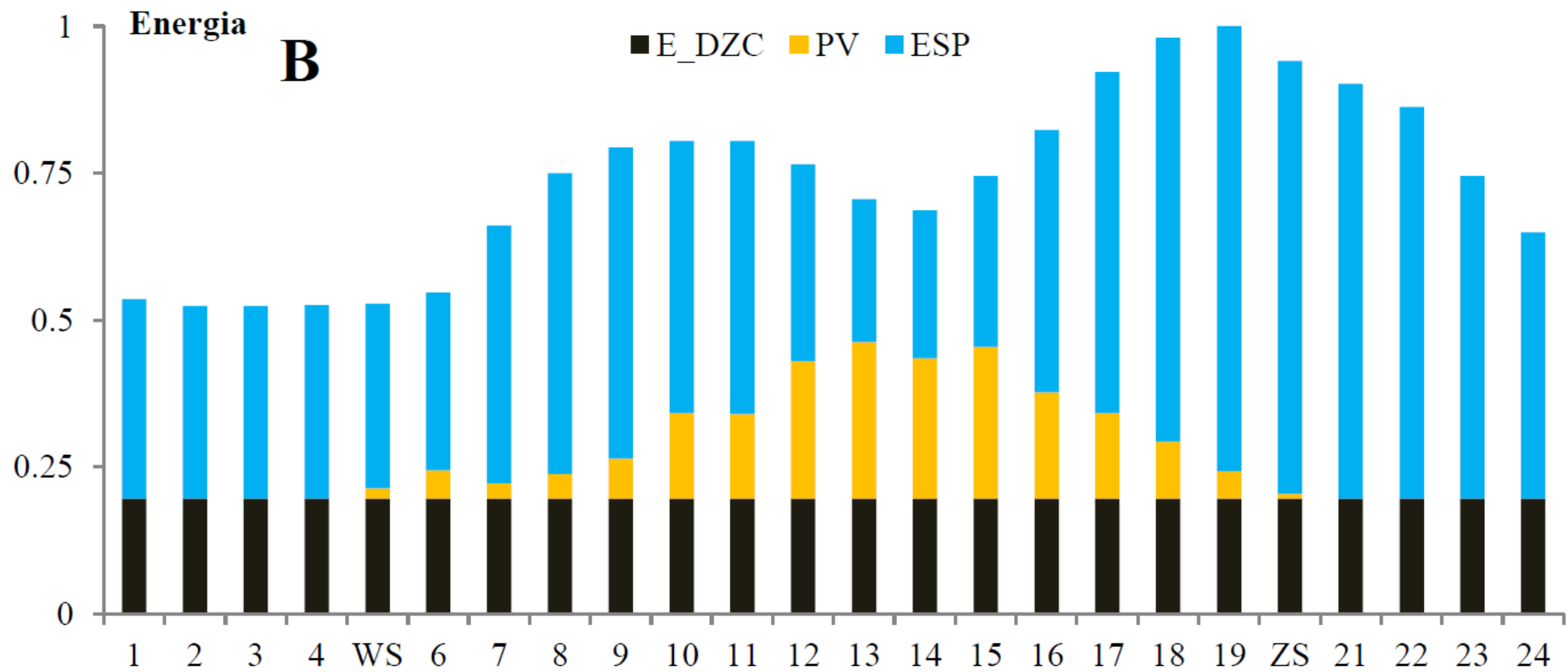
$$E^{TW} + E^{PV} < E^Z$$

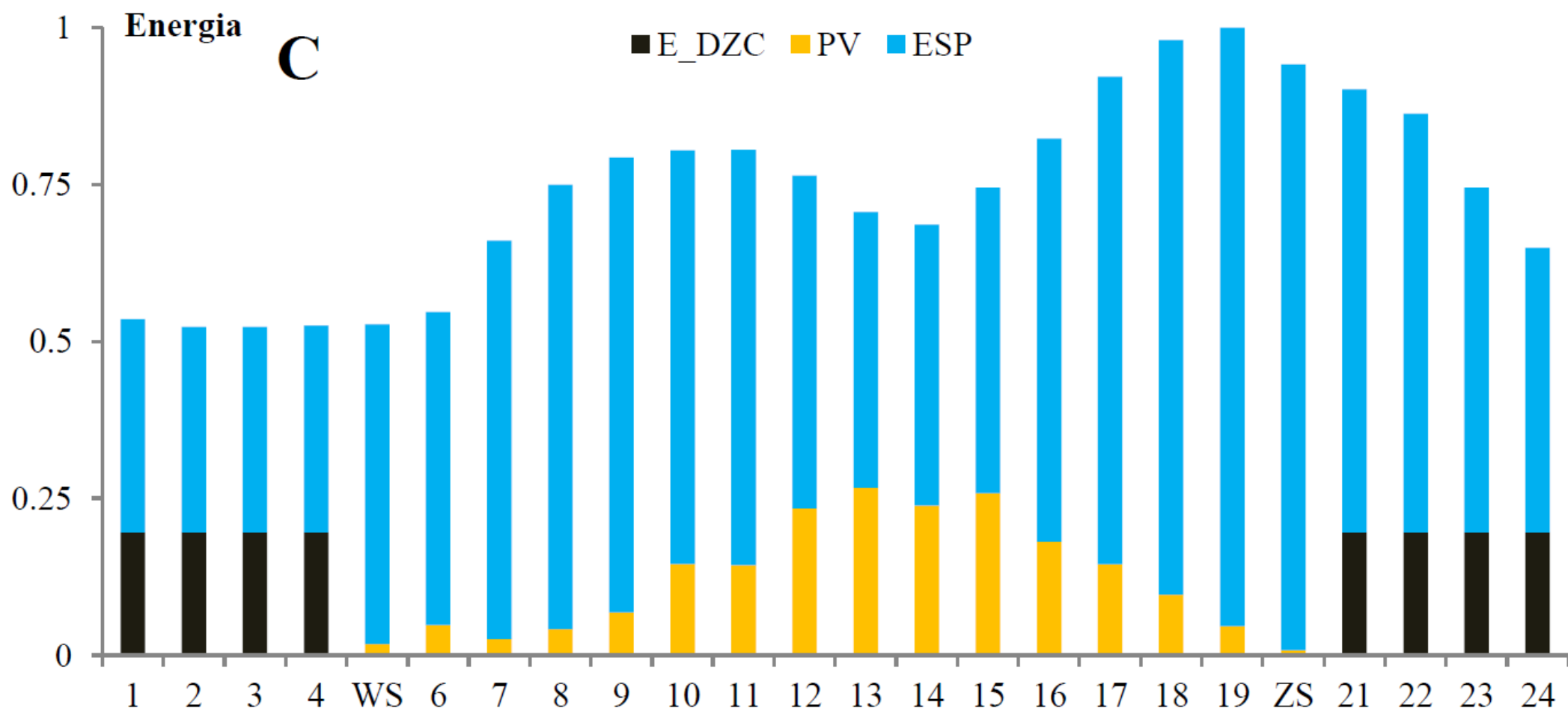


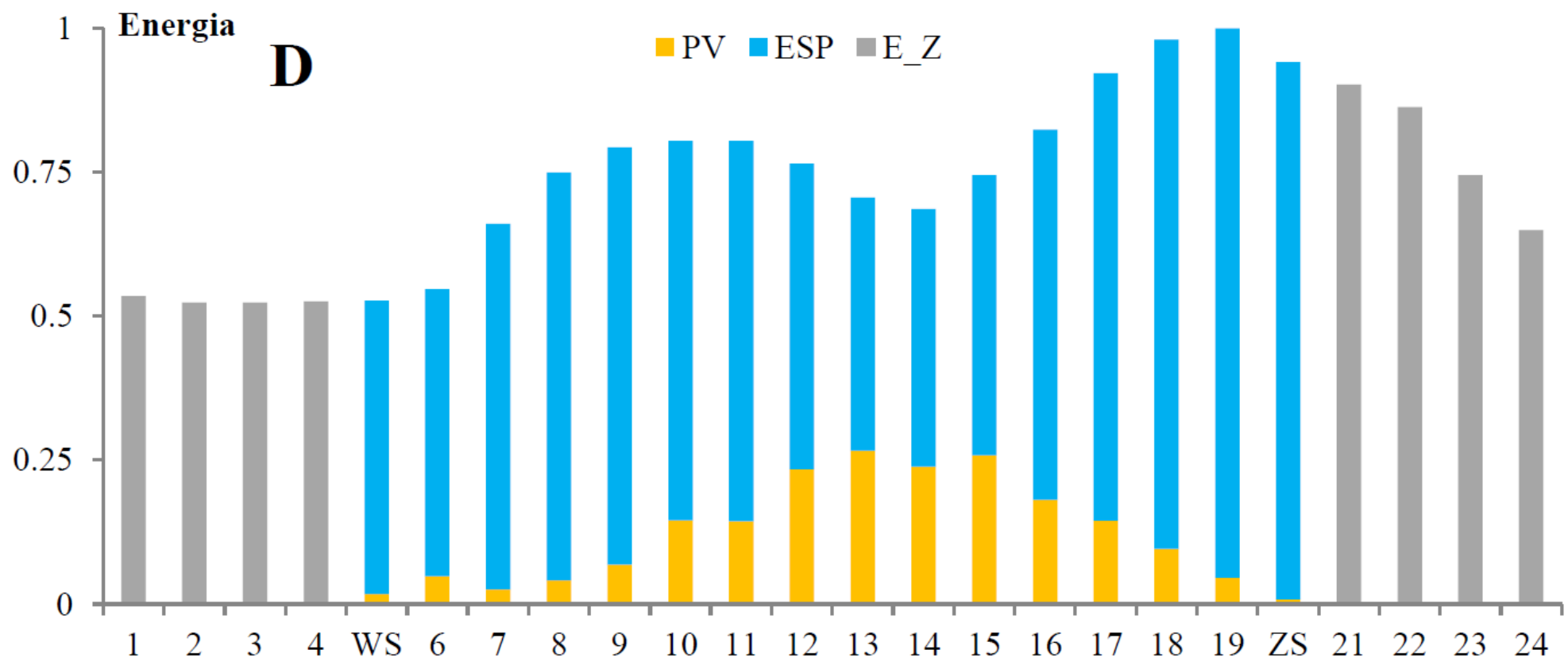
Współpraca z KSE

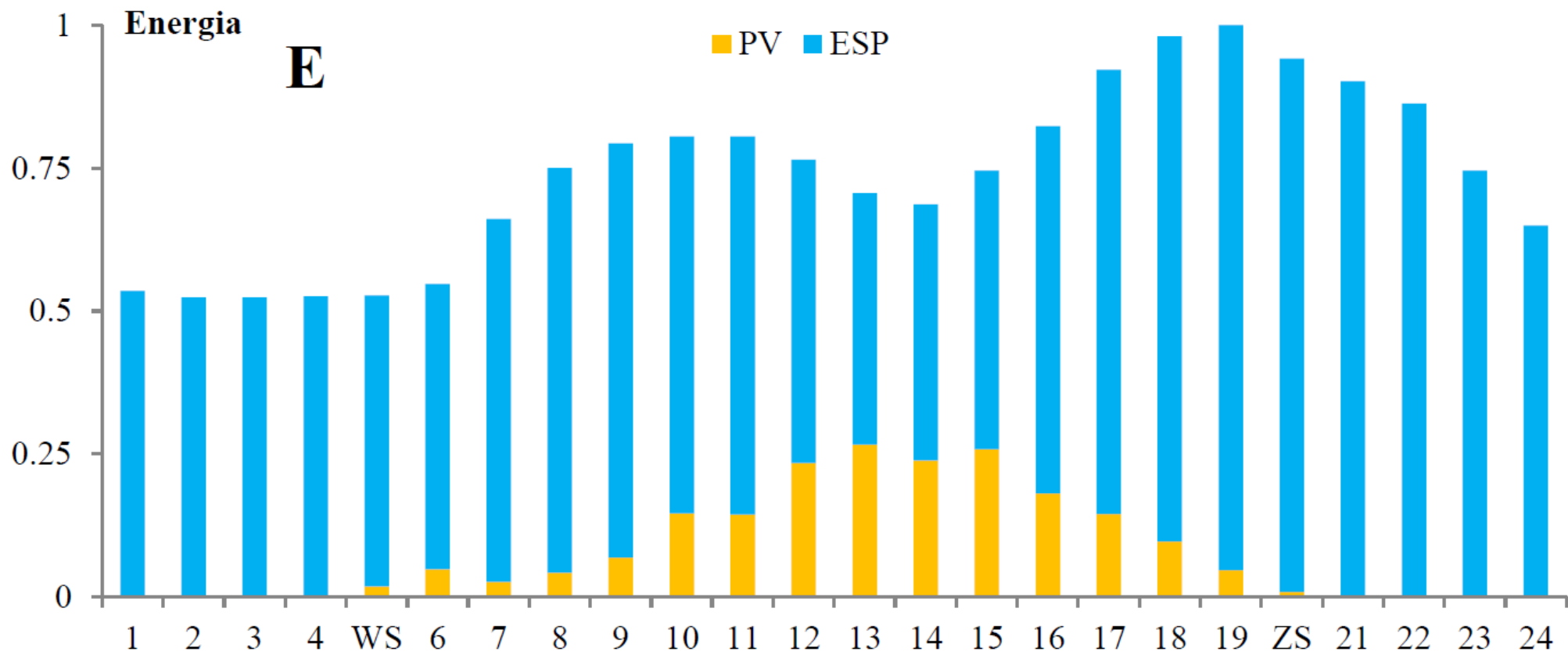
Scenariusz A











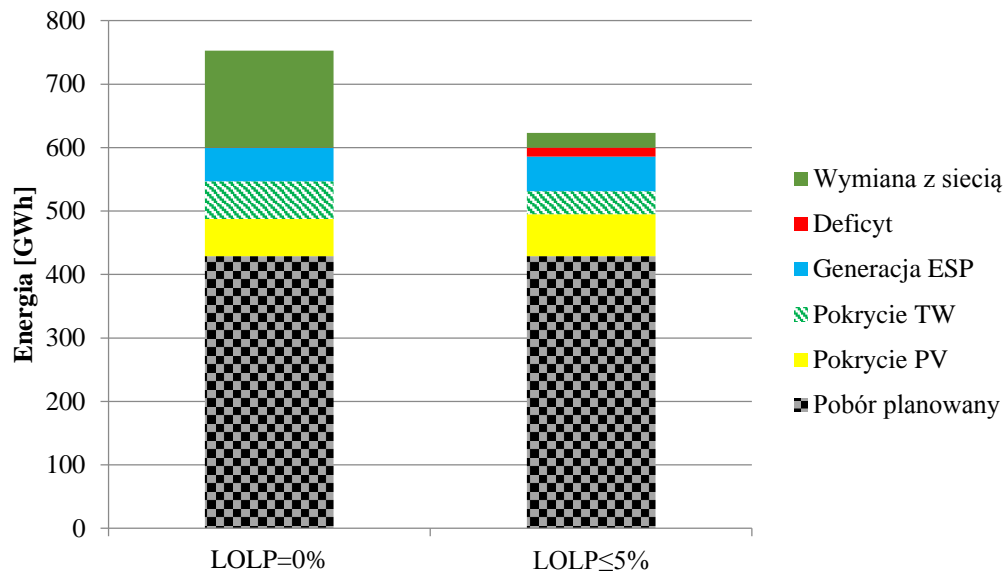
Dane wejściowe

	Generacja wiatrowa			PV
Capacity Factor	20%	30%	40%	10.8%
Uzysk energii [GWh/MW]	1,75	2,63	2,5	0,95

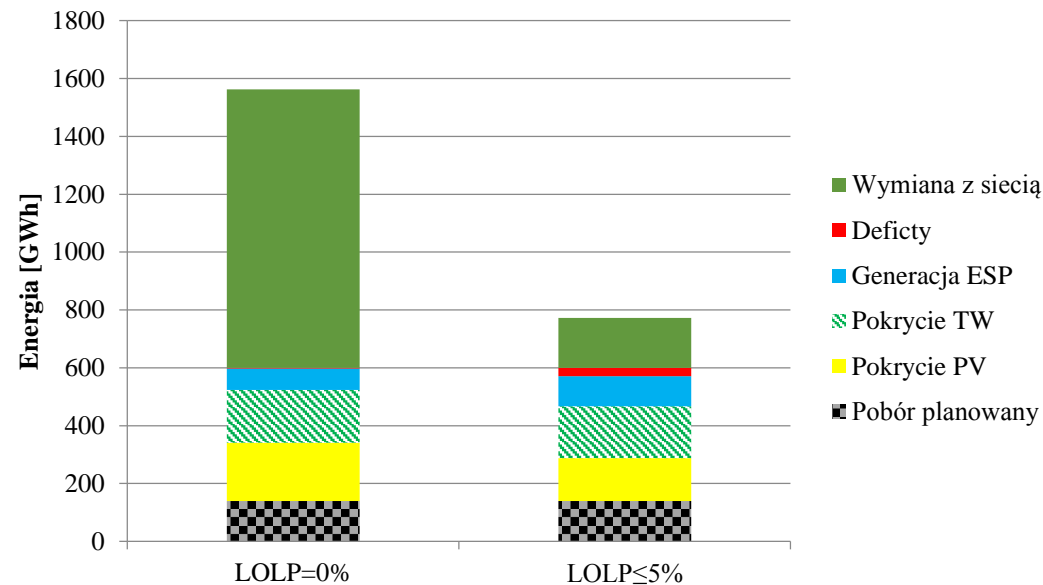
Pojemność zbiornik górnego	0,67 [GWh]
Moc pompowa/generatorowa	167 [MW]
Sprawność cyklu	80 [%]

Zapotrzebowanie	Planowo pokrywane z KSE			
Całkowite	A	B	C	D
600 [GWh]	429 [GWh]	316,5 [GWh]	139 [GWh]	284,5 [GWh]

Wyniki

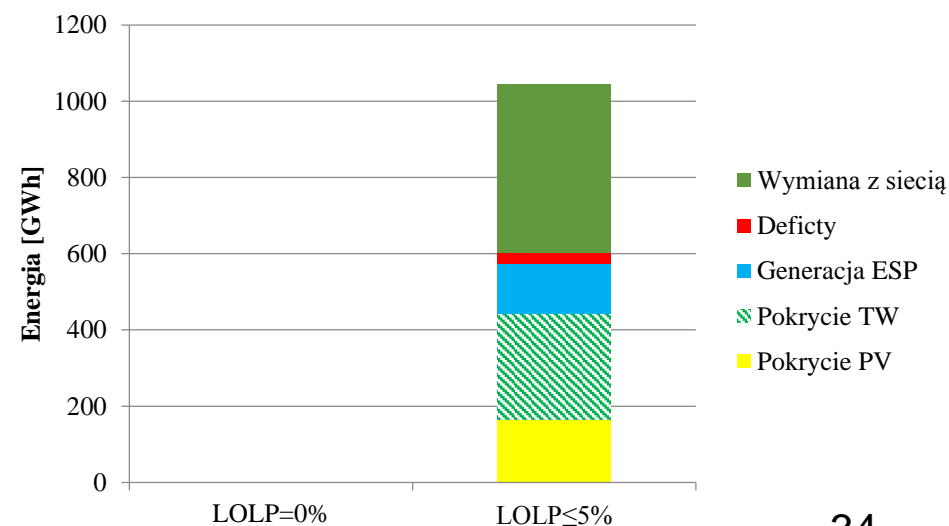


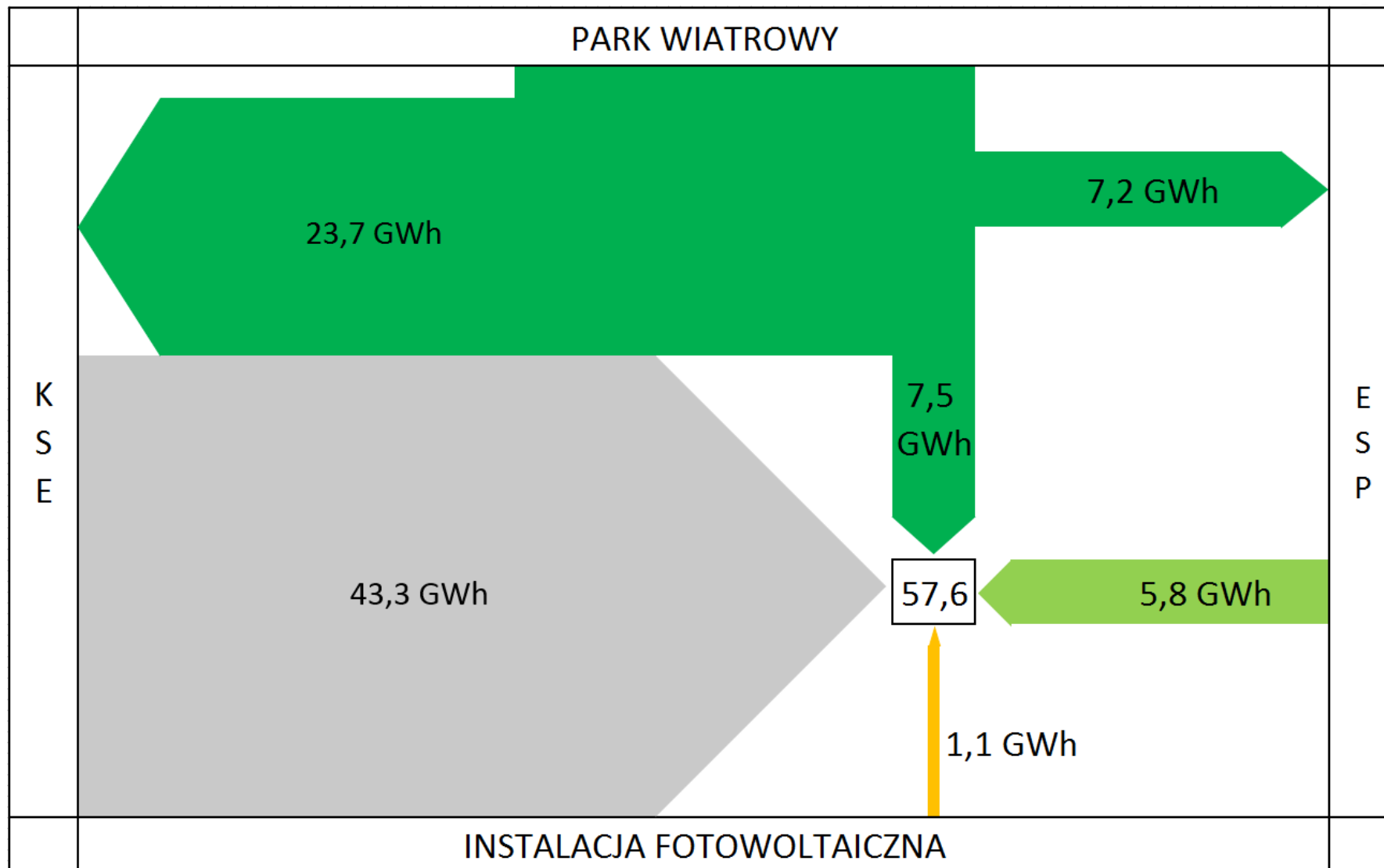
Bilans energetyczny. Scenariusz A_RWE_CF20%. Dla LOLP = 0%: PPV = 11 MW, PTW = 26 MW; dla: LOLP ≤ 5%: PPV = 13 MW, PTW = 10 MW, źródło: opracowanie własne



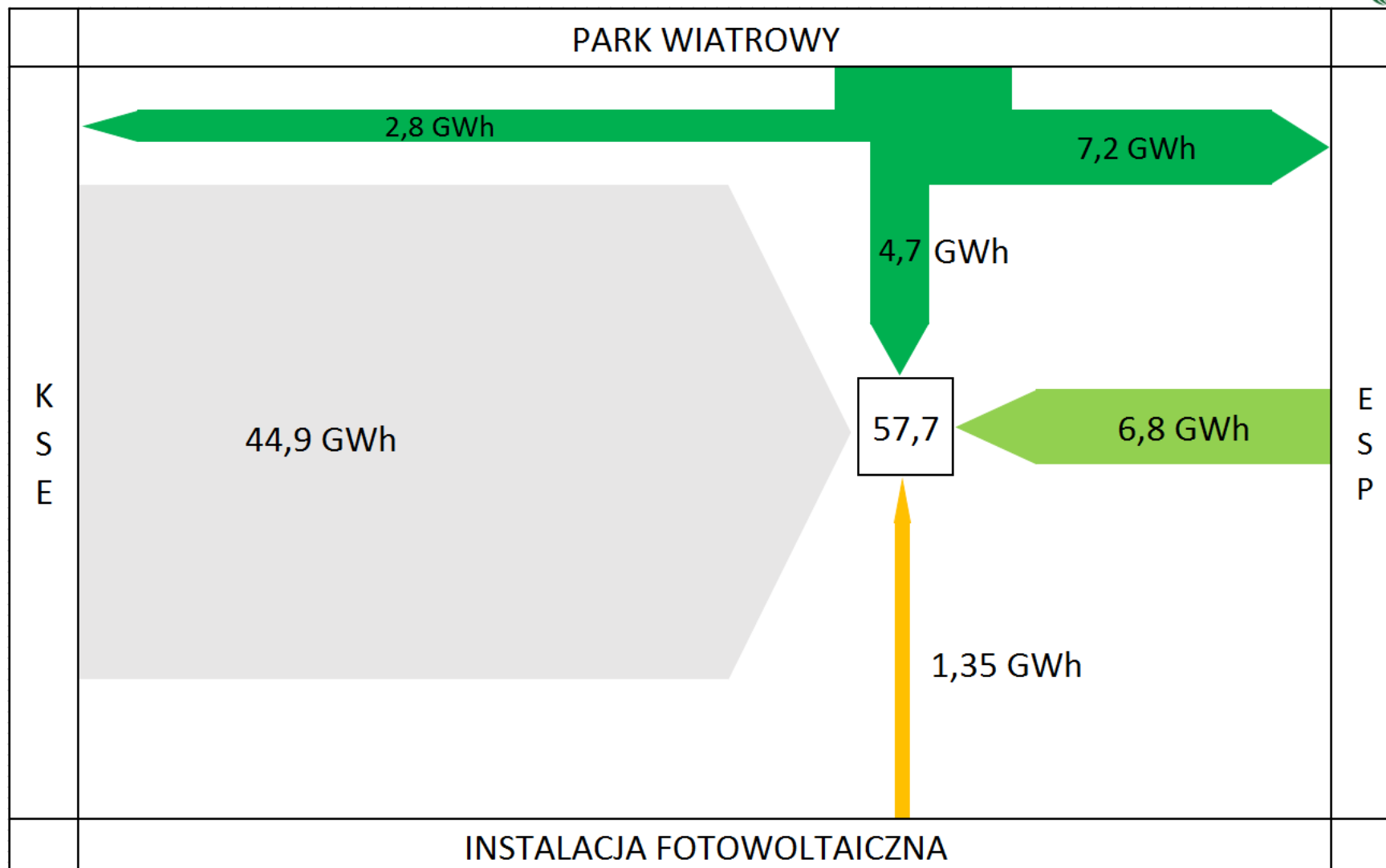
Bilans energetyczny. Scenariusz C_RWE_CF20%. Dla LOLP = 0%: PPV = 65 MW, PTW = 102 MW; dla: LOLP ≤ 5%: PPV = 32 MW, PTW = 40 MW, źródło: opracowanie własne

Bilans energetyczny. Scenariusz E_RWE_CF20%. Dla LOLP = 0%: PPV = ?? MW, PTW = ?? MW niespełnione ograniczenie – min LOLP dla: LOLP ≤ 5%: PPV = 41 MW, PTW = 76 MW, źródło: opracowanie własne

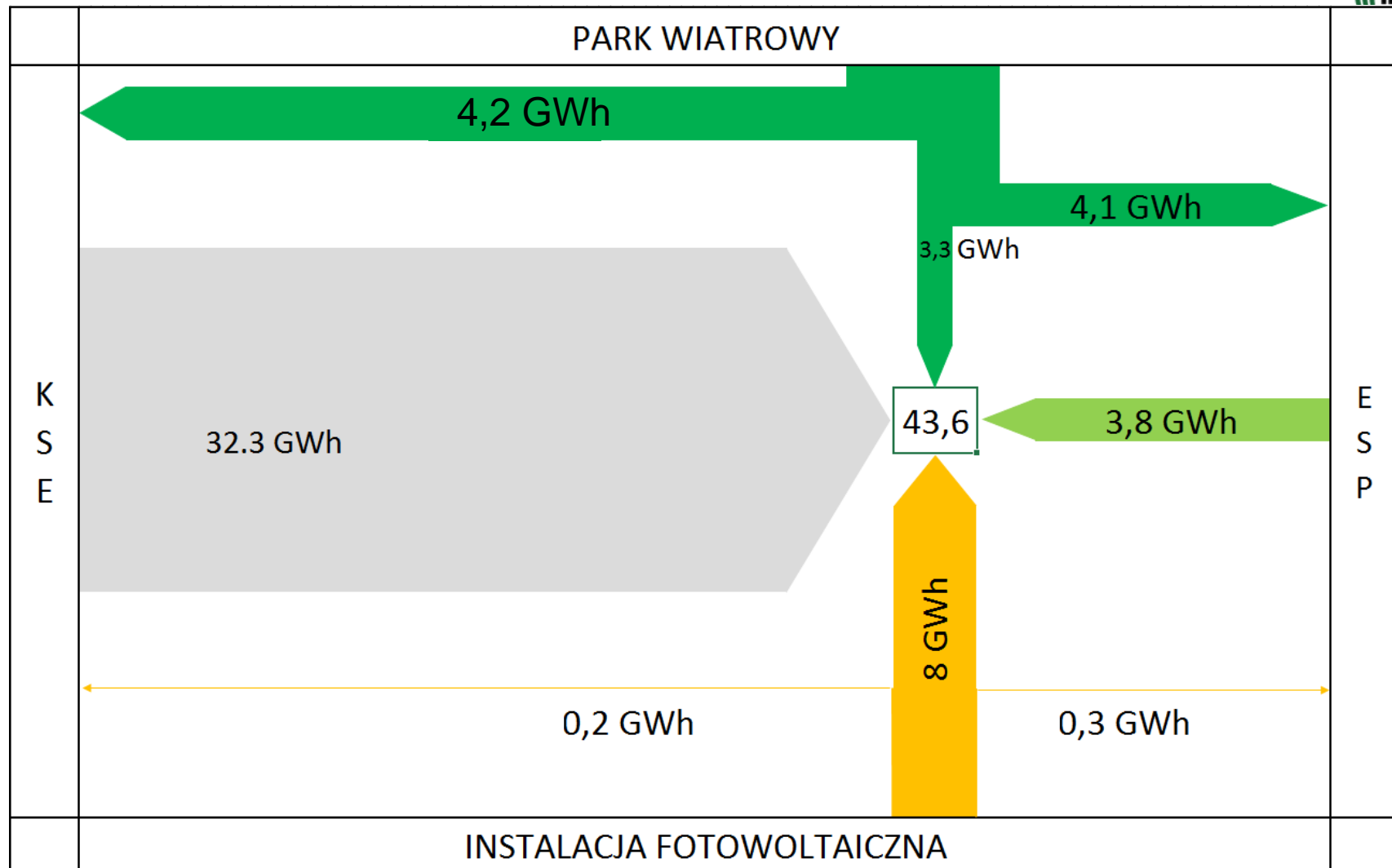




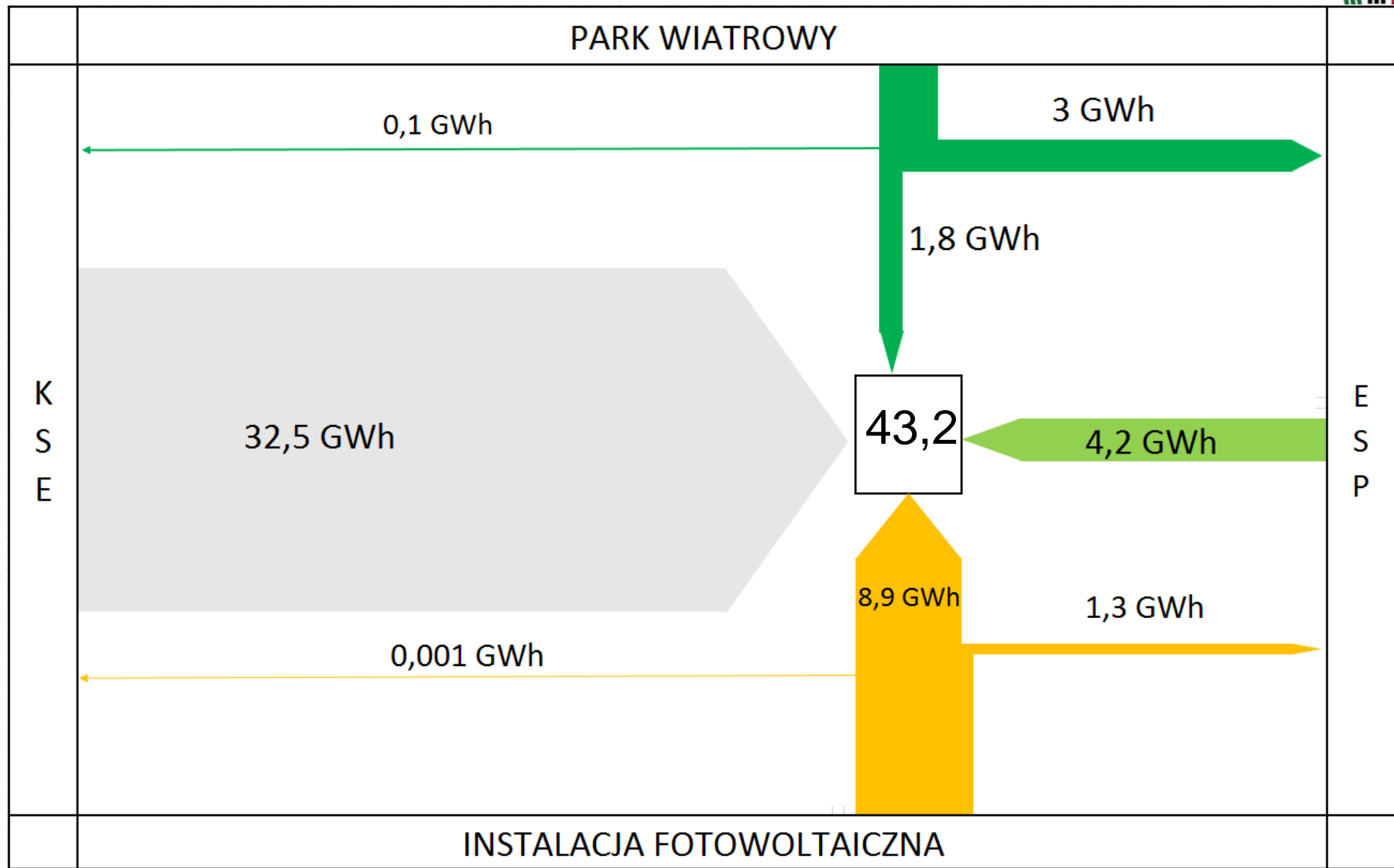
Scenariusz: A_RWE_20%_LOLP=0%_Styczeń



Scenariusz: A_RWE_20%_LOLP<5%_Styczeń



Scenariusz: A_RWE_20%_LOLP=0%_Lipiec



Scenariusz: A_RWE_20%_LOLP<5%_Lipiec

Wnioski

- » „zrównoważony” rozwój generacji słonecznej i wiatrowej;
- » spojrzenie systemowe – niekoniecznie wyłącznie parametry ekonomiczne;
- » Lokalne obszary bilansowania w oparciu o PV-TW-ESP.