

13.9.2025

Arviointi Eläketurvakeskuksen stokastisesta sijoitustuottomallista

Peter Nyberg, Aalto-yliopiston kauppakorkeakoulu

1. Johdanto

Sosiaali- ja terveysministeriö valitsi kesällä 2025 allekirjoittaneen laatimaan arvion eläkeuudistuksen vaikutusarvioinnissa käytettävästä Eläketurvakeskuksen stokastisesta Feeniks-sijoitustuottomallista. Arvion tavoitteena on varmistua käytettävän Eläketurvakeskuksen stokastisen sijoitustuottomallin toimivuudesta. Allekirjoittanutta pyydettiin arvioimaan sijoitustuottomallissa käytettävää menetelmää, oletuksia ja lopputuloksia. Arvion tavoitteena on myös kehittää Eläketurvakeskuksen sijoitustuottomallia.

Arvioijan toivottiin ottavan kantaa seuraaviin näkökohtiin:

- Arvioida, onko käytetty arviointimenetelmä perusteltu.
- Selvittää, tuottaako stokastinen malli uskottavia tuotto- inflaatio- ja ansiotasoskenaarioita.
- Selvittää, kuvaako mallin sijoitusallokaatioprosessi perustellulla tavalla eläkelaitosten allokaatiopäätöksiä.
- Arvioida, ovatko laskelmien tuottamat sijoitusallokaatiot uskottavia.
- Tehdä muitakin tarpeellisia huomioita sijoitustuottomallin kehittämiseksi.

Olen arvioinnissani käyttänyt lähtöaineistona Feeniks-mallin kuvausta (Hakola, 2024), mallin uudelleenkalibroinnista kirjoitettua muistiota (Hakola, 2025) sekä mallin tuottamia tuotto- ja inflaatioloskenaarioita. Lisäksi olen saanut Eläketurvakeskukselta hyödyllistä tietoa malliin liittyvistä yksityiskohdista.

1.1 Rajaukset

Analyysini lähtöasetelma on varallisuusperusteinen. Tällöin kysymys kuuluu, miten hyvin Feeniks-malli soveltuu sijoitusportfolion tuottojen mallintamiseen. Tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että mallin on kyettävä tuottamaan realistisia ennusteita siitä, miten sijoitusvarallisuuden arvo kehittyy eri skenaarioissa. Varallisuusperusteisessa tarkastelussa sijoitusriski määrittyy sen perusteella, kuinka paljon portfolion arvon voidaan olettaa vaihtelevan odotusarvonsa ympärillä. Sijoitustuottomallit ovat tyypillisesti varallisuusperusteisia, eikä Feeniks-malli muodosta tästä poikkeusta. Tästä syystä tällainen näkökulma on luonnollinen tapa arvioida sijoitustuottomallien soveltuvuutta sijoituspäätösten tukemiseen.

Vaihtoehtoinen tarkastelutapa olisi niin sanottu varallisuus–vastuunäkökulma, jossa sijoitusten tuottoja arvioidaan suhteessa eläkejärjestelmän vastuiden kehitykseen. Tällöin sijoitusten riskisyys ei määrydy ainoastaan portfolion arvonvaihtelun perusteella, vaan myös sen mukaan, kuinka tiiviisti sijoitusvarallisuuden tuotot ja vastuiden nykyarvonmuutokset liikkuvat yhdessä. Jos esimerkiksi sijoitusten arvon lasku ajoittuu samalle ajanjaksolle vastuiden kasvun kanssa, riski eläkejärjestelmän rahoitukselle on erityisen suuri. Varallisuus–vastuulähtöinen tarkastelu voi johtaa erilaiseen sijoitusallokaatioon kuin puhtaasti varallisuusperusteinen lähestymistapa, sillä se huomioi sijoitusten

kyvyn joko tasoittaa tai voimistaa rahoitusaseman vaihtelua suhteessa vastuisiin. Vaikka varojen ja vastuiden samanaikaista mallintamista on tutkittu laajasti akateemisessa kirjallisuudessa, käytännön sovellukset, joissa sijoitustuottogeneraattoriin sisällytettäisiin myös vastuiden nykyarvon stokastinen prosessi, ovat valitettavan harvinaisia.

1.2 Arviointiraportin yhteenveto

Raportin yhteenvetona totean, että Feeniks-mallin nykyinen versio (elokuu 2025) tarjoaa riittävän luotettavia tuloksia, jotta sitä voidaan käyttää eläkealan sijoitusuudistuksen vaikutusten arvioinnissa. Malli tuottaa, pienin varauksin, käytännön tarkasteluun soveltuvia ja riittävän uskottavia tuotto-, inflaatio- ja ansiotasoskenaarioita. Esitän kuitenkin joitakin mallin tulosten luotettavuuteen liittyviä huomioita, jotka on syytä ottaa huomioon lainvalmistelussa. Keskeisin huolenaihe on, että Feeniks-malli saattaa nykyisellä rakenteellaan jonkin verran aliarvioida sijoitusten altistumista äärimmäisille markkinavuosille, mikä voi johtaa liian riskipitoisen sijoitusallokaation suosimiseen. Feeniks-malli esimerkiksi antaa vain 2,5 % todennäköisyyden sille, että pörssikurssit romahtavat enemmän kuin 23,3 % vuodessa, kun taas historiallisessa aineistossa tällaisen romahduksen esiintyvyys on ollut noin 6 %.

Raportissa esitän myös kehitysehdotuksia mallin rakenteeseen. Näiden tavoitteena on lisätä mallin luotettavuutta siten, että sen tulokset heijastavat paremmin empiirisesti havaittuja ja tutkimustuloksia vahvistettuja rahoitusmarkkinoiden ominaispiirteitä. Esittämäni kehitysehdotusten toteuttaminen ei ole välttämätöntä, mutta mikäli mallia jatkokehitetään, ensisijaiseksi painopisteeksi olisi perusteltua asettaa sijoitustuottojen jakauman häntien käyttäytymisen korjaaminen.

2. Mallin yhteenveto

Feeniks on keskiarvohakuisen bayesilaiseen vektoriautoregressiomalliin (BVAR) perustuva stokastinen simulaatiomalli, joka tuottaa satunnaisvaihtelua sisältäviä pitkän aikavälin skenaarioita keskeisistä sijoitustuotto- ja korkomuuttujista sekä inflaatiosta. Malli hyödyntää historiallista aineistoa arvioidakseen muuttujien dynamiikkaa ja niiden keskinäisiä riippuvuuksia ja generoi tämän pohjalta suuren määrän vaihtoehtoisia kehityspolkuja päätöksenteon ja riskienhallinnan tueksi. Mallin parametrien kalibrointi perustuu pääasiassa neljännesvuosittaiseen aineistoon, joka ulottuu 2000-luvun alkuvuosista nykypäivään. Tämä aineisto määrittää sijoitustuottojen ja muiden muuttujien keskihajonnan, autokorrelaation sekä dynaamisen yhteisriippuvuuden. Sen sijaan pitkän aikavälin skenaarioiden keskiarvot määräytyvät PTS-oletusten mukaan, jotka kuvaavat työeläkejärjestelmän laskelmissa käytettäviä tuotto-, inflaatio- ja korkotasoja.

Malliin sisältyvät muuttujat on valittu kuvaamaan omaisuusluokkia, joihin työeläkeyhtiöt pääosin sijoittavat. Näitä ovat osake-, kiinteistö- ja hedge-rahastojen tuotot. Korkosijoituksista mukana ovat lyhyt korko, pitkä korko ja yrityslainakorko. Makromuuttujista malliin sisältyvät kuluttajahinta-indeksiin perustuva inflaatio sekä ansiotasoindexin muutokset.

3. Onko käytetty stokastinen arviointimalli perusteltu?

Feeniks perustuu bayesilaiseen vektoriautoregressiomalliin (BVAR). Menetelmä on laajalti validoitu akateemisessa kirjallisuudessa ja sitä on hyödynnetty monenlaisissa sovelluksissa. BVAR-mallin etuna on, että se lievittää niin sanottua dimensiokirousta — tilannetta, jossa suhteellisen lyhyestä aikasarja-

aineistosta pyritään arvioimaan suuri määrä parametreja. Tämä johtaa usein liikasovitetuihin ja yliparametrisoituihin malleihin, jotka eivät tuota luotettavia tuloksia. BVAR-malli mahdollistaa priorioletusten asettamisen parametreille, ja sen on havaittu toimivan tällaisessa ympäristössä usein paremmin kuin perinteiset VAR-mallit (esim. Banbura ym., 2010). Sen käyttö onkin perusteltua Feeniksin kaltaisissa stokastisissa tuottosimulaatiomalleissa, joissa mallinnetaan useiden muuttujien välistä yhteisliikettä sekä dynaamisia viivevaikutuksia. Esimerkiksi Feeniks-mallissa arvioitavien parametrien lukumäärä on 136. BVAR-mallin mahdollistama suurempi parametrimäärä tarjoaa luontevan vaihtoehdon sille, että parametrien määrää jouduttaisiin vähentämään esimerkiksi olettamalla muuttujien välille hierarkkinen korrelaatorakenne¹.

Mallin bayesilainen estimointi on toteutettu läpinäkyvästi ja asianmukaisesti. Mallinnuksessa tehdyt ratkaisut, kuten viiveiden määrän valinta (2), viiveparametrien priorien oletusarvot² ja varianssit, on perusteltu hyvin ja ne noudattavat kirjallisuudessa esitettyjä hyviä käytäntöjä. Iteraatioiden konvergoituminen on varmennettu, ja varmennusprosessi on dokumentoitu huolellisesti.

4. Tuottaako Feeniks-malli uskottavia skenaarioita?

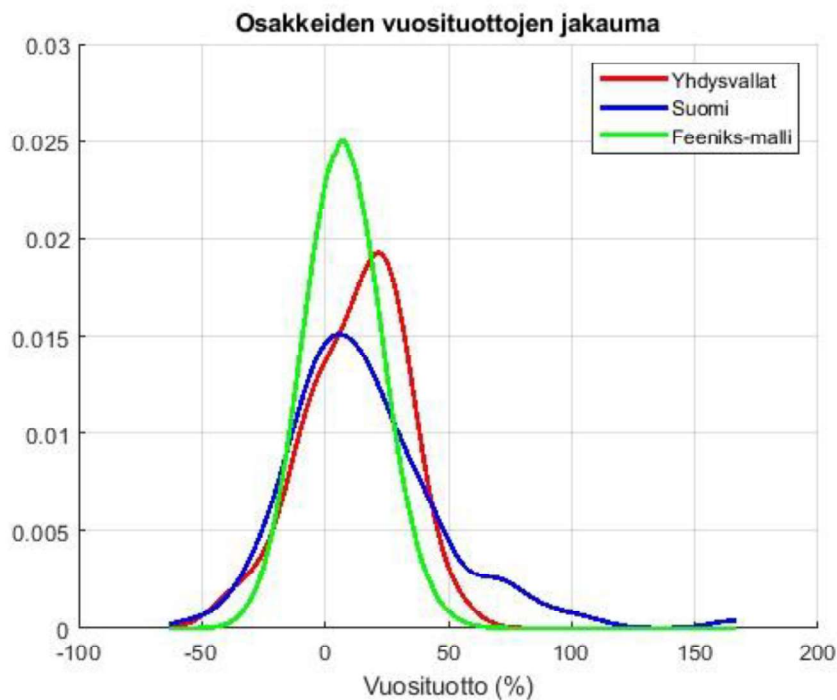
4.1 Feeniks-mallin tuottojakaumien uskottavuuden arviointi

Kuvio 1 vertailee Feeniks-mallin generoimia osakkeiden nimellisiä vuosituottoja todellisiin vuosituottoihin, jotka ovat toteutuneet Yhdysvaltain ja Suomen osakemarkkinoilla vuodesta 1927 vuoteen 2024 saakka. Jakaumien tiheysfunktiot on estimoitu ydintiheysmenetelmällä. Feeniks-mallista simuloitujen osaketuottojen jakauma (vihreä) on lähes symmetrinen ja kapeampi verrattuna Helsingin (sininen) ja Yhdysvaltojen (punainen) pörssien historiallisiin jakaumiin. Näissä kahdessa historiallisessa aineistossa hajonta on selvästi suurempaa, ja molemmissa on havaittavissa lievää positiivista vinoumaa.

¹ Esimerkki hierarkkisesta korrelaatorakenteesta voisi olla seuraava: valitaan inflaatio päämuuttujaksi, mallinnetaan sen ja korkojen välinen yhteisriippuvuus ja tämän jälkeen korkojen ja osaketuottojen välinen yhteys. Osaketuottojen ja inflaation välistä yhteyttä ei tässä tapauksessa mallinneta suoraan. Näin arvioitavia suoria korrelaatioita on vain kaksi kolmen sijaan.

² Kaikkien tuottojen ensimmäisen viiveen priorioletus on nolla ja tasomuuttujille, kuten koroille, priorioletus viiveelle on välillä 0,2–0,7.

Kuvio 1 Simuloitujen (Feeniks-malli) ja todellisten (Suomi, USA) osaketuottojen jakauma



Taulukko 1 esittää mallista generoidun osaketuottojakauman prosenttipisteet ja vertailee niitä Yhdysvaltain sekä Suomen pörssien vastaaviin. Feeniks-malli antaa 2,5 % todennäköisyyden sille, että pörssikurssit romahtavat enemmän kuin 23,3 % vuodessa. Todellinen aineisto Yhdysvalloista kuitenkin osoittaa, että menneisyydessä tällaisten tapausten esiintyvyys on ollut yli 5 % ja 2,5 % tapauksista pörssikurssit ovat laskeneet enemmän kuin -34,8 %.

Taulukko 1 Osaketuottojakaumien prosenttipisteiden raja-arvot

	2.50 %	5 %	95.00 %	97.50 %
Feeniks	-23.3	-18.6	34.1	39.6
Yhdysvallat	-34.8	-25.1	38.9	45.3
Suomi	-30.7	-26.3	73.2	93.5

Yllä oleva vertailu osoittaa, että Feeniks-malli aliarvioi äärimmäisten osaketuottojen todennäköisyyttä. Mallin tuottamassa jakaumassa sekä suuret positiiviset että negatiiviset tuotot ovat selvästi harvinaisempia kuin pörssien toteutuneessa historiassa.³ On vakiintunut empiirinen havainto, että osakemarkkinatuotoissa esiintyy normaalijakaumaa suurempi todennäköisyys äärituotoille (Fama 1965). Feeniks-mallin tuottama jakauma siis vähättelee suurten tappioiden todennäköisyyttä ja siten osakkeiden todellista riskipitoisuutta.

Kehitysehdotukset: Feeniks-mallin nykyinen rakenne voi johtaa äärimmäisten tuottojen todennäköisyyden aliarvioimiseen. Mallin jatkokehityksessä olisi siksi tärkeää lisätä mekanismeja,

³ Samat johtopäätökset pätevät myös, kun Feeniks-mallin generoituja *reaalituottoja* verrataan osakemarkkinoiden vastaaviin.

jotka pystyvät tuottamaan realistisemman määrän suuria, vaikkakin harvinaisia tappioita ja siten paremmin huomioimaan osakkeiden todellisen riskipitoisuuden.

Yksi mahdollinen ratkaisu on lisätä malliin stokastinen volatiliteetti (Bates 1996; Heston 1993). Tällaisessa mallissa tuottojen vaihtelu saisi oman satunnaisprosessinsa, jolloin volatiliteetti voi vaihdella ajan myötä eikä pysy kiinteänä, kuten nykyisessä mallissa. Stokastinen volatiliteetti pystyy tuottamaan paksumpia tuottojakaumien häntiä ja sitä käytetään laajasti rahoituksen empiirisessä tutkimuksessa.

Toinen vaihtoehto on Markovin vaihtomalli (Hamilton 1989). Näissä malleissa oletetaan, että taloudessa voi esiintyä useita eri tiloja, kuten normaali- ja kriisitila. Kullakin tilalla on omat ehdolliset todennäköisyytensä, ja mallin parametrit – esimerkiksi odotetut tuotot ja volatiliteetti – voivat saada erilaisia arvoja riippuen taloudentilasta. Tämä mahdollistaa simulaatioissa äkilliset rakenteelliset muutokset, kuten markkinakriisit, ja tuottaa osaketuottojen jakaumaan realistisemmin toistuvia äärimmäisiä havaintoja.

Jompikumpi ehdotetuista muutoksista voidaan lisätä nykyiseen BVAR-malliin ilman, että Feeniks-mallin perusfilosofia muuttuisi.

4.2 Ajassa vaihtuva volatiliteetti

Feeniks-malli olettaa, että sijoitustuottojen volatiliteetti – eli tuottojen vaihtelun voimakkuus – pysyy koko ajan samana. Rahoitusmarkkinoille on kuitenkin ominaista, että volatiliteetti ei pysy vakiona, vaan muuttuu ajan kuluessa (mm. Engle 2004). Volatiliteetissa on myös ennustettavuutta: jos volatiliteetti pörssissä oli viime viikolla keskimääräistä korkeampi, se on sitä luultavasti myös tällä viikolla. Näiden havaintojen lisäksi empiirinen tutkimuskirjallisuus osoittaa johdonmukaisesti, että volatiliteetti kasvaa erityisesti silloin, kun tuotot ovat negatiivisia. (Black 1976; Christie 1982).

Simulointimalli, joka ei huomioi suuremman volatiliteetin taipumusta kasaantua peräkkäisille ajanjaksoille, voi helposti aliarvioida markkinakriisien pitkäkestoisuuden. Vaikka neljännesvuosittaisen tai vuositason tuottojen mallinnuksessa ajassa vaihteleva volatiliteetti ei ole yhtä kriittinen kuin lyhyemmällä aikavälillä, ilmiön sivuuttaminen voi myös omalta osaltaan johtaa häntäriskien aliarviointiin, kuten todettiin alaluvussa 3.1.

Kehitysehdotukset: Stokastisen volatiliteetin tai Markovin vaihtomallin mukaan tuominen.

4.3 Lähtöaineiston aikajänne ja muuttujien väliset korrelaatiot

Malli on kalibroitu neljännesvuosittaiseen lähtötietoaineistoon, joka ulottuu 2000-luvun alkuvuosista nykypäivään. Tämä 25 vuoden aikasarja ei ole kovinkaan pitkä, mutta se sisältää useita tärkeitä markkinashokkeja sekä monipuolisesti erilaisia korko- ja osakemarkkinaympäristöjä. Olisi kuitenkin motivoitavaa yrittää hyödyntää pidempiä aikasarjoja, jotka menevät ajassa taaksepäin ainakin 40–50 vuotta. Lyhyen aineiston haittapuolena on, että siihen perustuvat skenaariot heijastelevat vahvasti viime vuosikymmenten erityispiirteitä, eivätkä rahoitusmarkkinoiden dynamiikka ja ajassa vaihtuvat suureet pääse kunnolla esille.

Tärkein esimerkki viime vuosikymmenten erityispiirteestä on Feeniks-mallin generoima ja lähtöaineistoon perustuva voimakas negatiivinen korrelaatio (-0,44) osaketuottojen ja valtion velkakirjatuottojen välillä. Tämä kuvastaa 2000-luvun matalan inflaation aikaa, jolloin osakkeiden ja

joukkovelkakirjojen tuottojen välinen korrelaatio on ollut negatiivinen. Historiallisesti tilanne on ollut toisenlainen: 1970-luvulta aina 2000-luvun alkuun osakkeiden ja joukkovelkakirjojen tuottojen korrelaatio oli positiivinen. Tutkimuksissa on havaittu, että positiivinen korrelaatio on usein esiintynyt korkean ja vaihtelevan inflaation yhteydessä, kun taas negatiivinen korrelaatio on ollut yleisempää matalan ja vakaamman inflaation jaksoina. Kasvuodotusten vaihtelut sekä joukkovelkakirjojen mahdollinen rooli sijoittajien turvasatamana ovat myös esitettyjä selityksiä (Campbell ym. 2017; Campbell ym. 2020).

Toinen esimerkki ajassa vaihtelevasta korrelaatiosta on nimellisten osaketuottojen ja inflaation välinen suhde. Feeniks-mallin lähtöaineistossa, joka alkaa 2000-luvun alusta, tämä korrelaatio on ollut lähellä nolaa ja vain lievästi negatiivinen. Tämän vuoksi mallin generoimien inflaatio- ja osaketuottosarjojen välinen korrelaatio on lähes olematon – vain 0,01. Yhdysvaltain markkinoilta on kuitenkin hyvin dokumentoitu, että aina 1800-luvun alusta lähtien tämä korrelaatio on ollut pääsääntöisesti negatiivinen, keskimäärin noin -0,2 ja -0,3 välillä (Fama & Schwert 1977; Antonakakis ym. 2017). Negatiivista korrelaatiota on selitetty sillä, että korkea inflaatio ennustaa heikompa reaalityalouden aktiviteettia, mikä heijastuu myös osakekursseihin (Fama 1981). Vuosituhannen vaihteen jälkeen inflaatiolla ei ole kuitenkaan ollut yhtä voimakasta yhteyttä reaalityalouteen, minkä seurauksena myös osakkeiden ja inflaation välinen korrelaatio on pienentynyt (Bekaert & Engstrom 2010).

Vaikka inflaation ja osaketuottojen välisen suhteen muuttuminen viime vuosikymmeninä on tärkeä havainto, riskienhallinnan kannalta olennaisempaa on keskittyä osake- ja korkotuottojen välisen korrelaation analysointiin. On hyvin epätodennäköistä, että tämä korrelaatio pysyy negatiivisena muuttumatta lainkaan positiiviseksi seuraavien 50 vuoden aikana, kuten Feeniks-malli olettaa. Oletus negatiivisesta korrelaatiosta kasvattaa osake- ja korkosijoituksista saavutettavaa laskennallista hajautushyötyä työeläkeyhtiöiden portfolioissa. Korrelaation kääntyessä jälleen positiiviseksi malli tulee aliarvioimaan työeläkeyhtiöiden sijoituksiin liittyvää riskitasoa ja voi näin motivoida liian riskipitoista sijoitusallokaatiota.

Kehitysehdotukset: Olisi suositeltavaa, että mallin jatkokehittämisessä hyödynnettäisiin ajallisesti kattavampaa lähtöaineistoa. Kaikille muuttujille ei välttämättä ole saatavilla riittävän pitkää ja laadukasta aikasarjaa, mutta osalle – kuten osaketuotoille, koroille, velkakirjatuotoille ja elinkustannusindeksille – tällainen aineisto on helposti löydettävissä. Mallin estimoinnissa koko aineiston on oltava ajallisesti yhtenäinen, mutta pidempiä aikasarjoja voidaan käyttää mallin tulosten validointiin. Tällöin voidaan arvioida, kykeneekö malli tuottamaan skenaarioita, joissa lähtöaineiston olennaiset piirteet (engl. stylized facts) toistuvat. Tällaisia piirteitä ovat esimerkiksi tuottojakaumien muoto (erityisesti hännät), volatilitietin ennustettavuus ja klusteroituminen sekä tuottojen vahva yhteisliike markkinakriiseissä.

Ajassa vaihteleva osaketuottojen ja korkotuottojen välinen korrelaatio voidaan sisällyttää Feeniks-malliin esimerkiksi aiemmin mainitun Markovin vaihtomallin avulla. Sen sijaan muiden korrelaatioiden realistisempi mallintaminen ei ole mielestäni välttämätöntä eikä myöskään kannusta siihen. Meillä ei ole riittävästi tutkittua tietoa siitä, millaisissa taloudellisissa olosuhteissa esimerkiksi inflaation ja osakkeiden välinen korrelaatio voimistuu tai heikkenee. Malli, joka pyrkii jäljittelemään empiiristä aineistoa liian tarkasti, voi helposti muodostua epäteoreettiseksi ja yliparametrisoiduksi.

Ellei joustavampaa korrelaatorakennetta haluta lisätä malliin, pitäisin vähimmäisvaatimuksena, että nykyisen Feeniks-mallin tuloksia verrattaisiin muuten vastaavaan malliin, jossa osake- ja

velkakirjatuottojen korrelaatio on pakotettu positiiviseksi. Säilyvätkö tällöin johtopäätökset samoina vai muuttuvatko ne olennaisesti?

4.4 Markkinakriisien vaikutus hajautushyötyyn

Osakkeiden, korkojen ja muiden omaisuuslajien väliset korrelaatiot pyrkivät kohoamaan selvästi varsinkin markkinakriisien aikana. Tämä tarkoittaa, että hajautushyödyt, jotka normaalisti pienentävät sijoitusportfolion kokonaisriskiä, heikkenevät juuri silloin kun niille olisi eniten tarvetta. Ilmiö on havaittu historiallisissa aineistoissa ja se on laajasti dokumentoitu akateemisessa kirjallisuudessa (mm. Longin & Solnik 2001; Ang & Chen 2002; Ait-Sahalia & Xiu 2016). Feeniks-mallin jatkokehityksen kannalta olisi tärkeää, että sen tulevat versiot pystyisivät toistamaan tämän markkinoiden ominaispiirteen, sillä kriisiajan käyttäytymisellä on merkittävä vaikutus sijoitusriskien hallintaan ja vakavaraisuuslaskelmiin.

Kehitysehdotukset: Feeniks-mallin nykyversiossa omaisuuslajien väliset riippuvuudet kuvataan lineaarisen korrelaation avulla. Tuottojen korrelaatorakenne pystytään teoriassa mallintamaan realistisemmin, eli yllä kuvatulla tavalla, lisäämällä malliin niin kutsutun kopularakenteen. Tällaisen muutoksen tekeminen Feeniks-malliin vaatii isompaa rakennemuutosta eikä ole täysin suoraviivaista. Se on kuitenkin nähdäkseni tehtävissä, ilman että BVAR-mallin perusfilosofia muuttuu merkittävästi.

Yksinkertaisempi vaihtoehto on sisällyttää ajassa vaihteleva korrelaatorakenne analyysiin edellä mainitun Markovin vaihtomallin avulla.

4.5 Oletukset pitkän aikavälin tuottojen keskiarvoista

Omaisuuslajien pitkän aikavälin keskimääräiset tuotot on simulaatioissa sidottu Eläketurvakeskuksen asettamiin pitkän aikavälin tuotto-oletuksiin. Nämä oletukset keskimääräisistä tuotoista siirtyvät simulaatiotuloksiin BVAR-mallin keskiarvotermin kautta. Tämän keskiarvoa ohjaavan parametrin varianssi, eli hajonta, on simulaatioissa asetettu hyvin pieneksi. Tämä johtaa siihen, että eri simulaatiopolkujen pitkän aikavälin keskiarvoissa ei juuri ole vaihtelua, vaan ne konvergoituvat kohti ennalta määrättyjä tuotto-oletuksia. Ratkaisu on ymmärrettävä, koska tavoite on ollut saada simulaatiopolut konvergoitumaan mahdollisimman lähelle asetettuja tuotto-odotuksia. Haittapuolena kuitenkin on, että malli ei tällaisella parametrisoinnilla kykene kuvaamaan yhtä eläkejärjestelmän suurimmista riskeistä: sitä, että pitkän aikavälin keskimääräiset sijoitustuotot voivat todellisuudessa poiketa huomattavastikin asetetuista odotuksista.

Tutkimusnäyttö tukee tätä huolta. Anarkulova ym. (2022) dokumentoivat, että osakemarkkinoiden pitkän aikavälin tuotot voivat vaihdella huomattavasti historiallisista keskiarvoista jopa kymmenien vuosien aikahorisonteilla. Heidän analyysinsä mukaan esimerkiksi epäedulliset lähtöhetken arvostustasot ja makrotaloudelliset olosuhteet voivat johtaa huomattavasti odotuksia matalampiin pitkän aikavälin tuottoihin. Kun skenaarioiden pitkän aikavälin keskiarvo sidotaan liian tiukasti ennalta määrättyihin oletuksiin, malli jättää huomiotta riskin, että todelliset tuotot voivat pysyä selvästi oletettua matalampina jopa useiden vuosikymmenten ajan.

Kehitysehdotukset: Pitkän aikavälin keskiarvotuottojen hajonnan kalibrointi on erityisen haastavaa. Vaikka empiirisissä rahoitustutkimuksissa on esimerkiksi käytetty erilaisia uusio-otantamenetelmiä (eng. *bootstrap methods*), hajonnasta ei kuitenkaan ole olemassa yksiselitteisiä ja tarkkoja empiirisiä mittareita. Syynä on se, että havaintoaineistot eivät sisällä riittävästi toisistaan riippumattomia,

esimerkiksi sadan vuoden mittaisia tuottojaksoja, joista voitaisiin luotettavasti estimoida näiden pitkien keskiarvojen varianssi. Simulaatioissa on suositeltavaa tehdä herkkyyssanalyysijä ja arvioida, miten johtopäätökset muuttuvat, jos keskiarvotermille asetetaan erisuuruisia variansseja. Ilman tällaisia analyysijä on vaarana, että Feeniks-mallin tulokset antavat liian varman kuvan pitkän aikavälin tuottojen kehityksestä. Joka tapauksessa on tärkeää, että mallin käyttäjä tiedostaa kalibraatiovalintojen aiheuttaman rajoitteen.

5. Allokaatioprosessin realistisuus ja tulosten uskottavuus

Tässä raportissa tarkasteltavaan Feeniks-malliin ei sisälly suoraan sijoitusallokaatioprosessin mallinnusta. Mallista saatuja omaisuuslajikohtaisia tuottorealisatioita hyödynnetään kuitenkin Eläketurvakeskuksen pitkän aikavälin suunnittelumallissa, jossa myös allokatioprosessi on mallinnettu. Tehtävänannon mukaisesti tarkastelen tässä yhteydessä joitakin allokatioprosessiin liittyviä kysymyksiä.

5.1 Malliin sisältyvät omaisuuslajit

Malliin sisältyvät muuttujat on valittu edustamaan omaisuusluokkia, joihin työeläkeyhtiöt pääosin sijoittavat. Näihin kuuluvat noteerattujen osakkeiden, kiinteistörahastojen ja hedge-rahastojen tuotot. Korkosijoituksista mukana ovat lyhyet korot, pitkät korot ja yritysainat. Työeläkeyhtiöiden sijoituskohteiden kirjo on toki käytännössä huomattavasti laajempi: siihen sisältyvät esimerkiksi pääomasijoitukset, noteeraamattomat osakkeet, valuutat ja hyödykkeet. Kaikkien näiden lisääminen malliin olisi kuitenkin epäkäytännöllistä, eikä se todennäköisesti tekisi Feeniks-mallin simulaatiotuloksista merkittävästi uskottavampia. Nykyinen omaisuuslajivalikoima tarjoaa riittävän realistisen kuvan työeläkeyhtiöiden sijoituksista eikä poikkea olennaisesti muista vastaavista simulaatiomalleista.

5.2 Häntäriskien ja korrelaatioiden vaikutus allokatiotuloksiin

Raportissani on jo tuotu esiin, että Feeniks-malli voi nykyisellä rakenteellaan aliarvioida sijoitusten altistumista äärimmäisille markkinavuosille. Mallin tuottamat rajalliset häntäriskit saattavat ohjata kohti riskipitoisempaa allokatiota verrattuna siihen, mitä historialliset riskitasot perustelisivat. Lisäksi mallissa ilmenevä negatiivinen korrelaatio kahden keskeisen omaisuusluokan – osakkeiden ja velkakirjojen – välillä vahvistaa tätä vaikutusta, sillä se suosii entistä suurempaa osakepainoa ja kokonaisuutena riskipitoisempaa allokatiota. Nämä seikat on syytä huomioida, jos mallin tuloksia käytetään allokatiopäätösten tukena.

5.3 Allokatiiosääntöjen vertailu

Empiirinen rahoitustutkimus on osoittanut, että arvopapereiden odotetut tuotot vaihtelevat ajan myötä ja että näitä vaihteluita voidaan tietystä määrin ennustaa. Esimerkiksi osakemarkkinoiden odotetut tuotot ovat tyypillisesti matalia talouden noususuhdanteissa ja puolestaan korkeampia laskusuhdanteissa (Cochrane 2011). Tällä havainnolla on merkittäviä implikaatioita allokatiomalleille, joissa osakepaino määräytyy työeläkeyhtiöiden vakavaraisuusaseman perusteella: osakepainoa kasvatetaan vakavaraisuuden vahvistuessa ja pienennetään sen heikentyessä. Koska

hyvät sijoitustuotot kohentavat vakavaraisuutta ja heikot tuotot heikentävät sitä, tällainen allokaatiomalli johtaa myötäsykliseen sijoittamiseen. Käytännössä osakepainoa siis nostetaan silloin, kun odotetut tuotot ovat matalat, ja lasketaan silloin, kun tuotto-odotukset ovat korkeammat. Näin ollen allokaatiosääntö ohjaa sijoituksia päinvastaiseen suuntaan kuin olisi odotettujen tuottojen näkökulmasta optimaalista.

Feeniks-mallissa sijoitusten odotetut tuotot ovat kuitenkin vakioita eivätkä muutu ajan mukana. Koska vastasyklisiä tuotto-odotuksia ei ole sisällytetty malliin, sen tulokset voivat siten yliarvioida yllä kuvatun allokaatiosäännön kannattavuutta.

Kirjallisuus

Aït-Sahalia, Y., & Xiu, D. (2016). Increased correlation among asset classes: Are volatility or jumps to blame, or both? *Journal of Econometrics*, 194(2), 205-219.

Anarkulova, A., Cederburg, S., & O'Doherty, M. S. (2022). Stocks for the long run? Evidence from a broad sample of developed markets. *Journal of Financial Economics*, 143(1), 409-433.

Ang, A., & Chen, J. (2002). Asymmetric correlations of equity portfolios. *Journal of Financial Economics*, 63(3), 443-494.

Antonakakis, N., Gupta, R., & Tiwari, A. K. (2017). Has the correlation of inflation and stock prices changed in the United States over the last two centuries?. *Research in International Business and Finance*, 42, 1-8.

Baele, L., Bekaert, G., & Inghelbrecht, K. (2010). The determinants of stock and bond return comovements. *The Review of Financial Studies*, 23(6), 2374-2428.

Bañbura, M., Giannone, D., & Reichlin, L. (2010). Large Bayesian vector autoregressions. *Journal of Applied Econometrics*, 25(1), 71-92.

Bates, D. S. (1996). Jumps and stochastic volatility: Exchange rate processes implicit in deutsche mark options. *The Review of Financial Studies*, 9(1), 69-107.

Bekaert, G., & Engstrom, E. (2010). Inflation and the stock market: Understanding the "Fed Model". *Journal of Monetary Economics*, 57(3), 278-294.

Campbell, J. Y., Pflueger, C., & Viceira, L. M. (2020). Macroeconomic drivers of bond and equity risks. *Journal of Political Economy*, 128(8), 3148-3185.

Campbell, J. Y., Sunderam, A., & Viceira, L. M. (2017). Inflation bets or deflation hedges? The changing risks of nominal bonds. *Critical Finance Review*, 6(2), 263-301.

Christie, A. A. (1982). The stochastic behavior of common stock variances: Value, leverage and interest rate effects. *Journal of Financial Economics*, 10(4), 407-432.

Cochrane, J. H. (2011). Presidential address: Discount rates. *The Journal of Finance*, 66(4), 1047-1108.

Engle, R. (2004). Risk and volatility: Econometric models and financial practice. *American Economic Review*, 94(3), 405-420.

Fama, E. F. (1965). The behavior of stock-market prices. *The Journal of Business*, 38(1), 34-105.

Fama, E. F. (1981). Stock returns, real activity, inflation, and money. *The American Economic Review*, 71(4), 545-565.

Fama, E. F., & Schwert, G. W. (1977). Asset returns and inflation. *Journal of financial economics*, 5(2), 115-146.

Hakola, T. (2024). Eläketurvakeskuksen Feeniks-sijoitustuottomalli. *Eläketurvakeskuksen analyysija*, 05/2024.

Hakola, T. (2025). Feeniks-sijoitustuottomallin uudelleenkalibroinnin tarkastelua. *Eläketurvakeskuksen muistio*, 11.4.2025.

Hamilton, J. D. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. *Econometrica*, 57(2), 357-384.

Heston, S. L. (1993). A closed-form solution for options with stochastic volatility with applications to bond and currency options. *The Review of Financial Studies*, 6(2), 327-343.

Longin, F., & Solnik, B. (2001). Extreme correlation of international equity markets. *The Journal of Finance*, 56(2), 649-676.

Schwert, G. W. (1989). Why does stock market volatility change over time?. *The Journal of Finance*, 44(5), 1115-1153.