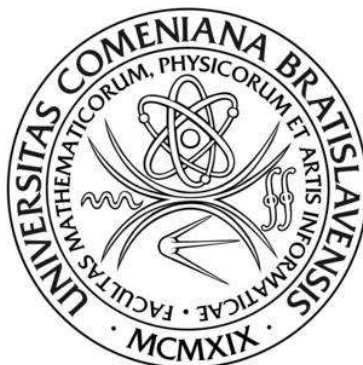


**UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE**  
**FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY**



**DIPLOMOVÁ PRÁCA**

BRATISLAVA 2009

MARTINA TIMOČKOVÁ

**Zabezpečené dlhové obligácie -  
Kalibrácia modelu na trhové dáta a analýza krízy  
kreditného trhu**

Diplomová práca

Martina Timočková

**UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY  
KATEDRA APLIKOVANEJ MATEMATIKY A ŠTATISTIKY**

Študijný odbor: 9.1.9. Aplikovaná matematika

Študijný program: Ekonomická a finančná matematika

Vedúci diplomovej práce:

Mgr. Milan Barančok

BRATISLAVA 2009

**Prehlásenie:**

Čestne prehlasujem, že som diplomovú prácu vypracovala samostatne a použila som len uvedenú literatúru.

V Bratislave, dňa 29.4.2009

.....

Martina Timočková

## **Pod'akovanie:**

Na tomto mieste by som chcela poďakovať svojmu vedúcemu diplomovej práce Mgr. Milanovi Barančokovi za jeho hodnotné rady, pripomienky a čas, ktorý mi venoval pri písaní diplomovej práce.

## **Abstrakt**

Zabezpečené dlhové obligácie (CDO) sú typom kreditných derivátov, ktorý vznikne sekuritizáciou ťažko obchodovateľných aktív do atraktívnejšej podoby na investovanie. Vytvoria sa tranže odlišujúce sa mierou rizikovosti, a teda aj výnosom. Najčastejšie sekuritizovanými aktívami sú úvery, hypotéky a dlhopisy. Samostatne prinášajú veľké riziko, a preto dochádza k ich sekuritizácií a diverzifikácií, čím sa riziko eliminuje a rozdelí do jednotlivých tranží. V teoretickej časti popíšeme štruktúru CDO a copula funkcie, ktoré sa používajú pri modelovaní závislostí defaultov aktív tvoriacich CDO. Investori zvažujúci investovanie do jednej z tranží sa zaujímajú o očakávanú stratu, pravdepodobnosť straty a očakávané prémie danej tranže. Výpočtom očakávanej straty a prémie je venovaná praktická časť, ktorej súčasťou je analýza vplyvu zmeny korelácie aktív na očakávanú stratu. V súvislosti s kreditnými derivátmi sa venujeme aj analýze krízy kreditného trhu.

***Kľúčové slová:*** kreditné riziko, default, tranže, spread

# Obsah

Úvod.....	1
<b>1 Zabezpečené dlhové obligácie a základné pojmy kreditného trhu.....</b>	<b>2</b>
1.1 Finančný trh a kreditné deriváty .....	2
1.2 Kreditné riziko a kreditné udalosti.....	3
1.3 Základné typy kreditných derivátov .....	4
1.3.1 Swap kreditného zlyhania (Credit default swap – CDS) .....	5
1.3.2 Úverovo viazané poukážky (Credit linked notes – CLN).....	5
1.3.3 Swap všetkých výnosov (Total return swap – TRS).....	6
1.4 Zabezpečené dlhové obligácie (Collateralized debt obligations – CDO) .....	6
1.5 Korelácie referenčných aktív .....	12
<b>2 Copula funkcie.....</b>	<b>13</b>
2.1 Základné charakteristiky copula funkcie .....	13
2.2 Typy copula funkcie.....	17
2.2.1 Eliptické copuly .....	17
2.2.2 Archimedovské copuly.....	19
<b>3 Analýza krízy kreditného trhu.....</b>	<b>20</b>
3.1 Hypotekárna kríza .....	20
3.2 Presun kreditného rizika.....	23
3.3 Indexy kreditných derivátov .....	27
3.4 Všeobecné predpovede a opatrenia v rámci finančnej krízy.....	34
3.4.1 Vládne opatrenia na zmiernenie finančnej krízy.....	34
<b>4 Kalibrácia modelu na trhové dáta .....</b>	<b>38</b>
4.1 Charakteristika produktu .....	38
4.2 Mechanické oceňovanie .....	43
4.2.1 Príklad výpočtu straty a prémie v tranži .....	43
4.2.2 Postup pri výpočte spreadu .....	45
4.3 Kalibrácia na trhové dáta .....	46
<b>Záver.....</b>	<b>56</b>
<b>Zoznam použitej literatúry.....</b>	<b>58</b>

# Úvod

Táto práca je zameraná na trh kreditných derivátov, s ktorými sa obchoduje z dôvodu potreby poistiť sa proti defaultom. Kreditné deriváty sú zároveň atraktívne pre investorov, keďže svojou štruktúrou ponúkajú investorom výnos za poskytnutie ochrany. Svoju pozornosť upriamime na zabezpečené dlhové obligácie CDO.

V prvej časti si vysvetlíme základné pojmy kreditného trhu, aby sme sa oboznámili s jeho prvkami ako kreditné riziko, kreditné udalosti, či samostatný kreditný derivát. Detailnejšie sa budeme zaoberať štruktúrou CDO, ktorá je vytvorená jednotlivými tranžami. Tranže sa navzájom odlišujú výnosom a aj rizikovosťou, takže vyhovujú viacerým typom investorov podľa ich vzťahu k rizikovým investíciám. Poukážeme na vplyv korelácie medzi podkladovými aktívami na výnos tranží, čomu sa budeme viac venovať v praktickej časti.

Na teoretickej úrovni spomenieme copula funkcie, ktoré sú zahrnuté do štruktúry oceňovania produktu CDO, ktorého finančný vývoj nemá normálne rozdelenie. Existuje viacero typov copula funkcií, ktoré sa odlišujú chvostovou závislosťou (ťažšie chvosty, symetrické a asymetrické chvosty).

Svoju pozornosť venujeme aj udalostiam na finančnom trhu za posledné obdobie, kedy došlo k výrazným zmenám vo vývoji kreditných derivátov a ich ohodnotení. Pokúsime sa zhrnúť informácie, ktoré každý deň prinášajú nové správy o finančnej kríze. Pre lepšiu predstavu o vývoji rizikovosti firiem, a teda aj ceny za ich ochranu si predstavíme indexy kreditných derivátov (iTraxx, CDX), ktoré popisujú vývoj cien európskych a amerických CDS firiem.

V praktickej časti si charakterizujeme produkt, na ktorom si vysvetlíme ako sa prejavuje veľkosť straty v portfóliu na strate v tranžiach. Existuje istá postupnosť strát, kde rizikovejšie tranže utrpia stratu ako prvé, zatiaľčo v najmenej rizikovej, a teda aj najmenej výnosnej tranži sa strata prejaví, až keď všetky ostatné tranže majú 100 % stratu. Popíšeme si spôsob oceňovania tranže na základe očakávanej straty a očakávanej prémie. Pri oceňovaní produktu budeme sledovať vplyv zmeny korelácie podkladových aktív na pravdepodobnosť straty a očakávanú veľkosť straty.

# 1 Zabezpečené dlhové obligácie a základné pojmy kreditného trhu

## 1.1 Finančný trh a kreditné deriváty

V posledných rokoch sa vo svete financií najrýchlejšie rozvíjajú kreditné deriváty. Prvýkrát sa o kreditných derivátov hovorilo v roku 1992 na pôde asociácie ISDA (International Swap and Derivatives Association). Vo väčšej miere sa s nimi začalo obchodovať až v druhej polovici 90. rokov minulého storočia. Hlavnou úlohou kreditných derivátov je obchodovanie s kreditným (uverovým) rizikom, ktoré vzniká pri poskytovaní úverov. Mnohé finančné inštitúcie pristupujú k riadeniu kreditného rizika nielen pasívnou tvorbou rezerv, ale aj aktívne. Jednou z možností aktívneho prístupu je využívanie produktov finančného trhu, pomocou ktorých môžu presúvať kreditné riziko na zmluvné strany za určité poplatky. Zmluvná strana týmto kontraktom preberá na seba kreditné riziko, ktoré sa vzťahuje na potencionálne straty spôsobené problémami dlžníka pri splatení dlhu.

Nápad vzniku kreditných derivátov sa zrodil v USA, kde banky poskytovali úvery aj klientom, voči ktorým už boli úverovo zaangažovaní a pravdepodobnosť, že títo klienti budú môcť splatiť pôžičky je veľmi malá. Americké banky však nechceli stratiť klientov, a preto im úvery schválili. Aby neniesli vysoké riziko samy, začali obchodovať s kreditnými derivátmi, a tak riziko, že klient nebude schopný splácať svoj dlh, predali inému subjektu.

Existuje viacero definícií pojmu Kreditný derivát. Jednou z najčastejšie používaných verzií je nasledujúca definícia:

**Kreditný derivát** je dvojstranný kontrakt, ktorý presúva riziko výskytu kreditnej udalosti (defaultu) na kupujúceho. Ten poskytuje predávajúcemu kontraktu ochranu a dostáva od neho odmenu, prémii za riziko. Ide o jednu z najmladších oblastí finančného trhu, ktorá sa dynamicky rozvíja.

Podkladový nástroj kreditného derivátu budeme označovať ako **referenčné aktívum**, a môže ním byť úver, úverové portfólio, obligácia alebo ich parciálna časť (úrok konkrétneho úveru). Podľa prieskumu ratingovej agentúry ako predajcovia rizika vystupujú hlavne banky, a ako investori (kupujúci riziko) vystupujú fondy a poisťovne.



Ratingové agentúry hodnotia nielen manažérov, ale zároveň aj spoločnosti, ktoré vytvárajú rôzne štruktúry kreditných derivátov. Najrozšírenejšie dve skupiny derivátov sú Credit Default Swap (CDS) a Total Return Swap. V tejto práci sa budeme venovať štruktúre a oceňovaniu dlhových obligácií Collateralized debt obligations (CDOs), ktoré sú význačné tým, že investori sa ich kúpou môžu rozhodnúť pre určitý pomer rizika a výnosu. Najviac sa takto obchoduje so spotrebnými úvermi a hypotékami bank z USA.

## 1.2 Kreditné riziko a kreditné udalosti

Kreditné riziko je nebezpečenstvo straty spôsobené zmenami bonity dlžníka, finančných ťažkosti dlžníka alebo negatívneho vývoja na finančnom trhu. Tieto riziká súvisia s rýchlym rastom, relatívnou nevypelost'ou a slabou transparentnosťou uzavretých kontraktov. K zníženiu transparentnosti dochádza pod vplyvom rozloženia rizika medzi investorov. Obchodovanie s kreditnými derivátmi spôsobuje, že účastníci trhu nevedia kto a ako je do týchto obchodov zapojený.

Takýto spôsob obchodovania vedie k oslabeniu sledovania situácie dlžníkov z oboch strán, zo strany predávajúceho aj kupujúceho kreditný derivát. Úverové inštitúcie začali predávať kreditné riziko poskytnutých úverov, a z tohto dôvodu prestali sledovať situáciu dlžníka. Dôsledkom toho dochádza k poklesu úverových štandardov. Monitorovanie rizika týchto úverov však podceňujú nielen úverové inštitúcie, ale aj investori, ktorí investovali do zložitých finančných produktov ako cenné papiere zabezpečené hypotekárnymi úvermi (MBS - Mortgage Backed Securities) a ich derivátov. Väčšina investorov sa pritom spolieha na hodnotenie rizikovosti, ktoré určujú ratingové agentúry.

Subjekty kupujúce kreditné riziko majú istú predstavu o výške straty, ktorá môže nastať v prípade kreditnej udalosti, kedy dochádza k finančnému plneniu kontraktu zo strany subjektu. Pri určovaní výšky straty sa počíta s veľkosťou expozície a silou defaultu. Veľkosť expozície nám určuje nesplatenú časť pôžičky v čase defaultu. Sila defaultu sa meria ako percento nesplatennej časti. Rozlišujeme očakávanú a neočakávanú stratu. Kým očakávaná strata je krytá rezervami, na pokrytie neočakávanej straty sa využíva ekonomický kapitál.

Pri výpočte výšky kreditného rizika uvažujeme pravdepodobnosť zlyhania, úverovú angažovanosť a hodnotu poskytnutej náhrady v prípade zlyhania. Výšku

úverovej angažovanosti predstavuje výška pohľadávky, ktorú má veriteľ voči dlžníkovi. Tento údaj je dôležitý aj pre výpočet prípadnej náhrady. Pravdepodobnosť zlyhania dlžníka závisí od jeho hodnotenia, ktoré sa môže počas úverovaného obdobia zmeniť. A preto sa pri hodnotení dlžníka uvažujú aj pravdepodobnosti zmeny jeho ratingu.

Zlyhanie dlžníka ešte neznamená, že vzniká maximálna strata. Závisí to od definovania kreditnej udalosti v uzavretom kontrakte. **Kreditná udalosť** môže mať viacero podôb (podľa [15],[16]) :

- Bankrot
- Dočasná platobná neschopnosť (vzniká pri neočakávanom kolísaní cash flows)
- Úmyselné neplnenie záväzku zo strany dlžníka
- Zníženie ratingu
- Reštrukturalizácia (zmena v úverovej zmluve, napr. predĺženie splatnosti, zmena výšky splátky)
- Akcelerácia záväzku (neschopnosť splácať úroky alebo celý svoj záväzok, označuje sa aj ako cross-default)
- Fúzia (ak po spojení dvoch subjektov, je výsledná entita slabšia ako pôvodná)

Ani v prípade bankrotu nemusí dôjsť k maximálnej možnej strate. Istú časť tejto straty môžu pokryť peniaze získané z konkurzu zbankrotovanej spoločnosti.

Kreditná udalosť musí byť presne popísaná v kontrakte, inak nedôjde k plneniu kreditného derivátu. K plneniu kreditného derivátu môže dôjsť aj v prípade, že dlžník bude v budúcnosti schopný splácať svoj dlh. Závisí to najmä od definície kreditnej udalosti, typu kreditného kontraktu a miesta dohodnutia (burza, OTC).

### 1.3 Základné typy kreditných derivátov

Najviac obchodovateľné kreditné deriváty na trhu sú:

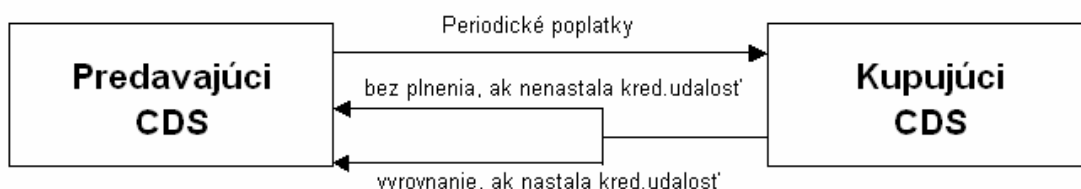
1. Swap kreditného zlyhania (Credit Default Swap – CDS)
2. Swap všetkých výnosov (Total return swap-TRS)
3. Kreditná opcia (Credit option)
4. Zabezpečené dlhové obligácie- klasické, syntetické (Collateralized debt obligations)
5. Úverovo viazané poukážky (Credit linked notes - CLN)

Prvé tri uvedené typy kreditných derivátov (CDS, TRS, Credit option) sú základné kreditné deriváty, ktoré môžu byť zahrnuté do štruktúry zložitejších finančných produktov ako sú CDO a CLN (tzv. hybridy kreditných derivátov).

V nasledujúcej časti sa budeme venovať opisu štruktúry a priebehu platieb troch najrozšírenejších kreditných derivátov, a to CDS, TRS a CLN.

### 1.3.1 Swap kreditného zlyhania (*Credit default swap – CDS*)

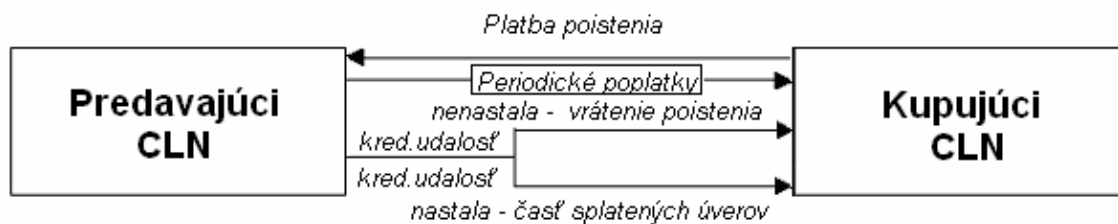
Predávajúci CDS uzavrie kontrakt so zmluvnou stranou, aby získal ochranu v prípade nastatia kreditnej udalosti. Takto presunie riziko zo svojej strany, na stranu kupujúceho CDS. Za túto ochranu platí predávajúci CDS vopred definovanú finančnú čiastku a to v podobe periodických platieb. Finančná čiastka jednej platby je určená ako časť menovitej hodnoty zabezpečovaného úveru a je vyjadrená v bázičických bodoch. V prípade defaultu referenčného aktíva obdrží predávajúci CDS kompenzáciu za stratu. Zmluvná strana, ktorá si kúpi CDS sa totiž zaväzuje vyplatiť finančné plnenie zodpovedajúce danej kreditnej udalosti. Predávajúci CDS je vystavený nielen riziku, že dlžník nesplatí svoj dlh, ale aj riziku, že dôjde k defaultu zmluvnej strany. V prípade, že nastane default klienta a zároveň default subjektu, s ktorým uzavrel kontrakt, by dosiahol najväčšie straty.



**Obr. 1: Swap kreditného zlyhania**

### 1.3.2 Úverovo viazané poukážky (*Credit linked notes – CLN*)

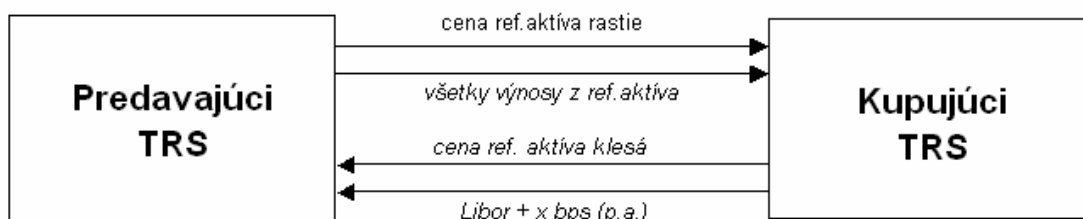
Úverovo viazané poukážky patria medzi štrukturované produkty, s ktorými banky obchodujú, aby eliminovali svoje riziko pri poskytovaní úverov. CLN sú cenné papiere emitované zriadenou spoločnosťou. Na rozdiel od kreditného derivátu CDS, kupujúci ochranu (predávajúci CLN) dostane platbu vopred. A tým už nie je vystavený riziku defaultu zmluvnej strany. V prípade, že kreditná udalosť nenastane, zmluvná strana dostane späť poistenie, ktoré vyplatila na začiatku. Ak však dôjde k zlyhaniu, investori získajú len podiel zo splatených úverov.



**Obr. 2 : Úverovo viazané poukážky**

### 1.3.3 Swap všetkých výnosov (Total return swap – TRS)

Obchodovaním s týmto kreditným derivátom sa transformuje nielen kreditné riziko, ale aj celý výnos referenčného aktíva. Predávajúci TRS presúva všetky platby vyplývajúce z daného aktíva v prospech kupujúceho. K týmto platbám sa zaraďujú úroky, poplatky, dividendy, kupóny a zmeny hodnoty aktíva. Takto kupujúci získava presne definovaný peňažný tok referenčného aktíva. Ak cena referenčného aktíva rastie, potom vzniknutý rozdiel vyplatí predávajúci kupujúcemu. V opačnom prípade, t.j. ak cena referenčného aktíva výrazne poklesne, potom vzniknutý rozdiel vyplatí kupujúci predávajúcemu. Strata na hodnote referenčného aktíva môže byť vykompenzovaná výnosmi z daného aktíva.



**Obr. 3: Swap všetkých výnosov**

## 1.4 Zabezpečené dlhové obligácie (Collateralized debt obligations – CDO)

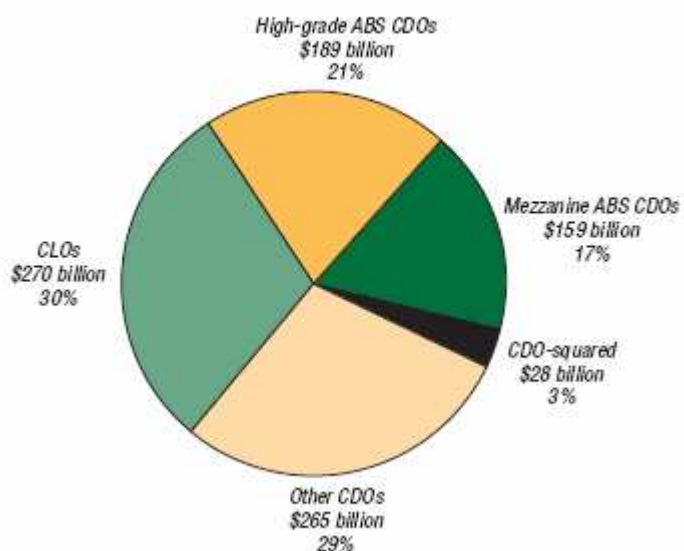
Negatívne následky, ktoré so sebou nesie kreditné riziko, musí veriteľ dôkladne zhodnotiť. Jednou z možností na zmiernenie týchto následkov je transfer kreditného rizika, ktorý súvisí s premenou úveru na cenný papier a jeho následným umiestnením na finančnom trhu. Tento proces premeny sa nazýva sekuritizácia. Ide o transformáciu aktív, ktoré sú samostatne ťažko obchodovateľné do podoby, ktorá môže byť atraktívna pre istú skupinu investorov.

Investori považujú za veľmi atraktívne investovanie do dlhových obligácií CDO, kde si môžu zvoliť rôznu výšku rizika a k nemu prislúchajúci výnos. CDO je sekuritizovaný súbor úverov, dlhopisov alebo iných cenných papierov. V prípade, že sekuritizovanú časť tvoria hypotéky, hovoríme o RMBS (residential mortgage backed securities) a CMBS (commercial mortgage backed securities). Ide o cenné papiere, ktoré sú zabezpečené hypotekárnymi úvermi na bývanie (RMBS) alebo komerčnými hypotékami (CMBS).

Podľa typu referenčného aktíva rozlišujeme rôzne typy CDO:

- *Collateralized Bond Obligations* (CBO) - portfólio dlhopisov
- *Collateralized Loans Obligations* (CLO) - portfólio úverov
- *Structured Finance CDO* (SFCDO) – portfólio aktív, ktoré sú zabezpečené hmotným dlhodobým majetkom
- *Commercial Real Estate CDOs* (CRF CDOs) – CDO zabezpečené realitami
- *CDO-Squared* ( $CDO^2$ ) - CDO zabezpečené inými CDO

Podiel rôznych typov CDO na celkovom množstve nezmaturovaných CDO (\$900 billion, Júl 2007)



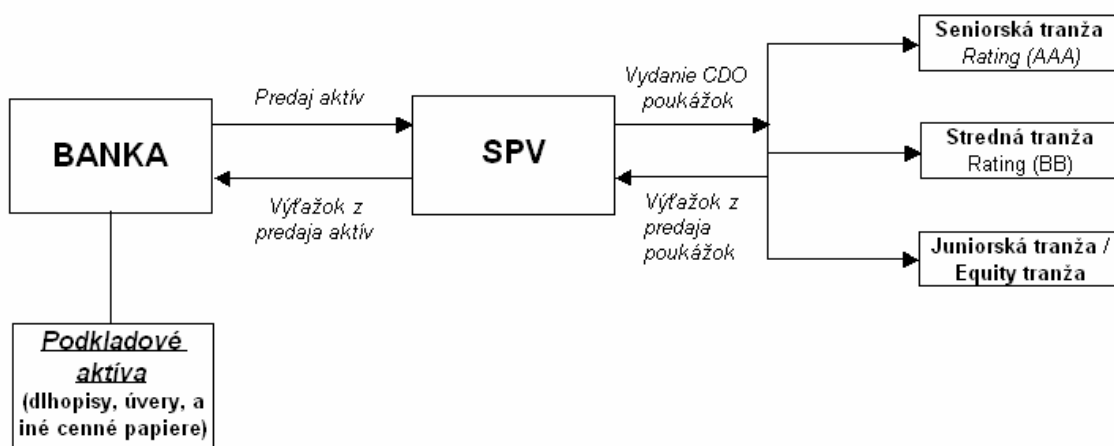
Zdroj: Global Financial Stability Report (October 2007)

**Obr. 4: Typy CDO**

Tieto podkladové aktíva sú malo likvidné, preto sa skupujú do tzv. Special Purpose Vehicle (SPV), kde dochádza k sekuritizácii a emitovaniu poukážok. SPV známe aj ako bankruptcy remote entity, je založené bankou alebo inou finančnou inštitúciou za účelom vydávania CDO. Ich charakteristickou črtou je, že majú rating AAA, a nie sú vystavené kreditnému riziku materskej spoločnosti, ktorá ich založila. Na označenie SPV sa používa aj pojem trustee (správca). Jeho hlavnou úlohou je totiž kontrolovať emisiu CDO. Činnosť týchto entít sa spája len s priebehom CDO, jeho založením a finančným plnením, a preto po maturite CDO tieto entity zanikajú.

V dôsledku sekuritizácie sa rozloží pôvodné portfólio do viacerých tranží, ktoré sú likvidnejšie a ľahšie sa s nimi obchoduje. Tieto tranže sa odlišujú ratingom, a teda aj výnosom a rizikom investície. Ratingy takto emitovaných poukážok pridelujú ratingové agentúry. Pod pojmom výnosy rozumieme prémie vyplácané investorom ako kompenzáciu za riziko, ktoré podstupujú investovaním do tak zložitých finančných štruktúr ako je CDO.

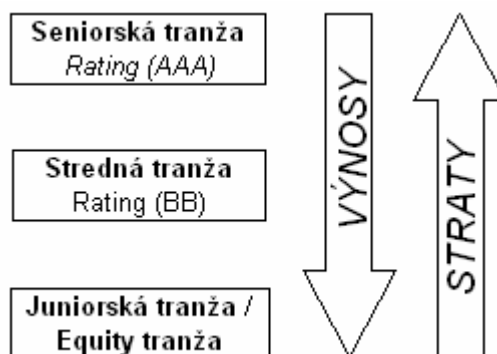
Štruktúru CDO popíšme na jednoduchšom prípade, kde uvažujeme tri základné tranže: seniorská, stredná (mezzanine) a juniorská.



**Obr. 5: Klasické CDO**

Seniorská tranža predstavuje 70% až 80% celej štruktúry CDO. Výnosy sa vyplácajú investorom podľa úrovni tranže. Najprv sa vypláca výnos seniorskej tranže, ktorá má najvyšší rating. Držitelia tejto tranže podstupujú najnižšie riziko, a teda sa im vypláca aj najnižší výnos. Seniorská tranža má najnižšie riziko defaultu, a preto sa predáva za najvyššiu cenu. Rating klesá s úrovňami jednotlivých tranží, a od toho sa odvíja aj rizikovosť a výnos investície .

Najrizikovejšia tranža sa nazýva **Equity tranža** a je predávaná za najnižšiu cenu. S vysokou rizikovosťou súvisí aj najvyšší výnos. Výnos tejto tranže je vyplácaný ako posledný, no ako prvý nesie následky straty referenčného aktíva. Držiteľom tejto tranže je najčastejšie samotný emitent poukážok. Ďalšie tranže pocítia stratu, až v prípade, že predchádzajúce tranže utrpia 100% stratu. V tomto prípade, to znamená, že stredná tranža utrpí stratu, až vtedy, keď equity tranža dosiahne maximálnu stratu.



**Obr. 6: Výnos a straty**

Pri obchodovaní s dlhovými obligáciami CDO je dôležité uvažovať nielen kreditné riziko, ale aj menové, úrokové a reinvestičné riziko. Na eliminovanie menového a úrokového rizika sa do štruktúry CDO často zahŕňa aj menový alebo úrokový swap. Tým sa znižuje riziko defaultu, ktoré môže nastať vplyvom zmeny úrokovej miery, alebo pri obchodovaní v rôznych menách. Zmena výmenného kurzu môže spôsobiť stratu, ak platby referenčných aktív prebiehajú v inej mene ako výplaty výnosov v tranži.

Reinvestičné riziko súvisí s rozdielnymi periódami priebehu platieb referenčného aktíva a vyplácania výnosov držiteľom tranži. Platby z referenčného aktíva môžu byť vyplácané častejšie, a kým nedôjde k vyplateniu výnosov, tak sú reinvestované. Počas doby reinvestície môže dôjsť k zmene úrokovej miery, a to sa uvádza ako reinvestičné riziko (podľa [15]).

Dlhové obligácie CDO môžeme rozdeliť na dva základné typy: súvahové a arbitrážné. Pri **súvahových CDO** ide o portfólio úverov (typ **CLO**), ktoré sa pri obchodovaní odstránia zo súvahy bank, čím sa uvoľňuje regulačný kapitál. Banky musia dodržiavať kapitalovú primeranosť, ktorá je v súčasnej dobe stanovená na 8 %. Meria sa podielom kapitálu k rizikovo váženým aktívam. V súvahe banky patria úvery na stranu

aktív. Po odstránení úverov zo súvahy sa zníži hodnota aktív, čím sa následne uvoľní kapitál a zároveň sa dodrží stanovená kapitálová primeranosť. Uvoľnený kapitál môže banka použiť na ďalšie investície.

### Súvaha banky

Aktíva	Pasíva
Úvery	Vlastné imanie
Dlhopisy	Dlhy
Iné cenné papiere	

**Obr. 7: Súvaha banky**

### Súvaha Special Purpose Vehicle (SPV)

Aktíva	Pasíva
Úvery	Seniorská tranža
Dlhopisy	Stredná tranža
iné cenné papiere	Juniorská tranža

**Obr. 8: Súvaha SPV**

*Arbitražné CDO* sú zabezpečené portfóliom vysoko výnosných korporátnych dlhopisov alebo úverov. Z časti sú vydávané investičnými bankami, aby podchytili rozdiel medzi nákladmi na investíciu a výnosom investície.

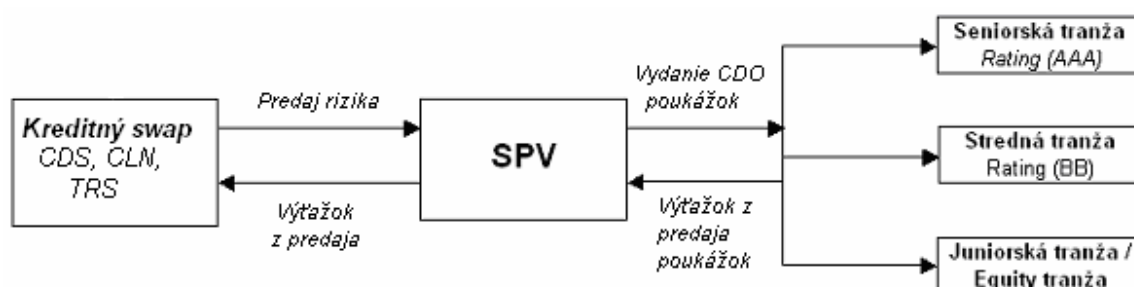
Doteraz sme opisovali fungovanie klasických CDO, kde dochádza k reálnemu nákupu a predaju podkladového aktíva. Rozšírenejšie a ľahšie obchodovateľné sú však *syntetické CDO*. V Európe a Ázii predstavovali v roku 2002-2003 zhruba 80 až 90 % z celkového množstva vydaných CDO (zdroj:[26]). V Európe sa na trh dostali až v roku 1998. Od klasických CDO sa odlišujú v tom, že pri obchodovaní so syntetickými CLO nedochádza k odstráneniu úverov zo súvahy bánk a v prípade syntetických CBO dlhopisy nie sú predané do SPV. Základné rizikové charakteristiky sú však zachované, to sa zabezpečuje pomocou kreditného derivátu (CDS alebo CLN). Použitím kreditného derivátu SPV kúpi len kreditné riziko, nie referenčné aktíva.

Hlavným dôvodom, prečo vznikli syntetické CDO boli problémy pri obchodovaní s podkladovými aktívami. Najčastejšie problémy s CLO vznikali pri



odstraňovaní úverov zo súvahy bank, kde banka potrebovala súhlas od klienta, aby mohla vykonať túto transakciu.

V klasických CDO dochádza k tomu, že SPV vydáva poukážky s rôznym ratingom. Zatiaľ čo v syntetických CDO nie sú emitované žiadne poukážky a každá expozícia voči riziku je zabezpečená pomocou kreditného derivátu (kreditného swapu).



**Obr. 9: Syntetické CDO**

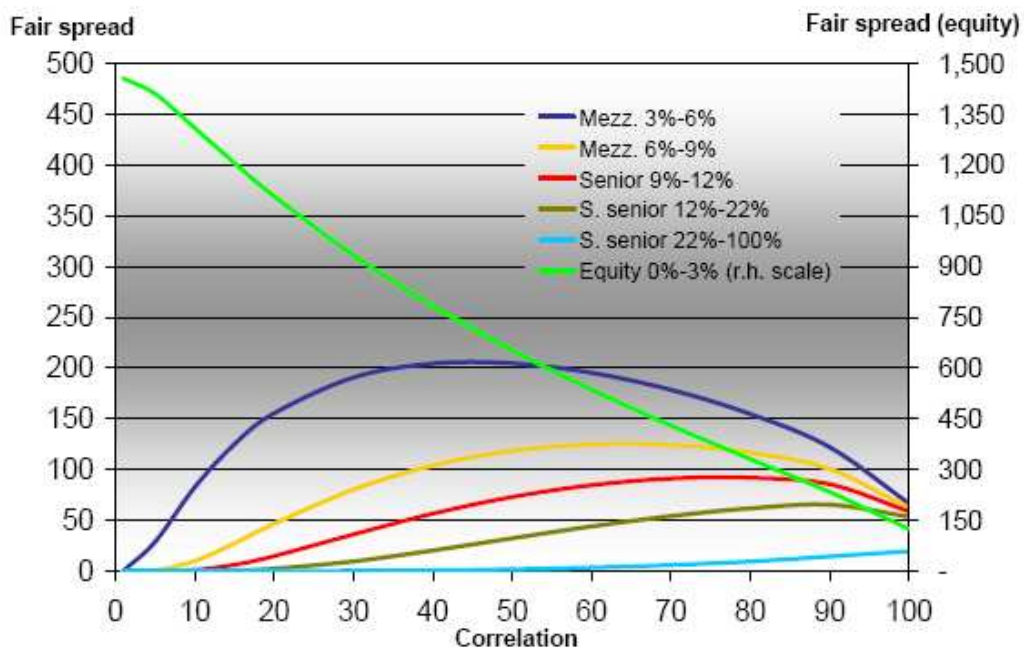
Syntetické CDO sa vyznačujú aj tým, že majú vyšší *pákový efekt (leverage)*. Ide o druh úveru, ktorý funguje tak, že klient vloží na účet len zlomok finančných prostriedkov (napríklad 1:100) , a to mu umožní obchodovať na finančnom trhu s niekoľko násobnými objemami finančných prostriedkov. Ak napríklad investor vloží 3000 EUR, prostredníctvom pákového efektu v pomere 1:100 získava finančné prostriedky vo výške 300 000 EUR, ktoré môže ďalej investovať. V prípade, že investícia je úspešná, tak od výnosu odrátame financie, ktorými splatíme úver, no stále môžeme dosiahnuť kladný zisk. Avšak ak investícia neskončí úspešne, musíme rátať nielen stratu z tejto investície, ale k strate ešte prirátame aj nesplatený úver. Výsledkom tohto druhu úveru, je možnosť dosiahnuť vysoký zisk avšak za cenu ešte vyššej straty, a to s relatívne malým množstvom vlastného kapitálu. Táto transakcia je veľmi citlivá na zmenu úrokovej miery, prípadne ceny podkladového aktíva, čo vplýva aj na celkovú citlivosť syntetických CDO, ktoré majú zvyčajne väčší leverage ako klasické CDO.

Syntetické CDO sú flexibilnejšie a rýchlejšie sa dostanú na trh ako klasické dlhové obligácie. Ďalšou dôležitou výhodou je to, že sa ľahšie prispôbia právnym a regulačným podmienkam, a preto sa s nimi častejšie obchoduje.

## 1.5 Korelácie referenčných aktív

V štruktúre CDO je veľmi dôležité určiť prémie za riziko pre investorov, ktorí investovali do jednotlivých tranží. Riziko, ktoré so sebou nesú závisí od pravdepodobnosti defaultu jednotlivých aktív a ich vzájomnej korelácie.

Malá hodnota korelácie medzi referenčnými aktívami znamená, že equity (juniorská) tranža je veľmi riziková, zatiaľ čo seniorská tranža je pomerne bezpečná. Dôsledkom toho je výnos equity tranže o dosť vyšší ako výnos senior tranže. Tieto rozdiely medzi tranžami sa znižujú s rastúcou koreláciou medzi podkladovými aktívami. V prípade, že by boli všetky referenčné aktíva perfektne korelované, minimalizoval by sa rozdiel medzi jednotlivými tranžami. S rastúcou koreláciou dochádza k poklesu spreadu pre equity tranžu, čo odráža jej menšiu rizikovosť. V seniorskej tranži v tomto prípade dochádza naopak k nárastu jej prislúchajúcemu spreadu. Dôsledkom týchto zmien by sa zmenšili rozdiely v rizikivosti, a teda aj vo výnosnosti jednotlivých tranží. Vplyv zmeny korelácie referenčných aktív na spread rozličných tranží môžeme sledovať aj na *Obr. 10*.



(Zdroj: literatúra [10])

**Obr. 10: Vplyv korelácie na spread tranží**

Korelácia medzi aktívami súvisí aj so stavom ekonomiky. V období finančnej krízy sa vzájomná korelácia obyčajne zväčší, čo odzrkadľuje prehĺbenie závislosti

vývoja aktív. Väčšie zmeny nastanú pravdepodobne v seniorskej triede, ktorej rating bol pred finančnou krízou AAA. Predpokladá sa zhoršenie hodnotenia týchto úverov, a tým aj zväčšenie vzájomnej korelácie aktív. Rozdiely medzi seniorskou a equity tranžou sa v tomto prípade zmenšia.

Pravdepodobnosť straty môžeme znížiť správnou diverzifikáciou portfólia na základe korelácie medzi jednotlivými aktívami. Na modelovanie rozdelenia pravdepodobnosti defaultu v portfóliu existuje v súčasnosti viacero modelov. Jeden z týchto modelov využíva vlastnosti copula funkcie, ktorá reprezentuje korelačnú štruktúru v modelovaní závislostí aktív.

## 2 Copula funkcie

### 2.1 Základné charakteristiky copula funkcie

Mnohé modely zostavené na určovanie rizika z väčšej časti predpokladajú, že riziká sa podriaďujú normálnemu rozdeleniu podľa Gaussovej krivky. Vývoj cien cenných papierov ako aj pravdepodobnosť defaultov cenných papierov nemá normálne rozdelenie. V porovnaní s normálnym rozdelením má ťažšie chvosty. A preto na oceňovanie CDO sa najčastejšie používajú copula funkcie, ktoré sa odlišujú chvostovou závislosťou. Chvostová závislosť súvisí s meraním závislosti výskytu extrémnych hodnôt. Podľa spôsobu odvodenia copula funkcie rozlišujeme dve najväčšie skupiny: Eliptické a Archimedovské copuly. Copula funkcie nám umožňujú oddeliť modelovanie vzájomných závislostí defaultov aktív od modelovania charakteristík jednotlivých marginálnych rozdelení.

**Definícia 1** ([8]) :

$n$  - rozmernou copulou nazývame funkciu  $C : [0, 1]^n \rightarrow [0, 1]$  s nasledovnými vlastnosťami:

1.  $C(u)$  je rastúca funkcia v každej zložke  $u_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$
2. Pre každý vektor  $[0, 1]^n$ ,  $C(u) = 0$ , ak aspoň jedna zložka vektora  $u$  je nulová a  $C(u) = u_k$ , ak všetky zložky vektora  $u$  okrem  $k$ -tej zložky sú rovné 1.

3. Pre každé  $a, b \in [0, 1]^n$ ,  $a \leq b$  a  $n$ -rozmernú kocku

$B = [a, b] = [a_1, b_1] \times [a_2, b_2] \times \dots \times [a_n, b_n]$ , ktorej vrcholy ležia v definičnom obore funkcie  $C$ , je objem tejto kocky  $V_C(B) \geq 0$ ,

Objem  $V_C(B)$   $n$ -rozmernej kocky  $B = [a, b]$  je definovaný vzťahom:

$$V_C(B) = \sum_d \operatorname{sgn}(d) C(d) = \sum_{i_1=1}^2 \sum_{i_2=1}^2 \dots \sum_{i_n=1}^2 (-1)^{i_1+i_2+\dots+i_n} C(d_{1i_1}, d_{2i_2}, \dots, d_{ni_n}) \geq 0,$$

kde  $d_{j1} = a_j$  a  $d_{j2} = b_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Copula funkcia je  $n$ -rozmerná distribučná funkcia, ktorej marginálne distribučné funkcie sú z rovnakého rozdelenia. Distribučná funkcia je definovaná nasledovne:

### **Definícia 2:**

Distribučnou funkciou náhodnej premennej  $X$  nazývame reálnu funkciu  $F : R \rightarrow \langle 0, 1 \rangle$  definovanú pre každé  $x \in R$  vzťahom

$$F(x) = P(X < x).$$

Tento vzťah vyjadruje pravdepodobnosť, že náhodná premenná  $X$  nadobudne menšiu hodnotu ako reálne číslo  $x$ .

Pri modelovaní závislostí finančných aktív je veľmi dôležité oddeliť distribučné funkcie zložiek ľubovoľného náhodného vektora od ich korelačnej štruktúry. Táto myšlienka je zhrnutá v Sklarovej vete, kde korelačnú štruktúru predstavuje práve copula.

### **Veta 1 (Sklarova veta):**

Nech  $G$  je  $n$ -rozmerná distribučná funkcia s marginálnymi distribučnými funkciami  $F_1, F_2, \dots, F_n$ . Potom existuje  $n$ -rozmerná copula  $C$  taká, že pre každé  $x \in R^n$  platí:

$$G(x_1, x_2, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n)).$$

Navyše platí, že ak  $F_1, F_2, \dots, F_n$  sú spojité, potom copula  $C$  je určená jednoznačne.

Marginálne distribučné funkcie náhodného vektora  $X$  môžeme zapísať následovným spôsobom, a to transformáciou náhodného vektora  $X$  na náhodný vektor  $U$ :

$$\begin{aligned} u_i &= F_i(x_i) & i = 1, 2, \dots, n \\ \Rightarrow x_i &= F_i^{-1}(u_i) & u_i \in [0,1] \end{aligned}$$

Potom Copula funkciu  $C$  môžeme vyjadriť formulou:

$$C(u_1, u_2, \dots, u_n) = G(F_1^{-1}(u_1), F_2^{-1}(u_2), \dots, F_n^{-1}(u_n))$$

Hustotu copula funkcie môžeme odvodiť zo vzťahu distribučnej funkcie a funkcie hustoty.

**Definícia 3:**

Hustotou náhodnej veličiny nazývame funkciu  $f(x)$ , pre ktorú platí:

1.  $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1.$

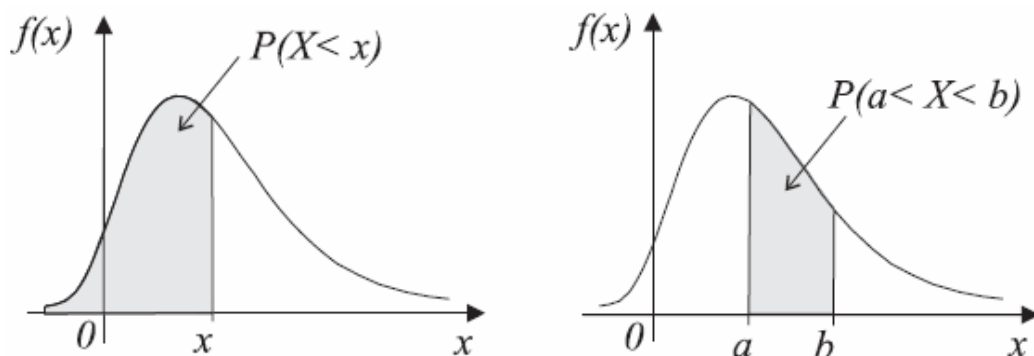
2.  $f(x) \geq 0$ , pre každé  $x \in R$ .

3. Pre všetky  $a, b \in R, a < b$  platí:

$$P(a \leq X < b) = \int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a),$$

$$P(a \leq X < b) = P(a \leq X \leq b) = P(a < X < b) = P(a < X \leq b) = \int_a^b f(x)dx$$

4. V bodoch spojitosti hustoty pravdepodobnosti platí:  $f(x) = F'(x)$ .



**Obr. 11: Hustota pravdepodobností**

Použitím vzťahu  $f(x) = F'(x)$  pre copula funkciu  $C(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n))$  zo Sklarovej vety dostaneme funkciu hustoty  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  náhodného vektora :

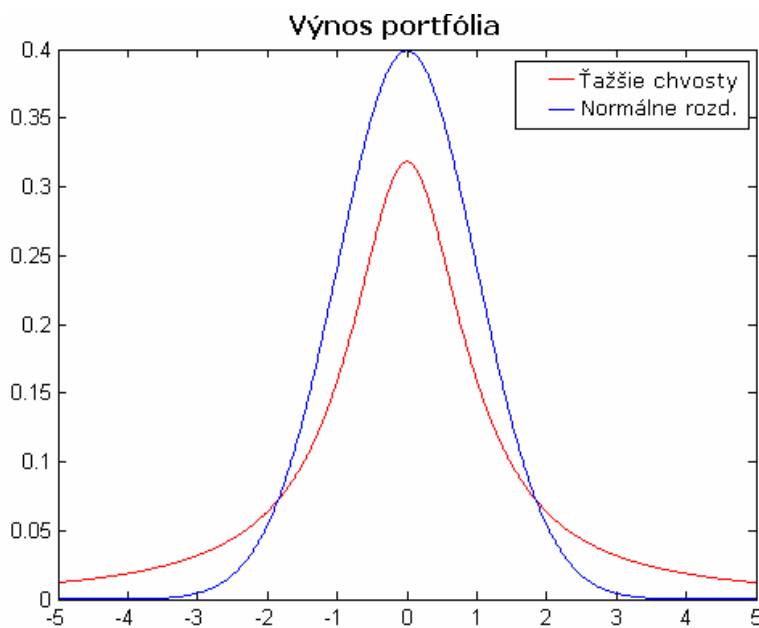
$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{\partial^n [C(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n))] }{\partial F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)} \prod_{i=1}^n f_i(x_i) =$$

$$= c(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)) \cdot \prod_{i=1}^n f_i(x_i),$$

kde  $c(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n))$  je copula hustota, ktorú môžeme definovať vzťahom:

$$c(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)) = \frac{f(x_1, \dots, x_n)}{\prod_{i=1}^n f_i(x_i)}.$$

Jednotlivé rozdelenia sa odlišujú chvostovou závislosťou, čo môžeme pozorovať pri zobrazení hustoty funkcie.



**Obrázok 12: Porovnanie chvostovej závislostí**

Copula funkcie môžu mať symetrickú alebo asymetrickú chvostovú závislosť. To, že copula má symetrickú chvostovú závislosť, znamená že koeficient hornej a koeficient dolnej chvostovej závislosti sa rovnajú. Ak sú odlišné, ide o asymetrickú chvostovú závislosť.

## 2.2 Typy copula funkcie

Existuje viacero spôsobov ako odvodiť copula funkcie. Medzi najrozšírenejšie metódy patrí inverzná metóda a metóda, ktorá používa funkcie na generovanie. Inverznou metódou dostaneme copula funkcie, ktoré nazývame Eliptické copuly. Alternatívna metóda odvodenia copula funkcie je založená na funkcii generátora. Tieto copuly nazývame Archimedovské copuly.

### 2.2.1 Eliptické copuly

Eliptické copuly sú odvodené z mnohorozmerných rozdelení ako je normálne alebo studentovo rozdelenie pomocou inverznej metódy. Odvodením z normálnej distribučnej funkcie dostaneme *Gaussovu copulu*, ktorá je definovaná :

$$C(u_1, u_2, \dots, u_n, R) = \Phi(\phi^{-1}(u_1), \phi^{-1}(u_2), \dots, \phi^{-1}(u_n)),$$

kde  $\phi$  je distribučná funkcia normovaného normálneho rozdelenia s korelačnou maticou  $R$ . *Funkciu hustoty pre Gaussovu copulu* môžeme zapísať vzorcom:

$$\begin{aligned} c(u_1, u_2, \dots, u_n, R) &= \frac{f^{Gauss}(\phi^{-1}(u_1), \dots, \phi^{-1}(u_n))}{\prod_{i=1}^n f_i^{Gauss}(\phi^{-1}(u_i))} = \\ &= \frac{(2\pi)^{-\frac{n}{2}} |R|^{-\frac{1}{2}} \exp(-\frac{1}{2}(\phi^{-1}(u))^T R^{-1}(\phi^{-1}(u)))}{\prod_{i=1}^n (2\pi)^{-\frac{1}{2}} \exp(-\frac{1}{2}(\phi^{-1}(u_i))^2)} \end{aligned}$$

Pre jednoduchšie vyjadrenie práve uvedeného vzťahu označíme vektor  $\phi^{-1}(u)$  nasledovne:  $(\phi^{-1}(u_1), \phi^{-1}(u_2), \dots, \phi^{-1}(u_n)) = \zeta$ . Použitím tohto zápisu dostaneme zjednodušený tvar pre funkciu hustoty Gaussovej copuly:

$$c(u_1, u_2, \dots, u_n, R) = |R|^{-\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \zeta^T (R^{-1} - I) \zeta\right).$$

Gaussove copuly majú symetrickú chvostovú závislosť. Vzhľadom na to, že aj marginálne distribučné funkcie majú normálne rozdelenie, je chvostová závislosť nulová. Tieto copuly nie sú vhodné na modelovanie závislostí medzi finančnými aktívami.

Ďalšou rozšírenou eliptickou copulou je **Studentova t copula**, ktorá je definovaná vzťahom:

$$C_v(u_1, u_2, \dots, u_n, R) = t_v(t_v^{-1}(u_1), t_v^{-1}(u_2), \dots, t_v^{-1}(u_n)),$$

kde  $t_v$  je viacrozmerná Studentová t distribučná funkcia s  $v$  stupňami voľnosti a  $R$  reprezentuje korelačnú maticu. **Funkciu hustoty pre Studentovu t copulu** dostaneme použitím všeobecného vzťahu pre copula funkciu:

$$c_v(u_1, u_2, \dots, u_n, R) = \frac{f^{Student}(t_v^{-1}(u_1), \dots, t_v^{-1}(u_n))}{\prod_{i=1}^n f_i^{Student}(t_v^{-1}(u_i))}$$

Do danej formuly dosadíme funkcie hustoty pre Studentovo t rozdelenie a znova použijeme zjednodušený zápis pre vektor  $t_v^{-1} : (t_v^{-1}(u_1), t_v^{-1}(u_2), \dots, t_v^{-1}(u_n)) = \zeta$ .

Dostaneme nasledujúci vzťah:

$$c_v(u_1, u_2, \dots, u_n, R) = |R|^{-\frac{1}{2}} \Gamma\left(\frac{v+n}{2}\right) \Gamma\left(\frac{v+1}{2}\right)^{-n} \Gamma\left(\frac{v}{2}\right)^{n-1} \frac{(1+v^{-1} \zeta^T R^{-1} \zeta)}{\prod_{i=1}^n (1+v^{-1} \zeta_i^2)^{-(v+1)/2}}$$

Tento druh copuly má tiež symetrickú chvostovú závislosť. Na rozdiel od Gaussovskej copuly však nie je nulová, a preto je vhodnejšia na modelovanie závislostí medzi finančnými aktívami. Ak je počet stupňov voľnosti dostatočne veľký ( $v \approx 30$ ),



tak sa Studentovo rozdelenie príliš nelíši od normálneho, čo môžeme pozorovať aj na oslabení chvostovej závislosti.

### 2.2.2 Archimedovské copuly

Pomocou metódy, ktorá používa funkcie na generovanie, môžeme skonštruovať Archimedovské copuly. Tieto copuly môžeme všeobecne definovať ako :

$$C_A(u_1, u_2, \dots, u_n) = \psi^{-1}(\psi(u_1) + \psi(u_2) + \dots + \psi(u_n)),$$

kde  $\psi$  je daná funkcia na generovanie. Hustota priradená k týmto copulám je vyjadrená formulkou :

$$c_A(u_1, u_2, \dots, u_n) = \psi_{(n)}^{-1}(\psi(u_1) + \psi(u_2) + \dots + \psi(u_n)) \prod_{i=1}^n \psi'(u_i),$$

kde  $\psi_{(n)}^{-1}$  reprezentuje  $n$ -tú deriváciu inverznej funkcie na generovanie.

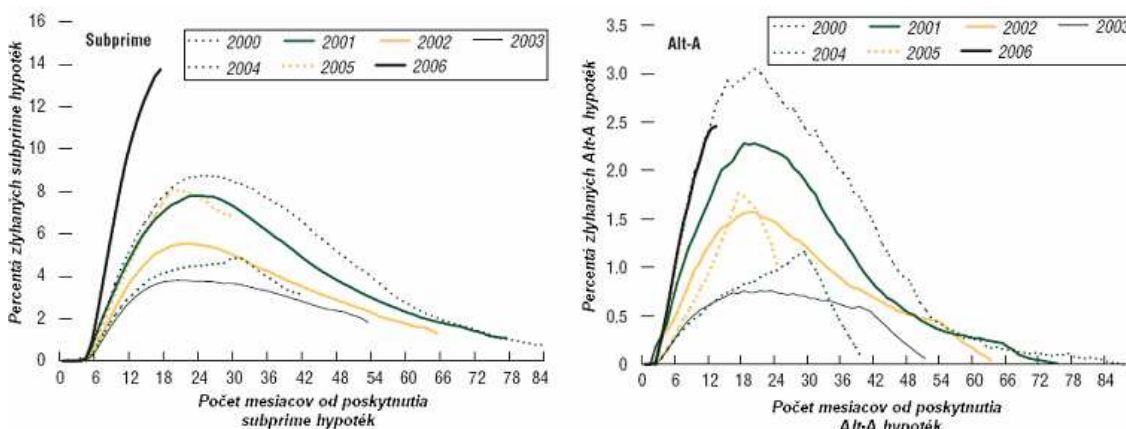
Existuje viacero rôznych Archimedovských funkcií, ktoré sa odlišujú štruktúrou závislosti podľa voľby funkcie  $\psi$ . Funkcia na generovanie môže byť akákoľvek striktné konvexná a monotónne klesajúca funkcia. Na analýzu trhového rizika sa používajú najčastejšie Clayton a Gumbel copuly. Sú charakteristické tým, že majú asymetrickú chvostovú závislosť. Claytonova copula sa vyznačuje silnejšou závislosťou na ľavom chvoste a slabšou na pravom chvoste. Gumbelova závislosť má opačný priebeh ako Claytonova. Slabšia závislosť je na ľavom chvoste a silnejšia na pravom, avšak tento rozdiel medzi závislosťami nie je taký výrazný ako v Claytonovej copule. (Viac o použití copúl v [7], [8], [12] a [27]).

## 3 Analýza krízy kreditného trhu

### 3.1 Hypotekárna kríza

Finančná kríza sa stala témou číslo jedna, ktorá ovplyvnila dianie vo viacerých krajinách a jej nepriaznivý dopad na svetovú ekonomiku môžeme pozorovať každý deň. V médiách sledujeme informácie o poklese cien akcií, zatváraní podnikov a následnom prepúšťaní zamestnancov. Vplyvom týchto udalostí prišli ľudia o prácu aj na Slovensku, pretože sa znížil dopyt a to sa prejavilo aj na znižovaní počtu zamestnancov.

Mnohí považujú za pôvod tejto krízy znížovanie úrokovej miery v roku 2003, v dôsledku čoho sa hypotéky stali lacnejšie. S úmyslom zabezpečiť nárast počtu klientov, došlo v amerických bankách k uvoľňovaniu kritérií na pridelenie úverov. Poskytnuté hypotekárne úvery sa stali rizikovejšie, označované sú ako „non-prime“ hypotéky, ktoré zahŕňajú „sub-prime“ úvery a „alt-A“ úvery. „Sub-prime“ úvery sú hypotekárne úvery poskytnuté nízko príjmovým klientom alebo klientom s neúplnou úverovou históriou. Menej rizikové úvery sú „alt-A“ úvery s jednou alebo viacerými neštandardnými charakteristikami, ako je napríklad nezdokladovaná situácia klienta o jeho príjme. Vo výročnej správe NBS (literatúra [9], [18]) sa uvádza, že približne 14 % „sub-prime“ úverov poskytnutých v roku 2006 zlyhalo do 18 mesiacov od ich poskytnutia. Pokiaľ ide o „alt-A“ úvery, tak do 12 mesiacov od ich poskytnutia zlyhalo asi 2,5 % úverov tohto typu. Na Obr. 13 môžeme pozorovať za akú dobu od poskytnutia týchto rizikových úverov došlo k ich zlyhaniu a koľko percent z poskytnutých úverov v tej dobe zlyhalo (znázornené pre roky 2000-2006).



Zdroj: Global Financial Stability Report (October 2007)

**Obr. 13: Subprime a Alt-A hypotéky**

V oboch prípadoch ("sub-prime" a "alt-A" úvery) najväčšie percento poskytnutých úverov zlyhá od jedného do troch rokov od ich poskytnutia. V roku 2006 dokonca väčšina týchto úverov zlyhá už v priebehu prvých 12 mesiacov.

Úvery poskytnuté nízkopríjmovým klientom často predstavovali až 100 % kúpnej ceny nehnuteľnosti. Vo väčšine prípadov kupovaná nehnuteľnosť predstavovala jedinú záruku, ktorú klient poskytol. Klienti nemuseli za splácanie poskytnutého úveru ručiť inou nehnuteľnosťou alebo príjmom.

Banky poskytovali úvery na výstavbu domov, ktorých cena rástla z roka na rok. Pokiaľ ceny nehnuteľností rástli boli účastníci trhu spokojní, pretože ak došlo k situácii, že klient nebol schopný ďalej splácať svoj dlh, mohol predať svoj dom za vyššiu cenu ako hodnota poskytnutého úveru. Týmto spôsobom dokázal splatiť hypotéku. Problém sa objavil, keď sa skončil boom na realitnom trhu a ceny nehnuteľností začali výrazne klesať. Ak by dlžník pokračoval v splácaní dlhu, tak by v konečnom dôsledku zaplatil viac ako je súčasná hodnota nehnuteľnosti. Schopnosť splácať úver ovplyvnil nielen pokles cien nehnuteľnosti, ale aj rast úrokových mier. Následkom toho sa predražili hypotéky s variabilnými úrokovými mierami. Viacerí klienti, ktorých nízke príjmy nestačili na splácanie hypotéky sa dostali do problémov. Pretože ani predajom domu by nezískali dostatok finančných prostriedkov na splatenie hypotéky.

V roku 2007 bolo zaznamenané zvýšenie počtu exekúcií domov v USA o 79 % v porovnaní s rokom 2006. Najvyšší počet amerických domácností, ktoré sa dostali do problémov a nesplácali svoje dlhy boli v štátoch Nevada, Florida, Michigan a Kalifornia. V Nevade sa do problémov dostalo až 3,4 % domácností. V týchto oblastiach dochádzalo aj k špekulatívnym úverom, kde domácnosti predpokladali rast cien domov aj naďalej, a tak zobrali úver na dom, ktorý ani nepotrebovali, ale po splatení úveru, ho plánovali predať a tak na tom zarobiť. Tieto plány však nenaplnili vzhľadom na pokles cien nehnuteľnosti, a to sa prejavilo na stupajúcom počte bankrotov domácnosti.

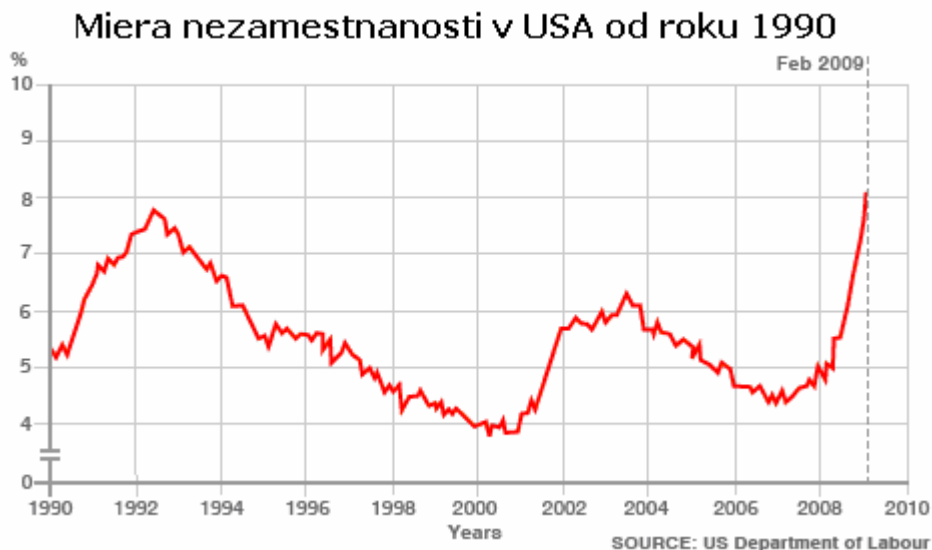
Ľudia v Amerike sa zadlžovali prostredníctvom získavania rôznych typov úverov, ako napríklad hypotekárne úvery, kreditné karty alebo aj nákup na splátky. Rovnováha v štruktúre americkej ekonomiky sa narušila klesajúcimi investíciami a zvýšenou spotrebou domácnosti. S narastajúcou spotrebou sa prehľboval dlh v banke, a tým zároveň narastala výška straty, ktorú banka utrpela v prípade, že nastal default alebo problémy domácnosti pri splácaní svojich záväzkov. Priebeh vývoja zadlženosti

amerických domácností môžeme sledovať na *Obr. 14* zobrazujúcom zadlženosť domácností v USA od roku 1990 až 2008.



Zdroj: [www.moneyandmarkets.com](http://www.moneyandmarkets.com)

**Obr. 14: Zadlženost' amerických domácností vyjadrená ako pomer splácania k disponibilnému príjmu**



**Obr. 15: Vývoj nezamestnanosti v USA**

Začiatkom 80-tých rokov sa ekonomika USA nachádzala v recesii, počet bankrotov narástol v porovnaní s minulými rokmi o 50 %. Zdravé firmy skupovali skrachované spoločnosti a klesajúce akcie firiem, ktoré následne rekonštruovali. Mnoho ľudí prišlo v 80-tých rokoch o prácu, čo sa prejavilo začiatkom 90-tých rokov klesajúcou spotrebou domácností, a teda aj klesajúcou mierou ich zadlženosti

Podobný prudký pokles spotreby a zadlženosti domácností môžeme očakávať aj v budúcnosti vzhľadom na narastajúcu mieru nezamestnanosti vplyvom finančnej krízy. Nezamestnanosť vo februári 2009 dosiahla hodnotu 8.1 % , čo je najvyššia miera nezamestnanosti od roku 1993 (*Obr. 15*). Pri porovnaní *Obr. 14* a *Obr. 15* si môžeme všimnúť, že v období vyššej miery nezamestnanosti nastáva pokles zadlženosti domácností.

### **3.2 Presun kreditného rizika**

Riziko, ktoré predstavujú non-prime hypotéky, neostalo len v rámci banky poskytujúcej tieto druhy hypoték. Banky využívali svoju možnosť presunúť úvery, ktoré sa nachádzali v súvahe banky, na iný subjekt prostredníctvom kreditných derivátov a zložitejších finančných produktov (CDO, syntetické CDO). Pomocou sekuritizácie a rozložením rizika v CDO vytvorili atraktívne produkty pre investorov. Týmto spôsobom znížili kreditné riziko a naďalej poskytovali rizikové úvery. Použitím dlhových obligácií presúvali aj riziko z iných finančných transakcií, ako napríklad kreditné karty a leasing (ABS). Obchodovaním s kreditnými derivátmi sa tzv. druhotriedne hypotéky rozšírili na celý trh nielen v USA ale aj na svetový trh.

Mnohí investori neboli dôkladne oboznámení so zložitou štruktúrou dlhových obligácií CDO, a preto sa spoliehali na hodnotenie, ktoré určovali ratingové agentúry. Bez podrobnejšej analýzy investovali do jednotlivých tranží s vidinou vyššieho zisku. Tieto hodnotenia však neboli veľmi spoľahlivé. Pri určovaní ratingov je veľmi dôležité sledovať zmeny na trhu, ktoré môžu ovplyvniť bonitu spoločnosti, ich aktív a finančných produktov. Ratingy produktov bolo potrebné prehodnotiť aj v prípade, že ratingy jednotlivých aktív sa nezmenili, ale zmenila sa korelácia medzi nimi. A to spôsobilo zmenu hodnotenia produktov, ktoré vo svojej štruktúre zahŕňali tieto aktíva. Medzi takéto štruktúrované produkty patrí aj CDO. Ratingové agentúry zareagovali na podstatné zmeny oneskorene, a preto mnohé spoločnosti a produkty mali nepresné hodnotenie. Ratingy cenných papierov zabezpečených druhotriednymi úvermi upravili ratingové agentúry nadol až v polovici roku 2007, taktiež znížili aj hodnotenie CDO. Po týchto udalostiach sa začala prejavovať nedôvera na trhu.

Nedôveru a neistotu účastníkov na trhu spôsobila aj neprehľadnosť pri obchodovaní so štruktúrovanými finančnými produktmi, kde sa strácal prehľad o tom, aké veľké riziká prinášajú štruktúrované produkty naviazané na americké druhotriedne

hypotéky. Kombinácia vyššej volatility a neprehľadnosti predstavuje pre investora vyššie riziko transakcie. Nedôvera sa prejavila nielen vo vzťahu investora k banke, ale preniesla sa aj do medzibankových vzťahov, čo sa prejavilo na vyššej úrokovej miere pri vzájomnom požičiavaní si medzi bankami. Jednou z príčin bolo aj to, že niektoré banky nepriznali straty v plnej výške, a preniesli ich do budúceho roka.

Nedôvera medzi bankami prerástla až do likvidnej krízy, čo spôsobilo že peniaze sa nedostávali do obehu. Vzhľadom na nejasnosť transakcií medzi investormi a bankami, prestali banky podporovať aj spoločnosti a firmy, ktoré potrebovali peniaze na zdravé fungovanie. Keďže im banky neposkytli úvery, museli niektoré firmy pozastaviť časť výroby a prísť k zníženiu platov, ba dokonca aj k zníženiu počtu zamestnancov. Niektoré spoločnosti sa dostali až do krachu a mnoho ľudí prišlo o svoju prácu. Zvyšovanie nezamestnanosti je jedným z prejavov dopadu finančnej krízy na reálnu ekonomiku, ktorá ovplyvňuje život obyčajných ľudí.

Ďalším nebezpečenstvom pri obchodovaní s kreditnými derivátmi je pákový efekt (leverage), ktorý sa uplatňuje pri týchto transakciách. Ide o investovanie požičaných zdrojov, kde v prípade neúspechu dochádza k veľkým stratám z dôvodu, že investor musí čeliť nielen strate investícií, ale aj splatiť svoj úver (úver, ktorým získal finančné prostriedky na investovanie). Takto získané finančné prostriedky používali finančné inštitúcie na poskytovanie rizikovejších úverov, alebo na investovanie do iných finančných produktov, ako sú napríklad zabezpečené dlhové obligácie CDO, známe aj ako toxické cenné papiere, alebo iné typy kreditných derivátov.

Práve zle ohodnotené CDO spôsobili mnohým investorom nemalé straty. Podľa ratingovej agentúry Fitch Ratings zabezpečené dlhové obligácie CDO a cenné papiere kryté hypotékami spôsobili bankám 83 % celkových strát. Medzi finančné inštitúcie, ktoré utrpeli stratu investovaním do CDO patrí aj svetový poisťovateľ American International Group. Koncom septembra 2007 objem cenných papierov v CDO divízie *AIG Financial Products* presahoval 62 miliárd dolárov. Tieto straty súvisia s problémom reálne ohodnotiť riziko, ktoré so sebou prinášajú takto zložité finančné produkty. Detailnejší prehľad udalostí na finančnom trhu za posledné roky je uvedený v *Tab. 1*.

Americká hypotekárna kríza sa zmenila na krízu úverového trhu. Prejavila sa znižovaním likvidity úverového trhu a bolo potrebné aj zníženie finančnej páky. Pretože bankrot finančných inštitúcií v USA bol z väčšej miery spôsobený práve tým, že mali

nedostatočný kmeňový kapitál a svoje investície financovali zvyšovaním pákového efektu.

<b>Obdobie</b>	<b>Udalosti, dôsledky a opatrenia</b>
Rok 2005,2006	Nízke úroky a dostupné hypotéky spôsobili rast cien nehnuteľnosti
	Poskytovanie "subprime" a "Alt A" hypoték
	Vytváranie cenných papierov zabezpečených rizikovými hypotekárnymi úvermi
Koniec leta 2005	Začali klesať ceny nehnuteľnosti vo viacerých oblastiach USA
Leto 2006	Stagnuje predaj nových nehnuteľnosti, počet nepredaných nehnuteľnosti rastie a ich ceny naďalej klesajú
Marec 2007	Problémy pri splácaní "subprime" hypoték, dlžníci nedokážu splácať poskytnuté úvery, nárast počtu neplatičov
Jar 2007	25 hypotekárných spoločností poskytujúcich tento druh úverov krachuje
Jar 2007	Začínajú problémy s produktami CDO krytými "subprime" hypotékami
Jar 2007	Úverové banky trpia nedostatkom hotovosti
Jar 2007	Na medzibankovom trhu v USA sa začína prejavovať nedôvera
Jún 2007	Bear Sterns oznamuje, že dva hedgingové fondy investujúce do produktov CDO majú problémy s majetkom a banka je nútená poskytnúť finančnú injekciu vo výške 3.2 mld USD do týchto dvoch fondov: Bear Stearns High-Grade Structured Credit Fund Bear Stearns High-Grade Structured Credit Enhanced Leveraged Fund
August 2007	BNP priznáva, že nevie reálne zhodnotiť majetok svojich fondov, keďže na trhu úplne chýba likvidita
August 2007	ECB pumpuje na trh 95 mld. EUR
Leto 2007	Pokles amerických akciových indexov, do problémov sa dostávajú realitné spoločnosti a fondy, ktorých hodnota sa ťažko určuje vzhľadom na rizikové investície
Leto 2007	Prepúšťanie a zvyšovanie nezamestnanosti ako dôsledok spomalenia aktivity v stavebníctve a ďalších priemyselných odvetviach
September 2007	Britská banka Northern Rock začína mať problémy s likviditou a požiadavkami svojich vkladateľov. Vláda postupne požičala banke Northern Rock 26 mld. Libier a vo februári 2008 pristúpila k jej znárodneniu
Jeseň 2007	Americká centrálna banka (FED) znížila hlavnú úrokovú sadzbu na 4.5 %
Zima 2007	Straty súvisiace s krízou pociťujú aj najväčšie americké a európske banky, miliardové odpisy priznali napríklad banky Citigroup, UBS a Deutsche bank
Február 2008	Daňové úľavy pre Američanov za 168 miliárd USD
Marec 2008	Pokles cien nehnuteľnosti v USA mal za následok, že približne 10 % nehnuteľnosti malo nižšiu hodnotu ako bola výška poskytnutého úveru
Jar 2008	Centrálne banky pokračujú v dodávaní likvidity na trh a v znižovaní úrokových mier (USA)
Marec 2008	Investičná spoločnosť Bear Sterns sa dostala do krachu a je predaná za pomoci vlády (garancie v hodnote zhruba 30 mld. USD) ďalšej banke JP Morgan Chase za výhodnú cenu (2 USD za akciu)
Apríl 2008	Predpoveď MMF, že straty v dôsledku krízy môžu presiahnuť 1 bilión USD

Júl 2008	Bankrot IndiMac v USA, druhý najväčší bankový kolaps v histórii krajiny
August 2008	Američanom bola vyčlenená pomoc pri splácaní hypoték vo výške 300 mld USD
September 2008	7. septembra - Americká vláda zachraňuje dve hypotekárne inštitúcie Fanie Mae a Freddie Mac, pomocou ktorých podporila v rokoch (2005, 2006) rozvoj trhu so "subprime" hypotékami
September 2008	Investičná banka Lehman Brothers utrpela výrazné straty a 15.septembra bola nútená vyhlásiť bankrot, keď jej FED odmietol pomôcť, najväčší default v histórii (dlh v hodnote \$120.2 bilióna)
September 2008	15.septembra - banka Merrill Lynch súhlasila s odkúpením zo strany Bank of America za \$50 mld
September 2008	16.septembra - Najväčšia svetová poisťovňa AIG dostáva najväčší záchranný balík v dejinách USA vo výške 85 mld. USD, aby sa zabránilo jej bankrotu
September 2008	18. septembra – Britská banka Lloyds TSB Group odkúpila hypotekárnu banku HBOS za 12.2 mld GBP
September 2008	21.septembra - Dve investičné banky Goldman Sachs a Morgan Stanley boli zmenené na komerčné banky s prísnejšou reguláciou
September 2008	25.septembra - Po panickom výbere vkladov zbankrotovala najväčšia americká sporiteľňa Washington Mutual, ktorú si následne odkúpila banka JPMorgan Chase za 1.9 mld USD
September 2008	29.septembra - Citigroup odkúpila banku Wachovia (štvrtú najväčšiu banku USA)
September 2008	29. septembra - Britská vláda pristúpila k znárodneniu hypotekárnej banky Bradford & Bingley, následne ju predala španielskej banke Santander
September, Október 2008	Problémy ohlasujú veľké európske banky ako Fortis, Dexia, Real Hypo Estate a ďalšie
Október 2008	4.-5. októbra : najväčšie ekonomiky Európy sa nezhodujú v otázkach riešenia finančnej krízy pomocou záchranného balíčka na úrovni EÚ
Október 2008	6. októbra - Druhá najväčšia hypotekárna a štvrtá najväčšia nemecká banka Real Hypo Estate dostala záchranný balík sponzorovaný vládou vo výške 35 mld. EUR
Október 2008	Vláda USA odsúhlasila záchranný balík vo výške 700 mld. USD určený na odkúpenie rizikových aktív od finančných inštitúcií
Október 2008	Tri najväčšie islandské banky (Kaputhing, Landsbanki, Glitnir) skolabovali pod ťarchou miliardových dlhov
Október 2008	7.októbra - Island znárodňuje bankový sektor a dostáva sa do štátneho bankrotu
Október 2008	8. októbra – Šesť centrálnych bánk znížilo úrokové miery o 0.50 %
Október 2008	Britská vláda poskytla pomoc bankám HBOS, Lloyds TSB, Nationwide Building Society, Royal Bank of Scotland, Abbey, Barclays a Standard Chartered
Október 2008	Rakúsko, Nemecko, Slovensko, Dánsko a Írsko vyhlasujú neobmedzenú ochranu vkladov v bankách
Október 2008	Európska únia zvyšuje minimálne garancie na 50-tisíc eur, aby zabránila výberu vkladov a prehĺbeniu krízy
Október 2008	Belgická a francúzska vláda poskytla finančnú pomoc banke Dexia vo výške 6.4 mld EUR
Október 2008	Banka ING dostala kapitálovú injekciu 10 mld EUR od holandskej vlády
Október 2008	Banku Fortis zachránila vláda Beneluxu pomocou 11 mld EUR
Október 2008	Banka KBC dostala pomoc od belgickej vlády v hodnote 3.5 mld EUR



Október 2008	Nemecká banka Hypo Real Estate dostala pomoc od vlády vo výške 50 mld EUR
Október 2008	Fed znížil základnú úrokovú sadzbu o 0.50 % na 1 %
December 2008	8.decembra - Krachuje novinový gigant Tribune Company, dlh vo výške \$13mld

**Tab. 1: Chronologický prehľad finančnej krízy**

### 3.3 Indexy kreditných derivátov

Na trhu sa obchoduje nielen s kreditnými derivátmi, ale aj s ich indexami, ktoré nám veľmi dobre popisujú priebeh finančnej krízy. Medzi najviac obchodované patria indexy CDX a iTraxx, ide o portfólio vytvorené zo 125 Credit Default Swaps (CDS) firiem. Index CDX je zložený zo severoamerických a iTraxx z európskych kreditných derivátov. Zloženie indexov sa každý polrok aktualizuje čím vznikne nová séria (označenie pre jednotlivé indexy čiastočne sa odlišujúce zložením portfólia). Zhruba 10% portfólia CDS sa vymení za nové a 90 % štruktúry portfólia sa prenáša zo staršej série do novej. Najaktuálnejšiu skutočnú sériu zachytáva fiktívna séria označená ako “on the run” CDX alebo iTraxx.

Pre tieto indexy je známe aj rozlíšenie na 2 typy, a to “investment grade (IG)” alebo “high yield (HY)”. Pojmom “*investment grade*” sa označujú kategórie ohodnotené ako “AAA až BBB” (podľa Standard & Poors) alebo “Aaa až Baa” (Moody’s). Ide o kategórie s nízkym stupňom investičného rizika, a preto aj cena za ich ochranu je nižšia ako pri rizikovejších investíciách. Indexy s označením HY, čiže “*high yield*” majú vyšší spread, keďže sa jedná o rizikovejšie spoločnosti, kde sa očakáva vyšší výnos, s tým súvisí aj vyššie riziko defaultu. A preto je v tomto prípade cena za ochranu proti defaultu vysoko výnosových referenčných entít vyššia.

#### **CDX:**

##### ***Dow Jones CDX North America Investment Grade (DJ CDX.NA.IG):***

portfólio zložené zo severoamerických kreditných derivátov CDS označených ako “investment grade”. Toto portfólio je skonštruované s cieľom zvýšiť celkovú likviditu.

##### ***Dow Jones CDX North America High Yield (DJ CDX.NA.HY):***

portfólio severoamerických kreditných derivátov CDS označených ako “high yield”. Tento index pozostáva zo 100 referenčných entít.

## *iTraxx:*

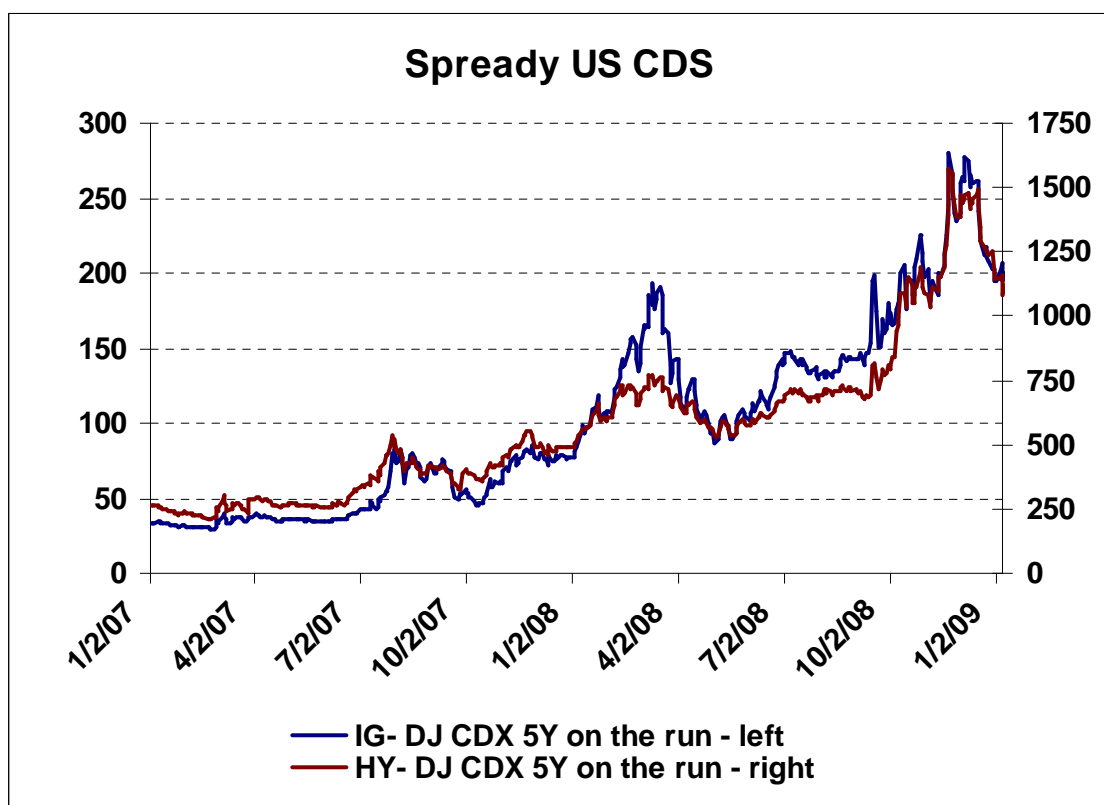
### *Itraxx Index Main (Investment grade):*

portfólio európskych kreditných derivátov, ktoré zaznamenáva cenu ochrany balíka menej rizikových európskych spoločností proti bankrotu.

### *Index Itraxx Europe Crossover (High yield):*

portfólio európskych kreditných derivátov, ktoré zaznamenáva cenu ochrany balíka vysoko výnosných a rizikových európskych spoločností proti bankrotu.

Problémy s úvermi, a teda aj problémy s cennými papiermi zabezpečenými hypotekárnymi úvermi, úzko súvisia so zmenami cien produktov (CDS), ktorými si finančné inštitúcie mohli kúpiť ochranu proti prípadnému defaultu dlžníka. Pod vplyvom týchto udalostí stúpala aj cena indexov iTraxx a CDX. Keďže najaktualnejšiu sériu indexu zachytáva “on the run”, tak sa budeme zaujímať o priebeh tohto typu indexov. Zdrojom dát (iTraxx, CDX) je J.P. Morgan.



**Obr. 16: Spready US CDS**

Na Obr. 16 vidíme, že cena oboch typov CDX prvý krát výraznejšie vzrástla približne v auguste 2007, ako reakcia na začínajúce problémy pri splácaní úverov. Index DJ CDX.NA.HY prekročil hranicu 500 bp a index DJ CDX.NA.IG dosiahol hodnotu

82 bp. Druhý výraznejší skok bol v marci 2008, kedy hodnota indexu DJ CDX.NA.HY vzrástla na 772 bp a DJ CDX.NA.IG dosiahol hodnotu 193 bp. Po tomto prudkom náraste nasledoval chvíľkový pokles spreadu indexov CDX. Historický vrchol dosiahli koncom novembra 2008, kedy index DJ.CDX.NA.HY vzrástol za posledný polrok o 1000 bp na hodnotu 1571 bp a index DJ.CDX.NA.IG sa vyšplhal na vrchol s hodnotou 280 bp.

V nasledujúcej tab. uvedieme príklad, kde môžeme pozorovať ako sa mení cena za ochranu rizikových cenných papierov v hodnote 1 milión eur na dobu 5 rokov pri zmene spreadu indexov CDX.

<b>Index:</b>	DJ CDX.NA.IG				
<b>Dátum</b>	2.1.2007	31.7.2007	10.3.2008	2.5.2008	20.11.2008
<b>Spread (bp)</b>	33.125	82.01	193.02	87.5	280
<b>Cena za ochranu (EUR)</b>	3312.5	8201	19302	8750	28000

**Tab. 2: Poistenie pred defaultom (DJ CDX.NA.IG)**

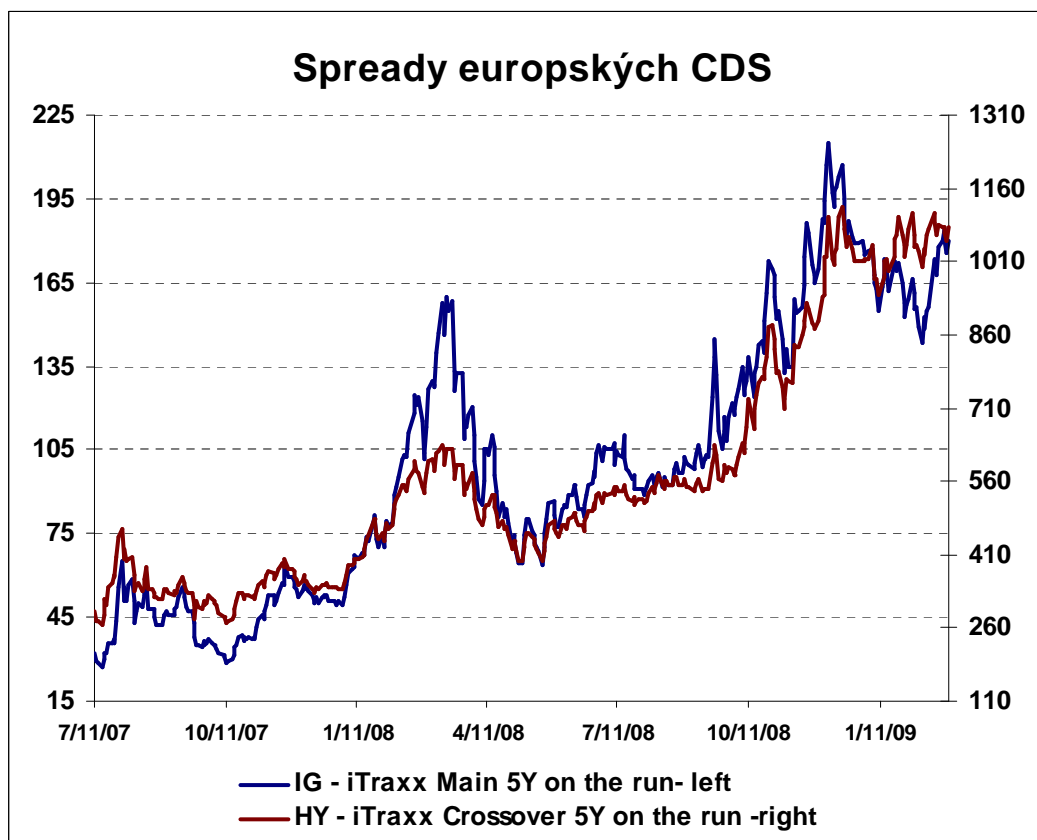
Výrazné zmeny spreadov indexov môžeme pozorovať v roku 2008, na základe čoho sa pohybovala aj cena poistenia menej rizikových balíkov. V máji 2008 stála ochrana balíka cenných papierov v hodnote 1 milión eur pri spreade indexu DJ CDX.NA.IG 87.5 bp menej ako 9000 eur (presne 8750 eur). V nasledujúcom polroku spread tohto indexu dosiahol historickú výšku 280, pri ktorej je cena ochrany 28000 eur (cena za ochranu stúpila o 220 %).

Podobne zmeny môžeme sledovať aj pri indexe DJ CDX.NA.HY (Tab. 3).

<b>Index:</b>	DJ CDX.NA.HY				
<b>Dátum</b>	2.1.2007	31.7.2007	10.3.2008	2.5.2008	20.11.2008
<b>Spread (bp)</b>	261.8	521.56	772.42	526.40	1571.50
<b>Cena za ochranu (EUR)</b>	26180	52156	77242	52640	157150

(poznámka: 1 bázický bod (1 bp) = 0.01 %)

**Tab. 3: Poistenie pred defaultom (DJ CDX.NA.HY)**



Obr. 17: Spready europských CDS

Indexy iTraxx Europe Crossover a iTraxx Europe Main zaznamenávali podobné výkyvy ako index CDX. Itraxx Crossover prvýkrát obchodoval na úrovni 463 bp v júni 2007, kedy stúpila aj hodnota pre iTraxx Main na 65.5 bp. Výraznejší nárast dosiahli v marci 2008 (hodnoty sú uvedené v *Tab. 4 a Tab. 5*), po ktorom nasledoval prudký pokles. Tak ako indexy severoamerických kreditných derivátov (CDX) zaznamenali historické výšky aj spready indexu iTraxx Crossover (1120 bp) a iTraxx Main (207 bp) koncom roka 2008.

Index:	iTraxx Main				
Dátum	11.7.2007	30.7.2007	10.3.2008	2.5.2008	15.12.2008
Spread (bp)	31.875	65.5	157.5	64.5	207
Cena za ochranu (EUR)	3187.5	6550	15750	6450	20700

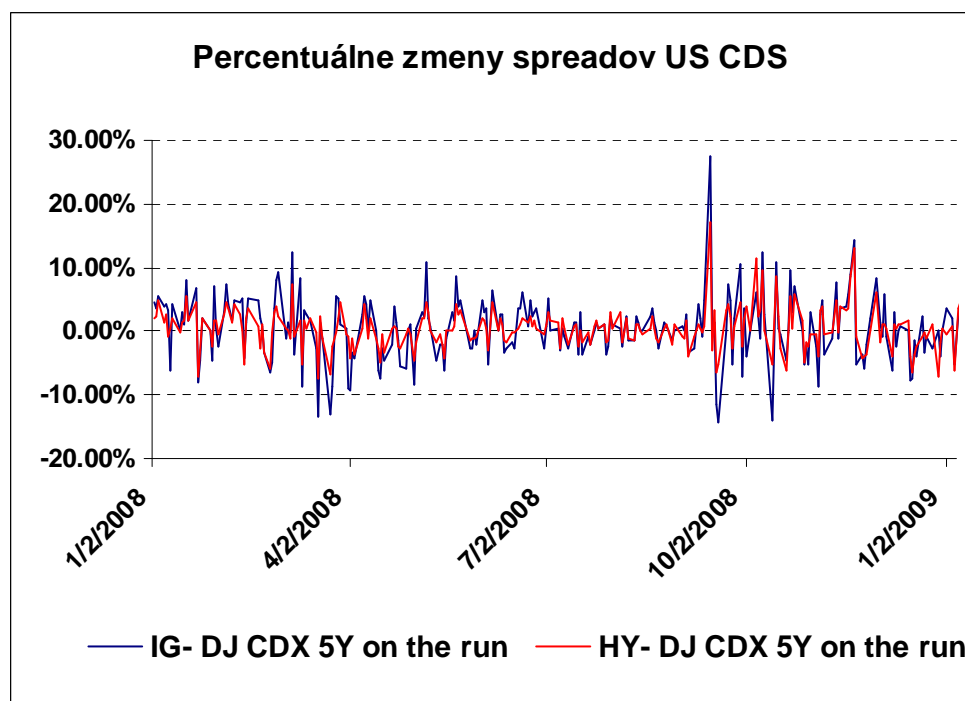
Tab. 4: Poistenie pred defaultom (iTraxx Main)

<b>Index:</b>	iTraxx Crossover				
<b>Dátum</b>	11.7.2007	30.7.2007	10.3.2008	2.5.2008	15.12.2008
<b>Spread (bp)</b>	293	463	635	397	1120
<b>Cena za ochranu (EUR)</b>	29300	46300	63500	39700	112000

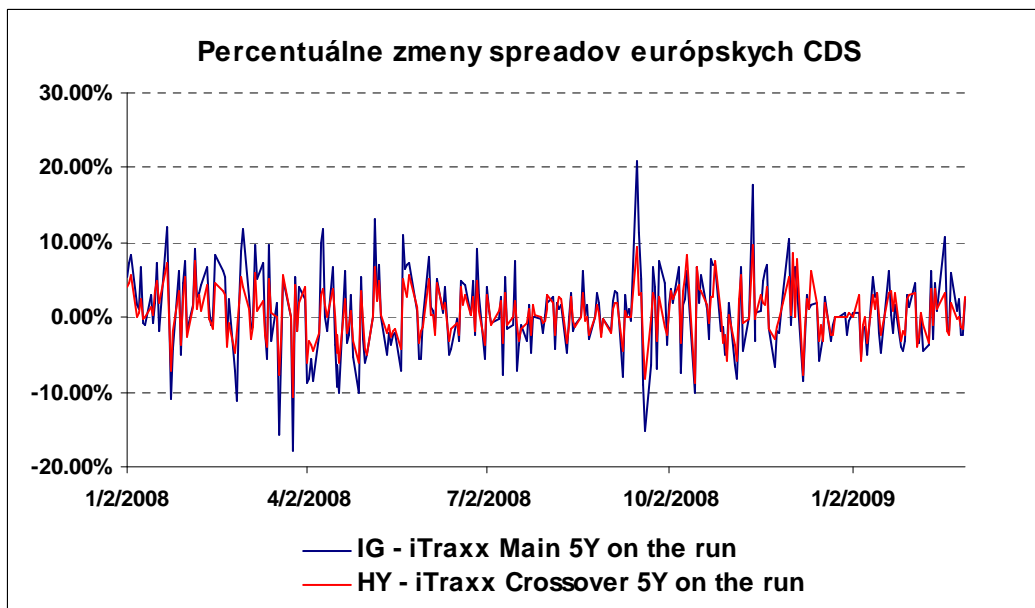
**Tab. 5: Poistenie pred defaultom (iTraxx Crossover)**

Aj v prípade portfólia európskych CDS sa hodnota spreadu, a teda aj cena za ochranu balíka rizikových spoločností prudko menila. Najvýraznejšia zmena nastala od mája do decembra 2008, kedy cena za ochranu investícií v hodnote 1 milióna eur na dobu 5 rokov stúpla o 182.115 %. Tento nárast odráža stále väčšie problémy s rizikovejšími investíciami ako sú aj niektoré poskytnuté hypotekárne úvery, ktoré so sebou nesú veľké riziko.

Pre lepšie porovnanie zmien spreadov CDS ohodnotenými ako *IG a HY* sú na *Obr. 18* zobrazené denné percentuálne zmeny spreadov severo-amerických CDS a na *Obr. 19* európskych CDS.

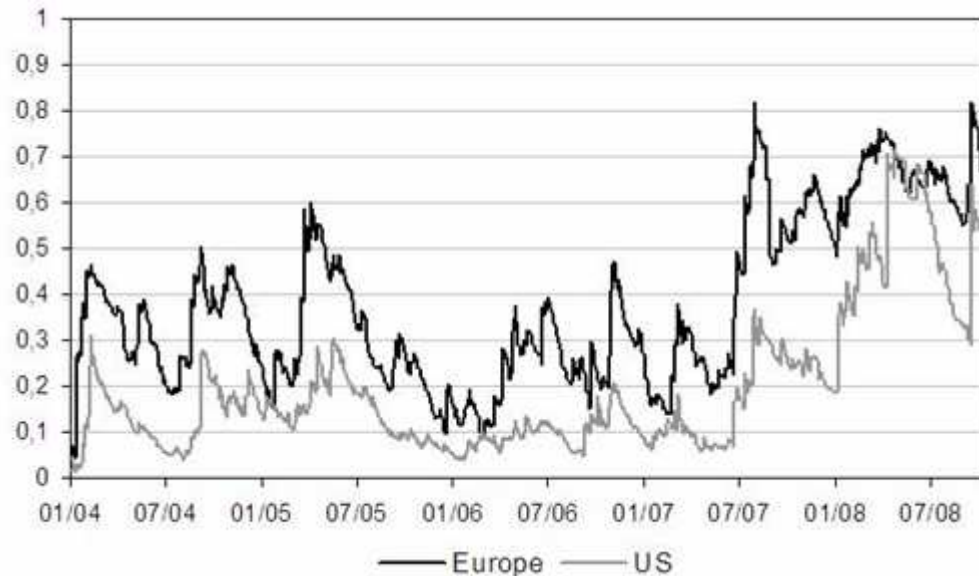


**Obr. 18: Percentuálne zmeny amerických CDS**



**Obr. 19: Percentuálne zmeny európskych CDS**

V oboch prípadoch výraznejšie nárasty a poklesy nastali v portfóliu lepšie ohodnotených CDS (“investment grade”). Tieto zmeny nám popisujú ako sa vyvíja rizikovosť firiem. Napríklad pri prudkom náraste spreadov CDS (IG) došlo k tomu, že lepšie ohodnotené firmy, sa stali rizikovejšie a cena ich poistenia stúpala vo väčšej miere ako pri “high yield” CDS. To je spôsobené tým, že v čase krízy dochádza k väčšiemu vplyvu zmeny korelácie v lepšie ohodnotených aktívach (*kapitola 1.5 Korelácie referenčných aktív*). Vo februári 2008 dosiahla korelácia pre 5-ročný kreditný index iTraxx Europe (IG) v porovnaní s predchádzajúcim obdobím vrchol 45 % (Londýn, 12.2.2008, Reuters). Nasí môžeme pozrieť vývoj korelácií medzi spreadmi CDS lepšie ohodnotených firiem, ktoré v období finančnej krízy rástli v dôsledku ich vyššej rizikovosti.



Zdroj: Bloomberg

**Obr. 20: Korelácie „investment grade“ firiem**

Prvýkrát dosiahla korelácia hodnotu vyššiu ako 50 % v roku 2005, kedy trh kreditných derivátov reagoval na problémy firiem General Motors a Ford. Zvýšenie korelácie nám hovorí o vzájomnom prepojení nielen amerického ale aj európskeho trhu s trhom kreditných derivátov.

Za posledný rok nastala prudšia zmena aj v počte defaultov, a ďalších zaujímavých faktorov ako miera návratnosti a miera defaultov. Tieto dva faktory sú záporne korelované. Pri zvyšovaní miery defaultov dochádza k poklesu miery návratnosti. Konkrétne finančné ukazovatele za rok 2007 a 2008 sú uvedené v nasledujúcej *Tab. 6*.

	<b>2007</b>	<b>2008</b>
Miera defaultov investícií ohodnotených ako "speculative grade" (podľa Moody's)	0.90%	4.10%
Miera defaultov korporátnych emitentov ohodnotených ratingovou agentúrou Moody's	0.30%	1.90%
Pomer zlepšenia ratingu k zhoršeniu ratingu	2	0.3
Miera návratnosti pre dlhopisy "senior unsecured"	53.30%	33.80%
Počet defaultov	18	101
Veľkosť dlhu spojená s defaultom	\$6.7 billion	\$281.2 billion

**Tab. 6**

Pojmom "speculative grade" alebo "non-investment grade" sa označujú kategórie ohodnotené ako "BB" a nižšie. Predstavuje vyšší stupeň rizika, že dlžník nebude schopný splácať svoje záväzky.

### **3.4 Všeobecné predpovede a opatrenia v rámci finančnej krízy**

V dôsledku finančnej krízy prijímajú krajiny na celom svete isté opatrenia, aby sa situácia čo najskôr dostala do normálu. Finančné inštitúcie začali prehodnocovať a sprísňovať kritéria na rozhodnutie o poskytnutí alebo zamietnutí žiadosti o úver. Na finančnom trhu sa bude obchodovať s kreditnými derivátmi opatrnejšie a ich použitie bude pravdepodobne obmedzene, aby znova nedošlo k rozšíreniu rizikových a neprehľadných produktov po celom svete. Strach z prenosu rizika sa prejavuje aj na trhu medzibankových úverov, čoho dôsledkom sú zvýšené medzibankové úrokové miery.

Sprísnením úverových štandardov dochádza k väčšiemu obmedzeniu pri schvaľovaní úverov, a to najmä hypotekárnych. V reálnej ekonomike je to viditeľné na poklese dopytu po viacerých typov produktov, znížil sa hlavne dopyt po výstavbe nových nehnuteľností. To spôsobuje obmedzenie, v horšom prípade dokonca pozastavenie výroby a následne prepúšťanie zamestnancov. Pre ozdravenie ekonomiky je dôležité poskytnúť nové pracovné pozície a miesta, aby nedochádzalo k neželaným efektom ako pokles spotreby spôsobenej nedostatkom financií.

Ďalšou hrozbou, ktorá súvisí s poklesom dopytu a následným znižovaním cien je "pasca likvidity" a deflácia, ktorá je príznačná pre obdobie recesie. Centrálné banky sa snažia podporiť ekonomiky v krajine tým, že pristúpili k zníženiu úrokov. Deflácia v spojení s nízkymi úrokovými sadzbami však spôsobuje to, že ľudia nevidia dôvod investovať, a preto na transakčné účely držia viac peňazí ako potrebujú. Tieto peniaze by za iných okolností investovali s cieľom dosiahnuť zisk. Pasca deflácia je veľmi nebezpečná, pretože je problematické nájsť spôsob ako sa z nej dostať.

#### ***3.4.1 Vládne opatrenia na zmiernenie finančnej krízy***

Jedným z dôležitých opatrení štátu je vládna garancia vkladov a firemných dlhopisov. Dlhopis emitovaný firmou je určený swapom a kreditným spreadom.



Použitím menového a úrokového swapu sa môžu investori zabezpečiť proti negatívnemu vývoju výmenného kurzu a úrokových sadzieb. Riziko vyplatenia dlhopisu alebo vrátenia vkladov v banke sa značne eliminuje práve vládnu garanciou, kedy sa znižuje kreditný spread. Ak však štát garantuje príliš veľa dlhopisov vzhľadom na veľkosť ekonomiky (HDP krajiny), dôjde k zvýšeniu rizika defaultu štátu. Pretože pri defaulte firiem, preberá na seba záväzky danej firmy štát.

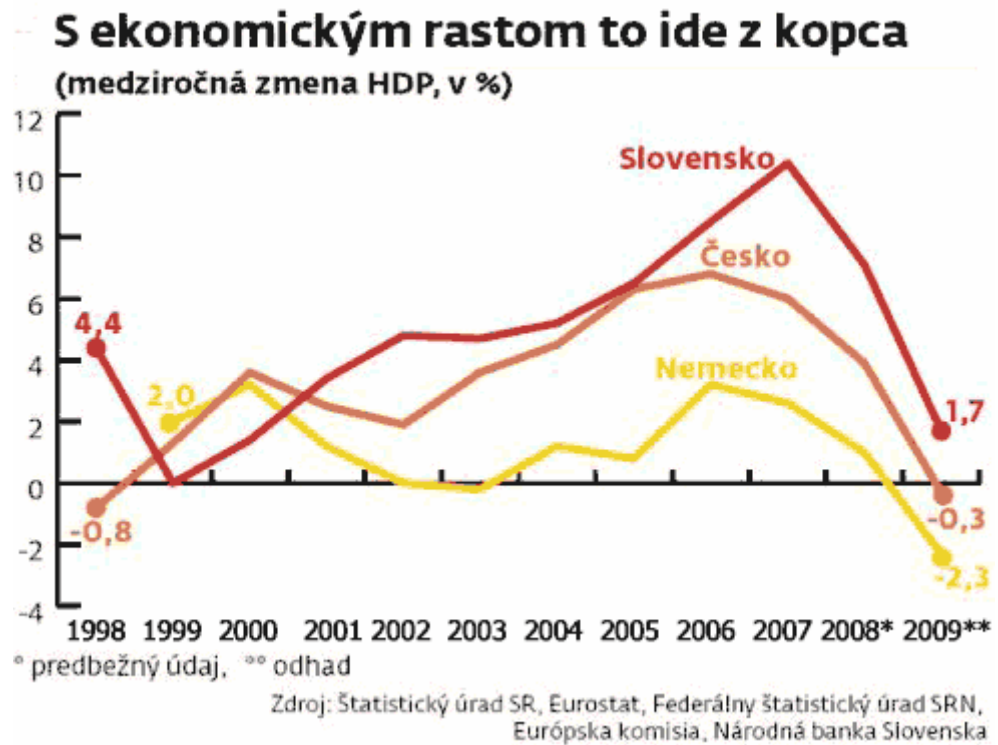
Štátny bankrot sa najčastejšie spomína v súvislosti s Islandom. Tri najväčšie islandské banky (Landsbanki, Kaupthing a Glitnir) sa svojou silnou zahraničnou expanziou dostali do problémov. Veľký objem vkladom tu majú hlavne Briti. V októbri minulého roku majetok týchto troch bánk presahoval niekoľkonásobne ročné HDP krajiny (1000 % HDP). V porovnaní so Slovenskom (okolo 30 % HDP) alebo s eurozónou (100 % HDP) je táto hodnota podstatne väčšia.

Počas ekonomického rastu krajiny sa značne zadlžovali nielen ľudia, banky ale aj štát. Keď sa banky dostali do problémov, tak im nevedel pomôcť ani štát, keďže majetok štátu bol podstatne menší ako majetok troch najväčších islandských bánk. Zároveň je problematické získať úver pre Island, vzhľadom na súčasnú finančnú krízu vo viacerých krajinách a zhoršenie ratingu Islandu. Úver získaný pri dobrom ratingu by ho stál oveľa menej, ako za týchto podmienok. Finančnú pomoc mu poskytlo Rusko formou úveru vo výške 4 mld EUR. Ďalšiu pôžičku mu schválil Medzinárodný menový fond (MMF).

O finančnú pomoc požiadalo aj Maďarsko a Ukrajina. Maďarsko získalo pôžičku vo výške viac ako 25 mld EUR od MMF, Svetovej banky a Európskej únie. MMF pravdepodobne pomôže aj Ukrajinskej ekonomike, a to pôžičkou vo výške 16.5 mld dolárov. O finančnú pomoc z MMF môžu požiadať, len jeho členovia. Okrem finančnej pomoci sa táto inštitúcia podieľa aj na riadení krajín pri prekonávaní krízového stavu.

Pokiaľ ide o situáciu na Slovensku, tak nám nehrozí kríza v takom rozmere ako ohrozuje Island, a ďalšie krajiny s vysokou zadlženosťou. Slovenské banky sú relatívne konzervatívne, neinvestovali do rizikovejších operácií a pri poskytovaní úverov dodržiavali striktnnejšie kritéria. Avšak kríza sa nás dotýka nepriamo, keďže ekonomiky krajín sú navzájom prepojené. Ekonomika Slovenska, podobne ako aj Česka je orientovaná hlavne na export. A preto jej vývoj je silne ovplyvnený vývojom ekonomiky najväčších obchodných partnerov. Naším najväčším obchodným partnerom je Nemecko, a teda jeho ekonomické problémy ovplyvňujú aj našu ekonomiku. Takéto

vzájomné prepojenie sa najviac odráža v reálnej ekonomike, kde sa klesajúci dopyt zahraničia prejavuje na znižovaní exportu a zvyšovaní nezamestnanosti, čím dochádza k spomaleniu ekonomického rastu krajiny.



**Obr. 21 Ekonomický rast**

Ekonomický rast Slovenska dosiahol najvyššiu úroveň 10 % v roku 2007, no o rok neskôr sa výrazne spomalil a dosiahol hodnotu 7 %. Odhad ekonomického rastu na rok 2009 bol v novembri minulého roka na úrovni 4.6 %. Vo februári slovenské ministerstvo financií tento odhad značne znížilo na 2.4 až 2.5 %. Národná banka Slovenska odhaduje ekonomický rast Slovenska v roku 2009 dokonca len na úrovni 2.1 %. Na takéto spomalenie má vplyv viacerých faktorov, nielen zníženie zahraničného dopytu, nárast nezamestnanosti, ale aj zhoršenie prístupu k úverom, ktoré mnohé firmy potrebujú pre svoje zdravé fungovanie.

K zvýšeniu dopytu v oblasti automobilového priemyslu pomohol zákon o šrotovnom, pretože umelo podporuje dopyt po autách. Vďaka šrotovnému si kupujú nové autá najmä tí, čo by si ich inak nekúpili a naďalej by jazdili na starých autách, ktoré môžu ešte poslúžiť pekných pár rokov. Príležitosť, ktorú poskytuje šrotovné však zlákala viacerých. Ľudia dostanú za staré auto istý obnos peňazí a investujú ich do kúpy nového auta. Lenže peniaze zo šrotovného na nákup nového vozidla nestačia, a preto si

mnohí siahnu na úvery. S tým súvisí riziko, že takto zadĺžení ľudia neskôr nemusia mať dostatok financií na splácanie poskytnutého úveru. To môže byť ľahko spôsobené práve stratou zamestnania, ktoré je v období krízy dosť neisté. Preto je potrebné byť opatrný do akej miery šrotovné poskytovať. Šrotovné pomohlo rozvoju automobilového priemyslu najmä v Nemecku. V medziročnom porovnaní najväčší nárast predaných áut vo februári 2009 dosiahlo Nemecko (o 21.5 % viac) a naopak najväčší pokles v predaji nových áut oproti minulému roku utrpel Island (o 83.6 % menej).

Dopad finančnej krízy na ekonomiku Slovenska by malo pomôcť zmierniť hlavne zavedenie balíčka opatrení (ide o 27 opatrení), ktoré schválila vláda v novembri minulého roka. Tieto opatrenia sa týkajú podpory podnikateľského prostredia (malých a stredných podnikateľov), zlepšovania prístupu ku kapitálu, čerpania prostriedkov z eurofondov, výstavby diaľnic a podporu inovácii. Balíček opatrení zahŕňa aj dôležitý plán na prípravu PPP projektov a hľadanie úspor na strane výdavkov verejnej správy. Podľa výsledkov, ktoré sa dosiahnu zavedením týchto opatrení, sa budú opatrenia upravovať a prispôbovať podľa situácie na trhu. Prioritou na tento rok sa stáva udržanie zamestnanosti a hospodarského rastu krajiny.

## 4 Kalibrácia modelu na trhové dáta

### 4.1 Charakteristika produktu

Pri kalibrácii modelu si v prvom rade predstavíme reálny produkt, ktorý budeme v tomto modeli oceňovať. Na oceňovanie zabezpečených dlhových obligácií sme použili model poskytnutý komerčnou bankou.

Náš produkt nazveme Syn\_CDO, keďže pôjde o syntetické portfólio s maturitou 5 rokov, ktoré je vytvorené z 93 rôznych referenčných jednotiek. Veľkosť portfólia je 1 000 000 000 EUR, pričom každá referenčná jednotka tvorí rovnakú časť portfólia (1.075 %). Portfólio je skonštruované prevažne z aktív vysoko ratingovo ohodnotených bánk, poisťovní a finančných inštitúcií, celkovo z 10-tich rôznych sektorov (Tab. 9). Sekuritizáciou sa z referenčných aktív vytvoria nasledujúce tranže, ktoré si všeobecne označíme: seniorská, stredná a juniorská tranža (equity).

SPV	
Aktíva	Pasíva
Syntetické portfólio (93 cenných papierov)	Seniorská tranža  Aaa (89%)  A1 (7%)  Equity (4%)

Obr. 22: Súvaha SPV pre produkt Syn\_CDO

Vstupom do výpočtu je portfólio referenčných aktív a informácie o jednotlivých tranžiaciach (seniorská, stredná a equity).

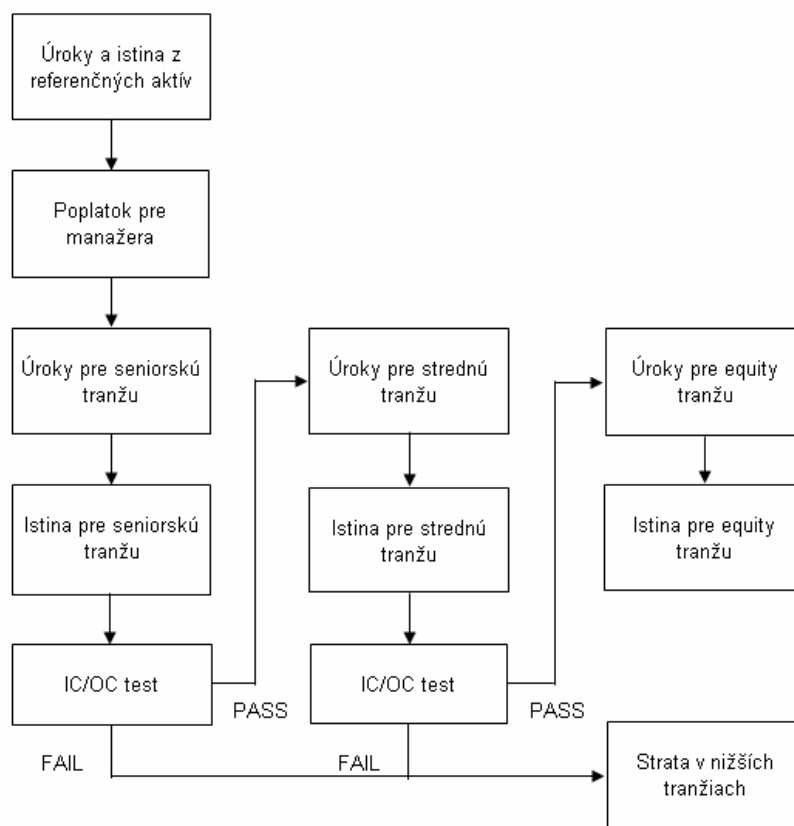
Tranža	Seniorská	Stredná	Equity
<b>Veľkosť</b>	890	70	40
<b>% z nom. hodnoty</b>	89.00%	7.00%	4.00%
<b>Subordinácia</b>	110	40	0
<b>Subordinácia.pc</b>	11	4	0
<b>Spread (bp)</b>	12	80	ZVYŠOK
<b>Rating</b>	Aaa	A1	NR
<b>ic.trigger</b>	120	110	100
<b>oc.trigger</b>	130	120	110
<b>Pohyblivá sadzba</b>	ÁNO	ÁNO	ÁNO

Tab. 7: Produkt Syn\_CDO

Veľkosť tranží je uvedená v miliónoch EUR, 89 % portfólia tvorí najmenej riziková tranža (seniorská). Subordinácia vyjadruje objem všetkých podriadených tranží. Informuje nás o tom, kedy daná tranža utrpí prvú stratu. Napríklad v seniorskej tranži sa strata začne prejavovať, ak veľkosť straty dosiahne hodnotu 11 % celkového portfólia (čiže 110 miliónov EUR), to predstavuje 100 %-nú stratu equity aj strednej tranže. Stredná tranža s ratingom A1 má subordináciu 4%. To znamená, že prvú stratu pocíti až keď nastane 4 %-ná strata celého portfólia, čo predstavuje 40 miliónov EUR, a teda 100%-nú stratu equity tranže.

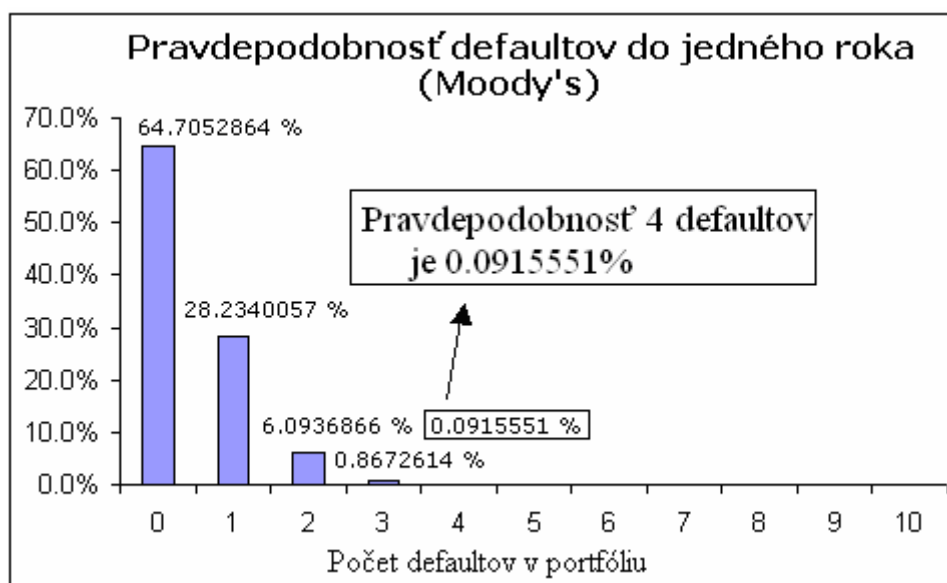
Výnosy jednotlivých tranží sú určené spreadom v bázičných bodoch (označenie bp, 1bp = 0.01%). Z tranže sa investorovi vypláca nielen spread, ale aj úrok, ktorý slúži na hedgovanie úroku požičaných investícií. Ak sa investor rozhodne investovať do seniorskej tranže, jeho výnos bude nižší (12 bp z veľkosti tranže) v porovnaní s investorom, ktorý investoval do rizikovejšej strednej tranže s vyšším spreadom (80 bp). Spread pre equity tranžu označený ako ZVYŠŤOK vyjadruje, že equity tranža obdrží celý zvyšný výnos z peňažného toku. Pod pojmom výnos rozumieme prémii za riziko spojené s investovaním do jednotlivých tranží.

Peňažné toky v simuláciách sú diskontované úrokovou mierou, ktorá nie je v tomto prípade fixná, ale variabilná. Hodnoty pre ic.trigger a oc.trigger sú dôležité pre IC/OC testy, na základe ktorých sa zisťuje, či je dostatok prostriedkov na vyplatenie nasledujúcej tranže po vyplatení platieb a úrokov predchádzajúcej. IC test (Interest Coverage test) testuje výšku pomeru sumy úrokových tokov z podkladových aktív k úrokovým tokom vyplatených na ratingových tranžiach. OC test (Overcollateralization test) zisťuje, či je dostatočný pomer sumy nominálu podkladových aktív k nominálnemu objemu tranží.. Ak tieto hodnoty nie sú dosiahnuté, peňažné toky sú presmerované na splatenie najvyšších tranží usporiadaných podľa seniority. Priebeh platieb a umiestnenie testov môžeme pozorovať v nasledujúcej schéme (v anglickej terminológii známej ako Waterfall). Ide o zjednodušenú schému upravenú pre náš produkt .

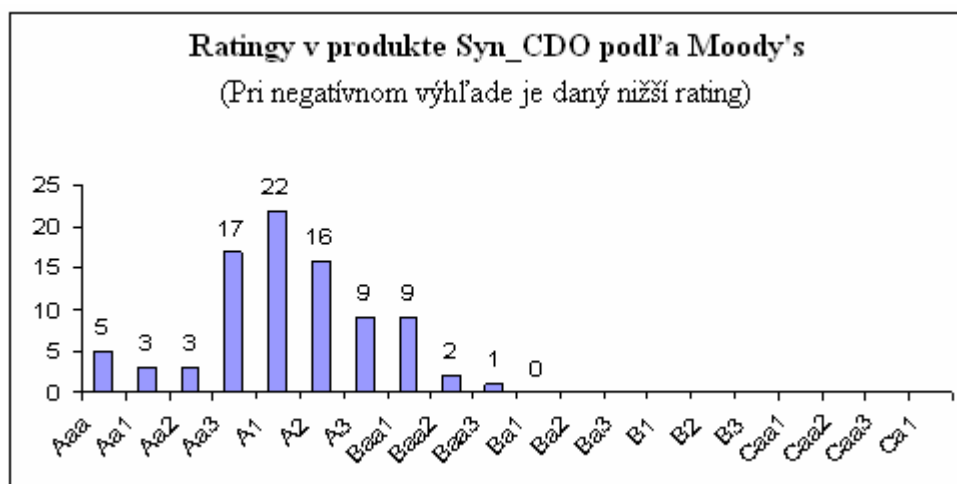


**Obrázok 23: Schéma priebehu platieb**

Na základe pozorovania *Obr. 24 a Obr. 25* vidíme, že ide o pomerne dobre ohodnotené aktíva, a preto aj pravdepodobnosť defaultu v portfóliu je celkom malá. Pravdepodobnosť, že equity utrpí 100 % stratu do jedného roka (čiže pravdepodobnosť nastatia 4 defaultov v portfóliu do jedného roka) je podľa ratingovej agentúry Moody's 0.0915551%.



**Obr. 24: Pravdepodobnosť defaultov**



**Obr. 25: Rozloženie ratingov v portfóliu**

**Základné číselné charakteristiky portfólia:**

WAL (Vážená priemerná maturita) : 5 rokov

WAC (Vážený priemerný kupón): 43 bp

WARF (Vážený priemerný ratingový faktor) : 98

WAR (Vážený priemerný rating): A2

WRR (Vážená miera návratnosti): 30 %

Frekvencia vyplácania kupónu tranži: ½ (polročne)

DS (Miera diverzity): 25

Defaults p.a.: 0.19 %

Presun kreditného rizika z podkladových aktív sa uskutočňuje prostredníctvom kreditných derivátov – CDS. A preto WAC (priemer kupónov na podkladových aktívach) je v tomto prípade priemerná hodnota spreadov CDS vyjadrená v bazických bodoch.

WARF je meradlo na určovanie kreditnej kvality portfólia. Pri jeho výpočte je potrebné najprv vyrátať ratingové faktory pre jednotlivé cenné papiere a na základe podielu podkladových cenných papierov v portfóliu určiť ich vážený priemer. V tomto prípade majú ratingové faktory rovnaké váhy. Podľa veľkosti WARF sa určuje WAR.

### Ratingové faktory podľa Moody's

Rating	Ratingový faktor	Rating	Ratingový faktor
Aaa	1	Ba1	940
Aa1	10	Ba2	1350
Aa2	20	Ba3	1766
Aa3	40	B1	2220
A1	70	B2	2720
A2	120	B3	3490
A3	180	Caa1	4770
Baa1	260	Caa2	6500
Baa2	360	Caa3	8070
Baa3	610	Ca	10000

**Tab. 8: Rating a ratingové faktory**

Diverzifikácia portfólia sa odhaduje pomocou DS (Miera diverzity), ktorá závisí od rozloženia cenných papierov medzi sektormi a od počtu sektorov. Výsledné DS portfólia je 25, čo znamená, že naše portfólio z 93 referenčných entít sa správa ako portfólio z 25 nezávislých entít. Pri rozhodovaní investora je dôležitá nielen sektorová diverzifikácia portfólia, ale aj geografická. V našom produkte je najviac zastúpená oblasť bankovníctva, financií a poisťovníctva (Tab. 9).

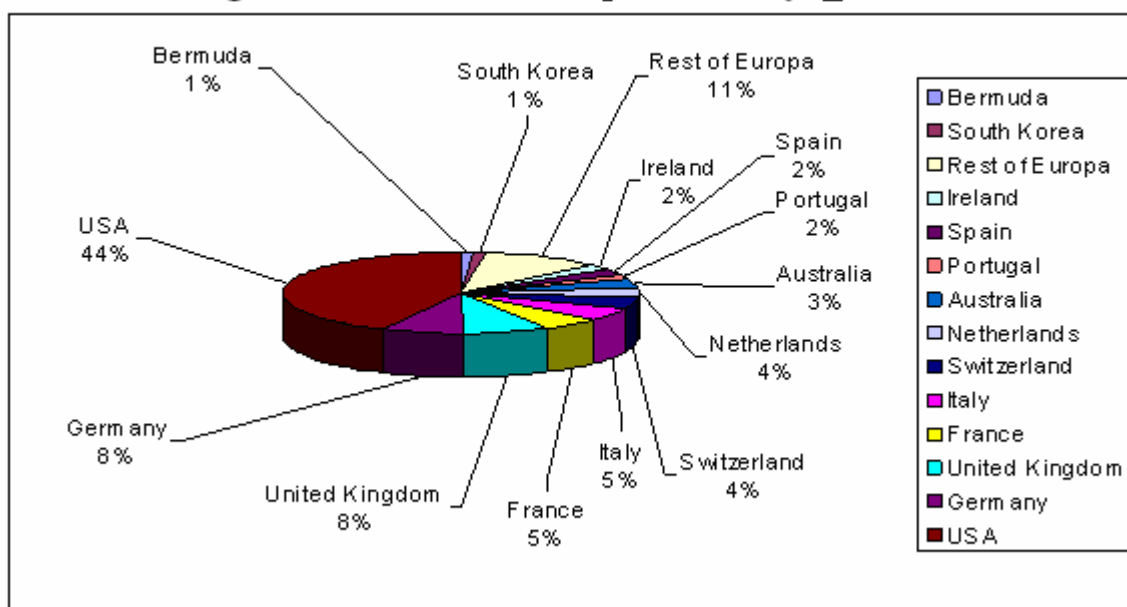
Sektorové skupiny	Počet ref. atkív
Bankovníctvo	44
Chemický, plastický a gumenársky	1
Elektronický	1
Štátny sektor	7
Financie	13
Starostlivosť o zdravie, vzdelanie a starostlivosť o dieťa	1
Poisťovníctvo	22
Olej a plyn	1
Osobný spotrebný tovar na krátkodobé použitie	2
Výroba	1
<b>Spolu</b>	<b>93</b>

**Tab. 9: Sektorová diverzifikácia**

Portfólio je vytvorené cennými papiermi z rôznych geografických oblastí: Amerika, Európa, Ázia a Austrália. Najväčší podiel na portfóliu majú americké cenné papiere (44 %), z európskych krajín Nemecko a Veľká Británia s rovnakým podielom 8 %.



## Geografická diverzifikácia produktu Syn\_CDO



Obr. 26: Geografická diverzifikácia

## 4.2 Mechanické oceňovanie

### 4.2.1 Príklad výpočtu straty a prémie v tranži

Rozhodnutie investora do ktorej tranže a v akom množstve investovať závisí od jej rizikovosti, ktorá je určená pravdepodobnosťou, že dôjde k strate a veľkosťou očakávanej straty. Uvedieme si to na našom príklade. Najprv si zopakujeme dôležité informácie o portfóliu a strednej tranži, ktorú sme si zvolili na znázornenie prenášania strát z portfólia do tranže. Ide o reálny produkt, počet defaultov do času  $t$  (čas, kedy sa vyplácajú prémie v tranži) je však nami náhodne stanovený ako príklad.

	Veľkosť (mil.EUR)	Počet ref. aktív	Veľkosť 1 ref. aktiva (% z portfólia)	Veľkosť 1 ref. aktiva (mil.EUR)
Portfólio	1000	93	1.07527%	10.752688

Tranža	Veľkosť (mil.EUR)	Veľkosť (% z portfólia)	Subordinácia (mil.EUR)	Subordinácia.pc (% z portfólia)	Spread (bp)	Rating
Stredná	70	7.00%	40	4%	80	A1

Tab. 10: Charakteristika portfólia a strednej tranže

Investor, ktorý investuje do tejto tranže dostáva každý polrok prémie za riziko. Vyplácanie prémie si vysvetlíme na nasledujúcom príklade, ktorý je spracovaný v *Tab. 11*, kde je uvedený nami zvolený počet defaultov do času  $t$ .

Čas $t$ (roky)	0.50	1	1.5	2	2.5	3
Počet defaultov do času $t$	0	1	3	5	7	8
Strata portfólia do času $t$ (%)	0.00%	1.075%	3.226%	5.376%	7.527%	8.602%
Strata tranže (% z portfólia)	0.00%	0.00%	0.00%	1.376%	3.527%	4.602%
Strata tranže (mil. EUR)	0.00	0.00	0.00	13.763	35.269	46.022
Zvyšok tranže (mil. EUR)	70.00	70.00	70.00	56.237	34.731	23.978
Prémia (mil. EUR)	0.56	0.56	0.56	0.449	0.278	0.192
Finančné plnenie (mil. EUR)	0.00	0.00	0.00	13.763	21.505	10.753

**Tab. 11: Príklad vyplácania prémie**

Jeden default predstavuje stratu veľkosti jedného referenčného aktíva (10.7527 mil EUR), ak si ako mieru návratnosti stanovíme nulovú hodnotu. V prípade, že rátame s nenulovou mierou návratnosti jeden default predstavuje stratu  $(1 - RR) * N$ , kde  $RR$  je miera návratnosti a  $N$  je veľkosť jedného referenčného aktíva. Pre zjednodušenie situácie uvažujeme nulovú mieru návratnosti. Stredná tranža utrpí stratu, až keď strata portfólia dosiahne hodnotu subordinácie. Prvú stratu v tranži pozorujeme v čase  $t=2$  s počtom defaultov 5, čo znamená, že strata portfólia dosiahla hodnotu 5.376 % z veľkosti portfólia. Výška prémie sa počíta ako 80 bp z veľkosti strednej tranže. Pri zvyšovaní počtu defaultov sa znižuje veľkosť tranže a teda aj vyplatené prémie. Ak dôjde k strate v tranži, tak investor musí vyplatiť finančné plnenie zakomponované v kreditnom deriváte CDS, keďže nastala poistená kreditná udalosť.

Strata tranže je definovaná vzťahom:

$$TL_t^{L^-, L^+} = \frac{\max[\min(l, L^+) - L^-, 0]}{L^+ - L^-}$$

$L^-$  určuje stratu portfólia, pri ktorej sa strata prvýkrát prenáša do danej tranže (subordinácia)

$L^+$  určuje stratu portfólia, pri ktorej tranža utrpí 100 % stratu (subordinácia + veľkosť tranže)

$l$  strata portfólia vyjadrená v %

V našom príklade sú tieto údaje pre strednú tranžu nasledovné:

$L^- = 4\%$ ,  $L^+ = 11\%$ ,  $l = 5.376\%$  v čase  $t=5$ .

$$TL_t^{L, L^*} = \frac{\max[\min(5.376\%, 11\%) - 4\%, 0]}{11\% - 4\%} = 19.66\%$$

Takže pri 5-tich defaultoch v portfóliu, zasiahne strata aj do strednej tranže, čím dochádza k zmene jej veľkosti. Týmto výpočtom sme dostali stratu tranže vyjadrenú v % z jej veľkosti. Stratu tranže si môžeme vyjadriť ako 19.66 % zo 70 mil. EUR, čo predstavuje hodnotu 13.76 mil. EUR. Získanú hodnotu si môžeme porovnať s hodnotou vo vyššie uvedenej Tab. 11.

#### 4.2.2 Postup pri výpočte spreadu

Oceňovanie jednotlivých tranží zabezpečených dlhovými obligáciami, a teda určenie výšky spreadu prebieha na swapovej báze. Uvedieme si základný vzťah, z ktorého sa odvíja vzťah na výpočet spreadu:

$$\text{Očakávaná strata} = \text{Očakávané prémie} .$$

Na výpočet očakávanej straty tranže v čase  $t$  sú potrebné pravdepodobnosti, že v portfóliu nastala daná strata. Očakávaná strata tranže je definovaná vzťahom:

$$E[TL_t^{L, L^*}(l)] = \sum_l TL_t^{L, L^*}(l) \cdot \Pr_t[Loss = l],$$

kde  $\Pr_t[Loss = l]$  je pravdepodobnosť, že v portfóliu nastane  $l$  %-ná strata.

Pravdepodobnosť  $l$  %-nej straty portfólia do jednotlivých časov  $t$  môže byť určená pomocou ratingou stanovených podľa ratingovej agentúry Moody's.

Veľkosť defaultu (*Default Leg*) je potom vyjadrená formulou:

$$DL^{L, L^*} = \sum_{t=1}^n DF(t) \cdot [E[TL_t^{L, L^*}(l)] - E[TL_{t-1}^{L, L^*}(l)]] TS .$$

TS.....veľkosť tranže na začiatku (bez strát)

DF.....diskontný faktor

Najprv je potrebné vyrátať očakávané straty v čase  $t$  pre  $\forall t$ , v ktorom sa vyplácajú prémie za riziko až do skončenia životnosti produktu. Veľkosť defaultu sa potom získa ako súčet diskontovaných rozdielov očakávaných strát. Rozdiel

očakávaných strát v tranži sa vypočítava za účelom zistenia veľkosti očakávanej straty v intervale  $(t, t-1) \forall t$  medzi dvoma po sebe vyplatenými prémiami.

Veľkosť prémie (*Premium Leg*) je súčet diskontovaných očakávaných prémieí v každom čase  $t$ , kedy dochádza k vyplateniu prémieí. Výška prémie v každom čase je určená ako súčin spreadu a veľkosti tranže v danom čase. Veľkosť tranže sa však mení podľa veľkosti straty, a preto sa prémie v každom čase  $t$  vypočítavajú z veľkosti tranže zmenšenej o očakávanú stratu.

$$PL^{L^-,L^+} = \sum_{t=1}^n Spread * DF(t) \cdot \Delta_t \cdot [1 - E[TL_t^{L^-,L^+}(l)]] * TS$$

$$\Delta t : \frac{t - (t-1)}{360} \text{ (faktor časového nárastu ACT/360)}$$

Výsledné vzorce pre veľkosť prémie  $PL$  a veľkosť defaultu  $DL$  môžeme dosadiť do vzťahu

$$\text{Očakávaná strata} = \text{Očakávané prémie} \quad (\text{Default Leg} = \text{Premium Leg})$$

Z tohto vzťahu vieme vyjadriť Spread:

$$Spread_{Fair} = \frac{\sum_{t=1}^n DF(t) * [E[TL_t^{L^-,L^+}(l)] - E[TL_{t-1}^{L^-,L^+}(l)]]}{\sum_{t=1}^n DF(t) * \Delta_t * [1 - E[TL_t^{L^-,L^+}(l)]]}$$

Do výpočtu spreadu vstupuje očakávaná strata a prémie. Výška spreadu však závisí najmä od korelácie medzi aktívami, ktoré tvoria danú tranžu. Zvyšovanie korelácie sa prejavuje na zmene pravdepodobnosti defaultu, ktorá vstupuje do výpočtu očakávanej straty, a teda aj do výpočtu spreadu. Vplyv nárastu korelácie na spread tranží je zobrazený na *Obr. 10*.

### 4.3 Kalibrácia na trhové dáta

Oceňovanie budeme realizovať na uvedenom produkte pri rôznych koreláciach vo vnútri sektorov (*corr\_in*) a medzi sektormi (*corr\_out*). Pomocou copula funkcie

(Studentova t copula, 2.2.1 Eliptické copuly) sa použitím korelácií vyrátajú časy defaultov pre jednotlivé tranže, ktoré vstupujú do ďalších výpočtov. Zdrojom dát pre náš produkt je oddelenie Bilančných investícií v Slovenskej sporiteľni.

Výsledky pre  $\text{corr}_{in}=0.30$  a  $\text{corr}_{out}=0.15$  :

<b>Tranža</b>	<b>Seniorská</b>	<b>Stredná</b>	<b>Equity</b>
<b>Stredná hodnota PV (mil. EUR)</b>	891.337	70.625	39.673
<b>STD (mil. EUR)</b>	7.318	3.554	3.066
<b>PV.95 (mil. EUR)</b>	891.584	70.831	40
<b>VaR.95 (mil. EUR)</b>	0.247	0.206	0.327
<b>Očakávaná strata (mil. EUR)</b>	0.243	0.202	0.327
<b>Pravdepodobnosť straty (%)</b>	0.26%	0.48%	1.74%
<b>Interný rating</b>	A2	Baa3	Ba1
<b>Implikovaný kreditný spread (bp)</b>	1.874	19.763	55.46

**Tab. 12: Výsledky simulácií**

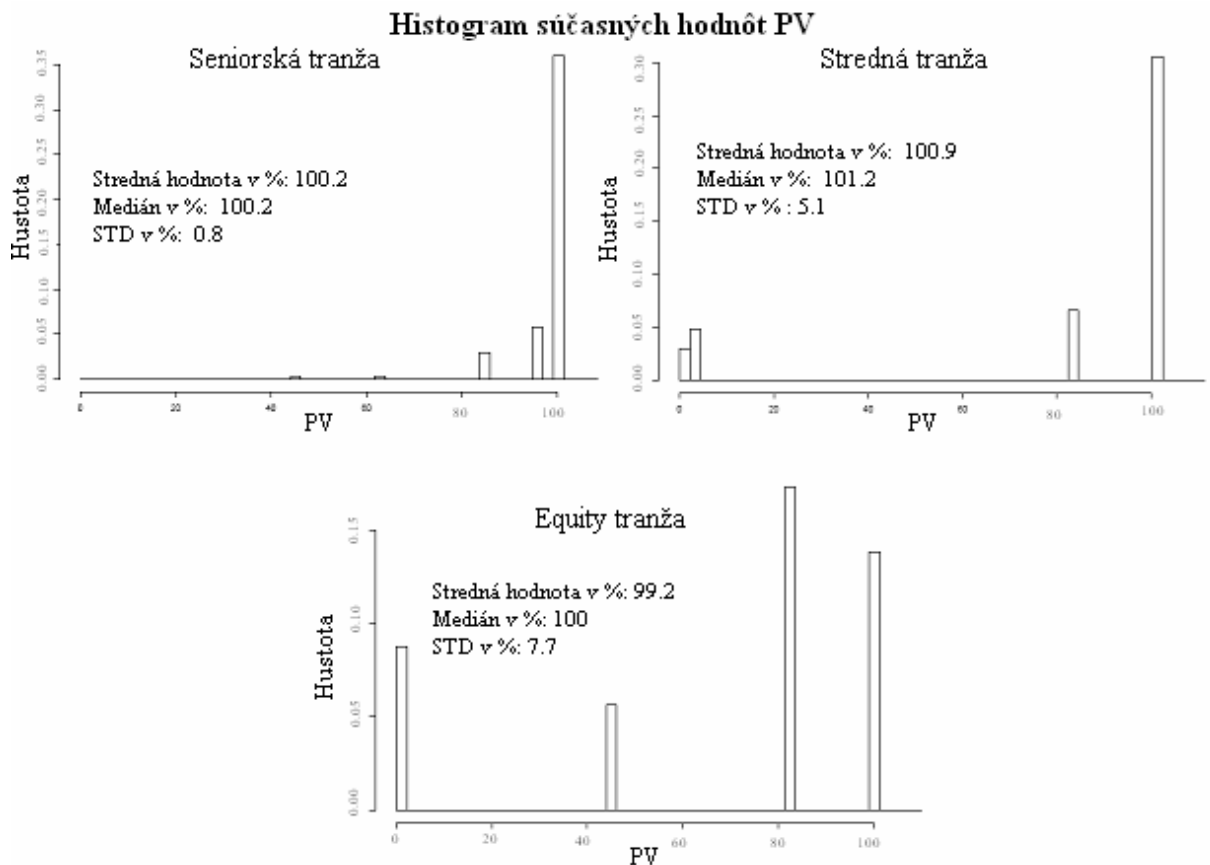
Na simulovanie strát v produkte Syn\_CDO sme použili Monte Carlo simulácie. V tejto časti sa budeme venovať analýze peňažných tokov a strát, na základe čoho vieme oceniť kreditné riziko. V Tab. 12 môžeme pozorovať hodnoty vyrátané z 10 000 nasimulovaných strát. Medzi základné charakteristiky pre tranže patrí stredná hodnota súčasných hodnôt ( $\overline{PV}$ ) a štandardná odchýlka ( $STD$ ), ktoré sú vypočítané nasledovne:

$$\overline{PV} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PV_i, \quad std(PV) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (PV_i - \overline{PV})^2},$$

kde  $n$  je počet simulácií. Pri vysvetľovaní jednotlivých výstupov budeme uvažovať seniorskú tranžu.  $PV.95$  tejto tranže sa rovná hodnote 891.584, čo znamená, že 5 % nasimulovaných peňažných tokov má súčasnú hodnotu PV nižšiu ako 891.584 miliónov EUR.

$$P(PV > 891.584) = 95\%$$

Na Obr. 27 je znázornený histogram PV, v ktorom sú uvedené aj základné číselné charakteristiky pre jednotlivé tranže vyjadrené ako % z jej nominálnej hodnoty. Takže stredná hodnota predstavuje 100.1% a štandardná odchýlka 1.1% z veľkosti uvažovanej seniorskej tranže (890 miliónov EUR).



**Obr. 27: Histogram súčasných hodnôt PV**

Získané kvantily ( $PV.95$ ) sú potrebné na vyrátanie Value-at-Risk, ktorý je definovaný vzťahom:

$$VaR.q = PV.q - \bar{PV},$$

kde  $q$  je označenie pre kvantil.

Stredná hodnota súčasných hodnôt PV v seniorskej tranži je 891.193, a teda

$$VaR.95 = PV.95 - \bar{PV} = 891.584 - 891.337 = 0.247.$$

V tomto prípade dostaneme kladnú hodnotu, z čoho ľahko usudíme, že stredná hodnota PV je menšia ako 5%-tný kvantil, ktorý oddeľuje 5 % najnižších súčasných hodnôt simulovaných peňažných tokov.

Ďalší dôležitý údaj pre investora je očakávaná strata portfólia a jednotlivých tranží. Na určenie očakávanej straty je potrebné určiť stratu pre každú simuláciu:

$$loss_i = \max(Size - PV_i, 0), \text{ pre } i = 1, 2, \dots, n.$$

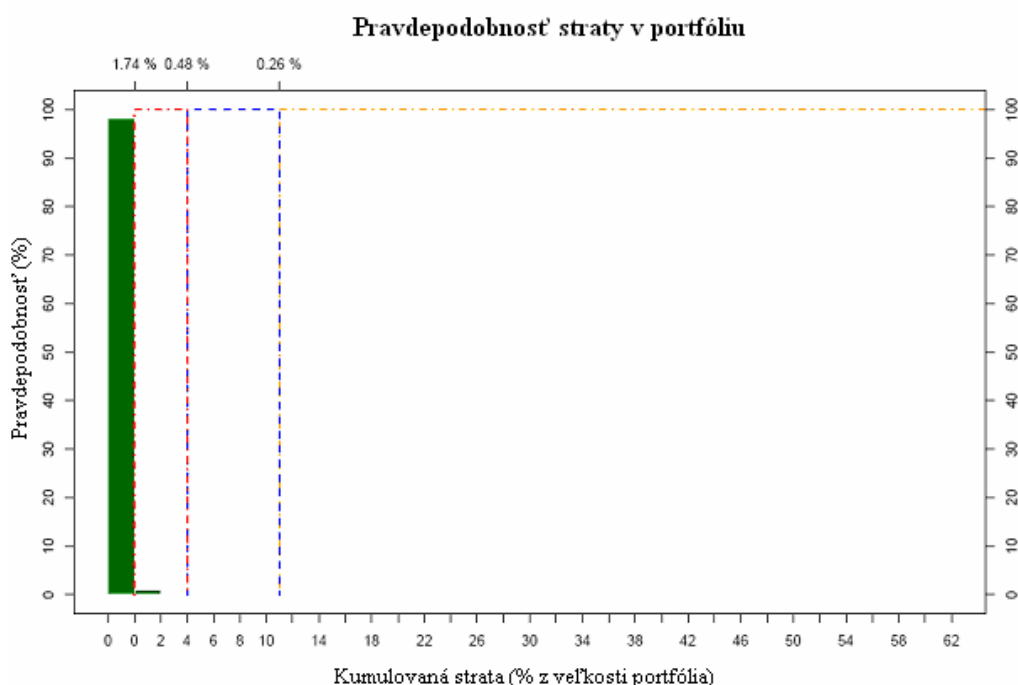
Strata vznikne ak je súčasná hodnota nasimulovaného peňažného toku nižšia ako veľkosť portfólia, prípadne veľkosť tranže (*Size*). Z týchto výpočtov dostaneme rozdelenie strát, očakávaná strata je potom daná vzorcom:

$$E[losses] = Exp.loss = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n loss_i .$$

Pravdepodobnosť, že v tranži dojde k strate vyjadríme vzťahom:

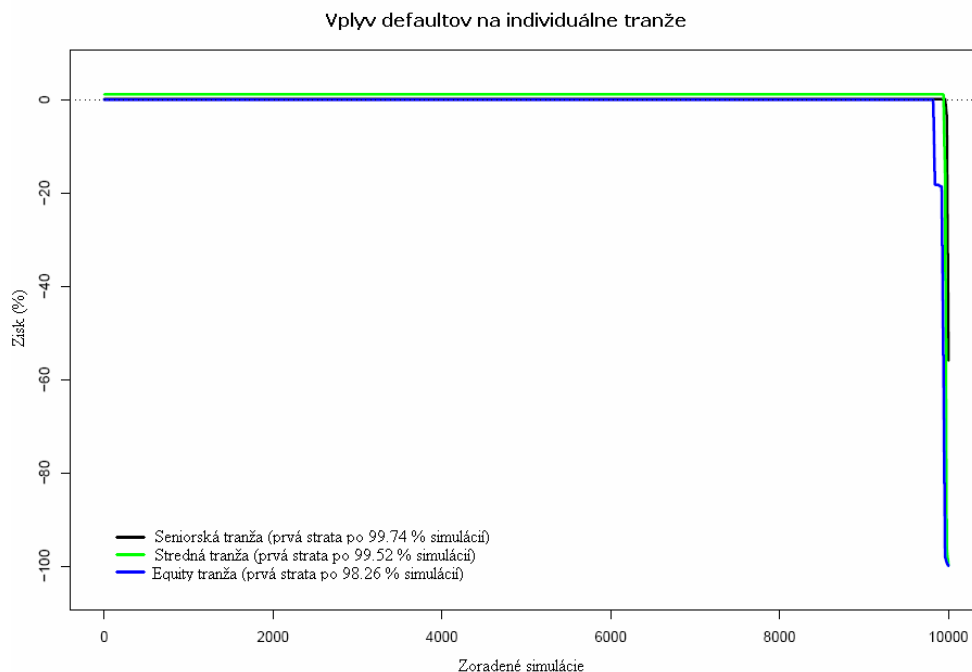
$$Loss.prob = P(PV \leq Size)$$

Na *Obr. 28* je znázornená pravdepodobnosť, že daná tranža utrpí stratu počas svojej životnosti.



**Obr. 28: Pravdepodobnosť straty v portfóliu**

Najrizikovejšia tranža (equity) utrpí stratu s pravdepodobnosťou 1.74 %, menej riziková stredná tranža pocíti stratu s pravdepodobnosťou 0.48 %, keď strata portfólia prekročí hranicu 4% veľkosti portfólia. Seniorská tranža utrpí stratu len s pravdepodobnosťou 0.26 %. S pravdepodobnosťou straty súvisí aj nasledujúci *Obr. 29*, kde je znázornená strata pri simuláciách. Simulácie sú zoradené podľa veľkosti straty. V každej tranži sme zaznamenali nulovú stratu pri viac ako 98 % simulácií.



**Obr. 29: Vplyv defaultov na stratu tranže**

Interný rating je vyrátaný na základe očakávanej straty a durácie investície určenej ako vážený priemer períód, v ktorých dochádza k vyplácaniu peňažných tokov. Interný rating je nižší ako stanovený rating tranží.

<b>Tranža</b>	<b>Rating</b>	<b>Int.Rating</b>
Seniorská	Aaa	A2
Stredná	A1	Baa3
Equity	NR	Ba1

**Tab. 13: Porovnanie ratingu tranže s interným ratingom**

ImpliedCS (*Implikovaný kreditný spread*) uvedený v *Tab. 12* stanovuje výnos, ktorý by mala investícia zarobiť, aby pokryla očakávané straty. Tento vzťah je vyjadrený nasledovne:

$$impliedCS = \frac{ExpLoss.MM}{Size} * \frac{1}{Annuity},$$

kde *ExpLoss.MM* vyjadruje priemernú stratu v čase maturity v miliónoch. *Annuity* v tomto prípade nie je priemerný horizont investície, ale stredná hodnota diskontovaných zostatkov objemu transakcie, kde sa ako váhy použili korešpondujúce časové intervaly. Výsledná hodnota pre implikovaný kreditný spread je uvedená v bázických bodoch. Pre ratované tranže je táto hodnota nižšia ako ich spread. Napríklad spread pre seniorskú tranžu je 12 bázických bodov a implikovaný kreditný spread je len 1.874 bázických bodov.



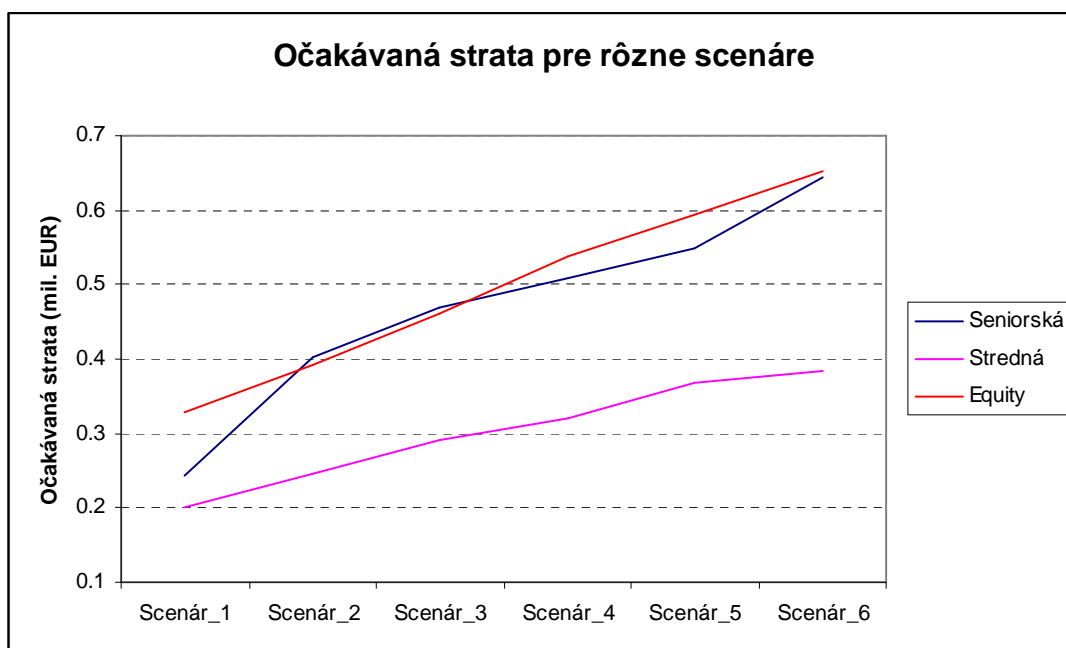
Doposiaľ uvedené výsledky sme získali pri hodnote stressfaktora 2.5. Stressfaktor je mocniteľ matice defaultov, ktorý nám pomáha vytvoriť stresovú situáciu medzi aktívami. Podľa ratingovej agentúry Fitch, by sme však mali použiť vyšší stressfaktor na základe poznatkov o diverzifikácii portfólia. Fitch totiž požaduje prítomnosť aspoň 10-tich odvetví, čo naše portfólio spĺňa. Avšak objem jedného sektora nesmie presiahnuť hodnotu 15 % objemu portfólia. V prípade, že je v portfóliu vyššie percentuálne zastúpenie aspoň jedného odvetvia, je potrebné použiť vyšší stressfaktor v štruktúre oceňovania. V našom portfóliu je percentuálne viac zastúpený sektor bankovníctva (Tab. 9).

Vypočítané údaje pre rôzne korelácie medzi sektormi, vo vnútri sektorov a stresfaktory:

<b>corr_in</b>	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
<b>corr_out</b>	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65
<b>stressfactor</b>	2.5	3	3.5	4	4.5	5
<b>Stredná hodnota PV (mil. EUR)</b>						
Seniorská	891.337	891.177	891.108	891.069	891.027	890.933
Stredná	70.625	70.579	70.534	70.503	70.457	70.439
Equity	39.673	39.609	39.539	39.461	39.406	39.348
<b>Štandardná odchýlka STD (mil. EUR)</b>						
Seniorská	7.318	10.437	11.337	11.831	12.251	13.5
Stredná	3.554	3.946	4.298	4.471	4.821	4.89
Equity	3.066	3.34	3.621	3.897	4.066	4.245
<b>VaR.95 (mil. EUR)</b>						
Seniorská	0.248	0.408	0.476	0.516	0.558	0.651
Stredná	0.206	0.252	0.297	0.327	0.374	0.392
Equity	0.327	0.391	0.461	0.539	0.594	0.652
<b>Očakávaná strata (mil. EUR)</b>						
Seniorská	0.243	0.403	0.47	0.509	0.55	0.644
Stredná	0.202	0.247	0.291	0.321	0.367	0.384
Equity	0.327	0.391	0.461	0.539	0.594	0.652
<b>Očakávaná strata (% z veľkosti tranže)</b>						
Seniorská	0.027	0.045	0.053	0.057	0.062	0.072
Stredná	0.289	0.353	0.416	0.459	0.525	0.548
Equity	0.819	0.977	1.153	1.348	1.486	1.63
<b>Pravdepodobnosť straty (%)</b>						
Seniorská	0.26	0.32	0.38	0.41	0.48	0.49
Stredná	0.48	0.57	0.66	0.77	0.83	0.92
Equity	1.74	2.09	2.44	2.9	3.25	3.64
<b>Interný rating</b>						
Seniorská	A2	A3	A3	A3	A3	A3
Stredná	Baa3	Baa3	Baa3	Baa3	Baa3	Baa3
Equity	Ba1	Ba1	Ba2	Ba2	Ba2	Ba2
<b>Implikovaný kreditný spread (bp)</b>						
Seniorská	1.874	3.087	3.604	3.905	4.222	4.932
Stredná	19.763	24.125	28.472	31.405	35.91	37.575
Equity	55.46	66.253	78.304	91.59	101.074	110.968

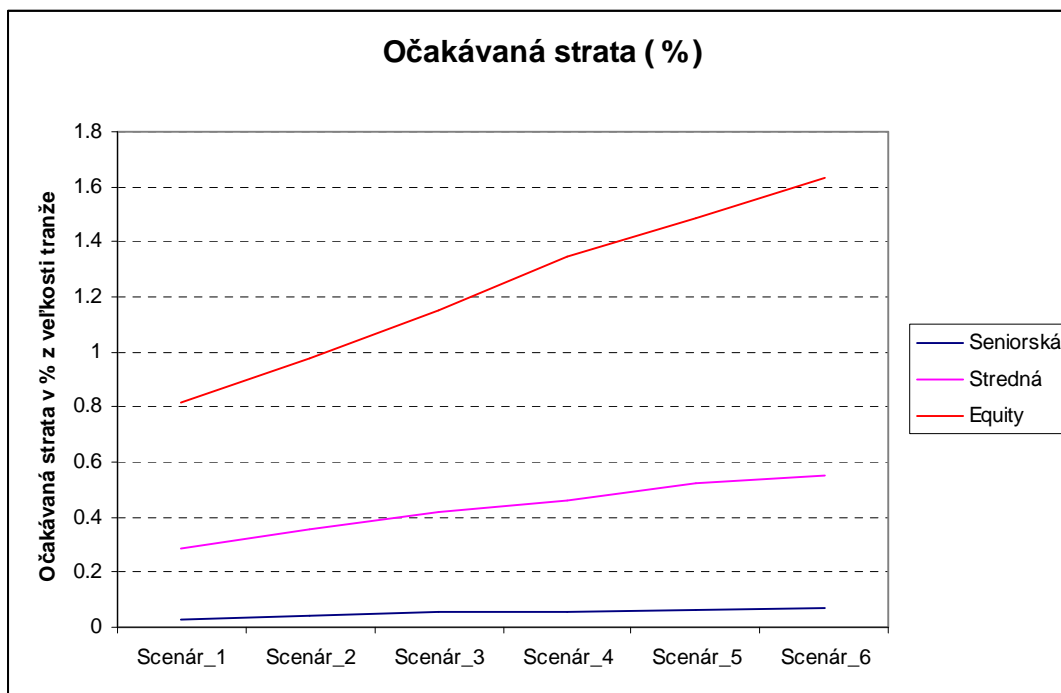
Tab. 14

S narastajúcou koreláciou a pôsobením väčšieho stressfaktora sa zvyšuje pravdepodobnosť straty a veľkosť očakávanej straty. Vyššia pravdepodobnosť straty sa odráža na vyššom riziku jednotlivých tranží, a teda aj na zhoršení ich ratingu. Interný rating sa vo väčšej miere zhoršil pri lepšie ohodnotenej tranži (seniorská). V dôsledku zhoršenia ratingu a narastajúcej očakávanej straty dochádza k zvyšovaniu spreadu, čo môžeme pozorovať v poslednom období aj na trhu kreditných derivátov.



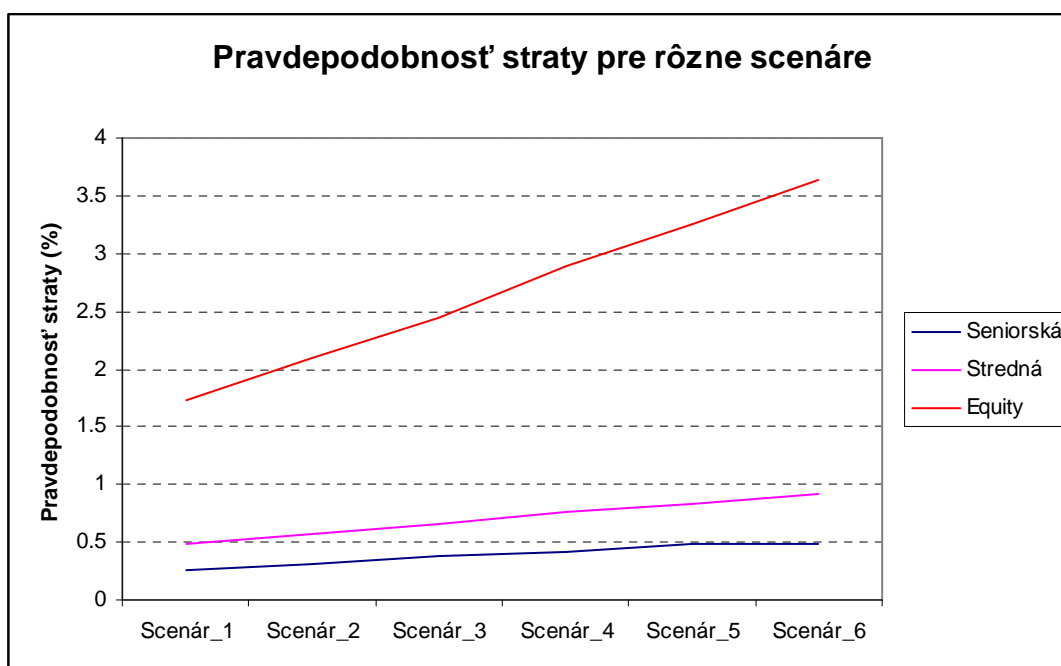
**Obr. 30: Zmena očakávanej straty ( v mil. EUR)**

Na *Obr. 30 a Obr. 31* sme si znázornili vývoj očakávanej straty vyjadrenej v nominálnej hodnote (mil. EUR) a v percentách z veľkosti tranže, spôsobenej zvyšovaním hodnoty korelácie a stressfaktora. K zvýšeniu očakávanej straty došlo v každej tranži. Očakávaná strata seniorskej tranže (v mil. EUR) sa svojou veľkosťou priblížila k očakávanej strate rizikovej equity tranže. Ak však porovnáme očakávanú stratu oboch tranží vyjadrenú v % ich veľkosti (*Obr. 31*) vidíme, že očakávaná strata seniorskej tranže narástala iba o 0.045 %, zatiaľčo očakávaná strata equity tranže sa zvýšila až o 0.811 %. Ako scenáre sme označili jednotlivé zmeny corr\_in, corr\_out a stressfaktora v rovnakom poradí ako sú uvedené v *Tab. 14*.



**Obr. 31: Zmena očakávanej straty ( v % veľkosti tranže)**

Výraznejšie rozdiely medzi jednotlivými tranžami vidíme aj v zmene pravdepodobnosti straty. Prudké zvýšenie pravdepodobnosti straty nastalo v equity tranži, keďže je najrizikovejšia, a ako prvá utrpí stratu spôsobenú defaultom podkladových aktív.



**Obr. 32: Zmena pravdepodobnosti straty (%) pre rôzne scenáre**

Pri pôvodných nastaveniach korelácie medzi sektormi, vo vnútri sektora a stressfaktora sme sa rozhodli meniť mieru návratnosti a pozorovať vplyv jej zmeny na vývoj očakávanej straty. Výsledky sú uvedené v *Tab. 15* a *Tab. 16*.

corr_in	0.3
corr_out	0.15
stressfactor	2.5

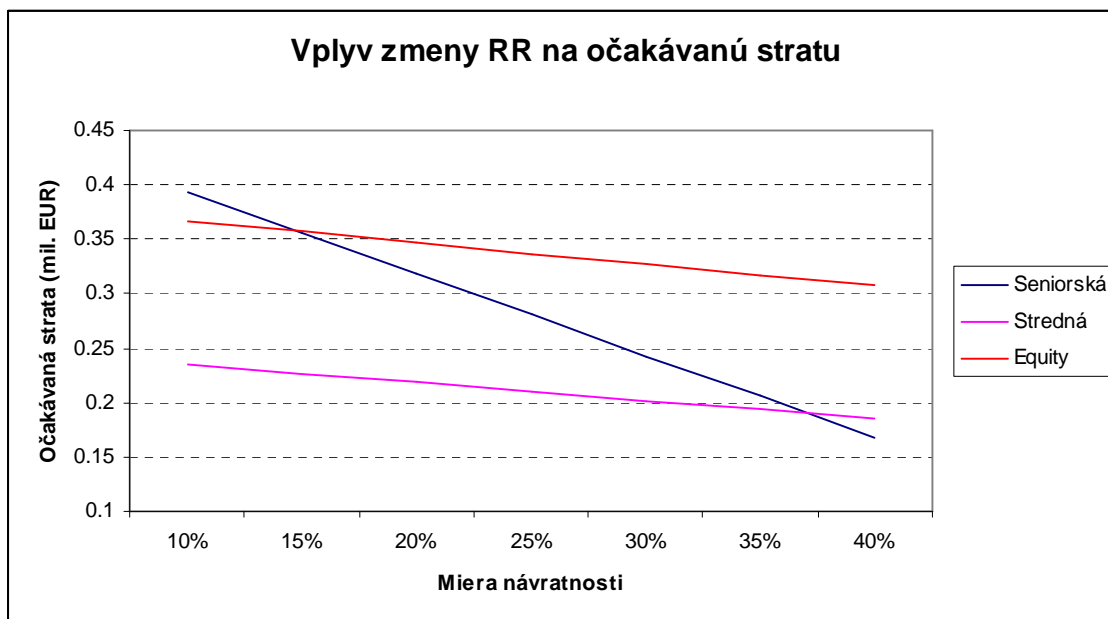
Miera návratnosti	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
<b>Očakávaná strata (mil. EUR)</b>							
Seniorská	0.394	0.356	0.319	0.281	0.243	0.206	0.168
Stredná	0.235	0.227	0.219	0.21	0.202	0.194	0.186
Equity	0.367	0.357	0.347	0.337	0.327	0.317	0.308

**Tab. 15: Očakávaná strata (v mil. EUR) ovplyvnená zmenou miery návratnosti**

Miera návratnosti	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
<b>Očakávaná strata (% z veľkosti tranže)</b>							
Seniorská	0.044	0.04	0.036	0.032	0.027	0.023	0.019
Stredná	0.336	0.324	0.312	0.301	0.289	0.277	0.265
Equity	0.918	0.893	0.868	0.843	0.819	0.794	0.769

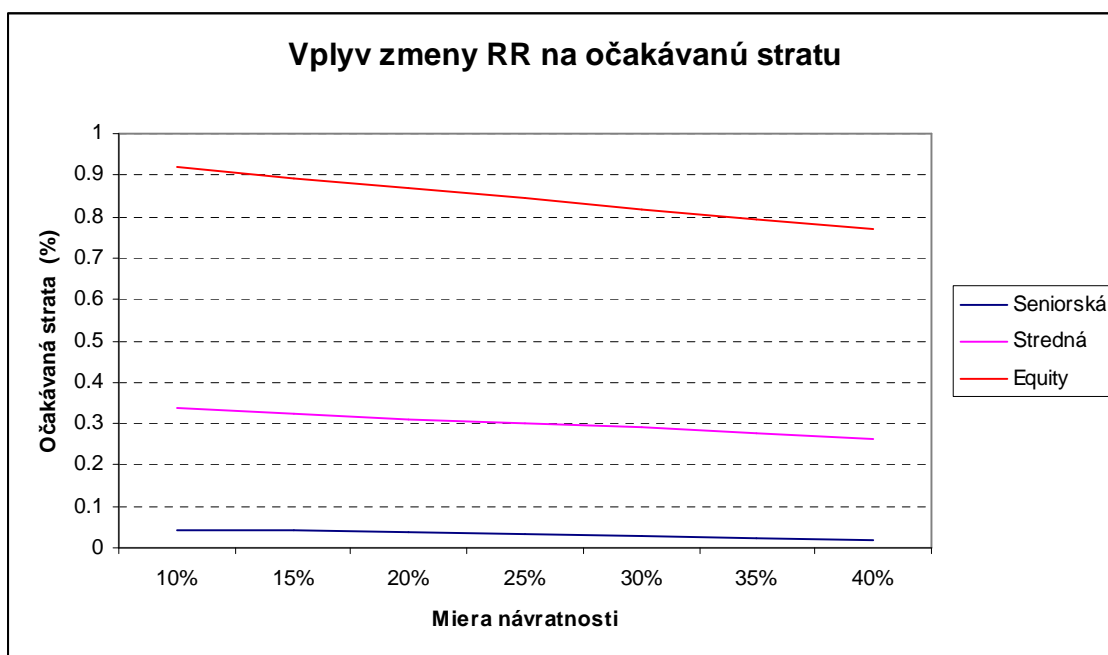
**Tab. 16: Očakávaná strata v percentách z veľkosti tranže ovplyvnená zmenou miery návratnosti**

Pri zvyšovaní miery návratnosti (označíme ako RR – recovery rate) dochádza k poklesu očakávanej straty v každej tranži. Najprudšia zmena však nastala v seniorskej tranži ako môžeme sledovať na *Obr. 33*. Všimnime si, že pri miere návratnosti 10 % bola očakávaná strata seniorskej tranže väčšia v porovnaní so strednou a equity tranžou. No pri miere návratností 40 % sa jej očakávaná strata znížila na hodnotu nižšiu ako má equity alebo stredná tranža. Veľkosti tranže však nie sú rovnaké, a preto má väčší význam porovnávať očakávané straty vyjadrené ako percentuálne straty veľkosti tranže, ktoré sú uvedené v *Tab. 16*.



**Obr. 33: Vplyv zmeny miery návratnosti na očakávanú stratu**

Pri zmene miery návratnosti z 10 % na 40 % očakávaná strata vyjadrená v percentách poklesla v seniorskej tranži o 0.025 % (z hodnoty 0.044 % na 0.019 %) a v equity o 0.071 % (z hodnoty 0.918 % na 0.769 %). Takže ak vezmeme do úvahy veľkosť tranže, väčšia zmena očakávanej straty nastala v equity tranži, hoci sa nám pri pohľade na *Obr. 33* zdá, že zmena miery návratnosti spôsobí väčšie zmeny práve v seniorskej tranži.



**Obr. 34: Vplyv zmeny miery návratnosti na očakávanú stratu (%)**

## Záver

Cieľom našej práce bolo poskytnúť základný prehľad o produktoch na trhu kreditných derivátov so zameraním na zabezpečené dlhové obligácie. Tento produkt sa stal v krátkom čase veľmi rozšírený, pretože jeho štruktúra umožňuje rozloženie rizika, a tým dovoľuje investorom zvoliť si vyššie alebo nižšie riziko. Od miery rizika sa odvíja výnos jednotlivých tranží. Aj preto sme sa v praktickej časti našej diplomovej práce, s ohľadom na aktuálny vývoj na finančných trhoch, zamerali na sledovanie vplyvu krízových situácií, ktoré môžu ovplyvniť mieru rizika v zabezpečených dlhových obligáciach.

Sledovanie vývoja na finančnom trhu ukázalo, že v poslednom období došlo k zvyšovaniu korelácie medzi jednotlivými spoločnosťami, a teda aj ich aktívami. Čo je do istej miery spôsobené aj obchodovaním s kreditnými derivátmi, pomocou ktorých sa prenáša riziko z jedného subjektu na druhý. Riziko kupujú spoločnosti, ktoré si to môžu dovoliť. No niektoré spoločnosti vo finančnom sektore sústredili nadmerné množstvo rizika, a preto sa dostali do problémov spôsobených zlyhaním risk managementu a nedostatočným monitorovaním situácie. S rastúcou koreláciou trh zaznamenal aj zvyšovanie rizikovosti spoločností, čo sme názorne ukázali na vývoji cien indexov európskych a amerických kreditných derivátov (iTraxx a CDX). Pri porovnávaní zmeny spreadov medzi „investment grade“ a „high yield“ sa ukázalo, že výraznejšie relatívne zhoršenie nastalo vo vývoji spreadov lepšie ohodnotených firiem s vysokými ratingmi (čiže „investment grade“).

Na základe týchto poznatkov o finančnom trhu sme sa rozhodli skúmať vplyv kreditnej a ekonomickej krízy na ocenenie tranží cez stresovanie korelácií a defaultov. Pri analýze sme použili reálne dáta, ktoré sú dostatočne diverzifikované a vytvárajú portfólio s pomerne dobrým ratingom. Simuláciou zhoršeného ekonomického prostredia cez zvyšovanie korelácie medzi sektormi a vo vnútri sektorov sme sledovali ako sa zmenili očakávané straty jednotlivých tranží. S rastúcou hodnotou korelácie sme zaznamenali zvýšenie očakávanej straty v každej tranži, a teda potenciálni investori by požadovali vyššie prémie za vstup do týchto produktov.

Pri analýze vplyvu zmeny korelácie a zvýšení miery defaultu sme okrem očakávanej straty, pozorovali aj zmenu pravdepodobnosti straty a interný rating. Rastúca korelácia sa v našom produkte prejavila podľa očakávaní zhoršením týchto ukazovateľov. Tieto faktory vstupujú do výpočtu spreadu, a tak ovplyvňujú jeho vývoj.

Vyššia očakávaná strata a pravdepodobnosť straty zvyšujú riziko investície, inak povedané dochádza k zvýšeniu požadovanej prémie investormi, čo je jav všeobecne pozorovateľný na súčasnom finančnom trhu. K opätovnému oživeniu obchodovania s týmito komplikovanými finančnými nástrojmi môže prísť len po obnovení dôvery trhu cez dôsledné aplikovanie moderných metód manažmentu rizík a očistení trhu od produktov s nevhodnými podkladovými aktívami.

## Zoznam použitej literatúry

- [1] Attwood M. (2004): CDO guide: tranching - Structuring by seniority, Creditmag, London, Dostupné na internete <http://www.creditmag.com/public/showPage.html?page=133190>
- [2] Brondošová J. (2004): Kreditné deriváty si razia cestu aj do slovenských bánk, Trend, Bratislava, Dostupné na internete <http://www.etrend.sk/firmy-a-trhy/financny-sektor/kreditne-derivaty-si-razia-cestu-aj-do-slovenskych-bank/42483.html>
- [3] Burtschell X., Gregory J., Laurent J.-P. (2005): *A comparative analysis of CDO pricing models*, working paper, ISFA Actuarial School, University of Lyon
- [4] Coudert V., Gex M. (2008): Stormy Weather In The Credit Default Swap Market, Resource Investor, Chicago, Dostupné na internete <http://www.resourceinvestor.com/pebble.asp?relid=46990>
- [5] Duffie D., Garleanu N. (2001): *Risk and Valuation of Collateralized Debt Obligations*, working paper, Stanford University, Graduate School of Business
- [6] Grančay M. (2008): *Hypotekárny trh USA ako faktor súčasnej globálnej krízy*, In: Sborník příspěvků – mezinárodní vědecká konference doktorandů a mladých vědeckých pracovníků, Slezská univerzita v Opavě, Karviná
- [7] Hofert M., Scherer M. (2008): *CDO pricing with nested Archimedean Copulas*, Universität Ulm, Fakultät für Mathematik und Wirtschaftswissenschaften
- [8] Holík A. (2006): *Modelovanie defaultu v portfóliu bondov pomocou copula funkcie*, Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
- [9] International Monetary Fund (2007): *Global Financial Stability Report. Financial Market Turbulence: Causes, Consequences and Policies*
- [10] Jones S. (2008): *Systematic risk rises: correlation hits new highs*, Financial Times, London, Dostupné na internete <http://ftalphaville.ft.com/blog/2008/02/13/10890/systemic-risk-rises-correlation-hits-new-highs/>
- [11] Jordan H. (2006): *Synthetic CDO Pricing Workshop*, Erste Bank
- [12] Jouanin J.-F., Rapuch G., Riboulet G., Roncalli T. (2001): *Modelling dependence for credit derivatives with copulas*, working paper, Groupe de Recherche Opérationnelle, Crédit Lyonnais



- [13] Jouanin J.-F., Riboulet G., Roncalli T. (2002): *Beyond Conditionally Independent Defaults*, working paper, Groupe de Recherche Opérationnelle, Crédit Lyonnais
- [14] Kothari V. (2002): *Introduction to Credit Derivatives*
- [15] Málek J. (2003): *Risk Management (Vybrané kapitoly)*, Vysoká škola ekonomická v Praze, Nakladatelství Oeconomica
- [16] Markovič P., Ponecová G. (2007): *Finančné nástroje ako prostriedok transferu finančných rizík podniku*, In: *Ekonomika Firiem 2007 (Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie)*, Ekonomická univerzita v Bratislave, Podnikovohospodárska fakulta so sídlom v Košiciach
- [17] Moody's (2009): *Moody's Global Credit Policy - Corporate Default and Recovery Rates, 1920-2008*
- [18] Národná Banka Slovenska (2007): *Správa o finančnej stabilite za 1. polrok 2007*
- [19] Pataky J. (2005): *CDO modelovacie techniky*, working paper, FEI STU, Bratislava
- [20] Pataky J. (2006): *Kreditné deriváty a štruktúrované produkty*, Trend, Bratislava
- [21] Podstupka P. (2008): *Svet po kríze*, Žurnál, Bratislava, Dostupné na internete [http://www.izurnal.sk/index.php?option=com\\_content&task=view&id=2696&Itemid=89](http://www.izurnal.sk/index.php?option=com_content&task=view&id=2696&Itemid=89)
- [22] Quant Team, Erste Bank (2005): *Output Figures Glossary*
- [23] Roncalli T. (2001): *Pricing multi-asset options and credit derivatives with copulas*, presentation, Groupe de Recherche Opérationnelle, Crédit Lyonnais
- [24] Slabeycius J. (2009): *Ekonomická kríza: Nemáme si čo závidieť*, Britské listy, ISSN 1213-1792, Dostupné na internete <http://www.blisty.cz/art/45217.html>
- [25] Slovenská sporiteľňa (2006): *Výročná správa 2006*
- [26] Tavakoli J.M. (2003): *Collateralized Debt Obligations and Structured Finance: New Development in Cash and Synthetic*, John Wiley & Sons
- [27] Štulajter F. (2008): *Introduction to copula functions and their application in portfolio and risk management*, In: *4. medzinárodná konferencia Řízení a modelování finančních rizik*, VŠB-TU Ostrava, Ekonomická fakulta, katedra Financí