

### POWSZECHNA PLATFORMA TRANSFORMACYJNA ENERGETYKI 2050

[www.ppte2050.pl](http://www.ppte2050.pl)



#### Redakcja portalu

redaktor naczelny: Jan Popczyk

zastępca redaktora naczelnego: Krzysztof Bodzek

e-mail: [redakcja@ppte2050.pl](mailto:redakcja@ppte2050.pl)

**Serwis internetowy** webmaster: Andrzej Piechocki, e-mail: [it@ppte2050.pl](mailto:it@ppte2050.pl)

**Konwersatorium** e-mail: [konwersatorium@ppte2050.pl](mailto:konwersatorium@ppte2050.pl)

*Wojna rozpętana przez napaść Rosji na Ukrainę w lutym i Konferencja COP27 w listopadzie tworzą globalne ramy, za pomocą których rok 2022 ustanawia – po dwóch latach pandemii COVID-19 – nowe granice złożoności transformacji energetycznej. Jest to złożoność, którą można zredukować tylko w jeden sposób: za pomocą opisowego stwierdzenia, że transformacja energetyczna stała się już głównym frontem wojny o nowy globalny ład ustrojowy.*

*Na tym froncie społeczna gospodarka rynkowa – której jądrem jest porządek oświeceniowy strefy euroatlantyckiej (czyli demokracja i rynek) – musi skonfrontować się z mocarstwowością Rosji oraz Chin i ogólnie z ustrojowym porządkiem autokratyczno-oligarchicznym, w szczególności ze światem paliw kopalnych i energetyki WEK.*

*Zatem elektroprosumeryzacja świata musi go uchronić przed powtórką wariantu zrealizowanego po II wojnie światowej. Wówczas był to wariant w postaci zimnej wojny, przede wszystkim w postaci wyścigu zbrojeń jądrowych, z „cywilnym” ramieniem w postaci wyścigu inwestycyjnego w energetyce jądrowej.*

Wiarygodność analizy (bardzo uproszczonej) roli transformacji energetycznej w geopolityce przedstawiona w Biuletynie PPTe2050 nr 2(6) w sierpniowej „Energetyce” (8/2022) była w kolejnych miesiącach (i jest nadal) boleśnie weryfikowana przez bieg zdarzeń. Staje się widoczne, że nie tylko kraje autokratyczne z zasobami paliw kopalnych są groźne dla ładu oświeceniowego. Groźna jest również patologia polityczno-korporacyjna żywiąca się paliwami kopalnymi oraz modelem biznesowym energetyki WEK w samej strefie euroatlantyckiej. Tak zresztą, jak groźny jest dla niej (dla strefy euroatlantyckiej) brak odporności społecznej na błędy poznawcze energetyki WEK (inaczej: groźne są niedostateczne zdolności społeczne potrzebne do uwalniania się społeczeństw od tych błędów).

W tym miejscu potrzebne jest odwołanie się do Konferencji COP27. Jej wynikiem jest wspólna deklaracja, przyjęta przez ponad 200 państw. Deklaracja przewiduje utworzenie funduszu „strat i szkód”. Jego celem jest pomoc biednym krajom w pokryciu niezawinionych przez nie kosztów szkód klimatycznych. Fundusz będzie zasilany z różnych źródeł, w tym z podatków od paliw kopalnych, ale to w przyszłości, po opracowaniu w 2023 r. zasad jego tworzenia i wykorzystania. Tak jak kraje OECD nie mogłyby niezwłocznie przejść do nowego planu „Marshalla”, tym razem w postaci elektroprosumeryzacji, potrzebnej zarówno strefie OECD jak i światu wykluczonemu (w szczególności 15 procentom ludzi pozbawionych dostępu do energii elektrycznej). Elektroprosumeryzacji, która strefie OECD potrzebna jest do zbudowania własnej globalnej przewagi konkurencyjnej nad Chinami. Światu wykluczonemu potrzebna jest natomiast do zbudowania własnej odporności elektroprosumenckiej i do zapoczątkowania budowy swoich zdolności koalicyjnych ze strefą OECD.

Równoległe z mało zdecydowanymi działaniami na rzecz pobudzenia, za pomocą elektroprosumeryzacji, rozwoju świata wykluczonego Konferencja COP27 stała się miejscem do rozmiękczenia przez światowy sojusz polityczno-korporacyjny energetyki WEK stanowiska w sprawie definitywnego wygaszenia paliw kopalnych w horyzoncie 2050. Między innymi za pomocą polityki sekwestracji CO<sub>2</sub>, czyli zakonserwowania patologii polityczno-korporacyjnej i uczynienia farsy z transformacji energetycznej.

Na przedstawionym tle krytycznego znaczenia nabiera sytuacja energetyczna w Polsce. Otóż można postawić hipotezę, że w październiku i listopadzie (2022) doszło do nieodwracalnej konfrontacji establishmentu polityczno-korporacyjnego energetyki WEK z racjonalnością. Jest to konfrontacja, która nakazuje pytanie, po której stronie Polska chce się znaleźć? Po stronie elektroprosumeryzacji kraju i społecznej gospodarki rynkowej, czy po stronie autokratyczno-oligarchicznego tripletu. Tego, na który składają się: dominujący nad całą polską energetyką polityczno-korporacyjny program budowy energetyki jądrowej (Polska Jądrowa Transformacja Energetyczna), polityczno-korporacyjna Karta Efektywnej Transformacji Sieci Dystrybucyjnych Polskiej Energetyki (podpisana przez URE oraz pięciu operatorów OSD i sygnowana przez cztery ministerstwa oraz przez Pełnomocnika Rządu ds. Strategicznej Infrastruktury Energetycznej), wreszcie polityczno-korporacyjny PKN Orlen (który unicestwił *Lotos* oraz wchłonął *PGNiG*). To, że doszło do konfrontacji z racjonalnością przejawia się w szczególności w tym, że każdy z trzech planów jest mocno szkodliwy, a z drugiej strony praktycznie nierealizowalny.

Racjonalna jest za to oddolna elektroprosumeryzacja Polski, czyli budowa elektroprosumenckiej odporności kryzysowej. Bezpośrednio potwierdzają to zróżnicowane artykuły opublikowane w Biuletynie Rynki Elektroprosumeryzmu, który oddajemy pod osąd Czytelników. Niewątpliwie przełomowe znaczenie ma pod tym względem studium przypadku *Energo-Complex* (artykuł czwarty).

Z kolei całościowa koncepcja TETIPE w części dotyczącej rynków wschodzących, zwłaszcza w zakresie podstaw fundamentalnych (bilansów energetycznych), ale także heurystyk ekonomicznych jest już coraz pełniej weryfikowana pozytywnie na coraz to nowych ścieżkach, bardzo zróżnicowanych (por. pierwszy artykuł Biuletynu).

Najbardziej potrzebna (pożądana) jest jednak w wypadku Polski realizacja transformacji TETIPE w pełnym zakresie. Czyli transformacja, która zapewnia rynkową równowagę wschodzących (oddolnych) rynków elektroprosumeryzmu oraz racjonalnego wykorzystania istniejących, nadmiarowych już zasobów wytwórczych energetyki WEK na całej trajektorii transformacyjnej, czyli w ciągu trzech dekad. Zdecydowanie nadmiarowych, jeśli się uwzględni, że energetyka WEK (w dominującym stopniu elektroenergetyka) posiada ponad 10 GW mocy zainstalowanej w nowych blokach węglowych na węgiel kamienny i brunatny oraz w blokach gazowych (tylko trzy z tych bloków zostały uruchomione przed 2017 r., mianowicie w 2008, 2009 i 2014). To oznacza, że rezerw techniczny bloków jest wykorzystany dotychczas zaledwie w kilku procentach i z bardzo dużym prawdopodobieństwem, graniczącym z pewnością, nigdy nie będzie wykorzystany więcej niż w połowie. A to dalej oznacza, że Polska poniesie ogromne koszty osierocone po zrealizowanych inwestycjach wytwórczych, rzędu (20–30) mld PLN (w przedinflacyjnych cenach stałych).

Aby nie dopuścić do nieprównanie większych kosztów osieroconych (potencjalnie wynoszących nawet kilkaset mld PLN) i jeszcze ważniejsze, do wykluczenia z pożądanego nurtu transformacji (w takim nurcie lokuje się transformacja TETIPE) Polska potrzebuje niezwłocznie dopracowania się Umowy Społecznej na całe trzy dekady. Przedmiotem tej Umowy musi być doktryna prawna Kodeksu Transformacji Energetycznej. Kodeksu, w którego centrum będzie Prawo elektryczne. Z kolei w centrum Prawa elektrycznego musi być usytuowana zasada współużytkowania zasobów KSE.

Jan Popczyk

24 listopada 2022 r.

*The war unleashed by Russia's invasion of Ukraine in February and the COP27 Conference in November create a global framework through which the year 2022 establishes – after two years of the COVID-19 pandemic – new frontiers in the complexity of the energy transition.*

*This is a complexity that can only be reduced in one way: by descriptive stating that the energy transition has already become the main front in the war for a new global systemic order.*

*On this front, the social market economy – the core of which is the Enlightenment order of the Euro-Atlantic zone (i.e. democracy and the market) – has to confront the superpower of Russia and China and generally the autocratic-oligarchic systemic order, in particular the world of fossil fuels and the large-scale energy industry (in Polish referred to as 'WEK').*

*Thus, the electroprosumerisation of the world must protect it from a repeat of the scenario which happened after World War II. At that time, it was a scenario that included the Cold War, primarily in the form of a nuclear arms race, with a "civilian" arm in the form of an investment race in nuclear energy.*

The credibility of the analysis of the (very simplified) role of the energy transition in geopolitics presented in the PPTe2050 Bulletin No. 2 (6) in the August edition of "Energetyka" (8/2022) was (and still is) painfully verified by the course of events. It is becoming apparent that not only autocratic countries with fossil fuel resources pose a threat to the Enlightenment order. The political and corporate pathology feeding on fossil fuels and the WEK energy business model in the Euro-Atlantic zone itself is also dangerous. Just as dangerous (for the Euro-Atlantic zone) is the lack of social resistance to cognitive errors of the WEK power industry (in other words: dangerous are insufficient social skills needed to free societies from these errors).

At this point, it is necessary to refer to the COP27 Conference. Its result is a joint declaration adopted by over 200 countries. The declaration provides for creation of a 'loss and damage' fund. Its purpose is to help developing countries to cover the costs of climate damages not caused by them. The fund will be financed by various sources, including taxes on fossil fuels; but this will only happen in the future, after the rules of its creation and use are developed in 2023. Just as OECD countries could not immediately switch to a new 'Marshall' plan, this time in the form of electroprosumerisation, needed both by the OECD zone and the 'excluded' world (especially the 15 percent of people without access to electricity). Electroprosumerisation, which the OECD zone needs in order to build its own global competitive advantage over China. The excluded world, on the other hand, needs it to build its own electroprosumeric resilience and to start building its coalition-forming capacity with the OECD zone.

Parallel to indecisive actions to stimulate the development of the 'excluded' world by means of electroprosumerisation, the COP27 conference became a place for the political and corporate WEK energy alliance to soften its position on the definitive phase-out of fossil fuels in the horizon of 2050. Among other things, by means of the carbon capture storage (CCS) policy, i.e. preserving the political and corporate pathology and turning the energy transition into a farce.

Against this backdrop, the energy situation in Poland becomes critical. It can be hypothesized that what happened in October and November (2022) was an irreversible confrontation between the political and corporate establishment of the WEK energy sector and rationality. It is a confrontation that begs the following question: which side does Poland want to be on? On the side of electroprosumerisation of the country and the social market economy or on the side of the autocratic-oligarchic triplet. The one consisting of the political and corporate program to build nuclear power industry dominating the entire Polish energy sector (Polish Nuclear Power Program), the political and corporate Charter for the Efficient

Transformation of Poland's Power Distribution Networks (signed by the Energy Regulatory Office, five DSO operators, four ministries and the Government Plenipotentiary for Strategic Energy Infrastructure), and finally the political-corporate PKN Orlen (which annihilated Lotos and absorbed PGNiG). It is evident that there was a confrontation with rationality and it manifests in particular in the fact that, on the one hand, each of the three plans is very harmful and, on the other, practically unrealizable.

What is rational, however, is the bottom-up electroprosumerisation of Poland, i.e. building of electroprosumeric crisis resilience. This is directly confirmed by various articles published in *Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu* (Electroprosumerism Markets Bulletin), which we submit to the readers' judgment. Undoubtedly, the case study *Energo-Complex* (article no. 4 of the Bulletin) is of crucial importance in this respect.

Also, in addition, the comprehensive concept of the TETIPE transformation in the part concerning emerging energy markets, especially in terms of fundamentals (energy balances), but also economic heuristics, is being verified more and more positively on new and very diverse paths [see the first article of the Bulletin].

However, the most necessary (desirable) – in the case of Poland – is the full implementation of the TETIPE transformation. That is, a transformation that ensures the market balance of the emerging (bottom-up) electroprosumerism markets and the rational use of the existing, already redundant generation resources of the WEK power industry throughout the transformation trajectory, i.e. over three decades. Definitely redundant, if we take into account that the power sector of WEK (mainly power industry) has more than 10 GW of installed capacity in new hard coal- and lignite-fired units as well as in gas-fired ones (only three of these units were commissioned before 2017, namely in 2008, 2009 and 2014). This means that the service life of the units has been depleted so far by only a few percent and with a very high probability, bordering on certainty, these units will never be used for more than the half of it. And this means that Poland will incur huge stranded costs after completion of generation investments, in the order of (20-30) billions of PLN (in pre-inflation fixed prices).

Thus, in order to prevent incomparably higher stranded costs (potentially amounting to several hundred billion PLN) and, even more importantly, to prevent exclusion from the desired transformation trend (the TETIPE transformation would fit in this trend), Poland needs to immediately finalise the Social Contract (Agreement) for the entire three decades to come. The subject of this Contract must be the legal doctrine of the Energy Transition Code. The Code centered around the Electricity Act. And at the center of the Electricity Act there must be placed the principle of sharing of the Polish power system (KSE) resources.

*Jan Popczyk*

*November 24, 2022*

English version: Jacek M. Dubrawski, Grzegorz Popczyk

# TRANSFORMACJA ENERGETYCZNA CZY ENERGETYKA JĄDROWA?

## entropia i kondycja społeczno-polityczna Polski 2022

### ENERGY TRANSITION OR NUCLEAR POWER INDUSTRY?

#### entropy and socio-political condition of Poland 2022

Gwałtowna lawina inwestycji w energetykę jądrową – w postaci sześciu bloków jądrowych klasy 1000-1600 MW, kosztujących nie mniej niż 350 mld „przedinflacyjnych” polskich złotych [15] (bez sieci elektroenergetycznych, z sieciami ponad 400 mld PLN) – nakazuje bicie na alarm. Między innymi potrzebna jest ponowna synteza tripletu realizacyjnego transformacji energetycznej [7] i przypomnienie w nowym świetle podstaw fundamentalnych transformacji energetyki w trybie innowacji przetomowej do elektroprosumeryzmu (TETIPE) [1]. W szczególności potrzebne jest skonfrontowanie koncepcji/doktryny i heurystyk oraz oddolnych działań (na rzecz tej transformacji) z raportami [9] i [10]. Dalej, niezbędne jest sformułowanie najważniejszych pytań testowych odnośnie do realizowalności i racjonalności programu inwestycyjnego ogłoszonego przez polski rząd w kilku ostatnich dniach października 2022 r. Wreszcie, po trzecie, potrzebna jest rozszerzona perspektywa widzenia Prawa elektrycznego, mianowicie perspektywa, która prowadzi do Kodeksu transformacji energetycznej [8]. Ta ponowna synteza tripletu realizacyjnego transformacji TETIP i przypomnienie w nowym świetle jej podstaw fundamentalnych jest przedmiotem artykułu.

**Słowa kluczowe:** transformacja energetyczna, energetyka jądrowa, kodeks transformacji energetycznej

The exponential rise in investments into nuclear energy – in the form of six nuclear units of 1000-1600 MW class (costing not less than 350 billion "pre-inflation" PLN [15] and this only excluding power networks – with them it is more than 400 billion PLN) – requires sounding the alarm. Amongst the others, a renewed synthesis of the energy transition realization triplet [7] is needed as well as a recollection in a new light of key fundamentals of energy transition in the breakthrough innovation mode to electroprosumerism (TETIPE) [1]. And especially it is needed to confront the concept/doctrine and heuristics as well as bottom-up activities (in favour of this transformation) with reports [9] and [10]. Further on, it is necessary to formulate the most important test questions concerning feasibility and rationality of the investment program announced by the Polish government in the last few days of October 2022. Finally, we need an expanded perspective of looking at the Electricity Act, a perspective that leads to the Energy Transition Code [8]. This renewed synthesis of the TETIP transformation realization triplet and recollection of its key fundamentals in a new light is the subject of this article.

**Keywords:** energy transition, nuclear power industry, energy transition code

### Część 1

#### TRANSFORMACJA ENERGETYCZNA TETIPE redukcjonizm (doktryny oraz reformy) i złożoność (rynki)

**1. Transformacja TETIPE vs transformacja realizowana w trybie celów politycznych.** Sytuacja globalna i bieg wydarzeń krajowych nakazują ciągle na nowo wracać do konfrontowania „stabilnej” transformacji TETIPE z „rozchwianymi” transformacjami realizowanymi w trybie celów politycznych. Jest to szczególnie ważne w wypadku Polski, gdzie rządowa polityka energetyczna została przekierowana, a w każdym razie jest taka próba, na cel polityczny, który trzeba nazwać jednoznacznie transformacją PJTE (Polska Jądrowa Transformacja Energetyczna), por. cz. 2 artykułu. Jest to transformacja będąca w biegunowej opozycji do fundamentalnych podstaw transformacji TETIPE oraz do celów politycznych transformacji energetycznej całej strefy euroatlantyckiej. Za to jest zgodna z celami politycznymi Rosji i Chin spychającymi świat w nową zimną wojnę, za którą zawsze stoją zbrojenia; w drugiej połowie minionego wieku były to w szczególności zbrojenia jądrowe, z elektrowniami jądrowymi w tle.

Transformacja TETIPE jest wolna od ryzyka jej rozchwiania (jest odporna na takie ryzyko), a zabezpiecza ją przed nim równowaga, którą wytwarza redukcjonizm (koncepcja

i doktryna TETIPE) na jednym biegunie i złożoność (rynki elektroprosumeryzmu) na drugim; równowaga będąca jądrem transformacji TETIPE (na całej jej trajektorii A→B; A, B – stany początkowy i końcowy trajektorii, odpowiednio), transformacji mającej podstawy fundamentalne w triplecie paradygmatycznym monizmu elektrycznego. Ta jednozdaniowa charakterystyka transformacji TETIPE mówi o tym, że jest to transformacja o walorach uniwersalnych, bo zbudowana jest na ścieżce kracjonizmu (na przesłankach dedukcyjnych/fundamentalnych); jej filarami są heurystyki: bilansowe energii (obrazujące efektywność energetyczną elektroprosumeryzmu, czyli stanu końcowego B względem stanu początkowego A transformacji) oraz heurystyki ekonomiczne (obrazujące rynkową efektywność ekonomiczną transformacji na całej trajektorii A→B, w tym w szczególności okres zwrotu nakładów potrzebnych na realizację transformacji).

Inaczej jest w wypadku transformacji realizowanych w trybie celów politycznych, czyli w trybie innowacji naśladowczej. Każda taka transformacja z natury rzeczy oznacza kontynuację błędów poznawczych dotychczasowej energetyki wytworzonych w historycznym procesie rozwoju przez (silo-sowe) sektory – górnictwo węgla kamiennego, elektroenergetyka, sektor paliw ropopochodnych, gazownictwo, ciepłownictwo sieciowe – czyli sektory łącznie tworzące wielkoskalową energetykę korporacyjną (WEK). Zatem naturą

każdej transformacji realizowanej w trybie celu politycznego jest przenoszenie błędów poznawczych, i co najwyżej ich ewentualna redukcja na ścieżce ewolucjonizmu (wykorzystującego przesłanki indukcyjne/empiryczne). Pięć uzupełnień do zapoczątkowanej tu dyskusji o potrzebie rozróżnienia transformacji TETIPE oraz transformacji realizowanych w trybie celów politycznych, w tym transformacji PJTE, ma postać.

**1.1.** Podejście dedukcyjne stanowiące punkt wyjścia do oszacowań prognostycznych wydajności/efektywności energetycznej w koncepcji TETIPE bazuje na drugiej zasadzie termodynamiki opisującej (energetyczną) entropię. Ścisłej jest to podejście, w którym do szacowania wydajności/efektywności energetycznej używa się sprawności egzergetycznej [2] umożliwiającej ocenę przydatności energetycznej materii (nie tylko paliw) biorącej udział w procesach transformacji energetycznej.

Uwzględnienie w bilansach energetycznych transformacji TETIPE materii niebędącej paliwem jest bardzo ważne w szczególności w wypadku pasywizacji budownictwa, gdzie paliwa kopalne nie występują, ale występują materiały izolacyjne. I dlatego, że pasywizacja budownictwa ma w koncepcji TETIPE najwyższy priorytet w rankingu praktycznych działań proefektywnościowych uwolnionych od sektorowości.

To różni tę koncepcję w zasadniczy sposób od koncepcji realizowanych w trybie celów politycznych, w których dominuje utrwalone w dotychczasowej (sektorowej) energetyce paliw kopalnych podejście indukcyjne, bazujące na regresyjnych modelach prognostycznych (wykorzystujących dane empiryczne wewnątrzsektorowe).

**1.2.** Punktem wyjścia do oszacowań prognostycznych efektywności ekonomicznej rynków elektroprosumeryzmu na trajektorii TETIPE(A→B) są – oprócz drugiej zasady termodynamiki – prawa elektromagnetyzmu (cztery równania elektromagnetyzmu Maxwella). W tych prawach należy między innymi szukać fundamentalnych podstaw pod rozwój technologiczny rewolucji cyfrowej drugiej połowy XX w. W transformacji energetycznej TETIPE chodzi natomiast o podstawowe prawa elektromagnetyzmu jako stymulatora pod rozwój technologii potrzebnych sieciowym wirtualnym rynkom energii elektrycznej, czyli pod rozwój środowiska technologicznego szeroko rozumianej elektryki: od słaboprądowej (elektronika, informatyka oraz sieci telekomunikacyjne i energoelektronika małych mocy) do silnoprądowej (systemy energoelektroniczne wielkiej mocy, sieci elektroenergetyczne oraz źródła energii elektrycznej OZE – małe PV aż po bardzo wielkie morskie farmy wiatrowe oraz znacznie jeszcze większe elektrownie wodne przepływowo i wielkie elektrownie wodne szczytowo-pompowe).

**1.3.** W tym miejscu formułuje się hipotezę, że w praktycznym kontekście elektromagnetyzmu osłony kontrolne na rynkach elektroprosumeryzmu – elektroprosumenckie OK(EP) oraz osłony wirtualnych systemów elektrycznych OK(WSE) – są tym, czym były

historycznie „elektrokompatybilnościowe osłony” (nazwa ta nie była wówczas stosowana) odbiorników/odbiorów elektrycznych, a także całych instalacji (elektrycznych, elektroenergetycznych) odbiorców energii elektrycznej z punktu widzenia zarządzania jakością energii elektrycznej na przyłączach tych ostatnich (czyli odbiorców) do KSE. Wówczas (trzy, cztery dekady temu) miała miejsce pierwsza wielka (globalna) przegrana korporacji elektroenergetycznych WEK z przemysłem elektrotechnicznym (ogólnie z tym przemysłem, a w szczególności z przemysłem AGD) w walce o rynki wschodzące nowych technologii energoelektronicznych, elektronicznych, a także raczkujących już wtedy technologii informatycznych.

Obecnie odejście korporacji elektroenergetycznych WEK do historii jest w wymiarze globalnym nieuchronne. A brak zdolności PSE (na przykład PSE) do samoograniczenia się (brak przynajmniej póki co) w niczym nie zmieni tego. Dlatego mądrością PSE byłoby ograniczenie się do funkcji właściciela sieci przesyłowej NN. Jednocześnie wydzielenie ze swojej struktury rynku technicznego KSE i podzielenie go na dwa segmenty: rynek techniczny korporacyjnego rynku schodzącego energii elektrycznej i drugi segment obejmujący rynki techniczne potrzebne wschodzącym rynkom energii elektrycznej (o które będą walczyć pretendenci).

Brak oznak działania PSE w tym kierunku jest zapowiedzią wielkiej przegranej polskiej transformacji realizowanej w trybie celów politycznych. I to niestety wszystkich jej uczestników. Cała korporacja elektroenergetyczna przegra definitywnie, bo nie zdoła wykorzystać posiadanych jeszcze zasobów (będzie musiała pogodzić się z historycznym wyrokiem, że w ciągu trzech dekad jej znaczenie spadnie praktycznie do zera). Z kolei Polska nie wykorzysta historycznej szansy rozwojowej związanej z rentą zapóźnienia w transformacji energetycznej. Pretendenci wprawdzie wygrają z korporacją, ale nie zdyskontują renty zapóźnienia (i poniosą w ten sposób nadmierne koszty).

**1.4.** Zminimalizować tę wielką przegraną można realnie już tylko w ramach zasady ZWZ-KSE, czyli zasady współużytkowania zasobów KSE umożliwiającej pretendantom do rynków wschodzących i podmiotom zasiedziałym (na rynku schodzącym) korzystanie z zasobów KSE w środowisku konkurencji na głównej, dynamicznej (topologiczno-czasowej) ostonie kontrolnej konkurencji OK(ZWZ-KSE) między rynkiem schodzącym i rynkami wschodzącymi. Potrzebne są do tego regulacje prawne na poziomie państwa (por. część 3 artykułu), umożliwiające operatorom „nowej generacji” sukcesywne (procesowe) autonomizowanie systemów WSE względem KSE na poszczególnych poziomach napięciowych sieci dystrybucyjnych (nN, SN i 110 kV) w trybie notacji (1):

$$[on\ OK(WSE) \rightarrow on/off\ OK(WSE) \rightarrow off\ OK(WSE)]\ grid(KSE). \quad (1)$$

Notacja (1) akcentuje fakt, że zasada ZWZ-KSE odnosi się do współużytkowania zasobów sieciowych i zasobów regulacyjno-bilansujących KSE. Te ostatnie, to zasoby całego obecnego rynku technicznego KSE, fizycznie zlokalizowane w wielkoskalowych źródłach schodzącego rynku korporacyjnego energii elektrycznej (przede wszystkim w kondensacyjnych blokach węglowych i elektrowniach wodnych szczytowo-pompowych). Ponadto notacja akcentuje fakt, że w stanie początkowym A transformacji TETIPE(A→B) każdy system WSE jest całkowicie wirtualny. W stanie końcowym B posiada natomiast spójną topologicznie sieć umożliwiającą dwukierunkowe rzeczywiste przepływy na indywidualnych ostonach elektroprosumenckich.

**1.5.** W opozycji do transformacji TETIPE – odpornej, z samej natury, na historyczne błędy poznawcze starej energetyki WEK – każda transformacja energetyki realizowana w trybie celów politycznych jest obciążona błędami poznawczymi energetyki WEK, będącej emanacją najsilniejszego od XVIII w. (w świecie kolejnych rewolucji: przemysłowych, technologicznych i społecznych) sojuszu polityczno-korporacyjnego. Zatem transformacje energetyczne realizowane w trybie celów politycznych są z natury rzeczy transformacjami realizowanymi co najwyżej w trybie innowacji przyrostowej. I są zróżnicowane. Mianowicie, są skorelowane z ustrojami społeczno-politycznymi poszczególnych państw/regionów, zależnymi od ich – państw/regionów – etapów rozwojowych. Im mniejsza odporność ustrojowa na wariant autokratyczno-oligarchiczny, tym większa podatność transformacji energetycznej realizowanej w trybie celu politycznego na dyfuzję (implementację) największych błędów poznawczych energetyki WEK.

**2. Potrzeba rozszerzenia spojrzenia na heurystykę syntetycznej wydajności/efektywności energetycznej transformacji TETIPE.** Z drugiej zasady termodynamiki wynika, że energia elektryczna ma najwyższą wartość użytkową (egzergetyczną) w zaspokajaniu potrzeb energetycznych świata, porównywalną z wartością użytkową energii kinetycznej oraz potencjalnej. W Polsce pociąga to za sobą 6-krotnie wyższą wydajność energetyczną (ściśle egzergetyczną) rynków elektroprosumeryzmu (elektroprosumeryzacji kraju) względem obecnych rynków pierwotnych energii chemicznej paliw kopalnych (łącznie traktowanych): węgla (brunatnego i kamiennego), ropy naftowej (paliw transportowych) i gazu. W wypadku realizacji transformacji PJTE (por. część 2 artykułu) wydajność elektroprosumeryzacji gospodarki, niestety zablokowanej przez tę transformację, byłaby **ponad 11-krotnie wyższa.**

Z kolei wydajność elektroprosumeryzacji gospodarki względem rynków końcowych (energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych) jest 3-krotnie wyższa. Z praktycznego punktu widzenia bardzo ważne jest powiązanie z tą heurystyką dodatkowej heurystyki, mianowicie wzrostu produkcji/zużycia energii elektrycznej na całej trajektorii TETIPE(A→B). Inaczej, chodzi o wzrost gwarantujący neutralność klimatyczną, a zapewniony przez elektroprosumeryzację zrealizowaną w pełnym zakresie.

Podkreśla się, że wzrost ten jest zróżnicowany w różnych ostonach kontrolnych, ale w dużym stopniu jest skalowalny; szczególnie ważne są dwa rodzaje skalowania elektroprosumenckiego, mianowicie skalowanie ludnościowe (w kontekście potrzeb) i powierzchniowe (w kontekście zasobów). Dla Polski współczynnik wzrostu wynosi około 1,3: jest to oszacowanie własne autora artykułu bazujące na paradygmacie egzergetycznym monizmu elektrycznego [1]. Dla Warszawy współczynnik ten, określony w wyniku szczegółowych analiz, jest wyższy i wynosi około 1,6 [17]. Na podstawie szacunkowych informacji autor artykułu, wychodząc poza Polskę, stawia hipotezę, że w wypadku Niemiec jest to współczynnik około 1,6, a dla Stanów Zjednoczonych około 1,9. Chociaż przywołane cztery wartości współczynnika nie mogą być bezpośrednio porównywane (ze względu na różnice metodologiczne ich oszacowania), to mają one duże znaczenie ze względu na ich wartość interpretacyjną.

W uzupełnieniu podaje się tu, na zakończenie **p. 2**, roczne oszacowania liczbowe energii na krajowych rynkach pierwotnych i końcowych. Obecnie kształtują się one następująco: energia chemiczna rynków pierwotnych (węgla, ropy, gazu) to około 1200 TWh, energia brutto rynków końcowych (energii elektrycznej, ciepła, paliw transportowych) to około 600 TWh. Roczna energia elektryczna OZE brutto potrzebna w elektroprosumeryzmie (w stanie końcowym B transformacji TETIPE), to około 200 TWh.

**3. Heurystyka syntetycznej efektywności ekonomicznej rynków elektroprosumeryzmu.** Do oszacowania tej efektywności proponuje się w tym miejscu wykorzystanie najbardziej syntetycznej heurystyki, mianowicie odnoszącej się do okresu zwrotu nakładów finansowych umożliwiających realizację transformacji na całej trajektorii TETIPE(A→B) w krajowej ostonie kontrolnej OK(PL), co jest bezpośrednim nawiązaniem do oceny wydajności energetycznej transformacji TETIPE, **p. 2**. Podkreślenie, że chodzi o konkretny przypadek oszacowania makroekonomicznego (mianowicie o Polskę) jest niezbędne, zwłaszcza uwzględniając zwodniczą jednoznaczność pojęcia „okres zwrotu nakładów” (nie tylko w analizach makroekonomicznych inwestycji, ale nawet wtedy, gdy jest ono stosowane w analizach ekonomicznych inwestycji mikroekonomicznych). Otóż szacowany okres zwrotu nakładów na transformację TETIPE w Polsce to nie więcej niż 10 lat (oszacowanie własne).

Jest to wynik całkowicie odmienny od powszechnego w Polsce błędu poznawczego transformacji energetycznej realizowanej w trybie innowacji przyrostowej. Czyli błędu dominującego w polityce PEP2040, a zwłaszcza w transformacji PJTE, który polega na wielokrotnym zawiązaniu kosztu reelektryfikacji OZE i wielokrotnym zaniżaniu kosztów rozwojowych, zwłaszcza nakładów inwestycyjnych koniecznych w szczególności w wypadku energetyki jądrowej. W kontekście tego błędu ważne jest w szczególności odwołanie się do Raportu [9], por. **pp. 4.2**.

Chociaż 10-letni okres zwrotu nakładów w perspektywie błędów poznawczych transformacji energetycznej dominujących w Polsce jest bardzo krótki, to w wypadku transformacji TETIPE jest okresem realnym, bo jest to transformacja posiłkująca się bardzo wymagającym środowiskiem

rynkowym. Mianowicie środowiskiem, które tworzą rynki elektroprosumeryzmu, silnie konkurencyjne, działające w bardzo zróżnicowanych elektroprosumenckich osłonach kontrolnych, których potencjalnie jest w Polsce około 7 mln. Potrzebne jest zatem otwarcie na niejedną weryfikację oszacowanego czasu. Dlatego, że zaprezentowane bardzo „grube” oszacowanie było możliwe na razie tylko na ścieżce bardzo daleko idącego przetworzenia złożoności rynków (elektroprosumenckich) respektujących (przynajmniej jakościowo) produktywność krańcową i popyt krańcowy w redukcjonizacji koncepcji TETIPE.

#### 4. Aspekty metodologiczne transformacji TETIPE i zewnętrzny potencjał weryfikacji jej oszacowań heurystycznych.

Tytułowy (tzn. nawiązujący do tytułu punktu) zewnętrzny potencjał weryfikacji nazywa się w artykule inaczej potencjałem weryfikacji w „tle”. Decydują o tym bardzo zróżnicowane podstawy metodologiczne, waga polityczna i zakres analiz transformacji TETIPE z jednej strony oraz tła z drugiej strony. Przy tym chociaż kładzie się główny nacisk na weryfikację transformację TETIPE w aspekcie jej heurystyk bilansowych i ekonomicznych, to podkreśla się, że weryfikacja (często niestety na razie tylko jakościowa) obejmuje całą przestrzeń tripletu paradygmatycznego, czyli wymiary polityczny (społeczny), gospodarczy (ekonomiczny i technologiczny) oraz środowiskowy (klimatyczny).

**4.1.** Transformację TETIPE w tym miejscu (czyli w kontekście jej weryfikowalności ogólnie, a weryfikacji w szczególności) redukuje się do zakresu właściwego dla podstaw fundamentalnych [1] charakterystycznych dla platformy PPTE2050. W tym kontekście ważnym zasobem weryfikacyjnym koncepcji TETIPE jest od drugiej połowy 2019 r. projekt badawczy [17] poświęcony transformacji energetycznej Warszawy. W projekcie tym koncepcja TETIPE jest podstawą do zbudowania w horyzoncie 2050 trajektorii transformacyjnej Warszawy do elektroprosumeryzmu. Poziom redukcji złożoności transformacji w tym projekcie jest jednak nieporównanie mniejszy od poziomu redukcji charakterystycznego (podstawowo) dla badań prezentowanych na platformie PPTE2050. W kontekście tej różnicy bardzo ważny jest wniosek praktyczny, że wyniki uzyskane w projekcie [17] potwierdzają w bardzo dużym stopniu skalowalność koncepcji TETIPE, potwierdzają w szczególności główne krajowe heurystyki transformacji TETIPE, wreszcie potwierdzają zasadność daleko idącego redukcjonizmu (metodologicznego) doktryny TETIPE.

**4.2.** Z kolei raporty [9] i [10] są bardzo ważne dlatego, że z jednej strony prezentują wyniki transformacji energetycznej o zasięgu światowym, a z drugiej są one uzyskane według wspólnego (dla tych raportów) podejścia metodologicznego. Jest to jednak podejście charakterystyczne dla badań naśladowczych w tradycyjnym nurcie metodologicznym badań energetycznych, czyli w nurcie badań indukcyjnych (regresyjnych modeli prognostycznych), przy tym zrealizowanych na wysokim poziomie merytorycznym. Wyniki uzyskane w raportach [9] i [10], chociaż uzyskane w innym

środowisku metodologicznym, znacznie bardziej skomplikowanym od środowiska metodologicznego transformacji TETIPE, potwierdzają główne heurystyki uzyskane dotychczas dla takiej transformacji, gdyby została ona przeprowadzona w Polsce. Na przykład raport [9] potwierdza praktycznie wprost wartość rocznej energii elektrycznej potrzebnej Polsce po przeprowadzeniu transformacji energetycznej do neutralności klimatycznej, wynoszącej 200 TWh, **p. 2**.

Drugie przykładowe potwierdzenie dotyczy heurystyki okresu zwrotu kapitału potrzebnego na przeprowadzenie transformacji energetycznej do neutralności klimatycznej. W wypadku zastosowania transformacji TETIPE okres zwrotu nakładów potrzebnych na jej przeprowadzenie, wynoszący nie więcej niż 10 lat, **p. 3**, jest traktowany w Polsce na razie jako niezwykle krótki (mało prawdopodobny). Z drugiej strony, według raportu [10] okres zwrotu nakładów na transformację energetyczną zsyntetyzowaną dla całego świata wynosi 6 lat. Z kolei w raporcie [9] niski okres zwrotu nakładów został w spektakularny sposób zasygnalizowany w samym tytule raportu: *„Niskokosztowe rozwiązania problemu globalnego ocieplenia, zanieczyszczenia powietrza i braku bezpieczeństwa energetycznego w 145 krajach”*.

**4.3.** W wypadku transformacji energetycznych realizowanych w trybie celów politycznych kluczowe znaczenie ma, z punktu widzenia weryfikacji koncepcji TETIPE, określenie testowej listy rankingowej transformacji energetycznych o globalnym znaczeniu. Po szoku covidowym (COVID-19) i napaści Rosji na Ukrainę proponowana w tym miejscu testowa lista rankingowa transformacji energetycznych realizowanych w trybie celu politycznego – mająca globalne znaczenie – obejmuje transformacje realizowane kolejno przez: Stany Zjednoczone, Niemcy, UE i Chiny. Kolejność podmiotów na liście odzwierciedla hipotetyczną sprawczość transformacji energetycznej realizowanej w trybie celu politycznego przez poszczególne kraje/region na kształtujący się nowy, dychotomiczny globalny ład ustrojowy: strefa euroatlantycka – Chiny. Lista jest odmienna od wcześniejszej podobnej autorskiej listy, która była właściwa przed prezydenturą Joe Bidena w Stanach Zjednoczonych, i przed napaścią Rosji na Ukrainę (na wcześniejszej liście Stany Zjednoczone były na ostatnim miejscu w rankingu).

**4.4.** Chociaż lista przedstawiona w **pp. 4.3** ma charakter subiektywny, to stanowi jednak ważny krok (bo dotyczący świata) na drodze empirycznej weryfikacji hipotez transformacji TETIPE. Skomplikowane uwarunkowania globalne i krajowe przedstawione w [7], odwołania do amerykańskich ustaw [11] i [12], dostępne informacje medialne dotyczące zredefiniowania Energiewende do postaci Energiewende 2.0 oraz dotyczące nowego programu niemieckiego porozumienia społecznego na rzecz transformacji energetycznej [13], komunikaty medialne z przebiegu XX zjazdu KC Komunistycznej Partii Chin [14] potwierdzają w gruncie rzeczy główne hipotezy

sformułowane w koncepcji TETIPE. To będzie się przyczyniać do zmniejszenia opóźnienia poznawczego związanego z transformacją TETIPE. Szybkie zmniejszenie opóźnienia poznawczego warunkuje z kolei przyspieszenie efektywnego wykorzystania transformacją TETIPE.

- 4.5.** Z punktu widzenia aspektów metodologicznych transformacji TETIPE i jej weryfikacji w tle podkreśla się tu dodatkowo, że w raportach [9] i [10] modele badawcze – stosowane zarówno w oszacowaniach bilansów energetycznych jak i ekonomicznych – są głównie regresyjnymi modelami prognostycznymi i odnoszą się do transformacji energetycznej podporządkowanej celowi politycznemu, którym ogólnie jest neutralność klimatyczna. W kontekście tego celu (neutralności klimatycznej) modele badawcze transformacji TETIPE są w bardzo dużym stopniu zbliżone z modelami badawczymi obydwu raportów.

Różnica polega natomiast na tym, że transformacja TETIPE ma u podstaw metodologicznych (eklektyczny) triplet paradygmatyczny monizmu elektrycznego (obejmujący paradygmaty: elektroprosumencki, energetyczny i wirtualizacyjny) [1], który umożliwia wykorzystanie nie tylko podejścia ewolucjonistycznego (metody indukcyjne/empiryczne), ale także kreacjonistycznego (metody dedukcyjne). Jest to bardzo ważne, bo zwiększa weryfikowalność hipotez transformacyjnych.

- 4.6.** Są dwa powody, aby ten ostatni fakt (**pp. 4.6**) uznać za niezwykle ważny z praktycznego punktu widzenia. Pierwszy wiąże się ze stale poszerzającymi się od dwóch dekad, a po pandemii COVID-19 i napaści Rosji na Ukrainę wręcz eksplodującymi, granicami złożoności, którą jest transformacja energetyczna. Drugim powodem, nie mniej ważnym, jest gwałtownie zwiększająca się przestrzeń błędów poznawczych tej transformacji, pociągająca za sobą falę populizmu politycznego i korporacyjnej brudnej akwizycji intencjonalnych zniekształceń (matactwa) kierowanej w przestrzeń publiczną. Razem te dwa powody w bardzo wielkim tempie wpływają niekorzystnie na kondycję społeczno-polityczną polskiego społeczeństwa. Przede wszystkim obniżają one odporność społeczeństwa na ryzyko utraty wolności. Czyli zwiększają ryzyko procesu społecznego od demokracji do ustroju autorytarno-oligarchicznego.

### Poszerzony, na trajektorii TETIPE(A→B), zakres oszacowań (heurystyk) bilansowych i ekonomicznych transformacji TETIPE

- 5. Karta Efektywnej Transformacji Sieci Dystrybucyjnych Polskiej Energetyki (KETS DPE).** Karta KETS DPE [16] jest pierwszym z trzech przekazów politycznych „wyemitowanych” z obszaru polskiej polityki energetycznej praktycznie w ciągu miesiąca (koniec października, listopad 2022 r.), dopełniających obraz najcięższego kryzysu całej polskiej energetyki, narastającego przez ponad dwie

dekady (od 2000 r.). Drugi przekaz dotyczy energetyki jądrowej, albo inaczej transformacji PJTE (cz. 2 artykułu). Trzecim jest natomiast konsolidacja dwóch wielkich sektorów węglowodorowych (sektora paliw transportowych i gazowego) wokół *PKN Orlen* (to zagrożenie w artykule nie jest analizowane, bo nie wchodzi bezpośrednio w obszar rynków elektroprosumenckich, ale trzeba je mieć stale pod kontrolą, bo jest przyczyną trwającego jeszcze rozszerzania się granic złożoności transformacji energetycznej i narastania błędów poznawczych transformacji, wszystkich, które wchodzi w rachubę).

Pojawienie się karty KETS DPE stawia w nowej, extraordinarynej, sytuacji modelowanie trajektorii rynków energii elektrycznej w procesie transformacji TETIP (rys.1). Zagadnienie to było już częściowo naświetlone w artykule wstępnym [8] i w artykule [7] w Biuletynie PPE2050 nr 2(6)/2022 („Energetyka” 8/2022). Zaistniała sytuacja wymusza powtórzenie dużej części tego naświetlenia, jego zmodyfikowanie i rozszerzenie. Po to, aby stworzyć jednolite środowisko do dyskusji dotyczącej jednego z kilku największych obecnie błędów poznawczych transformacji energetycznej (ich brudnej akwizycji w przestrzeń publiczną). Mianowicie błędu dotyczącego koniecznych ogromnych nakładów inwestycyjnych na rozwój sieci elektroenergetycznych. Tak jakby nie chodziło w rzeczywistości o zablokowanie przemysłowego charakteru transformacji TETIPE, w konkretnym wypadku zablokowanie absorpcji innowacji technologicznych i biznesowych na rynek energii elektrycznej. I utrwalenia tym sposobem monopolu sieciowego operatorów OSD, a także OSP.

#### **6. Dalsze testowanie (weryfikacja) transformacji TETIPE.**

Kluczową sprawą jest horyzont transformacji energetycznej do neutralności klimatycznej. Ten wątek ma krytyczne znaczenie. W kontekście horyzontu neutralności klimatycznej występuje bardzo duża zgodność metodologiczna między transformacją TETIPE i raportem [9]. I zarazem wielka różnica między tą zgodnością metodologiczną z jednej strony, a z drugiej sztywnym (na razie) celem politycznym dla całej UE, którym jest zunifikowany horyzont 2050 oraz „chwijnymi” politycznymi celami polskiej polityki energetycznej (w szczególności PEP2040) – w tym propozycjami/żądaniem polskiego premiera (2021 r.) dotyczącymi przesunięcia horyzontu neutralności klimatycznej dla Polski poza horyzont 2050 z jednej strony, a z drugiej „ogłoszeniem” (2022 r.) transformacji PJTE, część 2.

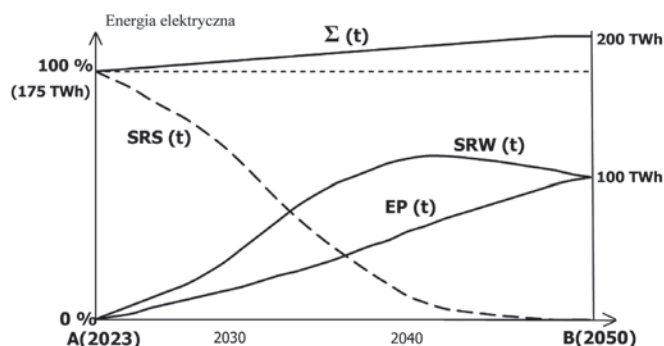
#### **7. Indywidualizacja horyzontów transformacji energetycznej.**

W tym kontekście (indywidualizacji horyzontów ...) podkreśla się, że istnieje zgodność metodologiczna raportu [9] i transformacji TETIPE, także w zakresie indywidualizacji horyzontów. W raporcie jest to przede wszystkim indywidualizacja dla poszczególnych krajów, która pozwala łatwo tworzyć praktycznie ciągłą trajektorię czasową zbioru krajów przechodzących w stan neutralności klimatycznej i następnie w różny sposób ją syntetyzować. W szczególności raport [9] „stabilizuje” w takim trybie horyzont neutralności klimatycznej: pożądanym 2035 dla całego świata i 2030 dla 80% świata.

W transformacji TETIPE, rozważanej tu w kontekście Polski, jest to indywidualizacja „schodząca” na poziom osłon kontrolnych OK(...), przede wszystkim osłon elektroprosumenckich OK(EP) oraz samorządowych OK(JST). Indywidualizację tę generalnie cechuje dochodzenie do neutralności znacznie „ostrożniejsze” niż rekomendowane w raporcie [9] dla świata. Jest za to bardziej progresywne niż w systemie celów politycznych UE. I jest „przełomowe” względem polityki energetycznej polskiego rządu. Szczególne znaczenie mają w tym względzie przykłady pierwszych kompleksowych, bardzo zaawansowanych technologicznie elektroprosumenckich transformacji TETIPE w osłonach pretendentów z sektora MSP [18].

**8. Systemy osłon kontrolnych OK(...).** Mają one szczególne znaczenie w modelowaniu procesów na pełnych (kompletnych) trajektoriach czasowych TETIPE(A→B) oraz w algorytmizacji: po pierwsze technicznej inteligentnej infrastruktury elektroprosumeryzmu, a po drugie wirtualnych rynków energii elektrycznej. Podstawowo są to cztery systemy, tworzące zbiór kanoniczny osłon elektroprosumeryzmu [8]. Fundamentalnym jest system osłon elektroprosumenckich OK(EP). Drugim jest, bez mała tak samo ważny, system OK(JST). Trzecim systemem zbioru kanonicznego osłon jest system OK(KSE) na topologicznie spójnej infrastrukturze wytwórczo-sieciowej KSE; krytycznymi podzbiórmi tego systemu są podzbiory charakterystyczne dla trzech poziomów napięć znamionowych sieci rozdzielczych (nN – SN – 110 kV) oraz dla czwartego poziomu napięciowego KSE, czyli dla sieci NN (najwyższe napięcia). Czwartym systemem osłon kontrolnych jest system OK(WSE), czyli wirtualnych systemów elektrycznych zarządzanych przez niezależnych operatorów WSE (funkcjonujących poza strukturami operatorów sieciowych OSD. Czyli systemów integrujących: po pierwsze źródła wytwórcze pretendentów-wytwórców MSP w ich osłonach kontrolnych OK(P-MSP), a po drugie osłony OK(EP).

**9. Zbiór kanoniczny trajektorii TETIPE(A→B) czterech rynków energii elektrycznej.** Jest to zbiór trajektorii – dla osłony krajowej OK(PL) – zaprezentowany na rysunku 1. Zbiór „wypełniają” trzy sieciowe rynki energii elektrycznej oraz jeden rynek bezsieciowy (na ten składają się: rynek bezsieciowy urządzeń oraz rynek bezsieciowy usług). Najważniejsze, o krytycznym znaczeniu dla transformacji TETIPE w ramach planistycznych 2030 i w początkowym okresie ram planistycznych 2040, są sieciowe rynki wschodzące w osłonie OK(SRW). Trajektorja ich rozwoju SRW (t) przedstawia produkcję brutto (OZE) na dwóch wschodzących rynkach sieciowych korzystających z infrastruktury sieciowej operatora OSD (są to rynki 1) oraz operatora OSP (rynek 2) energii elektrycznej. Sprzężoną z osłoną OK(SRW) jest w koncepcji TETIPE osłona kontrolna OK(SRS) sieciowego rynku schodzącego. Na części wspólnej osłon OK(SRW) i OK(SRS) mają szanse realizować się mechanizmy przełomowej konkurencji rynkowej między rynkami SRW i rynkiem SRS a pośrednio pozostałymi dwoma schodzącymi rynkami końcowymi: ciepła i paliw transportowych. Akronimy występujące w niniejszym punkcie mają objaśnienie w rozszerzonym podpisie rysunku 1.



Rys. 1. Trajektorja bilansu TETIP (A→B) w osłonie kraju OK(PL):  
 $\Sigma = \text{SRS} + \text{SRW} + \text{EP}$

Trajektorie:  $\Sigma(t)$  – krajowej produkcji brutto;  
 SRS (t) – produkcji brutto na rynku schodzącym; EP (t) – produkcji elektroprosumenckiej brutto (OZE) bilansującej się w ich osłonach kontrolnych (produkcji pozarynkowej, na potrzeby własne);  
 SRW (t) – produkcji brutto (OZE) na dwóch wschodzących rynkach sieciowych korzystających z infrastruktury sieciowej operatora OSD (rynek 1) i operatora OSP (rynek 2)

**10. Podatność autonomizacyjna osłon kontrolnych OK(...) względem osłony kontrolnej OK(SRS).** Podatność ta jest kluczowym uwarunkowaniem odpowiedzi na pytanie, czy transformacja TETIPE stanie się w Polsce faktem, czy pozostanie tylko dobrą koncepcją, jednak niewykorzystaną. Na tym froncie – autonomizacji osłon kontrolnych – wiodącymi będą, na przemian, trzy siły. Pierwszą z nich będą elektroprosumenci w osłonach OK(EP). Drugą będą innowatorzy z sektora MMSP, zdolni „wejść” w rolę pretendentów do wirtualnych rynków energii elektrycznej w osłonach OK(WSE); szczególną rolę wśród tych innowatorów odegrają ci, którzy będą zdolni wejść w rolę operatorów systemów (WSE). Trzecią siłą będą samorządy w osłonach OK(JST). Jest zrozumiałe, że te trzy siły są filarami społecznej gospodarki rynkowej. W ich osłonach kontrolnych trzeba szukać nie tylko rozwiązań potrzebnych wąsko rozumianej transformacji energetycznej, ale także podstaw równowagi między wszystkimi trzema wymiarami transformacji energetycznej (społeczno-politycznym, gospodarczo-technologicznym i przyrodniczo-klimatycznym).

**11. Opóźnienie poznawcze – główna bariera transformacji TETIPE.** Zmniejszenie opóźnienia powinno być na tyle duże, aby pozwalało na przejście do planów działania w osłonach kontrolnych OK (EP), OK (WSE) i OK (JST) na całych trajektoriach czasowych TETIP (A→B). W tym kontekście potrzebne jest zmniejszenie ryzyka opóźnienia poznawczego związane z właściwościami trajektorii w poszczególnych systemach osłon. Na rysunku 1 pokazana została heurystyka procesów czasowych w osłonie OK (PL), czyli w osłonie kraju. To, że jest to heurystyka, a nie ilustracja jakościowa, wymaga podkreślenia. Heurystyka ta może w szczególności być dobrą podstawą do praktycznych działań rządu w zakresie budowy kryzysowej odporności elektroprosumenckiej Polski w horyzoncie 2050. Tak jak w działaniu parlamentu może (powinna) być silnym katalizatorem na rzecz przyspieszenia (i jednocześnie zadbania o wysoką jakość) prac nad doktryną Kodeksu transformacji energetycznej, w szczególności Prawa elektrycznego.

**12. Jeden z najmniejbezpiecznych (w końcu 2022 r.) polskich błędów poznawczych transformacji energetycznej realizowanej w trybie celów politycznych.** Najważniejszy (i niebanalny) przekaz dla prawidłowej percepcji elektroprosumeryzmu płynący z rysunku 1 jest związany z funkcją SRW (t), czyli z rynkami bezsieciowymi elektroprosumeryzmu. Mianowicie, kształt funkcji (jej wypukłość i wklęsłość) mogą być niemiłym zaskoczeniem dla dominującej większości tych, którzy bardzo intensywnie kształtują opinie o potrzebnych wielkich nakładach inwestycyjnych w sieci elektroenergetyczne jako bezwzględnym warunku powodzenia transformacji energetycznej w Polsce, oczywiście transformacji realizowanej w trybie celów politycznych. „Transformacji” bez przełomowych (nowych jakościowo) innowacji, za to w trybie: „tak jak było, tylko więcej”. W tym kontekście podkreśla się, że w transformacji TETIPE nakłady inwestycyjne na sieci elektroenergetyczne są bardzo ograniczone. Ograniczają je: rynki (silna konkurencja) i duży koszt elektroekologiczny sieci.

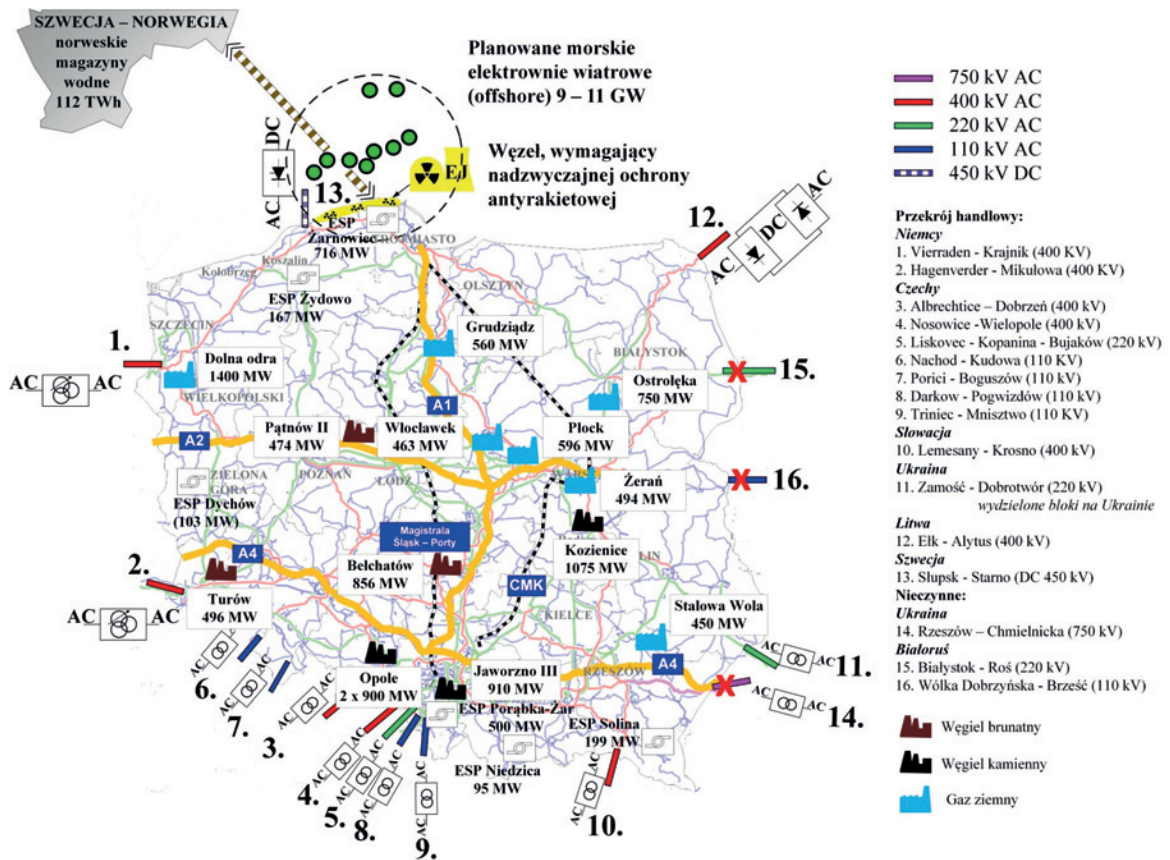
**13. Jeszcze raz o geopolityce i centralnej roli Stanów Zjednoczonych w geopolitycznej transformacji energetycznej.** W tym miejscu warto zweryfikować jeszcze raz zasadność trajektorii TETIPE dla Polski w świetle radykalnego przekierowania przez Prezydenta Bidena amerykańskiej trajektorii transformacyjnej energetyki. Warto odwołać się do amerykańskiego systemu rządowego bazującego przede wszystkim na mechanizmach podatkowych, natomiast w żadnym wypadku nie na dotacjach (dopłatach), dominujących w UE, zwłaszcza w Polsce. W takim świetle trzeba pamiętać, że amerykański pakiet 375 mld \$ ma bardzo dużą dźwignię finansową w środkach własnych inwestorów, co generalnie wynika z niskich amerykańskich podatków. Gdyby ta była bliska 10-krotnej, to amerykańskie inwestycje (rządu i inwestorów) w transformację energetyczną wyniosłyby prawie 4 bln \$. Takie inwestycje, przy silnej amerykańskiej konkurencji, w obszarze o bardzo wysokim potencjale innowacyjności mogą realnie przesądzić o zdobyciu przez Stany Zjednoczone globalnej (geopolitycznej) przewagi konkurencyjnej na nowych rynkach zaspokajania potrzeb energetycznych.

**14. Heurystyki ekonomiczne transformacji TETIPE.** Zatem, uwzględniając p. 13, uprawniona jest hipoteza, że transformacja TETIPE, z proponowanymi w niej systemami wykorzystania (skumulowanej w ciągu ponad trzech dekad) rynkowej nadwyżki finansowej wynoszącej 2 bln PLN – w cenach przedinflacyjnych – wytrzyma kolejny test wiarygodności. Przy tym podkreśla się, że przywołana tu nadwyżka jest heurystyką ekonomiczną na trajektorii TETIPE (2018→2050), dla której wykonane zostały oszacowania ekonomiczne. Na sfinansowanie inwestycji w reelektryfikację OZE trzeba było wykorzystać 750 mld PLN z tej nadwyżki. Ponad połowę nadwyżki (1050 mld PLN) przeznaczono na sfinansowanie wsparcia poszczególnych obszarów transformacji **w systemie ulg podatkowych:** pasywizacja budownictwa i elektryfikacja ciepłownictwa „otrzymały” 500 i 350 mld PLN, odpowiednio, a elektryfikacja transportu – 200 mld PLN. Na „sprawiedliwą” transformację przeznaczono, również **w systemie ulg podatkowych**, 200 mld PLN.

**15. Kardynalne pytanie w sprawie regulacji i monopolu.** Pytanie brzmi: *regulacja elektroenergetyki jest potrzebna, bo jest monopol, czy jest monopol, bo jest regulacja?* W aktualnej sytuacji Polski – całkowitego zdewastowania rynku energii elektrycznej – siła tego pytania jest porażająca. Autor artykułu stawia hipotezę, że pytanie to (i odpowiedź na pytanie) odegra dużą rolę w dalszej transformacji energetycznej Polski.

## Część 2 OSIEM WYBRANYCH PYTAŃ TESTOWYCH DOTYCZĄCYCH ENERGETYKI JĄDROWEJ, w tym dwa retoryczne, dwa kardynalne i cztery problemowe

- 1. Pytanie retoryczne 1: czy możliwe jest zrozumienie, przez polskiego obywatela, rządowej informacji o „umowach” z wykonawcami na budowę elektrowni/bloków jądrowych skierowanej do społeczeństwa w ostatnich dniach października 2022 r.?** Zwłaszcza jeśli nie wiadomo, czy to, co było przedmiotem informacji, to są umowy inwestycyjne, listy intencyjne, a może tylko chodziło o rozmowy w „sprawie”? Jeśli nie wiadomo też czy partnerem w „grze” są tylko Stany Zjednoczone (i czym jest firma *Westinghouse*, która będzie budować bloki AP 1000), czy partnerem jest także Korea, a nawet Francja? Konsekwentnie, czy chodzi tylko o bloki 1000 MW, czy również EPR 1600 MW? Czy elektrownie będą dwie (w każdej elektrowni trzy bloki), a może trzy (po dwa bloki)? Czy lokalizacje elektrowni są znane (czyli czy studia lokalizacyjne są zakończone)? I wiele innych pytań takiego rodzaju.
- 2. Pytanie retoryczne 2: czy rządowa informacja o „umowach” (p. 1) spełnia kryterium dostępu obywateli, zwłaszcza potencjalnych elektroprosumentów, do informacji publicznej?** Chodzi zwłaszcza o informacje, które są niezbędne w aspekcie podejmowania przez potencjalnych elektroprosumentów działań na rzecz budowy swojej kryzysowej odporności elektroprosumenckiej (por. cz. 3, ustawa o dostępie do informacji o energetycznej odporności elektroprosumenckiej).
- 3. Pytanie kardynalne 1, w sprawie kosztów osieroconych transformacji PJTE.** Jest to pytanie o miejsce (w gruncie rzeczy ciągle jeszcze tylko planowanego) największego w Europie placu budowy energetyki jądrowej w polskim pejzażu dostosowań do skutków wcześniejszego (też największego w Europie, praktycznie już „zamkniętego”) placu budowy bloków węglowych i gazowych.
  - 3.1.** Podstawowe znaczenie w kontekście sformułowanego pytania ma rysunek 2, na którym uwzględniono wszystkie połączenia transgraniczne, a ponadto trzy wielkie segmenty wytwórcze. W wypadku tych ostatnich uwzględniono – po pierwsze – lokalizacje bloków wprowadzonych do eksploatacji w ostatnich 15 latach (i czterech gazowych jeszcze w budowie), zarówno węglowych (przede wszystkim klasy



Rys. 2. Polskie strukturalne niedostosowanie energetyczne w świetle koncepcji TETIPE (przestrzeń poszukiwań obejmująca rynek schodzący elektroenergetyki WEK)

1000 MW, ale też klasy 500 MW, na węgiel kamienny i brunatny) jak i bloków gazowych (o mocy 450 do 700 MW). Po drugie – uwzględniono potencjalne lokalizacje elektrowni jądrowych. Po trzecie – uwzględniono lokalizacje lądowych stacji przyłączeniowych wszystkich morskich farm wiatrowych do KSE.

**3.2.** W wypadku pierwszego segmentu wytwórczego ekstremalnie ważne są lokalizacje nowych bloków węglowych (na węgiel kamienny i brunatny) oraz bloków gazowych. Wynika to z wagi trajektorii SRS (t), (rys. 1), co jest związane z faktem, że bloki te będą konkurować o produkcję energii elektrycznej ze źródłami OZE, czyli z produkcją pokazaną na rysunku 1 w postaci trajektorii SRW (t) oraz EP (t). Moce każdego z bloków oraz lata ich uruchomienia zostały zestawione w tabeli 1. W sumie chodzi tu o 14 bloków – węglowych oraz gazowych – uruchomionych w Polsce w ciągu ostatnich 15 lat (tylko 3 uruchomione zostały przed 2017 r.) i dodatkowo chodzi o 4 bloki w budowie. Szacując bardzo ostrożnie rezerwy techniczne bloków na 250 tys. godzin i gwałtownie zmniejszające się ich roczne wykorzystanie widać, w jak dramatyczną pułapkę, w postaci ogromnej skali stranded costs, Polska już została wepchnięta.

Tabela 1

Obraz (błędnej) strategii rozwojowo-inwestycyjnej KSE na przykładzie źródeł wytwórczych

Lp.	Lokalizacja bloków wytwórczych	Moc, MW	Rok uruchomienia
Bloki na węgiel kamienny			
1.	Łagisza	450	2009
2.	Koziernice	1075	2018
3.	Opole x 2	2 x 900	2019
4.	Jaworzno	910	2022
5.	Razem, węgiel kamienny	<b>4235</b>	(-)
Bloki na węgiel brunatny			
6.	Pątnów	475	2008
7.	Bełchatów	856	2014
8.	Turów	496	2021
9.	Razem, węgiel brunatny	<b>1827</b>	(-)
Bloki gazowe			
10.	Płock	596	2018
11.	Włocławek	463	2017
12.	Stalowa Wola	450	2022
13.	Żerań	500	2022
14.	Dolna Odra	2 x 700	2023
15.	Grudziądz	518	2027
16.	Ostrołęka	750	2025
17.	Razem, gazowe	<b>4177</b>	(-)

**3.3.** Uwzględnienie bloków węglowych i gazowych (przedstawionych na rys. 2 i w tab. 1) w pejzażu dostosowań KSE do transformacji TETIPE ma krytyczne znaczenie praktyczne, między innymi jako wstępne ćwiczenie do rządowej decyzji w sprawie programu inwestycyjnego na rzecz transformacji PJTE. Grube oszacowanie podpowiada, że koszty osierocone inwestycji zrealizowanych w postaci bloków węglowych i gazowych w cenach stałych będą się stabilizować z upływem czasu na poziomie 30 mld PLN. I takie samo oszacowanie dalej podpowiada, że koszty te będą niższym przy kosztach osieroconych programu jądrowego, gdyby ten został w pełni zrealizowany. Bo niezależnie od tego, jak będzie się zaklinać rzeczywistość, to nakłady inwestycyjne w cenach przedinflacyjnych na cały program trzeba szacować na 400 mld PLN (i nic, poza entropią, nie da się z niego uzyskać).

**4. Pytanie kardynalne 2, w sprawie polityki energetycznej i bezpieczeństwa energetycznego.** Jest to pytanie o to, czy we współczesnym świecie – na zakręcie, którym jest rok 2022 – **polityka energetyczna jest potrzebna po to, aby ludziom i gospodarce zapewnić bezpieczeństwo energetyczne, czy po to, aby zapewnić bezpieczeństwo interesów establishmentu polityczno-korporacyjnego (wzmocnić jego siłę poprzez stopniowe przekształcenie państwa w państwo autokratyczno-oligarchiczne)?** W aktualnej globalnej sytuacji – silnej dewastacji moralności polityków i ogromnej nierównowagi społecznej – jest to w istocie pytanie o przyszłość oświeceniowego porządku ustrojowego strefy euroatlantycznej. W odniesieniu do wymiaru krajowego sytuacja jest jeszcze bardziej dramatyczna. Autor artykułu w odniesieniu do tego wymiaru formułuje bardzo pesymistyczną hipotezę o praktycznym znaczeniu. Transformacja PJTE nie zostanie wprowadzona, ale opóźni dławienie inflacji i opóźni wyjście Polski z recesji. W rezultacie nastąpi przepływ kadr (i przedsiębiorców) o wysokich kompetencjach na rynki unijne, gdzie recesja zakończy się wcześniej i wystąpi silne zapotrzebowanie na kadry z kompetencjami właściwymi dla transformacji TETIPE.

**5. Pytanie problemowe 1.** Pytanie o dostęp do informacji publicznej dotyczącej historii polskich działań na rzecz budowy energetyki jądrowej od 1965 r. (decyzja o rozpoczęciu studiów lokalizacyjnych) ze szczególnym uwzględnieniem historii *Elektrowni Żarnowiec* (budowa rozpoczęta w 1982 r. i przerwana definitywnie w 1992 r.) oraz programu budowy energetyki jądrowej przyjętego przez rząd w 2009 r. (zgodnie z którym pierwsza elektrownia 1600 MW miała być uruchomiona w 2022 r.).

**6. Pytanie problemowe 2.** Pytanie o nadzwyczajną koncentrację lokalizacji (w Gminie Choczewo i okolicach) sieciowej infrastruktury przyłączeniowej morskiej energetyki wiatrowej (11 GW) i energetyki jądrowej (od 6 do 7,2 GW) w kontekście: bezpieczeństwa energetycznego (ochrony antyterrorystycznej, ochrony przed cyberatakami, zakresu ochrony antyrakietowej, itd.).

**7. Pytanie problemowe 3.** Pytanie o historię (sekwencję) kontraktów z firmą *Westinghouse*: na blok węglowy *Ostrołęka C* (1000 MW), na blok gazowy *Ostrołęka* (700 MW) i na bloki jądrowe (1000 MW).

**8. Pytanie problemowe 4.** Pytanie o polskie kompetencje w zakresie energetyki jądrowej, ze szczególnym uwzględnieniem dostępności doświadczonej kadry: strategicznej, inżynierskiej, biznesowej, operatorskiej.

## Część 3 KODEKS TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ<sup>1)</sup>

- Zbiór ustaw (wersja wstępna) składających się na Kodeks transformacji energetycznej.** Propozycję takiego zbioru (mającą tylko wywoławcze znaczenie) przedstawia tabela 2. W propozycji tej zasadnicze znaczenie mają dwie ustawy główne. Pierwszą jest Prawo elektryczne, które trzeba dopiero stworzyć. I drugie, mianowicie Prawo energetyczne (uchwalone w 1997 r.), którego podstawy zostały stworzone w ramach reformy PURE (Pierwsza Ustrojowa Reforma Elektroenergetyki, zakończona transformacją ładu socjalistycznego w ład rynkowy oraz mającym symboliczne znaczenie całkowitym odłączeniem KSE od systemu Pokój (1993 r.) w RWPG i przyłączeniem do systemu UCPT (1995 r.) w UE.
- Celem tych dwóch ustaw jest trzymanie w ustrojowej (przede wszystkim rynkowej) równowadze dwóch porządków – wschodzącego i schodzącego, odpowiednio – przez trzy dekady (w kolejnych ramach planistycznych: 2030, 2040 i 2050). To oznacza, że Kodeks transformacji energetyki na obydwu „ścieżkach” (Prawa elektrycznego i Prawa energetycznego) musi wytwarzać ustawy zadaniowe (specjalne). Wstępne listy tytułów takich ustaw zawiera tabela 2.

**Tabela 2**

Proponowana (do celów dyskusji)  
struktura Kodeksu prawnego transformacji TETIPE

(polski) Kodeks prawny transformacji TETIPE	
Prawo elektryczne (nowe)	Prawo energetyczne (istniejące)
wraz z ustawami związanymi	
1. Trzy ustawy istniejące: o OZE, o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych poza obszarami morskimi, o promowaniu wytwarzania energii elektrycznej w morskich farmach wiatrowych. 2. Trzy nowe ustawy pilotażowe: o dostępie do informacji, o rynkach technicznych wirtualnych systemów elektrycznych oraz o współużytkowaniu zasobów KSE. 3. Nowa ustawa o elektroprosumeryzmie.	1. Ustawa o rynku mocy (istnieje). 2. Trzy nowe ustawy o reformie rynków końcowych: energii elektrycznej, ciepła, paliw transportowych (i gazu). 3. Ustawa o restrukturyzacji ciepłownictwa (nowa). 4. Trzy nowe ustawy o restrukturyzacji: górnictwa węgla kamiennego, sektora paliw ropopochodnych i gazownictwa.

<sup>1)</sup> Kodeks musi być zgodny z ustawodawstwem unijnym (w szczególności z właściwymi dyrektywami i rozporządzeniami). Doktryna prawna Kodeksu musi uwzględniać globalny kryzys energetyczny – jak i kryzys globalnego porządku ustrojowego. Kodeks transformacji energetycznej – mający u podstaw koncepcję (doktrynę) transformacyjną TETIPE ukierunkowaną w warstwie praktycznej na wykorzystanie krajowe – powinien być otwarciem nowego układania się z UE (wykorzystaniem warstwy teoretycznej/fundamentalnej koncepcji do formułowania celów politycznych unijnej transformacji energetycznej).

**3. Ustawa o dostępie do informacji (pierwsza z trzech ustaw pilotażowych Prawa elektrycznego).** Nie jest niespodzianką, że dwie główne bariery, na które natrafiają prace nad ustawą Prawo elektryczne, to opóźnienie powodowane (radykalnym charakterem) innowacyjności przemysłowej transformacji TETIPE, a po drugie jest to ogólna – zwłaszcza w wypadku elektroenergetyki – trudność przekraczania barier dziedzinowych między inżynierami i prawnikami, w szczególności legislatorami. Te dwie przyczyny skłoniły autora artykułu do „eksperymentalnego” zredagowania pierwszego rozdziału pierwszej ustawy pilotażowej do Prawa elektrycznego [3, 4]. Autor ma przy tym świadomość ryzyka związanego z wykorzystaniem (w eksperymencie) języka stanowiącego powiązanie języka subprawniczego i technicznego (i nie tylko tego ryzyka). Uznaje przy tym, że obecnie jest to ryzyko uprawnione, bo podjęcie trudu unifikacji tych języków w pracach rozwojowych nad Prawem elektrycznym (i ogólniej nad Kodeksem transformacji energetycznej) i tak jest nieuniknione.

**3.1.** Proponowana tu nazwa ustawy brzmi: „Ustawa o dostępie do informacji o energetycznej odporności elektroprosumenckiej”. Jest to nazwa mająca silne podstawy, doraźne praktyczne oraz docelowe teoretyczne. Mianowicie, budowa kryzysowej energetycznej odporności elektroprosumenckiej w możliwie najszerszym zakresie i najszybciej jak można jest obecnie polską racją stanu. Z drugiej strony ustawa ta – o właściwościach sandbox-u na trajektorii elektroprosumeryzacji Polski – jest wprost i całkowicie zakorzeniona w doktrynie transformacji TETIPE. Propozycja pierwszego rozdziału ustawy przedstawiona jest w **pp. 3.3**.

**3.2.** Potrzeba ekstraordynaryjnego uchwalenia ustawy o dostępie do informacji o energetycznej odporności elektroprosumenckiej nabiera szczególnego znaczenia w świetle polityki informacyjnej rządu zaprezentowanej w odniesieniu do energetyki jądrowej, czyli do transformacji PJTE (por. część 2 artykułu).

**3.3.** Ten podpunkt artykułu – obejmujący w całości rozdział 1 ustawy (7 artykułów) ma poniżej autonomiczną strukturę, właściwą dla ustaw.

## Ustawa o dostępie do informacji o energetycznej odporności elektroprosumenckiej

### Rozdział 1

#### Przepisy ogólne

#### Art. 1. Przedmiot, cel

1. Ustawa zobowiązuje rząd, Urząd Regulacji Energetyki, samorządy oraz przedsiębiorstwa energetyczne do udostępniania odbiorcom końcowym energii elektrycznej, ciepła i paliw informacji, stanowiących podstawę oceny ryzyka utraty bezpieczeństwa energetycznego na rynkach energetycznych regulowanych przez ustawę Prawo energetyczne (wraz z ustawą o rynku mocy) i umożliwienia zainteresowanym własnej oceny skutków zmiany statusu odbiorcy końcowego na status elektroprosumenta.

2. Celem ustawy jest ochrona odbiorców końcowych energii elektrycznej, ciepła i paliw przed ryzykiem utraty bezpieczeństwa energetycznego „gwarantowanego” im przez ustawę Prawo energetyczne (wraz z ustawą o rynku mocy) i umożliwienie dostatecznie wczesnego rozpoczęcia budowy własnej alternatywnej odporności elektroprosumenckiej.

#### Art. 2. Słownik

1. **wschodzące rynki elektroprosumeryzmu** – są to wschodzące rynki: 1° – pasywizacji budownictwa, 2° – elektryfikacji ciepłownictwa, 3° – elektryfikacji transportu, 4° – zwiększania efektywności wykorzystania energii elektrycznej (w tym poszerzania zakresu wykorzystania elektrotechnologii i potencjału elektryfikacji gospodarki obiegu zamkniętego), 5° – reelektryfikacji OZE;

2. **schodzące rynki końcowe energii wyprodukowanej z paliw kopalnych** – są to istniejące schodzące rynki końcowe energii wyprodukowanej z paliw kopalnych, mianowicie: 1° – energii elektrycznej, 2° – ciepła, 3° – paliw transportowych;

3. **elektroprosument** – podmiot prawny posiadający wpis do rejestru elektroprosumentów prowadzony przez Ministerstwo Finansów, umożliwiający temu podmiotowi rozpoczęcie budowy własnej odporności elektroprosumenckiej na rynkach elektroprosumeryzmu w powiązaniu z polityką podatkową państwa;

4. **transformacja energetyczna do elektroprosumeryzmu** – oznacza proces wygaszania na trajektorii A→B (A, B – stany początkowy i końcowy procesu, odpowiednio) paliw kopalnych za pomocą schodzących rynków końcowych energii i równoważenia zapotrzebowania gospodarki na energię (kończącą) za pomocą energii elektrycznej wyprodukowanej w źródłach OZE na wschodzących rynkach elektroprosumeryzmu;

5. **zasada współużytkowania zasobów KSE (ZWZ-KSE)** – zasada umożliwiająca zintensyfikowanie wykorzystania istniejących sieci KSE (szczególnie rozdzielczych nN i SN) za pomocą mechanizmów rynkowych pobudzających rozwój (kształtowanie) właściwych rozwiązań technicznych (znaczenie zasady ZWZ-KSE wynika z jej potencjału sprawczego w zakresie alokacji – na całej trajektorii A→B – wytwarzania energii w wielkich blokach przyłączonych do sieci przesyłowej NN na poziomach rynków elektroprosumenckich, z elektroprosumentami pełniącymi na nich główną rolę);

6. **sieciowy terminal dostępowy (STD)** – jest to podstawowe rozwiązanie techniczne zasady ZWZ-KSE, umożliwiające elektroprosumentowi rynkowy dostęp do zasobów KSE; terminal STD jest inteligentną wersją obecnego przyłącza (sieciowego nN lub za pomocą transformatora SN/nN) odbiorcy energii elektrycznej dającą możliwość sterowania dwukierunkowym przepływem energii na ostonie kontrolnej między rynkami energii elektrycznej: wschodzącymi elektroprosumenckimi oraz schodzącym należącym (na mocy koncesji URE) do wielkoskalowej energetyki korporacyjnej paliw kopalnych;

7. **odporność elektroprosumencka** – zdolność rynkowa elektroprosumenta do pokrycia własnego zapotrzebowania na energię przy zachowaniu praw odbiorcy energii elektrycznej na całej trajektorii A→B w zakresie wynikającym z zasady ZWZ-KSE, mianowicie: w stanie początkowym A są to prawa odbiorcy energii elektrycznej, w stanie końcowym B są to prawa elektroprosumenta do użytkowania infrastruktury sieciowej charakterystycznej dla dojrzałych rynków elektroprosumeryzmu ukształtowanych w wyniku wygaszenia paliw kopalnych (na trajektorii A→B elektroprosument wykorzystuje własne inwestycje materialne i niematerialne do zmniejszenia swoich kosztów zaopatrzenia w energię, w tym obniżenia własnego ryzyka spowodowanego niewystarczającym poziomem bezpieczeństwa energetycznego zapewniającego mu ochronę przed bankructwem i/lub wykluczeniem energetycznym).

#### Art. 3. **Obowiązki rządu**

1. obowiązek rządu w sprawie zapewnienia dostępu do publicznej informacji w zakresie polityki energetycznej państwa obejmuje:
  - 1.1. zestaw głównych parametrów planistycznych – w kolejnych ramach planistycznych: 2030, 2040 i 2050 – w postaci procentowych celów wygaszania istniejących schodzących rynków końcowych energii;
  - 1.2. informację o wykluczeniu możliwości uczestniczenia państwa (bezpośredniego oraz poprzez spółki zależne od państwa) w finansowaniu, a także w zakresie gwarancji finansowych dla inwestycji w energetykę jądrową, zarówno w postaci wielkich bloków jądrowych klasy 1000-1600 MW, jak również małych modułowych bloków SMR;
2. informację rządu (ministerstwa właściwego do spraw transformacji energetycznej) w sprawie zapewnienia dostępu do publicznej informacji o zestawie głównych parametrów planistycznych transformacji energetycznej 2030, 2040 i 2050, którymi są procentowe cele określające wzrost wschodzących rynków elektroprosumeryzmu;
3. informację rządu (ministerstwa finansów) w sprawie dostępu do publicznej informacji o zestawie głównych parametrów budżetowych dotyczących elektroprosumenckich podatków: „celnego” i „akcyzowego” oraz ulg podatkowych w obszarze podatków, VAT i CIT przysługujących elektroprosumentom.

#### Art. 4. **Obowiązki Urzędu Regulacji Energetyki**

1. obowiązek URE w sprawie zapewnienia dostępu do informacji o wykorzystywanych wskaźnikach w praktyce stanowienia taryf na energię elektryczną, gaz i ciepło sieciowe (zaskarżalnych do sądu) stanowiących praktyczną miarę bezpieczeństwa energetycznego;
2. obowiązek informowania w sprawie pokrywania kosztów odmowy zgody URE na inwestycje odbiorców końcowych energii elektrycznej w postaci linii bezpośrednich;

3. obowiązek URE w sprawie zapewnienia dostępu do publicznej informacji dotyczącej jednostronnego wypowiedzania umów sprzedaży energii elektrycznej, gazu i ciepła sieciowego przez przedsiębiorstwa posiadające koncesje URE.

#### Art. 5. **Obowiązki jednostek samorządu terytorialnego (JST)**

1. obowiązek JST w sprawie zapewnienia dostępu do publicznej informacji w zakresie założeń do planów zaopatrzenia:
  - 1.1. rozszerzony obowiązek dotyczący jednostki JST w sprawie założeń do planu zaopatrzenia w energię elektryczną, ciepło i paliwa gazowe, uwzględniających wymagania związane z budową elektroprosumenckiej odporności kryzysowej;
  - 1.2. rozszerzony obowiązek dotyczący jednostki JST w sprawie planu zaopatrzenia w energię elektryczną, ciepło i paliwa gazowe, uwzględniającego wymagania związane z budową elektroprosumenckiej odporności kryzysowej;
2. rozszerzony obowiązek JST w sprawie planu zagospodarowania przestrzennego, uwzględniającego wymagania związane z budową elektroprosumenckiej odporności kryzysowej;
3. obowiązek JST w sprawie zestawu głównych parametrów planistycznych 2030, 2040 i 2050, którymi są cele na wszystkich wschodzących rynkach elektroprosumeryzmu w osłonie kontrolnej JST;
4. obowiązek JST w sprawie zapewnienia dostępu do zestawu informacji w zakresie stosowanej zasady pomocniczości przysługującej elektroprosumentowi.

#### Art. 6. **Obowiązki przedsiębiorstw energetycznych**

1. obowiązki Towarowej Giełdy Energii w sprawie ogłaszania komunikatów o ryzyku utraty bezpieczeństwa energetycznego na rynku schodzącym energii elektrycznej;
2. obowiązki operatora OSP w zakresie planów rozwojowych sieci przesyłowych;
3. obowiązki operatorów OSD w zakresie zdolności przyłączeniowych sieci rozdzielczych;
4. obowiązek udostępniania informacji przez wytwórców energii elektrycznej z paliw kopalnych działające na podstawie koncesji Urzędu Regulacji Energetyki w zakresie planów wygaszania realizacji zasady ZWZ-KSE.

#### Art. 7. **Obowiązki i prawa uczestników rynków elektroprosumenckich**

1. elektroprosument jako uczestnik rynków elektroprosumenckich ma następujące obowiązki i prawa;
2. ma obowiązek płacenia podatków (składania zeznań podatkowych) obejmujących podatki i paropodatki elektroprosumenckie;
3. ma obowiązek składania informacji do właściwego urzędu o zakupie paliw kopalnych oraz energii elektrycznej z KSE;
4. ma prawo do uwzględnienia w zeznaniu podatkowym przysługujących mu inwestycyjnych ulg podatkowych.

Pozycje od [1] do [4] w załączonym wykazie stanowią w szczególności artykuły źródłowe teorii monizmu elektrycznego (tripletu paradygmatycznego) oraz Prawa elektrycznego i jego trzech ustaw pilotażowych. Artykuły [9], [10] i Raport [17] stanowią ważne źródło literaturowe weryfikacji najważniejszych hipotez koncepcji transformacji TETIP (czyli stanowią silne potwierdzenie poprawności tej koncepcji).

- [1] Popczyk J., *Transformacja Energetyki. Paradygmatyczny triplet i mapa oraz trajektoria*. „Śląskie Wiadomości Elektryczne” nr 5/2018 (cz.1 i 2), nr 1/2019 (cz. 3).
- [2] Szargut J., *Termodynamika techniczna*. Wydawnictwa Politechniki Śląskiej. Gliwice 2011.
- [3] Popczyk J., *Prawo elektryczne – mapa prac rozwojowych i proponowana struktura (rozdziały) ustawy*. „Energetyka” 2021, nr 7, Biuletyn PPTe2050 nr 2(4)/2021.
- [4] Popczyk J., *Ustawa o dostępie do informacji – początek Prawa elektrycznego*. „Energetyka” 2021, nr 10, Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu nr 2(3)/2021.
- [5] Popczyk J., *Oddolna budowa odporności elektroprosumenckiej JST w miejsce bezpieczeństwa energetycznego w schodzącej rządowej polityce energetycznej*. „Energetyka” 2022, nr 1, Biuletyn PPTe2050 nr 1(5)/2022.
- [6] Popczyk J., *Potrzeba i bariery konsolidacji ustaw pilotażowych do Prawa elektrycznego w procesie budowy niskoentropijnej kryzysowej odporności elektroprosumenckiej*. „Energetyka” 2022, nr 5, Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu nr 1(4)/2022.
- [7] Popczyk J., *Polski triplet realizacyjny TETIP do elektroprosumeryzmu w perspektywie 2022/2023 na trajektorii do nowego porządku świata*. „Energetyka” 2022, nr 8, Biuletyn PPTe2050 nr 2(6)/2022.
- [8] Popczyk J., *Artykuł wstępny do Biuletynu PPTe2050 nr 2(6)/2022*, „Energetyka” 2022, nr 8 oraz propozycja przedstawiona Parlamentarnemu Zespołowi ds. Prawa elektrycznego na posiedzeniu w dniu 5 października 2022 r.

#### Testowanie (weryfikacja) transformacji TETIPE

- [9] Jacobson M., Krauland A., Coughlin S., Dukas E., Nelson A., Palmer F., Rasmussen K., *Low-cost solutions to global warming, air pollution, and energy insecurity for 145 countries*. “Energy & Environmental Science”. Paper, View Article Online (czerwiec 2022).

- [10] Rupert Wey, Matthew C. Ives, Penny Mealy, J. Doayne Farmer, *Empirically grounded technology forecasts and the energy transition*. Joule – CelPres Open Access. (sierpień 2022).
- [11] *Defence Production Act*. Ustawa podpisana przez Prezydenta USA na początku czerwca 2022 r.
- [12] *Inflation Reduction Act*. Ustawa podpisana przez Prezydenta USA w połowie sierpnia 2022 r.
- [13] *Energiewende 2.0. Transformation zu globaler Nachhaltigkeit – Ressortbericht zur Umsetzung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie und der SDGs*. Ministerstwo Współpracy Gospodarczej i Rozwoju Niemiec, 2022.
- [14] Chińskie ostrzeżenia. XX zjazd KC Komunistycznej Partii Chin, październik 2022.
- [15] Popczyk J., Bodzek K., *Wpływ uruchomienia elektrowni jądrowej na otaczający region, w tym na lokalny rynek pracy, turystykę, ceny nieruchomości i środowisko naturalne – analiza ze szczególnym uwzględnieniem przypadku Finlandii*. Ekspertyza OE-401 opracowana na zlecenie Senatu RP, Warszawa 2022.
- [16] *Karta Efektywnej Transformacji Sieci Dystrybucyjnych Polskiej Energetyki*. Podpisana przez URE i operatorów OSD (ENEA Operator, ENERGA-OPERATOR, PGE Dystrybucja, Stoen Operator, TAURON Dystrybucja) w porozumieniu z: ministrami: Klimatu i Środowiska, Aktywów Państwowych, Funduszy i Polityki Regionalnej, Rozwoju i Technologii oraz pełnomocnikiem ds. Strategicznej Infrastruktury Energetycznej. Warszawa, 7 listopada 2022.
- [17] *Model energetyczny dla m. st. Warszawy w perspektywie roku 2050 uwzględniający warunki elektroprosumeryzmu*. Projekt badawczy zrealizowany przez Biuro Infrastruktury m. st. Warszawy w latach 2020-2022, wykonawca – *Energopomiar*. Raport końcowy (1116 stron), Gliwice, listopad 2022. Wyniki po raz pierwszy zostały zaprezentowane publicznie w listopadzie 2022: na Konwersatorium Inteligentna Energetyka, Gliwice, P. Plis oraz na XVII Forum Operatorów Systemów i Odbiorców Energii i Paliw, Warszawa, A. Kochaniewicz.
- [18] Szrot M., Konopka Z., Kosidowski Z., Paluszczak D. *Transformacja energetyczna w trybie innowacji przełomowej do elektroprosumeryzmu (TETIPE) – studium przypadku Energo-Complex*. „Energetyka” 2022, nr 11, Biuletyn RE nr 2(5)/2022.



# ODPORNÓŚĆ ELEKTROPROSUMENCKA vs BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE – modele pokrycia zapotrzebowania

## ELECTROPROSUMERIC RESILIENCE VS ENERGY SECURITY – models to cover the demand

Rozwój technik teleinformatycznych pozwala na zamodelowanie dotychczasowych rozległych systemów energetycznych z nadrzędnym kryterium w postaci bezpieczeństwa energetycznego. W takim porządku do modelowania wykorzystuje się podejście indukcyjne, czyli prognozy obejmujące obecne tendencje i historyczne dane statystyczne, często bazując na modelach regresyjnych. Pozwala to na modelowanie rozwoju systemu poprzez innowacje przyrostowe. Innowacje przełomowe, charakterystyczne dla elektroprosumeryzmu, wpływają na zmianę podstaw funkcjonowania obecnego rynku energii, a to wymaga algorytmów uwzględniających zachowania behawioralne i modelowanie heurystyczne. W wielu przypadkach stosowane są modele probabilistyczne. Konieczne jest przejście do twardych faktów i zasad wynikających w elektroprosumeryzmie z tripletu paradygmatycznego. Takie podejście do rozwoju jest charakterystyczne dla modeli dedukcyjnych, które pozwalają na weryfikację transformacji realizowanej w trybie innowacji przełomowych do elektroprosumeryzmu (TETIPE). W artykule opisano ogólny algorytm modelowania. Opisano dostępność danych oraz ideą budowania odporności elektroprosumenckiej, a także zamieszczono tablicę współzależności pomiędzy kompetencjami a funkcjonalnościami systemu (WSE). Zaproponowano modelowanie adekwatności dostaw w elektroprosumeryzmie w miejsce obecnego bezpieczeństwa energetycznego.

**Słowa kluczowe:** transformacja energetyczna, bezpieczeństwo energetyczne, adekwatność dostaw, modelowanie systemów

Development of IC technologies makes it possible to model the present extensive power systems with an overarching criterion in the form of energy security. In such configuration, for the process of this modelling the inductive approach is used i.e. projections including current trends and historical and statistical data, often basing on regression models. This allows modelling of a system development through incremental innovations. Breakthrough innovations, characteristic for electroprosumerism, influence the changes of the present energy market functioning foundations and it needs algorithms taking into account behavioural patterns and heuristic modelling. In many cases probabilistic models are applied. It is necessary to move to solid facts and principles resulting in electroprosumerism from the paradigmatic triplet. Such attitude to the development is characteristic for deductive models which allow to verify transformation realized in the breakthrough innovation mode to electroprosumerism (TETIPE). Described is here the general modelling algorithm, data availability and the idea of building the electroprosumeric resilience. Attached is a table showing interdependencies between competences and functionalities of the system (WSE). Suggested is modelling of supply adequacy in electroprosumerism in exchange for the current energy security.

**Keywords:** energy transition, energy security, supply adequacy, system modelling

### Wprowadzenie

Rozwój jest cechą immanentną każdego sektora gospodarki. Jest on determinowany wieloma czynnikami, które wpływają na to, w jaki sposób i w jakim kierunku zmiany będą podążać. W gospodarce wolnorynkowej jedną z głównych przyczyn rozwoju jest konkurencja, a co za tym idzie dążenie do przejmowania kolejnych obszarów i zwiększanie swojego udziału w rynku. Jest to doskonale widoczne właściwie w każdym obszarze gospodarki, gdzie potentaci światowi starają się zagarnąć dla siebie jak największą liczbę klientów, a zmiany w rankingu największych producentów są szeroko komentowane.

W przypadku wielkoskalowej energetyki korporacyjnej paliw kopalnych (WEK-PK), bardzo często konkurencja jest tylko pozorna, a rozwój związany jest z celami politycznymi. Bardziej zależny od geopolityki jest tylko sektor militarny. Powoduje to, że decyzje o sposobie funkcjonowania systemów często nie wynikają z racjonalnych przesłanek (np. rachunku ekonomicznego), ale z chęci osiągnięcia pewnych, niestety bardzo często krótkoterminowych, celów politycznych. Przykładem może być eliminacja lądowych elektrowni wiatrowych w obowiązującym stra-

tegicznym dokumencie Polityka energetyczna Polski do 2040 r. (PEP2040[1]), mimo najniższych kosztów produkcji energii elektrycznej z tej technologii.

W przypadku budowania odporności elektroprosumenckiej uwarunkowania geopolityczne mają mniejsze znaczenie, chociaż oczywiście nie można o nich zapomnieć, ponieważ tworzenie planów rozwojowych bazuje przede wszystkim na zasobach własnych, następnie lokalnych, a dopiero w następnej kolejności na Wielkoskalowej Energetyce Korporacyjnej (WEK).

### Modele rozwoju energetyki

Modele rozwoju energetyki tworzone są w różnych celach. Obejmują one typowe modele techniczne, w których rozważane są jedynie zagadnienia związane z produkcją, przesyłem i dystrybucją energii, natomiast pozostałe elementy, w tym np. wpływ na środowisko jest bardzo często pomijany. Przykładem tego typu modeli może być MARKAL i jego późniejsze modyfikacje [2]. Danymi wejściowymi są w tym przypadku makroekonomiczne prognozy związane m.in. z dostępnością technologii czy zapotrzebowaniem na energię (paliwa).

Bardziej zaawansowane modele uwzględniają, oprócz warstwy technicznej, również rozbudowane zależności ekonomiczne. Jednym z bardziej znanych i często wykorzystywanych modeli tego typu jest model PRIMES (Price-Induced Market Equilibrium System) [3]. Jest to stosowany na dużą skalę model, który zapewnia szczegółowe prognozy zapotrzebowania na energię, podaży, cen i nakładów inwestycyjnych, obejmujący systemy energetyczne, w tym m.in. infrastrukturę i rynki. Cechą wyróżniającą PRIMES jest połączenie modelowania behawioralnego (opartego na podstawach mikroekonomicznych) z aspektami inżynierskimi, obejmującymi wszystkie sektory i rynki energetyczne. Algorytmy modelu poszukują cen dla każdej postaci energii, przy których zapotrzebowanie konsumenta jest najlepiej zaspokajane przez ofertę producentów.

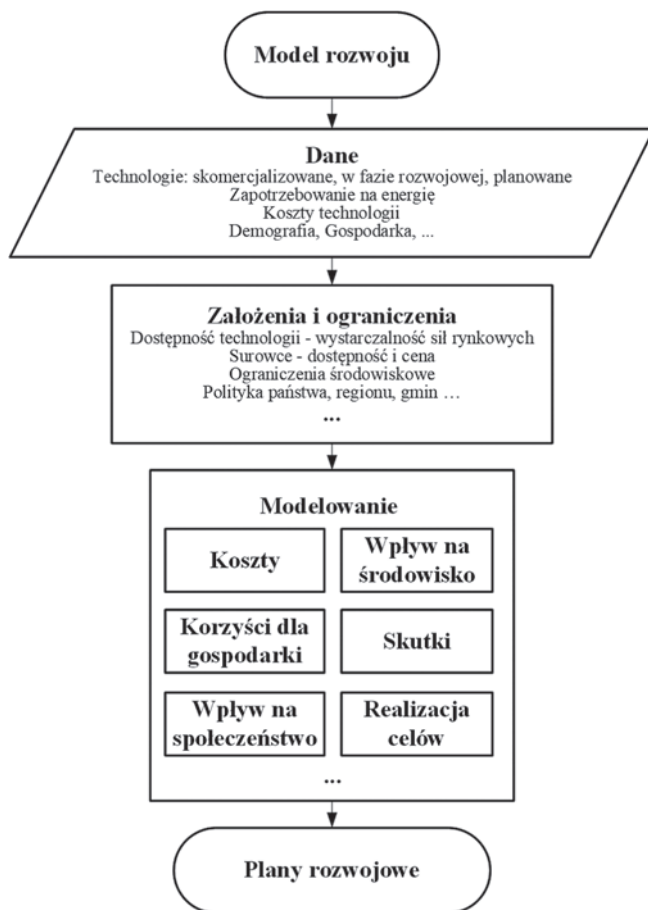
Model ten umożliwia modelowanie europejskiej sieci elektroenergetycznej oraz rynków energii w poszczególnych krajach i jest wykorzystywany m.in. przez Komisję Europejską [4] do prognozowania zapotrzebowania na energię, dostaw, cen, handlu i emisji dla krajów europejskich oraz oceny wpływu polityki energetycznej na przedstawione aspekty.

Oprócz opisanych modeli istnieje wiele innych, dedykowanych zarówno dla rozwiązań światowych jak i lokalnych. Mimo że dostępne są modele behawioralne i probabilistyczne, które są szczególnie istotne w przypadku dużego wysycenia analizowanego obszaru źródłami z produkcją wymuszoną, to w dalszym ciągu bardzo często wykorzystuje się modele regresyjne, z nadrzędnym celem w postaci bezpieczeństwa energetycznego. W takich modelach implementacja przełomowych technologii i rozwiązań rynkowych jest utrudniona.

Ogólny algorytm modelowania można sprowadzić do kilku elementów (rys. 1), które pozwalają w sposób syntetyczny opisać potrzebne aspekty i sposób postępowania. Poniżej wymieniono główne elementy algorytmu.

- **Dane** – są to informacje o aktualnej sytuacji (stan A), na które mogą składać się takie elementy, jak: aktualny miks energetyczny, stopień rozwoju i koszt poszczególnych technologii, zapotrzebowanie na energię, zmiany demograficzne, kondycja gospodarki. Bardzo często, szczególnie w modelach technicznych, parametrem wejściowym są szacowane (na podstawie innych modeli) planowane trajektorie rozwoju technologii czy zmiany zapotrzebowania, a ostatnio wpływ na środowisko, jednak często jedynie ze względu na ślad węglowy.
- **Założenia i ograniczenia** – jest to najważniejsza, a zarazem najtrudniejsza część tworzenia modeli. Założenia pozwalają na uproszczenia rzeczywistych warunków, ale również mogą wynikać z zakładanych celów, jak np. osiągnięcie neutralności klimatycznej (np. całkowita eliminacja gazów cieplarnianych do 2050 r.), ograniczenie zużycia krytycznych surowców (np. Litu) czy minimalizacja kosztów inwestycyjnych. Na tym etapie definiowane są również funkcje celu, na podstawie których algorytmy obliczeniowe będą mogły przeprowadzić optymalizację. Ograniczenia wynikają z dwóch głównych obszarów. Pierwszy to ograniczenia techniczne, wynikające np. z dostępności technologii lub koniecznego do zainstalowania miejsca. Drugi typ ograniczeń wynika z legislacji, tj. konieczności dotrzymania celów politycznych czy ograniczenia związane z dostępnością terenów na obszarach chronionych.

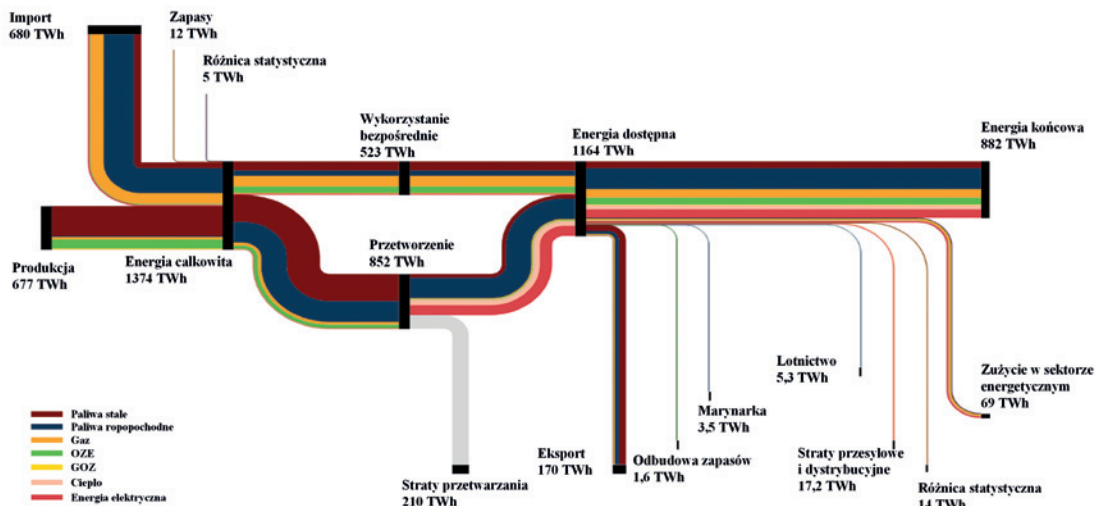
- **Modelowanie** – czyli wykorzystanie środowisk obliczeniowych i algorytmów prognostycznych do obliczenia szukanego wielkości (np. miks energetyczny) w zadanym horyzoncie czasu, uwzględniając zdefiniowaną funkcję celu. Zazwyczaj modelowanie wykorzystuje wiele specjalizowanych modułów dedykowanych (submodeli) dla danego zagadnienia (np. prognoza zapotrzebowania), które składają się na model całościowy. Submodele mogą, ale nie muszą mieć sprzężenia pomiędzy sobą, które pozwalają na analizę wpływu jednego zagadnienia na inne.



Rys. 1. Ogólny algorytm modelowania rozwoju energetyki

Przedstawiony (rys. 1) ogólny algorytm modelowania rozwoju energetyki uwzględnia wiele aspektów, w tym elementy społeczne. Rozbudowane modele rozwojowe bardzo często określa się jako modele „3E” energia – ekonomia – ekologia, ponieważ są to obszary najistotniejsze w określaniu funkcjonalności i kształtu przyszłych systemów, a także pozwalają na ocenę wpływu planowanych scenariuszy pod kątem realizacji polityki klimatycznej.

Przytoczony sposób modelowania wykorzystuje się w obecnie prowadzonych analizach rozwojowych. Jednak przy tworzeniu scenariuszy kluczowym elementem modelowania jest zapewnienie bezpieczeństwa dostaw energii do odbiorców, poprzez utrzymanie równowagi między zapotrzebowaniem a dostępnością mocy wytwórczych, a aspekty związane z włączeniem odbiorców (elektroprosumentów) w przyszły kształt systemu energetycznego są bardzo często pomijane.

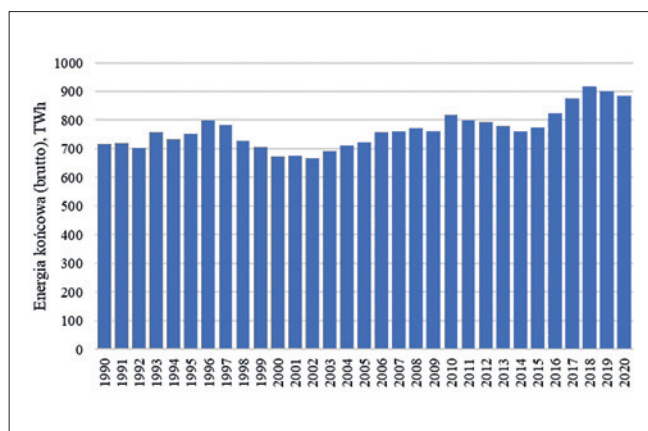


Rys. 2. Wykres Sankeya uzyskania energii końcowej (brutto) dla Polski w 2020 r. [10]

## Dostępność danych

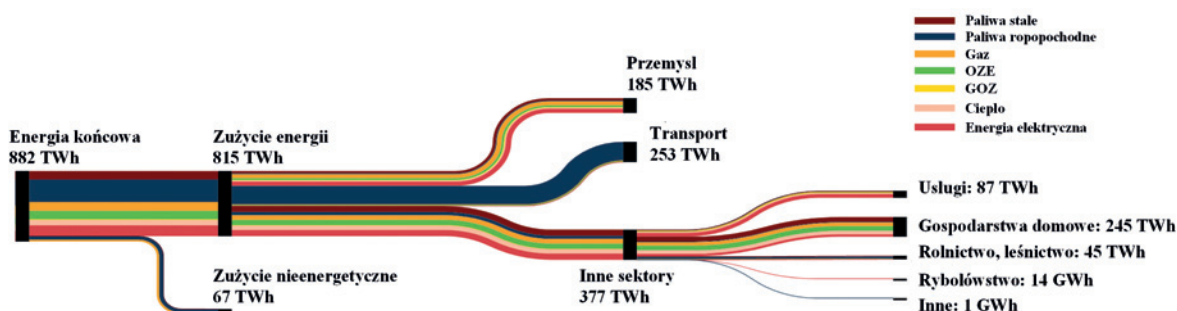
Dostęp do danych statystycznych możliwy jest poprzez stronę Głównego Urzędu Statystycznego [5], ale także Urzędu Statystycznego Unii Europejskiej (EUROSTAT [6]). Istnieje również wiele stron dedykowanych szczegółowym zagadnieniom. Dla przykładu w zakresie energii elektrycznej wiele danych o pracy systemów elektroenergetycznego czy cenie energii jest dostępnych na stronach operatora *Polskich Sieci Elektroenergetycznych (PSE [7])*, Towarowej Giełdzie Energii (TGE[8]) oraz platformie ENTSO-E [9]. Jednak dostępność danych, ale przede wszystkim sposób ich reprezentacji oraz przedstawione kategorie bardzo często wynikają z usystematyzowania charakterystycznego dla obecnych systemów, a ich wykorzystanie w przypadku niestandardowego podejścia do modelowania wymaga własnych analiz i przetworzenia danych.

Przykładem tego typu danych statystycznych jest wykres Sankeya uzyskania energii końcowej (brutto), uwzględniający produkcję własną, ale również import energii (rys. 2). Przedstawione dane uwzględniają: paliwa stałe, paliwa ropopochodne, gaz, OZE, ciepło i energię elektryczną. Pozwalają na oszacowanie m.in. strat związanych z przetworzeniem energii i wykorzystaniem poszczególnych nośników energii. Co więcej dostępne są dane historyczne od 1990 roku (rys. 3), dla każdej prezentowanej na wykresie danej. Pozwala to na analizę statystyczną trendów.



Rys. 3. Zmiana energii końcowej (brutto) dla Polski [10]

Głównym mankamentem jest opóźniony dostęp do informacji. Dla przykładu dostęp do danych (listopad 2022 r.) prezentowanych na rysunkach od 2 do 4 ograniczony jest tylko do roku 2020. Takie opóźnienie w dostępie powoduje, że niezwykle dynamiczna zmiana sytuacji na rynku energii i paliw spowodowana najpierw wysokimi cenami w roku 2021, a następnie wojną na Ukrainie nie pozwala na tworzenie wiarygodnych modeli bazujących na analizach trendów.



Rys. 4. Wykres Sankeya rozpięty energii końcowej (brutto) na poszczególne sektory w Polsce w 2020 r. [10]

Dodatkowo, wykresy umożliwiają rozwinięcie wykorzystania energii końcowej na zużycie nieenergetyczne oraz w przemyśle, transporcie i innych sektorach (zwłaszcza w usługach i gospodarstwach domowych). Jest to daleko niewystarczające do przeprowadzenia szczegółowych analiz, w których znacznie bardziej istotne są lokalne uwarunkowania.

Analogicznie jak w przypadku sektorów energetycznych również gromadzone przez urzędy statystyczne dane z innych sektorów mają coraz mniejsze znaczenie dla analiz w elektroprosumeryzmie, ze względu na przelomowy charakter rozwiązań, a więc zmianę obecnych trendów.

## Modelowanie odporności elektroprosumenckiej

Odporność elektroprosumencka to końcowy stan procesu budowania własnej niezależności energetycznej, aż do osiągnięcia racjonalnego (uzasadnionego ekonomicznie) poziomu samowystarczalności energetycznej, realizowana zgodnie z trajektorią TETIPE w sekwencji [11]:

$$[on\ OK(WSE) \rightarrow on/off\ OK(WSE) \rightarrow off\ OK(WSE)]\ grid(KSE). \quad (1)$$

wszędzie tam, gdzie jest to możliwe.

Odporność elektroprosumencka obejmuje wykorzystanie energii elektrycznej jako energii napędowej, zastępując wszystkie obecne rynki paliw kopalnych. Realizowana jest w środowisku kosztu krańcowego i efektywności krańcowej oraz zasady pomocniczości.

Należy podkreślić, że osiągnięcie pełnej odporności elektroprosumenckiej (rys. 5) jest racjonalne przy obecnych technologiach jedynie w przypadku gospodarstwa domowego oraz obszarów wiejskich z elektrownią lub mikroelektrownią biogazową, ale wymaga to wielu inwestycji okołoenergetycznych, w tym głębokiej pasywizacji budownictwa. W przypadku innych osłon kontrolnych, mimo że jest to technicznie możliwe, wymaga to dużych nakładów w magazyny energii lub/i wprowadzenia cenotwórstwa czasu rzeczywistego. Dlatego, że obecnie nie istnieją rynki elektroprosumeryzmu [12], które pozwoliłyby na handel energią z innymi osłonami kontrolnymi, a wykorzystanie potencjału przekształtników do lokalnego bilansowania wymaga zmiany prawa.

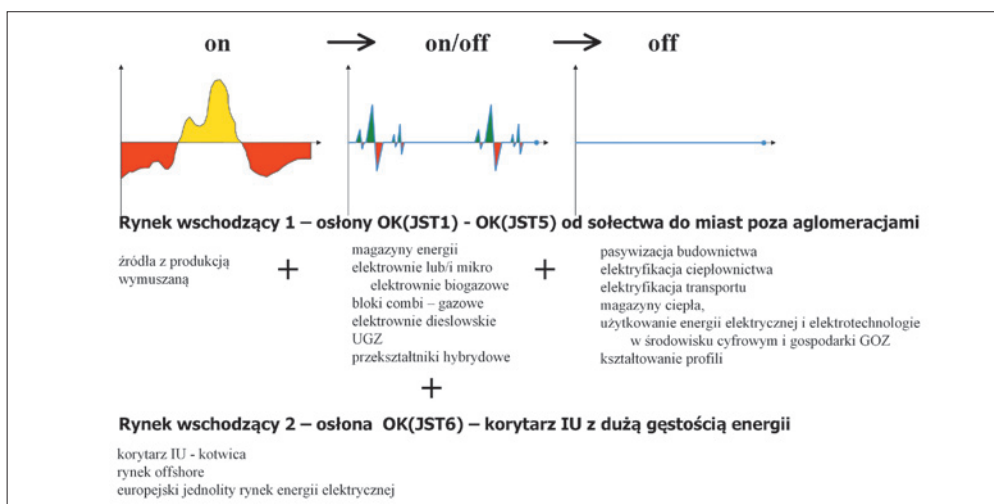
Kolejnym elementem budowania odporności elektroprosumenckiej jest wykorzystanie istniejących zasobów własnych, np. w postaci układów gwarantowanego zasilania (UGZ), które w modelowaniu bezpieczeństwa energetycznego są pomijane, ale stanowią istotne wsparcie w bilansowaniu lokalnym, a przez ich liczbę (autor szacuje, że moc tego typu instalacji w Polsce może wynosić nawet 2 GW) mogą stanowić realne wsparcie transformacji.

W modelowaniu odporności elektroprosumenckiej zmienia się podejście do zaspokajania potrzeb energetycznych. Jedną z najistotniejszych zmian w porównaniu z modelowaniem bezpieczeństwa energetycznego jest odejście od paradygmatu, że energia ma być dostępna zawsze i wszędzie. Paradygmat ten wynika bezpośrednio ze sposobu, w jaki obecnie Operatorzy Systemów Dystrybucyjnych (OSD) są rozliczani przez Urząd Regulacji Energetyki (URE) z realizacji dostaw energii. Jednym z bardzo istotnych parametrów jest jakość energii, a zwłaszcza współczynniki związane z zapewnieniem ciągłości zasilania (SAIDI – wskaźnik przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej i bardzo długiej, SAIFI – wskaźnik przeciętnej systemowej częstości przerw długich i bardzo długich, MAIFI – wskaźnik przeciętnej częstości przerw krótkich). Takie podejście bardzo silnie ogranicza rolę odbiorcy w systemie KSE, ponieważ ma on, przynajmniej w założeniach, zawsze dostęp do energii.

Kolejną bardzo ważną różnicą jest to, że elektroprosumeryzm obejmuje swym zasięgiem całą gospodarkę. Wynika to bezpośrednio z obszarów elektroprosumeryzmu obejmujących [14]:

- 1 – pasywizację budownictwa,
- 2 – elektryfikację ciepłownictwa,
- 3 – elektryfikację transportu;
- 4 – użytkowanie energii elektrycznej, rozwój elektrotechnologii, przemysł 4.0, gospodarka GOZ;
- 5 – reelektryfikację OZE.

Powoduje to, że m.in. usługi budowlane, instalatorskie, operatorskie i inne nie są traktowane jako powiązane z transformacją, ale stanowią jej integralną część, a podczas analizy sił rynkowych w tworzonych modelach nie można ich pomijać. Jednak najważniejsze jest to, że integralność ta wynika nie z rozbudowy systemu, ale bardzo często z funkcjonalności, które do tej pory były poza zasięgiem energetyki.



Rys. 5. Idea budowania odporności elektroprosumenckiej

W tablicy 1 opisano jakościowo współzależności potrzebnych kompetencji dla wybranych funkcjonalności systemu(WSE). Z tablicy wynika, że transformacja obejmuje praktycznie wszystkie dziedziny nauki, chociaż rozkład potrzeb nie jest jednolity.

Analiza makroekonomiczna powiązań sektorowych w modelach rozwojowych może obejmować wiele aspektów, ale zazwyczaj podstawą do jej tworzenia są istniejące zasady rynkowe i panujące na nim współzależności. Modelowanie elektroprosumeryzmu wymaga odejścia od obecnych zasad funkcjonowania rynku i wytworzenia nowych mechanizmów. Tworzy więc podstawę do zmiany podejścia indukcyjnego (w którym pierwotnym punktem rozumowania jest stan obecny), na dedukcyjne (w którym podstawą do analiz są przesłanki). Inaczej, w rozumowaniu indukcyjnym mamy do czynienia z przeszłymi wzorcami zachowań, a konieczne jest przejście do twardych faktów i zasad.

W elektroprosumeryzmie zasadami są trzy paradygmaty: prosumencki, egzergetyczny i wirtualizacyjny [14], na podstawie których określa się potrzebne zasoby do ich realizacji. W przypadku modelowania bezpieczeństwa energetycznego, na podstawie zachowań dąży się do określenia wzorca dalszego rozwoju.

**Tablica 1**

Tablica jakościowa współzależności potrzebnych kompetencji dla wybranych funkcjonalności systemu(WSE)

Funkcjonalności	Kompetencje											
	Elektrotechnika	Energetyka	Energoelektronika	Automatyka	Informatyka	Mechanika	Środowisko	Architektura i budownictwo	Ekonomia	Sociologia	Prawo	Inne
Planowanie	3	4	2	3	2	2	5	5	5	4	5	.
Inwestycje	4	4	2	2	2	2	4	4	5	2	5	.
Rozbudowa	5	3	2	2	2	5	3	4	2	2	2	.
Optymalizacja	3	3	5	5	5	2	3	2	3	1	1	.
O&E	5	3	2	3	3	5	1	1	4	1	1	.
Bilansowanie	2	3	5	5	5	2	1	1	1	1	1	.
Reakcja na awarie	5	3	2	2	3	5	1	1	1	1	1	.
Rozliczenia	1	1	1	1	4	1	1	1	5	3	4	.
Budowanie świadomości	3	3	3	3	3	3	4	3	4	5	3	.

Oczywiście w każdym modelu spotyka się ograniczenia (warunki brzegowe), które wynikają np. z polityki klimatycznej, które jak w każdym modelowaniu ułatwiają, a w niektórych przypadkach wręcz pozwalają na uzyskanie zbieżności modeli komputerowych. Należy również pamiętać, że bardzo często warunki brzegowe wręcz definiują rozwiązania (a przynajmniej bardzo silnie je wymuszają).

## Adekwatność dostaw w miejsce bezpieczeństwa energetycznego

Zgodnie z ustawą Prawo energetyczne bezpieczeństwo definiuje się jako: *Stan gospodarki umożliwiający pokrycie bezpiecznego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię w sposób technicznie*

*i ekonomicznie uzasadniony, przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska, jednak znacznie lepiej bezpieczeństwo energetyczne opisane jest przez Międzynarodową Agencję Energetyczną (ang. International Energy Agency, IEA): Bezpieczeństwo energetyczne to dostęp do energii obejmujący dostępność zasobów, spadającą zależność od importu, mniejsze negatywne skutki dla środowiska, konkurencję i efektywność rynkową, poleganie na własnych źródłach energii, które są środowiskowo czyste.*

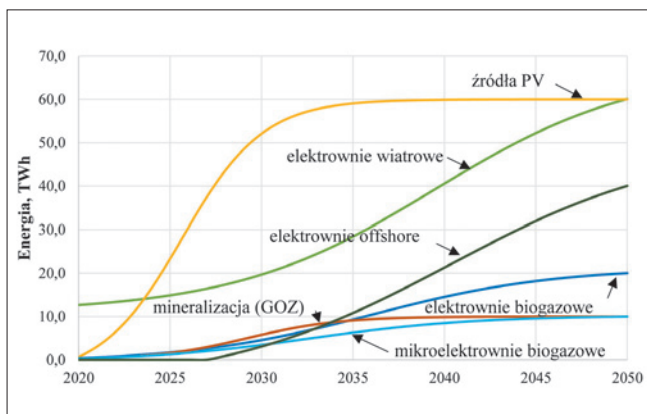
Obydwie definicje bezpieczeństwa energetycznego obejmują trzy aspekty, mianowicie: technikę, ekonomię oraz środowisko. Obecnie żaden ze zdefiniowanych aspektów nie jest spełniony nie tylko w Polsce, ale również w Unii Europejskiej. Coraz częściej mówi się o możliwych problemach z dostawą energii w zimie. Cena energii osiąga wartości niespotykane do tej pory, a ponadto zwiększają się emisje, ze względu na konieczność uruchomienia przestarzałych elektrowni węglowych. Wpływ na to ma sytuacja geopolityczna, ale główną przyczyną jest uzależnienie całej Europy od paliw kopalnych i to niestety w dużej części z krajów o niestabilnej polityce, w tym Rosji. Niestety, w tym kontekście nie ma możliwości natychmiastowego uniezależnienia się od paliw kopalnych, a proces transformacji będzie trwał wiele lat. Należy jednak już teraz prowadzić go w sposób, który nie doprowadzi po rezygnacji z jednego paliwa kopalnego (węgla), na rzecz innego (np. gazu). Dlatego potrzebna jest transformacja w trybie innowacji przełomowej do elektroprosumeryzmu [11], zmieniająca bezpieczeństwo energetyczne adekwatnością dostaw.

Adekwatność dostaw w elektroprosumeryzmie to zapewnienie pokrycia potrzeb energetycznych za pomocą zasobów własnych (źródeł, magazynów, ...) wykorzystując lokalne bilansowanie, prognozy, funkcjonalności przekształtników, a także wykorzystując dostęp do zasobów KSE wtedy, gdy jest to konieczne, z uwzględnieniem zasady ZWZ-KSE. Inaczej, jest to włączenie elektroprosumenckich w budowanie odporności elektroprosumenckiej poszczególnych oślon kontrolnych, aż do oślon OK5 na połączeniach transgranicznych. Takie podejście wymusza zmianę sposobu modelowania rozwoju, a to wymaga zmian modeli. W przeciwnym wypadku konieczne będzie dublowanie mocy zainstalowanej w źródłach po to, żeby odbiorca w teorii miał zawsze zapewniony dostęp do energii. Będzie to wymagało w skrajnym przypadku zainstalowania takiej mocy w źródłach na paliwa kopalne, żeby zabezpieczyć całą moc zapotrzebowaną. Rolę tę mogą przejąć magazyny energii, ale ich pojemność będzie gigantyczna. Bez uwzględnienia możliwości aktywnego kształtowania profilu przez odbiorców można znaleźć opracowania, które szacują potrzebną pojemność w systemach z dużym udziałem źródeł OZE na taką, która pozwala zapewnić pełne pokrycie potrzeb energetycznych od 24 h [16] do nawet 15 dni.

Realizacja transformacji z uwzględnieniem adekwatności dostaw (w miejsce bezpieczeństwa energetycznego) pozwala na bardzo duże ograniczenie potrzebnych magazynów energii, dopuszczając, że w sytuacjach z małą produkcją energii w źródłach z produkcją wymuszoną odbiory krytyczne będą miały zapewnione zasilanie, a mechanizmy rynkowe, poprzez dynamiczną cenę, doprowadzą do równowagi popytu i podaży. Powoduje to, że dopuszcza się w modelowaniu odporności elektroprosumenckiej okresu, w których wystąpi deficyt. W tym kontekście warto przytoczyć analizę osiągnięcia neutralności klimatycznej dla Nowego Jorku [17], w którym autorzy z góry zakładają, że 20% rynku nie będzie modelowane, a jego kształt będzie wynikał bezpośrednio z działań mechanizmów rynkowych.

## Trajektorie transformacyjne – studium przypadku modelowania odporności elektroprosumenckiej

Przykładem podejścia dedukcyjnego w modelowaniu są trajektorie transformacyjne rozwoju źródeł OZE (rys. 6), opracowane z końcem 2019 r. i opublikowane w 2020 r. w Biuletynie Rynki Elektroprosumeryzmu [15], w którym do modelowania zachowań rynku nie wykorzystywano aktualnych trajektorii, ale przesłanki wynikające z potrzeb oraz możliwości firm. Prognoza ma charakter długoterminowy, jednak wyniki można zweryfikować po trzech latach. Z analizy wynika prognozowana moc źródeł PV na początek 2023 roku wynosząca 10,8 GW, a w październiku 2022 roku rzeczywista moc instalacji przekroczyła 11 GW. Należy podkreślić, że tak dużej zbieżności nie będzie w całym prognozowanym okresie, ale studium przypadku pokazuje, że zmiana podejścia do modelowania może przynieść bardzo dobre wyniki.



Rys. 6. Trajektorie transformacyjne źródeł OZE [15]

## Podsumowanie i wnioski

Rozwój metod numerycznych i systemów komputerowych doprowadził do sytuacji, że możliwe jest modelowanie bardzo skomplikowanych systemów i zależności pomiędzy poszczególnymi gałęziami gospodarki. Jednak nawet bardzo skomplikowane modele wymagają określenia założeń i ograniczeń, które bezpośrednio wpływają na uzyskane wyniki i mogą być przyczyną błędów.

Z drugiej strony konieczne jest przebudowanie podstaw funkcjonowania całego systemu energetycznego, a to wymaga zmiany podejścia indukcyjnego w modelowaniu na dedukcyjne, które nie będzie bazowało na tym co było, ale na tym, do czego należy dążyć.

Konieczna jest zmiana podejścia do zapewnienia dostaw energii, czyli odejście od bezpieczeństwa energetycznego na rzecz adekwatności dostaw. Jest to proces bardzo trudny, ponieważ obejmuje całe społeczeństwo i wszystkie gałęzie przemysłu. Wymaga również zmiany sposobu modelowania systemów. Pozwala jednak na drastyczne ograniczenie kosztów transformacji.

## PIŚMIENNICTWO

- [1] *Polityka energetyczna Polski do 2040 r.*, <https://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski-do-2040-r-przyjeta-przez-rade-ministrow>
- [2] Allena-Ozolina S., Pakere I., Jaunzems D., Blumberga A., Bazbauers G., *Integrated MARKAL-EFOM System (TIMES) Model for Energy Sector Modelling*, 2020 IEEE 61<sup>th</sup> International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), 2020, pp. 1-7, DOI: 10.1109/RTUCON51174.2020.9316623.
- [3] E3 Modelling.: <https://e3modelling.com/modelling-tools/primes/>
- [4] Modelling Inventory and Knowledge Management System of the European Commission (MIDAS): <https://web.jrc.ec.europa.eu/policy-model-inventory/explore/models/model-primes>
- [5] Portal Główny Urząd Statystyczny: <https://stat.gov.pl/>
- [6] Portal Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat>
- [7] Portal Polskie Sieci Elektroenergetyczne: <https://www.pse.pl/home>
- [8] Portal Towarowa Giełda Energii: <https://tge.pl/>
- [9] Portal ENTSO-E Transparency Platform: <https://transparency.entsoe.eu/>
- [10] Platforma bilansu energetycznego Eurostatu: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/sankey/energy/sankey.html>
- [11] Popczyk J., *TRANSFORMACJA ENERGETYCZNA CZY ENERGETYKA JĄDROWA? – entropia i kondycja społeczno-polityczna Polski 2022*. „Energetyka 2022, nr 11, Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu Nr 2(5)/2022 (także: <https://ppte2050.pl/>).
- [12] Popczyk J., *Cztery rynki elektroprosumeryzmu – odpowiedź na strukturalny kryzys 2020 (ścianę rodzącą energetyczny przełom), wyzwanie i szansa 2050*. „Energetyka” 2020, nr 11, Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu Nr 1/2020 (także: <https://ppte2050.pl/>, <https://www.cire.pl/>).
- [13] Bodzek K., *Wirtualny system elektryczny*. „Energetyka” 2020, nr 5, Biuletyn PPE2050 Nr 1/2020 (także: <https://ppte2050.pl/>).
- [14] Popczyk J., *Transformacja Energetyki. Paradygmatyczny triplet i mapa oraz trajektoria*, Część 1 i 2. „Śląskie Wiadomości Elektryczne” 2018, nr 5 (także: <https://ppte2050.pl/>), Część 3. „Śląskie Wiadomości Elektryczne” 2019, nr 1 (także: <https://ppte2050.pl/>).
- [15] Bodzek K., *Modelowanie trajektorii transformacyjnych energetyki do elektroprosumeryzmu w wybranych ośłonach kontrolnych*. „Energetyka” 2020, nr 7, Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu Nr 1/2020 (także: <https://ppte2050.pl/>).
- [16] A.A. Solomon, Michel Child, Upeksha Caldera, Christian Breyer, *How much energy storage is needed to incorporate very large intermittent renewables?*, Lappeenranta University of Technology, 28 October 2017.
- [17] Pathways to Carbon-Neutral NYC, Modernize, Reimagine, Reach, kwiecień 2021 r., <https://www1.nyc.gov/assets/sustainability/downloads/pdf/publications/Carbon-Neutral-NYC.pdf>



# SIECIOWY TERMINAL DOSTĘPOWY – struktura funkcjonalno-technologiczna

## NETWORK ACCESS TERMINAL – functional and technological structure

Sieciowy terminal dostępowy (STD) to zestaw urządzeń silnoprądowych (elementy wykonawcze, łączniki, układy energoelektroniczne) oraz słaboprądowych (infrastruktura informatyczna i sterowniki programowalne, układy pomiarowe), które znajdują się na styku osłon kontrolnych (OK) elektroprosumenta i operatora systemu dystrybucyjnego (OSD). Szczególne znaczenie mają terminale STD umożliwiające elektroprosumentom dostęp do sieci nN i SN. Niektóre z funkcjonalności i części składowych terminala STD są już standardowym wyposażeniem elektroprosumentenckich źródeł energii elektrycznej. Wynika to z wymagań zawartych w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej (IRiESD), która uwzględnia kodeks sieci NC RfG [1]. Spełnienie tych wymagań skutkuje wyposażeniem źródła energii elektrycznej w układy pomiarowe i sterujące, zarządzające pracą źródła i komunikacją zewnętrzną (z operatorem OSD). Komponenty te kontrolują ograniczenia sieciowe, zapewniające bezpieczne funkcjonowanie systemu elektroenergetycznego (KSE). Nie są natomiast wystarczające do aktywnego udziału elektroprosumentenckich osłon kontrolnych w rynkach energii elektrycznej. Dlatego pilną potrzebą jest rozszerzenie struktury terminala STD do postaci pozwalającej zarządzać energią (produkcją, magazynowaniem i zużyciem) wewnątrz elektroprosumentenckiej osłony kontrolnej, czyli obejmującej dodatkowe komponenty, takie jak: układy komunikacji wewnętrznej i zewnętrznej, systemy sterowania źródłami, magazynami i odbiornikami, system SCADA i system rozliczeń na rynku schodzącym i na rynkach wschodzących.

**Słowa kluczowe:** osłona elektroprosumentencka, sieciowy terminal dostępowy

Network Access Terminal (STD) is a set of heavy-current devices (electromechanical elements, connectors, power electronics systems) and the low-current ones (IT infrastructure, programmable controllers) that are located at the contact point of an electroprosumer control front-end (OK) and the distribution system operator (OSD). In particular, the STD terminals are of great importance as they enable electroprosumers the access to LV and MV networks. Some of functionalities and components of STD terminal are already a standard equipment of electroprosumeric electric energy sources. It results from requirements comprised in the Instruction of the Distribution System Operation and Maintenance (IRiESD) which takes into account the Network Code NC RfG [1]. Fulfilment of these requirements results in providing of an electric energy source with measurement and control systems managing the work of the source and external communication (with OSD operator). These components control grid limitations ensuring secure functioning of the power system (KSE) but they are not enough to enable the electroprosumeric control front-ends to actively participate in electric energy markets. That is why it is an urgent need to extend the structure of a STD terminal to the form enabling energy management (generation, storage and consumption) inside an electroprosumeric control front-end i.e. the one comprising additional components like internal and external communication systems, systems serving to control sources, storages and receivers, SCADA system and the billing system in emerging and descending markets.

**Keywords:** electroprosumeric front-end, network access terminal

### Wprowadzenie

Sieciowy terminal dostępowy (STD) jest niezbędnym elementem osłony kontrolnej (OK) do uczestniczenia w rynkach wschodzących elektroprosumentenckim. Terminal STD fizycznie i funkcjonalnie znajduje się przede wszystkim na styku osłony kontrolnej z systemem elektroenergetycznym i pozwala na dwukierunkową komunikację z rynkami wschodzącymi elektroprosumentenckim i rynkiem schodzącym energii elektrycznej korzystając z zasady ZWZ KSE (zasady współużytkowania zasobów KSE). Komunikacja ta pozwala na realizację transakcji kupna i sprzedaży energii elektrycznej, czyli aktywnego uczestnictwa osłony kontrolnej w rynku energii. Uczestnictwo w rynku musi być realizowane z poszanowaniem praw fizyki (praw elektrotechniki). Z punktu widzenia rynku wschodzącego elektroprosumentenckim wymagania dotyczą głównie sieci nN i SN, gdzie zlokalizowane są elektroprosumentenckie osłony kontrolne.

Każde urządzenie podłączone do sieci elektroenergetycznej musi spełniać wymagania kompatybilności z tą siecią w zakresie parametrów napięciowych, prądowych i częstotliwościowych. Podstawowym dokumentem zawierającym wymagania dla urządzeń przyłączanych do sieci elektroenergetycznej jest

Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej (IRiESD). Instrukcja ta uwzględnia zapisy odpowiednich ustaw i rozporządzeń, w tym ustawy Prawo energetyczne, ustawy o OZE i kodeksu sieci NCRfG (Network Code Requirements for Generators) [1]. Wymagania techniczne i parametry dla źródeł przyłączanych do sieci elektroenergetycznej stosowane są w celu zapewnienia bezpiecznego funkcjonowania systemu elektroenergetycznego. Jedną z funkcjonalności terminala dostępowego jest kontrola ograniczeń sieciowych. Terminal STD musi ponadto zarządzać energią wewnątrz osłony kontrolnej w celu efektywnego wykorzystania źródeł i magazynów energii. Kontrola ograniczeń sieciowych i funkcjonalności zarządzania energią wewnątrz osłony kontrolnej to przede wszystkim warstwa technologiczna (sprzętowa i programowa). Opracowanie i przetestowanie terminala STD jest doskonałą okazją do prac nad regulacjami prawnymi rynku elektroprosumentenckim, które to regulację będą uwzględniać również prawa fizyki.

Najważniejsze dla rynku wschodzącego jest włączenie inteligentnej infrastruktury osłony OK do rynków usług i transakcji energii elektrycznej oraz zarządzania energią (produkcją, magazynowaniem i zużyciem) wewnątrz osłony kontrolnej. Mianowicie, z jednej strony kontrolować ograniczenia sieciowe w celu

zapobiegania występowania np. wyłączeniom falowników foto-woltaicznych z powodu nadmiernego wzrostu napięcia, z drugiej natomiast realizować koncepcję zaspokajania potrzeb energetycznych w osłonie kontrolnej przy jak najniższym koszcie wytwarzania energii – w środowisku kosztów krańcowych bilansowania zapotrzebowania na energię. W konsekwencji dążeniem jest zapewnić, aby elektroprosumenci, podłączeni do KSE za pomocą terminali STD, byli transparentni dla regulacji mocy w KSE (na rynku schodzącym). Aby to zrealizować system KSE musi być również transparentny dla rynków wschodzących, dla infrastruktury technicznej osłony elektroprosumenckich. Jest to warunek konieczny do wdrożenia zasady współużytkowania zasobów KSE, której integralnym elementem jest terminal STD.

## Funkcjonalności terminali STD

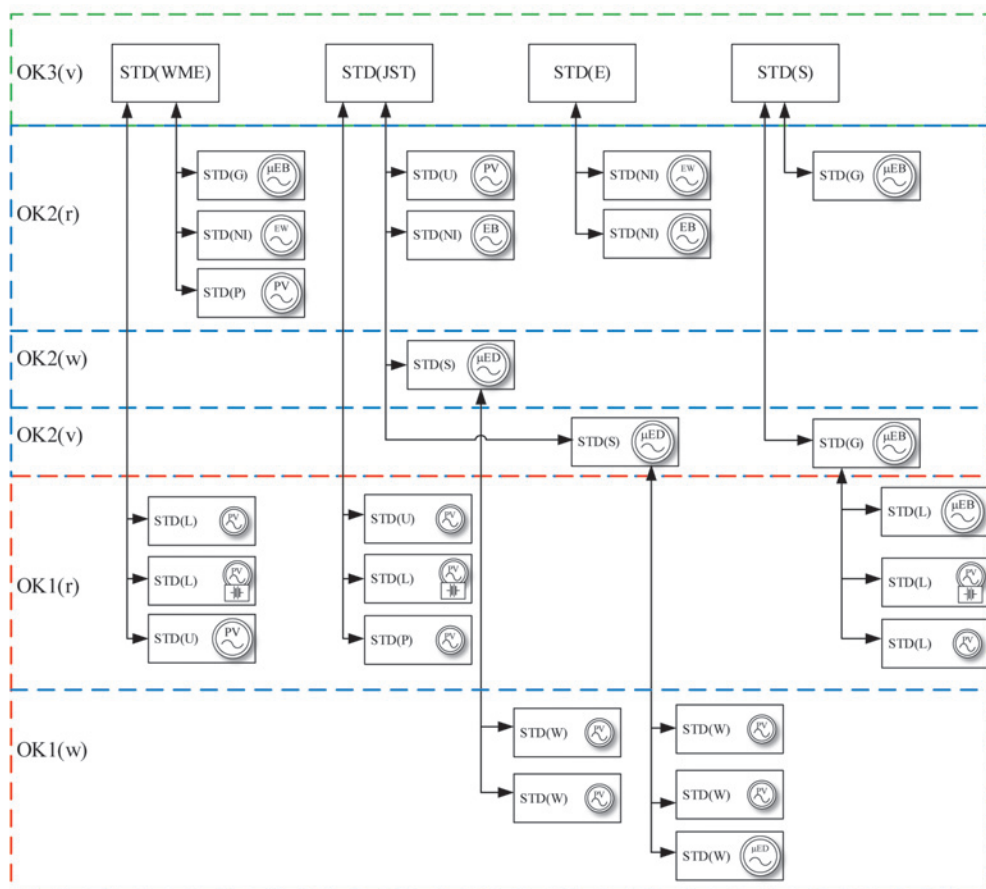
Terminal STD to zestaw urządzeń wraz z warstwą informacyjną, zapewniające realizację funkcjonalności:

- 1) dostęp do rynku wschodzącego energii elektrycznej – terminal STD jest wymagany, aby elektroprosument mógł uczestniczyć aktywnie w rynku energii elektrycznej;
- 2) obustronna (pomiędzy uczestnikami rynku) kontrola realizacji zawartego kontraktu na rynku schodzącym i rynkach wschodzących;
- 3) kontrolowanie ograniczeń technicznych (parametrów elektrycznych) przyłącza, zapewniając bezpieczne funkcjonowanie sieci elektroenergetycznej.

Terminal STD w sposób naturalny tworzy granicę (w kontekście właścicielskim i ponoszonej odpowiedzialności) pomiędzy siecią (odpowiedzialność operatorska) i osłoną kontrolną (odpowiedzialność rynkowa). W odróżnieniu do stosowanego dziś portu komunikacyjnego (i jego funkcjonalności zgodnie z NCRfG) wyłączenie źródła może nastąpić na żądanie właściciela instalacji lub z powodu przekroczenia przez elektroprosumenta ograniczeń nałożonych przez operatora w punkcie przyłączenia (parametrów ilościowych, np. przekroczenie mocy umownej i parametrów jakościowych, zawartość wyższych harmonicznych). Obecnie przyczyny możliwości zdalnego wyłączenia źródła przez operatora nie są jasno sprecyzowane.

W celu realizacji podstawowych funkcjonalności terminalu STD muszą zostać zapewnione:

- 1) dwukierunkowa komunikacja zewnętrzna pomiędzy uczestnikami:
  - rynku schodzącego – rynkiem towarowym, rynkiem bilansującym, platformą OIREE (operator informacji rynku energii elektrycznej),
  - rynku wschodzącego – operatorem WSE i innymi prosumentami;
- 2) komunikacja wewnętrzna do wymiany informacji pomiędzy urządzeniami i użytkownikiem/właścicielem instalacji;
- 3) pomiar parametrów sieci: napięcie, prąd, moc czynna, moc bierna; pomiar i rejestracja energii pobranej i oddanej;
- 4) dostęp do prognozowanej ceny energii w osłonie kontrolnej oraz na rynku;
- 5) wizualizacja funkcjonowania osłony kontrolnej – system SCADA;



Rys. 1. Poziomy komunikacyjne sieci terminali STD w osłonach kontrolnych

- 6) strażnik energii;
- 7) automatyczne rozliczanie energii elektrycznej kupionej i sprzedanej;
- 8) zarządzanie energią wewnątrz osłony kontrolnej w zakresie produkcji energii, magazynowania i zużycia;
- 9) zarządzanie przepływem mocy w lokalnej sieci rozdzielczej ograniczonej osłoną kontrolną.

W zależności od typu osłony kontrolnej terminal STD będzie realizował określone funkcjonalności. Również lokalizacja w sieci elektroenergetycznej (w odniesieniu do struktury sieci elektroenergetycznej SN i nN) ma znaczenie dla terminalu STD i wpływ na jego funkcjonalność. Przy czym lokalizacja w sieci elektroenergetycznej zależy także od typu osłony kontrolnej. W systemie elektroenergetycznym rozmieszczenie terminali STD będzie warstwowe i piętrowe, tak jak zlokalizowane są w systemie elektroenergetycznym osłony kontrolne. Oznacza to, że np. terminal STD w osłonie OK3 będzie skomunikowany w terminalami STD w osłonach OK2 i OK1 przyłączonych do sieci SN (poprzez transformator SN-nN) rozpatrywanej osłony OK3.

Na rysunku 1 pokazano poziomy komunikacyjny struktury sieciowej terminali STD w poszczególnych grupach osłon kontrolnych.

Grupy osłon kontrolnych:

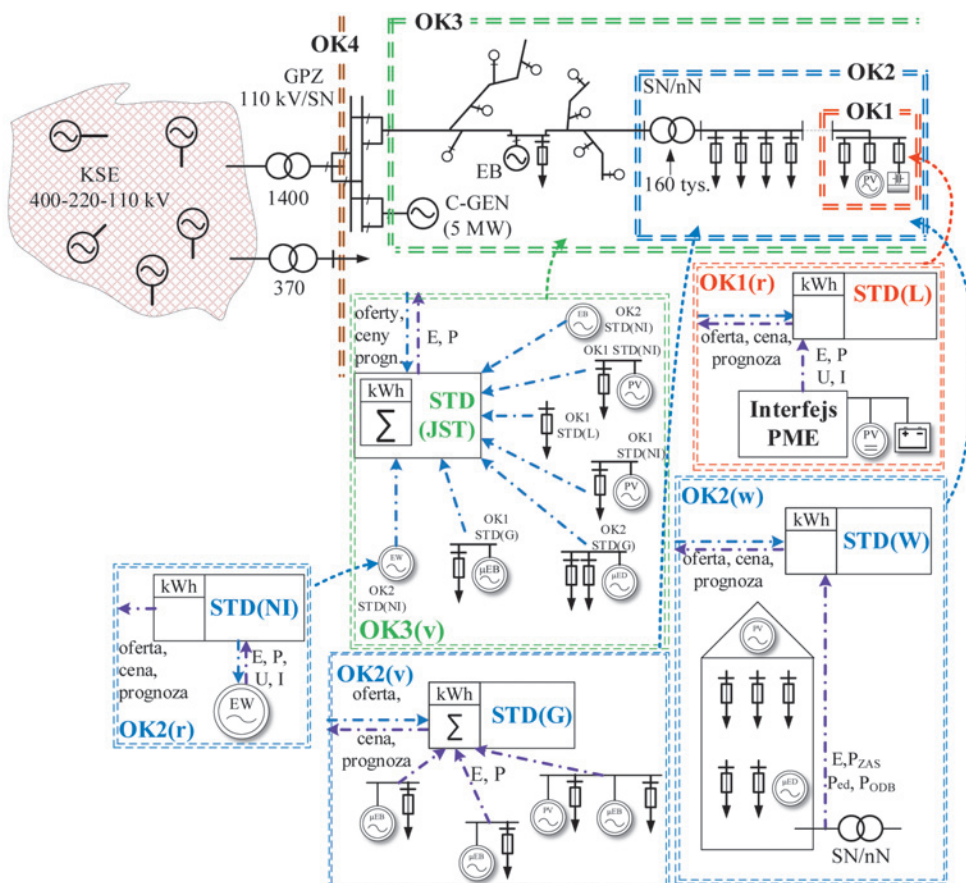
- 1) OK(r) – osłona kontrolna rzeczywista węzłowa instalacji PME (prosumenckiej mikroinfrastruktury energetycznej) lub inwestora NI (niezależnego inwestora) – bezpośrednio powiązana

z licznikiem rozliczeniowym na styku sieci elektroenergetycznej i osłony kontrolnej. Terminal STD dla osłony OK(r) monitoruje i kontroluje przepływ mocy w węzle przyłącza. Osłony OK(r) są domeną osłon OK1 (indywidualne przyłącza nN) i OK2 (przyłącza powiązane z transformatorami SN-nN);

- 2) OK(w) – osłona kontrolna węzłowa elektroprosumenta zbiorowego (jest również osłoną rzeczywistą) – powiązana z licznikiem rozliczeniowym np. wspólnoty mieszkaniowej, czyli zbioru indywidualnych odbiorców przyłączonych do wewnętrznej linii zasilającej osłony kontrolnej (WLZ w budynku wspólnoty mieszkaniowej); występuje w osłonach OK1 i OK2.
- 3) OK(v) – osłona kontrolna wirtualna – obejmująca osłony kontrolne elektroprosumentów indywidualnych, zbiorowych i niezależnych inwestorów, przyłączonych do sieci rozdzielczych nN i SN. Osłony OK(r) i OK(w) włączone do osłony wirtualnej nie muszą być ze sobą powiązane wspólną siecią nN lub SN (np. budynki JST znajdujące się na obszarze obsługiwanych przez wiele sieci rozdzielczych).

Oznaczenia terminali STD: (L) – domy jednorodzinne, gospodarstwa rolne socjalne, (P) – przedsiębiorstwa, (W) – budynek mieszkalny wielorodzinny, (U) budynek użyteczności publicznej, (G) – gospodarstwo rolne średniotowarowe. (S) – spółdzielnia, (K) – klaster, (E) – elektrownia wirtualna, (WME) – wirtualny mini-system elektroenergetyczny, (NI) – niezależny inwestor.

Na rysunku 2 pokazano schemat lokalizacji wybranych osłon kontrolnych oraz terminali STD w systemie elektroenergetycznym [3, 4].



Rys. 2. Schemat lokalizacji osłon kontrolnych oraz terminali STD w systemie elektroenergetycznym

Wybrane funkcjonalności terminali w poszczególnych osłonach kontrolnych

Funkcjonalność	OK1(r) STD(L) STD(P) STD(U)	OK1(w) STD(W)	OK2(r) STD(NI)	OK2(r) STD(P) STD(G) STD(U)	OK2(w) STD(W)	OK2(v) STD(S) STD(G)	OK3(v) STD(JST) STD(S) STD(E) STD(WME)
Pomiary napięć i prądów, mocy i energii w punkcie przyłączenia do sieci nN							
Pomiary napięć i prądów, mocy i energii w węźle przyłączenia do stacji transformatorowej SN-nN						licznik soft *)	
Pomiary napięć i prądów, mocy i energii w węźle przyłączenia źródła do stacji transformatorowej SN-nN							
Pomiary napięć i prądów, mocy i energii w węźle przyłączenia do sieci SN							licznik soft *)
Kontrola ograniczeń sieciowych							
Kontrola profilu mocy i bilansu energii							
Kontrola profilu mocy i generacji energii							
Usługi regulacyjne							
Prognoza zapotrzebowania							
Prognoza generacji							
Kontrola ceny energii							
Realizacja ofert kupna i sprzedaży							
Realizacja ofert sprzedaży							
Realizacja transakcji **)	ind.	wsp., spół.	ind.	ind.	wsp., spół.	spół.	operatorzy WME, JST i EW

\*) licznik soft – sumator odczytów mocy i energii z przyłączonych STD niższych osłon OK

\*\*) realizacja transakcji – podmiot realizujący transakcję w imieniu właściciela/użytkownika instalacji:  
ind. – indywidualnie, wsp. – wspólnota mieszkaniowa, spół. – spółdzielnia

Hierarchia piętrowa komunikacji pomiędzy terminalami STD jest uzasadniona, szczególnie w odniesieniu do osłon kontrolnych. W ten sposób liczba połączeń komunikacyjnych jest ograniczona do niezbędnej, a szkielet sieci komunikacyjnej jest powiązany z łańcuchem tworzenia ceny energii elektrycznej. Nie ma potrzeby wymiany informacji pomiędzy np. terminalami STD(L), jeśli nie znajdują się w tej samej strukturze podmiotowej (np. w tym samym systemie WME).

Wybrane funkcjonalności, przyporządkowane do terminali STD w poszczególnych osłonach kontrolnych, przedstawiono w tabeli 1.

Dla wszystkich terminali STD(r) i STD(w) realizowana jest kontrola obciążeń i ograniczeń sieciowych w punkcie przyłączenia do sieci elektroenergetycznej, a także parametrów zwarciovych, zabezpieczeń nad- i podnapięciowych oraz zaniku napięcia w sieci (zabezpieczenie przed pracą wyspową).

Przedstawione w tabeli 1 zestawienie funkcjonalności dla odpowiednich osłon kontrolnych i przyporządkowanym im terminali STD będą ostatecznie zależały od platformy prawno-regulacyjnej. Pewnym jest, że tak jak licznik energii oraz każde źródło przyłączane do KSE, terminal STD będzie wymagał certyfikacji (homologacji) potwierdzającej spełnienie wymagań technicznych i formalnych, szczególnie w zakresie ofertowo-transakcyjnym i rozliczeniowym.

## Struktura technologiczna terminalu STD

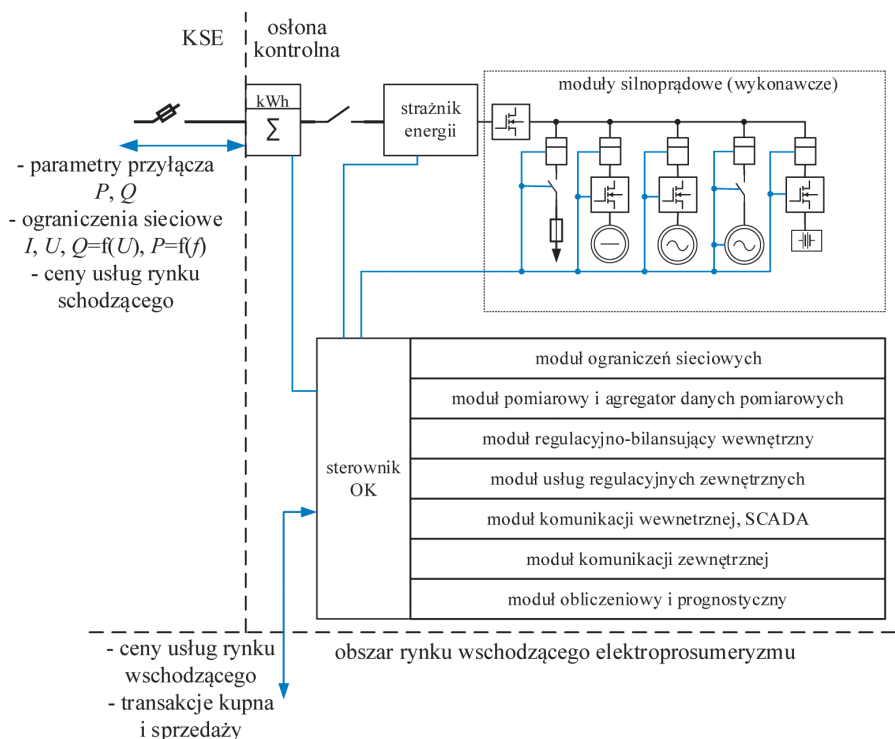
Struktura technologiczna terminalu STD będzie zależała od realizowanych funkcjonalności, a te z kolei od typu osłony OK oraz wyposażenia. Terminal STD, w warstwie sprzętowej, zawiera komponenty pomiarowe, sterownicze i komunikacyjne (stąboprądowe) oraz elementy wykonawcze (silnoprądowe).

Na rysunku 3 pokazano schemat poglądowy terminala STD w osłonie kontrolnej łączący część silnoprądową i stąboprądową z funkcjonalnościami.

### Wyposażenie i funkcjonalności terminala STD w osłonie OK(r)

#### 1. Komponenty pomiarowe:

- układ pomiarowo-licznikowy instalowany w punkcie przyłączenia do sieci (na styku osłony kontrolnej i sieci KSE) jako urządzenie fizyczne; najczęściej jest to licznik rozliczeniowy dwukierunkowy z transmisją danych;
- układy pomiarowe w wybranych obwodach odbiorników i źródeł; taki podział układów pomiarowych umożliwi rozdzielną rozliczanie energii pobieranej i generowanej, np. w przypadku, kiedy źródło realizuje zewnętrzną usługę regulacyjną;
- zmierzone wartości są agregowane do celów analitycznych i prognostycznych oraz rozliczeniowych;
- pomiary warunków środowiskowych (szczególnie pogoda);



Rys. 3. Poglądowa struktura technologiczna terminala STD w osłonie kontrolnej

- do celów regulacyjnych (np. kontrola ograniczeń sieciowych) układy przekształtnikowe i źródła mają zainstalowane własne układy pomiarowe; jest to rozwiązanie gwarantujące szybką reakcję na zmienne parametry napięciowe i prądowe w punkcie przyłączenia.
2. Komponenty sterownicze:
- sterownik PLC o parametrach wystarczających dla realizowanych funkcjonalności; w przypadku gospodarstw domowych i małych firm jednym z ważniejszych ograniczeń będzie cena urządzenia; sterownik realizujący funkcjonalność prognozowania zapotrzebowania wymaga mocnego wielordzeniowego komputera; dlatego w przypadku tego typu odbiorców rozsądne jest stosowanie usługi obliczeniowej w chmurze (która może być własnością spółdzielni lub operatora WSE); w sterowniku zawarte są parametry osłony kontrolnej w postaci podstawowych informacji, np. o parametrach zainstalowanego źródła, mocy maksymalnej, energii zużywanej i produkowanej w określonym okresie, a także zasoby regulacyjne i koszty energii ze źródła i akumulatora;
  - małe układy programowalne zespolone z układami wykonawczymi i komunikacyjnymi zainstalowane w gniazdach i przetłącznikach.
3. Komponenty komunikacyjne:
- standaryzowane interfejsy sieciowe dla komunikacji wewnętrznej to najczęściej sieć bezprzewodowa WiFi, przewodowy Ethernet, a także RS-485; popularnym dla układów automatyki budynkowej stał się protokół MQTT (MQ Telemetry Transport), który jest implementowany w większości tanich urządzeń pomiarowych i wykonawczych (przełączniki, regulatory mocy); w sterownikach PLC jest implementowany dodając odpowiednią bibliotekę programową; często stosowany jest również Modbus dla układów pomiarowych;

- dostęp do sieci Internet – komunikacja zewnętrzna (w celu np. pozyskiwania prognoz generacji źródeł OZE i cen energii elektrycznej).
4. Elementy wykonawcze:
- przełączniki i styczniki do sterowania wydzielonymi obwodami i odbiornikami oraz przyłączeniem do sieci KSE źródła i instalacji elektrycznej osłony OK;
  - układy przekształtnikowe zarządzające źródłami OZE, akumulatorami i odbiornikami oraz parametrami napięciowymi i prądowymi w punkcie przyłączenia do sieci KSE.

### Wypożyczenie i funkcjonalności terminala STD w osłonie OK(w)

1. Komponenty pomiarowe:
- układ pomiarowo-licznikowy instalowany w punkcie przyłączenia do sieci jako fizyczne urządzenia (na styku osłony kontrolnej i sieci KSE); podstawową funkcjonalnością węzłowych terminali dostępowych jest prowadzenie bieżących odczytów przepływu energii pomiędzy osłoną kontrolną a siecią publiczną oraz parametrów pracy sieci i udostępnienie ich systemowi informatycznemu zarządzającemu bilansowaniem osłony kontrolnej; funkcjonalności terminali STD na osłonie OK(w) są podobne do funkcjonalności STD na OK(r), lecz monitorowane parametry obejmują większy fragment sieci elektroenergetycznej (instalację wewnętrzną węzłowej osłony kontrolnej), a docelowym odbiorcą danych jest system zarządzający osłoną kontrolną (np. spółdzielnia, operator WSE);
  - zmierzone wartości są agregowane do celów analitycznych i prognostycznych oraz rozliczeniowych.

## 2. Komponenty sterownicze:

- serwer o parametrach wystarczających dla realizowanych funkcjonalności, będący własnością operatora osłon elektroprosumenckich należących do węzłowej osłony kontrolnej; na podstawie realizowanych pomiarów oraz prognoz zapotrzebowania i generacji w osłonie kontrolnej w sterowniku generowane są sygnały sterujące zasobami w sieci objętej zasięgiem węzła.

## 3. Komponenty komunikacyjne:

- standaryzowane interfejsy sieciowe dla komunikacji wewnętrznej i zewnętrznej to najczęściej sieć Internet;
- komunikacja z układami licznikowymi wewnętrznej linii zasilającej (WLZ) to najczęściej sieć bezprzewodowa WiFi, przewodowa Ethernet.

## 4. Elementy wykonawcze:

- przekaźniki i styczniki do sterowania wydzielonymi obwodami oraz przyłączeniem do sieci KSE źródeł i wewnętrznych linii zasilającej (WLZ);
- układy przekształtnikowe zarządzające źródłami OZE i akumulatorami oraz parametrami napięciowymi i prądowymi w punkcie przyłączenia do sieci KSE.

### Wyposażenie i funkcjonalności terminala STD w osłonie OK(v)

#### 1. Komponenty pomiarowe:

- terminal STD dla wirtualnej osłony kontrolnej nie jest wyposażony w fizyczny układ pomiarowo-licznikowy; jest to agregator danych z liczników osłon kontrolnych niższych poziomów – sumator odczytów.

#### 2. Komponenty sterownicze:

- serwer z bazą danych z usługą systemu teleinformatycznego zarządzającego wirtualną osłoną kontrolną, wykorzystujący bieżące dane pomiarowe pobierane z indywidualnych lub węzłowych terminali STD znajdujących się wewnątrz wirtualnej osłony kontrolnej.

#### 3. Komponenty komunikacyjne:

- komunikacja wewnętrzna dopasowana do stosowanej w osłonach kontrolnych niższego poziomu;
- komunikacja wewnętrzna dopasowana do interfejsu wymiany danych operatora osłony wirtualnej (operatora spółdzielni, systemu WSE) z zewnętrznymi dostawcami i odbiorcami energii elektrycznej.

#### 4. Elementy wykonawcze:

- w osłonie wirtualnej nie są stosowane elementy wykonawcze; usługi regulacyjne i bilansowe są realizowane przez urządzenia zainstalowane w osłonach rzeczywistych i węzłowych.

Wyposażenie terminali STD oraz ich funkcjonalności są zależne, jak wspomniano wcześniej, od typu osłony kontrolnej. Natomiast zastosowane rozwiązania techniczne muszą mieć odzwierciedlenie w regulacjach prawnych, zarówno pod względem wyposażenia technicznego, jak i udziału osłon kontrolnych w rynku energii elektrycznej. Pilnie potrzebne są regulacje dla rynków wschodzących elektroprosumeryzmu, tak jak pilne jest zbudowanie terminala STD. Jest to wyjątkowa

sytuacja, ponieważ mogą to być procesy równoległe – dopasowanie prawa do technicznych aspektów funkcjonowania rynku wschodzącego elektroprosumeryzmu.

W dalszej części artykułu przedstawiono przykłady terminali STD dla wybranych osłon kontrolnych w kontekście wyposażenia technicznego, niezbędnego do spełnienia wymagań parametrów przyłączenia osłony kontrolnej do sieci publicznej lub pracy off-grid wykorzystując efektywnie zasoby osłony OK.

### Terminal dostępowy STD(L) na osłonie OK(r) budynku mieszkalnego lub małego przedsiębiorstwa ze źródłem z generacją wymuszoną

Bezpośredni udział osłon OK1(r) w elektroprosumenckim rynku wschodzącym – budynków mieszkalnych i małych obiektów przemysłowych i usługowych, będzie realizowany przez terminal STD połączony z osłoną kontrolną wyższego poziomu, np. osłoną węzłową lub wirtualną spółdzielni lub wirtualnego systemu elektroenergetycznego. Operator osłony wyższego poziomu będzie zawierał i oferował pakiety energii (jednocześnie generując ceny) na podstawie prognoz i deklaracji osłon OK1(r).

W analizowanych osłonach kontrolnych dominują źródła fotowoltaiczne (źródła z generacją wymuszoną) i magazyny akumulatorowe. Dlatego w tych osłonach efektywność wykorzystania energii z OZE będzie wymagała dopasowania profilu zapotrzebowania do generacji.

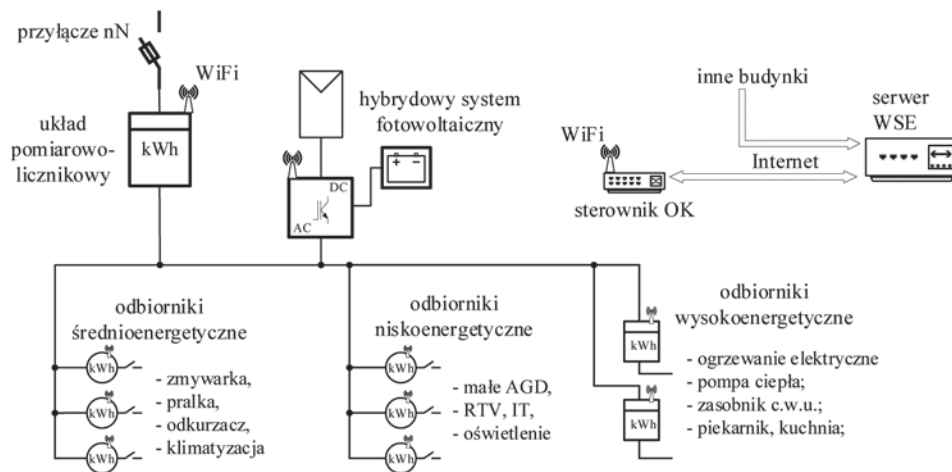
Na rysunku 4 pokazano przykładowy schemat instalacji terminala STD(L) w osłonie OK1(r) budynku mieszkalnego. Elementy: układ licznikowo-pomiarowy, sterownik OK, sterowniki odbiornikowe WiFi należą do terminala STD(L). Źródło fotowoltaiczne może komunikować się ze sterownikiem OK (funkcjonalność coraz częściej spotykana w tego typu urządzeniach).

Sterowanie profilem zapotrzebowania w osłonach OK1(r) można realizować wprowadzając do osłon kontrolnych wskaźniki:

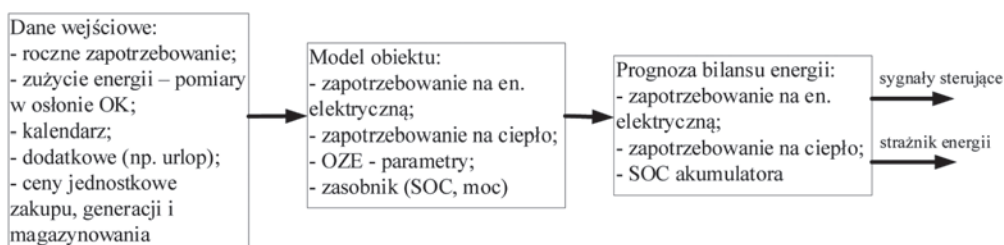
- potencjał regulacyjny – określający ilościowo i jakościowo dostępne zasoby techniczne (regulacyjne) wpływania na profil zapotrzebowania;
- potencjał negocjacyjny – wskaźnik ceny lokalnej jako sygnał sterujący pracą odbiorników i zasobników energii.

Wykorzystanie tych wskaźników do sterowania wymaga infrastruktury technicznej – sterownika PLC oraz elementów wykonawczych (np. tanich gniazdek WiFi obsługujących protokół MQTT). Niemniej ważnym elementem jest warstwa programowa, szczególnie progностyczna profili zapotrzebowania i generacji. Generowanie prognozy profilu zapotrzebowania przez terminal STD dla osłony kontrolnej wymaga przede wszystkim danych o profilu zapotrzebowania osłony. Potrzebny jest model odzwierciedlający osłonę kontrolną zaimplementowany w terminalu STD.

Na rysunku 5 pokazano schemat blokowy modelu w koncepcji bliźniaka cyfrowego (ang. digital twin). Tego typu modele są stosunkowo łatwe do zaimplementowania w sterownikach programowalnych, ponieważ operują na prostych obliczeniach i dużej bazie danych. Możliwe jest również przeniesienie prognozowania do usługi w chmurze.



Rys. 4. Schemat instalacji w ostonie OK1(r) budynku (lokalu) mieszkalnego

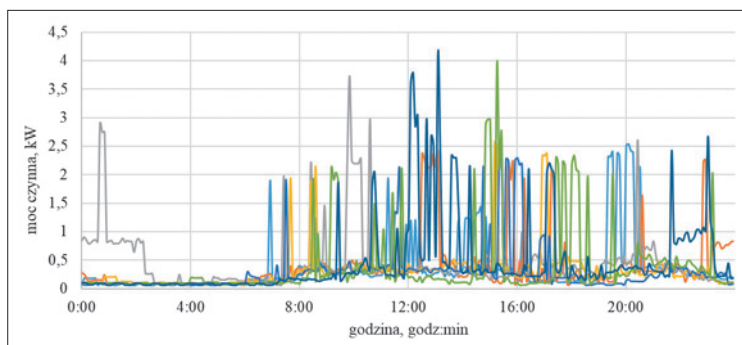


Rys. 5. Uproszczony schemat modelu ostony kontrolnej w konwencji cyfrowej bliźniaka

Generowane przez sterownik OK sygnały sterujące mogą bezpośrednio wpływać na pracę poszczególnych odbiorników lub generować informację dla strażnika energii. Opracowanie prognozy zapotrzebowania na energię wymaga dostępu co najmniej do profili zapotrzebowania całej ostony kontrolnej, a sterowanie wybranymi odbiornikami wymaga pomiaru zapotrzebowania dla tego odbiornika. Wiedza o pracy poszczególnych odbiorników jest szczególnie istotna dla strażnika energii. Czym większa liczba odbiorników będzie opomiarowana, tym dokładniejsza prognoza i dokładniejsze sterowanie. Należy jednak zwrócić uwagę na to, że każde urządzenie pomiarowe również zużywa energię. Opomiarowanie wszystkiego w budynku może doprowadzić do efektu odwrotnego do zamierzonego, czyli zwiększyć zużycie energii. Dlatego opomiarowane powinny być te odbiorniki, którymi można sterować i można je przypisać do grupy urządzeń wysoko- i średnioenergetycznych. W tym przypadku sprawdza się zasada Pareta: 20% odbiorników jest odpowiedzialnych za 80% zużycia energii.

Prognozowanie zapotrzebowania na energię elektryczną w budynkach mieszkalnych jest stosunkowo trudne. Metody statystyczne są niewystarczające. Można stwierdzić, że w pewnych zakresie załączanie odbiorników jest stochastyczne.

Na rysunku 6 pokazano przykładowe profile domu jednorodzinnego.



Rys. 6. Przykładowe profile dobowe domu jednorodzinnego

Znacznie lepsze wyniki prognozowania, w stosunku do metod statystycznych, uzyskują metody wykorzystujące sztuczną inteligencję. Szczególnie te, które analizują przebiegi czasowe związane z funkcjonowaniem ludzi. Dobrą metodą okazała się metoda Prophet [6, 7], zaproponowana przez Facebook.

W tabeli 2 zestawiono wyniki procentowego udziału dni w roku z błędem MAPE < 25% dla 24-godzinnej prognozy zapotrzebowania na energię elektryczną w ostonie kontrolnej uzyskanej z wykorzystaniem metody Prophet.

Średni bezwzględny błąd procentowy:

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

Obliczenia zrealizowano dla czterech wariantów:

- simple\_prophet – do obliczeń brany był pod uwagę tylko zarejestrowany profil;
- weather\_prophet – do obliczeń dodano dane prognozy pogody (temperatura, prędkość wiatru);
- devices\_prophet\_ci – do profilu zapotrzebowania osłony kontrolnej dodano profile zapotrzebowania dziesięciu najbardziej energochłonnych odbiorników;
- devices\_weather\_prophet\_ci – obliczenia obejmowały profil zapotrzebowania osłony kontrolnej, prognozę pogody oraz profile dziesięciu najbardziej energochłonnych odbiorników.

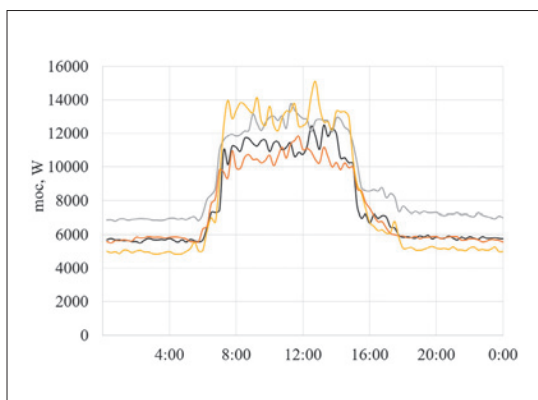
W tabeli 2, do celów porównawczych, dodano również wyniki dla lokalu biurowego, dla którego dokładność prognozowania jest znacząco lepszej jakości niż dla budynków mieszkalnych. Jest to spowodowane charakterem przebiegu dobowego profilu zapotrzebowania dla tego typu osłon kontrolnych (rys. 7). Profil ten jest zauważalnie powtarzalny.

Tabela 2

Zestawienie % dni w roku z błędem MAPE<25%

Budynek	Simple_prophet	Weather_prophet_ci	Devices_prophet_ci	devices_weather_prophet_ci
Dom 1	63%	63%	92%	88%
Dom 2	51%	53%	78%	77%
Biuro 1	88%	83%	98%	97%

Stosowanie metod sztucznej inteligencji wykorzystujących duże bazy danych wymaga posiadania stosunkowo dużych mocy obliczeniowych komputerów. Dla zastosowanej metody musi to być sterownik klasy Raspberry Pi generacji 4. Moc obliczeniowa takiego sterownika jest znacząco większa od typowych, tanich sterowników PLC, a uzyskane wyniki są silnie zależne od profilu zapotrzebowania na energię elektryczną w osłonie kontrolnej. Prace nad terminalem dostępowym dla budynków mieszkalnych i małych przedsiębiorstw obejmowały również „opracowanie doradcy” dla użytkownika osłony kontrolnej. Mianowicie, powstał program dla terminala STD, który generował wskazówki dla użytkownika o możliwości uzyskania redukcji zużycia i kosztu zakupu energii elektrycznej – strażnik energii.



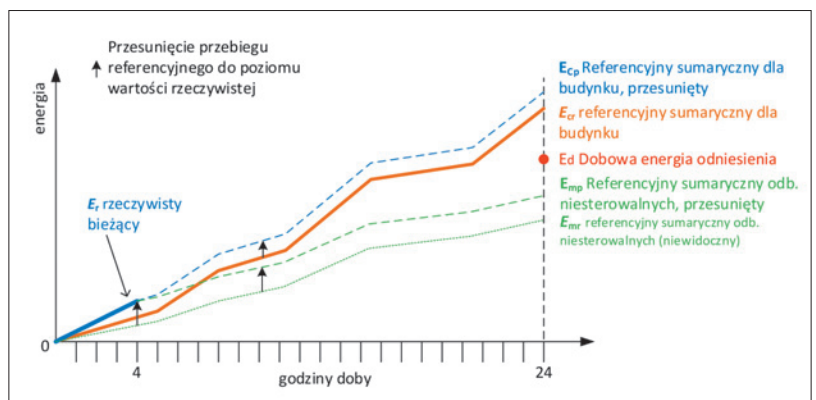
Rys. 7. Profile dobowe zapotrzebowania na energię elektryczną lokalu biurowego

Na rysunku 8 pokazano graficznie działanie algorytmu strażnika energii.

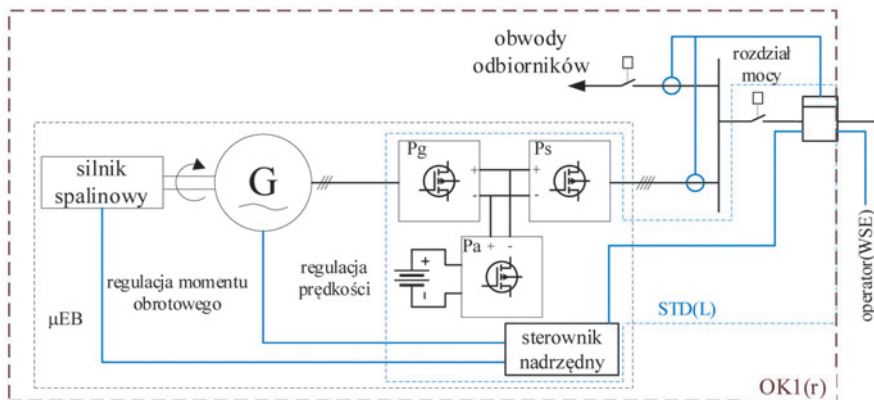
Algorytm opiera się na ciągłej (w sensie dyskretnym, z określonym interwałem) analizie danych zużycia energii przez osłonę kontrolną oraz wybrane odbiorniki. Po każdej zmianie prognozowany profil dobowy jest aktualizowany wraz z informacją, które z odbiorników sterowalnych pracują i ile zużywają energii. Dodatkowo prezentowany jest przyjęty cel dobowego zużycia energii. W ten sposób użytkownik może sam sterować odbiornikami lub też pozostawić to warstwie sterującej, ustalając wcześniej priorytety załączania odbiorników. Ten typ sterowania profilem zapotrzebowania okazał się najskuteczniejszy dla osłony kontrolnej budynków mieszkalnych.

### Terminal dostępowy STD(L) na osłonie OK(r) gospodarstwa rolnego socjalnego ze źródłem regulacyjno-bilansującym

W [5] przedstawiono propozycję rozwiązania terminala STD dla osłony kontrolnej OK2 wirtualnego systemu elektroenergetycznego (WSE) obejmującego sieć nN i transformator SN-nN. Osłona ta jest zbudowana na bazie mikroelektrowni biogazowej  $\mu$ EB, która pełni funkcję źródła regulacyjno-bilansującego. Przyłączenie takiego źródła wymaga specyficznego terminala STD. Mianowicie, każde źródło przyłączane do sieci elektroenergetycznej musi mieć certyfikat potwierdzający spełnienie wymagań NC RfG. Mikrobiogazownie rolnicze i uciążliwne to z reguły urządzenia maksymalnie uproszczone technicznie, obsługiwane przez rolników mających podstawową wiedzę o maszynach rolniczych napędzanych silnikami Diesla. Nadbudowa układu silnika spalinowego z prądnicą indukcyjną zaawansowanymi technicznymi urządzeniami sterującymi doprowadzi do wzrostu kosztów budowy w okresie inwestycyjnym i kosztów serwisowych w okresie eksploatacyjnym. Rozwiązaniem w tym przypadku jest zastosowanie terminala STD wyposażonego w układ przekształtnikowy współpracujący z prądnicą indukcyjną (rys. 9). Wówczas certyfikowany jest jedynie układ przekształtnikowy, bezpośrednio podłączony do sieci elektroenergetycznej, a nie układ prądnica – silnik spalinowy. Rozwiązanie staje się uniwersalne, niezależne od typu (w zakresie typoszeregu) silnika spalinowego i prądnicy do 50 kW.



Rys. 8. Prezentacja graficzna działania algorytmu strażnika energii



Rys. 9. Schemat osłony kontrolnej OK1(r) gospodarstwa rolnego socjalnego z terminalem STD(L)  
Pg – przetwornik generatorowy, Ps – przetwornik sieciowy, Pa – przetwornik akumulatorowy

Rys. 10. Układ przekształtnikowy dla mikrobiogazowni z prądnicą indukcyjną o mocy 20 kW

Koszt budowy terminala STD(L), pokazanego na rysunku 9, w stosunku do rozwiązania konwencjonalnego (wymaganego przez NC RfG), jest podobny. Natomiast układ przekształtnikowy daje więcej funkcjonalności:

- certyfikowanie NC RfG źródła wirującego, przyłączonego do systemu KSE (tryb on-grid); w tym trybie wykorzystanie akumulatora nie jest konieczne, pracują przetworniki Pg i Ps; akumulator może być wykorzystany do bilansowania energii np. ze źródłem fotowoltaicznym (jeśli byłoby zainstalowane);
- kontrola i regulacja mocy na przyłączy energetycznym (w trybie on-grid), symetryzacja mocy przyłącza trójfazowego, kompensacja mocy biernej;
- praca w trybie off-grid, przełączanie pomiędzy trybami on/off-grid praktycznie bezprzerwowe (czas przełączania do 40 ms – dwa okresy napięcia sieciowego);
- niezależne od częstotliwości sieci sterowanie prędkością obrotową prądnicy indukcyjnej;
- w trybie pracy wyspowej stabilizowanie parametrów sieci umożliwiające synchronizację innych falowników (np. fotowoltaicznych).

Terminale dostępne z przetwornikami energoelektronicznymi mają zaletę w postaci wspólnej szyny DC, do której mogą być podłączone wszystkie źródła i magazyny energii.

W ten sposób redukowana jest liczba przetworników, natomiast wzrasta sprawność i niezawodność układu zasilania.

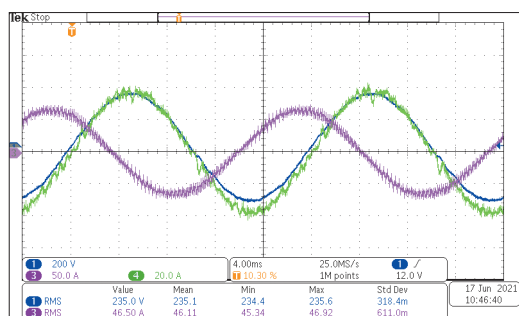
Na rysunku 10 pokazano zbudowany układ przekształtnikowy o mocy 20 kW.

Zbudowany model układu przekształtnikowego poddano badaniom na stanowisku z prądnicą indukcyjną napędzaną ze zmienną prędkością obrotową oraz momentem obrotowym. W przypadku silnika spalinowego naturalna jest stabilizacja prędkości obrotowej przez sterowanie momentem obrotowym (mieszanką paliwoowo-powietrzną).

Na rysunkach 11 i 12 pokazano wyniki pomiarów napięć i prądów dla generowanej mocy czynnej ok. 20 kW w trybie on-grid. W trybie on-grid regulacja mocy odbywa się bez udziału akumulatora.

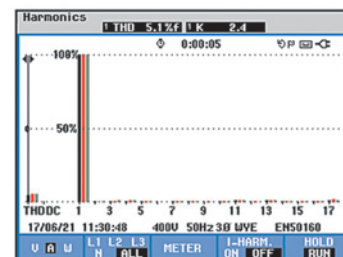
W przypadku socjalnego gospodarstwa rolnego istotną funkcjonalnością jest zasilanie rezerwowe w przypadku zaniku zasilania w sieci KSE. Opracowany układ przekształtnikowy umożliwia szybkie (do 40 ms) przełączenie się pomiędzy trybami on/off-grid.

Na rysunku 13 pokazano przebiegi napięć i prądów fazowych podczas przełączania on-grid – off-grid, i off-grid – on-grid. Ze względu na to, że odbiorcami obecnie nie są już tylko urządzenia rezystancyjne bądź napędy podłączone bezpośrednio, układ obciążono odbiornikiem nieliniowym. Czas przełączania w obu przypadkach (do czasu ustabilizowania się wartości napięcia) nie jest dłuższy niż 40 ms.

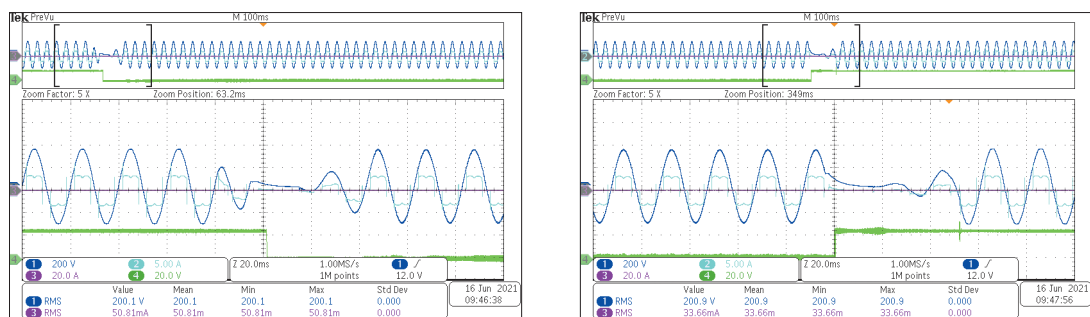


Rys. 11. Przebiegi napięcia i prądu fazowego oraz prądu generatora  
1 200 V – napięcie fazy; 2 50,0 A – prąd fazy generatora;  
3 200 V – napięcie fazy; 4 20,0 A – prąd fazy

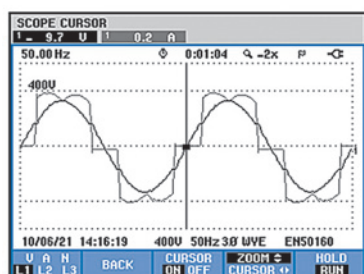
Power & Energy				
	L1	L2	L3	Total
kW	6.56	6.34	6.55	19.45
kVA	6.58	6.35	6.56	19.49
kVAr	0.42	0.44	0.46	0.49
PF	1.00	1.00	1.00	1.00
cosφ	1.00	1.00	1.00	
Arms	27.6	26.7	27.6	
L1 L2 L3				
U rms	237.90	238.21	237.98	
17/06/21 11:30:30 400V 50Hz 3Φ UVE ENS0160				
VOLTAGE	ENERGY	TREND	HOLD	RUN



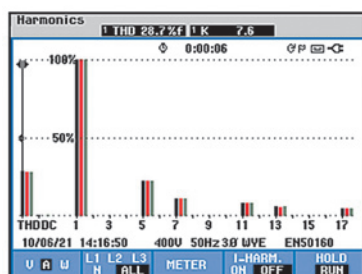
Rys. 12. Wartości mocy na przyłączy (po lewej) i wykres harmonicznych prądu



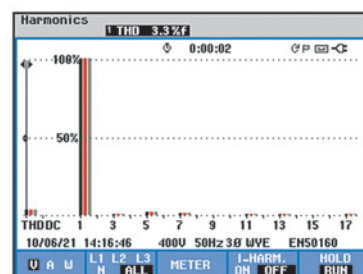
Rys. 13. Przebiegi napięcia i prądu podczas przetężenia z sieci na wyspę (po lewej) i z wyspy na sieć  
 1 200 V – napięcie fazowe; 2 5,00 A – prąd fazowy; 4 20,0 V – napięcie stycznika przetwarzającego



Rys. 14. Przebiegi napięcia i prądu fazowego w trybie off-grid i obciążenia nieliniowego



Rys. 15. Zawartość harmonicznego prądu (po lewej) i napięcia w trybie off-grid i obciążenia nieliniowego



Na rysunkach 14 i 15 pokazano, odpowiednio, przebiegi napięcia i prądu fazowego oraz zawartość wyższych harmonicznym w prądzie i napięciu w trybie off-grid i obciążenia nieliniowego o mocy 5 kW.

Źródła energii wyposażone w układy przekształtnikowe są stosunkowo łatwe do przystosowania realizacji zapisów kodeksu NC RfG, czyli zabezpieczają osłonę kontrolną od strony sieci elektroenergetycznej. Z drugiej strony, w osłonie kontrolnej, pozwalają na sterowanie parametrami źródła z parametrami napięciowymi, prądowymi o częstotliwościowymi dopasowanymi do źródła i jego efektywnego wykorzystania.

## Podsumowanie

Budowa terminala dostępowego w pierwszej kolejności polegać będzie na dobraniu urządzeń, które będą realizowały określone funkcjonalności. Do tej pory nie zostało to zrobione, ponieważ od przyłączonego źródła wymagane jest tylko spełnienie zapisów kodeksu NC RfG. Udział osłony kontrolnej w rynku elektroprosumenckim, nawet na bardzo niewielkim obszarze (np. w jednej linii nN), wymaga dobrania komponentów komunikacyjnych. Równolegle do tego działania konieczne jest określenie zasad obowiązujących na tym rynku. To pozwoli na określenie parametrów transakcji i zakresu danych niezbędnych do realizacji transakcji.

## PIŚMIENICTWO

- [1] Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/631 z dnia 14 kwietnia 2016 r. ustanawiające kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci (Dz. Urz. UE L 112/1 z 27.4.2016 r.) – NC RfG.
- [2] Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej, *Tauron Dystrybucja*
- [3] Popczyk J., *PRAWO ELEKTRYCZNE – mapa prac rozwojowych i proponowana struktura (rozdziały) ustawy*. „Energetyka” 2021, nr 4, Biuletyn PPTe2050 nr 2(4)/2021.
- [4] Bodzek K., *Budowanie odporności elektroprosumenckiej. Hybridowe i modułowe rozwiązania w osłonach z odbiorami krytycznymi*. „Energetyka” 2022, nr 5, Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu nr 1(4) /2022.
- [5] Jurkiewicz A., Wereszczyński D., Fice M., *Mikroelektrownia biogazowa (μEB) on-off grid z siecią terminali STD w systemie(WSE) przeznaczonym do testowania w sandboxie – studium przypadku*. „Energetyka” 2020, nr 7, Biuletyn PPTe2050 nr 2(2) /2020.
- [6] <https://facebook.github.io/prophet/>
- [7] Henzel J., Wróbel Ł., Fice M., Sikora M., *Energy consumption forecasting for the digital-twin model of the building*. „Energies” 2022, vol. 15, nr 12.



dr inż. Marek Szrot  
*Energo-Complex*  
Zygryd Kosidowski  
*NRG-PROJEKT*

dr inż. Zdzisław Konopka,  
*ELKON*  
mgr inż. Dariusz Paluszczak  
*ENEL*

# TRANSFORMACJA ENERGETYCZNA W TRYBIE INNOWACJI PRZEŁOMOWEJ DO ELEKTROPROSUMERYZMU (TETIPE) – studium przypadku *Energo-Complex*

## Energy transition in the breakthrough innovation mode to electroprosumerism (TETIPE) – *Energo-Complex* case study

Kryzysowa sytuacja na rynku energii dynamizuje działania pretendentów innowatorów, którzy nie chcąc ulec presji kosztów energii we własnej działalności gospodarczej oraz widząc presję rynku na potrzebę poszukiwania innych, tańszych źródeł energii, w szczególności źródeł OZE, konsolidują swoją wiedzę i doświadczenia w celu praktycznej realizacji założeń transformacji energetycznej w trybie innowacji przełomowej do elektroprosumerizmu (TETIP). Wykorzystując wiedzę teoretyczną zdobytą na Konwersatorium „Inteligentna Energetyka” oraz zapoczątkowaną już aktywną realizację własnej koncepcji odporności kryzysowej przez firmę *Energo-Complex*, przedstawia się w artykule działania zmierzające do sfinalizowania budowy wzorcowej osłony kryzysowej (OK-EP), jaką będzie osłona firmy *Energo-Complex*, aby w wyniku badań przeprowadzonych na zaprezentowanej trajektorii transformacji energetycznej, rozszerzyć osiągnięte efekty na inne elektroprosumenckie osłony kontrolne, lub osłony dotyczące jednostek samorządu terytorialnego OK(JST). Zweryfikowana praktycznie koncepcja osłony (OK-EP), będzie ofertą rynkową istotnie przyczyniającą się do zdynamizowania polskiej trajektorii TETIPE do elektroprosumerizmu.

**Słowa kluczowe:** studium przypadku, elektroprosumencka osłona kontrolna, kryzysowa odporność elektroprosumencka

Crisis situation in the energy market dynamise activities of pretenders/innovators which, if they want to resist pressure of energy costs on their own economic activity and observing market pressure on the need to search for various cheaper - especially the RES ones - energy sources, consolidate their knowledge and experience with the aim to practically realize the assumptions of energy transition in the breakthrough innovation mode to electroprosumerism (TETIP). *Energo-Complex* company, making use of the theoretical knowledge gained during the Seminar "Intelligentna Energetyka" and the already initiated active realization of its own concept of crisis resilience, presents in this article activities aimed to complete the building of its own model crisis front-end (OK-EP) and also plans, as the result of a research conducted on the presented energy transition trajectory, to extend the achieved effects onto other electroprosumeric control front-ends or front-ends concerning local government entities (OK-JST). Practically verified concept of such front-end (OK-EP) will become a market offer substantially contributing to dynamise the Polish TETIPE trajectory to electroprosumerism.

**Keywords:** case study, electroprosumeric control front-end, electroprosumeric crisis resilience

### Wstęp

Firma *Energo-Complex Sp. z o.o.* zapoczątkowała praktyczną realizację trajektorii transformacji energetycznej w trybie innowacji przełomowej do elektroprosumerizmu (TETIP) w zaprojektowanej przez siebie osłonie kontrolnej (OK-EP) wyspowej, jaką jest kompleks budynków produkcyjno-usługowych wraz z zapleczem szkoleniowym. To przedsięwzięcie jest jednocześnie studium skalowalności na inne elektroprosumenckie osłony kontrolne (OK-EP), w szczególności OK-EP na terenach jednostek samorządów terytorialnych (JST), w których elementy transformacji mogą różnić się ilościowo, a podmioty transformacji – jakościowo.

Uwzględniając fundamentalne obszary strategicznych działań na trajektorii transformacji TETIP do elektroprosumerizmu, a mianowicie:

- 1 – pasywizację budynków,
  - 2 – elektryfikację ciepłownictwa (pompy ciepła, kocioł indukcyjny),
  - 3 – elektryfikację transportu,
  - 4 – reelektryfikację OZE,
- przedsięwzięcie to ma na celu praktyczne zbadanie efektywności i „bezkonkurencyjności” elektroprosumerizmu na drodze do redukcji emisji i neutralności klimatycznej. Ponadto ma na celu praktyczne zbadanie, na ile zapewniona zostanie wyższa wydajność energetyczna względem rynków końcowych energetyki paliw kopalnych WEK-PK w Polsce (energii elektrycznej, ciepła).

Przeprowadzone badania na obiekcie doświadczalnym umożliwią również opracowanie programu do obliczenia i analizy kosztów budowy i eksploatacji autonomicznego (wyspowego) systemu zasilania obiektów budowlanych w energię elektryczną i w ciepło, z węzłem elektrociepłowniczym obejmującym źródła OZE: elektryczne i ciepłe.

## Opis działania wdrożeniowego

Modelem badawczym dla wdrożenia opisanej trajektorii TETIP do elektropromerowania w ostonie kontrolnej zakładu produkcyjnego (OK-EP) jest obiekt, który umożliwi praktyczne zbilansowanie nakładów inwestycyjnych tego wdrożenia oraz praktyczne sprawdzenie w nim możliwości regulacyjnych i kosztów eksploatacyjnych węzła elektrycznego i elektrociepłowniczego. Obiekt produkcyjno-szkoleniowy obejmuje halę produkcyjną z ogrzewaniem nawiewnym, w której prowadzone są procesy elektrotechnologiczne oraz pomieszczenia biurowe, w których występuje zapotrzebowanie na ciepło dla CO i CWU. Ten obiekt posłuży sprawdzeniu działania struktury zasilania w energię obejmującą źródła OZE i węzeł elektrociepłowniczy. Posłuży także sprawdzeniu systemu optymalnego zarządzania energią z wykorzystaniem Sieciowego Terminala Dostępowego (STD) połączanego z inteligentnym licznikiem energii. Obiekt badań wdrożeniowych jest już wyposażony elektrownią fotowoltaiczną (PV), magazyn energii elektrycznej i rezerwowe źródło energii – agregat prądotwórczy, a w najbliższej przyszłości będzie wyposażony w elektrownię wiatrową (HAWT) oraz dodatkowy magazyn energii elektrycznej.

Realizacji kompleksowej opisanego przedsięwzięcia podjęły się wymienione poniżej firmy, a obiektem badawczym są budynki i hale należące do firmy *Energo-Complex*, będącej też inwestorem, a zarazem twórcą koncepcji tworzonej osłony OK-EP. Zadania poszczególnych firm są zgodne z ich doświadczeniem badawczym, technicznym i naukowym. Poniżej podano podział zadań firm.

1. **Energo-Complex** – firma specjalizująca się w budowie innowacyjnych rozwiązań w transformatorach elektroenergetycznych i ich rewitalizacji; konsolidująca transformację energetyczną w trybie innowacji przełomowej na własnej infrastrukturze. Główny koordynator działań badawczych i koordynator biznesowy na trajektorii wdrożeń wprowadzanego rozwiązania. Firma zaprojektowała własną strukturę OK-EP oraz dostarczy stworzony przez siebie systemem zarządzania SCADA/EMS. *Energo-Complex* finansuje przedsięwzięcie z własnych środków.

Charakterystyka obiektu:

- **obiekt budowlany nowy**, spełniający warunki izolacji cieplnej; jest to hala produkcyjna wraz z pomieszczeniami administracyjno-szkoleniowymi w jednym budynku oraz laboratorium badawcze w drugim budynku; budynek drugi jest po gruntownej termomodernizacji;
- **źródła energii elektrycznej**: dwa przyłącza z sieci dystrybucyjnej (OSD), baterie fotowoltaiczne (50+30) kW, magazyn energii elektrycznej 3 x 7,7 kWh/5 kW oraz instalowany dodatkowo magazyn + 138 kWh/30 kW; ponadto agregat prądotwórczy o mocy 150 kVA, a w realizacji jest turbina wiatrowa (12 kW);
- **źródła ciepła**: węzeł ciepłowniczy zasilany jest obecnie przez dwa kotły gazowe (2 x 90 kW) i jeden olejowy (45 kW); kotły te przeznaczone są do wyłączenia; inne źródła to: pompy ciepła powietrzne, pracujące jako nagrzewnice oraz klimatyzatory; kocioł indukcyjny o mocy 100 kW, montowany w miejsce kotłów gazowych i kotła olejowego; agregat prądotwórczy 150 kVA, z którego

odzyskiwane będzie ciepło silnika napędowego, zarówno z systemu chłodzenia silnika jak również ze spalin; przewidziany magazyn ciepła wysokotemperaturowego zasilany z kotła indukcyjnego.

2. **NRG-Projekt** – firma specjalizująca się w budowie instalacji fotowoltaicznych i magazynów energii elektrycznej wraz z zarządzaniem energią; dostarcza magazyn energii o wielkości 138 kWh.
3. **ENEL-PC** – firma specjalizująca się w układach energoelektronicznych; zapewnia autorskie opracowanie i dostawę inwertera o mocy 30 kW obsługującego magazyn energii 138 kWh.
4. **ELKON** – firma specjalizująca się w elektrotechnologii indukcyjnej i budowie maszyn elektrotechnologicznych; w firmie został opracowany i zbudowany kocioł indukcyjny oraz budowany jest kompaktowy autonomiczny zespół elektrociepłowniczy wykorzystujący ciepło wytwarzane przez kocioł indukcyjny, ciepło odzyskiwane z układu chłodzenia silnika i ciepło odzyskiwane ze spalin silnika agregatu prądotwórczego; firma dostarcza i uruchamia w firmie *Energo-Complex* wymieniony system zasilania w ciepło podłączając się do węzła ciepłowniczego obiektu, zasilanego elektrycznie z mixu elektrycznego, będącego w posiadaniu Inwestora, tj. firmy *Energo-Complex*.

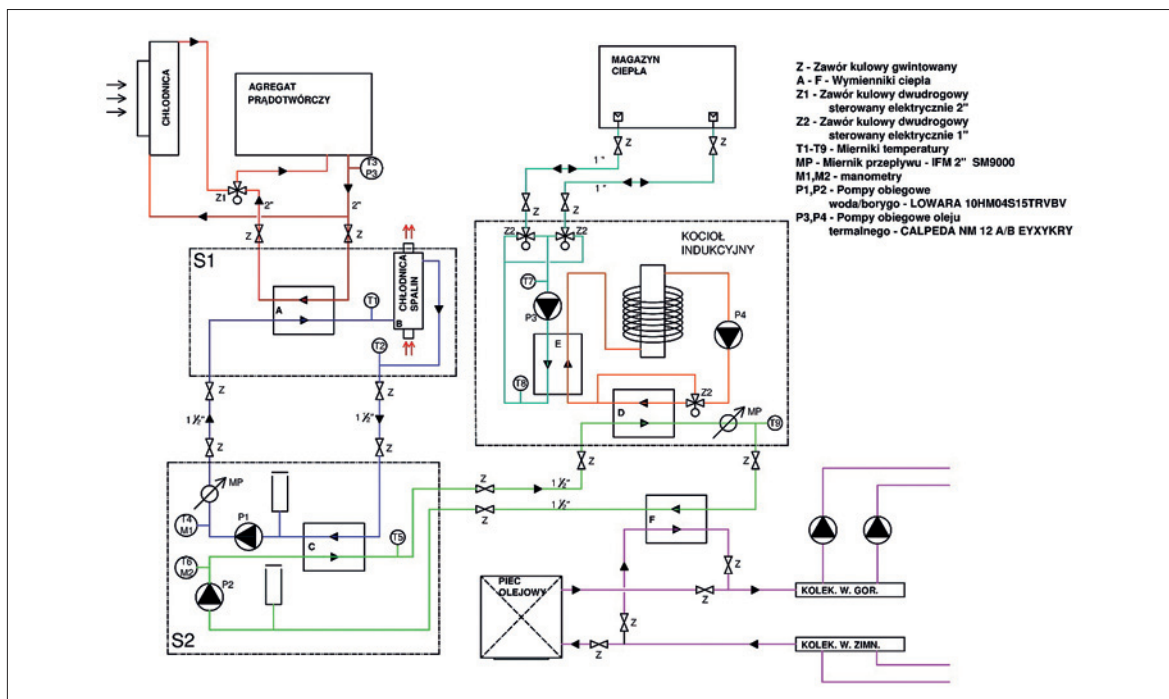
Pierwszy warunek strategicznych działań w TETIP do elektropromerowania, jakim jest termoizolacja, jest spełniony. Warunek trzeci – elektryfikacja transportu, realizowany będzie w rozpatrywanej ostonie kontrolnej przez uwzględnienie stacji ładowania elektrycznych samochodów firmowych. Stacja ładowania będzie uwzględniona w algorytmie zarządzania energią EMS.

Rozszerzonej analizie i działań praktycznych wymagają: drugi obszar strategicznych działań, czyli elektryfikacja ciepłownictwa oraz czwarty obszar – reelektryfikacja z wykorzystaniem źródeł OZE i rezerwowego źródła energii, które zapewni minimalizację śladu węglowego.

## Elektryfikacja ciepłownictwa

W analizowanej ostonie kryzysowej firmy *Energo-Complex* elektryfikacja ciepłownictwa dotyczy zastąpienia kotłów gazowych i kotła olejowego kotłem elektrycznym indukcyjnym w węzle ciepłowniczym firmy oraz pozyskiwania energii elektrycznej i ciepła z agregatu prądotwórczego z silnikiem Diesla.

Kocioł indukcyjny może być zasilany energią wyprodukowaną przez OZE, z agregatu prądotwórczego lub z sieci OSD, w zależności od tego, co będzie bardziej opłacalne. W obwodzie chłodzenia silnika spalinowego agregatu oraz w układzie wydechowym spalin są montowane wymienniki ciepła umożliwiające jego odzyskiwanie. W zależności od zapotrzebowania na ciepło w firmie *Energo-Complex* energia cieplna pozyskana z układu chłodzenia silnika i ze spalin będzie sumowana z energią cieplną pozyskiwaną z kotła indukcyjnego, zasilanego z agregatu prądotwórczego. Celem jest pełne wykorzystanie energii paliwa silnika spalinowego, tzn. maksymalny uzysk ciepła z energii paliwa lub kogeneracyjne pozyskanie ciepła i energii elektrycznej. Jeśli zapotrzebowanie na ciepło będzie mniejsze niż możliwości opisanego systemu, wówczas ciepło pozyskane z układu chłodzenia



Rys. 1. Schemat ideowy zasilania w ciepło firmy *Energio-Complex*

silnika i ze spalin będzie ciepłem użytkowym, natomiast generator będzie zasiliał układ elektryczny firmy. Ewentualne nadwyżki energii będą mogły być lokowane w magazynach energii elektrycznej i ciepła.

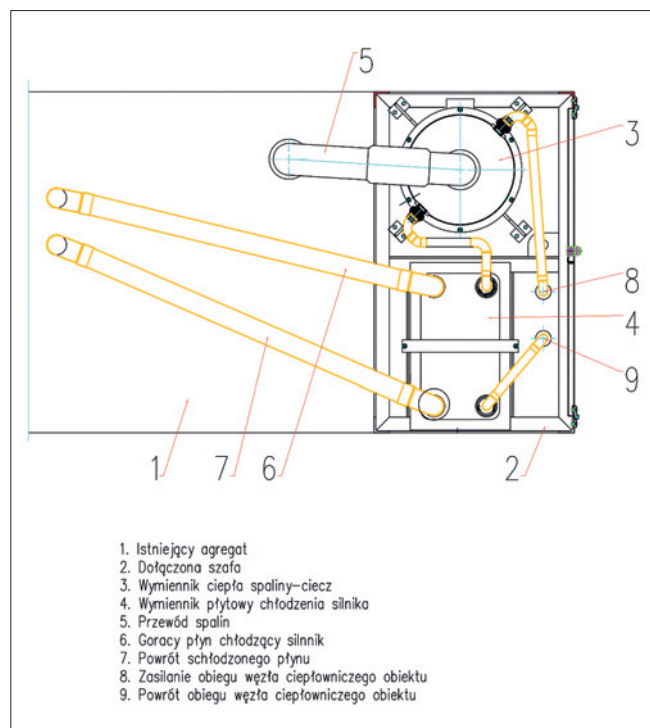
Nad optymalną energetycznie pracą systemu będzie czuwał system SCADA/EMS, który umożliwi dowolną parametryzację algorytmu sterowania w zależności od bieżących cen rynkowych energii dostarczanej przez OSD oraz ceny paliw.

Schemat ideowy realizowanego układu zasilania w ciepło firmy *Energio-Complex* przedstawia rysunek 1.

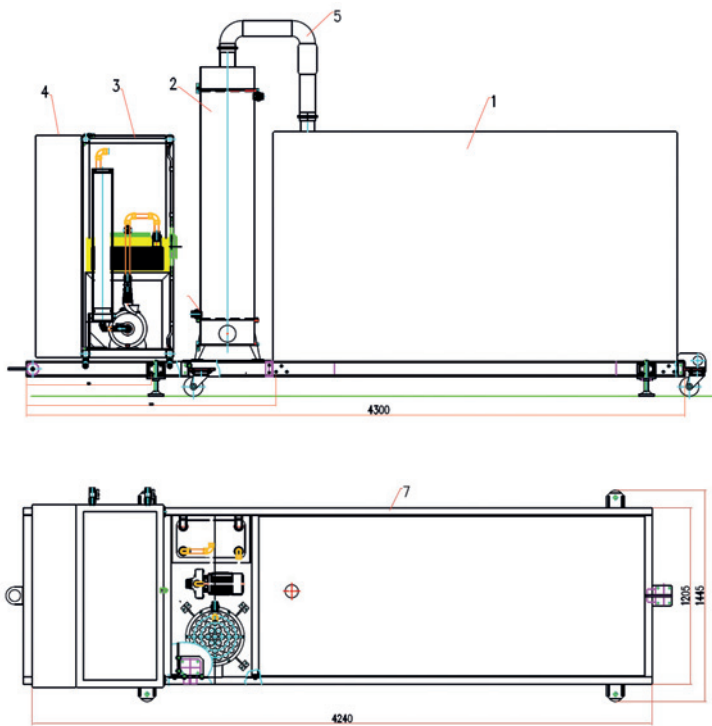
W prezentowanym rozwiązaniu kocioł indukcyjny zainstalowany będzie w pomieszczeniu węzła ciepłowniczego zakładu, natomiast wymienniki ciepła związane z systemem odzyskiwania ciepła z układu chłodzenia silnika i ciepła ze spalin zostaną umieszczone obok agregatu prądowłórczego na zewnątrz obiektu, w odległości około 50 m od węzła ciepłowniczego. Obrazuje to rysunek 2.

Rozwiązania techniczne opisanego systemu mogą być różne w przyszłych realizacjach w obiektach przemysłowych i mieszkaniowych. Może to być układ kompaktowy, w którym agregat prądowłórczy, wymienniki ciepła, kocioł indukcyjny i pompy obiegowe czynnika grzewczego są zintegrowane w jednej konstrukcji mechanicznej, tworząc autonomiczny zespół elektrociepłowniczy. Taki zespół elektrociepłowniczy może być umieszczony w oddzielnym pomieszczeniu w pobliżu węzła ciepłowniczego lub na zewnątrz obiektu, np. w kontenerze. Kompaktowe rozwiązanie autonomicznego zespołu elektrociepłowniczego może być wykorzystane do zasilania w energię elektryczną i ciepło budynków wielorodzinnych lub osiedli domów jednorodzinnych. Nie ma wówczas potrzeby podłączania takich obiektów do centralnej sieci ciepłowniczej. Agregat prądowłórczy, w którym zastosowany jest silnik wysokoprężny, może być napędzany silnikiem wykorzystującym biogaz lub zielony wódor,

tworząc bezemisyjne źródło ciepła i prądu. Autonomiczny zespół ciepłowniczy może być umieszczony np. na przyczepie samochodowej, tworząc mobilny zespół elektrociepłowniczy, wykorzystywany awaryjnie i podłączany do węzła ciepłowniczego obiektu na czas usuwania awarii centralnej sieci ciepłowniczej. Zatem jego zastosowanie może być wielozadaniowe.



Rys. 2. Schemat umieszczenia wymienników ciepła silnika i ciepła spalin obok agregatu w firmie *Energio-Complex*



Rys. 3. Schemat poglądowy autonomicznego zespołu elektrociepłowniczego

- 1 – agregat prądowczy, 2 – wymiennik ciepła gaz/ciecz,
- 3 – kocioł indukcyjny, 4 – zasilacz kotła,
- 5 – połączenie układu wydechowego silnika i wymiennika

Schemat poglądowy autonomicznego zespołu elektrociepłowniczego przedstawia rysunek 3.

Etap budowy autonomicznego zespołu elektrociepłowniczego przedstawiono na rysunku 4.

Kocioł indukcyjny, montowany w węźle elektrociepłowniczym obiektu lub w autonomicznym kompaktowym zespole elektrociepłowniczym, w swoim obiegu wewnętrznym nagrzewa olej termalny i przekazuje ciepło do węzła ciepłowniczego systemu CO i CWU obiektu przez wymiennik typu ciecz/ciecz (tutaj olej/woda). Schemat obiegu grzewczego przedstawia rysunek 5.

Obieg wewnętrzny nagrzewanego oleju może być rozbudowany i wyposażony w drugi wymiennik, przez który ciepło będzie przekazywane do magazynu ciepła lub do ogrzewania nawiewnego hali zakładu, w którym czynnikiem grzewczym będzie olej o podwyższonej temperaturze (rys. 6).

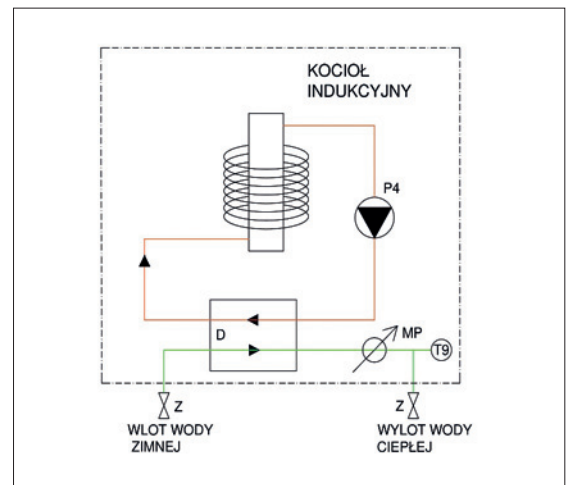
Układ grzewczy kotła indukcyjnego wraz z wymiennikiem olej/woda oraz pompą obiegową oleju przedstawiono na rysunku 7, natomiast szafę elektryczną kotła z generatorem, układem zasilania i sterowania – na rysunku 8.

Kocioł indukcyjny może być zasilany z węzła elektroenergetycznego firmy, zawierającego własne źródła OZE i podłączonego do niskonapięciowej sieci bilansującej się, mogącej zawierać wszystkie dostępne źródła OZE, współpracującej z OSD poprzez transformator SN/nn, stanowiący zarazem sieciowy terminal przyłączeniowy (STD).

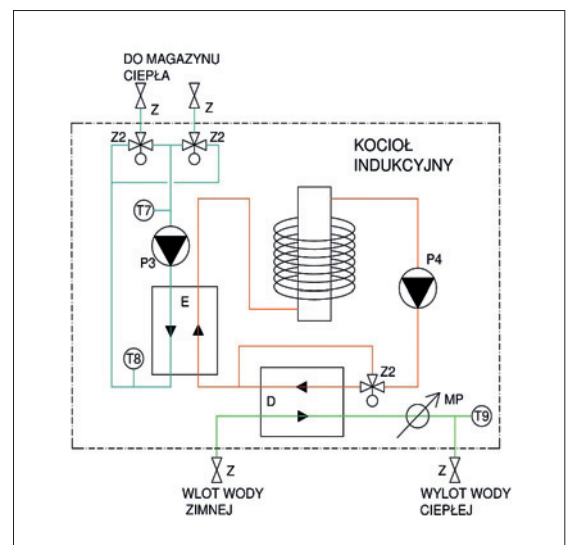
Nie wszystkie wymienione wyżej źródła energii muszą występować w każdym węźle elektroenergetycznym i elektrociepłowniczym.



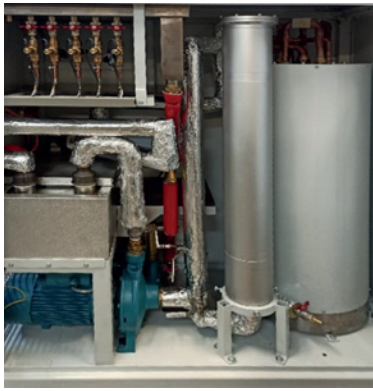
Rys. 4. Autonomiczny zespół elektrociepłowniczy, etap montażu agregatu prądowczego, kotła indukcyjnego, wymiennika gaz/ciecz, wymiennika ciecz/ciecz, pompy obiegowej i szafki sterującej



Rys. 5. Schemat obiegu grzewczego kotła



Rys. 6. Schemat kotła z magazynem ciepła



Rys. 7. Część grzewcza kotła indukcyjnego



Rys. 8. Generator i układ sterowania kotła indukcyjnego

## Źródła energii elektrycznej, w tym OZE, występujące w firmie *Energocomplex*

### Reelektryfikacja

Najbardziej dostępnym i stosunkowo niedrogim źródłem wytworzenia energii elektrycznej z OZE w chwili obecnej są panele fotowoltaiczne (PV). Instalacje te charakteryzuje łatwa ścieżka inwestycyjna, która dla instalacji do 50 kWp nie wymaga dodatkowych formalności administracyjnych. Jeżeli w projektowanej osłonie OK-EP występuje niezbędna powierzchnia do instalacji paneli, to mikroinstalację PV o mocy do 50 kWp można uruchomić w ciągu kilku dni.

Optymalnym miejscem montażu są dachy istniejących budynków, ale w większości przypadków wiąże się to z koniecznością weryfikacji wytrzymałości mechanicznej konstrukcji nośnej. W niektórych wypadkach niezbędne będzie wykonanie dodatkowych wzmocnień podnoszących nośność, wynikającą z dodatkowego obciążenia dachu konstrukcją całej instalacji PV.

W przypadku przedmiotowej OK-EP decyzję o instalacji PV w nowo powstającym budynku produkcyjno-szkoleniowym podjęto na etapie budowy, co związane było z drobnymi, niezbyt kosztownymi zmianami w projekcie konstrukcyjnym hali.

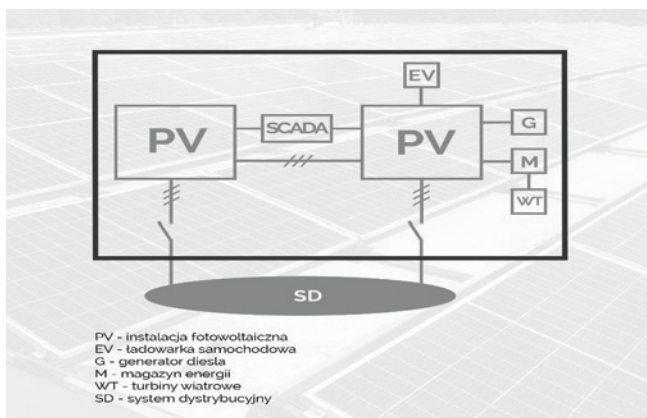
W istniejącym budynku OBRE, którego projekt wykonano w roku 2005, niezbędne było ponowne przeliczenie konstrukcji nośnej dachu, co skutkowało koniecznością wykonania dodatkowych wzmocnień niektórych elementów konstrukcji nośnej.

Na rysunku 9 przedstawiono schemat ideowy osłony kryzysowej firmy *Energocomplex* (OK-EP), z którego wynika, że do produkcji energii z OZE stosuje się źródła PV oraz wiatraki (HWT). Jednak w chwili obecnej ze względów formalno-ekonomicznych wykorzystywana jest jedynie instalacja PV o łącznej mocy 80 kWp.

Istotną częścią systemu zasilania elektrycznego jest również generator Diesla, który pierwotnie miał służyć jako wsparcie systemu w przypadku braku produkcji z OZE oraz zasilania od strony sieci dystrybucyjnej. Jednakże z powodu znacznego wzrostu cen paliwa gazowego (prawie 10-krotnego) zarząd spółki podjął decyzję o zmianie sposobu ogrzewania budynku (dotychczas wykorzystywany był gaz ziemny), dlatego przystąpiono do realizacji projektu opisanego w artykule. Zatem agregat Diesla będzie wykorzystywany w układzie kogeneracyjnym, co pozwoli znacząco obniżyć koszty zaopatrzenia budynku w energię.

Następnym kluczowym elementem każdej osłony jest system magazynowania energii, który w połączeniu z systemem zarządzania energią (EMS) umożliwia efektywne zarządzanie przepływami energii. W rozpatrywanym przypadku jako pierwszy zainstalowano magazyn o niewielkiej pojemności 23,1 kWh (firmy *BYD* wraz z inwerterami *SMA* o mocy 15 kW).

Aby podnieść współczynnik odporności kryzysowej zdecydowano się na instalację dodatkowego magazynu o pojemności 138 kWh, w tym przypadku od krajowego producenta firmy *NRG-PROJECT*, którego funkcjonalność opisano poniżej.



Rys. 9. Schemat ideowy osłony kryzysowej firmy *Energocomplex* (OK-EP)



Rys. 10. Siedziba firmy *Energocomplex*, na dachu zamontowana jest bateria fotowoltaiczna

**Magazyn energii w technologii LiFePO4** to modułowy system umożliwiający pracę z instalacjami OZE. System magazynowania o szerokim zastosowaniu i konfigurowalnym w systemie EMS, zarządzany przez sterownik PLC, pozwala na pracę w sieciach nN prądu przemiennego 3x400 V lub sieciach SN.

Podstawowe tryby pracy systemu to:

- Peak-Shaving (cięcie szczytowe), aktywne zarządzanie zapotrzebowaniem w celu uniknięcia krótkotrwałych wzrostów zapotrzebowania na energię elektryczną,
- stabilizacja napięcia sieci lokalnej,
- optymalizacja stopnia wykorzystania mocy przyłącza i mocy zamówionej,
- regulacja wektora mocy [P/Q/cosφ],
- godzinowy scenariusz pracy umożliwiający arbitraż cen,
- wsparcie dla systemu stabilizacji ogólnokrajowej sieci dystrybucyjnej (DSR) i usług elastyczności,
- możliwość udziału w rynku mocy,
- możliwość budowy harmonogramu pracy,
- możliwość pracy w trybie stałej ceny lub trybie „rynek dnia następnego” (RDN-TGE).

Poprzez zastosowanie opisanego magazynu energii można uzyskać:

- znaczny spadek opłat za energię elektryczną, wynikający z większego użycia własnej energii z OZE, ograniczenie opłat dystrybucyjnych i dodatkowych wynikających z bilansowania przez operatora,
- bezpieczeństwo energetyczne w przypadku awarii sieci, przejście na bezpieczną sieć wewnętrzną (unikanie przecięć i uszkodzeń urządzeń elektrycznych),
- brak wzrostu napięcia w sieci, brak negatywnego wpływu fotowoltaiki na żywotność urządzeń,
- podniesienie współczynnika odporności elektroprosumenckiej OEP,
- spadek opłaty mocowej, dzięki wykorzystaniu własnej energii w trakcie jej obowiązywania,
- poprawę jakości energii elektrycznej, dzięki stabilizacji napięcia,
- możliwość udziału w rynku mocy,
- możliwość udziału w wirtualnej elektrowni i świadczenie usług od roku 2024.

Obecnie system jest rozbudowywany w celu integracji z układem ciepłowniczym pozwalającym na uzyskanie efektu synergii, wynikającego z zarządzania instalacjami wytwórczymi energii elektrycznie i cieplnej.

Realizowany projekt ze strony firmy ENEL-PC obejmuje przekształtnik pozwalający na sprzężenie akumulatora (magazynu energii) z siecią 3x400 V; przekształtnik ma następujące parametry i możliwości:

- $P_n = 30 \text{ kVA}$ ,
- $I_n = 44 \text{ A}$ ,
- $\text{THDi} < 5\%$ ,
- napięcie po stronie nn 3x400 V  $\pm 10\%$ .

Poprzez zadawanie mocy z poziomu nadrzędnego sterownika (systemu SCADA) jest możliwa realizacja różnych trybów pracy, w tym opisanych powyżej. Schemat blokowy systemu z włączonym przekształtnikiem i magazynem energii pokazano na rysunku 12.

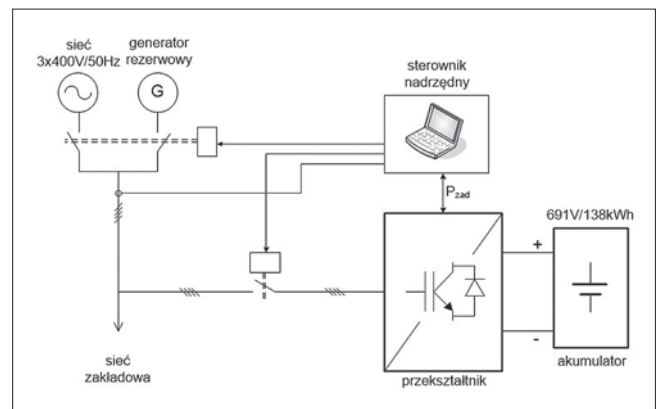


Rys. 11. Magazyn energii firmy NRG-Project

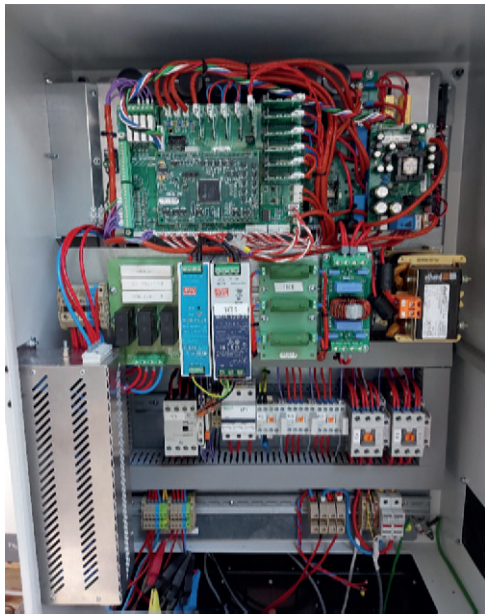
Falownik pozwala na niezależną generację napięcia w każdej z faz, dzięki czemu może przyczyniać się do symetryzacji obciążenia oraz niezależnej kompensacji mocy biernej.

Projektowany przekształtnik będzie posiadał możliwość pracy w każdej konfiguracji sieci, tzn. gdy zakład jest połączony z publiczną siecią, gdy pracuje wyspowo z generatorem rezerwowym oraz gdy zawiódą oba źródła i konieczne jest zasilanie (przynajmniej częściowe) zakładu z magazynu energii. Ograniczeniem przekształtnika jest jego moc szczytowa i to ona wyznacza maksymalne możliwości generacji energii, jakie można wykorzystać w zakładzie podczas pracy wyspowej z zasilaniem jedynie akumulatorowym.

Zgodnie z przepisami, podczas pracy na sieć, falownik będzie spełniał wymagania kodeksu NC RfG, natomiast podczas pracy wyspowej część ograniczeń zostanie zdjęta w celu zapewnienia stabilnej pracy całego systemu. Informacja o aktualnej konfiguracji sieci będzie przekazywana przez system nadrzędny. Przejście między konfiguracjami z uwagi na możliwości techniczne będzie wiązało się z chwilowym wyłączeniem falownika.



Rys. 12. Schemat blokowy systemu zasilania z magazynem energii



Rys. 13. Inwerter ENEL-PC do magazynu energii.  
Przykład rozwiązania

### Perspektywa rozszerzenia prezentowanego rozwiązania na osłony kontrolne stanowiące wyspy elektroprosumenckie (OK-EP) – zakłady przemysłowe oraz osłony kontrolne jednostek samorządu terytorialnego (OK-JST), np. gminy

Uogólnienie wyników badań przeprowadzonych na zaprezentowanej trajektorii transformacji energetycznej i ich rozszerzenie na inne osłony kontrolne wysp lub związane z jednostkami samorządu terytorialnego OK(JST) będzie jedynie kwestią skali. Inne mogą być wartości mocy OZE możliwych do zainstalowania, powierzchnie obiektów budowlanych oraz ilości energii elektrycznej i ciepła koniecznych do zbilansowania. Jednak droga do projektowania i realizacji będzie wytyczona, w szczególności w przypadkach osłon elektroprosumenckich wyspowych (OK-EP).

W jednostkach Samorządu Terytorialnego trajektoria TETIP do elektroprosumeryzmu może być realizowana jako zbiór osłon elektroprosumenckich wyspowych (zakłady przemysłowe, szkoły, obiekty gminne, spółdzielnie i wspólnoty), ale także mogą być budowane lokalne sieci elektroprosumenckie, wykorzystujące źródła OZE indywidualnych elektroprosumen-tów oraz źródła będące inwestycją gminną (np. gminna elektrownia wiatrowa, fotowoltaiczna, biogazowa lub gminna instalacja pozyskiwania wodoru). Oczywiście chodzi o sieć lokalną współpracującą z OSD i KSE w celu stabilizacji parametrów obciążenia tych sieci.

Przedsięwzięcie to, prócz oszczędności u Inwestora, będąc sprawdzoną praktycznie ofertą rynkową, przyczyni się do uaktywnienia indywidualnych inwestycji w budowę systemu rozproszonych źródeł energii, mającego zasadniczy wpływ na odporność kryzysową. W ujęciu globalnym ma ono również istotny wpływ na dynamikę transformacji energetycznej.

#### PIŚMIENNICTWO

- [1] Popczyk J., Materiały Konwersatorium „Inteligentna Energetyka”.
- [2] Popczyk J., *Pierwsza lista identyfikacyjna rozwiązań do wprowadzenia w ustawach pilotażowych do Prawa elektrycznego*. Konwersatorium „Inteligentna Energetyka”. Gliwice, 22 marca 2022.
- [3] Hanzelka Z., *Rozproszone źródła energii – perspektywa operatora sieci elektroenergetycznej*. „Energetyka” 2021, nr 1.
- [4] Szrot M., *Od przedłużenia czasu życia transformatorów, poprzez własną odporność elektroprosumencką do usług na rynkach elektroprosumeryzmu*. Materiały Konwersatorium „Inteligentna Energetyka”, 27 września 2022.
- [5] Konopka K., Konopka Z., *Kocioł indukcyjny w węźle z pompą ciepła w wysokotemperaturowej sieci ciepłowniczej sukcesywnie eliminowanej w transformacji TETIP do elektroprosumeryzmu*. „Energetyka” 2021, nr 10.
- [6] Konopka K., Konopka Z., *Kocioł indukcyjny w wysokotemperaturowej sieci ciepłowniczej. Badania modelu przemysłowego*. „Energetyka” 2022, nr 5.
- [7] Konopka K., Konopka Z., *Wstępna analiza celowości transformacji energetycznej ciepłownictwa do elektroprosumeryzmu z zastosowaniem kotła indukcyjnego w węźle ciepłowniczym w budynkach wielorodzinnych*. „Energetyka” 2022, nr 8.
- [8] Konopka Z., *Elektryfikacja ciepłownictwa na rynkach elektroprosumeryzmu*. Materiały Konwersatorium „Inteligentna Energetyka”, 27 września 2022.
- [9] *Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym*. Newsletter NCBiR z 12 maja 2022.
- [10] Biskup T., *Elektroprosumeryzm – szansa na dalszy rozwój energoelektroniki w Polsce – studia przypadków*. Konwersatorium „Inteligentna Energetyka”, 25 października 2022.
- [11] Lechowicz A., *System SCADA/EMS jako studium przypadku*. Konwersatorium „Inteligentna Energetyka”, 25 października 2022.

