

Maciej KALISKI\*, Dominik STAŚKO\*\*

## Monitoring bezpieczeństwa energetycznego Polski do roku 2020

STRESZCZENIE. Artykuł w swoim zamierzeniu ma być jedynym z przyczynków do dyskusji nad stworzeniem jednolitej i kompleksowej polityki energetycznej Polski ujmującej w swych ramach również aspekt bezpieczeństwa energetycznego. Fakt, że do dnia dzisiejszego polityka energetyczna ma „wiele twarzy” świadczy z jednej strony o złożoności zagadnienia, z drugiej zaś o braku determinacji ze strony rządzących, aby coś w tym kierunku zmienić. Artykuł w swoim zamierzeniu nie odnosi się jednak do bieżących wydarzeń na krajowym i światowym rynku energii, a jedynie przybliża koncepcje zasad oceny i monitoringu bezpieczeństwa energetycznego. Jest zatem teoretyczną analizą tego czym jest bezpieczeństwo energetyczne i jak to bezpieczeństwo energetyczne można zmierzyć.

SŁOWA KLUCZOWE: bezpieczeństwo energetyczne, monitoring, ocena

### Wprowadzenie

Jednym z podstawowych obowiązków polityki energetycznej Państwa jest zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa energetycznego. Aby wypełnić ten obowiązek Państwo powinno monitorować jego poziom, co nabiera szczególnego znaczenia

---

\* Dr hab. inż., prof. AGH — Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków.

\*\* Dr inż. — Karpacki Operator Systemu Dystrybucyjnego – Oddział Zakład Gazowniczy, Kraków.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Eugeniusz MOKRZYCKI

w konfrontacji z dynamizmem otoczenia politycznego i gospodarczego w jakim się poruszamy.

Na powyższe nakłada się umiejętność oceny poziomu bezpieczeństwa energetycznego, co jak pokazuje rzeczywistość, nie jest sprawą oczywistą. Wielość poświęconych temu tematowi dyskusji i różnorodność wyciąganych na ich podstawie wniosków wydaje się tę prawdę jedynie potwierdzać. O ile w przypadku „przeciętnego zjadacza chleba” dziwić to nie powinno, to jednak ogrom jakże rozbieżnych opinii w ustach decydentów budzić musi zaniepokojenie. Czy jednak słusznie?... czy bezpieczeństwo energetyczne jesteśmy w stanie zmierzyć?..., a jeśli tak to z jakim błędem pomiaru?... i czy pomiar dokonywany przez różne osoby czy instytucje możemy ze sobą porównywać?

Niniejszy artykuł fragmentarycznie stara się odpowiedzieć na tak zadane pytania. Że nie ma tu łatwych pytań i odpowiedzi przekonuje nas tocząca się dyskusja nad bezpieczeństwem energetycznym, czego wyrazistymi przykładami mogą być budowa gazociągu północnego czy też ropociąg Odessa-Brody-Gdańsk. Jednak pomimo różnic w postrzeganiu tego czym jest bezpieczeństwo energetyczne ufamy, iż potrzeba jego monitoringu jest sprawą pozadyskusyjną, choć wymagającą jeszcze szeregu analiz.

## 1. Znaczenie bezpieczeństwa we współczesnym świecie

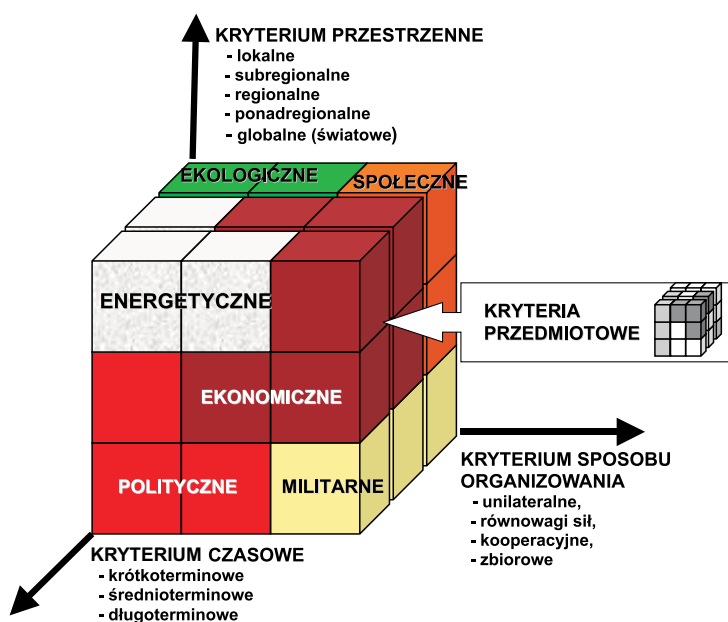
Nauki społeczne traktują bezpieczeństwo jako szeroko pojęte zaspokojenie takich potrzeb jak: istnienie, przetrwanie, niezależność, posiadanie i pewność rozwoju. Bezpieczeństwo posiada zatem charakter przedmiotowy stając się naczelną potrzebą człowieka i społeczeństw, będąc zarazem podstawową potrzebą państw i systemów międzynarodowych [20]. Bezpieczeństwo traktowane jest jako stan wynikający z określonej sytuacji (społecznej, gospodarczej, politycznej, militarnej środowiskowej itp.), w której sprzeczności wewnętrzne i zewnętrzne nie prowadzą do wystąpienia zjawisk kryzysowych i konfliktów [16]. W ścisłym związku z powyższym rozpatrywane są zatem zagrożenia, co oznacza, iż brak zagrożenia jest ważną oznaką bezpieczeństwa. W ten sposób rozumiane bezpieczeństwo umożliwia radzenie sobie z zagrożeniami przez bezpośrednie przeciwdziałanie lub przez rozwiązania ograniczające skalę zmaterializowanych zagrożeń. O ile w teorii sprawa ta wydaje się dość prosta, to realia życia w skuteczny sposób ją komplikują. Wpływ na to ma zarówno gwałtowny postęp techniczny, jak i procesy globalizacji, które w istotny sposób utrudniają identyfikację wszystkich zagrożeń i ich znaczenie, komplikując tym samym proces oceny.

Wszystko to sprawia, iż postrzeganie bezpieczeństwa ulega w dalszym ciągu istotnej przemianie, [20] samo pojęcie zaś często używane jest w najrozmaitszych sytuacjach i kontekstach. O ile w latach powojennych pojęcie bezpieczeństwa obejmowało przede wszystkim sferę bezpieczeństwa militarnego, dziś na skutek zmian w globalnym układzie sił (koniec zimnej wojny, następujące procesy odprężenia) czynniki militarne zaczęły tracić na znaczeniu na rzecz czynników pozamilitarnych [17]. Szczególnego znaczenia wśród tych czynników nabierają elementy związane z gospodarką i szeroko pojętą ekonomią.

Trwające od lat dyskusje doprowadziły jednak nie tylko do przetransformowania pojęcia bezpieczeństwa oraz znacznego poszerzenia sfery jego stosowania, ale także do nowego

potraktowania bezpieczeństwa pojmowanego jako brak określonego zagrożenia, a również jako możliwości rozwoju [18]. Bezpieczeństwo coraz częściej traktowane jest jako podstawowy i konieczny warunek dobrze pojętego rozwoju, i to zarówno w wymiarze jednostkowym, jak i narodowym. Dlatego też w kwestii bezpieczeństwa uwzględnia się również procesy pozornie odległe od tego pojęcia, jak rozwój gospodarczy, postęp techniczny i naukowy itp [19].

W szerokim wymiarze bezpieczeństwo poddawane jest analizie i opisywane w ramach różnorodnych typologii określanych w poszczególnych płaszczyznach i sferach życia ludzkiego, ekonomii, ochrony środowiska itp. [9]. Wszystkie te aspekty wzajemnie się dopełniają i w pewnym stopniu warunkują. Wśród typologii bezpieczeństwa, bezpieczeństwo energetyczne stanowi pewien składnik przedmiotowy ogólnie pojmowanego bezpieczeństwa określonego dodatkowo w wymiarze przestrzennym, czasowym oraz sposobu organizowania (rys. 1).



Rys. 1. Podział bezpieczeństwa według podstawowych kryteriów [2]

Fig. 1. Division of energy safety according to basic criteria [2]

## 2. Definicje bezpieczeństwa energetycznego

Kryzysy ekonomiczne, w tym m.in. energetyczne lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku sprawiły, iż dziś coraz częściej pojawiającym się przymiotnikiem do wyrazu bezpieczeństwo jest słowo energetyczne. Wynika to ze szczególnego znaczenia surowców energetycznych we współczesnym świecie, stanowiących siłę napędową gospodarek i w znacznej mierze decydujących o egzystencji narodów [2].

W warunkach polskich pojęcie bezpieczeństwa energetycznego definiowano wielokrotnie. Literatura podaje przynajmniej kilka definicji, co przy złożoności samego pojęcia istotnie utrudnia proces oceny, budząc przy tym szereg pytań i kontrowersji. Poniżej zestawiono definicje bezpieczeństwa energetycznego wraz z najistotniejszymi komentarzami.

„Założenia polityki energetycznej Polski do 2010 roku” definiowały bezpieczeństwo energetyczne jako [13]:

- ✧ „*Bezpieczeństwo dostaw energii, czyli zapewnienie warunków umożliwiających pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania gospodarki i społeczeństwa na energię odpowiedniego rodzaju i wymaganej jakości*”;
- ✧ „*Uzasadnione społecznie ceny energii, czyli ustanowienie takiej polityki cen energii, w której wynikałyby one z konkurencyjnych mechanizmów rynkowych lub z regulacji przez niezależny organ państwowy w celu zapewnienia równowagi interesów odbiorców i dostawców energii*”;
- ✧ „*Minimalne szkody dla środowiska, czyli przestrzeganie zasad ekorozwoju*”.

Dokument „Założenia Polityki energetycznej Polski do 2020 roku” (przyjęty przez Radę Ministrów) podobnie jak art. 3. pkt 16 ustawy Prawo energetyczne (z dnia 10 kwietnia 1997 roku Dz. U. z 2003 r., nr 153, poz. 1504 ze zm.) definiuje bezpieczeństwo energetyczne jako [11]: „*stan gospodarki umożliwiający pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska*”.

Dokument „Polityka energetyczna Polski do 2025 roku” (przyjęty przez Radę Ministrów 4 stycznia 2005 r.), poszerzył powyższą definicję o aspekt społeczny, tzn. bezpieczeństwo energetyczne to [10]: „*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*”.

Według Strategii bezpieczeństwa narodowego RP z dnia 22 lipca 2003 roku [12] bezpieczeństwo energetyczne wymaga „... *prowadzenia takiej polityki importu nośników energii, która zmniejszy strukturalne uzależnienie zewnętrzne naszego kraju, umożliwi dywersyfikację struktury i kierunków importu, zagwarantuje rzetelność dostaw oraz korzystne ceny i klauzule zawieranych kontraktów. Niezbędne jest przy tym przestrzeganie standardów i wymogów stawianych przez UE i NATO, m.in. odnośnie do budowy rezerw strategicznych ropy naftowej i zbiorników gazu ziemnego. Dla bezpieczeństwa energetycznego państwa ważny jest również stan krajowej infrastruktury, w tym stan techniczny i sprawność obiektów oraz systemów transportu, przesyłu i dystrybucji paliw i energii oraz stan zapasów*”.

Według definicji sformalizowanej przez prof. W. Bojarskiego bezpieczeństwo energetyczne to [1]:

- ✧ „*Bezpieczeństwo energetyczne odbiorcy (użytkownika energii) – stopień pewności dostępu przez niego do potrzebnych mu form energii w potrzebnym czasie i w potrzebnej ilości, przy dostępnej dla niego cenie*”.
- ✧ *Bezpieczeństwo zaopatrzenia energetycznego – stopień pewności, iż dany system energetyczny (system zaopatrzenia):*

- ❖ *pokryje pełne, przewidywane zapotrzebowanie energetyczne wszystkich odbiorców, po społecznie akceptowalnych cenach – w normalnych warunkach eksploatacji, przy zachowaniu ciągłości dostaw i wymaganych parametrów jakościowych oraz spełnieniu warunków ochrony środowiska,*
- ❖ *pokryje zadawalająco określone, niepełne zapotrzebowanie energetyczne przy pogorszonych parametrach jakościowych – w różnych możliwych sytuacjach kryzysowych, katastrofalnych, żywiołowych itp. ”.*
- ❖ *„Bezpieczeństwo energetyczne państwa (regionu) obejmuje zarówno bezpieczeństwo energetyczne odbiorców jak i zagadnienia bezpieczeństwa zaopatrzenia energetycznego. Bezpieczeństwo to ponadto można rozpatrywać jako:*
  - ❖ *bezpieczeństwo krótkookresowe (operacyjne) aktualne w czasie bieżącym,*
  - ❖ *bezpieczeństwo sezonowe (taktyczne), planowane i przewidywane na określony sezon,*
  - ❖ *bezpieczeństwo średniookresowe, planowane i przewidywane na najbliższe kilka lat,*
  - ❖ *bezpieczeństwo długookresowe (strategiczne) planowane i przewidywane na dalsze lata”.*

Przedstawione definicje, jakkolwiek bardzo podobne w treści, wykazują jednakże pewne różnicowanie polegające na stopniu szczegółowości i podejścia do zagadnienia. Na różnice w definicji nakładają się dodatkowo różnice w podejściu do bezpieczeństwa energetycznego w cytujących je dokumentach. W dokumencie „Założenia Polityki energetycznej Polski do 2020 roku” odpowiedzialność za bezpieczeństwo energetyczne przypisuje się przede wszystkim ministrowi właściwemu do spraw gospodarki (zgodnie z art. 12 ust. 2 Prawa energetycznego minister ten przygotowuje, w porozumieniu z innymi właściwymi ministrami, założenia polityki energetycznej oraz kontroluje ich realizację). Kolejny dokument, tj. „Polityka energetyczna Polski do 2025 roku”, mimo niemal identycznej definicji (poszerzonej jedynie o aspekt społeczny) dzieli odpowiedzialność za bezpieczeństwo energetyczne uzależniając go od perspektywy czasowej, tj. krótkoterminowej, średnioterminowej, długoterminowej (tab. 1) oraz wymiaru lokalnego, regionalnego, krajowego i europejskiego (tab. 2). Nowa doktryna bezpieczeństwa energetycznego zawarta w tym dokumencie główny nacisk kładzie na rozwój rynku, uznając go za najistotniejszy gwarant bezpieczeństwa energetycznego. Bezpieczeństwo energetyczne rozpatrywane jest na kilku poziomach decyzyjnych. Na poziomie strategicznym (Państwo), operacyjnym (operatorzy sieci, inwestorzy) oraz handlowym (odbiorcy).

W świetle powyższego dokumentu za bezpieczeństwo energetyczne odpowiedzialne są: administracja rządowa, samorządowa i operatorzy systemów sieciowych oraz sami odbiorcy energii [10]. Tak przedstawiona struktura odpowiedzialności za bezpieczeństwo energetyczne z punktu widzenia teoretycznych rozważań jest ideą słuszną, gdyż w dobie występujących zagrożeń odpowiedzialność nie może być skupiona na jednym podmiocie. Dlatego też w kwestii bezpieczeństwa energetycznego uwzględniającego przedstawiony podział konieczne jest ściśle i przejrzyste określenie kto i w jakim zakresie jest odpowiedzialny za bezpieczeństwo energetyczne. Wydaje się, iż jedyną możliwością ustalenia standardów odpowiedzialności za poszczególne czynniki bezpieczeństwa energetycznego są ustalenia prawne oraz rzetelna kontrola ich przestrzegania. Tylko jasny i przejrzysty podział kompetencji i odpowiedzialności przyczynić się może do poprawy stanu bezpieczeństwa energetycznego. Aby tak się stało winny istnieć jednak mechanizmy wymuszające realizację

TABELA 1. Podział odpowiedzialności za bezpieczeństwa energetyczne – aspekt czasowy

TABLE 1. Division of responsibility for energy safety – time aspect

Bezpieczeństwo Odpowiedzialność	Krótkoterminowe [techniczne]	Średnioterminowe [zgodne z istniejącymi zdolnościami podażowymi]	Długoterminowe [inwestycyjne]
Państwo	•••		•
Operatorzy	•••	••	••
Odbiorcy	•	•••	
Inwestorzy			•••

Źródło: opracowanie własne na podstawie [10]

TABELA 2. Podział odpowiedzialności za bezpieczeństwa energetyczne – aspekt obszarowy

TABLE 2. Division of responsibility for energy safety – space aspect

Bezpieczeństwo Odpowiedzialność	Lokalne	Regionalne	Krajowe	Europejskie
Administracja rządowa	•	•	••	••
Administracja samorządowa	•••	••		
Operatorzy	•••	•••	•••	•••
Odbiorcy	•••	•		
Inwestorzy	•	•	••	••

Źródło: opracowanie własne na podstawie [10]

określonych zadań. W przeciwnym zaś razie odpowiedzialność za bezpieczeństwo energetyczne rozmyje się pomiędzy różnymi uczestnikami rynku prowadząc w efekcie do sytuacji, w której nikt za to bezpieczeństwo nie będzie odpowiadał.

Z kolei profesor Bojarski zwraca uwagę na nieprecyzyjność określeń zawartych w wymienionych dokumentach rządowych. Zapis „...w sposób ekonomicznie uzasadniony” budzi pytanie o podmiot ekonomiki dostaw, którym zarówno może być odbiorca, jak i przedsiębiorstwo energetyczne. W praktyce spełnienie postulatów „zapewnienie dostawcy cen ekonomicznie uzasadnionych” lub „w sposób opłacalny dla dostawcy” neguje w istotny sposób reguły konkurencyjnego rynku.

Kolejny zapis budzący wątpliwości dotyczy dostaw energii „...przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska”. Zapis ten, jakkolwiek słuszny w „normalnych” warunkach zasilania, traci na znaczeniu w przypadku klęsk żywiołowych czy sytuacji awaryjnych. W takim przypadku zachowanie wymagań ochrony środowiska ma znaczenie drugorzędne w stosunku do możliwych nieszczęść i strat odbiorców i życia publicznego [1]. Profesor zwraca również uwagę, iż w przypadku braku zasilania sprawą drugorzędną dla odbiorcy

staje się odpowiedź na pytanie, czy przyczyna tego stanu leży poza granicami kraju, czy też jest ona wynikiem zaniedbań w działaniach pozostających w zakresie kompetencji jego gminy bądź przedsiębiorstwa dostarczającego mu energię. Kluczowym zagadnieniem staje się wtedy czas przywrócenia zasilania oraz koszty związane z jego brakiem (utrata korzyści z tytułu przerwy w dostawach energii). Dlatego też z punktu widzenia mechanizmów rynkowych bezpieczeństwo energetyczne utożsamiać można z usługą będącą gwarancją ciągłości dostaw energii dla odbiorców na ustalonym poziomie, co może być realizowane na bazie stosownej umowy handlowej [1].

Niezależnie od powyższego należy również zwrócić uwagę, iż odnoszenie bezpieczeństwa energetycznego jedynie do „stanu gospodarki” jest znaczącym uogólnieniem. Wynika to z faktu oddziaływania szeregu czynników, które determinując poziom bezpieczeństwa energetycznego wykraczają daleko poza obszar funkcjonowania gospodarki. Tak, więc „bezpieczeństwo energetyczne” nie jest jedynie cechą „stanu gospodarki”, ale także wypadkową czynników pozagospodarczych [2].

### 3. Kryteria cząstkowe oceny bezpieczeństwa energetycznego

Zdefiniowanie bezpieczeństwa energetycznego jest o tyle trudne, że w zależności od sytuacji, samo bezpieczeństwo definiujemy najczęściej w konfrontacji z różnymi typami zagrożeń. Zagrożenia te mogą wynikać z sytuacji politycznej, gospodarczej, mogą również mieć swoje źródło w bliżej nieokreślonym miejscu. Natura zagrożeń bezpieczeństwa energetycznego może posiadać różnorodny charakter i intensywność. Zagrożenia mogą powstać przypadkowo bądź w wyniku celowego działania państw, organizacji czy grup terrorystycznych, mogą też być efektem zmian w środowisku gospodarczym, politycznym itp.

Bezpieczeństwo energetyczne w ujęciu przedstawionym powyżej jest złożoną kategorią, w której można wyróżnić bezpieczeństwa cząstkowe (tab. 3). Stanowią one wyznaczniki bezpieczeństwa energetycznego rozpatrywanego zwykle w jednym wymiarze, np. technicznym (wskaźnik awaryjności) czy ekonomicznym (koszty pozyskania energii). Ujęcie takie, jakkolwiek niepozbawione wad stanowi podstawę zdefiniowania rodzaju zagrożeń jakich można oczekiwać w aktualnych warunkach gospodarczych (ekonomicznych) i politycznych.

Należy jednocześnie podkreślić, iż przedstawione wskaźniki stanowią zaledwie część formuł przydatnych do oceny bezpieczeństwa energetycznego i celowe wydaje się dalsze konstruowanie wskaźników, które w możliwie optymalny sposób odzwierciedlałyby stan gospodarki paliwowo-energetycznej i wynikający z niego poziom bezpieczeństwa energetycznego [6].

TABELA 3. Wskaźniki oceny cząstkowej [2, 3, 14]

TABLE 3. Partial evaluation indicators [2, 3, 14]

Nazwa wskaźnika	Formuła	Opis	Jedn.	Wartość żądana
<b>Wskaźnik(i) dywersyfikacji</b>				
Stirlinga (1)	$W_{ST} = - \sum_{j=1}^m u_j \ln u_j$	$u_j$ – udział $j$ -ego nośnika $m$ – liczba nośników energii	–	możliwie duża
<b>Wskaźnik(i) zasobności własnej bazy surowcowej</b>				
Żywotności zasobów (2)	$W_{ZZ} = \frac{R_j}{P_j}$	$R_j$ – zasoby danego paliwa w kraju $P_j$ – wydobycie paliwa w danym roku	lata	możliwie duża
Samowystarczalność energetyczna (3)	$W_{SE} = \frac{P \cdot 100}{Z_K}$	$P$ – wydobycie paliwa w danym roku $Z_K$ – krajowe zużycie globalne równe sumie ilości dostarczonych na rynek krajowy poszczególnych paliw pomniejszone o saldo zapasów krajowych	%	możliwie duża
<b>Wskaźnik(i) uzależnienia importowo-eksportowego</b>				
Zależność importowa (4)	$W_{ZI} = \frac{I_j - E_j}{Z_{Kj}}$	$Z_{Kj}$ – zużycie globalne $j$ -ego nośnika $I_j$ – import $j$ -ego nośnika	%	możliwie mała
Zależność eksportowa (5)	$W_{ZE} = \frac{E_j - I_j}{Z_{Kj}}$	$E_j$ – eksport $j$ -ego nośnika		możliwie duża
<b>Wskaźnik(i) charakteryzujące zapasy paliw</b>				
Zapasów (6)	$W_{ZA} = \frac{M_j}{Z_j} \cdot 365$	$M_j$ – stan zapasów $j$ -tego nośnika energii na końcu okresu obliczeniowego $Z_j$ – zużycie $j$ -tego nośnika w ciągu roku	dni	możliwie duża
<b>Wskaźnik(i) ekonomiczne</b>				
Płynność bieżąca (7)	$W_{PB} = \frac{M}{Z_k}$	$M$ – majątek obrotowy $Z_k$ – zobowiązania krótkoterminowe	krotność	>2
Płynność szybka (8)	$W_{PS} = \frac{M - z}{Z_k}$	$z$ – zapasy		>1
Rentowność netto (9)	$W_{RN} = \frac{F_n \cdot 100}{p}$	$F_n$ – wynik finansowy netto $p$ – przychody z całokształtu działalności	%	duża
<b>Wskaźniki awaryjności</b>				
Czas niedostarczonej mocy (10)	$W_{TM} = h/t$	$h$ – czas w krótszej jednostce (np. godzina) $t$ – czas w dłuższej jednostce (np. rok)	godz./rok	możliwie mała
Wielkości niedostarczonej energii (11)	$W_{WE} = m/t$	$m$ – moc (np. MWh) $t$ – czas (np. rok)	MWh/rok	możliwie mała



## 4. Zasadność monitoringu bezpieczeństwa energetycznego

W dokumencie „Polityka energetyczna Polski do 2025 roku” czytamy, iż jako jeden z najważniejszych priorytetów działań rządu przyjmuje się „*monitorowanie poziomu bezpieczeństwa energetycznego przez wyspecjalizowane organy państwa, wraz z inicjowaniem poprawy stopnia dywersyfikacji źródeł dostaw energii i paliw, zwłaszcza gazu ziemnego i ropy naftowej*”. Dokument przyjął zatem jako priorytet monitorowanie poziomu bezpieczeństwa energetycznego, nie podając jednakże zasad tego monitoringu. Wydźwięk tak zarysowanego monitoringu budzić więc musi pewien niepokój.

Monitoring, jakkolwiek różnie definiowany, najczęściej rozumiany jest jako systematyczne, metodyczne śledzenie i rejestrowanie zmian w jakimś obiekcie lub procesie. Monitoring bezpieczeństwa energetycznego winien umożliwić zatem uzyskanie złożonej wiedzy dotyczącej poszczególnych czynników warunkujących określony poziom bezpieczeństwa energetycznego. Powinien on pozwolić nie tylko na ocenę stopnia zagrożenia, ale również na rejestrację zmian poziomu bezpieczeństwa w pewnej perspektywie czasowej.

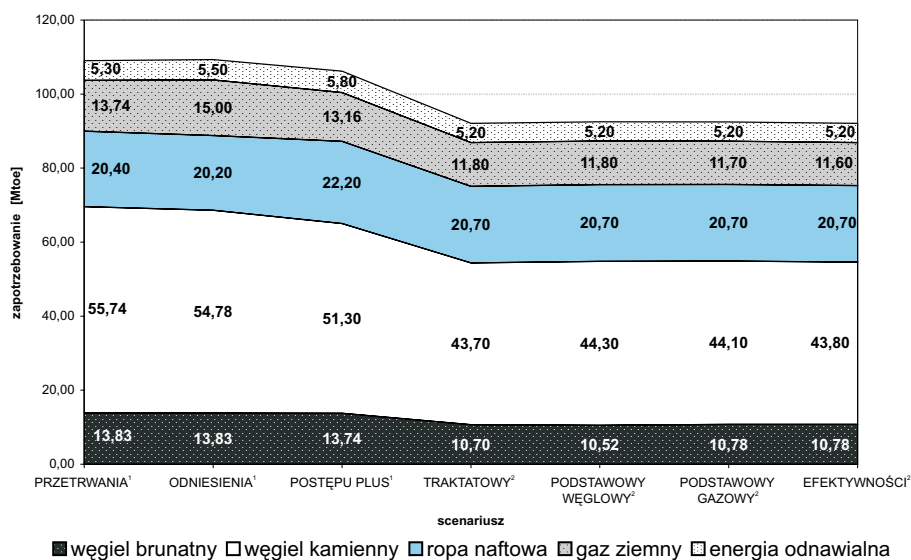
Tym samym monitoring możemy odnosić do procesu, który ma na celu analizowanie stanu zaawansowania realizacji polityki energetycznej i jej zgodności z postawionymi założeniami. Polityka ta ze swej natury powinna być jednakże polityką długookresową. Wynika to z wielu przyczyn, u podstaw których tkwi proces inwestowania w energetyce, który jest długotrwały i w znacznej mierze determinuje późniejszy bilans energetyczny, warunkując również poziom bezpieczeństwa energetycznego.

Dlatego też poniżej dokonano analizy różnic prognoz energetycznych zawartych w dokumentach [10, 11]:

- ✧ „Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku” (przyjęte przez Radę Ministrów 22 lutego 2000 roku).
- ✧ „Polityka energetyczna Polski do 2025 roku” (przyjęta przez Radę Ministrów 4 stycznia 2005 roku).

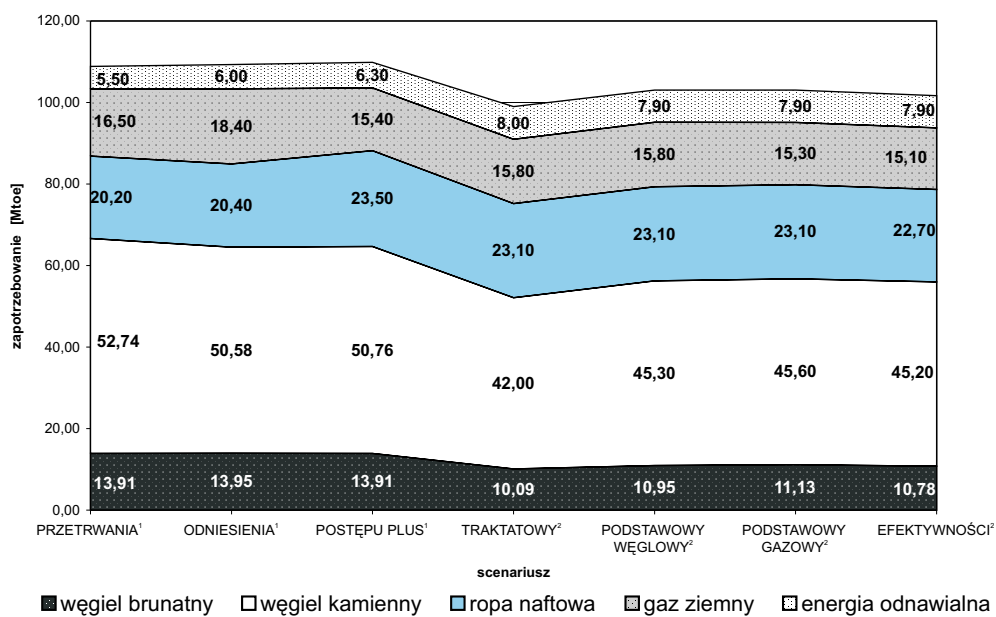
Porównanie scenariuszy (rys. 2–6) zawartych w „Założeniach polityki energetycznej Polski do 2020 roku” (scenariusz przetrwania, odniesienia, postępu plus) oraz w dokumencie „Polityka energetyczna Polski do 2025 roku” (scenariusze traktatowy, podstawowy węglowy, podstawowy gazowy, efektywności) daje wyobrażenie o możliwej przestrzeni kształtowania się różnic prognozowanych wielkości.

Wykazane różnice w projekcji zapotrzebowania na energię (rys. 6.) są związane z istotą prognoz, których konstrukcja wymaga przyjęcia pewnych założeń i uogólnień. Przyjęte w prognozach modele funkcjonowania rynku z natury muszą odbiegać od rzeczywistości, ulegając z upływem czasu pewnej dezaktualizacji związanej z dynamiką rozwoju sytuacji gospodarczej i politycznej w kraju i na świecie [5]. Rzeczywistość w perspektywie następnych piętnastu lat zapewne będzie odbiegać od przedstawionych w prognozach założeń, decydując tym samym o stopniu sprawdzalności danej prognozy. Pośrednio potwierdzają to różnice zapotrzebowania, które w latach 2005, 2010, 2015 i 2020 wynoszą odpowiednio 13,1, 18,2, 6,7, 9,6% (rys. 7).



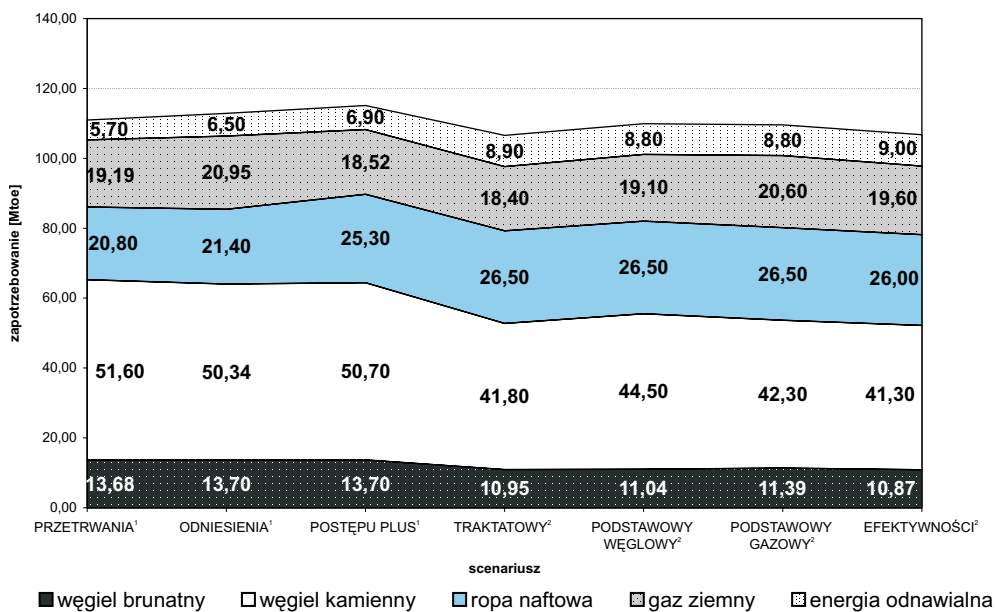
Rys. 2. Zapotrzebowanie na poszczególne nośniki energii w roku 2005 według scenariuszy  
 Scenariusze: <sup>1</sup>„Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku”; <sup>2</sup>„Polityka energetyczna Polski do 2025 roku”

Fig. 2. Demand for specific energy carriers in 2005 according to scenarios



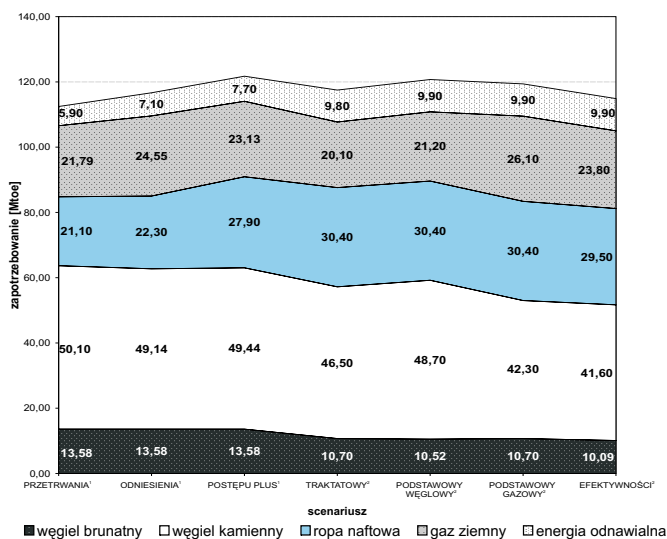
Rys. 3. Zapotrzebowanie na poszczególne nośniki energii w roku 2010 według scenariuszy  
 Scenariusze: <sup>1</sup>„Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku”; <sup>2</sup>„Polityka energetyczna Polski do 2025 roku”

Fig. 3. Demand for specific energy carriers in 2010 according to scenarios



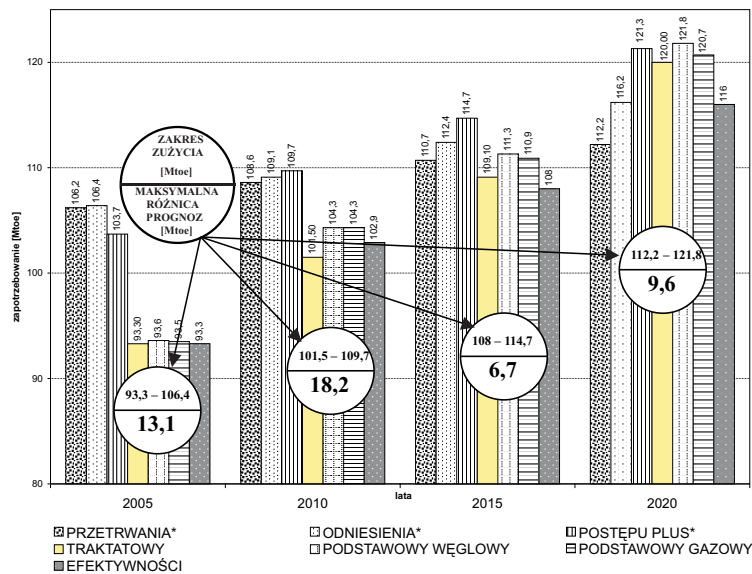
Rys. 4. Zapotrzebowanie na poszczególne nośniki energii w roku 2015 według scenariuszy  
 Scenariusze: <sup>1</sup>„Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku”; <sup>2</sup>„Polityka energetyczna Polski do 2025 roku”

Fig. 4. Demand for specific energy carriers in 2015 according to scenarios



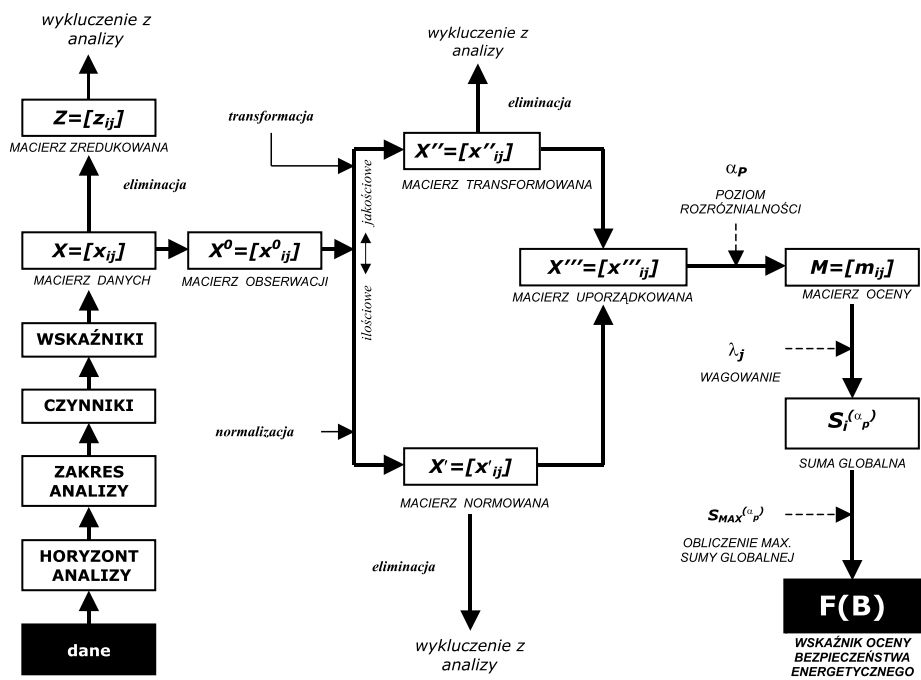
Rys. 5. Zapotrzebowanie na poszczególne nośniki energii w roku 2020 według scenariuszy  
 Scenariusze: <sup>1</sup>„Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku”; <sup>2</sup>„Polityka energetyczna Polski do 2025 roku”

Fig. 5. Demand for specific energy carriers in 2020 according to scenarios



Rys. 6. Projekcje zużycia energii pierwotnej w latach 2005–2020  
 Scenariusze: <sup>1</sup> „Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku”; <sup>2</sup> „Polityka energetyczna Polski do 2025 roku”

Fig. 6. Projects of primary energy use in 2005 to 2020



Rys. 7. Schemat modelu oceny bezpieczeństwa energetycznego [2]

Fig. 7. Scheme of energy safety evaluation model

Porównanie projekcji zapotrzebowania na nośniki energii w perspektywie roku 2020 daje podstawę do sformułowania tezy, iż gospodarka Polski zdominowana od lat przez paliwa stałe nadal pozostaje pod ich wpływem, mimo widocznych zmian w strukturze zużycia paliw pierwotnych na rzecz gazu ziemnego i ropy naftowej [4].

Niezależnie od wykazanych różnic w prognozach, mogą one stanowić punkt wyjścia do monitorowania stanu bezpieczeństwa energetycznego. Monitoring ten powinien umożliwić tym samym zweryfikowanie stanu realizacji poszczególnych celów polityki energetycznej oraz jej wpływu na środowisko polityczne, gospodarcze, społeczne i środowiskowe, pozwalając równocześnie na uaktualnianie strategii dostosowując ją do aktualnych zmian w otaczającym środowisku.

Monitorowanie sytuacji energetycznej, w tym kształtowania się bilansu energetycznego, może służyć za podstawę opracowania zasad monitoringu bezpieczeństwa energetycznego. Poniżej przedstawiono szkieletowe nakreślenie takich zasad wraz z przykładem oceny bezpieczeństwa energetycznego w stosunku do prognoz zawartych w dokumentach rządowych i roku 2020.

## 5. Zarys proponowanej oceny bezpieczeństwa energetycznego

Bezpieczeństwo energetyczne, co wykazano powyżej, jest kategorią złożoną, cechującą się ponadto dużym dynamizmem wynikającym ze zmian na scenie polityczno-gospodarczej. Na powyższą analizę nakłada się również konieczność rozpatrywania czynników, których spełnienie jest wzajemnie sprzeczne. Wszystko to wysoce komplikuje proces oceny, czyniąc go mało przejrzystym [14].

Drugim czynnikiem tak oczywistym, a jednocześnie równie niedostrzeganym jest subiektywność dokonywanej oceny bezpieczeństwa energetycznego. Subiektywność ta w powiązaniu z nieusystematyzowanym i niejawnym (a wręcz czasami nawet nieświadomym) procesem oceniania powoduje, iż analizę taką cechuje brak powtarzalności oceny [15].

W artykule wzorując się na modelu wspomagania decyzji opracowanym przez prof. W. Kamrata zaprezentowano zarys modelu, którego celem jest analiza czynników implikujących poziom bezpieczeństwa energetycznego w zależności od specyficznych warunków eksploatacyjnych (awaryjność, zmiana zapotrzebowania na energię itp.), ekonomicznych (inwestycje, wahania cen energii itp.), środowiskowych (wykorzystanie energii odnawialnej, emisje zanieczyszczeń itp.), społecznych i politycznych (sytuacja polityczna, warunki społeczne itp.). Rozpatrując każdy z czynników oddzielnie można podjąć decyzje, która sytuacja energetyczna cechuje się największym stopniem samowystarczalności, zależności importowej itp. Analiza ta nie daje jednak odpowiedzi na pytanie o najlepszą konfigurację parametrów spełniających wszystkie kryteria jednocześnie. Przy ocenie bezpieczeństwa energetycznego występuje, zatem szereg funkcji celu, które reprezentując matematyczny opis danego kryterium, najczęściej pozostają w konflikcie między sobą. Dlatego też analiza bezpieczeństwa energetycznego uwarunkowana przyjętymi kryteriami prowadzona być może jedynie jako poszukiwanie rozwiązania będącego kompromisem pomiędzy kilkoma funkcjami celu.

Z uwagi na przedstawiony charakter zagadnienia do badania bezpieczeństwa energetycznego proponuje się wykorzystanie analizy wielokryterialnej – narzędzia matematycznego, które umożliwi rozpatrywanie różnie formułowanych celów w stosunku do rozpatrywanego zagadnienia. Z uwagi na złożoność pojęcia bezpieczeństwa energetycznego jego analiza winna być dokonana przy uwzględnieniu możliwie wszystkich kryteriów i czynników mających wpływ na badane zagadnienie. Poniżej przedstawiono proponowany schemat oceny bezpieczeństwa energetycznego (rys. 7) oparty na zasadach analizy wielokryterialnej.

Punktem wyjścia do budowy modelu oceny bezpieczeństwa energetycznego jest sformalizowanie zakresu analizy poprzez określenie rodzaju nośników energii oraz obszaru analizy. Poprzez obszar analizy należy rozumieć poziom rozpatrywanego bezpieczeństwa energetycznego, na który składać się może zarówno stan bezpieczeństwa w wymiarze ogólnokrajowym, jak i bezpieczeństwo zasilania odbiorcy energii czy też lokalnych systemów energetycznych. Określenie zakresu analizy w oczywisty sposób implikuje późniejsze założenia, a przede wszystkim dobór odpowiednich wskaźników oceny.

Kolejny etap to określenie horyzontu analizy. W przypadku bazowania na prognozach energetycznych (np. dla uzyskania punktu odniesienia dla późniejszych analiz) na przeprowadzoną analizę nakłada się ryzyko związane ze stopniem sprawdzalności prognozy. Dlatego też ilości i jakość posiadanych informacji redukuje znacząco niepewność oceny, podnosząc tym samym jakość przeprowadzanej analizy.

Wychodząc z definicji bezpieczeństwa energetycznego należy z kolei ustalić główne aspekty oceny – wyodrębnić w sposób szczegółowy występujące czynniki i przypisać im odpowiednie wskaźniki oceny. Z uwagi na mnogość procesów ingerujących w kształt bezpieczeństwa energetycznego, specyfikacja oraz klasyfikacja możliwych do ustalenia czynników oraz ich odpowiedni podział mogą być dokonane jedynie w sposób niesformalizowany.

Uzyskane w ten sposób wartości wskaźników 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 wskaźniki natury ilościowej (stymulanty, destymulanty) i jakościowej [7, 8].

Po doborze wskaźników do analizy cechy ilościowe, a więc stymulanty oraz destymulanty, należy poddać normalizacji do przedziału 0,1, a celem takiego zabiegu jest eliminacja wpływu różnych jednostek miar, którymi charakteryzowane są te współczynniki. Ze względu na odmienny charakter stymulant i destymulant w odrębny sposób dokonuje się ich normalizacji (wzory 1–4).

Zastosowany sposób normalizacji sprawia, iż niezależnie od tego czy cecha ma charakter stymulant czy destymulant, liczbę „0” uzyskuje zawsze wskaźnik najgorszy, natomiast liczbę „1” wskaźnik najlepszy pod względem właściwości charakteryzowanej przez daną zmienną.

#### **Normalizacja stymulant:**

$$s^{x'ij} = \frac{s^{xij} - \min_i \{s^{xij}\}}{\max_i \{s^{xij}\} - \min_i \{s^{xij}\}}, \quad s^{x'ij} \in [0,1] \min_i \{s^{xij}\} \neq \max_i \{s^{xij}\} \quad (1)$$

gdzie:  $s^{x_{ij}}$  — wartość wskaźnika (stymulanty),  
 $\max_i \{s^{x_{ij}}\}$  — największa z przyjętych wartości wskaźnika (stymulanty),  
 $\min_i \{s^{x_{ij}}\}$  — najmniejsza z przyjętych wartości wskaźnika (stymulanty).

**Normalizacja destymulant:**

a) dla wartości  $d^{x_{ij}} > 0$

$$d^{x'_{ij}} = \frac{d^{x_{ij}} - \max_i \{d^{x_{ij}}\}}{\min_i \{d^{x_{ij}}\} - \max_i \{d^{x_{ij}}\}}, \quad d^{x'_{ij}} \in [0,1]; \quad \min_i \{d^{x_{ij}}\} \neq \max_i \{d^{x_{ij}}\} \quad (2)$$

lub

$$d^{x'_{ij}} = 1 - \frac{d^{x_{ij}} - \min_i \{d^{x_{ij}}\}}{\max_i \{d^{x_{ij}}\} - \min_i \{d^{x_{ij}}\}}, \quad d^{x'_{ij}} \in [0,1]; \quad \min_i \{d^{x_{ij}}\} \neq \max_i \{d^{x_{ij}}\} \quad (3)$$

b) dla wartości niezależnie od ich znaku

$$d^{x'_{ij}} = \frac{\max_i \{d^{x_{ij}}\} - d^{x_{ij}}}{\max_i \{d^{x_{ij}}\} - \min_i \{d^{x_{ij}}\}}, \quad d^{x'_{ij}} \in [0,1]; \quad \min_i \{d^{x_{ij}}\} \neq \max_i \{d^{x_{ij}}\} \quad (4)$$

gdzie:  $d^{x_{ij}}$  — wartość wskaźnika (destymulanty),  
 $\max_i \{d^{x_{ij}}\}$  — największa z przyjętych wartości wskaźnika (destymulanty),  
 $\min_i \{d^{x_{ij}}\}$  — najmniejsza z przyjętych wartości wskaźnika (destymulanty).

Celem tak przeprowadzonej normalizacji jest doprowadzenie różnoimiennych wskaźników do wzajemnej porównywalności oraz ujednoczenie charakteru zmiennych przez przekształcenie destymulant w stymulanty lub odwrotnie [7].

W toku tak przeprowadzonej normalizacji następuje zastąpienie zróżnicowanych zakresów zmienności poszczególnych cech zakresem stałym, co istotnie upraszcza w późniejszym etapie proces analizy. Wynikiem przedstawionej normalizacji jest macierz normowana  $X' = [x'_{ij}]$ , w której kolumny oznaczają kolejne scenariusze rozwoju sytuacji energetycznej, wiersze zaś zawierają wartości liczbowe poszczególnych wskaźników.

Kolejny rodzaj wskaźników to wskaźniki jakościowe, niosące ze sobą często bardzo istotne informacje, które jednakże trudno dokładnie sprecyzować. Wyznaczenie wartości wskaźników jakościowych wymaga przekształcenia niemierzalnego charakteru danych jakościowych w ich ilościowe odpowiedniki. W tym celu określono tzw. skalę porządkową – P, która umożliwi dokonanie kwantyfikacji dostępnych informacji. W modelu przyjęto, iż cechy jakościowe oceniane będą w przedziale  $\langle 0,1 \rangle$ , gdzie wzrost wartości wskaźnika

oznacza poprawę wartości ocenianej. Przyjęcie skali porządkowej w proponowanym zakresie 0–1 koresponduje z zakresem zmienności wskaźników po normalizacji, przyczyniając się tym samym do porównywalności obu rodzajów wskaźników.

Z uwagi na rozpiętość skali porządkowej (przedział od 0 do 1) wartości z podprzedziału 0–0,5 należy uznać za niepożądane, pozostałe – w tym głównie zbliżone do wartości jeden – za pożądane. W modelu proponuje się zastosowanie następującej skali porządkowej (przez pryzmat której oceniane będą wskaźniki jakościowe):

- ✧ 1,0 – stan 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; (0,1; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 0,9; – wartości pośrednie).

Analizowane wskaźniki wymagają każdorazowo weryfikacji, która uwzględniać powinna wzajemne oddziaływanie wskaźników na siebie poprzez określenie charakteru tego oddziaływania. Celem takiego zabiegu jest ustalenie rodzaju korelacji wartości wskaźników względem siebie oraz wyeliminowania wskaźników o istotnej zbieżności (efekt wielokrotnej oceny tego samego czynnika).

W wyniku przeprowadzonej analizy spośród wstępnie przyjętych kryteriów cząstkowych wybiera się te, które pozwalają na utworzenie wystarczająco pełnego i reprezentatywnego opisu ocenianych wariantów decyzyjnych. Wnioskiem z przeprowadzonej analizy może być również stwierdzenie potrzeby przyjęcia dodatkowych wskaźników.

W pracy zaproponowano określenie związków między współczynnikami poprzez porównanie parami. W przypadku wskaźników o wysokiej korelacji możliwe jest przyjęcie tylko jednego wskaźnika oceny – pozostałe należy wykluczyć z analizy.

Transformacja wskaźników natury jakościowej macierzy obserwacji  $X^0 = [x^0_{ij}]$  dokonana przez pryzmat wymienionych skali znajduje odbicie w nowej macierzy, tzw. macierzy transformowanej  $X' = [x'_{ij}]$ , w której wartości poszczególnych elementów macierzy zawierają się w przedziale  $\langle 0,1 \rangle$ .

Połączenie macierzy normowanej  $X' = [x'_{ij}]$  (macierz danych ilościowych) z macierzą transformowaną  $X'' = [x''_{ij}]$  (macierz danych jakościowych) tworzy nową macierz uporządkowaną  $X''' = [x'''_{ij}]$ , zawierającą realizacje liczbowe przekształconych zmiennych, tj. zarówno wskaźników ilościowych, jak i jakościowych [2, 7, 8,].

Następnym etapem analizy jest zintegrowanie przekształconych wskaźników ilościowych (macierz normowana) z wskaźnikami jakościowymi (macierz danych jakościowych). Powstała w ten sposób nowa macierz uporządkowana zawiera przekształcone dane ilościowe i jakościowe do przedziału  $\langle 0,1 \rangle$ . W celu zapewnienia rozróżnialności ocen poszczególnych strategii uzyskane wartości liczbowe poddaje się kolejnemu przekształceniu polegającemu na podziale wartości zmienności poszczególnych wskaźników na podprze-



działy o równej rozpiętości  $\alpha_P$  (gdzie  $\alpha_P = 1 \cdot 10^{-P}$ ) W zależności od wartości współczynnika w danym scenariuszu następuje zakwalifikowanie go do odpowiedniego podprzedziału. Umożliwia to przy dużej ilości podprzedziałów uzyskanie istotnej rozróżnialności wyników. Uzyskana w ten sposób macierz nosi nazwę macierzy oceny wskaźników. Powyższe dokonuje się za pomocą poniższych formuł:

$$\forall m_{ij}^{(\alpha_P)} = \delta - 1 \quad (5)$$

$$x_{ij}''' \in ((\delta - 1) \cdot \alpha_P, \delta \cdot \alpha_P]$$

gdzie:  $\delta = 1, 2, 3, \dots, \frac{1}{\alpha_P}$

$$\forall m_{ij}^{\alpha_P} = 0 \quad (6)$$

$$x_{ij}''' = 0$$

Ponieważ wpływ rozpatrywanych wskaźników na zagadnienie bezpieczeństwa energetycznego jest bardzo różny, kolejny etap polega na określeniu wag i przypisaniu ich poszczególnym wskaźnikom przy założeniu, iż suma wag daje wynik równy jedności.

Na podstawie sumy iloczynów przypisanych wag i wskaźników dla określonego scenariusza określono tzw. sumę globalną ( $S_i^{(\alpha_P)}$ ) oraz maksymalną sumę globalną ( $S_{MAX}^{(\alpha_P)}$ ).

$$S_i^{(\alpha_P)} = \sum_{j=1}^k \lambda_j \cdot m_{ij}^{(\alpha_P)} \quad (7)$$

$$S_{MAX}^{(\alpha_P)} = \left( \frac{1}{\alpha_P} - 1 \right) \cdot k \quad (8)$$

Ostatnim etapem analizy jest określenie wskaźnika oceny ( $f(B)$ ), który uzyskiwany jest jako iloraz uzyskanej sumy globalnej do maksymalnej sumy globalnej jaką może uzyskać dana strategia.

$$f(B) = \frac{S_i^{(\alpha_P)}}{S_{MAX}^{(\alpha_P)}} \quad (9)$$

Wskaźnik ten stanowi pewien sumaryczny wyznacznik danego poziomu bezpieczeństwa w odniesieniu do pozostałych scenariuszy. Innymi słowy oznacza to, iż wskaźnik oceny bezpieczeństwa energetycznego jest względny określając jedynie, który scenariusz przy założonych kryteriach w danej klasie zbiorowości jest najlepszy.

## 6. Przykład analizy bezpieczeństwa energetycznego

Próba oceny bezpieczeństwa energetycznego bazuje na scenariuszach Przetwania, Odniesienia, Postępu Plus zawartych w dokumencie „Założenia Polityki energetycznej Polski do 2020 roku” oraz wariantach Traktatowym, Podstawowym Węglowym, Podstawowym Gazowym i Efektywności zawartych w dokumencie „Polityka energetyczna Polski do 2025 roku”. W analizie przedstawiono kształtowanie się wskaźnika bezpieczeństwa energetycznego  $f(B)$  w świetle prognoz na rok 2020.

Z uwagi na objętość artykułu zamieszczono jedynie wrywkowe dane i założenia oraz projekcje wyników. Bardziej szczegółowe rozwinięcie tematu można znaleźć w publikacjach [2, 14, 15].

Opierając się na przedstawionych prognozach oraz przyjętych założeniach, w tabelach 4 i 5 zestawiono wartości dotyczące parametrów fizycznych wydobycia, importu eksportu, zużycia oraz zapasów paliw w roku 2020.

TABELA 4. Wartości podstawowych parametrów przyjętych do wyznaczania wskaźników oceny częściowej dla scenariuszy zawartych w dokumencie „Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku”

TABLE 4. Values of basic parameters assumed for determining the partial evaluation indicators for scenarios of “Assumptions of Energy Policy of Poland by 2020”

Wyszczególnienie	Nośniki energii	Produkcja [Mtoe]	Import [Mtoe]	Eksport [Mtoe]	Zapasy [Mtoe]	Zużycie [Mtoe]	Zużycie [%]
Scenariusz Przetwania strategia nr 1	WK	46,40	2,03	0,00	11,94	48,43	43,70
	WB	13,78	0,00	0,00	2,26	13,78	12,40
	RN	1,40	19,70	0,00	5,20	21,10	19,00
	GZ	2,99	18,59	0,00	5,32	21,58	19,50
	EO	5,90	0,00	0,00	–	5,90	5,30
	razem	70,46	40,32	0,00	24,73	110,78	100,00
Scenariusz Odniesienia strategia nr 2	WK	46,40	1,16	0,06	11,71	47,50	41,30
	WB	13,78	0,00	0,00	2,26	13,78	12,00
	RN	1,40	20,90	0,00	5,50	22,30	19,40
	GZ	2,99	21,33	0,00	6,00	24,32	21,10
	EO	7,10	0,00	0,00	–	7,10	6,20
	razem	71,66	43,39	0,06	25,47	114,99	100,00
Scenariusz Postępu Plus strategia nr 3	WK	46,40	1,39	0,00	11,78	47,79	39,80
	WB	13,78	0,00	0,00	2,26	13,78	11,50
	RN	1,60	26,30	0,00	9,17	27,90	23,20
	GZ	2,99	19,92	0,00	7,53	22,91	19,10
	EO	7,70	0,00	0,00	–	7,70	6,40
	razem	72,46	47,61	0,00	30,75	120,07	100,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

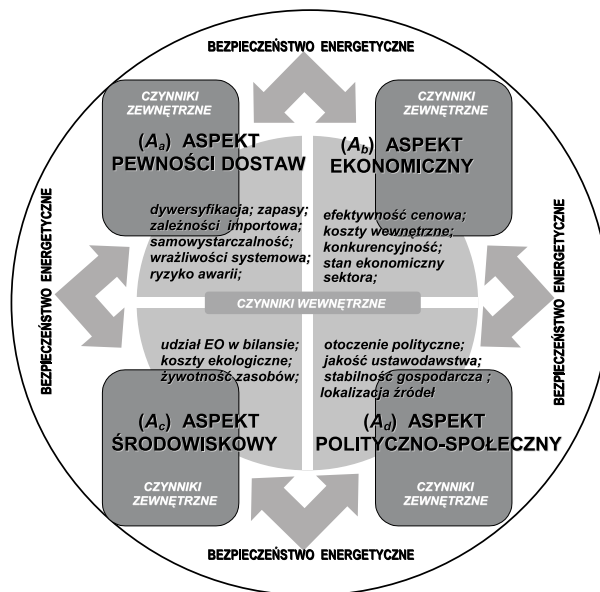
TABELA 5. Wartości podstawowych parametrów przyjętych do wyznaczenia wskaźników oceny cząstkowej dla scenariuszy zawartych w „Polityce energetycznej Polski do 2025 roku”

TABLE 5. Values of basic parameters assumed for determining the partial evaluation indicators for scenarios of “Energy Policy of Poland by 2025”

Wyszczególnienie	Nośniki energii	Produkcja	Import	Eksport	Zapasy	Zużycie	Zużycie
		[Mtoe]	[Mtoe]	[Mtoe]	Mtoe]	[Mtoe]	[%]
Wariant Traktatowy strategia nr 4	WK	46,40	0,10	0,00	11,47	46,50	39,20
	WB	12,40	0,00	0,00	2,04	12,40	10,50
	RN	1,40	29,00	0,00	7,50	30,40	25,70
	GZ	2,95	17,15	0,00	4,96	20,10	17,00
	EO	9,10	0,00	0,00	–	9,10	7,70
	razem	71,45	47,05	0,00	25,96	118,50	100,00
Wariant Podstawowy Węglowy strategia nr 5	WK	46,40	2,36	0,06	12,01	48,70	40,00
	WB	12,20	0,00	0,00	2,01	12,20	10,00
	RN	1,40	29,00	0,00	7,50	30,40	25,00
	GZ	2,99	18,21	0,00	5,23	21,20	17,40
	EO	9,20	0,00	0,00	–	9,20	7,60
	razem	71,35	50,41	0,06	26,74	121,70	100,00
Wariant Podstawowy Gazowy strategia nr 6	WK	42,30	0,00	0,00	10,43	42,30	35,10
	WB	12,40	0,00	0,00	2,04	12,40	10,30
	RN	1,60	28,80	0,00	7,50	30,40	25,20
	GZ	2,99	23,11	0,00	8,58	26,10	21,70
	EO	9,20	0,00	0,00	–	9,20	7,60
	razem	68,25	52,15	0,00	28,55	120,40	100,00
Wariant Efektywności strategia nr 7	WK	41,60	0,00	0,00	10,26	41,60	35,90
	WB	11,70	0,00	0,00	1,92	11,70	10,10
	RN	1,60	27,90	0,00	9,70	29,50	25,50
	GZ	2,99	20,81	0,00	7,82	23,80	20,60
	EO	9,20	0,00	0,00	–	9,20	7,90
	razem	67,05	48,75	0,00	29,70	115,80	100,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

Bazując na przedstawionych definicjach bezpieczeństwa energetycznego dokonano charakterystyki badanego zjawiska poprzez wyróżnienie zbioru czterech aspektów: pewności dostaw ( $A_a$ ), ekonomicznego ( $A_b$ ), środowiskowego ( $A_c$ ) oraz polityczno-społecznego ( $A_d$ ). Podział składowych bezpieczeństwa energetycznego (rys. 8) jest podziałem umownym, przyjętym na potrzeby niniejszej analizy. Powyższy podział umożliwia przypisanie w sposób umowny poszczególnych wskaźników cząstkowych określających składowe bezpieczeństwa energetycznego.



Rys. 8. Proponowany podział bezpieczeństwa energetycznego na aspekty i czynniki [2]

Fig. 8. Proposed division of energy safety into aspects and factors [2]

Ostateczna lista czynników przyjęta do analizy:

- ✧ w aspekcie pewności dostaw ( $A_a$ ):
  - ✧  $A_{a-1}$  – samowystarczalność energetyczna (stymulanta),
  - ✧  $A_{a-2}$  – dywersyfikacji – Stirlinga (stymulanta),
  - ✧  $A_{a-7}$  – wrażliwość systemu (jakościowy);
- ✧ w aspekcie ekonomicznym ( $A_b$ ):
  - ✧  $A_{b-1}$  – efektywność cenowa (destymulanta),
  - ✧  $A_{b-8}$  – koszty inwestycyjne (jakościowy);
- ✧ w aspekcie środowiskowym ( $A_c$ ):
  - ✧  $A_{c-1}$  – udział energii odnawialnej w bilansie (stymulanta),
  - ✧  $A_{c-2}$  – efektywność kosztów zewnętrznych (destymulanta),
  - ✧  $A_{c-4}$  – żywotność zasobów R/P (stymulanta);
- ✧ w aspekcie polityczno-społecznym ( $A_d$ ):
  - ✧  $A_{d-3}$  – stabilność gospodarcza (jakościowy).

Ogółem analiza obejmuje 23 wskaźniki dotyczące: węgla kamiennego (WK), węgla brunatnego (WB), ropy naftowej (RN), gazu ziemnego (GZ) oraz energii odnawialnej (EO) w tym:

- ✧ 12 wskaźników ilościowych, w tym 10 stymulant i 2 destymulanty,
- ✧ 11 wskaźników jakościowych.

Założono rozdzielczości analizy na poziomie  $\alpha_p = 10^{-4}$  oznacza to, że każdy zakres zmienności poszczególnego wskaźnika podzielono na 10 000 podprzedziałów o równej długości.

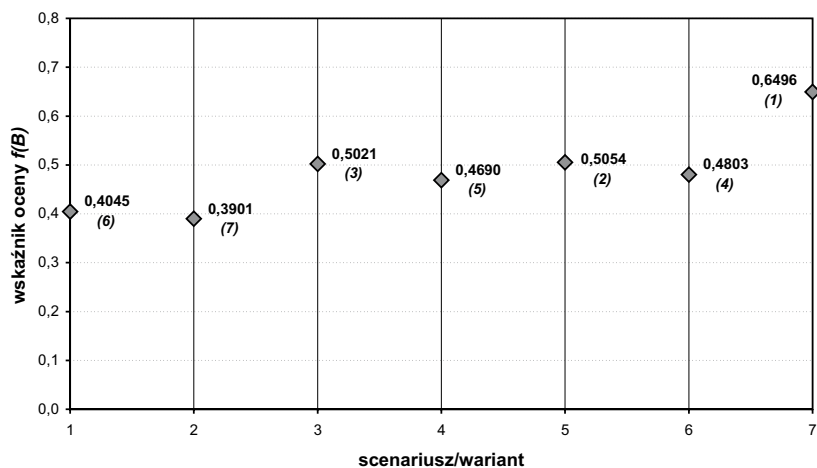
W analizie przyjęto kilka tzw. systemów (kryteriów) wagowych (W0–W5) umożliwiających rozróżnienie istotności poszczególnych wskaźników oceny:

- ✧ **W0** – wagi jednakowe.
- ✧ **W1** – wagi według podziału na aspekty bezpieczeństwa energetycznego:
  - ✧ dla aspektu  $A_a$ :  $\beta = 0,5$ ,
  - ✧ dla aspektu  $A_b$ :  $\beta = 0,2$ ,
  - ✧ dla aspektu  $A_c$ :  $\beta = 0,2$ ,
  - ✧ dla aspektu  $A_d$ :  $\beta = 0,1$ ,

gdzie wartość  $\beta$  oznacza ważność danego aspektu w skali  $\langle 0,1 \rangle$  zaś wagi poszczególnych wskaźników w ramach danego aspektu wynikają z podzielenia wskaźnika  $\beta$  przez ilość wskaźników przy założeniu  $\Sigma\beta = 1$ .

- ✧ **W2** – wagi według kryteriów ważności wskaźników (od najważniejszych z punktu widzenia oceny do najmniej istotnych):
  - ✧ główne (I):  $\beta = 0,65$  ( $A_{a-1}, A_{a-2}$ ),
  - ✧ uzupełniające (II):  $\beta = 0,3$  ( $A_{c-1}, A_{b-1}, A_{c-2}, A_{a-7}, A_{b-8}, A_{d-3}$ ),
  - ✧ pozostałe (III):  $\beta = 0,05$  ( $A_{c-4}$ ).
- ✧ **W3** – wagi według podziału na czynniki jakościowe i ilościowe:
  - ✧ czynniki ilościowe ( $I^{x_{ij}}$ ):  $\beta = 0,7$ ,
  - ✧ czynniki jakościowe ( $J^{x_{ij}}$ ):  $\beta = 0,3$ .
- ✧ **W4** – wagi jednakowe z pominięciem wskaźników jakościowych:
  - ✧ czynniki ilościowe ( $I^{x_{ij}}$ ):  $\beta = 1$ ,
  - ✧ czynniki jakościowe ( $J^{x_{ij}}$ ):  $\beta = 0$ .
- ✧ **W5** – wagi określone z wykorzystaniem metody AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

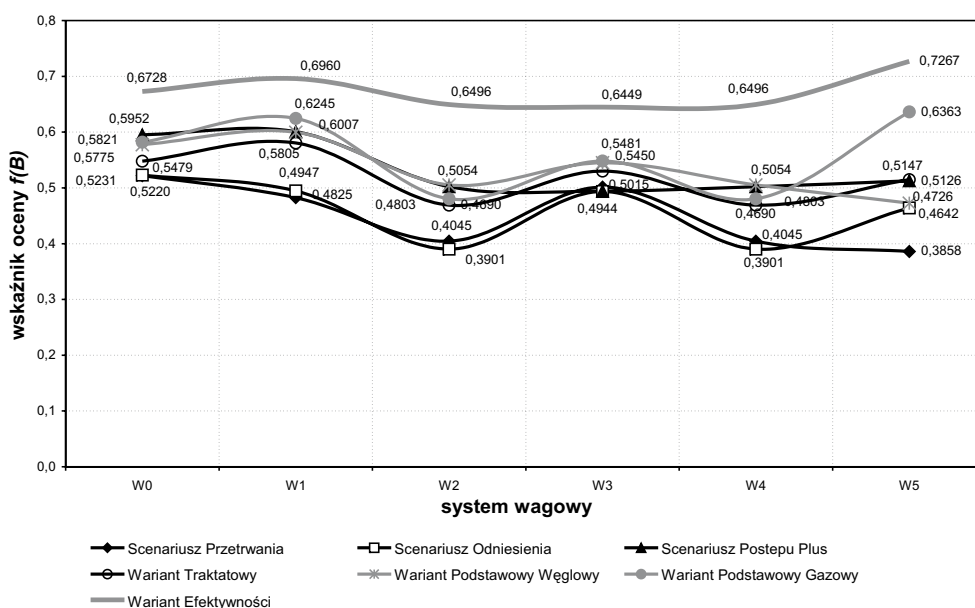
Poniżej (rys. 9) przedstawiono przykład kształtowania się wskaźnika  $f(B)$  dla poszczególnych scenariuszy i systemu wagowego W4.



Rys. 9. Przykład wartości wskaźników oceny bezpieczeństwa energetycznego  $f(B)$  dla poszczególnych scenariuszy i roku 2020 według kryterium wagowego W4

Fig. 9. Exemplary values of energy safety evaluation  $f(B)$  for specific scenarios and the year 2020 according to the weight criterion W4

Z punktu widzenia przedstawionej analizy uwzględniającej przyjęte założenia oraz preferencje oceniającego, strategią najlepszą spośród przedstawionych okazał się Wariant Efektywności (rys. 10). Uzyskał on wartości najwyższe wskaźnika  $f(B)$  niezależnie od przyjętego systemu wagowego. Pozostałe scenariusze notowały zmienne pozycje w rankingu strategii, przy czym strategiami relatywnie najgorszymi okazały się Scenariusze Przetwarzania i Odniesienia (zawarte w dokumencie „Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku”), które trzykrotnie uzyskały najmniejsze wartości wskaźnika  $f(B)$ .

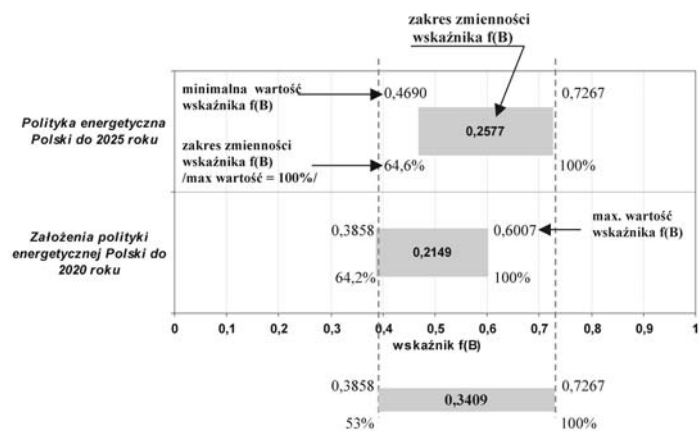


Rys. 10. Wskaźniki oceny bezpieczeństwa energetycznego  $f(B)$  dla poszczególnych strategii oraz przyjętego systemu wagowego [2]

Fig. 10. Indicators of energy safety evaluation  $f(B)$  for specific strategies and assumed weight system [2]

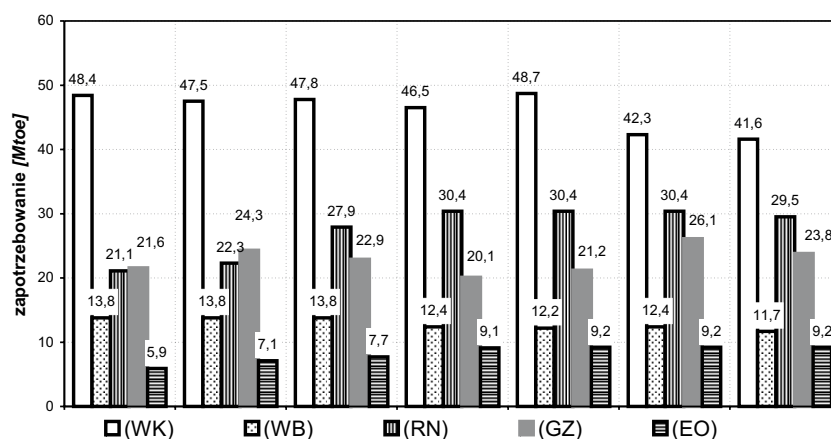
Analizując wskaźnik bezpieczeństwa energetycznego  $f(B)$  w świetle dwóch prognoz i przyjętych założeń należy zauważyć, iż cechowała go istotna zmienność (rys. 11). W skrajnym przypadku (dla dwóch prognoz) wartość najmniejsza wskaźnika wyniosła zaledwie 53% wartości maksymalnej.

Końcowy rezultat analizy wyrażony wskaźnikiem oceny bezpieczeństwa energetycznego  $f(B)$  odpowiada określonej strukturze zużycia nośników energii (rys. 12). Z uwagi jednak na wieloaspektowość przeprowadzonej analizy, wyciąganie wniosków tylko i wyłącznie na podstawie zapotrzebowania energetycznego bez uwzględnienia pozostałych czynników wydaje się daleko idącym uproszczeniem. Dlatego też ocena bilansu energetycznego pod kątem analizy bezpieczeństwa energetycznego warunkowana być powinna przyjętymi kryteriami, a w efekcie konstrukcją i doбором przyjętych wskaźników oceny cząstkowej.



Rys. 11. Zmienność wskaźnika  $f(B)$  dla rozpatrywanych prognoz [2]

Fig. 11. Variability of indicator  $f(B)$  for the analyzed forecasts [2]



Wyszczególnienie	Scenariusz Przetrawiania	Scenariusz Odniesienia	Scenariusz Postępu Plus	Wariant Traktatowy	Wariant Podstawowy Węglowy	Wariant Podstawowy Gazowy	Wariant Efektywności
system wagowy	pozycja strategii względem pozostałych						
W0	(7)	(6)	(2)	(5)	(4)	(3)	(1)
W1	(7)	(6)	(3)	(5)	(4)	(2)	(1)
W2	(6)	(7)	(3)	(5)	(2)	(4)	(1)
W3	(5)	(7)	(6)	(4)	(3)	(2)	(1)
W4	(6)	(7)	(3)	(5)	(2)	(4)	(1)
W5	(7)	(6)	(4)	(3)	(5)	(2)	(1)

Rys. 12. Bilans zapotrzebowania na tle rankingu strategii i systemów wagowych (wartości w tabeli oznaczają pozycje scenariusza od najlepszego (1) do najgorszego (7))

Fig. 12. Balance of demand on the background of ranking of strategies and weight systems (values in the table denote the rank of the scenario from the best (1) to the worst (7))

## Wnioski

Gospodarkę paliwowo-energetyczną z punktu widzenia bezpieczeństwa energetycznego należy postrzegać możliwie szeroko. Analizy wymaga bowiem szereg zagrożeń, na które nakłada się mnogość czynników takich jak zasobność złóż, zagospodarowanie infrastrukturalne, kwestie polityczne, sytuacja gospodarcza, zagadnienia ochrony środowiska itp. Czynniki te wiążąc się wzajemnie tworzą sieć możliwych powiązań i oddziaływań, decydując o ostatecznym poziomie bezpieczeństwa energetycznego.

Problematyka ta winna być zatem rozważana po dokonaniu zdefiniowania pojęcia bezpieczeństwa energetycznego. Niestety, jak wykazano w niniejszym artykule, trudno skonstruować uniwersalną i jednoznaczną definicję, która zawierałaby wszystkie oczekiwania w tym zakresie. Mimo to istnieje konieczność wypracowania polityki energetycznej posiadającej swój system zarządzania bezpieczeństwem energetycznym, który obejmowałby zespół działań i środków zmierzających do osiągnięcia i utrzymywania niezbędnego poziomu bezpieczeństwa. Aby tak się jednak stało poszczególne ogniwa polityki bezpieczeństwa energetycznego winny być stale monitorowane i w miarę potrzeby modyfikowane.

Zaproponowany model oceny bezpieczeństwa energetycznego zmierza w tym kierunku proponując koncepcję opartą na analizie wielokryterialnej. W ten sposób przeprowadzone monitorowanie bezpieczeństwa energetycznego powinno zapewnić stałą ocenę celów i kierunków określonych w polityce energetycznej państwa. W ramach prowadzonego monitoringu analizie poddawane być powinny elementy i parametry określone jako istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa energetycznego. Można w ten sposób analizować odchylenia od prognoz i założeń oraz na bieżąco aktualizować cele w zakresie bezpieczeństwa energetycznego.

## Literatura

- [1] BOJARSKI W., 2004 — Bezpieczeństwo energetyczne, Wokół energetyki, czerwiec 2004.
- [2] KALISKI M., STAŚKO D., 2006 — Bezpieczeństwo energetyczne w gospodarce paliwowej Polski. Studia, Rozprawy, Monografie nr , Wyd. Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, Kraków.
- [3] KALISKI M., STAŚKO D., 2003 — Analiza wybranych czynników warunkujących bezpieczeństwo energetyczne Polski. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 1599, Seria Górnictwo, z. 257, Wydawnictwo PŚ, Gliwice.
- [4] KALISKI M., STAŚKO D., 2005 — Możliwość określenia poziomu bezpieczeństwa energetycznego Polski na podstawie analizy prognoz energetycznych, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Górnictwo, z. 269.
- [5] KALISKI M., STAŚKO D., 2005 — Prognozy energetyczne Polski w perspektywie roku 2025. Wiertnictwo Nafta i Gaz, Rocznik AGH, Kraków.
- [6] KALISKI M., STAŚKO D., 2003 — Rola krajowej infrastruktury paliwowo-surowcowej w kształtowaniu bezpieczeństwa energetycznego Polski. Wiertnictwo Nafta i Gaz, Rocznik AGH, Kraków.



- [7] KAMRAT W., 1999 — Metodologia oceny efektywności inwestowania na lokalnym rynku energii. Seria Monografie nr 5, Wyd. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- [8] KAMRAT W., 2004 — Metody oceny efektywności inwestowania w elektroenergetyce. Polska Akademia Nauk, Komitet Problemów Energetyki, Gdańsk.
- [9] KOWALAK T., 2005 — Bezpieczeństwo energetyczne – zakłęcie, wytrych czy realna kategoria? Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki nr 6.
- [10] Ministerstwo Gospodarki, Polityka energetyczna Polski do 2025 roku. Warszawa 2005.
- [11] Ministerstwo Gospodarki, Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 roku, Warszawa 2000.
- [12] Ministerstwo Obrony Narodowej, Strategia Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa, 22 lipca 2003.
- [13] Ministerstwo Przemysłu i Handlu, Założenia polityki energetycznej Polski do 2010 roku, Warszawa 1995.
- [14] STAŚKO D., M. KALISKI M., 2006 — An evaluation model of energy safety in Poland in view of energyforecasts for 2005–2020. Archives of Mining Science, Kraków.
- [15] STAŚKO D., 2006 — Model of energy safety evaluation. Acta Montanistica Slovaca Ročník 11.

strony www

- [16] [http://www.ecbsisw.pwsbia.edu.pl/pw/index.php?option=com\\_content&task=view&id=23&Itemid=63](http://www.ecbsisw.pwsbia.edu.pl/pw/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=63) (Turek. A. Istota bezpieczeństwa Państwa)
- [17] [http://www.ce.uw.edu.pl/wydawnictwo/Kwart\\_1999\\_1/Milczarek.pdf](http://www.ce.uw.edu.pl/wydawnictwo/Kwart_1999_1/Milczarek.pdf)
- [18] <http://www.21.edu.pl/ks/edb2/286.doc> Tamara Jakovuk Problemy bezpieczeństwa w środowisku młodzieży białoruskiej
- [19] <http://www.21.edu.pl/ks/edb2/34.doc>
- [20] <http://www.21.edu.pl/ks/edb2/79.doc> Sokołowski M. Kultura fizyczna a bezpieczeństwo człowieka

Maciej KALISKI, Dominik STAŚKO

## Monitoring of Poland's energy safety by the year 2020

### Abstract

This paper is a contribution to the discussion on creating a uniform and complex energy policy of Poland covering the energy safety aspect. The multi aspect character of energy policy proves that the issue is complex, and also lack of determination of the decision-makers in this respect.

The paper does not refer to all current events in Poland's and the World's energy market; it only shows the principles of evaluation and monitoring of energy safety. Thus, it is a theoretical analysis of energy safety and its future trends.

KEY WORDS: energy safety, monitoring, evaluation