Jerzy KOWALAK, Tomasz RABIEGA

PRÓBA OSZACOWANIA RYZYKA WYKORZYSTANIA WYBRANYCH INSTRUMENTÓW POLSKIEGO RYNKU KAPITAŁOWEGO METODĄ *VaR*

Na przykładzie wybranych kontraktów terminowych i portfela trójskładnikowego

Jednym z podstawowych czynników interesujących inwestora w momencie wyboru każdej strategii inwestycyjnej jest charakteryzujące tę strategię ryzyko, a więc – najogólniej mówiąc – możliwość (i wielkość) poniesienia ewentualnej straty lub osiągnięcia zysku. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wyników próby oszacowania ryzyka użycia wybranych strategii inwestycyjnych z wykorzystaniem kontraktów terminowych na kurs euro/złoty notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie SA i kasowego kursu euro/złoty. Po bardziej precyzyjnym sformułowaniu pojęcia ryzyka, dla jego oszacowania wykorzystano proponowaną w literaturze metodę *Value at Risk*. Uzyskane wyniki numeryczne oszacowanego ryzyka związanego z rozpatrywanymi strategiami inwestycyjnymi wykorzystano również dla porównania ich z podawanymi w literaturze źródłowej teoretycznymi własnościami tych strategii.

W artykule przedstawiono również wyniki próby oszacowania wspomnianą metodą *Value at Risk* ryzyka związanego z portfelem inwestycyjnym. Dokonano tego, rozpatrując ryzyko inwestycji kapitału w indeks WIG20 oraz w dwie waluty: dolara amerykańskiego i euro; przyjęto przy tym, że wymienione trzy aktywa (nabyte za złote polskie: indeks WIG20, dolary amerykańskie i euro) złożą się na trójskładnikowy portfel inwestycji.

1. Terminologia i oznaczenia

Celem strategii hedgingowej wykorzystującej kontrakty terminowe jest ustalenie, za pomocą zestawu transakcji giełdowych dokonanych na rynkach kasowym i terminowym, ceny aktywów bazowych płaconej lub otrzymywanej w określonym momencie w przyszłości, na pewnym z góry ustalonym poziomie. Celem strategii może być też ochrona wartości aktywów przez określony przedział czasu. Ogólnie można stwierdzić, że instrumenty pochodne są wystawiane głównie w celu zabezpieczenia przed ryzykiem ([11], s. 14).

Najprostsza strategia hedgingowa polega na kupnie (lub sprzedaży) kontraktu terminowego w określonej chwili t oraz odsprzedaży (lub odkupieniu) tego kontraktu w późniejszej chwili $t+k$, $k = 1, 2, 3, \ldots$ [6]. W zależności od celu zastosowania strategii hedgingowej, w chwili $t+k$ może nastąpić – niekiedy jednoczesny z operacją na rynku terminowym – zakup (lub sprzedaż) aktywu bazowego; może też ewentualnie nastąpić operacja rozliczona w walucie obcej.

Niech $FINSTR_t^s$ oznacza cenę kontraktu terminowego serii o numerze s w chwili t.

Przez serię kontraktu należy rozumieć kontrakty terminowe, charakteryzujące się w szczególności tym samym instrumentem bazowym i tą samą datą wygaśnięcia (por. [12]).

Niech dalej czwórka $\{t, t+a, t+b, t+c\}$ $(0<a<b<c)$, określa zbiór momentów czasu, na podstawie których można utworzyć następujące przedziały czasowe: $T_1 = \{t, t+a\}$, $T_2 = \{t, t+b\}$, $T_3 = \{t, t+c\}$.

Inwestor w celu zabezpieczenia ceny instrumentu kasowego w kolejnych momentach czasu $t+a$, $t+b$, $t+c$ może użyć kontraktów terminowych serii $s=1$, $s=2$ i $s=3$. Chwila $t+a$ następuje tuż przed końcem ważności kontraktu serii $s=1$, chwila $t+b$ następuje tuż przed końcem ważności kontraktu serii $s=2$, chwila $t+c$ następuje tuż przed końcem ważności kontraktu serii $s=3$. Zakłada się też, że nie występuje ryzyko płynności oraz że instrument bazowy kontraktu jest identyczny z instrumentem kasowym.

Przy tych oznaczeniach i założeniach można zdefiniować następujące rodzaje strategii hedgingowych [3]:

1. Strategia *one-off*
   W momencie t (bieżącym) wartość instrumentu kasowego na końcu odrębnych okresów T_1, T_2, T_3 jest zabezpieczana za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^3$ nabytego lub sprzedanego w chwili t (częściowe zamknięcie pozycji w kontrakcie następuje w chwilach $t+a$ oraz $t+b$, a reszta zamykana jest w chwili $t+c$).
2. Strategia *strip*
   (2a) Wartość instrumentu kasowego na końcu okresu T_1 jest zabezpieczana za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^1$.

(2b) Wartość instrumentu kasowego na końcu okresu T_2 jest zabezpieczana za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{2}$.

(2c) Wartość instrumentu kasowego na końcu okresu T_3 jest zabezpieczana za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{3}$. Wymienione kontrakty terminowe są kupowane lub sprzedawane w chwili t.

Zamknięcie pozycji następuje: dla kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{1}$ w chwili $t+a$, dla kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{2}$ w chwili $t+b$, a dla kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{3}$ w chwili $t+c$.

3. Strategia *rolling strip*

(3a) Wartość instrumentu kasowego na końcu okresu T_1 jest zabezpieczana za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{1}$.

(3b) Wartość instrumentu kasowego na końcu okresu T_2 jest zabezpieczana: w okresie T_1 za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{1}$, w okresie T_2-T_1 za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{2}$.

(3c) Wartość instrumentu kasowego na końcu okresu T_3 jest zabezpieczana: w okresie T_1 za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{1}$, w okresie T_2-T_1 za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{2}$, w okresie T_3-T_2 za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{3}$.

Każdorazowo otwarcie pozycji w kontrakcie $FINSTR_{\bullet}^{1}$ następuje w chwili t (zamknięcie w chwili $t+a$), otwarcie pozycji w kontrakcie $FINSTR_{\bullet}^{2}$ następuje w chwili $t+a$ (zamknięcie w chwili $t+b$), a otwarcie pozycji w kontrakcie $FINSTR_{\bullet}^{3}$ następuje w chwili $t+b$ (zamknięcie w chwili $t+c$).

4. Strategia *rolling*

(4a) Wartość instrumentu kasowego na końcu okresu T_1 jest zabezpieczana za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{1}$ (otwarcie pozycji w chwili t, zamknięcie w chwili $t+a$).

(4b) Wartość instrumentu kasowego na końcu okresu T_2 jest zabezpieczana jedynie w okresie T_2-T_1 za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{2}$ (otwarcie pozycji w chwili $t+a$, zamknięcie w chwili $t+b$).

(4c) Wartość instrumentu kasowego na końcu okresu T_3 jest zabezpieczana jedynie w okresie T_3-T_2 za pomocą kontraktu $FINSTR_{\bullet}^{3}$ (otwarcie pozycji w chwili $t+b$, zamknięcie w chwili $t+c$).

Niech dalej S_t oznacza cenę kasową w chwili t.

Przez bazę należy rozumieć różnicę wartości kontraktu $FINSTR_t^s$ oraz ceny kasowej S_t, czyli $FINSTR_t^s - S_t$ [6].

Każdorazowe użycie dowolnej strategii hedgingowej powoduje (w okresie użycia kontraktu terminowego) całkowite wyeliminowanie ryzyka ceny kasowej i pojawienie się ryzyka bazy.

W celu formalnego przedstawienia relacji pomiędzy bazami obserwowanymi dla analizowanych strategii, których występowania można się spodziewać, użyte zostaną następujące oznaczenia:

$OOH_{1t} = FINSTR_t^3 - S_t$ – baza wyznaczona przez strategię opisaną w pkt (1) dla okresu T_1,

$OOH_{2t} = FINSTR_t^3 - S_t$ – baza wyznaczona przez strategię opisaną w pkt (1) dla okresu T_2,

$OOH_{3t} = FINSTR_t^3 - S_t$ – baza wyznaczona przez strategię opisaną w pkt (1) dla okresu T_3,

$SH_{1t} = FINSTR_t^1 - S_t$ – baza wyznaczona przez strategię opisaną w pkt (2a),

$SH_{2t} = FINSTR_t^2 - S_t$ – baza wyznaczona przez strategię opisaną w pkt (2b),

$SH_{3t} = FINSTR_t^3 - S_t$ – baza wyznaczona przez strategię opisaną w pkt (2c),

$RSH_{1t} = FINSTR_t^1 - S_t$ – baza wyznaczona przez strategię opisaną w pkt (3a),

$$RSH_{2t} = \begin{cases} FINSTR_t^1 - S_t & \text{dla } T_1, \\ FINSTR_t^2 - S_t & \text{dla } T_2 - T_1 \end{cases}$$ – baza wyznaczona przez strategię opisaną w pkt (3b),

$$RSH_{3t} = \begin{cases} FINSTR_t^1 - S_t & \text{dla } T_1, \\ FINSTR_t^2 - S_t & \text{dla } T_2 - T_1, \\ FINSTR_t^3 - S_t & \text{dla } T_3 - T_2 \end{cases}$$ – baza wyznaczona przez strategię opisaną w pkt (3c).

Należy zauważyć, że w strategii *rolling* w pewnych okresach pozycja kasowa pozostaje niezabezpieczona. Poniższe symbole oznaczać będą albo wartość bazy w okresach, w których zajęto pozycję terminową, albo cenę kasową w okresach, w których pozycja terminowa nie została zajęta:

$RH_{1t} = FINSTR_t^1 - S_t$ – baza wyznaczona przez strategię opisaną w pkt (4a),

$$RH_{2t} = \begin{cases} S_t & \text{dla } T_1, \\ FINSTR_t^2 - S_t & \text{dla } T_2 - T_1 \end{cases}$$ – baza wyznaczona przez strategię opisaną w pkt (4b),

$$RH_{3t} = \begin{cases} S_t & \text{dla } T_2 \\ FINSTR_t^3 - S_t & \text{dla } T_3 - T_2 \end{cases}$$ – baza wyznaczona przez strategię opisaną w pkt (4c).

Niech $Q(\bullet)$ oznacza pewną funkcję (która bliżej zostanie sprecyzowana w dalszej części tekstu), określającą ryzyko związane z zajętymi pozycjami na rynku terminowym i na rynku kasowym, a więc z przyjęciem określonej wartości przez bazę.

2. Relacje teoretyczne związane z ryzykiem bazy

W przypadku niektórych ze strategii (z którymi jednoznacznie związane są wartości bazy) literatura źródłowa podaje relacje, występujące pomiędzy wielkościami ryzyka [3]; przede wszystkim:

$$Q(OOH_{3t}) < Q(OOH_{2t}) < Q(OOH_{1t}), \tag{1}$$

$$Q(SH_{1t}) < Q(OOH_{1t}), \tag{2}$$

$$Q(RSH_{2t}) < Q(SH_{2t}) < Q(OOH_{1t}) \tag{3}$$

$$Q(SH_{1t}) < Q(OOH_{2t}), \tag{4}$$

$$Q(SH_{2t}) < Q(OOH_{2t}), \tag{5}$$

$$Q(RH_{1t}) < Q(RH_{2t}) < Q(RH_{3t}). \tag{6}$$

Relacje (1)-(5) oznaczają, że użycie kontraktu terminowego określonej serii, o terminie wygaśnięcia mniej odległym od terminu, dla którego zabezpieczana jest cena, teoretycznie wiąże się z mniejszym ryzykiem bazy. Relacja (6) oznacza, że ryzyko jest tym większe, im dłuższy jest okres, gdy pozycja pozostaje niezabezpieczona.

Można także zauważyć, że:

$$Q(OOH_{3t}) = Q(SH_{3t}), \tag{7}$$

$$Q(SH_{1t}) = Q(RSH_{1t}) = Q(RH_{1t}). \tag{8}$$

3. Ryzyko inwestycyjne oraz metoda *Value at Risk* jako narzędzie jego szacowania

W literaturze dostępnych jest wiele definicji ryzyka. W kontekście problematyki artykułu użyteczne byłyby definicje następujące. Według Eltona i Grubera [2] ryzyko to zestaw wartości możliwych do uzyskania, z których każda ma przypisane prawdopodobieństwo (zgodnie z funkcją gęstości lub rozkładem prawdopodobieństwa). Według Francisa ([4], s. 13): całkowite ryzyko aktywu to całkowita zmienność jego stopy zwrotu. Ryzyko rynkowe to ta część całkowitej zmienności stopy zwrotu, która jest spowodowana wpływem podaży i popytu na cenę ([4], s.427). Hunt i Kennedy (2000) wiążą ryzyko rynkowe ze zmianami ceny ([7], s. 249).

Metody służące do pomiaru ryzyka można podzielić na trzy grupy [8]: miary zmienności, miary wrażliwości i miary zagrożenia.

W przypadku miar ryzyka z grupy miar zmienności ryzyko rozumie się jako możliwość niezgodności z oczekiwanym dochodem. W tej grupie miar w celu pomiaru ryzyka analizuje się rozkład stopy zwrotu, zasadniczo za pomocą odchylenia standardowego [8].

Grupa miar wrażliwości zawiera takie miary, które wyrażają wpływ określonych zmiennych na cenę instrumentu finansowego. Miary wrażliwości opierają się na modelach deterministycznych lub stochastycznych [9]. Pomiaru ryzyka dokonuje się przy użyciu [9]: czasu trwania instrumentów oprocentowanych, współczynnika beta z jednoczynnikowego modelu Sharpe'a, współczynników beta modelu wyceny arbitrażowej APT, współczynników zabezpieczenia, wyznaczających optymalną liczbę kontraktów terminowych do użycia w hedgingu bądź też greckich współczynników związanych z modelami wyceny opcji.

Trzecia grupa to miary zagrożenia, z których miarą najpowszechniejszą jest *Value at Risk* (*VaR*). Istotą miar z tej grupy jest pomiar ryzyka przez obserwowanie niekorzystnych odchyleń, na przykład odchyleń względnego przyrostu ceny, od jego wartości przeciętnej [10]. W niniejszym artykule dla celów pomiaru ryzyka wykorzystana będzie miara *Value at Pisk*, należąca właśnie do tej trzeciej grupy, tzn. do grupy miar zagrożenia.

W przypadku kupna jednej pozycji dla oceny ewentualnej straty z tym związanej – czyli tzw. ryzyka – proponuje się wykorzystanie formuły postaci (patrz np. [1]):

$$Q(\bullet) = V \cdot P,$$

gdzie:

$Q(\bullet)$ – ryzyko pojedynczej pozycji,
V – zmienność (np. ceny) danej pozycji w określonym czasie (np. w dniu),
P – wartość pozycji (np. w zł),
$\bullet$ – określona pozycja zajęta przez inwestora.

Na przykład przy zakupie określonego instrumentu, który oznaczymy symbolem POZ, za kwotę 10 000 zł, przy jednodniowej względnej zmienności ocenianej przeciętnie na poziomie 0,70%, ryzyko określone z wykorzystaniem wskazanej wyżej miary będzie równe:

$$Q(\text{POZ}) = 10\,000 \cdot 0{,}0070 = 70 \text{ zł}.$$

Oznacza to, że na zakupionej pozycji można w ciągu dnia stracić przeciętnie 70 zł.

W przypadku posiadania (czy kupna) portfela złożonego z kilku pozycji (składników), ewentualna możliwa strata, a więc ryzyko z tym związane, zależne

jest już oczywiście nie tylko od wartości i zmienności poszczególnych składników, ale także od stopnia dywersyfikacji portfela. Redukcję ryzyka związanego z portfelem można uzyskać, utrzymując w nim składniki, między którymi występuje możliwie najmniejsza – mierzona na przykład stopniem skorelowania – współzależność.

Dlatego na ogół jako miarę ewentualnego ryzyka związanego z portfelem proponuje się w literaturze formułę uwzględniającą skorelowanie składników, na przykład formułę postaci (patrz np. [1]):

$$Q_p = \sqrt{\mathbf{Q} \cdot \mathbf{C} \cdot \mathbf{Q}^T},$$

gdzie:

Q_p – ryzyko portfela,

$\mathbf{Q}$ – wektor wierszowy, którego składową jest ryzyko związane ze składnikiem portfela,

$\mathbf{C}$ – macierz współczynników korelacji między parami względnych przyrostów składników portfela,

$\mathbf{Q}^T$ – transpozycja wektora $\mathbf{Q}$ (wektor wierszowy).

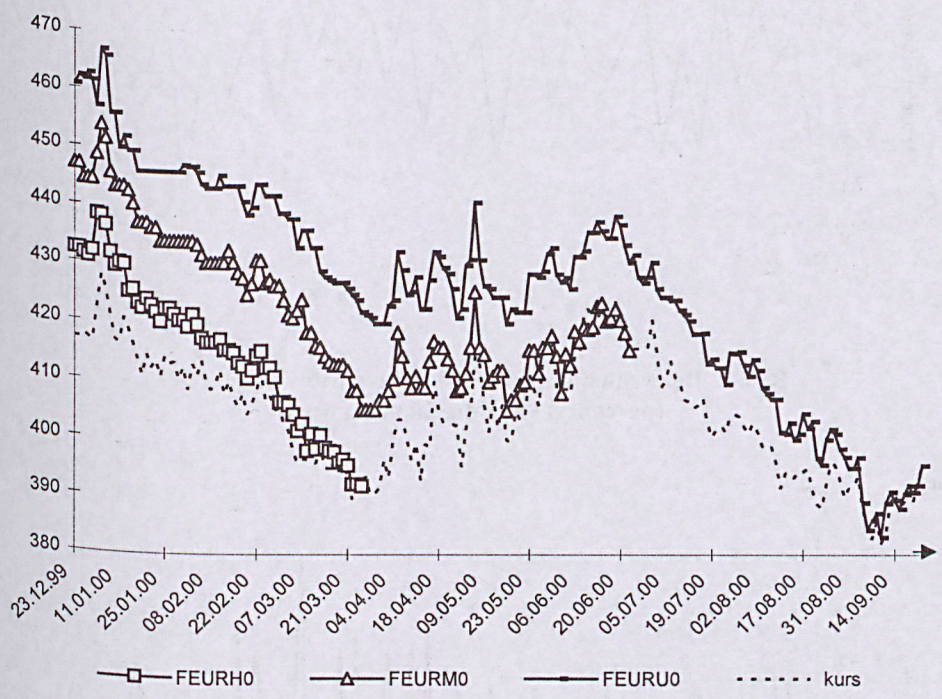
Łatwo zauważyć, że podstawowym problemem, jaki może się pojawiać przy praktycznym wykorzystaniu powyższych formuł dla oceny ryzyka, jest ocena zmienności V danej pozycji w określonym czasie. W przypadku dysponowania dłuższym szeregiem czasowym obserwacji ocenianej wielkości oraz możliwością przyjęcia założenia, że jej względne przyrosty (lub spadki) są wielkością losową o rozkładzie normalnym ze średnią zerową i stałą wariancją σ^2, metoda VaR dla oceny zmienności V (punktowej lub przedziałowej) sugeruje wykorzystanie oceny odchylenia standardowego σ. Jeżeli natomiast z jakiegoś powodu nie można przyjąć (lub chciałoby się uniknąć) założenia o normalności rozkładu względnych przyrostów, to dla oceny przedziałowej zmienności V proponuje się wykorzystać percentyl p-procentowy.

4. Oszacowanie ryzyka wykorzystania strategii inwestycyjnych

Dalej przedstawiono wyniki oszacowania ryzyka związanego z czterema zaprezentowanymi wcześniej strategiami inwestycyjnymi. Analizę poszczególnych strategii przeprowadzono na podstawie obserwacji następujących wybranych arbitralnie kontaktów terminowych trzech kolejnych serii, notowanych na GPW (pochodzące z okresu od 23 grudnia 1999 roku do 22 września 2000 roku):

1. $FINSTR_t^1$ na podstawie obserwacji FEURH0,
2. $FINSTR_t^2$ na podstawie obserwacji FEURM0,
3. $FINSTR_t^3$ na podstawie obserwacji FEURU0.

Do analizy wykorzystano także średni kurs walutowy euro/złoty NBP z tego samego okresu. Wszystkie wymienione dane statystyczne zamieszczono w załączniku na końcu artykułu, a graficzną ich ilustrację przedstawiono na rysunku 1.

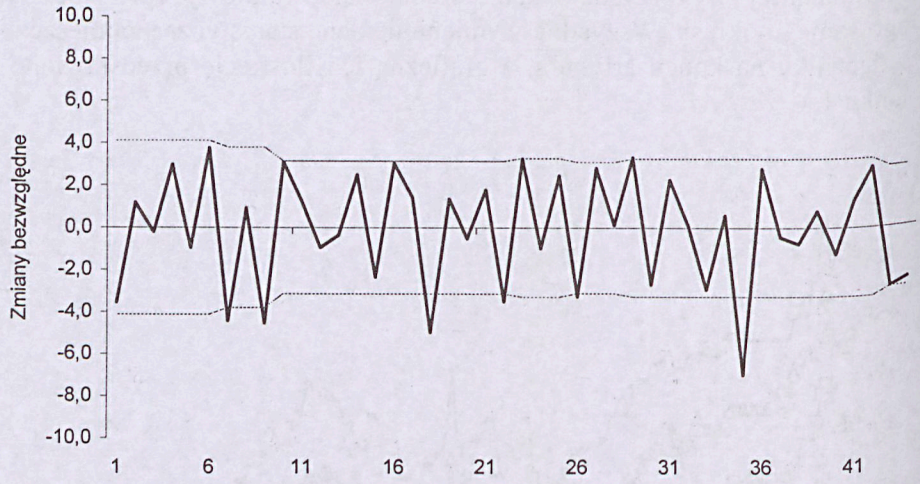


Rys. 1. Notowania FEURH0, FEURM0, FEURU0 oraz kursu EURO/PLN
Źródło: www.gpw.com.pl, www.nbp.pl

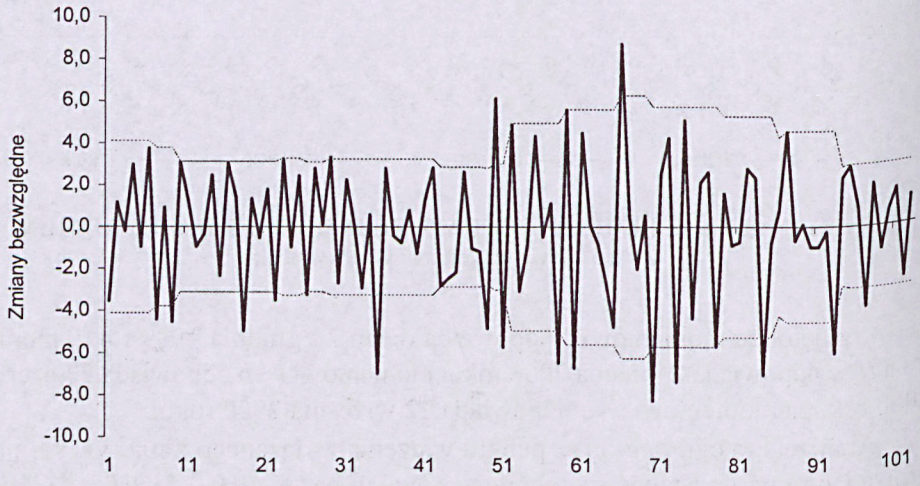
Przyjęto, że momentowi t odpowiada dzień 23 grudnia 1999 roku, momentowi $t+a$ odpowiada 24 marca 2000 roku, momentowi $t+b$ odpowiada 23 czerwca 2000 roku, a momentowi $t+c$ odpowiada 22 września 2000 roku.

Analizę strategii *one-off*, z punktu widzenia związanego z nią ryzyka, przeprowadzono na podstawie szeregów czasowych baz OOH_{1t}, OOH_{2t} i OOH_{3t}. W celu oceny zmienności V każdej z opisanych w artykule strategii hedgingowych wyznaczono każdorazowo na wstępie szeregi czasowe bezwzględnych przyrostów[1].

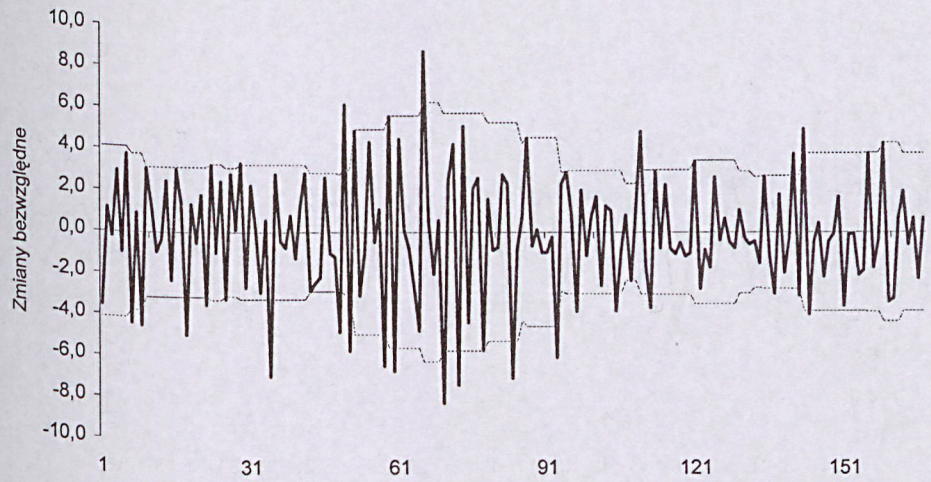
[1] Przyjęcie przyrostów bezwzględnych zamiast sugerowanych w literaturze przyrostów względnych (por. [1]), pozwala na prawidłowe odzwierciedlenie faktycznej zmienności bazy lub kursu kasowego, warunkujących ryzyko użycia strategii hedgingowej.



Rys. 2. Bezwzględna zmienność przyrostów bazy OOH_{1t} (percentyl 95% dla 20 obserwacji)



Rys. 3. Bezwzględna zmienność przyrostów bazy OOH_{2t} (percentyl 95% dla 20 obserwacji)



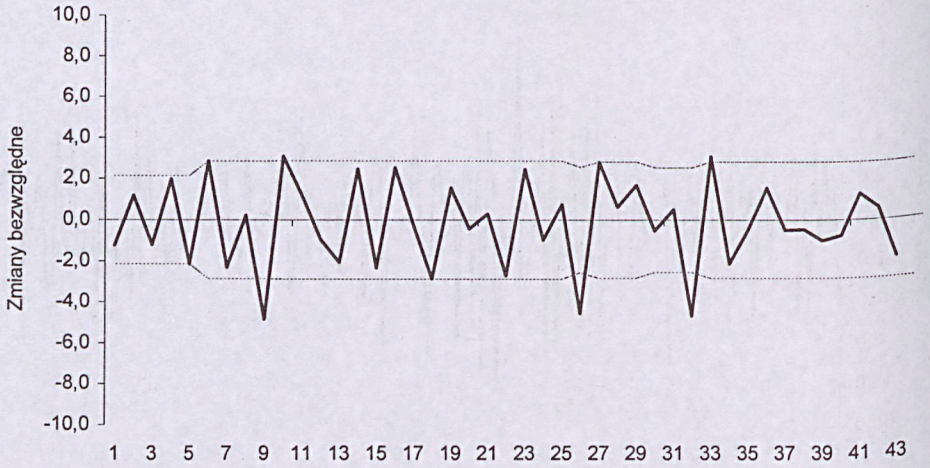
Rys. 4. Bezwzględna zmienność przyrostów bazy OOH_{3t} (percentyl 95% dla 20 obserwacji)

Analiza wzrokowa szeregów przedstawionych na rysunkach 2, 3 i 4 oraz ich weryfikacja statystyczna[2] potwierdzają zerową wartość przeciętną bezwzględnych przyrostów każdej z trzech rozpatrywanych w strategii *one-off* baz, ale nie wykluczają zmienności odchylenia standardowego w czasie. Dlatego też dla konstrukcji pasa ograniczającego zmiany w czasie przyrostów wykorzystano percentyle 95% wyznaczone dla podzbiorów 20 elementowych. Graficzną ilustrację tych pasów mamy również na rysunkach 2, 3 i 4.

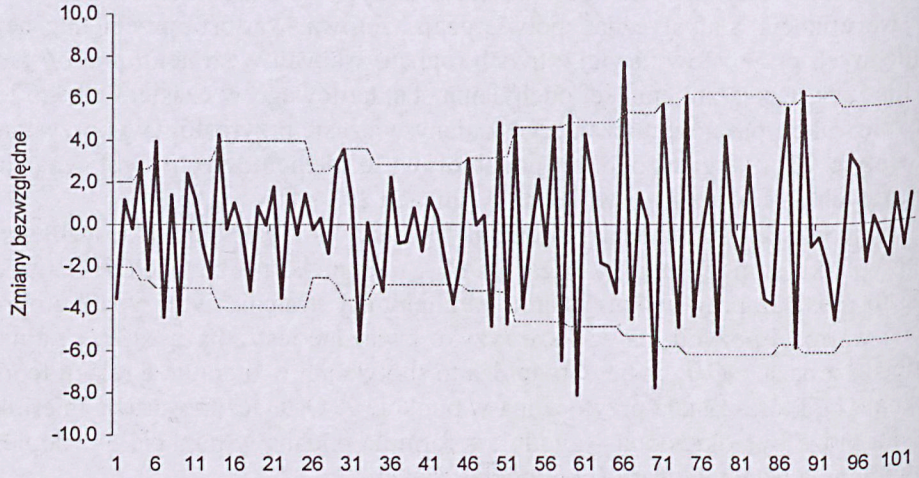
Największą zmiennością mierzoną percentylem 95% charakteryzuje się w przypadku strategii *one-off* baza OOH_{2t}, najmniejszą – baza OOH_{1t}. Oznaczać to musi, iż przy wykorzystaniu wymienionej strategii, w przypadku określonej wartości pozycji, największe ryzyko związane jest z bazą OOH_{2t}, a najmniejsze z bazą OOH_{1t}. Nie potwierdza to spotykanej w literaturze relacji teoretycznej (1), która została przytoczona w punkcie 2. Ostateczna wartość miernika ryzyka może być określona – zgodnie z formułą podaną w punkcie 3 – dopiero w momencie ustalenia wartości przyjętej pozycji.

Analizę ryzyka wykorzystania strategii *strip* przeprowadzono, wykorzystując szeregi czasowe baz SH_{1t}, SH_{2t} i SH_{3t}. Także w wypadku tej strategii, w celu oceny zmienności wyznaczono szeregi bezwzględnych przyrostów bazy oraz oszacowano percentyle 95% (rysunki 5, 6 i 4). Najmniejsza, mierzona percentylem 95% zmienność obserwowana jest w przypadku szeregu SH_{1t}, największa w przypadku szeregu SH_{2t}.

[2] Dla sprawdzenia stałości odchylenia standardowego wykorzystano test istotności dla małych prób (zob. [5]).



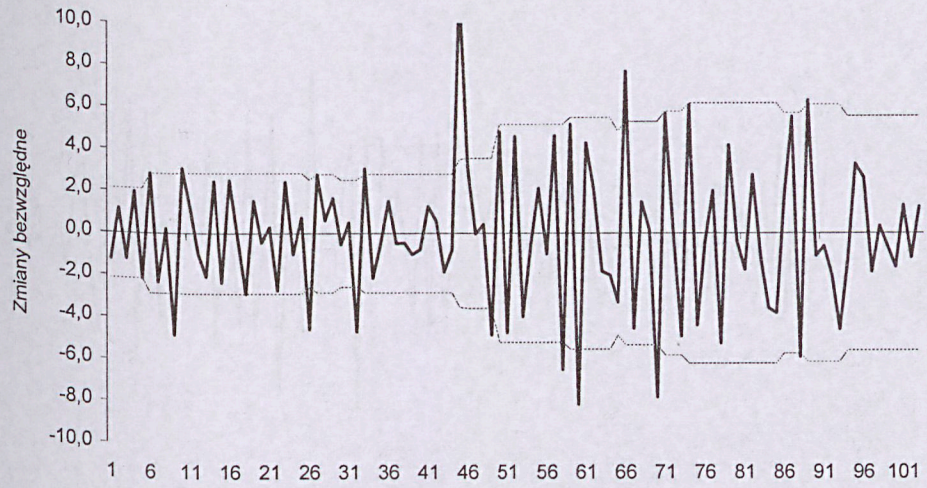
Rys. 5. Bezwzględna zmienność przyrostów bazy SH_{1t} (percentyl 95% dla 20 obserwacji)



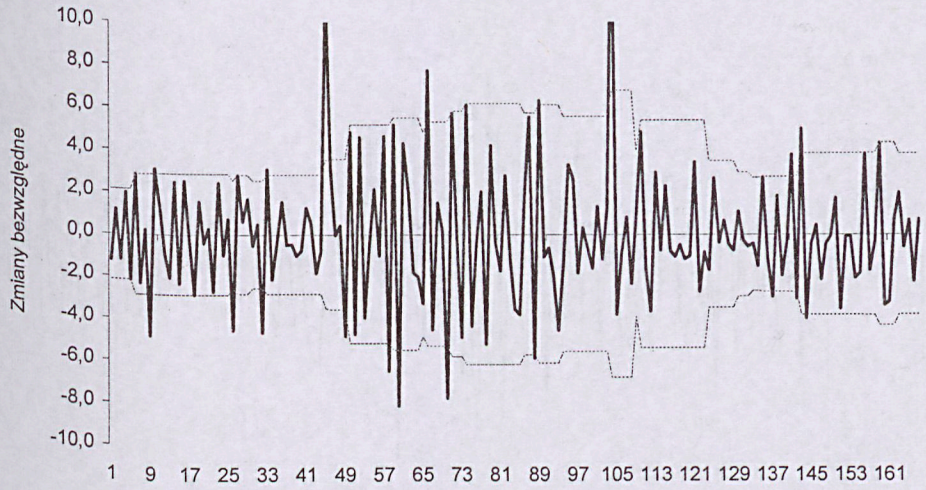
Rys. 6. Bezwzględna zmienność przyrostów bazy SH_{2t} (percentyl 95% dla 20 obserwacji)

W wypadku strategii *rolling strip* (rysunki 5, 7 i 8) największą zmiennością charakteryzuje się szereg RSH_{2t}, najmniejszą RSH_{1t}. W przypadku analizowanych kontraktów terminowych można zauważyć, że ceną za ograniczenie ryzyka płynności jest większe ryzyko zmienności, tzn.

$$Q(SH_{2t}) < Q(RSH_{2t}) \quad \text{oraz} \quad Q(SH_{3t}) < Q(RSH_{3t}).$$

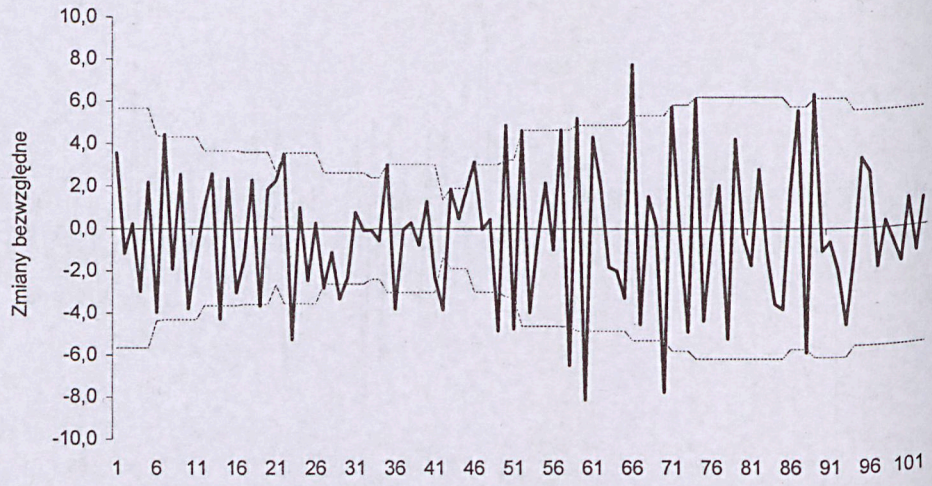


Rys. 7. Zmienność przyrostów bazy RSH_{2t} (percentyl 95% dla 20 obserwacji)

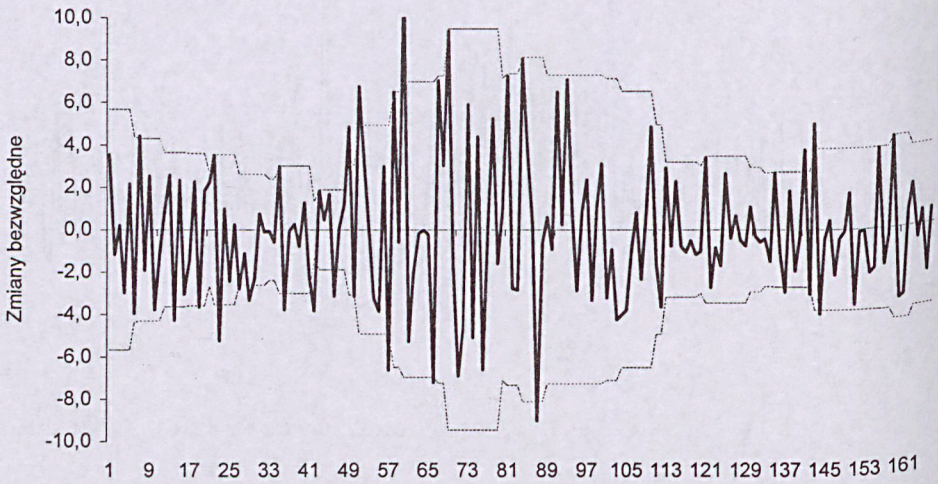


Rys. 8. Bezwzględna zmienność przyrostów bazy RSH_{3t} (percentyl 95% dla 20 obserwacji)

Analiza strategii *rolling* (rysunki 5, 9 i 10) potwierdza relację teoretyczną (6). Fakt ten można było przewidywać jeszcze przed wykonaniem obliczeń, ponieważ elementem szeregów czasowych RH_{2t} i RH_{3t} jest, oprócz bazy, także kurs kasowy.



Rys. 9. Bezwzględna zmienność przyrostów bazy RH_{2t} (percentyl 95% dla 20 obserwacji)



Rys. 10. Bezwzględna zmienność przyrostów bazy RH_{3t} (percentyl 95% dla 20 obserwacji)

Uzyskane oszacowania percentyla 95%, a także odchylenia standardowego dla wszystkich strategii oraz kursu euro/złoty przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Zmienność analizowanych baz oraz kursu EURO

Szereg czasowy	Percentyl 95%	Odchylenie standardowe
OOH_{1t}	3,313	3,006
OOH_{2t}	4,473	3,375
OOH_{3t}	4,330	3,009
SH_{1t}	2,847	2,158
SH_{2t}	4,829	3,056
SH_{3t}	4,330	3,009
RSH_{1t}	2,847	2,158
RSH_{2t}	5,163	3,212
RSH_{3t}	4,838	3,124
RH_{1t}	2,847	2,158
RH_{2t}	5,513	3,255
RH_{3t}	5,873	3,270
euro	1,470	0,842

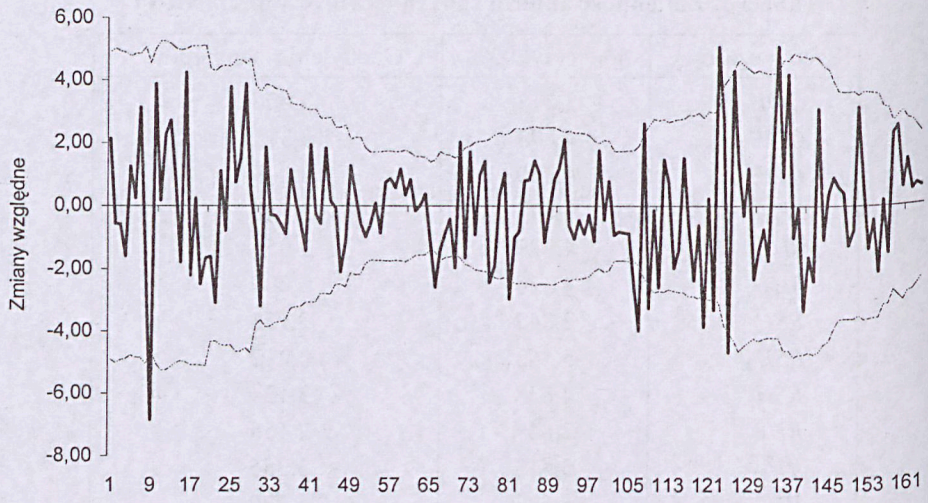
Źródło: Obliczenia własne.

Analizując otrzymane wyniki trzeba stwierdzić, że tylko częściowo spełnione są relacje teoretyczne wymienione w punkcie 2. W każdym jednak przypadku, użycie dowolnego kontraktu terminowego przez inwestora nie ogranicza ryzyka kursu euro/złoty.

5. Oszacowanie ryzyka portfela inwestycyjnego

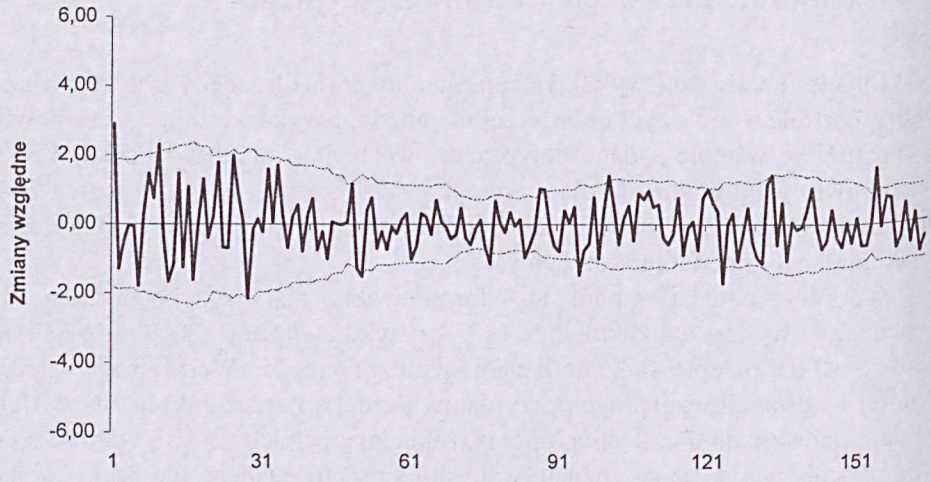
Weryfikację możliwości wykorzystania metody *VaR* dla oceny ryzyka związanego z portfelem inwestycyjnym przeprowadzono, wykorzystując – jak powiedziano już we wstępie – dane dotyczące inwestycji kapitału w indeks WIG20 oraz w dwie waluty: euro i dolara amerykańskiego z okresu od 20 marca 2000 roku do 13 grudnia 2000 roku; założono przy tym, że aktywa te składają się na trójskładnikowy portfel inwestycyjny.

Zgodnie z podaną w punkcie 3 formułą określającą ryzyko portfela, aby oszacować – wykorzystując metodę *VaR* – ryzyko związane z każdym ze składników portfela, przeprowadzono badanie jego zmienności. Weryfikacja wartości średniej i wariancji względnych przyrostów każdego z trzech aktywów portfela, nie dała podstaw do odrzucenia hipotez, zakładających ich zerową wartość średnią oraz stałą wariancję (w rozpatrywanych okresach). Dlatego dla oceny zmienności V każdego składnika portfela wykorzystano odchylenie standardowe. Graficzną ilustrację uzyskanych wyników prezentują rysunki 11, 12 i 13.

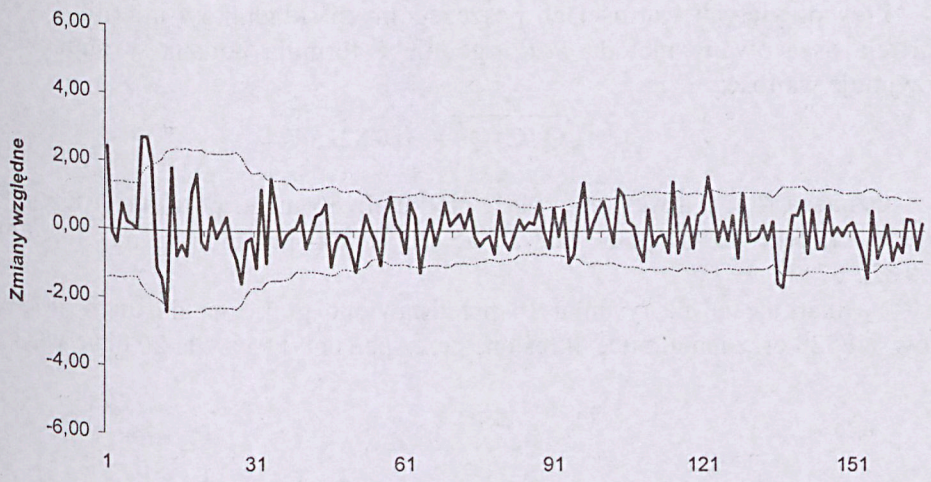


Rys. 11. Zmienność przyrostów WIG20 (poziom ufności 0,95)

Z uzyskanych wyników można wnioskować, iż relatywnie największą zmiennością charakteryzuje się WIG20 (ocena odchylenia standardowego równa 2,05). Dwa kursy – EURO/PLN i USD/PLN – mają zmienność praktycznie identyczną (ocena odchylenia standardowego odpowiednio 0,84 i 0,78, ponad dwukrotnie mniejsza niż dla WIG20).



Rys. 12. Zmienność przyrostów EURO/PLN (poziom ufności 0,95)



Rys. 13. Zmienność przyrostów USD/PLN (poziom ufności 0,95)

Wszystkie trzy analizowane aktywa można uznać za dobrze dobrane składniki portfela inwestycyjnego z punktu widzenia jego dywersyfikacji. Oszacowana macierz współczynników korelacji **C** mająca postać:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & -0{,}3355 & -0{,}2425 \\ -0{,}3355 & 1 & 0{,}5031 \\ -0{,}2425 & 0{,}5031 & 1 \end{bmatrix},$$

wskazuje na względnie małą współzmienność składników portfela; skorelowanie między składnikami portfela poniżej 0,50 zapewnia istotne zmniejszenie ryzyka związanego z utrzymywaniem trzech różnych pozycji tworzących portfel – w porównaniu z ryzykiem, jakie wiązałoby się z utrzymywaniem jednej z tych pozycji o wartości stanowiącej sumę wartości wszystkich trzech składników portfela.

Dla celów eksperymentalnych założono dalej, że zainwestowano w 5000 jednostek indeksu WIG20, 2 mln euro oraz 1 mln USD. W dniu 20 marca 2000 roku początkowa wartość składników portfela wynosiła odpowiednio: dla inwestycji w WIG20: 11 939 500 zł, dla inwestycji w euro: 7 914 000 zł oraz dla inwestycji w USD: 4 069 000 zł. Wektor wierszowy **Q** mierników ryzyka poszczególnych składników portfela (będących iloczynem wartości i oszacowanej zmienności) ma następującą postać:

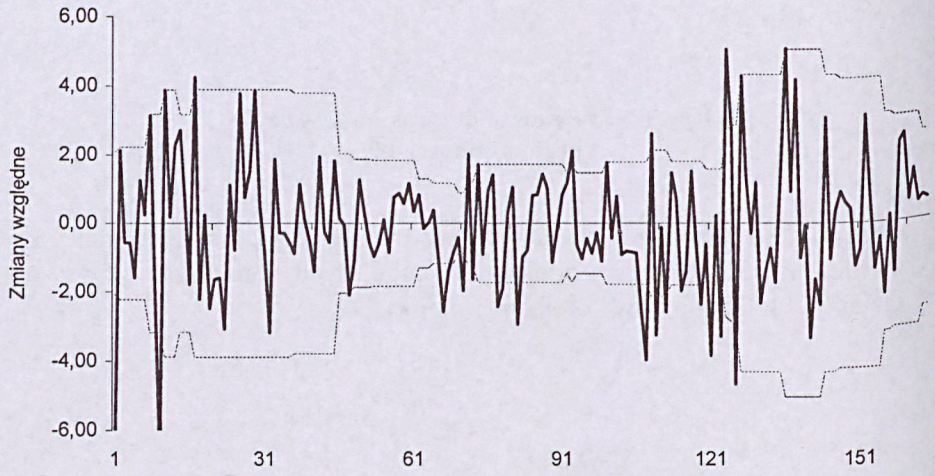
$$\mathbf{Q} = [373701{,}21 \quad 94176{,}60 \quad 49649{,}12].$$

Przy przyjętych wartościach poszczególnych składników miernik ryzyka portfela oszacowany metodą *VaR*, zgodnie z formułą podaną w punkcie 3, przyjmuje wartość:

$$Q_p = \sqrt{\mathbf{Q} \cdot \mathbf{C} \cdot \mathbf{Q}^T} = 350\,822{,}67.$$

Oznacza to, że inwestor – właściciel analizowanego portfela – powinien między kolejnymi sesjami liczyć się ze stratą przeciętnie na poziomie 350 822,67 zł.

Na marginesie, na rysunku 14 przedstawiono graficzną ilustrację przyrostów WIG20 oraz ich granice określone przez percentyl 95% dla 20 obserwacji.



Rys. 14. Zmienność przyrostów WIG20 (percentyl 95% dla 20 elementów)

Łatwo zauważyć, że pas wyznaczony przez percentyl 95% jest węższy niż pas wyznaczony dla WIG20 na poziomie ufności 0,95 i przedstawiony na rysunku 11. Potwierdza to informacje podawane w literaturze, że odchylenie standardowe dostarcza bardziej „ostrożnej" oceny zmienności niż *VaR*.

Przeprowadzone badania pozwoliły zweryfikować ryzyko użycia opisywanych w literaturze strategii hedgingowych. Podawane w literaturze teoretyczne relacje (1) - (6) obrazujące związki pomiędzy ryzykiem baz nie zawsze są spełnione w praktyce. Z przeprowadzonych badań wynika, że nie zostały spełnione zależności: (1), (3) i (5).

Wartości percentyla 95% pozwalają na wysunięcie hipotezy, że w warunkach polskiego rynku pieniężnego nie należało przeprowadzać zabezpieczania pozycji w euro, gdyż ryzyko bazy uzyskanej po takiej operacji było każdorazo-

wo większe niż ryzyko niezabezpieczonego kursu euro/złoty. Zasadność takiej hipotezy potwierdzają przeprowadzone dodatkowo obliczenia odchylenia standardowego.

Samo użycie metody *VaR* do analizy ryzyka szeregów czasowych pochodzących z GPW SA i NBP oraz otrzymanej bazy nie budzi zastrzeżeń. Podobny wniosek można wyciągnąć na podstawie analizy wyników uzyskanych dla portfela inwestycyjnego, składającego się z jednostek WIG20 oraz złotych polskich zainwestowanych w euro i dolara amerykańskiego.

Tabela 2. Dane do badania ryzyka strategii hedgingowych

Data	FEURH0	FEURM0	FEURU0	FEURZ0	KURS	Baza			
						FEURH0	FEURM0	FEURU0	FEURZ0
23.12.99	432,30	447,00	460,72		417,08	15,22	29,92	43,64	
27.12.99	432,30	447,00	462,16		417,08	15,22	29,92	45,08	
28.12.99	431,50	444,50	461,69		417,83	13,67	26,67	43,86	
29.12.99	431,00	444,50	462,71		417,12	13,88	27,38	45,59	
03.01.00	432,00	444,50	461,52		416,50	15,50	28,00	45,02	
04.01.00	438,40	448,80	457,15		422,32	16,08	26,48	34,83	
05.01.00	438,20	454,00	466,90		427,97	10,23	26,03	38,93	
06.01.00	436,50	451,60	465,80		425,53	10,97	26,07	40,27	
07.01.00	431,80	445,70	456,00		421,12	10,68	24,58	34,88	
10.01.00	429,60	443,40	456,00		416,82	12,78	26,58	39,18	
11.01.00	430,20	443,40	450,00		416,47	13,73	26,93	33,53	
12.01.00	429,90	443,40	452,00		420,77	9,13	22,63	31,23	
13.01.00	425,30	442,70	449,50		418,86	6,44	23,84	30,64	
14.01.00	425,70	440,40	449,50		416,41	9,29	23,99	33,09	
17.01.00	423,30	437,20	446,00		413,66	9,64	23,54	32,34	
18.01.00	422,50	437,10	446,00		410,93	11,57	26,17	35,07	
19.01.00	424,00	437,10	446,00		414,53	9,47	22,57	31,47	
20.01.00	423,00	436,25	446,00		412,24	10,76	24,01	33,76	
21.01.00	421,80	436,25	446,00		413,57	8,23	22,68	32,43	
24.01.00	420,20	434,00	446,00		410,73	9,47	23,27	35,27	
25.01.00	422,50	434,00	446,00		414,27	8,23	19,73	31,73	
26.01.00	422,50	434,00	446,00		413,10	9,40	20,90	32,90	
27.01.00	421,50	434,00	446,00		413,31	8,19	20,69	32,69	
28.01.00	420,50	434,00	446,00		410,34	10,16	23,66	35,66	
31.01.00	420,50	434,00	447,20		412,50	8,00	21,50	34,70	
01.02.00	419,40	434,00	447,00		408,55	10,85	25,45	38,45	
02.02.00	421,50	434,00	447,00		412,96	8,54	21,04	34,04	
03.02.00	419,80	433,50	446,00		411,04	8,76	22,46	34,96	
04.02.00	417,50	431,75	444,00		413,57	3,93	18,18	30,43	
07.02.00	416,80	430,40	443,30		409,78	7,02	20,62	33,52	
08.02.00	416,80	430,40	443,30		408,56	8,24	21,84	34,74	
09.02.00	416,80	430,40	443,30		409,51	7,29	20,89	33,79	
10.02.00	417,30	430,40	445,50		412,07	5,23	18,33	33,43	
11.02.00	415,50	430,40	443,70		407,80	7,70	22,60	35,90	
14.02.00	415,50	432,50	443,70		410,13	5,37	22,37	33,57	
15.02.00	415,00	430,50	443,70		407,10	7,90	23,40	36,60	
16.02.00	413,30	428,70	443,70		405,69	7,61	23,01	38,01	
17.02.00	412,70	427,80	441,00		407,95	4,75	19,85	33,05	

cd. tab. 2

Data	FEURH0	FEURM0	FEURU0	FEURZ0	KURS	Baza			
						FEURH0	FEURM0	FEURU0	FEURZ0
18.02.00	410,60	425,00	438,70		404,30	6,30	20,70	34,40	
21.02.00	412,00	426,80	440,00		406,13	5,87	20,67	33,87	
22.02.00	414,51	430,80	444,00		408,35	6,16	22,45	35,65	
23.02.00	415,30	430,80	444,00		411,85	3,45	18,95	32,15	
24.02.00	412,50	427,00	442,00		406,60	5,90	20,40	35,40	
25.02.00	412,50	427,50	442,00		407,58	4,92	19,92	34,42	
28.02.00	410,80	426,50	442,00	–	405,14	5,66	21,36	36,86	
29.02.00	406,50	426,50	439,00		405,39	1,11	21,11	33,61	
01.03.00	406,50	424,00	439,00		402,59	3,91	21,41	36,41	
02.03.00	406,00	421,50	438,00		401,47	4,53	20,03	36,53	
03.03.00	404,35	421,00	438,00		398,15	6,20	22,85	39,85	
06.03.00	401,50	422,25	433,00		395,83	5,67	26,42	37,17	
07.03.00	402,75	424,13	436,00		396,58	6,17	27,55	39,42	
08.03.00	398,00	418,50	436,00		396,49	1,51	22,01	39,51	
09.03.00	401,00	418,50	433,00		396,41	4,59	22,09	36,59	
10.03.00	398,30	416,20	433,00		395,83	2,47	20,37	37,17	
13.03.00	400,80	416,00	429,00		398,81	1,99	17,19	30,19	
14.03.00	398,55	414,45	428,00		395,02	3,53	19,43	32,98	
15.03.00	398,00	413,50	427,50		394,96	3,04	18,54	32,54	
16.03.00	397,80	412,95	427,00		395,22	2,58	17,73	31,78	
17.03.00	396,01	412,95	427,00		394,44	1,57	18,51	32,56	
20.03.00	396,50	412,95	427,00		395,70	0,80	17,25	31,30	
21.03.00	395,50	411,95	426,00		393,44	2,06	18,51	32,56	
22.03.00	392,25	408,50	425,00		389,61	2,64	18,89	35,39	
23.03.00	392,25	408,50	424,00		391,44	0,81	17,06	32,56	
24.03.00	391,90	405,20	422,00	431,96	391,90	0,00	13,30	30,10	40,06
27.03.00		405,20	421,50	432,18	393,58		11,62	27,92	38,60
28.03.00		405,20	421,00	432,00	390,45		14,75	30,55	41,55
29.03.00		405,20	420,00	432,00	390,49		14,71	29,51	41,51
30.03.00		406,80	420,00	433,00	391,67		15,13	28,33	41,33
31.03.00		406,80	420,00	433,00	396,50		10,30	23,50	36,50
03.04.00		408,50	423,00	435,50	393,36		15,14	29,64	42,14
04.04.00		410,50	424,00	435,50	400,09		10,41	23,91	35,41
05.04.00		418,50	432,30	442,00	403,50		15,00	28,80	38,50
06.04.00		414,50	429,20	442,00	403,47		11,03	25,73	38,53
07.04.00		410,70	425,00	438,00	400,22		10,48	24,78	37,78
10.04.00		409,00	425,50	439,00	396,38		12,62	29,12	42,62
11.04.00		411,00	428,00	440,00	399,37		11,63	28,63	40,63
12.04.00		409,00	422,50	435,00	392,75		16,25	29,75	42,25
13.04.00		409,00	422,50	435,00	399,23		9,77	23,27	35,77
14.04.00		413,60	427,50	439,00	398,65		14,95	28,85	40,35
17.04.00		417,00	432,30	441,00	410,17		6,83	22,13	30,83
18.04.00		416,00	431,50	444,50	404,89		11,11	26,61	39,61
19.04.00		416,00	429,60	442,60	402,87		13,13	26,73	39,73
20.04.00		414,00	428,60	441,60	402,69		11,31	25,91	38,91
25.04.00		412,00	426,00	440,50	402,68		9,32	23,32	37,82
26.04.00		408,50	421,00	438,00	402,45		6,05	18,55	35,55
27.04.00		409,00	422,50	438,00	395,24		13,76	27,26	42,76
28.04.00		411,50	430,00	440,00	402,26		9,24	27,74	37,74
04.05.00		416,00	431,00	444,00	405,27		10,73	25,73	38,73

cd. tab. 2

Data	FEURH0	FEURM0	FEURU0	FEURZ0	KURS	Baza			
						FEURH0	FEURM0	FEURU0	FEURZ0
05.05.00		425,50	440,90	451,00	414,62		10,88	26,28	36,38
08.05.00		416,00	430,90	446,50	412,90		3,10	18,00	33,60
09.05.00		414,80	426,50	438,50	406,00		8,80	20,50	32,50
10.05.00		410,00	426,00	440,50	401,27		8,73	24,73	39,23
11.05.00		411,00	424,50	437,50	407,16		3,84	17,34	30,34
12.05.00		412,00	424,50	437,50	402,06		9,94	22,44	35,44
15.05.00		412,00	424,50	440,00	406,43		5,57	18,07	33,57
16.05.00		405,00	420,00	436,00	399,83		5,17	20,17	36,17
17.05.00		406,90	422,50	436,90	399,72		7,18	22,78	37,18
18.05.00		406,90	422,00	436,00	404,94		1,96	17,06	31,06
19.05.00		409,50	422,00	437,40	403,35		6,15	18,65	34,05
22.05.00		410,00	422,00	437,40	404,24		5,76	17,76	33,16
23.05.00		415,50	428,50	437,40	411,47		4,03	17,03	25,93
24.05.00		415,50	428,50	444,00	408,70		6,80	19,80	35,30
25.05.00		411,50	428,00	441,90	405,86		5,64	22,14	36,04
26.05.00		416,00	429,00	441,90	413,92		2,08	15,08	27,98
29.05.00		416,00	432,00	447,00	417,73		–1,73	14,27	29,27
30.05.00		418,00	433,00	447,00	417,97		0,03	15,03	29,03
31.05.00		414,50	428,50	443,00	408,94		5,56	19,56	34,06
01.06.00		408,00	427,20	441,50	408,32		–0,32	18,88	33,18
02.06.00		414,90	427,90	441,50	408,91		5,99	18,99	32,59
05.06.00		412,90	426,00	440,00	407,99		4,91	18,01	32,01
06.06.00		418,75	431,50	440,50	414,47		4,28	17,03	26,03
07.06.00		417,00	431,50	442,00	414,71		2,29	16,79	27,29
08.06.00		419,50	432,50	447,00	421,77		–2,27	10,73	25,23
09.06.00		419,10	435,70	447,00	422,66		–3,56	13,04	24,34
12.06.00		419,50	435,70	447,00	419,78		–0,28	15,92	27,22
13.06.00		423,00	437,50	450,00	420,64		2,36	16,86	29,36
14.06.00		423,50	436,00	449,70	422,98		0,52	13,02	26,72
15.06.00		420,50	434,70	449,70	419,66		0,84	15,04	30,04
16.06.00		421,00	434,70	449,70	420,79		0,21	13,91	28,91
19.06.00		422,50	438,50	449,70	423,89		–1,39	14,61	25,81
20.06.00		420,60	437,00	449,70	420,68		–0,08	16,32	29,02
21.06.00		418,50	433,50	448,30	419,75		–1,25	13,75	28,55
23.06.00		415,49	430,50	446,40	415,49		0,00	15,01	30,91
26.06.00			431,80	446,20	415,78			16,02	30,42
27.06.00			428,00	443,20	415,78			12,22	27,42
28.06.00			427,00	443,20	415,71			11,29	27,49
29.06.00			428,00	443,20	415,90			12,10	27,30
30.06.00			430,51	443,20	420,75			9,76	22,45
03.07.00			426,00	441,00	415,33			10,67	25,67
04.07.00			424,50	439,00	409,00			15,50	30,00
05.07.00			424,50	439,00	410,64			13,86	28,36
06.07.00			424,00	439,00	413,79			10,21	25,21
07.07.00			424,00	438,50	410,88			13,12	27,62
10.07.00			422,34	437,50	409,99			12,35	27,51
11.07.00			421,60	436,00	406,97			14,63	29,03
12.07.00			420,50	434,50	406,65			13,85	27,85
13.07.00			418,30	432,50	405,50			12,80	27,00
14.07.00			418,30	432,50	406,00			12,30	26,50

cd. tab. 2

Data	FEURH0	FEURM0	FEURU0	FEURZ0	KURS	Baza			
						FEURH0	FEURM0	FEURU0	FEURZ0
17.07.00			418,40	436,00	407,27			11,13	28,73
18.07.00			413,20	430,17	403,09			10,11	27,08
19.07.00			414,00	432,65	400,50			13,50	32,15
20.07.00			412,50	430,00	401,72			10,78	28,28
21.07.00			412,50	430,80	402,55			9,95	28,25
24.07.00			409,61	426,50	401,35			8,26	25,15
25.07.00			415,00	430,47	404,10			10,90	26,37
26.07.00			414,90	430,46	404,39			10,51	26,07
27.07.00			415,20	429,50	404,03			11,17	25,47
28.07.00			412,99	433,88	402,30			10,69	31,58
31.07.00			411,00	428,00	401,08			9,92	26,92
01.08.00			413,90	432,40	402,91			10,99	29,49
02.08.00			412,00	426,90	401,30			10,70	25,60
03.08.00			409,00	424,00	398,89			10,11	25,11
04.08.00			408,00	424,00	398,31			9,69	25,69
07.08.00			407,00	422,00	398,80			8,20	23,20
08.08.00			407,00	418,50	396,12			10,88	22,38
09.08.00			401,30	417,49	391,55			9,75	25,94
10.08.00			401,00	415,70	394,21			6,79	21,49
11.08.00			402,90	416,50	394,29			8,61	22,21
14.08.00			400,00	414,50	393,34			6,66	21,16
16.08.00			401,00	415,25	394,67			6,33	20,58
17.08.00			404,50	416,00	394,42			10,08	21,58
18.08.00			402,00	415,50	394,98			7,02	20,52
21.08.00			403,17	411,50	391,19			11,98	20,31
22.08.00			396,77	415,00	388,78			7,99	26,22
23.08.00			395,60	412,25	388,06			7,54	24,19
24.08.00			400,00	415,50	392,04			7,96	23,46
25.08.00			401,79	417,20	395,97			5,82	21,23
28.08.00			400,99	416,70	395,62			5,37	21,08
29.08.00			398,39	415,49	393,11			5,28	22,38
30.08.00			396,99	415,23	390,01			6,98	25,22
31.08.00			395,00	410,00	391,57			3,43	18,43
01.09.00			395,00	410,00	391,68			3,32	18,32
04.09.00			396,88	415,49	393,64			3,24	21,85
05.09.00			389,03	408,50	387,86			1,17	20,64
06.09.00			384,25	401,33	384,91			–0,66	16,42
07.09.00			385,90	401,50	382,78			3,12	18,72
08.09.00			387,20	403,99	385,79			1,41	18,20
11.09.00			383,00	400,50	381,93			1,07	18,57
12.09.00			388,89	403,90	383,54			5,35	20,36
13.09.00			390,90	405,00	388,91			1,99	16,09
14.09.00			389,50	406,00	390,71			–1,21	15,29
15.09.00			387,95	403,25	388,43			–0,48	14,82
18.09.00			390,50	403,25	389,02			1,48	14,23
19.09.00			392,00	406,50	391,12			0,88	15,38
20.09.00			390,80	406,50	389,25			1,55	17,25
21.09.00			392,00	409,50	392,68			–0,68	16,82
22.09.00			395,48	416,00	395,48			0,00	20,52

Źródło: strony internetowe: www.gpw.com.pl, www.nbp.pl oraz obliczenia własne.

Tabela 3. Dane do badania ryzyka portfela

Data	WIG20	EURO/PLN	USD/PLN	Data	WIG20	EURO/PLN	USD/PLN
20.03.00	2387,9	395,70	406,96	04.08.00	1942,4	398,31	440,51
21.03.00	2341,5	393,44	404,62	07.08.00	1924,7	398,80	439,78
22.03.00	2380,7	389,61	405,53	08.08.00	1943,1	396,12	437,80
23.03.00	2402,3	391,44	406,53	09.08.00	1970,6	391,55	436,73
24.03.00	2445,7	391,90	404,03	10.08.00	1922,7	394,21	436,03
27.03.00	2443,7	393,58	403,50	11.08.00	1886	394,29	433,08
28.03.00	2443,1	390,45	404,77	14.08.00	1892,2	393,34	435,58
29.03.00	2393,9	390,49	407,85	16.08.00	1912,1	394,67	434,23
30.03.00	2235,9	391,67	410,33	17.08.00	1855,6	394,42	431,83
31.03.00	2275,5	396,50	414,28	18.08.00	1837,2	394,98	431,39
03.04.00	2209,9	393,36	413,43	21.08.00	1822,6	391,19	432,79
04.04.00	2192,1	400,09	418,99	22.08.00	1837,4	388,78	433,02
05.04.00	2100,4	403,50	418,96	23.08.00	1852,7	388,06	434,13
06.04.00	2186	403,47	418,95	24.08.00	1879,4	392,04	434,92
07.04.00	2228,8	400,22	417,42	25.08.00	1898,6	395,97	438,33
10.04.00	2217,7	396,38	414,22	28.08.00	1876,9	395,62	438,21
11.04.00	2132,4	399,37	414,97	29.08.00	1873,4	393,11	435,97
12.04.00	2174,1	392,75	409,92	30.08.00	1889,3	390,01	438,85
13.04.00	2163,1	399,23	416,31	31.08.00	1911,7	391,57	438,12
14.04.00	2121	398,65	417,51	01.09.00	1952	391,68	440,84
17.04.00	1963,7	410,17	427,62	04.09.00	1939,7	393,64	436,75
18.04.00	2005,5	404,89	427,23	05.09.00	1919,5	387,86	433,79
19.04.00	1994,15	402,87	425,58	06.09.00	1910,9	384,91	436,28
20.04.00	1982,8	402,69	428,80	07.09.00	1894	382,78	442,49
25.04.00	1951,3	402,45	429,80	08.09.00	1888,7	385,79	441,60
26.04.00	1975,8	395,24	430,45	11.09.00	1867,7	381,93	442,64
27.04.00	1980,8	396,43	430,60	12.09.00	1900,7	383,54	445,34
28.04.00	2042,8	402,26	442,34	13.09.00	1892,3	388,91	449,19
04.05.00	2008	405,27	454,40	14.09.00	1907,2	390,71	450,30
05.05.00	1870,4	414,62	463,42	15.09.00	1889,6	388,43	448,73
08.05.00	1942,8	412,90	458,33	18.09.00	1874,3	389,02	454,23
09.05.00	1946,3	406,00	451,97	19.09.00	1858,4	391,12	459,01
10.05.00	1990,5	401,27	441,24	20.09.00	1842,1	389,25	460,20
11.05.00	2044,5	407,16	449,32	21.09.00	1794,4	392,68	460,84
12.05.00	2060,7	402,06	446,00	22.09.00	1723,1	395,48	458,57
15.05.00	2023,9	406,43	444,13	25.09.00	1768,1	399,28	454,53
16.05.00	2109,8	399,83	440,86	26.09.00	1710,5	401,25	457,33
17.05.00	2063,1	399,72	445,81	27.09.00	1708,3	403,55	455,28
18.05.00	2068,2	404,94	453,21	28.09.00	1664	401,95	454,54
19.05.00	2016,8	403,35	451,63	29.09.00	1688,4	399,60	454,04
22.05.00	1983,7	404,24	449,16	02.10.00	1700,7	398,48	451,19
23.05.00	1952	411,47	450,93	03.10.00	1667,1	401,54	457,69
24.05.00	1891,9	408,70	449,94	04.10.00	1643,5	397,94	454,77
25.05.00	1912,9	405,86	450,13	05.10.00	1668,5	397,50	454,58
26.05.00	1897,8	413,92	451,86	06.10.00	1658	397,80	456,45
29.05.00	1969,7	417,73	449,75	09.10.00	1618,6	394,81	454,18
30.05.00	1984,6	417,97	446,02	10.10.00	1608,7	397,87	456,21
31.05.00	2014,7	408,94	439,14	11.10.00	1546,7	401,86	458,93
01.06.00	2092,8	408,32	437,70	12.10.00	1550,3	404,29	466,23
02.06.00	2102,9	408,91	436,74	13.10.00	1499,1	405,73	469,13
05.06.00	2086,3	407,99	431,99	16.10.00	1574,8	398,78	467,68
06.06.00	2019,7	414,47	437,16	17.10.00	1618	398,73	468,98
07.06.00	2057,4	414,71	433,03	18.10.00	1542,3	399,94	467,62
08.06.00	2051,7	421,77	439,60	19.10.00	1608,3	395,65	469,69
09.06.00	2045,6	422,66	442,10	20.10.00	1630	394,33	466,01

cd. tab. 3

Data	WIG20	EURO/PLN	USD/PLN	Data	WIG20	EURO/PLN	USD/PLN
12.06.00	2034	419,78	440,02	23.10.00	1625	396,19	471,16
13.06.00	2016	420,64	439,39	24.10.00	1644,4	393,95	469,75
14.06.00	2039	422,98	439,39	25.10.00	1606	390,11	468,47
15.06.00	2041,7	419,66	439,74	26.10.00	1582,8	385,65	467,64
16.06.00	2030,9	420,79	441,69	27.10.00	1571,2	390,09	468,42
19.06.00	2002	423,89	439,42	30.10.00	1543,9	395,64	467,18
20.06.00	2040,9	420,68	439,13	31.10.00	1568,8	393,25	468,45
21.06.00	2036	419,75	441,03	02.11.00	1648,3	395,66	461,28
23.06.00	2024,6	415,49	443,27	03.11.00	1663,6	391,44	453,65
26.06.00	2061,6	415,78	446,67	06.11.00	1733	391,66	451,01
27.06.00	2064,9	415,78	442,00	07.11.00	1715,3	391,00	453,12
28.06.00	2063,7	415,71	440,45	08.11.00	1714,3	390,70	455,19
29.06.00	2020,5	415,90	439,92	09.11.00	1657	392,27	459,24
30.06.00	1997,7	420,75	439,07	10.11.00	1630	396,35	456,22
03.07.00	2023,1	415,33	436,51	13.11.00	1591,1	395,90	459,02
04.07.00	2030	409,00	431,26	14.11.00	1640	393,05	456,66
05.07.00	2019,1	410,64	430,04	15.11.00	1622,7	391,09	454,34
06.07.00	1999,5	413,79	432,04	16.11.00	1628,4	392,71	457,68
07.07.00	1987,8	410,88	432,12	17.11.00	1643,22	391,10	457,08
10.07.00	1989,7	409,99	430,78	20.11.00	1653,1	388,50	457,54
11.07.00	1972,7	406,97	426,44	21.11.00	1660,03	388,61	456,88
12.07.00	1987,5	406,65	428,33	22.11.00	1639,15	386,49	457,44
13.07.00	2004,8	405,50	432,57	23.11.00	1626,49	387,15	458,57
14.07.00	2016,4	406,00	433,45	24.11.00	1677,39	384,71	457,70
17.07.00	2039,9	407,27	433,33	27.11.00	1688,46	382,29	454,68
18.07.00	2047	403,09	430,53	28.11.00	1665,44	382,45	448,37
19.07.00	2064,3	400,50	434,04	29.11.00	1658,02	388,60	450,97
20.07.00	2061,2	401,72	435,78	30.11.00	1623,16	388,24	447,35
.21.07.00	2061,7	402,55	430,48	01.12.00	1626,26	391,26	445,62
24.07.00	2069,7	401,35	429,52	04.12.00	1601,97	394,14	446,40
25.07.00	2046,6	404,10	430,96	05.12.00	1638,92	391,33	442,51
26.07.00	1993,8	404,39	429,22	06.12.00	1680,41	389,74	440,93
27.07.00	1966	404,03	429,71	07.12.00	1690,11	391,90	438,13
28.07.00	1949,3	402,30	433,27	08.12.00	1714,8	389,57	439,65
31.07.00	1941,1	401,08	433,88	11.12.00	1723,35	390,50	441,05
01.08.00	1903	402,91	435,24	12.12.00	1734,84	387,00	438,60
02.08.00	1941,5	401,30	437,38	13.12.00	1744,75	385,24	439,45
03.08.00	1909,6	398,89	437,73				

Źródło: www.gpw.com.pl, www.nbp.pl oraz obliczenia własne.

Literatura

[1] Best P., *Wartość narażona na ryzyko*, Dom Wydawniczy ABC, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2000

[2] Elton E.J., Gruber M.J., *Nowoczesna teoria portfelowa i analiza papierów wartościowych*, Wig Press, Warszawa 1998

[3] Fitzgerald M.D., *Financial Futures*, Euromoney Publications, London 1983

[4] Francis J.C., *Management of Investments*, McGraw-Hill, Inc., New York 1993

[5] Guzik B., Jurek W., *Ekonometria z zadaniami*, Wydawnictwo AE w Poznaniu, Poznań 1993

[6] Hull J., Kontrakty terminowe i opcje. Wprowadzenie. Wig-Press, Warszawa 1997
[7] Hunt P.J., Kennedy J.E., *Financial Derivates in Theory and Practice*, Chichester 2000
[8] Jajuga K., *Miary ryzyka rynkowego* – cz. 1, Rynek Terminowy 1999, nr 4.
[9] Jajuga K., *Miary ryzyka rynkowego* – cz. 2, Rynek Terminowy 2000, nr 1
[10] Jajuga K., *Miary ryzyka rynkowego* – cz. 3, Rynek Terminowy 2000, nr 2
[11] Jurek W., *Konstrukcja i analiza portfela papierów wartościowych o zmiennym dochodzie*, Wydawnictwo AE w Poznaniu, Poznań 2001
[12] *Warunki obrotu dla kontraktów terminowych na kurs euro*, Giełda Papierów Wartościowych w Warszawie SA, www.gpw.com.pl, grudzień 2001

THE RISK ESTIMATION TRIAL OF USE OF THE SELECTED POLISH CAPITAL MARKET INSTRUMENTS BY THE *VaR* METHOD

Exemplified with two Polish Foreign Exchange Futures and the Three-Component Portfolio

SUMMARY

Financial futures contracts, e.g. foreign exchange futures contracts, are generally traded by investors to reduce the risk of the cash market transaction. There is a variety of hedging strategies using financial futures that differ about the type of issue and the time of use. A primary requirement of the use of the futures contract in hedging is the risk of basis should be smaller than that for the cash market price. Additionally, there are theoretical relationships between basis' risks. The objective of this article is to present the above problems and to try to examine theoretical relationships between basis' risks and between the basis risk and the risk of polish cash market instruments. This examination uses the *Value at Risk* method (*VaR*). Furthermore, the *VaR* method is used to measure the risk of a three-component portfolio.