



„Bytom liderem transformacji energetycznej w Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii”

Transformacja energetyczna, wyzwanie najbliższych lat w Europie i Polsce

Marcin Fice

Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny; Sekcja Energetyki Prosumenckiej
Stowarzyszenie Elektryków Polskich Oddział Gliwicki

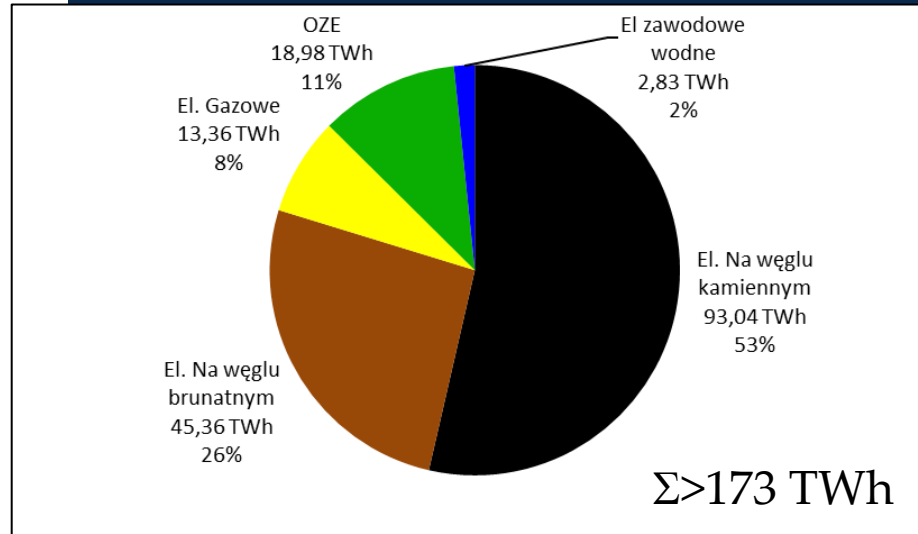
Bytom, 12.09.2023

- Trudne czasy tworzą silnych ludzi;
- silni ludzie tworzą łatwe czasy;
- łatwe czasy tworzą słabych ludzi;
- słabi ludzie tworzą trudne czasy.

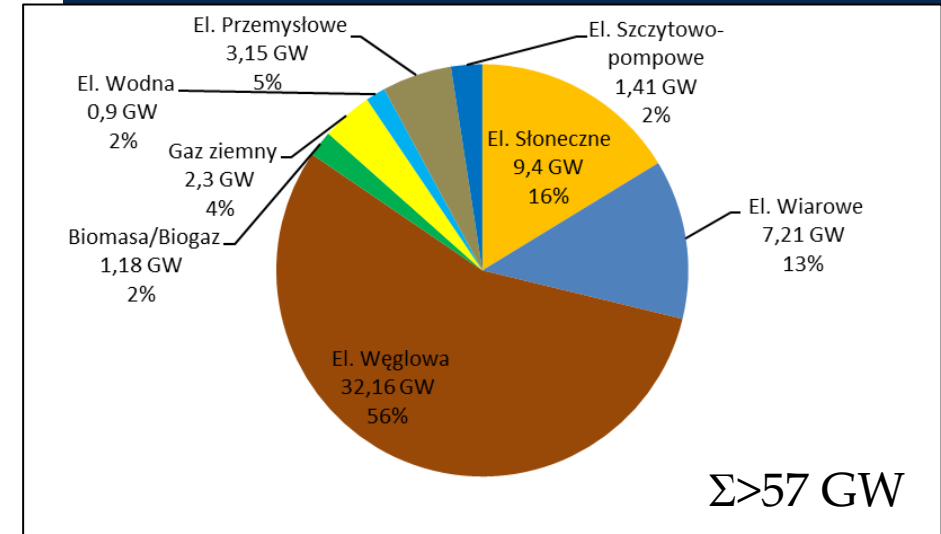


Stan obecny w polskiej elektroenergetyce

Produkcja energii elektrycznej w 2021 r.
[www.pse.pl]



Moc elektryczna zainstalowana w Polsce, marzec 2022
[www.ure.gov.pl]



węgiel kamienny: ok. 70 mln. t
(wydobycie ok. 60 mln. t)

węgiel brunatny: ok. 50 mln. t

energia pierwotna: ok. 1100 TWh

energia użyteczna: ok. 600 TWh

energia elektryczna: ok. 170 TWh

ciepło: ok. 200 TWh

paliwa transportowe: ok. 230 TWh

Transformacja energetyczna

Stan obecny

Emisja CO₂ w
elektroenergetyce:
ok. 750 kg CO₂/MWh

Usługi

(wytwarzanie, przetwarzanie i użytkowanie
energii, taryfy, ...)

Technologie

(wytwarzania, przetwarzania i użytkowania
energii, komunikacja, ...)

Społeczności energetyczne
(spółdzielnie, klastry, ...)

Stan docelowy

Emisja CO₂ w
elektroenergetyce:
0 kg CO₂/MWh ???

Horyzont 2050 ???

Transformacja energetyczna

Jaki jest cel transformacji?

Redukcja emisji?

Promowanie nowych technologii?

Redukcja kosztu wytwarzania energii?

Obniżenie cen energii?

Wzrost dobrostanu?

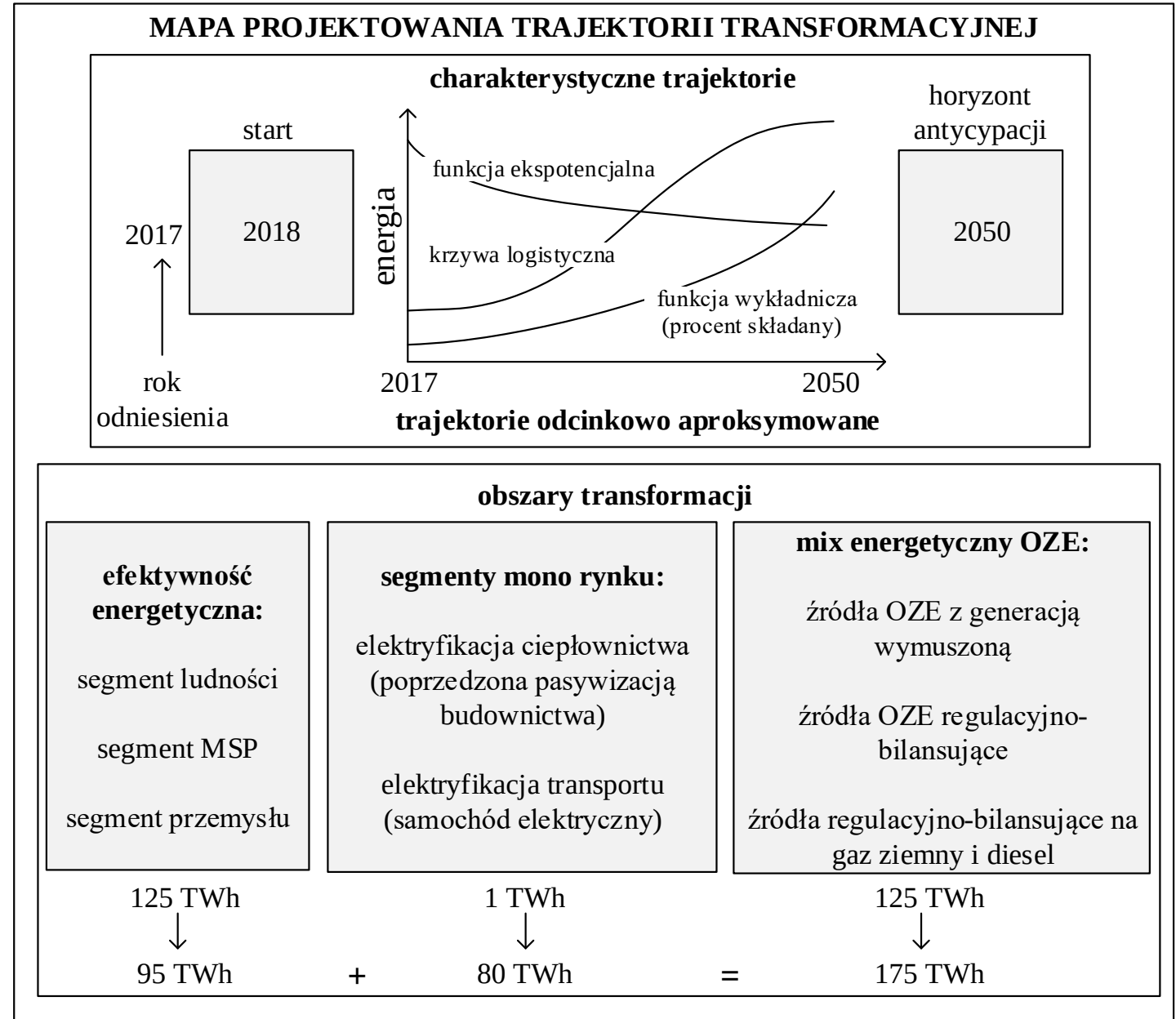
Wzrost PKB?

Niezależność energetyczna?

Bezpieczeństwo energetyczne?

Odporność energetyczna? (Odporność elektroprosumencka?)

...



Transformacja energetyczna

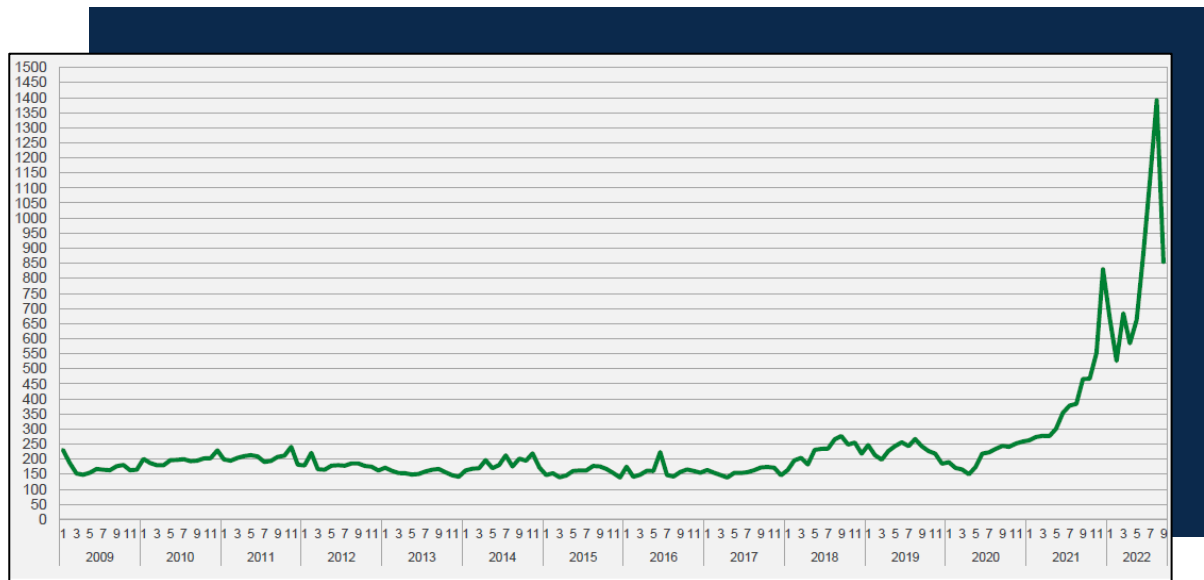
Jaki jest cel transformacji?

Bezpieczeństwo energetyczne?

Odporność energetyczna? (Odporność elektroprosumencka?)

...

Średnioważone miesięczne ceny energii od 2009 r.



Ustawa Prawo energetyczne:

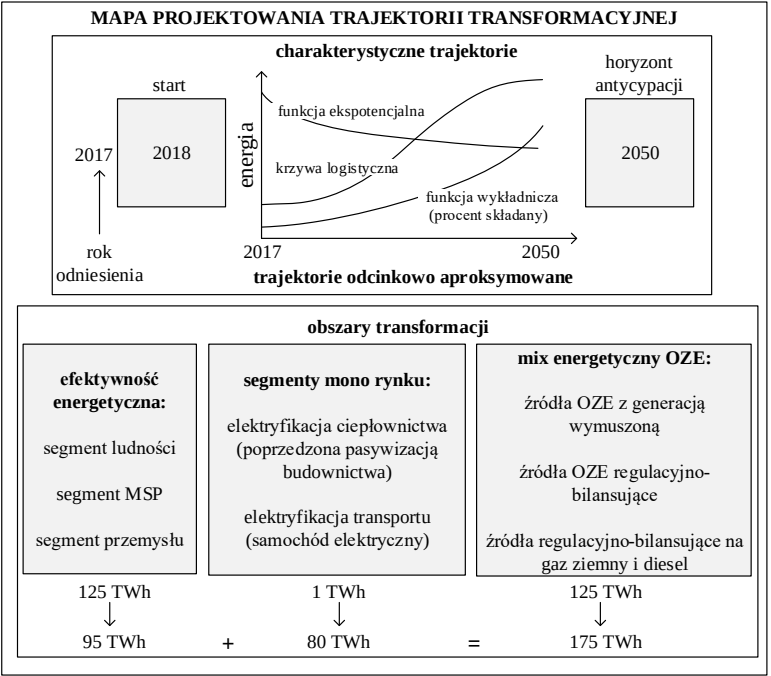
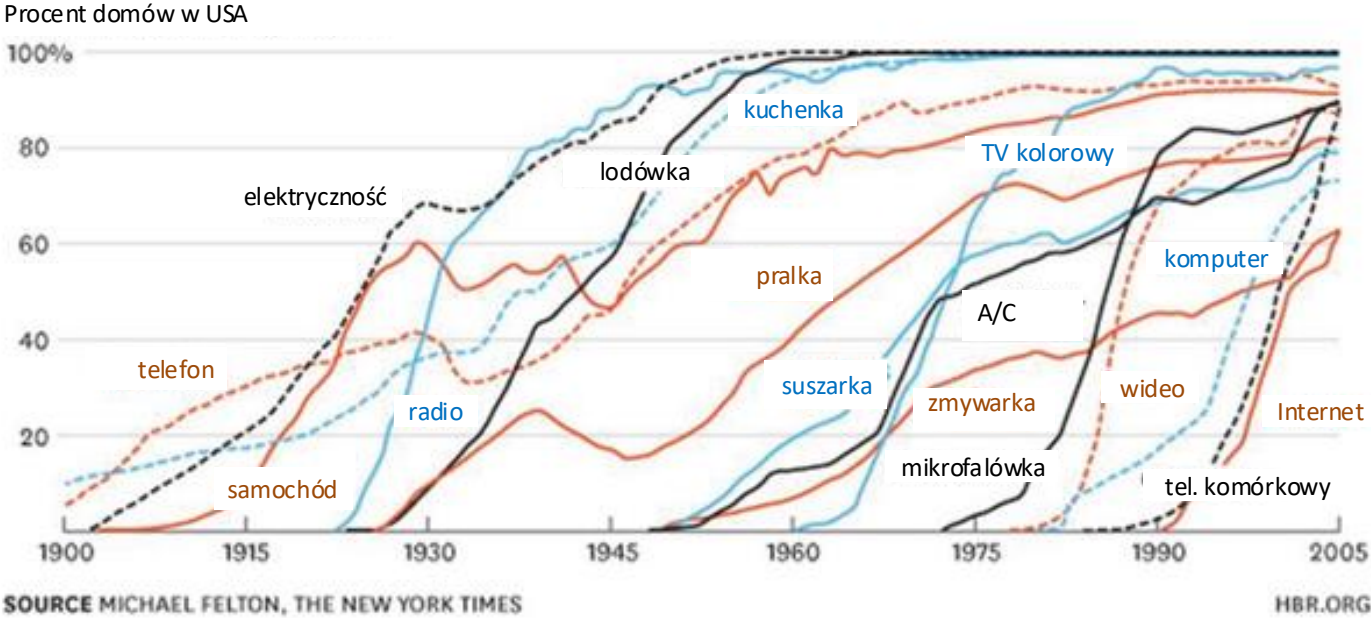
Stan gospodarki umożliwiający pokrycie bezpiecznego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska

Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA):

Bezpieczeństwo energetyczne to dostęp do energii obejmujący dostępność zasobów, spadającą zależność od importu, mniejsze negatywne skutki dla środowiska, konkurencję i efektywność rynkową, poleganie na własnych źródłach energii, które są środowiskowo czyste.

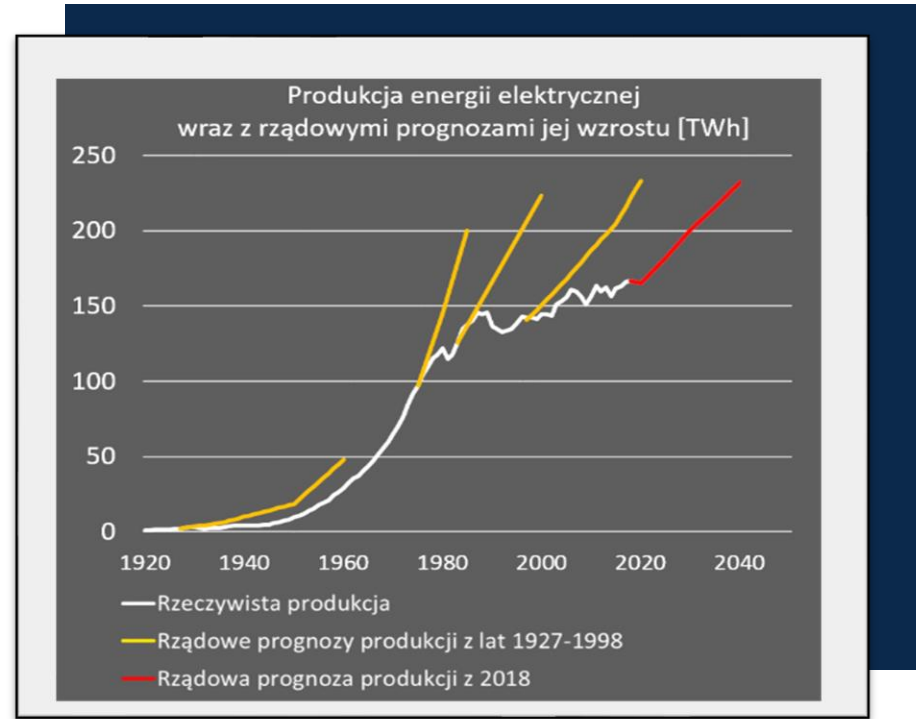
Transformacja energetyczna

Fundamentalny błąd poznawczy – prognoza zapotrzebowania na energię elektryczną.



Transformacja energetyczna

Fundamentalny błąd poznawczy – prognoza zapotrzebowania na energię elektryczną.



„Zużycie energii dynamicznie wzrasta”

W okresie po II Wojnie Światowej nigdy nie została osiągnięta wartość zużycia energii elektrycznej wg prognozy.

Czy teraz też tak będzie???

Prognozowane zapotrzebowanie na energię elektryczną.

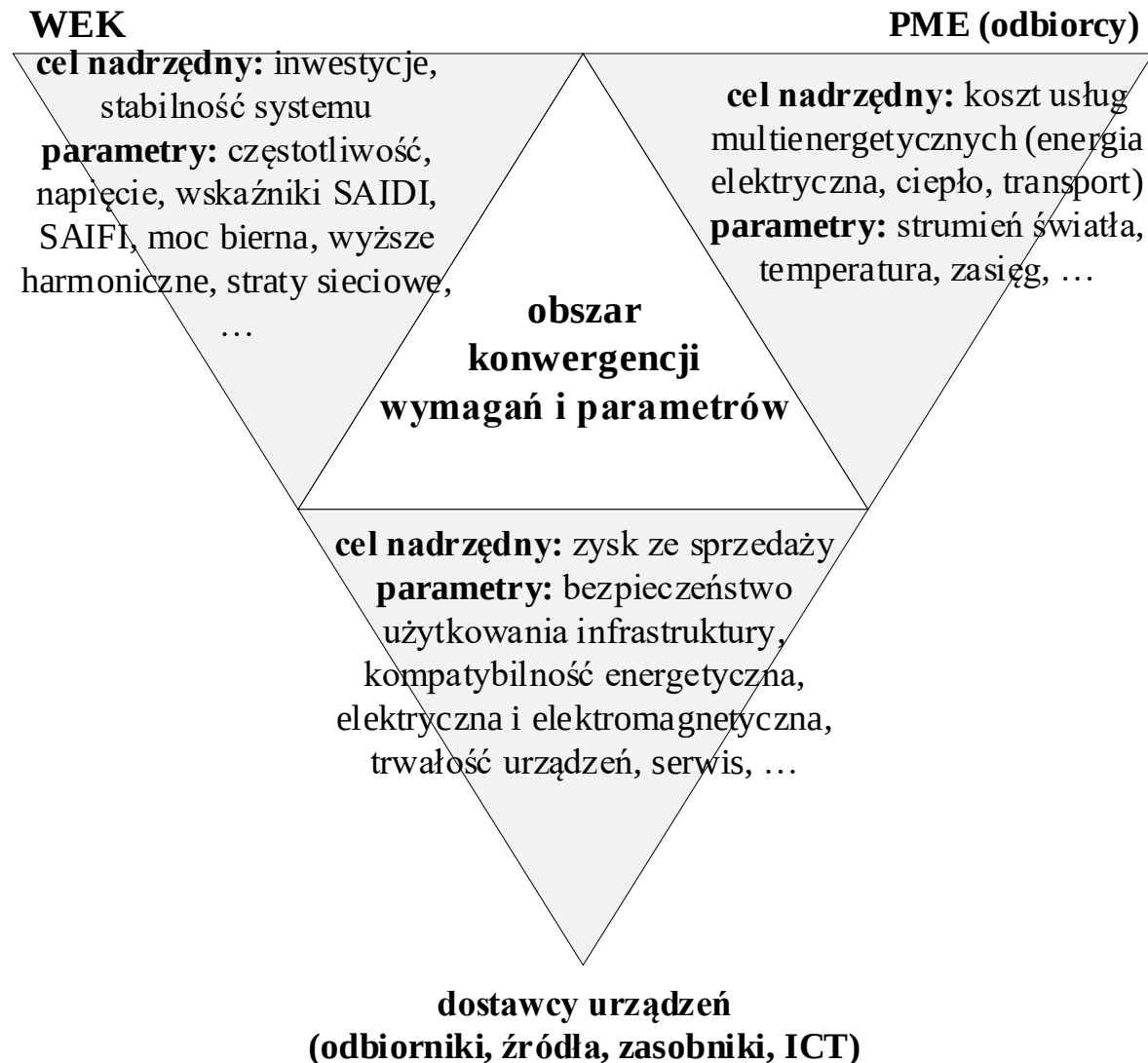
Oświetlenie	6%	13 TWh
Napęd (głównie przemysł)	41%	75 TWh
Procesy (głównie przemysł)	21%	45 TWh
AGD (gospodarstwa domowe, MŚP)	19%	42 TWh
ICT	13%	22 TWh
Łącznie	100%	200 TWh

Polski bilans energetyczny przed i po transformacji

Energetyka węgla, ropy i gazu			
energia chemiczna: 1100 TWh			energia końcowa: 600 TWh
Rynek zaspokajania potrzeb energetycznych			
energia (elektryczna) napędowa OZE (głównie): 200 TWh, energia użyteczna: 205 TWh			
Reelektryfikacja OZE			Usługi energetyczne
	energia, %	moc, GW	obecny rynek en. elektrycznej 130 TWh → 95 TWh
GOZ	5	1,2	
uEB	5	1,2	pasywizacja budownictwa 150 TWh → 30 TWh
EB	10	2,5	
EW	25	12,5	elektryfikacja ciepłownictwa 45 TWh → 15 TWh
PV	30	60	
off-shore	25	10	elektryfikacja transportu 200 TWh → 65 TWh

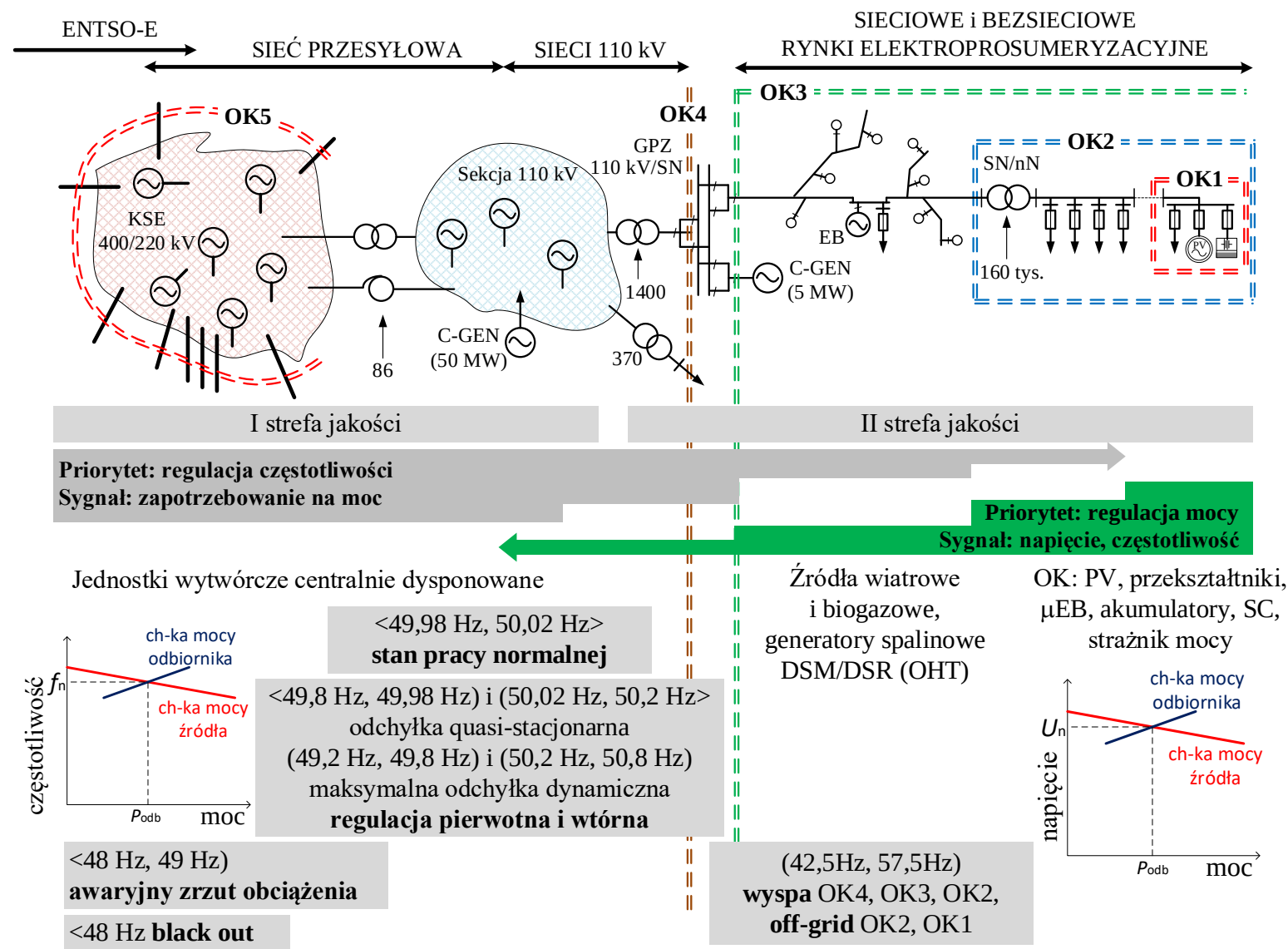
Transformacja energetyczna

Trójbiegunowy obszar konwergencji wymagań jakościowych na rynku energii elektrycznej.

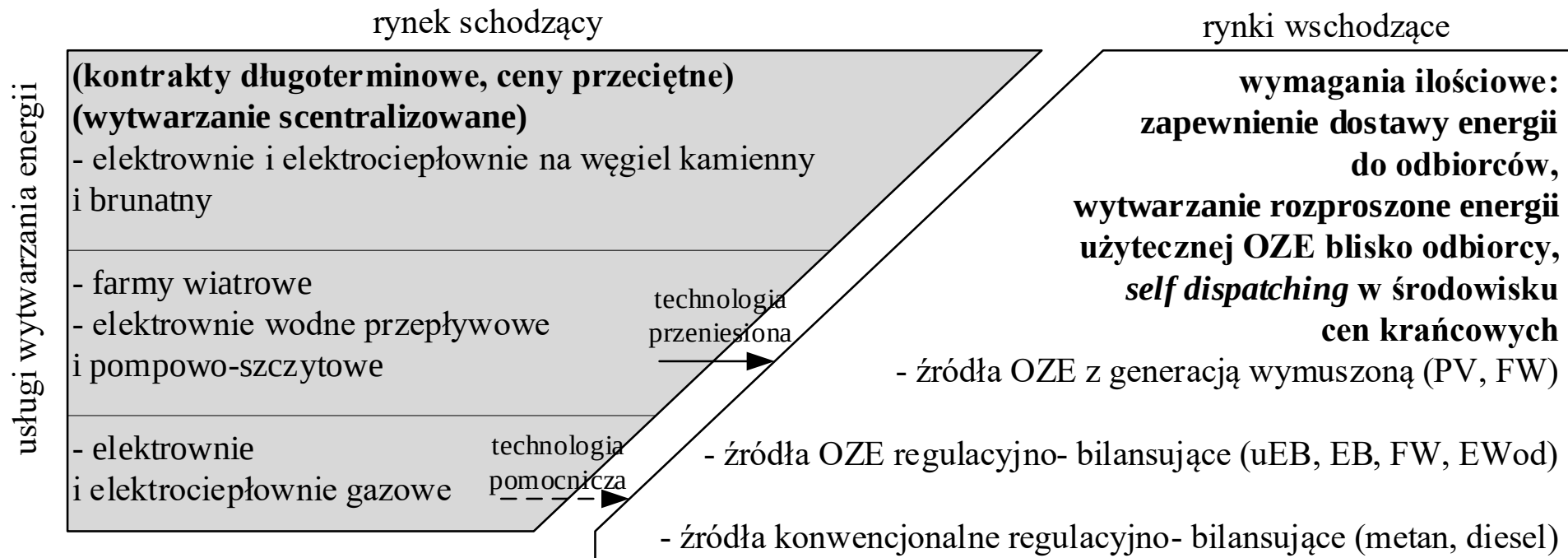


Transformacja energetyczna

Strefy jakościowe energii elektrycznej oraz charakterystyczne technologie i mechanizmy systemowe.



Mapa transformacji dotychczasowych segmentów usług wytwarzania energii i usług systemowo-sieciowych w rynki wschodzące



Mapa transformacji dotychczasowych segmentów usług wytwarzania energii i usług systemowo-sieciowych w rynki wschodzące

usługi systemowe (regulacyjno-bilansujące)

(stabilność KSE)

- TGE, rynek bilansujący, kontrakty bilateralne
- regulacja pierwotna i wtórna (sekundowa i minutowa), (na poziomie JWCD – jednostki wytwórcze centralnie dysponowane)
- rynek mocy (nadmiar mocy wytwórczych)
- DSM/DSR, redukcja zapotrzebowania na sygnał OSP

wymagania jakościowe:

zapewnienie dostawy energii do odbiorców (odbiorników)-

- reakcja/odpowiedź milisekundowa – regulacja na poziomie układów przekształtnikowych oraz zasobników energii
- reakcja/odpowiedź sekundowa – regulacja źródeł energii
- reakcja/odpowiedź minutowa – regulacja odbiornikowa
- terminal STD (sterowanie mocą i zarządzanie energią wewnątrz i na granicy osłony kontrolnej)

Mapa transformacji dotychczasowych segmentów usług wytwarzania energii i usług systemowo-sieciowych w rynki wschodzące

usługi sieciowe (rozliczeniowe)

(socjalizacja kosztów)

- operator systemu przesyłowego
- operatorzy systemów dystrybucyjnych
- opłata systemowo-sieciowa płacona przez odbiorcę

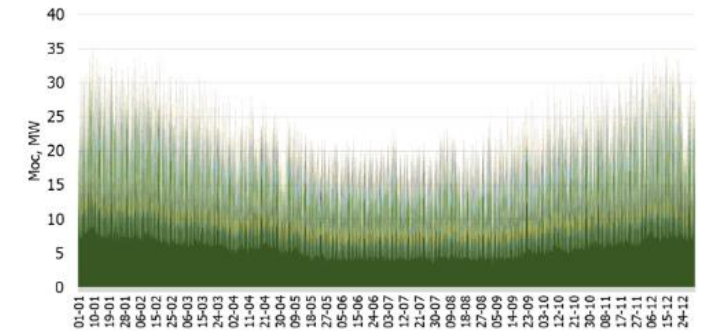
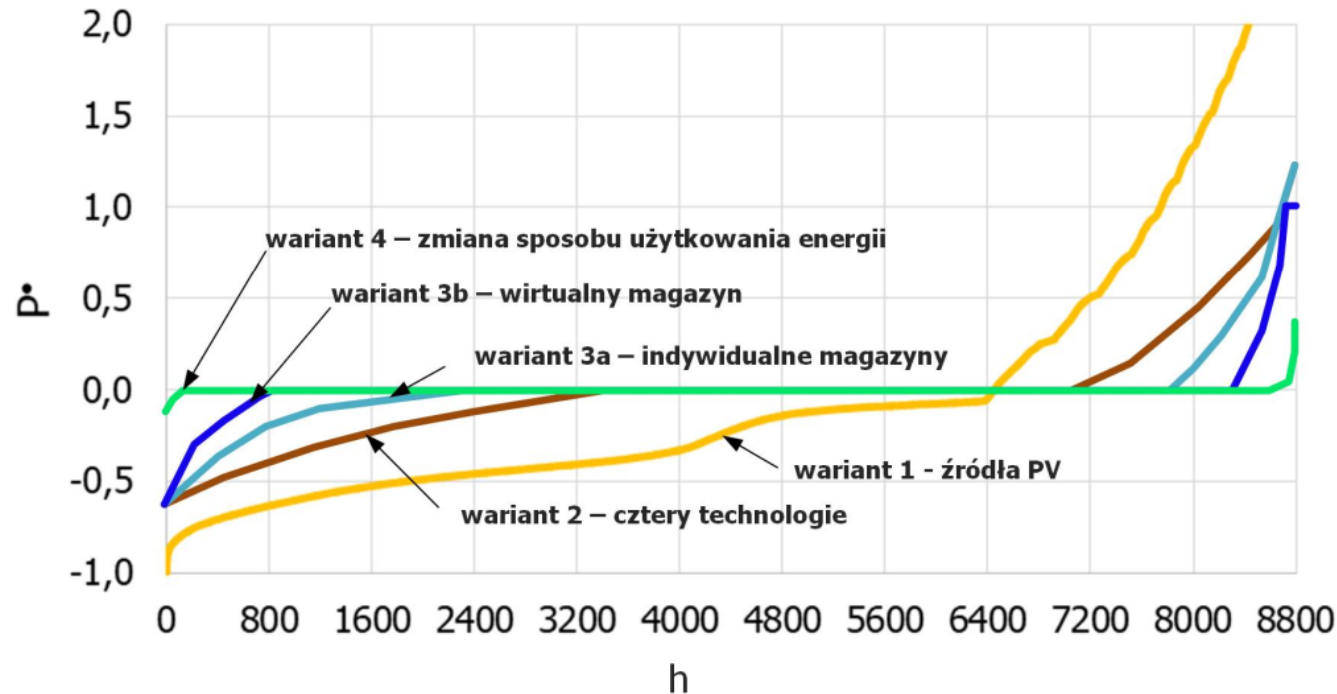
wymagania cenowe

ekwiwalent opłaty systemowo-sieciowej na bazie net meteringu

- lokalni operatorzy OHT
- niezależni operatorzy pomiarów (NOP)
- operatorzy systemów dystrybucyjnych
- opłaty wg cen krańcowych i rynku czasu rzeczywistego

Transformacja energetyczna w skali miasta

Elektroprosumencki miks energetyczny



Wariant 1 - Wykorzystanie źródeł PV.

Wariant 2 - Struktura wytwórcza charakterystyczna dla obszarów miejsko-wiejskich i obejmująca technologie OZE takie jak źródła PV, elektrownie wiatrowe (pojedyncze) oraz mikro elektrownie i elektrownie biogazowe.

Wariant 3a - Wykorzystanie magazynów energii (akumulatorów) - praca indywidualna

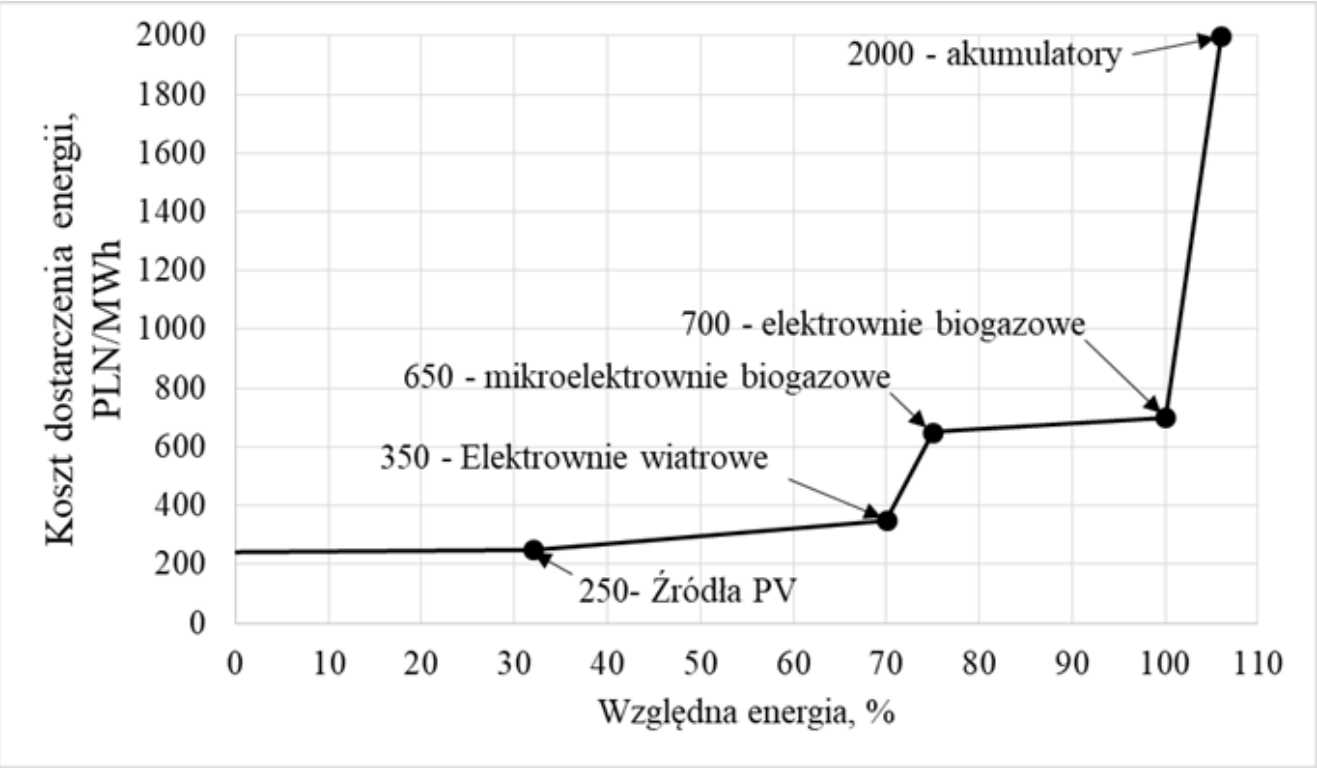
Wariant 3b - Wykorzystanie magazynów energii (akumulatorów) - wirtualny magazyn

Wariant 4 - Zmiana sposobu użytkowania energii (reakcja na sygnał cenowy).

Transformacja energetyczna w skali miasta

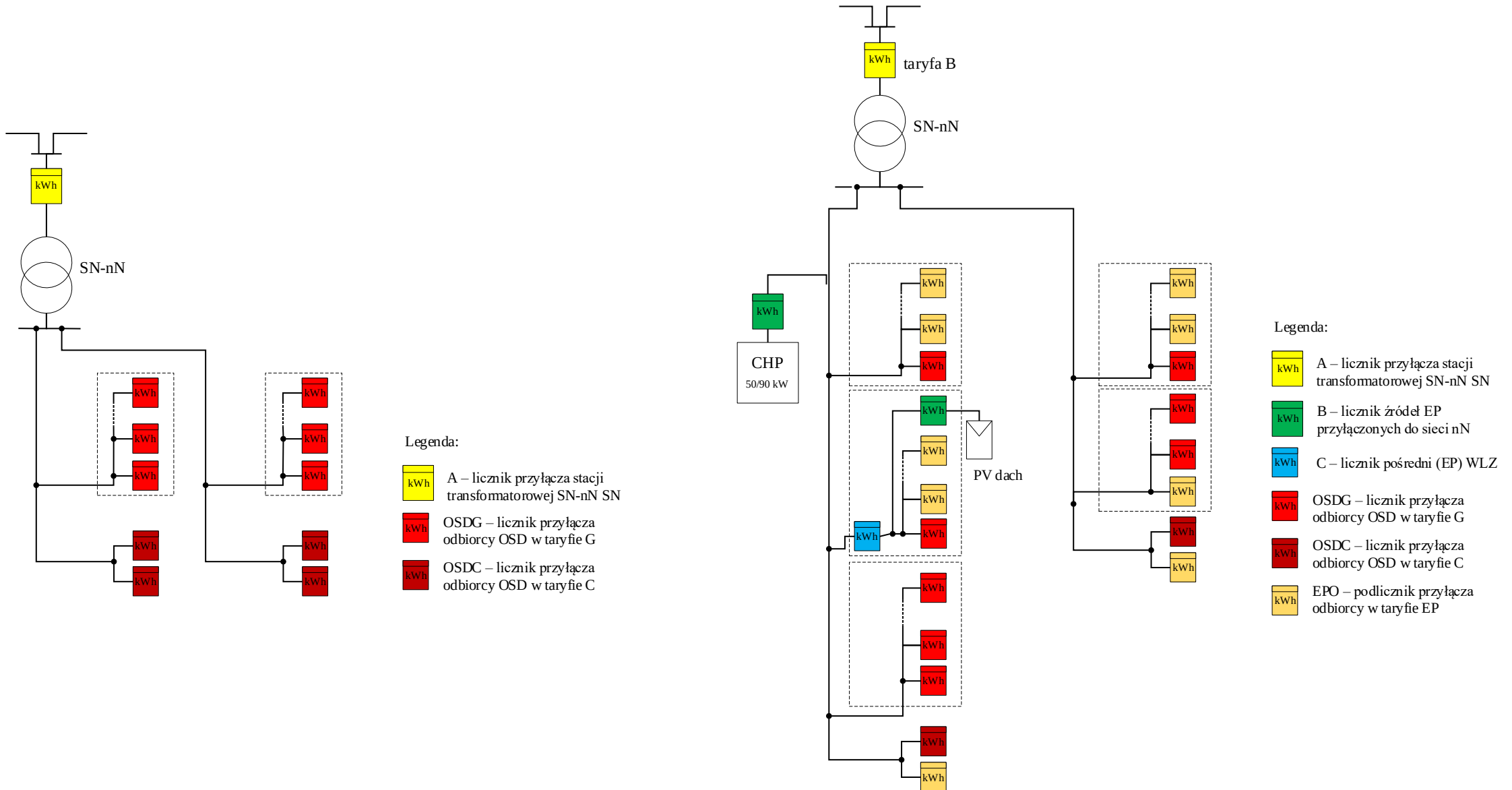
Elektroprosumencki miks energetyczny

średnioroczny koszt: 421 PLN/MWh



	Koszt jednostkowy, PLN/MWh
źródła PV	250
mikroelektrownie wiatrowe	550
elektrownie wiatrowe	350
mikroelektrownie biogazowe	650
elektrownie biogazowe	700
mineralizacja (GOZ)	500
elektrownie wiatrowe offshore	350
gazowe źródła kogeneracyjne	400
agregaty prądotwórcze (UGZ)	1500
akumulatory	2000

Transformacja energetyczna w skali osiedla – współużytkowanie zasobów sieciowych



Transformacja energetyczna w skali osiedla – współużytkowanie zasobów sieciowych

Typowe zasilanie osiedla

1. Dostawa z OSD: 450 liczników taryfy G11 i C11
2. Miejski system – kotłownia gazowa centralna
3. PV 50 kWp
4. Ładowarki 30 szt.

Koszty eksploatacji: 2.580.000 zł/rok

Nowe zasilanie osiedla EP

1. Elektrociepłownia 1600 kW (gaz)
2. Stacja Transformatorowa + rozdzielnia 1,25 MW
3. CHP 190/240 kW
4. PV 50 kWp
5. Ładowarki 30 szt.

Koszty: 1.095.000 zł/rok

Różnica: 1,48 mln zł/rok

CAPEX: 2,6 mln zł

SPBT: 1,75 lat

Transformacja energetyczna w skali osiedla – współużytkowanie zasobów sieciowych

Obecny system:

OSD + PEC

Koszty eksploatacji:

e.e. (taryfy C+G) 935 000 zł

msc 2 247 000 zł

sam. el. 1 034 000 zł

PV -34 000 zł

Razem: 4 182 000 zł

Koszt inwestycji 2,8 mln zł

Spółdzielnia elektroprosumencka

Koszty eksploatacji:

Elektrociepłownia + Trafo + CHP + PV

e.e. (B) 420 000 zł

Gaz 1 120 000 zł

Serwis + obsługa 280 000 zł

Parkingi elektryczne -500 000 zł

DSR + Premia kog. 225 000 zł

Razem: 1 095 000 zł

Koszty inwestycji: 6 mln zł

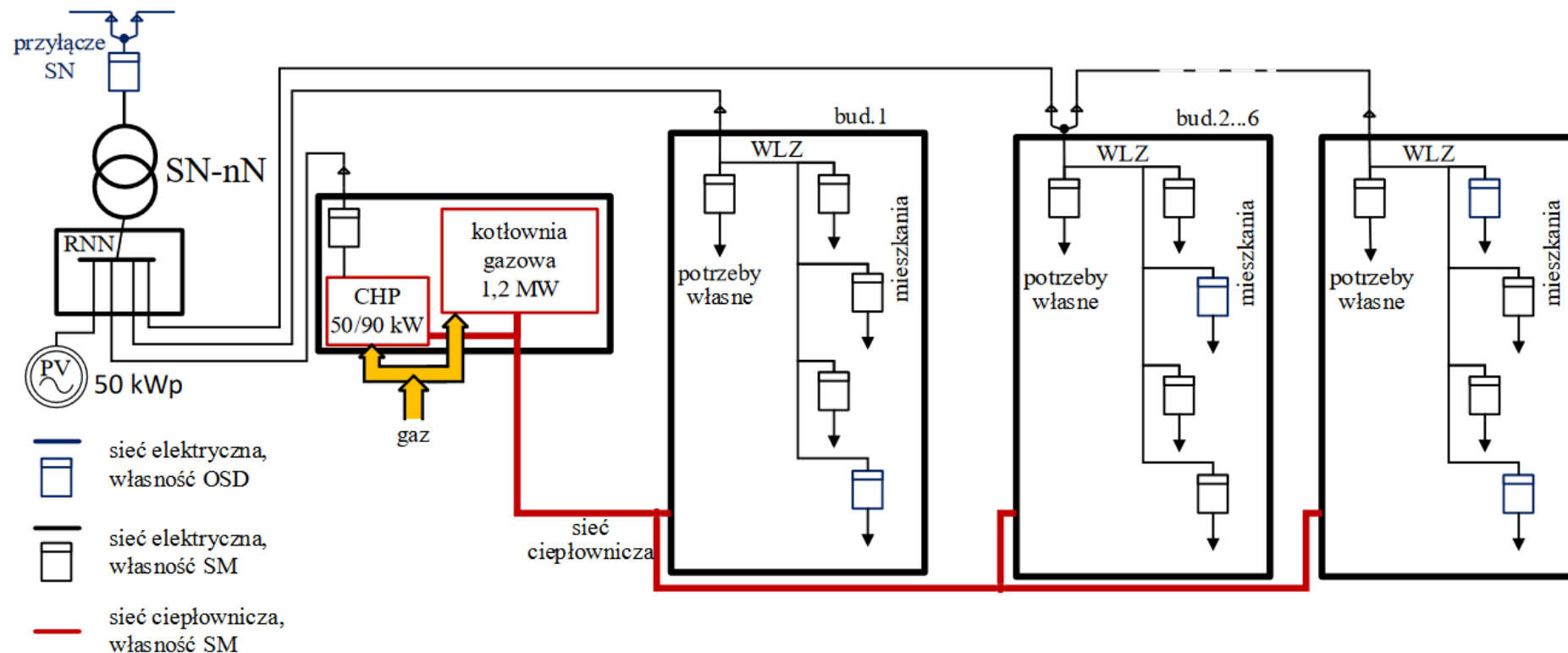
Czas zwrotu: 2,1 lat

Koszt jednostkowe:

$W1 = 9,2 \text{ zł/m}^2/\text{m-c}$

$W2 = 4,5 \text{ zł/m}^2$

Transformacja energetyczna w skali osiedla – współużytkowanie zasobów sieciowych



Inwestycja: CHP 50/100: 500 000
PV (50 kW) 150 000
Liczniki+SZE: 500 000
Kotłownia + węzły: 1 500 000
Razem: 2,65 mln zł
Oszczędność roczna: 0,75 mln zł
Czas zwrotu: 3,5 lat

Przed:

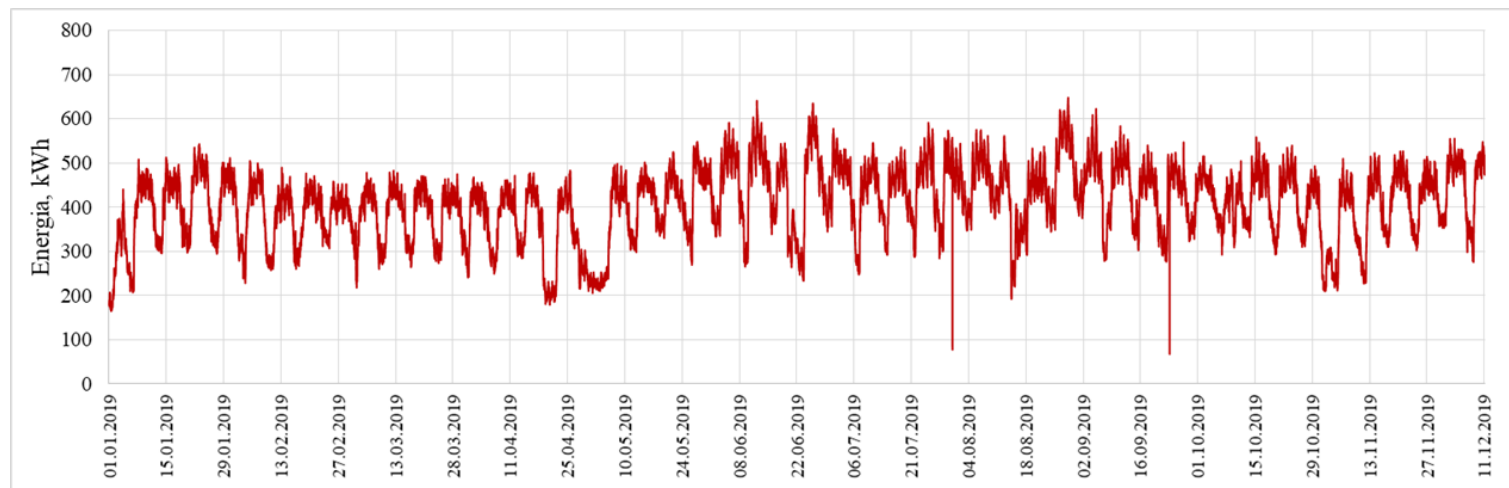
Koszt cwu: 90 zł/m³
Koszt c.o.: 5,56 zł/m²/m-c
Koszt e.e. 4,34 zł/m²/m-c

Po:

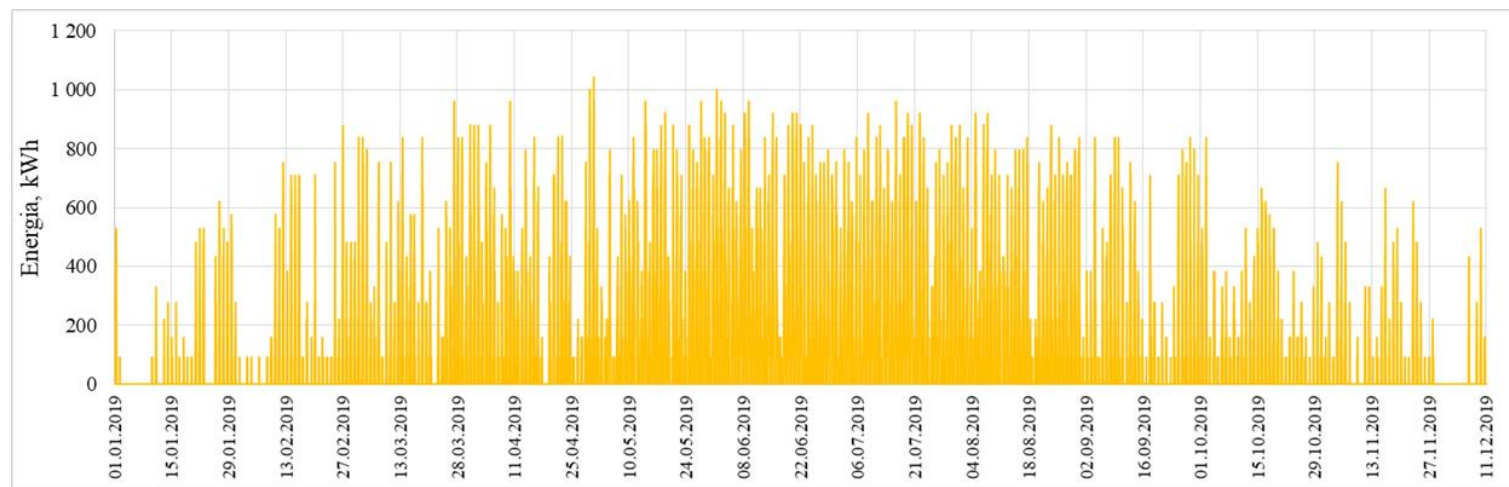
Koszt cwu: 30 zł/m³
Koszt c.o. 2,35 zł/m²/m-c
Koszt e.e. 3,2 zł/m²/m-c

Transformacja energetyczna w skali przedsiębiorstwa

Profil zapotrzebowania 15-min lub godzinowy

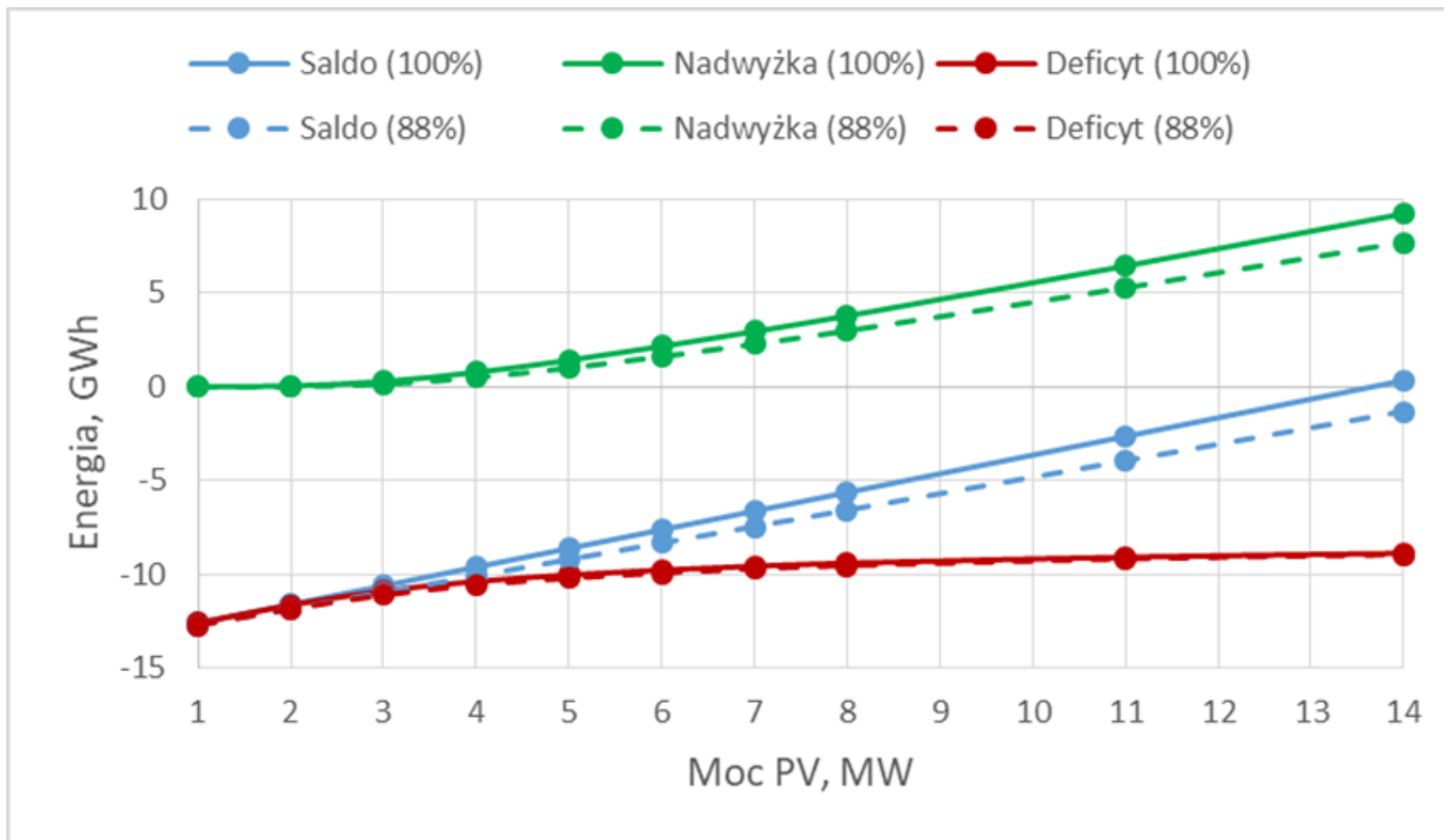


Profil generacji 15-min lub godzinowy



Transformacja energetyczna w skali przedsiębiorstwa

Roczny bilans energetyczny

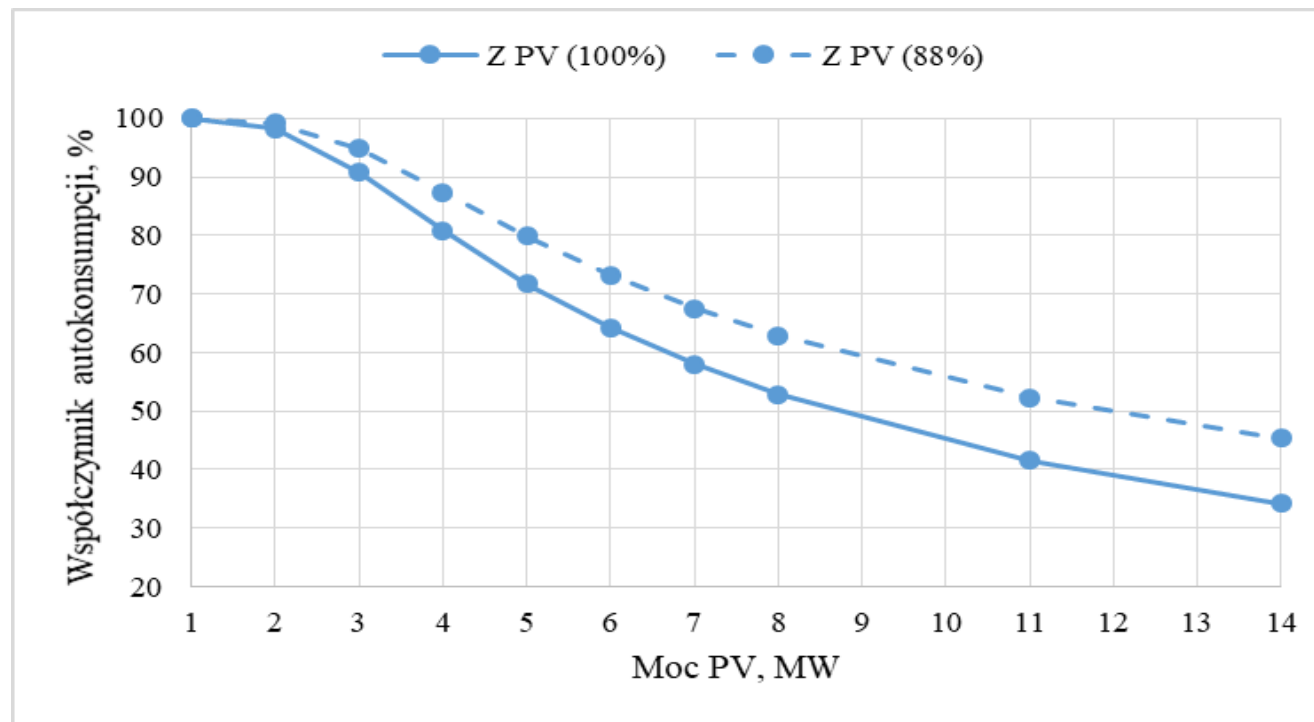


88 % - średnia żywotność po 15 latach

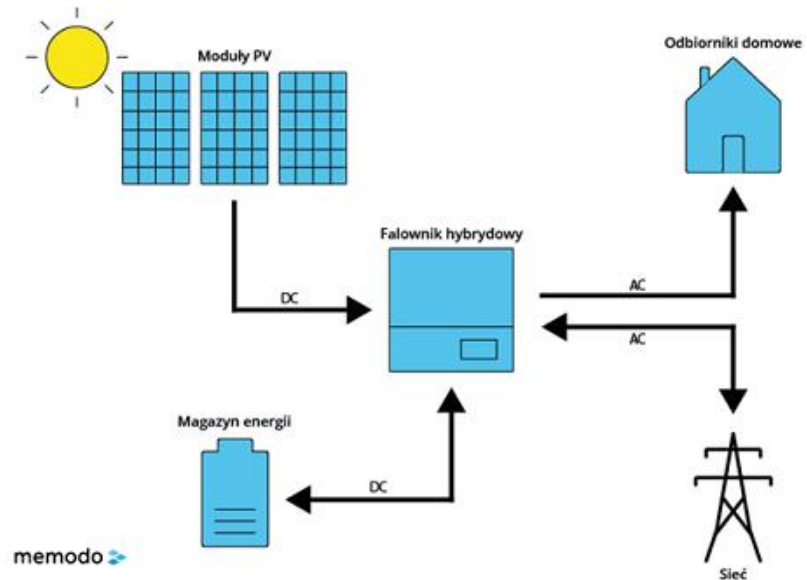
Transformacja energetyczna w skali przedsiębiorstwa

Moc PV, MW		1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	11,0	14,0
Saldo (100%)	MWh	-12600	-11605	-10610	-9615	-8620	-7626	-6631	-5636	-2652	332
Nadwyżka (100%)	MWh	0	35	277	766	1411	2147	2942	3778	6435	9220
Deficyt (100%)	MWh	-12600	-11640	-10887	-10381	-10031	-9772	-9572	-9414	-9087	-8888
Zapotrzebowanie maksymalne	kW	7584	7584	7584	7584	7584	7584	7584	7584	7584	7584
Zapotrzebowanie minimalne	kW	268	268	268	268	268	268	268	268	268	268
Bilans – maksymalna moc	kW	445	1198	2172	3213	4254	5294	6335	7376	10498	13620
Bilans – minimalna moc	kW	-7584	-7584	-7584	-7584	-7584	-7584	-7584	-7584	-7584	-7584
Maksymalna moc z PV (100%)	kW	7584	7584	7584	7584	7584	7584	7584	7584	10498	13620
Współczynnik autokonsumpcji	%	100,0	98,2	90,8	80,9	71,8	64,2	58,0	52,8	41,5	34,1

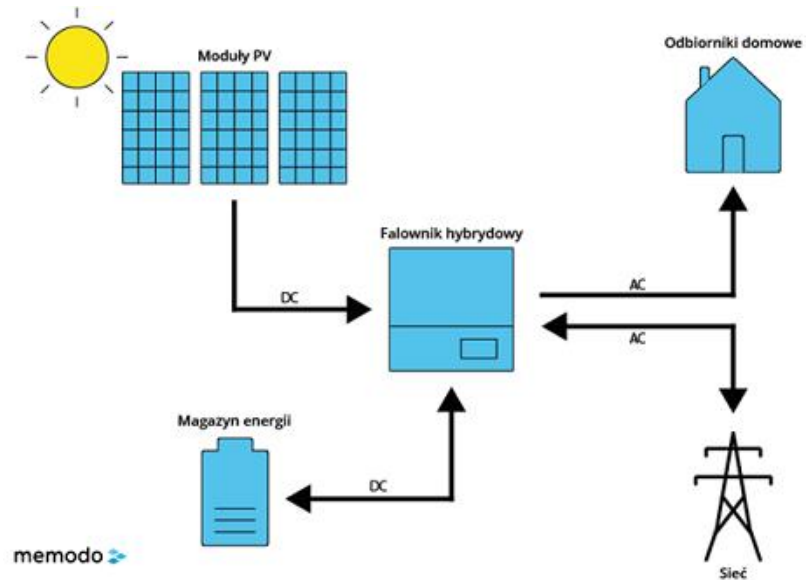
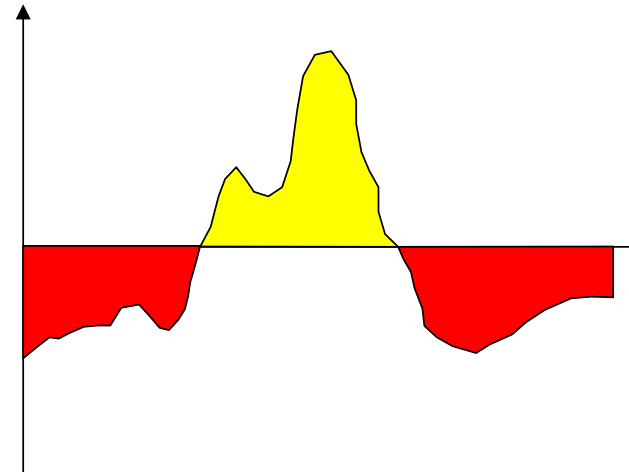
Współczynnik autokonsumpcji –
wykorzystanie na potrzeby
własne



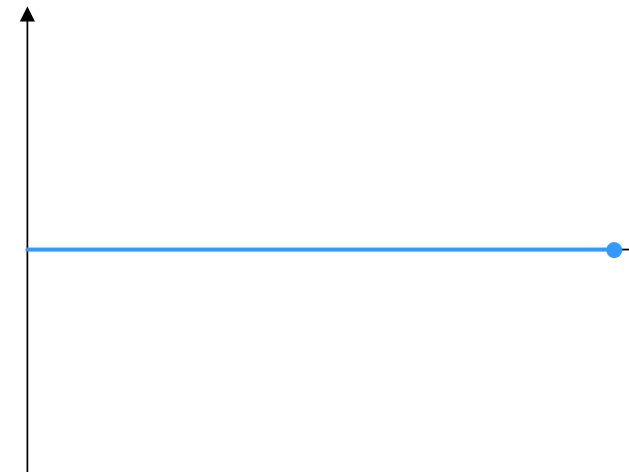
Transformacja energetyczna w skali domu



Profil niezbilansowania
– falownik klasyczny



Profil niezbilansowania
– falownik hybrydowy



Transformacja energetyczna w skali domu

Założenia

dzienne zapotrzebowanie – 1 kWh

dobór na podstawie profili

koszt akumulatora – 3 tys. PLN/kWh

koszt źródła PV – 4 tys. PLN/kW

liczba dni z pełnym pokryciem
zapotrzebowania, %

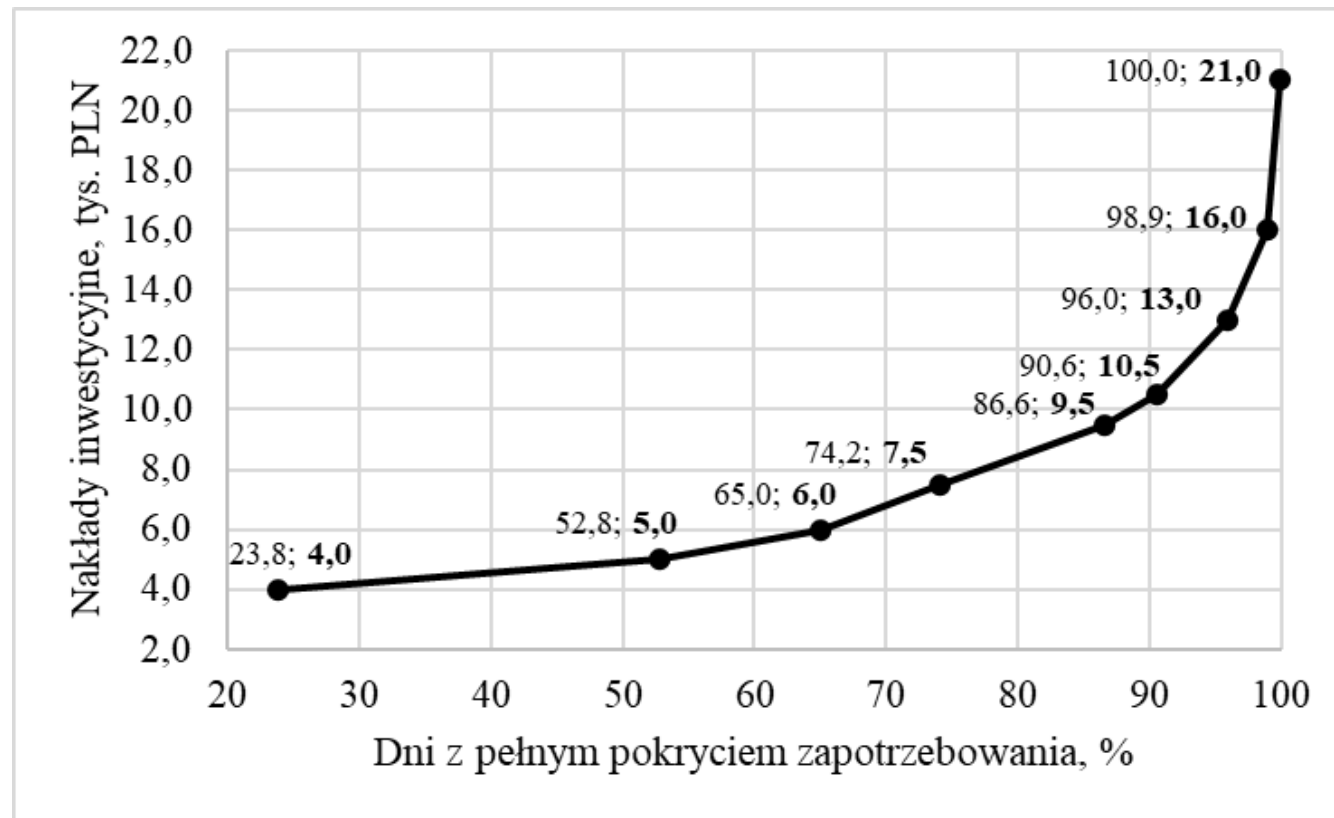
		Pojemność akumulatora, kWh					
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Moc źródła PV, kW	0,25	0,0	23,8	28,6	29,8	30,8	31,6
	0,50	0,0	52,8	61,8	65,6	67,1	68,5
	0,75	0,0	65,0	74,2	77,9	80,5	81,9
	1,00	0,0	72,6	81,2	85,5	88,1	89,6
	1,25	0,0	78,0	86,6	90,7	92,7	94,2
	1,50	0,0	82,4	90,6	93,9	95,6	96,8
	1,75	0,0	86,1	93,2	96,0	97,2	97,8
	2,00	0,0	89,0	95,4	97,3	98,2	98,7
	2,25	0,0	91,5	97,0	98,4	99,0	99,3
	2,50	0,0	93,6	98,0	98,9	99,4	99,6
	2,75	0,0	94,7	98,5	99,3	99,6	99,9
	3,00	0,0	96,0	99,0	99,6	99,8	100,0

nakłady inwestycyjne, tys. zł

		Pojemność akumulatora, kWh					
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Moc źródła PV, kW	0,25	2,5	4,0	5,5	7,0	8,5	10,0
	0,50	3,5	5,0	6,5	8,0	9,5	11,0
	0,75	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0
	1,00	5,5	7,0	8,5	10,0	11,5	13,0
	1,25	6,5	8,0	9,5	11,0	12,5	14,0
	1,50	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0
	1,75	8,5	10,0	11,5	13,0	14,5	16,0
	2,00	9,5	11,0	12,5	14,0	15,5	17,0
	2,25	10,5	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0
	2,50	11,5	13,0	14,5	16,0	17,5	19,0
	2,75	12,5	14,0	15,5	17,0	18,5	20,0
	3,00	13,5	15,0	16,5	18,0	19,5	21,0

Transformacja energetyczna w skali domu

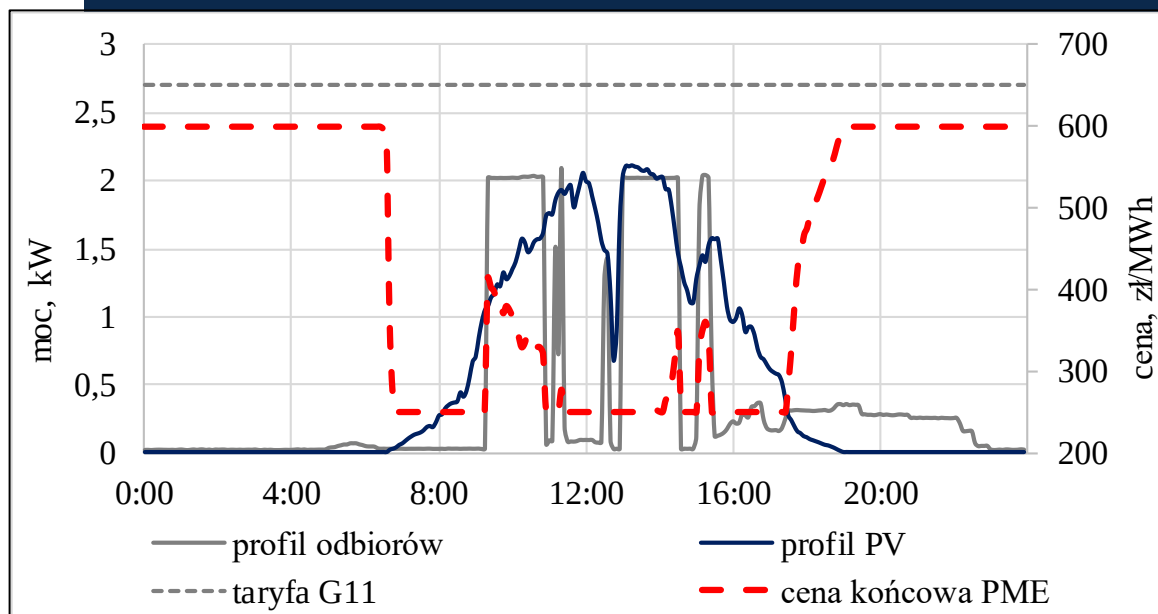
Koszt krańcowy pokrycia potrzeb energetycznych (dni z pełnym pokryciem zapotrzebowania, w %) w funkcji nakładów inwestycyjnych dla instalacji ze źródłem PV oraz akumulatorem



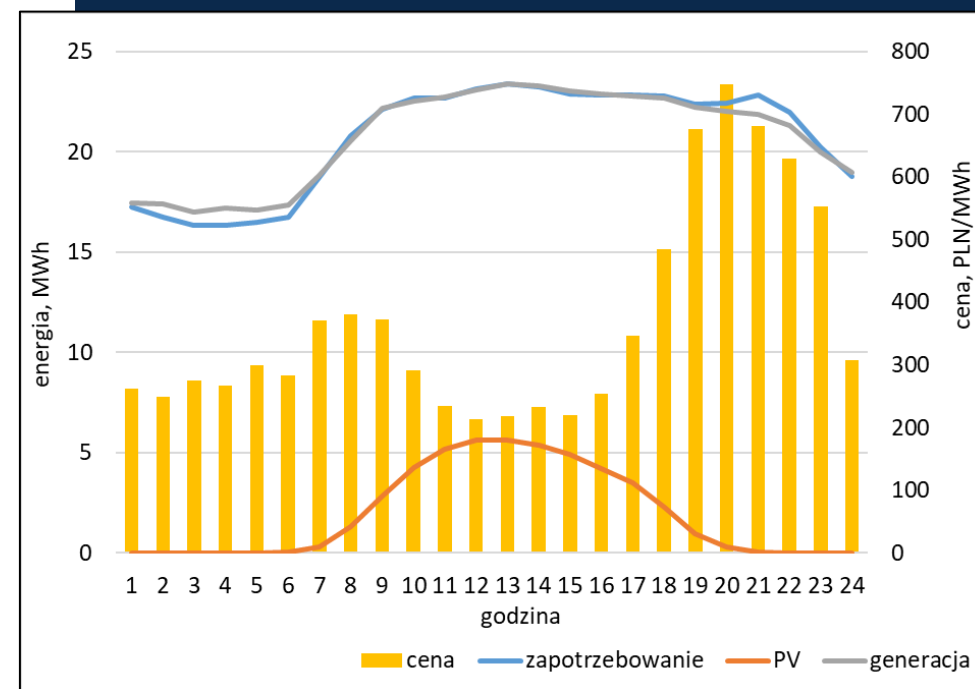
Transformacja energetyczna – rynek czasu rzeczywistego

Dlaczego cena energii w ciągu dnia się zmienia?

Taryfa dynamiczna u elektroprosumenta

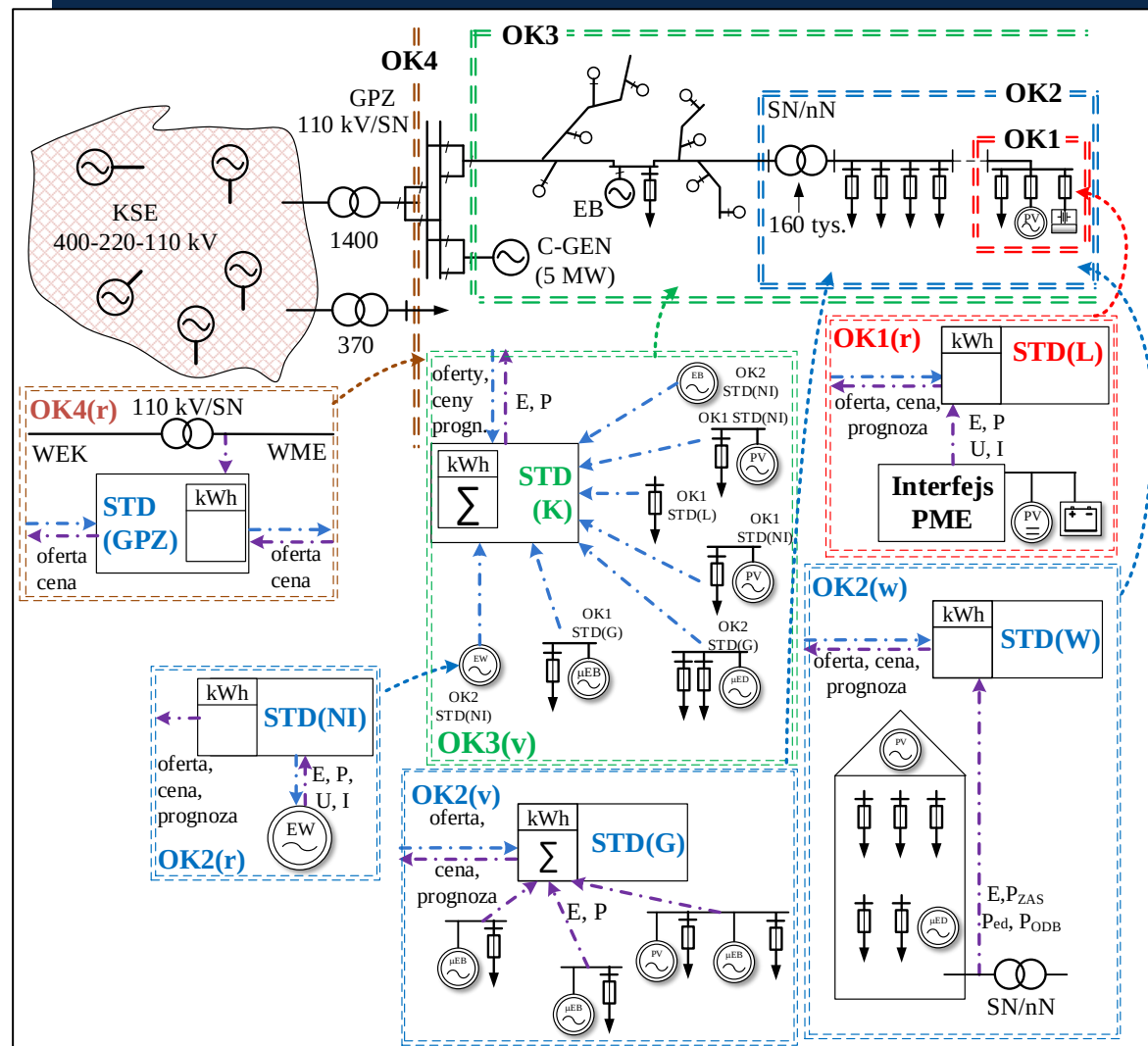


Zmiany ceny oraz generacji i zapotrzebowania, 17.08.2022
[www.pse.pl]



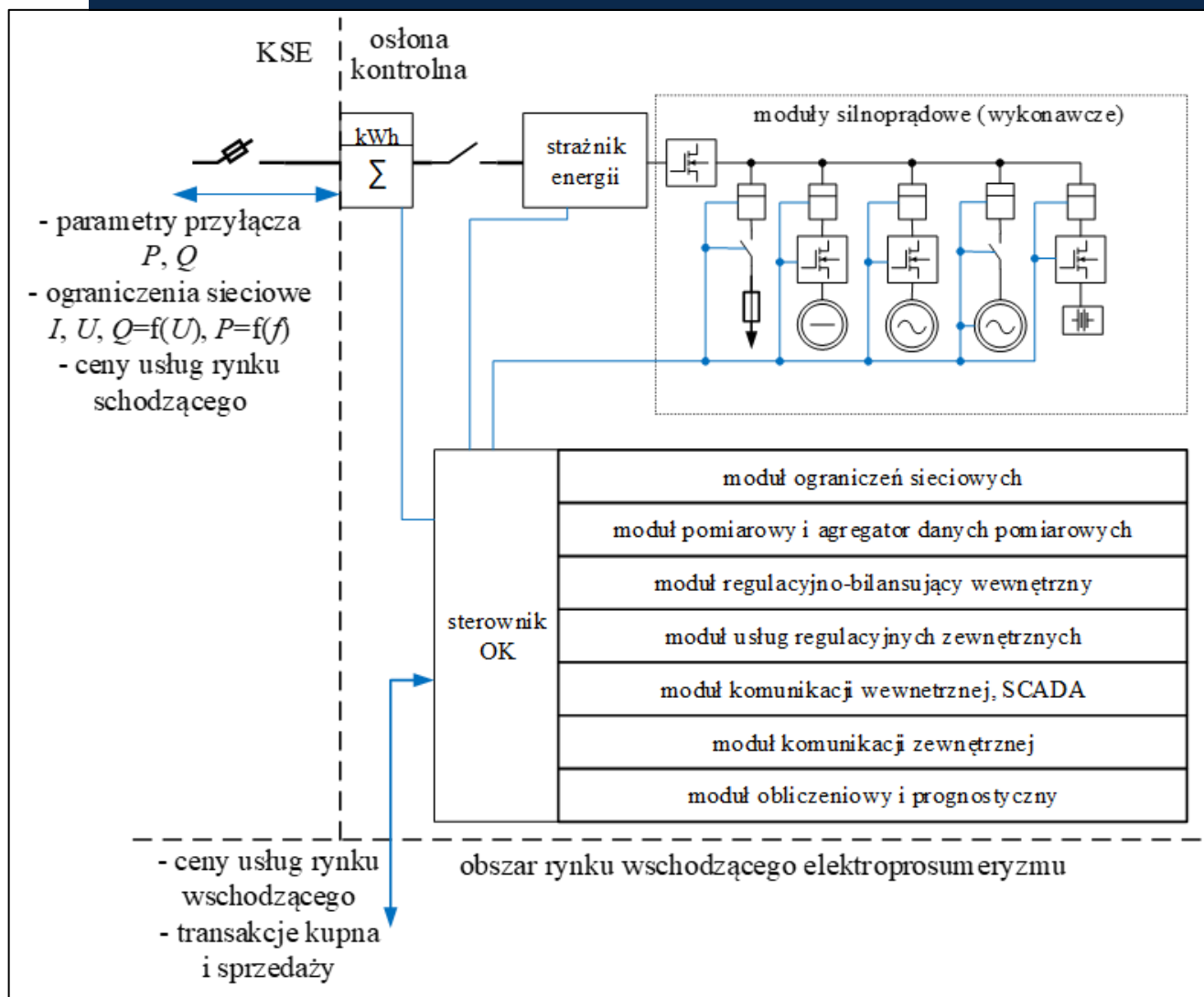
Transformacja energetyczna do elektroprosumentyzmu

Budowanie własnej niezależności energetycznej, aż do momentu osiągnięcia racjonalnego (uzasadnionego ekonomicznie) poziomu samowystarczalności i wszędzie tam gdzie to możliwe. Realizowane w środowisku kosztów krańcowych.



Transformacja energetyczna do elektroprosumeryzmu

Sieciowy terminal dostępowy



marcin.fice@polsl.pl