

Raport wykonany przez Interdyscyplinary Zakład Analiz Energetycznych (IDEA) Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) w ramach Zlecenia prac rozwojowych (PU\_2024\_7) pt. „Przygotowanie koncepcji oraz weryfikacja modeli funkcjonowania energetyki lokalnej możliwych do wdrożenia w polskich uwarunkowaniach” na zlecenie Narodowego Centrum Analiz Energetycznych (NCAE).



# IDEA

INTERDISCIPLINARY DIVISION  
FOR ENERGY ANALYSES

## Spółeczności energetyczne jako lokalne źródła elastyczności - propozycje modeli biznesowych

28 listopad 2024 r.



NARODOWE LABORATORIUM  
BADAŃ JĄDROWYCH  
ŚWIERK

NCAE

PSE Polskie Sieci  
Elektroenergetyczne

# Agenda

- Koncepcja funkcjonowania LBT oraz LOB
- Założenia oraz proponowane modele biznesowe
  - Model 1 LOB – Prosta autokonsumpcja
  - Model 2 LOB – Maksymalizacja OZE
  - Model 3 LOB – Uwolnienie mocy przyłączeniowych
- Wyniki parametryzacji LOB w ramach poszczególnych modeli
- Zestawienie opłacalności
- Wnioski

# Motywacja – spójny model dla Energetyki Rozproszonej

## Brak spójnych modeli biznesowych!

PPA Power Purchase Agreement (EU)

Prosument indywidualny (PL)

Prosument „lokatorski” (PL)

Prosument zbiorowy (EU)

Agregatorzy Energii (EU)

Prosument wirtualny (PL)

Cable pooling (PL)

Klastry Energii (PL)

Linia bezpośrednia (EU)

OSE Obywatelska Społeczność Energetyczna (EU)

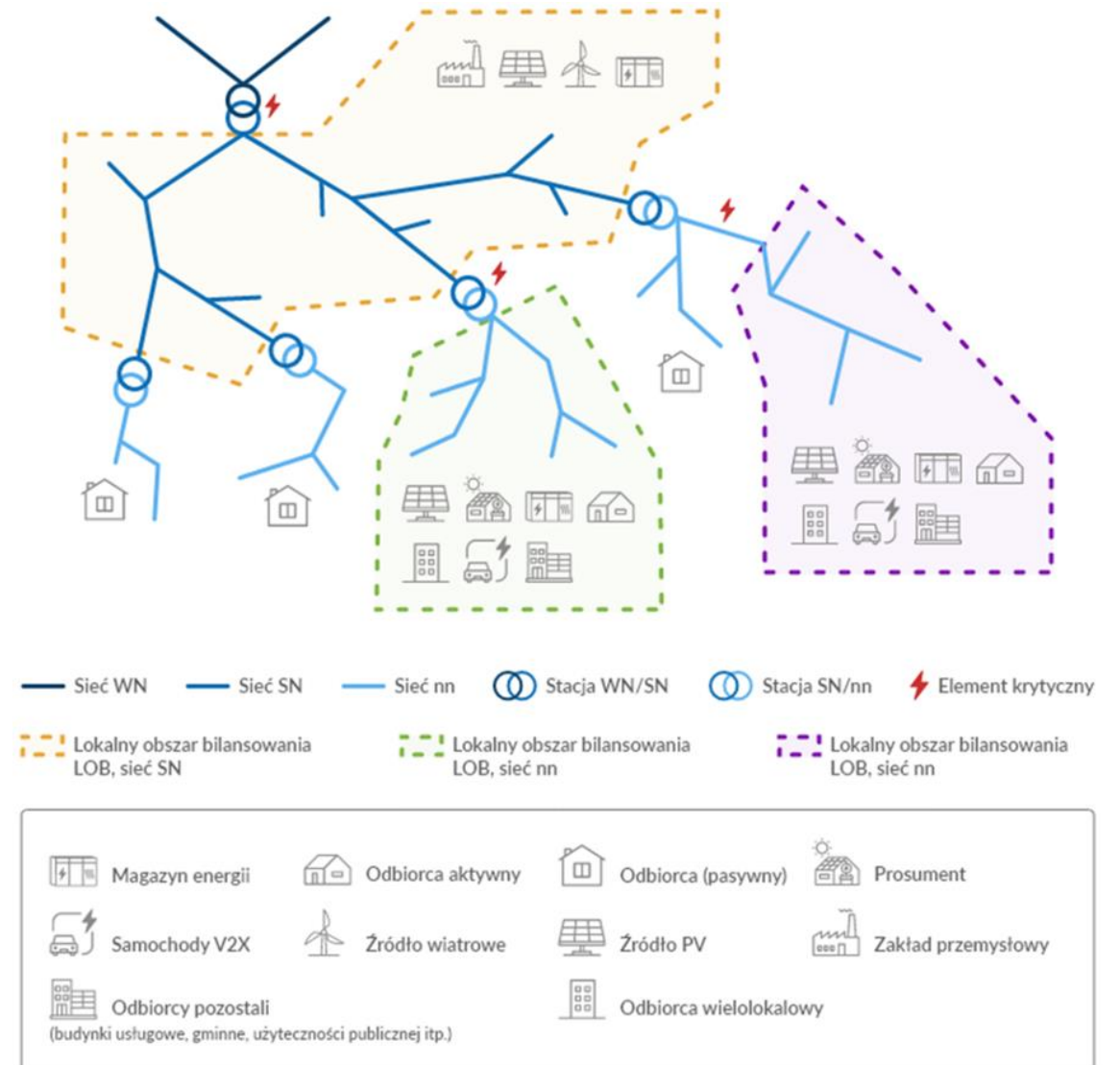
P2P Partnerski Handel Energią (EU)

Spółdzielnie energetyczne (EU)



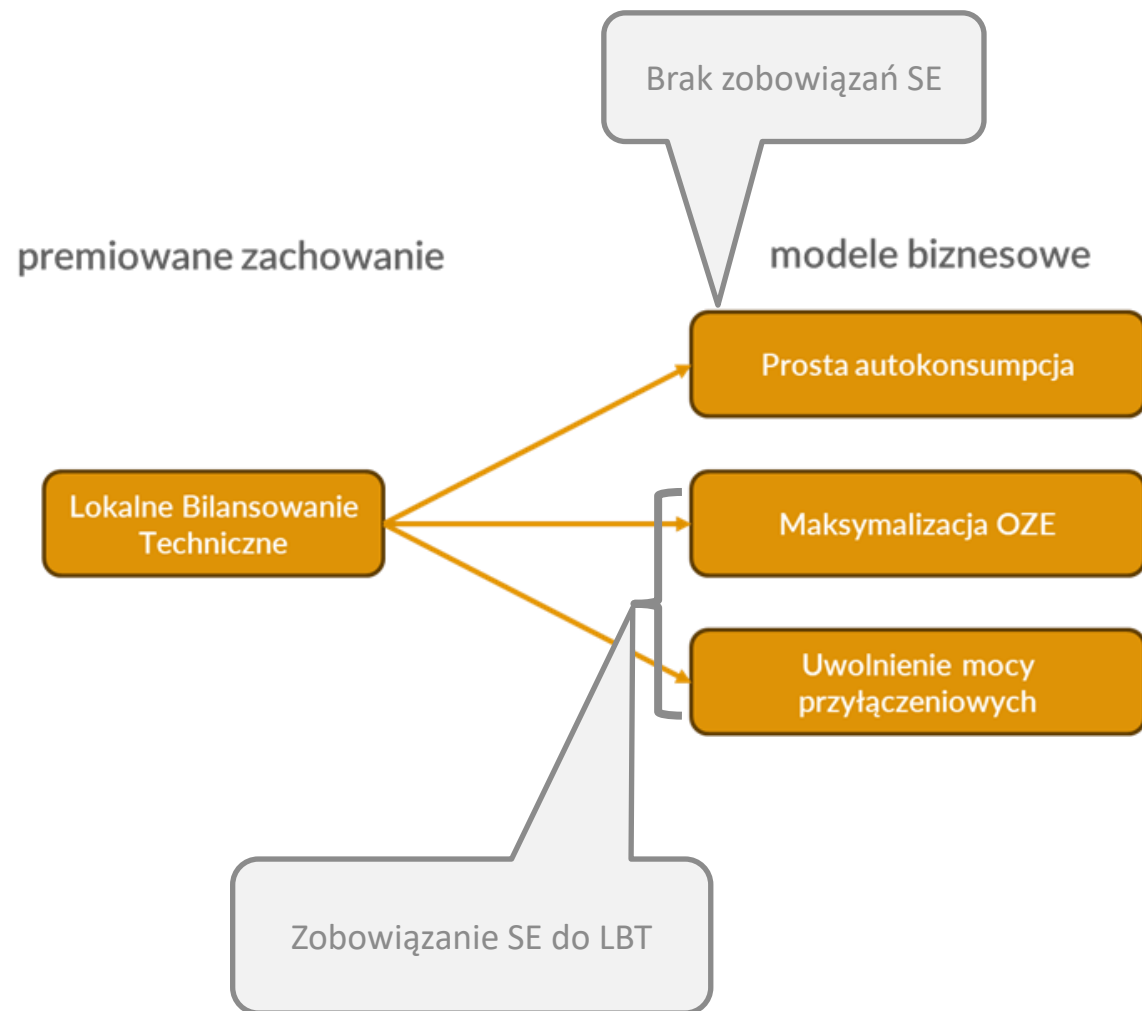
# Koncepcja funkcjonowania LBT oraz LOB

- **Lokalne bilansowanie techniczne (LBT)** to częściowe lub całkowite równoważenie produkowanej lokalnie energii z jej lokalnym zużyciem, zachodzące w określonym **lokalnym obszarze bilansowania (LOB)**.
- **LOB** to fragment sieci elektroenergetycznej, znajdujący się poniżej **elementu krytycznego** ograniczającego zdolność przyłączeniową źródeł wytórczych, odbiorców lub magazynów energii.
- Element krytyczny: **transformator WN/SN, SN/nn, rozdzielnie sieciowe, ciągi liniowe SN**, inne elementy infrastruktury elektroenergetycznej.



# Założenia oraz proponowane modele biznesowe

- **Rola społeczna** - uniknięte koszty rozbudowy sieci, krótszy czas decyzji inwestycyjnych, niższa cena dla odbiorców, wzrost lokalnego bezpieczeństwa, rozwój innowacji.
- **Otwartość** - Modele otwarte dla możliwie szerokiej grupy społeczności energetycznych, np. klastrów energii, OSE, prosumentów wirtualnych czy każdej zagregowanej grupy podmiotów, które chcą świadczyć usługę w zakresie LBT.
- **Stabilność regulacji** - Proponowane rozwiązania nie zaburzają istotnie już istniejących i funkcjonujących modeli w zakresie energetyki obywatelskiej. **Realizacja usługi LBT stanowi wyłącznie dodatkową zachętę do dalszego rozwoju społeczności energetycznych.**

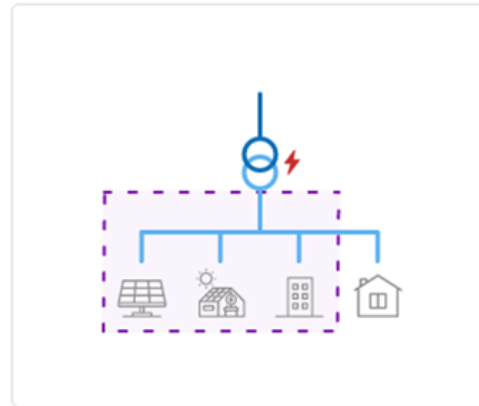


# Model 1 LOB – Prosta autokonsumpcja

Stan obecny



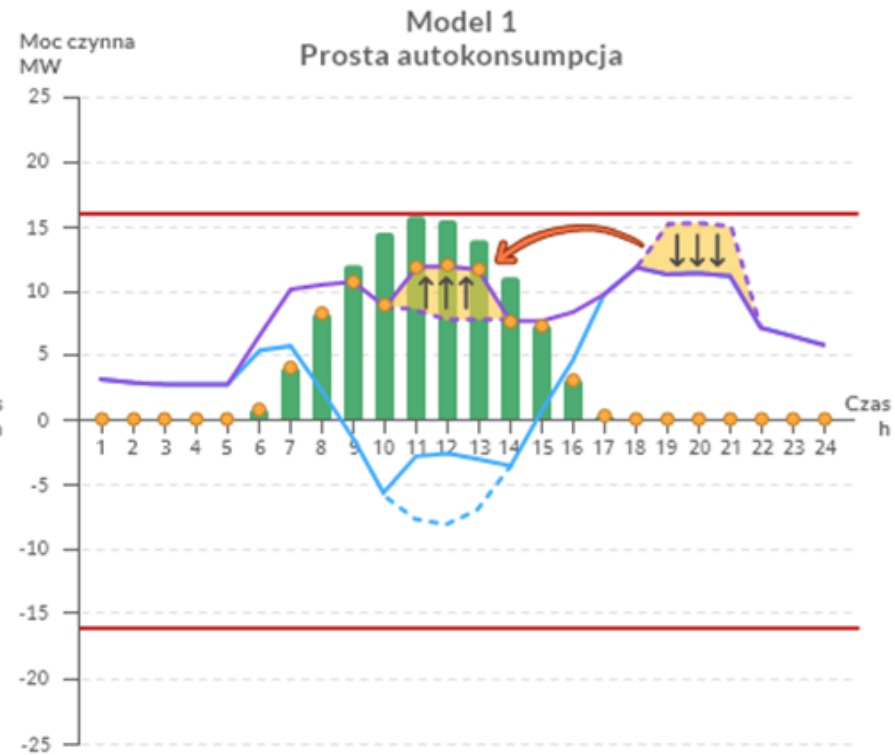
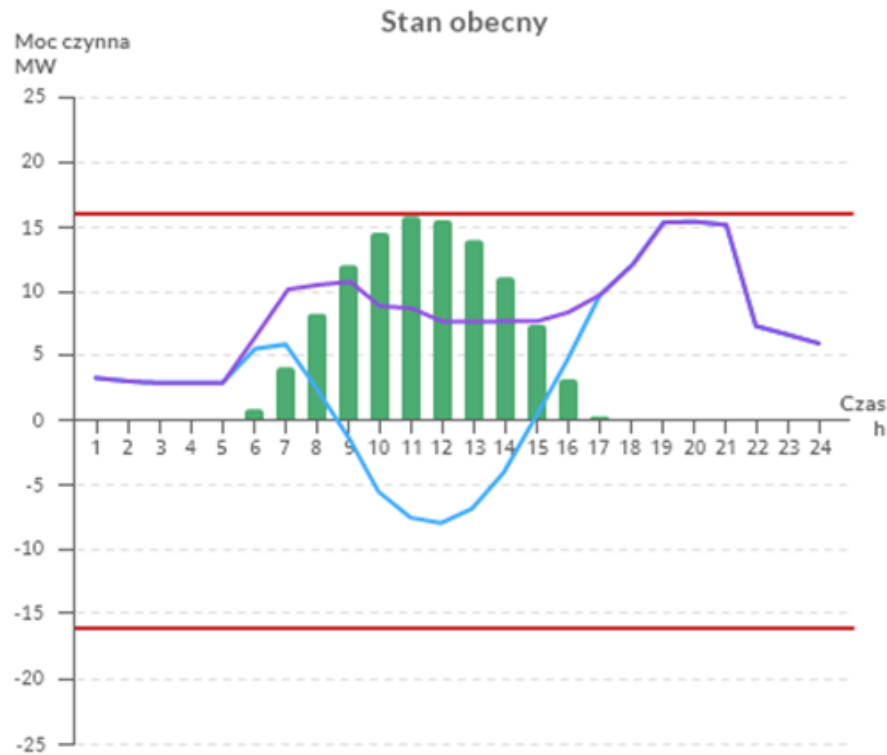
Model 1  
Prosta autokonsumpcja



## Cechy modelu:

- Opusty na opłatach dystrybucyjnych, proporcjonalne do wolumenu zbilansowanej energii.
- Uzasadnieniem dla opustu jest ograniczenie strat sieciowych.
- Autokonsumpcja może ale nie musi zachodzić.
- Promowane są zachowania prowadzące do lokalnego bilansowania technicznego lokalnej maksymalizacji poboru energii w godzinach jej produkcji przez źródła wytwórcze.

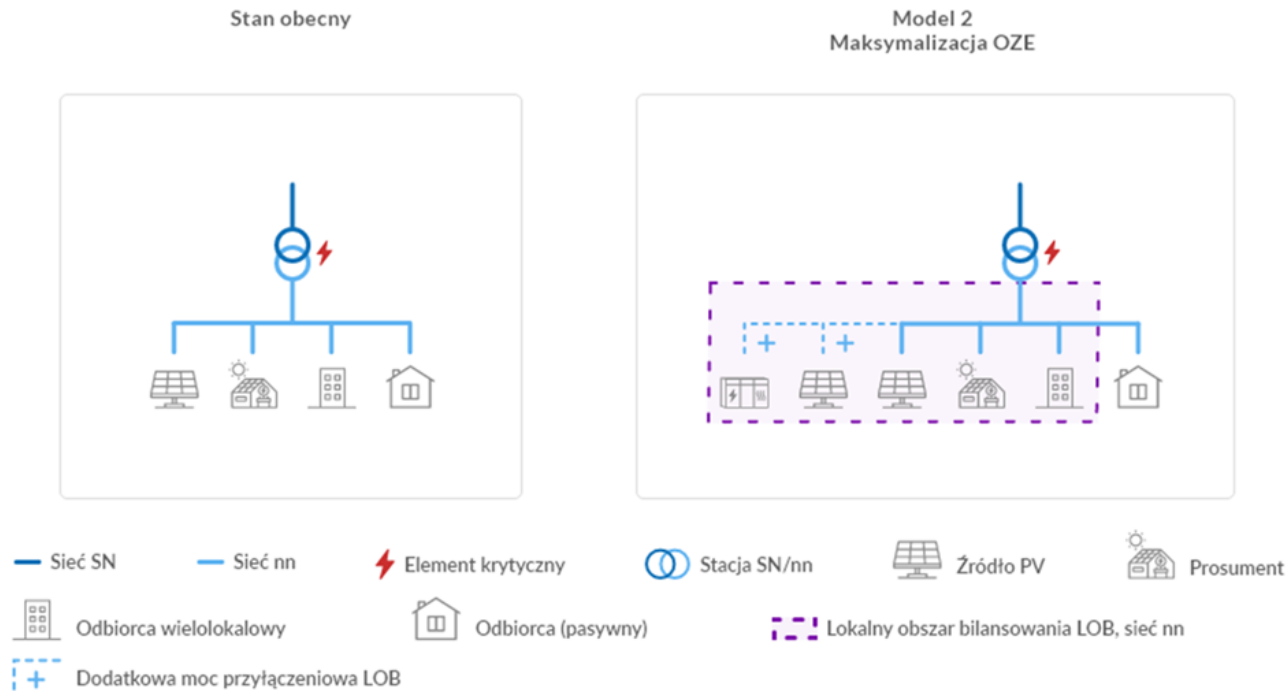
# Model 1 LOB – Prosta autokonsumpcja



- Generacja źródeł LOB, stan początkowy
- Autokonsumpcja LOB
- Dopuszczalne obciążenie elementu krytycznego
- Kierunek zmiany zapotrzebowania LOB

- Zapotrzebowanie LOB
- Przepływ przez element krytyczny
- Przesunięcie zapotrzebowania LOB
- Zwiększenie autokonsumpcji LOB

# Model 2 LOB – Maksymalizacja OZE

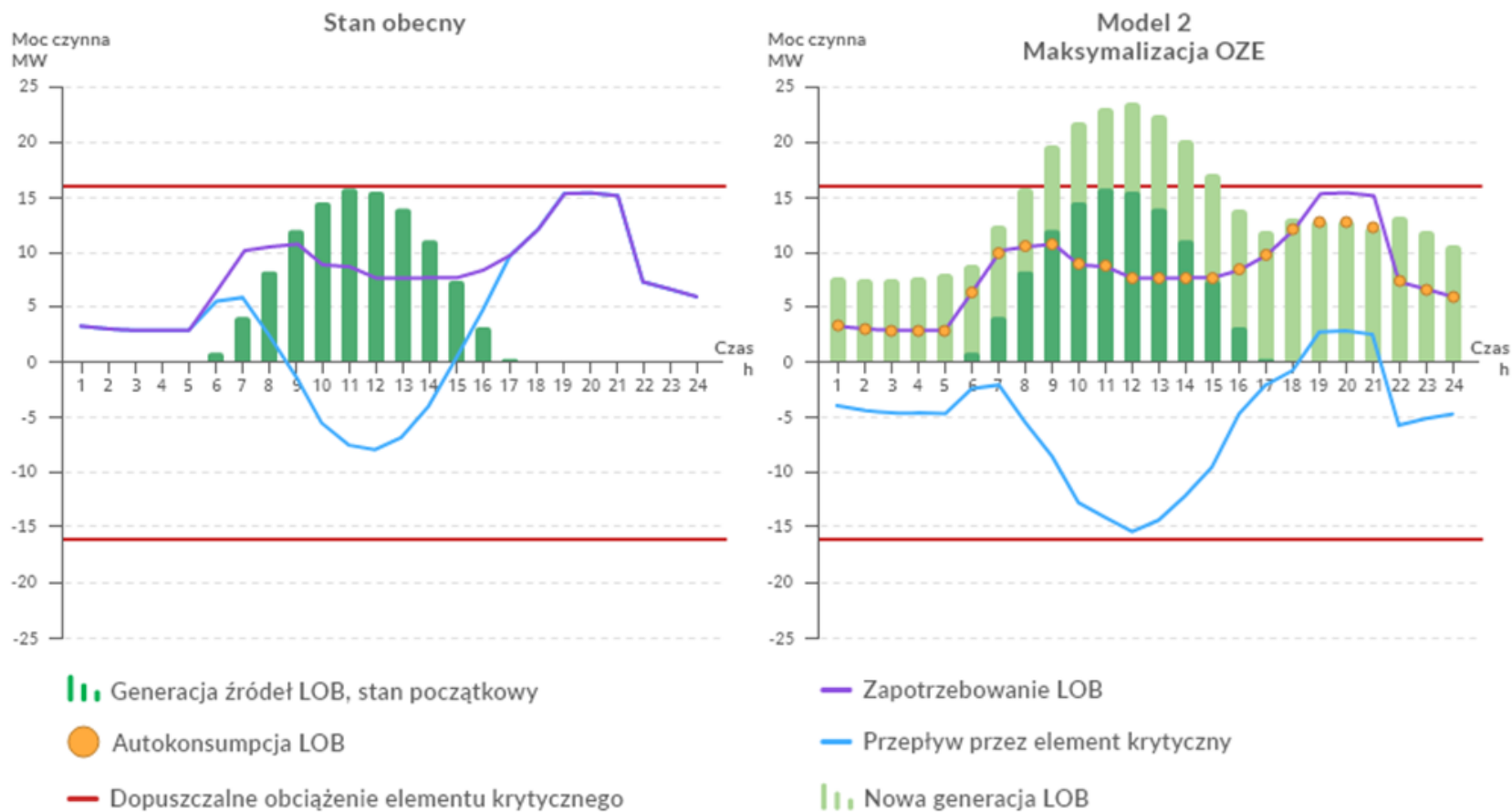


## Cechy modelu:

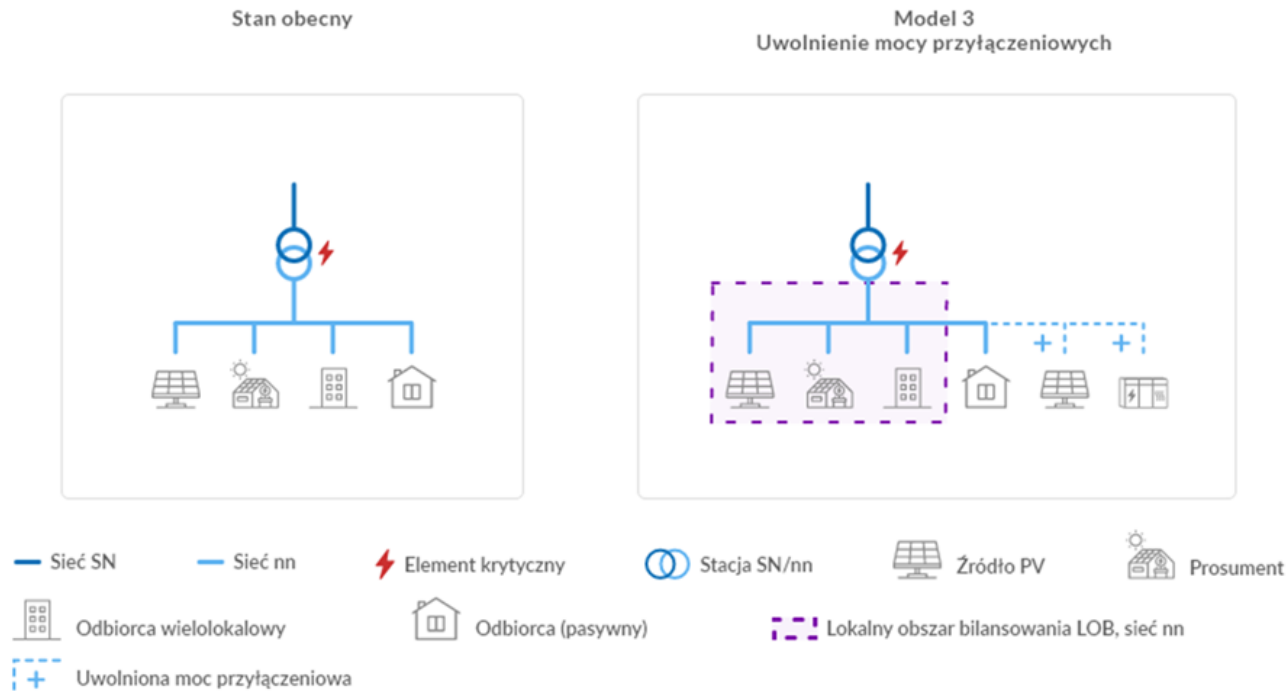
- Zwiększenie mocy przyłączeniowych bez poniesienia kosztów inwestycyjnych.
- Maksymalizacja wykorzystania obecnych mocy przyłączeniowych.
- Więcej OZE. Uprozczone wydawanie warunków przyłączeniowych w LOB.
- Brak konieczności wynagradzania społeczności energetycznej przez OSD.
- Model 2 łączy się z Model 1 – opusty na autokonsumpcji (ograniczenie strat)



# Model 2 LOB – Maksymalizacja OZE



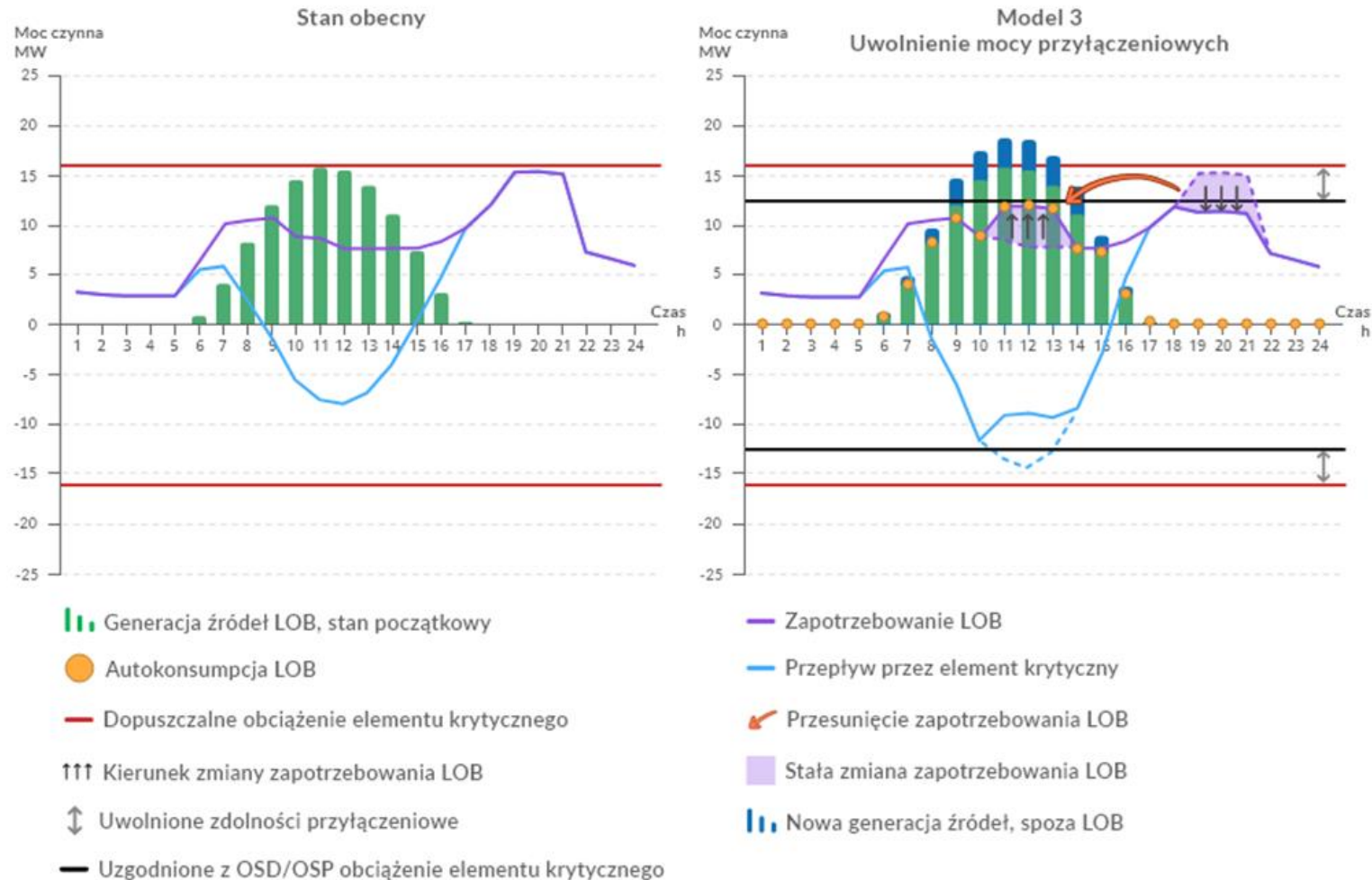
# Model 3 LOB – Uwolnienie mocy przyłączeniowych



## Cechy modelu:

- Koordynacja w celu ograniczenia przepływu mocy przez element krytyczny względem stanu zastanego.
- Przepływ przez element krytyczny w każdym interwale czasu musi być stale utrzymany poniżej poziomu zadeklarowanego przez podmioty przyłączone w ramach LOB.
- Zwolnione moce przyłączeniowe są udostępniane wyłącznie podmiotom spoza LOB.
- Gratyfikacja dla podmiotów z LOB za stałe odciążenie elementu krytycznego.

# Model 3 LOB – Uwolnienie mocy przyłączeniowych



# Wykorzystane algorytmy optymalizacyjne

Jak najniższym kosztem realizować wybrane cele/modele?



Kraj



Samorząd /  
Społeczność



Dom / Firma

# Podsumowanie dla Modeli 1, 2, 3 LOB

## Zestawienie głównych cech modeli

Cecha	Prosta autokonsumpcja	Maksymalizacja OZE	Uwolnienie mocy przyłączeniowych
Redukcja zapotrzebowania na energię z KSE (ograniczenie strat sieciowych)	Tak	Tak	Tak
Redukcja obciążenia elementu krytycznego (ograniczenie nakładów inwestycyjnych przez OSD/OSP)	Nie	Tak	Tak
Możliwość wydania warunków przyłączeniowych przekraczających dopuszczalne obciążenie elementu krytycznego (maksymalizacja wykorzystania dostępnych mocy przyłączeniowych)	Nie	Tak (dla LOB)	Tak (dla stron trzecich)
Obniżone koszty dystrybucyjne lub wynagrodzenie za pełnioną funkcję	Tak	Nie	Tak
Kara za brak realizacji usługi	Nie	Tak	Tak

## Możliwości realizacji kilku modeli biznesowych jednocześnie

Model	Prosta autokonsumpcja	Maksymalizacja OZE	Uwolnienie mocy
Prosta autokonsumpcja	X	Tak	Tak
Maksymalizacja OZE	Tak	X	Nie
Uwolnienie mocy przyłączeniowych	Tak	Nie	X

# Parametryzacja ogólna – otoczenie

Parametr		
Maksymalna elastyczność zapotrzebowania, %	20	
Koszt przeniesienia zapotrzebowania – taryfa G <sup>1</sup> , zł/MWh	250	
Koszt przeniesienia zapotrzebowania – taryfa C <sup>1</sup> , zł/MWh	95	
Koszt przeniesienia zapotrzebowania – taryfa B <sup>1</sup> , zł/MWh	154	
Jednostkowy koszt energii z sieci - grupa G <sup>2</sup> , zł/MWh	457,1	
Jednostkowy koszt energii z sieci - grupa C <sup>2</sup> , zł/MWh	749,2	
Jednostkowy koszt energii z sieci - grupa B <sup>2</sup> , zł/MWh	729,2	
Jednostkowy koszt dystrybucji energii z sieci - grupa G <sup>2</sup> , zł/MWh	314,5	
Jednostkowy koszt dystrybucji energii z sieci - grupa C <sup>2</sup> , zł/MWh	531,5	
Jednostkowy koszt dystrybucji energii z sieci - grupa B <sup>2</sup> , zł/MWh	312,1	
Jednostkowa cena sprzedaży energii LOB - źródła PV <sup>3</sup> , zł/MWh	355	
Jednostkowa cena sprzedaży energii LOB - źródła wiatrowe <sup>3</sup> , zł/MWh	349,69	
Marża wytwórców nowych źródeł w ramach LOB, %	15	
CAPEX – magazyn energii <sup>4</sup> , tys. zł/MWh	1 842,5	
OPEX – magazyn energii <sup>4</sup> , tys. zł/MWh	46	
Sprawność magazynu <sup>4</sup> , %	Rozładowanie	Naładowanie
	94	94
Stopa dyskonta <sup>4</sup> , d	0,075	

<sup>1</sup> – propozycja zespołu NCAE na bazie różnicy pomiędzy kosztami energii elektrycznej oferowanej w godzinach szczytowych oraz pozaszczytowych przez poszczególnych sprzedawców energii

<sup>2</sup> – wykorzystano dane (tab. 29) z „Sytuacja w Elektroenergetyce, Biuletyn Kwartalny, nr 4 (125),” Agencja Rynku Energii, Warszawa, 2024

<sup>3</sup> – przyjęto maksymalną cenę po jakiej energia została sprzedana w ramach koszyka poniżej 1 MW dla nowych instalacji PV oraz wiatrowych w ramach aukcji OZE organizowanych przez Prezesa URE w 2023 roku (symbol aukcji - AZ/6/2023)

<sup>4</sup> – wartości parametrów do oceny kosztów wytwarzania energii w źródłach LOB według [ATB2024, TYNDP]



# Parametryzacja ogólna – typowe LOB’y

Parametr		LOB SN	LOB nn
Moc zainstalowana PV, MW		20	0,2
Dopuszczalne obciążenie elementu krytycznego, MW		20	0,2
Zmniejszenie stawki opłat dystrybucyjnych w przypadku LOB <sup>1</sup>		0,05	0,09
Jednostkowe uniknięte nakłady inwestycyjne na zwiększenie zdolności przyłączeniowej <sup>2</sup> zł/MW/rok		168 707	153 149
w tym:	proponowana korzyść dla LOB <sup>3</sup> , %	75	75
Sumaryczne maksymalne zapotrzebowanie odbiorów – zagregowane <sup>4</sup> , MW		7,4	0,046
w tym:	Maksymalne zapotrzebowanie odbiorów - grupa G, MW	2,6	0,029
	Maksymalne zapotrzebowanie odbiorów - grupa C, MW	1,5	0,017
	Maksymalne zapotrzebowanie odbiorów - grupa B, MW	3,3	X
Roczne zapotrzebowanie na energię odbiorów – zagregowane <sup>5</sup> , MWh		35 000	200
w tym:	Udział zapotrzebowania na energię odbiorów - grupa G <sup>5</sup> , %	30,16	59,66
	Udział zapotrzebowania na energię odbiorów - grupa C <sup>5</sup> , %	20,39	40,34
	Udział zapotrzebowania na energię odbiorów - grupa B <sup>5</sup> , %	49,44 <sup>1</sup>	X

<sup>1</sup> – propozycja zespołu NCAE na bazie sumy wykazywanych w latach 2021 i 2022 roku strat w „Statystyka elektroenergetyki polskiej 2022”, Agencja Rynku Energii, Warszawa, 2023.

<sup>2</sup> – oszacowanie zespołu NCAE na bazie danych zawartych w PEP, KPEiK oraz jednego z OSD.

<sup>3</sup> – maksymalne zapotrzebowanie wynika z profilu zapotrzebowania danej grupy odbiorców oraz wskazanego rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną. W analizie wykorzystano standardowe profile zapotrzebowania (taryfy G, C i B).

<sup>4</sup> – oszacowanie zespołu NCAE na bazie danych zawartych w „Statystyka elektroenergetyki polskiej 2022”, Agencja Rynku Energii, Warszawa, 2023.

<sup>5</sup> – oszacowanie zespołu NCAE na bazie danych zawartych w „Sprawozdanie z działalności Prezesa URE za 2023 rok”, Warszawa, 2024.

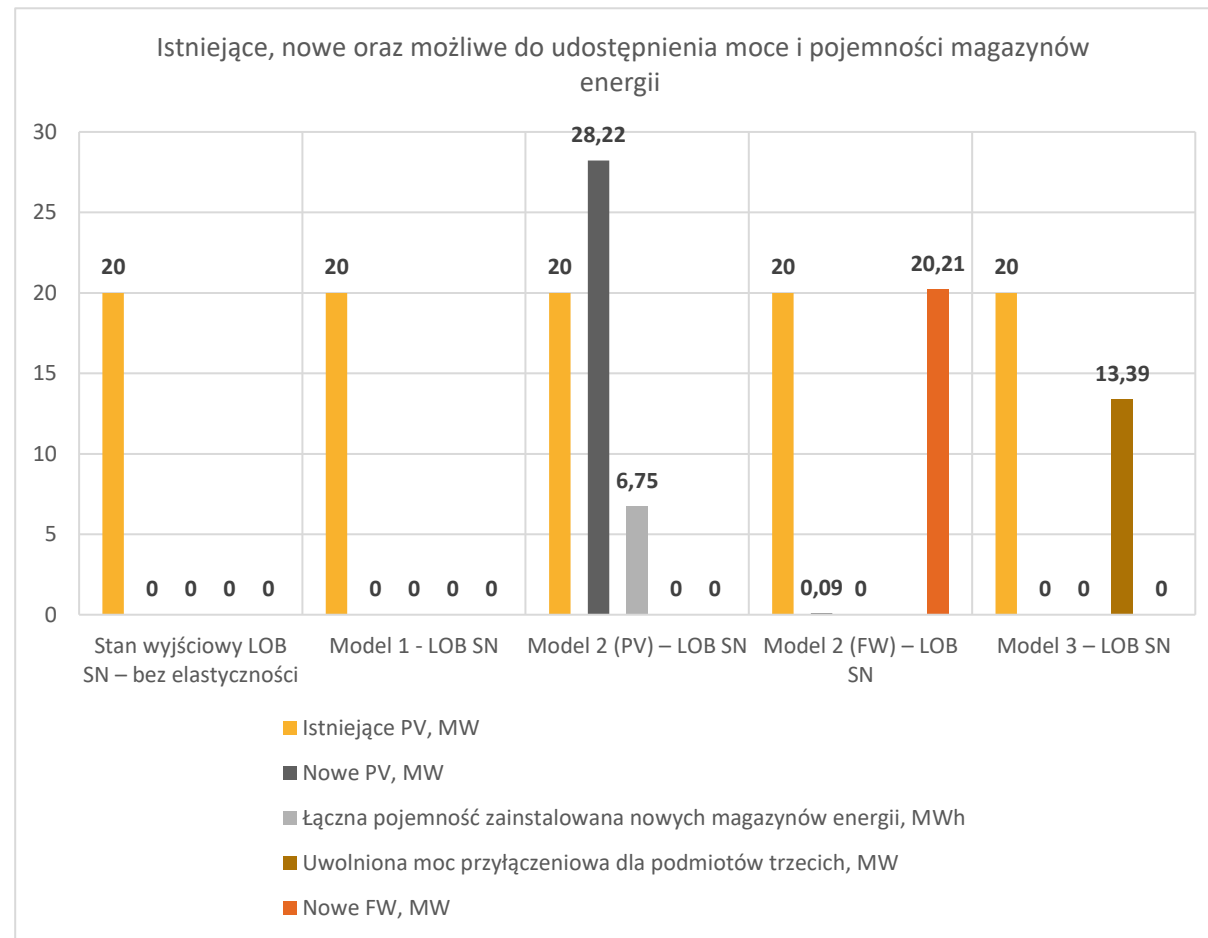
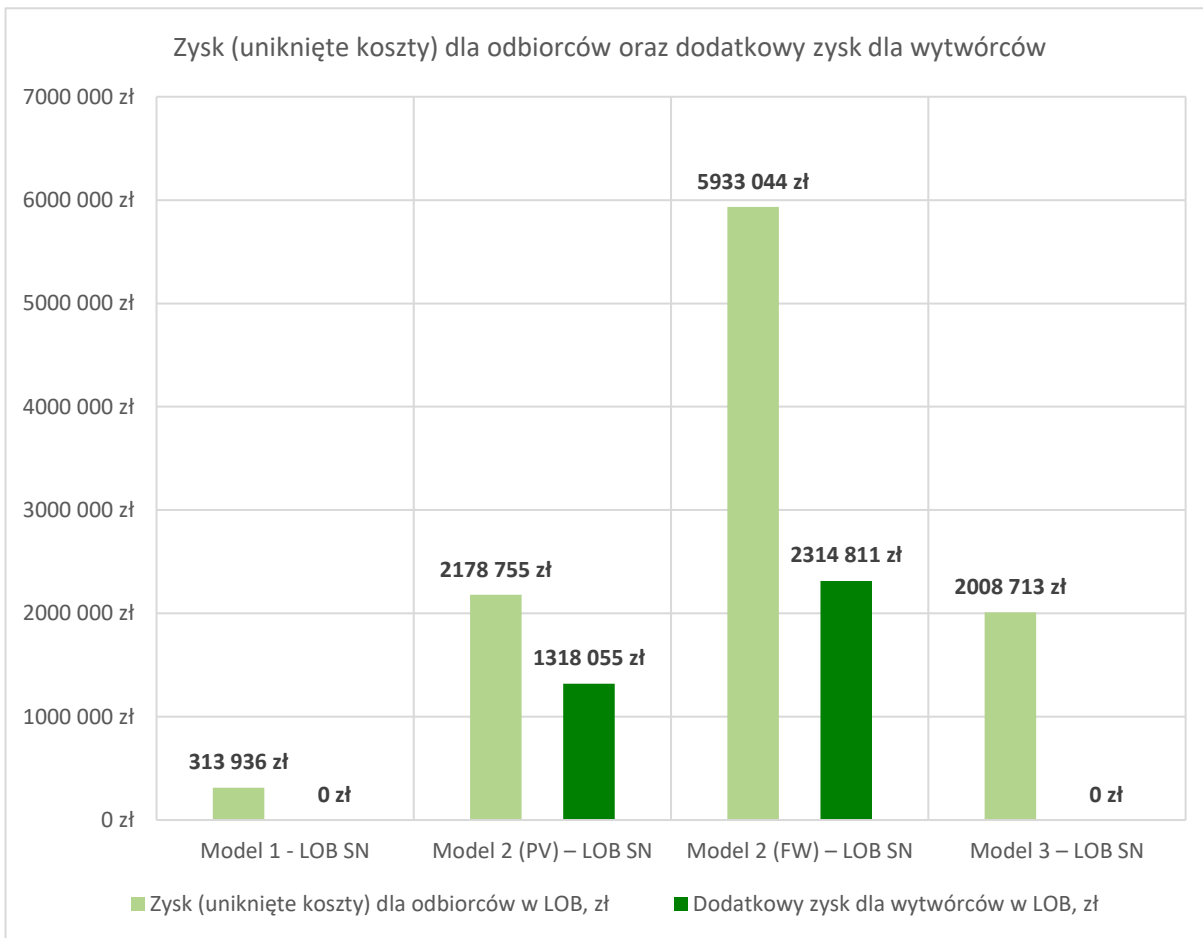
# Wyniki – LOB SN

Parametr	Stan wyjściowy LOB SN – bez elastyczności	Model 1 - LOB SN	Model 2 (PV) – LOB SN	Model 2 (Wiatr) – LOB SN	Model 3 – LOB SN
Łączne roczne koszty pokrycia zapotrzebowania na energię LOB, zł/rok	30 681 218	30 367 282	28 502 463	24 748 175	30 367 358
w tym:					
Łączne roczne koszty zakupu energii, zł/rok	18 498 664	18 025 372	16 225 317	12 807 937	18 025 313
Roczne koszty dystrybucji, zł/rok	12 182 554	12 162 194	12 050 288	11 855 462	12 162 184
DSR, zł/rok	X	179 715	226 858	84 775	179 860
Zysk <sup>1</sup> dla odbiorców (zmniejszenie kosztów) LOB, zł/rok (%)	X	313 937 (1,02%)	2 178 756 (7,1%)	5 933 044 (19,33%)	2 008 713 (6,55%)
Dodatkowy zysk dla wytwórców w ramach LOB, zł/rok	X	X	1 318 055	4 543 (PV) + 2 309 468 (FW) = 2 314 011	X
Koszty funkcjonowania magazynów, zł/rok	X	X	1 027 431	X	0
Zmniejszenie uzgodnionego z OSD/OSP obciążenia elementu krytycznego (zwolniona moc przyłączeniowa), MW	X	X	X	X	13,39
Poziom autokonsumpcji, %	36,56	39,58	55,8	90,1	39,58
Łączna moc zainstalowana źródeł PV, MW	20	20	48,22	20,09	20
Istniejące moce PV [MWp]	20	20	20	20	20
Nowe moce PV [MWp]	X	X	28,22	0,09	X
Nowe moce wiatrowe [MW]	X	X	X	20,21	X
Łączna pojemność zainstalowana nowych magazynów energii, MWh	X	X	6,75	X	0



# Wizualizacja wyników – LOB SN

Łączne roczne koszty pokrycia zapotrzebowania na energię LOB, zł/rok: 30,6 mln zł



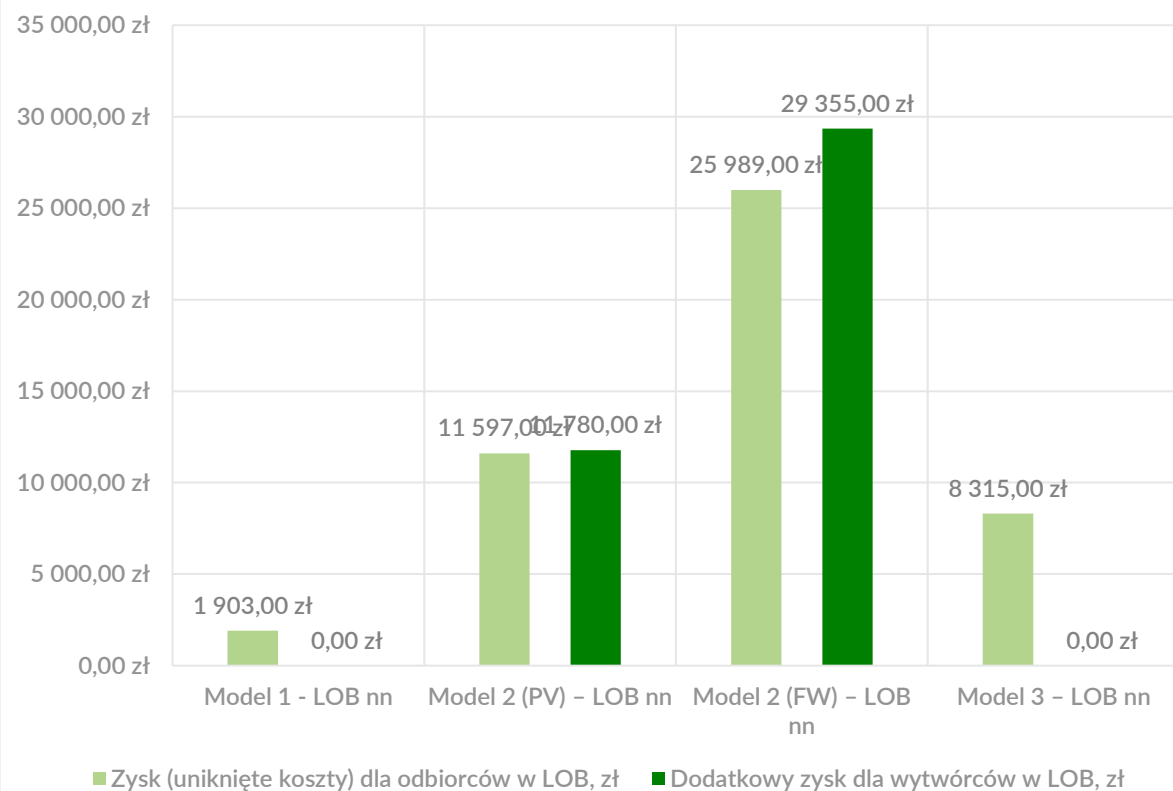
# Wyniki – LOB nn

Parametr	Stan wyjściowy LOB nn – bez elastyczności	Model 1 - LOB nn	Model 2 (PV) – LOB nn	Model 2 (Wiatr) – LOB nn	Model 3 – LOB nn
Łączne roczne koszty pokrycia zapotrzebowania na energię LOB, zł/rok	169 359	167 458	157 762	143 370	161 045
w tym:					
łączne roczne koszty zakupu energii, zł/rok	92 958	90 719	82 187	70 465	85 008
Roczne koszty dystrybucji, zł/rok	76 401	76 140	74 970	72 727	75 482
DSR, zł/rok	X	597	605	178	554
Zysk <sup>1</sup> dla odbiorców (zmniejszenie kosztów) LOB, zł/rok (%)	X	1 903 (1,1%)	11 597 (6,8%)	25 989 (15,34%)	8 315 (4,9%)
Dodatkowy zysk dla wytwórców w ramach LOB, zł/rok	X	X	11 780	20 764	X
Koszty funkcjonowania magazynów, zł/rok	X	X	7 616	0	7 252
Zmniejszenie uzgodnionego z OSD/OSP obciążenia elementu krytycznego (zwolniona moc przyłączeniowa), MW	X	X	X	X	0,13
Poziom autokonsumpcji, %	42,69	45,31	59,39	95,23	51,79
Łączna moc zainstalowana źródeł PV, MW	0,2	0,2	0,45	0,15	0,2
Istniejące moce PV	0,2	0,2	0,2	-0,05	0,2
Nowe moce PV	X	X	0,25	0	X
Nowe moce wiatrowe	X	X	X	0,2	X
Łączna pojemność zainstalowana nowych magazynów energii, MWh	X	X	0,05	0	0,05

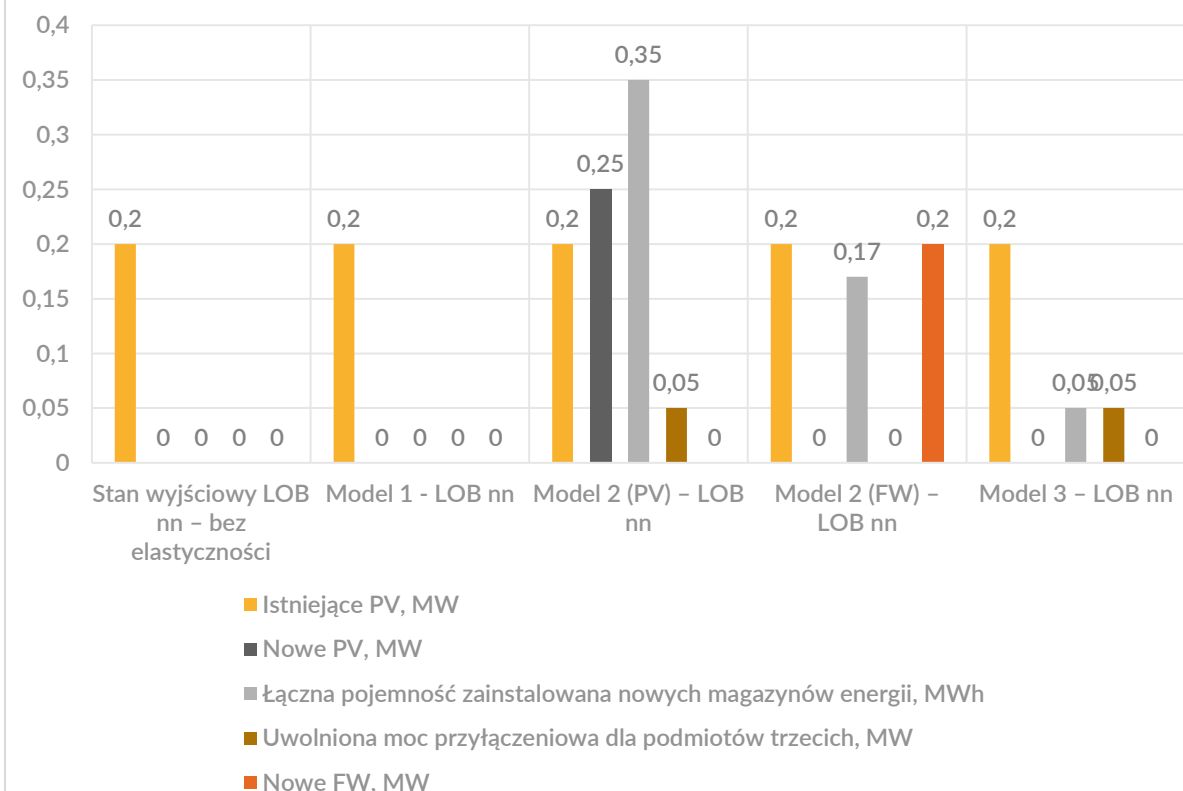
# Wizualizacja wyników – LOB nn

Łączne roczne koszty pokrycia zapotrzebowania na energię LOB, zł/rok: 169 359 zł

## Zysk (uniknięte koszty) dla odbiorców oraz dodatkowy zysk dla wytwórców



## Istniejące oraz nowe moce źródeł PV i pojemności magazynów energii



# Wyniki parametryzacji LOB w skali kraju

Szacunek na bazie KPEIK i PEP  
(300 społeczności energetycznych)

Szacunek w odniesieniu do liczby  
transformatorów (3% na SN i 2% na nn)

Możliwe nowe moce PV (MW)	861,3	1060,1
Możliwe nowe moce wiatrowe (MW)	618,3	849,5
Możliwe dodatkowe moce przyłączeniowe (MW)	409,5	558,7
Suma potencjału mocowego nowych definicji LOB (MW)	<b>1 889,1</b>	<b>2 468,3</b>
Możliwe nowe pojemności (moce) magazynów energii (MWh)	208,5 (52,125 MW)	337,5 (84,38 MW)
Potencjalne zyski (oszczędności) dla społeczności energetycznej (zł/rok)	309 546 920	341 347 091
Dodatkowy zysk dla wytwórców w ramach LOB (zł/rok)	111 258 150	147 452 722

# Motywacja – spójny model dla Energetyki Rozproszonej

## Brak spójnych modeli biznesowych!

PPA Power Purchase Agreement (EU)

Prosument indywidualny (PL)

Prosument „lokatorski” (PL)

Prosument zbiorowy (EU)

Agregatorzy Energii (EU)

Prosument wirtualny (PL)

Cable pooling (PL)

Klastry Energii (PL)

Linia bezpośrednia (EU)

OSE Obywatelska Społeczność Energetyczna (EU)

P2P Partnerski Handel Energią (EU)

Spółdzielnie energetyczne (EU)

# Wnioski

- ✓ Proponowane modele biznesowe stanowią uzupełnienie obecnych strategii biznesowych – przy maksymalnie zachowawczym podejściu następuje obniżenie kosztów od 1% do 19% względem stanu bez społeczności.
- ✓ Sektor ciepłownictwa jest adresowany obecnie w sposób pośredni. Możliwe wzmocnienie poprzez opusty dla autokonsumpcji dla pomp ciepła.
- ✓ Poszczególne propozycje są zróżnicowane pod względem zobowiązań społeczności energetycznej
  - ✓ Model 1 nie tworzy zobowiązań.
  - ✓ Model 2 oraz 3 wymaga zapewnienia gwarancji określonego poziomu przepływu przez element krytyczny.
- ✓ Wyniki optymalizacji są uzależnione od wykorzystywanych parametrów (cen, profili, itp.) oraz przyjętych ograniczeń (zakres elastyczności odbioru, możliwość rozbudowy zasobów itp.).
- ✓ Konieczne jest opracowanie zmian ustawowych umożliwiających wdrożenie proponowanych modeli.

# Dziękujemy

Tomasz Chmiel

[Tomasz.Chmiel@pse.pl](mailto:Tomasz.Chmiel@pse.pl)

Karol Wawrzyniak

[Karol.Wawrzyniak@pse.pl](mailto:Karol.Wawrzyniak@pse.pl)



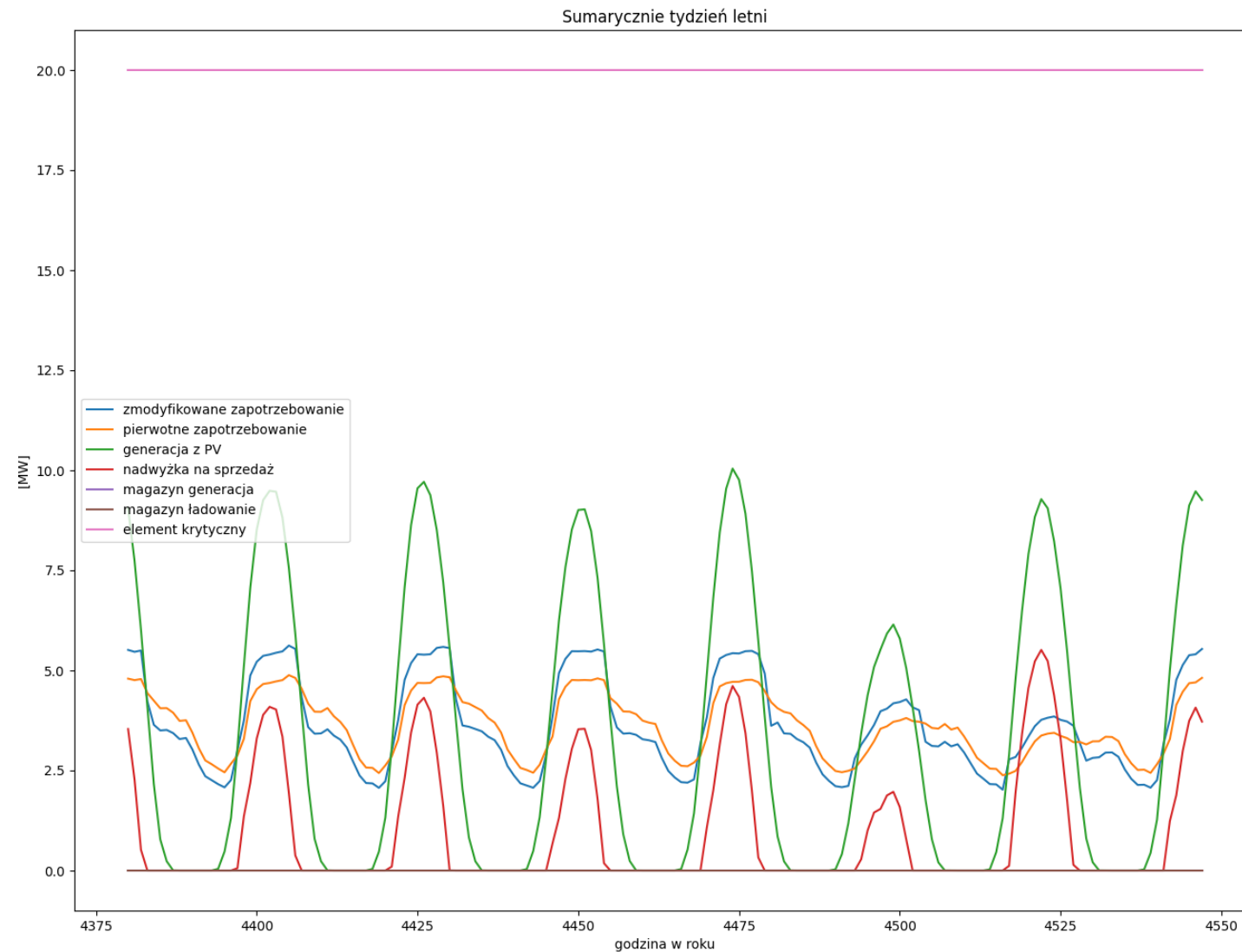
NARODOWE LABORATORIUM  
BADAŃ JĄDROWYCH  
ŚWIERK

**NCAE**

**PSE** Polskie Sieci  
Elektroenergetyczne

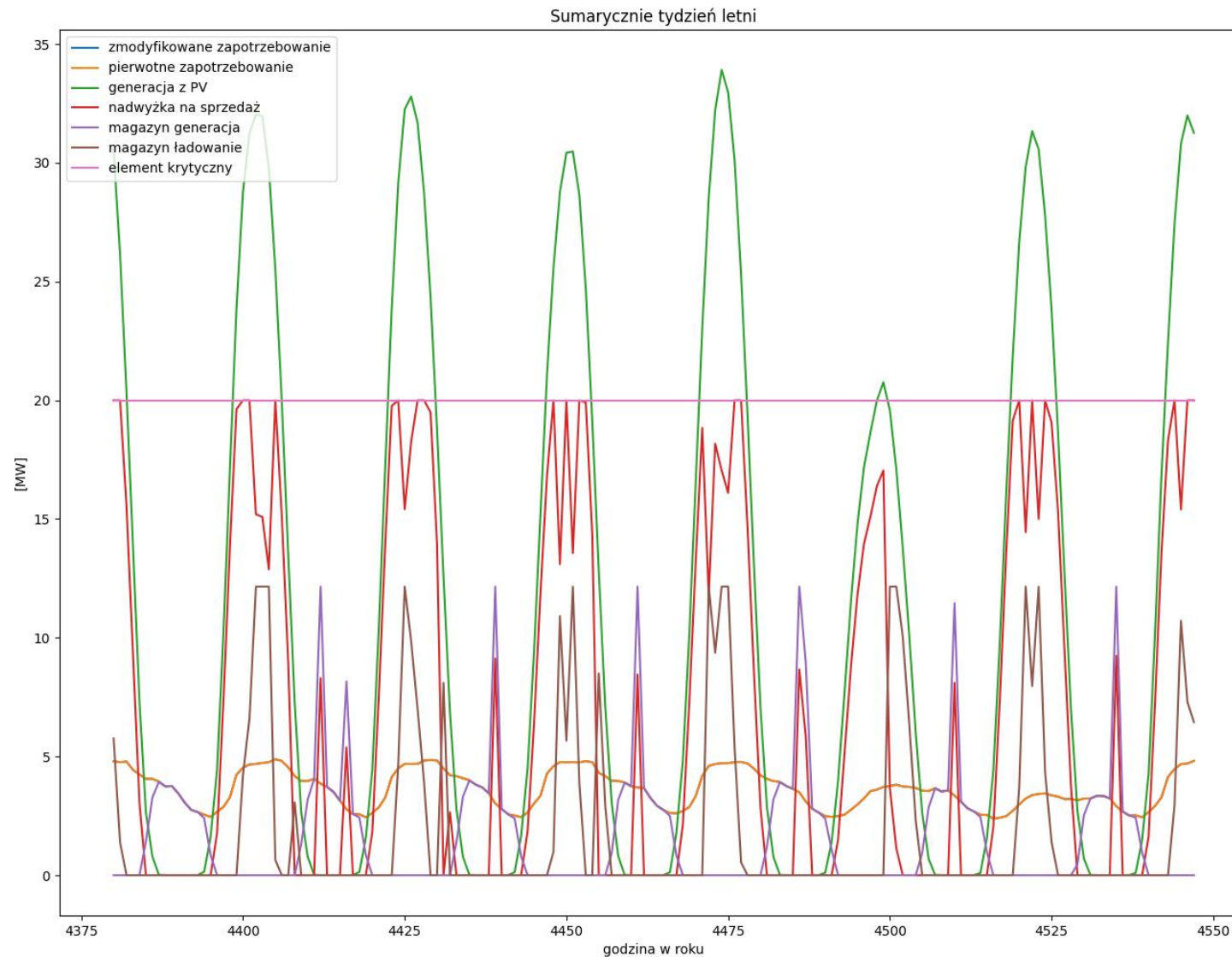
# Model 1 – wizualizacja realizacji modelu w tygodniu letnim

## LOB SN

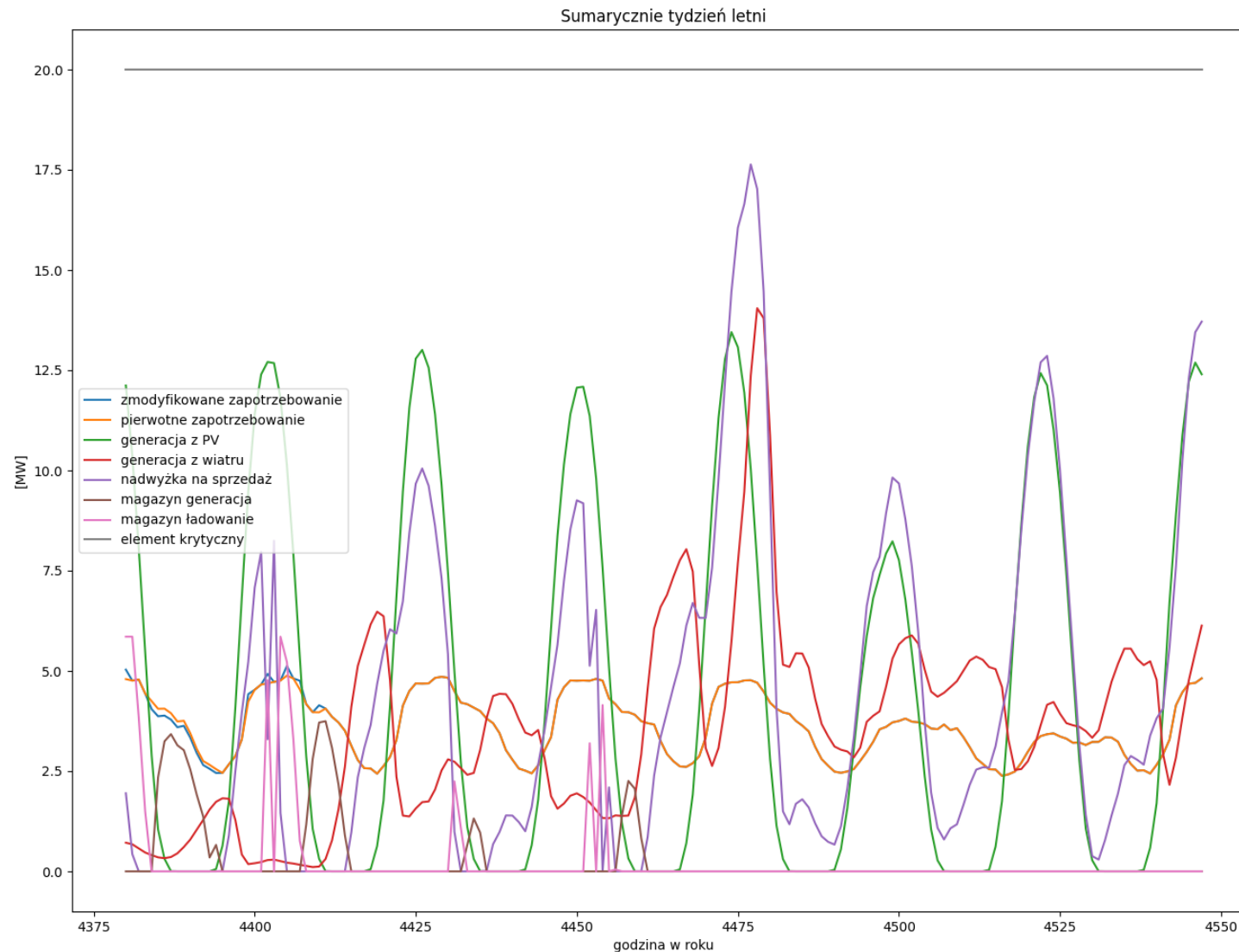




# Model 2 (PV) – wizualizacja realizacji modelu w tygodniu letnim LOB SN



# Model 2 (Wiatr) – wizualizacja realizacji modelu w tygodniu letnim LOB SN



# Model 3 – wizualizacja realizacji modelu w tygodniu letnim

## LOB SN

