

Maciej KALISKI

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Dominik STAŚKO

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, Zakład Gazowniczy, Kraków

## MOŻLIWOŚĆ OKREŚLENIA POZIOMU BEZPIECZEŃSTWA ENERGETYCZNEGO POLSKI NA PODSTAWIE ANALIZY PROGNOZ ENERGETYCZNYCH

**Streszczenie.** Dla zapewnienia właściwego funkcjonowania gospodarki, w tym również bezpieczeństwa energetycznego, państwo winno dysponować długofalową strategią opartą na prognozach rozwoju sytuacji energetycznej. Zgodnie z wymogami prawa energetycznego aktualnym dokumentem mającym odzwierciedlać politykę energetyczną rządu jest „Polityka energetyczna Polski do 2025 roku”. W artykule zestawiono prognozy zapotrzebowania na nośniki energii pierwotnej oraz przedstawiono model oceny bezpieczeństwa energetycznego.

## DETERMINABILITY OF ENERGY SAFETY LEVEL IN POLAND BASED ON ANALYSIS OF FORECASTS

**Summary.** Proper functioning of economy, power safety including, necessitates working out a long-term strategy based on predictions. According to the requirements of the power law, the present energy policy of Poland is represented by “Power Policy of Poland by the year 2025”. The paper consists of prognoses listed against the predicted demand for primary energy carriers. An assessment model of power safety is presented in the paper.

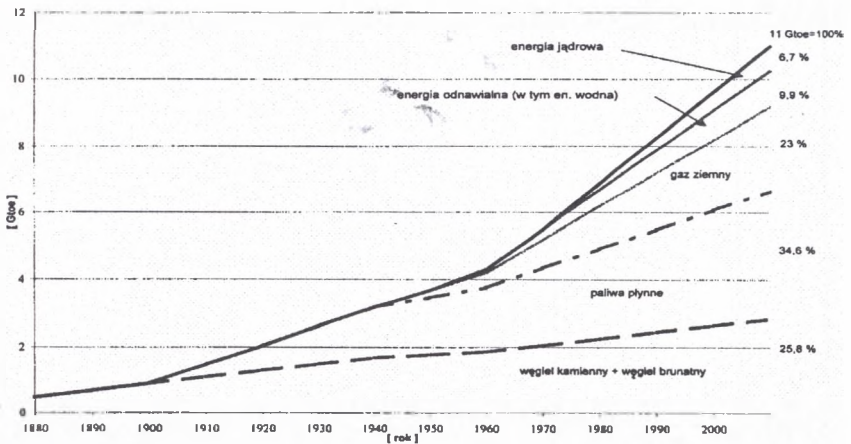
### 1. Wprowadzenie

Bezpieczeństwo energetyczne jest pochodną wielu czynników, w tym wartości pozyskania energii pierwotnej, jej zużycia, a w konsekwencji wartości importu i eksportu nośników energii. Część stosowanych dotąd wskaźników określających bezpieczeństwo energetyczne, takich jak samowystarczalność energetyczna, zależność importowa opiera się na tych wielkościach [8]. Pełna ocena zagadnienia wymaga jednak analizy pozostałych

czynników, często o charakterze niemierzalnym, które jednak w sposób istotny oddziałują na stan bezpieczeństwa energetycznego.

## 2. Sytuacja energetyczna

Wraz z postępem technologicznym, zwiększeniem potrzeby komfortu, z roku na rok zużycie energii rośnie. Wzrost zapotrzebowania cechuje, oprócz zmieniającej się dynamiki również niestały charakter potrzeb energetycznych, co bezpośrednio przekłada się na zużycie poszczególnych nośników energii (rys. 1). Obecnie paliwa kopalne stały się fundamentem rozwoju naszej cywilizacji, decydującym w znacznej mierze o obecnym kształcie globalnej gospodarki. Dominująca pozycja w światowym bilansie paliwowym przypadła ropie naftowej, która została włączona do gospodarczego wykorzystania w energetyce dopiero z początkiem XX wieku. W końcu lat trzydziestych ubiegłego stulecia w bilansie pojawił się gaz ziemny, a w połowie lat czterdziestych zaczęto wykorzystywać na większą skalę energię wodną. Koniec lat sześćdziesiątych i lata siedemdziesiąte to wielki rozkwit energetyki jądrowej. Do dziś mimo zwiększającego się udziału paliw węglowodorowych istotną pozycję zachowały paliwa stałe [10].

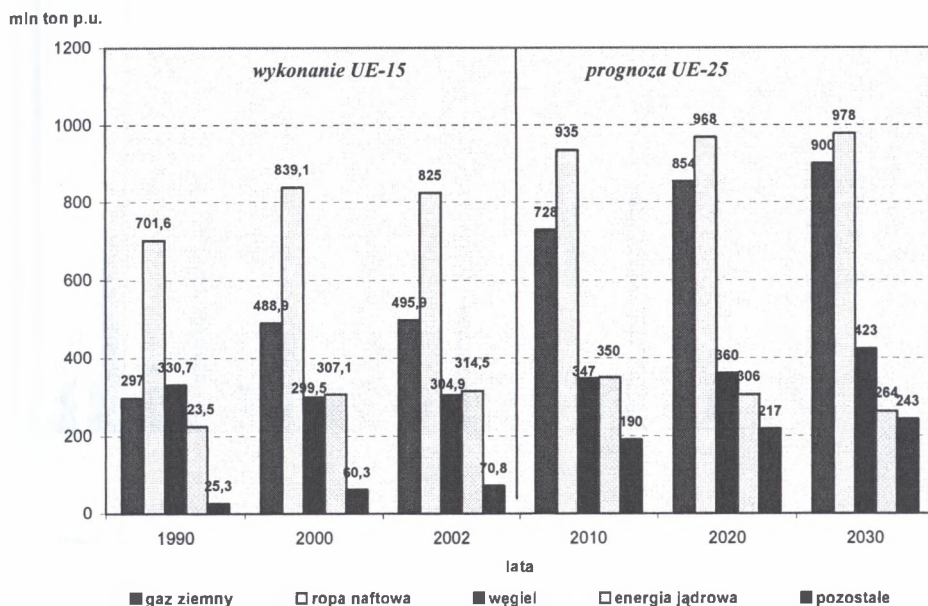


Rys. 1. Rozwój światowej produkcji energii [10]

Fig. 1. Development of world's energy production [10]

Dynamika struktury zużycia energii w przyszłości warunkowana będzie nowymi odkryciami, potrzebami społeczeństw, ich zamożnością oraz rozwojem gospodarek

narodowych. Prognozę wzrostu zapotrzebowania na energię przedstawiono m.in. w dokumencie „European energy and transport trends to 2030” (rys. 2) opublikowanym w 2003 roku przez Dyрекcję Generalną ds. Transportu i Energii (DG TREN). Prognoza ta uwzględnia kształt Unii poakcesyjnej, zawierającej łącznie 25 państw, łącznie określonych skrótem UE-25.

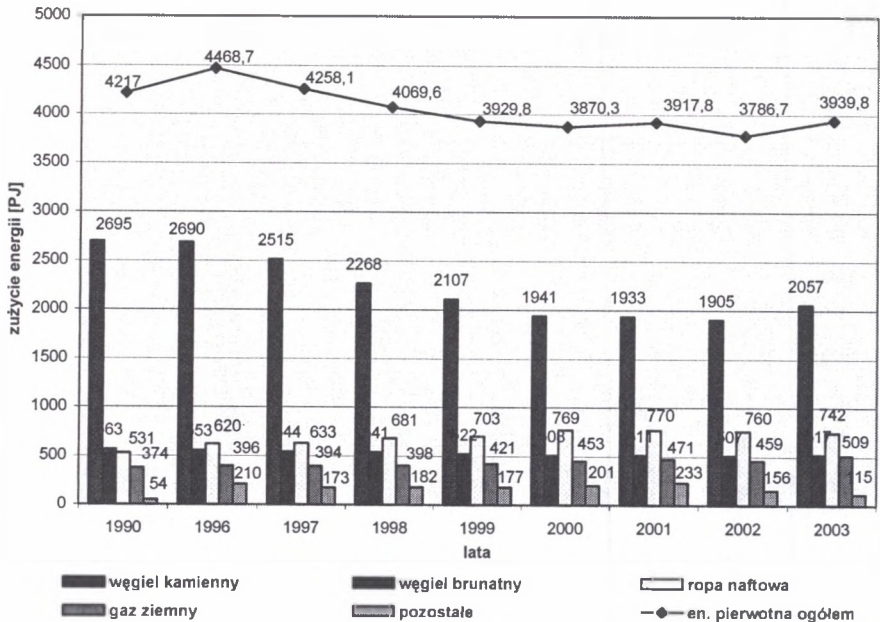


Rys. 2. Wykonanie i prognoza zużycia energii w państwach Unii  
Fig. 2. Performance and forecasts of energy consumption in UE countries

Przedstawiona projekcja zapotrzebowania potwierdza pogląd o nieuniknionym wzroście zużycia energii w następnych 10-leciach. Dla poszczególnych nośników energii ujętych w prognozie DG TREN można natomiast sformułować następujące wnioski:

- ropa naftowa zachowa swoją dominującą pozycję w perspektywie najbliższych 30 lat,
- nastąpi znaczący przyrost zużycia gazu ziemnego, w znacznej mierze determinowany użytkowaniem gazu w procesach produkcji energii elektrycznej,
- udziały węgla, po dekadzie tendencji spadkowych, będą wzrastać,
- energia jądrowa będzie systematycznie zastępowana innymi formami energii,
- energia odnawialna wykazywać będzie przyrosty o malejącej z biegiem czasu dynamice.

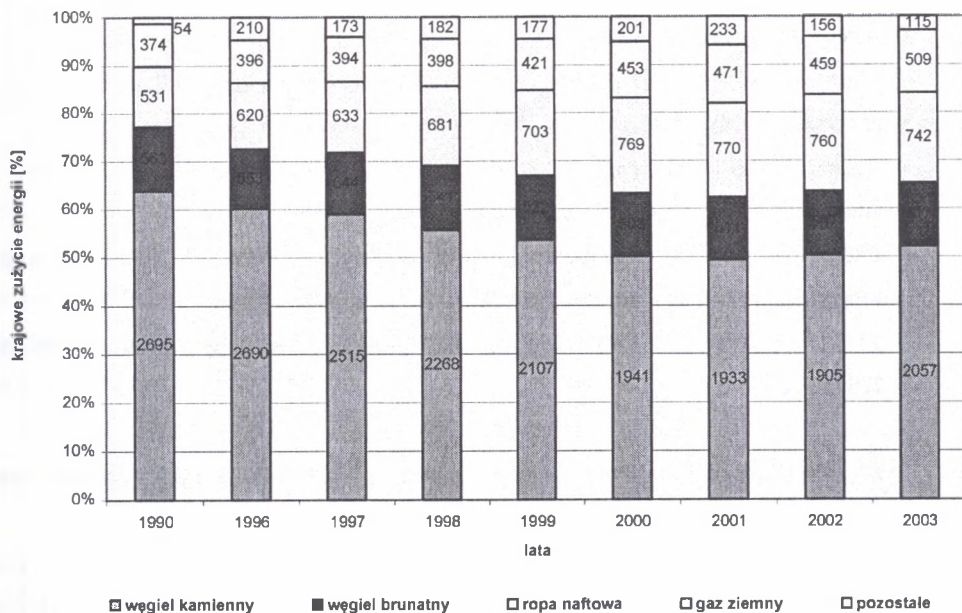
W przeciwieństwie do średniej krajów Unii Europejskiej w Polsce bilans zużycia paliw pierwotnych zdominowany jest przez paliwa stałe. Wynika to głównie ze struktury wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej opartej w znacznej mierze na elektrowniach i elektrociepłowniach węglowych.



Rys. 3. Rozwój zużycia nośników energii w Polsce  
Fig. 3. Development of energy carriers consumption in Poland

Na przestrzeni lat 1990–2003 można zaobserwować widoczne zmiany bilansu (rys. 3; rys. 4) w którym :

- zużycie węgla kamiennego spadło z poziomu 2695,3 PJ (63,9 % zapotrzebowania krajowego) do 2057 PJ (52,2 % zapotrzebowania krajowego),
- zużycie węgla brunatnego spadło z poziomu 53 PJ (13,35 % zapotrzebowania krajowego) do 516,9 PJ (13,12 % zapotrzebowania krajowego),
- zużycie ropy naftowej wzrosło z poziomu 531 PJ (12,6 % zapotrzebowania krajowego) do 742 PJ (18,83 % zapotrzebowania krajowego),
- zużycie gazu ziemnego wzrosło z 374,2 PJ (8,9 % zapotrzebowania krajowego) do 509,4 PJ (12,9 % zapotrzebowania krajowego),
- zużycie pozostałych form energii wzrosło z 53,7 PJ (1,3 % zapotrzebowania krajowego) do 114,8 PJ (2,9 % zapotrzebowania krajowego).



Rys. 4. Charakterystyka struktury zużycia energii w Polsce  
 Fig. 4. Characteristic of energy consumption in Poland

Ponadto dane statystyczne informują o spadku zużycia energii pierwotnej z 4217 PJ w roku 1990 do 3939,8 PJ w roku 2003. Po latach utrzymującej się tendencji spadkowej zużycia energii pierwotnej (1990–2000 r.) w roku 2001 odnotowano niewielki wzrost zużycia, w roku następnym minimalny spadek, w końcu w roku 2003 ponowny wzrost zużycia.

### 3. Prognozy energetyczne

W świetle powyższych danych powstaje pytanie, jak kształtować się będzie bilans paliwowy Polski w następnych latach oraz jaki to może mieć wpływ na poziom bezpieczeństwa energetycznego. Odpowiedź na tak postawione pytanie nie jest prosta i jednoznaczna, z uwagi na naturę istoty prognozowania opartego na pewnych założeniach, a tym samym obciążonego dozą niepewności. Na przestrzeni ostatnich lat powstało wiele

prognoz dotyczących kształtowania się bilansu energetycznego. Najistotniejsze z nich zawarto w dokumentach:

- „Założenia polityki energetycznej Polski do 2010 roku” przyjęte przez Radę Ministrów 17 października 1995 roku,
- „Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku” przyjęte przez Radę Ministrów 22 lutego 2000 roku,
- „Ocena realizacji i korekta założeń polityki energetycznej Polski do 2020 roku” wraz z załącznikami przyjęta przez Radę Ministrów 2 kwietnia 2002 roku,
- „Polityka energetyczna Polski do 2025 roku” przyjęta przez Radę Ministrów 4 stycznia 2005 roku.

Najnowszy dokument „Polityka energetyczna Polski do 2025 roku” zakłada cztery warianty zapotrzebowania na paliwa i energię [13]:

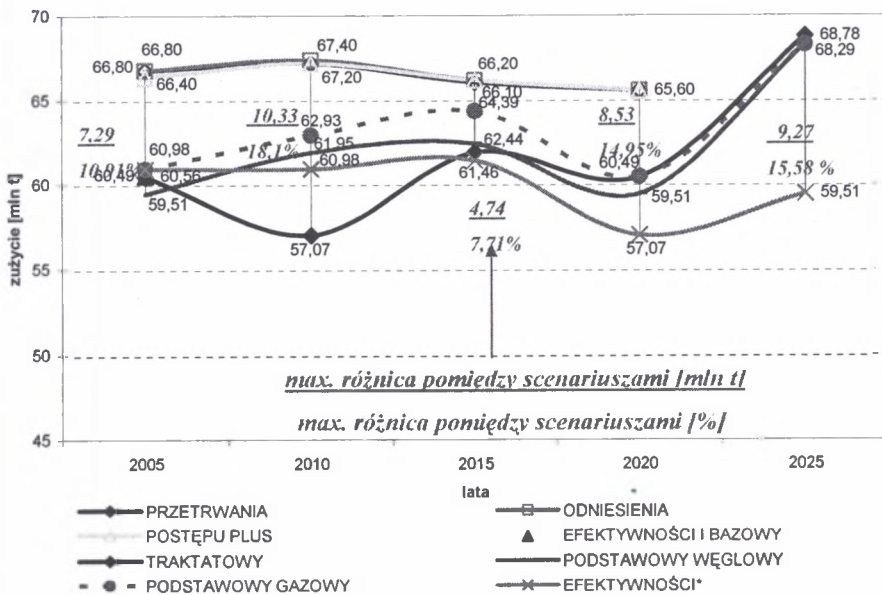
- *Wariant Traktatowy* – uwzględniający postanowienia Traktatu Akcesyjnego, m.in. osiągnięcie wskaźnika 7,5 % zużycia energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w roku 2010 oraz ograniczenie emisji całkowitej z dużych obiektów spalania do wielkości określonych w traktacie.
- *Wariant Podstawowy Węglowy* – przesuający spełnienie wymagań ograniczających emisje z dużych obiektów z roku 2012 na rok 2020.
- *Wariant Podstawowy Gazowy* – zakładający utrzymanie dostaw węgla do elektroenergetyki na obecnym poziomie przy jednoczesnym zwiększeniu udziału gazu w pokryciu dodatkowych potrzeb energetycznych.
- *Wariant Efektywnościowy* – zakładający uzyskanie dodatkowej poprawy efektywności energetycznej w obszarach wytwarzania energii elektrycznej, jej przesyłu i dystrybucji oraz zużycia dzięki aktywnej polityce państwa.

Przedstawione powyżej scenariusze uzależniają popyt na energię m.in. od tempa rozwoju gospodarczego, które to na przestrzeni 20 lat ma wynosić średnio 5,3 %. Istotnym czynnikiem wpływającym na zapotrzebowanie na energię będzie również liczba ludności, która zmniejszy się z 38,1 mln w roku 2005 do 36,6 mln w roku 2025, tj. o około 4 %.

Struktura dokumentu, jak i poziom szczegółowości, co do kształtowania się sytuacji energetycznej w Polsce na przestrzeni następnych 20 lat budzi jednak pewien niedosyt, wynikający chociażby z braku przedstawienia szczegółowych prognoz co do kształtowania

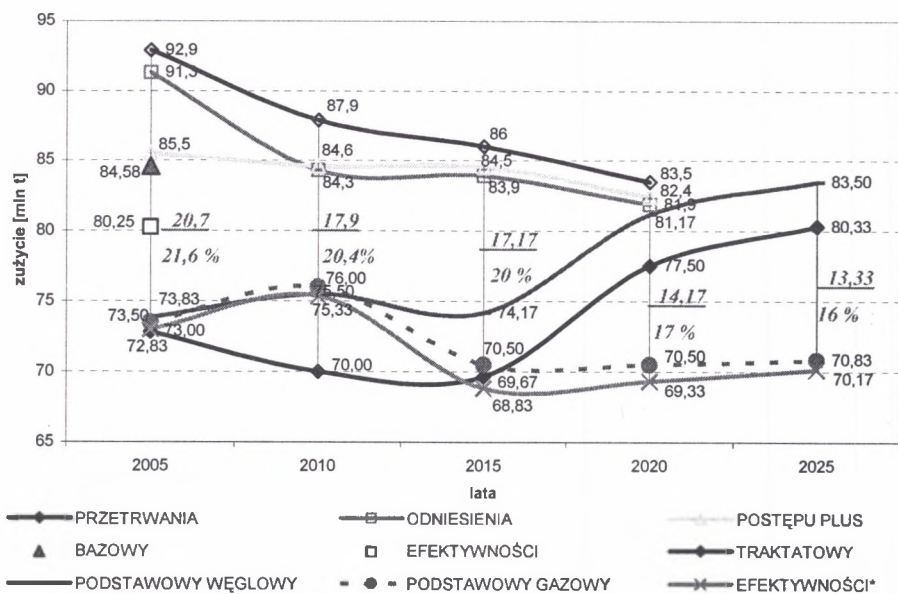
się bilansów energetycznych poszczególnych nośników energii. „Polityka energetyczna Polski do 2025 roku” określa jedynie prognozowany wzrost zużycia energii pierwotnej na poziomie 48–55 %, a energii elektrycznej o 80–93 % w następnych 20 latach.

To, co nie znalazło się w dokumencie oficjalnym, zawierały jednak materiały robocze (z dnia 2 grudnia 2004 r.), na bazie których przedstawiono w dalszej części artykułu projekcje zapotrzebowania na poszczególne nośniki energii [5]. Prognozy te skonfrontowano z wcześniejszymi prognozami (rys. 5 do rys. 10) zawartymi w „Założeniach polityki energetycznej Polski do 2020 roku” (scenariusz przetrwania odniesienia, postępu plus) oraz dokumentem „Ocena realizacji i korekta założeń polityki energetycznej Polski do 2020 roku” (scenariusze bazowy i efektywności).



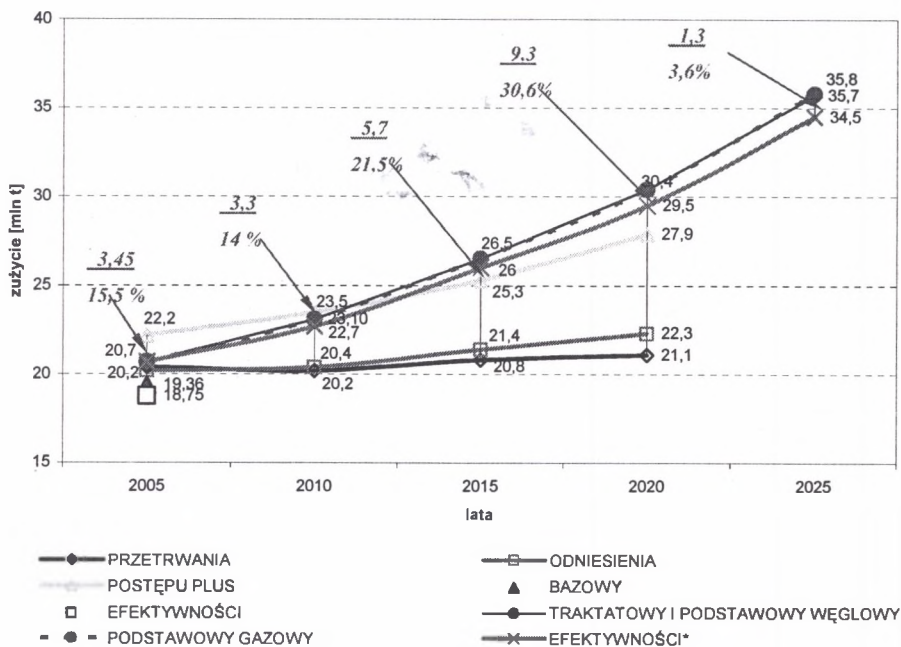
\* scenariusz dotyczy dokumentu „Polityka energetycznej Polski do 2025 roku”

Rys. 5. Porównanie prognoz zużycia węgla brunatnego  
Fig. 5. Comparison of predicted lignite consumptions



Rys. 6. Porównanie prognoz zużycia węgla kamiennego (pozostałe oznaczenia jak w rys. 5.)

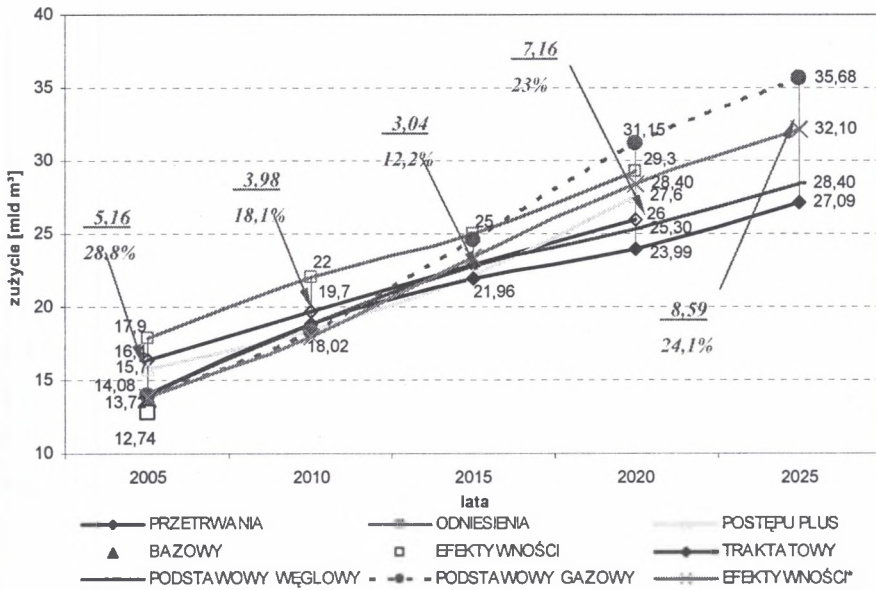
Fig 6. Comparison of predicted coal consumption (the remaining denotations as in Fig. 5)



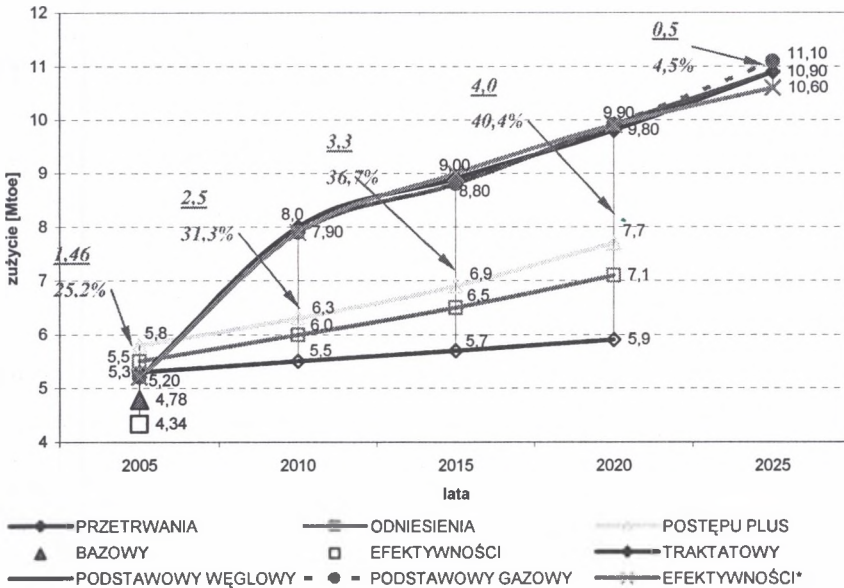
Rys. 7. Porównanie prognoz zużycia ropy naftowej (pozostałe oznaczenia jak w rys. 5.)

Fig. 7. Comparison of predicted oil consumption (the remaining denotations as in Fig. 5)



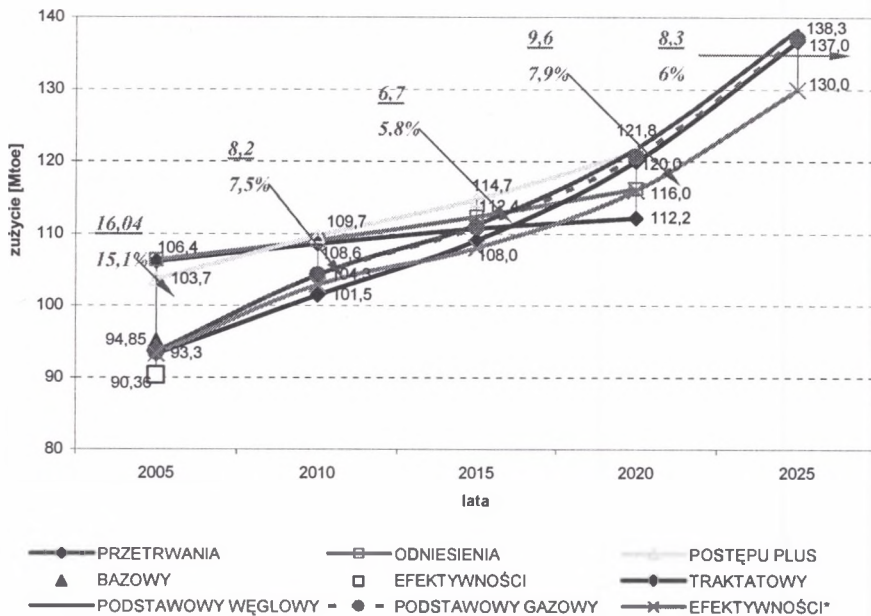


Rys. 8. Porównanie prognoz zużycia gazu ziemnego (pozostałe oznaczenia jak w rys. 5)  
 Fig. 8. Comparison of predicted natural gas consumption (the remaining denotations as in Fig. 5)



Rys. 9. Porównanie prognoz zużycia energii odnawialnej wraz z pozostałymi nośnikami energii (pozostałe oznaczenia jak w rys. 5)

Fig. 9. Comparison of predicted renewable energy consumption against the remaining energy carriers (the remaining denotations as in Fig. 5)



Rys. 10. Porównanie prognoz zużycia energii pierwotnej (pozostałe oznaczenia jak w rys. 5.)

Fig. 10. Comparison of predicted primary energy consumption (the remaining denotations as in Fig. 5)

Przedstawione na rysunkach porównanie prognoz zapotrzebowania na nośniki energii nasuwa następujące wnioski [13]:

w zakresie paliw stałych – zapotrzebowanie na węgiel kamienny i brunatny będzie oscylować wokół aktualnego poziomu zużycia. Widoczna jest dość wyraźna różnica pomiędzy prognozami zawartymi w „Założeniach polityki energetycznej...” a prognozami z roku 2005. Według najnowszej prognozy, zużycie węgla kamiennego zwłaszcza w latach 2005–2015 może być o około 20 % mniejsze niż zakładała poprzednia prognoza (przy założeniu standardowej wartości opałowej 25 GJ/t, tj. 0,6 toe). Wyraźny wzrost zapotrzebowania (dla scenariusza traktatowego i podstawowego węglowego) przewidywany jest na lata 2015–2020. Podobna sytuacja występuje w przypadku węgla brunatnego (wartość opałowa 8,56 GJ/t, tj., 0,205 toe), gdzie jednak wyraźny wzrost zapotrzebowania do około 68 mln ton przewidywany jest po roku 2020.

dla gazu ziemnego – przewidywany jest dynamiczny scenariusz wzrostu zapotrzebowania wynikający z prognozowanego wzrostu jego zużycia do produkcji energii elektrycznej, ma to pozwolić utrzymać wielkości emisji  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  i  $\text{CO}_2$  w dopuszczalnych granicach

określonych traktatem. Przyjmując, iż wydobycie krajowe kształtować się będzie w granicach 5–6 mln m<sup>3</sup> rocznie, import gazu w latach 2005; 2010; 2015; 2020; 2025 wynosił będzie odpowiednio: 9 mld m<sup>3</sup>; 12,5 mld m<sup>3</sup>; 16–8,5 mld m<sup>3</sup>; 18–25 mld m<sup>3</sup> i 21–29,5 mld m<sup>3</sup>.

w *zakresie paliw ciekłych* – widoczny jest znacznie szybszy wzrost potrzeb krajowych niż zakładały to poprzednie prognozy. Wzrost ten wynikać ma z szybkiego rozwoju transportu przy stosunkowo niewielkim postępie w zakresie efektywności energetycznej środków transportu.

w *zakresie energii odnawialnej* – zakłada się, iż w ciągu najbliższych 5 lat energia ze źródeł odnawialnych niemal podwoi swój udział w bilansie energetycznym do poziomu wynikającego z zobowiązań traktatowych. Aby spełnić to założenie, w przeciągu kilku następnych lat należałoby zrealizować olbrzymie inwestycje proekologiczne. Powyższe plany będą jednak wysoce utrudnione z uwagi na ogrom kosztów, jakie należy ponieść w tak krótkim okresie.

w *zakresie energii jądrowej* – wszystkie scenariusze zawarte w „Polityce energetycznej Polski do 2025 roku” zakładają jej wykorzystanie po roku 2020.

w *zakresie energii pierwotnej* – ma dojść do znacznego wzrostu zapotrzebowania, które w zależności od wariantu wynosić będzie w roku 2025 od 130 do 138 Mtoe, wobec nieco ponad 93 Mtoe w roku 2005. Z uwagi na prognozowany spadek liczby ludności, wzrost przyszłych potrzeb energetycznych uwarunkowany będzie w dużej mierze przewidywanym rozwojem gospodarczym.

## 1. Zarys modelu oceny bezpieczeństwa energetycznego

Punktem wyjścia do budowy modelu oceny stanu bezpieczeństwa energetycznego winno być określenie zakresu analizy. Zakres ten warunkowany będzie żadaną przestrzenią analizy, na którą składać się może zarówno stan bezpieczeństwa w wymiarze ogólnokrajowym, bezpieczeństwo zasilania odbiorcy energii, czy też bezpieczeństwo lokalnych systemów energetycznych. Koniecznym jest również określenie wachlarza nośników energii objętych analizą.

Kolejny etap obejmuje zdefiniowanie ram rozwoju sytuacji energetycznej w założonym horyzoncie czasowym. Ramy te wynikać mogą zarówno z sytuacji międzynarodowej

i czynników niezależnych od polityki państwowej, jak i też będą wynikiem świadomego kreowania polityki energetycznej.

Z uwagi na mnogość procesów wpływających na stan bezpieczeństwa energetycznego, etapem wstępnym winna być specyfikacja oraz klasyfikacja możliwych do ustalenia czynników. W tym etapie pojawia się problem odpowiedniego podziału czynników na grupy, czyli dokonania wstępnej selekcji. Te pierwsze czynności mogą być dokonane jedynie w sposób niesformalizowany i a priori.

Przyjęte do analizy czynniki decydujące o poziomie bezpieczeństwa energetycznego należy następnie wyrazić przez zmienne pozwalające w sposób syntetyczny, choć uproszony, określać składowe bezpieczeństwa energetycznego. Uzyskane w ten sposób wartości mogą być opisywane w różnych jednostkach fizycznych, mogą też charakteryzować rzeczywistość w formie jakościowej.

W związku z powyższym w kolejnym etapie należy dokonać określenia charakteru wykorzystywanych zmiennych, które ze swej natury podzielić można na [9]:

Wskaźniki natury ilościowej:

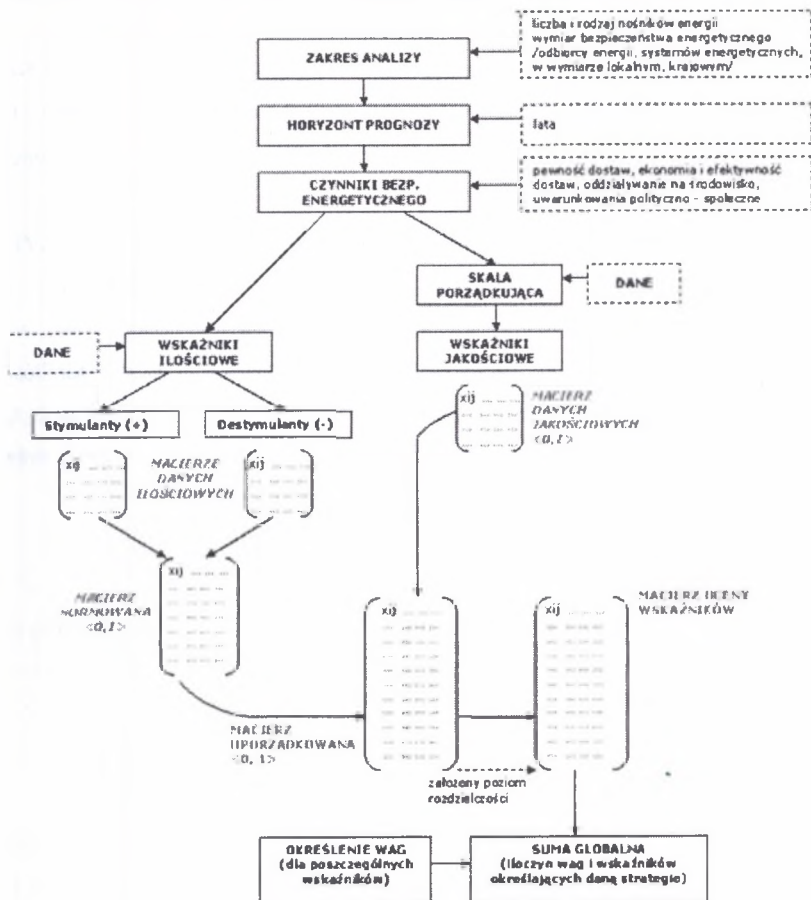
- stymulanty  $\{X_S\}$  – zmienne, których wysokie wartości są pożądane z punktu widzenia ogólnej charakterystyki badanego zjawiska,
- destymulanty  $\{X_D\}$  – zmienne, których wysokie wartości są niepożądane z punktu widzenia ogólnej charakterystyki badanego zjawiska.

Wskaźniki natury jakościowej  $\{X_J\}$  – zmienne w zakresie  $[0, 1]$  określane cechami niemierzalnymi

Wskaźniki natury jakościowej (wymagające tzw. decyzji eksperckiej) określają cechy o charakterze niemierzalnym poprzez ich ilościowe odpowiedniki. Podstawą takiego podejścia jest założenie, iż różnice o charakterze jakościowym są pochodną różnic ilościowych, a więc w konsekwencji cechy jakościowe można wyrazić za pomocą cech ilościowych. Aby tak się stało, należy skonstruować tzw. skalę porządkującą, która umożliwi kwantyfikację dostępnych informacji [9].

Po doborze wskaźników do analizy cechy ilościowe, a więc stymulanty oraz destymulanty, należy poddać normalizacji do przedziału  $[0,1]$  – celem takiego zabiegu jest eliminacja wpływu różnych jednostek miar, którymi charakteryzowane są te współczynniki. Ze względu na odmienny charakter stymulant i destymulant normalizacja wskaźników odbywa się wg oddzielnych procedur. Powstała w ten sposób macierz normalizowana zawiera realizacje liczbowe w zakresie od zera do jedności, gdzie kolumny oznaczają kolejne

scenariusze rozwoju sytuacji energetycznej, zaś wiersze zawierają realizacje liczbowe poszczególnych wskaźników. W przypadku, gdy wartość liczbową danego wskaźnika jest równa we wszystkich scenariuszach, następuje jego naturalna eliminacja, gdyż w takim razie uzyskane oceny cząstkowe nie wywierają wpływu na globalną ocenę.



Rys. 11. Ogólna postać modelu oceny bezpieczeństwa energetycznego  
Fig. 11. General form of the energy safety model

Połączenie macierzy normalizowanej z macierzą danych jakościowych określa zbiór przekształconych danych ilościowych i jakościowych nazwany macierzą uporządkowaną. W celu zapewnienia rozróżnialności ocen poszczególnych strategii uzyskane wartości liczbowe poddaje się kolejnemu przekształceniu polegającemu na podziale wartości zmienności poszczególnych wskaźników na podprzedziały o równej rozpiętości. W zależności od wartości współczynnika w danym scenariuszu następuje zakwalifikowanie go do odpowiedniego podprzedziału. Umożliwia to przy dużej liczbie podprzedziałów (duży

poziom rozdzielczości) uzyskanie istotnej rozróżnialności wyników. Uzyskana w ten sposób macierz nosi nazwę macierzy oceny wskaźników.

Ponieważ wpływ rozpatrywanych wskaźników na zagrożenie bezpieczeństwa energetycznego jest bardzo różny, kolejny etap polega na określeniu wag i przypisanie ich poszczególnym wskaźnikom, przy założeniu sumy wag równej jedności.

Na podstawie sumy iloczynów przypisanych wag i wskaźników dla określonego scenariusza wyznacza się tzw. sumę globalną, która jest wartością liczbową poziomu bezpieczeństwa.

## 2. Przykład analizy bezpieczeństwa energetycznego

### I. Zakres analizy

Bezpieczeństwo energetyczne w wymiarze krajowym. Analiza dotyczy nośników energii pierwotnej: węgla kamiennego, węgla brunatnego, ropy naftowej, gazu ziemnego, energii ze źródeł odnawialnych. Analiza nie obejmuje systemu energii elektrycznej oraz energii jądrowej.

### II. Horyzont prognozy

Rok 2020 prognozy przetrwania, odniesienia, postępu plus („Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku”); traktatowy, podstawowy węglowy, podstawowy gazowy, efektywności („Polityka energetyczna Polski do 2025 roku”).

### III. Przyjęte czynniki bezpieczeństwa energetycznego

Za punkt odniesienia w modelu przyjęto definicje bezpieczeństwa energetycznego zawarte w dokumentach rządowych. Termin „Bezpieczeństwo Energetyczne” wg ustawy Prawo energetyczne definiowane jest jako: „stan gospodarki umożliwiający **pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania** odbiorców na paliwa i energię **w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony**, przy **zachowaniu wymagań ochrony środowiska**”.

W dokumencie „Polityka energetyczna Polski do 2025 roku” definicja bezpieczeństwa energetycznego brzmi „Bezpieczeństwo energetyczne to stan gospodarki umożliwiający **pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania** odbiorców na paliwa i energię, **w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy minimalizacji negatywnego oddziaływania sektora energii na środowisko i warunki życia społeczeństwa**”.

Biorąc za postawę powyższe definicje, wyodrębniono cztery główne aspekty bezpieczeństwa energetycznego:

- pewność dostaw energii,
- ekonomiczność i efektywność dostaw energii,
- minimalizacja negatywnego wpływu na środowisko,
- stabilność sytuacji polityczno-gospodarczej.

Uznano, iż czynnik techniczny przywołany w definicji bezpieczeństwa energetycznego zawarty jest w aspekcie pewności dostaw.

#### IV. *Przyjęta skala porządkowa (dla wskaźników jakościowych)*

W modelu przyjęto, iż cechy jakościowe oceniane będą w przedziale od 0 do 1, gdzie wzrost wartości wskaźnika oznacza wzrost wartości pożądanej:

- 1,0 – stan pełnego bezpieczeństwa energetycznego w danym zakresie (bezpieczeństwo energetyczne zagrożone tylko teoretycznie),
- 0,7 – stan akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa energetycznego (zaburzenie bezpieczeństwa energetycznego możliwe w praktyce, ale tylko sporadycznie i na niewielką skalę),
- 0,5 – stan częściowo akceptowalnego bezpieczeństwa energetycznego (możliwa utrata bezpieczeństwa w danym zakresie), sugerowane działania zmierzające do poprawy stanu
- 0,2 – ograniczone bezpieczeństwo energetyczne,
- 0,0 – brak bezpieczeństwa energetycznego w badanym zakresie.

#### V. *Dobór wskaźników bezpieczeństwa energetycznego (jakościowe oznaczono małą literą)*

Do wyodrębnionych aspektów decydujących o poziomie bezpieczeństwa energetycznego zaliczono współczynniki:

- **pewność dostaw energii** (jakościowe oznaczono małą literą)
  - A.1 zależność importowa
  - A.2 Stirlinga
  - A.3 samowystarczalność energetyczna
  - A.4 R/P (stosunek zasobów przemysłowych do wydobycia)
  - A.5 R/Z (stosunek zasobów przemysłowych do zapotrzebowania)
  - a.6 dyspozycyjność zapasów

- a.7 możliwość zwiększenia zapasów
- a.8 wrażliwość systemu
- a.9 stan techniczno – ekonomiczny sektora
- a.10 lokalizacja źródeł zaopatrzenia
- a.11 dywersyfikacja dostaw n.e.
- **ekonomiczność i efektywność dostaw energii**
  - B.1 efektywność cenowa
  - B.2 efektywność kosztów wewnętrznych
  - b.3 zamożność odbiorców
  - b.4 koszty inwestycyjne
- **minimalizacja negatywnego wpływu na środowisko**
  - C.1 udział energii odnawialnej w bilansie
  - C.2 efektywność kosztów zewnętrznych
  - C.3 emisyjność CO<sub>2</sub>
- **stabilność sytuacji polityczno-gospodarczej**
  - d.1 jakość ustawodawstwa i regulacja systemu
  - d.2 otoczenie polityczne
  - d.3 stabilność gospodarcza

Łącznie 21 wskaźników w tym:

- 10 wskaźników ilościowych w tym
  - 5 destymulant
  - 5 stymulant
- 11 wskaźników jakościowych

**VI. Przyjęte wagi wskaźników**

Wagi poszczególnych wskaźników przyjęto na bazie następujących systemów wagowych:

- *W0* – wagi jednakowe,
- *W1* – wagi wg podziału na aspekty bezpieczeństwa energetycznego (A:  $\beta=0,5$ ; B:  $\beta=0,2$ ; C:  $\beta=0,2$ ; D:  $\beta=0,1$ ), gdzie  $\beta$  oznacza ważność danego aspektu w skali od 0 do 1, zaś wagi poszczególnych wskaźników w ramach danego aspektu wynikają z podzielenia wskaźnika  $\beta$  przez ilość wskaźników cząstkowych,
- *W2* – wagi wg kryteriów ważności wskaźników (od najważniejszych z punktu widzenia



- oceny do najmniej istotnych), 1 – główne  $\beta = 0,65$ ; 2 – uzupełniające  $\beta = 0,3$ ;
- 3 – pozostałe,  $\beta = 0,05$ ;
- $W3$  – wagi wg podziału na czynniki ilościowe ( $\beta = 0,7$ ) i jakościowe ( $\beta = 0,3$ ),
- $W4$  – wagi jednakowe z pominięciem wskaźników jakościowych.

## VII. Wyniki

Na podstawie procedury opisanej powyżej oraz przedstawionych danych otrzymano dane które zawarto w tablicy 1 i 2.

Tablica 1

Porównanie wartości sum globalnych dla poszczególnych scenariuszy dla roku 2020  
(przy założonym systemie wagowym)

scenariusz/system wag.	W0		W1		W2		W3		W4		śred.
	$\beta = \text{con}$ e I, J	poz.	A $\beta=0,5$ B $\beta=0,2$ C $\beta=0,2$ D $\beta=0,1$	poz.	1 $\beta=0,65$ 2 $\beta=0,3$ 3 $\beta=0,05$	poz.	I $\beta=0,7$ J $\beta=0,3$	poz.	$\beta = \text{con}$ e I e J	poz.	
<b>ZPE 2020</b>											
scenariusz przetrwania	4215	7	4167	7	4248	7	4620	4	5261	2	4502
scenariusz odniesienia	4779	5	4795	4	4381	6	4505	6	4383	4	4569
scenariusz postępu plus	6265	2	6247	2	6065	2	5102	2	3956	7	5527
<b>PE 2025</b>											
scenariusz traktatowy	4738	6	4714	5	4973	3	4621	4	4674	3	4744
scenariusz podstawowy węglowy	4913	4	4720	5	4748	4	4519	6	4261	5	4632
scenariusz podstawowy gazowy	5483	3	5292	3	4674	5	4809	3	4222	6	4896
scenariusz efektywności	7638	1	7643	1	4640	1	6921	1	6215	1	6611

Opierając się na prezentowanej metodzie oceny bezpieczeństwa energetycznego i przyjętych założeniach otrzymano sumy globalne oceny bezpieczeństwa energetycznego. Niezależnie od przyjętych wag, na pierwszą pozycję wysuwa się scenariusz efektywności, który z punktu widzenia przyjętych kryteriów w badanym zbiorze cechuje najwyższy poziom bezpieczeństwa energetycznego. Odmienna sytuacja ma miejsce w przypadku scenariuszy przetrwania i odniesienia, dla których wskaźnik oceny jest najmniejszy.

Tablica 2

Zestawienie bilansu energetycznego i sum globalnych dla scenariusza efektywności i przetrwania (rok 2020)

scenariusz	nośnik energii	pozyskanie	import	eksport	zapotrzebowanie	struktura	suma globalna
		[Mtoe]	[Mtoe]	[Mtoe]	[Mtoe]	[%]	
przetrwania	węgiel kamienny	46,4	2,0	0,0	48,4	43,71	4502
	węgiel brunatny	13,8	0,0	0,0	13,8	12,43	
	ropa naftowa	1,4	19,7	0,0	21,1	19,05	
	gaz ziemny	3,0	18,6	0,0	21,6	19,48	
	energia odnawialna	5,9	0,0	0,0	5,9	5,33	
	razem	70,5	40,3	0,0	110,8	100,00	
scenariusz	nośnik energii	pozyskanie	import	eksport	zapotrzebowanie	struktura	suma globalna
efektywności	węgiel kamienny	41,6	0,0	0,0	41,6	35,92	6611
	węgiel brunatny	11,7	0,0	0,0	11,7	10,10	
	ropa naftowa	1,6	27,9	0,0	29,5	25,47	
	gaz ziemny	3,0	20,8	0,0	23,8	20,55	
	energia odnawialna	9,2	0,0	0,0	9,2	7,94	
	razem	67,1	48,7	0,0	115,8	100,00	

W tablicy 2 dokonano zestawienia bilansu energetycznego opisywanego przez dwie sumy globalne dla scenariusza efektywności i przetrwania. W przypadku scenariusza przetrwania, mimo większego udziału paliw krajowych w bilansie, a tym samym większej samowystarczalności, wartość sumy globalnej jest mniejsza. Powodem takiego stanu rzeczy są pozostałe czynniki, również natury jakościowej, które uwzględniono w niniejszej analizie.

## Wnioski

Ocena bezpieczeństwa energetycznego uzależniona jest od liczby i charakteru ocen cząstkowych. Wpływ na nią ma zarówno charakter bilansu energetycznego, jak i wiele czynników często natury jakościowej (niemierzalnych), które jednak przy odpowiednim zaakcentowaniu wagowym odgrywają istotną rolę w całościowej ocenie badanego zagadnienia. Dlatego też dobór wskaźników oceny powinien zostać każdorazowo poprzedzony analizą zakresu badanego bezpieczeństwa energetycznego.

Kompleksowe ujęcie poziomu bezpieczeństwa energetycznego poprzez wyrażenie go jednym sumarycznym wskaźnikiem sprawia, iż nacechowany jest on w pewnym stopniu subiektywizmem, którego jednak nie dałoby się uniknąć rozpatrując poszczególne aspekty bezpieczeństwa energetycznego w wymiarze cząstkowym.

Przedstawiony model cechuje wrażliwość na zmieniające się dane (liczbę, charakter dostępnych do analizy wskaźników) i założenia, przejawia więc pewien dynamizm, dzięki któremu model ten może sprzyjać działaniom optymalizacyjnym. Model nie określa sposobu osiągnięcia danego poziomu bezpieczeństwa energetycznego, określa natomiast kryteria,

którymi można to bezpieczeństwo ocenić. Na bazie takiej oceny można formułować założenia co do kierunków rozwoju sytuacji sektora paliwowego.

## LITERATURA

1. Kaliski M., Staško D.: Natural gas and its significance for energy safety in Poland. *Naukovij Visnik. Nacionalnogo Gorniciego Uniwersytetu, Dnietropietrowsk* 2004.
2. Kaliski M., Staško D.: Rola krajowej infrastruktury paliwowo-surowcowej w kształtowaniu bezpieczeństwa energetycznego Polski. *Wiertnictwo Nafta i Gaz. Rocznik AGH, Kraków* 2003.
3. Kaliski M., Staško D.: Rynek paliwowo-energetyczny w Polsce stan obecny i perspektywy rozwoju. *Wiertnictwo Nafta i Gaz. Rocznik AGH, Kraków* 2002.
4. Kaliski M., Staško D.: Dywersyfikacja dostaw gazu ziemnego do Polski. *Wiertnictwo Nafta i Gaz. Rocznik AGH, Kraków* 2004.
5. Kaliski M., Staško D.: Prognozy energetyczne Polski w perspektywie roku 2025. *Wiertnictwo Nafta i Gaz. Rocznik AGH, Kraków* 2005.
6. Kaliski M., Staško D.: Rola krajowej infrastruktury paliwowo-surowcowej w kształtowaniu bezpieczeństwa energetycznego Polski. *Rurociągi* 2003.
7. Kaliski M., Staško D.: Znaczenie bezpieczeństwa dostaw gazu ziemnego do Polski na początku XXI wieku. *Marketing w gazownictwie. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego i Gazowniczego, Zakopane* 2004.
8. Kaliski M., Staško D.: Analiza wybranych czynników warunkujących bezpieczeństwo energetyczne Polski. *Górnictwo zrównoważonego rozwoju. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice* 2003.
9. Kamrat W.: Metodologia oceny efektywności inwestowania na lokalnym rynku energii. *Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk* 1999.
10. Szlęzak J.: Energetyka ze źródeł odnawialnych szansą na powstrzymanie efektu cieplarnianego. *III Sympozjum Energia 2002 pod redakcją W. Nowaka. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa* 2002.
11. Zięba A., Staško D.: Czynniki ekologiczne w ekonomicznej ocenie gospodarki energetycznej kraju. *Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków* 2001.
12. Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku. *Ministerstwo Gospodarki, Warszawa* 2000.
13. Polityka energetyczna Polski do 2025 roku. *Ministerstwo Gospodarki, Warszawa* 2005.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Krystian Probiez