

# Testiranje stabilnosti portfelja imovine hrvatskih osiguravajućih društava primjenom nenadziranog učenja

---

Kovačević, Renata

Professional thesis / Završni specijalistički

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:168:667392>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-12**



Repository / Repozitorij:

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repozitory](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

**Renata Kovačević**

**Testiranje stabilnosti portfelja imovine  
hrvatskih  
osiguravajućih društava primjenom  
nenadziranog učenja**

SPECIJALISTIČKI RAD

Zagreb, 2022.

UNIVERSITY OF ZAGREB FACULTY  
OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMPUTING  
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

Renata Kovačević

**Testing the stability of the Croatian  
insurance companies  
asset portfolio using unsupervised  
learning**

**Testiranje stabilnosti portfelja imovine  
hrvatskih  
osiguravajućih društava primjenom  
nenadziranog učenja**

SPECIALIST THESIS  
SPECIJALISTIČKI RAD

Zagreb, 2022.

Završni specijalistički rad izrađen je na Sveučilištu u Zagrebu Fakultetu elektrotehnike i računarstva, na Zavodu za elektroničke sustave i obradbu informacija.

Mentor: Izv. Prof. Dr. Sc. Zvonko Kostanjčar

Završni rad ima: 60 stranica

Završni rad br.:

Povjerenstvo za ocjenu u sastavu:

1. dr. sc. Stjepan Begušić, znanstveni suradnik – predsjednik
2. prof. dr. sc. Zvonko Kostanjčar – mentor
3. doc. dr. sc. Azra Tafro, Sveučilište u Zagrebu Fakultet šumarstva i drvne tehnologije - članica

Povjerenstvo za obranu u sastavu:

1. dr. sc. Stjepan Begušić, znanstveni suradnik – predsjednik
2. prof. dr. sc. Zvonko Kostanjčar – mentor
3. doc. dr. sc. Azra Tafro, Sveučilište u Zagrebu Fakultet šumarstva i drvne tehnologije – članica

Datum obrane: 22. prosinca 2022.

## Sadržaj

1. Uvod .....	6
2. Korišteni podaci i pretpostavke .....	8
2.1. Podjela ulaganja u 4 osnovne klase imovine .....	11
2.2. Tipovi instrumenta i konačna alokacija benchmarka .....	12
2.2.1. Obveznice .....	13
2.2.2. Dionice .....	15
2.2.3. Nekretnine .....	17
2.2.4. Tržište novca .....	19
2.3. Tipovi instrumenta zaštite i konačna alokacija benchmarka sa zaštitom .....	21
2.3.1. Valutni rizik .....	21
2.3.2. Kamatni rizik .....	22
2.3.3. Cjenovni rizik .....	23
2.4. Period promatranja podataka .....	24
3. Odabrane metode analize .....	26
3.1. Izračun prinosa pojedine pozicije i ukupnog benchmarka .....	26
3.2. Koefficient diverzifikacije .....	27
3.3. Analiza glavnih komponenti .....	31
4. Rezultati analize .....	33
4.1. Benchmark i benchmark sa zaštitom – inicijalna usporedba .....	33
4.2. Analiza na ukupnom periodu .....	35
4.2.1. Analiza benchmarka .....	35
4.2.2. Analiza benchmarka sa zaštitom i usporedba sa benchmarkom .....	41
4.3. Analiza na periodu dužničke krize .....	48
4.4. Analiza na periodu COVID-19 pandemije .....	52
4.4.1. Analiza benchmarka .....	52
4.4.2. Analiza benchmarka sa zaštitom .....	56
4.5. Dodatak analizi – osvrt na definiciju volatilnosti kao mjeru rizika .....	60
4.5.1. Analiza tržišnog rasta .....	61
4.5.2. Analiza tržišne stabilnosti .....	62
5. Zaključak .....	63
6. Izvori/literatura .....	66
7. Sažetak .....	67
8. Abstract .....	68
9. Životopis .....	69
10. Biography .....	70

## 1.Uvod

Osiguravajuća društva u Republici Hrvatskoj (dalje u tekstu: RH) imovinu pod upravljanjem pretežito ulažu u državne obveznice RH i ostale države članica Europske unije (dalje u tekstu: EU) te instrumente tržišta novca dok je manji dio uložen u dionice ili druge, složenije vrste ulaganja.

U tradicionalno pasivnoj strategiji ulaganja, diverzifikacija portfelja postala je jedno od osnovnih i najjednostavnijih alata zaštite imovine.

Razinu diverzifikacije portfelja možemo procijeniti različitim metodama poput mjerenja broja različitih vrijednosnih papira, odnosno različitih tipova instrumenata u portfelju, analizom volatilnosti portfelja ili slično. Međutim ukoliko ignoriramo zapažene korelacije između pojedinih vrijednosnih papira ili istovjetne skupine instrumenata gubimo mnoštvo informacija i pravu sliku diverzifikacije portfelja. Stoga, visoko diverzificiranim portfeljem smatramo portfelj koji ima nisku razinu korelacije između pojedinih sastavnica, te posljedično manju volatilnosti tj. manji rizik od gubitka uslijed tržišnih kriza.

Osim maksimiziranja diverzifikacije u svrhu minimizacije rizika, među investitorima se budi sve veća svijest o dodatnoj potrebi za zaštitom portfelja imovine uvođenjem dodatnih instrumenata zaštite od rizika. Iz financijskih izvještaja osiguravajućih društava u RH možemo vidjeti da se imovina uglavnom štiti od valutnog rizika, korištenjem valutnih forward (*engl. forward*; budućnosnice, ugovori s unaprijed dogovorenim tečajem otkupa dogovorenog iznosa novca na određeni datum u budućnosti) ili swap ugovora (*engl. swap*; razmjena, ugovori o razmjeni unaprijed dogovorenog iznosa u dvije valute, s unaprijed dogovorenim tečajevima kupnje prve valute danas i otkupa druge valute na određeni datum u budućnosti) dok se ostali financijski rizici poput kreditnog, kamatnog i cjenovnog uglavnom štite diverzifikacijom portfelja, a ne specijaliziranim financijskim proizvodima.

U ovom se radu pitamo je li prosječan portfelj hrvatskog osiguravajućeg društva dovoljno otporan na krizne trenutke, odnosno je li dosadašnja praksa korištenja diverzifikacije kao često jedinog sredstva zaštite portfelja u pasivnoj strategiji ulaganja dovoljna.

Definirat ćemo prosječni portfelj hrvatskih osiguravajućih društva za kojeg računamo koeficijent diverzifikacije, te ispitujemo mogućnost primjene nenadziranog učenja na portfelju hrvatskih osiguravajućih društva korištenjem metode analize glavnih komponenti (*engl. Principal Component Analysis; PCA*). Želimo pokazati postojanje inverzne veze između ova dva pokazatelja kako bi pokazali da stabilnost portfelja mjerena diverzifikacijom pada kako sistemski rizik tržišta opisan prvom glavnom komponentom raste.

Dodatno, usporedit ćemo otpornost prosječnog portfelja bez ulaganja u instrumente zaštite od tržišnih rizika i sa ulaganjem u instrumente zaštite od tržišnih rizika, provedbom analize i usporedbom rezultata u različitim vremenskim periodima.

Cilj ovog rada je ukazati na potencijalni rizik gubitka uslijed tržišnih kretanja s kojima se prosječni hrvatski osiguravatelj može suočiti ukoliko ne rebalansira svoj portfelj sukladno tržišnim uvjetima, te osvijestiti potrebu za uvođenjem dodatnih instrumenta zaštite portfelje u svrhu osiguranja bolje likvidnosti i solventnosti u svakom trenutku.



## 2. Korišteni podaci i pretpostavke

Za definiranje prosječnog portfelja hrvatskog osiguravajućeg društva korišteni su javno dostupni podaci iz Godišnjih izvještaja Hrvatske agencije za nadzor financijskih usluga (dalje u tekstu: HANFA) u periodu od 2000. do 2021. godine dok je konačna alokacija dobivena prilagodbom dostupnih podataka i grupiranjem instrumenta prema izloženosti istom riziku.

Tablica 1. Ulaganja osiguravajućih društava u RH od 2000. – 2017. godine prema HANFA-i

Kategorija imovine	Vrijednosni papiri		Dionice		Depoziti		Otvoreni investicijski fondovi		Nekretnine		Zajmovi		Ostalo	
	TP	MP	TP	MP	TP	MP	TP	MP	TP	MP	TP	MP	TP	MP
<b>2000.</b>	60,0%	7,0%	/	/	23,0%	22,0%	/	/	3,0%	27,0%	/	20,0%	14,0%	24,0%
<b>2001.</b>	67,0%	14,0%	/	/	19,0%	25,0%	/	/	3,0%	26,0%	/	19,0%	11,0%	16,0%
<b>2002.</b>	74,0%	18,0%	/	/	14,0%	23,0%	/	/	5,0%	26,0%	/	16,0%	7,0%	17,0%
<b>2003.</b>	73,0%	24,0%	/	/	16,0%	18,0%	/	/	6,0%	31,0%	/	11,0%	5,0%	16,0%
<b>2004.</b>	78,0%	24,0%	/	/	10,0%	15,0%	/	/	6,0%	30,0%	/	12,0%	6,0%	18,0%
<b>2005.</b>	75,0%	27,0%	/	/	12,0%	20,0%	/	/	4,0%	27,0%	/	9,0%	9,0%	17,0%
<b>2006.</b>	65,7%	30,4%	/	/	15,6%	16,6%	8,3%	9,4%	5,1%	20,5%	/	8,0%	5,3%	14,0%
<b>2007.</b>	65,5%	34,5%	/	/	18,0%	18,0%	8,9%	11,2%	2,5%	14,4%	/	7,8%	5,1%	14,0%
<b>2008.</b>	68,4%	27,9%	/	/	20,2%	20,9%	3,9%	6,1%	2,0%	16,4%	/	14,3%	5,5%	14,4%
<b>2009.</b>	72,9%	34,5%	/	/	14,8%	16,0%	4,5%	7,8%	1,5%	15,0%	/	13,3%	6,3%	13,4%
<b>2010.</b>	75,9%	38,7%	/	/	10,6%	16,9%	4,9%	8,8%	2,9%	16,8%	/	8,2%	5,8%	10,6%
<b>2011.</b>	79,3%	40,9%	/	/	8,5%	14,7%	2,9%	6,4%	2,9%	15,9%	/	7,4%	6,4%	14,8%
<b>2012.</b>	79,7%	42,5%	/	/	7,9%	15,8%	3,1%	8,5%	3,1%	15,3%	/	4,7%	6,2%	13,2%
<b>2013.</b>	83,4%	46,6%	/	/	6,1%	12,6%	4,3%	8,5%	3,1%	15,3%	/	5,6%	3,1%	13,2%
<b>2014.</b>	83,4%	52,9%	/	/	5,1%	13,7%	5,1%	5,0%	3,3%	12,7%	/	4,5%	3,1%	11,2%
<b>2015.</b>	81,6%	58,6%	/	/	5,9%	10,4%	6,3%	4,1%	3,2%	12,4%	/	4,2%	3,0%	10,3%
<b>2016.</b>	76,8%	38,5%	2,9%	12,9%	5,1%	10,4%	7,4%	5,8%	3,3%	14,1%	2,3%	10,3%	2,3%	8,1%
<b>2017.</b>	77,3%	44,1%	2,1%	12,0%	3,8%	6,7%	7,6%	4,0%	3,8%	12,7%	3,2%	12,1%	2,2%	8,4%
<b>Prosjek</b>	<b>53,9%</b>		<b>7,5%</b>		<b>14,2%</b>		<b>6,4%</b>		<b>11,5%</b>		<b>9,6%</b>		<b>10,0%</b>	

Primijetimo da suma iskazanih prosjeka iz tablice 1. nije jednaka 100%, stoga je prosječne alokacije po kategorijama ulaganja potrebno skalirati. Dodatno, za analizu nećemo gledati kategoriju „Ostalo“ jer ne pruža nikakvu informaciju o vrsti ulaganja. Ova prilagodba je prikazana tablicom 2.

Tablica 2. Prosječna ulaganja osiguravajućih društava u RH od 2000. – 2017. godine prema HANFA-i

Period izvještavanja 2000. – 2017. godine	Vrijednosni papiri	Dionice	Depoziti	Otvoreni investicijski fondovi	Nekretnine	Zajmovi	Ostalo	Ukupno
<b>Prosjek</b>	53,92%	7,48%	14,20%	6,37%	11,45%	9,65%	10,00%	113,05%
<b>Skalirani prosjek do 100%</b>	47,69%	6,61%	12,56%	5,63%	10,13%	8,53%	8,84%	100,00%
<b>Skalirani prosjek bez kategorije ostalo</b>	52,32%	7,25%	13,78%	6,18%	11,11%	9,36%	/	100,00%

Nakon 2017. godine, HANFA izvještava o ukupnim ulaganjima osiguravajućih društava, ne razdvajajući ulaganja za pokriće matematičke i tehničke pričuve, pregled čega je dan tablicom 3.

Tablica 3. Ulaganja osiguravajućih društava u RH od 2018. – 2021. godine prema HANFA-i

Kategorija imovine	Dužnički financijski instrumenti	Vlasnički vrijednosni papiri	Investicijski fondovi	Nekretnine	Zajmovi i depoziti	Ostalo
<b>Godina izvještavanja</b>						
<b>2018.</b>	67,87%	5,20%	6,31%	8,16%	10,79%	1,67%
<b>2019.</b>	69,10%	5,60%	5,10%	7,90%	10,00%	2,30%
<b>2020.</b>	67,60%	5,90%	6,60%	8,50%	9,50%	2%
<b>2021.</b>	66,30%	7,10%	7,30%	8,90%	8,40%	2,10%
<b>Prosjek</b>	<b>67,72%</b>	<b>5,95%</b>	<b>6,33%</b>	<b>8,37%</b>	<b>9,67%</b>	<b>2,02%</b>

Slično kao i kod tablice 1, i ovdje ćemo dobivene prosjeke skalirati tako da kategorije ulaganja daju sumu od 100%, te izbaciti kategoriju „Ostalo“, što je prikazano tablicom 4.

Tablica 4. Prosječna ulaganja osiguravajućih društava u RH od 2018. – 2021. godine prema HANFA-i

Period izvještavanja 2018. – 2021. godine	Dužnički financijski instrumenti	Vlasnički vrijednosni papiri	Investicijski fondovi	Nekretnine	Zajmovi i depoziti	Ostalo	Ukupno
<b>Prosjek</b>	74,27%	2,50%	11,98%	5,60%	3,54%	2,75%	100,64%
<b>Skalirani prosjek do 100%</b>	73,80%	2,48%	11,90%	5,56%	3,52%	2,73%	100,00%
<b>Skalirani prosjek bez kategorije ostalo</b>	75,87%	2,55%	12,24%	5,72%	3,62%	/	100,00%

Iz tablice 1. i tablice 3. vidimo da informacije o ulaganjima nisu uniformne, sažetak čega je dan tablicom 5.

Tablica 5. Pregled razlika u izvještavanju prema HANFA-i u različitim periodima

Godišnji izvještaji HANFA-period	Klase imovine navedene u izvještajima	Način izvještavanja
2000. - 2017.	Vrijednosni papiri, dionice, depoziti, otvoreni investicijski fondovi, nekretnine, zajmovi, ostalo	Posebno za ulaganja iz sredstava tehničke pričuve, posebno za ulaganja iz sredstava matematičke pričuve
2018. – 2020.	Dužnički financijski instrumenti, vlasnički vrijednosni papiri, investicijski fondovi, zajmovi i depoziti, ostalo	Sumarni prikaz ulaganja

Dodatno, nije sasvim jasno što točno predstavlja kategorija ulaganja „Vrijednosni papiri“, kao ni kategorija „Otvoreni investicijski fondovi“, odnosno „Investicijski fondovi“ iz tablica 1. i 2.

Kako kvaliteta spomenutih izvještaja te dostupnost i uniformiranost prikaza traženih informacija varira iz godine u godinu, a što je vidljivo iz gornjih tablica, konačni odabir podataka i alokacije podataka dijelom proizlazi iz poznavanja tržišne prakse te informacija dobivenih temeljem javno dostupnih financijskih izvještaja osiguravajućih društava u Hrvatskoj.

Prilikom dodjeljivanja konačne alokacije vodili smo se principom izloženosti prema istom tipu rizika pa ćemo primjerice kod kategorije investicijski fondovi pretpostaviti da je dio imovine uložen u dioničke fondove, dio u obvezničke, a dio u kratkoročne obvezničke (tzv. novčane) fondove, uvažavajući pritom prosjeke iskazane tablicama 2. i 4.

## 2.1. Podjela ulaganja u 4 osnovne klase imovine

Zbog jednostavnosti instrumente ulaganja ćemo podijeliti na sljedeće četiri osnovne klase imovine, pri čemu svaka uključuje nekoliko usporedivih tipova ulaganja koja su izložena istoj vrsti rizika

- **Obveznice:** uključuje izloženost državnim i korporativnim obveznicama te dugoročnim obvezničkim otvorenim investicijskim fondovima i ETF-ovima (*engl. exchange traded funds*, fondovi kojima se aktivno trguje na uređenim tržištima):
  - **Temeljni rizici :** *dugoročni i kratkoročni kamatni rizik, kreditni rizik*
  
- **Dionice:** uključuje izloženost dionicama, dioničkim ETF-ovima i dioničkim otvorenim investicijskim fondovima
  - **Temeljni rizici:** *rizik promjene cijene, rizik likvidnosti pojedine pozicije*
  
- **Nekretnine:** uključuje izloženost nekretninama za ulagačke aktivnosti
  - **Temeljni rizici:** *dijelom kamatni rizik, rizik promjene cijene uslijed promjene kupovne moći građana i kompanija*
  
- **Tržište novca:** uključuje izloženost depozitima, zajmovima pravnim osobama, kratkoročnim obvezničkim otvorenim investicijskim fondovima
  - **Temeljni rizici:** *kratkoročni kamatni rizik, kreditni rizik, rizik likvidnosti*

Dalje u tekstu umjesto prosječni portfelj hrvatskog osiguravajućeg društva koristimo termin benchmark (*engl. benchmark; mjerilo, usporedivi portfelj*).

## 2.2. Tipovi instrumenta i konačna alokacija benchmarka

Analizom podataka o ulaganjima iz HANFA-inih izvještaja (tablice 1. – 5.) i grupiranjem alokacija po odabranim klasama imovine na način da se gleda izloženost prema glavnom izvoru rizika (poglavlje 2.1.) dolazimo do konačne alokacije imovine za benchmark.

Smatramo da kategorija ulaganja „Investicijski fondovi“ iz tablice 4. sadržava izloženosti prema obvezničkim i dioničkim fondovima pa ju raspoređujemo u klase imovine „Dužnički financijski instrumenti“, odnosno „Vlasnički vrijednosni papiri“. Dodatno, ova kategorija ulaganja dijelom sadrži i ulaganja u kratkoročne instrumente pa stoga spadaju i u kategoriju „Zajmovi i depoziti“, budući da su sve izložene riziku kratkoročnih kamatnih stopa.

Imajući ovo u vidu, dolazimo do alokacije imovine po odabranim klasama instrumenata čiji je prikaz dan tablicom 6.

Tablica 6. Alokacija odabranih klasa imovina u benchmarku

Kategorija ulaganja (prema tablici 4.)	Tip instrumenta u benchmarku	Udio
Dužnički financijski instrumenti (dugoročni)	Obveznice	70%
Vlasnički vrijednosni papiri, Investicijski fondovi (dionički fondovi)	Dionice	10%
Nekretnine	Nekretnine	5%
Zajmovi i depoziti, Investicijski fondovi( kratkoročni dužnički financijski instrumenti i investicijski fondovi)	Tržište novca	15%
<b>Ukupno</b>		<b>100%</b>

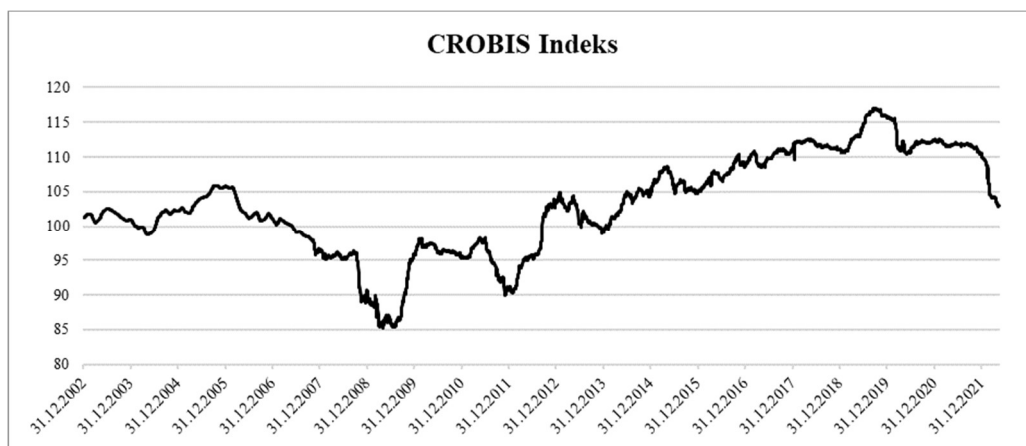
Ova četiri osnovna tipa instrumenata potrebno je podijeliti na hrvatsko i svjetsko tržište, te definirati odabrane reprezentante pojedinih klasa.

### 2.2.1. Obveznice

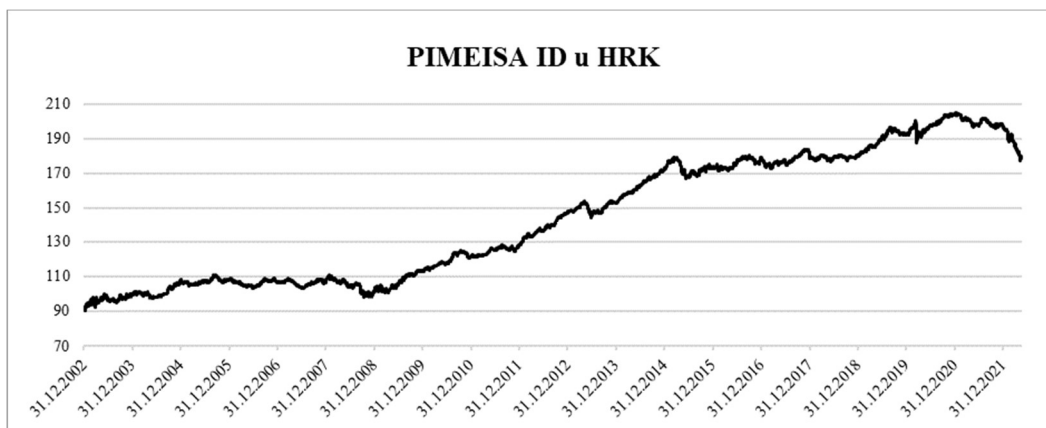
Kao što smo već spomenuli, osiguravajuća društva u RH pretežito ulažu u državne obveznice, a manjim dijelom u korporativne obveznice. Pretpostavit ćemo omjer ulaganja od 70% u obveznice RH, a 30% u korporativne obveznice i obveznice drugih država članica EU.

Kao reprezentanta ulaganja u državne obveznice RH uzimamo **CROBIS indeks** kao službeni obveznički indeks Zagrebačke burze, a za korporativne obveznice i državne obveznice EU uzimamo **PIMEISA ID ETF**, dugoročni obveznički otvoreni investicijski fond kojim se trguje na burzi i koji ulaže u diverzificirani portfelj državnih i korporativnih EU obveznica, denominiran u valuti EUR.

Za potrebe konstrukcije benchmarka, sve vrijednosti su izražene u kunskoj protuvaluti, a njihove realizacije su prikazane slikama 1. i 2.



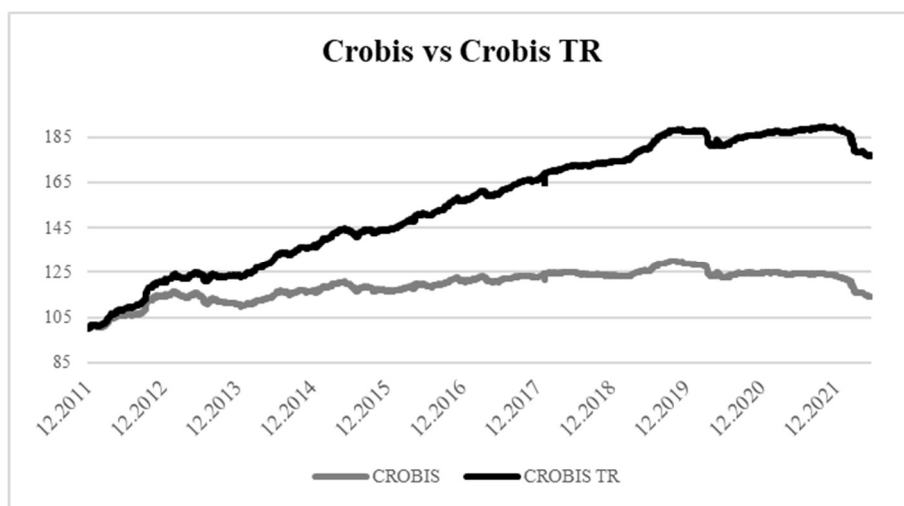
Slika 1. Realizacije CROBIS Indeksa



Slika 2. Realizacije PIMEISA ID u HRK protuvrijednosti

Napominjemo da za hrvatske obveznice nismo odabrali Crobis total return indeks (Crobis TR; indeks koji uključuje i kuponski prinos), dok smo za strane obveznice uzeli ETF sa uključenim kuponskim prinosom, isključivo zbog nedostupnosti podataka prije 2011. godine.

Kada pogledamo realizacije ova dva indeksa, skalirana na istu početnu vrijednost, u periodu od 2011. do 2022. godine (slika 3.), vidimo da iako Crobis TR očekivano pokazuje veće vrijednosti od Crobis indeksa, oba imaju isti trend kretanja, uz visoku korelaciju od 0,91 (na usporedivom vremenskom periodu).



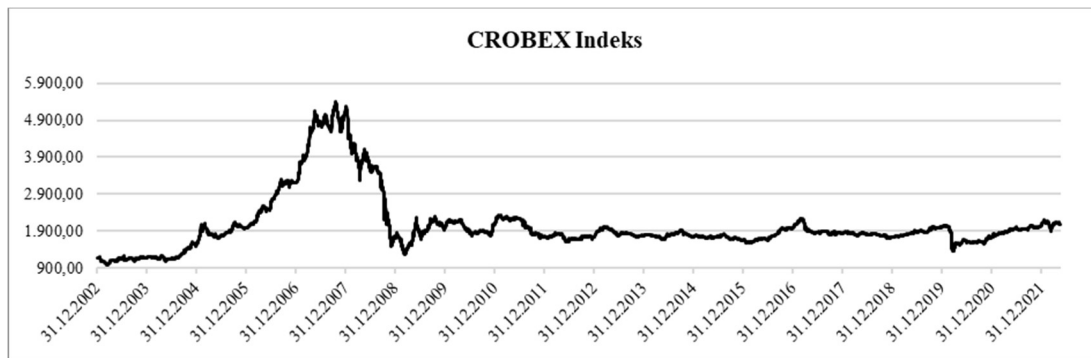
Slika 3. Usporedba realizacije Crobis i Crobis total return indexa

Stoga, za potrebe daljnje analize uzimamo Crobis indeks kao reprezentanta ulaganja u hrvatske državne obveznice.

### 2.2.2. Dionice

Pod tipom instrumenta dionice smatramo sva ulaganja koja pružaju direktnu ili indirektnu izloženost dionicama kroz ulaganje u otvorene dioničke investicijske fondove ili dioničke ETF-ove. Pretpostavit ćemo alokaciju u RH dionice od 70% i 30% u EU dionice. Odabrani reprezentanti za ove klase imovine su **Crobex indeks** kao službeni dionički indeks Zagrebačke burze za RH dionice i **SXXP indeks** za EU dionice, koji prati performanse 600 kompanija iz 17 zemalja Europe, pri čemu u sastavu ima dionice malih, srednjih i velikih poduzeća.

Sve vrijednosti su izražene u kunskoj protuvaluti a njihove realizacije su prikazane slikama 4. i 5.



Slika 4. Realizacije CROBEX Indeksa

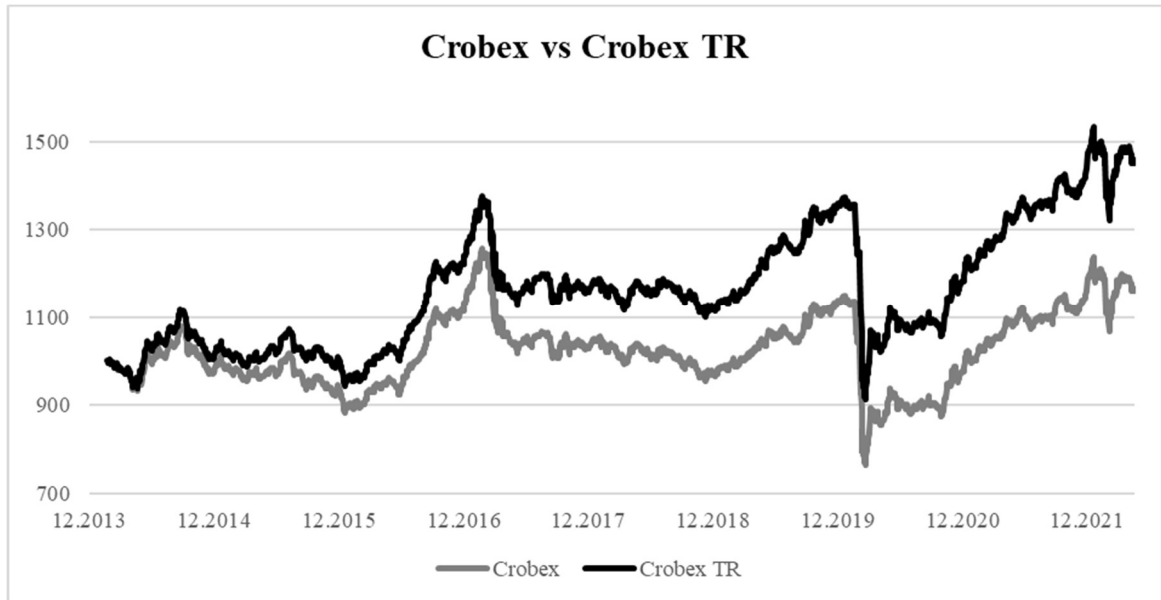


Slika 5. Realizacije SXXP Indeksa u HRK protuvrijednosti

Za strane dionice uzeli smo indeks sa uključenim dividendnim povratom, a za hrvatske dionice, slično kao i kod odabira reprezentanta za hrvatske obveznice, nismo odabrali Crobex total return indeks (Crobex TR; indeks koji uključuje i dividendni povrat), isključivo zbog nedostupnosti podataka prije 2014. godine.



Kada pogledamo realizacije ova dva indeksa, skalirana na istu početnu vrijednost, u periodu od 2014. do 2022. godine (slika 6.), vidimo da iako CrobexTR očekivano pokazuje veće vrijednosti od Crobex indeksa, oba imaju isti trend kretanja, uz visoku korelaciju od 0,86 (na usporedivom vremenskom periodu).

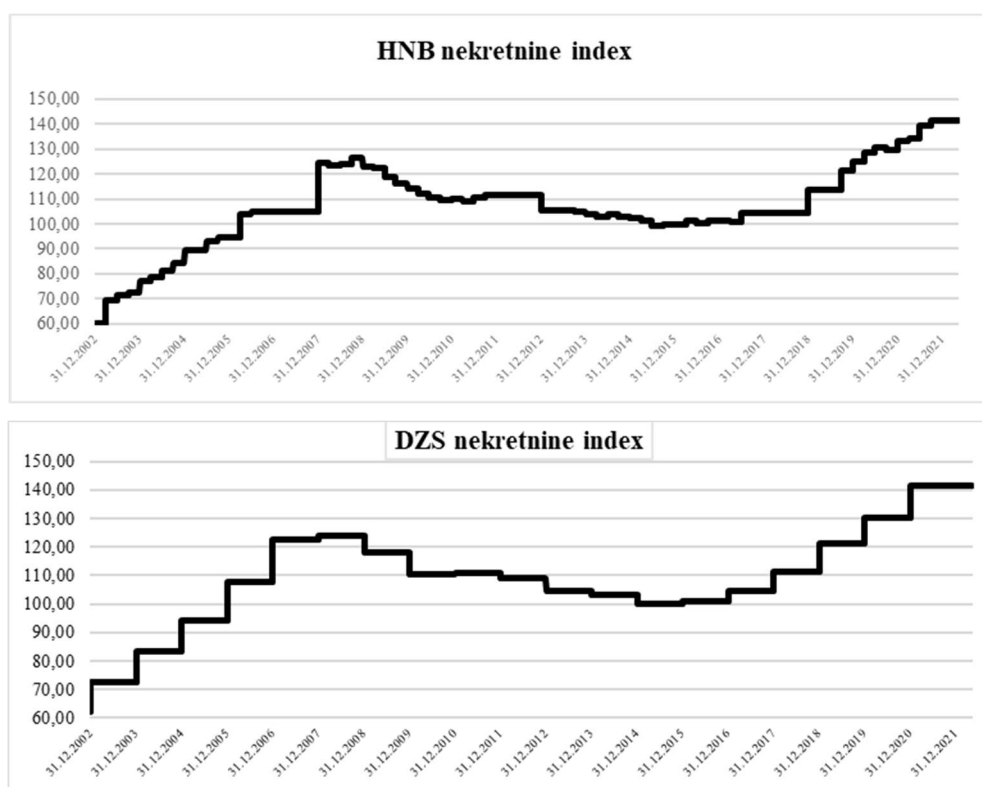


Slika 6. Usporedba realizacije Crobex i Crobex total return indexa

Stoga, za potrebe daljnje analize uzimamo Crobex indeks kao reprezentanta ulaganja u hrvatske dionice.

### 2.2.3. Nekretnine

Podatke o prinosima na nekretnine u RH inicijalno tražimo u statistikama Hrvatske narodne banke (dalje u tekstu: HNB) i Državnog zavoda za statistiku (dalje u tekstu: DZS). Podaci o dnevnom prinosima prikazani su slikom 7. (prikazani dnevni prinosi izvedeni su iz objavljenih godišnjih, odnosno kvartalnih prinosa, ovisno o dostupnosti podataka).



Slika 7. Indeks nekretnina u RH prema HNB i DZS

Zbog nedovoljno frekventnih podataka funkcija izvedenih dnevnih prinosa nekretnina na RH tržištu je stepenasta u cijelom periodu promatranja, te kao takva nije pogodna za daljnju analizu.

Stoga, za potrebe ovog rada uzimamo podatke o prinosu od **REITE Indeks**, koji prati prinose najreprezentativnijih nekretninskih fondova u EU, odabranih prema ukupnoj tržišnoj kapitalizaciji i ukupnoj likvidnosti. Ovaj odabrani fond dat će nam informaciju o tržišnoj percepciji EU o kretanju cijena kupnje (i najma) nekretnina.

Realizirane cijene ovog fonda uvećat ćemo za spread (*engl. spread; raspon, razlika; dodatak na rizik promjene kamatnih stopa u RH spram istog rizika u EU*) između kunskih kamatnih stopa (ZIBOR, međubankarske kamatne stope na depozite za tržište RH, za različita dospjeća do maksimalno jedne godine) i EU kamatnih stopa (EURIBOR, međubankarske kamatne stope na depozite za tržište EU, za različita dospjeća do maksimalno jedne godine), kako bi se dobila procijenjena vrijednost za RH tržište.

Sve vrijednosti su izražene u kunskoj protuvaluti a njihove realizacije su prikazane slikom 8.



Slika 8. Konstruirani indeks za prinose RH nekretnina

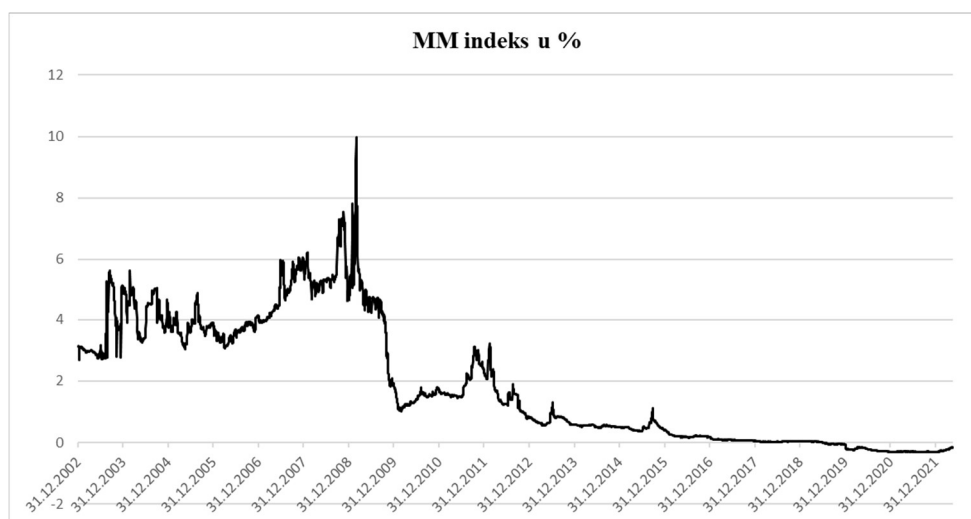
Sa slike 7. vidimo da službeni podaci HNB-a i DZS-a pokazuju veću stabilnost od podataka našeg konstruiranog indeksa - snažan pad tržišta nekretnina nakon svjetske dužničke krize koja je počela sredinom 2007. godine ovdje je gotovo nevidljiv.

Dodatno, relativno stabilan rast cijena nekretnina prema HNB-u i DZS-u koji počinje od 2018. godine mogao bi se objasniti kao posljedica dugog perioda niskih kamatnih stopa na tržištu koja je građanima omogućila jeftinije zaduživanje koje je pak potaklo veću potražnju za nekretninama. Također, državne subvencije kredita za kupnju prve nekretnine i činjenica da građani RH ulaganje u nekretnine tradicionalno smatraju najsigurnijim oblikom štednje (RH na vrhu statistika EU po broju vlasništva nad nekretnina) dodatno potiču rast cijena nekretnina u RH, pritom zanemarujući svjetske tržišne trendove.

Zbog nedovoljno frekventnih podataka o cijenama nekretnina od HNB-a i DZS-a, ali i raznih specifičnosti tržišta nekretnina u RH, smatramo da gore opisani konstruirani indeks nekretnina bolje opisuje tržišno kretanje cijena te ćemo ga koristiti za daljnju analizu.

#### 2.2.4. Tržište novca

Kako je ovaj tip instrumenta ujedno i generator i posljedica politike kamatnih stopa, za reprezentanta ove klase ulaganja uzimamo prosjek kotiranih kamatnih stopa na HRK (**ZIBOR**) i EUR (**EURIBOR**), za različita dospijeća do godine dana, pri čemu pretpostavljamo da investitori jednako ulažu o obje valute i po svim dospijećima. Na ovaj smo način dobili indeks tržišta novca (*engl. money market index*; MM indeks) čije su realizacije opisane slikom 9.



Slika 9. Realizacije kamatnih stopa na novčanom tržištu

Podaci o Crobis, Crobis TR, Crobex i Crobex TR indeksima dobiveni su od Zagrebačke burze, dok su svi ostali podaci, uključujući i podatke o tečaju, dobiveni sa Bloomberg terminala.

Konačna alokacija odabranih reprezentanata u bechmarku dana je tablicom 7.

Tablica 7. Alokacija reprezentanata u benchmarku

Klasa instrumenta	Udio klase u benchmarku	Podklasa instrumenta	Reprezentant	Udio reprezentanta u klasi	Konačni udio reprezentanta u benchmarku
Obveznice	70%	Državne obveznice u HRK	Crobis indeks	70%	49%
		Državne i korporativne obveznice EU	PIMEISA ID	30%	21%
Dionice	10%	HR dionice i dionički fondovi	Crobex indeks	70%	7%
		EU dionice i dionički fondovi	SXXP	30%	3%
Nekretnine	5%	Nekretnine RH	REITE + spread	100%	5%
Tržište novca	15%	Zajmovi, depoziti, kratkoročni obveznički fondovi u HRK	ZIBOR, sva dospijeca	50%	7,5%
		Zajmovi, depoziti, kratkoročni obveznički fondovi u EUR	EURIOBOR, sva dospijeca	50%	7,5%
<b>Ukupno</b>	<b>100%</b>				<b>100%</b>

Intuitivno je jasno da alokacija i selekcija imovine ovisi o strategiji ulaganja pojedinog osiguravajućeg društva, koja se u pravilu ažuriraju na godišnjoj razini, te da nije realno očekivati fiksnu alokaciju imovine i nepromijenjene reprezentante pojedine klase imovine kroz dulji promatrani period. Međutim, kako za potrebe ovog rada ispituje samo tržišno ponašanje odabranih klasa i reprezentanata, a ne efikasnost upravljanja portfeljem, zadržavamo fiksne alokacije i reprezentante kroz cijeli promatrani period. Također, inicijalno odabrani reprezentanti pojedinih klasa će za potrebe ovog rada ostati nepromijenjeni, odnosno za potrebe daljnje analize pretpostavljamo da je alokacija dana tablicom 7. fiksna kroz cijeli period analize.

### **2.3. Tipovi instrumenta zaštite i konačna alokacija benchmarka sa zaštitom**

Osiguravajuća društva u RH pretežito koriste valutne forward i swap ugovore koji služe za zaštitu od gubitaka pozicija denominiranih u EUR ili ostalim valutama različitim od HRK uslijed pojave nepovoljnog kretanja tečaja valuta.

Obzirom na česte tržišne turbulencije kod investitora se budi sve veća svijest o potrebi zaštite portfelja imovine od ostalih rizika, poput kamatnog i cjenovnog rizika, uvođenjem dodatnih instrumenata zaštite.

Primjeri instrumenata zaštite od kamatnog i cjenovnog rizika su ugovori o razmjeni kamatnih stopa i opcije na dionice. Međutim, kako ovakvi (i slični) instrumenti predstavljaju ugovor između dvije strane koji se sklapaju na decentraliziranom OTC tržištu, oni ne kotiraju na uređenim tržištima i za njih ne postoje javno dostupni podaci o kretanju cijena. Stoga za reprezentante instrumenata zaštite uzimamo ETF fondove koji repliciraju usporedive strategije ulaganja u zaštitu od rizika.

Želimo usporediti otpornost konstruiranog benchmarka kao reprezentanta prosječnog portfelja bez ulaganja u instrumente zaštite i benchmarka sa zaštitom, kao reprezentanta prosječnog portfelja sa uključenim instrumentima zaštite od valutnog, kamatnog i cjenovnog rizika, kako bi opravdali korist ulaganja u zaštitu od rizika.

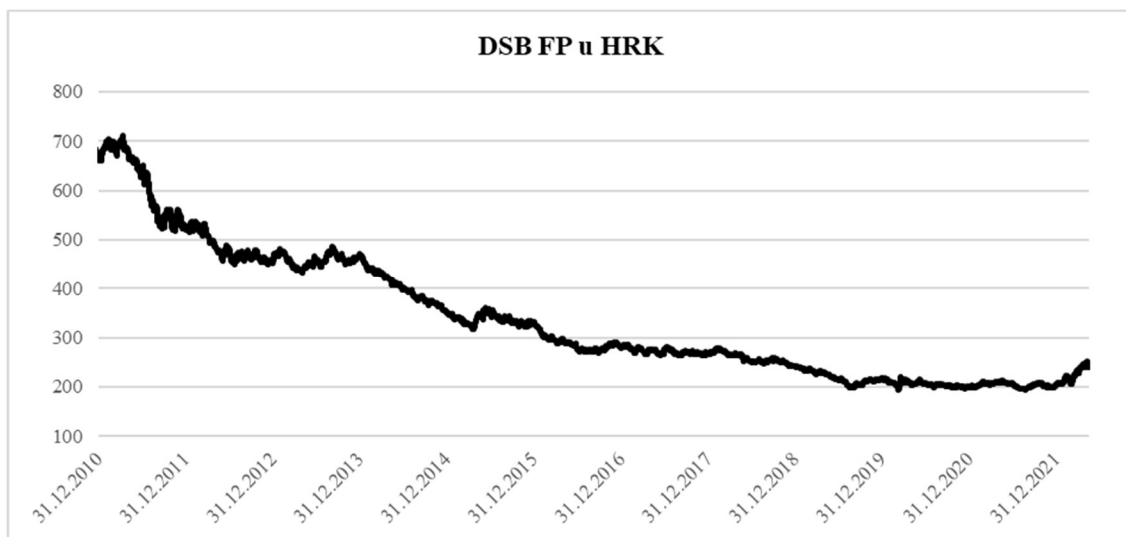
#### **2.3.1. Valutni rizik**

Za potrebe repliciranja zaštite od valutnog rizika za imovinu koja nije denominirana u HRK, prilikom pretvaranja ostvarenih prinosa, tj. povrata, iz originalne valute instrumenta u valutu HRK, pretpostavljamo da je 20% valutnog rizika u potpunosti zaštićeno valutnim forward ili swap ugovorima. Tako za potrebe replikacije zaštite od valutnog rizika, prilikom pretvaranja realiziranog prinosa pojedinog reprezentanta iz originalne valute u HRK protuvrijednost, uzimamo samo 80% realiziranog tečajnog prinosa originalne valute spram jedinice domicilne valute.

### 2.3.2. Kamatni rizik

Kamatni rizik je rizik gubitka uslijed promjena kamatnih stopa koji se očituje kroz promjenu vrijednosti ulaganja u obvezničke instrumente.

Kako osiguravajuća društva u RH pretežito ulažu u obvezničke instrumente posebno su osjetljiva na promjene kamatnih stopa. Za zaštitu od ove vrste rizika, bilo bi potrebno izvršiti suprotnu vrstu transakcije – kako osiguratelji ulaganjem u obveznice stupaju u long kamatnu poziciju (*engl. long position*; duga pozicija, kupnjom i držanjem obveznica u portfelju, stupamo u vremenski dugu poziciju do konačne realizacije instrumenta) te očekuju rast njihove vrijednosti potrebno je dodavanje short kamatne pozicije (*engl. short position*; kratka pozicija, pozicija prodaje) kao zaštitu od mogućeg pada vrijednosti. Reprezentant zaštite od kamatnog rizika za potrebe ove analize biti će **DSB FP ETF fond (short bond fond)**, koji pruža istu vrstu zaštite kao dupla short strategija bazirana na portfelju deseto godišnjih njemačkih državnih obveznica. Fond je osnovan u travnju 2010. godine, a realizacije vrijednosti fonda izražene u kunskoj protuvaluti prikazane su slikom 10.



Slika 10. Realizacije DSB FP fonda u HRK protuvrijednosti

### 2.3.3. Cjenovni rizik

Cjenovni rizik je rizik gubitka kod ulaganja u vlasničke vrijednosne papire, uslijed nepovoljne promjene vrijednosti ulaganja.

Iako osiguravajuća društva u RH pretežito ulažu u obvezničke instrumente i tek manjim dijelom u vlasničke vrijednosne papire, zbog povremene izrazite volatilnosti tržišta i raznih tržišnih kriza, savjesni investitori razmišljaju i o zaštiti portfelja od ovog rizika.

Istraživanja pokazuju da ulaganje u zlato predstavlja sigurno utočište u odnosu na ulaganja u dionice, odnosno da zlato predstavlja jaku zaštitu od rizika za tržišta dionica SAD-a i razvijenih europskih zemalja (*Baur i McDermott (2010) [1]*).

Stoga, za reprezentanta zaštite od cjenovnog rizika za potrebe ove analize uzimamo **GLD US ETF fond** koji reflektira povrate cijena investicijskog zlata u SAD-u. Fond je osnovan u studenom 2004. godine. Kako podaci za odabranog reprezentanta zaštite od kamatnog rizika (poglavlje 2.3.2.) postoje tek od 2010. godine, benchmark sa zaštitom analizirat ćemo od tada.

Sve vrijednosti fonda su izražene u kunskoj protuvaluti a njihove realizacije (od 2010. godine) su prikazane slikom 11.



Slika 11. Realizacije GLD US fonda u HRK protuvrijednosti



### 2.3.4. Alokacija bechmarka sa zaštitom

Pretpostavit ćemo da investitor štiti 1% obvezničkog portfelja od rizika promjene kamatnih stopa i 1% dioničkog portfelja od rizika promjene cijene čime dolazimo do alokacije prikazane tablicom 8.

Tablica 8. Alokacija reprezentanta u benchmarku sa zaštitom

Klasa instrumenta	Udio klase u benchmarku	Podklasa instrumenta	Reprezentant	Udio reprezentanta u klasi	Konačni udio reprezentanta u benchmarku sa zaštitom
Obveznice	70%	Državne obveznice u HRK	Crobis indeks	69,5%	48,65%
		Državne i korporativne obveznice EU	PIMEISA ID	29,5%	20,65%
		Zaštita od kamatnog rizika	DSB FP	1%	0,70%
Dionice	10%	HR dionice i dionički fondovi	Crobex indeks	69,5%	6,95%
		EU dionice i dionički fondovi	SXXP	29,5%	2,95%
		Zaštita od cjenovnog rizika	GLD US	1%	0,10%
Nekretnine	5%	Nekretnine RH	REITE + spread	100%	5,0%
Tržište novca	15%	Zajmovi, depoziti, kratkoročni obveznički fondovi u HRK	ZIBOR, sva dospijeća	50%	7,50%
		Zajmovi, depoziti, kratkoročni obveznički fondovi u EUR	EURIOBOR, sva dospijeća	50%	7,50%
<b>Ukupno</b>	<b>100%</b>				<b>100%</b>

Nakon definiranja težina pojedine klase imovine i odabira reprezentanta za pojedinu klasu, potrebno je definirati period promatranja i odabrane metode analize.

### 2.4. Period promatranja podataka

Kako prosječni hrvatski osiguratelj uglavnom koristi dugoročnu pasivnu strategiju ulaganja, za potrebe ove analize korišteni su dugi vremenski nizovi podataka, kako bismo uspješno zapazili trenutke tržišne nestabilnosti i/ili sporadične devijacije od očekivanih realizacija.

Kako promjena dimenzije vremenskih nizova podataka direktno utječe na korelaciju portfelja, analiziramo i dva kraća vremenska perioda koji predstavljaju tržišnu reakciju na odabrane krizne događaje. Očekujemo da će u kriznim trenucima koleracija između

podataka porasti, odnosno da će se diverzifikacija portfelja smanjiti, što posljedično znači i veći potencijalni rizik gubitka.

Posebno nas zanima otpornost i realizacije benchmarka u periodu svjetske financijske krize koja je počela sredinom 2007. godine, a uzrokovana je slomom tržišta nekretnina u Sjedinjenim Američkim Državama kao posljedica defaulta (*engl. default*; neizvršavanje novčanih obveza) velikog broja nenaplativih hipotekarnih kredita. Ova kriza je također obilježena stečajevima mnogih kompanija iz financijskog i realnog sektora te je uzrokovala globalne gubitke. Kriza je intenzivno trajala kroz čitavu 2008. godinu dok su se posljedice krize osjećale još neko vrijeme. O izuzetno slaboj likvidnosti financijskog sektora kao posljedici ove krize dovoljno govori podatak da su kamatne stope na kunske depozite oročene na jedan tjedan u prvom kvartalu 2009. godine dosezale gotovo 40% (ZIBOR1W indeks (MM indeks); slika 9.)

Dodatno, zanima nas i nešto recentnija tržišna kriza sa početka 2020. godine, kada su tržišta diljem svijeta naglo pala uslijed neizvjesnosti uzrokovane COVID-19 pandemijom. Opća panika koja je nastala među svjetskom populacijom, poremećaji u međunarodnim lancima opskrbe i zatvaranja pojedinih gospodarskih sektora prelili su se na tržište kapitala i uzorkovali značajne padove vrijednosti instrumenata. Stabilizacija tržišta dogodila se tokom travnja 2020. godine.

Definirat ćemo tri perioda promatranja za konstruirani benchmark:

1. **Ukupni period:** analizirani podaci od prosinca 2002. godine do svibanja 2022. godine
2. **Dužnička kriza:** analizirani podaci u periodu od prosinca 2007. godine do prosinca 2008. godine
3. **COVID - 19 pandemija:** analizirani podaci u periodu od prosinca 2019. godine do travnja 2020. godine

Zbog nedostupnosti podataka prije 2010. godine (poglavlje 2.3.2.), za benchmark sa zaštitom razlikujemo dva perioda promatranja:

1. **Ukupni period:** analizirani podaci od travnja 2010. godine do svibnja 2022. godine
2. **COVID - 19 pandemija:** analizirani podaci u periodu od prosinca 2019. godine do travnja 2020. godine

Dodatno, usporedit ćemo podatke oba benchmaka na usporedivom periodu, odnosno na ukupnom periodu definiranom za benchmark sa zaštitom (od 2010. – 2022. godine).

### 3. Odabrane metode analize

#### 1.1. Izračun prinosa pojedine pozicije i ukupnog benchmarka

Analiziramo dnevne prinose sastavnica portfelja kroz cijeli period promatranja kako bismo vidjeli postoje li pravilnosti u međusobnom kretanju pojedinih prinosa, a koji utječu na prinos ukupnog portfelja.

Dnevni prinosi se računaju pomoću sljedeće formule:

$$p_t = \frac{cijena_t}{cijena_{t-1}} - 1 \quad (1)$$

pri čemu je:

$p_t$  = dnevni prinos pozicije u trenutku  $t$ ,

$cijena_t$  = cijena instrumenta u trenutku  $t$ ,

$cijena_{t-1}$  = cijena instrumenta u trenutku  $t-1$ ,

$t$  = svi trgovinski dani u promatranom periodu (poglavlje 2.4).

Za dane kada zbog manjka trgovanja nije bilo cijene, za dnevni prinos uzimamo vrijednost nula.

Posebno, kod klase instrumenta Tržište novca (poglavlje 2.2.5), dnevni prinos se računa kao razlika ostvarenih kamatnih stopa za dva uzastopna dana.

Dnevni prinos ukupnog benchmarka računamo kao težinski prosjek prinosa pojedinog instrumenta, odnosno pomoću sljedeće formule:

$$P_t = \sum_{i=1}^m w_i * p_{t_i} \quad (2)$$

pri čemu je:

$P_t$ = dnevni prinos benchmarka u trenutku  $t$ ,

$w_i$ =udio pozicije  $i$  u benchmarku,

$p_{t_i}$ =dnevni prinos pozicije  $i$  u trenutku  $t$ ,

$m$ =broj pozicija u benchmarku.

Primijetimo da smo prinos ukupnog portfelja (formula (2)) definirali kao linearnu kombinaciju svih individualnih prinosa (formula (1)) i na taj način dobili vektor koji opisuje uzajamno djelovanje svih prinosa, po svim promatranim danima. Sve daljnje tradicionalne analize portfelja svodile bi se na analizu ovog vektora ukupnih prinosa poput primjerice analize historijskih podataka u svrhu prediktivne analize, izračuna očekivanog prinosa portfelja, očekivane standardne devijacije, maksimalnog očekivanog rizika od gubitka i slično.

## 1.2. Koeficijent diverzifikacije

Analizom matrice korelacije prinosa sastavnica benchmarka možemo vidjeti jesu li parovi sastavnica nisko ili visoko korelirani, ali tako ćemo teško procijeniti ukupnu diverzifikaciju u različitim vremenskim periodima. Uvođenje novih instrumenata ili klasa imovine u benchmark proširuje dimenzije matrice korelacije što otežava analizu temeljenu samo na izračunu korelacije parova.

Stoga je potrebno definirati koeficijent diverzifikacije koji predstavlja jednostavnu mjeru sažimanja informacija o međusobnim dnevnim korelacijama pozicija.

Kako visoko diverzificiranim portfeljem smatramo onaj čije su sastavnice nisko ili negativno korelirane, koristimo koeficijent diverzifikacije pomoću sljedeće formule (Choueifaty i Coignard, 2008 [2]):

$$D = \frac{w^T \cdot \sigma}{\sqrt{w \cdot M \cdot w}} \quad (3)$$

Pri čemu je

D = koeficijent diverzifikacije portfelja,

w = vektor udjela pozicija,

$w^T$  =transponirani vektor udjela pozicije,

$\sigma$  = vektor volatilnosti pozicija,

M = varijantno-kovarijacijska matrica dnevnih prinosa pozicija.

Volatilnost svake pojedine pozicije  $\sigma$  mjerimo standardnom devijacijom definiranom kao drugi korijen iz varijance, odnosno pomoću sljedeće formule:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (p_t - \check{p})^2 \quad (4)$$

Pri čemu je:

n = broj podataka o dnevnom prinosu u promatranom periodu,

$p_t$  = prinos pojedine pozicije u trenutku t,

$\check{p}$  = očekivani prinos pozicije; aritmetički prosjek svih dnevnih prinosa pojedine pozicije.

Varijantno – kovarijacijska matrica dnevnih prinosa pozicija  $M$  je matrica dimenzije  $m \times m$  ( $m$  = broj pozicija u benchmarku) čiji su elementi glavne dijagonale varijance pozicija, dok su elementi izvan glavne dijagonalne njihove kovarijacije, definirana kao:

$$M = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & \cdots & \sigma_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{m1} & \cdots & \sigma_{mm}^2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Pri čemu je:

$m$  = broj promatranih pozicija,

$\sigma_{ii}^2$  = varijanca pojedine pozicije mjerena formulom (4),

$\sigma_{ij}$  = kovarijacija dvije pozicije za svaki,  $j, i = 1, \dots, m$ .

Kovarijacija je mjera koja pokazuje koliko se dvije različite varijable mijenjaju zajedno, definirana kao:

$$\sigma_{ij} = \sum_{t=1}^m \frac{1}{m} (p_{it} - \check{p}_i)(p_{jt} - \check{p}_j), \quad t = 1, \dots, n \quad (6)$$

Varijancu pojedine pozicije dobivamo primjenom formule (6) kada  $i=j$ , odnosno definirana je formulom (4) pri čemu je:

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ii} = \sigma_i^2 \quad (7)$$

Koeficijent diverzifikacije definiran formulom (3) možemo shvatiti kao funkciju 3 varijable:

- težina pozicije,
- volatilitnost pojedine pozicije,
- dnevni prinos pozicije.

Primijetimo da je brojnik iz formule (3) težinska suma pojedinih volatilnosti dok je nazivnik jednak volatilnosti ukupnog portfelja, iz čega je lako zaključiti da je diverzifikacija bolja što je koeficijent diverzifikacije veći.

Za određivanje maksimalnog koeficijenta diverzifikacije koji je ostvariv uz nepromijenjene reprezentante benchmarka, moramo optimizirati funkciju po varijabli težina pozicija. Na taj način ćemo dobiti informaciju o optimalnoj alokaciji pozicija unutar benchmarka s kojim se postiže maksimalna diverzifikacija, uz nepromijenjene reprezentante.

Važno je napomenuti da diverzifikacija portfelja nije jednoznačno definirana. Neke od mogućih metoda definiranja i mjerenja diverzifikacije portfelja su:

1. *Analiza težina pojedinih instrumenata u portfelju* - više različitih instrumenata u portfelju znači veću diverzifikaciju (*Woerheide i Persson, 1993* <sup>[3]</sup>),
2. *Analiza volatilnosti portfelja* - niža volatilnost prinosa portfelja znači veću diverzifikaciju portfelja (*Frahm i Wiechers, 2013* <sup>[4]</sup>),
3. *Analiza glavnih komponenti* – portfelj sa ravnomjerno raspoređenim udjelima svih glavnih komponenti u objašnjavanju ukupnog rizika je visoko diverzificiran portfelj (*Meucci, 2009* <sup>[5]</sup>),
4. Ostalo.

Odabrani koeficijent diverzifikacije definiran formulom (3) uključuje analizu volatilnosti portfelja (metoda 2.), dok maksimalni koeficijent diverzifikacije uključuje analizu utjecaja pojedinih težina unutar portfelja (metoda 1.) (prisjetimo se da smo odlučili zadržati iste reprezentante, pa se ne možemo voditi idejom da više sastavnica portfelja donosi veću diverzifikaciju).

Analiza glavnih komponenti, dana u nastavku, uključuje i analizu utjecaja sastavnica prve glavne komponente u objašnjenju ukupnog rizika (varijance), te osvrt na raspodjelu objašnjene varijance po svim komponentama (metoda 3.).

Stoga, možemo reći da naša analiza u dobroj mjeri sažima više metoda mjerenja diverzifikacije portfelja, pa stoga ostajemo pri odabiru koeficijenta diverzifikacije definirano formulom (3)

### 1.3. Analiza glavnih komponenti

Koeficijent diverzifikacije iz poglavlja 3.2. dat će nam odgovor o diverzificiranosti benchmarka ali ne i informaciju koliko je varijance među podacima objašnjeno u pojedinim vremenskim trenucima gledajući samo tržišna kretanja, bez informacije o početnim udjelima. Kako nas prvenstveno zanima stabilnost u trenucima tržišnih kriza kada zbog povećane volatilnosti dolazi do veće koreliranosti pojedinih instrumenata provest ćemo i analizu glavnih komponentata (PCA).

Analiza glavnih komponenti je metoda nenadziranog učenja koja se koristi za smanjenje dimenzionalnosti promatranog seta podataka, na način da traži nove varijable izvedene iz originalnog seta podataka, koje potom najbolje objašnjavaju varijabilnost u samim podacima.

Ova metoda koristi linearne transformacije nad varijablama i pronalazi glavne komponente koji su svojstveni vektori matrice izvorno promatranih podataka i posebno je korisna u analizi visoko koreliranog seta podataka, odnosno za potrebe naše analize, u trenucima tržišnih kriza.

U radu *Systematic analysis of group identification in stocks markets* (Kim i Jeong, 2005 <sup>[6]</sup>) analizira se tržište kapitala primjenom analize glavnih komponenti i dodjeljuje sljedeće značenje glavnih komponentata:

1. *Prva glavna komponenta (PC1) s najvećom svojstvenom vrijednošću predstavlja tržišni efekt koji utječe na sve dionice, tj. predstavlja sistemski rizik,*
2. *Promjenjiv broj glavnih komponenti (PC-a) opisuje ostale tržišne komponente koji predstavljaju sinkronizirane promjene u cijenama, povezane s određenim skupinama vrijednosnica,*
3. *Preostale komponente ukazuju na slučajnost fluktuaciji cijena (šum) - nema korisnih financijskih informacija i eliminiraju su iz daljnje istrage.*



Ako se sistemski rizik, koji predstavlja vjerojatnost od događaja koji utječe na pad ukupnog tržišta, poveća - povećat će se i količina individualnog rizika te će se povećati razina korelacije parova vrijednosnica. Iz formule (3) možemo vidjeti da će povećanje volatilnosti pojedinih pozicija i povećanje koreliranosti među pozicijama rezultirati smanjenjem koeficijenta diverzifikacije, stoga očekujemo inverzno kretanje diverzifikacijskog koeficijenta i količine varijance objašnjene prvom glavnom komponentom.

U nastavku ćemo analizirati glavne komponente portfelja u periodima definiranim u poglavlju 2.4. Poseban naglasak stavljamo na mjerenje količine varijance objašnjene prvom glavnom komponentom koju zatim uspoređujemo sa izračunatim koeficijentom diverzifikacije kako bi pokazali postojanje inverzne veze.

## 4. Rezultati analize

Priprema podataka izrađena je u Excelu, dok je sama analiza rađena u Colab notebooku, pomoću programskog jezika Python.

### 4.1. Benchmark i benchmark sa zaštitom – inicijalna usporedba

Kretanje vrijednosti konstruiranog benchmarka u HRK protuvrijednosti kroz cijeli period promatranja prikazano je slikom 12.



Slika 12. Realizacije konstruiranog benchmarka na ukupnom periodu

Vidimo da benchmark dobro opisuje dužničku krizu koja je počela 2007. godine i trajala cijelu 2008. godinu nakon čega je počeo dug i spor oporavak tržišta kapitala. Zabilježen je i kratki, ali strmoglavi pad vrijednosti na tržištima kapitala početkom 2020. godine, uzrokovan početkom pandemije COVID-19.

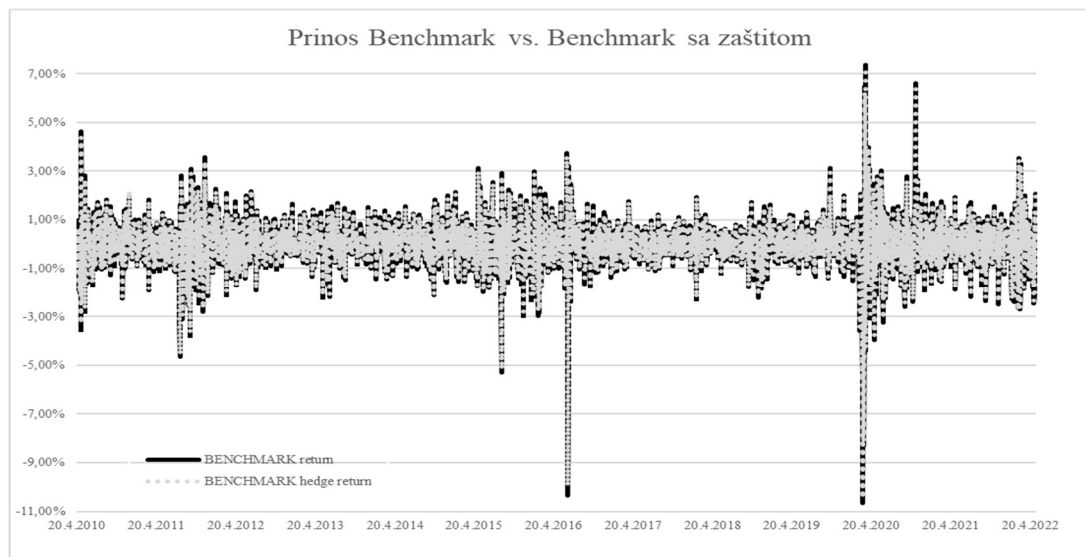
Pogledajmo još i kretanje vrijednosti konstruiranog benchmarka sa zaštitom, usporedno sa benchmarkom bez zaštite.

Početne vrijednosti oba benchmarka skalirane su na vrijednost od 100, kako bi realizacije bile usporedive.



Slika 13. Realizacije benchmarka usporedno sa realizacijama benchmarka sa zaštitom na usporedivom periodu

Dodatno, zanima nas i kretanje prinosa ova dva benchmarka u istom periodu, što je prikazano slikom 14.



Slika 14. Prinosi benchmarka usporedno sa prinosima benchmarka sa zaštitom na usporedivom periodu

Sa slike 14. vidimo da su apsolutne vrijednosti prinosa benchmarka bez zaštite uvijek veće od prinosa benchmarka sa zaštitom. Ovo nas navodi na zaključak da benchmark bez zaštite ostvaruje veće pozitivne prinose u povoljnim tržišnim trenucima (cijena zaštite), ali ujedno bilježi veće gubitke u trenucima nepovoljnih tržišnih kretanja (korist od zaštite).

Izračunajmo sada diverzifikacijski koeficijent i količinu varijance objašnjenje prvom glavnom komponentom koristeći metodu analize glavnih komponenata, kako bismo dobili konačan odgovor o otpornosti benchmarka na tržišne krize.

## 4.2. Analiza na ukupnom periodu

Analiza na ukupnom periodu (poglavlje 2.4.) obuhvaća analizu benchmarka bez zaštite, analizu benchmarka sa zaštitom i analizu oba benchmarka na usporedivom periodu.

### 4.2.1. Analiza benchmarka

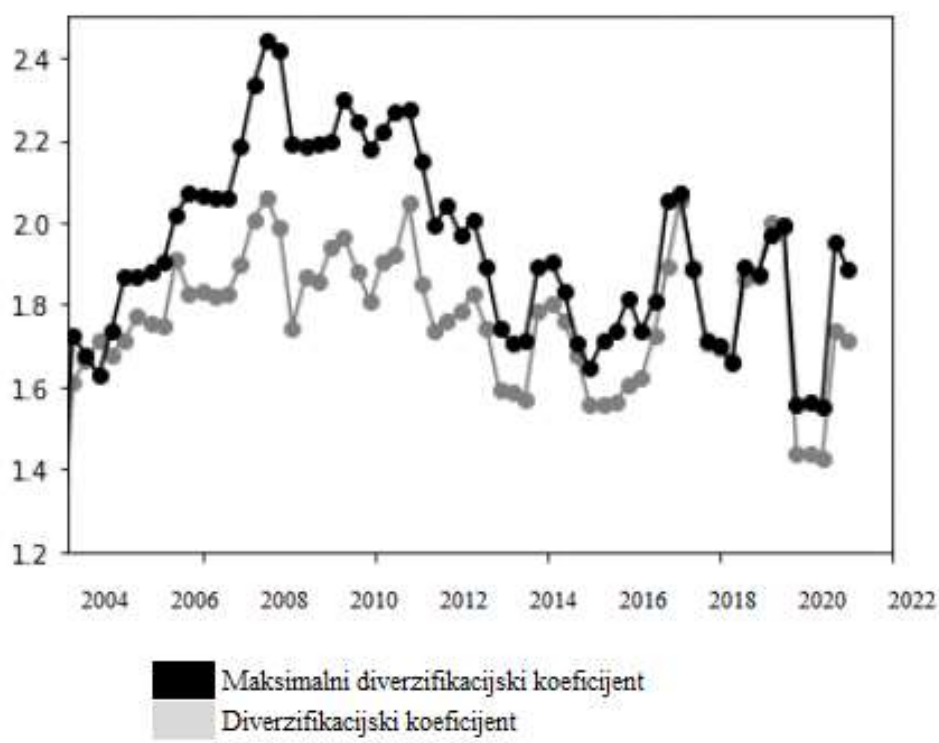
Inicijalna pretpostavka je da je portfelj visoko diverzificiran ukoliko postoji niska korelacija među sastavnicama portfelja. Matrica korelacije benchmarka na cijelom periodu dana je slikom 15.

	Crobis	PIMEISA ID	Crobex	SXXP	REITE+spread	MM index
Crobis	1.000000	0.039747	0.041575	0.044019	0.057696	-0.038149
PIMEISA ID	0.039747	1.000000	-0.042816	0.049682	0.111716	-0.044616
Crobex	0.041575	-0.042816	1.000000	0.415191	0.347459	-0.038514
SXXP	0.044019	0.049682	0.415191	1.000000	0.724429	-0.022607
REITE+spread	0.057696	0.111716	0.347459	0.724429	1.000000	0.044907
MM index	-0.038149	-0.044616	-0.038514	-0.022607	0.044907	1.000000

Slika 15. Matrica korelacije benchmarka na ukupnom periodu

Pregledom matrice korelacije portfelj djeluje dosta dobro diverzificiran jer je većina reprezentanata negativno ili nisko korelirana.

Diverzifikacijski koeficijent izračunat formulom (3) iznosi 1,84, dok maksimalni koeficijent na istom periodu izračunat iznosi 2,12. Promatrano kroz klizni period od 75 dana uz bazu za izračun od 250 dana (jedna trgovinska godina) kroz cijeli period promatranja primjećujemo da je maksimalni koeficijent diverzifikacije gotovo u svim trenucima veći od diverzifikacijskog koeficijenta (slika 16).



Slika 16. Kretanje maksimalnog koeficijenta diverzifikacije i koeficijenta diverzifikacije benchmarka na ukupnom periodu

Ovo je dobrim dijelom uzrokovano činjenicom da smo zadržali inicijalno određene težine pojedinih sastavnica našeg portfelja, kroz cijelu analizu. Već smo prije intuitivno zaključili da racionalni investitor zasigurno ne bi držao fiksni portfelj kroz dvadeset godina poslovanja, a pomoću slike 16. ovo djelomično možemo i potvrditi.

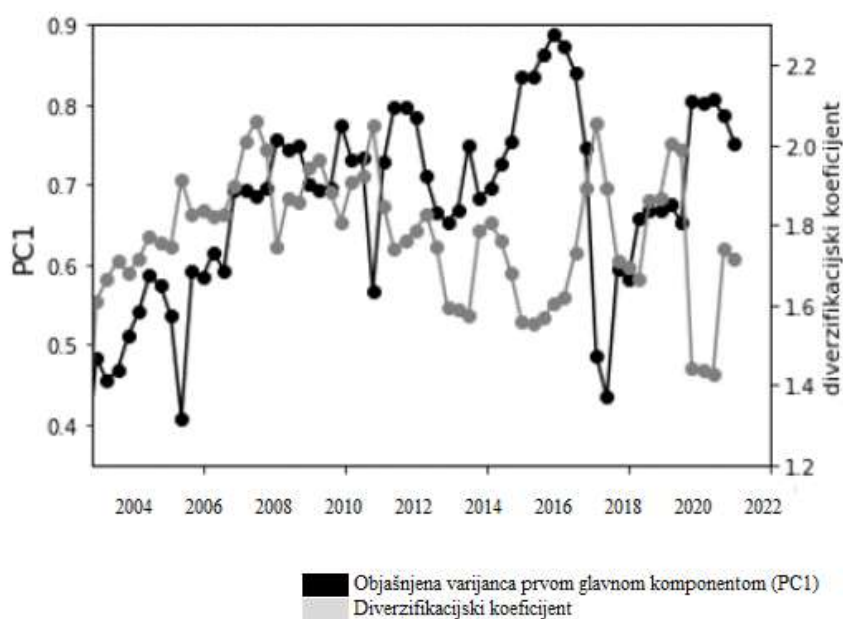
Kako diverzifikacijski koeficijent prema formuli (3) direktno ovisi o težinama pojedinih reprezentanata u benchmarku dolazimo do zaključka da bi racionalni investitor ovaj koeficijent mogao održavati na željenoj granici jednostavnom realokacijom istih reprezentanata. Boljom realokacijom iste imovine unutar bechmarka može se smanjiti volatilnost i posljedično ublažiti potencijalni gubitak portfelja, što je posebno vidljivo u kriznim trenucima.

Najveće razlike u iznosu maksimalnog diverzifikacijskog koeficijenta i diverzifikacijskog koeficijenta vidimo u periodu od 2006. do 2011. godine kada su vrijednosti benchmarka zabilježile velik rast vrijednosti počevši od 2006. godine, nakon čega je uslijedio izrazit pad vrijednosti koji je trajao do kraja 2008. godine, a uzrokovan je svjetskom financijskom krizom (slika 13.). Diverzifikacijski potencijal zabilježen je i u trenucima nestabilnosti tržišta kao odgovor na posljedice krize.

Praćenje koeficijenta diverzifikacije daje nam informaciju o koreliranosti našeg portfelja kroz vrijeme, dok nam maksimalni koeficijent govori o punom diverzifikacijskom potencijalu našeg portfelja koji se može postići realokacijom sastavnica. Veća koreliranost sastavnica znači i veću volatilnost benchmarka, što ujedno znači i veći rizik od pada vrijednosti portfelja, odnosno veći potencijalni gubitak. Stoga bi odstupanja diverzifikacijskog koeficijenta od maksimalnog diverzifikacijskog koeficijenta trebalo pravdati viškom prinosa trenutnog portfelja nad prinosom maksimalno diverzificiranog portfelja.

Osim same diverzifikacije portfelja, zanima nas i veza diverzifikacijskog koeficijenta i varijance objašnjenje prvom glavnom komponentom, odnosno ukupnim sistemskim rizikom (poglavlje 3.3).

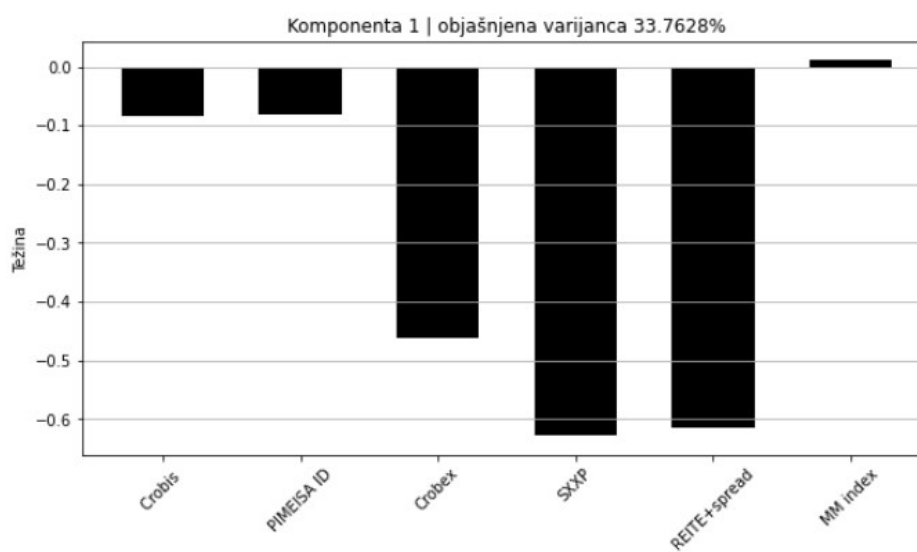
Kroz cijeli period promatranja (klizni period definiran gore) pokazana je inverzna veza ova dva pokazatelja (slika 17.).



Slika 17. Kretanje količine varijance objašnjene prvom glavnom komponentom i koeficijenta diverzifikacije benchmarka na ukupnom periodu

Dok na koeficijent diverzifikacije donekle možemo utjecati realokacijom imovine unutar portfelja, na varijancu objašnjenu pomoću prve glavne komponente ne možemo jer je indiferentna na težine reprezentanata unutar portfelja pa kao takva daje dobru informaciju o stanju tržišta na koje ne možemo utjecati.

Sastav prve glavne komponente dan je slikom 18.



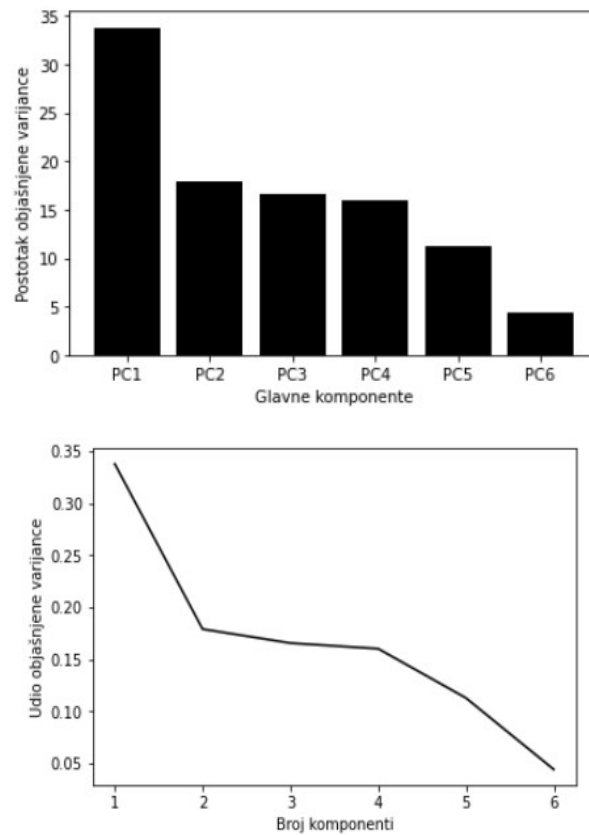
Slika 18. Sastav prve glavne komponente benchmarka na ukupnom periodu

Ukoliko konstruiramo portfelj sa težinama prema slici 18. možemo pomnije analizirati prepoznati sistemski rizik. Napomenimo da nas negativne težine u portfelju ne trebaju zabrinjavati jer je zaista moguće imati poziciju koju prodajemo bez da je zaista imamo u svom portfelju (*engl. short selling*; posudba imovine za prodaju uslijed očekivanju pada cijene i ostvarenja profita na razlici u cijeni - špekulativno trgovanje ). Drugi način interpretacije je konstrukcija portfelja sa pozitivnim težinama u portfelju, ali tada u analizu treba uzeti suprotni predznak realiziranih tržišnih prinosa.

Vidimo da najveći utjecaj na objašnjenje ukupne varijance imaju nekretninski indeks i dionički indeksi. Ovo pretjerano ne iznenađuje, jer su upravo te klase imovine zabilježile najveće volatilnosti (poglavlje 2.2.2. i 2.2.3). Tržište novca (MM indeks) je jedina klasa sa pozitivnom težinom, i ima najmanji udio u prvoj glavnoj komponenti. Ovo je također očekivano zbog dugog perioda niskih i nepromijenjenih kamatnih stopa (poglavlje 2.2.3).



Pregled objašnjene varijance pomoću glavnih komponenta dana je slikom 19.



Slika 19. Prikaz postotaka objašnjene varijance pomoću glavnih komponenata benchmarka na ukupnom periodu

Prva glavna komponenta opisuje 33,76% varijance među podacima, dok prve 3 komponente opisuju gotovo 70% ukupne varijance među podacima.

#### 4.2.2. Analiza benchmarka sa zaštitom i usporedba sa benchmarkom

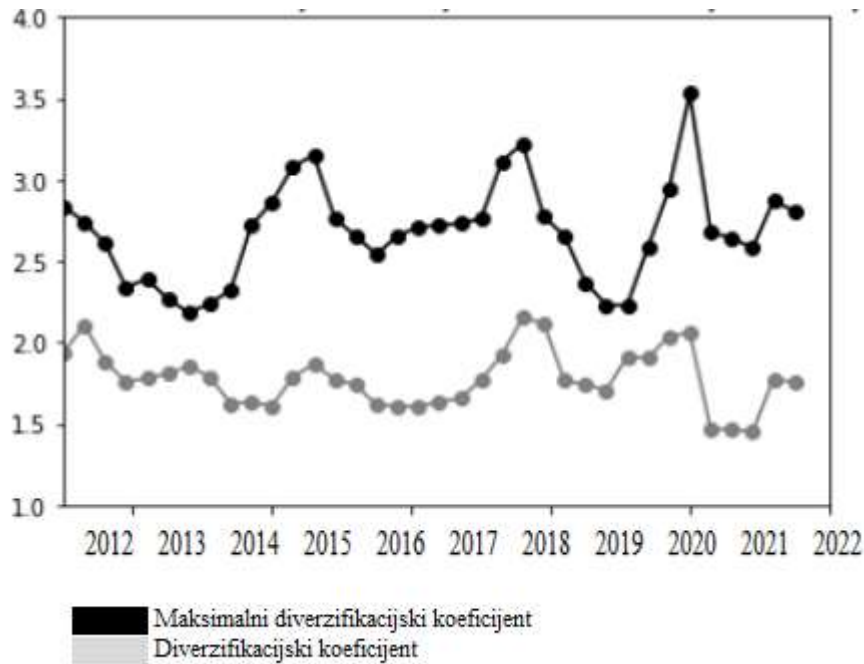
Instrumenti zaštite od kamatnog i cjenovnog rizika pokazuju negativnu, odnosno nisku korelaciju sa ostalim reprezentantima benchmarka sa zaštitom, što je vidljivo iz slike 20. Ovo upućuje da bi uvođenje dodatnih klasa imovine trebalo doprinijeti ukupnoj diverzifikaciji portfelja.

	Crobis	PIMEISA ID	Crobex	SXXP	REITE+spread	MM index	DSB FP	GLD US
Crobis	1.000000	0.066117	0.087474	0.079314	0.088856	-0.027361	-0.023036	0.018375
PIMEISA ID	0.066117	1.000000	-0.022708	0.064377	0.139999	-0.007685	-0.555041	0.164465
Crobex	0.087474	-0.022708	1.000000	0.382811	0.344033	-0.000362	0.143648	-0.008039
SXXP	0.079314	0.064377	0.382811	1.000000	0.766465	-0.015529	0.357980	-0.028077
REITE+spread	0.088856	0.139999	0.344033	0.766465	1.000000	0.027352	0.199096	0.001027
MM index	-0.027361	-0.007685	-0.000362	-0.015529	0.027352	1.000000	-0.007598	0.021154
DSB FP	-0.023036	-0.555041	0.143648	0.357980	0.199096	-0.007598	1.000000	-0.118132
GLD US	0.018375	0.164465	-0.008039	-0.028077	0.001027	0.021154	-0.118132	1.000000

Slika 20. Matrica korelacije benchmarka sa zaštitom na ukupnom periodu

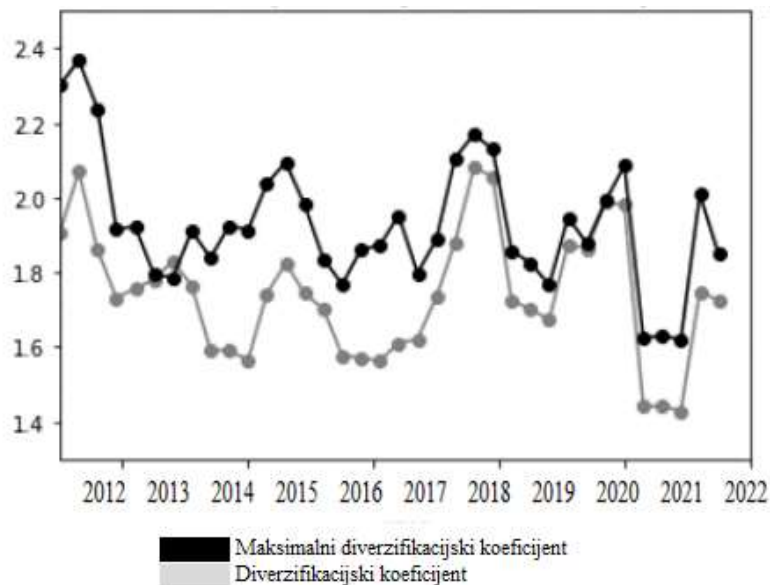
Diverzifikacijski koeficijent izračunat formulom (3) iznosi 1,74, dok maksimalni koeficijent na istom periodu iznosi 2,76. Diverzifikacijski koeficijent za benchmark bez zaštite izračunat formulom (3) na istom promatranom periodu iznosi 1,71, dok maksimalni koeficijent iznosi 2,04. Vidimo da benchmark sa zaštitom pokazuje bolju diverzificiranost portfelja od benchmarka bez zaštite.

Promatrano kroz klizni period od 75 dana uz bazu za izračun od 250 dana za ovaj period promatranja primjećujemo da je maksimalni koeficijent diverzifikacije u svim trenucima veći od diverzifikacijskog koeficijenta (slika 21).



Slika 21. Kretanje maksimalnog koeficijenta diverzifikacije i koeficijenta diverzifikacije benchmarka sa zaštitom benchmarka na ukupnom periodu

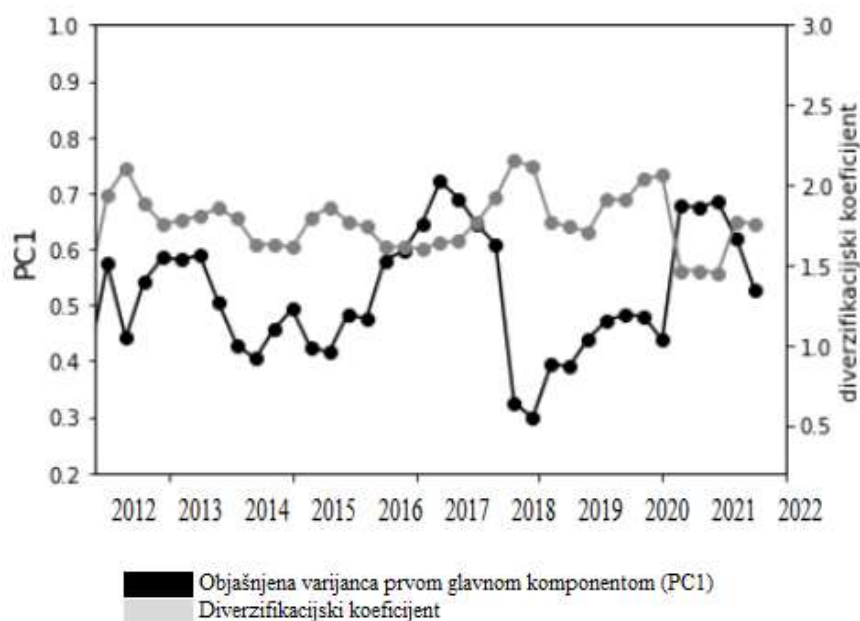
Pogledajmo još kretanje diverzifikacijskog koeficijenta i maksimalnog diverzifikacijskog koeficijenta za benchmark bez zaštite na istom kliznom periodu (slika 22.).



Slika 22. Kretanje maksimalnog koeficijenta diverzifikacije i koeficijenta diverzifikacije benchmarka na usporedivom periodu

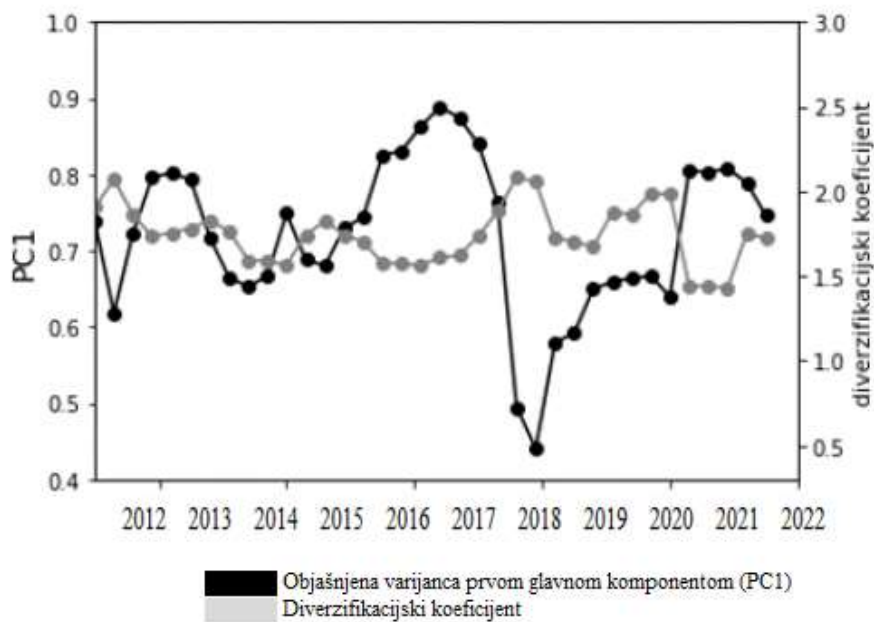
Osim očitog doprinosa diverzifikaciji uvođenjem instrumenata zaštite, sa slika 21. i 22. također vidimo da postoji veća razlika maksimalnog koeficijenta diverzifikacije i koeficijenta diverzifikacije kod benchmarka sa zaštitom u odnosu na benchmark bez zaštite. Ovo upućuje na veći diverzifikacijski potencijal portfelja koji sadrži i instrumente zaštite spram portfelja bez uključenih instrumenata zaštite.

Kroz cijeli period promatranja (klizni period definiran gore) pokazana je inverzna veza diverzifikacijskog koeficijenta i količine varijance objašnjene prvom glavnom komponentom pokazatelja za benchmark sa zaštitom (slika 23.).



Slika 23. Kretanje količine varijance objašnjene prvom glavnom komponentom i koeficijenta diverzifikacije za benchmark sa zaštitom na ukupnom periodu

Usporedbe radi, veza između količine varijance objašnjene prvom glavnom komponentom i diverzifikacijskog koeficijenta za benchmark bez zaštite, na istom periodu promatranja i za isti klizni period dana je slikom 24.



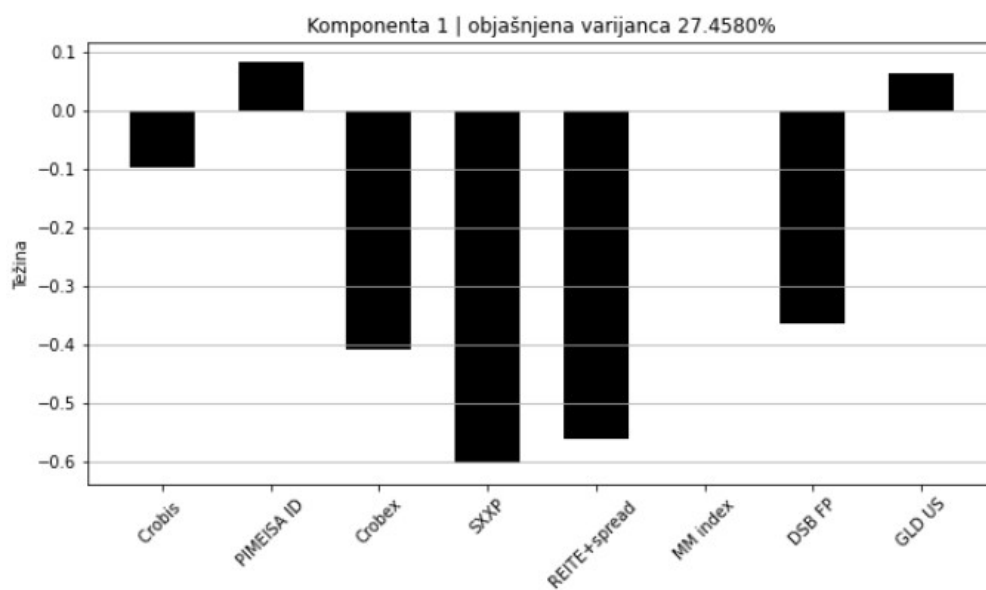
Slika 24. Kretanje količine varijance objašnjene prvom glavnom komponentom i koeficijenta diverzifikacije za benchmark na usporedivom periodu

Gledajući slike 23. i 24. vidimo da benchmark sa zaštitom u našem primjeru ima četiri točke presjeka kretanja ova dva pokazatelja, dok je kod benchmarka bez zaštite zabilježeno sedam točaka presjeka.

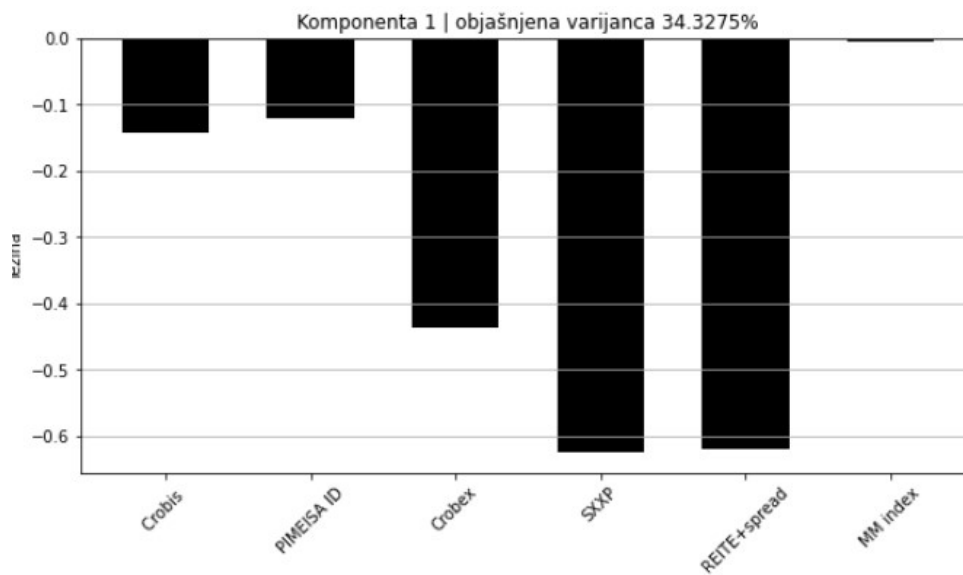
Točke presjeka kod benchmarka sa zaštitom zapažene su periodu od kraja 2015. godine do sredine 2017. godine (globalni pad tržišta uslijed kombinacije nekoliko faktora: velik pad BDP-a Kine, odnosno raspad kineskog tržišta, bankrot Grčke, pad cijene naftnih derivata i sl.), te početkom 2020. godine (COVID-19 kriza) do sredine 2021. godine (nastavak izrazito niskih kamatnih stopa na tržištu). Kod benchmarka bez zaštite, točke presjeka su zabilježene u istim trenucima kao i kod benchmarka sa zaštitom, ali i u dodatnim trenucima koji nisu nužno vezani za veće tržišne turbulencije.

Ovo upućuje na veću stabilnost benchmarka sa zaštitom u odnosu na benchmark bez zaštite u trenucima tržišnih nestabilnosti.

Sastav prve glavne komponente benchmarka sa zaštitom dan je slikom 25. a benchmarka bez zaštite slikom 26.



Slika 25. Sastav prve glavne komponente benchmarka sa zaštitom na ukupnom periodu

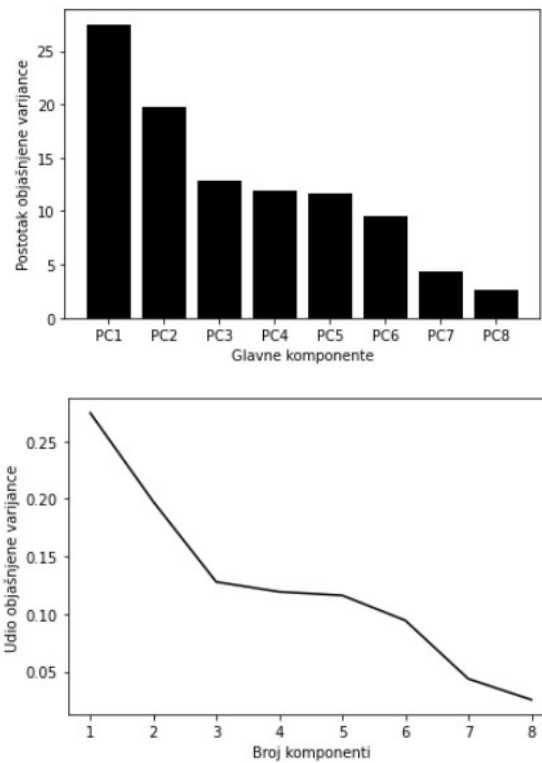


Slika 26. Sastav prve glavne komponente benchmarka na usporedivom periodu

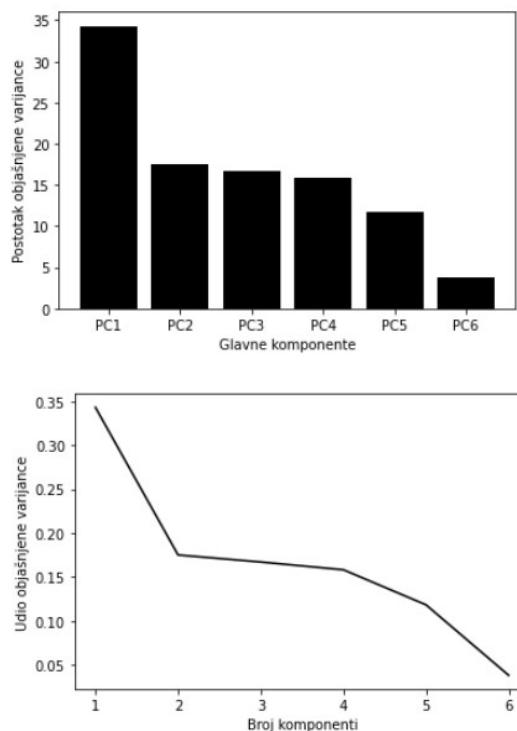
Usporedbom slika 25. i 26. vidimo da osim smanjenog postotka objašnjene varijance pomoću prve glavne komponente, uvođenje instrumenata zaštite smanjuje i pojedine

težine unutar prve glavne komponente, odnosno da je utjecaj pojedinih komponenata smanjen uključivanjem instrumenata zaštite. Ovo znači da benchmark sa zaštitom bolje absorbira sistemski rizik tržišta.

Pregled količine objašnjene varijance pomoću glavnih komponenta za oba benchmarka dan je slikama 27. i 28.



Slika 27. Prikaz postotaka objašnjene varijance pomoću glavnih komponenata za benchmark sa zaštitom na ukupnom periodu



Slika 28. Prikaz postotaka objašnjene varijance pomoću glavnih komponentata za benchmark na usporedivom periodu

Prva glavna komponenta kod benchmarka sa zaštitom opisuje 27,46% varijance među podacima, dok prve tri komponente opisuju 60% ukupne varijance među podacima.

Prva glavna komponenta za benchmark bez zaštite opisuje 34,34% varijance među podacima, dok prve tri komponente gotovo 70% ukupne varijance među podacima.

Primijetimo da za isti period promatranja, benchmark sa zaštitom pokazuje veći diverzifikacijski koeficijent i manji postotak varijance objašnjene prvom glavnom komponentom obzirom na benchmark bez zaštite, što znači veću stabilnost portfelja sa uključenim instrumentima zaštite.



### 4.3. Analiza na periodu dužničke krize

Zbog nedostupnosti podataka za benchmark sa zaštitom za ovaj period promatranja ovdje analiziramo samo benchmark bez zaštite.

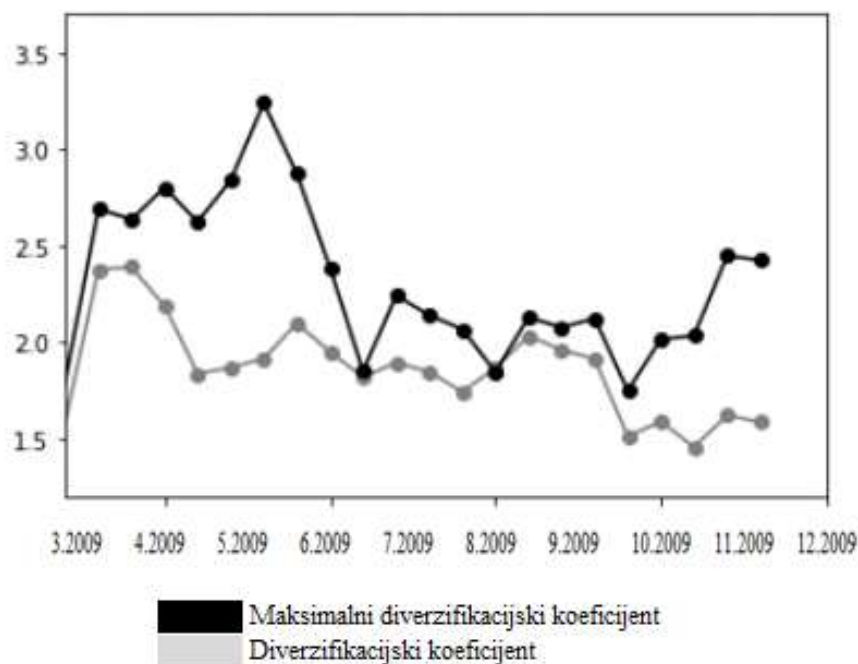
Matrica korelacije u periodu promatranja od prosinca 2007. godine do prosinca .2008. godine ukazuje na povećanje korelacije među pojedinim reprezentantima obzirom na korelaciju na ukupnom periodu. Ovo je prikazano slikom 29.

	<b>Crobis</b>	<b>PIMEISA ID</b>	<b>Crobex</b>	<b>SXXP</b>	<b>REITE+spread</b>	<b>MM index</b>
<b>Crobis</b>	1.000000	0.349403	0.084139	0.213281	0.250806	-0.146448
<b>PIMEISA ID</b>	0.349403	1.000000	0.175480	0.222239	0.446282	-0.128171
<b>Crobex</b>	0.084139	0.175480	1.000000	0.761526	0.650497	0.029141
<b>SXXP</b>	0.213281	0.222239	0.761526	1.000000	0.821978	0.007871
<b>REITE+spread</b>	0.250806	0.446282	0.650497	0.821978	1.000000	0.047273
<b>MM index</b>	-0.146448	-0.128171	0.029141	0.007871	0.047273	1.000000

Slika 29. Matrica korelacije benchmarka na periodu dužničke krize

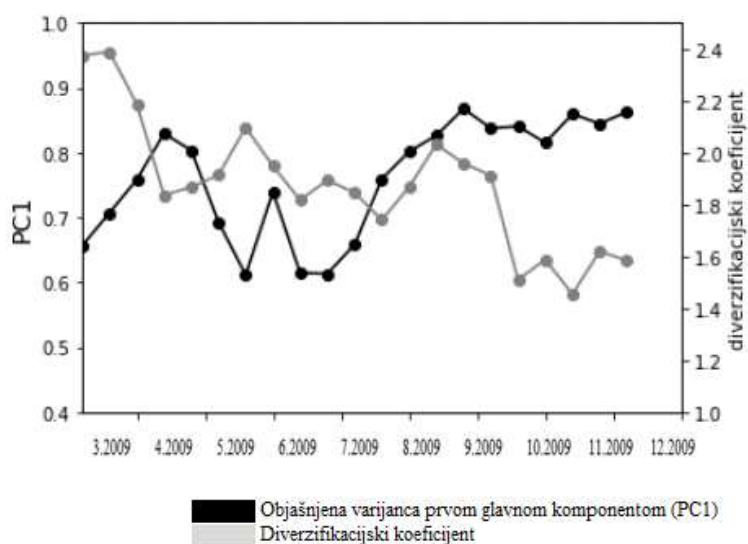
Diverzifikacijski koeficijent izračunat formulom (3) iznosi 1,76 dok maksimalni koeficijent na istom periodu izračunat iznosi 2,36.

Promatrano kroz klizni period od deset dana uz bazu za izračun od trideset dana za ovaj period promatranja primjećujemo da je maksimalni koeficijent diverzifikacije gotovo u svim trenucima veći od diverzifikacijskog koeficijenta (slika 30.).



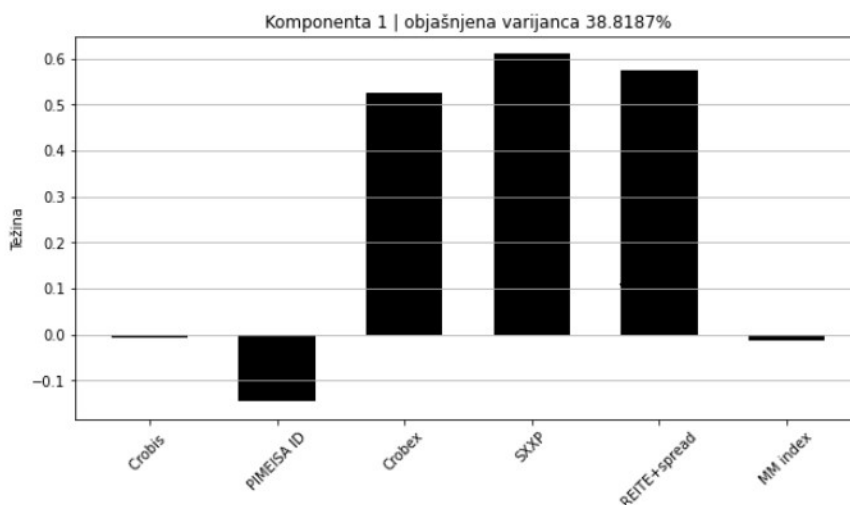
Slika 30. Kretanje maksimalnog koeficijenta diverzifikacije i koeficijenta diverzifikacije benchmarka na periodu dužničke krize

Kroz period promatranja dužničke krize (klizni period kao gore) pokazana je inverzna veza diverzifikacijskog koeficijenta i varijance objašnjene prvom glavnom komponentom (slika 31.).



Slika 31. Kretanje količine varijance objašnjene prvom glavnom komponentom i koeficijenta diverzifikacije benchmarka u periodu dužničke krize

Sastav prve glavne komponente dan je slikom 32.



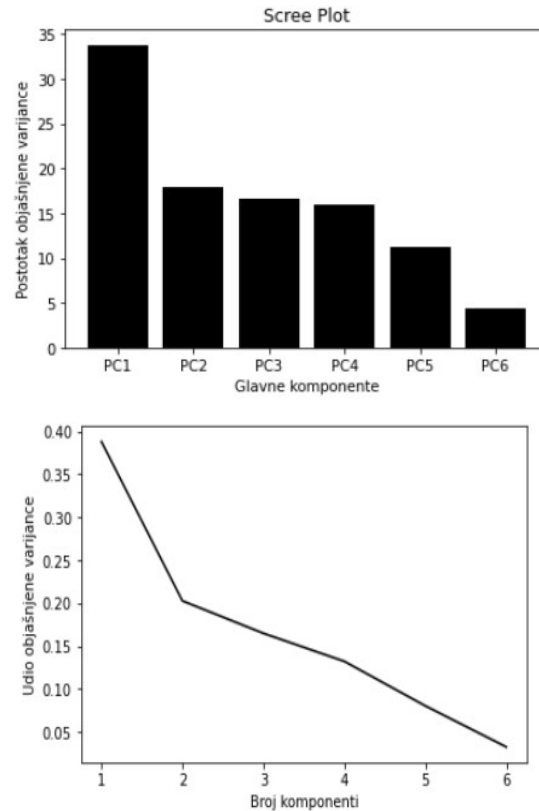
Slika 32. Sastav prve glavne komponente benchmarka na periodu dužničke krize

Najveći utjecaj na objašnjenu varijancu u periodu dužničke krize ponovo imaju nekretninski indeks i dionički indeksi, međutim za razliku od sastava prve glavne komponente na cijelom periodu (slika 18.) sada sa pozitivnim težinama. Ovo znači da iako imaju najveći utjecaj u oba perioda, u objašnjavanju sistemskog rizika sudjeluju sa suprotnim efektima.

Također, u ovom periodu obveznice kojima se trguje na europskom tržištu (PIMEISA ID) imaju vidljivo veći utjecaj na objašnjenje sistemskog rizika od obveznica kojima se trguje na hrvatskom tržištu (CROBIS). Kako PIMESIA ID u sastavu osim državnih ima i korporativne obveznice, ovo je potpuno objašnjivo – mnoge kompanije su pretrpjele velike gubitke ili su čak propale tijekom dužničke krize što se svakako odrazilo i na prinose ovog ETF-a, dok je kod CROBIS indeksa, koji opisuje samo kretanje hrvatskih državnih obveznica kojima se trguje na domaćem tržištu ova volatilnost prinosa manje izražena.

Prva glavna komponenta opisuje 38,82% varijance među podacima, dok prve tri komponente opisuju preko 75% ukupne varijance među podacima.

Pregled objašnjene varijance pomoću glavnih komponenta dana je slikom 33.



Slika 33. Prikaz postotaka objašnjene varijance pomoću glavnih komponentata benchmarka na periodu dužničke krize

Primijetimo da analiza u periodu dužničke krize pokazuje pad diverzifikacijskog koeficijenta i porast varijance objašnjene prvom glavnom komponentom obzirom na analizu na ukupnom periodu, što znači da je benchmark bio izložen većem riziku od gubitka u trenucima ove tržišne krize.

#### 4.4. Analiza na periodu COVID-19 pandemije

Analiza na periodu COVID-19 pandemije (poglavlje 2.4.) obuhvaća analizu benchmarka bez zaštite i analizu benchmarka sa zaštitom.

##### 4.4.1. Analiza benchmarka

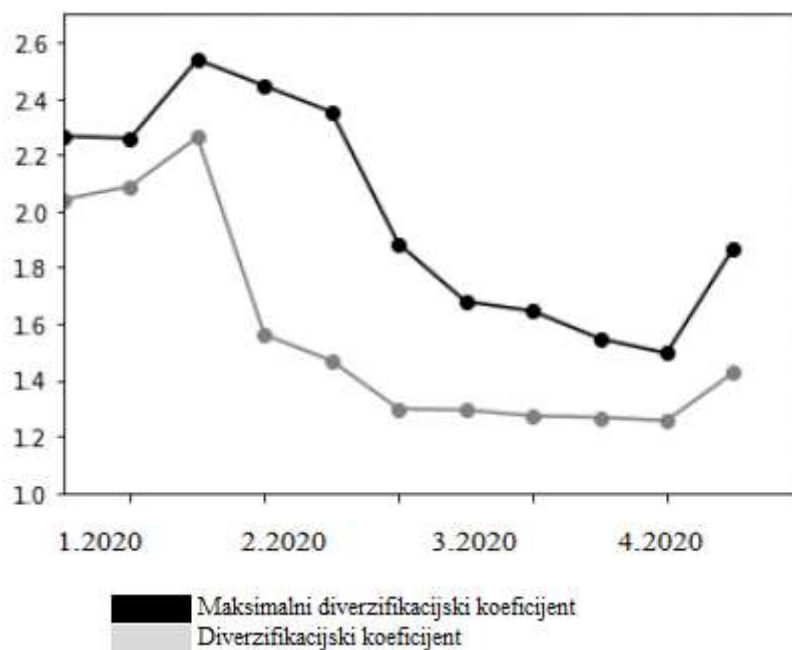
Matrica korelacije u periodu promatranja od prosinca 2019. godine do travnja 2020. godine (slika 34.) ukazuje na povećanje korelacije među pojedinim reprezentantima obzirom na korelaciju na ukupnom periodu.

	Crobis	PIMEISA ID	Crobex	SXXP	REITE+spread	MM index
Crobis	1.000000	0.352262	0.085687	0.216350	0.254733	-0.115697
PIMEISA ID	0.352262	1.000000	0.175379	0.222599	0.446556	-0.112948
Crobex	0.085687	0.175379	1.000000	0.761563	0.650546	0.024386
SXXP	0.216350	0.222599	0.761563	1.000000	0.822056	0.005045
REITE+spread	0.254733	0.446556	0.650546	0.822056	1.000000	0.056304
MM index	-0.115697	-0.112948	0.024386	0.005045	0.056304	1.000000

Slika 34. Matrica korelacije benchmarka na periodu COVID 19 pandemije

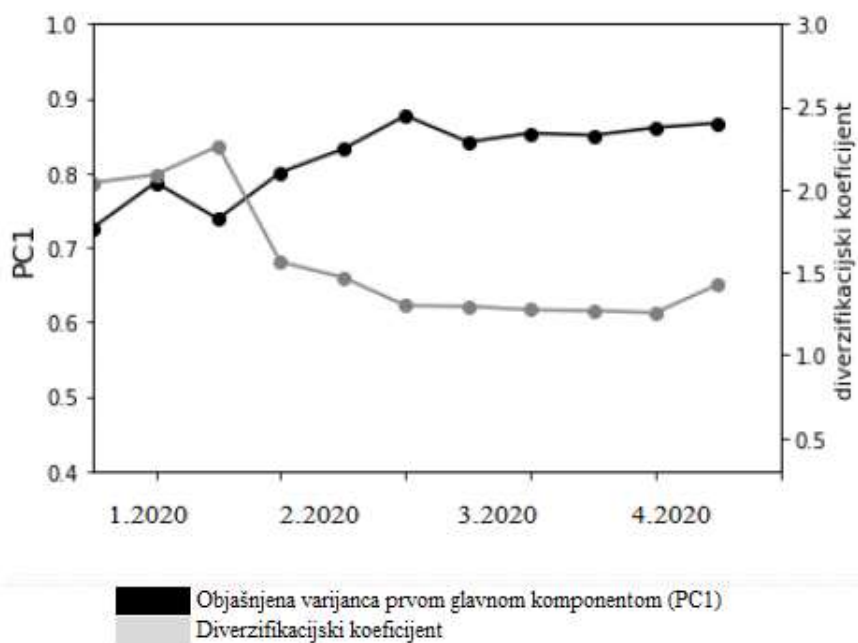
Diverzifikacijski koeficijent izračunat formulom (3) iznosi 1,35, dok maksimalni koeficijent na istom periodu iznosi 1,86.

Promatrano kroz klizni period od pet dana uz bazu za izračun od dvadeset dana za ovaj period promatranja primjećujemo da je maksimalni koeficijent diverzifikacije u svim trenucima veći od diverzifikacijskog koeficijenta (slika 35.).



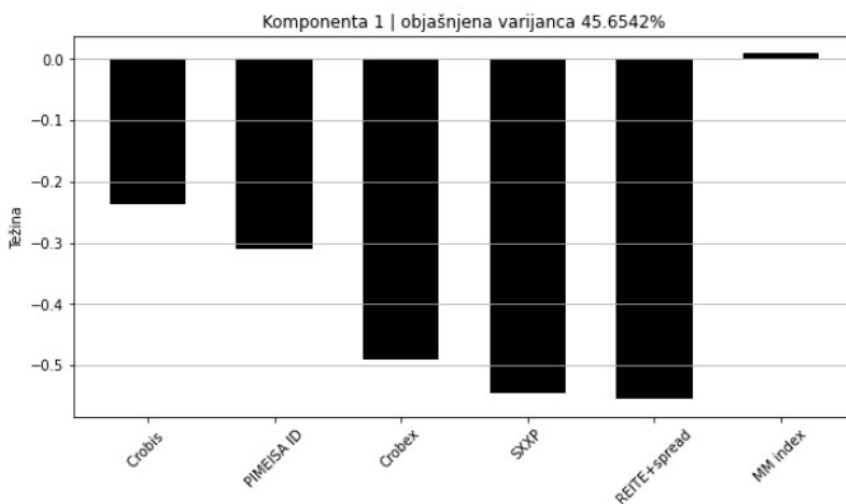
Slika 35. Kretanje maksimalnog koeficijenta diverzifikacije i koeficijenta diverzifikacije benchmarka na periodu COVID 19 pandemije

Kroz period promatranja COVID-19 pandemije (klizni period kao gore) pokazana je inverzna veza diverzifikacijskog koeficijenta i varijance objašnjene prvom glavnom komponentom (slika 36.).



Slika 36. Kretanje količine varijance objašnjene prvom glavnom komponentom i koeficijenta diverzifikacije benchmarka na periodu COVID 19 pandemije

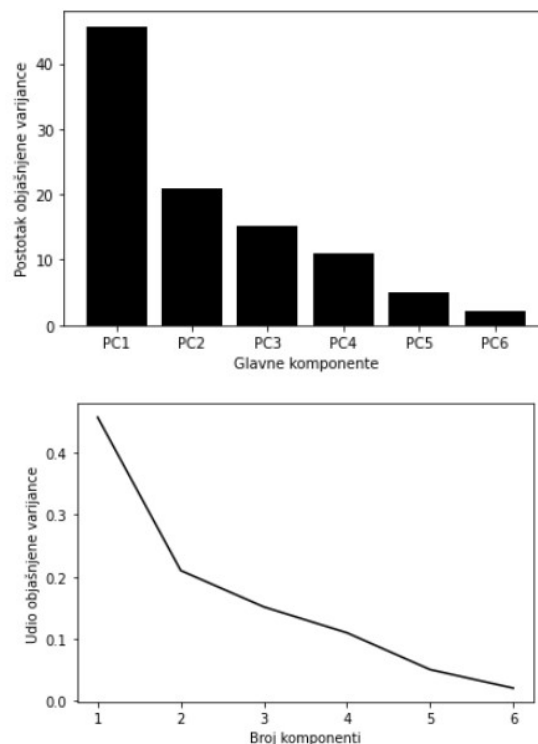
Sastav prve glavne komponente dan je slikom 37.



Slika 37. Sastav prve glavne komponente benchmarka na periodu COVID 19 pandemije

Ovdje vidimo da jedino komponenta tržišta novca (MM indeks) ima marginalni pozitivni doprinos u objašnjavanju sistemskog rizika u periodu COVID-19 pandemije, dok sve ostale komponente imaju značajan negativni utjecaj. Ovo je posljedica snažnog pada tržišta u kratkom periodu, zbog neizvjesnosti oko tijeka pandemije koja je zavladała na svjetskoj razini a koje se ipak nije odrazilo na stabilno tržište novca u smislu promjena kamatnih stopa (slika 9.).

Pregled objašnjene varijance pomoću glavnih komponenta dana je slikom 38.



Slika 38. Prikaz postotka objašnjene varijance pomoću glavnih komponenta benchmarka na periodu COVID 19 pandemije

Prva glavna komponenta opisuje 45,65% varijance među podacima, dok prve 3 komponente opisuju preko 80% ukupne varijance među podacima.

Primijetimo da analiza u periodu COVID-19 pandemije pokazuje pad diverzifikacijskog koeficijenta i porast varijance objašnjene prvom glavnom komponentom, obzirom na analizu na ukupnom periodu, ali i obzirom na analizu za period dužničke krize. Ovo znači da je kratka ali snažna kriza uzrokovana COVID-19 pandemijom jako utjecala na stabilnost benchmarka.



#### 4.4.2. Analiza benchmarka sa zaštitom

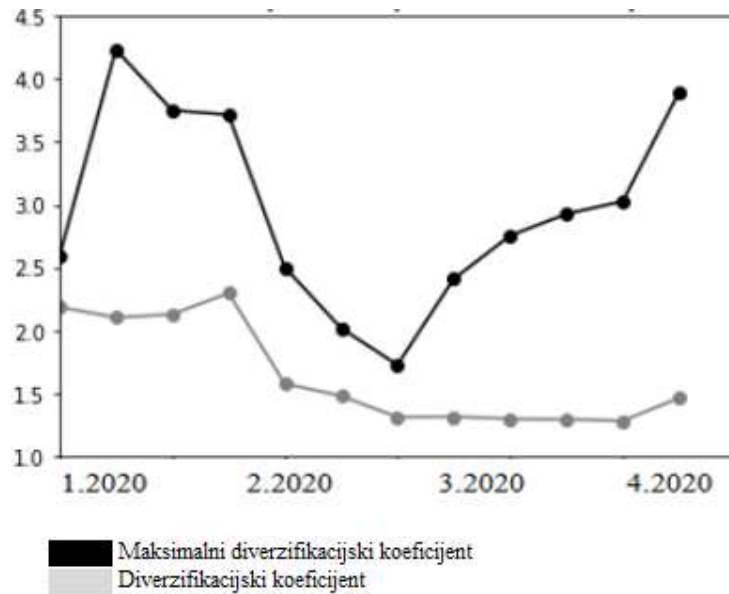
Matrica korelacije u periodu promatranja od prosinca 2019. godine do travnja 2020. godine ukazuje na povećanje korelacije među pojedinim reprezentantima obzirom na korelaciju na ukupnom periodu. Ovo je prikazano slikom 39.

	Crobis	PIMEISA ID	Crobex	SXXP	REITE+spread	MM index	DSB FP	GLD US
Crobis	1.000000	0.349374	0.084107	0.213341	0.250772	-0.146448	-0.283704	0.216652
PIMEISA ID	0.349374	1.000000	0.175393	0.222253	0.446375	-0.128221	-0.703008	0.405701
Crobex	0.084107	0.175393	1.000000	0.761610	0.650594	0.029139	0.081976	0.205059
SXXP	0.213341	0.222253	0.761610	1.000000	0.822093	0.007848	0.189869	0.305501
REITE+spread	0.250772	0.446375	0.650594	0.822093	1.000000	0.046959	-0.060898	0.332571
MM index	-0.146448	-0.128221	0.029139	0.007848	0.046959	1.000000	0.198854	-0.054498
DSB FP	-0.283704	-0.703008	0.081976	0.189869	-0.060898	0.198854	1.000000	-0.299074
GLD US	0.216652	0.405701	0.205059	0.305501	0.332571	-0.054498	-0.299074	1.000000

Slika 39. Matrica korelacije benchmarka sa zaštitom na periodu COVID 19 pandemije

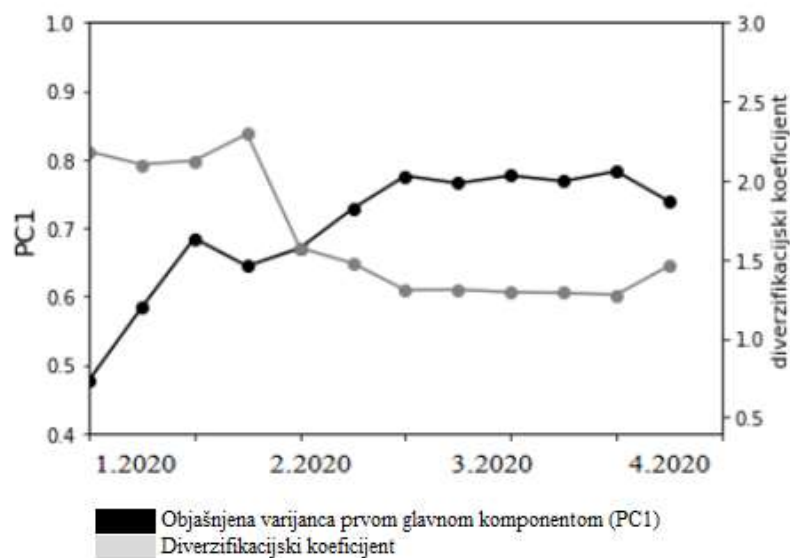
Diverzifikacijski koeficijent izračunat formulom (3) iznosi 1,37, dok maksimalni koeficijent na istom periodu iznosi 2,92.

Promatrano kroz klizni period od pet dana uz bazu za izračun od dvadeset dana za ovaj period promatranja primjećujemo da je maksimalni koeficijent diverzifikacije u svim trenucima veći od diverzifikacijskog koeficijenta (slika 40).



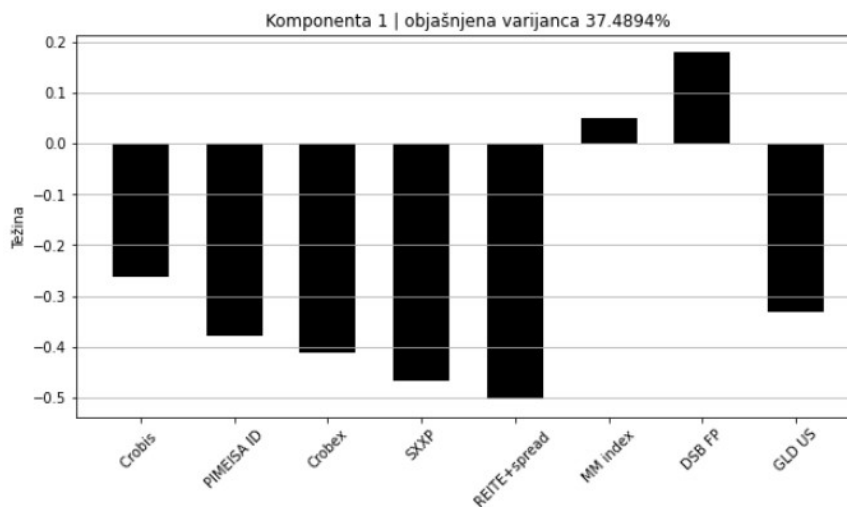
Slika 40. Kretanje maksimalnog koeficijenta diverzifikacije i koeficijenta diverzifikacije benchmarka sa zaštitom na periodu COVID 19 pandemije

Kroz period promatranja COVID-19 pandemije (klizni period kao gore) pokazana je inverzna veza diverzifikacijskog koeficijenta i varijance objašnjene prvom glavnom komponentom (slika 41.).



Slika 41. Kretanje količine varijance objašnjene prvom glavnom komponentom i koeficijenta diverzifikacije benchmarka sa zaštitom na periodu COVID 19 pandemije

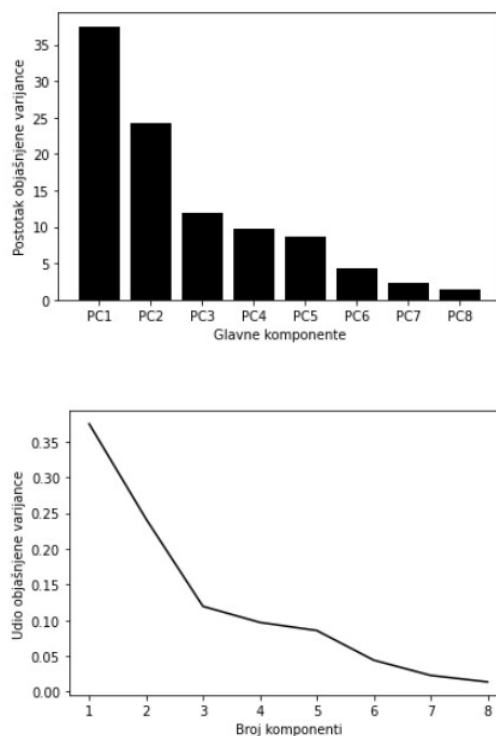
Sastav prve glavne komponente dan je slikom 42.



Slika 42. Sastav prve glavne komponente benchmarka sa zaštitom na periodu COVID 19 pandemije

Ovdje vidimo da jedino komponenta tržišta novca (MM indeks) i DSB FP fond imaju pozitivan utjecaj u objašnjavanju sistemskog rizika u periodu COVID-19 krize, dok sve ostale komponente imaju značajan negativni utjecaj. Ovo je posljedica snažnog pada tržišta u kratkom periodu, zbog neizvjesnosti oko tijeka pandemije koja je zavladała na svjetskoj razini, a koje se ipak nije odrazilo na realizacije MM indeksa (slika 9.) i DSB FP fonda (slika 10.) kao reprezentante imovine izložene riziku od promjene kamatnih stopa, a koje su u ovom periodu ostale nepromijenjene.

Pregled objašnjene varijance pomoću glavnih komponenta dana je slikom 43.



Slika 43. Prikaz postotaka objašnjene varijance pomoću glavnih komponenta za benchmark sa zaštitom na periodu COVID 19 pandemije

Prva glavna komponenta opisuje 37,49% varijance među podacima, dok prve tri komponente opisuju gotovo 75% ukupne varijance među podacima.

Primijetimo da analiza u periodu COVID-19 pandemije pokazuje pad diverzifikacijskog koeficijenta i porast varijance objašnjene prvom glavnom komponentom, obzirom na analizu na ukupnom periodu. S druge strane, diverzifikacijski koeficijent benchmarka sa zaštitom je veći od diverzifikacijskog koeficijenta benchmarka bez zaštite u COVID-19 pandemiji, dok je varijanca objašnjena prvom glavnom komponentom manja u odnosu na isti pokazatelj za benchmark bez zaštite. Ovo ponovno ukazuje na bolju stabilnost benchmarka sa uključenim elementima zaštite u kriznim trenucima.

#### **4.5. Dodatak analizi – osvrt na definiciju volatilnosti kao mjeru rizika**

Jedna od osnovnih pretpostavki ovog rada je da povećanu volatilnost portfelja smatramo povećanim rizikom od gubitka. Povećana volatilnost pojedinog instrumenta uslijed tržišnih kriza očituje se kroz pad cijena tržišnih instrumenata većeg od očekivanog. Međutim, povećanu volatilnost tržišta nalazimo i u periodima rasta tržišta kroz rast cijena pojedinih instrumenata koji je veći od očekivanog. U trenucima stabilnosti tržišta cijene instrumenta mijenjaju se rijetko i s niskim intenzitetom pa ovdje očekujemo nisku volatilnost.

Kroz dosadašnju analizu smo pokazali da povećana volatilnost tržišta uslijed raznih tržišnih kriznih događaja uzrokuje pad koeficijenta diverzifikacije i rast količine varijance objašnjene prvim glavnim komponentama. Pitamo se još što se događa sa koeficijentom diverzifikacije i količinom varijance objašnjene prvim glavnim komponentama u trenucima tržišnog rasta kada također očekujemo povećanu volatilnost, i trenucima stabilnosti na tržištu kada očekujemo smanjenu volatilnost. Stoga provodimo skraćenu analizu i za ove tržišne trenutke.

Dodatnu analizu provodimo samo za benchmark bez zaštite, jer nas ovdje zanima samo kretanje koeficijenta diverzifikacije i količine varijance objašnjene prvom glavnim komponentom, a ne efikasnost uvođenja elemenata zaštite.

Iz realizacija benchmarka (slika 12.) nasumično odabiremo period rasta i stabilnosti i konačne rezultate prikazujemo u nastavku.

#### 4.5.1. Analiza tržišnog rasta

Za analizu tržišnog rasta odabiremo period od prosinaca 2011. godine do prosinca 2014. godine, a rezultati su dani tablicom 9.

Tablica 9. Rezultati analize benchmarka na period rasta

Benchmark	Diverzifikacijski koeficijent	Maksimalni diverzifikacijski koeficijent	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Period rasta	1,753931007	2,045584522	32,65%	17,40%	16,49%	15,88%	13,91%	3,67%

Iz tablice 9. možemo vidjeti da je u periodu rasta diverzifikacijski koeficijent manji od diverzifikacijskog koeficijenta na ukupnom periodu (poglavlje 4.1.) ali i od diverzifikacijskog koeficijenta izračunatog za period dužničke krize (poglavlje 4.3.). Ovo je dijelom uzrokovano povećanom volatilnosti pojedinih instrumenta uslijed rasta cijena, što znači da pad diverzifikacijskog koeficijenta ne znači nužno povećan rizik od gubitka.

Prva glavna komponenta opisuje manje volatilnosti od prvih glavnih komponenata na ukupnom periodu (poglavlje 4.1.) i na periodima krize (poglavlja 4.3. i 4.4.), što upućuje da u trenucima tržišnog rasta ipak ne dolazi do toliko značajnog povećanja korelacija između sastavnica portfelja kao u trenucima tržišne krize. Ovo ukazuje na potrebu za praćenjem oba pokazatelja kako bismo dobili što točniju informaciju o reakciji našeg portfelja na tržišne događaje.

Razlika maksimalnog koeficijenta diverzifikacije i koeficijenta diverzifikacije je gotovo jednaka istoj razlici izračunatoj na ukupnom periodu, ali osjetno manja od izračunatih razlika u trenucima tržišnih kriza. Ovo upućuje da se u trenucima povećane volatilnosti uslijed tržišnog rasta pojavljuje manji diverzifikacijski potencijal portfelja obzirom na diverzifikacijski potencijal kod povećane volatilnost u periodu tržišnih kriza (uz nepromijenjene reprezentante portfelja).

Na ovom periodu ponovno je potvrđena inverzna veza između diverzifikacijskog koeficijenta i količine varijance objašnjenje prvom glavnom komponentom.

#### 4.5.2. Analiza tržišne stabilnosti

Za analizu tržišne stabilnosti odabiremo period od prosinca 2016. godine do lipnja 2018. godine, a rezultati su dani tablicom 10.

Tablica 10. Rezultati analize benchmarka na stabilnom periodu

Benchmark	Diverzifikacijski koeficijent	Maksimalni diverzifikacijski koeficijent	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Stabilni period	1,821304608	1,984163443	32,48%	22,74%	19,21%	17,06%	8,52%	0,00%

Iz tablice 10. možemo vidjeti da je u periodu rasta diverzifikacijski koeficijent neznajno manji od diverzifikacijskog koeficijenta na ukupnom periodu (poglavlje 4.1.) ali veći od diverzifikacijskog koeficijenta izračunatog za periode tržišnih kriza (poglavlja 4.3. i 4.4. ). Ovo je dijelom uzrokovano smanjenom volatilnosti pojedinih instrumenta u periodu tržišne stabilnosti. S druge strane, prva glavna komponenta opisuje manje varijance od prve glavne komponente na ukupnom periodu (poglavlje 4.1.), u periodima krize (poglavlja 4.3. i 4.4.) i tržišnog rasta (poglavlje 4.5.1.).

Razlika maksimalnog koeficijenta diverzifikacije i koeficijenta diverzifikacije značajno je manja od izračunatih razlika u svim ostalim analiziranim periodima. Ovo upućuje da se diverzifikacijski potencijal portfelja u trenucima tržišne stabilnosti gubi, uz nepromijenjene reprezentante.

Na ovom periodu ponovno je potvrđena inverzna veza između diverzifikacijskog koeficijenta i količine varijance objašnjenje prvom glavnom komponentom, međutim mnogo je manje izražena (bez točaka sjecišta).

I na periodu stabilnosti tržišta ponovno potvrđujemo korist od praćenja oba pokazatelja kako bismo dobili što točniju informaciju o reakciji našeg portfelja na tržišne događaje.

## 5. Zaključak

Analizirali smo prosječni portfelj hrvatskog osiguravajućeg društva konstrukcijom benchmarka i alternativnog benchmarka sa djelomično uključenom zaštitom od valutnog, kamatnog i cjenovnog rizika.

Konstruirani benchmark sa fiksnim inicijalno dodijeljenim alokacijama i nepromijenjenim reprezentantima pojedine klase imovine kroz period promatranja od dvadeset godina nije pokazao značajnu otpornost na tržišne krize. Ovo je vidljivo iz grafa realizacija benchmarka (slika 12.) gdje su svi veći padovi vrijednosti objašnjivi sa stvarnim tržišnim krizama, a potvrđeno je provedenom analizom.

Pregled rezultata analize za benchmark bez zaštite dan je tablicom 11.

*Tablica 11. Usporedba rezultata analize benchmarka na promatranim periodima*

Benchmark	Diverzifikacijski koeficijent	Maksimalni diverzifikacijski koeficijent	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Ukupni period	1,843537579	2,120242697	33,76%	17,91%	16,57%	16,03%	11,30%	4,44%
Dužnička kriza	1,761095331	2,360713574	38,82%	20,26%	16,47%	13,20%	8,02%	3,23%
COVID-19	1,352708526	1,862547831	45,65%	21,01%	15,16%	11,00%	5,08%	2,10%

Najveća odstupanja diverzifikacijskog koeficijenta od maksimalnog diverzifikacijskog koeficijenta zabilježena su u trenucima tržišnih kriza, a najmanja u trenucima tržišne stabilnosti.

Pokazali smo postojanje inverzne veze u kretanju diverzifikacijskog koeficijenta i sistemskog rizika, odnosno varijance objašnjene prvom glavnom komponentom, u svim periodima promatranja.



Rezultati provedene analize za benchmark sa zaštitom, i usporedni podaci za benchmark bez zaštite dani su tablicom 12.

Tablica 12. Usporedba rezultata analize benchmarka i benchmarka sa zaštitom na usporedivim promatranim periodima

Benchmark sa zaštitom	Diverzifikacijski koeficijent	Maksimalni diverzifikacijski koeficijent	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
Ukupni period	1,745635678	2,763547829	27,46%	19,77%	12,80%	11,94%	11,62%	9,45%	4,39%	2,57%
Benchmark bez zaštite na usporedivom ukupnom periodu	1,712449153	2,037121102	34,34%	17,51%	16,71%	15,82%	11,82%	3,79%	/	/
COVID 19	1,373444542	2,927204857	37,49%	24,18%	11,95%	9,71%	8,57%	4,43%	2,29%	1,38%
Benchmark bez zaštite na usporedivom COVID 19 periodu	1,352708526	1,862547831	45,65%	21,01%	15,16%	11,00%	5,08%	2,10%	/	/

Podaci iz tablice 12. pokazuju da benchmark sa zaštitom u usporedivim periodima pokazuje veći diverzifikacijski koeficijent od benchmarka bez zaštite, uz manju varijancu objašnjenu prvom glavnom komponentom. Dodatno vidimo da je maksimalni diverzifikacijski koeficijent benchmarka sa zaštitom veći od diverzifikacijskog koeficijent benchmarka bez zaštite, na usporedivim periodima.

U dodatku analizi, kroz osvrt na definiciju volatilnosti kao mjere rizika, pokazali smo da pad koeficijenta diverzifikacije ne proizlazi nužno samo iz reakcije na tržišne krize, te da nije dovoljno pratiti kretanje samo jednog pokazatelja kako ne bismo došli do pogrešnog zaključka. Analiza glavnih komponenti ovdje se pokazala kao dobar alat za praćenje sistemskog rizika i objašnjavanja raznih tržišnih turbulencija, ali i kao alternativni način mjerenja diverzifikacije portfelja. Redovitim praćenjem koeficijenta diverzifikacije i koeficijenta maksimalne diverzifikacije osiguravatelj može odrediti pravilan trenutak za potrebom realokacije imovine, dok praćenje varijance objašnjene prvim glavnim komponentama može pomoći pri odabiru trenutka za potrebom nove selekcije imovine.

Ovdje se također javlja mogućnost korištenja ove vrste analize u prediktivne svrhe – ukoliko je potrebno sve manje komponenti da se objasni unaprijed definirana prihvatljiva količina varijance, ili ukoliko količina varijance prve (ili prvih nekoliko) glavne komponente premaši unaprijed definiranu prihvatljivu količinu varijancu pokreće se postupak preispitivanja strategije ulaganja.

Dodatno, pokazali smo da uvođenje minimalne količine instrumenta od zaštite u benchmark doprinosi povećanju diverzifikacijskog koeficijenta i smanjenju osjetljivosti na sistemski rizik tržišta - diverzifikacijski koeficijent i maksimalni diverzifikacijski koeficijent su veći kod benchmarka sa zaštitom na promatranim usporedivim periodima, dok prve glavne komponente objašnjavaju manje varijance obzirom na benchmark bez zaštite. Ovo znači da uvođenje čak i minimalne količine instrumenata zaštite od rizika doprinosi smanjenju korelacije portfelja i umanjuje potencijalne gubitke.

Dosadašnja praksa korištenja diverzifikacije kao često jedinog sredstva zaštite portfelja u pasivnoj strategiji ulaganja nije dovoljna kako bi se zaštitili od potencijalnih gubitaka, te je potrebno uvoditi specijalizirane instrumente zaštite od raznih vrsta rizika kojima je ulagačka imovina izložena.

## 6. Izvori/literatura

1. Dirk G. Baur, Thomas K. McDermott, *Is gold a safe haven? International evidence*, Journal of Banking & Finance 34, 2010
2. Yves Choueifaty, Yves Coignard, *Toward Maximum Diversification*, The Journal of Portfolio Management, 2008
3. Walt Woerheide, Don Persson, *An Index of Portfolio Diversification*, Financial Services Review, 1992-1993
4. Gabriel Frahm, Christof Wiechers, *A Diversification Measure for Portfolios of Risky Assets*, Advances in Financial Risk Management, 2013
5. Attilio Meucci, *Managing Diversification*, Bloomberg Education & Quantitative Research and Education Paper, 2010
6. Dong-Hee Kim, Hawoong Jeong, *Systematic analysis of group identification in stock markets*, Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys, 2005
7. Harald Lohre, Heiko Opfer, Gabor Orszag, *Diversifying Risk Parity*, Journal of Risk, Volume 16, 2014
8. Libin Yang, William Rea, Alethea Rea, *How much diversification potential is there in a single market? Evidence from the Australian Stock Exchange*, Working Papers in Economics, University of Canterbury, Department of Economics and Finance, 2015
9. Leonidas Dandoval Junior, Italo De Paula Franca, *Correlation of financial markets in times of crisis*, Insper, Instituto de Ensino e Pesquisa, 2011
10. I.T. Jolliffe, *Principal Component Analysis*, Springer-Verlag New York, 2002
11. Daniel J. Fenn et al, *Temporal Evolution of Financial-market correlations*, Phys Rev E 84, 2011

## 7. Sažetak

U ovom radu testiramo stabilnost portfelja imovine hrvatskih osiguravajućih društva konstrukcijom odgovarajućeg benchmarka, te praćenjem i analizom razine njegove diverzifikacije kroz period od dvadeset godina.

Primjenom analize glavnih komponenta mjerili smo osjetljivost benchmarka na sistemski rizik tržišta na način da smo u različitim periodima promatranja promatrali količinu varijance objašnjene prvom glavnom komponentom.

Pokazana je inverzna veza između ukupne diverzifikacije benchmarka i sistemskog rizika te postojanje neiskorištenog diverzifikacijskog potencijala benchmarka, u svim promatranim periodima analize.

Dodatno, istim metodama analizirali smo benchmark sa uključenim instrumentima zaštite od valutnog, cjenovnog i kamatnog rizika pri čemu je pokazana veća stabilnost obzirom na benchmark bez zaštite, na ukupnom periodu promatranja i posebno u trenucima tržišnih kriza.

## **8. Abstract**

In this paper, we tested the stability of an average Croatian insurance company asset portfolio by constructing an appropriate benchmark, and by monitoring and analyzing the level of its diversification over a period of twenty years.

By applying the method of principal components analysis, we measured the sensitivity of the benchmark towards systematic market risk by observing the amount of variance explained by the first principal component, in different periods of observation.

We have shown the existence of an inverse relationship between the overall diversification of our benchmark and systematic risk of the market, as well as the existence of an unused diversification potential of the benchmark, for all of the different periods of observation.

In addition, using the same methods, we analyzed the benchmark with included specialized instruments for currency, price and interest rate risk reduction, where greater stability was shown compared to the benchmark without any risk protection instruments, over the entire observed period and especially during market crises.

## 9. Životopis

Renata Kovačević rođena je 25. travnja 1986. godine u Zagrebu, u kojem završava osnovnu i srednju školu. 2009. godine završava Prirodoslovno matematički fakultet, matematički odsjek, smjer Financijska i poslovna matematike. Iste godine zapošljava se u Magma d.d., kao pripravnik u sektoru Kontroling- plan i analiza. 2010. godine zapošljava se u Croatia osiguranju d.d., u Sektoru za upravljanje rizicima. 2012. godine upisuje Poslijediplomski stručni studij aktuarske matematike na Prirodoslovno matematičkom fakultetu koji završava 2014. godine. 2013. godine zapošljava se u Raiffeisen mirovinskom društvu za upravljanje obveznim mirovinskim fondom d.o.o. u Direkciji za nadzor rizika . 2015. godine upisuje i polaže sve ispite organizacije Professional Risk Managers International Association za potrebe dobivanja međunarodnog certifikata Professional risk managera. 2018. godine ponovo se zapošljava u Sektoru za upravljanje rizicima u Croatia osiguranju d.d.. 2021. godine polaže sve ispite za potrebe stjecanja ovlaštenja za obavljanje aktuarskih poslova, izdane od strane Hrvatske agencije za nadzor financijskih usluga, u organizaciji Hrvatskog aktuarskog društva. Trenutačno radi u Croatia osiguranju d.d. na poziciji Voditelj tima za upravljanje rizicima i kontrolu ulaganja, unutar Sektora za upravljanje rizicima.

## **10. Biography**

Renata Kovačević was born on April 25, 1986. in Zagreb, where she finished primary and secondary school. In 2009., she graduated from the Faculty of Science and Mathematics, Department of Mathematics, majoring in Financial and Business Mathematics. During the same year, she started working at Magma Plc., as an intern in the Controlling-plan and analysis sector. In 2010, she works at Croatia osiguranje Plc., in Risk Management Department. In 2012. she enrolles in the postgraduate professional study of actuarial mathematics at the Faculty of Science and Mathematics, from which she graduates in 2014. In 2013., she works at Raiffeisen mandatory pension fund management company within the Risk Supervision Department. In 2015., she enrolled and passed all the exams of the organization Professional Risk Managers International Association for the purpose of obtaining the international certificate of Professional risk managers. In 2018., she again works in Croatia Insurance d.d., within Risk Management Department. In 2021. she enrolled and passed all the exams for the purposes of obtaining authorization to perform actuarial work, issued by the Croatian Financial Services Supervisory Agency and organized by the Croatian Actuarial Society.

She currently works at Croatia Insurance Plc. as Team leader for the valuation and investment control, within the Risk Management Department.