

| Michał Kasolik

# Weryfikacja przydatności modelu CAPM do wyceny instrumentów finansowych. Zastosowanie portfela zero-beta przy szacowaniu stopy wolnej od ryzyka

## Streszczenie

W artykule przedstawiono problematykę wyceny aktywów finansowych za pomocą modelu CAPM (*capital asset pricing model*). W części teoretycznej zaprezentowano opis założeń i wniosków wynikających z zastosowania modelu CAPM, a także modyfikację modelu polegającą na zastąpieniu instrumentu wolnego od ryzyka portfelem aktywów zero-beta. W części empirycznej skupiono się na badaniach skuteczności modelu CAPM. Przedstawiono badania, które zaprzeczają wnioskowi wynikającemu z modelu, jak i potwierdzają ich słuszność. Ponadto przeprowadzono weryfikację modelu uwzględniającego portfel aktywów zero-beta na polskim rynku kapitałowym z wykorzystaniem współczynnika korelacji. W pracy portfel aktywów zero-beta został utworzony z kontraktów terminowych na WIG20 oraz z jednostek Multi Units Luxembourg Lyxor. Portfel ten, jak wynika z badań, może stanowić odpowiednią metodę szacowania wolnej od ryzyka stopy procentowej. Badania nad skutecznością wyceny zostały przeprowadzone na podstawie danych dwóch spółek – KGHM Polska Miedź SA oraz Próchnik SA. Rezultaty badań wskazują, że w większości przypadków zmienność stóp zwrotu spółek jest większa niż ta wynikająca z modelu CAPM.

**Słowa kluczowe:** CAPM, portfel aktywów zero-beta, teoria portfelowa, hipoteza rynku efektywnego.

**Klasyfikacja JEL:** G11, G12, G17.

## 1. Wprowadzenie

Inwestorzy podejmują decyzje o alokowaniu zasobów finansowych, wybierając różne strategie. Niektórzy z nich opierają się na analizie fundamentalnej, inni na analizie technicznej, jeszcze inni polegają na metodach ekonometrycznych. Każdy racjonalny inwestor bez względu na wybraną strategię intuicyjnie dąży jednak do maksymalizacji stopy zwrotu przy jednoczesnym minimalizowaniu ryzyka inwestycyjnego. H. Markowitz jako pierwszy zapisał ten postulat za pomocą formuł matematycznych, tworząc ilościową teorię pozwalającą na stworzenie przez inwestora portfela optymalnego, zwaną do dziś teorią portfelową (otrzymał za nią Nagrodę Banku Szwecji im. Alfreda Nobla w dziedzinie ekonomii w 1990 r.) [Rynki, instrumenty... 2008]. Teoria portfelowa H. Markowitza stała się podstawą do stworzenia modelu wyceny aktywów kapitałowych (model CAPM). Model ten został opracowany niemal równocześnie i niezależnie od siebie przez trzy osoby – W. Sharpe’a, J. Lintnera oraz J. Mosinna [French 2003]. Głównym zadaniem modelu jest wyjaśnienie struktury cen aktywów na rynkach kapitałowych. Ponadto służy on do wyceny instrumentów finansowych, dzięki czemu istnieje możliwość badania efektywności portfeli inwestycyjnych.

Celem artykułu jest określenie wiarygodności i istotności założeń, ich empiryczna weryfikacja oraz sprawdzenie, czy model wyceny aktywów kapitałowych może znaleźć zastosowanie w wycenie instrumentów finansowych notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Do testów empirycznych na polskim rynku finansowym zostanie wykorzystana opisana w artykule modyfikacja modelu CAPM stworzona przez F. Blacka. Zakładając, że model ten jest poprawny, powinno się otrzymać odpowiednią metodę szacowania wolnej od ryzyka stopy procentowej oraz wyjaśnienie zmienności stóp zwrotu. Jak wykazano w artykule, model w odpowiedni sposób szacuje tylko wolną od ryzyka stopę procentową.

## 2. Model wyceny aktywów kapitałowych

Model wyceny aktywów kapitałowych (*capital asset pricing model* – CAPM) opiera się na następujących założeniach [Rynki, instrumenty... 2008]:

- 1) inwestorzy, podejmując decyzje o wyborze aktywów, kierują się teorią H. Markowitza,
- 2) nie uwzględnia się kosztów transakcyjnych oraz podatków,

3) przyjmuje się wspólny horyzont inwestycyjny oraz identyczne przewidywania co do wartości oczekiwanych stóp zwrotu, wariancji oraz kowariancji,

4) aktywa finansowe są doskonale podzielne oraz można dokonywać krótkiej sprzedaży bez ograniczeń,

5) istnieje stopa procentowa pozbawiona ryzyka ( $r_f$ ), według której inwestorzy mogą zaciągać i udzielać pożyczki.

Założenie opisane w punkcie pierwszym oznacza, że inwestor alokuje swoje środki na podstawie dwóch parametrów – oczekiwanej wartości stopy zwrotu oraz ryzyka (wariancji lub odchylenia standardowego), oraz dąży do maksymalizacji pierwszego parametru i minimalizacji drugiego. Podatki i koszty transakcyjne zostały w modelu pominięte, gdyż ich wpływ w przypadku wielu inwestorów jest niewielki ze względu na duży wolumen dokonywanych przez nich transakcji. Konsekwencją trzeciego założenia jest to, że każdy inwestor ma do wyboru identyczny zbiór możliwości inwestycyjnych (występuje jednorodność oczekiwań). Założenie czwarte pozwala traktować inwestycje jako funkcje ciągłe [Elton i Gruber 1998]. Piąte założenie oznacza, że inwestor może ulokować część swoich środków finansowych w instrumencie wolnym od ryzyka, czyli instrumencie, dla którego istnieje pewny wynik finansowy, a pozostałe w portfelu aktywów ryzykownych.

Według CAPM portfelem najefektywniejszym jest tzw. portfel rynkowy, który stanowi kombinację wszystkich aktywów ryzykownych (nie tylko akcji, ale także np. obligacji przedsiębiorstw, opcji, nieruchomości, dzieł sztuki), przy czym proporcje aktywów występujących w tym portfelu muszą odpowiadać proporcjom, w jakich te aktywa występują na rynku (pod względem wartości) [Reilly i Brown 2001].

Znając skład portfela rynkowego, można przejść do wyceny instrumentów finansowych. W tym celu należy wprowadzić pojęcie współczynnika  $\beta$ , który mierzy ryzyko danego waloru portfela. Współczynnik ten można obliczyć z następującego wzoru [Elton i Gruber 1998]:

$$\beta_i = \frac{\text{cov}(r_i, r_m)}{\sigma_m^2}, \quad (1)$$

gdzie:

$\beta_i$  – współczynnik  $\beta$   $i$ -tego instrumentu finansowego,

$r_i$  – stopa zwrotu z  $i$ -tego instrumentu finansowego,

$r_m$  – stopa zwrotu z portfela.

Współczynnik  $\beta$  równy 1 oznacza, że zmienność stopy zwrotu z danego instrumentu jest równa zmienności stóp zwrotu portfela rynkowego. Wartość większa od 1 wskazuje na większą zmienność, natomiast wartość poniżej 1 na mniejszą zmienność w stosunku do portfela rynkowego [Reilly i Brown 2001]. Zależność pomiędzy współczynnikiem  $\beta$  dowolnego portfela a oczekiwanymi stopami

zwrotu z niego jest liniowa. Zależność tę można wyrazić także algebraicznie za pomocą wzoru:

$$E(r_i) = r_f + \beta_i [E(r_m) - r_f], \quad (2)$$

gdzie:

- $E(r_i)$  – oczekiwana stopa zwrotu z portfela  $i$ ,
- $r_f$  – stopa zwrotu z instrumentu wolnego od ryzyka,
- $\beta$  – współczynnik  $\beta$   $i$ -tego portfela,
- $E(r_m)$  – oczekiwana stopa zwrotu z portfela rynkowego.

W równaniu (nazywanym równaniem linii SML) wyrazem wolnym jest stopa wolna od ryzyka, natomiast współczynnikiem kierunkowym jest iloraz  $[E(r_m) - (r_f)] / \beta_m$  (gdzie  $\beta_m = 1$ , gdyż  $m$  to portfel rynkowy). Zgodnie z tym wzorem oczekiwana stopa zwrotu składa się z sumy dwóch czynników: stopy wolnej od ryzyka oraz premii za ryzyko (im wyższy współczynnik  $\beta$ , tym wyższa premia).

### 3. Empiryczna weryfikacja CAPM

Model wyceny aktywów kapitałowych jest jednym z najważniejszych w teorii funkcjonowania rynków kapitałowych. Pozwala on na matematyczne ujęcie zależności między ryzykiem a oczekiwanym zyskiem oraz przedstawia spójne podejście do wyceny aktywów finansowych. Model CAPM jest jednak uproszczonym wariantem rzeczywistości i dlatego należy zadać pytanie o prawdziwość założeń i wniosków tego modelu.

Model CAPM można formułować bez niektórych restrykcji, jednakże o ile uchylenie założeń o braku kosztów transakcyjnych i podatków, podzielności instrumentów finansowych, jednorodności oczekiwań czy możliwości krótkiej sprzedaży nieznacznie wpłynie na cały model (otrzyma się po prostu nieznacznie inną postać linii CML oraz SML [Rynki, instrumenty... 2008]), to uchylenie założeń o występowaniu na rynku kapitałowym instrumentu finansowego wolnego od ryzyka dostępnego dla wszystkich inwestorów (który w praktyce nie istnieje) jest niemożliwe. Pewnym rozwiązaniem tego problemu jest przekształcenie modelu CAPM zaproponowane przez F. Blacka [1972]. Podstawą tego przekształcenia jest zastąpienie instrumentu finansowego wolnego od ryzyka portfelem, który charakteryzuje się najmniejszą wariancją oraz o współczynniku  $\beta$  równym zero (czyli portfel bez ryzyka systematycznego). Taki portfel (tzw. portfel aktywów zero-beta; *zero-beta portfolio*), chociaż nie jest pozbawiony ryzyka niesystematycznego, w przybliżeniu najlepiej oddaje charakterystykę instrumentu wolnego od ryzyka (według wzoru (3), oczekiwana stopa zwrotu z instrumentu, dla którego  $\beta = 0$ , jest równa stopie wolnej od ryzyka). Ponieważ kowariancja pomiędzy port-

felem aktywów zero-beta a portfelem rynkowym jest podobna do kowariancji między instrumentem wolnym od ryzyka a portfelem rynku, można przyjąć, że kombinacja portfela o zerowej wartości  $\beta$  oraz portfela rynkowego będzie tworzyć liniową zależność między stopą zwrotu a ryzykiem. Matematyczną formułę przekształconego modelu wyraża się następującym wzorem:

$$E(r_i) = E(r_z) + \beta_i [E(r_m) - (r_z)], \quad (3)$$

gdzie  $E(r_z)$  to oczekiwana stopa zwrotu z portfela aktywów zero-beta.

Istotnym ograniczeniem w tworzeniu portfela aktywów zero-beta jest założenie, że inwestor może dokonywać krótkiej sprzedaży bez ograniczeń.

Głównymi wnioskami wynikającymi z modelu CAPM są liniowa zależność pomiędzy zyskiem a ryzykiem oraz wpływ dodatniego współczynnika  $\beta$  na premię za ryzyko.

Badania empiryczne, które zarówno zaprzeczają wnioskom z modelu CAPM, jak i je potwierdzają, pojawiały się w wielu w pracach naukowych, najważniejsze z nich to:

1) badania przeprowadzone przez F. Blacka, M.C. Jenasena oraz M. Scholesa [1972] dla danych z lat 1926–1965. Ich wyniki badań potwierdzają przydatność modelu CAPM, gdyż oszacowana linia SML ma cechy funkcji liniowej, a współczynnik kierunkowy SML jest statystycznie różny od zera i jest dodatni;

2) testy przeprowadzone przez E. Famę i MacBetha [1973] również dla danych z 1926–1965, które wykazują słuszność modelu CAPM, ponieważ:

- portfele, które historycznie charakteryzowały się wyższymi od średniej współczynnikami  $\beta$ , przynosiły wyższe stopy zwrotu,
- istnieje liniowa zależność pomiędzy współczynnikiem  $\beta$  a stopą zwrotu,
- wartość średnia współczynnika kierunkowego linii SML jest dodatnia i statystycznie różna od zera;

3) badania E. Famy i K.R. Frencha [1992] dla danych z lat 1963–1990, które podważają tezy wynikające z modelu CAPM, gdyż:

- akcje, które charakteryzowały się wyższym poziomem ryzyka systematycznego nie charakteryzowały się wyższymi stopami zwrotu,
- współczynnik  $\beta$  stanowi słaby predyktor przyszłych stóp zwrotu,
- znaczny wpływ na stopy zwrotu miały wartości kapitalizacji spółek oraz wskaźnik cena/zysk.

Niejednoznaczne wyniki badań mogą wynikać z kilku przyczyn. Pierwsza z nich to problem z identyfikowaniem portfela rynkowego. Kolejne to dobór odpowiedniego szeregu czasowego, niestabilność współczynnika  $\beta$ , wybór metod statystycznych [Fama i French 2004].

Badania nad skutecznością CAPM przeprowadzane na polskim rynku finansowym wskazują na nieprawdziwość tez stawianych w tym modelu [Rutkowska

i Żarnowski 2012]. Wyniki nie wykazały dodatniej liniowej zależności między wartością współczynnika  $\beta$  a stopą zwrotu z portfela, a ponadto premia (liczona jako różnica między średnią stopą zwrotu z portfela o największej wartości współczynnika  $\beta$  a stopą zwrotu z portfela o najniższej wartości współczynnika  $\beta$ ) była ujemna, co jest sprzeczne z postulatami CAPM. Dodatkowym argumentem był fakt, że większość portfeli o najniższych współczynnikach  $\beta$  charakteryzowała się następnie największą zmiennością.

#### **4. Test modelu CAPM na polskim rynku kapitałowym na przykładzie spółek KGHM Polska Miedź SA oraz Próchnik SA przy zastosowaniu portfela zero-beta**

Badania dotyczą skuteczności wyceny na podstawie linii SML, tj. określenia, czy zmienność stop zwrotu spółki zależy jedynie od zmienności portfela rynkowego i współczynnika  $\beta$ . Jako okres badawczy do oszacowania parametrów  $\beta$  zostały wybrane miesięczne dane (ceny zamknięcia) z lat 1997–2014 dla spółki KGHM oraz z lat 1991–2014 dla spółki Próchnik. Horyzont inwestycyjny stanowi 2015 r. Jako portfel rynkowy został przyjęty indeks WIG, jako ten, który wyliczany jest na podstawie największej grupy spółek.

Badanie wykorzystuje portfel aktywów zero-beta złożony z kontraktów terminowych na WIG20 (FW20) oraz jednostek Multi Units Luxembourg Lyxor ETFWIG20 (ETF20L). Ceny obu instrumentów zależą od indeksu WIG20. Jednostki ETF20L będą służyły do zajmowania długich pozycji, natomiast kontrakty terminowe do pozycji krótkich i w konsekwencji do uzyskania portfela o zerowym wskaźniku  $\beta$ . Niestety na rozwijającym się polskim rynku finansowym krótka sprzedaż akcji nie charakteryzuje się wysokim obrotem (m.in. ze względu na koszty), a także jest uwarunkowana wieloma regulacjami prawnymi. Powoduje to, że powyższy portfel instrumentów nie jest arbitralnym wyborem, ale koniecznością.

Portfel aktywów zero-beta został stworzony na podstawie danych historycznych z lat 2010–2014 (2010 r. to początek notowań ETF20L). Obliczenia optymalizujące portfel były wykonane za pomocą programu Solver. Celem głównym było to, aby minimalizować ryzyko przy następujących warunkach ograniczających:

- $\beta$  portfela równa zero (zgodnie z przekształceniem modelu CAPM),
- suma wag równa jeden (100%),
- brak możliwości krótkiej sprzedaży dla ETF20L (gdyż w rzeczywistości nie jest ona dostępna),

– inwestor nie będzie korzystał z dźwigni finansowej, aby nie zwiększać ryzyka specyficznego, które należy minimalizować (tzn. będzie utrzymywał depozyt zabezpieczający w wysokości 100% wartości kontraktu),

– dodatnia stopa zwrotu z portfela aktywów zero-beta.

Wyliczone parametry instrumentów FW20 oraz ETFW20L prezentuje tabela 1, natomiast charakterystyki portfela zawiera tabela 2.

Tabela 1. Parametry instrumentów finansowych (okres badawczy lipiec 2010 r. – grudzień 2014 r.)

Wyszczególnienie	ETFW20L	FW20
Wariancja	0,0025	0,0027
Kowariancja z WIG	0,0021	0,0022
$\beta$	1,0418	1,1041

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2. Parametry portfela

Wyszczególnienie	Portfel aktywów zero-beta
$\beta$	0,0000
Oczekiwana stopa zwrotu (miesięczna) w %	0,16
Wariancja portfela	0,013

Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z teorią, wskaźnik  $\beta$  powinien być dodatni (skoro reprezentuje premię za ryzyko). To założenie jest spełnione zarówno dla ETFW20L, jak i FW20. Wskaźnik o wartości powyżej 1 oznacza, że siła i kierunek zmiany indeksu WIG20 są wyższe niż zmiany indeksu WIG. Nie jest to zależność zaskakująca, gdyż stopy zwrotu spółek z WIG20 mają znaczny wpływ na obliczanie WIG, a indeks WIG20 jest mniej zdywersyfikowany niż WIG.

Dzięki przekształceniu F. Blacka udało się otrzymać portfel, który można uznać za reprezentanta instrumentu wolnego od ryzyka. Jego współczynnik  $\beta$  jest równy zero oraz charakteryzuje się dodatnią stopą zwrotu. Ponadto ryzyko specyficzne mierzone wariancją jest niższe niż w przypadku instrumentów wchodzących w jego skład.

Następną czynnością po ustaleniu portfela zero-beta było ustalenie wskaźnika  $\beta$  dla akcji spółek KGHM i Próchnik. Oszacowany współczynnik  $\beta$  wynosi 1,2014 dla spółki KGHM i 0,9756 dla drugiej spółki.

Ostatnim etapem jest weryfikacja ustaleń modelu z wykorzystaniem danych pochodzących z notowań spółek z 2015 r. Weryfikacja ta będzie opierała się

na porównaniu rzeczywistych stóp zwrotu z tymi, które zostały obliczone na podstawie linii SML.

Po uzyskaniu odpowiednich wartości stopy zwrotu na podstawie linii SML są liczone według następującego wzoru (wyniki dla KGHM przedstawia tabela 3 oraz rys. 1, wyniki dla Próchnika tabela 4 i rys. 2):

$$r_i = 0,16\% + \beta_i [r_m - 0,16\%], \quad (4)$$

gdzie:

- $r_i$  – stopa zwrotu według SML w okresie  $t$ ,
- 5,52% – stopa wolna od ryzyka,
- $\beta_i$  – współczynnik  $\beta$  dla  $i$ -tego portfela,
- $r_m$  – stopa zwrotu z indeksu WIG dla okresu  $t$ .

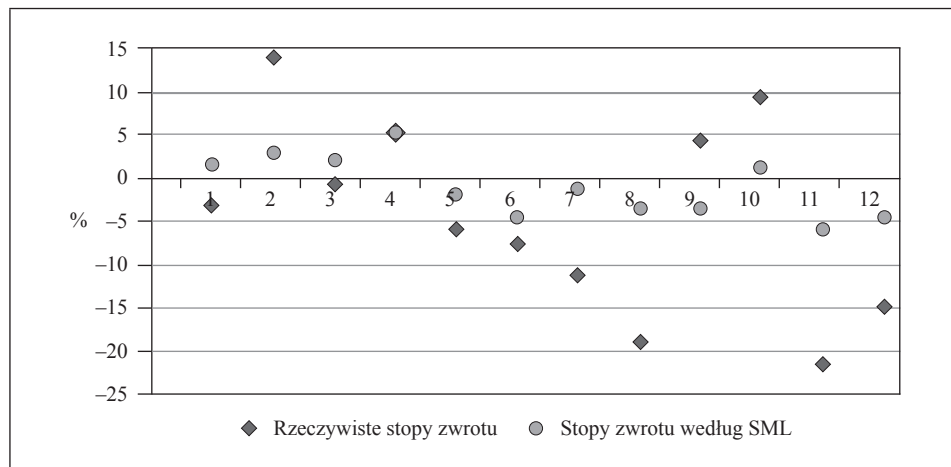
Tabela 3. Weryfikacja modelu SML dla spółki KGHM (w %)

Data	Rzeczywiste stopy zwrotu		Stopy zwrotu według SML
	KGHM	WIG	KGHM
31.12.2014	–	–	–
30.01.2015	–3,27	1,33	1,56
27.02.2015	13,85	2,28	2,71
31.03.2015	–0,83	1,47	1,73
30.04.2015	5,24	4,32	5,15
29.05.2015	–6,08	–1,69	–2,06
30.06.2015	–7,81	–4,05	–4,90
31.07.2015	–11,47	–1,09	–1,34
31.08.2015	–19,04	–2,83	–3,43
30.09.2015	4,26	–2,88	–3,49
30.10.2015	9,21	0,89	1,04
30.11.2015	–21,74	–4,80	–5,80
31.12.2015	–14,95	–3,84	–4,65

Źródło: opracowanie własne.

W celu bardziej szczegółowego zinterpretowania wyników oszacowano współczynniki korelacji  $\rho$  pomiędzy rzeczywistymi stopami zwrotu a wynikającymi z równania linii SML oraz wykonano test istotności dla danych współczynników korelacji. Za hipotezę zerową przyjęto  $\rho = 0$ . Zgodnie z założeniami CAPM powinna istnieć dodatnia liniowa zależność między wartością współczynnika  $\beta$  a stopą zwrotu z portfela rynkowego, za hipotezę alternatywną przyjęto  $\rho > 0$ . Test przeprowadzono dla poziomu istotności wynoszącego  $\alpha = 0,05$ . Wyniki obliczeń przedstawia tabela 5.





Rys. 1. Rzeczywiste i oszacowane stopy zwrotu dla spółki KGHM

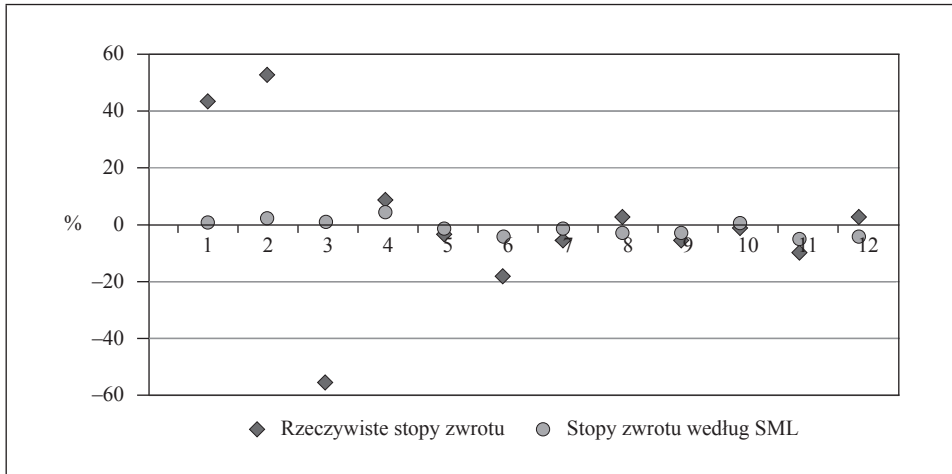
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4. Weryfikacja modelu SML dla spółki Próchnik (w %)

Data	Rzeczywiste stopy zwrotu		Stopy zwrotu według SML
	Próchnik	WIG	Próchnik
31.12.2014	–	–	–
30.01.2015	42,79	1,33	1,29
27.02.2015	52,41	2,28	2,22
31.03.2015	–54,65	1,47	1,43
30.04.2015	8,70	4,32	4,20
29.05.2015	–2,82	–1,69	–1,64
30.06.2015	–17,95	–4,05	–3,93
31.07.2015	–5,26	–1,09	–1,06
31.08.2015	2,67	–2,83	–2,75
30.09.2015	–5,41	–2,88	–2,80
30.10.2015	–0,93	0,89	0,87
30.11.2015	–9,81	–4,80	–4,66
31.12.2015	3,05	–3,84	–3,73

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku KGHM  $p < \alpha$ , dlatego należy odrzucić hipotezę zerową na rzecz hipotezy alternatywnej. W przypadku Próchnika  $p > \alpha$ , czyli nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.



Rys. 2. Rzeczywiste i oszacowane stopy zwrotu dla spółki Próchnik

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5. Zależność stóp zwrotu

Wyszczególnienie	KGHM	Próchnik
Współczynnik korelacji	0,73	0,31
<i>p</i> -value	0,0024	0,1539

Źródło: opracowanie własne.

Jak wskazują powyższe wyniki, teza o słuszności modelowania stóp zwrotu jedynie na podstawie zmian portfela rynkowego i współczynnika  $\beta$  nie okazuje się uzasadniona. W większości przypadków zmienność stóp zwrotu spółek jest większa niż ta wyjaśniona przez współzależność z indeksem WIG i wynikająca z modelu CAPM. W przypadku KGHM tylko w pierwszym półroczu wyniki oszacowań były w przybliżeniu poprawne, co przełożyło się na odpowiednio istotny współczynnik korelacji liczony dla całego roku. Natomiast z danych dla Próchnika wynika, że nie istnieje znacząca zależność pomiędzy rzeczywistymi stopami zwrotu a wynikającymi z równania linii SML, tj. brak zależności wskazuje na złą jakość predykcji równania SML.

Wartość wolnej od ryzyka stopy procentowej oszacowanej za pomocą portfela zero-beta była niższa od rentowności polskich obligacji dla analogicznego okresu, jednakże wynika to z tego, że cena polskich obligacji zawiera w sobie premię także za inne czynniki ryzyka (np. ryzyko płynności), dlatego można uznać portfel zero-beta za poprawną miarę wolnej od ryzyka stopy procentowej.

## 5. Podsumowanie

Najważniejszym wnioskiem wynikającym z zastosowania modelu CAPM jest stwierdzenie, że wraz ze wzrostem ryzyka systematycznego (mierzonego współczynnikiem  $\beta$ ) instrumentu (lub portfela) rośnie także oczekiwana stopa zwrotu. Empiryczna weryfikacja modelu jest utrudniona przede wszystkim ze względu na brak możliwości określenia portfela rynkowego [Roll 1977]. Jak wynika z teorii, portfel ten powinien nie tylko zawierać akcje spółek, ale również takie instrumenty, jak obligacje, nieruchomości, surowce, aktywa alternatywne, czy nawet wartość kapitału ludzkiego. W zależności od przyjętego sposobu badania wnioski dotyczące weryfikacji poprawności modelu mogą być różne.

Pomimo zastrzeżeń co do założeń i przydatności CAPM jest jednym z najpopularniejszych modeli wyceny używanych przez praktyków nie tylko z dziedziny rynków finansowych, ale także przez kadre zarządczą firm (np. do wyceny kosztu kapitału własnego), co jest spowodowane łatwością szacowania i implementacji [Bruner i in. 1998]. Jak wskazuje przykład spółek KGHM i Próchnik, na polskim rynku kapitałowym model CAPM nie jest wystarczająco dobrym indykatorem zmienności stóp zwrotu, trzeba jednak podkreślić, że polska giełda to rynek rozwijający się o stosunkowo niskiej płynności [Olbrys 2013], co może powodować jego nieefektywność i w konsekwencji błędną wycenę instrumentów finansowych.

## Literatura

- Black F. [1972], *Capital Market Equilibrium with Restricted Borrowing*, „Journal of Business”, vol. 45, nr 3, <https://doi.org/10.1086/295472>.
- Black F., Jensen M.C., Scholes M. [1972], *The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests* [w:] *Studies in the Theory of Capital Markets*, ed. M.C. Jensen, Praeger, New York.
- Bruner R.F., Eades K.M., Harris R.S., Higgins R.C. [1998], *Best Practices in Estimating the Cost of Capital: Survey and Synthesis*, „Financial Practice and Education”, vol. 8, nr 1.
- Elton E.J., Gruber M.J. [1998], *Nowoczesna teoria portfelowa i analiza papierów wartościowych*, WIG-Press, Warszawa.
- Fama E.F., French K.R. [1992], *The Cross-Section of Expected Stock Returns*, „Journal of Finance”, vol. 47, nr 2, <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1992.tb04398.x>.
- Fama E.F., French K.R. [2004], *The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence*, „Journal of Economic Perspectives”, vol. 18, nr 3, <https://doi.org/10.1257/0895330042162430>.
- Fama E.F., MacBeth J.D. [1973], *Risk, Return, and Equilibrium: Empirical Tests*, „Journal of Political Economy”, vol. 81, nr 3, <https://doi.org/10.1086/260061>.
- French C.W. [2003], *The Treynor Capital Asset Pricing Model*, „Journal of Investment Management”, vol. 1, nr 2.

- Olbrys J. [2013], *Zastosowanie wybranych miar płynności aktywów kapitałowych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie SA*, „Zarządzanie i Finanse”, nr 3.
- Reilly F.K., Brown K.C. [2001], *Analiza inwestycji i zarządzanie portfelem*, t. 1 i 2, PWE, Warszawa.
- Roll R. [1977], *A Critique of the Asset Pricing Theory's Tests Part I: On Past and Potential Testability of the Theory*, „Journal of Financial Economics”, vol. 4, nr 2, [https://doi.org/10.1016/0304-405x\(77\)90009-5](https://doi.org/10.1016/0304-405x(77)90009-5).
- Rutkowska J., Żarnowski J. [2012], *Stopy zwrotu z portfeli sortowanych według współczynnika beta z modelu CAPM na przykładzie akcji notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie w latach 1998–2010*, Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Naukowego, nr 13.
- Rynki, instrumenty i instytucje finansowe* [2008], red. J. Czekaj, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

### **Testing the Effectiveness of CAPM in the Valuation of Financial Instruments – Estimation of the Risk-free Rate Using a Zero-beta Portfolio** (Abstract)

The article describes the issue of capital asset pricing using Capital Assets Pricing Models (CAPM). The theoretical section presents the assumptions, zero-beta portfolio modification and results of using CAPM. The empirical part focuses on studies of the effectiveness of the CAPM model. Empirical tests are given, providing evidence that both denies and confirms the findings of the CAPM model, while the correlation coefficient is used to verify the model on the Polish capital market. The zero-beta portfolio was created based on futures contracts on WIG20 and units of the Multi Units Luxembourg Lyxor. As indicated by the results, this portfolio may be an appropriate method for estimating the risk-free interest rate. Research on the effectiveness of the valuation was carried out on the basis of two companies: KGHM Polska Miedź SA and Próchnik SA. The results of the study show that in most cases the variability of the companies' returns is greater than that resulting from the CAPM model.

**Keywords:** CAPM, zero-beta portfolio, portfolio theory, efficient market hypothesis.