

**dr Krzysztof Piontek**

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Katedra Inwestycji Finansowych i Zarządzania Ryzykiem

## **AUTOREFERAT**

# **„BUDOWA I WERYFIKACJA KWANTYLOWYCH MODELI POMIARU RYZYKA RYNKOWEGO”**

Opis dorobku naukowego wraz z informacją na temat osiągnięć dydaktycznych,  
popularyzatorskich i organizacyjnych

### **Załącznik 2 do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego**

WSTĘP .....	2
1. INFORMACJE O PRZEBIEGU EDUKACJI I O ZATRUDNIENIU.....	2
2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRACY NAUKOWO-BADAWCZEJ .....	3
3. CYKL PUBLIKACJI POWIĄZANYCH TEMATYCZNIE I OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE BĘDĄCE ZNACZNYM WKŁADEM W ROZWÓJ DYSCYPLINY NAUKOWEJ FINANSE .....	13
3.1. SKŁAD CYKLU PUBLIKACJI POWIĄZANYCH TEMATYCZNIE .....	13
3.2. UZASADNIENIE WYBORU OBSZARU CYKLU PUBLIKACJI .....	15
3.3. KLUCZOWE OSIĄGNIĘCIA W RAMACH CYKLU PUBLIKACJI .....	20
4. OSIĄGNIĘCIA NIEUWZGLĘDNIONE W CYKLU PUBLIKACJI .....	40
5. DZIAŁALNOŚĆ POPULARYZATORSKA, DYDAKTYCZNA I ORGANIZACYJNA .....	45
LITERATURA .....	50
ZESTAWIENIE PUBLIKACJI, REFERATÓW NA KONFERENCJACH I CYTOWAŃ .....	52

## WSTĘP

W autoreferacie podsumowuję mój dorobek naukowy oraz osiągnięcia dydaktyczne z lat 1998–2013, ze szczególnym uwzględnieniem okresu po lutym 2003 roku, tj. po otrzymaniu stopnia doktora.

Po zaprezentowaniu informacji o przebiegu kształcenia oraz o zatrudnieniu, przedstawiam ogólną charakterystykę moich zainteresowań naukowych oraz obszarów badawczych. Celem tej części jest **zaprezentowanie szerszego kontekstu** dla zagadnień szczegółowych prezentowanych w ramach cyklu publikacji. W głównej części autoreferatu przedstawiam prace tworzące „**cykl publikacji powiązanych tematycznie**” wraz z uzasadnieniem wyboru oraz z osiągnięciami stanowiącymi, moim zdaniem, znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej **finanse**.

W dalszej części autoreferatu prezentuję skrótowo osiągnięcia i prace nieuwzględnione w cyklu publikacji powiązanych tematycznie oraz przedstawiam moją działalność popularyzatorską, dydaktyczną i organizacyjną.

W końcowej części autoreferatu dokonuję tabelarycznego zestawienia publikacji, wygłoszonych na konferencjach referatów oraz analizy liczby cytowań. Szczegóły dotyczące cytowań poszczególnych prac znajdują się w Załączniku nr 5 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

## 1. INFORMACJE O PRZEBIEGU EDUKACJI I O ZATRUDNIENIU

W 1998 roku po odbyciu pięcioletnich studiów stacjonarnych na Wydziale Elektroniki i Telekomunikacji Politechniki Wrocławskiej obroniłem na ocenę bardzo dobrą **pracę magisterską** pod tytułem „Analiza korelacyjna sygnałów biomedycznych w oparciu o środowisko MATLAB”. Promotorem pracy był dr hab. Andrzej Muciek, prof. Politechniki Wrocławskiej. Kończąc studia na Politechnice **otrzymałem nagrodę** Rektora Politechniki Wrocławskiej dla najlepszego absolwenta kierunku Elektronika w 1998 roku.

Równolegle, w latach 1994-1998, studiowałem w systemie zaocznym na Wydziale Zarządzania i Informatyki ówczesnej Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu. Studia zakończyłem obroną **pracy licencjackiej** pt. „Wstępna wielokryterialna selekcja akcji do portfela” – z oceną bardzo dobrą. Promotorem pracy był prof. dr hab. Krzysztof Jajuga.

Od października 1998 do 2001 roku byłem uczestnikiem stacjonarnych studiów doktoranckich na Wydziale Zarządzania i Informatyki Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu w Katedrze Inwestycji Finansowych i Ubezpieczeń.

Od 1. października 2001 roku byłem zatrudniony w Katedrze Inwestycji Finansowych i Ubezpieczeń na stanowisku asystenta.

W lutym 2003 roku obroniłem **rozprawę doktorską** „Modelowanie i prognozowanie zmienności instrumentów finansowych”. Promotorem pracy był prof. dr hab. Krzysztof Jajuga, a recenzentami prof. dr hab. Józef Stawicki z Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu oraz dr hab. Mariusz Czekala z Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Praca powstała w ramach **grantu promotorskiego** finansowanego przez Komitet Badań Naukowych (GRANT 5 H02B 019 21). Zarówno praca doktorska, jak i obrona zostały bardzo wysoko ocenione przez Recenzentów i Komisję. Komisja wniosowała do Rady Wydziału o **wyróżnienie pracy doktorskiej** stosowną nagrodą.

Od 1. października 2004 roku byłem zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Inwestycji Finansowych i Ubezpieczeń, a obecnie pracuję w Katedrze Inwestycji Finansowych i Zarządzania Ryzykiem, która powstała 15 lutego 2006 r. w wyniku podziału Katedry Inwestycji Finansowych i Ubezpieczeń.

## **2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRACY NAUKOWO-BADAWCZEJ**

Przed przedstawieniem szczegółów dotyczących cyklu publikacji powiązanych tematycznie „**BUDOWA I WERYFIKACJA KWANTYLOWYCH MODELI POMIARU RYZYKA RYNKOWEGO**” wraz z omówieniem osiągnięć przedstawionych w tym cyklu, chciałbym zaprezentować ogólną charakterystykę mojej pracy naukowo-badawczej.

Współczesne finanse, a w szczególności teoria i praktyka rynków i instrumentów finansowych, nierozzerwalnie związane są z metodami ilościowymi, a w szczególności z koncepcją modeli matematycznych [np. 8, 11, 20, 22, 23, 24]<sup>1</sup>. W ciągu ostatnich 30 lat, w odpowiedzi na potrzeby praktyki, jak i w wyniku chęci weryfikacji różnych hipotez naukowych, zaproponowano znaczną liczbę tego typu modeli. Modele te są coraz szerzej wykorzystywane, a ich skuteczność poddawana jest weryfikacji w różnych obszarach i na wiele sposobów. Na szybki wzrost popularności, liczby i różnorodności modeli matematycznych w zagadnieniach finansowych wpływa szereg powiązanych ze sobą przyczyn: rozwój metod ilościowych, a w szczególności teorii procesów stochastycznych, ale także wzrost mocy obliczeniowej komputerów, dostępności narzędzi informatycznych i specjalistycznego oprogramowania oraz zbiorów danych z różnych rynków finansowych. Praktyka stymulowała rozwój narzędzi teoretycznych. Wynikało to na przykład z konieczności wyceny skomplikowanych instrumentów pochodnych oraz potrzeby pomiaru i agregacji różnych rodzajów ryzyka [np. 8, 22, 23, 26]. Z kolei rozwój narzędzi teoretycznych ułatwiał wdrażanie kolejnych instrumentów, czy rozwiązań w zakresie zarządzania ryzykiem.

---

<sup>1</sup> Oznaczenia zgodne ze spisem literatury na stronie 50.

**Moje główne badania** koncentrują się na zagadnieniach szeroko związanych właśnie z modelami finansowych szeregów czasowych, a w szczególności na opisie zmienności kursów instrumentów finansowych, a tym samym na ryzyku rynkowym, oraz na zagadnieniach związanych z ryzykiem modelu, zaliczanym zazwyczaj do ogólniejszego rodzaju ryzyka – ryzyka operacyjnego. **Skoncentrowałem się na zagadnieniach związanych z modelami: dynamiki cen pojedynczych instrumentów i portfeli, wyceny instrumentów pochodnych i dłużnych oraz szeroko rozumianego pomiaru ryzyka rynkowego (budowa i weryfikacja modeli pomiaru ryzyka).** Co prawda główny nacisk prowadzonych przeze mnie prac badawczych położony został na modele instrumentów finansowych, ale koncepcje teoretyczne i wyniki badań mogą znaleźć również zastosowanie w grupie tzw. „modeli uczestników rynku” (np. w teorii portfela – przy weryfikacji klasycznego modelu Markowitza i tworzeniu oraz weryfikacji modeli będących jego modyfikacjami – w szczególności moje rozważania i badania empiryczne na temat prognozowania macierzy korelacji oraz weryfikacji skośności rozkładów), a także w elementach teorii równowagi rynków kapitałowych (np. w modelu CAPM – rozważania i badania dotyczące wielowymiarowych modeli klasy GARCH oraz prognozowania zmienności i korelacji szeregów stóp zwrotu). Nie było to jednak głównym przedmiotem moich badań.

Zarówno moja dysertacja doktorska, jak i publikacje po uzyskaniu stopnia doktora, odzwierciedlają moje wewnętrzne przekonanie, że **aktualnym wyzwaniem nie jest już proponowanie kolejnych modyfikacji modeli (dla pojedynczych instrumentów, czy portfeli instrumentów), lecz weryfikacja ich przydatności w rozwiązywaniu konkretnych zadań**, przed którymi stają praktycy na rynkach finansowych. Przydatność modeli finansowych szeregów czasowych powinno się wykazywać nie tylko na tzw. próbie uczącej (na podstawie ocen ekonometrycznych), ale przede wszystkim na próbie testowej (na podstawie ocen uwzględniających efekt finansowy zastosowania danego rozwiązania).

Zdecydowana **większość mojego dorobku koncentruje się wokół analizy szeroko rozumianego ryzyka modelu**, które powstaje w przypadku stosowania modelu matematycznego w świecie realnym. W pracach skupiłem się na aspekcie identyfikacji tego ryzyka, ocenie modeli matematycznych i efektów ich stosowania.

Moje zainteresowania związane z ryzykiem modelu podzielić można na dwa obszary dotyczące modeli wykorzystywanych do:

- 1) pomiaru ryzyka,**
- 2) wyceny instrumentów finansowych.**

Wykorzystanie modeli do opisu finansowych szeregów czasowych powinno być, moim zdaniem, ściśle powiązane z próbą odpowiedzi na pytania:

- 1) Jaka wiedza o istocie zjawiska wynika z „przyjęcia” danego modelu (nieodrzućcia modelu w procesie weryfikacji)?**

## **2) Jak wykorzystać dany model w rozwiązaniu zadań, które stawia praktyka?**

Odpowiedzi na drugie pytanie stanowią główny obszar moich zainteresowań i badań, co znajduje odzwierciedlenie szczególnie w dorobku po doktoracie.

**Przed obroną rozprawy doktorskiej**, moje zainteresowania badawcze skupiały się na wykorzystaniu metod taksonomicznych do wyboru optymalnego portfela akcji na bazie informacji publikowanych przez spółki w sprawozdaniach finansowych. Była to kontynuacja rozważań dotyczących badania efektywności rynków finansowych zaprezentowanych w pracy licencjackiej. Obszarem prac, który zdominował jednak moje zainteresowania i zdecydował o kształcie rozprawy doktorskiej, stały się zagadnienia związane z modelowaniem i prognozowaniem zmienności instrumentów finansowych. Celem głównych publikacji było zaprezentowanie właściwości jednowymiarowych modeli klasy AR-GARCH oraz weryfikacja ich wykorzystania w pomiarze wartości zagrożonej dla pojedynczego instrumentu. Były to jedne z pierwszych prac weryfikujących przydatność klasycznych modeli AR-GARCH na danych z rynku polskiego.

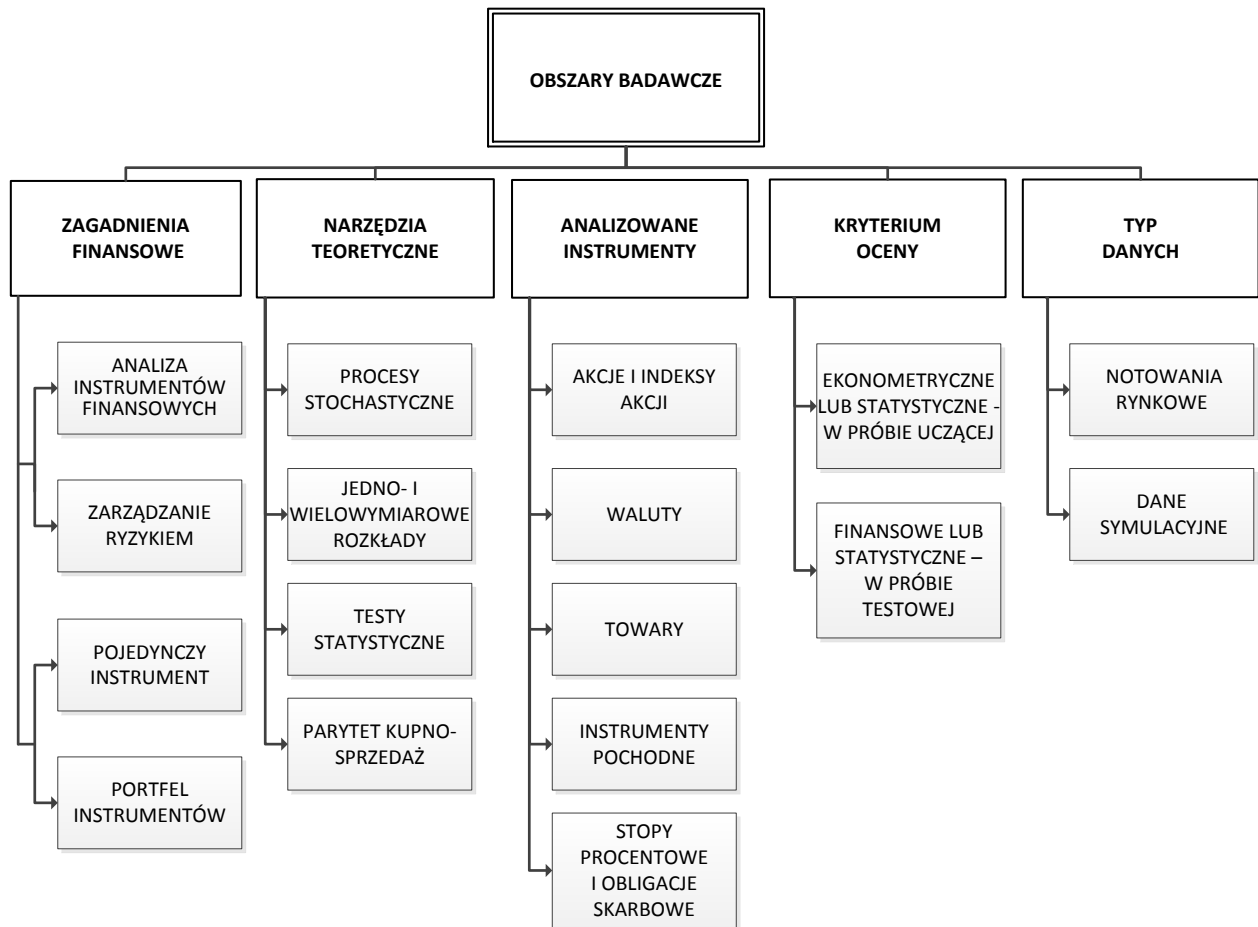
**Rozprawa doktorska** „Modelowanie i prognozowanie zmienności instrumentów finansowych” podsumowywała pierwszy etap badań i obejmowała zagadnienia związane z koncepcją zmienności instrumentów finansowych. Celem pracy był przegląd metod modelowania zmienności stóp zwrotu oraz prognozowania parametru zmienności instrumentów finansowych, a także wykorzystania tych metod w pomiarze ryzyka rynkowego. W ramach wymienionych zagadnień rozważałem następujące cele częściowe:

- 1) przegląd modeli warunkowej wartości oczekiwanej,
- 2) przegląd modeli warunkowej wariancji,
- 3) przegląd postaci rozkładów standaryzowanych reszt modelu,
- 4) przegląd technik prognozowania parametru zmienności na podstawie modeli szeregów czasowych,
- 5) przegląd technik prognozowania parametru zmienności na podstawie oczekiwań rynku,
- 6) przedstawienie wyników badań empirycznych dotyczących modelowania i prognozowania zmienności rzeczywistych szeregów stóp zwrotu wybranych instrumentów finansowych.

W tym miejscu chciałbym przedstawić przekrojowo mój dorobek naukowy **po doktoracie** w podziałach według różnych kryteriów, które nie zawsze są rozłączne.

**Szczegóły dotyczące poszczególnych prac, propozycji, badań, wniosków przedstawiam w części dotyczącej cyklu publikacji powiązanych tematycznie (rozdział 3, str. 13–40) oraz pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (rozdział 4, str. 40–45).**

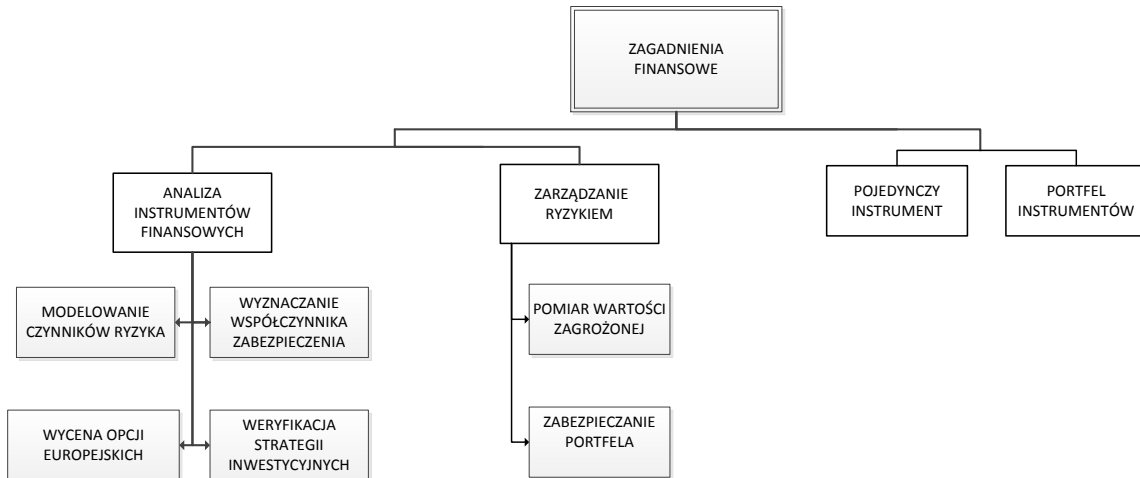
Poniżej prezentuję syntetycznie **obszary badawcze z podziałem na zagadnienia**, które stanowiły obszar moich rozważań i badań po obronie pracy doktorskiej.



## PODZIAŁ ZE WZGLĘDU NA ZAGADNIENIA FINANSOWE

Moje prace podzielić można na publikacje dotyczące **analizy instrumentów finansowych** oraz na prace związane z **zarządzaniem ryzykiem**. Niektóre z nich w naturalny sposób zaliczyć można do obydwu obszarów (np. wyznaczanie współczynnika delta – wrażliwości na zmiany cen instrumentu bazowego – na bazie modeli wyceny opcji uwzględniających różne założenia odnośnie kształtowania się cen instrumentu bazowego).

Dodatkowo, rozważane zagadnienia modelowania finansowych szeregów czasowych i wykorzystania modeli matematycznych w rozwiązywaniu zagadnień finansowych dzielą się na zagadnienia związane z pojedynczym instrumentem (modele jednowymiarowe) oraz z portfelem instrumentów (modele wielowymiarowe).



W zakresie **analizy instrumentów finansowych** moja aktywność skupiała się zarówno na aspektach związanych z **modelowaniem czynników ryzyka**, analizą modeli **wyceny opcji europejskich**, jak i z analizą i weryfikacją wyników **strategii inwestycyjnych (arbitrażowych, paraarbitrażowych, spekulacyjnych i zabezpieczających)**.

W zakresie analizy instrumentów finansowych moje prace dotyczyły:

**a) identyfikacji (głównie skośności) i modelowania właściwości szeregów czasowych czynników ryzyka** (stóp zwrotu z kursów akcji, walut, indeksów, towarów oraz stóp procentowych);

Jest to najszerszy obszar moich badań. Wyniki zaprezentowane zostały w publikacjach **P3<sup>2</sup>, P4, P5, P6, P8, P9, P10, P12, P14, P15, P16, P17, P21** oraz w ramach wygłoszonych na konferencjach referatów **WP19<sup>3</sup>, WP21**, z których publikacje są aktualnie w trakcie przygotowywania. Szczegóły głównie na str. 25–27 (identyfikacja) i 27–31 (modelowanie).

**b) wyceny opcji europejskich;**

Moje badania dotyczyły usystematyzowania wiedzy teoretycznej oraz analizy własności modeli wyceny europejskich opcji kupna i sprzedaży. Wyniki rozważań przedstawiłem w pracach **P1, P7** oraz w ramach referatów **WP17 i WZ8**, na bazie których przygotowuję obecnie publikację. Szczegóły prezentuję na str. 41–42.

<sup>2</sup> **Oznaczenia** zgodne z zastosowanymi w tabelarycznym zestawieniu publikacji i referatów na końcu autoreferatu (str. 52). **P** – publikacja, **WP** – referat na konferencji w Polsce, **WZ** – referat na konferencji zagranicznej.

<sup>3</sup> **Osiągnięcia** zaprezentowane w ramach referatów konferencyjnych przytaczam jedynie w przypadku, gdy nie zostały one jeszcze przedstawione w publikacjach.

**c) weryfikacji strategii inwestycyjnych;**

Obszar ten podzielić można, zgodnie z ogólnie przyjętym podziałem strategii inwestycyjnych, na strategie spekulacyjne, arbitrażowe i zabezpieczające. **Te ostatnie prezentuję poniżej w części dotyczącej obszaru „zarządzanie ryzykiem”.**

W ramach strategii spekulacyjnych analizowałem zagadnienia związane z inwestycjami na rynku obligacji skarbowych o stałym oprocentowaniu. Częstkowe wyniki dotyczące modelowania krzywej dochodowości za pomocą modeli Nelsona-Siegela oraz Svenssona zaprezentowane zostały w ramach referatu **WP16**, a badania strategii inwestycyjnej w publikacji **P20**. Szczegóły znajdują się na str. 44.

Zagadnienia związane ze strategiami arbitrażowymi z wykorzystaniem instrumentów pochodnych stanowiły obszar badawczy przedstawiony w 3 publikacjach (**P11, P13, P19** – szczegóły na str. 40).

W zakresie zagadnień związanych z **zarządzaniem ryzykiem** moje prace skupiały się wokół następujących obszarów:

**a) wartość zagrożona jako miara ryzyka rynkowego;**

Moja aktywność naukowa dotyczyła:

- **metod wyznaczania wartości zagrożonej** dla wybranych klas instrumentów oraz portfeli instrumentów, z wykorzystaniem modeli czynników ryzyka zidentyfikowanych w ramach badań nad własnościami finansowych szeregów czasowych (szczegóły na str. 31-34) oraz
- **metod weryfikacji efektów pomiaru wartości zagrożonej** poprzez porównanie wartości zagrożonej i rzeczywistych strat wartości portfela w analizowanym okresie (dane historyczne). Szczegóły na prezentuję na str. 34–38.

Sposób wykorzystania rozszerzenia (na przypadek wielowymiarowy) jednowymiarowych modeli klasy ARMA-GARCH do pomiaru wartości zagrożonej portfela instrumentów analizowałem w pracach **P9** i **P21** (szczegóły str. 32–33).

Drugim, silnie eksplorowanym obszarem moich badań w tym zakresie jest weryfikacja poprawności szacowania wartości zagrożonej (tzw. **testowanie wsteczne – backtesting** – na bazie danych historycznych). Wyniki badań zaprezentowałem w serii publikacji **P18, P22, P23, P24** oraz w referatach wygłoszonych na konferencjach, np. **WP23, WP25**. Prezentowane na bazie badań wnioski (**szczególnie te dotyczące mocy poszczególnych testów**) są kluczowe w ocenie metod pomiaru wartości zagrożonej, w tym także w ocenie przydatności szeroko rozumianych modeli czynników ryzyka w procesie pomiaru ryzyka z wykorzystaniem koncepcji wartości zagrożonej. Szczegóły przedstawiłem na str. 34–38.

## **b) zabezpieczanie portfela przed ryzykiem zmian cen;**

Analizując zagadnienia związane z ryzykiem modelu w procesie wyceny opcji europejskich analizowałem także ryzyko modelu w zakresie szacowania współczynnika wrażliwości wartości opcji na zmianę ceny instrumentu bazowego. Przedstawiłem różnice w wartościach współczynnika delta wyznaczanego na bazie modelu Blacka-Scholesa-Mertona oraz modelu wykorzystującego proces AR-GARCH. Wskazałem warunki, w których ryzyko modelu jest nieistotne oraz warunki, w których odstępstwa są szczególnie duże. Wyniki przedstawiłem w publikacji **P7**. Szczegóły prezentuję na str. 41–42.

W ramach badań nad modelowaniem wielowymiarowych szeregów czasowych, analizowałem przydatność metod (o różnym poziomie skomplikowania wykorzystywanego modelu) do wyznaczania współczynnika zabezpieczenia portfela akcji kontraktami futures na indeks giełdowy. Wyniki przedstawiłem w ramach referatów **WP19** i **WP22** (szczegóły str. 42).

Pośrednio, zagadnień związanych z budową i zabezpieczeniem portfela papierów wartościowych dotyczą również prace **P2** i **P14**, w których ocenie empirycznej poddane zostały techniki prognozowania zmienności oraz macierzy korelacji. Szczegóły na str. 44–44.

Prace: **P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P10, P12, P17, P18, P22, P23, P23** oraz referaty **WP15, WP17, WZ1, WZ3, WZ3, WZ5, WZ8, WZ9, WZ10, WZ11** dotyczyły zagadnień związanych z modelowaniem szeregów czasowych dla **pojedynczych instrumentów** (ewentualnie zagadnień związanych z szeregami danych dla portfeli traktowanych całościowo – jako instrument syntetyczny). Praca **P6** dotyczyła natomiast opisu dziennych zmian poziomu stopy WIBOR1M za pomocą modeli uwzględniających zarówno powrót do średniej wartości procesu, jak i efekt GARCH.

Zagadnienia dotyczące modelowania szeregów dla **portfeli instrumentów** zaprezentowałem natomiast w publikacjach **P9, P11, P13, P14, P15, P16, P19, P20, P21** oraz na szeregu konferencji w referatach **WP16, WP19, WP22, WP23, WP24, WP25**. Przedstawione w tych referatach wyniki prac zostaną uzupełnione i przedstawione do publikacji w ciągu najbliższego roku.

## **PODZIAŁ ZE WZGLĘDU NA NARZĘDZIA TEORETYCZNE**

Moją działalność naukowo-badawczą podzielić mogę również ze względu na wykorzystywane narzędzia badawcze (na przykład modele: procesów stochastycznych, rozkładów zmiennych losowych, parytetów cen instrumentów finansowych), choć także w tym przypadku granica bywa nieostra.

Pierwszy obszar stanowi analiza zagadnień związanych z **procesami stochastycznymi**. Poświęciłem temu następujące publikacje: **P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P12, P14, P15,**

**P16, P21.** Obszar ten związany jest z zagadnieniami modelowania czynników ryzyka. Szczegóły zaprezentowane zostały głównie na str. 27–31 oraz 41–43.

Drugim obszarem jest **analiza jedno- i wielowymiarowych rozkładów zmiennych losowych**. Wnioski z **testowania skośności rozkładów** stóp zwrotu przedstawione zostały w pracach **P8, P10, P12, P17** (szczegóły na str. 25–27 i 27–30). Badaniu podlegała również **struktura zależności w wielowymiarowych rozkładach** stóp zwrotu poprzez zastosowanie funkcji połączeń. Obszar ten znalazł odzwierciedlenie w publikacjach **P16** i **P21** (szczegóły str. 32). Wyniki badań **mocy testów statystycznych wykorzystywanych do oceny poprawności poszczególnych technik szacowania VaR** przedstawiłem w pracach **P9, P18, P21, P22, P23** i **P24**. Szczegóły na str. 34–38.

Kolejnym zagadnieniem była analiza **parytetu cen opcji kupna i sprzedaży**, którego spełnienie uniemożliwia przeprowadzenie strategii arbitrażowych. Obszarowi temu poświęciłem prace **P11, P13, P19**. Szczegóły na str. 40–41.

## **PODZIAŁ ZE WZGLĘDU NA ANALIZOWANE INSTRUMENTY**

W warstwie empirycznej moja aktywność naukowa i badawcza dotyczyła analizy danych związanych z następującymi klasami instrumentów finansowych:

- a) **akcje i indeksy akcji** z rynku polskiego (szczegóły głównie na str. 25–34 oraz 43–44): publikacje **P2, P3, P4, P5, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P14, P15, P16, P17, P21**, referaty **WZ1, WZ9, WP19, WP22**,
- b) **waluty** (szczegóły głównie na str. 25–34 oraz 43–44): **P2, P9, P12, P14, P15, P16**,
- c) **instrumenty pochodne** (szczegóły 40–43): opcje: **P1, P7, P12, WZ8, WP17**, kontrakty futures: **P11, P12, WP19, WP22**, jednostka MiniWIG20: **P19**,
- d) **stopy procentowe i obligacje skarbowe** (szczegóły str. 44): **P6, P20, WP16**,
- e) **towary** (szczegóły str. 43–44): **P2**,
- f) **indeksy giełd zagranicznych** (szczegóły głównie na str. 25–34): **P9, P12, P15, P16**.

## **PODZIAŁ ZE WZGLĘDU NA KRYTERIUM OCENY MODELI**

Część mojej aktywności naukowo-badawczej dotyczyła zagadnień dopasowania modelu do danych **w próbie uczącej**. Poszukiwałem modeli najlepiej dopasowanych do danych z punktu widzenia założonego kryterium ekonometrycznego. Prace: **P1, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P10, P12, P15, P16** dotyczyły zagadnień oceny i wyboru modeli na podstawie jedynie dopasowania do danych. Szczegóły przedstawiam głównie na str. 25–34.

Celem moich badań była jednak także ocena poszczególnych modeli (o różnym dopasowaniu do danych w próbie) przez pryzmat osiąganych wyników w warstwie prognostycznej (**w próbie**

testowej). Jest to zdecydowanie **preferowane przeze mnie podejście**, które wynika z postawionego celu – weryfikacji modeli z punktu widzenia ich przydatności w rozwiązywaniu zagadnień finansowych. Ten aspekt prezentują następujące moje prace: **P2, P14, P21**. Szczegóły zaprezentowałem na str. 43–44 i 32. Część prac łączy powyższe aspekty: **P9, P20**. Wybrane aspekty omówione zostały na str. 44.

## **PODZIAŁ ZE WZGLĘDU NA WYKORZYSTANE DANE**

Tylko jedna praca (**P18**), w ramach mojej aktywności naukowej, nie zawierała części empirycznej. We wszystkich pozostałych publikacjach badania empiryczne stanowiły istotny element prac – weryfikujący stawiane hipotezy lub będący uzupełnieniem rozważań teoretycznych. Obliczenia wykonywałem samodzielnie za pomocą procedur oprogramowanych przeze mnie w środowisku **MATLAB**. Podejście takie zostało pozytywnie ocenione w szeregu recenzji, którym poddawane były prace oraz znajduje również odzwierciedlenie w liczbie cytowań. Moje prace podzielić można na takie, w których źródłem danych były notowania odpowiednich instrumentów finansowych (**P2, P3, P4, P5, P6, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P19, P20, P21, WZ1, WZ8, WZ9, WP16, WP17, WP19, WP22** – głównie str. 25–34 oraz 41–45) oraz na prace, w których odpowiednie wnioski i konkluzje uzyskałem na bazie badań symulacyjnych (**P22, P23, P24, WZ10, WP23, WP24, WP25** – szczegóły na str. 34–38). W tym drugim przypadku dbałem o to, by niezbędne założenia dotyczące na przykład kształtów rozkładów, czy parametrów modeli były zgodne z właściwościami obserwowanymi typowo w danych rzeczywistych. Niektóre prace łączą oba aspekty (**P1, P7** – str. 41–42).

**Efekt moich prac naukowych jest łącznie 40 pozycji opublikowanych** do końca października 2014 roku. Z tych 40 pozycji – 24 to prace, które ukazały się po uzyskaniu stopnia doktora nauk ekonomicznych.

W ramach mojej aktywności naukowo-badawczej **brałem czynny udział w szeregu konferencji naukowych** prezentując wyniki moich badań (szczegółową listę konferencji wraz z tytułami wystąpień prezentuję na stronach 56–60). **Łączna liczba wygłoszonych przeze mnie referatów wynosi 54, z tego po doktoracie wygłosiłem 40**. W okresie po obronie doktoratu wygłosiłem **36 samodzielnych referatów** (22 w języku polskim i 14 w języku angielskim.) Na **konferencjach międzynarodowych** wygłosiłem 17 referatów<sup>4</sup> (z czego 14 – były to samodzielne wystąpienia w języku angielskim). **Dwa z moich wystąpień zostały nagrodzone** (szczegóły na stronie 49).

**Ponadto, jestem również autorem 2 rozdziałów** („Metody budowy portfeli inwestycyjnych”, podrozdział 7.1, str. 335–358 oraz „Klasyfikacja i porządkowanie zakładów ubezpieczeń –

---

<sup>4</sup> Szczegółowe zestawienie prezentuję na str. 52.

przegląd metod i badania empiryczne”, podrozdział 8.4.1., str. 420-446) **w monografii**, która powstała **w ramach grantu** „Zastosowanie metod ekonometryczno-statystycznych w zarządzaniu finansami zakładów ubezpieczeń – 5 H02B 018 21”. Kierownikiem naukowym grantu była Prof. dr hab. Wanda Ronka-Chmielowiec.

Na koniec chciałbym wspomnieć o **aktualnych kierunkach pracy badawczej**, które mieszczą się jednak w ramach dotychczasowych obszarów badań naukowych. Kierunki te traktuję jako naturalną kontynuację badań prowadzonych do tej pory.

Najważniejszym obszarem obecnie prowadzonych badań jest **analiza ryzyka modelu, które to ryzyko wynika z błędów oszacowań parametrów modeli** wykorzystywanych w procesie wyceny instrumentów finansowych oraz w zarządzaniu ryzykiem (**WP24, WP25, WP26**). Oczywiście jest, że dla skończonej próby oszacowania parametrów modelu obarczone są potencjalnym błędem estymacji, który przekłada się na błąd wielkości wyznaczonej na podstawie modelu. Wynikiem badań będzie określenie minimalnej długości próby potrzebnej do estymacji parametrów modelu, by uzyskać przedział ufności wyznaczonej wartości (np. wartości zagrożonej, wartości opcji, wartości współczynnika zabezpieczenia) o założonej szerokości (**WZ13**). Ten ostatni obszar prac jest szczególnie istotny, gdyż nieświadomienie sobie ograniczeń stosowanych metod może prowadzić do mylnych interpretacji oraz do nieuzasadnionego przekonania o poprawności stosowanych modeli.

Drugim, konsekwentnie rozwijanym obszarem mojej aktywności pozostaje **analiza mocy testów wyników pomiaru wartości zagrożonej oraz oczekiwanego niedoboru**. W aktualnie prowadzonych badaniach pragnę określić, dla typowych długości szeregów próby, poziom błędu pierwszego rodzaju (odrzućcia modelu prawidłowego), który musi być zaakceptowany, by uzyskać satysfakcjonującą moc testu (odrzućcia modelu nieprawidłowego) w przypadku założonych odstępstw od modelu prawidłowego. Jest to również analiza swoiście rozumianego błędu modelu (**WP23**).

### **3. CYKL PUBLIKACJI POWIĄZANYCH TEMATYCZNIE I OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE BĘDĄCE ZNACZNYM WKŁADEM W ROZWÓJ DYSCYPLINY NAUKOWEJ FINANSE**

W tym miejscu chciałbym zaprezentować cykl publikacji powiązanych tematycznie „**BUDOWA I WERYFIKACJA KWANTYLOWYCH MODELI POMIARU RYZYKA RYNKOWEGO**” wraz z omówieniem osiągnięć, które traktuję jako znaczny wkład w rozwój nauk ekonomicznych w dyscyplinie finanse (zgodnie z art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14.03.2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003, nr 65, poz. 595 ze zmianami)).

#### **3.1. SKŁAD CYKLU PUBLIKACJI POWIĄZANYCH TEMATYCZNIE**

Jako cykl publikacji powiązanych tematycznie, „**BUDOWA I WERYFIKACJA KWANTYLOWYCH MODELI POMIARU RYZYKA RYNKOWEGO**”, stanowiący prezentację osiągnięć, wskazuję **11 moich najważniejszych publikacji** z obszaru modelowania szeregów czasowych oraz ryzyka modelu w pomiarze ryzyka rynkowego (w układzie chronologicznym)<sup>5</sup>:

- P3 Modelowanie „długiej pamięci” szeregów zmienności stóp zwrotu**, w: Modelowanie Preferencji a Ryzyko’03, Trzaskalik T. (red.), Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 2003, ISBN 83-7246-363-8, str. 491-504,
- P8 Wykorzystanie warunkowego rozkładu Pearsona typu IV w modelowaniu skośności i leptokurtozy rozkładów stóp zwrotu**, w: Taksonomia nr 12, Jajuga K., Walesiak M. (red.), Prace Naukowe Nr 1076 Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, 2005, PL ISSN 0324-8445, str. 434-443,
- P9 Wykorzystanie wielorównaniowych modeli AR-GARCH w pomiarze ryzyka metodą VaR**, w: Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a rynek polski, Jajuga K., Ronka-Chmielowiec W. (red.), Prace Naukowe Nr 1088 Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, 2005, PL ISSN 0324-8445, str. 126–138, **mój udział w publikacji 70%, (współautor: dr Daniel Papla<sup>6</sup>, Katedra Inwestycji Finansowych i Zarządzania Ryzykiem Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, udział współautora 30%),**

---

<sup>5</sup> **Oznaczenia** zgodne z zastosowanymi w tabelarycznym zestawieniu publikacji i wystąpień na końcu autoreferatu (str. 52).

<sup>6</sup> W pracy **P9 wkład współautora, dr. Daniela Papli, oceniony został na 30%** i dotyczył współpracowania koncepcji badań oraz opracowania wniosków z wyników badań. Moim wkładem była pozostała część prac, a w szczególności zagadnienia dotyczące koncepcji i wyzwań w wykorzystaniu modeli wielowymiarowych GARCH, testowania wstecznego oraz przeprowadzenie obliczeń w części empirycznej (na podstawie autorskich procedur w środowisku MATLAB).

- P12 Modelowanie warunkowej kurtozy oraz skośności w finansowych szeregach czasowych**, w: Materiały z Ogólnopolskiego Seminarium Naukowego Dynamiczne Modele Ekonometryczne, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, 2005, ISBN 8323118647, str. 111–120,
- P15 Niektóre praktyczne wyzwania w modelowaniu wielowymiarowych procesów GARCH**, w: Taksonomia nr 13, Jajuga K., Walesiak M. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu Nr 1126, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, 2006, PL ISSN 0324-8445, str. 194–205,
- P17 Pomiar i testowanie skośności rozkładów stóp zwrotu instrumentów finansowych**, w: Taksonomia nr 14, Jajuga K., Walesiak M. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 1169, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, 2007, PL ISSN 0324-8445, str. 122-130,
- P18 Przegląd i porównanie metod oceny modeli VaR**, w: Matematyczne i ekonometryczne metody oceny ryzyka finansowego, Chrzan P. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 2007, ISBN 978-83-7246-822-2, str. 113–124,
- P21 Zastosowanie rozkładów alfa-stabilnych i funkcji powiązań (copula) w obliczaniu wartości zagrożonej (VaR)**, w: Wyzwania współczesnych finansów, Jajuga K. (red), Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław, 2009, ISBN 978-83-7011-947-8, str. 123–131, **mój udział w publikacji 70%, (współautor: dr Daniel Papla<sup>7</sup>, Katedra Inwestycji Finansowych i Zarządzania Ryzykiem Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, udział współautora 30%),**
- P22 The Analysis of Power for Some Chosen VaR Backtesting Procedures: Simulation Approach**, w: Advances in Data Analysis, Data Handling and Business Intelligence, Studies in Classification, Data Analysis and Knowledge Organization., Fink A., Lausen B., Seidel W., Ultsch A. (red.), Springer-Verlag, Heidelberg, 2010, ISBN 978-3-642-01043-9, str. 481-490,
- P23 Comparison of Some Chosen Tests of Independence of Value-at-Risk Violations**, w: Algorithms from and for Nature and Life, Studies in Classification, Data analysis, and Knowledge Organization, Lausen B., Van den Poel D., Ultsch A. (red.), Springer-Verlag, Heidelberg, 2013, ISBN 978-3-319-00034-3, str. 407–416,
- P24 Value-at-Risk Backtesting Procedures Based on the Loss Functions – Simulation Analysis of the Power of Tests**, w: Data Analysis, Machine Learning and Knowledge Discovery,

---

<sup>7</sup> W pracy P21 wkład współautora, dr. Daniela Papli, oceniony został na 30% i dotyczył współautorstwa ogólnej koncepcji badań oraz rozważań nad możliwością wykorzystania funkcji połączeń. Moim wkładem było opracowanie części pracy związanej z pomiarem wartości zagrożonej, procedurą Monte Carlo, weryfikacją modeli w procedurze testowania wstecznego oraz część empiryczna pracy.

Spiliopoulou M., Schidt-Thieme L., Janning R., Springer-Verlag, Heidelberg, 2014, ISBN 978-3-319-01594-1, str. 273–281.

### 3.2. UZASADNIENIE WYBORU OBSZARU CYKLU PUBLIKACJI

Znaczny wzrost szeroko rozumianego ryzyka, szczególnie w okresie od rozpoczęcia kryzysu w 2007 roku, spowodował, iż stało się ono jednym z najważniejszych pojęć współczesnych finansów. Skuteczne zarządzanie ryzykiem (identyfikacja, analiza, pomiar, sterowanie i weryfikacja efektów) stało się zaś nie tylko elementem podniesienia ekonomicznej efektywności, ale także coraz częściej **elementem decydującym w ogóle o przetrwaniu podmiotu**. Skomplikowane metody ilościowe stały się nieodłącznym elementem zarządzania ryzykiem [np. 8, 15, 20, 22, 23, 26 oraz **P1–P24**]<sup>8</sup>.

Codziennie stało się, nie zawsze uświadomione, wykorzystywanie modeli procesów stochastycznych do opisu danych finansowych. Bardzo popularne założenie, że kolejne stopy zwrotu są niezależne oraz pochodzą z rozkładu o stałych parametrach (często normalnego) ma przecież odpowiednik w zazwyczaj nadmiernie prostym, lecz bardzo popularnym, modelu geometrycznego ruchu Browna. Jak już zostało powiedziane wcześniej, na szybki wzrost popularności, liczby i różnorodności modeli matematycznych w zagadnieniach finansowych wpływa szereg powiązanych ze sobą przyczyn: rozwój metod ilościowych, a w szczególności teorii procesów stochastycznych, ale także wzrost mocy obliczeniowej komputerów, dostępności narzędzi informatycznych i specjalistycznego oprogramowania oraz zbiorów danych z różnych rynków finansowych. Modele te są coraz szerzej wykorzystywane, a ich skuteczność poddawana jest weryfikacji w różnych obszarach i na wiele sposobów.

Każdy model jest jednak jedynie uproszczonym odwzorowaniem świata rzeczywistego. Uproszczenie to jest elementem niezbędnym, by móc w praktyce zbudować model, lecz samo w sobie jest też źródłem ryzyka – tzw. ryzyka modelu [np. 8, 11, 20, 26]. **Ryzyko modelu jest zjawiskiem nieuniknionym** i wiąże się przede wszystkim z:

- 1) **przyjęciem nieprawidłowej postaci modelu** (z nieuwzględnieniem wszystkich czynników ryzyka, z błędnymi rozkładami czynników ryzyka, czy z nieprawidłowym sposobem uwzględnienia zależności – np. inne niż liniowe zależności w rzeczywistości, a liniowe w modelu),
- 2) **błędami w oszacowaniu parametrów modelu**, czy to w wyniku nieprawidłowej estymacji, czy w wyniku skończonej długości próby,
- 3) **wykorzystaniem nieprawidłowego modelu w konkretnej sytuacji**, np. gdy model wyceny instrumentu finansowego, zakładający, że rynek jest efektywny i płynny, jest stosowany w sytuacji rynku o niskiej płynności, na przykład w okresie kryzysu.

---

<sup>8</sup> Literatura zgodnie ze spisem na str. 50. Moje prace zgodnie ze spisem ze str. 53.

Potencjalne zagrożenie tkwi w nieświadomości istnienia tego ryzyka oraz jego wielkości i konsekwencji. **Ryzyko modelu należy więc identyfikować, mierzyć i ograniczać.** W wielu przypadkach brak świadomości istnienia tego ryzyka lub jego wielkości doprowadziły do poważnych konsekwencji finansowych. Jednym z najgłośniejszych przypadków, w których decydującą rolę odegrało ryzyko modelu, jest upadłość w 1998 roku funduszu hedgingowego Long Term Capital Management (LTCM). Wyszczególnienie akurat tego przypadku jako przykładu wynika nie tylko z wielkości straty i znaczenia dla stabilności systemu finansowego, lecz z poziomu zaawansowania teoretycznych stosowanych modeli (wspomagających decyzje inwestycyjne) oraz z faktu, że ich twórcy i użytkownicy byli uznanymi autorytetami w tej dziedzinie. Straty na skutek zrealizowania się scenariusza dalece wykraczającego poza założenia modelu (m.in. kryzys rosyjski w 1998 roku) pokazują, z jaką ostrożnością należy podchodzić do stosowania modeli. Przede wszystkim należy być świadomym założeń leżących u podstaw ich konstrukcji. Nawet, gdy te założenia są spełnione w danej chwili, trzeba przeprowadzić analizę, w jakich warunkach mogą przestać obowiązywać.

Pozytywnym aspektem kryzysu finansowego, który rozpoczął się w 2007 roku, jest fakt, że zwrócono uwagę na konieczność analizy ryzyka modelu i poszukiwań rozwiązań, które dobrze dopasowują się do danych historycznych, lecz jednocześnie są odporne na zmianę warunków rynkowych oraz zrozumiałe dla użytkowników [22, 26].

**Niestety brak jest nadal ogólnie przyjętych standardów** w zakresie modelowania czynników ryzyka i wyceny na tej podstawie instrumentów finansowych oraz pomiaru ryzyka [4, 5, 9, 10, 15, 16, 17, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 39 oraz **P1–P10, P12, P14–P16**].

**Aktualnym wyzwaniem nie jest już jednak, moim zdaniem, proponowanie kolejnych modyfikacji modeli (dla pojedynczych instrumentów, czy portfeli instrumentów), lecz weryfikacja ich przydatności w rozwiązywaniu konkretnych zadań,** przed którymi stają praktycy na rynkach finansowych [np. 15, 25, 26, 34 oraz np. **P2, P9, P14, P20, WZ12, WZ13**]. Przydatność modeli finansowych szeregów czasowych powinno się wykazywać nie tylko na tzw. próbie uczącej (na podstawie ocen ekonometrycznych), ale przede wszystkim na próbie testowej (na podstawie ocen uwzględniających efekt finansowy zastosowania danego rozwiązania). Kluczowym aspektem w wykorzystaniu modelu ekonometrycznego w finansach jest nie tyle to, na ile model jest dobrym przybliżeniem obecnej i przeszłej rzeczywistości, ale jak dobrym będzie przybliżeniem przyszłej rzeczywistości, a to możliwe jest do zweryfikowania dopiero ex post. Dany model powinien być zweryfikowany dla różnych szeregów czasowych oraz okresów. Preferowane powinny być modele odporne na zmiany warunków rynkowych oraz zrozumiałe dla użytkowników.

**Podstawowy obszar mojej pracy naukowo-badawczej, podporządkowany jest identyfikacji modeli (np. szeregów stóp zwrotu dla pojedynczych instrumentów lub portfeli) lub rozwiązań (np. testów skośności rozkładów czy poprawności modeli pomiaru ryzyka) o najmniejszym poziomie skomplikowania, które prowadzą do uzyskania akceptowalnych, zamierzonych**

**efektów z punktu widzenia postawionych zadań z zakresu finansów (np. pomiaru ryzyka, czy wyceny instrumentów).** W przypadku modeli ekonometrycznych sprowadza się to do poszukiwania rozwiązań rekomendowanych z punktu widzenia właściwości uzyskiwanych w próbie testowej, spośród modeli wskazanych wstępnie na podstawie dopasowania w próbie uczącej. Modele dopasowujące się ściśle do danych w próbie uczącej nie zawsze, a wręcz rzadko, są najlepsze z punktu widzenia szeroko rozumianego efektu ich późniejszego wykorzystania w rozwiązywaniu zagadnień finansowych (weryfikowanych na próbie testowej).

Przedstawione w cyklu powiązanych tematycznie publikacji („**Budowa i weryfikacje kwantylowych modeli pomiaru ryzyka rynkowego ryzyka**”) rozważania teoretyczne i badania empiryczne mają na celu pogłębienie wiedzy na temat wykorzystania modeli w finansach (szczególnie w pomiarze ryzyka rynkowego) przez poszukiwanie rozwiązań, które można by było zarekomendować z punktu widzenia stopnia skomplikowania oraz miar uwzględniających efekt ekonomiczny.

Poprzez **kwantylowy model pomiaru ryzyka rynkowego** rozumiem, w tym przypadku parametryczny lub semiparametryczny model prowadzący do oszacowania ryzyka rynkowego pojedynczego instrumentu finansowego lub portfela instrumentów poprzez odpowiednie uwzględnienie informacji wykorzystującej (warunkowy lub bezwarunkowy) kwantyl (lub kwantyle) nieznanego na ogół (warunkowego lub bezwarunkowego) rozkładu zmian wartości portfela instrumentów w rozpatrywanym przedziale czasu. Najczęściej analizowane są dolne kwantyle rozkładów zmian wartości, a ryzyko rozumiane jest negatywnie, co prowadzi do klasy tzw. miar zagrożenia [np. 1, 8, 15, 20, 21, 22, 24, 26, 34].

W moich rozważaniach uwzględniłem **wartość zagrożoną** ( $VaR_t(q)$ ) oraz **oczekiwany niedobór** ( $ES_t(q)$ ), które definiuje się w sposób następujący:

$$P(W_{t+1} \leq W_t - VaR_t(q)) = P(\Delta W_{t+1} \leq -VaR_t(q)) = q$$

$$ES_t(q) = E[-\Delta W_{t+1} / \Delta W_{t+1} \leq -VaR_t(q)],$$

gdzie:

$\Delta W_{t+1}$  – zmiana wartości portfela instrumentów finansowych w zadanym przedziale czasu,

$q$  – poziom tolerancji wartości zagrożonej (najczęściej 1% lub 5%).

Są to uzupełniające się, najpopularniejsze (z praktycznego) punktu widzenia, miary zagrożenia, będące szczególnymi przypadkami „**spektralnej miary ryzyka**” wprowadzonej przez Acerbiego w 2002 roku [1]. Spektralna miara ryzyka jest średnią ważoną (całką z odpowiednią funkcją wagową) z kwantyli rozkładu zmiany wartości portfela. Funkcja wagowa uwzględnia awersję do ryzyka.

W zagadnieniu budowy i weryfikacji kwantylowych modeli pomiaru ryzyka rynkowego skupiłem się przede wszystkim na procedurze pomiaru ryzyka rynkowego za pomocą najpopularniejszej

i najczęściej wykorzystywanej [np. 15, 20, 21, 22, 24, 26, 34] miary zagrożenia – **wartości zagrożonej**. Przytoczona powyżej definicja wartości zagrożonej (jako takiej straty wartości rynkowej portfela, że prawdopodobieństwo osiągnięcia jej lub przekroczenia w zadanym horyzoncie równe jest założonemu niskiemu poziomowi) jest bardzo intuicyjna, nie precyzuje jednak, w jaki sposób owa wartość powinna być szacowana oraz weryfikowana. **Generuje to szereg wyzwań teoretycznych i praktycznych, które stanowią obszar moich rozważań.**

W praktyce **modele kwantylowych miar ryzyka konstruuje się (zazwyczaj) z wykorzystaniem modeli stochastycznych** opisujących dynamikę stóp zwrotu z analizowanych instrumentów. Wymaga to znajomości wartości początkowej portfela, co nie stanowi problemu, oraz bezwarunkowych, lub częściej warunkowych, kwantyli przyszłych rozkładów stóp zwrotu.

W przypadku wartości zagrożonej niezbędna jest znajomość pojedynczego kwantyla rozkładu stóp zwrotu ( $VaR_{T+1}^R(q)$ ) odpowiadającego poziomowi tolerancji wartości zagrożonej, a w przypadku oczekiwanego niedoboru – oczekiwanej wartości kwantyli rozkładu rzędów niższych niż poziom tolerancji VaR ( $ES_{T+1}^R(q)$ ).

Wartości te oszacowuje zwykle się na **podstawie modeli** uwzględniających warunkową wartość oczekiwaną, warunkową wariancję oraz warunkowy kształt przyszłego rozkładu stóp zwrotu:

$$VaR_{T+1}^R(q) = \hat{\mu}_{T+1} + \sqrt{\hat{h}_{T+1}} \hat{Q}_z^q,$$

$$ES_{T+1}^R(q) = \hat{\mu}_{T+1} + \sqrt{\hat{h}_{T+1}} E \left[ \hat{z}_t \mid \hat{z}_t \leq \hat{Q}_z^q \right],$$

gdzie:

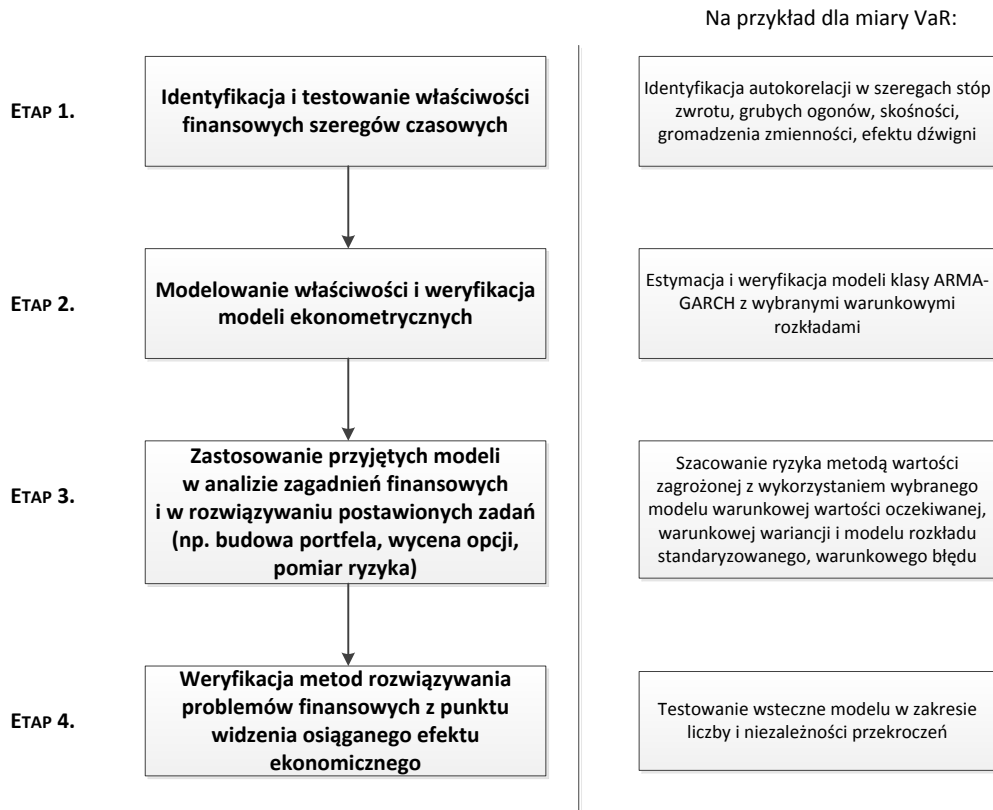
$\hat{\mu}_{T+1}$  – oszacowanie warunkowej wartości oczekiwanej rozkładu w okresie  $[T, T+1]$ ,

$\hat{h}_{T+1}$  – oszacowanie warunkowej wariancji rozkładu w okresie  $[T, T+1]$ ,

$\hat{Q}_z^q$  – oszacowanie wartości kwantyla rzędu  $q$  zmiennej losowej  $z$ , będącej standaryzowanym, warunkowym błędem modelu i wprowadzającej informację o kształcie rozkładu warunkowego.

Zaproponowanie, zweryfikowanie efektów i wreszcie przyjęcie bądź odrzucenie jakiegoś całościowego schematu rozwiązania danego zagadnienia finansowego (**w tym także pomiaru ryzyka**) z wykorzystaniem modeli szeregów czasowych wymaga wykonania ciągu zadań.

**Wyróżnić tu należy następujące obszary, stanowiące jednocześnie kolejne etapy w budowie kwantylowych modeli pomiaru ryzyka:**



Takie spojrzenie prezentuję również w szczegółowym omówieniu cyklu publikacji powiązanych tematycznie, w których powyższe obszary znajdą odzwierciedlenie w kolejnych etapach procedury budowy kwantylowych modeli pomiaru ryzyka rynkowego.

Do poszczególnych etapów można zaliczyć następujące prace wskazane w cyklu publikacji:

Etap 1 – **P17**,

Etap 2 – **P3, P8, P12, P15**,

Etap 3 – **P9, P21**,

Etap 4 – **P18, P22, P23, P24**.

Nie jest to jednak podział rozłączny, a w ramach poszczególnych prac obszary przenikają się.

Przedstawione przeze mnie w cyklu publikacji powiązanych tematycznie zagadnienia nie wyczerpują tematu, stanowią jednak możliwość rozważenia poszczególnych obszarów związanych z modelowaniem finansowych szeregów czasowych (identyfikacja właściwości szeregów, modelowanie, wykorzystanie modelu, weryfikacja wyników) w ramach jednego zagadnienia o kluczowym znaczeniu dla wielu instytucji finansowych [np. 7, 14, 19, 20, 21, 22, 32] – pomiaru wartości zagrożonej.

Aktualnie **kontynuuję badania nad obszarem przedstawionym w cyklu publikacji** powiązanych tematycznie. Moje zainteresowania skupiają się nadal wokół szeroko rozumianego ryzyka modelu. W chwili obecnej centralnym obszarem moich prac jest analiza **szerokości przedziału ufności dla miar ryzyka** (wartości zagrożonej i oczekiwanego niedoboru) wynikającego z błędów oszacowań parametrów modeli ARMA-GARCH dla skończonej próby – służącej estymacji tych parametrów (WZ13, WP26). Wydaje się oczywiste, że **estymacja przedziałowa powinna uzupełniać punktowe oszacowanie ryzyka, przynajmniej na etapie weryfikacji metody pomiaru. Odmienne powinny być traktowane metody, gdy dla dwóch modeli (na przykład o różnym stopniu skomplikowania) szacowane punktowo wartości zagrożone wynoszą 2 mln złotych, lecz 90% przedziały ufności wynoszą odpowiednio 100 tys. oraz 1 mln złotych.** W przypadku wartości zagrożonej na szerokość przedziału ufności wpływ ma zarówno błąd estymacji parametrów modelu warunkowej wartości oczekiwanej oraz warunkowej wariancji, jak i błąd oszacowania odpowiedniego kwantyla rozkładu standaryzowanych reszt modelu. **W przypadku pomiaru ryzyka rynkowego, poziom skomplikowania modelu oraz długość próby do estymacji powinny być dobierane w oparciu o dopuszczalną (założoną) szerokość przedziału ufności.** Dodatkowo, błąd estymacji parametrów modelu wpływa także na procedurę testowania wstecznego modelu pomiaru ryzyka.

Równolegle kontynuuję badania nad analizą mocy testów metod pomiaru wartości zagrożonej oraz oczekiwanego niedoboru (WP23) oraz nad aspektami ryzyka modelu w tym obszarze.

### **3.3. KLUCZOWE OSIĄGNIĘCIA W RAMACH CYKLU PUBLIKACJI POWIĄZANYCH TEMATYCZNIE**

Celem cyklu prac jest przedstawienie elementów procesu budowy i weryfikacji **kwantylowego modelu pomiaru ryzyka rynkowego**, a w szczególności **modelu pomiaru wartości zagrożonej** wykorzystującego koncepcje ekonometryczne do opisu finansowych szeregów czasowych, a także pogłębienie stanu wiedzy w wybranych obszarach. **Rozważane zagadnienia w warstwie szacowania wartości zagrożonej odnoszą się do ryzyka rynkowego akcji, indeksów akcji, walut i towarów. W obszarze weryfikacji modelu wartości zagrożonej są zaś całkowicie uniwersalne i ogólne oraz prezentują wnioski istotne z punktu widzenia dowolnych instrumentów i dowolnych rodzajów ryzyka – zagregowanych w oszacowaniu wartości zagrożonej (np. rynkowego, operacyjnego, kredytowego). Zasady i elementy procesu wdrażania modelu pomiaru wartości zagrożonej dotyczą w ogólnym zarysie wszystkich kwantylowych miar ryzyka (np. oczekiwanego niedoboru).**

Ponadto **przedstawiane rozważania i wnioski z badań empirycznych mogą być bezpośrednio wykorzystane w procedurach budowy i oceny wewnętrznych modeli (pomiaru wartości zagrożonej) wdrażanych w instytucjach finansowych.**

Schemat działań służących wdrożeniu modelu pomiaru ryzyka wykorzystującego miary kwantylowe (np. wartość zagrożona) został już zasygnalizowany wcześniej. Składają się nań następujące etapy:

- a) **identyfikacja i testowanie właściwości finansowych szeregów czasowych,**
- b) **modelowanie tych właściwości i weryfikacja modeli ekonometrycznych,**
- c) **zastosowanie przyjętych modeli do szacowania wartości zagrożonej,**
- d) **weryfikacja poszczególnych metod z punktu widzenia osiąganego efektu ekonomicznego (testowanie wsteczne).**

Zgodnie z celem cyklu publikacji powiązanych tematycznie, odpowiedziałem na następujące pytania:

### **1) Jakimi właściwościami charakteryzują się szeregi stóp zwrotu z instrumentów finansowych?**

W moich badaniach uwzględniłem zarówno właściwości typowo analizowane (autokorelacja szeregów stóp zwrotu, ogony rozkładu stóp zwrotu grubsze od rozkładu normalnego, gromadzenie zmienności, autokorelacja w kwadratach stóp zwrotu) [dla danych z rynku polskiego, np. 9, 10, 16, 28, 29, 30, 32, 32 oraz np. **P4**], jak i mniej popularne (długa pamięć w procesach zmienności, efekt dźwigni, skośność rozkładów stóp zwrotu, zmienna warunkowa kurtoza rozkładów, duża liczba zerowych stóp zwrotu) [np. 3, 5, 6, 33 oraz dla danych z rynku polskiego 9, 10, 11, 16, 17, 30, 31, a także **P3, P5, P8, P10, P17**]. W cyklu publikacji **szczególny nacisk położyłem na pomiar i testowanie skośności rozkładów stóp zwrotu**, jako stosunkowo rzadko analizowanej właściwości [np. 3,6,33 oraz **P8, P17**]. Jest to obszar szczególnie istotny ponieważ, ze względu na podwyższoną kurtozę w stosunku do rozkładu normalnego, wykorzystanie klasycznego, najpopularniejszego testu Jarque’a-Bera (u którego podstaw leży założenie o normalności rozkładu badanej zmiennej) prowadzi do zbyt częstego odrzucania hipotezy o symetrii rozkładów [6,13]. Dowiodłem (**P17**), że asymetria rozkładów stóp zwrotu dla instrumentów z rynku polskiego występuje w rzeczywistości na tyle często, by zasadne było rozważenie modyfikacji wielu klasycznych teorii i narzędzi wykorzystywanych w procesie zarządzania ryzykiem i wyceny instrumentów finansowych, które w swoich klasycznych wersjach zakładają symetrię rozkładów stóp zwrotu. Szczegóły na str. 25. Konieczność uwzględniania grubych ogonów rozkładów w zagadnieniach testowania skośności, np. stosowania uogólnionego testu Jarque’a-Bera, potwierdzona została również w pracach Prof. Domańskiego [13, 14]. Zagadnienia analizy mocy tych testów znaleźć można w pracach [13, 14] i **WZ10**.

**2) Jakie modele powinny zostać wykorzystane do opisu szeregów stóp zwrotu dla pojedynczych instrumentów oraz portfeli instrumentów celem poprawy dopasowania do danych empirycznych?**

Skupiłem się na analizie **stopnia dopasowania modeli do danych** oraz na **wyzwaniach wynikających ze skomplikowania modeli** (w ramach podejścia klasycznego)<sup>9</sup>. Stopień skomplikowania modeli ma bowiem duże znaczenie dla praktycznej możliwości ich implementacji. Korzyść wynikająca z uogólnienia klasycznych narzędzi zarządzania ryzykiem i wyceny instrumentów pochodnych może być bowiem pozorna, jeśli np. liczba parametrów, jakie trzeba oszacować, rośnie nieadekwatnie do potencjalnej poprawy dokładności modelu, bądź przeważa wpływ błędów estymacji parametrów dla skończonej próby [np. 4, 5, 8, 17, 22, 25, 26 oraz **WP17, WP19, WP26, WZ13**]. Moje prace skupiały się wokół jednowymiarowych (i wielowymiarowych) modeli warunkowej wartości oczekiwanej (wektora warunkowych wartości oczekiwanych) i warunkowej wariancji (warunkowej macierzy kowariancji) wpisując się w ciąg badań nad modelowaniem danych z rynku polskiego [np. 9, 10, 11, 12, 16, 17, 19, 29, 30, 35, 36]. **W zakresie modeli jednowymiarowych za szczególnie istotne uznaję prace dotyczące długiej pamięci w szeregach zmienności (model FIGARCH – P3), skośności rozkładów bezwarunkowych stóp zwrotu (rozkład Pearsona typu IV – P8, P17) oraz modelowania zmiennej w czasie warunkowej kurtozy rozkładu (rozszerzenie klasycznych modeli ARMA-GARCH – P12). W zakresie modeli wielowymiarowych zajmowałem się przede wszystkim wielowymiarowymi modelami GARCH (P9) oraz (wraz z dr. Danielem Papłą) badałem przydatność funkcji połączeń (kopula) i rozkładów alfa-stabilnych w opisie wielowymiarowych rozkładów stóp zwrotu (stóp zwrotu ze składników portfela – P21).** Wskazałem na brak przewagi niektórych rozwiązań (np. ogólnych postaci wielowymiarowych modeli GARCH) w przypadku portfeli wieloskładnikowych nad rozwiązaniami znacznie prostszymi i dobrze poznanymi (modele wygładzania wykładniczego). Wykazaliśmy również, że metoda wykorzystująca podejście Monte Carlo, rozkłady alfa-stabilne oraz funkcje połączeń może (w dalszym etapie procedury pomiaru ryzyka) prowadzić do lepszych oszacowań ryzyka portfela dwuskładnikowego niż podejścia klasyczne (symulacja historyczna i metoda wariancji-kowariancji). Szczegóły prezentuję na str. 31–34.

**3) Czy zastosowanie modeli wykorzystujących koncepcję opisu rozkładów warunkowych, będących uogólnieniem klasycznego podejścia na bazie wartości bezwarunkowych rozkładów, do pomiaru ryzyka rynkowego za pomocą wartości zagrożonej przynosi odmienne oszacowania ryzyka i poprawę wyników?**

Dokonałem przeglądu i krytycznej analizy wykorzystania jedno- i wielowymiarowych modeli warunkowej wartości oczekiwanej, warunkowej wariancji lub macierzy kowariancji oraz

---

<sup>9</sup> Rozważania na bazie ekonometrii bayesowskiej znaleźć można np. w pracach [28, 32].

różnych postaci rozkładu standaryzowanego błędu – do szacowania ryzyka metodą wartości zagrożonej. W przeciwieństwie do podejście bezwarunkowego, w którym parametry wielowymiarowego rozkładu stóp zwrotu ze składników portfela są stałe w czasie, w opisie poprzez modele warunkowe zakłada się, że poszczególne charakterystyki opisujące wielowymiarowy rozkład mogą zmieniać się w czasie i istnieje możliwość skutecznego modelowania tych zmian poprzez zależności dynamiczne, a następnie wykorzystania wiedzy o przyszłych wartościach parametrów rozkładu do oszacowania ryzyka [np. 4, 10, 12, 15, 20, 30, 34]. Główny nacisk położony został na wykorzystanie różnych wersji wielowymiarowych modeli GARCH (model VECH oraz diagonal VECH – **P9**, **P15**). Wraz z dr. Danielem Papłą przeprowadziłem ponadto badania w zakresie przydatności mniej popularnych rozwiązań – rozkładów alfa-stabilnych i funkcji połączeń (kopula – **P21**).

Wykazaliśmy, że dla portfeli dwuskładnikowych modele wektorów warunkowych wartości oczekiwanych oraz macierzy kowariancji (modele diagonalne) prowadziły we wszystkich przypadkach (8 par szeregów) do poprawy jakości metod szacowania wartości zagrożonej (względem koncepcji modeli bezwarunkowych). Wykazaliśmy ponadto, że w analizowanym zbiorze danych, większe znaczenie dla poprawy jakości modeli ma wprowadzenie zmiennej w czasie warunkowej macierzy kowariancji (modele diagonal VECH), niż zmiennych w czasie warunkowych wartości oczekiwanych (modele AR). **W przypadku portfeli dwuskładnikowych wykorzystanie modeli warunkowej macierzy kowariancji jest na tyle proste, iż powinno być stosowane w praktyce.** W przypadku portfeli wieloskładnikowych (więcej niż 2 instrumenty) powinny być wykorzystywane modele zapewniające opis przynajmniej części zależności dynamicznych oraz gwarantujące dodatnią określoność macierzy kowariancji – modele stałej warunkowej korelacji (CCC) oraz modele średniej ważonej wykładniczo (RiskMetrics), będące również szczególnymi przypadkami ogólnego wielowymiarowego modelu GARCH (VECH-GARCH). Szczegóły przedstawione są na str. 31–32.

Wykazaliśmy również, że rozkłady alfa-stabilne oraz funkcje kopula mogą być przydatne w pomiarze ryzyka portfela, szczególnie w przypadku różnic w rozkładach brzegowych. Ze względu na ograniczony zakres badań, prezentowane w tym zakresie wyniki nie mają jednak charakteru ogólnego i wymagają potwierdzenia na kolejnych zbiorach danych. Szczegóły zaprezentowano na str. 32–34. Wykorzystaniu funkcji kopula w analizie zależności pomiędzy różnymi instrumentami poświęcona była również praca **P16**, która nie została włączona do cyklu publikacji powiązanych tematycznie, a która powstała przy współautorstwie dr. Daniela Papli (mój udział 30%).

**Każdorazowo, rozważania poparte zostały badaniami empirycznymi efektów zastosowania poszczególnych modeli do pomiaru ryzyka rynkowego za pomocą wartości zagrożonej.** Przydatność poszczególnych modeli określana była na podstawie danych historycznych i procedury testowania wstecznego modeli. Uzyskane przez nas wyniki potwierdzone zostały

w szeregu prac dotyczących modelowania danych z rynku polskiego i pomiaru ryzyka [np. 9, pozostałe odwołania prezentuje załącznik nr 5].

#### **4) W jaki sposób testować modele pomiaru wartości zagrożonej celem identyfikacji rozwiązań rzeczywiście lepszych?**

Według mojej wiedzy, jako pierwszy w Polsce<sup>10</sup> (P18) podjąłem się pracy nad **usystematyzowaniem wiedzy na temat testów poprawności modeli wartości zagrożonej** na podstawie trzech najpopularniejszych grup metod wykorzystujących:

- szeregi przekroczeń (np. test Kupca, Christoffersena, test mieszany, test Haasa) [7, 15, 18, 20, 24, 27, 38 oraz **P22, P23**],
- porównanie całych rozkładów lub ogonów rozkładów – rozkładu empirycznego oraz rozkładu przyjętego w modelu wartości zagrożonej (test Crnkovica i Drachmana, Berkowitza) [7, 15, 27, 38 oraz **P22**],
- koncepcję funkcji strat (test na bazie funkcji Lopeza, Caporina, czy Sarmy, Thomasa, Shaha) [2, 7, 15, 32 oraz **P24**].

Wskazałem, że ze względu na konstrukcję testów i niezrozumienie istoty zagadnienia, w praktyce bardzo często wyciągane są nieprawidłowe wnioski (**P22, P23, P24**). **Analiza liczbowa mocy odpowiednich testów jest w wielu przypadkach bardzo okrojona [np. 7, 8, 16, 24, 34]**. W badaniach symulacyjnych przebadłem moce testów wskazując nieprzydatność lub ograniczoną przydatność niektórych najpopularniejszych rozwiązań (test liczby przekroczeń Kupca oraz test niezależności przekroczeń Christoffersena) dla szeregów o typowej, wykorzystywanej w praktyce finansowej, długości.

Uzyskane przeze mnie wyniki (**P22, P23, P24**, szczegóły na str. 34–38) podsumowałem **zaleceniami dotyczącymi procedur oceny wewnętrznych modeli oceny ryzyka wdrażanych w instytucjach finansowych (w zakresie testowania modeli w procedurze dwuetapowej)**.

Przedstawiony **spis obszarów badawczych tworzy spójny i logiczny ciąg działań niezbędnych do zaproponowania i zweryfikowania procedury wyznaczania wartości zagrożonej**, na przykład dla portfela akcji. Opiswane zadanie można przedstawić również z perspektywy wyboru modelu o najprostszej postaci, który jest akceptowalny w narzuconych warunkach testowania wstecznego (wyboru najprostszego modelu pomiaru wartości zagrożonej, który dla zbioru szeregów stóp zwrotu będzie odrzucany w procedurze testowania wstecznego z zadaniem prawdopodobieństwem, gwarantującym odpowiedni poziom mocy testu – częstość identyfikacji modelu nieprawidłowego).

---

<sup>10</sup> Również w literaturze światowej brak jest właściwie prac, w których dokonano by szerokiego porównania właściwości, a przede wszystkim mocy testów z wszystkich trzech wymienionych klas na podstawie tak samo zdefiniowanych odstępstw od hipotezy zerowej.

**Poniżej zaprezentuję szczegółowo osiągnięcia w zasygnalizowanych obszarach.**

## **TESTOWANIE SKOŚNOŚCI ROZKŁADÓW SZEREGÓW STÓP ZWROTU**

Jak już zostało wspomniane, podstawowe właściwości szeregów finansowych (autokorelacja stóp zwrotu, grube ogony rozkładów, gromadzenie zmienności) zostały już dość szczegółowo zidentyfikowane i przebadane w wielu pracach) [dla danych z rynku polskiego, np. 9, 10, 16, 28, 29, 30, 32, 32], również w moich publikacjach przed doktoratem oraz w dysertacji doktorskiej. Relatywnie mało prac poświęconych zostało jednak zagadnieniu pomiaru oraz testowania istotności skośności w przypadku analizy finansowych szeregów czasowych, które cechują się grubszymi ogonami niż rozkład normalny oraz obserwacjami nietypowymi powodującymi, że typowe miary i testy mogą zawodzić [3, 6, 13, 13, 33]. **Prawidłowa identyfikacja potencjalnie występującej w rozkładach stóp zwrotu skośności może mieć kluczowe konsekwencje dla wyceny opcji, konstrukcji portfela oraz pomiaru ryzyka.** Modele klasyczne, zakładające symetrię rozkładu stóp zwrotu instrumentu bazowego, zaniżają wartość opcji kupna i zawyżają wartość opcji sprzedaży, jeżeli w rzeczywistości rozkład stóp zwrotu z instrumentu bazowego jest prawostronnie asymetryczny (ten kierunek asymetrii występuje najczęściej). W przypadku konstrukcji portfela, w modelu uwzględniającym skośność rozkładów udziały instrumentów o rozkładach prawostronnie skośnych są większe niż wynikałoby to z klasycznego modelu z rozkładami symetrycznymi. Z kolei w pomiarze ryzyka, ważne jest dobranie miary uwzględniającej własności rozkładu stóp zwrotu. Na przykład stosowanie symetrycznych miar zmienności, jak wariancja, jest niepoprawne w przypadku rozkładów asymetrycznych. W związku z tym, również klasyczne sposoby szacowania wartości zagrożonej dają błędne wyniki – zawyżają wartość zagrożoną w przypadku rozkładów prawostronnie skośnych [22, 34].

**Według mojej wiedzy, zagadnienie testowania skośności rozkładów stóp zwrotu (w przypadku występowania podwyższonej kurtozy) nie było wcześniej analizowane (przynajmniej w sposób prawidłowy) w pracach dotyczących rynku polskiego.**

W pracy **P17** analizowałem problematykę testowania skośności rozkładów stóp zwrotu. W klasycznym teście Jarque'a-Bera (normalności rozkładu zmiennej losowej) wyróżnić można składniki związane ze skośnością oraz z kurtozą rozkładu. Jest to test łączny, z którego wydzielić można składnik związany jedynie z testowaniem skośności rozkładu. Niestety **stosowanie wprost tego testu jest zazwyczaj nieuprawnione w analizie rozkładów stóp zwrotu**, ze względu na udokumentowane wieloma badaniami empirycznymi [np. 9, 10, 11, 30, 31] odstępstwa od rozkładu normalnego, który to rozkład leży u podstaw konstrukcji tego testu [np. 6, 13, 14]. W przypadku rozkładów symetrycznych o ogonach grubszych od rozkładu normalnego, hipoteza zerowa o symetrii odrzucana jest zbyt często (w stosunku do założonej istotności testu), **co prowadzi do niepotrzebnego komplikowania modeli szeregów stóp zwrotu**, a tym samym modeli pomiaru ryzyka. W pracy **P17**, w części teoretycznej, przybliżyłem trzy rozwiązania

umożliwiający testowanie skośności rozkładów o grubszych ogonach niż rozkład normalny. Każde z prezentowanych rozwiązań jest odmienne w swojej konstrukcji, **co umożliwia dodatkową analizę rozbieżności konkluzji testów**. Analizie poddałem:

- a) zmodyfikowany test Jarque'a-Bera, rozszerzający stosowanie klasycznego testu na rozkłady o grubszych ogonach (posiadające skończone trzy pierwsze parzyste momenty zwykłe) [np. 6, 13, 14],
- b) test parametru odpowiedzialnego za modelowanie skośności w ramach analizy szeregów czasowych z wykorzystaniem warunkowego rozkładu skośnego – Pearsona typu IV (podejście bazujące na teście logarytmów wiarygodności i porównaniu modelu bez restrykcji z modelem z restrykcjami) [np. 6, 10, 16, 32, 33],
- c) test zgodności rozkładów podprób (zgodności dystrybuant dwóch podprób) [np. 3].

We wszystkich przypadkach zostały przedstawione warunki stosowania danych testów w odniesieniu do obserwowanej leptokurtozy rozkładów. W części empirycznej **przebadalem łącznie 150 szeregów stóp zwrotu z akcji i indeksów rynku polskiego**. W warstwie metodycznej **zaproponowałem i uzasadniłem korektę testu zgodności podprób** wynikającą ze zidentyfikowanej w polskich szeregach empirycznych dużej liczby zerowych stóp zwrotu, co stanowi typową, nieuwzględnianą w badaniach, cechę rynku polskiego. Liczba zerowych dziennych stóp zwrotu stanowi nawet 30%–40% wszystkich obserwacji i nie wynika z braku notowań, lecz z równości cen zamknięcia w kolejnych dniach. W zaproponowanej modyfikacji symetria rozkładu badana jest nie wokół wartości średniej, która jest bardzo bliska zeru, ale dokładnie wokół zerowych stóp zwrotu. Stosowanie klasycznego testu zgodności podprób (bardzo prostego, popularnego i intuicyjnego, prawidłowego dla rozkładów cechujących się grubymi ogonami) prowadziło do odrzucenia symetrii praktycznie dla wszystkich analizowanych rozkładów stóp zwrotu z akcji. Po modyfikacji, test ten może być stosowany do analizy rozkładów stóp zwrotu instrumentów akcyjnych rynku polskiego. W zależności od testu, uzyskałem wyniki świadczące o tym, że w przypadku danych polskich około 30%–50% rozkładów cechuje się istotną skośnością, którą należałoby uwzględnić w modelach i metodach budowy portfela instrumentów, pomiaru ryzyka, czy wyceny instrumentów pochodnych. Wartością pracy pozostaje również **zestawienie wyników różnych testów na tym samym zbiorze danych**, co stanowiło wstęp do kontynuowanych w dalszych pracach rozważań nad mocą tych testów. Rozważania dotyczące mocy testów znaleźć można w pracach [13, 14] oraz **WZ10**. Praca **P17** pozostaje nadal jedną z bardzo nielicznych prac, w których hipoteza o symetrii rozkładu stóp zwrotu badana jest za pomocą testów uwzględniających momenty rozkładu. W większości przypadków hipotezę o symetrii bada się poprzez analizę istotności parametru odpowiedzialnego za uwzględnienie skośności w modelu szeregu czasowego [np. 9, 10, 11, 16, 30, 32], co oczywiście ogranicza zakres zastosowania takiego typowego podejścia jedynie do modeli, w których postać funkcji gęstości (warunkowego lub bezwarunkowego rozkładu reszt) zawiera parametr od którego zależy potencjalna skośność.

## MODELOWANIE FINANSOWYCH SZEREGÓW CZASOWYCH

W tym miejscu przedstawię osiągnięcia związane z budową modeli ekonometrycznych i ich oceną z punktu widzenia dopasowania modelu do danych (analiza w próbie uczącej).

Budowa jednowymiarowego modelu szeregów stóp zwrotu dzieli się w sposób naturalny na 4 obszary:

- **modelowanie warunkowej wartości oczekiwanej procesu,**
- **modelowanie warunkowej wariancji procesu,**
- **wybór postaci funkcji gęstości standaryzowanych reszt modelu,**
- **modelowanie wyższych momentów warunkowych rozkładów stóp zwrotu.**

Wszystkie zagadnienia należy rozpatrywać łącznie, gdyż wzajemnie wpływają na siebie i wspólnie determinują właściwości i jakość ostatecznego modelu [np. 11, 16, 30]. Do modelowania szeregów stóp zwrotu, wykorzystuje się najczęściej klasyczne modele klasy AR-GARCH z błędem modelu zadany przez warunkowy rozkład normalny lub t-Studenta. Uniemożliwia to jednak uwzględnianie długiej pamięci zmienności, skośności rozkładów oraz zmiennych w czasie wyższych warunkowych momentów. Podstawowe rozwiązania z zakresu trzech pierwszych obszarów poddałem analizie i zweryfikowałem dla danych z rynku polskiego w pracy doktorskiej. W pracach po uzyskaniu stopnia doktora skupiłem się na pogłębieniu zagadnień z obszaru modelowania długiej pamięci w modelach klasy GARCH, uwzględnieniu warunkowych rozkładów dopuszczających skośność rozkładu bezwarunkowego oraz opisie zmiennej w czasie skośności i kurtozy rozkładów stóp zwrotu. Zagadnienia te znalazły odzwierciedlenie w następujących pracach: **P3**, **P8** i **P12**.

Prace te miały na celu dać odpowiedź na pytanie, **czy dalsze komplikowanie modeli jednowymiarowych szeregów czasowych przynosi istotną poprawę stopnia dopasowania modelu do danych.**

W badaniach wykazałem, że:

**W szeregach zmienności często obserwowana jest tzw. długa pamięć, charakteryzująca się hiperbolicznym opadaniem funkcji autokorelacji kwadratów stóp zwrotu.**

Obiektem rozważań w pracy **P3** był model FIGARCH (fractionally integrated GARCH) stanowiący uogólnienie modelu GARCH [5] i dopuszczający odmienny charakter wygasania funkcji autokorelacji kwadratów stóp zwrotu. Model ten pozwala opisać nie tylko gromadzenie zmienności, lecz także specyficzny kształt funkcji autokorelacji kwadratów reszt. Dokonałem **zebrania i uporządkowania informacji** na temat modelu FIGARCH w zestawieniu z właściwościami podstawowych modeli nieułamkowych (GARCH i IGARCH). **Wskazałem również na różnice** pomiędzy dwoma, często prowadzącymi do nieporozumień, aspektami pojęcia „pamięci modelu zmienności” – wynikającymi z kształtu funkcji autokorelacji

kwadratów stóp zwrotu oraz wpływu zaburzenia z dowolnej chwili na prognozy warunkowej wariancji w chwilach kolejnych – pokazując możliwe błędne interpretacje. Wskazałem również, że intuicja bazująca na własnościach modeli klasycznych bywa zawodna. Traktowanie FIGARCH jako modelu o własnościach pośrednich między modelem GARCH a IGARCH jest błędne. Zarówno GARCH, jak i IGARCH są modelami o "krótkiej pamięci", a FIGARCH jest modelem o "długiej pamięci" (jako kryterium uwzględniając kształt funkcji autokorelacji kwadratów reszt). W części empirycznej uzyskane wyniki prowadzą do wniosku, że **model FIGARCH najlepiej dopasował się do danych** (tj. szereg stóp zwrotu z indeksu WIG) względem kryterium Akaike'a, a wartość ułamkowego wykładnika w części autoregresyjnej (w wyrażeniu z pierwiastkiem jednostkowym) wynosi 0,14 i jest statystycznie istotna. Dla modelu FIGARCH funkcja autokorelacji spełnia obserwowane własności, polegające na tym że maleje ona szybko dla niskich rzędów opóźnień, a następnie powoli dla rzędów wysokich.

Modele FIGARCH nie są popularne w praktyce finansowej i są bardzo rzadko rozważane w pracach naukowych, w tym również w pracach naukowych uwzględniających dane z rynku polskiego [np. 9, 11, 16, 30, 32], pomimo interesujących właściwości i potwierdzenia przydatności do opisu szeregów stóp zwrotu. Wynika to przede wszystkim z istotnie trudniejszych koncepcji teoretycznych oraz (nadal jeszcze) z braku szeroko dostępnych pakietów obliczeniowych uwzględniających ten model.

**Rozkład Pearsona typu IV skutecznie poprawia jakość modeli (warunkowych, jak i bezwarunkowych) poprzez dopuszczenie zarówno grubszych ogonów niż rozkład normalny, jak i skośności rozkładu.**

W pracy **P8** przedstawiłem zarówno własności rozkładu Pearsona typu IV, jak i niezbędne standaryzacje, celem uzyskania modelu AR-GJR-GARCH z warunkowym rozkładem Pearsona typu IV, który korespondowałby z rozwiązaniami klasycznymi. Zwróciłem uwagę także na aspekty związane z estymacją oraz testowaniem modelu (możliwość stosowania testów logarytmu wiarygodności ze względu na fakt, że w rozkładzie Pearsona typu IV zawiera się zarówno rozkład t-Studenta, jak i rozkład normalny). W części empirycznej **wykazałem przewagę modelu z warunkowym rozkładem Pearsona typu IV nad rozwiązaniami z rozkładami symetrycznymi (rozkład normalny i t-Studenta)**. Badaniu poddałem 93 szeregi stóp zwrotu instrumentów z rynku polskiego. Dla analizowanych szeregów model z rozkładem Pearsona typu IV był w 29 przypadkach lepszy od rozkładu z warunkowym rozkładem t-Studenta, potwierdzając konieczność zwrócenia baczniejszej uwagi na możliwość występowania rozkładów asymetrycznych. Fakt istnienia skośności rozkładu prowadzi do konieczności modyfikacji technik pomiaru ryzyka. Jak to już zostało wcześniej wspomniane, miary ryzyka oparte na zmienności (wariancji) w przypadku rozkładów prawostronnie skośnych, które występują najczęściej, zawyżają ryzyko związane z potencjalnymi stratami. Jest to jednym z przejawów ryzyka modelu.

**Nie są mi znane wcześniejsze badania nad modelami warunkowymi z tym rozkładem dla danych z rynku polskiego.** W pracach polskich autorów wykorzystywane były zazwyczaj: skośny rozkład t-Studenta [9, 11, 30, 32], rzadziej Johnsona [10] lub rozkłady alfa-stabilne [32].

**Rozszerzenie klasycznego podejścia, w którym modelowaniu podlegają jedynie dwa pierwsze momenty rozkładu, o modelowanie zmiennego w czasie parametru skośności i kurtozy w sposób istotny poprawia stopień dopasowania modeli do danych także z rynku polskiego.**

Celem pracy **P12** jest prezentacja możliwych rozwiązań w zakresie modelowania zmiennej w czasie skośności oraz przede wszystkim kurtozy warunkowego rozkładu stóp zwrotu (w sposób analogiczny do modelowania warunkowej wartości oczekiwanej i warunkowej wariancji), a także odpowiedź na pytanie, czy wprowadzenie do modelu zmiennego w czasie parametru odpowiedzialnego za kurtozę w sposób istotny wpływa na jakość opisu szeregów stóp zwrotu z rynku polskiego. W pracy **P12**, jako warunkowy rozkład stóp zwrotu, do którego wprowadzono zmienny w czasie parametr, przyjąłem rozkład Pearsona typu IV. Równoległe, podobne badania z wykorzystaniem rozkładu Johnsona ze zmiennymi w czasie parametrami kształtu zaprezentowane zostały w pracy [10]. W pracy **P12** dokonałem **analizy możliwości wykorzystania modeli klasy AR-GARCH, dopuszczających zmienną warunkową kurtozę rozkładu Pearsona typu IV do poprawy jakości opisu wybranych szeregów stóp zwrotu z rynku polskiego.** Próbę do badań stanowiły szeregi prostych, dziennych stóp zwrotu wybranych instrumentów (spółek, indeksów, walut). Weryfikacji poddałem 4 modele zmiennego w czasie parametru odpowiedzialnego za kurtozę rozkładu warunkowego. Uzyskane wyniki potwierdziły każdorazowo istotną poprawę jakości modelu w przypadku opisu zmiennej w czasie warunkowej kurtozy. Żaden z rozważanych modeli zmiennej kurtozy nie zdominował jednak jednoznacznie pozostałych rozwiązań. W każdym jednak przypadku (10 szeregów) dopuszczenie zmiennej w czasie kurtozy warunkowego rozkładu prowadziło do poprawy jakości modelu (względem kryterium Akaike'a).

**Badania nad modelowaniem wyższych momentów warunkowych są wyjątkowo rzadkie zarówno w literaturze światowej, jak i polskiej.** W pracy [10] badaniu poddano dynamikę rozkładów warunkowych dwóch indeksów rynku polskiego (WIG20 i WIRR) z wykorzystaniem warunkowego rozkładu Johnsona ze zmiennymi parametrami kształtu. Wyniki potwierdzają „istnienie nietrywialnej dynamiki parametrów kształtu rozkładów warunkowych” [10] i przydatność tego typu modeli, przynajmniej według ocen ekonometrycznych.

**Dla portfela wielu instrumentów finansowych zagadnienie modelowania jest znacznie bardziej skomplikowane.** Naturalne rozszerzenia modeli jednowymiarowych na wielowymiarowe (modele wektorowe warunkowych wartości oczekiwanych, modele warunkowych macierzy wariancji-kowariancji oraz modele wielowymiarowych rozkładów warunkowych) są znane od

dawna [np. 4, 16, 25, 26, 29, 30, 39]. Poziom skomplikowania modeli ogólnych oraz trudności w ich praktycznej implementacji spowodowały, że w tym obszarze, w przeciwieństwie do modeli jednowymiarowych, rozważania naukowe i prace badawcze skupiły się właściwie na redukowaniu poziomu skomplikowania, w celu znalezienia rozwiązań możliwych do zastosowania w praktyce [np. 4, 16, 29, 30].

W ramach tego nurtu zająłem się **praktycznymi wyzwaniem w modelowaniu wielowymiarowych procesów GARCH**, co doprowadziło mnie do wniosku, że:

**Model Diagonal Vech, przynajmniej w odniesieniu do portfeli dwuskładnikowych, często najlepiej opisuje obserwowane dane w ramach modeli zawierających się w ogólnym wielowymiarowym modelu GARCH.**

W pracy P15 przybliżyłem (**mało popularne i rzadko uwzględniane w badaniach nad rynkiem polskim w 2006 roku**) wybrane, podstawowe modele wielowymiarowe GARCH zawierające się w ogólnym modelu Vech [4, 16, 39]. Wskazałem powody, dla których modele te często są (i zapewne pozostaną) interesującą koncepcją teoretyczną o ograniczonym zastosowaniu praktycznym, szczególnie w odniesieniu do portfeli instrumentów o liczbie składników większej niż dwa. Wskazałem, że problemy praktyczne wynikają nie tylko z dużej liczby parametrów. Dokonałem analitycznego **uporządkowania informacji na temat modelu ogólnego Vech oraz jego uproszczeń** (diagonal Vech, BEKK, diagonal BEKK i scalar BEKK) w kontekście liczby parametrów, ale także warunków zapewniających dodatnią określoność oraz skończoność wartości macierzy kowariancji. Wskazałem również problemy z obszaru estymacji parametrów modelu. W badaniu empirycznym dopasowywałem 4 modele wielowymiarowe, o właściwościach pozwalających wykorzystać je w praktyce (diagonal Vech, BEKK, diagonal BEKK oraz scalar BEKK) do danych z różnych rynków. **Wykazałem na próbie 105 par szeregów stóp zwrotu z 15 instrumentów (łącznie 420 szacowanych modeli), że model diagonal Vech był optymalnym modelem z punktu widzenia dopasowania do danych (kryterium Akaike'a) w większości przypadków (76 przypadków na 105).** Jest to wynik o tyle pozytywny, iż modele te sprawiają najmniej praktycznych problemów. Wyniki analizy portfeli dwuskładnikowych mogą być wykorzystane w zakresie badań nad wyznaczaniem współczynnika zabezpieczenia portfela kontraktami futures, gdyż to zagadnienie z natury jest dwuwymiarowe (**WP19**).

Analizę właściwości modeli wielowymiarowych GARCH oraz wyzwań w ramach ich stosowania, a także zastosowań w aspekcie modelowania danych z rynku polskiego znaleźć można także w pracach [16] oraz [11]. Interesujące badania nad bayesowskim porównywaniem modeli wielowymiarowych GARCH, w tym także odnośnie modelowania danych z rynku polskiego, prowadzi zespół z Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie – Osiewalski, Pajor i Pipień.

## **POMIAR WARTOŚCI ZAGROŻONEJ Z WYKORZYSTANIEM MODELI SZEREGÓW CZASOWYCH**

**Definicja wartości zagrożonej nie precyzuje w jaki sposób miara ta powinna być wyznaczana [np. 20, 21, 22, 24].** Zaproponowano więc szereg metod szacowania tej miary, z których bardzo popularne stały się rozwiązania wykorzystujące różnorodne podejścia parametryczne o różnym stopniu skomplikowania [np. 8, 15, 24, 35]. W podejściach parametrycznych, wartość zagrożoną szacuje się bądź to poprzez modele wielowymiarowego (bezw warunkowego) rozkładu stóp zwrotu (zadana struktura wielowymiarowych zależności), bądź też (warunkowej) dynamiki wielowymiarowych szeregów czasowych. **Obydwa te zagadnienia stanowiły obszar moich wspólnych badań z dr. Danielem Papłą (prace P9 i P21).**

Ze względu na możliwość szacowania wartości zagrożonej na podstawie różnych podejść (a tym samym możliwość uzyskiwania odmiennych wyników), niezbędne staje się w dalszym etapie procedury, określenie, która z metod prowadzi do najlepszych oszacowań. Zagadnieniu temu poświęcony jest punkt autoreferatu (str. 34) dotyczący testów poprawności modeli pomiaru wartości zagrożonej. **To dopiero na bazie oceny wyników pomiaru VaR dla danych historycznych (testowanie wsteczne) powinna dokonywana być ocena przydatności poszczególnych rozwiązań z zakresu szacowania wartości zagrożonej.**

W obydwóch naszych pracach (**P9** i **P21**), zgłoszonych w ramach cyklu publikacji powiązanych tematycznie, rozpatrywany jest przypadek dwuskładnikowego portfela instrumentów finansowych. Istotą naszych rozważań była jednak również identyfikacja problemów związanych z implementacją poszczególnych metod w przypadku portfeli wieloskładnikowych. Zagadnienia szacowania wartości zagrożonej na podstawie modeli klasy ARMA-GARCH z różnymi rozkładami warunkowymi stanowiły obszar moich samodzielnych badań przed uzyskaniem stopnia doktora, np. prace „Heteroskedastyczność szeregu stóp zwrotu a koncepcja pomiaru ryzyka metodą VaR” oraz „Pomiar ryzyka metodą VaR a modele AR-GARCH ze składnikiem losowym o warunkowym rozkładzie z grubymi ogonami”.

Prace **P9** i **P21** stanowią naturalną kontynuację badań nad pomiarem ryzyka dla pojedynczych instrumentów i wpisują się w badania innych osób nad pomiarem ryzyka rynkowego w Polsce [np. 11, 12, 16, 32, 34, 35, 36]. **Wyniki naszych badań potwierdziły przewagę wykorzystywanych modeli o wyższym stopniu skomplikowania nad rozwiązaniami klasycznymi (bezw warunkowymi).** W ramach naszych rozważań nad zagadnieniem szacowania ryzyka portfeli metodą wartości zagrożonej wykazaliśmy, że:

**Modele wektorów warunkowych wartości oczekiwanych oraz macierzy kowariancji mogą prowadzić do poprawy jakości metod szacowania wartości zagrożonej.**

Podejście klasyczne [np. 8, 24, 35] wykorzystuje wielowymiarowy rozkład normalny (rzadziej wielowymiarowy rozkład  $t$  będący uogólnieniem rozkładu  $t$ -Studenta) o stałych parametrach (tj. rozkład bezwarunkowy).

W pracy **P9** analizowaliśmy przykład zastosowania (do szacowania wartości zagrożonej portfela dwuskładnikowego o równych udziałach) modelu z warunkowym wielowymiarowym rozkładem normalnym, dla którego wektory wartości średnich i macierzy kowariancji zadane są jednak poprzez odpowiednie zależności (modele VAR-MGARCH [4, 16, 29, 30, 39]). Wskazaliśmy ograniczenia związane w szczególności z modelowaniem zmiennej w czasie warunkowej macierzy wariancji-kowariancji oraz na **ryzyko modelu wynikające zarówno z postaci modelu, jak i z oszacowań parametrów**. W badaniu empirycznym, dla par wybranych instrumentów o równych udziałach w portfelu, wykazaliśmy, że zastosowanie modeli diagonal VECM prowadzi we wszystkich przypadkach (8 par analizowanych szeregów) do lepszych oszacowań wartości zagrożonej przynajmniej w zakresie liczby przekroczeń (liczba przekroczeń bliższa wartości spodziewanej) niż w metodzie bezwarunkowej. Odnośnie niezależności przekroczeń wyniki nie są już tak jednoznaczne, jednak w późniejszych moich pracach wykazałem, że przyczyna może leżeć w niskiej mocy testów Christoffersena (**P22** i **P23**). Wskazaliśmy ponadto, że znacznie większe znaczenie dla poprawy jakości modeli ma uwzględnienie zmiennej w czasie warunkowej macierzy kowariancji (modele diagonal VECM), niż zmiennych w czasie warunkowych wartości oczekiwanych (modele VAR). Ograniczenia praktyczne, w przypadku liczby składników portfela większych niż 2, powodują, że **modele klasy MGARCH, poza daleko idącymi uproszczeniami – modele stałych korelacji oraz wygładzania wykładniczego – są bardzo rzadko rozważane w pomiarze wartości zagrożonej portfeli instrumentów** [15, 24]. Potwierdzają to również badania dla rynku polskiego prezentowane w pracach [11] oraz [16].

**Funkcje połączeń (kopula) mogą być przydatne w pomiarze ryzyka portfela, szczególnie w przypadku różnic w rozkładach brzegowych.**

W publikacji **P21** zaprezentowaliśmy **odmienne podejście do pomiaru wartości zagrożonej**. Badanie dotyczyło portfeli dwuskładnikowych. Rozkłady brzegowe i struktura zależności były modelowane osobno [12,39]. Jednowymiarowe rozkłady stóp zwrotu ze składników portfeli były modelowane przy wykorzystaniu rozkładów alfa-stabilnych [np. 31, 32, 39]. Pozwoliło to na uwzględnienie grubych ogonów i potencjalnej skośności. Z kolei do opisu struktury zależności zostały wykorzystane funkcje kopula [np. 12, 19, 26]. Zastosowanie funkcji kopula pozwala przynajmniej częściowo rozwiązać główny problem (dla zmiennych zależnych) związany z wykorzystaniem rozkładów wielowymiarowych w praktyce – nieznamość postaci analitycznej empirycznego rozkładu łącznego stóp zwrotu w przypadku odmiennych

rozkładów brzegowych<sup>11</sup>. Rozwiązanie to może być wykorzystane jako konkurencyjne w stosunku do modeli VAR-MGARCH, może też być uzupełnieniem tej metody. Z powodu problemów praktycznych rzadko jednak łączy się oba podejścia. W pracy **P21** dokonaliśmy przedstawienia procedury estymacji wartości zagrożonej poprzez symulację Monte Carlo przy założeniu alfa-stabilnych rozkładów brzegowych i wybranych funkcji kopuła.

**W części empirycznej przedstawiliśmy przykład zastosowania takiego podejścia oraz porównaliśmy otrzymane wyniki dla wybranej pary instrumentów finansowych z metodami uznawanymi za klasyczne (metoda symulacji historycznej oraz wariacji-kowariancji).**

Wykorzystaliśmy trzy funkcje połączeń z rodziny Archimedesowskich – funkcję Gumbela, Franka oraz Ali-Mikhail-Haqa. Symulacja Monte Carlo z wykorzystaniem funkcji kopuła pozwala na analizę przypadków, w których rozkłady brzegowe różnią się, a tym samym łączny rozkład stóp zwrotu składników portfela nie ogranicza się do jednego z prostych wielowymiarowych rozkładów (normalnego, czy Studenta). Przedstawione badanie wskazywało przewagę podejścia z wykorzystaniem funkcji kopuła i rozkładów alfa-stabilnych.

**Prezentowana praca złożona została do druku w 2007 roku i stanowiła jedną z pierwszych prac wykorzystania funkcji kopuła do pomiaru ryzyka rynkowego dla danych z rynku polskiego. Praca ta została przywołana w cytowaniach przynajmniej 12 razy (Załącznik nr 6).** Kolejne lata przyniosły znaczne zainteresowanie funkcjami kopuła do opisu struktury zależności pomiędzy zmiennymi losowymi [19, 26] – także dla danych z rynku polskiego [np. 12, 36]. W pracy [19] zaprezentowano podstawy teorii funkcji kopuła z odniesieniem do pomiaru ryzyka metodą wartości zagrożonej. W pracy [26] przedstawiono koncepcję zintegrowanego pomiaru ryzyka przedsiębiorstwa z wykorzystaniem tych funkcji. Praca [36] dotyczy wykorzystania funkcji kopuła w przypadku dywersyfikacji międzynarodowej. Najszersze i najbardziej zaawansowane badania nad wykorzystaniem funkcji kopuła (podejście klasyczne, modele warunkowe, przełącznikowe, ze stochastyczną dynamiką parametrów oraz kaskadowe), w tym także do modelowania czynników ryzyka dla rynku polskiego oraz pomiaru VaR prezentuje praca [12].

W pracy **P9 wkład współautora, dr. Daniela Papli, oceniony został na 30%** i dotyczył współpracowania koncepcji badań oraz opracowania wniosków z wyników badań. Moim wkładem była pozostała część prac, a w szczególności szczegóły dotyczące koncepcji i wyzwania w wykorzystaniu modeli wielowymiarowych GARCH, testowania wstecznego oraz przeprowadzenie obliczeń w części empirycznej (na podstawie autorskich procedur w środowisku MATLAB). W pracy **P21 wkład współautora, dr. Daniela Papli, oceniony został na 30%** i dotyczył współautorstwa ogólnej koncepcji badań oraz rozważań nad możliwością wykorzystania funkcji połączeń. Moim wkładem było opracowanie części pracy związanej

---

<sup>11</sup> W przypadku braku niezależności zmiennych losowych nie ma bowiem możliwości zastosowanie splotu funkcji gęstości. Więcej, szczególnie odnośnie zastosowań w ubezpieczeniach, znaleźć można w pracy [37].

z pomiarem wartości zagrożonej, procedurą Monte Carlo, weryfikacją modeli w procedurze testowania wstecznego oraz część empiryczna pracy.

## **ANALIZA MOCY TESTÓW POPRAWNOŚCI MODELI WARTOŚCI ZAGROŻONEJ**

W praktyce wykorzystuje się różne metody pomiaru wartości zagrożonej, które mogą prowadzić do odmiennych oszacowań. Implikuje to konieczność oceny skuteczności tych metod w ramach procedury **testowania wstecznego (backtestingu)** [np. 2, 7, 18, 24, 27, 32, 38]. Ten obszar stanowi aktualnie najsilniej eksplorowane przeze mnie pole rozważań teoretycznych (**P18**), badań empirycznych (**P22, P23, P24, WP23, WP25**) oraz działań o charakterze popularyzatorskim (**WZ3, WZ5, WZ11, WP21**).

**Głównym obszarem moich prac stała się symulacyjna analiza mocy poszczególnych testów w zależności od wielkości symulowanego odstępstwa od poprawnego modelu (nieprawidłowa częstość przekroczeń, brak niezależności przekroczeń) oraz od wielkości próby.**

**Rozważania teoretyczne oraz badania empiryczne dotyczyły** najpopularniejszych grup metod wykorzystujących:

- szeregi przekroczeń (np. test Kupca, Christoffersena, test mieszany, test Haasa) [7, 15, 18, 20, 24, 27, 38 oraz **P22, P23**],
- porównanie całych rozkładów lub ogonów rozkładów – rozkładu empirycznego oraz rozkładu przyjętego w modelu wartości zagrożonej (test Crnkovica i Drachmana, Berkowitza) [7, 15, 27, 38 oraz **P22**],
- koncepcję funkcji strat (test na bazie funkcji Lopeza, Caporina, czy Sarmy, Thomasa, Shaha) [2, 7, 15, 32 oraz **P24**].

**Celem moich badań stała się odpowiedź na pytanie, który z prezentowanych testów jakości pomiaru wartości zagrożonej powinien być stosowany w celu minimalizacji błędu II rodzaju (przyjęcia modelu niepoprawnego jako model poprawny). Do silnych stron przeprowadzonych badań można zaliczyć nie tylko oszacowanie mocy poszczególnych testów dla zadanych odstępstw od modelu poprawnego, ale także możliwość porównania wyników dla różnych metod i wyciągnięcia ogólniejszych wniosków (P22, P23, P24).**

**We wszystkich analizach dotyczących testów liczby i niezależności przekroczeń, moc poszczególnych testów była porównywana na podstawie tych samych zbiorów danych. Nie są mi znane analogiczne badania nad testami ze wszystkich trzech grup metod.**

W przypadku pomiaru ryzyka, błąd II rodzaju (nieodrzućenie niepoprawnego modelu) jest błędem w oczywisty sposób znacznie bardziej niebezpiecznym, z punktu widzenia dowolnej instytucji finansowej, niż błąd I rodzaju (odrzućenia prawidłowego modelu). **Analiza liczbowa mocy odpowiednich testów jest w wielu przypadkach bardzo okrojona lub sprowadza się do**

**ogólnych stwierdzeń „większa”, „mniejsza”, „niewielka” [np. 7, 8, 24, 34]. Ponadto testy stosowane są w sposób bezkrytyczny, często z brakiem zrozumienia istoty testów statystycznych.** Pomimo wagi zagadnienia, brak jest w literaturze, lub są one niepełne [7, 18, 38], bezpośrednich porównań mocy testów, mogących być podstawą do wyboru metody oceny modeli pomiaru wartości zagrożonej. W Polsce, według mojej wiedzy, prace z tego obszaru prowadzi w sposób systematyczny jedynie (w ramach pracy doktorskiej [27]) mgr Marta Małecka z Uniwersytetu Łódzkiego. Na świecie powstało wiele prac przedstawiających koncepcje różnych testów poprawności modeli pomiaru wartości zagrożonej [2, 7, 15, 27, 38], lecz wciąż brakuje, moim zdaniem, przekrojowych badań nad porównaniem właściwości tych testów ze względu na ich moc dla typowych długości próby oraz typowych odstępstw od poprawnego modelu. **Celem moich prac jest przynajmniej częściowe wypełnienie tej luki.**

W ramach pracy **P18** dokonałem **szerokiego przeglądu i porównania metod oceny wartości zagrożonej, wskazując zalety i wady poszczególnych rozwiązań.** Nie są znane mi inne, wcześniejsze prace w tym obszarze (przed 2007), i o takim zakresie zaprezentowane w Polsce. Przedstawiłem istotę klasycznych testów wykorzystujących szeregi przekroczeń (zarówno w kontekście osobnej weryfikacji liczby, jak i niezależności przekroczeń, a także testów mieszanych – test Kupca, test Christoffersena oraz mieszany test Christoffersena). Wskazałem przykład „techniki pomiaru” wartości zagrożonej, gdy testy klasyczne całkowicie zawodzą. Przybliżyłem istotę testów regresyjnych. Przedstawiłem koncepcję testów wykorzystujących funkcje strat. Zebrałem przykłady różnych funkcji (Lopeza, Sarmy, Thomasa i Shaha) wskazując na możliwość rozdzielenia aspektu liczby przekroczeń oraz wielkości przekroczeń (propozycja Blanco i Ihle). Wskazałem przydatność testów funkcji strat zarówno do testowania poprawności modelu, jak i do porządkowania modeli (celem na przykład wyboru najlepszego modelu z punktu widzenia wybranego kryterium, spośród modeli nieodrzuconych na etapie testowania). To drugie podejście stanowi podstawę dwuetapowej procedury oceny modeli pomiaru wartości zagrożonej, którą rekomenduję w pracy **P24**. Dokonałem ponadto systematyzacji wiedzy na temat testów wykorzystujących kwantyle rozkładów i transformację Rosenblatta (podejście Crnkovica i Drachmana oraz Berkowitza). **Przeanalizowałem wady i zalety poszczególnych rozwiązań i wskazałem niebezpieczeństwo stosowania danych testów w przypadku niezrozumienia ich istoty.** Praca **P18** jest jedyną z moich publikacji po doktoracie, która nie zawierała części empirycznej. Praca ta pozostaje jednak, moim zdaniem ważna, gdyż zidentyfikowałem w niej lukę poznawczą oraz kierunek dalszych badań własnych, wskazując, że **w sposób formalny przydatność powyższych testów powinna być oceniona poprzez analizę równocześnie błędów I i II rodzaju.** Jak już wspomniałem, według mojej wiedzy, prace w tym obszarze prowadzi w Polsce w sposób systematyczny jedynie mgr Małecka [27].

W pracy **P22** skupiłem się na **weryfikacji mocy testów liczby przekroczeń** (test Kupca i wariant testu Berkowitza [7, 15]) **oraz niezależności przekroczeń** (test Christoffersena oraz inny wariant

testu Berkowitza [7, 15, 18]). Na bazie badań symulacyjnych wykazałem, że wykorzystywanie wartości krytycznych z rozkładu  $\chi^2$  prowadzi do błędnych decyzji, które także powiązać można z ryzykiem modelu, gdyż wartości statystyk testu Kupca mają rozkład dyskretny, zbieżny jedynie asymptotycznie do rozkładu  $\chi^2$ . Dla typowych długości analizowanych szeregów odstępstwo to może być istotne. **Wskazałem, że lepszym rozwiązaniem jest wykorzystanie wartości krytycznych bazujących na symulowanym rozkładzie statystyki testowej przy założeniu poprawności modelu.** Przedstawiłem wyniki różnic pomiędzy tymi podejściami dla typowych poziomów tolerancji wartości zagrożonej (5% i 1%). Wskazałem, że także w tym przypadku może to zaburzać analizę mocy testów ze względu na zmienny rozmiar testów. W referacie **WP23** rozszerzyłem te rozważania i wykorzystałem zrandomizowane podejście, które wolne jest od wspomnianej zmiany rozmiaru testu. Badanie dotyczące mocy testu Kupca wskazuje jednoznacznie, że **test Kupca powinien być używany ze szczególną ostrożnością** (dla tolerancji 5%) lub wcale (dla poziomu tolerancji 1%) przy typowych długościach szeregów i poziomach istotności testów. Dla poziomu istotności testu 5%, długości szeregu 250 obserwacji, model skutkujący 3% przekroczeń zamiast 5% jest identyfikowany jako nieprawidłowy tylko w około 35% przypadków. Wykazałem, że **test liczby przekroczeń bazujący na procedurze Berkowitza posiada znacząco wyższą moc**; przy tolerancji wartości zagrożonej 5% dla wszystkich analizowanych i obserwowanych w praktyce długościach szeregów, dla tolerancji 1% – dla szeregów dłuższych niż 500 obserwacji. W pracy tej **wykazałem również nieprzydatność testów Christoffersena oraz Berkowitza** w przypadku analizy zadanych odstępstw od niezależności przekroczeń (dwukrotnie większe lub mniejsze prawdopodobieństwo przekroczenia wartości zagrożonej po dniu, w którym wartość zagrożona też została przekroczona) dla typowych długości szeregów czasowych. Nawet w przypadku szeregów o długości 1000 obserwacji moce testów są na tyle niskie, że nie powinny być one stosowane. **Ocena modeli pomiaru wartości zagrożonej z punktu widzenia analizy niezależności przekroczeń testem Christoffersena lub Berkowitza, dla typowych długości szeregów, wprowadza jedynie pozór poprawnego wyboru modelu. Moc testów jest zbyt niska by można się było nimi w tym zakresie posługiwać.** Wskazałem na konieczność przyjęcia minimalnej mocy testu oceny wartości zagrożonej, co wpływać będzie na minimalne długości szeregów oraz poziomy istotności testów.

Zagadnienie testowania odstępstw od niezależności przekroczeń kontynuowane było przeze mnie w pracy **P23. Uporządkowałem i zaprezentowałem informacje na temat testowania niezależności przekroczeń na podstawie analizy rozkładu liczby obserwacji pomiędzy poszczególnymi przekroczeniami** (test Haasa [7, 18, 27]). Rozwiązanie to identyfikuje nieprawidłowości na podstawie analizy kształtu funkcji hazardu [np. 37] dla rozkładu liczby dni pomiędzy przekroczeniami. Przedstawiłem zarówno podejście zaproponowane przez Christoffersena i Pelletiera (wykorzystujące jako rozkład alternatywny ciągły rozkład Weibulla), jak i – bliższe natury problemu – rozwiązanie Haasa (z dyskretnym rozkładem Weibulla zaproponowanym przez Nakagawę i Osaki). W dalszej części pracy skupiłem się na podejściu

Haasa. Wskazałem, że metoda ta pozwala na zidentyfikowanie ogólniejszych postaci odstępstw od niezależności przekroczeń, niż metoda Christoffersena, które powstają poprzez obserwowany na rynkach finansowych efekt gromadzenia zmienności. Na tej podstawie **wskazałem na występowanie ryzyka uznania modelu wartości zagrożonej za prawidłowy, ze względu na to, że dany test inaczej definiuje model nieprawidłowy.** Jest to także przejaw ryzyka modelu, w tym przypadku modelu leżącego u podstaw konstrukcji testu. Jest to zagadnienie odmienne od ryzyka wynikającego z natury popełniania błędów I i II rodzaju w ramach testowania hipotez statystycznych. **W części empirycznej przedstawiłem koncepcję procedury oszacowania mocy testów Haasa i Christoffersena na podstawie danych symulacyjnych o właściwościach zbliżonych do obserwowanych w praktyce.** Podejście gwarantuje zawsze prawidłową liczbę przekroczeń (poprzez wykorzystanie empirycznego kwantyla rozkładu bezwarunkowego) i zezwala na testowanie jedynie odstępstwa od niezależności przekroczeń (o charakterze obserwowanym w danych rzeczywistych – poprzez wykorzystanie modelu GARCH do opisu obserwowanego w danych efektu gromadzenia zmienności). Na bazie badań symulacyjnych **wykazałem znaczącą przewagę procedury Haasa nad bardzo popularnym testem Christoffersena.** Wykazałem nieprzydatność testu Christoffersena dla typowych długości szeregów i typowych odstępstw od niezależności przekroczeń, wynikającą ze zbyt niskiej mocy tego testu. Sformułowałem szereg zaleceń w zakresie oceny modeli wartości zagrożonej.

W pracy **P24** rozważałem testy wykorzystujące koncepcję odpowiednio zdefiniowanych funkcji strat [7, 15], które uwzględniają również wielkość przekroczenia wartości zagrożonej. Koncepcja ta odpowiada punktowi widzenia nadzoru finansowego, który preferuje takie modele wartości zagrożonej, że jeśli nastąpi przekroczenie, to będzie ono jak najmniejsze. **W publikacji uzasadniłem, że metoda ta może być stosowana zarówno do identyfikacji modeli nieprawidłowych (testowanie modeli), jak i do wyboru modelu najlepszego wśród modeli nieodrzuconych w ramach dotychczasowej weryfikacji (porządkowanie modeli).** Szczegółowo przeanalizowałem koncepcję przedstawiając różne możliwości w zakresie wyboru funkcji strat, jak i funkcji agregującej informację o stratach w całym badanym okresie. Wskazałem możliwe naturalne uogólnienia oraz zalety wybranych funkcji strat. **W części empirycznej zestawiałem wyniki analizy mocy testów Kupca, Berkowitza, jak i testów wykorzystujących dwie (wybrane ze względu na popularność) funkcje strat.** Wykazałem brak przewagi analizowanych metod nad testem Berkowitza (w zakresie weryfikacji poprawności liczby przekroczeń, zarówno dla poziomu tolerancji VaR równego 5%, jak i 1%). Wskazałem na silną zależność mocy testu od wybranej postaci funkcji strat. Zwróciłem uwagę na arbitralność wyboru postaci funkcji strat. Wskazałem też na fakt, że w ogólności nawet jedno duże (co do wartości) przekroczenie może już prowadzić do odrzucenia modelu. Niezbędne jest więc uwzględnienie i skorygowanie wpływu tzw. operacji na papierach wartościowych (przyznanie prawa do dywidendy, przyznanie prawa poboru, podział akcji) na cenę analizowanego instrumentu. **Bezpośrednią konkluzją jest**

**zalecenie by wykorzystywać ocenę poprzez pryzmat funkcji strat jedynie w obszarze wyboru najlepszego modelu pomiaru wartości zagrożonej spośród tych, które nie zostały odrzucone w procesie oceny modelu (tzw. procedura dwuetapowa).** Oceny tej najlepiej dokonywać w zakresie liczby przekroczeń na bazie testu Berkowitza oraz w zakresie niezależności przekroczeń na bazie testu Haasa. Nie są mi znane prace innych autorów w Polsce nad mocą testów statystycznych wykorzystujących funkcje strat. Podejście to stosowane jest jedynie do porządkowania (ranking) modeli pomiaru wartości zagrożonej.

Wyniki moich badań w obszarze testowania wstecznego modeli pomiaru ryzyka metodą wartości zagrożonej można podsumować ogólnymi zaleceniami:

- 1) Należy dokonywać oceny na podstawie więcej niż jednego testu.**
- 2) Należy wykorzystywać testy uwzględniające zarówno liczbę, jak i wielkość przekroczeń.**
- 3) Należy wykorzystywać procedurę dwuetapową:**
  - a) zidentyfikować zbiór modeli akceptowalnych (przynajmniej na bazie testu Berkowitza, a najlepiej również Haasa),**
  - b) wskazać „najlepszy” model na podstawie odpowiedniej funkcji strat.**
- 4) Badania metod należy rozszerzyć o testy warunków skrajnych.**
- 5) Należy testować modele dla różnych zbiorów danych, pozycji długich i krótkich, różnych okresów.**
- 6) Nie wolno zakładać, że model raz zidentyfikowany jako akceptowalny (model nieodrzucony) będzie zawsze poprawny.**

**Ponadto niezbędna jest dyskusja na temat minimalnej akceptowalnej mocy testów w przypadku oceny modeli wewnętrznych stosowanych przez instytucje finansowe.**

W ujęciu **syntetycznym, wkład cyklu publikacji powiązanych tematycznie w rozwój nauk ekonomicznych w dyscyplinie finansów** można przedstawić w następujący sposób:

- 1) Uwypukliłem i przedyskutowałem znaczenie ryzyka modelu w rozwiązywaniu zagadnień finansowych i konieczność oceny modeli finansowych poprzez miary uwzględniające wyniki ekonomiczne. (prace P3, P8, P9, P12, P15, P17, P21)**
- 2) Dokonałem systematyzacji wiedzy na temat metod testowania skośności rozkładów charakteryzujących się tzw. „grubymi ogonami” (co jest typową właściwością rozkładów dziennych stóp zwrotu). Wykazałem, że dla danych z rynku polskiego częstość odrzucenia hipotezy o symetrii rozkładów na podstawie metody wykorzystującej klasyczny test Jarque’a-Bera jest około dwukrotnie za duża. (praca P17)**

- 3) Zaproponowałem korektę testu zgodności podprób wynikającą z dużej liczby zerowych stóp zwrotu w szeregach empirycznych (nieuwzględniana w dotychczasowych badaniach cecha rynku polskiego). (**praca P17**)
- 4) W przypadku około 30% akcji i indeksów akcji z rynku polskiego zidentyfikowałem istotną skośność rozkładów po zastosowaniu procedury modyfikacji obserwacji ekstremalnych wynikających z tzw. „operacji na papierach wartościowych” (prawo do dywidendy, prawo poboru, podział akcji) wskazując na zasadność rozważania modeli uwzględniających potencjalny brak symetrii rozkładów. (**prace P8, P17**)
- 5) Wykazałem przewagę modelu FIGARCH nad klasycznym modelem GARCH w zakresie opisu długiej pamięci w szeregach zmienności na podstawie danych z rynku polskiego (opisu kształtu funkcji autokorelacji kwadratów reszt modelu). (**praca P3**)
- 6) Wykazałem przydatność rozkładu Pearsona typu IV (o stałych parametrach) w zakresie modelowania szeregów stóp zwrotu z rynku polskiego. (**praca P8**)
- 7) Wykazałem poprawę opisu właściwości szeregów stóp zwrotu z rynku polskiego poprzez zastosowanie modeli klasy AR-GARCH uwzględniających (na bazie rozkładu Pearsona typu IV) zmienną kurtozę warunkowego rozkładu błędu modelu. (**praca P12**)
- 8) Wskazałem model diagonal VECM jako zazwyczaj optymalny (według kryterium Akaike’a) do opisu dynamiki szeregów czasowych portfeli dwuskładnikowych. Przeprowadziłem analizę wyzwań praktycznych – liczba parametrów, zapewnienie dodatniej określoności i skończoności macierzy kowariancji. (**prace P15, P9**)
- 9) Wykazałem przewagę wybranych modeli o wyższym stopniu skomplikowania (modele wektorów warunkowych wartości oczekiwanych oraz macierzy kowariancji, funkcje kopuła) nad rozwiązaniami klasycznymi w pomiarze ryzyka rynkowego metodą wartości zagrożonej. (**praca P21**)
- 10) Dokonałem systematyzacji wiedzy dotyczącej metod oceny jakości technik pomiaru wartości zagrożonej dla różnych zbiorów wykorzystywanych informacji oraz wskazałem zagrożenia wynikające z niezrozumienia metod jej testowania (brak analizy mocy testów oraz nieprawidłowa interpretacja wyników testów). (**prace P18, P22, P23, P24**)
- 11) Zidentyfikowałem ryzyko modelu w testowaniu wstecznym wynikające z wykorzystania asymptotycznych wartości krytycznych w przypadku typowych długości próby (250, 500 obserwacji) oraz z przyjęcia konkretnych modeli leżących u podstaw konstrukcji testów niezależności przekroczeń. (**prace P22, P23**)
- 12) W badaniach symulacyjnych przebadłem moce testów z trzech podstawowych, stosowanych w praktyce grup, wskazując nieprzydatność lub ograniczoną przydatność niektórych najpopularniejszych rozwiązań (test liczby przekroczeń Kupca oraz test niezależności przekroczeń Christoffersena) dla szeregów o typowej, obserwowanej w praktyce finansowej, długości (250, 500 obserwacji) i poziomów tolerancji wartości zagrożonej (0,01 i 0,05). Sformułowałem zalecenia dotyczącymi procedur oceny

wewnętrznych modeli oceny ryzyka przez instytucje finansowe: wykorzystanie testu Berkowitza zamiast testu Kupca, testu Haasa zamiast testu Christoffersena oraz zastosowanie funkcji strat do wyboru najlepszego modelu pomiaru wartości zagrożonej spośród tych, które nie zostały odrzucone. (prace P22, P23, P24)

#### **4. OSIĄGNIĘCIA NIEUWZGLĘDNIONE W CYKLU PUBLIKACJI**

Charakteryzując mój pozostały dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora należy zaznaczyć, że również on dotyczy wykorzystania narzędzi ilościowych w analizie rynków i instrumentów finansowych. Każdy z obszarów badawczych rozpatrywany był pod kątem przydatności metod i strategii – przy uwzględnieniu, w jak najwyższym stopniu, specyfiki rynku polskiego, w tym specyfiki wynikającej z uwarunkowań organizacyjnych i prawnych. **Poszczególne hipotezy były zaś weryfikowane poprzez samodzielne badania empiryczne na danych rzeczywistych.**

Dorobek ten podzielić można na **następujące obszary:**

- 1) weryfikacja możliwości przeprowadzania strategii arbitrażowych i paraarbitrażowych z uwzględnieniem specyfiki polskiego rynku instrumentów pochodnych,
- 2) weryfikacja modeli wyceny opcji dla rynku polskiego,
- 3) weryfikacja metod szacowania współczynnika zabezpieczenia dla kontraktów futures na indeks WIG20,
- 4) weryfikacja metod prognozowania zmienności i korelacji na podstawie szeregów stóp zwrotu,
- 5) weryfikacja strategii inwestycyjnej na rynku polskich obligacji skarbowych wykorzystującej modele krzywej dochodowości.

#### **WERYFIKACJA MOŻLIWOŚCI PRZEPROWADZANIA STRATEGII ARBITRAŻOWYCH I PARAARBITRAŻOWYCH Z UWZGLĘDNIENIEM SPECYFIKI POLSKIEGO RYNKU INSTRUMENTÓW POCHODNYCH**

Pomiędzy cenami instrumentów pochodnych oraz ceną instrumentu bazowego muszą zachodzić pewne zależności. Odstępstwa od nich skutkują możliwością przeprowadzania strategii arbitrażowych, co powinno w konsekwencji prowadzić do zaniku nierównowagi. W ramach moich badań powstały 3 publikacje, w których przedstawiłem warunki niezbędne do zbudowania strategii arbitrażowych pomiędzy różnymi instrumentami – z uwzględnieniem pełnej specyfiki rynku polskiego. **Wskazałem też przykłady w notowaniach historycznych, gdy takie transakcje arbitrażowe lub paraarbitrażowe były możliwe.**

W pracy **P11** pokazałem, że rozwiązania organizacyjne w zakresie krótkiej sprzedaży dyskwalifikują jej użycie w czystych strategiach arbitrażowych (pierwszego i drugiego rodzaju). Wskazałem i **omówiłem szczegółowo jeden z historycznych przykładów możliwości zawarcia strategii arbitrażowej**. Dokonałem analizy efektu ekonomicznego oraz stwierdziłem, że (z uwagi na koszt kredytu) arbitraż drugiego rodzaju jest korzystniejszy.

W pracy **P13** wyjaśniłem dlaczego strategii budowanych w oparciu o brak parytetu call-put-spot nie można uznać w warunkach polskich za arbitrażowe w dosłownym sensie. Uwagę poświęciłem więc rozważaniom na temat idei syntetycznego instrumentu oraz analizie parytetu pomiędzy portfelem opcji na indeks WIG20 a kontraktem futures na indeks WIG20 (call-put-futures), gdyż identyczny sposób wyznaczania kursu rozliczenia gwarantuje eliminację ryzyka prowadzącego jedynie do strategii paraarbitrażowych (call-put-spot). Wskazałem warunki zawierania strategii z uwzględnieniem kosztów i depozytów. **Na podstawie badań dla danych historycznych wykazałem, że poza bardzo nielicznymi wyjątkami w 2004 roku rynek znajdował się w równowadze**. Możliwe zyski arbitrażowe były niewielkie ze względu na znikomy wolumen obrotu instrumentami pochodnymi.

W pracy **P19** przedstawiłem, na bazie przyjętych regulacji, dlaczego w warunkach polskich można mówić jedynie o strategii paraarbitrażowej z wykorzystaniem jednostki indeksowej. Ze względu na brak możliwości przeprowadzenia krótkiej sprzedaży wszystkich składników portfela akcji, ograniczyłem się do przypadku, gdy jednostka była niedowartościowana. Uwzględniłem koszty i opłaty. **W badaniu wykazałem, że zaproponowana strategia w analizowanym okresie była opłacalna, co sugeruje brak efektywności rynku**.

### WERYFIKACJA MODELI WYCENY OPCJI DLA RYNKU POLSKIEGO

W ramach omawianego obszaru badawczego skoncentrowałem się na zagadnieniach związanych z **ryzykiem modelu w wycenie opcji europejskich**. Analizowanym źródłem ryzyka modelu była nieprawidłowa specyfikacja modelu dynamiki cen instrumentu podstawowego. W modelu klasycznym cena instrumentu podstawowego zmienia się zgodnie z najpopularniejszym modelem, tj. geometrycznym ruchem Browna. Analizowanym przeze mnie modelem alternatywnym zmian cen instrumentu bazowego był model AR-GJR-GARCH pozwalający uwzględnić autokorelację stóp zwrotu, gromadzenie zmienności, autokorelację w kwadratach stóp zwrotu, jak i efekt dźwigni oraz grubsze ogony rozkładów. W ramach tego obszaru przygotowałem 2 publikacje.

W publikacji **P1** w warstwie teoretycznej zaprezentowałem szczegółowo procedurę wyceny opcji europejskiej przy punktowej własności neutralności wobec ryzyka (Locally Risk-Neutral Valuation) oraz zaprezentowałem postaci modeli względem miary rzeczywistej i miary arbitrażowej. Zidentyfikowałem źródło ryzyka modelu wynikające z nieprawidłowej specyfikacji

modelu. Zaprezentowany w warstwie empirycznej przykład pokazał, że **uzyskane dla modelu AR-GARCH wartości opcji prowadzą do płaszczyzny zmienności implikowanej o kształcie obserwowanym w praktyce**, co świadczy na korzyść analizowania własności bardziej skomplikowanego modelu.

W pracy **P7** celem badania było określenie wielkości ryzyka modelu poprzez porównanie wartości współczynników delta (wrażliwości wartości opcji na zmianę kursu instrumentu bazowego) uzyskiwanych w podejściu klasycznym Blacka-Scholesa-Mertona ze współczynnikami uzyskiwanymi na podstawie modelu AR-GARCH. Na bazie przykładu empirycznego przedstawiłem zależności pomiędzy wartościami współczynników w obu modelach. Dla opcji at-the-money wartości współczynników delta pokrywają się dla obu modeli niezależnie od czasu do wygaśnięcia opcji oraz wartości warunkowej wariancji w dniu analizy. Dla opcji in-the-money, wartości współczynników delta są wyższe dla modelu AR-GARCH niż dla modelu Blacka-Scholesa, gdy wartość warunkowej wariancji jest poniżej poziomu średniego oraz są niższe niż dla modelu Blacka-Scholesa, w przypadku, gdy wartość warunkowej wariancji jest powyżej poziomu średniego. Dla opcji out-of-the-money obserwuje się zależność przeciwną. **Jedynie dla opcji głęboko in-the-money oraz głęboko out-of-the-money różnice w wartościach bezwzględnych współczynników delta stają się nieistotne.**

W ramach tego obszaru wygłosiłem również 2 referaty na konferencjach (**WP17** i **WZ8**), w których dokonałem weryfikacji przydatności modeli Blacka-Scholesa oraz modelu AR-GARCH do wyceny opcji na indeks WIG20. **Analizie poddałem prawie 100.000 transakcji. Badanie potwierdziło przewagę modelu AR-GARCH jedynie w wycenie opcji out-of-the-money.** Publikacja podsumowująca wyniki badań jest w trakcie przygotowań.

#### **WERYFIKACJA METOD SZACOWANIA WSPÓŁCZYNNIKA ZABEZPIECZENIA DLA KONTRAKTÓW NA INDEKS WIG20**

Stosowanie kontraktów futures w strategiach zabezpieczających wiąże się z koniecznością wyznaczenia optymalnego współczynnika zabezpieczenia, który określa wielkość pozycji w kontraktach futures w stosunku do wartości portfela zabezpieczanego. Rozważania dotyczące wyznaczenia współczynnika zabezpieczenia dla kontraktów na indeks WIG20 zaprezentowałem w ramach 2 referatów na konferencjach (**WP19** i **WP22**).

Przedstawiłem możliwe funkcje celu realizowanego w ramach strategii zabezpieczającej (najczęściej minimalizacja wariancji), miary oceny efektywności danych strategii (najczęściej procent redukcji ryzyka portfela mierzonego wariancją) oraz możliwe metody szacowania samego współczynnika zabezpieczenia wynikające z przyjętych modeli zmian kursów natychmiastowych i terminowych. W części empirycznej **zidentyfikowałem następujące problemy praktyczne**: konieczność stworzenia tzw. kontynuowanego szeregu futures, możliwą asynchroniczność w danych spot oraz futures, brak płynności w przypadku kontraktów

z dłuższym terminem wygaśnięcia, konieczność estymacji modeli z dużą liczbą parametrów oraz warunków. Problemy te bywają często pomijane w badaniach, przez co uzyskiwane wyniki nie są miarodajne. Najważniejszym wnioskiem z tego obszaru badań jest stwierdzenie, że **brak jest potwierdzenia przewagi modeli bardziej skomplikowanych nad modelami prostszymi z odpowiednio dobraną długością okna do estymacji parametrów**. Porównanie dokonywane było na podstawie kryterium redukcji wariancji zmiany wartości portfela w całej próbie testowej. Bardzo prosty i popularny model wykładniczo ważonej średniej ruchomej okazał się najlepszy. Dodatkowo w pogłębionych badaniach pokazałem, że model ten poprzez swój charakter zapewnia wygładzanie zmian współczynnika zabezpieczenia z dnia na dzień, co zmniejsza koszty transakcyjne poprzez redukcję zmian liczby kontraktów w portfelu całościowym. Aktualnie prowadzę badania mające na celu poszerzenie uzyskanych wniosków.

### **WERYFIKACJA METOD PROGNOZOWANIA ZMIENNOŚCI I KORELACJI NA PODSTAWIE SZEREGÓW STÓP ZWROTU**

Kowariancja i korelacja, analogicznie jak zmienność, są zmiennymi nieobserwowalnymi wprost, co utrudnia ich pomiar, modelowanie i prognozowanie. Prawidłowe wyznaczenie prognoz powyższych parametrów jest niezbędne w takich zagadnieniach jak: analiza portfelowa, modele równowagi rynków kapitałowych, wycena opcji klasycznych i egzotycznych, pomiar ryzyka rynkowego za pomocą koncepcji wartości zagrożonej oraz w zagadnieniu zabezpieczania ceny instrumentu lub portfela instrumentów. Rozważania z tego obszaru zaprezentowałem w pracach **P2** i **P14**.

W pracy **P2** dokonałem zestawienia metod prognozowania zmienności bezwarunkowej – na zadany okres w przyszłości (np. na kolejny miesiąc). Rozważałem dwa przypadki. Pierwszy, gdy dana technika prognozowania zakłada stałą zmienność (warunkową) w kolejnych dniach, co prowadzi do tego, że zmienność w całym okresie jest taka sama. Natomiast drugi – obejmuje podejścia dopuszczające, że zmienność (warunkowa) w kolejnych dniach może się zmieniać, a prognoza dotyczy wartości średniej z danego przyszłego okresu. Dodatkowo zaprezentowałem możliwe miary błędów ex post prognozy (symetryczne, jak i niesymetryczne). Badanie empiryczne dotyczyło oszacowania odpowiednich błędów ex post prognoz miesięcznej zmienności z 3 instrumentów (indeks akcji, waluta, towar). Próba ucząca wynosiła 30 miesięcy, a testowa 60. **W przypadku wybranego indeksu giełdowego, akcji oraz towaru najlepszymi metodami okazały się proste średnie (3-miesięczne o stałych wagach oraz o wagach ważonych wykładniczo celem uzyskania efektu postarzenia informacji). Jedynie dla wybranej waluty najlepszą techniką okazała się metoda wykorzystująca model GARCH(1,1)**. Badania te pozwoliły wysnuć również ogólny wniosek, że prognozy zmienności o mniejszym błędzie ex post uzyskiwałem stosując modyfikację estymatora zmienności zakładającą zerową wartość oczekiwaną stóp zwrotu.

W pracy **P14** przedstawiłem możliwe koncepcje modelowania i prognozowania wartości macierzy korelacji (dla portfela o dwóch składnikach). Zaprezentowałem zalety i ograniczenia poszczególnych metod w przypadku portfeli o większej liczbie składników. W części empirycznej przedstawiłem wyniki badań prognoz współczynnika korelacji (na podstawie prognoz macierzy kowariancji) dla przykładowych szeregów finansowych. Wykorzystałem techniki prognoz na podstawie modelu stałej macierzy kowariancji, modelu wygładzania wykładniczego, a także – wielorównaniowego modelu GARCH. **Wyniki potwierdziły, że prognozowanie współczynnika korelacji jest zagadnieniem trudniejszym niż prognozowanie zmienności. Prognozy obarczone są wysokim błędem ex post i w niewielkim stopniu wyjaśniają obserwowane w przyszłości wartości. Prosty i popularny model wykładniczo ważonej średniej ruchomej okazał się najlepszy.** Rozwiązanie to ma także tę przewagę, że może być w prosty sposób wykorzystane w przypadku portfeli o liczbie składników większej niż dwa.

#### **WERYFIKACJA STRATEGII INWESTYCYJNYCH NA RYNKU POLSKICH OBLIGACJI SKARBOWYCH Z WYKORZYSTANIEM MODELI KRZYWEJ DOCHODOWOŚCI**

Celem pracy **P20** było zaprezentowanie metod modelowania struktury terminowej stóp procentowych ze szczególnym uwzględnieniem modeli aproksymacji całej krzywej dochodowości (modeli Nelsona-Siegela oraz Svenssona), a następnie, w oparciu o wyestymowany model, skonstruowanie strategii inwestycyjnej polegającej na identyfikacji nieprawidłowo wycenionych przez rynek instrumentów dłużnych.

Weryfikacji podlegała hipoteza badawcza, iż rynek polskich obligacji skarbowych o stałym oprocentowaniu nie był rynkiem efektywnym informacyjnie w formie słabej i możliwe było osiągnięcie ponadprzeciętnych dochodów poprzez budowę aktywnych strategii inwestycyjnych, polegających na identyfikacji obligacji niedowartościowanych, które inwestor powinien kupować oraz obligacji przewartościowanych, które powinien sprzedawać. **W badaniu tym bardzo wiernie odzwierciedliliśmy warunki, w których polski inwestor podejmuje decyzje inwestycyjne.** W ramach uzyskanych wyników dla różnych dni startowych, horyzontów inwestycyjnych, dni przebudowy portfela, granicznych błędów wyceny, **nie udało się potwierdzić hipotezy braku efektywności informacyjnej rynku polskich obligacji skarbowych o stałym oprocentowaniu po uwzględnieniu wszelkich kosztów i podatków.** W warstwie teoretycznej wykazaliśmy, że dopasowanie krzywej dochodowości modelem Svenssona jest lepsze (mniejsze średnie bezwzględne błędy) niż modelem Nelsona-Siegela, ale nie przekłada się to na wyniki strategii inwestycyjnej. Praca powstała we **współautorstwie** z dr hab. Katarzyną Kuziak z Katedry Inwestycji Finansowych i Zarządzania Ryzykiem Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu (udział współautora – 50%). Wkładem Katarzyny Kuziak była koncepcje badania oraz opis prac i opracowanie wniosków. Moim wkładem była natomiast część empiryczna

badania (obliczenia z wykorzystaniem autorskich procedur w języku MATLAB), analiza otrzymanych wyników oraz współpracowanie wniosków.

## 5. DZIAŁALNOŚĆ POPULARYZATORSKA, DYDAKTYCZNA I ORGANIZACYJNA

W tym miejscu chciałabym przedstawić zestawienie informacji na temat dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego, organizacyjnego oraz współpracy z uczelniami zagranicznymi.

### Działalność dydaktyczna

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, tj. od lutego 2003 roku prowadziłem i prowadzę **zajęcia z następujących przedmiotów**: Rynek kapitałowy i pieniężny, Analiza i zarządzanie portfelem, Zastosowanie metod matematycznych w finansach i bankowości, Rynki i instrumenty finansowe, Analiza papierów wartościowych, Matematyka finansowa, Zarządzanie portfelem papierów wartościowych, Analiza finansowych szeregów czasowych.

Od 2009 roku prowadzę również zajęcia (wykład i laboratoria) w ramach angielskiego programu studiów Master Studies in Finance z przedmiotu **Analysis of Financial Time Series – według programu, który jest moją autorską propozycją**.

W każdym roku liczba zajęć przekracza moje pensum dydaktyczne.

Jestem również wykładowcą na studium podyplomowym **Analitik finansowy** oraz na studium **Wycena przedsiębiorstw**. W obu przypadkach odpowiedzialny jestem za blok **Metody ilościowe**.

Prezentowane w autoreferacie spojrzenie, by poszczególne metody i modele poddawać ocenie również przez **pryzmat stosowania ich w praktyce**, znajduje odzwierciedlenie także w działalności dydaktycznej. Bardzo silny nacisk w pracy dydaktycznej kładę na wskazanie studentom, gdzie i w jaki sposób dane rozwiązanie może być wykorzystane, jakie są korzyści, a jakie ograniczenia. Prowadząc zajęcia staram się przekazać studentom zarówno wiedzę teoretyczną, jak i osadzić ją w praktyce, zwłaszcza w nawiązaniu do potrzeb gospodarstw domowych oraz inwestorów indywidualnych i instytucjonalnych. Podejście takie realizowałem także w ramach wielokrotnie wybieranego i wysoko ocenianego przez studentów przedmiotu **„Analiza finansowych szeregów czasowych”**, którego zakres w ramach wykładów i laboratoriów był w dużej mierze moją autorską propozycją.

Byłem recenzentem prac magisterskich oraz licencjackich na studiach niestacjonarnych oraz wieczorowych Wydziału Zarządzania, Informatyki i Finansów.

Byłem i jestem także promotorem prac licencjackich na studiach stacjonarnych na kierunku Finanse i Rachunkowość.

**Jestem autorem 2 rozdziałów w monografii** „Zastosowanie metod ekonometryczno-statystycznych w zarządzaniu finansami zakładów ubezpieczeń”. **Opracowywane przeze mnie rozdziały** „Metody budowy portfeli inwestycyjnych” (podrozdział 7.1, str. 335-358) oraz „Klasyfikacja i porządkowanie zakładów ubezpieczeń – przegląd metod i badania empiryczne” (podrozdział 8.4.1., str. 420-446) **mają charakter dydaktyczny**, porządkują i dokonują przeglądu stanu wiedzy z danej dziedziny wskazując i uwypuklając aspekty praktyczne.

### **Działalność popularyzatorska**

Po uzyskaniu stopnia doktora starałem się nadal prowadzić działalność popularyzatorską oraz zacieśniać współpracę z praktyką biznesową, dostrzegając w tym element rozwoju zarówno własnego, jak i promocji uczelni oraz środowiska naukowego w rozwiązywaniu zagadnień stawianych przez praktykę.

Współpracę z praktyką podzielić mogę na taką, która koncentrowała się wokół modeli matematycznych, organizacji i uregulowań rynków finansowych oraz oceny projektów inwestycyjnych.

Od lipca do listopada 2004 roku pracowałem na stanowisku **Starszego Specjalisty w Departamencie Analiz i Ryzyka Rynkowego KGHM SA**, gdzie swoją wiedzę z zakresu modelowania i prognozowania kursów i zmienności instrumentów finansowych wspomagałem budowę modelu prognozowania kursu miedzi.

Występowałem z popularyzatorskimi wykładami w ramach **Festiwalu Nauki**, a w latach 2006–2007 byłem wykładowcą cyklu szkoleń pod nazwą „**Szkoła Giełdowa**” organizowanego przez Giełdę Papierów Wartościowych w Warszawie we współpracy z Uniwersytetem Ekonomicznym we Wrocławiu (edycja wrocławska).

Ponadto popularyzowałem zagadnienia związane z ekonometrią finansową na **zaproszenie**

- **Oddziału Olsztyńskiego Polskiego Towarzystwa Ekonomicznego** (wystąpienie pt. „Ekonometria finansowa – teoria i zastosowania”),
- **Koła Naukowego Modelowania Finansowego przy Wydziale Matematyki Stosowanej AGH w Krakowie** (wystąpienie pt. „EKONOMETRIA FINANSOWA – modele ARMA-GARCH – teoria i zastosowania”).

Byłem również prelegentem:

- na **Seminarium Science meets Social Science**, które cyklicznie organizowane jest przez Instytut Organizacji i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej (wystąpienie „Analiza mocy

wybranych testów metod szacowania wartości zagrożonej – podejście symulacyjne”) oraz

- na **środowiskowym seminarium z ekonometrii finansowej SEFIN** organizowanym na Wydziale Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu („Analiza mocy testów metod szacowania wartości zagrożonej – podejście symulacyjne na podstawie szeregów przekroczeń”).

W okresie 2006–2008 byłem członkiem rad nadzorczych 3 spółek giełdowych. Aktualnie w obszarze praktyki rynków finansowych **współpracuję z Ponadregionalną Siecią Aniołów Biznesu i Stowarzyszeniem Inwestorów Indywidualnych**, wspierając obie te organizacje moją wiedzą.

W 2010 roku, jako jeden ze współników, założyłem firmę DB Energy Sp. z o.o. i stałem się członkiem jej zarządu łącząc wiedzę techniczną (jestem również absolwentem Wydziału Elektroniki Telekomunikacja Politechniki Wrocławskiej) z wiedzą ekonomiczną. DB Energy opracowuje techniczne scenariusze wdrożenia działań poprawiających efektywność energetyczną przemysłu wraz z kompletnym rachunkiem ekonomicznym, co zmniejsza ryzyko inwestycyjne. **W DB Energy jestem odpowiedzialny za analizę ekonomiczną projektów inwestycyjnych.** Jako prezes DB Energy **jestem aktywnym członkiem Łoży Dolnośląskiej Business Centre Club.** Działalność DB Energy została dostrzeżona i bardzo pozytywnie oceniona przez rynek. W 2012 roku DB Energy zostało laureatem Dolnośląskiego Gryfa w kategorii **"Innowacyjność" za najlepsze osiągnięcia w zakresie przedsiębiorczości akademickiej**". W 2013 roku otrzymaliśmy **Medal Europejski** przyznawany przez Business Centre Club przy wsparciu Ministerstwa Spraw Zagranicznych i pod honorowym patronatem Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego. Uzyskaliśmy również **Dolnośląski Certyfikat Gospodarczy.** Jestem **autorem cyklu 4 krótkich artykułów**<sup>12</sup>, które ukazały się w dwujęzycznym kwartalniku „Biznes Dolnośląski – Lower Silesia Business” i celem których było przybliżenie finansowych aspektów działań podnoszących efektywność energetyczną przemysłu.

Planując moje działania dydaktyczne, naukowe, popularyzatorskie oraz biznesowe dbam, by miały one spójny charakter, wzajemnie się dopełniając i prowadząc do efektu synergii.

---

<sup>12</sup> 1) „Ceny energii rosną.... i co dalej?” (Energy prices are increasing... what next?) – Biznes Dolnośląski 02/2012,

2) „Są środki na poprawę efektywności...” (Resources to improve the efficiency) – Biznes Dolnośląski 03/2012

3) “Ekologia nie tylko modna, ale i opłacalna” (Ecology is not only fashionable, but also profitable) – Biznes Dolnośląski 04/2012

4) “Efektywność energetyczna jednym z priorytetów w Unii Europejskiej” (Energy efficiency to be one of the UK's key priorities), Biznes Dolnośląski 01/2013

## Prace organizacyjne

Oprócz pracy naukowej, dydaktycznej, popularyzatorskiej angażuję się również w prace organizacyjne macierzystego Wydziału oraz Katedry.

Od 2006 roku jestem **kierownikiem studiów podyplomowych** „Analityk finansowy” organizowanych na Wydziale Zarządzania, Informatyki i Finansów Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Równocześnie, w ramach tych studiów, prowadzę wykłady z przedmiotu „Metody ilościowe”.

Dwukrotnie byłem **sekretarzem naukowym** Konferencji „Inwestycje Finansowe i Ubezpieczenia – Tendencje światowe a rynek polski” organizowanej wspólnie przez Katedrę Inwestycji Finansowych i Zarządzania Ryzykiem oraz Katedrę Ubezpieczeń Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

W 2014 roku byłem członkiem trzyosobowego **komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji INWEST 2014**.

W trakcie konferencji INWEST 2014 poprowadziłem **autorskie warsztaty dla 30 młodych pracowników i doktorantów** z różnych ośrodków naukowych pod tytułem „Budowa i weryfikacja kwantylowych modeli pomiaru ryzyka rynkowego z wykorzystaniem pakietu MATLAB”. Warsztaty zorganizowane zostały przy współpracy z firmą Oprogramowanie Naukowo-Techniczne z Krakowa, dystrybutorem i przedstawicielem firmy MathWorks (producenta oprogramowania MATLAB) w Polsce.

Od dwóch kadencji **jestem członkiem Rady Wydziału** Zarządzania Informatyki i Finansów Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Jestem **recenzentem w czasopiśmie „Przegląd Statystyczny”**.

W grudniu 2013 zostałem powołany przez JM Rektora UE we Wrocławiu, Prof. dr hab. Andrzeja Gospodarowicza na **stanowisko redaktora statystycznego czasopisma Argumenta Oeconomica** wydawanego przez Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu (czasopismo z listy JCR).

Jestem członkiem **Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych (SKAD)** Polskiego Towarzystwa Statystycznego (PTS).

W ramach **współpracy z uczelniami zagranicznymi** dwukrotnie brałem czynny udział (wygłaszając referat) na seminarium „Modelovani, simulace a rizeni pojistnych rizik” organizowanym przez Wydział Ekonomii i Administracji **Uniwersytetu w Pardubicach**:

- w 2009 roku wystąpienie „Value at Risk Application of ARMA-GARCH Models – Measuring and Backtesting”,
- w 2010 roku wystąpienie „Value at Risk Backtesting Procedures”.

W roku 2013 brałem również aktywny udział w Trzecim Niemiecko-Polskim Sympozjum „Analiza danych i jej zastosowania” (GPSDAA2013 – Third Bilateral German-Polish Symposium on Data Analysis and Its Applications) organizowanym przez **Uniwersytet Techniczny w Dreźnie**. W ramach tego sympozjum wygłosiłem referat „Analysis of the Power for Backtesting Procedures Based on the Hit Process – Simulation Approach”).

## **NAGRODY**

**Postanowieniem z dnia 31. lipca 2013 zostałem odznaczony przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej Medalem Brązowym za długoletnią służbę.**

W maju 2013 roku na konferencji Modelowanie i prognozowanie zjawisk społeczno-gospodarczych **uzyskałem wyróżnienie i nagrodę ufundowaną przez firmę StatSoft Polska** za plakat „Analiza mocy wybranych testów metod szacowania wartości zagrożonej – podejście symulacyjne”.

We wrześniu 2014 roku, Komitet Naukowy Konferencji Inwestycje Finansowe i Ubezpieczenia – INWEST – doceniając poziom prezentowanych badań, przyznał mi **nagrodę w postaci propozycji publikacji w czasopiśmie Argumenta Oeconomica** wydawanym przez Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, jedynym polskim czasopiśmie z nauk ekonomicznych posiadającym *impact factor*.

## LITERATURA:

- [1] Acerbi C., **Spectral measures of risk: A coherent representation of subjective risk aversion**, 2002, Journal of Banking and Finance 26(7), str. 1505–1518
- [2] Angelidis T., Degiannakis S., **Backtesting VaR models: a two-stage procedure**, 2007, Journal of Risk Model Validation. Vol. 1, Nr 2, str. 27–48
- [3] Asai M., Dashzeveg U., **Distribution-Free Test for Symmetry with an Application to S&P Index Returns**, 2006, <http://office.soka.ac.jp/faculty/economics/DP/004.pdf>
- [4] Bauwens L., Laurent S., Rombouts J.V.K., **Multivariate Garch Models: A Survey**, 2004, [www.core.ucl.ac.be/econometrics/Bauwens/](http://www.core.ucl.ac.be/econometrics/Bauwens/)
- [5] Baillie R., Bollerslev T., Mikkelsen H., **Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity**, 1996, Journal of Econometrics, 74, str. 3–30
- [6] Bera A., Premaratne G., 2001, **Adjusting the Tests for Skewness and Kurtosis for Distributional Misspecifications**, [www.business.uiuc.edu](http://www.business.uiuc.edu)
- [7] Campbell S., **A Review of Backtesting and Backtesting Procedures**, 2005, Federal Reserve Board, Washington, [www.federalreserve.gov/Pubs/Feds/2005/](http://www.federalreserve.gov/Pubs/Feds/2005/)
- [8] Crouhy M., Galai D., Mark R., **Risk Management**, 2001, McGraw-Hill, New York, stron 717
- [9] Doman R., Doman M., **Ekonometryczne modelowanie dynamiki polskiego rynku finansowego**, 2004, Prace Habilitacyjne nr 15, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, stron 642
- [10] Doman R., **Dynamika rozkładów warunkowych polskich zwrotów finansowych**, 2006, Zeszyty Naukowe nr 78, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Poznań, str. 168–188
- [11] Doman M., Doman R., **Modelowanie zmienności i ryzyka. Metody ekonometrii finansowej**, Oficyna Wolters Kluwers Business, Kraków, 2009, stron 317
- [12] Doman R., **Zastosowanie kopuli w modelowaniu dynamiki zależności na rynkach finansowych**, 2011, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Poznań, stron 202
- [13] Domański Cz., **Testy normalności oparte na momentach**, 2009, Prace i Materiały Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego, nr 4/2, 569–577
- [14] Domański Cz., **Uwagi o testach Jarque'a-Bera**, Przegląd Statystyczny, 57, z. 4, str. 19–26
- [15] Dowd K., **Measuring Market Risk. 2nd edition**, 2005, John Wiley & Sons, Chichester, stron 410
- [16] Fiszeder P., **Modele klasy GARCH w empirycznych badaniach finansowych**, 2009, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, stron 446
- [17] Górka J., **Modele klasy Sign RCA GARCH. Własności i zastosowanie w finansach**, 2012, Wydawnictwo UMK, Toruń, str. 226
- [18] Haas M., **Improved duration-based backtesting of value-at-risk**, 2005, Journal of Risk, Vol. 8., No. 2, str. 17–38
- [19] Heilpern S., **Funkcje łączące**, 2007, Seria Statystyka i Ryzyko, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, stron 162
- [20] Hull J., **Zarządzania ryzykiem instytucji finansowych**, 2011, Wydawnictwa Profesjonalne PWN, Warszawa, stron 688
- [21] Iwanicz-Drozdowska M. (pod red.), **Zarządzanie ryzykiem bankowym**, 2012, Wydawnictwo Poltex, Warszawa, stron 406
- [22] Jajuga K. (red), **Zarządzanie ryzykiem**, 2009, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, stron 389

- [23] Jajuga K., Jajuga T., **Inwestycje: instrumenty finansowe, aktywa niefinansowe, ryzyko finansowe, inżynieria finansowa**, Wyd. 3, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, stron 412
- [24] Jorion P., **Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk**. Second edition, 2001, McGraw-Hill, 2001, stron 544
- [25] Kaszuba B., **Zaawansowane metody statystyczne w praktycznym zastosowaniu teorii portfela**, 2011, Zeszyty Naukowe nr 211, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, str. 147–159
- [26] Kuziak K., **Pomiar ryzyka przedsiębiorstwa. Modele pomiaru i ich ryzyko**, 2011, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Seria: Monografie i Opracowania nr 200, Wrocław, stron 255
- [27] Małecka M., **Weryfikacja hipotez w ocenie ryzyka rynkowego**, 2014, Nieopublikowana rozprawa doktorska pod kierunkiem Prof. dra hab. Cz. Domańskiego, Łódź, stron 164
- [28] Osiewalski J., **Ekonometria bayesowska w zastosowaniach**, 2001, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków, 180 stron
- [29] Osińska M. (pod red.), **Ekonometria współczesna**, 2007, Wydawnictwo „Dom organizatora”, Toruń, stron 452
- [30] Osińska M., **Ekonometria finansowa**, 2006, Wydawnictwo PWE, Warszawa, 261 stron
- [31] Piasecki K., Tomasik E., **Rozkłady stóp zwrotu z instrumentów polskiego rynku kapitałowego**, 2013, Wydawnictwo edu-Libri, Kraków-Warszawa, stron 104
- [32] Pipień M., **Wnioskowanie bayesowskie w ekonometrii finansowej**, 2006, Zeszyty Naukowe nr 176, Akademia Ekonomiczna w Krakowie. Seria Specjalna, Monografie, 229 stron
- [33] Premaratne G., Bera A., **Modelling Asymmetry and Excess Kurtosis in Stock Return Data**, 2001, University of Illinois, papers.ssrn.com
- [34] Rokita P., **Koncepcja wartości zagrożonej (VaR) w analizie ryzyka inwestycji banków na rynku polskim**, 2004, Nieopublikowana rozprawa doktorska pod kierunkiem Prof. dr. hab. K. Jajugi, Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu, Wrocław, stron 281
- [35] Rokita P., **Szacowanie wartości zagrożonej (VaR) dla głównych czynników rynkowych na polskim rynku – porównanie wybranych modeli**, 2004, Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a rynek polski, tom 2, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 1037, Wrocław, str. 196–209
- [36] Rokita P., **Pomiar ryzyka portfela z wykorzystaniem funkcji powiązań (copula functions) i teorii wartości ekstremalnych w przypadku dywersyfikacji międzynarodowej**, 2005, Prace Naukowe Nr 1088, Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu, Wrocław, str. 191–200
- [37] Ronka-Chmielowiec W., **Modelowanie ryzyka w ubezpieczeniach. Wybrane Zagadnienia**, 2003, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, stron 114
- [38] da Silva A., da Silveira Barbedo C., Araujo G., das Neves M., **Internal Models Validation in Brazil: Analysis of VaR Backtesting Methodologies**, 2005, Financial Stability Report, Volume 4 – Number 1, 131–154, Banco Central Do Brasil
- [39] Tsay R., **Analysis of Financial Time Series**, 3rd edition, 2010, Wiley, stron 712

## ZESTAWIENIE PUBLIKACJI, REFERATÓW NA KONFERENCJACH I CYTOWAŃ

ŁĄCZNA LICZBA PUBLIKACJI: 40					
przed doktoratem:			po doktoracie:		
liczba: 16, w tym:			liczba: 24, w tym:		
	w języku polskim	w języku angielskim		w języku polskim:	w języku angielskim:
samodzielne:	13	0	samodzielne:	17	3
współautor:	3	0	współautor:	4	0

Ponadto, jestem również autorem 2 rozdziałów (Metody budowy portfeli inwestycyjnych, podrozdział 7.1, str. 335-358, Klasyfikacja i porządkowanie zakładów ubezpieczeń – przegląd metod i badania empiryczne, podrozdział 8.4.1., str. 420-446) w monografii, która powstała w ramach grantu „Zastosowanie metod ekonometryczno-statystycznych w zarządzaniu finansami zakładów ubezpieczeń – 5 H02B 018 21”.

ŁĄCZNA LICZBA REFERATÓW (WYSTĄPIEŃ): 54					
przed doktoratem:			po doktoracie:		
liczba: 14, w tym:			liczba: 40, w tym:		
	w języku polskim	w języku angielskim		w języku polskim:	w języku angielskim:
samodzielne:	11	0	samodzielne:	22	14
współautor:	3	0	współautor:	4	0
	konferencje polskie	konferencje międzynarodowe		konferencje polskie	konferencje międzynarodowe
samodzielne:	11	0	samodzielne:	20	16
współautor	3	0	współautor	3	1

ŁĄCZNA LICZBA CYTOWAŃ <sup>1)</sup> : 140	
przed doktoratem <sup>2)</sup> :	po doktoracie:
liczba: 55	liczba: 85
INDEKS H <sup>3)</sup>	
publikacji przed doktoratem	publikacji po doktoracie
indeks H: 4	indeks H: 5

1) bez autocytowań

2) w tym cytowania pracy doktorskiej,

3) z uwzględnieniem prac niewskazywanych przez Publish or Perish, zawierających odwołania do moich publikacji (Załącznik 6)

**Indeks H, publikacji po doktoracie, z uwzględnieniem tylko bazy Publish or Perish wynosi 3 (bez autocytowań).**

**ZESTAWIENIE PUBLIKACJI PO DOKTORACIE WRAZ Z LICZBĄ CYTOWAŃ (bez autocytowań)**

	<b>PUBLIKACJE</b>	<b>liczba cytowań</b>
<b>P1</b>	<b>Wycena opcji w modelu uwzględniającym efekt AR-GARCH</b> , w: Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – Tendencje światowe a rynek polski, Jajuga K., Ronka-Chmielowiec W. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu Nr 990, Wrocław, 2003, str. 331–336	7
<b>P2</b>	<b>Weryfikacja wybranych technik prognozowania zmienności na podstawie szeregów czasowych</b> , w: Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a rynek polski, Jajuga K., Ronka-Chmielowiec W. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu Nr 991, Wrocław, 2003, str. 484–494	10
<b>P3</b>	<b>Modelowanie „długiej pamięci” szeregów zmienności</b> , w: Modelowanie Preferencji a Ryzyko '03, Trzaskalik T. (red.), Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 2003, str. 491–504	4
<b>P4</b>	<b>Zastosowanie modeli klasy ARCH do opisu własności szeregu stóp zwrotu indeksu WIG</b> , w: Ekonometria nr 14, Dziechciarz J. (red. naukowy), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 1021, Wrocław, 2004, str. 152–169	8
<b>P5</b>	<b>Modelowanie efektu dźwigni w finansowych szeregach czasowych</b> , w: Nauki finansowe wobec współczesnych problemów gospodarki polskiej, tom IV (Rynki Finansowe), Czekaj J. (red.), Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków, 2004, str. 129–142	9
<b>P6</b>	<b>Modelowanie zmienności stóp procentowych na przykładzie stopy WIBOR</b> , w: Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a rynek polski, Jajuga K., Ronka-Chmielowiec W. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 1037, t. 2, Wrocław, 2004, str. 128–139	0
<b>P7</b>	<b>Współczynnik delta w modelu wyceny opcji uwzględniającym efekt AR-GARCH</b> , w: Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 389, Rynek Kapitałowy – Skuteczne Inwestowanie, część II, Tarczyński W. (red.), Szczecin, 2004, str. 35–50	2
<b>P8</b>	<b>Wykorzystanie warunkowego rozkładu Pearsona typu IV w modelowaniu skośności i leptokurtozy rozkładów stóp zwrotu</b> , w: Taksonomia nr 12, Jajuga K., Walesiak M. (red.), Prace Naukowe Nr 1076 Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, 2005, str. 434–443	2

P9	<p><b>Wykorzystanie wielorównaniowych modeli AR-GARCH w pomiarze ryzyka metodą VaR</b>, w: Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a rynek polski, Jajuga K., Ronka-Chmielowiec W. (red.), Prace Naukowe Nr 1088 Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, 2005, str. 126–138 (współautor: dr Daniel Papla, udział 30%)</p>	5
P10	<p><b>Modelowanie własności szeregów stóp zwrotu – skośność rozkładów</b>, Ekonometria nr 15, Dziechciarz J. (red. naukowy), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 1096, Wrocław, 2005, str. 297–308</p>	4
P11	<p><b>Możliwości arbitrażu na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie z wykorzystaniem kontraktów terminowych</b>, w: Finansowanie działalności przedsiębiorstw, Stacharska-Targosz J. (red.), Wyższa Szkoła Bankowa Wydział zamiejscowy w Chorzowie, Poznań, 2005, str. 209–220</p>	0
P12	<p><b>Modelowanie warunkowej kurtozy oraz skośności w finansowych szeregach czasowych</b>, Materiały z Ogólnopolskiego Seminarium Naukowego Dynamiczne Modele Ekonometryczne, Toruń, 2005, str. 111–120</p>	3
P13	<p><b>Weryfikacja parytetu kupna/sprzedaży dla opcji notowanych na GPW w Warszawie – Problemy oraz przykłady strategii arbitrażowych</b>, w: Metody Matematyczne, ekonometryczne i informatyczne w finansach i ubezpieczeniach, część II, Chrzan P. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 2006, str. 137–148</p>	0
P14	<p><b>Prognozowanie macierzy kowariancji i korelacji finansowych szeregów czasowych</b>, w: Modelowanie Preferencji a Ryzyko'05, Trzaskalik T. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 2006, str. 143–160</p>	3
P15	<p><b>Niektóre praktyczne wyzwania w modelowaniu wielowymiarowych procesów GARCH</b>, w: Taksonomia nr 13, Jajuga K., Walesiak M. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu Nr 1126, Wrocław, 2006, str. 194–205</p>	5
P16	<p><b>Wykorzystanie modelu DCC-GARCH oraz funkcji powiązań FGM w analizie zależności między stopami zwrotu z akcji, indeksów giełd światowych oraz kursami walut. Przykład empiryczny</b>, w: Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a polski rynek, Jajuga K., Ronka-Chmielowiec W. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu Nr 1133, Wrocław, 2006, str. 376–383 (współautor dr D. Papla, udział 70%)</p>	0

P17	<b>Pomiar i testowanie skośności rozkładów stóp zwrotu instrumentów finansowych</b> , w: Taksonomia nr 14, Jajuga K., Walesiak M. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 1169, Wrocław, 2007, str. 122–130	3
P18	<b>Przegląd i porównanie metod oceny modeli VaR</b> , w: Matematyczne i ekonometryczne metody oceny ryzyka finansowego, Chrzan P. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 2007, str. 113–124	5
P19	<b>Przykład strategii paraarbitrażowej z wykorzystaniem jednostki indeksowej MiniWIG20</b> , w: Metody ilościowe w ekonomii, Zeszyty Naukowe Nr 450, Prace Katedry Ekonometrii i Statystyki Nr 17, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin, 2007, str. 489–500	0
P20	<b>Strategia inwestycyjna na rynku polskich obligacji skarbowych wykorzystująca modele krzywej dochodowości</b> , w: Współczesne problemy modelowania i prognozowania zjawisk społeczno-gospodarczych, Pociecha J. (red.), Studia i Prace Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, nr 2, Kraków, 2009, str. 195–206 (współautor: dr. hab. Katarzyna Kuziak, prof. UE, udział 50%)	0
P21	<b>Zastosowanie rozkładów alfa-stabilnych i funkcji powiązań (copula) w obliczaniu wartości zagrożonej (VaR)</b> , w: Wyzwania współczesnych finansów, Jajuga K. (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław, 2009, str. 123–131 (współautor: dr Daniel Papla, udział 30%)	12
P22	<b>The Analysis of Power for Some Chosen VaR Backtesting Procedures: Simulation Approach</b> , w: Advances in Data Analysis, Data Handling and Business Intelligence, Studies in Classification, Data Analysis and Knowledge Organization., A. Fink, B. Lausen, W. Seidel, A. Ultsch (red.), Springer-Verlag, Heidelberg, 2010, str. 481–490	3
P23	<b>Comparison of Some Chosen Tests of Independence of Value-at-Risk Violations</b> , w: Algorithms from and for Nature and Life, Studies in Classification, Data analysis, and Knowledge Organization, B. Lausen, D. Van den Poel, A. Ultsch (red.), Springer-Verlag, Heidelberg, 2013, str. 407–416	0
P24	<b>Value-at-Risk Backtesting Procedures Based on the Loss Functions – Simulation Analysis of the Power of Tests</b> , w: Data Analysis, Machine Learning and Knowledge Discovery, M. Spiliopoulou, L. Schidt-Thieme, R. Janning (red.), Springer-Verlag, Heidelberg, 2014, str. 273–281	0

### NIEOPUBLIKOWANE MATERIAŁY (WYSTĄPIENIA) KONFERENCYJNE

	PRACA	liczba cytowań
1	<b>Weryfikacja modeli Blacka-Scholesa oraz AR-GARCH dla opcji na WIG20</b> , 10 Ogólnopolskie Seminarium Naukowe Dynamiczne Modele Ekonometryczne, Toruń, wrzesień 2007	3
2	<b>Analiza mocy wybranych testów metod szacowania wartości zagrożonej – podejście symulacyjne</b> , VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa im. Profesora Aleksandra Zeliasia, Modelowanie i prognozowanie zjawisk społeczno-gospodarczych, Zakopane, maj 2013	1

### ROZDZIAŁY MONOGRAFII

Zastosowanie metod ekonometryczno-statystycznych w zarządzaniu finansami zakładów ubezpieczeń, pod red. Wandy Ronki-Chmielowiec, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, 2004

1. Metody budowy portfeli inwestycyjnych (podrozdział 7.1), str. 335–358
2. Klasyfikacja i porządkowanie zakładów ubezpieczeń – przegląd metod i badania empiryczne (podrozdział 8.4.1.), str. 420–446

### WYSTĄPIENIA NA KONFERENCJACH ZAGRANICZNYCH PO DOKTORACIE

<b>WZ1</b>	<b>Testing Skewness of Financial Return Distributions</b> , 31st Annual Conference of the German Classification Society, Data Analysis, Machine Learning, and Applications (GfKI-2007), marzec 2007, Freiburg, Niemcy
<b>WZ2</b>	<b>Analysis of Power for Some Chosen VaR Backtesting Procedures - Simulation Approach</b> , 32st Annual Conference of the German Classification Society, Advances in Data Analysis, Data Handling and Business Intelligence, lipiec 2008, Hamburg, Niemcy
<b>WZ3</b>	<b>Application of ARMA-GARCH Models - Value at Risk Measuring and Backtesting</b> , Seminarium Modelovani, simulace a rizeni pojistnych rizik, Uniwersytet w Pardubicach, październik 2009, Pardubice, Czechy
<b>WZ4</b>	<b>Analysis of Power for Some VaR Backtesting Procedures Based on the Loss Functions</b> , International Symposium on the Data Analysis Interface, lipiec 2010, Karlsruhe, Niemcy
<b>WZ5</b>	<b>Value at Risk Backtesting Procedures</b> , Modelovani, simulace a rizeni pojistnych rizik, Uniwersytet w Bratysławie, Październik 2010, Bratysława, Słowacja

<b>WZ6</b>	<b>Comparison of Some Chosen Tests of Independence of Value-at-Risk Violations</b> , Joint Conference of the German Classification Society (GfKI) and the German Association for Pattern Recognition (DAGM), wrzesień 2011, Frankfurt nad Menem, Niemcy
<b>WZ7</b>	<b>Value-at-Risk Backtesting Procedures Based on Loss Functions – Simulation Analysis of the Power of Test</b> , The 36th Annual Conference of the German Classification Society on Data Analysis, Machine Learning and Knowledge Discovery, sierpień 2012, Hildesheim, Niemcy
<b>WZ8</b>	<b>Verification of Black-Scholes and AR-GARCH option pricing models for Polish market</b> , Joint European Conference on Data Analysis, German Classification Society (GfKI), French Speaking Classification Society (SFC), lipiec 2013, Luksemburg
<b>WZ9</b>	<b>Measuring and Testing Skewness of Financial Return Distributions</b> , Joint European Conference on Data Analysis, German Classification Society (GfKI), French Speaking Classification Society (SFC), lipiec 2013, Luksemburg
<b>WZ10</b>	<b>The power of skewness tests in the presence of fat tailed financial distributions</b> Conference of the International Federation of Classification Societies (IFCS), United through Ordination and Classification, lipiec 2013, Tilburg, Holandia
<b>WZ11</b>	<b>Analysis of the Power for Backtesting Procedures Based on the Hit Process – Simulation Approach</b> , The Third German-Polish Symposium on Data Analysis and Applications (GPSDAA2013), Politechnika w Dreźnie, wrzesień 2013, Drezno, Niemcy
<b>WZ12</b>	<b>Power of skewness tests in the presence of fat tailed financial distributions</b> , European Conference on Data Analysis 2014, Jacobs University, lipiec 2014, Brema, Niemcy
<b>WZ13</b>	<b>Interval estimation of Value-at-Risk and Expected Shortfall for ARMA-GARCH models</b> , European Conference on Data Analysis 2014, Jacobs University, lipiec 2014, Brema, Niemcy

#### WYSTĄPIENIA NA KONFERENCJACH W POLSCE PO DOKTORACIE

<b>WP1</b>	<b>Weryfikacja technik prognozowania zmienności na podstawie szeregów czasowych</b> , Konferencja „Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a rynek polski” – INWEST 2003, Szklarska Poręba, październik 2003
<b>WP2</b>	<b>Modelowanie „długiej pamięci” szeregów zmienności</b> , Konferencja „Modelowanie Preferencji a Ryzyko ‘03”, Ustroń, kwiecień 2003
<b>WP3</b>	<b>Modelowanie efektu dźwigni w finansowych szeregach czasowych</b> , Konferencja „Nauki finansowe wobec współczesnych problemów gospodarki polskiej” (Zjazd Katedr Finansów), Zakopane, wrzesień 2004
<b>WP4</b>	<b>Współczynnik delta w modelu wyceny opcji uwzględniającym efekt AR-GARCH</b> , Konferencja „Skuteczne inwestowanie”, Międzyzdroje, wrzesień 2004

<b>WP5</b>	<b>Pomiar i modelowanie skośności rozkładów stóp zwrotu – rozkład Pearsona typu IV</b> , 13. Konferencja Naukowa Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych PTS (SKAD 2004), 18. Konferencja taksonomiczna „Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania”, Białowieża, wrzesień 2004
<b>WP6</b>	<b>Możliwości arbitrażu na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie z wykorzystaniem kontraktów terminowych</b> , III Chorzowska Konferencja Bankowości i Finansów "Finansowanie działalności przedsiębiorstw", Chorzów, wrzesień 2004
<b>WP7</b>	<b>Weryfikacja parytetu kupna/sprzedaży dla opcji notowanych na GPW w Warszawie – Problemy oraz przykłady strategii arbitrażowych</b> , konferencja „Metody Matematyczne, Ekonometryczne i Informatyczne w Finansach i Ubezpieczeniach”, Ustroń, listopad 2004
<b>WP8</b>	<b>Prognozowanie macierzy kowariancji i korelacji finansowych szeregów czasowych</b> , Konferencja „Modelowanie Preferencji a Ryzyko '05”, Ustroń, kwiecień 2005
<b>WP9</b>	<b>Wykorzystanie wielorównaniowych modeli AR-GARCH w pomiarze ryzyka metodą VaR</b> , Konferencja „Inwestycje Finansowe i Ubezpieczenia” – INWEST 2005, Szklarska Poręba, październik 2005 (współautor Dr Daniel Papla)
<b>WP10</b>	<b>Modelowanie warunkowej kurtozy oraz skośności w finansowych szeregach czasowych</b> , 9. Ogólnopolskie Seminarium Naukowe „Dynamiczne Modele Ekonometryczne”, Toruń, wrzesień 2005
<b>WP11</b>	<b>Strategie arbitrażowe i paraarbitrażowe z wykorzystaniem jednostki indeksowej MiniWIG20</b> , Konferencja „Mikroekonometria w teorii i praktyce”, Międzyzdroje, wrzesień 2005
<b>WP12</b>	<b>Wyzwania praktyczne w modelowaniu wielowymiarowych procesów GARCH</b> , 14. Konferencja Naukowa Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych PTS (SKAD 2005), 19. Konferencja taksonomiczna „Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania”, Podlesie koło Kroczyca, wrzesień 2005
<b>WP13</b>	<b>Pomiar i testowanie skośności rozkładów stóp zwrotu instrumentów finansowych</b> , 15. Konferencja Naukowa Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych Polskiego Towarzystwa Statystycznego (SKAD 2006), 20. Konferencja taksonomiczna „Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania”, Wisła, wrzesień 2006
<b>WP14</b>	<b>Wykorzystanie modelu DCC-GARCH oraz funkcji powiązań FGM w analizie zależności między stopami zwrotu z akcji, indeksów giełd światowych oraz kursami walut. Przykład empiryczny</b> , Konferencja „Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a rynek polski”, Szklarska Poręba, październik 2006 (współautor Dr Daniel Papla)
<b>WP15</b>	<b>Analiza mocy wybranych testów pomiaru VaR – badania symulacyjne</b> , XLIII Konferencja Statystyków, Ekonometryków i Matematyków Polski Południowej (SEMPP), Podlesice k/Kroczyca, maj 2007

<b>WP16</b>	<b>Modele aproksymacji krzywej dochodowości polskich obligacji skarbowych</b> , Konferencja „Mikroekonometria w teorii i praktyce”, Świnoujście, wrzesień 2007 (współautor: dr hab. Katarzyna Kuziak)
<b>WP17</b>	<b>Weryfikacja modeli Blacka-Scholesa oraz AR-GARCH dla opcji na WIG20</b> , 10. Ogólnopolskie Seminarium Naukowe „Dynamiczne Modele Ekonometryczne”, Toruń, wrzesień 2007
<b>WP18</b>	<b>Strategia inwestycyjna na rynku polskich obligacji skarbowych wykorzystująca modele krzywej dochodowości</b> , II Ogólnopolska Konferencja Naukowa im. Profesora Aleksandra Zeliasia – „Modelowanie i prognozowanie zjawisk społeczno-gospodarczych”, Zakopane, kwiecień 2008 (współautor: dr hab. Katarzyna Kuziak)
<b>WP19</b>	<b>Zastosowanie wielowymiarowych modeli GARCH do szacowania współczynnika zabezpieczenia dla kontraktów futures na WIG20</b> , 17. Konferencja Naukowa Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych Polskiego Towarzystwa Statystycznego (SKAD 2008), 22. Konferencja taksonomiczna „Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania”, Jastrzębia Góra, wrzesień 2008
<b>WP20</b>	<b>Analiza mocy testów pomiaru VaR wykorzystujących funkcje strat – badania symulacyjne</b> , Konferencja "Innowacje w finansach i ubezpieczeniach – metody matematyczne, ekonometryczne i informatyczne", Ustroń, listopad 2008
<b>WP21</b>	<b>Przegląd i porównanie metod oceny jakości technik pomiaru wartości zagrożonej</b> , Seminarium jubileuszowe z okazji X-lecia Instytutu Zarządzania Finansami Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, marzec 2009
<b>WP22</b>	<b>Przegląd i porównanie metod szacowania współczynnika zabezpieczenia kontraktów futures na indeks WIG20</b> , Konferencja „Modelowanie i prognozowanie gospodarki narodowej”, Gdańsk-Jelitkowo, maj 2010
<b>WP23</b>	<b>Analiza mocy wybranych testów metod szacowania wartości zagrożonej – podejście symulacyjne</b> , VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa im. Profesora Aleksandra Zeliasia - „Modelowanie i prognozowanie zjawisk społeczno-gospodarczych”, Zakopane, maj 2013
<b>WP24</b>	<b>Przedział ufności dla wartości zagrożonej w modelach AR-GARCH</b> , 13. Ogólnopolskie Seminarium Naukowe „Dynamiczne Modele Ekonometryczne”, Toruń, wrzesień 2013
<b>WP25</b>	<b>Przedziałowa estymacja VaR i ES w modelach klasy AR-GARCH</b> , Konferencja „Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a rynek polski”, INWEST 2013, Karpacz, wrzesień 2013
<b>WP26</b>	<b>Przedziałowa estymacja Value-at-Risk i Expected Shortfall w modelach klasy AR-GARCH</b> , VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa im. Profesora Aleksandra Zeliasia – „Modelowanie i prognozowanie zjawisk społeczno-gospodarczych”, Zakopane, maj 2014

<b>WP27</b>	<b>Power analysis of some chosen tests of independence of Value-at-Risk violations</b> , Konferencja “Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencja światowe a rynek polski”, INWEST 2014, Wrocław, wrzesień 2014
-------------	--

#### WYSTĄPIENIA NA KONFERENCJACH MIĘDZYNARODOWYCH W POLSCE – PO DOKTORACIE

<b>WP18</b>	<b>Strategia inwestycyjna na rynku polskich obligacji skarbowych wykorzystująca modele krzywej dochodowości</b> , II Ogólnopolska Konferencja Naukowa im. Profesora Aleksandra Zeliasia – „Modelowanie i prognozowanie zjawisk społeczno-gospodarczych”, Zakopane, kwiecień 2008 (współautor: dr hab. Katarzyna Kuziak)
<b>WP23</b>	<b>Analiza mocy wybranych testów metod szacowania wartości zagrożonej – podejście symulacyjne</b> , VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa im. Profesora Aleksandra Zeliasia - „Modelowanie i prognozowanie zjawisk społeczno-gospodarczych”, Zakopane, maj 2013
<b>WP26</b>	<b>Przedziałowa estymacja Value-at-Risk i Expected Shortfall w modelach klasy AR-GARCH</b> , VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa im. Profesora Aleksandra Zeliasia – „Modelowanie i prognozowanie zjawisk społeczno-gospodarczych”, Zakopane, maj 2014
<b>WP27</b>	<b>Power analysis of some chosen tests of independence of Value-at-Risk violations</b> , Konferencja “Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencja światowe a rynek polski”, INWEST 2014, Wrocław, wrzesień 2014

#### ZESTAWIENIE PUBLIKACJI PRZED DOKTORATEM WRAZ Z LICZBĄ CYTOWAŃ (bez autocytowań)

	<b>PUBLIKACJE</b>	<b>liczba cytowań</b>
<b>1</b>	<b>Zastosowanie wielokryterialnego wspomaganie decyzji w procesie selekcji akcji do portfela</b> , w: Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a polski rynek, Jajuga K., Ronka-Chmielowiec W. (red.), Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu Nr 813, Wrocław, 1999, str. 230–237	0
<b>2</b>	<b>Instrumenty pochodne – przegląd i wyzwania</b> , w: Wrocławski Biuletyn Gospodarczy, Nr 22, str. 12-22	0

3	<b>Teoretyczna i rzeczywista wartość walutowych instrumentów pochodnych – rynek polski</b> – w: <i>Finanse i Bankowość a wejście Polski do Unii Europejskiej – Bankowość, Rynki Finansowe, Część I, Materiały Konferencyjne</i> , Szkoła Główna Handlowa, Warszawa, str. 367–378	0
4	<b>Próba zastosowanie wielokryterialnego wspomaganie decyzji w badaniu efektywności rynków kapitałowych</b> – Materiały konferencyjne z Ogólnopolskiego seminarium Naukowego <i>Dynamiczne Modele Ekonometryczne</i> , Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń, 1999, str. 287–298, (współautor dr Daniel Papla)	0
5	<b>Zmienność historyczna i implikowana jako prognozy zmienności instrumentów finansowych</b> , w: <i>Modelowanie Preferencji a Ryzyko '99</i> , Trzaskalik T. (red.), Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 1999, str. 325–336	2
6	<b>Sposoby zabezpieczania się spółek przed ryzykiem walutowym – rynek polski</b> , w: <i>Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu Nr 837</i> , Wrocław, 2000, str. 384–392 (współautor dr Agnieszka Wojtasiak)	1
7	<b>Modelowanie struktury stóp procentowych na rynku polskim – wprowadzenie</b> , w: <i>Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a rynek polski</i> , Jajuga K., Ronka-Chmielowiec W. (red.), <i>Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu Nr 869</i> , Wrocław, 2000, str. 146–155	1
8	<b>Taksonomiczna metoda badania danych finansowych spółek a stopy zwrotu akcji</b> , w: <i>Taksonomia nr 7</i> , Jajuga K., Walesiak M. (red.), <i>Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu Nr 874</i> , Wrocław, 2000, str. 139–148	1
9	<b>Efekt dni tygodnia i jego wpływ na wycenę opcji</b> , w: <i>Finanse, Banki i Ubezpieczenia w Polsce u progu XXI wieku, Tom IV, Rynki Finansowe</i> , Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Poznań, 2000, str. 135–147	2
10	<b>Zmienność implikowana instrumentów finansowych – wprowadzenie</b> , w: <i>Materiały Konferencyjne Uniwersytetu Szczecińskiego Nr 53, Część II</i> , 2000, str. 481–490	2
11	<b>Modelowanie finansowych szeregów czasowych z warunkową wariancją</b> , w: <i>Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a rynek polski</i> , Jajuga K., Ronka-Chmielowiec W. (red.), <i>Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu Nr 890, tom 1</i> , 2000, str. 218–226	14

12	<b>Możliwości arbitrażu dla różnych modeli szacowania zmienności w wycenie opcji walutowych</b> – Materiały z Ogólnopolskiego Seminarium Naukowego Dynamiczne Modele Ekonometryczne, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Toruń, 2001, str. 129–138 (współautor dr hab. Katarzyna Kuziak)	0
13	<b>Prognozowanie zmienności instrumentów finansowych</b> , Rynek Terminowy 13 (3/01), str. 114–121	4
14	<b>Heteroskedastyczność szeregu stóp zwrotu a koncepcja pomiaru ryzyka metodą VaR</b> , w: Modelowanie Preferencji a Ryzyko '01, Trzaskalik T. (red.), Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 2002, str. 339–350	8
15	<b>Prognozowanie zmienności instrumentów finansowy, cz. II (zmienność implikowana)</b> , Rynek Terminowy 16 (2/02), str. 121–128	0
16	<b>Pomiar ryzyka metodą VaR a modele AR-GARCH ze składnikiem losowym o warunkowym rozkładzie z "grubymi ogonami"</b> , w: Skuteczne Inwestowanie, Część II, Tarczyński W., Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2002, str. 467–484	10

	<b>PRACA DOKTORSKA – promotor Prof. dr hab. Krzysztof Jajuga</b>	<b>liczba cytowań</b>
1	<b>Modelowanie i prognozowanie zmienności instrumentów finansowych</b> , Wydział Zarządzania i Informatyki, Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu, Wrocław, 2002 (obrona 17 luty 2003)	10