

Waldemar SKOMUDEK

# Wpływ energetyki rozproszonej na proces kształtowania elektroenergetycznego systemu dystrybucyjnego

**Abstrakt:** Obserwowany obecnie dynamiczny rozwój w kraju i na świecie energetyki rozproszonej, postępujący za sprawą odejścia od wysokoemisyjnych nośników energii na rzecz tworzenia sektora energetycznego bazującego w dużej mierze na źródłach odnawialnych, sprawia, że energetyka rozproszona może w najbliższym czasie stać się znaczącym elementem poprawiającym bezpieczeństwo energetyczne państwa, wpływającym na poziom cen energii i stymulującym rozwój wybranych regionów kraju. Zasadnicze znaczenie w dojściu do takiej formuły funkcjonowania energetyki po jej transformacji będzie miało zwiększenie produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii (OZE), inteligentna integracja OZE oraz intensywne zaangażowanie społeczne w proces tworzenia obszarów samodzielności energetycznej (klastry, spółdzielnie energetyczne i in.). W artykule zwrócono szczególną uwagę na pożądany kierunek rozwoju autonomicznych wspólnot energetycznych, które mają szansę w nieodległej przyszłości skutecznie zapewniać między innymi obszarową równowagę podaży-popytu w zakresie energii elektrycznej.

**Słowa kluczowe:** transformacja energetyki, rozwój energetyki rozproszonej, lokalna autonomia energetyczna

## Wstęp

Dwie ostatnie dekady obecnego stulecia w sposób szczególny zwracają uwagę na stale rosnącą rolę energii elektrycznej we wszystkich procesach życia gospodarczego przemysłowego i społecznego. Co istotne, prawidłowość ta jest odnotowana we wszystkich analizowanych scenariuszach wzrostowych przyszłego rozwoju gospodarki państw europejskich, a w sposób szczególny znajduje ona odzwierciedlenie w gospodarce krajowej. Dzieje się tak za przyczyną utrzymującego się w Polsce od wielu już lat wzrostu gospodarczego – od 2004 r. utrzymuje się on na poziomie 4% rocznie, co sprawia, że polską gospodarkę można uznać za dojrzałą w stopniu umożliwiającym wytyczenie własnej drogi rozwoju i konsekwentne nią podążanie. Jednak w sytuacji zauważalnej progresji gospodarczej kraju nie można utracić z pola widzenia

nośników energetycznych, dzięki którym uzyskujemy między innymi energię elektryczną, jako istotnego medium procesu tworzenia społecznego dobrobytu i komfortu.

Rosnącej świadomości społecznej o roli energii elektrycznej w gospodarce towarzyszy intensywna wymiana poglądów określających wizję przyszłości polskiej energetyki. Tocząca się w tym względzie ogólnospołeczna dyskusja staje się coraz gorętsza w miarę zużywania się ograniczonych naturalnych zasobów energetycznych i postępującego zanieczyszczenia środowiska, w którym żyjemy. Biorąc pod uwagę istotną funkcję energii elektrycznej w całej gospodarce, koncentracja podejmowanych działań prorozwojowych powinna umożliwić zaspokojenie potrzeb energetycznych w sposób zrównoważony i ekonomicznie uzasadniony, a jednocześnie gwarantujący ochronę i restytucję naturalnych ekosystemów. Sprzyja temu dynamika postępu technologicznego oraz budowa nowych innowacyjnych łańcuchów wartości otwartych na zastosowanie przełomowych technologii w kluczowych sektorach przemysłu, w tym także w szeroko rozumianej energetyce.

## Wymagania stawiane osiągnięciu neutralności klimatycznej

W procesie zachodzenia niezwykle istotnych zmian postrzeganych jako „transformacja gospodarcza” istotną rolę odgrywają państwa Unii Europejskiej. Wyraz temu daje także Polska, która mimo wykazywanej od wielu już lat determinacji w podejmowaniu inwestycji innowacyjnych i prośrodowiskowych nadal

zмага się z dużym problemem dotyczącym oparcia aktywów wytwórczych energii elektrycznej i ciepła na paliwach kopalnych. Fakt ten ma bezpośredni związek z notowaną nadmierną emisją gazów cieplarnianych.

Polityka energetyczno-klimatyczna Unii Europejskiej skoncentrowana na osiągnięciu w 2050 r. zera emisji gazów cieplarnianych, a także ekonomika energetyki węglowej pobudzana głównie cenami uprawnień do emisji dwutlenku węgla, mogą doprowadzić do całkowitego odejścia od wykorzystania paliw węglowych w produkcji energii elektrycznej po 2040 r. Stopniowe odejście od paliw węglowych sprawi, że pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną będzie realizowane w dużej mierze na bazie źródeł odnawialnych (wiatrowe *offshore* i *onshore* oraz fotowoltaika), źródeł wykorzystujących gaz ziemny, a w przyszłości – źródeł generacji wykorzystujących technologie jądrowe i wodorowe.

Korzystając jednak z doświadczeń i wzorców światowej gospodarki osadzonych na gruncie efektywnego gospodarowania surowcami, a także dostrzegając ogromny, niejednokrotnie miejscowy potencjał energetyczny przystosowany do tworzenia nowych obszarów aktywności gospodarczej, należy docenić rozwój energetyki rozproszonej i mu sprzyjać. Prognozy wskazują, że nowy model funkcjonalny energetyki otwarty na synergiczne powiązania innowacyjnych technologii z modelami biznesowymi tworzy doskonałe warunki dla rozwoju obszarów aktywności gospodarczej, samodzielnych i niezależnych energetycznie, stając się potencjalną płaszczyzną tworzenia nowych przestrzeni zysków dla jej uczestników.

## Stopniowa zmiana roli sieci dystrybucyjnej

Strategiczność budowy kompetencji zarządzania energetyką rozproszoną wynika z faktu uruchomienia w Polsce procesu konfrontacji technologii wytwórczych z technologiami efektywnego użytkowania energii. Jednym z dominujących rezultatów tej konfrontacji jest dynamiczny rozwój energetyki rozproszonej.

Wykorzystywane w tym obszarze technologie mają bezpośrednie przełożenie na budowę krajowej nisko-emisyjnej energetyki, a także na wzrost lokalnego bezpieczeństwa energetycznego, uniezależnienie się od zewnętrznych dostawców energii, budowę lokalnego systemu bilansowania, a ponadto sprzyjają wytworzeniu katalogu nowych jakościowo usług systemowych.

Rozwój energetyki rozproszonej jest także spójny z polityką klimatyczną Unii Europejskiej, w sposób szczególny uwypukloną w opublikowanym 11 grudnia 2019 r. komunikacie Komisji Europejskiej – *Europejski Zielony Ład dla Unii Europejskiej* (Komisja Europejska 2019). Można zatem stwierdzić, że proces rozwoju energetyki rozproszonej (nie tylko tej budowanej na bazie źródeł odnawialnych) jest nieunikniony. Można jedynie dyskutować o tempie tego procesu. W miarę postępującego w kraju rozwoju energetyki rozproszonej warto jednak zwrócić uwagę na kilka istotnych kwestii omówionych w dalszej części tego rozdziału.

Rozwój energetyki rozproszonej w dużym stopniu będzie kształtowany przez zmiany demograficzne (obecnie jesteśmy świadkami tzw. rozbudzonej ekologicznie generacji – *digital natives*). Już dziś w centrum transformacji energetyki stoi świadomy odbiorca wyznaczający jej kierunki i decydujący o skali tego procesu, wyposażony w nowe narzędzia i możliwości oraz oczekiwania, np. co do tego, z jakich źródeł energia ma pochodzić. Sam, na podstawie własnego rachunku ekonomicznego, podejmuje decyzję o inwestowaniu w coraz tańsze źródła energii (m.in. fotowoltaika, pompy ciepłe). W efekcie zaczyna dominować proces powszechnego i dość chaotycznego przyłączania małych prosumenckich źródeł energii do sieci, która nie jest na to przygotowana technicznie. Konieczne jest zatem przeprowadzenie w kraju analizy strategicznej kierunków dalszego rozwoju systemu dystrybucyjnego w perspektywie najbliższej dekady w warunkach dużej niepewności (niepewność powodowana masowym przyłączaniem rozproszonych źródeł generacji oraz źródeł generacji zintegrowanych z magazynami energii, a także dotycząca zarządzania lokalną produkcją energii elektrycznej, zarówno z punktu widzenia technicznego, jak i handlowego).

Obserwacja dynamicznie postępującego procesu transformacji energetyki w Europie i na świecie wyraźnie wskazuje, że jednym z głównych elementów przyszłej energetyki będą samoorganizujące się i spójne terytorialnie mini- oraz mikrosieci, nasycone źródłami rozproszonymi o dużej autonomii i o zdolnościach samoregulacyjnych. Będzie to wymagało decentralizacji własnościowej i operacyjnej sieci niskich i średnich napięć pod kątem powiązania ich z podmiotami samorządowymi i regionalnymi, które w największym stopniu będą realizowały rozwój i finansowanie energetyki w tym obszarze. Należy spodziewać się także przyrostu zorganizowanych lokalnych inicjatyw w postaci klastrów oraz wspólnot energetycznych. Stan ten wymusi przede wszystkim na operatorach sieci dystrybucyjnych oraz na jednostkach sprzedażowych zmianę podejścia do zarządzania aktywami (sieć dystrybucyjna) i produktem (energia elektryczna). Stworzy to możliwość/konieczność zaoferowania katalogu nowych usług i świadczeń energetycznych na rzecz szeroko pojętego klienta, a także umożliwi powstanie nowych ścieżek przychodowych dla energetyki. Jednak aby tak się stało, jednostki odpowiedzialne m.in. za dostawę oraz sprzedaż energii elektrycznej powinny czynnie uczestniczyć w tworzeniu warunków i zasad nowego ładu w energetyce.

Nowe i innowacyjne podejście do istoty aktywnych sieci elektroenergetycznych zintegrowanych z technologiami magazynowania energii w różnych jej formach (akumulacja energii elektrycznej i/lub ciepła, produkcja wodoru i in.) oraz wyposażonych w inteligentne systemy zarządzania energią umożliwią na szeroką skalę wdrożenie energetycznie autonomicznych obszarów, tym samym umożliwiając w szczególności łagodzenie lokalnych skutków zakłócenia dostawy energii, a w ograniczonym czasie również przetrwanie awarii. Istotną rolę w tworzeniu wydzielonych autonomicznych energetycznie obszarów powinny odegrać jednostki samorządu terytorialnego, wspierając przede wszystkim inicjatywy o charakterze klastrów energii oraz spółdzielni energetycznych.

Rozwój energetyki rozproszonej w kraju należy także postrzegać jako realne wyzwanie dla

operatorów sieci dystrybucyjnych. Kumulacja skutków rozwoju takiego modelu energetyki będzie widoczna w takich zjawiskach jak: obniżenie przychodów po stronie sprzedaży i dystrybucji energii elektrycznej (np. wskutek konsumpcji energii elektrycznej w miejscu jej wytworzenia oraz w sferze kosztów), wzrost kosztów wymuszony przekształceniem obecnych pasywnych sieci dystrybucyjnych w sieci aktywne (wskutek wdrożenia rozwiązań typu mikrosieci, klastry i wspólnoty energetyczne, zapewnienia obszarowej równowagi podaży-popytu, technicznej koordynacji pracy sieci elektroenergetycznej itd.). Rosnący udział energetyki rozproszonej w miksie energetycznym to także wzrost konkurencji na rynku sprzedażowym energii elektrycznej, szczególnie istotny w sferze klientów o dużym wolumenie zakupowym. Wśród dostrzeganych zagrożeń wynikających z implementacji takiego modelu energetyki na system obecny warto zwrócić uwagę na działalność lobbystyczną skoncentrowaną na przetrzymywaniu wszystkich kosztów modernizacji sieci dystrybucyjnych na ich operatorów. Takie praktyki będą skutkować wzrostem obciążenia kosztowego odbiorców poprzez składnik stały opłaty dystrybucyjnej (wskazują na to doświadczenia energetyki niemieckiej).

Przytoczone, wybrane przykłady oddziaływania energetyki rozproszonej na struktury organizacyjne podmiotów energetycznych wskazują również na potrzebę dostosowania się tych podmiotów do nowych warunków rynkowych.

## Inwestycyjne wyzwania dla krajowych sieci dystrybucyjnych

Założenia *Polityki energetycznej Polski do 2040 r.* (PEP 2040), dokumentu stanowiącego mapę drogową transformacji energetycznej Polski, przesądzają o uznaniu przekształcenia krajowego sektora energetycznego, jako koniecznej i całkowitej przemiany tradycyjnej energetyki wielkoskalowej, na energetykę rozproszoną opartą w szczególności na wytwarzaniu

energii elektrycznej w obiektach małej skali (wymiar prosumencki), jak i w formie farm wiatrowych lądowych/morskich oraz fotowoltaicznych – z wykorzystaniem źródeł odnawialnych, nierzadko charakteryzujących się dużą zmiennością produkcji energii (według PEP 2040 w 2030 r., głównie za sprawą morskich farm wiatrowych i fotowoltaiki, udział energii elektrycznej produkowanej przez OZE w produkcji ogółem w kraju powinien ukształtować się na poziomie co najmniej 32% netto). Tak określona perspektywa energetyczna wymagać będzie od operatorów przesyłowego i dystrybucyjnych co najmniej udoskonalenia metodyki odwzorowania systemu elektroenergetycznego i procesów w nim zachodzących, tworząc tym samym płaszczyznę do jego efektywnego bilansowania, czyli do bieżącego równoważenia popytu i podaży w zakresie konsumpcji energii elektrycznej.

Osiągnięcie celów sieciowych wskazanych w PEP 2040 będzie wymagało znaczącego zaangażowania w realizację zadań inwestycyjnych, zarówno w zakresie budowy nowej, jak i modernizacji (odtworzenia) istniejącej infrastruktury. O poziomie koniecznego zaangażowania inwestycyjnego przesądza kilka faktów:

- stale rosnący udział odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym kraju,
- zwiększająca się liczba prosumentów,
- popularyzacja lokalnej autonomii energetycznej w formie klastrów energii, spółdzielni energetycznych czy obywatelskich wspólnot energetycznych (szczególnie zainteresowanie w tym obszarze wykazują jednostki samorządu terytorialnego),
- gwałtownie narastający trend tworzenia aktywnych sieci energetycznych (generacja rozproszona oparta na różnych technologiach wytwarzania energii elektrycznej, zintegrowana z magazynami energii; tworzenie energetyki hybrydowej),
- rozwój inteligentnej sieci elektroenergetycznej,
- potrzeba dokapitalizowania istniejącej infrastruktury sieciowej (ponad 30% dystrybucyjnego majątku sieciowego ma przekroczony wiek 40 lat eksploatacji).

Zderzając zatem rzeczywistość przywołanych faktów z obecnym stanem dystrybucyjnych sieci elektroenergetycznych, można jedynie potwierdzić pilną potrzebę rozwoju tej infrastruktury w sposób gwarantujący stabilność dostaw energii elektrycznej do odbiorców końcowych, dostosowanie infrastruktury dystrybucyjnej do trendu decentralizacji wytwarzania i wzrostu roli lokalnej autonomii elektroenergetycznej oraz osiągnięcie odtworzenia majątku sieciowego w stopniu ujętym w PEP 2040, tj. na poziomie co najmniej 1,5% rocznie do czasu osiągnięcia średniej wieku infrastruktury poniżej 25 lat.

Istotnym elementem budowy przewagi konkurencyjnej na rynku energii elektrycznej, także w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa i niezawodności dostaw energii, jest aktywny udział we wdrażaniu innowacyjnych rozwiązań oraz stosowanie nowych technologii i usług dedykowanych odbiorcom końcowym. Inwestycyjne wspieranie tych działań prowadzonych w warunkach transformacji sektorowej wymaga szczególnego zaangażowania.

## Podsumowanie

W perspektywie kilkunastu lub kilkudziesięciu lat zdecydowanie wzrośnie rola generacji opartej na źródłach odnawialnych, niejednokrotnie funkcjonujących w dużym rozproszeniu. Transformacja sektorowa spowoduje także konieczność redefiniowania potrzeb rozwojowych sieci przesyłowej i dystrybucyjnych sieci elektroenergetycznych. Nadal istotną przesłanką wytyczającą kierunek rozwoju tych sieci będzie technika i innowacyjna technologia. W procesie określania przyszłych kierunków rozwoju sieci przesyłowej i dystrybucyjnych należy jednak spodziewać się wzrostu znaczenia uwarunkowań prawnych i ekonomicznych rozwoju. Należy także oczekiwać gwałtownego przyrostu aktywnych sieci energetycznych, nasyconych generacją rozproszoną i w znacznym stopniu prosumencką, opartą na odnawialnych źródłach energii.

W perspektywie najbliższych lat prawdopodobnie dojdzie do gwałtownego wzrostu zapotrzebowania

na magazyny energii (elektrownie szczytowo-pompowe, magazynowanie energii w postaci skroplonych lub sprężonych gazów, magazynowanie energii z pośrednią konwersją do energii chemicznej wodoru, mikromagazyny chemiczne itp.), co wynika z przyrostu w krajowym systemie elektroenergetycznym energii pochodzącej z generacji OZE. W przypadku magazynów energii należy uznać magazynowanie wodoru za działanie perspektywiczne z wysokim prawdopodobieństwem realności zastosowania, w szczególności w celu zagwarantowania na odpowiednim poziomie lokalnego i krajowego bezpieczeństwa energetycznego.

Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną w kraju, wobec rosnących ograniczeń generacji konwencjonalnej z powodów klimatycznych i jednocześnie koniecznej poprawy efektywności energetycznej, zmusza do poszukiwania rozwiązań, które umożliwią przede wszystkim dobowe wyrównywanie obciążeń i uzyskanie oszczędności w zużyciu energii. Takie działanie stwarza właściwy klimat dla rozwoju systemów, których domeną są rozwiązania rynkowego zarządzania produktem takim jak energia elektryczna, z wykorzystaniem dedykowanych narzędzi informatycznych. W tym procesie dominującą funkcję pełni klient – odbiorca energii elektrycznej, który świadomie godzi się na tworzenie ekonomicznie uzasadnionej równowagi popytu i podaży na energię elektryczną. Zarządzanie popytem w czasie trwania transformacji gospodarczej/energetycznej stanowi zarówno wyzwanie dla jego beneficjentów (szeroko rozumiany klient), jak i jest testem możliwości wpływu na zmianę zachowań konsumentów energii elektrycznej.

Przekształcenie sieci dystrybucyjnej w sieć aktywną będzie wymagało poniesienia znacznych nakładów inwestycyjnych związanych z automatyzacją

sieci. Zastosowanie zaawansowanej automatyzacji sieci dystrybucyjnej, wspieranej inteligentnym systemem wspomaganie decyzji w systemach dyspozytorskich umożliwiającym operatywne zarządzanie siecią elektroenergetyczną w połączeniu ze zwiększeniem jej obserwowalności, przyczyni się do wzrostu elastyczności pracy sieci elektroenergetycznej.

#### Bibliografia:

- Komisja Europejska (2019), *Europejski Zielony Ład*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pl/TXT/?uri=CELEX%3A52019-DC0640> [dostęp: 31.05.2021].
- Polityka energetyczna Polski do 2040 r.* (PEP 2040) (2021), załącznik do uchwały nr 22/2021 Rady Ministrów z dnia 2 lutego 2021 r., <https://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski> [dostęp: 31.05.2021].

### The impact of distributed energy on the process of shaping the power distribution system

**Abstract:** The currently observed dynamic development of distributed energy in the country and in the world, progressing due to the departure from high-emission energy carriers in favor of creating an energy sector based largely on renewable sources, means that distributed energy may soon become a significant element improving the country's energy security, influencing the level of energy prices and stimulating the development of selected regions of the country. In reaching this formula for the functioning of the energy sector after its transformation, it will be essential to increase the production of electricity from renewable energy sources (RES), intelligent integration of renewable energy sources and intense social involvement in the process of creating energy independence areas (clusters, energy cooperatives, etc.). The article pays special attention to the desired direction of development of autonomous energy communities, which have a chance in the near future to effectively ensure, among others, the area-related balance of supply and demand in the field of electricity, and not only.

**Keywords:** energy transformation, development of distributed energy, local energy autonomy

**Dr hab. inż. Waldemar Skomudek**

Wiceprezes Zarządu ds. Operatora TAURON Dystrybucja S.A.



## Energetyka Rozproszona

Czasopismo redagowane przez zespół projektu Rozwój energetyki rozproszonej w klastrach energii (KlastER) ([www.er.agh.edu.pl](http://www.er.agh.edu.pl)) w ramach Strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków” GOSPOSTRATEG.



**KlastER**

Redaktor naczelny:  
Sławomir Kopec

Sekretarz redakcji:  
Katarzyna Faryj

Członkowie redakcji:  
Zbigniew Hanzelka  
Andrzej Kaźmierski  
Marek Kisiel-Dorohinicki  
Ryszard Sroka  
Wojciech Suwała  
Tomasz Szmuc  
Karol Wawrzyniak

Redakcja i korekta językowa:  
Malwina Mus-Frosik

Skład:  
MUNDA Maciej Torz

Projekt okładki i layoutu:  
Tomasz Budzyń

Strona internetowa:  
Sebastian Medoń  
Jakub Mirek

Wydawca:

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Kontakt:

Energetyka Rozproszona  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
Paw. H-A2, III piętro  
tel. 12 888 55 29  
e-mail: [klaster\\_er@agh.edu.pl](mailto:klaster_er@agh.edu.pl)  
[www.er.agh.edu.pl](http://www.er.agh.edu.pl)  
[www.energetyka-rozproszona.pl](http://www.energetyka-rozproszona.pl)  
<https://doi.org/10.7494/er>

© Autor

Creative Commons CC-BY 4.0

ISSN 2720-0973



Ministerstwo Rozwoju,  
Pracy i Technologii

