

CYBERENERGETYKA

WIELOWYMIAROWE STEROWANIE ENERGIĄ

Strategia transformacji energetycznej i przemysłowej w erze AI

8 wymiarów sterowania • 4 elementy systemu sterowania • 5 warunków 5S • 10 zasad postulatów cyberenergetycznego • 15 programów CY1–CY15 • 1 Indeks Cyberenergetyki ICY-RP

CYBER-ENERGETYKA

wielowymiarowe sterowanie energią w Rzeczypospolitej

Obywatel decyduje. AI wykonuje.
Sieć się bilansuje. Państwo strzeże reguł.

Energia wraca do ludzi – od poddanego rachunku do współgospodarza energii

8 wymiarów sterowania • 4 elementy systemu • 5 warunków 5S
15 programów CY1–CY15 • Karta Praw Energetycznych Obywatela

TechnoSanacja.pl | Biblioteka | nr 45 | wersja 2.0



TEZA GŁÓWNA

Energia wraca do ludzi. Przez dziesięciolecia o prądzie i cieple decydowało za nas kilka pionowo zintegrowanych grup energetycznych kontrolowanych przez państwo: to one budowały, przyłączały, liczyły i wystawiały rachunek, a obywatel tylko płacił. Cyberenergetyka odwraca ten układ. Dom, gospodarstwo, gmina i firma same zarządzają swoją energią – wystarczy powiedzieć asystentowi AI, czego potrzebują – a system zbudowany na otwartych regułach państwa dba o resztę: o bilans, o bezpieczeństwo sieci i o uczciwą zapłatę za każdą kilowatogodzinę oszczędzoną, przesuniętą w czasie albo oddaną sąsiadom. Państwo przestaje być właścicielem energetycznego kartelu i staje się autorem reguł oraz strażnikiem bezpieczeństwa. Tak powstaje energetyka tańsza, czystsza, odporna na wojnę hybrydową i wolna od rent – bo jej walutą jest sterowalność dostarczona przez obywateli, a nie majątek i pozycja zasiedziały struktur.



Spis treści

Skrót strategii	8
Metryka dokumentu	9
0. Streszczenie strategiczne	10
Energia wraca do ludzi.....	10
1. Teza główna, formuła naczelna i ich rozwinięcie.....	15
1.1. Dlaczego nowa teza	15
1.2. Teza główna w trzech rejestrach	16
1.3. Formuła naczelna i jej rozbiór	16
1.4. Od poddanego rachunku do współgospodarza energii	18
1.5. Formuła konstrukcyjna: cztery elementy systemu sterowania	19
1.6. Formuła operacyjna: iloczyn pięciu warunków 5S	20
1.7. Miejsce publikacji w Bibliotece i w serii destylatów Cyberenergetyki	21
1.8. Model 3A w cyberenergetyce	23
2. Cyberenergetyka jako postulat Doktryny Energetycznej TechnoSanacji	24
2.1. Doktryna: ustrój energetyczny, nie miks paliw.....	24
2.2. Luka wykonawcza doktryny: kto naciska guzik?	25
2.3. Postulat cyberenergetyczny: brzmienie i miejsce w doktrynie	25
2.4. Dziesięć zasad postulatu cyberenergetycznego	27
2.5. Genealogia postulatu: co cyberenergetyka dodaje do trzech nurtów doktryny.....	28
2.6. Cyberenergetyka a pięć dźwigni starego układu	29
2.7. Przełożenie formuły Doktryny na warunki 5S i prawa obywatela	30
2.8. Granice postulatu: czego cyberenergetyka nie jest.....	31
3. Uściślenia terminologiczne i zakres badań	32
3.1. Dlaczego potrzebne są uściślenia.....	32
3.2. Cyberenergetyka	33
3.3. Brzeg sieci, punkt przyłączenia i zasada 3S/5S.....	34
3.4. Technopolis i DeepTech w energetyce.....	35
3.5. Rezydwa i enklawy w energetyce	36
3.6. Republiki technologiczne w energetyce.....	38
3.7. Ekosystemy i sieci	40
3.8. Sterowanie, autonomia i odwracalność	42

3.9. Renty, władza proceduralna, struktury zasiedziały, kartele i monopole w energetyce	42
3.10. Sterowanie wielowymiarowe, agent, semantyka i co-dispatch	43
3.11. Obywatel u steru, współgospodarz energii i kartel w znaczeniu ekonomii politycznej	45
3.12. Mapa pojęć: relacje i zależności.....	46
3.13. Zakres badań: pytania, hipotezy, jednostki analizy	47
4. Osiem wymiarów sterowania energią: architektura systemu systemów	48
4.1. Dlaczego sterowanie musi być wielowymiarowe.....	48
4.2. Model ośmiu wymiarów (8W).....	48
4.3. WS1 Poziom: komórki i reguła salda.....	50
4.4. WS2 Czas: im niżej, tym więcej fizyki i mniej komunikacji	50
4.5. WS3 Stan systemu i WS4 Kryterium: polityka kryteriów zależna od stanu	52
4.6. WS5 Węzeł: fizyka sieci jako wymiar sterowania	54
4.7. WS6 Podmiot: agenci, role i bramki.....	54
4.8. WS7 Warstwa: architektura SGAM-RP+ i wspólny język systemu.....	56
4.9. WS8 Nośnik i budynek: sprzężenie sektorów jako magazyn sterowalności	58
4.10. Karta gotowości Polski do systemu sterowania	59
4.11. Napięcia i rozstrzygnięcia	60
5. Obywatel u steru: co-dispatch, asystent energetyczny i Kontrakt Zbieżności.....	60
5.1. Od modelu nadrzędny–podrzędny do co-dispatchu	60
5.2. Jak to działa w praktyce: trzy historie	62
5.3. Asystent Energetyczny Obywatela	62
5.4. Obwiednia przyłączeniowa, cena lokalna i dyspozycja popytu	64
5.5. Architektura co-dispatchu dla Rzeczypospolitej	66
5.6. Kontrakt Zbieżności (KZ-RP)	67
5.7. AI proponuje, solver weryfikuje, certyfikat rozstrzyga.....	69
5.8. Prywatność i bezpieczeństwo obywatela.....	70
5.9. Karta Praw Energetycznych Obywatela.....	70
5.10. Polska: gotowość do co-dispatchu	72
6. Rynek zgodny z fizyką i państwo bez kartelu	73
6.1. Miedziana płyta kontra Kirchhoff.....	73
6.2. Polska na granicy: przepływy kołowe, przesuwniki fazowe i 70%	74
6.3. Lokalizacja wewnątrz strefy: węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz	74
6.4. Renta położenia: niewidoczna i uspołeczniona	75

6.5. Drabina modeli: właściwa matematyka na właściwym poziomie napięcia	76
6.6. Płacić za wynik, nie za beton: regulacja bodźcowa	78
6.7. Nowe role i neutralność danych: warunek istnienia agregatora	79
6.8. Kontrakty zgodne z fizyką: CfD, PPA i magazyny jako infrastruktura	81
6.9. Autobilansowanie cybernetyczne: tylko różnorodność pochłania różnorodność	81
6.10. Mapa luk rynku dla Polski	82
7. Diagnoza: energetyka centrum w świecie brzegu.....	83
7.1. Twarde wskaźniki	83
7.2. Brzeg bez wzroku	84
7.3. Elastyczność, której nie ma kto zadysponować.....	86
7.4. Brzeg bez tarczy: anatomia ataku z 29 grudnia 2025 r.	86
7.5. Stabilność jako oprogramowanie: lekcja iberyjska	87
7.6. Sieć: pieniądze są, warunku cyfrowego brak.....	88
7.7. Przemysł i nowy popyt: AI, roboty, biotechnologia	89
7.8. Sześć rezyduów i pętla, która je reprodukuje	90
7.9. Karta wyników	91
7.10. Obywatel bez steru: gdzie dziś jest władza nad energią.....	91
7.11. Diagnoza w jednym zdaniu	92
8. Analizy strategiczne	92
8.1. Logika analiz	92
8.2. Analiza SWOT.....	92
8.3. Macierz TOWS: strategie	95
8.4. Analiza PESTEL+M	96
8.5. Analiza geopolityczna	96
8.6. Analiza zasobowa (VRIO).....	97
8.7. Analiza kulturowa	99
8.8. Analiza technologiczna: stos sterowania L0–L5	99
8.9. Model zagrożeń cyberenergetycznych	101
8.10. Analiza instytucjonalno-prawna.....	101
8.11. Analiza interesariuszy	103
8.12. Analiza scenariuszowa 2026–2035.....	104
8.13. Synteza analiz	105

9. Rozważanie główne: wnioski dla zdolności, produktywności, suwerenności, odporności i demontażu rent.....	107
9.1. Pytanie i metoda.....	107
9.2. Zdolność państwa	107
9.3. Produktywność	108
9.4. Suwerenność technologiczna.....	109
9.5. Odporność społeczna i militarna	109
9.6. Eliminacja rent, władzy proceduralnej, struktur zasiedziały, karteli i monopolu	110
9.7. Ocena programów: macierz wpływu	112
9.8. Wniosek: Standard Cyberenergetyka-RP – nowy standard transformacji energetycznej i przemysłowej	113
10. Cyberenergetyczny System Sterowania RP (CSS-RP)	114
10.1. Architektura sześciu warstw	114
10.2. Pięć poziomów bilansowania i reguła salda	116
10.3. Pętla sterowania wieloskalowa	117
10.4. Autonomia według odwracalności	118
10.5. Pętla obrony: MTTD, MTTR i kontrolowane wypowianie	119
10.6. Indeks Cyberenergetyki RP (ICY-RP)	119
11. Transformacja przemysłowa w erze AI, robotów autonomicznych i biotechnologii	121
11.1. Zasada: przemysł jako sterowalny węzeł	121
11.2. AI: energia dla AI i AI dla energii	121
11.3. Roboty i systemy autonomiczne	123
11.4. Biotechnologia	123
11.5. Huby przemysłowo-energetyczne jako węzły sterowalności.....	124
11.6. Kontrakt Sterowalności Przemysłowej.....	124
12. Nowe rozwiązania prawne i instytucjonalne	125
12.1. Zasada: prawo dla brzegu, nie kolejne prawo ogólne	125
12.2. U11: Kodeks Brzegu Sieci (ustawa o bezpieczeństwie i sterowalności brzegu sieci)	126
12.3. U12: ustawa o systemach AI i autonomicznym sterowaniu w infrastrukturze energetycznej	127
12.4. U13: ustawa o piaskownicach energetycznych	127
12.5. U14: ustawa o prawach energetycznych obywatela i asystentach energetycznych	128
12.6. Instrumenty bez nowej ustawy: architektura, język, kontrakt, kryteria, regulacja za wynik	129

12.7. Instytucje: kto jest właścicielem pętli	130
12.8. Zgodność konstytucyjna i europejska	131
13. Piętnaście programów wykonawczych CY1–CY15	131
13.1. Portfel programów	131
13.2. Programy kluczowe: CY1, CY2 i CY13 szczegółowo	133
14. Uzasadnienia: sześć dróg dowodowych	134
14.1. Uzasadnienie cybernetyczne	134
14.2. Uzasadnienie systemowe	135
14.3. Uzasadnienie sieciowe	136
14.4. Uzasadnienie technologiczne	136
14.5. Uzasadnienie ustrojowe	137
14.6. Uzasadnienie społeczno-gospodarcze	137
14.7. Synteza: test sześciu uzasadnień	138
15. Mapa drogowa 2026–2035+	139
15.1. Pięć faz pętli sterowania	139
15.2. Pierwsze sto dni	141
16. Pulpit regulatora: ICY-RP, KPI i KRI	142
16.1. Kluczowe wskaźniki wyniku (KPI)	142
16.2. Kluczowe wskaźniki ryzyka (KRI)	143
16.3. Model ilustracyjny CYBER-SD	143
16.4. Symulacja Monte Carlo ataku na brzeg	145
17. Ryzyka i bezpieczniki	146
18. Agenda badawcza: hipotezy do weryfikacji	147
19. Hasła programowe i konkluzja	148
19.1. Hasła programowe	148
19.2. Konkluzja	149
Aneks A. Słownik pojęć, terminów i skrótów	150
A.1. Cyberenergetyka, brzeg i warunki 5S	150
A.2. Model sterowania, poziomy i mierniki	152
A.3. Technopolis, DeepTech i technologie sterowania	153
A.4. Rezydualna, enklawy i prawo eksperymentu	154
A.5. Republiki technologiczne, ekosystemy i sieci	155
A.6. Ekonomia polityczna, renty i ład	156

A.7. Cybernetyka i teoria systemów	157
A.8. Architektura, agenci, co-dispatch i rynek zgodny z fizyką	158
A.9. Skróty	160
Aneks B. Bibliografia	163
B.1. Dokumenty programowe Biblioteki TechnoSanacji	163
B.2. Destylaty badawcze (Biblioteka TechnoSanacji, D:\Library-TechnoSanacja).....	163
B.3. Cybernetyka, teoria systemów i sieci	164
B.4. Systemy elektroenergetyczne, stabilność i elastyczność	164
B.5. Cyberbezpieczeństwo infrastruktury energetycznej	166
B.6. Gospodarka, ekonomia polityczna i regulacja	166
B.7. Technopolie, republiki technologiczne, ekosystemy	167
B.8. AI, compute, robotyka i biotechnologia w energetyce.....	168
B.9. Dane o polskim systemie energetycznym	168
B.10. Normy, architektury referencyjne i standardy interoperacyjności	168
B.11. Akty prawne	169
Aneks C. Nota metodologiczna	170
C.1. Źródła i charakter dowodów.....	170
C.2. Indeks Cyberenergetyki RP (ICY-RP)	170
C.3. Model CYBER-SD	170
C.4. Symulacje cyberfizyczne	170
C.5. Mapy, grafy i infografiki	171
C.6. Destylaty CS, CD i CK: zasady użycia w wersji 2.0	171
C.7. Weryfikacja wobec formuły naczelnej.....	171

Skrót strategii

Tabela 1. Skrót strategii Cyberenergetyki

Pole	Treść strategii
Formuła naczelna	Obywatel decyduje. AI wykonuje. Sieć się bilansuje. Państwo strzeże reguł.
Hasło	Twoja energia – Twoje polecenie. Od niewolnika rachunku do współgospodarza energii.
Problem	Polska ma już ponad 35 GW mocy fotowoltaicznej i wiatrowej oraz ponad 1,3 mln prosumentów, ale ich energią wciąż zarządza się tak, jakby system składał się z kilkuset bloków sterowanych z jednej dyspozytorni. Obywatel jest płatnikiem rachunku, a nie uczestnikiem systemu. Brak sterowania kosztuje: ograniczenia OZE wzrosły z 0,1 do 1,4 TWh w dwa lata, rynek ma ok. 400 godzin cen ujemnych rocznie, a atak z 29 grudnia 2025 r. trafił w punkty przyłączenia co najmniej 30 farm i elektrociepłownię zasilającą ok. 0,5 mln odbiorców ciepła.
Rozstrzygnięcie	Cyberenergetyka jest postulatem Doktryny Energetycznej TechnoSanacji: ustrój energetyczny opiera się na prawie obywatela do sterowania własną energią, wykonywanym przez certyfikowanych agentów AI w otwartej architekturze państwa. Proponowane rozszerzenie formuły Doktryny: „System jawny. Bilans sterowalny. Energia suwerenna. Państwo odporne. Obywatel u steru.”
Model	Sterowanie wielowymiarowe w ośmiu wymiarach (poziom, czas, stan systemu, kryterium, węzeł sieci, podmiot, warstwa, nośnik). System sterowania = architektura × semantyka × agenci × kryteria zależne od stanu. Zdolność cyberenergetyczna = iloczyn warunków 5S (skomunikowanie, sterowalność, strzeżenie, sprzężenie, suwerenność kanału poleceń). Sześć warstw L0–L5 i pięć poziomów bilansowania z regułą salda.
Mechanizm	Co-dispatch zamiast modelu nadrzędny–podrzędny: odbiorca staje się zmienną decyzyjną systemu, a nie zakłóceniem. Obwiednia przyłączeniowa (DOE), cena lokalna i dyspozycja popytu pozwalają milionom urządzeń bilansować sieć bez centralnego rozkazu. Kontrakt Zbieżności (KZ-RP) gwarantuje, że rozproszone algorytmy dochodzą do wyniku wykonalnego fizycznie i chronią prywatność.
Rynek	Fizyka sieci wchodzi do sygnału cenowego: „węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz”, jawne ceny cienia, renta położenia widoczna i przeznaczana na sieć i elastyczność, regulacja operatorów za wynik (TOTEX, rozszerzony współczynnik jakości), neutralny operator danych i niezależni agregatorzy.
Przemysł	AI Data Center, przemysł energochłonny, elektrolizery, ciepłownie, biogazownie i roboty utrzymania stają się węzłami sterowalności. Kontrakt Sterowalności Przemysłowej spina warunki przyłączenia z usługami dla systemu.
Prawo	Pakiet U1–U10 (dok. 39) uzupełniają cztery akty: U11 Kodeks Brzegu Sieci, U12 ustawa o systemach AI i autonomicznym sterowaniu w infrastrukturze energetycznej, U13 ustawa o piaskownikach energetycznych, U14 ustawa o prawach energetycznych obywatela i asystentach energetycznych (Karta Praw Energetycznych Obywatela).
Programy	CY1 Widzialność brzegu; CY2 Kodeks Brzegu 3S i higiena OT; CY3 Cyfrowy Bliźniak KSE; CY4 DERMS i DLR u OSD; CY5 Rynek lokalnej elastyczności; CY6 Stabilność i grid-forming; CY7 Ciepło jako akumulator; CY8 Agro-bio sterowalność; CY9 Przemysł i AI DC jako regulatory; CY10 Roboty, autonomiczne utrzymanie i C-UAS; CY11 Mikrosieci wyspowe infrastruktury krytycznej; CY12 Suwerenny stos sterowania, Obserwatorium i pulpit ICY-RP; CY13 Asystent Energetyczny Obywatela; CY14 Wspólny język systemu (SGAM-RP+, profil semantyczny, przestrzeń danych, rejestr agentów); CY15 Rynek zgodny z fizyką.
Miernik	Indeks Cyberenergetyki RP (ICY-RP; obliczenie własne): ok. 23 pkt w 2025/26 r., cel ok. 70 w 2030 r. i ≥ 85 w 2035 r.; szesnaście KPI i dziesięć KRI, w tym udział gospodarstw z asystentem energetycznym i ceną dynamiczną, węzły z publikowaną obwiednią, MTTR/MTTD na brzegu i TWh ograniczeń OZE.
Granica	Cyberenergetyka nie jest centralizacją, prywatyzacją sterowania przez platformy ani kontrolą domów. Udział obywatela jest dobrowolny i opłacalny, dane należą do niego, a tryb ręczny jest zawsze dostępny. AI proponuje, solver weryfikuje, certyfikat rozstrzyga. Państwo pisze reguły i pilnuje bezpieczeństwa, ale nie steruje lodówką.

Metryka dokumentu

Tabela 2. Metryka publikacji

Pole	Opis
Tytuł	Cyberenergetyka – wielowymiarowe sterowanie energią w Rzeczypospolitej
Podtytuł	Obywatel u steru: od poddanego rachunku do współgospodarza energii. Strategia transformacji energetycznej i przemysłowej w erze AI, robotów autonomicznych i biotechnologii
Numer bibliot.	33
Wersja	2.0, 14 października 2026 r. Wersja 2.0 zastępuje wersję 1.0 „Cyberenergetyka – sterowanie energią w Rzeczypospolitej” z tego samego dnia: zmienia tytuł i tezę główną, przyjmuje destylat CS jako wiodący, dodaje rozdziały 2, 4, 5 i 6, ustawę U14 i programy CY13–CY15.
Dokumenty bazowe	20 Doktryna energetyczna, 39 Strategia energii i odporności, 40 Strategia AI dla bezpieczeństwa i cyberbezpieczeństwa Polski, 43 Sieciowy Bliźniak Rzeczypospolitej
Dokumenty powiązane	Diagnoza, Manifest, Cyberkulturowa Wizja, Misja, Narodowa Strategia Bezpieczeństwa, Prezydent – zintegrowana egzekutywa, Sejmiki samorządowe, Controlling cybernetyczny, Obrona narodowa, Konkurencyjna gospodarka, Talenty, Klasa sprawcza jako korelator, Technopolis, Graf multi-agentów, Sandbox regulacyjny, Narzędzia AI, Rezyliencja, Strategia sprawiedliwej transformacji, Makroekonomiczny model rozwoju, Strategia transformacji ustrojowej
Podstawa badawcza	Cztery rundy destylatów Cyberenergetyki w bibliotece 5.Energia (łącznie ok. 25,8 tys. dokumentów): CS „Cyberenergetyka jako wielopoziomowy, wielokryterialny, agentowy system sterowania RP” (destylat wiodący; 4 154 dokumenty, 21 dziedzin), CD „Od master-slave do co-dispatch: matematyka sterowania rozproszonego” (7 405 dokumentów, 23 dziedziny), CK „Kirchhoff kontra miedziana płyta: sieci oczkowe i rynki energii” (4 391 dokumentów, 28 dziedziny), CY „Cyberenergetyka – sterowanie energią w Rzeczypospolitej” (9 808 dokumentów, 23 dziedziny); destylaty Doktryna Energetyczna TechnoRepubliki Polskiej i Transformacja Energetyczna; zbiorczy PDF-MD Biblioteki z 14.10.2026 r. (44 dokumenty); dane Forum Energii, ARE, URE, CERT Polska, ENTSO-E i ACER.
Obliczenia własne	Indeks Cyberenergetyki RP (ICY-RP, 21 mierników, plik 45F); model ilustracyjny CYBER-SD (dynamika systemowa 2025–2035, plik 45E); symulacje cyberfizyczne: dynamika częstotliwości przy różnej inercji i Monte Carlo ataku na brzeg (plik 45G)
Metoda	Analiza cybernetyczna (prawo wymaganej różnorodności Ashby’ego, twierdzenie Conanta–Ashby’ego, obserwowalność i sterowalność Kalmana, układ samodzielny Mazura, VSM Beera), teoria optymalizacji rozproszonej i zbieżności, teoria regulacji bodźcowej (Laffont–Tirole), analiza sieciowa, analizy strategiczne (SWOT, TOWS, PESTEL+M, geopolityczna, VRIO, kulturowa, technologiczna, model zagrożeń, instytucjonalno-prawna, interesariuszy, scenariuszowa), modelowanie dynamiki systemowej i Monte Carlo
Charakter	Strategia programowa. Rozróżnia (1) diagnozę opartą na korpusie i danych, (2) propozycje ustrojowo-programowe TechnoSanacji, (3) cele wdrożeniowe. Wartości docelowe są celami projektowymi. Wyniki symulacyjne z literatury są traktowane jako górne granice, a nie wyniki wdrożeń. Pojęcie „kartelu” jest używane w znaczeniu ekonomii politycznej (rozdz. 3.11), a nie jako zarzut naruszenia prawa konkurencji. Propozycje prawne mają charakter programowy i nie są opinią prawną.
Adresaci	Obywatele i prosumenci, Kluby TechnoSanacji, samorządy i Sejmiki, spółdzielnie i klastry energii, Prezydent RP i jego administracja, parlament, rząd i regulator, PSE i operatorzy dystrybucyjni, CERT Polska i zespoły CSIRT, wojsko i służby, przemysł, agregatorzy i inwestorzy, operatorzy centrów danych, ciepłownie, rolnicy i biogazownie, uczelnie i instytuty, czytelnicy książek TechnoRepubliki
Miejsce w portalu	Biblioteka (pełny tekst), Strategia → proponowana podstrona /cyberenergetyka/, Strategia → Bezpieczeństwo i Rezyliencja (odesłania), Reformy → Karty Reform (CY1–CY15), Ustrój → Karty Postulatów (U11–U14, Karta Praw Energetycznych Obywatela), Wizja → Program2G (obywatel u steru), Konstytucja → Graf (sieć wielowarstwowa)
Pliki towarzyszące	md (pełny tekst), Słownik, Bibliografia, Strona portalu, Analizy strategiczne, Model CYBER-SD, Obliczenie ICY-RP, Symulacje cyberfizyczne, rysunki; Rekomendacje zmian w dokumentach kanonicznych
Licencja	Creative Commons — Uznanie autorstwa (CC BY 4.0). Opracowanie na danych portalu TechnoSanacja i biblioteki, Library-TechnoSanacja z użyciem narzędzi AI, z autorem w pętli kreatywnej i weryfikacyjnej.

0. Streszczenie strategiczne

Energia wraca do ludzi

Rzeczpospolita przeszła w ciągu pięciu lat jedną z najszybszych transformacji wytwórczych w Europie. Moc fotowoltaiki wzrosła z ok. 4 GW w 2020 r. do ok. 24,8 GW na koniec 2025 r., a wiatru na lądzie z 6,4 do 10,6 GW. Źródła odnawialne przekroczyły po raz pierwszy połowę mocy zainstalowanej (50,04% z 75,5 GW) i dały 31,4% produkcji energii elektrycznej, a udział węgla spadł do 52,7% (z 72,5% w 2021 r.). Ten sukces zbudowali w dużej mierze sami obywatele: ponad 1,3 mln prosumentów zainwestowało własne pieniądze w panele, a za nimi poszły magazyny, pompy ciepła, ładowarki i biogazownie.

System, do którego się przyłączyli, został jednak zaprojektowany dla innego świata. W energetyce zbudowanej po wojnie kilkaset dużych bloków sterowano z jednej dyspozytorni, a obywatel był odbiorcą i płatnikiem. Ten model przetrwał w prawie, w taryfach i w strukturze własności: kilka pionowo zintegrowanych grup energetycznych kontrolowanych przez państwo łączy wytwarzanie, sieci, obrót i dostęp do danych. To one decydują o przyłączeniu, znają stan sieci, ustalają warunki i zarabiają na majątku, a nie na wyniku. Obywatel, który ma na dachu elektrownię, a w garażu magazyn, nadal nie może swoją energią naprawdę zarządzać: nie widzi ceny w swoim węźle, nie dostaje zapłaty za elastyczność, a w południe bywa wręcz wyłączany, bo system nie umie wykorzystać jego energii.

Skutki są mierzalne. Nierynkowe ograniczenia wiatru i PV wzrosły z 0,1 TWh w 2023 r. do 1,4 TWh w 2025 r., z czego 97,8% wynikało z przyczyn bilansowych, a nie sieciowych. Rynek dnia następnego miał ok. 400 godzin cen ujemnych. Liczniki zdalnego odczytu miało w 2021 r. 17,4% odbiorców końcowych pięciu dużych OSD, a centralny system informacji rynku energii (CSIRE) wielokrotnie przesuwiał harmonogram. 29 grudnia 2025 r. skoordynowany atak objął co najmniej 30 farm wiatrowych i fotowoltaicznych oraz elektrociepłownię dostarczającą ciepło niemal pół miliona odbiorców; atakujący wykorzystał domyślne hasła sterowników w punktach przyłączenia. Państwo nie widziało tego brzegu i nie umiało nim sterować. W skali Europy ten sam problem ma wymiar finansowy: w 2023 r. redysponowanie 50 TWh energii kosztowało w UE 4,3 mld EUR, bo rynek liczy na „miedzianej płycie”, a sieć według praw Kirchhoffa.

TEZA GŁÓWNA – WERSJA KRÓTKA

Obywatel ma już w rękach elektrownię, magazyn i inteligentne urządzenia. Brakuje mu tylko prawa i narzędzia, by nimi sterować. Cyberenergetyka daje mu jedno i drugie: prawo do sterowania własną energią i asystenta AI, który wykonuje jego polecenia w bezpiecznych granicach wyznaczonych przez państwo. Zamiast poddanego rachunku – współgospodarz energii.

Jak wygląda to w praktyce? Rodzina mówi asystentowi: „Utrzymuj w domu 21 °C najtaniej, jak się da i naładuj auto do siódmej rano z naszego słońca albo z taniej sieci”. Spółdzielnia energetyczna mówi: „Najpierw zużywamy energię we wsi, nadwyżkę sprzedajemy, gdy sieć jej potrzebuje, a szkoła i wodociąg mają zasilanie nawet przy awarii”.

Zakład przemysłowy albo centrum danych mówi: „Przesuń zadania obliczeniowe na godziny nadwyżki i sprzedaj operatorowi gotowość do redukcji poboru”. Asystent tłumaczy te polecenia na harmonogramy urządzeń, sprawdza je z obwiednią przyłączeniową (limitami, które publikuje operator sieci), z ceną lokalną i ze stanem zdrowia baterii, a następnie rozlicza korzyść.

Zweryfikowane w literaturze domowe systemy zarządzania energią (HEMS) zmniejszyły pobór z sieci o 41%, szczyt o 33% i koszty o 28%, a automatyka budynkowa daje 10–30% oszczędności. Te liczby są górną granicą tego, co da się osiągnąć w dobrze zaprojektowanych warunkach – ale pokazują skalę, o którą toczy się gra.

Żeby polecenie obywatela mogło bezpiecznie dotrzeć do sieci, państwo musi zbudować cztery rzeczy, których dziś nie ma. Destylat wiodący tej publikacji (runda CS, 4 154 dokumenty) ujmuje je wzorem:

system sterowania

= architektura × semantyka × agenci × kryteria zależne od stanu systemu.

Bez wspólnej **architektury** podsystemy się nie spotkają.

Bez wspólnego **języka danych** (semantyki) asystenci domu, gminy, agregatora i operatora nie porozumieją się.

Bez **agentów z granicami autonomii** sterowanie będzie albo ręczne, albo niebezpieczne.

Bez **kryteriów zależnych od stanu systemu** nie wiadomo, kiedy liczy się cena, a kiedy bezpieczeństwo.

Polska nie ma dziś żadnego z tych czterech elementów w postaci krajowego standardu energetyki, ma natomiast ich załączki: CSIRE, model sieci CGMES w PSE, Krajowe Ramy Interoperacyjności, ustawę o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa i ustawę o systemach sztucznej inteligencji.

Sterowanie, które ta publikacja proponuje, jest **wielowymiarowe**. Ta sama kilowatogodzina musi zostać rozliczona w ośmiu wymiarach naraz: na którym poziomie (dom, gmina, region, kraj, Europa), w jakiej skali czasu (od milisekund do lat), w jakim stanie systemu (normalnym, zagrożenia, awaryjnym, blackoutu, odbudowy), według jakiego kryterium (koszt, emisje, odporność, zużycie urządzeń, samowystarczalność), w którym węźle sieci, przez jakiego agenta, w której warstwie technicznej i w jakim nośniku (prąd, ciepło, gaz, wodór, moc obliczeniowa).

Energetyka centrum sprowadzała wszystkie te wymiary do jednego – do mocy zainstalowanej w bloku. Cyberenergetyka rozwija je z powrotem i przypisuje każdemu właściciela.

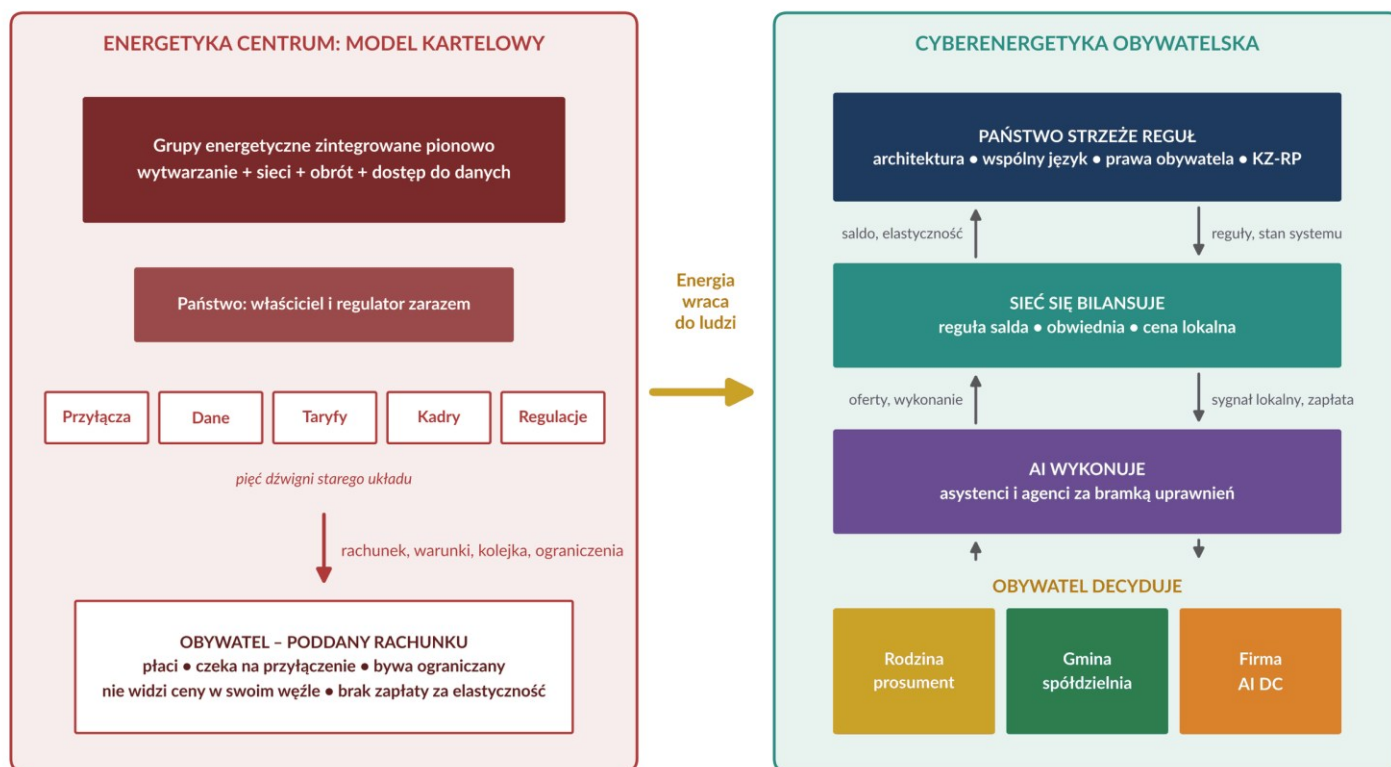
Cztery rundy badawcze zasobów bibliotecznych Energia (łącznie ok. 25,8 tys. dokumentów) prowadzą do dziesięciu faktów, które razem wyznaczają kierunek działania.

- 1. Sterowanie przeniosło się na brzeg i do obywatela.** Ponad 90% nowych źródeł PV i wiatrowych przyłącza się do sieci dystrybucyjnych, a tam jest też większość odbiorów elastycznych.
- 2. Odbiorca może być zmienną decyzyjną systemu, a nie zakłóceniem.** Dyspozycja popytu (demand dispatch) pozwala uzyskać regulację nawet przy komunikacji jednokierunkowej, bez ujawniania danych odbiorcy; bezwładność cieplna budynków przesuwają szczyt o 24–38%, a z aktywnym zasobnikiem o 51–55% bez utraty komfortu.
- 3. Agregacja bez wiedzy o sieci marnuje elastyczność.** Na rzeczywistej sieci niskiego napięcia ponad 30% teoretycznego potencjału elastyczności ginie przez asymetrię faz i brak koordynacji – dlatego potrzebna jest obwiednia przyłączeniowa, a nie sama suma mocy.
- 4. Rynek musi znać fizykę.** Redysponowanie w UE kosztowało w 2023 r. 4,3 mld EUR; w Polsce renta położenia nie znika przy jednej strefie cenowej, tylko zamienia się w koszt redysponowania i ograniczeń OZE płacony przez wszystkich.
- 5. Monopolista sieciowy zarabia na tym, za co regulator mu płaci.** Regulacja oparta na zwrocie z majątku premiuje beton; regulacja za wynik (TOTEX, mierniki elastyczności i czasu przyłączenia) premiuje usługę.
- 6. Stabilność to dziś oprogramowanie.** Blackout iberyjski z 28 kwietnia 2025 r. rozwinął się w kilkadziesiąt sekund; przy wysokim udziale falowników napięcie i częstotliwość zależą od algorytmów, a nie od mas wirujących.
- 7. AI przyspiesza, ale nie certyfikuje sama siebie.** Sieci neuronowe z wiedzą fizyczną liczą rozprawy setki razy szybciej, ale bezpieczne uczenie ze wzmocnieniem utrzymywało komfort w budynkach latem tylko przez 58% czasu wobec 89% dla klasycznego sterownika. Zasada brzmi: AI proponuje, solver weryfikuje, certyfikat rozstrzyga.
- 8. W kryzysie nie ma czasu na kompromisy liczone na żywo.** Kolejność kryteriów musi być ustalona z góry dla każdego stanu systemu: w normalności koszt i emisje, w zagrożeniu odporność, w awarii bezpieczeństwo, w blackoucie samowystarczalność komórek.
- 9. Prawo jest kompletne w obowiązках ogólnych, a puste w warstwie wykonawczej.** Polska zna już agregatora, odbiorcę aktywnego i umowę z ceną dynamiczną, ale nie ma architektury referencyjnej, profilu semantycznego, rejestru agentów ani praw obywatela do sterowania.
- 10. Nowy przemysł jest nowym regulatorem.** Zużycie centrów danych na świecie ma się podwoić do ok. 945 TWh w 2030 r.; od reguł przyłączenia zależy, czy centrum danych zdestabilizuje sieć, czy stanie się jej największym zasobem elastyczności.

Tabela 3. Dwanaście decyzji strategicznych

Decyzja	Treść i skutek
1. Obywatel u steru	Ustawowe prawo do sterowania własną energią, do własnych danych, do wyboru asystenta i agregatora oraz do zapłaty za elastyczność (U14, Karta Praw Energetycznych Obywatela). Skutek: obywatel przestaje być płatnikiem i staje się współgospodarzem systemu.
2. Asystent Energetyczny Obywatela	Otwarty, certyfikowany standard asystenta AI dla domu, gospodarstwa, gminy i firmy, działającego w imieniu użytkownika i przenośnego między dostawcami (CY13). Skutek: zarządzanie energią proste jak polecenie głosowe, bez zamknięcia w platformie jednego producenta.
3. Wspólna architektura i język	Krajowa architektura referencyjna SGAM-RP+ i otwarty profil semantyczny publikowany przez państwo (CY14). Skutek: urządzenia, agenci i operatorzy rozumieją się bez uzależnienia od dostawcy.
4. Co-dispatch zamiast rozkazu	Obwiednie przyłączeniowe, cena lokalna i dyspozycja popytu jako podstawowe narzędzia koordynacji; Kontrakt Zbieżności jako warunek dopuszczenia algorytmów rozproszonych. Skutek: miliony urządzeń bilansują sieć bez centralnego mastera.
5. Fizyka w cenie	„Węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz”: jawne ceny cienia, lokalizacyjne opłaty i redysponowanie rynkowe w jednej strefie cenowej (CY15). Skutek: renta położenia staje się widoczna i finansuje sieć oraz elastyczność.
6. Standard 3S w przyłączeniu	Każde urządzenie powyżej progu jest skomunikowane, sterowalne i strzeżone (U11). Skutek: każdy MW przyłączony = MW obserwowalny i chroniony.
7. Płacimy za wynik, nie za beton	Taryfa i regulacja operatorów nagradzają elastyczność, czas przyłączenia i pojemność przyłączeniową (TOTEX, rozszerzony współczynnik Q, warunek cyfrowy w capex). Skutek: ok. 18% niższe potrzeby inwestycyjne dzięki elastyczności i cyfryzacji.
8. Kryteria zależne od stanu	Zatwierdzona z góry polityka kryteriów dla stanów systemu: koszt i emisje w normalności, odporność w zagrożeniu, bezpieczeństwo w awarii, samowystarczalność komórek w blackoucie. Skutek: automaty i agenci wiedzą, kiedy zmienić cel.
9. Autonomia według odwracalności	AI doradza tam, gdzie błąd jest nieodwracalny i wykonuje w limitach tam, gdzie da się go cofnąć; każdy agent działa za bramką uprawnień (U12). Skutek: AI przyspiesza pętlę bez utraty rozliczalności.
10. Kontrola kanału poleceń	Polska nie musi produkować wszystkich urządzeń, ale musi kontrolować kanał zdalnych poleceń i aktualizacji. Skutek: suwerenność sterowania przy otwartym rynku urządzeń.
11. Przemysł jako regulator	Kontrakt Sterowalności Przemysłowej dla AI DC, przemysłu, elektrolizerów i ciepłowni. Skutek: nowy popyt wzmacnia system, zamiast go destabilizować.
12. Pomiar i wygaszanie	ICY-RP, KPI obywatelskie i MTDD/MTTR na brzegu mierzone przez Obserwatorium niezależne od operatorów; wsparcie bez wyniku wygasa po dwóch latach. Skutek: renta nie ma czasu się zakorzenić.

Od poddanego rachunku do współgospodarza energii



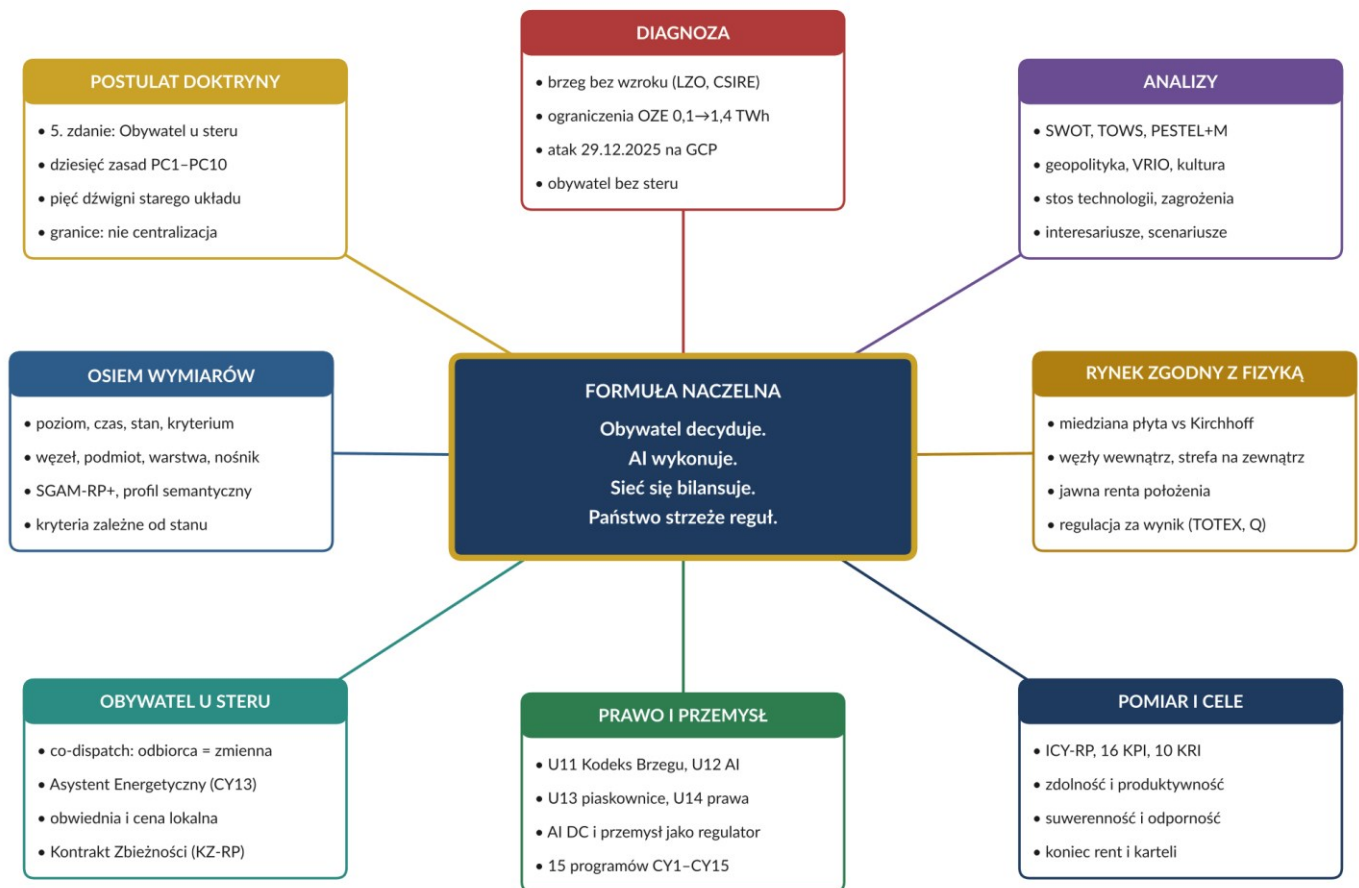
Rysunek 1. Od poddanego rachunku do współgospodarza energii: model kartelowy energetyki centrum i model cyberenergetyki obywatelskiej

Publikacja prowadzi czytelnika od tezy do wykonania. Rozdział 1 rozwija tezę główną i formułę naczelną, a rozdział 2 umieszcza cyberenergetykę w Doktrynie Energetycznej TechnoSanacji jako jej postulat wykonawczy. Rozdział 3 porządkuje terminologię.

Rozdziały 4–6 tworzą rdzeń merytoryczny: osiem wymiarów sterowania i architekturę systemu (destylat CS), obywatela u steru – co-dispatch, asystenta AI i Kontrakt Zbieżności (destylat CD) – oraz rynek zgodny z fizyką i państwo bez kartelu (destylat CK).

Rozdział 7 przedstawia diagnozę, rozdział 8 komplet analiz strategicznych, a rozdział 9 rozważanie główne o wpływie na zdolność państwa, produktywność, suwerenność, odporność i demontaż rent. Rozdziały 10–13 opisują model sterowania, transformację przemysłową, nowe rozwiązania prawne i piętnaście programów.

Rozdział 14 i dalsze zawierają uzasadnienia, mapę drogową, pulpit wskaźników z obliczeniami własnymi, ryzyka, agendę badawczą, miejsce w portalu i konkluzję. Aneksy zawierają rozwinięty słownik, bibliografię i notę metodologiczną.



Rysunek 2. Mapa myśli publikacji: formuła naczelna w centrum, wokół niej postulat doktrynalny, osiem wymiarów sterowania, obywatel u steru, rynek zgodny z fizyką, diagnoza i analizy, model, prawo, przemysł ery AI i pomiar

1. Teza główna, formuła naczelna i ich rozwinięcie

1.1. Dlaczego nowa teza

Pierwsza wersja tej publikacji otwierała się zdaniem: „Polska energetyka przestała być systemem kilkuset bloków dysponowanych z jednej dyspozytorni. Stała się systemem milionów urządzeń brzegowych”. Zdanie jest prawdziwe i pozostaje fundamentem diagnozy, ale mówi językiem inżyniera systemu, a nie obywatela. Odpowiada na pytanie „gdzie jest sterowanie?”, a nie na pytania, które zadaje zwolennik TechnoSanacji: **kto ma władzę nad moją energią, co ja z tego będę miał i kto stoi na przeszkodzie?**

Teza programowa musi spełnić trzy warunki naraz. Musi być **zrozumiała** bez słownika (dom, rachunek, polecenie, zapłata). Musi być **prawdziwa** w świetle korpusu (żadnej obietnicy, której nie potwierdzają dane i literatura). Musi być **operacyjna**, czyli prowadzić wprost do instrumentów, które da się wdrożyć i zmierzyć.

Teza „energia wraca do ludzi” spełnia wszystkie trzy warunki, bo opisuje ten sam fakt fizyczny co teza inżynierska – sterowanie przesunęło się na brzeg – ale wskazuje jego konsekwencję polityczną: skoro urządzenia, które bilansują system, należą do obywateli, gmin i firm, to oni powinni mieć prawo i narzędzie, by nimi zarządzać, oraz udział w wartości, którą tworzą.

1.2. Teza główna w trzech rejestrach

Tabela 4. Teza główna w trzech rejestrach

Rejestr	Brzmienie	Dla kogo
Jedno zdanie	Energia wraca do ludzi: Ty decydujesz, AI wykonuje, sieć się bilansuje, a państwo strzeże uczciwych reguł – zamiast kartelu, który decyduje za wszystkich.	hasło, ulotka, wystąpienie
Wersja dla zwolennika	Masz już na dachu elektrownię, w garażu magazyn, w domu pompę ciepła. Brakuje Ci prawa i narzędzia, by tym sterować i na tym zarabiać. Cyberenergetyka daje Ci jedno i drugie: prawo do własnej energii i asystenta AI, który wykonuje Twoje polecenia w bezpiecznych granicach wyznaczonych przez państwo. Płacisz mniej, zarabiasz na elastyczności, a Twoja gmina ma prąd nawet wtedy, gdy przeciwnik zaatakuję sieć.	Kluby TechnoSanacji, prosumenci, samorządowcy
Wersja dla eksperta	System energetyczny Polski stał się wielopoziomowym systemem cyberfizycznym z milionami urządzeń brzegowych należących do odbiorców. Sterowalność takiego systemu wymaga przejścia od dyspozycji nadrzędny–podrzędny do koordynacji rozproszonej (co-dispatch), w której odbiorca jest zmienną decyzyjną, a państwo – autorem architektury, semantyki, reguł agentów i polityki kryteriów zależnej od stanu systemu oraz audytorem Kontraktu Zbieżności. Fizyka sieci musi wejść do sygnału cenowego, a regulacja operatorów – nagradzać wynik, nie majątek.	regulator, operatorzy, nauka, administracja

Trzy rejestry są tą samą tezą. Wersja ekspercka uzasadnia wersję dla zwolennika, a ta streszcza wersję ekspercką w języku korzyści. Wszystkie trzy przechodzą test formuły naczelnej (rozdz. 1.3).

1.3. Formuła naczelna i jej rozbiór

Każda publikacja Biblioteki TechnoSanacji otwiera się formułą naczelną, wobec której weryfikuje się całą treść. Formuła tej strategii brzmi:

FORMUŁA NACZELNA CYBERENERGETYKI

Obywatel decyduje. AI wykonuje. Sieć się bilansuje. Państwo strzeże reguł.

Cztery zdania formuły opisują cztery role w systemie i jednocześnie cztery warstwy jego konstrukcji. **Obywatel decyduje** – cel sterowania ustala właściciel urządzenia (dom, gospodarstwo, gmina, firma), a nie operator ani producent. **AI wykonuje** – polecenie wyrażone prostym językiem zamienia się w harmonogramy urządzeń dzięki agentowi działającemu w imieniu użytkownika, ale w granicach autonomii zależnych od odwracalności decyzji. **Sieć się bilansuje** – bilans domyka się najpierw lokalnie (reguła salda), a sygnał, który dociera do agenta, uwzględnia fizykę sieci (obwiednię przyłączeniową, cenę lokalną). **Państwo strzeże reguł** – państwo nie steruje urządzeniami obywateli, lecz pisze architekturę, język danych, prawa obywatela, kryteria zależne od stanu systemu i bezpieczniki, a w kryzysie uruchamia z góry zatwierdzone automaty.

Tabela 5. Rozbiór formuły naczelnej

Człon formuły	Rozstrzygnięcie	Wykluczony błąd	Warunek obalenia
„Obywatel decyduje”	Cel sterowania należy do właściciela urządzenia. Obywatel ma prawo do danych, wyboru asystenta i agregatora oraz do zapłaty za elastyczność.	Odbiorca jako płatnik i „zakłócenie”, którym trzeba zarządzać z góry; zamknięcie w platformie producenta.	Gdyby elastyczność odbiorców dawała się wywołać taniej i bezpieczniej wyłącznie przez nakaz operatora niż przez dobrowolny kontrakt z wynagrodzeniem.
„AI wykonuje”	Agent AI tłumaczy polecenia na działania urządzeń, ale tylko w granicach bramki uprawnień i zasady odwracalności: AI proponuje, solver weryfikuje, certyfikat rozstrzyga.	„Czarna skrzynka” w pętli sterowania; LLM z bezpośrednim dostępem do poleceń OT.	Gdyby agenci bez bramek i weryfikacji fizycznej nie zwiększali naruszeń ograniczeń (korpus pokazuje odwrotnie: do 46% naruszeń w części prac RL dla ładowania EV).
„Sieć się bilansuje”	Każdy poziom bilansuje się najpierw sam (komórka, gmina, obszar OSD), a wyżej oddaje saldo i elastyczność; sygnał uwzględnia prawa Kirchhoffa.	„Miedziana płyta”: jedna cena dla całego kraju bez informacji o zatorach; wszystko spływa na PSE, a PSE ogranicza OZE.	Gdyby centralne redysponowanie było tańsze od lokalnego bilansowania z sygnałem lokalnym (dane UE: 4,3 mld EUR redysponowania w 2023 r.).
„Państwo strzeże reguł”	Państwo jest autorem i audytorem architektury, semantyki, Kontraktu Zbieżności, standardu 3S i polityki kryteriów; nie jest właścicielem kartelu ani dyspozytorem lodówek.	Państwo jako właściciel zintegrowanych grup, który jednocześnie reguluje, przyłącza i konkuruje; technoautorytaryzm.	Gdyby państwo-właściciel z rentą majątkową lepiej zabezpieczało interes odbiorców niż państwo-regulator z regulacją za wynik.

Formuła nie unieważnia pierwszej formuły tej publikacji („Nie moc, lecz sterowanie. Nie centrum, lecz brzeg. Każdy megawat skomunikowany, sterowalny i strzeżony – w jednej suwerennej pętli energii, mocy obliczeniowej i przemysłu”). Ta pozostaje **formułą techniczną** i jest rozwinięta w zasadzie 3S i formule operacyjnej 5S. Nowa formuła naczelna mówi, **dla kogo i przez kogo** ta pętla działa.

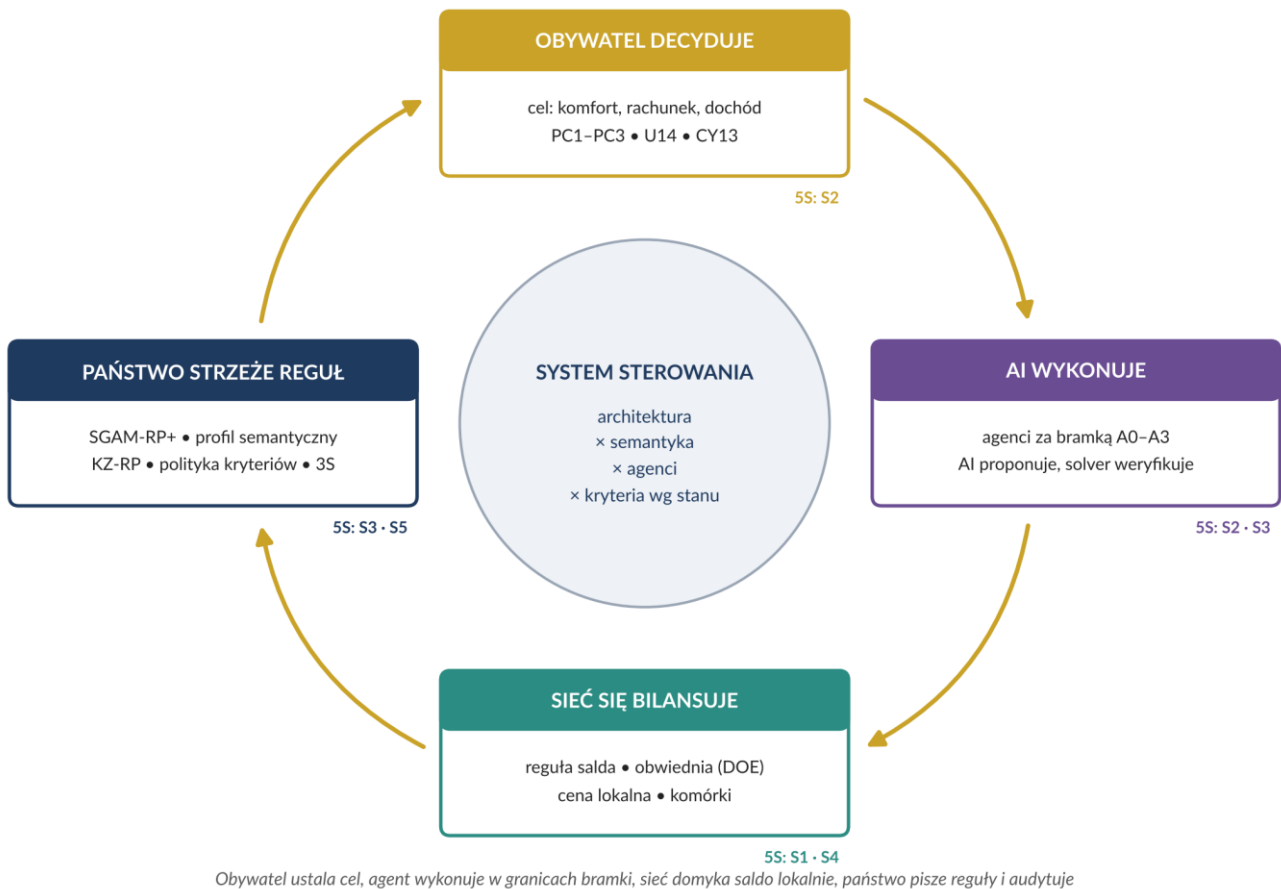
1.4. Od poddanego rachunku do współgospodarza energii

Zmiana, którą opisuje teza, jest zmianą roli. Tabela pokazuje ją z perspektywy trzech typowych uczestników systemu.

Tabela 6. Co się zmienia dla obywatela, gminy i firmy

Uczestnik	Dziś: poddany rachunku	Cyberenergetyka: współgospodarz energii	Narzędzie
Rodzina, prosument	płaci taryfę i opłaty niezależne od stanu sieci; w południe bywa ograniczany; dane licznika trafiają do operatora	wydaje polecenia asystentowi; widzi cenę i limit w swoim węźle; zarabia na przesunięciu zużycia i na gotowości magazynu; ma tryb ręczny i prawo wyłączenia AI	Asystent Energetyczny Obywatela (CY13), cena dynamiczna, obwiednia przyłączeniowa, U14
Gmina, spółdzielnia, klastery	bilansuje się „na etapie planowania”; nie ma sygnału lokalnego ani prawa do pracy wyspowej	bilansuje się operacyjnie, sprzedaje saldo i elastyczność wyżej, zasila obiekty krytyczne w kryzysie; zarabia na rencie położenia, którą dziś płacą wszyscy	reguła salda, rynek lokalnej elastyczności (CY5), mikrosieci wyspowe (CY11), CY15
Firma, AI DC, ciepłownia	żąda mocy i czeka w kolejce na rozbudowę sieci; płaci za zużycie płaskie	dostarcza sterowalność i przyłącza się szybciej; przesuwaa obciążenie do godzin nadwyżki; sprzedaje ciepło odpadowe	Kontrakt Sterowalności Przemysłowej (CY9), przyłączenie elastyczne
Operator sieci (OSD)	zarabia na majątku (zwrot z kapitału); jest bramkarzem danych i przyłączy	zarabia na wyniku: pojemności przyłączeniowej, czasie przyłączenia, zakupionej elastyczności; publikuje obwiednie i ceny lokalne	TOTEX, rozszerzony współczynnik Q, DERMS (CY4)
Państwo	właściciel grup energetycznych i regulator zarazem	autor reguł i architektury, strażnik bezpieczeństwa, audytor algorytmów	SGAM-RP+, profil semantyczny (CY14), KZ-RP, U11–U14

Formuła naczelną jako pętla czterech ról



Rysunek 3. Formuła naczelną jako pętla czterech ról: obywatel decyduje, AI wykonuje, sieć się bilansuje, państwo strzeże reguł – z przypisaniem elementów systemu sterowania i warunków 5S

1.5. Formuła konstrukcyjna: cztery elementy systemu sterowania

Formuła naczelną mówi, kto pełni jakie role. Formuła konstrukcyjna, przejęta z destylatu wiodącego CS, mówi, z czego zbudować system, w którym te role mogą działać:

FORMUŁA KONSTRUKCYJNA

System sterowania cyberenergetyką = architektura × semantyka × agenci × kryteria zależne od stanu systemu.

Iloczyn oznacza, że brak jednego elementu zeruje całość. **Bez wspólnej architektury** podsystemy (sieć przesyłowa, dystrybucyjna, budynki, przemysł, rynek) nie mają wspólnej mapy: kto, gdzie, w jakim czasie i w jakim stanie systemu działa. **Bez wspólnej semantyki** agenci nie rozumieją swoich komunikatów, nawet jeśli używają tego samego protokołu – stan przekonań agenta to w praktyce instancja ontologii. **Bez agentów z granicami autonomii** decyzje pozostają ręczne i zbyt wolne albo automatyczne i nierozliczalne. **Bez kryteriów zależnych od stanu** nie wiadomo, co optymalizować i kiedy zmienić cel, a od tego zależy, czy system przetrwa awarię.

Tabela 7. Cztery elementy systemu sterowania: stan w Polsce i instrument

Element	Pytanie, na które odpowiada	Stan w Polsce	Instrument
Architektura	kto, gdzie, w jakiej skali czasu i w jakim stanie systemu działa	brak krajowej architektury referencyjnej energetyki; KRI (Dz.U. 2024 poz. 773) dotyczy rejestrów publicznych, nie sieci	SGAM-RP+ z wymiarami czasu i stanu (rozdz. 4.8; CY14)
Semantyka	jak agenci się rozumieją	CGMES w PSE; OSD i agregatorzy heterogeniczni; CSIRE jako centrum danych	otwarty profil semantyczny RP: CIM/CGMES + IEC 61850 + SAREF/Brick + role rynkowe (CY14)
Agenci	kto wykonuje i w jakich granicach	prawo zna agregatora; brak profilu komunikacji z urządzeniami i rejestru agentów	rejestr agentów z bramkowaniem akcji; Asystent Energetyczny Obywatela (CY13, U12, U14)
Kryteria zależne od stanu	co optymalizować i kiedy zmienić cel	brak zatwierdzonej polityki kryteriów; MCDM stosowany głównie w planowaniu	polityka kryteriów dla stanów normalnego, zagrożenia, awaryjnego, blackoutu i odbudowy (rozdz. 4.5)

1.6. Formuła operacyjna: iloczyn pięciu warunków 5S

Zasada 3S z destylatu CY (skomunikowany, sterowalny, strzeżony) opisuje pojedyncze urządzenie. Dla systemu państwa trzeba dodać dwa warunki, bez których trzy pierwsze nie wystarczą: **sprzężenie** (czy elastyczność istnieje w skali – w ciepłe, biogazie, wodorze, transporcie i przemyśle) oraz **suwerenność kanału poleceń** (czy polecenia, aktualizacje i dane płyną kanałem, który państwo kontroluje). Zdolność cyberenergetyczna jest iloczynem pięciu warunków, a nie ich sumą.

FORMUŁA OPERACYJNA

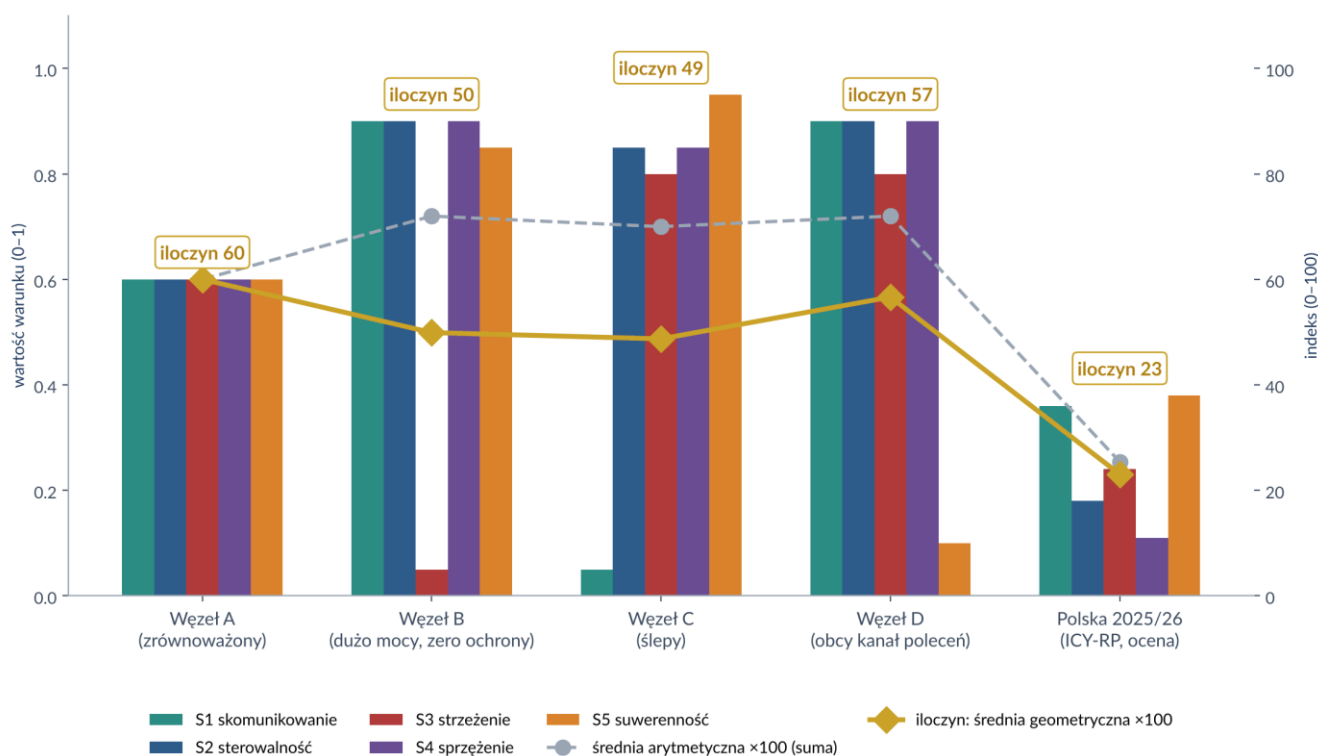
Zdolność cyberenergetyczna = S1 × S2 × S3 × S4 × S5, gdzie S1 to skomunikowanie (obserwowalność brzegu), S2 sterowalność (elastyczność zadysponowana), S3 strzeżenie (cyberbezpieczeństwo OT brzegu), S4 sprzężenie (sektory i nośniki jako bufor), a S5 suwerenność kanału poleceń (oprogramowanie, łączność, łańcuch dostaw, kadry). Mierzalnym przybliżeniem jest Indeks Cyberenergetyki RP: $ICY-RP = (S1 \cdot S2 \cdot S3 \cdot S4 \cdot S5)^{(1/5)} \times 100$.

Logika iloczynowa ma trzy konsekwencje praktyczne. Po pierwsze, najwyższy zwrot daje podniesienie **najśłabszego** warunku. Według obliczenia własnego (rozdz. 10.6) w Polsce najśłabsze jest S4 (sprzężenie, 0,11), potem S2 (sterowalność, 0,18) i S3 (strzeżenie, 0,24).

Po drugie, warunki się nie kompensują: system, który ma dużo elastyczności, ale nie ma ochrony brzegu (węzeł B na rysunku 4), jest dla przeciwnika rezerwą do przejęcia, a system dobrze chroniony, lecz ślepy (węzeł C), nie zadysponuje własnych zasobów. Po trzecie, warunek S5 działa jak bezpiecznik całości: najlepiej zabezpieczony brzeg, którego polecenia płyną przez chmurę dostawcy wysokiego ryzyka, ma wspólny punkt awarii poza kontrolą państwa (symulacja w rozdz. 16.4).

Trzy formuły są ze sobą spójne. Formuła naczelna opisuje role, formuła konstrukcyjna – elementy systemu, a formuła operacyjna – warunki, które można zmierzyć w punkcie przyłączenia. Obywatel może bezpiecznie decydować tylko w systemie, który ma architekturę, semantykę, agentów i kryteria (formuła konstrukcyjna), a jego decyzje mają wartość systemową tylko wtedy, gdy urządzenia są skomunikowane, sterowalne, strzeżone, sprzężone i suwerenne (formuła operacyjna).

Formuła operacyjna 5S: zdolność cyberenergetyczna jako iloczyn, nie suma



Profil A–D: ilustracja modelowa; Polska: obliczenie własne ICY-RP (plik 45F), wartości w części ocenami eksperckimi

Rysunek 4. Formuła operacyjna 5S: profile węzłów o podobnej średniej arytmetycznej warunków mają bardzo różną zdolność mierzoną iloczynem; Polska 2025/26 według obliczenia ICY-RP

1.7. Miejsce publikacji w Bibliotece i w serii destylatów Cyberenergetyki

Biblioteka TechnoSanacji odpowiada na kolejne pytania transformacji energetycznej. **Doktryna energetyczna** ustanowiła ustrój energetyczny i formułę „System jawny. Bilans sterowalny. Energia suwerenna”, sześć torów suwerenności, pięciopoziomowe bilansowanie i pakiet dziewięciu ustaw.

Strategia energii i odporności zamieniła doktrynę w pętlę sterowania państwem (widzieć, modelować, decydować, wykonać, bronić, korygować), siedem warstw odporności, szesnaście instrumentów I-1–I-16 i pakiet dziesięciu ustaw U1–U10. **Strategia AI dla bezpieczeństwa i cyberbezpieczeństwa** (określiła rolę AI w obronie państwa, a **Sieciowy Bliźniak Rzeczypospolitej** – model sieciowy państwa.

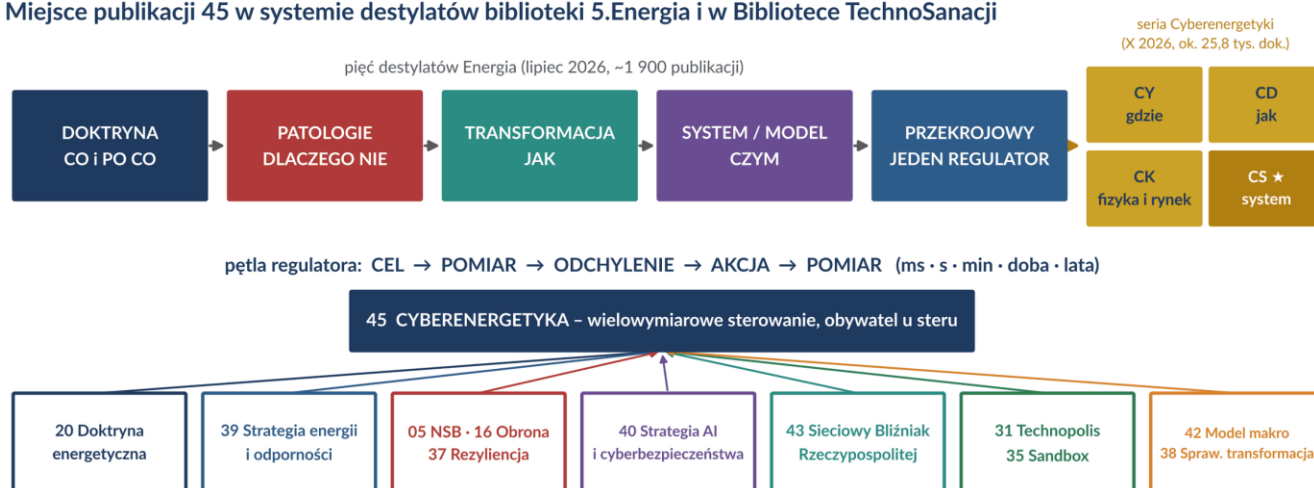
Niniejsza publikacja odpowiada na pytanie „**Kto, czym, w jakim czasie, w jakim stanie systemu i według jakiego kryterium steruje energią – i jaką rolę ma w tym obywatel?**”. Jest **warstwą wykonawczą** wymienionych dokumentów: doktryna wyznacza cel, strategia energii i odporności – pętlę państwa w skali miesięcy i lat, a cyberenergetyka zamyka pętlę CEL → POMIAR → ODCHYLENIE → AKCJA w milisekundach, sekundach, minutach i dobach, tam gdzie faktycznie płynie energia i gdzie stoją urządzenia obywateli.

Wersja 2.0 opiera się na czterech rundach destylatów Cyberenergetyki w bibliotece Energia, które tworzą spójną serię:

- **CY** mówi, **gdzie** jest sterowanie: na brzegu sieci, w urządzeniach obywateli, gmin i firm (zasada 3S);
- **CD** mówi, **jak** koordynować bez centralnego mastera i z jaką gwarancją (co-dispatch, Kontrakt Zbieżności);
- **CK** mówi, **w jakiej fizyce i na jakim rynku** ta koordynacja się odbywa (Kirchhoff, strefy, renta położenia, regulacja za wynik);
- **CS** – destylat wiodący – mówi, **jak to wszystko złożyć w jeden system sterowania**: architektura, semantyka, agenci i kryteria zależne od stanu.

Seria dopełnia pięć wcześniejszych destylatów biblioteki 5.Energia: Doktryna mówi, po co, Patologie – dlaczego nie działa, Transformacja – jak, System – czym, a destylat Przekrojowy łączy je w jeden regulator.

Miejsce publikacji 45 w systemie destylatów biblioteki 5.Energia i w Bibliotece TechnoSanacji



Pytanie publikacji: **KTO, CZYM, W JAKIM CZASIE, STANIE i WEDŁUG JAKIEGO KRYTERIUM steruje energią – i jaką rolę ma obywatel?**

20 wyznacza urządzenie – pętlę odporności i 16 instrumentów · 45 – postulat cyberenergetyczny: obywatel u steru, 8 wymiarów, co-dispatch, rynek zgodny z fizyką

Rysunek 5. Miejsce publikacji 45 w systemie destylatów biblioteki 5.Energia i w serii Cyberenergetyki (CY → CD → CK → CS) oraz w Bibliotece TechnoSanacji

Tabela 8. Od Manifestu do wykonania: jak Cyberenergetyka operacjonalizuje zobowiązania programowe

Zobowiązanie programowe	Źródło	Operacjonalizacja w tej strategii
Obywatel jako podmiot, nie płatnik	02 Manifest, 30 Korelator, 20 (elektroprosumeryzm)	postulat cyberenergetyczny (rozdz. 2); U14 Karta Praw Energetycznych Obywatela; CY13 Asystent Energetyczny Obywatela
System jawny	20 (formuła, Open Energy Data), 39 (I-1)	S1 skomunikowanie; CY1 widzialność brzegu; CY3 Cyfrowy Bliźniak KSE; jawne ceny cienia i obwiednie (CY15)
Bilans sterowalny	20 (zasada sterowalności), 39 (I-3 rynek sterowalności)	S2 i S4; co-dispatch, DOE i cena lokalna; CY4, CY5, CY7, CY8, CY9
Energia suwerenna	20 (sześć torów), 39 (I-8, I-9)	S5 suwerenność kanału poleceń; CY12 suwerenny stos sterowania; otwarty profil semantyczny (CY14)
Państwo odporne	39 (siedem warstw, I-5–I-7), 37 Rezyliencja	S3 strzeżenie; CY2 Kodeks Brzegu 3S; CY11 mikrosieci wyspowe; kryteria zależne od stanu; pętla obrony MTTD/MTTR
AI pod kontrolą człowieka	40 Strategia AI, 36 Narzędzia AI	autonomia według odwracalności A0–A3; bramkowanie agentów; U12
Prawo, które się uczy	35 Sandbox, 31 Technopolis	U13 piaskownice energetyczne; enklawa eksperymentu jako jedyna dopuszczalna enklawa regulacyjna
Model państwa	43 Sieciowy Bliźniak, 33 Graf multi-agentów, 15 Controlling	CY3 i SGAM-RP+ jako energetyczna warstwa Sieciowego Bliźniaka; rejestr agentów jako graf multi-agentów energetyki; ICY-RP jako moduł controllingu
Region domyka pętlę	11 Sejmiki, 20 (rozdz. VII)	poziom lokalny i regionalny bilansowania; architektura komórkowa; CDE
Antymonopol i antycapture	20 (U9), Patologie (pięć dźwigni)	regulacja za wynik, neutralny operator danych, niezależny agregator, jawna renta potożenia (rozdz. 6)

1.8. Model 3A w cyberenergetyce

Model 3A, metoda TechnoSanacji, opisuje trzy fazy nadążania za zmianą. W cyberenergetyce każda faza ma swój organ, swój czas i swój produkt.

- **Antycypacja** to praca receptorów: telemetria brzegu, WAMS i PMU, monitoring inercji online, prognozy probabilistyczne, wywiad zagrożeń (CERT Polska, sektorowy SOC) i scenariusze ataku w Cyfrowym Bliźniaku. Produktem jest wczesne rozpoznanie odchylenia – zanim stanie się awarią lub incydem – i rozpoznanie stanu systemu, które przetacza politykę kryteriów.
- **Absorpcja** to zdolność przyjęcia zaburzenia bez utraty funkcji: elastyczność zadysponowana przez agentów obywateli, gmin i przemysłu (magazyny, DSR, ciepło, elektrolizery, AI DC), rezerwy, grid-forming, automaty SPS/SIPS i kontrolowane wypowianie komórek. Produktem jest system, który ugina się, ale nie łamie.
- **Adaptacja** to zmiana reguł po zdarzeniu: exit report z piaskownicy, korekta Kodeksu Brzegu i profilu semantycznego, nowe nastawy, nowe wymogi przyłączeniowe, aktualizacja polityki kryteriów i Kontraktu Zbieżności, realokacja budżetu według wyniku. Produktem jest nowa reguła, standard albo instytucja, która powstała szybciej niż w innych jurysdykcjach.

Energetyka centrum ma silną absorpcję w skali krajowej (rezerwy, bloki), ale słabą antycypację na brzegu i bardzo wolną adaptację (prawo pisane raz na dekadę). Cyberenergetyka przesuwając ciężar na antycypację (wzrok) i adaptację (uczenie się), bo w systemie zdominowanym przez źródła falownikowe czas na absorpcję liczy się w sekundach, a różnorodność zakłóceń – pogody, cen, ataków i zachowań milionów urządzeń – może pochłoniąć tylko rozproszona różnorodność odpowiedzi (prawo Ashby’ego).

2. Cyberenergetyka jako postulat Doktryny Energetycznej TechnoSanacji

2.1. Doktryna: ustrój energetyczny, nie miks paliw

Doktryna Energetyczna TechnoRepubliki Polskiej (dok. 20) zmieniła sposób, w jaki TechnoSanacja mówi o energii. Jej teza naczelną brzmi: doktryna to nie „miks paliw”, lecz **ustrój energetyczny** – system energii jako system operacyjny państwa, który jest suwerenny (panowanie nad danymi, energią, oprogramowaniem, infrastrukturą i zdolnością produkcyjną), hierarchicznie sterowany (centralne cele, lokalna wykonawczość, cyfrowe sprzężenie zwrotne), wielopoziomowo bilansowany (KSE → region → gmina → klaster → mikrosieć) i skalowany do ok. 2 000 TWh popytu zelektryfikowanej gospodarki z centrami danych AI jako nową kategorią planowania. Cel doktryny to energia tania, czysta, lokalna i **sterowalna**, odporna na szoki rynku globalnego.

Doktryna stoi na trzech filarach. **Suwerenność energetyczna jest warunkiem niepodległości**: energia to infrastruktura bezpieczeństwa narodowego, a moc bezemisyjna sterowalna i kontrola toru energomaterialnego są jej rdzeniem. **Liczby, nie slogany**: transformację sprawdza się na danych – profilach godzinowych, popycie, magazynowaniu, efektywności i kosztach systemowych. **Sterowanie cybernetyczne**: państwo-regulator musi mieć model systemu (Conant–Ashby), wymaganą różnorodność reakcji (Ashby) i domkniętą pętlę decyzja → wykonanie → pomiar.

Doktryna łączy trzy nurty myśli energetycznej. Od **Jana Popczyka** przejmuje elektroprosumeryzm: triplet paradygmatyczny (prosument, egzergia, wirtualizacja), monizm elektryczny OZE, rynek „wschodzący” energetyki prosumenckiej i niezależnych inwestorów wobec „schodzącej” wielkoskalowej energetyki korporacyjnej, osłony kontrolne, cenotwórstwo czasu rzeczywistego i samodysponowanie (selfdispatching). Od **Marcina Popkiewicza** – zasadę liczb i termodynamiki, efektywność jako pierwszy krok i elektryfikację jako źródło skali. Z prac **Andrzeja Węgrzyna** – sprzężenie Bio-H₂-OZE-AI, kawerny solne jako magazyn sezonowy, metodę AHP-AI dla decyzji strategicznych i centrum danych AI jako sektor krytyczny energetyki, który jest jednocześnie odbiorcą i regulatorem.

2.2. Luka wykonawcza doktryny: kto naciska guzik?

Doktryna mówi, **jaki** ma być ustrój energetyczny. Nie mówi jeszcze w pełni, **kto, czym i w jakim czasie** wykonuje polecenia w systemie złożonym z milionów urządzeń należących do obywateli. Hasło „centralne cele – lokalna wykonawczość – cyfrowe sprzężenie zwrotne” jest poprawne, ale bez trzech odpowiedzi pozostaje deklaracją:

- 1. Kto wykonuje lokalnie?** Jeśli nie obywatel, gmina i firma – to operator albo producent urządzeń. Pierwsza odpowiedź prowadzi do elektroprosumeryzmu, druga – do nowego monopolu platformowego albo do odtworzenia starego układu w cyfrowej szacie.
- 2. Jak zapewnić, że miliony lokalnych decyzji złożą się w bezpieczny bilans?** Samodysponowanie Popczyka wymaga sygnału, który zna fizykę sieci (obwiednię, cenę lokalną), wspólnego języka danych i algorytmów z gwarancją zbieżności. Bez nich rozproszenie zwiększa ryzyko systemowe – czego dowodem jest blackout iberyjski i modele ataków na popyt.
- 3. Jak sprawić, by państwo pozostało regulatorem, a nie stało się dyspozytorem lodówek ani właścicielem kartelu?** Doktryna przewiduje prezydencki dispatching strategiczny i państwo misyjne. Bez rozdziału ról (autor reguł – operator sieci – uczestnik rynku) państwo-właściciel grup energetycznych pozostaje w konflikcie interesów.

Destylat Transformacji Energetycznej nazywa przeszkodę wprost: **stary układ monopolistyczno-sieciowy blokuje zmianę przez pięć dźwigni – przyłącza, dane, taryfy, kadry i regulacje**. Transformacja jest więc także reformą władzy rynkowej. Cyberenergetyka jest odpowiedzią na lukę wykonawczą doktryny i na pięć dźwigni starego układu jednocześnie.

2.3. Postulat cyberenergetyczny: brzmienie i miejsce w doktrynie

Strategia proponuje, aby cyberenergetyka została przyjęta jako **postulat wykonawczy Doktryny Energetycznej** – zasada, która mówi, jak ustrój energetyczny działa w czasie rzeczywistym i kto ma w nim władzę nad energią.

POSTULAT CYBERENERGETYCZNY DOKTRYNY ENERGETYCZNEJ TECHNOSANACJI

Ustrój energetyczny Rzeczypospolitej opiera się na prawie obywatela, wspólnoty lokalnej i przedsiębiorstwa do sterowania własną energią. Prawo to jest wykonywane przez certyfikowanych agentów AI działających w ich imieniu, w otwartej architekturze i wspólnym języku danych publikowanych przez państwo, z bilansem domykanym najpierw lokalnie, z sygnałem zgodnym z fizyką sieci, z kryteriami zależnymi od stanu systemu i z kanałem poleceń pod kontrolą krajową lub sojuszniczą. Państwo jest autorem i audytorem reguł, a nie właścicielem kartelu ani dyspozytorem urządzeń obywateli.

Postulat uzupełnia formułę doktryny o piąte zdanie. Strategia rekomenduje (dokument 45a), aby formuła Doktryny Energetycznej, rozszerzona w Strategii energii i odporności o zdanie „Państwo odporne”, otrzymała brzmienie:

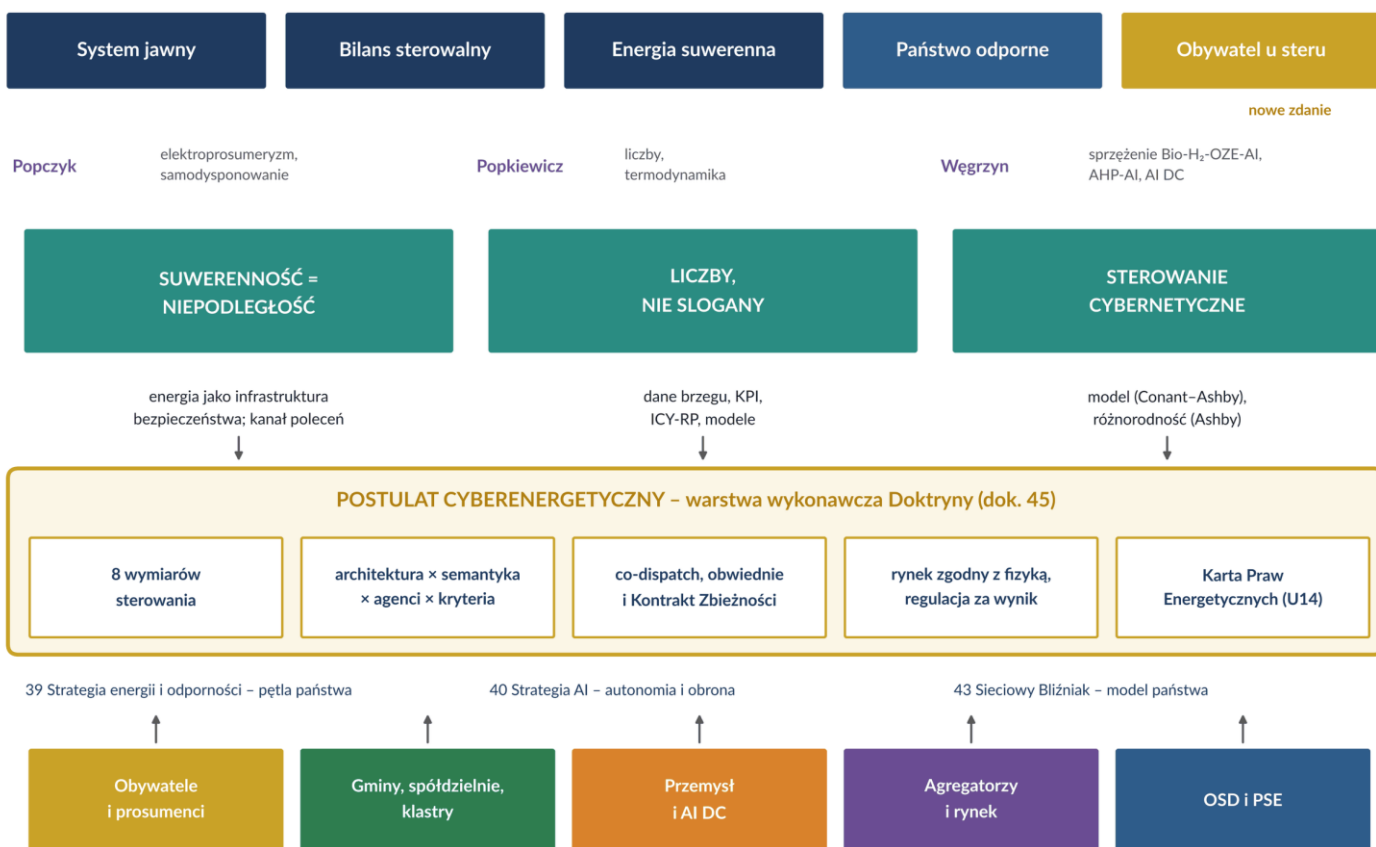
PROPONOWANA FORMUŁA DOKTRYNY ENERGETYCZNEJ

System jawny. Bilans sterowalny. Energia suwerenna. Państwo odporne. Obywatel u steru.

Piąte zdanie nie jest ozdobnikiem. Rozstrzyga, **czyja** jest sterowalność, o której mówi drugie zdanie. Bilans może być sterowalny w systemie, w którym steruje państwowy koncern, platforma producenta urządzeń albo obywatel. Tylko trzecia odpowiedź jest zgodna z misją TechnoSanacji – państwem, które przewiduje, działa i odpowiada przed obywatelem – i tylko ona usuwa źródło rent, bo zamienia pozycję zasiedziatego pośrednika na usługę, którą można zmierzyć i wynagrodzić.

Postulat cyberenergetyczny w architekturze Doktryny Energetycznej TechnoSanacji

FORMUŁA DOKTRYNY (dok. 20, 39, propozycja dok. 45)



Rysunek 6. Postulat cyberenergetyczny w architekturze Doktryny Energetycznej TechnoSanacji: formuła pięciu zdań, trzy filary, warstwa wykonawcza i uczestnicy systemu

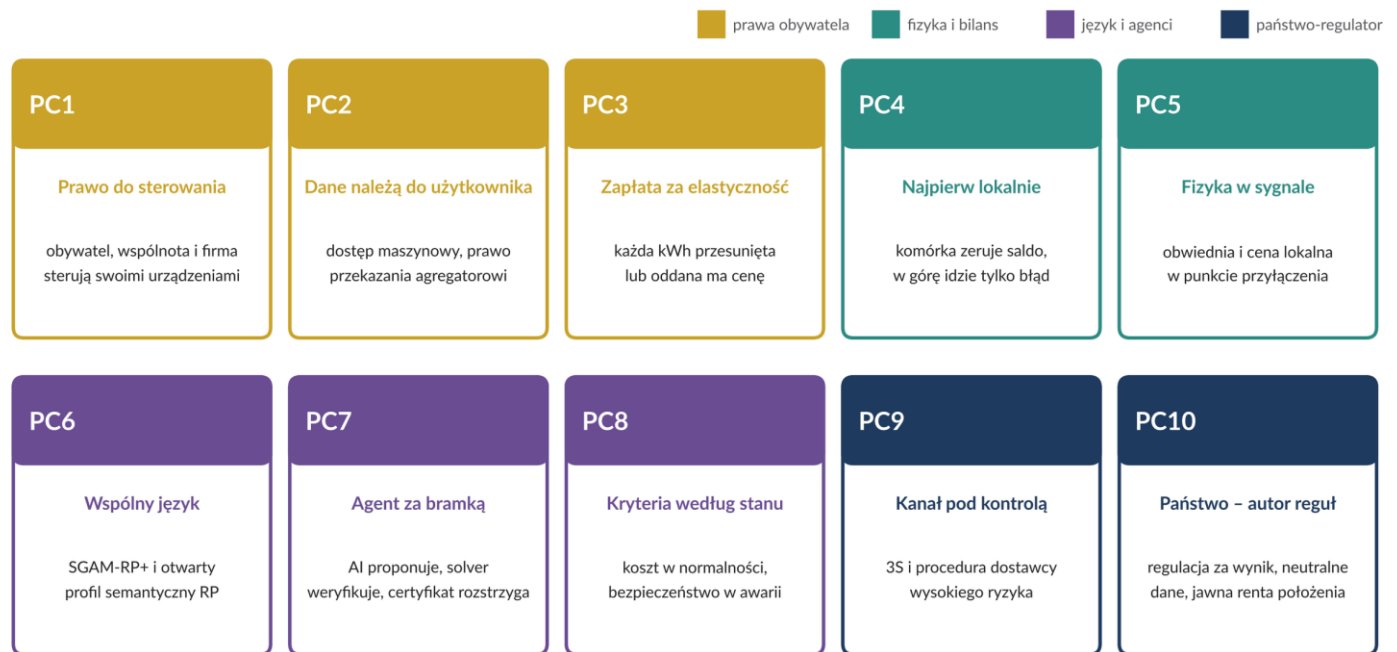
2.4. Dziesięć zasad postulatu cyberenergetycznego

Postulat rozwija się w dziesięć zasad (PC1–PC10). Każda ma test, wobec którego można sprawdzić ustawę, taryfę, program lub decyzję inwestycyjną, i instrument, który ją wykonuje.

Tabela 9. Dziesięć zasad postulatu cyberenergetycznego

Zasada	Treść	Test	Instrument
PC1 Prawo do sterowania	Obywatel, wspólnota i firma mają prawo sterować swoimi urządzeniami energetycznymi i wybrać, kto robi to w ich imieniu.	Czy instrument pozwala odbiorcy samodzielnie lub przez wybranego agenta reagować na sygnał systemu?	U14, CY13
PC2 Dane należące do użytkownika	Dane z licznika i urządzeń są dostępne dla użytkownika i podmiotów, które on wskaże, w otwartym formacie i w czasie zbliżonym do rzeczywistego.	Czy odbiorca ma dostęp maszynowy do swoich danych i może je przekazać agregatorowi?	Data Act, 2023/1162, CSIRE, CY1, CY14
PC3 Zapłata za elastyczność	Każda kilowatogodzina oszczędzona, przesunięta w czasie lub oddana w potrzebie ma cenę i jest wynagradzana temu, kto ją dostarczył.	Czy instrument wynagradza usługę, a nie tylko pobiera opłatę?	cena dynamiczna, LFM (CY5), model kompensacji niezależnego agregatora (CY15)
PC4 Najpierw lokalnie	Każda komórka – dom, gmina, klastery, obszar OSD – bilansuje się najpierw sama, a wyżej oddaje saldo i elastyczność.	Czy instrument wzmacnia lokalne bilansowanie z właścicielem wyniku?	reguła salda, architektura komórkowa, CY11
PC5 Fizyka w sygnale	Sygnał, który otrzymuje agent obywatela, zawiera informację o sieci: obwiednię przyłączeniową i cenę lokalną.	Czy uczestnik widzi koszt sieci w swoim miejscu i czasie?	DOE, DLMP-lite, „węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz” (CY15)
PC6 Wspólny język	Państwo publikuje otwartą architekturę referencyjną i profil semantyczny, a urządzenia i agenci muszą je rozumieć.	Czy wymiana danych jest zgodna z publicznym profilem, a nie z zamkniętym standardem dostawcy?	SGAM-RP+, profil semantyczny RP (CY14)
PC7 Agent za bramką	Agent AI działa tylko w zakresie, na który pozwala bramka uprawnień i zasada odwracalności; AI proponuje, solver weryfikuje, certyfikat rozstrzyga.	Czy określono poziom autonomii, bramkę i weryfikację fizyczną?	rejestr agentów, U12, Kontrakt Zbieżności
PC8 Kryteria według stanu	W normalności liczy się koszt i emisje, w zagrożeniu odporność, w awarii bezpieczeństwo, w blackoucie samowystarczalność komórek, w odbudowie szybkość.	Czy instrument ma zatwierdzoną z góry kolejność kryteriów dla stanów systemu?	polityka kryteriów (rozdz. 4.5)
PC9 Kanał pod kontrolą	Polecenia, aktualizacje i dane płyną kanałem kontrolowanym krajowo lub sojusznictwo; każde urządzenie powyżej progu spełnia 3S.	Czy oceniono kanał w procedurze dostawcy wysokiego ryzyka i wymagano 3S?	U11, CY2, CY12
PC10 Państwo – autor reguł, nie właściciel kartelu	Regulacja nagradza wynik, nie majątek; dane i przyłącza są neutralne; renta położenia jest jawna.	Czy instrument rozdziela role regulatora, operatora sieci i uczestnika rynku?	TOTEX + rozszerzony Q, neutralny OIRE, unbundling, KZ-RP (rozdz. 6)

Dziesięć zasad postulat cyberenergetycznego (PC1–PC10)



Rysunek 7. Dziesięć zasad postulat cyberenergetycznego (PC1–PC10) w czterech grupach: prawa obywatela, fizyka i bilans, język i agenci, państwo-regulator

2.5. Genealogia postulat: co cyberenergetyka dodaje do trzech nurtów doktryny

Postulat nie powstał w próżni. Wykonuje intuicje trzech nurtów doktryny i dodaje do nich aparat, który pozwala je wdrożyć w skali milionów urządzeń.

Tabela 10. Genealogia postulatu cyberenergetycznego

Nurt	Intuicja	Czego brakowało do wdrożenia	Co dodaje cyberenergetyka
Popczyk: elektroprosumeryzm	prosument jako podmiot; wirtualizacja („software zamiast miedzi”); samodysponowanie; cenotwórstwo czasu rzeczywistego; rynek wschodzący	protokół koordynacji milionów prosumentów z gwarancją bezpieczeństwa sieci	co-dispatch z obwiednią i ceną lokalną; Kontrakt Zbieżności; asystent energetyczny jako narzędzie samodysponowania
Popkiewicz: liczby i termodynamika	transformację sprawdza się na danych; efektywność najpierw	dane brzegu w czasie zbliżonym do rzeczywistego	telemetria 3S, CSIRE, Cyfrowy Bliźniak; KPI obywatelskie; obliczenia ICY-RP i CYBER-SD
Węgrzyn: sprzężenie cybernetyczne i decyzje wielokryterialne	Bio-H ₂ -OZE-AI; AHP-AI; AI DC jako odbiorca i regulator	operacyjna wielokryterialność w czasie rzeczywistym	polityka kryteriów zależna od stanu (MCDM ex ante na scenariuszach Monte Carlo); wymiar nośnika (WS8); Kontrakt Sterowalności Przemysłowej
Cybernetyka: Ashby, Conant, Mazur, Beer	regulator musi mieć model i różnorodność; układ samodzielny; system żywotny	architektura, w której różnorodność jest rozproszona, a model wspólny	osiem wymiarów sterowania; architektura komórkowa; SGAM-RP+; rejestr agentów jako graf systemu
Ekonomia regulacji: Laffont–Tirole, Averch–Johnson, Stigler	monopolista sieciowy zarabia na tym, za co mu płacą; ryzyko przechwycenia regulatora	mierniki wyniku i rozdział ról w polskiej regulacji	regulacja za wynik (TOTEX, rozszerzony Q); neutralny operator danych; jawna renta położenia

2.6. Cyberenergetyka a pięć dźwigni starego układu

Destylat Patologii i destylat Transformacji Energetycznej wskazują pięć dźwigni, którymi stary układ broni swojej pozycji. Postulat cyberenergetyczny rozbraja każdą z nich nie przez wyłączenie, lecz przez zmianę reguły, na której opiera się władza.

Tabela 11. Pięć dźwigni starego układu i ich rozbrojenie

Dźwignia	Jak działa dziś	Na czym opiera się władza	Co ją rozbraja	Instrum ent
Przyłącza	uznaniowe decyzje w kolejce; „projekty widmo”; odmowy bez jawnego uzasadnienia	kontrola procedury i informacji o pojemności	standard 3S i klasy priorytetu; przyłączenie elastyczne z obwiednią; rejestr odmów; publiczna mapa pojemności	U11, U4, CY1, CY15
Dane	„ciemna sieć”; dane licznikowe D+1; dane falowników w chmurze producenta	wyłączność wiedzy o stanie sieci i urządzeń	prawo do danych; CSIRE jako neutralny punkt prawdy; otwarty profil semantyczny; przestrzeń danych energetycznych	U14, CY1, CY14
Taryfy	zwrot z bazy aktywów; brak sygnału lokalnego; brak zapłaty za elastyczność	regulacja kosztowa premiująca beton	TOTEX; rozszerzony współczynnik Q; cena dynamiczna i lokalna; LFM	CY5, CY15
Kadry	nomenklatura w spółkach; brak kadr OT u małych wytwórców	obsadzanie stanowisk niezależnie od wyniku	merytokracja (U9); Akademia Cyberenergetyki; usługi SOC współdzielone; mierniki wyniku dla zarządów	CY2, CY12
Regulacje	prawo pisane raz na dekadę; brak warstwy wykonawczej dla brzegu i agentów	wolna adaptacja chroni istniejące modele biznesowe	piaskownice z exit reportem; Kontrakt Zbieżności; polityka kryteriów; obowiązek rozpatrzenia zmiany w 6 miesięcy	U12, U13

2.7. Przełożenie formuły Doktryny na warunki 5S i prawa obywatela

Formuła Doktryny brzmi: **„System jawny. Bilans sterowalny. Energia suwerenna.”**, a Strategia energii i odporności dodaje: **„Państwo odporne.”** Cyberenergetyka nie zastępuje tych zdań, lecz przekłada je na warunki techniczne, które da się zmierzyć w punkcie przyłączenia, i dodaje zdanie piąte. Jawność systemu bez skomunikowanego brzegu pozostaje jawnością sprawozdań. Bilans sterowalny bez urządzeń przyjmujących polecenia pozostaje bilansem planowanym. Suwerenność bez kontroli kanału poleceń jest suwerennością deklarowaną. A sterowalność, która nie należy do obywatela, odtwarza stary układ.

Tabela 12. Przełożenie formuły Doktryny na warunki 5S i prawa obywatela

Atrybut Doktryny (20, 39, 45)	Warunek 5S / zasada	Miernik w punkcie przyłączenia	Błąd, który wyklucza
System jawny	S1 skomunikowanie	telemetria $\leq 1-4$ s dla obiektów > 1 MW; dane 15-min w CSIRE; publikowane obwiednie	„jawność sprawozdawcza”: dane D+1 zamiast obrazu stanu
Bilans sterowalny	S2 sterowalność, S4 sprzężenie	polecenie OSD/agregatora z czasem reakcji; usługa elastyczności w umowie	„sterowalność planowana”: elastyczność, której nie da się wywołać
Energia suwerenna	S5 suwerenność kanału	polecenia i aktualizacje bez chmury dostawcy wysokiego ryzyka	„suwerenność deklarowana”: krajowe źródło z obcym pilotem
Państwo odporne	S3 strzeżenie	MFA, segmentacja, brak domyślnych poświadczeń, SBOM, MTTR	„odporność na papierze”: zgodność bez higieny
Obywatel u steru	PC1–PC3	udział odbiorców z dostępem do danych, ceną dynamiczną i asystentem; MW elastyczności od odbiorców wynagradzane rynkowo	„sterowalność cudzymi rękami”: urządzenia obywatela sterowane przez operatora lub platformę bez jego wyboru i bez zapłaty

2.8. Granice postulatu: czego cyberenergetyka nie jest

Postulat cyberenergetyczny dotyczy władzy nad urządzeniami w domach i zakładach. Dlatego strategia określa jego granice równie wyraźnie jak jego treść.

- **Nie jest centralizacją.** Prezydencki dispatching strategiczny z Doktryny ustala cele, rezerwy i politykę kryteriów dla stanów systemu; nie steruje urządzeniami obywateli. W stanie normalnym decyzje zapadają w komórkach, a państwo działa jak metasystem w modelu żywotnego systemu Beera – interweniuje tylko przy przekroczeniu progów.
- **Nie jest prywatyzacją sterowania przez platformy.** Asystent energetyczny jest agentem użytkownika, przenośnym między dostawcami, działającym w otwartym standardzie. Kanał poleceń przechodzi przez procedurę dostawcy wysokiego ryzyka, a dane należą do użytkownika.
- **Nie jest kontrolą domów.** Udział jest dobrowolny i opłacalny; obywatel zawsze może przejść na tryb ręczny i wyłączyć AI; operator nie widzi surowych profili zużycia, gdy wystarczają zmienne brzegowe, obwiednie i sygnał jednokierunkowy. Wyjątkiem są wyłącznie z góry zatwierdzone automaty ochronne w stanie awaryjnym, takie jak odciążanie częstotliwościowe, które istnieją już dziś.
- **Nie jest obietnicą bez kosztu.** Wyniki symulacyjne z literatury (HEMS, uczenie wieloagentowe, handel P2P) są górnymi granicami. Strategia mierzy rzeczywiste efekty w piaskownikach przed upowszechnieniem.
- **Nie jest wykluczeniem.** Osoby, które nie chcą lub nie mogą korzystać z asystenta, zachowują pełne prawa odbiorcy i taryfę chronioną; korzyść z elastyczności innych obniża koszt systemu także dla nich.

WNIOSEK ROZDZIAŁU

Cyberenergetyka jest tym postulatem Doktryny Energetycznej, który zamienia „bilans sterowalny” w „bilans sterowany przez obywateli w regułach państwa”. Bez niego doktryna pozostaje ustrojem bez wykonawcy; z nim zyskuje miliony wykonawców, którzy mają interes w tym, by system był tani, czysty i odporny.

3. Uściślenia terminologiczne i zakres badań

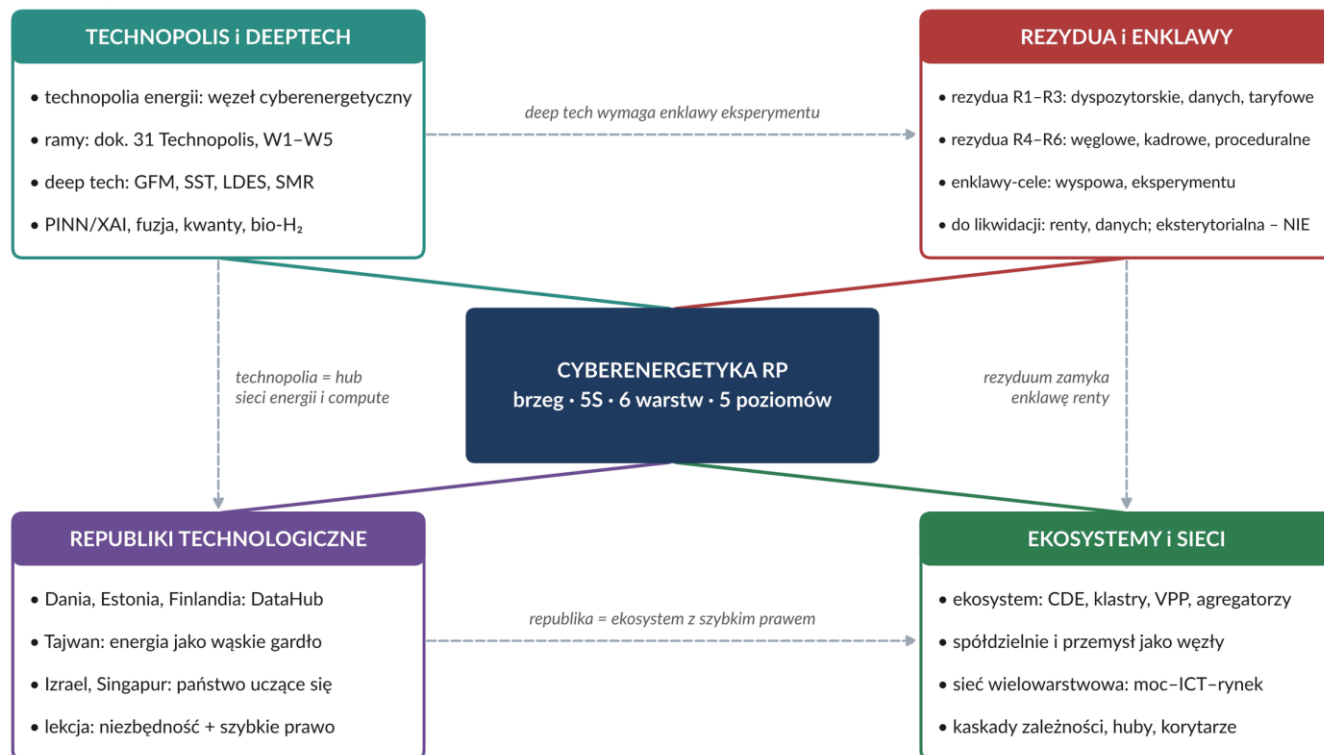
3.1. Dlaczego potrzebne są uściślenia

Słowa „smart grid”, „cyfryzacja”, „elastyczność”, „suwerenność energetyczna”, „ekosystem” czy „piaskownica” występują dziś w strategiach rządowych, planach spółek i materiałach promocyjnych w tak wielu znaczeniach, że przestały cokolwiek rozróżniać. Instalacja licznika bez dostępu do danych bywa nazywana „cyfryzacją”. Rynek mocy dla bloków węglowych bywa nazywany „mechanizmem elastyczności”. Konkurs grantowy bywa nazywany „piaskownicą”. Bez uściśleń strategia przyjmie nazwę, a zachowa stary mechanizm.

Rozdział porządkuje najpierw pojęcia rdzeniowe tej publikacji (cyberenergetyka, brzeg, 3S/5S), a następnie cztery pary terminów wskazane jako zakres badań, a na końcu pojęcia wprowadzone w wersji 2.0: sterowanie wielowymiarowe, system systemów, architekturę referencyjną, semantykę, agenta, co-dispatch, obwiednię przyłączeniową, renty położenia, obywatela u steru i kartel w znaczeniu ekonomii politycznej.

Cztery pary terminów to: **Technopolis i DeepTech**, **rezydualne i enklawy**, **republiki technologiczne** oraz **ekosystemy i sieci**. Dla każdej pary podaje genealogię, definicję roboczą przyjętą w strategii, odróżnienie od pojęć pokrewnych i konsekwencję dla polityki. Wszystkie definicje są **operacyjne**, czyli takie, że da się sprawdzić danymi, czy dany obiekt do nich należy. Definicje Technopolis, rezydualnych, enklaw, republik technologicznych oraz ekosystemów i sieci są spójne z publikacją 31 Technopolis i stosują jej rozstrzygnięcia do energetyki.

Mapa pojęć: cztery pary terminów wokół modelu Cyberenergetyki RP



Rysunek 8. Mapa pojęć: cztery pary terminów (Technopolis i DeepTech, rezydualne i enklawy, republiki technologiczne, ekosystemy i sieci) i ich relacje wokół modelu Cyberenergetyki RP

3.2. Cyberenergetyka

Genealogia. Norbert Wiener zdefiniował cybernetykę w 1948 r. jako naukę o sterowaniu i komunikacji w zwierzęciu i maszynie. W energetyce pojęcia cybernetyczne pojawiały się od początku – regulacja częstotliwości jest pętlą sprzężenia zwrotnego – ale dopóki system składał się z kilkuset maszyn synchronicznych, sterowanie mogło być scentralizowane, a „cyber” oznaczało głównie SCADA. Literatura ostatniej dekady opisuje system elektroenergetyczny jako **system cyberfizyczny** (CPES, cyber-physical energy system), w którym warstwa fizyczna, warstwa informacyjna i warstwa rynkowa są nierozdzielne (korpus CY, dziedzina C01: 492 dokumenty). W polskiej tradycji źródłem są prace Mariana Mazura o układach samodzielnych oraz koncepcja Jana Popczyka o wirtualizacji energetyki („software zamiast miedzi”).

Definicja robocza. *Cyberenergetyka* to ujęcie systemu energetycznego jako cyberfizycznej pętli sterowania, w której (1) stabilność i bilans zależą od algorytmów, danych i łączności w tym samym stopniu co od maszyn i przewodów, (2) punkty sterowania, obserwacji i ataku są rozproszone na brzegu sieci, (3) energia, moc obliczeniowa i przemysł są sprzężone w jeden system strategiczny, (4) sterowanie odbywa się jednocześnie w wielu wymiarach – poziomu, czasu, stanu systemu, kryterium, węzła sieci, podmiotu, warstwy i nośnika – przez wielu agentów działających w imieniu różnych właścicieli.

Strategia cyberenergetyczna to strategia, która projektuje tę pętlę świadomie: określa, kto steruje, czym, w jakim czasie, w jakim stanie systemu, według jakiego kryterium, na jakich danych i z jakim bezpiecznikiem. *Cyberenergetyka obywatelska* – wariant przyjęty przez TechnoSanację – dodaje warunek ustrojowy: cel sterowania urządzeniami brzegowymi ustalają ich użytkownicy, a państwo pisze reguły i strzeże bezpieczeństwa.

Odróżnienie. Cyberenergetyka nie jest „cyfryzacją energetyki”, bo cyfryzacja może oznaczać wyłącznie wymianę urządzeń na cyfrowe bez zmiany pętli sterowania. Nie jest „cyberbezpieczeństwem energetyki”, bo bezpieczeństwo jest jednym z pięciu warunków (S3), a nie celem samym w sobie. Nie jest „smart gridem”, bo smart grid opisuje technologię sieci, a cyberenergetyka – ustrój sterowania obejmujący rynek, prawo, przemysł i obronę.

Konsekwencja dla polityki. Każda decyzja energetyczna (aukcja, przyłączenie, taryfa, program wsparcia) musi odpowiadać na pytanie o pętlę: czy nowy zasób będzie widoczny, sterowalny i chroniony, kto będzie nim sterował i jakim kanałem. Decyzja, która nie odpowiada na te pytania, zwiększa moc, ale zmniejsza sterowność systemu.

3.3. Brzeg sieci, punkt przyłączenia i zasada 3S/5S

Brzeg sieci (edge) to w strategii zbiór miejsc, w których energia jest wytwarzana, magazynowana, przetwarzana lub zużywana poza bezpośrednim sterowaniem operatora systemu przesyłowego: punkty przyłączenia farm (GCP, grid connection point), sieci SN i nn, stacje transformatorowe, liczniki, falowniki, magazyny, ładowarki, pompy ciepła, sterowniki budynków i zakładów, biogazownie, elektrolizery i centra danych. Brzeg nie jest peryferią. Jest miejscem, w którym w 2025 r. znajdowało się ok. 35 GW mocy PV i wiatrowej oraz większość odbiorów elastycznych.

Punkt przyłączenia (GCP) to miejsce styku obiektu z siecią, w którym znajdują się sterownik RTU, interfejs HMI, przekaźniki i łącza z operatorem. To tu skoncentrował się atak z 29.12.2025 r.

Zasada 3S. Każde urządzenie przyłączone powyżej progu jest **S**komunikowane (obserwowalne: przesyła telemetrię z określoną częstotliwością), **S**terowalne (przyjmuje polecenia OSD lub agregatora z określonym czasem reakcji) i **S**trzeżone (ma tożsamość, uwierzytelnianie wieloskładnikowe, aktualizacje, segmentację sieci i spis komponentów oprogramowania). Przyłącze, które nie spełnia 3S, nie jest zasobem systemu, tylko ryzykiem.

Zasada 5S rozszerza 3S na poziom systemu o **S**przężenie (istnienie elastyczności w skali przez połączenie sektorów i nośników) i **S**uwerenność kanału poleceń (polecenia, aktualizacje i dane płyną kanałem kontrolowanym przez państwo lub sojuszników). 3S jest standardem urządzenia i przyłącza (Kodeks Brzegu, U11); 5S jest standardem państwa (ICY-RP).

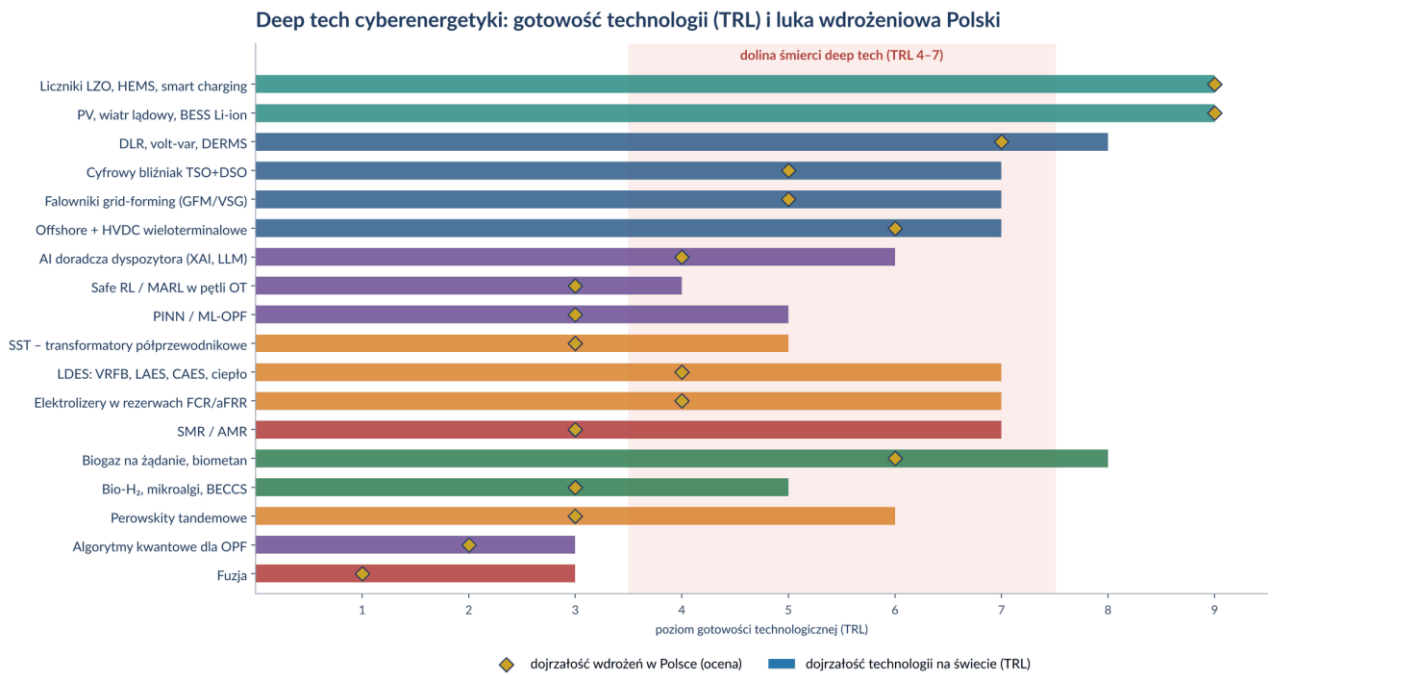
3.4. Technopolis i DeepTech w energetyce

Genealogia. Pojęcie technopolii (Castells i Hall, „Technopoles of the World”, 1994) Biblioteka zdefiniowała w publikacji 31 jako węzeł miejski spełniający pięć warunków progowych W1–W5: gęstość kompetencji, kotwicę badawczą sprzężoną z firmami, jurysdykcję eksperymentu, kapitał cierpliwy i pierwszego klienta oraz łącza sieciowe. Pojęcie *deep tech* upowszechniła Europejska Rada ds. Innowacji: przedsięwzięcie oparte na przełomie naukowym lub inżynierskim, z długim horyzontem (TRL 3–7), wysokim kapitałem i ryzykiem technicznym.

Definicja robocza: technopolia energetyczna (węzeł cyberenergetyczny). Węzeł cyberenergetyczny to technopolia w rozumieniu dok. 31, w której co najmniej jedna nisza niezbędności dotyczy sterowania energią: automatyki i oprogramowania sieciowego, energoelektroniki (falowniki GFM, SST), magazynowania, power-to-X, cyberbezpieczeństwa OT, robotyki utrzymania albo zasilania mocy obliczeniowej. Węzeł cyberenergetyczny łączy laboratorium testowe (testbed kosymulacyjny, poligon dla falowników i RTU), piaskownicę energetyczną (U13), lokalnego operatora sieci gotowego do pilotażu oraz odbiorcę przemysłowego, który jest pierwszym klientem.

DeepTech energii. Korpus CY (dziedziny C03, C08, C15–C17) wskazuje rodziny technologii przełomowych, które zmieniają koszt krańcowy albo strukturę sterowania systemem:

- **energoelektronika sieciowa:** falowniki grid-forming i wirtualne maszyny synchroniczne (GFM/VSG), transformatory półprzewodnikowe (SST), półprzewodniki SiC i GaN, HVDC wieloterminalowe;
- **magazynowanie długoterminowe (LDES):** baterie przepływowo wanadowe (VRFB), magazyny ciekłego i sprężonego powietrza (LAES, CAES), magazyny ciepła, wodór w kawernach solnych;
- **sterowanie oparte na AI:** sieci neuronowe z wiedzą fizyczną (PINN), ML-OPF, bezpieczne uczenie ze wzmocnieniem z ograniczeniami (safe RL, MARL), wyjaśnialna AI (XAI), asystenci dyspozytora oparci na dużych modelach językowych;
- **źródła czystej mocy sterowalnej:** reaktory modułowe (SMR/AMR) z pracą nadążną i kogeneracją, w dłuższej perspektywie fuzja;
- **biotechnologia energetyczna:** biogaz i biometan w trybie na żądanie, biowodór, mikroalgi, BECCS, biorafinerie;
- **technologie wschodzące:** perowskity tandemowe, algorytmy kwantowe dla optymalizacji (OPF, UC) i łączność kwantowo bezpieczna.



Rysunek 9. Deep tech cyberenergetyki: gotowość technologii (TRL) na świecie i dojrzałość wdrożeń w Polsce; dolina śmierci TRL 4–7

Konsekwencja dla polityki. Deep tech energii nie przejdzie przez aukcję OZE ani rynek mocy, bo oba instrumenty kupują wolumen dojrzałej technologii. Potrzebuje trzech rzeczy naraz: testu w warunkach rzeczywistej sieci (piaskownica energetyczna z udziałem OSD), pierwszego klienta (operator lub przemysł) i standardu, który pozwoli skalować wynik (Kodeks Brzegu, kodeksy sieci). Dlatego program CY12 łączy suwerenny stos sterowania z węzłami cyberenergetycznymi w technopoliach (dok. 31, T9).

3.5. Rezydua i enklawy w energetyce

Rezydium instytucjonalne. Za publikacją 31 strategia przyjmuje, że *rezydium* to trwały ślad dawnych reguł, który przeżył swoją pierwotną funkcję i nadal kształtuje zachowania aktorów (pojęcie z socjologii Vilfreda Pareta i literatury zależności od ścieżki). Energetyka jest szczególnie podatna na rezydua, bo jej aktywa żyją 40–60 lat, a reguły pisano dla systemu z kilkuset dużymi blokami. Strategia identyfikuje sześć rezyduów energetyki (w innych dokumentach oznaczanych jako 45/R1–45/R6, aby nie mylić z R1–R5 dok. 31).

Tabela 13. Sześć rezydów blokujących przejście od energetyki centrum do cyberenergetyki brzegu

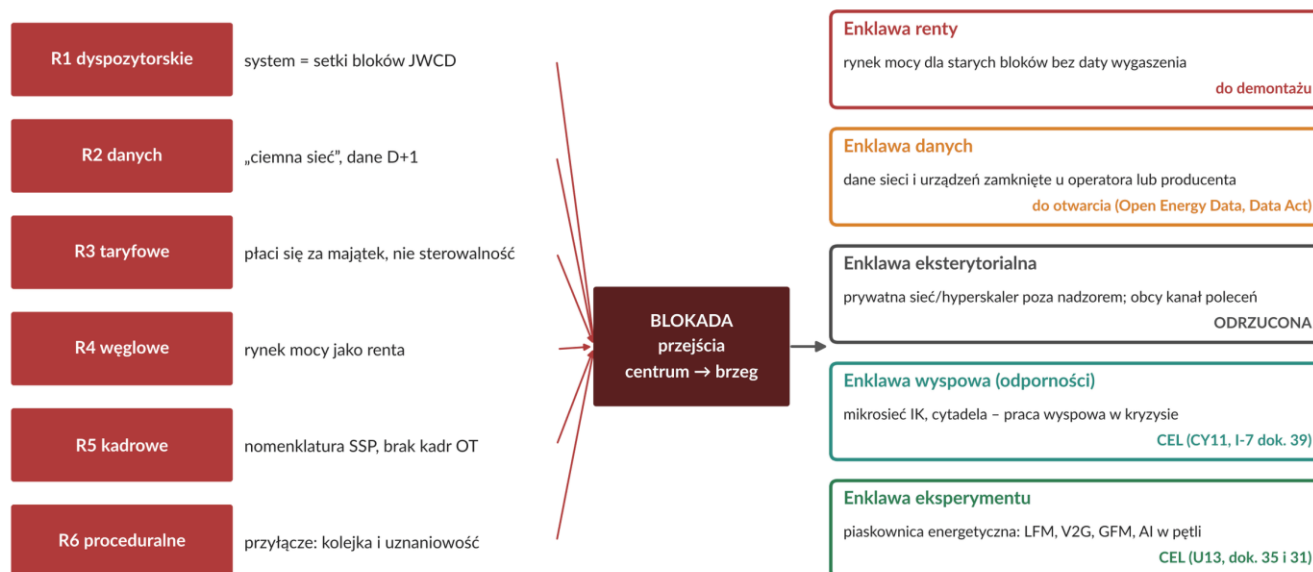
Rezydium	Treść	Skąd się wzięło	Jak działa dziś	Instrument przełamania
R1 dyspozytorskie	system = kilkaset jednostek centralnie dysponowanych	architektura KSE z lat 1960–1990	nadzór i ochrona skupione na centrum; brzeg „poza mapą”	CY1, CY4, poziomy bilansowania z regułą salda
R2 danych	dane sieci i urządzeń są własnością operatora lub producenta	monopol naturalny i brak obowiązku publikacji	„ciemna sieć”, dane D+1, brak map mocy i telemetrii brzegu	Open Energy Data (U2), Data Act, CY1, CY3
R3 taryfowe	taryfa płaci za majątek (zwrot z kapitału), nie za sterowalność	regulacja kosztowa (cost-plus, Averch–Johnson)	premia za beton, brak wynagrodzenia elastyczności i cyfryzacji	warunek cyfrowy w capex, taryfa za wynik, CY5
R4 węglowe	rynek mocy i rezerwy jako ochrona starych bloków	kompromis bezpieczeństwa dostaw z lat 2017–2018	renta bez wymogu elastyczności; opóźnienie wygaszania	rynek sterowalności (U3), rezerwa z datą wygaszenia (I-3)
R5 kadrowe	nomenklatura w spółkach, brak kadr OT u mniejszych wytwórców	upolitycznienie SSP; szybki wzrost liczby małych podmiotów	brak właściciela bezpieczeństwa na tysiącach GCP	merytokracja (U9), Akademia Cyberenergetyki (CY12), usługi SOC dla MŚP
R6 proceduralne	przyłączenie jako decyzja uznaniowa w kolejce	prawo przyłączeniowe z epoki niedoboru mocy	kolejki, „projekty widmo”, brak klas priorytetu i warunków 3S	Kodeks Brzegu (U11), TPA+ (U4), rejestr odmów

Enklawa. *Enklawa* to obszar o odrębnych regułach wewnątrz państwa. W energetyce strategia rozróżnia pięć typów enklaw, z których dwie są problemem, jedna jest wykluczona, a dwie są celem.

- **Enklawa renty** to segment rynku, w którym reguły chronią istniejące aktywa przed konkurencją: rynek mocy bez wymogów elastyczności i bez daty wygaszenia, taryfy chroniące bazę aktywów. Do demontażu.
- **Enklawa danych** to zamknięty obszar informacji: dane sieci SN/nn u operatora, dane falowników w chmurze producenta, dane licznikowe bez interfejsu dla odbiorcy. Do otwarcia (Open Energy Data, Data Act, 2023/1162) z ochroną danych osobowych i informacji o podatnościach.
- **Enklawa eksterytorialna** to obszar, w którym sterowanie faktycznie wymyka się prawu i nadzorowi państwa: prywatna sieć hyperskalera z własną generacją, działająca poza kodeksami sieci i bez obowiązków wobec systemu, albo flota urządzeń sterowana kanałem dostawcy wysokiego ryzyka. **Odrzucona.** Strategia dopuszcza linie bezpośrednie i generację przy centrach danych (dok. 20 i 39), ale wyłącznie w standardzie 3S/5S, z obowiązkiem usług dla systemu i z kanałem poleceń pod kontrolą krajową lub sojuszniczą.

- **Enklawa wyspowa (odporności)** to mikrosieć infrastruktury krytycznej lub cytadela energetyczno-cyfrowa zdolna do kontrolowanej pracy wyspowej w kryzysie (szpital, wodociąg, centrum zarządzania, jednostka wojskowa, gmina). **Cel** (CY11; I-7 dok. 39).
- **Enklawa eksperymentu** to obszar albo grupa podmiotów, w których **na podstawie ustawy, na czas określony, w ograniczonym zakresie i pod nadzorem** testuje się nowe technologie i reguły: lokalny rynek elastyczności, V2G, falowniki GFM, AI w pętli dyspozytorskiej, nowe taryfy. Ma publiczny plan, mierniki, bezpieczniki i ścieżkę wyjścia. **Cel** (U13; dok. 31 i 35).

Rezydualne i enklawy energetyki: sześć rezydów blokuje przejście od centrum do brzegu



Rezydium = ślad dawnej reguły, który przeżył swoją funkcję i wygląda jak stan naturalny.

Enklawa = obszar o odrębnych regułach: dopuszczalna tylko na podstawie ustawy, na czas, jawnie i pod nadzorem.

Rysunek 10. Rezydualne i enklawy energetyki: sześć rezydów (R1–R6) tworzy blokadę przejścia od centrum do brzegu; pięć typów enklaw i ich status w strategii

Konsekwencja dla polityki. Rezydium nie znika od deklaracji. Znika, gdy zmienia się reguła, która je reprodukuje. Dlatego każdy program CY ma przypisane rezydium, które przełamuje (rozdz. 13.1), a enklawy eksperymentu i wyspowe mają ustawowe ramy, które wykluczają ich degenerację w enklawy renty.

3.6. Republiki technologiczne w energetyce

Genealogia i definicja. Za publikacją 31 *republika technologiczna* to państwo, którego pozycja międzynarodowa i bezpieczeństwo w znacznym stopniu wynikają z kontroli nad wąskim gardłem technologicznym albo z wyjątkowej zdolności instytucji do szybkiego uczenia się, a nie z wielkości terytorium, ludności czy zasobów. Literatura opisuje je jako państwa rozwojowe (Wade, Amsden), państwa osadzonej autonomii (Evans) albo przypadki innowacyjnej polityki państwa (Breznitz).

Dwa mechanizmy w energetyce. W energetyce oba mechanizmy przewagi mają czytelną postać.

- 1. Państwo uczące się przez dane.** Dania zbudowała centralny rejestr danych rynku (DataHub operatora Energinet), Finlandia uruchomiła w 2022 r. centralny Datahub (Fingrid), a Estonia – platformę wymiany danych energetycznych Estfeed opartą na logice interoperacyjnego e-państwa. Te państwa wcześniej potraktowały dane rynku jako infrastrukturę publiczną, co pozwoliło szybko wprowadzić agregatorów, taryfy dynamiczne i sprzężenie sektorów. Polska CSIRE jest tym samym narzędziem – z kilkuletnim opóźnieniem.
- 2. Niezbędność przez wąskie gardło.** Tajwan jest niezbędny w produkcji najbardziej zaawansowanych półprzewodników, ale jego „krzemowa tarcza” ma energetyczną piętę achillesową: zależność od importu paliw i obciążenie sieci przez parki przemysłowe. Lekcja jest podwójna: niezbędność w compute wymaga suwerennej, sterowalnej energii, a koncentracja przemysłu w jednym węźle bez planu energetycznego tworzy pojedynczy punkt awarii. Izrael i Singapur pokazują trzecią drogę: sprzężenie kompetencji cyberbezpieczeństwa (w tym wojskowych) z infrastrukturą krytyczną oraz szybką ścieżkę regulacyjną.

Republiki technologiczne w energetyce: dwa mechanizmy przewagi



Ocena jakościowa autora na podstawie korpusu TP i CY; Dania – DataHub Energinet, Estonia – Estfeed/X-Road, Finlandia – Datahub Fingrid

Rysunek 11. Republiki technologiczne w energetyce: dwa mechanizmy przewagi (niezbędność w łańcuchu wartości i zdolność państwa do uczenia się regulacji) oraz pozycja Rzeczypospolitej dziś i w 2035 r. (ocena jakościowa)

Tabela 14. Republiki technologiczne a energia: lekcje dla Rzeczypospolitej

Przypadek	Mechanizm	Co bierzemy	Czego nie bierzemy
Dania (Energinet, DataHub)	dane rynku jako infrastruktura publiczna; sprzężenie ciepła i wiatru	centralny punkt prawdy dla danych; ciepło jako akumulator	–
Finlandia (Fingrid Datahub)	szybkie wdrożenie centralnego rejestru danych	model wdrożenia CSIRE bez wieloletnich przesunięć	–
Estonia (Estfeed, X-Road)	interoperacyjność danych e-państwa	wymiana danych między operatorami, usługodawcami i odbiorcą przez standard	–
Tajwan (TSMC, parki naukowe)	niezbędność przez wąskie gardło	sprzężenie planowania compute i energii; niszę niezbędności	monokulturę i obciążenie sieci bez planu
Izrael (cyber, sprzężenie armia–firmy)	kompetencje cyber jako przemysł eksportowy	sektor cyberbezpieczeństwa OT jako przemysł i rezerwa kadrowa	militaryzację całej polityki energetycznej
Singapur (EMA, piaskownice)	państwo uczące się; szybka ścieżka regulacyjna	piaskownice energetyczne z exit reportem	model polityczny o ograniczonej konkurencji

Relacja do TechnoRepubliki. TechnoRepublika – cel ustrojowy TechnoSanacji, państwo, które przewiduje, działa i odpowiada przed obywatelem – nie jest republiką technologiczną w sensie geopolitycznym, bo Polska nie jest małym państwem-wyspą. Czerpie jednak z obu mechanizmów: chce być **państwem uczącym się przez dane** (CSIRE, Cyfrowy Bliźniak, piaskownice) i **niezbędnym w niszach** sterowania energią na wschodniej flance NATO (cyberbezpieczeństwo OT, automatyka sieciowa, odbudowa energetyki Ukrainy, C-UAS dla infrastruktury krytycznej). Odrzuca dwa ryzyka: monokulturę jednego wąskiego gardła i technoautorytaryzm, w którym sterowanie energią staje się narzędziem kontroli obywatela.

3.7. Ekosystemy i sieci

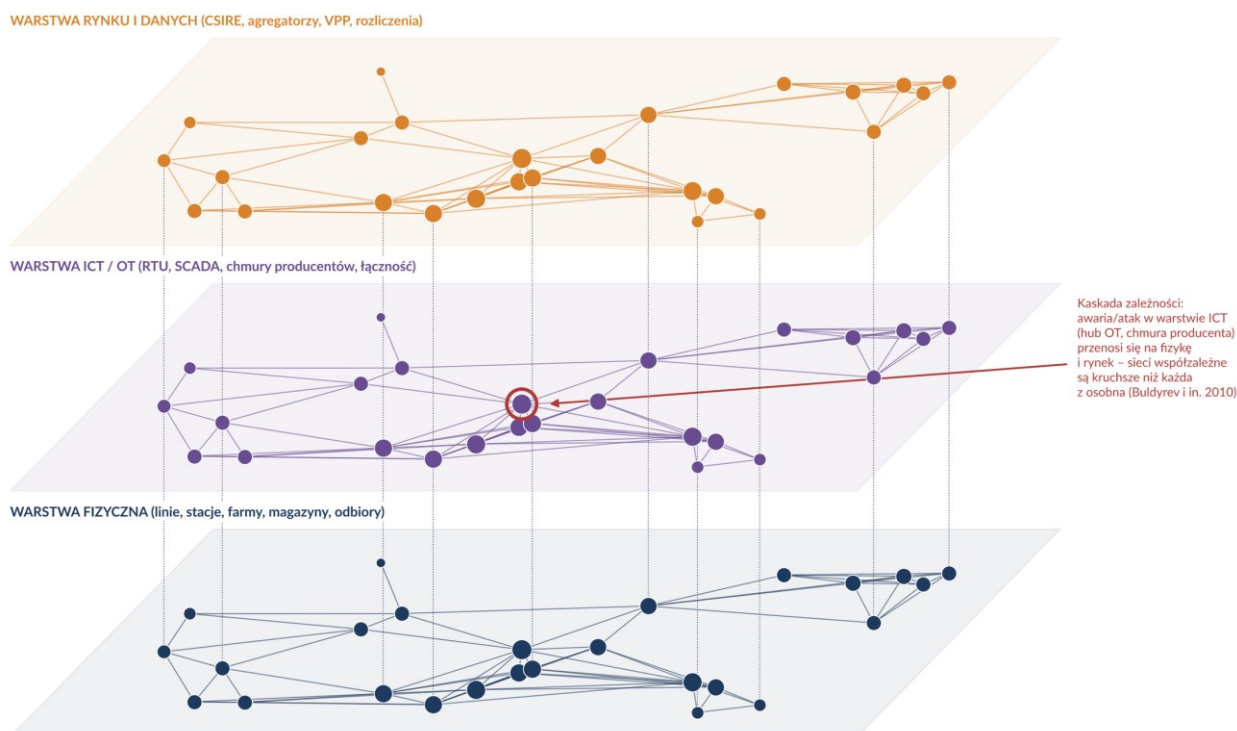
Ekosystem. James F. Moore przeniósł pojęcie ekosystemu do zarządzania w 1993 r., a Adner i Kapoor pokazali, że wartość w ekosystemie zależy od komplementarności i wąskich gardel. *Ekosystem energetyczny* to w strategii lokalny lub sektorowy układ aktorów – operatorów, wytwórców, prosumentów, agregatorów, spółdzielni, klastrów, Centrów Dystrybucji Energii (CDE), ciepłowni, przemysłu, centrów danych, uczelni i samorządów – których współzależność tworzy zdolność bilansowania, jakiej żaden z nich nie wytworzy sam. Ekosystem ma **orkiestratora** (np. CDE, operator mikrosieci, agregator) i **mierniki zdrowia**: saldo oddawane wyżej, elastyczność zadysponowana, czas pracy wyspowej.

Sieć wielowarstwowa. System energetyczny jest siecią **wielowarstwową**: warstwa fizyczna (linie, stacje, źródła, odbiory), warstwa ICT/OT (sterowniki, SCADA, łączność, chmury

producentów) i warstwa rynku i danych (CSIRE, agregatorzy, rozliczenia). Buldyrev i in. (Nature, 2010) wykazali, że sieci współzależne są bardziej kruche niż każda z warstw z osobna: awaria w jednej warstwie wywołuje kaskadę w drugiej. Albert, Jeong i Barabási (2000) pokazali, że sieci o strukturze z hubami są odporne na awarie przypadkowe, ale wrażliwe na celowy atak na huby. W cyberenergetyce hubem może być punkt, którego nie widać na mapie sieci: chmura producenta falowników zarządzająca tysiącami urządzeń, wspólny integrator systemów SCADA albo jeden dostawca aktualizacji.

Pojęcia sieciowe stosowane w strategii.

- **Węzeł bilansowania** to jednostka z właścicielem salda: dom, budynek, zakład, mikrosieć, klastery, CDE, obszar OSD, KSE.
- **Hub** to węzeł o wysokim stopniu, w tym hub niewidoczny (chmura, integrator, wspólne oprogramowanie). Każdy hub niewidoczny powinien zostać ujawniony w rejestrze (CY1) i oceniony w procedurze dostawcy wysokiego ryzyka.
- **Korytarz** to połączenie fizyczne i informacyjne między obszarami: linia, interkonektor, HVDC, łącze światłowodowe, standard danych. Korytarz Północ-Południe i korytarz odporności z Ukrainą (I-13, I-14 dok. 39) są korytarzami w tym sensie.
- **Wyspa** to podsieć zdolna do kontrolowanej pracy autonomicznej. Odporność sieci rośnie, gdy wyspy są zaplanowane, a nie przypadkowe.
- **Dziura strukturalna** (Burt) to brak połączenia między skupiskami. W energetyce centrum przewagę daje ona temu, kto kontroluje dane i przyłączenia; w cyberenergetyce zamykają ją otwarte standardy i rejestr danych.



Rysunek 12. Sieć wielowarstwową: warstwa fizyczna, ICT/OT oraz rynku i danych; atak na hub warstwy ICT (np. chmurę producenta) przenosi się kaskadą na fizykę i rynek

3.8. Sterowanie, autonomia i odwracalność

Wprowadzenie AI do sterowania energią wymaga rozróżnienia czterech poziomów autonomii, przyjętych w Bibliotece i zastosowanych tu do energetyki.

- **A0 – rekomendacja.** Algorytm liczy warianty i ich ryzyko; człowiek wybiera i wykonuje.
- **A1 – wykonanie po zatwierdzeniu.** Algorytm przygotowuje polecenie; człowiek zatwierdza, system wykonuje.
- **A2 – wykonanie w limitach.** Algorytm wykonuje samodzielnie w wąskich, z góry zatwierdzonych granicach; człowiek nadzoruje i może przerwać.
- **A3 – wykonanie z nadzorem ex post.** Algorytm działa samodzielnie w obszarze, w którym błąd jest tani i odwracalny; człowiek audytuje wynik.

Zasada brzmi: **autonomia proporcjonalna do odwracalności decyzji**. Przetączenia i nastawy w warstwie OT działają w trybie A0–A1, prognozy, oferty rynkowe i harmonogramy ładowania – w A2–A3, a w sytuacji awaryjnej działają wcześniej zatwierdzone automaty (SPS/SIPS, kontrolowane wyspowanie), które nie są „AI w pętli”, lecz zaprojektowanym odruchem systemu.

3.9. Renty, władza proceduralna, struktury zasiedziałe, kartele i monopole w energetyce

Temat publikacji wymaga, by strategia eliminowała pięć zjawisk. W energetyce mają one konkretną postać.

- **Renta** to dochód ponad koszt alternatywny, uzyskiwany z pozycji, a nie z wkładu. W energetyce typowe są: **renta majątkowa** (zwrot z bazy aktywów niezależnie od użyteczności, gold-plating), **renta mocy** (płatności za dostępność starych bloków bez wymogu elastyczności), **renta informacyjna** (przewaga operatora, który jako jedyny zna stan sieci i dostępne moce), **renta kolejki** (handel warunkami przyłączenia, „projekty widmo”) i **renta platformowa** (producent urządzeń kontrolujący dane i kanał poleceń tysięcy instalacji).
- **Władza proceduralna** to władza wynikająca z kontroli nad procedurą (terminem, interpretacją, kolejnością rozpatrzenia), a nie z odpowiedzialności za wynik. W energetyce przejawia się w uznaniowości przyłączeń, odmowach bez jawnego uzasadnienia, wieloletnich harmonogramach systemów danych i w regulacji, która rozlicza z wydatku, a nie z efektu.
- **Struktury zasiedziałe** to instytucje, które przetrwały swoją funkcję i bronią budżetu niezależnie od wyniku (autopojeza instytucjonalna): spółki obrotu i wytwarzania zintegrowane pionowo z dystrybucją, zarządy powoływane politycznie, programy bez daty wygaśnięcia, kontrakty społeczne w górnictwie bez ścieżki przejścia.
- **Kartele** to porozumienia ograniczające konkurencję: podział rynków usług sieciowych, zmony przetargowe przy budowie sieci, wspólne blokowanie standardów otwartych, które zagrażają modelowi biznesowemu zasiedziałych dostawców.

- **Monopole** to pozycje dominujące, które blokują wejście. Sieć jest monopolem naturalnym i infrastrukturą kluczową (essential facility). Problemem nie jest sam monopol sieciowy, lecz jego rozszerzenie na dane, przyłączenia i usługi elastyczności, w których mogłaby działać konkurencja. W erze AI pojawia się nowy typ: monopol platformowy na dane i sterowanie urządzeniami brzegowymi.

Mechanizm antyrentowy strategii jest jeden: **zmiana waluty systemu z majątku i pozycji na dostarczoną sterowalność oraz jawność danych i wygaszanie**. Renta przegrywa tam, gdzie wynik jest mierzony w czasie rzeczywistym, dane są wspólne, a wsparcie wygasa bez wyniku.

3.10. Sterowanie wielowymiarowe, agent, semantyka i co-dispatch

Sterowanie wielowymiarowe. W energetyce centrum sterowanie było w praktyce jednowymiarowe: dyspozytor zmieniał moc kilkuset bloków, a wszystkie inne pytania – gdzie, w jakim czasie, według jakiego kryterium, w czym imieniu – były rozstrzygnięte przez konstrukcję systemu. *Sterowanie wielowymiarowe* to w strategii sterowanie, w którym każda decyzja jest jednocześnie określona w ośmiu wymiarach: poziomu bilansowania (WS1), skali czasu (WS2), stanu systemu (WS3), kryterium (WS4), węzła sieci (WS5), podmiotu i jego agenta (WS6), warstwy technicznej (WS7) i nośnika energii (WS8). Model ośmiu wymiarów opisuje rozdział 4. Odróżnienie: sterowanie wielowymiarowe nie jest „sterowaniem wielopoziomowym”, bo poziom jest tylko jednym z ośmiu wymiarów; nie jest też „optymalizacją wielokryterialną”, bo kryterium jest jednym z wymiarów, a jego waga zależy od stanu systemu.

System systemów. Za destylatem CS strategia przyjmuje, że energetyka jest *systemem systemów*: jej podsystemy (sieć przesyłowa, sieci dystrybucyjne, budynki, przemysł, rynek, ciepłownictwo, transport) mają własne cele, własnych właścicieli i własną autonomię operacyjną, a mimo to muszą współdziałać. Reguła projektowa brzmi: **autonomia na dole, koordynacja na górze, a granice wyznacza czas**. Im niższy poziom i szybsza pętla, tym mniej zależności od komunikacji i więcej autonomicznej fizyki; im wyższy poziom i wolniejsza pętla, tym więcej optymalizacji, danych i rynku.

Architektura referencyjna. *Architektura referencyjna* to wspólna mapa systemu, która określa domeny (wytworzenie, przesył, dystrybucja, zasoby rozproszone, odbiorca), strefy (proces, pole, stacja, operacja, przedsiębiorstwo, rynek) i warstwy interoperacyjności (biznes, funkcje, informacja, komunikacja, komponenty). Europejskim wzorcem jest model SGAM (Smart Grid Architecture Model) grupy CEN-CENELEC-ETSI, a dla przemysłu – RAMI 4.0. Strategia proponuje **SGAM-RP+**: SGAM uzupełniony o dwa wymiary – poziom sterowania i skalę czasu (T) oraz stan systemu (S).

Semantyka i ontologia. *Semantyka* to wspólne znaczenie danych: co oznacza „węzeł”, „obwiednia”, „gotowość do redukcji” czy „stan zdrowia baterii” w komunikacji między agentami. *Ontologia* to formalny opis tych pojęć i relacji (np. w języku OWL).

W energetyce rdzeniem są normy CIM (IEC 61970, 61968, 62325) i profil wymiany modeli CGMES, dla stacji i zasobów rozproszonych – IEC 61850, a dla budynków i urządzeń – otwarte ontologie SAREF i Brick. Strategia przyjmuje za destylatem CS kolejność: **najpierw architektura, potem profil semantyczny, a formalizacja ontologiczna tylko tam, gdzie łączy dziedziny**.

Agent. *Agent* to program działający w imieniu określonego podmiotu (gospodarstwa, gminy, agregatora, zakładu, operatora), który odbiera sygnały, ma model swojego otoczenia i preferencje użytkownika, podejmuje decyzje i wykonuje je w urządzeniach. Literatura opisuje architektury agentów (BDI: przekonania – dążenia – zamiary), języki komunikacji (FIPA-ACL), protokoły przetargu (Contract Net) i uczenie wieloagentowe. *Bramkowanie akcji* to mechanizm, który określa, jakie działania agent może wykonać samodzielnie, jakie wymagają zatwierdzenia i kto za nie odpowiada (rama A-CPES dla agentowej AI w systemach cyberfizycznych energii). *Asystent energetyczny* to agent użytkownika końcowego z interfejsem w języku naturalnym, który zamienia polecenia („ogrzej dom najtaniej”) na harmonogramy urządzeń w granicach bramki.

Co-dispatch. *Co-dispatch* (współdysponowanie) to sposób koordynacji, w którym generacja i popyt są optymalizowane razem, a odbiorca jest **zmienną decyzyjną systemu**, a nie zakłóceniem. Zastępuje model nadrzędny–podrzędny (master-slave), w którym elektrownie „podążały za obciążeniem”.

Co-dispatch nie jest technologią, lecz **kontraktem matematycznym**: określa, kto wymienia jakie zmienne (zmienne brzegowe, mnożniki Lagrange’a, ceny lokalne), w jakim czasie i z jaką gwarancją zbieżności, wykonalności fizycznej i prywatności. *Kontrakt Zbieżności* (KZ-RP) to proponowany standard regulacyjny, który te gwarancje wymusza (rozdz. 5.6).

Obwiednia przyłączeniowa i cena lokalna. *Obwiednia przyłączeniowa* (DOE, dynamic operating envelope) to zmienny w czasie, publikowany przez operatora sieci dopuszczalny obszar poboru i oddawania mocy w danym punkcie przyłączenia. *Cena lokalna* (DLMP, distribution location marginal price) to cena w węźle sieci dystrybucyjnej, która obejmuje energię, straty i ograniczenia sieciowe; matematycznie jest mnożnikiem Lagrange’a bilansu węzłowego. *Dyspozycja popytu* (demand dispatch) to sterowanie odbiorami odracalnymi tak, aby uzyskać z nich wirtualny magazyn energii przy zachowaniu jakości usługi dla odbiorcy.

Miedziana płyta i renta położenia. *Miedziana płyta* (copper plate) to założenie modelu strefowego rynku, że wewnątrz strefy cenowej przepustowość sieci jest nieograniczona. *Renta położenia* to korzyść albo strata wynikająca z lokalizacji w sieci: w systemie węzłowym widać ją w różnicach cen, a w jednej strefie zamienia się w niewidoczny koszt redysponowania i ograniczeń, płacony przez wszystkich odbiorców.

3.11. Obywatel u steru, współgospodarz energii i kartel w znaczeniu ekonomii politycznej

Obywatel u steru. *Obywatel u steru* to zasada ustrojowa, zgodnie z którą cel sterowania urządzeniami energetycznymi ustala ich właściciel lub użytkownik, a nie operator sieci, sprzedawca ani producent. Zasada obejmuje prawo do danych, do wyboru agenta i agregatora, do zapłaty za elastyczność, do pracy wyspowej we wspólnocie i do trybu ręcznego. Jej granicą są reguły bezpieczeństwa systemu ustalone z góry przez państwo: obwiednia przyłączeniowa, standard 3S i automaty ochronne w stanie awaryjnym.

Współgospodarz energii. *Współgospodarz energii* to uczestnik systemu, który nie tylko pobiera energię i płaci rachunek, ale dostarcza systemowi usługę – elastyczność, magazyn, generację, dane, gotowość do pracy wyspowej – i otrzymuje za nią wynagrodzenie. W prawie polskim jego najbliższymi odpowiednikami są *odbiorca aktywny* i *prosument*, a w nurcie Popczyka – uczestnik energetyki prosumenckiej. Pojęcie jest szersze, bo obejmuje także gminy, spółdzielnie, przedsiębiorstwa i centra danych.

Poddany rachunku. *Poddany rachunku* to skrót publicystyczny na rolę odbiorcy w energetyce centrum: odbiorca nie ma wpływu na warunki dostaw poza wyborem sprzedawcy, nie widzi kosztu sieci w swoim miejscu i czasie, nie ma narzędzia sterowania i nie jest wynagradzany za elastyczność, a jego dane są dostępne przede wszystkim operatorowi.

Kartel w znaczeniu ekonomii politycznej. W prawie konkurencji kartel to porozumienie przedsiębiorców ograniczające konkurencję, którego istnienie stwierdza organ antymonopolowy lub sąd. Strategia **nie stawia** takiego zarzutu żadnemu podmiotowi. Używa natomiast pojęcia *kartelu w znaczeniu ekonomii politycznej*: układu kilku pionowo zintegrowanych grup kontrolowanych przez państwo, które łączą wytwarzanie, dystrybucję, obrót i dostęp do danych, mają wspólny interes w utrzymaniu regulacji opartej na majątku i wspólnie kształtują reguły, którym podlegają.

Taki układ nie wymaga zмовy, by działać jak kartel: wystarczy, że jego uczestnicy reagują na te same bodźce regulacyjne i że państwo jest jednocześnie ich właścicielem i regulatorem. Destylat CK wskazuje, że polscy OSD są wydzieleni prawnie, ale działają w pionowo zintegrowanych grupach z wytwarzaniem i obrotem, co rodzi ryzyko dyskryminacji przy przyłączeniach i w dostępie do danych. Rozbrojeniem tego układu nie jest prywatyzacja ani nacjonalizacja, lecz zmiana reguł: regulacja za wynik, neutralność danych i przyłączeń, jawna renta położenia i prawa obywatela.

3.12. Mapa pojęć: relacje i zależności

Tabela 15. Najważniejsze relacje między pojęciami

Relacja	Treść	Znaczenie dla strategii
brzeg → sterowalność	bez 3S na brzegu nie ma sterowalności systemu	Kodeks Brzegu jako warunek każdej innej reformy
obserwowalność → model	regulator bez danych nie ma modelu (Conant–Ashby)	CY1 i CY3 przed reformą taryf i rynku
rezyduum → enklawa renty	R2–R4 reprodukuja renty informacyjną, majątkową i mocy	otwarcie danych, warunek cyfrowy, rynek sterowalności
enklawa eksperymentu → zmiana prawa	exit report uruchamia zmianę kodeksów i taryf	U13 i obowiązek rozpatrzenia zmiany w 6 miesięcy
deep tech → węzeł cyberenergetyczny	GFM, SST, LDES, AI w pętli wymagają testu w sieci	piaskownice przy OSD w technopoliach (dok. 31)
republika technologiczna → dane	państwa uczące się zaczęły od centralnego rejestru danych	CSIRE jako punkt prawdy, nie projekt IT
ekosystem → saldo	ekosystem lokalny jest zdrowy, gdy oddaje wyżej saldo i elastyczność	reguła salda i właściciel wyniku na każdym poziomie
sieć współzależna → kaskada	hub niewidoczny w ICT może wyłączyć fizykę	rejestr hubów, procedura dostawcy wysokiego ryzyka, S5
AI → odwracalność	autonomia rośnie z odwracalnością	A0–A3; U12
renta → wynik	wynik mierzony w czasie rzeczywistym wypiera rentę	taryfa za sterowalność, pulpit ICY-RP, wygaszanie
obywatel → agent	prawo do sterowania jest wykonywane przez agenta użytkownika, nie operatora	Asystent Energetyczny Obywatela (CY13), U14
agent → semantyka	stan przekonań agenta to instancja ontologii; bez wspólnego języka agenci są głusi	profil semantyczny RP i SGAM-RP+ (CY14)
agent → bramka	autonomia agenta kończy się tam, gdzie błąd jest nieodwracalny	rejestr agentów, A0–A3, U12
co-dispatch → Kontrakt Zbieżności	rozproszona koordynacja wymaga gwarancji zbieżności, wykonalności i prywatności	KZ-RP jako warunek dopuszczenia algorytmów
stan systemu → kryterium	kolejność kryteriów zmienia się ze stanem systemu	polityka kryteriów zatwierdzona ex ante
miedziana płyta → renta położenia	w jednej strefie renta położenia zamienia się w uśredniony koszt redysponowania	jawne ceny cienia, „węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz” (CY15)
kartel → regulacja za wynik	układ grup zintegrowanych pionowo trwa, dopóki regulacja płaci za majątek	TOTEX, rozszerzony Q, neutralny operator danych

3.13. Zakres badań: pytania, hipotezy, jednostki analizy

Pytania badawcze. (P1) Gdzie w systemie energetycznym Polski znajduje się dziś punkt sterowania, punkt obserwacji i powierzchnia ataku? (P2) Jak duża jest luka między mocą zainstalowaną a sterowalnością i ile kosztuje? (P3) Jakie warunki techniczne i prawne muszą spełniać urządzenia brzegowe, aby były zasobem, a nie ryzykiem? (P4) Jak włączyć przemysł ery AI, robotyki i biotechnologii do pętli sterowania? (P5) Jak przebudowa wpłynie na zdolność państwa, produktywność, suwerenność, odporność i renty? (P6) Jak przenieść władzę nad energią na obywateli, gminy i firmy bez utraty bezpieczeństwa systemu? (P7) Jakiej architektury, semantyki, reguł agentów i kryteriów potrzebuje system sterowania, w którym miliony agentów koordynują się bez centralnego mastera? (P8) Jak wprowadzić fizykę sieci do sygnału cenowego i regulacji bez podziału strefy cenowej?

Hipotezy.

- (H1) Wąskim gardłem transformacji jest sterowalność brzegu, a nie moc wytwórcza ani sama przepustowość sieci.
- (H2) Standard 3S w przyłączeniu obniży ograniczenia OZE i koszt bilansowania bez spowolnienia przyłączy.
- (H3) Warunek cyfrowy w nakładach sieciowych obniży łączne potrzeby inwestycyjne OSD o kilkanaście procent.
- (H4) Higiena OT bez kontroli kanału poleceń nie usuwa ryzyka systemowego ataku na brzeg. (H5) AI DC i przemysł z kontraktem sterowalności zmniejszą, a nie zwiększą, koszt systemowy integracji OZE.
- (H6) Lokalne bilansowanie z regułą salda ograniczy przepływy zwrotne i zatory bez centralizacji decyzji.
- (H7) Asystenci energetyczni z ceną dynamiczną i obwiednią przyłączeniową zwiększą elastyczność dostarczana przez gospodarstwa domowe bez naruszeń napięć i bez utraty komfortu.
- (H8) Polityka kryteriów zależna od stanu systemu skróci czas decyzji i zmniejszy liczbę odbiorców dotkniętych przerwą w zdarzeniach awaryjnych.
- (H9) Regulacja za wynik (TOTEX z rozszerzonym współczynnikiem Q) zwiększy zakupy elastyczności przez OSD i skróci czas przyłączenia przy tym samym poziomie niezawodności.

Hipotezy są weryfikowane w agendzie badawczej (rozdz. 18).

Jednostki analizy. Punkt przyłączenia (GCP), gospodarstwo domowe z agentem, komórka bilansowania, obszar OSD, poziom bilansowania, urządzenie brzegowe (klasa urządzeń), węzeł przemysłowo-energetyczny, incydent, akt prawny. **Źródła danych:** korpusy CS, CD, CK i CY (łącznie ok. 25,8 tys. dokumentów), dane PSE, URE, ARE, Forum Energii, CERT Polska, ENTSO-E, IEA, akty prawne PL i UE.

4. Osiem wymiarów sterowania energią: architektura systemu systemów

4.1. Dlaczego sterowanie musi być wielowymiarowe

W systemie z kilkuset blokami jedna decyzja dyspozytora – zwiększ lub zmniejsz moc – rozwiązywała jednocześnie problem bilansu, częstotliwości i kosztu. Wszystkie pozostałe pytania rozstrzygała konstrukcja systemu: było wiadomo, gdzie stoi blok, kto nim steruje, w jakim czasie reaguje i według jakiego kryterium (najtańszy z dostępnych). W systemie z milionami urządzeń należących do obywateli, gmin i firm żadne z tych pytań nie jest rozstrzygnięte z góry.

Ta sama pompa ciepła może w jednej godzinie służyć obniżeniu rachunku rodziny, odciążeniu przeciążonego transformatora na osiedlu, wsparciu bilansu krajowego i – w kryzysie – podtrzymaniu pracy wyspowej gminy. To, które z tych zadań ma pierwszeństwo, zależy od poziomu, czasu, stanu systemu, kryterium, miejsca w sieci, właściciela i jego agenta, warstwy technicznej i nośnika.

Prawo wymaganej różnorodności Ashby’ego mówi, że regulator może skompensować tylko tyle różnorodności zakłóceń, ile sam ma w repertuarze reakcji. Różnorodność pogody, cen, zachowań odbiorców i ataków rośnie z każdym przyłączonym urządzeniem. Dyspozytor-człowiek jej nie zrównoważy, a jeden centralny algorytm – też nie, bo nie ma danych ani prawa do sterowania urządzeniami obywateli. Zrównoważy ją tylko **rozproszona różnorodność odpowiedzi**: miliony agentów, z których każdy zna swój fragment systemu, uporządkowanych w jasnej przestrzeni wymiarów. Destylat CS, wiodący dla tej publikacji (4 154 dokumenty w 21 dziedzinach, 68% z lat 2022–2026), nazywa taki układ **systemem systemów**: autonomia na dole, koordynacja na górze, a granice wyznacza czas.

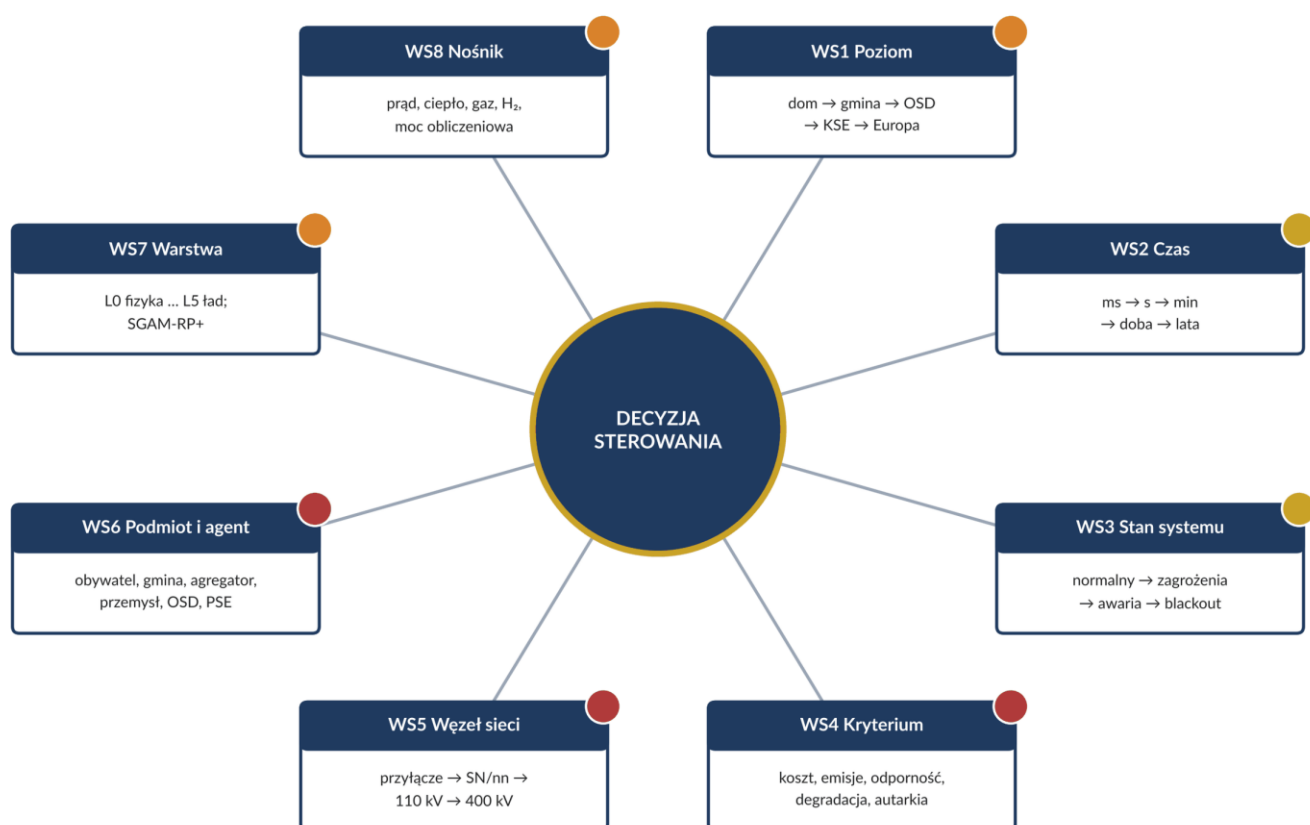
4.2. Model ośmiu wymiarów (8W)

Model 8W ma dwie funkcje. **Opisową**: pozwala każdą decyzję w systemie zapisać jako punkt w ośmiowymiarowej przestrzeni i sprawdzić, czy ma właściciela w każdym wymiarze. **Normatywną**: luka w jednym wymiarze jest luką sterowania. Polski system ma dziś właścicieli w wymiarach poziomu krajowego, czasu krótkiego i stanu awaryjnego (PSE), ale nie ma ich w wymiarze podmiotu (obywatel bez agenta i prawa), węzła dystrybucyjnego (brak obwiedni i ceny lokalnej), kryterium (brak polityki kryteriów) i warstwy semantycznej (brak profilu).

Tabela 16. Osiem wymiarów sterowania energią

Wymiar	Pytanie	Skala	Właściciel decyzji	Narzędzie	Instrument strategii
WS1 Poziom	na którym poziomie bilansowania?	dom → gmina/klaster → obszar OSD → KSE → Europa	właściciel salda na danym poziomie	reguła salda, architektura komórkowa	CY5, CY11, rozdz. 10.2
WS2 Czas	w jakiej skali czasu?	ms → s → min → 15 min → doba → lata	automat, operator, rynek, regulator	hierarchia sterowania pierwotnego–czwartorzędnego, horyzont kroczący	rozdz. 4.4, 10.3
WS3 Stan systemu	w jakich warunkach?	normalny → zagrożenia → awaryjny → blackout → odbudowa	PSE i OSD według kodeksów SOGL i NC ER	rozpoznanie stanu, automaty ex ante	polityka kryteriów (rozdz. 4.5)
WS4 Kryterium	co optymalizujemy?	koszt, emisje, odporność, bezpieczeństwo, degradacja, samowystarczalność	rynek w normalności, operator w kryzysie	optymalizacja wielokryterialna, MCDM ex ante	rozdz. 4.5
WS5 Węzeł	gdzie w sieci fizycznej?	punkt przyłączenia → stacja SN/nn → GPZ → węzeł 110 kV → węzeł 400 kV → granica	OSD, PSE	modele rozptywu, obwiednie, ceny cienia	rozdz. 5.4, 6.3–6.5; CY15
WS6 Podmiot	kto decyduje i przez jakiego agenta?	obywatel, gmina, agregator, przemysł, OSD, PSE, państwo	właściciel urządzenia i jego agent	agenci z bramkowaniem akcji, Contract Net, konsensus	CY13, U12, U14
WS7 Warstwa	czym (w której warstwie technicznej)?	L0 fizyka → L1 pomiar → L2 model → L3 decyzja → L4 rynek → L5 ład	właściciel warstwy	SGAM-RP+, profil semantyczny, protokoły	CY14, rozdz. 10.1
WS8 Nośnik	w jakim nośniku energii?	prąd, ciepło, gaz i biometan, wodór, paliwa, moc obliczeniowa	operator nośnika, przedsiębiorstwo, gmina	systemy wieloenergetyczne, huby, Power-to-X	CY7, CY8, CY9

Osiem wymiarów sterowania energią (8W)



● wymiar ma właściciela i narzędzie

● częściowo obsadzony

● brak właściciela / narzędzia

ocena autora, X 2026

Rysunek 13. Osiem wymiarów sterowania energią (8W): poziom, czas, stan systemu, kryterium, węzeł sieci, podmiot, warstwa i nośnik – z oceną obsadzenia wymiaru w Polsce

4.3. WS1 Poziom: komórki i reguła salda

Wymiar poziomu jest najlepiej opisanym wymiarem w Bibliotece. Doktryna (dok. 20) wprowadziła hierarchię KSE → region → gmina → klaster → mikrosieć, a rozdział 10.2 opisuje pięć poziomów bilansowania z właścicielami pętli. Wersja 2.0 dodaje do niego **architekturę komórkową** z destylatu CK (podejście komórkowe VDE/ETG): każda komórka – dom, osiedle, gmina, klaster, obszar OSD – **najpierw zeruje własne saldo, a w górę oddaje tylko błąd niezbilansowany** i swoją elastyczność. To ta sama reguła co reguła salda z destylatu CY i zasada zbieżności z destylatu CD, wyrażona w języku inżynierii sieci. Komórka ma zdolność celowej pracy wyspowej przy awarii sieci nadrzędnej, a jej sterownik działa jak układ samodzielny w sensie Mariana Mazura.

4.4. WS2 Czas: im niżej, tym więcej fizyki i mniej komunikacji

Destylat CS porządkuje wymiar czasu w czterech poziomach sterowania (dziedzina S02, 390 dokumentów):

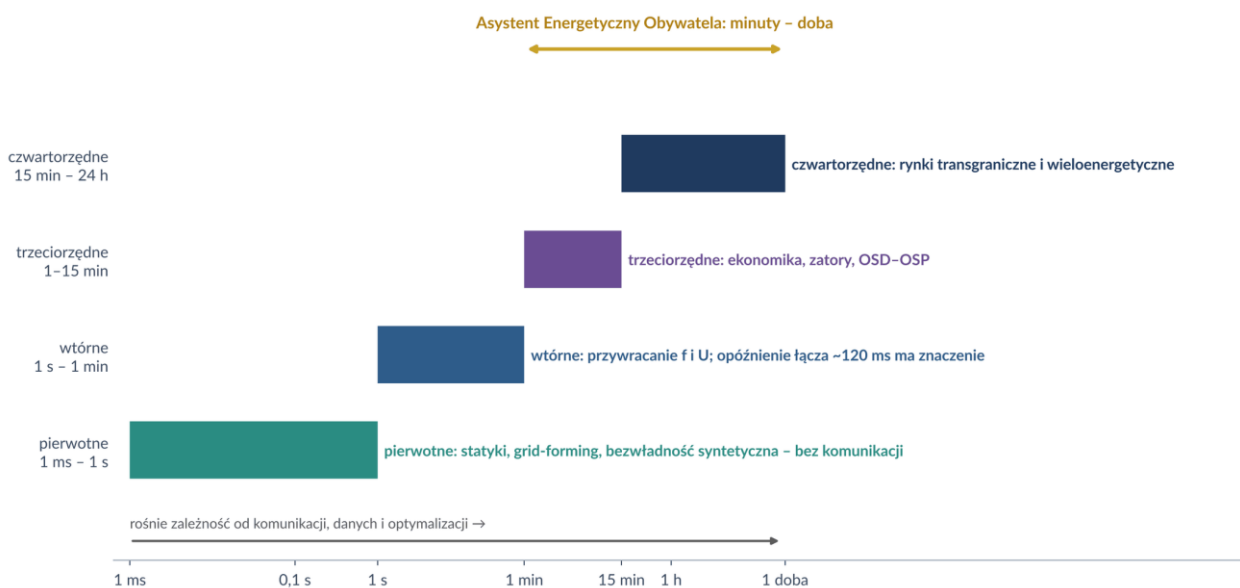
- **sterowanie pierwotne** (1 ms – 1 s): statyki (*droop*), falowniki grid-forming, bezwładność syntetyczna – **bez komunikacji**, na nastawach lokalnych;

- **sterowanie wtórne** (1 s – 1 min): przywracanie częstotliwości i napięcia; tu komunikacja zaczyna mieć znaczenie – badania z opóźnieniem łącza ok. 120 ms pokazują jego wpływ na eliminację odchyłek, a próbkowanie regulatora wtórnego w sterowniku mikrosieci wynosi 1 ms;
- **sterowanie trzeciorzędne** (1–15 min): ekonomika, zatory, koordynacja OSD–OSP;
- **sterowanie czwartorzędne** (15 min – 24 h): rynki transgraniczne i wieloenergetyczne.

Reguła projektowa brzmi: **im niższy poziom, tym mniej zależności od komunikacji i więcej autonomicznej fizyki; im wyższy, tym więcej optymalizacji, danych i rynku**. Jest spójna z regułą destylatu CD: szybka pętla – nastawy i certyfikat, wolna pętla – optymalizacja i zbieżność. Orkiestracja między skalami czasu odbywa się w horyzoncie kroczącym: rynek dnia następnego → rynek dnia bieżącego → czas rzeczywisty, z korektami agentowymi (dziedzina S03, 140 dokumentów; przykładem jest duński system dyspozycji baterii w kilku skalach czasu, łagodzący przeciążenia przy dużym udziale pojazdów elektrycznych).

Dla obywatela reguła ma prostą konsekwencję: jego asystent energetyczny **nie uczestniczy** w pętlach milisekundowych i sekundowych – te należą do nastaw falownika i magazynu, certyfikowanych z góry. Asystent działa w skali minut, kwadransów i dób: planuje ładowanie, ogrzewanie, sprzedaż elastyczności. Dzięki temu awaria łączności albo błąd modelu językowego nie może zagrozić stabilności częstotliwości.

Wymiar czasu: im niżej, tym więcej fizyki i mniej komunikacji



Hierarchia sterowania wg destylatu CS (dziedzina S02, 390 dok.); skala logarytmiczna

Rysunek 14. Wymiar czasu: hierarchia sterowania pierwotnego, wtórnego, trzeciorzędowego i czwartorzędowego; zależność od komunikacji rośnie z wolniejszą pętlą, a obywatelski asystent działa w skali minut–dób

4.5. WS3 Stan systemu i WS4 Kryterium: polityka kryteriów zależna od stanu

Kryteria są wpisane w sterowanie. Każda decyzja dyspozytorska jest kompromisem między kosztem, emisjami, odpornością, bezpieczeństwem, zużyciem urządzeń i samowystarczalnością. Literatura optymalizacji wielokryterialnej (dziedzina S05, 612 dokumentów) liczy to precyzyjnie. Przykład z korpusu: przejście od rozwiązania najtańszego do kompromisowego w dyspozycji daje **-21,2% emisji CO₂** (z 1 840 do 1 450 t na dobę) i **+3,9% stabilności napięciowej** przy wzroście kosztu. Algorytmy (NSGA-II/III, MOEA/D, MOPSO, SPEA2) wyznaczają front Pareto, czyli zbiór rozwiązań, z których żadnego nie da się poprawić w jednym kryterium bez pogorszenia innego.

Luka: literatura umie kryteria planować, a nie prowadzić w czasie rzeczywistym. Metody wielokryterialnego wspomagania decyzji (MCDM: AHP, TOPSIS, PROMETHEE II, VIKOR, BWM; dziedzina S06, 620 dokumentów) są stosowane głównie do wyboru technologii, lokalizacji i scenariuszy planistycznych. Operacyjne MCDM – wybór strategii dyspozytorskiej w blackoucie, ekstremalnej pogodzie czy cyberataku – jest rzadkie. W kryzysie nie ma czasu na ankietę ekspercką ani na liczenie frontu Pareto.

Degradacja jest kryterium, nie kosztem ubocznym. Zarządzanie energią uwzględniające stan zdrowia baterii wydłuża jej życie o ok. 40%; wielokryterialne zarządzanie energią zmniejsza degradację baterii do 40% i wahania napięcia o 30%. Zużycie transformatorów i liczba przełączeń zaczepek to kolejne kryteria. Dla obywatela to bardzo praktyczne: asystent, który sprzedaje elastyczność magazynu, musi liczyć zużycie baterii, bo inaczej zysk z rynku zje przedwcześnie wymiana ogniw (destylat CK: starzenie obniża przychód z arbitrażu o 11,2%).

Rozstrzygnięcie: kolejność kryteriów zależy od stanu systemu. Kluczowa propozycja destylatu CS brzmi: wagi i kolejność kryteriów nie są stałe, lecz zależą od stanu systemu określonego w kodeksach sieci (wytyczne SOGL, kodeks NC ER). Formalnie: $\min F(u) = [\text{koszt}, \text{emisje}, -\text{odporność}, \text{degradacja}, -\text{samowystarczalność}]$ przy ograniczeniach praw Kirchhoffa, napięciowych, termicznych i rynkowych, z porządkiem leksykograficznym albo wagami przełączanymi stanem.

W dobie rosnącej złożoności systemów cyberenergetycznych tradycyjne, scentralizowane metody podejmowania decyzji przestają być wystarczające w warunkach kryzysowych. Kluczowym rozwiązaniem tego problemu jest dynamiczna polityka kryteriów, której priorytety i wagi zmieniają się automatycznie w zależności od aktualnego stanu całego systemu.

W stanach normalnych optymalizacja uwzględnia przede wszystkim koszty i emisje, natomiast w sytuacjach zagrożenia lub awarii priorytety te ustępują miejsca bezwzględnej bezpieczeństwu oraz odporności sieci. Dzięki temu algorytmy i agenci sterujący wiedzą dokładnie, jaki cel mają realizować w danym momencie, co eliminuje potrzebę czasochłonných negocjacji i improwizacji w sytuacjach nagłych.

Tabela 17. Polityka kryteriów zależna od stanu systemu

Stan systemu (SOGL / NC ER)	Porządek kryteriów	Kto decyduje	Autonomia AI	Rola asystenta obywatela
Normalny	koszt $\approx$ emisje (front Pareto) > degradacja > samowystarczalność	rynek + OSD/OSP	wysoka w pętlach odwracalnych	optymalizuje rachunek i dochód z elastyczności w granicach obwiedni
Zagrożenia	odporność (zapasy, kryterium N-1) > koszt > emisje	OSP/OSD	doradcza dla przetęczeń	utrzymuje rezerwę w magazynie, przyjmuje sygnał gotowości
Awaryjny	bezpieczeństwo (stabilność) leksykograficznie przed wszystkim	automatyka + dyspozytor	tylko certyfikowane automaty (SPS, FLISR)	wykonuje z góry uzgodniony profil redukcji lub ochrony; nie negocjuje
Blackout / praca wyspowa	samowystarczalność komórek i zasilanie odbiorów krytycznych	komórki (mikrosieci)	autonomia lokalna z ograniczeniami	zarządza energią domu i wspólnoty w wyspie; priorytet: ogrzewanie, chłodziarki, łączność
Odbudowa	szybkość odbudowy > koszt	OSP (plan odbudowy)	wsparcie decyzji, człowiek nad pętlą	przyłącza odbiory stopniowo, według sygnału operatora

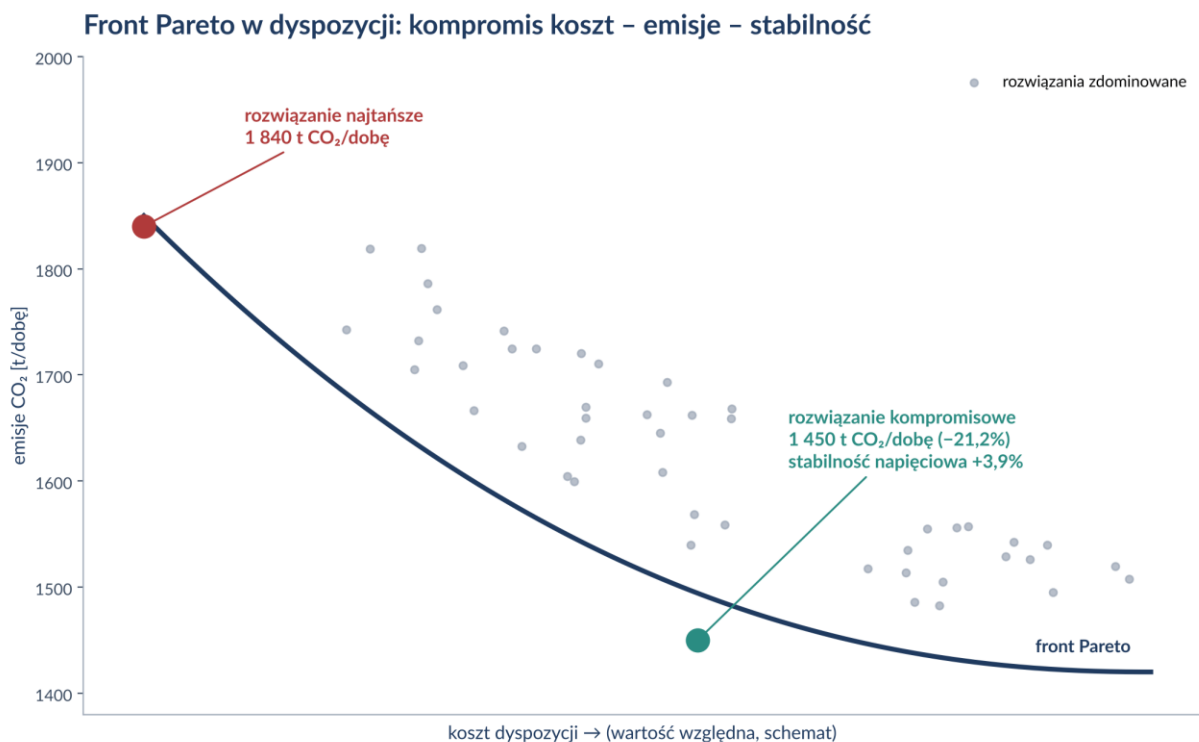
Taka polityka odpowiada na lukę operacyjnego MCDM. Nie wymaga liczenia kompromisów w kryzysie. Wymaga **z góry zatwierdzonej** polityki kryteriów, w której wagi AHP i rankingi PROMETHEE wyznacza się ex ante na scenariuszach Monte Carlo, a wykonują ją agenci i automatyka. To jest operacyjna postać metody AHP-AI z Doktryny: decyzje strategiczne na modelu, nie na intuicji – przeniesione z planowania inwestycji do sterowania w czasie rzeczywistym.

Polityka kryteriów zależna od stanu systemu (SOGL / NC ER)

	Koszt	Emisje	Odporność (N-1, zapasy)	Bezpieczeństwo (stabilność)	Degradacja aktywów	Samowystarczalność komórek	Szybkość odbudowy	Autonomia AI	Kto decyduje
Normalny	1	1			2	3		wysoka w pętlach odwracalnych	rynek + OSD/OSP
Zagrożenia	2	3	1					doradcza dla przetęczeń	OSP / OSD
Awaryjny				1				tylko automaty ex ante (SPS, FLISR)	automatyka + dyspozytor
Blackout / praca wyspowa						1		lokalna z ograniczeniami	komórki (mikrosieci)
Odbudowa	2						1	wsparcie decyzji; człowiek nad pętlą	OSP (plan odbudowy)

1 – kryterium nadrzędne (w stanie awaryjnym leksykograficznie przed wszystkimi), 2 – drugie, 3 – trzecie; w stanie normalnym koszt = emisje na froncie Pareto. Wagi wyznaczone ex ante (AHP/PROMETHEE na scenariuszach Monte Carlo).

Rysunek 15. Polityka kryteriów zależna od stanu systemu: porządek kryteriów, właściciel decyzji i autonomia AI w pięciu stanach (normalny, zagrożenia, awaryjny, blackout, odbudowa)



Liczby punktów A i B wg korpusu CS (dziedzina S05, 612 dok.); kształt frontu i punkty zdominowane – schemat

Rysunek 16. Front Pareto w dyspozycji: przejście od rozwiązania najtańszego do kompromisowego obniża emisje o 21,2% i poprawia stabilność napięciową o 3,9% (ilustracja na podstawie korpusu CS)

4.6. WS5 Węzeł: fizyka sieci jako wymiar sterowania

Wymiar węzła mówi, że ta sama kilowatogodzina ma różną wartość w różnych miejscach sieci. W sieciach niskiego i średniego napięcia o wysokim stosunku rezystancji do reaktancji (R/X) napięcie reaguje silniej na moc czynną niż bierną, a jednofazowe instalacje PV przekraczają dopuszczalną asymetrię napięć (norma EN 50160: współczynnik VUF $\leq 2\%$); skoordynowane falowniki obniżają go np. z 3,98% do 1,43%. W sieciach oczkowych wraca drugie prawo Kirchhoffa: przepływy rozkładają się według impedancji, a nie według kontraktów. Rozdział 6 rozwija ten wymiar w stronę rynku i regulacji. Dla architektury systemu sterowania oznacza on, że **żaden agent nie może działać tylko na podstawie ceny krajowej** – potrzebuje obwiedni swojego punktu przyłączenia i, docelowo, ceny lokalnej.

4.7. WS6 Podmiot: agenci, role i bramki

Agenci są gotowi technicznie. Korpus CS opisuje architektury agentów (BDI: przekonania – dążenia – zamiary), język komunikacji FIPA-ACL i platformy JADE i SPADE, protokół Contract Net (Smith, 1980) w przetargach na usługi sieciowe oraz agentów holonicznych (dziedzina S08, 179 dokumentów). Negocjacje i konsensus obejmują aukcje podwójne, targowanie Nasha, koalicje i konsensus bez lidera (S09).

Uczenie wieloagentowe (MARL, S10) daje w symulacjach: dla ogrzewania i klimatyzacji **–1–5% energii** przy naruszeniach komfortu poniżej 1%, dla zintegrowanego systemu prąd–wodór **–7% kosztów**, a mechanizm motywacyjny w MARL zmniejsza niezbilansowanie o **92,8%** wobec 54% dla klasycznego algorytmu MADDPG. Wyniki są symulacyjne i stanowią górne granice.

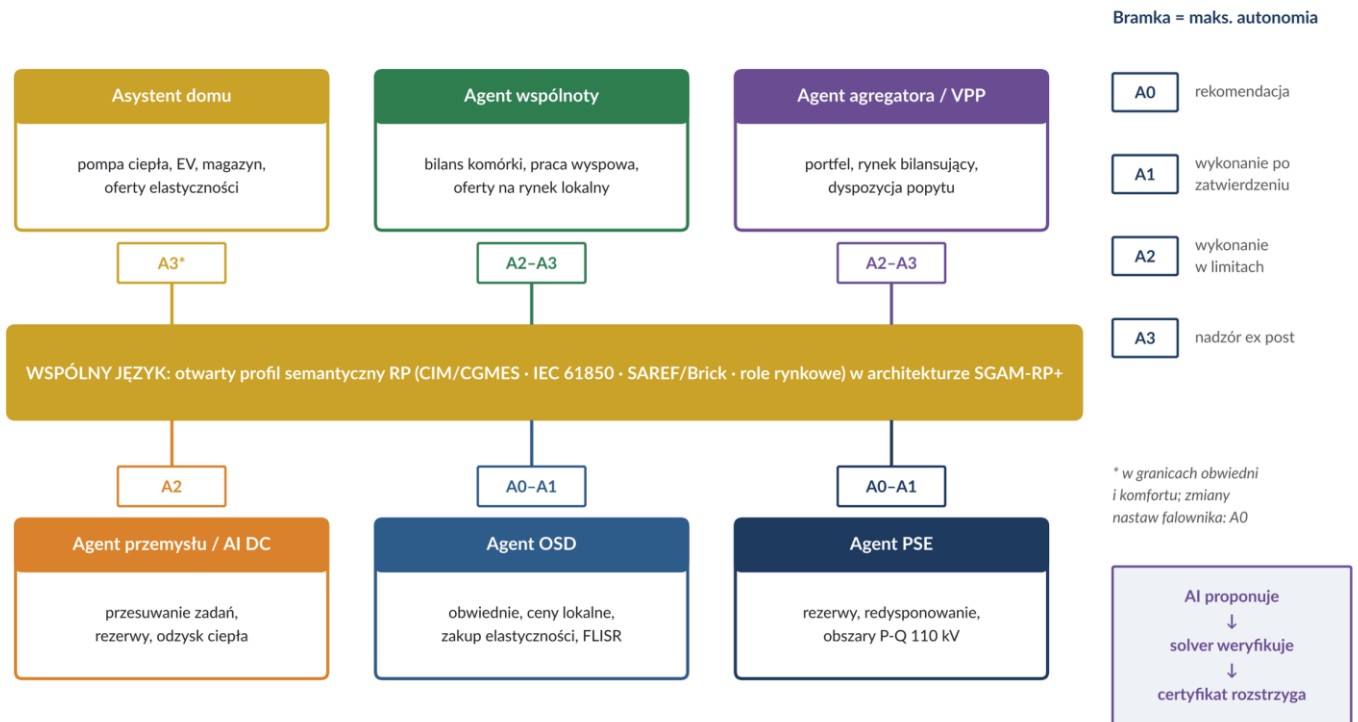
Agentowa AI i duże modele językowe. W latach 2025–2026 pojawiły się pierwsze ramy dużych modeli językowych dla domowego zarządzania energią (TU Wien, 2025) i koncepcje „Agentic Grid 2030” (dziedzina S19, 330 dokumentów). To technologiczna podstawa Asystenta Energetycznego Obywatela: interfejs w języku naturalnym, który rozumie polecenie „ogrzej dom najtaniej” i zamienia je na plan dla pompy ciepła. Obowiązuje jednak zasada z destylatu CD: **AI proponuje, solver weryfikuje, certyfikat rozstrzyga** – model językowy nie wydaje poleceń urządzeniom bezpośrednio, lecz przekazuje cel do warstwy optymalizacji, która sprawdza obwiednię, komfort i stan baterii.

Brakuje wspólnego języka i granic autonomii. Stan przekonań agenta BDI jest w praktyce instancją ontologii. Bez wspólnej semantyki agencji OSD, agregatora, przemysłu i domu nie są interoperacyjni, nawet jeśli mówią FIPA-ACL. Bez bramkowania akcji – mechanizmu, który rama A-CPES (2026) dla agentowej AI w cyberfizycznych systemach energii osadza w warstwach SGAM, IEC 62357 i ramie NIST – nie wiadomo, kto może wykonać akcję i kto za nią odpowiada.

Tabela 18. Role agentów w cyberenergetyce obywatelskiej

Agent	Działa w imieniu	Typowe działania	Bramka (maks. autonomia)	Odpowiedzialność
Asystent domu (HEMS z interfejsem językowym)	gospodarstwo domowe, prosument	harmonogram pompy ciepła, ładowania EV, magazynu; oferty elastyczności	A3 w granicach obwiedni i komfortu; A0 dla zmian nastaw falownika	użytkownik (cel), dostawca certyfikowanego agenta (wykonanie)
Agent wspólnoty	spółdzielnia, klaster, gmina, OSE	bilans komórki, wspólny magazyn, praca wyspowa, oferty na LFM	A2–A3 w normalności; A1 dla przetęczeń mikrosieci	koordynator wspólnoty
Agent agregatora / VPP	portfel odbiorców i źródeł	agregacja, oferty na rynku bilansującym i LFM, dyspozycja popytu	A2–A3 w granicach obwiedni każdego członka portfela	agregator (BSP)
Agent przemysłu / AI DC	zakład, centrum danych, elektrolizer	przesuwanie zadań, rezerwy FCR/aFRR, odzysk ciepła	A2 w kontrakcie sterowalności	przedsiębiorstwo
Agent OSD	operator dystrybucyjny	publikacja obwiedni i cen lokalnych, zakup elastyczności, FLISR	A0–A1 dla przetęczeń; automaty ex ante	OSD
Agent OSP	PSE	rezerwy, redysponowanie, obszary elastyczności w węzłach 110 kV, plan obrony	A0–A1; automaty ex ante	PSE

Agenci i bramki: wspólny język, różne granice autonomii



Rysunek 17. Agenci i bramki: asystenci domów, wspólnot, agregatorów, przemysłu i operatorów porozumiewają się we wspólnym języku, a każdy działa za bramką uprawnień zależną od odwracalności decyzji

4.8. WS7 Warstwa: architektura SGAM-RP+ i wspólny język systemu

Architektury referencyjne. Model SGAM (dziedzina S01, 126 dokumentów) jest de facto kręgosłupem architektur energetyki cyfrowej: pięć warstw interoperacyjności (biznes, funkcje, informacja, komunikacja, komponenty) × domeny × strefy. Na nim zbudowano m.in. referencyjną architekturę big data dla energetyki (2025), która łączy SGAM z RAMI 4.0, by zszyć IT i OT, oraz ramę A-CPES dla agentowej AI.

Ontologia czy architektura? Destylat CS odpowiada: jedno i drugie, w tej kolejności i z jasnym podziałem ról. Ontologia bez architektury nie wie, które pojęcia są krytyczne dla której pętli. Architektura bez ontologii zostaje rysunkiem.

Tabela 19. Cztery kroki budowy systemu sterowania: architektura, semantyka, protokoły, decyzje

Krok	Co	Po co	Standardy bazowe
1. Architektura referencyjna SGAM-RP+	SGAM (domeny × strefy × 5 warstw) plus dwa wymiary: (T) poziom sterowania i skala czasu (pierwotne → czwartorzędne) oraz (S) stan systemu (normalny, zagrożenia, awaryjny, blackout, odbudowa)	szkielet: kto, gdzie, w jakim czasie, w jakim stanie	SGAM, IEC 62357, rama NIST, RAMI 4.0, A-CPES
2. Profil semantyczny RP	rdzeń CIM/CGMES (sieć), mapowanie IEC 61850 (stacje, zasoby rozproszone), SAREF/SAREF4ENER i Brick (budynki, urządzenia), role rynkowe; formalizacja OWL tylko dla „kleju” międzydziedzinowego	wspólne przekonania agentów; dane CSIRE i przestrzeni danych	IEC 61970/61968/62325, IEC 61850, SAREF, Brick
3. Protokoły agentów i interfejsy	FIPA-ACL i Contract Net dla przetargów; OpenADR, IEEE 2030.5, EEBUS i OCPP przy urządzeniach; OPC UA i MQTT jako most IT/OT; GOOSE/SV tylko w pętach ochronnych	wymiana bez uzależnienia od dostawcy	profil interoperacyjności (faza 0 destylatu CD)
4. Warstwa decyzji	wektor kryteriów i kolejność zależna od stanu; Kontrakt Zbieżności dla mechanizmów rozproszonych	co optymalizować i kiedy zmienić cel	MOO/MCDM, reguły SOGL, KZ-RP

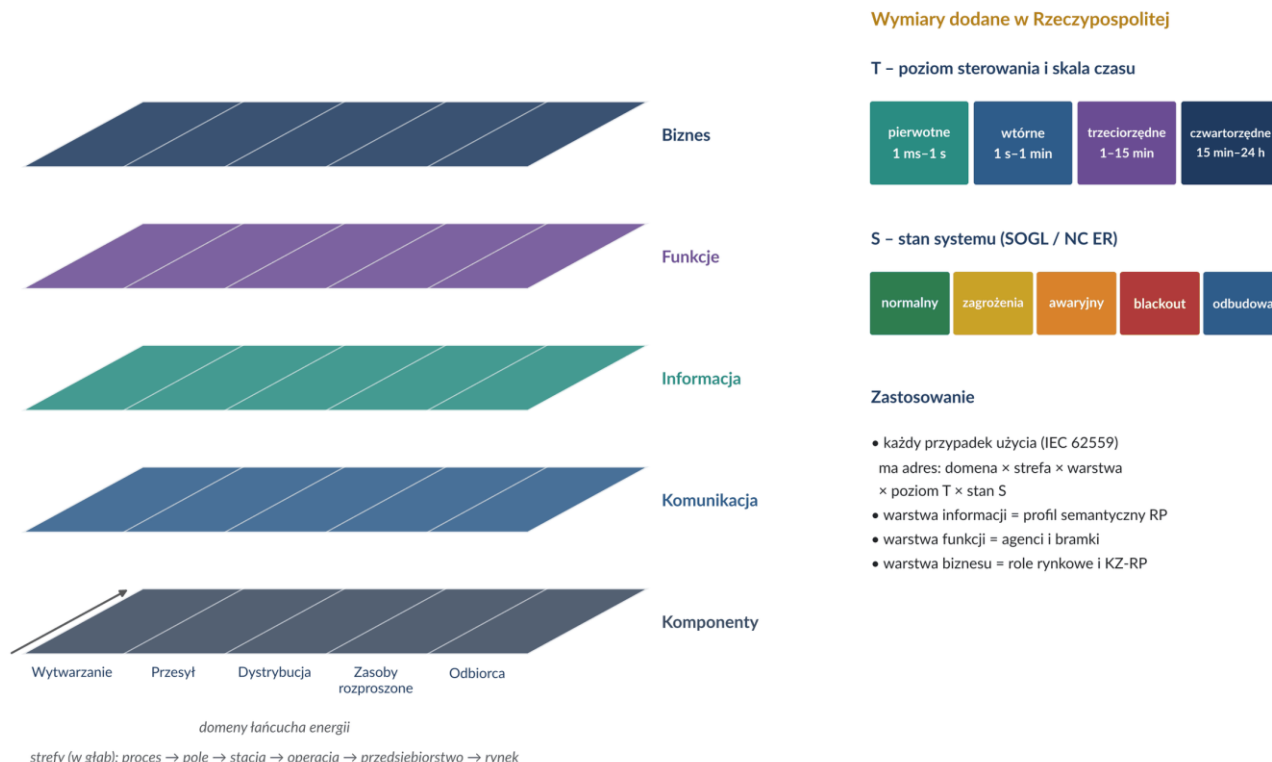
Normy płatne, profil otwarty. Korpus wskazuje barierę: oficjalne normy CIM nie są darmowe, co hamuje badania i małych graczy. Otwarte ontologie (Brick, SAREF, DELTA, EFont) wypełniają lukę, a harmonizacja CIM z IEC 61850 trwa od 2009 r. Rozstrzygnięcie strategii brzmi: **krajowy profil semantyczny musi być otwarty i publikowany przez państwo**, z mapowaniami do otwartych ontologii. To warunek, by mały producent sterownika, spółdzielnia czy start-up mogły zbudować agenta zgodnego z systemem.

Przestrzeń danych. Przestrzenie danych oparte na architekturze IDS (dziedzina S11, 51 dokumentów) dają wzorzec suwerennej wymiany danych, w której właściciel danych decyduje, kto i na jakich warunkach z nich korzysta. Inicjatywy GAIA-X, OMEGA-X i EDDIE budują europejskie przestrzenie danych energetycznych, a akt w sprawie zarządzania danymi (DGA, 2022/868) reguluje pośrednictwo danych. Polska nie ma krajowego węzła tej przestrzeni. Strategia proponuje, aby powstał on z CSIRE jako źródłem prawdy dla danych pomiarowych.

Automatyka OT nowej generacji. IEC 61499 (bloki funkcjonalne sterowane zdarzeniami z rekonfiguracją w czasie pracy, integrowane z IEC 61850) i wirtualne lub programowe sterowniki PLC zastępują projekty IEC 61131-3, które są „zindywidualizowane i niewielokrotnego użytku”. Sojusz vPAC (dziedzina S15) rozwija wirtualne zabezpieczenia, automatykę i sterowanie stacji na serwerach stacyjnych, a architektura *zero trust* łączy zbieg IT/OT z sieciami TSN i kryptografią postkwantową.

Czas rzeczywisty a bezpieczeństwo. Komunikaty GOOSE i SV w IEC 61850 muszą zmieścić się w ok. 3 ms (polecenie wyłączenia ≤ 4 ms), a szyfrowanie według IEC 62351-6 dodaje opóźnienie. R-GOOSE przez LTE osiąga ok. 1 ms, a R-SV mieści się w 10 ms. MQTT jest najczęściej używany w implementacjach niskiego napięcia, a OPC UA (IEC 62541) jest mostem IT/OT. Rozstrzygnięcie: **budżet opóźnień dla każdej pętli i segmentacja zero trust, a nie rezygnacja z ochrony.**

Architektura referencyjna SGAM-RP+



Rysunek 18. Architektura referencyjna SGAM-RP+: pięć warstw interoperacyjności SGAM, domeny i strefy oraz dwa wymiary dodane w Rzeczypospolitej – skala czasu sterowania (T) i stan systemu (S)

4.9. WS8 Nośnik i budynek: sprzężenie sektorów jako magazyn sterowalności

Wymiar nośnika mówi, że sterowalność nie musi mieć postaci prądu. Systemy wieloenergetyczne i huby (prąd – ciepło – gaz – wodór) zwiększają liczbę stopni swobody systemu, a więc jego różnorodność w sensie Ashby’ego. Rozdział 11 opisuje rolę przemysłu, AI DC, elektrolizerów, biogazowni i ciepłowni. Destylat CS dodaje dwa wymiary szczególnie ważne dla obywatela.

- **Budynek jako elektrownia elastyczności.** Automatyka budynkowa zgodna z EN 15232 daje 10–30% oszczędności (duńskie biuro do 29%), a zweryfikowany system zarządzania energią w domu (HEMS) zmniejszył pobór z sieci o 41%, szczyt o 33% i koszty o 28% (dziedziny S16 i S17, łącznie 581 dokumentów). Bezwładność cieplna budynków ma stałe czasowe od kilku godzin do kilku dni (IEA EBC Annex 67), więc dom jest naturalnym magazynem ciepła.
- **Człowiek w pętli i nad pętlą.** Komfort mierzy się modelem Fanger’a (PMV/PPD), coraz częściej spersonalizowanym przez cyfrowego bliźniaka. Literatura odróżnia **człowieka w pętli** (in-the-loop), który zatwierdza decyzje, od **człowieka nad pętlą** (on-the-loop), który nadzoruje i może przerwać. Asystent obywatela działa w drugim trybie: użytkownik ustala cel i granice komfortu, a w każdej chwili może przejąć sterowanie.

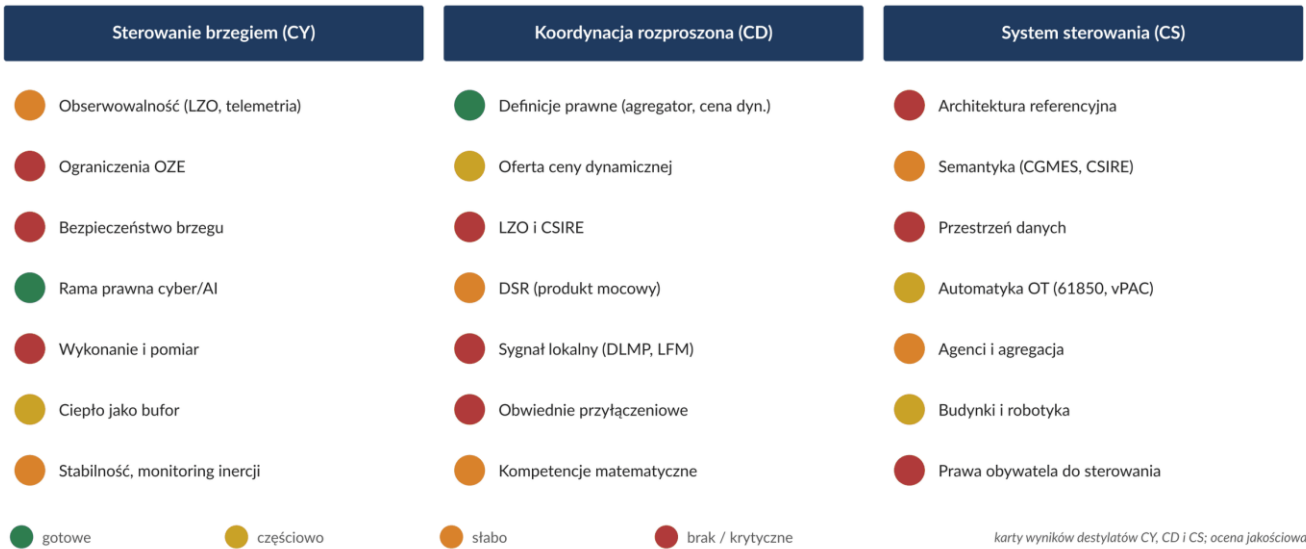
- **Roboty jako automaty z certyfikatem.** Autonomiczne roboty w stacjach, roboty do prac pod napięciem i drony do czyszczenia izolatorów (dziedzina S18, 209 dokumentów) wchodzi do energetyki w reżimie rozporządzenia maszynowego 2023/1230, które stosuje się od 14 stycznia 2027 r. i definiuje autonomiczne maszyny mobilne.

4.10. Karta gotowości Polski do systemu sterowania

Tabela 20. Polska – karta gotowości „systemu sterowania” (destylat CS)

Element	Stan	Ocena
Krajowa architektura referencyjna energetyki	brak; KRI (Dz.U. 2024 poz. 773) dotyczy rejestrów publicznych, nie sieci	
Semantyka	CGMES w PSE (obowiązek ENTSO-E); OSD i agregatorzy heterogeniczni; CSIRE jako centrum danych	
Przestrzeń danych energetycznych	brak krajowego węzła w europejskich przestrzeniach danych	
Automatyka OT	stacje cyfrowe IEC 61850 u PSE i OSD w pilotażach; brak programu wirtualizacji (vPAC)	
Agenci i agregacja	prawo zna agregatora; brak profilu komunikacji z urządzeniami i rejestru agentów	
Budynki	wdrożenie EPBD (wskaźnik gotowości budynku do inteligentnych rozwiązań) przed nami	
Robotyka	pilotaże inspekcji dronowej u OSD; rozporządzenie maszynowe od 14.01.2027	
Bezpieczeństwo IT/OT	KSC 2026 (24/72 h), ustawa o SI 2026; atak z 29.12.2025 na RTU	 wykonanie
Prawa obywatela do sterowania	brak ustawowego katalogu; dostęp do danych zależny od LZO i CSIRE	

Gotowość Polski w trzech przekrojach cyberenergetyki (październik 2026 r.)



Rysunek 19. Gotowość Polski w trzech przekrojach: sterowanie brzegiem (CY), koordynacja rozproszona (CD) i system sterowania (CS) – ocena stanu w październiku 2026 r.

4.11. Napięcia i rozstrzygnięcia

Tabela 21. Napięcia systemu sterowania i ich rozstrzygnięcia

Napięcie	Rozstrzygnięcie
Ontologia czy architektura	najpierw szkielet (SGAM-RP+), potem język (profil semantyczny), formalizacja OWL tylko tam, gdzie łączy dziedziny
Otwartość czy normy płatne	CIM jest płatny, więc krajowy profil musi być otwarty, z mapowaniami do SAREF i Brick, publikowany przez państwo
Bezpieczeństwo czy czas rzeczywisty	budżet opóźnień dla każdej pętli i segmentacja zero trust, a nie rezygnacja z ochrony
Autonomia agentów czy odpowiedzialność	bramkowanie akcji i zasada odwracalności; człowiek nad pętlą w stanie normalnym, w pętli – w odbudowie
Optymalizacja wielokryterialna czy czas decyzji	w kryzysie nie ma czasu na front Pareto; kryteria uszeregowane z góry dla każdego stanu
Wolność obywatela czy bezpieczeństwo systemu	obywatel ustala cel w granicach obwiedni i reguł stanu; w stanie awaryjnym obowiązują automaty zatwierdzone ex ante

WNIOSEK ROZDZIAŁU

Sterowanie energią w Rzeczypospolitej staje się wielowymiarowe niezależnie od woli polityków, bo tak zbudowany jest już system fizyczny. Wybór dotyczy tylko tego, czy wymiary będą miały właścicieli i wspólny język. Architektura SGAM-RP+, otwarty profil semantyczny, rejestr agentów z bramkami i polityka kryteriów zależna od stanu to cztery decyzje, które zamieniają chaos milionów urządzeń w system sterowania – i dopiero one pozwalają bezpiecznie oddać ster obywatelowi.

5. Obywatel u steru: co-dispatch, asystent energetyczny i Kontrakt Zbieżności

5.1. Od modelu nadrzędny–podrzędny do co-dispatchu

Energetyka centrum działała w modelu nadrzędny–podrzędny (master-slave): popyt był traktowany jak losowe zakłócenie, a elektrownie podążały za nim (*generation follows load*). Przy niesterowalnych źródłach odnawialnych ten model się odwraca. Popyt ma podążać za podażą (*load follows generation*), a generacja i popyt są optymalizowane razem. Literatura z destylatu CD (7 405 dokumentów w 23 dziedzinach) nazywa to wprost **przejściem od „generation-follows-load” do paradygmatu interaktywnego**.

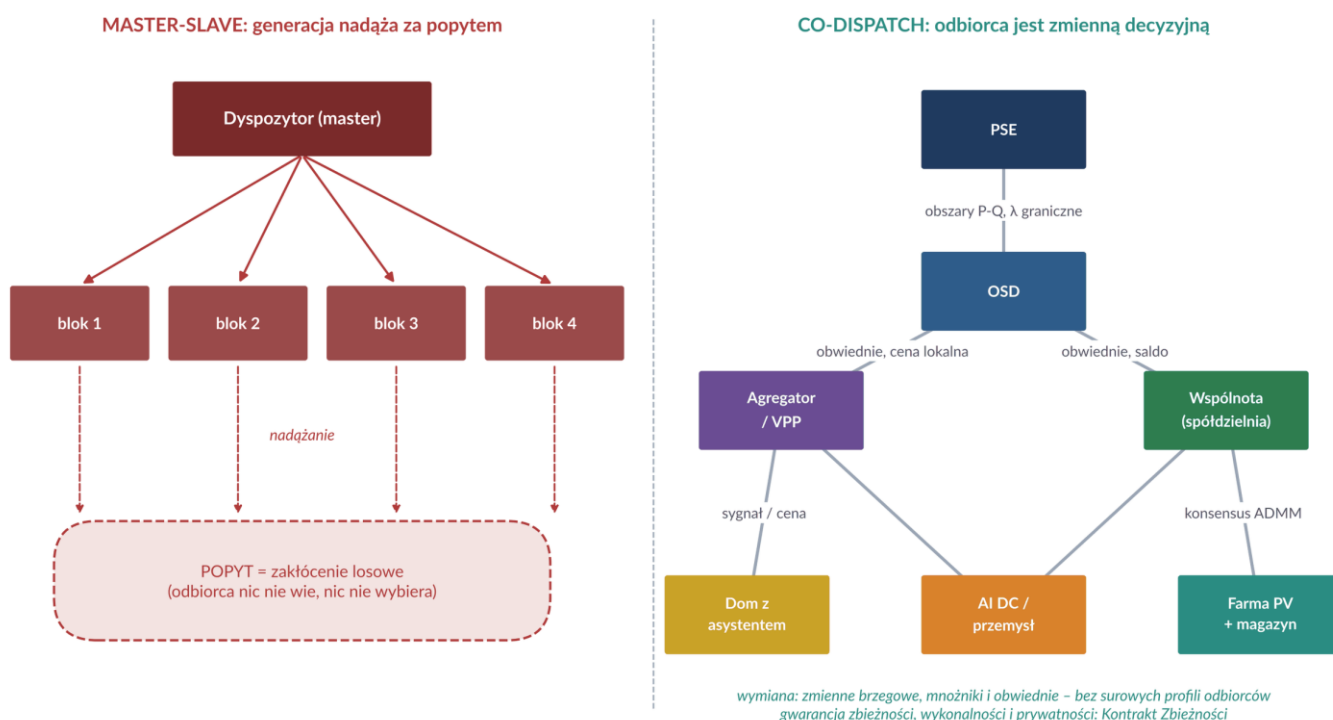
Koordinacja nie może jednak polegać na rozkazie, z czterech powodów. Po pierwsze, węzłów są miliony, a obliczenia scentralizowane się nie skalują. Po drugie, funkcje kosztu i ograniczenia odbiorców są **prywatne** – operator nie zna i nie powinien znać szczegółów życia rodziny. Po trzecie, łączność jest zawodna (opóźnienia, utrata pakietów). Po czwarte, fizyka sieci jest niewypukła, więc gwarancje matematyczne działają tylko w określonych reżimach.

TEZA DESTYLATU CD

Co-dispatch to nie technologia, tylko kontrakt matematyczny: kto wymienia jakie zmienne, w jakim czasie i z jaką gwarancją zbieżności, wykonalności fizycznej i prywatności. W co-dispatchu odbiorca staje się zmienną decyzyjną systemu, a nie zakłóceniem. Państwo nie musi już być masterem. Musi być autorem i audytorem tego kontraktu.

To zdanie jest matematycznym uzasadnieniem formuły naczelnej. „Obywatel decyduje”, bo jest zmienną decyzyjną, a jego preferencje są prywatną funkcją kosztu. „AI wykonuje”, bo optymalizację w jego imieniu prowadzi agent. „Sieć się bilansuje”, bo agenci wymieniają zmienne brzegowe i ceny, które zbiegają do bilansu. „Państwo strzeże reguł”, bo pisze i audytuje kontrakt.

Od modelu nadrzędny–podrzędny do co-dispatchu



Rysunek 20. Od modelu nadrzędny–podrzędny do co-dispatchu: w energetyce centrum popyt jest zakłóceniem, a elektrownie za nim nadążają; w co-dispatchu odbiorcy i źródła są zmiennymi decyzyjnymi koordynowanymi przez ceny lokalne i obwiednie

5.2. Jak to działa w praktyce: trzy historie

Rodzina z domem jednorodzinny. Rodzina ma instalację PV, pompę ciepła, magazyn i samochód elektryczny. Wieczorem mówi asystentowi: „Jutro rano ma być 21 °C, auto naładowane do 80% na siódmą, a rachunek jak najniższy”. Asystent pobiera prognozę pogody i cen, obwiednię przyłączeniową z OSD (ile wolno pobrać i oddać w każdej godzinie) oraz stan baterii. Planuje podgrzanie domu w południe, gdy energia z dachu i z sieci jest najtańsza (bezwładność cieplna budynku działa jak magazyn), ładowanie auta w nocy, a gotowość magazynu do redukcji poboru sprzedaje agregatorowi na wieczorny szczyt. Gdy nadchodzi sygnał z sieci, asystent wykonuje kontrakt – w granicach komfortu ustalonych przez rodzinę. Rodzina widzi w aplikacji, ile zaoszczędziła i ile zarobiła, a jednym słowem może wszystko wyłączyć.

Spółdzielnia energetyczna gminy. Spółdzielnia łączy farmę PV, biogazownię, magazyn przy szkole, pompy ciepła w budynkach komunalnych i kilkuset prosumentów. Agent wspólnoty bilansuje komórkę: najpierw zużycie we wsi, potem magazyn, potem sprzedaż salda. Biogazownia pracuje w godzinach wysokich cen i wstrzymuje produkcję przy cenach ujemnych. Gdy operator ogłasza stan zagrożenia, agent zmienia priorytety zgodnie z polityką kryteriów: utrzymuje rezerwę w magazynie dla szkoły i wodociągu. Przy awarii sieci nadrzędnej komórka przechodzi w pracę wyspową. Spółdzielnia zarabia na elastyczności, a gmina zyskuje odporność.

Zakład przemysłowy lub centrum danych. Centrum danych AI ma kontrakt sterowalności z operatorem. Jego agent przesuwaa zadania obliczeniowe odracalne (trening modeli, przetwarzanie wsadowe) na godziny nadwyżki OZE, świadczy rezerwę z magazynu i generacji rezerwowej, a ciepło odpadowe sprzedaje do sieci ciepłowniczej. W zamian centrum przyłącza się szybciej, bez czekania na rozbudowę sieci, a jego koszt energii netto spada.

We wszystkich trzech historiach obowiązuje ta sama zasada: **obywatel, wspólnota i firma ustalają cel, agent go wykonuje, a sieć i państwo wyznaczają granice**. Nikt nie wydaje im rozkazów, ale nikt też nie może zrobić niczego, co zagraża sieci.

5.3. Asystent Energetyczny Obywatela

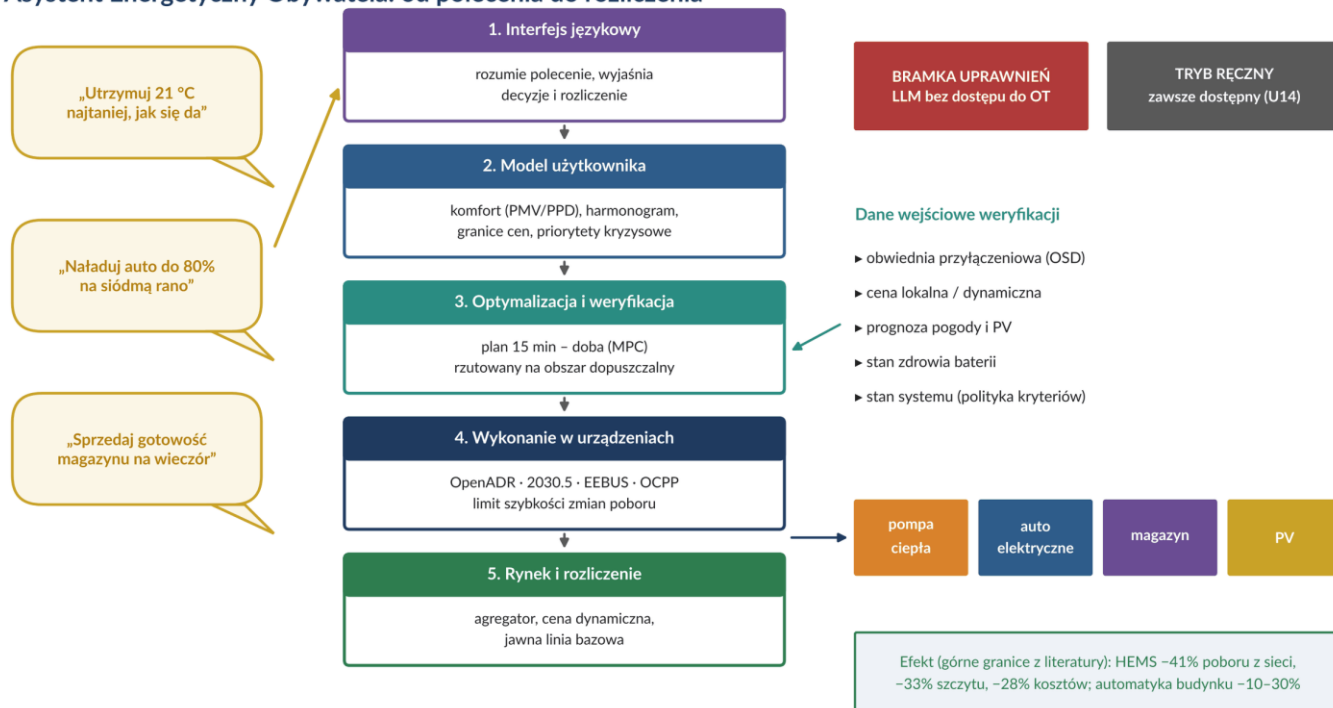
Asystent Energetyczny Obywatela (AEO) jest proponowanym otwartym standardem agenta użytkownika końcowego, realizowanym w programie CY13. Nie jest jedną aplikacją państwową, lecz **certyfikowaną klasą produktów**, które może oferować każdy dostawca spełniający standard – producent pomp ciepła, sprzedawca energii, agregator, spółdzielnia, start-up albo społeczność otwartego oprogramowania.

Tabela 22. Asystent Energetyczny Obywatela: architektura i zasady

Warstwa asystenta	Funkcja	Zasada bezpieczeństwa
Interfejs językowy	rozumie polecenia w języku naturalnym („ogrzej dom najtaniej”, „naładuj auto na siódmą”), wyjaśnia decyzje i rozliczenia	model językowy nie ma dostępu do poleceń urządzeń; przekazuje cel i ograniczenia do warstwy optymalizacji
Model użytkownika	preferencje komfortu (PMV/PPD), harmonogram, granice cenowe, priorytety w kryzysie	dane przechowywane u użytkownika lub w wybranym przez niego miejscu; przenośne między dostawcami
Optymalizacja i weryfikacja	plan urządzeń na 15 min – dobę (MPC, horyzont krocący) z uwzględnieniem obwiedni, ceny lokalnej i degradacji baterii	AI proponuje, solver weryfikuje: plan jest rzutowany na obszar dopuszczalny (obwiednia, komfort, limity urządzeń)
Wykonanie	polecenia dla urządzeń przez OpenADR, IEEE 2030.5, EEBUS, OCPP, Matter/KNX	standard 3S urządzeń; ograniczenie szybkości zmian poboru i losowe opóźnienia reakcji zbiorczej (ochrona przed „popytem jako bronią”)
Rynek i rozliczenie	oferty elastyczności przez wybranego agregatora; rozliczenie z ceną dynamiczną i linią bazową	jawna metodyka linii bazowej; zapłata dla użytkownika; zakaz ukrytych prowizji
Tryb kryzysowy	przełączenie polityki kryteriów według stanu systemu; praca wyspowa domu lub wspólnoty	z góry uzgodniony profil zachowania; w stanie awaryjnym nadrzędne są automaty operatora
Tryb ręczny	użytkownik w każdej chwili przejmuje sterowanie lub wyłącza AI	prawo ustawowe (U14); brak kar za rezygnację poza zasadami kontraktu

Dlaczego otwarty standard, a nie aplikacja operatora? Gdyby asystenta dostarczał wyłącznie operator sieci lub sprzedawca z grupy zintegrowanej pionowo, odtworzyłby się stary układ: ten sam podmiot zna stan sieci, steruje urządzeniami odbiorcy i sprzedaje mu energię. Gdyby dostarczał go wyłącznie producent urządzeń spoza UE, powstałby monopol platformowy z kanałem poleceń poza kontrolą państwa. Otwarty standard z certyfikacją i przenośnością danych tworzy rynek konkurujących asystentów, które pracują dla użytkownika.

Asystent Energetyczny Obywatela: od polecenia do rozliczenia



Rysunek 21. Asystent Energetyczny Obywatela: od polecenia w języku naturalnym przez model użytkownika, optymalizację z weryfikacją obwiedni, ceny lokalnej i stanu baterii do wykonania w urządzeniach i rozliczenia korzyści

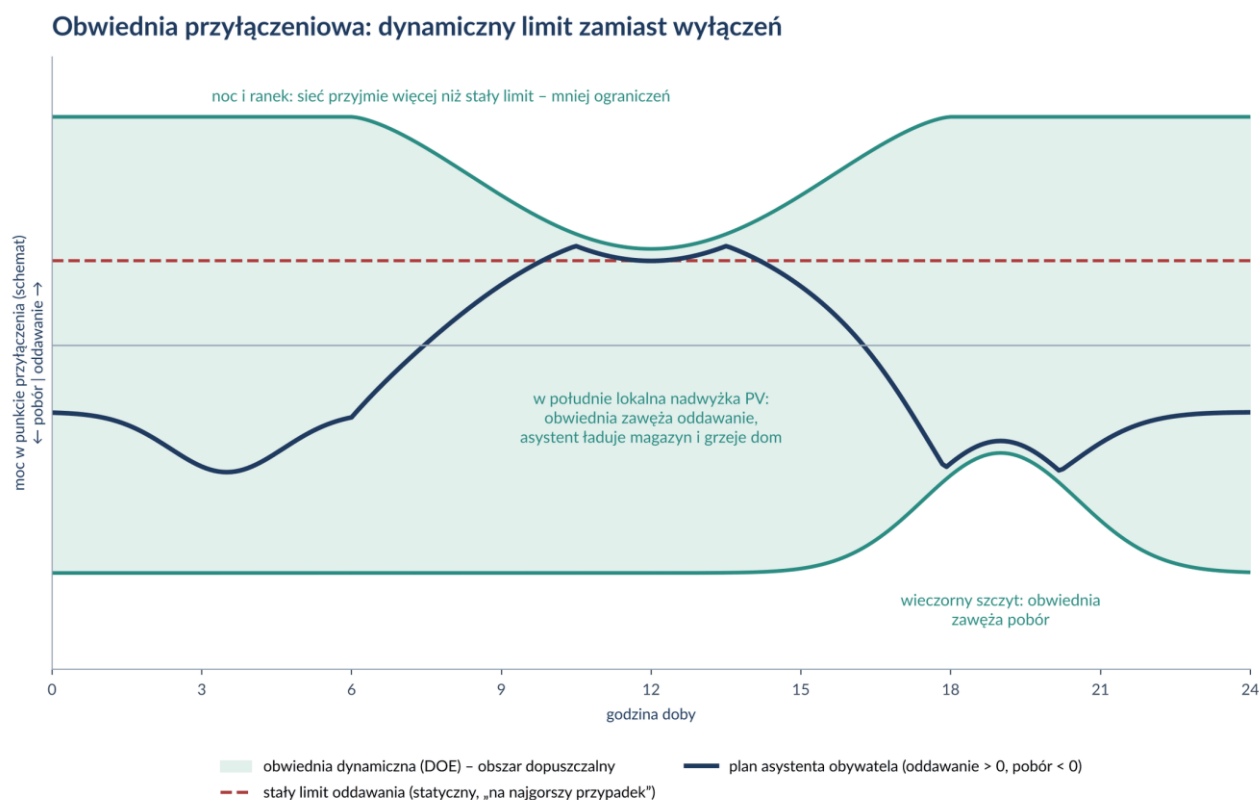
5.4. Obwiednia przyłączeniowa, cena lokalna i dyspozycja popytu

Dyspozycja popytu. Prace Meyna, Barooaha i współpracowników o dyspozycji popytu (demand dispatch) pokazują, że z automatycznego sterowania odbiorami odraczalnymi można uzyskać **wirtualny magazyn energii** przy zachowaniu jakości usługi dla odbiorcy. Regulację da się uzyskać nawet przy **komunikacji jednokierunkowej** (operator → inteligentne odbiory) i sterowaniu losowym (randomizowanym). Odbiorca nie musi ujawniać swoich danych – to elegancka odpowiedź na problem prywatności. Bezładność cieplna budynków jest magazynem: sama pasywna masa cieplna przesuwaa szczyt o 24–38%, a z aktywnym zasobnikiem o 51–55% bez utraty komfortu. Odbiory termostatyczne i floty pojazdów elektrycznych modeluje się jako wirtualne baterie.

Agregacja musi znać sieć. Na rzeczywistej brytyjskiej sieci niskiego napięcia (221 węzłów) ponad 30% teoretycznego potencjału elastyczności ginie przez asymetrię faz i brak koordynacji między fazami. Dlatego ostatnim słowem agregacji są **obwiednie** – dopuszczalne obszary mocy czynnej i biernej w węźle (*dynamic operating envelope*, DOE). Nie wystarczy sama suma mocy.

Obwiednia i rynek. Obwiednię da się wpiąć w aukcję podwójną. Prosument nie może wtedy złożyć oferty łamiącej limity eksportu i importu sieci, więc rynek P2P staje się **z natury bezpieczny dla sieci**. W modelach handel P2P z magazynem obniża koszty prosumenta o ok. 30%. Obwiednia przy przyłączy jest też odpowiedzią na ograniczenia OZE: zamiast wyłączać instalację w całości, operator publikuje dynamiczny limit, który pozwala oddać tyle, ile sieć w danej chwili przyjmie.

Cena lokalna. Cena w węźle sieci dystrybucyjnej (DLMP) odzwierciedla energię, straty i ograniczenia sieciowe (zatory, napięcie) i jest zmienną dualną bilansu węzłowego w optymalnym rozptywie mocy. Przy zatorach ceny węzłowe bywają ujemne (np. -49 EUR/MWh w przypadku z ograniczaniem generacji). W studiach przypadków DLMP obniża koszty OSD o kilka procent (np. -6,6%). Strategia proponuje wersję uproszczoną (**DLMP-lite**): dynamiczne taryfy sieciowe w strefach zatorów i lokalne rynki elastyczności z rozliczeniem przez dekompozycję dualną.



Schemat mechanizmu wg korpusu CD (dziedziny D03, D06, D07); kształty krzywych ilustracyjne

Rysunek 22. Obwiednia przyłączeniowa (DOE): zamiast stałego limitu i wyłączeń operator publikuje zmienny w czasie dopuszczalny obszar poboru i oddawania mocy, a agent obywatela planuje w jego granicach (ilustracja)

5.5. Architektura co-dispatchu dla Rzeczypospolitej

Tabela 23. Architektura co-dispatchu: interfejsy i właściwa matematyka

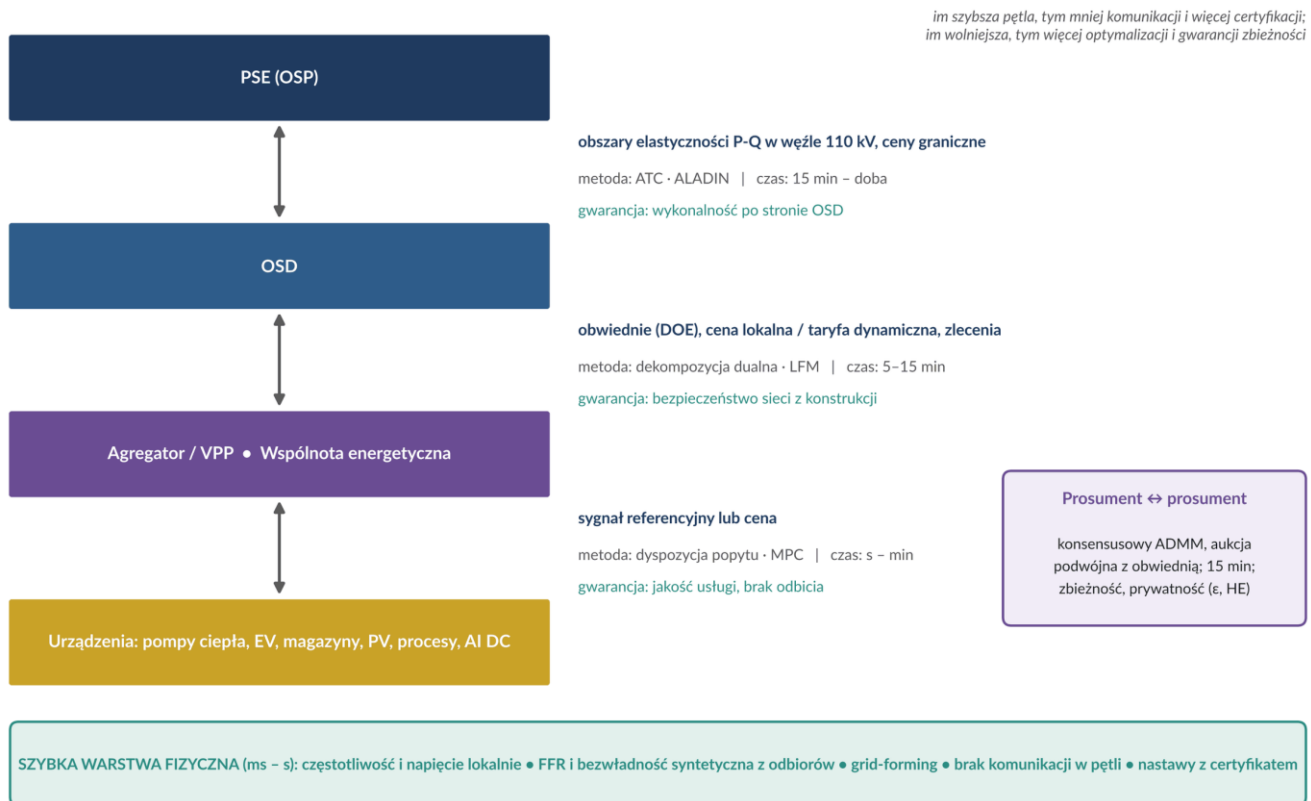
Interfejs	Co jest wymieniane	Metoda koordynacji	Skala czasu	Gwarancja, której trzeba żądać
PSE ↔ OSD (węzły 110 kV)	obszary elastyczności P-Q w węzle, ceny graniczne	ATC, ALADIN, agregacja obszaru wykonalności, koordynacja TSO–DSO	15 min – doba	wykonalność po stronie OSD (aproksymacja wewnętrzna); spójność z modelem PSE
OSD ↔ agregator / VPP / wspólnota	obwiednie (limity importu i eksportu), cena lokalna lub taryfa dynamiczna, zlecenia elastyczności	dekompozycja dualna (cena = mnożnik), rynek lokalnej elastyczności, LinDistFlow/SOCP	5–15 min	linia bazowa i weryfikacja wykonania; bezpieczeństwo sieci z konstrukcji (DOE)
Agregator / asystent ↔ urządzenia	sygnał referencyjny lub cena	dyspozycja popytu (losowa, jednokierunkowa), MPC, wirtualna bateria	s – min	jakość usługi dla odbiorcy, brak efektu odbicia, cyberodporność
Prosument ↔ prosument (wspólnota, klaster, spółdzielnia)	oferty, zmienne konsensusu	konsensusowy ADMM, aukcja podwójna z DOE	15 min	zbieżność przy ograniczonym opóźnieniu; prywatność; zgodność z DOE
Szybka warstwa fizyczna	częstotliwość i napięcie lokalnie	FFR i bezwładność syntetyczna z odbiorów (EV, pompy ciepła, odbiory termostatyczne), grid-forming	ms – s	brak komunikacji w pętli; nastawy lokalne z certyfikacją

Reguła:

im szybsza pętla, tym mniej komunikacji i tym więcej certyfikacji nastaw;

im wolniejsza pętla, tym więcej optymalizacji rozproszonej i tym więcej wymaganej gwarancji zbieżności.

Architektura co-dispatchu w Rzeczypospolitej: interfejsy, zmienne, czas, gwarancje



Rysunek 23. Architektura co-dispatchu w Rzeczypospolitej: interfejsy PSE–OSD, OSD–agregator i wspólnota, asystent–urządzenia, prosument–prosument i szybka warstwa fizyczna, z wymienianymi zmiennymi i skalami czasu

Gwarancje istnieją tylko tam, gdzie problem jest (prawie) wypukły. Rodziny algorytmów dekompozycji zastępują mastera: ADMM (konsensus i podział zasobu), dekompozycja dualna (cena jako mnożnik), ALADIN (niewypukły rozptyw AC z informacją drugiego rzędu), Benders (decyzje całkowitoliczbowe) i ATC (kaskada celów TSO → DSO → mikrosieci). Korpus podaje twarde liczby. ADMM na niewypukłym rozptywie AC potrafi oscylować: dla części parametrów kary residua nie zbiegają nawet po 2 000 iteracji. ALADIN domyka rozproszony rozptyw w ok. 30 iteracjach przy aktywnych limitach linii. Relaksacja stożkowa modelu przepływów gałęziowych jest dokładna dla sieci promieniowych przy spełnieniu warunków (Gan, Li, Topcu, Low, 2015), ale istnieją kontrprzykłady z luką optymalności do 21%, a warunki dokładności łamią się właśnie w reżimie prosumenckim: przy **przepływach zwrotnych i aktywnym górnym ograniczeniu napięcia**. To dokładnie polska sieć niskiego napięcia latem. Wniosek inżynierski brzmi: **najpierw wykonalność, potem optymalność**. Lepsze 2% straty kosztowej niż jedno naruszenie napięcia u 10 tys. prosumentów.

5.6. Kontrakt Zbieżności (KZ-RP)

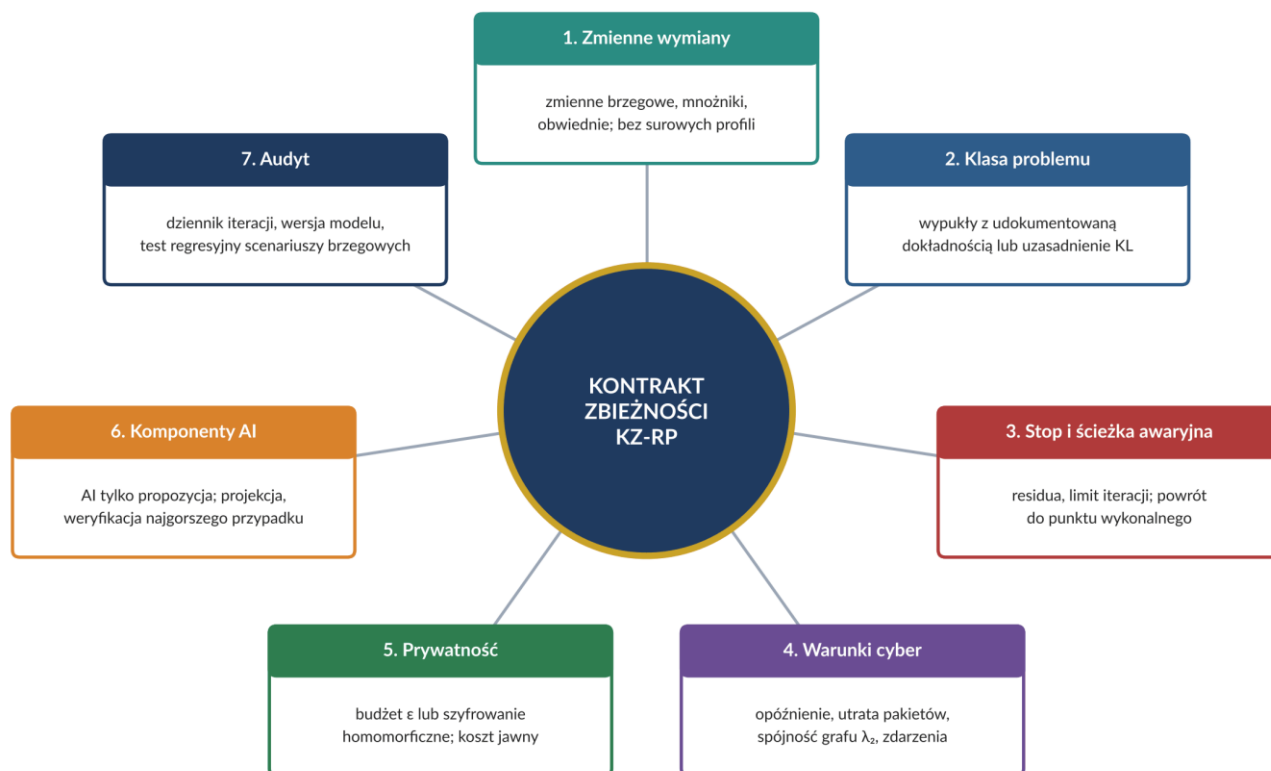
Kontrakt Zbieżności jest proponowanym standardem regulacyjnym (regulator + PSE + OSD, z udziałem Komisji Rozwoju i Bezpieczeństwa Sztucznej Inteligencji dla komponentów AI) dla każdego mechanizmu koordynacji rozproszonej dopuszczanego do pracy w KSE – od asystenta domu przez agenta wspólnoty po rynek lokalnej elastyczności.

Tabela 24. Kontrakt Zbieżności (KZ-RP): siedem elementów

Element kontraktu	Treść	Podstawa w korpusie
1. Zmienne wymiany	tylko zmienne brzegowe, mnożniki i obwiednie; bez surowych profili odbiorców	ADMM-sharing, DOE, dyspozycja popytu
2. Klasa problemu	wypukły (LinDistFlow/SOCP z udokumentowaną dokładnością) albo niewypukły z uzasadnieniem (własność Kurdyki–Łojasiewicza, ALADIN)	relaksacje, teoria zbieżności
3. Kryterium stopu i limit czasu	residua prymalne i dualne, maksymalna liczba iteracji, ścieżka awaryjna przy braku zbieżności (powrót do ostatniego wykonalnego punktu, obwiednia statyczna)	zasada „najpierw wykonalność”
4. Warunki cyber	maksymalne opóźnienie, tolerancja utraty pakietów, minimalna spójność algebraiczna grafu komunikacyjnego (λ_2), tryb wyzwalany zdarzeniami (ok. 60% mniej komunikacji)	asynchroniczny ADMM, konsensus
5. Prywatność	budżet prywatności różnicowej (ϵ) lub szyfrowanie homomorficzne; ujawniony wpływ na optymalność	prywatność różnicowa, szyfrowanie Paillier
6. Komponenty AI	AI tylko jako propozycja; projekcja lub funkcje barierowe; weryfikacja formalna najgorszego przypadku dla pętli krytycznych	weryfikacja przez MILP, proxy wykonalne z konstrukcji
7. Audyt	dziennik iteracji, wersja modelu, test regresyjny na zbiorze scenariuszy brzegowych (przeptyw zwrotny, aktywne limity napięcia)	granice wykonalności

Kontrakt Zbieżności zmienia relację państwa i rynku. Państwo nie musi projektować każdego algorytmu ani być jego operatorem. Wystarczy, że ustala, **jakie gwarancje** musi spełnić algorytm, zanim dotknie sieci – i sprawdza je w audycie. To jest regulacja na poziomie kontraktu, a nie urządzenia: zgodna z zasadą „państwo strzeże reguł”.

Kontrakt Zbieżności (KZ-RP): siedem warunków dopuszczenia algorytmu do KSE



Rysunek 24. Kontrakt Zbieżności (KZ-RP): siedem elementów, które musi spełnić każdy mechanizm koordynacji rozproszonej przed dopuszczeniem do pracy w KSE

5.7. AI proponuje, solver weryfikuje, certyfikat rozstrzyga

Przyspieszenie jest realne. Grafowe sieci neuronowe z wiedzą fizyczną liczą rozptył mocy 257–399 razy szybciej niż metoda Newtona–Raphsona (sieci testowe IEEE 118 i 30), ADMM wspomagany uczeniem daje ok. rząd wielkości przyspieszenia przy niskiej luce optymalności, ciepły start solvera – 1,5–1,8 raza, a sieci z wiedzą fizyczną zmniejszają błąd estymacji prądów nawet o 97%.

Bezpieczeństwo nie jest wbudowane. Bezpieczne uczenie ze wzmocnieniem z funkcjami barierowymi utrzymywało w budynkach latem komfort tylko przez **58,1%** czasu wobec **89,3%** dla klasycznego sterownika regułowego. W części prac nad ładowaniem pojazdów elektrycznych wskaźnik naruszeń ograniczeń sięga **46%**. Warstwy bezpieczeństwa – projekcja na obszar dopuszczalny i funkcje barierowe – usuwają naruszenia napięć; w najlepszych pracach spadają one poniżej 3%.

Certyfikat musi być zewnętrzny wobec sieci neuronowej. Weryfikacja formalna przez programowanie całkowitoliczbowe daje gwarancje najgorszego przypadku (Venzke i Chatzivasileiadis, 2021 – najczęściej cytowana praca tego nurtu w korpusie), neuronowe funkcje Lapunowa wyznaczają obszary stabilności przejściowej mikrosieci, a proxy optymalizacyjne „wykonalne z konstrukcji” gwarantują dopuszczalność wyniku.

Zasada architektoniczna brzmi: **AI proponuje** (ciepły start, przewidywane ograniczenia aktywne, akcję), **model fizyczny weryfikuje i rzutuje** na obszar dopuszczalny, **solver pozostaje ostatecznym weryfikatorem**, a dla krytycznych pętli **weryfikacja formalna certyfikuje najgorszy przypadek**. Zgadza się to z AI Act, który traktuje AI jako element bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej jako system wysokiego ryzyka.

Optymalizacja ze sprzężeniem zwrotnym. Najważniejszy dla praktyki wynik korpusu dotyczy optymalizacji ze sprzężeniem zwrotnym (*feedback optimization*), zweryfikowanej eksperymentalnie w rzeczywistej sieci dystrybucyjnej (ETH Zurich: regulacja Volt/VAr falowników). Pętla zamknięta jest odporna na błędy modelu i nie wymaga pełnego modelu sieci. To praktyczna droga dla polskich sieci niskiego napięcia, w których modele są niekompletne.

5.8. Prywatność i bezpieczeństwo obywatela

Oddanie steru obywatelowi nie może oznaczać oddania jego prywatności operatorowi ani jego urządzeń przeciwnikowi. Strategia przyjmuje cztery zasady.

- 1. Najmniej danych, ile trzeba.** Pierwszym wyborem są mechanizmy, które nie wymagają ujawniania profili: dyspozycja popytu z komunikacją jednokierunkową i ADMM z wymianą tylko zmiennych brzegowych. Prywatność różnicowa i szyfrowanie homomorficzne są drugim wyborem. Koszt prywatności (różnica optymalności przy danym budżecie ϵ) ma być mierzony, a nie zgadywany.
- 2. Dane należą do użytkownika.** Data Act (2023/2854) daje użytkownikom dostęp do danych z produktów skomunikowanych, a rozporządzenie wykonawcze 2023/1162 ustala model referencyjny dostępu do danych pomiarowych. Ustawa U14 przekłada te prawa na energetykę: użytkownik decyduje, któremu asystentowi i agregatorowi udostępnia dane.
- 3. Popyt nie może stać się bronią.** W modelach przejęcie urządzeń dużej mocy i zmiana obciążenia o ok. 1% wystarcza do kaskadowych wyłączeń linii, a o ok. 30% narusza stabilność częstotliwości. Dlatego asystenci i floty urządzeń muszą mieć ograniczenie szybkości zmian poboru, losowe opóźnienia reakcji na polecenia zbiorcze i uwierzytelnienie poleceń (U11), a każdy agent działa za bramką.
- 4. Człowiek nad pętlą.** Użytkownik nadzoruje asystenta i może przejąć sterowanie; dostawca asystenta prowadzi rejestr decyzji; regulator może zawiesić certyfikat asystenta, który narusza standard.

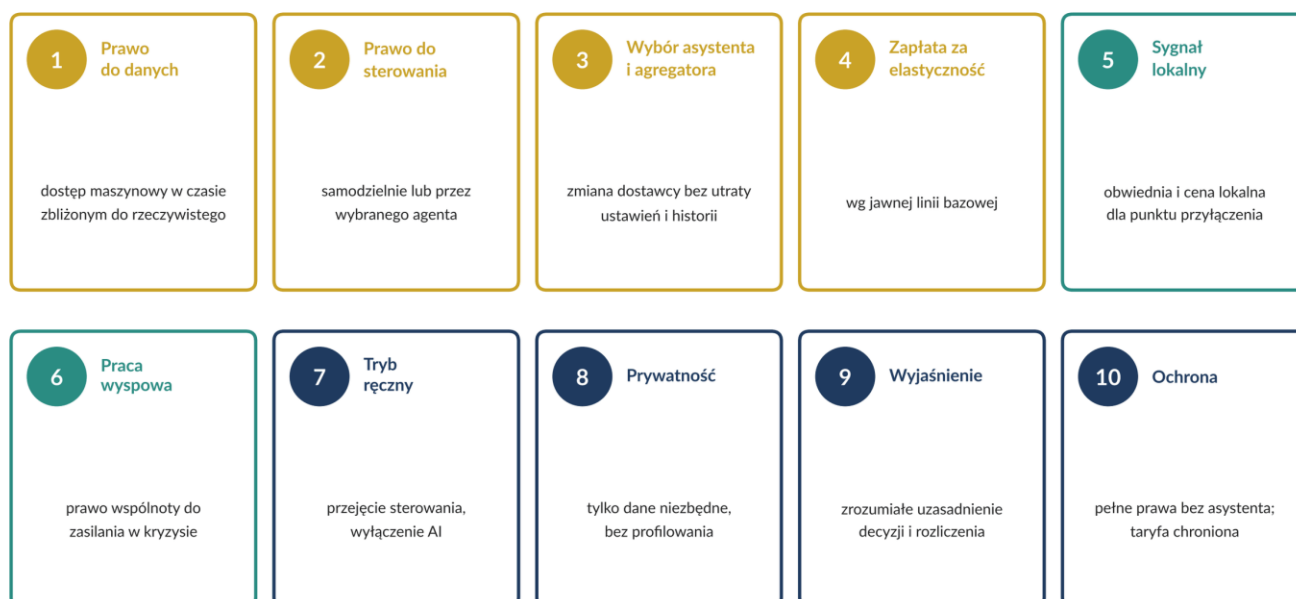
5.9. Karta Praw Energetycznych Obywatela

Postulat „obywatel u steru” wymaga ustawowego katalogu praw. Strategia proponuje, aby ustawa U14 (rozdz. 12.5) zawierała Kartę Praw Energetycznych Obywatela. Prawa przysługują gospodarstwom domowym, a w odpowiednim zakresie wspólnotom energetycznym, rolnikom i mikroprzedsiębiorstwom.

Tabela 25. Karta Praw Energetycznych Obywatela

Prawo	Treść	Podstawa i instrument
1. Prawo do danych	dostęp maszynowy do danych z licznika i własnych urządzeń w czasie zbliżonym do rzeczywistego; prawo ich przekazania wybranemu podmiotowi	Data Act, 2023/1162, CSIRE, LZO
2. Prawo do sterowania	prawo do sterowania własnymi urządzeniami samodzielnie lub przez wybranego agenta w odpowiedzi na sygnały systemu	U14, CY13
3. Prawo wyboru asystenta i agregatora	swobodny wybór i zmiana certyfikowanego asystenta oraz niezależnego agregatora; przenośność ustawień i historii	U14, model kompensacji niezależnego agregatora (CY15)
4. Prawo do zapłaty za elastyczność	wynagrodzenie za kilowatogodzinę przesuniętą, zredukowaną lub oddaną w potrzebie według jawnej linii bazowej	cena dynamiczna, LFM, rynek bilansujący
5. Prawo do sygnału lokalnego	dostęp do obwiedni przyłączeniowej i ceny lub taryfy lokalnej dla swojego punktu przyłączenia	DOE, DLMP-lite (CY15)
6. Prawo do pracy wyspowej	prawo wspólnoty do zaprojektowania i prowadzenia kontrolowanej pracy wyspowej w kryzysie, z obowiązkami bezpieczeństwa	CY11, architektura komórkowa
7. Prawo do trybu ręcznego	w każdej chwili przejście sterowania lub wyłączenie AI, z wyjątkiem automatów ochronnych w stanie awaryjnym	U12, U14
8. Prawo do prywatności	przetwarzanie tylko danych niezbędnych; preferencja mechanizmów bez ujawniania profili; zakaz wykorzystania danych do celów niezwiązanych z energią bez zgody	RODO, KZ-RP (element 5)
9. Prawo do wyjaśnienia	zrozumiałe wyjaśnienie decyzji asystenta i rozliczenia korzyści	AI Act, U12
10. Prawo do ochrony	osoby, które nie korzystają z asystenta, zachowują pełne prawa odbiorcy i taryfę chronioną	U14, ochrona odbiorców wrażliwych

Karta Praw Energetycznych Obywatela (propozycja ustawy U14)



Rysunek 25. Karta Praw Energetycznych Obywatela: dziesięć praw, które zamieniają poddanego rachunku we współgospodarza energii

5.10. Polska: gotowość do co-dispatchu

Polskie prawo już zna większość pojęć potrzebnych do co-dispatchu. Prawo energetyczne (t.j. Dz.U. 2026 poz. 43) definiuje agregację (z uwzględnieniem zdolności technicznych sieci, w celu sprzedaży energii, usług systemowych lub usług elastyczności), agregatora, odpowiedź odbioru, odbiorcę aktywnego i umowę z ceną dynamiczną. Sprzedawca obsługujący co najmniej 200 tys. odbiorców musi taką umowę oferować (art. 5 ust. 4g), ale tylko odbiorcom z licznikiem zdalnego odczytu (ust. 4f). Bariera jest więc licznik i dane.

Elastyczność odbiorów jest dziś w Polsce produktem **mocowym**, a nie **dyspozycyjnym**. Ustawa o rynku mocy (t.j. Dz.U. 2025 poz. 610) zna jednostkę redukcji zapotrzebowania; w certyfikacji ogólnej certyfikowano 1,89 GW takich jednostek, a w pierwszych aukcjach DSR zakontraktował 612–756 MW rocznie (2,7–7,1% wolumenu) wobec 5–7 GW węgla. Historyczny program interwencyjny DSR na polecenie OSP to rząd 176 MW, z barierami minimalnej oferty (10 MW) i nieadekwatnej linii bazowej. Jednocześnie 1,4 TWh nierynkowych ograniczeń OZE w 2025 r. to elastyczność, której nikt nie zadysponował.

Tabela 26. Polska – gotowość do co-dispatchu (destylat CD)

Obszar	Stan	Ocena
Definicje prawne (agregacja, agregator, odpowiedź odbioru, odbiorca aktywny, cena dynamiczna)	są (Prawo energetyczne t.j. 2026 poz. 43)	
Obowiązek oferty ceny dynamicznej	sprzedawcy ≥ 200 tys. odbiorców, tylko z LZO	 ograniczony przez liczniki
Liczniki zdalnego odczytu i CSIRE	17,4% (2021) → cel 80% (2028); CSIRE z przesuwany harmonogramem	 wąskie gardło danych
DSR	produkt mocowy (1,89 GW certyfikowane; ok. 11% wolumenu w późniejszych aukcjach), nie dyspozycyjny	
Sygnał lokalny (DLMP, taryfa sieciowa dynamiczna, LFM)	brak systemowego; pilotaże i projekty B+R	
Obwiednie przy przyłączu (DOE)	brak	 przyczyna ograniczeń OZE
Kompetencje matematyczne (rozproszony OPF, relaksacje, zbieżność, AI-OPF)	rozproszone w ośrodkach akademickich; brak standardu po stronie operatorów	
Ciepło i biogaz jako bufor	duży potencjał (ok. 23 tys. km sieci ciepłowniczych, 162 biogazownie rolnicze)	
Prawa obywatela do sterowania i asystent	brak	

WNIOSEK ROZDZIAŁU

Matematyka i technologia pozwalają już dziś oddać ster obywatelowi bez utraty bezpieczeństwa: odbiorca może być zmienną decyzyjną, a nie zakłóceniem; obwiednia czyni rynek bezpiecznym dla sieci; dyspozycja popytu chroni prywatność; weryfikacja formalna kontroluje AI. Brakuje trzech decyzji państwa: praw obywatela (U14), otwartego standardu asystenta (CY13) i Kontraktu Zbieżności jako warunku dopuszczenia algorytmów.

6. Rynek zgodny z fizyką i państwo bez kartelu

6.1. Miedziana płyta kontra Kirchhoff

TEZA DESTYLATU CK

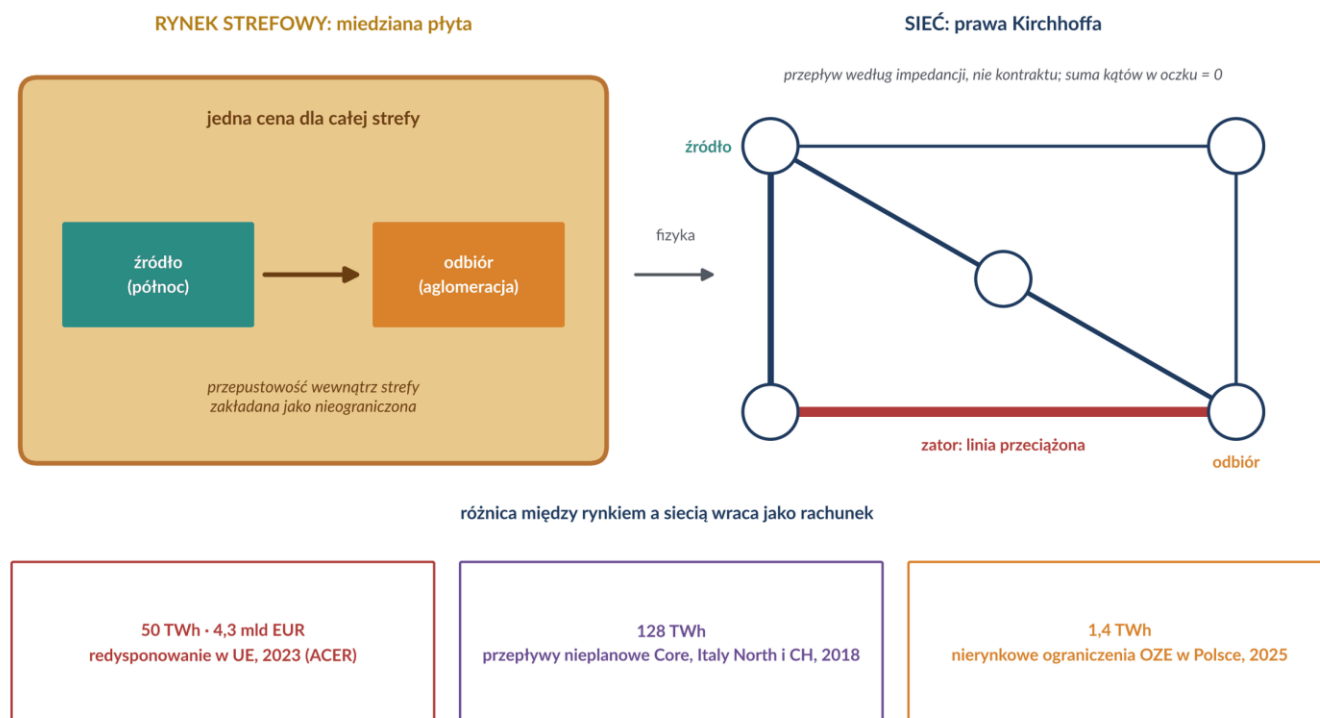
Rynek liczy na miedzianej płycie, sieć liczy według Kirchhoffa, a różnicę płaci ktoś inny.

Strefa cenowa zakłada nieograniczoną przepustowość wewnątrz strefy (*copper plate model*) i widzi ograniczenia tylko między strefami. Sieć działa inaczej: w sieciach oczkowych przepływy rozkładają się według impedancji, a nie według kontraktów, a suma różnic kątów fazowych w każdym oczku musi być równa zero (drugie prawo Kirchhoffa).

Różnica między tym, co policzył rynek, a tym, co może przenieść sieć, jest korygowana przez redysponowanie, przepływy kołowe i nierynkowe ograniczanie OZE. W 2023 r. redysponowanie **50 TWh** kosztowało w UE **4,3 mld EUR** (ACER). Przepływy nieplanowe, głównie kołowe, na granicach regionów Core i Italy North oraz Szwajcarii wyniosły w 2018 r. **128 TWh** (+7% r/r).

Dla obywatela ten problem ma bardzo konkretną postać. Prosument na północy Polski, gdzie latem jest nadwyżka energii i prosument w aglomeracji, gdzie sieć jest przeciążona wieczorem, płacą tę samą cenę hurtową i tę samą opłatę sieciową. Żaden z nich nie wie, że jego elastyczność ma w danej godzinie zupełnie inną wartość. Koszt tej niewiedzy – redysponowanie i ograniczenia – trafia do taryf wszystkich odbiorców.

Miedziana płyta kontra Kirchhoff



Rysunek 26. Miedziana płyta kontra Kirchhoff: rynek strefowy zakłada jedną cenę i nieograniczoną sieć, a fizyka rozkłada przepływy według impedancji; różnica wraca jako redysponowanie, przepływy kołowe i ograniczenia OZE

6.2. Polska na granicy: przepływy kołowe, przesuwniki fazowe i 70%

Raport techniczny ENTSO-E wskazuje wysokie przepływy nieprzydzielone na granicy polskiej strefy cenowej. Polska broni się sprzętem i ograniczeniami: **przesuwnikami fazowymi** na liniach Mikułowa–Hagenwerder i Krajnik–Vierraden (we współpracy z 50Hertz) oraz **ograniczeniami alokacyjnymi** w metodyce wyznaczania zdolności Core, które pozwalają PSE ograniczać łączny import i eksport polskiej strefy. ACER odnotowuje, że przez te ograniczenia cel 70% zdolności dla handlu międzystrefowego na granicach PL–SE4 i PL–LT jest słabo wypełniany. To obrona skuteczna, ale reaktywna: płaci się za nią zdolnością handlową. **Przesuwnik fazowy to tarcza, a nie strategia** – strategią jest kompensacja przyczyn przepływów kołowych i alokacja kosztów redysponowania według przyczyny, wynegocjowane z sąsiadami.

6.3. Lokalizacja wewnątrz strefy: węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz

Strefy czy węzły? Przegląd stref cenowych UE zakończono 28 kwietnia 2025 r., a niemieccy operatorzy podkreślają, że decyzja o rekonfiguracji jest wprost polityczna. Dla Wielkiej Brytanii analiza FTI dla Ofgem szacowała do 24 mld GBP korzyści społecznych (NPV) i do 51 mld GBP dla odbiorców w latach 2025–2040 z cen węzłowych; NESO – do 19 mld GBP niższych kosztów ograniczeń do 2035 r. Koszt hurtowy dla odbiorców spada o 9–20% przy cenach węzłowych i o 5–12% przy strefowych.

Lekcja koordynacyjna jest jednak twarda: dla Niemiec same ceny węzłowe dają pomijalny efekt dobrobytowy, a dobrobyt rośnie o 0,8% dopiero wtedy, gdy siedmiu sąsiadów też je wprowadzi. Strefy też nie gwarantują ulgi: Włochy mają siedem stref i mimo to 1,47 mld EUR redysponowania w 2020 r.

Rozstrzygnięcie dla Polski: „węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz” (*nodal inside, zonal outside*). Polska nie musi dziś dzielić strefy cenowej, by wprowadzić fizykę do sygnału. Wystarczy, że:

1. **upubliczni ceny cienia** węzłowe i elementy krytyczne sieci (CNEC) dotyczące Polski oraz wskaźnik przepływów nieplanowych;
2. wprowadzi **lokalizacyjne opłaty przyłączeniowe i sieciowe** oraz dynamiczne taryfy sieciowe w strefach zatorów;
3. zastąpi część redysponowania administracyjnego **redysponowaniem rynkowym** z cenami węzłowymi cienia i z ochroną przed grą „inc-dec” (zawyżaniem ofert w oczekiwaniu na redysponowanie);
4. ustanowi **priorytet przyłączeń** dla magazynów i elektrolizerów w węzłach nadwyżki (północ, offshore) oraz regułę lokalizacji centrów danych w węzłach nadwyżki OZE.

Handel hurtowy pozostaje w jednej strefie (płynność), a fizyka wchodzi do sygnału lokalnego, który widzi agent obywatela i agregatora. Pełne ceny węzłowe mają sens tylko w koordynacji regionalnej z Niemcami, Czechami i Słowacją.

6.4. Renta położenia: niewidoczna i uspołeczniona

Cena węzłowa rozkłada się na trzy składniki: cenę energii w węźle odniesienia, składnik strat i składnik zatorów. **Renta kongestii** to nadwyżka operatora z różnic cen między węzłami, a **renta rzadkości** przypada zasobom w kieszeniach popytowych. Dowody z korpusu są jednoznaczne.

Podział niemieckiej strefy dałby dodatkową rentę kongestii średnio ok. **1,2 mld EUR rocznie** (2019–2023), wystarczającą, by zrównoważyć wyższe ceny hurtowe na południu (Agora). Farmy wiatrowe położone daleko od odbioru uzyskują niższe ceny węzłowe niż te w pobliżu kieszeni popytowych. Elektrolizery przy taryfach zróżnicowanych przestrzennie lokują się w węzłach taniej energii.

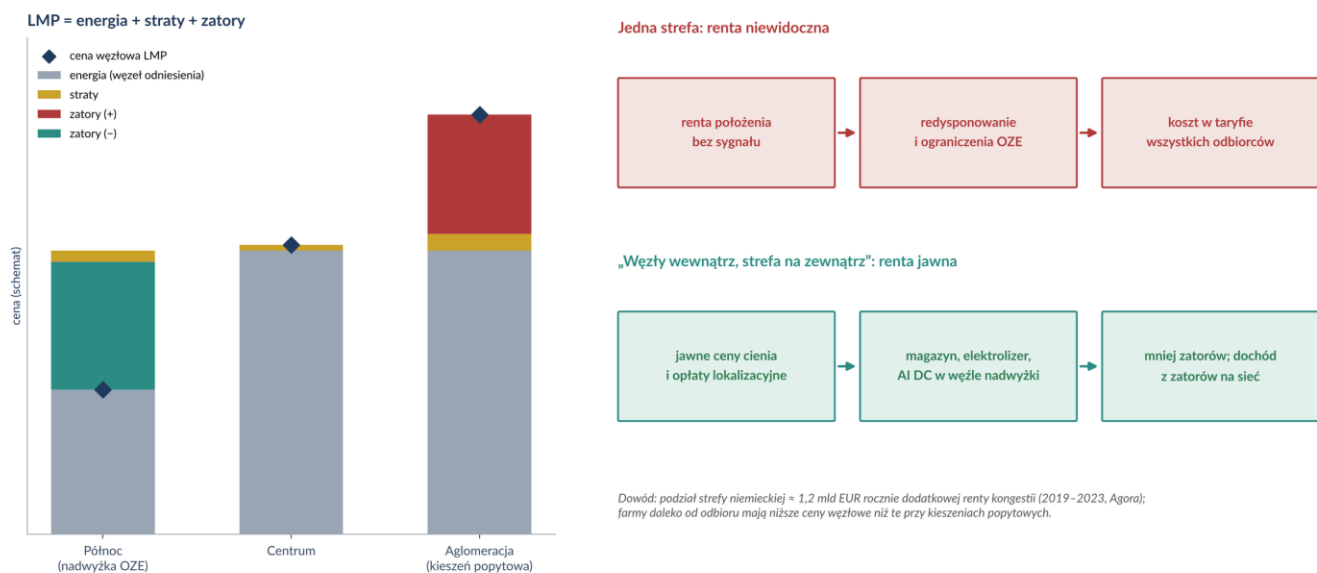
W Polsce renta położenia nie znika przy jednej strefie cenowej. Przechodzi w koszt redysponowania i nierynkowych ograniczeń OZE (1,4 TWh w 2025 r.), płacony przez wszystkich, a nie przez tych, którzy ją tworzą. Inwestor, który postawił farmę w przeciążonym węźle, nie ponosi kosztu zatoru. Gmina, która ma nadwyżkę energii i mogłaby ją zagospodarować lokalnie (magazyn, elektrolizer, ciepło), nie dostaje sygnału, że warto.

Strategia proponuje więc:

- **upublicznić ceny cienia węzłowe** jako dane otwarte;
- **przeznaczać dochody z zatorów i redysponowania** na sieć i elastyczność w węzłach, które je generują;
- **lokować centra danych i elektrolizery regułą** w węzłach nadwyżki OZE (północ, offshore);
- przy decyzji o strefach lub węzłach wprowadzić **instrumenty typu FTR** dla ryzyka bazy umów PPA.

Dla wspólnot energetycznych jawna renta położenia jest szansą: gmina z nadwyżką energii może ją zamienić na tani lokalny magazyn ciepła, produkcję wodoru albo przyciągnięcie inwestora przemysłowego. To jest ekonomiczna podstawa reguły salda.

Renta położenia: niewidoczna w jednej strefie, użyteczna, gdy jest jawna



Lewy panel – schemat rozkładu ceny węzłowej (bez skali); prawy – mechanizm wg korpusu CK (K09, K15, K27)

Rysunek 27. Renta położenia: cena węzłowa jako suma energii, strat i zatorów; w jednej strefie renta zamienia się w uspołeczniony koszt redysponowania i ograniczeń, a jawna cena cienia kieruje magazyny, elektrolizery i centra danych do węzłów nadwyżki (ilustracja)

6.5. Drabina modeli: właściwa matematyka na właściwym poziomie napięcia

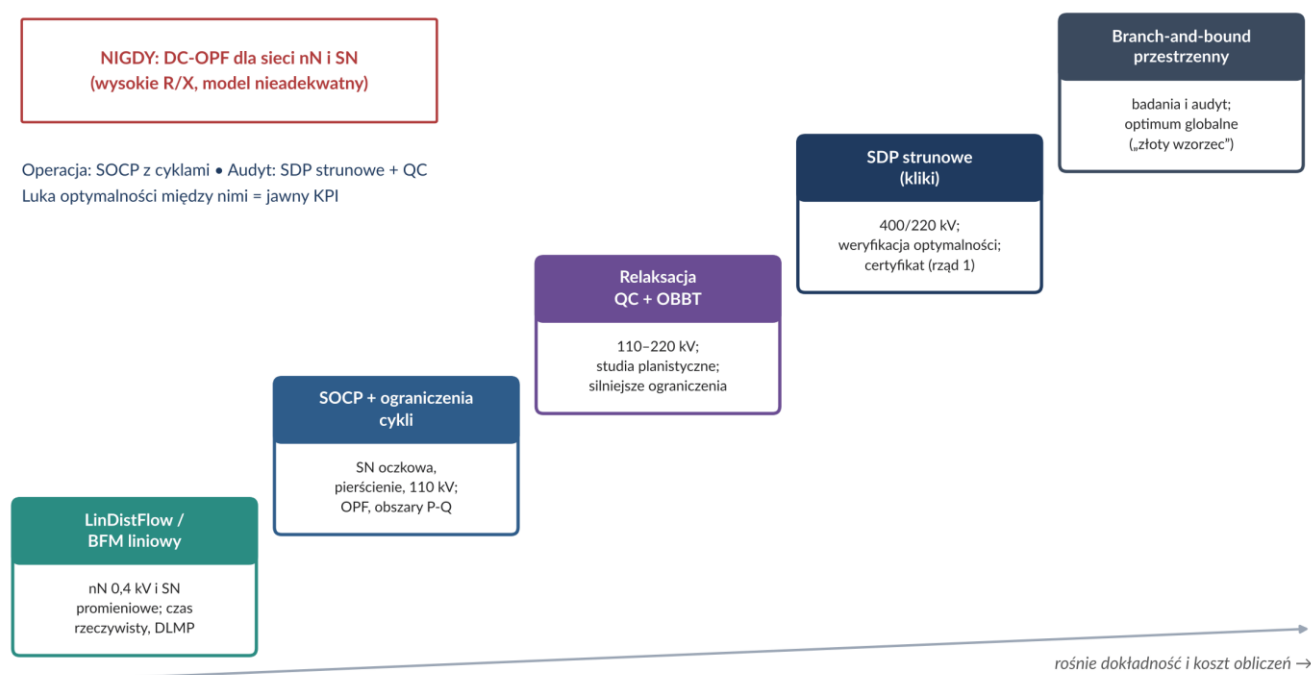
Rynek zgodny z fizyką wymaga modeli, które fizykę odwzorowują. Destylat CK proponuje drabinę relaksacji dobraną do poziomu napięcia i celu obliczeń. Relaksacja stożkowa (SOCP) modelu przepływów gałęziowych gubi w sieciach oczkowych warunek cyklu kątów fazowych – rozwiązanie spełnia pierwsze prawo Kirchhoffa, a może łamać drugie – więc ograniczenia cykli trzeba dopisać jawnie.

Tabela 27. Drabina modeli dla poziomów napięcia w Rzeczypospolitej

Poziom	Stosunek R/X i sprzężenie	Model operacyjny	Model audytowy	Sterowanie	Sygnał rynkowy
nN 0,4 kV	$R/X \gg 1$; P–V, asymetria faz	trójfazowy niesymetryczny BFM, LinDistFlow	SOCP	Volt-Watt i Volt-VAR falowników, DOE	taryfa dynamiczna, DLMP-lite
SN 15–30 kV	$R/X \approx 1$; P–V i Q–V	SOCP z ograniczeniami cykli (pierścienie miejskie)	SDP strunowe	OLTC w GPZ, magazyny, LFM	rynek lokalnej elastyczności
WN 110 kV	$R/X < 1$; Q–V, częściowo P– θ	AC-OPF, relaksacja QC	SDP strunowe + OBBT	koordynacja OSD–PSE, przesuwники lokalne	redysponowanie rynkowe
NN 220/400 kV	$R/X \ll 1$; P– θ , Q–V	AC-OPF; DC/PTDF jako język rynku	SDP strunowe (dolne ograniczenie, certyfikat)	UC/ED, rezerwy, przesuwники	rynek dnia następnego i bieżącego, rynek bilansujący
Transgranicznie	przepływy kotłowe	FBMC (PTDF strefowe), CGM	–	przesuwники Mikułowa i Krajnik, ograniczenia alokacyjne	ceny strefowe, FTR

Reguła jest prosta: **operacyjnie SOCP z cyklami, w audycie SDP strunowe i relaksacja QC, a nigdy model prądu stałego (DC-OPF) dla sieci niskiego i średniego napięcia**, gdzie wysoki stosunek R/X czyni go nieadekwatnym. Luka optymalności między modelem operacyjnym a audytowym jest jawnym wskaźnikiem jakości (KPI).

Drabina modeli: właściwa matematyka na właściwym poziomie napięcia



Rysunek 28. Drabina modeli: od LinDistFlow w sieci niskiego napięcia przez SOCP z ograniczeniami cykli i relaksację QC do SDP strunowego jako certyfikatu dla sieci 400/220 kV

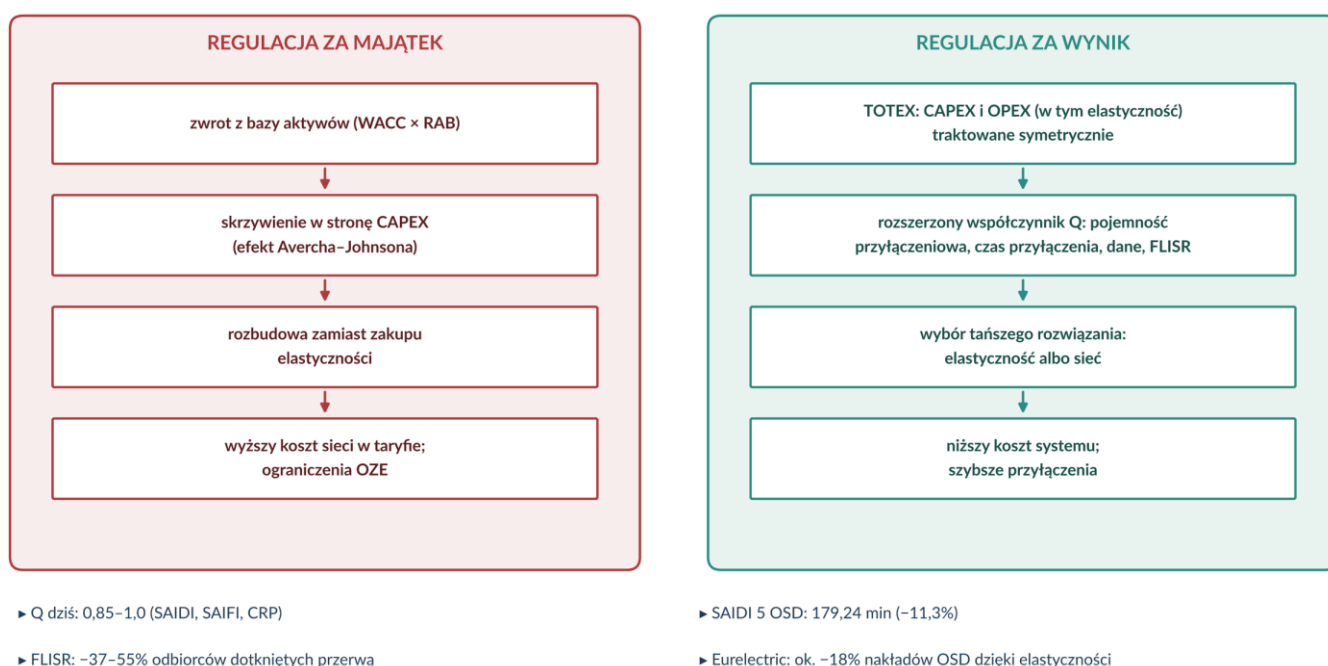
6.6. Płacić za wynik, nie za beton: regulacja bodźcowa

Monopolista sieciowy zarabia na tym, za co regulator mu płaci. Teoria regulacji bodźcowej (Laffont i Tirole) opisuje asymetrię informacji: regulator nie zna kosztów operatora, a operator wie, za co dostanie zwrot. Stigler dodał ryzyko przechwycenia regulatora przez regulowanych. Efekt Avercha–Johnsona pokazuje, że regulacja oparta na zwrocie z kapitału skrzywia decyzje w stronę inwestycji kapitałowych (*gold-plating*). Australia przeinwestowała sieci w pierwszej dekadzie XXI w.; odpowiedzią stały się **TOTEX** (symetryczne traktowanie nakładów inwestycyjnych i operacyjnych, a więc także zakupu elastyczności) i **regulacja oparta na wynikach** – brytyjski model RIIO (*Revenue = Incentives + Innovation + Outputs*), który zachęca operatorów do alternatyw dla rozbudowy sieci, w tym rynków elastyczności. Praktyka UE obejmuje pułapy przychodów z premią za efektywność (do 5%) i benchmarking DEA na bazie TOTEX.

Polska regulacja jakościowa mierzy ciągłość, a nie zdolność do transformacji. Od 2016 r. regulator stosuje współczynnik Q w przedziale 0,85–1,0, który na podstawie wskaźników SAIDI, SAIFI i wskaźnika CRP koryguje zwrot z kapitału OSD. SAIDI pięciu największych OSD spadł o 11,3% do 179,24 minuty na odbiorcę. Współczynnik Q mierzy jednak przede wszystkim ciągłość zasilania, a nie **pojemność przyłączeniową, wolumen zakupionej elastyczności ani publikację danych** – czyli dokładnie te dźwignie, przez które stary układ blokuje transformację.

Rozstrzygnięcie strategii. Regulacja OSD przechodzi na **TOTEX z rozszerzonym współczynnikiem Q**, który obejmuje: pojemność przyłączeniową na złotówkę nakładów, czas przyłączenia, wolumen elastyczności kupionej zamiast rozbudowy, udział węzłów z publikowaną obwiednią, terminowość danych dla CSIRE i wskaźniki FLISR. W programie DOE (USA) systemy automatycznej lokalizacji i izolacji zaków z przywracaniem zasilania (FLISR) ograniczyły liczbę odbiorców dotkniętych przerwą o ok. 55% przy awariach części ciągu i o ok. 37% przy awariach całego ciągu – to bezpośrednia dźwignia na SAIDI i SAIFI, a więc na współczynnik Q.

Płacić za wynik, nie za beton: regulacja operatorów sieci



Rysunek 29. Płacić za wynik, nie za beton: regulacja oparta na zwrocie z majątku (skrzywienie w stronę nakładów kapitałowych) wobec TOTEX z rozszerzonym współczynnikiem jakości (elastyczność, czas przyłączenia, dane, FLISR)

6.7. Nowe role i neutralność danych: warunek istnienia agregatora

Rynek zdecentralizowany potrzebuje nowych ról, a każda rola musi być neutralna wobec danych. Taksonomia ról obejmuje operatorów przesyłowych i dystrybucyjnych, operatorów rynków energii (NEMO), podmioty odpowiedzialne za bilansowanie (BRP), dostawców usług bilansujących (BSP), niezależnych agregatorów i operatora centrum danych (*data hub*). Projekt SmartNet opisał pięć schematów koordynacji TSO–DSO: scentralizowany rynek usług systemowych, lokalny rynek usług systemowych, współdzieloną odpowiedzialność bilansową, wspólny rynek TSO–DSO i zintegrowany rynek elastyczności. Celem każdego jest wykluczenie sytuacji, w której operator przesyłowy aktywuje agregatora i tym samym przeciąża transformator u operatora dystrybucyjnego.

Niezależny agregator. Prawo UE wymaga dopuszczenia agregatorów, także niezależnych od sprzedawcy, do wszystkich rynków. Kluczowy jest **model kompensacji** dla dostawcy i podmiotu odpowiedzialnego za bilansowanie, gdy agregator aktywuje elastyczność jego klienta (propozycje NordREG i Eurelectric). Przykład włoskiego rynku mocy bez udziału DSR pokazuje, jak łatwo zablokować ten kanał.

Polska. Przepisy art. 5ac–5ag Prawa energetycznego wchodzi w życie z dniem produkcyjnego uruchomienia CSIRE, a operatorem informacji rynku energii (OIRE) jest PSE. **Od neutralności OIRE i od modelu kompensacji dla niezależnego agregatora zależy, czy elastyczność obywateli trafi na rynek.** Polscy OSD są wydzieleni prawnie, ale działają w pionowo zintegrowanych grupach z wytwarzaniem i obrotem; teoria i praktyka wskazują ryzyko dyskryminacji przy przyłączeniach i w dostępie do danych. Spór o własność magazynów przez operatorów sieci to nowa linia frontu rozdziału działalności (unbundlingu).

Rynki dwustronne. Platformy elastyczności łączą dwie strony – prosumentów i agregatorów z operatorami i odbiorcami. Teoria rynków dwustronnych (Rochet i Tirole) uzasadnia asymetryczne opłaty: niski próg wejścia dla małych dostawców elastyczności i opłaty transakcyjne dla hurtu. Warunkiem jest neutralność operatora platformy.

Tabela 28. Państwo bez kartelu: instrumenty rozdziału ról i neutralności

Instrument	Cel	Właściciele
OIRE/CSIRE jako neutralne centrum danych + model kompensacji dla niezależnego agregatora	dane i dostęp do rynku dla elastyczności obywateli	PSE (OIRE), regulator, ustawodawca
TOTEX + regulacja za wynik dla OSD; rozszerzenie Q o pojemność przyłączeniową, czas przyłączenia i wolumen elastyczności	koniec skrzywienia w stronę nakładów kapitałowych	regulator
Kontrola rozdziału działalności w grupach pionowych (przyłączenia, dane, magazyny OSD)	koniec dyskryminacji i subsydiowania skrośnego	regulator, UOKiK
Architektura komórkowa: standard FLISR, celowa praca wyspowa, komórki = klastry, spółdzielnie, mikro sieci	samoregulacja i odporność	OSD, gminy, PSE
Przejrzystość renty położenia: ceny cienia, raport dochodu z zatorów, reguła lokalizacji AI DC i elektrolizerów, FTR dla ryzyka bazy	renta widoczna i inwestycyjnie użyteczna	PSE, regulator, minister energii
Kontrakty zgodne z fizyką: dwukierunkowe CfD odporne na ceny ujemne, PPA z gwarancjami kredytowymi, certyfikaty 24/7	ryzyko tam, gdzie można nim zarządzić	minister energii, regulator, TGE, BGK

6.8. Kontrakty zgodne z fizyką: CfD, PPA i magazyny jako infrastruktura

Reforma rynku UE (rozporządzenie 2024/1747) wymaga, by systemy bezpośredniego wsparcia cenowego dla nowych źródeł bezemisyjnych miały strukturę dwukierunkowych kontraktów różnicowych (CfD): gwarancję dochodu i górny limit. CfD obniża koszt kapitału, ale może zniekształcać dyspozycję przy cenach ujemnych, dlatego potrzebne są warianty finansowe i oparte na zdolności (*capability-based*).

Polska ustawa offshore (t.j. Dz.U. 2025 poz. 498) przyjęła CfD w formie prawa do pokrycia ujemnego salda. Umowy PPA dotyczą w 80% nowych aktywów; hybrydowe PPA z magazynem opłacają się tam, gdzie kanibalizacja obniża wartość energii. Kanibalizacja jest realna: współczynnik wartości PV spada nawet do 54% (Kalifornia), a dla inwestycji wiatrowej w Polsce przewidywany zysk spada z 33% do przedziału od 13% do -40% zależnie od tempa przyrostu mocy OZE.

Magazyn w złym węźle to spekulacja, w dobrym – linia przesyłowa. Łączenie usług (*revenue stacking*) podnosi przychód roczny magazynu o 129%, a magazyn uznany za aktywo sieciowe („wirtualna linia”, *grid booster*) jest alternatywą dla rozbudowy sieci. Strategia proponuje, aby plan rozwoju PSE i plany OSD obejmowały magazyny jako aktywa sieciowe w węzłach z ograniczeniami, a dyspozycja magazynów uwzględniała degradację.

6.9. Autobilansowanie cybernetyczne: tylko różnorodność pochłania różnorodność

Prawo niezbędnej różnorodności Ashby’ego – „tylko różnorodność może pochłoniąć różnorodność” – ma w energetyce bardzo konkretną treść. W sieci zdominowanej przez OZE regulator musi być **co najmniej tak szybki i tak zróżnicowany jak zakłócenia pogodowe**. Dyspozytor-człowiek tego nie zapewnia, a hierarchia autonomicznych pętli tak: 0–500 ms – bezwładność syntetyczna i grid-forming; 1–5 s – statyki i FLISR; sekundy–minuty – konsensus wieloagentowy, ADMM i rekonfiguracja.

Modele homeostazy energetycznej budynków i mikrosieci opisują samoregulację wokół 50 Hz i napięcia znamionowego jako cel, a nie dodatek. Architektura komórkowa, w której każda komórka zeruje swoje saldo, a w górę idzie tylko błąd, jest cybernetyczną postacią reguły salda i postulatu PC4.

6.10. Mapa luk rynku dla Polski

Tabela 29. Rynek jako regulator – mapa luk dla Polski

Warstwa rynku	Problem fizyczny	Sygnat	Luka w RP	Instrument
Terminowy, PPA, CfD	ryzyko ceny i profilu, koszt kapitału	cena długoterminowa	płytkie PPA; CfD głównie offshore i aukcje OZE	dwukierunkowy CfD dla nowych źródeł bezemisyjnych, gwarancje kredytowe dla PPA, certyfikaty 24/7
Dnia następnego i bieżący	merit order, kanibalizacja, 15 min	cena strefowa	strefa = miedziana płyta	lokalizacyjne sygnały wewnątrz strefy (opłaty, ceny cienia)
Bilansujący	odchylenia, rezerwy	cena niezbilansowania, aFRR/mFRR	reforma od 2024 r. w toku; ryzyko gry	integracja z PICASSO i MARI; monitoring gry na niezbilansowaniu
Redysponowanie	zatory wewnętrzne	redysponowanie rynkowe	ograniczenia OZE 1,4 TWh (2025)	redysponowanie rynkowe z ochroną przed grą inc-dec + magazyny jako aktywa sieciowe
Transgraniczny	przepływy kołowe, cel 70%	FBMC, FTR	obrona przesuwnika mi i ograniczenia mi alokacyjnymi	kompensacja przepływów kołowych; konfiguracja stref lub węzłów koordynowana z sąsiadami
Lokalny	DLMP, DOE	cena lokalna	brak	LFM, DOE, Kontrakt Zbieżności, asystent obywatela

WNIOSEK ROZDZIAŁU

Kartel w znaczeniu ekonomii politycznej nie znika od deklaracji ani od zmiany właściciela. Znika, gdy przestaje się opłacać: gdy regulacja płaci za wynik, a nie za beton; gdy dane i przyłącza są neutralne; gdy renta położenia jest jawna i trafia do tych, którzy rozwiązują zator; gdy obywatel ze swoim agentem może sprzedać elastyczność niezależnemu agregatorowi. Prawa Kirchhoffa nie kończą się na granicy strefy cenowej – i nie powinny kończyć się na granicy rachunku obywatela.

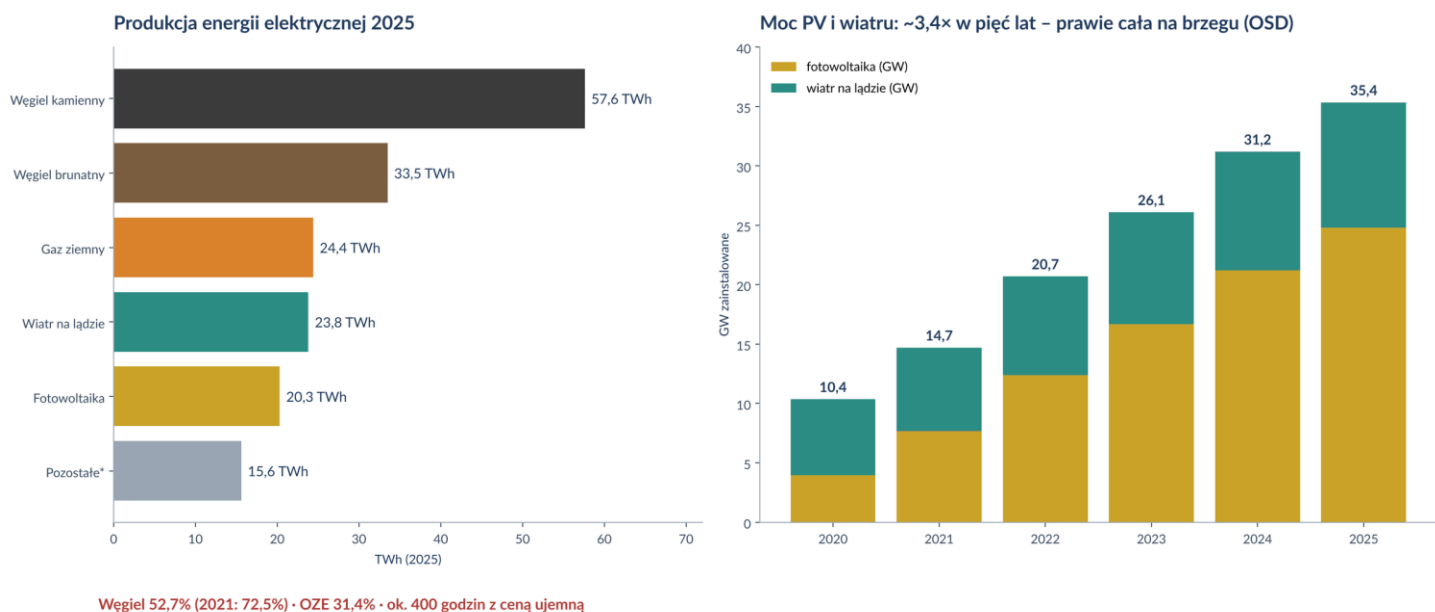
7. Diagnoza: energetyka centrum w świecie brzegu

7.1. Twarde wskaźniki

Diagnoza opiera się na danych za 2025 r. i na korpusie CY. Pokazuje system, który rośnie szybko w wymiarze mocy, a wolno w wymiarze sterowania.

Tabela 30. Wskaźniki wyjściowe cyberenergetyki Rzeczypospolitej

Obszar	Wskaźnik	Wartość	Źródło
Moc zainstalowana	ogółem; udział OZE	75,5 GW; 50,04% (pierwszy raz powyżej połowy)	ARE (koniec 2025)
Fotowoltaika	moc zainstalowana	24,8 GW (2020: 3,96 GW)	ARE
Wiatr na lądzie	moc zainstalowana	10,55 GW (2020: 6,4 GW)	ARE
Produkcja 2025	węgiel kamienny / brunatny / gaz / wiatr / PV	57,6 / 33,5 / 24,4 / 23,8 / 20,3 TWh	Forum Energii
Udziały 2025	węgiel; OZE	52,7% (2021: 72,5%); 31,4%	Forum Energii, MKiŚ
Ograniczenia OZE	nierynkowe redysponowanie wiatru i PV	0,1 → 0,7 → 1,4 TWh (2023–2025); 97,8% z przyczyn bilansowych	Forum Energii
Ceny ujemne	godziny w roku na rynku dnia następnego	ok. 400 (2025), ok. dwa razy więcej niż w 2024 r.; minimum –528 zł/MWh	Forum Energii
Prosumenci	liczba	ponad 1,3 mln (koniec 2023)	korpus CY (C21)
Magazyny	przyrost 2025; magazyny prosumenckie	0,4 GW; ok. 0,6 GW (ok. 1/5 całości)	Forum Energii
Obserwowalność	liczniki zdalnego odczytu u odbiorców końcowych	17,4% (2021, 5 dużych OSD); cel 80% do 31.12.2028	URE; art. 11t Pe
Dane rynku	CSIRE	start planowany 1.07.2025; harmonogram zmieniany	URE–OIRE–OSD (9.05.2025)
Sieci	nakłady	PSE 64–66 mld zł; OSD 129,5 mld zł (scenariusz konieczny); 5 OSD: 12,5 mld zł w 2024 r.	PSE, PTPiREE
Bezpieczeństwo	incydent 29.12.2025	≥ 30 farm wiatrowych i PV, EC (~0,5 mln odbiorców ciepła), firma produkcyjna	CERT Polska
Ciepło	sieci; magazyny i P2H (cele 2040)	ok. 23 tys. km; do 576 GWh i 5,5 GWt	KPEiK, Forum Energii
Biogaz	biogazownie rolnicze	162 (2023), ok. 139,5 MWe (2022)	KOWR, korpus CY
Elastyczność odbiorów	DSR w rynku mocy	1,89 GW jednostek redukcji certyfikowanych; 612–756 MW w pierwszych aukcjach (2,7–7,1% wolumenu)	ustawa o rynku mocy, Forum Energii
Ceny dynamiczne	obowiązek oferty	sprzedawcy ≥ 200 tys. odbiorców, tylko dla odbiorców z LZO	Prawo energetyczne art. 5 ust. 4f–4g
Jakość sieci	SAIDI pięciu największych OSD	179,24 min na odbiorcę (–11,3%)	URE (2025)
Redysponowanie w UE	wolumen i koszt	50 TWh; 4,3 mld EUR (2023)	ACER
Compute	gigafabryka AI (zamówienie UE)	≥ 25 tys. → ≥ 75 tys. akceleratorów, uruchomienie 2028 (plan)	MC, EuroHPC



Rysunek 30. Produkcja energii elektrycznej w 2025 r. według źródeł oraz wzrost mocy PV i wiatru 2020–2025

7.2. Brzeg bez wzroku

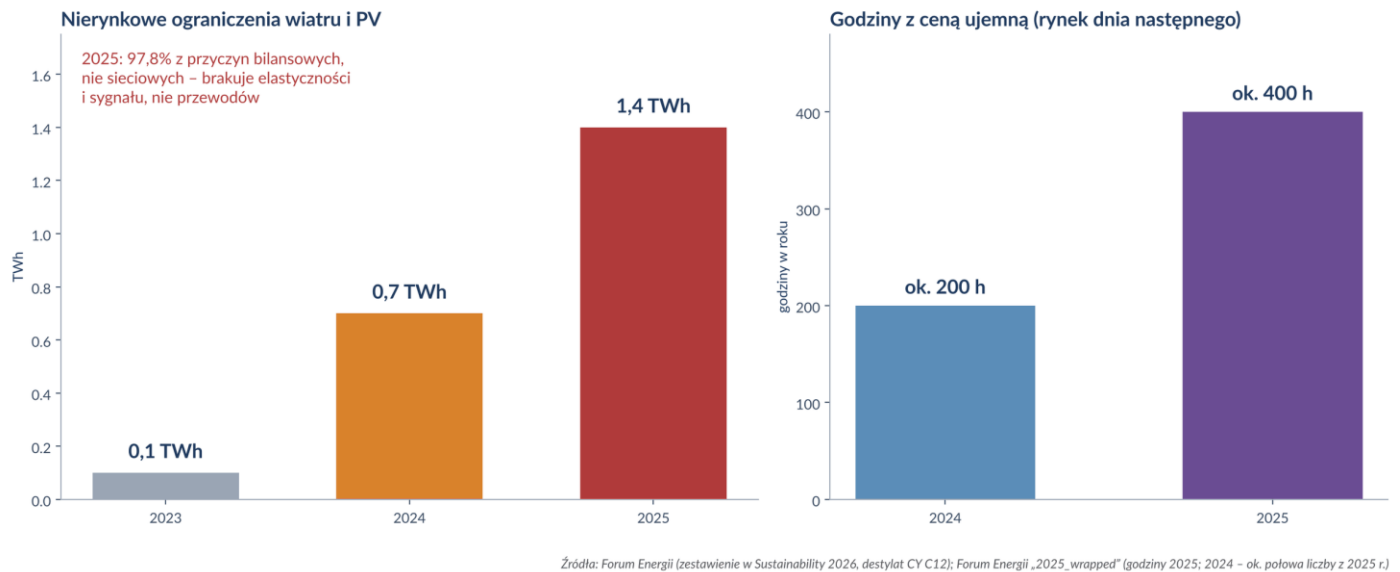
Ponad 90% nowych źródeł PV i wiatrowych przyłącza się do sieci dystrybucyjnych (Forum Energii, „Elastyczność sieci elektroenergetycznych”). Tam też znajduje się większość odbiorów elastycznych: pompy ciepła, ładowarki, magazyny prosumenckie, chłodnie, procesy przemysłowe. Jednocześnie obserwowalność sieci SN i nn jest najłabsza w całym systemie.

W 2021 r. liczniki zdalnego odczytu miało 17,4% odbiorców końcowych w pięciu dużych OSD. Ustawowy cel to 80% punktów poboru do 31 grudnia 2028 r. (art. 11t ust. 1 Prawa energetycznego). CSIRE, który ma być punktem prawdy dla danych 15-minutowych, miał ruszyć 1 lipca 2025 r., a jego harmonogram był w latach 2024–2025 kilkakrotnie korygowany.

Konsekwencja jest systemowa, a nie techniczna. Destylat Patologii nazywa ten stan „**ciemną siecią**”: brak publicznych map mocy przyłączeniowych, brak profili na oślonach kontrolnych niskiego i średniego napięcia, brak telemetrii brzegu w czasie zbliżonym do rzeczywistego.

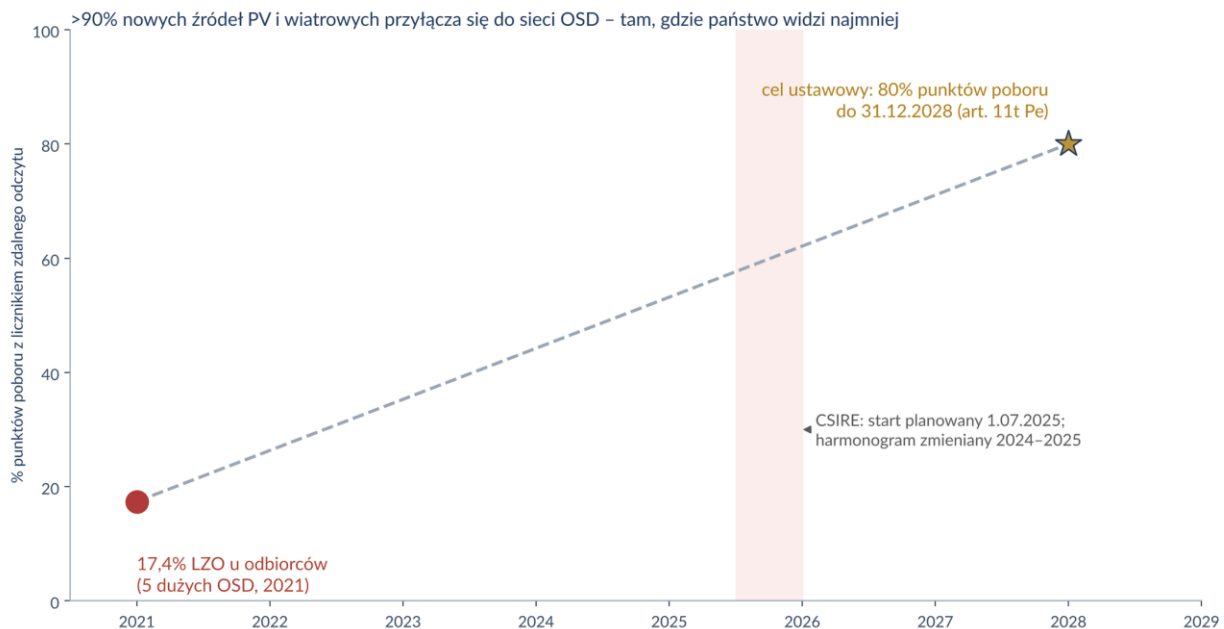
Doktryna Energetyczna TechnoSanacji (wskazuje patologię informacyjną jako **dźwignię główną** starego układu: zamknięcie danych nie jest zaniedbaniem administracyjnym, lecz instrumentem władzy rynkowej. Cyberenergetyka dodaje do tej diagnozy wymiar bezpieczeństwa: państwo, które nie widzi brzegu, nie wie także, czy brzeg nie jest już sterowany przez kogoś innego.

Brak sterowalności brzegu kosztuje: ograniczenia OZE ×14 w dwa lata, ceny ujemne ×2 w rok



Rysunek 31. Brak sterowalności brzegu kosztuje: nierynkowe ograniczenia OZE 2023–2025 i liczba godzin z ceną ujemną

Widzialność brzegu: wyścig z czasem



Rysunek 32. Widzialność brzegu: liczniki zdalnego odczytu 2021 i cel 2028, opóźnienia CSIRE

7.3. Elastyczność, której nie ma kto zadysponować

Dane 2025 r. zawierają paradoks. System ma nadmiar energii w południe (ceny ujemne przez ok. 400 godzin, średnie ceny południowe bliskie zeru, rekordowe minimum -528 zł/MWh), a jednocześnie wieczorem polega na blokach węglowych i gazowych. Elastyczność, która mogłaby przenieść energię z południa na wieczór, istnieje fizycznie – w 23 tys. km sieci ciepłowniczych, w pompach ciepła, w magazynach prosumenckich, w biogazowniach, w procesach przemysłowych i w ładowaniu pojazdów – ale nie ma sygnału (lokalnej ceny lub limitu), danych (15-minutowych profili) ani kanału (polecenia z określonym czasem reakcji), które pozwoliłyby ją wywołać. Dlatego 97,8% ograniczeń OZE w 2025 r. miało przyczyny bilansowe, a nie sieciowe: problemem nie były przewody, lecz brak sterowania.

Korpus CY mierzy zasoby, które czekają na zadysponowanie:

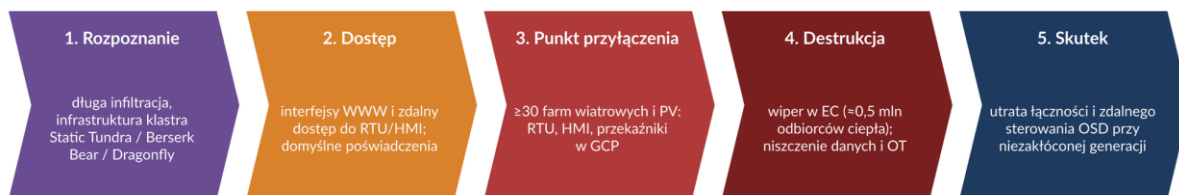
- **DLR** (dynamiczna obciążalność linii) daje 10–30% dodatkowej przepustowości, a DLR z regulacją napięcia zwiększa hosting capacity PV o 40–60%;
- **dynamiczna ocena hosting capacity** pozwala wprowadzić 62–76% więcej energii niż ocena statyczna;
- **ciepło**: KPEiK zakłada do 2040 r. do 5,5 GWt w urządzeniach power-to-heat, 576 GWh magazynów ciepła i 10 PJ ciepła odpadowego;
- **biogaz na żądanie**: 162 biogazownie rolnicze (koniec 2023 r.) to mniej niż 1,5% potencjału, a prace polskie (m.in. analiza pracy biogazowni przy ujemnych cenach energii) pokazują, że biogazownia może być szczytówką OZE;
- **V2G i smart charging**: ok. 600 GW potencjału elastyczności w Chinach, UE, USA i Indiach do 2030 r., ale mniej niż 10% badań dotyczy regulacji i zachęt;
- **elektrolizery** jako odbiór sterowalny w sekundach, zdolny do świadczenia FCR i aFRR.

7.4. Brzeg bez tarczy: anatomia ataku z 29 grudnia 2025 r.

Raport CERT Polska o incydencie w sektorze energii (opublikowany 2 lutego 2026 r.) opisuje skoordynowany, czysto destrukcyjny atak. Objął on co najmniej 30 farm wiatrowych i fotowoltaicznych, elektrociepłownię dostarczającą ciepło niemal pół miliona odbiorców oraz prywatną firmę produkcyjną.

Na farmach atak uderzył w punkty przyłączenia: sterowniki RTU z domyślnymi poświadczeniami, interfejsy HMI i przekaźniki. Skutkiem była utrata łączności i zdalnego sterowania z OSD przy niezakłóconej generacji. W elektrociepłowni zadziałało złośliwe oprogramowanie niszczące dane (wiper), poprzedzone długą infiltracją. Infrastruktura ataku pokrywa się z klastrami opisywanymi jako Static Tundra, Berserk Bear, Ghost Blizzard i Dragonfly. Rząd ocenił, że zagrożenie zostało skutecznie powstrzymane, a dostawy energii i stabilność systemu nie zostały naruszone.

Anatomia ataku z 29 grudnia 2025 r.: uderzenie w brzeg, a nie w centrum



- ▶ Prawo było kompletne (KSC, NIS2, CER) – zawiodła higiena OT na brzegu
- ▶ Państwo nie miało pomiaru stanu bezpieczeństwa tysięcy GCP
- ▶ Stabilność KSE niezagrożona tylko dlatego, że atak nie dotknął sterowania mocą w skali systemu

Źródło: CERT Polska, raport o incydencie w sektorze energii (29.12.2025) i komunikat MEN z 2.02.2026; destylat CY (C05)

Rysunek 33. Anatomia ataku z 29 grudnia 2025 r.: od rozpoznania przez dostęp i punkt przyłączenia do destrukcji; skutek – utrata zdalnego sterowania przy niezakłóconej generacji

Wnioski z incydentu są trzy. **Po pierwsze, atak trafił tam, gdzie państwo ma najłabszy wzrok** – w brzeg. **Po drugie, nie wykorzystał luk prawa, lecz braku higieny**: rama prawna (KSC z nowelizacją z 2026 r., NIS2, CER, NCCS) była kompletna, ale państwo nie miało pomiaru stanu bezpieczeństwa tysięcy punktów przyłączenia ani ludzi OT po stronie mniejszych wytwórców. **Po trzecie, stabilność została zachowana, bo atak nie objął sterowania mocą w skali systemu**. To nie jest gwarancja na przyszłość. Ukraina pokazała w 2015 r., że atak na 30 stacji pozbawił prądu ok. 225 tys. odbiorców, a wojna po 2022 r. łączy ataki cybernetyczne, drony i rakiety w jedną kampanię przeciw energetyce.

7.5. Stabilność jako oprogramowanie: lekcja iberyjska

Blackout z 28 kwietnia 2025 r. objął całą Hiszpanię i Portugalię. Panel ekspertów ENTSO-E określił go jako najpoważniejsze zdarzenie w europejskim systemie od ponad dwóch dekad. Według raportu końcowego przyczyną był ciąg oscylacji i wahań napięcia, rozległe wyłączenia generacji (zwłaszcza źródeł falownikowych), kaskada wyłączeń nadnapięciowych i utrata synchronizmu z obszarem Europy kontynentalnej. Plany obrony zadziałały prawidłowo, ale kaskada doprowadziła do upadku obu systemów w ciągu kilkudziesięciu sekund. Odbudowa trwała 12 godzin w Portugalii i 16 godzin w Hiszpanii. Rekomendacje panelu dotyczą lepszego monitoringu zachowania systemu, ściślejszej koordynacji i wymiany danych oraz dostosowania ram regulacyjnych do zmieniającego się systemu.

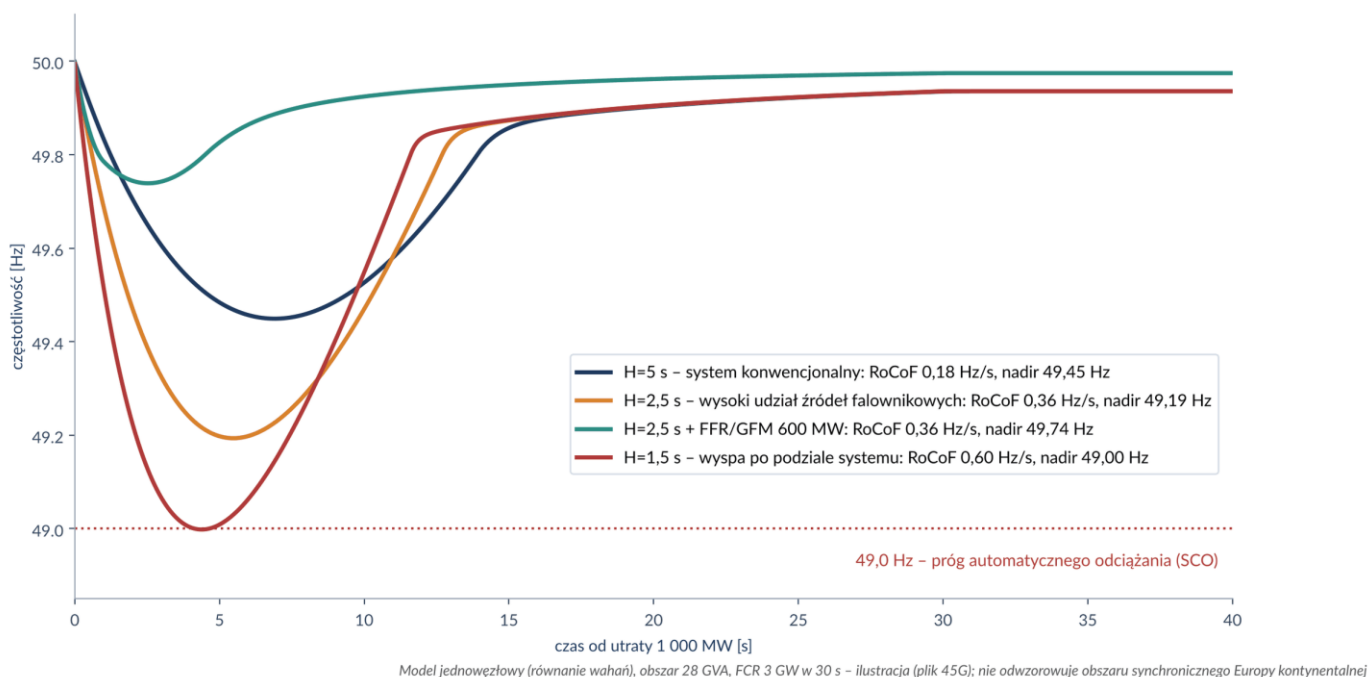
Lekcja dla Polski jest bezpośrednia. Przy wysokim udziale źródeł falownikowych **regulacja napięcia i częstotliwości zależy od nastaw i algorytmów falowników** (grid-following lub grid-forming), a nie od mas wirujących. Inercja spada strukturalnie: prognozy dla Wielkiej Brytanii mówiły o spadku o ok. 70% do połowy lat 30., a zabezpieczenia części jednostek są wrażliwe na RoCoF rzędu 1,5–2 Hz/s.

Odpowiedzią jest grid-forming, inercja syntetyczna i szybka rezerwa częstotliwości (FFR). Skoro stabilność to oprogramowanie, **atak na oprogramowanie jest atakiem na stabilność**: na nastawy, na aktualizacje falowników i na dane, na których działa estymator stanu.

Symulacja własna (plik 45G) ilustruje mechanizm. W modelu jednowęzłowym obszaru o mocy synchronicznej 28 GVA utrata 1 000 MW przy stałej inercji $H = 5$ s daje RoCoF ok. 0,18 Hz/s i minimum częstotliwości ok. 49,45 Hz. Przy $H = 2,5$ s (wysoki udział IBR) RoCoF się podwaja, a minimum spada do ok. 49,19 Hz. Przy $H = 1,5$ s (obszar wydzielony po podziale systemu) częstotliwość dochodzi do progu 49,0 Hz, przy którym uruchamia się automatyczne odciążanie odbiorców.

Dodanie 600 MW szybkiej rezerwy z falowników grid-forming lub magazynów podnosi minimum do ok. 49,74 Hz przy niskiej inercji. Wynik nie odwzorowuje obszaru synchronicznego Europy kontynentalnej, w którym Polska pracuje, ale pokazuje zależność, która staje się krytyczna przy podziale systemu, w pracy wyspowej i przy ataku na falowniki.

Stabilność to dziś oprogramowanie: mniej inercji – szybszy spadek, ratunkiem algorytmy (FFR/GFM)



Rysunek 34. Stabilność to dziś oprogramowanie: przebieg częstotliwości po utracie 1 000 MW przy różnej inercji i z szybką rezerwą FFR/GFM (model ilustracyjny)

7.6. Sieć: pieniądze są, warunku cyfrowego brak

Skala inwestycji sieciowych nie jest problemem. W UE potrzeby oszacowano na ok. 584 mld EUR w latach 2020–2030 (Plan działania w sprawie sieci). PSE planuje 64–66 mld zł (ok. 4 850 km nowych linii 400 kV, ok. 720 km HVDC północ–południe, przyłączenie ponad 64 GW OZE na lądzie). Scenariusz „inwestycji koniecznych” OSD to 129,5 mld zł, a pięć największych OSD wydało w 2024 r. 12,5 mld zł. Problemem jest to, że nakłady sieciowe nie są uzależnione od warunku cyfrowego: od obserwowalności, DERMS, cyberbezpieczeństwa i DLR.

Według Eurelectric OSD w UE potrzebują 67 mld EUR rocznie przy strategii „betonowej” i 55 mld EUR rocznie przy wykorzystaniu cyfryzacji i elastyczności. Różnica – ok. 12 mld EUR rocznie, czyli ok. 18% – to wartość sterowalności wyrażona w kablach, których nie trzeba kłaść.

Regulacja kosztowa (zwrot z bazy aktywów) zachęca do odwrotnego wyboru. Destylat Patologii opisuje to jako efekt Averch–Johnson i gold-plating: operator zarabia na majątku, więc preferuje rozbudowę nad optymalizacją. To rezydium R3 (taryfowe). Bez jego przełamania warunek cyfrowy pozostanie postulatem.

7.7. Przemysł i nowy popyt: AI, roboty, biotechnologia

Doktryna Energetyczna przyjmuje skalę planistyczną rzędu 2 000 TWh energii elektrycznej rocznie dla zelektryfikowanej gospodarki z AI, robotyką, obroną i nowymi technologiami. Nawet jeśli ta skala zostanie osiągnięta później niż w horyzoncie strategii, kierunek jest pewny: popyt rośnie i zmienia charakter.

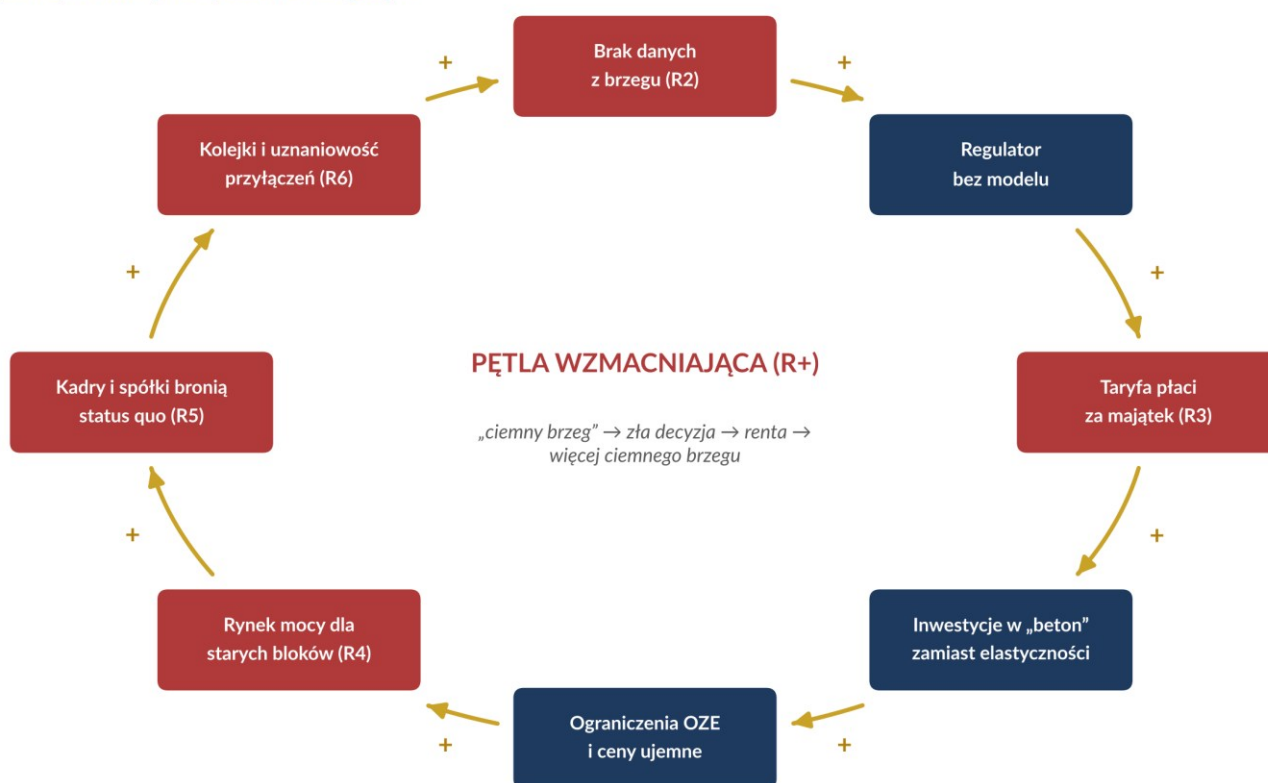
- **AI i compute.** IEA szacuje, że zużycie centrów danych na świecie podwoi się do ok. 945 TWh w 2030 r. Polska przystąpiła w lipcu 2026 r. do wspólnego zamówienia UE na gigafabryki AI, deklarując udział w projekcie średniej skali (co najmniej 25 tys. akceleratorów, docelowo 75 tys.; uruchomienie planowane na 2028 r.; inwestycja powyżej 10 mld zł). Obciążenie centrum danych jest jednocześnie największym nowym ryzykiem dla sieci regionalnej (koncentracja, oscylacje obciążenia przy treningu modeli) i potencjalnie największym zasobem elastyczności (przesuwanie zadań w czasie i przestrzeni, magazyny i generacja rezerwowa na miejscu, odzysk ciepła).
- **Roboty i systemy autonomiczne.** Na świecie pracuje ponad 4 mln robotów przemysłowych (IFR). Robotyzacja zwiększa i uelastycznia popyt fabryk, a w energetyce sama staje się narzędziem sterowania: drony i roboty inspekcyjne sieci, farm wiatrowych i stacji (korpus CY, C04: 356 dokumentów; zastąpienie inspekcji linowej dronami może obniżyć jej koszt o ok. 70%), konserwacja predykcyjna (–25–30% kosztów utrzymania). Jednocześnie drony są bronią przeciw infrastrukturze, co wymusza ochronę przeciwdronową (C-UAS) obiektów energetycznych.
- **Biotechnologia.** Bioproceny są energochłonne, ale część z nich może pracować elastycznie. Biogazownie i biometanownie mogą przesuwać produkcję energii, biorafinerie łączą biomasę z wodorem (Bio-H₂-OZE → e-metanol), a rolnictwo staje się prosumentem i dostawcą elastyczności, a nie tylko gruntu (agrowoltaika z łączną produktywnością ziemi LER 1,2–1,6).

Wniosek diagnostyczny: **nowy popyt przyjdzie niezależnie od strategii. Od reguł przyłączenia zależy, czy będzie destabilizatorem, czy regulatorem.**

7.8. Sześć rezyduów i pętla, która je reprodukuje

Rezydua opisane w rozdziale 3.5 nie działają osobno. Tworzą pętlę wzmacniającą: brak danych z brzegu (R2) pozbawia regulatora modelu; regulator bez modelu akceptuje taryfę płacącą za majątek (R3); taryfa promuje inwestycje w „beton” zamiast elastyczności; brak elastyczności generuje ograniczenia OZE i ceny ujemne; te uzasadniają utrzymanie rynku mocy dla starych bloków (R4); renty zasilają kadry i spółki broniące status quo (R5), które utrzymują uznaniowość przyłączy (R6), a ta z kolei utrwala brak danych. Pętla jest stabilna, bo każdy jej element jest dla kogoś źródłem dochodu.

Pętla reprodukcji rezyduów energetyki



Przerwanie pętli: Open Energy Data i Kodeks Brzegu 3S (CY1–CY2) w dwóch najbliższych ogniwach – danych i przyłączeniu

Rysunek 35. Pętla reprodukcji rezyduów energetyki: „ciemny brzeg” → zła decyzja → renta → więcej ciemnego brzegu; punkty przerwania pętli

Pętlę przerywa się w ogniwach o najniższym koszcie politycznym i najwyższej dźwigni. Są to dwa ogniwa: **dane** (Open Energy Data, CSIRE, telemetria brzegu – CY1 i CY3) oraz **przyłączenie** (Kodeks Brzegu 3S – CY2). Oba nie wymagają odebrania nikomu majątku. Wymagają tylko, by każdy nowy zasób był widoczny i sterowalny. W miarę jak rośnie udział zasobów zgodnych z 3S, renta informacyjna i renta mocy tracą uzasadnienie.

7.9. Karta wyników

Karta wyników cyberenergetyki Rzeczypospolitej (stan na październik 2026 r.)

Rozproszenie	PV 24,8 GW; wiatr 10,6 GW; >1,3 mln prosumentów	dynamika ↑ / sterowalność ↓
Ograniczenia OZE	0,1 → 0,7 → 1,4 TWh (2023–25)	krytyczne
Obserwowalność	LZO 17,4% (2021) → cel 80% (2028)	wyścig z czasem
Dane rynku (CSIRE)	start planowany 1.07.2025, harmonogram zmieniany	ścieżka krytyczna
Sieci	PSE 64–66 mld zł; OSD 129,5 mld zł (scen. konieczny)	pieniądze są, brak warunku cyfrowego
Bezpieczeństwo brzegu	29.12.2025: ≥30 farm + EC (~0,5 mln odb.)	krytyczne
Rama prawna cyber/AI	KSC 2026, ustawa o SI 2026, Strategia 2026	prawo ✓ / wykonanie X
Ciepło	~23 tys. km sieci; magazyny ≤576 GWh; P2H ≤5,5 GWt	duży, niewykorzystany bufor
Biogaz	162 biogazownie rolnicze (2023)	<1,5% potencjału
Stabilność	brak publicznego monitoringu inercji online	ryzyko „Iberyjskie” rośnię

Źródła: destylat CY (sekcja 8), Forum Energii, ARE, CERT Polska; ocena autora

Rysunek 36. Karta wyników cyberenergetyki Rzeczypospolitej: dziesięć obszarów i ocena stanu (październik 2026 r.)

7.10. Obywatel bez steru: gdzie dziś jest władza nad energią

Diagnoza techniczna – ślepy, niesterowalny i bezbronny brzeg – ma swoją postać ustrojową. Władza nad energią w Polsce nie jest dziś tam, gdzie stoją urządzenia, lecz tam, gdzie znajdują się przyłącza, dane, taryfy, kadry i regulacje. Te pięć dźwigni (rozdz. 2.6) kontroluje kilka pionowo zintegrowanych grup energetycznych, których właścicielem jest państwo, a które jednocześnie wytwarzają energię, prowadzą sieci dystrybucyjne i sprzedają ją odbiorcom. OSD są wydzieleni prawnie, ale działają w tych grupach. Regulator rozlicza ich ze zwrotu z majątku i z ciągłości zasilania, a nie z pojemności przyłączeniowej, elastyczności i danych.

Obywatel w tym układzie ma trzy role: płaci rachunek, czeka na przyłączenie i – jeśli jest prosumentem – oddaje energię na warunkach, na które nie ma wpływu. Nie widzi ceny w swoim węźle, nie ma prawa do sterowania przez wybranego agenta, nie otrzymuje zapłaty za elastyczność, a gdy system ma nadmiar energii, bywa ograniczany. Ponad 1,3 mln prosumentów to największy w Polsce zasób kapitału społecznego energetyki – i jednocześnie najbardziej niewykorzystany.

Obowiązek oferty ceny dynamicznej obejmuje tylko odbiorców z licznikiem zdalnego odczytu, a ich odsetek był w 2021 r. niski (17,4%). Elastyczność odbiorów istnieje w prawie głównie jako produkt mocy rynku mocy, a nie jako usługa, którą obywatel mógłby sprzedać przez swojego asystenta.

7.11. Diagnoza w jednym zdaniu

DIAGNOZA

Rzeczpospolita zbudowała na brzegu sieci ponad 35 GW mocy i ponad milion punktów wytwarzania – w dużej mierze rękami i pieniędzmi obywateli – ale nie dała im ani prawa, ani narzędzia, by tą energią sterować, i sama nie zbudowała wzroku, ręki i tarczy, które pozwoliłyby brzegiem zarządzać; dlatego system wyrzuca energię w południe, kupuje ją wieczorem, płaci za miedzianą płytę redysponowaniem, a w grudniu 2025 r. dowiedział się o stanie bezpieczeństwa swoich farm od przeciwnika.

8. Analizy strategiczne

8.1. Logika analiz

Analizy prowadzono w kolejności od ogólnej do szczegółowej: SWOT i TOWS porządkują czynniki wewnętrzne i zewnętrzne; PESTEL+M i analiza geopolityczna opisują otoczenie; analiza zasobowa (VRIO), kulturowa i technologiczna – potencjał; model zagrożeń, analiza instytucjonalno-prawna i analiza interesariuszy – bariery i sojuszników; analiza scenariuszowa – możliwe przyszłości. W wersji 2.0 analizy uwzględniają wyniki destylatów CS, CD i CK: brak architektury i semantyki, gotowość do co-dispatchu, miedzianą płytę i regulację opartą na majątku oraz rolę obywatela. Synteza (rozdz. 8.13) przekłada wyniki na wnioski dla rozważania głównego. Pełne tabele analiz są dostępne w pliku 45D.

8.2. Analiza SWOT

Rysunek 37 przedstawia macierzową analizę SWOT dla polskiej cyberenergetyki, podzieloną na cztery klasyczne kategorie: mocne strony, słabe strony, szanse i zagrożenia. Wśród mocnych stron (S) ujęto między innymi dynamiczny przyrost mocy fotowoltaiki i wiatru do 35 GW, kapitał społeczny w postaci ponad 1,3 miliona prosumentów oraz silny sektor IT i kadr inżynierskich. Słabe strony (W) systemu obejmują zjawisko „ciemnego brzegu” (brak odpowiedniej telemetrii), deficyty w higienie systemów sterowania przemysłowego (OT) oraz przestarzałe regulacje taryfowe, które nagradzają majątek zamiast sterowalności.

W kwadracie szans (O) zidentyfikowano korzyści płynące z nowych regulacji europejskich (EMD, Data Act), fundusze unijne na sieci, rozwój centrów danych sztucznej inteligencji jako sterowalnego odbioru oraz potencjał eksportu polskiego know-how w regionie. Z kolei jako kluczowe zagrożenia (T) wskazano państwowe ataki cybernetyczne na infrastrukturę brzegową, ryzyko wykorzystania sterowalnego popytu jako broni, groźbę kaskadowego blackoutu oraz dominację zagranicznych platform w zarządzaniu urządzeniami użytkowników.



Rysunek 37. Analiza SWOT cyberenergetyki Rzeczypospolitej

Tabela 31. Analiza SWOT – ujęcie szczegółowe

Kategoria	Czynnik	Znaczenie dla strategii
S1	Dynamika PV i wiatru (ok. 35 GW), ponad 50% mocy w OZE	wolumen taniej energii jest; brakuje jej sterowania
S2	Ponad 1,3 mln prosumentów, klastry, spółdzielnie	kapitał społeczny brzegu; potencjał DSR i magazynów
S3	Kompletna rama prawna cyber i AI (KSC 2026, ustawa o SI, Strategia Cyberbezpieczeństwa 2026, krajowy system certyfikacji)	narzędzia prawne gotowe do użycia w Kodeksie Brzegu
S4	Silny sektor IT, automatyki i kadry inżynierskie; CERT Polska z doświadczeniem incydentu	baza dla suwerennego stosu sterowania i SOC
S5	Ok. 23 tys. km sieci ciepłowniczych	największy niewykorzystany magazyn sterowalności

Kategoria	Czynnik	Znaczenie dla strategii
S6	Rolnictwo i biomasa, kawerny solne, Bałtyk, przemysł chemiczny	sprzężenie sektorów i magazyny sezonowe
S7	Doświadczenie obrony infrastruktury i lekcje z Ukrainy	przewaga w odporności i eksport usług
S8	Prawo zna agregatora, odbiorcę aktywnego, odpowiedź odbioru i cenę dynamiczną; CGMES w PSE, CSIRE, KRI	załączki architektury, semantyki i co-dispatchu bez nowej ustawy ramowej
W1	Ciemny brzeg: LZO, CSIRE, telemetria GCP	brak obserwowalności = brak sterowania
W2	Brak DERMS u OSD i rynku lokalnej elastyczności	ograniczenia OZE zamiast zadysponowania
W3	Higiena OT na GCP (incydent 29.12.2025)	brzeg jako najstabsze ogniwo
W4	Taryfa płaćca za majątek	rezyduum R3; premia za beton
W5	Brak publicznego monitoringu inercji i wymogu GFM	rosnące ryzyko kaskady
W6	Deficyt kadr OT, nomenklatura w SSP	brak właścicieli bezpieczeństwa na brzegu
W7	Import kanału sterowania (chmury producentów, firmware)	ryzyko wspólnego trybu poza kontrolą państwa
W8	Brak architektury referencyjnej, profilu semantycznego, rejestru agentów i polityki kryteriów zależnej od stanu	agenci nie mają wspólnego języka ani granic autonomii
W9	Regulacja OSD oparta na majątku; współczynnik Q bez elastyczności i pojemności przyłączeniowej; grupy zintegrowane pionowo	kartel w znaczeniu ekonomii politycznej; obywatel bez steru i bez zapłaty za elastyczność
O1	Reforma rynku UE (EMD 2024): ocena potrzeb elastyczności	podstawa prawna rynku sterowalności
O2	Data Act i 2023/1162: dostęp do danych z urzędzeń	otwarcie enklaw danych bez nowej ustawy
O3	Środki UE na sieci, logika „Grids for Speed”	warunek cyfrowy w finansowaniu
O4	AI DC i gigafabryka AI	odbiór sterowalny i kotwica popytu na usługi systemowe
O5	Offshore i HVDC	zasoby regulacyjne i inercja syntetyczna
O6	Przemysł obronny i dual-use (drony, C-UAS, cyber)	wspólne zdolności ochrony IK
O7	Odbudowa energetyki Ukrainy, rynek CEE	eksport usług sterowania i odporności
O8	Akt o interoperacyjnej Europie (2024/903), DGA (2022/868), europejskie przestrzenie danych energetycznych	ramy dla krajowego profilu semantycznego i węzła przestrzeni danych
O9	Agentowa AI i asystenci językowi dla domów (2025–2026), dojrzała matematyka co-dispatchu	asystent obywatela jako produkt masowy; KZ-RP jako standard
O10	Przegląd stref cenowych UE, dowody z cen węzłowych (GB, DE), TOTEX i RIIO	„węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz”; regulacja za wynik
T1	Ataki państwowe na brzeg i łańcuch dostaw	destrukcja zamiast okupu
T2	Popyt jako broń (botnety urządzeń dużej mocy)	rośnie z elektryfikacją
T3	Blackout kaskadowy przy niskiej inercji	lekcja iberyjska

Kategoria	Czynnik	Znaczenie dla strategii
T4	Sabotaż kabli i stacji, drony, rakiety	wojna systemowa
T5	Przechwycenie danych i kanału poleceń	utrata suwerenności sterowania
T6	Hyperskalerzy jako enklawy poza nadzorem	państwo traci model i rentę informacji
T7	Opóźnienie reform	rosnące ograniczenia, ceny ujemne i koszt systemowy
T8	Przejęcie asystentów i agentów (zatrucie modeli, wstrzyknięcia poleceń, przejęcie floty)	popyt jako broń w nowej postaci; utrata zaufania obywateli
T9	Monopol platformowy asystentów lub odtworzenie kartelu w cyfrowej szacie; gra na redysponowaniu (inc-dec)	obywatel znów bez steru; koszt systemu rośnie

8.3. Macierz TOWS: strategie

Tabela 32. Macierz TOWS – cztery typy strategii

Typ	Strategia	Programy
SO (wykorzystać szanse mocnymi stronami)	Prosumenci, ciepłownie i przemysł jako rynek elastyczności z dostępem do danych na podstawie Data Act; AI DC jako kotwica popytu na usługi systemowe	CY5, CY7, CY9
ST (mocnymi stronami ograniczyć zagrożenia)	Kompletną ramę prawną i kompetencje CERT/IT zamienić w Kodeks Brzegu i sektorowy SOC; doświadczenie obronne – w ochronę IK i C-UAS	CY2, CY10, CY12
WO (szansami usunąć słabości)	Warunek cyfrowy w środkach UE i capex OSD; ocena potrzeb elastyczności z EMD jako podstawa DERMS i LFM; offshore i HVDC jako źródła inercji syntetycznej	CY3, CY4, CY6
WT (zminimalizować słabości i zagrożenia)	Inwentaryzacja i higiena GCP w 12 miesięcy; procedura dostawcy wysokiego ryzyka dla kanałów sterowania; mikrosieci wyspowe dla IK; bramki agentów i ograniczenia szybkości zmian poboru dla asystentów	CY1, CY2, CY11, CY12, CY13
SO 2.0 (obywatel)	Prawa w Kodeksie i ustawie (S8) plus agentowa AI (O9) = Asystent Energetyczny Obywatela i Karta Praw Energetycznych; prosumenci jako dostawcy elastyczności	CY13, U14
WO 2.0 (system)	Brak architektury i semantyki (W8) usunąć przez ramy UE (O8): SGAM-RP+, profil semantyczny, krajowy węzeł przestrzeni danych; regulację majątkową (W9) zastąpić TOTEX i rozszerzonym Q (O10)	CY14, CY15

8.4. Analiza PESTEL+M

Tabela 33. Analiza PESTEL+M

Wymiar	Czynniki	Wpływ na strategię
Polityczny	spór o tempo odchodzenia od węgla; centralizacja vs samorządność; presja bezpieczeństwa po 2022 r.	cyberenergetyka łączy agendę bezpieczeństwa i transformacji, co poszerza koalicję poparcia
Ekonomiczny	ceny ujemne, rosnący koszt bilansowania i redysponowania, koszt kapitału, opłata mocowa ok. 10 mld zł rocznie (dok. 39), kanibalizacja OZE	sterowalność obniża koszt systemowy; warunek cyfrowy i TOTEX obniżają capex; jawna renta położeń kieruje inwestycje
Spółeczny	ponad 1,3 mln prosumentów; zaufanie do instytucji niskie; obawa przed kontrolą urządzeń domowych; oczekiwanie sprawczości	obywatel u steru: dobrowolność, zapłata za elastyczność, tryb ręczny, prywatność różnicowa, jawność reguł; Karta Praw Energetycznych
Technologiczny	IBR i spadek inercji, GFM, DERMS, AI w pętli, LDES, SMR, V2G	stos L0–L5 i autonomia według odwracalności
Ekologiczny	dekarbonizacja, ograniczenia OZE marnują czystą energię, metan z rolnictwa	elastyczność = mniej emisji na MWh; biogaz na żądanie
Prawny	KSC 2026, NIS2, NCCS, CER, CRA, AI Act, Data Act, DGA, akt o interoperacyjnej Europie, rozporządzenie maszynowe (od 14.01.2027), EMD, ustawa o SI	prawo kompletne w obowiązkach ogólnych, brakuje warstwy wykonawczej dla brzegu, agentów i praw obywatela (U11–U14)
Militarny	ataki państwowe, drony, sabotaż kabli, wojna hybrydowa na wschodniej flance	energetyka jako cel i jako zdolność odporności; współdziałanie z MON

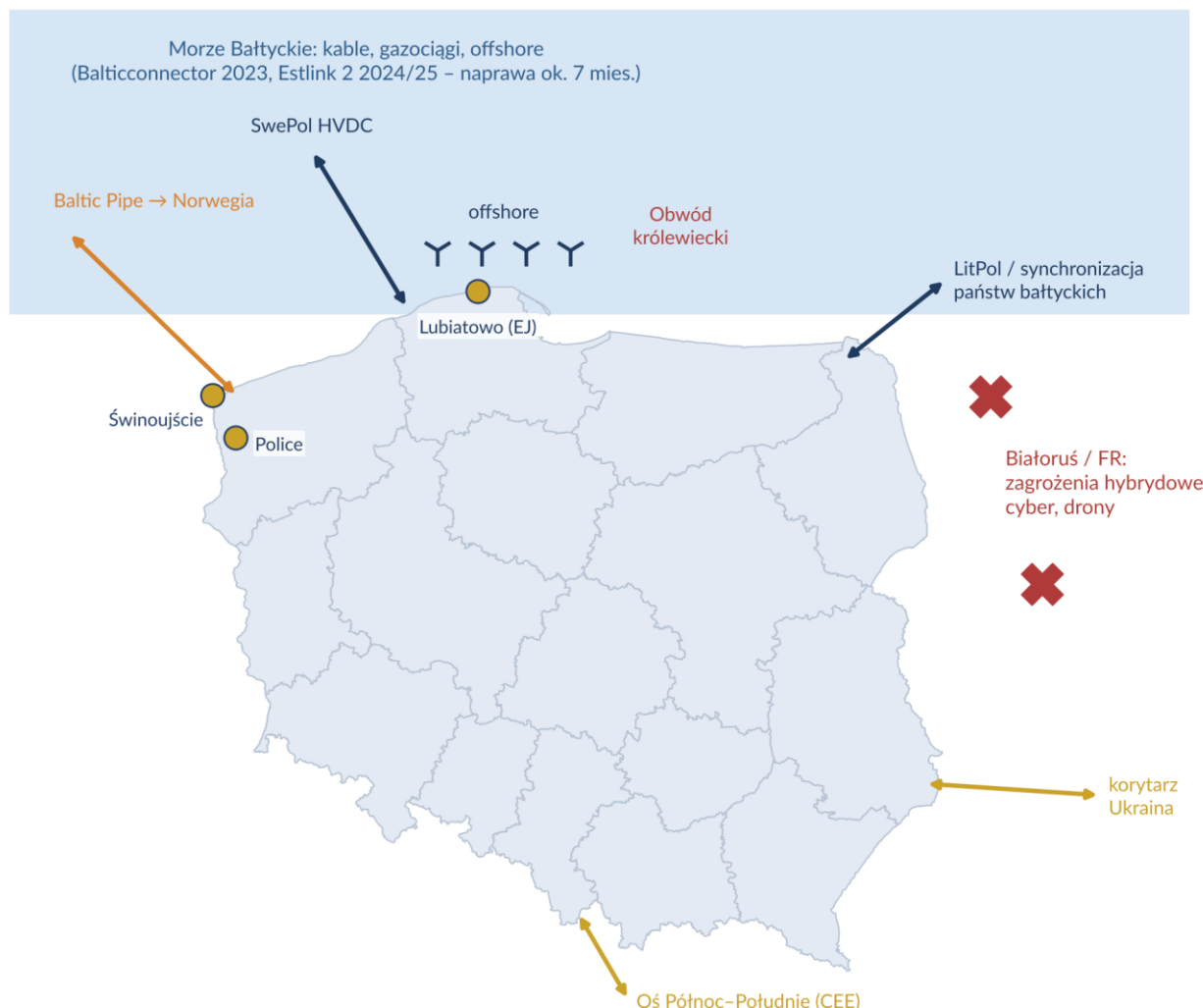
8.5. Analiza geopolityczna

Polska leży na wschodniej flance NATO, w zasięgu działań hybrydowych Federacji Rosyjskiej i Białorusi, na skrzyżowaniu korytarzy Bałtyk–Adriatyk i Zachód–Ukraina. Analiza geopolityczna Strategii energii i odporności (Mapa Oddziaływań Geopolitycznych, dok. 39) pokazuje, że przyfrontowe położenie może zamienić się w centralność, jeżeli Polska stanie się węzłem energii, bezpieczeństwa i przemysłu Europy Środkowej. Cyberenergetyka dodaje do tej analizy trzy obserwacje.

- 1. Front przesunął się na brzeg i do łańcucha dostaw.** Przeciwnik nie musi atakować dużych bloków ani linii 400 kV. Wystarczy mu tysiąc źle zabezpieczonych sterowników albo chmura producenta falowników. Geopolityka energii obejmuje więc geopolitykę oprogramowania: kto pisze firmware, kto ma dostęp zdalny, kto aktualizuje.
- 2. Bałtyk jest strefą sporną.** Uszkodzenia Balticconnector (2023) i Estlink 2 (przełom 2024 i 2025 r., naprawa ok. 7 miesięcy) pokazały wrażliwość kabli i gazociągów podmorskich. Offshore, SwePol, Baltic Pipe i LNG w Świnoujściu są jednocześnie atutem i celem. Ochrona morska (Baltic Sentry) i monitoring dna morskiego są częścią cyberenergetyki.

3. Ukraina jest laboratorium i rynkiem. Doświadczenia obrony ukraińskiej energetyki (rozproszenie, mobilne źródła, szybka odbudowa, obrona przeciwdronowa) są najcenniejszą wiedzą operacyjną w Europie. Udział polskiego przemysłu w odbudowie i synchronizacji sieci jest szansą eksportową dla automatyki, magazynów i usług sterowania.

Analiza geopolityczna: brzeg sieci na wschodniej flance NATO



Polska jako węzeł: przyfrontowe położenie zamienia się w przewagę, gdy sterowanie, dane i kanał poleceń są pod kontrolą krajową lub sojuszniczą

Rysunek 38. Analiza geopolityczna: brzeg sieci na wschodniej flance NATO – korytarze, interkonektory, Bałtyk i kierunki zagrożeń hybrydowych

8.6. Analiza zasobowa (VRIO)

Analiza VRIO ocenia zasoby według czterech kryteriów: wartości (V), rzadkości (R), trudności imitacji (I) i organizacji zdolnej je wykorzystać (O). Wynik jest jednoznaczny: Polska ma zasoby wartościowe i częściowo rzadkie, ale słabo zorganizowane. Najbardziej niewykorzystane są sieć ciepłownicza, prosumenci i spółdzielnie, rolnictwo oraz kawerny solne – zasoby, które wymagają danych, sygnału i standardu, a nie nowych megawatów.

Analiza zasobowa (VRIO): zasoby są, organizacji brak



Ocena jakościowa autora (skala 0–1) na podstawie korpusu CY i destylatów Energia

Rysunek 39. Analiza zasobowa (VRIO): wartość, rzadkość, trudność imitacji i organizacja ośmiu zasobów cyberenergetyki (ocena jakościowa)

Tabela 34. Zasoby cyberenergetyki: ocena VRIO i warunek uruchomienia

Zasób	V	R	I	O	Implikacja	Warunek uruchomienia
Kadry IT, automatyki i cyber	wysoka	średnia	średnia	niska	przewaga czasowa	Akademia Cyberenergetyki, SOC dla MŚP (CY12)
Prosumenci i spółdzielnie	wysoka	średnia	niska	niska	parytet konkurencyjny	dane, taryfa dynamiczna, agregatorzy (CY5)
Sieć ciepłownicza	wysoka	wysoka	średnia	niska	niewykorzystana przewaga	P2H + magazyny ciepła, sygnał cenowy (CY7)
Rolnictwo i biomasa	wysoka	średnia	średnia	niska	niewykorzystana przewaga	biogaz na żądanie, APV (CY8)
Kawerny solne (H ₂)	wysoka	wysoka	wysoka	niska	trwała przewaga potencjalna	magazyn sezonowy w modelu i rynku
Bałtyk i offshore	wysoka	średnia	średnia	średnia	przewaga czasowa	HVDC i offshore jako zasoby regulacyjne (CY6)
Przemysł chemiczny	średnia	niska	średnia	średnia	parytet	elektrolizery w rezerwach, huby (CY9)
Sektor obronny i C-UAS	wysoka	średnia	średnia	średnia	przewaga czasowa	ochrona IK, robotyka utrzymania (CY10)

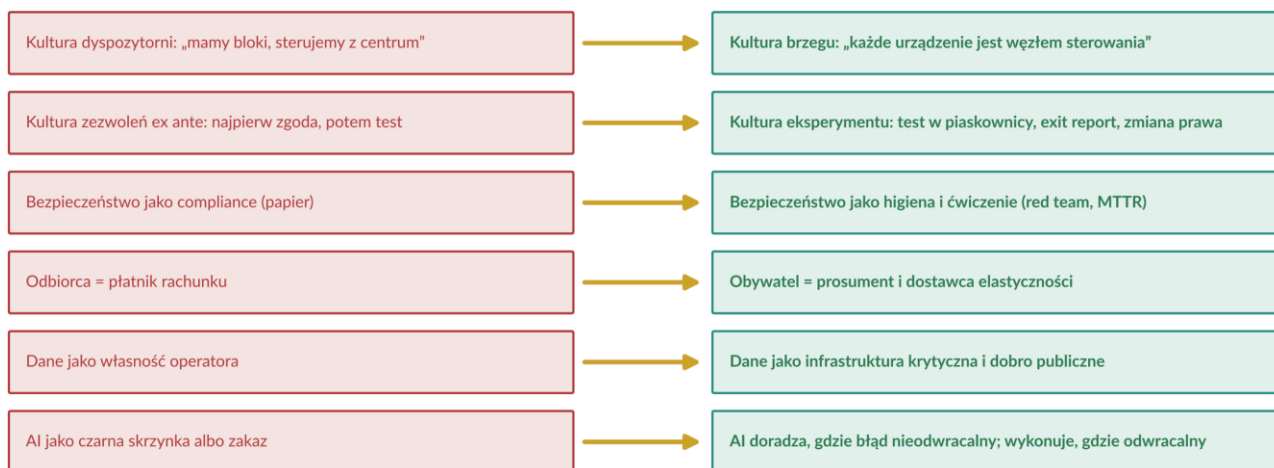
8.7. Analiza kulturowa

Transformacja energetyczna jest także zmianą kultury organizacyjnej. Energetyka centrum wytworzyła kulturę **dyspozytorni** (sterujemy z jednego miejsca dużymi blokami), kulturę **zezwoleń** (najpierw zgoda, potem test), kulturę **zgodności** (bezpieczeństwo to dokument) i kulturę **odbiorcy-płatnika**. Każda z nich była racjonalna w systemie, dla którego powstała. W systemie brzegu każda staje się barierą.

Cyberenergetyka wymaga przejścia do czterech innych kultur. **Kultury brzegu**: każde urządzenie jest węzłem sterowania i ma właściciela bezpieczeństwa. **Kultury eksperymentu**: testujemy w piaskownicy, publikujemy exit report, zmieniamy prawo. **Kultury higieny i ćwiczeń**: bezpieczeństwo mierzy się czasem wykrycia i przywrócenia (MTTD, MTTR), a nie liczbą procedur, a zespoły ćwiczą pracę bez AI i bez łączności. **Kultury prosumenta**: obywatel jest dostawcą elastyczności i współwłaścicielem lokalnego bilansu. Do tego dochodzi kultura odpowiedzialnej AI: algorytm doradza tam, gdzie błąd jest nieodwracalny.

Polska ma do tej zmiany dwa atuty kulturowe: masowy ruch prosumencki, który pokazał gotowość obywateli do inwestowania we własną energię, oraz silną kulturę inżynierską i hakerską w sektorze IT. Ma też dwie bariery: niskie zaufanie do instytucji (obawa, że „sterowanie” oznacza kontrolę domów) i nawyk traktowania bezpieczeństwa jako obowiązku sprawozdawczego. Dlatego program CY5 opiera się na dobrowolności i korzyści prosumenta, a dane z urządzeń domowych są chronione prywatnością różnicową i federacyjnym uczeniem.

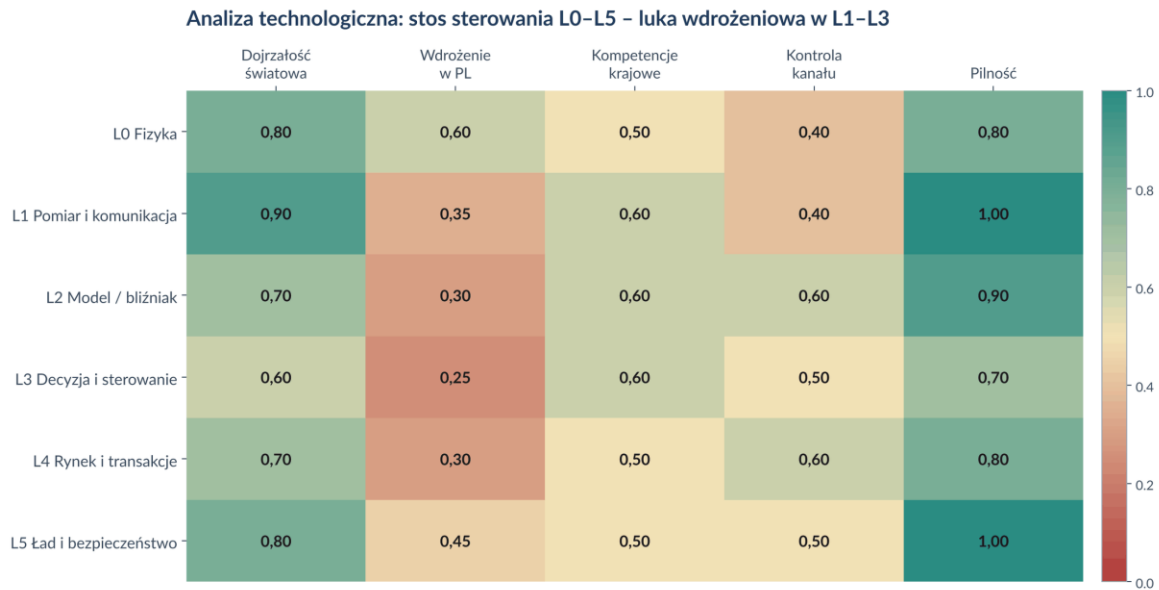
Analiza kulturowa: z kultury dyspozytorni i zezwoleń do kultury pętli, danych i odpowiedzialności



Rysunek 40. Analiza kulturowa: z kultury dyspozytorni i zezwoleń do kultury pętli, danych i odpowiedzialności

8.8. Analiza technologiczna: stos sterowania L0–L5

Analiza technologiczna ocenia sześć warstw stosu sterowania (rozdz. 10.1) według dojrzałości światowej, wdrożenia w Polsce, kompetencji krajowych, kontroli kanatu i pilności. Największa luka wdrożeniowa występuje w warstwach L1 (pomiar i komunikacja), L2 (model) i L3 (decyzja). To dobra wiadomość: te warstwy są głównie oprogramowaniem, danymi i standardami, czyli obszarami, w których Polska ma kompetencje i w których koszt nadrabiania zaległości jest niski w porównaniu z warstwą fizyczną.



Rysunek 41. Analiza technologiczna: stos sterowania L0–L5 według dojrzałości, wdrożenia w Polsce, kompetencji, kontroli kanału i pilności (ocena jakościowa)

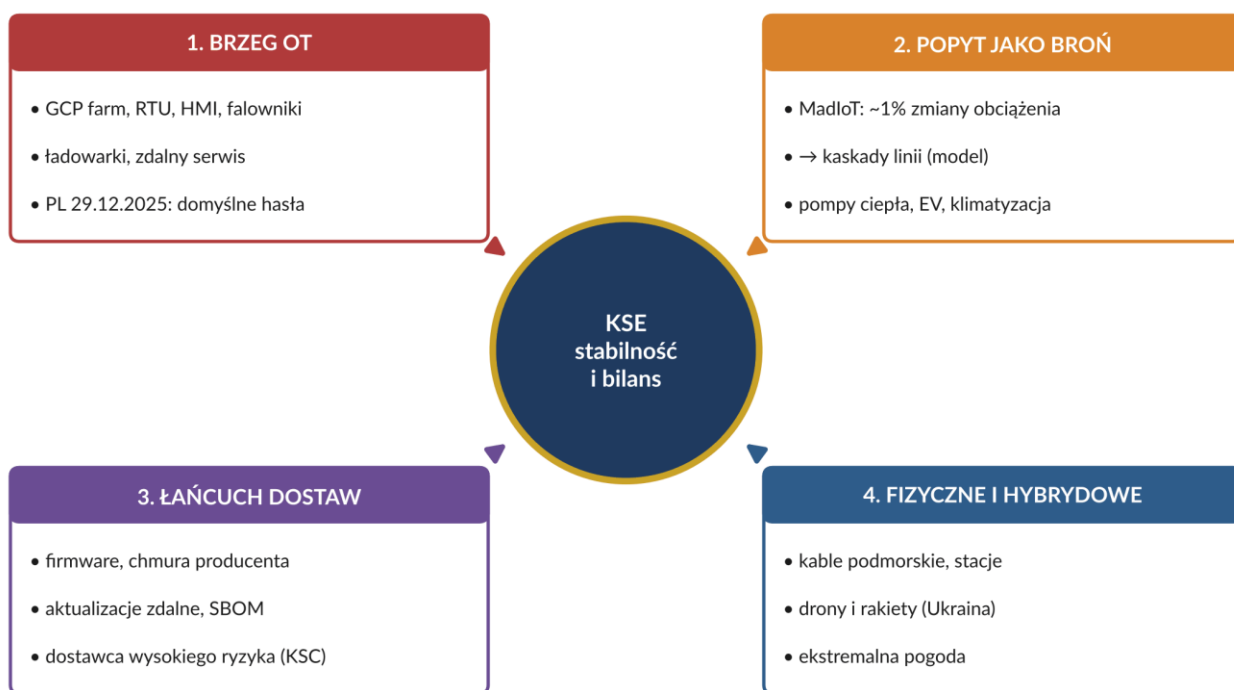
Tabela 35. Technologie przełomowe ery AI, robotów i biotechnologii w pętli energetycznej

Rodzina	Rola w pętli sterowania	Ryzyko	Warunek wdrożenia
AI prognostyczna (probabilistyczna)	antycypacja: prognozy OZE, popytu, cen ujemnych	ataki na dane treningowe (MAPE 2% → >10%)	walidacja, monitoring dryfu, rejestr modeli
AI decyzyjna (MPC, safe RL, PINN)	absorpcja: dysponowanie elastycznością w limitach	wyniki laboratoryjne spadają pod atakiem	A0–A2, ograniczenia fizyki, XAI, rejestr decyzji
Asystenci dyspozytora (LLM)	skrócenie pętli decyzji, analiza zdarzeń	halucynacje, wstrzyknięcia poleceń	tylko doradczo, bez dostępu do OT
Roboty i drony inspekcyjne	wzrok fizyczny: stan linii, farm, stacji	przejęcie floty, dane obrazowe	certyfikacja, tączność krytyczna, dane w kraju
Robotyka utrzymania i konserwacja predykcyjna	skrócenie MTTR, mniej awarii	zależność od dostawcy platformy	otwarte interfejsy, krajowe centra serwisowe
C-UAS dla IK	ochrona stacji, farm, magazynów przed dronami	eskalacja, kolizja z lotnictwem	licencjonowana współbrona (I-6 dok. 39)
Biotechnologia energetyczna	elastyczność biogazu, biowodór, biorafinerie	bezpieczeństwo biologiczne, konkurencja o biomasę	standardy, piaskownice, łańcuch surowca
DLT (rozliczenia, GO 24/7)	atestacja i rozliczenia	opóźnienie 100–200 ms nie do pętli sterowania	tylko warstwa L4, nie L3

8.9. Model zagrożeń cyberenergetycznych

Model zagrożeń (destylat CY, dziedziny C05 i C06: 940 dokumentów, raporty CERT Polska, ENISA, NERC, DOE CESER, Sandia, NATO) wyróżnia cztery wektory. **Brzeg OT**: punkty przyłączenia farm, RTU, HMI, falowniki, ładowarki, zdalny dostęp serwisowy – w praktyce pokazany 29.12.2025 r. **Popyt jako broń**: botnety urządzeń dużej mocy (pompy ciepła, ładowarki, klimatyzacja), które w modelach zmieniają obciążenie o ok. 1% i wywołują kaskadowe wyłączenia linii – ryzyko rośnie z elektryfikacją. **Łańcuch dostaw i oprogramowanie**: firmware, chmury producentów, aktualizacje zdalne; KSC 2026 wprowadza procedurę dostawcy wysokiego ryzyka, a CRA – obowiązki producentów. **Fizyczne i hybrydowe**: kable podmorskie, stacje, drony i rakiety, ekstremalna pogoda. Przez wszystkie cztery przechodzi zagrożenie dla danych: wstrzykiwanie fałszywych danych (FDIA) omija klasyczną detekcję złych danych estymatora stanu, a zatrucie danych podnosi błąd prognozy obciążenia z ok. 2% do ponad 10%.

Model zagrożeń cyberenergetycznych Rzeczypospolitej: cztery wektory



FDIA i ataki na ML przechodzą przez wszystkie cztery wektory: fałszywe dane omijają estymator stanu, a zatrute dane podnoszą błąd prognozy z ~2% do >10% MAPE

Rysunek 42. Model zagrożeń cyberenergetycznych Rzeczypospolitej: cztery wektory ataku na stabilność i bilans KSE

8.10. Analiza instytucjonalno-prawna

Rama prawna została zweryfikowana w tekstach aktów zawartych w korpusie CY (dziedzina C00: 105 aktów). Diagnoza brzmi: **prawo jest kompletne w warstwie obowiązków ogólnych, ale nie ma warstwy wykonawczej dla brzegu**. Brakuje czterech elementów: obowiązkowego standardu 3S w warunkach przyłączenia (z rejestrem urządzeń), reguł autonomii AI i rejestru agentów w sterowaniu infrastrukturą energetyczną, ogólnych ram piaskownic energetycznych

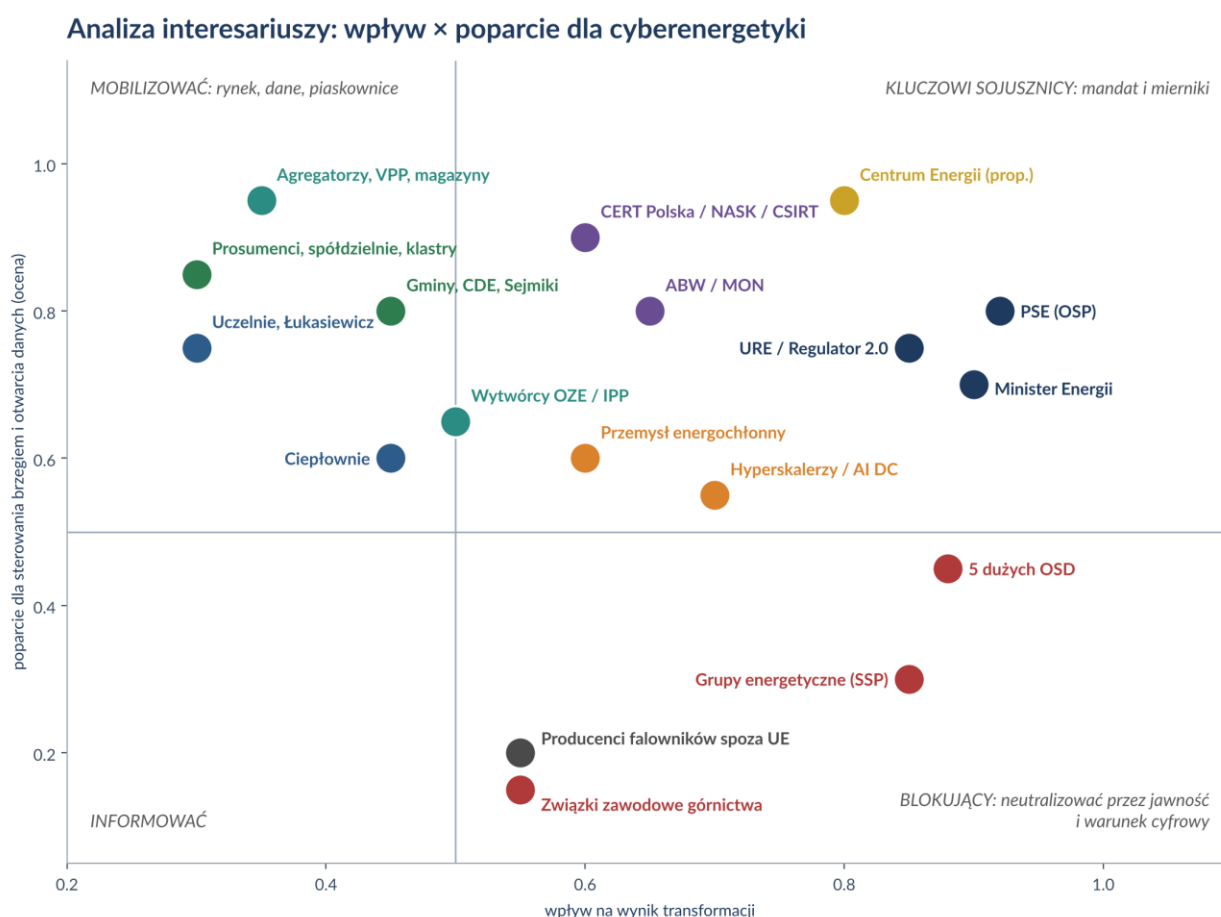
oraz ustawowych praw obywatela do sterowania własną energią (z otwartym standardem asystenta i modelem kompensacji niezależnego agregatora). Brakuje też instrumentów, które nie wymagają ustawy, lecz decyzji regulatora i operatorów: architektury SGAM-RP+, profilu semantycznego, Kontraktu Zbieżności, polityki kryteriów zależnej od stanu i regulacji za wynik.

Tabela 36. Rama prawna cyberenergetyki: stan i luka

Akt	Zakres	Stan	Luka dla brzegu
KSC (t.j. Dz.U. 2026 poz. 20; nowel. poz. 252)	podmioty kluczowe i ważne; zgłoszenia 24/72 h; dostawca wysokiego ryzyka	obowiązuje	małe farmy i agregatorzy poza realnym nadzorem; brak pomiaru higieny GCP
NIS2 (2022/2555), rozp. wyk. 2024/2690	zarządzanie ryzykiem, kary do 10 mln EUR lub 2% obrotu	wdrożona	brak sektorowego standardu technicznego dla OT brzegu
NCCS (rozp. del. 2024/1366)	cyberbezpieczeństwo przepływów transgranicznych; obszary dużego i krytycznego wpływu	wdrażany (wytyczne ACER/ENISA 2025)	szansa na objęcie dużych farm i agregatorów
CER (2022/2557); zarządzanie kryzysowe (Dz.U. 2026 poz. 574); ochrona ludności (poz. 646)	odporność podmiotów krytycznych	obowiązuje	brak standardu pracy wyspowej dla IK
CRA (2024/2847)	obowiązki producentów produktów z elementami cyfrowymi	wchodzi etapami	punkt zaczepienia certyfikacji falowników i ładowarek
AI Act (2024/1689); ustawa o systemach SI (Dz.U. 2026 poz. 1003)	AI w zarządzaniu infrastrukturą krytyczną jako wysokiego ryzyka; organ: KRiBSI	obowiązuje etapami	brak sektorowych reguł autonomii (A0–A3)
Data Act (2023/2854); 2023/1162	dostęp do danych z produktów skomunikowanych; model referencyjny danych pomiarowych	obowiązuje	brak krajowego standardu interfejsów danych urzędów
EMD 2024 (dyr. 2024/1711, rozp. 2024/1747)	ocena potrzeb elastyczności, elastyczność niekopalna	wdrażana	brak rynku lokalnej elastyczności przy OSD
Prawo energetyczne (t.j. Dz.U. 2026 poz. 43); ustawa o OZE (t.j. poz. 68)	LZO (art. 11t), klastry, spółdzielnie, OSE	obowiązuje	brak operacyjnego bilansowania lokalnego i warunków 3S
Krajowy system certyfikacji cyberbezpieczeństwa (Dz.U. 2025 poz. 1017)	certyfikacja produktów i usług ICT	obowiązuje	brak schematu dla falowników, RTU, ładowarek
Strategia Cyberbezpieczeństwa RP 2026 (M.P. 2026 poz. 309)	kierunki państwa	przyjęta	brak sektorowego planu dla brzegu energetyki
Akt o interoperacyjnej Europie (2024/903); DGA (2022/868); KRI (Dz.U. 2024 poz. 773)	interoperacyjność usług publicznych; pośrednictwo danych; ramy interoperacyjności rejestrów	obowiązują	brak krajowej architektury referencyjnej i profilu semantycznego energetyki
Prawo energetyczne art. 5 ust. 4f–4g, art. 5ac–5ag (CSIRE, OIRE)	cena dynamiczna; centralny system informacji rynku energii	obowiązuje; część przepisów z dniem uruchomienia CSIRE	brak praw obywatela do sterowania i modelu kompensacji niezależnego agregatora
Ustawa o rynku mocy (t.j. Dz.U. 2025 poz. 610)	jednostki redukcji zapotrzebowania	obowiązuje	DSR jako produkt mocowy, nie dyspozycyjny
Rozporządzenie maszynowe (2023/1230)	autonomiczne maszyny mobilne	stosowane od 14.01.2027	brak sektorowych wytycznych dla robotów w stacjach i na liniach

8.11. Analiza interesariuszy

Mapa interesariuszy pokazuje układ sił. **Kluczowi sojusznicy** (wysoki wpływ, wysokie poparcie) to PSE, regulator, Minister Energii, proponowane Centrum Energii i służby bezpieczeństwa: wszyscy zyskują na widzialności brzegu. **Blokujący** (wysoki wpływ, niskie poparcie) to część zintegrowanych grup energetycznych, dla których otwarcie danych i przyłączeń zmniejsza rentę, oraz producenci urządzeń spoza UE, dla których kontrola kanału poleceń jest zagrożeniem modelu biznesowego. **Do mobilizacji** (niski wpływ, wysokie poparcie) są agregatorzy, magazyny, prosumenci, spółdzielnie, gminy i uczelnie. Wersja 2.0 zmienia ten układ w jednym punkcie: teza „obywatel u steru” daje grupie mobilizowanej wspólny, zrozumiały interes – rachunek, zapłatę za elastyczność, odporność gminy – i czyni z niej największą koalicję poparcia, liczoną w milionach gospodarstw, a nie w setkach firm. Strategia nie próbuje przekonać blokujących deklaracjami. Neutralizuje ich przez jawność (rejestr przyłączeń i odmów, dane), warunek cyfrowy w finansowaniu i rynek, na którym pretendenci mogą konkurować z zasiedziały.

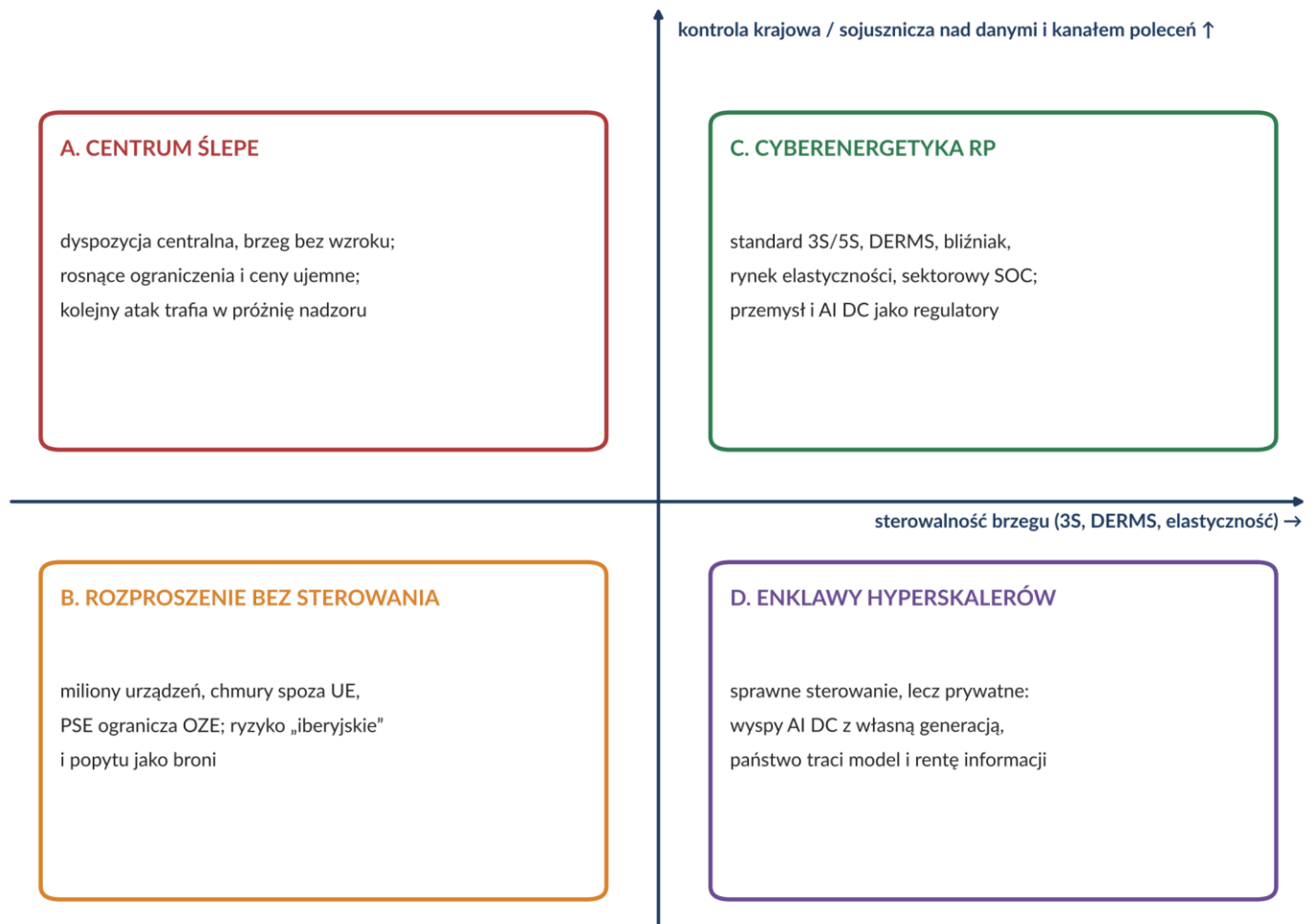


Rysunek 43. Analiza interesariuszy: wpływ na wynik transformacji × poparcie dla sterowania brzegiem i otwarcia danych (ocena)

8.12. Analiza scenariuszowa 2026–2035

Scenariusze rozpięto na dwóch osiach niepewności: **sterowalność brzegu** (czy powstanie standard 3S, DERMS i rynek elastyczności) oraz **kontrola nad danymi i kanałem poleceń** (czy pozostaną pod kontrolą krajową lub sojuszniczą). W innych dokumentach Biblioteki scenariusze oznaczają się jako 45/A–45/D.

Analiza scenariuszowa 2026–2035: cztery światy cyberenergetyki



Rysunek 44. Analiza scenariuszowa 2026–2035: cztery światy cyberenergetyki

Tabela 37. Cztery scenariusze 2026–2035

Scenariusz	Opis	Sygnaty wczesnego ostrzegania	Wynik dla celów strategii
A. Centrum ślepe	dyspozycja centralna, brzeg bez wzroku; reformy taryfowe i rynkowe bez danych	ograniczenia OZE > 3 TWh, dalsze przesunięcia CSIRE, kolejne incydenty na GCP	zdolność ↓, produktywność ↓, renty utrwalone
B. Rozproszenie bez sterowania	szybki wzrost brzegu, chmury producentów, brak standardu 3S	ograniczenia rosną, zdarzenia RoCoF, incydenty popytu jako broni	odporność ↓↓, suwerenność ↓
C. Cyberenergetyka RP (cel)	obywatel u steru z asystentem; 3S/5S, DERMS, Cyfrowy Bliźniak, SGAM-RP+ i profil semantyczny, obwiednie i ceny lokalne, rynek elastyczności, sektorowy SOC, przemysł jako regulator	spadek ograniczeń, wzrost GW elastyczności, MTTR w godzinach	wszystkie cele ↑; renty ↓
D. Enklawy hyperskalerów	sprawne sterowanie, ale prywatne: AI DC z własną generacją poza systemem, dane u platform	linie bezpośrednie bez obowiązków systemowych, wyspy compute poza kodeksami	produktywność ↑ lokalnie, suwerenność ↓, państwo bez modelu

Model ilustracyjny CYBER-SD (rozdz. 16.3) kwantyfikuje trzy pierwsze strategie. W scenariuszu A ograniczenia OZE rosną do ok. 4,2 TWh w 2035 r., w strategii „betonowej” (sieć bez warunku cyfrowego) do ok. 2,6 TWh przy najwyższych nakładach sieciowych, a w scenariuszu C spadają poniżej 1 TWh przy ponad sześciokrotnym wzroście mocy elastycznej i prawie pełnym pokryciu brzegu standardem 3S.

8.13. Synteza analiz

Tabela 38 stanowi syntezę analiz strategicznych, wykazującą, że pomimo silnych podstaw w postaci wolumenu mocy i ogólnego prawa, polski system cierpi na krytyczne słabości w zakresie sterowania oraz luki w cyfrowych warstwach technologicznych. Wyniki analiz badających otoczenie instytucjonalne i systemowe wskazują na pilną potrzebę uchwalenia szczegółowych praw dla brzegu sieci i obywateli (U11–U14) oraz wdrożenia otwartej architektury i semantyki przed masowym uruchomieniem algorytmów.

Z perspektywy rynku i interesariuszy kluczowe staje się pokonanie oporu podmiotów czerpiących renty z danych poprzez pełną jawność, oparcie regulacji na wynikach (TOTEX) i wprowadzenie sygnatów lokalnych uwzględniających zatory sieciowe. Ze względu na bardzo krótkie okno decyzyjne i zagrożenia geopolityczne, strategia musi priorytetowo traktować suwerenność kanałów sterowania (S5), powszechny standard 3S dla urządzeń oraz budowanie koalicji wokół odporności państwa

Tabela 38. Synteza analiz: od wyniku do wniosku

Analiza	Najważniejszy wynik	Wniosek dla strategii
SWOT/TOWS	mocne strony w wolumenie i prawie; słabości w sterowaniu i higienie	strategie WO i WT mają pierwszeństwo: warunek cyfrowy, inwentaryzacja, 3S
PESTEL+M	agenda bezpieczeństwa i transformacji może być wspólna	budować koalicję wokół odporności, nie wokół miksu paliw
Geopolityczna	front przesunął się na brzeg i do łańcucha dostaw	S5 jako warunek konieczny; ochrona Bałtyku; Ukraina jako rynek
VRIO	zasoby są, organizacji brak	sprzężenie (S4) – najtańszy przyrost zdolności
Kulturowa	kultura dyspozytorni, zezwoleń i zgodności	piaskownice, ćwiczenia, MTTR, dobrowolność prosumenta
Technologiczna	luka w L1–L3 (oprogramowanie, dane, standardy)	szybki zwrot z inwestycji w warstwy cyfrowe
Model zagrożeń	cztery wektory, w tym popyt jako broń	standard 3S dla odbiorów dużej mocy, nie tylko dla źródeł
Instytucjonalno-prawna	prawo kompletne, brak warstwy wykonawczej i praw obywatela	U11–U14 zamiast kolejnych ustaw ogólnych
Interesariusze	blokujący mają rentę z danych i przyłączeń	jawność i rynek zamiast perswazji
Scenariuszowa	rozwidlenie C vs B/D zależy od decyzji z lat 2026–2028	okno decyzyjne jest krótkie; Faza 0 w 12 miesięcy
Systemu sterowania (CS)	brak architektury, semantyki, rejestru agentów i polityki kryteriów	SGAM-RP+ i profil semantyczny przed masowym wdrożeniem agentów (CY14)
Co-dispatchu (CD)	prawo gotowe, brak danych, obwiedni i sygnału lokalnego; DSR jako produkt mocy	obwiednie, cena lokalna, KZ-RP; asystent obywatela (CY13, CY15)
Rynku i regulacji (CK)	miedziana płyta, renta położenia uspołeczniona, regulacja za majątek	„węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz”; TOTEX i rozszerzony Q; neutralny OIRE

9. Rozważanie główne: wnioski dla zdolności, produktywności, suwerenności, odporności i demontażu rent

9.1. Pytanie i metoda

Rozważanie odpowiada na pytanie, które stawia temat publikacji: **które wnioski z analiz realnie zwiększają zdolność państwa, produktywność, suwerenność technologiczną oraz odporność społeczną i militarną, a jednocześnie eliminują renty, władzę proceduralną, zasiedziałe struktury administracyjne oraz dysfunkcjonalne kartele i monopole?** Metoda jest prosta. Dla każdego celu wskazujemy mechanizm przyczynowy (dlaczego cyberenergetyka działa), miernik (jak to sprawdzić) i warunek obalenia (kiedy wniosek byłby fałszywy). Wnioski, które nie przechodzą tego testu, nie wchodzi do programów. W wersji 2.0 każdy cel jest dodatkowo oceniany z perspektywy obywatela: czy wniosek zwiększa jego sprawczość, czyli prawo i zdolność do sterowania własną energią i do udziału w wartości, którą tworzy.

9.2. Zdolność państwa

Zdolność państwa w energetyce to zdolność do **zobaczenia** stanu systemu, **zdecydowania** na podstawie modelu i **wykonania** polecenia w czasie, w którym ma ono jeszcze sens. Energetyka centrum dawała państwu tę zdolność wobec kilkuset bloków. Wobec milionów urządzeń brzegowych państwo jej nie ma. Cyberenergetyka przywraca ją trzema mechanizmami.

- 1. Obserwowalność jako warunek sterowalności.** W teorii sterowania Kalmana systemem, którego stanu nie da się odtworzyć z pomiarów, nie da się skutecznie sterować. Telemetria brzegu (CY1), CSIRE i Cyfrowy Bliźniak (CY3) zamieniają „ciemną sieć” w obserwowalny obiekt. Miernik: udział mocy > 1 MW z telemetrią ≤ 4 s (KCY-1).
- 2. Model jako narzędzie decyzji.** Twierdzenie Conanta–Ashby’ego mówi, że dobry regulator systemu musi być jego modelem. Wspólny model TSO–DSO pozwala państwu podejmować decyzje (o przyłączeniach, inwestycjach, rezerwach) na podstawie symulacji, a nie przetargu interesów. Miernik: odsetek decyzji inwestycyjnych powyżej progu z oceną w bliźniaku.
- 3. Krótka pętla wykonawcza.** Polecenie OSD lub agregatora z określonym czasem reakcji (3S) skraca pętlę z miesięcy (procedura) do minut i sekund (sterowanie). Miernik: GW elastyczności zakontraktowanej (KCY-2) i czas domknięcia pętli decyzyjnej.
- 4. Architektura i wspólny język zamiast integracji punktowych.** Państwo, które publikuje architekturę referencyjną SGAM-RP+ i otwarty profil semantyczny, nie musi integrować każdego systemu z każdym. Każdy nowy agent – asystent domu, agent spółdzielni, agent centrum danych – podłącza się do jednego standardu. To skraca czas wdrożenia reform z lat do miesięcy i odbiera dostawcom zamkniętych systemów rentę integracyjną. Miernik: udział wymian danych zgodnych z profilem (KCY-14).

5. Polityka kryteriów zamiast improwizacji w kryzysie. Zatwierdzona z góry kolejność kryteriów dla stanów systemu skraca czas decyzji w zdarzeniach awaryjnych do czasu działania automatów, a dyspozytor nie musi ważyć kosztu i bezpieczeństwa pod presją. Miernik: czas przejścia między stanami i liczba odbiorców dotkniętych przerwą.

Warunek obalenia: gdyby ograniczenia OZE i koszt bilansowania nie spadały mimo wzrostu obserwowalności i elastyczności zakontraktowanej.

9.3. Produktywność

Produktywność systemu energetycznego to ilość usługi energetycznej (energii we właściwej godzinie i miejscu) na jednostkę kapitału, pracy i paliwa. Energetyka centrum ma niską produktywność kapitału na brzegu: energia z 35 GW PV i wiatru jest marnowana w ograniczeniach (1,4 TWh w 2025 r.) albo sprzedawana po cenach ujemnych, a sieć jest projektowana na szczyt, który mógłby zostać spłaszczony. Cyberenergetyka podnosi produktywność czterema kanałami.

- **Mniej betonu na MWh.** Warunek cyfrowy (DERMS, DLR, dynamiczna hosting capacity) daje według Eurelectric ok. 18% niższe potrzeby inwestycyjne OSD przy tym samym efekcie; DLR to 10–30% więcej przepustowości istniejących linii.
- **Mniej zmarnowanej energii.** Każda TWh ograniczeń, której unikniemy, to energia już opłacona w kapitale źródeł. Model CYBER-SD pokazuje różnicę ok. 3 TWh rocznie w 2035 r. między scenariuszem bez zmian a scenariuszem cyberenergetycznym.
- **Produktywność przemysłu.** Przemysł, który sprzedaje elastyczność (CY9), obniża koszt energii netto i zyskuje przychód z usług systemowych. AI DC przesuwające obciążenie w dolinę cenową płaci mniej i wymaga mniejszej rozbudowy sieci.
- **Produktywność pracy w utrzymaniu.** Robotyka inspekcyjna i konserwacja predykcyjna (CY10) obniżają koszty utrzymania o 25–30% i skracają przestoje.
- **Produktywność gospodarstw domowych i budynków.** Zweryfikowane systemy HEMS zmniejszały pobór z sieci o 41%, szczyt o 33% i koszty o 28%, a automatyka budynkowa daje 10–30% oszczędności. Każdy dom z asystentem jest małą elektrownią elastyczności, która nie wymaga nowego majątku sieciowego.
- **Obwiednia zamiast wyłączeń.** Dynamiczna obwiednia przyłączeniowa pozwala oddać do sieci tyle energii, ile sieć w danej chwili przyjmie, zamiast wyłączać instalację w całości; agregacja świadoma sieci odzyskuje część z ponad 30% potencjału elastyczności, który ginie przy agregacji bez wiedzy o sieci.
- **Fizyka w cenie.** Ceny węglowe obniżają koszt hurtowy dla odbiorców o 9–20% w analizach brytyjskich; w polskim wariancie „węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz” podobny efekt ma przejść z lokalizacji magazynów, elektrolizerów i centrów danych w węzłach nadwyżki.

Według modelu makroekonomicznego Biblioteki (dok. 42) produktywność łączna (TFP) jest zmienną sterowalną. Cyberenergetyka jest jej energetyczną dźwignią: zwiększa wydajność kapitału już zainwestowanego, zamiast wymagać nowego.

Warunek obalenia: gdyby koszt systemowy (sieć + bilansowanie + ograniczenia) na MWh nie spadał po wdrożeniu warunku cyfrowego.

9.4. Suwerenność technologiczna

Suwerenność energetyczna nie jest autarkią, lecz odpornością na nacisk (dok. 20). W cyberenergetyce oznacza ona przede wszystkim **kontrolę nad kanałem poleceń, danymi i modelem**. Polska nie musi produkować wszystkich falowników, magazynów i liczników, ale musi wiedzieć, kto może nimi zdalnie sterować, i musi móc ten kanał odciąć, przejąć lub zastąpić. Trzy mechanizmy:

1. **Procedura dostawcy wysokiego ryzyka** (KSC 2026) stosowana do kanałów sterowania i aktualizacji falowników, ładowarek i systemów zarządzania – a nie tylko do urządzeń telekomunikacyjnych.
2. **Suwerenny stos sterowania** (CY12): krajowe lub sojusznicze kompetencje w RTU, EMS, DERMS, systemach SOC dla OT i łączności krytycznej. To nisza, w której Polska ma przemysł automatyki i IT, a w której koszt wejścia jest niższy niż w produkcji ogniw czy paneli.
3. **Energia i compute jako jeden system**. Suwerenna AI wymaga suwerennej energii, a suwerenne sterowanie energią wymaga suwerennego compute (Cyfrowy Bliźniak, modele prognoz, AI w pętli). Gigafabryka AI powinna być zaprojektowana jako regulator systemu i jako zasób compute dla Bliźniaka.

Symulacja Monte Carlo (rozdz. 16.4) pokazuje mechanizm ilościowo: przy wysokiej higienie OT (95%) prawdopodobieństwo utraty sterowania powyżej 3 GW spada do zera tylko wtedy, gdy udział mocy sterowanej przez wspólną chmurę producenta jest mały (5%). Przy udziale 40% ryzyko pozostaje na poziomie prawdopodobieństwa przejścia chmury. **Higiena bez suwerenności kanału nie wystarcza.**

Warunek obalenia: gdyby kanały zdalnego sterowania urządzeń nie stanowiły wspólnego punktu awarii (np. gdyby producenci technicznie nie mieli możliwości zdalnego zmieniania nastaw).

9.5. Odporność społeczna i militarna

Odporność społeczna to zdolność wspólnot do zachowania funkcji w kryzysie. Cyberenergetyka buduje ją od dołu: poziom mikro i lokalny bilansowania (dom z magazynem, mikrosieć gminna, CDE) z regułą salda daje zdolność pracy wyspowej, a dobrowolny udział prosumentów w rynku elastyczności daje im dochód i sprawczość. Strategia energii i odporności (dok. 39) opisuje siedem warstw odporności: od obywatela przez gminę, obiekty krytyczne, region, system krajowy i region CEE do państwa-regulatora. Cyberenergetyka dostarcza każdej z nich warstwy technicznej: sterownik mikrosieci z kontrolowanym wyspowaniem, telemetrię, standard 3S i plan odbudowy uwzględniający źródła falownikowe i scenariusz cybernetyczny.

Odporność militarna obejmuje trzy wymiary. Po pierwsze, **odstraszanie przez odmowę**: system, w którym atak na brzeg nie przekłada się na utratę stabilności (rozproszenie, segmentacja, kontrolowane wypowiadanie, szybkie przywrócenie), jest mniej atrakcyjnym celem. Po drugie, **zasilanie obrony**: jednostki wojskowe, centra dowodzenia, łączność i przemysł zbrojeniowy potrzebują mikrosieci z pracą wyspową i black startem (CY11). Po trzecie, **zdolności dual-use**: C-UAS dla infrastruktury energetycznej, robotyka inspekcyjna, analityka zagrożeń OT i sektorowy SOC są jednocześnie zdolnościami obronnymi (CY10, CY12). Narodowa Strategia Bezpieczeństwa (dok. 05) wymaga, aby każdy program sektorowy zmniejszał podatność państwa i skracał czas decyzji – cyberenergetyka spełnia oba kryteria w sposób mierzalny (MTTD, MTTR, godziny autonomii obiektów krytycznych).

Sprawczość obywatela jako warstwa odporności. Odporność społeczna nie powstaje z dekretu. Powstaje wtedy, gdy obywatele mają interes i narzędzie, by dbać o wspólny system. Asystent energetyczny z trybem kryzysowym, komórka gminna z prawem do pracy wyspowej i polityka kryteriów zależna od stanu sprawiają, że w kryzysie miliony gospodarstw działają według jednego, z góry znanego scenariusza – utrzymują rezerwę w magazynach, ograniczają pobór według uzgodnionego profilu, zasilają obiekty krytyczne wspólnoty – zamiast czekać na decyzję centrum. Systemy FLISR ograniczały liczbę odbiorców dotkniętych przerwą o ok. 37–55%, a architektura komórkowa zamienia każdy taki system w układ samodzielny.

Warunek obalenia: gdyby rozproszony system z mikrosieciami nie zwiększał czasu autonomii obiektów krytycznych w testach utraty sieci.

9.6. Eliminacja rent, władzy proceduralnej, struktur zasiedziatych, karteli i monopolu

Cyberenergetyka nie jest programem moralnym. Jest zmianą architektury, w której renta traci źródło. Tabela pokazuje, jak każdy z pięciu mechanizmów traci grunt.

Tabela 39 definiuje mechanizm antyrentowy cyberenergetyki, przypisując zidentyfikowanym zjawiskom rynkowym przyczyny ich trwania, metody eliminacji, programy wykonawcze oraz mierzalne wskaźniki. Renty informacyjne oraz pozycję zasiedziatych „bramkarzy danych” neutralizuje się poprzez otwarcie zasobów (Open Energy Data), powszechną telemetrię brzegu sieci i zagwarantowanie neutralności systemów OIRE oraz CSIRE. Tradycyjne renty majątkowe, mocowe i regulacyjne wynikające ze skrzywienia CAPEX zostają przełamane wdrożeniem modelu TOTEX z rozszerzonym współczynnikiem jakości Q, kontraktowaniem elastyczności oraz ujawnieniem cen cienia w węzłach zatorowych.

Władzę proceduralną przy wydawaniu warunków przyłączenia oraz opór struktur zasiedziatych eliminują sztywne wymogi Kodeksu Brzegu 3S, jawny rejestr odmów oraz zasada automatycznego wygaszania programów niemających mierzalnych wyników po dwóch latach. Z kolei zagrożenie ze strony karteli oraz monopolu sieciowych i platformowych niweluje wymóg otwartych standardów interfejsów, rozdzielenie zarządzania siecią od usług agregacji oraz nadzór nad suwerennością kanałów poleceń w ramach standardu 3S/5S.

Tabela 39. Mechanizm antyrentowy cyberenergetyki

Zjawisko	Postać w energetyce	Co je utrzymuje	Co je eliminuje	Program / ustawa	Miernik
Renta informacyjna	wyłączna wiedza operatora o stanie sieci i mocach	R2: zamknięte dane	Open Energy Data, telemetria brzegu, Cyfrowy Bliźniak z otwartym rdzeniem	CY1, CY3; U2	udział danych sieci dostępnych maszynowo
Renta majątkowa	zwrot z bazy aktywów niezależnie od użyteczności	R3: regulacja kosztowa	warunek cyfrowy w capex, taryfa za sterowalność i wynik	CY4, CY5; U3, U4	koszt systemowy na MWh, capex na MW hosting capacity
Renta mocy	płatności za dostępność bez elastyczności	R4: rynek mocy bez daty wygaszenia	rynek sterowalności, rezerwa z datą wygaszenia	CY5, CY6; U3	udział elastyczności niekopalnej w usługach
Władza proceduralna	uznaniowość przyłączeń, odmowy bez uzasadnienia, wieloletnie harmonogramy	R6: prawo przyłączeniowe ex ante	Kodeks Brzegu 3S, klasy priorytetu, rejestr odmów, terminy ustawowe	CY2; U4, U11	czas przyłączenia, udział odmów z uzasadnieniem
Struktury zasiedziałe	spółki i programy bez wyniku, nomenklatura	R5: brak pomiaru i rotacji	Obserwatorium Cyberenergetyki, ICY-RP, wygaszanie po 2 latach bez wyniku, merytokracja	CY12; U9	udział programów z miernikiem i datą wygaszenia
Kartele	zmowy przetargowe, blokowanie standardów otwartych	brak interoperacyjności i zamówień na otwartych standardach	obowiązek otwartych interfejsów (IEC 61850/62351, OpenADR, Data Act), zamówienia na wynik	CY4, CY12	liczba dostawców w zamówieniach OSD
Monopol sieciowy rozszerzony	operator jako bramkarz danych, przyłączeń i elastyczności	integracja funkcji	rozdziół funkcji: sieć (monopol naturalny) vs dane, elastyczność, agregacja (rynek)	CY5; U3, U4	udział niezależnych agregatorów
Monopol platformowy	producent urządzeń kontrolujący dane i polecenia	kanal zdalny poza nadzorem	3S/5S, prawo do danych (Data Act), procedura dostawcy wysokiego ryzyka; otwarty standard asystenta z przenośnością	CY2, CY12, CY13; U11, U14	udział mocy z kanałem pod kontrolą krajową; liczba certyfikowanych dostawców asystentów
Renta położenia (uspołeczniona)	koszt zatorów rozkładany na wszystkich odbiorców; brak sygnału dla inwestora	miedziana płyta w jednej strefie	jawne ceny cienia, lokalizacyjne opłaty, redysponowanie rynkowe, reguła lokalizacji AI DC i elektrolizerów	CY15	TWh redysponowania i ograniczeń; dochód z zatorów przypisany lokalizacyjnie
Renta regulacyjna (skrzywienie CAPEX)	operator preferuje rozbudowę nad zakup elastyczności	zwrot z bazy aktywów; Q bez elastyczności	TOTEX, rozszerzony Q (pojemność przyłączeniowa, elastyczność, dane, FLISR)	CY4, CY15	udział zakupów elastyczności w TOTEX OSD (KCY-16)
Bramkarz danych	operator lub sprzedawca jako jedyny pośrednik danych odbiorcy	integracja grupy pionowej z OIRE i sprzedażą	neutralny OIRE/CSIRE, prawo do danych, model kompensacji niezależnego agregatora	CY1, CY14, CY15; U14	MW zarejestrowane przez niezależnych agregatorów

Zasada ogólna brzmi: **renta przegrywa tam, gdzie wynik jest mierzony w czasie rzeczywistym, dane są wspólne, a wsparcie wygasa bez wyniku**. Energetyka centrum była naturalnym środowiskiem renty, bo wynik (sterowalność) był niewidoczny. Cyberenergetyka czyni go widocznym. Wersja 2.0 dodaje zasadę drugą: **renta przegrywa tam, gdzie obywatel ma prawo i narzędzie, by wybrać innego dostawcę usługi** – asystenta, agregatora, sprzedawcę – bez utraty dostępu do swoich danych i do sieci. Kartel w znaczeniu ekonomii politycznej trwa dzięki bezwładności odbiorców; asystent energetyczny tę bezwładność usuwa, bo porównuje oferty i reaguje na sygnały szybciej niż jakikolwiek urzędnik.

9.7. Ocena programów: macierz wpływu

Macierz wpływu ocenia piętnaście programów (rozdz. 13) względem sześciu wymiarów celów publikacji. Wszystkie wymiary mają podobną łączną siłę oddziaływania (Σ 26–32; najsilniejszy jest demontaż rent i monopoli), co oznacza, że portfel jest zrównoważony: żaden cel nie jest realizowany kosztem innego. Programy o najszerszym oddziaływaniu to CY1 (widzialność brzegu), CY3 (Cyfrowy Bliźniak) i CY14 (wspólny język systemu) – po 14 punktów – oraz CY13 (Asystent Energetyczny Obywatela, 13 punktów), CY2 (Kodeks Brzegu), CY9 (przemysł i AI DC) i CY12 (suwerenny stos i pomiar) – po 12 punktów – czyli warstwy informacyjne, obywatelskie i ustrojowe. Program CY13 (Asystent Energetyczny Obywatela) ma najsilniejsze oddziaływanie na demontaż rent i odporność społeczną. To potwierdza tezę, że pierwszą dźwignią jest wzrok i prawo obywatela, nie moc.

Macierz wpływu programów CY1–CY15 na sześć wymiarów celów (●●● silny, ●● średni, ● słaby)

	Zdolność państwa	Produktywność	Suwerenność technologiczna	Odporność społeczna	Odporność militarna	Demontaż rent i monopoli
CY1 Widzialność brzegu	●●●	●	●●	●●	●●●	●●●
CY2 Kodeks Brzegu 3S	●●	●	●●	●●	●●●	●●
CY3 Cyfrowy Bliźniak KSE	●●●	●●	●●●	●	●●	●●●
CY4 DERMS i DLR u OSD	●●	●●●	●	●●	●	●●
CY5 Rynek elastyczności	●	●●●	●	●	–	●●●
CY6 Stabiłość GFM	●	●	●	●●	●●	–
CY7 Ciepło jako akumulator	●	●●	●	●●●	●	●●
CY8 Agro-bio sterowalność	●	●●	●●	●●●	●	●●
CY9 Przemysł i AI DC	●●	●●●	●●●	●	●	●●
CY10 Roboty i C-UAS	●	●●	●●●	●	●●●	●
CY11 Mikrosieci wyspowe IK	●●	●	●	●●●	●●●	●
CY12 Suwerenny stos i pomiar	●●●	●	●●●	●	●●	●●
CY13 Asystent Energetyczny Obywatela	●●	●●	●●	●●●	●	●●●
CY14 Wspólny język systemu	●●●	●●	●●●	●	●●	●●●
CY15 Rynek zgodny z fizyką	●●	●●●	●	●	●	●●●
	Σ 29	Σ 29	Σ 29	Σ 27	Σ 26	Σ 32

Ocena ekspercka autora; uzasadnienie w rozdz. 9 i 13

Rysunek 45. Macierz wpływu programów CY1–CY15 na sześć wymiarów celów publikacji (ocena ekspercka)

9.8. Wniosek: Standard Cyberenergetyka-RP – nowy standard transformacji energetycznej i przemysłowej

Wnioski rozważania składają się na **Standard Cyberenergetyka-RP 2.0**: dwanaście zasad, wobec których należy testować każdy instrument polityki energetycznej i przemysłowej Rzeczypospolitej – ustawę, taryfę, aukcję, program wsparcia, warunki przyłączenia i inwestycję strategiczną. Standard nie zastępuje formuły Doktryny („System jawny. Bilans sterowalny. Energia suwerenna. Państwo odporne.”) ani postulatu cyberenergetycznego (PC1–PC10), lecz czyni je sprawdzalnymi w punkcie przyłączenia i w każdym instrumencie. Zasady 11 i 12 dodano w wersji 2.0.

Tabela 40. Standard Cyberenergetyka-RP 2.0: dwanaście zasad

Nr	Zasada	Test instrumentu
1	Sterowalność przed mocą. Płacimy za sterowalną MWh we właściwej godzinie i węźle, nie za MW w bilansie.	Czy instrument wynagradza dostępność, elastyczność lub usługę, a nie sam majątek?
2	Każdy MW przyłączony = MW obserwowalny.	Czy nowy zasób przesyła telemetrię do OSD/PSE z określoną częstotliwością?
3	3S albo ryzyko. Urządzenie powyżej progu jest skomunikowane, sterowalne i strzeżone.	Czy warunki przyłączenia wymagają 3S i paszportu urządzenia?
4	Reguła salda. Każdy poziom bilansuje się sam i oddaje wyżej saldo oraz elastyczność.	Czy instrument wzmacnia lokalne bilansowanie z właścicielem wyniku?
5	Warunek cyfrowy. Część nakładów sieciowych zależy od obserwowalności, DERMS, cyberbezpieczeństwa i DLR.	Czy inwestycja zwiększa hosting capacity na zł, a nie tylko długość linii?
6	Autonomia według odwracalności. AI doradza tam, gdzie błąd nieodwracalny; wykonuje w limitach tam, gdzie odwracalny.	Czy określono poziom A0–A3, człowieka odpowiedzialnego i rejestr decyzji?
7	Kanał poleceń pod kontrolą. Polecenia, aktualizacje i dane płyną kanałem kontrolowanym krajowo lub sojusznico.	Czy oceniono kanał w procedurze dostawcy wysokiego ryzyka?
8	Przemysł jako regulator. Duży odbiór (AI DC, przemysł, elektrolizery) przyłącza się z kontraktem sterowalności.	Czy przyłączenie obejmuje usługi elastyczności, odzysk ciepła i plan pracy wyspowej?
9	Model i jawność. Decyzje powyżej progu oceniane w Cyfrowym Bliźniaku z wariantem zerowym; dane i kryteria jawne.	Czy decyzja ma ocenę w modelu i jawne kryteria?
10	Pomiar i wygaszanie. Każdy instrument ma miernik, właściciela i datę wygaśnięcia; mierzy Obserwatorium niezależne od operatorów.	Czy wsparcie wygasa po dwóch latach bez przesunięcia miernika?
11	Obywatel u steru. Użytkownik ma prawo do danych, do sterowania przez wybranego agenta, do sygnału lokalnego i do zapłaty za elastyczność.	Czy instrument zwiększa sprawczość obywatela, czy przenosi sterowanie na operatora lub platformę?
12	Wspólny język i Kontrakt Zbieżności. Agenci komunikują się w otwartym profilu semantycznym, a algorytmy rozproszone spełniają KZ-RP.	Czy rozwiązanie jest zgodne z SGAM-RP+ i profilem RP, a algorytm ma gwarancję zbieżności, wykonalności i prywatności?

WNIOSEK ROZWAŻANIA

Największy przyrost zdolności państwa, produktywności, suwerenności i odporności przy najmniejszym koszcie fiskalnym daje nie budowa kolejnych źródeł, lecz uczynienie istniejących zasobów widocznymi, sterowalnymi i chronionymi – i oddanie steru tym, do których należą. Ta sama zmiana – przejście waluty systemu z majątku na sterowalność dostarczoną przez obywateli, wspólnoty i firmy – odbiera grunt rentom, władzy proceduralnej, strukturom zasiedziałym, kartelom i monopolom. Standard Cyberenergetyka-RP 2.0 czyni ten wniosek obowiązującym kryterium każdego instrumentu.

10. Cyberenergetyczny System Sterowania RP (CSS-RP)

10.1. Architektura sześciu warstw

Model referencyjny CSS-RP porządkuje system w sześć warstw, od fizyki do ładu. Każda warstwa ma swoje technologie, stan w Polsce, lukę i instrument transformacji. Warunki 5S są przypisane do warstw: S1 do pomiaru i modelu, S2 do decyzji i rynku, S3 do pomiaru i ładu, S4 do fizyki i rynku, S5 do ładu. Sześć warstw CSS-RP to warstwy **funkcjonalne** (co system robi), a pięć warstw interoperacyjności SGAM-RP+ (rozdz. 4.8) to warstwy **opisu** (jak podsystemy się rozumieją). Obie siatki są ze sobą zgodne: L0 odpowiada warstwie komponentów SGAM, L1 – komunikacji, L2 – informacji (profil semantyczny), L3 – funkcji, L4 – biznesu, a L5 przecina wszystkie warstwy jako rama ładu i bezpieczeństwa.



Rysunek 46. Cyberenergetyczny System Sterowania RP (CSS-RP): sześć warstw L0–L5 i przypisane warunki 5S

Tabela 41. Model referencyjny CSS-RP: warstwy, stan, luka, instrument

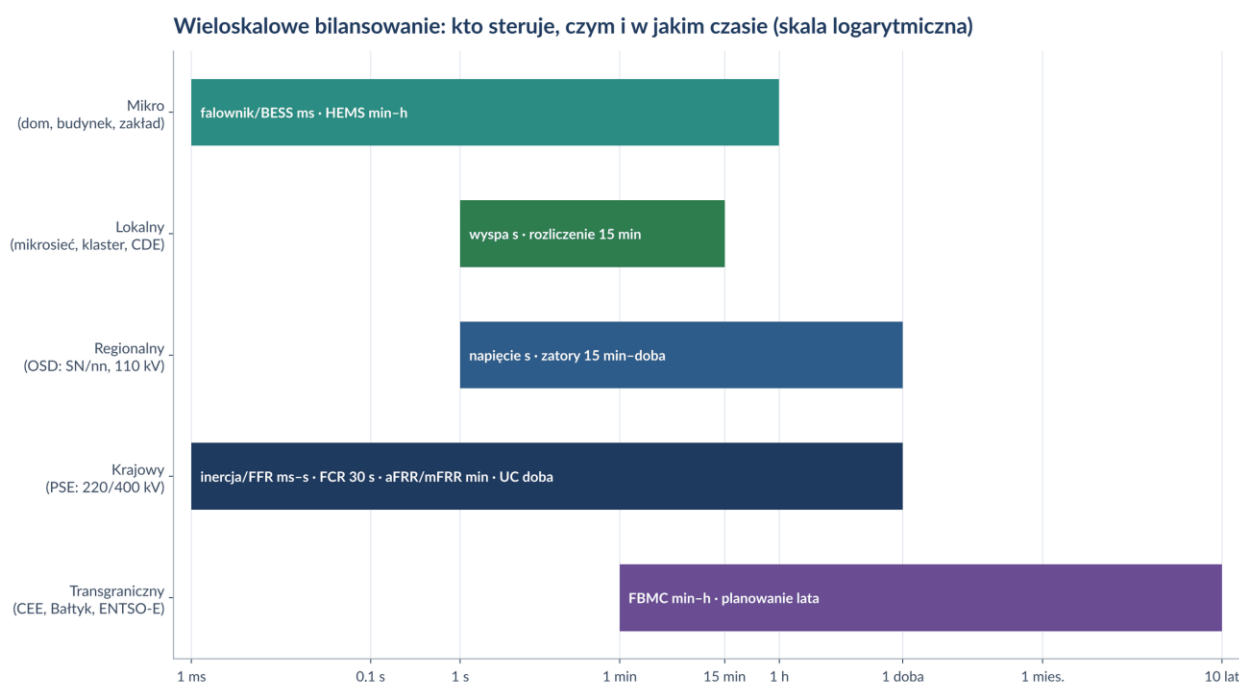
Warstwa	Zawartość	Stan w Polsce	Luka	Instrument transformacji
L0 Fizyka	sieci, generacja, magazyny (BESS, LDES, ciepło), GFM/VSG, SST, offshore, HVDC, elektrolizery	szybki wzrost PV i wiatru; magazyny startują; HVDC i offshore w planie	brak wymogu GFM i odporności nastaw	wymogi GFM w kodeksach i instrukcjach ruchu; aukcje usług dla GFM (CY6)
L1 Pomiar i komunikacja	PMU/WAMS, μ PMU, LZO/AMI, RTU, IEC 61850/62351, łączność krytyczna, synchronizacja czasu	LZO 17,4% (2021) $\rightarrow$ 80% (2028); RTU farm z domyślnymi hasłami	obserwowalność OSD i GCP	telemetria $\leq 1-4$ s dla obiektów > 1 MW; łączność krytyczna (CY1, CY12)
L2 Model / bliźniak	cyfrowy bliźniak sieci, stacji i farm; kosymulacja; SGAM	modele PSE; po stronie OSD rozproszone	brak wspólnego modelu TSO+DSO	Cyfrowy Bliźniak KSE jako dobro publiczne (CY3)
L3 Decyzja i sterowanie	UC/ED stochastyczne, CC-OPF, MPC, safe RL, PINN, XAI, asystenci dyspozytora, prognozy probabilistyczne	dyspozycja centralna; AI w pilotażach	brak reguł autonomii AI	autonomia A0–A3; U12; safe RL z ograniczeniami fizyki
L4 Rynek i transakcje	rynek bilansujący, LFM, P2P, VPP/DERMS, agregatorzy, CSIRE, GO 24/7, DLT	rynek mocy, CSIRE w drodze, klastry bez operacyjnego bilansowania	brak lokalnego sygnału (miejsce i czas)	LFM przy OSD, taryfy dynamiczne, certyfikaty godzinowe (CY5)
L5 Ład i bezpieczeństwo	KSC, NIS2, NCCS, CER, CRA, AI Act, Data Act, Zero Trust, SBOM, C-UAS, kable podmorskie	prawo kompletne; certyfikacja od 2025 r.	wykonanie, pomiar, kadry OT	Kodeks Brzegu 3S (U11), sektorowy SOC, certyfikacja urządzeń (CY2, CY12)

10.2. Pięć poziomów bilansowania i reguła salda

Doktryna (dok. 20) wprowadziła hierarchię bilansowania KSE → region → gmina → klaster → mikrosieć z właścicielem wyniku na każdym poziomie. Cyberenergetyka dodaje do niej wymiar czasu: kto steruje, czym i w jakiej stałej czasowej.

Tabela 42. Wieloskalowe bilansowanie: kto steruje, czym i w jakim czasie

Poziom	Zakres	Stała czasowa	Właściciel pętli	Dane krytyczne	Narzędzia	Priorytet PL
Mikro	dom, budynek, zakład (za licznikiem)	ms–min (falownik, BESS); min–h (HEMS/ BEMS)	prosument, zarządca, agregator	LZO, dane z falownika (Data Act)	HEMS, BEMS, magazyn, DR przemysłowy	autokonsumpcja z magazynem zamiast oddawania w szczycie PV
Lokalny	mikrosieć, klaster, spółdzielnia, CDE	s–min (wyspa); 15 min (rozliczenie)	koordynator społeczności, operator mikrosieci	profile 15-min, CSIRE	sterowniki mikrosieci, LFM, wspólny magazyn	mikrosieci IK z kontrolowaną pracą wyspową
Regionalny	sieć SN/nn i 110 kV OSD	s–min (napięcie); 15 min–doba (zatory)	OSD	obserwowalność SN/nn, prognozy lokalne	ADMS, DERMS, VPP, DLR, volt-var, hosting capacity	DERMS u 5 OSD; DLR; przetargi na elastyczność
Krajowy	KSE 220/400 kV	ms–s (inercja, FFR); 30 s (FCR); min (aFRR/mFRR); doba (UC)	PSE	WAMS/PMU, CSIRE, telemetria OZE	UC/ED stochastyczne, rezerwy, WAMPAC, monitoring inercji, black start	wymogi GFM, inercja online, plan odbudowy z IBR i cyber
Transgraniczny	Europa kontynentalna, Baltyk	min–h (FBMC); lata (planowanie)	PSE, RCC, ENTSO-E	modele CGM, przepływy	FBMC, interkonektory, HVDC, huby offshore	70% zdolności (2019/943); ochrona kabli



Reguła salda: każdy poziom bilansuje się najpierw sam, a wyższemu oddaje tylko saldo i swoją elastyczność

Rysunek 47. Wieloskalowe bilansowanie: poziomy, właściciele pętli i stałe czasowe sterowania (skala logarytmiczna od milisekund do lat)

REGUŁA SALDA

Każdy poziom bilansuje się najpierw sam, a wyższemu oddaje tylko saldo i swoją elastyczność. Wymaga to sygnału lokalnego (ceny lub limitu dla miejsca i czasu) oraz danych 15-minutowych. Bez tego wszystko spływa na PSE, a PSE ogranicza OZE za cały kraj.

Reguła salda jest operacyjną postacią architektury komórkowej z destylatu CK (rozdz. 4.3): każda komórka zeruje własne saldo, a w górę oddaje tylko błąd niezbilansowany. Reguła salda rozstrzyga napięcie między centralizacją a rozproszeniem. PSE zachowuje dyspozycję krajową i odpowiedzialność za stabilność, a OSD, społeczności i przemysł dostają autonomię bilansową w zakresie salda. To nie jest wybór „albo-albo”, lecz **hierarchia z delegacją** – w języku Stafforda Beera system 1–5 modelu żywotnego systemu (VSM), w którym jednostki operacyjne mają autonomię, a metasytem koordynuje i kontroluje.

10.3. Pętla sterowania wieloskalowa

Pętla cyberenergetyczna jest tą samą pętlą CEL → POMIAR → ODCHYLENIE → AKCJA w pięciu skalach czasu.

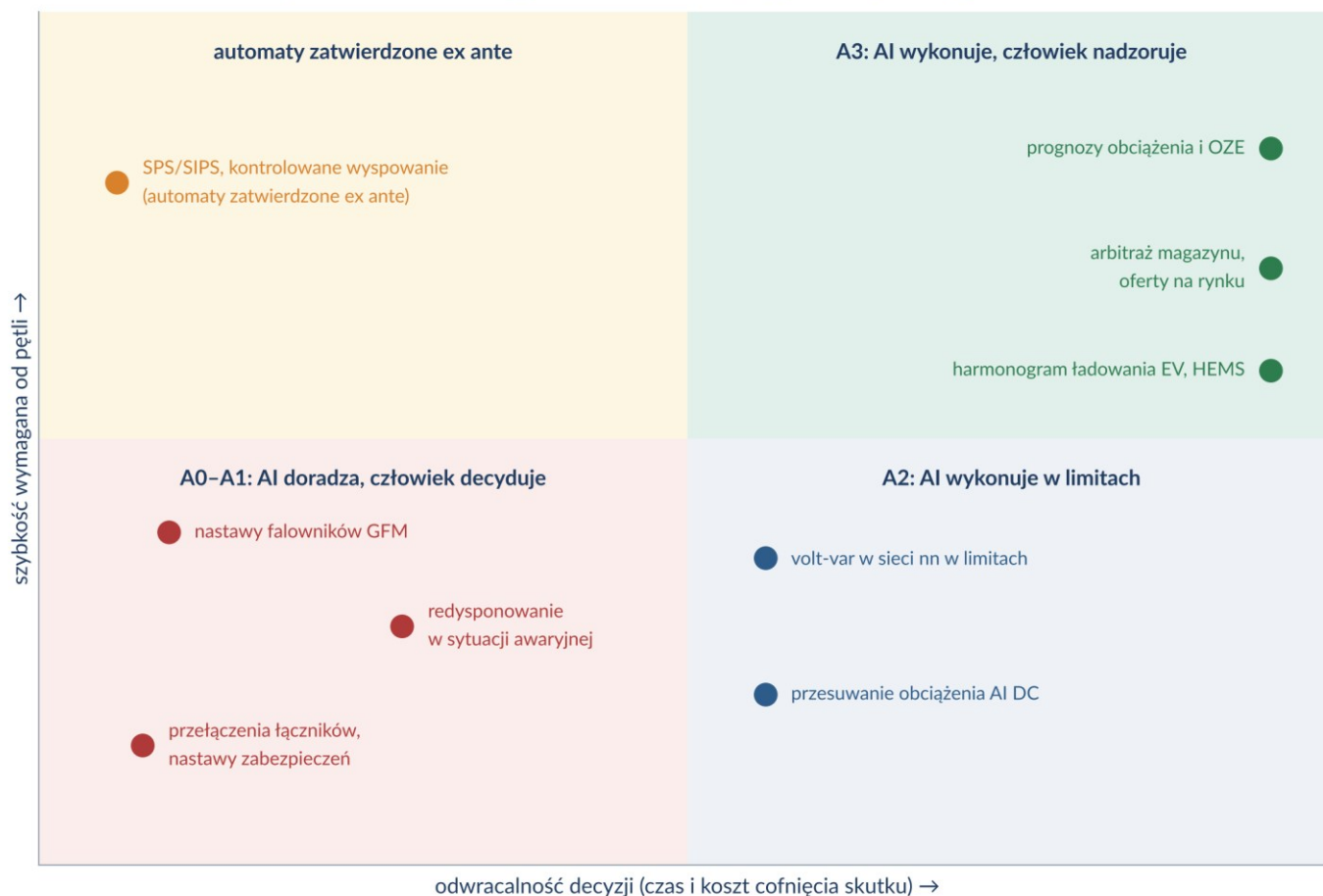
- **Milisekundy–sekundy (fizyka i automatyka):** falowniki GFM, FFR, zabezpieczenia, SPS/SIPS. Człowiek nie jest w pętli; projektuje nastawy i testuje automaty ex ante.
- **Sekundy–minuty (regulacja):** FCR, aFRR, regulacja napięcia, polecenia OSD do zasobów brzegowych. Algorytmy w trybie A2 w limitach.

- **Minuty–doba (dysponowanie i rynek):** mFRR, rynek dnia bieżącego, LFM, harmonogramy AI DC, ciepła i elektrolizerów. Algorytmy w trybie A2–A3, nadzór człowieka.
- **Doba–miesiące (planowanie operacyjne):** UC/ED, plany remontów, ocena wystarczalności, ćwiczenia. Algorytmy doradcze A0–A1.
- **Lata (planowanie rozwoju i ustrój):** plany sieci, aukcje, kodeksy, ustawy, ICY-RP. Decyzje polityczne na podstawie modelu i jawnych kryteriów.

Pętla państwowa z dokumentu 39 (widzieć, modelować, decydować, wykonać, bronić, korygować) jest pętlą skali lat i miesięcy. Cyberenergetyka zapewnia, że jej ogniwa „widzieć” i „wykonać” sięgają do skali sekund.

10.4. Autonomia według odwracalności

Autonomia według odwracalności: gdzie AI doradza, a gdzie wykonuje



Rysunek 48. Autonomia według odwracalności: gdzie AI doradza, gdzie wykonuje w limitach, a gdzie działają automaty zatwierdzone ex ante

Tabela 43. Poziomy autonomii AI w sterowaniu energią

Poziom	Zakres zastosowań	Rola człowieka	Bezpieczniki
A0 rekomendacja	nastawy zabezpieczeń, przełączenia, redysponowanie awaryjne, plan odbudowy	decyduje i wykonuje	XAI, wariant zerowy, rejestr rekomendacji
A1 wykonanie po zatwierdzeniu	zmiany konfiguracji sieci SN, polecenia dla dużych zasobów	zatwierdza każdą akcję	podwójne potwierdzenie, limit czasu, tryb ręczny
A2 wykonanie w limitach	volt-var w sieci nn, dysponowanie elastycznością, przesuwanie obciążenia AI DC	nadzoruje, może przerwać	twarde ograniczenia fizyki (safe RL), wyłącznik, monitoring dryfu
A3 nadzór ex post	prognozy, oferty rynkowe, harmonogramy ładowania, HEMS, Asystent Energetyczny Obywatela w granicach obwiedni	audytuje wynik; użytkownik nadzoruje swojego asystenta	rejestr decyzji, testy adversarialne, ćwiczenia bez AI; bramka uprawnień; ograniczenie szybkości zmian poboru
Automaty ex ante	SPS/SIPS, kontrolowane wyspowanie, odciążanie częstotliwościowe	projektuje i testuje przed użyciem	testy okresowe, niezależna weryfikacja nastaw

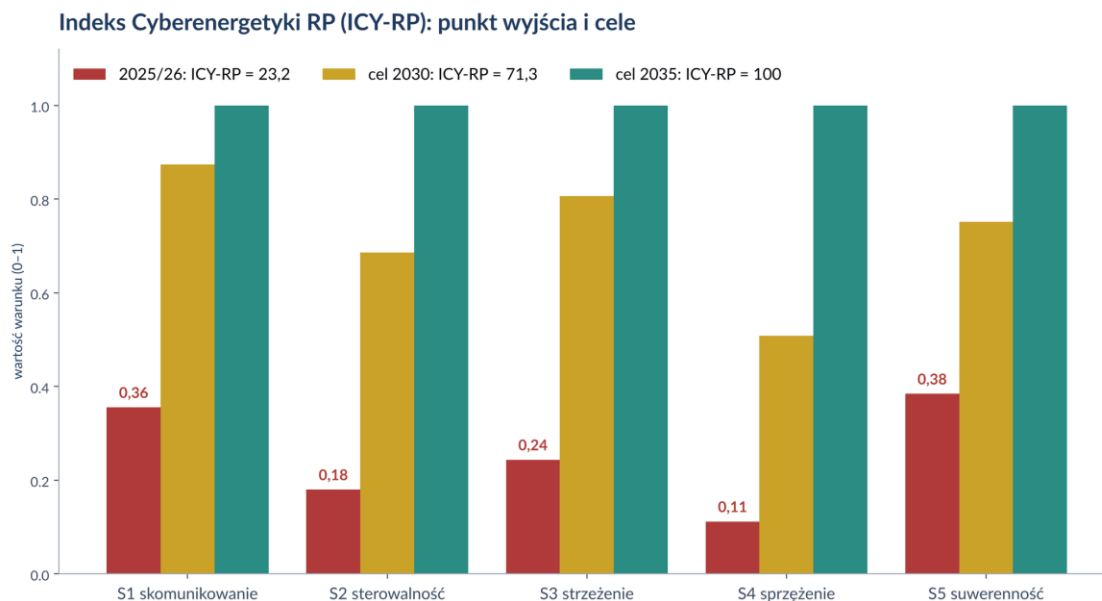
10.5. Pętla obrony: MTTD, MTTR i kontrolowane wyspowanie

Bezpieczeństwo brzegu mierzy się dwiema wielkościami: **czasem wykrycia** incydentu (MTTD) i **czasem przywrócenia sterowania** (MTTR). Incydent z 29.12.2025 r. pokazał, że łączność i zdalne sterowanie farm przywracano w dniach, a nie w godzinach. Pętla obrony ma cztery ogniwa: (1) telemetria bezpieczeństwa brzegu w sektorowym SOC (wykrycie), (2) segmentacja i możliwość odcięcia kanału zdalnego (izolacja), (3) tryb degradacji – praca na nastawach lokalnych, kontrolowane wyspowanie mikrosieci (absorpcja), (4) przywrócenie z zaufanych kopii konfiguracji i firmware oraz plan odbudowy uwzględniający źródła falownikowe i scenariusz cybernetyczny (odtworzenie). Każde ogniwo ma właściciela i miernik (KCY-6, -7).

10.6. Indeks Cyberenergetyki RP (ICY-RP)

ICY-RP jest mierzalnym przybliżeniem formuły operacyjnej. Składa się z 21 mierników przypisanych do pięciu warunków 5S. Każdy miernik jest normalizowany do wartości docelowej na 2035 r., warunek jest średnią swoich mierników, a indeks – średnią geometryczną warunków pomnożoną przez 100. Wartości wyjściowe są w części danymi (np. ograniczenia OZE), a w części ocenami eksperckimi autora tam, gdzie brakuje publicznych danych (np. udział GCP z MFA). Wskaźnik jest więc punktem wyjścia dla pomiaru przez Obserwatorium Cyberenergetyki (CY12), a nie ostatecznym wynikiem.

Wynik obliczenia (plik 45F) to **ICY-RP $\approx$ 23,2** w 2025/26 r. (średnia arytmetyczna 25,5). Warunki: S1 skomunikowanie 0,36; S2 sterowalność 0,18; S3 strzeżenie 0,24; S4 sprzężenie 0,11; S5 suwerenność 0,38. Analiza wrażliwości (Monte Carlo z losowym odchyleniem ocen eksperckich do $\pm 30\%$) daje przedział P5–P95 od 21,6 do 24,5 – wynik jest stabilny, bo wyznacza go najstarszy warunek. Wartości docelowe dają ICY-RP $\approx$ 71 w 2030 r., a pełne osiągnięcie celów 2035 r. – 100. Cel programowy na 2035 r. to ICY-RP $\geq$ 85.



Obliczenie własne (plik 45F); wartości 2025/26 w większości ocenami eksperckimi – wskaźnik do weryfikacji przez Obserwatorium Cyberenergetyki

Rysunek 49. Indeks Cyberenergetyki RP (ICY-RP): wartości warunków S1–S5 w 2025/26 r. i cele 2030 i 2035 (obliczenie własne)

Tabela 44. Mierniki ICY-RP (wybór; pełna lista w pliku 45F)

Warunek	Miernik	2025/26	Cel 2030	Cel 2035	Typ
S1	punkty poboru z LZO	ok. 40%	85%	95%	ocena (17,4% w 2021 r.)
S1	moc > 1 MW z telemetrią ≤ 4 s	ok. 30%	90%	100%	ocena
S2	elastyczność zadysponowana wobec potrzeby 2035 (~20 GW)	ok. 18%	60%	100%	ocena
S2	ograniczenia OZE (miernik odwrotny)	0,36	0,80	0,95	dane
S3	GCP z MFA, segmentacją, bez domyślnych poświadczeń	ok. 35%	95%	100%	ocena
S3	obiekty w sektorowym SOC	ok. 15%	80%	100%	ocena
S4	P2H wobec 5,5 GWt	ok. 12%	50%	100%	ocena
S4	biogaz w trybie na żądanie wobec potencjału	ok. 5%	30%	60%	ocena
S5	moc z kanałem poleceń pod kontrolą krajową/sojuszniczą	ok. 45%	85%	100%	ocena
S5	kadry OT wobec potrzeby	ok. 30%	60%	90%	ocena

Najważniejszy wniosek z indeksu jest zgodny z logiką iloczynu: **najwyższy zwrot daje sprzężenie (S4)** – ciepło, biogaz, elektrolizery, smart charging – oraz **sterowalność (S2)**. To zasoby, które już istnieją fizycznie i wymagają sygnału, danych i kontraktu, a nie nowego majątku.

11. Transformacja przemysłowa w erze AI, robotów autonomicznych i biotechnologii

11.1. Zasada: przemysł jako sterowalny węzeł

Transformacja energetyczna i przemysłowa są jednym procesem. Elektryfikacja przemysłu, transportu i ciepła, nowe centra danych i fabryki robotów oraz bioprocesy zwiększą popyt na energię elektryczną wielokrotnie (skala planistyczna Doktryny: rząd 2 000 TWh). Jeżeli ten popyt zostanie przyłączony w modelu energetyki centrum – jako sztywny odbiór, który system musi zaspokoić w każdej sekundzie – będzie wymagał ogromnych inwestycji w moc i sieć. Jeżeli zostanie przyłączony w modelu cyberenergetyki – jako **sterowalny węzeł** z kontraktem usług – stanie się największym zasobem elastyczności w systemie.

ZASADA PRZEMYSŁOWA CYBERENERGETYKI

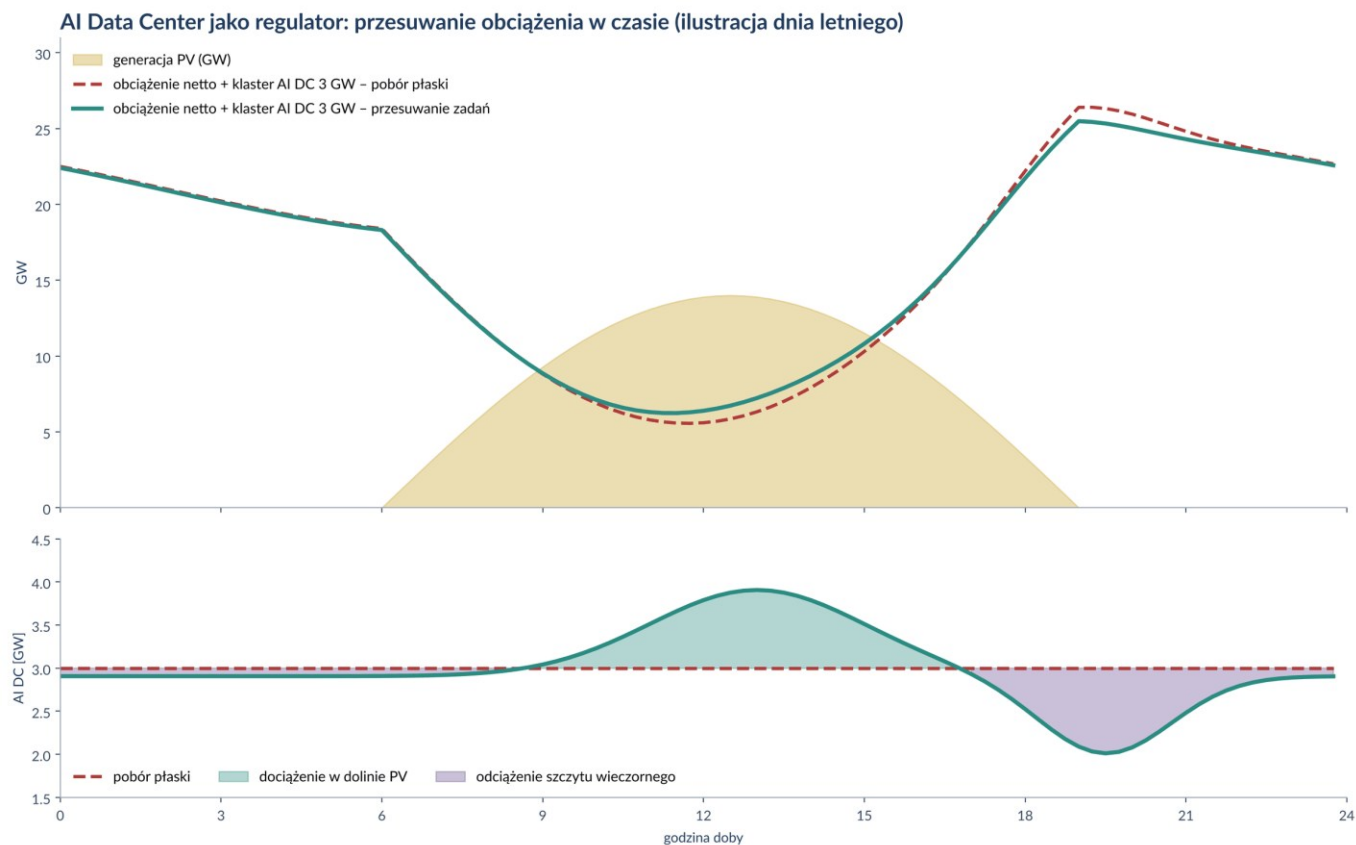
Każdy duży nowy odbiór przyłącza się jako regulator, a nie tylko jako obciążenie: z kontraktem sterowalności, planem czystej energii całodobowej, odzyskiem ciepła, planem pracy wyspowej i kanałem poleceń w standardzie 3S/5S.

Zasada rozwija warunek z Doktryny (T9: AI Data Center jako nowa kategoria planowania – odbiorca i regulator zarazem) i z Energetycznego Kontraktu Przemysłowego (I-11 dok. 39) na wszystkie duże odbiory przemysłu ery AI.

11.2. AI: energia dla AI i AI dla energii

Energia dla AI. Centrum danych AI ma trzy cechy, które czynią je wyjątkowym odbiorcą: dużą moc skupioną w jednym węźle (setki MW do ponad 1 GW), zdolność do przesuwania części obciążenia w czasie (trening, przetwarzanie wsadowe) i w przestrzeni (między lokalizacjami) oraz wysoką wartość ciągłości zasilania. Literatura (IEA „Energy and AI”, EPRI DCFlex, destylaty Energia) wskazuje dwie strony tej samej monety: skoncentrowane centra danych mogą wywoływać stres regionalny i oscylacje obciążenia, ale mogą też świadczyć usługi elastyczności, jeśli reguły przyłączenia tego wymagają.

Ilustracja dnia letniego pokazuje mechanizm. Klaster AI DC o mocy 3 GW, który pobiera energię płasko, pogłębia szczyt wieczorny. Ten sam klaster, który przesuwają ok. jednej trzeciej obciążenia z wieczoru na południe, pochłania nadwyżkę w dolinie PV (w godzinach cen ujemnych) i odciąża szczyt. Różnica jest wyłącznie w regule przyłączenia i w sygnale cenowym.



Rysunek 50. AI Data Center jako regulator: obciążenie netto KSE w dniu letnim przy płaskim poborze klastra AI DC i przy przesuwaniu zadań (ilustracja)

Warunki przyłączenia AI DC w standardzie cyberenergetyki: (1) plan czystej energii całodobowej (24/7 CFE) z udokumentowanymi źródłami; (2) zakontraktowana elastyczność (przesuwanie obciążenia, magazyn, generacja rezerwowa zdolna do pracy na rzecz systemu); (3) odzysk ciepła do sieci ciepłowniczej lub procesu; (4) ocena wpływu na sieć w Cyfrowym Bliźniaku, w tym oscylacji obciążenia; (5) plan pracy wyspowej i udział w odbudowie; (6) kanał poleceń i telemetrii w standardzie 3S/5S; (7) udział compute w zadaniach państwa (Bliźniak, prognozy) – szczególnie dla gigafabryki AI współfinansowanej publicznie.

AI dla energii. AI wchodzi do pętli sterowania przez warstwę doradczą i ograniczoną (rozdz. 10.4): prognozy probabilistyczne (OZE, popyt, ceny ujemne), optymalizacja dysponowania elastycznością, detekcja anomalii i ataków, konserwacja predykcyjna, asystenci dyspozytora. Wyniki laboratoryjne (–12–18% kosztów, detekcja 85–99,9%) traktuje się jako górne granice. AI zarządzająca infrastrukturą krytyczną jest systemem wysokiego ryzyka w rozumieniu AI Act, a organem nadzoru rynku jest Komisja Rozwoju i Bezpieczeństwa Sztucznej Inteligencji (ustawa z 3 lipca 2026 r.).

11.3. Roboty i systemy autonomiczne

Robotyka zmienia energetykę w trzech rolach.

1. **Robot jako wzrok i ręka systemu.** Drony i roboty inspekcyjne linii, farm wiatrowych (łopaty, wieże, fundamenty offshore), stacji i farm PV; podwodne pojazdy autonomiczne dla kabli i fundamentów morskich; roboty konserwacyjne. Korpus CY (C04) pokazuje, że inspekcja dronami może obniżyć koszt inspekcji o ok. 70% i straty przychodu z przestojów do 90%, a konserwacja predykcyjna – koszty utrzymania o 25–30%. Dla cyberenergetyki ważniejsze jest jednak skrócenie MTTR: robot dociera do uszkodzenia szybciej niż ekipa, także w warunkach zagrożenia.
2. **Robot jako odbiór elastyczny.** Zrobotyzowana fabryka ma przewidywalny i programowalny profil poboru; harmonogram produkcji może być optymalizowany wobec ceny energii i sygnału systemu, a magazyny energii przy liniach produkcyjnych stają się zasobem dla OSD.
3. **Robot jako zagrożenie i obrona.** Drony są bronią przeciw stacjom i magazynom (Ukraina). Ochrona przeciwdronowa obiektów energetycznych (C-UAS) wymaga licencjonowanej współbrony operatora i państwa (I-6 dok. 39). Floty robotów i dronów inspekcyjnych są też powierzchnią ataku: przejęta flota to wzrok przeciwnika wewnątrz infrastruktury. Dlatego program CY10 łączy robotykę utrzymania z certyfikacją, łącznością krytyczną i zasadą, że dane obrazowe infrastruktury krytycznej pozostają w kraju.

11.4. Biotechnologia

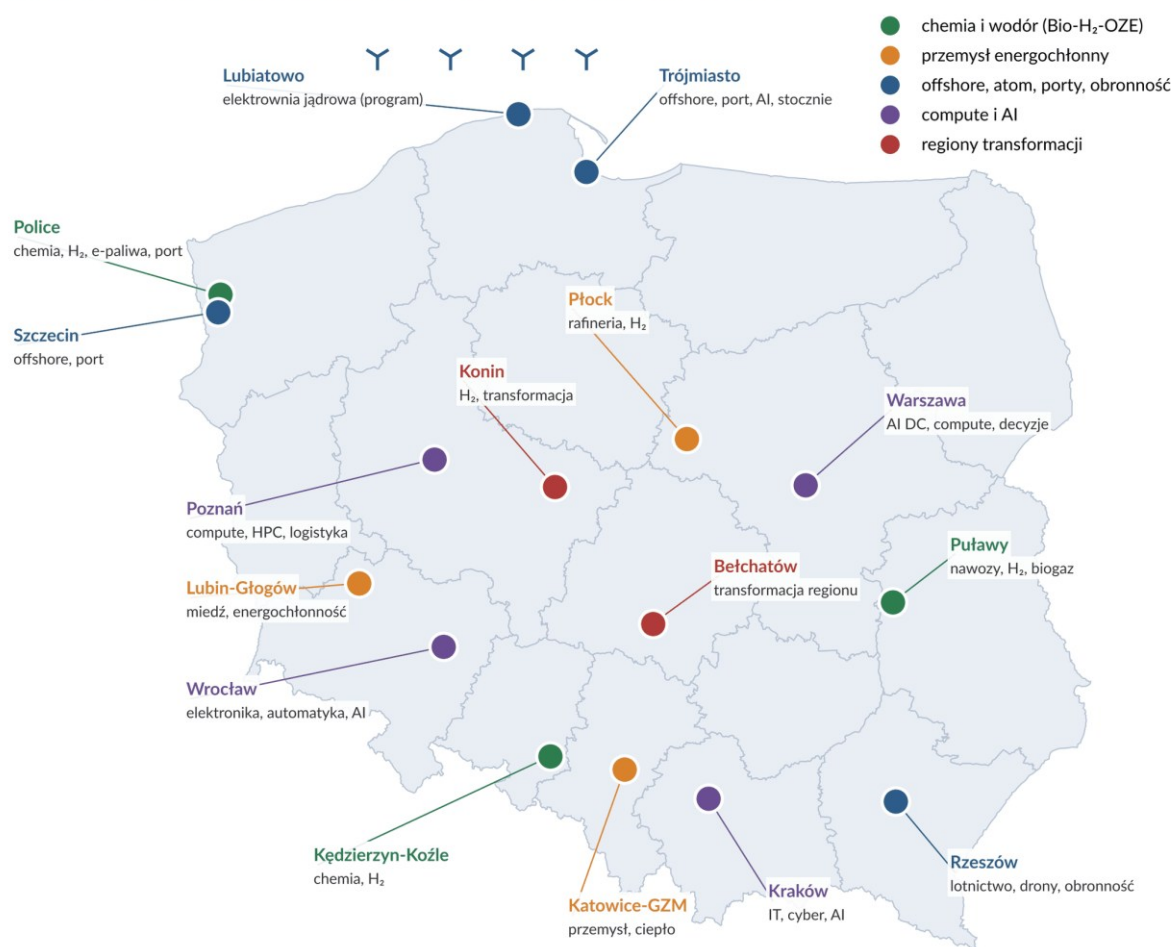
Biotechnologia jest w cyberenergetyce źródłem **sterowalnych zasobów biologicznych**.

- **Biogaz i biometan na żądanie.** Biogazownia z magazynem gazu i jednostką kogeneracyjną o większej mocy może produkować energię elektryczną w godzinach wysokich cen i wstrzymywać produkcję przy cenach ujemnych. Polskie prace (m.in. *Demand-driven biogas plants in Poland*) pokazują techniczną i ekonomiczną wykonalność. Biometan wtłaczany do sieci gazowej jest magazynem międzysezonowym.
- **Bio-H₂-OZE i biorafinerie.** Sprzężenie biomasy z wodorem z nadwyżek OZE daje zielony metanol i e-paliwa (koncepcja coupling Bio-H₂-OZE z Doktryny, rozdz. 7). Elektrolizer w biorafinerii jest odbiorem sterowalnym w sekundach.
- **Rolnictwo jako prosument i dostawca elastyczności.** Agrowoltaika osiąga łączną produktywność ziemi 1,2–1,6, co łagodzi konflikt o grunty; chłodnie, suszarnie i pompy w gospodarstwach są odbiorami elastycznymi.
- **Biotechnologia przemysłowa.** Bioprocesy (fermentacja, biofarmacja) wymagają stabilnego zasilania i są wrażliwe na przerwy, co czyni je kandydatami do mikrosieci z pracą wyspową i jednocześnie do usług elastyczności w części pomocniczej (chłodzenie, sprężanie).
- **Opcje długoterminowe.** BECCS i mikroalgi – ujemne emisje i surowiec, lecz z ryzykiem konkurencji o biomasę i wodę; wymagają oceny w modelu.

11.5. Huby przemysłowo-energetyczne jako węzły sterowalności

Przemysł ery AI, robotów i biotechnologii koncentruje się w hubach, które łączą sieć, ciepło, gaz, wodór, dane i porty. Hub jest naturalnym poziomem lokalnym bilansowania o dużej skali i naturalnym kandydatem na węzeł cyberenergetyczny w technopolii (dok. 31). Mapa przedstawia ilustracyjny układ hubów: chemia i wodór (Police, Puławy, Kędzierzyn-Koźle), przemysł energochłonny (Płock, Katowice-GZM, Lubin-Głogów), offshore, atom, porty i obronność (Trójmiasto, Lubiatowo, Szczecin, Rzeszów), compute i AI (Warszawa, Poznań, Wrocław, Kraków) oraz regiony transformacji (Bełchatów, Konin). Dobór hubów wymaga weryfikacji w Cyfrowym Bliźniaku KSE i atlasie gęstości kompetencji (dok. 31).

Huby przemysłowo-energetyczne jako węzły sterowalności (ilustracja)



Lokalizacje i profile orientacyjne; dobór hubów – do weryfikacji w Cyfrowym Bliźniaku KSE i Atlasie gęstości (dok. 31)

Rysunek 51. Huby przemysłowo-energetyczne jako węzły sterowalności: chemia i wodór, przemysł energochłonny, offshore i atom, compute i AI, regiony transformacji (ilustracja)

11.6. Kontrakt Sterowalności Przemysłowej

Kontrakt Sterowalności Przemysłowej (KSP) jest instrumentem wykonawczym programu CY9 i rozwinięciem Energetycznego Kontraktu Przemysłowego (I-11 dok. 39). Zawiera go operator (PSE lub OSD) z dużym odbiorcą przy przyłączeniu lub zwiększeniu mocy.

Tabela 45. Kontrakt Sterowalności Przemysłowej: świadczenia stron

Strona	Świadczenie	Miernik
Odbiorca (AI DC, przemysł, elektrolizer, ciepłownia)	z kontraktowana elastyczność (MW, czas, liczba wywołań); telemetria 3S; plan pracy wyspowej; odzysk ciepła; udział w odbudowie	MW elastyczności dostarczonej na wezwanie; czas reakcji
Operator	przyspieszone przyłączenie w klasie priorytetu; przyłączenie elastyczne (non-firm) zamiast oczekiwania na rozbudowę; dostęp do danych i prognoz	czas przyłączenia; MW przyłączone bez rozbudowy
Państwo / regulator	uznanie usług w taryfie i rynku sterowalności; ulga w opłatach sieciowych proporcjonalna do elastyczności; rejestr kontraktów	koszt systemowy unikniętej rozbudowy
Samorząd / CDE	odzior ciepła odpadowego; udział w lokalnym bilansie	GJ ciepła odzyskanego; saldo lokalne

W architekturze co-dispatchu (rozdz. 5.5) duże odbiory sterowalne – elektrolizery, centra danych, zagregowane pompy ciepła – wchodzi w dyspozycję PSE jako zasoby dyspozycji popytu, a ich elastyczność jest raportowana jako obszar elastyczności P-Q w węźle 110 kV. Agent przemysłu działa w trybie A2 w granicach kontraktu i polityki kryteriów zależnej od stanu. KSP zamienia relację „odbiorca żąda mocy, operator buduje sieć” w relację „odbiorca dostarcza sterowalność, operator przyłącza szybciej”. Dla przemysłu to przewaga konkurencyjna (czas i koszt przyłączenia), dla systemu – elastyczność bez nowego majątku.

12. Nowe rozwiązania prawne i instytucjonalne

12.1. Zasada: prawo dla brzegu, nie kolejne prawo ogólne

Analiza instytucjonalno-prawna (rozdz. 8.10) wykazała, że Polska ma kompletną ramę obowiązków ogólnych w cyberbezpieczeństwie, AI i rynku energii, a brakuje jej warstwy wykonawczej dla brzegu. Strategia energii i odporności (dok. 39) zaproponowała pakiet dziesięciu ustaw U1–U10 (Centrum Energii i pulpit, Open Energy Data i cyfrowy bliźniak, rynek sterowalności, TPA+ i przyłączenia, infrastruktura odporności, obrona IK, suwerenność komponentów i OT, permitting Energia 7D, antycapture, regionalne polityki energetyczne). Cyberenergetyka nie powieliła tego pakietu.

Dodaje cztery akty, które domykają warstwę brzegu, autonomii algorytmów, eksperymentu i praw obywatela, wskazuje instrumenty regulacyjne, które nie wymagają ustawy (rozdz. 12.6), oraz przepisy wykonawcze z U1–U10 krytyczne dla brzegu.

12.2. U11: Kodeks Brzegu Sieci (ustawa o bezpieczeństwie i sterowalności brzegu sieci)

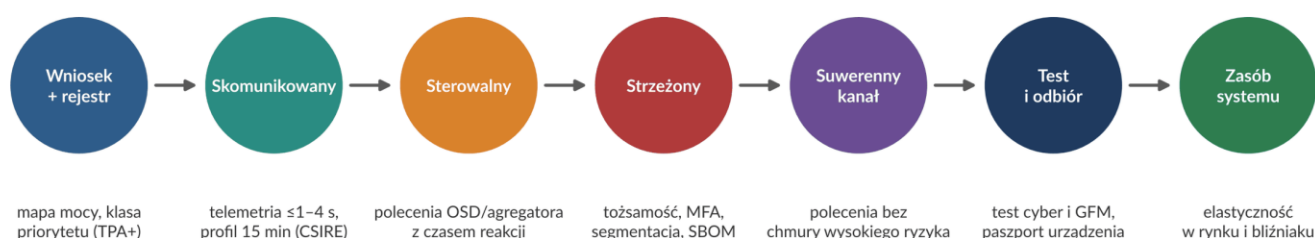
Cel. Uczynić standard 3S obowiązkowym warunkiem przyłączenia i eksploatacji urządzeń brzegowych powyżej progu oraz dać państwu pomiar stanu bezpieczeństwa brzegu.

Zakres.

- 1. Standard 3S w warunkach przyłączenia** dla źródeł, magazynów i odbiorów sterowalnych powyżej progu (propozycja: 50 kW dla magazynów i odbiorów dużej mocy, 1 MW dla źródeł z telemetrią ≤ 4 s): telemetria, przyjmowanie poleceń z czasem reakcji, tożsamość urządzenia, uwierzytelnianie wieloskładnikowe zdalnego dostępu, zakaz domyślnych poświadczeń, segmentacja, aktualizacje z podpisem, spis komponentów oprogramowania (SBOM).
- 2. Rejestr Urządzeń Brzegowych i paszport urządzenia:** każde urządzenie powyżej progu ma wpis w rejestrze (typ, wersja oprogramowania, kanał zdalnego dostępu, podmiot odpowiedzialny za bezpieczeństwo); dostęp do rejestru ma OSD, PSE, sektorowy CSIRT i Obserwatorium, a nie opinia publiczna (granica transparentności z dok. 20).
- 3. Odbiory dużej mocy w standardzie 3S:** pompy ciepła, ładowarki i klimatyzacja sterowane zdalnie w dużych flotach (przeciwdziałanie scenariuszowi „popytu jako broni”): ograniczenie szybkości zmian poboru, losowe opóźnienia reakcji na polecenia zbiorcze, uwierzytelnienie poleceń.
- 4. Obowiązek okresowego testu cyber** dla GCP > 10 MW i obowiązek usunięcia podatności krytycznych w terminie.
- 5. Przyłączenie warunkowe:** zasób niespełniający 3S może zostać przyłączony wyłącznie jako elastyczny (non-firm), z limitem mocy, albo uzyskuje odmowę z jawnym uzasadnieniem w rejestrze odmów (U4).
- 6. Okres przejściowy dla istniejących obiektów:** 12 miesięcy na higienę podstawową (MFA, brak domyślnych poświadczeń, segmentacja), 36 miesięcy na pełne 3S; program wsparcia dla małych wytwórców w formie usług SOC (CY2, CY12).

Relacje. U11 wykonuje KSC (podmioty ważne i kluczowe), CRA (obowiązki producentów), NCCS (obszary dużego i krytycznego wpływu) i Data Act (dostęp do danych z urządzeń), a jednocześnie jest częścią warunków przyłączenia w Prawie energetycznym i instrukcjach ruchu i eksploatacji sieci.

Ścieżka przyłączenia w standardzie 3S/5S: przyłączy jest zasobem dopiero po spełnieniu warunków



Nie spełnia 3S → przyłączenie warunkowe (cable pooling, profil elastyczny, limit mocy) albo odmowa z jawnym uzasadnieniem w rejestrze. Cel: każdy MW przyłączony = MW obserwowalny.

Rysunek 52. Ścieżka przyłączenia w standardzie 3S/5S: od wniosku i rejestru do zasobu systemu; przyłączy jest zasobem dopiero po spełnieniu warunków

12.3. U12: ustawa o systemach AI i autonomicznym sterowaniu w infrastrukturze energetycznej

Cel. Przełożyć ogólne wymogi AI Act dla systemów wysokiego ryzyka na sektorowe reguły autonomii w energetyce i zapewnić rozliczalność decyzji algorytmicznych.

Zakres. (1) Klasyfikacja zastosowań do poziomów autonomii A0–A3 i automatów ex ante (tab. 43) z obowiązkiem wskazania człowieka odpowiedzialnego; (2) rejestr systemów AI w sterowaniu energią prowadzony przez regulatora we współpracy z Komisją Rozwoju i Bezpieczeństwa Sztucznej Inteligencji; (3) wymogi wyjaśnialności dla systemów doradczych A0–A1 i twardych ograniczeń fizyki dla systemów A2; (4) obowiązek testów adwersarialnych (zatrucie danych, FDIA) przed dopuszczeniem do warstwy OT; (5) obowiązek utrzymania trybu ręcznego i regularnych ćwiczeń pracy bez AI; (6) zakaz bezpośredniego dostępu asystentów opartych na dużych modelach językowych do poleceń OT; (7) **rejestr agentów energetycznych** z bramkowaniem akcji: każdy agent działający w imieniu podmiotu (OSD, agregator, wspólnota, przemysł, dom) ma wpis określający zakres uprawnień, poziom autonomii, odpowiedzialnego i kanał poleceń; (8) obowiązek zgodności algorytmów koordynacji rozproszonej z Kontraktem Zbieżności (KZ-RP) przed dopuszczeniem do pracy w KSE; (9) obowiązek stosowania zatwierdzonej polityki kryteriów zależnej od stanu systemu w systemach automatycznych i agentowych.

12.4. U13: ustawa o piaskownikach energetycznych

Cel. Wprowadzić do energetyki jurysdykcję eksperymentu (dok. 31) i warstwę koordynacyjną Sandbox 7D (dok. 35), aby nowe technologie i reguły – lokalne rynki elastyczności, V2G, falowniki grid-forming, AI w pętli dyspozytorskiej, taryfy dynamiczne, linie bezpośrednie dla hubów – mogły być testowane w rzeczywistej sieci w miesiącach, a nie w latach.

Zakres. (1) Piaskownica na podstawie decyzji regulatora, na czas do 24 miesięcy, w ograniczonym obszarze sieci i z udziałem OSD; (2) czasowe odstępstwa od wybranych wymogów taryfowych, rozliczeniowych i przyłączeniowych – bez odstępstw od bezpieczeństwa systemu, ochrony odbiorców wrażliwych i praw podstawowych; (3) plan testu z miernikami i bezpiecznikami; (4) publiczny raport z wyjścia (exit report) i obowiązek rozpatrzenia zmiany przepisów w ciągu 6 miesięcy; (5) wzajemne uznawanie wyników piaskownic w sieci technopolii (dok. 31) i w regionie CEE.

12.5. U14: ustawa o prawach energetycznych obywatela i asystentach energetycznych

Cel. Nadać obywatelowi, wspólnocie energetycznej i mikroprzedsiębiorcy ustawowe prawo do sterowania własną energią, do własnych danych i do zapłaty za elastyczność, a rynkowi asystentów energetycznych – otwarty standard, certyfikację i przenośność. Ustawa wykonuje postulat cyberenergetyczny (rozdz. 2.3) i zasady PC1–PC3.

Zakres.

1. **Karta Praw Energetycznych Obywatela** (rozdz. 5.9): prawo do danych, do sterowania, do wyboru asystenta i agregatora, do zapłaty za elastyczność, do sygnału lokalnego, do pracy wyspowej we wspólnocie, do trybu ręcznego, do prywatności, do wyjaśnienia decyzji i do ochrony osób niekorzystających z asystenta.
2. **Otwarty standard Asystenta Energetycznego Obywatela:** wymagania funkcjonalne (warstwy z rozdz. 5.3), zgodność z profilem semantycznym RP i protokołami urządzeń, bramka uprawnień, ograniczenie szybkości zmian poboru i losowe opóźnienia reakcji zbiorczej, rejestr decyzji, przenośność ustawień i historii między dostawcami.
3. **Certyfikacja asystentów** w krajowym systemie certyfikacji cyberbezpieczeństwa (Dz.U. 2025 poz. 1017) i zgodnie z wymogami AI Act dla systemów wysokiego ryzyka tam, gdzie asystent wpływa na infrastrukturę krytyczną; zawieszenie certyfikatu przy naruszeniu standardu.
4. **Model kompensacji niezależnego agregatora** dla sprzedawcy i podmiotu odpowiedzialnego za bilansowanie; jawna metodyka linii bazowej; zakaz blokowania agregatora przez sprzedawcę lub OSD.
5. **Obowiązek publikacji obwiedni przyłączeniowych** przez OSD w obszarach z ograniczeniami (etapowo) i prawo odbiorcy do informacji o cenie lub taryfie lokalnej dla jego punktu przyłączenia.
6. **Rozszerzenie obowiązku oferty ceny dynamicznej** na wszystkich sprzedawców w miarę postępu LZO, z ochroną odbiorców wrażliwych (taryfa chroniona, limit ryzyka cenowego).
7. **Prawa wspólnot:** prawo spółdzielni, klastra i obywatelskiej społeczności energetycznej do operacyjnego bilansowania komórki, sprzedaży salda i zaprojektowania kontrolowanej pracy wyspowej, z obowiązkami bezpieczeństwa.

8. Rzecznik praw energetycznych obywatela: rozszerzenie kompetencji istniejącego rzecznika odbiorców paliw i energii przy regulatorze o spory dotyczące danych, asystentów i zapłaty za elastyczność.

Relacje. U14 wykonuje Data Act, rozporządzenie wykonawcze 2023/1162, dyrektywę 2024/1711 (prawa odbiorców aktywnych i elastyczność), RODO i AI Act. Jest spójna z U11 (3S urzędzeń), U12 (rejestr agentów i autonomia) i U13 (piaskownice dla nowych usług asystentów).

12.6. Instrumenty bez nowej ustawy: architektura, język, kontrakt, kryteria, regulacja za wynik

Część reform cyberenergetycznych nie wymaga ustawy. Wymaga decyzji regulatora, PSE, OSD i ministra właściwego do spraw energii w ramach obecnych kompetencji – i dlatego może ruszyć w Fazie 0.

Tabela 46. Instrumenty regulacyjne wersji 2.0

Instrument	Treść	Podstawa	Właściciel
Architektura referencyjna SGAM-RP+	SGAM z wymiarami czasu i stanu; katalog przypadków użycia według IEC 62559; mapa pętli sterowania według poziomów i stanów	instrukcje ruchu i eksploatacji sieci, KRI, akt o interoperacyjnej Europie	PSE, OSD, regulator, nauka
Otwarty profil semantyczny RP	CIM/CGMES + IEC 61850 + SAREF/Brick + role rynkowe; publikacja otwarta z mapowaniami	standardy wymiany informacji CSIRE (IRiESP-OIRE), KRI	PSE (OIRE), regulator, minister cyfryzacji
Krajowy węzeł przestrzeni danych energetycznych	wymiana danych zgodna z IDS, z CSIRE jako źródłem prawdy dla danych pomiarowych	DGA, Data Act	PSE (OIRE), regulator
Kontrakt Zbieżności (KZ-RP)	siedem elementów (rozdz. 5.6) jako warunek dopuszczenia algorytmów rozproszonych	instrukcje ruchu, warunki rynku lokalnego	regulator, PSE, OSD, KRIBSI
Polityka kryteriów zależna od stanu	porządek kryteriów dla stanów SOGL/NC ER, wagi wyznaczone ex ante na scenariuszach Monte Carlo	plan obrony i odbudowy, SOGL, NC ER	PSE, OSD
Regulacja za wynik	TOTEX i rozszerzony współczynnik Q (pojemność przyłączeniowa, elastyczność, dane, FLISR)	taryfy OSD, regulacja jakościowa	regulator
Jawne ceny cienia	publikacja cen cienia węzłowych, CNEC i przepływów nieplanowych dotyczących Polski	przejrzystość rynku, REMIT, zasady CACM	PSE

12.7. Instytucje: kto jest właścicielem pętli

Strategia nie tworzy nowego urzędu dla każdej funkcji. Przypisuje funkcje istniejącym lub zaprojektowanym w Bibliotece instytucjom, zgodnie z zasadą dok. 39: **każda funkcja ma jednego właściciela i jeden bezpiecznik**.

Tabela 47. Właściciele funkcji cyberenergetycznych

Funkcja	Właściciel (A)	Wykonawcy (R)	Bezpiecznik
Model systemu i Cyfrowy Bliźniak KSE	Centrum Energii (dok. 20, 39)	PSE, 5 OSD, uczelnie	otwarty rdzeń, niezależna replikacja
Standard 3S i Rejestr Urzędzeń Brzegowych	Regulator Energetyczny 2.0	OSD, PSE, NASK (certyfikacja)	audyt Obserwatorium
Sektorowy SOC energii	sektorowy zespół cyberbezpieczeństwa (CSIRT) energii	operatorzy, CERT Polska, dostawcy usług SOC	ćwiczenia i red team
Procedura dostawcy wysokiego ryzyka dla kanałów sterowania	minister właściwy ds. informatyzacji (KSC)	ABW, Kolegium ds. Cyberbezpieczeństwa	kontrola sądowa
Rynek lokalnej elastyczności	Regulator Energetyczny 2.0	OSD, agregatorzy, CDE	jawność cen i wolumenów
Autonomia AI w sterowaniu	Regulator Energetyczny 2.0 z KRiBSI	operatorzy	rejestr systemów, tryb ręczny
Mikrosieci wyspowe IK	wojewoda (plan pracy wyspowej regionu, dok. 39)	CDE, gminy, operatorzy	test utraty sieci
Pomiar ICY-RP i ocena programów	Obserwatorium Cyberenergetyki (niezależne, przy NIK lub Radzie Fiskalnej)	uczelnie, statystyka publiczna	Senat (dok. 08), jawność
Architektura SGAM-RP+ i profil semantyczny RP	Centrum Energii (dok. 20, 39)	PSE (OIRE), OSD, uczelnie, KRiBSI	otwarta publikacja, konsultacje
Rejestr agentów i certyfikacja asystentów	Regulator Energetyczny 2.0 z KRiBSI	NASK, jednostki certyfikujące, dostawcy	zawieszenie certyfikatu, audyt
Kontrakt Zbieżności i polityka kryteriów	Regulator Energetyczny 2.0 i PSE	OSD, agregatorzy, nauka	test regresyjny, dziennik iteracji
Neutralny operator danych (OIRE/CSIRE)	PSE jako OIRE pod nadzorem regulatora	OSD, sprzedawcy, agregatorzy	audyt neutralności, kontrola UOKiK
Prawa energetyczne obywatela	rzecznik praw energetycznych obywatela (przy regulatorze)	sprzedawcy, OSD, dostawcy asystentów	droga sądowa, raport roczny

12.8. Zgodność konstytucyjna i europejska

Propozycje są zgodne z zasadą państwa jednolitego (art. 3 Konstytucji RP): piaskownice i mikrosieci wyspowe nie tworzą odrębnych porządków prawnych, a enklawa eksterytorialna jest wprost odrzucona. Obowiązki 3S są proporcjonalne do ryzyka i przewidują okres przejściowy oraz wsparcie dla małych podmiotów, co odpowiada zasadzie proporcjonalności (art. 31 ust. 3). Prawa z U14 wykonują konstytucyjną zasadę ochrony konsumentów (art. 76) i autonomii informacyjnej (art. 51), a dobrowolność udziału w rynku elastyczności i tryb ręczny chronią wolność jednostki.

Rejestr urządzeń i dane z urządzeń domowych podlegają RODO; dane osobowe odbiorców nie są publikowane, a do analiz stosuje się agregację, prywatność różnicową i uczenie federacyjne. W prawie UE propozycje wykonują NIS2, CER, NCCS, CRA, AI Act, Data Act i reformę rynku energii; nie tworzą barier na rynku wewnętrznym, bo standard 3S dotyczy funkcji urządzeń, a nie ich pochodzenia, a procedura dostawcy wysokiego ryzyka jest stosowana na podstawie KSC i ocen bezpieczeństwa.

13. Piętnaście programów wykonawczych CY1–CY15

13.1. Portfel programów

Programy są oznaczone literami CY (w innych dokumentach Biblioteki: 45/CY1–45/CY15), aby nie mylić ich z programami T1–T12 dok. 31, tezami T1–T12 dok. 20 i instrumentami I-1–I-16 dok. 39. Każdy program ma właściciela, miernik, przełamywane rezydium i datę przeglądu; wsparcie bez przesunięcia miernika przez dwa lata wygasa.

Tabela 48. Portfel programów CY1–CY15

Program	Istota	Właściciel	Rezydium	Miernik	Powiązanie
CY1 Widzialność brzegu	inwentaryzacja OT wszystkich GCP > 1 MW; telemetria ≤ 4 s; przyspieszenie LZO i CSIRE; publiczna mapa mocy	Regulator 2.0, OSD, PSE	R1, R2	KCY-1, KCY-4	I-1, U2
CY2 Kodeks Brzegu 3S i higiena OT	standard 3S; zakaz domyślnych poświadczeń; MFA i segmentacja zdalnego dostępu w 12 mies.; usługi SOC dla małych wytwórców	Regulator 2.0, CSIRT energii	R5, R6	KCY-5	U11, I-9
CY3 Cyfrowy Bliźniak KSE	wspólny model PSE + 5 OSD jako dobro publiczne; scenariusze ataku, klimatu i IBR; otwarty rdzeń	Centrum Energii	R1, R2	odsetek decyzji z oceną w modelu	I-1, dok. 43
CY4 DERMS i DLR u OSD	DERMS/ADMS u pięciu OSD; DLR na liniach z ograniczeniami; dynamiczna hosting capacity; warunek cyfrowy w capex	OSD, Regulator 2.0	R3	KCY-9, KCY-3	U4

Program	Istota	Właściciel	Rezyduum	Miernik	Powiązanie
CY5 Rynek lokalnej elastyczności	LFM przy OSD; niezależni agregatorzy i VPP; taryfy dynamiczne; certyfikaty godzinowe 24/7	Regulator 2.0, OSD	R3, R4	KCY-2	U3, I-3
CY6 Stabilność i grid-forming	wymogi GFM w przyłączeniu; aukcje usług GFM, FFR i inercji syntetycznej; monitoring inercji online; plan odbudowy z IBR i scenariuszem cyber	PSE	R1, R4	KCY-7	U3, U5
CY7 Ciepło jako akumulator	P2H i magazyny ciepła w sieciach; pompy ciepła w DR; odzysk ciepła z AI DC; sieci niskotemperaturowe	ciepłownie, gminy, CDE	R3	KCY-10	dok. 20 rozdz. VII
CY8 Agro-bio sterowalność	biogaz i biometan na żądanie; agrowoltaika; rolnictwo jako dostawca elastyczności; biorafinerie Bio-H ₂	MRiRW, KOWR, OSD	R4	KCY-10	dok. 20 rozdz. 7
CY9 Przemysł i AI DC jako regulatory	Kontrakt Sterowalności Przemysłowej; warunki przyłączenia AI DC (24/7 CFE, elastyczność, ciepło); elektrolizery w rezerwach	Centrum Energii, PSE, OSD	R4, R6	KCY-11	I-11
CY10 Roboty, autonomiczne utrzymanie i C-UAS	drony i roboty inspekcyjne; konserwacja predykcyjna; certyfikacja flot; ochrona przeciwdronowa obiektów	operatorzy, MON, PCOiC	R5	MTTR fizyczny; liczba obiektów z C-UAS	I-6
CY11 Mikro sieci wyspowe IK	mikrosieci z kontrolowanym wyspowaniem dla szpitali, wodociągów, centrów zarządzania, jednostek wojskowych i gmin; black start lokalny	wojewoda, CDE, PCOiC	R1	godziny autonomii i obiektów	I-7, U5
CY12 Suwerenny stos, Obserwatorium i pulpit ICY-RP	krajowe/sojusznicze kompetencje RTU, EMS, DERMS, SOC OT i łączności krytycznej; Akademia Cyberenergetyki; Obserwatorium Cyberenergetyki	Centrum Energii, NCBR, uczelnie	R2, R5	ICY-RP, KCY-12	I-8, I-9, U7
CY13 Asystent Energetyczny Obywatela	otwarty standard i certyfikacja asystentów; Karta Praw Energetycznych; cena dynamiczna i linia bazowa; tryb kryzysowy i ręczny; piaskownice z gminami i spółdzielniami	Regulator 2.0, KRiBSI, minister energii	R2, R3, R6	KCY-13	U14, U12
CY14 Wspólny język systemu	architektura SGAM-RP+; otwarty profil semantyczny RP; krajowy węzeł przestrzeni danych energetycznych; profil protokołów; rejestr agentów z bramkowaniem	Centrum Energii, PSE (OIRE), OSD	R1, R2	KCY-14	U2, U12
CY15 Rynek zgodny z fizyką	obwiednie przyłączeniowe; DLMP-lite i taryfy dynamiczne sieciowe; „węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz”; jawne ceny cienia; redysponowanie rynkowe; TOTEX i rozszerzony Q; model kompensacji niezależnego agregatora; Kontrakt Zbieżności	Regulator 2.0, PSE, OSD	R3, R4, R6	KCY-15, KCY-16	U3, U4, U14

13.2. Programy kluczowe: CY1, CY2 i CY13 szczegółowo

CY1 Widzialność brzegu. Program ma jeden cel: w ciągu 12 miesięcy państwo ma wiedzieć, co jest przyłączone na brzegu, jak to jest zabezpieczone i czy przesyła dane. Etapy: (1) w 3 miesiące – obowiązkowa deklaracja OT dla wszystkich GCP > 1 MW (sterowniki, wersje, kanały zdalnego dostępu, odpowiedzialny za bezpieczeństwo) w Rejestrze Urządzeń Brzegowych; (2) w 6 miesięcy – telemetria ≤ 4 s dla obiektów > 10 MW i plan dla obiektów 1–10 MW; (3) w 12 miesięcy – pierwsza ocena higieny OT całego brzegu (raport niejawni dla CSIRT i jawny w formie zagregowanej), przyspieszony harmonogram LZO i pełne uruchomienie CSIRE bez zwolnień z kar za brak danych (zgodnie z I-1 dok. 39).

Miernik: KCY-1 (udział mocy z telemetrią) i KCY-5 (higiena). Koszt jest niski w porównaniu z jakąkolwiek inwestycją sieciową, a zwrot – natychmiastowy, bo bez CY1 żaden inny program nie wie, czym steruje.

CY2 Kodeks Brzegu 3S i higiena OT. Program wykonuje rekomendacje CERT Polska po incydencie z 29.12.2025 r. i nadaje im moc wiążącą przez U11. Etapy: (1) natychmiast – zakaz domyślnych poświadczeń, obowiązkowe MFA i segmentacja zdalnego dostępu w GCP; (2) w 12 miesięcy – usługi SOC dla małych wytwórców w modelu współdzielonym (koszt rozłożony na wielu podmiotów); (3) w 24 miesiące – certyfikacja falowników, RTU i ładowarek w krajowym systemie certyfikacji (Dz.U. 2025 poz. 1017) i zgodnie z CRA; (4) w 36 miesięcy – pełny standard 3S dla istniejących obiektów. Program przełamuje rezydium kadrowe (R5) przez usługi współdzielone – mały wytwórca nie musi zatrudniać specjalisty OT, ale musi korzystać z certyfikowanej usługi.

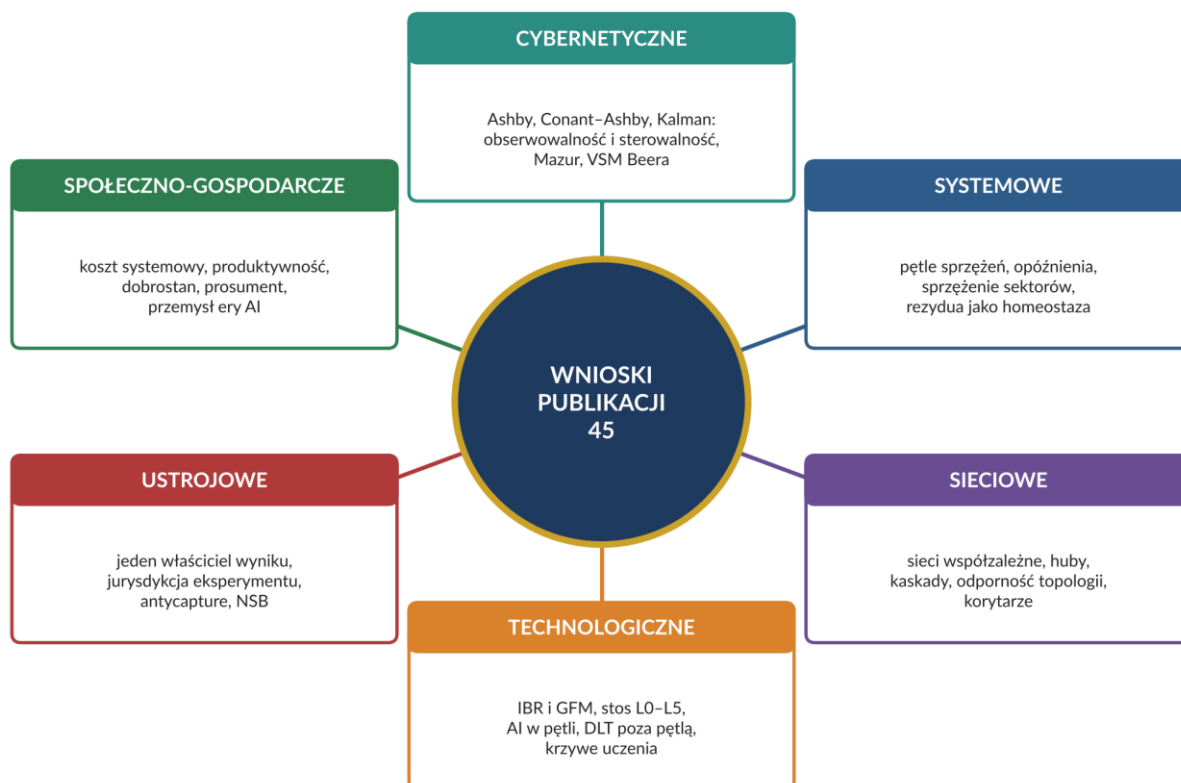
CY13 Asystent Energetyczny Obywatela. Program zamienia tezę główną w produkt, z którego obywatel może skorzystać. Etapy: (1) w 6 miesięcy – projekt otwartego standardu asystenta (warstwy, bramka, interfejsy, rejestr decyzji) i jawna metodyka linii bazowej dla elastyczności gospodarstw domowych; (2) w 12 miesięcy – piaskownice energetyczne (U13) w 10–20 gminach i spółdzielniach z różnymi dostawcami asystentów, z pomiarem oszczędności, elastyczności, komfortu i naruszeń obwiedni; (3) w 24 miesiące – ustawa U14, certyfikacja i uruchomienie rynku asystentów; (4) w 36 miesięcy – asystent jako standard w programach wsparcia (pompy ciepła, magazyny, fotowoltaika), bez obowiązku korzystania.

Program przełamuje rezydua danych (R2), taryfowe (R3) i proceduralne (R6), bo daje odbiorcy dane, sygnał i prawo wyboru. Miernik: KCY-13 (udział gospodarstw z asystentem i ceną dynamiczną) oraz MW elastyczności dostarczanej przez gospodarstwa domowe.

14. Uzasadnienia: sześć dróg dowodowych

Każdy główny wniosek publikacji ma sześć dróg dowodowych: cybernetyczną, systemową, sieciową, technologiczną, ustrojową i społeczno-gospodarczą. Zasada, przyjęta w Doktrynie Energetycznej (dok. 20) i Strategii energii i odporności (dok. 39), mówi, że żadne rozstrzygnięcie nie może opierać się wyłącznie na argumentach technicznych ani wyłącznie politycznych. Wniosek, który nie przechodzi co najmniej czterech dróg, jest oznaczany jako hipoteza.

Sześć dróg dowodowych: każdy wniosek musi przejść co najmniej cztery



Rysunek 53. Sześć dróg dowodowych: uzasadnienia cybernetyczne, systemowe, sieciowe, technologiczne, ustrojowe i społeczno-gospodarcze

14.1. Uzasadnienie cybernetyczne

Obserwowalność i sterowalność (Kalman). Rudolf Kalman sformalizował w 1960 r. dwa warunki, bez których układu nie da się kontrolować: obserwowalność (stan układu można odtworzyć z pomiarów) i sterowalność (stan można przeprowadzić do celu dostępnymi wejściami). Energetyka brzegu bez telemetrii jest nieobserwowalna, a bez urządzeń przyjmujących polecenia – niesterowalna. Zasada 3S jest dosłownym przełożeniem warunków Kalmana na prawo przyłączeniowe: „skomunikowany” to obserwowalny, „sterowalny” to sterowalny, a „strzeżony” to gwarancja, że sterowania nie przejmie inny regulator.

Prawo wymaganej różnorodności (Ashby). Regulator może skompensować tylko taką różnorodność zakłóceń, jaką sam dysponuje w repertuarze reakcji. Miliony urządzeń brzegowych, pogoda, ceny ujemne, ataki i nowe odbiory wytwarzają różnorodność, której dyspozytornia z kilkuset jednostkami nie zrównoważy. Repertuar reakcji trzeba powiększyć przez elastyczność brzegu (S2, S4), delegację na niższe poziomy bilansowania (reguła salda) i AI jako wzmacniacz różnorodności (pod warunkiem autonomii według odwracalności).

Dobry regulator (Conant–Ashby). Każdy dobry regulator systemu musi być jego modelem. Cyfrowy Bliźniak KSE (CY3) jest fizyczną postacią tego modelu; regulator bez modelu jest – jak wskazuje destylat Patologii – regulatorem przechwyconym przez tego, kto ma dane.

Układ samodzielny (Mazur) i VSM (Beer). Marian Mazur opisał układ samodzielny jako układ zdolny sterować się dla zachowania swojej funkcji, z własnymi receptorami, korelatorem, efektorami i zasilaniem. Mikrosieć wyspowa, CDE i hub przemysłowy z regułą salda są układami samodzielnymi w sensie Mazura; kraj jest metasystemem w sensie VSM Beera, który koordynuje autonomiczne jednostki i interweniuje przez kanał algedoniczny (alarm) tylko przy przekroczeniu progów. Zasada „najpierw lokalnie, wyżej tylko saldo” jest wymogiem żywotności systemu, a nie preferencją ideologiczną.

System systemów i rozproszona różnorodność. Destylat CS opisuje energetykę jako system systemów: autonomia na dole, koordynacja na górze, granice wyznaczone przez czas. To cybernetyczna odpowiedź na prawo Ashby’ego w skali milionów urządzeń: różnorodności pogody, cen i zachowań nie zrównoważy żaden pojedynczy regulator, ale zrównoważą ją miliony agentów, jeśli działają we wspólnym języku i w granicach bramek. Obywatel u steru nie jest więc ustępstwem politycznym wobec prosumentów, lecz warunkiem sterowalności systemu: tylko właściciel urządzenia ma model swojego otoczenia (komfort, harmonogram, stan baterii), którego nie ma operator.

14.2. Uzasadnienie systemowe

System energetyczny jest układem z **pętlami sprzężeń i opóźnień**. Pętla rezyduów (rozd. 7.8) jest pętlą wzmacniającą, która stabilizuje zły stan; przerywa się ją w ogniwach o największej dźwigni (dane, przyłączenie), a nie tam, gdzie opór jest największy (majątek). Opóźnienia (przyłączenie trwa lata, sieć dekady) powodują, że decyzje z lat 2026–2028 przesądzą o scenariuszu na 2035 r. (rozd. 8.12). **Sprzężenie sektorów** (ciepło, gaz, wodór, transport, przemysł) zwiększa liczbę stopni swobody systemu – to systemowy odpowiednik różnorodności Ashby’ego. **Rezydualna homeostaza** starego układu: system broni swojego stanu, więc reforma musi zmieniać reguły (warunki przyłączenia, walutę taryfy), a nie apelować do aktorów. **Kryteria zależne od stanu** są systemową odpowiedzią na nieliniowość: w pobliżu progu stabilności system zachowuje się jakościowo inaczej niż w stanie normalnym, więc i cel sterowania musi się zmienić. Polityka kryteriów zatwierdzona ex ante usuwa opóźnienie decyzyjne właśnie tam, gdzie jest najbardziej kosztowne.

14.3. Uzasadnienie sieciowe

System energetyczny jest **siecią wielowarstwową i współzależną** (rozdz. 3.7). Wyniki Buldyreva i in. (2010) pokazują, że sieci współzależne ulegają kaskadom łatwiej niż sieci pojedyncze; wyniki Alberta, Jeonga i Barabásiego (2000) – że sieci z hubami są wrażliwe na atak celowany. Dla cyberenergetyki oznacza to trzy wnioski. Po pierwsze, trzeba **ujawnić huby niewidoczne** (chmury producentów, wspólnych integratorów, kanały aktualizacji) i ograniczyć ich udział (warunek S5; symulacja Monte Carlo w rozdz. 16.4). Po drugie, trzeba **projektować wyspy** – zdolność kontrolowanego podziału sieci na układy samodzielne zwiększa odporność na kaskady.

Po trzecie, **korytarze** (HVDC, interkonektory, standardy danych) zwiększają odporność tylko wtedy, gdy są chronione i redundantne. Sieć jest też źródłem przewagi: Polska jako węzeł korytarza Północ–Południe i odbudowy Ukrainy zyskuje centralność, której nie da się kupić megawatami. Dwa wyniki rund CD i CK dopełniają ten obraz. **Fizyka sieci oczkowej** (drugie prawo Kirchhoffa) sprawia, że przepływy nie respektują granic stref ani kontraktów – stąd przepływy kołowe, redysponowanie i potrzeba sygnału lokalnego. **Graf komunikacyjny agentów** jest siecią, której spójność algebraiczna (λ_2) wyznacza tempo konsensusu rozproszonych algorytmów, a konsensus wyzwany zdarzeniami zmniejsza komunikację o ok. 60%. Projektowanie sieci łączności dla agentów jest więc częścią projektowania sieci energetycznej.

14.4. Uzasadnienie technologiczne

Technologia zmienia fizykę systemu. **Źródła falownikowe** (IBR) nie mają naturalnej inercji; stabilność zależy od algorytmów sterowania falowników (grid-following vs grid-forming), co lekcja iberyjska z 2025 r. pokazała w praktyce. **Stos sterowania L0–L5** ma największą lukę w warstwach cyfrowych (L1–L3), czyli tam, gdzie koszt nadrobienia jest najniższy. **AI** daje realne korzyści w prognozowaniu i optymalizacji, ale jej wyniki laboratoryjne spadają pod atakiem – stąd autonomia według odwracalności. **DLT** wprowadza opóźnienie 100–200 ms, niedopuszczalne w usługach częstotliwościowych (< 50 ms), więc nadaje się do rozliczeń i atestacji (GO 24/7), a nie do pętli sterowania.

Krzywe uczenia (Nagy i Farmer) obniżają koszt magazynów, elektrolizerów i energoelektroniki, co z roku na rok zwiększa opłacalność elastyczności względem rozbudowy sieci. **Agentowa AI i duże modele językowe** dają po raz pierwszy interfejs, który pozwala zwykłemu obywatelowi sterować złożonym systemem urządzeń prostym poleceniem; **weryfikacja formalna** i proxy wykonalne z konstrukcji pozwalają ten interfejs bezpiecznie oddzielić od fizyki. **IEC 61499, wirtualne sterowniki i vPAC** zmieniają automatykę stacji z jednorazowych projektów w oprogramowanie, które można aktualizować i testować w piaskownicach.

14.5. Uzasadnienie ustrojowe

Ustrój energetyczny jest częścią ustroju państwa. Biblioteka TechnoSanacji przyjmuje zasadę **jednego właściciela wyniku** (dok. 07, 39): każda funkcja ma właściciela i bezpiecznik. Cyberenergetyka stosuje ją do pętli sterowania na każdym poziomie bilansowania (tab. 42, 47). Przyjmuje **jurysdykcję eksperymentu** (dok. 31, 35): prawo uczy się przez kontrolowany test z exit reportem. Przyjmuje **antycapture** (dok. 20, U9): jawność danych, kryteriów i wyników jako trwałe element ustroju.

Spełnia standard **Narodowej Strategii Bezpieczeństwa** (dok. 05): zmniejsza podatność państwa, skraca czas decyzji (pętla sekund zamiast lat), buduje polską własność danych i kompetencji sterowania. Wreszcie wpisuje się w **Strategię transformacji ustrojowej** (dok. 44): ustawy U11–U14 mogą wejść do pakietu fazy mandatowej, a piaskownice energetyczne są narzędziem „ewolucji w formie”. Najważniejszy argument ustrojowy wersji 2.0 pochodzi z teorii regulacji: **państwo, które jest jednocześnie właścicielem grup energetycznych i regulatorem, ma konflikt interesów** opisany przez Laffonta, Tirole’a i Stiglera. Postulat „państwo strzeże reguł, a nie jest właścicielem kartelu” rozwiązuje go przez rozdział ról, regulację za wynik i prawa obywatela, a nie przez zmianę właściciela.

14.6. Uzasadnienie społeczno-gospodarcze

Koszt systemowy. Elastyczność i cyfryzacja obniżają łączny koszt systemu: ok. 18% niższe nakłady OSD (Eurelectric), mniej zmarnowanej energii (model CYBER-SD: różnica ok. 3 TWh rocznie w 2035 r. między scenariuszem A a C), niższy koszt bilansowania. **Dobrostan.** Tańsza energia netto dla gospodarstw, które sprzedają elastyczność, i mniejsza podatność na przerwy dla wspólnot z mikrosieciami. **Sprawczość obywatela.** Ponad 1,3 mln prosumentów może stać się aktywnymi uczestnikami rynku, a nie tylko płatnikami rachunków – zgodnie z Inicjatywą 3G i strategią klasy sprawczej (dok. 30).

Przemysł. Kontrakt Sterowalności Przemysłowej skraca czas przyłączenia i obniża koszt energii netto dla przemysłu ery AI; usługi sterowania, cyberbezpieczeństwa OT i robotyki utrzymania stają się sektorem eksportowym. **Sprawiedliwa transformacja.** Regiony węglowe (Bełchatów, Konin, GZM) mogą stać się hubami magazynów, ciepła i wodoru, a kadry energetyki konwencjonalnej – zasobem kadrowym OT (dok. 38). **Rachunek obywatela.** Asystent energetyczny z ceną dynamiczną i obwiednią pozwala gospodarstwu obniżyć rachunek i zarobić na elastyczności; jawna renta położenia pozwala gminie z nadwyżką energii przyciągnąć inwestora lub zbudować lokalny magazyn ciepła; regulacja za wynik obniża koszt sieci w taryfie wszystkich, także tych, którzy z asystenta nie korzystają.

14.7. Synteza: test sześciu uzasadnień

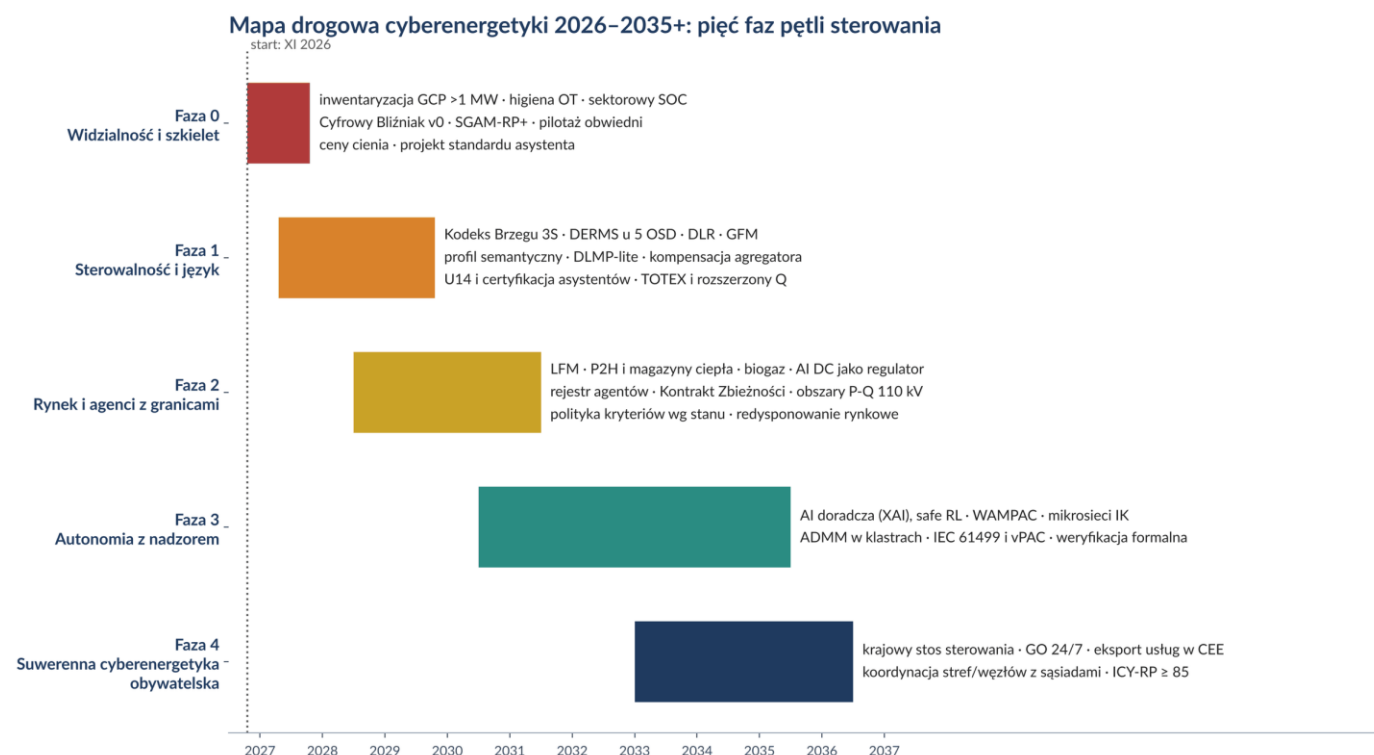
Tabela 49. Test sześciu uzasadnień dla głównych rozstrzygnięć

Rozstrzygnięcie	Cybern.	System.	Siec.	Technol.	Ustroj.	Spot.-gosp.
Standard 3S w przyłączeniu (U11)	✓ Kalman	✓ dźwignia pętli	✓ huby	✓ IBR, OT	✓ antycapture	✓ koszt incydentu
Cyfrowy Bliźniak KSE jako dobro publiczne	✓ Conant–Ashby	✓ model opóźnień	✓ topologia	✓ kosymulacja	✓ jawność	✓ decyzje tańsze
Reguła salda i poziomy bilansowania	✓ Mazur, VSM	✓ delegacja	✓ wyspy	✓ mikrosieci	✓ właściciel wyniku	✓ dochód lokalny
Warunek cyfrowy w capex	✓ wymagana różnorodność	✓ przerwanie R3	–	✓ DLR, DERMS	✓ taryfa za wynik	✓ –18% nakładów
Autonomia według odwracalności (U12)	✓ człowiek w pętli	✓ bezpieczniki	–	✓ safe RL, XAI	✓ rozliczalność	✓ zaufanie
Kontrola kanału poleceń (S5)	✓ jeden regulator	✓ wspólny tryb	✓ huby niewidoczne	✓ firmware, chmura	✓ NSB	✓ przemysł krajowy
Przemysł i AI DC jako regulatory	✓ różnorodność	✓ sprzężenie	✓ huby	✓ przesuwanie obciążeń	✓ kontrakt	✓ konkurencyjność
Piaskownice energetyczne (U13)	✓ uczenie	✓ adaptacja	✓ wzajemne uznawanie	✓ test w sieci	✓ jurysdykcja eksperymentu	✓ czas wdrożenia
Obywatel u steru z asystentem (U14, CY13)	✓ rozproszona różnorodność	✓ model u właściciela	✓ komórki	✓ agentowa AI, weryfikacja	✓ rozdział ról, prawa	✓ rachunek, sprawczość
SGAM-RP+ i profil semantyczny (CY14)	✓ wspólny model	✓ interoperacyjność	✓ graf agentów	✓ CIM, 61850, SAREF	✓ standard publiczny	✓ niższy koszt integracji
Kontrakt Zbieżności (KZ-RP)	✓ gwarancja regulatora	✓ ścieżka awaryjna	✓ λ_2 , opóźnienia	✓ ADMM, ALADIN, weryfikacja	✓ państwo jako audytor	✓ zaufanie
Polityka kryteriów zależna od stanu	✓ zmiana celu ze stanem	✓ nieliniowość	–	✓ MCDM ex ante	✓ jeden właściciel decyzji	✓ mniej przerw
„Węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz” i regulacja za wynik (CY15)	✓ sygnał zgodny z obiektem	✓ przerwanie R3	✓ Kirchhoff	✓ DLMP, SOCP z cyklami	✓ antycapture	✓ –9–20% kosztu hurtowego (GB)

15. Mapa drogowa 2026–2035+

15.1. Pięć faz pętli sterowania

Kolejność faz nie jest dowolna. Wynika z pętli cybernetycznej i z reguły scalonej destylatów Energia: najpierw obserwowalność, potem sterowalność, potem rynek, potem autonomia, na końcu suwerenność w skali eksportowej. Bez Fazy 0 kolejne reformy pozostają fasadą, którą stary układ neutralizuje.



Rysunek 54. Mapa drogowa cyberenergetyki 2026–2035+: pięć faz pętli sterowania i kluczowe działania

Tabela 50. Strategia transformacji – funkcja sterowania w pięciu fazach

Faza	Horyzont	Cel	Kluczowe działania	Właściciele
0. Widzialność i szkielet	0–12 mies.	państwo widzi brzeg i ma wspólną mapę	inwentaryzacja OT wszystkich GCP > 1 MW; zakaz domyślnych poświadczeń, MFA i segmentacja zdalnego dostępu; sektorowy SOC energii; przyspieszenie CSIRE i LZO; Cyfrowy Bliźniak KSE v0; SGAM-RP+ i katalog przypadków użycia; profil interoperacyjności; metodyka linii bazowej; pilotaż obwiedni w 1–2 OSD; publikacja cen cienia; projekt standardu asystenta	Minister Energii, Regulator, PSE, OSD, CSIRT energii, CERT Polska

Faza	Horyzont	Cel	Kluczowe działania	Właściciele
1. Sterowalność brzegu i język	1–3 lata	OSD steruje swoją siecią, agenci się rozumieją	DERMS u 5 OSD; Kodeks Brzegu 3S (U11); certyfikacja falowników i RTU; wymogi GFM; DLR; ocena potrzeb elastyczności (EMD); otwarty profil semantyczny i węzeł przestrzeni danych; DLMP-lite w strefach zatorów; model kompensacji agregatora; U14 i certyfikacja asystentów; TOTEX i rozszerzony Q	Regulator, PSE, OSD, NASK
2. Rynek elastyczności i agenci z granicami	3–5 lat	elastyczność tańsza niż beton; obywatel u steru	LFM przy OSD; agregatorzy i VPP; smart charging → V2G; P2H i magazyny ciepła; biogaz na żądanie; elektrolizery i AI DC w rezerwach; taryfy dynamiczne; piaskownice (U13); rejestr agentów z bramkowaniem; Kontrakt Zbieżności; obszary elastyczności P-Q w węzłach 110 kV; polityka kryteriów zależna od stanu; redysponowanie rynkowe	Regulator, OSD, PSE, ciepłownie, gminy, rolnictwo, przemysł
3. Autonomia z nadzorem	5–10 lat	AI w pętli bez utraty kontroli	AI doradcza dla dyspozytorów (XAI); safe RL w ograniczonych pętlach (U12); WAMPAC i monitoring inercji online; mikrosieci wyspowe IK; HVDC i offshore jako zasoby regulacyjne; konsensus i ADMM w klastrach i spółdzielniach z obwiednią; IEC 61499 i vPAC w nowych stacjach; weryfikacja formalna pętli krytycznych; optymalizacja ze sprzężeniem zwrotnym w sieciach nN/SN	PSE, OSD, KRIBSI, RCB
4. Suwerenna cyberenergetyka obywatelska	10+ lat	odporność i przewaga	krajowy i sojuszniczy stos sterowania; certyfikaty godzinowe 24/7 i rejestr elastyczności; eksport usług sterowania w CEE i na Ukrainie; konfiguracja stref lub węzłów koordynowana z sąsiadami; kompensacja przepływów kołowych; większość gospodarstw z asystentem; ICY-RP ≥ 85	państwo, przemysł, nauka

Instrumenty finansowania. Część nakładów sieciowych (64–66 mld zł PSE, 129,5 mld zł OSD) powinna zostać uzależniona od warunku cyfrowego. Program CY1–CY2 jest tani i może być finansowany z budżetu cyberbezpieczeństwa, środków KPO i opłat przyłączeniowych; programy CY4–CY9 – z taryf (warunek cyfrowy) i rynku sterowalności; CY12 – z funduszy B+R (NCBR, Horyzont Europa) i zamówień przedkomercyjnych.

15.2. Pierwsze sto dni

1. Zarządzenie o obowiązkowej deklaracji OT dla GCP > 1 MW i wytyczne higieny podstawowej (MFA, poświadczenia, segmentacja) na podstawie KSC.
2. Powołanie sektorowego SOC energii jako usługi współdzielonej dla małych wytwórców.
3. Decyzja o wspólnym Cyfrowym Bliźniaku KSE (PSE + 5 OSD) i o standardzie wymiany danych.
4. Harmonogram CSIRE bez dalszych przesunięć, z publicznym licznikiem postępu.
5. Projekt U11 (Kodeks Brzegu) do konsultacji; zasady przyłączenia AI DC w standardzie 3S/5S dla gigafabryki AI.
6. Inauguracja Obserwatorium Cyberenergetyki i pierwszy pomiar ICY-RP na danych.
7. Decyzja o opracowaniu architektury SGAM-RP+ i otwartego profilu semantycznego RP; powołanie zespołu PSE, OSD, regulatora i uczelni.
8. Projekt ustawy U14 (prawa energetyczne obywatela i asystenci energetyczni) do konsultacji; ogłoszenie naboru gmin i spółdzielni do piaskownic asystenta.
9. Decyzja regulatora o pilotażu obwiedni przyłączeniowych w obszarach z największymi ograniczeniami OZE i o publikacji cen cienia.
10. Zapowiedź przejścia regulacji OSD na TOTEX z rozszerzonym współczynnikiem Q od następnego okresu regulacyjnego.

Rozdział 15 prezentuje szczegółową mapę drogową na lata 2026–2035+, która dzieli transformację na pięć ściśle ułożonych faz pętli sterowania. Kolejność tych etapów nie jest przypadkowa, lecz wynika z prawideł cybernetyki: najpierw buduje się obserwowalność, następnie sterowalność, rynek, autonomię decyzyjną, a na końcu pełną suwerenność o potencjale eksportowym. Fundamentem sukcesu jest Faza 0, zaplanowana na pierwszych 12 miesięcy, której głównym celem jest odzyskanie przez państwo widzialności brzegu sieci i zbudowanie szkieletu informacyjnego, co zapobiegnie neutralizacji reform przez stary układ.

Przewidziano przy tym bardzo dynamiczny start – w ramach „pierwszych stu dni” podjętych zostanie 10 strategicznych decyzji, takich jak m.in. inwentaryzacja bezpieczeństwa przyłączy, projekt Kodeksu Brzegu, start powszechnego Cyfrowego Bliźniaka czy wprowadzenie rozszerzonych mierników dla operatorów. Faza 1 (1–3 lata) ma zbudować zdolność szybkiego sterowania siecią na poziomie OSD i ujednolicić język komunikacji, natomiast Faza 2 (3–5 lat) skupia się na uruchomieniu rynku elastyczności, otwierając go dla obywateli wspieranych przez asystentów działających w wyznaczonych granicach. W dalszej perspektywie Faza 3 (5–10 lat) wdroży nadzorowaną autonomię AI i mikrosieci wyspowe, by docelowo w Fazie 4 (powyżej 10 lat) ugruntować w 100% suwerenny system cyberenergetyczny Polski. Warunkiem ekonomicznym pomyślnej realizacji tego harmonogramu jest finansowanie oparte na twardym uzależnieniu nakładów inwestycyjnych spółek sieciowych od wypełnienia warunku cyfrowego.

16. Pulpit regulatora: ICY-RP, KPI i KRI

16.1. Kluczowe wskaźniki wyniku (KPI)

Tabela 51. Kluczowe wskaźniki wyniku cyberenergetyki

KPI	Definicja	Stan	Cel 2030	Cel 2035
KCY-1 Obserwowalność brzegu	% mocy OZE i magazynów > 1 MW z telemetrią ≤ 4 s u OSD/PSE	ok. 30% (ocena)	90%	100%
KCY-2 Sterowalność	GW elastyczności zakontraktowane przez OSD i PSE	ok. 3,5 GW (ocena)	12 GW	20 GW
KCY-3 Ograniczenia OZE	TWh nierynkowego redysponowania wiatru i PV	1,4 TWh (2025)	≤ 1,0 TWh	≤ 1,0 TWh przy 2× VRE
KCY-4 LZO i CSIRE	% punktów poboru z LZO; opóźnienie danych w CSIRE	17,4% (2021)	85%; D+1 → bliżej czasu rzeczywistego	95%
KCY-5 Higiena OT	% GCP z MFA, segmentacją, bez domyślnych poświadczeń, z aktualnym firmware	ok. 35% (ocena)	95%	100%
KCY-6 MTTD/MTTR OT	czas wykrycia i przywrócenia sterowania po incydencie na brzegu	dni (2025)	≤ 24 h	≤ 4 h
KCY-7 Stabilność	inercja online; zdarzenia RoCoF; MW GFM w systemie	brak monitoringu	monitoring ✓; ≥ 1 GW GFM	≥ 3 GW GFM
KCY-8 Wystarczalność	LOLE (h/rok) w ocenie probabilistycznej	wg PSE	≤ norma	≤ norma
KCY-9 Sieć efektywna	km linii z DLR; przyrost hosting capacity bez rozbudowy	pilotaże	+20%	+40%
KCY-10 Sprężenie	GWt P2H, GWh magazynów ciepła, MW biogazu na żądanie, MW elektrolizerów w rezerwach	niskie	P2H 2,7 GWt; 290 GWh	P2H 5,5 GWt; 576 GWh
KCY-11 Przemysł jako regulator	MW elastyczności w Kontraktach Sterowalności Przemysłowej (AI DC, przemysł)	0	1,5 GW	4 GW
KCY-12 Suwerenność kanału	% mocy brzegowej z kanałem poleceń pod kontrolą krajową lub sojuszniczą	ok. 45% (ocena)	85%	100%
KCY-13 Obywatel u steru	% gospodarstw domowych z ceną dynamiczną i certyfikowanym asystentem energetycznym; GW elastyczności od gospodarstw	bliski 0	15%; 1 GW	50%; 4 GW
KCY-14 Wspólny język	% wymian danych zgodnych z profilem semantycznym RP; % przypadków użycia OSD i OSP opisanych w SGAM-RP+	0	60%; 80%	95%; 100%
KCY-15 Sygnał lokalny	% węzłów i obszarów OSD z publikowaną obwiednią; TWh redysponowania i ograniczeń	brak	30% obszarów z ograniczeniami	100% obszarów z ograniczeniami
KCY-16 Regulacja za wynik	udział zakupów elastyczności w TOTEX OSD; MW zarejestrowane przez niezależnych agregatorów	bliski 0	5%; 2 GW	10%; 6 GW

16.2. Kluczowe wskaźniki ryzyka (KRI)

Tabela 52. Kluczowe wskaźniki ryzyka

KRI	Definicja	Próg ostrzegawczy	Reakcja
RCY-1 Wspólny tryb	udział mocy brzegowej sterowanej przez jeden kanał (chmurę, integratora)	> 10%	procedura dostawcy wysokiego ryzyka; dywersyfikacja
RCY-2 Podatności krytyczne	liczba niezatartanych podatności krytycznych w GCP > 10 MW po terminie	> 0	nakaz usunięcia; przyłączenie warunkowe
RCY-3 Niska inercja	godziny z inercją poniżej progu bezpieczeństwa	wzrost r/r	zakup usług GFM/FFR
RCY-4 Koncentracja odbioru	moc AI DC w jednym węźle bez kontraktu sterowalności	> 300 MW	warunek KSP przed przyłączeniem
RCY-5 Popyt jako broń	moc odbiorów sterowanych zbiorczo bez ograniczeń szybkości zmian	> 1 GW	wymogi U11 dla flot
RCY-6 Ograniczenia OZE	TWh ograniczeń w roku	> 2 TWh	przyspieszenie CY4–CY7
RCY-7 Opóźnienie danych	opóźnienie harmonogramu CSIRE/LZO	> 3 mies.	eskalacja przez kanał algedoniczny
RCY-8 Kadry OT	wakaty krytyczne w OSD i SOC	> 15%	Akademia Cyberenergetyki, usługi współdzielone
RCY-9 Niebezpieczeństwo	% okresów, w których mechanizmy rozproszone nie zbiegły się i uruchomiły ścieżkę awaryjną KZ-RP	> 2%	przegląd algorytmu; powrót do obwiedni statycznej
RCY-10 Koncentracja asystentów	udział jednego dostawcy asystentów lub jednej platformy w liczbie aktywnych gospodarstw	> 30%	przegląd przenośności; procedura dostawcy wysokiego ryzyka

16.3. Model ilustracyjny CYBER-SD

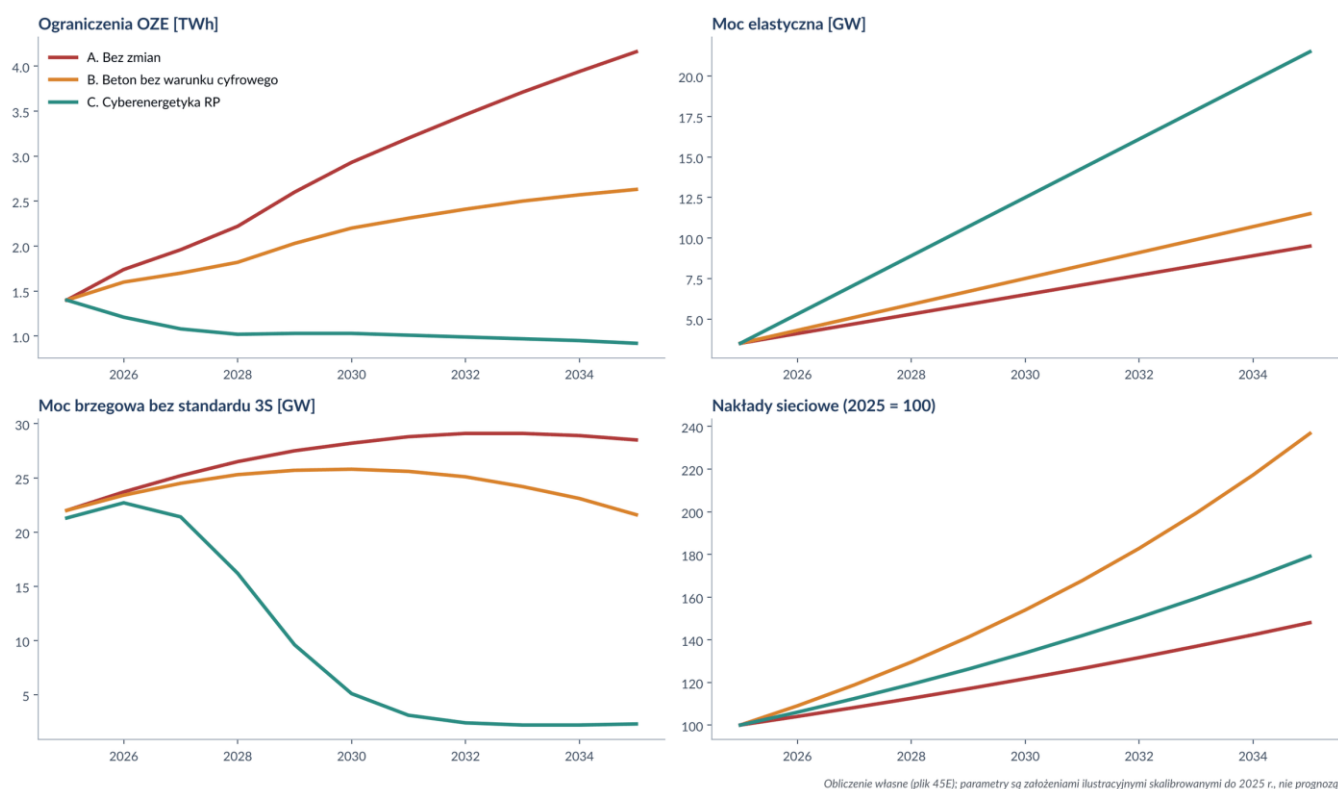
Model CYBER-SD (plik 45E) jest modelem dynamiki systemowej z krokiem rocznym na lata 2025–2035. Wspólne założenia: przyrost PV 3,5 GW rocznie, wiatru na lądzie 1 GW rocznie, offshore od 1,2 GW w 2026 r. do 5,9 GW w 2030 r. i dalej 1,2 GW rocznie. Ograniczenia OZE rosną z wolumenem energii zmiennej (z wykładnikiem 2,2), a maleją z mocą elastyczną (–1,2) i z efektywną przepustowością sieci (–0,8); model skalibrowano do 1,4 TWh w 2025 r. Trzy strategie różnią się przyrostem elastyczności (0,6 / 0,8 / 1,8 GW rocznie), tempem wzrostu efektywnej przepustowości (3% / 6% / 10% rocznie, w tym DLR i DERMS), tempem wdrażania standardu 3S i wzrostem nakładów sieciowych.

Tabela 53. Wyniki modelu CYBER-SD dla lat 2030 i 2035

Strategia	Ograniczenia OZE 2030 / 2035 [TWh]	Elastyczność 2035 [GW]	Udział 3S 2035	Moc brzegowa bez 3S 2035 [GW]	Nakłady sieciowe 2035 (2025 = 100)
A. Bez zmian	2,9 / 4,2	9,5	60%	28,5	148
B. Beton bez warunku cyfrowego	2,2 / 2,6	11,5	70%	21,6	237
C. Cyberenergetyka RP	1,0 / 0,9	21,5	97%	2,3	179

Wynik ma charakter jakościowy, a nie prognostyczny. Pokazuje trzy rzeczy. Po pierwsze, sama rozbudowa sieci (B) obniża ograniczenia, ale najdrożej. Po drugie, strategia cyberenergetyczna (C) daje najniższe ograniczenia przy nakładach niższych niż w B, bo elastyczność i cyfryzacja zastępują część betonu. Po trzecie – i to jest wynik najważniejszy dla bezpieczeństwa – tylko w strategii C moc brzegowa bez zabezpieczeń maleje; w A i B rośnie albo stoi w miejscu, bo brzeg rośnie szybciej niż jego ochrona.

Model ilustracyjny CYBER-SD 2025–2035: trzy strategie



Rysunek 55. Model ilustracyjny CYBER-SD 2025–2035: ograniczenia OZE, moc elastyczna, moc brzegowa bez standardu 3S i nakłady sieciowe w trzech strategiach (obliczenie własne)

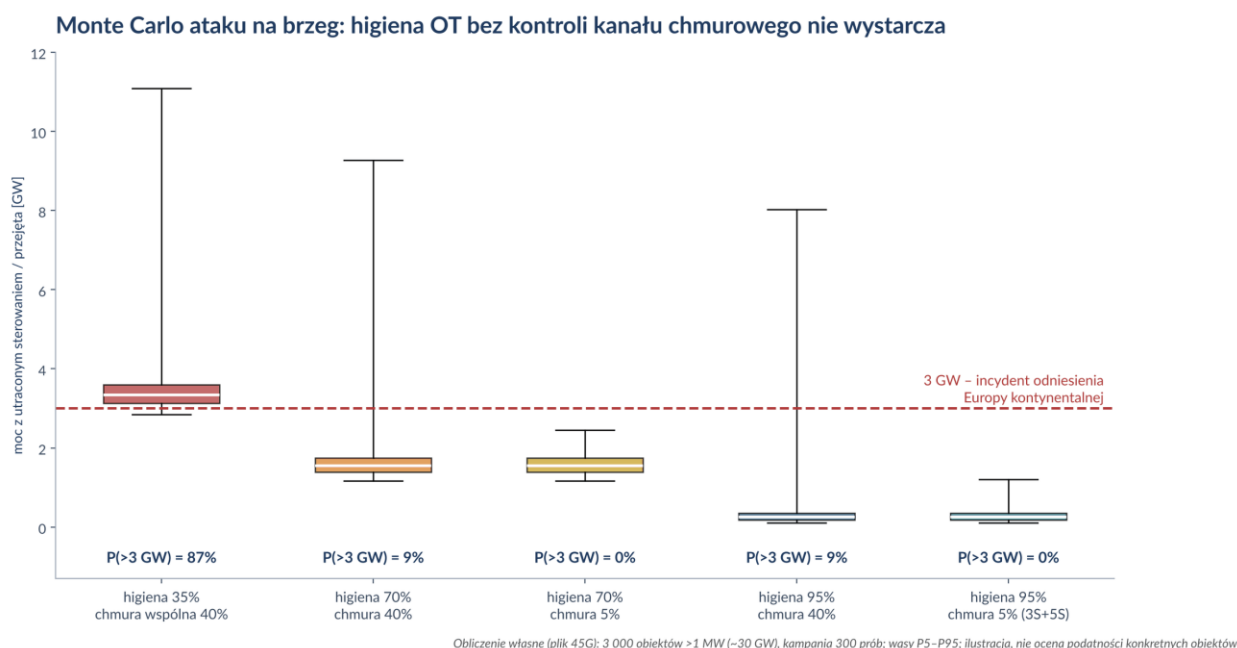
16.4. Symulacja Monte Carlo ataku na brzeg

Druga symulacja (plik 45G) bada związek między higieną OT, kanałem wspólnego trybu a ryzykiem systemowym. Brzeg modelowano jako 3 000 obiektów powyżej 1 MW o łącznej mocy ok. 30 GW (rozkład log-normalny). Kampania atakującego obejmuje 300 prób, kierowanych z prawdopodobieństwem proporcjonalnym do mocy obiektu (atakujący woli duże farmy); próba udaje się z prawdopodobieństwem $(1 - \text{higiena}) \times 0,9$. Dodatkowo z prawdopodobieństwem 10% przejęty zostaje kanał wspólnego trybu (chmura producenta falowników), który steruje określonym udziałem mocy PV. Miarą wyniku jest moc z utraconym lub przejętym sterowaniem i prawdopodobieństwo przekroczenia 3 GW – incydentu odniesienia obszaru synchronicznego Europy kontynentalnej.

Tabela 54. Wyniki symulacji Monte Carlo ataku na brzeg

Higiena OT	Udział mocy w chmurze wspólnej	Mediana [MW]	P95 [MW]	P(> 3 GW)
35% (stan zbliżony do 2025 r., ocena)	40%	3 340	11 058	87%
70%	40%	1 546	9 270	9%
70%	5%	1 546	2 445	ok. 0%
95%	40%	253	8 033	9%
95% (pełne 3S i 5S)	5%	253	1 208	0%

Wniosek jest jednoznaczny i uzasadnia warunek S5. **Higiena OT obniża medianę strat o rząd wielkości, ale nie usuwa ryzyka ogona**, dopóki duża część mocy jest sterowana jednym kanałem zewnętrznym. Dopiero połączenie higieny (S3) z kontrolą kanału poleceń (S5) sprowadza prawdopodobieństwo przekroczenia incydentu odniesienia do zera. Model jest ilustracją mechanizmu, a nie oceną podatności konkretnych obiektów.



Rysunek 56. Monte Carlo ataku na brzeg: rozkład mocy z utraconym sterowaniem przy różnej higienie OT i różnym udziale kanału wspólnego trybu; prawdopodobieństwo przekroczenia 3 GW (obliczenie własne)

17. Ryzyka i bezpieczniki

Tabela 55. Rejestr ryzyk strategii i bezpieczniki

Ryzyko	Opis	Bezpiecznik
Centralizacja pod hasłem bezpieczeństwa	sterowanie brzegiem przejęte przez jeden podmiot państwowy; ograniczenie rynku i prosumentów	reguła salda; rozdział funkcji sieci, danych i rynku; dobrowolność udziału prosumentów
Inwigilacja przez dane z urządzeń	dane z liczników i urządzeń domowych użyte do kontroli obywateli	RODO; agregacja; prywatność różnicowa; jawne cele przetwarzania; nadzór Senatu
Technoautorytaryzm	sterowanie energią jako narzędzie nacisku na obywateli lub samorządy	ustawowe katalogi poleceń; kontrola sądowa; jawny rejestr decyzji
Biurokratyzacja 3S	standard jako kolejna procedura i bariera wejścia	usługi współdzielone dla małych; terminy ustawowe; cyfrowy wniosek
AI poza kontrolą	błędne lub zmanipulowane decyzje algorytmów w OT	A0–A3; testy adversarialne; tryb ręczny; ćwiczenia bez AI
Przechwycenie regulatora	rynek elastyczności zaprojektowany pod zasiedziały	jawność; antycapture (U9); niezależne Obserwatorium
Protekcjonizm zamiast suwerenności	S5 użyte do zamknięcia rynku przed konkurencją	kryterium funkcji (kanał), nie pochodzenia; sojusznicze tańcuchy dostaw
Monokultura dostawcy	jeden krajowy dostawca stosu jako nowy monopol	otwarte standardy; co najmniej dwóch dostawców na warstwę
Opóźnienie	Faza 0 rozciągnięta na lata	licznik postępu; kanał algedoniczny; wygaszanie
Kaskada podczas transformacji	migracja systemów sterowania wywołuje awarie	piaskownice; etapowanie; plan odbudowy
Przejęcie asystentów	zatrucie modeli, wstrzyknięcia poleceń, przejęcie floty asystentów	bramka uprawnień; brak dostępu modelu językowego do poleceń urządzeń; ograniczenie szybkości zmian; losowe opóźnienia; certyfikacja; RCY-5 i RCY-10
Manipulacja odbiorcą	asystent działający w interesie dostawcy, a nie użytkownika (ukryte prowizje, ciemne wzorce)	obowiązek lojalności wobec użytkownika w U14; jawne rozliczenie; przenośność; rzecznik praw energetycznych
Wykluczenie cyfrowe	osoby starsze i uboższe bez dostępu do korzyści	taryfa chroniona; asystenci w programach wsparcia; usługi gminne i spółdzielcze; korzyść systemowa dla wszystkich
Cyfrowy kartel	odtworzenie dawnego układu przez integrację asystentów, sprzedaży i sieci w jednej grupie	rozdział ról; neutralny OIRE; kontrola UOKiK; model kompensacji niezależnego agregatora
Zawodność matematyki	relaksacje tracą dokładność przy przepływach zwrotnych; algorytmy nie zbiegają	KZ-RP: klasa problemu, ścieżka awaryjna, testy regresyjne; drabina modeli; luka optymalności jako KPI

18. Agenda badawcza: hipotezy do weryfikacji

Tabela 56. Hipotezy i sposób weryfikacji

Hipoteza	Metoda weryfikacji	Dane	Termin
H1 Wąskim gardłem jest sterowalność brzegu	dekompozycja przyczyn ograniczeń OZE i kosztu bilansowania	PSE, OSD, CSIRE	2027
H2 Standard 3S obniży ograniczenia bez spowolnienia przyłączy	porównanie obszarów OSD przed i po wdrożeniu (różnica w różnicach)	rejestr przyłączy, CSIRE	2028–2029
H3 Warunek cyfrowy obniży potrzeby inwestycyjne OSD o kilkanaście procent	modelowanie w Cyfrowym Bliźniaku; analiza planów rozwoju	plany OSD, bliźniak	2028
H4 Higiena bez kontroli kanału nie usuwa ryzyka systemowego	symulacje kosymulacyjne na bliźniaku; ćwiczenia red team	rejestr urzędzeń, SOC	2027
H5 AI DC z KSP obniżą koszt integracji OZE	analiza pilotaży; modelowanie godzinowe	dane gigafabryki AI i DC	2029–2030
H6 Reguła salda ograniczy przepływy zwrotne i zatory	pilotaże w piaskownicach CDE i klastrów	dane 15-min, U13	2028
H7 Asystenci z ceną dynamiczną i obwiednią zwiększą elastyczność gospodarstw bez naruszeń napięć i komfortu	piaskownice CY13 z grupą kontrolną; pomiar komfortu (PMV/PPD) i naruszeń obwiedni	dane asystentów, CSIRE, OSD	2027–2028
H8 Polityka kryteriów zależna od stanu skróci czas decyzji i zmniejszy liczbę odbiorców dotkniętych przerwą	symulacje w Cyfrowym Bliźniaku; ćwiczenia z PSE i OSD; analiza zdarzeń	plan obrony i odbudowy, dane SAIDI/SAIFI	2028
H9 Regulacja za wynik zwiększy zakupy elastyczności i skróci czas przyłączenia przy tej samej niezawodności	porównanie OSD przed i po zmianie regulacji; benchmarking DEA	taryfy, regulacja jakościowa, rejestr przyłączy	2029–2030

19. Hasła programowe i konkluzja

19.1. Hasła programowe

- 1) *Energia wraca do ludzi.*
- 2) *Obywatel decyduje. AI wykonuje. Sieć się bilansuje. Państwo strzeże reguł.*
- 3) *Twoja energia – Twoje polecenie.*
- 4) *Od poddanego rachunku do współgospodarza energii.*
- 5) *Państwo autorem reguł, nie właścicielem kartelu.*
- 6) *System jawny. Bilans sterowalny. Energia suwerenna. Państwo odporne. Obywatel u steru.*
- 7) *Kto steruje brzegiem sieci, ten steruje systemem – niech steruje nim obywatel.*
- 8) *Architektura × semantyka × agenci × kryteria – bez jednego z nich nie ma systemu sterowania.*
- 9) *Przekonania agenta to instancja ontologii – bez wspólnego języka agenci są głusi.*
- 10) *Kolejność kryteriów zmienia się ze stanem systemu: w kryzysie nie liczy się frontu Pareto.*
- 11) *Odbiorca z zakłócenia staje się zmienną decyzyjną.*
- 12) *AI proponuje, solver weryfikuje, certyfikat rozstrzyga.*
- 13) *Najpierw wykonalność, potem optymalność.*
- 14) *Obwiednia przy przyłączy zamiast wyłączania OZE.*
- 15) *Rynek liczy na miedzianej płycie, sieć według Kirchhoffa – różnica to rachunek.*
- 16) *Monopolista sieciowy zarabia na tym, za co mu płacimy – płacimy za wynik, nie za beton.*
- 17) *Renta położenia istnieje także w jednej strefie – tylko płacimy ją wszyscy, nie wiedząc za co.*
- 18) *Każdy przyłączony megawat: skomunikowany, sterowalny, strzeżony – albo to ryzyko, nie zasób.*
- 19) *Polska nie musi produkować każdego falownika, ale musi kontrolować każdy kanał poleceń.*
- 20) *Data 29 grudnia 2025 r. był ostrzeżeniem, nie wyjątkiem: prawo mamy, brzegu nie pilnujemy.*

19.2. Konkluzja

Polska energetyka stoi przed wyborem, który nie dotyczy już miksu paliw. Wolumen taniej energii odnawialnej jest faktem: ponad 35 GW mocy PV i wiatru, ponad połowa mocy zainstalowanej w OZE, ponad 1,3 mln prosumentów, rekordowe godziny z cenami ujemnymi. Wybór dotyczy tego, **kto będzie sterował** systemem złożonym z milionów urządzeń, które w większości należą do obywateli, gmin i firm: obywatel z prawem i asystentem w regułach państwa – czy zasiedziaty układ grup energetycznych, zewnętrzna platforma albo przeciwnik, który pierwszy zrozumiał, gdzie przesunął się punkt sterowania.

Cyberenergetyka odpowiada na ten wybór formułą prostą do zapamiętania i wymagającą w wykonaniu: **obywatel decyduje, AI wykonuje, sieć się bilansuje, państwo strzeże reguł**. Żeby ta formuła działała, państwo musi zbudować cztery rzeczy, których dziś nie ma – architekturę, wspólny język, reguły agentów i politykę kryteriów zależną od stanu systemu – i oddać obywatelowi cztery prawa, których dziś nie ma: do danych, do sterowania, do sygnału lokalnego i do zapłaty za elastyczność. Wtedy sterowanie staje się wielowymiarowe w sposób uporządkowany: każda decyzja ma swój poziom, czas, stan, kryterium, węzeł, właściciela, warstwę i nośnik.

Ta zmiana zwiększa zdolność państwa, bo przywraca mu wzrok, model i rękę. Zwiększa produktywność, bo zamienia beton na algorytm, wyłączenia na obwiednie, a marnowaną energię na usługę. Zwiększa suwerenność, bo kontroluje kanał poleceń i publikuje własny język systemu, zamiast importować cudzy. Zwiększa odporność społeczną i militarną, bo projektuje komórki zdolne do pracy wyspowej i daje milionom gospodarstw jeden, z góry znany scenariusz kryzysowy. Wreszcie odbiera grunt rentom, władzy proceduralnej, strukturom zasiedziatym, kartelom i monopolom, bo czyni wynik widocznym, rentę położenia jawną, dane neutralnymi, a obywatela – wolnym w wyborze dostawcy usługi.

Doktryna Energetyczna TechnoSanacji mówi, jaki ma być ustrój energetyczny Rzeczypospolitej. Cyberenergetyka mówi, kto w tym ustroju trzyma ster. Okno decyzyjne jest krótkie: decyzje z lat 2026–2028 – o standardzie przyłączenia, o danych, o prawach obywatela, o języku systemu, o regulacji operatorów i o warunkach dla AI DC – przesądzą o tym, czy w 2035 r. Rzeczpospolita będzie państwem współgospodarzy energii, czy państwem poddanych rachunku. Pierwsze sto dni nie wymaga nowych miliardów. Wymaga decyzji, że energia wraca do ludzi.

FORMUŁA KOŃCOWA

System jawny. Bilans sterowalny. Energia suwerenna. Państwo odporne. Obywatel u steru.

Aneks A. Słownik pojęć, terminów i skrótów

Słownik obejmuje pojęcia wprowadzone lub doprecyzowane w publikacji, pojęcia techniczne energetyki i cyberbezpieczeństwa oraz skróty. Definicje oznaczone jako robocze są definicjami przyjętymi w tej strategii; definicje techniczne odpowiadają przyjętemu użyciu w literaturze i aktach prawnych.

A.1. Cyberenergetyka, brzeg i warunki 5S

Tabela A1. Pojęcia rdzeniowe

Termin	Definicja
Cyberenergetyka	Ujęcie systemu energetycznego jako cyberfizycznej pętli sterowania, w której stabilność i bilans zależą od algorytmów, danych i łączności tak samo jak od maszyn i przewodów, punkty sterowania, obserwacji i ataku są rozproszone na brzegu sieci, a energia, moc obliczeniowa i przemysł tworzą jeden system strategiczny (definicja robocza).
Strategia cyberenergetyczna	Strategia, która świadomie projektuje pętlę sterowania: kto steruje, czym, w jakim czasie, na jakich danych i z jakim bezpiecznikiem.
System cyberfizyczny energii (CPES)	System, w którym warstwa fizyczna (sieć, źródła, odbiory), warstwa informacyjna (pomiar, łączność, sterowanie) i warstwa rynkowa są nierozdzielne i wzajemnie zależne.
Brzeg sieci (edge)	Zbiór miejsc wytwarzania, magazynowania, przetwarzania i zużycia energii poza bezpośrednim sterowaniem operatora przesyłowego: punkty przyłączenia, sieci SN/nn, liczniki, falowniki, magazyny, ładowarki, pompy ciepła, sterowniki zakładów, biogazownie, elektrolizery, centra danych.
Punkt przyłączenia (GCP)	Miejsce styku obiektu z siecią, w którym znajdują się sterownik RTU, interfejs HMI, przekaźniki i łączy z operatorem.
Zasada 3S	Standard urządzenia i przyłącza: skomunikowane (obserwowalne), sterowalne (przyjmuje polecenia z czasem reakcji), strzeżone (tożsamość, MFA, aktualizacje, segmentacja, SBOM).
Zasada 5S	Standard państwa: 3S rozszerzone o sprzężenie (elastyczność w skali przez sektory i nośniki) i suwerenność kanału poleceń.
S1 Skomunikowanie	Warunek obserwowalności brzegu: telemetria, dane 15-minutowe, monitoring stanu i inercji.
S2 Sterowalność	Warunek zadysponowania elastyczności: zasoby przyjmujące polecenia, kontrakty, DERMS, rynek.
S3 Strzeżenie	Warunek cyberbezpieczeństwa OT brzegu: higiena, SOC, certyfikacja, MTTR.
S4 Sprzężenie	Warunek istnienia elastyczności w skali przez połączenie elektroenergetyki z ciepłem, gazem, wodorem, transportem, rolnictwem i przemysłem.
S5 Suwerenność kanału poleceń	Warunek kontroli państwa (lub sojuszników) nad kanałami poleceń, aktualizacji i danych urządzeń, nad oprogramowaniem sterującym, łącznością krytyczną i kadrami.
Formuła operacyjna 5S	Zdolność cyberenergetyczna = $S1 \times S2 \times S3 \times S4 \times S5$; zero w jednym warunku zeruje całość.
Kanał poleceń	Droga, którą do urządzenia trafiają polecenia zdalne, zmiany nastaw i aktualizacje oprogramowania (np. SCADA operatora, platforma agregatora, chmura producenta).

Termin	Definicja
Kanał wspólnego trybu	Kanał poleceń wspólny dla wielu urządzeń, którego przejęcie daje kontrolę nad dużą mocą jednocześnie (hub niewidoczny).
Higiena OT	Podstawowe praktyki bezpieczeństwa systemów sterowania: brak domyślnych poświadczeń, MFA zdalnego dostępu, segmentacja, aktualne oprogramowanie, kopie konfiguracji, monitorowanie.
Paszport urządzenia	Wpis w Rejestrze Urządzeń Brzegowych zawierający typ, wersję oprogramowania, kanał zdalnego dostępu i podmiot odpowiedzialny za bezpieczeństwo.
Przyłączenie elastyczne (non-firm)	Przyłączenie z ograniczeniem mocy lub obowiązkiem redukcji w określonych warunkach sieciowych, umożliwiające szybsze przyłączenie bez rozbudowy sieci.
Warunek cyfrowy	Uzależnienie części nakładów sieciowych od obserwowalności, DERMS, cyberbezpieczeństwa i DLR.
Popyt jako broń	Atak polegający na zbiorczej, nagłej zmianie poboru przez przejęte urządzenia dużej mocy (pompy ciepła, ładowarki, klimatyzacja), który może wywołać wyłączenia linii lub zaburzenia częstotliwości (MadIoT).
Cyberenergetyka obywatelska	Wariant cyberenergetyki przyjęty przez TechnoSanację: cel sterowania urządzeniami brzegowymi ustalają ich użytkownicy (obywatele, wspólnoty, firmy), a państwo pisze reguły i strzeże bezpieczeństwa (definicja robocza).
Formuła naczelna (wersja 2.0)	„Obywatel decyduje. AI wykonuje. Sieć się bilansuje. Państwo strzeże reguł.”
Formuła techniczna	„Nie moc, lecz sterowanie. Nie centrum, lecz brzeg. Każdy megawat skomunikowany, sterowalny i strzeżony – w jednej suwerennej pętli energii, mocy obliczeniowej i przemysłu.” (formuła naczelna wersji 1.0).
Postulat cyberenergetyczny	Postulat wykonawczy Doktryny Energetycznej TechnoSanacji: ustrój energetyczny opiera się na prawie obywatela, wspólnoty i przedsiębiorstwa do sterowania własną energią, wykonywanym przez certyfikowanych agentów AI w otwartej architekturze państwa (rozdz. 2.3).
PC1–PC10	Dziesięć zasad postulat cyberenergetycznego: prawo do sterowania, dane należą do użytkownika, zapłata za elastyczność, najpierw lokalnie, fizyka w sygnale, wspólny język, agent za bramką, kryteria według stanu, kanał pod kontrolą, państwo autorem reguł.
Obywatel u steru	Zasada ustrojowa, zgodnie z którą cel sterowania urządzeniami energetycznymi ustala ich właściciel lub użytkownik, w granicach reguł bezpieczeństwa ustalonych z góry przez państwo; proponowane piąte zdanie formuły Doktryny.
Współgospodarz energii	Uczestnik systemu, który dostarcza systemowi usługę (elastyczność, magazyn, generację, dane, gotowość do pracy wyspowej) i otrzymuje za nią wynagrodzenie.
Poddany rachunku	Skrót publicystyczny roli odbiorcy w energetyce centrum: płaci, nie widzi sygnału lokalnego, nie ma narzędzia sterowania ani zapłaty za elastyczność.
Karta Praw Energetycznych Obywatela	Proponowany katalog dziesięciu praw w ustawie U14: do danych, sterowania, wyboru asystenta i agregatora, zapłaty za elastyczność, sygnału lokalnego, pracy wyspowej, trybu ręcznego, prywatności, wyjaśnienia i ochrony.
Kartel w znaczeniu ekonomii politycznej	Układ kilku pionowo zintegrowanych grup kontrolowanych przez państwo, które mają wspólny interes w utrzymaniu regulacji opartej na majątku i wspólnie kształtują reguły, którym podlegają; pojęcie analityczne, nie zarzut naruszenia prawa konkurencji (rozdz. 3.11).

A.2. Model sterowania, poziomy i mierniki

Tabela A2. Model, indeksy i mierniki

Termin	Definicja
CSS-RP	Cyberenergetyczny System Sterowania Rzeczypospolitej: model referencyjny sześciu warstw L0–L5 (fizyka, pomiar i komunikacja, model, decyzja i sterowanie, rynek i transakcje, ład i bezpieczeństwo).
Poziomy bilansowania	Mikro (za licznikiem), lokalny (mikrosieć, klastery, CDE), regionalny (OSD), krajowy (PSE), transgraniczny (ENTSO-E, RCC).
Reguła salda	Każdy poziom bilansuje się najpierw sam, a wyższemu oddaje tylko saldo i swoją elastyczność.
Autonomia według odwracalności	Zasada, zgodnie z którą zakres samodzielności algorytmu rośnie wraz z odwracalnością skutków decyzji.
A0–A3	Poziomy autonomii AI: A0 rekomendacja, A1 wykonanie po zatwierdzeniu, A2 wykonanie w limitach, A3 wykonanie z nadzorem ex post.
Automaty ex ante	Zaprojektowane i zatwierdzone przed użyciem automaty systemowe (SPS/SIPS, odciążanie częstotliwościowe, kontrolowane wypowianie), działające bez udziału człowieka w czasie zdarzenia.
ICY-RP	Indeks Cyberenergetyki Rzeczypospolitej: $100 \times$ średnia geometryczna warunków S1–S5, wyznaczanych z 21 mierników znormalizowanych do celów 2035 r. (obliczenie własne, plik 45F).
KCY-1 ... KCY-16	Kluczowe wskaźniki wyniku cyberenergetyki (rozdz. 16.1).
RCY-1 ... RCY-10	Kluczowe wskaźniki ryzyka cyberenergetyki (rozdz. 16.2).
MTTD	Mean Time To Detect – średni czas wykrycia incydentu.
MTTR	Mean Time To Restore/Recover – średni czas przywrócenia funkcji (tu: sterowania brzegiem).
CYBER-SD	Model ilustracyjny dynamiki systemowej 2025–2035 trzech strategii (plik 45E).
Standard Cyberenergetyka-RP 2.0	Dwanaście zasad oceny instrumentów polityki energetycznej i przemysłowej (tab. 40).
Kontrakt Sterowalności Przemysłowej (KSP)	Umowa operatora z dużym odbiorcą: szybsze lub elastyczne przyłączenie w zamian za usługi elastyczności, telemetrię 3S, odzysk ciepła i plan pracy wyspowej.
Rejestr Urządzeń Brzegowych	Proponowany rejestr urządzeń powyżej progu (U11), dostępny dla operatorów, CSIRT i Obserwatorium.
Obserwatorium Cyberenergetyki	Proponowany niezależny organ pomiaru ICY-RP, KPI i oceny programów (CY12).
Sektorowy SOC energii	Centrum operacji bezpieczeństwa dla sektora energii, w tym jako usługa współdzielona dla małych wytwórców.
Akademia Cyberenergetyki	Proponowany program kształcenia kadr OT, analityków bliźniaka i operatorów robotyki utrzymania (CY12).
Incydent odniesienia	Największa utrata mocy, na którą obszar synchroniczny jest wymiarowany (dla Europy kontynentalnej 3 GW).
Hosting capacity	Maksymalna moc źródeł (lub odbiorów), jaką można przyłączyć w danym miejscu sieci bez naruszenia ograniczeń technicznych.

Termin	Definicja
LOLE	Loss of Load Expectation – oczekiwana liczba godzin w roku z niepokrytym zapotrzebowaniem.
Ograniczenia OZE (curtailment)	Redukcja produkcji źródeł odnawialnych; nierynkowe redysponowanie – na polecenie operatora z przyczyn bilansowych lub sieciowych.

A.3. Technopolis, DeepTech i technologie sterowania

Tabela A3. Technopolis, DeepTech i technologie

Termin	Definicja
Technopolia (Technopolis)	Węzeł miejski spełniający pięć warunków progowych W1–W5 dok. 31: gęstość kompetencji, kotwica badawcza i transfer, jurysdykcja eksperymentu, kapitał cierpliwy i pierwszy klient, sieć.
Węzeł cyberenergetyczny	Technopolia, w której co najmniej jedna nisza niezbędności dotyczy sterowania energią (automatyka i oprogramowanie sieciowe, energoelektronika, magazyny, power-to-X, cyberbezpieczeństwo OT, robotyka utrzymania, zasilanie compute) – definicja robocza.
DeepTech	Przedsięwzięcie oparte na przełomie naukowym lub inżynierskim, z długim horyzontem (TRL 3–7), wysokim kapitałem i ryzykiem technicznym.
TRL	Technology Readiness Level – poziom gotowości technologicznej w skali 1–9.
Dolina śmierci	Przedział TRL 4–7, w którym technologia nie ma już finansowania badawczego, a jeszcze nie ma finansowania komercyjnego.
Grid-forming (GFM)	Tryb sterowania falownika, w którym falownik sam kształtuje napięcie i częstotliwość (zachowuje się jak źródło napięciowe), mogąc dostarczać inercję syntetyczną i pracować w wyspie.
Grid-following	Tryb sterowania falownika, w którym falownik synchronizuje się z napięciem sieci i nie kształtuje go samodzielnie.
VSG	Virtual Synchronous Generator – wirtualna maszyna synchroniczna, algorytm falownika naśladujący dynamikę generatora synchronicznego.
IBR	Inverter-Based Resources – źródła przyłączone przez falowniki (PV, wiatr typu 4, magazyny).
Inercja / inercja syntetyczna	Energia kinetyczna mas wirujących ograniczająca szybkość zmian częstotliwości; inercja syntetyczna – jej emulacja przez falowniki i magazyny.
RoCoF	Rate of Change of Frequency – szybkość zmian częstotliwości (Hz/s).
FFR	Fast Frequency Response – szybka rezerwa częstotliwości (poniżej sekundy do kilku sekund).
FCR / aFRR / mFRR	Rezerwy utrzymania częstotliwości: pierwotna (FCR), wtórna automatyczna (aFRR) i ręczna (mFRR).
SST	Solid-State Transformer – transformator półprzewodnikowy z energoelektroniką, umożliwiający sterowanie przepływem mocy i hybrydowe sieci AC/DC.
LDES	Long-Duration Energy Storage – magazyny długoterminowe (VRFB, LAES, CAES, ciepło, wodór).
DLR	Dynamic Line Rating – dynamiczna obciążalność linii na podstawie warunków pogodowych i pomiarów.

Termin	Definicja
DERMS / ADMS	Systemy zarządzania zasobami rozproszonymi / zaawansowane systemy zarządzania siecią dystrybucyjną.
VPP	Virtual Power Plant – wirtualna elektrownia, agregacja rozproszonych zasobów sterowanych jako jeden.
PMU / WAMS / WAMPAC	Synchroniczne pomiary fazorowe / systemy monitorowania obszarowego / monitorowanie, zabezpieczenia i sterowanie obszarowe.
Cyfrowy bliźniak	Model cyfrowy obiektu lub systemu aktualizowany danymi z rzeczywistości, służący do symulacji, prognoz i decyzji.
UC / ED / OPF / CC-OPF	Unit Commitment, Economic Dispatch, Optimal Power Flow, Chance-Constrained OPF – zagadnienia optymalizacji pracy systemu.
MPC	Model Predictive Control – sterowanie predykcyjne z modelem.
RL / safe RL / MARL	Uczenie ze wzmocnieniem / z twardymi ograniczeniami bezpieczeństwa / wieloagentowe.
PINN	Physics-Informed Neural Network – sieć neuronowa z wbudowanymi prawami fizyki.
XAI	Explainable AI – wyjaśnialna sztuczna inteligencja.
Power-to-X (P2X) / Power-to-Heat (P2H)	Przetwarzanie energii elektrycznej na inne nośniki (wodór, e-paliwa) / na ciepło.
SMR / AMR	Małe reaktory modułowe / zaawansowane reaktory modułowe.
V2G / V2B / smart charging	Oddawanie energii z pojazdu do sieci / do budynku / sterowane ładowanie.
GO 24/7	Gwarancje pochodzenia w rozliczeniu godzinowym (dopasowanie zielonej energii godzina w godzinę).
C-UAS	Counter-Unmanned Aircraft Systems – systemy przeciwdziałania bezałogowym statkom powietrznym.

A.4. Rezydua, enklawy i prawo eksperymentu

Tabela A4. Rezydua, enklawy i jurysdykcja eksperymentu

Termin	Definicja
Rezydium instytucjonalne	Trwały ślad dawnej reguły, który przeżył swoją pierwotną funkcję i nadal kształtuje zachowania aktorów (za dok. 31).
R1 rezydium dyspozytorskie	Przekonanie i architektura, w których system to kilkaset jednostek centralnie dysponowanych.
R2 rezydium danych	Traktowanie danych sieci i urządzeń jako własności operatora lub producenta; „ciemna sieć”.
R3 rezydium taryfowe	Taryfa płaćca za majątek (zwrot z kapitału), a nie za sterowalność.
R4 rezydium węglowe	Rynek mocy i rezerwy jako ochrona starych bloków bez wymogu elastyczności i daty wygaszenia.
R5 rezydium kadrowe	Nomenklatura w spółkach i brak kadr OT u mniejszych wytwórców.
R6 rezydium proceduralne	Przyłączenie jako decyzja uznaniowa w kolejce, bez klas priorytetu i warunków 3S.
Enklawa	Obszar o odrębnych regułach wewnątrz państwa.
Enklawa renty	Segment rynku chroniący istniejące aktywa przed konkurencją (do demontażu).

Termin	Definicja
Enklawa danych	Zamknięty obszar informacji o sieci i urządzeniach (do otwarcia).
Enklawa eksterytorialna	Obszar, w którym sterowanie faktycznie wymyka się prawu i nadzorowi państwa (odrzucona).
Enklawa wyspowa (odporności)	Mikrosieć lub cytadela zdolna do kontrolowanej pracy wyspowej w kryzysie (cel).
Enklawa eksperymentu	Obszar lub grupa podmiotów, w których na podstawie ustawy, na czas, w ograniczonym zakresie i pod nadzorem testuje się nowe technologie i reguły (cel).
Jurysdykcja eksperymentu	Ustrojowa zdolność państwa do kontrolowanego testowania nowych reguł z exit reportem i obowiązkiem rozpatrzenia zmiany prawa (dok. 31).
Piaskownica energetyczna	Piaskownica regulacyjna w energetyce z udziałem OSD, z czasowymi odstępstwami od wymogów taryfowych, rozliczeniowych i przyłączeniowych (U13).
Exit report	Publiczny raport z wyjścia z piaskownicy, zawierający wyniki testu i rekomendacje zmian prawa.
Sandbox 7D	Ścieżka koordynacyjna spraw piaskownicowych z dok. 35 (wojewoda regionalnie, APIS krajowo).
Kodeks Brzegu Sieci (U11)	Proponowana ustawa o bezpieczeństwie i sterowalności brzegu sieci.
U12	Proponowana ustawa o systemach AI i autonomicznym sterowaniu w infrastrukturze energetycznej.
U13	Proponowana ustawa o piaskownicach energetycznych.
U14	Proponowana ustawa o prawach energetycznych obywatela i asystentach energetycznych (Karta Praw Energetycznych Obywatela).
U1–U10	Pakiet dziesięciu ustaw Strategii energii i odporności (dok. 39).

A.5. Republiki technologiczne, ekosystemy i sieci

Tabela A5. Republiki technologiczne, ekosystemy i sieci

Termin	Definicja
Republika technologiczna	Państwo, którego pozycja i bezpieczeństwo wynikają w znacznym stopniu z kontroli nad wąskim gardłem technologicznym albo z wyjątkowej zdolności instytucji do szybkiego uczenia się (za dok. 31).
Państwo uczące się przez dane	Państwo, które traktuje dane rynku i sieci jako infrastrukturę publiczną i szybko dostosowuje reguły na ich podstawie (np. DataHub w Danii i Finlandii).
Nisza niezbędności	Obszar, w którym kraj lub węzeł jest trudny do zastąpienia dla partnerów zagranicznych.
TechnoRepublika	Cel ustrojowy TechnoSanacji: państwo, które przewiduje, działa i odpowiada przed obywatelem.
Ekosystem energetyczny	Lokalny lub sektorowy układ aktorów, których współzależność tworzy zdolność bilansowania, jakiej żaden nie wytworzy sam; ma orkiestratora i mierniki zdrowia.
Orkiestrator	Podmiot koordynujący ekosystem bez konieczności własności zasobów (CDE, operator mikrosieci, agregator).
Sieć wielowarstwowa	Sieć złożona z warstw (fizycznej, ICT/OT, rynku i danych) połączonych zależnościami.

Termin	Definicja
Sieci współzależne	Sieci, w których awaria węzła jednej warstwy wywołuje awarie w drugiej; podatne na kaskady (Buldyrev i in. 2010).
Hub / hub niewidoczny	Węzeł o wysokim stopniu / hub nieujawniony na mapie sieci fizycznej (chmura producenta, integrator, kanał aktualizacji).
Korytarz	Połączenie fizyczne i informacyjne między obszarami (linia, interkonektor, HVDC, standard danych).
Wyspa	Podsieć zdolna do kontrolowanej pracy autonomicznej.
Dziura strukturalna	Brak połączenia między skupiskami, dający przewagę temu, kto ją zamyka (Burt).
Centrum Dystrybucji Energii (CDE)	Lokalny węzeł planowania, bilansowania, odporności, ciepła, magazynów i pracy wyspowej (dok. 20).
Klaster energii / spółdzielnia energetyczna / OSE	Formy prawne lokalnej współpracy energetycznej w ustawie o OZE i Prawie energetycznym (obywatelska społeczność energetyczna – OSE).
Hub przemysłowo-energetyczny	Skupisko przemysłu, sieci, ciepła, gazu, wodoru i danych działające jako lokalny poziom bilansowania dużej skali.

A.6. Ekonomia polityczna, renty i ład

Tabela A6. Ekonomia polityczna i ład

Termin	Definicja
Renta	Dochód ponad koszt alternatywny, uzyskiwany z pozycji, a nie z wkładu.
Renta informacyjna	Przewaga wynikająca z wyłącznej wiedzy o stanie sieci i dostępnych mocach.
Renta majątkowa	Zwrot z bazy aktywów niezależny od jej użyteczności dla systemu (gold-plating).
Renta mocy	Płatności za dostępność bez wymogu elastyczności i daty wygaszenia.
Renta platformowa	Przewaga producenta lub platformy kontrolującej dane i kanał poleceń wielu urządzeń.
Władza proceduralna	Władza wynikająca z kontroli nad procedurą (terminem, interpretacją, kolejnością), a nie z odpowiedzialności za wynik.
Struktury zasiedziałe	Instytucje, które przetrwały swoją funkcję i bronią budżetu niezależnie od wyniku.
Kartel	Porozumienie ograniczające konkurencję (podział rynku, zmowa przetargowa, blokowanie standardów); w strategii używane także w znaczeniu ekonomii politycznej (A.1).
Regulacja bodźcowa	Regulacja, która zamiast zwrotu kosztów ustala bodźce do efektywności i wyniku (Laffont–Tirole); przykłady: pułap przychodów, TOTEX, RIIO.
TOTEX	Total expenditure – regulacja traktująca symetrycznie nakłady inwestycyjne i operacyjne, w tym zakup elastyczności.
RIIO	Brytyjski model regulacji operatorów sieci: Revenue = Incentives + Innovation + Outputs.
Współczynnik Q	Współczynnik regulacji jakościowej URE (0,85–1,0), korygujący zwrot z kapitału OSD na podstawie SAIDI, SAIFI i wskaźnika CRP; strategia proponuje jego rozszerzenie o elastyczność, pojemność przyłączeniową i dane.
Renta położenia	Korzyść lub strata wynikająca z lokalizacji w sieci; w jednej strefie cenowej zamienia się w uśredniony koszt redysponowania i ograniczeń.

Termin	Definicja
Renta kongestii / rzadkości	Nadwyżka operatora z różnic cen węzłowych / dochód zasobów w kieszeniach popytowych.
Unbundling	Rozdział działalności sieciowej od wytwarzania i obrotu (prawny, funkcjonalny, właścicielski).
Rynek dwustronny	Rynek platformy łączącej dwie grupy uczestników z pośrednimi efektami sieciowymi (Rochet–Tirole).
Niezależny agregator	Agregator niebędący sprzedawcą energii klienta; wymaga modelu kompensacji dla sprzedawcy i BRP.
Monopol naturalny / infrastruktura kluczowa	Działalność, w której jeden dostawca minimalizuje koszt (sieć); essential facility – infrastruktura, do której dostęp jest warunkiem konkurencji.
Regulatory capture	Przechwycenie regulatora przez podmioty regulowane.
Efekt Averch–Johnson	Skłonność przedsiębiorstwa regulowanego stopą zwrotu do przeinwestowania w kapitał.
Gold-plating	Przeinwestowanie w bazę aktywów ponad potrzebę, finansowane przez odbiorców.
Antycapture	Zbiór mechanizmów jawności i odpowiedzialności przeciw przechwyceniu (dok. 20, U9).
CLEAR Energy	Doktryna oczyszczenia rynku energii z nacisku karteli i lobby: Clean market, Legal anticapture, Equal access, Accountable governance, Resilient system (dok. 20).
Warunek obalenia	Stan faktów, który – gdyby wystąpił – unieważniałby dane rozstrzygnięcie (stosowany w tab. 5 i rozdz. 9).
Wygaszanie (sunset)	Automatyczne zakończenie wsparcia lub programu, który przez określony czas nie przesuwającego swojego miernika.
Model 3A	Metoda TechnoSanacji: antycypacja, absorpcja, adaptacja.
Klasa sprawcza	Grupa społeczna zdolna do działania i korelacji transformacji (dok. 30, 41).

A.7. Cybernetyka i teoria systemów

Tabela A7. Cybernetyka i teoria systemów

Termin	Definicja
Cybernetyka	Nauka o sterowaniu i komunikacji w organizmach, maszynach i organizacjach (Wiener 1948).
Pętla sprzężenia zwrotnego	Układ, w którym wynik działania wpływa na kolejne działanie; ujemna stabilizuje, dodatnia wzmacnia.
Obserwowalność (Kalman)	Własność układu, którego stan można odtworzyć z pomiarów wyjść.
Sterowalność (Kalman)	Własność układu, którego stan można przeprowadzić do dowolnego celu dostępnymi wejściami.
Prawo wymaganej różnorodności (Ashby)	Tylko różnorodność może zniszczyć różnorodność: regulator musi mieć repertuar reakcji co najmniej tak zróżnicowany jak zakłócenia.
Twierdzenie o dobrym regulatorze (Conant–Ashby)	Każdy dobry regulator systemu musi być modelem tego systemu.
Układ samodzielny (Mazur)	Układ zdolny do sterowania się w celu zachowania swojej funkcji, z receptorami, korelatorem, efektorami i zasilaniem.

Termin	Definicja
VSM (Beer)	Viable System Model – model systemu żywego z pięcioma podsystemami (operacje, koordynacja, kontrola, rozwój, polityka).
Kanał algedoniczny	W VSM – kanał alarmowy omijający hierarchię, uruchamiany przy przekroczeniu progów.
Homeostaza	Zdolność systemu do utrzymywania stanu mimo zakłóceń; w ujęciu krytycznym – obrona starego stanu przed zmianą.
Kaskada	Sekwencja awarii, w której jedna awaria wywołuje kolejne.
Pętla obrony	Wykrycie, izolacja, absorpcja i odtworzenie po incydencie, mierzone MTTD i MTTR.
Opóźnienie systemowe	Czas między decyzją a skutkiem; w energetyce od milisekund (automatyka) do dekad (sieć).

A.8. Architektura, agenci, co-dispatch i rynek zgodny z fizyką

Tabela A8. Architektura, agenci, co-dispatch i rynek zgodny z fizyką

Termin	Definicja
Sterowanie wielowymiarowe	Sterowanie, w którym każda decyzja jest określona w ośmiu wymiarach: poziom (WS1), czas (WS2), stan systemu (WS3), kryterium (WS4), węzeł sieci (WS5), podmiot i agent (WS6), warstwa (WS7), nośnik (WS8) – definicja robocza.
Model 8W	Model ośmiu wymiarów sterowania energią (rozdz. 4.2).
System systemów	System złożony z podsystemów mających własne cele, właścicieli i autonomię, które muszą współdziałać; reguła: autonomia na dole, koordynacja na górze, granice wyznacza czas.
Formuła konstrukcyjna	System sterowania = architektura × semantyka × agenci × kryteria zależne od stanu systemu (destylat CS).
Architektura referencyjna	Wspólna mapa systemu: domeny, strefy i warstwy interoperacyjności.
SGAM	Smart Grid Architecture Model (CEN-CENELEC-ETSI): pięć warstw interoperacyjności (biznes, funkcje, informacja, komunikacja, komponenty) × domeny × strefy.
SGAM-RP+	Proponowana krajowa architektura referencyjna: SGAM z dodanymi wymiarami skali czasu sterowania (T) i stanu systemu (S).
RAMI 4.0	Referencyjny model architektury Przemysłu 4.0 (DIN SPEC 91345).
Semantyka / ontologia	Wspólne znaczenie danych / formalny opis pojęć i relacji (np. OWL).
Profil semantyczny RP	Proponowany otwarty profil: CIM/CGMES + IEC 61850 + SAREF/Brick + role rynkowe, publikowany przez państwo.
CIM / CGMES	Common Information Model (IEC 61970, 61968, 62325) / profil wymiany modeli sieci ENTSO-E.
SAREF / Brick	Otwarte ontologie urządzeń (ETSI SAREF, w tym SAREF4ENER) i budynków (Brick Schema).
Przestrzeń danych	Infrastruktura suwerennej wymiany danych, w której właściciel decyduje o warunkach udostępnienia (wzorzec IDS; GAIA-X, OMEGA-X, EDDIE).
Agent	Program działający w imieniu podmiotu, który odbiera sygnały, ma model otoczenia i preferencje, decyduje i wykonuje.
BDI	Architektura agenta: przekonania (beliefs), dążenia (desires), zamiary (intentions).

Termin	Definicja
FIPA-ACL / Contract Net	Standard języka komunikacji agentów / protokół przetargu zadań między agentami (Smith 1980).
Bramkowanie akcji	Mechanizm określający, jakie działania agent może wykonać samodzielnie, jakie wymagają zatwierdzenia i kto odpowiada (rama A-CPES).
Rejestr agentów energetycznych	Proponowany rejestr agentów z zakresem uprawnień, poziomem autonomii, odpowiedzialnym i kanałem poleceń (U12).
Asystent Energetyczny Obywatela (AEO)	Proponowany otwarty, certyfikowany standard agenta użytkownika końcowego z interfejsem w języku naturalnym, działającego za bramką uprawnień (CY13, U14).
Człowiek w pętli / nad pętlą	Człowiek zatwierdzający decyzje / nadzorujący i mogący przerwać działanie automatu.
Polityka kryteriów zależna od stanu	Zatwierdzona z góry kolejność i wagi kryteriów sterowania dla stanów normalnego, zagrożenia, awaryjnego, blackoutu i odbudowy.
Stany systemu	Stany określone w wytycznych SOGL i kodeksie NC ER: normalny, zagrożenia (alert), awaryjny (emergency), blackout, odbudowy (restoration).
Front Pareto	Zbiór rozwiązań, z których żadnego nie da się poprawić w jednym kryterium bez pogorszenia innego.
MCDM	Wielokryterialne wspomaganie decyzji (AHP, TOPSIS, PROMETHEE, VIKOR, BWM).
Co-dispatch	Współdysponowanie: generacja i popyt optymalizowane razem, odbiorca jako zmienna decyzyjna; kontrakt matematyczny wymiany zmiennych z gwarancją zbieżności, wykonalności i prywatności.
Dyspozycja popytu (demand dispatch)	Sterowanie odbiorami odraczalnymi w celu uzyskania wirtualnego magazynu energii przy zachowaniu jakości usługi; możliwe przy komunikacji jednokierunkowej.
Obwiednia przyłączeniowa (DOE)	Zmienny w czasie, publikowany przez operatora dopuszczalny obszar poboru i oddawania mocy w punkcie przyłączenia.
DLMP / DLMP-lite	Cena krańcowa w węźle sieci dystrybucyjnej (energia, straty, ograniczenia) / uproszczona wersja: dynamiczne taryfy sieciowe w strefach zatorów i LFM.
Kontrakt Zbieżności (KZ-RP)	Proponowany standard regulacyjny siedmiu elementów dla mechanizmów koordynacji rozproszonej (rozdz. 5.6).
ADMM / ALADIN	Algorytmy optymalizacji rozproszonej: metoda naprzemiennych kierunków mnożników / rozszerzony algorytm Lagrange’a z informacją drugiego rzędu.
Relaksacja SOCP / SDP / QC	Wypukłe przybliżenia równań rozptywu mocy: stożkowa drugiego rzędu / półokreślona / kwadratowo-wypukła.
LinDistFlow / BFM	Liniowy model rozptywu w sieciach promieniowych / model przepływów gałęziowych.
Optymalizacja ze sprzężeniem zwrotnym	Pętla, w której algorytm optymalizacji działa jako regulator na pomiarach, odporna na błędy modelu.
Weryfikacja formalna	Matematyczny dowód (np. przez MILP), że sieć neuronowa spełnia ograniczenia w najgorszym przypadku.
Miedziana płyta	Założenie rynku strefowego o nieograniczonej przepustowości wewnątrz strefy.
LMP	Locational Marginal Price – cena węzłowa: energia + straty + zatory (Schweppe i in. 1988).
„Węzły wewnątrz, strefa na zewnątrz”	Model sygnału lokalizacyjnego (ceny cienia, opłaty lokalizacyjne, redysponowanie rynkowe) wewnątrz jednej strefy cenowej.

Termin	Definicja
Przepływ kotowy	Nieplanowy przepływ energii przez sieć sąsiada, wynikający z fizyki sieci oczkowej.
PTDF / CNEC / RAM	Współczynnik rozptywu mocy / krytyczny element sieci z awarią / pozostały margines dostępny dla handlu (FBMC).
Gra inc-dec	Strategiczne zawyżanie lub zaniżanie ofert w oczekiwaniu na redysponowanie.
Architektura komórkowa	Organizacja sieci w komórki, z których każda zeruje własne saldo, a w górę oddaje błąd niezbilansowany (VDE/ETG).
FLISR	Fault Location, Isolation and Service Restoration – automatyczna lokalizacja i izolacja zakażeń z przywracaniem zasilania.
Neutralny operator danych	Operator centrum danych rynku (w Polsce OIRE/CSIRE) niezależny od interesów uczestników rynku.

A.9. Skróty

Tabela A9. Skróty

Skrót	Rozwinięcie
ACER	Agencja Unii Europejskiej ds. Współpracy Organów Regulacji Energetyki
ADMS	Advanced Distribution Management System
AI	sztuczna inteligencja
AI DC	centrum danych dla sztucznej inteligencji (AI Data Center)
AMI	Advanced Metering Infrastructure – infrastruktura zaawansowanego opomiarowania
APV	agrowoltaika
ARE	Agencja Rynku Energii
BEMS / HEMS	systemy zarządzania energią budynku / domu
BESS	Battery Energy Storage System – baterijny magazyn energii
BECCS	bioenergia z wychwytem i składowaniem CO ₂
CAES / LAES	magazyny sprężonego / ciekłego powietrza
CDE	Centrum Dystrybucji Energii
CE	Centrum Energii (dok. 20, 39)
CER	dyrektywa (UE) 2022/2557 o odporności podmiotów krytycznych
CERT Polska	zespół reagowania na incydenty działający w NASK
CFE 24/7	czysta energia w bilansie godzinowym (24/7 carbon-free energy)
CGM	Common Grid Model – wspólny model sieci ENTSO-E
CRA	rozporządzenie (UE) 2024/2847 – akt o cyberodporności
CSIRE	Centralny System Informacji Rynku Energii
CSIRT	zespół reagowania na incydenty bezpieczeństwa komputerowego
CSS-RP	Cyberenergetyczny System Sterowania RP
CY1–CY15	programy wykonawcze publikacji 45
A-CPES	rama referencyjna agentowej AI w cyberfizycznych systemach energii
AEO	Asystent Energetyczny Obywatela

Skrót	Rozwinięcie
BRP / BSP	podmiot odpowiedzialny za bilansowanie / dostawca usług bilansujących
CfD	kontrakt różnicowy (dwukierunkowy)
DGA	akt w sprawie zarządzania danymi (rozp. (UE) 2022/868)
DLMP	cena krańcowa w węźle sieci dystrybucyjnej
DOE	dynamiczna obwiednia przyłączeniowa (dynamic operating envelope)
FTR	finansowe prawa przesyłowe
IDS	International Data Spaces – architektura przestrzeni danych
KRI	Krajowe Ramy Interoperacyjności
KZ-RP	Kontrakt Zbieżności Rzeczypospolitej
MARL / MAPPO / MADDPG	uczenie wieloagentowe ze wzmocnieniem i jego algorytmy
MQTT / OPC UA	protokoły komunikacji IoT / przemysłowej (IEC 62541)
NC ER / SOGL	kodeks sieci dotyczący stanu awaryjnego i odbudowy (rozp. 2017/2196) / wytyczne dotyczące pracy systemu przesyłowego (rozp. 2017/1485)
NEMO	wyznaczony operator rynku energii elektrycznej
OIRE	operator informacji rynku energii (PSE)
OWL	Web Ontology Language
PC1-PC10	zasady postulatu cyberenergetycznego
PPA	umowa zakupu energii (power purchase agreement)
PST	przesuwnik fazowy
SAIDI / SAIFI	wskaźniki przeciętnego czasu / częstotliwości przerw w zasilaniu
TOTEX	całkowite nakłady (inwestycyjne i operacyjne) w regulacji
U14	proponowana ustawa o prawach energetycznych obywatela i asystentach energetycznych
vPAC	wirtualne zabezpieczenia, automatyka i sterowanie stacji
VUF	współczynnik asymetrii napięć
WS1-WS8	osiem wymiarów sterowania energią
DLT	technologia rozproszonego rejestru
DR / DSR	odpowiedź strony popytowej
EC	elektrociepłownia
EMD	reforma struktury rynku energii elektrycznej UE (2024)
ENISA	Agencja Unii Europejskiej ds. Cyberbezpieczeństwa
ENTSO-E	Europejska Sieć Operatorów Systemów Przesyłowych Energii Elektrycznej
FBMC	Flow-Based Market Coupling – łączenie rynków oparte na przepływach
FDIA	False Data Injection Attack – atak wstrzykiwania fałszywych danych
HMI	interfejs człowiek-maszyna
HVDC	przesył prądem stałym wysokiego napięcia
ICS / OT	przemysłowe systemy sterowania / technologia operacyjna
ICY-RP	Indeks Cyberenergetyki Rzeczypospolitej
IEC 61850 / 62351	normy komunikacji w stacjach elektroenergetycznych / bezpieczeństwa tej komunikacji

Skrót	Rozwinięcie
IEC 62443	seria norm bezpieczeństwa przemysłowych systemów automatyki
IK	infrastruktura krytyczna
IRIESD / IRIESP	instrukcja ruchu i eksploatacji sieci dystrybucyjnej / przesyłowej
JWCD	jednostka wytwórcza centralnie dysponowana
KPEiK	Krajowy Plan w dziedzinie Energii i Klimatu
KRiBSI	Komisja Rozwoju i Bezpieczeństwa Sztucznej Inteligencji
KSC	ustawa o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa
KSE	Krajowy System Elektroenergetyczny
KSP	Kontrakt Sterowalności Przemysłowej
LFM	Local Flexibility Market – lokalny rynek elastyczności
LZO	licznik zdalnego odczytu
MFA	uwierzytelnianie wieloskładnikowe
NCCS	kodeks sieci dotyczący cyberbezpieczeństwa transgranicznych przepływów energii elektrycznej (rozp. del. 2024/1366)
NIS2	dyrektywa (UE) 2022/2555 w sprawie środków na rzecz wysokiego wspólnego poziomu cyberbezpieczeństwa
OSD / OSP	operator systemu dystrybucyjnego / przesyłowego
PCOiC	Prezydenckie Centrum Odporności i Ciągłości (dok. 37, 39)
PSE	Polskie Sieci Elektroenergetyczne (OSP)
PTPiREE	Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej
PV	fotowoltaika
RCC	regionalne centrum koordynacyjne
RTU	Remote Terminal Unit – zdalny sterownik obiektowy
SBOM	Software Bill of Materials – spis komponentów oprogramowania
SCADA	system nadzoru i akwizycji danych
SCO	samoczynne częstotliwościowe odciążanie
SOC	Security Operations Center – centrum operacji bezpieczeństwa
SPS / SIPS	układy automatyki systemowej / zabezpieczeń systemowych
SSP	spółki Skarbu Państwa
TPA+	wzmocniona zasada dostępu stron trzecich do sieci (dok. 20)
TSO / DSO	operator przesyłowy / dystrybucyjny (ang.)
URE / Regulator 2.0	Urząd Regulacji Energetyki / proponowany regulator z modelem systemu (dok. 20)
VRE	Variable Renewable Energy – zmienne źródła odnawialne

Aneks B. Bibliografia

B.1. Dokumenty programowe Biblioteki TechnoSanacji

- 01 Diagnoza Rzeczypospolitej 2026; 02 Manifest TechnoSanacji; 03 Cyberkulturowa Wizja TechnoRepubliki; 04 Misja Polityczna TechnoSanacji. TechnoSanacja.pl, Biblioteka, 2026.
- 05 Narodowa Strategia Bezpieczeństwa Rzeczypospolitej, t. 1. TechnoSanacja.pl, 2026.
- 06 Projekt Konstytucji; 07 Prezydent – zintegrowana egzekutywa; 08 Senat 100 – jednoizbowa legislatura; 11 Sejmiki samorządowe; 13 Administracja państwowa; 15 Controlling cybernetyczny. TechnoSanacja.pl, 2026.
- 16 Obrona narodowa; 18 Edukacja i innowacja; 21 Konkurencyjna gospodarka; 23 Talenty – infrastruktura krytyczna państwa. TechnoSanacja.pl, 2026.
- 20 Doktryna Energetyczna. Energia to cywilizacyjny regulator rozwoju państwa. TechnoSanacja.pl, 2026.
- 30 Klasa sprawcza jako korelator; 31 Technopolis – centra kompetencji i przełomowych technologii; 32 Analityczny proces wyboru technologii militarnych; 33 Graf multi-agentów; 34 Policentryczny ład światowy – bezpieczeństwo narodowe; 35 Sandbox regulacyjny; 36 Narzędzia AI; 37 Rezyliencja – odporność państwa; 38 Strategia sprawiedliwej transformacji. TechnoSanacja.pl, 2026.
- 39 Strategia Energii i Odporności (Energy & Resilience Strategy), wersja 1.0, 30.09.2026. TechnoSanacja.pl.
- 40 Strategia wykorzystania AI dla zapewnienia bezpieczeństwa i cyberbezpieczeństwa Polski; 41 Stratyfikacja klasy średniej; 42 Makroekonomiczny model rozwoju Rzeczypospolitej; 43 Sieciowy Bliźniak Rzeczypospolitej; 44 Strategia transformacji ustrojowej Rzeczypospolitej. TechnoSanacja.pl, 2026.
- Zbiór dokumentów PDF-MD TechnoSanacji, 44 dokumenty, 2 753 strony, stan na 14.10.2026 r.
- Węgrzyn A., TechnoRepublika. Strategia transformacji Polski. Jak zbudować państwo, które przewiduje, działa i odpowiada przed obywatelem. TechnoRepublika.pl.

B.2. Destylaty badawcze (Biblioteka TechnoSanacji, D:\Library-TechnoSanacja)

- Destylat CS (destylat wiodący): Cyberenergetyka jako wielopoziomowy, wielokryterialny, agentowy system sterowania RP (14.10.2026), korpus 4 154 dokumentów w 21 dziedzinach S00–S20; wyciąg_cs_work/digest.md. Biblioteka 5.Energia.
- Destylat CD: Od master-slave do co-dispatch – architektura i matematyka sterowania rozproszonego w Rzeczypospolitej (14.10.2026), korpus 7 405 dokumentów w 23 dziedzinach D00–D23. Biblioteka 5.Energia.
- Destylat CK: Kirchhoff kontra miedziana płyta – sieci oczkowe, bilansowanie wielonapięciowe i rynki energii w Rzeczypospolitej (14.10.2026), korpus 4 391 dokumentów w 28 dziedzinach K00–K27. Biblioteka 5.Energia.
- Destylat CY: Cyberenergetyka – sterowanie energią w Rzeczypospolitej (13.10.2026), korpus 9 808 dokumentów w 23 dziedzinach C00–C22; wyciągi digest.md i pl_facts.md. Biblioteka 5.Energia.

- Publikacja 45, wersja 1.0: Cyberenergetyka – sterowanie energią w Rzeczypospolitej (14.10.2026). TechnoSanacja.pl.
- Destylat: Doktryna Energetyczna TechnoRepubliki Polskiej (2.07.2026); Patologie Systemów Energetycznych (2.07.2026); Transformacja Energetyczna (7.07.2026); System Energetyczny TechnoRepubliki (7.07.2026); Przekrojowy – Energetyczny System Operacyjny Państwa TechnoRepubliki (7.07.2026). Biblioteka 5.Energia.
- Destylat TP: Technopolis – globalne centra kompetencji i przełomowych technologii w Rzeczypospolitej; destylaty MM, KG, NC, AG, AB. Biblioteka 6.Gospodarka-Makroekonomia.
- Destylaty ST (Strategia transformacji ustrojowej), 3A (Model transformacji), PS (Państwo sprawcze), GW (Globalne wyzwania), JT (Sprawiedliwa transformacja). Biblioteka .Strategie.
- Destylaty G3 (Strategia korelatora klasy sprawczej), KS (Stratyfikacja klasy sprawczej), CultPower. Biblioteka 7.Społeczeństwo.

B.3. Cybernetyka, teoria systemów i sieci

- Albert R., Jeong H., Barabási A.-L. (2000). Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*, 406, 378–382.
- Ashby W. R. (1956). *An Introduction to Cybernetics*. London: Chapman & Hall.
- Beer S. (1972). *Brain of the Firm*. London: Allen Lane.
- Buldyrev S. V., Parshani R., Paul G., Stanley H. E., Havlin S. (2010). Catastrophic cascade of failures in interdependent networks. *Nature*, 464, 1025–1028.
- Burt R. S. (1992). *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Conant R. C., Ashby W. R. (1970). Every good regulator of a system must be a model of that system. *International Journal of Systems Science*, 1(2), 89–97.
- Kalman R. E. (1960). On the general theory of control systems. *Proceedings of the First IFAC Congress, Moscow*.
- Mazur M. (1966). *Cybernetyczna teoria układów samodzielnych*. Warszawa: PWN.
- Perrow C. (1984). *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. New York: Basic Books.
- Rao A. S., Georgeff M. P. (1995). BDI agents: from theory to practice. *Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-95)*, 312–319.
- Smith R. G. (1980). The Contract Net Protocol: high-level communication and control in a distributed problem solver. *IEEE Transactions on Computers*, C-29(12), 1104–1113.
- Wiener N. (1948). *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Cambridge, MA: MIT Press.

B.4. Systemy elektroenergetyczne, stabilność i elastyczność

- ENTSO-E (2026). Grid incident in Spain and Portugal on 28 April 2025 – Final Report of the Expert Panel. Brussels: ENTSO-E.
- Eurelectric (2024). *Grids for Speed*. Brussels: Eurelectric.

- European Commission (2023). Grids, the missing link – An EU Action Plan for Grids, COM(2023) 757.
- Forum Energii (2026). 2025_wrapped – przegląd danych sektora elektroenergetycznego za 2025 r. Warszawa.
- Forum Energii. Elastyczność sieci elektroenergetycznych; Elastyczność krajowego systemu elektroenergetycznego. Warszawa.
- Geidl M., Andersson G. (2007). Optimal power flow of multiple energy carriers. *IEEE Transactions on Power Systems*, 22(1), 145–155.
- Hirth L. (2013). The market value of variable renewables. *Energy Economics*, 38, 218–236.
- IEA (2023). Electricity Grids and Secure Energy Transitions. Paris: IEA.
- IEA (2025). Energy and AI. Paris: IEA.
- Kundur P. (1994). Power System Stability and Control. New York: McGraw-Hill.
- Milano F., Dörfler F., Hug G., Hill D. J., Verbič G. (2018). Foundations and challenges of low-inertia systems. *Power Systems Computation Conference (PSCC)*.
- PSE (2024). Plan rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2025–2034. Konstancin-Jeziorna.
- Sepulveda N. A., Jenkins J. D., de Sisternes F. J., Lester R. K. (2018). The role of firm low-carbon electricity resources in deep decarbonization of power generation. *Joule*, 2(11), 2403–2420.
- Soltan S., Mittal P., Poor H. V. (2018). BlackIoT: IoT botnet of high wattage devices can disrupt the power grid. 27th USENIX Security Symposium.
- Nagy B., Farmer J. D., Bui Q. M., Trancik J. E. (2013). Statistical basis for predicting technological progress. *PLoS ONE*, 8(2), e52669.
- Popczyk J. (2018–2021). Prace o elektroprosumeryzmie, monizmie elektrycznym OZE i trypletach paradygmatycznych (zbiór w bibliotece 5.Energia).
- Coffrin C., Hijazi H. L., Van Hentenryck P. (2016). The QC relaxation: a theoretical and computational study on optimal power flow. *IEEE Transactions on Power Systems*, 31(4), 3008–3018.
- Fanger P. O. (1970). Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering. Copenhagen: Danish Technical Press.
- Gan L., Li N., Topcu U., Low S. H. (2015). Exact convex relaxation of optimal power flow in radial networks. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 60(1), 72–87.
- Hauswirth A., He Z., Bolognani S., Hug G., Dörfler F. (2024). Optimization algorithms as robust feedback controllers. *Annual Reviews in Control*, 57, 100941.
- IEA EBC Annex 67 (2019). Energy Flexible Buildings – raporty końcowe. International Energy Agency, Energy in Buildings and Communities Programme.
- Low S. H. (2014). Convex relaxation of optimal power flow – Part I: formulations and equivalence; Part II: exactness. *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, 1(1), 15–27; 1(2), 177–189.
- Meyn S. P., Barooah P., Bušić A., Chen Y., Ehren J. (2015). Ancillary service to the grid using intelligent deferrable loads. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 60(11), 2847–2862.
- Molzahn D. K., Hiskens I. A. (2019). A survey of relaxations and approximations of the power flow equations. *Foundations and Trends in Electric Energy Systems*, 4(1–2), 1–221.

- Schweppe F. C., Caramanis M. C., Tabors R. D., Bohn R. E. (1988). Spot Pricing of Electricity. Boston: Kluwer.
- Sliwak J. i in. (2020). Improving clique decompositions of semidefinite relaxations for optimal power flow problems (korpus CK, dziedzina K02).
- Themelis A., Patrinos P. (2020). Douglas–Rachford splitting and ADMM for nonconvex optimization: tight convergence results. *SIAM Journal on Optimization*, 30(1), 149–181.
- Venzke A., Chatzivasileiadis S. (2021). Verification of neural network behaviour: formal guarantees for power system applications. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 12(1), 383–397.
- Wang Y., Yin W., Zeng J. (2019). Global convergence of ADMM in nonconvex nonsmooth optimization. *Journal of Scientific Computing*, 78, 29–63.
- ACER (2024). Market Monitoring Report: transmission capacities for cross-zonal trade and redispatch (dane za 2023 r.). Ljubljana: ACER.
- ENTSO-E. Bidding Zone Review (zakończony 28.04.2025) i raporty techniczne o przepływach nieprzydzielonych (materiały w korpusie CK).
- SmartNet, CoordiNet, OneNet (projekty Horyzont 2020). Schematy koordynacji TSO–DSO i rynki elastyczności (raporty końcowe w korpusie CK).
- Analizy cen węzłowych dla Wielkiej Brytanii (FTI dla Ofgem; NESO) i lokalnych cen w Niemczech (Agora Energiewende) – materiały w korpusie CK.

B.5. Cyberbezpieczeństwo infrastruktury energetycznej

- CERT Polska (2026). Raport: incydent w sektorze energii z 29 grudnia 2025 r. (wraz z uzupełnieniem). Warszawa: NASK.
- Ministerstwo Energii (2026). Cyberatak na infrastrukturę sektora energii w Polsce – opublikowano szczegółowy raport CERT Polska. gov.pl, 2.02.2026.
- Lee R. M., Assante M. J., Conway T. (2016). Analysis of the Cyber Attack on the Ukrainian Power Grid. SANS ICS / E-ISAC.
- Liu Y., Ning P., Reiter M. K. (2009). False data injection attacks against state estimation in electric power grids. *Proceedings of the 16th ACM CCS*.
- NIST (2023). Guide to Operational Technology (OT) Security, SP 800-82 Rev. 3. Gaithersburg.
- IEC 62443 (seria). Security for industrial automation and control systems; IEC 62351 (seria). Power systems management and associated information exchange – Data and communications security.
- ENTSO-E. Cyber-physical system for the energy transition; materiały wdrożeniowe NCCS.
- NATO-SPS (2026). Hybrid Threats to Energy Infrastructure (materiały w korpusie CY).

B.6. Gospodarka, ekonomia polityczna i regulacja

- Acemoglu D., Robinson J. A. (2012). *Why Nations Fail*. New York: Crown.
- Arthur W. B. (1989). Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *Economic Journal*, 99(394), 116–131.

- Averch H., Johnson L. L. (1962). Behavior of the firm under regulatory constraint. *American Economic Review*, 52(5), 1052–1069.
- CEER (2022, 2024). Report on Regulatory Frameworks for European Energy Networks. Brussels: CEER.
- Joskow P. L., Tirole J. (2005). Merchant transmission investment. *Journal of Industrial Economics*, 53(2), 233–264.
- Joskow P. L., Tirole J. (2007). Reliability and competitive electricity markets. *RAND Journal of Economics*, 38(1), 60–84.
- Laffont J.-J., Tirole J. (1993). *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ofgem. RIIO price control framework (RIIO-1, RIIO-2). London: Ofgem.
- Rochet J.-C., Tirole J. (2003). Platform competition in two-sided markets. *Journal of the European Economic Association*, 1(4), 990–1029.
- URE (2025). Regulacja jakościowa OSD – wskaźniki SAIDI, SAIFI i współczynnik Q. Warszawa: URE.
- Mazzucato M. (2013). *The Entrepreneurial State*. London: Anthem Press.
- North D. C. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press.
- Olson M. (1982). *The Rise and Decline of Nations*. New Haven: Yale University Press.
- Stigler G. J. (1971). The theory of economic regulation. *Bell Journal of Economics and Management Science*, 2(1), 3–21.
- Tullock G. (1967). The welfare costs of tariffs, monopolies, and theft. *Western Economic Journal*, 5(3), 224–232.
- Unruh G. C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28(12), 817–830.
- OECD (1996). *The Essential Facilities Concept*. Paris: OECD.

B.7. Technopolie, republiki technologiczne, ekosystemy

- Adner R., Kapoor R. (2010). Value creation in innovation ecosystems. *Strategic Management Journal*, 31(3), 306–333.
- Bathelt H., Malmberg A., Maskell P. (2004). Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. *Progress in Human Geography*, 28(1), 31–56.
- Breznitz D. (2007). *Innovation and the State: Political Choice and Strategies for Growth in Israel, Taiwan, and Ireland*. New Haven: Yale University Press.
- Castells M., Hall P. (1994). *Technopoles of the World: The Making of 21st Century Industrial Complexes*. London: Routledge.
- Evans P. (1995). *Embedded Autonomy: States and Industrial Transformation*. Princeton University Press.
- Moore J. F. (1993). Predators and prey: a new ecology of competition. *Harvard Business Review*, 71(3), 75–86.
- Wade R. (1990). *Governing the Market*. Princeton University Press.

B.8. AI, compute, robotyka i biotechnologia w energetyce

- IEA (2025). Energy and AI. Paris: IEA.
- EPRI. DCFlex – Data Center Flexibility Initiative (materiały w destylatach Energia).
- International Federation of Robotics (2025). World Robotics. Frankfurt.
- Korpus CY, dziedziny C03 (AI: RL, MPC, PINN, XAI – 570 dok.), C04 (robotyka, drony, inspekcja – 356 dok.), C08 (Power-to-X – 418 dok.), C11 (agrowoltaika i bioenergetyka – 445 dok.), w tym prace polskie: Demand-driven biogas plants in Poland; Analysis of demand-driven operation in an existing biogas plant.
- Ministerstwo Cyfryzacji (2026). Uchwała rządu – droga do gigafabryki AI otwarta; Notes from Poland (28.07.2026): Poland enters race to host EU-backed AI gigafactory.
- Korpus CS, dziedziny S08–S10 (systemy wieloagentowe, negocjacje, MARL), S16–S19 (BACS/HEMS, człowiek w pętli, robotyka, agentowa AI i LLM), w tym rama A-CPES (2026) dla agentowej AI w cyberfizycznych systemach energii i ramy LLM dla domowego zarządzania energią (TU Wien, 2025).
- Korpus CD, dziedziny D19–D22 (proxy OPF, PINN/GNN, safe RL, weryfikacja formalna).

B.9. Dane o polskim systemie energetycznym

- Agencja Rynku Energii (2026). Moc zainstalowana w KSE na koniec 2025 r. (za: Rynek Energii; Notes from Poland, 19.02.2026).
- Forum Energii (2026). 2025_wrapped.
- URE, OIRE, OSD (2025). Komunikat w sprawie harmonogramu CSIRE, 9.05.2025.
- PTPIREE, PKEE. Karta transformacji sieci dystrybucyjnych.
- Krajowy Plan w dziedzinie Energii i Klimatu (aktualizacja); Polityka energetyczna Polski do 2040 r.

B.10. Normy, architektury referencyjne i standardy interoperacyjności

- CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group (2012). Smart Grid Reference Architecture (SGAM). Brussels.
- DIN SPEC 91345:2016. Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0).
- IEC 61970, IEC 61968, IEC 62325 (serie). Common Information Model (CIM); ENTSO-E CGMES – Common Grid Model Exchange Standard.
- IEC 61850 (seria). Communication networks and systems for power utility automation; IEC 62351 (seria) – bezpieczeństwo danych i komunikacji.
- IEC 61499 (seria). Function blocks; IEC 61131-3. Programmable controllers – programming languages.
- IEC 62541 (seria). OPC Unified Architecture; OASIS MQTT 5.0.
- IEC 62559 (seria). Use case methodology; IEC 62357 – architektura referencyjna dla zarządzania systemami elektroenergetycznymi.
- ETSI TS 103 264. SAREF: Smart Applications REference ontology (z rozszerzeniem SAREF4ENER); Brick Schema – ontologia budynków.

- OpenADR 2.0; IEEE 2030.5 (Smart Energy Profile); OCPP 2.x; EEBUS – protokoły komunikacji z urządzeniami.
- FIPA (2002). FIPA ACL Message Structure Specification (SC00061).
- EN 15232 / EN ISO 52120-1. Wpływ automatyki budynkowej na efektywność energetyczną; EN 50160 – parametry napięcia zasilającego.
- International Data Spaces Association. IDS Reference Architecture Model.
- vPAC Alliance. Materiały o wirtualizacji zabezpieczeń, automatyki i sterowania stacji (korpus CS).

B.11. Akty prawne

- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (t.j. Dz.U. 2026 poz. 43).
- Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (t.j. Dz.U. 2026 poz. 68).
- Ustawa z dnia 5 lipca 2018 r. o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa (t.j. Dz.U. 2026 poz. 20; nowelizacja Dz.U. 2026 poz. 252).
- Ustawa z dnia 3 lipca 2026 r. o systemach sztucznej inteligencji (Dz.U. 2026 poz. 1003).
- Ustawa o zarządzaniu kryzysowym (t.j. Dz.U. 2026 poz. 574); nowelizacja ustawy o ochronie ludności (Dz.U. 2026 poz. 646).
- Krajowy system certyfikacji cyberbezpieczeństwa (Dz.U. 2025 poz. 1017).
- Uchwała nr 92 Rady Ministrów z 10.03.2026 r. w sprawie Strategii Cyberbezpieczeństwa RP (M.P. 2026 poz. 309).
- Rozporządzenie (UE) 2019/943 w sprawie rynku wewnętrznego energii elektrycznej; dyrektywa (UE) 2019/944.
- Dyrektywa (UE) 2024/1711 i rozporządzenie (UE) 2024/1747 – reforma struktury rynku energii elektrycznej.
- Dyrektywa (UE) 2022/2555 (NIS2); rozporządzenie wykonawcze (UE) 2024/2690.
- Dyrektywa (UE) 2022/2557 (CER).
- Rozporządzenie delegowane (UE) 2024/1366 – kodeks sieci dotyczący cyberbezpieczeństwa (NCCS).
- Rozporządzenie (UE) 2024/2847 – akt o cyberodporności (CRA).
- Rozporządzenie (UE) 2024/1689 – akt w sprawie sztucznej inteligencji (AI Act).
- Rozporządzenie (UE) 2023/2854 – akt w sprawie danych (Data Act); rozporządzenie wykonawcze (UE) 2023/1162 – interoperacyjność danych pomiarowych.
- Rozporządzenia (UE) 2016/631 (RfG), 2017/1485 (SOGL), 2017/2196 (NC ER), 2017/2195 (EBGL).
- Rozporządzenie (UE) 2024/1252 (CRMA); rozporządzenie (UE) 2024/1735 (NZIA); rozporządzenie (UE) 2023/1804 (AFIR); dyrektywa (UE) 2023/2413 (RED III).
- Rozporządzenie (UE) 2024/903 – akt o interoperacyjnej Europie; rozporządzenie (UE) 2022/868 – akt w sprawie zarządzania danymi (DGA).
- Rozporządzenie (UE) 2023/1230 w sprawie maszyn (stosowane od 14.01.2027).
- Rozporządzenie (UE) 2015/1222 (CACM); rozporządzenie (UE) 2016/1719 (FCA).

- Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie Krajowych Ram Interoperacyjności (Dz.U. 2024 poz. 773).
- Ustawa o rynku mocy (t.j. Dz.U. 2025 poz. 610); ustawa o efektywności energetycznej (t.j. Dz.U. 2025 poz. 711); ustawa o promowaniu wytwarzania energii elektrycznej w morskich farmach wiatrowych (t.j. Dz.U. 2025 poz. 498); ustawa o giełdach towarowych (t.j. Dz.U. 2025 poz. 1119).

Aneks C. Nota metodologiczna

C.1. Źródła i charakter dowodów

Publikacja łączy trzy rodzaje dowodów: (1) dane statystyczne i raporty instytucjonalne (Forum Energii, ARE, PSE, URE, CERT Polska, ENTSO-E, IEA) – podawane z rokiem i źródłem; (2) wnioski z czterech korpusów Cyberenergetyki – CS (4 154 dokumenty, destylat wiodący), CD (7 405), CK (4 391) i CY (9 808) – oraz destylatów biblioteki 5.Energia – przy czym liczby z prac symulacyjnych (RL, cyfrowe bliźniaki, detektory IDS) traktuje się jako górne granice, a nie wyniki wdrożeń; (3) obliczenia własne i oceny eksperckie – zawsze oznaczone. Korpus naukowy jest otwarty (OA) i zdominowany przez wydawców MDPI, IEEE Access, arXiv i Frontiers, co może zawyżać udział wyników laboratoryjnych. Część literatury o wojnie w Ukrainie ma niską jakość; liczby weryfikowano w źródłach pierwotnych. Dane o polskim systemie za 2025 r. zweryfikowano w źródłach publicznych w październiku 2026 r. Wartości dla lat 2021–2024 na rys. 30 są w części przybliżone.

C.2. Indeks Cyberenergetyki RP (ICY-RP)

Indeks składa się z 21 mierników przypisanych do pięciu warunków 5S (S1: 4, S2: 4, S3: 4, S4: 5, S5: 4). Każdy miernik normalizuje się do wartości docelowej na 2035 r. (wartość/cel, ograniczenie do 1). Warunek jest średnią arytmetyczną swoich mierników. Indeks jest średnią geometryczną warunków pomnożoną przez 100, co odwzorowuje logikę iloczynu (warunki się nie kompensują). Mierniki odwrotne (ograniczenia OZE, MTTR) przekształcono do skali 0–1. Analiza wrażliwości: 5 000 losowań z jednostajnym odchyleniem ocen eksperckich do $\pm 30\%$. Skrypt: 45F.ICY-RP_obliczenie.py; wynik: 45F.ICY-RP_wynik.csv.

C.3. Model CYBER-SD

Model dynamiki systemowej z krokiem rocznym (2025–2035). Ograniczenia OZE: $C(t) = C_0 \cdot (VRE(t)/VRE_0)^{2,2} \cdot (F_0/F(t))^{1,2} \cdot (1/G(t))^{0,8}$, gdzie VRE – produkcja zmiennych OZE, F – moc elastyczna, G – indeks efektywnej przepustowości sieci; $C_0 = 1,4$ TWh (2025). Udział standardu 3S w scenariuszu C rośnie logistycznie (punkt przegięcia 2028 r.), w A i B liniowo. Moc brzegowa sterowana zdalnie = $0,8 \cdot PV + \text{wiatr} + 0,3 \cdot F$. Parametry są założeniami ilustracyjnymi; model nie jest prognozą. Skrypt: 45E.Model-symulacyjny-CYBER-SD.py; wynik: 45E.CYBER-SD_wynik.csv.

C.4. Symulacje cyberfizyczne

- (1) Dynamika częstotliwości: jednowęzłowe równanie wahań ($2H/f_0 \cdot S \cdot d\Delta f/dt = -\Delta P + P_{FCR} + P_{FFR} - D \cdot S \cdot \Delta f/f_0$), $S = 28$ GVA, $D = 1$, FCR 3 GW narastająca w 30 s, FFR narastająca w 1 s; utrata 1 000 MW. Model ilustruje zależność od inercji; nie odwzorowuje obszaru synchronicznego Europy kontynentalnej.
- (2) Monte Carlo ataku na brzeg: 3 000 obiektów (rozkład log-normalny mocy, suma 30 GW), kampania

300 prób ważonych mocą, skuteczność (1 – higiena) · 0,9, przejście kanału wspólnego trybu z prawdopodobieństwem 10%; 4 000 przebiegów na wariant. Skrypt: 45G.Symulacje-cyberfizyczne.py.

C.5. Mapy, grafy i infografiki

Mapy Polski wykonano na podstawie granic województw (dane otwarte GeoJSON). Lokalizacje hubów i węzłów są orientacyjne. Graf sieci wielowarstwowej (rys. 12) jest grafem syntetycznym ilustrującym zależności, a nie odwzorowaniem KSE. Oceny jakościowe (rys. 9, 11, 39, 41, 43, 45, 13, 19) są ocenami eksperckimi autora na podstawie korpusu. Infografiki wersji 2.0 przedstawiające obwiednię przyłączeniową, front Pareto, rentę położenia i regulację za wynik (rys. 22, 16, 27, 29) są ilustracjami mechanizmów opisanych w korpusach CS, CD i CK; liczby podane w podpisach pochodzą z korpusu, a kształty krzywych są schematyczne.

C.6. Destylaty CS, CD i CK: zasady użycia w wersji 2.0

Destylat CS jest wiodący dla architektury publikacji (formuła konstrukcyjna, model ośmiu wymiarów, SGAM-RP+, profil semantyczny, agenci i polityka kryteriów). Destylat CD dostarcza aparatu koordynacji rozproszonej (co-dispatch, obwiednie, Kontrakt Zbieżności, zasady dla AI). Destylat CK dostarcza fizyki sieci, ekonomii rynku i regulacji (miedziana płyta, renta położenia, regulacja bodźcowa, role rynkowe). Liczby z tych destylatów podano tak, jak zostały wyciągnięte z korpusów; wyniki symulacyjne (MARL, HEMS, P2P, DLMP) traktuje się jako górne granice. Dziedziny cienkie (S04, S07, S09–S11; K02, K07, K17, K22, K25, K27) są wspierane szarą literaturą instytucjonalną. Proponowane instrumenty (AEO, U14, KZ-RP, SGAM-RP+, polityka kryteriów, rozszerzony Q) są propozycjami programowymi TechnoSanacji, a nie opisem istniejących rozwiązań.

C.7. Weryfikacja wobec formuły naczelnej

Każdy rozdział sprawdzono wobec formuły naczelnej wersji 2.0: czy rozstrzygnięcie pozostawia decyzję obywatelowi, wspólnocie lub firmie (obywatel decyduje), czy wykonanie przez AI ma bramkę i weryfikację (AI wykonuje), czy bilans domyka się najpierw lokalnie z sygnałem zgodnym z fizyką (sieć się bilansuje) i czy państwo pozostaje autorem reguł, a nie właścicielem kartelu (państwo strzeże reguł). Dodatkowo sprawdzono zgodność z formułą techniczną: czy rozstrzygnięcie zwiększa sterowalność (a nie tylko moc), czy dotyczy brzegu, czy wzmacnia warunki 3S/5S i czy utrzymuje pętlę energii, compute i przemysłu pod kontrolą krajową lub sojuszniczą. Rozstrzygnięcia, które nie przechodziły tego testu (np. DLT w pętli sterowania, centralne sterowanie urządzeniami domowymi bez dobrowolności, model językowy z bezpośrednim dostępem do poleceń urządzeń, podział strefy cenowej bez koordynacji z sąsiadami), zostały odrzucone lub przeniesione do rejestru ryzyk.

*Polska, 14 października 2026 r. – Materiał udostępniony na licencji Creative Commons
– Uznanie autorstwa (CC BY 4.0).*

