

## Wstęp

Bezpieczeństwo energetyczne rozumiane jest przez Międzynarodową Agencję Energii (*International Energy Agency*, IEA) jako możliwość „ciągłych fizycznych dostaw energii po akceptowalnych cenach, z uwzględnieniem troski o środowisko naturalne”. Podobna definicja bezpieczeństwa energetycznego jest podana w prawie energetycznym [Ustawa Prawo energetyczne z dnia 10.04.1997 r. wraz z późniejszymi zmianami] i brzmi: „Bezpieczeństwo energetyczne jest to stan gospodarki umożliwiający pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska”. Oznacza to, że pojęcie bezpieczeństwa energetycznego obejmuje trzy główne aspekty: energetyczny, ekonomiczny i ekologiczny. Bezpieczeństwo ekonomiczne można rozumieć jako gwarancję, że ceny energii nie będą tworzyły bariery dla rozwoju gospodarczego i nie będą prowadziły do ubóstwa energetycznego. Stąd bezpieczeństwo energetyczne, a w konsekwencji także rozwój każdego kraju, zależą od możliwości dostarczenia wystarczającej ilości energii po akceptowalnych cenach. A samo bezpieczeństwo energetyczne jest jednym z kluczowych problemów współczesnego świata. Ma to związek zarówno ze zjawiskiem wyczerpywania się zasobów tradycyjnych surowców energetycznych oraz zmianami polityczno-gospodarczymi na arenie światowej, jak i ze zmianami światopoglądowymi czy coraz większą popularnością koncepcji rozwoju zrównoważonego.

W całkowitym światowym zapotrzebowaniu na energię pierwotną dominują paliwa pierwotne, czyli ropa naftowa, gaz ziemny i węgiel energetyczny (ich udział w 2012 roku wynosił około 81% całkowitego zapotrzebowania na energię pierwotną) i według prognoz Międzynarodowej Agencji Energii [IEA, 2014a] taki udział powinien utrzymać się na podobnym poziomie przez kolejnych kilkadziesiąt lat. Dlatego też tak istotne znaczenie mają odpowiedzi na następujące pytania dotyczące funkcjonowania rynku surowców energetycznych:

- Czy rynek danego surowca energetycznego ma charakter regionalny, czy globalny (czy funkcjonuje prawo jednej ceny)?
- Czy można ustalić rolę poszczególnych cen, tj. wskazać ceny wiodące (*price setters*) i naśladowujące (*price takers*)?
- Jakie są relacje pomiędzy cenami surowców energetycznych a sferą realną i sferą finansową gospodarki?
- Czy można skutecznie prognozować ceny surowców energetycznych?

Odpowiedzi na powyższe pytania pozwalają stwierdzić, między innymi, czy możliwa jest dywersyfikacja źródeł dostaw energii i uzyskanie akceptowalnych cen energii, a tym samym stanowią istotną wskazówkę pozwalającą na kształtowanie skutecznej polityki energetycznej.

Drugą ważną kwestią dotyczącą rynku surowców energetycznych jest kwestia bezpośredniego wpływu cen surowców energetycznych na dochody krajów eksportujących i importujących dany surowiec. Należy przy tym pamiętać, że ich niespodziewane i duże wahania są szkodliwe zarówno dla eksporterów, jak i importerów paliw pierwotnych. Ropa naftowa odgrywa wśród nich szczególnie ważną rolę ze względu na powszechność zastosowań i praktyczny brak zamienników w transporcie (przynajmniej na razie). Z tego powodu literatura przedmiotu odnosi się zazwyczaj do relacji pomiędzy ceną ropy i innymi zmiennymi ekonomicznymi. Rothemberg i Woodford [1996], Kilian i Vigfusson [2011; 2013], Kilian i Lewis [2011] badali pośredni wpływ cen ropy naftowej na poziom inflacji, Elder i Serletis [2009] wykazali wpływ cen ropy naftowej na inwestycje, a Bernanke i współautorzy [1997] prowadzili badania, dzięki którym dostarczyli informacji decydom do odpowiedniego prowadzenia polityki monetarnej. Ceny ropy naftowej determinują wartość kontraktów terminowych, a więc są podstawowym źródłem informacji dla inwestorów na rynkach towarowych [Baumeister i inni, 2013]. Przewidywanie cen ropy dostarcza decydom przesłanki do podejmowania decyzji w wymienionych obszarach. Nie jest zatem dziwne, że kwestia prognozowania cen ropy skupia uwagę ekonomistów i praktyków, a ustalenie wiarygodnych prognoz cen jest tak istotne. Banki centralne i analitycy w przedsiębiorstwach mogą wykorzystywać ceny ropy jako jedną z kluczowych zmiennych w tworzeniu prognoz makroekonomicznych oraz w ocenie ryzyka makroekonomicznego. Powszechnie przyjmuje się, że zmiany w kosztach importowanej ropy naftowej są czynnikiem decydującym o działalności gospodarczej, dlatego prognozy cen mają wpływ na ocenę perspektyw gospodarczych. Im wyższa prognozowana cena, tym większe ryzyko spowolnienia gospodarczego. Interesujące jest również pytanie, w jakim stopniu cena ropy jest pomocna w przewidywaniu recesji. Na przykład Hamilton [2009b], opierając się na analizie Edelsteina i Kiliana [2009], dowodzi, że recesja, która miała miejsce w 2008 roku, była poprzedzona spowolnieniem w branży motoryzacyjnej i pogorszeniem się nastrojów konsumentów. Należy również pamiętać, że istnieją całe sektory gospodarki, których rozwój zależy bezpośrednio od prognoz cen ropy naftowej. Dotyczy to na przykład linii lotniczych, firm transportowych, sektora energetycznego, a nawet przedsiębiorstw sektora budowlanego, które biorą pod uwagę ceny alternatywnych paliw potrzebnych do ogrzewania budynków. Również kierunki rozwoju przemysłu motoryzacyjnego zależą od prognozowanych cen ropy naftowej. Im wyższe będą ceny, tym bardziej opłacalne będą nakłady przeznaczane na alternatywne źródła napędu (np. silniki elektryczne lub hybrydowe itp.). Prognozy cen surowców energetycznych odgrywają także ważną rolę w tworzeniu prognoz zużycia energii, modelowaniu decyzji inwestycyjnych w sektorze energetycznym

oraz w projektowaniu polityki fiskalnej. W kontekście tych rozważań zrozumienie mechanizmów kształtowania cen źródeł nośników energii i ich wzajemnych zależności oraz wykorzystanie ich do tworzenia prognoz o charakterze krótkookresowym jest zadaniem niezwykle istotnym dla bezpieczeństwa kraju i zapewnienia mu warunków rozwoju cywilizacyjnego.

Opis zależności pomiędzy cenami surowców energetycznych jest jednym z podstawowych problemów gospodarki energetycznej. W ostatnich latach wiele ważnych opracowań dotyczących różnych aspektów tego zagadnienia zostało opublikowanych w uznanych czasopismach, takich jak: *Energy Economics*, *Energy Policy*, *Resource and Energy Economics* czy *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. Zagadnienia te dotyczyły powiązań cen surowców pomiędzy sobą oraz wzajemnych zależności łączących ceny surowców energetycznych ze sferą realną i sferą finansową gospodarki światowej. Niniejsza praca nie ma jednak za zadanie przedstawienia światowego dorobku w tej dziedzinie. Celem tej publikacji jest przedstawienie własnych analiz, które, wpisując się w światowy nurt badań, zostały jednak skierowane na zagadnienia najbardziej interesujące z europejskiego punktu widzenia, a także są niezmiernie istotne dla Polski. Kontekst europejski ujawnia się w analizach dotyczących powiązania cen surowców energetycznych z agregatami opisującymi gospodarkę Unii Europejskiej i strefę euro. Wątki tzw. polskie to analizy dotyczące węgla energetycznego, który co prawda jest dla Unii Europejskiej paliwem problematycznym ze względu na prowadzoną politykę energetyczną, ale równocześnie jest i zapewne pozostanie przez kilka najbliższych dekad podstawowym paliwem energetycznym w Polsce. Węgiel energetyczny nie jest jednak wyłącznym przedmiotem analiz w całym opracowaniu. Autorzy zdecydowali się poświęcić znaczną część analiz przedstawionych w pracy prognozowaniu cen ropy naftowej, nie zaś cen węgla energetycznego. Taki wybór wynika z kilku czynników. Pierwszy to kwestia dotychczasowego dorobku światowej literatury zajmującej się prognozowaniem cen surowców energetycznych, która niemal wyłącznie dotyczy ropy naftowej. Wybór innego niż ropa naftowa obiektu analizy spowodowałaby, że otrzymane wyniki nie miałyby żadnego odniesienia do istniejących badań, zatem trudno byłoby je ocenić. Drugi czynnik wynika z tego, że, jak wielokrotnie wykazywano (również w tej książce), ceny surowców energetycznych są ze sobą powiązane na różnych płaszczyznach. Dodatkowo wielu autorów dowodziło (w tym piszący tę książkę), że cena ropy naftowej jest wiodąca względem cen innych surowców energetycznych. Skuteczne prognozowanie cen ropy naftowej dostarcza wobec tego mocnych przesłanek do przewidywania cen innych surowców, w tym węgla energetycznego.

Reasumując, przed empiryczną częścią pracy postawiono dwa cele. Pierwszy to przedstawienie wyników zależności przyczynowych pomiędzy cenami surowców energetycznych oraz powiązań rynku surowców energetycznych ze zmiennymi

makroekonomicznymi i finansowymi. W szczególności autorzy będą próbowali odnieść się do następujących pytań:

- Jakie relacje przyczynowe (w średniej i w wariancji) występują pomiędzy głównymi światowymi cenami węgla energetycznego?
- Czy rynek węgla energetycznego jest zintegrowany, czyli czy ma charakter globalny?
- Czy można wskazać wśród światowych cen węgla energetycznego ceny wiodące i naśladowujące?
- Jaki jest charakter relacji pomiędzy cenami ropy naftowej, węgla energetycznego i gazu ziemnego na rynku europejskim?
- Ceny których surowców energetycznych na rynku europejskich są wiodące?
- Jak wpływa realna sfera gospodarki strefy euro na światowe ceny surowców energetycznych?
- Jak wpływa finansowa sfera gospodarki strefy euro na światowe ceny surowców energetycznych?

Rezultaty oceny zależności przyczynowych, będą pretekstem do przeprowadzenia eksperymentu prognostycznego, którego głównym celem będzie ocena możliwości skutecznego, krótkookresowego prognozowania cen surowców energetycznych. Ta część opracowania ma odpowiedzieć na następujące pytania:

- Czy możliwe jest skuteczne prognozowanie cen surowców bazujące na jednowymiarowych modelach szeregów czasowych?
- Czy włączenie dodatkowej informacji do modeli prognostycznych (i wykorzystanie modeli regresyjnych) poprawia trafność prognoz cen surowców?
- Czy można podać uniwersalny zestaw predyktorów, który w długim okresie będzie pozwalał na otrzymywanie możliwie najtrafniejszych prognoz cen surowców?
- Czy łączenie wiedzy z różnych modeli wpływa na poprawienie trafności prognoz?

Opisywane w pracy rezultaty badań zostały otrzymane za pomocą ekonometrycznych modeli szeregów czasowych. Analiza zależności została przeprowadzona na podstawie definicji przyczynowości w sensie Grangera. Do jej weryfikacji wykorzystano klasyczne testy zaproponowane dla modeli wektorowej autoregresji oraz rzadziej używane testy Cheunga i Ng [Cheung i Ng, 1996], Honga [Hong, 2001], które pozwalają oceniać przyczynowość w średniej i w wariancji oraz metodologię Toda–Yamamoto [Toda i Yamamoto, 1995].

Do prognozowania cen ropy naftowej zastosowano wyłącznie proste (w większości przypadków liniowe) ekonometryczne modele szeregów czasowych. W ramach modeli jednowymiarowych były to: modele ARIMA, progowe modele autoregresyjne, modele wyrównywania wykładniczego oraz autoregresyjne sztuczne sieci neuronowe. W ramach modeli wielowymiarowych stosowano modele ARDL oraz modele wektorowej autoregresji VAR. Dobór modeli wykorzystanych w pracy nie wyczerpuje wszystkich możliwości. Zwłaszcza od początku XXI wieku widać tendencję do stosowania coraz to bardziej skompli-