

lupa. lausuma. 10. 11. 1995

Antero Ranne

**SIJOITUSTUOTTOJEN SIMULOINTIMALLIN KÄYTTÖ TEL-YHTIÖN
TOIMINTAPÄÄOMAVAATIMUSTEN TUTKIMISESSA**

**SHV-harjoitustyö
16.6.1995**

Summary

In this paper a stochastic investment model for a pension company is presented. The model is based on the previous work of the Finnish Insurance Modelling Group. The model developed by the group is here updated and extended to be applicable especially for simulating the investments of a Finnish pension insurance company. The model includes inflation, wage index, various interest rates, equities, dividend yields, property values and rental yields.

The investment model is combined with a model for an insurance company managing pensions according to the Finnish obligatory employees' pension system TEL. In this study the stochasticity of the company model is restricted to the price and wage indices and the investment returns; otherwise the calculations are deterministic.

The model is used to simulate the variation of the working capital which, together with the equalization reserve, forms the company's solvency margin. The Finnish Insurance Companies Act prescribes a minimum level for the working capital based on the EU rules for the solvency margin. For a TEL company the minimum is, however, only 10% of this general level. The simulations show this to be clearly too low. The adequate minimum level is shown to depend strongly on the distribution of the company's investments.

Sisällysluettelo

1. Tutkimuksen tavoitteet ja taustaa	1
1.1. Tavoitteet	1
1.2. Sijoitusmalleista	1
1.3. Vakuutusyhtiölain toimintapääomavaatimukset	2
1.4. Toimintapääoman riittävydestä	3
2. Aikasarjamalleista	5
2.1. Määritelmiä ja merkintöjä	5
2.2. Autoregressiivisistä malleista	7
2.3. Mallin parametrien estimointi	8
2.4. Mallin identifiointi	9
2.5. Aikasarjojen simulointi	10
3. Sijoitusmalli	12
3.1. Käytetty tilastoaineisto	12
3.2. Inflaatio	12
3.3. Ansiotaso	17
3.4. Korot	19
3.4.1. Korkotilastot	19
3.4.2. Obligaatiokorot	19
3.4.3. Lyhyet markkinakorot	21
3.4.4. TEL-laskuperustekorko	23
3.4.5. Sijoituslainojen korko	23
3.4.6. Simuloituja korkoja	24
3.4.7. Obligaatioiden arvonmuutokset	25
3.5. Osakkeet	26
3.5.1. Osakkeiden hinnat	26
3.5.2. Osinkotuotto	32
3.6. Kiinteistöt	34
3.6.1. Kiinteistöjen hinnat	34
3.6.2. Kiinteistöjen vuokratuotto	38
4. TEL-yhtiömalli	41
4.1. Yleisiä näkökohtia	41
4.2. Ulkoisen ennusteen käyttö	41
4.3. Muut vastuut ja maksut	43
4.4. Sijoitukset ja niiden tuotto	44
4.5. Toimintapääoman vähimmäismäärä	46
4.6. Ylijäämä	47
4.7. Lisävakutusrahasto ja hyvitykset	48
4.8. Toimintapääoma	49
4.9. Takaisinlainaus	49
4.10. Sijoitusten jakauma	51
5. Mallin tuloksia	55
5.1. Yleisiä tuloksia	55
5.2. Toimintapääomalaskelmia	58
Kiitokset	68
Lähdeluettelo	69

1. Tutkimuksen tavoitteet ja taustaa

1.1. Tavoitteet

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on:

1. esittää sijoitustuottojen simulointimalli, joka on määritelty erityisesti TEL-yhtiön näkökulmasta;
2. käyttää tätä mallia TEL-yhtiöiden toimintapääomavaatimusten riittävyyden tutkimiseen.

Toimintapääoman vaihtelun arvioimiseksi sijoitusmalli yhdistetään koko TEL-yhtiötä kuvaavaan malliin. Stokastisuus rajoitetaan sijoitustuottoihin sekä inflaation ja ansiotason kasvun vaihteluun ja muilta osin TEL-yhtiömalli määritellään deterministiseksi. Koska toimintapääoman vaihtelu johtuu suurelta osin juuri sijoitustuotoista, voidaan mallin simulointituloksia käyttää toimintapääoman riittävyyden arviointiin.

1.2. Sijoitusmalleista

Simulointimalleja on sovellettu vakuutusyhtiöiden vakavaraisuusmääräysten arvioimiseen useassa tutkimuksessa 1980-luvulta lähtien. Suomessa asiaa on selvitetty kolmessa työryhmässä: vahinkovakuutuksen solvenssityöryhmä (muistio 1981), eläkevakuutuksen tasoitusvastuutyöryhmä (1987) ja henkivakuutuksen solvenssityöryhmä (1992).

Varhaisimmissa suomalaisissa tutkimuksissa ei sijoitustuottojen vaihtelun osuutta yhtiön vakavaraisuuteen pidetty keskeisenä tekijänä eikä sitä käsitelty simulointiteknikalla. Ensimmäisen yksityiskohtaisen investointimallin kehitti A. D. Wilkie Englannissa vuonna 1984 (Wilkie, 1986). Tätä Wilkien mallia on käytetty vakavaraisuustutkimuksiin mm. Englannin henkivakuutuksen solvenssityöryhmässä (Life Assurance Working Party vuodelta 1984).

Suomessa sijoitustuottojen stokastisuus on liitetty simulointimalliin teoksessa Pentikäinen et al.: Insurance Solvency and Financial Strength (1989) sekä henkivakuutuksen solvenssityöryhmän mallissa. Tämän jälkeen investointimallia on kehittänyt 6T-ryhmä eli Finnish Insurance Modelling Group (T. Pentikäinen, H. Bonsdorff, M. Pesonen, T. Pukkila, J. Rantala, M. Ruohonen sekä sihteereinä S. Sarvamaa ja A. Ranne). Ryhmän tuloksia on julkaistu artikkeleissa Pentikäinen et al.: On the Asset Models as part of All-Company Insurance Analysis (1994) ja Pentikäinen et al.: On Stochastic Insurance Company Models (1995) sekä erityisesti inflaatiomallista artikkelissa Pukkila et al.: On Stochastic Modeling of Inflation (1994).

Tiivistelmä eräistä sijoitusmalleista esitetään kirjassa C. D. Daykin, T. Pentikäinen, M. Pesonen: Practical Risk Theory for Actuaries (1994).

Tässä kirjoituksessa esiteltävä sijoitusmalli perustuu 6T-ryhmässä tehdyn työn tuloksiin. Mallia on joissakin yksityiskohdissa täydennetty siitä, mitä edellä mainituissa julkaisuissa on kuvattu. Mallin rakenne ja sen parametrien arvot on perusteltu yksityiskohtaisemmin, kuin aikaisemmissa artikkeleissa on ollut mahdollista. Tässä tutkimuksessa sijoitusmalli on määritelty erityisesti Suomen tilastoaineistoon perustuen, joskin eräissä yksityiskohdissa on käytetty hyväksi myös muiden maiden aineistosta tehtyjä laskelmia. Koska tarkoituksena on simuloida nimenomaan TEL-yhtiötä, on aikaisempiin malleihin lisätty myös TEL-takaisineläinlainauksen ja sijoituslainauksen tuottoja kuvaava osuus.

Mallia käytetään tässä tutkimuksessa sijoitustuottojen simuloimiseen, millä pyritään selvittämään tuottojen vaihtelun vaikutusta toimintapääoman riittävyyteen. Tarkoituksena ei ole, niin kuin ei tämänkaltaisissa tutkimuksissa yleensäkaan, ennustaa sijoitustuottojen lähiajan kehitystä. Tästä syystä ei mallin kehittämisessä ole edes kiinnitetty huomiota ennustetarkkuuteen, vaan päämääränä on ollut luoda malli, jossa tuottojen vaihtelu on pitkällä aikavälillä realistinen.

1.3. Vakuutusyhtiölain toimintapääomavaatimukset

Vakuutusyhtiölain mukaan toimintapääomalla tarkoitetaan sitä määrää, jolla vakuutusyhtiön varat ylittävät sen velat arvioituna sosiaali- ja terveysministeriön määrittämien perusteiden mukaan.

Toimintapääomaan sisältyviä keskeisiä eriä ovat yhtiön oma pääoma, varaukset ja omaisuuden arvostuserot.

Vakuutusyhtiölaissa säädetään toimintapääomalle vähimmäismäärä. Tämä saadaan TEL-yhtiölle laskemalla 4 % vakuutusmaksuvastuun ja alkaneiden eläkkeiden korvausvastuun summasta ja lisäämällä tähän 18 % TEL-maksun työkyvyttömyys- ja työttömyyseläkeosista. Siltä osin, kuin maksu ylittää 60 miljoonaa markkaa, siitä otetaan huomioon vain 16 %. (TEL-lisäeläkevakuutus jätetään tässä tarkastelun ulkopuolelle.) Vähimmäismäärää laskettaessa TEL-liikkeestä otetaan kuitenkin huomioon vain 10 %. YEL-liikettä ei oteta huomioon lainkaan.

Laki sisältää myös määräyksiä siitä, kuinka jälleenvakuutus vaikuttaa toimintapääoman vähimmäismäärään. Koska TEL-liikkeessä jälleenvakuutuksen merkitys on hyvin vähäinen, se jätetään tässä tutkimuksessa tarkastelun ulkopuolelle.

Vakuutusyhtiölaki määrittelee lisäksi käsitteen takuumäärä, joka on suuruudeltaan kolmasosa toimintapääoman vähimmäismäärästä, kuitenkin TEL-yhtiössä vähintään 4,8 miljoonaa markkaa. Vakuutusyhtiön oman pääoman on oltava vähintään puolet takuumäärästä.

Näiden määrien alittaminen johtaa lain mukaan erityistoimiin. Jos yhtiön toimintapääoma alittaa vähimmäismäärän, sen on viipymättä toimitettava sosiaali- ja terveysministeriölle hyväksyttäväksi yhtiön taloudellisen aseman tervehdyttämissuunnitelma. Jos toimintapääoma alittaa vielä takuumääränkin tai jos yhtiön oma pääoma ei ole vähintään puolet takuumäärästä, on ministeriön hyväksyttäväksi toimitettava viipymättä lyhyen aikavälin rahoitus suunnitelma. Ellei näissä suunnitelmissa esitetyjä toimenpiteitä pystytä toteuttamaan asetetussa määräajassa, voidaan yhtiön toimilupa peruuttaa.

Vakuutusyhtiölain mukainen toimintapääoman vähimmäismäärän laskentasääntö perustuu rakenteeltaan EU:n direktiiviin, mutta sitä on muunneltu Suomen oloihin. Erityisesti TEL-yhtiöille on hyväksytty yleistä sääntöä alempi taso määräyksellä, jonka mukaan TEL-liikkeestä otetaan huomioon vain 10 %. Tämä osuus otettiin lakiin, jotta vähimmäismäärä säilyisi suunnilleen aikaisemman lain mukaisella tasolla. Tason riittävydestä on kuitenkin esitetty yleisesti epäilyjä, ja tätä kysymystä on tarkoitettu selvittää tässä tutkimuksessa.

1.4. Toimintapääoman riittävydestä

Vakuutusyhtiön tulokseen vaikuttavia satunnaisia tekijöitä ovat mm. vahinkoliikkeen tulos, sijoitustuottojen vaihtelu, virheet vakuutusmaksun ennakolta määrittämisessä ja hoitokustannusten vaihtelu. Toimintapääoma on käytössä puskurina tasamaan yhtiön tuloksen heilahteluja ja tässä tarkoituksessa sen määrälle on laissa asetettu vähimmäisvaatimuksia.

Samanlainen tehtävä on myös vastuuvélkaan sisältyvällä tasoitusvastuulla, joka on erityisesti tarkoitettu yhtiön omalla vastuulla olevan vahinkoliikkeen tuloksen tasottamiseen. TEL-yhtiössä voidaan lisäksi katsoa tasausvastuun toimivan puskurina eläkemenon yhteisesti kustannettavan osuuden heilahtelujen ja tasausmaksun määrittämisessä tapahtuvien virheiden varalta. Siksi voidaan ajatella, että toimintapääoman pääasialliseksi tehtäväksi jää varautua sijoitustuottojen heilahteluihin. Aikaisemmat simulointitutkimukset ovat lisäksi osoittaneet, että vakuutusyhtiön solvenssimarginaalin vaihteluista huomattava osa riippuu juuri sijoitustuotoista (esim. Pentikäinen et al., 1995).

Tässä kirjoituksessa esitettävässä TEL-yhtiön simulointimallissa satunnaisuus on rajoitettu pelkästään sijoitustuottoihin sekä inflaation ja ansiotason vaihteluun. Muilta osin malli lasketaan deterministisesti. Edellisten huomautusten nojalla voidaan kuitenkin pitää uskottavana, että tästä rajoituksesta huolimatta mallilla voidaan saada käyttökelpoisia tuloksia toimintapääoman riittävydestä.

Kun toimintapääoma täyttää vähimmäisvaatimuksen, pitäisi yhtiön varojen ylittää velat suurella todennäköisyydellä vielä tietyn pituisen ajan eteenkinpäin. Tässä tutkimuksessa täksi tarkasteluajaksi on valittu yksi vuosi. Pitempääkin aikaväliä voitaisiin pitää perusteltuna; esimerkiksi henkisolvenssityöryhmä valitsi tarkastelu-

väliksi kolme vuotta. Aikavälin pidentämisen sijaan on tässä kuitenkin valittu vaihtoehtoinen tarkastelutapa, jossa tutkitaan, millä todennäköisyydellä toimintapääoma pysyy vuoden kuluessa nollassa korkeamman rajan, takuumäärän yläpuolella.

Toimintapääoman vähimmäismäärän tehtävänä on taata varojen riittäminen vakuutetuille tarkoitettujen etuuksien maksamiseen. Se ei kuitenkaan vielä riitä turvaamaan yhtiön toiminnan jatkuvuutta, mikä vaatii selvästi korkeamman toimintapääoman tason. Myös tätä kysymystä tarkastellaan lyhyesti tämän kirjoituksen lopussa.

2. Aikasarjamalleista

2.1. Määritelmiä ja merkintöjä

Tässä tutkimuksessa käsiteltävät, mm. sijoitustuottoja tai TEL-yhtiön tilaa kuvaavat muuttujat esitetään aina vuositasona: ne ovat joko vuosikeskiarvoja tai kuvaavat vuoden lopun tilannetta. Toisin sanottuna aikasarjat ovat diskreettejä ja havaintojen aikaväli on yksi vuosi.

Esimerkki aikasarjamallista on kertalukua p oleva autoregressiivinen malli, AR(p)-malli

$$x(t) = \phi_1 x(t-1) + \phi_2 x(t-2) + \dots + \phi_p x(t-p) + \varepsilon(t), \quad (2.1.1)$$

missä muuttujan $x(t)$ arvo riippuu aikaisemmista arvoista sekä satunnaistermistä $\varepsilon(t)$. Käyttämällä viiveoperaattoria B , jonka määritelmä on

$$Bx(t) = x(t-1) \quad \text{ja} \quad B^k x(t) = x(t-k), \quad (2.1.2)$$

voidaan kaava (2.1.1) kirjoittaa muotoon

$$x(t) = \phi_1 Bx(t) + \phi_2 B^2 x(t) + \dots + \phi_p B^p x(t) + \varepsilon(t) \quad \text{tai} \quad (2.1.3)$$

$$\phi(B)x(t) = \varepsilon(t),$$

missä $\phi(B)$ kuvaa polynomia

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p. \quad (2.1.4)$$

Malli voi sisältää myös liukuvan keskiarvon termejä, jotka riippuvat satunnaisvaihtelun $\varepsilon(t)$ aikaisemmista arvoista:

$$x(t) = \phi_1 x(t-1) + \dots + \phi_p x(t-p) + \varepsilon(t) + \theta_1 \varepsilon(t-1) + \dots + \theta_q \varepsilon(t-q). \quad (2.1.5)$$

Tämä voidaan esittää muodossa

$$\phi(B)x(t) = \theta(B)\varepsilon(t), \quad (2.1.6)$$

missä $\theta(B)$ on polynomi

$$\theta(B) = 1 + \theta_1 B + \dots + \theta_q B^q. \quad (2.1.7)$$

Tällaisesta autoregressiivisestä liukuvan keskiarvon mallista käytetään merkintää ARMA(p, q). Kaava (2.1.6) voidaan kirjoittaa myös muodossa

$$x(t) = \frac{\theta(B)}{\phi(B)} \varepsilon(t). \quad (2.1.8)$$

Mallia (2.1.8) voidaan edelleen laajentaa siten, että tarkasteltavan muuttujan arvo riippuu lisäksi jonkin tai joidenkin muiden muuttujien samanaikaisista tai aikaisemmista arvoista. Seuraavaan kaavaan on lisätty muuttuja $y(t)$ sekä lisäksi keskiarvo-termi μ :

$$x(t) = \mu + \frac{\omega(B)}{\delta(B)} y(t) + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} \varepsilon(t). \quad (2.1.9)$$

Tässä myös $\omega(B)$ ja $\delta(B)$ ovat operaattorin B polynomeja. Tämän tyyppisiä malleja, jotka voivat sisältää useampiakin muuttujia, sanotaan siirtofunktio-kohinamalleiksi.

Tässä tutkimuksessa käytetään usein kaavoja, jotka sisältävät eksponentiaalisen tasoituksen jostakin muuttujasta. Muuttuja $x(t)$ saadaan eksponentiaalisella tasoituksella muuttujasta $y(t)$ parametrilla δ käyttämällä kaavaa

$$x(t) = \delta y(t) + (1 - \delta)x(t-1) = \sum_{k=0}^{\infty} \delta(1 - \delta)^k y(t-k), \quad (2.1.10)$$

mikä voidaan kirjoittaa myös muotoon

$$x(t) = \frac{\delta}{1 - (1 - \delta)B} y(t). \quad (2.1.11)$$

Malleissa käytetään useasti differenssioperaattoria ∇ , jonka määrittelee kaava

$$\nabla x(t) = (1 - B)x(t) = x(t) - x(t-1). \quad (2.1.12)$$

Kun ARMA(p,q)-mallia sovelletaan muuttujaan, johon on tehty d kappaletta differentiointeja, saadaan ARIMA(p,d,q)-malli

$$\nabla^d x(t) = \frac{\theta(B)}{\phi(B)} \varepsilon(t). \quad (2.1.13)$$

Differentioinnin tarkoituksena on tavallisesti muuntaa aikasarja stationääriseksi, jolloin sen tilastolliset ominaisuudet (mm. keskiarvo ja hajonta) eivät muutu ajan kuluessa. Toisinaan voidaan käyttää myös jotakin muuta muunnosta, esimerkiksi logaritmia. Esimerkki logaritmin ja differentioinnin yhdistämisestä on ns. logaritminen kasvu, jonka määrittelee kaava

$$i(t) = \ln \frac{I(t)}{I(t-1)} = \nabla \ln I(t), \quad (2.1.14)$$

missä $I(t)$ on jokin määrää kuvaava muuttuja (usein indeksipisteluku). Likimääräisesti logaritminen kasvu on sama kuin tavallisempi kasvuluku

$$i^*(t) = \frac{I(t)}{I(t-1)} - 1, \quad (2.1.15)$$

joka on tavanomaisen muutosprosentin sadasosa. Kun kasvu ei ole huomattavan suuri, eivät kasvuluvut poikkea toisistaan merkittävästi, mikä nähdään kaavasta

$$i(t) = \ln \frac{I(t)}{I(t-1)} = \ln(1 + i^*(t)) \approx i^*(t). \quad (2.1.16)$$

Logaritmisella kasvulla on matemaattisesti joitakin etuja, joiden takia sitä käytetään tässä tutkimuksessa:

- Tavanomainen kasvu vaihtelee välillä $(-1, \infty)$, kun taas logaritmisen kasvun vaihteluväli on $(-\infty, \infty)$. Tästä syystä logaritmistä kasvua voi olla helpompi mallittaa symmetrisillä tai lähes symmetrisillä jakaumilla.
- Logaritminen kasvu on additiivinen: usean periodin kasvu saadaan suoraan yksittäisten periodien kasvun summana. Tämä yksinkertaistaa esimerkiksi keskimääräisen kasvun laskentaa, joka saadaan käyttämällä aritmeettista keskiarvoa. Toinen esimerkki on reaalikasvu, joka voidaan laskea suoraan nimelliskasvun ja inflaation erotuksena (ks. luku 3.3).

Vaikka tämän kirjoituksen kaavoissa käytetään yksinomaan logaritmistä kasvua, numeeriset tulokset esitetään silti usein havainnollisuuden vuoksi muunnettuna kasvuprosenteiksi.

2.2. Autoregressiivisistä malleista

Luvussa 3 kuvattavassa sijoitusmallissa käytetään useassa kohden autoregressiivisiä osamalleja

$$\phi(B)x(t) = \varepsilon(t), \quad (2.2.1)$$

jotka käytännössä ovat kertalukua 1 tai 2. Seuraavassa esitetään lyhyesti eräitä näiden keskeisiä ominaisuuksia (esim. Harvey (1991a) luku 2.2).

Malli (2.2.1) on stationäärinen, jos polynomin $\phi(B)$ juuret ovat yksikköympyrän ulkopuolella. Ensimmäisen kertaluvun mallin

$$x(t) = \phi_1 x(t-1) + \varepsilon(t) \quad (2.2.2)$$

tapauksessa tämä merkitsee ehtoa $|\phi_1| < 1$. Toisen kertaluvun mallin

$$x(t) = \phi_1 x(t-1) + \phi_2 x(t-2) + \varepsilon(t) \quad (2.2.3)$$

stationäärisyysehdoksi saadaan

$$\phi_1 + \phi_2 < 1, \quad \phi_1 - \phi_2 > -1, \quad \text{ja} \quad \phi_2 > -1. \quad (2.2.4)$$

Jos lisäksi on voimassa ehto

$$\phi_1^2 + 4\phi_2 < 0, \quad (2.2.5)$$

niin aikasarjassa esiintyy jaksollisuutta, jonka frekvenssin ω määrittelee kaava

$$\tan \omega = \sqrt{-1 - 4\phi_2/\phi_1^2}. \quad (2.2.6)$$

Jakson aallonpituus on tällöin

$$T = 2\pi/\omega. \quad (2.2.7)$$

2.3. Mallin parametrien estimointi

Tarkastellaan esimerkiksi siirtofunktio-kohinamallia tyyppiä

$$x(t) = \mu + \frac{\omega(B)}{\delta(B)} y(t) + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} \varepsilon(t). \quad (2.3.1)$$

Oletetaan tässä, että mallin parametrien lukumäärät (siis kaavan (2.3.1) polynomien $\theta(B)$, $\phi(B)$, $\omega(B)$ ja $\delta(B)$ asteet) on annettu ja tehtävänä on estimoida niiden arvot, kun kaavan aikasarjamuuttujien $x(t)$ ja $y(t)$ arvot tunnetaan.

Käytetään mallin parametreista merkintää $\alpha_1, \dots, \alpha_p$. Mallin kaavasta (2.3.1) voidaan ratkaista residuaalitermi $\varepsilon(t)$, joka riippuu tunnettujen muuttujien arvoista sekä mahdollisesti myös joistakin omista edeltävistä arvoistaan $\varepsilon(t-1), \varepsilon(t-2), \dots$. Jos parametrien arvoina käytetään lukuja $\hat{\alpha}_1, \dots, \hat{\alpha}_p$, voidaan laskea näitä vastaavat residuaalien arvot

$$\hat{\varepsilon}(t) = \varepsilon(t, \hat{\alpha}_1, \dots, \hat{\alpha}_p). \quad (2.3.2)$$

Tässä tutkimuksessa parametrien arvot estimoidaan pyrkimällä minimoimaan residuaalien neliösumma iteroimalla. Tässä on käytetty yleensä Gauss - Newton-menetelmää (Harvey (1981b) luku 4.4), joka seuraavassa kuvataan lyhyesti.

Oletetaan, että laskennan kuluessa on saatu parametreille arvot $\hat{\alpha}_1, \dots, \hat{\alpha}_p$, joita seuraavassa iterointivaiheessa pyritään parantamaan. Tätä varten lasketaan residuaalin osittaisderivaatat parametrien suhteen $\partial \varepsilon(t)/\partial \alpha_k$. Yhtälöstä

$$\varepsilon(t, \hat{\alpha}_1, \dots, \hat{\alpha}_p) = \sum_{k=1}^p -\delta_k \frac{\partial \varepsilon(t, \hat{\alpha}_1, \dots, \hat{\alpha}_p)}{\partial \alpha_k} \quad (2.3.3)$$

ratkaistaan kertoimet $\delta_1, \dots, \delta_p$ tavallisella lineaarisella regressiolla. Lukuja δ_k käytetään nyt mallin parametrien korjaustermeinä: $\alpha_k^* = \hat{\alpha}_k + \delta_k$. Tarvittavien iterointikierrosten määrää voidaan vielä usein supistaa merkittävästi käyttämällä tämän sijasta kaavaa

$$\alpha_k^* = \hat{\alpha}_k + \lambda \delta_k, \quad (2.3.4)$$

missä kerroin λ haetaan pyrkimällä minimoimaan neliösumma

$$S(\lambda) = \sum_t \varepsilon(t, \hat{\alpha}_1 + \lambda \delta_1, \dots, \hat{\alpha}_p + \lambda \delta_p)^2 \quad (2.3.5)$$

jollakin yhden muuttujan minimointimenetelmällä (esimerkiksi kvadraattisella sovituksella, Luenberger (1984) luku 7.2).

Kuvattulla menetelmällä saadaan tässä kirjoituksessa esiintyvien aikasarjamallien parametrit estimoiduksi kokemuksen mukaan useimmiten suhteellisen tehokkaasti.

2.4. Mallin identifiointi

Valittaessa sovellettavaa aikasarjamallia joudutaan ratkaisemaan mm. seuraavia seikkoja:

- malliin sisällytettävät muuttujat,
- muuttujien muunnokset esimerkiksi differentioimalla ja logaritmillä,
- parametrien lukumäärät (polynomien asteet kohdan 2.1 kaavoissa).

Tässä tutkimuksessa on parametrien lukumäärän valintaan käytetty ns. BIC-kriteeriä, jonka G. Schwarz ja J. Rissanen ovat kehittäneet toisistaan riippumatta vuonna 1978. Menetelmä perustuu siihen, että estimoidaan residuaalien varianssi kullekin valittujen parametrien joukolle. Luonnollisesti varianssi pienenee aina, kun parametrejä lisätään. BIC-testi sisältää siksi toisen termin, joka "rankaisee" parametrien lisäämisestä. Jos aikasarjan pituus on n , mallin parametrejä on p kappaletta $\alpha_1, \dots, \alpha_p$ ja näitä vastaavien residuaalien varianssiksi on estimoitu $\hat{\sigma}_e^2$, niin BIC-kriteeri lasketaan kaavalla

$$BIC(\alpha_1, \dots, \alpha_p) = n \ln \hat{\sigma}_e^2 + p \ln n. \quad (2.4.1)$$

Parametrien määrä valitaan siten, että näin laskettu termi saavuttaa minimiarvonsa.

Menetelmän eräs ongelma on siinä, että usein on tarpeen testata hyvin monta vaihtoehtoa. Jos esimerkiksi ARMA(p,q)-mallissa kokeillaan vaihtoehtoja $p = 0, 1, \dots, p^*$ ja $q = 0, 1, \dots, q^*$, joudutaan estimoimaan $(p^* + 1)(q^* + 1)$ mallia. Lisäksi ylärajojen p^* ja q^* valinta ei useinkaan ole ennakolta selvää. Monimutkaisemmissa siirtofunktio - kohinamalleissa estimointien määrä kasvaa vieläkin suuremmaksi.

Tässä tutkimuksessa monimutkaiset mallit on usein identifioitu vaiheittain, mikä pienentää BIC-testin vaatimien estimointien määrää. Ensimmäisessä vaiheessa on esimerkiksi selvitetty tutkittavan muuttujan riippuvuus tietyistä selittävistä muuttujasta ja jäännöstermeihin on sitten vielä sovellettu AR-mallia (tätä menettelyä on käytetty useimmissa luvun 3 sijoitustuottojen malleissa).

BIC-testiä on myös käytetty ratkaisemaan käytännössä se kysymys, onko jokin aikasarja syytä ottaa mallin selittäväksi muuttujaksi. Jos nimittäin kaikki tarkasteltavaan muuttujaan liittyvät parametrit jäävät testissä pois mallista, ei muuttujan vaikutusta pidetä merkitseväenä.

Eräs käytännön ongelma on siinä että tämän kirjoituksen luvussa 3 tutkittavat aikasarjat ovat suhteellisen lyhyitä - enimmillään noin 45 havaintoa. Joissakin tapauksessa käy siten, että yhden uuden havainnon liittäminen tilastoihin muuttaa BIC-testillä valittavat parametrit toisiksi. Koska testin luotettavuus lyhyitä aikasarjoja tutkittaessa on epävarma, ei testiä ole sovellettu mekaanisesti, vaan tulosten mielekkäisyys on harkittu vielä erikseen. Lopullisena kriteerinä on mallin antamien simulointitulosten järjestyminen.

2.5. Aikasarjojen simulointi

Kun mallin identifiointi on suoritettu, voidaan saatua kaavaa käyttää tutkittavan muuttujan simuloimiseen. Jos tämä on esimerkiksi siirtofunktio - kohinamalli tyypistä

$$x(t) = \mu + \frac{\omega(B)}{\delta(B)} y(t) + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} \varepsilon(t), \quad (2.5.1)$$

on ensiksi simuloitava selittävä muuttuja $y(t)$. Tässä tutkimuksessa muuttujien riippuvuussuhteet on oletettu aina yksisuuntaisiksi, joten ne voidaan simuloida järjestyksessä yksi kerrallaan. Residuaalitermit $\varepsilon(t)$ lasketaan satunnaislukujen avulla, minkä jälkeen muuttuja $x(t)$ voidaan laskea kaavasta (2.5.1) käyttäen valittuja parametrien arvoja.

Satunnaistermiä laskettaessa lähdetään liikkeelle käytetyn ohjelmointikielen (IBM:n APL2) tuottamista satunnaisluvuista, joita käytetään välillä (0,1) tasaisesti jakaantuneiden satunnaislukujen tuottamiseen. Normaalijakaantuneiden satunnaislukujen laskemiseen käytetään Box - Muller-algoritmia

$$s = \sqrt{-2 \ln r_1} \cos(2\pi r_2), \quad (2.5.2)$$

missä r_1 ja r_2 ovat tasaisesti jakaantuneita välillä (0,1). Luku s on tällöin satunnaisluku normaalijakaumasta, jonka odotusarvo on 0 ja hajonta 1. Muunnoksella

$$s' = \mu + \sigma s \quad (2.5.3)$$

saadaan tästä normaalijakaantuneita satunnaislukuja, joilla on odotusavo μ ja hajonta σ .

Käytännössä osoittautuu, että useiden tarkasteltavien aikasarjamallien residuaaleilla on selvästi nolasta poikkeava vinous. Tämä otetaan huomioon simuloinnissa laske-
malla satunnaislukuja, joiden odotusarvo on 0, varianssi 1 ja vinous $\gamma \neq 0$, Wilson -
Hilferty-kaavalla

$$s = a(r - b)^3 - c \quad (2.5.4)$$

$$a = \gamma^2/108, \quad b = (\gamma/6) - (6/\gamma) \quad \text{ja} \quad c = 2/\gamma,$$

missä r on $N(0,1)$ -satunnaisluku. Muunnoksella (2.5.3) saadaan tästä satunnaisluku-
ja, joilla on odotusavo μ , hajonta σ ja vinous γ .

3. Sijoitusmalli

3.1. Käytetty tilastoaineisto

Sijoitusmallin kehittämisessä 6T-ryhmässä on käytetty 12 maasta koottua tilastoaineistoa, joka on pääosin saatu Kansainvälisen valuuttarahaston (IMF) vuosikirjoista International Financial Statistics. Tästä julkaisusta on otettu myös Suomea koskeva aineisto siltä osin, kun se on ollut saatavissa. Tässä tutkimuksessa käsiteltävistä aikasarjoista inflaatio, osakeindeksi ja lyhyet markkinakorot on poimittu IMF:n tilastokirjoista.

Muilta osin tilastoaineisto on koottu kotimaisista lähteistä. Tiedot Suomen valtion obligaatioiden koroista on saatu Tilastokeskuksen korkotilastoista, joista ovat peräisin myös osinkotuotto prosentit. Sijoituslainojen korkoja on julkaissut Työeläkelaitosten liitto. Tilastokeskuksen julkaisuista on saatu myös ansiotasoindeksi sekä asuntojen hinta- ja vuokratiedot. Toimistotilojen hinnoista on saatu aikasarja Huoneistokeskukselta.

Kaikki käsiteltävät tilastot ovat vuositason tietoja, useimmiten vuosikeskiarvoja. Tiedot on pyritty mahdollisuuksien mukaan kokoamaan vuodesta 1950 lähtien. Tätä vanhempia lukuja ei analyysihin ole katsottu olevan järkevää ottaa, koska sota-aika ja sitä välittömästi seuraavat vuodet ovat olleet taloudessa selvästi poikkeuksellisia. Toisaalta aikasarjojen tulisi olla mahdollisimman pitkiä tulosten luotettavuuden takia. Useista tutkittavista muuttujista ei ole kuitenkaan ollut saatavissa tietoja niin pitkältä ajalta, kuin olisi toivottavaa.

Keskeinen ongelma analyysissä on se, että menetelmien luotettavuus edellyttäisi pitkiä tilastoja, mutta olosuhteet ovat voineet ajan mittaan muuttua siten, että vanhojen lukujen käyttökelpoisuus kuvaamaan nykyistä tilannetta on kyseenalainen. Tästä esimerkkinä on korkotaso, jonka vaihtelu aikaisemman korkosäätelyn aikana oli huomattavasti nykyistä vaimeampaa. Tämän takia seuraavissa tarkasteluissa ei analyysin tuloksia ole aina viety suoraan simulointimalliin, vaan saatuja parametrien arvoja on voitu muuttaa harkinnanvaraisesti.

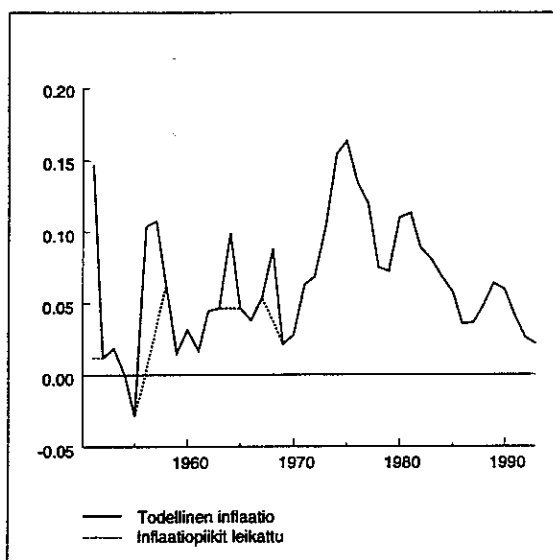
Seuraavassa tarkastellaan sijoitustuottoja lajeittain. Tilastojen analysoinnin jälkeen kustakin muuttujasta esitetään vielä tiivistelmänä simulointimallissa käytettävät kaavat ja parametrien arvot.

3.2. Inflaatio

Tässä esitelty inflaatiomalli perustuu artikkeliin Pukkila et al. (1994). Inflaatio lasketaan elinkustannusindeksistä $I(t)$ kaavalla

$$i(t) = \ln \frac{I(t)}{I(t-1)}. \quad (3.2.1)$$

Tämä vastaa likimääräisesti tavanomaisen inflaatioprosentin sadasosaa (ks. luku 2.1.). Suomen inflaatio vuosina 1951 - 1993 on esitetty kuviossa 3.2.1.



Kuvio 3.2.1 Suomen inflaatio 1951 - 1993

Mallissa inflaatiolla ajatellaan olevan kiinteä perustaso μ , johon se pyrkii palaamaan satunnaisten poikkeamien jälkeen. Yksinkertaisin tällainen inflaatiomalli on tyyppiä AR(1):

$$i(t) = \mu + \phi [i(t-1) - \mu] + \varepsilon_{\text{inf}}(t) \quad \text{eli} \quad (3.2.2)$$

$$i(t) = \mu + \frac{1}{1 - \phi B} \varepsilon_{\text{inf}}(t),$$

jossa parametri ϕ määrää sen, kuinka nopeasti perustasoa lähestytään. Tämä malli on yleisesti käytössä inflaation simuloinnissa (esim. Wilkie, 1986).

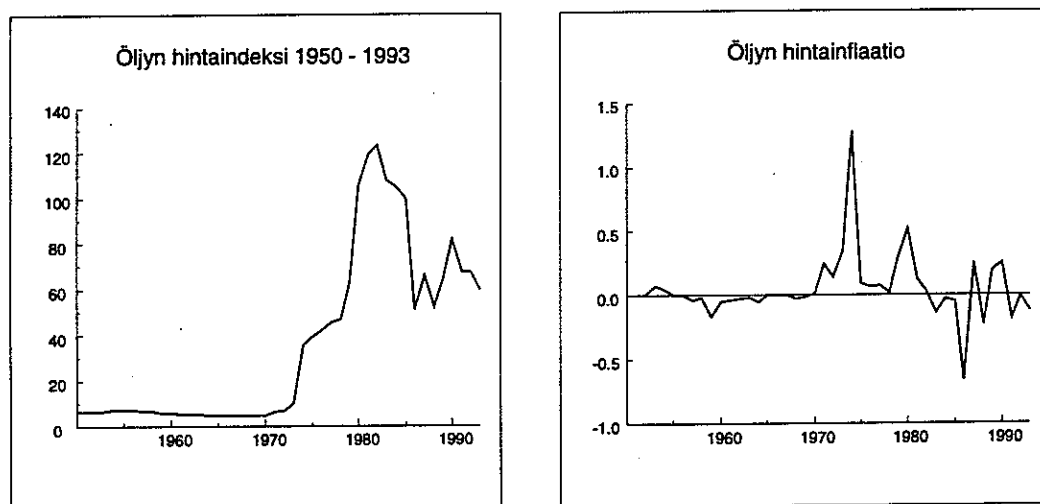
Mallia pyrittiin parantamaan sen huomion perusteella, että inflaatiossa näyttää esiintyvän ajoittain tavallista voimakkaampia positiivisia heilahteluja, ns. shokkeja. Suomen inflaatioshokit näyttävät olevan kahdenlaisia. Toiset näistä nostavat inflaatiota tilapäisesti 1 - 2 vuotena ilman pysyvää vaikutusta (näitä sanotaan jatkossa additiivisiksi shokeiksi). Niiden syitä ovat olleet vuonna 1951 Korean sodan nousu-suhdanne, vuosina 1956 - 1957 säännöstelyn purkaminen, jota seurasi yleislakko ja devalvaatio, vuonna 1964 liikevaihtoveron voimaantulo ja vuonna 1967 devalvaatio. Kuviossa 3.2.1 on katkoviivalla osoitettu se inflaation taso, josta nämä piikit on leikattu pois.

Shokit vuosina 1974 ja 1980 ovat toisenlaisia: niiden vaikutus on selvästi pitkäaikaisempaa ja paluu perustasolle tapahtuu hitaasti. Inflaation kiihtyminen näinä vuosina on öljykriisien seurausta.

Tämän perusteella malliin lisättiin selittävänä muuttujana öljyn hinta. Kuviossa 3.2.2 on esitetty raakaöljyn hintaindeksi $I_{oil}(t)$ sekä siitä laskettu öljyn hintainflaatio

$$i_{oil}(t) = \ln \frac{I_{oil}(t)}{I_{oil}(t-1)}. \quad (3.2.3)$$

Öljyn hintaindeksi on laskettu yhdistämällä IMF:n tilastoista saadut raakaöljyn tynnyrihintaa Saudi-Arabiassa 1950 - 1952 ja keskimääräinen spot-hinta 1953 - 1993 ja normeeraamalla arvoksi 100 vuonna 1985.



Kuvio 3.2.2 Öljyn hintaindeksi ja -inflaatio

Inflaatiomalli muodostetaan vähentämällä aluksi additiiviset shokit $S_1(t)$ kuvion 3.2.1 katkoviivan mukaisesti:

$$\tilde{i}(t) = i(t) - S_1(t). \quad (3.2.4)$$

Jäljelle jäävää inflaatiota kuvataan siirtofunktio-kohinamallilla muotoa

$$\tilde{i}(t) = \mu + \frac{\omega(B)}{\delta(B)} i_{oil}(t) + \frac{1}{\phi(B)} \varepsilon_{infl}(t). \quad (3.2.5)$$

BIC-testillä saatiin kaikkien polynomien $\phi(B)$, $\delta(B)$ ja $\omega(B)$ asteeksi 1. Parametrien arvot ovat

μ	ϕ_1	δ_1	ω_0	ω_1	σ_ε	γ_ε
0,035	0,735	0,685	0,050	0,026	0,016	-0,465

Tässä taulukossa, kuten jatkossakin, viitataan merkinnöillä σ_ε ja γ_ε edeltävässä kaavassa esiintyvän ε -jäännöstermin hajontaan ja vinouteen.

Koska parametrien ϕ_1 ja δ_1 arvot ovat lähellä toisiaan, kokeiltiin vielä mallia, jossa ne on yhdistetty ($\delta_1 = \phi_1$), siis mallia

$$\tilde{i}(t) = \mu + \frac{\omega_0 + \omega_1 B}{1 - \phi_1 B} i_{oil}(t) + \frac{1}{1 - \phi_1 B} \varepsilon_{inf}(t). \quad (3.2.6)$$

Tämä osoittautui BIC-testillä vielä edellistä paremmaksi, ja parametrien arvoiksi saatiin

μ	ϕ_1	ω_0	ω_1	σ_ε	γ_ε
0,038	0,713	0,049	0,028	0,016	-0,469

Inflaation simuloinnissa ei mallin selittävää muuttujaa tarvitse tulkita öljyn hinnaksi, vaan sen voidaan katsoa olevan mikä tahansa pitkävaikutteinen ulkoinen shokki. Jatkossa näitä merkitään $S_2(t)$:llä kaavan (3.2.6) muuttujan $i_{oil}(t)$ sijasta.

Aineiston 43 vuotena näyttää esiintyvän yhteensä kuusi inflaatioshokkia. Niiden suuruusjakautumia ei juuri voi päätellä aineistosta, koska niitä on niin vähän. Additiiviset shokit ovat vaihdelleet suunnilleen välillä 0,05 - 0,13 ja öljykriisit välillä 0,5 - 1,3. Vaihteluvälien alarajat ovat tulkinnanvaraisia, koska ne riippuvat siitä, minkä suuruinen muutos tulkitaan shokiksi ja mikä normaaliksi vaihteluksi.

Viime aikoina on arvioitu, että tulevaisuudessa inflaatio jäisi keskimäärin selvästi matalammaksi kuin aikaisemmin. Tämä perustuu mm. siihen, että matala inflaatio on asetettu talouspolitiikassa keskeiseksi tavoitteeksi, mikä vielä korostuu, jos Suomi liittyy Euroopan rahaunioniin.

Tämän vuoksi simuloinnissa on valittu perusvaihtoehdoksi inflaatio, joka ei lainkaan sisällä shokkeja ja jonka keskitasoa on vielä alennettu 0,03:een. Edellisestä kaavasta nähdään, että inflaatiomalli palautuu tällöin tavalliseksi AR(1)-malliksi. Vaihtoehtotarkastelussa käytetään korkeampaa, shokkeja sisältävää inflaatiota.

Inflaation simulointikaavat

Inflaation simuloinnissa käytettävät kaavat ovat

$$\begin{aligned} i(t) &= \tilde{i}(t) + S_1(t) \\ \tilde{i}(t) &= \mu + \phi_1 [\tilde{i}(t-1) - \mu] + \omega_0 S_2(t) + \omega_1 S_2(t-1) + \varepsilon_{inf}(t). \end{aligned} \quad (3.2.7)$$

Parametrien arvoina käytetään

	μ	ϕ_1	ω_0	ω_1	σ_ε	γ_ε
peruslaskelma	0,03	0,7	-	-	0,015	-0,5
vaihtoehto	0,04	0,7	0,050	0,025	0,015	-0,5

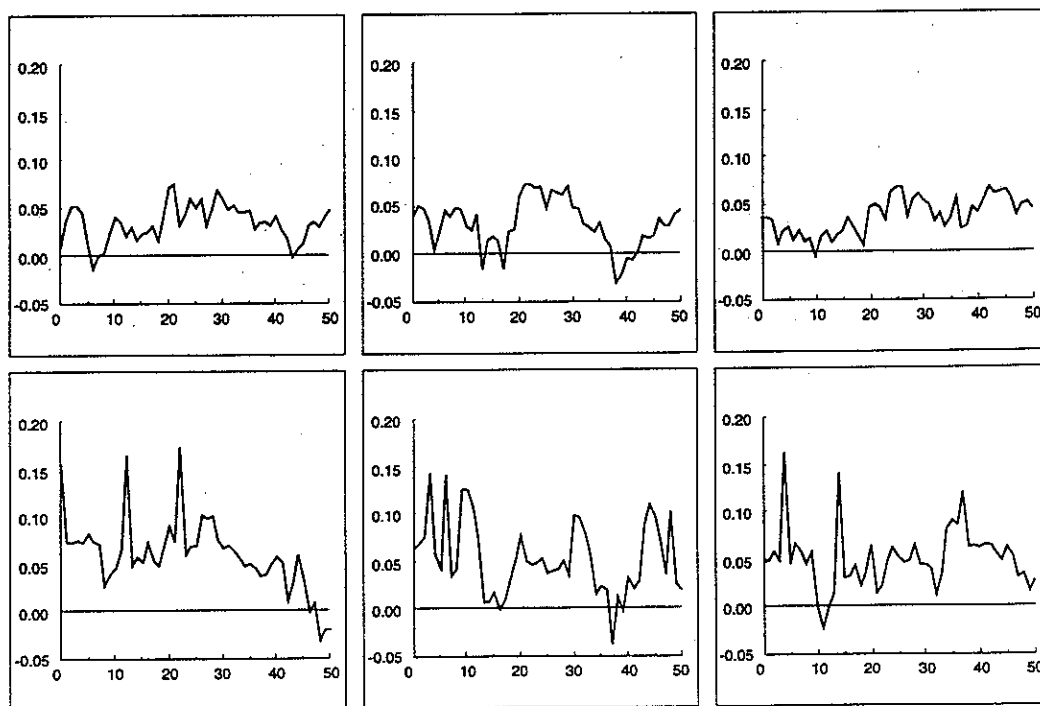
$S_1(t)$ ja $S_2(t)$ ovat shokkimuuttujia. Peruslaskelmassa niiden arvoksi asetetaan nolla. Vaihtoehtolaskelmassa shokki voi esiintyä kunakin vuonna todennäköisyydellä 0,1 ja tällöin se voi olla jompaa kumpaa lajia yhtä suurella todennäköisyydellä. Kun shokki esiintyy, se on suuruudeltaan tasaisesti jakaantunut, $S_1(t)$ välillä 0,05 - 0,13 ja $S_2(t)$ välillä 0,5 - 1,3.

Kaavoista (3.2.7) seuraa ottamalla odotusarvot, että inflaation keskimääräinen taso on

$$\mu + \bar{S}_1 + \frac{\omega_0 + \omega_1}{1 - \phi_1} \bar{S}_2, \quad (3.2.8)$$

missä $\bar{S}_1$ ja $\bar{S}_2$ ovat muuttujien $S_1(t)$ ja $S_2(t)$ odotusarvot. Perusvaihtoehdossa keskitaso on 0,03 ja vaihtoehtolaskelmassa noin 0,056, mistä shokkien osuus on 0,016. Vaihtoehtolaskelman keski-inflaatio on noin 0,01 pienempi kuin se on ollut tilastoinneissa, mikä johtuu lähinnä shokkien esiintymistiheyden harventamisesta simuloinneissa tilastoihin verrattuna.

Kuviossa 3.2.3 on esimerkkejä simuloituista inflaatioista kummankin vaihtoehdon mukaan.



Kuvio 3.2.3 Simuloituja inflaatioita. Ylärivissä matalan inflaation vaihtoehto, alarivissä korkeampi taso ja inflaatioshokkeja.

3.3. Ansiotaso

Ansiotason kasvu lasketaan ansiotasoindeksistä $I_{\text{ans}}(t)$ kaavalla

$$i_{\text{ans}}(t) = \ln \frac{I_{\text{ans}}(t)}{I_{\text{ans}}(t-1)}. \quad (3.3.1)$$

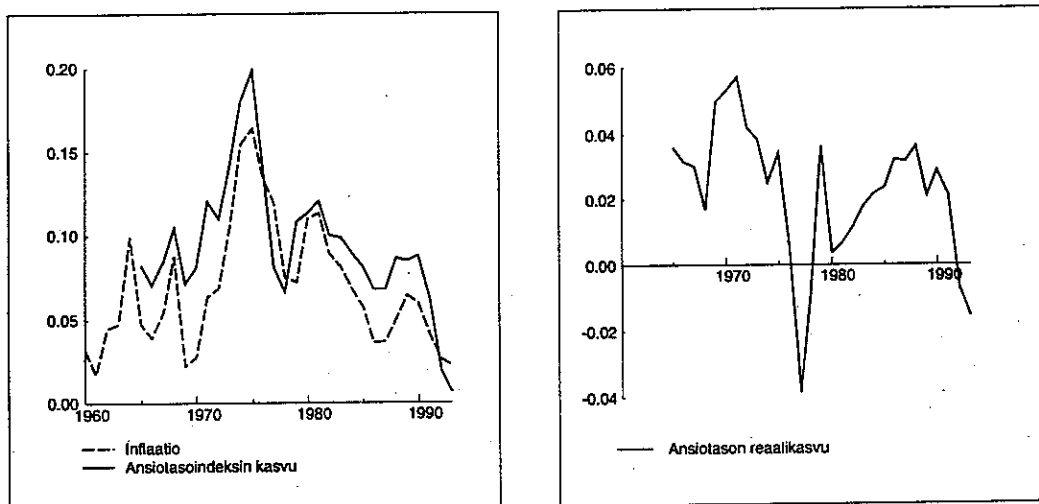
Ansiotason reaalikasvu saadaan vastaavasti reaalisesta ansiotasoindeksistä kaavan

$$i_{\text{rat}}(t) = \ln \frac{I_{\text{ans}}(t)/I(t)}{I_{\text{ans}}(t-1)/I(t-1)} = \ln \frac{I_{\text{ans}}(t)}{I_{\text{ans}}(t-1)} - \ln \frac{I(t)}{I(t-1)} \quad (3.3.2)$$

mukaisesti, eli reaalikasvu saadaan ansiotasoindeksin kasvun ja inflaation erotukse-
na

$$i_{\text{rat}}(t) = i_{\text{ans}}(t) - i(t). \quad (3.3.3)$$

Kuviossa 3.3.1 on esitetty inflaatio ja ansiotason kasvu sekä reaalin kasvu.



Kuvio 3.3.1 Inflaatio ja ansiotason kasvu

Reaaliansiotasoa kuvataan AR-mallilla

$$i_{\text{rat}}(t) = \mu + \sum_{k \geq 1} \phi_k [i_{\text{rat}}(t-k) - \mu] + \varepsilon_{\text{ans}}(t). \quad (3.3.4)$$

Tämän kertaluvuksi saadaan BIC-testillä 1 ja parametrien arvoiksi

μ	ϕ_1	σ_ε	γ_ε
0,022	0,583	0,017	-0,699

Jäännöstermin $\varepsilon_{\text{ans}}(t)$ hajontaan ja vinouteen vaikuttaa olennaisesti vuoden 1977 negatiivinen reaalikasvu. Kuvion 3.3.1 perusteella tämä syntyi, kun ansiotason kasvu putosi öljykriisin jälkeen nopeammin kuin inflaatio (syynä lienee ollut devalvaatio, joka piti inflaation korkeana, mutta ei ollut vielä tiedossa palkkasopimuksia tehtäessä). Muuten ansiotason reaalikasvu on aina ollut positiivinen lamavuosia 1992 - 1993 lukuunottamatta. Seuraavassa vuotta 1977 on pidetty poikkeustapauksena ja simuloinnissa määritellään satunnaistermille pienempi hajonta kuin edellisessä taulukossa, jotta reaalikasvu ei tulisi liian usein negatiiviseksi.

Ansiotason kasvun simulointikaavat

Simulointikaavat ovat

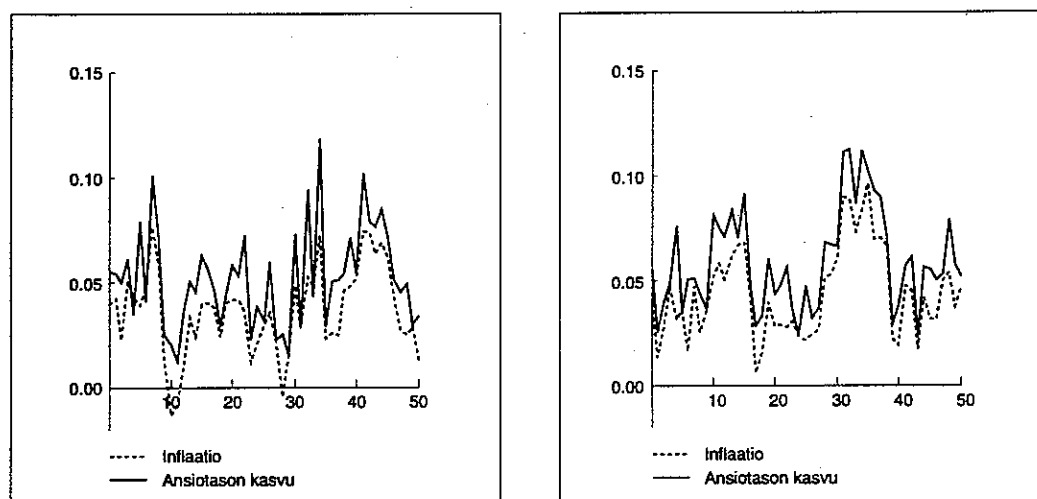
$$\begin{aligned} i_{\text{ans}}(t) &= i(t) + i_{\text{rat}}(t) \\ i_{\text{rat}}(t) &= \mu + \phi_1 [i_{\text{rat}}(t-1) - \mu] + \varepsilon_{\text{ans}}(t), \end{aligned} \quad (3.3.5)$$

missä parametrien arvot ovat

μ	ϕ_1	σ_ε	γ_ε
0,015	0,6	0,010	0

Tässä on pienennetty reaaliansiotason kasvun keskiarvoa μ vastaamaan yleisesti ennusteissa käytettyä standardikasvuoletusta 1,5 %.

Kuviossa 3.3.2 on esitetty simuloituja ansiotason kasvuja sekä vastaavia inflaatioita (ilman inflaatioshokkeja).



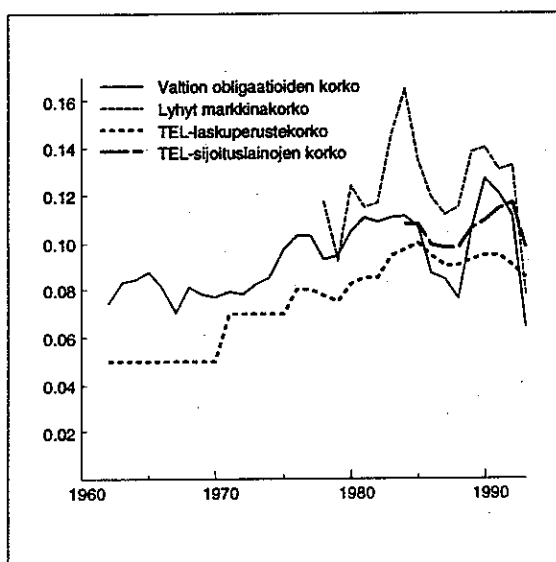
Kuvio 3.3.2 Simuloituja ansiotason kasvuja

3.4. Korot

3.4.1. Korkotilastot

Kuviossa 3.4.1.1 on esitetty käsiteltävät korot: valtion obligaatioiden emissiokorko, lyhyt markkinakorko (vuoteen 1986 Suomen pankin päiväluottokorko ja siitä eteenpäin kolmen kuukauden helibor), TEL-laskuperustekorko ja TEL-sijoituslainojen keskikorko.

Korkojen analysoinnin tekee ongelmalliseksi kaksi seikkaa. Ensiksikin jotkin aikasarjat ovat kovin lyhyitä ja enimmilläänkin ne ulottuvat taaksepäin vain vuoteen 1962. Toiseksi suurimman osan tästä ajasta Suomessa on harjoitettu korkosäännöstelyä. Kun korkotaso määräytyy nykyään aivan eri mekanismeilla kuin ennen 1980-luvun puoliväliä, ei analyysien tuloksia voi soveltaa sellaisinaan nykyiseen tilanteeseen. Toisaalta viime vuosina korkojen vaihtelut ovat olleet poikkeuksellisen jyrkkiä mm. valuuttakurssispekulaatioiden ja laman vaikutusten vuoksi. Tämän takia onkin joitakin laskettuja parametrin arvoja muutettu simulointimallissa arvionvaraisesti, missä on käytetty hyväksi muista maista laskettuja tuloksia (esim. Pentikäinen et al., 1994). Suomen korkotason vaihteluiden on oletettu lähenevän mm. Saksan korkojen käyttäytymistä.



Kuvio 3.4.1.1 Korkoja 1962 - 1993

3.4.2. Obligaatiokorot

Korkotason voidaan ajatella koostuvan kahdesta komponentista: inflaatiosta ja reaalikorosta. Tässä inflaatio ei kuitenkaan ole toteutunut inflaatioluku, vaan sijoittajien odottama tulevaisuuden inflaatio. Koska inflaatio-odotusta ei voida mitata suo-

raan, se pyritään mallissa laskemaan toteutuneiden inflaatiolukujen perusteella. Wilkieltä (1986) on peräisin idea käyttää tässä eksponentiaalisesti tasoitettua inflaatiota $i_{\text{tas}}(t)$:

$$i_{\text{tas}}(t) = \delta i(t) + (1 - \delta) i_{\text{tas}}(t - 1) \quad \text{eli} \quad (3.4.2.1)$$

$$i_{\text{tas}}(t) = \frac{\delta}{1 - (1 - \delta)B} i(t).$$

Tämän lisäksi vaikutusta voi olla uusimmilla inflaatioluvuilla $i(t)$, $i(t - 1)$,

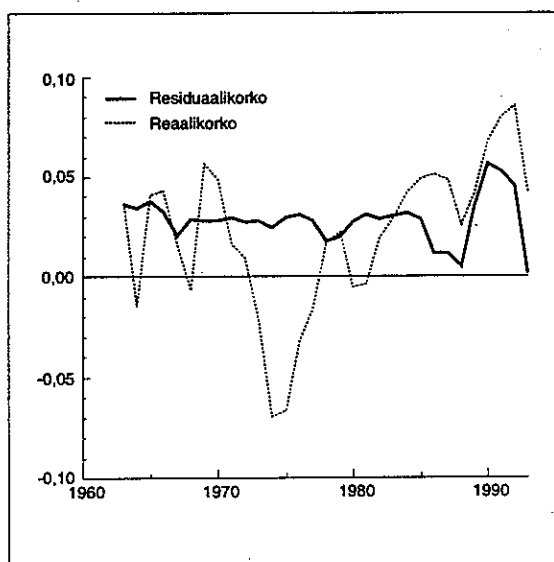
Inflaation vaikutusta korkoihin $j_{\text{obl}}(t)$ voidaan siten kuvata yleisesti mallilla

$$j_{\text{obl}}(t) = \alpha \frac{\delta}{1 - (1 - \delta)B} i(t) + \sum_{k \geq 0} \omega_k i(t - k) + \mu + r_{\text{obl}}(t). \quad (3.4.2.2)$$

BIC-testillä saadaan tulokseksi, että voidaan valita $\alpha = 1$ ja $\omega_0 = \omega_1 = \dots = 0$. Muiden parametrien arvoiksi saadaan:

μ	δ	σ_r	γ_r
0,028	0,064	0,011	-0,016

Saatu δ :n arvo on hyvin pieni, koska Suomen korot ovat säännöstelyn takia reagoineet heikosti inflaation muutoksiin. Muissa tutkituissa maissa parametrille saadut arvot ovat yleisimmin välillä 0,1 - 0,3, mutta Saksassa tulokseksi saadaan 0,67 (Pentikäinen et al., 1994). Suomessakin korko näyttää vuoden 1986 jälkeen reagoivan herkemmin inflaatioon kuin aikaisemmin. Tältä kaudelta erikseen laskettu δ olisi noin 0,4, mutta näin lyhyeltä aikaväliltä laskettua tulosta ei voi pitää luotettavana.



Kuvio 3.4.2.1 Obligaatiokoron reaaliasat

Koron reaalista osaa $\mu + r_{obl}(t)$ sanotaan tässä residuaalikoroksi. Kuten kuviosta 3.4.2.1 näkyy, sen vaihtelu on huomattavasti vähäisempää kuin varsinaisen reaali-koron, joka saadaan suoraan koron ja inflaation erotuksena. Residuaalikoron keski-arvoksi saatiin edellä $\mu = 0,028$. Ongelmallista mallin määrittelemisen kannalta on residuaalikoron käyttäytymisen selvä muuttuminen vuoden 1986 jälkeen, jolloin myös lama on saattanut kasvattaa koron heilahtelut poikkeuksellisen suuriksi.

Kun jäännöstermiin $r_{obl}(t)$ sovitetaan koko kaudelta AR(1)-malli

$$r_{obl}(t) = \phi_1 r_{obl}(t-1) + \varepsilon_{obl}(t), \quad (3.4.2.3)$$

saadaan parametrien arvoksi

ϕ_1	σ_ε	γ_ε
0,460	0,010	-0,753

Saatu ϕ_1 :n arvo on pieni verrattuna muista maista laskettuihin tuloksiin, jossa se on yleisimmin välillä 0,7 - 0,9.

Obligaatiokoron simulointikaavat

Obligaatiokoron simuloinnin kaavat ovat

$$\begin{aligned} j_{obl}(t) &= \mu + i_{tas}(t) + r_{obl}(t) \\ i_{tas}(t) &= \delta i(t) + (1 - \delta) i_{tas}(t-1) \\ r_{obl}(t) &= \phi_1 r_{obl}(t-1) + \varepsilon_{obl}(t). \end{aligned} \quad (3.4.2.4)$$

Parametrien arvoina käytetään

μ	δ	ϕ_1	σ_ε	γ_ε
0,028	0,2	0,7	0,010	-0,75

Korkojen herkkyyttä inflaation suhteen on siis lisätty niin, että δ -parametrin arvo on useiden muiden maiden mukainen, tosin vieläkin selvästi Saksan tason alapuolella. Myös muuttujan ϕ_1 arvo on muutettu lähelle muista maista saatuja tuloksia, mikä vastannee paremmin myös Suomen tilannetta vuoden 1986 jälkeen.

3.4.3. Lyhyet markkinakorot

Kuviossa 3.4.3.1 on verrattu reaalisia obligaatiokorkoja ja lyhyitä markkinakorkoja (reaalikorko on laskettu koron ja inflaation erotuksena). Lineaarinen riippuvuus reaalikorkojen välillä on melko vahva.

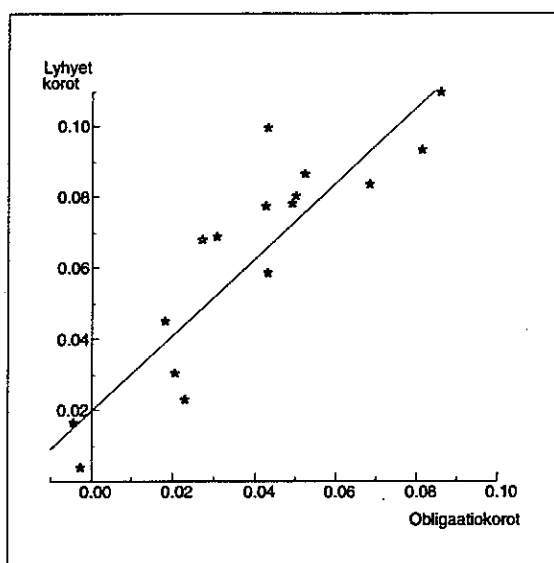
Tämän perusteella lyhyitä markkinakorkoja on kuvattu mallilla

$$j_{lyh}(t) - i(t) = a [j_{obl}(t) - i(t)] + b + \varepsilon_{lyh}(t). \quad (3.4.3.1)$$

Parametrien arvoksi saatiin

a	b	σ_ε	γ_ε
1,072	0,020	0,014	0,356

Pyrittäessä sovittamaan residuaaleihin $\varepsilon_{lyh}(t)$ AR-malli saatiin BIC-testillä kertaluvuksi 0.



Kuvio 3.4.3.1 Reaalikorkojen vertailu

Koska parametrin a arvoksi saatiin noin 1, kuvaa parametri b lyhyiden korkojen ja pitkien obligaatiokorkojen eroa. Tuloksen mukaan lyhyet korot ovat olleet noin 2 prosenttiyksikköä obligaatiokorkoja korkeampia. Yleensä kuitenkin lyhyiden korkojen tulisi olla keskimäärin pitkiä korkoja alempana sekä muiden maiden kokemusten että korkoteorioiden mukaan. Suomessa lyhyet korot ovat olleet tarkastelukaudella poikkeuksellisen korkeita mm. valuuttakurssispekulaatioiden ja laman aiheuttaman epävarmuuden takia. Kansainvälisistä tilastoista nähdään, että keskimäärin lyhyet korot ovat olleet suuruusluokaltaan noin 1 prosenttiyksikköä pienemmät kuin pitkät obligaatiokorot. Tällä perusteella simuloinnissa on annettu parametrille b arvo -0,01.

Lyhyiden korkojen simulointikaavat

Simuloinnissa käytetään kaavaa

$$j_{lyh}(t) = i(t) + a [j_{obl}(t) - i(t)] + b + \varepsilon_{lyh}(t), \quad (3.4.3.2)$$

jonka parametrien arvot ovat:

a	b	σ_ε	γ_ε
1	-0,01	0,014	0,4

3.4.4. TEL-laskuperustekorko

Kuvion 3.4.1.1 mukaan laskuperustekorko muuttuu obligaatiokorkojen mukana mutta selvästi vaimeammin. Mallissa oletetaan perustekoron määräytyvän tasoite-
tusta obligaatiokorosta kaavalla

$$j_{\text{TEL}}(t) = \frac{\delta}{1 - (1 - \delta)B} j_{\text{obl}}(t) + \mu + r_{\text{TEL}}(t). \quad (3.4.4.1)$$

Analyysi on suoritettu vuodesta 1976 lähtien, koska vasta tällöin laskuperustekorko on alkanut muuttua vuosittain. Parametrien arvoiksi saadaan

μ	δ	σ_r	γ_r
-0,009	0,177	0,004	-0,107

Residuaaleihin $r_{\text{TEL}}(t)$ on vielä sovitettu AR-malli

$$r_{\text{TEL}}(t) = \sum_{k \geq 1} \phi_k r_{\text{TEL}}(t - k) + \varepsilon_{\text{TEL}}(t), \quad (3.4.4.2)$$

jonka kertaluvuksi saadaan BIC-testillä 1 ja parametrien arvoiksi

ϕ_1	σ_ε	γ_ε
0,704	0,003	0,253

Lisäksi oletetaan, että TEL-laskuperustekorko ei voi koskaan laskea alle 5 %:n rahastokoron.

Laskuperustekoron simulointikaavat

Laskuperustekoron simulointikaavat ovat

$$\begin{aligned} j_{\text{TEL}}(t) &= \max\{\mu + j_{\text{tas1}}(t) + r_{\text{TEL}}(t); 0,05\} \\ j_{\text{tas1}}(t) &= \delta j_{\text{obl}}(t) + (1 - \delta) j_{\text{tas1}}(t - 1) \\ r_{\text{TEL}}(t) &= \phi_1 r_{\text{TEL}}(t - 1) + \varepsilon_{\text{TEL}}(t), \end{aligned} \quad (3.4.4.3)$$

missä parametrien arvoina käytetään

μ	δ	ϕ_1	σ_ε	γ_ε
-0,009	0,18	0,7	0,003	0,25

3.4.5. Sijoituslainojen korko

Sijoituslainojen korkotilastoja on julkaistu vain melko lyhyeltä ajalta, mutta kuvion 3.4.1.1 perusteella voidaan päätellä, että niihin ilmeisesti sopii samantapainen malli kuin laskuperustekorkoon:

$$j_{sij}(t) = \frac{\delta}{1 - (1 - \delta)B} j_{obl}(t) + \mu + r_{sij}(t). \quad (3.4.5.1)$$

Residuaalit $r_{sij}(t)$ ovat tässäkin BIC-testin nojalla tyyppiä AR(1):

$$r_{sij}(t) = \phi_1 r_{sij}(t-1) + \varepsilon_{sij}(t). \quad (3.4.5.2)$$

Parametrien arvoiksi saadaan

μ	δ	ϕ_1	σ_ε	γ_ε
0,006	0,361	0,353	0,003	0,208

Vaikka aikasarja on lyhyt, estimoidut parametrit vaikuttavat järkeviltä, joten tuloksia käytetään simuloinnin perustana. Parametrille δ saatiin suurempi arvo kuin vastaavassa laskuperustekorona mallissa, mikä kuvaa sitä, että sijoituslainojen korko seuraa nopeammin yleistä korkotasoa kuin TEL-laskuperustekorko. Simuloinnissa oletetaan vielä, että sijoituslainojen keskikorko ei voi laskea laskuperustekorkoa alemmaksi.

Sijoituslainakoron simulointikaavat

Sijoituslainakoron simulointikaavat ovat

$$\begin{aligned} j_{sij}(t) &= \max\{\mu + j_{tas2}(t) + r_{sij}(t); j_{TEL}(t)\} \\ j_{tas2}(t) &= \delta j_{obl}(t) + (1 - \delta) j_{tas2}(t-1) \\ r_{sij}(t) &= \phi_1 r_{sij}(t-1) + \varepsilon_{sij}(t), \end{aligned} \quad (3.4.5.3)$$

missä parametrien arvoina käytetään

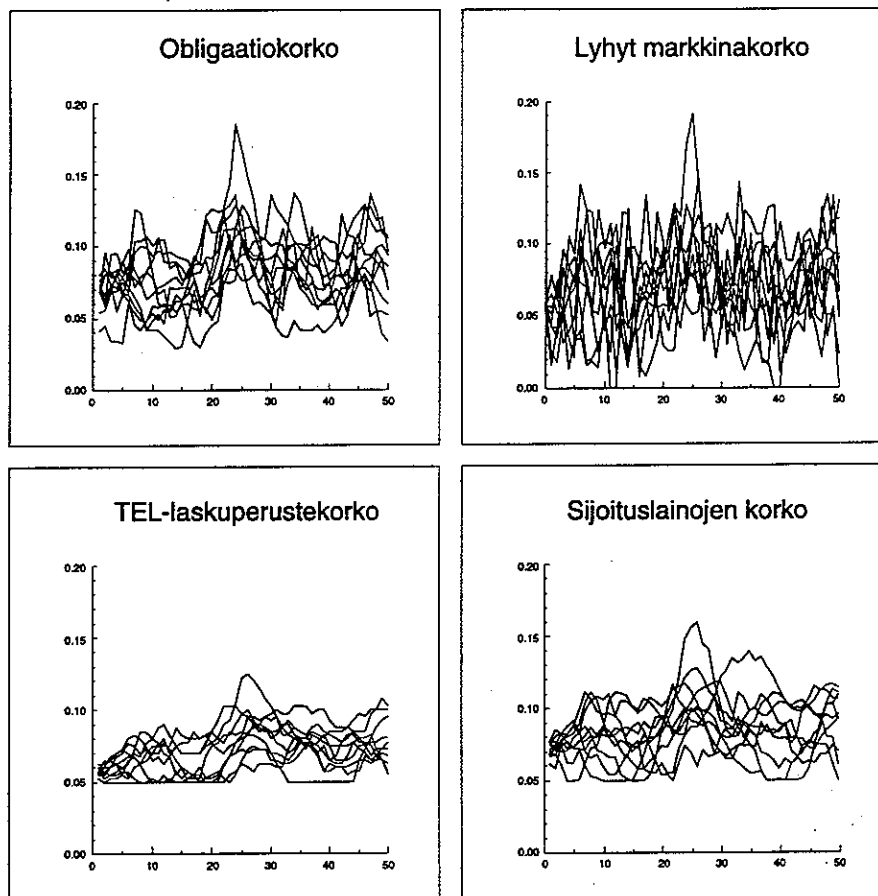
μ	δ	ϕ_1	σ_ε	γ_ε
0,005	0,35	0,35	0,003	0,2

3.4.6. Simuloituja korkoja

Kuviossa 3.4.6.1 on 10 simuloitua aikasarjaa kustakin edellä käsitellystä korkolajista. Eri korkolajit on saatu samoista sijoitusmallin realisaatioista, joten niiden taustalla on 10 yhteistä inflaatiokehitystä. Näissä on mukana inflaatioshokkeja, mikä näkyy mm. yhden vaihtoehdon korkopiikkeinä vuoden 24 kohdalla.

Simuloinnit osoittavat, että lyhyt markkinakorko saattaisi valituilla parametreilla saada joskus mallissa negatiivisia arvoja, mikä tehdyissä laskelmissa on kuitenkin estetty asettamalla korolle minimiarvoksi 0. Negatiiviset arvot voisivat syntyä tilanteissa, joissa inflaatio on muutaman vuoden peräkkäin lähellä nollaa. Negatiivisten

arvojen esiintymistä voisi välttää myös pienentämällä hajontaa σ_ε . Verrattaessa tätä parametria eräiden muiden maiden lukuihin hajonta ei kuitenkaan vaikuta liian suurelta.



Kuvio 3.4.6.1 Simuloituja korkoja kymmenestä sijoitusmallin realisaatiosta

3.4.7. Obligaatioiden arvonmuutokset

Kun obligaation korko on kiinteä, aiheuttavat korkotason vaihtelut siinä arvonmuutoksia. Seuraavassa tarkastellaan vuonna u merkittyä obligaatiota, jolle maksetaan korkoa $j(u)$ vuosittain jälkikäteen ja jonka lyhennys tapahtuu kerralla kuoletusajan T kuluttua. Vuonna t korkotaso on muuttunut $j(t)$:hen ja jäljellä oleva aika on $n = T - (t - u)$.

Nimellisarvoltaan 1:n suuruisen obligaation käypä arvo saadaan diskonttaamalla tulevat suoritukset korkotason $j(t)$ mukaan kaavalla

$$j(u) a_{\overline{n}|} + v^n, \quad (3.4.7.1)$$

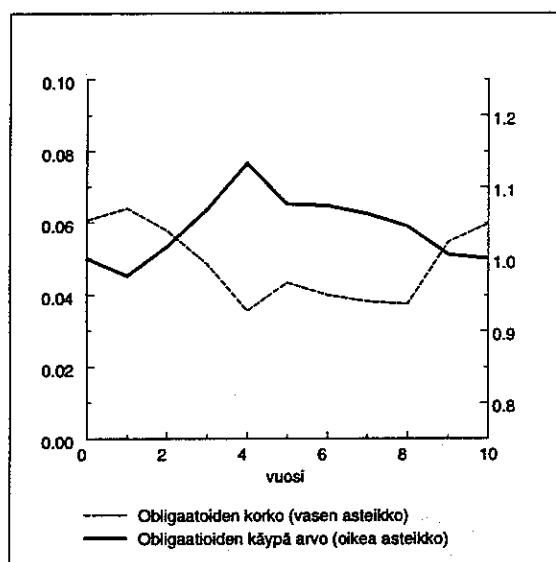
missä diskonttauskerroin on $v = (1 + j(t))^{-1}$. Kaava saadaan kehitettyä muotoon

$$j(u) \sum_{k=1}^n v^k + v^n = j(u)v \frac{1-v^n}{1-v} + v^n = j(u) \frac{v}{1-v} + \left(1 - j(u) \frac{v}{1-v}\right) v^n. \quad (3.4.7.2)$$

Koska tässä on $v/(1-v) = 1/(v^{-1} - 1) = 1/j(t)$, saadaan käyvän arvon kaava muotoon

$$\frac{j(u)}{j(t)} + \frac{j(t) - j(u)}{j(t)} (1 + j(t))^{-T+(t-u)}. \quad (3.4.7.3)$$

Kuviossa 3.4.7.1 on esitetty yksi realisaatio 10 vuoden obligaation käyvän arvon kehityksestä vuosittain kaavan (3.4.7.3) mukaisesti, kun obligaatiokoron realisaatio on saatu simuloimalla niin kuin on esitetty kohdassa 3.4.2.



Kuvio 3.4.7.1 Obligaation koron ja käyvän arvon simulaatio

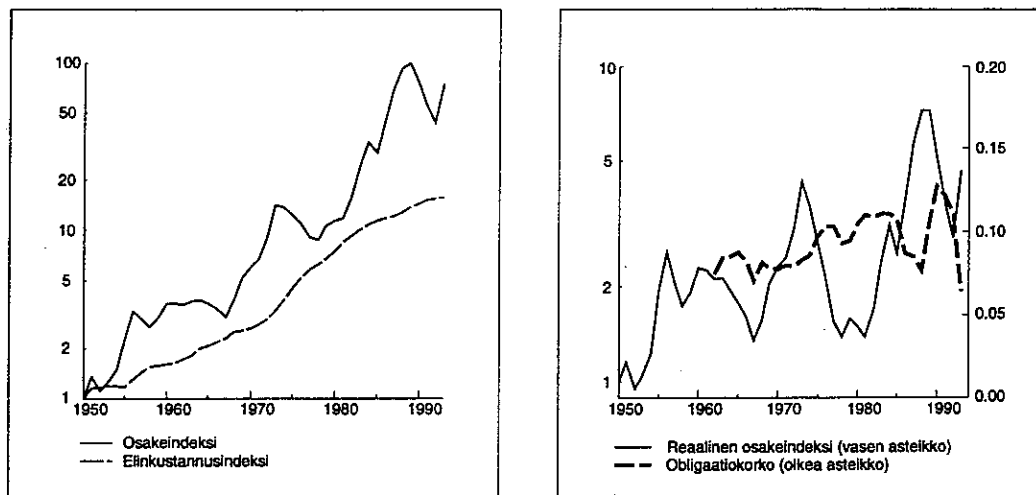
3.5. Osakkeet

3.5.1. Osakkeiden hinnat

Osakkeiden hintojen kehitystä kuvataan osakeindeksillä. Mallin lähtökohtana on se havainto (joka on esitetty henkisolvenssityöryhmän muistiossa), että indeksin kehitys seuraa pitkällä aikavälillä keskimäärin bruttokansantuotetta, vaikka heilahtelu BKT:tä kuvaavan käyrän ympärillä on voimakasta. Tämä tulos voidaan havaita useiden maiden osakekurseissa (Pentikäinen et al., 1994).

Mallissa tätä keskimääräistä kasvua kuvataan hintaindeksillä, johon on lisätty vakio-määräinen reaaliakasvu. Tilastoista voidaan havaita, että inflaation kiihtyminen ei kuitenkaan johda osakkeiden hintojen nousuun saman tien. Tämän vuoksi osakeindeksimallissa käytetty inflaatio on järkevää laskea tasoittamalla vuosittaisia inflaatiolukuja.

Kuviossa 3.5.1.1 on esitetty osake- sekä elinkustannusindeksit sekä näistä laskettu reaalin osakeindeksi (elinkustannusindeksi on tässä tasoittamaton). Kuvioon on piirretty myös valtion obligaatioiden korko. On tunnettua, että korkojen noustessa osakeindeksi yleensä laskee ja kääntäen korkojen laskiessa osakkeiden arvo nousee. Tämä näkyy kuviossa kuitenkin selvästi vasta korkosäännöstelyn päättymisestä lähtien.



Kuvio 3.5.1.1 Osake- ja elinkustannusindeksi sekä korko

Edellä esitetyt periaatteet on yhdistetty kaavassa

$$\nabla \ln I_{os}(t) = \mu + \frac{\delta}{1 - (1 - \delta)B} i(t) + \sum_{k \geq 0} \omega_k \nabla j_{obl}(t - k) + \frac{1}{1 - \sum_{k \geq 1} \psi_k B^k} \eta(t), \quad (3.5.1.1)$$

missä $I_{os}(t)$ on osakeindeksi, μ kuvaa keskimääräistä reaalikasvua, δ on inflaation $i(t) = \nabla \ln I(t)$ tasoituksessa käytetty parametri, $j_{obl}(t)$ on obligaatiokorko ja $\eta(t)$ on satunnaisheilahtelu.

Parametrien arvoiksi saadaan (parametrien määrä on valittu BIC-testillä)

μ	δ	ω_0	ω_1	ω_2	ψ_1	σ_η	γ_η
0,056	0,048	-6,65	-11,31	-8,67	0,338	0,164	-0,192

Saatu parametrien δ pieni arvo merkitsee, että osakeindeksi ei juurikaan reagoi inflaation lyhytaikaiseen vaihteluun.

Estimoinnissa ω -parametrien arvot näyttävät määräytyvän suuressa määrin vain viimeisten vuosien voimakkaista heilahteluista. Tämä nähdään esimerkiksi rajoittamalla analyysi korkosäännöstelyn aikaan ennen vuotta 1986, jolloin saadaan tulokseksi, ettei korkotasolla ole ollut tällä kaudella merkittävää vaikutusta osakeindeksiin. Saatuja lukuarvoja ei voi pitää käyttökelpoisina, mikä ilmenee varsinkin niin, että

käytettäessä niitä simuloinnissa indeksin heilahtelu tulee epärealistisen suureksi. Siksi pyritäänkin hakemaan ω :n arvot ulkomaisten tilastojen perusteella. Menettelyä voidaan perustella myös sillä, että rahamarkkinoiden vapautumisen jälkeen Suomen markkinoiden käyttäytymisen voidaan olettaa noudattavan aikaisempaa lähemmin muissa maissa havaittuja periaatteita.

Vastaavat tulokset eräistä muista maista ovat

	μ	δ	ω_0	ω_1	ψ_1	ψ_2	σ_η	γ_η
USA	0,014	0,120	-	-5,59	-	-	0,109	-0,314
Ranska	0,011	0,113	-	-7,94	-	-	0,156	0,198
Saksa	0,036	1,044	-6,10	-8,61	0,656	-0,520	0,145	0,749
Italia	-0,017	0,091	-	-8,67	0,205	-	0,204	0,469

Tuloksissa Saksa näyttää poikkeavan muista tarkastelluista maista, mikä johtunee siitä, että sen inflaatio- ja korkoheilahtelu on ollut poikkeuksellisen vaikeaa. Kun Saksa jätetään huomiotta, korkojen vaikutus näyttää tulevan merkitsevästi näkyviin vasta vuoden viiveellä, ja tätä kuvaavan parametrin ω_1 arvo on tarkastelluissa maissa suunnilleen samaa luokkaa.

Näiden tulosten perusteella on mallissa valittu $\omega_1 = -8$ ja muut ω -parametrit on asetettu nolaksi.

Otetaan kaavasta (3.5.1.1) erilleen inflaation osuus indeksillä $\bar{I}(t)$, joka lasketaan käyttämällä varsinaisten inflaatiolukujen $i(t)$ asemesta tasoitettua inflaatiota

$$\nabla \ln \bar{I}(t) = \bar{i}(t) = \frac{\delta}{1 - (1 - \delta)B} i(t). \quad (3.5.1.2)$$

Korkotason muutosten vaikutuksen puolestaan esittää muuttuja $I_{ko}(t)$, joka määritellään kaavalla

$$\ln I_{ko}(t) = \sum_{k \geq 0} \omega_k [j_{obl}(t - k) - j_{obl}(0)]. \quad (3.5.1.3)$$

Kaava (3.5.1.1) voidaan nyt kirjoittaa muodossa

$$\nabla \ln I_{os}(t) = \mu + \nabla \ln \bar{I}(t) + \nabla \ln I_{ko}(t) + \frac{1}{1 - \sum_{k \geq 1} \psi_k B^k} \eta(t). \quad (3.5.1.4)$$

Tästä saadaan yhteenlaskulla

$$\ln I_{os}(t) = c_0 + \mu t + \ln \bar{I}(t) + \ln I_{ko}(t) + \frac{1}{1 - \sum_{k \geq 1} \psi_k B^k} \sum_{\tau=1}^t \eta(\tau). \quad (3.5.1.5)$$

Käytetään viimeisestä termistä merkintää

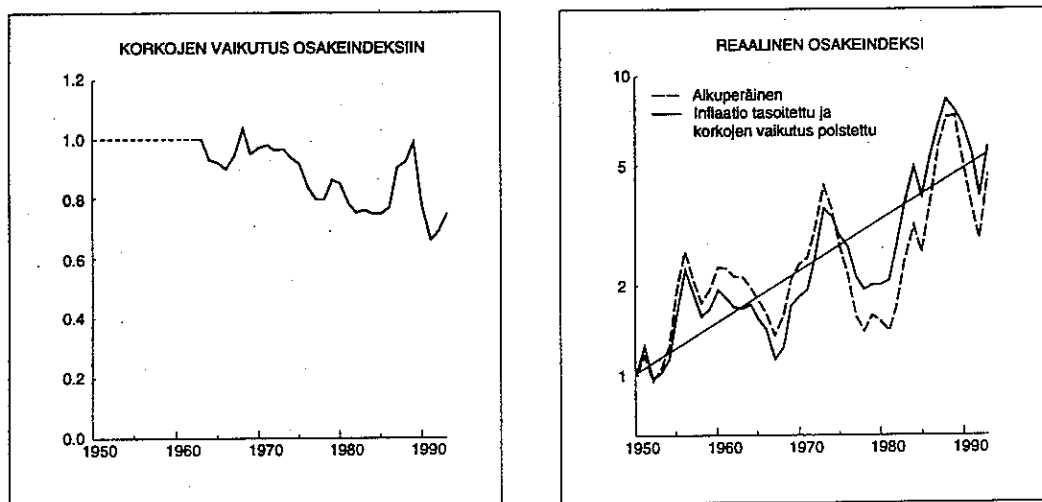
$$D_{os}(t) = \frac{1}{1 - \sum_{k \geq 1} \psi_k B^k} \sum_{\tau=1}^t \eta(\tau) \quad (3.5.1.6)$$

ja merkitään lisäksi $c = e^{c_0}$ sekä $\bar{i}_{os} = e^{\mu} - 1$, jolloin päädytään lopulta kaavaan

$$I_{os}(t) = c \bar{I}(t) (1 + \bar{i}_{os})^t I_{ko}(t) e^{D_{os}(t)}. \quad (3.5.1.7)$$

Reaalikasvu $\bar{i}_{os}$ saataisiin edellä lasketun μ :n perusteella, mutta koska tämä laskettiin vain osaväliltä, pyritään saamaan parempi arvio käyttämällä koko kautta vuodesta 1950 vuoteen 1993. Tämän perusteella lasketaan ensin muuttujat $\bar{I}(t)$ ja $I_{ko}(t)$ koko kaudelle käyttäen niitä parametrin arvoja, joihin edellä päädyttiin. Korkotason vaikutusta kuvaavan muuttujan arvoksi asetetaan 1 ennen vuotta 1962, jolta ei ole käytettävissä korkotilastoja. Näin laskettu $I_{ko}(t)$ on esitetty kuviossa 3.5.1.2. Kuviossa on myös esitetty reaalin osakeindeksi, josta inflaation ja korkotason vaikutus on eliminoitu kaavalla

$$I_{os}^*(t) = \frac{I_{os}(t)}{\bar{I}(t) I_{ko}(t)}. \quad (3.5.1.8)$$



Kuvio 3.5.1.2 Korkojen vaikutus reaaliin osakeindeksiin

Kaavasta (3.5.1.7) saadaan nyt

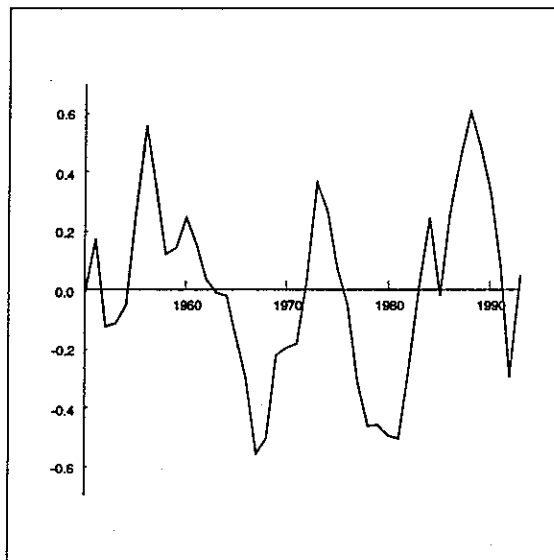
$$\ln I_{os}^*(t) = \ln c + t \ln(1 + \bar{i}_{os}) + D_{os}(t). \quad (3.5.1.9)$$

Vakioiden arvot saadaan tästä lineaarisella regressiolla (regressiosuora on piirretty kuvioon 3.5.1.2). Tulokseksi saadaan

c	$\bar{i}_{os}$	σ_D	γ_D
1,007	0,040	0,298	-0,705

Keskimääräinen reaalikasvu on siis noin 4 % vuodessa, joka on lähellä bruttokansantuotteen keskimääräistä reaalikasvua vastaavalta ajalta (noin 3,5 %). Yleensäkin voidaan olettaa, että osakkeiden reaalikasvu olisi pitkällä aikavälillä lähellä BKT:n reaalikasvua. Tästä syystä reaalikasvuksi on valittu simuloinnissa 2 % vuodessa, joka on lähellä esimerkiksi Sosiaalimenotoimikunnan (mietintö 1994) laskelmissa käytettyä perusvaihtoehdon talouskasvua vuoteen 2030 saakka.

Jäljelle jäävä vaihtelu $D_{os}(t)$ on esitetty kuviossa 3.5.1.3.



Kuvio 3.5.1.3 Osakeindeksin jäännösvaihtelu

Jäännösvaihteluun on sovitettu AR-malli

$$D_{os}(t) = \sum_{k \geq 1} \phi_k D_{os}(t-k) + \varepsilon_{os}(t), \quad (3.5.1.10)$$

jonka kertaluvuksi saadaan BIC-testillä 2 ja parametrien arvoksi

ϕ_1	ϕ_2	σ_ε	γ_ε
1,082	-0,378	0,172	0,253

Luvun 2.2 kaavojen perusteella nähdään, että tämä AR(2)-malli on stationäärinen ja sisältää pitkäjaksoista heilahtelua, jossa jakson pituus on noin 13 vuotta.

Osakeindeksin simulointikaavat

Simulointikaavat ovat

$$I_{os}(t) = \bar{I}(t) (1 + \bar{i}_{os})^t I_{ko}(t) e^{D_{os}(t)}$$

$$\nabla \ln \bar{I}(t) = \bar{i}(t) = \delta i(t) + (1 - \delta) \bar{i}(t-1) \quad (3.5.1.11)$$

$$I_{ko}(t) = \exp\{\sum_{k=0}^1 \omega_k [j_{obl}(t-k) - j_{obl}(0)]\}$$

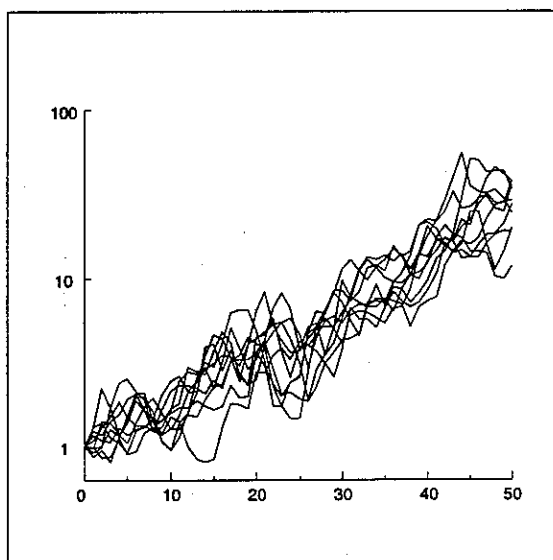
$$D_{os}(t) = \sum_{k=1}^2 \phi_k D_{os}(t-k) + \varepsilon_{os}(t),$$

missä parametreina käytetään

$\bar{i}_{os}$	δ	ω_0	ω_1	ϕ_1	ϕ_2	σ_ε	γ_ε
0,020	0,05	0	-8	1,1	-0,4	0,17	0,25

Kun indeksit normeerataan siten, että $I(0) = I_{os}(0) = 1$, ei kaavassa tarvita vakiokerrointa.

Simuloituja osakeindeksejä on esitetty kuviossa 3.5.1.4.



Kuvio 3.5.1.4 Simuloituja osakeindeksejä

3.5.2. Osinkotuotto

Osinkotuotolla tarkoitetaan maksettujen osinkojen suhdetta osakkeiden käypään arvoon. Mallin perustana on tässä havainto, että osinkojen määrän kasvu seuraa keskimäärin osakkeiden arvoa mutta heilahdellen vaimeammin. Jos siis osakeindeksin malli on muotoa

$$I_{os}(t) = \bar{I}(t) (1 + \bar{i}_{os})^t \Gamma_{os}(t), \quad (3.5.2.1)$$

niin osinkojen määrä noudattaa kaavaa

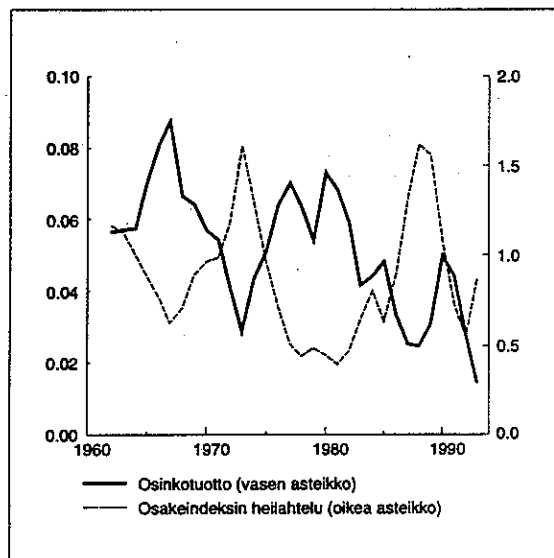
$$I_{ot}(t) = \bar{j}_{os} \bar{I}(t) (1 + \bar{i}_{os})^t \Delta_{os}(t), \quad (3.5.2.2)$$

missä $\bar{j}_{os}$ on keskimääräinen tuotto ja heilahtelu $\Delta_{os}(t)$ on vaimeampaa kuin osakeindeksin heilahtelu $\Gamma_{os}(t)$. Mallissa tätä kuvataan eksponentiaalisella tasoituksella

$$\Delta_{os}(t) = \beta \Gamma_{os}(t) + (1 - \beta) \Delta_{os}(t - 1). \quad (3.5.2.3)$$

Osakeindeksin kaavasta (3.5.1.11) nähdään, että sen heilahtelun $\Gamma_{os}(t)$ määrittelee tässä kaava

$$\Gamma_{os}(t) = I_{ko}(t) e^{D_{os}(t)}. \quad (3.5.2.4)$$



Kuvio 3.5.2.1 Osinkotuotto ja osakeindeksin heilahtelu

Jakamalla osinkojen määrä (3.5.2.2) osakeindeksillä (3.5.2.1) saadaan osinkotuoton kaavaksi

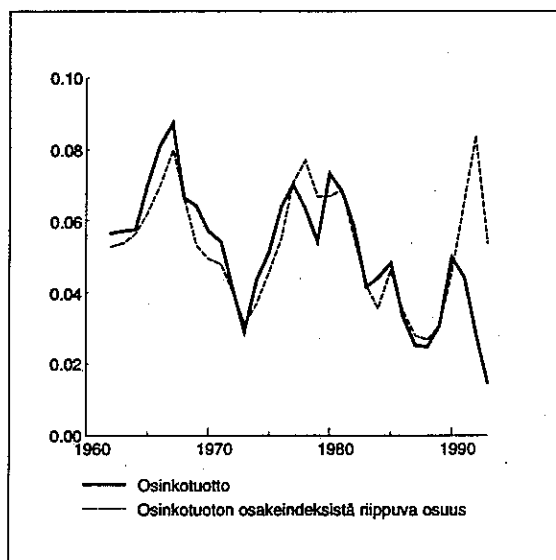
$$j_{os}(t) = \bar{j}_{os} \frac{\Delta_{os}(t)}{\Gamma_{os}(t)} + r_{os}(t), \quad (3.5.2.5)$$

mihin on lisätty vielä termi $r_{os}(t)$ kuvaamaan satunnaisia poikkeamia.

Kuviossa 3.5.2.1 on esitetty osinkotuotto sekä osakeindeksin heilahtelutermin $\Gamma_{os}(t)$. Kuvion perustella tuoton ja osakeindeksin muutokset ovat yleensä vastakkaisuuntaisia. Poikkeus ovat vuodet 1991 - 1992, jolloin laman seurauksena sekä osakkeiden arvot että osinkotuotot ovat laskeneet selvästi. Tämän vuoksi mallin estimointi on rajoitettu vuoteen 1990 saakka. Parametrien arvoiksi saatiin

$\bar{j}_{os}$	β	σ_r	γ_r
0,045	0,145	0,005	-0,830

Kuviossa 3.5.2.2 on esitetty osinkotuotto sekä sen osakeindeksistä riippuva osuus, joka on laskettu kaavalla (3.5.2.5) ilman termiä $r_{os}(t)$. Kuvion mukaan yhteensopivuus on hyvä vuoteen 1990 saakka.



Kuvio 3.5.2.2 Osinkotuoton riippuvuus osakeindeksistä

Jäännöstermiin sovelletaan vielä AR-mallia

$$r_{os}(t) = \sum_{k \geq 1} \phi_k r_{os}(t-k) + \varepsilon_{ot}(t). \quad (3.5.2.6)$$

Kertaluvuksi saadaan BIC-testillä 1 ja parametrien arvoiksi

ϕ_1	σ_e	γ_e
0,285	0,005	-0,302

Osinkotuoton simulointikaavat

Simulointikaavat ovat

$$j_{os}(t) = \bar{j}_{os} \frac{\Delta_{os}(t)}{\Gamma_{os}(t)} + r_{os}(t)$$

$$\Gamma_{os}(t) = I_{ko}(t) e^{D_{os}(t)} \quad (3.5.2.7)$$

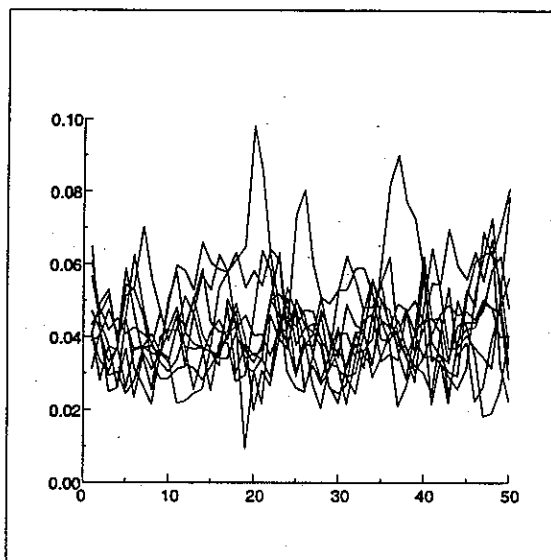
$$\Delta_{os}(t) = \beta \Gamma_{os}(t) + (1 - \beta) \Delta_{os}(t - 1)$$

$$r_{os}(t) = \phi_1 r_{os}(t - 1) + \varepsilon_{ot}(t)$$

ja parametrien arvot

$\bar{j}_{os}$	β	ϕ_1	σ_ε	γ_e
0,04	0,15	0,3	0,005	-0,3

Kuvassa 3.5.2.3 on simuloituja osinkotuottoja.



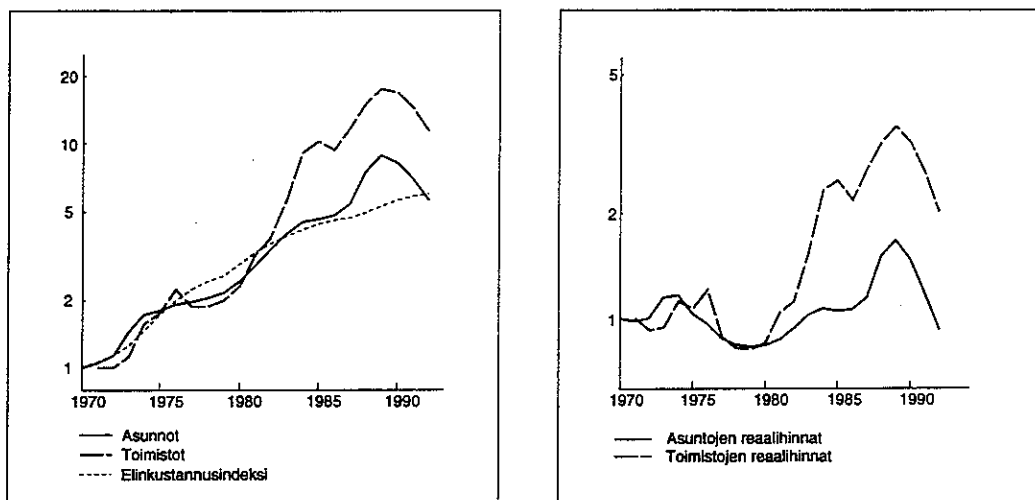
Kuvio 3.5.2.3 Simuloituja osinkotuottoja

3.6. Kiinteistöt

3.6.1. Kiinteistöjen hinnat

Kiinteistöjen hinnoista ei ole käytettävissä samanlaista keskitetysti kerättyä tilastointia kuin osakkeista. Seuraavassa tarkastelussa kiinteistöjen hintojen kehitystä edustaa kaksi indeksisarjaa. Niistä ensimmäinen on muodostettu Tilastokeskuk-

sen julkaisemista kerrostaloasuntojen keskineliöhinnnoista vuosilta 1970 - 1992 ja toinen Huoneistokeskukselta saaduista Helsingin toimistotilojen keskineliöhinnnoista vuosilta 1971 - 1992. Indeksit on esitetty kuviossa 3.6.1.1.



Kuvio 3.6.1.1 Kiinteistöjen nimellis- ja reaalihintojen kehitys

Kiinteistömalli muodostetaan samoilla kaavoilla kuin osakeindeksimalli. Lähtökoh-
tana on siis kaava

$$\nabla \ln I_k(t) = \mu + \frac{\delta}{1 - (1 - \delta)B} i(t) + \sum_{k \geq 0} \omega_k \nabla j_{\text{obl}}(t - k) + \frac{1}{1 - \sum_{k \geq 1} \psi_k B^k} \eta(t), \quad (3.6.1.1)$$

missä $I_k(t)$ on kiinteistöjen hintoja kuvaava indeksi. Osoittautuu kuitenkin, että edellä kuvatut aikasarjat ovat liian lyhyitä, jotta niistä pystyisi estimoimaan uskottavia arvoja parametrille δ . Tämän vuoksi on päädytty siihen, että simuloinnissa käytetään samaa arvoa $\delta = 0,05$ kuin osakkeilla ja muut parametrit estimoidaan tästä erillisinä.

Parametrien arvoiksi saadaan

	μ	ω_0	ω_1	ω_2	ω_3	σ_η	γ_η
asunnot	0,026	-	-4,47	-5,72	-3,70	0,071	0,587
toimistot	0,063	-	-2,28	-8,52	-	0,155	0,522

Parametrien määrä on valittu BIC-testillä (ψ -parametrejä ei siis tullut valituksi yhtään). Tuloksen mukaan koron muutoksen vaikutus näkyy kiinteistöjen hinnoissa melko hitaasti alkaen vasta viiveellä 1.

Toimistojen hintojen reaalikasvu on suuri verrattuna asuntohintojen reaalikasvuun. Tämä johtunee osittain asuntojen vuokrasäännöstelystä sekä aikasarjan lyhyydestä ja siitä, että kauteen sisältyy 1980-luvun voimakas kasvu. On myös huomattava, että toimistojen tilastot kuvaavat vain Helsingin hintatasoa.

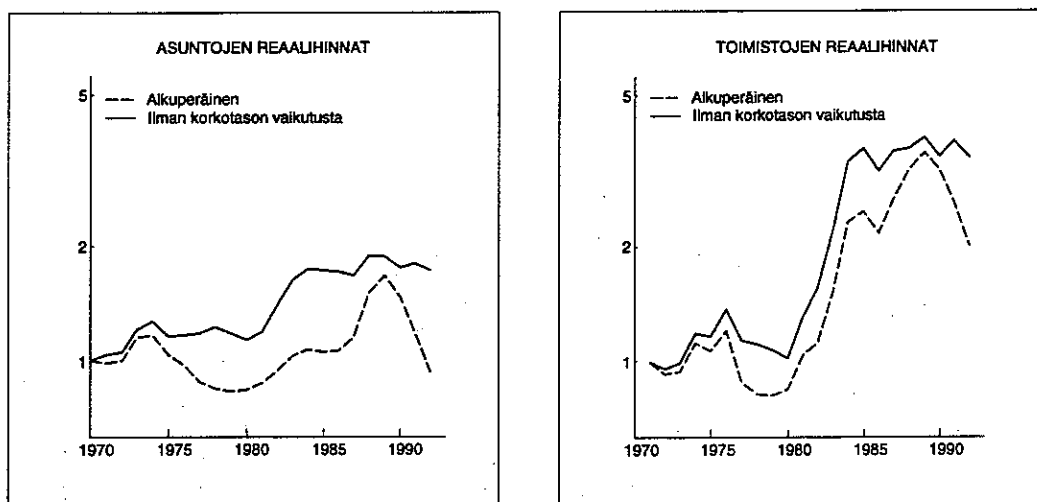
Korkojen vaikutusta kiinteistöjen hintoihin kuvataan indeksillä

$$I_{kk}(t) = \exp\left\{\sum_{k \geq 0} \omega_k [j_{obl}(t-k) - j_{obl}(0)]\right\}. \quad (3.6.1.2)$$

Käyttämällä osakeindeksin kaavan (3.5.1.7) kanssa analogisia merkintöjä saadaan kiinteistöjen hintaindeksille kaava

$$I_{ki}(t) = c \bar{I}(t) (1 + \bar{i}_{ki})^t I_{kk}(t) e^{D_{ki}(t)}. \quad (3.6.1.3)$$

Reaalikasvu $\bar{i}_{ki} = e^\mu - 1$ on asunnoilla 0,026 ja toimistoilla 0,065. Näitä kasvuprosentteja ei voi pitää kovin luotettavina, koska tilastot ovat kovin lyhyeltä ajalta, mihin vielä sisältyy 1980-luvun säännöstelyn purkuun liittynyt voimakas toimistotilojen hintojen kasvu. Lisäksi tuotosta pitäisi vähentää kiinteistöjen korjaus- ja perusparannuskustannukset. Tämän vuoksi simuloinnissa on oletettu kiinteistöjen hintojen kasvavan keskimäärin vain inflaatiota vastaavasti (vastaava oletus on tehty henkisolvenssityöryhmän laskelmissa).

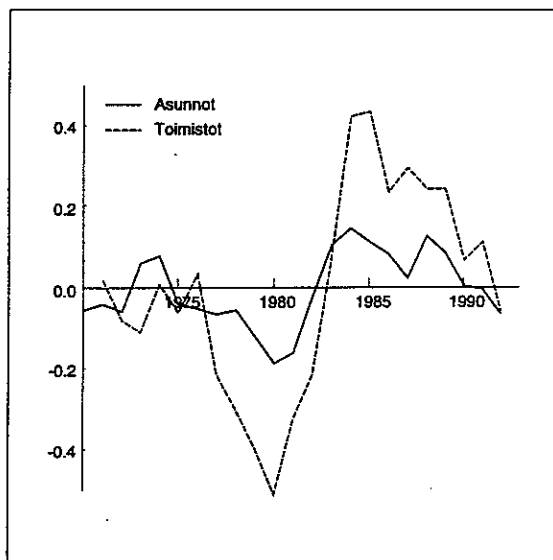


Kuvio 3.6.1.2 Korkojen vaikutus kiinteistöjen reaalihintoihin

Kuviossa 3.6.1.2 on esitetty kiinteistöjen reaali hinnat sekä sellaisenaan että siten, että korkojen vaikutus on eliminoitu kaavalla

$$I_{ki}^*(t) = \frac{I_{ki}(t)}{\bar{I}(t) I_{kk}(t)}. \quad (3.6.1.4)$$

Jäljelle jäävä vaihtelu $D_{ki}(t)$ on esitetty kuviossa 3.6.1.3.



Kuvio 3.6.1.3 Kiinteistöhintojen jäännösvaihtelu

Jäännösvaihteluun on sovitettu AR-malli

$$D_{ki}(t) = \sum_{k \geq 1} \phi_k D_{ki}(t-k) + \rho_{ki}(t), \quad (3.6.1.5)$$

jonka parametrien arvoiksi saadaan

	ϕ_1	ϕ_2	σ_p	γ_p
asunnot	1,018	-0,423	0,058	0,456
toimistot	0,824	-	0,143	0,576

Lopuksi on vielä tutkittu kiinteistöhintojen residuaalien $\rho_{ki}(t)$ korrelaatiota osakeindeksin residuaalien $\epsilon_{os}(t)$ kanssa (ks. kaava 3.5.1.10). Tällöin ilmenee, että osakkeiden residuaalien korrelaatio on selvästi positiivinen saman vuoden asuntojen hintojen ja seuraavan vuoden kiinteistöjen hintojen residuaalien kanssa. Tämän vuoksi residuaalien välillä on sovellettu kaavaa

$$\rho_{ki}(t) = \alpha_0 \epsilon_{os}(t) + \alpha_1 \epsilon_{os}(t-1) + \epsilon_{ki}(t), \quad (3.6.1.6)$$

jonka parametrien arvoksi saadaan

	α_0	α_1	σ_e	γ_e
asunnot	0,189	0,067	0,045	-0,080
toimistot	0,137	0,404	0,123	0,703

Kiinteistöindeksin simulointikaavat

Kiinteistöhintojen simulointikaavat on pyritty muodostamaan siten, että mallin käyttäytyminen olisi suunnilleen asuntojen ja kiinteistöjen hintojen puolivälissä (paitsi reaalikasvu, joka on asetettu nolllaksi).

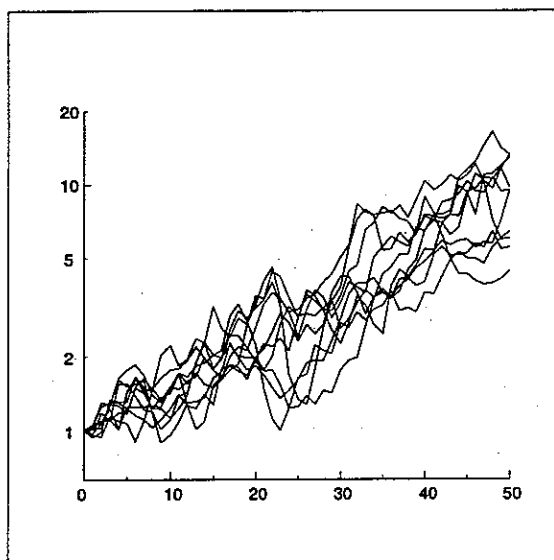
Simulointikaavat ovat

$$\begin{aligned}
 I_{ki}(t) &= \bar{I}(t) (1 + \bar{i}_{ki})^t I_{kk}(t) e^{D_{ki}(t)} \\
 \nabla \ln \bar{I}(t) &= \bar{i}(t) = \delta i(t) + (1 - \delta) \bar{i}(t-1) \\
 I_{kk}(t) &= \exp\{\sum_{k=0}^2 \omega_k [j_{obl}(t-k) - j_{obl}(0)]\} \\
 D_{ki}(t) &= \phi_1 D_{ki}(t-1) + \rho_{ki}(t) \\
 \rho_{ki}(t) &= \alpha_0 \varepsilon_{os}(t) + \alpha_1 \varepsilon_{os}(t-1) + \varepsilon_{ki}(t),
 \end{aligned}
 \tag{3.6.1.7}$$

missä parametreina käytetään

$\bar{i}_{ki}$	δ	ω_0	ω_1	ω_2	ϕ_1	α_0	α_1	σ_ε	γ_ε
0,00	0,05	0	-3	-7	0,8	0,15	0,15	0,10	0,3

Simuloituja kiinteistöindeksejä on esitetty kuviossa 3.6.1.4.



Kuvio 3.6.1.4 Simuloituja kiinteistöindeksejä

3.6.2. Kiinteistöjen vuokratuotto

Kiinteistöjen tuotoista on käytössä Tilastokeskuksen julkaisemat asuntojen neliövuokrat. Yhdistämällä nämä asuntojen hintatietoihin saadaan laskettua suhteellinen tuotto. Tulos on jossakin määrin epätarkka, koska hinta- ja vuokratiedot eivät koske täsmälleen samoja asuntoja. Lisäksi luvut kuvaavat bruttovuokraa, josta ei ole vähennetty asunnon kuluja.

Kiinteistötuotoissa käytetään samoja kaavoja kuin osinkotuotoissa luvussa 3.5.2. Vuokratuoton kaava on siten

$$j_{ki}(t) = \bar{j}_{ki} \frac{\Delta_{ki}(t)}{\Gamma_{ki}(t)} + r_{ki}(t). \quad (3.6.2.1)$$

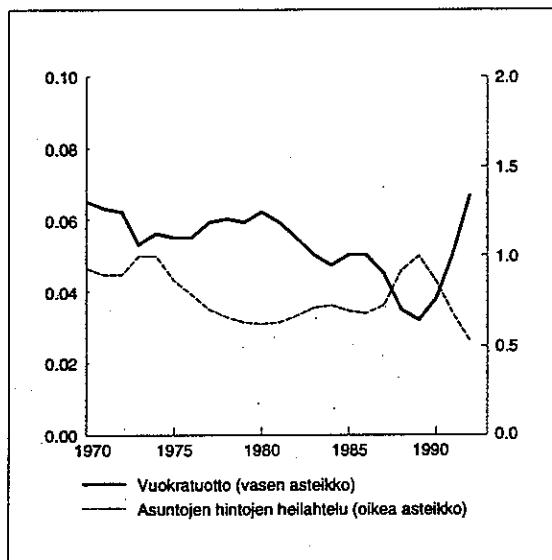
Tässä $\Gamma_{ki}(t)$ on asuntojen hintojen heilahtelu

$$\Gamma_{ki}(t) = I_{kk}(t) e^{D_{ki}(t)}, \quad (3.6.2.2)$$

missä on käytetty kaavan 3.6.1.3 merkintöjä. Tästä termistä saadaan muuttuja $\Delta_{ki}(t)$ eksponentiaalisella tasoituksella

$$\Delta_{ki}(t) = \beta \Gamma_{ki}(t) + (1 - \beta) \Delta_{ki}(t - 1). \quad (3.6.2.3)$$

Kuviossa 3.6.2.1 on esitetty vuokratuotto sekä asuntojen hintojen heilahtelutermi.



Kuvio 3.6.2.1 Vuokratuotto ja asuntohintojen heilahtelu

Kaavojen 3.6.2.1 ja 3.6.2.3 parametrien arvoiksi saadaan

$\bar{j}_{ki}$	β	σ_r	γ_r
0,043	0,157	0,003	-0,063

Jäännöstermiin sovelletaan vielä AR-mallia

$$r_{ki}(t) = \sum_{k \geq 1} \phi_k r_{ki}(t-k) + \varepsilon_{kt}(t), \quad (3.6.2.4)$$

jonka kertaluvuksi saadaan BIC-testillä 1 ja parametrien arvoiksi

ϕ_1	σ_ε	γ_ε
0,525	0,002	0,331

Vuokratuoton simulointikaavat

Simulointikaavat ovat

$$j_{ki}(t) = \bar{j}_{ki} \frac{\Delta_{ki}(t)}{\Gamma_{ki}(t)} + r_{ki}(t) \quad (3.6.2.5)$$

$$\Gamma_{ki}(t) = I_{kk}(t) e^{D_{ki}(t)}$$

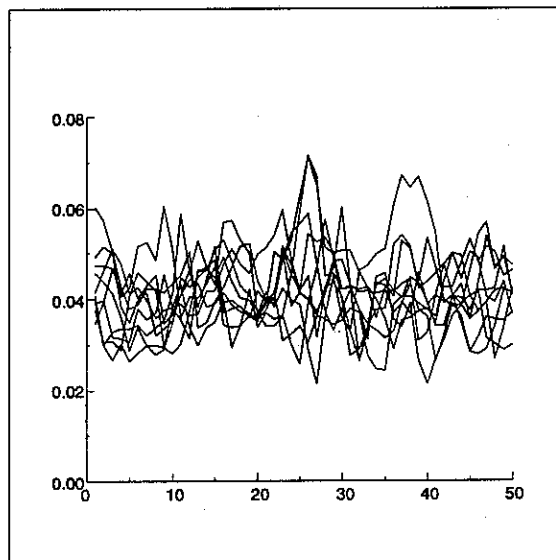
$$\Delta_{ki}(t) = \beta \Gamma_{ki}(t) + (1 - \beta) \Delta_{ki}(t - 1)$$

$$r_{ki}(t) = \phi_1 r_{ki}(t - 1) + \varepsilon_{ki}(t)$$

ja parametrien arvot

$\bar{j}_{ki}$	β	ϕ_1	σ_ε	γ_ε
0,040	0,15	0,5	0,002	0,3

Kuvassa 3.6.2.2 on simuloituja vuokratuottoja.



Kuvio 3.6.2.2 Simuloituja vuokratuottoja

4. TEL-yhtiömalli

4.1. Yleisiä näkökohtia

Tässä luvussa edellä esitetty sijoitusmalli yhdistetään TEL-yhtiötä kuvaavaan kokonaismalliin. Tarkoituksena on tutkia sijoitustuottojen vaihtelujen vaikutusta TEL-yhtiön vakavaraisuuteen tarkastelemalla erityisesti yhtiön toimintapääomaa. Malliin ei ole sisällytetty muuta satunnaisuutta kuin mikä seuraa indeksien ja tuottojen vaihtelusta. Mallissa ei siten käsitellä riskiprosessien satunnaisuutta, maksutason ennalta määrittämisessä tapahtuvia ennustevirheitä eikä hoitokustannusten vaihtelua.

Näiden asioiden simulointia on tutkittu useassa aikaisemmassa tutkimuksessa. Eri-tyisesti TEL:n riskiprosessien simulointia käsitellään eläkevakuutuksen tasotusvastuutyöryhmän muistiossa (1987). Jos haluttaisiin saada kokonaiskuva TEL-yhtiön vakavaraisuuteen vaikuttavista tekijöistä, tulisi mallin satunnaisuutta laajentaa näissä tutkimuksissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti. Tässä kirjoituksessa tällaiseen laajennukseen ei kuitenkaan ole ryhdytty. Kuten luvussa 1.4 todettiin, toimintapääoman vaihtelusta on saatavissa käyttökelpoisia tuloksia, vaikka simulointimallin satunnaisuus rajoitetaankin sijoitustuottoihin.

Käytännössä seuraavassa kuvatussa mallissa myös muut osat (menot, maksut ja vastuuelka) käyttäytyvät jossakin määrin satunnaisesti sen perusteella, että ne riippuvat mm. inflaatiosta, joka on sijoitusmallissa stokastinen muuttuja.

Mallissa on rajoitettu pelkästään TEL-peruseläkkeisiin. Tämä ei ole tulosten kannalta merkittävä rajoitus, koska TEL-perusturva muodostaa ylivoimaisesti suurimman osan yhtiöiden volyyymista. YEL-eläkkeet voidaan jättää tarkastelun ulkopuolelle sillä perusteella, että vakuutusyhtiölain mukaan niitä ei oteta huomioon toimintapääoman vähimmäismäärää laskettaessa.

4.2. Ulkoisen ennusteen käyttö

Koska stokastisuus rajoitetaan mallissa sijoitusosaan, voidaan yhtiön tilan kehityksessä muilta osin käyttää pohjana determinististä ennustetta. Tässä tutkimuksessa on päädytty käyttämään ennalta laskettua ulkoista ennustetta, joka perustuu Eläkevakuutusosakeyhtiö Ilmarisessa käytössä olevaan TEL-järjestelmämalliin. Malli laskee annettujen oletusten pohjalta deterministisen pitkän aikavälin ennusteen koko TEL-järjestelmän perusturvan menoista, maksuista ja vastuuelasta. Mallia on kuvattu yksityiskohtaisemmin mm. artikkelissa Nokelainen (1988).

TEL-järjestelmämallin tuloksista otetaan käyttöön seuraavat muuttujat:

- palkkasumma $S(t)$
- TEL-eläkemeno $E(t)$
- vastuunjakoon maksettava nettomeno $E^v(t)$
- rahastoitu vanhuuseläkemeno $E^{VR}(t)$

- rahastoitu työkyvyttömyyseläkemenno $E^{IR}(t)$
- rahastoitu työttömyyseläkemenno $E^{UR}(t)$
- vanhuuseläkevastuu (vastaiset ja alkaneet) $\bar{V}^{VE}(t)$
- työkyvyttömyyseläkevastuu $\bar{V}^I(t)$
- työttömyyseläkevastuu $\bar{V}^U(t)$.

Koska tulokset kuvaavat koko TEL-järjestelmää, kerrotaan kaikki muuttujat luvulla 0,2, jolloin saadaan suuruusluokaltaan mahdollista yhtiötä kuvaavia lukuja. Jatkossa tulokset esitetään kuitenkin suhdelukuina, joten yhtiön koolla ei itse asiassa ole tässä tutkimuksessa olennaista merkitystä. Tämä perustuu siihen, että stokastisuus on rajoitettu vain sijoitustoimintaan, ja yhtiön sijoitusten oletetaan olevan hajautettuja niin, että niiden tuotot vastaavat markkinoiden keskimääräisiä tuottoja.

Koska muuttujat perustuvat koko TEL-järjestelmää koskevaan ennusteeseen, voidaan mallin katsoa kuvaavan keskimääräisesti kehittyvää TEL-yhtiötä. Mikäli mallia halutaan käyttää simuloimaan jotakin todellista yhtiötä, on pyrittävä tuottamaan ennuste, joka esittää tätä nimenomaista yhtiötä. Mm. vastuunjakoon maksettava tai sieltä saatava osuus on muuttuja, jonka taso riippuu selvästi yhtiön kannan rakenteesta; koko TEL-järjestelmässä sen merkitys on yleensä vähäinen. Yksittäisellä yhtiöllä on myös otettava huomioon sijoitusten kohdentuminen: tuotot eivät ehkä noudata markkinoiden keskiarvoa, jos sijoituksia ei ole hajautettu riittävästi. Tämä voitaisiin ottaa huomioon mallissa esimerkiksi lisäämällä sijoitustuottojen hajontaa.

Kuten edellä on todettu, ei determinististä ennustetta voida käyttää sellaisenaan, koska siihen vaikuttaa inflaatio, joka on määritelty stokastiseksi sijoitusmallissa. Periaatteessa olisi mahdollista laskea ulkoinen ennuste jokaista simuloitua inflaatiokehitystä kohti, mutta käytännössä tämä ei ole realistinen vaihtoehto TEL-järjestelmämallin suuren tietokoneajan kulutuksen takia. Tämän vuoksi on kehitetty menetelmä, jolla perusennustetta muutetaan inflaation satunnaisvaihtelujen mukaan. Muutokset osoittautuvat riippuvan inflaation lisäksi ansiotason kehityksestä, ja tämän vuoksi on tuotettu myös stokastinen ansiotasoindeksi sijoitusmallin luvussa 3.3 kuvatulla tavalla.

Muunnoskaavat on johdettu aineistosta, jotka on saatu laskemalla TEL-järjestelmämallilla joitakin ennusteita, joista osassa inflaatio ja ansiotason kasvu ovat vakioita ja toisissa nämä muuttujat vaihtelevat satunnaisesti kyseisten vakioarvojen ympärillä.

Aineistosta voidaan todentaa (jo ennakoltakin arvattavasti), että palkkasumman muutos seuraa suoraan ansiotasoindeksiä ja eläkemenon muutos edellisen vuoden inflaation ja ansiotason muutoksen keskiarvoa (siis TEL-indeksiä). Myös vastuunjaon nettomenon on oletettu seuraavan TEL-indeksiä. Rahastoitujen eläkkeiden ja vastuiden kohdalla yhteys ei ole näin yksinkertainen. Muutokset tosin riippuvat ansiotason kehityksestä, mutta pitkällä viiveellä. Aineistoon tuntuu soveltuvan melko hyvin eksponentiaalisen tasoituksen sisältävä kaava

$$\nabla \ln \frac{X'(t)}{X(t)} = \frac{\delta}{1 - (1 - \delta)B} \nabla \ln \frac{I'_{\text{ans}}(t)}{I_{\text{ans}}(t)}, \quad (4.2.1)$$

missä $X(t)$ ja $X'(t)$ ovat kaksi ennustetta samasta muuttujasta ja $I_{\text{ans}}(t)$ ja $I'_{\text{ans}}(t)$ näitä vastaavat ansiotasoindeksit siten, että ansiotason kasvun odotusarvo on kummassakin vaihtoehdossa sama. Kaava voidaan esittää myös muodossa

$$\frac{X'(t)}{X(t)} = \left[\frac{X'(t-1)}{X(t-1)} \right]^{1-\delta} \left[\frac{I'_{\text{ans}}(t)}{I_{\text{ans}}(t)} \right]^{\delta}. \quad (4.2.2)$$

Parametrin δ arvoksi saadaan eri muuttujille X :

X	δ
$E^{VR}(t)$	0,015
$E^{IR}(t)$	0,10
$E^{UR}(t)$	0,15
$\bar{V}^{VE}(t)$	0,04
$\bar{V}^I(t)$	0,15
$\bar{V}^U(t)$	0,35

On huomattava, että edellä kuvatut muunnoskaavat ovat likimääräisiä ja soveltuvat vain tilanteeseen, joissa ennusteiden inflaatio ja ansiotason kasvu vaihtelevat satunnaisesti saman keskiarvon ympärillä. Kaavat eivät anna hyviä tuloksia pitkällä aikavälillä tapauksissa, joissa indeksien kasvut ovat keskimäärin eri suuruiset. Tämä merkitsee sitä, että vaihdettaessa esimerkiksi mallin inflaatio-oletusta on laskettava tätä vastaava uusi ulkoinen ennuste.

4.3. Muut vastuut ja maksut

Koska riskiprosessien satunnaisuutta ei tässä oteta huomioon, oletetaan maksutason määrittämisen toteutuvan täysin ilman virheitä. Tällöin ei vakuutusteknisessä liik-
keessä synny lainkaan yli- tai alijäämiä ja tasausvastuu on aina tasan 30 % seuraavan vuoden tasauseläkemenosta, mikä sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen mukaan on tasausmaksua määrättäessä käytettävä minimitaso.

Koska yli- tai alijäämiä ei synny, ei vakuutusteknisen liikkeen maksuja lasketa mallissa lainkaan laskuperusteiden mukaisilla kertoimilla, vaan ne määrätään kaavalla

$$P^X(t) = E^X(t) + \frac{\bar{V}^X(t) - 1,05 \bar{V}^X(t-1)}{\sqrt{1,05}}, \quad (4.3.1)$$

missä X tarkoittaa joko vanhuus-, työkyvyttömyys- tai työttömyysliikettä (V, I tai U). Kun myös maksutappioliikkeen oletetaan menevän tasan, jää ainoaksi tasoitusvastuuta $\bar{T}(t)$ muuttavaksi tekijäksi tällöin 5 %:n rahastokorko:

$$\bar{T}(t) = 1,05 \bar{T}(t-1). \quad (4.3.2)$$

Tasotusvastuun arvo lähtövuonna annetaan oletuksena.

Tasauseläkemeno lasketaan kaavalla

$$E^T(t) = E(t) + E^{vj}(t) - E^{VR}(t) - E^{IR}(t) - E^{UR}(t) \quad (4.3.3)$$

ja tasausvastuu tähän perustuen kaavalla

$$\bar{V}^T(t) = 0,3 E^T(t+1). \quad (4.3.4)$$

Alkuvuodelle tasausvastuun arvo annetaan kuitenkin erillisenä oletuksena. Koska kaavaa (4.3.4) ei voi käyttää suoraan simuloinnin loppuvuotena, tehdään tätä varten tekninen oletus, että tasausmenon kasvu on viimeisen vuoden jälkeen yhtä suuri kuin viimeisenä vuotena.

Kun tasausmeno ja tasausvastuu on annettu, tulee tasausmaksu määräytyksi kaavalla

$$P^T(t) = E^T(t) + \frac{\bar{V}^T(t) - r \bar{V}^T(t-1)}{\sqrt{r}} - \frac{j - 0,05}{r} \frac{\bar{V}^{viu}(t) + \bar{V}^{viu}(t-1)}{2}, \quad (4.3.5)$$

missä $j = j_{TEL}(t)$ ja $r = 1 + j$ sekä $\bar{V}^{viu}(t)$ on vanhuus-, työkyvyttömyys- ja työttömyysvastuiden summa.

TEL-maksun muut osat, maksutappio-osa, hoitokustannusosa ja ETK:n kustannusosa voidaan tarvittaessa antaa erikseen. Näillä ei kuvatussa mallissa ole vaikutusta yhtiön tulokseen, koska vastaavien menojen oletetaan olevan yhtä suuret.

Lisäakuutusrahasto ja maksun hyvitykset riippuvat yhtiön vuosittaisista ylijäämistä, ja niiden laskeminen esitetään siksi myöhemmin.

Edellä esitetyistä maksukaavoista seuraa, että vastuuvälille on vuosittain saatava vähintään laskuperustekoron mukainen tuotto. Tasotusvastuulle kuitenkin 5 %:n tuotto on riittävä.

4.4. Sijoitukset ja niiden tuotto

Yhtiön pääoman oletetaan koostuvan mallissa vastuuvälästä ja toimintapääomasta. Yhtiön taseeseen lisäksi sisältyvät erät muut vieraan pääoman erät jätetään tässä huomiotta, koska niiden merkitys on kokonaisuuden kannalta vähäinen. Toimintapääomaa ei myöskään tässä eritellä esimerkiksi omaan pääomaan, varauksiin ja ar-

vostuseroihin, vaan se käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Tarvittaessa malli voidaan laajentaa siten, että kyseiset erät lasketaan erikseen, mutta tämän tutkimuksen kannalta se ei osoittautunut tarpeelliseksi.

Tällä tavoin määritellyn pääoman katteena yhtiöllä on eri kohteisiin sijoitettua omaisuutta (tämä on laajempi käsite kuin taseessa esitetty sijoitusomaisuus). Sijoitukset jaetaan mallissa seuraaviin lajeihin:

1. takaisinlainaus
2. sijoituslainaus
3. markkinarahasijoitukset
4. joukkovelkakirjat
5. osakkeet
6. kiinteistöt
7. muu omaisuus.

Sijoituslajien tuotot perustuvat luvussa 3 kuvatun sijoitusmallin muuttujiin. Tuotot jaotellaan käteistuottoihin $J'_k(t)$ ja arvonmuutoksiin $J''_k(t)$. Käteistuotot lasketaan lajeissa 1 - 3 kertomalla vuoden alun sijoitusten määrä vastaavalla tuottokertoimella:

$$J'_k(t) = j_k(t) A_k(t-1), \quad (4.4.1)$$

missä $A_k(t)$ on sijoituslajin k arvo ja $j_k(t)$ sen tuottokerroin. Takaisinlainauksen tuottokertoimena käytetään laskuperustekorkoa, sijoituslainojen sijoituslainakorkoa ja markkinarahasijoitusten lyhyitä markkinakorkoja.

Joukkovelkakirjojen oletetaan olevan kaikkien sellaisia, kuin on kuvattu kohdassa 3.4.7; niillä on siis kiinteä korko ja lyhennys tapahtuu kerralla kuoletusajan lopussa. Keston oletetaan olevan kaikissa 10 vuotta. Käteistuotto lasketaan kaavalla

$$J'_4(t) = \sum_{\tau=1}^{10} j_{obl}(t-\tau) O(t-\tau), \quad (4.4.2)$$

missä on merkitty $O(t)$:llä vuonna t hankittujen joukkovelkakirjojen nimellisarvoa. Arvonmuutokset lasketaan hankintavuosien mukaan jaoteltuna kaavan (3.4.7.3) perusteella.

Todellisella yhtiöllä on usean lajisia joukkovelkakirjoja. Joukkovelkakirjojen tyyppilä ei kuitenkaan osoittautunut olevan merkittävää vaikutusta mallin tuloksiin, joten tässä niiden kaikkien voidaan olettaa olevan edellä kuvattua yksinkertaista lajia.

Osakkeiden ja kiinteistöjen käteistuotto lasketaan kaavalla

$$J'_k(t) = j_k(t) A_k(t-1) \frac{I_k(t)}{I_k(t-1)}, \quad (4.4.3)$$

missä $I_k(t)$ on osakkeiden ($k=5$) tai kiinteistöjen ($k=6$) hintaindeksi. Kaavan indeksikorjaus perustuu siihen, että sijoitusmallissa osinko- ja vuokratuottokertoimet on määritelty suhteessa saman vuoden osakkeiden ja kiinteistöjen hintoihin.

Osakkeiden ja kiinteistöjen arvonmuutokset lasketaan kaavalla

$$J_k''(t) = \left[\frac{I_k(t)}{I_k(t-1)} - 1 \right] A_k(t-1). \quad (4.4.4)$$

Muu omaisuus on mallissa "sijoituslaji", jolle ei oleteta saatavan lainkaan tuottoa. Tämä koostuu taseen eräistä siirtyvistä eristä. Tämän omaisuuslajin suuruudeksi on arvioitu noin 5 % vastuuvelasta. Arvio perustuu siihen, että kun sijoitusten oletetaan jakautuneen aikaisempien vuosien tilastojen mukaisesti, niin mallin laskemat hyvitysten määrät ja toimintapääoman kasvu vastaavat tällöin suuruusluokaltaan tilastoista arvioitua tasoa.

Sijoituslajien jakauman määräytymistä vuosittain käsitellään myöhemmin kohdissa 4.9. ja 4.10.

4.5. Toimintapääoman vähimmäismäärä

Toimintapääoman vähimmäismäärää koskevat vakuutusyhtiölain määräykset on kuvattu luvussa 1.3. Niiden mukaan vähimmäismäärän laskeminen TEL-yhtiössä perustuu vakuutusmaksuvastuun ja alkaneiden eläkkeiden korvausvastuun summaan sekä maksun työkyvyttömyys- ja työttömyysosaan.

Mallissa toimintapääoman vähimmäismäärää käytetään mm. laskettaessa lisävakuumusrahastoon vuosittain siirrettävän erän suuruutta. Tällöin tarvittavaa vastuuvelan määrää laskettaessa joudutaan lisävakuumusrahasto ottamaan edelliseltä vuodelta, koska saman vuoden arvo on mallissa vielä tuntematon. Tästä syntyvä virhe on käytännössä merkityksetön. Käytettävä vastuuvelan yhteismäärä on siis

$$V^C(t) = k^C [\bar{V}^{VIU}(t) + \bar{V}^T(t) + V^{AI}(t-1)], \quad (4.5.1)$$

missä V^{AI} merkitsee lisävakuumusrahastoa ja k^C on kerroin 0,1. Vähimmäismäärän laskennassa käytettävä maksu on

$$P^C(t) = k^C [P^I(t) + P^U(t)]. \quad (4.5.2)$$

Toimintapääoman vähimmäismäärä lasketaan kaavalla

$$C_{\min}(t) = 0,04 V^C(t) + 0,18 \min[P^C(t), R] + 0,16 [P^C(t) - R]^+, \quad (4.5.3)$$

missä R on vakio 60 miljoonaa markkaa.

Kaavoissa esiintyvä vakio k^C toteuttaa sen säännön, että TEL-liikkeestä otetaan huomioon 10 %. Kun myöhemmin lasketaan vaihtoehtoja vähimmäismäärän tasolle, pidetään kaavat (4.5.1)-(4.5.3) ennallaan, mutta annetaan niissä vakiolle k^C muita arvoja.

4.6. Ylijäämä

Vuosittaisen ylijäämän laskemisessa tarvitaan maksun vakuutusteknisten osien ja ta-sausmaksun summa

$$P^Y(t) = P^V(t) + P^I(t) + P^U(t) + P^T(t) \quad (4.6.1)$$

sekä eläkemeno, johon sisältyy vastuunjakoon maksettava nettomeno

$$E^Y(t) = E(t) + E^w(t). \quad (4.6.2)$$

Maksuun kuuluvia maksutappio-, hoitokustannus- ja ETK:n kustannusosia sekä vastaavia menoja ei tässä oteta huomioon, koska nämä tulot ja menot oletetaan tässä yksinkertaistetussa mallissa yhtä suuriksi eivätkä ne siis vaikuta tulokseen.

Mallissa tarvitaan kaksi erilaista ylijäämän käsitettä, joista ensimmäistä sanotaan tässä käteisylijäämäksi. Tähän vaikuttavat edellä kuvattujen maksun ja menon lisäksi sijoitustuottojen käteisosat. Käteistuottojen summa lasketaan kaavalla

$$J'(t) = \sum_k J'_k(t) + (\sqrt{1 + j_{TEL}(t)} - 1) [P^Y(t) - E^Y(t)]. \quad (4.6.3)$$

Käteistuottoihin lasketaan siis eri sijoituslajien käteistuottojen lisäksi maksun ja menon erotuksen korko puolelta vuodelta, missä korkotasona on yksinkertaisuuden vuoksi käytetty laskuperustekorkoa. Käteisylijäämä lasketaan kaavalla

$$Y_1(t) = P^Y(t) - E^Y(t) + J'(t). \quad (4.6.4)$$

Toiseen ylijäämäsuureeseen vaikuttaa edellisten tekijöiden lisäksi vastuuvelan muutos sekä sijoitusten arvomuutokset. Vastuuvelkaan lasketaan muut osat paitsi lisä-vakuutusrahasto (jonka muutos on vielä tuntematon)

$$V^Y(t) = \bar{V}^{vu}(t) + \bar{V}^T(t) + \bar{T}(t) \quad (4.6.5)$$

ja arvomuutokset lasketaan sijoituslajeittaisten arvomuutosten summana

$$J''(t) = \sum_k J''_k(t). \quad (4.6.6)$$

Nämä erät sisältävä ylijäämä saadaan kaavalla

$$Y_2(t) = Y_1(t) + J''(t) + V^Y(t-1) - V^Y(t). \quad (4.6.7)$$

On huomattava, että edellä määritellyt ylijäämät ovat kumpikin mallissa käytettyjä teknisiä eriä, jotka eivät vastaa yhtiön kirjanpidossa esiintyvää ylijäämää. Esimerkiksi kaikki sijoitukset on laskelmissa esitetty käyvissä arvoissa. Tässä oletetaan, että tarvittaessa kirjanpidon mukainen ylijäämä voidaan aina määrittää sopivan suuruiseksi säätämällä varausten ja arvostuserojen määriä. Tämän tutkimuksen päämäärien kannalta ei kuitenkaan ole tarpeen laskea kirjanpidon mukaisia eriä. Edellisissä kaavoissa ei myöskään ole otettu vielä huomioon maksettuja hyvityksiä eikä siirtoa lisävuutusrahastoon, koska kyseisiä ylijäämälukuja on tarkoitus käyttää nimenomaan tämän siirron suuruuden laskemisessa.

4.7. Lisävuutusrahasto ja hyvitykset

Hyvityksinä maksetaan 30 % edellisen vuoden lisävuutusrahaston määrästä:

$$H(t) = 0,3 V^{AI}(t-1). \quad (4.7.1)$$

Siirtoa lisävuutusrahastoon ei voi johtaa laskuperusteista, vaan sen suuruus riippuu tietyissä rajoissa yhtiön omista päätöksistä. Tässä on pyritty kehittämään siirrolle mahdollisimman yksinkertaiset säännöt, jotka kuitenkin ylimalkaisesti jäljittelisivät todellisen yhtiön strategiaa. Yhtiön on oletettu noudattavan kolmea periaatetta:

1. Maksettavien hyvitysten määrän ei toivota laskevan tietyn minimitason alapuolelle.
2. Siirto lisävuutusrahastoon voi olla sitä suurempi, mitä enemmän yhtiön toimintapääoma ylittää vähimmäismäärän.
3. Hyvitysten määrä ei kuitenkaan saisi vaihdella liian voimakkaasti eri vuosina.

Hyvitysten minimitaso pyritään ylläpitämään siten, että lisävuutusrahastosiirto on mahdollisuuksien mukaan vähintään niin suuri, että rahaston taso ei alita tiettyä osuutta palkkasummasta. Täksi osuudeksi on valittu 0,2 %, jolloin (korkoylijäämään perustuvien) hyvitysten taso on likimain vähintään 0,05 % palkoista. Lisävuutusrahastosiirron tavoitteellisen minimitason määrittelee näin ollen kaava

$$\Delta W_{\min}(t) = [0,002 S(t) + H(t) - V^{AI}(t-1)]^+. \quad (4.7.2)$$

Lisäksi laskuperusteet määrittelevät siirrolle minimitason, jonka suuruus on rahaston V^{AI} päättäneiden vakuutusten osuuksille hyvitettyjen korkojen määrä. Tämä luku on kuitenkin käytännössä niin pieni, että sitä ei oteta mallissa huomioon.

Kaavan (4.7.2) minimitaso voidaan alittaakin tapauksessa, jossa toimintapääoma on vaarassa pienentyä vähimmäismäärän alle. Tätä varten lasketaan vapaasti käytettävissä oleva määrä

$$Y_{\text{vapaa}}(t) = C(t-1) + Y_2(t) - C_{\min}(t), \quad (4.7.3)$$

missä $C(t)$ on toimintapääoma. Tätä suuremman määrän siirtäminen lisävakuumrahastoon johtaisi toimintapääoman vähimmäismäärän alitukseen. Toisaalta jos kyseinen erä kasvaa suureksi, siirtoa voidaan kasvattaa. Mallissa on valittu sääntö, jonka mukaan lisävakuumrahastoon siirretään aina vähintään 2 % muuttujan $Y_{\text{vapaa}}(t)$ arvosta. Tämä 2 %:n sääntö johtaa tulokseen, jossa hyvitysten määrä ei heilahtele kovin voimakkaasti vuosittain. Toimintapääoman määrä sen sijaan voi vaihdella paljonkin.

Siirron kaavaksi saadaan edellä kuvattujen sääntöjen mukaisesti

$$\Delta W(t) = \min\{Y_{\text{vapaa}}(t); \max\{\Delta W_{\min}(t); 0,02 Y_{\text{vapaa}}(t)\}\}. \quad (4.7.4)$$

Lisävakuumrahaston määräksi saadaan

$$V^{AI}(t) = V^{AI}(t-1) + \Delta W(t) - H(t). \quad (4.7.5)$$

Mallin yhtiön ei oleteta maksavan lainkaan osinkoja, joten ylijäämän jakamista ei siltä osin tarvitse käsitellä.

4.8. Toimintapääoma

Toimintapääoma lasketaan kaavalla

$$C(t) = C(t-1) + Y_2(t) - \Delta W(t). \quad (4.8.1)$$

Lähtövuonna toimintapääoman taso annetaan erillisenä oletuksena.

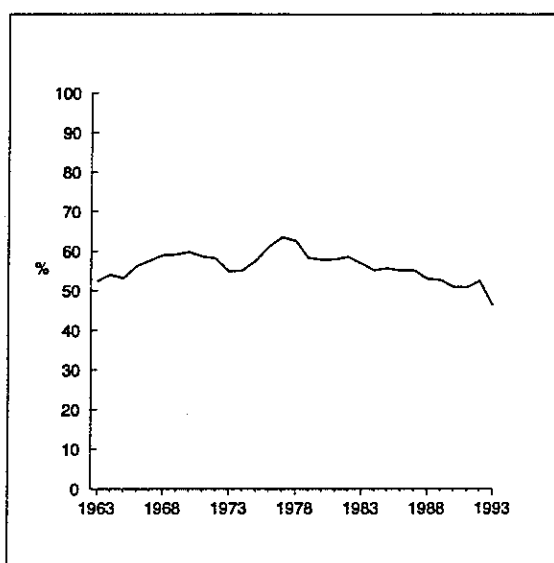
4.9. Takaisinlainaus

Sijoituslajeista takaisinlainaus on siinä poikkeava, että se perustuu tietyissä rajoissa vakuutuksenottajien valintaan. Takaisinlainauksen osuus sijoitusten yhteismäärästä ei siten ole yhtiön päätettävissä. Tästä syystä mallissa on määritelty takaisinlainauksen määrä stokastisena muuttujana.

Kuviossa 4.9.1 on esitetty takaisinlainauksen määrän suhde vastuovelkaan Eläkevakuumusosakeyhtiö Ilmarisen taseiden mukaan vuosina 1963 - 1993. Suhde on vaihdellut välillä 46 - 64 % ja ollut keskimäärin 56 %. Vuonna 1994 suhdeluku laski jo 39 %:iin.

Suhteen kehitykselle on kokeiltu eräitä selittäviä muuttujia, jotka kuvaavat mm. korkotasoa. Näistä ainoa merkitsevä (BIC-testillä) oli obligaatiokoron ja TEL-laskuperustekorona erotus. Tämä voidaan tulkita siten, että erotus kuvaa laskuperustekorona edullisuutta yleiseen korkotasoon nähden: erotuksen ollessa suuri takaisinlainauksen käyttö kasvaa.

Takaisinlainauksen kysyntään vaikuttaa todellisuudessa muitakin tekijöitä: viime vuosina merkittäviä ovat olleet mm. rahamarkkinoiden sääntelyn purkaminen ja vakuuksien kustannusten nousu. Näiden tarkastelu on jätetty tämän selvityksen ulkopuolelle.



Kuvio 4.9.1 Takaisinlainauksen suhde vastuovelkaan Ilmarisen taseiden mukaan 1963 - 1993

Käytetään takaisinlainauksen suhteesta vastuovelkaan merkintää $l(t)$ ja korkoerotuksesta $d(t) = j_{\text{obl}}(t) - j_{\text{TEL}}(t)$. Muuttujien yhteyttä kuvataan mallilla muotoa

$$\nabla l(t) = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} [d(t) - \bar{d}] + \frac{1}{\phi(B)} \varepsilon_u(t), \quad (4.9.1)$$

missä $\bar{d}$ on muuttujan $d(t)$ keskiarvo. BIC-testillä saadaan tulokseksi, että ainoat merkitsevät muuttujat ovat $\bar{d}$ ja ω_0 .

Parametrien arvoiksi saadaan

$\bar{d}$	ω_0	σ_ε	γ_ε
0,017	0,803	0,017	-0,511

Mallissa korkoeron keskiarvona $\bar{d}$ käytetään kuitenkin arvoa 0,009, joka on sijoitusmallissa obligaatiokorkojen ja perustekoron odotusarvojen erotus. Lisäksi muuttujalle $l(t)$ asetetaan mallissa maksimi- ja minimiarvot. Maksimiarvo seuraa siitä, että tosiasiassa koko vastuovelkaa ei voida takaisinlainata. Tämä johtuu siitä, että takaisinlainattaviin rahastoihin ei lueta tasoitusvastuuta eikä lisävakuutusrahastoa ja että päättäneiden vakuutusten osuuksia ja minimimäärän takia kaikkien pienten vakuutusten osuuksia ei voida takaisinlainata. Takaisinlainauksen ulkopuolella on myös

työntekijöiden maksuista kertynyt osuus. Näiden tekijöiden yhteisvaikutuksena on arvioitu, että takaisinlainauksen yläraja olisi 65 % vastuuvelan määrästä. Alarajaksi on mallissa asetettu 35 %.

Takaisinlainauksen osuuden simulointi

Takaisinlainauksen suhdetta vastuuvelkaan simuloidaan kaavoilla

$$l(t) = \max\{l_{\min}; \min\{l_{\max}; l(t-1) + \nabla l(t)\}\} \quad (4.9.2)$$

$$\nabla l(t) = \omega_0 [j_{\text{obi}}(t) - j_{\text{TEL}}(t) - \bar{d}] + \epsilon_u(t),$$

missä parametrien arvot ovat

$l_{\max}$	$l_{\min}$	$\bar{d}$	ω_0	σ_ϵ	γ_ϵ
0,65	0,35	0,009	0,8	0,017	-0,5

Alkuarvona käytetään $l(0) = 0,55$.

4.10. Sijoitusten jakauma

Sijoitusten jakoa lajeihin käsiteltiin alustavasti jo kohdassa 4.4., jossa esitettyä lajien numerointia käytetään myös seuraavissa kaavoissa. Tuottamattoman omaisuuden osuudeksi arvioitiin 5 % vastuuvelan kokonaismäärästä:

$$A_7(t) = 0,05[\bar{V}^{VIU}(t) + \bar{V}^T(t) + \bar{T}(t) + V^{AI}(t)] = 0,05 V^{kok}(t). \quad (4.10.1)$$

Muille sijoituslajeille mallissa asetetaan tavoitejakauma. Yhtiön sijoitusstrategia oletetaan niin yksinkertaiseksi, että ainoa tavoite on pysyä mahdollisimman lähellä tätä jakaumaa. Esimerkiksi tuottojen tason vaihtelu ei siis vaikuta mallissa sijoituslajien osuuksiin. Merkitään lajin k tavoiteosuutta β_k :llä, jolloin $\sum_{k=1}^6 \beta_k = 1$. Lähtövuonna sijoituslajien osuudet määräytyvät suoraan tavoitejakauman perusteella kaavalla

$$A_k(0) = \beta_k [C(0) + V^{kok}(0) - A_7(0)] = \beta_k [C(0) + 0,95 V^{kok}(0)], \quad (4.10.2)$$

kun $1 \leq k \leq 6$.

Kohdan 4.9. nojalla takaisinlainauksen todellinen osuus määräytyy yhtiöstä riippumatta, joten termi β_1 on lähtövuoden jälkeen käytössä vain teknisistä syistä. Takaisinlainauksen määrä lasketaan vuonna $t > 0$ kaavalla

$$A_1(t) = l(t) V^{kok}(t), \quad (4.10.3)$$

missä $l(t)$ lasketaan kaavan (4.9.2) mukaan.

Muiden sijoituslajien ($k=2,\dots,6$) arvo on ennen uusien investointien huomioonottamista muuttunut vuoden t aikana seuraavan kaavan kuvaamalla tavalla:

$$A_k'(t) = A_k(t-1) + J_k''(t) - A_k^{vapaa}(t). \quad (4.10.4)$$

Tässä $J_k''(t)$ on arvonmuutos kohdan 4.4. mukaisesti ja $A_k^{vapaa}(t)$ on sijoituslajista vapautuva määrä. Viimeksi mainittu erä esiintyy sijoituslainoissa, joita oletetaan lyhennettävän 15 % vuosittain, sekä joukkovelkakirjoissa, joista vanhimmista (10 vuotta vanhoista) saadaan lyhennykset:

$$A_2^{vapaa}(t) = 0,15 A_2(t-1) \quad \text{ja} \quad (4.10.5)$$

$$A_4^{vapaa}(t) = 0(t-10).$$

Muissa sijoituslajeissa kyseinen termi on nolla.

Uusin sijoituksiin on käytettävissä vapautuneiden varojen lisäksi vuoden käteisylijäämä, joka saadaan vähentämällä kohdassa 4.6. määritellystä erästä maksetut hyviytykset. Toisaalta takaisinlainauksen ja lajin 'muut sijoitukset' määrän muutokset lisäävät tai vähentävät muihin lajeihin käytettävissä olevaa määrää. Lajeissa 2 - 6 uusiin sijoituksiin yhteensä käytettävissä olevat varat lasketaan siis kaavalla

$$A_{\text{uusi}}(t) = Y_1(t) - H(t) + A_2^{vapaa}(t) + A_4^{vapaa}(t) - \nabla A_1(t) - \nabla A_7(t). \quad (4.10.6)$$

Kyseinen määrä voi olla myös negatiivinen, jolloin entisiä sijoituksia on myytävä pois. Tätä ei kuitenkaan simuloinnissa näytä tapahtuvan kovin usein.

Koska takaisinlainauksen osuus voi poiketa huomattavasti tavoiteosuudesta β_1 , tarvitaan sääntö, jonka mukaan ero jaetaan muille sijoituslajeille. Tässä on ajateltu, että osake- ja kiinteistösijoitukset ovat yleensä pitkäaikaisia, eikä niiden osuuksia muuteta takaisinlainauksen vaihtelun takia. Sen sijaan sijoituslainten ja joukkovelkakirjojen osuuksia muutetaan tarvittava määrä suuremmaksi tai pienemmäksi. Tässä ei oteta huomioon mahdollisia ongelmia sijoituslainten kysynnässä.

Sijoituslajien 1 - 6 yhteismäärä tulee olemaan

$$A_{\text{yht}}(t) = A_{\text{uusi}}(t) + A_1(t) + \sum_{k=2}^6 A_k'(t) \quad (4.10.7)$$

ja takaisinlainauksen osuus on tästä

$$\beta_1'(t) = A_1(t) / A_{\text{yht}}(t). \quad (4.10.8)$$

Muutetaan sijoituslainten ja joukkovelkakirjojen tavoiteosuuksia kaavalla

$$\beta_k'(t) = \beta_k + \frac{\beta_k}{\beta_2 + \beta_4} [\beta_1 - \beta_1'(t)], \quad (4.10.9)$$

kun $k = 2$ tai $k = 4$, ja asetetaan $\beta_k'(t) = \beta_k$ sijoituslajeissa 3, 5 ja 6. Jos mallin parametrit täyttävät ehdon $l_{\max} \leq 0,95 (\beta_1 + \beta_2 + \beta_4)$, kaavasta (4.10.9) ei tule osuuskille negatiivisia arvoja (kun toimintapääoma on positiivinen). Näin onkin kaikissa myöhemmin kuvattavissa esimerkkitapauksissa.

Muunnettuja tavoiteosuuksia $\beta_k'(t)$ verrataan kaavan (4.10.4) nojalla saataviin alustaviin suhteisiin

$$\alpha_k(t) = A_k'(t) / A_{\text{yht}}(t). \quad (4.10.10)$$

Jos uusiin investointeihin käytettävä määrä on positiivinen, tarkastellaan vajaita osuuksia, muussa tapauksessa ylityksiä:

$$\begin{aligned} \delta_k(t) &= (\beta_k'(t) - \alpha_k(t))^+ \quad \text{jos } A_{\text{uusi}}(t) \geq 0 \quad \text{ja} \\ \delta_k(t) &= (\beta_k'(t) - \alpha_k(t))^- \quad \text{jos } A_{\text{uusi}}(t) < 0. \end{aligned} \quad (4.10.11)$$

Vajausten täyttämiseksi tai ylitysten poistamiseksi tarvittavat määrät ovat sijoituslajeittain

$$\Delta A_k(t) = \delta_k(t) A_{\text{yht}}(t). \quad (4.10.12)$$

Edellisistä kaavoista seuraa, että

$$\left| \sum_{k=2}^6 \Delta A_k(t) \right| \geq |A_{\text{uusi}}(t)|, \quad (4.10.13)$$

joten uusien sijoitusten määrä ei välttämättä riitä kaikkien vajausten tai ylitysten eliminoimiseen. Kaavan (4.10.12) muutoksista otetaan siksi huomioon vain se osuus, joka on käytettävissä. Lopulliset sijoitusten määrät ovat

$$A_k(t) = A_k'(t) + \Delta A_k(t) \frac{A_{\text{uusi}}(t)}{\sum_{k=2}^6 \Delta A_k(t)}, \quad (4.10.14)$$

kun $2 \leq k \leq 6$.

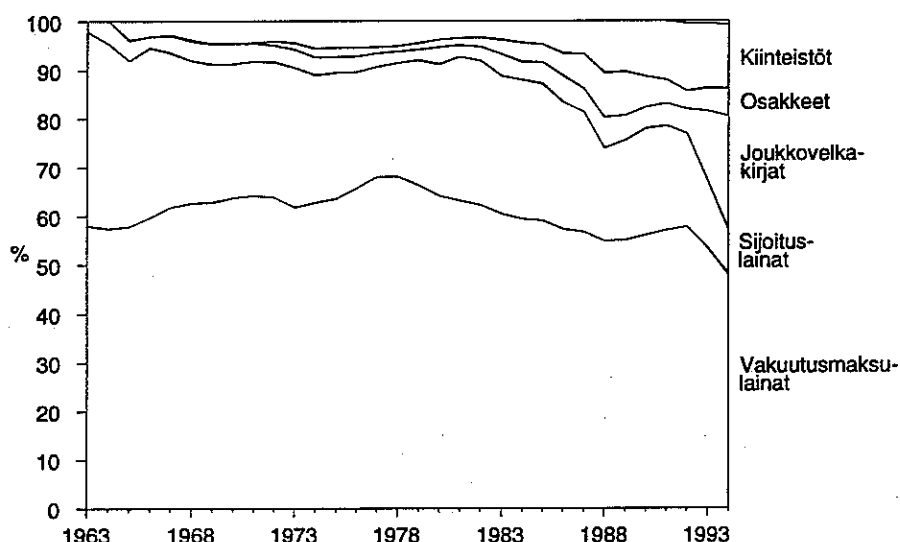
Edellä esitetyistä kaavoista seuraa, että kaikkina vuosina

$$\sum_{k=1}^7 A_k(t) = V^{\text{kok}}(t) + C(t) \quad (4.10.15)$$

eli yhtiön sijoitetun omaisuuden määrä vastaa vastuuvelan ja toimintapääoman summaa, kuten kohdassa 4.4. määriteltiin.

Joukkovelkakirjoille kaava (4.10.14) antaa käypien arvojen yhteismäärän vuoden lopussa. Kun tästä vähennetään aikaisempina vuosina hankittujen joukkovelkakirjojen käyvät arvot kaavan (3.4.7.3) mukaan laskettuina, saadaan tulokseksi, paljonko uusia joukkovelkakirjoja voidaan ostaa tai paljonko vanhoja pitää myydä. Jälkimmäisessä tapauksessa malli vähentää kaikkien ostovuosien joukkovelkakirjoja samassa suhteessa.

Kuviossa 4.10.1 on esitetty Eläkevakuutusyhtiö Ilmarisen sijoitusomaisuuden jakauma yhtiön taseiden mukaan vuosina 1963 - 94. Koska tässä on käytetty kirjanpitoarvoja ja rajoitettu taseen mukaiseen sijoitusomaisuuteen, ei kuvio esitä yhtiön koko omaisuuden jakaumaa tämän tutkimuksen käsitteiden mukaisena, mutta antaa kuitenkin sen kehityksestä likimääräisen kuvan.



Kuvio 4.10.1 Sijoitusomaisuuden jakauma Ilmarisen taseiden mukaan 1963 - 1994

Mallin perusvaihtoehdon sijoituslajien jakauma on määritelty siten, että se suunnitteen muistuttaa kuvion tilannetta vuoden 1990 paikkeilla. Tavoitejakaumaksi on määritelty

takaisinlainaus	β_1	0,55
sijoituslainat	β_2	0,20
markkinaraha	β_3	0,05
joukkovelkakirjat	β_4	0,05
osakkeet	β_5	0,05
kiinteistöt	β_6	0,10

5. Mallin tuloksia

5.1. Yleisiä tuloksia

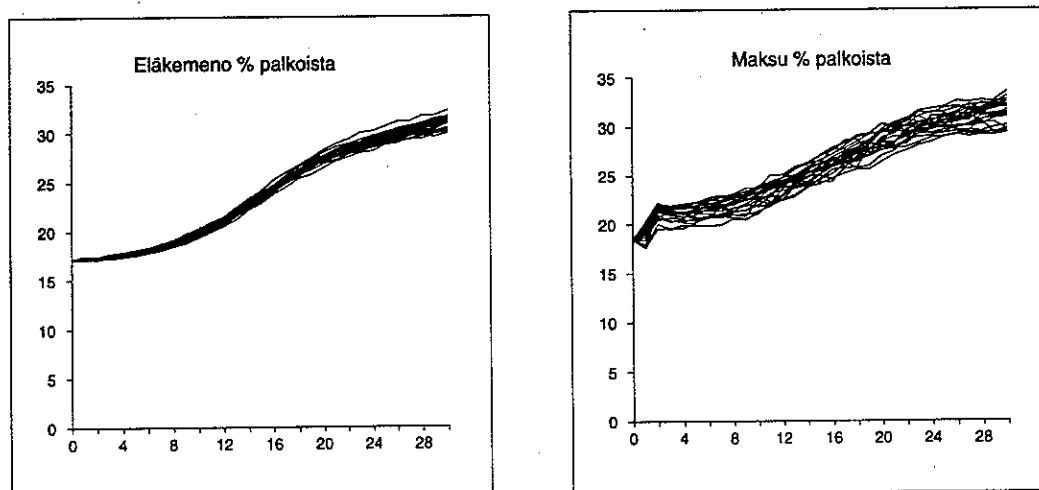
Seuraavissa simuloinneissa on käytetty pohjana Ilmarisen TEL-järjestelmämallin ennustetta, jossa nollavuosi vastaa vuotta 1993 ja ensimmäinen simuloitava vuosi kuvaa siis vuotta 1994. Ensimmäisten vuosien simulointituloksia ei voida silti tulkitella näitä vuosia koskeviksi ennusteiksi. Tämä johtuu muun muassa siitä, että vain osalle muuttujista on sijoitettu oikeat tilastoarvot vuoteen 1993 saakka; esimerkiksi sijoitusmallin muuttujien todellista historiaa ei ole käytetty. Useimmille muuttujille olisi lisäksi jo tiedossa ainakin ennakkotiedot vuodelta 1994, ja osalle jo seuraavallekin vuodelle. Näitä ei ole käytetty hyväksi, vaan kaikkien muuttujien on annettu vaihdella vapaasti jo ensimmäisestä simulointivuodesta lähtien.

Lisäksi mallin rakennettakaan ei ole suunniteltu ennustamista silmälläpitäen. Jos esimerkiksi sijoitusmalli tehtäisiin ennustamista varten, olisi tarvittavien muuttujien määrää todennäköisesti lisättävä ja niiden väliset riippuvuudet määriteltävä olennaisesti monimutkaisemmiksi, kuin mitä simulointia varten on tarpeellista.

Ulkoisen ennusteen käytöllä on kuitenkin se seuraus, että pitkällä aikavälillä tuloksissa on osittain ennusteen luonnetta. Ennen kaikkea liikkeen volyymin kasvu on sellainen, kuin mihin TEL-järjestelmää koskevissa arvioissa on yleisesti päädytty. Tämä näkyy esimerkiksi eläkemenoa ja maksua koskevissa tuloksissa, jotka simuloinneissa suurin piirtein noudattavat käytettyjä deterministisiä ennusteita.

Laskelmat on tehty vuoden 1995 lainsäädännön mukaisina, eivätkä ne siis sisällä työmarkkinajärjestöjen keväällä 1995 sopimia muutoksia.

Kuviossa 5.1.1 on esitetty 25 simulointia eläkemenosta ja maksusta suhteessa palkkoihin mallin perusoletuksilla.



Kuvio 5.1.1 Simuloituja eläkemenoja ja maksuja suhteessa palkkasummaan

Eläkemenon vaihtelu on melko vähäistä, koska siihen vaikuttavat mallissa vain inflaatio ja ansiotasoindeksi. Maksun vaihteluväli sen sijaan on selvästi suurempi ennen kaikkea siksi, että laskuperustekorona muutokset vaikuttavat välittömästi tasausmaksun tasoon. Kokonaismaksussa näkyvät lisäksi hyvitysten määrän vaihtelut.

Maksukäyrien alussa oleva mutka johtuu lähtövuodelle annetuista tasausmaksun ja tasausvastuun alkuarvoista. Vuoden 1994 vastuuvajasta ja sen myöhempää kuole-tusta ei ole lisätty kuvioden maksutasoon. Vastuuvajauksen kuoletuksen on ajateltu toteutuvan niin, että vastuuvajauksen voimassa ollessa sille lasketaan laskuperuste-korkoa. Näin sijoitustuottojen kannalta voidaan ajatella vastuuvajauksen sisältyvän takaisinlainaukseen ja se voidaan käytännössä jättää mallissa huomiotta.

Seuraavassa taulukossa on esitetty inflaation ja eri sijoituslajien keskituotot ja hajonnat, jotka on laskettu mallin perusversion simuloinneista noin 4000 havainnon perusteella. Tuotot on esitetty prosentteina ja ne sisältävät sekä käteistuoton että arvonmuutokset.

	keskiarvo	hajonta
inflaatio	3,0	2,1
takaisinlainaus	5,6	0,8
sijoituslainaus	6,6	1,4
markkinaraha	4,8	2,4
joukkovelkakirjat	5,8	5,7
osakkeet	9,4	23,5
kiinteistöt	7,3	14,7

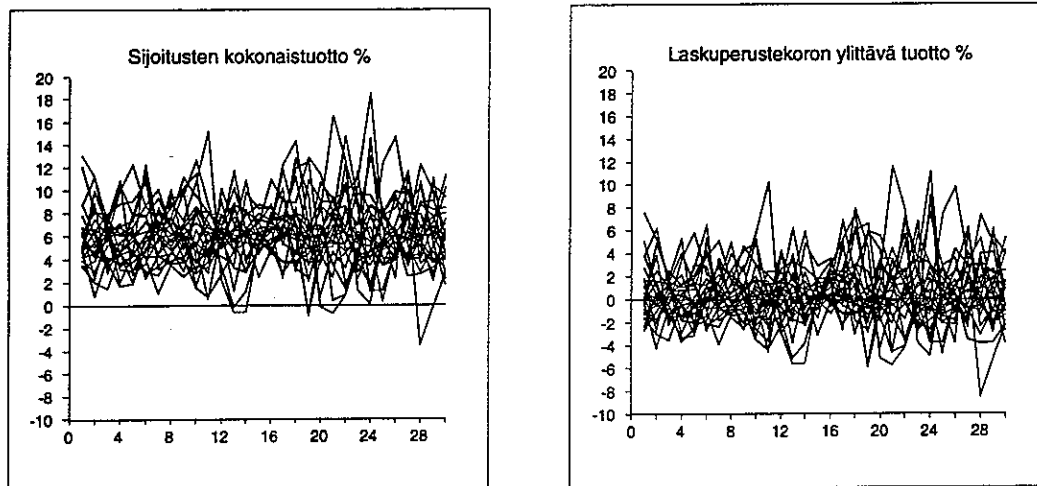
Taulukko 5.1.1 Inflaation ja sijoitustuottojen keskiarvo ja hajonta

Samasta aineistosta lasketut sijoituslajien sekä inflaation väliset korrelaatiot ovat:

	infl.	tak.l.	sij.l.	markk.	jvk	osakk.	kiint.
infl.	1,00	0,28	0,38	0,42	-0,08	-0,04	-0,10
tak.l.	0,28	1,00	0,83	0,54	0,30	0,03	0,02
sij.l.	0,38	0,83	1,00	0,70	0,34	0,01	-0,05
markk.	0,42	0,54	0,70	1,00	0,05	-0,05	-0,12
jvk	-0,08	0,30	0,34	0,05	1,00	-0,03	-0,09
osakk.	-0,04	0,03	0,01	-0,05	-0,03	1,00	0,27
kiint.	-0,10	0,02	-0,05	-0,12	-0,09	0,27	1,00

Taulukko 5.1.2 Inflaation ja sijoitustuottojen korrelaatiomatriisi

Sijoitusten kokonaistuoton 25 simulointia on esitetty kuviossa 5.1.1. Sijoitusten tavoitejakauma on tässä perusvaihtoehtoon mukainen (luku 4.10). Kokonaistuotossa on otettu huomioon edellisessä taulukossa esitettyjen sijoituslajien lisäksi se 5 %:n osuus vastuuvelasta, jonka tuotto on oletettu nolllaksi.



Kuvio 5.1.1 Sijoitusten kokonaistuotto

Kokonaistuottoprosentin keskimääräksi saadaan simulointien perusteella 6,1 ja sen hajonnaksi 2,8. Kuviossa on esitetty myös tuottoprosentista laskuperustekoron ylittävä osuus, jonka keskimäärä on 0,5 ja hajonta 2,6.

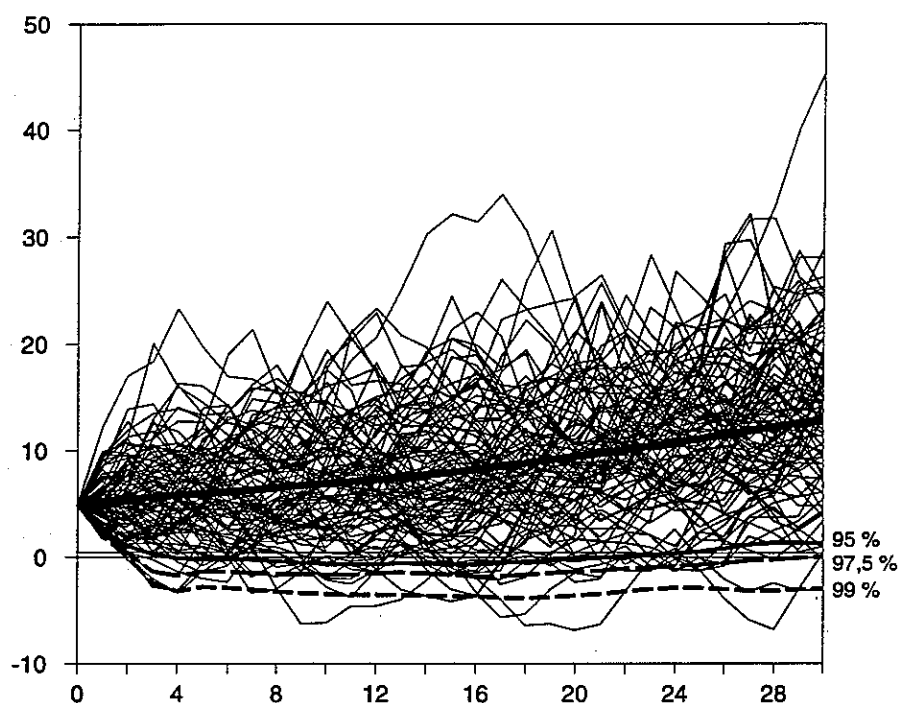
Kokonaistuoton tulee olla keskimäärin laskuperustekoron yläpuolella, koska luvun 4.3 kaavojen perusteella vastuuvälille on saatava vähintään perustekoron mukainen tuotto (tarkkaan ottaen hieman alempi, koska tasointivastuun korkovaatimus on 5 % ja lisävarausrahaston 0 %). Kuvion 5.1.1 mukainen tuotto tosin alittaa laskuperustekoron hyvin usein, mutta jos yhtiöllä on riittävä toimintapääoma, voidaan korkovaatimus täyttää tilinpäätöksessä muuttamalla varauksia ja arvostuseroja.

Mallin sijoitukset kattavat vastuuvelan lisäksi yhtiön toimintapääoman, ja myös tälle osuudelle saadaan sijoitustuottoa, joka osaltaan helpottaa vuosittaisen korkovaatimuksen täyttämistä tilinpäätöksessä. Pitemmällä aikavälillä tuottojen pitäisi kuitenkin olla keskimäärin niin suuria, ettei toimintapääoman kasvu jää olennaisesti vastuuvelan kasvua hitaammaksi, mikä ajan mittaan johtaisi toimintapääoman vähimmäismäärän alittamiseen sitä pikemmin, mitä alempi lähtötaso on. Siten vastuuvelan kasvunopeus asettaa eräänlaisen toimintapääoman "korkovaatimuksen" pitkällä aikavälillä.

Mallissa vastuuvelan kasvu on lähtötilanteessa keskimäärin noin 3 %-yksikköä laskuperustekorkoa nopeampi. Kasvu kuitenkin hidastuu tasaisesti ja alittaa keskimäärin laskuperustekoron noin 20 vuoden kuluttua. Tämä merkitsee sitä, että toimintapääomavaatimusten täyttäminen on vaikeinta simuloinnin alkuvuosina, ja tilanne helpottuu myöhemmin volyymin kasvun hidastuessa. Tämä on eräs syy siihen, että simulointikauden pituudeksi on valittu 30 vuotta - tämän jälkeen eivät eläkemenot, maksut ja vastuuväli suhteessa palkkoihin enää kasva olennaisesti.

5.2. Toimintapääomalaskelmia

Kuvassa 5.2.1 on esitetty 100 simulointia toimintapääomasta suhteessa vastuuvelaan. Laskelma on tehty mallin perusoletuksilla. Toimintapääoman lähtötasoksi on valittu 5 % vastuuvelasta, mikä ilmeisesti ylittää useimpien TEL-yhtiöiden nykyisen tason. Toimintapääoman vähimmäismäärä nykysäännösten mukaan laskettuna on tästä noin kymmenesosa. Kuvioon on lisäksi piirretty toimintapääoman keskimääräinen kehitys sekä alarajat, joiden yläpuolelle on arvioitu jäävän vuosittain 95 %, 97,5 % tai 99 % realisaatioista. Varsinkin viimeisen rajan arviointi on tosin hyvin epätarkka vain 100 simuloinnin perusteella.



Kuvio 5.2.1 Toimintapääoma % vastuuvelasta; peruslaskelma

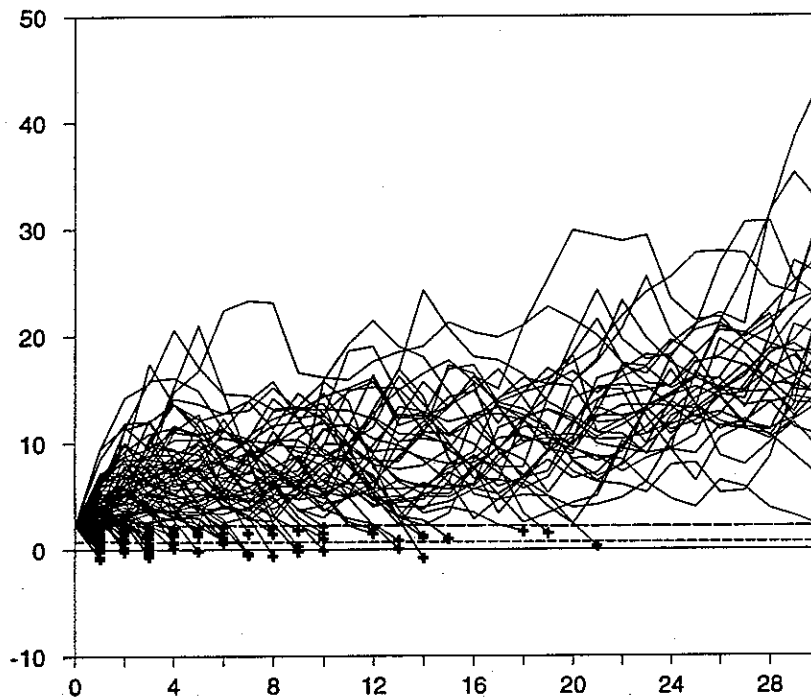
Kuvio osoittaa, että toimintapääoma laskee useassa simulaatiossa nollan alapuolelle: yksittäisinä vuosina noin 5 %:lla yhtiöistä on negatiivinen toimintapääoma. Tämä merkitsee sitä, että lähtötaso on melko matala toimintapääoman vaihteluun nähden.

Lisäksi toimintapääoman vähimmäismäärä näyttää vaihteluun nähden selvästi riittämättömältä. Vähimmäismäärän alittavia realisaatioita on koko 30 vuoden kaudella 32 tapausta. Näistä 26 alittaa myös takuumäärän ensimmäisenä vuotena, jona vähimmäismäärä alittuu, ja 20 tapausta alittaa myös nollatason ensimmäisenä vuotena.

Seuraavassa tarkastellaan vähimmäismäärää siitä näkökulmasta, että toimintapääoma ei saisi yleensä pudota yhden vuoden kuluessa nollatason alapuolelle, jos lähtötaso on vähimmäismäärän yläpuolella. Vielä tiukempi kriteeri on, ettei pudotus saisi yleensä johtaa vuoden aikana takuumäärän alle. Näitä periaatteita on tutkittu simu-

loinneilla, joissa toimintapääoman lähtötaso on täsmälleen vähimmäismäärän suuruinen. Tuloksista voidaan arvioida, kuinka vähimmäismäärän tason muuttaminen vaikuttaa nollatason tai takuumäärän alittavien osuuteen.

Kuviossa 5.2.2 on esitetty 200 simulointia tapauksessa, jossa toimintapääoman vähimmäismäärässä on otettu huomioon 50 % TEL-liikkeestä nykyisen 10 %:n sijasta. Kussakin realisaatiossa laskenta on keskeytetty ensimmäisenä vuotena, jolloin vähimmäismäärä alitetaan (nämä on merkitty kuviossa +:lla). Kuvioon on merkitty toimintapääoman vähimmäismäärä ja takuumäärä (nämä ovat suhteessa vastuuvélkaan lähes samat kaikissa realisaatioissa, joten ne on kumpikin voitu esittää yhtenä viivana).



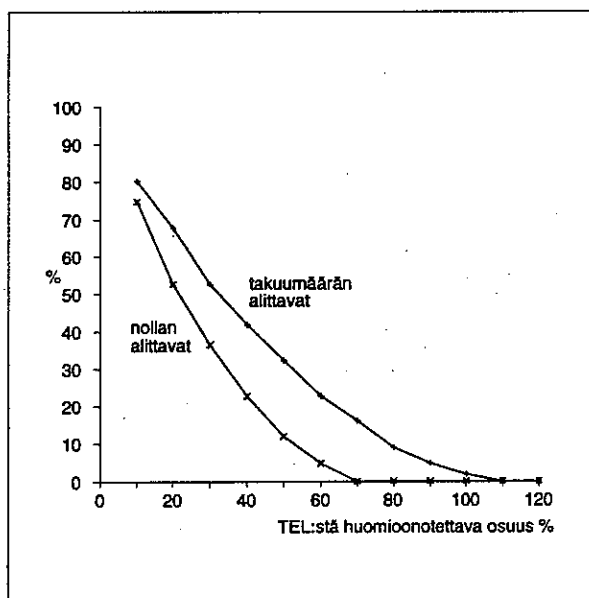
Kuvio 5.2.2 Toimintapääoma % vastuuvélasta. TEL-liikkeestä otettu huomioon 50 % takaisinlainauksen vähimmäismäärässä.

Kuvion esimerkkitapauksissa vähimmäismäärä alitetaan 167 kertaa. Näistä 54 realisaatiota (32 %) alittaa takuumäärän ja 20 realisaatiota (12 %) myös nollatason.

Laskelman perusteella voidaan arvioida, kuinka suuri osuus vähimmäismäärän alittavista realisaatioista alittaa myös nollan tai takuumäärän, kun TEL-liikkeestä huomioon otettavaa osuutta muutetaan. Nämä tulokset on esitetty taulukossa 5.2.1 ja kuviossa 5.2.3.

TEL:stä huomioon- otettava osuus %	Rajan alittavien osuus %	
	nollataso	takuumäärä
10	75	80
20	53	68
30	37	53
40	23	42
50	12	32
60	5	23
70	0	16
80	0	9
90	0	5
100	0	2

Taulukko 5.2.1 Nollatason ja takuumäärän alittavien osuus kaikista toimintapää-
oman vähimmäismäärän alituksista TEL-liikkeestä huomioonotettavan osuuden mu-
kaan; peruslaskelman oletukset



Kuvio 5.2.3 Taulukon 5.2.1 aineisto kuviona

Taulukosta voidaan päätellä esimerkiksi, että TEL-liikkeestä huomioonotettavan osuuden tulisi olla noin 60 %, jos halutaan toimintapääoman alitusten pysyvän 95 %:n varmuudella nollatason yläpuolella. Jos taas 95 %:n varmuudella pitäisi pysyä myös takuumäärän yläpuolella, tulisi TEL:stä huomioonotettavan osuuden olla noin 90 %. Näitä osuuksia pitäisi vielä korottaa noin 10 %-yksikköä, jos vaaditaan 99 %:n varmuustasoa. Tulokset ovat jossakin määrin epätarkkoja, koska simulointien määrä on tähän tarkoitukseen melko pieni.

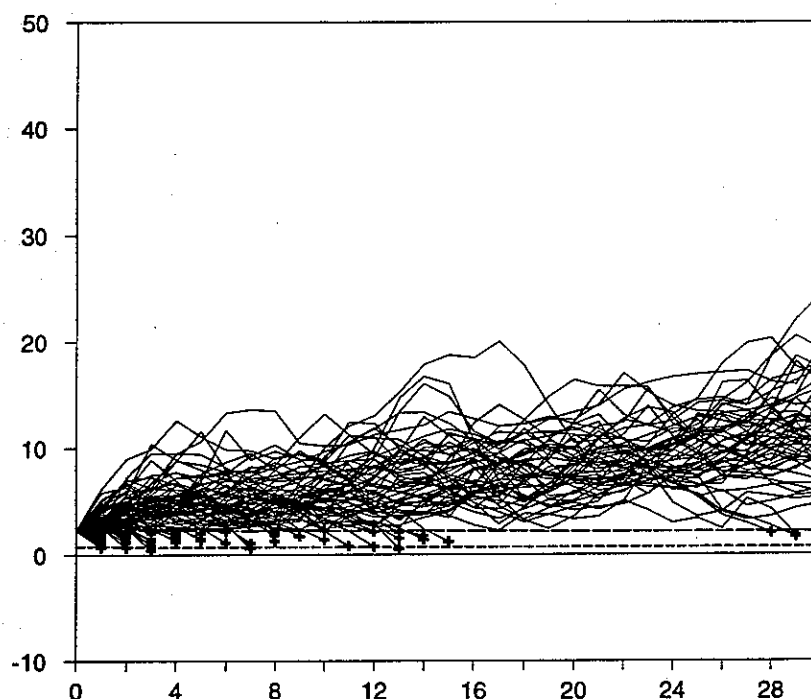
Kuvion 5.2.2 mukaan noin viisi tapausta kuudesta realisaatiosta johtaa simulointi-kauden kuluessa toimintapääoman alitukseen, kun lähtötaso on täsmälleen vähimmäismäärän suuruinen. Näin suureen osuuteen vaikuttaa osaltaan se, että epäedullisella tilanteella ei oleteta olevan muuta vaikutusta yhtiön käyttäytymiseen, kuin että lisävakuumuussiirto on minimissä. Todellisuudessa näin tuskin toimittaisiin. Jos lisäksi vähimmäismäärän alitus uhkaisi samanaikaisesti useita yhtiöitä, tämä varmaankin vaikuttaisi laskuperustekorona valintaan. Mallissa laskuperustekorko sen sijaan määräytyy tässäkin tilanteessa satunnaisesti. Simuloinneissa ei myöskään ole otettu huomioon suhdannevaihetta: toimintapääoma on matalalla useimmiten tilanteessa, jossa tuotot ovat laskeneet keskimääräistä alemmaksi, jolloin niiden voidaan olettaa todennäköisesti kääntyvän pian nousuun. Näiden tekijöiden vaikutuksen selvittäminen jätetään tässä jatkotutkimusten varaan.

Mallissa ei myöskään ole oletettu yhtiön käyttäytymisen muuttuvan päinvastaisessa tapauksessa, jolloin toimintapääoma on noussut poikkeuksellisen korkealle. Tällaisessa tilanteessa kertynyttä toimintapääomaa ilmeisesti purettaisiin esimerkiksi korottamalla lisävakuumuusrahoitukseen siirrettäviä eriä, jolloin maksettavat hyvitykset kasvaisivat. Näin realisaatioista leikkautuisivat pois korkeimmat toimintapääoman tasot, mikä johtaisi vähimmäismäärän alitusten lisääntymiseen jonkin verran etenkin simulointikauden loppupuolella. Yksinkertaisuuden vuoksi tämäkin on jätetty tois-aiseksi tarkastelun ulkopuolelle.

Seuraavaksi tutkitaan erilaisten sijoitusjakaumien vaikutusta tuloksiin. Aluksi valitaan sijoitusten jakaumaksi suunnilleen 80-luvun alkupuolella voimassa ollut, jolloin osakkeiden ja kiinteistöjen osuus oli pieni (vrt. kuvio 4.10.1):

takaisinlainaus	0,55
sijoituslainat	0,30
markkinaraha	0,05
joukkovelkakirjat	0,03
osakkeet	0,03
kiinteistöt	0,04

Tästä jakaumasta käytetään seuraavassa tiivistettyä merkintää 55/30/05/03/03/04. Toimintapääoman simuloinnit on esitetty kuviossa 5.2.4.



Kuvio 5.2.4 Toimintapääoma % vastuuvasta. Sijoitusjakauma on 55/30/05/03/03/04.

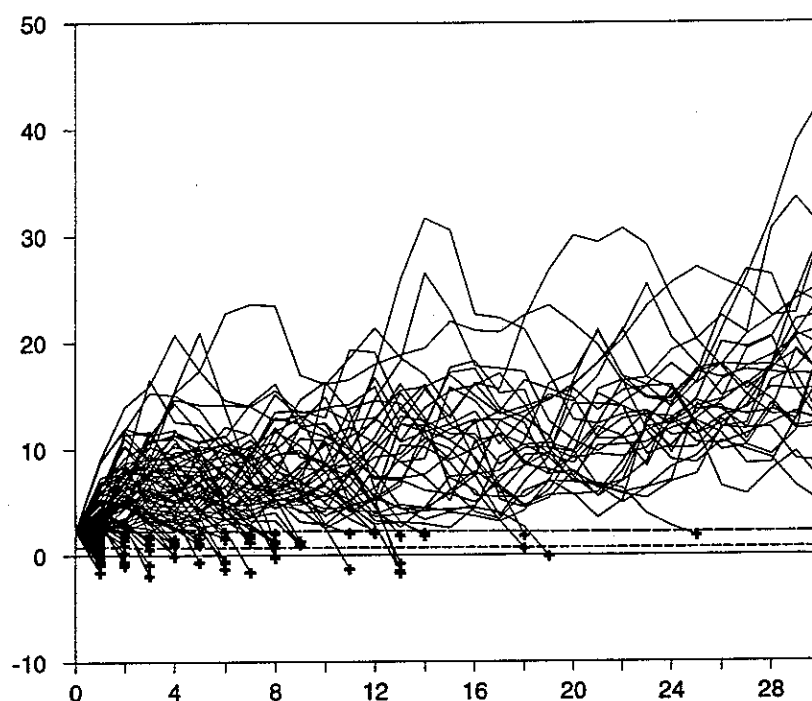
Tuottojen hajonta on tällä sijoitusjakaumalla olennaisesti pienempi kuin peruslaskelmassa ja myös keskituotto jää pieneksi. Tästäkin aineistosta on laskettu nollatason ja takuumäärän alittavien osuudet vähimmäismäärän alituksista taulukkoon 5.2.2.

TEL:stä huomioon- otettava osuus %	Rajan alittavien osuus %	
	nollataso	takuumäärä
10	54	68
20	24	44
30	5	24
40	0	9
50	0	3

Taulukko 5.2.2 Nollatason ja takuumäärän alittavien osuus kaikista toimintapääoman vähimmäismäärän alituksista. Sijoitusjakauma on 55/30/05/03/03/04.

Toimintapääoman vähimmäismäärän riittävyys on parempi kuin peruslaskelmassa, mutta tässäkin tapauksessa ei nykyinen 10 %:n osuus TEL-liikkeestä vaikuta tarpeeksi suurelta.

Seuraavaksi tarkastellaan sijoitusjakaumaa, jossa sijoituslainojen osuutta on vähennetty ja joukkovelkakirjojen lisätty perusvaihtoehtoon verrattuna. Sijoituslajien taivoteosuuksina käytetään 55/10/05/15/05/10 (vastaa likimain TEL-yhtiöiden viime vuosien sijoitusjakaumaa).



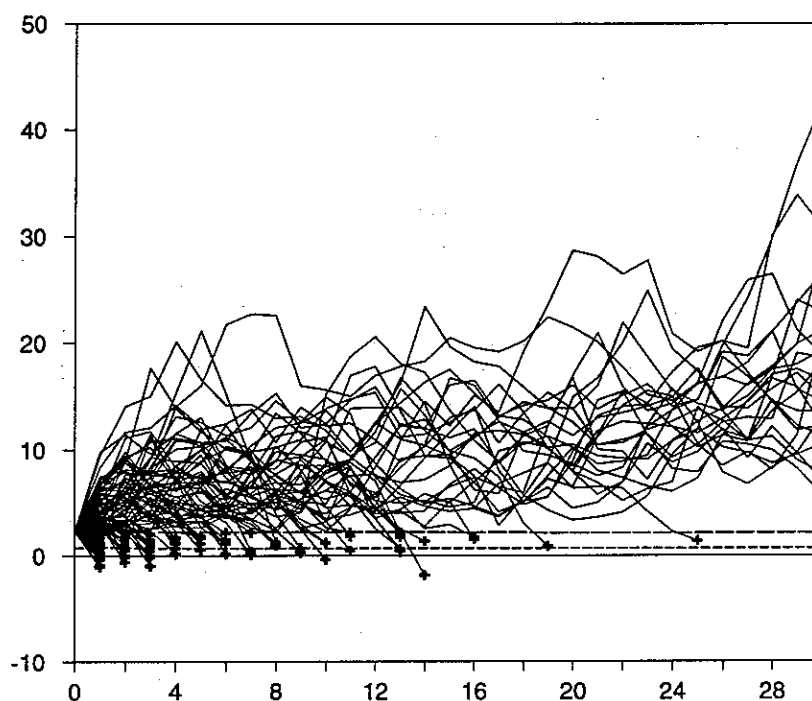
Kuvio 5.2.5 Toimintapääoma % vastuuvclasta. Sijoitusjakauma on 55/10/05/15/05/10.

Tulokset eivät poikkea kovin paljon peruslaskelmasta (kuvio 5.2.2). Kuitenkin vaihtelu on vähän suurempaa ja toimintapääoman vähimmäismäärän alituksessa pudotukset jonkin verran jyrkempiä. Tämä näkyy myös taulukosta 5.2.3.

Toimintapääoman suurempi vaihtelu peruslaskelmaan verrattuna johtuu ilmeisesti lähinnä joukkovelkakirjojen arvonmuutoksista, jotka perustuvat mallissa koron muutoksiin luvun 4.3.7 kaavojen mukaisesti. Toisinaan on esitetty, ettei arvonmuutosten tekeminen olisi tarpeen jatkuvasti toimivassa yhtiössä, jossa joukkovelkakirjoja ei myydä kesken pois (simuloinneissakin tällaista tapahtuu erittäin harvoin). Tällä perusteella kokeiltiin simulointia edellisellä sijoitusjakaumalla myös niin, ettei joukkovelkakirjojen arvonmuutoksia tehdä. Tulos on kuviossa 5.2.6.

TEL:stä huomioon- otettava osuus %	Rajan alittavien osuus %	
	nollataso	takuumäärä
10	73	79
20	53	65
30	33	53
40	23	39
50	16	30
60	11	23
70	5	18
80	3	13
90	1	11
100	0	6
110	0	4
120	0	3
130	0	1

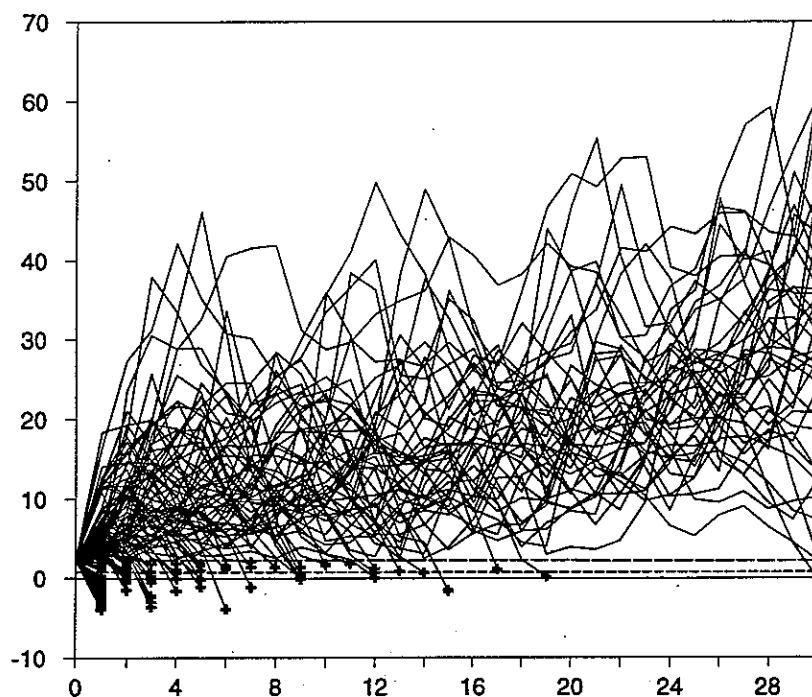
Taulukko 5.2.3 Nollatason ja takuumäärän alittavien osuus kaikista toimintapää-
oman vähimmäismäärän alituksista. Sijoitusjakauma on 55/10/05/15/05/10.



Kuvio 5.2.6 Toimintapääoma % vastuuvlasta. Sijoitusjakauma on 55/10/05/15/05/10. Joukkovelkakirjoissa ei arvonmuutoksia.

Kuviossa 5.2.6 esitetyt tulokset ovat hyvin lähellä perusvaihtoehtoa (kuvio 5.2.2). Tämä johtuu siitä, että ilman arvonmuutoksia joukkovelkakirjojen ja sijoituslainojen ero on mallin sijoitustuottojen kannalta hyvin pieni, joten siirrot niiden välillä sijoitusten jakaumassa eivät aiheuta suuria muutoksia tuloksiin.

Viime aikoina on useasti esitetty, että TEL-yhtiöiden sijoituksia pitäisi suunnata aikaisempaa enemmän osakkeisiin. Seuraavassa on laskettu vaihtoehto, jossa osakkeiden osuus yhtiön sijoitusten tavoitejakaumasta on nostettu 15 %:iin (jakauma 55/10/05/05/15/10).



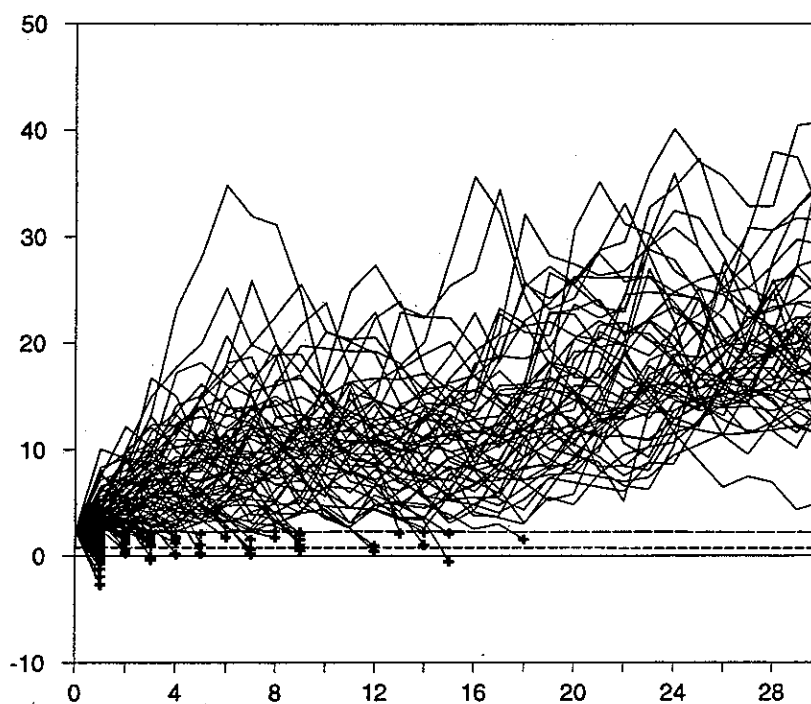
Kuvio 5.2.7 Toimintapääoma % vastuuvélasta. Sijoitusjakauma on 55/10/05/05/15/10.

Toimintapääoman keskimääräinen kasvu on tässä suurempi kuin perusvaihtoehtodossa, mutta myös sen vaihtelu on huomattavasti kasvanut. Vähimmäismäärän riittävyyttä kuvaa tässä tapauksessa taulukko 5.2.4.

Lopuksi on vielä tarkasteltu, mitä inflaatiovaihtoehdon muuttaminen vaikuttaa tuloksiin. Edellisissä laskelmissa käytetyn inflaation perusvaihtoehdon keskitaso on 3 %, eikä siinä esiinny shokkeja. Seuraavassa vaihtoehdossa on mukana inflaatio-shokkeja, ja keski-inflaatio on 5,6 %. Tulokset ovat kuviossa 5.2.8 ja taulukossa 5.2.5.

TEL:stä huomioon- otettava osuus %	Rajan alittavien osuus %	
	nollataso	takuumäärä
20	74	83
40	54	64
60	28	54
80	14	38
100	7	23
120	3	14
140	0	9
160	0	7
180	0	3
200	0	1

Taulukko 5.2.4 Nollatason ja takuumäärän alittavien osuus kaikista toimintapääoman vähimmäismäärän alituksista. Sijoitusjakauma on 55/10/05/05/15/10.



Kuvio 5.2.8 Toimintapääoma % vastuuvasta. Inflaatiossa on shokkeja ja keski-inflaatio on 5,6 %. Peruslaskelman sijoitusjakauma.

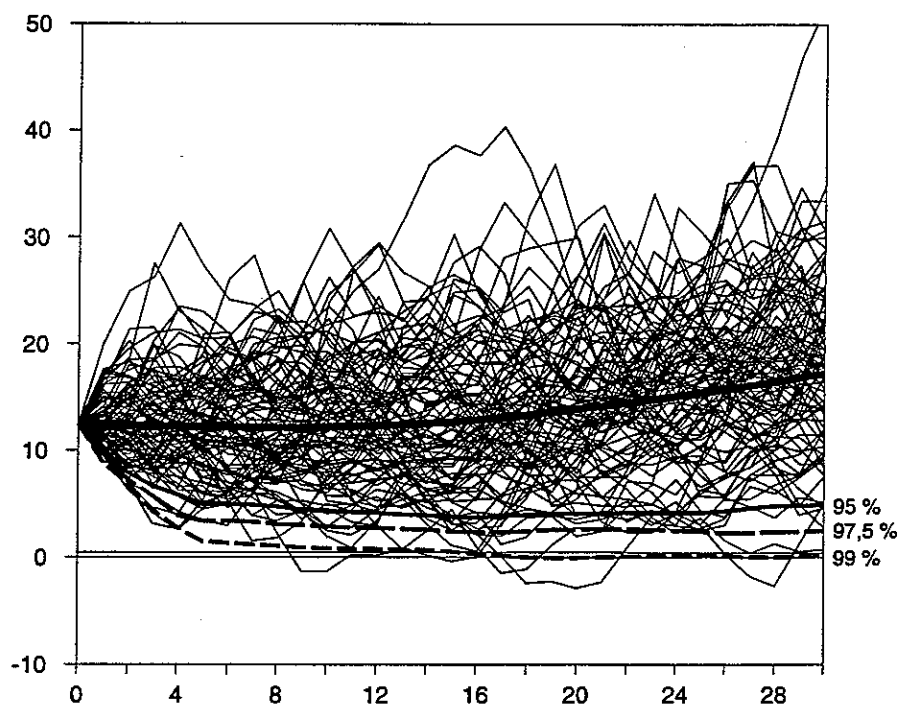
Inflaatioshokkien esiintyminen lisää etenkin suurimpien heilahtelujen yleisyyttä toimintapääoman simuloinneissa, mikä näkyy mm. vertaamalla taulukkoja 5.2.1 ja 5.2.5. Inflaation tason kohoamisella ei kuitenkaan ole pelkästään epäedullisia vaikutuksia. Jos nimittäin inflaation keskitaso on matala, voi korkotaso ajoittain laskea hyvin alas. Tällöin korkovaatimuksen täyttäminen saattaa olla vaikeaa, koska laskuperustekorko ei voi seurata yleistä korkotasoa 5 %:n rahastokoron alapuolelle.

TEL:stä huomioon- otettava osuus %	Rajan alittavien osuus %	
	nollataso	takuumäärä
10	76	81
20	52	66
30	35	52
40	18	42
50	9	30
60	3	18
70	2	10
80	1	7
90	1	3
100	1	2
110	0	2
120	0	1

Taulukko 5.2.5 Nollatason ja takuumäärän alittavien osuus kaikista toimintapääoman vähimmäismäärän alituksista. Korkeampi inflaatiovaihtoehto.

Toimintapääoman vähimmäismäärän riittävyyden riippuvuus yhtiön sijoitusjakaumasta käy edellisistä esimerkeistä hyvin selville. Ääri vaihtoehdot ovat kuvioissa 5.2.4 ja 5.2.7 esitetyt laskelmat. Jos vaaditaan esimerkiksi, että toimintapääoman alitettaessa vähimmäismäärän pitäisi sen kuitenkin jäädä 99 %:n varmuudella positiiviseksi, riittäisi TEL-liikkeestä huomioonotettavaksi osuudeksi edellisessä vaihtoehdossa noin 40 %, mutta jälkimmäisessä tapauksessa vaadittaisiin noin 130 %.

Mallia voidaan käyttää myös sen tutkimiseen, miten yhtiön toimintapääoman voidaan arvioida kehittyvän tulevaisuudessa, kun lähtötaso ja sijoitusten jakauma on annettu. Voitaisiin esimerkiksi asettaa vaatimus, että toimintapääoman on ylitettävä vähimmäismäärä vuosittain tietyllä todennäköisyydellä. Kuviossa 5.2.9 olevasta esimerkkilaskelmasta voidaan arvioida, että toimintapääoman pitäisi ylittää vähimmäismäärä noin 12 %:lla vastuuvelan määrästä, jos halutaan pysyä pitkällä aikavälillä vähimmäismäärän yläpuolella 99 %:n vuosittaisella todennäköisyydellä. Sijoitusjakauma ja muut oletukset ovat tässä perusvaihtoehdon mukaiset. Jos tarkastelu rajoitetaan lyhyeen aikaväliin tai varmuustasoa heikennetään, voidaan hyväksyä myös matalampi lähtötaso.



Kuvio 5.2.9 Toimintapääoma % vastuuvelasta. Peruslaskelman oletukset. Toimintapääoman lähtötaso on 12 % vastuuvelasta yli vähimmäismäärän.

Tässä tutkimuksessa on kehitetty TEL-yhtiötä kuvaava malli, jonka avulla voidaan simulointitekniikkaa käyttäen arvioida sijoitustuottojen vaihtelun vaikutusta yhtiön toimintapääomaan. Mallia on edellä käytetty toimintapääoman vähimmäismääräsäännösten tutkimiseen. Simulointitulokset osoittavat nykyisen vähimmäismäärän selvästi riittämättömäksi ja antavat joitakin alustavia arvioita siitä, miten yhtiön sijoitusten jakauma vaikuttaa vaadittavaan vähimmäismäärän tasoon. Mallin toinen käyttötarkoitus on arvioida, kuinka suurta toimintapääoman tasoa yhtiön valittu sijoitusstrategia edellyttää toiminnan jatkuvuuden varmistamiseksi pitkällä aikavälillä. Näitä kumpaakin tutkimuskohdetta varten mallin kehittäminen jatkuu edelleen.

Kiitokset

Kiitän 6T-ryhmään kuuluvia Teivo Pentikäistä, Heikki Bonsdorffia, Martti Pesosta, Tarmo Pukkilaa, Jukka Rantalaa, Matti Ruohosta ja Simo Sarvamaata yhteistyöstä sijoitusmallin kehittämisessä samoin kuin Jaakko Tuomikoskea tutkimuksen kulussa käydyistä hyödyllisistä keskusteluista. Kiitän myös Aktuaaritoiminnan kehittämissäätiötä tutkimuksen tekemiseen myönnetystä apurahasta.

Lähdeluettelo

- Daykin, C.D., Pentikäinen, T., Pesonen, M. (1994), Practical Risk Theory for Actuaries, Chapman and Hall, London
- Eläkevakuutuksen tasoitusvastuutyöryhmän muistio (1987), Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki
- Harvey, A.C. (1981a), Time Series Models, Philip Allan, Oxford
- Harvey, A.C. (1981b), The Econometric Analysis of Time Series, Philip Allan, Oxford
- Henkivakuutuksen solvenssityöryhmän muistio (1992), Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki
- Luenberger, D.G. (1984), Linear and Nonlinear Programming, 2nd edition, Addison - Wesley, Reading
- Nokelainen, E. (1988), A Model for Forecasting of Future Costs of the Finnish Private Employment Pensions, Transactions of the 23rd International Congress of Actuaries, Vol. 2, Helsinki
- Pentikäinen, T., Bonsdorff, H., Pesonen, M., Pukkila, T., Ranne, A., Rantala, J., Ruohonen, M., Sarvamaa, S. (1995), On Stochastic Insurance Company Models, ilmestyy julkaisussa Transactions of the 25th International Congress of Actuaries, Brussels
- Pentikäinen, T., Bonsdorff, H., Pesonen, M., Pukkila, T., Ranne, A., Rantala, J., Ruohonen, M., Sarvamaa, S. (1994), On the Asset Models as a part of All-Company Insurance Analysis, Transactions of the 4th International AFIR Colloquium, Vol 3, Orlando
- Pentikäinen, T., Bonsdorff, H., Pesonen, M., Rantala, J., Ruohonen, M. (1989), Insurance Solvency and Financial Strength, Finnish Insurance Training and Publishing Company Ltd, Helsinki
- Pukkila, T., Ranne, A., Sarvamaa, S. (1994), On Stochastic Modeling of Inflation, Transactions of the 4th International AFIR Colloquium, Vol. 2, Orlando
- Wilkie, A.D. (1986), A Stochastic Investment Model for Actuarial Use, Transactions of the Faculty of Actuaries, Vol. 39, Part 3, Edinburgh

