

STATYSTYCZNA OCENA RYZYKA CENOWEGO DLA GAZU I ROPY NAFTOWEJ

Rafał DRUCHLIŃSKI¹, Izabela JONEK-KOWALSKA^{2*}

¹ Politechnika Śląska (student), Gliwice; rafal.druchlinski@gmail.com;

² Politechnika Śląska, Gliwice, izabela.jonek-kowalska@polsl.pl ORCID: 0000-0002-4006-4362

* Korespondencja: izabela.jonek-kowalska@polsl.pl

Streszczenie: Celem artykułu jest ocena ryzyka cenowego dla gazu i ropy naftowej przeprowadzona za pomocą metod statystycznych. Aby tak postawiony cel zrealizować, w części teoretycznej przedstawiono istotę ryzyka, następnie odniesiono się do klasyfikacji ryzyka i procesu zarządzania ryzykiem. W części metodycznej zaprezentowano wykorzystywane statystyczne metody oceny ryzyka. W części empirycznej dokonano pomiaru zmienności cen gazu i ropy naftowej, oceniono ryzyko cenowe związane z tymi surowcami, zbadano także zależności łączące ceny tych surowców. Wnioski dotyczące zmienności i korelacji badanych cen stanowią źródło informacji gospodarczych i zarządczych na potrzeby sektora energetycznego.

Słowa kluczowe: ocena ryzyka, ryzyko cenowe, ceny gazu, ceny ropy naftowej.

STATISTICAL RISK ASSESSMENT OF THE PRICE RISK FOR GAS AND OIL

Abstract: The main aim of the article is to evaluate the price risk for gas and oil using statistical methods. In order to achieve this goal, the theoretical part describes the essence of risk, and then refers to the classification of risk and the risk management process. The methodological part describes the statistical methods of risk assessment. In the empirical part, the volatility of gas and crude oil prices is measured, the price risk related to these raw materials is assessed, and the relationships linking the prices of these raw materials are also

examined. Conclusions on the volatility and correlation of the studied prices constitute a source of economic and management information for the energy sector.

Keywords: risk assessment, price risk, oil prices, gas prices.

1. Wprowadzenie

We współczesnej zglobalizowanej gospodarce wahania cenowe na rynkach surowcowych przenoszą się bardzo szybko i często są zsynchronizowane. Z uwagi na strategiczne znaczenie cen surowców energetycznych obserwowane zmiany mają bardzo duży wpływ na gospodarkę danego kraju (Charfeddine i Barkat, 2020), dlatego też wiedza na temat ryzyka w ujęciu *ex post* może okazać się bardzo przydatna w prognozowaniu i symulowaniu zjawisk i procesów gospodarczych. Powyższe okoliczności stanowią główne przesłanki podjęcia badanej problematyki.

Ropa naftowa i gaz ziemny to surowce energetyczne, które uważane są za substytuty. Z tych przyczyn w literaturze przedmiotu bardzo często poszukuje się zależności między cenami tych surowców. Z dotychczasowych badań wynika, że są ceny ropy i gazu ziemnego wykazują dodatnie skorelowanie w średniej i długoterminowej perspektywie czasowej (Brown i Yücel 2007; Asche i in. 2013). Niemniej jednak w latach kryzysu gospodarczego obejmującego okres 2008-2012 zaobserwowano wyraźny wzrost ceny ropy naftowej i zwiększenie różnicy między cenami tych surowców (Socha, 2014), co niewątpliwie zwiększyło zmienność i trudności w przewidywaniu cen tych ważnych nieodnawialnych surowców energetycznych.

W literaturze opisuje się także zależności między badanymi cenami w transakcjach giełdowych. Otrzymywane wartości potwierdzają istnienie silnych współzależności w przypadku wysokiej częstotliwości notowań oraz ich spadek wraz ze zmniejszaniem częstotliwości notowań (Tonn i in., 2010). W badaniach podkreśla się także wpływ wahań cenowych na stopy zwrotu producentów ropy naftowej i gazu ziemnego, co odzwierciedla ich gospodarcze znaczenie oraz dyspersję opisywanego ryzyka cenowego. Przy czym zmiany cen ropy naftowej mają większy wpływ na stopy zwrotu dla ich wytwórców, niż ma to miejsce w przypadku gazu ziemnego (Carson, 2020).

W kontekście powyższych okoliczności, celem artykułu jest ocena ryzyka cenowego dla gazu i ropy naftowej przeprowadzona za pomocą metod statystycznych. Aby tak postawiony cel zrealizować, w części teoretycznej przedstawiono istotę ryzyka, następnie odniesiono się do klasyfikacji ryzyka i procesu zarządzania ryzykiem. W części metodycznej zaprezentowano wykorzystywane statystyczne metody oceny ryzyka. W części empirycznej dokonano pomiaru zmienności cen gazu i ropy naftowej, oceniono ryzyko cenowe związane z tymi surowcami, zbadano także zależności łączące ceny tych surowców. Wnioski dotyczące

zmienności i korelacji badanych cen stanowią źródło informacji gospodarczych i zarządczych na potrzeby sektora energetycznego.

2. Istota i klasyfikacja ryzyka

Ryzyko to jedno z podstawowych pojęć w dziedzinie ekonomii. Występuje ono w życiu także w codziennym. Towarzyszy praktycznie wszystkim przedsięwzięciom. Większość osób i przedsiębiorstw uświadamia sobie potrzebę objaśnienia ryzyka, jego ograniczenia oraz ubezpieczenia się przed zagrożeniem. (Czerwińska, 2003). Ryzyko wiąże się z nieprzewidywalnością skutków podejmowanych decyzji gospodarczych i nie można go wyeliminować z życia gospodarczego. Podstawowe naukowe definicje ryzyka przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1.
Definicje ryzyka

Autor	Definicja ryzyka
Jorion P. (2007), s. 3	„Ryzyko może być definiowane jako zmienność nieoczekiwanych wyników, które mogą przedstawiać wartość aktywów, majątku lub zysków.”
McNeil A.J., Frey R., Embrechts P (2005), s. 1	„(...) każde zdarzenie lub działanie, które może niekorzystnie wpływać na zdolność podmiotu do osiągnięcia własnych celów i realizacji przyjętej strategii.”; „(...) mierzalne prawdopodobieństwo straty lub realizacji wyniku mniejszego od złozonego.”
Fiszeder P. (2009), s. 223	„Pojęcie ryzyka stosowane jest w sytuacjach, gdy rezultat zdarzenia nie jest znany, ale możliwe jest zidentyfikowanie przyszłych sytuacji oraz gdy znane lub możliwe do oszacowania jest prawdopodobieństwo zrealizowania się poszczególnych możliwości przyszłości.”
Jajuga K. (2007b), s. 13	„(...) ryzyko jest to: - możliwość, że coś się nie uda, - przedsięwzięcie, którego wynik nie jest znany.”
Sweeting P. (2011), s. 1	„(...) niepewność co do zakresu przyszłych wyników.” „(...) mierzalne prawdopodobieństwo związane z konkretnym wynikiem.” „(...) możliwość zysków lub strat związanych z różnymi przyszłymi zdarzeniami lub możliwością wystąpienia niepożądanych skutków.”
[Kuziak K. (2011, s. 15)]	„Termin ryzyko w języku francuskim (<i>risqué</i>) oznacza niebezpieczeństwo, w którym jest elementem szansy. Z kolei w języku włoskim (<i>risico</i>) oznacza przede wszystkim przedsięwzięcie, którego wynik jest nieznan albo niepewny, czy też inaczej stan, w którym rezultat osiągnięty w przeszłości jest nieznan, ale można zidentyfikować jego przyszłe efekty, przy założeniu, że szanse wystąpienia możliwych efektów są znane.”

Źródło: Guzik and Smaga (2013), s.12.

Statystyczna ocena ryzyka...

Większość definicji zawartych w tabeli 1 odwołuje się do negatywnej koncepcji ryzyka, w której jest ono rozumiane jako niekorzystne odchylenie od planowanego rezultatu. Rzadziej pojawiają się definicje, w których ryzyko kojarzone jest pozytywnie, niemniej jednak w literaturze przedmiotu można znaleźć także pozytywną interpretację ryzyka, w której jest ono szansą na uzyskanie dodatniego odchylenia od przewidywanego wyniku, a więc zrealizowanie zysku. W niniejszym artykule ryzyko definiuje się jako niepożądane i negatywne odchylenie planu od rezultatu, które wynika z wystąpienia zagrożenia i zmienności uwarunkowań gospodarczych.

W gospodarce wyróżnia się wiele rodzajów ryzyka, więc ich podział nie jest łatwym zadaniem. Jeden z klasycznych podziałów ryzyka uwzględnia ryzyko:

- rynkowe związane ze zmiennością uwarunkowań w otoczeniu bliższym i dalszym,
- kredytowe odnoszące się do opóźnienia lub niespłacenia zobowiązań kredytowych,
- operacyjne obserwowane w toku bieżącej działalności i związane z krótkoterminowymi decyzjami,
- strategiczne obserwowane w toku rozwojowej działalności i związane z długoterminowymi decyzjami,
- płynność związane z możliwością utraty zdolności do regulowania bieżących zobowiązań,
- prawne odnoszące się do zmienności przepisów prawnych i ich interpretacji,
- wydarzeń nadzwyczajnych w postaci katastrof, epidemii, wypadków, itp.

Ryzyko rynkowe wiąże się z omawianym w niniejszym artykule ryzykiem cenowym i w tym przypadku oznacza możliwość zmiany ceny wywołaną zmianą relacji popytu i podaży na rynku danego produktu, towaru czy usługi. Ryzyko to naraża przedsiębiorstwo na zmianę planowanych przychodów, a to z kolei w przypadku spadku cen negatywnie oddziałuje na wyniki finansowe.

3. Zarządzanie ryzykiem

Zarządzanie ryzykiem dotyczy wszelkich działań zmierzających do osiągnięcia dopuszczalnego poziomu ryzyka, a tym samym do wyeliminowania zagrożeń lub/i ograniczenia skutków ich wystąpienia. (Kokot-Stępień, 2015). Proces zarządzania ryzykiem dzieli się na następujące etapy:

- identyfikacja ryzyka,
- pomiar (ocena) ryzyka,
- sterowanie ryzykiem,
- monitorowanie i kontrola ryzyka.

Identyfikacja ryzyka pozwala określić jego rodzaj oraz zakres występowania w przedsiębiorstwie. Etap ten dokumentuje najczęściej lista kontrolna ryzyka, która zawiera wykaz możliwych zagrożeń wraz z ich klasyfikacją.

Drugim etapem zarządzania ryzykiem jest pomiar (ocena) ryzyka przyjmujący najczęściej postać ilościową. (Zawiła-Niedźwiecki, 2013). W ilościowym pomiarze zastosowanie znajduje rachunek prawdopodobieństwa oraz statystyka i ekonometria. Jeśli ocena ilościowa ryzyka nie jest możliwa dopuszcza się i stosuje się metody jakościowe, w których wykorzystywane są opisowe skale pomiarowe, takie jak: niskie, średnie, wysokie.

Kolejnym etapem zarządzania ryzykiem jest sterowanie. Sterowanie ryzykiem to proces pozwalający na obniżenie poziomu ryzyka do poziomu akceptowalnego dla danego podmiotu. (Jajuga, 2019a). Metody sterowania ryzykiem wybiera się w zależności od typu ryzyka. Mogą przykładowo być nimi ubezpieczenia rzeczowe lub osobowe w przypadku zagrożenia majątku lub zasobów ludzkich. Mogą je stanowić także instrumenty pochodne w przypadku ryzyka cenowego czy walutowego.

Ostatnim etapem ryzyka jest monitorowanie i kontrola ryzyka. (Jajuga, 2019b). Pozwala ona ocenić skuteczność i efektywność wybranych metod sterowania ryzykiem. Umożliwia także permanentną weryfikację źródeł ryzyka. Ważną rolę pełni tutaj audyt wewnętrzny, który zapewnia stabilność i rozwój systemu zarządzania ryzykiem.

4. Metodyka badawcza

W niniejszym artykule skoncentrowano się na ocenie ryzyka jako etapie zarządzania ryzykiem. W grupie metod ilościowych oceny ryzyka znajdują się miary zmienności. Za pomocą tych miar można zbadać poziom zróżnicowania wartości dla danej zbiorowości, którą w niniejszym artykule stanowią ceny kontraktów na ropę i gaz ziemny. (Bobowski, 2004). Poniżej przedstawiono charakterystykę wykorzystywanych miar zmienności pozwalających na ocenę ryzyka w myśl zasady, im wyższa zmienność w czasie tym wyższe ryzyko.

Podmiotem badań są kontrakty terminowe typu futuress na ropę naftową i gaz ziemny zwarte w walucie USD. Jeden kontrakt dla ropy naftowej zawierany jest w 1 000 bryłek (bbl). Jeden kontrakt dla gazu ziemnego zawierany jest w 10 000 milionach brytyjskich jednostek termicznych (mmBtu). Zakres czasowy notowań ww. kontraktów obejmuje okres od lutego 2016 roku do stycznia 2021 roku.

Jedną z klasycznych miar zmienności jest wariancja. Wariancja to średnia arytmetyczna kwadratów odchyłeń poszczególnych wartości zmiennych od ich średniej arytmetycznej. Jest ona wyznaczana według następującego wzoru:

Statystyczna ocena ryzyka...

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

gdzie:

N - liczebność całej zbiorowości statystycznej,

x_i - warianty cechy mierzalnej X ,

\bar{x} - średnia arytmetyczna.

Kolejną klasyczną miarą zmienności jest odchylenie standardowe, czyli bezwzględna miara różnicowania, która informuje o przeciętnej wartości odchylenia od średniej arytmetycznej. Wzrost odchylenia wiąże się z wzrostem ryzyka, ponieważ rośnie zmienność. Jest to pierwiastek z wariancji:

$$s = \sqrt{s^2}$$

gdzie:

s^2 - wariancja.

Typowy obszar zmienności to kolejna miara klasyczna. W ramach obszaru zmienności znajduje się około 2/3 badanej zbiorowości. Pozostała część to obserwacje nietypowe. (Ręklewski, 2020). Pozwala on zatem przewidzieć jakich typowych wartości danej zmiennej możemy się spodziewać. Można go wyznaczyć za pomocą następującej formuły:

$$\bar{x} - s < x_{typ} < \bar{x} + s$$

gdzie:

s - odchylenie standardowe,

\bar{x} - średnia arytmetyczna.

Względną miarą zmienności, a co za tym idzie także ryzyka jest współczynnik zmienności, który jest stosunkiem odchylenia standardowego do średniej arytmetycznej. Im większa wartość współczynnika, tym większe ryzyko (Tomaszewska, 2017).

$$w_z = \frac{s}{\bar{x}}$$

gdzie:

s - odchylenie standardowe,

\bar{x} - średnia arytmetyczna.

Obszar zmienności inaczej zwany rozstępem jest miarą pozycyjną. Definiuje on całkowitą zmienność wartości badanej cechy i służy do określenia dyspersji. Jest to różnica między maksymalną a minimalną wartością. (Moczko i in., 1998).

$$R = x_{max} - x_{min}$$

gdzie:

x_{max} - największa wartość,

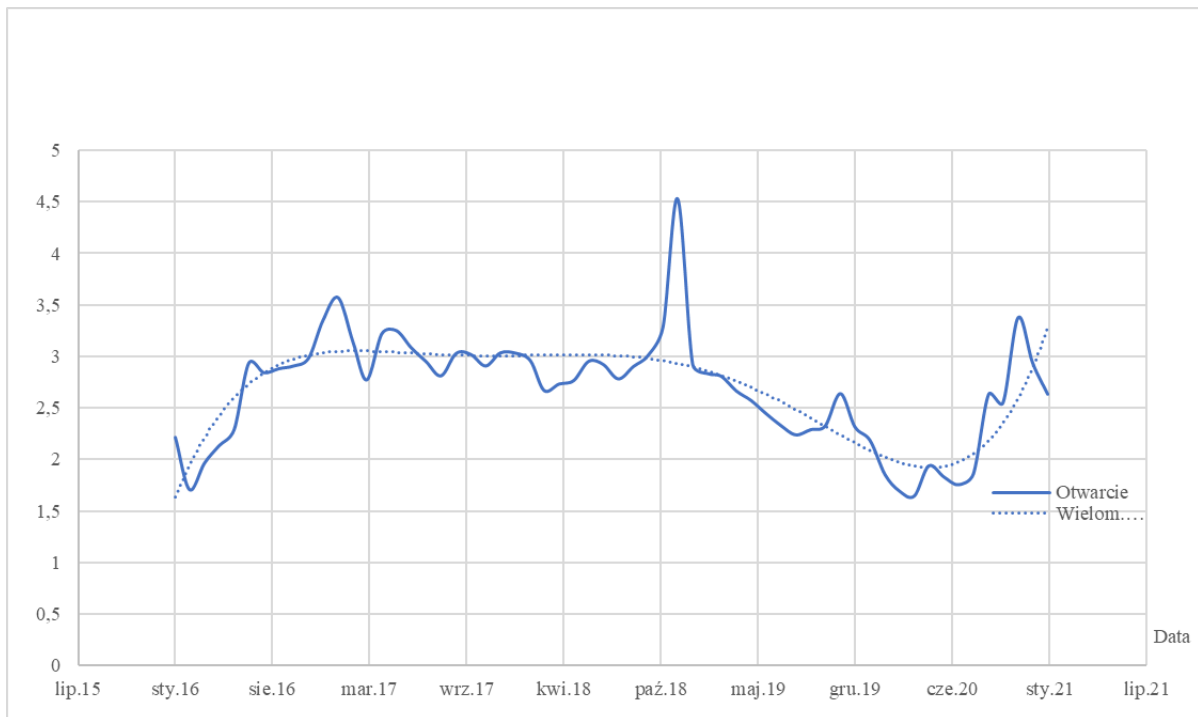
x_{min} - najmniejsza wartość.

W dalszej analizie wykorzystano powyższe miary do oceny ryzyka cenowego w kontraktach na gaz i ropę.

5. Wyniki badań

Kontrakty na ropę i gaz zawierane są w walucie USD. Kontrakty terminowe na gaz i ropę są to z reguły kontrakty terminowe miesięczne. Podmioty zainteresowane kontraktami terminowymi to: banki, firmy handlowe i fundusze hedgingowe, ale również producenci oraz konsumenci surowców naturalnych.

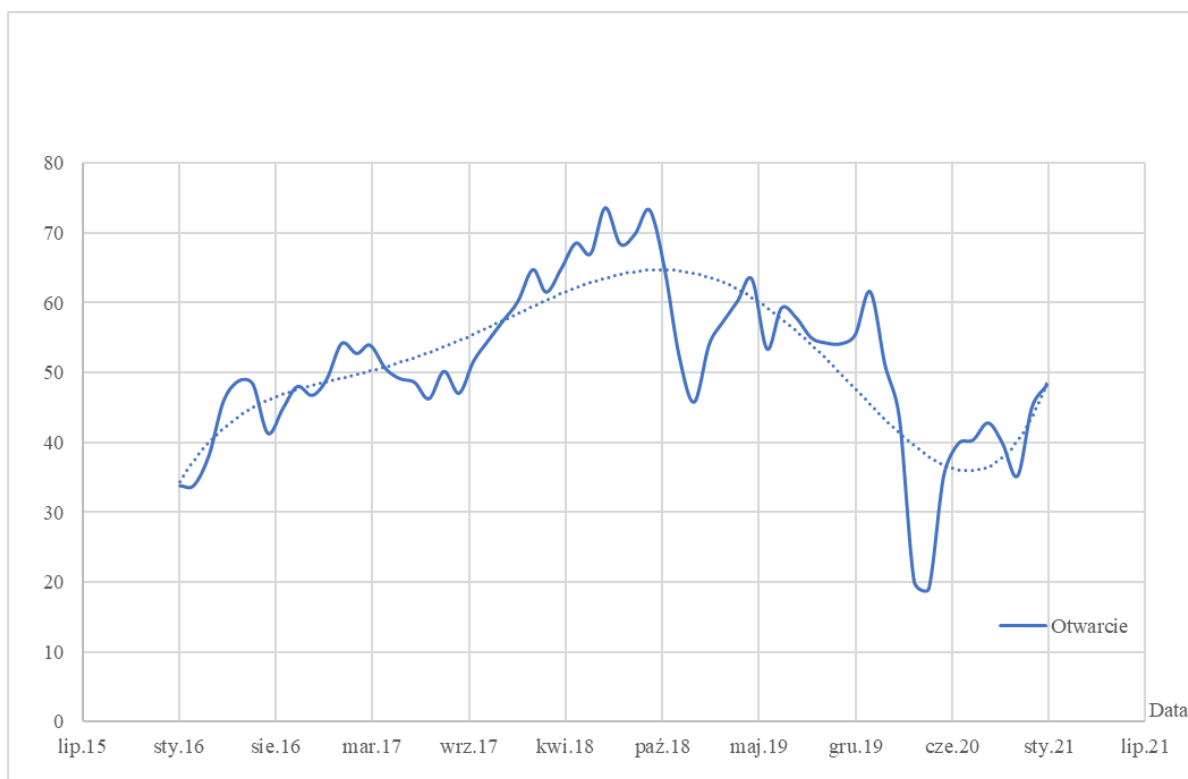
W niniejszej części artykułu przedstawiono wartość kontraktów na gaz i ropę naftową w latach 2016-2021 wraz z oceną zaobserwowanych zmian w czasie. I tak, na rysunkach 1 i 2 przedstawiono wartość tych kontraktów w ujęciu bezwzględnym. Z przedstawionych tam danych wynika, że zmienia się ona w sposób dość dynamiczny i nieliniowy. Okresowo w obu przypadkach można zaobserwować także gwałtowne wzrosty amplitudy wahań. Dopasowanie tendencji rozwojowej wskazuje na trend wielomianowy o zróżnicowanych w czasie wartościach ekstremalnych. Wszystkie powyższe okoliczności sygnalizują dużą zmienność, a więc duże ryzyko, i co za tym idzie trudności w precyzyjnym prognozowaniu.



Statystyczna ocena ryzyka...

Rysunek 1. Cena otwarcia kontraktów na gaz

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 2. Cena otwarcia kontraktów na ropę

Źródło: opracowanie własne.

Szczegółowe wyniki oceny ryzyka na podstawie statystycznych miar zmienności zaprezentowano w tabeli 2.

Tabela 2.

Miary zmienności dla cen kontraktów na ropę i gaz

Rodzaj kontraktu	Miary zmienności (oceny ryzyka)						
	s	w _z	x _{max}	x _{min}	R	\bar{x}	x _{typ}
gaz	0,5268	19,67%	4,5270	1,6430	2,8840	2,6784	2,1515 < x _{typ} < 3,2052
ropa	11,3144	22,06%	73,6200	19,0400	54,5800	51,2940	45,0325 < x _{typ} < 57,6175

Źródło: opracowanie własne.

Z danych zawartych w tabeli 2 wynika, że wyższa zmienność cechowała kontrakty na ropę niż na gaz, co oznacza wyższy poziom ryzyka cenowego. Wynika to z wyższej wartości odchylenia standardowego w stosunku do wartości średniej, co oznacza szerszy

obszar nieprzewidywalności i przekłada się na wyższą wartość współczynnika zmienności. W praktyce gospodarczej wiąże się to z utrudnieniami w planowaniu wyników kupna/sprzedaży surowców naturalnych i stanowi zagrożenie dla wyników finansowych będące realną pochodną istnienia ryzyka cenowego.

W ostatnim etapie oceniono powiązania między ropą a gazem, które w wielu politykach energetycznych są traktowane jako substytuty. Otrzymana wartość współczynnika korelacji liniowej Pearsona wyniosła 0,4015, co oznacza cenową zbieżność zmienności a tym samym ryzyka. Jeśli cena gazu rośnie, rośnie również cena ropy i odwrotnie. Niemniej jednak siła powiązania jest przeciętna, co świadczy o średniej współzależności.

6. Dyskusja i podsumowanie

Analiza i ocena ryzyka cenowego umożliwia podmiotom gospodarczym z różnych sektorów ocenę zagrożeń rynkowych. Dane historyczne pozwalają zidentyfikować zmienność cen w ujęciu historycznym, co stwarza możliwość zapoznania się z prawdopodobną skalą i zakresem ryzyka cenowego. Ułatwia to także oszacowanie ekspozycji wyników finansowych przedsiębiorstwa na ryzyko oraz daje podstawy do podjęcia decyzji o wyborze instrumentów ograniczających ryzyko cenowe. Z tych też przyczyn należy przeprowadzać ocenę ryzyka w sposób systematyczny i uporządkowany z zastosowaniem miar i podejścia zaprezentowanego w niniejszym artykule.

W przeprowadzanej analizie ryzyka cenowego dla gazu i ropy naftowej wynika, że zmienność cen ropy była wyższa niż cen gazu, co wskazuje na wyższy poziom ryzyka w przypadku ropy. Dodatkowo warto zwrócić uwagę na to, że ceny obu surowców są skorelowane dodatnio, co oznacza, że przedsiębiorstwa i sektory, które w obrocie handlowym wykorzystują te surowce będą narażone równolegle na skutki realizacji badanego ryzyka cenowego.

Wyniki przeprowadzonych w artykule badań potwierdzają dotychczasowe wnioski zaprezentowane we wprowadzeniu do niniejszego artykułu. Ceny ropy naftowej i gazu ziemnego są ze sobą skorelowane dodatnio w średnioterminowej perspektywie przyjętej w niniejszych analizach. Dodatkowo, ceny ropy naftowej charakteryzują się wyższą amplitudą wahań i zmienności niż ceny gazu ziemnego, a co za tym idzie odznaczają się wyższym ryzykiem, co potwierdza wyniki wcześniejszych badań przeprowadzanych w tym zakresie.

Uzyskane wnioski mogą zostać wykorzystane przez producentów i konsumentów gazu i ropy naftowej jako surowców energetycznych. Mogą stanowić podstawę do oceny ryzyka i podejmowania decyzji o sposobach jego mitygacji.

Bibliografia

1. Asche, F., Misund, B. i Sikveland, M. (2013). The relationship between spot and contract gas prices in Europe. *Energy Economics* 38(3), s. 212-217.
2. Bobowski, Z., (2004). *Wybrane metody statystyki opisowej i wnioskowania statycznego*. Wałbrzych: WWSZiP.
3. Brown, S.P.A., Yucel, M.K. (2007). What Drives Natural Gas Prices? Federal Reserve Bank of Dallas. *Working Papers, nr 0703*.
4. Carson, S.A. (2020). United States oil and gas stock returns with multi-factor pricing models: 2008–2018. *The North American Journal of Economics and Finance*, 54, 101236.
5. Charfeddine, L. i Barkat, K. (2020). Short- and long-run asymmetric effect of oil prices and oil and gas revenues on the real GDP and economic diversification in oil-dependent economy. *Energy Economics*, 86, 104680.
6. Czerwińska, T., (2003). *Towarzystwa ubezpieczeniowe na rynku kapitałowym w Polsce*. Gdańsk: UG.
7. Dylewski, M., (2012). Ocena ryzyka w kontroli zarządczej wyższej uczelni publicznej. W L. Jędrzejewski (red.) *Finanse i ryzyko w kształtowaniu rozwoju regionu*. (s. 262; s. 61-72). Poznań: WSB.
8. Jajuga, K., (red.) (2019). *Zarządzanie ryzykiem*. Warszawa: PWN.
9. Kokot-Stępień, P., (2015). Identyfikacja ryzyka jako kluczowy element zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 855, Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia* 74(1), s. 533-544. DOI: 10.18276/frfu.2015.74/1-46
10. Moczko, J., Brębrowicz, G., Tadeusiewicz, R., (1998). *Statystyka w badaniach medycznych*. Warszawa: PWN.
11. Ręklewski, M., (2020). *Statystyka opisowa teoria i przykłady*. Włocławek: PZU.
12. Socha, R. (2014). Analiza relacji cen gazu ziemnego i ropy naftowej. Czy ceny są nadal od siebie zależne? *Polityka Energetyczna*, 17(2), s. 65-80.
13. Tomaszewska, Z., (2017). Zastosowanie narzędzi statystyki opisowej w analizie cech klientów autoryzowanego dealera samochodów w Płocku. *NE*, 2(26), s. 87-104.
14. Tonn, V.L., Li, H.C., McCarthy, J. (2010). Wavelet domain correlation between the futures prices of natural gas and oil. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 50(4), 408-414.

15. Zawila-Niedźwiecki, J., (2013). *Zarządzanie ryzykiem operacyjnym w zapewnianiu ciągłości działania organizacji*. Warszawa: Edu-Libri.