

SUOMEN AKTUAARIYHDISTYS

THE ACTUARIAL SOCIETY OF FINLAND

WORKING PAPERS ISSN 0781- 4410

SUOMEN AKTUAARIYHDISTYS
The Actuarial Society of Finland

102
Saraste, Lauri

Henkivakuutusyhtiön korkoriski, sen suojaus ja
vaikutukset vakavaraisuuteen

(2009)

HENKIVAKUUTUSYHTIÖN KORKORISKI, SEN SUOJAUS JA VAIKUTUKSET VAKAVARAISUUTEEN

Sisällysluettelo

1 Johdanto	3
2 Korkoriski markkinaehtoisella taseella	3
2.1 Koron osuus sijoituksissa	3
2.2 Koron vaikutus toimintapääomassa	4
2.3 Korko markkinaehtoisessa vastuuvelassa	4
2.3.1 Yleistä	4
2.3.2 Yhtiön toiminta	5
2.3.3 Vakuutuksenottajat	6
2.3.4 Diskonttaus	6
3 Korkoriskin mittaaminen	7
4 Korkoriskin suojaaminen	7
4.1 Diskonttokoron kiinnitys	7
4.2 Sijoituspolitiikka	9
4.3 Yhtiön politiikka	9
5 Korko-malleista	9
5.1 Makrotaloudelliset tekijät	11
5.2 Mallin parametrisointi	13
5.3 Mallin rakentaminen	15
5.4 Tulokset	18
6 Esimerkki-laskelma	19
6.1 Oletuksia	20
6.1.1 Yhtiö yleisesti	20
6.1.2 Vakuutuskanta	21
6.1.3 Yhtiön oletukset	21
6.2 Ylijäämänjakopolitiikka	22
6.3 Markkinaehtoinen tase	24
6.3.1 Sijoitusomaisuus ja laajennettu toimintapääoma	24
6.3.2 Markkinaehtoinen vastuuvelka	25
6.3.3 Tase yhteensä	26
6.4 Tase riskit	26
6.5 Vakavaraisuuden mittaaminen standardimallissa	27
6.6 Vakavaraisuuden mittaaminen korkomallilla	28
6.7 Suojausten huomiointi	31
6.7.1 Yhtiön ylijäämänjakopolitiikka	31
6.7.2 Sijoitussalkun rakenne	32
6.7.3 Vastuuvelan suojaus koronvaihtosopimuksella	33
6.7.4 Sijoitussalkun suojaus	35
7 Yhteenveto	37
VIITTEET	39

Abstract

This working paper studies interest rate risk in the life insurance business. Whether you study this by looking at market value liabilities (Solvency II regime and IFRS) or on non-market value liabilities (Solvency I regime and local GAAP), there is a lot to be taken into consideration. The Solvency II regime is this papers primary focus but the Solvency I framework is also discussed.

In the Solvency I regime, interest rate risk on the balance sheet appears mostly in investments while in the Solvency II regime the main feature is how interest rate risk affects the whole balance sheet. For a company to measure this risk, it has to study how interest rates are connected to investments and liabilities and how an interest rate shock will appear on the balance sheet. The way that different options and guarantees change the best estimate liability cash flows using different interest rate schemes can have a significant impact on the best estimate liability. Also hedging interest rate risk is an important factor when choosing which balance sheet elements to hedge and by how much.

In the Solvency II regime there's also a possibility for a company to measure interest rate risk with an internal model. For this purpose in section 5 an interest rate model for Euro-swap rates is described. The model is based on the Nelson - Siegel parametrization and linked to macroeconomic factors.

So how does interest rate risk affect a company's balance sheet and solvency position and can hedging reduce this risk? To answer this, in section 6 a worked example is given of a life insurance company with it's balance sheet, insurance portfolio, policies and future expectations, the company's Solvency I and II positions are calculated including standard and internal models, and how liability cash flow or bond portfolio hedging will reduce interest rate risk.

1 Johdanto

Tämä SHV-harjoitustyö käsittelee henkivakuutusyhtiön taseen korkoriskiä, sen suojaamista ja sitä, miten korkoriski vaikuttaa yhtiön vakavaraisuuteen. Korkoriskiä tarkasteltaessa on tarkoitus löytää ne vakuutusyhtiön toiminnan keskeiset elementit jotka muuttuvat tai joiden voi olettaa tulevana vuosina muuttuvan kun markkinakorot tai niiden taustalla olevat makrotaloudelliset tekijät muuttuvat.

Tarkastelussa pyritään noudattamaan niitä linjauksia yhtiön riskien mittaamisesta ja vakavaraisuustasoista, joita Solvenssi II – direktiiviluonnos laskentaharjoituksineen on alustavasti ja Vakuutusvalvontavirasto jo varsinaisesti asettanutkin. Tässä kehikossa on tarkoitus laskea markkinaehtoisien taseen korkoriskiä esimerkkiyhtiön tapauksessa sekä tutkia myös koron muutoksen vaikutusta vakavaraisuuteen hyödyntäen stokastisia korkomalleja.

2 Korkoriski markkinaehtoisella taseella

Taseen markkinaehtoistaminen on otettu lähtökohdaksi sekä IFRS:n vakuutusoppimuksia koskevassa standardissa että EU:n solvenssi II - direktiiveissä. Näiden kumpienkin tavoitteena on, että sekä varat että velat saadaan tarkemmin mitattua sekä niitä koskevat riskit selvemmin laskettua. Tämän harjoitustyön kirjoitusvaiheessa, kun solvenssi II - direktiiviä vasta ajetaan sisään vakuutuslainsäädäntöön, aiheuttaa Solvenssi I:n mukainen vakavaraisuuskehikko vielä keskeisimmän vakavaraisuuspääomavaateen ja ellei yhtiö tee tilinpäätöstään IFRS:n mukaisesti, noudattaa se suomalaisia kirjanpitosäännöksiä ja taseen velat - puolta ei mitata markkinaehtoisesti. Tosin myös IFRS:n mukainenkin vastuuvelan määrittämistapa on vielä auki.

Tämä aiheuttaa sinänsä ristiriitaisen tilanteen, koska korkoriskin ottaminen, tai hallinta voi olla hyvinkin erilaista riippuen siitä näkyykö se molemmilla puolilla tasetta vai ei.

Alla olevissa kappaleissa 2.1- 2.3 otetaan se lähtökohta, että tasetta mitattaisiin jo markkinaehtoisesti ja esitetään niitä taseen peruskomponentteja, joissa markkinakoroilla on oleellista osuutta. Taseen korkoriskillä tarkoitetaan tässä sitä kokonaismuutosta, joka markkinaehtoisella taseella realisoituu kun markkinakorot muuttuvat.

Markkinakorkojen vaikutukset sijoitusomaisuuden puolella käydään lyhyesti läpi, pitäen pääpainon näiden vaikutuksista vastuuvelkaan

2.1 Koron osuus sijoituksissa

Muutokset markkinakoroissa näkyvät koko sijoitussalkussa. Vaikka kaikissa omaisuuslajeissa vaikutukset eivät näy suoraan, niin ne näkyvät vähintäänkin erilaisten diskonttaustekijöiden, tai tulevaisuuden odotuksia heijastavien makrotaloudellisten tekijöiden kautta.

Korkosijoituksissa arvopaperin käypä arvo määräytyy korkopaperin kupongista sekä sen koron kautta jolla arvopaperista syntyvät tulevat kassavirrat diskontataan. Yleinen korkotas näkyy välillisesti myös erilaisissa lyhyissä lainoissa ja talletuksissa. Osa korkosijoitusten korkotasosta kuitenkin selittyy muun kuin yleisen korkotason kautta, esimerkiksi lainan takaisinmaksuriski voi tuoda koron määrään suurenkin marginaalin.

Osakesijoituksissa osakkeen arvo taas määräytyy vähemmän yleiseen korkotasoon liittyvien tekijöiden kautta, esimerkiksi odotukset osakkeen takana olevan yrityksen tule-

vista toimenpiteistä, varallisuudesta ja osingoista vaikuttavat oleellisesti osakkeen hintaan. Myös valtioiden poliittiset toimenpiteet ja muiden sijoittajien käyttäytyminen vaikuttaa osakkeiden kurssikehitykseen. Yksi tapa mitata osakkeen arvoa on laskea yrityksen tulevien osinkojen nykyarvot yhteen, tällöin korkoriski näkyy diskonttoko-rossa.

Kiinteistösijoituksia pidetään yleisesti hyvin inflaatio suojaattuna sijoituskohteena niistä saatavan vuokratuoton ollessa yleensä inflaatioon kiinteästi sidottuna. Kiinteistösijoitusten käypä arvo taas kasvaa kiinteistöjen hintojen kehityksen tahtiin, joissa yleinen korkotaso voi olla yksi mutta ei kuitenkaan oleellinen tekijä.

Johdannaisten korkoherkkyys riippuu täysin johdannaisen luonteesta. Osakejohdannaisissa, kuten osto- ja myyntioptioissa option arvon perustana on yksittäisen osakkeen tai osakeindeksin arvo, missä markkinakorkojen muutos näkyy heikommin, mutta mitä pidempi tällainen optiosopimus on, sitä vahvemmin korkomuutokset näkyvät diskonttotehtäjän kautta. Korkojohdannaisissa taas arvon perustana on markkinakorko, jolloin korkomuutosten vaikutus on hyvin selvä. Tällaiset johdannaiset rakennetaan yleensä suojaaviksi, jolloin muutokset option hinnassa ovat päinvastaisia optiota vastaavan markkinakoron muutoksen kanssa.

2.2 Koron vaikutus toimintapääomassa

Vakuutusyhtiölaissa määritellään toimintapääomaan kuuluvaksi yhtiön velat ylittävän omaisuuden eria, kuten osake- ja takuupääoma, arvostuserot, tilikausien kumuloituneet voitot, oman pääoman rahastot ja pääomalainat. Toimintapääoma markkinaehtoisella taseella taas sisältää näiden erien lisäksi erilaisia markkinaehtoistamisesta johtuvia muutosvaikutuksia. Tällaisia ovat muutokset vastuuvelan ja pääomalainojen arvoissa kun nämä termit lasketaankin niihin sitoutuvien kassavirtojen kautta diskontaten markkinakoroilla kirjaushetkelle. Korkoriippuvuus heijastuu tällöin sekä kassavirroissa että diskonttauksessa.

Tämän harjoitustyön kirjoitus vaiheessa on vielä epäselvää kuinka tällaiset markkinaehtoistamisesta johtuvat muutosvaikutukset oikeasti käsiteltäisiin vuosittain kirjanpidossa, mikäli yhtiön kirjanpito muuttuisi markkinaehtoiseksi. Yksi vaihtoehto on, että muutosvaikutus laskettaisiin kertaalleen taseen markkinaehtoistuksessa ja lisättäisiin toimintapääomaan joko verovaikutuksella korjattuna tai ilman.

2.3 Korko markkinaehtoisessa vastuuvelassa

2.3.1 Yleistä

Korkomuutoksen vaikutus henkivakuutusyhtiön vastuuvelassa määräytyy täysin vastuuvelan luonteen perusteella. Sijoitussidonnaisten vakuutusten osalta kuitenkin korkoriski vakuutusyhtiöön päin jää välilliseksi ja vähäiseksi, joten kun tässä tutkitaan korkovaikutuksia vastuuvelan osalta, keskitytään laskuperustekorkoon sidottuihin vakuutuksiin.

Markkinaehtoinen vastuuvelka riskivakuutusten ja laskuperustekorkoon sidottujen vakuutusten osalta lasketaan käytännössä vastuuvelan parhaan arvion ja riskimarginaalin summana. Parhaan arvion laskennassa otetaan huomioon kaikki tulevat vuosina ulos maksettavat (kuten korvaukset ja vakuutustenhoitokulut) - ja sisään tulevat (kuten osa vakuutusmaksuista) rahavirrat, joita tarvitaan vakuutuksiin sitoutuvien velvoitteiden täyttämiseen, vakuutus sopimusten päättymiseen saakka. Nämä rahavirrat diskontataan

raportointihetkelle. Rahavirtoihin huomioidaan vain yhtiössä raportointihetkellä olevat vakuutukset. Riskimarginaali taas kuvaa vakavaraisuusvaatimuksen suuruuden pääoman kustannusta vakuutussopimusten päättymiseen asti. Koska tämä erä lasketaan sijoitustoiminnan heilahteluista riippumatta, mitaten vain vakuutusteknisiä-, operatiivisia- ja jälleenvakuutusriskejä, ei korkoriskien katsota vaikuttavan tähän erään juuri muuten kuin diskonttauksessa tapahtuvien muutosten kautta.

Seuraavissa kohdissa käydään läpi periaatteellisella tasolla markkinaehtoisen vastuuvelan kassavirtojen riippuvuutta markkinakorkoihin. Esimerkkilaskelma vaikutuksista tehdään kappaleessa 6, jossa vaikutuksia pyritään mallintamaan.

2.3.2 Yhtiön toiminta

Yhtiön toimintatavat ja päätöksenteko näkyvät monella tapaa vastuuvelan parhaan arvion kassavirroissa. Alla olevissa kohdissa käydään läpi niitä olennaisia toimintoja, joihin markkinakorkojen muutoksilla on suora vaikutus.

- Kulut vakuutusten hoidosta.
Yhtiön olemassa olevan vakuutuskannan hoitamiseen liittyvistä kuluista ainakin henkilökunnan (tähän sitoutuva joukko) palkkakustannusten, ulkoistettujen toimintojen, mahdollisten lainojen ja toimitilojen vuokrien voidaan katsoa olevan erityisen alttiita inflaatiolle ja sitä kautta korkomuutoksille.
- Yhtiön ylijäämänjako.
Yhtiö jakaa sijoitustoiminnan ylijäämäänsä lisäetuina vakuutetuille ja osinkoina tai takuupääoman tuottona omistajille. Osa ylijäämästä voidaan myös siirtää lisävakuutusvastuuseen tai jättää tuloksen kautta omaan pääomaan vahvistamaan yhtiön vakavaraisuutta. Lisäksi yhtiö voi purkaa lisävakuutusvastuutaan lisäetuihin tai omaa pääomaansa kattamaan huonoa tulosta. Tätä vuosittaista prosessia ohjaa yhtiön ylijäämänjakopolitiikka jossa pääperiaate voi olla sidottu esimerkiksi markkinakorkoihin, sijoitustoiminnan kokonaistulokseen tai johonkin kiinteään lupaukseen. Riippuen tästä politiikasta, laskee yhtiö markkinaehtoisen vastuuvetonsa parhaaseen arvioon mukaan harkinnanvaraisen lisäetujen mukaiset ylijäämäoptiot, jotka kuvaavat vakuutuksille vuosittain laskuperustekorona päälle annettavaa korkotuottoa.
Mikäli yhtiön sijoitustoiminnan onnistuminen ohjaa sen ylijäämänjakoa vakuutusosittajille, hinnoitellaan ylijäämäoptiot riskittömän korkokäyrän alaisuudessa riskineutraalissa sijoitusympäristössä, jossa kaikki sijoituslajit tuottavat odotusarvoltaan termiinikorkojen mukaisen tuoton annetussa maturiteetissa. Riippuen yhtiön ylijäämänjakopolitiikasta, määräytyy ylijäämäoptioiden perusarvo pitkälti näiden korkokäyrästä johdettujen termiinikorkojen kautta ja ylijäämäoptioiden aika-arvo tuo tähän sitten lisän (tai vähennyksen).
- Kuormituskulut. Yhtiö perii toimintansa rahoittamiseen kuormituskuluja. Näitä peritään esimerkiksi vakuutussäästöistä ja erillistapahtumista (esim. takaisinosot, muutokset) ja niitä sisällytetään vakuutusmaksuihin. Koska kuormituskulujen on tarkoitus kattaa pääsääntöisesti vakuutusten hoidosta aiheutuvia kuluja, voidaan olettaa kuormituskulujen ja kulujen vakuutusten hoidosta välillä olevan vahva yhteys.

2.3.3 Vakuutuksenottajat

Vakuutustenottajien (ja vakuutettujen) käyttäytyminen aiheuttaa muutoksia vakuutuksen ottamishetkellä tehtyihin suunnitelmiin. Vakuutuksenottajien käyttäytymiseen vaikuttavana ilmiönä tarkastellaan kuitenkin yleisesti reaalityalouden muutosta, jonka vaikutukset ovat markkinakorkojen muutoksia selkeämmin mielletävissä. Kun kappaleessa 6.6 lasketaan näitä vaikutuksia auki, yritetään saattaa markkinakorkojen ja inflaation ja bkt:n muutoksen välille yhteys, joka linkittäisi korkoskenaariot näihin tapahtumiin. Alla käydään läpi sellaisia reaalityalouden muutoksia, joilla voisi olettaa olevan vaikutuksia vakuutuksenottajien käyttäytymiseen.

- Vakuutusmaksujen muutokset.
Säästö pohjaisten vakuutusten vuosimaksusuunnitelmat saattavat olla kiinnitettyinä kuluttajahintojen kasvuun sidottuihin vuosikoroituksiin. Toisaalta talouden hyvinä aikoina saatetaan helpommin suorittaa lisämaksuja ja huonoina aikoina jättää maksuja kokonaan väliin.
Riskivakuutuksissa maksujen suuruuteen taas vaikuttaa päätökset muuttaa riskisummaa. Tällöin korrelaation talouden muutoksien kanssa voisi olettaa olevan kuitenkin heikompi kuin säästö pohjaisten vakuutusten kohdalla. Tämä siitä syystä, että riskivakuutuksissa vakuutus otetaan epäedullisen tapahtuman varalle joka talouden huonoina aikoina saatetaan helpommin kokea realistiseksi uhaksi. Talouden hyvinä aikoina taas mahdollinen säästöinto näkyy varmasti vaimeampana uusien riskivakuutusten ottamisena tai niiden korvaussummien korottamisena.
- Vakuutusten päättäminen.
Voidaan ajatella että huonot talousnäkymät aiheuttavat vakuutussäästäjien keskuudessa paineita säästöjen takaisinostolle, mikäli sellaiseen on vakuutus-sopimusten perusteella oikeus ja takaisinoston rahallinen sanktio ei ole kovin huomattava. Eläkesäästöjen osalta työttömyys- tai työkyvyttömyystapahtumat tietyn rajan jälkeen saattavat ainakin antaa tällaiseen oikeuden.
Riskivakuutusten osalta taas vakuutuksen päättäminen voi tulla kysymykseen, mikäli vakuutuksenottajan kuukausibudjetti supistuu. Korrelatioefektin voisi tässäkin tapauksessa olettaa olevan kuten edellisessä kohdassa.
- Korvausmeno.
Huonot talousajat johtavat yleensä yleisen työttömyyden kasvuun ja tätä kautta on selvä että työttömyyden varalta otettujen vakuutusten korvausmeno kasvaa. Yleinen ajatus on kuitenkin lisäksi, että varsinkin (pitkäaikais-) työttömiin kohdalla riski kuolemalle ja työkyvyttömyydelle kasvaa. Myös eläkesuunnitelmat saattavat muuttua, pääasiassa lyhemmäksi, kun säästösuunnitelmat ovat pettäneet ja alkuperäisen suunnitelman mukainen kuukausieläke jäänyt liian pieneksi.
Hyvien talousaikojen kohdalla taas työn stressitaso saattaa nousta ja työtä tehdään enemmän. Tämän yhteys korvausmenoihin on kuitenkin epäselvä.

2.3.4 Diskonttaus

Tulevat kassavirrat diskontataan raportointihetkelle käyttäen riskitöntä korkokäyrää. Täksi korkokäyräksi tulkitaan yleisesti Euro Swap - korkokäyrä, joka Solvenssi II-direktiiviin liittyvän QIS4-laskentaspesifikaatissa [2] ohjeistetaan muuntamaan (bootstrap) 0-kuponkikäyräksi. 0-kuponkikäyrästä lasketaan myös tulevat termiiniko-

rot, jotka heijastavat riskineutraalin todennäköisyyksien alaisuudessa odotettavaa sijoitustuottoa. On kuitenkin Euroopassa toimivia vakuutusyhtiöitä [9], jotka ovat käyttäneet riskittömänä korkokäyränä, joko muunneltua swap - korkokäyrää tai korkokäyrää, joka pohjautuu valtioiden liikkeelle laskemien joukkovelkakirjojen korkotasoihin.

3 Korkoriskin mittaaminen

Kuten edellisessä kappaleessa huomattiin, vaikuttaa markkinakorkojen muutos kokonaisvaltaisesti markkinaehtoiselle taseelle muodostaen korkoriskin. Korkoriskiä mitataan Solvenssi II:n vakavaraisuuskehikossa ja ennakoivan vakavaraisuuden säännösten mukaisesti sekä ylös- että alaspäin siirtyvän korkokäyrän aiheuttamalla muutoksilla markkinaehtoisessa taseessa. Ideana on kirjata korkoriskiksi näistä pahemman skenaarion aiheuttamat muutokset.

Kun diskonttauskorkokäyrä esimerkiksi pienenee, kasvaa markkinaehtoinen vastuuvelka ja vähentää vastaavasti markkinaehtoista (laajennettua) toimintapääomaa. Tämän jälkeen tähän kasvaneeseen vastuuvelkaan kohdistetaan samat skenaariot koronmuutoksille kuin aiemminkin. Tavallaan siis yhtiö joutuu huonontuneessa toimintapääomatilanteessa kasvaneen vakavaraisuusvaatimuksen eteen, mutta sama pätee käänteisesti kasvavan koron tilanteessa.

Vakuutusyhtiölaissa vielä voimassaolevassa Solvenssi I:n mukaisessa vakavaraisuuskehikossa korkoriskiä ei henkityhtiöillä erikseen mitata. Vakavaraisuusrajan laskennassa laskuperustekorkoiselle vastuuvelalle vaaditaan n. 4 %:a toimintapääomaa ja tämä määrä kattaa kaikki riskit. Siitä että sijoitussidonnaiselle vastuuvelalle vaaditaan 1 %:a toimintapääomaa voisi päätellä että markkinariskin yhteisösuus toimintapääomavaateessa olisi sen 3 %. Korkoriski näkyy siis Solvenssi I:n toimintapääomavaatimuksissa vain välillisesti volyymin (vastuuvelan) muutoksen kautta. Taseella taas korkoriski näkyy lähinnä omaisuuspuolen korkomuutosten kautta ja siinä miten arvostuserot elävät yhtiön vakavaraisuuspääomassa.

Tulevaisuudessa mikäli vastuuvelka lasketaan pysyvästi markkinaehtoisena jää nähtäväksi miten vuotuinen vastuuvelan muutos rahoitetaan ja voidaanko se tehdä taseen sisällä ilman tulos- ja veroseuraamuksia.

4 Korkoriskin suojaaminen

4.1 Diskonttokoron kiinnitys

Markkinakorkojen heiluminen heiluttaa heti myös markkinaehtoista vastuuvelkaa. Ajatuksellisesti helppo tapa välttää tältä riskiltä on solmia pankin kanssa diskonttokorkokäyrään sidottu koronvaihtosopimus. Siinä kutakin vastuuvelan vuotuista netto-rahavirtaa vastaan ostetaan samaa rahamäärää vastaava koronvaihtosopimus kyseiselle maturiteetille. Samalla määräytyy myös kunkin maturiteetin kiinteä korko. Kun sopimuksen maturiteetti koittaa, vaihdetaan pankin kanssa kiinteästä ja vaihtuvasta koroista syntynyt tuottoero, eli toinen maksaa tämän erotuksen toiselle. Esimerkiksi korkojen laskiessa maksaisi pankki arvomuutoksen yhtiölle.

Tähän ajatuksellisesti selkeään suunnitelmaan liittyy kuitenkin joitain käytännössä ratkaistavia asioita:

- Tulosvaikutus mikäli tase ei ole markkinaehtoinen
Henkivakuutusyhtiöt kirjaavat vastuuvélkansa vielä pääosin kansallisen kirjanpitokäytännön mukaisesti, jossa vastuuvélan vähimmäistasona on sen takaisinostoarvo, eli vastuuvélka laskuperustekorolla diskontattuna. Yllä esitetyn koronvaihtosopimuksen tekeminen, tuottaisi täten vuosittain tuloslaskelmalle (sijoitustoiminnan) yli- tai alijäämää, koska kansallinen vastuuvélka ei eläisi markkinakorkojen muutosten mukaan.
Toisaalta yhtiö voisi laatia laskuperusteet (Vakuutusvalvontavirasto viitannut tällaiseen mahdollisuuteen), joissa vastuuvélka korvattaisiin vastuuvélan ja markkinaehtoisen vastuuvélan maksimilla. Tällöin korkotason alentuessa (vastuuvélan rahavirroilla painotettuna) alle laskuperustekoron, kirjaisi yhtiö vastuuvélan markkinaehtoisesti. Jos tässä tilanteessa yhtiöllä olisi yo. koronvaihtosopimus pankin kanssa, kuluisivat alhaisen korkotason tilanteessa tuloslaskelmalle tulevat rahat vastuuvélan muutokseen, mutta korkojen noustessa syntyi jälleen tuloslaskelmalle katettavaa alijäämää.
Tätä ajatusta voisi jatkaa vielä siten, että henkiyhtiön olisi mahdollista toki suojata korkojohdannaisilla (esim. CMS cap) koronvaihtosopimuksen mukaisen kiinteän koron ylityksen korkeiden korkojen tilanteessa. Tällöin ei yhtiöllä olisi enää riskiä korkojen nousun skenaariosta. Tästä korkojohdannaisesta joudutaan kuitenkin maksamaan hinta, joka on tulosvaikutteinen. Tätä hintaa pyritään laskemaan auki kappaleessa 6.7, esimerkkiyhtiön avulla.
- Vuosimuutokset
Yllä esitellyn koronvaihtosopimuksen mukainen pankin ja henkiyhtiön välinen rahanvaihto tapahtui aina sopimuksen maturiteetissa. Käytännössä vastuuvélka lasketaan kuitenkin vähintään vuosittain jolloin tulee myös täsmäyttää koronvaihtosopimus. Teknisesti saadaan täsmäytys toimimaan varmasti hyvin selkeästikin, mutta vastuuvélassa tapahtuneet vuosimuutokset, kuten uusmyynnin vaikutus, oletusten muuttuminen ja oletetuista poikenneet tapahtumat sekoittavat vuosimuutoksia ja niiden ennakoimista.
- Ylijäämänjako
Yhtiön ylijäämänjakopolitiikan mukaiset harkinnanvaraiset lisäedut lasketaan ylijäämäoptioina mukaan markkinaehtoiseen vastuuvélkaan. Jos oletetaan, että yhtiön ylijäämänjakopolitiikka on sellainen, että ylijäämäoptiot määräytyvät pitkälti diskonttokorkokäyrästä johdettujen termiinikorkojen kautta, niin ylijäämäoptioiden arvo korkotason muuttuessa toimii jo sinänsä suojaavana elementtinä. Eli markkinakorkojen laskeessa vastuuvélan arvo kasvaa, mutta ylijäämäoptioiden arvo pienenee. Tällöin korkoriski näkyy lähinnä sijoitusomaisuuden puolella mutta toisaalta vastuuvélka ei myöskään enää suojaa korkosalkun arvonmuutoksia.
Vastuuvélan ylijäämäoptioiden suojaava vaikutus kannattaisi kuitenkin ottaa huomioon jo yo. koronvaihtosopimusta laadittaessa, jottei siitä tule yliturvaa, koska tulosvaikutukset yritetään varmasti minimoida.
- Riskivakuutukset
Mikäli riskivakuutusten vastuuvélka on negatiivinen, toimii niiden arvonmuutos markkinakorkojen muuttuessa päinvastoin kuin positiivisen vastuuvélan kohdalla. Tällöin vaikutuksista vastuuvélan suojaukseen ja koronvaihtosopimukseen koskee samat kommentit kuin edellisessä kohdassa.

4.2 Sijoituspolitiikka

Tärkeä komponentti korkoriskin kannalta sijoitussalkussa on korkosalkun olemassaolo. Taseen ollessa markkinaehtoinen diskonttokorkojen muutokset vaikuttavat korkosalkussa vastuuvelan muutoksia suojaten. Yleisen korkotason alentuessa kasvaa korkosalkun nykyarvo, mutta myös vastuuvelan arvokin nousee.

Se kuinka näiden korkosijoitusten maturiteetit vastaavat vastuuvelan rahavirtojen maturiteetteja ja kuinka suurelta osin, määrää pääsääntöisesti sen kuinka arvonmuutokset kohtaavat toisensa. Mikäli korkosijoitukset ovat vaihtuvakorkoisia, myös näiden kasvavirrattain muuttuvat yleisen korkotason muuttuessa. Lisäksi korkosijoitusten kassavirtojen diskonttaaminen vastuuvelan diskonttokorolla saattaa johtaa erilaiseen nykyarvoon kuin miten nykyarvo markkinoilla oikeasti muuttuisi kun diskonttokorossa tapahtuisi ko. muutos.

Muun sijoitussalkun osalta, mikäli arvopaperit korreloivat positiivisesti korkosijoitusten kanssa voi myös niiden osalta olettaa välillistä vastuuvelan muutosten suojausvaikutusta. Tosin sijoitussalkussa saattaa olla korkojohdannaisia, jotka luonnollisesti toimivat tarkoituksensa mukaisesti, yleensä korkosalkun arvonmuutoksia suojaten.

4.3 Yhtiön politiikka

Yhtiö voi myös toiminnallaan ja myöntämiensä vakuutusten luonteella suojautua korkoriskiltä. Sijoitussidonnaisten vakuutusten kohdalla sijoitusriski siirtyy kokonaisuudessaan vakuutuksenottajalle, mutta pieni osuus yhtiön tulevista vakuutuksen kuormituskuluista on toki vielä altis koronmuutokselle. Uusi vakuutusyhtiölaki (1.10.2008 muutos) antaa kuitenkin henkiyhtiölle mahdollisuuden myöntää laskuperustekorkoisia vakuutuksia, joissa laskuperustekorko voi vaihdella ja siis olla sidottu markkinakorkoihin. Tällöin vakuutuksen 'taatut edut' eivät aiheuta yhtiölle juurikaan korkoriskiä, joka vähentää riskiä huomattavasti. Korkoriskiä syntyy kuitenkin edelleen, koska vakuutuksen tulevat kuormituskulut aiheuttavat tätä riskiä ja mikäli vaihtuvan laskuperustekorona päälle yhtiö sitoutuu jakamaan osan ylijäämästä, syntyy tästä lupauksesta myös harkinnanvaraisten lisätujen kautta korkoriskiä.

Yhtiöllä voi olla myös pääomalainoja, näiden osalta korkoriski riippuu lainan ehdoista ja pituudesta (diskonttaus). Vakuutusyhtiölaki asettaa kuitenkin enimmäisrajan näiden lainojen osuudelle, jolloin pääomalinainojen määrä verrattuna vastuuvelkaan jää vähäiseksi ja siten myös näihin sitoutuva korkoriskikin.

5 Korko-malleista

Korkoriskit ovat merkittäviä henkivakuutusyhtiöille. Näitä mitataan esimerkiksi Solvenssi II:n tai ennakoivan vakavaraisuuden mukaisissa vakavaraisuuskehikoissa. Mikäli yhtiö kaipaa kuitenkin tarkempaa käsitystä korkoriskeistä vaikkapa omaa riskienhallintaansa varten tai näiden vakavaraisuuskehikoiden mukaisia sisäisiä malleja varten, on tällöin yhtiön perusteltua analysoida koron vaihtelua ja sen mukanaan tuomia riskejä itse, hyödyntäen esimerkiksi stokastisten aikarakenneyhtälöiden (tai differenti-aaliyhtälöiden) avulla saatuja korko-malleja. Tällaisia malleja ja niihin liittyvää systematiikkaa on tutkittu paljon, viimeisimpänä esim. Vakuutusvalvontavirasto tutkimusjulkaisussaan vuonna 2008 [4].

Luodaan nyt tässä kappaleessa yhden tyyppinen korkomalli, jolla on tarkoitus myöhemmin kappaleen 6 esimerkkilaskelmien kanssa ottaa kantaa korkoriskin mittaamiseen tällaisella omalla korkomallilla. Koska tämä korkomalli sovitetaan vakavaraisuuskehikkoon, niin asetetaan mallin rakenteelle seuraavanlaiset vaatimukset:

- Malli tuottaa skenaarioita vuoden päähän, kuten Solvenssi II:n riskiskenaarioissa. Yhtiön omassa riskiarviossa (ORSA) sen tulee kuitenkin mitata myös pidemmän aikavälin riskejä, mutta tätä asiaa ei tässä enempää tutkita.
- Korkomallin on tarkoitus tuottaa realistisia korkoskenaarioita perustuen historia aineistoon, joten mallin todennäköisyyksimitta on fyysinen (real world).
- Korkomallin tulee antaa kaikki korkokäyrän maturiteetit ja muuttaa realistisesti korkokäyrän muotoa. Korkokäyrän muotoina havaitaan (kts. esim [1] s.8)
 - Normal. Korkokäyrä kasvaa voimakkaammin alkupäästä ja on normaalilla tasolla.
 - Steep. Korkokäyrä on matalalla tasolla ja kasvaa tasaisesti maturiteetin kasvaessa.
 - Inverted. Korkokäyrä on korkealla tasolla ja laskee maturiteetin kasvaessa.
 - Flat. Korkokäyrä ei juurikaan muutu eri maturiteeteissa.
- Mallin keskeisinä ajavina tekijöinä halutaan pitää makrotaloudellisia tekijöitä, kuten vuosi-inflaatiota ja bkt:n vuosimuutosta. Tämä siksi, että näiden samojen makrotaloudellisten tekijöiden avulla yritetään selittää myös markkinaehtoisen vastuuvelan kassavirroissa olevien, vakuutustenottajien käyttäytymistä kuvaavien tekijöiden muutosvaikutusta erilaisissa maailmantiloissa.
- Korkomallilla pyritään mallintamaan Euro Swap - korkokäyrän muutosta.
- Korkomalli ei saa tuottaa negatiivisia korkokäyrän arvoja

Korkomallin pohjaksi otetaan näiden vaatimusten johdosta Nelson-Siegel parametrisaatio [6], joka tuottaa annetuilla parametreilla koko korkokäyrän. Tämän parametrisaation mukainen korkopiste maturiteetissa τ saadaan yhtälöstä.

$$y(\beta, \lambda, \tau) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1 - \exp(-\lambda\tau)}{\lambda\tau} \right) + \beta_2 \exp(-\lambda\tau)$$

Malli ottaa huomioon korkokäyrän muotoon keskeisimpänä vaikuttavat tekijät, joita ovat:

1. korkokäyrän taso (level, β_0), eli korkokäyrän arvo hyvin pitkissä maturiteeteissa.
2. korkokäyrän laskun/kasvun (slope, β_1), eli eron korkokäyrän lyhyiden ja pitkien maturiteettien välillä.
3. korkokäyrän kaarevuuden (curvature, β_2), eli miten korkokäyrä kaareutuu alku- ja loppupisteen välissä.

Mallissa on vielä neljäs parametri λ , joka painottaa mallin maturiteetteja τ .

Tämän Nelson-Siegel - parametrisoinnin kehittäessä seurataan pitkälti Euroopan keskuspankin tutkimusjulkaisua [1], joka linkittää tämän parametrisoinnin makrotaloudellisiin tekijöihin ja parametrien muutokset ajassa lasketaan erilaisia taloudentiloja ku-

vaavien todennäköisyyksien kautta. Syy miksi tässä ei seurata tarkalleen tätä tutkimusjulkaisua, vaikka sen tarjoamat vastaukset täyttävätkin lähes kaikki yo. vaatimukset, on se että tämän tutkimuksen mukainen korkomalli kuvaa USA:n joukkovelkakirjamarkkinoiden nimelliskorkoja maturiteeteissa 1 - 120 kuukautta, aikahorisontti loppuu vuoteen 2004 ja taas mallin uudestaan parametrisointi koetaan liian raskaaksi tehtäväksi tälle harjoitustyölle.

5.1 Makrotaloudelliset tekijät

Keskeisiksi makrotaloudellisiksi tekijöiksi valitaan bruttokansantuotteen vuosimuutos sekä vuosi inflaatio, koska näiden kummankin tekijän voidaan olettaa antavan vahvaa impulssia keskuspankkien käyttäytymiseen sekä markkinareaktioihin (esim Taylor [7]), jotka taas heijastuvat korkokäyrä muutoksissa. Lisäksi näiden kummankin tekijän voidaan ajatella myös jotenkin heijastuvan vakuutustenottajien käyttäytymiseen. Esimerkiksi matala bkt:n vuosimuutos saattaa laskea vakuutussäästäjien säästöhalukkuutta. Alhainen inflaatio saattaa taas jopa kasvattaa säästöintoa, mikäli bkt:n muutos ei ole samanaikaisesti pohjilla.

Näitä kumpaakin indikaattoria olisi nyt tarkoitus mallintaa realistisesti vuosi eteenpäin. Tätä varten otetaan käyttöön yleisesti inflaation mallinnuksessa käytetty AR(1)-malli (mm. Daykin ym. 1994 [5]). Tämä rakennetaan kuukausitasolle, koska tätä tiheämpää dataa ei julkaista. Malli inflaatiota varten on seuraavanlainen:

$$c(t) = \bar{c} + a \cdot (i(t-1) - \bar{c}) + \varepsilon_{\delta_i}(t)$$

$$i(t) = \max \left\{ 50\%; \frac{c(t)}{i(t-1)} \right\} \cdot i(t-1)$$

Malli siis lähtee ajatuksesta, että inflaatio $i(t)$ pyrkii kohti jotain odotettua tasoa $\bar{c}$, se on kuitenkin sidoksissa edelliseen havainto-arvoonsa $i(t-1)$, ja satunnaisuus voi heitellä normaalijakautuneesti varianssinsa rajoissa. Tätä tulosta kuitenkin korjataan siten, ettei nollaa pienempiä arvoja tulisi. Tämä korjaus toteutetaan siten että inflaation muutos alaspäin voi olla korkeintaan -50 % kuukauden aikana.

Odotetuksi tasoksi $\bar{c}$ valitaan mallissa se taso, millä kuluttajahintaindeksin (=inflaation) vuositaso on ollut Suomessa vuosina 2000 - 2007, eli 1,80 % (Lähde: Tilastokeskus). Tämä taso vastaa myös niitä odotuksia, joita Suomessa toimivat, talousnäkymiä julkaisevat laitokset keskimäärin arvelevat vuoden 2007 lopussa vuoden 2008 inflaatiosta Suomessa (=1,75 %). Tosin tämä asia ei vaikuta mallin kalibrointiin. Lähtöarvo i_0 on inflaatio vuoden 2007 lopussa (= 2,57 %), painokerroin a pidetään korkeana ($a=90$ %) ja normaalijakautuneen satunnaisuusmuutoksen hajonta on kuukausikeskihajonta $\delta_i = 0,3416$ %, joka on tilastokeskuksen julkaisemasta datasta laskettu kuluttajahintaindeksin kuukausikeskihajonta vuosilta 2000 - 2007.

Alla olevassa kuvassa 5.1.1 esitetään simulaation avulla tällä mallilla tuotettua inflaation kehitystä vuonna 2008. Siinä vuosi-inflaation odotusarvo on vuoden 2008 lopussa 2,03 % ja arvot vaihtelevat välillä [0,17 %; 4,55 %]. Kuvan realisaatioiden vähäisen määrän johdosta tarkempia riskimittareita kuten Var tai TailVar ei näistä havainnoista lasketa. Toisaalta suurin ja pienin arvo jo edustavat suunnilleen Var 99,5 % - pisteitä.

Bkt:n muutoksen mallinnuksessa edetään vastaavasti kuin inflaationkin osalta, mutta mahdollinen negatiivisuus sallitaan. Malliksi ja sen parametreiksi valitaan:

$$\Delta bkt(t) = \widehat{\Delta bkt} + a \cdot (\Delta bkt(t-1) - \widehat{\Delta bkt}) + \varepsilon_{\delta_b}(t),$$

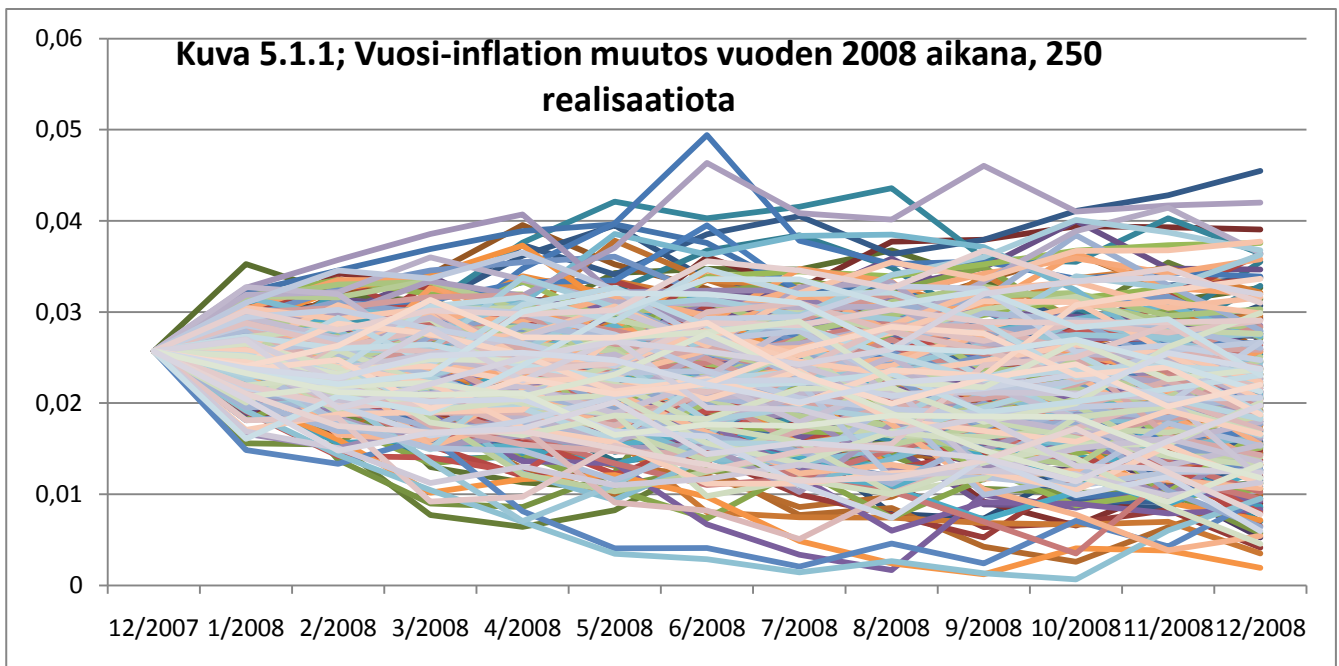
missä

$$\widehat{\Delta bkt} = 3,42\%$$

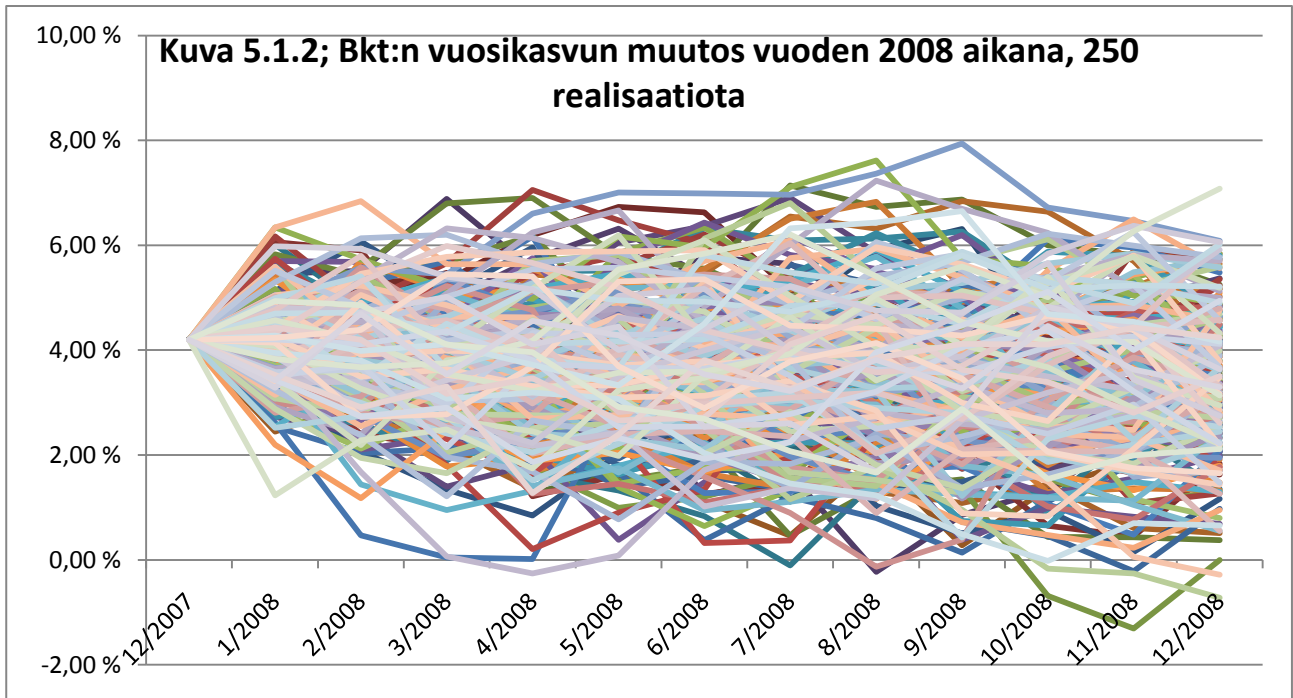
$$\Delta bkt_0 = 4,2\%$$

$$a = 90\%$$

$$\delta_b^2 = 2,73\% \cdot \sqrt{\frac{1}{12}}$$



Bkt:n muutoksen parametrivalintojen perusteena oleva data (eli Suomen bruttokansantuotteen volyymin vuosimuutos) on haettu myös tilastokeskuksen kotisivuilta, vuosilta 1975 - 2007. Alla olevassa kuvassa 5.1.2 esitetään Bkt:n vuosimuutoksen simuloitu kehitys vuonna 2008. Siinä vuosimuutoksen odotusarvo on vuoden 2008 lopussa 3,43 % ja arvot vuoden 2008 lopussa vaihtelevat välillä [-0,72 %; 7,19 %].



5.2 Mallin parametrisointi

Mallin rakentamisessa edetään siten, että aluksi sovitetaan parametrit $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \lambda)$ Euro Swap – dataan (2001 – 2007). Sovitus tehdään ratkaisemalla kunkin havaintoarvon (päivädata) kohdalla konvekssi minimointi tehtävä (Kts. esim. Möller-Steffensen [8], luku 3.6.2)

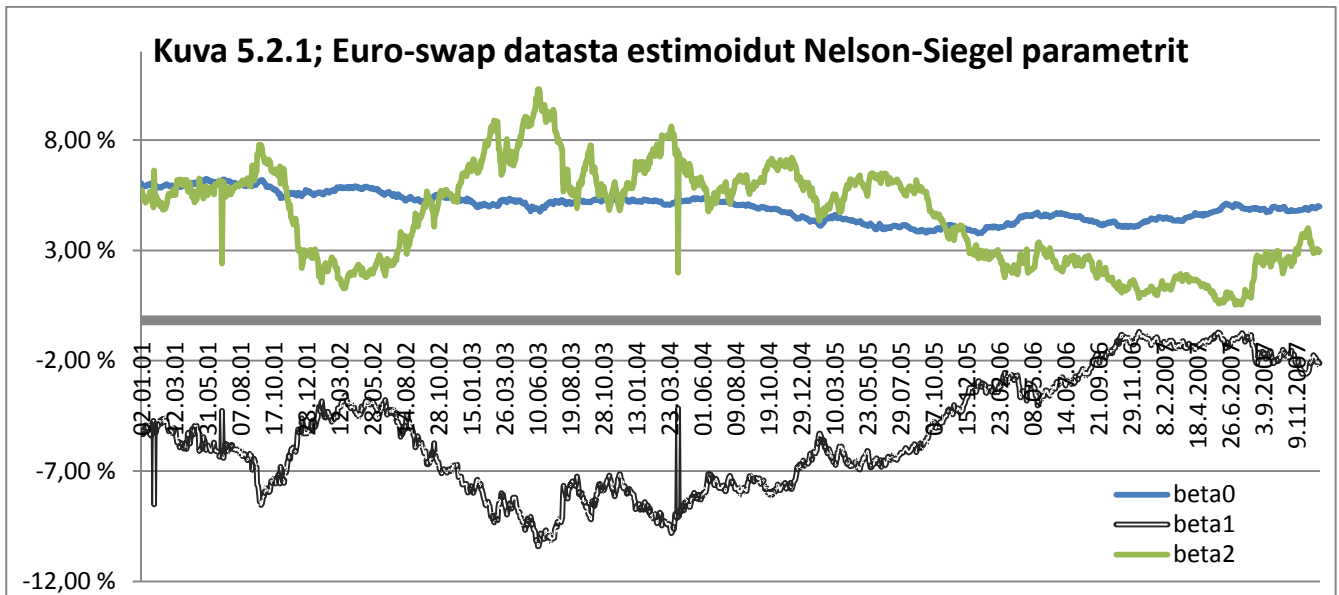
$$\min_{\beta} \left\{ \frac{1}{2} (Y(\beta, \lambda, \tau) - r_{ES})^T I((Y(\beta, \lambda, \tau) - r_{ES})) \right\},$$

missä $Y()$ on Nelson-Siegel parametrisaation mukainen matriisiarvoinen eksponenttifunktio ($\tau \times 1$ - matriisi), jonka yksikkömuoto $y()$ esitettiin luvussa 5. Parametri τ saa kyseistä maturiteettia vastaavan arvon (kokonaisia vuosia yhden ja 30:n väliltä) kunkin maturiteetin kohdalla.

$$Y(\beta, \lambda, \tau) = \begin{bmatrix} \beta_0 & \beta_1 \left(\frac{1 - \exp(-\lambda \tau_0)}{\lambda \tau_0} \right) & \beta_2 \cdot \exp(-\lambda \tau_0) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_0 & \beta_1 \left(\frac{1 - \exp(-\lambda \tau_n)}{\lambda \tau_n} \right) & \beta_2 \cdot \exp(-\lambda \tau_n) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

r_{ES} sisältää havaitut korkokäyrän maturiteettipisteet kyseisenä havaintopäivänä ja matriisi I on (konvekssi) yksikkömatriisi. λ :lle on annettu minimointitehtävässä vakioarvo 1, perustuen siihen, että aluksi se otettiin myös minimointitehtävän yhdeksi parametrikksi, mutta koska arvo ei heilunut juurikaan 1:stä, niin tämä päätettiin vakioida. Lisäksi tuloksien perusteella saattoi todeta, että λ :n vakioiminen ei heikentänyt sitä tarkkuutta, millä Nelson-Siegel parametrisaation sai istumaan korkodataan.

Minimointitehtävässä on hyväksytty tulos, mikäli se on alittanut arvon 0,0001. Minimoinnin tuloksena saadut parametrit ($\beta_0, \beta_1, \beta_2$) esitetään kuvassa 5.2.1.



Näistä estimoiduista beetan arvoista lasketaan kuukausitason havaintoarvoista ulos keskeisimmät tunnusluvut (kaavio 5.2.3). Tunnuslukujen laskenta suoritetaan siten, että tunnusluvut lasketaan keskiarvona kustakin vuoden (12 havaintoarvon) periodista, näin saadaan vertailukelpoisuutta kasvatettua kun kappaleessa 5.3 tutkitaan malliin antamia tuloksia. Alla esitettävästä kaaviosta havaitaan että β_0 kohdalla hajonta on hyvin pientä ja myös, että β_1 ja β_2 välillä on erittäin vahva negatiivinen korrelaatio. Näitä parametreja hyödynnetään kappaleessa 5.3, kun korkokäyrämallia rakennetaan.

Kaavio 5.2.3	beta0	beta1	beta2
Keskiarvo	4,98 %	-5,36 %	4,57 %
Keskihajonta	0,22 %	1,01 %	1,24 %
	bo vs. b1	b2 vs. b1	bo vs. b2
Korrelaatio	7,26 %	-92,75 %	-20,83 %

Kuvassa 5.2.2 esitetään vielä 1:n ja 15-vuoden Euro Swap - korkopisteet sekä näitä vastaavat Nelson-Siegel parametrisaation mukaiset korkokäyräpisteet ajalta 1.1.2001 - 31.12.2007 kuvaamaan sitä kuinka mallin sai istutettua todellisia havaintoarvoja kuvaamaan. Tämä on lisäksi oleellinen asia sen kannalta, että mikäli aikoo estimoida näitä Nelson-Siegel beeta parametreja, niin saako tällöin tuotettua realistisia korkokäyrä skenaarioita. Jatkokappaleissa näin aiotaan toimia.



5.3 Mallin rakentaminen

Mallinnus tehtäväksi tulee nyt parametrien ($\beta_0, \beta_1, \beta_2$) mallintaminen vuoden aikahorisontilla, koska tämä implikoi sitten korkokäyrän muutoksen. Lisäksi mallinnettaessa näitä parametreja halutaan makrotaloudellisissa tekijöissä tapahtuneet muutokset ottaa huomioon. Tällöin havaittujen beta-parametrien hajontaa joudutaan pienentämään, koska näiden makrotaloudellisten tekijöiden oletetaan kuvaavan osan muutoksista.

Malli on tarkoitus rakentaa ja parametrisoida siten, että se tuottaisi realistisia skenaarioita (ei siis riskineutraaleita), joiden ei tarvitsisi olla arbitraasivapaita. Tämä siksi että mallin tuottamilla tuloksilla on tarkoitus kappaleessa 6.6 mitata henkivakuutusyhtiön korkoriskiä vuoden periodilla. Tätä samaa asiaa myös Vakuutusvalvontavirasto käsittelee tutkimusjulkaisussaan, sivulla 40 [4].

Kirjoitetaan seuraavat yhtälöt:

$$\beta_0(t) = \bar{\beta}_0 + c_0 \cdot (\beta_0(t-1) - \bar{\beta}_0) + \varepsilon_{\delta_0}(t) + \Delta_0^i(t) + \Delta_0^{bkt}(t)$$

$$\beta_1(t) = \bar{\beta}_1 + c_1 \cdot (\beta_1(t-1) - \bar{\beta}_1) + \varepsilon_{\delta_1}(t) + \Delta_1^i(t) + \Delta_1^{bkt}(t)$$

$$\beta_2(t) = \beta_2(t-1) + (\beta_0(t) - \beta_0(t-1))\rho_{02} + (\beta_1(t) - \beta_1(t-1))\rho_{12} + \varepsilon_{\delta_2}(t) + \Delta_2^i(t) + \Delta_2^{bkt}(t)$$

Yhtälöt ovat perusrakenteeltaan keskiarvoon hakeutuvia AR(1)-malleja lukuun ottamatta funktiota $\beta_2()$, joka on asetettu riippuvaksi muutoksista funktioissa $\beta_0()$ ja $\beta_1()$. Tämä riippuvuussuhde asetetaan, jotta muuttujien välinen korrelaatio tulisi huomioiduksi.

Yllä esitetyt Beta-funktiot parametrisoidaan seuraavasti:

- Funktiossa $\beta_0()$ prosessi hakeutuu kohti 2008 pitkien korkojen ennustetta $\widetilde{\beta}_0$ (=4,98 %). Funktio painottuu edelliseen havaintoarvoonsa vahvasti ($c_0 = 95$ %) ja normaalijakautuneeksi hajonnaksi asetetaan pitkän ajan estimaatti $\delta_0 = 0,22$ %. Parametrit Δ^i, Δ^{bkt} käsitellään alla.
- Funktiossa $\beta_1()$ prosessi hakeutuu kohti pitkien korkojen ja lyhyiden korkojen välisen eron pitkän ajan estimaattia ($\widetilde{\beta}_0 = -5,36$ %) kaavion 5.2.3 mukaisesti. Myös tämä funktio painottuu edelliseen havaintoarvoonsa vahvasti ($c_0 = 95$ %). Normaalijakautuneeksi kuukausihajonnaksi asetetaan kuitenkin pitkän ajan estimaatin (1,01 %) sijasta hieman matalampi arvo $\delta_0 = 0,78$ %, koska kun tähän funktioon lisätään makrotaloudellisten tekijöiden vaikutukset, kasvaa sen hajonta.
- Funktion $\beta_2()$ prosessi taas lähtee edellisestä arvostaan, mutta funktioiden $\beta_0()$ ja $\beta_1()$ muutokset painotetaan havaituilla pitkän aikavälin korrelaatioilla $\rho_{02} = -20,83$ % ja $\rho_{12} = -92,75$ %. Normaalijakautuneeksi hajonnaksi asetetaan pitkän ajan estimaatin (1,24 %) sijasta niin ikään matalampi arvo $\delta_0 = 0,25$ %.

Yhtälöiden lisäparametrit Δ^i, Δ^{bkt} ovat ehdollisia inflaatiossa ja bkt:n kasvussa tapahtuville muutoksille. Ajatuksena on, että muutokset näissä makrotaloudellisissa tekijöissä aiheuttavat tietyillä ehdoin muutoksia markkinakorkoihin, ja siis beta - parametreihin. Tässä seuraussuhteiden hakemisessa on jouduttu oikaisemaan siinä, että yleensä makrotaloudelliset muutokset linkitetään keskuspankkien ohjauskorkojen muutoksiin. Toisaalta kyllä markkinatkin reagoivat talouden indikaattoreihin ja aiheuttavat siten muutoksia esim. Swap - korkotasoihin. Toinen oikaisu on tehty makrotaloudellisten tekijöiden kohdalla, jotka on mallinnettu Suomen aineistojen perusteella, vaikka sinänsä euroalueen korkoja mallinnettaessa tulisi mallintaa euroalueen inflaatiota ja bkt:n vuosimuutosta. Tässä tavassa on kuitenkin haluttu pitäytyä, koska näillä makrotaloudellisilla tekijöillä on tarkoitus myös kuvata Suomalaisten vakuutuksenottajien käyttäytymistä.

Määritellään nämä lisäparametrit nyt kuvaamaan seuraavia seuraussuhteita:

1. Inflaatio vs. pitkät korot. Inflaation muutoksilla katsotaan olevan suora yhteys pitkien korkojen tasoon. Tämä asia otetaan siten huomioon, että mikäli inflaation taso siirtyy tietyn putken (1,5 %; 3,5 %) ulkopuolelle, niin silloin lisäparametri saa nollasta poikkeavia arvoja. Arvojen suuruus taas riippuu inflaation kuukausimuutoksen suuruudesta. Lisäksi vaaditaan että inflaation muutos ei saa olla takaisin putken rajoja kohti (jos kuukausi inflaatio alle 1,5 %, niin myös muutoksen tulee olla negatiivinen).

$$\Delta_0^i(t) = [0,5 \cdot I_{i(t) < 1,5\%} I_{\Delta i(t) < 0} + 0,5 \cdot I_{i(t) > 3,5\%} I_{\Delta i(t) > 0}] \Delta i(t)$$

2. Bruttokansantuotteen vuosimuutos vs. pitkät korot. Bkt:n muutoksella on myös vaikutusta pitkien korkojen tasoon. Tämä seuraus ajatellaan hieman epäsuoremmaksi, koska keskuspankit yleensä hillitsevät voimakasta talouskasvua (bkt:n muutosta) ohjauskoron kasvattamisella, mikä vaikuttaa suoraan lyhyihin korkoihin ja seuraukset tulevat vasta näiden kautta pitkiin korkoihin. Alhaisen talouskasvun aikana taas keskuspankit elvyttävät taloutta ohjauskoron alennuksilla.

$$\Delta_0^{bkt}(t) = [0,3 \cdot I_{bkt(t) < 2\%} I_{\Delta bkt(t) < 0} + 0,3 \cdot I_{bkt(t) > 4\%} I_{\Delta bkt(t) > 0}] \Delta bkt(t)$$

3. Inflaatio vs. lyhyet korot. Euroopan keskuspankin tavoite on että euro-alueella inflaatio pysyisi n. 2 %:n vuositasolla. Olisi siis odotettava että ainakin mikäli inflaatio nousee rajusti, niin EKP pyrkisi ohjauskoron laskun kautta alentamaan inflaatiota. Alhaisen inflaation kohdalla ei seuraus lyhyen koron tasossa ole yhtä selkeä, johtuen lähinnä siitä että inflaatio-odotukset voivat tällöin olla hyvinkin eri suuntaisia.

$$\Delta_1^i(t) = [0,05 \cdot I_{i(t) < 1,5\%} I_{\Delta i(t) < 0} + 0,15 \cdot I_{i(t) > 3,5\%} I_{\Delta i(t) > 0}] \Delta i(t)$$

4. Bruttokansantuotteen vuosimuutos vs. lyhyet korot. 2 kohdan mukaisesti kirjoitetaan termi seuraavasti

$$\Delta_1^{bkt}(t) = [0,25 \cdot I_{bkt(t) < 2\%} I_{\Delta bkt(t) < 0} + 0,25 \cdot I_{bkt(t) > 4\%} I_{\Delta bkt(t) > 0}] \Delta bkt(t)$$

5. parametreissa $\Delta_1^i(t)$ ja $\Delta_1^{bkt}(t)$ tapahtuneet muutokset otetaan osittain huomioon myös funktiossa $\beta_2()$, jotta funktioiden keskinäinen korrelaatio säilyisi.

$$\Delta_2^{bkt}(t) = 0,5 \cdot \Delta_1^{bkt}(t)$$

$$\Delta_2^i(t) = 0,5 \cdot \Delta_1^i(t)$$

Tässä korkomallissa oletetaan, että yllä esitetyt riippuvuussuhteet makrotalouden ja lyhyiden- ja pitkien korkojen tasosta näkyvät suoraan myös Euro Swap - korkokäyrässä, vaikka näissä voi hyvinkin olla tekijöitä kuten pankkien keskinäiset luottamussuhteet, joita tulisi mallintaa erilaisen informaation pohjalta.

Parametreissa Δ^i, Δ^{bkt} tapahtuvat ehdolliset muutokset pyritään vakioimaan niin, että β -funktioissa tapahtuvat muutokset vastaisivat beta-parametrien estimoituja hajontoja. Tämä ei kuitenkaan ole täysin suoraviivaista, koska hajonta β_0 - ja β_1 -funktioissa vaikuttaa sekä kohinatermissä, että Δ^i, Δ^{bkt} parametreissa, jotka lisäksi tietyin ehdoin summautuvat vielä yhteen. β_2 -funktiossa näiden lisäksi vaikuttaa hajontaan vielä muutokset toisissa beta-funktioissa. Seuraavassa kappaleessa yritetään kuitenkin tulkia tarkastelemalla havaita onko hajonta oikealla tasolla.

Korkomalli $\hat{Y}()$ saadaan Nelson-Siegel mallin mukaisesti, mutta sillä lisäyksellä että tulosten ei anneta painua negatiiviseksi. Rajataan siis korkopisteiden kuukausimuutos enintään -50 % edellisestä arvosta. Tämä vaikuttaa lähinnä vain matalissa korkotasoisissa. Yksittäiselle maturiteetille saadaan siis korkopiste

$$\hat{y}(\beta(t), 1, \tau) = \max \left\{ 50\%; \frac{y(\beta(t), 1, \tau)}{\hat{y}(\beta(t-1), 1, \tau)} \right\} \cdot y(\beta(t-1), 1, \tau),$$

missä korkopiste maturiteetissa τ muodostuu luvun 5 mukaisesti funktiosta

$$y(\beta(t), 1, \tau) = \beta_0(t) + \beta_1(t) \left(\frac{1 - \exp(-\lambda\tau)}{\lambda\tau} \right) + \beta_2(t) \exp(-\lambda\tau)$$

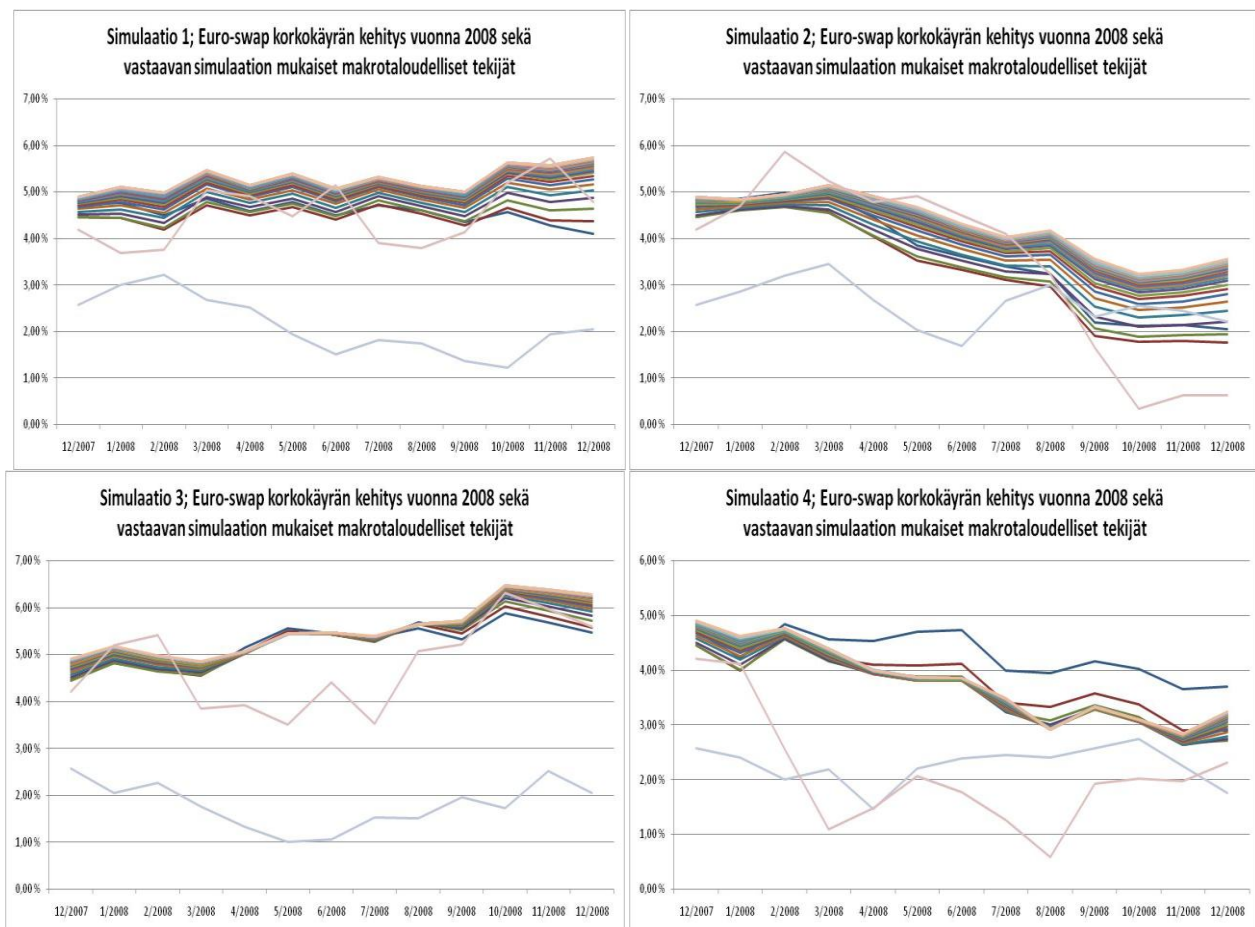
Maturiteetit τ saavat siis arvoja vuosille 1 – 30 ja alkuarvo $y(\beta(0), 1, \tau)$ on beta-parametrisoitu hetken 31.12.2007 Euro Swap – korkopiste maturiteetilla τ .

Kun tätä korkomallia käytetään kappaleessa 6, viitataan funktion $\hat{y}()$ matriisimuotoon $\hat{Y}(\beta(t), 1, \tau)$, joka kuvaa koko korkokäyrää (on $\tau \times 1$ -matriisi), sisältäen kaikki korkopisteet $\hat{y}(\beta(t), 1, \tau)$.

5.4 Tulokset

Edellisessä kappaleessa esitettyä korkomallia $\hat{Y}()$ simuloidaan 1000 kertaa ja tarkoituksena on siis tuottaa realistisia skenaarioita vuoden 2008 vuosi-inflaation, Bkt:n vuosimuutoksen ja Euro Swap - käyrän (maturiteetit 1 - 30v.) muutoksista. Tarkoitus myös on että nämä kaikki olisivat realistisia aina samassa simuloidussa maailmantilassa.

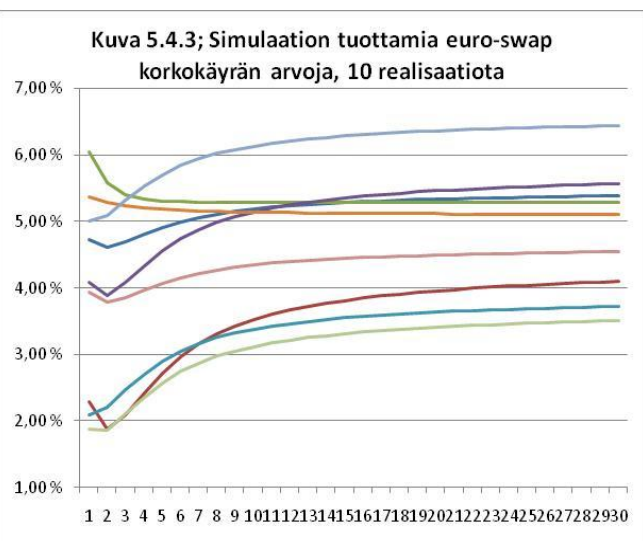
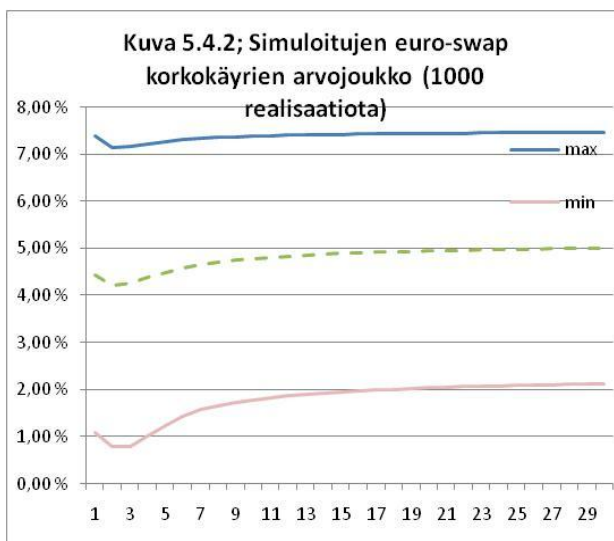
Alla esitetään esimerkkinä neljä kuvaa eri simulaatiotuloksista. Näissä haalea punainen viiva (alku-arvona 4,2 % hetkellä 12/2007) kuvaa bkt:n vuosimuutoksen kehitystä, haalea sininen viiva vuosi-inflaation kehitystä ja muut viivat kuvaavat korkokäyrän maturiteetipisteiden kehitystä. 30-vuoden maturiteetipiste on pääsääntöisesti ylimpänä, mutta esimerkiksi skenaariossa 4, 1-vuoden korko on korkeimmalla.



Sitä, kuinka hyvin Beta parametrien estimoinnissa onnistuttiin, yritetään tutkia laske-
 malla simuloidusta aineistosta keskiarvotasolla kaavion 5.2.3 mukaiset tunnusluvut
 (alla kaaviossa 5.4.1). Keskiarvo kuvaa beta-parametrien 12/2008 arvojen keskiarvoja.
 Keskihajonta taas kuvaa keskiarvoa kunkin simulaation vuotuisesta keskihajonnasta.
 Korrelaation kohdalla esitystapa on sama kuin keskihajonnan kohdalla.
 Havaitaan, että beta-parametrien keskiarvot ovat muuttuneet hieman, lähinnä niin että
 β_1 ja β_2 ovat itseisarvoltaan hieman pienentyneet. Tämä ei sinänsä haittaa, koska näi-
 den alkuarvot 31.12.2007, eli prosessien lähtöpisteetkin poikkesivat ($\beta_0=0,0497, \beta_1=-$
 $0,0212, \beta_2=0,0297$) kaavion 5.2.3 mukaisista luvuista. Keskihajonta jäi parametrin β_2
 osalta hieman matalammaksi. Korrelaatio pysyi hyvin lähellä estimoituja lukuja.

Kaavio 5.4.1	beta0	beta1	beta2
Keskiarvo	5,12 %	-3,30 %	3,85 %
Keskihajonta	0,36 %	1,02 %	1,02 %
	bo vs. b1	b2 vs. b1	bo vs. b2
Korrelaatio	7,29 %	-90,92 %	-17,59 %

Kuvassa 5.4.2 esitetään simuloitujen 12/2008 korkokäyräpisteiden arvojoukko (simu-
 laatioita 1000 kertaa), missä siis minimi, maksimi ja keskiarvopisteet on laskettu ma-
 turiteeteittäin koko tulosjoukosta. Hajonta on selvästi suurinta lyhyissä korkopisteissä
 ja tietynlainen alkuvuosien korkopisteissä tapahtuva kaareutuminen tuntuisi olevan
 tyypillistä mallin tuloksille. Kuvassa 5.4.3 esitetään myös 10 korkomallin tuottamaa
 korkokäyrää kuvaamaan sitä, kuinka malli tuottaa erilaisia korkokäyrän muotoja.



6 Esimerkki-laskelma

Tässä kappaleessa yritetään yllä olevissa kappaleissa esiteltyjä periaatteita muuttaa
 esimerkkiyhtiön oletuksiksi ja toimintatavoiksi ja laskea ulos tuloksia liittyen markki-
 nakorkojen vaikutuksiin henkiyhtiön vakavaraisuuden raportoinnissa. Vakavaraisuus-
 den raportointikehikoksi otetaan vuonna 2008 voimaanastunut ennakoivan vakavarai-
 suuden mukainen valvontakehikko, koska tämä on jo Suomen vakuutusvalvonnan
 käyttämä tapa ja solvenssi II vakavaraisuuskehikon tavoin markkinaehtoistaa koko yh-

tiön taseen. Riskiskenaarioiden laskenta suoritetaan ennakoivan vakavaraisuuskehikon standardimallin lisäksi yhtiön omalla korkomallilla.

Esimerkkilaskelmaa varten rakennetaan toimiva henkiyhtiö, jonka toiminnan elementit pyritään pitämään hyvin pelkistetyllä tasolla, jotta vaikutukset markkinakorkojen muutoksissa olisivat selkeästi luettavissa.

6.1 Oletuksia

6.1.1 Yhtiö yleisesti

Oletetaan että tarkasteltava yhtiö on osakeyhtiömuotoinen henkivakuutusyhtiö. Yhtiön vakuutuskanta koostuu yksinomaan laskuperustekorkoon sidotuista säästövakuutuksista, joissa vakuutussopimukset ovat sidottuina seuraaviin tekijöihin:

- Laskuperustekorko on 2,5 %
- Vakuutukset päättyvät viimeistään vakuutetun täyttäessä 100-vuotta
- Vakuutuksiin saa maksaa jatkuvasti vakuutusmaksuja ja yhtiö on velvoitettu ne vastaanottamaan sopimuksen mukaisin vakuutusehdoin
- Vakuutuksissa kuolemanvaraturvana on 95 %:a säästösummasta
- Vakuutusmaksuista peritään 1 %:n kuormituskulu
- Vakuutussäästöistä peritään vuosittain 1 %:n kuormituskulu
- Takaisinostoja saa tehdä vapaasti, mutta niistä peritään 1 %:n kuormituskulu. Päätymisestä ei peritä kuluja
- Vakuutukset ovat yhtiön ylijäämänjakoon oikeutettuja

Henkivakuutusyhtiön vuoden 2007 tilinpäätöksen mukainen tase näytti pääpiirteittäin seuraavalta:

Tase 2007 (luvut M€)

<u>Vastaavaa</u>		<u>vastattavaa</u>	
Osakkeet ja osuudet	33,6	Oma pääoma	5,0
Rahoitusmarkkinavälineet	76,2	Pääomalainat*	5,0
Muu omaisuus	2,2	Vakuutustekninen vastuuvelka	100,0
		Muut velat	2,0
Yhteensä		Yhteensä	112,0

Lisäksi taseen ulkopuolisia arvostuseroja on 7 M€.

* pääomalainat ylittävät reilusti enimmäisrajansa (sivulla 26 esitetään TPO minimi), mutta näin annetaan olla.

Yhtiön sijoitusallokaation osakepaino 30 % oli hieman alan keskimääristä (41,8 % v. 2007 [10]) alhaisempi ja bondipaino 68 % taas korkeampi (49,7 %).

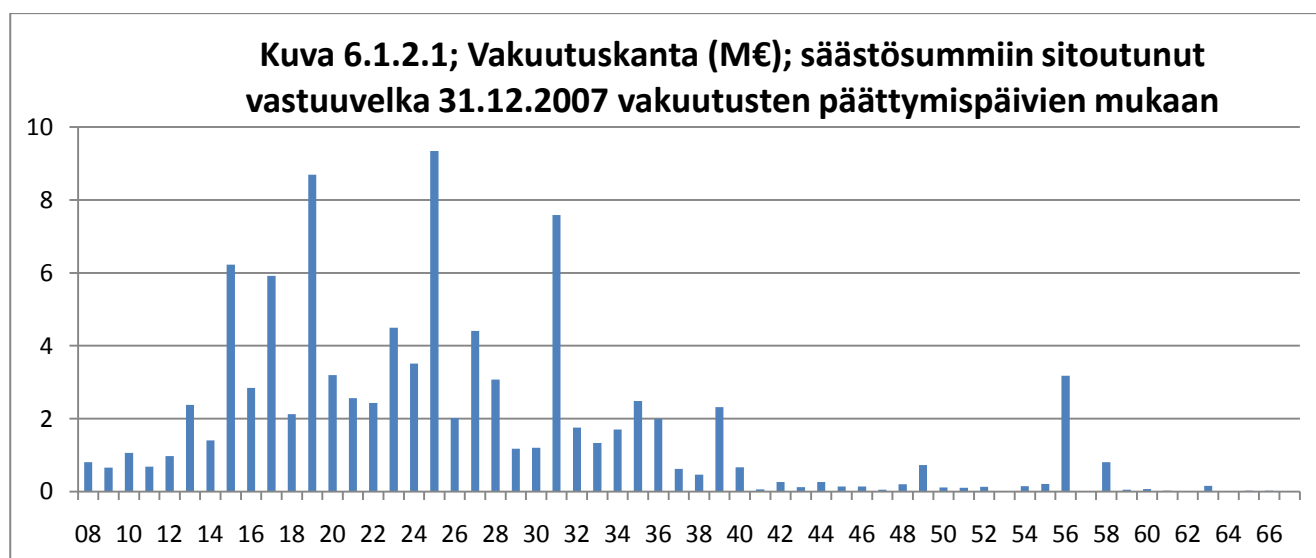
Tilinpäätöksessään yhtiö kertoi ylijäämänjakopolitiikakseen seuraavan; 'Yhtiön tavoitteena on jakaa vuosittain lisäetuina koko sijoitustoimintansa tuoton tiettyyn vuosittain määriteltävään ylärajaan asti. Tämä raja mitoitetaan vastaamaan käänteisesti sitä todennäköisyyttä että sijoitustoiminnan kokonaistuotto jäisi alle laskuperustekoron'.

Tämän ylijäämänjakopolitiikan mukainen harkinnanvaraisten lisäetujen mitoitus käydään läpi kappaleessa 6.2.

Yhtiöllä ei ole vastuuvellassaan lisävakuutusvastuuta eikä sillä ole tarkoitus sellaista kartuttaakaan. Yhtiö ei myöskään jälleenvakuuta vakuutuksiaan tai toimintansa.

6.1.2 Vakuutuskanta

Kuvassa 6.1.2.1 esitetään kuva yhtiön vakuutuskannan luonteesta. Siinä vuoteen *i* sitoutunut euromäärä kuvaa sitä kuinka suuri vakuutuksiin liittyvä säästösumma on vakuutuksen päättymispäivään perustuen merkitty ulosmaksettavaksi vuonna *i*.



6.1.3 Yhtiön oletukset

Yhtiö pyrkii vastuuvellansa parasta arviota varten mitoittamaan ne kassavirrat, joihin se on solmimiensa vakuutus sopimusten mukaisesti sitoutunut. Tätä tehdessään joutuu yhtiö tekemään erilaisia oletuksia siitä, kuinka erilaiset tekijät vaikuttavat kassavirtojen toteutumiseen. Seuraavassa esitetään pelkistetyllä tasolla joitain yhtiön tätä varten tekemiä perusoletuksia. Huomiota kiinnitetään kuitenkin niihin oletuksiin, joiden voidaan olettaa olevan sidoksissa makrotaloudellisiin tekijöihin.

- Vakuutetut kuolevat K2004-referenssikuolevuusmallin perusteella
- Vakuutuksenottajat eivät muuta vakuutustensa päätehetkiä
- Vakuutustenottajien tulevana vuosina tapahtuvat takaisinostot tapahtuvat kiinteällä todennäköisyydellä 5 % vuodessa. Mikäli BKT:n kasvu jää alle 1 %:n vuositasolle katsotaan talouden olevan sellaisen taantuman tilassa, että takaisinostotodennäköisyys kasvaa 10 %:iin, koska vakuutustenottajille syntyy erilaisia pakotteita käyttää säästöjään. Mikäli taas BKT:n kasvu kipuaa yli 4 %:n vuositasolle laskee takaisinostotodennäköisyys 3 %:iin.
- Vakuutusmaksuihin liittyvät maksusuunnitelmat pettävät 5 %:n todennäköisyydellä. Mikäli vuosi-inflaatio nousee yli 3,5 %:n kasvaa tämä maksujen pettämistodennäköisyys 10 %:iin, vakuutustenottajien suunnatessa säästöjään pa-

remmin tuottaviin sijoituskohteisiin. Mikäli taas vuosittainen inflaatio laskee alle 1,5 %:n pienenee takaisinostotodennäköisyys 3 %:iin.

Lisäksi huonoja talousnäkyviä kuvaavan BKT:n kasvun oletetaan vaikuttavan maksusuunnitelmiin siten että BKT:n kasvun jäädessä alle 1 %:n vuositasolle kasvaa maksujen pettämistodennäköisyys myös 10 %:iin ja BKT:n kasvun ollessa yli 4 %:n vuositasoa tämä todennäköisyys laskee 3 %:iin.

- Mikäli sekä inflaatio että bkt:n kasvu ylittävät tai alittavat yllä annetun kynnyksen, käytetään muutoksista pahempaa.
- Yhtiön hoitokulusuhde on jatkuvasti 100 %, eli sillä kuluu vakuutustenhoitoon se minkä yhtiö kuormituskuluina vakuutuksistaan perii.
- Yhtiön lisäetupolitiikkaa muutetaan, mikäli yleinen taloustilanne näyttää heikolta. Tämä toteutetaan siten että BKT:n kasvun jäädessä alle 1 %:n vuositasolle puolittaa yhtiö lupauksensa tulevien lisäetujen tasosta. Tämä tarkoittaa että yhtiö jakaa laskuperustekorkotuottovaatimuksen ylittävistä (ja ylärajan alittavista) sijoitustuotoista vain puolet vakuutuksenottajille. Tämä asia hinnoitellaan seuraavassa kappaleessa 6.2 kun itse harkinnanvaraisten lisäetujenkin taso määritellään.

6.2 Ylijäämänjakopolitiikka

Yhtiö hinnoittelee harkinnanvaraiset lisäetunsa sen mukaisina kuin mitä se laskee ylijäämäoptioidensa hinnan olevan. Ylijäämäoptioiden arvon ratkaisemiseksi muunnetaan yhtiön ylijäämänjakopolitiikka (esitettiin kappaleen 6 alussa) seuraavanlaiseen kehikoon.

Ajatellaan että yhtiö jakaa sijoitusomaisuutensa kahteen rahastoon A (vastuuvelan osuus sijoitusomaisuudesta vuoden alussa) ja B (lopun sijoitusomaisuudesta vuoden alussa), joiden kummankin sijoitusjakaumat ovat identtiset. Ajatellaan lisäksi, että yhtiön vuotuista sijoitustuottoa kuvaa satunnaismuuttuja X (euroa), joka siis koostuu rahastojen A ja B yhteistuotosta ($X = X_A + X_B$). Rahaston A tuotto ohjataan vakuutuksenottajille ja rahaston B tuotto yhtiön omistajille.

Koska rahastolla A on laskuperustekorkotuottovaateen kautta vähimmäistuottovaatimuksena 2,5 %, suorittaa se seuraavan suojauksen salkkunsuhteella kokonaistuotolle X_A :

- Ostetaan rahastolta B kokonaistuottoon X_A sidottu eurooppalainen myyntioptio vuoden päähän, joka kiinnitetään 2,5 % tuoton tasolle
- Myydään rahastolle B kokonaistuottoon X_A sidottu eurooppalainen osto-optio vuoden päähän, joka kiinnitetään tuoton G kohdalle. Tuottopiste G kiinnitetään siten, että osto-option hinta on sama kuin myyntioption (tämä voidaan tehdä laskemalla odotusarvoja sopivasti todennäköisyysmitan Q suhteen).

Markkinaehtoinen vastuuvelka hinnoitellaan sijoitustuottojen osalta riskineutraalisti (riskineutraalin todennäköisyysmitan Q alaisuudessa). Tällöin markkinoilta löytyy vuoden pituinen riskiton korko r_f , joka on myös vuoden tuotto-odotus sijoitusomaisuudelle, eli $E(X|Q) = r_f(A + B)$.

Oletetaan, että yllä oleva rahastojen A ja B välinen optiosopimus tehdään vain, mikäli sijoitusomaisuuden vuoden tuotto-odotus ylittää laskuperustekorron. Näin löydetään aina hinnaltaan toisiaan vastaavat osto- ja myyntioptiot. Pätee siis $2,5\% \leq r_f \leq G$.

Rahastojen optiosopimusten jälkeiset vuosituotot Z_A ja Z_B voidaan nyt konstruoida vuosituottojen X_A ja X_B avulla seuraavasti.

$$Z_A = (0,025A - X_A)^+ - (X_A - GA)^+ + X_A$$

$$Z_B = -(0,025A - X_A)^+ + (X_A - GA)^+ + X_B$$

Koska todennäköisyysmitan Q alaisuudessa $E(X|Q) = r_f(A + B)$, niin myös tämän konstruoinninkin jälkeen saadaan

$$E(Z_A + Z_B|Q) = E(X_A + X_B|Q) = r_f(A + B).$$

Pisteet 2,5 % ja G määriteltiin niin, että osto- ja myyntioptioiden hinnat ovat samat. Tällöin jos $E((0,025A - X_A)^+|Q) = h$, niin myös $E((X_A - GA)^+|Q) = h$. Näin saadaan

$$\begin{aligned} E(Z_A|Q) &= E((0,025A - X_A)^+|Q) - E((X_A - GA)^+|Q) + E(X_A|Q) \\ &= h - h + r_f A \\ &= r_f A \end{aligned}$$

ja samoin

$$E(Z_B|Q) = \dots = r_f B$$

Yhtiön vakuutuksenottajille jakamien harkinnanvaraisten lisätujen vuosittaisen kokonaistuoton Z_A odotusarvo on siis sama kuin vastuuvälille saatava riskitöntä korkoa r_f vastaava tuotto.

Kun kappaleessa 6.5 ja 6.6 lasketaan markkinaehtoisen vastuuvälän harkinnanvaraisten lisätujen arvo, käytetään yhtiön jakamana vuosittaisena kokonaistuottoprosenttina tätä arvoa r_f .

Yhtiön teki kappaleessa 6.1.3 oletuksen, että lisätujen taso lasketaan puoleen ($\theta=0,5$), mikäli BKT:n vuosikasvu jää alle 1 %:n. Merkitään tässä tapauksessa rahastojen vuosituottoja $\hat{Z}_A$ ja $\hat{Z}_B$. Nämä määräytyvät edellisen kohdan rahastojen vuosituottojen Z_A ja Z_B perusteella seuraavasti:

$$\hat{Z}_A = Z_A - \theta(Z_A - 0,025A) = Z_A - 0,5(Z_A - 0,025A)$$

$$\hat{Z}_B = Z_B + \theta(Z_A - 0,025A) = Z_B + 0,5(Z_A - 0,025A)$$

Vuosituotot $\hat{Z}_A$ ja $\hat{Z}_B$ voidaan siis määritellä tekemällä korjauksen lisätujen vuosittaiseen kokonaistuottoon Z_A , joka saa arvoja välillä $[0,025;G]$. Muutoksena aikaisempiin yhtälöihin on se, että osa rahaston A tuotosta siirtyy rahastolle B. Tässä tapauksessa rahastotuottojen odotusarvot muuttuvat:

$$E(\hat{Z}_A|Q) = E(Z_A|Q) - 0,5E(Z_A - 0,025A|Q)$$

$$= r_f A - 0,5r_f A + 0,0125A$$

$$= 0,5r_f A + 0,0125A$$

$$E(\hat{Z}_B|Q) = E(Z_B|Q) + 0,5E(Z_A - 0,025A|Q)$$

$$= r_f B + 0,5r_f A - 0,0125A$$

$$= (B + 0,5A)r_f - 0,0125A$$

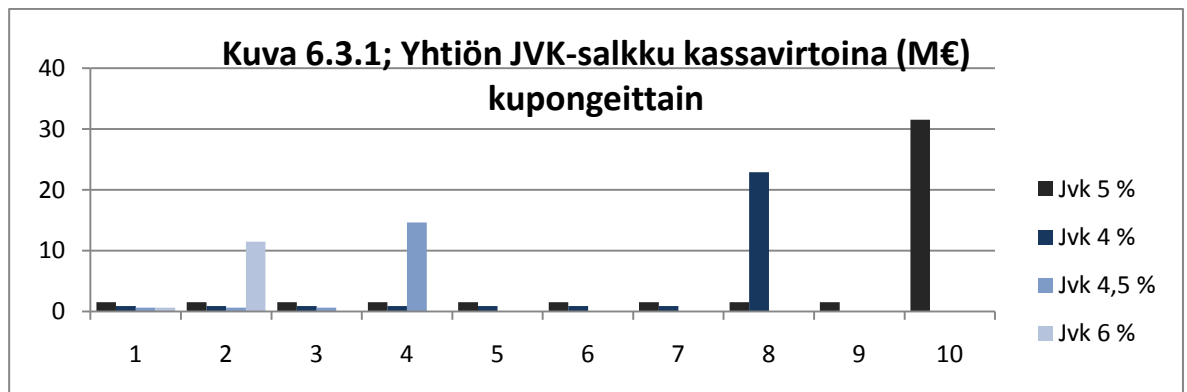
Kun korkoskenaarioita lasketaan jatkossa ja tapauksissa jossa skenaarion alla oleva BKT:n kasvuoletus jää 1 % kynnyksen alle, muutetaan ylijäämäoptioiden vuositaso vastaamaan tätä ylijäämänjakopolitiikkaa tällä odotusarvolla. Jakaumatarkasteluita sijoitustuottojen määräytymiselle ei siinä vaiheessa suoriteta.

6.3 Markkinaehtoinen tase

6.3.1 Sijoitusomaisuus ja laajennettu toimintapääoma

Vuoden 2007 tilinpäätöksessä yhtiöllä oli 7 M€:n edestä positiivisia arvostuseroja, joiden sijoitusomaisuuden arvoa korjataan tässä markkinaehtoistamisessa siis arvostuseroilla ylöspäin (tämä esitetään kappaleessa 6.3.3).

Kuvassa 6.3.1 esitetään yhtiön korkosalkkuun sitoutuvat kassavirrat tilinpäätöshetkellä 2007. Korkosijoitukset ovat kiinteäkorkoisia joukkovelkakirjalainoja, joiden kupongit vaihtelevat 4 %:sta 6 %:iin. Näiden markkina-arvo oli 78,6 M€ ja duraatio 6,1 vuotta. Korkosalkun osalta on tehty sellainen yksinkertaistus, että joukkovelkakirjojen markkina-arvot saadaan diskonttaamalla niihin liittyvät kassavirrat samalla korkokäyrällä kuin millä vastuuvelan rahavirrat diskontataan.



Laajennettu toimintapääoma saadaan kun vuoden 2007 omaan pääomaan lisätään arvostuserot, markkinaehtoisen vastuuvelan ja yhtiön kirjanpidonmukaisen vastuuvelan erotus sekä pääomalainojen markkinaehtoistamisesta johtuva arvonmuutos.

Yhtiön pääomalainoista oletetaan, että niiden maturiteetti on vielä 10-vuotta ja lainoille maksettava korko on 5,6 %. Näin ollen vuotuinen koron osuus on hieman alta 300 T€.

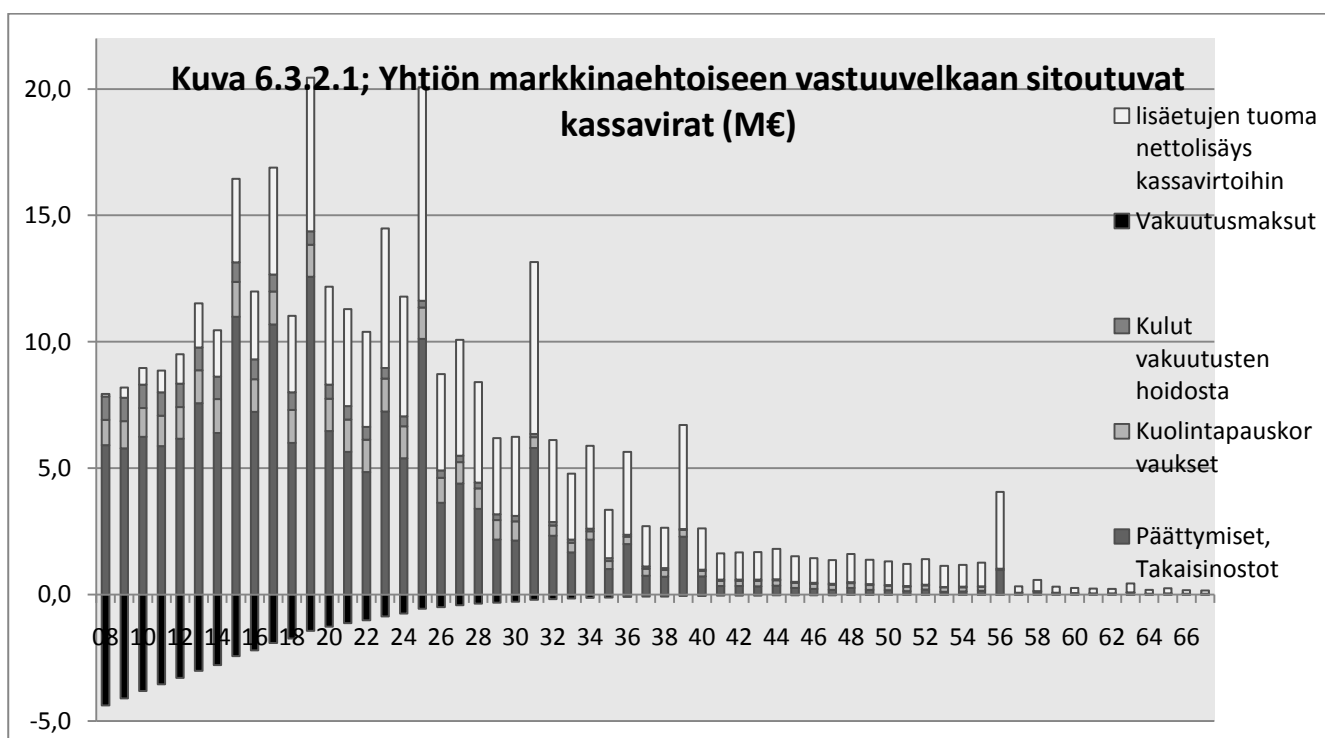
6.3.2 Markkinaehtoinen vastuuvélka

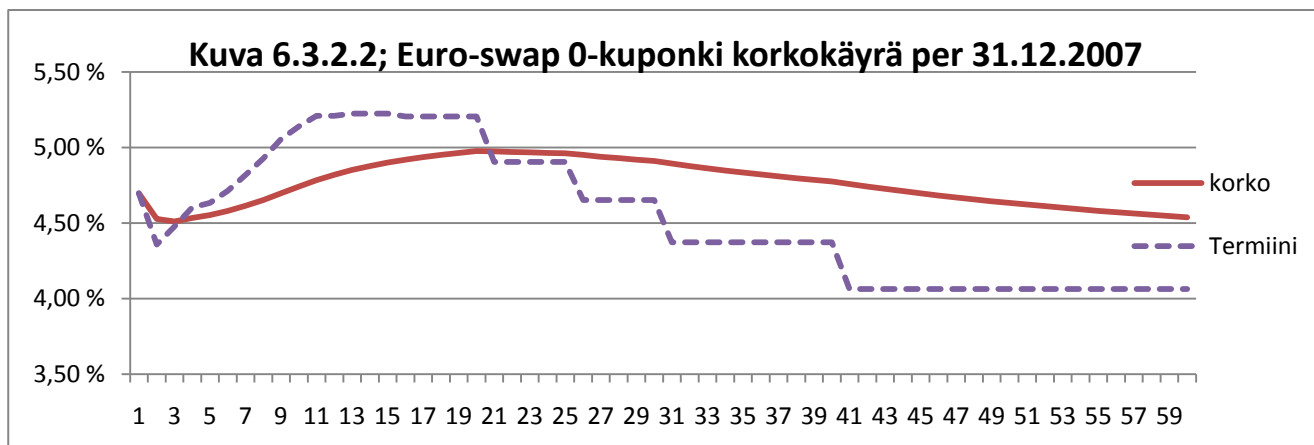
Markkinaehtoista vastuuvélkaa ei pystytä replikoimaan sijoitusinstrumenttien avulla, joten se arvioidaan vastuuvélan parhaan arvion ja riskimarginaalin summana. Riskimarginaalin osalta, joka ei itsessään sisällä diskonttausta lukuun ottamatta korkoriskiä ja jonka suuruuden voi arvioida olevan kyseisen tyyppisessä vakuutuslajissa olevan hyvin pieni, arvioidaan suuruudeksi 0,5 % markkinaehtoisesta vastuuvélasta.

Vastuuvélan parhaan arvion mukaiset kassavirrat lasketaan vuosille 2008 - 2067 hyödyntäen kappaleissa 6.1.3 esitettyjä oletuksia. Koska parhaassa arviossa ei oleteta inflaation tai BKT:n kasvun olevan epänormaaleilla tasoilla niin vakuutuksenottajia koskevat todennäköisyydet eivät muutu eri vuosina. Oheisessa kuvassa (6.3.2.1) on laskettu ulos parhaan arvion mukaiset kassavirrat pääkomponenteittain ja kahdella eri tavalla. Tummemmalla esitetään taattujen etujen mukaiset kassavirrat ja vaalealla (taustalla) harkinnanvaraisten lisäetujen tuomat muutokset näihin kassavirtoihin. Harkinnanvaraisten lisäetujen suuruus määräytyy tässä kappaleen 6.2 mukaisesti niin, että vuosittaisen kokonaishyvityksen (laskuperustekorko + lisäedut) suuruus on aina termiinikorko (kuva 6.3.2.2) kyseisenä laskentavuonna.

Kun näiden kassavirtojen vuosittaiset nettoarvot diskontataan (kuvan 6.3.2.2 mukaisella korkokäyrällä) per 31.12.2007 saadaan seuraavat arvot:

Kulut vakuutusten hoidosta	11,3
Taatut edut	67,3
Harkinnanvaraiset lisäedut	20,8
Riskimarginaali	0,5
Yhteensä	99,9





6.3.3 Tase yhteensä

Kun huomioidaan edellisten alakohtien (6.3.1, 6.3.2) mukaiset tase-erien arvostusmenetelmät, saadaan markkinaehtoinen tase per 31.12.2007. Alla olevassa kaaviossa muutokset kirjanpidonmukaisen taseeseen on esitetty harmaalla.

Markkinaehtoinen tase 2007 (luvut M€)

<u>Vastaavaa</u>	YHT	Muutos	<u>vastattavaa</u>	YHT	Muutos
Osakkeet ja osuudet	38,2	4,6	Oma pääoma	11,7	6,7
Rahoitusmarkkinavälineet	78,6	2,5	Pääomalainat	5,5	0,5
Muu omaisuus	2,2	0,0	Vakuutustekninen vastuuvél-	99,9	-0,1
			ka		
			Muut velat	2,0	0,0
Yhteensä	119,0	7,0	Yhteensä	119,0	7,0

Tähän taseeseen on tuotu (verrattuna kappaleen 6.1.1 kirjanpidon mukaiseen) arvostuserot, jotka kasvattavat sijoitusomaisuutta. Arvostuserojen lisäksi myös vakuutusteknisen vastuuvélan ja pääomalainojen arvostuksesta johtuva muutos on viety omaan pääomaan. Arvostuseroista ei ole erotettu laskennallista verovelkaa erilliseksi termikseen niin kuin Solvenssi II QIS4 - laskentaspesifikaateissa [2] ohjeistettiin.

6.4 Tase riskit

Taseriskien laskennan idea on stressata markkinaehtoista tasetta erityyppisillä skenaarioilla, jossa jokin taseeseen kiinteästi liittyvä tekijä muuttuu voimakkaasti. Tämän muutoksen johdosta aiheutuvaa pääomavaadetta mitataan yleensä (viranomaisten vakavaraisuusvaatimuksissa) tietyllä todennäköisyydellä, yhden vuoden ajanjaksolla tapahtuvan enimmäistappion kautta (Var_{α}).

Seuraavissa kappaleissa lasketaan yhtiölle taseriskikomponentteja ja yhdistetään ne vakavaraisuuspääomavaateeksi. Koska tässä harjoitustyössä pyritään keskittymään korkoriskin vaikutukseen, näytetään kaikki muut riskikeskittymät vain lukuarvoina.

Vakavaraisuusvaatimus lasketaan aluksi ennakoivan vakavaraisuusaseman laskenta-kehikolla käyttäen Vakuutusvalvontaviraston korrelaatio-oletuksia.

Tämän laskennan jälkeen kappaleessa 6.6 lasketaan sama siten että korkoriski mitataan käyttäen kappaleen 5 korkomallia ja sen vaikutuksia vastuuvelan laskentaan. Riskikomponentti, joka tällöin ei näy (= 0), on yhtiön osakesijoituksiin sisältyvä korkoriski. Ennakoivassa vakavaraisuuskehikossa nimittäin osakkeiden ja joukkovelkakirjojen välinen korrelaatio on 0 %. Tämän osakkeiden korkoriskin huomioiminen laskennassa olisi taas vaatinut myös osakemallin kehittämisen, joten se on jätetty työn ulkopuolelle.

Vakavaraisuusvaatimusten rinnalle lasketaan lisäksi Solvenssi I:n mukainen vakavaraisuuspääomavaade.

6.5 Vakavaraisuuden mittaaminen standardimallissa

kun vakavaraisuutta mitataan standardimallilla, edetään tässä ennakoivan vakavaraisuusaseman mittaamisesta asetetun kehikon mukaisesti (Vakuutusvalvontaviraston määräys- ja ohjekokoelma [3], luku 13). Kun kappaleen 6.3.3 mukaiselle markkinaehtoiselle taseelle kohdistetaan nämä standardimallin riskit, saadaan seuraavia lukuarvoja (sivun 28 taulukko).

Tässä taulukossa on mitattu vakavaraisuutta Solvenssi I - säännösten mukaisen vakavaraisuusrajan lisäksi vain ns. jatkuvuustestin tapauksessa, jossa tulevat lisäedut otetaan mukaan vastuuvelan parhaaseen arvioon. Lisäksi jatkuvuustestiä tarkastellaan vain Vakuutusvalvontaviraston oman kehikon tapauksessa, jossa riskikeskittymien väliset korrelaatiot tulevat huomioiduksi. Ilman korrelaatioita (VYL:n mukainen tapa) vastaava jatkuvuustestin mukainen luku olisi 12 589 T€. Solvenssi I:n mukainen raja on laskettu henkivakuutusluokan 1 mukaisesti, eli 4 % vastuuvelasta.

Vastuuvelan osalta korkoriski kutistuu pieneksi (+/- 0,1 M€). Tämä johtuu yksinomaan siitä kuinka harkinnanvaraiset lisäedut käyttäytyvät. Skenaariossa, jossa korkokäyrä siirtyy ylöspäin 37 %, lasketaan myös uusi termiinikäyrä tälle muuttuneelle korkotasolle. Vaikka skenaarion on tarkoitus heijastaa vain sitä suurella todennäköisyydellä tapahtuvaa enimmäismuutosta, missä tasossa korot ovat vuoden päästä raportointivuodesta (v), niin korkokäyrän ei ajatella palautuvan tämän jälkeen takaisin lähtöarvoonsa vaan jäävän tälle tasolle. Ajatus siis on, että jos korkokäyrä on vuoden päästä tasolla +37 %, niin silloin lisätujen riskineutraali hinnoittelu tapahtuisi vuoden päästä myös tässä tasossa. Kun vuosista v+1 eteenpäin korkokäyrän mukaiset termiini-korot ovat pysyvästi korkeammalla tasolla, niin esimerkin mukaiset vuosittaiset lisäedut saavat samat korkeat arvot.

Tämä sama efekti näkyy käänteisesti myös koron alenemis-skenaariossa.

	Skenaario	Muutokset					Yhteisvaikutus
		Sijoituksissa	Pääomalinjoissa	Kuluissa vakuutusten hoidosta	Taatuissa eduissa	Harkinnanvaraisissa lisäeduissa	
Korkoriskit	37% /- 30%						
- Nousu 37%		-6783	-628	-1 270	-11 154	12 509	-6 240
- Lasku 30%		6 217	596	1 268	11 711	-13 056	5 698
					=> näistä suurempi		-6 240
Osakeriskit							
- Kehittyneet markkinat	-28 %	-10 682	----	0	0	0	-10 682
- Kehittyvät markkinat	-39 %	0	----	0	0	0	0
- Riskipääomasijoitukset	-28 %	0	----	0	0	0	0
- Muut pääomasijoitukset	-16 %	0	----	0	0	0	0
- Hedge-rahastot	-27 %	0	----	0	0	0	0
Kiinteistöriskit	-17 %	0	----	0	0	0	0
Hyödykeriskit	-25 %	0	----	0	0	0	0
Valuuttariskit	+/- 16 %	-358	0	0	0	0	-358
Vastapuoliriskit	----	----	----	----	----	----	-855
Vakuutustekniset riskit	----	----	----	----	----	----	-2 100
Operatiiviset riskit	----	----	----	----	----	----	-404
Vakavaraisuusvaatimus (VAV:n korrelaatio, jatkuvuustestin mukaine)							14 043
Vakavaraisuusraja (Solvenssi I vaatimus)							4 000
Laajennettu toimintapääoma (jatkuvuustestin mukainen)							16 656

6.6 Vakavaraisuuden mittaaminen korkomallilla

Markkinaehtoisen taseen korkoriskiä voidaan myös mitata skenaariopohjaisesti käyttäen korkomalleja. Tällöin pyritään simuloimaan realistisesti miten markkinaehtoiseen taseeseen vaikuttavat korot muuttuvat vuodessa. Koron muutoksen vaikutus lasketaan koko taseeseen vuoden $v+1$ lopussa ja diskontataan laskentavuoden v loppuun. Tällöin diskonttokorkojen simuloitu taso vuoden $v+1$ lopussa vaikuttaa kaikkiin kassavirtoihin tästä eteenpäin.

Alla pyritään kuvaamaan nyt tehtävän laskennan eri vaiheet, mutta tehdään sellainen yksinkertaistus, että korkojen muutosta kyllä simuloidaan vuoden $v+1$ lopulle, mutta tätä simuloitua korkokäyrää sovelletaan suoraan jo vuoden v lopun laskentaan. Laskentavaiheet siis ovat:

- lasketaan vastuuvelan, sijoitussalkun ja oman pääoman arvot vuodelle v normaaleilla oletuksilla ja korkokäyrällä.

- simuloidaan 1. korkokäyrä ja sen taustakomponentit vuodelle $v+1$ käyttäen kappaleen 5 mukaisia malleja.
- Lasketaan vastuuvélka vuodelle v tämän simulaation avulla.
Yksinkertaistuksena ylijäämänjako-optioiden osalta tehdään niin, että jos oletus bkt:n kasvusta tai inflaatiosta ovat sellaisella tasolla, että ne tuovat muutoksia yhtiön (kappaleen 6.1.3 mukaisiin) oletuksiin, lasketaan vastuuvélan kassavirrat näillä muuttuneilla oletuksilla. Tällöin sitä tasoa, joka inflaatiolla tai bkt:n muutoksella vuoden $v+1$ lopussa on, käytetään kun lasketaan kassavirrat vuodesta $v+1$ eteenpäin.
- Lasketaan korkoskenaariolla sijoitussalkun ja pääomalainojen arvot hetkellä v .
- lasketaan tämän skenaarion mukaisesti, vuoden v tasolla vastuuvélan, sijoitussalkun ja oman pääoman arvot eli taseen euromääräinen kokonaismuutos.
- lasketaan vastaavasti loput skenaariot (yht. 1000 kpl)
- Korkoriskiksi valitaan se euromääräinen kokonaismuutos, joka vastaa 99 % luottamusväliä (10. pahin skenario). Tällöin riskinmittari on samalla tasolla kuin ennakoivan vakavaraisuusvalvonnan parametrivalinnoissa.

Tämä laskenta suoritetaan edellisen kappaleen mukaisessa laskentakehikossa, jossa käytetään korkokäyrinä kappaleen 5 mukaista mallia. Maturiteettien 31 – 60 vuotta mukaiset Euro Swap - korkopisteet lasketaan kustakin simuloidusta korkokäyrästä seuraavasti.

- 60 vuoden korkopiste saa arvokseen $\beta_0:n$, joka kuvastaa määritelmänsä mukaisesti hyvin pitkää korkopistettä

$$\hat{y}(\beta(t), 1, 60) = \beta_0(t)$$

- Maturiteetiltaan 31 – 59 vuoden korkopisteet lasketaan lineaarisen approksimaation avulla

$$\hat{y}(\beta(t), 1, \tau) = \hat{y}(\beta(t), 1, 30) + (\tau - 30) \frac{\beta_0(t) - \hat{y}(\beta(t), 1, 30)}{30}, \tau \in \{31; 59\}$$

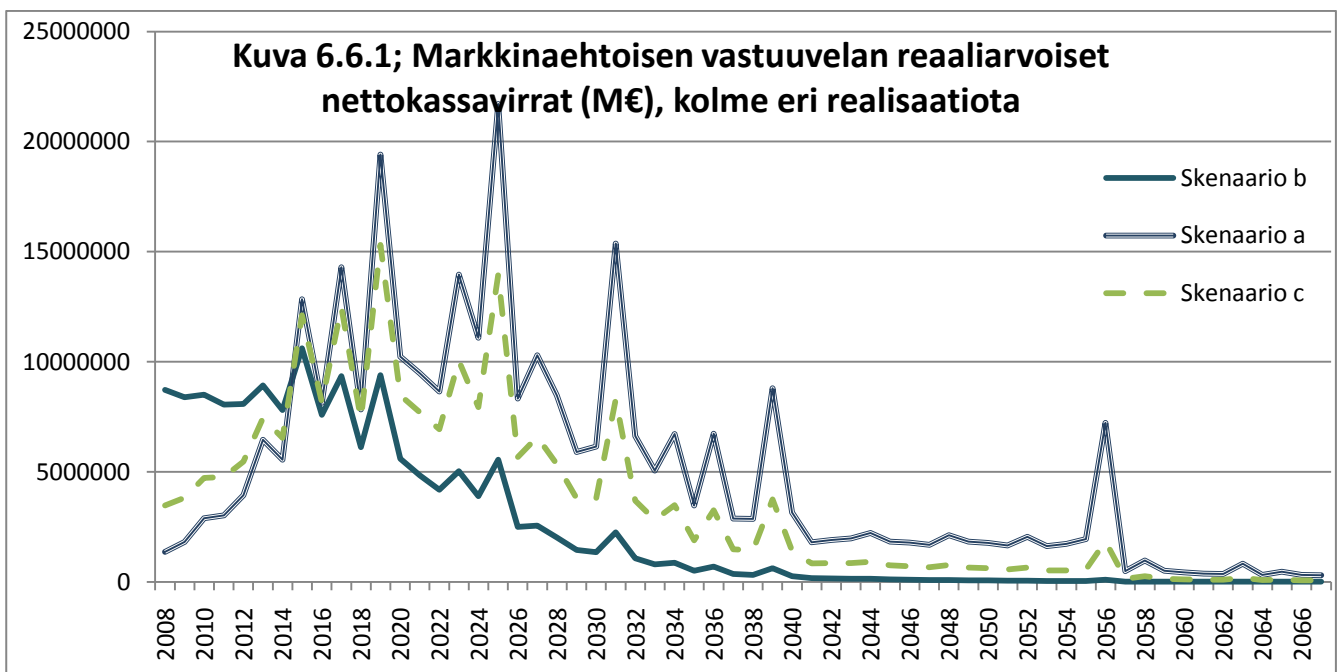
Alla olevassa kuvassa kiteytetään vielä laskentakehikon rakennetta.

Korkomallin simulointikehikko



Näistä korkomallin tuloksista tuotetaan myös vastaavanlainen raportti (sivulla 31) kuin kappaleessa 6.5, missä nyt standardimallin mukaiset korkoriskiskenaariot korvataan tämän korkomallin tuottamalla Var 99 %:n riskiarvolla. Raportista huomataan, että korkoriski kasvaa standardimallin -6,2 M€:sta noin -7,5 M€:on ja johtaa siihen että vakavaraisuusvaatimuskin kasvaa 0,7 M€ (14,7 M€:oon). Koska korkoriski tässäkin tapauksessa syntyy koron nousun skenaariosta, on selvää että korkomalli tuottaa hie- man korkeampia koronnousu skenaarioita kuin standardimallin tapa, ainakin maturi- teeteissa 1 – 10 vuotta. Koronlaskun skenaariot, mitä raportilta ei näe tuottavat Var 99 %:n riskiluvuksi vastuuvälille -1,2 M€, sijoitusomaisuudelle 9,0 M€ ja pääomalainoil- le -0,8 M€. Yhteensä siis 7,0 M€. Tämä luku on n. 1,3 M€ suurempi arvo kuin mitä standardimallin mukainen koronlaskuskenaario tuottaa. Esimerkiksi sijoitusomaisuus saama arvon nousu on 2,7 M€ enemmän kuin standardimallissa, joka indikoi sitä, että korkomalli tuotti alhaisemman korkotason skenaarioita ainakin alle 10-vuoden maturi- teeteissa.

Kuvassa 6.6.1 esitetään esimerkkinä kolmen skenaarion mukaiset markkinaehtoiset vastuuvelan kassavirrat (diskontaamattomana, kuten kuvassa 6.3.2.1). Tällä kuvalla havainnollistetaan sitä, kuinka yhtiön olettamukset vakuutustenottajien käyttäytymi- sestä ja omasta toiminnastaan vaikuttivat laskennassa kassavirtojen suuruuteen. Ske- naariossa a (korkean korkotason skenaario) makrotaloudelliset tekijät ovat olleet sel- laisella tasolla (bkt:n vuosimuutos 6,4 %, inflaatio 1,9 %) että vakuutustenottajien ta- kaisinosto- ja vakuutusmaksuintensiteettejä on pudotettu (pysyvästi), jolloin myös kassavirrat ovat pitkittyneet. Skenaariossa b taas on päinvastainen tilanne (bkt:n vuo- simuutos 0,9 %, inflaatio 3,2 %), jolloin vakuutustenottajien takaisinosto- ja vakuu- tusmaksuintensiteettejä on nostettu ja lisäksi yhtiön harkinnanvaraisten lisätujen taso on puolitettu (myös pysyvästi). Skenaariossa c muutoksia olettamuksiin ei ole tehty.



	Skenaario	Muutokset					Yhteisvaikutus
		Sijoituksissa	Pääomalin oissa	Kuluissa vakuutusten hoidosta	Taatuissa eduissa	Harkinnanv araisissa lisäeduissa	
Korkoriskit							
Var 99 % skenaario korkomallilla		-7 906	-708	-1 865	-11 531	13 658	-7 461
Osakeriskit							
- Kehittyneet markkinat	-28 %	-10 682	----	0	0	0	-10 682
- Kehittyvät markkinat	-39 %	0	----	0	0	0	0
- Riskipääomasijoitukset	-28 %	0	----	0	0	0	0
- Muut pääomasijoitukset	-16 %	0	----	0	0	0	0
- Hedge-rahastot	-27 %	0	----	0	0	0	0
Kiinteistöriskit	-17 %	0	----	0	0	0	0
Hyödykeriskit	-25 %	0	----	0	0	0	0
Valuutariskit	+/- 16 %	-358	0	0	0	0	-358
Vastapuoliriskit	----	----	----	----	----	----	-855
Vakuutustekniset riskit	----	----	----	----	----	----	-2 100
Operatiiviset riskit	----	----	----	----	----	----	-404
Vakavaraisuusvaatimus (VVV:n korrelaatio, jatkuvuustestin mukainen)							14 695
Vakavaraisuusraja (Solvenssi I vaatimus)							4 000
Laajennettu toimintapääoma (jatkuvuustestin mukainen)							16 656

Yllä olevassa laskennassa tehtiin sellainen yksinkertaistus, että ylijäämäoptiot laskettiin muuttuneilla oletuksilla, mikäli korkokäyrän taustatekijät olivat oletusten kannalta sellaisella tasolla jonka yhtiö asetti kynnykseksi. Tämä voi kuitenkin heijastella jopa suotavaa tapaa laskea, koska ylijäämäoptioiden riskineutraalin lähtökohdan johdosta laskennan tuleekin edetä laskentahetken informaation perusteella.

6.7 Suojausten huomiointi

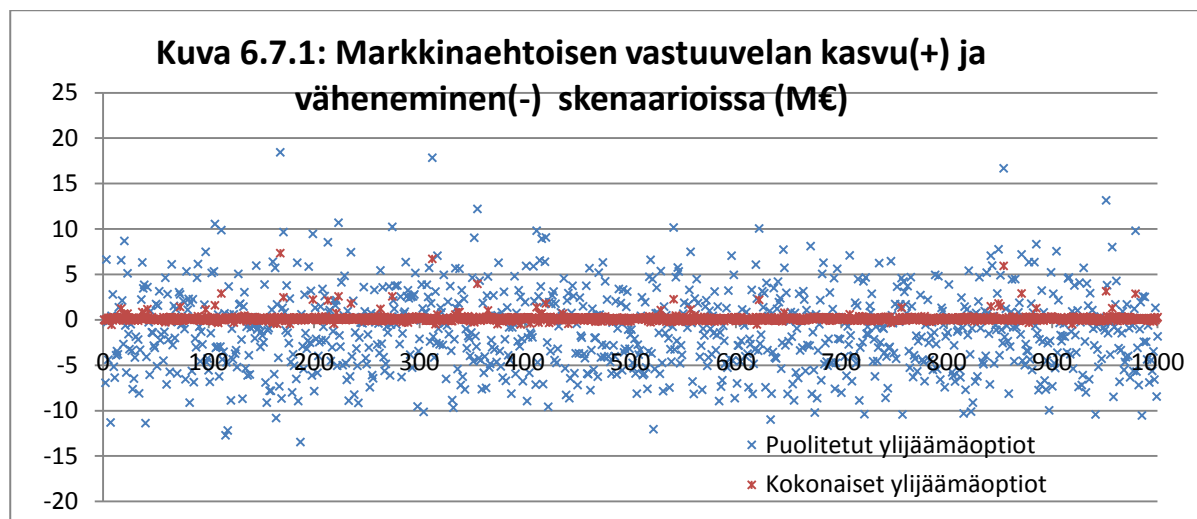
Mitä toimenpiteitä yhtiö voisi tehdä suojautuakseen yllä lasketulta korkoriskiltä? Kappaleessa 4 käsiteltiin erilaisia tapoja vähentää korkoriskiä, joista seuraavassa käsitellään yhtiön ylijäämänjakopolitiikkaa, sijoitussalkun rakentamista ja -suojaamista sekä vastuuvelan suojaamista koronvaihtosopimuksella. Käsitellään nämä vaihtoehdot seuraavassa erikseen.

6.7.1 Yhtiön ylijäämänjakopolitiikka

Yhtiön ylijäämänjakopolitiikka oli yllä määritelty sellaiseksi, että ylijäämäoptiot noudattivat odotusarvotasolla termiinikorkotasoa ja vain tietyissä talouden huonoissa skenaarioissa tätä lupausta alennettiin. Tämä politiikka näkyi tuloksissa siten, että korko-

riski supistui vastuuvelan sisällä pieneksi, mutta näkyi sitten korkosalkun heilahduksissa, jolloin korkotason nousu osoittautuikin korkoriskin lähteeksi.

Tehdään tässä vaihtoehtoinen laskelma, missä oletetaan, että yhtiö olisi muuttanut politiikkaansa siten, että tulevien lisätujen tasoa olisi alennettu pysyvästi tuohon puoleen aikaisemmasta (kts. kappale 6.2). Kuvassa 6.7.1 on esitelty skenaariokohtaisesti vastuuvelan kokonaismuutos, joka näyttää sen, kuinka ylijäämänjako-optioiden suojausvaikutus heikentyi kun optiot puolitettiin.



Korkoriski koko taseella muuttuu nyt siten (ao. taulukko), että se pienenee 5,8 M€. Lisäksi korkoriski syntyy sen johdosta, että korkotaso alenee.

Toinen asia mikä myös tapahtuu on se, että osa siitä vastuusta joka sitoutui aikaisemmin ylijäämäoptioihin, vapautuu laajennetun toimintapääoman puolelle. Asia, jota tässä laskennassa ei kuitenkaan ole otettu huomioon on yhtiön asiakaskunnan reaktio tällaiseen ylijäämänjaon alentumiseen. Tämä näkyisi kyllä markkinaehtoisen vastuuvelan kassavirroissa ja yhtiön vakuutusteknisten riskien kautta ja sen merkitys voisi olla suurikin.

	Yhtiön korkoriski (VaR 99%) M€				
	Muutos vastuuvelassa	Muutos Sijoitusomaisuudessa	Muutos Pääomainlainoissa	Korkoriski yhteensä	Laajennettu toimintapääoma
Normaalit ylijäämänjako-optiot	-0,3	-7,9	0,7	-7,5	17,1
Puolitetut ylijäämänjako-optiot	-6,3	5,1	-0,5	-1,7	28,3

6.7.2 Sijoitussalkun rakenne

Yllä esitetyissä tuloksista kävi ilmi, että vastuuvelkaan sitoutuva korkoriski jäi minimaaliseksi ylijäämäoptioissa tapahtuvien muutoksien kautta, joten markkinaehtoisen taseen korkoriski koostui lähes kokonaan sijoitussalkussa tapahtuvien muutoksien johdosta. Sijoitussalkun markkina-arvo muuttui, kun korkosalkun jvk-lainojen oletettu diskonttokorkotaso (Euro Swap) muuttui. Tämän johdosta, mikäli sijoitussalkun ra-

kennetta ei lähde muuttamaan, olisi yhtiön paras tapa suojautua tältä korkoriskiltä ostamalla suojauksen diskonttokorkotason kasvua vastaan. Tästä lasketaan esimerkki kappaleessa 6.7.4.

Entä sitten salkun rakenteelliset muutokset? Perus ALM lähtee sellaisesta ajatuksesta, että sijoitussalkusta vapautuvat rahavirrat mitoitetaan sen suuruisiksi eri maturiteeteissa, että ne vastaavat täsmälleen vastuuvelkaan sitoutuvia rahavirtoja. Tällöin on oleellista, että sekä sijoitussalkun rahavirrat että vastuuvelan rahavirrat voidaan diskontata lähes identtisillä korkokäyrillä.

Yllä olevassa yhtiön esimerkissä yhtiön sijoitussalkku rakentuu lähes 70 prosenttisesti kiinteäkorkoisista jvk-lainoista, joiden kupongit vaihtelevat 4 - 6 % ja duraatio n. 6 vuotta. Vastuuvelan muutoksen keskihajonta oli korkoriskiskenaarioissa ylijäämäoptioiden suojausvaikutuksen johdosta 517 T€, kun taas sijoitussalkun arvomuutoksen keskihajonta oli 3 890 T€. Tästä seuraa, että sellaista muutosta sijoitussalkun rakenteessa, mikä ei oleellisesti alenna sijoitussalkkuun kohdistuvaa korkoriskiä ei olisi kannattavaa suorittaa suojautuakseen korkoriskiltä.

Mikäli yhtiö puolittaisi ylijäämäoptioidensa tason, kasvaisi vastuuvelan muutoksen keskihajonta 4 420 T€:on, joka on jo huomattavasti lähempänä korkosalkun hajontaa. Tässä tapauksessa ALM-tyyppisellä kassavirtojen yhteensovittamisella saataisiin jo korkoriskiäkin alaspäin, koska kun vastuuvelka ei enää itsestään pystyisi kompensoimaan korkoriskiänsä, se tulisi kompensoitua korkosalkun muutoksien kautta.

6.7.3 Vastuuvelan suojaus koronvaihtosopimuksella

Jos yhtiö lähtisi suojaamaan vastuuvelkansa tai mahdollisesti myös korkosalkkunsä ja pääomalainojensa diskonttauksesta johtuvaa arvomuutosriskiä koronvaihtosopimuksella tai CMS-optioilla, pääsisi yhtiö mahdollisesti kokonaan irti tästä korkoriskistä. Tällöin keskeiseksi kysymykseksi tulisi sopimuksen hinta ja sen käsittely yhtiön tuloksessa.

Tehdään sellainen esimerkkilaskelma, jossa vastapuolen kanssa tehtävä sopimus olisi luonteeltaan markkinaehtoisen vastuuvelan kassavirtoihin sidottu koronvaihtosopimus jossa yhtiö vaihtaisi kelluvan Euro Swap - korkonsa vastapuolen tarjoamaan kiinteään korkoon. Oletetaan, että kutakin maturiteettia vastaan vastapuoli määrittäisi kiinteän korkotason, jonka se hakisi valtion korkotason kautta lisäten päälle sellaisen premion että koronvaihtosopimus saataisiin aikaan ilman erillismaksua. Näin euromäärä joka diskontattaisiin kummallakin korolla, olisi nykyarvoltaan sama.

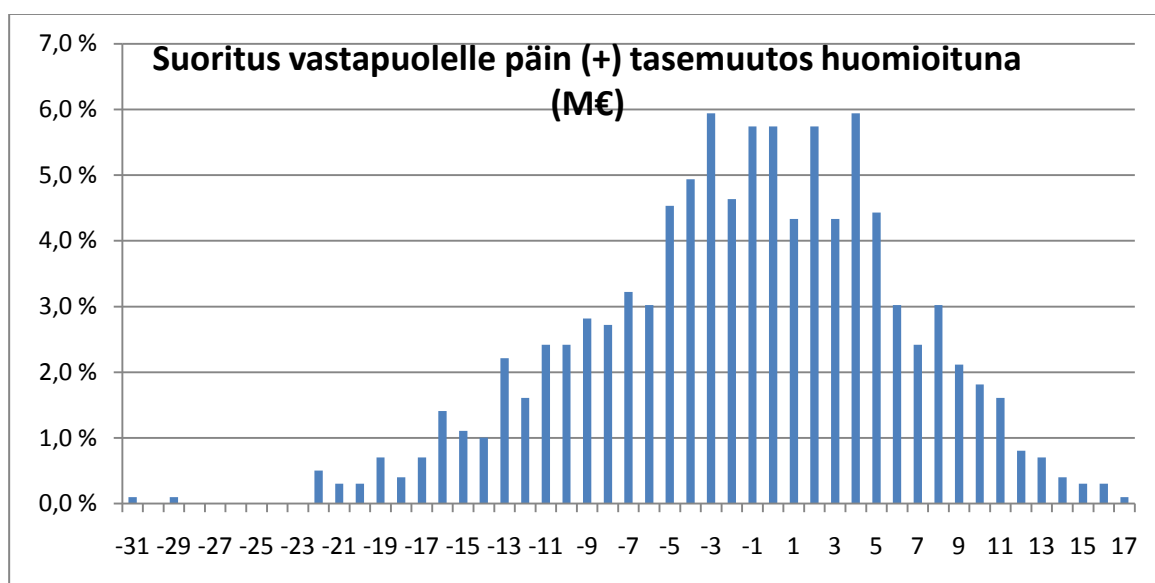
Todellisuudessa, jos vastapuolen selkeä näkemys on että kelluva korkotaso tulisi suurella todennäköisyydellä laskemaan, saataisi tämä kiinteän koron määäämistapa olla hyvinkin toisenlainen.

Tehdään muutama rajaäus, joka selkeyttää laskentakehystä:

- Tehdään koronvaihtosopimus hetkellä 31.12.2007 vastuuvelkaan sitoutuvien rahavirtojen (ml. ylijäämäoptiot) mukaisesti. Ylijäämäoptioiden osalta oletetaan kuitenkin, että yhtiö on puolittanut lupauksensa näiden tasosta. Näin saadaan tuloksiin hieman enemmän hajontaa (vrt. kuva 6.7.1).

- Koska tuloksia tarkastellaan hetkellä 31.12.2008, oletetaan että tällöin vastuvelan rahavirrat näyttäivät täysin samoilta kuin miltä ne näyttivät vuoden 2007 lopussa. Tällöin siis jos korkokäyrä pysyisi täysin samana, ei kumpikaan osapuolista maksaisi toiselle suoritusta.
- lasketaan tulokset hyödyntäen samoja korkoskenaarioita, kuin millä laskettiin kappaleen 6.6 mukaiset tulokset.

Laskennan tuloksena saadaan yhtiön ja vastapuolen välisen suorituksen suuruudelle kuvan 6.7.3.2 mukainen jakauma. Tässä jakaumassa on myös huomioitu se kokonaismuutos, mitä yhtiön taseessa tapahtuisi kyseisen korkoskenaariototeutuksessa. Tämä kuva siis olettaa, että yhtiön kirjanpito tapahtuisi myös velat - puolen osalta markkinaehtoisesti. Odotusarvo kuvan mukaisille rahavirroille on -1,7 M€, eli yhtiö olisi siis keskimäärin tasemuutosten jälkeen jäämässä voitonpuolelle. Se, että jakauman hajonta



on niin suuri (7,7 M€) osoittaa sen, että tämä koronvaihtosopimus ei ole yhtiön kannalta suojaava. Samaa asia tukee myös seuraava taulukko, jossa on laskettu näiden suoritus- enimmäistappioita/voittoja. Taulukon mukaisessa yhtiön maksamassa enimmäisriskissä sen lisäksi, että yhtiö kuittaa koronvaihtosopimuksesta vastapuolelle 15,8 M€, toteutuu yhtiön taseessakin vielä 1,6 M€:n korkoriski.

Suoritus (Var 99%)		
	Yhtiöltä vastapuolelle	Vastapuolelta yhtiöön
Var 99%	15,8	22,3
TailVar 99%	17,3	27,2
Markkinaehtoisen taseen muutos		
Sijoitusomaisuus	8,2	-7,6
Vastuuvetka	-9,0	7,4
Pääomalainat	-0,8	0,7
Yhteensä	-1,6	0,5

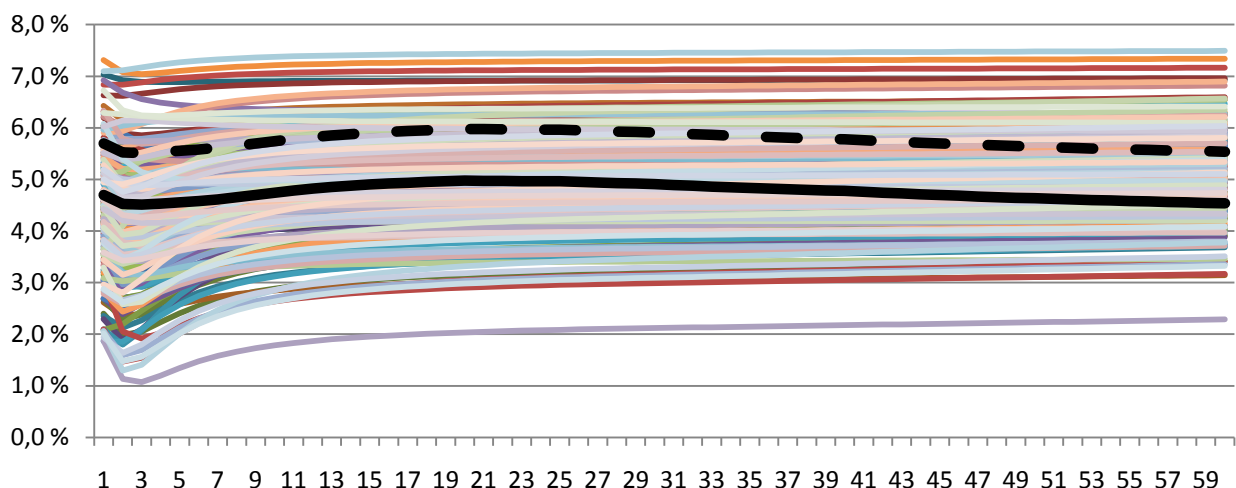
Edellisten kappaleiden esimerkkiyhtiön tapauksessa yhtiön noudattaessa kansallista kirjanpitoa, ei taseen velkapuolen muutoksia saisi huomioitua kirjanpidossa ja mahdollinen koronvaihtosopimuksesta maksettava suoritus siirtyisi siis suoraan tulokseen. Tällöin siis kun korkosalkun arvo kasvaisi, tulisi vastapuolelta yhtiölle suorituksia ja toisinpäin.

6.7.4 Sijoitussalkun suojaus

Edellisessä kappaleessa esitetty koronvaihtosopimus tämän esimerkkiyhtiön tapauksessa ei toiminut markkinaehtoista tasetta suojaavana. Tehdään tässä toisenlainen suojaus, suojaten muutokset korkosalkun puolella koska tulosten perusteella juuri sieltä syntyi yhtiön korkoriski.

Oletetaan että yhtiö ostaa vastapuolelta korko-option sitä vastaan, että korkosalkun arvo laskee yli asetetun rajan. Oletetaan lisäksi, että yhtiön korkosalkun kassavirratt näyttävät samalta vuoden 2008 lopussa kuin miltä ne näyttivät vuoden 2007 lopussa. Koska korkosalkku on kiinteäkorkoista ja nykyarvo oletettiin määräytyvän Euro Swap-korkojen kautta, sidotaan tämä korko-optio Euro Swap - korkoihin. Yhtiön vastapuolelta vuoden 2007 lopussa ostama sopimus siis on, että mikäli Euro Swap - korkotaso ylittää hetkellä 31.12.2008 maturiteettiin i kiinnitetyn korkotason $+\alpha$, niin vastapuoli maksaa yhtiölle sen arvon laskun mikä yhtiön korkosalkun maturiteetin i mukaisessa kassavirrassa k_i tapahtuu tämän kiinnitetyn korkotason $+\alpha$ ylittävältä osalta. Kyseessä on siis korkokattosopimus. Tämä sopimus toteutetaan kaikkien korkosalkun maturiteettien osalta. Oletetaan, että tämä kiinnitetty korkotaso asetetaan edellisen kappaleen tavoin samaksi kuin mikä Euro Swap - korkotaso hetkellä 31.12.2007 oli, merkitään tätä tasoa (luvun 5 mukaisin merkinnöin) $\hat{Y}(\beta(0), 1, i)$. Tätä laskentatehtävää selkeyttää kuva 6.7.4.1, jossa esitetään esimerkin omaisesti 230 korkokäyrärealisaatiota hetkellä 31.12.2008 ja niitä vastaan korkokäyrä hetkellä 31.12.2007 (musta viiva) ja sama 0,5 % korkokatolla (musta katkoviiva). Ne realisaatioista, jotka jollakin maturiteetilla ylittävät esim. 0,5 % suojaustason, pysäytetään laskennassa tälle tasolle, kun yhtiön korkosalkkua diskontataan.

Kuva 6.7.4.1; korkomallin mukaisiin 12/2008 realisaatioihin (230 kpl) toteutettu Euro-swap-suojaus (korkokatto)



Yhtiö voi laskea korkosalkkunsu nykyarvon $K(0, \alpha)$ tämän sopimuksen tekemisen jälkeen seuraavasti:

$$K(0, \alpha) = \sum_{i=1}^{10} \frac{k_i}{(1 + \min\{\hat{y}(\beta(12), 1, i); \hat{y}(\beta(0), 1, i) + \alpha\})^{i-0,5}}$$

missä summa päättyy 10 vuoteen, missä viimeinen yhtiön korkosalkun kassavirroista-kin realisoituu. Betalle annettava parametri 12 tarkoittaa sitä, että kyseessä on vuoden 2008 lopun (12 kuukauden) korkokäyrä.

Lasketaan myös vastapuolen määräämä hinta tällaiselle sopimukselle. Oletetaan että vastapuoli käyttää hintansa perusteena tätä samaa korkomallia, mutta tekee siihen seuraavanlaisen varmuuslisä korjauksen. Mikäli korkotaso ylittää vuoden 2008 lopussa kynnyksen $\hat{Y}(\beta(0), 1, i) + \alpha$, olettaa vastapuoli että kyseiset korkoskenaariot toteutuvat 10 % pahempaan, kuin mitä malli antaa. Sopimus hinnoitellaan tämän jälkeen odotusarvotasolla niiden skenaarioiden joukosta, joissa korkoriski vastapuolelle päin toteutui. Saadaan:

$$P(\alpha) = \mathbb{E}_{\mathbb{C}1}[0 \cdot 1_{R(\alpha)=0} + \mathbb{E}_{\mathbb{C}2}[R(\alpha)] \cdot 1_{R(\alpha)<0}]$$

$$R(\alpha) = \sum_{i=1}^{10} \frac{k_i}{(1 + \hat{y}(\beta(12), 1, i) \cdot 1,1)^{i-0,5} - (1 + \hat{y}(\beta(0), 1, i) + \alpha)^{i-0,5}} \cdot 1_{\hat{y}(\beta(12), 1, i) > \hat{y}(\beta(0), 1, i) + \alpha}$$

Todennäköisyysmitat $\mathbb{C}1$ ja $\mathbb{C}2$ kuvastavat simulaatiovaruutta (voivat olla samatkin) ja satunnaismuuttuja $R(\alpha)$ on määritelty näiden alaisuudessa.

Tämän perusteella saadaan laskettua nyt seuraavat arvot siitä, miten yhtiön taseen korkoriski muuttuu ja mitä yhtiö joutuisi tästä riskin pienentämisestään maksamaan. Alla olevasta taulukosta selviää, että vaikka yhtiö suojausi koko koronnousunsa ($\alpha = 0$), niin joutuisi se raportoimaan korkoriskiä vielä tuon 3,1 M€. Tällöin kuitenkin korkoriski (sivun 28 raporttiin verrattuna) pienenesi 4,4 M€ ja hinta tälle olisi 2,6 M€. Karkeasti näiden lukujen perusteella voisi sanoa, että yhtiölle maksaisi miljoonan se, että saisi vähennettyä korkoriskiä 2 miljoonalla.

Luvut (M€)	Suojaustaso α		
	0 %	0,50 %	1 %
Taseen korkoriski (Var 99 %) suojausten jälkeen	-3,07	-4,58	-5,90
Sopimuksen hinta	2,57	1,32	0,54
Suojauksen vaikutus raportoituun korkorisktiin	4,39	2,88	1,57

Saisiko tuon 3,1 M€:n korkoriskin jotenkin nollattua? Yksi vaihtoehto voisi olla osittainen vastuuvelan suojaus koronvaihtosopimuksella, mutta kuten edellisen kappaleen tuloksista ilmeni, se lähinnä vain lisäisi korkoriskiä tässä tapauksessa. Koitetaan

ylisuojata korkosalkkua, jolloin sen korkoriskiä vähentävää vaikutusta saataisiin kasvatettua. Ajatuksellisesti tämä vastaa tilannetta, että korkosalkun kassavirrat olisivat φ prosenttia suuremmat ja salkku suojattaisiin koron nousulta vastaavasti kuin yllä. Tällöin yllä olevissa kaavoissa korkosalkun rahavirrat k_i korvattaisiin arvolla $\hat{k}_i = k_i \cdot (1 + \varphi)$. Alla olevassa taulukossa on laskettu tätä vastaavat arvot, painotuksella $\varphi = 4 \%$.

Luvut (M€)	Suojaustaso α		
	0 %	0,50 %	1 %
Taseen korkoriski (Var 99 %) suojauksen jälkeen	0,00	-1,52	-2,91
Sopimuksen hinta	2,67	1,37	0,56
Suojauksen vaikutus raportoituun korkorisktiin	7,46	5,94	4,55

Huomataan että tämä riitti pienentämään korkoriskiä siten, että se Var 99 % luottamustasolla pieneni n. 3 M€. Se, että näin pieni korkosalkun lisäpaino riitti poistamaan korkoriskiä näin tehokkaasti, johtuu siitä, että korkoskenaarioiden aiheuttamat muutokset korkosalkussa ovat suuria ja siitä, että korkosalkun koko on suuri suhteessa vastuovelkaan. Suojauksen hintamuutos oli kuitenkin vähäinen (4 %), minkä voi toki laskea yllä olevista kaavoistakin ulos.

Näiden tulosten perusteella esimerkkiyhtiön olisi siis kannattavaa ylisuojata korkosalkkunsaa pienellä painolla. Se mikä suojaustaso koetaan houkuttelevaksi, on kuitenkin riskinottohalukkuuden kysymys ja myös sen mitä halutaan tuloslaskelmalla näkyvän tästä suojauksesta.

7 Yhteenveto

Solvenssi II - ja IFRS- säännösten mukanaan tuoma taseen markkinaehtoistaminen muuttaa kokonaisvaltaisesti henkivakuutusyhtiön korkoriskin käsittelyä ja korkomuu-
tosten mukanaan tuomia muutoksia taseen velat - puolelle. Tällöin on myös selvää, että solvenssi I- vakavaraisuusraja, joka mittaa korkoriskiä vain epäsuorasti ei toimi enää vakavaraisuuden mittarina.

Keskeiseksi tekijäksi korkoriskin hallitsemisen kannalta tuleekin ymmärtää kuinka markkinakorkojen muutokset vaikuttavat markkinaehtoiseen vastuovelkaan. Kun vastuuvelan tulevat rahavirrat ovat selvillä, voidaan diskonttokoron muutoksen vaikutus laskea ulos. Mikäli kuitenkin jo markkinakorkojen muutokset vaikuttavat itse rahavirtojen suuruuteen, tulee laskennasta ja korkomuutosten seurausvaikutuksista monimutkaisempia.

Koko markkinaehtoisen taseen suojaus korkoriskeiltä tulee myös olemaan olennainen kysymys. Riippuen yhtiön korkosalkun koosta ja rakenteesta, muusta sijoitusomaisuudesta, pääomalainoista ja vastuovelkaan liittyvistä oletuksista ja vakuutuskannasta voi kumpi tahansa, markkinakorkojen nousu tai -lasku tuottaa pahemman korkoriskin. Korkoriskin hahmottuessa voidaan sitten sopiva suojaus toteuttaa jos edes halutaan suojautua tältä riskiltä. Tavoiksi korkoriskiltä suojautumiseen löydettiin useita keino-

ja, pääsääntöisesti niin, että mikäli korkoriski syntyy koronnousu skenaarioiden kautta, toteutetaan suojaus omaisuuden puolella, eli suojataan korkosalkku tai muutetaan salkun rakennetta. Koronlaskuun liittyvää korkoriskiä taas suojataan vastuuvelan puolelta, koronvaihtosopimuksilla, ylijäämänjakopolitiikalla tai vakuutuskannan muutoksilla (esim. kannansiirto, riskivakuutukset). Suojauksen toteutuksessa oleellista on kuitenkin löytää ensin koronmuutosten vaikutus koko taseelle, jottei ylisuojata taseen toista puolta ja siirretä korkoriskiä syntymään toiselta puolelta tasetta.

Kappaleessa 5 luotiin korkomalli, joka kuvasi Euro Swap - korkokäyrän kehitystä vuoden 2008 aikana. Tämä malli sidottiin vuosi-inflaatioon ja bruttokansantuotteen vuosimuutokseen, joita kumpiakin myös mallinnettiin vuodelle 2008. Tulokset antoivat korkokäyrälle arvoja hieman alle 1 %:sta reiluun 7 %:iin, niin että muutoksen lyhyissä maturiteeteissa varioivat huomattavasti enemmän. Simuloitu inflaatio pysyi 0 – 5 % haarukassa ja bkt -1 – 7 %:n haarukassa. Sinänsä korkomalli tuotti sellaisia muutoksia korkokäyrän muodossa ja tasossa, mitä kappaleessa 5 siltä vaadittiinkin. Se että Nelson-Siegel approksimaation beta – parametrien estimoinnissa osa hajonnasta selitettiin karkeasti makrotaloudellisten tekijöiden muutoksella, hajotti estimoinnin rakennetta mutta tulosten perusteella pystyttiin kuitenkin perustelemaan sitä että näiden parametrien hajonta ja keskinäinen riippuvuus pysyi estimoidulla tasolla.

Korkoriskin vaikutusta yhtiön vakavaraisuuteen ja tämän vaikutuksen pienentämistä suojaamalla tasetta laskettiin auki kappaleessa 6. Tätä varten hahmoteltiin kuvitteellinen henkivakuutusyhtiö, sen taseen rakenne, vakuutuskanta ja oletukset toiminnasta ja olettamuksista vuoden 2007 lopussa. Tämän jälkeen laskettiin miltä yhtiön markkinaehtoinen tase näyttäisi ja miten siihen liittyviä riskejä raportoitiin ennakoivan vakavaraisuussäännösten valossa, kun korkoriskiä mitattiin standardi kaavan skenaarioilla ja yhtiön korkomallin skenaarioilla. Laskennassa keskityttiin vain korkoriskiin, joka tässä standardikaavassa kohdistui taseelle suurempana koronnoususkenaarioiden johdosta. Huomattiin että korkoriskin vaikutukseen markkinaehtoisessa vastuuvelassa vaikutti suuresti se kuinka yhtiön ylijäämänjako-optiot mitoitettiin. Tässä esimerkkiyhtiön tapauksessa, ne lähes poistivat korkoriskin standardimallissa ja yhtiön omassakin mallissa vaikutukset vastuuvelassa jäivät huomattavasti pienemmiksi kuin mitä ne olivat korkosalkun puolella. Yhtiön oman korkomallin käyttäminen vaikutti tuloksiin siten, että taseen korkoriski kasvoi n. 20 % (1,2 M€:lla) joka johti siihen että myös yhtiön vakavaraisuusvaatimuskin kasvoi n. 5 % (0,7 M€:lla).

Kappaleessa 6.7 käytiin lopuksi läpi sitä kuinka (yhtiön korkomallin mukaisten) laskelmien valossa yhtiön kannattaisi suojautua tältä korkoriskiltä. Havaittiin että mikäli yhtiön ylijäämänjakopolitiikka olisi ollut niukempi, olisi vastuuvelka reagoinut vahvemmin korkosalkun arvonmuutoksiin ja siten vastuuvelan korkoriski olisi pienentynyt 23 prosenttiin alkuperäisestä. Mikäli yhtiö olisi taas tehnyt vastapuolen kanssa koronvaihtosopimuksen, jolla vastuuvelan diskonttaus korko olisi kiinnitetty, olisi tämä tehtyjen oletusten valossa vain lisännyt korkoriskiä. Korkosalkun suojaaminen diskonttauskoron nousulta (arvonalentumiselta) olisi jopa poistanut korkoriskin, mikä tämä olisi toteutettu ylisuojaavana. Pieni ylisuojaus ei lisäksi olisi kuitenkaan nostanut juurikaan tämän option hinta.

VIITTEET

1. Bernadell C, Coche J and Nyholm K; "Yield curve prediction for the strategic investor". ECB working papers No. 472 / April 2005
2. "QIS4 Technical Specifications". CEIOPS Doc 23/07
3. "Vakuutusvalvontaviraston määräys- ja ohjekokoelma. VVV Dnro 2/002/2008
4. Koskela L, Ronkainen V and Puustelli A; "Equity and interest rate models in long-term insurance simulations". Vakuutusvalvontaviraston julkaisuja 2008:1
5. Daykin C. Pentikäinen T and Pesonen M; "Practical risk theory for actuaries. 1994 Chapman & Hall, London
6. Nelson C and Siegel A, 1987; "Parsimonious modeling of yield curves". Journal of Business, Vol. 60, No 4, pp 473-489
7. Taylor J, 1993; "Discretion version policy rules in practice". Carnegie-Rochester conference series on public policy, Vol. 39, pp 195-214
8. Møller T and Steffensen M; "Market-valuation methods in life and pension insurance". Cambridge university press 2007
9. "Internal models benchmark study". 30.1.2009, www.croforum.org
10. Finanssialan keskusliiton tilastojulkaisut, www.fkl.fi