

Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE



Bc. Martin Kožár

Kapitálové požadavky kladené na pojišťovny v Solvency II a jejich kvantifikace

Katedra pravděpodobnosti a matematické statistiky

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Martin Pleška

Studijní program: Matematika

Studijní obor: Finanční a pojistná matematika

Praha 2011

Na tomto mieste by som sa chcel poďakovať vedúcemu diplomovej práce
Mgr. Martinovi Pleškovi za jeho trpezlivosť a cenné rady poskytnuté pri
písaní práce.

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracoval samostatne a výhradne s použitím citovaných prameňov, literatúry a ďalších odborných zdrojov.

Beriem na vedomie, že sa na moju prácu vzťahujú práva a povinnosti vyplývajúce zo zákona č. 121/2000 Zb., autorského zákona v platnom znení, predovšetkým skutočnosť, že Univerzita Karlova v Prahe má právo na uzavretie licenčnej zmluvy o použití tejto práce ako školského diela podľa §60 odst. 1 autorského zákona.

V Prahe dňa 31. júla 2011

Martin Kožár

Názov práce: Kapitálové požiadavky kladené na pojišťovny v Solvency II a jejich kvantifikace

Autor: Bc. Martin Kožár

Katedra (ústav): Katedra pravdepodobnosti a matematickej štatistiky

Vedúci diplomovej práce: Mgr. Martin Pleška

Abstrakt: Predložená práca sa zaoberá projektom Solvency II, ktorý je zameraný na jednotnú reguláciu poistného trhu v Európskej únii. Uvádza jeho základné rozdelenie a kapitálové požiadavky z neho plynúce. Popisuje rozdelenie projektu do troch oblastí v praxi označovaných ako piliere. V práci sú zhrnuté základné metódy merania rizík (hodnota v riziku, zbytková hodnota v riziku) potrebné pri výpočte solvenčných kapitálových požiadavkov. Práca sa zaoberá spôsobom výpočtu solvenčného kapitálového požiadavku SCR a minimálneho kapitálového požiadavku MCR. Výpočet SCR je zameraný hlavne na spôsob výpočtu kapitálového požiadavku pomocou štandardnej formule. Kapitálové požiadavky sú v závere spočítané na konkrétnych dátach.

Kľúčové slová: Solvency II, solvenčný kapitálový požiadavok SCR, minimálny kapitálový požiadavok MCR

Title: Capital requirements imposed on insurance companies in Solveny II and their quantification

Author: Bc. Martin Kožár

Department: Department of probability and mathematical statistics

Supervisor: Mgr. Martin Pleška

Abstract: This thesis studies project Solvency II, which is focused on the integrated regulation of insurance market in the European Union. It presents basic division and capital requirements arising from it. It describes division of the project into the three areas, referred to as pillars in practice. The thesis summarizes the basic methods for measuring the risk (Value at Risk, Tail Value at Risk), necessary in the calculation of the solvency capital requirements. The thesis studies the method of calculation of the solvency capital requirement SCR and the minimum capital requirement MCR. The calculation of the SCR is focused mainly on the method of the calculation of the capital requirement using the standard formula. Lastly, capital requirements are calculated using concrete data set.

Keywords: Solvency II, solvency capital requirement SCR, minimum capital requirement MCR

Obsah

Úvod	3
1 Priblíženie projektu Solvency II	5
1.1 Zavedenie pojmov	5
1.2 Motivácia k vzniku projektu Solvency II	6
1.3 Základná štruktúra Solvency II	7
1.3.1 I. Pilier	8
1.3.2 II. Pilier	12
1.3.3 III. Pilier	12
2 Základné miery rizika	14
2.1 Hodnota v riziku	14
2.2 Zbytková hodnota v riziku	17
2.3 Agregácia rizika zo skupín poistení	17
3 Solvenčné kapitálové požiadavky (SCR, MCR)	21
3.1 Solvenčný kapitálový požiadavok (Solvency capital requirement - SCR)	21
3.1.1 SCR - štandardná formula	21
3.1.2 Agregácia solvenčných kapitálových požiadavkov	37
3.1.3 Agregácia nezávislých rizík	38
3.1.4 Agregácia rizík jednotkovými korelačnými koeficientami	44
3.1.5 Hodnoty použitých korelačných koeficientov	45
3.1.6 SCR - interné modely	46
3.2 Minimálny kapitálový požiadavok (Minimum capital requirement - MCR)	47
4 Praktický výpočet SCR a MCR	50
Záver	59

Literatúra	61
Zoznam tabuliek	62
Prílohy	65

Úvod

Uvedením projektu Solvency II dochádza k zmenám v spôsobe výpočtu kapitálových požiadavkov kladených na poisťovateľov pôsobiacich v Európskej únii. Tento projekt je teda zameraný na tvorbu nového systému regulácie poisťovníctva v Európskej únii, jeho iniciátorom bola Európska komisia.

Zavedením tohto projektu do praxe dochádza k zásadnej zmene zohľadnenia rôznych druhov rizika v kapitálových výpočtoch poisťovní. Na rozdiel od doposiaľ platnej regulácie je tento koncept tzv. rizikovo orientovaný, to znamená, že by mal byť schopný zohľadniť všetky hlavné riziká, ktoré poisťovňa pri svojej činnosti podstupuje ako aj vzájomné závislosti medzi nimi. Solvency II preto nie je zameraná len na poisťné riziko, ale aj na ostatné riziká (tržné, úverové, operačné a iné).

V prvej kapitole tejto práce uvedieme základné rozdelenie Solvency II do troch častí v praxi označovaných ako piliere.

Obsahom prvého piliera sú kvantitatívne požiadavky kladené na kapitál poisťovne. Ústredným motívom prvého piliera je stanovenie hodnoty solvenčného kapitálového požiadavku (SCR), ktorého výpočet je založený na princípe hodnoty v riziku (Value at Risk).

Druhý pilier je zameraný na kvalitatívne požiadavky kladené na kapitál poisťovne. Poisťovňa musí mať definované systémy vnútornej kontroly a riadenia rizík, ktoré sú adekvátne pre jej obchodnú štruktúru a vyhovujú jej rizikovému profilu.

V treťom pilieri je kladený dôraz na transparentnosť systému a povinnosť zverejňovania údajov príslušnému regulátorovi alebo ostatným účastníkom trhu.

Druhá kapitola bude venovaná problematike merania rizík, ktorá je kľúčovou pri výpočte solvenčného kapitálového požiadavku (SCR) a minimálneho ka-

pitálového požiadavku (MCR). Predstavíme hodnotu v riziku (VaR) a zbytkovú hodnotu v riziku (TVaR). Na záver kapitoly uvedieme spôsob agregácie rizika z jednotlivých skupín poistení.

V tretej kapitole sa zameriame na spôsob výpočtu SCR a MCR. Existujú dva základné prístupy k tomuto výpočtu. Prvým je výpočet pomocou štandardnej formule a druhý pomocou interného modelu danej poisťovne. Výpočet pomocou štandardnej formule rozoberieme detailnejšie. Uvedieme jednotlivé časti, ktoré tvoria štandardnú formulu a priblížime spôsob výpočtu kapitálových požiadavkov jednotlivých častí.

Posledná kapitola bude venovaná praktickému výpočtu SCR a jeho analýze.

Solvency II nahradí súčasný systém regulácie, tzv. Solvency I, ktorý je v platnosti už od 70. rokov minulého storočia. V súčasnosti sa tento projekt blíži do záverečnej fázy. Pomocným orgánom Európskej komisie pri vytváraní nového systému regulácie je European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA)¹. Pod vedením tejto komisie sa už uskutočnilo päť kvantitatívnych dopadových štúdií. V tejto práci budeme predovšetkým vychádzať z poslednej uskutočnenej dopadovej štúdie (QIS 5) a technických špecifikácií zverejnených k tejto štúdii.

¹Od 1. januára 2011 EIOPA nahradila Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors (CEIOPS)

Kapitola 1

Priblíženie projektu Solvency II

1.1 Zavedenie pojmov

Uved'me niekoľko základných pojmov, ktoré budeme v ďalšom texte využívať.

Poisťovňa - právnická osoba, ktorá je podľa príslušného právneho predpisu oprávnená vykonávať na území daného štátu poisťovaciu činnosť (Na území Českej republiky sa príslušným právnym predpisom rozumie zákon č. 277/2009 Sb.).

Zaisťovňa - právnická osoba, ktorej činnosťou je preberanie poisťných rizík postúpených poisťovňou alebo inou zaisťovňou.

Korelačný koeficient - korelačný koeficient veličín X a Y s konečnými druhými momentami, značí sa $\rho(X, Y)$ a je definovaný vzťahom

$$\rho(X, Y) = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}X \cdot \text{var}Y}},$$

kde $\text{cov}(X, Y)$ značí kovarianciu náhodných veličín X a Y a $\text{var}X, \text{var}Y > 0$ označujú rozptyly náhodných veličín X a Y . Korelačný koeficient meria silu lineárneho vzťahu veličín X a Y . Môže nadobúdať hodnoty z intervalu $\langle -1, 1 \rangle$. V prípade, že náhodné veličiny X a Y sú nezávislé, korelačný koeficient je rovný 0. Na druhú stranu obecné neplatí, že z nulového korelačného

koeficientu plyní nezávislosť náhodných veličín. Ak $\rho(X, Y)$ nadobúda hodnoty blízke 1, medzi X a Y existuje výrazne pozitívna lineárna závislosť. Naopak hodnota $\rho(X, Y)$ blízka -1 predstavuje výrazne negatívnu lineárnu závislosť veličín X a Y .

Korelačná matica - korelačnou maticou vektorov $\mathbf{X}$ a $\mathbf{Y}$ rozumieme maticu $Cor(\mathbf{X}, \mathbf{Y})$ typu $n \times m$ so zložkami $\rho(X_i, Y_j)$, kde
 $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)^\top$
 $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)^\top$

European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA) - komisia založená Európskou komisiou. Jej členmi sú zástupcovia jednotlivých regulačných orgánov Európskej únie z oblasti poisťovníctva a dôchodkového poistenia. Je poradným orgánom Európskej komisie pri príprave Solvency II.

Línie obchodu (Lines of business, LoB) - línie obchodu reprezentujú rôzne poistné odvetvia¹. Nutnosť zavedenia rôznych línií obchodu bola podmienená využívaním špecifických parametrov v jednotlivých odvetviach.

Hodnota v riziku (Value at Risk, VaR) - hodnota v riziku kvantifikuje maximálnu možnú stratu, ktorá môže nastať s pravdepodobnosťou α v určitom stanovenom časovom horizonte.

$$VaR_\alpha = \inf \{x \mid F_S(x) \geq \alpha\}, \quad (1.1)$$

kde $0 < \alpha < 1$ a F_S je distribučná funkcia rozdelenia veľkosti vzniknutých škôd S za zvolené obdobie.

Zbytková hodnota v riziku (Tail Value at Risk, TVaR) - zbytková hodnota v riziku označuje očakávanú stratu prevyšujúcu hodnotu v riziku:

$$TVaR_\alpha(X) = E[X \mid X > VaR_\alpha(X)]. \quad (1.2)$$

1.2 Motivácia k vzniku projektu Solvency II

V súčasnosti platný legislatívny rámec poistného trhu používaný v Európskej únii, Solvency I, vznikol na počiatku 70-tych rokov minulého storočia. Sol-

¹V poslednej piatej kvantitatívnej dopadovej štúdii (QIS 5) bolo uvedených 16 línií obchodu.

vency I využíva jednoduchý a robustný model na výpočet kapitálových požiadavkov pre poisťovne. Kapitálové požiadavky vzhľadom k jednotlivým prijatým rizikám sa sčítavajú do výslednej hodnoty požiadavku bez ohľadu na vzájomný vzťah medzi uvažovanými rizikami.

Tento model však už nezodpovedá súčasným potrebám. Model je nedostatočne citlivý voči prijatému riziku, dôsledkom čoho môže byť kapitál poisťovne nesprávne alokovaný. Dochádza k situáciám, kedy je alokované množstvo kapitálu vzhľadom k podstupenému riziku nedostatočné alebo naopak prebytočné.

Existujúca európska legislatíva nie je zavedená obecne. Dovoľuje jednotlivým krajinám využívať vlastné metódy výpočtu (napr. v oblasti stanovenia výšky technických rezerv). Z tohto dôvodu sa javí ako obtiažne vzájomné porovnanie výsledkov spoločností z rôznych krajín.

Cieľom novej legislatívy je snaha o odstránenie nedostatkov Solvency I uvedených vyššie.

1.3 Základná štruktúra Solvency II

Solvency II je projekt Európskej komisie, ktorého cieľom je vytvorenie jednotného regulátorného prostredia pre poisťovne a zaistovne v Európskej únii. Jedným z motívov pre spustenie tohto projektu bola potreba zvýšenia stability poisťného sektora ako celku. Samozrejماً je snaha o lepšiu ochranu poisťníkov (spotrebiteľov, spoločností,...). Jedná sa o veľmi zásadnú zmenu v systéme dohľadu nad poisťným trhom, ktorá si vyžaduje dôkladnú prípravu.

Koncept Solvency II je tzv. rizikovo orientovaný, jeho cieľom je zohľadniť hlavné riziká, ktoré poisťovňa a zaistovňa pri svojej činnosti podstupuje a vzájomné závislosti medzi nimi. Medzi riziká uvedené v Solvency II patrí poisťné, investičné/tržné, úverové a operačné riziko. Tento fakt je v hlbokom kontraste s aktuálnym stavom v legislatíve (Solvency I). Poisťovňa napriek tomu nebude nútená pri oceňovaní rizík používať len matematické modely navrhnuté v dokumente [14], ale bude môcť požiadať o schválenie svojho interného modelu. Schválený dokument teda nebude vyžadovať striktné kopírovanie noriem zo strany poisťovní, ale bude im ponechaná istá miera voľnosti.

Kostru projektu Solvency II tvoria tri hlavné oblasti, v praxi označované ako "pilieri". Prvý pilier je zameraný na splnenie kvantitatívnych požiadaviek na kapitál. Ústredným bodom je stanovenie požadovaného (SCR) a minimálneho (MCR) kapitálového požiadavku. Druhý pilier je zameraný na splnenie kvalitatívnych požiadaviek na kapitál. Účastník trhu musí mať definované systémy vnútornej kontroly a riadenia rizík, ktoré sú adekvátne pre jeho obchodnú štruktúru a vyhovujú jeho rizikovému profilu. V treťom pilieri je kladený dôraz na povinnosť zverejňovania informácií ďalším subjektom, napríklad regulátorovi alebo ostatným účastníkom trhu. Nemenej dôležitá je transparentnosť zverejnení, kde cieľom je zvýšenie porovnateľnosti jednotlivých subjektov. V nasledujúcej časti jednotlivé oblasti predstavíme detailnejšie.

1.3.1 I. Pilier

Kvantitatívne požiadavky na kapitál kladené na poisťovacie a zaistovacie spoločnosti sú v [14] rozdelené do 6 základných oblastí:

- Oceňovanie aktív a pasív (Valuation of assets and liabilities)
- Technické rezervy (Technical provisions)
- Vlastné zdroje (Own funds)
- Solvenčný kapitálový požiadavok (Solvency capital requirement - SCR)
- Minimálny kapitálový požiadavok (Minimum capital requirement - MCR)
- Investície (Investments)

Požiadavky na kapitál poisťovní sú v tomto pilieri stanovené na princípe celkového pohľadu na rozvahu danej spoločnosti. Tento prístup pracuje s oceňovaním rozvahy poisťovní a zaistovní na jednotnej báze, kde sú aktíva aj pasíva oceňované na základe aktuálnych informácií na daných trhoch. Toto je v kontraste s aktuálne platnými kapitálovými požiadavkami v Európskej únii, kde sa dohľad koncentruje najmä na stranu záväzkov (napr. poisťné riziko). Nový prístup naznačuje, že veľkosť dostupných finančných

zdrojov by mala pokryť celkové finančné požiadavky (napr. na nepodriadené záväzky a kapitálové požiadavky). Výsledkom tohto prístupu je, že dostupné vlastné zdroje musia byť vyššie ako solvenčný kapitálový požiadavok. V nasledujúcich sekciách stručne zhrnieme základné informácie k jednotlivým oblastiam, ktoré sú uvedené v základnom dokumente [14] pre zavádzanie Solvency II do praxe.

1. Oceňovanie aktív a pasív

Spôsob a štandardy oceňovania sú v dokumente [14] rozpracované v článku 75. Štandardy sú založené na definícii reálnej hodnoty², ktorá je uvedená v medzinárodných Štandardoch finančného výkazníctva (International Financial Reporting Standards). Definícia reálnej hodnoty podľa IFRS je: "suma, za ktorú môže byť aktívum vymenené alebo záväzok vyrovnaný medzi dostatočne informovanými obchodnými stranami za obvyklých podmienok"³.

2. Technické rezervy

Technické rezervy musia byť nastavené na takú hodnotu, aby boli spoločnosti schopné splniť všetky svoje záväzky. Direktíva [14] požaduje, aby ocenenie rezerv bolo založené na princípe súčasnej výstupnej hodnoty⁴. Súčasná výstupná hodnota je hodnota, akú by poisťovňa alebo zaistovňa musela zaplatiť pri okamžitom nevynútenom prevode svojich záväzkov na iného účastníka trhu.

Ďalšia požiadavka na výpočet technických rezerv je, že musia byť stanovené ako súčet najlepšieho odhadu hodnoty záväzkov a rizikovej marže. Najlepší odhad je počítaný ako pravdepodobnostne vážený priemer všetkých budúcich peňažných tokov z poistných produktov diskontovaných bezrizikovou úrokovou sadzbou. Je to teda súčasná hodnota očakávaných budúcich peňažných tokov potrebná na vyrovnanie poistných záväzkov počas doby ich trvania. Kalkulácia rezerv by mala byť konzistentná s trhom⁵ a špecifické informácie by mali byť

²v anglickom preklade: fair value

³v anglickom preklade: arm's length transaction, definícia uvedená v IAS 32 v odstavci číslo 11

⁴v anglickom preklade: current exit value

⁵kalkulácia jednej poisťovne by sa nemala významným spôsobom odlišovať od kalkulácií ostatných poisťovní

vo výpočte použité len v takom prípade, že pomôžu spoločnosti lepšie zachytiť charakteristiky podkladového poistného portfólia.

3. Vlastné zdroje

Vlastné zdroje je možné chápať ako prostriedky, ktoré môžu zmierniť dopad dôsledkov podstúpených rizík a absorbujú finančné straty daného subjektu v nepriaznivej situácii.

4. Solvenčný kapitálový požiadavok (SCR)

SCR predstavuje ekonomický kapitál, ktorý musí mať spoločnosť k dispozícii, aby obmedzila pravdepodobnosť svojho bankrotu na 0,5%. To znamená, že situácia, pri ktorej by poisťovňa nebola schopná splniť svoje záväzky nastane raz za dvesto rokov. Solvenčný požiadavok je počítaný metódou hodnoty v riziku (Value at Risk, VaR). Pomocou tejto metódy sa do požiadavku započítajú všetky potenciálne straty, vrátane negatívneho precenenia aktív aj pasív v priebehu nasledujúcich 12 mesiacov. V solvenčnom kapitálovom požiadavku sa odráža skutočný rizikový profil danej spoločnosti, vzhľadom na zahrnutie všetkých kvantifikovateľných rizík. SCR sa musí prepočítavať aspoň jedenkrát za rok, monitoruje sa neustále a jeho prepočítanie musí nastať okamžite po zmene rizikového profilu daného subjektu. Presné krytie požiadavku je zabezpečené ekvivalentnou sumou dostupných vlastných zdrojov.

Samotný nástroj na výpočet SCR nie je určený striktne. Poisťovňa sa môže rozhodnúť, či využije štandardnú formulu spracovanú v direktíve Európskej komisie [14] alebo na výpočet použije svoj vlastný interný model. Interný model môže byť aplikovaný v plnej miere alebo len čiastočne. Spoločnosť musí o možnosť použitia interného modelu požiadať príslušného regulátora, ktorý posúdi správnosť a reálnosť jeho nastavenia. V príslušnej žiadosti musí poisťovňa dokladovať, že použitý model zodpovedá kalibračným, štatistickým, oceňovacím a dokumentačným štandardom.

Oblasť konkrétneho kalibrovania kapitálového požiadavku je v dokumente [14] rozpracovaná vo viacerých článkoch, od 103 do 108. Uvedené časti direktívy sú zamerané na použité rôznych modulov v štandardnom výpočte SCR. Štandardná formula solvenčného požiadavku je sumou základného SCR, kapitálového požiadavku na prijaté operačné riziko, odloženej dane a úpravy z dôvodu schopnosti

technických rezerv čiastočne absorbovať stratu. Základný SCR je vytvorený zložením nasledujúcich modulov:

- (a) Neživotné upisovacie riziko (non-life underwriting risk)
- (b) Životné upisovacie riziko (life underwriting risk)
- (c) Zdravotné upisovacie riziko (health underwriting risk)
- (d) Tržné riziko (market risk)
- (e) Riziko zlyhania protistrany (counterparty default risk)
- (f) Riziko nehmotných aktív (intangible asset risk)

Uvedené moduly sú agregované využitím diverzifikačných efektov. Okrem toho je každý modul tvorený viacerými podmodulmi, ktoré tak tiež využívajú diverzifikačný efekt pri ich spájaní. Detailné špecifikácie modulov a podmodulov budú stanovené až v procese implementácie do praxe, pretože podliehajú rôznemu vývoju počas schvaľovacieho obdobia tohto projektu. Spôsob výpočtu má za cieľ rovnováhu medzi citlivosťou na zmenu rizika, čo znamená množstvo vstupných parametrov, a praktickým využitím tohto výpočtu. Tam kde je to potrebné je nutné použitie špecifických parametrov, inde je naopak povolené aplikovať štandardizované zjednodušenie (článok 109).

5. Minimálny kapitálový požiadavok (MCR)

MCR predstavuje takú hladinu kapitálu, že pri jej nedodržaní by boli veľmi vážne ohrozené záujmy poistených, ak by dotknutej spoločnosti bolo dovolené pokračovať v podnikaní. Pri takomto porušení pravidla nastane okamžitá reakcia zo strany kontrolného orgánu. V prípade, ak nebude vykonaná náprava vo veľmi krátkom časovom horizonte, bude dokonca možné danej poisťovni odobrať licenciu. Vzhľadom k týmto skutočnostiam musí byť MCR prepočítavaný kvartálne využitím robustnej formuly, ktorej základom by mali byť ľahko auditovateľné dáta. V článku číslo 129 direktívy [14] sú navrhnuté základné princípy pri kalibrovaní výpočtu pre tento minimálny kapitál. Uvedený text odporúča tieto základné princípy:

- (a) výpočet MCR založený na zjednodušenom výpočte SCR pri zahrnutí neživotného upisovacieho rizika, životného upisovacieho rizika a tržného rizika kalibrovaného na úrovni 85% jednoročnej hodnoty v riziku,

- (b) hodnota MCR by nemala klesnúť pod 25% hodnoty solvenčného kapitálového požiadavku a zároveň je stanovená hodnota absolútneho dna MCR⁶.

Podrobnejšie sa budeme problematikou výpočtu SCR a MCR zaoberať v tretej kapitole.

6. Investície

Solvency II sa zaoberá aj všeobecnými princípmi a zásadami podľa ktorých majú poisťovne, respektíve zaistovne riadiť svoje investície. Všetky držané investície (aktíva kryjúce technické rezervy, aktíva kryjúce solvenčný kapitálový požiadavok a voľné aktíva) musia byť riadené a monitorované na princípoch uvedených v článku 129. Tie vyžadujú, aby spoločnosti investovali v prospech poisteného, adekvátne zosúladiť investície a záväzky a vnímali podstúpené finančné riziká ako napríklad riziko likvidity a koncentračné riziko.

1.3.2 II. Pilier

Tento pilier je zameraný na zjednotenie spôsobu dohľadu nad poisťovňami a zaistovňami. Jeho cieľom je stanovenie jasných pravidiel a kompetencií pre regulátorov, možnosti ich zásahu pri porušení kvantitatívnych pravidiel. Zároveň s požiadavkami na regulátorov sa v tejto oblasti dokumentu stanovujú pravidlá na systémy vnútornej kontroly a riadenie rizík pre jednotlivých účastníkov trhu. Kvalitatívne požiadavky a pravidlá týkajúce sa dozoru, ktoré vytvárajú II. Pilier Solvency II je možné rozdeliť do dvoch oblastí:

- Orgány dohľadu a všeobecné pravidlá
- Systém dozoru

1.3.3 III. Pilier

Cieľom tretieho piliera je zjednotiť množstvo a druh informácií, ktoré musia spoločnosti zverejňovať. Jednou z hlavných povinností poisťovní je

⁶hodnota absolútneho dna MCR je uvedená v tabuľke č. 3.8

podľa článku 51 direktívy [14] jedenkrát za rok zverejniť správu o svojej solventnosti a finančnom stave. Táto správa musí obsahovať nasledujúce informácie:

- Popis obchodnej činnosti a výkonnosti danej spoločnosti;
- Popis systému správy a hodnotenie jeho vhodnosti z hľadiska rizikového profilu poisťovne alebo zaistovne;
- Popis vystavenia riziku, koncentrácie, zníženia a citlivosti rizík, a to samostatne pre každú kategóriu rizika;
- Popis, samostatne za aktíva, technické rezervy a ostatné záväzky, východísk a metód použitých pri ich oceňovaní;
- Popis riadenia kapitálu, ktorý obsahuje nasledovné údaje:
 1. Štruktúru, kvalitu a veľkosť vlastných zdrojov. Analýzu výrazných zmien od poslednej správy, popis prípadných rozdielov oproti finančným výkazom,
 2. Popis SCR a MCR. Údaje musia obsahovať samostatne vyčíslenú hodnotu pomocou štandardnej formule alebo interného modelu poisťovne, prípadný kapitálový prídavok požadovaný dohľadom, prípadne veľkosť rozdielu z dôvodu zmeny špecifického parametru,
 3. Ak poisťovňa využíva svoj vlastný interný model na výpočet kapitálových požiadavkov je potrebné zdokumentovať rozdiely medzi východiskami modelu a štandardnou formulou uvedenou v direktíve,
 4. Popis veľkosti prípadného nesúladu vlastných zdrojov s kapitálovými požiadavkami, aj v prípade ak už situácia bola v priebehu stanoveného obdobia odstránená. Je nutné uviesť dôvody, ktoré zapríčinili neplnenie kritérií a uviesť uskutočnené opatrenia na odstránenie týchto javov v budúcnosti.

Kapitola 2

Základné miery rizika

V tejto kapitole uvidíme dva základné prístupy k meraniu rizík. Prvá metóda je známa pod názvom *hodnota v riziku* ("Value at Risk", *VaR*), druhá pod názvom *zbytková hodnota v riziku* ("Tail Value at Risk", *TVaR*). Tieto dva spôsoby merania rizika boli navrhnuté pri diskusiách výpočtu kapitálových požiadavkov v Solvency II. Hodnota v riziku bola vybraná ako základná metóda pri výpočte solvenčného kapitálového požiadaku pomocou štandardnej formuly. Zbytkovú hodnotu v riziku môžu poisťovatelia využiť pri výpočte kapitálových požiadavkov pomocou vlastných modelov. Hlavným zdrojom, z ktorého sme čerpali myšlienky pre túto kapitolu je materiál Nemeckej asociácie poisťiteľov GDV, časti Annex 1 a Annex 2 [12].

2.1 Hodnota v riziku

Hodnota v riziku je dôležitým pojmom, ktorý sme zaviedli v úvode a súvisí s meraním veľkosti rizika. Obzvlášť s prihliadnutím na jej dôležité miesto vo výpočtoch SCR a MCR.

Hodnotu v riziku môžeme teda chápať ako minimálnu možnú stratu, ktorú môže poisťovňa utrpieť pri $(1 - \alpha)\%$ najhorších udalostí za zvolené obdobie.

Pri výpočtoch kapitálových požiadavkov je časový horizont stanovený na jeden rok a α je stanovená na hodnote 99,5% ako je uvedené v článku 104 direktívy [14].

Medzi výhody hodnoty v riziku môžeme zaradiť ľahkú interpretáciu a zrozumiteľnosť pre management poisťovne. VaR udáva jediné číslo, ktorého hod-

nota je založená na výške kvantilu distribučnej funkcie rozdelenia veľkosti škôd. Hodnota v riziku vyjadruje veľkosť rizika a navyše je možné vyjadrenie tohto rizika priamo v peňažných jednotkách.

Nevýhodou hodnoty v riziku je nezohľadňovanie chovania rozdelenia škôd za zvoleným kvantilom. Tento nedostatok nemusí byť na prvý pohľad zrejmý. Ak vychádzame z definície hodnoty v riziku zavedenej v úvode, uvažujeme iba straty, ktoré utrpíme do hladiny pravdepodobnosti α . Do tejto hladiny poznáme predpokladanú výšku strát. Definícia však o stratách, ktoré presiahnu túto hladinu nič nehovorí. Môže nastať veľmi nepravdepodobná, ale extrémne vysoká strata, ktorá v hodnote VaR nie je vôbec zohľadnená. Medzi ďalšie nevýhody tejto metódy merania rizika môžeme zaradiť skutočnosť, že hodnota VaR nezohľadňuje možný vývoj v budúcnosti a zároveň fakt, že VaR nie je subaditívnou mierou. Hodnota v riziku pracuje s historickými dátami, keďže vlastne predpokladá, že udalosti z minulosti sa zopakujú.

K objasneniu poslednej menovanej nevýhody musíme najskôr definovať koherentnú mieru rizika, pretože subaditivita je jednou z jej štyroch podmienok a hodnota v riziku subaditivitu nespĺňa. Problematikou koherentnej miery rizika sa zaoberali autori Artzner, Delbaen, Eber a Heath v práci [1].

Definícia 1: Koherentná miera rizika

Uvažujme množinu M reálných náhodných veličín. Funkcia $\rho : M \rightarrow R$ sa nazýva koherentnou mierou rizika, ak spĺňa nasledujúce vlastnosti pre $X, Y \in M$:

- i. monotónnosť: $X \leq Y \Rightarrow \rho(X) \geq \rho(Y)$
- ii. subaditivita: $\rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$
- iii. pozitívna homogenita: $\lambda > 0: \rho(\lambda X) = \lambda \rho(X)$
- iv. translačná invariancia: $\forall a \in R: \rho(X + a) = \rho(X) + a$

Bod (i) sa týka preferovanosti rizík. Ak je riziko Y preferované pred X , koherentná miera rizika by mala túto preferenciu zachovať. Túto vlastnosť VaR spĺňa.

Dôkaz (i): Nech $X, Y \in L(\Omega, A, P)$ také, že $X \leq Y$. Vzhľadom k monotónnosti distribučnej funkcie platí

$$\begin{aligned} X \leq Y &\Rightarrow P(X \leq x) \geq P(Y \leq x) \\ &\Rightarrow \{P(X \leq x) \geq \alpha\} \supseteq \{P(Y \leq x) \geq \alpha\}. \end{aligned} \tag{2.1}$$

Prechodom k infímu pre x a použitím definície hodnoty v riziku dostaneme požadované.

Bod (ii) sa týka problematiky hodnoty súčtu rizík. Hodnota súčtu rizík by mala byť menšia alebo rovná ako súčet jednotlivých rizík. To znamená, že by nemala nastať situácia, kde zníženie celkového rizika dosiahneme len delením rizík. Táto vlastnosť neplatí pre hodnotu v riziku obecné, ale len za predpokladu, že rozdelenie strát je popísané normálnym rozdelením. Preto sa VaR nepovažuje za koheretnú rizikovú mieru.

Bod (iii) sa týka násobenia ľubovoľným nezáporným parametrom. Túto vlastnosť hodnota v riziku spĺňa.

Dôkaz (iii): Nech $X \in L(\Omega, A, P)$ a $\lambda \geq 0$. Použitím definície 1.1 hodnoty v riziku dostaneme:

$$\begin{aligned} VaR_\alpha(\lambda X) &= \inf\{x \mid P(\lambda X \leq x) \geq \alpha\} \\ &= \inf\{\lambda y \mid P(\lambda X \leq \lambda y) \geq \alpha\} \\ &= \lambda \inf\{y \mid P(X \leq y) \geq \alpha\} \\ &= \lambda VaR_\alpha(X). \end{aligned} \tag{2.2}$$

Bod (iv) sa týka zahrnutia zaručeného zisku a . Aj túto vlastnosť hodnota v riziku spĺňa.

Dôkaz (iv): Nech $X \in L(\Omega, A, P)$ a $a \geq 0$. Pomocou definície 1.1 hodnoty v riziku dokážeme, že

$$\begin{aligned} VaR_\alpha(X + a) &= \inf\{x \mid P(X + a \leq x) \geq \alpha\} \\ &= \inf\{y + a \mid P(X + a \leq y + a) \geq \alpha\} \\ &= \inf\{y \mid P(X \leq y) \geq \alpha\} + a \\ &= VaR_\alpha(X) + a. \end{aligned} \tag{2.3}$$

Výpočet hodnoty v riziku je založený na pravdepodobnostnej báze a umožňuje agregáciu rizík, ako ukážeme v ďalšej časti tejto kapitoly. Agregácia rizík je možná, ak sa agregujú čiastkové hodnoty v riziku s rovnakou hladinou spoľahlivosti α . Táto vlastnosť sa využíva pri agregácií rizík v jednotlivých moduloch štandardnej formule slúžiacej na výpočet solvenčných kapitálových požiadavkov.

2.2 Zbytková hodnota v riziku

Druhou metódou využívanou na meranie rizík je zbytková hodnota v riziku (Tail Value at Risk, TVaR) niekedy tiež nazývaná *conditional value at risk* (CVaR). Použitie tejto metódy na výpočet má priaznivejšie matematické vlastnosti ako metóda hodnoty v riziku. Pri použití metódy TVaR je nutné využiť zložitejší matematický aparát ako pri VaR metóde. Tento fakt je jedným z možných dôvodov využitia hodnoty v riziku pri výpočtoch v Solvency II.

Zbytková hodnota v riziku, zavedená v úvode prvej kapitoly, je koherentnou mierou rizika. Pflug v práci [13] dokázal, že TVaR má subaditívnu vlastnosť a je konvexná. Pre prípad spojitého rozdelenia môžeme TVaR vyjadriť v nasledujúcom tvare

$$TVaR_\alpha = VaR_\alpha + E[X - VaR_\alpha | X > VaR_\alpha]. \quad (2.4)$$

Ďalšou úpravou dostávame

$$TVaR_\alpha = VaR_\alpha + \frac{\int_{VaR_\alpha}^{\infty} (x - VaR_\alpha) dF(x)}{1 - F(VaR_\alpha)} \quad (2.5)$$

Zo vzorca (2.4) vidíme, že zbytková hodnota v riziku je pri rovnakej hladine spoľahlivosti vždy vyššia ako hodnota v riziku, pretože stredná hodnota je vždy nezáporná. Zbytková hodnota v riziku je preto opatrnejšia ako hodnota v riziku. Medzi významné nevýhody tejto metódy ale patrí fakt, že k určeniu hodnoty TVaR musíme poznať aj rozdelenia pre veľmi nepravdepodobné javy resp. škody. Tento predpoklad nebýva v praxi často splnený pre nedostatok dát a tak do výpočtu miery rizika vnášame nový druh rizika. Potenciálne využitie zbytkovej hodnoty v riziku pri výpočtoch solvenčných kapitálových požiadavkov je možné uplatniť pri aplikácií vlastných modelov poisťovní a zaistovní.

2.3 Agregácia rizika zo skupín poistení

Ďalej sa zameriame na agregáciu technického rizika z jednotlivých skupín poistení. Budeme agregovať riziko na základe hodnoty v riziku. Tento spôsob

sa využíva aj pri výpočte SCR pomocou štandardnej formule v Solvency II. Podrobné odvodenie je uvedené v [12].

Uvažujme celkovú stratu X . VaR získame vyjadrením z definície ako kvantil príslušnej distribučnej funkcie F pravdepodobnostného rozdelenia veľkosti straty na zvolenej hladine spoľahlivosti $(1 - \alpha)$ tj.

$$VaR = F^{-1}(1 - \alpha). \quad (2.6)$$

Pri odvodzovaní obecného vzorca pre agregáciu skupín poistení budeme predpokladať priblíženie rozdelenia skupín poistení mnohorozmernému normálnemu rozdeleniu. Zachováme pôvodné značenie z dokumentu GDV [12].

Uvažujme náhodné veličiny $X_i, i = 1, \dots, n$ predstavujúce n záväzkov, nech $-\mu_i$ označuje strednú hodnotu i -teho záväzku (kladné μ_i zodpovedá príjmu a znižuje kapitálový požiadavok). Rozptyl daných veličín označíme σ_i^2 a nech $\rho_{ij}, i, j = 1, \dots, n$ predstavuje ich vzájomnú koreláciu.

Pre uvedené záväzky X môžeme celkovú stratu vyjadriť ako súčet čiastkových strát, analogicky to platí aj pre ich stredné hodnoty.

$$X = \sum_{i=1}^n X_i, \quad (2.7)$$

$$-\mu = \sum_{i=1}^n -\mu_i, \quad (2.8)$$

kde $-\mu$ predstavuje celkovú strednú hodnotu strát.

Vzorec pre celkový rozptyl získame pomocou vlastnosti súčtu rozptylov¹

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_{ij} = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, i \neq j}^n \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}. \quad (2.9)$$

Pre zjednodušenie zápisu budeme pracovať so smerodajnými odchýlkami $\sigma_i^2 = \sigma_i \cdot \sigma_i$ a koreláciou $\rho_{ii} = 1$.

Predpokladajme, že distribučná funkcia celkovej straty X odpovedá normálnemu rozdeleniu Φ a $(1 - \alpha)$ kvantil zodpovedá $\Phi^{-1}(1 - \alpha)$, potom

¹ $\text{Var} \sum_{i=1}^n X_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \text{Cov}(X_i, X_j)$

s využitím vzťahu (2.6) môžeme vzťah pre hodnotu v riziku vyjadriť nasledovne

$$VaR = \Phi^{-1}(1 - \alpha)\sigma - \mu. \quad (2.10)$$

Dosadením 2.8 a 2.9 do 2.10 dostaneme

$$VaR = \Phi^{-1}(1 - \alpha) \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_{ij} - \sum_{i=1}^n \mu_i} \quad (2.11)$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(\Phi^{-1}(1 - \alpha)\right)^2 \sigma_i \sigma_j \rho_{ij} - \sum_{i=1}^n \mu_i} \quad (2.12)$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(\Phi^{-1}(1 - \alpha)\sigma_i - \mu_i + \mu_i\right) \left(\Phi^{-1}(1 - \alpha)\sigma_j - \mu_j + \mu_j\right) \rho_{ij} - \sum_{i=1}^n \mu_i} \quad (2.13)$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (VaR_i + \mu_i)(VaR_j + \mu_j) \rho_{ij} - \sum_{i=1}^n \mu_i}. \quad (2.14)$$

Vzťah 2.14 býva označovaný ako všeobecná agregačná formula. Vo vzťahu 2.14 vidíme, že príjem z jednotlivých rizík pod odmocninou je pripočítavaný a príjem z jednotlivých rizík mimo odmocniny je odpočítavaný. Z toho vyplýva, že dopad príjmu, ktorý znižuje riziko je tlmený vplyvom diverzifikačného efektu.

Nesmieme zabúdať, že agregácia má zmysel len pre rovnakú hodnotu α pre všetky línie obchodu, len v tomto prípade môžeme porovnávať príslušné hodnoty v riziku.

Pomocou vzorca 2.14 je možné ukázať, že hodnota v riziku pre $\alpha < 0,5$ spĺňa subaditivitu, teda druhé kritérium v definícii koherentnej miery rizika.

Potrebuje dokázať, že pre $\alpha < 0,5$ platí

$$VaR \leq \sum_{i=1}^n VaR_i. \quad (2.15)$$

Pomocou 2.14 a 2.10 dostávame

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (VaR_i + \mu_i)(VaR_j + \mu_j) \rho_{ij}} - \sum_{i=1}^n \mu_i \leq \Phi^{-1}(1 - \alpha) \sum_{i=1}^n \sigma_i - \sum_{i=1}^n \mu_i,$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha) \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}} \leq \Phi^{-1}(1 - \alpha) \sum_{i=1}^n \sigma_i. \quad (2.16)$$

Z vyjadrenia 2.16 je zrejmé, že nerovnicu je možné vydeliť kvantilom $\Phi^{-1}(1 - \alpha)$. Pre zachovanie nerovnosti však musí byť hodnota kvantilu kladná. Vzhľadom k symetrii normálneho rozdelenia je podmienka splnená pre $\alpha < 0,5$ tj. možno písať

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}} \leq \sum_{i=1}^n \sigma_i. \quad (2.17)$$

Nerovnosť následne umocníme (výraz na pravej strane je vždy nezáporný)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_i \sigma_j \rho_{ij} \leq \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_i \sigma_j, \quad (2.18)$$

čím dostaneme výsledný tvar, ktorý je vždy splnený, pretože korelačný koeficient $\rho_{i,j}, i, j = 1, \dots, n$ je vždy menší alebo rovný jednej. Rovnosť nastane iba v prípade, že $\rho_{i,j} = 1$ pre všetky $i, j = 1, \dots, n$.

V ďalšej kapitole sa zameriame na konkrétne vzorce na výpočet solvenčných kapitálových požiadavkov.

Kapitola 3

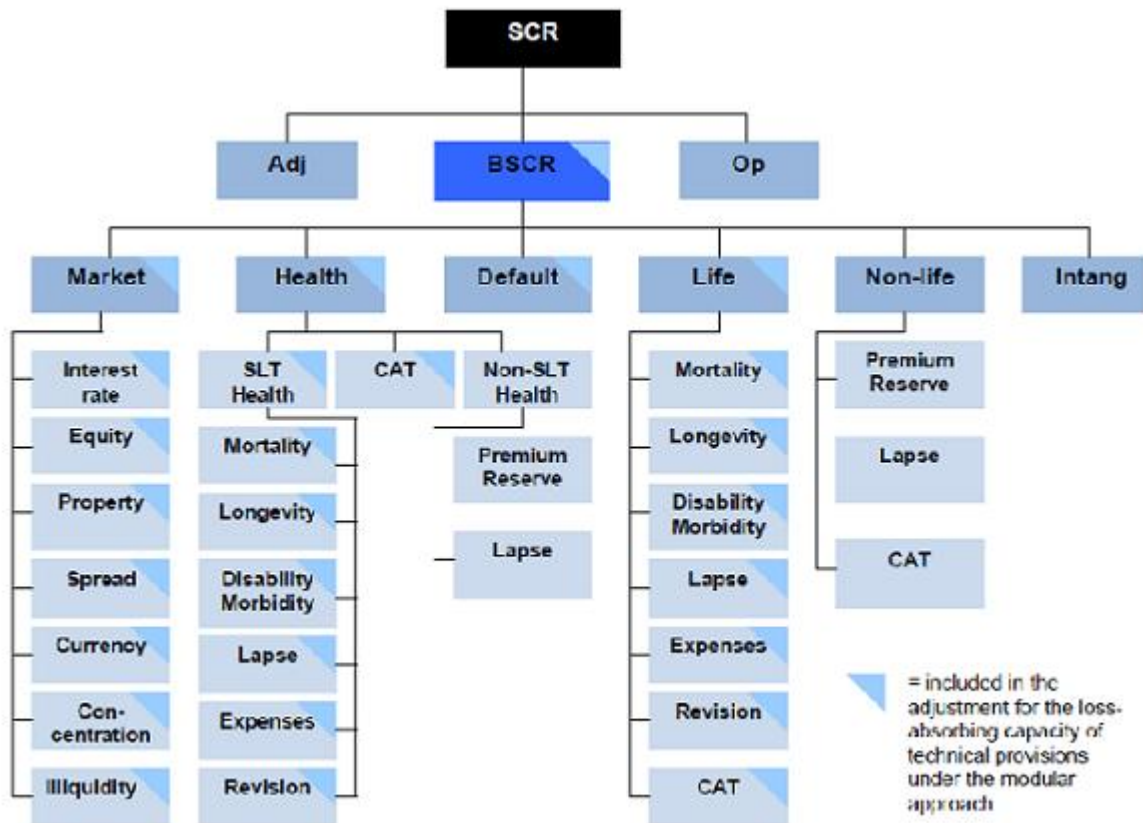
Solvenčné kapitálové požiadavky (SCR, MCR)

3.1 Solvenčný kapitálový požiadavok (Solvency capital requirement - SCR)

3.1.1 SCR - štandardná formula

V nasledujúcej časti uvedieme princípy a spôsoby výpočtu SCR. Zavedieme značenie uvedené v piatej kvantitatívnej dopadovej štúdii (QIS 5) [11]. V prvej kapitole sme naznačili, že výsledná hodnota solvenčného kapitálového požiadavku pozostáva z čiastkových výpočtov:

- Základného kapitálového požiadavku - BSCR
- Kapitálového požiadavku pokrývajúceho operačné riziko - SCR_{Op}
- Úpravy z dôvodu absorpcie rizika delenia budúcich ziskov a odloženej dane - Adj



Obrázok 3.1: SCR štandardná formula, grafické znázornenie prevzaté z [11]

Vzorec na výpočet celkového solvenčného kapitálového požiadavku uvedený v dokumentoch [11] a [10] je nasledovný:

$$SCR = BSCR - Adj + SCR_{Op}. \quad (3.1)$$

Použité parametre pri kalkulácii SCR sú nastavované tak, aby výsledná hodnota kapitálového požiadavku odpovedala hodnote v riziku (VaR) kalibrovanaj na 99,5% hladine spoľahlivosti s časovým horizontom 1 rok. Pre zabezpečenie konzistentnosti kalibrácie medzi jednotlivými modulmi štandardnej formule je nutné, aby na výpočty v jednotlivých rizikových moduloch boli aplikované rovnaké kalibračné požiadavky. Na zachytenie vzájomných závislostí jednotlivých rizikových modulov pri ich agregácii do

výsledného SCR sa používa lineárna korelácia. Korelačné koeficienty musia byť nastavené tak, aby odrážali potenciálne závislosti v chvostoch rozdelení ako aj stabilitu korelačných odhadov v zložitých podmienkach.

Výpočet kapitálového požiadavku pomocou štandardnej formule je rozdelený do samostatných častí, tzv. modulov a podmodulov. Poistovne majú možnosť nahradiť niektoré parametre z formule vlastnými parametrami pri výpočtoch v konkrétnych rizikových moduloch. Toto je možné na základe navrhovanej legislatívy, je ale nutné požiadať o povolenie príslušného lokálneho regulátora. Týmto spôsobom má subjekt možnosť nahradiť časť všeobecne navrhovaného výpočtu vlastným, ktorý lepšie odpovedá jeho rizikovému profilu.

V nasledujúcej časti predstavíme rizikové moduly potrebné pre výpočet SCR.

Modul operačného rizika - SCR_{op}

Operačné riziko je riziko straty vznikajúcej z nedostatočných alebo zlých vnútorných procesov, z ľudských alebo systémových chýb a vplyvom vonkajších udalostí. Toto riziko zároveň zahŕňa aj právne riziko, ale nezahŕňa riziko zo strategických rozhodnutí a reputačné riziko. Modul operačného rizika je navrhnutý tak, aby podchytil jednotlivé operačné riziká v rozsahu, v akom neboli zachytené v ostatných moduloch.

Uvedieme konkrétny návrh výpočtu uvedený v článku publikovanom EIOPA [9] a následne doplnený v piatej kvantitatívnej dopadovej štúdii [11]. Pri výpočte potrebujeme poznať nasledujúce parametre (ponechané pôvodné značenie z článku).

Exp_{ul} - suma ročných nákladov vzťahujúcich sa k investičnému životnému poisteniu¹. Administratívne náklady sú na rozdiel od akvizičných nákladov zahrnuté. Kalkulácia vychádza z údajov o nákladoch z minulých období, nie z budúcich projekcií.

Op_{lnul} - základná sadzba pre operačné riziko z každého typu podnikania okrem investičného životného poistenia

TP_{life} - celková suma technických rezerv zo životného poistenia (vrátane investičného životného poistenia)

¹v anglickom preklade: unit-linked. Typ poistenia, kde investičné riziko nesie poistník.

$TP_{life-ul}$ - celková suma technických rezerv z investičného životného poistenia

TP_{nl} - celková suma technických rezerv z neživotného poistenia

$Earn_{life}$ - zaslúžené poistné zo životného poistenia za posledných 12 mesiacov

$pEarn_{life}$ - zaslúžené poistné zo životného poistenia za 12 mesiacov predchádzajúcich posledným 12 mesiacom

$Earn_{life-ul}$ - zaslúžené poistné z investičného životného poistenia za posledných 12 mesiacov

$pEarn_{life-ul}$ - zaslúžené poistné z investičného životného poistenia za 12 mesiacov predchádzajúcich posledným 12 mesiacom

$Earn_{nl}$ - zaslúžené poistné z neživotného poistenia za posledných 12 mesiacov

$pEarn_{nl}$ - zaslúžené poistné z neživotného poistenia za 12 mesiacov predchádzajúcich posledným 12 mesiacom

$BSCR$ - základný solvenčný kapitálový požiadavok

Vzorec na výpočet kapitálového požiadavku pre modul operačného rizika uvedený v [9] je stanovený ako:

$$SCR_{Op} = \min(0,3 \cdot BSCR; Op_{lnul}) + 0,25 \cdot Exp_{ul}, \quad (3.2)$$

kde Op_{lnul} predstavuje základnú sadzbu pre operačné riziko pre všetky druhy poistenia okrem investičného životného poistenia a je definované vzťahom

$$Op_{lnul} = \max(Op_{premiums}; Op_{provisions}), \quad (3.3)$$

kde

$$\begin{aligned} Op_{premiums} &= 0,04 \cdot (Earn_{life} - Earn_{life-ul}) + 0,03 \cdot Earn_{nl} \\ &+ \max\left(0; 0,04 \cdot \left(Earn_{life} - 1,1 \cdot Earn_{life} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - (Earn_{life-ul} - 1,1 \cdot pEarn_{life-ul})\right)\right) \\ &+ \max(0; 0,03 \cdot (Earn_{nl} - 1,1 \cdot pEarn_{nl})), \end{aligned} \quad (3.4)$$

a

$$\begin{aligned} Op_{provisions} &= 0,0045 \cdot \max(0 ; TP_{life} - TP_{life-ul}) \\ &+ 0,03 \max(0 ; TP_{nl}). \end{aligned} \tag{3.5}$$

Zo vzorca (3.2) vyplýva závislosť výslednej hodnoty potrebného kapitálu na pokrytie operačného rizika na ostatných kapitálových požiadavkách zhrnutých v BSCR.

Výpočet základného kapitálového požiadavku - BSCR

V QIS 5 [11] predloženej EIOPA sa hodnota základného kapitálového požiadavku vypočíta pomocou 6 modulov:

- Modul neživotného upisovacieho rizika (non-life underwriting risk module)
- Modul životného upisovacieho rizika (life underwriting risk module)
- Modul zdravotného upisovacieho rizika (health underwriting risk module)
- Modul tržného rizika (market risk module)
- Modul rizika zlyhania protistrany (counterparty default risk module)
- Modul rizika nehmotných aktív (Intangible asset risk module)

Výsledná hodnota BSCR sa získa z vypočítaných kapitálových hodnôt pre jednotlivé moduly a pomocou korelačnej matice modulov (tabuľka č. 3.1).

Zavedieme značenie pre čiastkové solvenčné kapitálové požiadavky jednotlivých modulov. Značenie zachováme rovnaké ako v QIS 5 [11].

SCR_{mkt} - solvenčný kapitálový požiadavok pre modul tržného rizika

SCR_{def} - solvenčný kapitálový požiadavok pre modul zlyhania protistrany

SCR_{life} - solvenčný kapitálový požiadavok pre modul životného upisovacieho rizika

SCR_{nl} - solvenčný kapitálový požiadavok pre modul neživotného upisovacieho rizika

SCR_{health} - solvenčný kapitálový požiadavok pre modul zdravotného upisovacieho rizika

$SCR_{intangibles}$ - solvenčný kapitálový požiadavok pre modul rizika nehmotných aktív

Zároveň označíme $CorrSCR$ korelačnú maticu kapitálových požiadavkov pre rizikové moduly.

Tabuľka 3.1: Korelačná matica kapitálových požiadavkov pre rizikové moduly uvedená v [11]

$CorrSCR$	SCR_{mkt}	SCR_{def}	SCR_{life}	SCR_{health}	SCR_{nl}
SCR_{mkt}	1				
SCR_{def}	0,25	1			
SCR_{life}	0,25	0,25	1		
SCR_{health}	0,25	0,25	0,25	1	
SCR_{nl}	0,25	0,5	0	0,25	1

Vzorec na výpočet základného solvenčného kapitálového požiadavku uvedený v [11] je stanovený ako:

$$BSCR = \sqrt{\sum_{r, c} CorrSCR_{r, c} \cdot SCR_r \cdot SCR_c} + SCR_{intangibles} , \quad (3.6)$$

kde výraz $CorrSCR_{r, c}$ predstavuje jednotlivé členy korelačnej matice $CorrSCR$ a SCR_r , SCR_c predstavujú čiastkové kapitálové požiadavky vzhľadom k riadkom a stĺpcom definovanej korelačnej matice.

Modul tržného rizika - SCR_{mkt}

Tržné riziko je riziko straty alebo nepriaznivej zmeny vo finančnej situácii, priamo alebo nepriamo vyplývajúce z kolísania úrovne a volatility trhových cien aktív, záväzkov a finančných nástrojov². Expozícia voči tržnému riziku

²definícia uvedená v odstavci 13 direktívy [14]

je meraná pomocou zmeny cien akcií, úrokových sadzieb, výmenných kurzov mien, cien nehnuteľností atď. Solvenčný kapitálový požiadavok pre tento modul je kombináciou kapitálových požiadavkov týchto 7 podmodulov:

- Podmodul rizika nepriaznivej zmeny úrokových sadzieb (interest rate risk)
- Podmodul rizika nepriaznivej zmeny hodnoty akcií (equity risk)
- Podmodul menového rizika (currency risk)
- Podmodul rizika tržnej koncentrácie (market concentration risk)
- Podmodul rizika kreditného rozptylu (spread risk)
- Podmodul rizika nelikvidity (premium illiquidity risk)
- Podmodul rizika nepriaznivej zmeny cien nehnuteľností (property risk)

Výsledná hodnota SCR_{mkt} je získaná podobne ako v iných prípadoch agregáciu kapitálových požiadavkov jednotlivých podmodulov s využitím ich korelačnej matice. Výpočet jednotlivých hodnôt čiastkových kapitálových požiadavkov je založený na špecifických scenároch.

Pred uvedením vzorca na výpočet solvenčného kapitálového požiadavku pre tržné riziko uvedieme značenie pre kapitálové požiadavky podmodulov. Použijeme značenie z [11].

Mkt_{int}^{up} - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika nepriaznivého zvýšenia úrokových sadzieb

Mkt_{int}^{down} - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika nepriaznivého zníženia úrokových sadzieb

Mkt_{eq} - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika hodnoty akcií

Mkt_{prop} - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika nepriaznivej zmeny cien nehnuteľností

Mkt_{sp} - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika kreditného rozptylu

Mkt_{conc} - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika tržnej koncentrácie

Mkt_{ip} - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika nelikvidity

Mkt_{fx} - kapitálový požiadavok pre podmodul menového rizika

Označíme $CorrMkt^{up}$ korelačnú maticu rizikových podmodulov v prípade nepriaznivého zvýšenia úrokových sadzieb a $CorrMkt^{down}$ korelačnú maticu rizikových podmodulov v prípade nepriaznivého zníženia úrokových sadzieb.

Tabuľka 3.2: Korelačná matica kapitálových požiadavkov pre rizikové podmoduly uvedená v článku [11]

$CorrMkt^{up}$	Mkt_{int}^{up}	Mkt_{eq}	Mkt_{prop}	Mkt_{sp}	Mkt_{fx}	Mkt_{conc}	Mkt_{ip}
Mkt_{int}^{up}	1						
Mkt_{eq}	0	1					
Mkt_{prop}	0	0,75	1				
Mkt_{sp}	0	0,75	0,50	1			
Mkt_{fx}	0,25	0,25	0,25	0,25	1		
Mkt_{conc}	0	0	0	0	0	1	
Mkt_{ip}	0	0	0	-0,50	0	0	1

Tabuľka 3.3: Korelačná matica kapitálových požiadavkov pre rizikové podmoduly uvedená v článku [11]

$CorrMkt^{down}$	Mkt_{int}^{down}	Mkt_{eq}	Mkt_{prop}	Mkt_{sp}	Mkt_{fx}	Mkt_{conc}	Mkt_{ip}
Mkt_{int}^{down}	1						
Mkt_{eq}	0,50	1					
Mkt_{prop}	0,50	0,75	1				
Mkt_{sp}	0,50	0,75	0,50	1			
Mkt_{fx}	0,25	0,25	0,25	0,25	1		
Mkt_{conc}	0	0	0	0	0	1	
Mkt_{ip}	0	0	0	-0,50	0	0	1

V tabuľkách č. 3.2 a č. 3.3 sú uvedené hodnoty korelačných faktorov jednotlivých rizík. Vzhľadom k udalostiam, ktoré nastali na finančných trhoch (sumárne označovaných ako svetová finančná kríza) v nedávnej minulosti, EIOPA prehodnocuje korelačné faktory medzi rizikom úrokových sadzieb, hodnotou majetku a rizikom kreditného rozptylu. V dokumente [11] je navrhnuté dvojaké korelačné faktory medzi rizikami Mkt_{int} a Mkt_{eq} , resp. Mkt_{prop} ,

resp. Mkt_{sp} . Ak je poisťovateľ vystavený nepriaznivému zníženiu úrokových sadzieb, potom korelačný faktor nadobúda hodnotu 0,5, v opačnom prípade je hodnota 0.

Vzorec pre výpočet SCR_{mkt} stanovený v piatej kvantitatívnej dopadovej štúdii [11] je:

$$SCR_{mkt} = \max \left(\sqrt{\sum_{r,c} CorrMkt_{r,c}^{down} \cdot Mkt_r^{down} \cdot Mkt_c^{down}}, \sqrt{\sum_{r,c} CorrMkt_{r,c}^{up} \cdot Mkt_r^{up} \cdot Mkt_c^{up}} \right), \quad (3.7)$$

kde výrazy $CorrMkt_{r,c}^{up}$, $CorrMkt_{r,c}^{down}$ predstavujú jednotlivé členy korelačných matíc $CorrMkt^{up}$, $CorrMkt^{down}$. Mkt_r^{up} , Mkt_c^{up} , Mkt_r^{down} , Mkt_c^{down} predstavujú čiastkové kapitálové požiadavky pri danom riziku úrokových sadzieb vzhľadom k riadkom a stĺpcom definovanej korelačnej matice.

Modul neživotného upisovacieho rizika - SCR_{nl}

Upisovacie riziko z oblasti neživotného poistenia pokrýva neistoty týkajúce sa:

- veľkosti a načasovania možných vyplácaných poistných plnení v súvislosti s existujúcimi záväzkami;
- rozsahu upísaného poistenia a poistných sadzieb, za ktoré je poistenie upisované;
- poistných sadzieb, ktoré budú nutné na pokrytie záväzkov vytvorených z upísaného poistenia.

Modul neživotného rizika je tvorený tromi podmodulmi. Podmodul poistného rizika a rizika rezerv podľa smernice Európskej komisie [14] zahŕňa: "Riziko straty alebo nepriaznivej zmeny hodnoty poistných záväzkov vyplývajúcej z kolísania načasovania, množstva a závažnosti poistných udalostí a načasovania a výšky poistných plnení a nákladov spojených s likvidáciou poistných udalostí. Podmodul katastrofického rizika je podľa

tej istej smernice definovaný nasledovne: "Katastrofické riziko je chápané ako riziko straty alebo nepriaznivej zmeny hodnoty poistných záväzkov vyplývajúcich zo značnej neurčitosti predpokladov pri tvorbe cien a stanovovaní rezerv v súvislosti s mimoriadnymi alebo výnimočnými udalosťami". Posledným podmodulom je podmodul rizika stornovosti, ktorý bol pridaný k pôvodným podmodulom v poslednej kvantitatívnej dopadovej štúdii QIS5.

Pred uvedením vzorca na výpočet solvenčného kapitálového požiadavku pre neživotné upisovacie riziko zavedieme značenie pre kapitálové požiadavky podmodulov. Využijeme značenie uvedené v [11].

NL_{pr} - kapitálový požiadavok pre podmodul poistného rizika a rizika rezerv

NL_{lapse} - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika stornovosti

NL_{CAT} - kapitálový požiadavok pre podmodul katastrofického rizika

Označíme $CorrNL$ korelačnú maticu týchto dvoch pomodulov.

Tabuľka 3.4: Korelačná matica kapitálových požiadavkov pre rizikové podmoduly uvedená v článku [8]

$CorrNL$	NL_{pr}	NL_{lapse}	NL_{CAT}
NL_{pr}	1		
NL_{lapse}	0	1	
NL_{CAT}	0,25	0	1

Podľa návrhu v QIS 4 boli kapitálové požiadavky na podmoduly katastrofického rizika a poistného rizika nekorelované. EIOPA však v článku [8] navrhol zmeniť pôvodne navrhovaný korelačný koeficient medzi NL_{pr} a NL_{CAT} z 0 na 0,25.

Túto zmenu si vyžiadal fakt, že v praxi nie je niekedy možné dosiahnuť jednoznačné rozdelenie dopadu určitej nepriaznivej situácie. Napríklad podmodul katastrofického rizika môže pokrývať extrémne nepriaznivú udalosť zasahujúcu hlavné línie obchodu, ale postranné efekty danej udalosti na ostatné línie obchodu je zložité korektne modelovať. V dôsledku toho sú tieto efekty zahrnuté v podmodule poistného rizika a rizika rezerv, čo spôsobuje vzájomnú závislosť rizikových podmodulov.

Vzorec pre výpočet solvenčného kapitálového požiadavku pre neživotné upisovacie riziko je v [11] navrhovaný nasledovne:

$$SCR_{nl} = \sqrt{\sum_{r, c} CorrNL_{r, c} \cdot NL_r \cdot NL_c}, \quad (3.8)$$

kde $CorrNL_{r, c}$ predstavuje členy definovanej korelačnej matice $CorrNL$ a NL_r , NL_c predstavujú čiastkové kapitálové požiadavky v závislosti na pozícii v korelačnej matici. Výsledná hodnota SCR_{nl} je získaná agregáciou kapitálových požiadavkov jednotlivých podmodulov s využitím ich korelačnej matice.

Výpočet solvenčného kapitálového požiadavku pre modul zdravotného upisovacieho rizika SCR_{health} a životného upisovacieho rizika SCR_{life} vychádza z takmer rovnakého princípu ako pri module neživotného upisovacieho rizika. V praktickej časti sa budeme zaoberať neživotnou poisťovňou, pre ktorú sú tieto dva moduly menej významné. Z tohto dôvodu uvedieme informácie o SCR_{health} a SCR_{life} len v prílohe č. 2 tejto práce.

Modul zlyhania protistrany - SCR_{def}

Podľa direktívy Európskej komisie [14] by mal modul zlyhania protistrany pokrývať tieto riziká: "riziko straty kvôli neočakávanému neplneniu záväzkov, zhoršeniu úverového postavenia protistrany alebo dlžníka počas nasledujúcich 12 mesiacov". Rizikový modul zlyhania protistrany by mal ďalej zahŕňať riziko znižujúce kontrakty, napríklad zmluvy o zaistení, sekuritizáciu, deriváty, pohľadávky za sprostredkovateľmi ako aj ostatné úverové expozície, ktoré nie sú súčasťou podmodulu rizika kreditného rozptylu. Výpočet potrebný na určenie solvenčného kapitálového požiadavku pre tento modul je v direktíve [14] rozdelený podľa druhu expozície voči riziku na dve samostatné časti.

Typ 1 expozície voči riziku:

- Zmluvy o zaistení
- Sekuritizácie a deriváty
- Všetky ostatné dohody znižujúce riziko
- Peniaze uložené v banke

- Základný kapitál, obdržané záruky, akreditívy³, ktoré boli zvolané, ale ešte nezaplatené ak počet nezávislých protistrán nepresiahol určité množstvo

Typ 2 expozície voči riziku:

- Pohľadávky za sprostredkovateľmi
- Dlžníci poistného
- Základný kapitál, obdržané záruky, akreditívy, ktoré boli zvolané, ale ešte nezaplatené ak počet nezávislých protistrán presiahol určité množstvo

Vzorec na výpočet kapitálového požiadavku pre modul zlyhania protistrany s prihliadnutím na uvedené delenie podľa typov uvedený v [6] a [11] je nasledovný

$$SCR_{def} = \sqrt{SCR_{def,1}^2 + 1,5 \cdot SCR_{def,1} \cdot SCR_{def,2} + SCR_{def,2}^2}, \quad (3.9)$$

$SCR_{def,1}$ predstavuje solvenčný kapitálový požiadavok pre riziko zlyhania protistrany typu 1 expozície voči riziku,

$SCR_{def,2}$ predstavuje solvenčný kapitálový požiadavok pre riziko zlyhania protistrany typu 2 expozície voči riziku.

V nasledujúcej časti uvedieme vzorce potrebné na určenie čiastkových kapitálových požiadavkov typu 1 a typu 2 .

Výpočet $SCR_{def,1}$

Kapitálový požiadavok $SCR_{def,1}$ je na základe práce [6] predloženej EIOPA počítaný nasledovne

$$SCR_{def,1} = \min\left(\sum_i LGD_i ; q\sqrt{V}\right), \quad (3.10)$$

³Akreditív je záväzok (v podobe dokumentu), ktorým sa banka na účet kupujúceho (žiadateľa) alebo na svoj vlastný účet zaväzuje zaplatiť oprávnenému hodnotu zmenky a/alebo iných dokumentov za predpokladu, že sú splnené podmienky akreditívu.

kde suma prebieha cez všetky nezávislé protistrany s typom expozície 1.

LGD_i - odhad straty pri zlyhaní protistrany i s expozíciou typu 1 (LGD, loss-given-default)

q - korekčný faktor

V - rozptyl rozdelenia veľkosti straty pre expozície typu 1

Určenie q

Určenie kvantilového faktoru nie je jednoduché. Článok [6] uvádza nasledovné zdôvodnenie hodnoty kvantilového faktoru.

Tvar pravdepodobnostného rozdelenia straty pre riziko zlyhania protistrany závisí na pravdepodobnosti zlyhania protistrán v portfóliu, rovnako ako na ich počte. Ak však predpokladáme, že portfólio je dostatočne diverzifikované alebo kreditná kvalita protistrán je vysoká, je vhodné aby bol korekčný faktor založený na zošíkmenom rozdelení (napríklad na logaritmicko-normálnom). V tomto prípade by mal mať korekčný faktor hodnotu 3.

Ak v portfóliu dominuje jedna alebo malý počet expozícií s vysokou pravdepodobnosťou zlyhania, potom nemôže byť vyššie uvedený odhad hodnoty q použitý z dôvodu, že tvar rozdelenia je viac zošíkmený ako v prípade logaritmicko-normálneho rozdelenia. V tomto prípade by mal mať faktor vyššiu hodnotu. Ak smerodajná odchýlka pravdepodobnostného rozdelenia strát presahuje 5% z celkovej straty pre expozície typu 1, korekčný faktor by mal byť stanovený na hodnote 5. Táto hodnota faktoru sa týka portfólia s úverovou kvalitou horšou ako BBB, tj. obecné možno písať

$$q = \begin{cases} 3 & \text{ak } \sqrt{V} < 5\% \cdot \sum_i LGD_i, \\ 5 & \text{v ostatných prípadoch.} \end{cases} \quad (3.11)$$

Výpočet LGD

Odhad straty pri zlyhaní protistrany závisí na konkrétnom druhu expozície voči riziku. Uvedieme dva základné typy výpočtu LGD_i uvedené v článku [6].

1. Pri zmluve o zaistení a sekuritizácii sa LGD_i počíta podľa vzorca (podobne ako pri vyššie uvedených vzorcoch ponecháme značenie zavedené v [6]):

$$LGD_i = \max\{(1 - RR_{re}) \cdot (Recoverables_i + RM_{re,i} - Collateral_i); 0\}, \quad (3.12)$$

kde

RR_{re} - miera výťažnosti pri zmluvách o zaistení,

$Recoverables_i$ - najlepší odhad veľkosti náhrady z i-tej zmluvy o zaistení,

$RM_{re,i}$ - efekt znižujúci riziko na upisovacom riziku v i-tej zmluve o zaistení,

$Collateral_i$ - tržná hodnota záruky vo vzťahu k i-tej zmluve o zaistení.

Efekt znižujúci riziko $RM_{re,i}$ je aproximáciou rozdielu medzi (teoretickým) kapitálovým požiadavkom z upisovacieho rizika za podmienky, že zaistovacia dohoda alebo sekuritizácia nie je započítaná vo výpočte a kapitálovým požiadavkom z upisovacieho rizika.

2. Pri derivátoch sa LGD_i počíta podľa vzorca:

$$LGD_i = \max\left((1 - RR_{fin}) \cdot (MarketValue_i + RM_{fin,i} - Collateral_i); 0\right), \quad (3.13)$$

kde

RR_{fin} - miera výťažnosti pri derivátoch,

$MarketValue_i$ - tržná hodnota derivátu i v momente zlyhania,

$RM_{fin,i}$ - efekt znižujúci riziko na tržnom riziku pri deriváte i ,

$Collateral_i$ - tržná hodnota záruky vo vzťahu k derivátu i .

Efekt znižujúci riziko $RM_{fin,i}$ je aproximáciou rozdielu medzi (teoretickým) kapitálovým požiadavkom z tržného rizika za podmienky, že riziko znižujúci efekt derivátu nie je započítaný vo výpočte a kapitálovým požiadavkom z tržného rizika.

Výpočet rozptylu rozdelenia straty pre expozície typu 1

Rozptyl V rozdelenia veľkosti straty je podľa návrhu EIOPA [6] počítaný nasledovne:

$$V = \sum_j \sum_k u_{j,k} \cdot y_j \cdot y_k + \sum_j v_j \cdot z_j - \left(\sum_j w_j \cdot y_j \right)^2, \quad (3.14)$$

kde

j a k v sumách prebiehajú cez všetky ratingové triedy a $u_{j,k}$, v_j a w_j sú fixné parametre závislé iba na ratingových triedach.

y_j a z_j sú v [6] definované nasledovne:

$$y_j = \sum_i LGD_i \quad \text{a} \quad z_j = \sum_i (LGD_i)^2, \quad (3.15)$$

kde sumy prebiehajú cez všetky nezávislé protistrany i v ratingovej triede j .

Rozdelenie ratingových tried závisí na pravdepodobnosti zlyhania pri expozícii voči riziku typu 1. Princíp rozdelenia do ratingových tried v projekte Solvency II ukážeme v ďalšej časti práce.

Výpočet $SCR_{def,2}$

Kapitálový požiadavok $SCR_{def,2}$ je na základe práce [6] počítaný nasledovne:

$$SCR_{def,2} = x \cdot E + y \cdot E_{past-due}, \quad (3.16)$$

kde

x - rizikový faktor pre expozície voči riziku typu 2,

E - celková hodnota expozícií typu 2 okrem pohľadávok za sprostredkovateľmi, ktoré sú po splatnosti menej ako T mesiacov

y - rizikový faktor pre pohľadávky za sprostredkovateľmi po splatnosti,

$E_{past-due}$ - celková hodnota expozícií typu 2 okrem pohľadávok za sprostredkovateľmi, ktoré sú po splatnosti viac ako T mesiacov.

V dokumente [6] sa navrhuje, aby rizikové faktory boli stanovené pevne. Nemali by závisieť na pravdepodobnosti zlyhania ani na veľkosti a počte rizikových expozícií. Rizikový faktor pre pohľadávky za sprostredkovateľmi, ktoré sú po splatnosti viac ako 3 mesiace ($T = 3$), by mal mať hodnotu 90% ($y = 90\%$). Pre všetky ostatné expozície typu 2 je navrhovaná hodnota faktoru na úrovni 15% ($x = 15\%$).

Pravdepodobnosť zlyhania protistrany pri expozícii voči riziku typu 1

Hodnotu pravdepodobnosti zlyhania určuje EIOPA v [6] nasledujúcim spôsobom. Najvyššia priorita je pridelená bodu 1, ďalej nasleduje klesajúci trend.

1. Ak má protistrana pridelený rating z renomovanej ratingovej agentúry, rating z tejto agentúry je použitý ako podklad pre určenie pravdepodobnosti zlyhania⁴. V prípade, že je k dispozícii viac ratingov, je ako podklad použitý druhý najlepší.
2. Ak je poisťovňa alebo zaistovňa predmetom dohľadu v projekte Solvency II, je vhodné použiť solvenčný rating.
3. Pravdepodobnosť zlyhania je určená fixne.

Solvenčný rating

- Pre protistrany, ktoré nespĺňajú minimálny solvenčný kapitálový požiadavok (MCR) navrhuje dokument [6] stanoviť pravdepodobnosť zlyhania na úrovni 30%
- Ak protistrana spĺňa MCR požiadavok, pravdepodobnosť zlyhania protistrany (PD_i) je odvodená od pomeru solvenčného kapitálového požiadavku (SCR) a dostupných vlastných zdrojov (own funds, OF)

⁴Tabuľka s historickou pravdepodobnosťou nesplatenia dlhu v závislosti od ratingu je uvedená v Prílohe 1

V tabuľke č. 3.5 sú uvedené hodnoty navrhované v článku [6].

Tabuľka 3.5: Solvenčný rating

OF/SCR	(PD_i)
$> 200\%$	0,025%
$> 175\%$	0,050%
$> 150\%$	0,1%
$> 125\%$	0,2%
$> 100\%$	0,5%
$> 90\%$	1%
$> 80\%$	2%
$\leq 80\%$	10%

3.1.2 Agregácia solvenčných kapitálových požiadavkov

Vo výpočte SCR sú prvkami korelačnej matice korelačné koeficienty, tak ako sme ich zaviedli v úvode prvej kapitoly.

Hodnoty čiastkových kapitálových požiadavkov, ktoré su agregované vo výpočte solvenčného kapitálového požiadavku pomocou štandardnej formule nie sú z matematického pohľadu smerodajné odchýlky, ale kvantily pravdepodobnostných rozdelení. To neznamena, že využitie korelačných matíc pri agregácii kapitálových požiadavkov je v prípade štandardnej formule nesprávne. Je možné ukázať, že v prípade, ak majú náhodné veličiny mnohorozmerné normálne rozdelenie (obecnejšie eliptické rozdelenie), sú výsledkom agregácie pomocou korelačných matíc korektne agregované kvantily pravdepodobnostného rozdelenia náhodných veličín. Týmto faktom sme sa zaoberali v podkapitole č. 2.3 od výrazu č. 2.15.

Zároveň platí, že len pre niektoré druhy pravdepodobnostných rozdelení produkuje agregácia pomocou lineárnych korelačných koeficientov správny výsledok. V opačnom prípade dôjde pri agregácii k nadhodnoteniu alebo podhodnoteniu výsledných kapitálových požiadavkov. Príčinou tohto agregáčného problému sú dva hlavné dôvody:

- Závislosť medzi rozdeleniami nie je lineárna

- Tvar marginálnych rozdelení je výrazne odlišný od normálneho rozdelenia (napr. rozdelenia majú zošikmený tvar)

Mnoho rizík, ktorým sú poisťovne a zaistovne vystavované má tieto dve zmienené charakteristiky. Chvostové závislosti existujú pri upisovacom riziku (napr. v prípade katastrofických udalostí) a napríklad aj pri tržnom riziku. A zároveň pre mnoho relevantných rizík platí, že rozdelenia, ktoré reprezentujú dané riziká nie sú normálne. Obyčajne sú zošikmené, prípadne useknuté vplyvom zaistenia a hedgingu.

Z dôvodu týchto nedostatkov a ich vplyvu na riziká pokryté v štandardnej formuli sú hodnoty korelačných faktorov volené tak, aby sa predišlo nesprávnemu odhadu agregovaného rizika. Preto nie je lineárna korelácia v mnohých prípadoch vhodná pre stanovenie hodnoty korelačného koeficientu. Namiesto toho by mala byť hodnota korelačného faktoru stanovená ako najlepší možný odhad 99,5% hodnoty VaR pre agregovaný kapitálový požiadavok.

Tento prístup je možné vyjadriť nasledovne. Majme dve riziká X a Y . Nech pre dané riziká platí: $E(X) = E(Y) = 0$. Korelačný parameter ρ by mal minimalizovať agregačnú chybu definovanú nasledovne:

$$\left| VaR(X + Y)^2 - VaR(X)^2 - VaR(Y)^2 - 2\rho Var(x)VaR(Y) \right|. \quad (3.17)$$

V nasledujúcej časti sa budeme venovať nezávislým rizikám a ich agregácii vo výpočte solvenčného kapitálového požiadavku.

3.1.3 Agregácia nezávislých rizík

Štandardná formula na výpočet solvenčného kapitálového požiadavku zachytáva niekoľko rizík, o ktorých predpokladáme, že sú nezávislé. Často je korelačný faktor s hodnotou 0 považovaný za najlepší pri agregácii daných rizík vo výpočte agregovanej hodnoty kapitálového požiadavku. Avšak nie vždy je to tak. V článku [8] je uvedený príklad, kedy nie je nulový korelačný faktor medzi dvomi nezávislými rizikami správny.

Uvažujme dve nezávislé náhodné veličiny X a Y . Nech obe majú cenzorované a useknuté logaritmicke-normálne rozdelenie $(X, Y = LN(1; 0,1))$.

Pôvodné neuseknuté logartimicko-normálne rozdelenie má strednú hodnotu 1 a smerodajnú odchýlku 0,1. Nech je rozdelenie limitované hodnotou 0,2, ktorá zodpovedá približne 98% kvantilu daného rozdelenia. X a Y môžu byť upisovacie riziká, ktoré sú zmiernené neproporcionálnym zaistením alebo hedgingom. Z dôvodu, že takto definované rozdelenie je limitované na úrovni kvantilu nižšieho ako 99,5% je $Var(X) = Var(Y) = 0,2$. Simuláciou je možné ukázať, že $Var(X + Y) = 0,34$.

Hodnota $Var(X + Y)$, ktorá je získaná agregáciou $Var(X)$ a $Var(Y)$ pomocou korelačného faktoru s nulovou hodnotou je 0,28. Je to nižšia hodnota ako hodnota získaná pri simulácii. Aby hodnota $Var(X + Y)$ dosiahla hodnotu 0,34 musí byť pri agregácii týchto rizík použitý korelačný faktor 0,445. Jednotlivé hodnoty VaR sú prevzaté z článku [8].

Zvolením nulového korelačného faktoru dôjde pri takto definovaných náhodných veličinách X a Y k podhodnoteniu agregovaného rizika. Nulový korelačný koeficient avšak môže agregované riziko aj nadhodnotiť. Ak by nebolo definované logaritmicko-normálne rozdelenie limitované hodnotou 0,2, ale hodnotou 0,3, na výpočet správnej hodnoty agregovaného rizika by musel byť zvolený negatívny korelačný koeficient.

V štandardnej formuli je pri rizikách, pri ktorých môžeme predpokladať ich vzájomnú nezávislosť, ale nezávislosť nie je istá, volený korelačný parameter s malou kladnou hodnotou. V hodnote korelačného parametru je zachytená možnosť, že pri danom type rizika dôjde k podhodnoteniu alebo nadhodnoteniu hodnoty agregovaného rizika.

Agregácia nezávislých rizík s beta rozdelením

V tejto podkapitole sa budeme zaoberať správaním sa hodnôt solvenčného kapitálového požiadavku vypočítaného pomocou štandardnej formuly pri využití nezávislých rizík s beta rozdelením. Budeme vychádzať z dokumentu [7]. Táto časť nám pomôže pochopiť voľbu jednotlivých korelačných koeficientov v štandardnej formuli.

Beta rozdelenie je vhodné pri modelovaní veľkosti škôd, ak sú možné škody pri uvažovanom riziku zhora ohraničené (napr. poistné plnenie v prípade víchrice, povodne). Ďalšou výhodou beta rozdelenia je možnosť explicitne vyjadriť hustotu konvolúcie a príslušnú distribučnú funkciu konvolúcie náhodných veličín pre prirodzené parametre rozdelenia. Z tohto dôvodu je matematická analýza problému jednoduchšia.

V nasledujúcej časti budeme uvažovať riziko X , ktoré má beta rozdelenie s hustotou:

$$f_x(x; n, m) = (n + m + 1) \binom{n + m}{n} x^n (1 - x)^m, \\ 0 \leq x \leq 1; n, m \in N \cup \{0\}. \quad (3.18)$$

$F_x(x; n, m)$ budeme označovať príslušnú združenú distribučnú funkciu. Pretože hustoty v 3.18 sú polynómy, je hustota konvolúcie agregovaného rizika $S = X + Y$ súčtu nezávislých sčítancov s parametrami n_1, m_1, n_2, m_2 po častiach polynomiálna a môže byť vyjadrená nasledujúcim spôsobom:

$$f_S(x; n_1, m_1, n_2, m_2) = \begin{cases} \int_0^x f_x(y; n_1, m_1) \cdot f_Y(x - y; n_2, m_2) dy, & 0 \leq x \leq 1 \\ \int_{x-1}^1 f_x(y; n_1, m_1) \cdot f_Y(x - y; n_2, m_2) dy, & 1 \leq x \leq 2 \end{cases} \quad (3.19)$$

Taktiež distribučná funkcia konvolúcie agregovaného rizika S je po častiach polynomiálna funkcia a je možné ju počítať nasledovne:

$$F_S(x; n_1, m_1, n_2, m_2) = \begin{cases} \int_0^x f_S(u; n_1, m_1, n_2, m_2) du, & 0 \leq x \leq 1 \\ F_S(1) + \int_1^x f_S(u; n_1, m_1, n_2, m_2) du, & 1 \leq x \leq 2 \end{cases} \quad (3.20)$$

Pomocou týchto výsledkov je možné vypočítať hodnotu skutočného solvenčného kapitálového požiadavku pre individuálne ako aj agregované riziká.

Pre riziko X s hustotou definovanou v 3.18 je $EX = \frac{n+1}{n+m+2}$ a platí:

$$SCR_X(\alpha) = VAR_X(\alpha) - EX = F(X)^{-1}(1 - \alpha; n, m) - \frac{n + 1}{n + m + 2}. \quad (3.21)$$

Tabuľka 3.6: Hodnoty SCR pre individuálne riziká

(n,m)	(0,0)	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(0,1)	(0,2)	(0,3)
$\text{SCR}_X(0,005)$	0,4950	0,3308	0,2483	0,1987	0,5959	0,5790	0,5340

(n,m)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(2,1)	(3,1)	(4,1)
$\text{SCR}_X(0,005)$	0,4950	0,3308	0,2483	0,1987	0,5959	0,5790

Nasledujúca tabuľka obsahuje porovnanie skutočného solvenčného kapitálového požiadavku pre agregované riziko $S = X + Y$, spočítaného pre nezávislé X a Y s beta rozdelením a SCR spočítaného pomocou štandardnej formule.

Tabuľka 3.7: Hodnoty SCR pre agregované riziko

(n_1, m_1, n_2, m_2)	SCR_β	SCR	Chyba v %
riadok 1 (0, 0, 0, 0)	0,9000	0,7000	-22,21
riadok 2 (1, 0, 1, 0)	0,6158	0,4678	-24,02
riadok 3 (2, 0, 2, 0)	0,4658	0,3511	-24,61
riadok 4 (3, 0, 3, 0)	0,3743	0,2810	-24,91
riadok 5 (0, 1, 0, 1)	0,9171	0,8428	-8,10
riadok 6 (0, 2, 0, 2)	0,8187	0,8188	0,01
riadok 7 (0, 3, 0, 3)	0,7229	0,7553	4,47
riadok 8 (0, 1, 1, 0)	0,8008	0,6816	-14,89
riadok 9 (0, 2, 2, 0)	0,7056	0,6300	-10,71
riadok 10 (0, 3, 3, 0)	0,6239	0,5698	-8,66
riadok 11 (1, 2, 2, 1)	0,6851	0,6136	-10,44
riadok 12 (1, 3, 3, 1)	0,6276	0,5729	-8,70
riadok 13 (1, 4, 4, 1)	0,5760	0,5321	-7,62
...	...	...	...
riadok 14 (4, 8, 8, 4)	0,3816	0,4251	11,41

Ako je možné vidieť v tabuľke č. 3.7, štandardná formula vo väčšine prípadov významne podhodnocuje hodnotu skutočného solvenčného kapitálového požiadavku, najmä v prípadoch, keď je rozdelenie agregovaného rizika zošikmené vľavo (riadky 2-4). Táto situácia však nastáva aj v niektorých prípadoch, keď je rozdelenie symetrické. V riadkoch 5 a 6, kde je v oboch prípadoch rozdelenie zošikmené doprava, štandardná formula produkuje odchýlku v oboch smeroch. Najväčšia odchýlka však nastáva v prípade, kde individuálne riziko ako aj agregované riziko je symetricky rozdelené (riadok 1).

V špeciálnom prípade symetrie, najmä pre parametre v tvare $(n_1, m_1, n_2, m_2) = (0, n, n, 0)$ je

$$F_S(x; 0, n, n, 0) \approx \frac{n+1}{n+2} x^{n+2}, \quad (3.22)$$

pre malé hodnoty x potom platí

$$SCR_{\beta}(\alpha; n) \approx SCR_{\beta, app}(\alpha; n) = 1 - \left(\frac{n+2}{n+z}\alpha\right)^{\frac{1}{n+2}} \quad (3.23)$$

pre malé hodnoty α . Nasledujúca tabuľka uvádza odpovedajúce hodnoty pre $\alpha = 0,5$.

n	0	1	2	3
$SCR_{\beta}(\alpha; n)$	0,9000	0,8008	0,7056	0,6239
$SCR_{\beta, app}(\alpha; n)$	0,9000	0,8042	0,7142	0,6376

Na druhej strane asymptotické vyjadrenie štandardnej formule $SCR(\alpha; n)$ pre tento prípad má tvar

$$\begin{aligned} SCR(\alpha; n) &= \sqrt{\left((1-\alpha)^{\frac{1}{n+1}} - \frac{n+1}{n+2}\right)^2 + \left(\frac{n+1}{n+2} - \alpha^{\frac{1}{n+1}}\right)^2} \\ &\approx SCR_{app}(\alpha; n) = \frac{\sqrt{(n+1)^2 + 1}}{n+2} - \frac{n+1}{\sqrt{(n+1)^2 + 1}} \alpha^{\frac{1}{n+1}} \end{aligned} \quad (3.24)$$

pre malé hodnoty α . Nasledujúca tabuľka uvádza odpovedajúce hodnoty pre $\alpha = 0,5$.

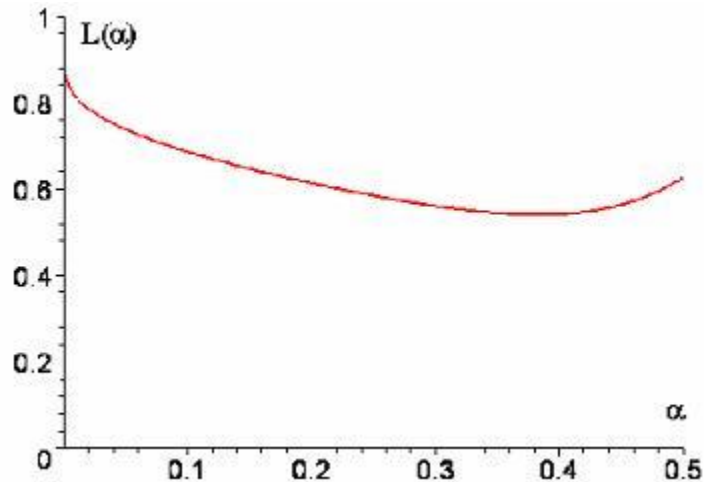
n	0	1	2	3
$SCR(\alpha; n)$	0,700	0,6816	0,6300	0,5698
$SCR_{app}(\alpha; n)$	0,7035	0,6821	0,6283	0,5666

Ako je uvedené v [7], detailnejšiou analýzou pre veľké hodnoty n môžeme zistiť:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{SCR(\alpha; n)}{SCR_{\beta, app}(\alpha; n)} = L(\alpha) = -\frac{\sqrt{(1 + \ln \alpha)^2 + (1 + \ln(1 - \alpha))^2}}{\ln \alpha} \quad (3.25)$$

Z uvedeného vyplýva, že pre uvažovaný druh symetrie $(n_1, m_1, n_2, m_2) = (0, n, n, 0)$, štandardná formula produkuje hodnoty solvenčného kapitálového

požiadavku, ktoré sú systematicky nižšie v porovnaní so skutočnou hodnotou SCR pre agregované riziko.



Obrázok 3.2: Hodnoty $L(\alpha)$, grafické znázornenie prevzaté zo [7]

Na základe vyššie uvedených pozorovaní pristupuje EIOPA k voľbe korelačných koeficientov s prihliadnutím na "zásadu opatrnosti". Riziká, ktoré za normálnych tržných podmienok možno považovať za nezávislé, môžu vo veľmi neštandardných situáciach nadobúdať nenulové korelácie. To je jeden z dôvodov, prečo EIOPA volí nenulové hodnoty korelačných koeficientov medzi kapitálovými požiadavkami zdanlivo nezávislých rizík.

3.1.4 Agregácia rizík jednotkovými korelačnými koeficientami

V článku [7] autor prezentuje kalibráciu štandardnej formule využitím jednotkových korelačných koeficientov medzi jednotlivými rizikami (predpoklad, že extrémne udalosti nastávajú súčasne). Voľbou jednotkových korelačných koeficientov dôjde k nasledujúcej zmene vo výpočte solvenčného kapitálového požiadavku:

$$\begin{aligned}
SCR &= \sqrt{\sum_{i=1}^n SCR_i^2 + 2 \sum_{i < j} SCR_i \cdot SCR_j} \\
&= \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n SCR_i\right)^2} \\
&= \sum_{i=1}^n SCR_i
\end{aligned} \tag{3.26}$$

Solvenčný kapitálový požiadavok bude súčtom jednotlivých kapitálových požiadavkov. Tento stav by bol konzistentný s použitím koherentnej rizikovej miery R pri výpočte jednotlivých kapitálových požiadavkov:

$$SCR_i = R(X_i) - E(X_i), \tag{3.27}$$

kde X_i predstavuje riziko s línie obchodu i . Potom platí nasledujúci vzťah:

$$\begin{aligned}
SCR &= R\left(\sum_{i=1}^n X_i\right) - E\left(\sum_{i=1}^n X_i\right) \leq \sum_{i=1}^n R(X_i) - \sum_{i=1}^n E(X_i) \\
&= \sum_{i=1}^n SCR_i
\end{aligned} \tag{3.28}$$

Formula 3.26 produkuje dostatočnú hodnotu solvenčného kapitálového požiadavku na splnenie podmienky, aby výsledná hodnota kapitálového požiadavku odpovedala hodnote v riziku (VaR) kalibrovannej na 99,5% hladine spoľahlivosti s časovým horizontom 1 rok. Aj keď hodnota v riziku, nie je vždy koherentnou mierou rizika (podrobnejšie sme sa danou problematikou zaoberali v druhej kapitole) je možné očakávať, že SCR spočítaný podľa formule 3.26 bude vo väčšine prípadov dostatočný v porovnaní so štandardnou formulou. Detailnejšia analýza je spracovaná v článku [7].

3.1.5 Hodnoty použitých korelačných koeficientov

V tejto časti uvedieme niekoľko komentárov k navrhovaným hodnotám korelačných koeficientov, použitých v štandardnej formuli.

Zo vzorcov uvedených v sekcii 3.1.1 jednoznačne vyplýva, že hodnota použitých korelačných koeficientov medzi jednotlivými rizikami výrazne ovplyvňuje veľkosť solvenčného kapitálového požiadavku daného podmodulu ako aj celkového solvenčného kapitálového požiadavku.

Ak by boli pri agregácii piatich rovnako veľkých čiastkových kapitálových požiadavkov (z BSCR) použité nulové korelačné koeficienty medzi jednotlivými dvojicami rizík, dôjde k zníženiu požadovaného solvenčného kapitálového požiadavku SCR až o 55% v porovnaní s hodnotou SCR pri použití jednotkových hodnôt korelačných koeficientov⁵.

Zároveň počas jednotlivých kvantitatívnych dopadových štúdií dochádzalo k zmenám týchto hodnôt. Zmenami hodnôt korelačných koeficientov navrhovaných v QIS 4 na hodnoty uvedené v [8] dôjde podľa EIOPA k priemernému 21% nárastu požadovanej hodnoty BSCR spočítanej pomocou štandardnej formule. Tento nárast je odôvodnený nízkymi hodnotami korelačných koeficientov v QIS 4, ktoré neboli v súlade s požiadavkom kalibrácie BSCR na úrovni 99,5% hodnoty VaR pre dané riziká.

Z tohto dôvodu je potrebné dôkladné odôvodnenie príslušných hodnôt korelačných koeficientov. Avšak dokumenty, na základe ktorých EIOPA pristupovala k zmenám jednotlivých hodnôt korelačných koeficientov v priebehu vývoja štandardnej formule nie sú verejnosti prístupné. Preto je veľmi obtiažne zdôvodniť zmeny koeficientov ako aj výsledné navrhované hodnoty. Na druhej strane je možné predpokladať, že voľba koeficientov odzrkadľuje snahu o ekonomickú únosnosť výsledných odhadov SCR. Ak to poisťovni napriek tomu nevyhovuje môže si požiadať o schválenie svojho interného modelu.

3.1.6 SCR - interné modely

Výpočet solvenčného kapitálového požiadavku SCR pomocou štandardnej formule nie je jediným možným spôsobom. Spoločnosti môžu požiadať o schválenie vlastného modelu výpočtu. Môžu použiť úplný vlastný model (full internal model), ktorý nahrádza štandardnú formulu ako celok alebo môžu využiť čiastočný vlastný model (partial internal model), ktorý nahradí len špecifickú časť z formule. V prípade využitia úplného vlastného modelu je hodnota kapitálu, ktorý musí mať poisťovňa alebo zaistovňa k dispozícii,

⁵uvedené v článku [8]

určená iba vlastným modelom. Ak spoločnosť využíva len čiastočný interný model na výpočet kapitálového požiadavku pre nejaký modul alebo podmodul, musí výsledok z tohto modelu integrovať do štandardnej formule.

Interný model je schválený k použitiu až po splnení 6 stanovených testov pre interné modely uvedených v direktíve [14] v článkoch 119-125:

- Test použiteľnosti (Use test)
- Test štatistickej kvality (Statistical quality test)
- Kalibračný test (Calibration test)
- Test priradenia ziskov a strát (Profit and loss attribution test)
- Validačný test (Validation test)
- Dokumentácia (Documentation)

3.2 Minimálny kapitálový požiadavok (Minimum capital requirement - MCR)

V prvej kapitole sme uviedli, že minimálny solvenčný kapitálový požiadavok reprezentuje minimálnu hladinu bezpečnosti, pod ktorú by finančné zdroje spoločnosti nemali klesnúť. Ak teda hodnota dostupných vlastných zdrojov klesne pod hodnotu MCR a spoločnosť nedokáže v krátkom čase zabezpečiť nápravu, mala by byť licencia na podnikanie spoločnosti odobratá. Parametre, použité pri kalkulácii MCR sú nastavované tak, aby výsledná hodnota kapitálového požiadavku odpovedala hodnote v riziku (VaR) kalibrovanej na hladine spoľahlivosti 85% s časovým horizontom 1 rok.

Pri uvádzaní konkrétneho prístupu k stanoveniu hodnoty minimálneho kapitálového požiadavku budeme vychádzať z dokumentov [11], [4] a [5] predložených EIOPA týkajúcich sa tejto problematiky.

Výpočet MCR

Vzorec navrhovaný v [5] a [11] pre výpočet minimálneho kapitálového požiadavku je:

$$MCR = \max\{MCR_{combined} ; AMCR\}, \quad (3.29)$$

kde $MCR_{combined}$ predstavuje hodnotu "kombinovaného" kapitálového požiadavku. Jeho hodnota je podľa návrhu zdola ohraničená hodnotou 25% SCR a zhora ohraničená hodnotou 45% SCR.

$AMCR$ predstavuje hodnotu takzvaného "absolútneho dna" minimálneho solvenčného kapitálového požiadavku. Hodnota dna je určená podľa typu podnikania danej spoločnosti ako je uvedené v tabuľke 3.8.

Tabuľka 3.8: Hodnota absolútneho dna pre MCR

Poistovatelia	Minimálny MCR
<i>Neživotný poisťovateľ</i>	
Poisťovateľ "zodpovednosti" ⁶	3,2 milióna Eur
Ostatní poisťovatelia	2,2 milióna Eur
<i>Životný poisťovateľ</i>	3,2 milióna Eur
<i>Zaisťovateľ (životný aj neživotný)</i>	
Zaisťovateľ okrem kaptívneho zaisťovateľa	3,2 milióna Eur
Kaptívny zaisťovateľ	1 milión Eur

⁶V anglickom preklade: Liability insurance. Pod uvedeným termínom rozumieme poistenie aspoň v jednej z nasledujúcich oblastí: Zodpovednosť za škodu spôsobenú prevádzkou motorových vozidiel, zodpovednosť za škodu spôsobenú prevádzkou leteckého prostriedku, zodpovednosť za škodu spôsobenú prevádzkou plavidiel, všeobecná zodpovednosť, poistenie úverov a záruk. Detailnejší popis jednotlivých oblastí poistenia je uvedený v [14].

Výpočet $MCR_{combined}$

Vzorec pre výpočet $MCR_{combined}$ je definovaný nasledovne:

$$MCR_{combined} = \min\{\max\{MCR_{linear} ; 0,25 \cdot SCR\} ; 0,45 \cdot SCR\}, \quad (3.30)$$

kde MCR_{linear} je súčtom 2 samostatných komponentov MCR_{NL} a MCR_L . MCR_{NL} predstavuje minimálny kapitálový požiadavok z neživotnej časti poistných záväzkov a MCR_L predstavuje MCR zo životnej časti poistných záväzkov.

SCR je hodnota solvenčného kapitálového požiadavku danej spoločnosti, ktorý je počítaný pomocou štandardnej formule alebo vopred schváleného interného modelu.

Podrobné skúmanie minimálneho kapitálového požiadavku nie je cieľom tejto práce a preto sa mu detailnejšie nebudeme venovať. Ďalšie informácie o spôsobe výpočtu MCR sú uvedené v dokumentoch [5] a [11].

V závere tejto kapitoly stručne zhrnieme základné kapitálové požiadavky v projekte Solvency II. Základnými kapitálovými požiadavkami sú solvenčný kapitálový požiadavok SCR a minimálny kapitálový požiadavok MCR.

Solvenčný kapitálový požiadavok predstavuje ekonomický kapitál, ktorý musí mať spoločnosť k dispozícii, aby obmedzila pravdepodobnosť bankrotu v horizonte jedného roku na 0,5%. SCR je počítaný metódou hodnoty v riziku. Pomocou tejto metódy sa do požiadavku započítavajú všetky potenciálne straty, ktoré môžu nastať v priebehu najbližších 12 mesiacov. Výsledná hodnota solvenčného kapitálového požiadavku je súčtom základného kapitálového požiadavku (BSCR), kapitálového požiadavku vzhľadom k operačnému riziku (SCR_{op}) a úpravy z dôvodu absorpcie rizika delenia budúcich ziskov a odloženej dane (Adj). Cieľom Solvency II je, aby sa vo výpočte SCR odrážal skutočný rizikový profil danej poisťovne alebo zaistovne.

Hodnota minimálneho kapitálového požiadavku má podľa Solvency II odrážať minimálnu, teda hraničnú hodnotu kapitálu poisťovne. Pod túto hodnotu by kapitál nemal nikdy klesnúť. Ak táto nepriaznivá situácia nastane a spoločnosť nedokáže zabezpečiť nápravu v krátkom čase, nastane okamžitá reakcia zo strany regulačného orgánu. Poslednou možnosťou zásahu je odobratie licencie na podnikanie v poisťovníctve.

Kapitola 4

Praktický výpočet SCR a MCR

V poslednej časti práce ukážeme aplikáciu výpočtu solvenčného kapitálového požiadavku na konkrétnych dátach. Výpočet aplikujeme na dáta neživotnej poisťovne v období rokov 2008 a 2009. Uvažovaná poisťovňa "XYZ" poskytuje 3 druhy poistenia z tých, ktoré boli uvedené v dokumnte [11] v časti venovanej neživotnému upisovaciemu riziku.

- poistenie zodpovednosti za škodu pri vedení motorového vozidla - A.1,
- ostatné automobilové poistenie - A.2,
- poistenie nehnuteľností - A.4.

Samotný výpočet je modelovaný v excelovskom súbore, ktorý je prílohou tejto práce. Vychádzali sme z voľne dostupného modelu zverejneného na oficiálnej stránke EIOPA, ktorý slúži poisťovniam ako podkladový materiál pri výpočte kapitálových požiadavkov. Tento model sme upravili tak, aby zodpovedal potrebám poisťovne "XYZ".

Pri výpočte kapitálových požiadavkov sme použili nasledovné údaje o poisťovni "XYZ":

- hodnotu predpísaného poistného v jednotlivých rokoch
- hodnotu zaslúženého poistného v jednotlivých rokoch
- hodnotu poistných rezerv

- hodnotu škodných rezerv

Ďalšími podkladovými materiálmi boli informácie o expozícií voči tržnému riziku, voči riziku zlyhania protistrany, voči katastrofickému riziku a ďalšie. Uvedené materiály sú priložené v excelovskom súbore.

Hodnotu solvenčného kapitálového požiadavku SCR poisťovne "XYZ" sme stanovili štyrmi rôznymi spôsobmi: využitím korelačných koeficientov navrhnutých v QIS 5, QIS 4, s predpokladom nezávislosti všetkých rizík (použité nulové korelačné koeficienty medzi rizikami) a s predpokladom jednotkovej korelácie medzi rizikami. Takto získané hodnoty SCR sme navzájom porovnali. Rôzne voľby korelačných koeficientov nám umožnili skúmať ich vplyv na výslednú hodnotu požiadavky poisťovne "XYZ". Hodnotu SCR výpočítanú pomocou korelačných koeficientov uvedených v QIS 5 sme si stanovili ako základnú a ostatné hodnoty SCR sme s ňou porovnali.

Tabuľka 4.1: hodnoty SCR

	<i>SCR</i>
hodnota podľa QIS 5	100%
hodnota podľa QIS 4	91%
hodnota s predpokladom nezávislosti	70%
hodnota s predpokladom jednotkových korelácií	179%

Ako vidíme v tabuľke 4.1 najvyššiu hodnotu SCR sme získali použitím jednotkových korelačných koeficientov medzi čiastkovými kapitálovými požiadavkami. Tento typ agregácie nazývame agregácia súčtom. Tento stav by bol konzistentný s použitím koherentnej rizikovej miery pri výpočte jednotlivých kapitálových požiadavkov. Touto problematikou sme sa zaoberali v podkapitole 3.1.4.

Najnižšiu hodnotu SCR by musela mať poisťovňa "XYZ" k dispozícii v prípade ak by boli všetky riziká uvažované v štandardnej formuli nezávislé. To znamená, že by výpočet a hodnota SCR vôbec nezohľadňovali vzájomný vplyv jednotlivých rizík. To je v úplnom protiklade s konceptom Solvency II.

Veľmi malý rozdiel medzi hodnotou SCR vypočítanou podľa korelačných koeficientov navrhnutých v QIS 4 a QIS 5 je spôsobený špecifickosťou

dát použitých pri výpočte. Modelová poisťovňa "XYZ" podniká len v neživotnom sektore poistenia a preto zmeny korelačných koeficientov v niektorých podmoduloch (napr. podmodul životného upisovacieho rizika, podmodul zdravotného upisovacieho rizika) nemali vplyv na výslednú hodnotu SCR.

Výsledná hodnota solvenčného kapitálového požiadavku je v štandardnej formuli získaná súčtom základného kapitálového požiadavku ($BSCR$), kapitálového požiadavku vzhľadom k operačnému riziku (SCR_{Op}) a úpravy z dôvodu absorpcie rizika delenia budúcich ziskov a odloženej dane (Adj). V našom prípade z dôvodu jednoduchosti uvažujeme, že hodnota (Adj) je nulová. V nasledujúcej tabuľke navzájom porovnáme tieto požiadavky.

Tabuľka 4.2: hodnoty SCR_{Op} , $BSCR$

	SCR_{Op}	$BSCR$
hodnota podľa QIS 5	100%	100%
hodnota podľa QIS 4	100%	91%
hodnota s predpokladom nezávislosti	100%	69%
hodnota s predpokladom jednotkových korelácií	100%	183%

Keďže $BSCR$ tvorí v našom prípade najvýraznejšiu časť zo solvenčného kapitálového požiadavku, jednotlivé hodnoty $BSCR$ sa takmer zhodujú s hodnotami SCR. Spôsob akým sa získa hodnota čiastkového kapitálového požiadavku SCR_{Op} spôsobil, že v každom druhu výpočtu je hodnota SCR_{Op} rovnaká. Vo všetkých prípadoch sa hodnota SCR_{Op} rovnala hodnote Op_{lnul} .

V nasledujúcej časti priblížime výpočet solvenčného kapitálového požiadavku spočítaného v elektronickom súbore priloženom k tejto práci.

V našom prípade je dôležitou časťou $BSCR$ kapitálový požiadavok pre podmodul neživotného upisovacieho rizika. Základnými dátami potrebnými k výpočtu SCR_{nl} sú hodnoty predpísaného poistného, zaslúženého poistného a škodných rezerv.

Čisté a hrubé poistné je uvažované vzhľadom k využitiu zaistenia. V našom prípade poisťovňa zaistenie nevyužíva a preto je hrubé a čisté poistné

Tabuľka 4.3: Poistné a rezervy

CZK '000	A.1	A.2	A.3
Predpísané poistné - hrubé (2009)	165 933	331 867	641 000
Predpísané poistné - čisté (2009)	165 933	331 867	641 000
Predpísané poistné - odhad (2010)	178 302	356 603	690 507
Zaslúžené poistné - hrubé (2009)	174 800	349 600	617 900
Zaslúžené poistné - čisté (2009)	174 800	349 600	617 900
Zaslúžené poistné - odhad (2010)	172 797	345 595	671 211
Zaslúžené poistné - hrubé (2008)	170 000	320 000	660 000
Rezerva poistného (2009)	58 869	117 738	250 669
Rezerva na škody (2009)	583 918	18 267	210 918

zhodné. Výslednú hodnotu SCR_{nl} získame agregáciou čiastkových kapitálových požiadavkov NL_{pr} , NL_{lapse} , NL_{CAT} . Jednotlivé čiastkové kapitálové požiadavky sme vypočítali štyrmi spôsobmi pomocou rôznych korelačných koeficientov.

Tabuľka 4.4: Čiastkové kapitálové požiadavky SCR_{nl}

CZK '000	NL_{pr}	NL_{lapse}	NL_{CAT}
hodnota podľa QIS 5	366 168	1 498	45 211
hodnota podľa QIS 4	366 168	1 498	45 211
hodnota s predpokladom nezávislosti	299 079	1 498	45 211
hodnota s predpokladom jednotkových korelácií	495 834	1 498	62 495

Vypočítané výsledné hodnoty SCR_{nl} zoradené podľa použitých korelačných koeficientov pri výpočte sú uvedené v tabuľke 4.5.

Tabuľka 4.5: Hodnota kapitálového požiadavku SCR_{nl}

CZK '000	SCR_{nl}
hodnota podľa QIS 5	380 003
hodnota podľa QIS 4	368 952
hodnota s predpokladom nezávislosti	302 480
hodnota s predpokladom jednotkových korelácií	559 826

Hodnotu SCR_{nl} výpočítaní pomocou korelačných koeficientov uvedených v QIS 5 sme stanovili ako základnú a ostatné hodnoty SCR_{nl} sme s ňou porovnali.

Tabuľka 4.6: hodnoty SCR_{nl}

	SCR_{nl}
hodnota podľa QIS 5	100%
hodnota podľa QIS 4	97%
hodnota s predpokladom nezávislosti	80%
hodnota s predpokladom jednotkových korelácií	147%

Druhý čiastkový kapitálový požiadavok, ktorý je súčasťou $BSCR$ v prípade uvažovanej poisťovne "XYZ" je SCR_{def} . Pri výpočte SCR_{def} sme využili podklad o expozíciách poisťovne "XYZ" voči jednotlivým protistranám (napr. peniaze uložené na bankových účtoch, pohľadávky voči protistranám,...).

Solvenčný kapitálový požiadavok v module zlyhania protistany vznikne agregáciu z dvoch čiastkových, ktoré sú rozdelené podľa typu expozície. Presné rozdelenie sme uviedli v tretej kapitole.

Vo výpočte sme ako v predchádzajúcom prípade použili korelačné koeficienty navrhnuté v QIS 5 a QIS 4 (v tomto prípade sa nezmenili) a zároveň sme výpočet uskutočnili aj s využitím jednotkových a nulových korelačných koeficientov medzi typmi expozícií. Získané hodnoty sú uvedené v tabuľke 4.7.

Tabuľka 4.7: Hodnota kapitálového požiadavku SCR_{def}

CZK '000	SCR_{def}
hodnota podľa QIS 5	26 870
hodnota podľa QIS 4	26 870
hodnota s predpokladom nezávislosti	20 839
hodnota s predpokladom jednotkových korelácií	28 600

Hodnotu SCR_{def} vypočítanú pomocou korelačných koeficientov uvedených v QIS 5 opäť definujeme ako základnú a ostatné hodnoty SCR_{def} sme s ňou porovnáme.

Tabuľka 4.8: hodnoty SCR_{def}

	SCR_{def}
hodnota podľa QIS 5	100%
hodnota podľa QIS 4	100%
hodnota s predpokladom nezávislosti	78%
hodnota s predpokladom jednotkových korelácií	106%

Významným rizikom, ktorému je poisťovňa vystavená je tržné riziko. V našom prípade sme k výpočtu solvenčného kapitálového požiadavku pre modul tržného rizika využili podklad o rozdelení jednotlivých aktív spolu s ich ratingovým ohodnotením.

Tabuľka 4.9: Rozdelenie aktív

Aktívum	Rating	hodnota v CZK '000
Vládne dlhopisy USA	AAA	200 000
Vládne dlhopisy GER (5 ročné)	AAA	500 000
Vládne dlhopisy GER (10 ročné)	AAA	500 000
Nehnuteľnosť		253 160
Hypotekárne dlhopisy(RBS)	AA	120 000
Pokladnične poukážky USA	AAA	20 000
Korporátne dlhopisy Volkswagen	BBB	33 000
Vládne dlhopisy TUR	BBB	200 000
Hypotekárne dlhopisy(Realkredit Danmark)	AAA	350 000
Štrukturovaný cenný papier (Deutsche Bank)	A	20 000
Vládne dlhopisy (GRE)	BB	100 000
Akcie Volkswagen	BBB	300 000
Akcie Wal-mart	BB	240 000
Akcie China mobile	A	340 000
Akcie Royal Dutch shell	A	300 000
Fond (Nordea invest)	A	100 000
Suma		3 576 160

Výpočet solvenčného kapitálového požiadavku pre modul tržného rizika sme tiež uskutočnili štyrmi spôsobmi, rovnakými ako v predchádzajúcich prípadoch. Získané hodnoty SCR_{mkt} sú uvedené v tabuľke 4.10.

Tabuľka 4.10: Hodnota kapitálového požiadavku SCR_{mkt}

CZK '000	SCR_{mkt}
hodnota podľa QIS 5	581 499
hodnota podľa QIS 4	510 367
hodnota s predpokladom nezávislosti	450 207
hodnota s predpokladom jednotkových korelácií	844 780

Vypočítané hodnoty SCR_{mkt} sme porovnali s hodnotou SCR_{mkt} získanou podľa QIS 5.

Tabuľka 4.11: hodnoty SCR_{mkt}

	SCR_{mkt}
hodnota podľa QIS 5	100%
hodnota podľa QIS 4	88%
hodnota s predpokladom nezávislosti	77%
hodnota s predpokladom jednotkových korelácií	145%

Kapitálový požiadavok pre modul operačného rizika SCR_{op} je posledný, ktorý je v prípade uvažovanej poisťovne "XYZ" nenulový. Hodnota SCR_{op} je rovnaká pre všetky štyri druhy výpočtov a predstrahuje hodnotu $Op_{provisions}$ definovanú v rovnici 3.5. Získané hodnoty SCR_{op} sú uvedené v tabuľke 4.12.

Tabuľka 4.12: Hodnota kapitálového požiadavku SCR_{op}

CZK '000	SCR_{op}
hodnota podľa QIS 5	37 211
hodnota podľa QIS 4	37 211
hodnota s predpokladom nezávislosti	37 211
hodnota s predpokladom jednotkových korelácií	37 211

Kapitálové požiadavky pre modul zdravotného upisovacieho rizika SCR_{health} a životného upisovacieho rizika SCR_{life} sú v prípade poisťovne "XYZ" nu-

lové.

V závere tejto kapitoly ešte uvedieme hodnotu minimálneho kapitálového požiadavku spočítaného pre uvažovanú poisťovňu podľa výpočtu navrhnutého v [11].

Získaná hodnota MCR predstavuje 25% hodnoty SCR danej poisťovne. Výpočet MCR vychádzal z rovnice 3.30, uvedenej v tretej kapitole. Získaná hodnota MCR_{linear} je 190 332 tis. CZK. Hodnota 25% SCR je 204 843 tis. CZK, je väčšia ako MCR_{linear} a vzhľadom k rovnici 3.30 je to aj hodnota MCR.

Záver

Hlavným cieľom práce bolo priblíženie spôsobu výpočtu kapitálových požiadavkov kladených na poisťovne a zaistovne v súlade s princípmi uvedenými v Solvency II.

V prvej časti práce sme predstavili projekt Solvency II na základe jeho pilierovej štruktúry. Popísali sme základné charakteristiky jednotlivých pilierov.

V ďalšej časti práce sme sa zaoberali problematikou hodnoty v riziku ako aj agregáciou rizík, teda teóriou nevyhnutnou pre výpočet SCR a MCR.

V tretej kapitole sme uviedli konkrétny spôsob výpočtu kapitálových požiadavkov. Predstavili sme spôsob výpočtu solvenčného kapitálového požiadavku SCR, kde sme sa zamerali najmä na výpočet pomocou štandardnej formule. Podrobnejšie sme sa v tejto kapitole zaoberali spôsobom agregácie rizík v štandardnej formuli.

V poslednej kapitole sme ukázali výsledok aplikácie štandardnej formule na konkrétne dáta neživotnej poisťovne. Využili sme rôzne hodnoty korelačných koeficientov a výsledné kapitálové požiadavky sme navzájom porovnali.

V niektorých prípadoch nebolo možné detailnejšie preskúmanie danej problematiky z dôvodu nedostupnosti podrobných informácií o získaných hodnotách resp. použitých postupoch. Napríklad odhady korelácií medzi jednotlivými líniami obchodov boli uverejňované bez bližšieho zdôvodnenia. Tieto hodnoty však majú na výslednú hodnotu solvenčného kapitálového požiadavku nezanedbateľný vplyv.

Solvency II je projekt Európskej komisie, ktorého cieľom je vytvorenie jednotného regulátorného prostredia pre poisťovne a zaistovne v celej Európskej únii. Motívom pre vytvorenie tohto projektu bola potreba zvýšenia stability poisťného sektora ako celku. Jedná sa o veľmi zásadnú zmenu v systéme dohľadu nad poisťným trhom, ktorá si vyžaduje dôkladnú

prípravu. Nevyhnutnosťou pri zavádzaní takejto právnej úpravy je otvorená komunikácia priamo so subjektmi, ktorých sa zmena dotýka, teda s poisťovňami a zaistovňami. Pre správne nastavenie systému je dôležité, aby sa čo najväčšie percento dotknutých subjektov zúčastnilo na diskusiách pri vytváraní jednotlivých podmienok implementovaných do Solvency II. Tento projekt stále nemá konečnú podobu, aj keď sa dátum jeho plánovaného uvedenia¹ do praxe rýchlo blíži. Je nevyhnutné tieto zmeny sledovať, byť pripravený na ich implementáciu a v neposlednom rade na konečnú podobu tohto projektu.

¹koniec roku 2012

Literatúra

- [1] Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M., Haeath, D.: *Coherent measures of risk*, 1998
- [2] Cardi, G. G., Rusnak, R.: *When the SST Standard Model Underestimates Market Risk*, 2007
- [3] CEIOPS, Comitee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors: *CEIOPS' Advice for L2 Implementing Measures on SII: Calibration of Health Underwriting Risk*, 2010.
- [4] CEIOPS, Comitee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors: *CEIOPS' Advice for L2 Implementing Measures on SII: Calibration of the MCR*, 2010.
- [5] CEIOPS, Comitee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors: *CEIOPS' Advice for L2 Implementing Measures on SII: MCR Calculation*, 2009.
- [6] CEIOPS, Comitee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors: *CEIOPS' Advice for L2 Implementing Measures on SII: SCR - Standard formula - Counterparty default risk*, 2009.
- [7] Pfeifer, D., Strassburger, D.: *Solvency II: Stability problems with aggregation formula*, 2008.
- [8] CEIOPS, Comitee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors: *CEIOPS' Advice for L2 Implementing Measures on SII: SCR - Standard Formula - Correlations*, 2010.
- [9] CEIOPS, Comitee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors: *CEIOPS' Advice for L2 Implementing Measures on SII: SCR - Standard Formula - Operational Risk*, 2010.

- [10] CEIOPS, Comitee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors: *QIS 4 - Technical specifications*, 2008.
- [11] CEIOPS, Comitee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors: *QIS 5 - Technical specifications*, 2010.
- [12] GDV, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.: *Discussion Paper for a Solvency II Compatible Standard Approach (Pillar I)*, 2005.
- [13] Pflug, G. Ch.: *Some Remarks on the Value-at-Risk and the Conditional Value-at-Risk*, 2000.
- [14] The European parliament: *Directive of the European Parliament and of the council on the taking-up and pursuti of yhe business of insurance and reinsurance*, 2009.

Zoznam tabuliek

3.1	Korelačná matica kapitálových požiadavkov pre rizikové moduly uvedená v [11]	26
3.2	Korelačná matica kapitálových požiadavkov pre rizikové podmoduly uvedená v článku [11]	27
3.3	Korelačná matica kapitálových požiadavkov pre rizikové podmoduly uvedená v článku [11]	28
3.4	Korelačná matica kapitálových požiadavkov pre rizikové podmoduly uvedená v článku [8]	30
3.5	Solvenčný rating	37
3.6	Hodnoty SCR pre individuálne riziká	41
3.7	Hodnoty SCR pre agregované riziko	42
3.8	Hodnota absolútneho dna pre MCR	48
4.1	hodnoty SCR	51
4.2	hodnoty SCR_{op} , $BSCR$	52
4.3	Poistné a rezervy	53
4.4	Čiastkové kapitálové požiadavky SCR_{nl}	53
4.5	Hodnota kapitálového požiadavku SCR_{nl}	54
4.6	hodnoty SCR_{nl}	54
4.7	Hodnota kapitálového požiadavku SCR_{def}	55
4.8	hodnoty SCR_{def}	55
4.9	Rozdelenie aktív	56
4.10	Hodnota kapitálového požiadavku SCR_{mkt}	57

4.11 hodnoty SCR_{mkt}	57
4.12 Hodnota kapitálového požiadavku SCR_{op}	57
4.13 Historická pravdepodobnosť nesplatenia dlhu v závislosti od ratingu (Zdroj: The Municipal Bond Fairness Act (HR 6308))	65
4.14 Korelačná matica kapitálových požiadavkov pre rizikové podmoduly uvedená v [11]	67
4.15 Korelačná matica kapitálových požiadavkov pre rizikové podmoduly uvedená v článku [8]	68

Prílohy

Príloha 1

Pre porovnanie uvádzame tabuľku historických pravdepodobností nesplatenia korporátneho dlhu v závislosti od ratingu podľa jednotlivých agentúr:

Tabuľka 4.13: Historická pravdepodobnosť nesplatenia dlhu v závislosti od ratingu (Zdroj: The Municipal Bond Fairness Act (HR 6308))

	Moody's	S&P	Moody's	S&P
Rating categories	Municipal	Corporate	Municipal	Corporate
Aaa/AAA	0,00%	0,52%	0,00%	0,60%
Aa/AA	0,06%	0,52%	0,00%	1,50%
A/A	0,03%	1,29%	0,23%	2,91%
Baa/BBB	0,13%	4,64%	0,32%	10,29%
Ba/BB	2,65%	19,12%	1,74%	29,93%
B/B	11,86%	43,34%	8,48%	53,72%
Caa-C/CCC-C	16,58%	69,18%	44,81%	69,19%
Investment Grade	0,07%	2,09%	0,20%	4,14%
Non-Invest Grade	4,29%	31,37%	7,37%	42,35%
All	0,10%	9,70%	0,29%	12,98%

V tabuľke č. 4.13 vidíme aká je na základe historických dát vypočítaná pravdepodobnosť, že spoločnosť s daným ratingom nebude schopná splácať svoj dlh v priebehu nasledujúcich 10 rokov.

Údaje sú vypočítané na základe dát dostupných do roku 2008.

Príloha 2

Modul zdravotného upisovacieho rizika

Výpočet solvenčného kapitálového požiadavku pre samostatný modul zdravotného upisovacieho rizika prešiel v poslednom čase výraznými zmenami. V článku publikovanom EIOPA [3] bol doplnený samostatný podmodul pre katastrofické zdravotné riziko. Tento modul je podľa posledného návrhu v [11] tvorený tromi podmodulmi:

- Podmodul zdravotných záväzkov vedených na podobnom technickom princípe ako životné poistenie (Health SLT, similar to life insurance techniques).
- Podmodul zdravotných záväzkov nevedených na podobnom technickom princípe ako životné poistenie (Health Non SLT, non similar to life insurance techniques).
- Podmodul zdravotného katastrofického rizika (Health CAT).

Zavedieme značenie pre čiastkové solvenčné kapitálové požiadavky jednotlivých podmodulov, ktoré sú potrebné na výpočet výsledného požiadavku pre modul zdravotného upisovacieho rizika. Značenie zachováme rovnaké ako v dokumente [11].

$Health_{SLT}$ - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika zdravotných záväzkov vedených na podobnom technickom princípe ako životné poistenie

$Health_{NonSLT}$ - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika zdravotných záväzkov nevedených na podobnom technickom princípe ako životné poistenie

$Health_{CAT}$ - kapitálový požiadavok pre podmodul zdravotného katastrofického rizika

Výsledná hodnota SCR_{Health} je získaná ako pri iných moduloch agregáciou kapitálových požiadavkov jednotlivých podmodulov pri zohľadnení ich vzájomnej závislosti (využitím ich korelačnej matice, ktorú označíme $CorrHealth$).

Tabuľka 4.14: Korelačná matica kapitálových požiadavkov pre rizikové podmoduly uvedená v [11]

$CorrHealth$	$Health_{SLT}$	$Health_{NonSLT}$	$Health_{CAT}$
$Health_{SLT}$	1		
$Health_{NonSLT}$	0,5	1	
$Health_{CAT}$	0,25	0,25	1

Vzorec na výpočet solvenčného požiadavku je v [3] stanovený ako:

$$SCR_{Health} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrHealth_{r,c} \cdot Health_r \cdot Health_c}, \quad (4.1)$$

kde $CorrHealth_{r,c}$ predstavuje členy definovanej korelačnej matice $CorrHealth$ a $Health_r$, $Health_c$ predstavujú čiastkové kapitálové požiadavky v závislosti na pozícii v korelačnej matici.

Modul životného upisovacieho rizika

Cieľom tohto modulu je obsiahnuť upisovacie riziko, ktoré vzniká v oblasti životného poistenia. Modul životného upisovacieho rizika je zložený z viacerých podmodulov:

- Podmodul rizika úmrtnosti (mortality risk)
- Podmodul rizika dlhovekosti (longevity risk)
- Podmodul rizika invalidity a chorobnosti (disability-morbidity risk)
- Podmodul rizika hrađených výdajov (life expense risk)
- Podmodul rizika zmeny vyplateného poistného plnenia (revision risk)
- Podmodul rizika stornovosti (lapse risk)
- Podmodul životného katastrofického rizika (life catastrophe risk)

Výsledná hodnota SCR_{life} je získaná podobne ako v iných prípadoch agregáciu kapitálových požiadavkov jednotlivých podmodulov s využitím ich korelačnej matice.

Využijeme značenie z QIS 5 [11] pre čiastkové solvenčné kapitálové požiadavky jednotlivých podmodulov

$Life_{mort}$ - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika úmrtnosti

$Life_{long}$ - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika dlhovekosti

$Life_{dis}$ - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika invalidity

$Life_{exp}$ - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika zmeny hrađených výdajov

$Life_{rev}$ - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika zmeny vyplateného plnenia

$Life_{lapse}$ - kapitálový požiadavok pre podmodul rizika stornovosti

$Life_{CAT}$ - kapitálový požiadavok pre podmodul životného katastrofického rizika

Zároveň označíme $CorrLife$ korelačnú maticu kapitálových požiadavkov pre rizikové podmoduly.

Tabuľka 4.15: Korelačná matica kapitálových požiadavkov pre rizikové podmoduly uvedená v článku [8]

$CorrLife$	$Life_{mort}$	$Life_{long}$	$Life_{dis}$	$Life_{lapse}$	$Life_{exp}$	$Life_{rev}$	$Life_{CAT}$
$Life_{mort}$	1						
$Life_{long}$	-0,25	1					
$Life_{dis}$	0,25	0	1				
$Life_{lapse}$	0	0,25	0	1			
$Life_{exp}$	0,25	0,25	0,5	0,5	1		
$Life_{rev}$	0	0,25	0	0	0,25	1	
$Life_{CAT}$	0,25	0	0,25	0,25	0,25	0	1

Vzorec pre výpočet SCR_{life} navrhovaný v [11] je

$$SCR_{life} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrLife_{r,c} \cdot Life_r \cdot Life_c}, \quad (4.2)$$

kde $CorrLife_{r,c}$ predstavuje členy definovanej korelačnej matice $CorrLife$ a $Life_r$, $Life_c$ predstavujú čiastkové kapitálové požiadavky vzhľadom k riadkom a stĺpcom definovanej korelačnej matice.