

Alicja Ganczarek-Gamrot

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Wydział Informatyki i Ekonometrii
Katedra Demografii i Statystyki Ekonomicznej
alicia.ganczarek-gamrot@ue.katowice.pl

ANALIZA RYZYKA NA TOWAROWEJ GIEŁDZIE ENERGII

Streszczenie: Celem pracy jest przeprowadzenie analizy porównawczej ryzyka zmiany ceny oraz wolumenu obrotu na rynku energii elektrycznej oraz rynku gazu prowadzonych przez Towarową Giełdę Energii. W pracy została przeprowadzona analiza rozkładów stóp zwrotu z omawianych rynków, na podstawie której zaproponowano miary estymacji ryzyka. Na bazie oszacowanego ryzyka zostanie przeprowadzona analiza porównawcza poziomu ryzyka na poszczególnych rynkach.

Słowa kluczowe: ryzyko, energia elektryczna, gaz, VaR, CVaR.

Wprowadzenie

Towarowa Giełda Energii (TGE) została zarejestrowana jako spółka 7 grudnia 1999 r. na liberalizującym się polskim rynku energii. W początkowej działalności TGE rozwijał się na niej jedynie rynek energii elektrycznej. Pierwsze transakcje zawarto 1 lipca 2000 r. na Rynku Dnia Następnego (RDN), na którym cena energii elektrycznej ustalana jest niezależnie dla każdej godziny doby jako cena równowagi złożonych ofert kupna i sprzedaży energii elektrycznej z terminem dostawy w kolejnym dniu. Obecnie na RDN ustalane są trzy ceny energii elektrycznej dla każdej godziny doby oraz indeksy odpowiadające przeciętnym poziomom cen energii w danym dniu lub bloku godzin.

TGE stale się rozwija prowadząc m.in. rejestr świadectw pochodzenia dla energii elektrycznej wyprodukowanej z odnawialnych źródeł energii (OZE) i z Kogeneracji oraz handel prawami majątkowymi do tych świadectw, rynek spot dla uprawnień do Emisji CO₂, na którym uczestnicy mogą handlować jednostkami EUA (European Union Allowance), Rynek Terminowy Energii Elektrycznej.

W 2012 r. na Rynku Terminowym Towarowym pojawiły się instrumenty terminowe towarowe na gaz, a 31 grudnia 2012 r. na parkiecie giełdy uruchomiono

miony został rynek spot gazu, na którym od marca 2013 r. podawane są notowania ciągle kontraktów na dostawę gazu oraz łączny dzienny wolumen obrotu.

Celem pracy jest przeprowadzenie analizy ryzyka zmiany ceny na rynku energii elektrycznej oraz rynku gazu na jakie narażeni są uczestnicy Towarowej Giełdy Energii zajmujący pozycję krótką i długą. Analiza została przeprowadzona na przykładzie notowań z rynku bieżącego TGE w okresie od marca 2013 r. do 31 maja 2014 r.

1. Wstępna analiza danych

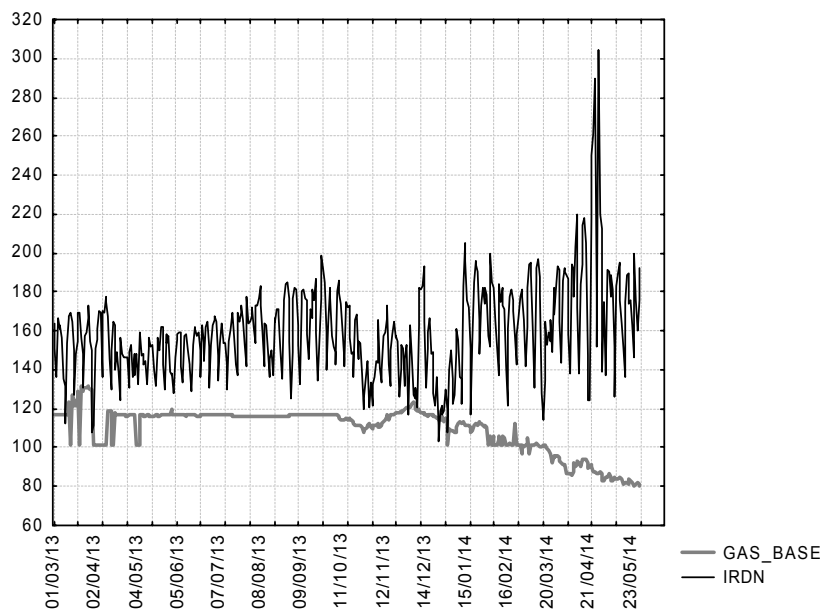
Na rys. 1 zestawiono średnią dzienną cenę energii elektrycznej w postaci notowanych wartości indeksu IRDN [PLN/MWh]¹ oraz cen kontraktu GAS_BASE [PLN/MWh]. Analizując szeregi czasowe w badanym okresie oraz wykres ramkawy rozkładów analizowanych walorów (rys. 2) można powiedzieć, że ceny gazu są zdecydowanie niższe od cen energii elektrycznej. Wahania cen energii elektrycznej są znacznie wyższe niż wahania cen gazu (rys. 2, 4).

W roku 2013 obserwujemy brak trendu zarówno dla ceny gazu, jak i energii elektrycznej. W kształtowaniu się IRDN widać wyraźną periodyczność związaną z zapotrzebowaniem na energię w poszczególnych dniach tygodnia. Gaz jako nośnik energii cieplnej zależy od temperatury. W Polsce po niskich temperaturach w listopadzie i grudniu 2013 r., którym towarzyszył wzrost cen gazu, a przede wszystkim wzrost kontraktów na gaz, w styczniu 2014 r. w wyniku wzrostu temperatury i obniżenia się podaży na rynku bieżącym w stosunku do oczekiwanego poziomu zapotrzebowania, obserwujemy niższe ceny gazu. Początek roku 2014 to również początek konfliktu ukraińsko-rosyjskiego, który również może mieć wpływ na obserwowany spadkowy trend kształtowanie się cen gazu. Wzrost cen energii elektrycznej od początku roku 2014 może być związany ze zmianą strategii inwestycyjnej związanej z trwającym konfliktem ukraińsko-rosyjskim. Krajowa produkcja energii elektrycznej w największym stopniu oparta jest na węglu kamiennym. Można powiedzieć, że pod tym względem jako kraj mamy zapewnione bezpieczeństwo energetyczne. W przypadku gazu, którego jesteśmy w większym stopniu importerem przede wszystkim surowca z Rosji takiego bezpieczeństwa nie mamy.

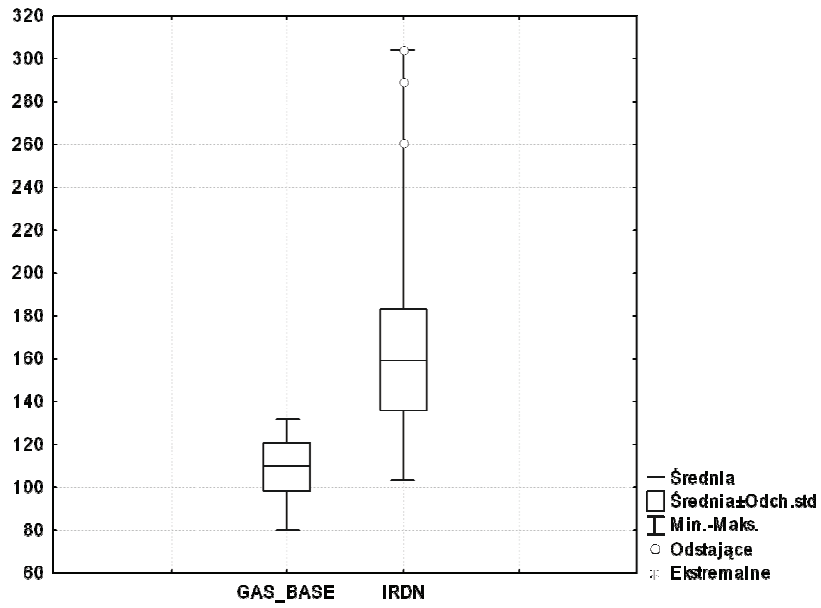
W roku 2014 ceny gazu charakteryzują się tendencją spadkową, a ceny energii elektrycznej rosną (rys. 1) w efekcie dając ujemną korelację pomiędzy wartościami kontraktów (rys. 3), która może być efektem zmiany strategii inwe-

¹ Cena średnia ważona wolumenem ze wszystkich transakcji na sesji giełdowej, liczona po dacie dostawy dla całej doby.

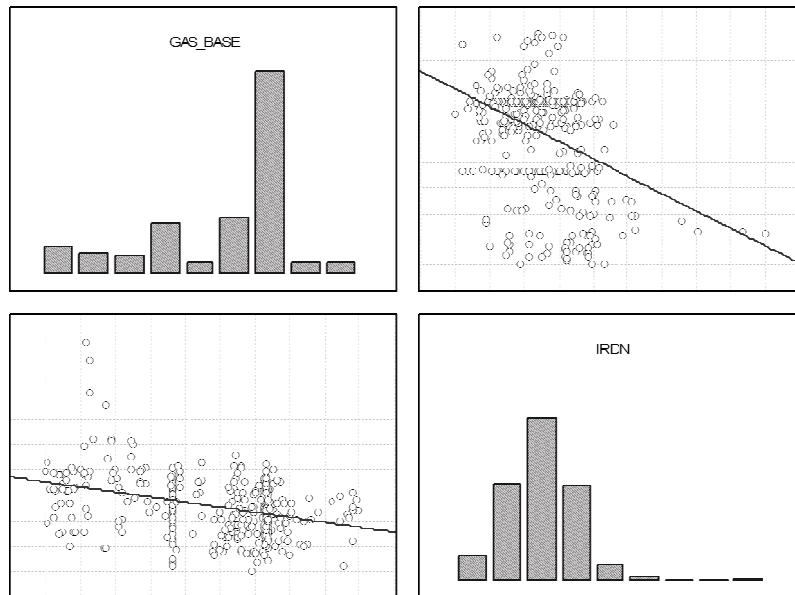
stowania w nośniki energii zapewniające dostawę zakupionej energii bez względu na sytuację za wschodnią granicą kraju i stosunki międzynarodowe. Wstępna analiza rozkładów i szeregów cen jak również stóp zwrotu przemawia za tym, by uważać gaz za towar, którego niższa cena i niższe zróżnicowanie cen powinno zachęcać nabywców do kupowania tego nośnika energii elektrycznej. Jednak w badanym okresie wolumen obrotu energią pozyskaną z gazu stanowi 39% wolumenu obrotu energią w notowaniach ciągłych, co może przemawiać za tym, że na polskiej giełdzie energii główny wpływ na kształtowanie się transakcji mają wytwórcy energii elektrycznej. Struktura zawieranych transakcji może również odzwierciedlać strukturę krajowych zasobów surowców energetycznych i związaną z tym gwarancją dostawy niezależnie od sytuacji międzynarodowej. Należy również wziąć pod uwagę samą strukturę giełdy energii, na której transakcje na energię elektryczną zawierane są już od 2000 r., a rynek gazu dopiero się rozwija. Od stycznia 2014 r. istnieje obowiązek kierowania minimum 40% obrotu handlu gazem przez TGE dla energii elektrycznej faktyczny wolumen obrotu kierowany na giełdę przekracza 80%.



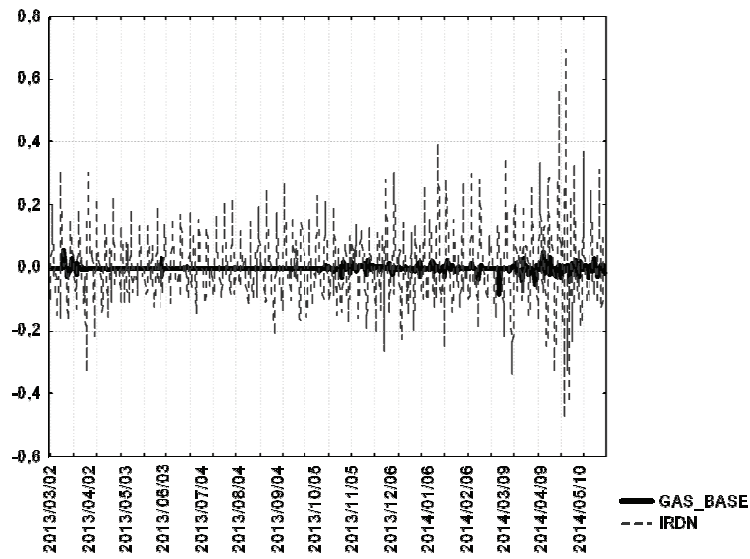
Rys. 1. Wartości cen kontraktów GAS_BASE oraz IRDN



Rys. 2. Wykres ramka-wąsy cen kontraktów GAS_BASE oraz IRDN

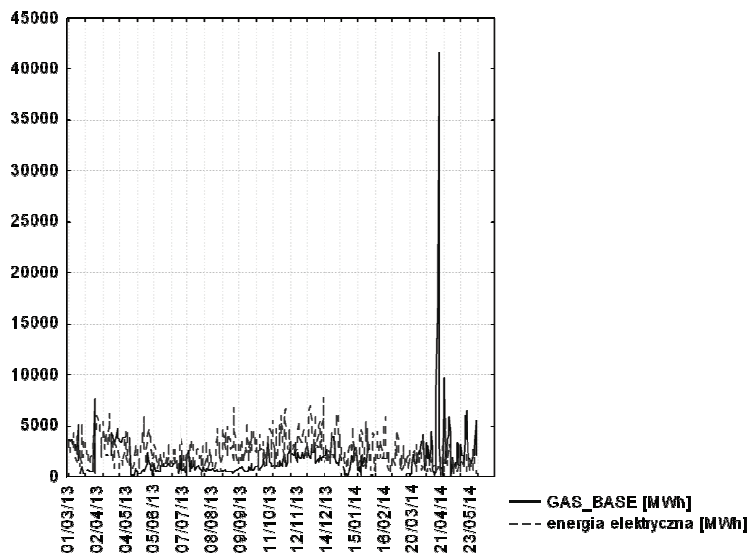


Rys. 3. Macierz korelacji rozrzutu cen kontraktów GAS_BASE oraz IRDN



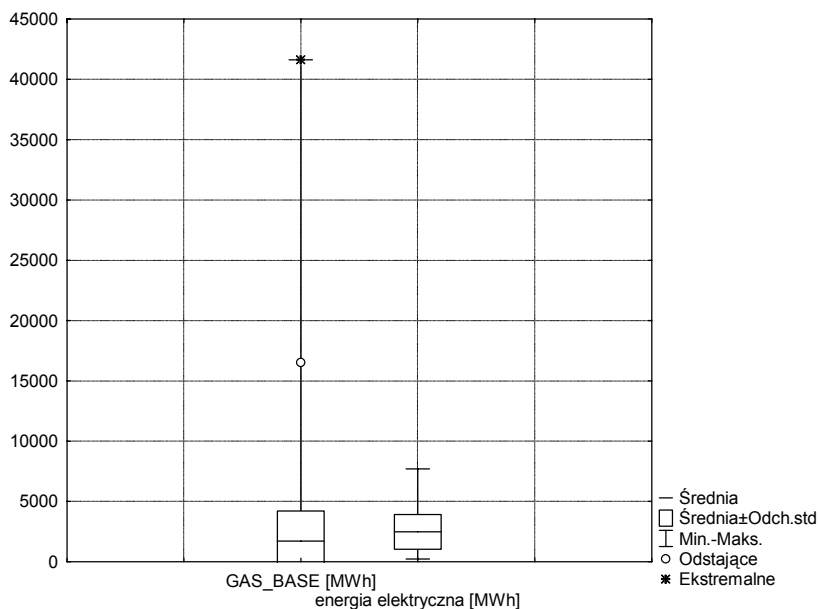
Rys. 4. Wykres logarymicznych stóp zwrotu cen kontraktów GAS_BASE oraz IRDN

Na rys. 5 przedstawiono szeregi czasowe wolumenu obrotu gazem oraz energią elektryczną pozyskaną w okresie badanym od marca 2013 r. do 31 maja 2014 r. GAS_BASE [MWh] oraz energia elektryczna [MWh]. Wolumen obrotu kontraktami na energię elektryczną w większości badanych dni jest wyższy od wolumenu obrotu kontraktami na gaz. Wyjątek od tej reguły stanowią m.in. rekordowe obroty gazem w kwietniu 2014 r. Tylko 17 kwietnia obrót gazem stanowił 239% średnich obrotów gazem w badanym okresie.



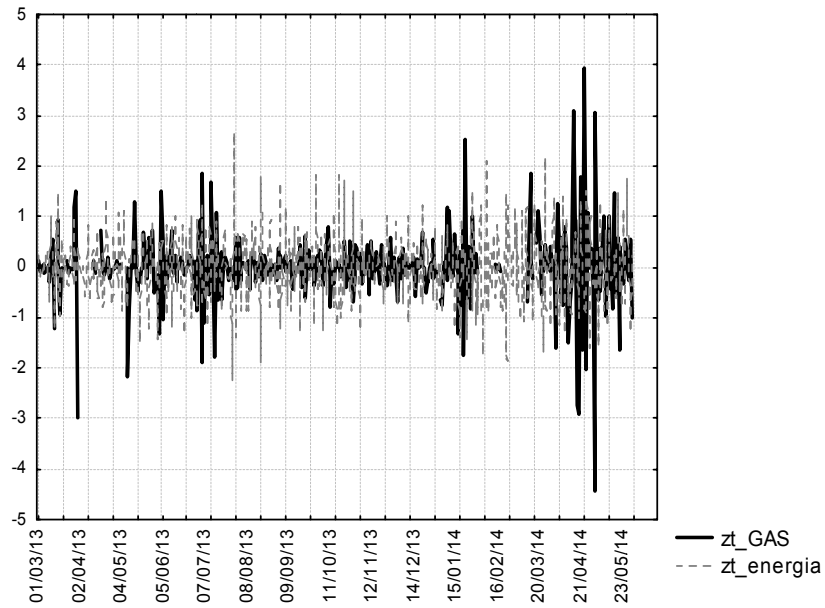
Rys. 5. Wykres kształtowania się obrotu kontraktów GAS_BASE oraz kontraktów na energię elektryczną

Na wykresie ramka-wąsy rozkładu dziennego wolumenu obrotu poszczególnych kontraktów (rys. 6) widoczne są dwie obserwacje nietypowe 16 kwietnia obrót na rynku gazu wynosił 16512 MWh, 17 kwietnia 41616 MWh (średni obrót w badanym okresie na rynku gazu 1728,6 MWh).

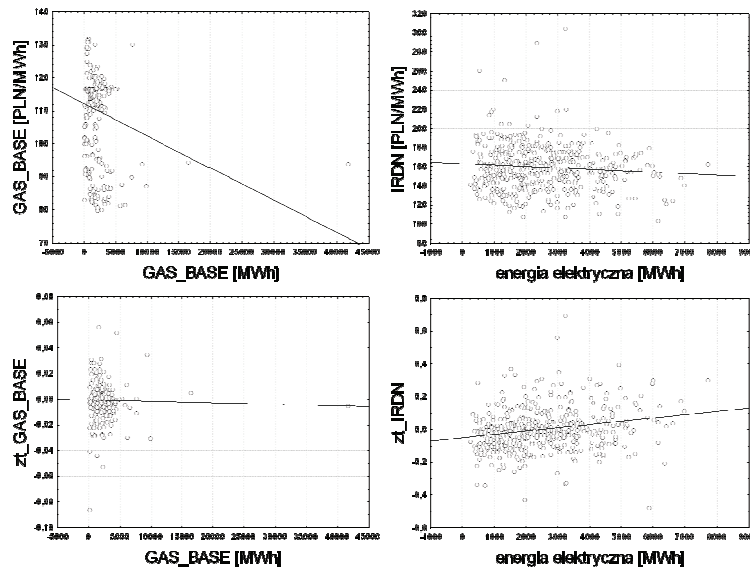


Rys. 6. Wykres ramka-wąsy wolumenu obrotu kontraktów GAS_BASE oraz kontraktów na energię elektryczną

Na rys. 7 przedstawiono szeregi logarytmicznych stóp zwrotu wolumenu obrotu poszczególnych kontraktów ciągłych zt_GAS oraz $zt_energia$. Analizując rozkład wolumenu obrotu kontraktów na gaz i energię elektryczną można powiedzieć, że obroty na energię elektryczną są przeciętnie wyższe ale ryzyko zmiany obrotów jest znacznie większe dla kontraktów na gaz. Ponadto w ciągu 40 dni (co stanowi 9% dni w badanym okresie) na rynku gazu nie odnotowano obrotów. Brak płynności obrotów dodatkowo zwiększa ryzyko zawieranych transakcji na rynku gazu.



Rys. 7. Wykres logarymicznych zmian obrotów kontraktów GAS_BASE oraz kontraktów ciągłych na energię elektryczną

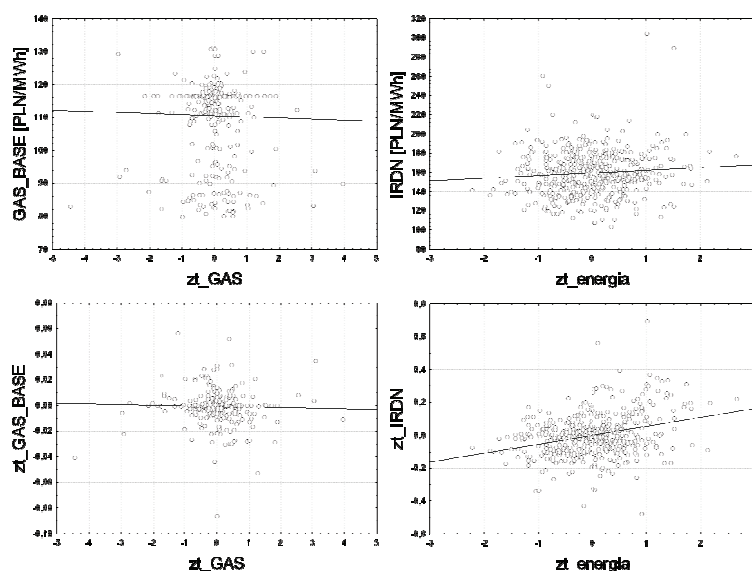


Rys. 8. Wykresy rozrzutu cen i logarymicznych stóp zwrotu kontraktów GAS_BASE oraz IRDN od wolumenu obrotu

Analiza cen oraz wolumenu obrotu pokazała, że dużo wyższym zróżnicowaniem cen charakteryzuje się energia elektryczna. Dla wolumenu obrotu wyż-

szą zmienność oraz niepewność transakcji obserwujemy na rynku gazu. Pojawia się zatem pytanie, na ile ceny energii oraz ich stopy zwrotu są zależne od wolumenu obrotu. Na rys. 8 przedstawiono korelacyjne wykresy rozrzutu zależności ceny oraz logarytmicznych stóp zwrotu od wolumenu obrotu. Na rynku gazu brakuje liniowej zależności ceny oraz stóp zwrotu od wolumenu obrotu. Na rynku energii elektrycznej, gdzie obroty są wyższe, transakcje zawierane płynnie, można zaobserwować ujemną zależność pomiędzy ceną a wolumenem oraz dodatnią zależność pomiędzy stopami zwrotu cen indeksu IRDN a wolumenem obrotu energią elektryczną.

Na rys. 9 przedstawiono korelacyjne wykresy rozrzutu zależności ceny oraz logarytmicznych stóp zwrotu cen od logarytmicznych stóp zwrotu wolumenu obrotu. W badanym okresie brak jest zależności pomiędzy zmiennością wolumenu a poziomem i zmiennością cen na rynku gazu. Na rynku energii elektrycznej obserwujemy dodatnią zależność pomiędzy zmianą wolumenu a poziomami i zmianami cen.



Rys. 9. Wykresy rozrzutu cen i logarytmicznych stóp zwrotu kontraktów GAS_BASE oraz IRDN od logarytmicznych stóp zwrotu wolumenu obrotu

2. Metodologia

Ryzyko jest nieodłącznie związane z podejmowaniem decyzji. Z jednej strony jest pojęciem bardzo powszechnym, ale z drugiej strony jego wieloaspektowość stwarza problemy w jednoznacznym określeniu i zdefiniowaniu ryzyka [por. Jajuga, Jajuga, 1999; Jajuga, 2000; Tarczyński, 2003].

Najczęściej w ocenie ryzyka, zarówno rynków finansowych, jak i towarowych, koncentrujemy się na ryzyku rynkowym. Na rynkach finansowych jest to ryzyko ceny, na rynkach towarowych ryzyko ceny oraz ryzyko wolumenu. Można powiedzieć, że ryzyko rynkowe na rynkach towarowych odzwierciedla specyfikę danego towaru [por. Trzpiot, Ganczarek, 2010].

Ze względu na duże zróżnicowanie cen oraz stóp zwrotu, asymetrię rozkładów wartości oraz zmienności wartości kontraktów do oszacowania ryzyka wykorzystano miarę pozycyjną – wartość narażoną na ryzyko (Value-at-Risk (VaR)) odporną na asymetrię rozkładów, jak również występowanie obserwacji nietypowych. Wartość narażona na ryzyko (VaR) jest to taka strata wartości, która z zadanyim prawdopodobieństwem $\alpha \in (0,1)$ nie zostanie przekroczona w określonym czasie Δt [Jajuga (2000)].

$$P(X_{t+\Delta t} \leq X_t - VaR_\alpha) = \alpha, \quad (1)$$

gdzie:

X_t – obecna wartość waloru w chwili t ,

$X_{t+\Delta t}$ – zmienna losowa, wartość waloru na końcu trwania inwestycji.

Oznaczając przez Z logarytmiczną stopę zwrotu z inwestycji

$$Z = \ln\left(\frac{X_{t+\Delta t}}{X_t}\right), \quad (2)$$

równość (1) można zapisać jako kwantyl rzędu $\alpha \in (0,1)$ rozkładu logarytmicznych stóp zwrotu [Jajuga, 2000]:

$$P(Z_t \leq VaR_\alpha(Z)) = \alpha. \quad (3)$$

Zaletą VaR w porównaniu z miarami zmienności oprócz większej odporności na asymetrię rozkładów, jak również obserwacje odstające, jest informacja o najbardziej niekorzystnych zmianach wartości rozpatrywanego waloru. dla ustalonego prawdopodobieństwa. Jednak dla rozkładów dyskretnych VaR jest niegładką, niewypukłą oraz niejednomodalną funkcją [Artzner i in., 1999; Kona-rzewska, 2004]. Tych wad pozbawiona jest średnia spośród najbardziej niekorzystnych realizacji zmiennej losowej zwana warunkową wartością zagrożoną (*Conditional Value-at-Risk (CVaR)*):

$$CVaR_\alpha(Z) = E\{Z \mid Z \geq VaR_\alpha(Z)\}. \quad (4)$$

Ze względu na koherentność CVaR jest zalecana do stosowania w ocenie ryzyka portfela [Pflug, 2000; Rockafellar, Uryasev, 2000; Rockafellar, Uryasev, 2002].

Do porównania ryzyka na obu rynkach rozważono ryzyko zmiany cen oraz wolumenów obrotu nośnikami energii elektrycznej za pomocą VaR oraz CVaR.

3. Analiza empiryczna

W tab. 1 przedstawiono wartości VaR oszacowane metodą symulacji historycznych z jednodniowym horyzontem inwestycji.

Tabela 1. VaR_{α} jako kwantyl rzędu α rozkładu logarytmicznych stóp zwrotu

Pozycja	α	GAS BASE	IRDN	wolumen GAS	Wolumen energia e
krótka	0,010	-0,0341	-0,3264	-2,1831	-1,6421
	0,025	-0,0277	-0,2201	-1,6426	-1,3659
	0,050	-0,0181	-0,1682	-0,9462	-1,1942
	0,100	-0,0089	-0,1376	-0,6045	-0,8760
długa	0,900	0,0073	0,1600	0,5943	0,9235
	0,950	0,0145	0,2304	1,0140	1,2341
	0,975	0,0215	0,2946	1,4604	1,4862
	0,990	0,0300	0,3444	1,8912	1,8084

Wyniki oszacowań VaR potwierdzają obserwacje uzyskane na podstawie wstępnej analizy danych. Ryzyko zmiany ceny jest znacznie wyższe w przypadku zmian cen energii elektrycznej. Ponadto w przypadku zmian cen gazu większe ryzyko towarzyszy spadkom cen, a w przypadku energii elektrycznej wzrostom cen, co jest wynikiem występowania trendu w badanym okresie.

Wolumen obrotu charakteryzuje się wyższą zmiennością, a tym samym wyższym poziomem ryzyka zmian, niż ceny. W ogonach rozkładu obserwujemy wyższe ryzyko zmiany wolumenu na rynku gazu, a przede wszystkim ryzyko związane z brakiem obrotów na rynku gazu. Już w przypadku tolerancji 0,05 przekroczeń VaR (dla prawdopodobieństwa 0,05 w przypadku spadku i 0,95 w przypadku wzrostu obrotów) na giełdzie nieco wyższym ryzykiem charakteryzuje się zmiana obrotów na rynku energii elektrycznej. Na podstawie testu przekroczeń Kupca brakuje podstaw do odrzucenia hipotezy, że udział przekroczeń VaR jest zgodny z przewidywanym.

W tab. 2 przedstawiono wartości CVaR. Średnie wartości logarytmicznych stóp zwrotu w przypadku przekroczenia oszacowanej wartości VaR dla badanego okresu podkreślają jeszcze bardziej wyższy poziom ryzyka związany ze zmiennością wolumenu obrotu, czyli płynnością zawieranych transakcji. Na podstawie przeciętnych strat wynikających z przekroczenia VaR można wnio-

skować, że ryzyko zmian płynności obrotów na rynku gazu jest znacznie wyższe niż na rynku energii elektrycznej.

Tabela 2. CVaR _{α} rzędu α rozkładu logarytmicznych stóp zwrotu

Pozycja	α	GAS BASE	IRDN	wolumen GAS	Wolumen energia e
Krótka	0,010	-0,0523	-0,3811	-3,2725	-1,8741
	0,025	-0,0386	-0,3066	-2,4354	-1,6438
	0,050	-0,0308	-0,2529	-1,8526	-1,4568
	0,100	-0,0217	-0,2031	-1,2929	-1,2473
Długa	0,900	0,0177	0,2594	1,2510	1,3337
	0,950	0,0257	0,3266	1,7327	1,6052
	0,975	0,0321	0,3818	2,2872	1,8357
	0,990	0,0415	0,4770	3,1614	2,1182

Podsumowanie

Podsumowując uzyskane wyniki można powiedzieć, że wyższym poziomem cen i wyższym ryzykiem zmienności cen obarczone są kontrakty na energię elektryczną. Biorąc pod uwagę fakt, że nie zaobserwowano istotnych liniowych zależności pomiędzy zmiennością cen a zmiennością wolumenu, więc w przypadku klasycznej analizy portfelowej do portfela kontraktów powinny trafić kontrakty na gaz. Energia elektryczna oraz gaz są nośnikami energii. Mogą więc być traktowane jako dobra substytucyjne, czyli zgodnie z zasadami ekonomii w przypadku wzrostu cen energii elektrycznej automatycznie należy oczekiwać wzrostu obrotów transakcji na kontrakty gazowe. Niemniej jednak energia elektryczna ma większe zastosowanie, czyli popyt na energię elektryczną jest większy. Ponadto biorąc pod uwagę zasoby, którymi dysponują wytwórcy energii, należy pamiętać, że Polska jest krajem niezależnym energetycznie jedynie od surowca, jakim jest węgiel, więc również podaż energii elektrycznej jest wyższa. Zatem ryzyko płynności na rynku gazu jest dużo wyższe niż ryzyko zmienności cen poszczególnych kontraktów, w związku z czym można stwierdzić, że transakcje zawierane na rynku gazu są obciążone wyższym poziomem ryzyka realizacji zamierzonej transakcji.

Literatura

- Artzner P., Delbaen F., Eber J.M., Heath D. (1999), *Coherent measures of risk*, „Mathematical Finance”, Vol. 9, Iss. 3, s. 203-228.
- Jajuga K., Jajuga T. (1999), *Inwestycje*, PWN, Warszawa.

- Jajuga K. (2000), *Ryzyko w finansach. Ujęcie statystyczne. Współczesne problemy badań statystycznych i ekonometrycznych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Kraków.
- Konarzewska I. (2004), *VaR, CVaR – ryzyko inwestowania na Gieldzie Papierów Wartościowych w Warszawie*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław.
- Pflug G.Ch. (2000), *Some remarks on the value-at-risk and the conditional value-at risk* [w:] S. Uryasev (ed.), *Probabilistic constrained optimization: Methodology and applications*, Kluwer Academic Publishers, Alphenaaen den Rijn.
- Rockafellar R.T., Uryasev S. (2000), *Optimization and conditional value-at-risk*, “Journal of Risk”, Vol. 2, s. 21-41.
- Rockafellar R.T., Uryasev S. (2002), *Optimization of conditional value-at-risk for general distributions*, “Journal of Banking and Finance”, Vol. 26, Iss. 7, s. 1443.
- Tarczyński W. (2003), *Instrumenty pochodne na rynku kapitałowym*, PWE, Warszawa.
- Trzpiot G. Ganczarek A. (2010) *Ryzyko na rynku energii elektrycznej*, [w:] *Zarządzanie Informatyka. Dylematy i kierunki rozwoju*, IV Forum Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice, s. 359-375.

RISK ANALYSIS ON POLISH POWER EXCHANGE

Summary: The aim of this paper is to carry out a comparative risk analysis of price and volume changes between electric energy contract prices and natural gas contracts quoted on Polish Power Exchange. On both markets prices are quoted continuously, and in fixings. In this paper the distribution of rates of return from both markets is analyzed. Based on this analysis, measures for estimating risk of price changes are proposed.

Keywords: risk, electric energy, gas, VaR, CVaR.