

# ENERGETYCZNA INFRASTRUKTURA KRYTYCZNA W POLSCE – PERSPEKTYWY I ZAGROŻENIA

Sylvia Zakrzewska, Agnieszka Gil-Świdowska

**Słowa kluczowe:** energetyczna infrastruktura krytyczna, odnawialne źródła energii, polska energetyka jądrowa, innowacje w energetyce

**Streszczenie.** Stan polskiej energetyki nieustannie się poprawia, o czym świadczą m.in. dane zawarte w „Sprawozdaniu z Wyników Monitorowania Bezpieczeństwa Dostaw Energii Elektrycznej za okres od dnia 1 stycznia 2015 r. do dnia 31 grudnia 2016 r.” zatwierdzonym przez Ministra Energii. Jednak wiele jej elementów składowych, takich jak linie przesyłowe, stacje transformatorowe, czy nawet same elektrownie nie były modernizowane od lat 80-tych, 70-tych, a nawet wcześniejszych. W związku z powyższym, ich wrażliwość na wszelkiego rodzaju zakłócenia jest bardzo wysoka. Celem opracowania jest zaprezentowanie stanu energetycznej infrastruktury krytycznej, a także wskazanie możliwych kierunków rozwoju oraz alternatywnych źródeł pozyskiwania energii. Kompleksowa analiza badanego zagadnienia podyktowała konieczność zastosowania teoretycznych metod badawczych opartych na analizie źródeł oraz metodzie monograficznej. W procesie badawczym wykorzystano techniki w postaci opisu, analizy, syntezy oraz wnioskowania. Powyższe metody badawcze pozwoliły na przyjęcie następującej hipotezy: elementy energetycznej infrastruktury krytycznej nie są do końca zabezpieczone przed skutkami oddziaływania czynników zewnętrznych, głównie ze względu na wielodekadowy okres ich eksploatacji oraz funkcjonowanie przestarzałych technologii, przystosowanych do znacznie niższych obciążeń niż występujące obecnie. Dyktuje to konieczność natychmiastowej modernizacji tych elementów w celu zwiększenia ich odporności na wpływ negatywnych czynników zewnętrznych, niebezpieczeństwo zaistnienia awarii technicznej, stanowiących istotne zagrożenie dla niere-strukturyzowanych od wielu lat elementów systemów energetycznych. Ponadto należy mieć na uwadze ograniczoną zasobów oraz wysoką emisyjność zanieczyszczeń i substancji szkodliwych dla zdrowia i życia organizmów żywych, pochodzących ze spalania kopaliny, stanowiących podstawowe źródło pozyskiwania energii w naszym kraju. Istotnym wyzwaniem dla krajowych dostawców energii jest zatem prowadzenie inwestycji oraz wdrażanie nowych technologii, wykorzystujących do produkcji energii jej odnawialne źródła, bądź ich alternatywę w postaci zasobów jądrowych

## 1. WSTĘP

Energia elektryczna stała się dobrem bez którego współczesny człowiek nie jest w stanie funkcjonować. Systemy komputerowe, sieci łączności, media przestały być nowinkami technologicznymi ułatwiającymi człowiekowi życie, lecz stały się determinantem jego egzystencji. Praca szkół, jednostek administracji publicznej, służb ochrony zdrowia i porządku publicznego, zakładów produkcyjnych, etc., została z informatyzowana oraz zautomatyzowana, a sfera relacji międzyludzkich w dużej mierze przeniesiona do wirtualnej rzeczywistości mediów społecznościowych. Dziś młode pokolenie nie wyobraża sobie życia bez smartfonu. Natomiast starsze, które w okresie swojej młodości miało ograniczone możliwości korzystania z łączności telefonicznej, we współczesnych realiach nie zrobi nawet zakupów bez dostępu do energii elektrycznej, umożliwiającej funkcjonowanie kas fiskalnych czy systemów logistyczno-zaopatrzeniowych. Nie zdajemy sobie sprawy jak bardzo nasze społeczeństwo uzależniło się od nieprzerwanych dostaw energii elektrycznej [28]. Zaryzykowanie stwierdzenia, że nie jesteśmy nawet świadomi konsekwencji, dłuższego niż kilka godzin i obejmującego obszar całego kraju lub znacznej jego części ‘blackoutu’, z całą pewnością nie będzie nadużyciem. W związku z powyższym, zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego kraju jest jednym z najistotniej-

szych wyzwań w obszarze bezpieczeństwa wewnętrznego [31].

## 2. ENERGETYKA W POLSCE

Rozwój społeczeństwa jaki dokonuje się z biegiem czasu generuje wzrost zużycia energii w przeliczeniu na każdego konsumenta oraz czas w jakim ono następuje. Implikuje to wypracowywanie coraz lepszych technologii pozyskiwania źródeł energii cieplnej, elektrycznej czy mechanicznej. W Polsce do produkcji energii wykorzystuje się w znacznej mierze paliwa stałe. Ich spalanie w procesie energetycznym jest jedną z głównych przyczyn zanieczyszczenia atmosfery. Ponadto ograniczoność kopaliny może w niedalekiej przyszłości doprowadzić do znacznego wzrostu ich cen.

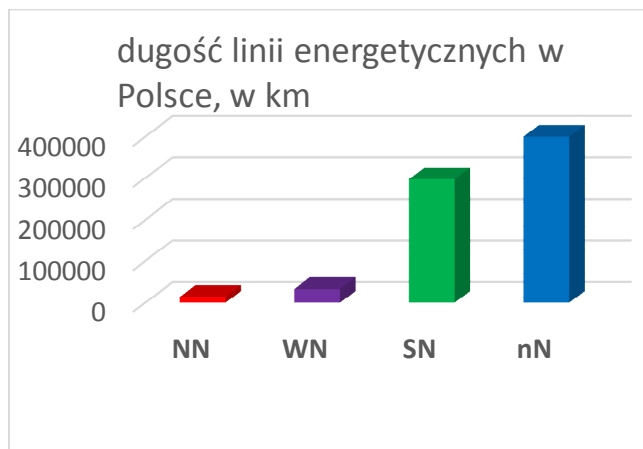
Szacuje się zatem, że zużycie zasobów kopalnych nastąpi około roku 2200 w przypadku węgla, około roku 2050 ropy naftowej, zaś gaz wyczerpie się około roku 2060 [4,6]. Jedyną alternatywę stanowią inwestycje w rozwój energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych.

W roku 2015 energia pozyskana z OZE stanowiła 23,9% ogólnej światowej produkcji energii, przy następującym udziale poszczególnych źródeł: woda – 16,6%, wiatr – 3,7%, biomasa 2%, fotowoltaika – 1,2%, geotermia – 0,4%. Zaznaczyć należy, że moż-

liwości energetyczne wszystkich ww. źródeł energii znacznie przewyższają całkowitą roczną konsumpcję energii. Największy potencjał w tym zakresie należy do Słońca. Według prognoz już tylko kilka dekad dzieli nas od przynajmniej 50% udziału odnawialnych źródeł energii w całkowitej globalnej produkcji energii [13].

Jest to dość optymistyczna wizja, szczególnie w przypadku Polski, która swój potencjał energetyczny opiera przede wszystkim na paliwach kopalnych. Dodatkowym mankamentem krajowej elektroenergetyki jest stan linii przesyłowych i stacji transformatorowych.

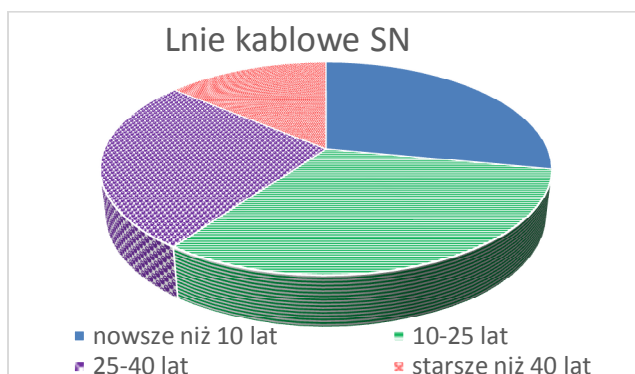
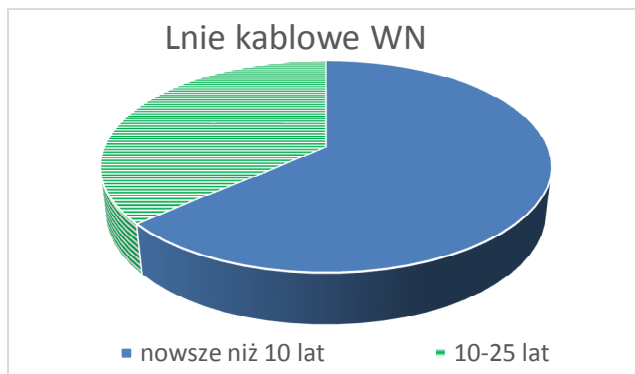
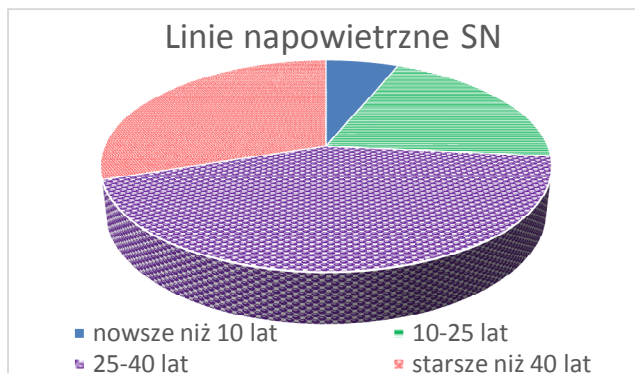
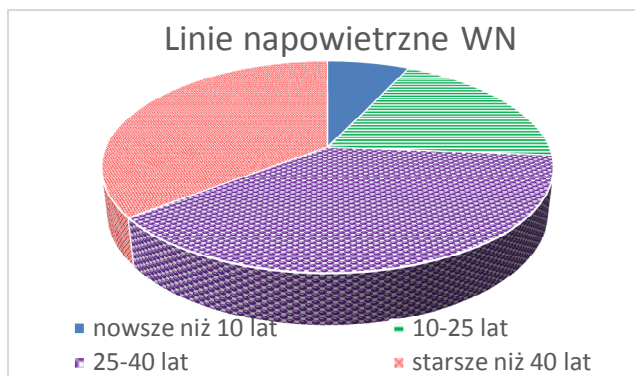
Infrastruktura elektroenergetyczna składa się z sieci przesyłowej 750 kV, 400 kV oraz 220 kV, sieci dystrybucyjnej wstępnego rozdziału 110 kV, sieci dystrybucyjnej rozdzielczej średnich napięć (SN) 30 kV, 20 kV, 15 kV, 10 kV, 6 kV oraz sieci niskich napięć (nN) 0,4 kV. Krajową sieć przesyłową tworzy 14199 km linii oraz 106 stacji elektroenergetycznych najwyższych napięć (NN). Zaś krajowa sieć dystrybucyjna obejmuje 33300 km linii oraz 1391 stacji elektroenergetycznych 110 kV, 296920 km linii oraz 244410 stacji SN, a także 426416 km linii nN [9]. Powyższe dane obrazuje rys. 1.



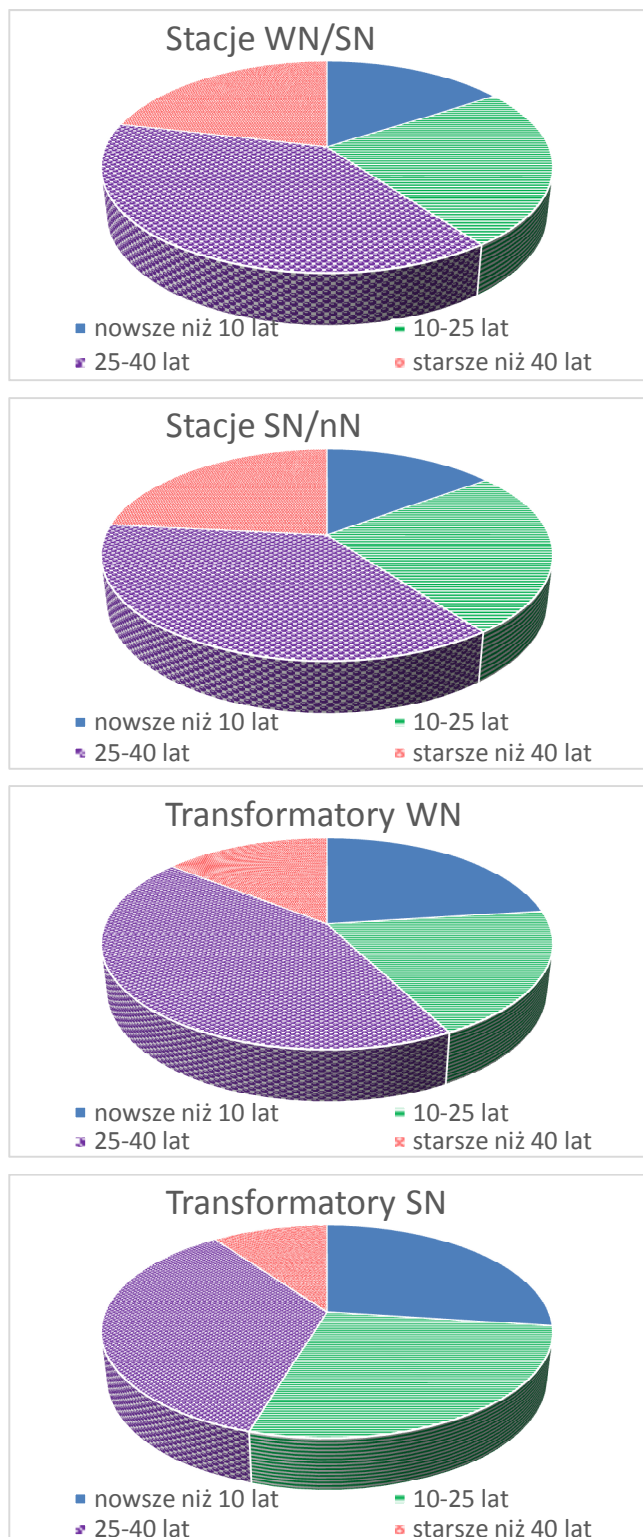
**Rys. 1.** Długość linii energetycznych w Polsce w 2015 r., wg Raportu PTPiREE, 2016.

Zaledwie 20% linii napowietrznych 400 kV i niespełna 1% linii 220 kV ma mniej niż 10 lat. Powyżej 25 lat liczy sobie 58% linii 400 kV oraz 11% linii 220 kV. Zaś 10% linii 400 kV i aż 74% linii 220 kV przekracza wiek 35 lat [[9].

Strukturę wiekową wybranych elementów infrastruktury energetycznej przedstawiają rys. 2-3



**Rys. 2.** Struktura wiekowa linii energetycznych w Polsce [39]



**Rys. 3.** Struktura wiekowa transformatorów oraz stacji w Polsce [39]

Zaznaczyć w tym miejscu należy, że docelowe przepływy energii w momencie projektowania linii były znacznie niższe niż występujące obecnie. Stan techniczny, wiek oraz stopień wyeksploatowania infrastruktury energetycznej powodują znaczną jej awaryjność, głównie w sytuacjach chwilowego dużego poboru energii, z którymi mamy do czynienia

w ostatnim czasie głównie w okresie letnim. Fale upałów doprowadziły do rekordowego poboru mocy elektrycznej o godzinie 13:15 01.07.2017 roku, wynoszącego 23 215 MW [22]. Natomiast rekordowy pobór mocy, jaki dotychczas wystąpił w historii KSE miał miejsce 09.01.2017 roku około godziny 17:30 i osiągnął wartość 26 231 MW [16]. Incydenty te nie spowodowały zakłóceń w pracy Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, natomiast anomalie pogodowe i wynikające z nich duże zapotrzebowanie na moc, połączone z niskim poziomem wód, mogą pozbawić wielu mieszkańców dostępu do energii elektrycznej [20]. Podobne ryzyko przerw w nieprzerwanym dostawach energii do odbiorców generują nasilające się naprawy, modernizacje i inwestycje, które z uwagi na wskazany wyżej wiek i stan techniczny infrastruktury elektroenergetycznej, stały się bezsprzeczną koniecznością.

Największe wyeksploatowanie dotyczy stacji 110 kV/SN oraz sieci dystrybucyjnych położonych na obszarach wiejskich. Linie te wymagają natychmiastowej modernizacji, by zapewnić odbiorcom końcowym właściwą jakość dostarczanej energii. Zaznaczyć w tym miejscu należy, iż w ciągu ostatnich 15 lat dynamika budowy tych linii wyniosła zaledwie 3,6% [9].

Wzrost zapotrzebowania na dostawy energii elektrycznej wymusza rozwój i modernizację dotychczasowej infrastruktury energetycznej. Wiąże się to z istotnym zagrożeniem zapewnienia permanentnych dostaw energii odbiorcom. Powodem tego jest zbyt niska moc w źródłach krajowych oraz wynikających z połączeń międzynarodowych, a także dysproporcji w lokalizacji źródeł oraz punktów odbioru przy jednoczesnej niedostatecznej możliwości przesyłowej sieci [32]. Konieczność modernizacji infrastruktury elektroenergetycznej podyktowana jest również dynamicznym rozwojem procesu pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych, zakładaną budową elektrowni jądrowej, a także wskazaniami tworzenia innowacyjnych ekologicznych konwencjonalnych źródeł wytwórczych.

Ze wstępnych obliczeń wynika, że obecna infrastruktura energetyczna, poza pracami naprawczo-remontowymi i konserwatorskimi wymaga rozbudowy o około 4000 km linii 110 kV, 163 stacje 110 kV, a także modernizacji blisko 250000 km linii oraz 95000 stacji należących do sieci dystrybucyjnych SN [9].

### 3. ŹRÓDŁA ODNAWIALNE

#### 3.1. Wiatr

Najbardziej sprzyjające warunki dla energetyki wiatrowej w Polsce przypadają na miesiące od listopada do marca. Jest to zjawisko bardzo korzystne, gdyż właśnie w tym okresie odnotowuje się największe średnie miesięczne zużycie energii elektrycznej. Średnia prędkość wiatru w okresie zimowym wynosi 3,8 m/s, zaś w letnim 2,8 m/s. Najkorzystniejszymi obszarami kraju pod względem siły wiatru są Pomorze oraz północno-wschodni obszar Suwalszczyzny. Prędkość wiatru sięga tam do 7 m/s na wysokości 50 m n.p.z. Podobne warunki występują w obszarze Pobrzeża Kaszubskiego oraz wyspy Uznam. Sprzyjające warunki panują także na terenie Dolnego Śląska oraz w niższych pasmach Karpat [13].

Moc zainstalowana polskiej energetyki wiatrowej w roku 2016 wynosiła 5782 MW, natomiast produkcja energii elektrycznej z energii wiatru osiągnęła 11623 GWh, co stanowiło 7,14% całkowitego krajowego zużycia energii [27].

Dynamika rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce plasuje nasz kraj na drugim miejscu w Europie. Szacuje się, że do roku 2020 zainstalowane będą na morzu wiatraki o mocy 500 MW, zaś do roku 2030 osiągnięta zostanie łączna zainstalowana moc na poziomie 6 GW.

Z uwagi, iż na znacznych obszarach naszego kraju występują znikome możliwości produkcji tego rodzaju energii, w celu rozwoju energetyki wiatrowej proponuje się stosowanie turbin o zwiększonej powierzchni wirnika, dzięki wydłużeniu łopat. Zabieg ten zwiększa wydajność turbiny do 20%. Niestety jednocześnie generuje to znaczny wzrost kosztów, co sprawia, iż powstają alternatywne koncepcje, np. z wykorzystaniem turbin typu CRWT [14] czy turbin hybrydowych [5].

Obecnie w fazie projektu, konstrukcji bądź budowy pozostaje wiele farm wiatrowych o łącznej docelowej mocy 963 MW. Największą z nich będzie tzw. Projekt Słowiński o mocy 240 MW [13].

#### 3.2. Woda

Geograficzne położenie Polski (tereny głównie nizinne o relatywnie niewielkich opadach atmosferycznych) nie sprzyjają rozwojowi energetyki wodnej. Udział elektrowni wodnych w krajowym systemie energetycznym wynosi zaledwie 6%.

Wodny potencjał energetyczny stanowi łączną wartość 13,7 TWh w skali roku. Największym rezerwuarem energetycznym cechuje się Wisła – 45,3%, nie-

co mniejszym dorzecze Wisły i Odry – 43,6%, zaś pozostały udział mają Odra i inne rzeki – 11,1%. Polska wykorzystuje swoje wodne zasoby energetyczne jedynie w 12%, zajmując tym samym ostatnie miejsce w Europie.

Moc dużych elektrowni wodnych wynosi 2252 MW, w tym pompowo-szczytowych 1330 MW i przepływowych 922 MW. Natomiast małe elektrownie wodne dysponują mocą 116,5 MW. Łącznie w kraju funkcjonuje 590 elektrowni, z czego 18 z nich o mocy powyżej 5 MW.

Alternatywnymi źródłami energii pozyskiwanej ze zbiorników wodnych są pływy, fale, prądy morskie oraz dyfuzja. Na skutek grawitacyjnego oddziaływania Słońca, Ziemi i Księżyca dochodzi do cyklicznych ruchów mas wody. Pozyskanie energii pływów umożliwiłoby wytworzenie 160 GW mocy. Łączna energia fal na naszym wybrzeżu wynosi 4000 MWh. Moc prądów morskich określana jest w przedziale 5-7 TW. Zatem 1 m<sup>2</sup> przekroju poprzecznego prądu morskiego mającego prędkość 1 m/s daje 600 W mocy elektrycznej. Według prognoz energia morska w niedalekiej przyszłości będzie w stanie pokryć nawet 20% globalnej konsumpcji energii [13].

#### 2.3. Biomasa

Globalny potencjał biomasy szacuje się na 2900 EJ, zaś jej realne zużycie to maksymalnie 55 EJ. Jest jednym z najpowszechniejszych odnawialnych źródeł energii [13]. W Polsce jej udział w OZE sięga 85%, zaś jej potencjał techniczny wynosi 7,5 mln t, co przekłada się na 900 PJ w skali roku.

Możliwości podaży biomasy są niestety ograniczone ze względu na konieczność zachowania równowagi w gospodarce żywnościowej kraju. Mając na uwadze spełnienie tego warunku, powierzchnia przeznaczona na produkcję biomasy może wynosić 10% terenów uprawnych (1500-1700 tys. ha) w skali kraju, co przekłada się na zaspokojenie 5% krajowego zapotrzebowania na energię.

Największy udział w produkcji biomasy odnotowano w województwie podlaskim – 85,3%, warmińsko-mazurskim, mazowieckim i pomorskim – od 20,6% do 10,9%. Zaś pod ich uprawy największą powierzchnię przeznaczono w województwach warmińsko-mazurskim, pomorskim, podkarpackim i dolnośląskim [10].

W polskich uwarunkowaniach klimatycznych największą efektywność energetyczną biomasy uzyskuje się z wierzby krzewiastej – 7728 ha, topoli – 3125 ha, miksant – 645 ha (dane za 2013 r.), ślazu pensylwańskiego, mozogi trzcinowatej, jak również słomy, siana, odpadów drzewnych oraz osadów ściekowych

i komunalnych. Całkowita biomasa o pochodzeniu rolniczym w 2013 roku stanowiła 8864 tys. t, zaś odpady drzewne pochodzące z lasów to dodatkowe 4 mln t. Ponadto z odchodów zwierzęcych można uzyskać aż 1,5 mld m<sup>3</sup> biogazu. Mimo to, sektor energetyczny zasilany jest głównie biomasą pochodzącą z importu (Rosja, Malezja) [36,41].

Polska produkcja energii z biomasy stałej zajmuje obecnie piąte miejsce w Unii Europejskiej. Udział biomasy w całkowitej produkcji energii pozyskiwanej z OZE kształtuje się następująco: energia elektryczna – 60%, ciepło i chłód – 95%, transport (bioetanol i biodiesel) – blisko 100%. Natomiast całkowita zainstalowana moc elektrowni wykorzystujących biomasę w roku 2015 wyniosła 1 GW [13].

### 3.4. Geotermia

Energia geotermalna jest naturalnym ciepłem pochodzącym z jądra Ziemi, skupionym w skałach bądź wodach gruntowych. Jądro Ziemi osiąga temperaturę około 5500° C [43] i wraz z każdym kilometrem oddalania się od niego wartość ta maleje o 15-80°C. W warunkach europejskich straty ciepła określa się na blisko 30°C/km [13].

Mimo, że zasoby geotermalne uznaje się za niewyczerpalne, choćby ze względu na ich uzupełnianie opadami atmosferycznymi i energią słoneczną, to czas ich eksploatacji wpływa na obniżenie temperatury źródeł oraz ciśnienia pary. Jest to efekt zbyt powolnego odnawiania się złoża względem jego eksploatacji.

Podaje się, że globalne zasoby tych źródeł wynoszą  $8 \cdot 10^{15}$  PJ, zaś realna do pozyskania energia wynosi  $3 \cdot 10^9$  PJ. Wynika to ze znacznych trudności technicznych i budżetowych jakie generuje jej pozyskiwanie. Konieczne jest w tym celu wiercenie kilkukilometrowych otworów, nawet o głębokości 5 km [13].

Polskie zasoby geotermalne to 290 PJ/km<sup>2</sup>, przy czym opłacalne w eksploatacji źródła geotermalne zajmują 40% powierzchni kraju. Obecnie ich udział w całkowitej produkcji energii z OZE wynosi zaledwie 0,1%.

Temperatura polskich źródeł geotermalnych zwykle mieści się w przedziale 20°-130°C. W przypadku Wrześni jest to 180°C. zazwyczaj położone są one na głębokości 3-4 km. Najkorzystniejszymi obszarami kraju do pozyskiwania energii geotermalnej są geotermalno-gazo-roponośne prowincje: Środkowoeuropejska, Przedkarpacka i Karpacka.

Potencjał wód geotermalnych wykorzystywany jest w ciepłownictwie. Instalację geotermalną w Bańskiej Niżnej wyposażono w moc 15,5 MW (docelowo 70 MW), na Podhalu zainstalowana moc geotermalna

wynosi 40,7 MW, w Pyrzycach jest to 35,2 MW (docelowo 70 MW), w Stargardzie Szczecińskim moc sięga 12,6 MW. Rzadkością w Europie są słodkie wody geotermalne występujące w Mszczonowie. Ich moc osiąga 11,2 MW. Zaś hybrydowa elektrownia o mocy 5 MW, wykorzystująca geotermię i biomasę zlokalizowana jest w Uniejowie. Ponadto planowane jest uruchomienie kolejnych instalacji geotermalnych w Czarnkowie – 11,5 MW, Słomkach k. Krakowa – 1 MW, Lasku k. Poznania – 2,6 MW, Kilkuszowej – 1 MW, Toruniu oraz Pociemkowie k. Konina (95°C, woda wysoko zmineralizowana) [13].

### 3.5. Energia słoneczna

Energia promieniowania słonecznego pochodzi głównie z cyklu termojądrowego proton – proton. Na skutek tej reakcji dochodzi do spadku masy Słońca, jednak według obliczeń nie przyczyni się to do znacznych zmian przez najbliższe kilka miliardów lat [1].

Łączną moc promieniowania słonecznego szacuje się na  $3,816 \cdot 10^{26}$  W. Około 30% energii trafiającej do atmosfery ziemskiej zostaje odbita i ulega rozproszeniu w przestrzeni kosmicznej. 20% zostaje pochłonięte przez atmosferę. Natomiast pozostała część promieniowania przenika przez atmosferę i zostaje zaabsorbowana przez biosferę. Jej wartość przekracza od 6 do 10 tys. razy zapotrzebowanie ludzkości [8].

Umiarkowany klimat Polski nie sprzyja rozwojowi energetyki solarnej, jednak coraz powszechniej wykorzystuje się energię pochodzącą z promieniowania słonecznego w prywatnych gospodarstwach domowych. Roczna suma godzin słonecznych wynosi około 1600, z czego od kwietnia do września 80% energii przedostającej się do Ziemi może zostać wykorzystane. Najwyższe wartości promieniowania całkowitego charakteryzują południowe obszary kraju, zwłaszcza Sudety (3960 MJ/m<sup>2</sup>), Beskidy oraz Karpaty (3833 MJ/m<sup>2</sup>), południowo-wschodni obszar kraju – pas od Polesia po Roztocze, centralną Polskę – Nizinę Środkowomazowiecką oraz Południowowielkopolską, a także Pobrzeże Szczecińskie i Koszalińskie (3800 MJ/m<sup>2</sup>) [18]. Korzystne warunki pod tym względem występują również na wybrzeżu [25].

W Polsce najpowszechniejszą formą wykorzystania energii słonecznej jest podgrzewanie wody, powietrza, a także podłoża (szklarnie) oraz ogrzewanie budynków. Rozwiązanie to pełni wyłącznie rolę uzupełniającą, czy też wspomagającą systemy tradycyjne.

Do roku 2014 w Polsce zostało zainstalowanych 1,7 mln m<sup>2</sup> kolektorów słonecznych o łącznej mocy 1,2 GW. Pod tym względem Polska zajmuje czwarte miejsce w Europie. Optymalne warunki do zapewnienia ciepłej wody w naszych uwarunkowaniach klima-

tycznych zapewnia instalacja 1,5-3 m<sup>2</sup> kolektorów płaskich [13]. Obecnie wiele gmin w Polsce dofinansowuje instalacje fotowoltaiczne, np. program Zielona Energia w województwie dolnośląskim.

#### 4. INNOWACJE W ENERGETYCE

Najnowsze rozwiązania technologiczne wytyczają nowe kierunki w metodach pozyskiwania energii i jej wytwarzania. Ich zastosowanie umożliwia bezpieczniejszy przesył i dystrybucję energii do odbiorców końcowych, a przede wszystkim ograniczenie emisji szkodliwych substancji do atmosfery, powstających podczas jej produkcji przy zastosowaniu tradycyjnych metod.

Rozwiązania oparte na sztucznej inteligencji mają zostać wdrożone również do polskiego systemu energetycznego. Zgodnie z zapewnieniami Ministerstwa Gospodarki inteligentne systemy elektroenergetyczne powstaną w całym kraju do roku 2020. Smart Grid [37] jest technologią służącą kompleksowemu zarządzaniu wytwarzaniem, przesyłem, sprzedażą oraz zużyciem energii. System wyposażony został w aparaturę pomiarową, gromadzącą dane dotyczące sieci w czasie rzeczywistym. Informacje te przesyłać będzie do punktów decyzyjnych, natomiast całość procesu monitorować będą inteligentne systemy informacyjne, prognostyczne oraz decyzyjne. Do przesyłu i dystrybucji energii posłuży przewodowa oraz bezprzewodowa sieć cyfrowa [35]. Kontrola nad zrównoważonym zapotrzebowaniem na energię i jego zapewnieniem sprawowana będzie przez Centra Zarządzania. Urządzenia, czujniki oraz aplikacje, tworzące system Smart Grid nie tylko zautomatyzują i usprawnią funkcjonowanie sieci energetycznej, lecz także pozwolą skrócić planowe przerwy w dystrybucji energii, likwidować drobne awarie, monitorować sieć czy usprawniać jej modernizację. Rozwiązanie to, poza zmniejszeniem zużycia energii, obniży także jej koszt, a zarazem podniesie standardy dostaw. Pozwoli także na prognozowanie skrajnych wartości zapotrzebowania na energię, dzięki czemu możliwe będzie ich modyfikowanie i dostosowanie podaży energii do popytu na nią [23]. Wymierną korzyścią dla konsumentów jest natomiast inteligentne opomiarowanie. Dzięki cyfrowym licznikom każdy odbiorca energii może stale monitorować bieżące zużycie energii i dostosowywać je do aktualnych potrzeb. Racjonalność w poborze energii i ograniczenie jej zużycia w godzinach szczytu, mają być dodatkowo nagradzane przez zakłady energetyczne przyznawanymi rabatami [11].

Ciekawym wynalazkiem jest projekt polskiego konstruktora i przedsiębiorcy o nazwie BioHydrogen. Do produkcji energii elektrycznej urządzenie wykorzy-

stuje biopaliwa, paliwa ciekłe i gaz ziemny, zaś produktem ubocznym procesu energetycznego jest woda. Aparatura może być stosowana w miejscach pozbawionych dostępu do energii elektrycznej lub o utrudnionym korzystaniu z niej. Niewielkie rozmiary pozwalają na wykorzystanie go nawet w podróży. Natomiast koszt energii produkowanej w tej technologii to 1/3 ceny zakupu tradycyjnej energii elektrycznej. Ponadto BioHydrogen posiada zdolność gromadzenia nadprodukcji energii [11].

Alternatywą dla tradycyjnych farm wiatrowych są nowoczesne konstrukcje pionowych siłowni wiatrowych. Posiadają one zdolność produkcji energii bez względu na kierunek wiatru, a na ich uruchomienie wystarcza prędkość wiatru już od 0,6-0,8 m/s, co w ciągu roku przekłada się na wytworzenie 3600 MWh energii. Według zapewnień producenta żywotność turbin sięga 70 lat, zaś technologie wdrożone w siłowniach są znacznie efektywniejsze od dotychczas stosowanych w farmach wiatrowych lub fotowoltaicznych [11].

Kolejną konstrukcją polskich naukowców, dla której inspiracją stała się obserwacja mew, są podwodne turbiny. Tworzy je generator elektryczny oraz przekładnia mechaniczna, napędzana siłą morskich fal. Budowa podwodnych turbin pozwala na pracę niezależną od kierunku fal. Jest to prostsze, tańsze i bardziej efektywne rozwiązanie niż obecnie stosowane w elektrowniach pływowych technologie, które do produkcji energii wykorzystują systemy pośrednie (hydrauliczne, pneumatyczne, mechatroniczne, elektromagnetyczne) [21].

Koncepcją zza oceanu, przeznaczoną dla tradycyjnych konsumentów są domowe baterie, czyli Powerwall. Jest to projekt amerykańskiego giganta – Tesli. Domowe akumulatory mają magazynować energię elektryczną wytwarzaną przez ogniwa słoneczne. Na rynek mają zostać wprowadzone dwie wersje o pojemności 7 kWh i 10 kWh [11].

Nowością w fotowoltaice jest przedsięwzięcie realizowane przez polską spółkę Saule Technologies. W produkcji ogniwo fotowoltaicznych zrezygnowano z wykorzystania krzemu na rzecz krysztalu półprzewodnika perowskitu. Zostaje on rozpuszczony, a następnie drukowane są z niego ogniwa fotowoltaiczne. Cechuje je bardzo duża lekkość, elastyczność, półtransparentność, niewielka grubość, a przede wszystkim niskie koszty produkcji w porównaniu do ogniwo tradycyjnych. Zalety tego materiału pozwolą na instalowanie ogniwo na wysokich budynkach, które będą zaopatrywały w energię elektryczną swoich mieszkańców lub pracowników. Wyzwaniem technologicznym pozostaje zapewnienie stabilności pracy ogniwo

oraz wyeliminowanie ryzyka ich degradacji pod wpływem wody. Jednak spółka zakłada szybkie i pomyślne rozwiązanie istniejących problemów, zapowiadając komercyjną dystrybucję swoich ogniw już w 2019 roku [7].

Innowacje wprowadzane są również do systemów przechowywania energii. Technologie umożliwiające magazynowanie energii są opracowywane i w wielu przypadkach rozpoczęto już ich wdrażanie, np. w Niemczech, ubiegłym roku, w sieciach nN funkcjonowało kilkadziesiąt tysięcy magazynów energii [2]. Zapewniają one stabilizację sieci przesyłowych dzięki mniejszej dynamice produkcji mocy w elektrowniach. Przyczyniają się tym samym do redukcji kosztów ich eksploatacji. Działanie tradycyjnych systemów polega na ładowaniu i rozładowywaniu akumulatorów, o ogniwach głównie litowo-jonowych. Polska firma MarCelli, wykorzystująca znacznie bardziej zaawansowaną technologię przepompowywania „naładowanego” elektrolitu do dedykowanych rezerwuarów wdrożyła innowacyjny proces wytwarzania ogniw LiFePO<sub>4</sub> z elektrodami węglowymi. Umożliwia ona ekologiczną produkcję katod ogniw o wysokich parametrach elektrycznych. Natomiast firma Enetech proponuje rozwiązania służące przede wszystkim przechowywaniu energii cieplnej w postaci ciepła przemiany fazowej specjalnego materiału. Zastosowanie tej technologii umożliwia gromadzenie i magazynowanie energii cieplnej w miejscach, gdzie nie istnieją warunki do jej przechowywania i tym samym ulega utraceniu. Z obliczeń dokonanych przez firmę wynika, że jest to 60 TWh energii cieplnej w skali kraju [30].

## 5. STAN POLSKIEJ ENERGETYKI JĄDROWEJ

Energię uzyskiwaną w elektrowniach jądrowych powszechnie uznaje się za najczystsza i najtańszą spośród konwencjonalnych metod produkcji energii. Szacuje się, że globalne zasoby uranu niezbędne do jej wytwarzania są w stanie zaspokajać zapotrzebowanie ludzkości przez wiele tysięcy lat.

Pojawienie się energetyki jądrowej w Polsce datuje się na lata '70 ubiegłego wieku, kiedy to ZSRR planował budowę elektrowni atomowych również w krajach satelickich. 19 grudnia 1972 roku podjęto decyzję o budowie elektrowni we wsi Kartoszyno. Jednakże projekt nie został wówczas zrealizowany.

W 1982 roku ponownie podjęto działania zmierzające do utworzenia elektrowni jądrowej, tym razem w Żarnowcu. Prace nad jej budową trwały aż do początku lat '90 XX wieku, kiedy to nowa rzeczywistość polityczna i wpływ opinii publicznej, w której świadomości ciągle tkwiły wspomnienia z katastrofy

w Czarnobylu, doprowadziły do ponownej rezygnacji z finalizacji projektu [33].

W ciągu kilku ostatnich lat coraz częściej powraca się do planów budowy polskiej elektrowni atomowej, głównie ze względu na bardziej restrykcyjne normy emisji CO<sub>2</sub> oraz tlenków azotu i dwutlenków siarki do atmosfery [17], a także rosnące zapotrzebowanie na energię i koszty jej wytwarzania. Zainteresowanie obecnym projektem jest duże. Gotowość do przyjęcia elektrowni na swoim terenie zgłosiło aż 28 gmin z całego kraju. Państwowa Agencja Atomistyki pozostała jednak przy pierwotnej lokalizacji z lat '80 XX wieku, czyli Żarnowcu. Przyjęła dodatkowo 6 alternatywnych lokalizacji oraz 5 przeznaczonych do składowania odpadów jądrowych. Planowany koszt budowy elektrowni ma wynosić 10 mld euro, zaś jej uruchomienie zakładane jest w roku 2024. Druga z planowanych elektrowni jądrowych ma powstać w Klempiczu [33].

Realizacja projektu podzielona jest na 5 etapów. Finalizacja ostatniego z nich zakłada powstanie dwóch elektrowni jądrowych o łącznej mocy 6000 MW (2 × 3000 MW) i jest datowana na 2035 rok. Zwolennicy wprowadzenia rozwiązań jądrowych na polskim gruncie najczęściej uzasadniają je szansą na ożywienie przemysłu, innowacyjności gospodarki, tworzeniem nowych miejsc pracy i rozwoju nauki [19].

Nie mniej jest to inwestycja niezwykle kosztowna, a negatywne nastroje społeczne wobec tej inicjatywy wzrastają wraz z każdą informacją o niebezpieczeństwie związanym z niewłaściwym wykorzystywaniem energii jądrowej i składowaniem odpadów radioaktywnych.

## 6. PODSUMOWANIE

KSE w chwili obecnej jest w stanie zapewnić nieprzerwane dostawy energii zarówno przy bieżącym zapotrzebowaniu na nią, jak i w sytuacjach chwilowych rekordowych poborów mocy. Jednak jak wskazują tendencje oraz prognozy, popyt na energię będzie wzrastał z każdym kolejnym rokiem. Wówczas dotychczasowa infrastruktura energetyczna stanie się niewydolna, a zapewnienie ciągłości dostaw energii poważnie zagrożone. Nieuniknioną koniecznością staje się zatem rozbudowa i modernizacja sieci przesyłowej, dystrybucyjnej oraz możliwości wymiany mocy z systemami międzynarodowymi.

Plan rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2018-2027 zakłada m.in. włączenie do systemu nowych źródeł konwencjonalnych i odnawialnych źródeł energii, rozwój energetyki jądrowej, wyłączenie niektórych jednostek wytwórczych, a także rozwój

i rozbudowę sieci oraz połączeń międzynarodowych. Poważnym utrudnieniem dla tych procesów są rozwiązania legislacyjne. Nadmierne rozdrobnienie i nieadekwatność przepisów prawa piętzą przeszkody o charakterze administracyjnym i społecznym, które znacznie wydłużają proces inwestycyjny, generują dodatkowe koszty, a nierzadko wręcz go uniemożliwiają (postępowania administracyjne, tytuły prawne, protesty społeczne). Konieczne jest zatem stworzenie właściwych rozwiązań prawnych, które ułatwią i przyspieszą procedury formalne modernizacji i rozbudowy infrastruktury energetycznej, zwłaszcza w obliczu nieustannie rosnącego zapotrzebowania na energię oraz nałożonych przez UE dyrektyw nakazujących redukcję emisji zanieczyszczeń i gazów cieplarnianych do atmosfery. Pozostaje to w ścisłej korelacji z niezależnieniem polskiej energetyki od wykorzystania zasobów kopalnych na rzecz większego udziału odnawialnych źródeł energii oraz wdrożenia

rozwiązań jądrowych. To z kolei wiąże się z wprowadzeniem nowych technologii i znacznym zwiększeniem mocy przesyłowych oraz dostosowaniem do nich elementów systemu energetycznego. Najistotniejsze w aspekcie uruchomienia siłowni jądrowych, poza dostosowaniem infrastruktury do jej potrzeb, jest zapewnienie bezpieczeństwa jej funkcjonowania, w tym także bezpieczeństwa ekologicznego. Zawiera się w tym zapewnienie bezawaryjności elementów systemów jądrowych, bezpieczeństwa transportu i przechowywania paliw jądrowych oraz utylizacji odpadów radioaktywnych.

Jak łatwo zauważyć, na drodze rozwoju oraz zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju stoi wiele barier. Poza znacznymi nakładami finansowymi konieczne jest w tym aspekcie duży wysiłek rządu oraz środowisk bezpośrednio zaangażowanych w przedmiotową działalność, by rozwój infrastruktury energetycznej stał się realną rzeczywistością.

### Podziękowania

Praca powstała w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, DEC-2016/22/E/HS5/00406.

### LITERATURA

- [1] Bethe H.A.: *Energy Production in Stars*, Physical Review, 55, 5/1939, str. 434-456; Cox A.N. (red.), *Allen's Astrophysical Quantities*, Springer, New York 2015, str. 509-511, 515-518.
- [2] Bielecki S.: *Magazyny energii i wirtualne elektrownie rozwiązania na problemy niestabilnej generacji energii elektrycznej*, Energetyka Wodna, 2, 22/2017, str. 18-23.
- [3] Bilans Zasobów Złóż Kopalnych w Polsce wg stanu na 31.12.2016 r., Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2017, str. 44.
- [4] Bogdanienko J.: *Odnawialne źródła energii*, PAN, Warszawa 1989.
- [5] Bułaga J., Damaziak K., Krzeszowiec M., Małachowski J.: *Rozwiązania konstrukcyjne małych turbin wiatrowych*, Modelowanie Inżynierskie, 22, 53/2014, str. 21-29.
- [6] Ciechanowicz W.: *Energia, środowisko i ekonomia*, PAN, Warszawa 1997.
- [7] Ciepela D.: *Innowacje w energetyce: reforma czy rewolucja*, [www.energetyka.wnp.pl/innowacje-w-energetyce-reforma-czy-rewolucja,298891\\_1\\_0\\_4.html](http://www.energetyka.wnp.pl/innowacje-w-energetyce-reforma-czy-rewolucja,298891_1_0_4.html), (15.03.2018 r.).
- [8] Ciok Z.: *Ochrona środowiska w elektroenergetyce, Podstawowe Problemy Współczesnej Techniki*, PWN, Warszawa 2001.
- [9] Dołęga W.: *Wybrane aspekty rozwoju sieciowej infrastruktury elektroenergetycznej [w:] Energetyka – bezpieczeństwo w wyzwaniach badawczych*. Tom 1 Energetyka: Polska i Świat – Energetyka Jądrowa – Bezpieczeństwo – Logistyka, Kwiatkiewicz P., Szczerbowski R. (red.), Fundacja na rzecz Czystej Energii, Poznań 2017, s. 279-283.
- [10] Gajewski R.: *Rynek biomasy w Polsce – stan obecny i perspektywy rozwoju*, Polska Izba Biomasy, Warszawa 2014, [www.biomasa.org.pl](http://www.biomasa.org.pl), (15.03.2018 r.).
- [11] INNPoland: *Innowacje w energetyce powstają niemal codziennie – najciekawsze nowe technologie*, [www.innpoland.pl/120209,innowacje-w-energetyce-powstaja-niemal-codziennie-najciekawsze-nowe-technologie](http://www.innpoland.pl/120209,innowacje-w-energetyce-powstaja-niemal-codziennie-najciekawsze-nowe-technologie) (16.03.2018 r.).
- [12] INNPoland.pl: *Sztuczna inteligencja w energetyce – co to jest Smart Grid?*, [www.innpoland.pl/121951,sztuczna-inteligencja-w-energetyce-co-to-jest-smart-grid](http://www.innpoland.pl/121951,sztuczna-inteligencja-w-energetyce-co-to-jest-smart-grid) (11.04.2018 r.).
- [13] Jastrzębska G.: *Energia ze źródeł odnawialnych i jej wykorzystanie*, WKŁ, Warszawa 2017, s. 15-16; 76-79; 126-129; 136; 149; 169-172; 180; 189; 207-209; 213-214; 241-242.



- [14] Karkosiński D., Pacholczyk M.: *Koncepcja dwuśmigłowej elektrowni wiatrowej i elektrowni szczytowo-pompowej na Wzgórzu Szubienicznym*, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej Nr 45/2015, str. 35-40.
- [15] Komorowicz M., Wróblewska H., Pawłowski J.: *Skład chemiczny i właściwości energetyczne biomasy wybranych surowców odnawialnych*, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 40/2009, s. 402-410.
- [16] Kosiński D.: Liczba dnia: 26 231 MW. *Właśnie osiągnęliśmy rekordowe zapotrzebowanie na moc elektryczną w Polsce*, [www.spidersweb.pl/2017/01/zuzycie-energii.html](http://www.spidersweb.pl/2017/01/zuzycie-energii.html), (09.05.2018 r.).
- [17] Kyoto Protocol: [www.unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://www.unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php), (17.03.2018 r.).
- [18] Lorenc H. (red.): *Atlas Klimatu Polski*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa, 2005.
- [19] Madera-Bielawska K., Zacharczuk W., Tatarek A.: *Rola energetyki jądrowej w polskim systemie elektroenergetycznym [w:] Energetyka – bezpieczeństwo w wyzwaniach badawczych*. Tom 1 Energetyka: Polska i Świat – Energetyka Jądrowa – Bezpieczeństwo – Logistyka, Kwiatkiewicz P., Szczerbowski R. (red.), Fundacja na rzecz Czystej Energii, Poznań 2017, s. 171.
- [20] Ministerstwo Energii, *Sprawozdanie z Wyników Monitorowania Bezpieczeństwa Dostaw Energii Elektrycznej za okres od dnia 1 stycznia 2015 r. do dnia 31 grudnia 2016 r.*, Warszawa, 2017.
- [21] Morza i Oceany: *Polski wynalazek daje prąd z fal morskich*, [www.energetyka.wnp.pl/polski-wynalazek-daje-prad-z-fal-morskich,246255\\_1\\_0\\_0.html](http://www.energetyka.wnp.pl/polski-wynalazek-daje-prad-z-fal-morskich,246255_1_0_0.html) (17.03.2018 r.).
- [22] Newseria: *Rekordowe zapotrzebowanie na energię elektryczną w Polsce. Powodem m.in. klimatyzacja*, [www.portalkomunalny.pl/rekordowe-zapotrzebowanie-na-energie-elektryczna-w-polsce-powodem-m-in-klimatyzacja-361770/](http://www.portalkomunalny.pl/rekordowe-zapotrzebowanie-na-energie-elektryczna-w-polsce-powodem-m-in-klimatyzacja-361770/), (09.05.2018 r.).
- [23] Pawlicki B.: *Automatyczne zarządzanie popytem*, Smart Grids Polska, 2/2014.
- [24] Pichard A.: *Modeling and Simulating Next-Generation Wave Farm Technology*, MathWorks News & Notes, 2017, str. 7-9.
- [25] Piestrzyński J.: *Potencjalne możliwości wykorzystania energii odnawialnej w Polsce*, Ekopartner, 6/2002, s. 20-22.
- [26] Polskie Sieci Elektroenergetyczne: *Plan rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2018-2027*, Konstancin-Jeziorna, styczeń 2018.
- [27] Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej: *Stan energetyki wiatrowej w Polsce w 2016 roku*, czerwiec 2017, [psew.pl/wp-content/uploads/2017/.../Stan-energetyki-wiatrowej-w-Polsce-w-2016-r.pdf](http://psew.pl/wp-content/uploads/2017/.../Stan-energetyki-wiatrowej-w-Polsce-w-2016-r.pdf), s. 11-12 (16.03.2018 r.).
- [28] Popławski T.: *Prognoza zapotrzebowania na energię elektryczną i moc szczytową dla Polski do 2040 roku*, Rynek Energii, 1/2014, str. 13-18.
- [29] *Promieniowanie słoneczne*: [www.pl.wikipedia.org/wiki/Promieniowanie\\_s%C5%82oneczne](http://www.pl.wikipedia.org/wiki/Promieniowanie_s%C5%82oneczne) (16.03.2018 r.).
- [30] Puls Biznesu: *Technologie w energetyce, które są dziś rozwijane i najlepiej rokuja*, [www.pb.pl/technologie-w-energetyce-ktore-sa-dzis-rozwijane-i-najlepiej-rokuja-868594](http://www.pb.pl/technologie-w-energetyce-ktore-sa-dzis-rozwijane-i-najlepiej-rokuja-868594), (15.03.2018 r.).
- [31] Raport Business Centre Club: *Bezpieczeństwo energetyczne Polski*, Warszawa 2009, str. 14-16.
- [32] Raport Najwyższej Izby Kontroli Informacja o wynikach kontroli. Zapewnienie Mocy Wytwórczych w Elektroenergetyce Konwencjonalnej, Warszawa 2015, str. 76.
- [33] Sala K.: *Perspektywy wykorzystania energetyki jądrowej w Polsce w aspekcie bezpieczeństwa ekologicznego*, [w:] Energetyka węglowa i jądrowa. Wybrane aspekty, Szczerbowski R. (red.), Fundacja na rzecz Czystej Energii, Poznań 2017, s. 223-224.
- [34] *studium możliwości rozwoju energetyki wiatrowej w województwie Pomorskim*, Opracowanie: Kubicz G., Wojcieszek H., Wojcieszek K., Biuro Planowania Przestrzennego W Słupsku, Słupsk 2003.
- [35] Szadkowski M., Warachim A.: *Przekształcanie istniejących sieci SN w sieci typu Smart*, Energetyka, 9/2014, str. 513-518.
- [36] Szczerba P.: *Znowu fetor w Gdyni. Winna biomasa z portu?* [www.trojmiasto.pl/wiadomosci/Znowu-fetor-w-Gdyni-Winna-biomasa-z-portu-n93760.html](http://www.trojmiasto.pl/wiadomosci/Znowu-fetor-w-Gdyni-Winna-biomasa-z-portu-n93760.html), (15.03.2018 r.).
- [37] Szczerbowski R.: *Generacja rozproszona oraz sieci Smart Grid-wirtualne elektrownie*, Polityka Energetyczna, 14, 2/2011, str. 391-404.
- [38] Świętokrzyski Portal EWE Regionalna Baza Wiedzy: *Właściwości, wady i zalety biomasy*, [www.portalrsi.it.kielce.pl/pl/top/wykorzystanie\\_wady\\_i\\_zalety\\_biom?](http://www.portalrsi.it.kielce.pl/pl/top/wykorzystanie_wady_i_zalety_biom?), (16.03.2018 r.).
- [39] Tomczykowski J.: *Sieci energetyczne pięciu największych operatorów*, Energia elektryczna nr 5/2015, str. 23-25.
- [40] Uchwała Nr 15/2014 Rady Ministrów z dnia 28 stycznia 2014 r. w sprawie programu wieloletniego pod nazwą „Program polskiej energetyki jądrowej” Warszawa, dnia 24 czerwca 2014 r. Poz. 502.

- [41] wnp.pl (DC): *Centrozap sprzedaje w Polsce biomasę z Rosji*, [www.energetyka.wnp.pl/centrozap-sprzedaje-w-polsce-biomase-z-rosji,166488\\_1\\_0\\_0.html](http://www.energetyka.wnp.pl/centrozap-sprzedaje-w-polsce-biomase-z-rosji,166488_1_0_0.html), (15.03.2018 r.).
- [42] *Zasoby energii słonecznej w Polsce*: [www.ioze.pl/energetyka-sloneczna/zasoby-energii-slonecznej-w-polsce](http://www.ioze.pl/energetyka-sloneczna/zasoby-energii-slonecznej-w-polsce) (16.03.2018 r.).
- [43] Zhang D., Jackson J.M., Zhao J., Sturhahn W., Alp E.E., Hu M.Y., Toellner T.S., Murphy C.A., Prakapenka V.B.: *Temperature of Earth's core constrained from melting of Fe and Fe<sub>0.9</sub>Ni<sub>0.1</sub> at high pressures*, Earth and Planetary Science Letters, 447/2016, str. 72-83.

## ENERGETIC CRITICAL INFRASTRUCTURE IN POLAND - PERSPECTIVES AND THREATS

**Key words:** critical energy infrastructure, renewable energy sources, Polish nuclear power industry, innovations in the energy sector

**Summary.** The conditions of the Polish power industry is constantly improving, as evidenced by data contained in the "Report on Results of Monitoring of Security of Electricity Supply for the period from January 1, 2015 to December 31, 2016" approved by the Minister of Energy. However, many of its components, such as transmission lines, transformer stations or even power plants themselves, have not been modernized since the 80's, 70's of XX century, and even earlier. Due to the above, their sensitivity to any kind of interference is very high. The aim of the study is to present the status of critical energy infrastructure, as well as to indicate possible directions of development and alternative resources of energy. Comprehensive analysis of the examined issues dictating the necessity of applying theoretical research methods in the form of source analysis and monographic method. The research process based on the used techniques in the form of description, analysis, synthesis and inference. The above research methods allowed for the formulation of a following hypothesis: the elements of the critical energy infrastructure are not enough protected against the effects of external factors due to the multi-period time of their operation and the functioning of outdated technologies, adapted to significantly lower burdens than currently occurring. This dictates the necessity of immediate modernization of these elements in order to increase their resistance to both the impact of negative external factors, as well as the risk of technical failure, that pose a significant threat to the aging elements of energy systems for many years. In addition, one should take into account the limited resources and high emissions of pollution and substances harmful to the health and life of alive organisms, derived from the combustion of minerals, which are the main source of energy in our country. An important challenge for domestic energy suppliers is to conduct investments and to implement new technologies that use its renewable sources for energy production or their alternative in the form of nuclear resources.

**Sylwia Zakrzewska** - studentka studiów trzeciego stopnia w dyscyplinie nauki o bezpieczeństwie Instytutu Nauk Społecznych i Bezpieczeństwa Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Zainteresowania badawcze ukierunkowane na problematykę ochrony ludności, ratownictwa, zarządzania kryzysowego, edukacji dla bezpieczeństwa oraz bezpieczeństwa energetycznego. Uczestniczy w realizacji projektu badawczego, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki „Bezpieczeństwo energetycznej infrastruktury krytycznej w Polsce aspekcie pogody kosmicznej”.

e-mail: sylwia.zakrzewska01@gmail.com

**Agnieszka Gil-Świdorska** - doktor nauk fizycznych, zatrudniona w Instytucie Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Autorka i współautorka ponad 50 artykułów, w tym 22 z tak zwanej listy filadelfijskiej. Obecnie kieruje projektem finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki „Bezpieczeństwo energetycznej infrastruktury krytycznej w Polsce w aspekcie pogody kosmicznej”.

e-mail: gila@uph.edu.pl