

Krystyna CZAPLIKA\*, Krzysztof STAŃCZYK\*\*

## Założenia foresightu technologicznego w kompleksie paliwowo-energetycznym w Polsce

**STRESZCZENIE.** W artykule przedstawiono podstawowe pojęcia związane z foresightem technologicznym, metodologię realizacji tego typu projektu oraz jego najbardziej charakterystyczne cechy. Przedstawiono genezę realizacji projektu foresightu energetycznego w Polsce z jego celem i zakresem oraz głównymi wykonawcami. Pokazano kluczowe etapy realizacji projektu, z podziałem na grupy tematyczne budowy poszczególnych scenariuszy rozwoju technologicznego. Przedstawiono zastosowaną w projekcie metodę delficką, konstrukcję kwestionariusza ankietowego z przykładami tez ogólnych oraz tez technologicznych opracowanych przez zespoły eksperckie. W podsumowaniu wyciągnięto wnioski co do zasadności realizacji tego typu projektu w Polsce.

**SŁOWA KLUCZOWE:** foresight, energia, paliwa, technologia

### Wprowadzenie

Polityka ekologiczna i kurczenie się zasobów paliw pierwotnych wymuszają ciągle doskonalenie technologiczne i zmiany w wytwarzaniu energii. Powstaje pytanie: jakie technologie powinny być brane pod uwagę w przyszłym rozwoju gospodarki krajowej? Zagadnienie foresightu energetycznego sprowadza się do oceny, a następnie przedstawienia wizji nowych technologii, niezbędnych do wdrożenia zarówno dla producentów paliw,

\* Prof. dr hab. inż. — Główny Instytut Górnictwa, Katowice; e-mail: k.czaplicka@gig.katowice.pl

\*\* Doc. dr hab. inż. — Główny Instytut Górnictwa, Katowice.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Eugeniusz MOKRZYCKI

producentów energii, jak i gremiów stanowiących o polityce energetycznej i ekologicznej kraju. Zazwyczaj podejmuje się decyzje inwestycyjne w oparciu o znane strategie rozwoju, tworzone na podstawie przyjęcia różnych scenariuszy. Scenariusze te można opracować na podstawie opinii ekspertów dotyczącej prognozy rozwoju poszczególnych technologii wytwarzania paliw i energii.

Foresight to systematyczny, partycypacyjny proces, obejmujący budowanie wizji przyszłości w wymiarze średnio- i długoterminowym. Obejmuje on zespół działań umożliwiających wielowymiarowe oszacowanie przyszłych kierunków rozwoju na podstawie bieżącego stanu nauki, technologii i świadomości społecznej oraz ich wzajemnych powiązań. Metodologię foresightu stosuje się najczęściej jako: źródło diagnoz istotnych problemów społecznych i gospodarczych w różnych horyzontach czasowych oraz jako instrument prognozowania i podejmowania decyzji zarówno przez rząd (programy polityczne), jak i biznes oraz instytucje sfery publicznej (np. plany strategiczne przedsiębiorstw) [1].

Pojęcie foresight w języku angielskim oznacza przewidywanie i nie ma jednowyrazowego polskiego odpowiednika. Można je rozumieć jako spojrzenie lub sięganie w przyszłość, przy czym nie chodzi tylko o prognozę, lecz także o możliwość wpływania na bieg wydarzeń.

Foresight jako proces został zastosowany po raz pierwszy przez Japonię w roku 1970 i upowszechniony na świecie w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, głównie w USA, Holandii, Niemczech, Wielkiej Brytanii, Nowej Zelandii, Szwecji, a także na Węgrzech i w Czechach.

Foresight tworzy język debaty społecznej oraz kulturę budowania społecznej wizji myślenia o przyszłości. W przypadku tego typu projektów, analizy i oceny przeprowadzane są przy szerokim udziale różnych grup: przedsiębiorców, naukowców, przedstawicieli administracji publicznej, organizacji pozarządowych i społecznych, polityków. Wszystkie wymienione grupy mając bezpośredni kontakt z nauką i gospodarką oraz regulacjami jej dotyczącymi, zapewniają poprawny merytorycznie opis problemów oraz wskazują możliwości ich rozwiązania.

## Cel i zakres projektu foresightu energetycznego w Polsce

Projekt, którego realizację rozpoczęto w 2006 roku jest wykonywany na zlecenie Ministerstwa Gospodarki przez konsorcjum instytutów naukowo-badawczych: Główny Instytut Górnictwa, Instytut Energetyki, Instytut Nafty i Gazu, Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Instytut Atomistyki oraz Fundację Progress & Business. Finansowanie projektu pochodzi w połowie ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki, a w połowie ze środków własnych zaangażowanych jednostek naukowo-badawczych. Realizacja projektu wynika z Narodowego Programu Foresight dla Polski. Pełny tytuł projektu brzmi: „Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju”.

Celem projektu jest identyfikacja kluczowych technologii o znaczeniu strategicznym dla rozwoju gospodarki narodowej i bezpieczeństwa energetycznego kraju oraz opracowanie scenariuszy ich rozwoju do roku 2030.

Projekt może stać się stymulatorem rozwoju własnych technologii energetycznych i paliwowych, które pozwolą osiągnąć zamierzone cele, jak również przyczynić się do stworzenia wiedzy pozwalającej zdynamizować innowacyjność gospodarki, a jednocześnie zapewnić długoterminowy, zrównoważony rozwój sektora energetycznego.

Z definicji foresightu wynika również, że podjęcie przedstawionego zadania w dziedzinie energetyki jest próbą poszukiwania innych niż dotychczas metod przewidywania przyszłego modelu zaopatrzenia w energię i identyfikacji kluczowych technologii. Wyniki projektu wykorzystane zostaną do opracowania długoterminowych strategii, prognoz i polityki państwa w zakresie rozwoju sektora paliwowo-energetycznego i zaopatrzenia w energię.

Foresight jako kombinacja intuicji, metod, analiz, trendów rozwoju i wielokrotnych powtórzeń prowadzony jest w kilku etapach.

Kluczowymi etapami projektu są:

1. Analiza rezultatów wcześniejszych studiów delfickich i wyników foresightów energetycznych przeprowadzonych w różnych krajach.
2. Przegląd i analiza aktualnych technologii, rynku, uwarunkowań politycznych i ekonomicznych dotyczących energetyki.
3. Opracowanie kwestionariusza dla zidentyfikowanych obszarów problemowych w oparciu o wyniki wcześniejszych etapów.
4. Przeprowadzenie analizy strukturalnej wpływów na podstawie informacji zawartych w kwestionariuszach.
5. Określenie tez delfickich, czyli czynników determinujących popyt na energię w określonym horyzoncie czasowym.
6. Opracowanie kwestionariusza delfickiego, czyli ankiety internetowej przeznaczonej zarówno dla ekspertów, jak również szerokiego kręgu konsultantów niezwiązanych bezpośrednio z problematyką, przy pomocy którego badane będą opinie na temat sposobu realizacji kolejnych etapów rozwoju technologicznego w sektorze energetycznym.
7. Analiza i ocena ilościowa danych z kwestionariuszy delfickich i budowa scenariuszy (mapy) rozwoju technologii.

Ze względu na obszerny zakres foresightu energetycznego, dokonany został podział na grupy tematyczne budowy następujących scenariuszy:

1. Rozwoju technologicznego wytwarzania energii z węgla kamiennego i brunatnego.
2. Rozwoju technologicznego w przemyśle naftowym i gazowniczym.
3. Rozwoju technologicznego w energetyce jądrowej.
4. Rozwoju technologicznego wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych.
5. Rozwoju energetyki wodorowej.
6. Rozwoju technologii zagospodarowania odpadów stałych z procesów spalania węgla.

W wyniku dotychczasowych prac zespołów eksperckich dokonano podziału kryteriów oceny technologii według czynników społecznych, ekonomicznych, technicznych, środowiskowych i badawczo-rozwojowych.

Technologie podzielono na technologie *schyłkowe*, *przemysłowo dojrzałe*, *prototypowe*, *przyszłościowe*.

Zespoły eksperckie zgodnie z przedstawionym powyżej podziałem tematycznym zaproponowały tezy, jakie w formie kwestionariusza zostały przedstawione do oceny szerokiemu gremium zawodowo zajmującemu się paliwami i energią.

## Metoda delficka — sposób prowadzenia ankietyzacji

Do realizacji procesu foresightu zastosowano metodę polegającą na ankietowaniu delfickim. Metoda ta została rozwinięta w Stanach Zjednoczonych w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku, a obecnie jest szeroko stosowana w świecie. Polega na przeprowadzeniu badań ankietowych w dwóch lub więcej rundach, przy czym w kolejnych rundach wykorzystane są wyniki prac rund poprzedzających a zatem możliwa jest weryfikacja wcześniejszych oszacowań [2]. Ankietę przeprowadza się wśród osób zajmujących się w różnym stopniu daną dziedziną wiedzy. Kwestionariusz ankiety skonstruowany jest tak, aby poprzez pytania odnoszące się do tezy określić kluczowe czynniki wpływające na tezę.

Metodologia zaproponowana w projekcie została uznana za odpowiednią dla potrzeb przeprowadzenia foresightu technologicznego gdyż w podobny sposób prowadzono badania foresightowe w wielu europejskich projektach tego typu [3—6].

W grupach eksperckich sformułowano tezy ogólne dotyczące rozwoju sektora energetycznego, jak i tezy technologiczne dotyczące rozwoju ośmiu wyodrębnionych obszarów tematycznych takich jak:

- ✧ technologie energetyczne oparte na węglu kamiennym i brunatnym,
- ✧ technologie przygotowania węgla dla celów energetyki w aspekcie nowych rozwiązań technologicznych wytwarzania energii,
- ✧ technologie zagospodarowania ubocznych produktów spalania,
- ✧ technologie w przemyśle naftowym i gazowniczym,
- ✧ technologie wytwarzania energii z biomasy i paliw alternatywnych,
- ✧ technologie wykorzystania energii wody, wiatru, wód geotermalnych,
- ✧ technologie energetyki jądrowej,
- ✧ technologie energetyki wodorowej.

Tezy ogólne dotyczą szerokich zagadnień takich jak:

- ✧ siły sprawcze determinujące popyt na energię,
- ✧ struktura produkcji energii pierwotnej,
- ✧ struktura zużycia energii finalnej,
- ✧ energochłonność i elektrochłonność gospodarki,
- ✧ emisja zanieczyszczeń,
- ✧ bezpieczeństwo energetyczne kraju.

Poniżej podano przykładowe tezy ogólne dla wyżej wymienionych zagadnień:

- ✧ Średnie tempo wzrostu PKB (Produktu Krajowego Brutto) Polski będzie utrzymywać się na stałym, stabilnym poziomie i wyniesie 3,5—5% rocznie.
- ✧ Regionalizacja polityki energetycznej sprawi, że w lokalnych źródłach będzie generowane 30% energii.
- ✧ Nastąpi wzrost krajowego zużycia energii finalnej o 40%.
- ✧ Nastąpi spadek zużycia energii w gospodarce krajowej co najmniej o 40% w przeliczeniu na PKB.
- ✧ Sekwestracja CO<sub>2</sub> stanie się prawnym obowiązkiem dla zainstalowanych mocy powyżej 20 MW.
- ✧ Produkcja paliw ciekłych z węgla zaspokoi w 25% krajowe zapotrzebowanie na paliwa silnikowe.

Do tak postawionych tez dołączono pytania uściślające termin realizacji tezy, jej znaczenie oraz warunki konieczne do jej spełnienia:

- ✧ Kiedy nastąpi realizacja założeń treści tezy np. przed rokiem 2010, przed rokiem 2020, pomiędzy 2020—2030, po roku 2030, bądź nigdy?
- ✧ Jaki będzie wpływ realizacji założeń tezy na: wzrost dobrobytu, poziom życia, stan środowiska, bezpieczeństwo energetyczne kraju, wzrost liczby przedsiębiorstw innowacyjnych?
- ✧ Jakie działania należy podjąć, aby założenia tezy się sprawdziły? Na przykład wzmocnić badania podstawowe, wzmocnić badania stosowane, stosować instrumenty fiskalne, regulacje prawne, prowadzić edukacje społeczeństwa, inne

W kwestionariuszu poproszono też ankietowanego o określenie stopnia swych kompetencji odnośnie danej tezy. Na przykład: ekspercki, dobry, przeciętny, brak znajomości.

Podobny schemat ankietowania zastosowano do tez technologicznych. Jednak a przypadku tez technologicznych starano się, aby sformułowania tez pozwoliły na określenie scenariuszy rozwoju poszczególnych technologii poprzez ich uporządkowanie w czasie do roku 2030.

Poniżej przedstawiono przykładowo po kilka tez technologicznych dotyczących poszczególnych obszarów tematycznych.

*Obszar tematyczny — technologie energetyczne oparte na węglu kamiennym i brunatnym:*

- ✧ Wykorzystanie technologii opartych na zgazowaniu węgla IGCC będzie w Polsce komercyjnie osiągalne.
- ✧ Emisja CO<sub>2</sub> wynikająca ze wzrostu sprawności nowych bloków węglowych wynosić będzie 600 kg CO<sub>2</sub>/MW·h w porównaniu z ilością 900 kg CO<sub>2</sub>/MW·h emitowaną obecnie przez bloki węglowe o średniej sprawności 36%.
- ✧ Elektrownie o umiarkowanych (250 bar, 565/565°C) parametrach nadkrytycznych stanowiąc będą 30% węglowych mocy wytwórczych.
- ✧ Sprawność układów gazowo parowych przekroczy 60%.

*Obszar tematyczny — technologie przygotowania węgla dla celów energetyki w aspekcie nowych rozwiązań technologicznych wytwarzania energii:*

- ✧ Nowe techniki i technologie wybierania węgla w systemach szeroko frontowych o krótkich wybiegach znajdą zastosowanie w polskich kopalniach.
- ✧ Bezobsługowe systemy wybierania węgla znajdą zastosowanie w polskich kopalniach.
- ✧ Zastosowanie nowych rozwiązań w technice urabiania pozwoli ograniczyć ilość kamienia do rzędu kilku procent.
- ✧ Zastosowanie zbiorników retencyjnych na dole i na powierzchni pozwoli na poprawę wskaźników wzbogacania o około 50%.
- ✧ Wzrośnie udział w urobku grubych węgli do 50%.

*Obszar tematyczny — technologie zagospodarowania ubocznych produktów spalania:*

- ✧ Jednym z podstawowych kryteriów wyboru technologii ograniczenia emisji gazów (SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) będzie możliwość zagospodarowania ubocznych produktów spalania, powstałych w wyniku zastosowania wybranej technologii.
- ✧ Zmniejszająca się ilość popiołów i żużli ze spalania czystych węgli spowoduje wzrost ich cen na rynku, a także wykorzystanie UPS ze składowisk.
- ✧ Ilość wytwarzanych UPS pozostanie na podobnym poziomie, ponieważ pojawienie się innych paliw energetycznych kompensowane będzie wzrostem zużycia energii elektrycznej.

*Obszar tematyczny — technologie w przemyśle naftowym i gazowniczym:*

- ✧ Do zapewnienia bezpieczeństwa dostaw gazu ziemnego do krajowego systemu gazowniczego zastosowane będą nowe sposoby dywersyfikacji dostaw.
- ✧ Rafinerie ropy zaprzestaną produkcji ciężkich olejów pozostałościowych i będą prowadziły proces zgazowania pozostałości próżniowej.
- ✧ Koszty przesyłu gazu zostaną znacząco zmniejszone w wyniku wdrożenia nowych materiałów i technologii budowy gazociągów umożliwiających przesył gazu pod większym niż obecnie ciśnieniem (powyżej 10 MPa).
- ✧ Ponad 50% alkilatu niezbędnego do wytwarzania benzyn silnikowych nowej formuły otrzymywane będzie metodą alkilacji na złożu stałym katalizatora.

*Obszar tematyczny — technologie wytwarzania energii z biomasy i paliw alternatywnych:*

- ✧ Technologie pozyskiwania energii odnawialnej z biomasy zostaną rozwinięte do poziomu rozwoju uprawniającego powszechne ich stosowanie.
- ✧ Biomasa wytwarzana w Polsce w oparciu o uprawę roślin energetycznych będzie stanowiła co najmniej 75% udziału energii odnawialnej.
- ✧ Technologia spalania i współspalania biomasy w istniejących instalacjach energetycznych będą stanowiły 90% technologii energetycznego wykorzystania biomasy.
- ✧ Udział energii opartej o paliwa alternatywne (odpady) wynosić będzie 2,5% produkcji energii w Polsce.

*Obszar tematyczny — technologie wykorzystania energii wody, wiatru, wód geotermalnych:*

- ✧ Nastąpi 50% wzrost wykorzystania potencjału rzek i potoków do produkcji energii elektrycznej.
- ✧ W Polsce udział siłowni wiatrowych instalowanych na morzu (ang. *offshore*) stanowić będzie 25% całkowitej mocy zainstalowanej w siłowniach wiatrowych (Europejskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej przewiduje, że dla krajów UE udział ten wynosić będzie w 2010 roku około 13%, a w 2020 — 39%).
- ✧ Udział produkcji ciepła z energii geotermalnej w strukturze konsumpcji nośników energii stanowić będzie ponad 5 000 TJ/rok (w roku 2004 instalacje wykorzystujące energię geotermalną wytworzyły około 1 100 TJ energii cieplnej).

*Obszar tematyczny — technologie energetyki jądrowej:*

- ✧ Pierwsza uruchomiona w Polsce elektrownia jądrowa będzie oparta na:
  - ✧ lekkowodnym reaktorze ciśnieniowym trzeciej generacji i wykorzystywana do wytwarzania energii elektrycznej oraz ewentualnie ciepła w skojarzeniu,
  - ✧ lekkowodnym reaktorze wrzącym trzeciej generacji i wykorzystywana do wytwarzania energii elektrycznej oraz ewentualnie ciepła w skojarzeniu,
  - ✧ ciężkowodnym reaktorze typu CANDU trzeciej generacji i wykorzystywana do wytwarzania energii elektrycznej oraz ewentualnie ciepła w skojarzeniu.
- ✧ Pierwsza elektrownia jądrowa zostanie uruchomiona po przekroczeniu rocznego zapotrzebowania brutto na energię elektryczną w wysokości (w roku 2004 zapotrzebowanie wyniosło to 128,5 TW·h, w 2003 — 126 TW·h, w 2002 — 122,1 TW·h):
  - ✧ 180 TW·h,
  - ✧ 200 TW·h,
  - ✧ 220 TW·h,
  - ✧ 240 TW·h,
  - ✧ powyżej 260 TW·h.
- ✧ System elektroenergetyczny Polski umożliwi współpracę z obiektami jądrowymi o mocy
  - ✧ mniejszej niż 800 MW<sub>e</sub>,
  - ✧ pomiędzy 800 a 1000 MW<sub>e</sub>,
  - ✧ pomiędzy 1000 a 1500 MW<sub>e</sub>,
  - ✧ pomiędzy 1500 a 2000 MW<sub>e</sub>.

*Obszar tematyczny: — technologie energetyki wodorowej:*

- ✧ Podstawowym źródłem wodoru stanie się elektroliza wykorzystująca między innymi energię odnawialną (słońce, wiatr).
- ✧ Wysokotemperaturowe reaktory jądrowe staną się podstawowym źródłem ciepła do otrzymywania wodoru metodą cykli termochemicznych i elektrolizy wysokotemperaturowej.
- ✧ Metody biologiczne produkcji wodoru zostaną wykorzystane w specyficznych zastosowaniach w skali komercyjnej.

## Podsumowanie

1. Analiza dotychczasowych prac zagranicznych prowadzonych w obszarze foresightu energetycznego potwierdza potrzebę podjęcia prac w tym obszarze problemowym także w Polsce.

2. Badania metodą *foresightu technologicznego* umożliwiają przewidywanie rozwoju wschodzących technologii, których obecność na rynku energetycznym często nie jest w pełni uwzględniana. Tego typu badania kwestionariuszowe pozwalają także na uwzględnienie wpływu technologii na społeczeństwo i środowisko, a duża liczba ekspertów biorąca udział w badaniach foresightowych wpływa na minimalizację subiektywnego charakteru badania.

3. Działania foresightowe z roku na rok zyskują na znaczeniu choćby z tego względu, że złożoność oddziaływań pomiędzy nauką, technologią i społeczeństwem nieuchronnie wzrasta, a ograniczone źródła funduszy coraz częściej zmuszają decydentów do podejmowania wyboru, co do przedmiotów czy dziedzin finansowania.

4. Do realizacji procesu foresightu zastosowano metodę polegającą na ankietowaniu delfickim, która polega na przeprowadzeniu badań ankietowych w dwóch rundach. Kwestionariusz ankiety skonstruowano tak, aby poprzez pytania odnoszące się do tez określić kluczowe czynniki wpływające na jej treść. W grupach eksperckich sformułowano tezy ogólne dotyczące rozwoju sektora energetycznego w Polsce, jak i tezy technologiczne dotyczące rozwoju ośmiu wyodrębnionych obszarów tematycznych.

5. W ramach projektu autorzy odpowiedzą na pytanie, w jaki sposób czynniki technologiczne oraz społeczno-ekonomiczne wpływają na szybkość i siłę wdrażania strategii innowacyjnych. Zgromadzona wiedza powinna umożliwić zaproponowanie przyszłej struktury polskiego systemu energetycznego i określić niezbędne zadania prowadzące do zapewnienia długoterminowej konkurencyjności systemów energetycznych w Polsce.

## Literatura

- [1] Pilotażowy projekt foresight w polu badawczym „Zdrowie i Życie”. Raport końcowy MNiE. Warszawa 2005.
- [2] OKOŃ-HORODYŃSKA E. — Foresight — wprowadzenie do problemu. Problemy ekologii, vol. 9 nr 6.
- [3] Energy to 2050 Scenarios for a Sustainable Future. International Energy Agency. Paris 2003.
- [4] Eur En Del — Technology and Social Visions for Europe’s Energy Future. Final Report. <http://www.izt.de/pdfs/eurendel/results/eurendel-final.pdf>.
- [5] Energy for tomorrow. Powering the future – Foresight.
- [6] Technology Foresight Ireland Energy Panel. <http://www.forfas.ie/icsti/statements/tforesight/energy/key.htm>



Krystyna CZAPLICKA, Krzysztof STAŃCZYK

## Concept of technological foresight for fuel-energy sector in Poland

### Abstract

In the work a basic terminology and assumptions connected with technological foresight as well as methodology of the project and its characteristic features were presented. The genesis of the technological foresight for fuel-energy sector in Poland, the aim and the scope of the project was described. The institutions participating in the project were presented. The main stages of the project realisation divided into thematic groups for the specific scenarios of technological development were described. The methodology used in the work was discussed with examples of general thesis and technological thesis elaborated by experts groups in eight thematic areas. Also the questionnaire, its construction and assumptions were shown. In the discussion the conclusions as to the value of the results of such project in Poland were drawn.

KEY WORDS: foresight, energy, fuels, technology