

POWSZECHNA PLATFORMA TRANSFORMACYJNA ENERGETYKI 2050

www.ppte2050.pl



Redakcja portalu

redaktor naczelny: Jan Popczyk

zastępca redaktora naczelnego: Krzysztof Bodzek

e-mail: redakcja@ppte2050.pl

Serwis internetowy webmaster: Andrzej Piechocki, e-mail: it@ppte2050.pl

Konwersatorium e-mail: konwersatorium@ppte2050.pl

Przeciwieństwo:

*wewnętrzna elektroprosumencka odporność jednostek samorządu terytorialnego (JST)
vs. zewnętrzne bezpieczeństwo energetyczne „gwarantowane” przez politykę energetyczną,
czyli przez sojusz polityczno-korporacyjny WEK-PK(iEJ)*

jest jednym z najważniejszych przeciwieństw, które w Polsce trzeba analizować (badać) w kontekście nowego porządku ustrojowego energetyki, w kontekście pytania, jak na nowo ten porządek zorganizować? Na pewno przydatna jest z tego punktu widzenia odpowiedź na pytanie, jaką wagę ma brak wiedzy – po stronie sojuszu polityczno-korporacyjnego – o polskiej przeszłości i brak wiedzy o tym, co robi współcześnie świat. A jakie jest z kolei znaczenie – po stronie samorządów – braku zdolności (chęci) otwarcia się na szukanie nowych, innowacyjnych rozwiązań? I jak z tym deficytem sobie radzić?

Sformułowane powyżej polskie pytania mają związek z poszukiwaniem odpowiedzi, co nęka świat, jak działa bifurkacja w rozszerzających się gwałtownie granicach złożoności [Peter Coveney, Roger Highfield: *Granice złożoności – poszukiwania porządku w chaotycznym świecie*, 1995]. Poza tym, jak musi wyglądać nowa (wielka) umowa ustrojowa w poświeceniowym porządku społecznym strefy euroatlantyckiej, takim, który będzie respektował podmiotowość reszty świata: od chińskiego systemu zaufania społecznego po system społeczny Afryki Subsaharyjskiej (jeśli w wypadku tego kontynentu można mówić w ogóle o systemie społecznym)? Porządku, w którym odpowiedzią ludzi na pytanie polityków populistów (nihilistów), czego potrzebujecie (czego chcecie) nie będzie: więcej energii z paliw kopalnych (będących bogactwem naturalnym). Będzie natomiast odpowiedź: chcemy więcej ładu społecznego (więcej bogactwa społecznego).

I trzeba zastanowić się, czy ta sytuacja nie usprawiedliwia kolejnego pytania, o entropię społeczną? Mianowicie, jak ją zdefiniować? Jak daleko jest współczesny świat od maksymalnej wartości takiej entropii, czyli od całkowitego chaosu wartości. I jak zapobiec społecznej entropijnej śmierci (odpowiedzieć, co w sferze społecznej mogłoby zastąpić neutralność klimatyczną, która politycznie została już uznana za konieczną do uchronienia świata nieożywionego przed śmiercią termodynamiczną). Pozostawiając sprawę do zgłębiania (a może nawet do rozwiązania) myślicielom, na pewno potrzebny jest już pilnie język (aparaturę pojęciową) pozwalający komunikować się w praktycznych sprawach transformacji energetycznej ponad sojuszem polityczno-korporacyjnym (który zgodnie z logiką przeciwieństwa, rozpoczynającego ten tekst, musi być stopniowo – raczej szybciej niż wolniej – ignorowany).

Na pewno jest już potrzeba rozróżnienia w procesach społecznym bogactwa społecznego i produktu odpadowego (przez analogię do bogactwa naturalnego, w szczególności do zasobów energetycznych oraz cennych surowców) i niepożądanych produktów odpadowych (w szczególności emisji CO₂) w procesach termodynamicznych (w analizie kosztu termoelektroekologicznego). Na pewno bogactwem społecznym jest ład społeczny z etosem nauczyciela, lekarza, prawnika, ale także przedsiębiorstwa użyteczności publicznej (utility). Produktem odpadowym jest polityk nihilista (który rozstał się z wartościami, prezydent miasta „wycinający” drzewa po „ciemku” (aby ludzie nie widzieli), ale konsekwentnie, aby na koniec zabetonować aleję, która kształtowała się przez 100 lat.

Jan Popczyk

26 stycznia 2022 r.

ODDOLNA BUDOWA ENERGETYCZNEJ ODPORNOŚCI ELEKTROPROSUMENCKIEJ JST w miejsce bezpieczeństwa energetycznego w schodzącej rządowej polityce energetycznej

GRASS ROOTS BUILDING OF THE JST ELECTROPROSUMERIC ENERGY RESILIENCE in place of energy safety in the descending governmental energy policy

Jeśli w końcu 2021 r. polska energetyka WEK-PK(iEJ) – czyli wielkoskalowa energetyka korporacyjna paliw kopalnych, ze złowrogim cieniem energetyki jądrowej w tle od 2006 r. – zderzyła się ze ścianą żelbetową (rok wcześniej była to jeszcze ściana z cegły), to trzeba definitywnie uznać, że jest to ściana stanowiąca punkt bifurkacji transformacji energetycznej. Inaczej, państwo polskie na zawsze utraciło wiarygodność gwaranta bezpieczeństwa energetycznego, czyli utraciło zdolność wypełniania zasady subsydiarności w odniesieniu do potrzeb energetycznych obywateli i gospodarki państwa. Zatem żelbetowa ściana definitywnie zamknęła przyszłość dotychczasowego energetycznego porządku ustrojowego w Polsce i otworzyła nowy (i nie jest ważne, że ten nowy porządek nie jest jeszcze formalnie zaakceptowany). Tego nie jest już w stanie odwrócić obecny rząd, ani żaden inny – koniec kropka. Z drugiej strony żaden samorząd (społeczność JST) nie jest w stanie już uwolnić się od odpowiedzialności za oddolne zbudowanie swojej energetycznej odporności elektroprosumenckiej. A tego nie da się zrealizować inaczej jak tylko w ustroju społecznej gospodarki rynkowej. Przy tym samorzady mają trzy dekady na zbudowanie docelowej odporności elektroprosumenckiej JST. W tym czasie państwa nikt nie może uwolnić od kontrolowanego, w trybie schodzącym, wygaszenia energetyki WEK-PK(iEJ). Tego z kolei nie da się już zrealizować inaczej jak tylko za pomocą konkurencji (na rynku czasu rzeczywistego) rozgrywającej się na krytycznej wirtualnej osłonie kontrolnej na rynku energii elektrycznej między jego ustrojowymi (prawnymi) porządkami – starym i nowym. Artykuł koncentruje się w tym kontekście na oddolnych zadaniach własnych środowiska platformy PPTE2050. Są to zadania przekształcające na niej w 2022 r. koncepcję transformacji energetyki do elektroprosumeryzmu za punktem bifurkacji w plany budowy odporności elektroprosumenckiej JST. Przy tym są to plany uwzględniające wstępną weryfikację (2021) koncepcji w ramach prac studialnych nad Terytorialnym Planem Sprawiedliwej Transformacji Regionu Wałbrzyskiego (korzystającego z przyznanego przez Komisję Europejską statusu regionu węglowego) oraz nad modelem transformacji energetycznej m.st. Warszawy w horyzoncie 2050 do elektroprosumeryzmu. Ponadto plany uwzględniają wschodzącą współpracę PPTE2050 z Parlamentarnym Zespołem ds. Prawa elektrycznego. Także współpracę ze Śląskim Związkiem Gmin i Powiatów w zakresie szkolenia w 2022 r. specjalistów ds. odporności elektroprosumenckiej JST.

Słowa kluczowe: energetyka, transformacja, prawo elektryczne, samorzady, odporność elektroprosumencka

If, in the end of the year 2021, the Polish WEK-PK(iEJ) power industry crashed into a reinforced concrete wall (a year earlier it had only been a brick one) we must definitely conclude that it was a wall being the bifurcation point of the energy transition. In other words, the Polish state lost forever credibility to be the energy safety guarantor i.e. it was no more able to fulfil the subsidiarity principle with regard to energy needs of citizens and the state economy. Therefore, the reinforced concrete wall definitely closed the future of the current energy systemic order in Poland and opened the new one (and it is of no importance that this new order has not yet been formally accepted). This process can no longer be reversed either by the present government or by any other – full stop, finished. And no self-government (JST community) is anymore able to discharge itself of responsibility for the grass roots building its electroprosumeric energy resilience. But this cannot be realised in any other way but in the order of a social market economy. Moreover, self-governments have three decades to build their target JST electroprosumeric resilience. During this time nobody can discharge the state from the controlled, in the descending mode, phasing-out of the WEK-PK(iEJ) energy industry. This in turn cannot be done except through competition (in the real time market) taking place on a critical virtual control front-end between systemic (legal) orders – the old and the new one – in the electric energy market. In this context, the article focuses on the grass roots own tasks of the PPTE2050 platform environment. They are tasks transforming in the year 2022 the concept of energy transition to electroprosumerism, behind the bifurcation point, into plans to build the JST electroprosumeric resilience. In addition these plans include the initial verification of the 2021 concept in frames of study works on Territorial Just Transition Plan for Wałbrzych Region (benefitting from the coal region status granted by the European Commission) and on the model of the Capital City of Warsaw energy transition to electroprosumerism within the 2050 time horizon. Except this, the plans include emerging cooperation between PPTE2050 and the Parliamentary Group for Electricity Act as well as the cooperation with the Silesian Union of Municipalities and Districts in the framework of training in 2022 the specialists in the field of the JST electroprosumeric resilience.

Keywords: energy industry, transition, Electricity Act, self-governments, electroprosumeric resilience

Wewnętrzna elektroprosumencka odporność jednostek samorządu terytorialnego (JST) vs. zewnętrzne bezpieczeństwo energetyczne „gwarantowane” przez politykę energetyczną, czyli przez sojusz polityczno-korporacyjny WEK-PK(iEJ)

1. Granica kryzysu wyzwalającego ustrojową zmianę.

Jeśli granica kryzysu została przekroczona, to trzeba jak najprędzej poznać przyczyny tego przekroczenia. Z powodu wielkiej dynamiki rozwoju technologicznego (często wątpliwego), gwałtownego przyspieszenia negatywnych procesów społecznych oraz niewydolności środowiskowej (przyrodniczej) spowodowanej przez ludzi rabunkową eksploatacją bogactw naturalnych (i ogólnie ziemskich zasobów przyrodniczych) nie jest to proste zadanie. Zwłaszcza że diagnoza – jeśli ma być traktowana poważnie – musi uwzględniać działanie niezwykle silnego katalizatora przemian, którym jest pandemia covid (gorączka złota dla miliarderów, erupcja nihilizmu moralnego dla polityków, pandemia strachu dla słabych). Artykuł nie wgłębia się w diagnozę zmian, sygnalizuje natomiast cztery aspekty ważne w kontekście „przymusu” budowy energetycznej odporności elektroprosumenckiej JST. Przymus pod presją kryzysu oznacza niestety zawsze utratę szansy wynikającej z dobrej koncepcji i konsekwentnej strategii realizacyjnej. Polski dramat polega w szczególności na tym, że sojusz polityczno-korporacyjny WEK-PK(iEJ) nie jest już zdolny do zapewnienia gospodarce bezpieczeństwa energetycznego, a samorządy nie są jeszcze mentalnie gotowe do przejęcia odpowiedzialności za elektroprosumencką odporność (energetyczną) JST. Trzecia siła, elektroprosumenci, pod względem liczebności jest bardzo poważna; w okresie 2019-2021 pojawiło się ich już ponad 700 tys. Niestety, jest to siła, której za bogactwo społeczne na razie również nie można uznać. Dlatego, że powstała w trybie żywiołowym/chaotycznym (inaczej narkotycznego wsparcia, czyli pod wpływem politycznego przekupstwa), zatem jej jakość nie jest na miarę potrzeb.

1.1. Symboliczne znaczenie w kontekście przekroczenia – na przełomie 2021/2022 – granicy kryzysu wyzwalającego konieczność ustrojowej zmiany w energetyce miała koncepcja NABE (Narodowa Agencja Bezpieczeństwa Energetycznego). Koncepcja ta ogłoszona w drugiej połowie 2020 r. pokazała, jak ministerstwo MAP (Ministerstwo Aktywów Państwowych) wyobraża sobie zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego (elektroenergetycznego). Koncepcję, którą – gdyby została zrealizowana – można by w szczególności uznać za drugi „wielki” pomnik dynamicznego rozwoju polityczno-korporacyjnego zastoju (pierwszym takim pomnikiem zafundowanym Polsce przez obecny rząd było Ministerstwo Energii, które wykreowało największy plac budowy bloków węglowych klasy 1000 MW w Europie). Porównanie jest zasadne, bo koncepcja ma ratować bezpieczeństwo energetyczne państwa za pomocą masy „upadłościowej”, w którą przekształcone zostałyby skonsolidowane biznesowo w ostatnich dwóch dekadach do absurdu grupy elektroenergetyczne *PGE*, *Tauron*,

Enea, *Energia*. Konsolidacja (w formule NABE) węglowych zasobów wytwórczych trzech pierwszych z nich przez państwo (większościowego udziałowca) w ramach polityki energetycznej – będącej w całości właściwością państwa – a nie w ramach restrukturyzacji (rynkowego wygaszania) urąga wszelkim standardom działań wymaganych współcześnie w transformacji elektroenergetyki; zwłaszcza jeśli uwzględni się początkowe obciążenie NABE długiem, będącym w dominującej części spuścizną po największym placu budowy, wynoszącym ponad 35 mld PLN. To taka polityka energetyczna państwa doprowadziła do niestabilności rynkowej – a także już politycznej – cen energii elektrycznej. I to ta polityka doprowadziła do spirali śmierci zarówno kosztów stałych (inwestycyjnych) jak i zmiennych (kosztów uprawnień do emisji CO₂), z której elektroenergetyka WEK-PK(iEJ) wyjścia już nie ma. Tak jak na drugim biegunie nie ma alternatywy ustrojowa zmiana porządku w energetyce, polegająca na jej przełomowej transformacji do elektroprosumeryzmu.

1.2. Z punktu widzenia tej ostatniej (transformacji do elektroprosumeryzmu) ważny jest katalizator, który kryzys konsolidacyjny w górnictwie węgla kamiennego oraz w elektroenergetyce węglowej w ostatnich dwóch dekadach przekształcił na przełomie 2021/2022 w kryzys graniczny (przełomowy) całej energetyki WEK-PK(iEJ). Tym katalizatorem stały się silne wzrosty cen paliw transportowych i zupełnie niekontrolowane podwyżki cen gazu (nawet o kilkaset procent). Wzrosty te miały w części przyczynę w sytuacji globalnej. Jednak zasadniczym problemem Polski jest fakt, że ta składowa (związana z sytuacją globalną) – spekulacyjna – trafiła na całkowity brak fundamentalnej odporności energetycznej po stronie polskiej. Aberracyjne strategie inwestycyjne grup *PKN Orlen* i *PGNiG* – czyli strategie „rozwojowe” w czasie, kiedy sektory naftowy i gazowy na świecie (poza Rosją) intensywnie się restrukturyzują (wygaszają biznes podstawowy) – zniszczyły podstawy takiej odporności poprzez obciążenie się samych grup, i Polski, kosztami osieroconymi. Agresywna strategia konsolidacyjna grupy *PKN Orlen* – realizowana w stosunku do grupy *Lotos* (z restrukturyzacją tej grupy zagrażającą interesom Polski) była, i jest, kolejną przyczyną niszczenia kryzysowej odporności polskiej energetyki. Podobny wpływ na niszczenie tej odporności ma realizowana przez grupę *PKN Orlen* nieracjonalna strategia przejęcia, w trybie fuzji, grupy *PGNiG*. Tu dochodzi się do sedna zła: państwo dopuściło do zwiększenia destrukcyjnej siły korporacji do poziomu zgubnego dla samego siebie (ubezwłasnowolniającego państwo). To właśnie świadczy o tragicznie niskiej jakości polskiej myśli państwowej.

1.3. Podwyżki cen wszystkich nośników energii, przy całkowitym braku (prawie do końca 2021 r.) aktywnej strategii Rady Polityki Pieniężnej wyzwoływały wzrost inflacji (szybującej w grudniu do 8,6%). Z kolei gwałtowne zadłużanie kraju – jawne, ale przede wszystkim

ukryte, głównie w energetyce WEK-PK(iEJ) – doprowadziło do osłabienia polskiego złotego. Wszystko to razem, a również polski rząd, ujawniający się na początek jako chaos podatkowy (a jeszcze nie jako destrukcyjna właściwość systemowa/ustrojowa – na to niestety przyjdzie dopiero czas) pokazuje, jak współcześnie działa w wymiarze społecznym (społeczno-politycznym) szeroko rozumiana zasada „zły pieniądz wypiera dobry”. Ale trzeba pamiętać, że ta zasada jest znana od Mikołaja Kopernika. I było wiele okresów mrocznych jej działania. Jednak zawsze (tzn. niekiedy) pojawiali się ludzie (w dominującej części anonimowi) będący społecznym bogactwem, ważniejszym nawet niż bogactwa naturalne w paradygmacie egzergetycznym monizmu elektrycznego. To dzięki tym ludziom, funkcjonującym w nierównowadze społecznej, podobnej do nierównowagi termodynamicznej właściwej dla bogactw naturalnych, zły „pieniądz” (odpad społeczny) musiał w długim procesie nie raz ustąpić (i ustępował) dobremu.

- 1.4. Rozwarcie ujawnione przez aferę Pegasus między nowymi technologiami (informatycznymi) i starym prawem (w tym wypadku dotyczącym ochrony praw wolnościowych człowieka), a z drugiej strony między pożądanym profesjonalizmem organów państwa (w tym wypadku służb bezpieczeństwa, sądów) i jego realnym upadkiem podpowiada, że dokładnie na tę samą chorobę cierpi polityczno-korporacyjna energetyka WEK-PK(iEJ). Przykładem, który potwierdza tę hipotezę jest system CSIRE (Centralny System Informacji Rynku Energii) [1] wytwarzający – jeśli skutecznie zostanie zrealizowany – ogromny nadmiar informacji (entropii informacyjnej) nadającej się do totalnej inwigilacji społeczeństwa, ale niedostarczający żadnej użytecznej informacji („egzergii” informacyjnej), pilnie potrzebnej do pobudzenia transformacji energetycznej do elektroprosumeryzmu. System CSIRE jest niestety tylko jednym z bardzo wielu przykładów zagrożeń w realizacji transformacji: elektroprosumeryzm vs energetyka WEK-PK(iEJ). Czyli jednym z bardzo wielu przykładów zagrożeń utrudniających wykorzystanie elektroprosumeryzmu do budowy równowagi działań potrzebnej na trzech poziomach zasady pomocniczości: samorządowym, rządowym i unijnym, równowagi niezbędnej w nowym ustrojowym porządku energetyki.

2. **Potrzeba nowej (ustrojowej) umowy społecznej wokół transformacji energetycznej.** W zaistniałej rzeczywistości wymiar społeczny transformacji energetycznej stał się w Polsce już najważniejszą determinantą jej powodzenia (gwarancją jej fundamentalnej racjonalności). Tym samym minął bezpowrotnie czas rozwiązań kształtujących – przez ponad dwie ostatnie dekady – polską politykę energetyczną, czyli szerzej: minął czas instytucji sojuszu polityczno-korporacyjnego energetyki WEK-PK(iEJ), ze szczególną aberracją w postaci polityki energetycznej – najpierw PEP2030, a obecnie PEP2040 – z programem budowy czterech/sześciu bloków jądrowych klasy 1600/1000 MW. Nastaje nato-

miast czas budowania trudnej równowagi społecznej chroniącej Polskę w długim horyzoncie (2050) przed wykluczeniem cywilizacyjnym spowodowanym brakiem transformacji energetycznej spełniającej wymagania czasu.

- 2.1. Przede wszystkim nowa umowa społeczna nie może zatrzeć (zlekceważyć) ostony kontrolnej między dwoma porządkami ustrojowymi transformacji energetycznej: nowym wschodzącym i starym schodzącym. Inaczej, niedopuszczalne jest powtórzenie politycznego grzechu głównego ostatnich dwóch dekad, w których sojus polityczno-korporacyjny całkowicie zignorował potrzebę transformacji energetycznej. W szczególności zablokował zmiany społeczne możliwe dzięki transformacji i tym samym zwiększył nierównowagę społeczną. Mianowicie, z jednej strony sojus ten skutecznie realizował interesy własne, a z drugiej (też skutecznie) blokował aspiracje społeczne dotyczące uczestnictwa w transformacji.
- 2.2. W pierwszej dekadzie stulecia było to „rozbiegowe” kształtowanie („hodowanie”) arogancji sojuszu. Za pomocą wynaturzenia systemu zielonych certyfikatów (systemu mającego duży pozytywny potencjał) większość środków wsparcia zielonej transformacji (nie mniej niż 30 mld PLN) została przekierowana do elektroenergetyki WEK-PK(iEJ): w jeden bardzo szkodliwy obszar i drugi wysoce szkodliwy. Tym pierwszym było współspalanie biomasy w wielkich kondensacyjnych blokach węglowych, a nawet jej wykorzystanie jako jedyne paliwo w biomasowym bloku kondensacyjnym klasy 200 MW (*Elektrownia Połaniec*). Drugim było irracjonalne finansowanie certyfikatów wielkich elektrowni wodnych, dawno zamortyzowanych (wybudowanych w PRL-u, których najbardziej jaskrawym przykładem w systemie zielonych certyfikatów była *Elektrownia Włocławek*).
- 2.3. Równocześnie w pierwszej dekadzie sojus polityczno-korporacyjny zablokował praktycznie całkowicie rozwój segmentu elektrowni biogazowych klasy (0,5-1) MW. Czyli segment krytyczny z punktu widzenia transformacji energetycznej w horyzoncie 2050. A to właśnie w tym segmencie (i w tym okresie) aspiracje społeczne na obszarach wiejskich były jeszcze bardzo wysokie, i bardzo zdrowe. W szczególności dlatego, że aspiracje te przekraczały granice transformacji energetycznej, wychodziły na wielki obszar unifikacji obejmującej racjonalizację polityki rolnej; wówczas autor artykułu określał tę unifikację mianem rolnictwa energetycznego i upatrywał w nim – na progu okresu przedakcesyjnego (działania funduszy PHARE) oraz na początku pełnego członkostwa w Unii – szansy na poważny polski udział w przebudowie unijnej Wspólnej Polityki Rolnej. Niestety, szansa na odegranie przez Polskę – w pierwszej fazie członkostwa unijnego – w poważnej przebudowie Wspólnej Polityki Rolnej została zmarnowana, polscy politycy nie dorośli do jej wykorzystania.
- 2.4. Jedynym segmentem, który został w sposób racjonalny pobudzony za pomocą zielonych certyfikatów do rozwoju w pierwszej dekadzie była ładowa

energetyka wiatrowa. Znaczenie społeczne tego pobudzenia polegało na powiązaniu transformacji energetycznej ze stworzeniem warunków do pojawienia się średnich przedsiębiorstw nowej generacji, i tym samym do zdynamizowania rozwoju realnej polskiej klasy średniej, zdolnej konkurować na rynku inwestycyjnym z kapitałem zagranicznym.

2.5. W drugiej dekadzie niszczący wymiar polityki energetycznej PEP2030 (i PEP2040), a także „operacyjnej” polityki realizowanej przez rząd (i przez parlament w postaci kolejnych, doraźnych, nowelizacji ustawy Prawo energetyczne) ujawniał się:

- w forsowaniu nieracjonalnych programów inwestycyjnych w energetyce jądrowej;
- w forsowaniu (i przeforsowaniu) rynku mocy (jego dominującej części) na rzecz bloków węglowych;
- w dalszym blokowaniu rozwoju segmentu elektrowni biogazowych;
- praktycznie całkowitym zablokowaniu rozwoju lądowej energetyki wiatrowej;
- politycznym korupcyjnym (nadmiernym) wsparciu źródeł PV.

2.6. Pierwszy z porządków ustrojowych transformacji energetyki oznacza społeczną gospodarkę rynkową, z elektroprosumeryzmem (jego rynkami) i z dominującą rolą elektroprosumentów, pretendentów do rynków elektroprosumeryzmu z sektora MMSP oraz samorządów (JST). W tym wypadku siła napędowa transformacji tkwi w samym porządku ustrojowym: w rynkach elektroprosumeryzmu i w społecznej gospodarce rynkowej. Z drugiej strony, transformacja jest – w pętli sprzężenia zwrotnego – jedną z głównych sił kształtujących społeczną gospodarkę rynkową. Wynika to z wielkości nakładów inwestycyjnych, dostatecznie dużych, aby powodować zmiany społeczne. W tym kontekście najważniejszą liczbą dotyczącą transformacji jest ta, która mówi o nakładach inwestycyjnych potrzebnych do wytworzenia pierwszego pokolenia technologii wytwórczych energii elektrycznej pełnego elektroprosumeryzmu w horyzoncie 2050, czyli o nakładach inwestycyjnych na reelektryfikację OZE. Tą liczbą jest 750 mld PLN (jest to liczba stanowiąca jedną z najważniejszych heurystyk transformacji energetycznej do elektroprosumeryzmu).

2.7. Drugi z porządków – energetyka WEK-PK(iEJ) – musi być wygaszony przez tego, kto go stworzył (i czerpał z tego korzyści), czyli przez sojusz polityczno-korporacyjny. Uwolnienie sojuszu od konsekwencji popełnionych w ciągu dwóch dekad błędów i odpowiedzialności za politykę „nasze korzyści, wasze koszty”, a jeszcze wynagradzanie go polityką hojnej „sprawiedliwej” transformacji byłoby niewybaczalną demoralizacją społeczną i „zainfekowaniem” całego społeczeństwa syndromem sztokholmskim (wepchnięciem społeczeństwa w rolę ofiary). „Dotknięciem” oznaczającym jego (społeczeństwa) zgodę na populizm klasy politycznej i na promocję postaw antyreformatorskich części społeczeństwa. Czyli byłoby

blokowaniem cywilizacyjnych szans rozwojowych Polski. W tym kontekście najważniejszą liczbą jest ta, która mówi o kosztach importu paliw. W ostatnich dwóch dekadach koszty te przekroczyły 1 bln PLN. Roczne koszty importu w latach poprzedzających wielkie zdynamizowanie rozwojowe/inwestycyjne całej polskiej energetyki WEK-PK(iEJ), w tym wykreowanie „największego placu budowy bloków węglowych w Europie”, przekroczyły 50 mld PLN. Trudno zatem tych, którzy mając tę wiedzę podejmowali decyzje inwestycyjne dające im korzyści polityczne oraz biznesowe i tych, którzy „uczestniczyli” w realizacji inwestycji będąc ich beneficjentami uznać za ofiary niesprawiedliwości.

2.8. Obiektywnym rozwiązaniem jest takie, które gwarantuje eliminację chaosu gospodarczego (i społecznego), zabezpiecza przed destrukcją sieciowych zasobów KSE (umożliwia intensyfikację ich wykorzystania), racjonalizuje nakłady rozwojowe angażowane w rynki elektroprosumeryzmu (750 mld PLN w rozpoczynających się trzech dekadach), zabezpieczając je przed marnotrawstwem politycznych systemów wsparcia przeznaczanych na ich budowę. A także zabezpiecza transformację przed nieracjonalnymi (zawyżonymi/nieuprawnionymi) kosztami „sprawiedliwej” transformacji, produktu flagowego nihilistycznego establishmentu polityczno-korporacyjnego energetyki WEK-PK(iEJ). Rozwiązaniem umożliwiającym równoważenie szans (rozwoju) i zagrożeń (wygaszania) – tu liczb 750 PLN (przyszłość) i 1 bln PLN (przeszłość) jest rekonfiguracja KSE napędzana przez zasadę ZWZ-KSE, czyli zasadę współużytkowania zasobów KSE (na którą przychodzi czas po trzech dekadach od wdrożenia zasady TPA w ramach brytyjskiej reformy decentralizacyjno-privatyzacyjnej elektroenergetyki).

2.9. Bez nowej umowy społecznej dotyczącej transformacji energetycznej nie da się zapewnić polskiej równowagi społecznej. Jeśli nowa umowa społeczna ma znaleźć odzwierciedlenie w dwóch porządkach prawnych transformacji energetycznej, to priorytet w ich budowie trzeba przyznać nowemu Prawu elektrycznemu [2], podstawie porządku wschodzącego, współistniejącego – do zakończenia transformacji, czyli do powstania dojrzałych rynków elektroprosumeryzmu – z porządkiem schodzącym regulowanym przez Prawo energetyczne. Pierwotów dla Prawa elektrycznego – w kontekście jego przełomowości – trzeba szukać w trzech historycznych regulacjach prawnych, którymi były:

- polska ustawa elektryczna z marca 1922 r. uchwalona przez Sejm Ustawodawczy, tworząca podstawy elektryfikacji niepodległej Polski [1,3];
- amerykańska ustawa PURPA (Public Utility Regulatory Policies Act), przełamująca monopol systemy elektroenergetyki w obszarze wytwarzania energii elektrycznej [4];
- brytyjska ustawa elektryczna (Electricity Act) przełamująca monopol sieciowy na rynku energii elektrycznej [5].

Zadaniem ustawy Prawo elektryczne jest przełamanie dominacji sojuszu polityczno-korporacyjnego energetyki WEK-PK(iEJ) niszczącego społeczną równowagę (pogłębiającego jej nierównowagę, blokującą uczestnictwo Polski w zmianach cywilizacyjnych).

3. Elektroprosumeryzm drogą do społecznej gospodarki rynkowej.

W nowej architekturze zasady pomocniczości (w części dotyczącej transformacji energetyki) samorządy (jednostki JST) stają się w okresie kolejnych trzech dekad głównym obszarem kształtowania społecznej gospodarki rynkowej. To wynika bezpośrednio z fundamentalnych właściwości rynków elektroprosumeryzmu, które na koniec tego okresu zastąpią wygaszoną całkowicie energetykę WEK-PK(iEJ) – dobiegnie kresu wykorzystanie tych paliw kopalnych, w kolejności węgla, ropy naftowej i gazu; zaniechany zostanie także w trybie pilnym – to jest hipoteza – program rozwojowy energetyki jądrowej. Adekwatność elektroprosumeryzmu jako głównej siły napędowej społecznej gospodarki rynkowej wynika z faktu, że ma on cechy strategii stabilnej ewolucyjnie, bo posiada ich (cech) pełny zbiór umożliwiający sukces reprodukcyjny; żadna inna strategia transformacji energetycznej, wykazująca nowe cechy nie jest zdolna do sukcesu reprodukcyjnego na taką skalę, jak elektroprosumeryzm. W tym kontekście (strategii stabilnej ewolucyjnie) ważne są dwa fakty.

Pierwszym jest bardzo rozległy zakres podmiotowo-przedmiotowy elektroprosumeryzmu, pp. 3.1; żadna inna strategia nie ma takiego zakresu.

Drugim jest czas życia technologii elektroprosumenckich; w tym wypadku po raz pierwszy wyrosła konkurencja, której energetyka WEK-PK(iEJ) nie miała w całej, ponad 300-letniej swojej historii.

Obydwa te fakty oznaczają nadzwyczajną konkurencyjną przewagę reprodukcyjną elektroprosumeryzmu nad energetyką WEK-PK(iEJ).

3.1. Zakres podmiotowo-przedmiotowy elektroprosumeryzmu najlepiej obrazuje ranking priorytetów transformacji rynków końcowych (energii elektrycznej, ciepła, paliw transportowych) w rynki elektroprosumeryzmu, który ma podstawy w triplecie paradygmatycznym monizmu elektrycznego (czyli jedności energii elektrycznej ze źródeł OZE w zaspokajaniu wszystkich potrzeb energetycznych, które ma świat). Pierwszym w triplecie jest paradygmat elektroprosumencki w obszarze nauk społecznych; jest to paradygmat eklektyczny/„miękki”, ale obejmujący również entropię informacyjną, a potencjalnie także entropię systemów społecznych (świata ożywionego), bo chociaż entropia ta nie jest na razie zdefiniowana (nie ma jej teorii), to coraz bardziej jest widoczna potrzeba takiego zdefiniowania.

Drugim jest paradygmat egzergetyczny, powiązany z drugą zasadą termodynamiki i kosztem termoeologicznym [6], czyli mający ugruntowaną teorię.

Trzecim jest paradygmat wirtualizacyjny, powiązany z zasadami elektromagnetyzmu oraz entropią informacyjną na rynkach energii elektrycznej i z kosztem elektroekologicznym [1]; ten paradygmat potrzebuje dalszych intensywnych badań.

3.2. Polski ranking priorytetów transformacji jest (w świetle tripletu paradygmatycznego) następujący:
1° – pasywizacja budownictwa,
2° – elektryfikacja ciepłownictwa,
3° – elektryfikacja transportu,
4° – użytkowanie energii elektrycznej, elektrotechnologii, przemysł 4.0, GOZ,
5° – reelektryfikacja OZE.

Pięć wyszczególnionych obszarów gospodarczych decyduje obecnie co najmniej o 20% polskiego PKB, co stanowi już istotnie – w świetle tego kryterium – o sile gospodarczej Polski. Jednak ważniejsze od PKB staje się (na świecie) stopniowo kryterium majątku, którym dysponują ludzie (społeczeństwa) oraz dobrostanu zdrowotnego indywidualnego człowieka (odporności środowiskowej). W tym kontekście rynki elektroprosumeryzmu będą (jest to już dobrze zweryfikowana hipoteza) główną siłą wzrostu jednego i drugiego. To z kolei zwiększa pozytywny wynik weryfikacji hipotezy o wzroście szansy na społeczne zaangażowanie w budowę rynków elektroprosumeryzmu. Z licznych przesłanek tej szansy warto wymienić pięć, pp. od 3.3 do 3.6.

3.3. Jest to powszechna indywidualistyczna polska przedsiębiorczość, stawiająca Polakom na poziomie samorządowym wysokie wymagania solidaryzmu społecznego, bez którego nie da się współcześnie wyzwoić pełnego potencjału takiej przedsiębiorczości.

3.4. Jest to historyczna koincydencja szansy rozwojowej elektroprosumeryzmu (jego rynków adekwatnych do współczesnych globalnych wymagań), i z drugiej strony schyłkowej fazy energetyki WEK-PK(iEJ). Tej, która przez 300 lat wyalienowała się do postaci groźnej dla świata, bo zagrażającej jego stabilności środowiskowej. Postaci nieefektywnej gospodarczo ze względu na niezdolność radykalnego wyzwolenia się z modelu monopolistycznego (przekształcającego się historycznie od monopolu sieciowego/technicznego do obecnej postaci monopolu polityczno-korporacyjnego). Wreszcie postaci nieadekwatnej do zmian społecznych spowodowanych cyfryzacją, zmian domagających się zastąpienia monopolu polityczno-korporacyjnego powszechną kokreacją, wymagającą nowej umowy społecznej, natomiast nie systemu CSIRE, który z istoty swej eliminuje wszelką kokreację, pp. 1.4.

3.5. Ważną przesłanką hipotezy o wzroście szansy na społeczne zaangażowanie w budowę rynków elektroprosumeryzmu (warunkiem tego zaangażowania) jest przejrzysty podział odpowiedzialności, charakterystyczny dla dwóch porządków ustrojowych transformacji energetycznej: państwa za kryzys (za przeszłą politykę energetyczną), a samorządów za przyszłość (za rozwój w ustroju społecznej gospodarki rynkowej). To na tym polega bifurkacja jako skutek kryzysu energetycznego z przełomu 2021/2022: mniej państwa z jego polityką energetyczną jako pozorowaną gwarancją bezpieczeństwa energetycznego, więcej samorządów z ich kryzysową odpornością elektroprosumencką.

- 3.6.** Kolejną taką przesłanką jest potencjał elektroprosumeryzmu wykraczający poza technokratyczny wymiar transformacji energetycznej, wzbogacający ją o wymiar humanistyczny. Jest to wymiar otwierający nowe obszary penetracji naukowej, obiecujące szybkie obnażenie słabości technokratycznej redukcji opisu transformacji energetycznej. Istota rozszerzenia tkwi w fundamentalnym przeciwieństwie: oddolna budowa kryzysowej odporności elektroprosumenckiej JST vs odgórna budowa bezpieczeństwa energetycznego. W Polsce jest to przeciwieństwo przekładające się w pierwszym kroku na konkurencję między 40 tys. softysów stanowiących potencjalne bogactwo społeczne (cenne jak energia OZE i ta pozyskana w gospodarce GOZ, w szczególności w mikrobiogazowniach utylizacyjnych) oraz polityczno-korporacyjnym sojuszem na rzecz elektroenergetyki jądrowej, stanowiącym potencjalny społeczny produkt odpadowy (niebezpieczny jak wypalone paliwo jądrowe).
- 3.7.** Autor artykułu specjalizujący się w unifikacji trzech wymiarów transformacji energetycznej – społeczne-go, gospodarczego (w węższym znaczeniu technologicznego) oraz środowiskowego – podejmuje w tym miejscu kolejny raz ryzykowną próbę przekonania Czytelnika, że nie ma złego czasu, aby zrobić coś dobrego („*Nie pytaj, co twój kraj może zrobić dla ciebie, ale co ty możesz zrobić dla twojego kraju*” – John F. Kennedy). Tego akurat wymaga PRZYSZŁOŚĆ POLSKI W POLSKIEJ TERAŹNIEJSZOŚCI, którą tu nazywa się dziedzictwem utraconego wyzwolenia (w 1989 r.) ... ale jednocześnie wymaga tego także pytanie: co z polską cywilizacyjną szansą? Ryzyko, przytaczające, niewykorzystania szansy jest bez wątpienia związane z dziedzictwem utraconego wyzwolenia. A trzeba z kolei pamiętać, że dziedzictwo to nastąpiło (stało się polską rzeczywistością) po dziedzictwo upokorzenia (okres po drugiej wojnie światowej). I nie jest zapewne przesadą porównanie dziedzictwa utraconego wyzwolenia z dziedzictwem rozczarowania (okres międzywojenny), po którym nastąpiło dziedzictwo kłęski (okres utraty niepodległości); nazwy okresów międzywojennego, drugiej wojny światowej i powojennego za N. Daviesem, Serce Europy.

Makroskopowe środowisko praktyki elektroprosumenckiej odporności energetycznej JST

- 4. Pięć hipotez w sprawie roli samorządów w kształtowaniu odporności elektroprosumenckiej JST.** Transformacja od bezpieczeństwa energetycznego (formalnie „gwarantowanego” przez państwo, realizowanego w praktyce przez korporacje energetyczne) do rzeczywistej odporności elektroprosumenckiej JST jest zadaniem trudniejszym niż pierwotna elektryfikacja (rozpoczęta na świecie w końcu XIX w.), która nie napotykała oporu podmiotów zasiedziających na rynkach energii elektrycznej, bo podmiotów tych nie było. Współcześnie z jednej strony trzeba stworzyć nowy

porządek, a z drugiej pokonać stare grupy interesów. W tym kontekście z pięciu hipotez dwie – określające strukturalne ramy budowy odporności elektroprosumenckiej JST, pp. 4.1, 4.2 – są krytyczne. Mianowicie, oznaczają pojawienie się punktu bifurkacji transformacji energetycznej przesądzające o jej (transformacji) przeniesieniu z obszaru polityczno-korporacyjnego energetyki WEK-PK(iEJ) do JST, w obszar społecznej gospodarki rynkowej.

4.1. Pierwsza z nich wiąże się z różnorodnością JST (w Polsce ponad 2,5 tys. zróżnicowanych gmin/miast/aglomeracji). Różnorodność ta jest czynnikiem bardzo silnie sprzyjającym przełomowej transformacji energetycznej (transformacji do elektroprosumeryzmu): nie jest możliwe zablokowanie przez establishment polityczno-korporacyjny energetyki WEK-PK(iEJ) wszystkich jednostek JST, jeśli te rozpoczną budowę swojej indywidualnej odporności elektroprosumenckiej. Dlatego, bo duża liczba jednostek JST, i ich różnorodność, w naturalny sposób chronią je (jako zbiór) przed blokadą. Z drugiej strony energetyka WEK-PK(iEJ) nie jest zdolna już uczestniczyć w konkurencji o przyszłość (o rynki elektroprosumeryzmu) ze względu na to, że utraciła w sposób ostateczny zdolność do reprodukcji; decyduje o tym w szczególności bardzo długi czas życia technologii tej energetyki. Silna unifikacja czasu życia technologii elektroprosumenckich i technologii w pozostałych obszarach gospodarki wymaga natomiast bardzo dużej konkurencyjności reprodukcyjnej, którą ma elektroprosumeryzm.

4.2. Druga krytyczna hipoteza odnosi się do czterech poziomów napięciowych KSE określających cztery referencyjne modele transformacji energetycznej JST. Najniższy poziom napięciowy (sieci niskiego napięcia) określa model referencyjny dla sołectw poniżej 1000 mieszkańców).

Kolejny poziom (sieci średniego napięcia) określa model referencyjny dla gmin wiejskich, miejsko-wiejskich i miast do 50 tys. mieszkańców.

Sieci wysokiego napięcia określają model referencyjny dla miast do 500 tys. mieszkańców.

Sieci najwyższych napięć KSE z połączeniami transgranicznymi, będące częścią jednolitego europejskiego systemu elektroenergetycznego (UCTE), określają (warunkują) model referencyjny transformacji dla aglomeracji powyżej 500 tys. mieszkańców (także dla infrastruktury krytycznej: strategicznej infrastruktury transportowej w postaci magistral kolejowych oraz autostrad, a także lotnictwa transkontynentalnego i transportu wodnego, oceanicznego).

Cztery referencyjne modele transformacji energetycznej JST, oznaczające segmentację technologiczną KSE, prowadzą do przełomowej zmiany układu sił w procesie transformacji. Mianowicie, elektroenergetyka WEK-PK(iEJ) traci możliwość blokowania pretendentów w KSE jako całej/spójnej przestrzeni. Musi natomiast realizować już strategię nadążną na fragmentach KSE za pretendentami z osłon OK(JST), każdego z czterech segmentów odrębnie.

- 4.3.** Ważna hipoteza (następująca po drugiej hipotezie krytycznej, pp. 4.2) odnosi się do zasady ZWZ-KSE i rekonfiguracji KSE (p. 6). Na początku 2022 r. trzeba – w kontekście oddolnej budowy energetycznej odporności elektroprosumenckiej JST – mówić już nie koncepcyjnie, a planistycznie (praktycznie). Wynika to z faktu, że Parlamentarny Zespół ds. Prawa elektrycznego włączył już ustawę pilotażową o zasadzie ZWZ-KSE do planu prac na 2022 r. uznając ją jako regulację priorytetową.
- 4.4.** Kolejna hipoteza dotyczy jednego z najważniejszych przeciwieństw transformacji energetycznej do elektroprosumeryzmu, mianowicie przeciwieństwa: ład podatkowy rynków elektroprosumeryzmu vs nowy ład podatkowy wprowadzony w trybie „reformy” – decyzji politycznej – zwanej Polskim Ładem. W tym kontekście podkreśla się, że elektroprosumeryzm (budowa rynków elektroprosumeryzmu w środowisku społecznej gospodarki rynkowej) wytwarza własny, naturalny ład podatkowy, adekwatny do potrzeb elektroprosumenckich (czyli do potrzeb całego społeczeństwa), w miejsce sztucznego ład polityczny, ukierunkowanego na potrzeby rządzących (niezależnie od tego, jaka opcja polityczna za takim ładem stoi).
- 4.5.** Ostatnia hipoteza, którą stawia się tu, dotyczy „sprawiedliwej” transformacji energetycznej (pp. 2.7, 2.8). Otóż transformacja ta w żadnym wypadku nie może być odszkodowawczą formą wynagrodzenia energetyki, w szczególności elektroenergetyki WEK-PK(iEJ). Ma być pomocną ręką dla jej ofiar. W szczególności ręką w postaci Prawa elektrycznego umożliwiającego budowę elektroprosumenckiej odporności kryzysowej JST. W tym kontekście praktyczne wdrożenie zasady ZWZ-KSE umożliwiającej rozwój rynków elektroprosumeryzmu w społecznej gospodarce rynkowej ma pierwszorzędne znaczenie. Fundusze pomocowe przeznaczone na stworzenie nowych miejsc pracy na rynkach wschodzących są ważne, ale nie najważniejsze (miejsca pracy powstające w wyniku konkurencji są z punktu widzenia budowy systemów odporności kryzysowej priorytetem w społecznej gospodarce rynkowej).

5. Skalowalność i zasoby elektroprosumeryzmu. Podstawowymi zasobami (endogenicznymi) w napędzanej rynkami elektroprosumeryzmu społecznej gospodarki rynkowej w każdej ostonie kontrolnej charakterystycznej dla niej (JST, kraj, region, świat) jest ludność (liczba mieszkańców – bogactwo społeczne) oraz powierzchnia (zasoby przyrodnicze – bogactwa naturalne, w tym OZE). Synteza skalowalności elektroprosumeryzmu w nowym formacie (w miejsce wcześniej stosowanego na platformie PPE 2050 „rozproszony” opisu) przedstawiona została w tabeli 1. Synteza obejmuje trzy konteksty skalowania.

- 5.1.** Pierwszy odnosi się do skalowania wydajności elektroprosumeryzmu względem rynków pierwotnych oraz końcowych energii należących do energetyki

WEK-PK(iEJ). Rynki pierwotne, to rynki energii chemicznej paliw kopalnych (węgiel, ropy i gazu) oraz energii jądrowej paliw jądrowych (wzbogacony uran) i materiałów sztucznie produkowanych, zdolnych do reakcji jądrowych (izotopy plutonu). Rynki końcowe, to rynki energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych. Podane w tabeli wydajności (6-krotna i 3-krotna, odpowiednio) są charakterystyczne dla Polski (dla całego kraju). Są to wartości bardzo wymowne, mianowicie bardzo duże. Ponadto, stabilność tych wartości podnosi ich znaczenie praktyczne. Podane wartości są dobrymi oszacowaniami globalnej wydajności elektroprosumeryzmu, ale również wydajności lokalnej, w szerokim zakresie ostion kontrolnych jednostek JST. Nadają się też stosunkowo dobrze do wykorzystania w indywidualnych ostionach kontrolnych elektroprosumenckich segmentu ludnościowego. Nie nadają się natomiast do wykorzystania w ostionach kontrolnych elektroprosumenckich przemysłowych, w wypadku których potrzebne są zindywidualizowane, dla poszczególnych gałęzi przemysłu (hutnictwo, przemysł chemiczny, przemysł cementowy, inne) analizy wydajności elektroprosumeryzmu.

Tabela 1

Skalowanie (współczynniki) elektroprosumeryzmu

| WYDAJNOŚĆ (w stanie B określonym z wykorzystaniem paradygmatu egzergetycznego względem empirycznego stanu A) | |
|---|----------------|
| – względem sumy rynków pierwotnych | 6 |
| – względem sumy rynków końcowych | 3 |
| KROTNOŚĆ | |
| – potrzebny wzrost (krotność) produkcji energii elektrycznej w stanie B (po reelektryfikacji OZE) względem zapotrzebowania w stanie A (przedział wartości charakterystyczny dla Polski, Niemiec, USA) | 1,3–1,9 |
| PRZYKŁADY WSPÓŁCZYNNIKÓW SKALOWALNOŚCI | |
| Polska – Niemcy | |
| – ludnościowy | 46% |
| – powierzchniowy | 87% |
| – gęstość powierzchniowa zaludnienia, mieszkańców/km ² | 122–230 |
| Warszawa – Polska | |
| – ludnościowy | 4,74% |
| – powierzchniowy ^{*)} | 0,17% |
| – gęstość powierzchniowa zaludnienia, mieszkańców/km ² | 3500–122 |
| Województwo śląskie – Polska | |
| – ludnościowy | 8,77% |
| – powierzchniowy | 3,94% |
| – gęstość powierzchniowa zaludnienia, mieszkańców/km ² | 366–122 |
| Województwo pomorskie – Polska | |
| – ludnościowy | 6,32% |
| – powierzchniowy | 5,87% |
| – gęstość powierzchniowa zaludnienia, mieszkańców/km ² | 128–122 |

^{*)} Stawia się hipotezę, że powierzchnię w wypadku Warszawy do celów skalowania powierzchniowego należy zwiększyć o otulinę, czyli gminy sąsiadujące, posiadające nadwyżki zasobów OZE.

- 5.2.** Drugi kontekst odnosi się do skalowania napędowej energii elektrycznej produkowanej w źródłach OZE w stanie końcowym transformacji do elektroprosumeryzmu (stan B) względem zużycia energii elektrycznej netto w stanie początkowym transformacji (stan A). Skalowanie to ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia reelektryfikacji OZE w strefie euroatlantyckiej, a szerzej w OECD. Przedział współczynnika skalowania podany w tabeli jest bardzo „grubą” heurystyką. Autor artykułu „ustabilizował” ten przedział wykorzystując własne oszacowania dla Polski bazujące na triplecie paradygmatycznym oraz dokonując (na podstawie dostępnych w przestrzeni internetowej częściowych danych) rekonstrukcji współczynnika dla USA i UE. Dolna granica podanego w tabeli przedziału odnosi się do Polski, górna do USA. Przedział wymaga pilnie szerokiej dyskusji merytorycznej, a także kontynuacji prac rozpoznawczych, w tym analitycznych.
- 5.3.** Trzeci kontekst jest związany ze skalowaniem ludnościowym oraz powierzchniowym. Pierwsze skalowanie jest krytyczne zarówno ze względu na zasoby jak i potrzeby (ludzi, gospodarki). Drugie przede wszystkim ze względu na zasoby OZE. Dla współczynników tych został przyjęty w tabeli (w artykule) format procentowy. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń autor uznaje, że jest to format bardziej przyjazny dla Czytelnika. Wartości współczynników skalowania ludnościowego, takie jak podane w tabeli służyły autorowi artykułu do pierwszych prób (2018) skalowania bilansów jednostek JST dla stanów końcowych B transformacji do elektroprosumeryzmu. W ciągu kolejnych lat współczynniki były korygowane (wraz z następującym sukcesywnie rozpoznaniem ich praktycznej natury). Najnowsze wartości współczynników skalowania ludnościowego dla Polski są przedstawione w artykule [7].
- 5.4.** Tabela 2 pokazuje – w kontekście skalowania ludnościowego (kontekst potrzeb energetycznych, które ma ludność), ale przede wszystkim powierzchniowego (kontekst zasobów OZE możliwych do wykorzystania) – dramatyczne opóźnienie polskiej transformacji energetycznej względem niemieckiej. Opóźnienie w sferze empirycznej (rok 2021) to: 40-krotnie mniejsza moc elektrowni biogazowych i około 7(8)-krotnie mniejsza moc źródeł wiatrowych oraz PV. W perspektywie ram planistycznych 2030 można natomiast dopatrzeć się w tabeli wielu niezwykle ważnych konkluzji, których deficyt w polskiej dyskusji dotyczącej (polskiej) transformacji energetycznej jest porażający. Najważniejsza, którą tu się formułuje to ta, że polski potencjał zasobów OZE – zredukowany tylko do trzech podstawowych technologii wytwórczych OZE: jednej regulacyjno-bilansującej oraz dwóch z wymuszonym (pogodowo) profilem produkcji – określony (z wykorzystaniem niekorzystniejszego współczynnika skalowania ludnościowego) na podstawie niemieckiego planu na rok 2030, mającego podstawę ustawową, przekracza polskie

potrzeby całkowitej produkcji energii elektrycznej w roku 2050 (czyli potrzeby, której zrealizowanie zagwarantuje Polsce neutralność klimatyczną).

- 5.5.** Tabela 3 daje obraz globalnej nierównowagi w zakresie zużycia energii elektrycznej w kontekście skalowania ludnościowego. Ta nierównowaga stała się już soczewką skupiającą problemy społeczne związane z (globalnym) celem politycznym polityki klimatycznej, którym jest neutralność klimatyczna 2050. Mocno ujawniło się to na Konferencji COP 26 (Glasgow, 2021). W tym kontekście – dla dopełnienia obrazu wynikającego z tabeli – trzeba dodać, że w „reszcie” świata co najmniej 1 mld mieszkańców jest ciągle jeszcze całkowicie pozbawiona dostępu do energii elektrycznej. Warto odnotowania jest fakt, że polska roczna produkcja na mieszkańca jest zbliżona do światowej. Niewielka nadwyżka zapewnia Polsce wielowymiarowy komfort bezpieczeństwa realizacji transformacji energetycznej do elektroprosumeryzmu i umożliwi korzyści wizerunkowe w kontekście budowania polskiej pozycji międzynarodowej.

Tabela 2

Porównanie struktury mocy (GW) źródeł energii elektrycznej

| Elektrownie/ źródła OZE | Polska | | | Niemcy | |
|----------------------------|--------|-------------|----------------|--------|-------|
| | 2021 | 2030 | | 2021 | 2030* |
| | | skalowanie | | | |
| | | ludnościowe | powierzchniowe | | |
| Biogazowe | 0,1 | 4,0 | 7,7 | 6 | 8,5 |
| Wiatrowe | 7,3 | 45 | 86 | 50 | 95 |
| PV | 7,1 | 71 | 136 | 55 | 150 |

*) Są to moce mające podstawę w regulacjach prawnych.

Tabela 3

Produkcja energii elektrycznej na świecie 2019 (2020)

| | Świat | Chiny | USA | UE | Polska | „Reszta” świata |
|----------------------|---------------------------------------|-------|------|------|--------|--------------------|
| | ludność, mld | | | | | |
| | 7,8 | 1,4 | 0,33 | 0,45 | 0,038 | 5,6 |
| | roczna produkcja energii elektrycznej | | | | | |
| tys. TWh | 26 | 7,5 | 4,1 | 3,8 | 0,17 | 10,4 |
| % | 100 | 29,0 | 15,8 | 14,6 | 0,6 | 40,0 |
| MWh na mieszkańca | 3,3 | 5,4 | 12,4 | 8,4 | 4,5 | 1,9 |

- 6. Zasada współużytkowania zasobów ZWZ-KSE i mapa rekonfiguracji KSE.** Na rysunku 1 zsyntetyzowana została na nowo (względem postaci wcześniej prezentowanych na platformie PPTe 2050) eklektyczna mapa umożliwiająca pogłębioną dyskusję roli KSE w procesie przestrzenno-czasowym transformacji elektroenergetyki i całej energetyki WEK-PK(iEJ) do elektroprosumeryzmu w kontekście hipotez krytycznych 4.1 oraz 4.2. Obydwa wymiary transformacji – przestrzenny i czasowy, ale zwłaszcza drugi – są na mapie obecne głównie domyślnie. Oznacza to, że mapa uwzględnia strategiczne zagadnienia w formacie „szczegółu”

(na mapie), które są potrzebne do tego, aby podjąć dyskusję o trajektorii transformacyjnej: A (stan początkowy) → B (stan końcowy). Charakterystyczna jest pod tym względem informacja o istniejących norweskich wodnych zasobach magazynowych wynoszących 112 TWh, które w perspektywie polskiej wymagają pilnego szczegółowego rozpoznania (obecnie są zupełnie niedostrzegane, mimo ich wielkiej potencjalnej roli). Przede wszystkim jednak mapa ułatwia dyskusję potencjału transformacji energetycznej do elektroprosumeryzmu jako złożoności w postaci dwóch sieciowych rynków energii elektrycznej – schodzącego i wschodzącego – w konkretnych/empirycznych uwarunkowaniach o granicznym charakterze: odgórnego w postaci europejskiego JRE (połączenia transgraniczne) oraz oddolnego w postaci nowej roli samorządów/JST (zasada ZWZ-KSE).

6.1. W kontekście rynku schodzącego mapa obrazuje sytuację elektroenergetyki WEK-PK(iEJ), którą można już nazwać sytuacją obłożonej twierdzy. Jest to przy tym obrona specyficzna, bo tego, czego oblegający (pretendenci do rynków elektroprosumeryzmu) nie chcą zdobywać, czyli rynków końcowych (energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych). To czyni obronę szczególnie trudną z dwóch powodów. Po pierwsze dlatego, że sprowadza się ona do obrony status quo, czyli własnych praw, a nie rynków potrzebnych gospodarce. Po drugie dlatego, że jest to już obrona samotnicza: broniący utracił zdolność koalicyjną na rzecz obrony, zarówno oddolnej jak i odgórną, pp. 6.2.

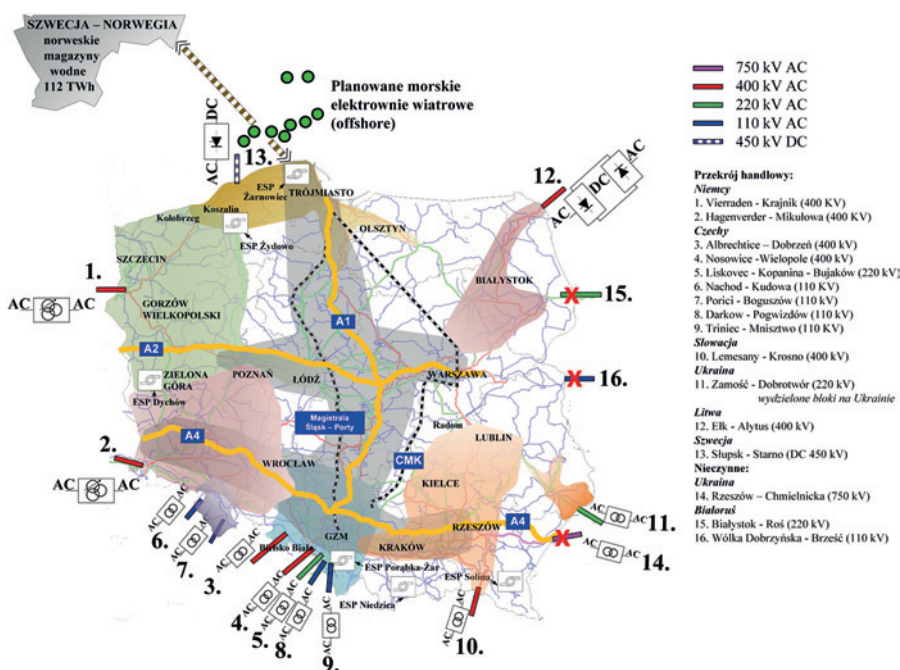
6.2. Kryzys przełomu 2021/2022 bez wątplenia przyspieszył już w Polsce kształtowanie się struktury wschodzącego rynku energii elektrycznej. W kontekście tego rynku mapa pozwala na przykład stwierdzić, że wielkim beneficjentem transformacji do elektroprosumeryzmu w trybie autonomizacji względem KSE na poziomach napięciowych do 110 kV jest poten-

cjalnie cała Ściana Wschodnia. Mapa pokazuje, że z kolei aglomeracje (powyżej 500 tys. mieszkańców) są potencjalnym beneficjentem dostępu do rynku off shore i do europejskiego JRE. W celu przyspieszenia wykorzystania potencjału wszystkie samorządy powinny stworzyć zdolność koalicyjną na rzecz Prawa elektrycznego. Aglomeracje dodatkowo powinny stworzyć zdolność koalicyjną z podmiotami europejskiego JRE, co nie będzie trudne uwzględniając, że polska elektroenergetyka WEK-PK(iEJ) jest w przeciwfazie rozwojowej (i mentalnej) względem europejskiego JRE.

Kanoniczny słownik elektroprosumeryzmu¹⁾

7. Bifurkacja transformacji energetycznej – początek trzeciej dekady XXI w. jest czasem („punktem” na osi czasu), który rozstrzyga o dalszym charakterze transformacji energetycznej i wyznaczy jej trajektorie realizacyjne. To stwierdzenie ma kontekst globalny, ale w praktyce transformacji bifurkacja jest użytecznym pojęciem odnoszącym się do lokalnych wariantów transformacyjnych, aż do zindywidualizowanego granicznego segmentu ludnościowego. W takim ujęciu bifurkację transformacji energetycznej można kojarzyć (w praktyce) z jej przełomowością. Rozszerzenia od 7.1 do 7.7 mają u podstaw potrzebę ułatwienia zrozumienia, czym jest ta przełomowość w zróżnicowanych praktycznych aspektach/uwarunkowaniach, jakie są jej konsekwencje?

¹⁾ Słownik jest w pewnym (niewielkim) stopniu zredagowany autonomicznie względem artykułu, po to aby można było wykorzystać go w dyskusjach, w których budowa kryzysowej odporności elektroprosumenckiej JST jest mocno zanurzona w społecznej gospodarce rynkowej.



Rys. 1.
Zasada współużytkowania zasobów ZWZ-KSE i mapa rekonfiguracji KSE

- 7.1.** Przez ponad dwie dekady, poprzedzające ten czas, kształtował się cel polityczny globalnej transformacji energetycznej. Jest nim ostatecznie neutralność klimatyczna: w strefie euroatlantycznej do osiągnięcia w horyzoncie 2050, w Chinach natomiast zaplanowana do osiągnięcia dziesięć lat później, w horyzoncie 2060. Taki cel polityczny ukształtował się na poziomie zinstytucjonalizowanego świata (Ramowa konwencja ONZ) w procesie uzgodnieniowym trwającym od Konferencji zwanej Szczytem Ziemi (Rio de Janeiro, 1992) do porozumienia klimatycznego przyjętego w czasie Konferencji COP21 (Paryż 2015).
- 7.2.** Znaczenie w ten sposób ukształtowanego celu nie jest jednak większe niż wiarygodność (w tym kompetencje) współczesnych polityków, a ta jest dramatycznie niska. Dodatkowo sytuację komplikuje rosnąca siła polityczna globalnych korporacji energetycznych, informatycznych i innych, deklarujących wyjście naprzeciw celu. Obdarzenie takiego sojuszu (polityczno-korporacyjnego) zaufaniem w zakresie kształtowania polityki energetycznej, byłoby współcześnie samobójstwem świata. Jeśli świat widzieć jako prawie osiem mld zamieszkujących go ludzi. Niestety zdezorientowanych, w dużej części niezdolnych do zrozumienia dysonansu (relacji) między niepoahamowanym pożądaniem ludzi, w tym korporacji przede wszystkim, i realnym deficytem środowiska przyrodniczego.
- 7.3.** Ten świat, daleki od ideału, zderza się już boleśnie z dwoma problemami wynikającymi z braku wiarygodności sojuszu polityczno-korporacyjnego. Pierwszym jest konieczna ostrożność względem globalnego celu politycznego w postaci neutralności klimatycznej 2050 (2060). Drugim są polityczne trajektorie transformacyjne A→B (gdzie: A – stan początkowy, B – stan końcowy transformacji) kształtowane przez politykę energetyczną będącą właściwością poszczególnych krajów i regionów (np. takich jak UE). Odpowiedzią mogą być alternatywne trajektorie elektroprosumenckie kształtowane przez indywidualnych elektroprosumentów (potencjalnie przez każdego indywidualnego mieszkańca świata) i przez pretendentów do nowych rynków elektroprosumenckich (w Polsce sektor przedsiębiorców MMSP), trajektorie kształtowane na przestankach fundamentalnych (na triplecie paradygmatycznym monizmu elektrycznego); w strefie euroatlantycznej kształtowane w środowisku ustrojowym społecznej gospodarki rynkowej (w środowisku kapitału społecznego i samorządowym).
- 7.4.** W tym miejscu podkreślenia wymaga fakt, że trajektorie polityczne z natury rzeczy prowadzą do transformacji energetycznej w trybie innowacji głównie przyrostowych, realizowanych przez polityczno-korporacyjne podmioty zasiedziały na rynkach końcowych energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych. Trajektorie elektroprosumenckie prowadzą zaś do transformacji w trybie innowacji przełomowych na nowych rynkach elektroprosumeryzmu.
- 7.5.** W podsumowaniu odpowiedzi, czym jest bifurkacja transformacji energetycznej na początku trzeciej dekady XXI w. należy koniecznie odnieść się do taksonomii UE determinującej polityczne priorytety w obszarze zrównoważonych inwestycji. Jeśli pojawiają się w niej technologie utrwalające polityczną akceptację największych błędów poznawczych transformacji energetycznej, to trzeba bić na alarm. Trzeba demaskować fałsz i szkodliwość tej taksonomii. I objaśniać siłę fundamentalnych kryteriów transformacji, takich jak np. koszt termo/elektroekologiczny. Po to, aby uwolnić UE od przyspieszania wzrostu entropii energetycznej bez wzrostu egzergii.
- 7.6.** Czyli trzeba wyeliminować z taksonomii raz na zawsze elektrownie jądrowe, których sprawność globalna kształtuje się poniżej 2 procent. Dalej po to, aby dekarbonizację gazu ziemnego (sieciowego, LNG, w tym łupkowego) realizować w pierwszej kolejności za pomocą biogazu (pozyskiwanego z gospodarki GOZ), a dopiero potem za pomocą technologii wodorowych (i to tylko w odniesieniu do ekstremalnych wymagań występujących w transporcie), a nie odwrotnie. Po to, aby ustabilizować priorytety i zwiększyć zaangażowanie elektroprosumenckie na rzecz zrównoważonych inwestycji. W Polsce pasywizacja budownictwa musi mieć najwyższy priorytet w transformacji energetycznej. Bardzo wysoki priorytet musi mieć na świecie zmiana sposobu użytkowania energii, a także ekspansja elektrotechnologii w procesach przemysłowych, na przykład w hutnictwie.
- 7.7.** W perspektywie jednostek JST w Polsce trzeba budować energetyczną odporność elektroprosumencką obszarów wiejskich w powiązaniu z redukcją Wspólnej Polityki Rolnej. Odporność antysmogową i odporność GOZ trzeba budować we wszystkich jednostkach JST, a w aglomeracjach miejskich w szczególności. Trzeba budować tę odporność przez przyspieszanie rozwoju elektrotechnologii; w tym wypadku jest ważny, poza samorządami, przemysł 4.0 oraz wielki przemysł (bardzo ważne jest na przykład wykorzystanie wielkiego potencjału elektrotechnologii w hutnictwie). I na końcu trzeba budować odporność elektroprosumencką jednostek JST poprzez reelektryfikację OZE, ze szczególnym zadaniem o jej weryfikację za pomocą kosztu termo/elektroekologicznego w zakresie proporcji między „bezsieciowymi” (off grid) technologiami elektroprosumenckimi i technologiami wielkoskalowymi wymagającymi wielkich inwestycji sieciowych.
- 8. Egzergia** – jest to właściwość energii określająca potencjał jej przekształcenia w użyteczną pracę (potrzebną człowiekowi, gospodarce). Współcześnie pracę tę utożsamia się na ogół z zaspokojeniem potrzeb energetycznych na trzech rynkach końcowych energii (energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych). W takim ujęciu przedmiotem analizy egzergicznej jest przede wszystkim sprawność energetyczna – lokalna i globalna – źródeł energii. Jednak elektroprosumeryzm domaga się rozszerzenia perspektywy pojęcia egzergii, tego które ukształtowali termodynamicy i fizycy.

8.1. Pełna analiza egzergetyczna, wymagana na rynkach elektroprosumeryzmu musi odnosić się do szerszej rozumianych bogactw naturalnych i potrzeb energetycznych człowieka (gospodarki). Mianowicie, pożądana jest, aby była to analiza, w której bogactwa naturalne (będące w nierównowadze termodynamicznej z ziemskim środowiskiem przyrodniczym) obejmowały nie tylko paliwa kopalne (w tym naturalne paliwa jądrowe oraz zdolne do reakcji jądrowych substancje/paliwa wytworzone sztucznie) i zasoby OZE – na które składają się zasoby energetyczne wiatru (o dużej energii kinetycznej), promieniowania słonecznego (o dużej energii promieniowania) oraz wodne (o dużej energii kinetycznej i potencjalnej wody) – ale także cenne surowce (zwłaszcza pierwiastki ziem rzadkich). Z kolei potrzeby energetyczne człowieka wykraczają daleko poza ramy tradycyjnie rozumianych rynków końcowych energii; obejmują mianowicie realizację – w nierównowadze termodynamicznej z dominującą przyrodą – dwóch powszechnych procesów, którymi są produkcja i użytkowanie dóbr nieenergetycznych.

8.2. Dlatego analiza egzergetyczna na rynkach elektroprosumeryzmu powinna obejmować nie tylko trzy najbardziej charakterystyczne, z punktu widzenia transformacji do praktycznych rynków elektroprosumeryzmu (z punktu widzenia teoretycznego chodzi o transformację do monizmu elektrycznego) obszary gospodarki, mianowicie: elektryfikację ciepłownictwa, elektryfikację transportu i reelektryfikację OZE (lub – w części świata ciągle jeszcze pozbawionej dostępu do energii elektrycznej – elektryfikację pierwotną OZE), ale także dwa inne wielkie obszary gospodarki. Mianowicie, pasywyzację budownictwa, tu czwarty obszar (choć w Polsce o najwyższym priorytecie transformacyjnym), dającą się stosunkowo łatwo skonsolidować (jednoznacznie określić). Piątym obszarem jest eklektyczny – dynamicznie zmieniający się na trajektorii transformacyjnej A (stan początkowy) → B (stan końcowy) – obszar obejmujący użytkowanie energii. Szerzej zaś chodzi o wykorzystanie zasobów – będących w nierównowadze termodynamicznej z dominującą przyrodą – na każdym z rynków końcowych, w tym przede wszystkim na rynku energii elektrycznej. Obszar obejmuje zatem tradycyjne już w wypadku energii elektrycznej zarządzanie DSM/DSR. Ale także rozwój elektrotechnologii, czyli elektryfikację technologiczną hutnictwa, przemysłu chemicznego, cementowego i innych). Obejmuje także gospodarkę GOZ (przede wszystkim w obszarze odpadów komunalnych, odpadów w produkcji rolno-hodowlanej i przetwórstwie związanym z tą produkcją, jak również w obszarze odpadów przemysłowych). Obejmuje wreszcie przemysł 4.0. Dlatego, bo podatność elektrotechnologii na cyfryzację i automatyzację zapewniają temu przemysłowi wielką elastyczność planowania procesów produkcyjnych (jest to planowanie wolne od ograniczeń wynikających z rytmu biologicznego pracowników, których w przemyśle 4.0 praktycznie nie ma. W konsekwencji przemysł 4.0 tworzy wielki potencjał zarzą-

dzania DSM/DSR umożliwiający planowanie produkcji zgodne z profilami wymuszonej (pogodowo) produkcji źródeł OZE.

8.3. W wymiarze globalnym jest jeszcze szósty obszar gospodarczy o wielkim znaczeniu, mający wielki udział w emisji CO₂. Jest to rolnictwo (produkcja rolna) i hodowla z udziałem około 20% w rocznej globalnej emisji CO₂ wynoszącej około 50 mld ton (globalne roczne emisje CO₂ związane ze spalaniem paliw kopalnych wynoszą już nie więcej niż 35 mld ton).

8.4. Z egzercją jako miarą zdolności energii do wykonania pracy użytecznej związane jest integralnie kryterium kosztu termo/elektroekologicznego. Kryterium kosztu termoekologicznego ma szczególne praktyczne znaczenie w początkowej fazie transformacji energetycznej. Mianowicie, w tej fazie wzmacnia ono błąd poznawczy polegający na przypisywaniu paliwom kopalnym znaczenia czynnika decydującego o transformacji, czyli czynnika o jej najwyższym priorytecie. Skutkiem błędu jest kształtowanie się przewagi politycznych celów transformacji, oznaczających transformację w trybie innowacji naśladowczej. Koszt elektroekologiczny rozszerzający obszar analizy egzergetycznej poza źródła energii (poza paliwa kopalne i OZE), w szczególności na nieenergetyczne bogactwa naturalne i na użytkowanie energii, wzmacnia szanse transformacji w trybie innowacji przełomowej, fundamentalnie efektywniejszej – dla współczesnego wymiaru społecznego, technologicznego i środowiskowego transformacji energetycznej (i ogólnie świata) – od transformacji w trybie innowacji przyrostowej.

9. Elektroprosumeryzm – ekosystem gospodarczy (zunifikowany w trzech wymiarach: społecznym, technologicznym i środowiskowym) ukształtowany w procesie transformacji (wygaszania) wielkoskalowej energetyki korporacyjnej paliw kopalnych, polegającym na elektryfikacji wszystkich potrzeb energetycznych za pomocą odnawialnych źródeł energii elektrycznej (źródeł OZE). Elektroprosumeryzm jako ekosystem gospodarczy ma podstawy w triplecie paradygmatycznym (w paradygmatach: elektroprosumenckim, egzergetycznym i wirtualizacyjnym), umożliwiającym racjonalizację poszukiwań najlepszych praktycznych trajektorii transformacyjnych A (stan początkowy) → B (stan końcowy transformacji).

9.1. Ten ostatni stan (końcowy) ma na rynkach elektroprosumeryzmu charakter lokalny. Mianowicie, może się różnić dla każdego indywidualnego elektroprosumenta (w wielkim, bardzo zróżnicowanym zbiorze, obejmującym potencjalnie każde gospodarstwo domowe na świecie, poprzez przedsiębiorców sektora MMSP, po wielkich przedsiębiorstwach przemysłowych, przedsiębiorstwa zarządzające infrastrukturą krytyczną i globalne korporacje). Również dla poszczególnych jednostek JST, dla pojedynczych krajów, dla regionów skupiających kraje, dla świata).

9.2. Pełny globalny elektroprosumeryzm pokrywa się z celem politycznym (z neutralnością klimatyczną) transformacji energetycznej ukształtowanym na poziomie zinstytucjonalizowanego świata. Jednak ten ostatni

opis elektroprosumeryzmu, jako globalnego celu politycznego, prowadzi do wielkiego błędu poznawczego, wyolbrzymiającego trudność transformacji do elektroprosumeryzmu. Lokalne (indywidualne) podejście do transformacji elektrorostenckiej, koncentrujące się na efektach krańcowych (podobnie jak to jest w analizie produktywności krańcowej i kosztów krańcowych w ekonomii) jest absolutnie niezbędne.

10. Entropia – wielkość określająca zdolność układu do nieodwracalnej ewolucji w czasie; entropię można też uważać za miarę przypadkowości lub nieuporządkowania układu. Termodynamika zajmuje się entropią układów, którymi są paliwa kopalne będące w nierównowadze z otoczeniem (bada – w kontekście sprawności energetycznej – procesy spalania i procesy ciepłe związane z wykorzystaniem paliw kopalnych do celów energetycznych; także procesy w reaktorach elektrowni jądrowych). W kontekście efektu klimatycznego trzeba badać z kolei większy układ, którym jest ziemskie środowisko naturalne znajdujące się w nierównowadze z otoczeniem kosmicznym (ze słońcem). W kontekście procesów społecznych trzeba badać natomiast układy, którymi są systemy informatyczne; do oceny ich nieuporządkowania służy entropia informacyjna.

Jest to wielkość stosowana w informatyce, ale nadaje się do badania błędów poznawczych energetyki zakorzenionych w polityce energetycznej. Błędów w tak różnych obszarach, jak projektowanie mechanizmów wirtualnych rynków energii elektrycznej na jednym biegunie, a na drugim kształtowanie unijnej taksonomii zrównoważonych inwestycji. W pierwszym wypadku są to błędy związane z cenotwórstwem (systemami: cen/kosztów przeciętnych i krańcowych; net meteringiem i roamingiem elektrycznym i innych).

W praktycznym kontekście tripletu paradygmatycznego ważne jest, jak mogłaby się toczyć rozmowa o transformacji energetycznej z wykorzystaniem entropii termodynamicznej, informacyjnej oraz „społecznej”, czyli jak tę ostatnią opisywać. Tu mogłyby pomocne być próby odpowiedzi na pytanie, jak daleko jest współczesny świat od maksymalnej wartości takiej entropii, czyli od całkowitego chaosu wartości. I próby odpowiedzi na pytanie, jak zapobiec społecznej entropijnej śmierci (odpowiedzieć, co w sferze społecznej mogłoby zastąpić neutralność klimatyczną, która politycznie została już uznana za konieczną do uchronienia świata nieożywionego przed śmiercią termodynamiczną). Pozostawiając sprawę do zgłębienia (a może nawet do rozwiązania) myślicielom, na pewno potrzebny jest już pilnie język (aparatus pojęciowy) pozwalający komunikować się w praktycznych sprawach transformacji energetycznej ponad sojuszem polityczno-korporacyjnym; ten zgodnie z logiką kanonicznego zbioru przeciwieństw transformacji energetycznej do elektroprosumeryzmu musi być stopniowo – raczej szybciej niż wolniej – ignorowany.

Na pewno jest już praktyczna potrzeba rozróżnienia w procesach społecznych bogactwa społecznego i produktu odpadowego (przez analogię do bogactwa naturalnego, w szczególności do zasobów energetycznych oraz cennych surowców) i niepożądanych produktów odpadowych (w szczególności emisji CO₂) w procesach termodynamicznych (w analizie kosztu termo/elektroekologicznego). Na pewno bogactwem

społecznym jest ład społeczny z etosem nauczyciela, lekarza, prawnika, ale także z przedsiębiorstwem użyteczności publicznej (utility). Produktem odpadowym jest natomiast polityk nihilista (który rozstał się z wartościami).

11. Redukcjonizm elektroprosumenckiej transformacji TETIP

– triplet paradygmatyczny monizmu elektrycznego mówiący, że złożoność rynków elektroprosumeryzmu można objaśnić i projektować wykorzystując podstawy w postaci praw fizyki opisujących entropię termodynamiczną (po pierwsze) i zjawiska elektromagnetyzmu (po drugie) oraz wykorzystując (po trzecie) metodologię badawczą stosowaną w naukach społecznych (socjologii, ekonomii i w naukach prawnych). Prawa fizyki („twarde” podstawy), to druga zasada termodynamiki oraz zasady elektromagnetyzmu; to na tych fundamentach można budować praktykę rynków elektroprosumeryzmu, w szczególności taką, jak kryterium kosztu termo/elektroekologicznego oraz zasady rządzące scyfryzowanymi wirtualnymi rynkami energii elektrycznej.

12. Społeczna gospodarka rynkowa – jest to ustrój, z prosumeryzmem jako ważną częścią gospodarki, równoważący dominację państwa oraz korporacjonizmu w stopniu koniecznym dla osiągnięcia w kolejnych trzech dekadach harmonii społecznej, efektywności gospodarczej oraz stabilności środowiska przyrodniczego.

12.1. Inaczej, jest to ustrój wzmacniający samorządność, łączący na poziomie samorządów prawa wolnościowe charakterystyczne dla demokracji i kapitał społeczny, a ponadto konkurencję w sektorze MMSP. O rozwoju społecznej gospodarki rynkowej (kategorii szerszej niż elektroprosumeryzm) zadecydują w kolejnych trzech dekadach rynki elektroprosumeryzmu. Siła tych rynków (rozpatrywana w kategoriach kosztu elektro/termoekologicznego) jest związana z ich wydajnością energetyczną. Mianowicie, w kategoriach egzergii są one w przybliżeniu 6-krotnie wydajniejsze od rynków energii pierwotnych i 3-krotnie od wydajności współczesnych rynków końcowych energii (czyli energii elektrycznej, ciepła, paliw transportowych) należących do wielkoskalowej korporacyjnej energetyki paliw kopalnych – energetyki WEK-PK(iEJ).

12.2. Proponowaną definicję trzeba na początku trzeciej dekady XXI w. umieścić w kontekście globalnego trójkąta liderów transformacji energetycznej obejmującego Unię Europejską, USA i Chiny. Unia generalnie jest ukierunkowana na społeczną gospodarkę rynkową, a transformacja energetyczna Unii (rozpatrywana w kategoriach celów politycznych) jest podporządkowana jej budowie; w Niemczech, gdzie społeczna gospodarka rynkowa jest już w dużym stopniu rzeczywistością, transformacja energetyczna jest intensywnie wykorzystywana do jej (społecznej gospodarki rynkowej) wzmacniania. Stany Zjednoczone, posiadające najbardziej liberalną gospodarkę na świecie, stoją przed historycznym zadaniem budowy społecznej gospodarki rynkowej, neutralizującej wynaturzenia społeczno-polityczne korporacjonizmu (ujawniające się na świecie z coraz większą siłą). Chiny z kolei

stoją przed historycznym zadaniem podtrzymywania w kolejnych dekadach chwiejnej równowagi socjalistycznej gospodarki rynkowej za pomocą wzmacniania klasy średniej, do czego wielką szansę tworzy transformacja energetyki.

- 12.3.** Hipoteza sformułowana w ramach definicji, dotycząca globalnego trójkąta liderów transformacji energetycznej, znajduje już potwierdzenie w faktach. Mianowicie, każdy z liderów zbudował już praktycznie swoje globalne przewagi konkurencyjne na rynkach elektroprosumenckich. I nie ma znaczenia, że nie są one tak nazywane. Ma natomiast znaczenie, że liderzy budują rynki urządzeń, produktów, usług na rynki elektroprosumenckie bezsieciowe (off grid), a także na sieciowe rynki elektroprosumenckie.

Zakończenie

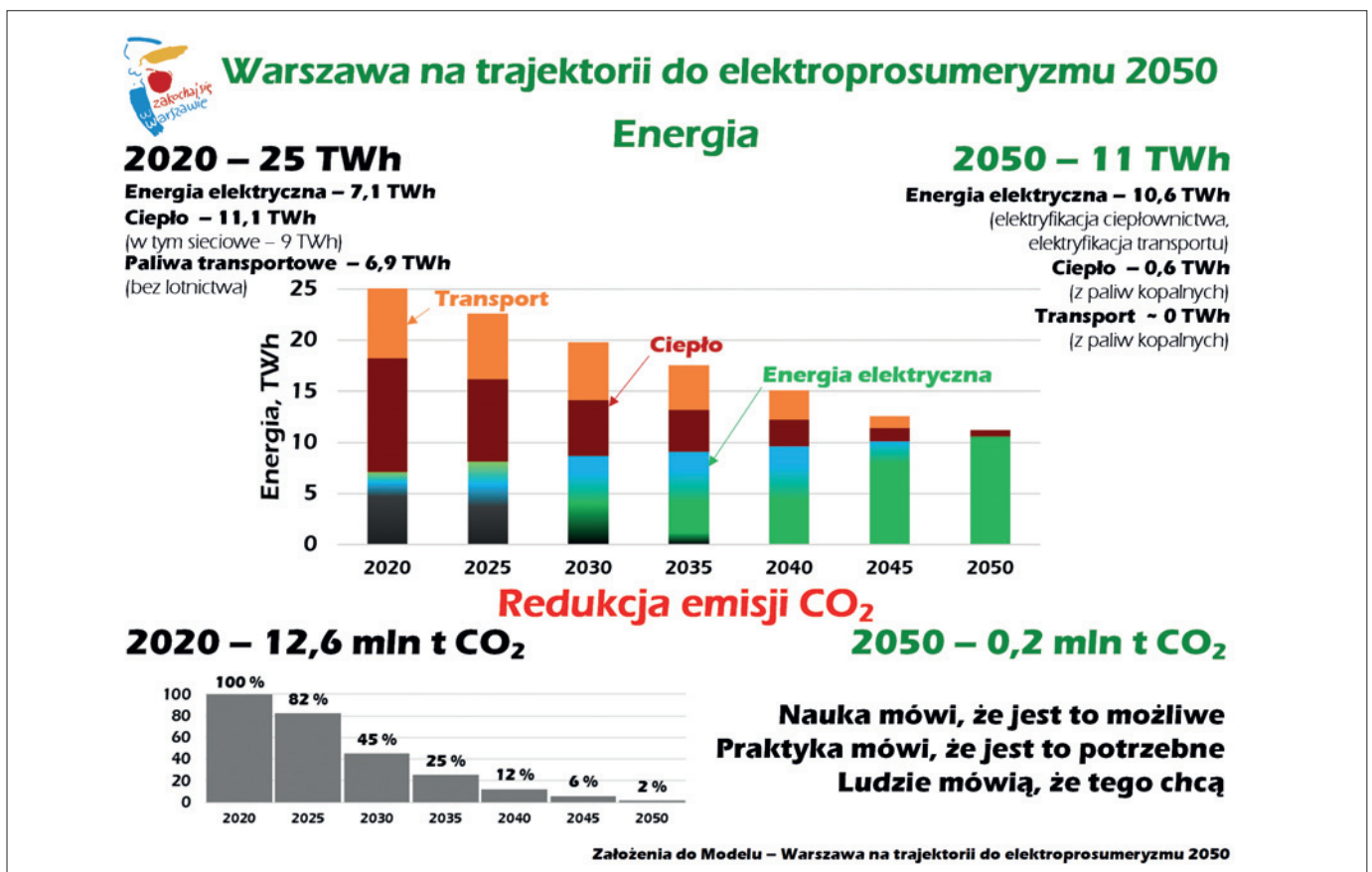
Kiedy politycy (Rosja, USA, Chiny, UE) zaczynają się układać w sprawie nowego podziału wpływów, wykorzystując do tego armie, profesorowie mają obowiązek szukać (mając do dyspozycji prawa fizyki i cały dorobek nauki) rozwiązań łączących ludzi – w lokalnych społecznościach, państwach, regionach i na świecie – gotowych bronić świat przed wojną, a w czasie pokoju przed katastrofą społeczną, gospodarczą i środowiskową. W wypadku JST budujących swoją energetyczną elektroprosumencką odporność kryzysową bronić rozwiązań mających fundamenty w najtrwalszych prawach fizyki: w zasadach elektromagnetyzmu

i entropii termodynamicznej, informacyjnej i „społecznej”²⁾. Każde sprzeniewierzenie się, zejście z tej drogi jest groźne dla samorządów. Przy tym softysi, wójtowie, burmistrzowie, prezydenci miast nie muszą znać praw fizyki, ale elektroprosumentów i przedsiębiorców sektora MMSP muszą mieć za sobą.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Popczyk J., *USTAWA O DOSTĘPIE DO INFORMACJI – początek Prawa elektrycznego*. „Energetyka” 2021, nr 10, Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu nr 2(3)/2021.
- [2] Popczyk J., *PRAWO ELEKTRYCZNE – mapa prac rozwojowych i proponowana struktura (rozdziały) ustawy*. „Energetyka” 2021, nr 7, Biuletyn PPT2050 nr 2(4)/2021.
- [3] *HISTORIA ELEKTRYKI POLSKIEJ*. Elektroenergetyka. WNT, Warszawa 1992.
- [4] Leonard S. Hyman, *America’s Electric Utilities: Past, Present and Future*. Fourth Edition. Public Utilities Reports, Inc., Publisher, Arlington, Virginia, 1992.
- [5] Alex Henney, *A Study of the Privatisation of the Electricity Supply Industry in England & Wales*, EEE Limited, 1994.
- [6] Szargut J., *Termodynamika techniczna*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.
- [7] Bodzek K., *ANALIZATOR PROCESOWEJ ODPORNOŚCI ELEKTROPROSUMENCKIEJ JST – budowa trajektorii transformacyjnej JST do elektroprosumeryzmu*. „Energetyka” 2022, nr 1, Biuletyn PPT2050 nr 1(5)/2022.

²⁾ Teorii entropii społecznej nie ma, ale trzeba nauczyć się najpierw o niej mówić.



ANALIZATOR PROCESOWEJ ODPORNOŚCI ELEKTROPROSUMENCKIEJ JST

Budowa trajektorii transformacyjnej JST do elektroprosumeryzmu

ANALYSER OF THE JST ELECTROPROSUMERIC PROCESS RESILIENCE

Building of JST transition trajectory to electroprosumerism

Transformacja energetyki w trybie innowacji przełomowej wymaga podjęcia szeregu działań lokalnych niezależnych od aktualnych uwarunkowań prawnych. Działania te powinny być realizowane przy wsparciu jednostek samorządu terytorialnego, których rola w transformacji energetyki znacząco zwiększa się. Rosną więc wymagania względem nich w zakresie zrozumienia elektroprosumeryzmu. W szczególności chodzi o wymagania dotyczące rankingu działań pozwalających na osiągnięcie odporności elektroprosumenckiej JST w możliwie krótkim czasie. Rankingu uwzględniającego kryterium kosztu elektroekologicznego (w wymiarze środowiskowym) i kosztu zaspokojenia potrzeb energetycznych (w wymiarze gospodarczym). Analizator procesowej odporności elektroprosumenckiej to narzędzie, które umożliwi szybką analizę możliwości realizacji transformacji do elektroprosumeryzmu w osłonie JST (w analizatorze wykorzystuje się do tego celu zbiór trajektorii referencyjnych). Analizator jest narzędziem adresowanym do samorządów, które w trybie kryzysowym stanęły już przed zadaniem wytworzenia odporności elektroprosumenckiej nie tylko w zakresie zadań własnych, ale całych społeczności w obrębie jednostek JST. Efektem działania analizatora jest struktura (miks) technologii wytwórczych, które po wdrożeniu czterech rynków elektroprosumeryzmu, zapewnią pokrycie wszystkich potrzeb energetycznych mieszkańców.

Słowa kluczowe: trajektorie transformacyjne, elektroprosumeryzm, samorzady, odporność elektroprosumencka

Energy transition in the breakthrough innovation mode will require a range of local actions independent on the actual regulatory frameworks. These actions should be realised with the support of local government entities (JST) which role in the transition process substantially increases and, at the same time, also increase requirements for them in the range of understanding the electroprosumerism. In particular, this applies to requirements concerning the ranking of activities enabling achievement of JST electroprosumeric resilience in a reasonably short period of time and including the criteria of electroecological cost (in environmental dimension) and the cost of meeting the energy needs (in economic dimension). The electroprosumeric process resilience analyser is a tool that enables rapid analysis of a possibility to realise the transition to electroprosumerism in a JST front-end (for this purpose, a set of reference trajectories is used in the analyser). It is a tool addressed to self-governments which in the crisis mode faced already the challenge of developing electroprosumeric resilience not only in the range of their own tasks but of all communities within JST units. The effect of the analyser functioning is the structure (mix) of manufacturing technologies which after implementation of the four electroprosumerism markets will ensure meeting of all inhabitants energy needs.

Keywords: transition trajectories, electroprosumerism, self-governments, electroprosumeric resilience

Wprowadzenie

Budowanie odporności elektroprosumenckiej to szansa samorządów na rozwój w środowisku efektywnej gospodarki z maksymalizacją wykorzystania zasobów własnych. Stawia to przed samorządami bardzo trudne zadanie w postaci sformułowania trajektorii transformacyjnych, które pozwolą na osiągnięcie elektroprosumeryzmu nie później niż w horyzoncie 2050. Co ważne, trajektorie te dotyczą transformacji całego sektora paliwowo energetycznego (rynków energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych) i nie mogą być rozumiane jedynie przez pryzmat budowy kolejnych źródeł OZE. Do sformułowania tak silnego i jednoznacznie postawionego stwierdzenia uprawniają podstawy teoretyczne [1], na podstawie których można oszacować, że elektroprosumeryzm zapewnia 3-krotnie wyższą wydajność energetyczną względem rynków końcowych (energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych) i aż 6-krotnie wyższą wydajność względem rynków energii chemicznej energetyki paliw kopalnych.

Działania w kierunku dążenia do elektroprosumeryzmu to transformacja w pięciu obszarach:

- 1) **pasywizacja budownictwa** – w tendencji do standardu domu pasywnego, trajektoria powinna określić również potencjał wyburzeń budownictwa, jeżeli jest to możliwe;
- 2) **elektryfikacja ciepłownictwa** – za pomocą pomp ciepła;
- 3) **elektryfikacja transportu** – za pomocą samochodu elektrycznego, ale zwłaszcza poprzez zmianę sposobu korzystania z transportu;
- 4) **użytkowanie energii elektrycznej i elektrotechnologie w środowisku cyfrowym i gospodarki GOZ** – związane z potencjałem wykorzystania przemysłu 4.0, wykorzystania elektrotechnologii oraz z przejściem do gospodarki GOZ;
- 5) **reelektryfikacja OZE** – produkcja energii ze źródeł OZE w miejsce klasycznej energetyki WEK-PK (Wielkoskalowa Energetyka Korporacyjna – Paliw Kopalnych).

Opisane obszary transformacji tworzą ranking działań, które powinny być realizowane jednocześnie przy zachowaniu racjonalności wynikających z podstaw fundamentalnych. Mianowicie, instalacja

Charakterystyka jednostek JST w elektroprosumeryzmie

| Wyszczególnienie | Ostona, model | Współczynnik skalowania | Roczne potrzeby, kWh/os/rok |
|--|-------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Aglomeracje | OK(JST6), model 4 | 1 | 6200 |
| Miasta od 100 tys. do 500 tys. mieszkańców | OK(JST5), model 4 | 0,8 | 4900 |
| Miasto 20 do 100 tys. mieszkańców | OK(JST4), model 3 | 0,7 | 4300 |
| Gmina miejsko-wiejska | OK(JST3), model 2 | 0,5 | 3100 |
| Gmina wiejska | OK(JST2), model 1 | 0,4 | 2500 |
| Sołectwo poniżej 1000 mieszkańców | OK(JST1), model 1 | 0,4 | 2500 |

pompy ciepła w nieocieplonym budynku zasilana z systemu KSE (Krajowy System Elektroenergetyczny) nie musi doprowadzić do obniżonego zużycia energii pierwotnej. Z drugiej strony, ta sama pompa w budynku pasywnym jest właściwie jedynym źródłem ciepła.

Działania zapewniające zwiększenie odporności elektroprosumenckiej JST są powiązane z Europejskim Instrumentem na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności, który jest ważnym elementem NextGenerationEU, z budżetem wynoszącym 723,8 mld euro w formie pożyczek i dotacji na wsparcie reform i inwestycji, mających na celu złagodzenie gospodarczych i społecznych skutków pandemii koronawirusa oraz zapewnienie, by europejska gospodarka i społeczeństwo były bardziej zrównoważone, odporne i lepiej przygotowane na wyzwania i możliwości związane z transformacją ekologiczną i cyfrową. Należy podkreślić, że powiązanie to nie wynika z możliwości pozyskania dotacji, ale z funkcji, jaką plan pełni w osiągnięciu niezależności gospodarki europejskiej.

Współczynniki skalowania elektroprosumeryzmu

Zapotrzebowanie na energię elektryczną w jednostkach JST w elektroprosumeryzmie jest silnie skorelowane z liczbą ludności oraz rodzajem jednostki. Analiza jednostek terytorialnych pozwoliła na wyróżnienie sześciu charakterystycznych oston kontrolnych (tab. 1 [2]), od sołectwa do 1000 mieszkańców OK(JST1) po aglomeracje OK(JST6). Współczynniki skalujące zostały opracowane na podstawie aktualnych danych dla Polski, które odniesiono do lokalnych uwarunkowań (tab. 1). Dla każdej ostony kontrolnej przypisano model pokrycia potrzeb energetycznych w elektroprosumeryzmie zgodnie z lokalnymi uwarunkowaniami, w tym dostępną powierzchnią, gęstością energii itd. [2]. Z modelami związany jest bezpośrednio struktura bilansowa (miks) źródeł OZE. Struktura ta obejmuje:

- **model 1** – sołectwo (wieś) do 1000 mieszkańców zasilane ze stacji transformatorowej SN/nN, OK(JST1) oraz gmina wiejska, OK(JST2); horyzont pełnej transformacji 2035;
- **model 2** – gmina (miejsko-wiejska), OK(JST3); horyzont pełnej transformacji 2040;
- **model 3** – miasto 20-100 tys. mieszkańców, OK(JST4); horyzont pełnej transformacji 2045;
- **model 4** – miasto 100-500 tys. mieszkańców, OK(JST5) oraz aglomeracje OK(JST6); horyzont pełnej transformacji 2050;

Przedstawione w tabeli 1 oczekiwane potrzeby energetyczne w elektroprosumeryzmie pozwalają na wstępne oszacowanie zmiany zapotrzebowania na energię elektryczną. Należy podkreślić, że w elektroprosumeryzmie oznacza to energię elektryczną, ciepło

oraz transport. Przedstawione współczynniki pozwalają określić bilans energii, przydatny na etapie projektowania strategii rozwojowej, jednak docelowo konieczne jest podejście indywidualne, dostosowane do każdej gminy, a nawet do każdego sołectwa, które uwzględni lokalne uwarunkowania i zasoby. Dla każdego obszaru analizuje się jedną, referencyjną ostonę kontrolną, którą w kolejnych krokach należy dostosować do lokalnych uwarunkowań.

Heurystyki trajektorii zmian zapotrzebowania

Szacowany, na podstawie danych z GUS [3], obecny udział segmentów w zużyciu energii elektrycznej został przedstawiony w tabeli 2. Podział ten jest podstawą do oszacowania (heurystyk) możliwości ograniczenia zużycia energii elektrycznej w elektroprosumeryzmie, która wynika ze zwiększenia efektywności urządzeń i procesów technologicznych i zależy od segmentu oraz stopnia, w jakim modernizacja została już wykonana. Dla przykładu oświetlenie po wprowadzeniu źródeł LED miało bardzo duży potencjał obniżenia zużycia energii, jednak potencjał ten został już w znaczącym stopniu wykorzystany.

Analiza została przeprowadzona dla Polski w podziale na 5 głównych segmentów. W celu łatwego skalowania dane zostały zaprezentowane w formie względnych wartości energii E^* odniesionych do 2020 r.:

$$E^* = \frac{E_i}{E_{2020}} \quad (1)$$

gdzie:

E_i – energia w i-tym roku,

E_{2020} – energia w roku 2020.

Potencjał sumaryczny jest to średnia ważona poszczególnych segmentów z wagami wynikającymi z obecnego zużycia energii elektrycznej. Dane zostały zamieszczone w tabeli 2.

Tabela 2

Szacunkowy względny potencjał efektywności (obniżenia zużycia energii elektrycznej) segmentów rynku w odniesieniu do roku 2020

| Segment | Obecny udział w zużyciu energii elektrycznej, % | Potencjał obniżenia zużycia energii elektrycznej | | | | | |
|-------------|---|--|-----------|------------|------------|------------|------------|
| | | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
| Oświetlenie | 7 | -8 | -9 | -10 | -10 | -10 | -10 |
| Napęd | 43 | -2 | -7 | -12 | -16 | -21 | -24 |
| Procesy | 20 | -4 | -11 | -18 | -24 | -30 | -35 |
| AGD | 20 | -3 | -10 | -17 | -23 | -29 | -34 |
| ICT | 10 | -2 | -9 | -15 | -21 | -27 | -32 |
| Suma | 100 | -3 | -9 | -14 | -19 | -24 | -28 |

Tabela 3

Szacunkowy względny potencjał czynników wpływających na zmianę zapotrzebowania na energię elektryczną w odniesieniu do roku 2020

| Czynnik | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Efektywność związana z obecnym użytkowaniem energii elektrycznej | -3 | -9 | -14 | -19 | -24 | -28 |
| Klimatyzacja | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| Elektryfikacja ciepłownictwa | 11 | 20 | 23 | 27 | 28 | 31 |
| Elektryfikacja transportu | 7 | 10 | 17 | 23 | 29 | 33 |
| Elektrotechnologie | 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| Suma | 18 | 27 | 33 | 40 | 43 | 46 |

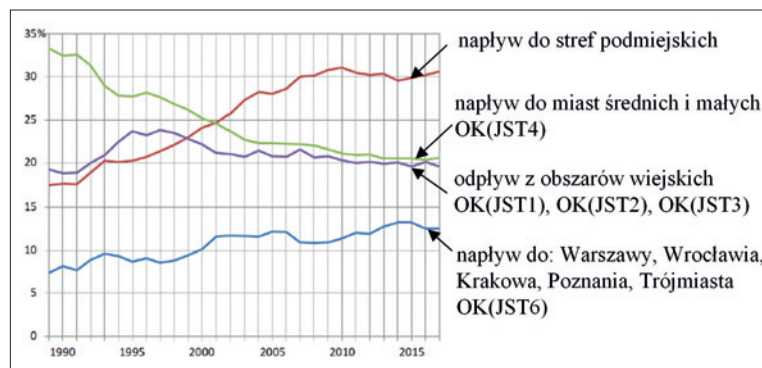
Potencjał efektywności jest tylko jednym ze składowych zmiany zużycia energii elektrycznej. Na zużycie wpływa również zwiększenie zapotrzebowania uwzględniające dwa obszary elektroprosumeryzmu, mianowicie elektryfikacja ciepłownictwa oraz elektryfikacja transportu, które w istotny sposób mogą wpłynąć na potrzeby energetyczne. W sposób pośredni oddziałuje również pasytywizacja budownictwa, która wpływa na końcowe zapotrzebowanie na ciepło, a także segment związany z wewnętrzną migracją ludności, klimatyzacją czy wprowadzeniem elektrotechnologii. Czynniki wpływające na zmianę zapotrzebowania na energię elektryczną będą różnicowane w ramach modeli.

Czynniki te zostały oszacowane na podstawie poniższych założeń.

- **Klimatyzacja** – przyjmuje się wzrost energii elektrycznej związany z wykorzystaniem klimatyzacji. Do oszacowania wykorzystano informację o liczbie budynków oraz założono wykorzystanie klimatyzatorów o średniej mocy chłodzenia wynoszącej 3,5 kW i rocznego czasu pracy około 400 h.
- **Elektryfikacja ciepłownictwa** – heurystyki wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną oszacowano na podstawie potrzeby przeprowadzenia gruntownej termomodernizacji. W analizach uwzględniono wyniki Długoterminowej Strategii Renowacji [4]. Do analiz przyjęto również rozwój pomp ciepła (pokrycie potrzeb ciepła i CWU 90% w horyzoncie 2050), pracujące z założonym współczynnikiem SCOP (sezonowy współczynnik efektywności energetycznej) równym 3.
- **Elektryfikacja transportu** – udział samochodów elektrycznych w rynku został oszacowany na podstawie analizy [5]. W analizie uwzględnia się obecne potrzeby energii chemicznej w paliwach. Do analizy przyjęto średnie zapotrzebowanie na energię chemiczną wynoszą 60 kWh/100 km dla samochodów spalinowych oraz średnie zużycie energii elektrycznej równe 20 kWh/100 km w samochodach elektrycznych.
- **Elektrotechnologie** – uwzględnia się rozwój elektrotechnologii w przemyśle oraz w gospodarstwach domowych. Rozwój technologii związany jest w dużej mierze z technologiami ICT (technologie informacyjno-komunikacyjne), a one mają duży potencjał efektywności.

Uwzględniając przyjęte założenia można oszacować trajektorię zmian zapotrzebowania na energię elektryczną dla Polski, którą przedstawia tabela 3. Należy podkreślić, że w elektroprosumeryzmie energia elektryczna będzie pokrywać wszystkie potrzeby energetyczne uwzględniając obecne użytkowanie energii elektrycznej oraz rynki elektroprosumeryzmu związane z elektryfikacją ciepłownictwa i transportu.

Odrębnym zagadnieniem jest zmiana zapotrzebowania na energię elektryczną wynikająca z wewnętrznej migracji ludności, która wpływa na wszystkie osłony kontrolne jednostek JST. Na rysunku 1 przedstawiono migrację wewnętrzną pomiędzy wybranymi kategoriami gmin. Na podstawie danych można wnioskować, że liczba ludności w miastach, takich jak Warszawa, Wrocław, Kraków, Poznań, Trójmiasto zwiększa się, liczba ludności w miastach średnich i małych pozostaje na podobnym poziomie, natomiast na obszarach wiejskich systematycznie maleje. Istnieje również silna tendencja do zwiększania się liczby ludności w strefach podmiejskich.



Rys. 1. Migracja wewnętrzna pomiędzy wybranymi kategoriami gmin [6]

Na podstawie analizy napływu i odpływu ludności w wybranych kategoriach gmin oszacowano względne trajektorie transformacyjne osłon związanych z migracją jednostek JST dla każdego modelu (tab. 4). W modelach 1 i 2 liczba ludności zmniejsza się, w modelu 3 pozostaje na takim samym poziomie, a w modelu 4 wzrasta. Dane te wpływają na potrzeby energetyczne jednostek i uwzględnia się je w trajektoriach zmiany zapotrzebowania na energię elektryczną w elektroprosumeryzmie.

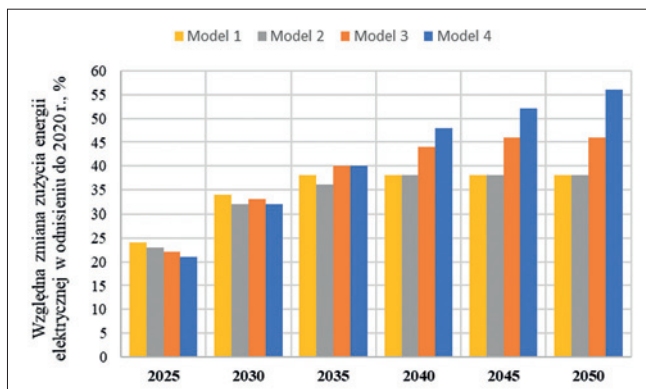
Tabela 4

Względne trajektorie transformacyjne osłon związane z migracją wewnętrzną jednostek JST w odniesieniu do roku 2020

| Ostona kontrolna | Model | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|
| OK(JST1), OK(JST2), OK(JST3) | 1,2 | -3 | -4 | -5 | -6 | -7 | -8 |
| OK(JST4) | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| OK(JST5), OK(JST6) | 4 | 3 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 |

Heurystyka zmian zapotrzebowania na energię elektryczną została opracowana na podstawie czynników z tabeli 3. Obejmuje zmianę zużycia energii elektrycznej uwzględniając efektywność energetyczną, ale także wzrost wynikający z przejmowania rynków ciepła (elektryfikacja ciepłownictwa)

oraz paliw transportowych (elektryfikacja transportu). W modelach uwzględnia się czynnik migracji wewnętrznej (tab. 4). Względne zmiany zużycia energii elektrycznej, obliczone zgodnie z zależnością (1), zamieszczono na rysunku 2. Podkreśla się, że osiągnięcie elektroprosumeryzmu w modelu 1 możliwe jest już w roku 2035, natomiast w modelu 4 w horyzoncie 2050.



Rys. 2. Względna zmiana zużycia energii elektrycznej, w odniesieniu do roku 2020, pokrywająca wszystkie potrzeby energetyczne (energii elektrycznej, ciepła, paliw transportowych)

Otrzymane trajektorie transformacyjne dla jednostek JST pozwalają na oszacowanie zmiany zapotrzebowania na energię elektryczną. Pokrycie wszystkich potrzeb energetycznych jedynie za pomocą energii elektrycznej (oszacowane na podstawie heurystyk zapotrzebowania) zwiększa jej zużycie od około 40% dla modelu 1 i 2 do około 55% dla modelu 4.

Analizator procesowej odporności elektroprosumenckiej dedykowany jest dla jednostek JST i nie uwzględnia wielkiego przemysłu, który obecnie odpowiedzialny jest za około 25% zużycia energii elektrycznej. Analiza zmiany zużycia energochłonnych procesów przemysłowych wymaga indywidualnego podejścia i bardzo silnie wpływa na całkowite zużycie energii w JST z takim przemysłem. Uwzględnienie w analizach wielkiego przemysłu, który istnieje tylko w wybranych jednostkach JST, ograniczyłoby funkcjonalność analizatora. Wynika to z konieczności zastosowania założeń upraszczających, pozwalających na utworzenie profili referencyjnych. Profile te opracowano na podstawie średnich danych o zapotrzebowaniu, dostępności lokalnych zasobów i innych, natomiast zróżnicowane i punktowe (w skali całego kraju) zakłady przemysłowe, zwiększają błędy uśredniania i zmniejszają reprezentatywność referencyjnych trajektorii transformacyjnych.

Referencyjne trajektorie pokrycia zapotrzebowania za pomocą źródeł OZE w elektroprosumeryzmie (reelektryfikacja OZE)

Referencyjna trajektoria zapotrzebowania została opisana w rozdziale o heurystykach trajektorii zmian zapotrzebowania (rys. 2). Na podstawie danych z tabeli 1 oraz liczby ludności określa się roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną w elektroprosumeryzmie. Potrzeby te pokrywa się za pomocą energii elektrycznej wyprodukowanej w źródłach OZE o strukturze

otrzymanej na podstawie analizy przeprowadzonej w [2]. Analiza wykorzystywała rzeczywiste profile zapotrzebowania charakterystyczne dla osłon OK(JST) oraz bilansowanie przy założeniu, że roczny deficyt nie przekraczał 1%.

Tabela 5

Referencyjna struktura technologii wytwórczych

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

Zapotrzebowanie w elektroprosumeryzmie stanowi bazę do obliczenia referencyjnych trajektorii pokrycia zapotrzebowania, które obliczono w 5-letnich krokach, na podstawie analizy heurystycznej (wykorzystując krzywe logistyczne) rozwoju technologii oraz potrzeb elektroprosumeryzmu [2]. Referencyjne trajektorie pokrycia zapotrzebowania w elektroprosumeryzmie zamieszczono w tabelach 6-9, dla modeli od 1 do 4, odpowiednio. Dane odniesiono do produkcji energii elektrycznej w horyzoncie transformacji. Odrębnego wyjaśnienia wymaga informacja z tabeli *pojedyncze źródło*. Oznacza ona, że dla analizowanej osłony kontrolnej potrzebne jest tylko jedno (dwa, trzy) źródła, które pozwolą na generację koniecznej energii. Dla przykładu w sołectwie potrzebna jest tylko jedna mikroelektrownia biogazowa o mocy od 10 kW do 50 kW w zależności od liczby mieszkańców. W takim przypadku nie mówi się o trajektorii, a o potrzebie wdrożenia.

Tabela 6

Referencyjne trajektorie pokrycia zapotrzebowania w elektroprosumeryzmie – model 1

| Technologia | 2025 | 2030 | 2035 |
|-------------|-------------------|------|------|
| PV, % | 81 | 74 | 100 |
| μEW, % | 23 | 58 | 100 |
| μEB | pojedyncze źródło | | |

Tabela 7

Referencyjne trajektorie pokrycia zapotrzebowania w elektroprosumeryzmie – model 2

| Technologia | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
|-------------|-------------------|------|------|------|
| PV, % | 75 | 99 | 100 | 100 |
| μEW, % | 12 | 32 | 62 | 100 |
| EWL | pojedyncze źródło | | | |
| μEB, % | 37 | 88 | 99 | 100 |
| EB | pojedyncze źródło | | | |

Tabela 8

Referencyjne trajektorie pokrycia zapotrzebowania w elektroprosumeryzmie – model 3

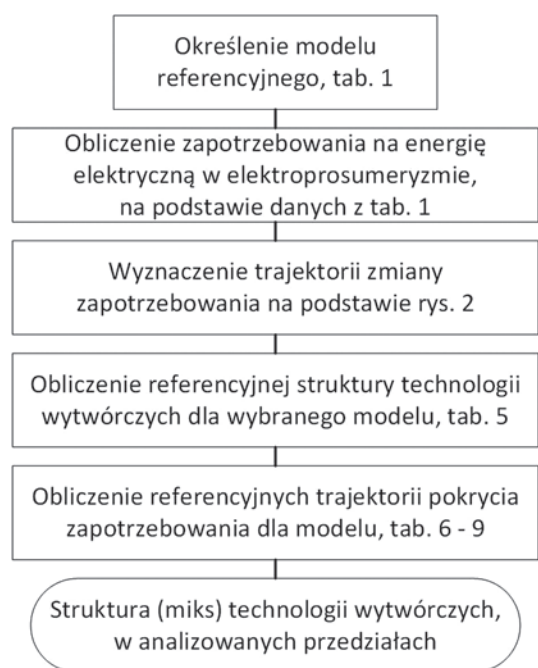
| Technologia | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|-------------|------|------|------|------|------|
| PV, % | 77 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| EWL, % | 11 | 29 | 58 | 85 | 100 |
| μEB, % | 38 | 88 | 99 | 100 | 100 |
| EB, % | 12 | 36 | 67 | 90 | 100 |

Tabela 9

Referencyjne trajektorie pokrycia zapotrzebowania w elektroprosumeryzmie – model 4

| Technologia | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|
| PV, % | 33 | 79 | 97 | 100 | 100 | 100 |
| μ EW, % | 7 | 16 | 29 | 49 | 74 | 100 |
| EWL, % | 11 | 21 | 38 | 60 | 82 | 100 |
| μ EB, % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EB, % | 11 | 25 | 48 | 73 | 91 | 100 |
| GOZ, % | 15 | 57 | 91 | 99 | 100 | 100 |
| EWM | 0 | 12 | 48 | 78 | 94 | 100 |

Przedstawione w artykule dane pozwalają na obliczenie referencyjnych trajektorii zapotrzebowania oraz struktury technologii wytwórczych w zdefiniowanych przedziałach. Obliczenia te wykonuje się zgodnie z algorytmem zaprezentowanym na rysunku 3. Algorytm odnosi się do danych przedstawionych w artykule (tabel, rysunków).



Rys. 3. Algorytm obliczenia struktury technologii wytwórczych

Samorządy w procesie transformacji do elektroprosumeryzmu

Rola samorządów w procesie transformacji do elektroprosumeryzmu jest bardzo istotna, zarówno w obszarze działań własnych, jak i całej jednostki JST. Obecnie działania te ograniczają się w dużej części jedynie do obligatoryjnego opracowania wymaganego prawem (Prawo energetyczne, Dz.U. z 2012 r., poz. 1059 z późniejszymi zmianami) *Projektu założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe*; fakultatywnie jednostki tworzą również plany, jest to raczej wyjątek niż reguła. Typowy zakres takiego projektu obejmuje ocenę stanu aktualnego i przewidywanych zmian zapotrzebowania

na ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe, przedsięwzięcia racjonalizujące użytkowanie ciepła, energii elektrycznej i paliw gazowych, możliwości wykorzystania istniejących nadwyżek i lokalnych zasobów paliw i energii, z uwzględnieniem wytwarzania ciepła i energii elektrycznej oraz określa możliwy zakres współpracy z innymi gminami. Dokument taki, zgodnie z ustawą, powinien być opracowany i aktualizowany co 3 lata.

Projekty w dużej części gmin zostały opracowane w latach 2015-2017 i od tego czasu w wielu przypadkach nie nastąpiła ich aktualizacja. Również zakres merytoryczny zależy od podejścia samorządów. Już teraz istnieją plany, które bardzo dobrze identyfikują lokalne zasoby i możliwość ich wykorzystania. Samorządy na podstawie art. 20 ust. 6 Prawa energetycznego mogą wprowadzać plany do obowiązkowego stosowania, jednak zastosowanie tego przepisu z uwagi na jego konstrukcyjną ułomność (brak środków egzekucji tego rodzaju prawa) jest marginalne i nie ma obecnie w praktyce większego znaczenia.

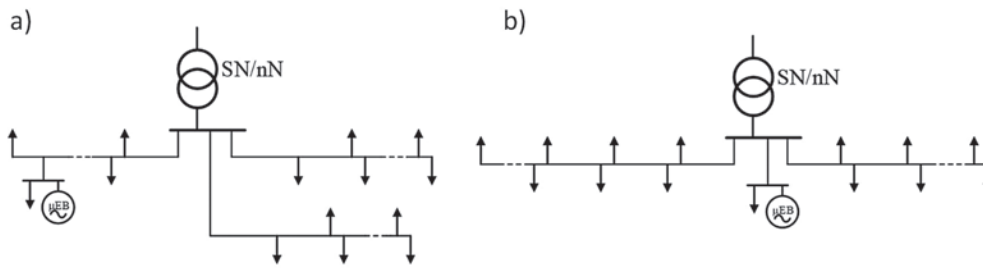
Samorządy mają również możliwość tworzenia aktów prawa miejscowego. Obecnie ustanawia się prawo miejscowe najczęściej w kwestiach dotyczących własnego funkcjonowania. Prawem miejscowym o obecnie największym znaczeniu są miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, a ostatnio uchwały krajobrazowe i antysmogowe.

Niewielkie możliwości stanowienia prawa przez samorządy, zderzające się z gwałtownie rosnącą potrzebą wykorzystania lokalnych zasobów, prowadzi do sformułowania postulatu dotyczącego zmiany obecnego prawa. W tym kontekście bardzo istotne są działania związane z tworzeniem Prawa elektrycznego [7], które powinno zastąpić obecne Prawo energetyczne w obszarach związanych z elektroprosumeryzmem.

Samorząd realizujący transformację energetyczną jednostki JST do elektroprosumeryzmu powinien rozpocząć od uchwały, o podjęciu działań w kierunku transformacji i osiągnięcia elektroprosumenckiej odporności. Uchwała powinna powołać zespół (lub osobę w zależności od wielkości gminy) odpowiedzialny za zwiększanie odporności elektroprosumenckiej, który opracowałby indywidualny plan, uwzględniający lokalne zasoby osiągnięcia elektroprosumeryzmu. Ważnym elementem planu jest horyzont transformacji oraz jasne określenie roli samorządu w dążeniu do jego realizacji, łącznie z koncepcją opracowania prawa miejscowego.

Niezwykle istotną rolę samorządów jest zapewnienie publicznego dostępu do informacji. Wiarygodna informacja o lokalnych zasobach pozwala potencjalnym inwestorom (prezydentom na rynku wschodzącym) zaprojektować racjonalne trajektorie transformacyjne w obszarze pięciu segmentów elektroprosumeryzmu (od pasywizacji budownictwa po reelektryfikację OZE). Zmniejsza przy tym ryzyko nietrafionych inwestycji albo inwestycji, które wymagają dodatkowych nakładów np. na rozbudowę sieci. Przykładem niekonsekwencji, wywołanej brakiem norm prawnych, jest zróżnicowany dostęp do informacji o zasobach KSE, uwzględniający nie tylko same zasoby, ale również ich geolokalizację.

Dla przykładu rozważmy schemat typowej sieci rozdzielczej nN na obszarach wiejskich oraz możliwość przyłączenia do niej mikroelektrowni biogazowej (rys. 4). Należy podkreślić, że jest to wizualizacja jedynie jakościowa. Struktura sieci rozdzielczych oraz miejsce przyłączenia mikroelektrowni biogazowej determinują rozpyły w sieci, zwłaszcza że wiejskie, jednostronnie zasilane sieci, charakteryzują się dużymi odległościami pomiędzy



Rys. 4. Przyłączenie mikroelektrowni biogazowej do sieci nN

a) w gospodarstwie oddalonym od stacji transformatorowej SN/nN, b) w bezpośrednim sąsiedztwie stacji transformatorowej SN/nN

przyłączami. Celem elektroprosumeryzmu jest zbilansowanie każdej z oston OK(JST) i w tendencji, tam gdzie jest to możliwe praca *offgrid*, a właściwie *on/off grid* z możliwością wydzielenia i ponownej resynchronizacji [7], a to wymaga szczegółowej informacji o strukturze sieci. Dane takie obecnie dostępne są w nielicznych gminach, a to utrudnia proces transformacji.

W budowaniu elektroprosumenckiej odporności należy różnić dwa działania, mianowicie, działanie strategiczne, określające trajektorie transformacyjne oraz działania rynkowe, czyli realizacja transformacji. Każde działanie wymaga innego stopnia szczegółowości danych, jednak dostęp do informacji jest sprawą kluczową. W tym obszarze samorządy mają możliwość wspierania lokalnych inicjatyw. Za przykład może posłużyć schemat sieci z rysunku 5, opracowany na podstawie danych publikowanych przez samorządy. Oczywiście w przypadku inwestycji na rynkach elektroprosumeryzmu [8] konieczna jest bardziej szczegółowa analiza, jednak dla rozważań strategicznych i tworzenia planów odporności elektroprosumenckiej, dane takie są bardzo pomocne. Informacja o strukturze sieci wraz z trajektoriami referencyjnymi pozwala na skuteczne opracowanie strategii jednostek JST.



Rys. 5. Przykładowy schemat sieci z danymi geolokalizacyjnymi – dwie linie nN podłączone do stacji transformatorowej SN/nN

Koszt elektroekologiczny

Koszt elektroekologiczny jest miarą wyczerpywania się nieodnawialnych bogactw naturalnych w elektroprosumeryzmie i pozwala na szybkie oszacowanie, które przed etapem projektowania inwestycji można wykorzystać do oceny realizacji danego rozwiązania. Z drugiej strony proponowany koszt znakomicie

unifikuje pięć obszarów transformacji (pasywizacja budownictwa, elektryfikacja ciepłownictwa, elektryfikacja transportu, użytkowanie energii elektrycznej i elektrotechnologie w środowisku cyfrowym i gospodarki GOZ, reelektryfikacja OZE), które charakteryzują się zupełnie innymi właściwościami i w rozumieniu tradycyjnej energetyki nie są możliwe do porównania. Takie podejście, którego celem jest minimalizacja śladu CO₂, już na obecnym etapie wymaga uwzględnienia w rachunku ekonomicznym kosztów środowiskowych (kosztów zewnętrznych), a nie tylko potrzebnego kapitału.

Przedstawione w opracowaniu oszacowania (w szczególności skumulowanego śladu CO₂) wykonano na podstawie śladu CO₂ dla obecnego stanu energetyki. Ślad ten w istotny sposób zależy od miksu źródeł wytwórczych (i ich śladu CO₂), ale również od technologii przemysłowych pozyskiwania surowców i tworzenia materiałów i może zostać wykorzystany do racjonalizacji projektowania transformacji za pomocą środków, które przyniosą skuteczne obniżenie śladu CO₂ w jak najkrótszym horyzoncie.

W kontekście wytwarzania energii elektrycznej, a w szczególności transformacji energetycznej istotne staje się uwzględnienie skumulowanego globalnego śladu CO₂ [9,10], uwzględniającego łańcuch dostaw, produkcję i utylizację. W takim przypadku źródła OZE charakteryzują się niezerową emisyjnością (są wyprodukowane z wykorzystaniem energii elektrycznej obciążonej śladem CO₂ i innych rodzajów energii, również obciążonych śladem CO₂).

Tabela 10

Skumulowany ślad CO₂ źródeł OZE [9,10]

| | Skumulowany ślad CO ₂ |
|-----|----------------------------------|
| | kg CO ₂ /MWh |
| GOZ | 30 |
| μEB | 30 |
| EB | 30 |
| EWL | 30 |
| PV | 40 |
| EWM | 10 |

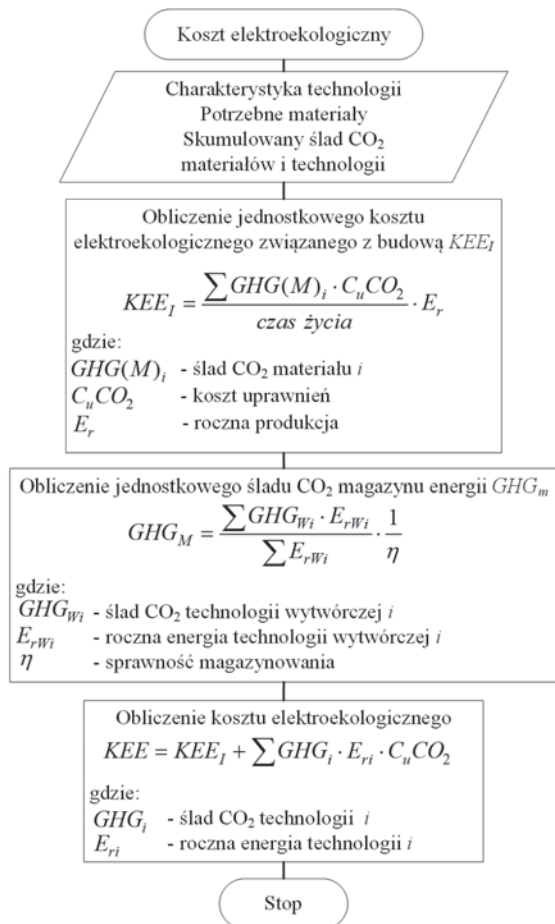
Bazą do obliczenia kosztu elektroekologicznego materiałów jest analiza sprawności energetycznej na każdym etapie produkcji energii, w tym przypadku energii elektrycznej. Przedstawione w tabeli 11 skumulowane ślady CO₂ wybranych produktów są charakterystyczne dla obecnych uwarunkowań. Skumulowany ślad CO₂ można wykorzystać do określenia rankingu działań transformacji.

Tabela 11

Skumulowany ślad CO₂ wybranych produktów [9]

| Produkt | Skumulowany ślad CO ₂ , t CO ₂ /t produktu |
|-----------------------|--|
| Bloki stalowe | 2,7 |
| Produkty stalowe | 1,9 |
| Aluminium | 8,5 |
| Maszyny i urządzenia | 1,0 |
| Papier | 2,9 |
| Srebro | 9,8 |
| Produkty ropopochodne | 3,6 |
| Szkło | 2,1 |
| Drewno | 1,1 |
| Siarka | 0,5 |
| Beton | 0,5 |

Algorytm obliczenia kosztu elektroekologicznego zamieszczono na rysunku 6. Algorytm bazuje na oszacowaniach kosztów związanych ze skumulowanym śladem CO₂ technologii i materiałów. Algorytm uwzględnia koszt elektroekologiczny związany z budową, paliwem (jeżeli istnieje, np. elektrownie gazowe) oraz ewentualnym magazynowaniem, które zwiększa koszt poprzez indukowanie śladu CO₂ (związane ze sprawnością). W przypadku unifikacji obszaru pasywizacji budownictwa jedynym składnikiem kosztu będzie ten związany z inwestycją. Na podstawie algorytmu z rysunku 6 koszt można wyrazić w jednostkach monetarnych. Wartość ta wynika z aktualnego kosztu uprawnień.



Rys. 6. Algorytm obliczenia kosztu elektroekologicznego

Wykorzystanie kosztu elektroekologicznego – studium przypadku

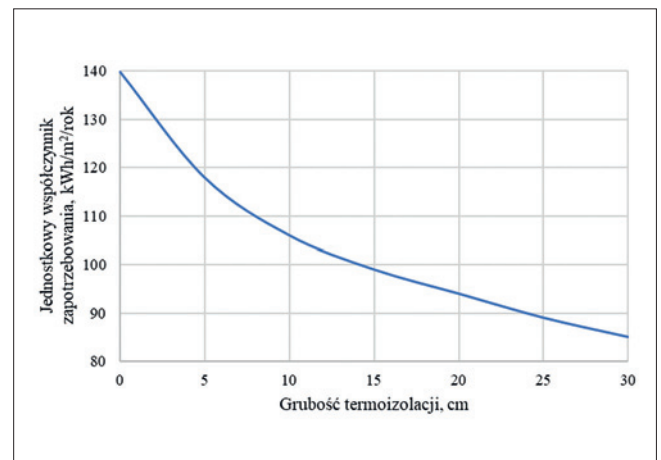
Wykorzystanie kosztu elektroekologicznego zostanie pokazane na przykładzie termoizolacji domu nieocieplonego, z wentylacją grawitacyjną, o danych jak w tabeli 12.

Tabela 12

Dane domu – studium przypadku

| Dane | Wartość |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Jednostkowe zapotrzebowanie na ciepło | 140 kWh/m ² /rok |
| Współczynnik przenikania ciepła okien | 1,4 W/m ² /K |
| Współczynnik przenikania ciepła drzwi | 1,4 W/m ² /K |
| Opalanie węglem, ślad CO ₂ | 0,6 t/MWh |

Analizuje się jedynie termoizolację za pomocą styropianu o różnej grubości, bez modernizacji innych elementów, w tym wymiany okien, zastosowania rekuperacji i innych. Wpływ grubości termoizolacji na jednostkowy współczynnik zapotrzebowania na ciepło został przedstawiony na rysunku 7. Zwiększanie grubości izolacji charakteryzuje się coraz mniejszym spadkiem jednostkowego współczynnika zapotrzebowania.



Rys. 7. Wpływ grubości termoizolacji na jednostkowy współczynnik zapotrzebowania – studium przypadku

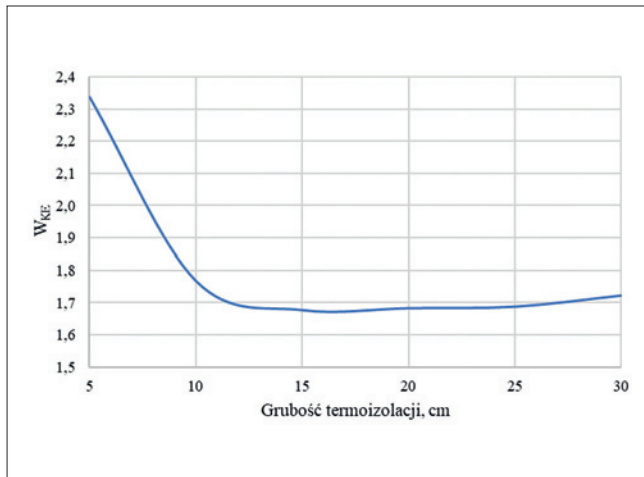
Przyjmując, na podstawie danych z tabeli 11, wartości skumulowanego śladu CO₂ można obliczyć skumulowany ślad CO₂ styropianu (3,6 t CO₂/t produktu) oraz tynku (0,5 t CO₂/t produktu) i w konsekwencji skumulowany ślad CO₂ termomodernizacji. Ślad ten wynosi dla analizowanego domu 2,2 t CO₂ dla styropianu o grubości 5 cm i 4,1 t CO₂ dla styropianu o grubości 30 cm. Z termomodernizacją związana jest więc skumulowana emisja CO₂, która obecnie nie jest w żaden sposób uwzględniana. Z drugiej strony wprowadzenie „cła węglowego” (CBAM) przez UE świadczy o zmianach w polityce na rzecz uwzględniania w kosztach globalnego śladu CO₂, również w materiałach.

Zastosowanie termoizolacji przyczyniło się do znacznego obniżenia zapotrzebowania na ciepło. W sposób ilościowy można to określić, za pomocą współczynnika kosztu

elektroekologicznego W_{KE} , który pozwala na określenie efektywności działań. Współczynnik ten określono jako:

$$W_{KE} = \frac{\text{\textit{śląd CO}_2\ \textit{inwestycji}}}{\text{\textit{roczna redukcja śladu CO}_2}} \quad (2)$$

Im współczynnik jest niższy tym działanie jest bardziej efektywne. Wartość współczynnika oznacza po jakim czasie ślad CO₂ wynikający z inwestycji zostanie zrównoważony, poprzez ograniczenie, śladu CO₂, w tym przypadku związanego z pasywizacją budownictwa. Na rysunku 8, pokazano, że współczynniki W_{KE} ma swoje minimum, które może zostać wykorzystane w analizie efektywności działań. Wyniki analizy zamieszczono w tabeli 13.

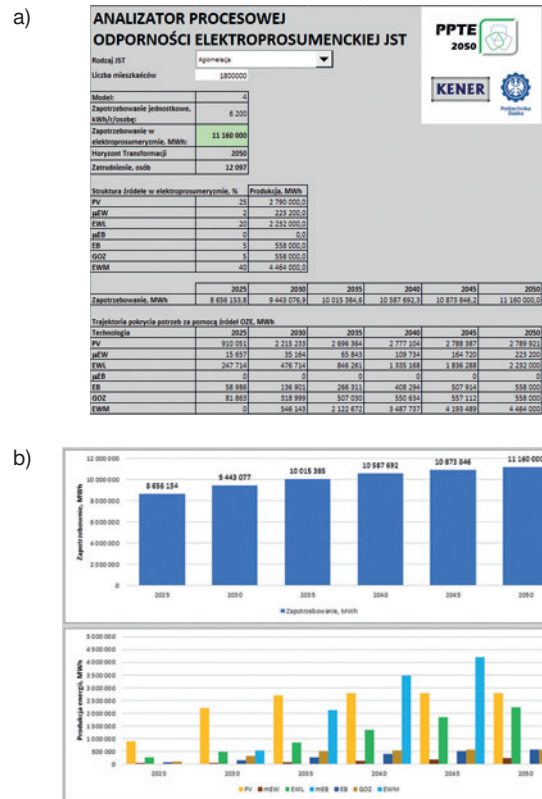


Rys. 8. Wpływ grubości termoizolacji na jednostkowy współczynnik zapotrzebowania – studium przypadku

W ramach studium przypadku, przeanalizowano również zamianę kotła węglowego na pompę ciepła (elektryfikacja ciepłownictwa), oraz założone, że energia do jej zasilania pochodzi w całości ze źródeł odnawialnych (reelektryfikacja OZE). Na podstawie współczynnika W_{KE} zrównoważenie emisji pochodzącej z inwestycji nastąpi poniżej 2 miesięcy użytkowania instalacji.

Analizator – narzędzie

Celem artykułu było opracowanie heurystyk i referencyjnych trajektorii transformacyjnych, które pozwalają na oszacowanie zapotrzebowania w elektroprosumeryzmie oraz obliczenia struktury (miksi) wytwórczego zapewniającego pokrycie potrzeb energetycznych. Na podstawie opisanych wyników analiz tworzone jest narzędzie dedykowany samorządom. Jest nim, przedstawiony na rysunku 9, analizator procesowej odporności JST, automatyzujący proces wstępnego szacowania potrzeb związanych z transformacją do elektroprosumeryzmu.



Rys. 9. Analizator elektroprosumeryzmu odporności JST
a) formularz obliczeniowy,
b) wizualizacja zmian zapotrzebowania oraz referencyjne trajektorie struktury (miksi) wytwórczego w elektroprosumeryzmie (wersja testowa)

Tabela 13

Wyniki analizy kosztu elektroekologicznego dla domu 120 m² – studium przypadku

| Grubość styropianu, cm | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Ślad CO ₂ termomodernizacji, t CO ₂ | 0 | 2,2 | 2,6 | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 4,1 |
| Ciepło, MWh/rok | 16,8 | 14,2 | 12,7 | 11,9 | 11,3 | 10,7 | 10,2 |
| Roczny ślad CO ₂ ogrzewania, t CO ₂ | 10,1 | 8,5 | 7,6 | 7,1 | 6,8 | 6,4 | 6,1 |
| Roczne obniżenie śladu CO ₂ , t CO ₂ | 0,0 | 1,0 | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 |
| Współczynnik kosztu elektroekologicznego | - | 2,3 | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |
| Elektryfikacja ciepłownictwa i reelektryfikacja OZE | | | | | | | |
| Zmiana zapotrzebowania na ciepło po zastosowaniu pompy ciepła, (SCOP = 3), MWh/rok | 5,6 | 4,7 | 4,2 | 4,0 | 3,8 | 3,6 | 3,4 |
| Roczny ślad CO ₂ ogrzewania, t CO ₂ | 0,17 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,10 |
| Współczynnik kosztu elektroekologicznego | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |

Uzyskana z analizatora struktura bilansu wytwórczego oraz trajektorie transformacyjne mogą zostać wykorzystane do analizy również innych zagadnień istotnych w transformacji do elektroprosumeryzmu, w tym:

- trajektorii redukcji CO₂ – metodyka obliczenia redukcji wykorzystuje informację o zastępowaniu (koszt uniknięty) rynków WEK-PK (energia elektryczna, ciepło, paliwa transportowe) rynkami elektroprosumeryzmu. Przykład analizy dla Subregionu Wałbrzyskiego został zamieszczony w Biuletynie Rynki Elektroprosumeryzmu nr 1(2)/2021 [11],
- zatrudnieniu w elektroprosumeryzmie – do obliczenia liczby etatów wykorzystuje się informację o średnim jednostkowym zatrudnieniu związanym z OZE dla Unii Europejskiej (ze względu na podobne uwarunkowania) przypadającym na produkcję energii. Szczegółowy opis metodyki podano w [12],
- trajektorii nakładów inwestycyjnych – na podstawie struktury poszczególnych technologii wytwórczych w analizowanych okresach i ich (technologii) nakładów inwestycyjnych.

Podsumowanie i wnioski

Budowanie odporności elektroprosumenckiej JST wymaga od samorządów dużego zaangażowania w transformację energetyczną. Wymaga kompetencji, które obejmują pięć bardzo różnych obszarów elektroprosumeryzmu (pasywizacja budownictwa, elektryfikacja ciepłownictwa, elektryfikacja transportu, użytkowanie energii elektrycznej i elektrotechnologie w środowisku cyfrowym i gospodarki GOZ, reelektryfikacja OZE). W zamian samorzady zyskują realny wpływ na rozwój, w środowisku najnowszych technologii i wysokiej efektywności, co w konsekwencji przekłada się na zwiększenie kompetencji całej lokalnej społeczności.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Popczyk J., *Transformacja Energetyki. Paradygmatyczny triplet i mapa oraz trajektoria, Część 1 i 2.* „Śląskie Wiadomości Elektryczne” 2018, nr 5, <https://ppte2050.pl/>; Część 3. „Śląskie Wiadomości Elektryczne” 2019, nr 1, <https://ppte2050.pl/>.
- [2] Bodzek K., *Modelowanie trajektorii transformacyjnych energetyki do elektroprosumeryzmu w wybranych ostonach kontrolnych.* „Energetyka” 2020, nr 11, Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu nr 1/2020 (także: <https://ppte2050.pl/>, <https://www.cire.pl/>).

- [3] Portal Główny Urząd Statystyczny, <https://stat.gov.pl/>
- [4] *Długoterminowa Strategia Renowacji, Wspieranie Renowacji Krajowego Zasobu Budowlanego*, Warszawa, luty 2021, <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologia/dlugoterminowa-strategia-renowacji>
- [5] Platforma PSPA, Polish EV outlook 2021, <https://pspa.com.pl/2021/raport/najnowsza-edycja-jednej-na-rynku-kompleksowej-analzy-sektora-e-mobility-w-polsce-polish-ev-outlook-2021-jest-juz-dostepna/>
- [6] Śleszyński P., *Znaczenie migracji wewnętrznych w rozwoju społeczno-gospodarczym i terytorialnym Polski*, Monografia pod redakcją Józefiny Hrynkiewicz, Janusza Witkowskiego, Aliny Potrykowskiej: Migracje a sytuacja demograficzna Polski, Rządowa Rada Ludnościowa, Warszawa 2019.
- [7] Wrzosek J., Grzegorzycza G., Bodzek K., *Procesy łączeniowe w SEE, praca wypowa źródeł przemysłowych i komunalnych, systemy(WSE).* „Energetyka” 2021, nr 10, Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu nr 2(3)/2021. (także: <https://ppte2050.pl/>, <https://www.cire.pl/>).
- [8] Popczyk J., *PRAWO ELEKTRYCZNE – mapa prac rozwojowych i proponowana struktura (rozdziały) ustawy.* „Energetyka” 2021, nr 4, Biuletyn PPT2050 nr 2(4)/2021.
- [9] Stanek W. i in., *Thermodynamics for Sustainable Management of Natural Resources*, Springer International Publishing, 2017, DOI 10.1007/978-3-319-48649-9.
- [10] Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Solar Photovoltaics, NREL.
- [11] Popczyk J., Bodzek K.: *TRANSFORMACJA ENERGETYCZNA SUBREGIONU WAŁBRZYSKIEGO Trajektoria redukcji CO₂ w modelu transformacji TETIP do elektroprosumeryzmu.* „Energetyka” 2021, nr 4, Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu nr 1(2)/2021. (także: <https://ppte2050.pl/>)
- [12] Popczyk J., Bodzek K., Gawlik R.: *TPST Subregionu Wałbrzyskiego Transformacja energetyczna do elektroprosumeryzmu.* „Energetyka” 2021, nr 1, Biuletyn PPT2050 nr 1(3)/2021. (także: <https://ppte2050.pl/>)



AUTONOMIZACJA ENERGETYCZNA SOŁECTWA za pomocą mikroelektrowni biogazowej

ENERGY AUTONOMISATION OF SUB-MUNICIPALITIES with the help of micro-scale biogas power plants

Samowystarczalność energetyczna na rynkach elektroprosumeryzmu [2] – obejmująca gospodarkę obiegu zamkniętego (GOZ) – powinna być celem działania każdego samorządu w Polsce. W artykule opisano sposób realizacji samowystarczalności sołectwa do 1000 mieszkańców zasilanego z KSE – za pomocą linii nN zasilanych z pojedynczej stacji transformatorowej SN/nN – z wykorzystaniem mikroelektrowni biogazowej klasy 10 do 200 kW. Podstawą (bazą) rozwiązania technologicznego – oprócz mikroelektrowni biogazowej – są: pasywizacja budynków mieszkalnych sołectwa, elektryfikacja ciepłownictwa za pomocą pomp ciepła, dachowe źródła PV, mikroelektrownie wiatrowe oraz zoptymalizowany do potrzeb system zarządzania energią (SZE); w artykule nie uwzględnia się na razie elektryfikacji transportu. Uzupełniające (dodatkowe, ewentualne) składowe rozwiązania obejmują akumulatorowe/baterijne zasobniki energii elektrycznej lub biogazu – przejściowo także agregaty prądotwórcze – gwarantujące zindywidualizowaną elektroprosumencką odporność kryzysową poszczególnym gospodarstwom sołectwa. Prezentowany w artykule proces budowy samowystarczalności sołectwa (jego autonomizacji względem KSE) – inaczej proces budowy odporności kryzysowej sołectwa, zastępującej bezpieczeństwo energetyczne, którego już nie zapewnia KSE – realizowany jest w etapach: on grid – on/off grid – off grid. Autonomizacja sołectw względem KSE (nabycie własnej odporności kryzysowej) jest w Polsce już realnie technicznie i możliwe do szybkiej realizacji (indywidualnie sołectwo może ją zrealizować w ciągu kilku lat). W skali kraju może przyspieszyć tę autonomizację zasada współużytkowania zasobów KSE [1] wprowadzona w życie za pomocą właściwej ustawy pilotażowej do ustawy Prawo elektryczne. Podstawowe znaczenie ma jednak uruchomienie seryjnej produkcji mikroelektrowni biogazowych w sektorze MŚP. Artykuł obejmuje informację o działaniach firmy eGIE w tym zakresie.

Słowa kluczowe: transformacja energetyczna, sołectwo off grid, mikroelektrownia biogazowa

Energy self-sufficiency in electroprosumerism markets – comprising the closed-loop economy (GOZ) – should be the objective of every self-government actions in Poland. Described is here the method to realise energy self-sufficiency in a sub-municipality of up to 1000 inhabitants and supplied from the national power system (KSE) – by LV lines connected to a single MV/LV transformer substation – and a 10-200 kW biogas microplant. The basis of this technological solution – apart from the biogas micro power plant itself – is also passivation of residential buildings, heating electrification with the use of heat pumps, roof PV systems and an adequate energy management system (SZE); so far, the transport electrification has not yet been taken into account. Complementary (additional, possible) components of this solution comprise battery containers of electric energy (biogas) – temporarily also motor power generators – guaranteeing the individualised electroprosumeric emergency resilience for every household in a sub-municipality. Presented here the process of building the sub-municipality energy self-sufficiency (its autonomisation relative to KSE) – in other words building of a sub-municipality emergency resilience replacing energy security not ensured already by KSE – is realised in stages: on grid – on/off grid – off grid. Sub-municipalities autonomisation relative to the KSE (achievement of their own emergency resilience) is now in our country technically feasible and realisable in a short-time period (for an individual sub-municipality that period should be no longer than a few years). On a national scale the autonomisation can be accelerated by the use of the KSE resources collective use principle (put into effect by a proper pilot act to the Electricity Act). But a matter of fundamental significance is to launch the factory production of micro biogas power plants in the MSMEs sector. Given is also an information on eGIE activities in this field.

Keywords: energy transition, off-grid sub-municipality, micro biogas power plant

Opis transformacji sołectwa do elektroprosumeryzmu – główne założenia

Autonomiczność, czyli pełną samowystarczalność energetyczną, sołectwa do 1000 mieszkańców można osiągnąć pod warunkiem zminimalizowania potrzeb związanych z zużyciem energii elektrycznej i ciepła zamieszkałych budynków i zastosowania odpowiednich źródeł energii. Osiągnięciem się to poprzez pasywizację budynków oraz zamianę źródeł ciepła na niskotemperaturowe zasilanie w ciepło z wykorzystaniem pomp ciepła. Podstawowym rodzajem energii wykorzystywanej w sołectwie będzie energia elektryczna wytwarzana z OZE, w tym głównie z lokalnej mikroelektrowni zasilanej biogazem.

W celu dojścia do samowystarczalności energetycznej konieczne jest zbilansowanie profili zużycia i produkcji energii sołectwa na trajektorii transformacyjnej.

Do analizy przyjęto następujące założenia:

- liczba mieszkańców sołectwa: 1000 osób,
- liczba gospodarstw (domów jednorodzinnych): 250,
- powierzchnia ogrzewana budynków: 30 000 m².

Pominięte zostaną budynki użyteczności publicznej (kościół, OSP, sklep, przedszkole) z uwagi na ich niewielki wpływ na końcowy bilans.

W sołectwie znajduje się gospodarstwo hodowlane (400 krów mlecznych) wraz z uprawami pól i łąk na powierzchni ok. 700 ha.

Oszacowania związane z możliwością osiągnięcia elektroprosumeryzmu sołectwa zostały zamieszczone w tabelach 1-4. W tabelach podano zużycie energii i paliw oraz produkcję energii w kolejnych procesach.

Stan początkowy – stan wyjściowy: standardowe zużycie energii dla budynków wykonanych w latach 1980-2010. Źródła ciepła zróżnicowane z przewagą pieców/kotłów węglowych. Zasilanie w energię elektryczną on grid. Brak źródeł typu OZE.

Proces 1 – pasywizacja budynków: budynki zostaną poddane termomodernizacji i osiągną poziom budynków energooszczędnych lub pasywnych. Źródłem ciepła w budynkach (cwu + c.o.) będą pompy ciepła. Ciepło odpadowe z mikroelektrowni biogazowej zostanie wykorzystane w gospodarstwie hodowlanym. Wprowadzone zostaną indywidualne źródła energii w postaci PV, mikroelektrownie wiatrowe oraz lokalna mikrobiogazownia w gospodarstwie hodowlanym. System zaopatrzenia sołectwa w energię elektryczną jest w dalszym ciągu systemem on grid z możliwością wymiany energii z KSE. W okresie lata przewidziana jest praca systemu energetycznego w trybie off grid.

Proces 2 – układ off grid: wprowadzenie źródeł sterowanych, magazynów energii i regulowanych odbiorów energii wraz z SZE. Pogłębiona pasywizacja budynków. System energetyczny pracuje w reżimie pracy off grid. Sołectwo jest samowystarczalne energetycznie. Źródłami energii są źródła OZE.

Dojście od stanu wyjściowego do zakończenia Procesu 2 przewidziane jest w ciągu 10-15 lat. Nowe budynki będą budowane już tylko według standardu przewidzianego dla Procesu 2.

Budynki mieszkalne

Tabele 1-4 pokazują założenia oraz bilanse energetyczne dla każdego z trzech procesów.

Tabela 1

Zużycie ciepłej wody użytkowej i energii do jej podgrzania

| Ciepła woda użytkowa | Jednostka | Stan wyjściowy | Proces 1 | Proces 2 |
|--|---------------------|----------------|----------|----------|
| Ilość cwu na osobę | l/os/doba | 50 | 40 | 40 |
| Ilość m ³ cwu | m ³ /rok | 18 250 | 14 600 | 14 600 |
| Wskaźnik zużycia ciepła dla 1 m ³ cwu | kWh/m ³ | 111 | 28 | 24 |
| Ilość energii dla cwu (poza e.e.) | MWh/rok | 1 419 | | |
| Ilość e.e. dla cwu, w tym pompy ciepła | MWh/rok | 608 | 406 | 348 |
| Suma | MWh/rok | 2 028 | 406 | 348 |

Stan wyjściowy – w sezonie grzewczym cwu podgrzewana jest z kotła dwufunkcyjnego, a w lecie z wykorzystaniem grzałki elektrycznej. Wskaźnik zużycia energii na podgrzanie ciepłej wody wynosi średnio 111 kWh/m³.

W Procesach 1 i 2 – zużycie jednostkowe cwu jest mniejsze z uwagi na zastosowanie odpowiedniej armatury. Wprowadzono kontrolę cyrkulacji i ograniczenia czasowe (wyłączenia nocne i dzienne) oraz niższe temperatury ciepłej wody. Jako źródło ciepła zastosowano pompę ciepła o współczynniku COP = 3 dla Procesu 1 oraz COP = 3,5 dla Procesu 2.

Tabela 2

Zużycie ciepła dla ogrzewania budynków

| Ogrzewanie budynków | Jednostka | Stan wyjściowy | Proces 1 | Proces 2 |
|--|-------------------------|----------------|----------|----------|
| Wskaźnik zużycia ciepła dla c.o. | kWh/m ² /rok | 100 | 40 | 20 |
| Ilość energii dla c.o. (poza e.e.) | MWh/rok | 3 000 | | |
| Ilość e.e. dla potrzeb c.o. (pompy ciepła) | MWh/rok | | 400 | 171 |

W przypadku ogrzewania budynków dla stanu wyjściowego założono, że ciepło do ogrzewania budynków dostarczone jest głównie z kotłów węglowych. Udział innych źródeł (olej/LPG) nie przekracza 20%. Budynki są bez termomodernizacji lub jest ona wykonana w małym zakresie.

W ramach Procesu 1 przeprowadzona zostaje kompleksowa termomodernizacja budynków, która jest pogłębiona w Procesie 2. Do ogrzewania ciepłej wody i zapewnienia komfortu środowiskowego w budynkach zainstalowane zostaną pompy ciepła o wskaźnikach COP = 3,0 w Procesie 1 oraz COP = 3,5 w Procesie 2.

Tabela 3

Zużycie energii elektrycznej przez budynki

| Energia elektryczna | Jednostka | Stan wyjściowy | Proces 1 | Proces 2 |
|--------------------------------------|-------------|----------------|----------|----------|
| Energia elektryczna (bez c.o. i cwu) | MWh/rok | 750 | 625 | 500 |
| Ilość e.e. łącznie | MWh/rok | 1 358 | 1 430 | 1 019 |
| Wskaźnik zużycia e.e. | MWh/dom/rok | 5,43 | 5,72 | 4,08 |

Zużycie energii elektrycznej na cele inne niż c.o. i cwu przyjęto na poziomie: 3 MWh/rok na budynek dla stanu początkowego, na koniec Procesu 1: 2,5 MWh/rok, a na koniec Procesu 2: 2,0 MWh/rok.

W stanie wyjściowym dodatkowa energia elektryczna zużywana jest na podgrzanie cwu z wykorzystaniem grzałek elektrycznych, a w Procesach 1 i 2 energia elektryczna zasila także pompy ciepła. Na zakończenie Procesu 2 ilość zużywanej energii elektrycznej będzie mniejsza od stanu wyjściowego, mimo że energia elektryczna będzie jedynym nośnikiem energii (pełny elektroprosumeryzm).

Tabela 4

Łączne zużycie energii przez budynki mieszkalne

| Energia razem | Jednostka | Stan wyjściowy | Proces 1 | Proces 2 |
|---------------------------|-------------------------|----------------|----------|----------|
| Na jeden dom | MWh/rok | 23 | 6 | 4 |
| Wskaźnik zużycia energii | kWh/m ² /rok | 193 | 48 | 34 |
| Razem energia w budynkach | MWh/rok | 5 778 | 1 431 | 1 019 |

Należy podkreślić, że budynki po zakończeniu Procesu 2 zużywają ponad 5 razy mniej energii końcowej niż budynki w stanie wyjściowym.

Gospodarstwo rolne

Ogrzewane budynki biurowo-socjalne oraz warsztatowe gospodarstwa mają powierzchnię 1500 m²; gospodarstwo zużywa 5 m³ cwu na dobę. W gospodarstwie zostanie zainstalowana biogazownia zasilająca biogazem układ CHP o mocy elektrycznej 100 kW. W celu zapewnienia ciągłości produkcji energii oraz elastyczności pracy zostaną zastosowane dwie jednostki kogeneracyjne o mocy 50 kW każda. Dodatkowo mikroelektrownia będzie wyposażona w magazyn biogazu o pojemności zapewniającej jej pracę ciągłą przez dwie doby. Pojemność magazynu wyniesie ok. 2500 m³, co pozwoli zmagazynować 12,5 MWh

energii chemicznej w biogazie. Magazyn ten powinien powstać po rozpoczęciu Procesu 2. Biogaz z tego magazynu zapewni produkcję energii przy zwiększonym obciążeniu dobowym, a także w okresach zimowych.

Ilość dostarczanego substratu, głównie gnojowicy i obornika krowiego, powinna zapewnić ciągłą pracę mikroelektrowni biogazowej. Dodatkowym substratem może być kiszonka kukurydzy i trawy lub odpady żywieniowe. Przewidywana ilość produkowanego biogazu będzie wynosić ok. 400 000 m³/rok.

Biogaz można produkować także z innych rodzajów substratów. Technologię pracy mikroelektrowni biogazowej opisano w dalszej części artykułu.

Początkowo mikroelektrownia będzie miała nadwyżkę produkowanej energii elektrycznej.

Ciepło do ogrzewania budynków w gospodarstwie hodowlanym oraz podgrzewu cwu będzie dostarczane z agregatu kogeneracyjnego lub kotła, zasilanych biogazem. Przewidziano także wykonanie prac termomodernizacyjnych w budynkach gospodarstwa.

W tabeli 5 przedstawiono zapotrzebowanie gospodarstwa na energię.

Tabela 5

Zużycie energii przez gospodarstwo

| Zużycie energii przez gospodarstwo | Jednostka | Stan wyjściowy | Proces 1 | Proces 2 |
|------------------------------------|-------------------------|----------------|----------|----------|
| Ciepło dla cwu z e.e. | MWh/rok | 203 | | |
| Wskaźnik zużycia ciepła dla c.o. | kWh/m ² /rok | 139 | 83 | 56 |
| Ciepło dla potrzeb c.o. | MWh/rok | 208 | 125 | 83 |
| Ciepło dla cwu biogaz | MWh/rok | (-) | 152 | 127 |
| Energia elektryczna inne odb. | MWh/rok | 96 | 72 | 60 |
| Energia elektryczna łącznie | MWh/rok | 299 | 72 | 60 |
| Razem gospodarstwo | MWh/rok | 507 | 349 | 270 |

Źródła i zużycie energii przez sołectwo

Łączne zużycie energii przez sołectwo w kolejnych procesach przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6

Zużycie energii przez sołectwo

| Energia razem domy + gospodarstwo | Jednostka | Stan wyjściowy | Proces 1 | Proces 2 |
|-----------------------------------|-----------|----------------|----------|----------|
| Ciepło i cwu (bez e.e.) | MWh/rok | 4 628 | 277 | 210 |
| Energia elektryczna | MWh/rok | 1 657 | 1 503 | 1 079 |
| Razem energia cała wieś | MWh/rok | 6 285 | 1 780 | 1 289 |

W Procesach 1 i 2 ciepło dla budynków mieszkalnych zapewniają pompy ciepła. Dla gospodarstwa hodowlanego ciepło dostarczane jest z agregatu kogeneracyjnego lub kotła zasilanego biogazem. Przyjęte rodzaje źródeł energii wraz z ich mocami przedstawiono w tabeli 7, a w tabeli 8 produkcję energii z każdego źródła.

Tabela 7

Źródła energii

| Moc źródeł energii | Jednostka | Stan wyjściowy | Proces 1 | Proces 2 |
|----------------------|-----------|----------------|----------|----------|
| Węgiel/olej/gaz | kW | 2 600 | | |
| KSE | kVA | 250 | 250 | 0 |
| PV | kW | 0 | 100 | 150 |
| Elektrownia wiatrowa | kW | 0 | 100 | 150 |
| Biogaz ciepło | kW | 0 | 100 | 100 |
| Biogaz e.e. | kW | 0 | 100 | 100 |

W stanie początkowym energia elektryczna dostarczana jest tylko z KSE z wykorzystaniem transformatora o mocy 250 kVA.

W czasie Procesu 1 i 2 dokonywana jest sukcesywna pasywizacja budynków i montowane są mikroźródła OZE: fotowoltaika (PV) oraz mikroelektrownie wiatrowe wraz z pompami ciepła.

Elektrownia biogazowa z jednostką kogeneracyjną 100 kW powstaje już na początku transformacji, przy czym początkowo nadwyżki energii sprzedawane są do KSE. Zakłada się, że inwestorem elektrowni biogazowej będzie gospodarstwo hodowlane, ale obowiązkami związanymi z produkcją energii, jej bilansowaniem i rozliczaniem zajmować się będzie operator(WSE) [3]. Dodatkowo, w czasie trwania Procesu 1 przewiduje się uzyskanie prawa do współużytkowania sieci nN i energia z mikroelektrowni oraz powstających innych mikroźródeł OZE (PV i mikroelektrowni wiatrowych) będzie przekazywana bezpośrednio do elektroprosumentów. Zasady współużytkowania sieci nN opisano w artykule [1].

Po zakończeniu Procesu 1 sołectwo zużywać będzie rocznie ok. 530 MWh energii elektrycznej dostarczanej z KSE, ale już ok. 970 MWh wyprodukuje we własnych źródłach. Pozwoli to na pracę systemu energetycznego w trybie off grid po zakończeniu sezonu grzewczego.

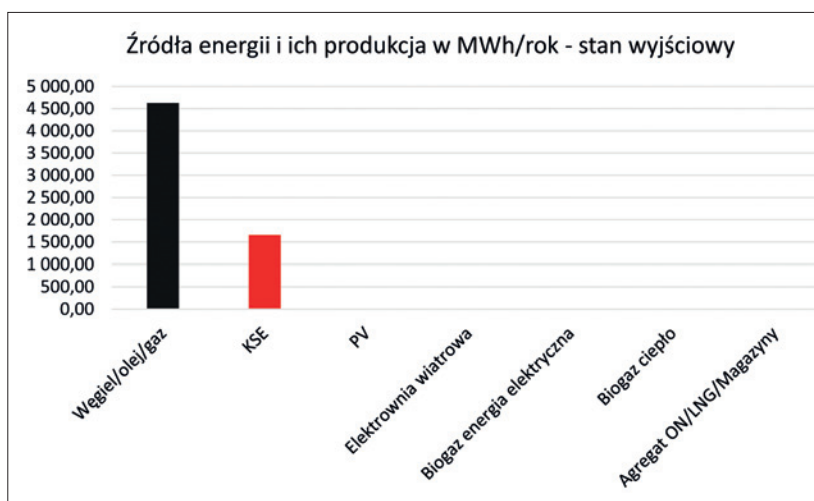
Po zakończeniu Procesu 2 sołectwo będzie autonomiczne energetycznie i może zostać odłączone od KSE.

W tabeli 8 oraz na rysunkach 1-3 pokazano roczną produkcję energii w poszczególnych źródłach.

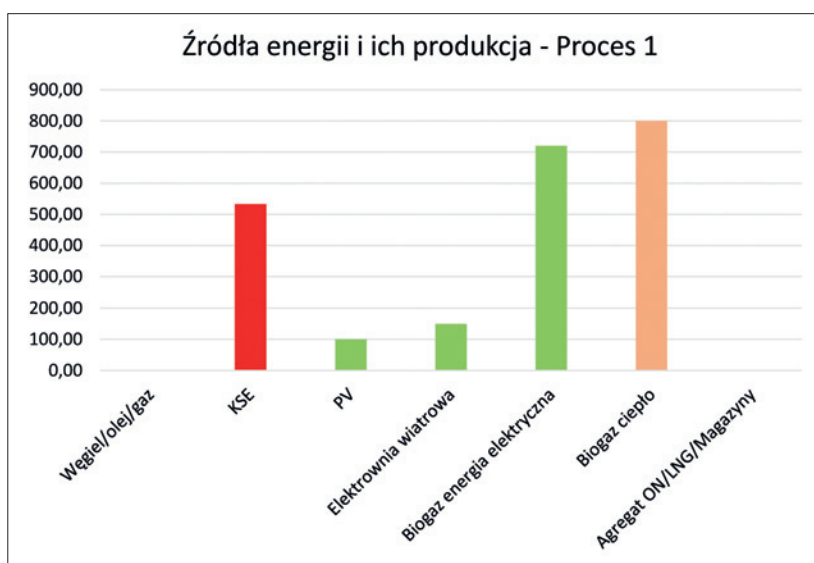
Tabela 8

Produkcja energii

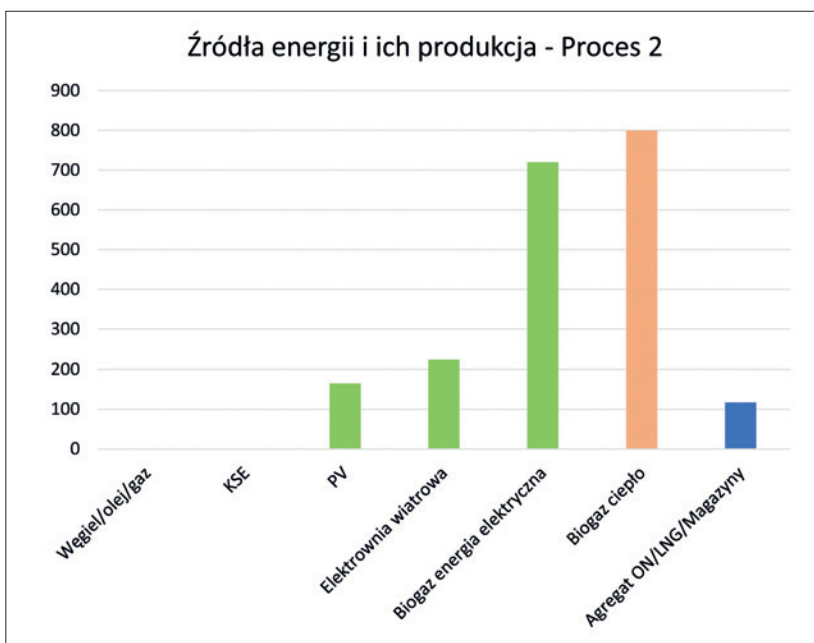
| Źródła energii i ich produkcja | Jednostka | Stan wyjściowy | Proces 1 | Proces 2 |
|--------------------------------|-----------|----------------|----------|----------|
| Węgiel/olej/gaz | MWh/rok | 4 627,78 | | |
| KSE | MWh/rok | 1 657,11 | 532,56 | 0,00 |
| PV | MWh/rok | | 100,00 | 165,00 |
| Elektrownia wiatrowa | MWh/rok | | 150,00 | 225,00 |
| Biogaz energia elektryczna | MWh/rok | | 720,00 | 720,00 |
| Biogaz ciepło | MWh/rok | | 800,00 | 800,00 |
| Agregat ON/LNG/Magazyny | MWh/rok | | | 116,95 |
| Razem | MWh/rok | 6 284,89 | 2 302,56 | 2 026,95 |
| Nadwyżka energii elektrycznej | MWh/rok | 0 | -8,29 | -147,90 |



Rys. 1. Stan wyjściowy



Rys. 2. Proces 1



Rys. 3. Proces 2

W Procesie 2 występuje już nadwyżka energii elektrycznej produkowana przez źródła odnawialne, którą można wykorzystać dla innych celów, np. transportu elektrycznego lub odsprzedać (jak będzie taka możliwość).

Po zakończeniu Procesu 2 planowana jest praca systemu tylko w trybie off grid, dlatego konieczne jest zapewnienie niedoborów energii elektrycznej w zimie z agregatu prądotwórczego. Agregat ten, o mocy ok. 100 kW, stanowić będzie także rezerwowe źródło energii dla sołectwa.

Dobrym rozwiązaniem będzie dostawienie w mikroelektrowni biogazowej jeszcze jednej jednostki kogeneracyjnej zasilanej biogazem o mocy elektrycznej ok. 50 kW, która będzie stanowiła źródło szczytowe zasilane z magazynu biogazu. Trzecia jednostka wytwórcza w mikroelektrowni zapewni także większe bezpieczeństwo dostawy energii związane z zapewnieniem ciągłości dostaw (rezerwa mocy) oraz będzie stanowiła źródło szczytowe dla zwiększonego zapotrzebowania na energię występujące w ciągu doby, np. w godzinach wieczornych. Zmagazynowana energia chemiczna w biogazie, wynosząca 12,5 MWh, zapewnia energię elektryczną dla całego sołectwa przez dwie doby.

Profile miesięczne produkcji i zużycia energii

Analizy zużycia i produkcji energii z wykorzystaniem źródeł odnawialnych niesterovalnych (PV, mikroelektrownie wiatrowe) musi opierać się także na profilach miesięcznych, a dla uzyskania pełnej informacji i kontroli, na profilach godzinowych.

W przypadku biogazu ważne jest, aby zapewnić spalanie jego nadwyżek. Nie możemy dopuścić do wypuszczenia biogazu do atmosfery z uwagi na jego duży negatywny wpływ na ocieplenie klimatu. W tabelach 9-11 pokazano miesięczne profile zużycia i produkcji energii w stanie wyjściowym i na koniec każdego z procesów.

Po zakończeniu Procesu 1 możliwa jest już praca off grid w okresie miesięcy letnich. W Procesach 1 i 2, po ich zakończeniu, występuje nadwyżka energii elektrycznej produkowanej przez źródła OZE. Energię tę można wykorzystać do innych potrzeb sołectwa (transport elektryczny) lub można jej nie produkować sterując w odpowiedni sposób mocą generowaną przez źródła energii, zwłaszcza przez zmianę mocy mikroelektrowni biogazowej. Można także w odpowiedni sposób sterować odbiornikami energii zmieniając chwilowe

Tabela 9

Profil miesięczny – stan wyjściowy

| Energia w MWh | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Źródła | Rok/m-c | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Węgiel/olej/gaz | 4 628 | 791 | 667 | 580 | 350 | 134 | 117 | 121 | 121 | 126 | 384 | 525 | 712 |
| KSE | 1 657 | 183 | 165 | 156 | 128 | 110 | 110 | 110 | 119 | 110 | 146 | 156 | 165 |
| Razem | 6 285 | 974 | 832 | 736 | 478 | 244 | 227 | 230 | 240 | 236 | 531 | 681 | 877 |

Tabela 10

Profil miesięczny – Proces 1

| Energia w MWh | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| Źródła | Rok/m-c | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Biogaz ciepło zużyte | 277 | 39 | 33 | 31 | 22 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 23 | 28 | 36 |
| Biogaz e.e. | 720 | 61 | 55 | 61 | 59 | 61 | 59 | 61 | 61 | 59 | 61 | 59 | 61 |
| PV | 100 | 4 | 4 | 9 | 10 | 15 | 14 | 13 | 12 | 8 | 6 | 3 | 2 |
| El. wiatrowa | 150 | 17 | 16 | 16 | 13 | 10 | 9 | 9 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| Razem OZE | 1 247 | 121 | 108 | 117 | 104 | 100 | 94 | 96 | 95 | 90 | 103 | 105 | 116 |
| e.e. z OZE | 970 | 82 | 75 | 86 | 82 | 86 | 81 | 83 | 82 | 77 | 80 | 76 | 80 |
| e.e. z KSE | 541 | 113 | 95 | 71 | 34 | | | | 3 | 4 | 49 | 74 | 98 |
| Biogaz ciepło produkcja | 800 | 68 | 61 | 68 | 66 | 68 | 66 | 68 | 68 | 66 | 68 | 66 | 68 |
| Biogaz ciepło nadwyżka | 523 | 29 | 28 | 37 | 44 | 55 | 53 | 55 | 55 | 53 | 45 | 37 | 32 |
| e.e. nadwyżka | -8 | | | | | -4 | -2 | -3 | | | | | |

Tabela 11

Profil miesięczny – Proces 2

| Energia w MWh | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Źródła | Rok/m-c | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Biogaz ciepło zużyte | 210 | 28 | 24 | 23 | 16 | 11 | 10 | 11 | 11 | 11 | 18 | 21 | 26 |
| Biogaz e.e. | 720 | 61 | 55 | 61 | 59 | 61 | 59 | 61 | 61 | 59 | 61 | 59 | 61 |
| PV | 165 | 7 | 7 | 14 | 16 | 24 | 22 | 22 | 20 | 13 | 10 | 5 | 3 |
| El. wiatrowa | 225 | 25 | 23 | 24 | 20 | 16 | 13 | 13 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 |
| Razem OZE | 1 320 | 121 | 110 | 122 | 112 | 112 | 105 | 107 | 105 | 98 | 108 | 106 | 115 |
| e.e. z OZE | 1 110 | 93 | 85 | 100 | 95 | 101 | 94 | 96 | 94 | 87 | 90 | 85 | 89 |
| e.e. z innego źródła | 117 | 34 | 27 | 7 | | | | | | | 3 | 18 | 28 |
| Biogaz ciepło produkcja | 800 | 68 | 61 | 68 | 66 | 68 | 66 | 68 | 68 | 66 | 68 | 66 | 68 |
| Biogaz ciepło nadwyżka | 590 | 40 | 37 | 45 | 49 | 57 | 55 | 57 | 57 | 55 | 50 | 45 | 42 |
| e.e. nadwyżka | -148 | | | | -11 | -34 | -29 | -30 | -24 | -21 | | | |

profile zużycia energii lub magazynować tę energię w magazynach. Energia produkowana przez mikroelektrownię biogazową jest dominującą energią, zwłaszcza po zakończeniu Procesu 2, gdzie stanowi ok. 65% łącznej produkcji.

Zapotrzebowanie na energię elektryczną jest znacznie większe w zimie niż w lecie, dlatego źródła PV i mikroelektrownie wiatrowe wzajemnie się uzupełniają. Jednak źródłem w pełni sterowalnym oraz stabilizującym pracę systemu jest mikroelektrownia biogazowa z magazynem biogazu.

Funkcja i rola mikroelektrowni biogazowej w systemie off grid

Mikroelektrownia biogazowa z układem kogeneracyjnym (CHP), w której biogaz jest produkowany z substratów GOZ, jest podstawowym źródłem sterowalnym w systemie energetycznym sołectwa. Zakłada się, że substrat pochodzić będzie głównie

z hodowli (odchody zwierząt) lub z odpadów organicznych roślinnych. Nie przewiduje się wykorzystywania substratów pochodzących z celowych upraw energetycznych, z uwagi na ich negatywny wpływ ekologiczny.

Większość odpadów organicznych, takich jak: odchody zwierząt i drobiu hodowlanego, odpady bio z gospodarstw domowych, trawa i ścińki zielone, osady pościekowe z oczyszczalni ścieków, odpady organiczne w zakładach przetwórczych, można wykorzystać do produkcji biogazu w mikroelektrowniach biogazowych.

Odpady organiczne są dużym problemem ekologicznym, gdyż wydzielający się w czasie ich naturalnego rozkładu biometan trafia do atmosfery. Biometan jest gazem, którego emisja ma 23 razy większy negatywny wpływ na efekt cieplarniany od emisji CO₂. Szacuje się, że emisja tego naturalnego gazu stanowi ok. 30% emisji wszystkich gazów cieplarnianych. Znacząca część tej emisji powiązana jest z działalnością człowieka, głównie z hodowlą zwierząt.

W 2012 roku Firma eGIE zbudowała prototypową mikroelektrownię biogazową na terenie fermy krów w Urbanowicach. W mikroelektrowni tej prowadzone są badania i testy związane z procesami fermentacji i wytwarzania biogazu oraz produkcji energii w agregacie o mocy elektrycznej 10 kW. Mikroelektrownia biogazowa jest obsługiwana przez system SyNiS (pełny podgląd i sterowanie procesami z wykorzystaniem Internetu).

Firma eGIE w 2019 roku otrzymała dotację w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Opolskiego na wykonanie układu przekształtnikowego typu on-off grid, który pozwala na samodzielną pracę agregatu kogeneracyjnego z prądnicą indukcyjną (praca wyspowa) przy zmiennym obciążeniu elektrycznym odbiorców. Obecnie większość jednostek kogeneracyjnych o mocy do 50 kW (ale również większych) nie ma takiej możliwości i pracują tylko wtedy, gdy są włączone do sieci energetycznej. Jest to typowe rozwiązanie z taną prądnicą indukcyjną, stosowane również w mikroelektrowniach wodnych. Maszyna indukcyjna, aby przejść do pracy generatorowej, wymaga dostarczenia mocy biernej pojemnościowej. Możliwe jest oczywiście zastosowanie baterii kondensatorów w trybie off grid, ale charakterystyka napięcia takiej prądnicy będzie silnie zależała od mocy obciążenia. Dlatego tego typu agregaty są na stałe przyłączone do sieci i pracują najczęściej z mocą maksymalną, aby uzyskać najlepszy efekt ekonomiczny, a sieć elektroenergetyczna jest dla prądnicy indukcyjnej źródłem mocy biernej i stabilizatorem prędkości obrotowej. Jest to duży mankament tego rozwiązania, ponieważ nie ma możliwości korzystania z takich źródeł w sytuacji zaniku napięcia w sieci lub jako źródła awaryjne. Bez układu przekształtnikowego (UP) niemożliwa jest więc także praca ciągła w systemie off grid ze zmiennym obciążeniem.

Badania zostały zakończone sukcesem i UP możemy zastosować w mikroelektrowniach biogazowych.

UP zapewnia:

- 1) ciągłą regulację mocy czynnej i biernej, a szybką dynamikę regulacji zapewnia stosunkowo niewielki zasobnik akumulatorowy (który może być wyeliminowany, jeśli dynamika zmian mocy obciążenia będzie mniejsza lub podobna do dynamiki regulacji mocy silnika spalinowego);
- 2) sterowanie punktem pracy agregatu wytwórczego w celu zmniejszenia zużycia biogazu.

Przede wszystkim UP reguluje parametry generowanego napięcia w celu utrzymania parametrów jakościowych energii elektrycznej w trybie off grid, pozwalających na bezpieczne użytkowanie odbiorców, jak i innych źródeł OZE, oraz zapewnienia wzbudzenia prądnicy. Z drugiej strony prądnica (i napędzający ją silnik spalinowy) może pracować ze zmienną prędkością obrotową (prędkość obrotowa prądnicy indukcyjna podłączona bezpośrednio do sieci elektroenergetycznej zmienia się w bardzo małym zakresie, zależnym od charakterystyki momentu obrotowego). Zmiana prędkości obrotowej prądnicy nie wpływa na wartość częstotliwości i napięcia generowanego przez UP. Natomiast każda gwałtowna zmiana mocy elektrycznej obciążenia, zanim silnik spalinowy nie osiągnie nowego punktu pracy, jest bilansowana z akumulatorem. Zużycie biogazu przez agregat wytwórczy zależy, jak w każdym silniku spalinowym, od prędkości obrotowej i momentu obrotowego, jaki generuje.

Dlatego możliwe jest zaprogramowanie najlepszej charakterystyki punktów pracy agregatu wytwórczego (na charakterystyce moment obrotowy – prędkość obrotowa), dla której uzyskuje się najmniejsze zużycie biogazu.

Każde wykorzystanie akumulatora bilansującego moc czynną powoduje jego degradację. Dlatego należy minimalizować pobór energii z akumulatora do sytuacji nagłych zmian mocy obciążenia. Utrzymując niezmienną moc elektryczną obciążenia ograniczane jest wykorzystanie akumulatora bilansującego. Najprostszym rozwiązaniem sterowania mocą obciążenia jest regulacja mocy grzałek elektrycznych włączonych do bufora wody grzewczej wykorzystywanej do podgrzewania substratów w komorze fermentacyjnej. Moc grzałek jest regulowana w zależności od chwilowego zapotrzebowania odbiorców na energię i w ten sposób zapewnia stabilność pracy silnika spalinowego i prądnicy.

Podstawowe cechy systemu(WSE) z mikroelektrownią w trybie pracy on-off grid [3]

Mikroelektrownia zasilana biogazem z biogazowni użytkowych lub rolniczych jest jedną z krytycznych technologii wytwórczych na trajektorii transformacji TETIP na obszarach wiejskich. Decydują o tym głównie własności regulacyjne jednostki napędowej (silnika spalinowego), które są porównywalne z własnościami ciągników i maszyn rolniczych (są niewiele gorsze od własności samochodów); zatem nadaje się, jako źródło regulacyjno-bilansujące do współpracy ze źródłami OZE z generacją wymuszoną (przede wszystkim z mikroinstalacjami PV).

W pełni funkcjonalny system(WSE) z mikroelektrownią, w warstwie infrastruktury technicznej, powinien mieć zdolności regulacyjne mocy czynnej. Zdolności te muszą być kontrolowane przez operatora(WSE) na etapie inwestycyjnym w celu dopasowania inwestycji w źródła OZE z generacją wymuszoną do rzeczywistych potrzeb energetycznych, a w procesie eksploatacyjnym w celu maksymalnego wykorzystania potencjału infrastruktury sieciowej oraz źródeł i zasobników energii.

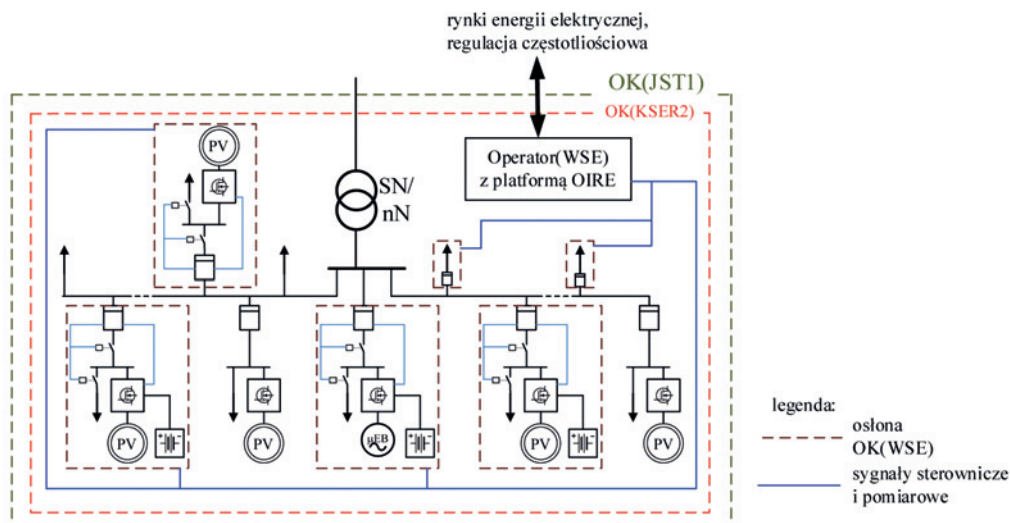
Na rysunku 4 pokazano przykładową sieć nN z oznaczeniem obiektów włączonych do osłony kontrolnej systemu(WSE).

Operator(WSE), podmiot zarządzający, jest skomunikowany z terminalami STD oraz reprezentuje system(WSE) na zewnętrznych rynkach energii do czasu pełnej autonomizacji energetycznej sołectwa.

Należy podkreślić, że wymagania jakościowe produkowanej energii w przypadku pracy wyspowej są znacznie łagodniejsze od wymagań w trybie pracy on grid.

Tabela 12 przedstawia wymagania jakościowe źródeł dla pracy wyspowej [4].

Z punktu widzenia odbiorcy końcowego jakość energii postrzegana jest przez pryzmat funkcjonowania odbiorców. Powyższe dane pokazują, że dla odbiorców energii dopuszczalne są znaczne odchylenia parametrów jakościowych. Ma to zasadnicze znaczenie dla wymagań jakościowych stawianych źródłom energii w przypadku autonomizacji energetycznej sołectwa i pracy wyspowej, gdyż wymagania te są znacznie łagodniejsze niż w przypadku pracy źródeł w trybie on grid.



Rys. 4. Przykład osłony OK(WSE) z mikroelektrownią i siecią terminali STD wraz z siecią sygnałów sterowniczych i pomiarowych

Tabela 12

Wymagania jakościowe źródeł i odbiorów energii w trybie pracy wyspowej

| Wymagana jakościowe w zakresie częstotliwości i napięcia | |
|--|------------------------------|
| Przez 99,5% tygodnia | $\pm 2\%$ 49 – 51 Hz |
| Przez 100% tygodnia | $\pm 15\%$ 42,5 – 57,5 Hz |
| Odchylenia napięcia | +10 / -15% Un |

Budowa linii produkcyjnej mikroelektrowni biogazowych

W marcu 2021 Firma eGIE otrzymała dotację z PARP w ramach programu „Rozwój Przedsiębiorczości i Innowacje” Norweski Mechanizm Finansowy na wdrożenie do seryjnej produkcji mikroelektrowni biogazowych. Umowa z Funduszem została podpisana w grudniu 2021 roku.

Przedmiotem projektu jest wdrożenie do seryjnej produkcji innowacyjnej mikroelektrowni biogazowej z układem kogeneracyjnym o mocy elektrycznej do 50 kW zasilanej biogazem. Projekt realizowany będzie w okresie 1 stycznia 2022 r. do 31 grudnia 2022 r. Docelowa planowana roczna wielkość produkcji to 100 układów kogeneracyjnych.

Mikroelektrownie biogazowe większej mocy (do 200 kW) będą realizowane poprzez tworzenie kaskady z mniejszych układów kogeneracyjnych. Można bowiem połączyć w kaskadę np. 3 jednostki kogeneracyjne o mocy 50 kW każda i uzyskać moc wynoszącą 150 kW. Łączenie w kaskady mniejszych jednostek ma także dodatkowe korzyści związane z elastycznością sterowania mocy wyjściowej oraz skutkami ewentualnej awarii jednostek napędowych.

Realizacja projektu pozwoli na pełne wdrożenie wyników prac badawczo-rozwojowych realizowanych w Firmie eGIE, a związanych z mikroelektrowniami biogazowymi i układami kogeneracyjnymi zasilanymi biogazem.

Projekt zostanie zrealizowany poprzez zakup sprzętu niezbędnego do stworzenia linii produkcyjnej i wyposażenia stanowiska do badań i testów.

W ramach tego projektu planowany jest także zakup dwóch technologii „know-how” od Firmy *Ekoamret Sp. z o.o.* w Opolu:

- „Technologia produkcji i eksploatacji układów kogeneracyjnych małej mocy działających w oparciu o silnik spalinowy zasilany biogazem”,
- „Technologia uzdatniania biogazu z modułem odsiarczania przy użyciu złoża stałego”.

Wykorzystanie biogazu do produkcji energii jest procesem przynoszącym wiele korzyści użytkownikom, jak: tania produkcja energii elektrycznej i ciepła, odgazowanie odchodów zwierzęcych, eliminacja fetoru, produkcja naturalnego nawozu, ale także naszemu środowisku naturalnemu.

Stosując mikroelektrownie biogazowe można rozwiązać problem z odpadami organicznymi (odchody zwierząt, odpady bio z gospodarstw domowych, trawa i ściłki zielone, osady pościekowe z oczyszczalni ścieków, odpady organiczne w zakładach przetwórczych itp.). Odpady organiczne są dużym problemem ekologicznym, gdyż wydzielający się w czasie ich rozkładu naturalny biometan trafia do atmosfery, a biometan jest gazem, którego emisja ma 23 razy większy negatywny wpływ na efekt cieplarniany od emisji CO₂ w procesie jego spalania.

Spalając naturalny biogaz w silniku 100 kW (średnia moc silnika samochodu osobowego) w ciągu roku zredukujemy ok. 4000 ton równoważnego CO₂¹⁾, produkując w tym czasie ok. 250 MWh energii elektrycznej i ok. 300 MWh ciepła. Dodatkową, bardzo ważną zaletą jest otrzymany po odgazowaniu odpadów organicznych poferment, czyli pełnowartościowy i naturalny nawóz, który można używać do nawożenia pól uprawnych w miejsce nawozów sztucznych.

¹⁾ Dla potrzeb określenia ekwiwalentu CO₂ związanego z emisją metanu (CH₄) należy stosować współczynnik ocieplenia – Global Warming Potential (GWP) według metody IPCC, wynoszący 23,0 (1 kmol CH₄ jest równoważny 23 kmolom CO₂).

Założenia, które zostały przyjęte na etapie planowania produkcji mikroelektrowni biogazowej były następujące:

- dostosowanie konstrukcji biogazowni do potrzeb małego rolnictwa i niewielkich hodowli (mała ilość naturalnego substratu);
- zastosowanie procesu, który wykorzystywać będzie istniejące w danym gospodarstwie substraty, bez konieczności pozyskiwania ich z zewnątrz;
- stworzenie technologii i konstrukcji umożliwiających wykorzystanie jak najszerszej grupy substratów, ze szczególnym uwzględnieniem możliwości utylizacji odpadów z produkcji rolnej (zarówno z hodowli jak i z upraw);
- prosta i modułowa konstrukcja mikroelektrowni biogazowej;
- zastosowanie agregatu wytwórczego małej mocy (od 10 do 50 kW) własnej produkcji;
- stabilizacja ciśnienia gazu i jego wstępne podczyszczenie;
- obniżenie kosztów serwisu agregatu wytwórczego;
- możliwość wykorzystania uzyskanego biogazu do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepłej lub tylko ciepła (kocioł na biogaz);
- automatyczne przygotowywanie i podawanie substratu do komory fermentacyjnej;
- zdalna kontrola i prowadzenie procesu produkcji z wykorzystaniem Internetu;
- produkcja pofermentu jako pełnowartościowego naturalnego nawozu;
- możliwość pracy wyspowej gospodarstw, bez podłączenia do sieci energetycznej.

Instalacji, która ma tak szerokie możliwości i pozwala na pracę także bez dostępu do sieci energetycznej, w trybie pracy off grid, nie ma obecnie na rynku polskim i jest także niespotykana na rynkach zagranicznych.

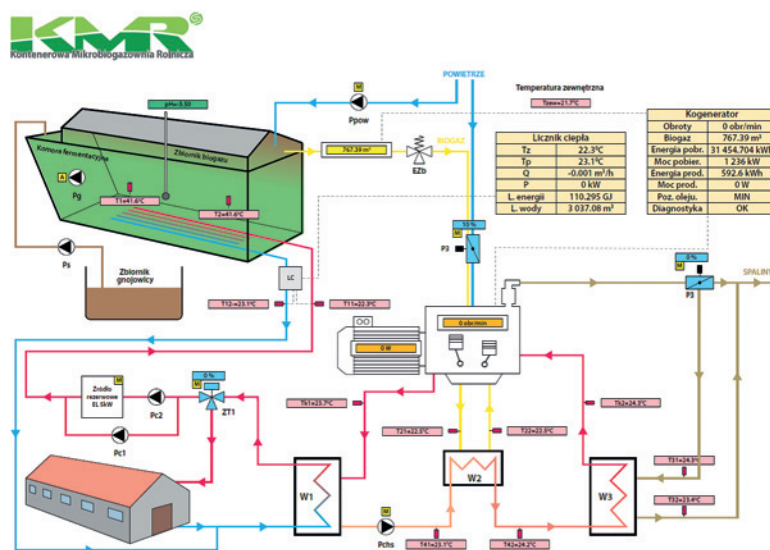
Mikroelektrownia biogazowa składa się z następujących elementów:

- komora fermentacyjna dostosowana wielkością do rodzaju i ilości naturalnego substratu,

- zbiornik biogazu o pojemności zapewniającej pracę agregatu wytwórczego przez co najmniej 12 godzin,
- agregat wytwórczy wykonany na bazie silnika Perkinsa lub MTZ (silniki stosowane w polskich ciągnikach) z prądnicą asynchroniczną wraz z dwoma wymiennikami ciepła (chłodzenia silnika i odzysku ciepła ze spalin) oraz chłodnicą awaryjną,
- wstępny zbiornik substratu z mieszadłem do przygotowania substratu jako „pokarmu” dla bakterii metanowych,
- pompa wielofunkcyjna pozwalająca na podawanie substratu, zaciąganie nowej porcji substratów surowych ze zbiornika zewnętrznego, opróżnianie komory fermentacyjnej i podmieszanie substratu w komorze,
- ścieżka gazowa z dmuchawą gazu (stabilizacja ciśnienia i wydajności),
- układ redukcji siarki w biogazie,
- układ redukcji CO₂ w biogazie (opcja),
- mieszadło hydrauliczne w komorze fermentacyjnej,
- system ogrzewania komory fermentacyjnej,
- szafa sterująca współpracująca z systemem SyNiS zapewniającym sterowanie i kontrolę pracy mikroelektrowni biogazowej przez Internet,
- układ przyłączeniowy elektryczny do sieci energetycznej,
- układ przekształtnikowy do pracy wyspowej.

Biorąc pod uwagę korzyści, jakie dają mikroelektrownie biogazowe użytkownikowi i dla środowiska, ich zastosowanie powinno być znacznie większe niż obecnie. Biogazownie mogą pracować cały rok, dlatego mają dużą przewagę nad pracą instalacji fotowoltaicznych czy elektrowni wiatrowych. Mogą być źródłami w pełni sterowanymi i stanowić podstawowe źródła energii w wydzielonych systemach energetycznych.

Dotychczas czynnikiem generującym wysokie koszty eksploatacyjne mikroelektrowni biogazowych był koszt serwisu agregatów kogeneracyjnych. Wykorzystując silniki Perkinsa, które stosuje polskie rolnictwo np. w ciągnikach typu URSUS, serwis może być prowadzony bezpośrednio przez użytkownika (rolnika). Koszty typowego serwisu agregatów kogeneracyjnych innych producentów są bardzo wysokie



Rys. 5. Przykładowy schemat techniczny mikroelektrowni biogazowej

i wynoszą od 15 do 25 zł/motogodzinę pracy agregatu. W skali roku daje to kwoty od 120 tys. do 200 tys. zł. Tak wysokie koszty powodowały, że mikroelektrownie biogazowe z małymi układami kogeneracyjnymi były nieopłacalne. Koszty samodzielnego serwisu silników wykonywane przez użytkownika nie przekroczyły 15-20 tys. zł na rok (wymiana oleju, świec, filtrów, łożysk).

Na rysunku 6 pokazano wykonany układ kogeneracyjny z silnikiem Perkinsa.



Rys. 6. Układ kogeneracyjny o mocy 10 kW (silnik Perkinsa i prądnica Celma Cieszyn)

Produkcja elementów mikroelektrowni biogazowych będzie realizowana głównie w wynajętej hali produkcyjnej. W hali tej montowany będzie kontener techniczny wraz z wyposażeniem, w którym umieszczone zostaną: agregat wytwórczy z prądnicą i wymiennikami ciepła, szafa sterująca, układ przekształtnikowy do pracy wyspowej, akumulator, węzeł cieplny do ogrzewania komory fermentacyjnej oraz odbiorów zewnętrznych, kocioł awaryjny, system awaryjnego chłodzenia jednostki kogeneracyjnej, system odprowadzenia spalin, ścieżka gazowa oraz zestawy przyłączeniowe elektryczne, gazu i ciepła. Kontener taki będzie przewożony transportem samochodowym do miejsca lokalizacji mikroelektrowni.

Pozostałe elementy mikroelektrowni biogazowej, takie jak: zbiornik wstępny z układem pompowym, komora fermentacyjna, zbiornik biogazu będą budowane już w miejscu lokalizacji. Cały proces inwestycyjny wraz z projektem i pozwoleniem budowlanym będzie trwał 6-9 miesięcy.

Docelowo użytkownikami mikroelektrowni biogazowej mogą być:

- gospodarstwa rolne i ogrodnicze,
- gospodarstwa hodowlane (bydło, trzoda, fermy drobiu),
- zakłady przetwórstwa rolno-spożywczego (mleczarnie, wytwórnie owoców, przetwórstwo warzyw),
- inne małe i średnie zakłady usługowe i produkcyjne przy średnim zapotrzebowaniu na energię z dostępem do biomasy,
- małe oczyszczalnie ścieków (w tym wewnętrzne oczyszczalnie w zakładach produkcyjnych),
- Spółdzielnie i Wspólnoty Mieszkaniowe na terenach wiejskich w pobliżu dużych gospodarstw rolnych lub hodowlanych (konieczny dostęp do bezpłatnego substratu), które korzystają z kotłowni lokalnej do ogrzewania budynków,
- zakłady komunalne zajmujące się zbiórką i utylizacją odpadów organicznych.

Podsumowanie

Dążenie do samowystarczalności energetycznej jednostek samorządu terytorialnego staje się koniecznością. Wynika to z faktu, że obecny system energetyczny i polityka naszego państwa nie zapewniają odpowiedniej stabilności, w tym zwłaszcza ekonomicznej. Zadaniem samorządu jest zapewnienie bezpieczeństwa swoim mieszkańcom, a tego nie gwarantuje nam obecny system energetyczny i to zarówno od strony technicznej, prawnej jak i ekonomicznej.

Mikroelektrownie biogazowe mogą zapewnić stabilność i pewność zasilania w małych miejscowościach. Dodatkowo źródła te, jako źródła w pełni regulowane, mogą pełnić funkcje związane z regulacją mocy i częstotliwości w sieciach, w których zastosowano inne źródła OZE typu PV lub μ EW. Dla pracy autonomicznej sołectwa (wyspa energetyczna) wymagania jakościowe dla produkowanej energii są znacznie łagodniejsze niż w przypadku pracy on grid.

Warunkiem wprowadzenia tego typu źródeł do zasilania w istniejących sieci energetycznych jest wprowadzenie zasady współużytkowania sieci nN.

Elektroprosumeryzm jest drogą, którą powinny pójść wszystkie samorządy oraz większość firm. Wprowadzenie GOZ, oszczędność energii oraz możliwość korzystania z własnych źródeł energii jest po prostu koniecznością. Istotny jest efekt ekologiczny związany z ograniczeniem emisji zanieczyszczeń: spalanie naturalnego biogazu powoduje silne (ponad 20-krotne) ograniczenie emisji niespalonego biogazu do atmosfery.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Jurkiewicz A., *Zasady współużytkowania sieci niskiego napięcia*. „Energetyka” 2021, nr 10, Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu 2(3)/2021.
- [2] Popczyk J., *ODDOLNA BUDOWA ENERGETYCZNEJ ODPORNOŚCI ELEKTROPROSUMENCKIEJ JST – w miejsce bezpieczeństwa energetycznego w schodzącej rządowej polityce energetycznej*. „Energetyka” 2022, nr 1, Biuletyn PPT2050 1(5)/2022.
- [3] Jurkiewicz A. Wereszczyński D. Fice M., *Mikroelektrownia biogazowa (μ EB) on-off grid z siecią terminali STD w systemie(W-SE) przeznaczonym do testowania w sandboxie – studium przypadku*. „Energetyka” 2020, nr 7, Biuletyn PPT2050 2/2020.
- [4] Fice M., *TECHNICZNO-EKONOMICZNE EKWIWALENTOWANIE OSŁON KONTROLNYCH NA MONORYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE I RYNKACH ENERGII UŻYTECZNEJ – modele dla potrzeb inwestycyjnych i rozproszonego operatorstwa*. <https://ppte2050.pl> – Powszechna Biblioteka Źródłowa Energetyki Prosumenckiej, PPT2050, grudzień 2017.

