

Priorytetowe technologie polskiej energetyki w perspektywie 2030 roku

Streszczenie. Zasadniczym celem artykułu jest przedstawienie oraz sklasyfikowanie przyszłościowych i istotnych dla polskiego sektora energetycznego technologii. W artykule syntetycznie przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w Polsce w latach 2008-2013, w ramach których zdiagnozowano istotne dla polskiego sektora energetycznego technologie. Zaprezentowano również narzędzia badawcze wykorzystane w projektach foresight. Istotnym elementem artykułu jest skonfrontowanie przyszłościowych technologii z kierunkami zawartymi w strategicznych dla polskiej energetyki dokumentach.

Abstract. The principal aim of the paper is the presentation and classification of technologies of the future important to Polish energy sector. The paper contains synthetic elaboration on the results of the research conducted in Poland in 2008-2013, concerning diagnosis of technologies important to Polish energy market. It also includes presentation of scientific tools used in foresight projects. The pivotal element of the paper is the confrontation of the technologies of the future with the directions included in Polish energy strategic documents. (**Polish power energy priority technologies in 2030 perspective**)

Słowa kluczowe: foresight, rozwój energetyki, energetyka, technologie energetyczne

Keywords: foresight, energy development, energy, energy technologies.

Wstęp

Rozwój technologii energetycznych uzależniony jest od czynników techniczno-ekonomicznych ale także od sytuacji paliwowej i polityki ekologicznej danego kraju. W Polsce prace nad nowoczesnymi technologiami koncentrują się przede wszystkim wokół redukcji emisji gazów cieplarnianych, ograniczenia zależności od zewnętrznych dostaw surowców energetycznych oraz poprawy efektywności energetycznej kraju. Dokonując przeglądu literatury przedmiotu, a także dokumentów strategicznych polskiej energetyki zauważalny jest również wzrost zainteresowania w Polsce energetyką jądrową. Należy jednak pamiętać, że wdrożenie nowych technologii związane jest z określeniem ich potencjału ekonomiczno-technicznego. Wiąże się także z wysoką intensywnością badań i rozwoju danej technologii, wysokimi kwalifikacjami kadry a przede wszystkim z dużymi nakładami kapitałowymi i dużym ryzykiem w procesie osiągnięcia przez nie sukcesu rynkowego. Dlatego też istotne wydaje się zidentyfikowanie z kilkunastoletnim horyzontem czasowym technologii, które powinny być brane pod uwagę w rozwoju polskiej elektroenergetyki. W trakcie opracowania takiego katalogu technologii niezbędne jest ściśle współdziałanie ze sobą decydentów, pracowników administracji publicznej, środowisk naukowych, w szczególności związanych z sektorem paliwowo-energetycznym. Doskonałym narzędziem umożliwiającym identyfikację kluczowych technologii przyszłości, a także oceniającym szanse i zagrożenia dla danej technologii oraz identyfikującym działania, które należy podjąć w celu rozwoju danej technologii są badania foresight. Zasadniczym zadaniem tych badań jest między innymi „(...) przewidywanie długoterminowej przyszłości nauki, technologii, gospodarki i społeczeństwa poprzez identyfikację strategicznych obszarów nauki i technologii służących zapewnieniu maksymalnych korzyści gospodarczych i społecznych” [1, 2].

Przegląd badań foresight

W Polsce zrealizowano dotychczas 47 projektów foresight. W dalszej analizie uwzględniono 8 projektów, których głównym celem była identyfikacja technologii na rzecz rozwoju energetyki (tab. 1):

1) Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia

bezpieczeństwa energetycznego kraju – w literaturze określany jako foresight energetyczny.

- 2) Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywania i przetwórstwa węgla brunatnego.
- 3) Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego.
- 4) Zeroemisyjna gospodarka energią w warunkach zrównoważonego rozwoju Polski do 2050 roku,
- 5) Foresight dla energetyki termojądrowej.
- 6) Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego.
- 7) Strategia rozwoju energetyki na Dolnym Śląsku metodami foresightowymi.
- 8) Foresight Technologiczny Przemysłu – InSight 2030.

Tabela 1. Wykaz i horyzont czasowy ośmiu wybranych projektów foresight związanych z sektorem energetycznym [3]

Nr	Wykonawca	Rozpoczęcie czasu trwania	Horyzont zasięgu
1	Główny Instytut Górnictwa	grudzień 2005 30 miesięcy	2030 Polska
2	POLTEGOR-INSTYTUT	czerwiec 2006 24 miesiące	po 2020 r. 4 regiony Polski
3	Główny Instytut Górnictwa	czerwiec 2006 24 miesiące	2020 Polska południowa
4	Główny Instytut Górnictwa	kwiecień 2008 33 miesiące	2050 Polska
5	Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy	grudzień 2008 12 miesięcy	nie podano Polska
6	Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego	kwiecień 2009 24 miesiące	2030 Polska południowa
7	Politechnika Wrocławska	lipiec 2009 25 miesięcy	2020 Dolny Śląsk
8	Konsorcjum	październik 2010 14 miesięcy	2030 Polska

Wszystkie wyżej wymienione projekty zostały już zakończone. Przeciętny czas realizacji badań wyniósł dwa

lata. Najkrótszy projekt trwał ponad rok, najdłuższy niecałe 3 lata (33 miesiące). Horyzont czasowy prowadzonych badań, był zróżnicowany. W wypadku 3 analizowanych projektów horyzont czasowy sięgał roku 2020, w kolejnych trzech przyjęto rok 2030, w jednym projekcie perspektywa czasowa sięgała roku 2050.

Analizując tabelę 1 można zauważyć, że projekty foresightowe związane z sektorem energetycznym najczęściej realizowane były przez Główny Instytut Górnictwa. Wyżej wymieniony instytut naukowo-badawczy był wykonawcą lub współwykonawcą aż 4 spośród 8 projektów.

Narzędzia badawcze wykorzystywane w projektach foresight związanych z sektorem energetycznym

Metody badawcze, wykorzystywane w 8 analizowanych projektach, są charakterystyczne dla projektów foresight i odzwierciedlają zasadę triangulacji metod badawczych. Zastosowane narzędzia badawcze zostały przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Klasyfikacja zastosowanych metod badawczych w wybranych 8 projektach foresight [4]

Klasy, (liczba metod)	Metody należące do poszczególnych klas
konsultatywne	panele eksperckie (4)*, konsultacje eksperckie (4), burza mózgów (4), badania ankietowe (2), wywiady (1)
strategiczne	metoda delficka (7), scenariusze (5), marszrutę rozwoju technologii (2)
diagnostyczne	analiza SWOT (5), PEST i jej modyfikacje (6)
multykryterialne	kluczowe technologie (6), metoda granicznej analizy danych (3)
analityczne	analiza wpływów krzyżowych (4)
symulacyjne	modelowanie i symulacje (2), ekstrapolacja trendów (1)
przeglądowe	przegląd literatury (2), badanie źródeł zastanych (1)
(*) – w nawiasach podano liczbę projektów, w których wykorzystano daną metodę	

W badaniach foresight związanych z sektorem energetycznym zastosowano 17 metod. Wykorzystanie tak bogatego wachlarza metod pozwala wnioskować, że proces badawczy został przeprowadzony w sposób różnorodny i rzetelny a otrzymany w wyniku badań katalog technologii jest pełny. Najliczniejszą grupę – 5 metod – stanowiły metody konsultatywne, polegające na zbieraniu i analizie opinii jak najszerszego grona interesariuszy związanych z sektorem paliwowo-energetycznym. Kolejne 3 metody należały do klasy metod strategicznych, pomocnych w identyfikacji czynników oraz trendów rozwojowych w kontekście innowacji czy też technologii energetycznych. Następne 2 metody stanowiły grupę metod diagnostycznych, za pośrednictwem, których możliwa była analiza i ocena stanu obecnego sektora energetycznego, charakterystyka czynników oraz trendów stymulujących oraz hamujących wpływ na rozwój sektora. Kolejne 2 metody należały do klasy metod multykryterialnych polegających na analitycznej, opartej na niepewności, optymalizacji oraz analizie i selekcji wielu danych dotyczących obecnego stanu sektora energetycznego. Kolejne, stosowane w foresightach energetycznych, metody należały do metod analitycznych oraz symulacyjnych wykorzystujących w swoich obliczeniach wyniki obserwacji statystycznych i ściśle związanych z naukami o prognozowaniu i modelowaniu ekonometrycznym.

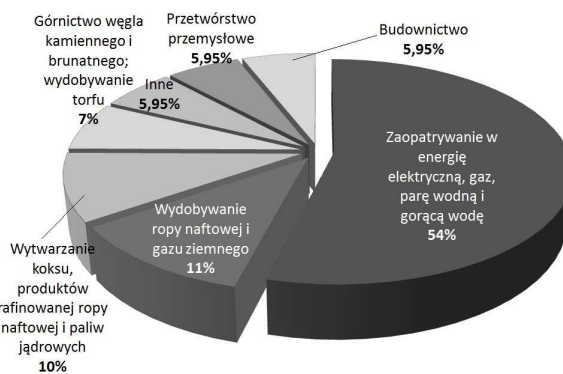
Analizując tabelę 2 można zauważyć, że najczęściej wykorzystywaną w projektach foresightowych metodą jest metoda delficka. Była ona stosowana w 7 projektach.

Jednocześnie jest to metoda, która sprawiała największe trudności realizatorom badań foresight. Do głównych problemów związanych z jej wykorzystaniem w badaniach foresightowych można zaliczyć: niewielkie zaangażowanie ekspertów zewnętrznych do realizacji badania, niską zwrotność ankiet, niewystarczający stan wiedzy na jej temat wśród ekspertów, czasochłonność i pracochłonność, niesatysfakcjonujące zbieżności wyników. Jednak niepodważalną zaletą tej metody jest jej wieloetapowość postępowania, anonimowość ekspertów, dostarczanie informacji zwrotnej, a przede wszystkim niezależność stanowisk ekspertów. Popularną metodą stosowaną w badaniach foresight są również scenariusze oraz kluczowe technologie [5].

Identyfikacja priorytetowych technologii

Wykorzystując wyżej wymienione metody, w ramach przeprowadzonych badań foresight, wyłoniono 185 kluczowych/priorytetowych technologii energetycznych, które będą wykorzystywane w perspektywie 2030 roku. Zidentyfikowane technologie zostały szczegółowo przeanalizowane a następnie dokonano ich klasyfikacji według Europejskiej Statystycznej Klasyfikacji Działalności Gospodarczej – NACE [3]. Na rysunku 1 przedstawiono klasyfikację technologii energetycznych według NACE.

W wyniku klasyfikacji technologii odnotowano, że 100 ze 185 technologii (ponad 54%) związanych jest z zaopatrywaniem w energię elektryczną, gaz, parę wodną i gorącą wodę. Ponad 11% (21 technologii) dotyczy wydobywania ropy naftowej i gazu ziemnego, około 10% (18 technologii) związanych jest z wytwarzaniem koksu, produktów rafinowanej ropy naftowej i paliw jądrowych. Natomiast kolejnych 13 technologii (ponad 7%) dotyczy górnictwa węgla kamiennego i brunatnego; wydobywania torfu. Pozostałe technologie związane są między innymi z przetwórstwem przemysłowym i budownictwem.



Rys.1. Klasyfikacja technologii energetycznych według NACE

Na podkreślenie zasługuje fakt, że z sekcji zaopatrywanie w energię elektryczną ponad 98% technologii wyłonionych w ramach badań foresight związanych było z wytwarzaniem energii elektrycznej. Pozostałe dotyczą przesyłu energii elektrycznej. Zauważono, że zidentyfikowane w ramach badań foresight przyszłościowe technologie wytwarzania energii elektrycznej oparte są przede wszystkim na węglu kamiennym i brunatnym, energii biomasy, gazie ziemnym, energii wiatru, energii wody, a także energii jądrowej.

W dalszej części badań zidentyfikowane przyszłościowe technologie zostały szczegółowo przeanalizowane oraz skonfrontowane z kierunkami zawartymi w strategicznych dla polskiej energetyki dokumentach.

Zestawienie przyszłościowych technologii z kierunkami polityki energetycznej kraju w perspektywie 2030 r.

Wyłonione w ramach badań foresight technologie energetyczne poddano dalszej analizie. Tym razem zestawiono je z kierunkami polityki energetycznej przedstawionymi w dokumencie pt. *Polityka energetyczna Polski do 2030 r.* Zgodnie z tym dokumentem za podstawowe kierunki w perspektywie 2030 roku uznano [6]:

- poprawę efektywności energetycznej – kierunek nr 1,
- wzrost bezpieczeństwa dostaw paliw i energii – kierunek nr 2,
- dywersyfikację struktury wytwarzania energii elektrycznej poprzez wprowadzenie energetyki jądrowej – kierunek nr 3,
- rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii w tym biopaliw – kierunek nr 4,
- rozwój konkurencyjnych rynków paliw i energii – kierunek nr 5,
- ograniczenia oddziaływania energetyki na środowisko – kierunek nr 6.

Tabela 3. Przykładowa macierz priorytetowych technologii energetycznych w perspektywie 2030 roku

Nazwa technologii	Podstawowe kierunki polityki energetycznej					
	Nr 1	Nr 2	Nr 3	Nr 4	Nr 5	Nr 6
Blok parowy na parametry nadkrytyczne opalany węglem brunatnym (np. 250 bar, 600/610 °C)	1	3				2
Zintegrowane układy gazowo-parowe (IGCC, CCS Ready)	1	3				2
Spalanie węgla: oxy-combustion – spalanie i zgazowanie z wykorzystaniem pętli chemicznej	1	3				2
Technologie zapewniające bezpieczeństwo dostaw energii		6				
Pozyskiwanie, produkcja biopaliw i biomasy z nasadzeń celowych				3	1	2
Energia fal morskich (OZE energia wodna)				4		2
Reaktory IV generacji GFR, LFR, VHTR, MSR, SFR, SCWR (energetyka jądrowa)			6			
Kogeneracja do ogrzewania i chłodzenia (wykorzystanie gazu jako paliwa)	1	3				2
...						

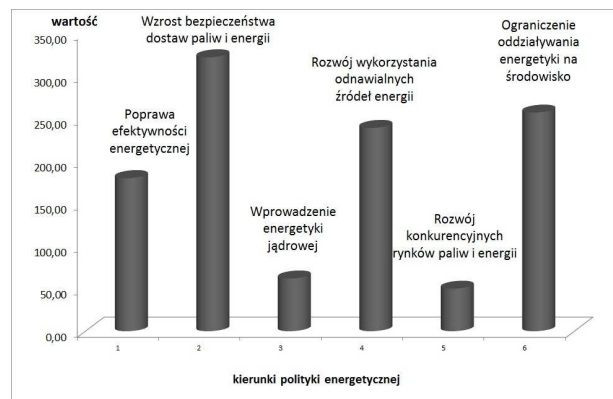
Zidentyfikowane, przyszłościowe technologie badań foresight zostały odniesione do celów polityki energetycznej w poszczególnych obszarach. Należy zauważyć, że wyżej wymienione kierunki polityki energetycznej są w znacznym stopniu współzależne. Przykładowo rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym zastosowanie biopaliw, wykorzystanie czystych technologii węglowych oraz wprowadzenie energetyki jądrowej mają wpływają na ograniczenie oddziaływania energetyki na środowisko, a

tym samym na poprawę efektywności energetycznej. Dlatego też, po dokładnym przeanalizowaniu opisu danej technologii, dokonano oceny zgodności technologii z kierunkami polityki energetycznej kraju w skali od 1 do 6. W sytuacji, jeśli analizowana technologia wpisywała się tylko w jeden kierunek to wówczas kierunkowi przypisywano wartość 6. W ten sposób została utworzona macierz, której wiersze (185) stanowiły poszczególne technologie energetyczne, natomiast kolumny tworzyło sześć kierunków polityki energetycznej kraju. Zatem wartość poszczególnych wierszy informuje o istotności technologii dla rozwoju danego kierunku.

W tabeli 3 przedstawiono przykładową macierz ośmiu, arbitralnie wybranych technologii energetycznych.

Zestawiając technologie z kierunkami można określić znaczenie/ważność kierunków polityki energetycznej. Na rysunku 2 graficznie przedstawiono ważność poszczególnych kierunków polityki energetycznej kraju.

Analizując rysunek 2 można zauważyć, że najistotniejszy dla polskiej energetyki w perspektywie 2030 roku będzie kierunek nr 2 – związany ze wzrostem bezpieczeństwa dostaw paliw i energii. Zasadne wydaje się stwierdzenie, że w perspektywie 2030 roku technologie związane z tym kierunkiem będą rozwijały się najprężniej. Zgodnie z polityką energetyczną Polski do 2030 roku bezpieczeństwo dostaw paliw i energii rozumiane jest, jako „zapewnienie stabilnych dostaw paliw i energii na poziomie gwarantującym zaspokojenie potrzeb krajowych i po akceptowanych przez gospodarkę i społeczeństwo cenach, przy założeniu optymalnego wykorzystania krajowych zasobów surowców energetycznych oraz poprzez dywersyfikację źródeł i kierunków dostaw ropy naftowej, paliw ciekłych i gazowych” [6, 7].



Rys.2. Znaczenie kierunków polityki energetycznej

Najczęściej wyłonione w ramach badań foresightowych technologie, połączone z tym kierunkiem, dotyczyły wytwarzania energii elektrycznej oraz skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. Paliwami strategicznymi dla elektrowni systemowych i elektrociepłowni dużej i średniej mocy w Polsce do 2030 roku będzie przede wszystkim węgiel kamienny i brunatny [6, 7]. Dlatego też zostały zidentyfikowane w ramach badań foresight takie technologie jak: blok parowy na parametry nadkrytyczne opalany węglem brunatnym, blok parowy na parametry nadkrytyczne opalany węglem kamiennym. Technologie te cechuje wysoka efektywność ekonomiczna mierzona najniższymi jednostkowymi kosztami wytwarzania energii elektrycznej [8]. W ramach projektów foresight zostały też wyłonione technologie typu układy gazowo-parowe zintegrowane ze zgazowaniem węgla (IGCC). Technologie te charakteryzują się przede wszystkim

wysoką sprawnością wytwarzania energii elektrycznej oraz ograniczeniem emisji pyłów, SO₂ oraz dwutlenku węgla do środowiska naturalnego. Na dzień dzisiejszy jednostkowe, zdyskontowane koszty wytwarzania energii elektrycznej w tych blokach są o kilkanaście procent wyższe od kosztów wytwarzania energii elektrycznej w blokach na parametry nadkrytyczne [8]. W związku z tym technologie te będą wykorzystywane po roku 2020.

Kolejne wyłonione w ramach badań foresightowych przyszłościowe technologie dotyczą produkcji energii elektrycznej oraz skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła z wykorzystaniem gazu zmiennego. Obecnie technologie nie uzyskały jeszcze pełnej dojrzałości komercyjnej, dlatego też eksperci przewidują ich stosowanie po 2015 roku.

Następnym równie istotnym kierunkiem rozwijającym w perspektywie roku 2030 będzie kierunek nr 6 – dotyczący ograniczenia oddziaływania energetyki na środowisko. W związku z wykorzystaniem w polskiej energetyce przede wszystkim węgla do produkcji energii istotne jest wykorzystanie w przyszłości czystych technologii węglowych [6, 7]. Technologie „czystego spalania węgla” są rozwijane przede wszystkim poprzez: oczyszczanie węgla przed spalaniem (pre-combustion), oczyszczanie spalin (post-combustion), stosowanie szczególnych technologii spalania takich jak spalanie tlenowe (oxyfuel). Usuwanie dwutlenku węgla przed spalaniem polega na przetworzeniu stałego paliwa węglowego, przez zgazowanie węgla w tlenie, na paliwo gazowe, które może być wykorzystywane między innymi do zasilania turbiny gazowej w instalacji IGCC. Z kolei technologie wychwytywania dwutlenku węgla ze strumieni spalin polegają na odseparowaniu CO₂ od innych produktów spalania, takich jak: azot, dwutlenek siarki czy też tlenki azotu. Technologie separacji oparte są między innymi na absorpcji, adsorpcji, separacji kriogenicznej oraz metodzie membranowej. Najczęściej stosowaną metodą do separacji CO₂ jest wymywanie go ze spalin w procesie absorpcji chemicznej. Natomiast spalanie tlenowe polega na wyeliminowaniu azotu przed kotłem i zastąpieniu go cyrkulowanym dwutlenkiem węgla. W wyniku spalania generowany jest gaz składający się z dwutlenku węgla i pary wodnej, co ułatwia jego wychwytywanie i dalsze zagospodarowanie. Przykładowe, przyszłościowe technologie, wyłonione w ramach badań foresight związanych z ograniczeniem oddziaływania energetyki na środowisko to: bloki z kotłem fluidalnym CMB, bloki ze zgazowaniem – air-blown, oxy-combustion – spalanie i zgazowanie z wykorzystaniem pętli chemicznej. Zidentyfikowano również technologie związane z głębokim wzbogacaniem węgla i produkcji czystych koncentratów, wielostadiowym wzbogacaniem węgla połączonymi metodami klasycznymi, fizykochemicznymi i chemicznymi czy też nanokatalizą dla oczyszczania środowiska i produkcji energii.

Natomiast w ramach kierunku nr 4 – rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym biopaliw – będą rozwijały się technologie produkcji energii elektrycznej z rozproszonych surowców odnawialnych. W ramach badań foresight wyłoniono technologie związane między innymi z gospodarką wodorową: hybrydowe procesy cykliczne, fotoredukcja enzymatyczna, cykliczne procesy termochemiczne. Ponadto zidentyfikowano także technologie związane z produkcją energii z biomasy, elektrowni wodnych, elektrowni wiatrowych [9], ciepło gorących skał HDR, sztucznie wspomagane systemy geotermalne EGS, energie magmy, konstrukcje pływające na morzu, wykorzystanie gradientu zasolenia.

Na uwagę zasługuje również fakt, że eksperci w ramach badań foresight wskazywali, jako technologie

przyszłościowe i konieczne do stosowania po 2020 r. technologie jądrowe. Zakłada się, że w Polsce ze względów ekologicznych konieczny będzie udział energetyki jądrowej w produkcji energii elektrycznej. Do najczęściej wskazywanych przez ekspertów technologii należą: blok jądrowy typu PWR, reaktory nowej generacji GFR, LFR, VHTR, MSR, SFR, SCWR.

Wnioski

Reasumując wyniki badań przeprowadzonych w ramach projektów foresight można stwierdzić, że w perspektywie 2030 roku w Polsce będą rozwijały się technologie związane między innymi z redukcją emisji gazów cieplarnianych, poprawą efektywności energetycznej, wytwarzaniem energii z odnawialnych źródeł energii i gospodarką odpadami na rzecz rozwiązań energetycznych.

Wśród perspektywicznych technologii, wyłonionych w ramach bań foresight, znajdują się przede wszystkim technologie związane z niskoemisyjnym wytwarzaniem energii elektrycznej. Po 2015 roku będą rozważane w Polsce technologie związane z blokiem gazowo-parowym opalany gazem ziemnym. Do 2020 roku dojrzałe i wykorzystywane będą technologie związane z blokiem parowym na parametry nadkrytyczne (ultranadkrytyczne). Z kolei po 2020 roku rozwijane będą w Polsce technologie dotyczące bloków gazowo-parowych zintegrowanych ze zgazowaniem węgla (IGCC). Również po 2020 roku rozwijane w Polsce będą technologie związane z ciepłowniczymi blokami gazowo-parowymi zintegrowanymi ze zgazowaniem biomasy. Zakłada się także intensywny rozwój po 2020 roku technologii związanych z energetyką jądrową.

Wykorzystywanie dotychczasowych wyników projektów foresight w obszarze energetyki oraz koordynacja i zestawienie ich z dokumentami strategicznymi dla polskiej energetyki wydaje się być istotne w procesie budowania katalogu perspektywicznych technologii energetyki.

LITERATURA

- [1] Martin B.R., Foresight in science and technology, *Technology Analysis & Strategic Management*, 2 (1995), nr. 7
- [2] Nazarko J., Glińska U., Kononiuk A., Nazarko Ł., Sectoral foresight in Poland: thematic and methodological analysis, *Int. J. Foresight and Innovation Policy*, Vol. 9, No. 1, 2013, 19-38
- [3] Halicka K., Przyszłość polskiej energetyki w świetle badań foresight, *Rynek Energii*, 105 (2012), nr.5, 99-105.
- [4] Magruk A., Metody foresightu w ujęciu typologicznym i klasyfikacyjnym – analiza podejścia tradycyjnego i autorskiego, *Trendy w zarządzaniu: szkoła naukowa zarządzania*, Zaborowski T. *Polska Akademia Nauk. Komisja Nauk Organizacji i Zarządzania*, 2012, 103-124
- [5] Nazarko J., Regionalny foresight gospodarczy. Scenariusze rozwoju innowacyjności mazowieckich przedsiębiorstw, *Związek Pracodawców Warszawy i Mazowsza*, Warszawa 2013
- [6] Ministerstwo Gospodarki. Polityka energetyczna do 2030 roku. Warszawa, Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku, 10 listopada 2009 r; www.mg.gov.pl
- [7] Aktualizacja Prognozy zapotrzebowania na paliwa i energię do roku 2030. Wykonana przez Agencję Rynku Energii SA na zamówienie Ministerstwa Gospodarki, umowa nr IV/140/P/15004/4300/11/DEJ z dnia 06.07.2011 r.
- [8] Zaporowski B., Generation technologies of the future for Polish power system, *Acta Energetica*, 2/11 (2012), 83-87
- [9] Ejdyś J., Broniewicz E., Oddziaływanie elektrowni wiatrowych na klimat akustyczny, *Przegląd Elektrotechniczny*, 88 (2012), nr 3a, 199-202

Autor: dr inż. Katarzyna Halicka. *Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania, ul. O. St. Tarasiuka 2, 16-001 Kleosin, E-mail: k.halicka@pb.edu.pl;*