Politechnika Śląska

Wydział Elektryczny

KENER

Katedra Energoelektroniki
Napędu Elektrycznego i Robotyki

ROLA JST W TRANSFORMACJI DO ELEKTROPROSUMERYZMU

dr inż. Krzysztof Bodzek

SENAT RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

104 posiedzenie
Komisji Nadzwyczajnej do spraw Klimatu

PPTE 2050

SZEP

Transformacja energetyczna do elektroprosumeryzmu

Warszawa, 06.06.2023 r.

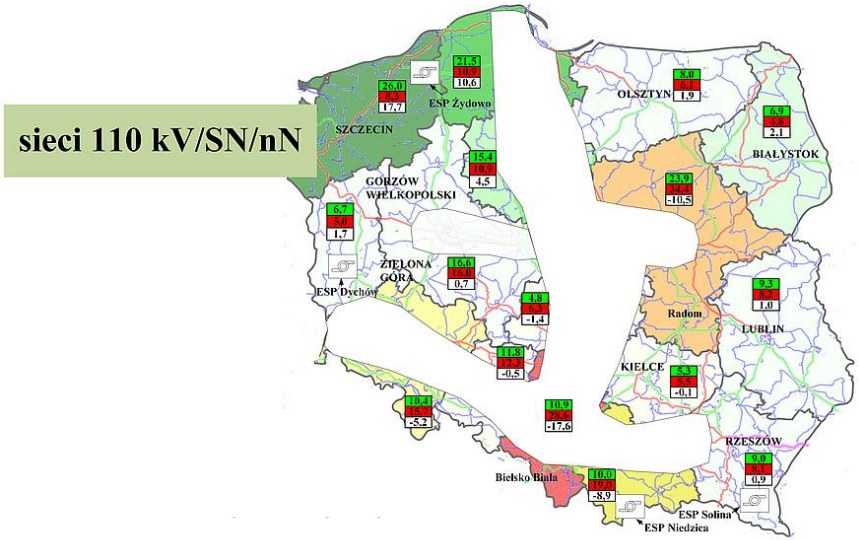
Synteza praktycznego wymiaru transformacji TETIP: trajektoria dochodzenia do neutralności klimatycznej (wygaszania energetyki WEK-PK) w osłonach elektroprosumenckich (J. Popczyk)

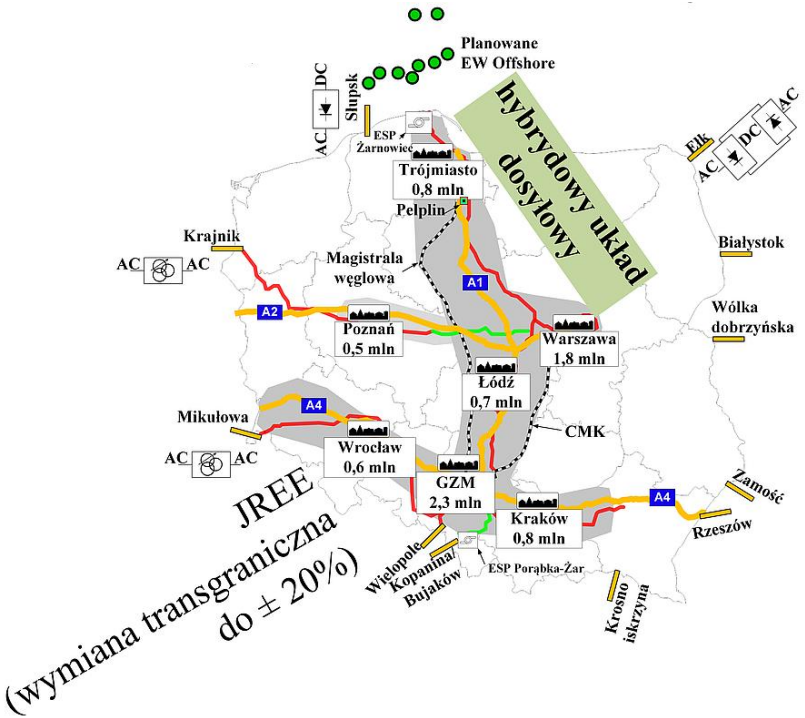
Segment (prosumencki)	Napięcie autonomizacji (względem KSE)	Udział w ogólnej liczbie ludności	Udział w rynku energii el. w stanie B	Podstawowe technologie	Horyzont neutralności klimatycznej
sołectwo do 1000 mieszkańców, 40 tys. sołectw	nN	22%	10%	PV, µEW, µEB,	2035
gmina wiejska (1500) i miejsko-wiejska (650)	nN-SN	28%	16%	PV, µEW, EWL, µEB, EB	2040
miasto do 50 tys. mieszkańców (1700)	nN-SN	12%	9%	PV, µEW, EWL, µEB, EB	2040
miasto 50 do 500 tys. mieszkańców (70)	nN-SN-110 kV	18%	16%	PV, µEW, EWL, µEB, EB	2045
aglomeracje powyżej 500 tys. mieszkańców (8 aglomeracji)	nN-SN-110 kV -NN	20%	25%	PV, µEW, EWL, µEB, EB, GOZ, offshore, europejski jednolity rynek energii el. (JREE)	2050
elektroprosument w segmencie wielkiego przemysłu	110kV-NN -(AC-DC-AC)	(-)	10%	PV, µEW, EWL, µEB, EB, GOZ, offshore, europejski jednolity rynek energii el. (JREE)	2050
elektroprosument w segmencie krytycznej infrastruktury transportowej	SN-110kV-NN -(AC-DC-AC)	(-)	15%	PV, µEW, EWL, µEB, EB, GOZ, offshore, europejski jednolity rynek energii el. (JREE)	2050

Dwa rynki elektroprosumeryzmu

Rynek wschodzący
obszar o małej gęstości energii, obszary wiejskie, gminy itd.

Rynek wschodzący offshore
obszary o dużej gęstości energii, wielkie miasta, wielki przemysł, infrastruktura krytyczna jak autostrady koleje itp. Wspomagane energią z offshore i jednolitego rynku energii elektrycznej.



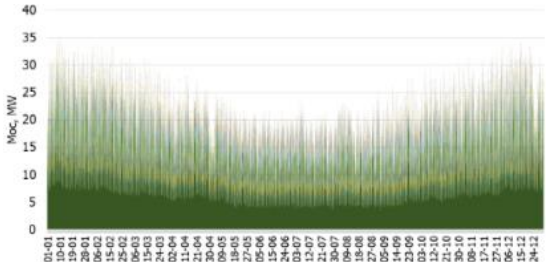


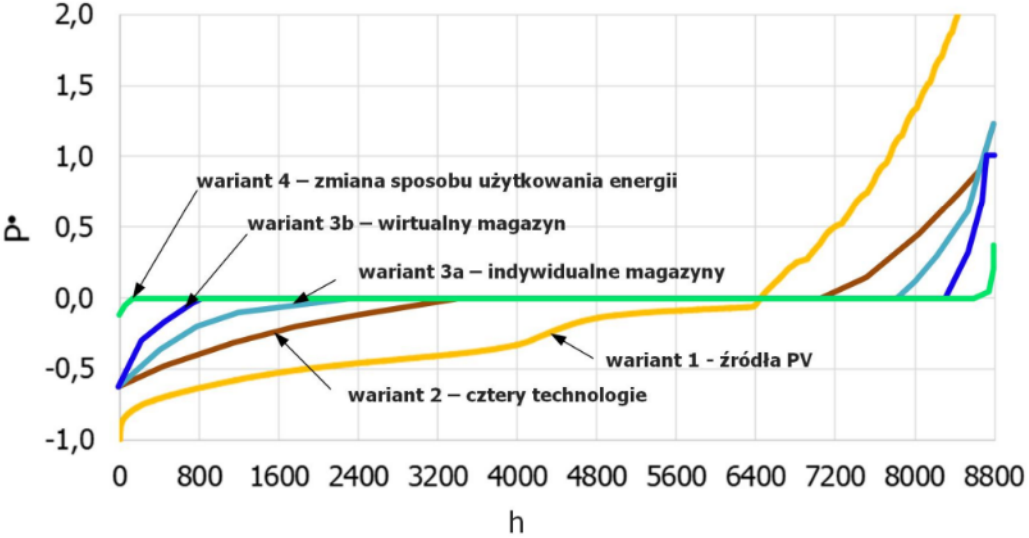
Budowa odporności elektroprosumenckiej

$$E^{\bullet} = \frac{E}{\max(E)|_{\sum E_P=0}}; \; P^{\bullet} = \frac{P}{\max(P)|_{\sum E_P=0}}$$

Bilans energii w systemie(WSE)

Względne uporządkowane profile niezbilansowania dla czterech wariantów

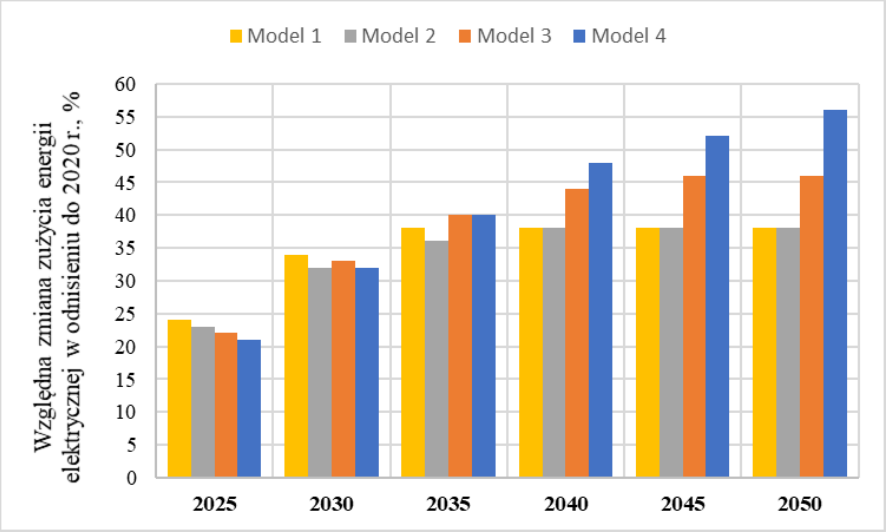




Wariant 1 - Wykorzystanie źródeł PV.
Wariant 2 - Struktura wytwórcza charakterystyczna dla obszarów miejsko-wiejskich i obejmująca technologie OZE takie jak źródła PV, elektrownie wiatrowe (pojedyncze) oraz mikro elektrownie i elektrownie biogazowe.
Wariant 3a - Wykorzystanie magazynów energii (akumulatorów) - praca indywidualna
Wariant 3b - Wykorzystanie magazynów energii (akumulatorów) - wirtualny magazyn
Wariant 4 - Zmiana sposobu użytkowania energii (reakcja na sygnał cenowy).

Referencyjne modele transformacji energetycznej

Względna zmiana zużycia energii elektrycznej
w odniesieniu do roku 2020, pokrywająca wszystkie potrzeby energetyczne
(energii elektrycznej, ciepła, paliw transportowych)



Referencyjna struktura technologii wytwórczych

Technologia	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
PV, %	40	40	32	25
μEW, %	5	5	0	2
EWL, %	0	25	38	20
μEB, %	55	10	5	0
EB, %	0	20	25	5
GOZ, %	0	0	0	5
EWM, %	0	0	0	40

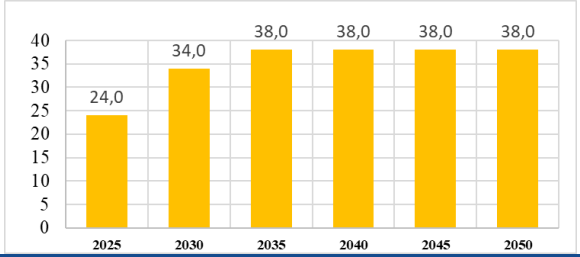
Elektroprosumeryzacja sołectwa poniżej 1000 mieszkańców – OK(JST1) – model 1

Segment (prosumencki)	Napięcie autonomizacji	Udział w ogólnej liczbie ludności	Udział w rynku energii (stan B)	Roczne potrzeby (elektroprosumeryzm) kWh/os	Horyzont transformacji
sołectwo do 1000 mieszkańców, (40 tys. sołectw)	**nN**	**22%**	**10%**	**2500**	**2035**

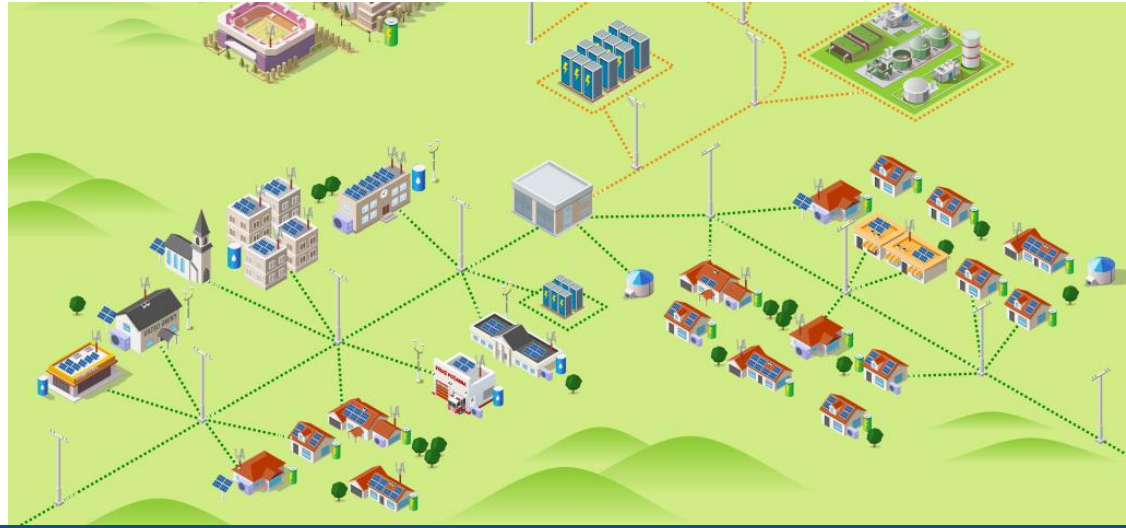
Trajektorie referencyjne

OK(JST1)	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PV, %	81	74	100	100	100	100
μEW, %	23	58	100	100	100	100
μEB	**pojedyncze źródło**					

Względna zmiana zużycia energii elektrycznej w odniesieniu do 2020 r., %



Sieć nN



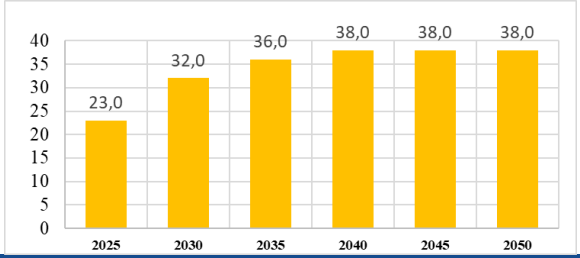
Elektroprosumeryzacja gminy wiejskiej OK(JST2) i wiejsko-miejskiej OK(JST3) – model 2

Segment (prosumencki)	Napięcie autonomizacji	Udział w ogólnej liczbie ludności	Udział w rynku energii (stan B)	Roczne potrzeby (elektroprosumeryzm) kWh/os	Horyzont transformacji
gmina wiejska (1500) i miejsko-wiejska (650)	**nN-SN**	**28%**	**16%**	**3100**	**2040**

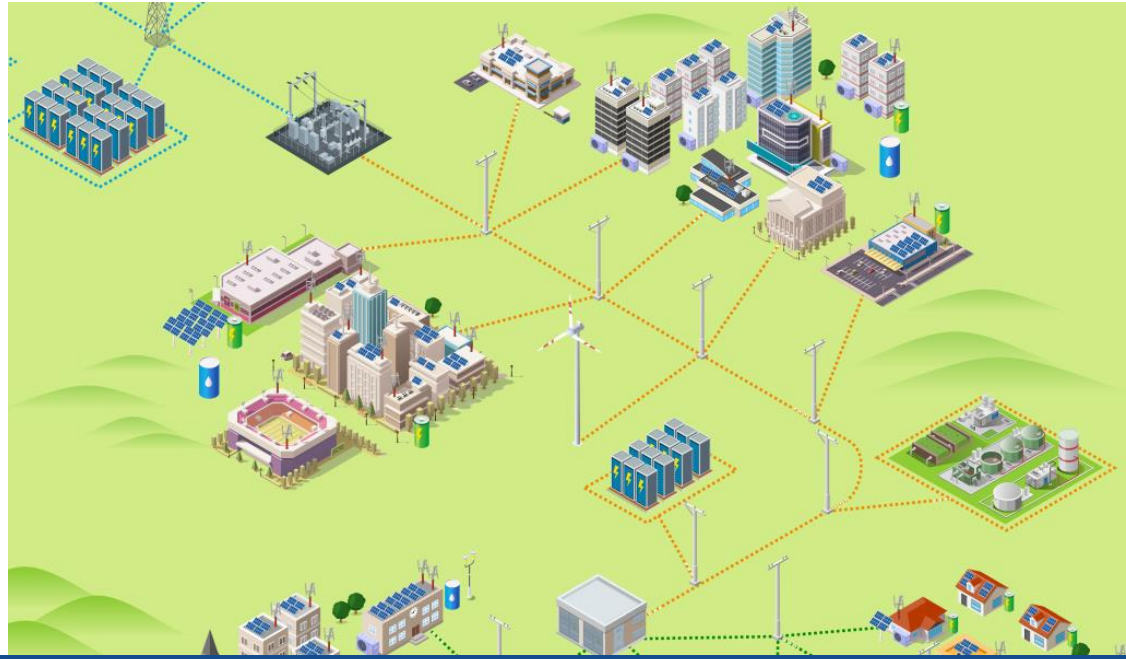
Trajektorie referencyjne

OK(JST1)	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PV, %	81	74	100	100	100	100
μEW, %	23	58	100	100	100	100
μEB	pojedyncze źródło					
EWL, %	37	88	99	100	100	100
EB, %	pojedyncze źródło					

Względna zmiana zużycia energii elektrycznej w odniesieniu do 2020 r., %



Sieć SN



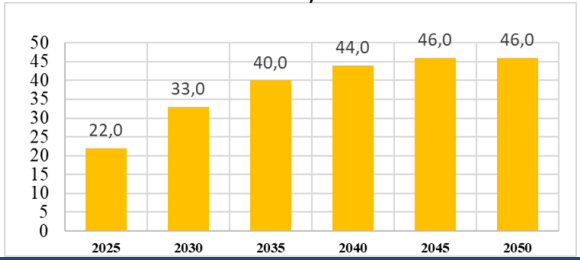
Elektroprosumeryzacja miasta do 50 tys. mieszkańców OK(JST4) – model 3

Segment (prosumencki)	Napięcie autonomizacji	Udział w ogólnej liczbie ludności	Udział w rynku energii (stan B)	Roczne potrzeby (elektroprosumeryzm) kWh/os	Horyzont transformacji
miasto do 50 tys. mieszkańców (1700)	**nN-SN**	**12%**	**9%**	**4300**	**2040**

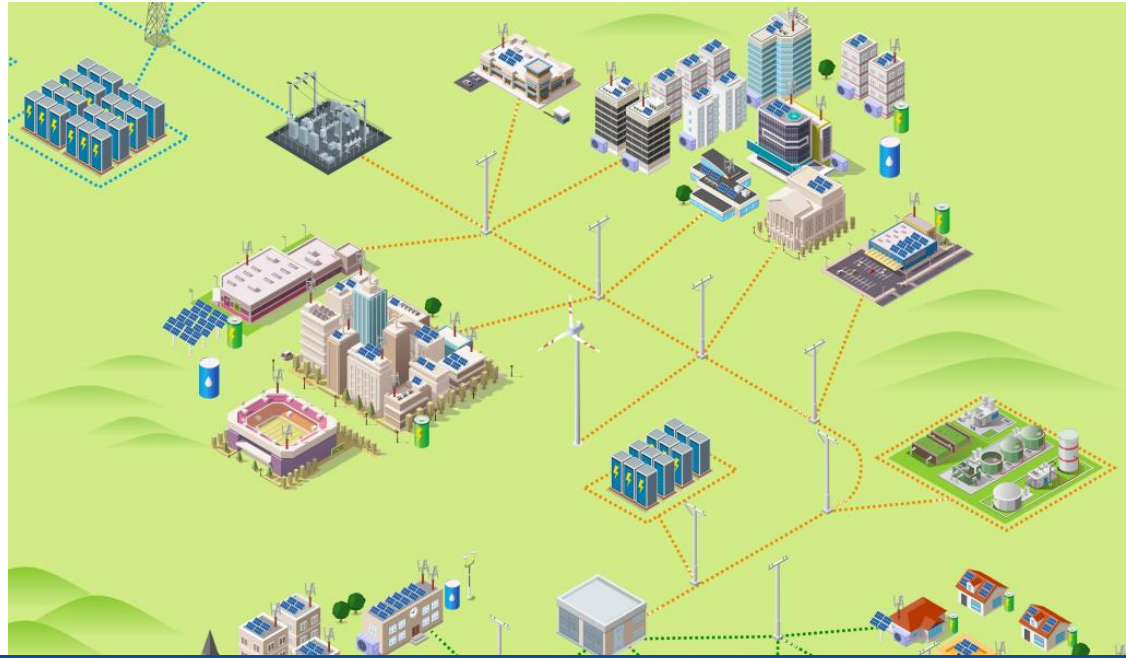
Trajektorie referencyjne

OK(JST1)	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PV, %	77	100	100	100	100	100
EWL, %	11	29	58	85	100	100
μEB, %	38	88	99	100	100	100
EB, %	12	36	67	90	100	100

Względna zmiana zużycia energii elektrycznej w odniesieniu do 2020 r., %



Sieć SN



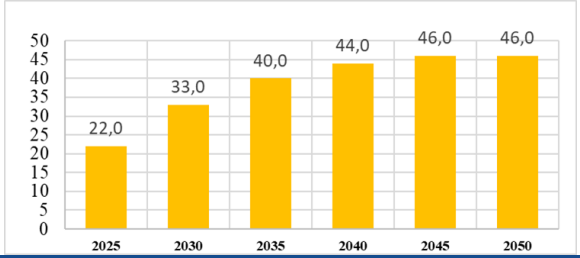
Elektroprosumeryzacja miasta 50 tys. do 500 tys. mieszkańców OK(JST5) – model 3

Segment (prosumencki)	Napięcie autonomizacji	Udział w ogólnej liczbie ludności	Udział w rynku energii (stan B)	Roczne potrzeby (elektroprosumeryzm) kWh/os	Horyzont transformacji
miasto 50 do 500 tys. mieszkańców (70)	**nN-SN-110 kV**	**18%**	**16%**	**4900**	**2045**

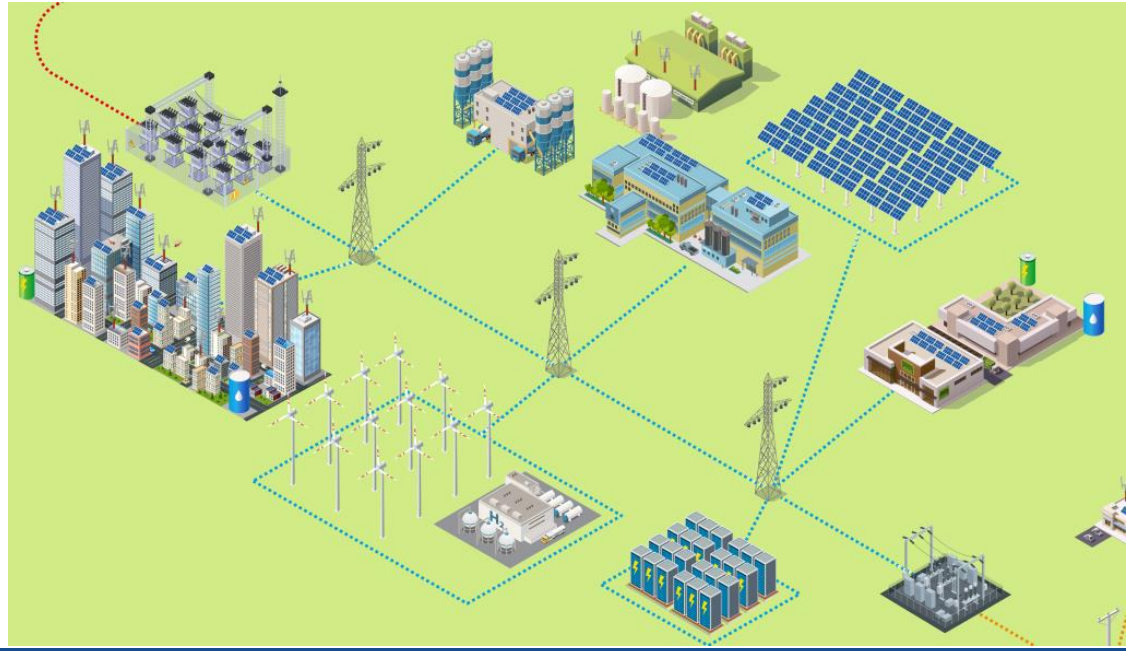
Trajektorie referencyjne

OK(JST1)	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PV, %	77	100	100	100	100	100
EWL, %	11	29	58	85	100	100
μEB, %	38	88	99	100	100	100
EB, %	12	36	67	90	100	100

Względna zmiana zużycia energii elektrycznej w odniesieniu do 2020 r., %



Sieć 110 kV



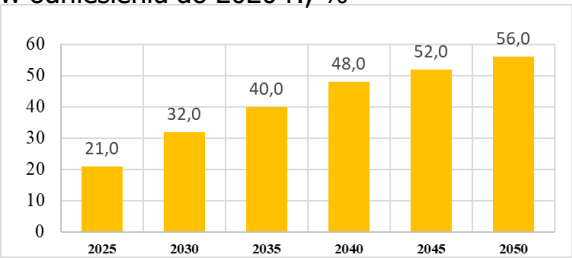
Elektroprosumeryzacja aglomeracje powyżej 500 tys. mieszkańców (JST6) – model 4

Segment (prosumencki)	Napięcie autonomizacji	Udział w ogólnej liczbie ludności	Udział w rynku energii (stan B)	Roczne potrzeby (elektroprosumeryzm) kWh/os	Horyzont transformacji
aglomeracje powyżej 500 tys. mieszkańców (8 aglomeracji)	**nN-SN -110 kV - NN**	**18%**	**16%**	**4900**	**2045**

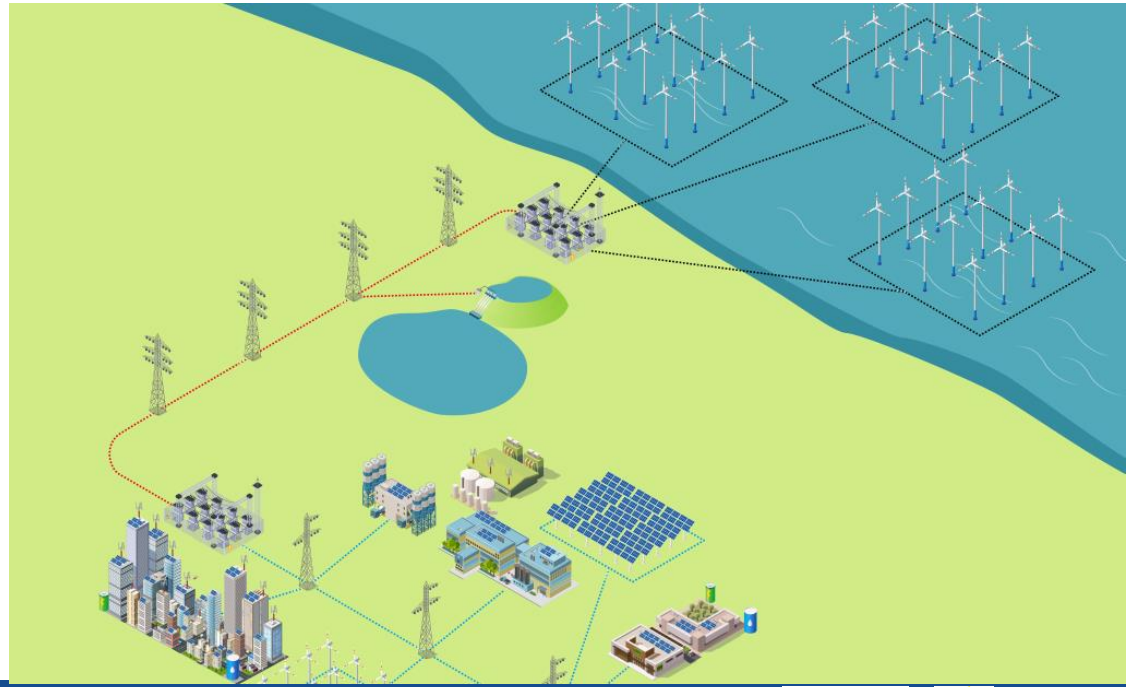
Trajektorie referencyjne

OK(JST1)	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PV, %	33	79	97	100	100	100
μEW, %	7	16	29	49	74	100
EWL, %	11	21	38	60	82	100
EB, %	11	25	48	73	91	100
GOZ, %	15	57	91	99	100	100
EWM, %	0	12	48	78	94	100

Względna zmiana zużycia energii elektrycznej w odniesieniu do 2020 r., %



Sieć NN



Warszawa – studium przypadku

„Energopomiar" Sp. z o.o.

Projekt: Model energetyczny dla m.st. Warszawy w perspektywie roku 2050 uwzględniający warunki elektroprosumeryzmu

Energia końcowa - stan na koniec 2020 r.

Lp.	Rodzaj energii	Jednostka	Zużycie
1	Energia elektryczna	TWh_e	7,10
2	Ciepło sieciowe	TWh_c	8,90
3	Ciepło poza sieciowe	TWh_c	3,70
4	Gaz ziemny z sieci	TWh_{chem}	4,81
5	Transport lądowy	TWh_{chem}	6,94
6	Transport lotniczy	TWh_{chem}	5,81

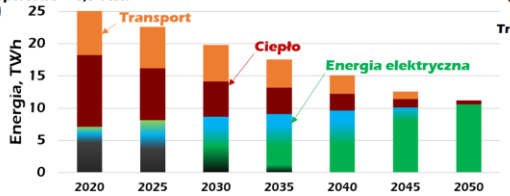
Etap 1

Warszawa na trajektorii do elektroprosumeryzmu 2050

Energia

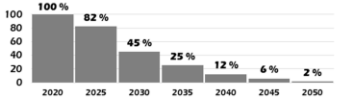
2020 – 25 TWh
Energia elektryczna – 7,1 TWh
Ciepło – 11,1 TWh
(w tym sieciowe – 9 TWh)
Paliwa transportowe – 6,9 TWh
(bez lotnictwa)

2050 – 11 TWh
Energia elektryczna – 10,6 TWh
(elektryfikacja ciepłownictwa, elektryfikacja transportu)
Ciepło – 0,6 TWh
(z paliw kopalnych)
Transport ~ 0 TWh
(z paliw kopalnych)



Redukcja emisji CO_2

2020 – 12,6 mln t CO_2



2050 – 0,2 mln t CO_2

Nauka mówi, że jest to możliwe
Praktyka mówi, że jest to potrzebne
Ludzie mówią, że tego chcą

Pełne (97 %) pokrycie potrzeb energetycznych w 2050 roku

Etap 3

Struktura pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną Miasta w latach 2020–2050

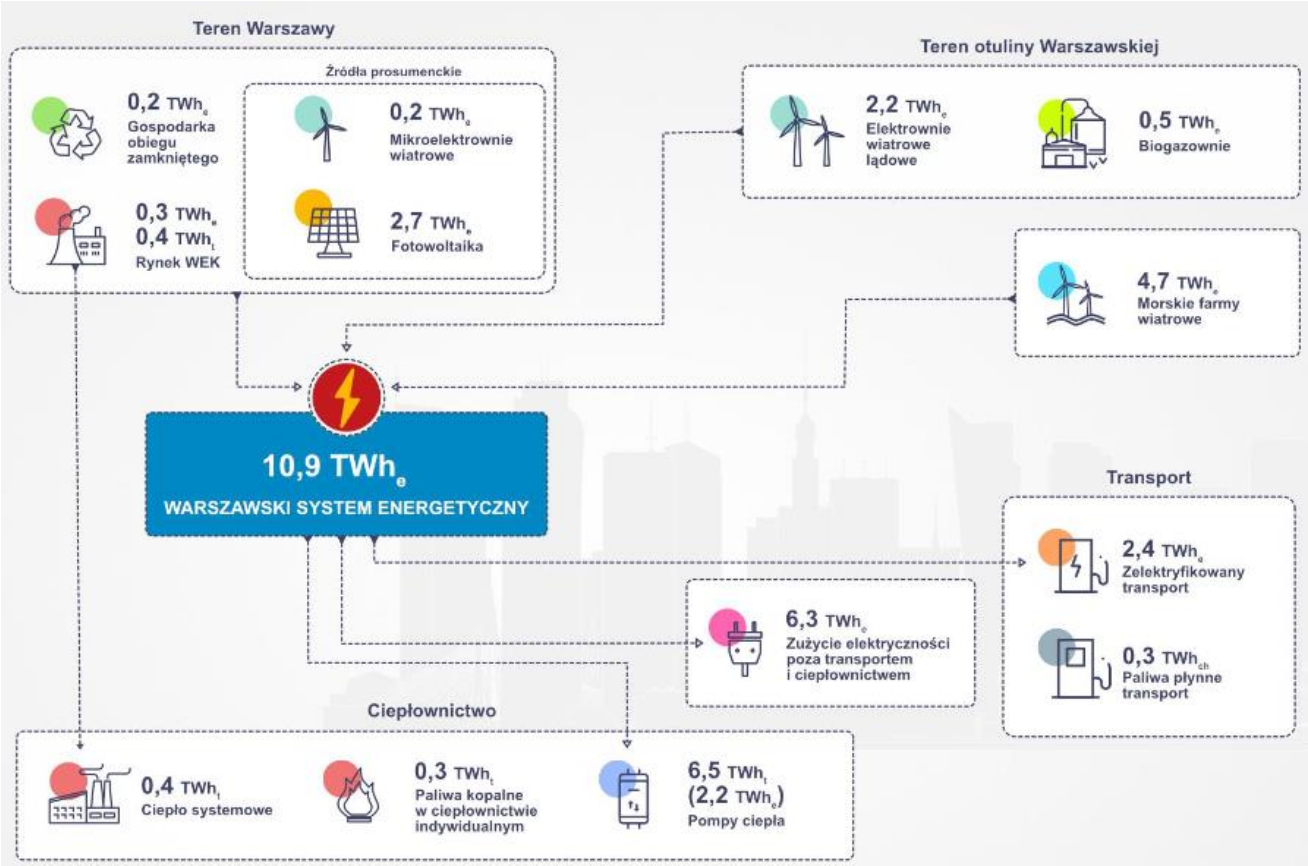
Energia elektryczna	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Zapotrzebowanie na energię elektryczną, TWh	7.1	8.6	9.2	9.7	10.2	10.4	10.9
Udział źródeł w produkcji energii elektrycznej							
Fotowoltaika (prosumencka)	0%	10%	24%	27%	26%	26%	25%
Mikroelektrownie wiatrowe	0%	0%	0%	1%	1%	2%	2%
Elektrownie wiatrowe lądowe	0%	2%	5%	8%	13%	17%	20%
Elektrownie biogazowe	0%	1%	1%	3%	4%	5%	5%
Gospodarka obiegu zamkniętego	0%	0%	1%	2%	2%	2%	2%
Elektrownie wiatrowe morskie	0%	0%	7%	23%	36%	42%	43%
Energetyka paliw kopalnych	100%	86%	62%	36%	18%	6%	3%

Warszawa – studium przypadku

Projekt: Model energetyczny dla m.st. Warszawy w perspektywie roku 2050 uwzględniający warunki elektroprosumeryzmu

Struktura pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną Miasta w latach 2020–2050

Energia elektryczna	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Zapotrzebowanie na energię elektryczną, TWh	7.1	8.6	9.2	9.7	10.2	10.4	10.9
Udział źródeł w produkcji energii elektrycznej							
Fotowoltaika (prosumencka)	0%	10%	24%	27%	26%	26%	25%
Mikroelektrownie wiatrowe	0%	0%	0%	1%	1%	2%	2%
Elektrownie wiatrowe lądowe	0%	2%	5%	8%	13%	17%	20%
Elektrownie biogazowe	0%	1%	1%	3%	4%	5%	5%
Gospodarka obiegu zamkniętego	0%	0%	1%	2%	2%	2%	2%
Elektrownie wiatrowe morskie	0%	0%	7%	23%	36%	42%	43%
Energetyka paliw kopalnych	100%	86%	62%	36%	18%	6%	3%



Zwiększanie zdolności integracyjnych – „żeby falownik się nie wyłączał”

$$\Delta U = \frac{P_g - P_o}{U_Z} R_Z + \frac{Q_g - Q_o}{U_Z} X_Z$$

Reakcja na przekroczenie ograniczeń napięciowych

zmiana parametrów sieci R_z i X_z

przebudowa sieci

bardzo kosztowna w większości przypadków nieuzasadniona

regulacja U_z

może być prowadzona w sposób ciągły w stacjach SN/nN

bardziej rozbudowana stacja transformatorowa

zmiana *P*

- zadziałanie zabezpieczeń
- charakterystyka *P*=f*(U)*
- sygnały sterujące (OSD, OHP)

ograniczenie produkcji energii

zmiana *Q*

regulacja mocy biernej

dla małej reaktancji linii może być mało skuteczna

zwiększenie strat mocy czynnej

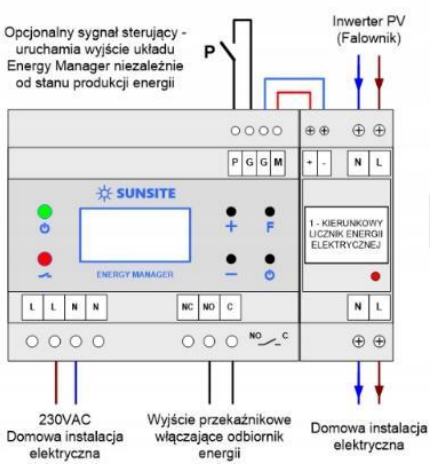
Ile to może kosztować?

Studium przypadku

Roczne zużycie: **4 MWh**

Roczny koszt energii: **4000 PLN**

ENERGY MANAGER EM-1



Funkcjonalności

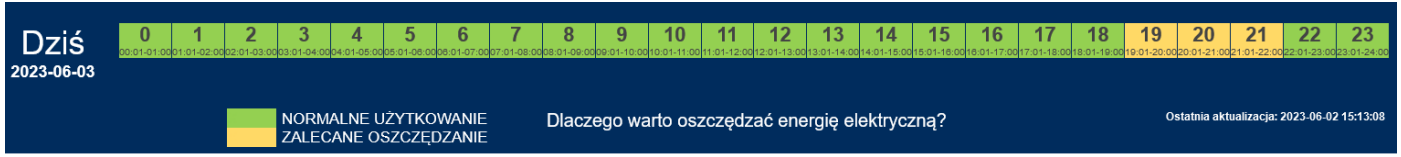
- sterowanie pracą układu podgrzewania CO / CWU
- sterowanie ładowaniem magazynów energii
- sterowanie ładowarkami samochodów elektrycznych
- sterowanie pracą podgrzewania basenów
- sterowanie oświetleniem
- sterowanie procesami / odbiornikami zależnymi od natężenie oświetlenia słonecznego
- kontrola działania instalacji fotowoltaicznej
- nadzór nad pracą pomp ciepła (sygnał SG)
- wskazywanie produkcji energii
- detekcja stanu nadmiernego zużycia energii
- możliwość włączania i wyłączania poszczególnych urządzeń lub obwodów w zależności od wielkości nadwyżki energii

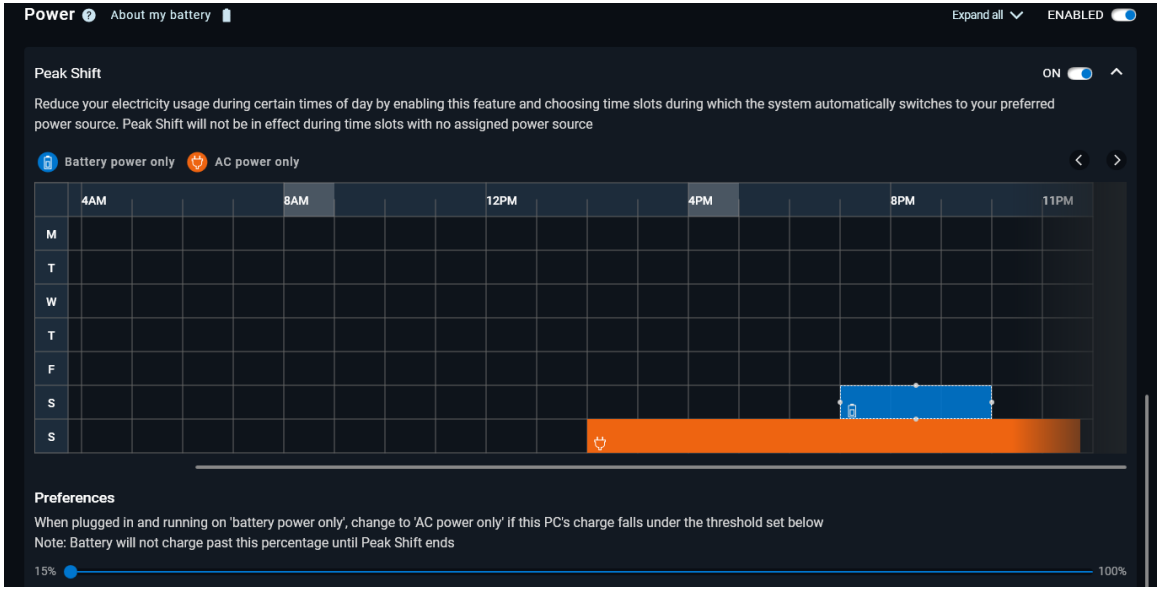
Koszt: 550 PLN

https://allegro.pl/oferta/modul-sterowania-energia-energy-manager-em-1-ems-12703082261?utm_feed=aa34192d-eee2-4419-9a9a-de66b9dfae24&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=_dio_przemysl_pla_pmax&ev_campaign_id=17961365656&gclid=CjwKCAjwpayjBhAnEiwA-7ena7yiwVPW5JGQippA74v9dyVigF1Tsk4qSAYCujMzRA26KfzTHymhxhoCsiYQAvD_BwE

Elektroprosumeryzm, czyli budowa oddolna, ale czy ma to sens?

https://www.pse.pl





System zarządzania w moim laptopie

Ograniczenie szczytowego zapotrzebowania w wybranych godzinach

Elektroprosumeryzm, czyli budowa oddolna, ale czy ma to sens? - policzmy

https://antyweb.pl/korzystanie-z-pc-laptopow-polska

Liczba gospodarstw: **14 mln**
Liczba laptopów: **11 mln**
Średnia moc zasilaczy: **50 W**
Średnia pojemność akumulatora: **50 Wh**
Moc sumaryczna: **550 MW**
(55 GW, moc systemu w Polsce)
Pojemność sumaryczna akumulatorów : **550 MWh**
Zakładając udostępnienie **20 %** zasobów (optymistycznie)

Mamy w pełni sterowalny akumulator
Moc: **110 MW**, Pojemność: **110 MWh**

Energetyka

Największy prywatny magazyn energii za 1 mld zł powstanie w południowej Polsce

świat oze

25 lipca 2022

https://swiatoze.pl/najwiekszy-prywatny-magazyn-energii-za-1-mld-zl-powstanie-w-poludniowej-polsce/

Moc: **133 MW**, Pojemność: **532 MWh**

Koszt: **1 mld PLN**

Podsumowanie

1. Potrzeba zmiany prawa

2. **Rozwiązania istnieją, chociaż są „dziury” technologiczne**

3. **Elektroprosumeryzm to szansa na niespotykany do tej pory rozwój**

4. **Mój prąd 4.0 spowodował rozwój systemów HEMS (Home Energy Management System) dopasowanych do potrzeb. Możliwość rozwoju HEMS w ramach programu Mój prąd 5.0.**

5. **Należy skupić się na kompleksowych (całościowych) rozwiązaniach dedykowanych, dla gospodarstw domowych, przedsiębiorców, JST, …**

Podsumowanie

1. Potrzeba zmiany prawa

7. **Żeby transformacji nie robić w ten sposób:**

https://www.americanexperiment.org/the-perfect-meme-debunking-renewable-energy/
https://wiadomosci.onet.pl/kraj/elektrownia-ostroleka-szef-nik-to-jest-afera-przyklad-skali-patologii/t6n8fje