



Anna Kasprzak-Czelej

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
Wydział Ekonomiczny
Zakład Rynków Finansowych
anna.kasprzak-czelej@umcs.pl

DLUGOOKRESOWA ZALEŻNOŚĆ CEN METALI SZLACHETNYCH I ROPY NAFTOWEJ

Streszczenie: Celem artykułu jest wskazanie przesłanek istnienia zależności długookresowej pomiędzy cenami metali szlachetnych a cenami ropy naftowej na rynku światowym oraz zbadanie istnienia długookresowej zależności między cenami metali szlachetnych a cenami ropy naftowej oraz między cenami produktów strukturyzowanych notowanych na GPW w Warszawie, dla których instrumentem bazowym są ceny analizowanych surowców. Badanie przeprowadzono bazując na analizie kointegracji. Wykorzystano miesięczne dane dotyczące cen surowców z okresu 01.2006-11.2017 oraz dzienne kursy produktów strukturyzowanych z okresu 09.07.2008-30.11.2017. Uzyskane wyniki sugerują występowanie długookresowych relacji z uwzględnieniem wpływu kursu walutowego.

Słowa kluczowe: ceny metali szlachetnych, ropa naftowa, produkty strukturyzowane.

JEL Classification: G11, G15, Q30.

Wprowadzenie

Metale szlachetne i ropa naftowa są zaliczane do klasy surowców. Ropa naftowa ze względu na swoje ekonomiczne znaczenie jest przedmiotem licznych transakcji rynkowych. Metale szlachetne również stanowią przedmiot obrotu zarówno ze względu na ich zastosowania przemysłowe, jak też w strategiach hedgingowych czy innych inwestycyjnych. Kształtowanie się ich cen wynika z jednej strony z popytu i podaży, związanych z ich fizycznym zastosowaniem, a z drugiej z popytu inwestycyjnego zgłaszanego na te aktywa, będącego również przejawem procesu finansjalizacji.

Dla określenia optymalnych strategii alokacji aktywów, optymalizacji portfela, ograniczania ryzyka poniesienia straty czy hedgingu niezbędna jest wiedza na temat współzależności, w tym korelacji pomiędzy stopami zwrotu z poszcze-

gólnych aktywów. Inwestorzy coraz powszechniej wykorzystują surowce i produkty na nich bazujące do dywersyfikacji posiadanych portfeli inwestycyjnych. Surowce są bowiem uważane za rodzaj inwestycji alternatywnej, która może być zyskowna z racji chociażby pozytywnych zmian cen wraz z inflacją i tendencji do tzw. *backwardation* na rynku kontraktów terminowych, dla których są one instrumentem bazowym.

Celem niniejszego artykułu jest wskazanie przesłanek istnienia zależności długookresowej pomiędzy cenami metali szlachetnych a cenami ropy naftowej na rynku międzynarodowym, a także empiryczne stwierdzenie, czy pomiędzy tymi zmiennymi występuje długookresowa stabilna zależność oraz czy występuje ona w przypadku produktów strukturyzowanych odzwierciedlających kształtowanie ich cen dostępnych dla inwestora indywidualnego lokującego środki w polskich złotych. Stwierdzenie istnienia tej zależności oraz jej charakter byłyby przydatnymi informacjami w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych, przy czym w niniejszym artykule skupiono się na aspekcie występowania długoterminowej zależności.

Realizacji powyższego celu podporządkowano strukturę artykułu. W pierwszej części opisano czynniki wpływające na ceny ropy naftowej oraz konsekwencje jej zmian. Następnie przedstawiono determinanty cen metali szlachetnych wykazywane w badaniach empirycznych. Oba te zagadnienia były punktem wyjścia do określenia potencjalnych przyczyn zależności pomiędzy cenami metali szlachetnych a cenami ropy naftowej. W kolejnym kroku przeprowadzono badania empiryczne, a wnioski stąd wynikające umieszczono w podsumowaniu.

1. Przyczyny i konsekwencje zmian cen ropy naftowej

Na międzynarodowych rynkach istnieje około 160 gatunków ropy naftowej różniących się pochodzeniem i jakością, która jest najczęściej klasyfikowana na podstawie dwóch kryteriów: ciężaru i zasiarczenia. Tak zwana ropa lekka/słodka (*light/sweet*) posiada niższy ciężar właściwy i niską zawartość siarki, dzięki czemu niższe są koszty jej przerobu. Z kolei ropa ciężka/kwaśna (*heavy/sour crude oil*) cechuje się wyższym ciężarem właściwym i dużo większą zawartością siarki, co wiąże się z wyższymi kosztami jej rafinacji. Największe znaczenie z punktu widzenia obrotu gospodarczego oraz finansowego mają gatunki ropy, dla których istnieje benchmarki: Brent, WTI, tzw. koszyk OPEC, Dubai Crude i ropy rosyjskie [Papież i Śmiech, 2015, s. 38; Pach-Gurgul, 2016, s. 187-188] i one też stanowią przedmiot badań nad kształtowaniem cen ropy naftowej.

Czynniki oddziałujące na ceny ropy naftowej można podzielić ze względu na okres, w którym się uwidaczniają. W długim okresie ceny ropy naftowej pozostają pod wpływem światowej podaży i popytu wynikającego głównie z poziomu światowego wzrostu gospodarczego. Na ceny krótkookresowe dodatkowo oddziałują nastroje inwestorów i czynniki je kształtujące, włączając prognozy gospodarcze, wydarzenia geopolityczne (konflikty na terenie krajów ją wydobywających), decyzje OPEC, ataki terrorystyczne oraz kurs USD [Pach-Gurgul, 2016, s. 189]. Klasyfikację determinant cen ropy naftowej ze względu na ich charakter przedstawiono w tabeli 1.

Analizy R. Sochy [2017] wskazują na istotny wpływ czynników popytowo-podażowych na ceny ropy naftowej w długim okresie, a zdecydowanie mniejszy rynków finansowych. Sugeruje to, że tzw. szoki cenowe w obrocie ropą są przede wszystkim efektem zmian fundamentalnych. Zwraca się również uwagę na znaczenie w kształtowaniu cen tego surowca sposobu rozliczania dostaw. Ropa jest przedmiotem obrotu głównie w ramach umów długoterminowych, których elementem są tzw. warunki indeksacji kontraktu. Określają one sposób ustalania cen kontraktu na przyszły okres i rewidowania ceny rozliczeniowej za bieżący okres (zwykle co 3 miesiące) [Socha, 2017, s. 57-60].

Tabela 1. Determinanty cen ropy naftowej

Czynniki kształtujące ceny ropy naftowej			
1	2	3	4
Ekonomiczne	Rozwój rynku finansowego	Polityczne	Geologiczne
Niska elastyczność cenowa popytu i podaży Struktura dostaw (kraje OPEC, produkcja z łupków w USA) i poziom zapasów Popyt m.in. ze strony Chin i innych krajów azjatyckich oraz Bliskiego Wschodu, stopień wykorzystania mocy wytwórczych w USA i OECD, produkcja przemysłowa, dynamika PKB	Strategie portfelowe wykorzystujące indeksy rynku surowców Rynek kontraktów futures Spekulacje giełdowe Kurs USD jako waluty kwotowania ropy naftowej	Stabilność polityczna na terenach zasobnych w ropę Spekulacje na temat nowych konfliktów na terenach zasobnych w ropę Groźby przerwania dostaw	Spadek wydobywania w demokratycznych krajach rozwiniętych Rosnący dyktat krajów OPEC (udział rynkowy kartelu, kwoty produkcyjne nakładane na poszczególnych członków)

cd. tabeli 1

Przykładowe zmienne objaśniające ceny ropy wykorzystywane w badaniach			
1	2	3	4
Ekonomiczne	Rozwój rynku finansowego	Polityczne	Geologiczne
Wskaźnik produkcji przemysłowej, indeks ISM dla przemysłu, indeks PMI dla przemysłu, indeks Ifo, Baltic Dry Index, indeks Kiliana, światowa wielkość zapasów ropy naftowej	Indeks S&P 500, indeks DAX, indeks zmienności VIX, realna krótkoterminowa stopa procentowa w USA i strefie euro, realna podaż pieniądza M1 w USA i strefie euro, realny kurs walutowy, realny efektywny kurs walutowy dolara, indeks ceny ropy naftowej WTI, indeks cen węgla energetycznego, cena gazu ziemnego, ilość niekomercyjnych kontraktów terminowych na NYMEX	Ryzyko polityczne International Country Risk Guide, ilość ataków terrorystycznych, ilość żołnierzy stacjonujących w rejonie Bliskiego Wschodu, napięcia geopolityczne według Global Terrorism Database i Uppsala Conflict Data Program	Światowa produkcja ropy naftowej, podaż ropy naftowej spoza OPEC, kwoty produkcji OPEC

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Kowalik i Herczakowska [2010, s. 255-256]; Socha [2017, s. 52]; Papież i Śmiech [2015, s. 147, 150, 152].

Z badań wynika, że cena ropy naftowej i kurs walutowy USD pozostają w stabilnym, długookresowym związku, a zależność przyczynowa w sensie Grangera wskazuje na wpływ cen ropy naftowej na kurs walutowy [Coudert i in., 2007]. Sytuacja na rynku kasowym ropy naftowej oddziałuje z kolei na rynek derywatów, dla których jest ona instrumentem bazowym. Inwestorzy mogą wykorzystywać te instrumenty finansowe do zabezpieczania się przed deprecjacją dolara. Wyniki badań wskazują, że wartość USD jest przyczyną w sensie Grangera zmienności kursu terminowego ropy naftowej i przy nieco wyższym poziomie istotności zależność ta występuje też w odwrotnym kierunku [Łęt, 2012, s. 228-229].

Wpływ kursu USD na ceny ropy naftowej wynika z faktu denominowania cen tego surowca w tej walucie. Aprecjacja dolara powinna ograniczać wzrosty cen tego surowca, a deprecjacja dolara powinna im sprzyjać. Deprecjacja dolara amerykańskiego może dodatkowo wpływać na popyt na ropę naftową ze strony podmiotów posiadających środki finansowe w innej walucie. Wyniki badań potwierdzają, że istnieje negatywny związek pomiędzy popytem na ropę naftową

a efektywnym kursem dolara [Krichene, 2006, s. 9-10]. Istnieją również badania wskazujące na zależność dwukierunkową. Według M. Fratzchera, D. Schneidera i I.V. Robaysa [2014, s. 2] skutkiem wzrostu cen ropy naftowej o 10% jest deprecjacja efektywnego kursu USD o 0,28%, a deprecjacja dolara o 1% powoduje wzrost cen ropy naftowej o 0,73%. Zmienność kursów giełdowych ujmowana przez Market Volatility Index (VIX) prowadzi do spadków cen ropy naftowej, a jednocześnie do aprecjacji dolara w efekcie zwiększenia preferencji inwestorów do bezpiecznych aktywów (*flight-to-safety phenomenon*).

Na gruncie modeli teoretycznych kanały wpływu cen ropy naftowej na kurs walutowy obejmują: czynniki o charakterze fundamentalnym (udział państw w eksporcie i imporcie do OPEC oraz elastyczność popytu na ropę naftową), czynniki finansowe (miejsce inwestycji nadwyżek środków finansowych przez OPEC) oraz obszar racjonalnej spekulacji (zależność czynników finansowych od realnych poprzez oczekiwania) [Krugman, 1983, s. 271].

Ceny ropy naftowej jako strategicznego surowca energetycznego i podstawy szerokiej gamy przetworzonych produktów naftowych są niezmiernie istotne dla wszystkich krajów. Ropa stanowi podstawowe nieodnawialne źródło energii odpowiadając za 40% ich światowego zużycia [Socha, 2017, s. 50]. Dla większości krajów importerów ropy naftowej zwiększenie jej cen wywołuje wzrost kosztów produkcji krajowych dóbr i usług i może być przyczyną inflacji kosztowej, będącej poza zakresem oddziaływania krajowej polityki monetarnej, a także może wpływać na oczekiwania inflacyjne. Może również prowadzić do osłabienia waluty takiego kraju. Większe koszty produkcji przekładają się zazwyczaj na możliwość osiągania niższych marż zysku. Mogą one prowadzić do spadku efektywnego popytu. Wynikają stąd dwa podstawowe kanały transmisji tzw. szoków naftowych na gospodarkę: kanał podażowy i kanał inflacyjny [Geise, 2015, s. 50].

Spadki cen ropy naftowej, oznaczając obniżenie kosztów produkcji, mogą oddziaływać na zwiększenie inwestycji na poziomie przedsiębiorstw. Wpływ ten będzie jednak redukowany niepewnością w zakresie kształtowania cen ropy w przyszłości, szczególnie przy dużej ich zmienności. Jeśli np. wzrost cen ropy naftowej będzie uznawany za permanentny, to może skłonić przedsiębiorstwa do inwestycji w rozwiązania energooszczędne. Jeśli spadki cen ropy naftowej będą prowadziły do zmniejszenia kosztów zużycia energii ponoszonych przez konsumentów, wpływając na wzrost ich dochodu realnego, to mogą się przyczynić do wzrostu konsumpcji [Geise, 2015, s. 50; Cologne i Manera, 2005, s. 857].

Powyższe rozważania mają poparcie w wynikach analiz J.D. Hamiltona [2010], który stwierdził, że aktywność gospodarcza i ceny ropy naftowej są ujemnie skorelowane. Dziesięć z jedenastu rozpatrywanych recesji zostało poprzedzonych istotnymi wzrostami cen ropy naftowej na rynku światowym, a gwałtowne spadki jej cen często występowały na początku kryzysu gospodarczego. Następstwem występujących w przeszłości szoków naftowych w większości przypadków był nieoczekiwany wzrost inflacji oraz zmniejszenie dynamiki produkcji [Cologne i Manera, 2005]. Na gruncie empirycznym stwierdzono również asymetrię w zakresie wpływu spadków i wzrostów cen ropy naftowej na realną produkcję [Jiménez-Rodríguez i Sánchez, 2004]. W skali mikroekonomicznej wykazano istnienie negatywnej zależności pomiędzy cenami ropy a stopami zwrotu z akcji spółek giełdowych [Dhaoui i Khraief, 2014].

Ekonomiczne konsekwencje szoków podaźowych dla gospodarek zależą m.in. od poziomu ich rozwoju gospodarczego, struktury handlu ropą naftową, tj. zajmowanej pozycji eksporterów lub importerów netto, efektywności energetycznej przemysłu, polityki ekonomicznej kraju i wahań kursów walutowych [Geise, 2015, s. 55, 57].

2. Determinanty cen metali szlachetnych

Złoto jest najbardziej popularnym metalem szlachetnym. W literaturze jest analizowane zarówno jako surowiec, przedmiot inwestycji bezpośredniej, jak i inwestycji pośredniej. Na wieloaspektowość badań dotyczących złota wskazuje przegląd literatury sporządzony przez F.A. O'Connora i in. [2015]. Zakres badań dotyczący tzw. białych metali szlachetnych, w szczególności: srebra, platyny i palladu, jest zdecydowanie mniej obszerny i dotyczy efektywności rynku, prognozowania, aspektów behawioralnych, dywersyfikacji ryzyka, determinant makroekonomicznych i zmienności oraz relacji z innymi aktywami [Vigne i in., 2017, s. 292].

Generalnie czynniki oddziałujące na ceny złota można podzielić na krótkoterminowe i długoterminowe. Pierwsze w dużej mierze wynikają z przyczyn o charakterze finansowym i związanym z psychologią inwestowania, a drugie odnoszą się głównie do determinant popytu na złoto, zarówno jako surowca i przedmiotu inwestycji, dobra luksusowego (biżuteria), jak i składnika rezerw banków centralnych. Sytuacja w zakresie wydobycia złota (z obszaru Chin, Australii, USA, Rosji, Afryki Południowej, Peru, Kanady, Indonezji, Uzbekistanu, Ghany) wpływa na jego ceny zarówno w krótkim, jak i długim okresie.

Krótkoterminowo ceny złota pozostają pod wpływem fluktuacji cen surowców, w tym głównie ropy naftowej, spekulacyjnych zachowań inwestorów, włączając w to arbitrażystów wykorzystujących różnice cenowe pomiędzy rynkami azjatyckimi, europejskimi i amerykańskimi oraz tzw. zachowania stadne, krótkoterminowych wahań kursu walutowego dolara, inflacji i indeksów giełdowych, zmian ocen ratingowych dla obligacji rządowych oraz bieżących informacji dotyczących wydarzeń o globalnym znaczeniu (konflikty zbrojne, niepokoje społeczne) [Bukowski, 2016, s. 405], a także zachowań sektora publicznego na rynku złota, stóp procentowych i sezonowości [Mamcarz, 2015, s. 81].

W długim okresie cena złota jest uzależniona od przebiegu i prognoz cyklu koniunkturalnego, perspektyw wzrostu gospodarki USA, krajów OECD, Chin i Indii, długookresowych oczekiwań inflacyjnych i dotyczących kursu walutowego, długoterminowych trendów stóp zwrotu z indeksów giełdowych i rentowności bonów skarbowych [Bukowski, 2016, s. 405]. W tym kontekście wskazuje się również na zmianę liczby ludności w skali świata i cykl surowcowy [Mamcarz, 2015, s. 81].

W analizach empirycznych jako główne determinanty cen złota na rynku międzynarodowym wymienia się: kurs dolara wobec euro, stopę zwrotu z indeksu S&P 500, cenę ropy naftowej Brent, rentowność obligacji 10-letnich USA oraz cenę złota z poprzedniego okresu [Bukowski, 2016, s. 402].

Analogicznie jak w przypadku złota, czynników wpływających na ceny tzw. białych metali szlachetnych w średnim i długim okresie poszukuje się w obrębie determinant ich popytu i podaży. Z relatywnie najnowszych badań wynika, że w długim okresie ceny tzw. białych metali szlachetnych pozostają w związku z globalną produkcją i konsumpcją w Stanach Zjednoczonych, a w krótkim produkcją przemysłową i podażą pieniądza w Stanach Zjednoczonych oraz wydobywaniem w Afryce Południowej [Fernandez, 2017].

Do głównych determinant cen srebra w stosunkowo wczesnych badaniach (1989 r.) zaliczono popyt ze strony przemysłu (fotograficzny, elektryczny, jubilerstwo) oraz zapasy srebra w sektorze prywatnym. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu cen ropy naftowej czy zakupów netto ze strony sektora publicznego. Długoterminową determinantą jest też poziom oczekiwanej inflacji, ale na ogół nie odnotowano właściwości srebra jako zabezpieczenia przed inflacją. Wyniki badań dotyczących związków srebra z inflacją są niejednoznaczne, na co wskazuje przegląd literatury w tym zakresie sporządzony przez M. Lau i in. [2017, s. 319]. W przypadku krótkiego okresu odnotowano istotny wpływ na ceny srebra informacji dotyczących stopnia wykorzystania mocy wytwórczych i stopy bezrobocia, wartości USD oraz indeksu Ifo. Zwraca się też uwagę na nieracjonalne zachowania inwestorów [Vigne i in., 2017, s. 297, 301].

W przypadku platyny głównym czynnikiem determinującym jej ceny w długim czasie jest popyt ze strony przemysłu motoryzacyjnego, a kwestie strony podaźowej nie odgrywają aż tak istotnej roli. Również większość informacji makroekonomicznych wpływa na jej ceny w krótkim okresie. W badaniach wskazuje się w tym zakresie na istotność: decyzji FOMC odnośnie do poziomu stóp procentowych, liczby zatrudnionych poza rolnictwem, sprzedaży domów, indeksu Ifo, wartości USD [Vigne i in., 2017, s. 301].

Ceny palladu pozostają natomiast pod krótkoterminowym wpływem informacji o PKB, produkcji przemysłowej, kosztach zatrudnienia, sprzedaży domów, indeksie Ifo, wartości USD [Vigne i in., 2017, s. 301].

W warunkach hossy stwierdzono silny związek cen złota i srebra, a w okresie bessy silny związek cen srebra z cenami platyny i palladu [Fernandez, 2017]. Również wcześniejsze badania sugerują, że między cenami metali szlachetnych może zachodzić związek przyczynowo-skutkowy. Stwierdzono silną zależność korelacyjną pomiędzy cenami metali szlachetnych w krótkim okresie przy jednoczesnym braku zależności kointegracyjnej w okresie długim [Sari i in., 2010]. Badania zależności przyczynowo-skutkowych w sensie Grangera wykazały, że istnieje dwukierunkowa zależność pomiędzy stopami zwrotu ze srebra i platyny oraz jednokierunkowy wpływ stóp zwrotu ze złota, platyny i palladu na stopy zwrotu ze srebra. Pomiedzy stopami zwrotu metali szlachetnych występuje dodatnia, statystycznie istotna korelacja, najsilniejsza w relacji pallad – platyna, co może wynikać z substytucyjności pomiędzy tymi metalami w zastosowaniach przemysłowych, a najsłabsza w relacji złoto – pallad [Krawiec i Górska, 2015, s. 17, 19].

3. Przyczyny zależności cen metali szlachetnych i ropy naftowej

W szerokim ujęciu można stwierdzić, że relacje między cenami metali szlachetnych a cenami ropy naftowej mają swoje korzenie we wrażliwości większości surowców na zmiany cyklu koniunkturalnego oraz kursu walutowego USD. Znaczny wpływ wspólnych determinant cen wynikających np. z koniunktury gospodarczej czy nawet tylko skorelowane dane fundamentalne mogą skutkować synchronicznymi zmianami cen metali szlachetnych i ropy naftowej.

Ropa naftowa może oddziaływać na rynek złota dwoma kanałami: poprzez poziom inflacji i kurs dolara [Le i Chang, 2011]. W długim okresie zwiększenie cen ropy naftowej może się przełożyć na inflację, co z kolei jest bodźcem do wzrostu popytu na złoto jako aktywa będącego w tradycyjnym przekonaniu dobrym zabezpieczeniem przed inflacją, co przy relatywnie nieelastycznej jego

podażą przekłada się na wzrost cen. Podobny mechanizm może funkcjonować w przypadku chęci inwestorów do zabezpieczania się za pomocą złota przed ryzykiem kursu walutowego. Złoto jest bowiem wykorzystywane jako tzw. *safe haven* w przypadku osłabienia dolara względem innych głównych walut, głównie euro [Soytas i in., 2009, s. 5559]. Złoto i ropa jako wchodzące w skład grupy surowców i denominowane w USD mogą być również traktowane jako substytucyjne aktywa z punktu widzenia inwestora tworzącego portfel inwestycyjny. Analogiczne przyczyny mogą dotyczyć pozostałych metali szlachetnych, jeśli inwestycje w nie mogą być traktowane jako zabezpieczenie przed inflacją, a kształtowanie się cen ropy naftowej jest przyczyną procesów inflacyjnych lub wahań kursu dolara.

Ropa naftowa jako popularnie wykorzystywany surowiec w przemyśle może być uznawana za sygnał jego przyszłej koniunktury. Wzrost produkcji przemysłowej może prowadzić do wzrostu popytu na ropę naftową i jej cen. Uwzględniając zastosowania metali szlachetnych w przemyśle, związek ceny ropy naftowej i cen metali szlachetnych może więc wynikać również z faktu, że zwiększenie produkcji przemysłowej pociąga za sobą wzrost popytu na metale szlachetne w zastosowaniach przemysłowych, co może się przełożyć na wzrost ich cen [Lau i in., 2017, s. 319]. Dodatkowo w procesie wydobywania metali szlachetnych niezbędna jest elektryczność, do której wytworzenia poza węglem kamiennym może być wykorzystywana również ropa naftowa. Niedobory energii elektrycznej w Afryce Południowej, skąd pochodzi około 80% globalnej podaży platyny, skutkujące ograniczeniem produkcji metali szlachetnych, przyczyniały się do wzrostu cen platyny i innych metali szlachetnych [Soytas i in., 2009, s. 5559].

Istnieje relatywnie niewiele badań empirycznych dotyczących długookresowej zależności pomiędzy cenami ropy naftowej a cenami wszystkich czterech podstawowych metali szlachetnych (tabela 2).

Tabela 2. Przegląd badań empirycznych dotyczących długookresowej zależności cen ropy naftowej i cen metali szlachetnych

Wyszczególnienie	Zakres czasowy	Dane	Cel analizy	Metody analizy
1	2	3	4	5
Zhang, Wei [2010]	04.01.2000-31.03.2008	Dane dzienne: ceny spot ropy naftowej typu Brent i złota w USD; zmienne jako stopy zwrotu (logarytm różnicy cen podzielony przez 100)	Długookresowa równowaga i krótkoterminowe dostosowania pomiędzy rynkiem ropy naftowej i złota; rozprzestrzenianie się informacji cenowych pomiędzy tymi rynkami i tworzenia cen	Test kointegracji (Engle'a i Grangera); testy przyczynowości w sensie Grangera; modele PT i IS

cd. tabeli 2

1	2	3	4	5
Narayan, Narayan, Zheng [2010]	1963-2008; 02.01.1995-03.06.2009; 02.01.1995-12.11.2008; 02.01.1995-11.17.2008; 02.01.1995-12.09.2009	Dane roczne: CPI dla Stanów Zjednoczonych, ceny spot ropy naftowej i złota; Dane dzienne: ceny spot i futures ropy naftowej i złota	Występowanie długookresowej zależności pomiędzy rynkami kasowymi i futures złota i ropy naftowej	Test kointegracji (Johansena), modele regresji, test kointegracji Gregory'ego i Hansena
Sari i in. [2010]	04.01.1999-19.10.2007	Dane dzienne: ceny spot złota, srebra, platyny, palladu, ropy naftowej (typu WTI), kurs USD/EUR; zmiennie wyrażone w postaci ln	Zbadanie zależności przyczynowo-skutkowej pomiędzy cenami metali szlachetnych, cenami ropy naftowej i kursem USD/EUR	Test kointegracji (Johansena, Johansena i Juseliusa), dekompozycja wariancji błędu prognozy, funkcje reakcji na impuls
Baffes [2007]	1960-2005	Dane roczne, w postaci log: 35 surowców będących przedmiotem obrotu na rynku międzynarodowym z grup: żywność, surowce, metale, The Manufacture Unit Value (MUV) jako miara inflacji	Wpływ zmian cen ropy naftowej na ceny innych podstawowych towarów	Regresja liniowa cen towarów względem cen ropy naftowej
Soytas [2009]	02.05.2003-01.03.2007	Dane dzienne w postaci ln: ceny spot złota, srebra z IGE, ceny spot ropy typu Brent, kurs liry tureckiej względem USD, benchmark obligacji na ISE	Kształtowanie cen spot złota i srebra na IGE i ich współzależność ze światowymi cenami ropy, kursem liry tureckiej względem USD i oprocentowaniem obligacji na ISE	Metoda Toda-Yamamoto, funkcje reakcji na impuls
Jain, Ghosh [2013]	02.01.2009-30.12.2011	Dane dzienne w postaci log: Brent Index, kurs USD względem indyjskiej rupii, ceny złota, platyny i srebra z Multi Commodity Exchange w Indiach	Istnienie kointegracji i zależności przyczynowych w sensie Grangera pomiędzy światowymi cenami ropy naftowej (w USD), cenami metali szlachetnych (w INR) i kursem USDINR	ARDL, testy kointegracji Pesarana i Shina, procedura Toda-Yamamoto (TY) zależności przyczynowych, dekompozycja wariancji błędu prognozy

cd. tabeli 2

1	2	3	4	5
Le, Chang [2011]	01.1986-04.2011	Dane miesięczne w postaci ln: ceny spot ropy naftowej typu WTI, ceny spot złota, CPI dla Stanów Zjednoczonych, index USD	Zbadanie zależności (przyczynowość, kierunek, siła) pomiędzy stopami zwrotu z ropy naftowej i złota	Analiza przyczynowości w sensie Grangera, model VAR bez restrykcji, funkcje reakcji na impuls (IRFs), dekompozycja wariancji błędu prognozy (VDCs)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie artykułów wymienionych w pierwszej kolumnie.

W badaniach empirycznych stwierdzono silną zależność pomiędzy cenami ropy naftowej i złota (współczynnik 0,9295) z istnieniem długookresowej równowagi, przy czym kierunek zależności przyczynowo-skutkowej jest od cen ropy naftowej do cen złota [Zhang, Wei, 2010]. Kointegrację pomiędzy cenami złota i ropy naftowej stwierdzili również P.K. Narayan, S. Narayan i X. Zheng [2010, s. 3302-3303]. Podobny rezultat w zakresie zmienności stóp zwrotu uzyskał R. Sari i in. [2010]. Dodatkowo stwierdził on, że cena ropy naftowej ma niewielki wpływ na kształtowanie cen metali szlachetnych. Pomędzy cenami ropy naftowej a cenami srebra występuje zależność dwukierunkowa, a wpływ cen ropy naftowej na ceny platyny jest bardzo słaby, podobnie jak zależność odwrotna. Wszystkie te zależności mają ponadto charakter krótkookresowy. Z kolei z analiz J. Baffesa [2007, s. 131] wynika, że wzrost cen ropy naftowej o 1 USD skutkuje wzrostem cen złota o 0,34 USD i cen srebra o 0,58 USD. W badaniach U. Soytaş i in. [2009] stwierdzono, że ceny srebra są przyczyną (w sensie Grangera) kształtowania się międzynarodowych cen ropy Brent. Istnieją również badania, z których wynika brak związku między cenami srebra a cenami ropy WTI [Vigne i in., 2017, s. 297] oraz związek między cenami ropy naftowej a cenami platyny (9,55% zmienności cen ropy wyjaśnia zmienność cen platyny) [Jain, Ghosh, 2013, s. 92].

4. Badania empiryczne

4.1. Dane i metody analiz

Analizę istnienia długookresowej zależności pomiędzy cenami ropy naftowej a cenami metali szlachetnych oraz pomiędzy cenami bazujących na nich produktów strukturyzowanych oparto na analizie kointegracji. Zakłada ona, że

między procesami ekonomicznymi można wyznaczyć długookresową równowagę niezależną od czasu. Procesy skointegrowane posiadają wspólną długookresową ścieżkę wzrostu, a różnica między nimi jest niemal stała w czasie. W ich przypadku nie występuje regresja pozorna [Osińska, red., 2007, s. 351]. Metoda ta, jak wynika z przeglądu badań empirycznych (tabela 2), jest powszechnie wykorzystywana – często jako punkt wyjścia do bardziej szczegółowych analiz.

Pierwszym krokiem przeprowadzanych w niniejszym opracowaniu badań była wstępna charakterystyka wybranych szeregów czasowych. Następnie dokonano weryfikacji ich stacjonarności. Zastosowano w tym celu test ADF na istnienie pierwiastka jednostkowego (wariant z wyrazem wolnym) dla wartości poszczególnych zmiennych i ich pierwszych różnic. Kontrolnie obliczenia wykonano również dla logarytmów zmiennych i ich pierwszych różnic. W teście ADF hipoteza zerowa zakłada, że proces posiada pierwiastek jednostkowy. Rząd opóźnień w teście dobrano na podstawie kryterium informacyjnego Akaike. Uznanie szeregów czasowych za niestacjonarne i zintegrowane w stopniu 1. uzasadnia przejście do analizy kointegracji. Występuje ona wtedy, gdy pojedyncze szeregi są niestacjonarne, ich kombinacja liniowa jest stacjonarna oraz składnik losowy w tej kombinacji jest stacjonarny [Gruszczyński i Podgórska, red., 1996, s. 190-191]. Przeprowadzono ją zgodnie z dwuetapową procedurą Engle'a i Grangera oraz metodą Johansena. Obliczenia dokonywano w programie Gretl.

Procedura Engle'a i Grangera polega na oszacowaniu KMNK równania regresji danej zmiennej względem innych, wyznaczeniu reszt równania oraz określeniu stopnia ich integracji celem sprawdzenia, czy są stacjonarne. Jeśli reszty nie są stacjonarne, to oszacowany wektor nie jest wektorem kointegrującym. W przypadku większej (niż dwie) liczby zmiennych, może jednak istnieć inny wektor kointegrujący. Wraz ze wzrostem liczby zmiennych objaśniających zwiększa się bowiem liczba możliwych związków kointegrujących [Kusideł, 1997, s. 5]. Metoda Johansena, wykorzystująca do badania kointegracji modele VAR, jest pozbawiona wad algorytmu Engle'a i Grangera [Kusideł, 1997, s. 7]. Pozwala na wyznaczenie liczby wektorów kointegrujących i bazuje na statystyce testu śladu oraz testu maksymalnej wartości własnej.

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem cen spot metali szlachetnych i ropy naftowej denominowanych w USD oraz cen (w PLN) certyfikatów strukturyzowanych typu tracker, bazujących na cenach kontraktów futures na ropę naftową i cenach metali szlachetnych, notowanych na GPW w Warszawie. Kon-

trolnie analizy przeprowadzono dla tych zmiennych w postaci logarytmów naturalnych. W analizach danych z rynku międzynarodowego uwzględniono kształtowanie się kursu EUR/USD, a w przypadku produktów strukturyzowanych kursu USD/PLN. Kurs USD względem EUR, jak wynika z literatury, jest zmienną oddziałującą zarówno na ceny metali szlachetnych, jak i ropy naftowej. Kurs USD względem PLN jest zaś wykorzystywany w formule wyznaczania wartości analizowanych produktów strukturyzowanych. Kurs walutowy może służyć jako zmienna charakteryzująca otoczenie. W badaniach wskazuje się, że w systemie kursów płynnych zmienność kursu walutowego odzwierciedla zmienność parametrów charakteryzujących gospodarkę danego kraju lub stosowaną politykę gospodarczą [Gędek, 2013, s. 64].

Wykorzystano miesięczne ceny złota, srebra i platyny oraz średnie ceny ropy naftowej wyrażone w USD pobrane z bazy danych Banku Światowego¹ oraz miesięczne ceny palladu kalkulowane w USD na podstawie dziennych popołudniowych cen rynku londyńskiego pochodzące z bazy London Platinum & Palladium Market z okresu 01.2006-11.2017. Średni miesięczny kurs EUR/USD z tego okresu pobrano z bazy danych OECD.

Analizy produktów strukturyzowanych bazowały na cenach zamknięcia (w PLN) certyfikatów strukturyzowanych typu tracker RCCRUAOPEN oraz RCNMBAAOPEN w okresie od 09.07.2008 do 30.11.2017, tj. w okresie, kiedy oba były dostępne na GPW w Warszawie². Kontrolnie przeprowadzono również badanie z wykorzystaniem certyfikatów RCLLCOOPEN, RCGLDAAOPEN i RCSILAAOPEN³. Pierwszy z wymienionych produktów odzwierciedla zmiany cen serii kontraktów terminowych na Brent Crude Oil o najbliższej dacie wygaśnięcia, notowanych na Intercontinental Exchange w Londynie, a drugi naśladow-

¹ W bazie Banku Światowego miesięczne ceny metali szlachetnych są ujmowane jako średnie miesięczne z dziennych cen metali szlachetnych wyrażonych w USD za uncję, wyznaczanych na popołudniowym fixingu na rynku London Bullion Market. Średnie miesięczne ceny ropy naftowej w USD za baryłkę są liczone jako średnie arytmetyczne miesięcznych cen spot trzech gatunków ropy naftowej: Brent, Dubai, WTI.

² Miesięczne dane dotyczące rynku światowego wykorzystano ze względu na ich dostępność. Zastosowano dzienne ceny ETP z GPW w Warszawie ze względu na fakt, iż taka częstotliwość doboru zmiennych przeważa w literaturze światowej w badaniach analizowanej zależności. Dodatkowo przy małej płynności tych instrumentów wyznaczanie wielkości średnich dla miesiąca mogłoby zniekształcać wyniki.

³ Rozważane produkty strukturyzowane to wszystkie dostępne na GPW (na dzień sporządzania analizy) certyfikaty typu tracker, których instrument bazowy jest związany z rynkiem ropy naftowej lub metali szlachetnych. Wszystkie one cechują się małą liczbą zawieranych transakcji i niskim wolumenem obrotu. Zdecydowano się jednak na przeprowadzenie analizy ze względu na cel pracy, jakim jest stwierdzenie istnienia długoterminowej zależności między cenami na aktualnym poziomie rozwoju tego segmentu rynku.

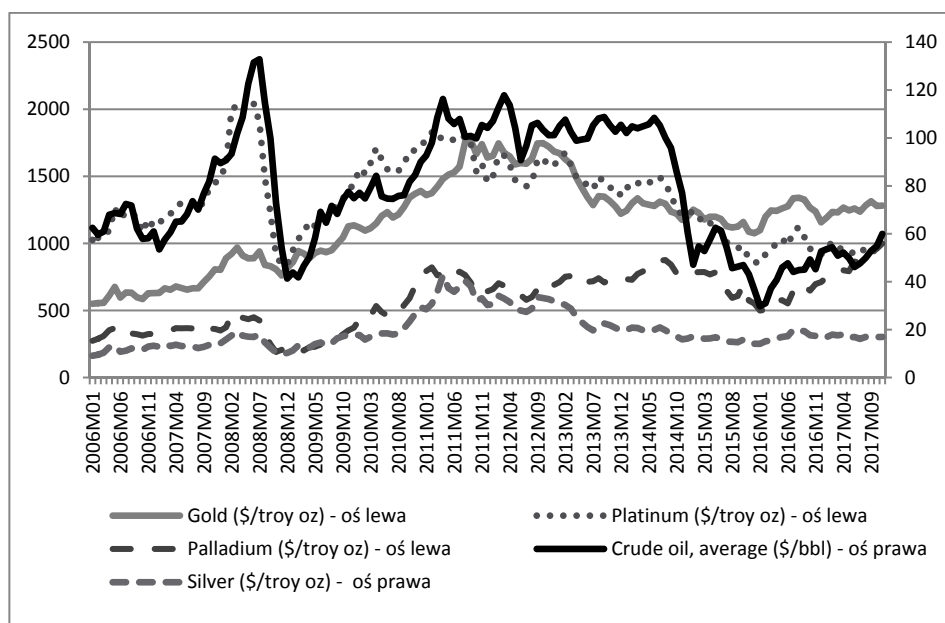
je zmiany cen koszyka metali szlachetnych (złota, palladu, platyny i srebra z początkową – z dnia 09.09.2004 – wagą każdego z nich na poziomie 25%), wyrażonych w polskich złotych, bazujących na cenach spot metali publikowanych w systemie Reuters. Instrumentem bazowym dla certyfikatów RCLCOOPEN jest kontrakt terminowy na ropę naftową typu WTI (Light Sweet Crude Oil Future) notowany na CME Group, dla RCGLDAOPEN cena złota (spot), a dla RCSILAOPEN cena srebra (spot). W badaniu wykorzystano średni kurs USD/PLN kalkulowany przez NBP.

Tabela 3. Statystyki opisowe cen badanych surowców, produktów strukturyzowanych i kursów walutowych

Cena	Min.	Max.	Średnia	Mediana	Odech. stand.	Skośn.	Kurtoza
Crudeoil (w \$/bbl)	29,7800	132,825	77,5213	74,7630	24,9700	0,0804	-1,214
Gold (w \$/troy oz)	549,864	1772,14	1162,07	1221,51	323,958	-0,1296	-0,713
Platinum (w \$/troy oz)	839,700	2052,45	1333,17	1307,65	300,939	0,2926	-0,719
Silver (w \$/troy oz)	9,13910	42,6952	19,5200	17,2361	7,40266	1,1556	0,511
Pallad (w \$/troy oz)	175,470	999,800	571,818	616,450	207,239	-0,2192	-1,156
RCCRUAOPEN (w PLN)	5,57000	22,1700	13,5686	12,4500	4,39171	0,1165	-1,478
RCLCAOPEN (w PLN)	8,71000	33,8500	20,4950	19,3200	8,46522	0,0904	-1,705
RCNBAOPEN (w PLN)	36,2600	134,960	93,4904	98,1500	21,3833	-0,9446	0,163
RCGLDAOPEN (w PLN)	177,710	588,000	425,296	427,540	89,4533	-0,6147	0,022
RCSILAOPEN (w PLN)	25,0000	131,390	68,9791	62,9500	21,7407	0,5528	-0,307
EUR/USD	0,63461	0,94885	0,78147	0,76391	0,078557	0,48337	-0,642
USD/PLN	2,0220	4,2493	3,3085	3,2145	0,43015	0,02046	-0,308

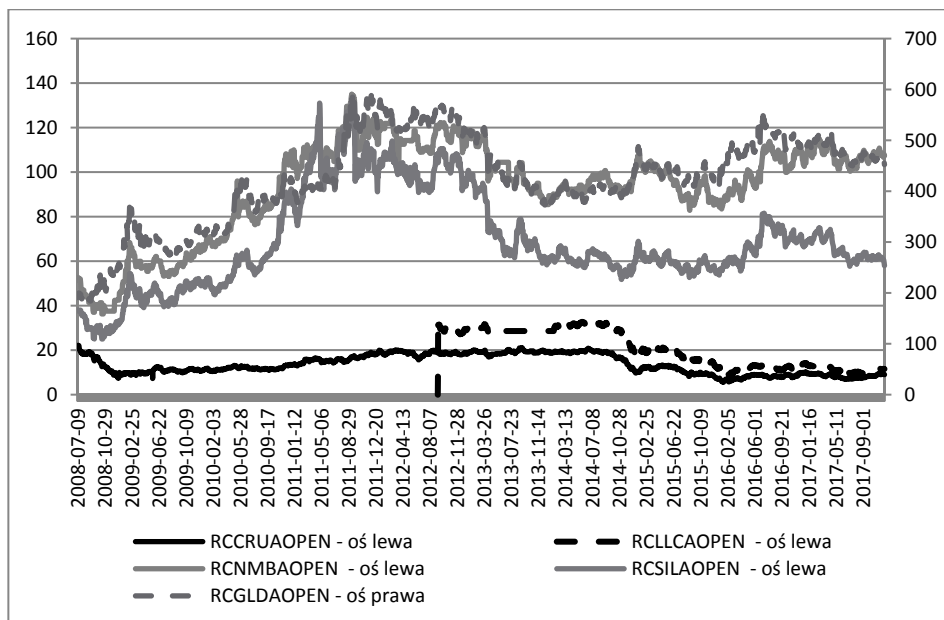
Źródło: Obliczenia własne.

Podstawowe statystyki opisowe badanych zmiennych zaprezentowano w tabeli 3, a ceny analizowanych surowców i ETP na rys. 1 i 2. Sugerują one, że rozważane zmienne nie są stacjonarne. Największą zmiennością w stosunku do średniej w badanym okresie spośród surowców cechowały się ceny srebra i palladu, a spośród ETP certyfikaty RCLLCAOPEN. Relacja odchylenia standardowego do średniej arytmetycznej dla surowców była najmniejsza w przypadku platyny, a dla ETP w przypadku RCGLDAOPEN. Większość badanych zmiennych ma rozkład prawostronnie asymetryczny (z tzw. ciężkimi prawymi ogonami) i jest on mniej skoncentrowany wokół średniej w porównaniu do rozkładu normalnego.



Rys. 1. Ceny spot analizowanych surowców w okresie 01.2006-11.2017

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 2. Ceny zamknięcia analizowanych ETP w okresie 09.07.2008-30.11.2017 (w PLN)

Źródło: Opracowanie własne.

4.2. Wyniki badań

W teście ADF dla wszystkich rozpatrywanych zmiennych w ujęciu wartościowym nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej zakładającej niestacjonarność szeregu czasowego. W przypadku zmiennych w postaci logarytmów naturalnych jedynie dla certyfikatu bazującego na cenach złota można było odrzucić hipotezę zerową. Wyniki tego testu dla pierwszych przyrostów tych zmiennych i przyrostów logarytmów tych zmiennych pozwalają natomiast na odrzucenie hipotezy zerowej na korzyść alternatywnej o stacjonarności rozpatrywanych zmiennych (tabela 4). Biorąc pod uwagę fakt, że pierwsze przyrosty niestacjonarnych szeregów czasowych są już szeregami stacjonarnymi, należy stwierdzić, że szeregi wyjściowe są zintegrowane w stopniu pierwszym, czyli mają jeden pierwiastek jednostkowy. Można zatem przeprowadzić dla nich analizę kointegracji.

Tabela 4. Wyniki testu ADF dla badanych szeregów czasowych

Zmienna	Statystyka testu	p-value	Zmienna	Statystyka testu	p-value
Crudeoil	-2,28248	0,1777	d_Crudeoil	-6,04334	0,0000
Gold	-1,88773	0,3384	d_Gold	-10,078	0,0000
Platinum	-2,44574	0,1292	d_Platinum	-5,48697	0,0000
Silver	-1,79538	0,3833	d_Silver	-4,3167	0,0004
Pallad	-0,925849	0,7807	d_Pallad	-9,17918	0,0000
RCCRUAOPEN	-1,72599	0,4181	d_RCCRUAOPEN	-50,6916	0,0000
RCLLCAOPEN	-0,878796	0,7952	d_RCLLCOOPEN	-37,1156	0,0000
RCNMBAOPEN	-2,07774	0,2539	d_RCNMBAOPEN	-19,8461	0,0000
RCGLDAOPEN	-2,73668	0,0678	d_RCGLDAOPEN	-11,1287	0,0000
RCSILAOPEN	-1,94976	0,3096	d_RCSILAOPEN	-13,5682	0,0000
l_Crudeoil	-2,25901	0,1856	d_l_Crudeoil	-6,06996	0,0000
l_Gold	-2,36558	0,1517	d_l_Gold	-10,637	0,0000
l_Platinum	-2,31006	0,1688	d_l_Platinum	-5,5798	0,0000
l_Silver	-2,24622	0,19	d_l_Silver	-9,13625	0,0000
l_Pallad	-1,4056	0,5812	d_l_Pallad	-4,79033	0,0000
l_RCCRUAOPEN	-1,64277	0,4606	d_l_RCCRUAOPEN	-30,8117	0,0000
l_RCLLCAOPEN	-0,78805	0,822	d_l_RCLLCOOPEN	-7,35223	0,0000
l_RCNMBAOPEN	-1,97829	0,2967	d_l_RCNMBAOPEN	-20,5404	0,0000
l_RCGLDAOPEN	-3,41752	0,01041	d_l_RCGLDAOPEN	-12,6666	0,0000
l_RCSILAOPEN	-2,12509	0,2348	d_l_RCSILAOPEN	-12,7663	0,0000

Źródło: Obliczenia własne.

Z przeprowadzonych na podstawie procedury Engle'a i Grangera obliczeń wynika, że pomiędzy cenami złota, srebra i palladu a ceną ropy naftowej nie występuje relacja kointegrująca na standardowo przyjmowanym poziomie istotności. W każdym przypadku proces resztowy z równań kointegrujących nie jest zintegrowany $I(0)$, czyli stacjonarny, gdyż na standardowo przyjmowanym poziomie istotności nie można odrzucić hipotezy zerowej testu ADF o pierwiastku jednostkowym. Szeregi te nie charakteryzują się zatem długookresową zależnością. Występuje ona jedynie w relacji ceny platyny – ceny ropy naftowej, zarówno w sytuacji, gdy jako zmienna niezależna rozpatrywana jest ropa naftowa, jak i platyna (tabela 5). Wartość współczynnika wpływu cen ropy naftowej na ceny platyny jest jednak większa niż cen platyny na ceny ropy naftowej. Zmiany cen obu zmiennych są jednokierunkowe, co wynika z dodatnich wartości współczynników. Również przy ujęciu zmiennych w postaci logarytmów naturalnych można wysnuć analogiczne wnioski. Zależność kointegracyjna występuje jedynie w przypadku badania związku cen (jako \ln) platyny i cen (jako \ln) ropy naftowej (tabela 5).

Tabela 5. Analiza kointegracji (metodą Engle'a i Grangera) cen metali szlachetnych i ropy naftowej oraz cen badanych ETP

Zmienna zależna	Zmienna niezależna	Współczynnik wyrazu wolnego	Współczynnik zmienna niezależna	Wsp. determ. R-kwadrat	Statystyka testu ADF dla procesu resztowego	p-value testu ADF dla procesu resztowego
Gold	Crudeoil	743,226	5,40296	0,173430	-1,78567	0,6374
Platinum	Crudeoil	532,148	10,3329	0,735073	-3,49555	0,03284
Silver	Crudeoil	4,93022	0,188204	0,403012	-2,28939	0,3782
Pallad	Crudeoil	432,217	1,80080	0,047079	-0,495526	0,9627
Crudeoil	Gold	40,2199	0,0320991	0,173430	-2,86638	0,1455
Crudeoil	Platinum	-17,3188	0,0711387	0,735073	-3,41389	0,04088
Crudeoil	Silver	35,7219	2,14136	0,403012	-3,00075	0,1101
Crudeoil	Pallad	62,5720	0,0261433	0,047079	-1,61554	0,716
RCNMB	RCCRU	76,6605	1,24036	0,064895	-2,3231	0,3615
RCNMB	RCLLC	102,155	-0,0762270	0,005014	-2,76406	0,1781
RCCRU	RCNMB	8,67722	0,0523194	0,064895	-2,07108	0,4908
RCLLC	RCNMB	27,1124	-0,0657837	0,005014	-1,0948	0,883
RCGLD	RCCRU	391,927	2,45927	0,014578	-2,78353	0,171
RCGLD	RCLLC	499,461	-2,12919	0,148575	-2,89331	0,1386
RCSIL	RCCRU	39,8723	2,14516	0,187775	-2,67533	0,2085
RCSIL	RCLLC	2,14516	59,2914	0,411096	-2,90518	0,1345
l_Platinum	l_Crudeoil	-5,16951	1,32000	0,762501	-3,75348	0,01562
l_Crudeoil	l_Platinum	4,68356	0,578919	0,76250	-3,77617	0,01458

Wszystkie współczynniki są statystycznie istotne na poziomie 0,01. Dla czytelności tabeli skrócono nazwy produktów strukturyzowanych. W przypadku zmiennych w postaci logarytmów umieszczono jedynie wyniki wskazujące na istnienie kointegracji zmiennych.

Źródło: Obliczenia własne.

Uzyskany wynik nie jest zbieżny z rezultatami innych badaczy, którzy w większości przypadków wykazywali zależność cen ropy naftowej i złota lub srebra. Może to wynikać z faktu coraz bardziej popularnego stosowania platyny jako aktywa alternatywnego w stosunku do złota, do czego mogło się również przyczynić wprowadzenie na rynek funduszy ETF bazujących na platynie. Z drugiej strony platyna w większym stopniu niż złoto ma zastosowanie w przemyśle poza jubilerstwem, co może powodować większą wrażliwość jej cen na koniunkturę w przemyśle, która, jak wspomniano, może być powiązana z cenami ropy naftowej. Wyjaśnienie przyczyn zaobserwowanej zależności wymaga pogłębionych badań empirycznych, które wykraczają poza ramy niniejszego opracowania.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują również na brak długookresowej relacji równowagi na standardowo przyjmowanym poziomie istotności w przypadku rozważanych produktów strukturyzowanych bazujących na ropie naftowej i metalach szlachetnych. Uwzględniając jednak rezultaty analiz na danych międzynarodowych, nie jest to zaskoczeniem. Na GPW w Warszawie nie są notowane tzw. trackery odzwierciedlające zmiany cen platyny, które potencjalnie mogłyby wykazywać pozytywny związek z cenami certyfikatów bazujących na ropie naftowej. Zagregowane ujęcie cen wszystkich metali szlachetnych w ramach RCNMBAAOPEN zbyt odbiega od kształtowania cen samej platyny. Dodatkowo wszystkie badane certyfikaty cechują się niską płynnością, co zdecydowanie ogranicza zawartość informacyjną ich cen.

Uwagę zwraca także bardzo niskie dopasowanie modeli do danych empirycznych, mierzone współczynnikiem determinacji, sugerując, że analizowane zmienne niezależne nie są najważniejszymi determinantami cen badanych zmiennych zależnych, co wydaje się być zgodne z przedstawionymi w pierwszej części opracowania rozważaniami dotyczącymi czynników kształtujących ceny ropy naftowej i metali szlachetnych. Zauważalne w tym kontekście jest relatywnie lepsze dopasowanie badanych modeli ze srebrem niż złotem oraz certyfikatu odzwierciedlającego ceny srebra z certyfikatem powiązaniem z cenami ropy WTI niż Brent. Również nieco lepsze dopasowanie dotyczy modeli ze zmiennymi w postaci logarytmów naturalnych.

Pamiętając o ograniczeniach metody Engle'a i Grangera, przeprowadzono analizę kointegracji z włączeniem do rozpatrywanych równań regresji jako dodatkowej zmiennej objaśniającej kursu walutowego. Spowodowało to poprawę dopasowania modeli do danych empirycznych. Oszacowane tym sposobem równania istniejących zależności kointegracyjnych (przy poziomie istotności 0,05) przedstawiono w tabeli 6. Wynika z nich, że po uwzględnieniu kształtowania się kursu dolara istnieje stabilna długookresowa równowaga między cenami ropy naftowej i złota oraz cenami ropy naftowej i srebra. Wzrost cen tych metali szlachetnych oraz deprecjacja dolara względem euro wiąże się ze wzrostem cen ropy naftowej. Zależność ta jest zgodna z odnotowanymi w literaturze. Analogiczna relacja występuje przy ujęciu zmiennych w postaci logarytmów. Przy wyrażeniu zmiennych w tej postaci zaobserwowano istnienie długookresowej zależności z uwzględnieniem kursu dolara między cenami palladu a ropy naftowej, przy czym współczynnik przy cenach palladu jest ujemny.

Tabela 6. Zależności kointegracyjne uzyskane metodą Engle'a i Grangera między cenami metali szlachetnych a ropą naftową i kursem EUR/USD

Zmienna zależna	Zmienna niezależna	Współczynnik wyrazu wolnego	Współczynnik zmienna niezależna	Współczynnik zmiennej EUR/USD (lub 1_EUR/USD)	Współczynnik determ. R-kwadrat	Statystyka testu ADF dla procesu resztowego	p-value testu ADF dla procesu resztowego
Crudeoil	Gold	221,909	0,0372346	-240,132	0,73600	-4,423	0,0065
Crudeoil	Silver	193,168	1,66881	-189,669	0,73573	-4,05238	0,02106
1_Crudeoil	1_Gold	0,396728 [^]	0,45902	-2,69634	0,69244	-4,05799	0,02072
1_Crudeoil	1_Silver	2,36077	0,474631	-2,19958	0,74555	-4,2472	0,01157
1_Crudeoil	1_Pallad	0,940243	-3,09953	-3,09953	0,75814	-4,07302	0,01981

Wszystkie współczynniki są statystycznie istotne na poziomie 0,01 z wyjątkiem zmiennej oznaczonej [^].

Źródło: Obliczenia własne.

Celem ustalenia, czy pomiędzy badanymi zmiennymi występują relacje kointegrujące oraz określenia ich liczby przeprowadzono badanie metodą Johansena. W analizie tej przyjęto opcję testowania z ograniczonym wyrazem wolnym i opóźnieniem równym 3 dla modeli z cenami surowców oraz 5 dla modeli z certyfikatami strukturyzowanymi. Badanie przeprowadzono dla wariantu uwzględniającego jako zmienną dodatkową kurs walutowy. Przeprowadzono je również kontrolnie dla danych w postaci logarytmów naturalnych.

W teście śladu pierwsza hipoteza zerowa zakłada brak wektora kointegrującego, a alternatywna istnienie co najmniej jednego takiego wektora. Kolejna hipoteza zerowa mówi o istnieniu jednego takiego wektora, a alternatywna, że istnieją przynajmniej dwa liniowo niezależne wektory kointegrujące.

W teście największej wartości własnej hipoteza zerowa zakłada, że nie występuje żaden wektor kointegrujący, a alternatywna, że występuje jeden taki wektor. W kolejnym etapie hipoteza zerowa dotyczy istnienia jednego wektora, a alternatywna dwóch.

Wyniki badania metodą Johansena (tabela 7) wskazują, że pomiędzy cenami ropy naftowej, złota i kursem dolara względem euro występuje długookresowa stabilna równowaga. Przyjmując poziom istotności 0,05, można przy tym stwierdzić, że występuje tylko jeden wektor kointegrujący. W przypadku pozostałych rozpatrywanych cen surowców i kursu dolara, zarówno w ujęciu bezwzględnym, jak i logarytmów, na standardowym poziomie istotności nie można wysnuć takich wniosków. Uwagę zwraca, że przy zastosowaniu tej metody można stwierdzić istnienie kointegracji pomiędzy cenami certyfikatów odzwierciedlających ceny ropy naftowej i koszyk metali szlachetnych z uwzględnieniem

kursu złotego względem dolara, a liczba wektorów kointegrujących wynosi 2. Analogiczna zależność występuje przy wykorzystaniu cen certyfikatu bazującego na cenach złota zamiast koszyka metali szlachetnych. Również ceny certyfikatu bazującego na cenach srebra pozostają w stabilnym związku z cenami certyfikatu odzwierciedlającego ceny ropy naftowej przy uwzględnianiu kursu walutowego, ale liczba relacji kointegrujących wynosi 1.

Tabela 7. Fragment wyników testu Johansena na kointegrację (test śladu macierzy oraz maksymalnej wartości własnej) cen metali szlachetnych, cen ropy naftowej i kursu EUR/USD oraz cen wybranych certyfikatów strukturyzowanych i kursu USD/PLN

Zmienne	Rząd	Wartość własna	Test śladu	Wartość p	Test Lmax	Wartość p
Crude Oli, Gold, EUR/USD	0	0,18522	39,004	[0,0169]	28,677	[0,0040]
	1	0,043248	10,328	[0,6139]	6,1895	[0,7649]
	2	0,029126	4,1383	[0,4040]	4,1383	[0,4031]
Crude Oli, Platinum, EUR/USD	0	0,10654	28,632	[0,2166]	15,772	[0,3266]
	1	0,065430	12,860	[0,3834]	9,4737	[0,3969]
	2	0,023900	3,3866	[0,5218]	3,3866	[0,5208]
Crude Oli, Silver, EUR/USD	0	0,15437	30,382	[0,1517]	23,474	[0,0315]
	1	0,033469	6,9083	[0,8966]	4,7659	[0,8969]
	2	0,015186	2,1424	[0,7480]	2,1424	[0,7468]
Crude Oli, Pallad, EUR/USD	0	0,10998	26,252	[0,3325]	16,312	[0,2874]
	1	0,052489	9,9403	[0,6507]	7,5483	[0,6104]
	2	0,016941	2,3920	[0,7013]	2,3920	[0,7001]
RCCRUAOPEN, RCNMBAAOPEN, USD/PLN	0	0,010167	45,221	[0,0024]	24,016	[0,0258]
	1	0,0069683	21,205	[0,0352]	16,433	[0,0389]
	2	0,0020287	4,7723	[0,3201]	4,7723	[0,3195]
RCCRUAOPEN, RCGLDAAOPEN, USD/PLN	0	0,010922	48,494	[0,0008]	25,809	[0,0130]
	1	0,0081307	22,686	[0,0209]	19,185	[0,0125]
	2	0,0014884	3,5003	[0,5028]	3,5003	[0,5018]
RCCRUAOPEN, RCSILAOPEN, USD/PLN	0	0,010109	39,604	[0,0142]	23,878	[0,0272]
	1	0,0051477	15,726	[0,1911]	12,128	[0,1842]
	2	0,0015300	3,5981	[0,4867]	3,5981	[0,4857]

Źródło: Obliczenia własne.

Podsumowanie

Ceny metali szlachetnych i ropy naftowej w długim okresie, jak wynika z przeglądu badań empirycznych, wynikają przede wszystkim z czynników o charakterze fundamentalnym związanych z długookresowym popytem i podażą. Fakt ten wydaje się mieć kluczowe znaczenie dla interpretacji wyników badań empirycznych otrzymanych w niniejszym opracowaniu.

Z przeprowadzonej analizy kointegracji dla par zmiennych wynika istnienie długookresowej relacji równowagi jedynie między cenami platyny a cenami ropy naftowej. Zależność taka nie występuje w przypadku badanych pozostałych metali szlachetnych: złota, srebra i palladu oraz wszystkich certyfikatów strukturyzowanych typu tracker odzwierciedlających ich ceny i notowanych na GPW w Warszawie. Uwzględnienie w analizach dodatkowej zmiennej w postaci kursu walutowego powoduje, że zależność taka pojawia się w odniesieniu do cen ropy naftowej, złota i srebra (metoda Engle'a i Grangera) oraz cen produktów strukturyzowanych, których wartość zależy od cen ropy naftowej, koszyka metali szlachetnych, złota i srebra.

Literatura

- Baffes J. (2007), *Oil Spills on Other Commodities*, "Resources Policy", No. 32(3), s. 126-134.
- Bukowski S.I. (2016), *The Main Determinants of Gold Price in the International Market*, "International Business and Global Economy", No. 35/1, s. 402-413.
- Cologne A., Manera M. (2005), *Oil Prices, Inflation and Interest Rates in a Structural Cointegrated VAR Model or the G-7 Countries*, "Energy Economics", No. 30(3), s. 856-888.
- Coudert V., Mignon V., Penot A. (2007), *Oil Price and the Dollar*, "Energy Studies Review", Vol. 5, No. 2, s. 1-18.
- Dhaoui A., Khraief N. (2014), *Empirical Linkage between Oil Price and Stock Market Returns and Volatility: Evidence from International Developed Markets*, Economics Discussion Papers, No. 2014-12.
- Fernandez V. (2017), *Some Facts on the Platinum-group Elements*, "International Review of Financial Analysis", No. 52, s. 333-347.
- Fratzcher M., Schneider D., Robays I.V. (2014), *Oil Prices, Exchanges Rates and Asset Prices*, European Central Bank Working Paper Series, No. 1689.
- Geise A. (2015), *Wpływ cen ropy naftowej na produkcję i inflację w wybranych państwach Unii Europejskiej*, „Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych”, t. XVI/3.
- Gędek S. (2013), *Analiza wpływu cen ropy naftowej na kurs korony norweskiej*, „Modern Management Review”, Vol. XVIII, 20, s. 67-80.
- Gruszczyński M., Podgórska M., red. (1996), *Ekonometria*, SGH, Warszawa.
- Hamilton J.D. (2010), *Nonlinearities and the Macroeconomic Effects of Oil Prices*, NBER Working Paper 16186.
- Jain A., Ghosh S. (2013), *Dynamics of Global Oil Prices, Exchange Rate and Precious Metal Prices in India*, "Resources Policy", No. 38(1), s. 88-93.

- Jiménez-Rodríguez R., Sánchez M., *Oil Price Shocks and Real GDP Growth. Empirical Evidence for Some OECD Countries*, European Central Bank, Working Paper Series, May 2014, No. 362, s. 1-64.
- Kowalik S., Herczakowska J. (2010), *Analiza i prognoza cen ropy naftowej na rynkach międzynarodowych*, „Polityka Energetyczna”, t. 13, z. 2, s. 253-263.
- Krawiec M., Górska A. (2015), *Granger Causality Tests for Precious Metals Returns*, “Quantitative Methods in Economics”, Vol. 16, No. 2, s. 13-22.
- Krichene N. (2006), *World Crude Oil Markets: Monetary Policy and the Recent Oil Shock*, IMF Working Paper 06/62.
- Krugman P.R. (1983), *Oil Shocks and Exchange Rate Dynamics* [w:] J.A. Frenkel (ed.), *Exchange Rates and International Macroeconomics*, University of Chicago Press.
- Kusideł E. (1997), *Badanie kointegracji na podstawie wektorowo-autoregresyjnych modeli ekonometrycznych. Podejście Joansena*, Prace Instytutu Ekonometrii i Statystyki Uniwersytetu Łódzkiego, nr 120.
- Lau M., Chi Keung, Vigne S.A., Wang S., Yarovaya L. (2017), *Return Spillovers between White Precious Metal ETFs: The Role of Oil, Gold, and Global Equity*, “International Review of Financial Analysis”, No. 52, s. 316-332.
- Le T., Chang Y. (2011), *Oil and Gold Prices: Correlation or Causation?* MPRA Paper No. 31795.
- Łęt B. (2012), *Zależności przyczynowe w sensie Grangera pomiędzy kursem terminowym ropy naftowej a wartością dolara amerykańskiego*, „Acta Universitatis Nicolai Copernici. Oeconomia”, t. XLIII, nr 2, s. 221-231.
- Mamcarz K. (2015), *Long-term Determinants of the Price of Gold*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, nr 252, s. 80-94.
- Narayan P.K., Narayan S., Zheng X. (2010), *Gold and Oil Markets: Are Markets Efficient?* “Applied Energy”, No. 87, s. 3299-3303.
- O'Connor F.A., Lucey B.M., Batten J.A., Baur D.G. (2015), *The Financial Economics of Gold – A Survey*, “International Review of Financial Analysis”, No. 41, s. 186-205.
- Osińska M., red. (2007), *Ekonometria współczesna*, Wydawnictwo Dom Organizatora, Toruń.
- Pach-Gurgul A. (2016), *Główne determinanty wahań cen ropy naftowej na świecie na przełomie lat 2014/2015*, „Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego”, nr 30(3), s. 185-198.
- Papież M., Śmiech S. (2015), *Modelowanie i prognozowanie cen surowców energetycznych*, Wydawnictwo C.H.Beck, Warszawa.
- Sari R., Hammoudeh S., Soytas U. (2010), *Dynamics of Oil Price, Precious Metal Prices, and Exchange Rate*, “Energy Economics”, No. 32(2), s. 351-362.
- Socha R. (2017), *Determinanty cen ropy naftowej*, „Polityka Energetyczna”, t. 2, z. 1, s. 49-66.
- Soytas U., Sari R., Hammoudeh S., Hacıhasanoglu E. (2009), *World Oil Prices, Precious Metal Prices and Macroeconomy in Turkey*, “Energy Policy”, No. 37, s. 5557-5566.

Vigne S.A., Lucey B.M., O'Connor F.A., Yarovaya L. (2017), *The Financial Economics of White Precious Metals – A Survey*, "International Review of Financial Analysis", No. 52, s. 292-308.

Zhang Y.-J., Wei Y.-M. (2010), *The Crude Oil Market and the Gold Market: Evidence for Cointegration, Causality and Price Discovery*, "Resources Policy", No. 35(3), s. 168-177.

LONG-TERM RELATIONSHIP BETWEEN PRICES OF PRECIOUS METALS AND CRUDE OIL

Summary: The aim of the article is to examine the existence of a long-term relationship between the prices of precious metals and crude oil prices and between the prices of ETP available on the Warsaw Stock Exchange for which the prices of crude oil and precious metals prices are base instruments. Using monthly data on world precious metal prices and crude oil prices during the period January 2006-November 2017 and the daily data on the prices of selected ETP during the period 9.07.2008-30.11.2017 the cointegration tests were conducted. The results suggest the existence of a long-term relationship when the exchange rate is included.

Keywords: precious metal prices, crude oil, cointegration, ETP.