

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

OPTIMIZACIJA STRUKTURE PREMOŽENJA V UREDITVI
SOLVENTNOST II

Ljubljana, junij 2012

ALEŠ STANIČ

IZJAVA

Spodaj podpisani Aleš Stanič, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom Optimizacija strukture premoženja v ureditvi Solventnost II, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem prof. dr. Alešem Ahčanom.

Izrecno izjavljam, da v skladu z določili Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 21/1995 s spremembami) dovolim objavo magistrskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

S svojim podpisom zagotavljam, da

- je predloženo besedilo rezultat izključno mojega lastnega raziskovalnega dela;
- je predloženo besedilo jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem
 - poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam v magistrskem delu, citirana oziroma navedena v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, in
 - pridobil vsa dovoljenja za uporabo avtorskih del, ki so v celoti (v pisni ali grafični obliki) uporabljena v tekstu, in sem to v besedilu tudi jasno zapisal;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 21/1995 s spremembami);
- se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega magistrskega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom.

V Ljubljani, dne 8. junij 2012

Podpis avtorja:

KAZALO

UVOD	1
1 MERE TVEGANJA.....	4
1.1 Želene lastnosti mer tveganja	4
1.1.1 Koherentne mere tveganja	6
1.2 Primeri mer tveganja.....	6
1.2.1 Največje tveganje	6
1.2.2 Varianca in standardni odklon	6
1.2.3 Koeficient beta – β	7
1.2.4 Tvegana vrednost – VaR	7
1.2.5 Končna tvegana vrednost – $TVaR$	10
1.2.6 Pogojna končna pričakovana vrednost – CTE	11
1.2.7 Pogojna tvegana vrednost – $CVaR$	11
1.2.8 Pričakovani primanjkljaj.....	11
1.3 Ekonomski kapital.....	11
2 SODOBNA PREMOŽENJSKA TEORIJA.....	13
2.1 Osnovne značilnosti sodobne premoženjske teorije	13
2.1.1 Donosnost	13
2.1.2 Tveganje	14
2.1.3 Funkcija pričakovane koristnosti	15
2.2 Markowitzev model izbire učinkovitega premoženja	16
2.2.1 Premoženje dveh tveganih vrednostnih papirjev	17
2.2.2 Premoženje n tveganih vrednostnih papirjev	18
2.2.3 Premoženje netvegane in n tveganih vrednostnih papirjev	20
2.2.4 Slabosti Markowitzevega modela	21
2.3 Model določanja cen dolgoročnih naložb – CAPM	22
2.3.1 Enofaktorski in večfaktorski model	22
2.3.2 Model CAPM.....	24
2.3.3 Slabosti modela CAPM	28
3 SOLVENTNOST II.....	31
3.1 Od Solventnosti I k Solventnosti II.....	32
3.2 Cilji direktive Solventnost II	33
3.3 Lamfalussyjev sistem	34
3.4 Arhitektura direktive Solventnost II.....	35
3.4.1 I. steber – količinske zahteve.....	35
3.4.2 II. steber – kakovostne zahteve	38
3.4.3 III. steber – poročanje in javna razkritja	39
3.5 Poenostavitve	40
3.6 Standardni model	40

3.6.1	Osnovni zahtevani solventnostni kapital – $BSCR$	41
3.6.2	Zahtevani solventnostni kapital za operativna tveganja – SCR_{op}	44
3.6.3	Prilagoditev zaradi absorpcijske zmožnosti izgub zavarovalno-tehnič- nih rezervacij in odloženih davkov – ADJ	44
3.6.4	Neto vrednost sredstev	44
3.7	Standardna formula s specifičnimi parametri zavarovalnice.....	45
3.8	Delni in popolni notranji model	45
3.9	Rezultati QIS5	46
4	ZAKONSKA UREDITEV NALOŽB V ZAVAROVALNICAH	47
4.1	Trenutna ureditev	47
4.2	Solventnost II	49
4.3	Zahtevani solventnostni kapital – SCR_{Mkt}	50
4.3.1	Korelacije med podmoduli	50
4.3.2	Mkt_{int}	50
4.3.3	Mkt_{eq}	52
4.3.4	Mkt_{prop}	53
4.3.5	Mkt_{fx}	53
4.3.6	Mkt_{sp}	54
4.3.7	Mkt_{conc}	55
4.3.8	Mkt_{il}	56
5	MARKOWITZEV MODEL OPTIMIZACIJE PREMOŽENJA	56
5.1	Izbor vrednostnih papirjev	56
5.1.1	Netvegani vrednostni papir	56
5.1.2	Tvegani vrednostni papirji	57
5.1.3	Vhodni podatki	58
5.2	Markowitzev model izbire optimalnega premoženja	60
5.2.1	Analitična metoda	60
5.2.2	Numerična metoda	62
5.2.3	Metoda generiranja naključnih premoženj	66
5.2.4	Analitična metoda z modelom CAPM	66
6	MARKOWITZEV MODEL Z MERO TVEGANJA SCR_{Mkt}	68
6.1	Premoženje, sestavljeno iz indeksov	68
6.2	Premoženje, sestavljeno iz obveznice in tržnega premoženja	70
6.2.1	Solventnostna krivulja trga kapitala	70
6.2.2	Premoženje z minimalnim zahtevanim solventnostnim kapitalom	71
6.2.3	Sharpov koeficient v odvisnosti od $SCR_{Mkt,\%}$	72
	SKLEP	74
	LITERATURA IN VIRI	77
	PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1: Verjetnost za dogodek v intervalih med večkratniki standardnega odklona pri normalni porazdelitvi	9
Slika 2: Primerjava tveganega kapitala po metodah VaR in $TVaR$	10
Slika 3: Tveganje (standardni odklon) premoženja v odvisnosti od števila različnih delnic v premoženju	15
Slika 4: Standardni odklon premoženja, sestavljenega iz dveh vrednostnih papirjev, v odvisnosti od razmerja naložb v posamezni vrednostni papir pri različnih korelacijah	17
Slika 5: Meja minimalne variance tveganih naložb	19
Slika 6: Premica razdelitve kapitala – CAL	21
Slika 7: Premica trga kapitala – CML.....	22
Slika 8: Premica trga vrednostnih papirjev – SML	26
Slika 9: Meja učinkovitosti pri različnih možnostih izposojanja netveganega vrednostnega papirja	27
Slika 10: Bilanca zavarovalnice v ureditvi Solventnost II	37
Slika 11: Modularni pristop za izračun SCR po QIS5	41
Slika 12: Meja minimalne variance in premica CML za izbranih sedem indeksov za analitično metodo	61
Slika 13: Meja učinkovitosti s prepovedano kratko pozicijo ter premica CML	65
Slika 14: Meji učinkovitosti z dovoljeno in prepovedano kratko pozicijo ter pripadajoči premici CML	65
Slika 15: Solventnostna krivulja trga kapitala za metodo naključno generiranih premoženj	70
Slika 16: Solventnostna krivulja trga kapitala za visoke deleže obveznice v premoženju	72
Slika 17: Sharpov koeficient $S_{p,SCR,\%}$ in njegov približek $S_{SCR,\%}$ za mejo učinkovitosti pri naključni metodi v odvisnosti od $SCR_{Mkt,\%}$	73

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Korelacijski koeficienti pri izračunu $BSCR$	44
Tabela 2:	Omejitve izbire naložb po Zakonu o zavarovalništvu.....	48
Tabela 3:	Korelacijski koeficienti med posameznimi podmoduli tržnega tveganja ..	50
Tabela 4:	Donosnosti glede na dospelost denarnega toka in faktorji izjemnih situacij za spremembo obrestne mere v QIS5	51
Tabela 5:	Korelacijski koeficienti med skupino globalnih in skupino drugih vrednost- nih papirjev	53
Tabela 6:	Parameter $F^\uparrow$ ter spodnji in zgornji prag za trajanje obveznic v odvisnosti od njene bonitetne ocene	54
Tabela 7:	Prag koncentracije glede na bonitetno oceno nasprotne stranke	55
Tabela 8:	Karakteristike indeksov in medsebojne korelacije	59
Tabela 9:	Rešitve Markowitzevega modela in primeri izbire učinkovitih premoženj .	64
Tabela 10:	Izračun $Mkt_{eq,\%}$ za primer tržnega premoženja z metodo naključnega ge- neriranja premoženj	69

UVOD

Že stoletja je prevzemanje tveganj osnova poslovanja zavarovalnic in pozavarovalnic. V zadnjih nekaj desetletjih so se jim pridružile banke in druge finančne institucije, ki prav tako prevzemajo tveganja in jih upravljajo z iskanjem trgov, kjer je tveganja moč zaščititi ali pa jih razčleniti na podtveganja. Kadar zaščita pred tveganjem ne obstaja, je treba tveganje izmeriti in, če je treba, oblikovati ustrezne rezerve za primer njihove realizacije.

Poslovodstva zavarovalnic se nenehno ukvarjajo z uravnavanjem interesov zavarovancev in lastnikov zavarovalnic, kjer prvi želijo varnost in finančno stabilnost zavarovalnice, drugi pa zahtevajo donosnost na kapital, ki ustreza tveganju njihove naložbe. Zato zavarovalnice čedalje pogosteje uporabljajo sorazmerno mlade modele za merjenje tveganj in ocenjevanje dobičkonosnosti področij poslovanja, v finančni literaturi pa se vse pogosteje pojavlja teorija merjenja tveganj skupaj z določitvijo kapitalskih zahtev za imetnike tveganega premoženja.

Najpogostejša mera tveganja, ki se pojavlja v literaturi, je standardni odklon, ki ga je Markowitz (1952) vključil v sodobno premoženjsko teorijo. S tem je standardni odklon poleg pričakovane donosnosti postal ključni dejavnik pri oblikovanju naložb v vrednostne papirje, saj investitor pri izboru med dvema naložbama tehta med pričakovano donosnostjo in varnostjo. Konec 20. stoletja je poročilo skupine Group of Thirty (1993) postalo prelomni dejavnik razvoja upravljanja tveganj v podjetjih. V njem so predstavili tvegano vrednost, ki je dandanes nepogrešljiva mera tveganja v finančnem sektorju. Najprej je postala standard v bančnem sektorju, s sprejetjem direktive 2009/138/ES (Ur. l. EU, št. L335/2009, v nadaljevanju **Solventnost II**) pa je postala izhodišče za izračun kapitalskih zahtev zavarovalnic, ki jih bodo morale predvidoma izpolnjevati od leta 2014 naprej (Evropska komisija, 2011).

Z Lamfalussyjevo arhitekturo in tristebnim pristopom bo direktiva dosegla načrtane cilje – predvsem povečanje zaščite zavarovancev, prav tako pa se bo poglobila integracija zavarovalnega trga EU in povečala mednarodna konkurenca v zavarovalniškem sektorju. Sistem, ki temelji na načelih ekonomske vrednosti, bo razkril finančno stanje zavarovalnic in povečal preglednost ter zaupanje v sektor. Zavarovalnice, ki kvalitetno upravljajo tveganja, imajo stroge interne politike in sofisticirane metode upravljanja na vseh ravneh, bodo nagrajene z nižjo ravno zahtevanega kapitala. Po drugi strani bodo z višjo ravno kapitala kaznovane tiste zavarovalnice, ki so bolj izpostavljene tveganju in slabše upravljajo s sredstvi. S povečanjem transparentnosti poslovanja bodo stabilne in dobro vodene zavarovalnice na podlagi najboljših praks na področju upravljanja tveganj pridobile zaupanje investorjev in tudi zavarovancev.

Ker naložbe predstavljajo visok delež sredstev v bilancah zavarovalnic, bo prilagoditev upravljanja naložb novim razmeram eden od pomembnejših izzivov in ključnih aktivno-

sti zavarovalnic v prihodnje. Tvegane naložbe bodo implicirale višje kapitalske zahteve, zato bo treba k izbiri strukture premoženja pristopiti na nov način. Markowitz (1952) je opisal mejo učinkovitosti in tržno premoženje s parametroma pričakovane donosnosti in standardnega odklona. Zaradi pomanjkanja nekaterih želenih lastnosti pri standardnem odklonu so različni avtorji predstavili optimizacijo strukture premoženja z različnimi merami, na primer tvegano vrednostjo (Alexandera, 2009; Engels, 2004), pogojno tvegano vrednostjo (Palmquist, Uryasev & Krokmal, 1999; Rockafellar & Uryasev, 2000) in drugimi. Artač, Mikuljan & Stanič (2010) smo predstavili nov koncept optimizacije premoženja z zahtevanim solventnostnim kapitalom kot mero tveganja, drugega podobnega prispevka pa v literaturi nismo zasledili. V magistrskem delu bomo koncept podrobneje razdelali in prispevek razširili tudi s teoretičnimi podlagami.

Namen in cilji. Namen magistrskega dela je prikazati nov pristop optimizacije strukture premoženja zavarovalnic v okviru prihajajoče zakonodaje Solventnost II, kjer optimizacija temelji na Markowitzevem modelu izbire tržnega premoženja. Opozoriti želimo na kompleksnost nove ureditve, s katero je v literaturi nastala vrzel na področju optimizacije naložb zavarovalnic, ki jo želimo zapolniti. Vsebina magistrskega dela predstavlja nadgradnjo pridobljenega znanja v okviru podiplomskega študija in delovnih izkušenj v zavarovalniški panogi.

V okviru magistrskega dela želimo preveriti naslednje hipoteze:

- Na višino zahtevanega solventnostnega kapitala za tržno tveganje vplivajo številna tveganja, ki se v sedANJI ureditvi pri izračunu kapitalskih zahtev ne upoštevajo.
- Na strukturo tržnega premoženja, ki ga izberemo z Markowitzevim modelom optimizacije, močno vpliva izbira vhodnih parametrov.
- Struktura tržnega premoženja zavarovalnice se spremeni, ko namesto standardnega odklona vpeljemo kot mero tveganja zahtevani solventnostni kapital za tržno tveganje.

Glavni cilj magistrskega dela je potrditi ali ovreči postavljeno hipotezo, da se struktura tržnega premoženja zavarovalnice spremeni, ko namesto standardnega odklona vpeljemo kot mero tveganja zahtevani solventnostni kapital za tržno tveganje. Izbira tržnega premoženja na podlagi pričakovane donosnosti in standardnega odklona v pogojih Solventnosti II ni več ustrezna, saj mora zavarovalnica za izbrano premoženje nameniti ustrezno višino kapitala, kar pa zanjo pomeni strošek, in tržno premoženje ni več nujno tudi optimalno premoženje tveganih vrednostnih papirjev. Optimizacija naložb zavarovalnic v ureditvi Solventnost II bo tako imela temelje v izbiri premoženja na podlagi ciljnih kapitalskih zahtev zavarovalnice. Zato želimo v magistrskem delu prikazati tudi teoretični okvir pri izbiri tržnega premoženja z Markowitzevo metodo, preučiti direktivo Solventnost II in prikazati način izračuna zahtevanega solventnostnega kapitala za tržno tveganje.

Metode dela. Magistrsko delo sestavljata teoretični in empirični del. Teoretični del temelji na proučevanju teoretične osnove, tako domače kakor tudi tuje strokovne literature,

različnih strokovnih študij ter objavljenih člankov na domačih in tujih spletnih straneh s področja mer tveganja, sodobne premoženjske teorije in direktive Solventnost II. Pri tem z opisno metodo povzemamo izsledke metode analize vsebine predelane literature, ki v kombinaciji z metodo kompilacije predstavlja spoznanja številnih avtorjev in strokovnjakov s področja obravnavane problematike, mere tveganja pa obravnavamo z metodo klasifikacije glede na lastnosti, ki naj bi jih imele koherentne mere tveganja. Za celovitejšo predstavitev so poleg kritične analize vključeni tudi grafični vložki, ki dopolnjujejo in pojasnjujejo analizo obravnavane tematike.

V drugem delu uporabljamo empirično metodo, s katero najprej določimo pričakovane vrednosti donosnosti izbranih vrednostnih papirjev, nato pa z Markowitzevo metodo izračunamo mejo minimalne variance in strukturo tržnega premoženja. Borzne cene izbranih vrednostnih papirjev izhajajo iz sistema Bloomberg, drugi ustrezni vhodni parametri pa iz različnih statističnih raziskav in drugih študij. Poleg analitične metode prikazujemo tudi numerično metodo, ki je vgrajena v programski paket *Wolfram Mathematica*, in metodo naključnega generiranja deležev posameznih naložb v premoženju, s katero želimo izpolniti glavni cilj magistrskega dela.

Struktura. Prvo poglavje namenjamo predstavitvi mer tveganja. Sledita opis sodobne premoženjske teorije, ki jo je leta 1952 vpeljal Markowitz, in teoretična podlaga za analitični izračun meje minimalne variance in strukture tržnega premoženja, ki ga lahko s premico trga kapitala povežemo z donosnostjo netveganega vrednostnega papirja na ordinatni osi. Drugo poglavje zaključimo z Modelom določanja cen dolgoročnih naložb (angl. *Capital Asset Pricing Model*, v nadaljevanju CAPM).

Tretje poglavje je namenjeno predstavitvi direktive Solventnost II, ki bo od leta 2014 naprej urejala zavarovalniški trg v Evropski uniji. Poleg ključnih značilnosti predstavljamo vseh pet načinov izračuna zahtevanega solventnostnega kapitala, ki bo odvisen od profila tveganj zavarovalnice. V okviru standardne formule predstavljamo strukturo modulov tveganj za izračun zahtevanega solventnostnega kapitala, ki je veljala v peti, zadnji Študiji količinskih učinkov (angl. *Quantitative Impact Studies*, v nadaljevanju QIS). Eno od tveganj, ki ga bodo morale zavarovalnice upravljati, je tržno tveganje, za katerega Solventnost II ne predvideva preventivnih količinskih omejitev, temveč zgolj kapitalske zahteve, katerih izračun je po omenjeni študiji povzet v četrtem poglavju.

V zadnjih dveh poglavjih prikazujemo uporabo pridobljenih teoretičnih znanj v prvih štirih poglavjih na praktičnem primeru ter optimizacijo strukture naložb v ureditvi Solventnost II. Na primeru izbranih vrednostnih papirjev predstavljamo v 5. poglavju izračun strukture tržnega premoženja s tremi metodami, kjer z analitično metodo zapišemo mejo minimalne variance in strukturo tržnega premoženja, ki ga določa tudi donosnost izbrane obveznice kot približka netveganega vrednostnega papirja. Pri numerični metodi omejimo stanje v premoženju na dolge pozicije izbranih vrednostnih papirjev, kar upoštevamo

tudi pri določitvi tržnega premoženja pri metodi naključno generiranih premoženj. Za pričakovano donosnost pri vseh treh metodah uporabimo povprečno vrednost preteklih donosnosti, pri analitični metodi pa, kot alternativo preteklim donosnostim, uporabimo tudi donosnosti, izračunane z modelom CAPM. V zadnjem poglavju z metodo naključno generiranih premoženj poiščemo tržno premoženje v prostoru donosnosti in zahtevanega solventnostnega kapitala za tržno tveganje.

1 MERE TVEGANJA

Tveganje X lahko opišemo kot dogodek, ki prinaša neugodne (škodljive) finančne posledice in vsebuje element negotovosti, ki se nanaša na čas nastanka, uresničljivost dogodka ali naravo oziroma stopnjo finančnih posledic. Definiramo ga kot nenegativno naključno spremenljivko, ki predstavlja naključno vrednost denarja, ki ga mora zavarovalnica izplačati pri neugodnem dogodku (Denuit, Dhaene, Goovaerts & Kaas, 2005).

Orodje za merjenje tveganja imenujemo **mera tveganja**. Mera tveganja ustreza funkciji ρ , ki prostor naključnih spremenljivk X preslika v ne-negativno realno število $\rho[X]$ (Szegö, 2002):

$$\rho : X \rightarrow \mathbb{R} \setminus \mathbb{R}^-.$$

Ker so mere tveganja skalarji, lahko tvegane vrednosti uredimo po velikosti, zato lahko na primer naložbe primerjamo glede na višino tvegane vrednosti. Če je X možna izguba premoženja v izbranem časovnem obdobju, lahko vrednost $\rho[X]$ interpretiramo kot višino denarja (kapitala), ki ga je treba dodati v premoženje, da je tveganje naložbe sprejemljivo za upravljavca tveganj. Tako $\rho[X]$ predstavlja **tvegani kapital** (angl. *risk capital*) premoženja in je lahko osnova za izračun višine zavarovalno-tehničnih rezervacij in kapitalskih zahtev, s katerimi bi se zavarovalnice izognile insolventnosti.

V zavarovalnem in nasploh v finančnem sektorju so bile predlagane številne mere tveganja, od najbolj osnovnih do izredno zahtevnih glede na izračun. Vseeno pa v zavarovalniški praksi poteka diskusija o primernosti mer tveganja, saj nekatere nimajo lastnosti, ki si jih pri merjenju tveganj želimo. V nadaljevanju predstavljamo pomembnejše lastnosti, ki naj bi jih mere tveganja imele.

1.1 Želene lastnosti mer tveganja

V literaturi se pojavljajo številne lastnosti, ki naj bi jih imele primerne mere tveganja (Denuit et al., 2005; Szegö, 2002):

- **Nenegativni dodatek za tveganje** (angl. *non-negative loading*). Za vsako naključno spremenljivko X velja $\rho[X] \geq E[X]$, kjer je $E[\cdot]$ operator pričakovane vrednosti. Minimalni kapital mora presegati pričakovano izgubo, sicer je na dolgi rok stečaj podjetja neizogiben.

- **Neprekomerni dodatek za tveganje** (angl. *non-excessive loading*). Za vsako naključno spremenljivko X velja $\rho[X] \leq \max[X]$, saj je nekoristno imeti več kapitala, kot pa je največja možna izguba.

- **Tranzitivna invariantnost** (angl. *transitional invariance*). Za vsako naključno spremenljivko X velja

$$\rho[X + c] = \rho[X] + c,$$

kjer je $c \in \mathbb{R}$. Vsako povečanje obveznosti za konstanto c se odraža v enakem povečanju kapitala. Ali drugače, če tvegani poziciji X dodamo denarna sredstva v višini $-c$, se bo za takšno vrednost zmanjšala kapitalska zahteva. Iz tranzitivne invariantnosti sledi, da če kapitalu $-X$ dodamo tveganje v višini $\rho[X]$, dobimo nevtralno pozicijo $\rho[-X + \rho[X]] = 0$.

- **Brez neupravičenega dodatka za tveganje** (angl. *no unjustified loading*). Za vsako nenaključno konstantno tveganje c velja $\rho[c] = c$. Pri upravljanju konstantnega tveganja mora imeti upravitelj na razpolago natanko takšno višino kapitala, kot ga prinaša tveganje. Če je $c = 0$, je tudi $\rho[0] = 0$.

- **Subaditivnost** (angl. *subadditivity*). Za vsaki naključni spremenljivki X in Y velja

$$\rho[X + Y] \leq \rho[X] + \rho[Y].$$

Subaditivnost odraža idejo, da tveganje lahko zmanjšamo z diverzifikacijo. Če mera ne bi bila subaditivna in bi veljalo $\rho[X] + \rho[Y] \leq \rho[X + Y]$, bi lahko tveganje zmanjšali z delitvijo tvegane pozicije $X + Y$ na dve manjši poziciji X in Y .

- **Komonotona aditivnost** (angl. *comonotonic additivity*). Naključni spremenljivki X in Y sta komonotoni, kadar obstaja naključna spremenljivka Z in nepadajoči funkciji f_1 in f_2 , da je $X = f_1[Z]$ in $Y = f_2[Z]$. Za X in Y tedaj velja komonotona aditivnost

$$\rho[X + Y] = \rho[X] + \rho[Y].$$

Kadar združimo komonotoni tveganji, se skupno tveganje nikoli ne zmanjša. Lahko si predstavljamo, da obe spremenljivki izhajata iz istega tveganja, saj tveganji ne delujeta kot zavarovanji druga proti drugi.

- **Pozitivna homogenost** (angl. *positive homogeneity*). Za vsako naključno spremenljivko X in pozitivno konstanto c velja

$$\rho[cX] = c\rho[X].$$

Če tveganje povečamo za c -krat, potem se tolikokrat poveča tudi zahtevani kapital.

- **Monotonost** (angl. *monotonicity*). Za vsaki naključni spremenljivki X in Y , kjer je $X \leq Y$, velja, da je

$$\rho[X] \leq \rho[Y].$$

Zahtevani kapital za pozicijo X je vedno nižji od zahtevanega kapitala za tveganje Y , če Y presega X .

1.1.1 Koherentne mere tveganja

Mera tveganja bi morala zadostiti vsaj nekaterim od naštetih lastnosti, da bi lahko zanesljivo opisala ekonomsko okolje. Če teh lastnosti nima, ni primerna za merjenje tveganj in lahko vodi do nedoslednosti. Artzner, Delbaen, Eber & Heath (1999) so vpeljali koherentno mero tveganja, ki vsebuje naslednje lastnosti:

- subaditivnost,
- monotonost,
- pozitivno homogenost in
- tranzitivno invariantnost.

Lastnosti koherentnih mer tveganja v literaturi niso enotno določene, zato lahko dobimo drugačne koherentne mere tveganja, če izberemo druge lastnosti.

1.2 Primeri mer tveganja

V času pred Markowitzem so finančno tveganje obravnavali kot korekcijski faktor pričakovane donosnosti, zato je bila tveganju prilagojena donosnost definirana za vsak primer posebej. Takšna preprosta mera je omogočala neposredno rangiranje naložb. Dandanes poznamo veliko različnih mer, ki imajo svoje prednosti in slabosti. V nadaljevanju so predstavljene mere, ki se najpogosteje pojavljajo v literaturi in praksi.

1.2.1 Največje tveganje

Najbolj preprosta koherentna mera tveganj je kar $\rho[X] = \max[X]$, ki pa bi zahtevala previsok nivo kapitala za praktično uporabo v zavarovalništvu.

1.2.2 Varianca in standardni odklon

Pri izmeri tveganja je pomembna porazdelitev gibanja vrednosti premoženja. Če je razpršenost gibanja vrednosti premoženja visoka, ponavadi govorimo o večjem tveganju, kot pa če je nizka. Namesto vrednosti premoženja rajši uporabimo **donosnost** r (angl. *rate of return*) oziroma razpršenost donosnosti, ki jo lahko merimo z drugim centralnim momentom porazdelitve donosnosti, ki ga imenujemo **varianca** (angl. *variance*),

$$\text{Var} = \frac{\sum_{i=1}^n (r_i - E[r_i])^2}{n}, \quad (1)$$

pri čemer indeks i označuje vrednostni papir i v premoženju z n različnimi vrednostnimi papirji. Kvadratni koren variance imenujemo **standardni odklon** (angl. *standard deviation*)

$$\sigma = \sqrt{\text{Var}}.$$

Enačbo (1) lahko zapišemo v obliki (Priloga 1)

$$\sigma^2 = \sum_{i,j=1}^n w_i w_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j, \quad (2)$$

kjer sta w_i in w_j deleža vrednostnih papirjev i in j v premoženju, σ_i in σ_j njuna standardna odklona donosnosti ter ρ_{ij} korelacija med obema vrednostnima papirjema.

Varianca in standardni odklon sta v statistiki pogosto uporabljeni meri negotovosti, a se je z vpeljavo koherentnosti izkazalo, da kot meri tveganja nista primerni, saj nista koherentni. Dejansko nimata prav nobene od zahtevanih lastnosti, z izjemo standardnega odklona, ki ima lastnost pozitivne homogenosti. Tudi zveza med tveganjem in negotovostjo je šibka, saj je v večini primerov tveganje povezano z majhnimi in negativnimi donosnostmi, večina mer razpršenosti pa simetrično upošteva negativne in pozitivne donosnosti (Poon & Granger, 2002). Če že, bi bili meri primerni zgolj za eliptične porazdelitve, kamor spadata tudi normalna in Student t porazdelitev (Torkar, 2005), med tem ko se v zavarovalništvu pogosto pojavljajo asimetrične porazdelitve, za katere meri nista uporabni.

1.2.3 Koeficient beta – β

Koeficient β , ki je eden od ključnih elementov modela CAPM, je mera občutljivosti donosnosti, ki pove, koliko je gibanje donosnosti posamezne naložbe povezano z gibanjem tržne donosnosti (oziroma donosnosti povprečno tvegane naložbe). Zaradi preprostega izračuna je priljubljena mera tveganja naložb, s katero lahko hitro izračunamo pričakovano donosnost naložbe. Vendar pa koeficient β , tako kot varianca in standardni odklon, ni koherenten, saj ni niti monotona niti tranzitivno invariantna funkcija tveganja (Zhang & Rachev, 2006). Več o koeficientu β in modelu CAPM se nahaja v poglavju 2.3.

1.2.4 Tvegana vrednost – **VaR**

V začetku 90-tih let 20. stoletja so banke čedalje več trgovale s kompleksnimi produkti, izvedenimi finančnimi instrumenti (angl. *derivatives*), ki so bili občutljivi na številne spremembe cen na finančnem trgu. Kompleksni finančni produkti so postajali čedalje pomembnejši, menedžerji pa so za vodenje in odločanje potrebovali orodje, s katerim bi na enostaven in hiter način izračunali izpostavljenost premoženja tveganjem. Za številna tveganja sprememb cen so zato uporabili t. i. »Grke« (angl. *Greeks*), ki so za izračun matematično precej zahtevni (na primer Δ , Θ , ρ ...). Zato je poročilo skupine Group of Thirty (1993) pomenilo prelomni dokument za upravljanje tveganj, saj je na novo vpeljana mera tveganja, **tvegana vrednost** (angl. *Value at Risk*, v nadaljevanju *VaR*), predstavljala le eno številko, ki je preprosta za razumevanje. Le štiri leta kasneje so morala podjetja v Združenih državah Amerike prvič razkriti količinske informacije o poslovanju z izvedenimi finančnimi instrumenti in večina bank je v finančnih poročilih uporabila

izračune *VaR*. Dokončno je *VaR* postala vodilo (angl. *benchmark*) med merami tveganja v finančnem sektorju z razvojem in implementacijo bančne direktive Basel II.

VaR predstavlja mero tveganja, ki meri največjo izgubo, ki naj bi jo utrpel imetnik določenega premoženja ob danem intervalu zaupanja v določenem naložbenem obdobju. *VaR* premoženja pri stopnji zaupanja α je definirana kot najmanjše število x , kjer je verjetnost P , da izguba premoženja X preseže vrednost x , manjša od $1 - \alpha$ (Denuit et al., 2005):

$$VaR_\alpha[X] = -\min[x \in \mathbb{R} \mid P[X > x] \leq 1 - \alpha].$$

Za izračun so na voljo trije pristopi (Doff, 2007; Jorion, 2011):

- **Simulacija na osnovi preteklih podatkov.** *VaR* s stopnjo zaupanja α dobimo, ko iz časovne vrste izločimo prvih $1 - \alpha$ (v odstotkih) največjih izgub. Najvišja vrednost, ki ostane, predstavlja VaR_α . Metoda je sorazmerno lahka za izračun, vendar pa je njena uporaba negotova, če podatki ne zajemajo veliko ekstremnih dogodkov. Ti dogodki so ponavadi nepričakovani in redki, s čimer je tudi porazdelitev na repih slaba, po teoriji črnega laboda (angl. *Theory of Black Swan Events*) pa imajo bistveno bolj pomembno vlogo kot pogosti in pričakovani dogodki, saj so finančne razsežnosti takih dogodkov in z njimi tudi posledice velike (Taleb, 2007). Da bi bili rezultati simulacije kvalitetni, mora biti časovna vrsta dovolj dolga, da bi kar najbolje opisala porazdelitev tudi na repih.
- **Parametrični izračun.** Parametrična ali kovariančna metoda predpostavlja, da spremembe cen v času sledijo normalni oziroma log-normalni porazdelitvi. Normalno porazdelitev določata dve spremenljivki, povprečna vrednost in standardni odklon, ki ju lahko na preprost način izračunamo iz tržnih cen. Standardni odklon lahko preoblikujemo v mero *VaR* z multiplikatorjem $C[\alpha]$, ki je odvisen od oblike porazdelitve in stopnje zaupanja α :

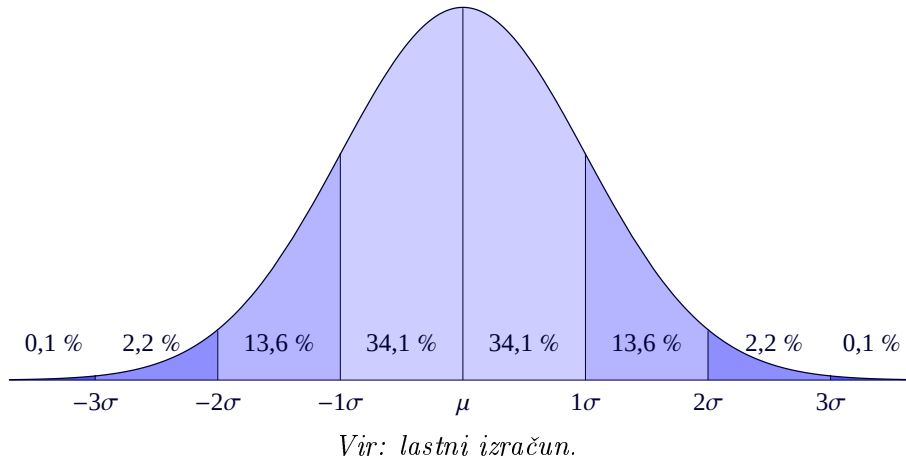
$$VaR_\alpha[X] = C[\alpha]\sigma[X].$$

V praksi se za normalno porazdelitev pogosto uporablja pravilo »tri-sigma« (Slika 1), kjer je stopnja zaupanja enaka 99,74 %: $VaR_{99,74\%}[X] = 3\sigma[X]$. Prednost pristopa je, da upošteva vse pretekle dogodke in ne samo nekaj dogodkov okoli kvantila α , po drugi strani pa ima standardni odklon lastnost simetrije, ki daje enakovredno težo velikim izgubam in dobičkom. Prav tako tudi predpostavljena porazdelitev pogosto ne ustreza dejanskim podatkom.

- **Metoda Monte Carlo.** Pri metodi Monte Carlo je treba določiti verjetnostne porazdelitve faktorjev tveganja na podlagi preteklih podatkov in nato iz njih prek cenovne funkcije naključno ustvariti donosnosti premoženja. Faktorji tveganja, kot na primer cene delnic, menjalni tečaji, obrestne mere ..., so spremenljivke cenovne funkcije, ki določa pričakovano donosnost premoženja. Metoda je računsko najbolj zahtevna.

Čeprav je *VaR* v praksi zelo pogosto uporabljena mera tveganja, Artzner et al. (1999) menijo, da je neprimerna, saj ni subaditivna in zato tudi ne koherentna. To povzroča

Slika 1: Verjetnost za dogodek v intervalih med večkratniki standardnega odklona pri normalni porazdelitvi



težave pri seštevanju tveganj, četudi so ta med seboj neodvisna. *VaR* tako ne spodbuja razpršenosti in jo včasih celo zavrača, ker ne upošteva posledic ekonomskih dogodkov, katerih verjetnosti nadzira. Na drugi strani pa Denuit et al. (2005) ugotavljajo, da *VaR* predstavlja optimalno višino kapitala, ki naj bi ga zavarovalnice imele, da bi bile sposobne izpolniti obveznosti do zavarovancev tudi v primeru realizacije tveganj. Da bi zaščitile imetnike zavarovalnih polic, so zakonodajne oblasti vpeljale zahtevani solventnostni kapital (več o solventnostnem kapitalu in direktivi Solventnost II je zapisano v poglavju 3), od zavarovalnic pa bodo v prihodnje zahtevale, da imajo na voljo dovolj razpoložljivega kapitala. Slednji mora biti vsaj v takšni višini $\rho[X]$, da se dogodek $X > \rho[X]$ ne uresniči oziroma da je verjetnost za nastanek takšnega dogodka dovolj nizka. Pri določanju kapitalskih zahtev je zato treba določiti dve meri, mero tveganja $\rho[X]$, ki določa solventnostni kapital, in pričakovani primanjkljaj $ES_\alpha[X]$ (glej poglavje 1.2.8). Pri tem regulatorji želijo, da bi bil pričakovani primanjkljaj čim manjši, kar pa pomeni, da mora biti kapital čim višji pri konstantnem X . Ker kapital pomeni strošek za zavarovalnico, regulatorji ne morejo zahtevati pretirano visokega kapitala, zato je treba strošek kapitala upoštevati pri izračunu. Optimalno mero tveganja ρ tako predstavlja minimum izraza (Denuit et al., 2005, str. 69)

$$\min_{\rho[X]} [ES_\alpha[X] + \varepsilon \rho[X]], \quad 0 < \varepsilon < 1, \quad (3)$$

ki uravnava dve nasprotujoči si zahtevi majhnega ostanka tveganja in nizkega stroška kapitala. Spremenljivka ε meri stopnjo upoštevanja stroška kapitala. Če stroška kapitala ni in je $\varepsilon = 0$, potem je $\rho[X] = \max[X]$. Povišanje vrednosti ε pomeni, da se poveča tudi pomen stroška kapitala, s tem pa se zmanjša optimalna rešitev problema. Dhaene, Goovaerts & Kass (2003) so pokazali, da je rešitev problema (3) ravno *VaR*,

$$\rho[X] = VaR_{1-\varepsilon}[X],$$

ki predstavlja optimalno višino kapitala.

Uporaba *VaR* pri izračunu solventnostnega kapitala je smiselna predvsem v situacijah,

kjer je treba na primer preprečiti tveganje neplačila nasprotne stranke, višina primanjkljaja pa je manj pomembna. Tako je z vidika delničarjev in vodstva zavarovalnice VaR primerna mera tveganja, saj si vsi želijo izogniti se nesolventnosti, med tem ko je višina primanjkljaja drugotnega pomena. Z vidika zavarovancev pa je pomembna tudi višina primanjkljaja. Višji je primanjkljaj, nižje izplačilo lahko pričakujejo zavarovanci ob unovčenju zavarovalne police. Zato bi moral regulator pri določanju solventnostnega kapitala upoštevati tudi stopnjo primanjkljaja v primeru nesolventnosti, kjer pa VaR odpove, saj ne vsebuje informacije o debelini repa funkcije verjetnostne porazdelitve. Zato bi bilo bolje uporabiti katero od izpeljank VaR , pri katerih pa pri poimenovanju pogosto prihaja do nedoslednosti v literaturi. Za mere, predstavljene v nadaljevanju, smo poimenovanja povzeli iz Denuit et al. (2005, str. 72–75).

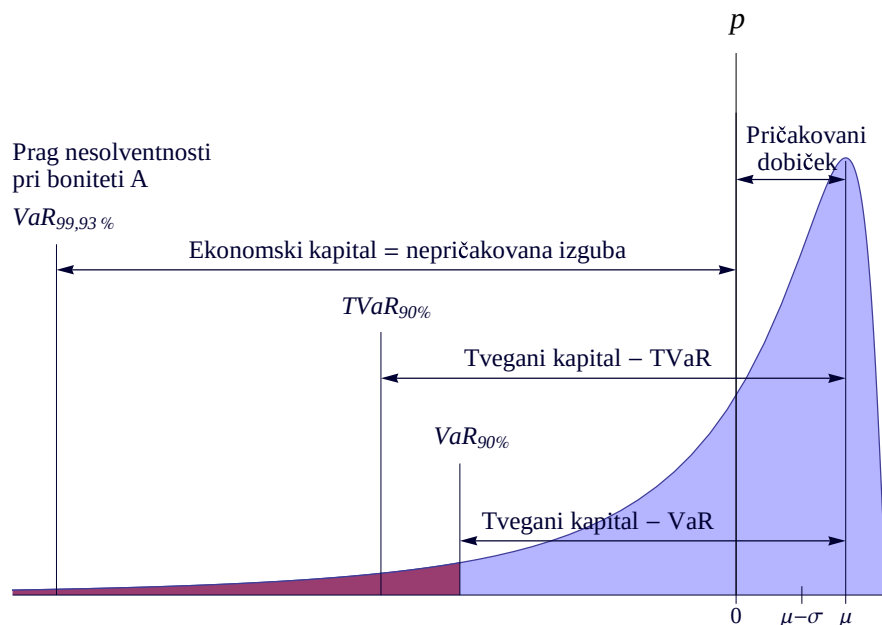
1.2.5 Končna tvegana vrednost – $TVaR$

Končna tvegana vrednost (angl. *Tail Value at Risk*, v nadaljevanju $TVaR$) je tehtano aritmetično povprečje vseh tveganih vrednosti v repu verjetnostne porazdelitve od stopnje zaupanja naprej:

$$TVaR_{\alpha}[X] = \frac{1}{1 - \alpha} \int_{\alpha}^1 VaR_{\xi}[X] d\xi.$$

Ima vedno višjo vrednost v primerjavi z VaR_{α} (Slika 2) in tudi vse lastnosti, ki smo jih zapisali v poglavju 1.1, zato je mera koherentna (Artzner et al., 1999; Denuit et al., 2005).

Slika 2: Primerjava tvegane kapitala po metodah VaR in $TVaR$



Vir: A. Kmet, *Modeliranje kreditnih tveganj*, 2005, str. 55.

1.2.6 Pogojna končna pričakovana vrednost – *CTE*

Pogojna končna pričakovana vrednost (angl. *Conditional Tail Expectation*, v nadaljevanju *CTE*) je povprečna izguba med najslabšimi $100(1 - \alpha)$ odstotkov primerov, oziroma pričakovana izguba ob pogoju, da izguba preseže VaR_α :

$$CTE_\alpha[X] = E[X \mid X > VaR_\alpha[X]]. \quad (4)$$

Kadar je verjetnostna porazdelitev diskretna, *CTE* ni subaditivna in zato tudi ne koherentna (Eksi, Yildirim & Yildirak, 2005), v primeru zvezne verjetnostne porazdelitve pa sta *CTE* in *TVaR* enaki (Denuit et al., 2005, str. 74).

1.2.7 Pogojna tvegana vrednost – *CVaR*

Pogojna tvegana vrednost (angl. *Conditional VaR*, v nadaljevanju *CVaR*) je pričakovana vrednost, ki preseže tvegano vrednost VaR :

$$\begin{aligned} CVaR_\alpha[X] &= E[X - VaR_\alpha[X] \mid X > VaR_\alpha[X]] \\ &= CTE_\alpha[X] - VaR_\alpha[X]. \end{aligned}$$

1.2.8 Pričakovani primanjkljaj

Sorodni koncept tvegani vrednosti je **pričakovani primanjkljaj** (angl. *Expected Shortfall*, v nadaljevanju *ES*), ki se v zavarovalništvu uporablja pri pozavarovanju pred presežkom škod (angl. *stop-loss reinsurance*):

$$ES_\alpha[X] = E[(X - VaR_\alpha[X])_+],$$

kjer znak $\gg$ pomeni

$$\xi_+ = \max[\xi, 0]. \quad (5)$$

Pričakovani primanjkljaj povezuje VaR in $TVaR$:

$$TVaR_\alpha[X] = VaR_\alpha[X] + \frac{1}{1 - \alpha} ES_\alpha[X].$$

1.3 Ekonomski kapital

Finančni rezultat podjetja v posameznem letu lahko prikažemo z verjetnostno porazdelitvijo in s pričakovanim dobičkom μ (Slika 2), saj je pričakovani finančni rezultat v letu pozitiven, poslovanje pa na dolgi rok dobičkonosno (Kmet, 2005). Vendar pa ima lahko zavarovalnica v posameznem letu odhodke višje od pričakovanih, tako da razlika odseva nepričakovano izgubo, ki pa je z majhno verjetnostjo lahko zelo visoka (skrajni levi del verjetnostne porazdelitve na Sliki 2).

Nepričakovane izgube vplivajo na finančno in kapitalsko pozicijo zavarovalnice v naslednjem vrstnem redu:

- zmanjša se načrtovani dobiček (v celoti ali delno),
- zmanjša se lastni kapital in
- zmanjšajo oziroma porabijo se sredstva, namenjena za izpolnjevanje obveznosti do imetnikov zavarovalnih polic.

Da bi zagotovile finančno varnost imetnikom polic in se izognile posledicam nepričakovanih visokih izgub, morajo imeti zavarovalnice v ta namen na voljo dovolj kapitala. Vendar bi bilo za zavarovalnico ekonomsko neupravičeno, če bi želela pokriti čisto vse nepričakovane izgube s kapitalom, zato zavarovalnica rajši sprejme tveganje nastanka ekstremnih dogodkov z majhno verjetnostjo, ki bi jo sicer lahko pripeljali do stečaja. Verjetnost za njen stečaj je manjša, tem več kapitala ima.

Direktiva Solventnost II, ki jo predstavljamo v poglavju 3, zahteva ustrezno višino kapitala, da zavarovalnica ne propade z verjetnostjo večjo od 0,5 %, kar statistično pomeni, da propade največ v 1 od 200 primerih na letni ravni. Ali drugače, izguba bi presegla zahtevani kapital le enkrat v 200 letih, kar pomeni, da je interval zaupanja enak 99,5 % oziroma da je v 99,5 % primerov dovolj kapitala za pokrivanje izgub. Minimalni kapital, ki še zadostuje za pokrivanje nepričakovanih izgub znotraj izbranega intervala zaupanja, ki jih lahko povzročijo različna tveganja, katerim je zavarovalnica izpostavljena v določenem časovnem obdobju, imenujemo **ekonomski kapital** (angl. *Economic Capital*, v nadaljevanju *EC*) (Doff, 2007). Ta skupaj s pričakovano izgubo $E[L]$, kjer je L skupna izguba zavarovalnice, sestavlja mero tveganja izgube $\rho[L]$ (Denuit et al., 2005):

$$\rho[L] = EC[L] + E[L].$$

Kot smo že omenili, je najpogosteje uporabljena mera tveganja VaR , z njo pa tudi izračun višine tveganega kapitala. Ekonomski kapital je tako odvisen od stopnje zaupanja α ,

$$EC_\alpha[L] = VaR_\alpha[L] - E[L],$$

oziroma če uporabimo mero tveganja $TVaR$,

$$EC_\alpha[L] = TVaR_\alpha[L] - E[L].$$

Da bi bili zavarovanci primerneje zaščiteni, bi morala imeti zavarovalnica kapital v višini $TVaR_\alpha[L]$, saj bi zavarovanci tako bili popolnoma zaščiteni tudi v primeru slabih let, ko bi vrednost L padla v interval $(VaR_\alpha[L], TVaR_\alpha[L])$.

V literaturi se pogosto pojavlja definicija, da je ekonomski kapital razlika med pričakovanim finančnim rezultatom in finančnim rezultatom najslabšega možnega scenarija. Ker je ponavadi pričakovani finančni rezultat pozitiven (zavarovalnice načrtujejo dobiček), bi s takšnim načinom izračuna ekonomskega kapitala ta pokrival tudi pričakovani dobiček.

Kakšen bi bil ta dobiček, je seveda negotovo, vendar zaradi te negotovosti zavarovalnica ne potrebuje dodatnega ekonomskega kapitala. Zato je bolj smiselno obravnavati ekonomski kapital kot razliko med vrednostjo 0 in finančnim rezultatom najslabšega možnega scenarija pri stopnji zaupanja α .

2 SODOBNA PREMOŽENJSKA TEORIJA

Sodobna premoženjska teorija, ki jo je predstavil Markowitz (1952), opisuje optimalno vlaganje v vrednostne papirje v razmerah tveganja in negotovosti. Ključni dejavnik pri oblikovanju naložbe v vrednostne papirje je poleg pričakovane donosnosti tudi tveganje, saj pri dveh naložbah z enako pričakovano donosnostjo investitor raje izbere tisto z manjšim tveganjem donosa, kadar pa izbira med različnima premoženjema (angl. *portfolio*) z enakim tveganjem donosnosti, mu je ljubše premoženje z višjo pričakovano donosnostjo. Glavna novost sodobne premoženjske teorije je merjenje tveganja premoženja prek skupne multivariantne porazdelitve donosov vseh naložb v sestavljenemu premoženju, pri čemer je Markowitz predlagal merjenje tveganja posamezne naložbe z varianco njene donosnosti. Pri tem je stopnjo tveganja sestavljenega premoženja izračunal s kovariančnimi koeficienti med vsemi pari naložb v premoženju.

2.1 Osnovne značilnosti sodobne premoženjske teorije

2.1.1 Donosnost

Pričakovana donosnost (angl. *expected rate of return*) premoženja, $E[r]$, je tehtano povprečje pričakovanih donosnosti posameznih vrednostnih papirjev i . Če predpostavimo, da je pričakovana donosnost enaka povprečju preteklih donosnosti, lahko $E[r]$ zapišemo kot (Markowitz, 1952, str. 81, in Priloga 1)

$$E[r] = \sum_{i=1}^n w_i E[r_i] = \mathbf{w}^T \bar{\mathbf{r}}_n = \bar{r}, \quad (6)$$

pri čemer velja

$$\sum_{i=1}^n w_i = \mathbf{w}^T \mathbf{1} = 1. \quad (7)$$

Komponente vektorja $\mathbf{w}$ so uteži w_i posameznih vrednostnih papirjev v premoženju, $\bar{\mathbf{r}}_n$ je vektor pričakovanih donosnosti n vrednostnih papirjev, $\mathbf{1}$ je vektor $[1, 1, \dots, 1]^T$ dimenzije n , s T pa smo označili, da je vektor (matrika) transponiran(-a).

Utež w_i ima lahko negativen predznak, kadar si investitor sposodi vrednostni papir in ga proda naprej v upanju, da bo cena vrednostnega papirja kasneje padla in ga bo tedaj lahko kupil po ugodnejši ceni, kot ga je prodal. Vrednostni papir nato vrne. Takšno stanje investiranja se imenuje kratka pozicija (angl. *short position*), na drugi strani pa stanje,

ko investitor kupi vrednostni papir v upanju, da mu bo cena zrasla, imenujemo dolga pozicija (angl. *long position*).

Aparicio & Estrada (2001) sta analizirala porazdelitve donosnosti na trinajstih evropskih kapitalskih trgih in ugotovila, da je normalna porazdelitev za mesečne donosnosti dober približek, medtem ko se pojavijo visoka odstopanja od normalne porazdelitve le pri dnevnih opazovanjih. Ker normalna porazdelitev omogoča donosnost posameznega vrednostnega papirja manjšo od -100% in s tem negativno ceno, ne more pravilno predstavljati porazdelitve donosnosti. To pomanjkljivost odpravimo s predpostavko, da je obrestno obrestna letna donosnost (angl. *Continuously Compounded Annual Rate of Return*), r_i , normalno porazdeljena. Tedaj dejanska letna obrestna mera (angl. *Effective Annual Rate*),

$$r_{ei} = e^{r_i} - 1, \quad (8)$$

ne more zavzeti vrednosti manjših od -1 . Predpostavka elegantno odpravi verjetnosti negativnih cen, hkrati pa ohrani vse prednosti normalne porazdelitve. Za porazdelitev r_{ei} pravimo, da je lognormalna (Bodie, Kane & Marcus, 2002, str. 175–176).

2.1.2 Tveganje

Primerna kvantitativna mera tveganja mora opisati verjetnostno porazdelitev donosnosti okoli pričakovane donosnosti. Razpršitev donosnosti in s tem tveganje lahko merimo z različnimi statističnimi parametri, kot so na primer: razlika med najvišjo in najnižjo donosnostjo, povprečni absolutni odklon, verjetnost negativne donosnosti, semivarianca in standardni odklon oziroma varianca (poglavje 1.2.2). Slednja statistična cenilka je najpogostejše uporabljena mera tveganja naložbe ali premoženja.

Varianco sestavljenega premoženja iz n vrednostnih papirjev (2) lahko zapišemo v obliki (Priloga 1)

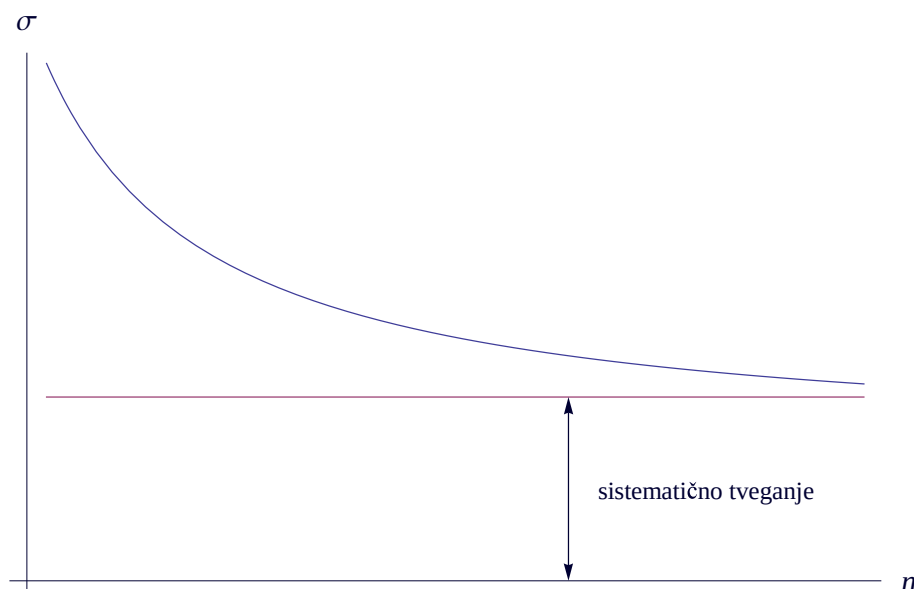
$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{\substack{j,k=1 \\ j \neq k}}^n w_j w_k \rho_{jk} \sigma_j \sigma_k = \mathbf{w}^T \mathbf{\Sigma} \mathbf{w}. \quad (9)$$

Za kovariančno matriko $\mathbf{\Sigma}$ dimenzij $n \times n$ predpostavimo, da je simetrična in pozitivno definitna, tako da je tudi desna stran izraza (9) pozitivna za vse neničelne vektorje $\mathbf{w}$, katerega komponente so deleži vrednostnih papirjev v sestavljenem premoženju.

Skupno tveganje premoženja je v enačbi (9) razdeljeno na dve komponenti. Prva je **nesistematično tveganje** (angl. *nonsystematic risk*), ki je posledica specifičnih tveganj vsakega podjetja v premoženju in je na primer posledica (ne)uspešnosti ali narave poslovanja posameznega podjetja. Z razpršitvijo premoženja oziroma povečanjem števila različnih naložb n v premoženju se varianca donosnosti premoženja v prvem delu enačbe (9)

približuje vrednosti nič. Druga komponenta variance je **sistematično tveganje** (angl. *systematic risk*), ki predstavlja splošno tveganje na trgu in je posledica sprememb v svetovnem ali nacionalnem gospodarstvu (na primer višina obrestnih mer, inflacija ...). Kadar podjetja nimajo skupnega (sistematičnega) tveganja oziroma so donosnosti posameznih vrednostnih papirjev med seboj nepovezane, lahko z velikim številom različnih delnic sestavimo praktično netvegano premoženje, saj se tedaj tudi drugi del enačbe (9) približuje vrednosti nič. Če pa obstaja skupni vir tveganja, ki vpliva na vsa podjetja, tudi veliko število različnih delnic tveganja ne odstrani povsem. Tveganja, specifična za posamezna podjetja, se izničijo, ostane pa sistematično tveganje. Zato je za donosnost delnic največkrat značilna pozitivna korelacija, zaradi česar se tveganje naložbe ne izniči popolnoma niti s povečanjem števila naložb n v premoženju. Vpliv povečevanja števila naložb v premoženju prikazuje Slika 3.

Slika 3: Tveganje (standardni odklon) premoženja v odvisnosti od števila različnih delnic v premoženju



Vir: Z. Bodie et al., *Investments*, 2002, str. 209.

2.1.3 Funkcija pričakovane koristnosti

Izbira premoženja je odvisna od subjektivne naklonjenosti tveganju. Investitor je lahko **nenaklonjen tveganju** (angl. *risk-averse*), **naklonjen tveganju** (angl. *risk seekers*, *risk lovers*) ali **nevtralen** (angl. *risk-neutral*). Finančni analitiki predpostavljajo (Bodie et al., 2002), da je povprečen investitor tveganju nenaklonjen, ker v splošnem ni pripravljen vlagati v naložbo, katere premija za tveganje je enaka nič. Zato mora biti premija ob pogojih tveganja vedno pozitivna, da je pripravljen denar vložiti v tvegane naložbe namesto v netvegane vrednostne papirje.

Tobin (1958) je pokazal, da lahko takšno obnašanje investorjev opiše von Neumann-

Morgensternova funkcija pričakovane koristnosti (angl. *utility function*), ki ima za nezvezne porazdelitve donosnosti obliko (von Neumann & Morgenstern, 1953)

$$E[U[r]] = \sum_{i=1}^n p_i U[r_i], \quad (10)$$

kjer je p_i verjetnost za donosnost r_i in $U[r_i]$ funkcija koristnosti za donosnost r_i . V primeru zvezno porazdeljene donosnosti r dobi enačba (10) obliko (Tobin, 1958, str. 78)

$$E[U[r]] = \int_{-\infty}^{\infty} p[r] U[r] dr. \quad (11)$$

Racionalni investitor bo vedno želel maksimizirati funkcijo pričakovane koristnosti (10) oziroma (11).

K tveganju poleg variance oziroma drugega centralnega momenta prispevajo tudi višji momenti, tako da lahko funkcijo koristnosti, ki opredeljuje investitorjevo korist premoženja, zapišemo kot (Bodie et al., 2002, str. 174):

$$U[r] = E[r] - b_0 \sigma^2 + b_1 M_3 - b_2 M_4 + b_3 M_5 - \dots,$$

kjer sodi momenti ($M_2 = \sigma^2$, $M_4 = 3\sigma^4$...) zmanjšujejo njeno vrednost, saj predstavljajo negotovost glede donosnosti, zato je zaželeno, da so čim manjši. Neparni centralni momenti (M_3 , M_5 ...) predstavljajo mero asimetrije. Asimetrične porazdelitve v desno so pri investitorjih, ki so nenaklonjeni tveganju, zaželene, saj so negativna odstopanja manjša, pozitivni odkloni pa lahko zavzemajo visoke vrednosti, vendar z nižjimi verjetnostmi. Za normalno in vsako sodo porazdelitev so neparni centralni momenti enaki nič (Jorion, 2011, str. 31).

Ker je prispevek vseh višjih momentov mnogo manjši od pričakovane vrednosti in prispevka variance, jih pri izbiri premoženja pogosto zanemarimo in uporabimo von Neumann-Morgensternovo kvadratno funkcijo koristnosti

$$U[r] = E[r] - b_0 \sigma^2, \quad (12)$$

ki jo je pri izbiri premoženja uporabil tudi Markowitz (1952). Kadar je $b_0 > 0$, velja enačba (12) za investitorja, ki je nenaklonjen tveganju, v primeru $b_0 = 0$ je ta nevtralen, če pa je $b_0 < 0$, je investitor tveganju naklonjen.

2.2 Markowitzev model izbire učinkovitega premoženja

Markowitzev model izbire učinkovitega premoženja imenujemo tudi model sredine in variance (angl. *mean-variance model*). Sestavljata ga dva koraka; prvi korak zajema določitev pričakovanih donosnosti razpoložljivih vrednostnih papirjev, v drugem koraku pa model

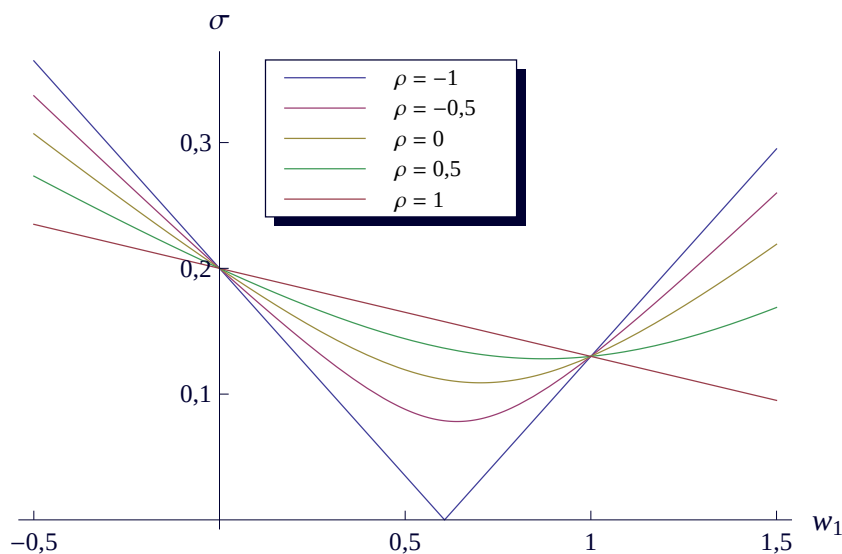
določi strukturo premoženja (Markowitz, 1952). Izračun pričakovanih donosnosti v prvem koraku smo določili z enačbama (6) in (8), zaradi lažje obravnave pa v nadaljevanju upoštevajmo donosnost, kot je zapisana v (6).

Drugi korak predstavljamo v nadaljevanju.

2.2.1 Premoženje dveh tveganih vrednostnih papirjev

Premoženje, sestavljeno s kombinacijo dveh ($n = 2$) različnih vrednostnih papirjev, pri čemer se donosnosti in njuna standardna odklona razlikujeta, vsebuje nižje tveganje, kot če premoženje sestavlja le en vrednostni papir. S spreminjanjem deležev obeh vrednostnih papirjev v premoženju se spreminjata pričakovana donosnost $E[r]$ in standardni odklon σ oziroma tveganje premoženja. Sestavimo lahko poljubno mnogo različnih premoženj. Eno izmed njih ima v primerjavi z drugimi najnižji standardni odklon, ki je odvisen od korelacije med obema vrednostnima papirjema. Če sta papirja nasprotno korelirana ($\rho_{12} = -1$), lahko z ustreznim deležem obeh vrednostnih papirjev sestavimo netvegano premoženje ($\sigma = 0$). Primer prikazuje Slika 4.

Slika 4: Standardni odklon premoženja, sestavljenega iz dveh vrednostnih papirjev, v odvisnosti od razmerja naložb v posamezni vrednostni papir pri različnih korelacijah



Vir: Z. Bodie et al., *Investments*, 2002, str. 215.

Izračunajmo, kakšna sta deleža dveh vrednostnih papirjev v premoženju z najnižjim tveganjem oziroma najnižjo varianco. Varianca premoženja, sestavljenega iz dveh vrednostnih papirjev, je po enačbi (9) enaka

$$\sigma^2 = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2w_1 w_2 \text{Cov}[r_1, r_2], \quad (13)$$

kjer velja

$$w_1 + w_2 = 1. \quad (14)$$

Kovarianca $\text{Cov}[r_1, r_2]$ je odvisna od standardnih odklonov donosnosti in korelacijskega koeficienta ρ_{12} med donosnostjo obeh vrednostnih papirjev,

$$\text{Cov}[r_1, r_2] = \rho_{12}\sigma_1\sigma_2. \quad (15)$$

Da bi dobili premoženje z najmanjšim tveganjem, moramo poiskati globalni minimum enačbe (13) ob pogoju (14). Dobimo dve enačbi z dvema neznankama w_1 in w_2 ter z rešitvama $\tilde{w}_1$ in $\tilde{w}_2$ (Bodie et al., 2002, str. 214, opomba 4):

$$\tilde{w}_1 = \frac{\sigma_2^2 - \text{Cov}[r_1, r_2]}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\text{Cov}[r_1, r_2]} \quad \text{in} \quad \tilde{w}_2 = 1 - \tilde{w}_1, \quad (16)$$

ki predstavljata **premoženje z minimalno varianco** (angl. *minimum-variance portfolio*).

Pričakovana donosnost, $E[\tilde{r}]$, kjer je $\tilde{r}$ donosnost premoženja z minimalno varianco, ima vrednost znotraj intervala $[r_1, r_2]$, kjer predpostavimo, da je $r_1 < r_2$. Če premoženju z minimalno varianco kakorkoli spremenimo strukturo vrednostnih papirjev, se mu varianca poveča. V kolikor povečamo delež vrednostnega papirja $i = 1$, se bo pričakovana donosnost premoženja zmanjšala, nasprotno pa se bo donosnost premoženja povečala, če mu dodamo vrednostni papir $i = 2$. Tako lahko oblikujemo dve premoženji z enakim tveganjem, a različnima pričakovanimi donosnostima.

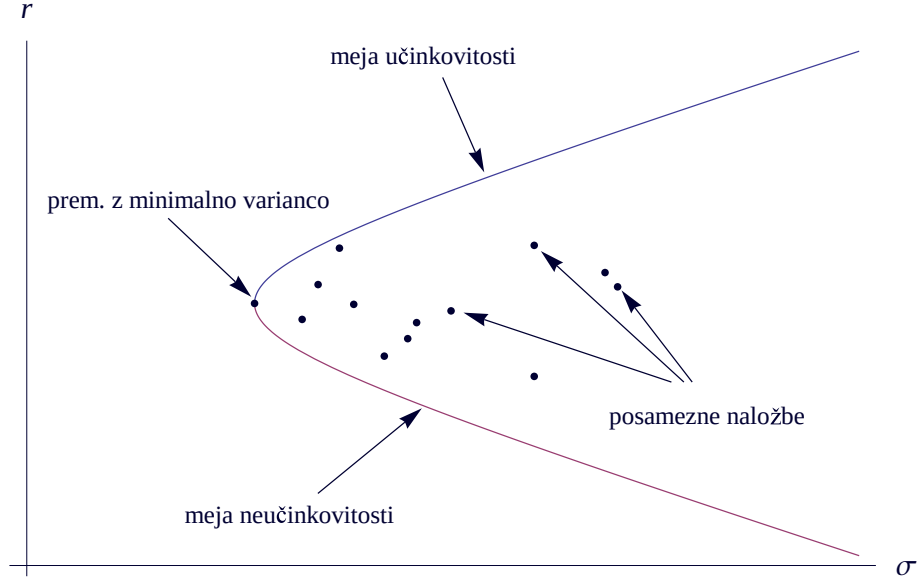
2.2.2 Premoženje n tveganih vrednostnih papirjev

Če premoženju z dvema tveganima vrednostnima papirjema dodamo še tretji ali več vrednostnih papirjev, lahko oblikujemo množico premoženj z enako pričakovano donosnostjo, a različnimi variancami. Premoženja, ki imajo pri določeni donosnosti najmanjšo varianco, sestavljajo **mejo minimalne variance** (angl. *minimum-variance frontier*) tveganih naložb. Zgornji del meje minimalne variance sestavljajo premoženja, ki imajo pri določeni stopnji tveganja najvišjo pričakovano donosnost. Imenujemo jih **učinkovita premoženja** (angl. *efficient portfolios*), skupaj pa predstavljajo **mejo učinkovitosti** (angl. *efficient frontier*). Premoženja z najnižjo pričakovano donosnostjo pri izbranem tveganju sestavljajo **mejo neučinkovitosti** (angl. *inefficient frontier*). Obe meji se stikata v točki, ki predstavlja premoženje z minimalno varianco (Slika 5).

Racionalni investitor vedno izbere učinkovito premoženje. Katero bo izbral, je odvisno od njegove funkcije pričakovane koristnosti. Za tveganju nenaklonjenega investitorja bo ta funkcija konveksna, kadar jo prikazujemo na grafu donosnosti v odvisnosti od standardnega odklona. Učinkovito premoženje, kjer se funkcija pričakovane koristnosti dotika (in ne seka) meje učinkovitosti premoženja z n vrednostnimi papirji, predstavlja za investitorja optimalno premoženje (Bodie et al., 2002).

Strukturo učinkovitega premoženja lahko poiščemo na dva načina. Ker ima učinkovito

Slika 5: Meja minimalne variance tveganih naložb



Vir: Z. Bodie et al., *Investments*, 2002, str. 226.

premoženje vedno največjo donosnost pri izbranem tveganju, lahko maksimiziramo pričakovano donosnost pri pogoju konstantne variance, ali pa minimiziramo varianco pri pogoju konstantne donosnosti, saj ima učinkovito premoženje najmanjše tveganje pri izbrani donosnosti. V obeh primerih maksimiziramo von Neumann-Morgensternovo kvadratno funkcijo koristnosti (12). Postopek iskanja učinkovitega premoženja je v obeh primerih enak. Izberimo drugi način in minimizirajmo varianco (9)

$$\min[\sigma^2] = \min[\mathbf{w}^T \Sigma \mathbf{w}] \quad (17)$$

ob pogojih (6) in (7)

$$\bar{r} = \mathbf{w}^T \bar{\mathbf{r}}_n, \quad (18)$$

$$1 = \mathbf{w}^T \mathbf{1}. \quad (19)$$

Problem vezanega ekstrema (17)–(19) lahko rešimo z metodo Lagrangeevih multiplikatorjev, kjer Langrangeevo funkcijo $\mathcal{L}$ zapišemo kot (Priloga 2)

$$\mathcal{L}[\mathbf{w}] = \frac{1}{2} \mathbf{w}^T \Sigma \mathbf{w} + \lambda_1 (\bar{r} - \mathbf{w}^T \bar{\mathbf{r}}_n) + \lambda_2 (1 - \mathbf{w}^T \mathbf{1}), \quad (20)$$

pri čemer sta λ_1 in λ_2 Lagrangeeva multiplikatorja.

Rešitev Lagrangeeve funkcije (20) je vektor deležev vrednostnih papirjev v učinkovitem premoženju, $\mathbf{w}^*$, kjer za pričakovano donosnost učinkovitega premoženja upoštevamo $\bar{r}^* = \bar{r}$,

$$\mathbf{w}^* = \mathbf{g} + \bar{r}^* \mathbf{h}, \quad (21)$$

kjer sta

$$\begin{aligned} \mathbf{g} &= \frac{1}{D} (B\Sigma^{-1}\mathbf{1} - A\Sigma^{-1}\bar{\mathbf{r}}_n), \\ \mathbf{h} &= \frac{1}{D} (C\Sigma^{-1}\bar{\mathbf{r}}_n - A\Sigma^{-1}\mathbf{1}). \end{aligned} \quad (22)$$

Oznaka -1 pomeni inverzno matriko, parameter D pa je determinanta matrike $\mathcal{M}$,

$$\mathcal{M} = \begin{bmatrix} B & A \\ A & C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{\mathbf{r}}_n^T \Sigma^{-1} \bar{\mathbf{r}}_n & \bar{\mathbf{r}}_n^T \Sigma^{-1} \mathbf{1} \\ \mathbf{1}^T \Sigma^{-1} \bar{\mathbf{r}}_n & \mathbf{1}^T \Sigma^{-1} \mathbf{1} \end{bmatrix}, \quad (23)$$

ki mora biti različna od 0: $D = \det \mathcal{M} = BC - A^2 \neq 0$. Varianca učinkovitega premoženja, σ^{*2} , je pri izbrani donosnosti $\bar{r}^*$ potem (Priloga 2, enačba (73))

$$\sigma^{*2} = \text{Cov}[\bar{r}^*, \bar{r}^*] = \frac{C}{D} \left(\bar{r}^* - \frac{A}{C} \right)^2 + \frac{1}{C}. \quad (24)$$

2.2.3 Premoženje netvegane in n tveganih vrednostnih papirjev

Sharpe (1964) je vpeljal dve novi spremenljivki: **tržno premoženje** m (angl. *market portfolio*), ki je tehtano povprečje cen vseh vrednostnih papirjev na trgu, in **netvegani vrednostni papir** (angl. *risk-free asset*) s standardnim odklonom enakim nič. Tako lahko premoženje sestavimo iz tvegane in netvegane naložbe. Pričakovano donosnost sestavljenega premoženja p , $E[r_p]$, zapišemo kot vsoto donosnosti deleža w_f netvegane in deleža w tvegane premoženja

$$\begin{aligned} E[r_p] &= w_f r_f + w E[r] \\ &= r_f + w(E[r] - r_f). \end{aligned} \quad (25)$$

V izrazu (25) smo upoštevali, da je $w_f + w = 1$. Ker je standardni odklon netvegane naložbe enak nič, je po enačbi (15) tudi kovarianca med tvegano in netvegano naložbo enaka nič, zato se standardni odklon sestavljenega premoženja p poenostavi v

$$\sigma_p = w\sigma.$$

Pričakovano donosnost (25) lahko sedaj zapišemo v obliki

$$\begin{aligned} E[r_p] &= r_f + \frac{\sigma_p}{\sigma} (E[r] - r_f) \\ &= r_f + \sigma_p S. \end{aligned} \quad (26)$$

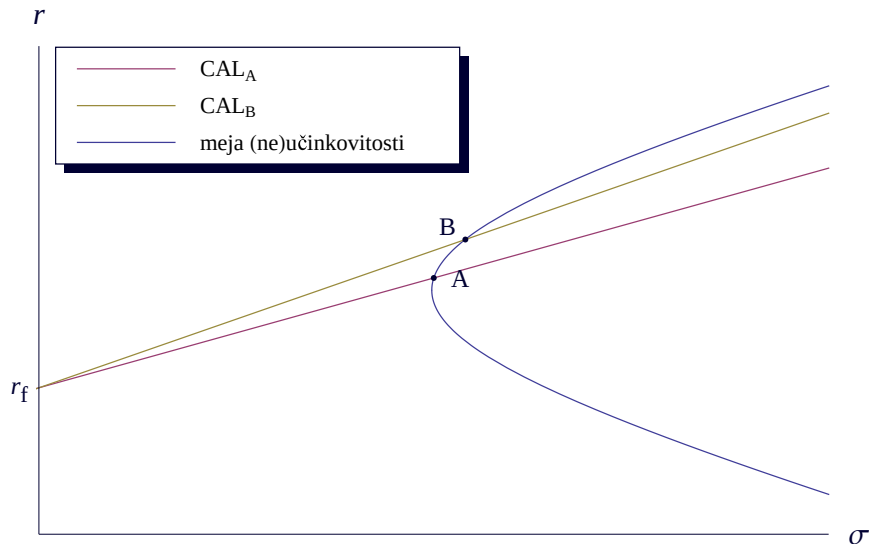
V enačbi (26) smo pričakovano donosnost sestavljenega premoženja zapisali kot funkcijo standardnega odklona sestavljenega premoženja, σ_p , s prostim členom r_f in strmino

$$S = \frac{E[r] - r_f}{\sigma}, \quad (27)$$

ki jo imenujemo Sharpov koeficient (Bodie et al., 2002, str. 189).

Premica razdelitve kapitala (angl. *Capital Allocation Line*, v nadaljevanju CAL), kot imenujemo enačbo (26), povezuje vse kombinacije donosnosti ter tveganja, ki so na razpolago investitorjem (Slika 6). Njena strmina meri razmerje med donosnostjo in tveganjem

Slika 6: Premica razdelitve kapitala – CAL



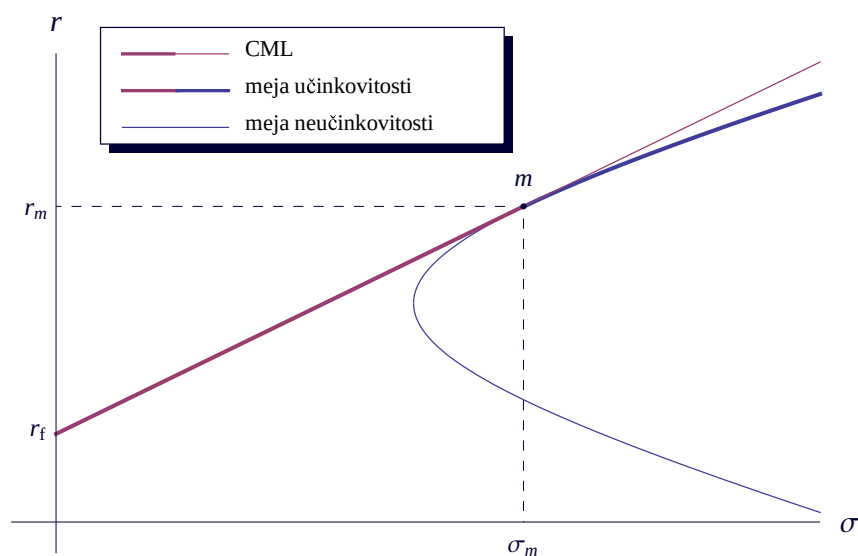
Vir: Z. Bodie et al., *Investments*, 2002, str. 218.

premoženja, ki ga ima investitor na voljo. Premica CAL, ki je tudi tangenta na mejo učinkovitosti, ima izmed družine premic CAL najvišjo strmino, zato je optimalna izbira vsakega racionalnega investitorja. Imenujemo jo **premica trga kapitala** (angl. *Capital Market Line*, v nadaljevanju CML). Ko tveganemu premoženju dodajamo netvegani vrednostni papir, se tveganje zmanjšuje, hkrati pa se znižuje tudi pričakovana donosnost $E[r_p]$. Meja učinkovitosti se je tako razširila tudi na področje z nižjim tveganjem in poteka po premici CML od točke, ki predstavlja netvegani vrednostni papir do tržnega premoženja m , od tam naprej pa po meji učinkovitosti, ki jo sestavljajo samo tvegani vrednostni papirji. Investitorjeva izbira premoženja p na meji učinkovitosti je odvisna od njegove naklonjenosti tveganju oziroma funkcije pričakovane koristnosti. Premico CML in novo mejo učinkovitosti prikazuje Slika 7.

2.2.4 Slabosti Markowitzevega modela

Kljub temu, da Markowitzev model velja za enega ključnih konceptov v sodobni premoženjski teoriji, pa je njegova uporaba med investitorji relativno majhna (Drobetz, 2001). Pri modelu z n vrednostnimi papirji je namreč treba izračunati n vrednosti pričakovanih donosnosti, n varianc in $\frac{n^2-n}{2}$ elementov kovariančne matrike, kar je skupaj $\frac{n^2+3n}{2}$ vrednosti. V času nastanka je kvadratna odvisnost modela pomenila veliko omejitev za njegovo uporabo, zato Markowitzev model v praksi ni zaživel, saj so investitorji raje posegali po preprostejših enofaktorskih modelih, kjer je bila časovna odvisnost izračuna linearna.

Slika 7: Premica trga kapitala je tangenta na mejo učinkovitosti in seka ordinatno os pri donosnosti netveganega vrednostnega papirja



Vir: Z. Bodie et al., *Investments*, 2002, str. 266.

Zmogljivost dandanašnjih računalnikov odpravlja kakršnekoli omejitve uporabe modela zaradi njegove kvadratne odvisnosti.

V obdobju od nastanka modela pa do danes so bile odkrite nekatere pomanjkljivosti modela, ki še naprej vplivajo na njegovo nepriljubljenost v praksi (Jeza, 2008). Težava se pojavi že pri vhodnih podatkih modela, saj za izračun pričakovane donosnosti, ki ga je predlagal Markowitz, minuli podatki niso najbolj primerni. Model pogosto generira nestabilna premoženja, ki so zelo občutljiva na spremembe v vhodnih podatkih, ali pa imajo vrednostni papirji v premoženju visoke negativne uteži, kar je investitorjem redkokdaj dostopno. Napake pri ocenah korelacijskih koeficientov lahko vodijo do nedoslednosti in korelacijske matrike, ki ni pozitivno definitna. Tedaj bi za varianco dobili negativno vrednost (Bodie et al., 2002, str. 293).

2.3 Model določanja cen dolgoročnih naložb – CAPM

V enačbi (6) smo predpostavili, da je pričakovana vrednost donosnosti enaka povprečju preteklih donosnosti. Namesto povprečja bi lahko uporabili katerokoli drugo metodo določanja cen dolgoročnih naložb, med katere sodijo tudi faktorski modeli. Najbolj razširjen je model CAPM, ki ga predstavljamo v poglavju 2.3.2 njegove slabosti pa v poglavju 2.3.3.

2.3.1 Enofaktorski in večfaktorski model

Kovariance med donosnostjo vrednostnih papirjev so ponavadi pozitivne, saj ekonomske sile (vplivi), ki jih opišemo z ekonomskimi faktorji, podobno vplivajo na poslovanje različnih podjetij. Ekonomski faktorji, s katerimi opišemo vplive na večino podjetij, so

na primer poslovni cikel, obrestne mere, tehnološke spremembe, cena delovne sile, cena surovin itd. Predpostavimo, da lahko vse bistvene ekonomske faktorje združimo v en makroekonomski kazalec, ki povzema premike na kapitalskem trgu. Nadalje predpostavimo, da drugega vira korelacij med donosnostmi vrednostnih papirjev ni in da so ostale negotovosti donosnosti posameznih vrednostnih papirjev specifične za to podjetje. Donosnost vrednostnega papirja i , r_i , torej lahko razdelimo na pričakovano donosnost, $E[r_i]$, nepričakovane makroekonomske spremembe, M_i , in prispevek zaradi specifičnih dogodkov podjetja i , e_i :

$$r_i = E[r_i] + M_i + e_i. \quad (28)$$

Tako M_i kot tudi e_i imata pričakovano vrednost enako nič, saj predstavljata nepričakovane vplive, katerih povprečna vrednost mora biti po definiciji enaka nič (Bodie et al., 2002).

Ker so podjetja različno občutljiva na makroekonomske spremembe, so tudi vplivi teh sprememb na podjetja različni. Z F označimo nepričakovane makroekonomske vplive, občutljivost podjetja i do makroekonomskih vplivov pa označimo z β_i , tako da je $M_i = \beta_i F$. Če sedaj enačbo (28) zapišemo z novima spremenljivkama, dobimo **enofaktorski model** donosnosti vrednostnih papirjev (angl. *single-factor model*), ki ga opišemo z izrazom

$$r_i = E[r_i] + \beta_i F + e_i. \quad (29)$$

Da bi enačbo (29) lahko uporabili, je treba določiti faktor F , ki vpliva na donosnost vrednostnih papirjev. Eden od smiselnih približkov makroekonomskega faktorja je indeks delnic, kot je na primer S&P 500, ki zajema okoli 500 najpomembnejših delnic na newyorški borzi (angl. *New York Stock Exchange*). Pristop, kjer z gibanjem indeksa opišemo makroekonomske vplive na donosnost na kapitalskem trgu, poznamo kot **enoindeksni model** (angl. *single-index model*). Relativno spremembo (oziroma donosnost) indeksa označimo z r_{ind} , indeksni model pa zapišemo kot (Bodie et al., 2002, str. 295)

$$E[r_i] - r_f = \alpha_i + \beta_i(E[r_{\text{ind}}] - r_f) + e_i, \quad (30)$$

kjer je α_i pričakovana donosnost, kadar je donosnost indeksa r_{ind} enaka donosnosti netvegane vrednostnega papirja. Če premijo za tveganje (angl. *risk premium*), ki je presežek donosnosti nad netvegano donosnostjo, označimo z R , lahko enačbo (30) zapišemo v obliki

$$R_i = \alpha_i + \beta_i R_{\text{ind}} + e_i.$$

Število vrednosti, ki jih je v enofaktorskem ali enoindeksnem modelu treba izračunati, je v primerjavi s številom izračunanih vrednosti v Markowitzevem modelu majhno. Za n vrednostnih papirjev je treba izračunati n vrednosti pričakovanih donosnosti r_i , n vrednosti koeficientov β_i in $n+1$ varianc (n varianc, ki so specifična za posamezna podjetja in 1 varianco za donosnost indeksa). Skupaj torej potrebujemo $3n+1$ vrednosti, kar pomeni linearno časovno odvisnost modela.

Donosnost vrednostnega papirja opisuje le en faktor, ki združuje vse makroekonomske vplive. Ekonomske spremembe različno vplivajo na posamezna podjetja, zato je smiselno posamezne ekonomske vplive opisati s svojim faktorjem F_j , na katerega je vsako podjetje različno občutljivo. Občutljivost podjetja i na makroekonomski vpliv j opišemo s koeficientom β_{ij} , premijo za tveganje pa označimo z R_j . Premijo za tveganje v **večfaktorskem modelu** (angl. *multifactor model*) zapišemo v naslednji obliki:

$$R_i = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} R_j + e_i. \quad (31)$$

Če problem vsebuje več časovnih obdobj, dobi izraz (31) časovno odvisnost, ki jo ponazarja indeks t :

$$R_{it} = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} R_{jt} + e_{it}.$$

V nadaljevanju predstavljamo najbolj znan enofaktorski model, model CAPM.

2.3.2 Model CAPM

Model CAPM, ki so ga razvili Sharpe (1964), Lintner (1965) in Black (1972), štejemo med pomembnejše modele moderne finančne teorije kapitalskega trga, ki napovedujejo odnos med tveganjem in pričakovano donosnostjo vrednostnih papirjev. V pogojih popolnoma konkurenčnih trgov in na podlagi predpostavk, da upoštevamo le povprečne vrednosti in variance donosov, predstavlja model CAPM privlačen enofaktorski model določanja donosnosti dolgoročnih naložb. V primerjavi z Markowitzevim modelom, ki zahteva veliko število izračunov, omogoča model CAPM določiti učinkovito premoženje vrednostnih papirjev na enostavnejši način.

Pri razvoju modela CAPM so Sharpe, Lintner in Black izhajali iz naslednjih predpostavk:

- Investitorji analizirajo vrednostne papirje na enak način, imajo enak pogled na svetovno ekonomijo in homogene ocene o verjetnostih za denarne tokove posameznih vrednostnih papirjev. Informacije so na voljo vsem investorjem. Lintner (1969) je pokazal, da odstranitev te predpostavke ne vpliva statistično značilno na strukturo donosnosti, izračunane z modelom CAPM.
- Vsak investor lahko investira poljubno veliko v kratko ali dolgo pozicijo kateregakoli vrednostnega papirja, vključno z netveganim vrednostnim papirjem s fiksno obrestno mero.
- Obstaja veliko investorjev, od katerih ima vsak na razpolago majhen delež celotnega kapitala vseh investorjev. Posameznikovo trgovanje zato ne vpliva na ceno vrednostnih papirjev. Takšno stanje lahko opišemo s popolno konkurenco.
- Obstaja le eno časovno obdobje investiranja, pri čemer ne upoštevamo nikakršnih možnih kasnejših dogodkov, ki bi lahko vplivali na ceno vrednostnega papirja (angl. *myopic behavior*).

- Vsak investitor je nenaklonjen tveganju in izbere učinkovito premoženje z Markovitzevim modelom, tako da maksimizira pričakovano vrednost njegove koristnosti, ki je odvisna od njegove (ne)naklonjenosti tveganju.
- Investitorji ne plačujejo davka na kapitalski dobiček, zanemarimo pa tudi vse transakcijske stroške trgovanja.

V namišljenem svetu opisanih predpostavk se vzpostavi ravnovesje, ki ga opišemo s tržnim premoženjem in netveganim vrednostnim papirjem (Bodie et al., 2002, str. 264–265):

- Tržno premoženje, ki vsebuje vse kapitalske naložbe, s katerimi se trguje, predstavlja tvegani del sestavljenega premoženja pri vsakem investitorju. Delež vrednostnega papirja v tržnem premoženju je kvocient tržne cene vrednostnega papirja in vsote cen vseh vrednostnih papirjev.
- Za vse investitorje je optimalno premoženje tveganih naložb tržno premoženje, ki je učinkovito in leži na premici CML, ki povezuje donosnost netveganega vrednostnega papirja, r_f , in tržno premoženje. Tako se premoženji dveh investitorjev razlikujeta le po razmerju naložbe v tvegani in netvegani del.
- Premija za tveganje tržnega premoženja je sorazmerna tveganju tržnega premoženja, σ_m , in povprečni stopnji nenaklonjenosti investitorja do tveganja, $\bar{A}$:

$$E[r_m] - r_f = \bar{A}\sigma_m^2.$$

Ker je tržno premoženje tudi optimalno in zato učinkovito razpršeno, predstavlja σ_m sistematično tveganje celotnega kapitalskega prostora.

- Premija za tveganje naložbe i je sorazmerna premiji za tveganje pri tržnem premoženju in sistematičnemu tveganju te naložbe, ki ga merimo s koeficientom β_i (Bodie et al., 2002, str. 267–271):

$$\begin{aligned} E[r_i] - r_f &= \beta_i (E[r_m] - r_f) \quad \text{ali} \\ E[r_i] &= r_f + \beta_i (E[r_m] - r_f). \end{aligned} \quad (32)$$

Koeficient β_i ,

$$\beta_i = \frac{\text{Cov}[E[r_m], E[r_i]]}{\sigma_m^2}, \quad (33)$$

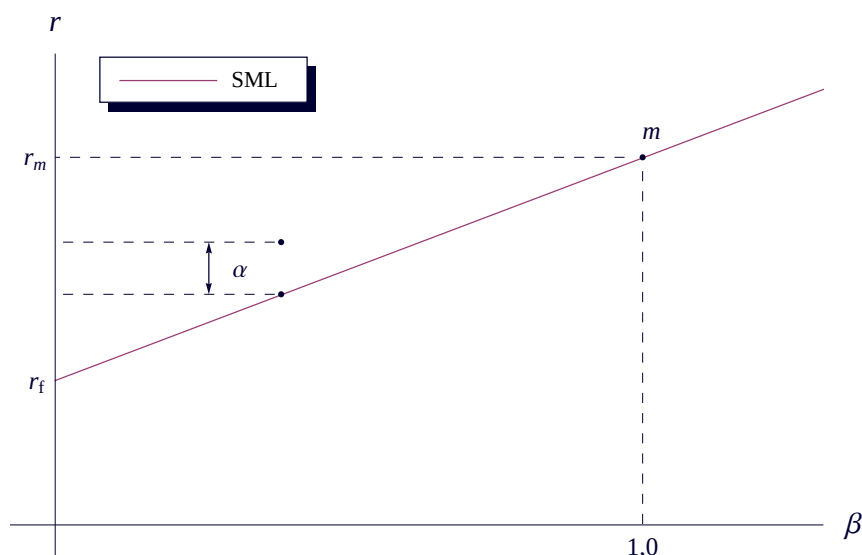
odraža mero usklajenosti gibanja donosnosti naložbe i in tržnega premoženja m . Kakor je pozitiven, se vrednost naložbe večinoma giblje v enaki smeri kot vrednost tržnega premoženja, pri negativnih vrednostih pa se naložba večinoma giblje v nasprotni smeri. Naložba z $\beta = 1$ nosi tveganje, ki je enako tveganju tržnega premoženja, pričakovana donosnost naložbe pa je enaka donosnosti tržnega premoženja, $E[r] = r_m$. Za vrednosti $\beta > 1$ so donosnosti naložbe bolj negotove, a v primerjavi z donosnostjo tržnega premoženja višje ($E[r] > r_m$). Pri naložbah, kjer je $0 < \beta < 1$, je negotovost nižja in z njo tudi pričakovana donosnost naložbe ($E[r] < r_m$). Koeficient lahko določimo tudi grafično, kjer os y predstavlja (na primer mesečne) donosnosti naložbe, os

x pa donosnost tržnega indeksa. Graf tako predstavlja gibanje cene naložbe v odvisnosti od gibanje vrednosti tržnega indeksa, strmina regresijske premice pa koeficient β .

Relacijo (32) imenujemo **premica trga vrednostnih papirjev** (angl. *Security Market Line*, v nadaljevanju SML), prikazuje pa jo Slika 8. Pri danem tveganju naložbe (v vrednostni papir ali v projekt v podjetju), izraženem s koeficientom β , lahko iz (32) izračunamo zahtevano donosnost, ki nadomesti tveganje. Z vključitvijo netvegane vrednostnega papirja investitor zniža tveganje učinkovitega premoženja ob izbrani donosnosti, ki se nahaja na intervalu $[r_f, r_m]$. Če je na voljo tudi možnost, da si investitor sposodi kapital po netvegani obrestni meri r_f , lahko oblikuje premoženja, ki imajo višjo donosnost, kot pa jo imajo premoženja na meji učinkovitosti tveganih vrednostnih papirjev (Slika 9). Ker je vrednost koeficienta β za tržno premoženje enaka ena, je strmina premice SML kar enaka premiji za tveganje tržnega premoženja.

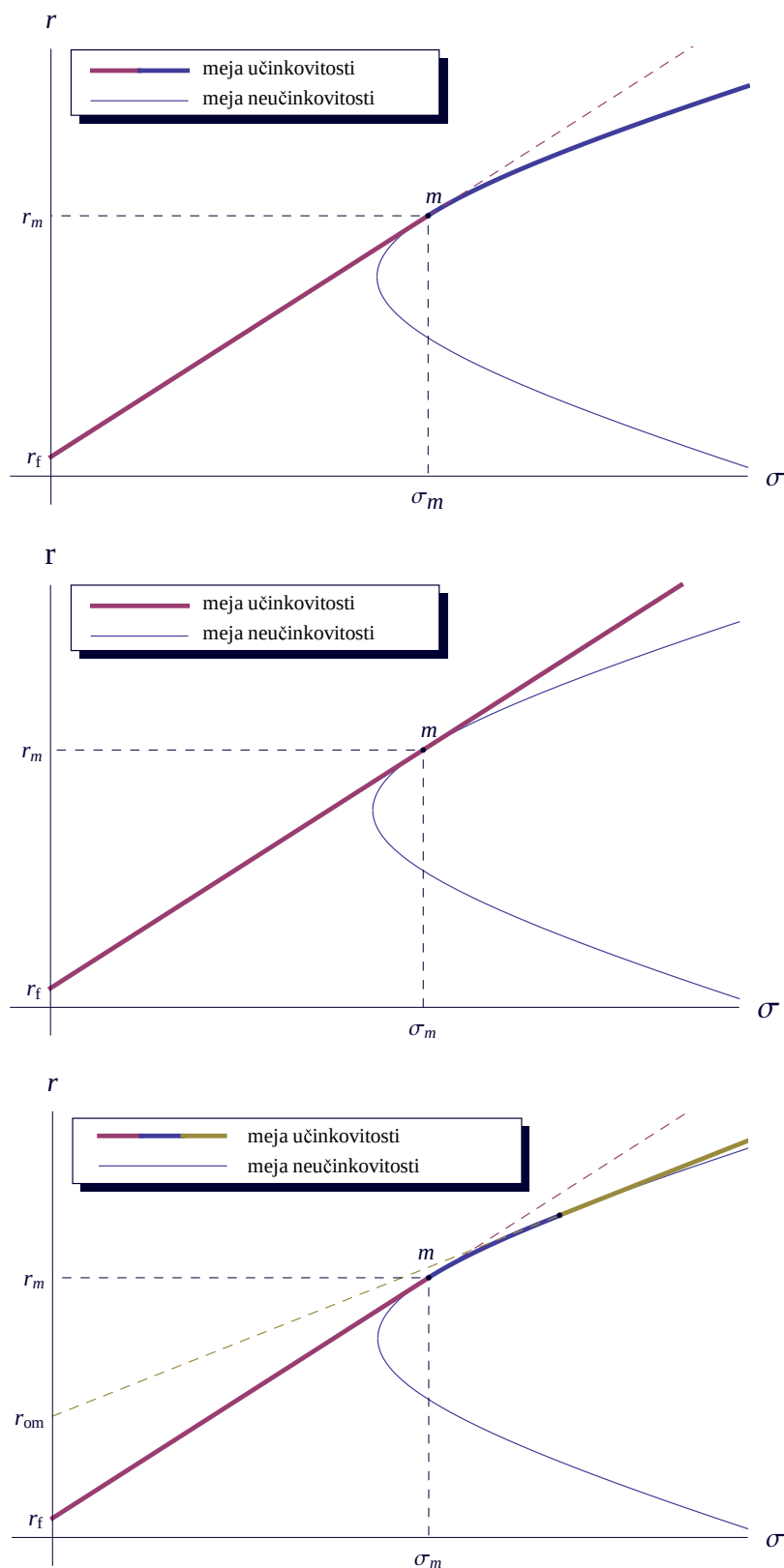
V tržnem ravnesju morajo donosnosti vseh vrednostnih papirjev ležati na premici SML. Če donosnost nekega vrednostnega papirja leži nad premico SML (na primer za vrednost α , kot prikazuje Slika 8), potem je donosnost ob danem tveganju (glede na trg) previsoka in cena vrednostnega papirja prenizka. To povzroči povečano povpraševanje po vrednostnem papirju na trgu, s čimer se bo njegova cena dvignila, donosnost pa zato spustila do ravnesne lege, kjer je $\alpha = 0$. Podobno je vrednostni papir precenjen, če je donosnost pri danem tveganju nižja, kot jo predpostavlja premica SML. Vrednostni papir je tedaj primeren za prodajo.

Slika 8: Premica trga vrednostnih papirjev – SML



Vir: Z. Bodie et al., *Investments*, 2002, str. 273.

Slika 9: Meja učinkovitosti pri različnih možnostih izposojanja netveganega vrednostnega papirja – zgoraj: brez možnosti izposojanja; na sredini: izposojanje je možno pri r_f ; spodaj: izposojanje je možno pri obrestni meri $r_{om} > r_f$



Vir: S. A. Ross, *The Capital Assets Pricing Model (CAPM), Short-Sale Restrictions and Related Issues*, 1977, str. 182.

2.3.3 Slabosti modela CAPM

Model CAPM omogoča učinkovito razpršitev premoženja v pogojih učinkovitega trga vrednostnih papirjev, kjer cene vrednostnih papirjev odražajo vse razpoložljive informacije. Vendar pa se v praksi pojavljajo problemi, ki veljavnost modela postavljajo pod vprašaj. Predpostavke so namreč precej stroge in slabo opišejo dejanske razmere (Fama & Miller, 1972), tako da je Black (1972) povzročil veliko ugibanj (Blume & Friend, 1973; Ross, 1977) o pravilnosti modela CAPM v primeru, da katero od predpostavk oziroma omejitev oslabimo. Poleg tega tudi ni povsem gotovo, ali sistematično tveganje in z njim koeficient β dovolj dobro predstavljata pojem tveganja vrednostnih papirjev. Nekateri finančniki namreč menijo, da koeficient β ni uporaben pri razlaganju donosnosti delnic in da lahko kvocient knjigovodske vrednosti podjetja in njegove tržne kapitalizacije (angl. *Book-to-Market Ratio*, v nadaljevanju B/M) sorazmerno dobro razloži donosnost. Rezultati študij (Fama & French, 1992; Fama & French, 1993) kažejo, da imajo podjetja z visokim koeficientom B/M višjo dolgoročno donosnost, kot jo predvidi model CAPM, prav tako pa imajo nadpovprečno donosnost tudi podjetja z majhno tržno kapitalizacijo.

Model CAPM ne opredeli, kako izmeriti spremenljivke, ki nastopajo v (32), temveč uporabnikom za donosnost netveganega vrednostnega papirja, donosnost tržnega premoženja in koeficient β prepušča subjektivno oceno. Spremenljivke bi morale odsevati bodoča pričakovanja, vendar so za njihovo oceno na razpolago le zgodovinski podatki. Poleg tega enofaktorski model ne upošteva posameznih gospodarskih vplivov, temveč jih združi v enega samega. Če se nekateri vplivi zdijo pomembnejši od drugih, bi bilo primerneje uporabiti večfaktorski model.

V nadaljevanju predstavljamo nekatere slabosti predpostavk (dostopnost netveganega vrednostnega papirja, likvidnost in časovno obdobje naložbe) in slabosti vhodnih parametrov (ocene donosnosti netveganega in tržnega premoženja ter ocena koeficienta β) modela CAPM.

Dostopnost netveganega vrednostnega papirja. Od vseh je najbolj omejujoča druga predpostavka (glej poglavje 2.3.2), ki je slab približek za mnogo investorjev, ki nimajo vedno možnosti, da bi si denar sposodili pri netvegani obrestni meri (Ross, 1977). Če sposojanje pri netvegani obrestni meri ni dovoljeno, imamo na voljo mejo učinkovitosti, kot prikazuje Slika 9 (zgoraj): manj tvegano sestavljeno premoženje vsebuje kombinacijo netveganega vrednostnega papirja in tržnega premoženja (del premice med r_f in točko m); premoženja, ki so v primerjavi s tržnim premoženjem bolj tvegana, pa vsebujejo le tvegane vrednostne papirje (na meji učinkovitosti se nahajajo desno od tržnega premoženja m). V primeru, da je sposojanje dovoljeno pri netvegani obrestni meri, predstavlja mejo učinkovitosti kar premica CML (Slika 9 v sredini). Ponavadi imajo investitorji možnost sposojanja denarja pri obrestni meri višji od obrestne mere netveganega kapitala (Slika 9 spodaj). Tedaj ima meja učinkovitosti dva linearna segmenta s

prelomom v točki, ki predstavlja tržno premoženje, ki ne vsebuje niti kratke niti dolge pozicije v netvegane vrednostnem papirju. V območju nižjega tveganja (investitor ima dolgo pozicijo v netvegani naložbi) linearna meja učinkovitosti v primerjavi z mejo učinkovitosti v območju z večjim tveganjem (kadar si investor sposodi denar pri obrestni meri r_{om}) hitreje narašča. Oba dela meje učinkovitosti sta linearni funkciji koeficienta β (Black, 1972) in sta v skladu z empiričnimi rezultati, ki so jih objavili Black, Jensen & Scholes (1972).

Likvidnost. Na ceno, s tem pa tudi na donosnost vrednostnega papirja, vpliva tudi njegova likvidnost. Investitorji namreč za manj likviden vrednostni papir zahtevajo višjo donosnost (Amihud & Mendelson, 1986; Eleswarapu, 1997, str. 2113). Model CAPM predpostavlja, da pri trgovanju ni nikakršnih transakcijskih stroškov, medtem ko v praksi vsako trgovanje z vrednostnim papirjem vsebuje transakcijske stroške in zato noben vrednostni papir ni povsem likviden. Višji kot so stroški, višjo premijo zahtevajo investitorji pri naložbi v manj likviden vrednostni papir, oziroma če so vsi ostali pogoji enaki, se z manj likvidnimi vrednostnimi papirji trguje pri nižji ceni kot pa z likvidnimi vrednostnimi papirji. Zato lahko v (32) vpeljemo dodatni člen, in sicer funkcijo stroškov c_i , $f(c_i)$, ki predstavlja premijo zaradi nelikvidnosti vrednostnega papirja i :

$$E[r_i] = r_f + \beta_i (E[r_m] - r_f) + f(c_i).$$

Funkcija $f(c_i)$ je naraščajoča in konkavna, zato premija narašča z višanjem stroškov c_i , vendar s padajočo stopnjo (Amihud & Mendelson, 1986).

Časovno obdobje naložbe. Preproste verzije modela CAPM se omejujejo le na eno časovno obdobje. Če analizo razširimo na več časovnih obdobj, ostaja model CAPM še vedno primeren, ob predpostavkah, da pričakovanja in naložbene priložnosti (angl. *investment opportunity*) niso odvisne od trenutnega stanja in se donosnost netvegane naložbe ter verjetnostna porazdelitev donosnosti spreminjata po pričakovanjih. Tedaj smemo za funkcijo koristnosti vzeti kar tisto, ki velja za eno časovno obdobje (Fama, 1970, str. 171). Merton (1971) je s številnimi primeri pokazal, da se s spreminjajočimi naložbenimi priložnostmi spreminja tudi izbira premoženja, ki ni enaka za vsa obdobja.

Ocena donosnosti netvegane premoženja. Popolnoma netvegani vrednostni papir dejansko ne obstaja. Tudi državni dolgoročni vrednostni papirji z najvišjo bonitetno oceno vsebujejo majhno stopnjo kreditnega tveganja, vsebujejo pa tudi tveganje izgube, če se obrestna mera poviša. Na drugi strani se donosnost kratkoročnih državnih menic v času precej spreminja. Ker torej ni povsem netvegane vrednostnega papirja, se postavlja vprašanje, kateri vrednostni papir je za model CAPM primernejši. Z raziskavo so Bruner et al. (1998, str. 20) ugotovili, da dve tretjini podjetij v ZDA uporablja dolgoročne državne obveznice. Brigham & Daves (2002, str. 297–298) navajata tri razloge za sprejemljivost omenjene raziskave:

- Ker večina delničarjev investira v delnice dolgoročno, je pri izračunu donosnosti delnic smiselno upoštevati obrestno mero dolgoročnih obveznic.
- Donosnost kratkoročnih državnih obveznic ima višjo negotovost od dolgoročnih obveznic in tudi višjo od donosnosti delnic.
- Model CAPM meri pričakovano donosnost v enem časovnem obdobju. Kadar ga uporabimo pri oceni stroška kapitala za določen projekt, je pravo časovno obdobje življenjska doba projekta. Ker ima večina projektov dolgo življenjsko dobo, je donosnost dolgoročnih državnih obveznic logična izbira.

Ocena donosnosti tržnega premoženja. Donosnost tržnega premoženja lahko ocenimo na dva načina: z zgodovinskimi podatki ali napovedovanjem. Težava pri prvem načinu je, da se povprečne pretekle donosnosti za različno dolga obdobja precej razlikujejo. Podatki za nekatera obdobja prikazujejo celo negativno donosnost, kar bi lahko pripeljalo do zaključka, da imajo državni vrednostni papirji večjo zahtevano donosnost kot navadne delnice, kar je v nasprotju s sodobno finančno teorijo, da za naložbe z višjim tveganjem investitor pričakuje višje donosnosti.

Najpogostejša metoda napovedovanja donosnosti tržnega premoženja je prek sedanje vrednosti diskontiranih dividend, ki ob predpostavki njihove konstantne rasti upošteva, da je v ravnovesju pričakovana donosnost enaka zahtevani donosnosti, ta pa je odvisna od trenutnih cen delnic P_0 , njihovih prihodnjih dividend D_1 in rasti g (Brigham & Daves, 2002, str. 299):

$$r_m = \frac{D_1}{P_0} + g.$$

Ker lahko za učinkovit trg kapitala precej dobro napovemo dividendo D_1 in je znana trenutna vrednost borznega indeksa, ki jo uporabimo za P_0 , je glavna naloga analitika, da oceni povprečno pričakovano dolgoročno stopnjo rasti g borznega indeksa. Rast dividend je tako ocenjena na podlagi pričakovanj posameznega finančnega analitika in ne na podlagi skupnih pričakovanj vseh investorjev, kot predpostavlja model CAPM.

Približek za tržno premoženje ni natančno določen in vpliva na natančnost napovedi kot tudi na empirične teste modela (Adcock & Clark, 1999, str. 220). Tudi če premoženje razpršimo z mednarodnimi vrednostnimi papirji, Solnik (1991) ugotavlja, da tržna premoženja še zdaleč niso učinkovita. Kot povzemata Adcock & Clark (1999), naj bi bila učinkovitost optimalnih premoženj, sestavljenih na podlagi koeficientov β , ki temeljijo na mednarodnih tržnih približkih, slaba. Naključno sestavljeno premoženje naj bi bilo pogostokrat celo učinkovitejše.

Ocena koeficienta β . Koeficient β , ki nastopa v (32), mora odsevati bodočo negotovost posameznega vrednostnega papirja v primerjavi s tržnim premoženjem. Vendar pa so na razpolago le zgodovinski podatki, iz katerih je moč izračunati zgodovinske koeficiente β ,

kakšna pa bo povezanost donosnosti vrednostnega papirja in donosnosti tržnega premoženja v prihodnje, pa ni znano. Blume (1975) in Levy (1971) sta ugotovila, da so tako izračunani koeficienti β posameznih vrednostnih papirjev nestabilni, zato so zgodovinske vrednosti zgolj slabi približki tveganja v prihodnosti. Po drugi strani sta odkrila, da so koeficienti β premoženj, sestavljenih iz deset ali več naključno izbranih vrednostnih papirjev, sorazmerno stabilni in so zato zgodovinski koeficienti β premoženj dobri približki negotovosti teh premoženj v prihodnosti. Iz omenjenih študij sledi, da je model CAPM bolj primeren za premoženja vrednostnih papirjev kot pa za posamezni vrednostni papir.

Blume (1975) je ugotovil, da obstaja tendenca gibanja koeficientov β k vrednosti ena. Koeficient β lahko z ustrezno utežjo $a \in (0,1)$ približamo tej vrednosti, na primer (Bodie et al., 2002)

$$\beta^* = a + (1 - a)\beta,$$

kjer β^* imenujemo prilagojeni koeficient β (angl. *adjusted beta coefficient*).

Na tveganje in z njim na koeficient β vpliva tudi stopnja zadolženosti podjetja, negotovost prihodkov od prodaje itd. Koeficiente β , ki upoštevajo karakteristike poslovanja podjetja, imenujemo temeljni koeficienti β (angl. *fundamental beta coefficients*).

3 SOLVENTNOST II

Pomanjkljivost in neenotnost zavarovalniških zakonov na področju Evropske gospodarske skupnosti (v nadaljevanju EGS) sta sčasoma postali ovira za medsebojno povezovanje na gospodarskem in političnem področju.¹ Zato je EGS konec šestdesetih let dvajsetega stoletja začela urejati enoten zavarovalniški trg in vzpostavljati enoten nadzor nad njim. Cilji ureditve so se nanašali na skrb za zaščito zavarovancev, vzdrževanje gospodarskih zmogljivosti in splošno socialno varnost prebivalstva, temeljili pa so na trajnem zaupanju prebivalstva in gospodarstva v stabilnost finančne institucije.

Normativno se je področje zavarovalništva uredilo v sklopu treh generacij zavarovalniških direktiv. Prva generacija direktiv (1964–1970) je privedla do liberalizacije ustanovitve (zavarovalnica s sedežem v državi članici EGS je lahko ustanovila podružnico v drugi državi članici z enakimi pravicami in obveznostmi kot domače zavarovalnice), druga generacija (1973–1992) je vpeljala svobodo pretoka storitev (zavarovalnica je lahko začela ponujati storitve preko meja v drugih članicah EGS brez kapitalne prisotnosti), tretja (1992–) pa naj bi dokončno poenotila zavarovalniški trg v Evropski uniji (v nadaljevanju EU) z deregulacijo in liberalizacijo, za kar pa bi bilo treba odpraviti fizične (carina),

¹EGS je bila ustanovljena 25. marca 1957 s podpisom Rimske pogodbe. Z Maastrichtsko pogodbo dne, 7. februarja 1992, je bila ustanovljena Evropska unija, EGS pa se je preimenovala v Evropsko skupnost, ki je postala prvi od treh stebrov ureditve Evropske unije. Z uveljavitvijo Lizbonske pogodbe 1. decembra 2009 je bila struktura treh stebrov odpravljena, Evropska unija pa je pridobila status pravne osebe (Ur. l. EU, št. C306/2007).

tehnične (standardi) in fiskalne (davčni sistemi) ovire. Kljub visoki stopnji poenotenja zavarovalniškega trga v EU so nekatere prepreke, kot so neenotna davčna stopnja in različni zakoni o pogodbah, še vedno ostale. Temeljno pravilo enotnega evropskega zavarovalniškega trga je, da lahko zavarovalnice, ki so registrirane v državi članice EU, poslujejo na celotnem območju EU. Kontrolo nad poslovanjem zavarovalnic so prevzeli nadzorni organi v posamezni državi, v kateri ima zavarovalnica sedež (Sandström, 2006; Štiblar & Šramel, 2005).

Danes se zavarovalnice soočajo z novim poslovnim okoljem, močnejšo konkurenco, globalizacijo in povezovanjem z drugimi finančnimi sektorji. Neprestane strukturne spremembe na finančnih trgih, ki jih povzročata močan trend združevanja v konglomerate in širitev EU, so privedle do sprememb v načinu poslovanja, zato sta bili izpeljani dve obsežni reformi bančne in zavarovalne zakonodaje. Zavarovalniški sektor se »seli« iz sistema neposrednega nadzora v zavarovalnicam bolj ugodno in svobodno okolje, kar zahteva nov sistem nadzora tveganj in njihovega upravljanja.

3.1 Od Solventnosti I k Solventnosti II

Ključni pokazatelj finančne trdnosti zavarovalnice je izpolnjevanje solventnostnih zahtev (angl. *solvency requirements*). Mednarodno združenje zavarovalniških nadzornikov (angl. *International Association of Insurance Supervisors*, v nadaljevanju IAIS) je opredelilo **solventnost kot zmožnost zavarovalnice, da lahko v vsakem trenutku poplača obveznosti, ki nastanejo na podlagi sklenjenih zavarovalnih polic** (IAIS, 2007).

Solventnostni sistem iz sedemdesetih let dvajsetega stoletja, ki temelji na preprostih kvocienih med zavarovalno-tehničnimi rezervacijami, premijami in škodami, je igral ključno vlogo pri razvoju nadzora zavarovalnic, vendar pa ima nekatere pomanjkljivosti (Evropska komisija, 2007):

- **Premajhna občutljivost na tveganja.** V obstoječi ureditvi Solventnost I niso ustrezno zajeta številna ključna tveganja, kot so tržna, kreditna in operativna tveganja. V ureditvi je malo kakovostnih zahtev o upravljanju tveganj, prav tako v njej ni zahteve, da bi morali nadzorni organi redno revidirati kakovostni vidik. Zaradi premajhne občutljivosti na kapitalsko ustreznost zavarovalnice ne čutijo nikakršne potrebe po upravljanju tveganj. Ureditev ne zagotavlja pravilnega in pravočasnega posredovanja nadzornih organov in ne omogoča optimalnega razporejanja kapitala. Vse skupaj pa pomeni slabšo zaščito zavarovalcev, kot bi jo ti lahko imeli.
- **Omejitve pravilnega delovanja enotnega trga.** Sedanja ureditev določa minimalne standarde, ki jih lahko države članice dopolnjujejo z dodatnimi predpisi na nacionalni ravni, kar skupaj z različni načini nadzora povečuje neenotnost delovanja zavarovalniškega trga. Tako se ovira razvoj konkurence v EU, povečujejo se stroški zavarovalnic, z njimi pa stroški zavarovalcev.

- **Neoptimalna ureditev nadzora skupin.** Način nadzora skupin se vse bolj oddaljuje od dejanske sestave in organizacije skupin, saj se osredotoča na pravne osebe. Ključne funkcije so bile konsolidirane in organizacija skupin postaja vse bolj centralizirana. Razlike med načinom vodenja in nadzorom skupin povečujejo stroške zavarovalnic in tudi verjetnost, da bi se spregledalo katero od ključnih tveganj.
- **Nezadostna mednarodna konvergenca in konvergenca med sektorji.** Razvoj novih standardov solventnosti in vrednotenja zavarovalno-tehničnih rezervacij je vse bolj podoben ekonomskemu pristopu na osnovi tveganj, ki se bistveno razlikuje od filozofije, na kateri temelji sedanja ureditev. Po drugi strani je z direktivo o kapital-skih zahtevah bank (angl. *Capital Requirements Directive*) že bila izpeljana ureditev solventnosti na osnovi tveganj (Ur. l. EU, št. L177/2006). Tako nezadostna mednarodna konvergenca in konvergenca med sektorji slabi konkurenčnost na zavarovalniškem trgu.

Čeprav bi države članice z uvedbo podobne regulativne ureditve teoretično lahko odpravile pomanjkljivosti sedanjega sistema in povečale usklajenost delovanja nadzornih organov, z njo pa odstranile ovire za pravilno delovanje enotnega trga, se dogaja prav nasprotno. Tako je Evropska komisija (angl. *European Commision*) leta 2000 začela s projektom Solventnost II, katerega namen je pripraviti preudaren zakonodajni okvir, ki bi obsegal vsa tveganja sodobnega poslovanja zavarovalnic, hkrati pa vzpodbujal zavarovalnice, da bi samoiniciativno ocenjevale tveganja, ki so jim izpostavljena, in jih tudi aktivno upravljale.

Projekt Solventnost II je razdeljen v dve fazi. Prva faza, zaključena leta 2003, je zajemala proučevanje različnih področij zavarovalništva in tako omogočila primernejšo splošno zasnovo solventnostnega sistema. Druga faza (postopek izvedbe povzema poglavje 3.3), ki še vedno poteka, je namenjena pripravi pravnih besedil, podrobnejši pripravi tehničnih pravil in usmeritev ter njihovi implementaciji v nacionalne zakonodaje. V okviru druge faze sta Evropski parlament (angl. *European Parliament*) in Evropski svet (angl. *European Council*) dne 25. novembra 2009 sprejela direktivo 2009/138/ES (Ur. l. EU, št. L335/2009). V njej je predviden začetek uporabe direktive v državah članicah EU z dne, 1. novembra 2012. V drugi polovici leta 2010 je bil pripravljen prvi osnutek t. i. direktive »Omnibus 2«, ki predlaga zamik pričetka izvajanja Solventnost II na leto 2013. V sredini leta 2011 je v osnutku prišlo do spremembe datuma začetka izvajanja direktive Solventnost II, ki je bil prestavljen na začetek leta 2014 (Evropska komisija, 2011). Predvidoma bo direktiva Omnibus 2 sprejeta v prvi polovici leta 2012.

3.2 Cilji direktive Solventnost II

Glavni cilj nove direktive Solventnost II je primerno **zaščititi zavarovalce in upravičence zavarovalnih pogodb**, pridružujeta pa se mu cilja poglobitve povezovanja

zavarovalniškega trga EU in izboljšanja mednarodne konkurenčnosti zavarovateljev in pozavarovateljev v EU. Cilja direktive sta tudi vzpostavitev nadzora, ki bo skladen s sodobnimi standardi, ter zmanjšanje in upravljanje tveganj, s katerimi se soočajo zavarovalnice pri svojem poslovanju, vendar ta cilja ne smeta ogroziti glavnega. Poleg tega bo nova direktiva skupaj z izvedbenimi predpisi poenotila zakonodajo in združila množico posameznih zavarovalniških direktiv. Cilj direktive je tudi dosledno tržno vrednotenje aktivne kakor tudi pasivne strani bilančnih izkazov, s standardnim pristopom pa zakonodajalci želijo povečati tudi zaupanje v vrednotenje po pošteni vrednosti.

Namen direktive ni zagotoviti, da nobena zavarovalnica ne bo propadla, temveč zagotoviti, da v povprečju ne bi propadla več kot ena od dvesto zavarovalnic v enem letu (99,5 %). Tako je glavna odlika direktive Solventnost II vzpostavitev sistema, kjer so višine kapitalskih zahtev odvisne od profila tveganja, katerim so zavarovalnice izpostavljene. Direktiva omogoča, da zavarovalnice uporabijo notranje modele (angl. *internal models*) za izračun kapitalskih zahtev, ki bolje povzamejo specifična tveganja, s katerimi se soočajo pri svojem poslovanju. V vsakem primeru pa je treba za izračun solventnostnega kapitala uporabiti 99,5-odstotno stopnjo zaupanja.

Direktiva namenja veliko pozornost ureditvi nadzora in poslovanja zavarovalniških skupin, ki velja za najbolj inovativno komponento direktive. Konec leta 2008 je ideja o poenotenju nadzora in poslovanja skupin skoraj doživela neuspeh, ko je Svet ministrov za ekonomske in finančne zadeve izločil besedilo, ki se je nanašalo na skupine. Dvanajst manjših držav članic (pod vodstvom Španije in Portugalske), katerih domačo zavarovalniško industrijo sestavljajo predvsem podružnice zavarovalnic iz drugih držav, je namreč nasprotovalo predlogu, ker bi se države morale zanašati na nadzornike iz drugih držav, kadar bi podružnice potrebovale povečanje kapitala. Dolga tri-lateralna pogajanja med Evropsko komisijo, Evropskim parlamentom in Svetom ministrov za ekonomske in finančne zadeve so se neuspešno končala za države nasprotnice predloga o zavarovalniških skupinah konec marca 2009. Pogajanja so se zaključila še ravno pravi čas, da je bila direktiva Solventnost II sprejeta v zastavljenih rokih, s čimer se je zaključila prva od štirih ravni Lamfalussyjevega sistema.

3.3 Lamfalussyjev sistem

Direktiva Solventnost II je prva med evropskimi zavarovalniškimi zakonodajami, ki pri svojem nastajanju sledi Lamfalussyjevi obliki evropske zakonodaje, kjer direktiva vsebuje le osnovna načela, podrobnosti pa določajo izvedbeni predpisi. Lamfalussyjev sistem obsega štiri ravni, v katere so pri oblikovanju direktive vključeni različni udeleženci: Evropski parlament, Evropski svet, Evropska komisija, Evropski organ za zavarovanja in poklicne pokojnine² (angl. *European Insurance and Occupational Pensions Authority*,

²Pred 1. 1. 2011 se je organ imenoval Odbor evropskih zavarovalnih in pokojninskih nadzornikov (angl. *Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors*, v nadaljevanju CEIOPS).

v nadaljevanju EIOPA), Evropski odbor za zavarovalništvo in poklicne pokojnine (angl. *European Insurance and Occupation Pensions Committee*), Združenje aktuarjev (fr. *Groupe Consultatif des Actuaries*) in Evropsko zavarovalno združenje (fr. *Comité Europeen des Assurances*, v nadaljevanju CEA). Ravni Lamfalussyjevega sistema so (Doff, 2007; Lamfalussy, 2001; Sandström, 2006):

- **1. raven:** Evropski parlament in Svet Evropske unije sprejmeta direktivo, ki zajema ključna okvirna načela. Predlog direktive pripravi Evropska komisija.
- **2. raven:** Evropska komisija pripravi in s soglasjem Evropskega parlamenta sprejme izvedbene predpise.
- **3. raven:** EIOPA pripravi skupne standarde in usmeritve, države članice pa implementirajo dokumente iz 1. in 2. ravni v nacionalno zakonodajo.
- **4. raven:** Evropska komisija v sodelovanju z EIOPA nadzoruje izvajanje in usklajenost nacionalnih zakonodaj z direktivo in izvedbenimi predpisi in po potrebi ukrepa proti državam kršiteljicam.

Sistem zagotavlja, da vsak od udeležencev ustrezno sodeluje v različnih fazah priprave direktive, glavni namen pa je vzpostaviti učinkovit ter koordiniran sprejem in implementacijo evropske zakonodaje v državah članicah EU ter omogočiti hitrejše prilagajanje finančne zakonodaje spremembam na finančnih trgih. Sodelovanje in koordinacija med nacionalnimi nadzorniki sta bistvena za učinkovit nadzorniški sistem, v katerem sta vlogi domačega in tujega nadzornika primerno usklajeni. Kljub temu, da sistem omogoča sodelovanje različnih interesnih skupin, pa sistem ne vključuje končnih potrošnikov, zavarovancev.

3.4 Arhitektura direktive Solventnost II

Solventnost II vzpostavlja dosleden in pregleden sistem vodenja, ki zagotavlja uspešno in učinkovito upravljanje zavarovalnice. Evropska komisija se je odločila uveljaviti sistem, ki temelji na tveganju in omogoča, da višina zahtevanega kapitala odseva profil zavarovalnice z vidika tveganj. Temeljna zamisel je, da se solventnost zavarovalnic ugotovi s preverjanjem količinskih in kakovostnih vidikov poslovne dejavnosti, ki jo zavarovalnica opravlja. Evropska komisija se je odločila za **tristebni pristop**, s katerim je sledila bančni reformi Basel II. Prvi steber se nanaša na **količinske** zahteve, drugi obravnava **kakovostne** zahteve in zavarovalni nadzor, tretji steber pa ureja **transparentnost** poslovanja in **razkritja** v odnosu do lastnikov. Stebri so si med seboj po pomembnosti enakovredni, kar pomeni, da je kakovostni vidik poslovanja zavarovalnice enako pomemben kot količinski izračuni kapitalskih zahtev. Sistem treh stebrov predstavljamo v nadaljevanju.

3.4.1 I. steber – količinske zahteve

Zavarovalnice, ki sodelujejo na zavarovalniškem trgu EU, bodo morale imeti na voljo dovolj **lastnih sredstev** (angl. *own funds*) za pokritje **zahtevanega solventnostnega**

kapitala (angl. *Solvency Capital Requirement*, v nadaljevanju *SCR*), ki naj bi bil enak tvegani vrednosti $VaR_{99,5\%}$. Poleg *SCR* obsega prvi steber še dva segmenta nadzora, in sicer **zavarovalno-tehnične rezervacije** (angl. *technical provisions*) in **minimalni zahtevani kapital** (angl. *Minimum Capital Requirement*, v nadaljevanju *MCR*).

Zavarovalno-tehnične rezervacije. Zavarovalnice oblikujejo zavarovalno-tehnične rezervacije, da lahko izpolnijo svoje zavarovalne obveznosti do zavarovalcev in upravičencev. Izračun zavarovalno-tehničnih rezervacij temelji na trenutni izstopni vrednosti. To je znesek, ki bi ga morala zavarovalnica plačati danes, če bi svoje pogodbene pravice in obveznosti prenesla na drugo zavarovalnico. Izračuna se kot seštevek **najboljše ocene** (angl. *Best Estimate*, v nadaljevanju *BE*) in **marže za tveganje** (angl. *Risk Margin*, v nadaljevanju *RM*).

BE je enaka povprečju, ovrednotenem glede na verjetnost, prihodnjih denarnih tokov ob upoštevanju časovne vrednosti denarja in ob uporabi ustrezne časovne strukture netvegane obrestne mere (direktiva Solventnost II, 77. člen). Projekcija prihodnjih denarnih tokov mora upoštevati vse denarne prilive in odlive, potrebne za poravnavo zavarovalnih obveznosti v času njihove veljavnosti. Izračun *BE*, ki predstavlja tržno vrednost obveznosti, temelji na tekočih in verodostojnih podatkih ter realnih predpostavkah in se izvede z uporabo ustreznih aktuarskih metod in statističnih tehnik. Izračuna se kot bruto znesek, ki vključuje tudi izterljive zneske iz zavarovalnih pogodb.

RM zagotavlja, da je skupna vrednost zavarovalno-tehničnih rezervacij enaka znesku, ki bi ga zavarovalnice zahtevale za prevzem in izpolnitev zavarovalnih obveznosti. Za izračun *RM* je treba narediti projekcijo zavarovalnih obveznosti do njihovega izteka in za vsako leto določiti znesek *SCR* za prisotna tveganja. *RM* lahko določimo kot strošek zagotavljanja zneska primernih lastnih sredstev, enakovrednega *SCR*, ki je namenjen kritju nepričakovanih izgub v času do dospelosti zavarovalnih obveznosti. Mera stroška kapitala je enaka za vse zavarovalnice.

Zahtevani solventnostni kapital – *SCR*. *SCR* je namenjen zaščiti pred **nepričakovanimi** škodnimi dogodki in realizacijo drugih tveganj. Njegova višina je določena tako, da odraža dejanski profil tveganj zavarovalnice ob upoštevanju vseh izmerljivih tveganj in neto vpliva tehnik za zmanjševanje tveganja, ki jim je zavarovalnica izpostavljena. Ustreza ekonomskemu kapitalu, ob katerem bo letna verjetnost, da bi zavarovalnica propadla, znašala kvečjemu 0,5 %. Zavarovalnice ga bodo morale izračunati najmanj enkrat letno in rezultat posredovati nadzornemu organu. Stalno ga bodo morale spremljati in ga preračunati takoj, ko bi profil tveganj znatno odstopal od tistega, ko je bil *SCR* zadnjič sporočen nadzornemu organu. Pri izračunu bo treba oceniti vse morebitne izgube za prihodnjih 12 mesecev, vključno z nasprotnim prevrednotenjem sredstev in obveznosti.

Za izračun *SCR* bo zavarovalnica lahko izbrala enega od petih pristopov, ki bo najbolj

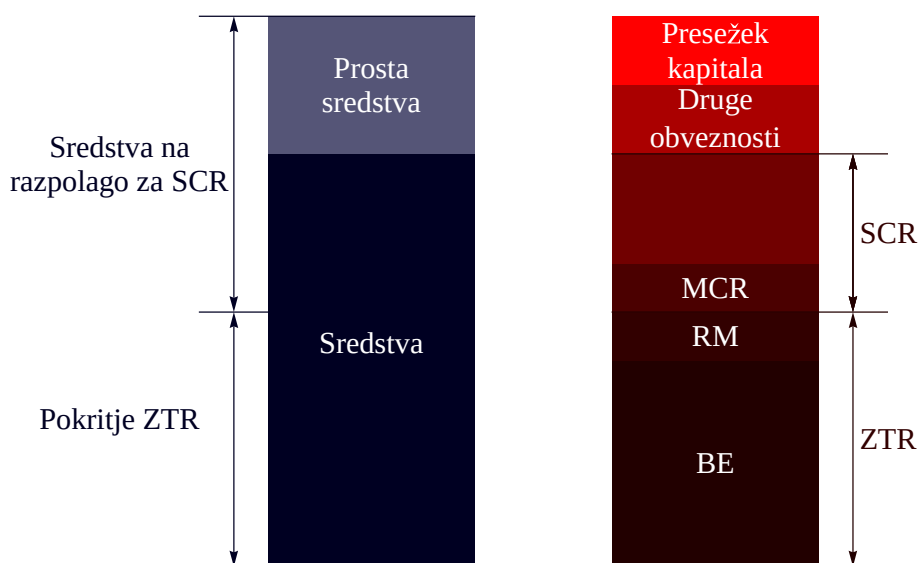
ustrezal njenemu poslovanju in bil sorazmeren z naravo, obsegom in zahtevnostjo merjenih tveganj:

- poenostavitev (angl. *simplification*),
- standardna formula (angl. *standard formula*),
- standardna formula s specifičnimi parametri zavarovalnice (angl. *undertaking-specific parameters*),
- delni interni model (angl. *partial internal model*) in
- popolni notranji model (angl. *full internal model*).

Ne glede na način izračuna bo moral končni izračun *SCR* zajemati prispevke zaradi tveganj, ki so predstavljena v poglavju 3.6. Našteti pristopi so zapisani v poglavjih od 3.5 do 3.8.

Zavarovalnice bodo morale kriti *SCR* z enakovredno višino primernih lastnih sredstev, pri čemer bo višje kritje pomenilo višjo varnost zavarovancev (Slika 10). Nedoseganje ravni *SCR* bo opozorilo na morebitne težave zavarovalnice in nadzorni organ bo v takem primeru uvedel prehodne ukrepe, ki bodo zagotovili ponovno doseganje te ravni.

Slika 10: Bilanca zavarovalnice v ureditvi Solventnost II



Vir: CEIOPS, CEIOPS' Report on its fourth Quantitative Impact Study (QIS4) for Solvency II, 2008, str. 4.

Minimalni zahtevani kapital – *MCR*. *MCR* predstavlja del *SCR*, pri kateri višini lastnih sredstev bi bila varnost in interesi imetnikov polic resno ogrožena, izpostavljeni pa bi bili tudi nesprejemljivi stopnji tveganja, če bi zavarovalnica še naprej poslovala. Zato mora imeti zavarovalnica na voljo dovolj primernih osnovnih lastnih sredstev za kritje *MCR*.

MCR se izračuna na jasen in preprost način, pri čemer se zagotovi možnost revizije izračuna. Izračunati ga bo treba najmanj četrtletno, in sicer kot linearno funkcijo zavarovalno-tehničnih rezervacij, obračunanih zavarovalnih premij, zahtevanega solventnostnega kapitala, odloženih davkov in stroškov upravljanja, pri čemer se nahaja v intervalu od 25 % do 45 % *SCR*. Linearna funkcija, ki bo določena z izvedbenimi predpisi, mora biti kalibrirana na tvegano vrednost osnovnih lastnih sredstev zavarovalnice s stopnjo zaupanja 85 % za obdobje enega leta.

Ne glede na opisan izračun znaša spodnji prag *MCR* (angl. *absolute floor of MCR*) za zavarovalnice, ki opravljajo posle:

- neživljenjskih zavarovanj, 2,2 milijona evrov,
- življenjskih zavarovanj, 3,2 milijona evrov,
- pozavarovanj, 3,2 milijona evrov ter
- življenjskih in neživljenjskih zavarovanj (skladno s členom 73(5) direktive Solventnost II), 5,4 milijone evrov.

3.4.2 II. steber – kakovostne zahteve

Drugi steber zajema celoten spekter kakovostnih zahtev, kot so upravljanje zavarovalnice, učinkovit sistem upravljanja tveganj in sistem notranjih kontrol. Vanj so s kakovostnega vidika vključene tudi tehnike upravljanja z bilancami (angl. *Asset Liability Management*), kar ustvarja interakcijo s količinskimi predpisi v okviru prvega stebra. Glavna poudarka drugega stebra sta visoka kakovost procesov upravljanja in strokovno delo skupaj z doslednim in celovitim sistemom notranjih kontrol, ki podpira prepoznavanje, samooceno, obravnavo in spremljanje tveganj, saj lahko uspešno upravljanje tveganj bistveno omeji izpostavljenost tveganjem. Solventnost II spodbuja pregleden model upravljanja, ki poudarja vlogo najvišjega vodstva ter jasno določa njihove odgovornosti. Zavarovalnice spodbuja, naj uvedejo stalni nadzor nad vsakodnevnim poslovanjem, učinkovito poročanje, vzpostaviti pa bo morala tudi 4 ključne funkcije (aktuarstvo, notranja revizija, upravljanje tveganj in skladnost). Za vsako od funkcij bo treba oblikovati politiko, ki jo bo enkrat letno potrdil upravni organ.

Kot del sistema za upravljanje tveganj bodo morale zavarovalnice v okviru poslovne strategije redno ocenjevati svoje splošne solventnostne potrebe z upoštevanjem značilnosti profila tveganja. Lastna ocena tveganj in solventnosti (angl. *Own Risk and Solvency Assessment*, v nadaljevanju ORSA) je postopek notranjega ocenjevanja tveganj v podjetju in bo morala biti stalno vključena v strateške odločitve podjetja. ORSA bo morala poleg poslovne strategije zavarovalnice vsebovati vsaj ocene o:

- skupnih potrebah solventnostnega kapitala ob upoštevanju specifičnega profila tveganj in odobrenih mejah dovoljenega tveganja,
- stalni skladnosti s kapitalskimi zahtevami in

- pomembnosti odstopanja profila tveganj zavarovalnice od predpostavk, ki so bile osnova za izračun *SCR*.

Zavarovalnice bodo morale redno in brez odlašanja izvesti ORSA po vsaki spremembi profila tveganja zavarovalnice. O rezultatih ORSA bo treba poročati nadzornemu organu.

Drugi steber ureja tudi postopek nadzornega pregleda in nadzorne ukrepe za zavarovalnice tako glede količinskih kot kakovostnih vidikov. Pomembna novost se nanaša tudi na zunanje izvajanje, ki pomeni dodatno kompleksnost pri učinkovitosti nadzora. Nadzorni organi zavarovalnice, ki je najela zunanje izvajalce, bodo morali imeti dostop do ustreznih podatkov na kraju opravljanja storitve ali v poslovnih prostorih zunanjega izvajalca, ne glede na to, iz katere države prihaja izvajalec. Zavarovalnice bodo morale nadzorne organe ustrezno in pravočasno obvestiti pred samim najemanjem zunanjih izvajalcev za pomembne storitve.

3.4.3 III. steber – poročanje in javna razkritja

Namen tretjega stebra je izboljšati tržno disciplino in posredovanje informacij nadzorniku ter splošni javnosti. Z zahtevo razkrivanja podatkov, povezanih z upravljanjem tveganj, bodo lahko zunanje interesne skupine lažje ocenile profil tveganja zavarovalnice in njeno upravljanje. Direktiva Solventnost II na novo vpeljuje Poročilo o solventnosti in finančnem položaju (angl. *Report on Solvency and Financial Condition*), ki ga bodo morale zavarovalnice javno razkriti, vsebovati pa bo moralo vsaj naslednje podatke (Solventnost II, člen 51):

- opis poslovanja in delovanja zavarovalnice,
- opis sistema upravljanja tveganj in oceno njegove ustreznosti za profil tveganj zavarovalnice,
- opis izpostavljenosti, koncentracije in analizo občutljivosti tveganj za vsako kategorijo tveganja posebej,
- osnove za vrednotenje in metodologije merjenja tveganja in
- upravljanje kapitala.

Tako Solventnost II kot tudi osnutek sprememb druge faze Mednarodnih standardov računovodskega poročanja (v nadaljevanju MSRP) imata kompleksne in obsežne zahteve po zunanjem poročanju in razkritju. Kljub temu, da obstajajo jasne sinergije na nekaterih področjih, vključno s poročanjem o tveganjih in kapitalu, pa se v nekaterih delih ureditvi razlikujeta. MSRP v drugi fazi uvajajo številne zahteve, ki presegajo okvir projekta Solventnost II, zato morajo zavarovalnice že danes graditi sisteme in procese, ki bodo dovolj fleksibilni, da bodo investicije v prihodnje čim nižje. Z uveljavitvijo sprememb MSRP se bosta povečali zahtevnost in obseg informacij, ki jih bodo zavarovalnice morale pripraviti za izpolnjevanje obeh zahtev, saj se sistema razlikujeta že pri vrednotenju bilance.

3.5 Poenostavitve

Direktiva Solventnost II v 109. členu omogoča, da zavarovalnice uporabijo poenostavljen izračun za posamezen (pod)modul tveganja, če to utemeljuje narava, obseg ali zahtevnost tveganj, s katerimi se soočajo pri poslovanju, in bi bilo nesorazmerno zahtevati, da uporabijo standardiziran pristop.

3.6 Standardni model

Direktiva Solventnost II v 103. členu določa, da je standardni izračun SCR vsota

- **osnovnega zahtevanega solventnostnega kapitala** (angl. *Basic Solvency Capital Requirements*, v nadaljevanju $BSCR$),
- **zahtevanega kapitala za operativno tveganje** (angl. *operational risk*, v nadaljevanju SCR_{op}) in
- **prilagoditve zaradi absorpcijske zmožnosti zavarovalno-tehničnih rezervacij in odloženih davkov** (angl. *adjustment for loss-absorbing capacity of technical provisions and deferred taxes*, v nadaljevanju ADJ),

oziroma

$$SCR = BSCR + SCR_{op} + ADJ.$$

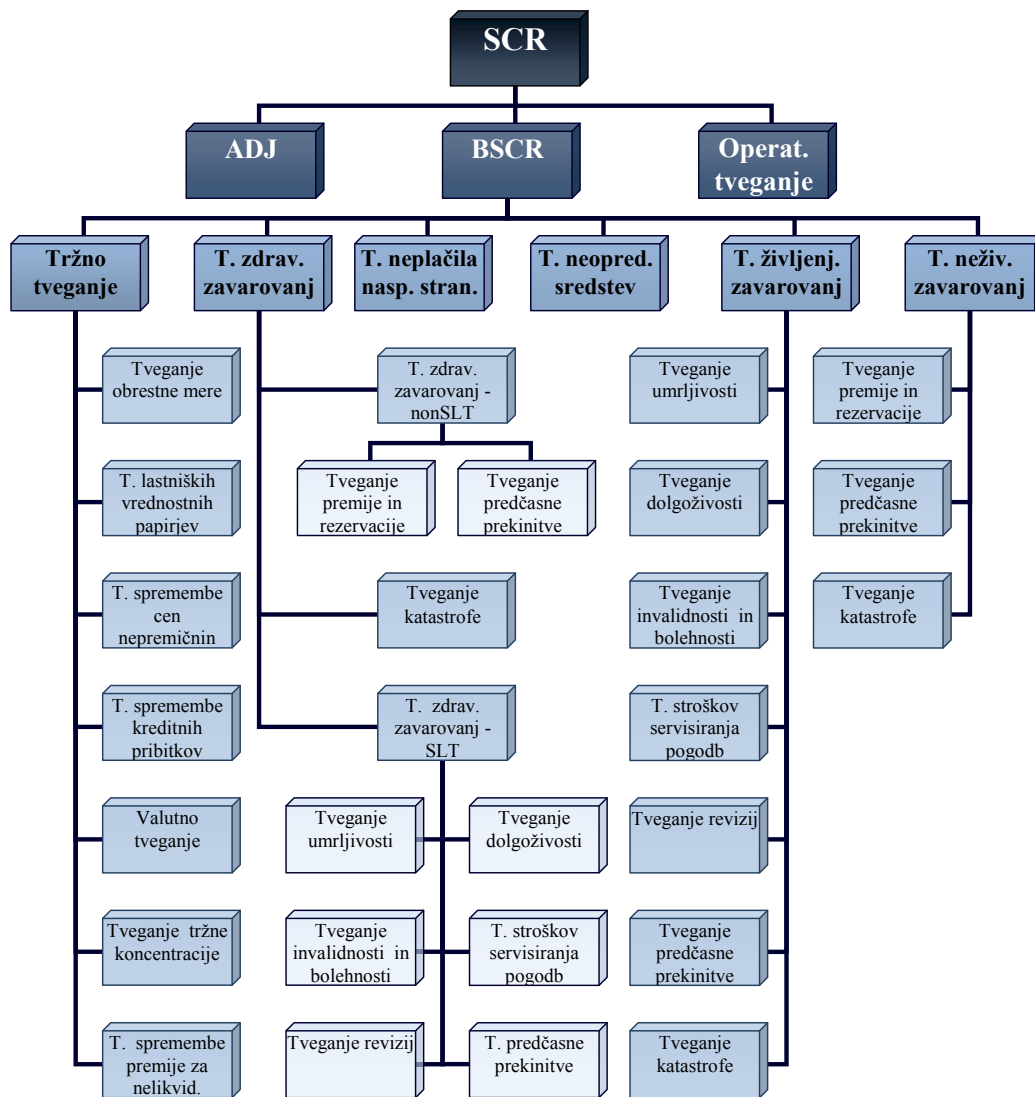
Direktiva ne določa končnega seznama tveganj, ki bodo vključena v izračun SCR , temveč v 101. členu predpisuje le, da mora SCR kriti najmanj naslednja tveganja:

- tveganje iz pogodb neživiljenjskega zavarovanja,
- tveganje iz pogodb življenjskega zavarovanja,
- tveganje iz pogodb zdravstvenega zavarovanja,
- tržno tveganje,
- kreditno tveganje in
- operativno tveganje.

Sestava tveganj, parametrov in njihove vrednosti bodo podrobneje opredeljeni z izvedbenimi predpisi predvidoma do konca leta 2012 (Evropska komisija, 2011). Da pa bi bili vrste tveganj, način izračuna in parametri kar najbolj ustrezni, je CEIOPS v času priprave direktive in izvedbenih predpisov izvedel skupaj pet študij QIS, ki so iz študije v študijo postajale bolj kompleksne in zahtevne, tako po strukturi tveganj kot po načinu izračuna. Zadnja, peta študija QIS5 je potekala v drugi polovici leta 2010, njeno strukturo modulov tveganj pa prikazuje Slika 11.

Pri izračunu SCR morajo zavarovalnice v skladu s 101. členom upoštevati učinke tehnik za zmanjševanje tveganja pod pogojem, da se kreditna in druga tveganja, ki izhajajo iz uporabe takšnih tehnik, ustrezno odražajo v zahtevanem solventnostnem kapitalu.

Slika 11: Modularni pristop za izračun SCR po QIS5



Vir: CEIOPS, QIS5 Technical Specifications, 2010d, str. 90.

3.6.1 Osnovni zahtevani solventnostni kapital – BSCR

Standardni pristop temelji na modularnem sistemu, kjer se tveganja združujejo v skupine (module) tveganj. Tako BSCR sestavljajo solventnostne kapitalske zahteve za različne skupine tveganj, pri čemer je treba pri združevanju upoštevati korelacije med posameznimi skupinami. Posamezna skupina tveganj se lahko naprej deli v podmodule, znova pa je treba pri združevanju v skupino tveganj upoštevati korelacije med posameznimi podmoduli.

BSCR so v QIS5 sestavljale solventnostne kapitalske zahteve za:

- **tržno tveganje** (angl. *market risk*, v nadaljevanju SCR_{Mkt}), ki obsega nepredvidljivost tržnih cen finančnih instrumentov, ki vplivajo na vrednost sredstev ali obveznosti zavarovalnice. Kapitalska zahteva se izračuna kot kombinacija zahtevanega solvent-

nostnega kapitala za

- tveganje spremembe obrestne mere (angl. *interest rate risk*, v nadaljevanju Mkt_{int}),
 - tveganje spremembe cen lastniških vrednostnih papirjev (angl. *equity risk*, v nadaljevanju Mkt_{eq}),
 - tveganje spremembe cen nepremičnin (angl. *property risk*, v nadaljevanju Mkt_{prop}),
 - tveganje spremembe kreditnih pribitkov (angl. *spread risk*, v nadaljevanju Mkt_{sp}),
 - valutno tveganje (angl. *currency risk*, v nadaljevanju Mkt_{fx}),
 - tveganje tržne koncentracije (angl. *risk concentrations*, v nadaljevanju Mkt_{conc}) in
 - tveganje spremembe premije za nelikvidnost (angl. *illiquidity premium risk*, v nadaljevanju Mkt_{il}).
- **tveganje iz pogodb zdravstvenega zavarovanja** (angl. *health underwriting risk*, v nadaljevanju SCR_{health}), ki odraža tveganje, ki izhaja iz obveznosti zdravstvenega zavarovanja za kritje nevarnosti in uporabljenih postopkov pri opravljanju poslovanja. Solventnost II zahteva, da zajema najmanj tveganje izgube zaradi spremembe v vrednosti zavarovalnih obveznosti, ki izhajajo iz
- sprememb stroškov, ki nastanejo pri servisiranju zavarovalne pogodbe,
 - nihanja v času, pogostosti in obsegu odškodninskih zahtevkov v času oblikovanja rezervacij in
 - negotovosti predpostavk glede oblikovanja cen in rezervacij, povezanih z epidemijami in ekstremnimi okoliščinami.

Modul tveganja zdravstvenih zavarovanj so v QIS5 sestavljali trije podmoduli:

- tveganje zdravstvenih zavarovanj, ki **so sklenjena** na podobni tehnični podlagi kot življenjska zavarovanja (angl. *health similar to life technique underwriting risk*, v nadaljevanju H_{SLT}),
- tveganje zdravstvenih zavarovanj, ki **niso sklenjena** na podobni tehnični podlagi kot življenjska zavarovanja (angl. *health not similar to life technique underwriting risk*, v nadaljevanju $H_{non-SLT}$) in
- tveganje katastrof (angl. *health catastrophe risk*).

Podmodul H_{SLT} je sestavljen na enak način, vendar brez tveganja katastrofe, kot modul tveganja življenjskih zavarovanj, podmodul $H_{non-SLT}$ pa iz podmodula tveganja premije in rezervacije (angl. *premium and reserve risk*), ki zajema zgoraj naštete zahteve direktive, in podmodula tveganja predčasne prekinitve zavarovalnih pogodb (angl. *lapse risk*).

- **tveganje neplačila nasprotne stranke** (angl. *counterparty default risk*, v nadaljevanju SCR_{def}), ki upošteva mogoče izgube zaradi nepričakovanega neplačila ali poslabšanja kreditnega položaja dolžnikov zavarovalnice. Sem spadajo tveganje neplačila ob pozavarovanju, tveganje neplačila pri izvedenih finančnih instrumentih in druge kreditne izpostavljenosti.
- **tveganje iz pogodb življenjskega zavarovanja** (angl. *life underwriting risk*, v nadaljevanju SCR_{life}), za katero je kapitalska zahteva enaka seštevku zahtevanega

kapitala za

- tveganje umrljivosti (angl. *mortality risk*), pri čemer povečanje stopnje umrljivosti vodi do povečanja vrednosti zavarovalnih obveznosti,
 - tveganje dolgoživosti (angl. *longevity risk*), kjer znižanje stopnje umrljivosti vodi do povečanja vrednosti zavarovalnih obveznosti,
 - tveganje invalidnosti in bolehnosti (angl. *disability and morbidity risk*),
 - tveganje stroškov servisiranja pogodb življenjskega zavarovanja (angl. *expense risk*),
 - tveganje revizij (angl. *revision risk*), ki izhaja iz nihanj v ravni, gibanju ali nestanovitnosti stopnje revizij rent zaradi sprememb v pravnem okolju ali zdravstvenem stanju zavarovane osebe,
 - tveganje predčasne prekinitve in
 - tveganje katastrofe življenjskega zavarovanja (angl. *catastrophe risk*).
- **tveganje iz pogodb neživljenjskega zavarovanja**³ (angl. *non-life underwriting risk*, v nadaljevanju SCR_{nl}), za katero je zahtevani kapital enak seštevku zahtevanega kapitala za
- tveganje izgube ali neugodne spremembe v vrednosti zavarovalnih obveznosti, ki izhajajo iz nihanja v času, pogostosti in resnosti zavarovalnih dogodkov, in v času in obsegu obravnavanja odškodninskih zahtevkov (tveganje premije in rezervacije neživljenjskega zavarovanja),
 - tveganje predčasne prekinitve zavarovanja in
 - tveganje katastrofe neživljenjskega zavarovanja – tveganje izgube ali neugodne spremembe v vrednosti zavarovalnih obveznosti zaradi večje negotovosti predpostavk glede oblikovanja cen in rezervacij, povezanih z izjemnimi ali ekstremnimi dogodki.
- **tveganje spremembe vrednosti neopredmetenih osnovnih sredstev** (angl. *intangible asset risk*, v nadaljevanju $SCR_{intangible}$).

Modul, ki se je prvič pojavil v QIS5, zajema dve tveganji (CEIOPS, 2010d):

- tržno tveganje, ki podobno kot za druge postavke bilance stanja izhaja iz zmanjšanja cene na aktivnem trgu in zmanjšane likvidnosti ter
- notranje tveganje (angl. *internal risk*), ki je povezano s posebno naravo teh elementov (katerokoli tveganje, da se bodo prihodnje koristi neopredmetenega sredstva zmanjšale).

Osnovni zahtevani kapital je določen s formulo (CEIOPS, 2010d)

$$BSCR = \sqrt{\sum_{ij} \rho_{ij} \cdot SCR_i \cdot SCR_j} + SCR_{intangible},$$

kjer i in j označujeta tveganja iz Tabele 1 ter ρ_{ij} korelacijo med zahtevanima solventnostnima kapitaloma i in j .

³Veljavni Zakon o zavarovalništvu (Ur. l. RS, št. 99/2010-UPB7) loči zavarovanja na življenjska in premoženjska, med tem ko Solventnost II za drugi izraz uporablja termin *neživljenjska* zavarovanja.

Tabela 1: Korelacijski koeficienti pri izračunu *BSCR*

	SCR_{Mkt}	SCR_{def}	SCR_{life}	SCR_{health}	SCR_{nl}
SCR_{Mkt}	1,00				
SCR_{def}	0,25	1,00			
SCR_{life}	0,25	0,25	1,00		
SCR_{health}	0,25	0,25	0,25	1,00	
SCR_{nl}	0,25	0,50	0,00	0,00	1,00

Vir: CEIOPS, *QIS5 Technical Specifications*, 2010d, str. 96.

3.6.2 Zahtevani solventnostni kapital za operativna tveganja – SCR_{op}

Operativno tveganje je tveganje izgube zaradi neprimerne ali neuspešne izvajanja notranjih procesov, delovanja osebja ter računalniških in drugih sistemov, ali zaradi zunanjih dogodkov. Vključuje pravna tveganja in izključuje tveganja, ki izhajajo iz strateških odločitev, ter tveganje izgube ugleda. Modul operativnega tveganja je namenjen pokrivanju tistih operativnih tveganj, ki niso upoštevana v modulih tveganj, ki sestavljajo *BSCR*.

SCR_{op} je bil v QIS5 odvisen od višine prihodkov od premij v letu in zavarovalno-tehničnih rezervacij. Za zavarovalnice, ki ne tržijo življenjskih zavarovanj, pri katerih naložbeno tveganje nosijo imetniki polic, je SCR_{op} največ 30 % *BSCR*.

3.6.3 Prilagoditev zaradi absorpcijske zmožnosti izgub zavarovalno-tehničnih rezervacij in odloženih davkov – *ADJ*

Prilagoditev zaradi absorpcijskih kapacitet zavarovalno-tehničnih rezervacij in odloženih davkov (direktiva Solventnost II, člena 103(c) in 108) omogoča nadomestilo nepričakovanih izgub s hkratnim zmanjševanjem zavarovalno-tehničnih rezervacij, odloženih davkov ali kombinacijo obeh. Prilagoditev upošteva učinek blažitve tveganja zaradi prihodnjih diskrecijskih upravičenj iz pogodb zavarovanja, kadar lahko zavarovalnice dokažejo, da se zmanjšanje takšnih upravičenj sme uporabiti za kritje nepričakovanih izgub, ko te nastanejo. Prilagoditev zaradi absorpcijskih kapacitet zavarovalno-tehničnih rezervacij in odloženih davkov ne sme biti večja od vsote zavarovalno-tehničnih rezervacij in odloženih davkov, ki se nanašajo na prihodnja diskrecijska izplačila.

3.6.4 Neto vrednost sredstev

Izračun kapitalske zahteve je pri nekaterih podmodulih tveganj v QIS5 potekal na podlagi vpliva izbranega šoka oziroma scenarija na višino čiste vrednosti sredstev (angl. *Net Asset Value*, v nadaljevanju *NAV*), ki je razlika med sredstvi in obveznostmi. Kadar je šok (na primer padec vrednosti nepremičnin za 25 %) negativno vplival na višino *NAV*, tedaj je bil SCR za izbrani podmodul tveganja kar enak tej spremembi.

3.7 Standardna formula s specifičnimi parametri zavarovalnice

Če profil tveganj, ki izhajajo iz pogodb življenjskih, neživljenjskih in zdravstvenih zavarovanj, bistveno odstopa od predpostavk, ki so bile osnova za izračun *SCR* po standardni formuli, lahko zavarovalnice zaprosijo nadzorni organ, da ustrezne parametre nadomestijo s specifičnimi parametri zavarovalnice, lahko pa to od zavarovalnic zahteva tudi nadzorni organ.

3.8 Delni in popolni notranji model

Solventnost II omogoča zavarovalnicam, da za izračun kapitalskih zahtev izbirajo med petimi načini izračuna (poglavje 3.4.1), med katere spadata tudi dva načina z notranjim modelom. Pri izbiri načina bodo morale zavarovalnice upoštevati naravo, obseg in zahtevnost tveganj, s katerimi se soočajo pri poslovanju. Namen notranjega modela je primerneje opisati profil tveganj pri poslovanju zavarovalnic, saj je ponavadi primerneje uporabiti ustrezne napredne pristope skupaj s podatki in procesi, ki so specifični za posamezno zavarovalnico. Zato bo tudi *SCR*, izračunan z uporabo notranjega modela, bolje ustrezal profilu tveganj zavarovalnice v primerjavi z izračunom po standardni formuli.

Ker je kapital najdražji vir financiranja, bodo zavarovalnice strmele k znižanju kapitalskih zahtev. Zato lahko pričakujemo, da bodo zavarovalnice razvijale notranje modele, če bodo z njimi znižale kapitalske zahteve, manj verjetno pa je, da bi si jih namerno povešale, čeprav bi bilo glede na profil tveganj to morda primerneje. Z nižjimi kapitalskimi zahtevami bodo zavarovalnice lažje konkurirale na trgu zavarovalniških produktov. Najbolj se bo učinek razvoja notranjega modela poznal pri velikih zavarovalnicah, medtem ko bodo manjše zavarovalnice *SCR* najverjetneje izračunale s standardnim modelom, še posebej, če je raven procesne in informacijske tehnologije nizka. Razvoj in implementacija notranjega modela namreč prinašata visoke stroške, ki si jih majhne zavarovalnice ne bodo mogle privoščiti.

Notranji model je lahko popolni ali delni. Popolni model mora zajemati vsa pomembna tveganja, katerim je zavarovalnica izpostavljena, najmanj pa tista, ki jih mora kriti *SCR* v skladu s 101. členom direktive Solventnost II in smo jih zapisali v uvodnem delu poglavja 3.6. Nadzorni organ bo odobril delni notranji model, če bo zavarovalnica dobro utemeljila razlog za omejen obseg uporabe modela, vendar pa bo moral omogočiti polno integracijo standardne formule za izračun zahtevanega solventnostnega kapitala za druge module oziroma podmodule tveganj.

Za odobritev uporabe notranjega modela, bo morala zavarovalnice vložiti vlogo na nadzorni organ, s katero bo dokazala, da je model opravil preskus uporabe ter da izpolnjuje statistične standarde kakovosti, standarde kalibracije, standarde validiranja in dokumentacijske standarde. Nadzorni organ bo moral v roku šestih mesecev od prejetja popolne

vloge odobriti ali zavrniti uporabo predlaganega notranjega modela. Zavarovalnica se bo ob začetku postopka odobritve notranjega modela dogovorila z nadzornim organom o politiki zamenjave notranjega modela, ki vsebuje specifikacijo manjših in večjih sprememb. Ob večjih spremembah bo morala ponovno pridobiti soglasje nadzornega organa, medtem ko bo ob manjših treba zagotoviti usklajenost z dogovorjeno politiko. Ko bo vloga za notranji model odobrena, se zavarovalnica ne bo smela vračati na izračun zahtevanega solventnostnega kapitala po standardni formuli, razen pod utemeljenimi pogoji in če bo to odobril nadzorni organ.

3.9 Rezultati QIS5

Konec leta 2010 je potekala peta študija QIS, s katero sta Evropska komisija in CEIOPS želeli še zadnjič dobiti rezultate za izbrane parametre standardne formule. Cilji raziskave so bili predvsem povečanje števila udeležencev (rezultat: 78 % več zavarovalnic kot pri študiji QIS4), izdelava ocene zahtevnosti in izvedljivosti predlaganega izračuna, testiranje nekaterih metod in oblikovanje kalibracijskih parametrov za modula tveganj iz pogodb neživljenjskih in *nSLT* zdravstvenih zavarovanj (CEIOPS, 2010d; CEIOPS, 2010e). V nadaljevanju predstavljamo nekatere rezultate študije, ki veljajo za povprečno zavarovalnico (vpliv zavarovalniških skupin ni upoštevan).

Rezultati študije so pokazali (EIOPA, 2011a), da je imelo okoli 85 % zavarovalnic dovolj lastnih sredstev za pokrivanje *SCR*. Kar polovica zavarovalnic je imela pokritje *SCR* več kot 200 %, medtem ko 5 % zavarovalnic ni imelo dovolj lastnih sredstev niti za kritje *MCR*. Rezultati nadalje razkrivajo, da predstavlja ***SCR*_{Mkt} večinski delež** v izračunanem *BSCR*, in sicer kar **56,5 %**. Pri življenjskih zavarovalnicah je ta prispevek še nekoliko višji, 67,4 %, pri neživljenjskih zavarovalnicah pa znaša 32,8 %. Prispevki posameznih podmodulov so odvisni od vrste zavarovalnice, v povprečju pa največ prispevajo podmoduli tveganja spremembe cen lastniških vrednostnih papirjev (v povprečju 42 %), kreditnih pribitkov (30 %) in obrestnih mer (28 %).⁴ Zaradi globalne finančne krize po letu 2007 je CEIOPS (2010a) v primerjavi s QIS4 predlagal bistveno povišanje kalibracijskih parametrov v modulu tržnega tveganja, a je Evropska komisija za potrebe QIS5 dvig nekoliko omilila. Prispevek novega podmodula v QIS5, *Mkt_{il}*, je znašal le okoli 1,3 % in ne vpliva pomembno na višino kapitalskih zahtev evropskih zavarovalnic.

Prispevek zaradi **tveganj iz zavarovalnih pogodb** predstavlja šele drugo komponento *BSCR* po velikosti, in sicer **36,5 %**, kjer znaša prispevek zahtevanega kapitala zaradi tveganj iz pogodb neživljenjskih zavarovanj 16,9 %, zaradi tveganj iz pogodb življenjskih zavarovanj 15,3 % in iz naslova tveganj zdravstvenih zavarovanj 4,3 % *BSCR*. Modul neživljenjskih zavarovanj se je izkazal za kompleksnega, predvsem pri izračunu zahtevanega solventnostnega kapitala za tveganje katastrof, ki je predstavljal slabo polovico *SCR_{nl}*,

⁴Deleži v oklepajih ne zajemajo vpliva diverzifikacije.

dobro polovico pa je predstavljal zahtevani solventnostni kapital za tveganje premij in rezervacij, medtem ko je bil prispevek zaradi tveganja prekinitev pogodb okoli 1 %. Pri življenjskih zavarovanjih imata največji prispevek modul tveganja predčasne prekinitve in modul tveganja dolgoživosti.

Modul tveganja iz pogodb zdravstvenih zavarovanj je v času med QIS4 in QIS5 doživel popolni pregled in največ sprememb, tudi vsebinskih. Predlagani visoki kalibracijski parametri (CEIOPS, 2010c), ki bi SCR_{health} lahko povišali tudi za faktor 2, so vzpodbudili razpravo v državah, kjer so zdravstvena zavarovanja močno vpeta v javni sistem in med katere sodi tudi Slovenija. V letu 2010 so potekala usklajevanja med različnimi interesnimi skupinami glede višine parametrov za izračun kapitalskih zahtev, sodelovale pa so predvsem zavarovalnice iz Francije, Belgije in Slovenije. Rezultat aktivnosti je bilo znatno znižanje kalibracijskega parametra v QIS5 in vključitev metode izračuna kapitalskih zahtev za zdravstveno tveganje, ki upošteva učinek izravnalne sheme, ki deluje tudi v Sloveniji.

Izračun zahtevanega solventnostnega kapitala za **tveganje neplačila nasprotne stranke** je postal v QIS5 še nekoliko bolj zahteven v primerjavi s pristopom v QIS4, a te zahtevnosti glede na naravo, obseg in nezahtevnost kreditnega tveganja pri poslovanju zavarovalnic ponovno ni upravičil. V skupnem $BSCR$ je znašal **6,9 %**.

Tveganje spremembe vrednosti neopredmetenih osnovnih sredstev je v QIS5 predstavljalo nov modul, za katerega je delež $SCR_{\text{intangible}}$ v SCR znašal v povprečju nepomembnih **0,1 %**.

Strošek kapitala (angl. *Cost of Capital*, v nadaljevanju *CoC*) je pri obeh zadnjih študijah QIS znašal 6 % (CEIOPS, 2010d).

4 ZAKONSKA UREDITEV NALOŽB V ZAVAROVALNICAH

4.1 Trenutna ureditev

Zavarovalnice, ki delujejo v slovenskem zavarovalnem prostoru, morajo upoštevati Zakon o zavarovalništvu (Ur. l. RS, št. 99/2010-UPB7, v nadaljevanju ZZavar). Ta od njih zahteva, da poslujejo likvidno in solventno. Naložbe morajo upravljati varno in donosno ter jih ustrezno razpršiti. Izbiro naložb, katerih vir je kritno premoženje ali kritni sklad, preventivno regulira s številnimi količinskimi omejitvami v 121. in 122. členu, s čimer omejuje tveganja, ki so jim zavarovalnice zaradi svojih naložbenih odločitev izpostavljene. Količinske omejitve, ki izhajajo iz ZZavar, prikazuje Tabela 2.

Tabela 2: Omejitve izbire naložb po Zakonu o zavarovalništvu

Skupine	Omejitvev (odstotek ZTR)	V. p. istega izdajatelja (skupaj do)		
		5 %	10 %	30 %
Državni vrednostni papirji				
Državni vrednostni papirji RS, BS in držav OECD	ni omejitev			
Obveznice, delnice, investicijski kuponi in ostali VP				
Obveznice in drugi dolžniški v.p., ki kotirajo na organiziranem trgu v RS ali državah OECD	do 40 % za istega izdajat., če ustreza posebnim pogojem iz 2. točke 122. člena ZZavar	✓		
Obveznice in drugi dolžniški v.p., ki ne kotirajo na organiziranem trgu, izdajat. pa ima sedež v RS ali državah OECD	do 1 % za istega izdajatelja, oz. 5 % če gredo v.p. po 6 mesecih v kotacijo	✓	✓	
Delnice in drugi v.p., ki ne kotirajo na organiziranem trgu, izdajat. pa ima sedež v RS ali državah OECD	skupno do 5 % ter do 1 % za istega izdajat.	✓	✓	✓
Delnice in drugi v.p., ki kotirajo na organiziranem trgu v RS ali državah OECD		✓		✓
Investicijski kuponi vzajemnih skladov oz. delnice investicijskih družb (z več kot polovico v.p. brez zaj. donosa)				✓
Investicijski kuponi vzajemnih skladov oz. delnice investicijskih družb (zajamčen donos)	do 40 %			
Nepremičnine in opredmetena osnovna sredstva				
Nepremičnine, ki so vpisane v zemljiško knjigo (če dajejo donos) in opredmetena osnovna sredstva na nepremičnini	skupno do 30 % in do 10 % za naložbe v eno nepremičnino ter eno opredmeteno osnovno sredstvo			
Depoziti				
Depoziti ali potrdila o vlogah pri banki s sedežem v EEA ali OECD	skupno do 30 % in do 10 % za posamezno banko, do 2 % za posamezno hranilnico			
Terjatve				
Terjatve iz naslova povračila davkov	do 5 %			
Terjatve do garancijskih, solidarnostnih in škodnih skladov	skupno do 5 % in do 2 % za posamezni sklad			
Ostalo				
Druga posojila, ustrezno zavarovana	skupno do 5 % ter do 2 % za istega posojilojemalca			
Gotovina v blagajni in na vpoglednih računih	do 3 %			

Vir: Zakon o zavarovalništvu, Ur. l. RS, št. 99/2010-UPB7.

4.2 Solventnost II

Od leta 2014 naprej (Evropska komisija, 2011) bo slabih 7 bilijonov evrov naložb evropskih zavarovalnic (CEA, 2010), kar pomeni dobro polovico bruto domačega proizvoda Evropske Unije v letu 2010 (Eurostat, 2011), zakonsko urejala direktiva Solventnost II, ki bo omogočala zavarovalnicam skoraj proste roke pri izbiri naložb. Direktiva namreč ne vsebuje preventivnih količinskih omejitev, kot jih pozna ZZavar, temveč bodo morale zavarovalnice zadostiti določenim kakovostnim zahtevam (v nadaljevanju). Svoboda pri naložbenju bo imela svojo ceno v višini SCR , ki bo odvisen od profila tveganja premoženja.

Solventnost II v 13. členu določa **tržno tveganje** kot »*nevarnost izgube ali neugodne spremembe v finančnem položaju, ki izvira iz nihanj tržnih cen sredstev, obveznosti in finančnih instrumentov*«. Zahtevani solventnostni kapital za modul tržnega tveganja, SCR_{Mkt} , se izračuna kot kombinacija kapitalskih zahtev podmodulov tržnega tveganja z upoštevanjem korelacijskih koeficientov. QIS5 je vpeljala dodaten podmodul tveganja premije za nelikvidnost (glej 3.6.1), ki pa ne igra pomembne vloge v skupnem seštevku zahtevanega kapitala. Postopek izračuna SCR_{Mkt} prikazuje poglavje 4.3.

Solventnost II v 132. členu dalje določa, da morajo zavarovalnice vlagati vsa svoja sredstva v skladu z načelom preudarne osebe, vlagati pa smejo le v sredstva in instrumente, katerih tveganje lahko opredelijo, izmerijo, upravljajo, nadzirajo in o njem poročajo. Sredstva morajo biti naložena varno, kakovostno in likvidno. Posebna zahteva se nanaša na sredstva za kritje zavarovalno-tehničnih rezervacij, ki bodo morala biti naložena na način, ki ustreza naravi in trajanju zavarovalnih obveznosti, predvsem pa v interesu vseh imetnikov polic in upravičencev.

133. člen dopušča zavarovalnicam več svobode pri izbiri naložb, vendar od njih zahteva, da imajo na voljo dovolj lastnih sredstev za pokritje morebitnih izgub iz naslova tržnega tveganja, ki jih direktiva omejuje na SCR_{Mkt} s stopnjo zaupanja 99,5 %. Prednost uporabe količinskih omejitev je v enostavnejšem nadzoru, vendar tveganja z uporabo količinskih omejitev niso obvladana, saj ni jasno, ali imajo zavarovalnice dovolj sredstev za pokrivanje izgub, ki bi lahko nastale zaradi nihanja tržnih vrednosti naložb. Soobstoj kapitalskih zahtev in količinskih omejitev bi bil mogoč, vendar pa bi bila ureditev izredno kompleksna in za zavarovalnice preveč obremenjujoča, saj je izračun SCR precej bolj kompleksen ter vsebuje bistveno več vhodnih parametrov v primerjavi z izračunom kapitalskih zahtev po Solventnosti I.

V nadaljevanju bomo predstavili postopek izračuna zahtevanega solventnostnega kapitala za tržno tveganje, ki je veljal pri QIS5.

4.3 Zahtevani solventnostni kapital – SCR_{Mkt}

Solventnost II v prilogi 4 določa izračun tržnega tveganja z enačbo

$$SCR_{Mkt} = \sqrt{\sum_{i,j} \rho_{i,j} \cdot Mkt_i \cdot Mkt_j}, \quad (34)$$

kjer Mkt_i in Mkt_j v skladu s študijo QIS5 nadomestimo z Mkt_{int} , Mkt_{eq} , Mkt_{prop} , Mkt_{sp} , Mkt_{fx} , Mkt_{conc} in Mkt_{il} (poglavje 3.6.1). Korelacijske koeficiente v enačbi (34) prikazuje Tabela 3.

Tabela 3: Korelacijski koeficienti med posameznimi podmoduli tržnega tveganja

	Mkt_{int}	Mkt_{eq}	Mkt_{prop}	Mkt_{sp}	Mkt_{fx}	Mkt_{conc}	Mkt_{il}
Mkt_{int}	1,00						
Mkt_{eq}	0,00/0,50	1,00					
Mkt_{prop}	0,00/0,50	0,75	1,00				
Mkt_{sp}	0,00/0,50	0,75	0,50	1,00			
Mkt_{fx}	0,25	0,25	0,25	0,25	1,00		
Mkt_{conc}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
Mkt_{il}	0,00	0,00	0,00	−0,50	0,00	0,00	1,00

Opomba: Koeficienti pri Mkt_{int} , ki so zapisani v rdeči barvi, veljajo le za primer izpostavljenosti tveganju zaradi znižanja obrestne mere.

Vir: CEIOPS, QIS5 Technical Specifications, 2010d, str. 108–109.

4.3.1 Korelacije med podmoduli

CEIOPS (2010b) je ugotovil, da korelacije pri modulu tržnega tveganja, ki so veljale za QIS4, niso povsem smiselne, in predlagal ločeno obravnavo situacij, ko je zavarovalnica izpostavljena tveganju dviga oziroma tveganju znižanja obrestne mere. Če je bila zavarovalnica izpostavljena tveganju znižanja obrestne mere, je bila pri QIS5 korelacija med Mkt_{int} ter Mkt_{eq} , Mkt_{prop} in Mkt_{sp} enaka 50 % (vrednosti so v Tabeli 3 zapisane z rdečo barvo), v primeru izpostavljenosti proti dvigu obrestne mere pa enaka nič. Ker v nadaljevanju obravnavamo optimizacijo premoženja brez kratkih pozicij vrednostnih papirjev, ki so izpostavljeni tveganju spremembe obrestne mere, je premoženje izpostavljeno izključno tveganju dviga obrestne mere, zato bomo v nadaljevanju za korelacijski koeficient med Mkt_{int} in Mkt_{eq} uporabili vrednost nič. Če je zavarovalnica izpostavljena tveganju pri obeh dogodkih spremembe obrestne mere, je treba ugotoviti, kateri dogodek zahteva višji SCR_{Mkt} .

4.3.2 Mkt_{int}

Tveganje spremembe obrestne mere je prisotno pri vsakem sredstvu, obveznosti ali finančnem instrumentu, kjer je njihova vrednost občutljiva na spremembe časovne strukture obrestnih mer ali na njihovo nestanovitnost. Tipični predstavnik so vrednostni papirji s

Tabela 4: Donosnosti glede na dospelost denarnega toka in faktorji izjemnih situacij za spremembo obrestne mere v QIS5

t (v letih)	$R[t]$ (v %)	$s^\uparrow[t]$ (v %)	$s^\downarrow[t]$ (v %)
1	1,210	70	-75
2	1,786	70	-65
3	2,193	64	-56
4	2,506	59	-50
5	2,757	55	-46
6	2,970	52	-42
7	3,158	49	-39
8	3,325	47	-36
9	3,473	44	-33
10	3,605	42	-31
11	3,721	39	-30
12	3,821	37	-29
13	3,904	35	-28
14	3,973	34	-28
15	4,028	33	-27
16	4,069	31	-28
17	4,098	30	-28
18	4,115	29	-28
19	4,123	27	-29
20	4,121	26	-29
21	4,112	26	-29
22	4,097	26	-30
23	4,077	26	-30
24	4,053	26	-30
25	4,026	26	-30
30	3,875	25	-30

Vir: CEIOPS, QIS5 Technical Specifications, 2010d, str. 111.

stalnim donosom. Ker obravnavamo premoženje, ki je izpostavljeno tveganju **dviga** ($\uparrow$) obrestne mere, iz CEIOPS (2010d) sledi, da je

$$Mkt_{\text{int}} = \Delta NAV|_{\text{int}}^\uparrow,$$

kjer je $\Delta NAV|_{\text{int}}^\uparrow$ sprememba čiste vrednosti sredstev v primeru dviga obrestne mere.

Vrednost $\Delta NAV|_{\text{int}}^\uparrow$ je odvisna od prihodnjih denarnih tokov in kalibracijskih parametrov (Tabela 4). Diskontno stopnjo $R^\uparrow[t]$ za scenarij izjemne situacije dviga obrestne mere za brezkuponsko obveznico (oziroma denarni tok ob času t) lahko zapišemo kot (CEIOPS, 2010d, str. 111):

$$R^\uparrow[t] = R[t] \cdot (1 + s^\uparrow[t]),$$

kjer $R[t]$ predstavlja krivuljo donosnosti brezakuponske obveznice z rokom dospelosti t . Če je $CF[t]$ denarni tok (angl. *cash flow*) v času t , potem je sedanja vrednost V_0 enaka

$$V_0 = \sum_{t=1}^T \frac{CF[t]}{(1 + R[t])^t}, \quad (35)$$

kjer je T najdaljša ročnost obveznic v premoženju. V primeru scenarija dviga obrestne mere uporabimo ustrezen popravek pri donosnosti in iz enačbe (35) dobimo vrednost obveznice v pogojih izjemne situacije:

$$V_0^\uparrow = \sum_{t=1}^T \frac{CF[t]}{(1 + R^\uparrow[t])^t}. \quad (36)$$

Zahtevani solventnostni kapital za tveganje spremembe obrestne mere vseh finančnih prilivov je razlika vrednosti (35) in (36),

$$\begin{aligned} Mkt_{\text{int}} &= \Delta NAV|_{\text{int}}^\uparrow \\ &= V_0 - V_0^\uparrow \\ &= \sum_{t=1}^T CF[t] \left((1 + R[t])^{-t} - (1 + R^\uparrow[t])^{-t} \right), \end{aligned} \quad (37)$$

izrazimo pa ga lahko tudi v odstotkih začetne vrednosti NAV :

$$\begin{aligned} Mkt_{\text{int},\%} &= \frac{\Delta NAV|_{\text{int}}^\uparrow}{NAV} \\ &= \frac{V_0 - V_0^\uparrow}{V_0} \\ &= 1 - \frac{\sum_{t=1}^T CF[t] (1 + R^\uparrow[t])^{-t}}{\sum_{t=1}^T CF[t] (1 + R[t])^{-t}}. \end{aligned} \quad (38)$$

4.3.3 Mkt_{eq}

Tveganje spremembe cen lastniških vrednostnih papirjev izhaja iz občutljivosti sredstev, obveznosti ali finančnih instrumentov na spremembe v ravni ali nepredvidljivosti tržnih cen delnic. Za izračun Mkt_{eq} so se naložbe v študiji QIS5 delile v dve skupini, **globalni** (angl. *global*) in **drugi** (angl. *others*) vrednostni papirji. **Globalni** vrednostni papirji so vrednostni papirji iz držav članic Organizacije za gospodarsko sodelovanje in razvoj (angl. *Organisation for Economic Co-operation and Development* – OECD) in Evropskega gospodarskega prostora (angl. *European Economic Area*, v nadaljevanju EEA), medtem ko v kategorijo **drugi** sodijo vsi drugi vrednostni papirji. Razlika med njimi je v kalibracijskih faktorjih testiranja izjemnih situacij. Pri **globalnih** vrednostnih papirjih je kalibracijski faktor znašal 39 % in pri **drugih** 49 %, čeprav je CEIOPS (2010a) predlagal vrednosti v višini 55 % in 65 %. Zahtevani solventnostni kapital za vsako od skupin izračunamo kot zmnožek vrednosti vseh naložb v skupini in pripadajočega kalibracijskega faktorja, zahtevani solventnostni kapital za tveganje spremembe cen lastniških vrednostnih papirjev

pa je enak (CEIOPS, 2010d)

$$Mkt_{eq} = \sqrt{\sum_{i,j} \rho_{ij} \cdot Mkt_i \cdot Mkt_j}, \quad (39)$$

kjer sta $i, j \in (globalni, drugi)$, korelacijski koeficienti ρ_{ij} pa so zapisani v Tabeli 5. Tudi sestavljene vrednostne papirje je treba razdeliti glede na njihovo sestavo na obe skupini (angl. *look-through approach*).

Tabela 5: Korelacijski koeficienti med skupino globalnih in skupino drugih vrednostnih papirjev

	Globalni	Drugi
Globalni	1,00	
Drugi	0,75	1,00

Vir: CEIOPS, QIS5 Technical Specifications, 2010d, str. 115.

4.3.4 Mkt_{prop}

Tveganje spremembe cen nepremičnin je prisotno pri sredstvih, obveznostih ali finančnih instrumentih, katerih vrednosti so občutljive na spremembe v ravni ali nestanovitnosti tržnih cen nepremičnin. QIS5 določa Mkt_{prop} s testom izjemne situacije ob šoku padca ($\downarrow$) nepremičnin za 25 %,

$$Mkt_{prop} = (\Delta NAV|_{prop}^{\downarrow})_+,$$

kjer smo uporabili zapis iz (5).

4.3.5 Mkt_{fx}

Devizno tveganje se pojavi zaradi sprememb v ravni ali nestanovitnosti menjalnih tečajev valute C v primerjavi z lokalno valuto. Podobno kot pri predhodnem podmodulu je tudi tukaj potekal izračun kapitalske zahteve v QIS5 s testom izjemne situacije s šokom v višini 25 %, ⁵ le da sta tu možni dve situaciji: menjalni tečaj naraste ali pade. Zahtevani solventnostni kapital za valutno tveganje premoženja v valuti C je tako

$$Mkt_{fx,C} = \max \left[Mkt_{fx,C}^{\uparrow}; Mkt_{fx,C}^{\downarrow} \right],$$

kjer sta

$$\begin{aligned} Mkt_{fx,C}^{\uparrow} &= (\Delta NAV|_{fx,C}^{\uparrow})_+, \\ Mkt_{fx,C}^{\downarrow} &= (\Delta NAV|_{fx,C}^{\downarrow})_+. \end{aligned}$$

⁵Izjema so menjalni tečaji med valutami evro, danska krona, estonska krona, latvijski lats in litvijski litas. Podrobnosti so v CEIOPS, 2010d, str. 118–119, in CEIOPS, 2010e, priloga 2.

4.3.6 Mkt_{sp}

Tveganje spremembe kreditnih pribitkov je rezultat občutljivosti vrednosti sredstev, obveznosti in finančnih instrumentov na spremembe v ravni ali nestanovitnosti kreditnih pribitkov ob dani časovni strukturi netvegane obrestne mere. Najpogosteje se pojavi pri podjetniških obveznicah, strukturiranih produktih in podrejenem dolgu. Zaradi preobsežne tematike bomo predstavili izračun samo za področje obveznic (Mkt_{sp}^{obvez}), za področje strukturiranih produktov in kreditnih derivativov pa se izračun nahaja v CEIOPS (2010d, str. 123–126).

Kapitalska zahteva za tveganje spremembe kreditnih pribitkov pri obveznicah je bila v QIS5 določena s testom izjemnih situacij

$$Mkt_{sp}^{obvez} = (\Delta NAV|_{sp}^{\uparrow})_+,$$

kjer je šok na spremembo kreditnih pribitkov pri obveznicah kar neposredni učinek na čisto vrednost sredstev zaradi znižanja vrednosti obveznice, ki je posledica povečanja kreditnih pribitkov:

$$\Delta NAV|_{sp}^{\uparrow} = \sum_i MV_i D_i F^{\uparrow}[\text{boniteta}_i]. \quad (40)$$

MV_i in D_i sta tržna vrednost in trajanje obveznice i , $F^{\uparrow}[\text{boniteta}_i]$ pa je funkcija bonitetnega razreda, ki je kalibrirana tako, da šok ustreza $Var_{99,5\%}$. Parametri $F^{\uparrow}[\text{boniteta}_i]$ so podani v Tabeli 6. Državne obveznice držav članic EEA, obveznice centralnih bank in drugih mednarodnih organizacij⁶ so bile izločene iz izračuna kapitalskih zahtev za tveganje spremembe kreditnih pribitkov.

Tabela 6: Parameter $F^{\uparrow}$ ter spodnji in zgornji prag za trajanje obveznic v odvisnosti od njene bonitetne ocene

Boniteta	$F^{\uparrow}$	$D_{\min}$	$D_{\max}$
AAA	0,9 %	1	36
AA	1,1 %	1	29
A	1,4 %	1	23
BBB	2,5 %	1	13
BB	4,5 %	1	10
B ali manj	7,5 %	1	8
brez	3,0 %	1	12

Vir: CEIOPS, QIS5 Technical Specifications, 2010d, str. 122.

⁶Podrobnejši kriteriji glede uvrstitve so v CEIOPS (2010d, str. 123).

4.3.7 Mkt_{conc}

Tveganje tržne koncentracije je posledica pomanjkljive razpršenosti premoženja ali večje izpostavljenosti tveganju neplačila s strani enega izdajatelja ali skupine povezanih izdajateljev vrednostnih papirjev. Podmodul obsega sredstva, ki so vključena v podmodule tveganja spremembe cen lastniških vrednostnih papirjev, spremembe kreditnih pribitkov in spremembe cen nepremičnin, izključuje pa sredstva, ki so zajeta v modulu tveganja neplačila nasprotne stranke, in sredstva, ki izhajajo iz življenjskih zavarovanj, kjer naložbeno tveganje nosi imetnik police. Izračun Mkt_{conc} je v QIS5 potekal v treh korakih:

- izračun presežene izpostavljenosti (angl. *excess exposure*),
- izračun zahtevanega solventnostnega kapitala za tveganje tržne koncentracije za posameznega izdajatelja vrednostnih papirjev in
- izračun končnega seštevka solventnostnega kapitala za tveganje tržne koncentracije.

Presežena izpostavljenost XS_i do nasprotne stranke i se izračuna kot

$$XS_i = \left(\frac{E_i}{A} - PK_i \right)_+ , \quad (41)$$

kjer je E_i skupna izpostavljenost do nasprotne stranke i , $A = \sum_i E_i$ je seštevka vseh sredstev, ki jih podmodul upošteva, in PK_i prag koncentracije, kot prikazuje Tabela 7.

Tabela 7: Prag koncentracije glede na bonitetno oceno nasprotne stranke

Boniteta	Prag koncentracije (PK)	g
AA–AAA	3,0 %	0,12
A	3,0 %	0,21
BBB	1,5 %	0,27
BB ali manj	1,5 %	0,73

Vir: CEIOPS, QIS5 Technical Specifications, 2010d, str. 129.

V drugem koraku izračunamo kapitalsko zahtevo za kritje tveganja tržne koncentracije do posamezne nasprotne stranke, kjer je šok oziroma znižanje čiste vrednosti sredstev v izjemni situaciji enaka produktu presežene izpostavljenosti in parametru g_i , ki je odvisen od bonitetne ocene nasprotne stranke (Tabela 7):

$$conc_i = \Delta NAV|_{\text{conc}}^{g_i} = g_i XS_i A.$$

Zahtevani solventnostni kapital za podmodul tveganja tržne koncentracije, ki ne predvideva korelacije med posameznimi nasprotnimi strankami, je enak

$$Mkt_{\text{conc}} = \sqrt{\sum_i (conc_i^2)}. \quad (42)$$

Podobno kot pri podmodulu tveganja spremembe kreditnih pribitkov tudi v tem podmodulu ni kapitalskih zahtev za državne vrednostne papirje držav članic EEA, obveznice

centralnih bank in drugih mednarodnih organizacij, kot je določeno v CEIOPS (2010d, str. 131).

4.3.8 Mkt_{il}

Ker se pri izračunu zavarovalno-tehničnih rezervacij upošteva premija za nelikvidnost, ki jo je moč opaziti na finančnih trgih, bi tudi tržno tveganje moralo zajeti tveganje premije za nelikvidnost (CEIOPS, 2010d). Tveganje spremembe premije za nelikvidnost izhaja iz tveganja rasti vrednosti zavarovalno-tehničnih rezervacij, kadar se premija za nelikvidnost zmanjša, medtem ko je učinek povišanja premije za nelikvidnost zajet v kalibraciji podmodula tveganja spremembe kreditnih pribitkov. Zahtevani kapital za tveganje spremembe premije za nelikvidnost je rezultat vnaprej določenega scenarija, kjer je šok neposredni vpliv na čisto vrednost sredstev zaradi znižanja premije za nelikvidnost na finančnih trgih v višini 65 %,

$$Mkt_{il} = \left(\Delta NAV|_{il}^{\downarrow} \right)_+, \quad (43)$$

pri čemer je znižanje omejeno na premijo za nelikvidnost, ki se upošteva pri izračunu zavarovalno-tehničnih rezervacij.

5 MARKOWITZEV MODEL OPTIMIZACIJE PREMOŽENJA

5.1 Izbor vrednostnih papirjev

5.1.1 Netvegani vrednostni papir

Sodobna premoženjska teorija predpostavlja, da se standardni odklon donosnosti netveganega vrednostnega papirja s časom ne spreminja in je enak nič (poglavje 2.3.2). Vendar pa takega vrednostnega papirja v realnem svetu ni moč najti, zato je treba poiskati vrednostni papir s čim nižjim standardnim odklonom donosnosti. V praksi se za netvegani vrednostni papir najpogosteje uporablja dolgoročna državna obveznica z najvišjo bonitetno oceno, AAA (poglavje 2.3.3). Državna obveznica je pri izračunu zahtevanega solventnostnega kapitala za tržno tveganje izključena iz podmodulov Mkt_{sp} (poglavje 4.3.6) in Mkt_{conc} (poglavje 4.3.7). Da bi izključili tudi valutno tveganje, naj bo obveznica nominirana v isti valuti, v kateri posluje zavarovalnica. Predpostavimo, da je ta valuta evro. Tedaj bi izračun zahtevanega solventnostnega kapitala za tržno tveganje obveznice vseboval le prispevek zaradi tveganja spremembe obrestne mere.

Evropska centralna banka v makroekonomskih napovedih o spremembah v donosnosti dolgoročnih državnih obveznic držav članic EU v pogojih izjemnih situacij opredeljuje nemške državne obveznice kot edine, ki nimajo pribitka v donosnosti, EIOPA pa je napovedi vključila v zavarovalniški test izjemnih situacij (EIOPA, 2011b, str. 23–24). Čeprav

obstajajo študije (na primer Euromoney, 2010), ki Nemčijo ne uvrščajo na sam vrh seznama držav glede na varnost naložb v državne vrednostne papirje, pa bomo na podlagi omenjenih makroekonomskih napovedi obravnavali dolgoročno nemško državno obveznico (v nadaljevanju obveznica) kot netvegani vrednostni papir.

CEIOPS (2008, str. 182) v rezultatih študije QIS4 ugotavlja, da je trajanje obveznosti pri neživljenjskih zavarovalnicah v povprečju 2,4 leta, mediana pa znaša 3,7 leta. Naložbe, ki krijejo zavarovalno-tehnične rezervacije, morajo biti z njimi usklajene tudi po ročnosti, zato lahko za naš izračun izberemo na primer brezkuponsko obveznico z ročnostjo treh let (v primeru brezkuponske obveznice sta ročnost in trajanje enaka). Pri naložbah, katerih vir je kapital, trajanje obveznice ni ključnega pomena in zavarovalnica izbere obveznico na podlagi naklonjenosti tveganju.

Korelacije in donosnosti, ki smo jih zapisali v poglavju 4.3, so veljale pri študiji QIS5 s presečnim datumom 31. 12. 2009, zato nadaljujmo z optimizacijo premoženja na ta dan. Kot netvegani vrednostni papir smo torej izbrali triletno brezkuponsko nemško državno obveznico, za podatke pa smo uporabili indeks GDBR3, katerega donosnost je bila na dan 31. 12. 2009 enaka 1,628 %. Časovne vrste indeksov, predstavljenih v nadaljevanju, naj se končajo na isti dan.

5.1.2 Tvegani vrednostni papirji

V času nastanka modela je število izračunov pri Markowitzevi izbiri optimalnega premoženja neugodno vplivalo na hitrost in praktičnost njegove uporabe (poglavje 2.3.1), pri današnjih računalniških zmogljivostih pa to ne predstavlja nikakršne ovire pri postopku optimizacije. Za čim boljšo optimizacijo bi morali v košarico naložb vključiti večje število vrednostnih papirjev, ki pa jih tu zaradi enostavnosti prikaza omejimo na sedem ($n = 7$). Izbor tveganih vrednostnih papirjev je prepuščen zavarovalnicam, ki lahko z razpršitvijo premoženja zmanjšajo nesistematično tveganje vrednostnih papirjev (poglavje 2.1.2). Da izločimo čim večji delež nesistematičnega tveganja, vključimo v košarico tveganih vrednostnih papirjev svetovne delniške indekse, s katerimi pokrijemo vse pomembnejše svetovne finančne trge:

- S&P 500,
- FTSE 100,
- DJ STOXX 50,
- NIKKEI,
- DOW JONES,
- MSCI BRIC in
- DAX.

Pri izračunih v nadaljevanju bomo pri vektorjih in matrikah uporabljali podatke o indeksih v enakem vrstnem redu, kot smo jih zapisali na tem mestu.

5.1.3 Vhodni podatki

Za določitev meje učinkovitosti izbranih indeksov je treba poznati pričakovano letno donosnost premoženja, ki jo izračunamo z enačbo (6), in letni standardni odklon premoženja, ki ga dobimo z enačbo (9). Za izračun obeh vrednosti uporabimo časovne vrste gibanja cen indeksov, iz katerih izračunamo povprečno donosnost, nato pa še standardni odklon donosnosti indeksov in korelacijsko matriko.

Indeksi izhajajo iz različnih finančnih trgov, kjer trgovalni dnevi niso popolnoma usklajeni, zato pri nekaterih datumih manjkajo podatki za posamezne indekse. V takšnih primerih se podatki za te dneve ponavadi izločijo, obstajajo pa tudi druge metode korekcije podatkov (Royston, 2004).

Svetovna gibanja cen na finančnih trgih so korelirana (Ball & Torous, 2000; Fasnacht & Loubergé, 2007), pri čemer Martens & Poon (2001) ugotavljata, da uporaba dnevnih podatkov vodi do podcenjenih korelacij. Prihaja namreč do problema časovne neusklajenosti oziroma asinhronosti (angl. *time mismatching problem* oziroma *non-synchronous problem*), ko podatki izvirajo iz različnih finančnih trgov in različnega časa, saj mednarodni finančni trgi obratujejo ob različnih urah. Nekatere študije (Longin & Solnik, 1995; Ramchand & Susmel, 1998) predlagajo rešitev z uporabo tedenskih ali celo mesečnih podatkov, uporabo zamikov naprej in nazaj (angl. *leads and lags*) ali pa uporabo drsečih večdnevni donosnosti (angl. *rolling multi-day returns*). Te metode niso najprimernejše, kadar so donosnosti avtokorelirane (Schotman & Zalewska, 2006) ali kadar se s podatki želi testirati napovedi glede obnašanja trga, pa tudi nižje frekvence podatkov vplivajo na natančnost ocene korelacij. Kljub temu je običajno treba izbrati med dnevnimi podatki, pri katerih je lahko prisotna časovna neusklajenost, in tedenskimi ali mesečnimi podatki, kjer je kvaliteta informacije slabša zaradi nižje frekvence.

Zaradi omenjenih razlogov izberimo časovne vrste indeksov na tedenski ravni, časovna vrsta pa naj bo nekoliko daljša, na primer 15 let. Tako se izognemo časovni neusklajenosti in problematiki manjkajočih podatkov. Odločitev za tedenske podatke v primerjavi z dnevnimi je smiselna, saj je zavarovalnica dolgoročni investitor, ki z vrednostnimi papirji ponavadi ne trguje dnevno. Časovne vrste, ki smo jih pridobili iz sistema Bloomberg, tako zajemajo podatke od 30. 12. 1994 do 25. 12. 2009, kar skupaj znes 783 podatkov o vrednosti tečajev oziroma 782 tedenskih donosnosti. Ker časovne vrste v evru obstajajo šele od njegove uvedbe (t. j. 1. 1. 1999) naprej, so podatki za predhodne datume izračunani iz časovnih vrst, nominiranih v ameriškem dolarju, in menjalnega tečaja med ameriškim dolarjem in valuto eku, ki je predhodnica valute evro.

Donosnosti in standardne odklone indeksov ter njihove medsebojne korelacije prikazuje Tabela 8. Korelacije med indeksi so pozitivne, prav tako povprečne donosnosti z izjemo indeksa NIKKEI, ki ima negativno donosnost in s katerim so drugi indeksi tudi najmanj

Tabela 8: Karakteristike indeksov in medsebojne korelacije (za izračune z modelom CAPM v rdeči barvi)

		S&P 500	FTSE 100	DJ STOXX 50	NIKKEI	DOW JONES	MSCI BRIC	DAX	MSCI All Country World
	$\bar{r}$ (v %)	7,05	4,95	7,91	-1,70	7,74	11,14	9,87	4,98
	σ (v %)	20,60	20,37	22,43	24,34	20,29	29,17	24,21	18,22
KORELACIJA	S&P 500	1,00							
	FTSE 100	0,75	1,00						
	DJ STOXX 50	0,76	0,85	1,00					
	NIKKEI	0,41	0,44	0,45	1,00				
	DOW JONES	0,96	0,72	0,72	0,39	1,00			
	DOW MSCI BRIC	0,59	0,63	0,64	0,43	0,58	1,00		
	DAX	0,72	0,77	0,92	0,40	0,69	0,63	1,00	
	MSCI All Country World	0,94	0,86	0,89	0,58	0,90	0,71	0,83	1,00
	β_{CAPM}	1,06	0,96	1,09	0,77	1,00	1,14	1,10	1,00
	$\bar{r}_{CAPM}$ (v %)	5,20	4,86	5,29	4,23	4,99	5,46	5,32	4,98

Vir: lastni izračun.

korelirani. Poleg negativne donosnosti je standardni odklon indeksa NIKKEI v primerjavi z drugimi indeksi po velikosti drugi. Izredno močno korelacijo (0,96) opazimo med indeksoma S&P 500 in DOW JONES, vendar ima S&P 500 v primerjavi z indeksom DOW JONES nižjo povprečno donosnost ob višjem standardnem odklonu. Nekoliko drugače je v primeru para DAX in DJ STOXX 50, kjer je povprečna donosnost pri indeksu DAX znatno višja ob nekoliko višjem standardnem odklonu, in parov FTSE 100 in DAX ter FTSE 100 in DJ STOXX 50, kjer pa ima indeks FTSE 100 bistveno nižjo povprečno donosnost ob samo malo nižjem standardnem odklonu. Če privzamemo, da je povprečna donosnost enaka pričakovani donosnosti, kot smo to storili v enačbi (6), potem lahko pričakujemo, da učinkovito premoženje zaradi visoke korelacije ne bo vsebovalo dolge pozicije vrednostnega papirja, ki ima nižjo pričakovano donosnost ob višjem tveganju v primerjavi z drugim vrednostnim papirjem. V prvem primeru je to S&P 500, v zadnjih primerih pa bi pričakovali nizek delež dolge pozicije ali pa celo kratko pozicijo indeksa FTSE 100 v učinkovitem premoženju.

Donosnost ter standardni odkloni v Tabeli 8 in v nadaljevanju so zapisani na letni ravni, kjer smo tedenske povprečne donosnosti indeksov pomnožili s številom tednov v letu (t. j. 52), tedenske standardne odklone pa z vrednostjo $\sqrt{52}$.

5.2 Markowitzev model izbire optimalnega premoženja

5.2.1 Analitična metoda

Meja učinkovitosti je določena z učinkovitimi premoženji (poglavje 2.2.2). Njihovo strukturo pri donosnosti $\bar{r}^*$ smo zapisali z enačbo (21), kjer je poleg $\bar{r}^*$ vhodni parameter še vektor pričakovanih donosnosti vrednostnih papirjev v premoženju,

$$\bar{r}_7 = 10^{-2} \begin{bmatrix} 7,05 \\ 4,95 \\ 7,91 \\ -1,70 \\ 7,74 \\ 11,14 \\ 9,87 \end{bmatrix},$$

kovariančna matrika Σ ter njena inverzna matrika Σ^{-1} . Obe matriki smo zapisali v Prilogi 3, kjer smo tudi preverili, da je Σ pozitivno definitna. Vektor $\bar{r}_7$ in matriko Σ izračunamo iz časovnih vrst donosnosti indeksov.

Za vrednosti matrike $\mathcal{M}$ iz (23) dobimo

$$\mathcal{M} = \begin{bmatrix} B & A \\ A & C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,35 & 1,18 \\ 1,18 & 32,23 \end{bmatrix},$$

D pa je enak 9,86. Iz enačbe (22) izračunamo vrednosti $\mathbf{g}$ in $\mathbf{h}$, tako da je vektor deležev vrednostnih papirjev v učinkovitem premoženju enak

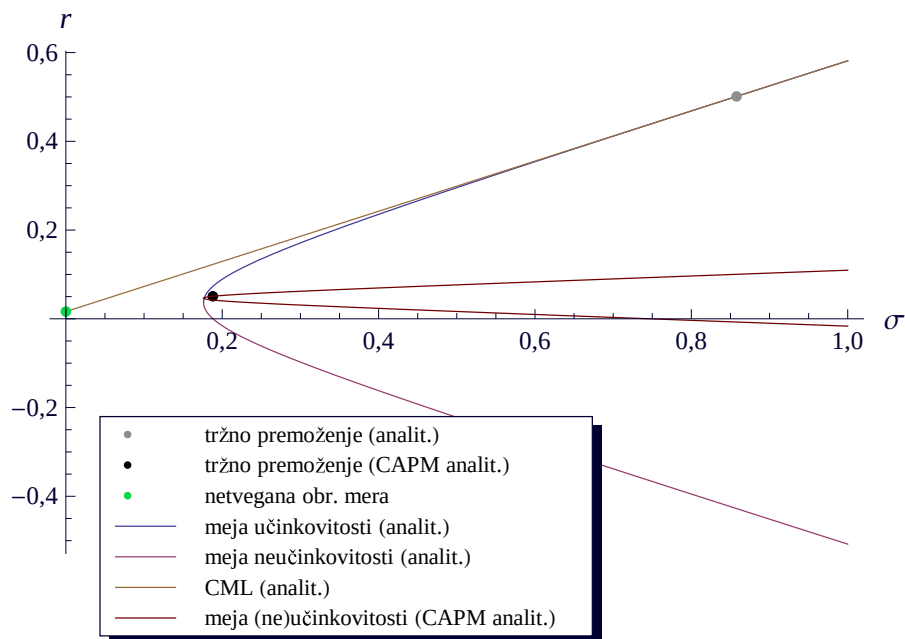
$$\begin{aligned} \mathbf{w}^* &= \mathbf{g} + \bar{r}^* \mathbf{h} \\ &= \begin{bmatrix} 0,16 \\ 0,67 \\ -0,19 \\ 0,51 \\ 0,17 \\ -0,20 \\ -0,12 \end{bmatrix} + \bar{r}^* \begin{bmatrix} -6,03 \\ -6,88 \\ 2,07 \\ -5,70 \\ 8,26 \\ 3,82 \\ 4,45 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (44)$$

Iz enačbe (24) lahko izrazimo pričakovano donosnost učinkovitega premoženja. Tako dobimo enačbo za mejo minimalne variance,

$$\begin{aligned} \bar{r}^* &= \frac{A}{C} \pm \sqrt{\left(\sigma^{*2} - \frac{1}{C}\right) \frac{D}{C}} \\ &= 0,04 \pm 0,55\sqrt{\sigma^{*2} - 0,03}, \end{aligned} \quad (45)$$

ki jo skupaj s tržnim premoženjem in premico CML prikazuje Slika 12.

Slika 12: Meja minimalne variance in premica CML za izbranih sedem indeksov za analitično metodo



Vir: lastni izračun.

Tržno premoženje ima največji Sharpov koeficient, zato moramo poiskati maksimum enačbe (27), ki se preoblikuje v

$$S = \frac{\bar{r}^* - r_f}{\sigma^*} = \frac{\bar{r}^* - r_f}{\sqrt{\frac{1}{C} + \frac{C}{D} \left(\bar{r}^* - \frac{A}{C}\right)^2}}. \quad (46)$$

Ker tržno premoženje leži na meji učinkovitosti, smo upoštevali $\sigma = \sigma^*$ in $\bar{r} = \bar{r}^*$. Enačbo (46) odvajamo po $\bar{r}^*$ in poiščemo rešitve, kjer je odvod enak nič,

$$\frac{dS}{d\bar{r}^*} = \frac{D + (A - Cr_f)(A - C\bar{r}^*)}{CD \left(\frac{D + (A - C\bar{r}^*)^2}{CD}\right)^{3/2}} = 0.$$

Rešitev enačbe je pričakovana donosnost tržnega premoženja m ,

$$\bar{r}^* = \bar{r}_m = \frac{A}{C} - \frac{D}{C} \frac{1}{A - Cr_f} = 50,12 \, \%.$$

Standardni odklon izračunamo iz izraza (24) oz (45),

$$\sigma_m = 85,78 \, \%,$$

vektor deležev vrednostnih papirjev v tržnem premoženju iz (44),

$$\mathbf{w}_m = \begin{bmatrix} -2,86 \\ -2,78 \\ 0,85 \\ -2,35 \\ 4,31 \\ 1,72 \\ 2,11 \end{bmatrix},$$

ter Sharpov koeficient iz izraza (46), od koder dobimo $S = 0,5653$. Po pričakovanjih (poglavje 5.1.3) ima tržno premoženje kratko pozicijo v indeksih S&P 500, FTSE 100 in NIKKEI. Vendar pa takšna struktura premoženja ne mora odražati tržnega premoženja v praksi vsaj iz dveh razlogov; tveganje tržnega premoženja je previsoko, da bi tržno premoženje lahko odražalo tehtano povprečje cen vseh vrednostnih papirjev na kapitalskih trgih, po drugi strani pa so kratke pozicije v praksi težko dostopne, nikakor pa niso dostopne v takšnih razmerjih, kot jih vsebuje tržno premoženje.

5.2.2 Numerična metoda

Kratke pozicije so torej večinoma težko dostopne povprečnemu investitorju, zato poiščimo tržno premoženje, kjer dovolimo samo dolge pozicije. Ker ima tržno premoženje največji Sharpov koeficient, rešitev izračunamo z eno od numeričnih metod optimizacije in iskanja globalnih ekstremov. Uporabimo funkcijo $NMaximize[\{F, cons\}, \{x, y \dots\}]$, vgrajeno v

programski paket *Mathematica* (Wolfram Research, 2010). Funkcija *NMaximize* maksimizira funkcijo F , ki je odvisna od spremenljivk $\{x, y \dots\}$, ob pogojih *cons*, s katerimi prepovemo kratke pozicije, ki jih v analitični rešitvi ne moremo izločiti.

Programski paket omogoča štiri metode iskanja ekstremov, Nelder–Meadovo metodo, diferencialno evolucijo (angl. *differential evolution*), simulirano ohlajanje (angl. *simulated annealing*) in metodo naključnega iskanja (angl. *random search*). Nelder–Meadova metoda je metoda neposrednega iskanja in ni pravi optimizacijski algoritem iskanja globalnih ekstremov. V praksi deluje zanesljivo predvsem za probleme, ki nimajo veliko lokalnih ekstremov. Diferencialna evolucija in simulirano ohlajanje sta preprosti stohastični metodi iskanja ekstremov, kjer je prva sicer po številu operacij potratna, vendar deluje dobro tudi v primerih, ko je lokalnih ekstremov več, druga pa podobno kot metoda naključnega iskanja najprej generira množico naključnih začetnih rešitev, ki jih nato optimizira, končna rešitev obeh metod pa je najbolj optimalna od delnih optimizacij (Wolfram Research, 2010).

Za funkcijo F torej vzemimo Sharpov koeficient S , določen z enačbo (27), ki je funkcija pričakovane donosnosti premoženja $\bar{r} = \mathbf{w}^T \bar{\mathbf{r}}_n$, standardnega odklona $\sigma = \mathbf{w}^T \Sigma \mathbf{w}$ in donosnosti netveganega vrednostnega papirja r_f . Tako je F dejansko funkcija spremenljivke $\mathbf{w}$:

$$F = S(\mathbf{w}) = \frac{\mathbf{w}^T \bar{\mathbf{r}}_n - r_f}{\mathbf{w}^T \Sigma \mathbf{w}}, \quad (47)$$

saj so $\bar{\mathbf{r}}_n$, r_f in Σ konstantni. S funkcijo *NMaximize* torej poiščemo $\mathbf{w}$, za katere je Sharpov koeficient S največji ob pogojih *cons*, da so vsi deleži vrednostnih papirjev nenegativni, $w_i \geq 0$. Vektor deležev vrednostnih papirjev v tržnem premoženju je potem

$$\mathbf{w}_m = \begin{bmatrix} 0,00 \\ 0,00 \\ 0,00 \\ 0,00 \\ 0,24 \\ 0,33 \\ 0,43 \end{bmatrix}.$$

Indeksi, ki so imeli kratko pozicijo pri analitični rešitvi, niso vključeni v tržno premoženje, optimizacija pa iz premoženja izloči tudi indeks DJ STOXX 50. Vse štiri omenjene numerične metode vrnejo isto rešitev. Donosnost, standardni odklon in Sharpov koeficient tržnega premoženja prikazuje Tabela 9.

Mejo učinkovitosti in premico CML v pogojih, kadar kratke pozicije niso dovoljene, prikazuje Slika 13. Meja učinkovitosti analitične rešitve s kratkimi pozicijami se nahaja nad mejo učinkovitosti numerične rešitve brez dovoljenih kratkih pozicij. Obe situaciji sta prikazani na Sliki 14.

Tabela 9: Rešitve Markovitzovega modela in primeri izbire učinkovitih premoženj

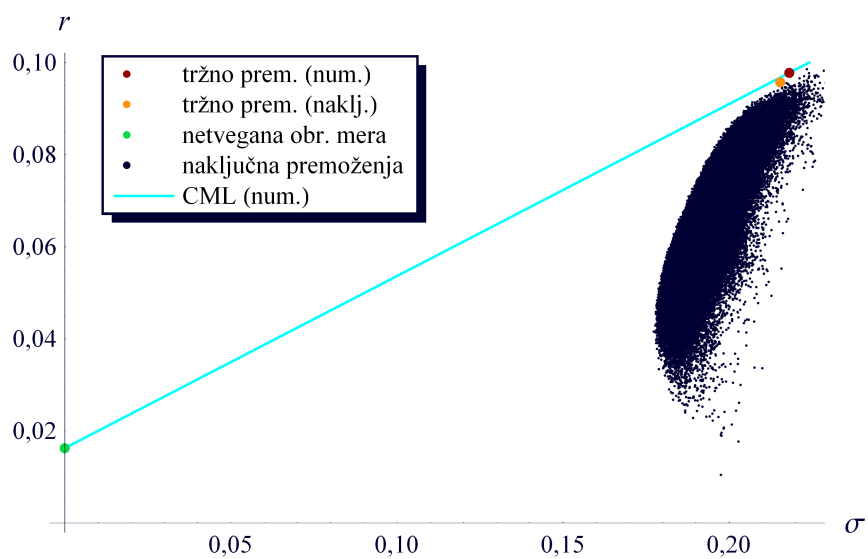
	Mera tveganja	Metoda / vrednost $SCR_{Mkt, \%}$	Karakteristike premoženja					Delež vrednostnega papirja v premoženju							
			$r \text{ (v \%)}$	$\sigma \text{ (v \%)}$	S_σ	$SCR_{Mkt, \%} \text{ (v \%)}$	$S_{SCR, \%}$	S&P 500	FTSE 100	DJ STOXX 50	NIKKEI	DOW JONES	MSCI BRIC	DAX	Obveznica
Tržno premoženje	σ	Analična [†]	50,12	85,78	0,5653	65,82	0,7367	-2,86	-2,78	0,85	-2,35	4,31	1,72	2,11	
		Numerična	9,78	21,82	0,3738	39,73	0,2052	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,33	0,43	
		Naključna premoženja	9,58	21,54	0,3689	40,04	0,1986	0,00	0,01	0,02	0,00	0,31	0,37	0,29	
		Analična (CAPM) [†]	5,07	18,80	0,1830	38,92	0,0884	0,52	0,14	0,16	0,12	-0,02	0,06	0,02	
		Naključna premoženja	9,86	22,34	0,3686	40,18	0,2049	0,01	0,00	0,06	0,00	0,16	0,39	0,38	
	$SCR_{Mkt, \%}$	Naključna premoženja (CoC)	7,45	22,34	0,2606	40,18	0,1449	0,01	0,00	0,06	0,00	0,16	0,39	0,38	
		4,01	1,63	0,00 [‡]		4,01									1,00
		10,00	3,58	5,29	0,3686	10,00	0,1951	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,10	0,09	0,76
		20,00	5,71	11,06	0,3686	20,00	0,2039	0,00	0,00	0,03	0,00	0,08	0,20	0,19	0,50
		30,00	7,77	16,67	0,3686	30,00	0,2048	0,01	0,00	0,04	0,00	0,12	0,29	0,29	0,25
Izbrano premoženje	$SCR_{Mkt, \%}$														

Legendat: [†] Dovoljene kratke pozicije

[‡] Upoštevano kot netvegani vrednostni papir

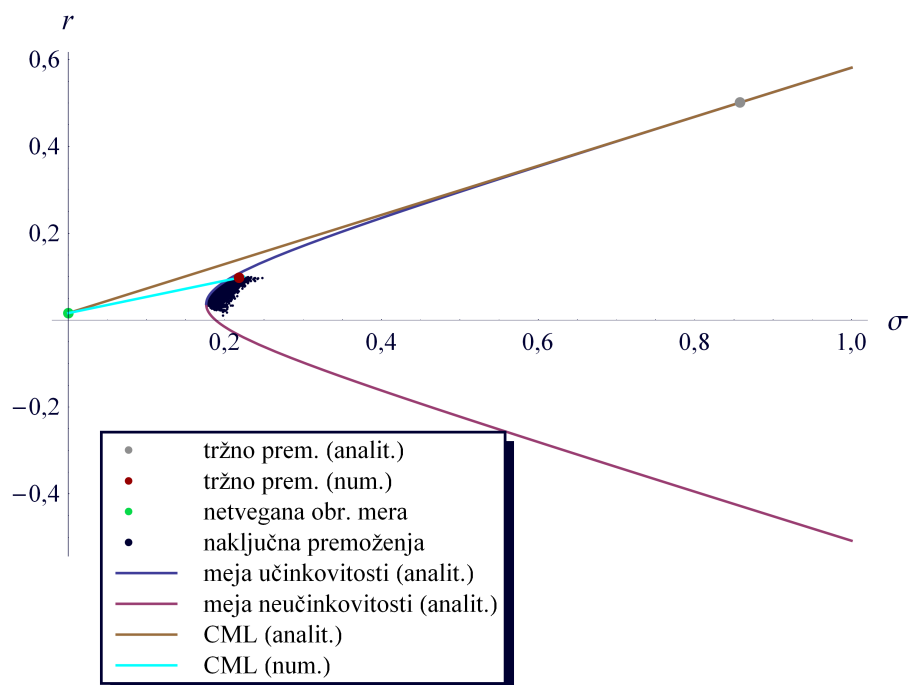
Vir: lastni izračuni.

Slika 13: Meja učinkovitosti s prepovedano kratko pozicijo ter premica CML



Vir: lastni izračun.

Slika 14: Meji učinkovitosti z dovoljeno in prepovedano kratko pozicijo ter pripadajoči premici CML



Vir: lastni izračun.

5.2.3 Metoda generiranja naključnih premoženj

Približek tržnega premoženja lahko poiščemo tudi z generiranjem množice naključnih premoženj, med katerimi poiščemo tisto premoženje, ki ima največji Sharpov koeficient. Višje kot je število generiranih premoženj, bolj bo prostor med mejama učinkovitosti in neučinkovitosti zapolnjen, s čimer lahko pričakujemo bolj točen približek rešitve. Slika 13 prikazuje 500.000 generiranih premoženj, kjer so kratke pozicije prepovedane. Približek tržnega premoženja (točka oranžne barve na Sliki 13) ima tedaj nekoliko nižji Sharpov koeficient, $S_{\text{naklj}} = 0,3689$, v primerjavi z rešitvijo pri numerični metodi, $S_{\text{num}} = 0,3738$ (Tabela 9). Primerjava tržnih premoženj, izračunanih z numerično metodo in z metodo generiranja naključnih premoženj, kaže na nestabilnost sistema (poglavje 2.2.4), saj se sestava obeh tržnih premoženj precej razlikuje, najbolj pa se razlikuje v deležu indeksa DAX, kjer je razlika kar 14 odstotnih točk oziroma je delež indeksa DAX v premoženju z metodo naključno generiranih premoženj za tretjino manjši kot pri numerični rešitvi. Sorazmerno dobro ujemanje Sharpovih koeficientov obeh metod je verjetno posledica korelacij med indeksi DOW JONES, MSCI BRIC in DAX, ki se gibljejo med 0,58 in 0,69 (Tabela 8).

Čas, ki ga je za današnje razmere podpovprečno zmogljiv računalnik potreboval za izračun vseh rešitev, povezanih z reševanjem Markowitzevega modela z metodo generiranja naključnih premoženj, ocenjujemo na 5 min, medtem ko je čas za reševanje po analitični in numerični metodi reda velikosti 10 s.

5.2.4 Analitična metoda z modelom CAPM

V enačbi (6) smo predpostavili, da je pričakovana donosnost premoženja enaka povprečni vrednosti preteklih donosnosti premoženja. Na osnovi te predpostavke smo v poglavju 5.2.1 izračunali strukturo tržnega premoženja. Namesto povprečnih vrednosti donosnosti bi za izračun pričakovanih donosnosti lahko uporabili katero drugo metodo, na primer model CAPM. Z enačbo (32) lahko izračunamo pričakovane donosnosti, ki so odvisne od koeficienta β in donosnosti ter standardnega odklona tržnega premoženja, za katerega izberemo indeks MSCI All Country World, ki ga sestavlja prek 6.000 delnic z vsega sveta. Karakteristike omenjenega indeksa in korelacije z drugimi indeksi so podane v Tabeli 8, kjer so prikazani tudi koeficienti β , ki jih izračunamo iz korelacij in standardnih odklonov z enačbo (33).

Izkaže se, da se koeficienti β gibljejo okoli vrednosti 1 z izjemo indeksa NIKKEI, kjer je koeficient β enak 0,77. Zato so tudi razlike med pričakovanimi donosnostmi indeksov precej manjše in se ne razlikujejo tako močno kot v primeru, ko za pričakovano donosnost vzamemo povprečno vrednost preteklih donosnosti. Vhodni vektor pričakovanih

donosnosti je v tem primeru enak

$$\bar{\mathbf{r}}_{7,\text{CAPM}} = 10^{-2} \begin{bmatrix} 5,20 \\ 4,86 \\ 5,29 \\ 4,23 \\ 4,99 \\ 5,46 \\ 5,32 \end{bmatrix},$$

kovariančna matrika pa ostaja enaka kot pri analitični rešitvi s povprečnimi vrednostmi donosnosti indeksov. Za matriko $\mathcal{M}$ dobimo

$$\mathcal{M} = \begin{bmatrix} B & A \\ A & C \end{bmatrix}_{\text{CAPM}} = \begin{bmatrix} 0,07 & 1,50 \\ 1,50 & 32,23 \end{bmatrix},$$

D_{CAPM} pa je enak 0,13. Z vrednostima $\mathbf{g}_{\text{CAPM}}$ in $\mathbf{h}_{\text{CAPM}}$ izrazimo vektor deležev vrednostnih papirjev v učinkovitem premoženju po modelu CAPM:

$$\mathbf{w}_{\text{CAPM}}^* = \mathbf{g}_{\text{CAPM}} + \bar{r}_{\text{CAPM}}^* \mathbf{h}_{\text{CAPM}} = \begin{bmatrix} -6,49 \\ 3,53 \\ -3,05 \\ 2,27 \\ 5,85 \\ -1,32 \\ 0,22 \end{bmatrix} + \bar{r}_{\text{CAPM}}^* \begin{bmatrix} 138,29 \\ -66,85 \\ 63,27 \\ -42,41 \\ -115,65 \\ 27,24 \\ -3,89 \end{bmatrix}.$$

Postopek izračuna karakteristik tržnega premoženja je enak kot v poglavju 5.2.1. Za rešitev tržnega premoženja, ki je zapisana tudi v Tabeli 9, dobimo

$$\mathbf{w}_{m,\text{CAPM}} = \begin{bmatrix} 0,52 \\ 0,14 \\ 0,16 \\ 0,12 \\ -0,02 \\ 0,06 \\ 0,02 \end{bmatrix},$$

ter

$$\bar{r}_{m,\text{CAPM}} = 5,07\%,$$

$$\sigma_{m,\text{CAPM}} = 18,80\%.$$

Razlike med pričakovanimi donosnostmi indeksov kot vhodnimi spremenljivkami so v primeru izračuna z modelom CAPM bistveno manjše kot pa v primeru povprečnih donosnosti. Ob pozitivnih korelacijah med donosnostmi indeksov ima tržno premoženje

kratko pozicijo le v primeru indeksa DOW JONES, ki je visoko koreliran z indeksom S&P 500, pri čemer ima indeks DOW JONES nekoliko nižjo pričakovano donosnost ob podobnem standardnem odklonu. Sharpov koeficient tržnega premoženja $w_{m,CAPM}$ znaša le okoli tretjine Sharpovega koeficienta tržnega premoženja w_m , zato je nižja tudi strmina premice CML. Meja učinkovitosti analitične rešitve v primeru izračuna z modelom CAPM leži pod mejo učinkovitosti, ki jo dobimo s povprečnimi donosnostmi kot vhodnimi parametri (Slika 12). Karakteristične vrednosti tržnega premoženja pri analitičnem izračunu z modelom CAPM so za praktično uporabo bolj smiselne v primerjavi z rezultati analitičnega izračuna s povprečnimi donosnostmi indeksov.

6 MARKOWITZEV MODEL Z MERO TVEGANJA SCR_{Mkt}

Cilj naložbene dejavnosti zavarovalnic je maksimiziranje premoženja lastnikov oziroma tržne vrednosti naložb (Čok, 1997), kar zavarovalnice poskušajo uresničiti z različnimi naložbenimi strategijami in politikami. Ključni dejavnik pri določitvi naložbene politike zavarovalnic bo z uveljavitvijo Solventnosti II postalo tveganje. Najpogosteje izbrani meri tveganja v praksi sta σ in Var , s Solventnostjo II pa imajo zavarovalnice na voljo novo mero tveganja, SCR_{Mkt} . Zavarovalnice bodo morale določiti višino tveganja, ki so jo glede na svoje poslovanje pripravljene sprejeti, oziroma bodo morale določiti, kolikšen del kapitala bodo namenile za pokrivanje tržnega tveganja, s čimer bodo določile višino mere tveganja SCR_{Mkt} . Na podlagi analiz in kriterijev, kot so na primer ročnost, vrsta naložb, geografska razpršenost itd., bodo določile nabor naložb, ki bi jih želele imeti v premoženju. Strukturo naložb v premoženju bodo nato določile z eno od optimizacijskih metod, kot so na primer model CAPM, Black-Littermanov model in linearno programiranje.

Pri izbiri optimalnega premoženja zavarovalnic v ureditvi Solventnost II lahko v Markowitzevem modelu namesto standardnega odklona uporabimo za mero tveganja SCR_{Mkt} , ki ga določa enačba (34). V novem prostoru (r, SCR_{Mkt}) poiščemo novo tržno premoženje, ki v kombinaciji z izbrano obveznico določa mejo učinkovitosti. Izkaže se, da strošek kapitala, ki ga bo morala imeti zavarovalnica za pokrivanje solventnostnega kapitala za tržno tveganje, ne vpliva na strukturo tržnega premoženja (Priloga 4).

6.1 Premoženje, sestavljeno iz indeksov

Indeksi so izpostavljeni tveganju spremembe cene lastniških vrednostnih papirjev. Zaradi enostavnosti predpostavimo, da so vse časovne vrste indeksov nominirane v evrih, tako da premoženje ni izpostavljeno valutnemu tveganju (slednje je zaradi preračunov z menjalnim tečajem sicer delno zajeto v časovnih vrstah nekaterih indeksov). Indeksi ostalim tveganjem, ki so zajeta v izračunu SCR_{Mkt} , niso izpostavljeni, pri čemer Mkt_{il} zanemarimo (poglavje 3.9). Zato za premoženja, sestavljena iz indeksov, velja

$$SCR_{Mkt} = Mkt_{eq}.$$

Podobno kot ima zahtevani solventnostni kapital za tveganje spremembe obrestne mere v enačbi (38) relativno obliko, lahko tudi tu vpeljemo $SCR_{\text{Mkt},\%}$ in $Mkt_{\text{eq},\%}$,

$$SCR_{\text{Mkt},\%} = \frac{SCR_{\text{Mkt}}}{NAV},$$

$$Mkt_{\text{eq},\%} = \frac{Mkt_{\text{eq}}}{NAV},$$

od koder za premoženje, sestavljeno iz lastniških vrednostnih papirjev, sledi

$$SCR_{\text{Mkt},\%} = Mkt_{\text{eq},\%}. \quad (48)$$

Za vsako od naključno generiranih premoženj (poglavje 5.2.3) izračunajmo $Mkt_{\text{eq},\%}$. Indekse razdelimo v dve skupini (poglavje 4.3.3); med **globalne** vrednostne papirje uvrstimo (seštejemo deleže) vse indekse razen indeksa BRIC, ki ga razvrstimo v skupino **drugih** vrednostnih papirjev, nato pa zahtevana solventnostna kapitala vsake od skupin seštejemo z enačbo (39). Izračun za primer tržnega premoženja po metodi generiranja naključnih premoženj prikazuje Tabela 10.

Tabela 10: Izračun $Mkt_{\text{eq},\%}$ za primer tržnega premoženja z metodo naključnega generiranja premoženj

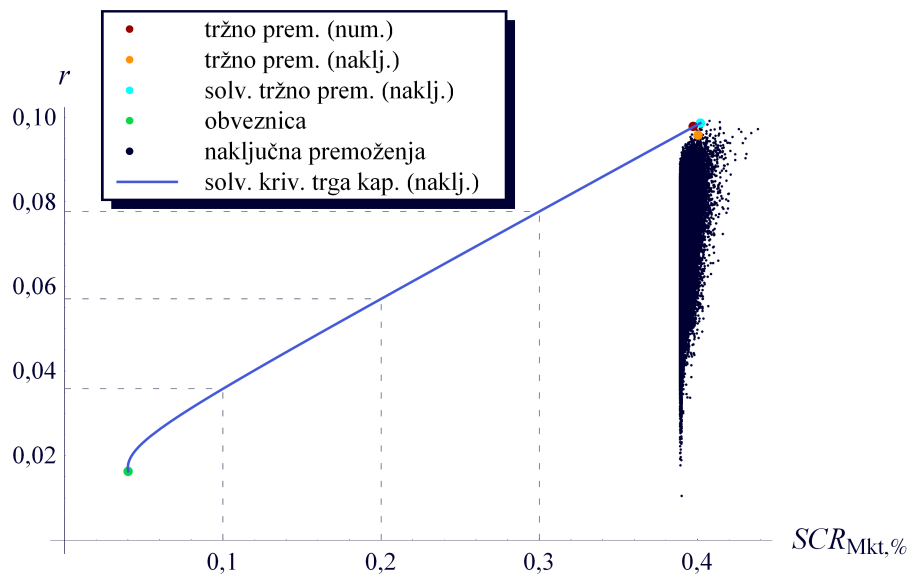
Globalni			Drugi			Skupaj
Delež	Faktor	Mkt_g	Delež	Faktor	Mkt_d	$Mkt_{\text{Eq},\%}$
0,63	0,39	24,57 %	0,37	0,49	18,31 %	40,04 %

Vir: lastni izračun.

Modul tveganja spremembe cene lastniških vrednostnih papirjev uvršča vrednostne papirje, ki jih ni moč uvrstiti v katerikoli drug modul tveganja, v skupino **drugi**, kamor bi lahko uvrstili tudi vrednostne papirje, ki predstavljajo kratko pozicijo pri analitični rešitvi. Kapitalska zahteva za vsakega od vrednostnih papirjev s kratko pozicijo bi tako znašala 49 odstotkov vrednosti naložbe, kar pa bi bilo glede na dejansko tveganje tržnega premoženja previsoko. Vrednostni papirji so namreč med seboj močno korelirani, ker pa so pozicije nasprotni, preprost seštevek kapitalskih zahtev posameznih indeksov ne odraža dejanskega tveganja premoženja. Po drugi strani bi lahko naložbe v kratki poziciji obravnavali kot tehniko zmanjševanja tveganja pred izgubo naložb v dolgi poziciji. Izvedene finančne instrumente, ki nimajo korelacije blizu 1 s sredstvi, ki jih ščitijo, je treba v skladu s QIS5 upoštevati pri izračunu kapitalskih zahtev. Zaradi enostavnosti upoštevajmo, da naložbe v kratko pozicijo ščitijo naložbe v dolgo pozicijo in kapitalske zahteve izravnamo. V posamezni skupini (**globalni** in **drugi**) upoštevajmo presežek dolge pozicije nad kratko, ki je osnova za nadaljnji izračun kapitalskih zahtev. Rezultate tržnega premoženja pri analitični metodi v prostoru $(r, SCR_{\text{Mkt},\%})$ prikazujeta Tabela 9 in Slika 15.

Pri prehodu iz prostora (r, σ) v prostor $(r, SCR_{\text{Mkt},\%})$ se meja učinkovitosti deformira, struktura učinkovitih premoženj pa se spremeni (Slika 15). Tržno premoženje, ki je

Slika 15: Solventnostna krivulja trga kapitala za metodo naključno generiranih premoženj



Vir: lastni izračun.

rešitev Markowitzove metode v prostoru (r, σ) , ne predstavlja optimalne izbire v prostoru $(r, SCR_{Mkt, \%})$, temveč se pojavi novo tržno premoženje. Zaradi korelacije med obema skupinama (Tabela 5) imajo nekatera premoženja celo nekoliko nižje vrednosti $SCR_{Mkt, \%}$ v primerjavi z nižjim od obeh kalibracijskih faktorjev, ki znaša 0,39 (poglavje 4.3.3).

6.2 Premoženje, sestavljeno iz obveznice in tržnega premoženja

Obveznica je izpostavljena le tveganju spremembe rasti obrestne mere (poglavje 5.1.1). $Mkt_{int, \%}$ izračunamo z enačbo (38), kjer je $t = 3$, vrednosti $R(3)$ in $s^\dagger(3)$ pa se nahajajo v Tabeli 4:

$$Mkt_{int, \%} = 1 - \frac{CF[3] (1 + R[3] (1 + s^\dagger[3]))^{-3}}{CF[3] (1 + R[3])^{-3}} = 4,011 \, \%.$$

Sodobna premoženjska teorija predpostavlja, da je standardni odklon netveganega vrednostnega papirja enak nič, čeprav ima v praksi tudi vrednostni papir, ki ga izberemo kot netveganega, določeno stopnjo negotovosti. Nasprotno pa v prostoru $SCR_{Mkt, \%}$ netveganega vrednostnega papirja ni.

6.2.1 Solventnostna krivulja trga kapitala

Tržno tveganje sestavljenega premoženja je sestavljeno iz tveganja spremembe cene indeksov tržnega premoženja, Mkt_{eq} , in tveganja rasti obrestne mere obveznice, Mkt_{int} . V tem primeru je korelacija med Mkt_{eq} in Mkt_{int} v Tabeli 3 enaka nič, mera tveganja (34)

pa se preoblikuje v

$$SCR_{Mkt} = \sqrt{Mkt_{eq}^2 + Mkt_{int}^2}, \quad (49)$$

za katero se izkaže, da je monotona, pozitivno homogena in subaditivna, ne izpolnjuje pa pogoja tranzitivne invariantnosti (Priloga 5). Mera tveganja (49) zato ni koherentna.

Naj bo v_f delež obveznice v sestavljenemu premoženju in NAV neto sedanja vrednost sestavljenega premoženja, potem lahko enačbo (49) zapišemo v obliki

$$\begin{aligned} SCR_{Mkt} &= \sqrt{(v_f NAV Mkt_{int,\%})^2 + ((1 - v_f) NAV Mkt_{eq,\%})^2} \\ &= NAV \sqrt{v_f^2 Mkt_{int,\%}^2 + (1 - v_f)^2 Mkt_{eq,\%}^2} \end{aligned}$$

oziroma

$$SCR_{Mkt,\%} = \frac{SCR_{Mkt}}{NAV} = \sqrt{v_f^2 Mkt_{int,\%}^2 + (1 - v_f)^2 Mkt_{eq,\%}^2}. \quad (50)$$

Donosnost sestavljenega premoženja iz obveznice in tržnega premoženja m lahko zapišemo kot

$$\begin{aligned} r_p &= v_f r_f + (1 - v_f) r_m \\ &= r_m - v_f (r_m - r_f) \\ &= r_m - \frac{Mkt_{eq,\%}^2 \pm \sqrt{(Mkt_{eq,\%}^2 + Mkt_{int,\%}^2) SCR_{Mkt,\%}^2 - Mkt_{eq,\%}^2 Mkt_{int,\%}^2}}{Mkt_{eq,\%}^2 + Mkt_{int,\%}^2} (r_m - r_f), \end{aligned} \quad (51)$$

kjer smo v_f izrazili iz enačbe (50). Enačbo (51), kjer upoštevamo predznak »–«, analogno s poimenovanjem premice CML poimenujmo **solventnostna krivulja trga kapitala**. Za metodo naključno generiranih premoženj jo prikazuje Slika 15.

Zavarovalnice bodo na podlagi ciljnega tveganja in solventnostne krivulje trga kapitala oblikovale ustrezno strukturo sestavljenega premoženja. Slika 15 prikazuje tri primere izbire strukture naložb glede na tveganje, in sicer $SCR_{Mkt,\%} = 10\%$, 20% in 30% , njihove karakteristike pa so predstavljene v Tabeli 9.

6.2.2 Premoženje z minimalnim zahtevanim solventnostnim kapitalom

Ker ima enačba (50) dve rešitvi za v_f , ima tudi enačba (51) dve rešitvi za donosnost r_p pri enem $SCR_{Mkt,\%}$. Operator »+« predstavlja spodnji del (mejo neučinkovitosti) in znak »–« zgornji del solventnostne krivulje trga kapitala (mejo učinkovitosti), kot prikazuje Slika 16. Zato lahko za zahtevani solventnostni kapital v višini $Mkt_{int,\%}$ oblikujemo sestavljeno premoženje, ki ima višjo donosnost kot obveznica. Če v enačbo (51) vstavimo za $SCR_{Mkt,\%}$ vrednost $Mkt_{int,\%}$, dobimo za donosnost r_p dve rešitvi, r_{p1} in r_{p2} . V primeru operatorja »+« v števcu ulomka izraza (51) je rešitev $r_{p1} = r_f$ z $v_{f1} = 1$, v primeru operatorja »–« pa dobimo učinkovito premoženje z donosnostjo:

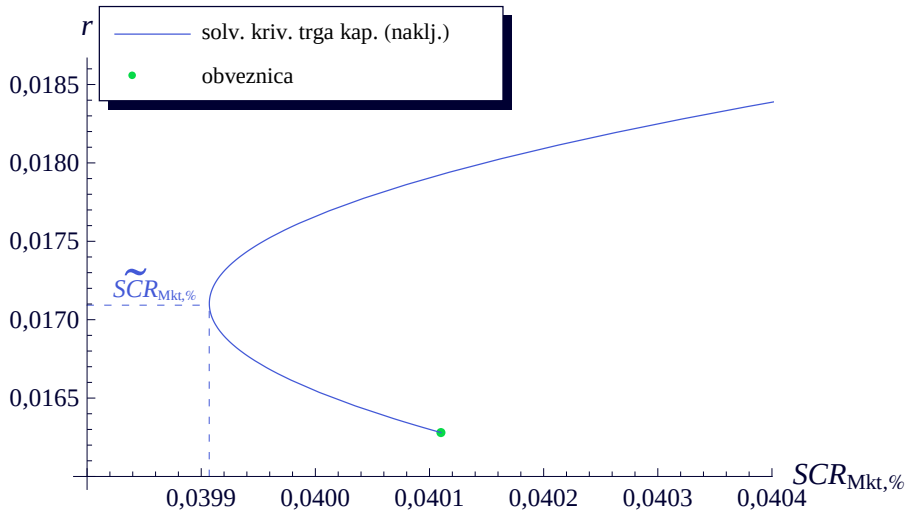
$$r_{p2} = r_m - \underbrace{\frac{Mkt_{eq,\%}^2 - Mkt_{int,\%}^2}{Mkt_{eq,\%}^2 + Mkt_{int,\%}^2}}_{v_{f2}} (r_m - r_f).$$

Oba dela krivulje (51) se stikata pri točki, ki ima najmanjši možni zahtevani solventnostni kapital. Ker sta enačbi (13) in (50) podobni, lahko rešitev (16) za premoženje z minimalno varianco, sestavljeno iz dveh tveganih vrednostnih papirjev, uporabimo za strukturo premoženja, ki ima minimalni zahtevani solventnostni kapital, $\widetilde{SCR}_{Mkt,\%}$,

$$\widetilde{v}_f = \frac{Mkt_{eq,\%}^2}{Mkt_{eq,\%}^2 + Mkt_{int,\%}^2} \quad \text{in} \quad \widetilde{SCR}_{Mkt,\%} = \frac{Mkt_{eq,\%} Mkt_{int,\%}}{\sqrt{Mkt_{eq,\%}^2 + Mkt_{int,\%}^2}}. \quad (52)$$

Zaradi korelacijskega koeficienta med Mkt_{eq} in Mkt_{int} , ki je različen od 1, je tako z vidika višine zahtevanega kapitala kot z vidika pričakovane donosnosti ugodneje imeti sestavljeno premoženje z deležema $\widetilde{v}_f$ v obveznici in $1 - \widetilde{v}_f$ v tržnem premoženju, kot pa da bi celotno premoženje predstavljala obveznica. Premoženje s $\widetilde{SCR}_{Mkt,\%}$ ima nižji zahtevani solventnostni kapital v primerjavi z $Mkt_{int,\%}$, a višjo pričakovano donosnost.

Slika 16: Solventnostna krivulja trga kapitala za visoke deleže obveznice v premoženju



Vir: lastni izračun.

6.2.3 Sharpov koeficient v odvisnosti od $SCR_{Mkt,\%}$

Tržno premoženje ima v prostoru (r, σ) najvišji Sharpov koeficient. Podobno kot v (27) lahko Sharpov koeficient zapišemo tudi v prostoru $(r, SCR_{Mkt,\%})$, kjer namesto standard-

nega odklona uporabimo mero tveganja $SCR_{Mkt,\%}$,

$$S_{SCR,\%} = \frac{r - r_f}{SCR_{Mkt,\%}}, \quad (53)$$

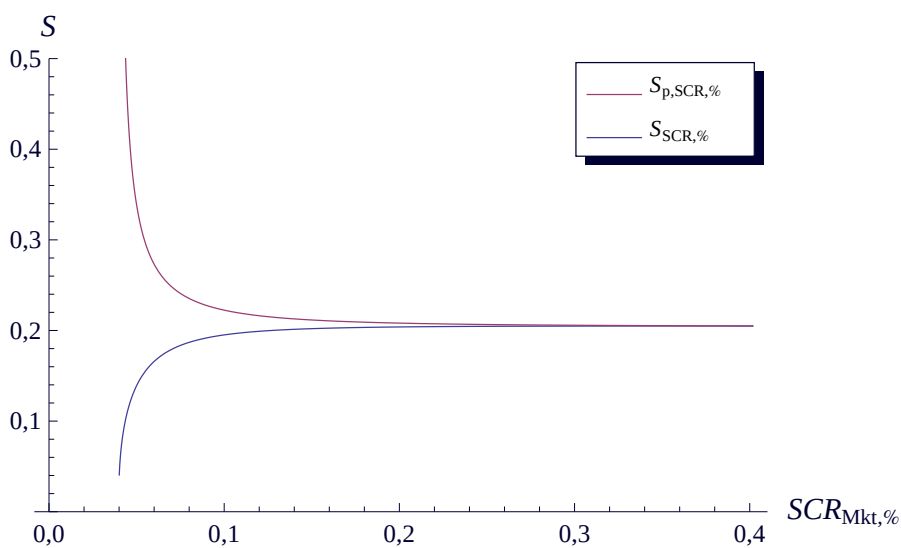
pri čemer velja za premoženja, sestavljena iz tveganih vrednostnih papirjev, enakost (48). Vendar pa je izraz (53) zgolj približek, saj v prostoru $(r, SCR_{Mkt,\%})$ ne dobimo premice temveč solventnostno krivuljo trga kapitala, poleg tega pa tudi ne obstaja povsem netvegan vrednostni papir, saj ima tudi obveznica zahtevani solventnostni kapital, ki je različen od nič. Sharpov koeficient S je strmina premice trga kapitala, v primeru mere tveganja $SCR_{Mkt,\%}$ pa poiščemo strmino solventnostne krivulje trga kapitala. Dobimo jo z odvodom meje učinkovitosti (51) po spremenljivki $SCR_{Mkt,\%}$. Tako je Sharpov koeficient sestavljenega premoženja, $S_{p,SCR,\%}$, v prostoru $(r, SCR_{Mkt,\%})$ enak

$$S_{p,SCR,\%} = \frac{r_m - r_f}{\sqrt{(Mkt_{eq,\%}^2 + Mkt_{int,\%}^2)SCR_{Mkt,\%}^2 - Mkt_{eq,\%}^2 Mkt_{int,\%}^2}} SCR_{Mkt,\%}. \quad (54)$$

Ugotovimo, da je $S_{p,SCR,\%}$ odvisen od mere tveganja izbranega sestavljenega premoženja $SCR_{Mkt,\%}$, medtem ko je S v (27) odvisen le od standardnega odklona tržnega premoženja.

Če bi bili povsem dosledni glede izbire premoženja na osnovi $S_{p,SCR,\%}$ iz enačbe (54), bi morali izbrati premoženje $\tilde{v}_f$, saj gre vrednost odvoda enačbe (51) v točki $\widetilde{SCR}_{Mkt,\%}$ proti ∞ , z njo pa tudi $S_{p,SCR,\%}$. Od premoženja $\tilde{v}_f$ naprej proti tržnemu premoženju m pa naklon solventnostne krivulje trga kapitala pada, saj izraz (51) nima lokalnega ekstrema oziroma prevoja. Nasprotno pa $S_{SCR,\%}$ narašča z večjim $SCR_{Mkt,\%}$, kar je posledica napake približka (Slika 17).

Slika 17: Sharpov koeficient $S_{p,SCR,\%}$ in njegov približek $S_{SCR,\%}$ za mejo učinkovitosti pri naključni metodi v odvisnosti od $SCR_{Mkt,\%}$



Vir: lastni izračun.

Pri visokih vrednostih $SCR_{Mkt,\%}$ v primerjavi z vrednostjo $Mkt_{int,\%}$ lahko $Mkt_{int,\%}$ zanemarimo, prav tako pa je tudi drugi člen (s predznakom »-«) pod korenem v izrazu (51) zanemarljiv v primerjavi s prvim členom. Enačba (51) dobi tedaj obliko

$$\begin{aligned} r_p &= r_m - \frac{Mkt_{eq,\%}^2 - Mkt_{eq,\%} SCR_{Mkt,\%}}{Mkt_{eq,\%}^2} (r_m - r_f) \\ &= r_f + \frac{r_m - r_f}{Mkt_{eq,\%}} SCR_{Mkt,\%}, \end{aligned} \quad (55)$$

kjer je odvisnost med donosnostjo sestavljenega premoženja in mero tveganja linearna, izraz pa ima podobno obliko kot (26). V tem primeru je strmina premice (55), z upoštevanjem enakosti (48), enaka $S_{SCR,\%}$, kot smo ga zapisali v (53). Ker je zahtevani kapital tržnega premoženja $Mkt_{eq,\%}$ približno 10-krat višji od $Mkt_{int,\%}$, je Sharpov koeficient (53) soliden približek za določitev tržnega premoženja, kar prikazuje tudi Slika 17.

Karakteristike tržnega premoženja pri metodi naključno generiranih premoženj v prostoru $(r, SCR_{Mkt,\%})$, določenega s koeficientom $S_{SCR,\%}$, prikazuje Tabela 9.

SKLEP

Markowitz je v sredini dvajsetega stoletja predstavil nov način merjenja tveganja naložb in izbiro učinkovitega premoženja. Razvoj izvedenih finančnih instrumentov je od menedžerjev zahteval nove modele in metode izračunavanja donosnosti v odvisnosti od tveganj, kar je konec dvajsetega stoletja pripeljalo do razvoja nove mere tveganja, VaR , ki je dokončno prevlado nad drugimi merami tveganja pridobila z bančno ureditvijo Basel II. VaR je sicer enostavna za izračun, vendar pa nima vseh lastnosti, ki bi si jih od mere tveganja želeli. Zato je ključno vprašanje, na katerega je treba pri upravljanju tveganj odgovoriti, katerim deležnikom zavarovalnice bo mera namenjena. Tako je VaR primerna mera z vidika menedžmenta in lastnika, katerim je glavni cilj predvsem, da ne pride do stečaja zavarovalnice, medtem ko je imetnikom zavarovalnih polic pomembno tudi, koliko kapitala bi ostalo za pokrivanje obveznosti, kar pa opisuje končna tvegana vrednost – $TVaR$.

Neenotnost zavarovalnih zakonov v Evropski uniji je v drugi polovici 20. stoletja ovirala razvoj in omejevala vzpostavitev konkurenčnih razmer v zavarovalniški panogi. Globalizacija in krepitev konkurence, ki sta tudi posledica konca preteklega stoletja razvitega interneta, sta močno posegli v poslovna okolja ter spremenili poslovanje. Tako je Evropska komisija leta 2000 začela s projektom Solventnost II, katerega namen je pripraviti preudaren zakonodajni okvir, ki bi zajemal vsa tveganja sodobnega poslovanja, hkrati pa vzpodbujal zavarovalnice, da bi samoiniciativno ocenjevale tveganja, ki so jim izpostavljene, in jih tudi aktivno upravljale.

Z večjo svobodo pri izbiri naložb in zahtevami po učinkovitem upravljanju tveganj bo

Solventnost II prenovila sisteme upravljanja naložb v zavarovalnicah, premiki pa bodo opazni tudi na finančnih in kapitalskih trgih. Odločitev upravljalcev premoženja zavarovalnic glede strukture naložb bo vplivala tudi na njihovo donosnost, saj bodo bolj tvegane naložbe zahtevale tudi več kapitala. Z optimizacijo strukture premoženja bo zavarovalnica lahko dosegla najvišjo pričakovano donosnost ob izbrani stopnji tveganja. Proces izbire optimalnega premoženja lahko razdelimo na tri korake. V prvem zavarovalnica glede na svoje poslovanje določi stopnjo tveganja in z njo mero tveganja. V drugem koraku določi nabor naložb, ki jih želi uvrstiti v premoženje, v zadnjem pa optimalno strukturo.

Osnova za izračun kapitalskih zahtev so faktorji testiranja izjemnih situacij, ki bodo končno podobo dobili s sprejetjem dokumentov druge ravni Lamfalussyjevega sistema, vendar pa korenitih vsebinskih sprememb v standardnem modelu ne gre pričakovati, če želi Evropska komisija ujeti v tem trenutku že podaljšan rok uveljavitve direktive.

Solventnost II vpeljuje novo mero tveganja, zahtevani solventnostni kapital za tržno tveganje, SCR_{Mkt} , ki je umerjen na osnovi VaR . Mero lahko namesto parametra σ uporabimo v Markowitzevem modelu. Rešitev Markowitzevega modela z generiranjem naključnih premoženj, ki smo jo predstavili Artač, Mikuljan & Stanič (2010), smo v tej nalogi razširili z analitično in numerično metodo, sicer pa v literaturi nismo zasledili drugih prispevkov, kjer bi optimizacijo naložb v zavarovalništvu preoblikovali s problema (r, σ) na problem (r, SCR_{Mkt}) . Ugotovili smo, da se s prehodom iz prostora (r, σ) v nov prostor (r, SCR_{Mkt}) spremeni meja učinkovitosti in z njo sestava tržnega premoženja, ki pa je neodvisna od stroška kapitala.

Izhodne vrednosti modela so močno odvisne od vhodnih parametrov in načina izbire pričakovanih donosnosti. Za primer izbranih sedmih indeksov se pričakovane donosnosti, izračunane z modelom CAPM, med seboj manj razlikujejo, kot pa se v primeru, ko za pričakovane donosnosti izberemo povprečno vrednost. Analitična metoda upošteva tudi možnost kratkih pozicij, ki pa se v praksi redko pojavijo, prav tako pa sta neznčilna za dejanske kapitalske trge tudi tveganje tržnega premoženja analitične rešitve s povprečnimi donosnostmi kakor tudi njegova struktura.

Razširitev modela (r, SCR_{Mkt}) v tridimenzionalni prostor (r, σ, SCR_{Mkt}) predstavlja možnost nadaljnega razvoja prikazanega prilagojenega Markowitzevega modela optimizacije naložb. S kombinacijo vhodnih informacij o preteklih nihanjih donosnosti premoženja (σ) in višini kapitalskih zahtev za premoženje (SCR_{Mkt}) bi zavarovalnica lahko bolje optimizirala strukturo naložb. Sharpov koeficient v tridimenzionalnem prostoru postane funkcija dveh parametrov, rešitev učinkovitega premoženja pa v splošnem predstavlja ploskev.

Prilagojena Markowitzeva optimizacijska metoda izbire premoženja, ki smo jo prikazali, je le ena od možnih metod, ki jih imajo zavarovalnice na voljo pri določanju optimalne

strukture premoženja. Kljub izbiri optimalnega premoženja pa morajo zavarovalnice prilagajati naložbe razmeram na trgu, kjer preudarnost in kanček zavarovalniškega konzervatizma ne škodujeta. Kakorkoli se bo že izoblikoval nov sistem, bo dobro prevetril zavarovalniško panogo in strukturo naložb evropskih zavarovalnic.

Literatura in viri

1. Adcock, C., & Clark, E. (1999). Beta Lives – Some Statistical Perspectives on the Capital Asset Pricing Model. *European Journal of Finance*, 5(3), 213–224.
2. Alexander, G. J. (2009). From Markowitz to modern risk management. *The European Journal of Finance*, 15(5/6), 451–461.
3. Amihud, Y., & Mendelson, H. (1986). Asset Pricing and the Bid-Ask Spread. *Journal of Financial Economics*, 17(2), 223–249.
4. Aparicio, F. M., & Estrada, J. (2001). Empirical Distribution of Stock Returns: European Securities Markets. *European Journal of Finance*, 7(1), 1–21.
5. Artač, G., Mikuljan, N., & Stanič, A. (2010). Naložbene odločitve v okviru Solventnosti II. *Zbornik 17. dnevov slovenskega zavarovalništva* (str. 269–280). Portorož: Slovensko zavarovalno združenje.
6. Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M., & Heath, D. (1999). Coherent risk measures. *Mathematical Finance*, 9(3), 203–228.
7. Ball, C. A., & Torous, W. N. (2000). Stochastic Correlation Across International Stock Markets. *Journal of Empirical Finance*, 7(3/4), 373–388.
8. Black, F. (1972). Capital market equilibrium with restricted borrowing. *Journal of Business*, 45(3), 444–455.
9. Black, F., Jensen, M. C., & Scholes, M. (1972). The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests. V Michael C. Jensen (ur.), *Studies in the Theory of Capital Markets* (str. 79–121). Praeger Publishing New York, Washington, London: Praeger Publishing.
10. Blume, M. E. (1975). Betas and Their Regression Tendencies. *Journal of Finance*, 30(3), 785–795.
11. Blume, M. E., & Friend, I. (1973). A New Look at the Capital Assets Pricing Model. *Journal of Finance*, 28(1), 19–33.
12. Bodie, Z., Kane, A., & Marcus, A. J. (2002). *Investments*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
13. Brigham, E. F., & Daves, P. R. (2002). *Intermediate Financial Management*. Avstralija, Kanada, Mehika, Singapur, Španija, Velika Britanija, ZDA: Thomson Learning, Inc.
14. Bruner, R. F., Eades, K. M., Harris, R. S., & Higgins, R. C. (1998). Best Practices in Estimating the Cost of Capital: Survey and Synthesis. *Financial Practice and Education*, 8(1), 13–28.
15. Comité Européen des Assurances. (2010, november). *CEA Statistics N°42: European Insurance in Figures*. Bruselj: Comité Européen des Assurances.
16. Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors. (2008, november). *CEIOPS' Report on its fourth Quantitative Impact Study (QIS4) for Solvency II*. Frankfurt: Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors.

17. Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors. (2010a, januar). *CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: Article 111 and 304 – Equity risk sub-module*. Frankfurt: Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors.
18. Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors. (2010b, januar). *CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: Article 111(d) – Correlations*. Frankfurt: Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors.
19. Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors. (2010c, april). *CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: Calibration of Health Underwriting Risk*. Frankfurt: Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors.
20. Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors. (2010d, julij). *QIS5 Technical Specifications*. Bruselj: Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors.
21. Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors. (2010e, avgust). *Errata to the QIS5 Technical Specifications*. Bruselj: Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors.
22. Čok, A. (1997). *Optimizacija sestave naložb zavarovalnice* (magistrsko delo). Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
23. Denuit, M., Dhaene, J., Goovaerts, M., & Kaas, R. (2005). *Actuarial theory for dependent risks*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
24. Dhaene, J., Goovaerts, M., & Kass, R. (2003). Economic capital allocation derived from risk measures. *North American Actuarial Journal*, 7(2), 44–59.
25. Doff, R. (2007). *Risk management for insurers: risk control, economic capital and Solvency II*. London: Risk Books.
26. Drobetz, W. (2001). How to avoid the pitfalls in portfolio optimization? Putting the Black-Litterman approach to work. *Financial market and portfolio management*, 15(1), 59–75.
27. European Insurance and Occupational Pensions Authority. (2011a, marec). *EIOPA Report on the fifth Quantitative Impact Study (QIS5) for Solvency II*. Bruselj: European Insurance and Occupational Pensions Authority.
28. European Insurance and Occupational Pensions Authority. (2011b, marec). *Specifications for the 2011 EU-wide stress test in the insurance sector*. Bruselj: European Insurance and Occupational Pensions Authority.
29. Eksi, Z., Yildirim, I., & Yildirak, K. (2005). Alternative risk measures and extreme value theory in finance: Implementation on ISE 100 index. *Proceeding of International Conference on Business, Economics and Management* (str. 1–18). Izmir, Turčija: Yasar University.
30. Eleswarapu, V. (1997). Cost of Transacting and Expected Returns in the NASDAQ Market. *Journal of Finance*, 52(5), 2113–2127.

31. Engels, M. (2004). *Portfolio optimization: Beyond Markowitz* (magistrsko delo). Leiden: Univerza Leiden.
32. Euromoney. (2010, september). *Country risk September 2010: Full results*. Najdeno 26. novembra 2011 na spletnem naslovu <http://www.euromoney.com/Article/2675660/Country-risk-Full-results.html>
33. Eurostat. (2011). *Gross domestic product at market prices*. Najdeno 26. novembra 2011 na spletnem naslovu <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=tec00001&language=en>
34. Evropska komisija. (2007, julij). *Spremni dokument k Predlogu Evropskega parlamenta in sveta o začetku opravljanja in opravljanju dejavnosti zavarovanja in pozavarovanja (Solventnost II)*. Bruselj: Evropska komisija.
35. Evropska komisija. (2011, 21. september). *Predlog direktive Omnibus II*. Bruselj: Evropska komisija.
36. Fama, E. F. (1970). Multiperiod Consumption-Investment Decisions. *American Economic Review*, 60(3), 163–174.
37. Fama, E. F., & French, K. R. (1992). The Cross-Section of Expected Stock Returns. *Journal of Finance*, 47(2), 427–465.
38. Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common risk factors in the returns of stock and bonds. *Journal of Financial Economics*, 33(1), 3–56.
39. Fama, E. F., & Miller, M. H. (1972). *The Theory of Finance*. New York: Holt, Rhinehart, Winston.
40. Fasnacht, P., & Loubergé, H. (2007). International stock market correlations: A sectoral approach. *7th Paris Finance International Meeting* (str. 1–41). Pariz: AFFI, EUROFIDAI.
41. Group of Thirty. (1993, julij). *Derivatives: Practices and Principles*. Washington: Group of Thirty.
42. Hubbert, S. (2006, april). *Lecture Notes*. Najdeno 26. novembra 2011 na spletnem naslovu http://www.ems.bbk.ac.uk/for_students/msc_finEng/risk_mngmnt_hubbert/fin_lecture_notes.pdf
43. International Association of Insurance Supervisors. (2007, februar). *Glossary of Terms*. Najdeno 26. novembra 2011 na spletnem naslovu http://www.iaisweb.org/___temp/IAIS_Website_Glossary.pdf
44. Jeza, B. (2008). *Optimizacija portfelja z uporabo Black in Littermanovega modela* (diplomsko delo). Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
45. Jorion, P. (2011). *Financial risk manager handbook*. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
46. Kmet, A. (2005). *Modeliranje kreditnih tveganj* (diplomsko delo). Ljubljana: Fakulteta za matematiko in fiziko.
47. Lamfalussy, G. (2001). *Final Report of the Committee of Wise Men on the Regulation of European Securities markets*. Bruselj: Evropska komisija.
48. Levy, R. A. (1971). On the Short-Term Stationarity of Beta Coefficients. *Financial*

- Analysts Journal*, 27(6), 55–62.
49. Lintner, J. (1965). The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *Review of Economic and Statistics*, 47(1), 13–37.
 50. Lintner, J. (1969). The Aggregation of Investors' Diverse Judgments and Preferences in Perfectly Competitive Security Markets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 4(4), 347–400.
 51. Longin, F., & Solnik, B. (1995). Is there correlation in international equity returns? *Journal of International Money and Finance*, 14(1), 3–26.
 52. Markowitz, H. M. (1952). Portfolio theory. *Journal of Finance*, 7(1), 77–91.
 53. Martens, M., & Poon, S.-H. (2001). Returns synchronization and daily correlation dynamics between international stock markets. *Journal of Banking and Finance*, 25(10), 1805–1827.
 54. Merton, R. C. (1971). Optimum Consumption and Portfolio Rules in a Continuous-time Model. *Journal of Economic Theory*, 3(4), 373–413.
 55. Palmquist, J., Uryasev, S., & Krokmal, P. (1999). *Portfolio optimization with conditional Value-at-Risk objective and constraints*. Gainesville: University of Florida.
 56. Poon, S.-H., & Granger, C. (2002). *Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review*. San Diego, Glasgow: University of California, Strathclyde University.
 57. Press, W. H., Flannery, B. P., Teukolsky, S. A., & Vetterling, W. T. (1992). *Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing*. Cambridge: Press Syndicate of the University of Cambridge.
 58. Ramchand, L., & Susmel, R. (1998). Volatility and cross correlation across major stock markets. *Journal of Empirical Finance*, 5(4), 397–416.
 59. Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2000). Optimization of Conditional Value-at-Risk. *Journal of Risk*, 2(3), 21–41.
 60. Ross, S. A. (1977). The Capital Assets Pricing Model (CAPM), Short-Sale Restrictions and Related Issues. *Journal of Finance*, 32(1), 177–183.
 61. Royston, P. (2004). Multiple imputation of missing values. *The Stata Journal*, 4(3), 227–241.
 62. Sandström, A. (2006). *Solvency: models, assessment and regulation*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, Taylor & Francis Group.
 63. Schotman, P. C., & Zalewska, A. (2006). Non-synchronous Trading and Testing for Market Integration in Central European Emerging Markets. *Journal of Empirical Finance*, 13(4/5), 462–494.
 64. Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, 19(3), 425–442.
 65. Solnik, B. (1991). *International Investments*. London: Addison-Wesley Publishing Co.
 66. Szegö, G. (2002). Measures of risk. *Journal of Banking & Finance*, 26(7), 1253–1272.
 67. Štiblar, F., & Šramel, F. (2005). Pomen in aplikacija razvoja zakonodaje Solventnost

- 2 in druge zakonodaje EU za slovenske zavarovalnice. *Zbornik 12. dnevov slovenskega zavarovalništva* (str. 33–64). Portorož: Slovensko zavarovalno združenje.
68. Taleb, N. N. (2007). *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*. New York: Random House.
69. Tobin, J. (1958). Liquidity Preference as Behavior Toward Risk. *The Review of Economic Studies*, 25(2), 65–86.
70. Torkar, G. (2005). Tveganje in mera tveganja. *Bančni vestnik*, 54(11), 34–37.
71. Vidav, I. (1990). *Višja matematika I*. Ljubljana: Društvo matematikov, fizikov in astronomov RS.
72. von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1953). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press.
73. Wolfram Research. (2010). *Mathematica*. Illinois, ZDA: Wolfram Research.
74. Zhang, Y., & Rachev, S. (2006). Risk Attribution and Portfolio Performance Measurement – An Overview. *Journal of Applied Functional Analysis*, 1(4), 373–402.

PRILOGE

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Izpeljava formul za donosnost in varianco	1
Priloga 2: Izpeljava analitične rešitve Markowitzevega modela z metodo Lagrange- evih multiplikatorjev	3
Priloga 3: Pozitivna definitnost kovariančne matrike pri analitični metodi	7
Priloga 4: Strošek kapitala	9
Priloga 5: Lastnosti mere SCR_{Mkt}	11

Priloga 1: Izpeljava formul za donosnost in varianco⁷

1 Pričakovana donosnost premoženja

Naj bo V_0 vrednost celotnega premoženja ob času $t = 0$, V_T pa višina priliva ob njegovi prodaji ob času $t = T$. Celotna donosnost (angl. *total return*) premoženja R je tedaj enaka

$$R = \frac{V_T}{V_0}, \quad (56)$$

donosnost r pa

$$r = \frac{V_T - V_0}{V_0},$$

od kjer sledi $R = 1 + r$. Predpostavimo, da ima ob času $t = 0$ investitor n različnih naložb v višini V_{0i} , $i = 1, \dots, n$, V_{Ti} pa naj bo vrednost i -te naložbe ob času T . Tedaj je celotna donosnost R_i ,

$$R_i = \frac{V_{Ti}}{V_{0i}}, \quad i = 1, \dots, n,$$

donosnost naložbe r_i pa

$$r_i = R_i - 1. \quad (57)$$

Potem je

$$V_0 = \sum_{i=1}^n V_{0i} = \sum_{i=1}^n w_i V_0 \quad (58)$$

in

$$V_T = \sum_{i=1}^n R_i V_{0i} = \sum_{i=1}^n R_i w_i V_0, \quad (59)$$

kjer je $V_{0i} \geq 0$ za vsak i , $w_i = \frac{V_{0i}}{V_0}$ pa delež naložbe i . Iz enačbe (58) sledi

$$\sum_{i=1}^n w_i = \mathbf{w}^T \mathbf{1} = 1, \quad (60)$$

kjer je $\mathbf{w}^T = [w_1, \dots, w_n]$ vektor deležev in $\mathbf{1}$ vektor $[1, 1, \dots, 1]^T \in \mathbb{R}^n$. Celotno donosnost iz enačbe (56) lahko z upoštevanjem enačbe (57) in (59) zapišemo kot

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n R_i w_i V_0}{V_0} = \frac{\sum_{i=1}^n (1 + r_i) w_i V_0}{V_0} = \sum_{i=1}^n w_i + \sum_{i=1}^n r_i w_i,$$

od kjer sledi, da je

$$r = \sum_{i=1}^n w_i r_i = \mathbf{w}^T \mathbf{r}_n, \quad (61)$$

⁷Izpeljavi pričakovane donosnosti in variance premoženja sta povzeti po Hubbert (2006).

kjer je $\mathbf{r}_n = [r_1, \dots, r_n]^T$ vektor donosnosti posameznih naložb v premoženju. Pričakovana donosnost premoženja je ob predpostavki $E[r_i] = \bar{r}_i$ za $\forall i$ enaka

$$\begin{aligned} E[r] &= \sum_{i=1}^n w_i E[r_i] \\ &= \sum_{i=1}^n w_i \bar{r}_i \\ &= \mathbf{w}^T \bar{\mathbf{r}}_n = \bar{r}, \end{aligned}$$

kjer je $\bar{\mathbf{r}}_n = [\bar{r}_1, \dots, \bar{r}_n]^T$ vektor povprečnih donosnosti naložb.

2 Varianca premoženja

Varianca donosnosti premoženja je

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= E[(r - \bar{r})^2] \\ &= E \left[\left(\sum_{i=1}^n w_i r_i - \sum_{i=1}^n w_i \bar{r}_i \right)^2 \right] \\ &= E \left[\left(\sum_{i=1}^n w_i (r_i - \bar{r}_i) \right) \left(\sum_{j=1}^n w_j (r_j - \bar{r}_j) \right) \right] \\ &= \sum_{i,j=1}^n w_i w_j E[(r_i - \bar{r}_i)(r_j - \bar{r}_j)] \\ &= \sum_{i,j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} \\ &= \mathbf{w}^T \Sigma \mathbf{w}, \end{aligned} \tag{62}$$

kjer je Σ kovariančna matrika. S σ_{ij} smo označili kovarianco med donosnostjo r_i ter r_j

$$\sigma_{ij} = \text{Cov}[r_i, r_j] = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j,$$

kjer je ρ_{ij} korelacijski koeficient med donosnostjo vrednostnih papirjev i in j . Ker velja $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ in za $\sigma_{ii} = \sigma_i^2$, je kovariančna matrika Σ za n naložb enaka

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma_n^2 \end{bmatrix}.$$

Matrika Σ je simetrična in pozitivno definitna matrika.

Priloga 2: Izpeljava analitične rešitve Markowitzevega modela z metodo Lagrangeevih multiplikatorjev

Premoženja, ki sestavljajo mejo učinkovitosti, lahko poiščemo na dva načina; z minimizacijo variance (62) ob dani donosnosti (61) ali pa z maksimizacijo donosnosti (61) ob dani varianci (62). Dodatni pogoj v obeh primerih predstavlja enačba (60).

V obeh primerih je treba poiskati ekstrem pri dveh pogojih, zato problem spada med vezane ekstreme. Ena od metod reševanja vezanih ekstremov je metoda Lagrangeevih multiplikatorjev (Vidav, 1990). Če iščemo ekstrem funkcije $f[w_1, \dots, w_n]$, kjer so spremenljivke vezane z enačbami

$$g_k[w_1, \dots, w_n] = 0, \quad k = 1, 2, \dots, m,$$

sestavimo novo, Lagrangeevo funkcijo

$$\mathcal{L}[w_1, \dots, w_n] = f[w_1, \dots, w_n] + \lambda_1 g_1[w_1, \dots, w_n] + \lambda_2 g_2[w_1, \dots, w_n] + \dots + \lambda_m g_m[w_1, \dots, w_n], \quad (63)$$

kjer konstante $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ imenujemo Lagrangeevi multiplikatorji. Totalni diferencial Lagrangeeve funkcije, $d\mathcal{L}$, mora biti v točki, kjer ima funkcija ekstrem, enak nič (Vidav, 1990, str. 325):

$$\begin{aligned} d\mathcal{L} = & \left(\frac{\partial f}{\partial w_1} + \lambda_1 \frac{\partial g_1}{\partial w_1} + \lambda_2 \frac{\partial g_2}{\partial w_1} + \dots + \lambda_m \frac{\partial g_m}{\partial w_1} \right) dw_1 + \\ & + \left(\frac{\partial f}{\partial w_2} + \lambda_1 \frac{\partial g_1}{\partial w_2} + \lambda_2 \frac{\partial g_2}{\partial w_2} + \dots + \lambda_m \frac{\partial g_m}{\partial w_2} \right) dw_2 + \dots + \\ & + \left(\frac{\partial f}{\partial w_n} + \lambda_1 \frac{\partial g_1}{\partial w_n} + \lambda_2 \frac{\partial g_2}{\partial w_n} + \dots + \lambda_m \frac{\partial g_m}{\partial w_n} \right) dw_n = 0. \end{aligned} \quad (64)$$

Najprej določimo konstante $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ tako, da so v tej enačbi koeficienti pri zadnjih m diferencialih enaki nič. Ker so diferenciali $dw_1, dw_2, \dots, dw_{n-m}$ med seboj neodvisni in je enačba (64) pri poljubnih vrednostih teh izpolnjena, so tudi pri teh diferencialih koeficienti enaki nič (Vidav, 1990, str. 326–327). Tako dobimo sistem enačb, kjer koeficiente v oklepajih v enačbi (64) zapišemo s parcialnim odvodom

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w_1} = 0, \quad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w_2} = 0, \quad \dots, \quad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w_n} = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_1} = g_1 = 0, \quad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_2} = g_2 = 0, \quad \dots, \quad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_m} = g_m = 0, \end{aligned}$$

oziroma jih zapišemo z operatorjem ∇ , ki predstavlja gradient skalarne polja

$$\nabla_w \mathcal{L} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w_1} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w_n} \end{bmatrix} = \mathbf{0} \quad \text{in} \quad \nabla_\lambda \mathcal{L} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_1} \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_m} \end{bmatrix} = \mathbf{0}.$$

Z $\boldsymbol{\lambda}$ smo označili vektor konstant $[\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m]^T$ in z $\mathbf{0}$ ničelni vektor.

Za iskanje premoženj, ki ležijo na meji učinkovitosti, izberimo prvi način. Poiščimo vrednosti $\mathbf{w}^*$, kjer

$$\begin{aligned} \text{minimiziramo} \quad & f[\mathbf{w}] = \frac{1}{2} \mathbf{w}^T \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{w} \\ \text{z veznima pogoje} \quad & g_1[\mathbf{w}] = \bar{r} - \mathbf{w}^T \bar{\mathbf{r}}_n = 0, \\ & g_2[\mathbf{w}] = 1 - \mathbf{w}^T \mathbf{1} = 0. \end{aligned}$$

Zaradi lažje izpeljave v nadaljevanju smo varianco (62) pomnožili z 1/2. Lagrangeeva funkcija je potem

$$\mathcal{L}[\mathbf{w}] = \frac{1}{2} \mathbf{w}^T \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{w} + \lambda_1 (\bar{r} - \mathbf{w}^T \bar{\mathbf{r}}_n) + \lambda_2 (1 - \mathbf{w}^T \mathbf{1})$$

ter njen gradient in vezna pogoja

$$\nabla_{\mathbf{w}} \mathcal{L} = \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{w} - \lambda_1 \bar{\mathbf{r}}_n - \lambda_2 \mathbf{1} = \mathbf{0}, \quad (65)$$

$$g_1 = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_1} = \bar{r} - \mathbf{w}^T \bar{\mathbf{r}}_n = 0, \quad (66)$$

$$g_2 = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_2} = 1 - \mathbf{w}^T \mathbf{1} = 0. \quad (67)$$

Iz enačbe (65) sledi rešitev za učinkovito premoženje $\mathbf{w}^*$

$$\mathbf{w}^* = \lambda_1 (\boldsymbol{\Sigma}^{-1} \bar{\mathbf{r}}_n) + \lambda_2 (\boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{1}), \quad (68)$$

iz enačb (66) ter (67) pa dobimo rešitvi za λ_1 in λ_2 ,

$$(\bar{\mathbf{r}}_n^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \bar{\mathbf{r}}_n) \lambda_1 + (\bar{\mathbf{r}}_n^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{1}) \lambda_2 = \bar{r}, \quad (69)$$

$$(\mathbf{1}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \bar{\mathbf{r}}_n) \lambda_1 + (\mathbf{1}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{1}) \lambda_2 = 1. \quad (70)$$

Lastnost pozitivno definitnih matrik je, da je njihova inverzna matrika tudi simetrična in pozitivno definitna. Zato velja (Hubbert, 2006)

$$(\bar{\mathbf{r}}_n^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{1}) = (\bar{\mathbf{r}}_n^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{1})^T = \mathbf{1}^T (\boldsymbol{\Sigma}^{-1})^T \bar{\mathbf{r}}_n = \mathbf{1}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \bar{\mathbf{r}}_n,$$

enačbi (69) in (70) pa lahko zapišemo v matrični obliki

$$\mathcal{M} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{r} \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (71)$$

kjer je

$$\mathcal{M} = \begin{bmatrix} B & A \\ A & C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{\mathbf{r}}_n^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \bar{\mathbf{r}}_n & \bar{\mathbf{r}}_n^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{1} \\ \mathbf{1}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \bar{\mathbf{r}}_n & \mathbf{1}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{1} \end{bmatrix}.$$

Da bi zagotovili rešitev enačbe (71), mora biti determinanta matrike $\mathcal{M}$ različna od nič

$$D = \text{Det}(\mathcal{M}) = BC - A^2 \neq 0.$$

Ker je matrika Σ pozitivno definitna, za vsak $\mathbf{w}$ velja $\mathbf{w}^T \Sigma \mathbf{w} > 0$. Iz enačbe (71) lahko izrazimo Lagrangeeve multiplikatorje

$$\begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{D} \begin{bmatrix} C & -A \\ -A & B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{r} \\ 1 \end{bmatrix},$$

oziroma

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{C\bar{r} - A}{D}, \\ \lambda_2 &= \frac{B - A\bar{r}}{D}. \end{aligned}$$

Učinkovito premoženje dobimo, če λ_1 in λ_2 vstavimo v enačbo (68):

$$\begin{aligned} \mathbf{w}^* &= \left(\frac{C\bar{r} - A}{D} \right) \Sigma^{-1} \bar{\mathbf{r}}_n + \left(\frac{B - A\bar{r}}{D} \right) \Sigma^{-1} \mathbf{1} \\ &= \underbrace{\frac{1}{D} (B\Sigma^{-1} \mathbf{1} - A\Sigma^{-1} \bar{\mathbf{r}}_n)}_{\mathbf{g}} + \underbrace{\frac{1}{D} (C\Sigma^{-1} \bar{\mathbf{r}}_n - A\Sigma^{-1} \mathbf{1})}_{\mathbf{h}} \bar{r} \\ &= \mathbf{g} + \bar{r} \mathbf{h}. \end{aligned}$$

Učinkovito premoženje $\mathbf{w}^*$ smo zapisali z dvema premoženjema, in sicer z $\mathbf{g}$ in $\mathbf{h}$. Predpostavimo, da je $\bar{r} = 0$. Tedaj je učinkovito premoženje $\mathbf{w}^*$ kar enako $\mathbf{g}$. Če postavimo $\bar{r} = 1$, je učinkovito premoženje enako $\mathbf{g} + \mathbf{h}$. Vzemimo še primer, ko $\bar{r}$ predstavlja utež premoženja $\mathbf{g} + \mathbf{h}$ in $1 - \bar{r}$ delež premoženja $\mathbf{g}$, potem je

$$(1 - \bar{r})\mathbf{g} + \bar{r}(\mathbf{g} + \mathbf{h}) = \mathbf{g} + \bar{r}\mathbf{h} = \mathbf{w}^*. \quad (72)$$

Ker $\mathbf{w}^*$ predstavlja poljubno premoženje na meji učinkovitosti, je meja učinkovitosti določena z dvema premoženjema $\mathbf{g}$ in $\mathbf{g} + \mathbf{h}$, ki prav tako ležita na meji učinkovitosti. Hubbert (2006, str. 29) dokaže, da se da vsako mejo učinkovitosti določiti s poljubnima dvema učinkovitima premoženjema.

Da bi dobili funkcijsko odvisnost med $\bar{r}$ in σ zapišimo kovarianco med dvema poljubnima učinkovitima premoženjema p in q (Hubbert, 2006, str. 30):

$$\begin{aligned} \text{Cov}[r_p, r_q] &= \mathbf{w}_p^T \Sigma \mathbf{w}_q \\ &= \mathbf{w}_p^T \Sigma (\mathbf{g} + \mathbf{h} \bar{r}_q) \\ &= \mathbf{w}_p^T \Sigma \left(\frac{1}{D} (B\Sigma^{-1} \mathbf{1} - A\Sigma^{-1} \bar{\mathbf{r}}) \right) + \bar{r}_q \left(\frac{1}{D} (C\Sigma^{-1} \bar{\mathbf{r}} - A\Sigma^{-1} \mathbf{1}) \right) \\ &= \frac{1}{D} \mathbf{w}_p^T (B\mathbf{1} - A\bar{\mathbf{r}} + \bar{r}_q (C\bar{\mathbf{r}} - A\mathbf{1})) \\ &= \frac{1}{D} (B - A\bar{r}_p + \bar{r}_q (C\bar{r}_p - A)) \\ &= \frac{C}{D} \left(\bar{r}_p \bar{r}_q - \frac{A}{C} (\bar{r}_p + \bar{r}_q) + \frac{B}{C} \right) \end{aligned}$$

$$= \frac{C}{D} \left(\bar{r}_p - \frac{A}{C} \right) \left(\bar{r}_q - \frac{A}{C} \right) + \frac{1}{C}.$$

Postavimo $p = q$ in za učinkovito premoženje vpeljimo oznako $\bar{r}^*$, potem lahko varianco učinkovitega premoženja zapišemo kot

$$\sigma^{*2} = \text{Cov}[r^*, r^*] = \frac{C}{D} \left(\bar{r}^* - \frac{A}{C} \right)^2 + \frac{1}{C}. \quad (73)$$

Priloga 3: Pozitivna definitnost kovariančne matrike pri analitični metodi

Trditev. Kovariančna matrika Σ ,

$$\Sigma = 10^{-2} \begin{bmatrix} 4,24 & 3,13 & 3,52 & 2,07 & 4,00 & 3,57 & 3,58 \\ 3,13 & 4,15 & 3,87 & 2,16 & 2,97 & 3,75 & 3,81 \\ 3,52 & 3,87 & 5,03 & 2,49 & 3,29 & 4,20 & 5,00 \\ 2,07 & 2,16 & 2,49 & 5,93 & 1,94 & 3,08 & 2,37 \\ 4,00 & 2,97 & 3,29 & 1,94 & 4,12 & 3,41 & 3,38 \\ 3,57 & 3,75 & 4,20 & 3,08 & 3,41 & 8,51 & 4,48 \\ 3,58 & 3,81 & 5,00 & 2,37 & 3,38 & 4,48 & 5,86 \end{bmatrix},$$

s pripadajočo inverzno matriko,

$$\Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} 318,24 & -8,75 & -41,79 & -2,29 & -271,13 & -3,53 & 7,18 \\ -8,75 & 97,40 & -62,96 & -1,83 & -12,01 & -7,57 & 9,23 \\ -41,79 & -62,96 & 198,50 & -8,60 & 24,99 & 0,59 & -114,26 \\ -2,29 & -1,83 & -8,60 & 22,54 & -0,07 & -4,30 & 4,13 \\ -271,13 & -12,01 & 24,99 & -0,07 & 288,49 & -1,76 & -13,17 \\ -3,53 & -7,57 & 0,59 & -4,30 & -1,76 & 22,80 & -8,10 \\ 7,18 & 9,23 & -114,26 & 4,13 & -13,17 & -8,10 & 116,23 \end{bmatrix},$$

je pozitivno definitna.

Dokaz. Matrika Σ je pozitivno definitna natanko takrat, kadar obstaja nesingularna spodnje trikotna matrika $\mathbf{V}$ s pozitivnimi členi na diagonali, da je (Press, Flannery, Teukolsky & Vetterling, 1992)

$$\Sigma = \mathbf{V}\mathbf{V}^T. \quad (74)$$

Razcep (74) imenujemo razcep Choleskega, $\mathbf{V}$ pa faktor Choleskega, ki ga lahko izračunamo s funkcijo *CholeskyDecomposition* $[\Sigma]$ v programskem paketu *Wolfram Mathematica*.

Matrika Σ je pozitivno definitna, saj obstaja spodnje trikotna matrika $\mathbf{V}$

$$\mathbf{V} = 10^{-2} \begin{bmatrix} 20,60 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 15,18 & 13,58 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 17,09 & 9,41 & 11,06 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10,03 & 4,68 & 2,99 & 21,48 & 0 & 0 & 0 \\ 19,40 & 0,19 & -0,43 & 0,01 & 5,91 & 0 & 0 \\ 17,35 & 8,22 & 4,16 & 3,87 & 0,71 & 21,21 & 0 \\ 17,37 & 8,60 & 11,01 & -0,49 & 0,72 & 1,48 & 9,28 \end{bmatrix}. \quad \square$$

Priloga 4: Strošek kapitala

Pri izračunu donosnosti bi morali upoštevati, da mora zavarovalnica imeti na voljo lastna sredstva v višini $SCR_{\text{Mkt},\%}$, da izpolnjuje solventnostne kapitalske zahteve. Višina zahtevanega solventnostnega kapitala je odvisna od strukture naložb. Večji delež tveganega premoženja v sestavljenem premoženju povečuje zahtevani solventnostni kapital, to pa pomeni dodatni strošek za zavarovalnico. Zato je vpliv na donosnost v absolutnem merilu večji, tem večji je $SCR_{\text{Mkt},\%}$. Solventnostna krivulja trga kapitala torej ne velja povsem, temveč bi jo morali prilagoditi za strošek kapitala. Čeprav se pri naključno generiranih premoženjih tržno premoženje ne spremeni (Tabela 9), pa ne moremo enostavno sklepati, da v splošnem popravek ne vpliva na strukturo tržnega premoženja.

Trditev. *Tržno premoženje se zaradi stroška kapitala ne spremeni, čeprav popravek v absolutnem merilu narašča z večjim $Mkt_{\text{eq},\%}$.*

Dokaz. V QIS5 je bil strošek kapitala CoC določen v višini 6 % (poglavje 3.9) in tako neodvisen od višine zahtevanega solventnostnega kapitala. Pričakovana donosnost premoženja, $\bar{r}_{CoC}$, kjer upoštevamo strošek kapitala in enakost (48), je potem

$$\bar{r}_{CoC} = \bar{r} - CoC \cdot SCR_{\text{Mkt},\%}, \quad (75)$$

oziroma za tržno premoženje m

$$\bar{r}_{CoC,m} = \bar{r}_m - CoC \cdot Mkt_{\text{eq},\%}.$$

Naj $F[x]$ opisuje mejo učinkovitosti v prostoru (r, x) , kjer je $x = SCR_{\text{Mkt},\%}$, $F_{CoC}[x]$ pa naj predstavlja mejo učinkovitosti, ko pri donosnosti upoštevamo strošek kapitala. Teda iz (75) sledi

$$F_{CoC}[x] = F[x] - CoC \cdot x \quad \text{in} \quad (76)$$

$$F'_{CoC}[x] = F'[x] - CoC. \quad (77)$$

Solventnostna krivulja trga kapitala v približku predstavlja tangento z enačbo (55) na mejo učinkovitosti $F[x]$ v točki x_m . Strmina tangente k , ki je dejansko Sharpov koeficient, je enaka

$$k = F'[x_m].$$

Tangenta

$$y = F'[x_m] \cdot x + r_f$$

ima v točki x_m isto vrednost kot meja učinkovitosti $F[x_m]$, zato velja

$$F[x_m] = F'[x_m] \cdot x_m + r_f, \quad (78)$$

od koder izračunamo x_m . Podobno lahko izračunamo tangento na mejo učinkovitosti $F_{CoC}[x]$, kjer prosti člen ostane enak kot v prejšnjem primeru (r_f), novo tržno premoženje pa označimo z $x_{CoC,m}$. Tangenta na mejo učinkovitosti, popravljeno za strošek kapitala, je potem enaka

$$y_{CoC} = F'_{CoC}[x_{CoC,m}] \cdot x + r_f.$$

Ker imata tangenta y_{CoC} in meja učinkovitosti F_{CoC} v točki $x_{CoC,m}$ isto vrednost, velja

$$F_{CoC}[x_{CoC,m}] = F'_{CoC}[x_{CoC,m}] x_{CoC,m} + r_f.$$

Z upoštevanjem (76) in (77) dobimo

$$F[x_{CoC,m}] - CoC x_{CoC,m} = F'[x_{CoC,m}] x_{CoC,m} - CoC x_{CoC,m} + r_f$$

in

$$F[x_{CoC,m}] = F'[x_{CoC,m}] x_{CoC,m} + r_f. \quad (79)$$

Ker sta izraza (78) in (79) enaka, je tudi

$$x_m = x_{CoC,m}. \quad \square$$

Priloga 5: Lastnosti mere SCR_{Mkt}

1 Lastnosti mere Mkt_{int}

Da bi ugotovili, ali je mera tveganja (49) koherentna, najprej preverimo, katere od štirih lastnosti koherentne mere ima mera tveganja

$$\rho_i[X] = \sum_{t=1}^T X[t]k[t], \quad (80)$$

kjer $k[t]$ predstavlja funkcijo časa t in je neodvisna od tveganja $X[t]$, ki je prav tako funkcija časa. Koherentna mera mora biti subaditivna, monotona, pozitivno homogena in tranzitivno invariantna (Poglavje 1.1.1).

Trditev 1. Mera $\rho_i[X]$ je pozitivno homogena.

Dokaz.

$$\begin{aligned} \rho_i[cX] &= \sum_{t=1}^T cX[t]k[t] \\ &= c \sum_{t=1}^T X[t]k[t] \\ &= c\rho_i[X]. \end{aligned} \quad \square$$

Trditev 2. Mera $\rho_i[X]$ je monotona.

Dokaz.

$$\begin{aligned} \rho_i[Y] - \rho_i[X] &= \sum_{t=1}^T Y[t]k[t] - \sum_{t=1}^T X[t]k[t] \\ &= \sum_{t=1}^T (Y[t] - X[t])k[t] \geq 0 \quad \text{za } \forall: Y \geq X. \end{aligned} \quad \square$$

Trditev 3. Mera $\rho_i[X]$ je subaditivna.

Dokaz.

$$\begin{aligned} \rho_i[X + Y] &= \sum_{t=1}^T (X[t] + Y[t])k[t] \\ &= \sum_{t=1}^T X[t]k[t] + \sum_{t=1}^T Y[t]k[t] \\ &= \rho_i[X] + \rho_i[Y]. \end{aligned} \quad \square$$

Trditev 4. Mera $\rho_i[X]$ ni tranzitivno invariantna.

Dokaz.

$$\begin{aligned}
\rho_i[X + C] &= \sum_{t=1}^T (X[t] + C)k[t] \\
&= \sum_{t=1}^T X[t]k[t] + \sum_{t=1}^T Ck[t] \\
&= \rho_i[X] + C \sum_{t=1}^T k[t] \\
&\neq \rho_i[X] + C.
\end{aligned} \tag{81}$$

□

Mera $\rho_i[X]$ je tranzitivno invariantna le, če velja

$$\sum_{t=1}^T k[t] = 1. \tag{82}$$

Mkt_{int} iz (37) je posebna oblika mere $\rho_i[X]$, kjer $CF[t]$ zamenjamo z $X[t]$, preostali del sumanda pa zapišemo s faktorjem $k[t]$, ki je odvisen od krivulje donosnosti ter faktorja izjemnih situacij. Za mero Mkt_{int} in vrednosti iz Tabele 4 v splošnem ne velja (82), zato tudi mera Mkt_{int} v splošnem ni tranzitivno invariantna.

2 Lastnosti mere Mkt_{eq}

Zahtevani solventnostni kapital za tveganje spremembe cen lastniških vrednostnih papirjev je dan z enačbo (39). Če je X skupna izpostavljenost tveganju, potem je

$$\begin{aligned}
Mkt_g &= w_g X k_g, \\
Mkt_d &= (1 - w_g) X k_d,
\end{aligned}$$

kjer sta Mkt_g in Mkt_d zahtevana solventnostna kapitala za tveganje spremembe cen lastniških vrednostnih papirjev za skupino **globalnih** in za skupino **drugih** vrednostnih papirjev, w_g je delež vrednostnih papirjev v skupni **globalnih** vrednostnih papirjev, k_g in k_d pa sta kalibracijska faktorja iz poglavja 4.3.3. Zahtevani solventnostni kapital iz (39) zapišimo kot mero tveganja

$$\begin{aligned}
\rho_e[X] &= Mkt_{\text{eq}} = \sqrt{Mkt_g^2 + 2 \cdot 0,75 \cdot Mkt_g Mkt_d + Mkt_d^2} \\
&= \sqrt{w_g^2 k_g^2 X^2 + 1,5 \cdot k_g k_d w_g (1 - w_g) X^2 + (1 - w_g)^2 k_d^2 X^2} \\
&= X \sqrt{w_g^2 k_g^2 + 1,5 \cdot k_g k_d w_g (1 - w_g) + (1 - w_g)^2 k_d^2} \\
&= XK,
\end{aligned} \tag{83}$$

kjer smo s K zapisali del enačbe s kvadratnim korenom. Mera (83) je poseben primer mere (80), ko je $T = 1$, zato imata enake lastnosti.

3 Lastnosti mere SCR_{Mkt}

Mero (49),

$$SCR_{\text{Mkt}} = \sqrt{Mkt_{\text{eq}}^2 + Mkt_{\text{int}}^2}, \quad (84)$$

zapišimo v obliki

$$\rho[X] = \sqrt{\rho_e^2[X] + \rho_i^2[X]}, \quad (85)$$

kjer je $\rho[X] = SCR_{\text{Mkt}}$.

Trditev 5. Ker sta meri ρ_e in ρ_i pozitivno homogeni, je tudi mera ρ pozitivno homogena.

Dokaz.

$$\begin{aligned} \rho[cX] &= \sqrt{\rho_e^2[cX] + \rho_i^2[cX]} \\ &= \sqrt{c^2\rho_e^2[X] + c^2\rho_i^2[X]} \\ &= c\rho[X]. \end{aligned} \quad \square$$

Trditev 6. Meri ρ_e in ρ_i sta monotoni funkciji, zato je tudi mera ρ monotona.

Dokaz.

$$\rho[X] = \sqrt{\rho_e^2[X] + \rho_i^2[X]} \leq \sqrt{\rho_e^2[Y] + \rho_i^2[Y]} = \rho[Y]$$

za $X \leq Y$. $\square$

Trditev 7. Ker sta meri ρ_e in ρ_i subaditivni, je tudi mera ρ subaditivna.

Dokaz. Če neenačbi

$$\begin{aligned} \rho_e[X + Y] &\leq \rho_e[X] + \rho_e[Y] \text{ in} \\ \rho_i[X + Y] &\leq \rho_i[X] + \rho_i[Y] \end{aligned}$$

kvadriramo,

$$\begin{aligned} \rho_e^2[X + Y] &\leq \rho_e^2[X] + \rho_e^2[Y] + 2\rho_e[X]\rho_e[Y], \\ \rho_i^2[X + Y] &\leq \rho_i^2[X] + \rho_i^2[Y] + 2\rho_i[X]\rho_i[Y], \end{aligned}$$

in nato seštejemo, dobimo novo neenačbo:

$$\rho^2[X + Y] \leq \rho^2[X] + \rho^2[Y] + 2(\rho_e[X]\rho_e[Y] + \rho_i[X]\rho_i[Y]). \quad (86)$$

Na desno stran neenačbe (86) lahko prištejemo in odštejemo $2\rho[X]\rho[Y]$ in jo preoblikujemo v

$$\rho^2[X + Y] \leq (\rho[X] + \rho[Y])^2 - 2\rho[X]\rho[Y] + 2(\rho_e[X]\rho_e[Y] + \rho_i[X]\rho_i[Y]).$$

Da bi bila mera ρ subaditivna, morata biti zadnja dva člena skupaj enaka ali manjša od nič:

$$2(\rho_e[X]\rho_e[Y] + \rho_i[X]\rho_i[Y]) - 2\rho[X]\rho[Y] \leq 0$$

oz.

$$\rho_e[X]\rho_e[Y] + \rho_i[X]\rho_i[Y] \leq \sqrt{\rho_e^2[X] + \rho_i^2[X]}\sqrt{\rho_e^2[Y] + \rho_i^2[Y]}. \quad (87)$$

Desno stan neenačbe (87) lahko preoblikujemo v

$$\sqrt{(\rho_e[X]\rho_e[Y] + \rho_i[X]\rho_i[Y])^2 + (\rho_e[X]\rho_i[Y] - \rho_i[X]\rho_e[Y])^2},$$

s čimer smo dokazali da neenačba (87) vedno velja. $\square$

Trditev 8. Mera $\rho[X]$ ni tranzitivno invariantna.

Dokaz. Iz (81) in (83) sledi

$$\begin{aligned} \rho[X + C] &= \sqrt{\rho_e^2[X + C] + \rho_i^2[X + C]} \\ &= \sqrt{(\rho_e[X] + CK)^2 + \left(\rho_i[X] + C \sum_{t=1}^T k[t]\right)^2} \\ &\neq \rho[X] + C. \end{aligned} \quad \square$$

Četudi bi bili meri ρ_e in ρ_i tranzitivno invariantni, ρ te lastnosti ne bi imel.