



Marcin MALEC*

Wpływ zmienności cen węgla kamiennego na rynkach światowych na zmienność cen paliw i energii elektrycznej w Polsce

STRESZCZENIE: Krajowa energetyka od lat oparta jest na węglu kamiennym i brunatnym. Kilkudziesięcioprocentowy udział elektrowni opalanych węglem kamiennym i brunatnym w strukturze wytwórczej wymusza konieczność zakupu tych paliw do produkcji energii elektrycznej w otoczeniu zmiennych cen surowców, kształtowanych na międzynarodowym rynku. Ceny węgla kamiennego są wypadkową wielu zmiennych i zależą nie tylko od światowej sytuacji geopolitycznej czy ekonomicznej, ale mogą być również skutkiem klęsk żywiołowych. Ceny na rynkach międzynarodowych są ze sobą ściśle powiązane. Szczególnie wysokość cen kształtowanych przez największych producentów i eksporterów (między innymi przez Indonezję, Australię czy Chiny) mają wpływ na ceny surowca na rynku europejskim. Są one także punktem odniesienia dla cen węgla brunatnego na lokalnych rynkach.

W niniejszym artykule przeanalizowano wpływ zmienności cen węgla kamiennego na rynkach światowych na zmienność krajowych cen paliw (kosztów zakupu) wykorzystywanych do produkcji energii elektrycznej, cen sprzedaży energii przez jednostki wytwórcze oraz cen energii elektrycznej dla odbiorców końcowych. Sprawdzono także czy zmienność cen węgla kamiennego ma wpływ na zmienność cen energii dla przedsiębiorstw przyłączonych do sieci na parametrach wysokiego napięcia i dla gospodarstw domowych. Dodatkowo zbadano także korelację pomiędzy analizowanymi parami zmiennych. Niniejszą analizę wpływu wybranych zmiennych przeprowadzono przy użyciu podstawowych miar statystycznych. W drugiej części

* Mgr inż., asystent – Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków; e-mail: malec@min-pan.krakow.pl

badania przeprowadzona zostanie poszerzona analiza wzajemnego wpływu (przyczynowości) zmiany analizowanych parametrów z wykorzystaniem zaawansowanych narzędzi statystycznych.

SŁOWA KLUCZOWE: węgiel kamienny, ceny węgla, zmienność, ceny energii elektrycznej

Wprowadzenie

Struktura krajowego systemu elektroenergetycznego obliguje polski sektor wytwórczy do produkcji energii elektrycznej głównie z paliw kopalnych. Mimo iż Polska posiada duże zasoby węgla energetycznego i większa część krajowego surowca zużywanego w polskich elektrowniach jest wydobywana w rodzimych kopalniach, to cena surowca, którą mogą osiągnąć w sprzedaży krajowe spółki węglowe, jest kształtowana przez światowe ceny węgla kamiennego. Równocześnie cena węgla brunatnego, zwłaszcza w ostatnich latach, jest mocno skorelowana z ceną węgla kamiennego, a brak opłacalności transportu tego paliwa sprawia, że jest on wykorzystywany głównie w miejscu jego wydobycia (Malec i in. 2015). Uwarunkowania te decydują o kształtowaniu poziomu kosztów zmiennych, zależnych od wysokości kosztu zakupu surowca, ponoszonych przez krajowe elektrownie (Grudziński 2014a).

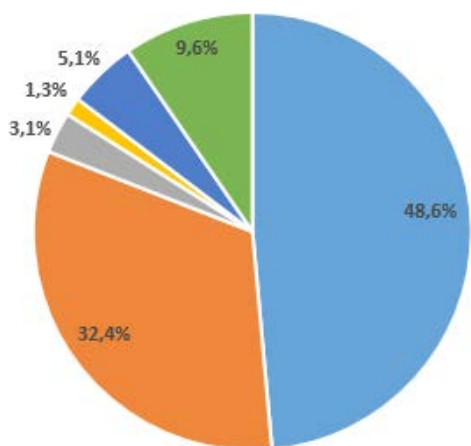
Badanie wpływu cen węgla na ceny surowców lub ceny energii elektrycznej było już przedmiotem podobnych analiz w literaturze przedmiotu. W monografii (Lorenz 2014) badano oddziaływanie cen węgla na rynkach międzynarodowych na krajowy rynek węgla. Analizowano także wpływ innych zależności, takich jak między innymi ceny uprawnień do emisji oraz innych wskaźników na ceny węgla krajowego (Grudziński 2014b), a także zależności między cenami węgla i innych surowców w handlu międzynarodowym (Gawlik i Grudziński 2004). W artykule (Łabinowicz i Bujalski 2015) wskazano dodatkowe czynniki wpływające na ceny energii, a w artykule (Papież 2014) wykazano zależności pomiędzy cenami surowców i energii na wybranych rynkach światowych, wykorzystując statystyczne testy przyczynowości.

Celem niniejszego artykułu jest analiza wpływu zmienności cen węgla kamiennego na zmienność kosztu zakupu surowców do wytwarzania energii elektrycznej oraz jej ceny dla użytkowników końcowych. Otrzymane wyniki pomogą uzyskać odpowiedź na pytanie, czy fluktuacja cen węgla na rynku międzynarodowym przekłada się na ceny surowca na rynku krajowym, a co za tym idzie na koszt produkcji energii elektrycznej i wreszcie na ceny energii elektrycznej dla odbiorców końcowych.

1. Krajowy mix paliw – udział paliw w produkcji energii

Struktura zużycia energii elektrycznej w 2016 roku jednoznacznie wskazuje na kluczową rolę paliw kopalnych z głównym udziałem węgla brunatnego i kamiennego, wynoszącym ponad 80% (rys. 1). Paliwa te od lat pozostają głównym surowcem do produkcji energii elektrycznej w Polsce, jednak ich udział w ostatnich latach nieznacznie się zmniejszył, głównie za sprawą większego udziału generacji w elektrowniach gazowych oraz Odnawialnych Źródeł Energii (OZE).

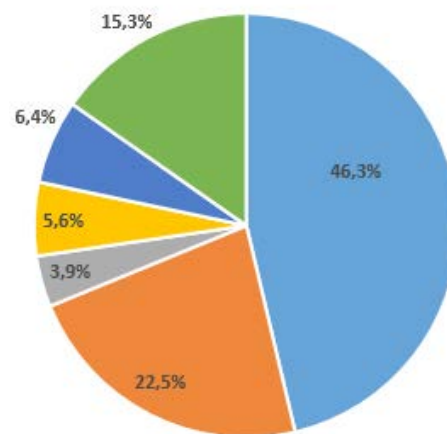
Analiza struktury zainstalowanej mocy w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym (KSE) (rys. 2) w 2016 roku jednoznacznie wskazuje na konieczność wykorzystywania węgla jako głównego paliwa do produkcji energii elektrycznej w Polsce w celu zapewnienia stabilnych dostaw energii. Sytuacja taka poprzez brak dynamicznego rozwoju źródeł wytwórczych wykorzystujących inne nośniki energii i umiarkowane tempo przyłączania do sieci nowych źródeł energetyki odnawialnej będzie utrzymywać się także w kolejnych latach. Jednostki wytwórcze niespełniające wymogów środowiskowych, wciąż będą zastępowane źródłami wytwórczymi wykorzystującymi paliwa kopalne. Konkurencyjność źródeł wytwórczych opartych na węglu kamiennym i brunatnym, nawet pomimo nakładania dodatkowych opłat środowiskowych, oraz krajowa baza zasobowa są obecnie głównymi przyczynami utrzymywania tego stanu rzeczy.



■ elektrownie zawodowe opalane węglami kamiennymi
■ elektrownie zawodowe opalane węglami brunatnymi
■ elektrownie przemysłowe
■ elektrownie gazowe
■ elektrownie wodne

Rys. 1. Struktura wytwarzania energii elektrycznej [%]
Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2017)

Fig. 1. Structure of electricity generation



Rys. 2. Struktura mocy zainstalowanej w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym [%]
Źródło: Opracowanie własne na podstawie (PSE 2017)

Fig. 2. Structure of installed power capacity

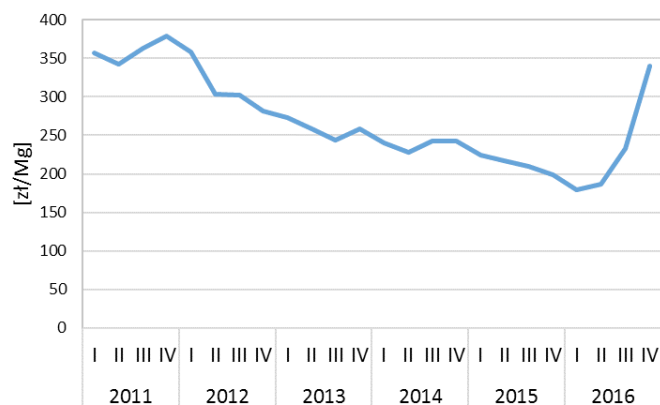
2. Ceny węgla kamiennego na rynkach światowych

Ilość węgla kamiennego, która jest przedmiotem obrotu na rynkach światowych jest tylko niewielką częścią wydobywanego surowca. Przede wszystkim jest on wykorzystywany lokalnie, w miejscu jego wydobycia. Istotną rolę międzynarodowego handlu jest wpływ na kształtowanie cen odniesienia dla rynków regionalnych (Lorenz 2014).

Wpływ na cenę węgla kamiennego i jej zmienność mają zarówno popyt, jak i podaż (Gruździński 2011) kształtowane przez producentów i odbiorców surowca, ale także czynniki pozarynkowe związane z geopolityką, gospodarką czy warunki atmosferyczne i klęski żywiołowe.

Porównując ceny na krajowym rynku węgla kamiennego odnosimy je głównie do tzw. indeksów, będących wskaźnikami średnich cen. Dla ceny w imporcie są to najczęściej indeksy CIF (*Cost Insurance Freight*) czy też CFR (*Cost and Freight*) lub DES (*Delivered Ex Ship*) – traktowany jako równoważny do indeksu CIF, a dla ceny w eksporcie – tzw. indeks FOB (*Free On Board*). W Europie wskaźnikiem odniesienia dla rynków lokalnych najczęściej jest indeks CIF ARA czyli cena węgla importowanego na warunkach CIF w portach Amsterdam-Rotterdam-Antwerpia. Są to uśrednione ceny węgla kamiennego o ustandaryzowanych parametrach Q = 6000 kcal/kg (tj. ok. 25,1 MJ/kg), S < 1% oraz często A < 15–16%.

Prezentowane w artykule ceny zostały uśrednione do cen kwartalnych na podstawie cotygodniowych cen indeksów CIF ARA (WNP 2017). Do analiz przyjęto sześcioletni okres kształtowania się ceny węgla, począwszy od 2011 roku. Ceny węgla zostały wyrażone w [zł/Mg] po przeliczeniu wartości przy użyciu średniego kursu [PLN/USD] odpowiedniego do analizowanego kwartału na podstawie archiwalnych danych Narodowego Banku Polskiego (NBP 2017).



Rys. 3. Ceny węgla kamiennego (CIF ARA), 2011–2016 [zł/Mg]
Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Notowania... 2011–2016)

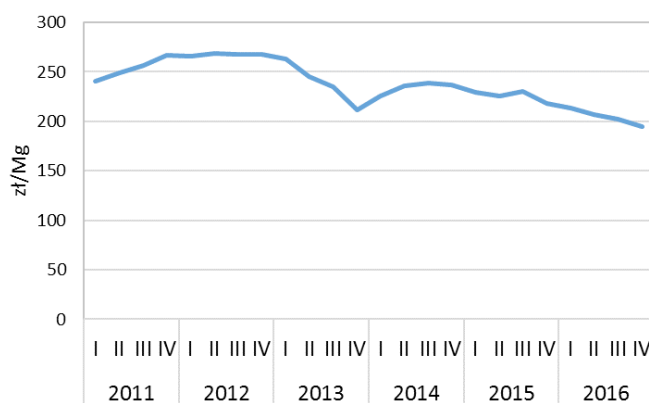
Fig. 3. Coal prices, 2011–2016 [PLN/tonne]

3. Ceny krajowych nośników energii do produkcji energii elektrycznej

Ceny krajowego węgla kamiennego są między innymi pochodną cen na rynkach światowych. Międzynarodowe indeksy wpływają na ustalenie ceny na rynku krajowym (pewnym odniesieniem jest także krajowy indeks PMSCI) i później na cenę sprzedaży węgla dla energetyki oraz pośrednio do gospodarstw domowych. Ceny węgla energetycznego dla odbiorców przemysłowych na rynku krajowym są jednak kształtowane nie na rynku *spot*, ale głównie w dwustronnych kontraktach długoterminowych pomiędzy kopalnią a elektrownią/elektrociepłownią. Podobnie jak ceny węgla kamiennego ustalane są też ceny węgla brunatnego, bezpośrednio sprzedawanego przez kopalnie do elektrowni, będących najczęściej częścią tych samych grup kapitałowych. Nieco inaczej kształtuje się ustalanie cen na rynku gazu. Oprócz kontraktów terminowych funkcjonuje sprzedaż na rynku *spot*, poprzez Towarową Giełdę Energii (TGE).

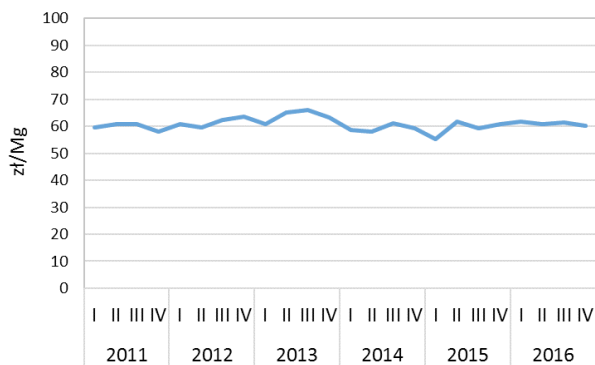
Zmienne koszty produkcji energii elektrycznej w dużym stopniu zależą od kosztów zakupu nośników energii (paliw). Analizując koszt wytworzenia energii można stwierdzić, że oprócz opłat środowiskowych są najistotniejszą jego częścią pod względem możliwości zmiany wartości.

Dostępne raporty (ARE 2011–2017) prezentują koszt zakupu paliwa (wsadu) jako koszt zużytego węgla przez elektrownie i elektrociepłownie (rys. 4–7). Koszty podawane są zarówno w ujęciu [zł/Mg] jak i [zł/GJ]. Podobnie prezentowane są koszty zużytego gazu w elektrociepłowniach podawane w jednostkach [zł/m³] oraz [zł/GJ]. Dane te przedstawiane są w ujęciu kwartalnym (narastająco). Dla potrzeb analizy przeprowadzonej w artykule zostały one przeliczone i wyrażone jako ceny bieżące w danym kwartale.



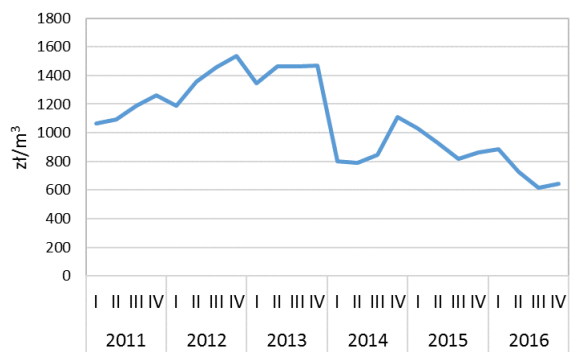
Rys. 4. Koszt zużytego węgla w elektrowniach opalanych węglem kamiennym (EWK) [zł/Mg]
Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 4. Fuel costs in hard coal power plants [PLN/tonne]



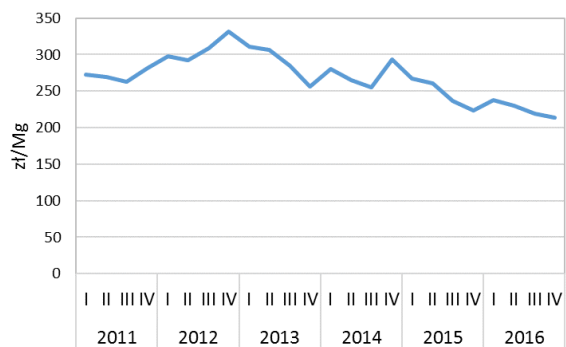
Rys. 5. Koszt zużytego węgla w elektrowniach opalanych węglem brunatnym (EWB) [zł/Mg]
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 5. Fuel costs in brown coal power plants [PLN/tonne]



Rys. 6. Koszt zużytego gazu w EC opalanych gazem (ECG) [PLN/m³]
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 6. Fuel costs in gas CHP [PLN/m³]



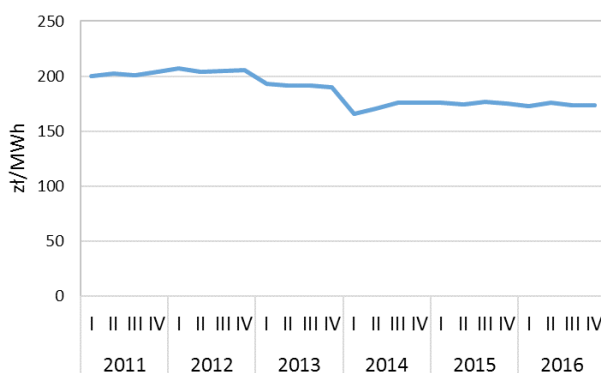
Rys. 7. Koszt zużytego węgla w EC opalanych węglem (ECWK) [PLN/Mg]
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 7. Fuel costs in coal CHP [PLN/tonne]

4. Średnie ceny sprzedanej energii elektrycznej i ceny energii dla użytkowników końcowych

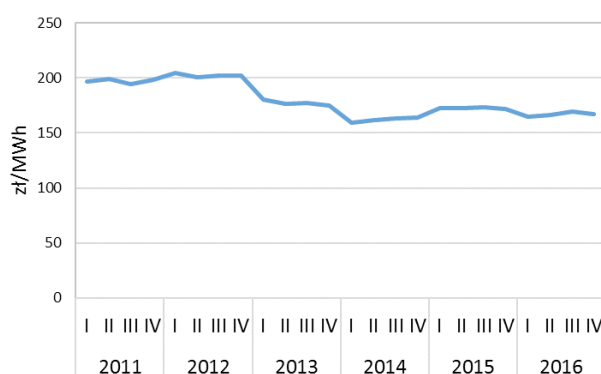
Ceny energii elektrycznej dla odbiorców końcowych są składową kilku elementów, oprócz opłaty za zużytą energię elektryczną są to m.in. wieloskładnikowe opłaty za usługę dystrybucji energii. Przy czym cena zużytego surowca oddziałuje przede wszystkim na cenę zużytej energii.

Podobnie jak pozostałe wartości w ujęciu kwartalnym prezentowane są ceny sprzedaży energii przez wytwórców [zł/MWh] nieuwzględniające działalności obrotowej. Jest to średnia cena obejmująca wszystkie kierunki sprzedaży – rynek giełdowy, przedsiębiorstwa obrotu czy rynek bilansujący (rys. 8–11).



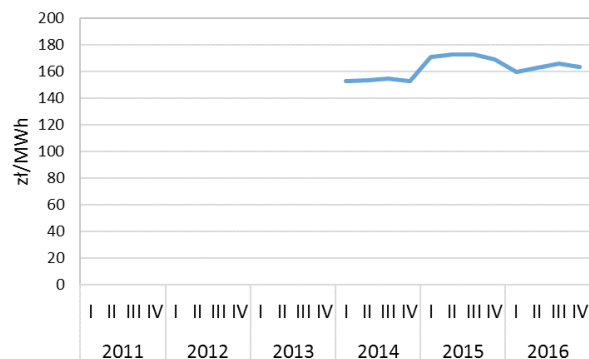
Rys. 8. Średnie ceny sprzedanej energii z EWK [zł/MWh]
Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 8. Average price of electricity sold from hard coal power plant



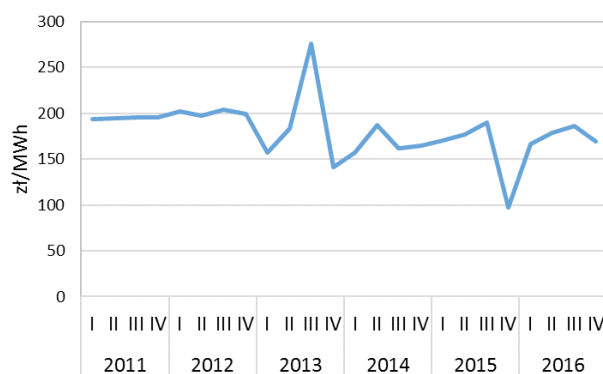
Rys. 9. Średnie ceny sprzedanej energii z EWB [zł/MWh]
Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 9. Average price of electricity sold from brown coal power plant



Rys. 10 Średnie ceny sprzedanej energii z ECG [zł/MWh]
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 10. Average price of electricity sold from gas CHP



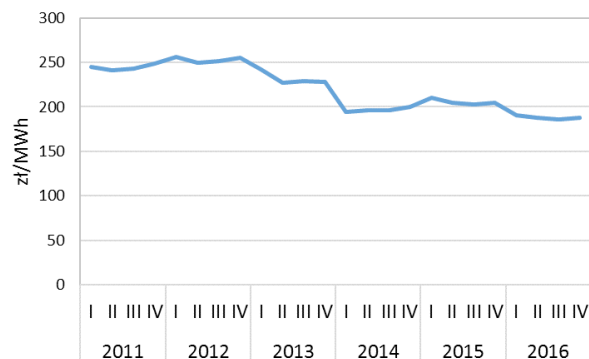
Rys. 11 Średnie ceny sprzedanej energii z ECWK [zł/MWh]
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 11. Average price of electricity sold from coal CHP

Dodatkowo pod uwagę wzięto ceny energii elektrycznej dla odbiorców końcowych (bez uwzględniania opłat dystrybucyjnych). Na potrzeby niniejszej analizy skupiono się na grupie odbiorców przemysłowych zasilanych z sieci wysokiego napięcia oraz gospodarstw domowych (i rolnych) przyłączonych do sieci niskiego napięcia (rys. 12–13).

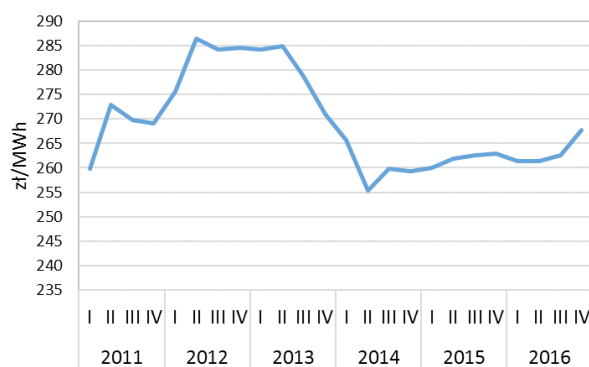
5. Analiza wyników

W pierwszej części analizy, dla wskazanych wcześniej zmiennych, po wyznaczeniu wartości średnich i odchylenia standardowego, wyznaczono zmienność całkowitą w analizowanym



Rys. 12. Ceny energii elektrycznej dla odbiorców przyłączonych na wysokim napięciu (WN)
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 12. Electricity prices to final consumers (high-voltage)



Rys. 13. Ceny energii elektrycznej dla odbiorców przyłączonych na niskim napięciu – gospodarstwa domowe
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 13. Electricity prices to final consumers (households)

okresie 2011–2016 oraz zmienność w okresach rocznych. Miarą zmienności jest współczynnik zmienności definiowany jako iloraz bezwzględnej miary zmienności do odpowiednich wartości średnich, najczęściej jest to stosunek średniej analizowanych wartości do średniego odchylenia standardowego.

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

gdzie:

- V – współczynnik zmienności,
- S – odchylenie standardowe (z próby),
- \bar{x} – wartość średnia (z próby).

Wskaźnik zmienności mówi nam o stopniu zróżnicowania badanej zbiorowości (cechy zbiorowości). W zależności od uzyskanego wyniku mówić możemy o poziomie zmienności, jednak współczynnik ten jest miarą względną. Przyjmuje się jednak, że współczynnik zmienności poniżej wartości 10% świadczy o nieistotności statystycznej badanej cechy (Zeliaś 2000).

Tabela 1 zawiera wartości obliczonych współczynników zmienności. Zmienność cen indeksu CIF ARA w badanym okresie wyniosła 22%, jednak w krótszych (rocznych) przedziałach czasowych jedynie dla 2016 roku była wyższa niż 10%. Dla sprawdzenia potencjalnej różnicy wyników wyznaczono także wartości dla danych tygodniowych (przed kwartalnym uśrednieniem), jednak nie odnotowano istotnej różnicy w obu podejściach.

TABELA 1. Wyniki analizy zmienności cen – współczynniki zmienności

TABLE 1. Results of price volatility analysis – coefficients of variation

	2011–2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CIF ARA (kwartalnie)	22%	5%	9%	5%	3%	5%	32%
CIF ARA (tygodniowo)	23%	5%	11%	5%	4%	6%	29%
Koszt węgla kamiennego dla EWK	10%	4%	0%	9%	3%	2%	4%
Koszt węgla brunatnego dla EWB	4%	2%	3%	4%	2%	5%	1%
Koszt gazu dla ECG	27%	6%	13%	4%	17%	10%	17%
Koszt węgla kamiennego dla ECWK	12%	3%	6%	9%	6%	8%	5%
Ceny sprzedaży energii przez EWK	8%	1%	1%	1%	3%	1%	1%
Ceny sprzedaży energii przez EWB	9%	1%	1%	1%	1%	0%	1%
Ceny sprzedaży energii przez ECG	5%	–	–	–	0%	1%	2%
Ceny sprzedaży energii przez ECWK	17%	1%	2%	32%	8%	26%	5%
Ceny energii el.* dla odbiorców (WN)	11%	1%	1%	3%	1%	2%	1%
Ceny energii el.* dla odbiorców (GD)	4%	2%	2%	2%	2%	1%	1%

Źródło: Opracowanie własne.

Analiza wykazała również brak istotnych powiązań zmienności cen węgla na rynku międzynarodowym ze zmiennością cen paliw krajowych. Koszty zużywanego węgla kamiennego wykazują niższą zmienność w analizowanym okresie, nie istnieje także wyraźny trend wpływu zmienności cen europejskich na zmienność cen krajowych w analizowanych cyklach rocznych. Konsekwentnie zmienność kosztów węgla kamiennego w elektrociepłowniach wykazuje zbliżone wartości, jednak nie są one tożsame. Koszty węgla brunatnego wykazują stabilność zarówno w całym analizowanym okresie, jak i w badanych cyklach rocznych. Zmienność kosztu zużywanego gazu jest zdecydowanie najwyższa z zestawu badanych paliw, jednak nie wpływa na nią zmienność cen węgla energetycznego, a zmiany cen zarówno w okresie długoterminowym, jak i w krótszych okresach rocznych są uzależnione od innych czynników.

Zmienność średnich kwartalnych cen sprzedaży energii produkowanej w elektrowniach zawodowych jest niska. Wartości dla analizowanego okresu nie przekraczają 10%, a obliczone w cy-

klach rocznych są praktycznie stałe. Istotna zmienność cen sprzedaży energii pojawia się jedynie dla elektrociepłowni opartych na węglu kamiennych, dla których produkcja energii elektrycznej nie jest procesem podstawowym. Brak konieczności pracy jako jednostek generacji wymuszonej, zdolność do generacji energii w okresach niedoborów i duża aktywność w spotowym handlu energią pozwala na dostosowywanie ceny energii elektrycznej do rynku. Interesującym wynikiem analizy jest brak zmienności cen sprzedanej energii z elektrociepłowni zasilanych gazem ziemnym. W analizie brano pod uwagę jednak cenę sprzedanej energii, a wynagrodzenie za gotowość świadczenia usług i sprzedaż energii w stanach niedoboru i wysokich cen energii na rynku hurtowym nie zawiera się w składowej cenie dotyczącej sprzedanej energii. Struktura sprzedaży energii elektrycznej z elektrociepłowni gazowych wskazuje na wysoki udział sprzedaży energii do przedsiębiorstw obrotu, głównie w ramach własnej grupy, co tłumaczy niską zmienność ceny.

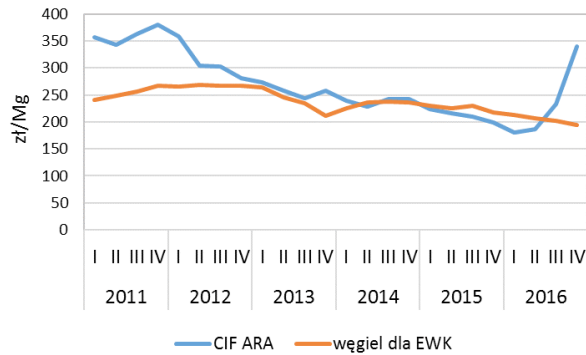
Zmienność cen energii elektrycznej dla odbiorców końcowych również nie jest spowodowana wpływem zmienności cen na międzynarodowym rynku *spot*. Zmienność długookresowa dla odbiorców przyłączonych na wysokim napięciu jest zdecydowanie wyższa, co spowodowane brakiem konieczności przedkładania do akceptacji taryf dla energii elektrycznej. Ceny dla odbiorców indywidualnych wykazują mniejszą zmienność, dlatego, że wciąż są one regulowane i rokrocznie muszą być akceptowane przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki (URE).

Zbadano także wpływ zmienności międzynarodowych cen węgla *spot* (CIF ARA) na zmienność cen paliw i energii, omawianych w artykule, z uwzględnieniem opóźnienia jednego i dwóch kwartałów. Nie zauważono jednak zmian i zbieżności analizowanych współczynników. Zakłada się, że opóźnienie nie ma wpływu na zmienność przedmiotowych zmiennych (parametrów).

Dodatkowo w niniejszej pracy przeanalizowano korelację liniową badanych zmiennych i porównano zmiany współczynników zmienności w wybranych parach. Siła dopasowania oceniana jest przez współczynnik determinacji R^2 . Jest on miarą siły liniowego związku między danymi. Współczynnik R^2 stanowi jednak jedynie informację o wzajemnym powiązaniu, natomiast nie wyjaśnia czy zmiana danej zmiennej jest spowodowana zmianą innej, jest jedynie badaniem wzajemnego powiązania, a nie przyczynowości (Woźniak 2002).

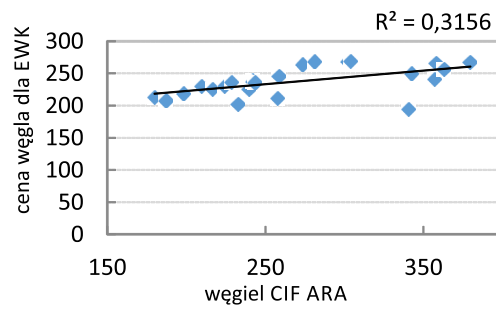
Dla każdej z par zbadano korelację cen, jak wskazano na przykładzie (rys. 14–17) pary cena CIF ARA – cena węgla kamiennego dla EWK (koszt zużywanego węgla). Analizę regresji przeprowadzono w trzech przypadkach, oprócz wariantu początkowego zbadano także korelację cen z uwzględnieniem opóźnienia jednego i dwóch kwartałów dla zmiennej zależnej w odpowiedzi na ceny na rynku międzynarodowym. Ocena powiązania przedmiotowych zmiennych została wykonana przy użyciu wartości współczynnika determinacji R^2 . Wyniki korelacji dla analizowanych par cen przedstawiono w tabeli 2.

Wyniki przedstawione w tabeli 2 świadczą o niskim dopasowaniu w badanych parach zmiennych. Średnie dopasowanie wykazywały tylko trzy pary zmiennych. Sytuacja poprawiła się nieco przy zastosowaniu opóźnienia dotyczącego wartości ceny zmiennej zależnej przyjętego w pierwszym przypadku jako cena w następującym kwartale, natomiast w drugim jako cena po dwóch kwartałach. Zauważyć można także znaczną poprawę współczynnika determinacji przy odrzuceniu wartości z 3 i 4 kwartału 2016 roku, gdzie różnica w cenach węgla CIF ARA i zmiennych zależnych była znacząca.



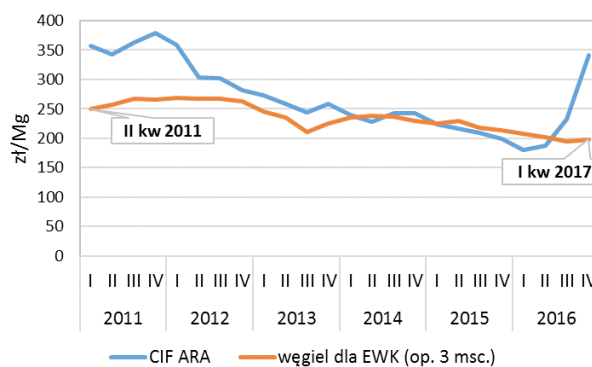
Rys. 14. Zależność cen węgla (CIF ARA) od kosztu zużytego węgla w EWK
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 14. Comparison of coal prices and fuel cost in hard coal power plants



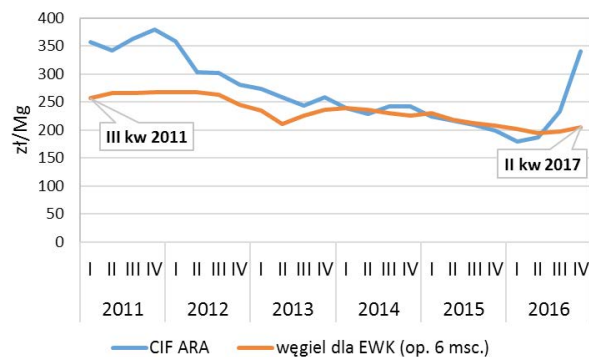
Rys. 15. Zależność cen węgla (CIF ARA) od kosztu zużytego węgla w EWK – analiza regresji
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 15. Comparison of coal prices and fuel cost in hard coal power plants – regression analysis



Rys. 16 Zależność cen węgla (CIF ARA) od kosztu zużytego węgla w EWK – opóźnienie 1 kwartał
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 16. Comparison of coal prices and fuel cost in hard coal power plants – one quarter's lag



Rys. 17. Zależność cen węgla (CIF ARA) od kosztu zużytego węgla w EWK – opóźnienie 2 kwartały
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie (ARE 2011–2017)

Fig. 17. Comparison of coal prices and fuel cost in hard coal power plants – two quarter's lag

TABELA 2. Analiza korelacji cen – współczynniki determinacji R^2

TABLE 2. Results of correlation analysis – coefficients of determination

Para zmiennych	R^2	R^2 (zmienna zależna z opóźnieniem 1 kw)	R^2 (zmienna zależna z opóźnieniem 2 kw)
CIF ARA – węgiel dla EWK	0,32	0,46	0,60
CIF ARA – węgiel dla EWB	0,01	0,05	0,01
CIF ARA – gaz	0,14	0,27	0,54
CIF ARA – węgiel dla EC	0,12	0,26	0,52
CIF ARA – cena sprzedaży energii przez EWK/	0,58	0,55	0,79
CIF ARA – cena sprzedaży energii przez EWB	0,57	0,59	0,76
CIF ARA – cena sprzedaży energii przez ECG	0,03	0,10	0,07
CIF ARA – cena sprzedaży energii przez ECWK	0,11	0,11	0,17
CIF ARA – cena zakupu energii przez WN	0,51	0,59	0,85
CIF ARA – cena zakupu energii przez GD	0,15	0,27	0,48

Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie

W analizowanym okresie istotna zmienność została wykazana jedynie w przypadku cen węgla CIF ARA na rynku *spot* w okresie długoterminowym. Czynniki, które wpływają na zmienność cen *spot* na rynku międzynarodowym nie mają znaczącego wpływu na zmienność cen

paliw na rynku krajowym i na zmienność cen energii elektrycznej dla producentów i odbiorców. Zbadane współczynniki zmienności cen paliw i energii elektrycznej są zdecydowanie niższe, nie zauważono też odpowiedzi badanych zmiennych na występującą zmienność cen węgla CIF ARA. Uzyskany wynik – brak wpływu zmienności cen międzynarodowych na zmienność cen na rynku krajowym – prawdopodobnie spowodowany jest także różnica w typie analizowanych cen – ceny międzynarodowe to ceny z rynku *spot*, a ceny zakupu paliw w energetyce to najczęściej pozagiełdowe kontrakty terminowe z ceną niewykazującą dużych fluktuacji. Zmienności statystycznie istotne dla wybranych parametrów nie były związane ze zmiennością cen węgla CIF ARA.

Dodatkowo zbadano także stopień dopasowania wartości zmiennych. Dla większości par korelacja była niska. Współczynnik determinacji R^2 przyjmował wyższe wartości przy zastosowaniu opóźnienia czasowego prezentowania cen paliw i energii oraz po odrzuceniu wartości z 3 i 4 kwartału 2016 roku, gdzie ceny węgla na rynku międzynarodowym charakteryzowały się dużą zmiennością.

Analiza nie wykazała znaczącego wpływu zmienności cen węgla na zmienność cen paliw i energii, ale wpływ parametrów należałoby jeszcze zbadać dodatkowymi testami statystycznymi umożliwiającymi ocenę zmienności oraz testami przyczynowości (np. test przyczynowości Grangera) badającymi wpływ przyczyny na skutek.

Publikacja zrealizowana w ramach badań statutowych Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk.

Literatura

- ARE 2011–2017. Sytuacja Techniczno-Ekonomiczna Sektora Elektroenergetycznego (kwartalnik). Agencja Rynku Energii SA, Warszawa.
- ARE 2017. Sytuacja w Elektroenergetyce (kwartalnik). Agencja Rynku Energii SA, Warszawa.
- GAWLIK, L. i GRUDZIŃSKI, Z. 2004. Przewidywane ceny węgla w handlu międzynarodowym w porównaniu z innymi nośnikami energii pierwotnej. *Międzynarodowa Konferencja „Przyszłość węgla w gospodarce świata i Polski”*. Katowice: Wyd. GIPH, s. 136–144.
- GRUDZIŃSKI, Z. 2011. Analiza cen węgla energetycznego na rynkach międzynarodowych z wykorzystaniem analizy technicznej. *Przegląd Górniczy* t. 67, nr 1–2, s. 51–57.
- GRUDZIŃSKI, Z. 2014a. Metody oceny konkurencyjności paliw do wytwarzania energii elektrycznej. *Przegląd górniczy* t. 70, nr 5, s. 9–16.
- GRUDZIŃSKI, Z. 2014b. Zmienność cen węgla krajowego na tle rynków światowych i wybranych wskaźników gospodarczych. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 17, z. 4, s. 37–50.
- LORENZ, U. 2014. Ocena oddziaływania zmian cen węgla energetycznego na rynkach międzynarodowych na krajowy rynek węgla. *Studia Rozprawy Monografie* 188, Kraków: Wyd. IGSMiE PAN.
- ŁABINOWICZ, K. i BUJAŁSKI, W. 2015. Wyodrębnienie głównych czynników kształtujących ceny energii elektrycznej na rynku dnia następnego z wykorzystaniem metod statystycznych. *Rynek Energii* 6(121), s. 15–21.

- MALEC i in. 2015 – MALEC, M., KAMIŃSKI, J., SAŁUGA, P. i KASZYŃSKI, P. 2015. Ocena żywotności elektrowni opalanych węglem brunatnym w kontekście podaży paliw i regulacji środowiskowych. *Rynek Energii* 2(117), s. 79–84.
- NBP, 2017. Archiwalne kursy walut. [Online] Dostępne w: <http://www.nbp.pl/> [Dostęp: 5.08.2017].
- PAPIEŻ, M. 2012. Wpływ cen surowców energetycznych na ceny *spot* energii elektrycznej na wybranych giełdach energii w Europie. *Ekonometria* 4(38), s. 57–68.
- PSE, 2017. *Struktura mocy zainstalowanej*. [Online] Dostępne w <http://www.pse.pl/> [Dostęp: 5.08.2017].
- WNP, 2017. *Ceny węgla kamiennego*. [Online] Dostępne w <http://gornictwo.wnp.pl/> [Dostęp: 5.08.2017].
- WOŹNIAK, M. red. 2002. *Statystyka ogólna*. Kraków: Wyd. AE.
- ZELIAŚ, A. 2002. *Metody statystyczne*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

Marcin MALEC

Impact of the volatility of coal prices in the international markets and it's impact on the volatility of domestic fuel and electricity prices

Abstract

For the last years, the national power industry has been mainly fueled by hard and brown coal. This fact forces the need to adapt the electricity production to the changing raw material prices which are set on the international markets. Hard coal prices are result by a number of variables and do not only depend on the global economy or the geopolitical situation. For instance, price fluctuations could be the result of natural disasters. Furthermore, due to the fact that prices on the international markets across different regions of the world are known to be interconnected, major producers and exporters have a significant impact on coal prices across the European and Polish market. They are also the creator of brown coal prices.

This article examines the impact of hard coal price volatility on the world energy markets, including the volatility of the fuel domestic prices (input cost) for energy production and the volatility of electricity prices for consumers. In addition, it investigates whether the volatility of fuel costs in energy production (input costs) has an impact on the fluctuation of energy prices for grid-connected enterprises, and households. The analysis of the above-mentioned variables has been carried out through basic statistical measures. In the forthcoming articles, an extended analysis of the mutual influence (causality) of the analyzed parameters will be presented with the use of advanced statistical tools.

KEYWORDS: hard coal, coal prices, volatility, electricity prices

