



Prognozowanie produkcji OZE i bilansowanie lokalne

Systemy Informatyczne
w Energetyce – Wiśła 2024

6.11.2024 • Dr inż. Krzysztof Kołodziejczyk



Od prognoz lokalnych do bilansowania

- Ponad 20 lat współpracy z energetyką zawodową
- Doświadczenie w zakresie **predykcji**
- Dedykowany **zespół ekspertów** w ramach CRO
- Bieżąca współpraca ze specjalistami z IEn PW i zespołem prognoz ICM UW

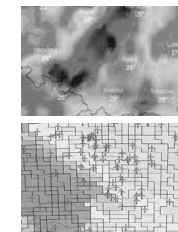
4RES

Lokalne prognozy pogody i punktowa prognoza produkcji



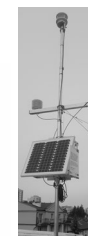
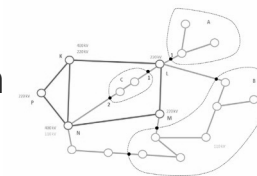
PROGO

Obszarowe prognozy pogody i produkcji wraz z jej oddziaływaniem na sieć

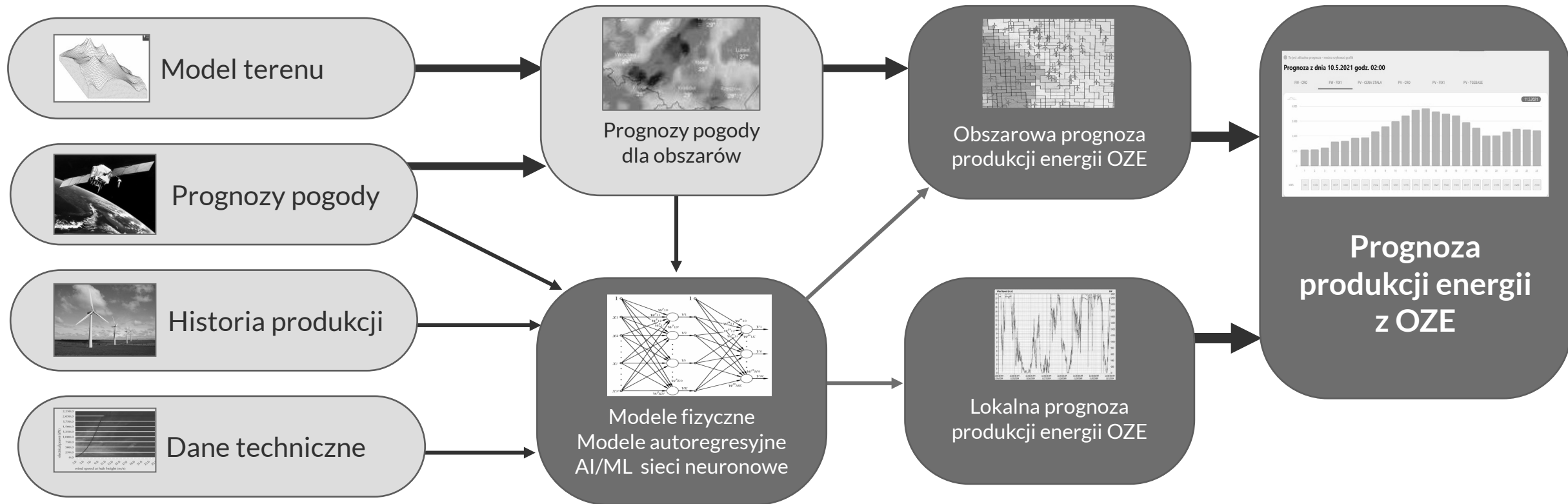


LOBSTER

Lokalne bilansowanie energii bazujące na bieżących pomiarach i prognozach produkcji



Wiele modeli prognostycznych i indywidualizacja



Zakres usługi prognozowania D+1



Prognozowanie produkcji dla farm wiatrowych

- Model uczenia maszynowego, uczony na historycznych pomiarach
- Optimalizacja wieloparametrowa
- Wielopunktowe prognozy pogody
- W razie braku danych pomiarowych – krzywe mocy



Prognozowanie produkcji dla farm słonecznych

- Metoda analityczna średniogodzinowego potencjału mocy
- Indywidualne współczynniki korekcji dobrane na danych pomiarowych lub ekspercko
- Obszarowe prognozy pogody



Prognozy uzupełniające



Prognozy w horyzoncie D+9

- Na potrzeby raportowania do OSD
- Wysyłka do godz. 7:30
- Zakres prognozy: od D+1 do D+9 co godzinę
- Mniejsza dokładność



Prognozy na dzień bieżący

- Dwie wysyłki: około 8:00 i około 14:00
- Prognozy 15 minutowe lub godzinowe
- Zakres prognozy: godz. 1..24 dnia bieżącego
- Błąd mniejszy o ok. 10% względem prognoz na dzień następnny



Dokładność prognoz – miara błędu

$$nMAE = \frac{\sum_{i=1}^n |E_{pred_i} - E_{real_i}|}{n * P_{nom}}$$

E_{pred_i} – energia godzinowa prognozowana

E_{real_i} – energia godzinowa rzeczywista

P_{nom} – znamionowa moc farmy

n – liczba próbek godzinowych w mierzonym okresie

Dokładność prognoz

Dla farm słonecznych

Rodzaj farmy	Błąd całodobowy		Błąd dzienny	
	Zima	Lato	Zima	Lato
Pojedyncza PV	2,0%	7,5%	5,5%	11%
Elektrownia wirtualna	1%	3,5%	3%	5,5%

Dla farm wiatrowych

Modele fizyczne	błąd 12-15%
Modele AI/ML	błąd 7-9%

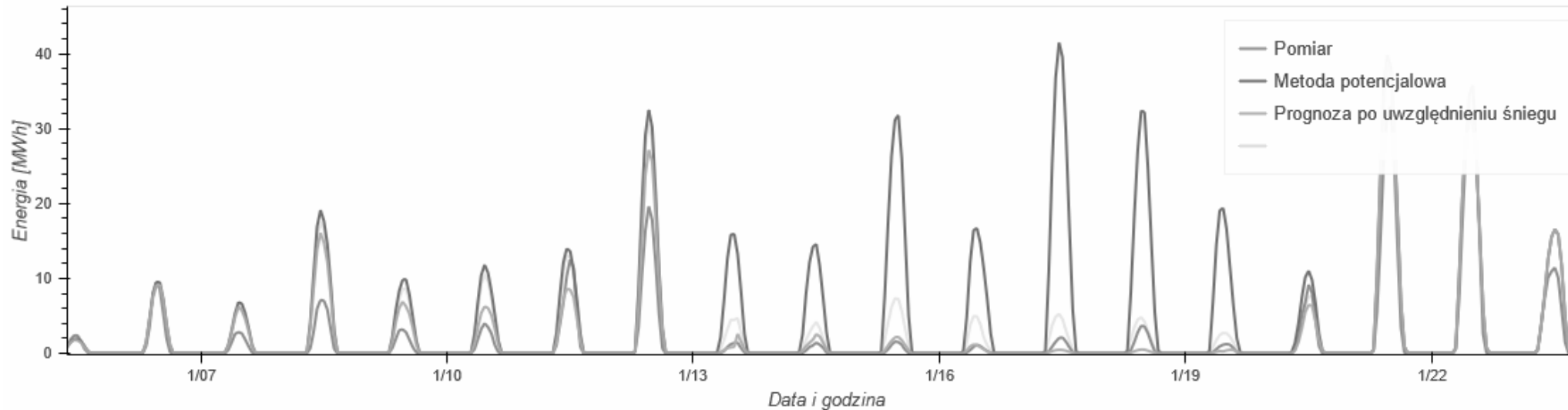
Dokładność prognoz dla farm wiatrowych

Wpływ śniegu na prognozę produkcji

- bezpośredni opad
- zaleganie pokrywy śnieżnej

nMAE na okresie 12.2020-01.2021

- bez korekty śniegowej: 1,62%
- z korektą śniegową: 1,23%



4RES API – dla usługobiorców

Pozwala na określenie redukcji

- addytywnie, np. do potrzeb własnych farmy
- proporcjonalnie, np. do odstawienia części (lub całości) farmy do konserwacji lub naprawy
- pułapowo, np. do ograniczeń systemowych

Pozwala na samodzielne kształtowanie listy farm do prognozowania

- w zakresie modeli opartych na krzywych mocy

Technologia:

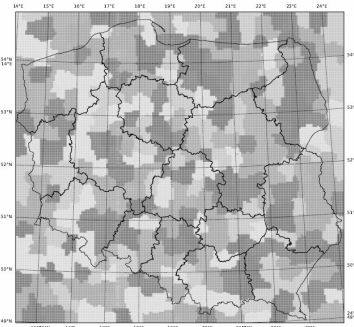
- https z uwierzytelnieniem
- REST (GET, POST)



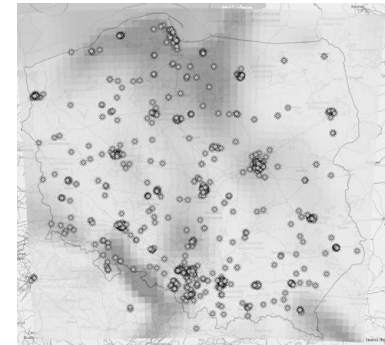
Prognozowanie bilansu energii dla prosumentów w oparciu o AI/ML

Wykorzystanie modelu obszarowego prognozowania

obszarowe
prognozy **pogody**



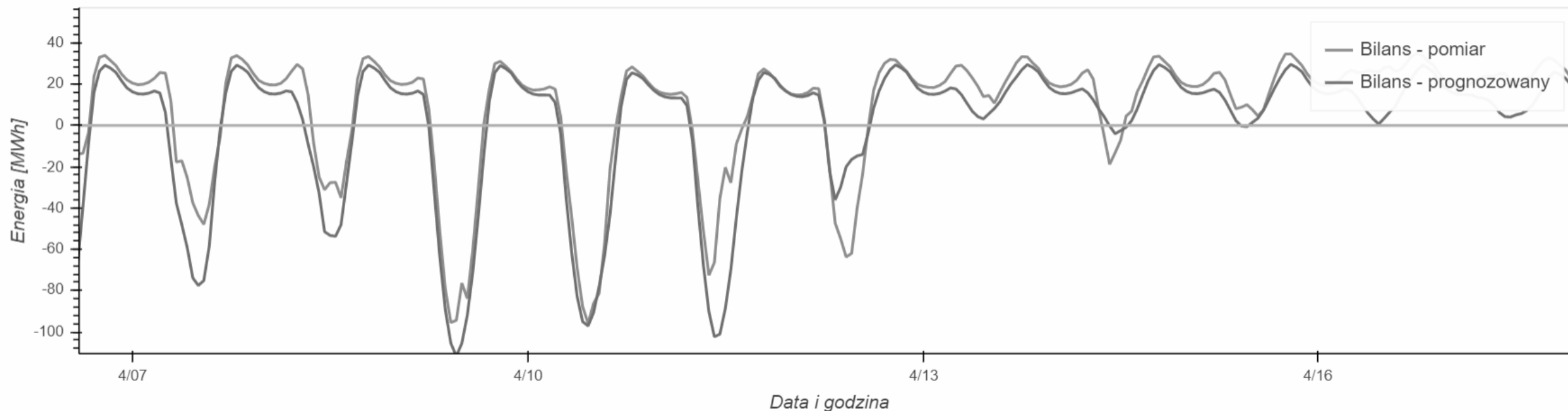
obszarowe
prognozy **produkcji**



Błąd nMAE

- dla małych prosumentów (do 10 kW peak) – **4,6%**
- dla dużych prosumentów (do 50 kW peak) – **6,7%**

Wyniki prognozowania prosumentów



Fragment przebiegu czasowego bilansu pomierzonego i prognozowanego

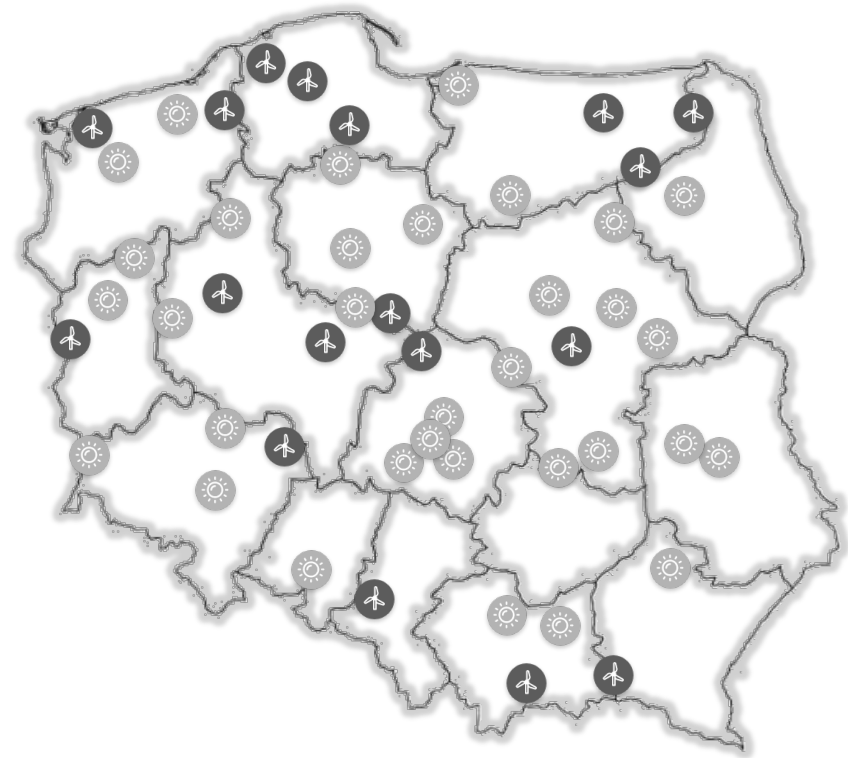
Zakres prognoz produkcji OZE w Polsce

Prognozy Punktowe

- Kilkaset OZE o mocy 1,5 GW

Prognozy obszarowe obejmujące:

- 9,5 GW farm wiatrowych
- 5,2 GW farm słonecznych
- 11 GW prosumentów

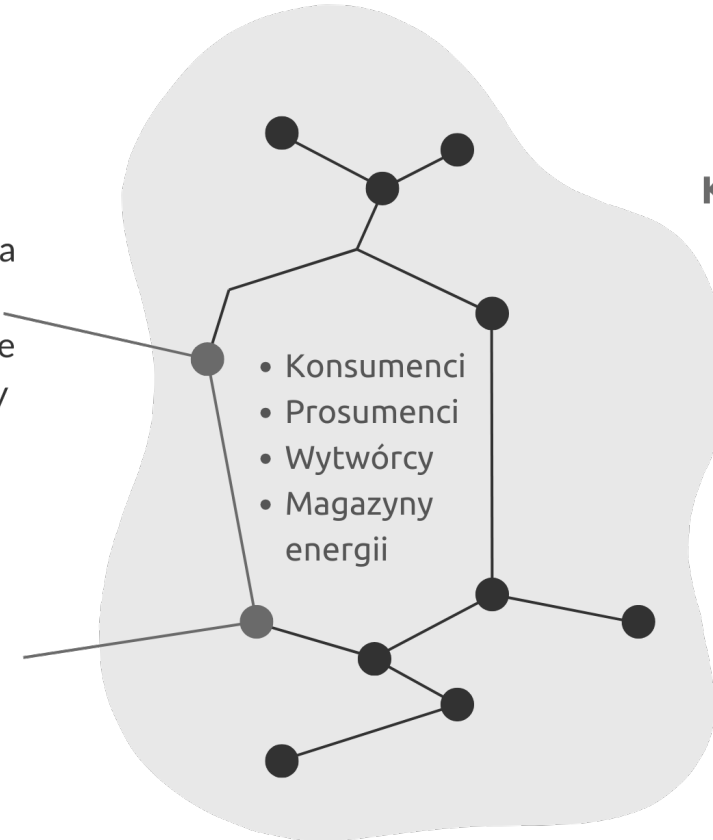


LOBSTER – wsparcie lokalnych obszarów bilansowania

- **LOBSTER** umożliwia prowadzenie **bilansowania energii na poziomie sieci dystrybucyjnych** w dowolnie zdefiniowanym Lokalnym Obszarze Bilansowania (**LOB**).
- Utworzony w systemie **Cyfrowy Bliźniak LOB** jest miejscem wykonywania obliczeń rozptylowych z **analizą prądowo-napięciową** oraz **predykcją zmian zapotrzebowania i produkcji** w horyzoncie czasowym od 1 godziny do 14 dni.

OSD/OSP

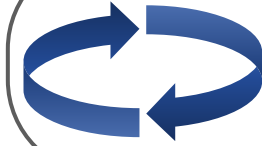
- Ograniczenia mocy/cosfi
- Wygładzanie profilu mocy



Klaster energii

- Maksymalizacja wytwarzania energii z OZE
- Optymalizacja strat technicznych
- Ograniczenia wewnętrzne

Wstępny bilans energetyczny LOB



Ograniczenia + stan sieci
Prognozy
Harmonogram

Rekomendacje:

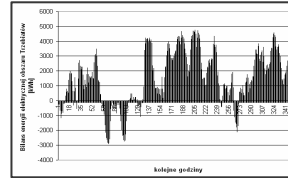
- Plan pracy magazynów
- Zmiana produkcji
- Zmiana zużycia
- Rekonfiguracja sieci

Usługi
Aplikacje

Ograniczenia systemowe

Zasady pracy LOB

Bilans energii
LOB



- Obciążenia sieci
- Stany napięć

**Algorytmy
LOBSTER**

Grafiki

Prognozy
pogody

Horyzonty 1h – 14d

Prognozy
zapotrzebowania

Prognozy
produkcji

Na bieżąco

Obliczenia
rozpyłkowe

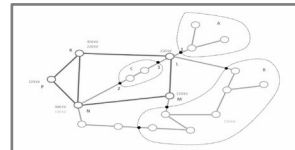
**Prognozy
i obliczenia**

Topologiczny model sieci LOB (Digital Twin)

Konsumenci

Duży odbiór

Prosumenci



Magazyny energii

Generacja
rozproszona

OZE

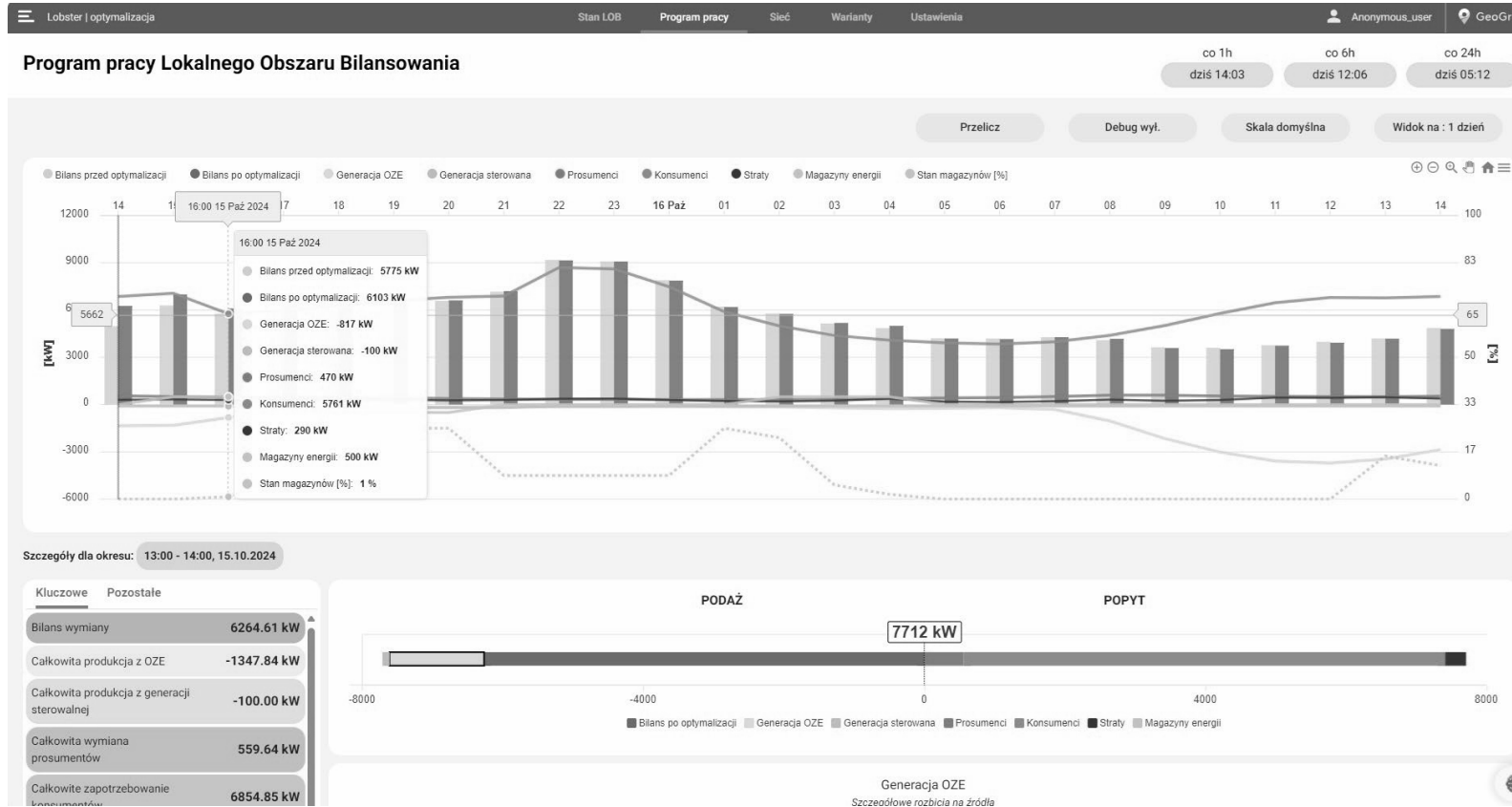
Punkty
wymiany
z siecią OSD

Platforma
z podstawowymi
narzędziami

LOBSTER – topologiczny model sieci



LOBSTER – bilans energii



LOBSTER – aktualny stan napięć

LOBSTER | optymalizacja
Stan LOB
Program pracy
Sieć
Warianty
Ustawienia
Anonimous_user
GeoGrid

Stan Lokalnego Obszaru Bilansowania
Wyniki obliczane w perspektywie: 1 dnia

Dotrzymano ograniczenia zewnętrzne
W sieci jest dużo niedotrzymanych napięć
Wyglądono krzywą wymiany
Zasilono wszystkich odbiorców
W sieci jest dużo przeciążonych obiektów
OZE jest słabo wykorzystywane

Statystyki

Statystyki odnoszą się do wybranej perspektywy.

- Najbardziej niedotrzymany napięciowo obiekt
Service point: 21
- Najmniej niedotrzymany napięciowo obiekt
Service point: 84
- Średnia wartość niedotrzymania napięcia
0.209 kV
- Liczba niedotrzymanych napięć
106

Tabela danych

Wartości w tabeli oznaczają wartość przekroczenia dopuszczalnego napięcia

Nazwa	Teraz	+1h	+2h	+3h	+4h	+5h	+6h	+7h	+8h	+9h	+10h	+11h	+12h	+13h	+14h	+15h
Service point: 25	0.042	0.046	0.043	0.046	0.046	0.048	0.050	0.064	0.064	0.063	0.055	0.043	0.042			
Service point: 26	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	
Service point: 27	0.042	0.046	0.043	0.046	0.046	0.048	0.049	0.063	0.064	0.063	0.055	0.043	0.041			
Service point: 28	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001					
Service point: 29	0.041	0.042	0.043	0.041	0.041	0.043	0.044	0.056	0.056	0.055	0.048					
Service point: 30	0.042	0.042	0.044	0.042	0.042	0.044	0.045	0.057	0.057	0.057	0.049					
Service point: 31	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001				
Service point: 32	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.007	0.009	0.009	0.009	0.008	0.006	0.007	0.006	0.006	0.004
Service point: 33	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	0.008	0.008	0.008	0.007	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004
Service point: 34	0.007	0.009	0.008	0.007	0.007	0.008	0.009	0.011	0.011	0.011	0.009	0.007	0.008	0.007	0.007	0.005
Service point: 35	0.009	0.010	0.010	0.009	0.009	0.010	0.011	0.014	0.014	0.014	0.012	0.009	0.010	0.009	0.008	0.006
Service point: 37	0.005	0.007	0.006	0.005	0.005	0.006	0.006	0.008	0.008	0.008	0.007	0.005	0.007	0.006	0.006	0.003
Service point: 38	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.008	0.011	0.011	0.011	0.009	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005

Wspierane serwisy społecznościowe

prognOZE

- Serwis prezentujący intensywność dobowej produkcji energii w źródłach słonecznych i wiatrowych w horyzoncie trzech dni i podziale na województwa lub powiaty.
- Dane źródłowe dotyczące lokalizacji i mocy poszczególnych źródeł pochodzą z **URE**, a prognozy obszarowe są generowane na naszej platformie prognostycznej **4RES** we współpracy z **ICM**.

<https://prognozer.globema.pl/>








Wspierane serwisy społecznościowe

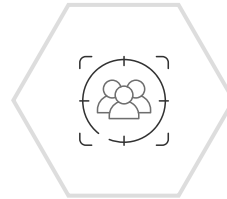
Zielone Godziny



Globema w pigułce

7 oddziałów w 5 krajach

-  Globema PL • Polska (3 oddziały)
-  Globema CS • Czechy
-  Globema RO • Rumunia
-  Globema US • USA
-  Globema Adria • Serbia



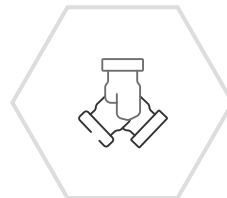
Prywatna spółka założona w 1997 roku.

Zatrudnia **wysoko wykwalifikowanych specjalistów IT**
– w sumie ponad **200 osób**.



Geoprzestrzenne rozwiązania IT oraz rozwiązania mobilne przeznaczone do szerokiej gamy zastosowań. Zbudowane z wykorzystaniem **wiodących technologii i platform**.

Innowacyjne projekty **R&D**.



800+ klientów biznesowych w **50+** krajach.

Referencje od klientów z branży **teleco, utilities** i innych
Solidne **partnerstwa**.

Wybrani klienci – utilities

PERN



STOEN OPERATOR
powered by *e-on*



POLENERGIA



STEDIN^{NET}



allliander

Dziękuję!

Dr inż. Krzysztof Kołodziejczyk

Dyrektor Rozwoju Biznesu Utilities

- krzysztof.kolodziejczyk@globema.pl
- www.globema.pl

