



Zeszyty Naukowe

Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią
Polskiej Akademii Nauk

rok 2018, nr 102, s. 291–300

Wojciech DROŹDŹ*

Operator systemu dystrybucji w dobie wyzwań innowacyjnej energetyki

Streszczenie: W artykule przedstawiono operatora sieci dystrybucyjnej jako szczególny podmiot w krajowym systemie elektroenergetycznym. Rola, jaką odgrywa operator sieci dystrybucyjnej, jest bardzo ważnym elementem gospodarki energią w krajowym systemie elektroenergetycznym. Ogół procesów, za które odpowiedzialny jest operator, ma przełożenie na funkcjonowanie wybranych obszarów geograficznych w kraju. Realizacja określonych planów, zarówno bieżących, jak i wizje rozwoju w przyszłości, odbywają się zgodnie z oszacowanym popytem, obowiązującymi regulacjami prawnymi, zachowaniem założeń zrównoważonego rozwoju w aspekcie ochrony środowiska w celu świadczenia najwyższej jakości usługi oraz bezpieczeństwa użytkowników sieci.

W kolejnej części artykułu opisano także główne kierunki działań innowacyjnych w sektorze energetycznym, związane z nimi koncepcje oraz obszary inwestycyjne. Rozwój technologiczny w dzisiejszych czasach otwiera przed operatorem sieci dystrybucyjnej możliwość opracowywania oraz wdrażania innowacyjnych rozwiązań takich jak wykorzystanie magazynów energii, które mogą mieć swoje rewolucyjne zastosowanie w niedalekiej przyszłości. Nowe rozwiązania z zakresu technologii i metod zarządzania pracy sieci mają zapewnić minimalizację awaryjności systemów i nieprzerwany proces dystrybucji dla wszystkich użytkowników sieci.

W ostatniej części artykułu określono obszary trendów i kierunki innowacji w obszarze dystrybucji z perspektywy OSD. Wśród których wskazano najważniejsze: rozwój i wdrażanie sieci inteligentnych, modernizację sieci dystrybucyjnych, rozwój nowoczesnych systemów oraz narzędzi IT wspierających proces sterowania siecią i podejmowania decyzji, rozwój nowych technologii, takich jak magazynowanie energii i elektromobilność czy też lukę pokoleniową i kompetencyjną. Uwzględniają one dynamiczne zmiany otoczenia gospodarczego i prawno-regulacyjnego dotyczące sektora energetycznego i mają także istotny wpływ na działanie OSD na rzecz ewolucji świadomości społecznej, ukierunkowanej na rozwój alternatywnych źródeł energii. Całość została zakończona zwięzłym podsumowaniem.

Słowa kluczowe: energetyka, operator systemu dystrybucyjnego, innowacje, B+R

* Dr. hab. prof. US, Uniwersytet Szczeciński, ENEA Operator Sp. z o.o.; e-mail: wojciech.drozd@enea.pl

The distribution system operator in the era of innovative energy challenges

Abstract: The article presents the Distribution System Operator (DSO) as a special entity in the National Electric Power System (NEPS). The DSO plays a major role in energy management as a part of the NEPS. The overall processes for which the operator is responsible translates into the functioning of selected geographical areas in the country. The implementation of specific plans, both current and future development visions, takes place in accordance with the estimated demand, applicable legal regulations, maintaining the assumptions of sustainable development in the aspect of environmental protection in order to provide the highest quality of service and the safety of network users.

The next part also describes the main directions of innovative activities in the energy sector, related concepts and investment areas. Technological development nowadays opens the opportunity to develop and implement innovative solutions such as the use of energy storage up for the DSO, which may have its revolutionary application in the near future. New solutions in the field of network management technologies and methods are to ensure the minimization of system failures and the uninterrupted distribution process for all network users. The last part sets out the areas of trends and directions of innovation in the area of distribution from the perspective of the DSO. The most important ones were identified and included: the development and implementation of smart grids, modernization of distribution and transmission networks, development of modern systems and IT tools supporting network control and decision making processes, development of new technologies such as energy storage and electromobility or generational and competence gaps. They take the dynamic changes in the economic and legal environment regarding the energy sector into account and have a significant impact on the DSO's activities for the evolution of social awareness, aimed at the development of alternative energy sources. The whole was completed with a concise summary.

Keywords: energetics, distribution system operator, innovations, R&D

Wprowadzenie

Zapewnienie ciągłości dostaw energii z zachowaniem właściwych parametrów jakościowych jest szczególnym zadaniem, przyczyniającym się nie tylko do realizacji podstawowych potrzeb mieszkańców Polski, ale także do rozwoju gospodarczego kraju i jego bezpieczeństwa. Podstawowe zagadnienia związane z wytwarzaniem, przesyłem i dystrybucją energii elektrycznej w ujęciu krajowym, związane są z pojęciem Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE).

Szczegółowe warunki funkcjonowania systemu elektroenergetycznego w Polsce określone zostały w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki ([Rozporządzenie... 2007](#)). Należy jednak zwrócić uwagę, że w najbliższej przyszłości zasadne może stać się wyodrębnienie magazynowania energii jako kolejnej funkcjonalnej kategorii infrastruktury wchodzącej w skład KSE. Mimo że, jak sama nazwa wskazuje, infrastruktura ta jest ze sobą ściśle powiązana (system), to podmioty odpowiedzialne za prawidłowe funkcjonowanie poszczególnych elementów podlegają odrębnym regulacjom prawnym i instytucjom.

Szczególnym elementem KSE jest sieć dystrybucyjna – sieć dostarczająca energię elektryczną do odbiorców. Podmiotami odpowiedzialnymi za ten element są operatorzy systemu dystrybucyjnego (OSD) na podstawie ustawy Prawo energetyczne ([Ustawa... 1997](#)). Ta sama ustawa zawiera także definicję OSD w sektorze elektroenergetycznym (art. 3, pkt 25 Prawa energetycznego). Podmiot prowadzący działalność energetyczną – określany jako OSD – zajmuje się dystrybuowaniem energii elektrycznej oraz odpowiednim nadzorem w zakresie ruchu sieciowego w określonym systemie dystrybucji. Ponadto, stosuje on kontrole bezpieczeństwa funkcjonowania systemu w ujęciu bieżącym oraz długoterminowym.

Odpowiedzialność ta została szczegółowo doprecyzowana w treści ustawy, poprzez określenie konkretnych zadań i obowiązków OSD. W szczególności OSD ma obowiązek utrzymywania zdolności urządzeń, instalacji i sieci do realizacji zaopatrzenia w energię w sposób ciągły i niezawodny, przy zachowaniu obowiązujących wymagań jakościowych, a także obowiązek zapewnienia wszystkim odbiorcom, na zasadzie równoprawnego traktowania, świadczenia usług dystrybucji energii, na zasadach i w zakresie określonych w ustawie. Kolejnym obowiązkiem OSD jest zakup energii elektrycznej do pokrycia strat, powstałych podczas jej dystrybuowania. Zakup ten musi odbywać się na przejrzystych i niedyskryminacyjnych zasadach.

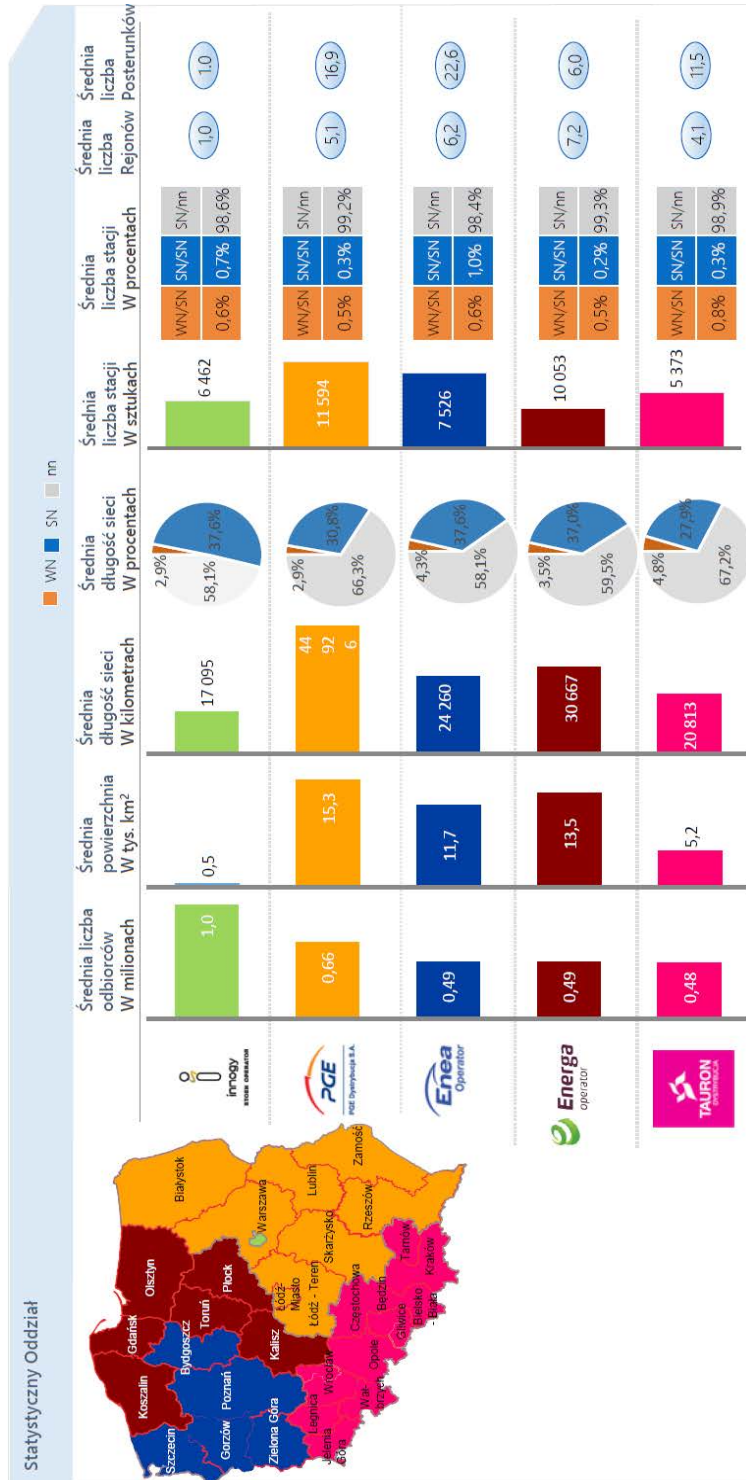
Przy realizacji wszelkiego rodzaju przedsięwzięć ważne jest oszacowanie popytu na energię elektryczną oraz rozwoju mocy wytwórczej przyłączonych źródeł wytwórczych. Pozyskiwanie, przetwarzanie i udostępnianie sprzedawcy danych, dotyczących pomiarów zużycia energii przez odbiorców, jak i wprowadzenie procedur jego zmiany jest kolejnym obowiązkiem OSD. Podkreślenia wymaga fakt, że ustawodawca za istotne dla działalności operatorów uznał stosowanie obiektywnych i przejrzystych zasad zapewniających równe traktowanie użytkowników systemów dystrybucyjnych oraz uwzględnianie wymogów ochrony środowiska. Ważną dewizą jest warunek niezawodności funkcjonowania sieci systemów. Na wypadek wystąpienia awarii w KSE wymagane jest opracowanie działania zapewniającego ciągłość dystrybucji ze strony operatora systemu. Wymienione zadania i obowiązki podlegają bezpośredniemu nadzorowi prezesa Urzędu Regulacji Energetyki (www.ure.gov.pl). Na rysunku 1 zaprezentowano dane dotyczące pięciu największych OSD w Polsce wraz z obszarem ich działania.

Pomimo zróżnicowanej charakterystyki głównych OSD zaprezentowanej na rysunku 1, wszystkie te podmioty spełniają wymogi prawne i mają zdolność skutecznego zarządzania na swoim obszarze, w sposób ekonomicznie efektywny i zapewniający bezpieczeństwo użytkownikom sieci. Tym samym innowacyjność w OSD powinna prowadzić do wzrostu efektywności ekonomicznej w ich działalności oraz poprawy bezpieczeństwa użytkowników tych sieci.

Wizja rozwoju sieci dystrybucyjnych jest istotna w odniesieniu do długookresowych planów działalności OSD. Zarówno dla istnienia tych podmiotów w aspekcie ekonomicznym, w celu wypracowania zysku oraz w wymiarze społecznym w kontekście utrzymania bezpieczeństwa energetycznego. Właściwy dobór planu funkcjonowania stanowi, po jego zatwierdzeniu przez prezesa Urzędu Regulacji Energetyki, bazę do oszacowania kosztów prawnie uzasadnionych do wtórnej kalkulacji opłat za usługę dystrybucji energii elektrycznej przez operatora.

1. Innowacje w energetyce

Pojęcie innowacyjności odnosi się do działań polegających na opracowaniu i wdrożeniu nowych lub udoskonalonych produktów, rozwiązań technologicznych czy systemów organizacyjnych. Termin ten odnosi się także do własności intelektualnej, według której możliwe jest wdrożenie nowych rozwiązań z zakresu generowania potencjalnej przewagi konkurencyjnej wobec podmiotów gospodarczych istniejących na rynku.



Rys. 1. Główni OSD w Polsce i obszar ich działalności
 Źródło: Raport Dane OSD... 2017

Fig. 1. The main DNO's in Poland and territory of their activities

Aktualny stan rozwoju sieci przesyłowych i dystrybucyjnych w istotnym stopniu ogranicza możliwości przesyłu energii elektrycznej. Stały wzrost popytu na energię, rozwój sektora producentów odnawialnych źródeł energii oraz wyzwania związane z rozwojem elektromobilności bez jednoczesnej rozbudowy i modernizacji sieci doprowadzić może do poważnych w skutkach kryzysów energetycznych (Krajowy... 2011). Szansą na minimalizację możliwości wystąpienia potencjalnych negatywnych zjawisk jest wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań z zakresu elektroenergetyki przesyłowej.

Kierunki implementacji rozwiązań innowacyjnych dla sektora OSD określono w ramach idei tzw. inteligentnych sieci elektroenergetycznych (ang. *smart grid*). Zakłada ona między innymi prowadzenie działań w zakresie opracowania i wdrożenia:

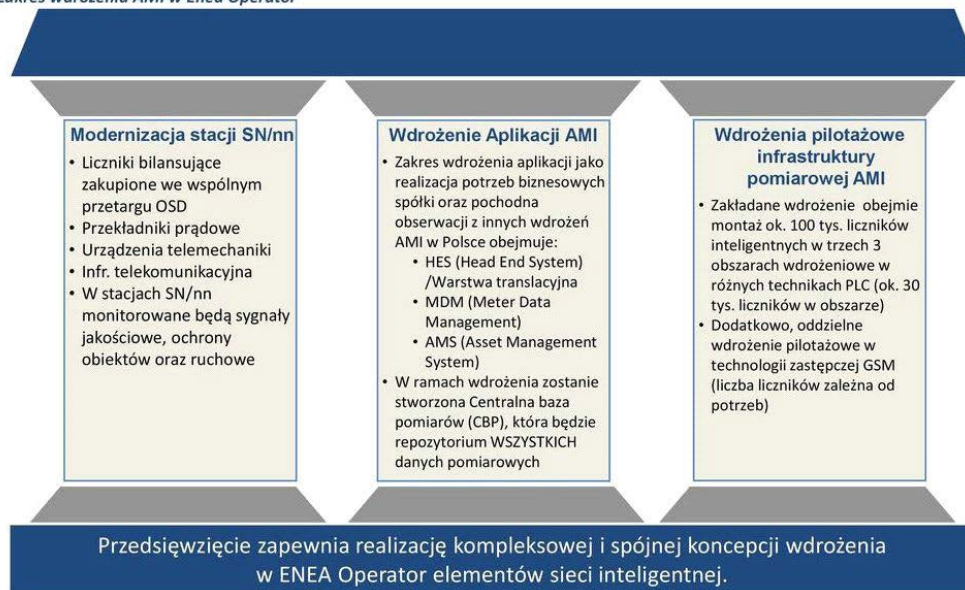
1. Technologii i metod zarządzania pracą sieci (np. narzędzi dokonujących automatycznej lokalizacji awarii i rekonfiguracji sieci) z uwzględnieniem narzędzi IT oraz nowoczesnych rozwiązań sprzętowych mających na celu poprawę jakości dostaw energii elektrycznej.
2. Instrumentów służących poprawie jakości energii elektrycznej i utrzymania stabilności pracy sieci dystrybucyjnej w związku ze wzrostem liczby powstających mikroźródeł.
3. Komponentów poprawiających efektywność energetyczną w zakresie dystrybucji energii elektrycznej potrzebnej do realizacji idei *smart city*.
4. Technik zastosowania urządzeń *smart metering* i danych dzięki nim uzyskanych (między innymi w celu identyfikacji i analizy zakłóceń), mających wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa sieci i efektywności energetycznej (*Advanced Metering Infrastructure – AMI*). Przykład zakresu wdrożenia AMI w OSD przedstawiono na rysunku 2.
5. Metod wykorzystania magazynów energii z uwzględnieniem nowoczesnych technologii (Krajowe... 2014). Rodzaje technologii stosowanych do budowy magazynów energii przedstawiono na rysunku 3.
6. Modeli (m.in. biznesowych) wykorzystania magazynów energii, mających na celu poprawę efektywności i jakości wykorzystania energii elektrycznej, a także rozwoju oferty dla klientów.
7. Innowacyjnych metod zapewnienia bezpieczeństwa informatycznego (*cybersecurity*) w systemach energetycznych w kontekście wdrażania technologii smart (Krajowe... 2014).
8. Algorytmów na potrzeby integracji źródeł OZE w ramach inteligentnych sieci elektroenergetycznych.
9. Technologii integracji systemów opomiarowania różnych mediów (prąd, gaz, woda, ciepło).

Reasumując, innowacje w obszarze działalności OSD ukierunkowane są na implementację inteligentnych rozwiązań w sieciach elektroenergetycznych (zwiększających bezpieczeństwo, efektywność i pewność zasilania), wprowadzenie nowych instrumentów *smart metering* wraz ze zwiększeniem zakresu jego stosowania, rozwój teleinformatyki i rozwiązań IT (związanych z bezpieczeństwem, diagnostyką, zarządzaniem) oraz wykorzystanie magazynów energii (różnych typów). Wprowadzenie powyższych rozwiązań jest niezbędne, nie tylko w kontekście naturalnego procesu związanego z unowocześnianiem i rozbudową



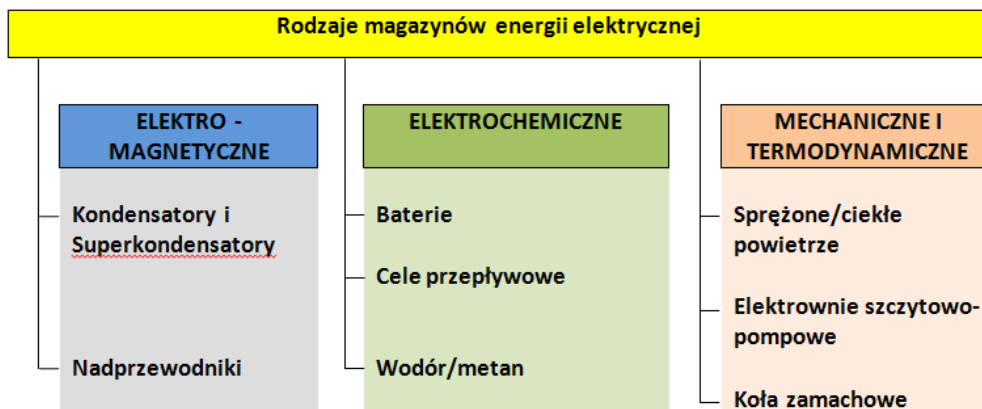
Wdrożenie AMI będzie realizowane w ramach trzech oddzielnych projektów skoordynowanych ze sobą w czasie

Zakres wdrożenia AMI w Enea Operator



Rys. 2. Zakres wdrożenia AMI w ENEA Operator Sp. z o.o.
Źródło: ENEA Operator

Fig. 2. The scope of AMI implementation in ENEA Operator



Rys. 3. Rodzaje magazynów energii elektrycznej
Opracowanie własne na podstawie: Malko i Wojciechowski 2015; U.S. Grid... 2017

Fig. 3. Types of electricity storage

sieci elektroenergetycznych w związku z coraz większym zapotrzebowaniem na energię elektryczną, ale również z wyzwaniami, jakie stawia przed OSD rozwój sektora elektromobilności.

2. Kierunki innowacji w obszarze dystrybucji

Dynamiczne zmiany otoczenia gospodarczego i prawno-regulacyjnego, dotyczące sektora elektroenergetycznego mają istotny wpływ na ewolucję sposobu funkcjonowania OSD. Wśród czynników determinujących sposób funkcjonowania OSD można wyróżnić także nowe technologie, rosnące oczekiwania klientów, regulacje prawne dotyczące równego traktowania użytkowników sieci dystrybucyjnych czy też uwzględnienia wymogów ochrony środowiska.

Wszystkie podmioty energetyczne funkcjonujące na polskim rynku nastawione są na wzrost wartości i zysku. Koncentrują się więc na osiągnięciu przewagi konkurencyjnej wobec otoczenia. Istotną funkcję w tworzeniu tej wartości pełni efektywność OSD, która w znacznym stopniu zależy od stosowania innowacyjnych rozwiązań. Podejmowanie działań innowacyjnych przez OSD powinno zostać poprzedzone analizą kluczowych trendów w obszarze dystrybucji. Dzięki zastosowaniu działań innowacyjnych w realizacji kluczowych trendów, poza wzrostem efektywności w samych działaniach przyczyni się do wzrostu konkurencyjności OSD.

Wobec powyższego do wyznaczenia kierunków działalności innowacyjnej w OSD należy w pierwszej kolejności zidentyfikować obszary otoczenia, a następnie przypisać im odpowiednie trendy. Obszary otoczenia OSD wraz z przypisanymi trendami zostały zaprezentowane w tabeli 1.

Na podstawie analizy trendów otoczenia (tab. 1) oraz głównych kierunków działań innowacyjnych w sektorze energetycznym można stwierdzić, że najistotniejszymi trendami, które w znaczący sposób wpłyną na sposób funkcjonowania spółek OSD są:

- rozwój i wdrażanie sieci inteligentnych,
- modernizacja sieci dystrybucyjnych i przesyłowych,
- rozwój nowoczesnych systemów oraz narzędzi IT wspierających proces sterowania siecią i podejmowania decyzji,
- rozwój nowych technologii, takich jak magazynowanie energii i elektromobilność,
- luka pokoleniowa i kompetencyjna – szczególnie w obszarze nowych technologii.

Wymienione trendy są powiązane ze sobą i przenikają się wzajemnie. Trend związany z **rozwojem i wdrażaniem sieci inteligentnych** polega na zastosowaniu technik zarządzania popytem (m.in. zróżnicowanie dobowych stawek za energię elektryczną, zdalna dwustronna komunikacja z licznikami itp. – *smart grid, smart metering*). Kolejnym przejawem tego trendu jest zastosowanie niskokosztowego magazynowania energii elektrycznej, które spowoduje większą elastyczność strony popytowej, co jest niezbędne dla wprowadzenia modelu wirtualnych elektrowni i sieci. Powyższe rozwiązania prowadzą do rozwoju systemu SCADA oraz wzrostu krytyczności niezawodnej transmisji danych i całego obszaru telekomunikacji.

TABELA 1. Obszary trendów wraz z kierunkami innowacji

TABLE 1. Areas of trends along with directions of innovation

Obszar	Nazwa trendu
Otoczenie konkurencyjne	Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce
	Wzrost szczytowego zapotrzebowania mocy w Polsce
	Konkurencja ze strony krajowych grup energetycznych
	Lokalna produkcja energii – rynek prosumencki
	Rozwój klastrów energii i spółdzielni energetycznych
Nowe technologie	Rozwój i wdrażanie inteligentnych sieci
	Modernizacja sieci dystrybucyjnych
	Rozwój transportu elektrycznego (samochody elektryczne)
	Rozwój nowoczesnych systemów oraz narzędzi IT wspierających proces podejmowania decyzji
Efektywność energetyczna	Redukcja energochłonności przemysłu i innych gałęzi gospodarki
Odnawialne Źródła Energii	Dalszy rozwój technologii OZE
	Zmieniające się uregulowania w zakresie technologii OZE (np. ogniwa fotowoltaiczne, energetyka wiatrowa, biomasa)
Relacje z klientami	Usługi komplementarne na rzecz Klientów przemysłowych (np. redukcja zużycia, monitoring zużycia urządzeń)
Zasoby ludzkie	Luka pokoleniowa w energetyce
	Zarządzanie talentami
	Budowanie/pozyskanie specjalistycznych kompetencji
	Rozwój wielozawodowości w energetyce
	Bezpieczeństwo pracy

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych ENEA Operator.

Modernizacja sieci dystrybucyjnych i przesyłowych, jako niezmienny trend dotyczący podstawowej działalności OSD, wymaga znacznych środków na rozbudowę i odtworzenie liniowej infrastruktury elektroenergetycznej. Ograniczone środki oraz niewystarczające tempo rozbudowy i odtworzenia infrastruktury elektroenergetycznej w perspektywie wieloletniej mogą stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa dostaw energii. Sieci przesyłowe (mimo że ich właścicielem jest PSE) wywierają znaczący wpływ na sposób rozbudowy i modernizacji sieci WN należących do OSD.

Wzrost konkurencji i duża zmienność otoczenia rynkowego skutkują koniecznością dalszego **rozwoju nowoczesnych systemów oraz narzędzi IT wspierających proces stereo-**

wania siecią i podejmowania decyzji. Wykorzystywanie zaawansowanych technik IT do wsparcia procesu decyzyjnego przedsiębiorstwa energetycznego warunkuje poprawę niezawodności i jakości dostaw energii elektrycznej.

Wprowadzenie nowych rozwiązań legislacyjnych w zakresie elektromobilności nakłada na OSD nowe obowiązki. OSD mogą spodziewać się co najmniej konieczności zwiększenia nakładów na przyłączanie stacji ładowania pojazdów elektrycznych. Zaangażowanie OSD jest na tyle istotne, że działania te stanowią oddzielny trend – **rozwój nowych technologii, takich jak magazynowanie energii i elektromobilność.**

Innym istotnym zagadnieniem, którego nie sposób pominąć w rozważaniach na temat innowacji jest kapitał ludzki, a dokładniej zjawiska, które obecnie nasilają się w wielu sektorach gospodarki. Takim zjawiskiem jest **luka pokoleniowa i kompetencyjna.** Zaawansowana wiekowo struktura zatrudnienia, związane z tym zjawisko masowych odejść emerytalnych oraz następstwa postępu techniczno-technologicznego stanowią istotne wyzwanie kadrowe i organizacyjne. W przedsiębiorstwach energetycznych kluczowe jest więc podejmowanie działań kadrowych, które doprowadzą do posiadania zasobów kapitału ludzkiego, charakteryzującego się wysokospecjalistycznymi kompetencjami.

Działalność innowacyjna powinna być zorientowana na potrzeby klientów, a także na podnoszenie wewnętrznej efektywności organizacji. OSD jako beneficjenci wdrożonych innowacji zwiększają możliwości budowania konkurencyjności i poprawy efektywności działania. Ważnym czynnikiem skutecznej realizacji projektów innowacyjnych jest dokonywanie rzetelnych ocen w zakresie dojrzałości technologii, perspektyw ich rozwoju oraz związanych z nimi kosztów i korzyści, a także czynników ryzyka.

Należy zaznaczyć, że projekty B+R ze względu na swoją specyfikę (złożoność i współzależność) najczęściej wymagają wysokich nakładów i realizacji w konsorcjach. Jednocześnie ich istotną cechą jest wysokie ryzyko niepowodzenia wynikające z braku możliwości przewidzenia przebiegu i rezultatów prac badawczych. Dlatego istotną kwestią, mogącą stanowić odrębny problem badawczy, jest możliwość pozyskania finansowania zewnętrznego na wspólne działania badawczo-rozwojowe i innowacyjne.

Koncepcje działań innowacyjnych mogą pochodzić z różnych źródeł. Zgodnie z założeniami modelu tzw. otwartych innowacji (ang. *open innovation*) przedsiębiorstwa, poza wynikami własnych prac badawczo-rozwojowych, powinny korzystać z zewnętrznych źródeł dzięki współpracy z jednostkami zewnętrznymi. Założeniem OSD powinna być więc współpraca z ekspertami z jednostek naukowych, instytucji otoczenia biznesu, z innymi przedsiębiorstwami oraz wykwalifikowanymi osobami prywatnymi.

Do prowadzenia skutecznej działalności innowacyjnej w OSD zasadne jest wyodrębnienie jednostki organizacyjnej w strukturze organizacyjnej przedsiębiorstwa. Taka jednostka, w wyniku specjalizacji staje się gwarantem najlepszego sposobu prowadzenia projektów B+R oraz wdrażania innowacyjnych rozwiązań poprzez uwzględnienie specyficznych wymagań tego rodzaju działalności.

Podsumowanie

Dynamiczne zmiany otoczenia gospodarczego i prawno-regulacyjnego dotyczące sektora elektroenergetycznego mają istotny wpływ na ewolucję sposobu funkcjonowania OSD. Wśród czynników determinujących sposób funkcjonowania OSD można wyróżnić także nowe technologie, rosnące oczekiwania klientów, regulacje prawne dotyczące równego traktowania użytkowników sieci dystrybucyjnych czy też uwzględnienia wymogów ochrony środowiska.

Biorąc pod uwagę obecne trendy w otoczeniu i związane z nimi wyzwania stojące przed sektorem elektroenergetycznym, przedsiębiorstwa obszaru dystrybucji, prowadząc działalność innowacyjną stają się ważnymi podmiotami wpływającymi na zwiększenie efektywności całego sektora. Obecnie zidentyfikowano szereg możliwych do podjęcia działań w tym obszarze, związanych m.in. z wykorzystaniem magazynów energii do stabilizacji pracy sieci niskiego napięcia czy wpływem rozwoju elektromobilności na sieć elektroenergetyczną.

Wdrażanie takich rozwiązań, dotyczących m.in. rozwoju *smart grid* i związanego z nim wzrostu obserwowalności sieci w znaczący sposób poprawia efektywność zarządzania siecią dystrybucyjną i przyczynia się do realizacji celów strategicznych obszaru dystrybucji. Należy zauważyć, że wdrożenie innowacji jest niezbędne dla zapewnienia możliwości świadczenia szeregu nowych usług oraz rozwoju nowych produktów, które OSD chcą oferować swoim klientom.

Literatura

- Malko, J. i Wojciechowski, H. 2015. Magazynowanie energii – nowe technologie. *Nowa Energia* nr 2–3, s. 1–9.
- Krajowe... 2014 – Krajowe Inteligentne Specjalizacje. Załącznik nr 4 do Programu Rozwoju Przedsiębiorstw do 2020 r. Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, s. 23.
- Krajowy... 2011 – Krajowy Program Badań. Założenia polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa. Załącznik do uchwały nr 164/2011 Rady Ministrów z 16 sierpnia 2011 r. RM 111-156-11, s. 10.
- Raport Dane OSD... 2017 – Raport Dane OSD analizy PTPiREE w 2017 roku.
- Rozporządzenie... 2007 – Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, Dz.U. nr 93, poz. 623 ze zm.
- Ustawa... 1997 – Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne, Dz.U. 1997, nr 54, poz. 348 ze zm.
- U.S. Grid... 2017 – U.S. Grid Energy Storage Center for Sustainable Systems. U.S. Grid Energy Storage Factsheet, Pub. No. CSS15-17, University of Michigan 2017.
- [Online] Dostępne w: www.ure.gov.pl – <http://www.ure.gov.pl/urząd/informacje-ogolne/kompetencje-prezesa-ur/6533,Zadania-Prezesa-URE.html> [Dostęp: 01.02.2018].