



Honorata NYGA-ŁUKASZEWSKA\*

## Wydobycie węglowodorów niekonwencjonalnych w USA a bezpieczeństwo energetyczne kraju

**STRESZCZENIE:** W artykule podjęto problem wydobycia węglowodorów niekonwencjonalnych i jego wpływu na bezpieczeństwo energetyczne krajów producentów. Wydobycie węglowodorów niekonwencjonalnych zrewolucjonizowało światowe rynki energii, zarówno w zakresie podaży surowców, jak również ich cen. Wielokrotnie powtarzane argumenty o wpływie wydobycia na bezpieczeństwo energetyczne nie doczekały się dotychczas pogłębionej analizy ekonomicznej. Trudność realizacji tego zadania wynika z faktu, iż bezpieczeństwo energetyczne jest słabo zdefiniowaną koncepcją, przez co ujęcie jej w kategoriach ilościowych stanowi wyzwanie badawcze. Podjęta z sukcesem próba określenia determinant bezpieczeństwa energetycznego przez Erdala (2015) została wykorzystana pod względem metodologicznym w niniejszym artykule. Analiza prowadzona jest na przykładzie wydobycia gazu łupkowego w USA w latach 1983–2010. Badanie składa się z kilku części. Pierwszą z nich stanowi wprowadzenie, w którym przedstawia się w syntetyczny sposób wydobycie węglowodorów niekonwencjonalnych w USA oraz problematykę bezpieczeństwa energetycznego. Drugim elementem opracowania jest objaśnienie przyjętego podejścia metodologicznego. Trzecią część stanowi badanie empiryczne oparte na modelu regresji wielorakiej. Opracowanie kończy podsumowanie uzupełnione o propozycje kierunku dalszych badań. Dane statystyczne wykorzystane w opracowaniu pochodzą z baz Banku Światowego, amerykańskiej Energy Information Administration oraz BP Statistical Review of World Energy. Opracowania wykorzystane w przeglądzie literatury stanowią analizy uznanych ośrodków naukowych oraz organizacji międzynarodowych.

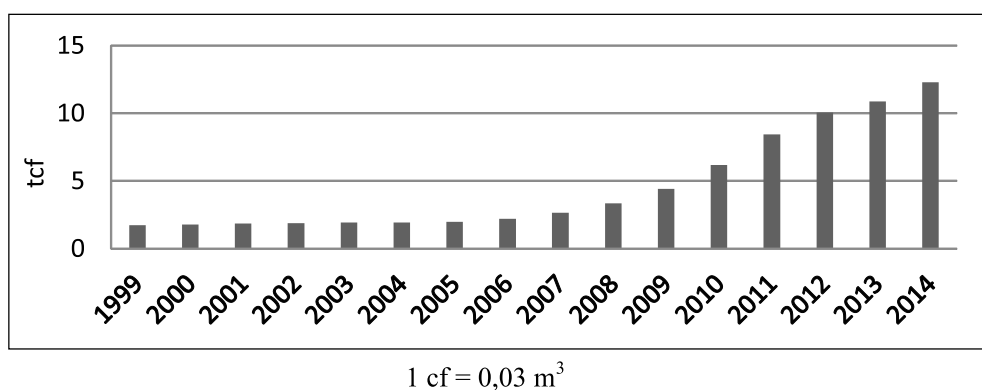
**SŁOWA KLUCZOWE:** bezpieczeństwo energetyczne, węglowodory niekonwencjonalne, wydobycie krajowe

---

\* Dr – Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Instytut Ekonomii Międzynarodowej, Warszawa;  
e-mail: hlukas@sgh.waw.pl

## Wprowadzenie

Wśród węglowodorów niekonwencjonalnych można wyróżnić zarówno zasoby gazu, jak i ropy. Chodzi głównie o gaz zamknięty (ang. *tight gas*), metan z pokładów węgla (ang. *coal bed methane*), gaz łupkowy (ang. *shale gas*) (PIG 2016), ale również ropę ciężką (ang. *heavy oil*), złoża piasków bitumicznych (ang. *tar sand*) oraz złoża ropy naftowej uwięzione w strukturach skalnych (ang. *shale oil* i *tight oil*) (Jędrzejczak i Rychlicki 2016). Pomimo iż zasoby tych węglowodorów występują w wielu krajach świata, to produkcja gazu (głównie łupkowego) na skalę komercyjną została uruchomiona głównie w Ameryce Północnej: USA (rys. 1) i Kanadzie, ale również w Chinach i Argentynie (EIA 2016).



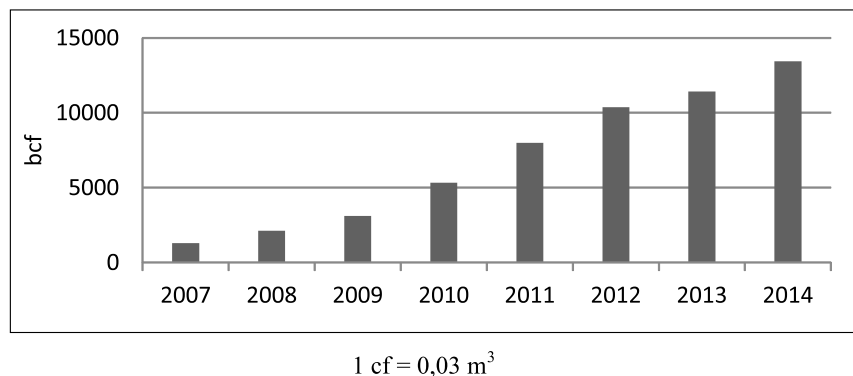
Rys. 1. Wydobycie węglowodorów niekonwencjonalnych w USA (*shale gas*, *tight gas*) w latach 1999–2014 (tcf = biliony stóp sześciennych)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Statista 2016

Fig. 1. Unconventional hydrocarbon's production in the US (*shale gas*, *tight gas*) from 1999–2014 (tcf)

Według amerykańskiej *Energy Information Administration* (EIA 2016) produkcja gazu łupkowego w 2014 roku stanowiła około 48% całkowitego wydobycia tego surowca w USA. W Kanadzie, w 2011 roku, ten udział był mniejszy i wyniósł około 5% (Gomes 2015). Wydobycie gazu łupkowego jako odrębna kategoria pojawia się w amerykańskich statystykach około roku 2007 (rys. 2). Z tego powodu dostępny szereg czasowy danych jest ograniczony.

Pojawienie się technologii umożliwiającej wydobycie węglowodorów niekonwencjonalnych, umożliwiło ich produkcję w krajach dotychczas uzależnionych od ich importu, co stanowiło punkt zwrotny dla międzynarodowych rynków energii, a w szczególności dla bezpieczeństwa energetycznego krajów producentów. Dlatego zasadnym wydaje się poszukiwanie odpowiedzi na pytanie – czy i jak wydobycie węglowodorów niekonwencjonalnych wpłynęło na bezpieczeństwo energetyczne krajów producentów. Z uwagi na zaawansowanie USA w produkcji gazu łupkowego, kraj ten stał się przedmiotem analizy empirycznej. Pomimo iż wydobycie gazu łup-



Rys. 2. Wydobycie gazu łupkowego (*shale gas*) w USA w latach 2007–2014 (bcf = miliardy stóp sześciennych)  
 Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EIA 2016

Fig. 2. Shale gas production in the US from 2007–2014 (bcf)

kowego w USA sięga początku XXI wieku, to badanie obejmuje lata 1983–2010. Z uwagi na dostępność danych statystycznych jest to możliwie najdłuższy szereg czasowy. Dane statystyczne wykorzystane w badaniu empirycznym pochodzą z baz Banku Światowego, amerykańskiej *Energy Information Administration* oraz *BP Statistical Review of World Energy*. Opracowania wykorzystane w przeglądzie literatury stanowią analizy uznanych ośrodków naukowych oraz organizacji międzynarodowych.

Z uwagi na cel badania, dyskusja nad rozumieniem bezpieczeństwa energetycznego, zostanie w tym miejscu omówiona jedynie syntetycznie. Autorka ma jednak świadomość złożoności i wielowątkowości badanego zjawiska, jak również bogactwa wysiłków interpretacyjnych w tym zakresie (Por. Winzer 2012; Ang i in. 2015).

Bezpieczeństwo energetyczne jest jedną z nieprecyzyjnie zdefiniowanych (ang. *blurred concept*) koncepcji naukowych (Loeschel i in. 2010). W badaniach naukowych bezpieczeństwo energetyczne analizuje się m. in. w odniesieniu do efektów zewnętrznych generowanych przez branżę energetyczną, ale również w nawiązaniu do makroekonomicznych efektów zmian cen surowców energetycznych (m.in. Davis i in. 2005; Huntington 2004; Sawter i Awerbuch 2003). Poddaje się w nich szczegółowym badaniom: dynamikę PKB, stopę inflacji, stopę bezrobocia czy saldo bilansu płatniczego (Constantini i Graceva 2004). Popularna w ostatnich latach dominacja nurtu badań związanego z ochroną środowiska/klimatu jest widoczna m.in. w pracach: Frei'a (2004), Turtona i Barreto (2006) czy Sovacoola i Mukherjee (2011).

W ocenie autorki kompleksowym podejściem określającym bezpieczeństwo energetyczne są stanowiska Międzynarodowej Agencji Energii (2014) oraz Komisji Europejskiej (2014). Pierwsza z tych instytucji nawiązuje do bezpieczeństwa energetycznego jako „stabilności dostaw energii po rozsądnej cenie”, druga zaś włącza, w długim okresie, aspekty związane z poszanowaniem energii (m.in.: efektywność energetyczna, redukcja konsumpcji energii). W podobnym duchu kompleksowego i wielowymiarowego podejścia do bezpieczeństwa energetycznego znajduje się opisana poniżej praca Erdala (2015).

## 1. Metoda badawcza

Mnogość definicji bezpieczeństwa energetycznego powoduje, że istnieje również duża podaż prac empirycznych, których celem jest ilościowa ocena bezpieczeństwa energetycznego. Z uwagi na brak jednej powszechnie obowiązującej definicji, badacze konstruują modele lub wskaźniki, które mogłyby odzwierciedlić złożoność badanego zjawiska. Miary te w zależności od zakresu analitycznego zjawiska odwołują się do zmiennych, które wiążą się z:

1. Produkcją energii z krajowych zasobów paliw, która uwidacznia się pod postacią samowystarczalności energetycznej m.in. w pracach: Koyama i Kutani (2012) czy też Erdala (2015),
2. Importem energii ze źródeł zagranicznych m.in. w formie:
  - ◆ udziału importowanej energii w całości energii pierwotnej zużywanej w danym kraju (REES, ang. *Risky External Energy Supply*, Coq, Paltseva 2009; Stirling 1999; Stirling 2010; Marandya i in. 2007),
  - ◆ stabilności geopolitycznej eksportera (również w REES, ang. *Risky External Energy Supply* Coq, Paltseva 2009; Neumann 2004).
3. Oddziaływaniem produkcji i konsumpcji energii na środowisko naturalne, które uwidacznia się pod postacią:
  - ◆ poziomu emisji CO<sub>2</sub> (*Institute for 21<sup>st</sup> Century Energy* 2016),
  - ◆ czy też efektywności energetycznej analizowanej gospodarki (Sovacool i Mukherjee 2011).
4. Cenami energii, które można odnaleźć m.in. w pracach: Manssona i in. (2015), *Institute for 21<sup>st</sup> Century Energy* (2016) czy też Erdala (2015).

Najbardziej kompleksowym podejściem jest badanie Erdala (2015), w którym autor uwzględnia wszystkie z zaprezentowanych powyżej elementów (tab. 1). Analizując sytuację energetyczną Turcji w latach 1970–2009, autor sprawdza, jakie czynniki wpływały na bezpieczeństwo energetyczne tego kraju. Na podstawie przeglądu literatury, identyfikuje następujące determinanty (Erdal 2015): światowe ceny ropy naftowej, produkcję energii pierwotnej, konsumpcję energii *per capita*, emisje CO<sub>2</sub> oraz udział energii odnawialnej w produkcji energii pierwotnej. Autor wykorzystuje analizę regresji, w której zmienną zależną jest indeks bezpieczeństwa energetycznego a zmiennymi niezależnymi – wymienione wyżej determinanty. Z uwagi na fakt, iż dane będące przedmiotem analizy są szeregiem czasowym, wspomniany badacz w pierwszej kolejności koncentruje się na testowaniu i następnie, usunięciu zmiennych niestacjonarnych. Zmienne niestacjonarne wykrywa się następującymi testami: Dickey’a Fullera (ADF), Philipisa-Perrona i Kwiatkowskiego-Philipisa-Schmidta-Shina (KPSS). Wyniki badań pokazują, iż cztery z pięciu zmiennych niezależnych jest istotnych statystycznie. Są to: produkcja energii pierwotnej, konsumpcja energii *per capita*, emisje CO<sub>2</sub> oraz udział energii odnawialnej w produkcji energii pierwotnej. Wzrost produkcji energii pierwotnej oraz zwiększenie udziału energii odnawialnej w produkcji energii pierwotnej, przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa energetycznego. Z kolei wzrost emisji CO<sub>2</sub> i konsumpcji energii *per capita*, pogarsza bezpieczeństwo energetyczne. Ceny ropy na rynkach światowych nie miały wpływu na bezpieczeństwo energetyczne Turcji w latach 1970–2009.

TABELA 1. Wskaźniki opisujące bezpieczeństwo energetyczne w badaniu Erdala (2015) i ich porównanie z badaniem empirycznym

TABLE 1. Comparison of energy security determinants from Erdal's study (2015) and empirical investigation

Wskaźnik w badaniu Erdala (2015)	Wskaźniki uwzględnione w badaniu empirycznym	Skrót
Światowe ceny ropy naftowej	brak	–
Produkcja energii pierwotnej	liczba odwiertów poszukiwawczych i produkcyjnych (gaz ziemny) w USA	odwierty
Konsumpcja energii <i>per capita</i>	konsumpcja gazu ziemnego w USA	Kons_gazu
Emisje CO <sub>2</sub>	zużycie energii <i>per capita</i> na każdego dolara (2009) PKB	Efekt_ener
Udział energii odnawialnej w produkcji energii pierwotnej	konsumpcja energii wiatrowej	Kons_wiatr
Złożony (kompleksowy) indeks bezpieczeństwa energetycznego	indeks złożony Institute for 21st Century Energy (2012)	Indeks
Zmienne dodatkowe		
Brak	PKB	PKB
Brak	zasoby gazu ziemnego	Zasob_gaz

Źródło: opracowanie własne. Por. z Erdal (2015).

Kompleksowy charakter opracowania Erdala czyni je interesującym sposobem badania bezpieczeństwa energetycznego. Mając jednak na uwadze przedmiot badań niniejszego opracowania, podejście badawcze zawęża się do determinant związanych ściśle z rynkiem gazu ziemnego (tab. 1). Jediną zmienną o charakterze ogólnoenergetycznym jest efektywność energetyczna pokazana jako zużycie energii *per capita* na każdego dolara PKB USA (według wartości waluty z 2009 roku). W badaniu empirycznym nie uwzględnia się cen gazu ziemnego. Wynika to z faktu, iż ceny ropy w analizie Erdala okazały się nieistotne statystycznie. Przybliżeniem zmiennej dotyczącej produkcji energii pierwotnej stała się liczba odwiertów poszukiwawczych i produkcyjnych za gazem ziemnym w USA. Niestety nie było możliwe ograniczenie tej zmiennej do odwiertów za gazem łupkowym, ponieważ ogólnodostępne dane dotyczące jego produkcji są dostępne dopiero od 2007 roku. Ewentualne skrócenie horyzontu czasowego badań wpłynęłoby negatywnie na jakość uzyskanych wyników. Konsumpcja energii wiatrowej (w trylionach Btu – *British thermal units*, brytyjskie jednostki termiczne, 1 Btu = 1055,06 J) została uwzględniona w badaniu jako przybliżenie zużycia energii odnawialnej w USA. Koncentracja na tym źródle odnawialnym wynika z faktu, iż energia wiatrowa jest paliwem komplementarnym w stosunku do gazu ziemnego. W okresie niekorzystnych warunków atmosferycznych, kiedy z wiatru nie można produkować energii elektrycznej, jej podaż uzupełnia się produkcją z elektrowni opalanych gazem ziemnym. Źródłem wszystkich wymienionych wyżej danych była amerykańska *Energy Information Administration*. Dane dotyczące konsumpcji gazu ziemnego w USA (w MMCF=miliony stóp sześciennych, 1 cf = 0,03 m<sup>3</sup>) pochodziły z raportu *BP Statistical Review of World Energy 2015 (BP 2015)*. Horyzont badań empirycznych obejmuje lata

1983–2010 i jest pochodną dostępności danych źródłowych. Dodatkowo w modelu znalazły się zmienne, które miały kontrolować wyniki (PKB *per capita* w cenach bieżących) albo je wzbogacić (potwierdzone zasoby gazu ziemnego, w trylionach m<sup>3</sup>). Szczególne znaczenie mają zasoby gazu ziemnego, ponieważ pozwalają one również wychwycić wpływ poszukiwań gazu łupkowego na bezpieczeństwo energetyczne. Źródłem dodatkowych danych były, odpowiednio, bazy elektroniczne Banku Światowego i raport *BP Statistical Review of World Energy 2015*. Badanie przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu GRETL. Uwzględnione w modelach zmienne były szacowane według równania:

$$\begin{aligned} Indeks_t = & \alpha + \beta_1 Odwierty_t + \beta_2 Kons\_gazu_t + \\ & + \beta_3 Efekt\_ener_t + \beta_4 Kons\_wiatr_t + \beta_5 PKB_t + \beta_6 Zasob\_gaz_t + \varepsilon \end{aligned} \quad (1)$$

Aby uniknąć regresji pozornej, wszystkie ze zmiennych uwzględnionych w badaniu zostały poddane testom na stacjonarność szeregu czasowego (przeprowadzono testy ADF i KPSS). Testy ADF wskazują, że wszystkie zmienne modelu są zintegrowane w stopniu pierwszym (niestacjonarne). Natomiast testy KPSS sugerują, że wszystkie zmienne objaśniające w modelu są zintegrowane w stopniu pierwszym (niestacjonarne), a zmienna objaśniana jest stacjonarna. Oba testy badające stacjonarność szeregów czasowych zostały przeprowadzone w dwóch wariantach z wyrazem wolnym oraz z wyrazem wolnym i trendem. W rezultacie model został oszacowany na podstawie pierwszych różnic zlogarytmowanych (logarytm naturalny) wartości zmiennych objaśniających oraz zmiennej objaśnianej.

Doprowadzenie zmiennych do stacjonarności umożliwiło oszacowanie modeli regresji klasyczną metodą najmniejszych kwadratów. Weryfikacja wszystkich modeli regresji (tab. 2) potwierdziła prawidłowość przyjętej postaci analitycznej modelu, normalność rozkładu składnika losowego, jak również homoskedastyczność reszt. Dodatkowo, weryfikacja współliniowości zmiennych wykazała brak ich korelacji. Wyniki analizy regresji wskazują, iż przyjęte za Erdalem zmienne modelu opisują jedynie w około 12% zmienność bezpieczeństwa energetycznego w USA (model 1). Dodanie do tego modelu zmiennej kontrolującej pod postacią PKB USA (model 2), dodatkowo osłabia jego właściwości ( $R^2 = 0,08$ ; Kryterium Akaike'a =  $-110,351$ ). Rozszerzenie modelu o zmienne odwołujące się do krajowych zasobów paliw, poprawiło jakość modelu ( $R^2 = 0,419$ ; Kryterium Akaike'a =  $-122,070$ ) oraz ocenę jego całościowej przydatności (Statystyka testu F =  $1,73e-07$ ).

## 2. Wyniki

We wszystkich wariantach modelu, dla pierwszych różnic zlogarytmowanych wartości, istotność statystyczną wykazały liczba odwiertów poszukiwawczych i produkcyjnych (gaz ziemny)

TABELA 2. Porównanie wyników badań empirycznych dla pierwszych różnic zlogarytmowanych wartości

TABLE 2. Comparison of empirical study results for first differences of logarithmized values

Zmienna	Model 1	Model 2	Model 3
Const.	0,012	0,0013	-0,013
ln_Odwierty-ln_Odwierty <sub>t-1</sub>	0,051**	0,050**	0,034*
ln_Efekt_ener-ln_Efekt_ener <sub>t-1</sub>	0,570	0,63	1,005***
ln_Kons_wiatr-ln_Kons_wiatr <sub>t-1</sub>	-0,005***	-0,005***	-0,006***
ln_Kons_gazu-ln_Kons_gazu <sub>t-1</sub>	-0,001	-0,026	-0,205
ln_PKB-ln_PKB <sub>t-1</sub>	-	-0,088	0,704**
ln_Zasob_gazu-ln_Zasob_gazu <sub>t-1</sub>	-	-	0,424***
Skorygowany R <sup>2</sup>	0,121	0,081	0,419
Statystyka testu F	0,011	0,02	1,73e-07
Kryterium Akaike'a	-112,304	-110,351	-122,070
Kryterium Hannana-Quinna	-110,377	-108,040	-119,372
Kryterium bayesowskie Schwarz	-105,825	-102,576	-112,999

\* p < 0,1; \*\* p < 0,05; \*\*\* p < 0,01.

Źródło: opracowanie własne.

w USA oraz konsumpcja energii wiatrowej. W przypadku odwiertów związek miał pozytywny charakter, zaś w przypadku energii wiatrowej negatywny. Oznacza to, w uproszczeniu, że wzrost liczby odwiertów za gazem ziemnym zwiększa bezpieczeństwo energetyczne, zaś wzrost konsumpcji energii wiatrowej wpływa na jego pogorszenie. Znaczenie odwiertów zmniejszało się wraz z wprowadzaniem do analizy kolejnych zmiennych (model 2, 3), dotyczy to zarówno istotności statystycznej zmiennej, jak i jej współczynnika regresji. Natomiast rola energii wiatrowej pozostawała niezmienna (model 2) lub nieznacznie wzmacniała się (model 3) wraz ze zmianą wariantu.

Rozszerzenie rozważań o zasoby gazu ziemnego przyczyniło się do poprawy właściwości modelu, jako że około 42% zmienności bezpieczeństwa energetycznego w USA wyjaśniały uwzględnione zmienne. Poprawiły się również kryteria informacyjne modelu. Zgodnie z zasadą najlepszy model to ten, dla którego wartość kryterium informacyjnego jest najniższa. Najniższy wynik, we wszystkich trzech kryteriach informacyjnych, zaobserwowano dla modelu 3. W tym wariantcie na znaczeniu zyskały zmienne dotyczące efektywności energetycznej i PKB. Wpływ obu zmiennych na bezpieczeństwo energetyczne jest pozytywny. Oznacza to, że wraz ze wzrostem efektywności energetycznej, jak i PKB, następuje poprawa bezpieczeństwa energetycznego.

Porównując uzyskane wyniki badań empirycznych (model 3) z rezultatami badania Erdala dla pierwszych różnic zlogarytmowanych wartości, można zaobserwować, że (tab. 3):

1. Trzy spośród czterech zmiennych z oryginalnego badania wykazały istotność statystyczną. Były to:

- ◆ liczba odwiertów poszukiwawczych i produkcyjnych (gaz ziemny) w USA;
- ◆ zużycie energii *per capita* na każdego dolara (2009) PKB;
- ◆ konsumpcja energii wiatrowej.

TABELA 3. Porównanie wyników badania Erdala (2015) z wynikami badania empirycznego

TABLE 3. Comparison of empirical study results with Erdal's study (2015)

Wskaźnik w badaniu Erdala (2015)	Wpływ: Istotność statystyczna TAK/NIE Pozytywna (+) Negatywna (-)	Wskaźniki uwzględnione w badaniu empirycznym	Wpływ: Istotność statystyczna TAK/NIE Pozytywna (+) Negatywna (-)
Produkcja energii pierwotnej	TAK (+)	Liczba odwiertów poszukiwawczych i produkcyjnych (gaz ziemny) w USA	TAK (+)
Konsumpcja energii per capita	TAK (-)	Konsumpcja gazu ziemnego w USA	NIE
Emisje CO <sub>2</sub>	TAK (-)	Zużycie energii <i>per capita</i> na każdego dolara (2009) PKB	TAK (+)
Udział energii odnawialnej w produkcji energii pierwotnej	TAK (+)	Konsumpcja energii wiatrowej	TAK (-)
Zmienne dodatkowe			
Brak		PKB	TAK (+)
Brak		Zasoby gazu ziemnego	TAK (+)

Źródło: opracowanie własne. Por. z: Erdal (2015).

2. Dwie spośród trzech istotnych statystycznie zmiennych egzogenicznych, odznaczały się podobnym charakterem wpływu na zmienną endogeniczną. Dotyczy to:

- ◆ liczby odwiertów poszukiwawczych i produkcyjnych (gaz ziemny) w USA;
- ◆ zużycia energii *per capita* na każdego dolara (2009) PKB.

Podobny, a nie identyczny charakter wpływu wynika z wykorzystanych danych. W oryginalnym badaniu Erdala, jako zmiennej obrazującej ekologiczny charakter bezpieczeństwa energetycznego, użyto emisji CO<sub>2</sub>, zaś w przedmiotowym badaniu empirycznym efektywności energetycznej. Dlatego wpływ emisji CO<sub>2</sub> jako negatywnego efektu zewnętrznego na bezpieczeństwo energetyczne jest ujemny, zaś efektywności energetycznej jako zjawiska pozytywnego jest dodatni.



3. W przeciwieństwie do wyników badania Erdala, zmienna ilustrująca wykorzystanie odnawialnych źródeł energii miała negatywny wpływ na bezpieczeństwo energetyczne w badaniu empirycznym.

4. Dodatkowo uwzględnione PKB i zasoby gazu ziemnego były istotne statystycznie i miały pozytywny wpływ na bezpieczeństwo energetyczne.

## Podsumowanie

Przeprowadzone badanie pokazuje wpływ wydobycia węglowodorów niekonwencjonalnych na bezpieczeństwo energetyczne wykorzystując do testów empirycznych metodologię Erdala. Z uwagi na tematykę badania czynniki wpływające na bezpieczeństwo energetyczne zostały zawężone do zmiennych odwołujących się do rynku gazu ziemnego. Część z nich zachowała się tak samo (liczba odwiertów poszukiwawczych i produkcyjnych w USA) lub interpretacyjnie podobnie jak w oryginalnym badaniu (zużycie energii *per capita* na każdego dolara PKB). Inne, jak np.: konsumpcja energii wiatrowej, przyniosły wyniki odwrotne do oczekiwanych, co może pośrednio świadczyć o tym, że gaz ziemny i energia wiatrowa, mimo technicznej komplementarności, nie są tak wykorzystywane w rzeczywistości. Udowodnienie tej tezy zasługuje na odrębne badanie empiryczne, które nie mieści się w zakresie tego opracowania. Rozszerzenie podejścia Erdala o krajowe zasoby gazu ziemnego pokazało, iż w sposób istotny wpływają one na bezpieczeństwo energetyczne USA. Dlatego wzięwszy pod uwagę wszystkie z wymienionych zmiennych, można stwierdzić, iż dla pierwszych różnic zlogarytmowanych wartości powiększanie krajowych zasobów gazu ziemnego, w tym również gazu łupkowego, poprawiło bezpieczeństwo energetyczne USA w latach 1983–2010.

Ze względu na przyjęte podejście analityczne, poziom agregacji i dostępność danych badanie ma swoje ograniczenia. Dlatego jako interesujący kierunek przyszłych rozważań empirycznych można wskazać włączenie do analizy cen gazu ziemnego oraz produkcji gazu łupkowego w dłuższym – niż 2010 rok – horyzoncie czasowym.

## Literatura

- ANG i in. 2015 – ANG, B.W., CHOONG, W.L. i NG, T.S. 2015. Energy security: Definitions, dimensions and indexes, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* t. 42, s. 1077–1093.
- BP, 2015 – Statistical Review of World Energy 2015.
- COQ, CH. 2009. Russian gas supply and common energy policy, *Baltic Rim Economies* t. 2.
- COQ, CH. i PALTSEVA, E. 2009. Measuring the Security of External Energy Supply in the European Union, *SITE Working Paper* t. 2.

- CONSTANTINI, V. i GRACCEVA, F. 2004. Social Costs and Energy Disruption. Fondazione Enrico Mattei, September.
- DAVIS, M. i in. 2005 – DAVIS, M., PIONTKIVSKY, R., PINDYUK, O. i OSTOJIC, D. 2005. Ukraine – The impact of higher natural gas and oil prices. Washington, DC: World Bank. [Online] Dostępne w: <http://documents.worldbank.org/curated/en/796741468309269171/Ukraine-The-impact-of-higher-natural-gas-and-oil-prices> [Dostęp: 27.06.2017].
- EIA, 2016 – strona internetowa Energy Information Agency, [Online] Dostępne w: <http://www.eia.gov/> [Dostęp: 20.06.2016].
- ERDAL, L. 2015. Determinants of Energy Supply Security: An Econometric Analysis for Turkey. *EGE Academic Review* t. 15, s. 153–163.
- KOYAMA, K. i KUTANI, I. 2012. Study on the Development of an Energy Security Index and an Assessment of Energy Security for East Asian Countries, ERIA Research Project Report 2011 t. 13, s. 19–20.
- Komisja Europejska, 2014, *Energy security strategy*. [Online] Dostępne w: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/energy-security-strategy> [Dostęp: 30.06.2016].
- FREI, C. 2004. The Kyoto Protocol: a victim of supply security? *Energy Policy* t. 32, s. 1253–1256.
- GOMES, I. 2015. Natural gas in Canada: what are the options of going forward?, *OIES Paper* t. 98. [Online] Dostępne w: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2015/05/NG-98.pdf> [Dostęp: 20.06.2016].
- HUNTINGTON, H.G. 2004. Shares, gaps and the economy's response to oil disruptions. *Energy Economics* t. 26, s. 415–424.
- IEA, 2014 – *What is energy security?* [Online] Dostępne w: <http://www.iea.org/topics/energysecurity/sub-topics/whatisenergysecurity/> [Dostęp: 30.06.2016].
- INSTITUTE FOR 21<sup>st</sup> CENTURY ENERGY, 2016. *Index of U.S. energy security risk*, Washington, DC: U.S. Chamber of Commerce. [Online] Dostępne w: <http://www.energyxxi.org/> [Dostęp: 30.06.2016].
- JĘDRZEJCZAK, A. i RYCHLICKI, S. *Rodzaje niekonwencjonalnych złóż ropy naftowej i ich charakterystyka*. [Online] Dostępne w: [http://nafta.wnp.pl/rodzaje-niekonwencjonalnych-zloz-ropy-naftowej-i-ich-charakterystyka,241885\\_2\\_0\\_0.html](http://nafta.wnp.pl/rodzaje-niekonwencjonalnych-zloz-ropy-naftowej-i-ich-charakterystyka,241885_2_0_0.html) [Dostęp: 20.06.2016].
- LOESCHEL i in. 2010 – LOESCHEL, A., MOSLENER, U. i RUEBBELKE, D.T.G. 2010. Indicators of energy security in industrialised countries. *Energy Policy* t. 38, s. 1665–1671.
- MANSSON i in. 2014 – MANSSON, A., JOHANSSON, B. i NILSSON, L.J. 2014. Assessing energy security: An overview of commonly used methodologies. *Energy* t. 73, s. 1–14.
- MARKANDYA i in. 2007 – MARKANDYA, A., GRACCEVA, F., CONSTANTINI, V. i VICINI, G. 2007. Security of energy supply. Scenarios from the European Perspective. *Energy Policy* t. 35, s. 210–226.
- NEUMANN, A. 2004. Security of supply in liberalised European gas markets. Diplomarbeit, Viadrina Universität, Frankfurt.
- PIG 2016 – Państwowy Instytut Geologiczny, [Online] Dostępne w: <http://www.pgi.gov.pl/institut-geologiczny-surowce-mineralne/4059-gaz-upkowy-1-co-kryje-si-pod-terminem-niekonwencjonalne-zoagazu> [Dostęp: 20.06.2016].
- SAWTER, R. i AWERBUCH, S. 2003. Oil price volatility and economic activity: A survey and literature review. *IEA Research Paper*, August.
- WINZER, CH. 2012. Conceptualizing energy security. *Energy Policy* t. 46, s. 36–48.
- SOVACOO, B. i MUKHERJEE, I. 2011. Conceptualizing and measuring energy security: A synthesized approach. *Energy Policy* t. 36, s. 5343–5355.
- Statista, 2016. [Online] Dostępne w: <https://www.statista.com/statistics/183740/shale-gas-production-in-the-united-states-since-1999/> [Dostęp: 12.08.2016].
- STIRLING, A. 1999. On the Economics and Analysis of Diversity. *SPRU Electronic Working Paper Series* t. 28.

- STIRLING, A. 2010. Multicriteria diversity analysis. A novel heuristic approach for appraising energy portfolios. *Energy Policy* t. 38, z. 4, s. 1622–1634.
- TURTON, H. i BARRETO, L. 2006. Long-term security of energy supply and climate change. *Energy Policy* t. 34, s. 2232–2250.

Honorata NYGA-ŁUKASZEWSKA

## Shale gas production in the US and the country's energy security

### Abstract

This article addresses the issue of unconventional hydrocarbons production and their impact on the energy security of the producer countries. Unconventional hydrocarbons have revolutionized the global energy markets, influencing the supply of resources and their prices. The often raised arguments on the impact of energy production on energy security have not so far reached the depth of economic analysis. The difficulty of this task is connected with the poor definition of the energy security concept. That poses an additional research challenge in the form of its quantification. Such a successful attempt to determine the energy security was undertaken by Erdal (2015). Therefore, the above study uses the Erdal approach. The analysis is based on the example of shale gas extraction in the US from 1983-2010. The study consists of several parts. The analysis opens with an introduction to a brief description of unconventional hydrocarbons' production in the US and an explanation of the energy security phenomenon. In the second part of the paper, the author delivers a presentation of an adopted methodological approach. The third part is an empirical study based on a multiple regression model. The study ends with a summary supplemented with proposals for further research. The statistics used in the study come from the World Bank, the US Energy Information Administration, and the BP Statistical Review of World Energy. Studies used in the literature review constitute analyses of recognized research centers and international organizations.

KEYWORDS: energy security, unconventional hydrocarbons, domestic production

