Metsät työeläkelaitoksen vakavaraisuuslaskennassa

VERTAISARVIOITU
KOLLEGIALT GRANSKAD
PEER-REVIEWED
www.tsv.fi/tunnus

Olli Haltia, Béla Papp ja Olli Punkkinen

Työeläkelaitosten vakavaraisuutta koskeva varsinainen lainsäädäntö ei eksplisiittisesti tunnista metsäsijoituksia omana riskiluokkanaan tai pääoman muotona mutta hallituksen esitys eläkelaitoksen vakavaraisuusrajan laskemisesta sijoittaa metsät rakentamattomien kiinteistöjen riskiluokkaan 11. Vaikka julkista tietoa ei ole käytettävissä, kokemusperäinen havainto viittaa siihen, että metsäsijoitusten oikeudellinen muoto saattaa vaikuttaa siihen, miten metsä käytännössä luokitellaan. Lainsäädäntö antaa mahdollisuuden muodostaa metsäsijoituksille oma riskiluokkansa, jonka laskentamallille sekä -parametreille vaaditaan Finanssivalvonnan hyväksyntä kunkin työeläkelaitoksen tapauksessa erikseen. Tutkimuksessa esitetään metsiä koskeva vakavaraisuusmalli "keskimääräisen työeläkelaitoksen" sijoitusportfoliolle. Metsien osalta Value at Risk -laskennassa huomioidaan hintamuutosten lisäksi biologinen kasvu, joka vaikuttaa systemaattisesti tuotto-riskisuhteeseen. Metsän sijoitustuoton riskiarvoon vaikuttava autokorrelaatio pyritään identifioimaan ARMA-mallilla. Metsäsijoituksille johdetaan vakavaraisuuslainsäädännön kanssa konsistentti riskiarvo ja tappio-olettama. Laskentamalli ottaa huomioon sekä metsäsijoituksen korrelaation muiden riskiluokkien kanssa että hajautushyödyn. Osoittautuu, että metsien käsittely omana riskiluokkanaan voi laskea vakavaraisuusrajaa ja vapauttaa pääomia esimerkiksi sijoituksiin listattuihin osakkeisiin.

DPhil Olli Haltia (olli.haltia@dasos.fi; olli.haltia@riskil.com) on Dasos Capital Oy:n perustajaosakas, KTM Béla Papp (bela.papp@pwc.com) toimii asiantuntijana PricewaterhouseCoopers Oy:llä, TKT Olli Punkkinen (olli.punkkinen@gmail.com) on aktuaaritoimen ja riskienhallinnan asiantuntija. Kirjoittajat kiittävät MMT Markku Simulaa ja arvioitsijoita hyvistä kommenteista, joiden huomioiminen on parantanut kirjoitusta.

Suomen kansantaloudessa metsät muodostavat merkittävän sijoituskohteen ja pääomaluokan. Yksityisesti omistettujen metsien arvo Suomessa lienee noin 100 miljardia euroa. Maassamme toimii useita metsätalouteen sijoittavia pääomasijoitusrahastoja, jotka hoitavat miljardien eurojen varallisuutta noin 200–300 miljardin euron suuruisilla metsätalouden kansainvälisillä instituutiovarainhoitomarkkinoilla.[1]

Sijoituskohteena metsät muodostavat huomattavan osan Dasguptan (2021) esille nostamasta maailmanlaajuisesta luontopääomasta (*natural capital*), jonka rooli lienee merkittävä etsittäessä ratkaisuja luonnon monimuotoisuuden edistämiseksi. Merkittäviä metsätalouteen liittyviä näkymiä sisältyy niin ikään metsien skaalautuvaan kykyyn sitoa ilmakehän hiilidioksidia sekä biogeenisen hiilen korostumiseen tulevaisuuden raaka-aineena. Myös vihreän siirtymän edellyttämä tuulivoimakapasiteetti näyttää usein löytävän sijaintinsa metsämaalta korostaen edelleen metsien merkitystä kestävän kehityksen taloudellisissa ratkaisuissa. Yhdistyneiden kansakuntien elintarvike- ja maatalousjärjestö ennustaa, että puun kysyntä jatkaa kasvuaan puu-, kuitu- ja kemianteollisuuden raaka-aineena ja sen kulutus nousisi nykyisellä tasoltaan jopa 40 % vuoteen 2050 mennessä (FAO 2022).

Kuten muitakin pääomamuotoja (esim. koneita ja laitteita, kiinteistöjä ja inhimillistä pääomaa) myös luontopääomaa voidaan tuottaa rajatusti investoimalla enemmän esimerkiksi metsitykseen ja luonnon monimuotoisuuden vaalimiseen. On todennäköistä, että metsitystä, puuntuotantoa, metsäkadon ehkäisyä, luonnon monimuotoisuutta ja biogeenisen hiilen tuotantoa rahoitetaan tulevaisuudessa entistä enemmän yksityisin varoin. Useiden kansainvälisten eläkeyhtiöiden ja vakuutuslaitosten sijoitusosastot ovat viime vuosina perustaneet metsä- ja luontopääomaosastoja lisäten allokaatioita tähän kasvavaan sijoitusluokkaan.[2]

Suomalaisen työeläkelaitoksen[3] osalta metsäallokaatioon vaikuttaa olennaisesti sääntely vakavaraisuudesta (laki eläkelaitoksen vakavaraisuusrajan laskemisesta ja sijoitusten hajauttamisesta 315/2015 eli ”vakavaraisuuslaki”), joka säätää sijoituksen vakavaraisuusrajan. Työeläkelaitosten vakavaraisuudella tarkoitetaan kyseisten laitosten kykyä selviytyä eläkevakuutustoiminnan kohtaamista riskeistä. Lain mukaan työeläkelaitosten vakavaraisuusraja sijoituksille määritetään sijoitustuottojakauman 97 prosentin *Value at Risk*-luvun (VaR-luvun) perusteella.

[1] *Maailman metsien arvo on jopa 128 biljoonaa euroa, mikä on yli kaksi kertaa globaalien osakemarkkinoiden arvo vuonna 2020 (Kappen ym. 2020). Eksplisiittisiä arvonmäärityksiä Suomen metsille on toistaiseksi käytettävissä niukalti. Suomen metsien arvo on Kappenin ym. (2020) mukaan 240–510 miljardia euroa, mikä on 1–2 kertaa Suomen koko pörssin arvo vuonna 2020 (Kappen ym. 2020; Kauppalehti 11.6.2020). Puuston lisäksi Kappenin ym. (2020) arvonmääritys ottaa huomioon ulkoisvaikutuksia, joille ei ole suoraa markkinahintaa. Toisaalta johdettaessa metsille arvoa äskettäisten suurempia metsäkokonaisuuksia koskevien markkinatransaktioiden perusteella (esim. United Bankers 2024) tai vuosittaisten arvonmääritysten perusteella (esim. Tornator 2025) arvo olisi noin 100 miljardia euroa.*

[2] *Ks. esim. Zhang (2021), Binkley ym. (2020). Binkley (2019) kiinnittää huomiota siihen, että Pariisin ilmastosopimuksen (Paris Climate Accords)) tavoitteiden saavuttaminen saattaa vaatia merkittäviä lisäinvestointeja metsätalouteen.*

[3] *Vakavaraisuusrajan laskennasta säädetään eläkelaitoksen vakavaraisuusrajan laskemisesta ja vastuuvelan kattamisesta annetussa laissa. Laki koskee lakisääteistä eläkevakuutusta, jota harjoittaa työeläkelaitos eli työeläkevakuutusyhtiö, eläkekassa, eläkesäätiö, Maatalousyrittäjien eläkelaitos tai Merimieseläkekassa (HE 279/2014).*

Tämä luku kuvastaa sellaista tappiota, joka tapahtuu keskimäärin kerran 33 vuodessa.

Luontopääoman ja metsien läpimurto sijoituskohteena on ollut nopeaa, eikä lainsäätäjä ole muodostanut metsää varten omaa riskiluokkaansa parametreineen.[4] Työeläkelaitosten pääomavaatimuksia koskevassa lainsäädännössä metsää ei tunnisteta erilliseksi sijoitusluokaksi, mutta hallituksen esitys eduskunnalle laiksi eläkelaitoksen vakavaraisuusrajan laskemisesta ja sijoitusten hajauttamisesta sekä eräiksi siihen liittyviksi laeiksi esittää metsien riskiluokaksi rakentamattomia kiinteistöjä eli riskiluokkaa 11 (HE 279/2014). Vaikuttaa siltä, että vakiintunutta käytäntöä metsien riskiluokituksesta ei ole. Kokemusperäinen tieto viittaa siihen, että ainakin osittain työeläkelaitokset luokittelevat metsäsijoitukset niiden juridisen rakenteen mukaan esimerkiksi pääomasijoitusluokkaan (riskiluokka 5). Ottaen huomioon metsäsijoitusten tilastomatemaattiset ominaisuudet sekä toimialan kansantaloudellisen laajuuden ja merkityksen, saattaisi olla perusteltua käsitellä metsiä vakavaraisuuslaskennassa omana sijoitusluokkanaan, joka huomioi tähän luontopääoman muotoon liittyvät relevantit erikoispiirteet.

1. Vakavaraisuusvaatimukset vakavaraisuuslaissa

Vakavaraisuuslaki tunnistaa sijoituksille 17 riskiluokkaa, joille laki määrittelee keskeiset pääomavaateeseen vaikuttavat parametrit. Vaikka hallituksen esityksen (HE 279/2014) mukainen rakentamattomien kiinteistöjen riskiluokka saattaa olla parametreiltaan jossakin määrin oikeaan osunut metsäsijoitusten allokoinnin osalta, mikään laissa määritellyistä 17 riskiluokasta ei kuitenkaan näytä olevan itsestään selvästi sopiva metsäsijoituksille. Tämän vuoksi metsäsijoitusten pääomavaade voidaan systemaattisesti yli- tai aliarvioida riippuen siitä, mihin riskiluokkaan metsäsijoitus tulee allokoiduksi.

[4] *"Metsä on uusi varallisuusluokka useimmille eläkeyhtiöille" (Binkley ym. 2020, s. 51). Em. tutkimus kertoo metsäsijoittamisen kehittymisestä yhdysvaltalaisesta näkökulmasta. Toisaalta institutionaalisen metsäsijoittamisen historia Yhdysvalloissa on ainakin parikymmentä vuotta pidempi kuin Euroopassa ja erityisesti Suomessa. Oloissamme merkittävää liikkeellelähtöä edusti Tornator Oy:n muodostuminen vuonna 2002: "Tornatorin synty heinäkuussa 2002 oli mediatapahtuma. Puhtaasti metsätalouteen keskittyvä, yhtiömuotoinen toimija oli ainutlaatuista Euroopassa", (Nieminen 2022). Zhangin (2021, s.124) mukaan suomalainen vuonna 2005 perustettu Dasos Capital Oy sijoittui 31.12.2020 fyysisellä volyymilla mitaten EU:n suurimmaksi metsävaranhoitajaksi ja globaalisti alan 18 suurimman varallisuudenhoitajan joukkoon, mikä kuvaa kehityksen nopeutta.*

Taulukko 1. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset vakiot koskien työeläkelaitoksen vakavaraisuusrajan laskennassa käytettävien riskiarvojen ja odotettujen tuottojen arvoja (Valtioneuvoston asetus työeläkelaitosten vakavaraisuusrajan laskennassa käytettyjen parametrien arvoista 447/2015)

Riski-luokka	**Riskiluokan kuvaus**	**Riskiarvo / pääomavaade yhdelle vuodelle**	**Odotettu tuotto yhdelle vuodelle**
1-4	Noteeratut osakkeet	30 % (USA ja Kanada), Eurooppa (32 %), Aasia Pacific (33 %), kehittyvät markkinat (35 %)	8 %
5	Listaamattomat osakkeet ja pääomarahastot	32 %	10 %
6	Riskitöntä korkoa vastaava tuotto	2 % * duraatio	3,3 % * duraatio$^{0.134}$
7-10	Joukkolainojen spread-komponenttia vastaava luokitus joukkolainan ratingin perusteella	0 / 1 % / 2,5 % / 5 % * duraatio	0 / 0,5 / 1,0 / 2,0 %
11-12	11) Asuinkiinteistöt 12) Kaupalliset kiinteistöt	9 % / 14 %	6,5 % / 7,5 %
13	Valuuttariski	14,5 %	0 %
14	Hyödykkeet	29 %	1,5 %
18	Muut riskit	Työeläkelaitoksen tulee toimittaa Finanssivalvonnalle selvitys riskiluokan 18 käytöstä	0 %

Vakavaraisuuslaissa säädetään myös vaihtoehtoisesta riskiluokasta (”18”) sijoituksille, jotka eivät kuulu riskiluokkiin 1–17. Lakiin on sisällytetty mahdollisuus määritellä pääomavaade erikseen ”ylimääräisessä riskiluokassa 18”, mikä antaa mahdollisuuden pohtia metsäsijoitusten pääomavaadetta omana riskiluokkanaan.

Ylimääräistä riskiluokkaa 18 määriteltäessä työeläkelaitos laskee omaa laskentamenetelmäänsä käyttäen pääomavaatimuksen sekä korrelaatiot vakavaraisuusluokille 1–17. Työeläkelaitoksen on ilmoitettava Finanssivalvonnalle laskentamenetelmänsä käytöstä, perusteltava riskiluokan 18 käyttö ja laskentamenetelmässä käytettyjen vakioiden (pääomavaatimus ja korrelaatiot) arvot sekä laadittava vakavaraisuuslain 24 §:n mukaiset perusteet riskiluokan 18 käytölle. Finanssivalvonta voi vaatia työeläkelaitosta muuttamaan laskentamenetelmäänsä ja käyttämiensä vakioiden arvoja, jotta ne vastaisivat paremmin työeläkelaitoksen riskejä.

Tässä tutkimuksessa olemme arvioineet metsäsijoitusten riskipitoisuutta vakavaraisuuslain viitekehikossa käyttäen lain mahdollistamaa vaihtoehtoista tapaa määritellä tarkoitukseen sopiva laskentamenetelmä ja laskennan vaatimat parametrit metsäsijoitusten muodostamalle riskiluokalle 18. Erityisen mielenkiintoista on tutkia metsäsijoituksille erikseen laskettujen parametrien vaikutusta vakavaraisuusrajaan verrattuna metsäsijoitusten allokointiin pääomasijoitusten tai kiinteistöjen riskiluok-

kiin (luokat 5, 11). Tutkimuksen tarkoituksena on esitellä laskentamalleja ja -periaatteita, joiden toivomme olevan hyödyksi tulevaisuuden portfoliokohtaisia laskelmia tehtäessä. Tutkimuksessa käytettävät havainnot ovat julkisesti saatavilla, mutta nähdäksemme ainakin pääosin edustavia. Uskomme tutkimustulostemme olevan siten yleisemminkin suuntaa antavia.

2. Tutkimusaineisto ja parametrien määritelmät

Vakavaraisuuslaki määrittelee sijoituksen riskin sijoituksen markkina-arvon alentumisen perusteella epäsuotuisassa skenaariossa (ns. Value at Risk -skenaario). Esimerkiksi osakeriski aiheutuu riskinä osakkeen arvon alenemisesta huomioiden osinkotuotot. Kiinteistöriskin osalta määritelmä koskee vastaavasti riskiä kiinteistön arvon alenemisesta vuokratuotot mukaan lukien. Riskin määritelmä laissa koskee yleisemmin sijoituksen arvonalentumisen riskiä sijoituksen määrän pysyessä kiinteänä. Siten arvonalentumisen riski muuntuu kysymykseksi kokonaistuoton volatiliteetista samalle osakemäärälle (ks. laki eläkelaitoksen vakavaraisuusrajan laskemisesta ja sijoitusten hajauttamisesta 315/2015 3 §).

Tässä tutkimuksessa määrittelemme metsäsijoituksen hintaindeksin seuraavasti Laspeyresin indeksinä:[5]

$$(1)\quad r_{t(p)} = ln\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} p_{t,i}q_{t-1,i}}{\sum_{i=1}^{n} p_{t-1,i}q_{t-1,i}}\right).$$

Edellä $p_{t,i}$ $(p_{t-1,i})$ on puutavaralajin i kantohinta periodilla t (periodilla t-1) ja $q_{t-1,i}$ on metsässä oleva puutavaralajin i pystyvaranto periodilla t-1.

Verrattuna muihin vakavaraisuuslaissa määriteltyihin riskiluokkiin metsäsijoitus sisältää merkittävän erikoispiirteen. Metsän osalta vakavaraisuuslaskennassa on otettava huomioon myös biologinen kasvu G, jonka myötä metsässä oleva pystyvaranto on dynaamisesti muuttuva: $q_{t,i} - q_{t-1,i} = G(q_{t-1,i})$ (yleiset oletukset: G' > 0 ja G''<0; esim. Aldea ym. (2023); ei ole poissuljettua, etteivätkö esimerkiksi hyönteistuhot tai epäonnistuneet metsänhoidolliset ratkaisut voisi johtaa pystyvarannon pienenemiseen erityisesti pienemmillä metsäalueilla). Biologinen kasvu vaikuttaa siten vakavaraisuuslaissa määriteltyyn arvonmuutokseen sekä odotettavissa olevaan tuottoon ja riskiin.

Pystyvarannon biologisen kasvun kontribuutio, mukaan lukien hakkuina realisoidun biologisen kasvun kontribuutio, voidaan määrittää Paaschen volyymi-indeksinä:

$$(2)\quad r_{t(G)} = ln\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} p_{t,i}q_{t,i}}{\sum_{i=1}^{n} p_{t,i}q_{t-1,i}}\right)$$

siten, että pystyvarannon muutos hakkuiden jälkeen on $g_{t,i} = G(q_{t-1,i}) - h_{t,i}$ missä $h_{t,i}$ on periodilla t tapahtuvat hakkuut, jolloin $q_{t,i} = q_{t-1,i} + g_{t,i} + h_{t,i}$.

Biologisen kasvun vaikutusta laskettaessa otetaan lisäksi huomioon puunkasvatuksen kustannukset seuraavasti:

$$(3)\quad r'_{t(G)} = r_{t(G)} + ln\left(1 - \frac{C_t}{\sum_{i=1}^{n} p_{t,i}q_{t,i}}\right),$$

missä C_t sisältää periodin metsänhoitokustannukset.

[5] *Vartia (1976) on laaja esitys indeksiteoriasta käsitellen myös Laspeyresin ja Paaschen indeksien soveltuvuutta ja ominaisuuksia. Penttinen ja Lausti (2004) soveltavat indeksiteoriaa metsien arvonmuutoksen analyysissä, joka muodostaa viitekehyksen Luonnonvarakeskuksen asiaa koskevan tilaston laskennalle (Luonnonvarakeskus 2024).*

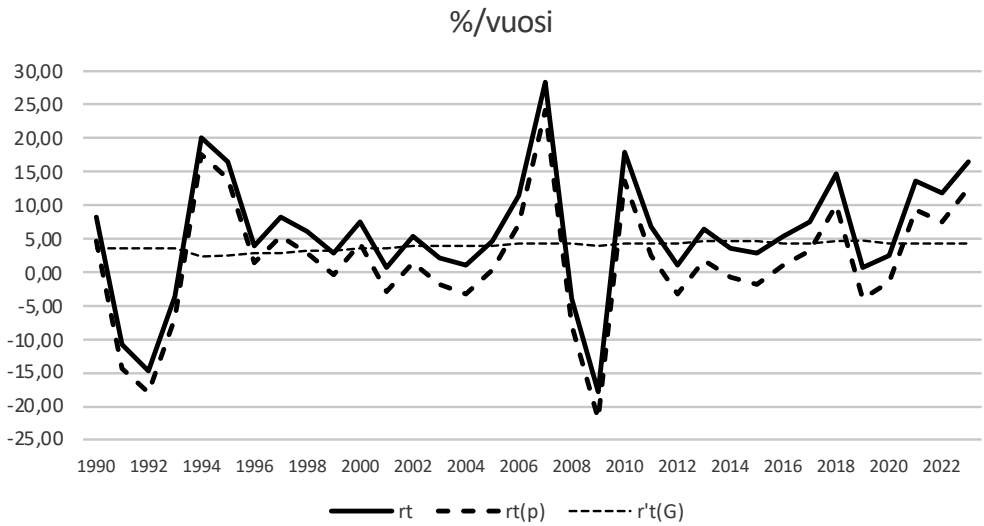
Metsäsijoitusten kokonaistuotto voidaan laskea metsän hintaindeksin ja biologisen kasvun eksaktina summana

$$(4)\quad r_t = r_{t(p)} + r'_{t(G)} = ln\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} p_{t,i}q_{t,i} - C_t}{\sum_{i=1}^{n} p_{t-1,i}q_{t-1,i}}\right)$$

Tässä tutkimuksessa metsien arvonmuutoksen riskiä koskevan laskenta-aineiston muodostavat Luonnonvarakeskuksen yksityismetsiä koskevat tilastot (Luonnonvarakeskus 2024). Yksityismetsiin sisältyvät varsinaiset yksityismetsänomistajat (luonnolliset henkilöt, kuolinpesät ja yhtymät), yhteismetsät, kunnat, seurakunnat, säätiöt ym. yhteisöt sekä edellä mainittuja rakenteita soveltava instituutiovarainhoito.

Yksityismetsien puusto muodostaa yli 70 prosenttia koko maan puustosta ja yksityisiä metsänomistajia on maassamme yli 600 000 vuonna 2019 julkaistun vuotta 2016 koskevan viimeisimmän käytettävissä olevan tilaston mukaan (Luonnonvarakeskus 2019). Metsien arvonmuutoksen laskentaa käsittelevä aineisto on siten varsin edustava kotimaisen puuston osalta mutta vastaavasti rajoitteellinen kansainvälisten metsäsijoitusten osalta eli (maantieteellisesti) hajautetun portfolion kannalta (Busby ym. 2020; Chudy ym. 2020). Toiseksi on huomattava, että yhtälö (4) mittaa nykyisen puuston arvonmuutosta eikä sisällä eksplisiittisesti maan arvoa, kun taas esimerkiksi riskiluokan 11 määritelmä viittaa maan arvonmuutokseen (Samuelson 1976). Edellä mainittujen aineistoon liittyvien rajoitteiden vuoksi on mahdollista, että estimoitu volatiliteetti systemaattisesti yliarvioi hajautetun metsäportfolion riskiä.[6]

[6] *Laki eläkelaitoksen vakavaraisuusrajan laskemisesta ja sijoitusten hajauttamisesta 315/2015 määrittelee riskiluokat laajoina maantieteellisinä aggregaatteina, esimerkiksi riskiluokat 1-4 ovat: 1) Euroopan talousalueeseen kuuluvissa valtioissa ja Sveitsissä säännellyllä markkinalla kaupankäynnin kohteina olevat osakkeet; 2) Yhdysvalloissa ja Kanadassa säännellyllä markkinalla kaupankäynnin kohteina olevat osakkeet; 3) muissa kehittyneissä valtioissa säännellyllä markkinalla kaupankäynnin kohteina olevat osakkeet; 4) kehittyvissä valtioissa säännellyllä markkinalla kaupankäynnin kohteina olevat osakkeet. Huomattava on, että noteeratut kotimaiset osakkeet eivät muodosta riskiluokkaa vaan kuuluvat (hajautettuun) riskiluokkaan 1, jolle asetus määrittää yhteiset parametrit vakavaraisuuslaskentaa varten (Valtioneuvoston asetus eläkelaitosten vakavaraisuusrajan laskennassa käytettävien vakioiden arvoista 447/2015).*



Kuvio 1. Yksityismetsien puuston arvonmuutos (sijoitustuotto, r_t) jaoteltuna metsän hintaindeksin muutokseen ($r_{t(p)}$) ja biologiseen kasvuun ($r'_{t(G)}$)

Laskelmat koskevat kaikkia yksityismetsiä ja pääoman arvo (pystypuuston kantohinta-arvo) on laskettu kalenterivuoden keskimääräisten pystykauppahintojen perusteella. Pystykauppahinta on yksityismetsänomistajille pystykaupoissa puusta maksettu kantohinta (€/m³). Kantoraha-arvo on laskettu kertomalla metsien puutavaralajien tilavuudet niiden pystykauppahinnoilla. Nämä tilavuudet perustuvat Luonnonvarakeskuksen toteuttamiin VMI-tietoihin (Valtakunnan metsien inventointi).

Edellä lueteltu aineisto ja määritelmät koskevat metsäsijoituksen riskiluokan riskiarvojen määrittämistä. Vakavaraisuusrajaan vaikuttaa lisäksi riskiluokkien välinen riippuvuus eli se, missä määrin esimerkiksi metsäsijoituksen riskit voivat toteutua yhtäaikaisesti riskiluokkien 1–17 kanssa. Mikäli riskit eivät toteudu merkittävissä määrin samanaikaisina, vakavaraisuusrajaa voidaan pienentää hajautushyötyjen myötä.

Hajautushyöty huomioidaan vakavaraisuusrajan laskennassa korrelaatiokertoimilla. Esimerkiksi eri osakeriskiluokkien korrelaatiot toistensa kanssa ovat lähellä arvoa +1, koska todennäköisyys on suuri sille, että eri osakeriskiluokkien tappiot realisoituvat samanaikaisesti. Toisaalta korrelaatiokertoimet, jotka ovat selkeästi alle arvon +1, tuovat vakavaraisuusmalliin huomattavaa hajautushyötyä, mikä alentaa vakavaraisuusrajaa. Korrelaatiokerroin on negatiivinen, jos riskin toteutuessa toinen riskitekijä tuottaa yleensä tappiota ja toinen voittoa. Korrelaatiokertoimet luokille 1–17 on annettu asetuksella (Valtioneuvoston asetus eläkelaitosten vakavaraisuusrajan laskennassa käytettävien vakioiden arvoista 447/2015) ja ne on määritelty kaikille riskiluokille matriisina suhteessa jokaiseen toiseen riskiluokkaan.

Laskentaa varten edellä mainittuun korrelaatiomatriisiin määritetään luokalle 18 metsä-

sijoituksen r_t korrelaatio taulukossa 2 esitettyjen proxy-indeksien avulla (yhtälössä (9) eli vakavaraisuusrajan laskennassa sovelletaan em. asetuksessa 447/2015 ilmoitettuja korrelaatiokertoimia ja Taulukon 2 indeksit toimivat näille proxyna korrelaatiokertoimen estimoimiseksi metsäsijoituksille, koska asetuksen kertoimien havainnot eivät ole julkisia).

Taulukko 2. Laissa määritellyille riskiluokille sovelletut indeksit ja oletukset korrelaation laskemiseksi r_t:n kanssa sekä korrelaatiokertoimet

Riski-luokka	**Kokonaistuottoindeksit, oletukset**	**Korrelaatio *r_t:n kanssa***
1	DAX (eurooppalaiset osakkeet)	0,07
2	S&P500 (yhdysvaltalaiset osakkeet)	0,00
3	MSCI World Index (MXWO)	-0,02
4	MSCI EM Index (MXEF)	-0,15
5	LPX50 (pääomarahastot)	-0,05
6	Saksan valtion 10 vuoden joukkolainan tuotto	-0,22
7	ICE BofA AAA-AA Euro Government (Euroopan valtionlainat)	-0,34
8	ICE BofA AAA European Corporate Index (Euroopan yrityslainat)	-0,38
9	ICE BofA US corporate (investment grade corporate debt) (60/100-painotus) ja ICE BofA A-BBB Euro Corporate Index (40/100-painotus)	-0,38
10	50/50-painotettu ICE BofA US high yield ja ICE BofA Euro high yield	-0,52
11	Vanhojen osakeasuntojen hintaindeksin vuosittainen muutos (asuinkiinteistöt)	0,21
12	Toimistojen ja liiketilojen hintaindeksi vuosittainen muutos	-0,11
13	USD/EUR valuuttakurssi	-0,04
14	Bloomberg Commodity Index	0,16
15	OLV-indeksi	-0,05
16	Vakuutusriskille ei ole olemassa vertailuindeksiä	NA
17	Korrelaatio jäännösriskiin on nolla	0

Lisäksi riskiluokkien 1–17 tuoton odotusarvot sekä tappio-olettamat perustuvat em. asetukseen eläkelaitoksen vakavaraisuuslaskennassa käytettävien vakioiden arvoista.

Metsäsijoituksia tekevän eläkelaitoksen vakavaraisuusrajaa tutkittiin taulukossa 3 määritellyn ”keskimääräisen työeläkelaitos” riskikorjatun portfolion tapauksessa (Työeläkevakuuttajat TELA ry 2025). Riskikorjattua portfoliojakaumaa käytetään riskilaskennassa siksi, että se huomioi ei-lineaaristen sijoitusinstrumenttien riskit realistisemmin (riskikorjatussa portfoliossa käytetään ns. delta vasta-arvoa, joka kuvastaa tarkasti johdannaisen arvonmuutosta markkinaliikkeissä) kuin markkina-arvoinen jakauma. Lisäksi määriteltäessä ”keskimääräisen

työeläkelaitos" vakavaraisuusluokittaista sijoitusjakaumaa, on käytetty hyväksi työeläkevakuutusyhtiöiden vuoden 2024 tilinpäätöstietoja mm. osakkeiden maantieteellisestä jakaumasta, joukkovelkakirjojen luottoluokkakohtaisesta jakaumasta, korkosijoitusten duraatioista sekä valuuttasijoitusten määrästä.

Taulukko 3. Suurimpien työeläkevakuuttajien sijoitusten kohdentuminen 31.12.2024, riskikorjattu jakauma markkina-arvoin (Työeläkevakuuttajat TELA ry 2025)

Pääomaluokka (muuttuja A_i)	**Työeläkevakuutusyhtiöt keskimäärin ja yhteensä ("keskimääräinen työeläkelaitos") - osuus kaikista sijoituksista, % -**
Korkosijoitukset	**40,1**
Lainasaamiset	2,3
Joukkovelkakirjalainat	23,9
Julkisyhteisöjen joukkovelkakirjat	10,4
Muiden yhteisöjen joukkovelkakirjat	13,5
Muut rahoitusmarkkinavälineet ja talletukset	13,9
Osakesijoitukset	**54,0**
Noteeratut osakkeet	35,7
Pääomasijoitukset	16,1
Noteeraamattomat osakkeet	2,1
Kiinteistösijoitukset	**9,8**
Suorat kiinteistösijoitukset	5,6
Kiinteistösijoitusrahastot ja yhteissijoitukset	4,2
Muut sijoitukset	**12,5**
Hedge-rahastosijoitukset	12,3
Hyödykesijoitukset	0,0
Muut sijoitukset	0,2
Sijoitukset yhteensä, %	116,3
Johdannaisten vaikutus, %	-16,3
Sijoitukset käyvin arvoin yhteensä, %	**100**
Sijoitukset käyvin arvoin yhteensä, milj. euroa	164 886

3. Laskentamenetelmä

Vakavaraisuuslain Value at Risk -filosofian mukaisesti metsäsijoituksille on yhdenmukaisesti muiden riskiluokkien kanssa esitettävä lukuarvona mahdollinen rahamääräinen tappio, jota suurempaa tappiota eläkelaitoksen ei pitäisi kohdata vuoden horisontilla kuin korkeintaan kolmen prosentin todennäköisyydellä. Lukuarvoa määritettäessä on metsäsijoitusten osalta huomioitava, että likvidisyysrajoitteisen reaaliomaisuuden riskillisyyden arviointia monimutkaistaa tyypillisesti autokorrelaatio (Hoesli ja Lizieri 2007). Riskipreemioiden ollessa autokorreloituneita, tuoton ja riskin suhde vääristyy. Jos autokorrelaatio on positiivista, niin tuotto-riskisuhde tulee yliarvioiduksi ja jos taas autokorrelaatio on negatiivista, niin tuotto-riskisuhde tulee aliarvioiduksi.

Autokorrelaation vaikutus pyrittiin tutkimuksessa hallitsemaan ARMA-mallilla[7]. Yleinen ARMA(p,q)-malli on yhdistelmä sekä AR- (autoregressiivinen) että MA (liukuva keskiarvo) -komponenteista:

$$(5)\quad y_t = \sum_{i=1}^{p} \Phi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} \theta_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t.$$

Edellä Φ_i kertoimet koskevat sarjan viivästyneitä arvoja, θ_j kertoimet koskevat viivästyneitä virhetermejä / jäännöstermejä ja ε_t edustaa mallin jäännöstermiä, jota on todellinen shokki kullakin ajanhetkellä hetkellä t.

ARMA-prosessin volatiliteetti voidaan ilmaista jäännösvolatiliteetin avulla seuraavasti

$$(6)\quad \sigma[y_t] = \sigma[\varepsilon(t)] \sum_{i=1}^{\infty} \psi_i^2, \text{ missä}$$
$$\psi_j = \theta_j + \sum_{k=1}^{p} \Phi_k \psi_{j-k} \text{ ja } \psi_0 = 1.$$

Parhaan ARMA-mallin löytämiseksi tutkimuksessa hyödynnettiin mm. pienimmän neliösumman minimointia sekä bayesialaista informaatiokriteeriä (”BIC”), joka pyrkii maksimoimaan logaritmisen todennäköisyysfunktion.

Näin lasketulle ARMA-mallille arvioitiin VaR-luku ARMA-prosessin volatiliteetin avulla lausuttuna yhtälöiden (6) ja (7) mukaisesti. Olettamalla ARMA-mallin normaalijakautuneeksi, 97 %:n VaR-luku saadaan seuraavasti:

$$(7)\quad VaR(\alpha) \coloneqq \varphi^{-1}(\alpha) * \sigma[y_t],$$

missä ja $\varphi^{-1}(\alpha)$ on sijoitustuottojen kertymäfunktion prosenttipistettä α vastaava tuotto. Nyt tarkasteltavalle työeläkelaitosten riskimittarille α=97 %.

Koska metsäsijoitusten tuotto poikkeaa normaalijakaumasta, kaava (7) ei täsmälleen päde. Metsäsijoitusten ei-normaalin jakauman VaR-luku muutettiin normaaliksi Cornish-Fischer transformaation avulla (katso Cornish ja Fischer 1938; ja Holton 2013):

[7] *Tutkimuksessa sovellettua ”unsmoothing”-menetelmiin kuuluvaa metodia likvidisyysrajoitteisten omaisuuslajien puitteissa ovat käsitelleet laajemmin esimerkiksi Getmansky ym. (2004) ja Couts ym. (2024) (ks myös Kaplan ja Schoar 2005). Menetelmän soveltaminen viipeineen tapauksessamme ei ole täysin ongelmatonta havaintojen määrän rajallisuuden vuoksi, mutta toisaalta tutkimuksen eräänä tarkoituksena oli metsähavaintojen tutkiminen unsmoothing-näkökulmasta. Edellä mainittu tutkimus on havainnut merkittävää likvidisyydeltään rajoittuneisiin sijoituskohteisiin liittyvää ja harhaanjohtavaa (spurious) autokorrelaatiota puoltaen unsmoothing-tekniikan soveltamista ja harhan poistamista. Huomattava on myös, että VaR-luvun määrittäminen suoraan kvantiilina suppeasta havaintojoukosta ei liene suositeltavaa johtuen vaarasta aliarvioida systemaattinen riski. Yllä mainittu kirjallisuus viittaa siihen, että VaR:n määritys volatiliteetin ja jakauman muiden ominaisuuksien (huipukkuus, vinous) kautta avulla antaa tilastollisesti luotettavamman estimaatin VaR:lle. Esimerkiksi Hetemäki, Hänninen ja Toppinen (2005), Huhtala, Toppinen ja Boman (2003) sekä Toppinen ja Toivonen (1997) ovat aikaisemmin soveltaneet aikasarja-analyysiä puumarkkinadataan.*

(8) $VaR(\alpha) := z_\alpha * \sigma[y_t]$,

missä

$$z_\alpha = \varphi^{-1}(\alpha) + \frac{1}{6}(\varphi^{-1}(\alpha)^2) - 1)\gamma_1 + \frac{1}{24}(\varphi^{-1}(\alpha)^3 - 3\varphi^{-1}(\alpha))\gamma_2 - \frac{1}{36}(2\varphi^{-1}(\alpha)^3 - 5\varphi^{-1}(\alpha))\gamma_1{}^2$$

$$\gamma_1 = Vinous$$
$$\gamma_2 = Huipukkuus$$

Edellä mainitulla tavalla johdettu metsäsijoituksen tappio-olettama[8] yhdistettiin asetuksen (447/2015) määrittämiin tappio-olettamiin riskiluokille 1–17 kokonaispääomavaateen eli vakavaraisuusrajan laskemiseksi. Kunkin riskiluokan riskiarvo (V_i) määritettiin edelleen yksinkertaisesti kertomalla tappio-olettama (S_i) kyseiselle riskille altistuneiden sijoitusten euromäärällä (A_i) olettaen taulukon 3 esittämä "keskimääräisen työeläkelaitoksen" portfoliorakenne. Riskiarvo kertoo kyseiseen riskitekijään liittyvän tappion määrän riskin toteutuessa ja on siten tarvittavan vakavaraisuuspääoman määrä ennen hajautushyödyn huomioimista.

Riskiarvojen yhdistämisessä kokonaispääomavaateen laskemiseksi huomioidaan myös sijoitusten tuotto-odotukset eli tuotto, joka kustakin riskiluokasta keskimäärin odotetaan saatavan vuoden horisontilla. Metsäsijoituksen osalta laskelman vaatima odotusarvo muodostettiin yhtälön (4) odotusarvona periodilla 1996–2023. Odotettu tuotto (μ_i) saadaan kertomalla riskiluokan sijoituksen määrä (A_i) tuoton odotusarvolla (m_i).

Hajautushyötyjen huomioimiseksi eri riskiluokat yhdistetään toisiinsa korrelaatioiden avulla. Yhtäaikaista riskien toteutumista tarkastelemalla voidaan mahdollisesti pienentää vakavaraisuusrajaa hajautushyötyjen myötä verrattuna riskiluokkien yksittäisiin riskiarvoihin.

Eläkelaitoksen kokonaispääomavaateen eli vakavaraisuusrajan määrittämisessä sovelletaan elliptisille todennäköisyysjakautumille eksaktisti pätevää riskiaggregoinnin neliöjuurisääntöä (katso esimerkiksi Alvarez 2014, Rosenberg ja Schuermann 2006, sekä Laki työeläkelaitosten vakavaraisuusrajan laskemisesta ja vastuuvelan kattamisesta 315/2015) ja se lasketaan kaksinkertaisena summana riskiluokkien 1–18 osalta seuraavasti:

(9) $$V_{kokonais} = -\sum_j \mu_j + \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{i,j}(V_i + \mu_i)(V_j + \mu_j) + \sum_j \beta_j^2 B_j^2} + \sum_k K_k$$

Tässä V_i tarkoittaa riskiluokan i riskiarvoa ja μ_i odotettua tuottoa yhden vuoden aikajänteellä, $\rho_{i,j}$ on riskiluokkien i ja j välinen korrelaatio.

[8] *Tappio-olettama ja tuoton odotusarvo laskettiin hajauttamattomalle metsäportfoliolle (tai "vajavaisesti" hajautetulle metsäportfoliolle). Metsäportfolio on hajautettavissa samanaikaisesti a) spatiaalisesti (maantieteellisesti); b) temporaalisesti (esimerkiksi metsän ikäluokkajakauma); c) biologisesti (puulajit/metsätyypit, esimerkiksi kiertoaika voi vaihdella 10–100 vuoden välillä puulajin mukaan); sekä c) hallinnollisesti (esim. puunmyynti- ja metsänhoitosopimukset). Maantieteellinen hajauttaminen tyypillisesti laajentaa hajautusavaruutta muissakin hajautusdimensioissa. Käsillä olevassa tutkimuksessa estimoitu tappio-olettama on laskettu erityisesti maantieteellisesti hajauttamattomalle metsäportfoliolle. Toisaalta metsäsijoittamisessa hajauttaminen on samoista syistä oleellista (sekä usein tavoitteellista) kuin muidenkin pääomaluokkien tapauksessa ja hajautetut metsäportfoliot toimivat yleisesti myös suosituina sijoituskohteina (vrt. Herrala 2024). Metsäportfolion maantieteellisellä/spatiaalisella hajauttamisella tavoitellaan tyypillisesti pienempää riskiä (tappio-olettamaa) ja/tai korkeampaa tuottoa (Busby ym. 2020; Chudy ym. 2020).*

B_j edustaa lyhyen position riskiä ja K_k keskittymäriskiä (mutta niiden osuus vakavaraisuusrajasta ($V_{kokonais}$) on työeläkelaitoksilla vähäinen). Odotettu tuotto yhden vuoden aikajänteellä pienentää riskiarvon indikoimaa tappiota, minkä vuoksi se esiintyy yhtälössä miinusmerkkisenä.

4. Tulokset ja analyysi

Tyypillisesti sijoittajat tarkastelevat sijoitukselle saatavaa odotettua tuottoa vasten sitä pääoman määrää, jonka joutuvat kyseiseen riskilliseen sijoitukseen varaamaan. Taulukossa 4 on kuvattu pitkältä aikaväliltä (2000–2023) eri omaisuuslajien vuosittaisia tuottoja. Havaitaan, että metsän vuosittainen sijoitustuotto r_t on ollut keskimäärin noin 6,2 prosenttia tutkimusaineistossamme.

Taulukko 4. Omaisuuslajien keskimääräinen vuosittainen kokonaistuotto aikaperiodilla 2000–2023

Riski-luokka	Nimi	Tuotto (%/vuosi)
1	DAX (eurooppalaiset osakkeet)	6,2 %
2	S&P500 (yhdysvaltalaiset osakkeet)	8,7 %
3	MSCI World Index (MXWO)	7,7 %
4	MSCI EM Index (MXEF)	9,9 %
5	LPX50 (pääomarahastot)	9,5 %
6	Saksan valtion 10 vuoden joukkolainan tuotto	0,6 %
7	ICE BofA AAA-AA Euro Government (Euroopan valtionlainat)	3,3 %
8	ICE BofA AAA European Corporate Index (Euroopan yrityslainat)	3,0 %
9	60/40-painotettu ICE BofA US corporate (IG) ja ICE BofA A-BBB Euro corporate index	4,7%
10	50/50-painotettu ICE BofA US high yield ja ICE BofA Euro high yield	6,8 %
11	*Vanhojen osakeasuntojen hintaindeksin vuosittainen muutos (asuinkiinteistöt)	2,6 %
12	*Toimistojen ja liiketilojen hintaindeksi vuosittainen muutos	2,6 %
14	BCOM Index (hyödykkeet)	3,7 %
15	**OLV-Indeksi	8,1 %
18	Metsän sijoitustuotto eli arvonmuutos r_t	6,2 %

**Ei sisällä vuokratuoton osuutta*

*** OLV-indeksi on painotettu indeksi, joka ennakoi osaketuottosidonnaisten lisävakuutusvastuun muutosta. Indeksissä huomioiden OMX Helsinki CAP, MSCI Europe, S&P500 ja TOPIX (Työeläkevakuuttajat TELA 2025)*

Taulukkoon 5 on koottu eri kriteereillä muodostettujen parhaiden ARMA-mallien antamat ennusteet VaR-luvulle (riskiarvolle). VaR on laskettu sekä normaalijakaumaoletuksella että Cornish-Fischer-laajennuksella.

Vaikka vakavaraisuuslaki asettaa keskeiset parametrit riskiluokille 1–17, laskettiin osakesijoituksille vertailun vuoksi ja mallin kalibroinnin varmistamiseksi tappio-olettama. Tehdyn analyysin perusteella ARMA-prosessin 97 prosentin VaR-luku yhdysvaltalaisille osakesijoituksille (S&P500) on noin 30–35 prosenttia, kun taas metsäsijoitusten kokonaistuoton (yhtälö 4) vastaava 97 prosentin VaR-luku on 18,5–19,6 prosenttia riippuen käytetystä menetelmästä (taulukko 5).

Analyysi osoittaa, että metsäsijoituksen kokonaistuotto (yhtälö 4) ei ole yhtä volatiili kuin listatut osakesijoitukset. Toisaalta VaR-kalibraatio noudattaa varsin hyvin vakavaraisuuslain mukaista kalibraatiota, jossa listattujen yhdysvaltalaisten osakkeiden kokonaistuoton VaR-luku (riskiarvo tai tappio-olettama) on 30 prosenttia. Vakavaraisuuslain mukainen noteerattujen osakkeiden VaR-luku osuu tutkimuksessa käytetyn menetelmän mukaisen VaR-lukujen vaihteluvälin alkuun, joten tässä tutkimuksessa käytetty menetelmä johtaa vakavaraisuuslain mukaista menettelyä turvaavampaan / konservatiivisempaan VaR-lukuun.

Taulukko 5. Analyysin lopputuloksena syntyneet VaR-luvut (eli tappio-olettamat S_t) eri menetelmillä (R^2-minimointi & BIC-kriteeri) S&P500-kokonaistuotolle ja metsän kokonaistuotolle $r_{t(p)}$

Dataindeksi	**Mallin valintakriteeri**	
	R^2-minimointi	**BIC-kriteeri**
S&P500-kokonaistuotto		
CF VaR 97 %	32,0 %	29,8 %
VaR 97 %	34,7 %	33,2 %
Metsän kokonaistuotto		
CF VaR 97 %	19,6 %	*18,9 %
VaR 97 %	19,0 %	18,5 %

*Käytetty lopullinen Cornish-Fisher VaR 97 %-luku

Hintaindeksin lisäksi metsän arvonmuutos riippuu osaltaan yhtälön (4) mukaisesti biologisesta kasvusta, joka on immuuni taloudellisille suhdanteille. Kuvio 2 esittää metsän hintaindeksin $r_{t(p)}$ tuottojakaumaa ilman biologisen kasvun komponenttia normaalijakaumana.

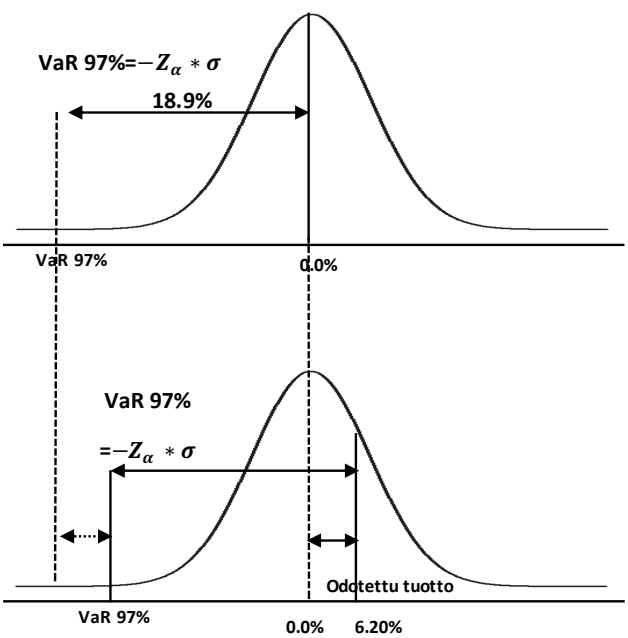
Kuviossa 3 otetaan lisäksi huomioon biologinen kasvu $r'_{t(G)}$ sekä historiallinen keskimääräinen arvonnousu eli metsäsijoitusten odotettu tuotto. Verrattuna hintamuutoksiin biologinen kasvu on varsin ennustettavaa ja sen hajonta on historiallisesti pieni (vrt. kuvio 1). Kuviossa 3 biologisen kasvun odotetuksi tuotoksi on laskettu 4,04 prosenttia vuodessa. Biologinen kasvu vähentää trendinomaisesti hintamuutokseen liittyvää arvonmuutoksen riskiä ja siten myös metsäsijoituksen VaR-lukua.

Vakavaraisuusluokan 18 erityispiirteenä on, että asetus (447/2015) määrittää kyseisen riskiluokan odotetun tuoton nolla prosenttiin. Näin asetettu odotetun tuoton parametri onkin luonnollinen silloin, kun luokka 18 koostuu työeläkelaitosten normaalin käytännön mukaisesti *long-short*-riskistä, volatiliteettiriskistä ja korrelaatioriskistä, joille ei ole *a priori* perusteltavissa nollasta systemaattisesti poikkeavaa odotettua tuottoa.

Luokan 18 sisältöä ei ole poissulkevasti määritelty, vaan se on käytettävissä myös metsäsijoitusten riskiluokkana Finanssivalvonnan hyväksynnällä. Biologisen kasvufunktion ominaisuuksien vuoksi biologinen kasvu yleensä pienentää mahdollista hintaindeksin muutoksesta koituvaa tappio-olettamaa (vrt. Aldea ym. 2023). Metsäsijoituksen odotettu tuotto r_t poikkeaa siten nollasta. Koska vakavaraisuuslaki tunnistaa riskiluokalle 18 ainoastaan tuoton odotusarvona nollan, vakavaraisuuslainsäädännön kanssa yhteensopiva metsäsijoituksen tappio-olettama laskettiin algoritmi ykkösen määritelmän mukaisesti.

Algoritmi 1. Riskiluokan 18 pääomavaateen määrittäminen. Lasketaan portfolion vakavaraisuusraja ($V_{kokonais}$) käyttämällä metsän sijoitustuotolle r_t määritettyä VaR97% tappio-olettamaa S_{18} ja metsän biologisen kasvun $r'_{t(G)}$ arvoa lisättynä metsäsijoitusten historiallisella arvonmuutoksella 2,16 % (6,2 % - 4,04 %). Näin määritetyn vakavaraisuusrajan inversiona lasketaan edelleen implisiittinen tappio-olettama $\widetilde{S_{18}}$ metsäsijoitukselle, kun metsälle asetetaan vakavaraisuuslainsäädännön riskiluokalle 18 määrittämä 0,0 % odotettu tuotto:

$$(10)\ V_{kokonais}(m_{18} = 6{,}2\%, S_{18} = 18{,}9\%) = V_{kokonais}(m_{18} = 0.0\%,\ \widetilde{S_{18}}) \Rightarrow \widetilde{S_{18}}$$



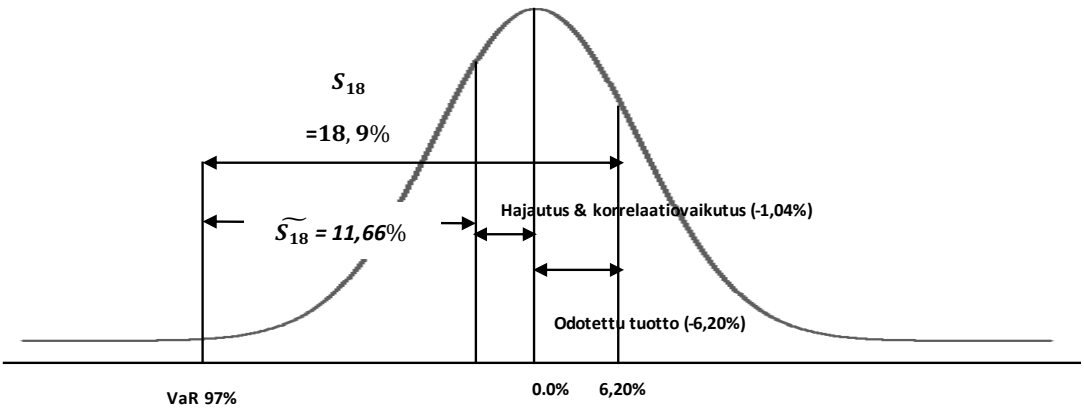
Kuviot 2 ja 3. Sijoitusten jakauma ja VaR97% havainnollistettu sekä odotetun tuoton kanssa (alla) että ilman (yllä). Jakauman keskikohta siirtyy oikealle odotetun tuoton huomioinnin jälkeen.

Euromääräisten riskiarvojen osalta oletettiin, että ”keskimääräisen työeläkeyhtiön” portfoliossa yksi prosenttiyksikkö käteistä siirrettiin riskiluokkaan 18 metsäsijoitusten rahamääräksi (työeläkelaitosten vakavaraisuuskehikossa käteinen on likimain neutraali antaen käteisvaroille noin 1,6 prosenttiyksikön vuotuisen tuottoodotuksen ja -1,6 prosenttiyksikön riskiarvon, joten tehdyn oletuksen vaikutus voidaan arvioida pieneksi pääomavaatimusta laskettaessa). Todettakoon selvyydeksi, että alla näin lasketut tulokset muuttuvat vähemmän kuin 0,1 prosenttia, mikäli edellä kuvattu yhden prosenttiyksikön muutos toteutettaisiin 0,1 prosenttiyksikön tai 0,01 prosenttiyksikön suuruisena.

Kokonaispääomavaadetta kaavan (9) mukaan määritettäessä lopputulos riippuu myös luokan 18 ja luokkien 1–17 välisistä korrelaatioista (vrt. yhtälö (9)), joista korrelaatiokertoimet on laskettu vuosittaisista havainnoista aikavälillä 2000–2023. Luokkien 1–17 vertailuindeksien välisen korrelaatioanalyysin perusteella näyttää siltä, että metsän arvonmuutos r_t korreloi yleisesti ottaen negatiivisesti[9] luokkien 1–17 kanssa. Tutkimuksessa sovellettiin *proxy*-laskelmaa keskimääräisen työeläkelaitosten sijoitusomaisuuden pääomavaatimukselle ajan hetkellä 31.12.2024. Tämän analyysin mukaan metsän arvonmuutoksen r_t ja keskimääräisen yhtiön sijoitussalkun välinen negatiivinen kokonaiskorrelaatio on noin -0,106 indikoiden huomattavaa hajautushyötyä.

Keskimääräisen työeläkeyhtiön mukaisen portfolion tapauksessa algoritmi 1 tuottaa metsäsijoitukselle vakavaraisuuslain ja siihen liittyvien asetuksien kanssa konsistentin tappio-olettaman $\widetilde{S_{18}} = \mathbf{1}1{,}66\ \% = \mathbf{1}8{,}9\ \% - 6{,}20\ \% - 1{,}04\ \%$. Biologinen kasvu alentaa metsäsijoitusten kokonaistuoton tappio-olettamaa (VaR-lukua) odotetun tuoton verran, joiden erotuksesta on edelleen vähennettävä portfolion yhteydessä koituva ja riskiä vähentävä hajautushyöty 1,04 prosenttia. Siten metsäsijoitusten tappio-olettamaksi työeläkevakavaraisuuskehikossa muodostuisi 11,66 prosenttia.

[9] *Vakavaraisuuslaissa (315/2015) määritellyt riskiluokat edustavat laajahkoja (hajautettuja) maantieteellisiä aggregaatteja. Tutkimuksen metsäportfolio ei ole vastaavalla tavalla maantieteellisesti hajautettu. Toisaalta kansainvälinen tutkimus on estimoinut samantyyppisiä matalia/negatiivisia korrelaatiotuloksia useasti: laajoja, eri ajanjaksoja koskevia korrelaatioanalyysejä ovat esim. Mei ja Clutter (2010), Sun ja Zhang (2001), Zhang (2021), Zinkham ym. (1992), joissa kaikissa tosin painottuu Yhdysvaltojen havaintojen rooli. Niemelän (2025) mukaan suomalainen metsäsijoitus ei välttämättä tuota suurta hajautushyötyä, jos salkussa on myös muita kotimaisia sijoituksia. Aminoffin (2024) mukaan suomalaiset metsäsijoitusrahastot tarjoavat merkittävää hajautushyötyä suomalaiselle sijoittajalle, jonka portfolio sisältää yksinomaan osakeja joukkovelkakirjoja. Hajautushyöty on vahvimmillaan, jos sijoittaja on riskiä karttava. Yhdysvaltalaiset listatut metsäkiinteistösijoitusrahastot tarjoavat hajautushyötyjä, mutta vain jos sijoittaja on valmis ottamaan suurempia riskejä. Käytännössä sijoitustoiminta pyrkii säännöllisesti hajauttamaan metsäportfoliot, mikä luultavasti laskee korreloituneisuutta kotimaisiin sijoituksiin (vrt. Niemelä 2025).*



Kuvio 4. Metsäsijoitustuottoja havainnollistava jakauma, jossa on eritelty metsän biologisen kasvun sekä hajautuksen vaikutus VaR-lukuun.

Lopuksi on mielenkiintoista tarkastella tutkimuksemme alussa esille tuotua tilannetta, jossa työeläkelaitos on tehnyt metsäsijoituksia, mutta luokittanut metsäsijoitukset tiettyyn riskiluokkaan 1–17. Tässä tilanteessa erityisen kiinnostavaa on arvioida, olisiko mahdollista laskea kokonaispääomavaadetta eli vakavaraisuusrajaa siirtämällä metsäsijoitukset omaan riskiluokkaansa 18, joka määritetään edellä lasketuilla tappio-olettama- ja korrelaatioparametreillä. Pienempi kokonaispääomavaade merkitsee, että pääomaa vapautuisi käytettäväksi lisäsijoituksiin esimerkiksi listattuihin osakkeisiin tavoiteltaessa koko sijoitusportfoliolle korkeampaa tuottoa.

Algoritmi kakkonen laskee vakavaraisuusrajan muutoksen, kun metsäsijoitus ensinnäkin on alun perin luokiteltu pääomasijoitukseksi riskiluokkaan 5, ja toiseksi kun metsäsijoitus on alun perin luokiteltu rakentamattomaksi kiinteistöksi riskiluokkaan 11.

Algoritmi 2. Oletetaan Algoritmi 1:n avulla laskettava metsäsijoituksen tappio-olettama $\widetilde{S_{18}}$. *Lasketaan* $\partial V_{kokonais}/\partial A_{metsä}$ *siten, että skenaariossa a)* $\partial A_{metsä}=-\partial A_{pääomasijoitukset}$, *ja skenaariossa b)* $\partial A_{metsä}=-\partial A_{rakentamattomat\ kiinteistöt}$.

Pääomasijoitusten tai rakentamattomien kiinteistösijoitusten riskiluokkaan allokoituja metsäsijoituksia allokoidaan uudestaan metsäsijoituksia varten muodostettuun riskiluokkaan 18.

Skenaariossa a) tulokseksi saadaan $\partial V_{kokonais}/\partial A_{metsä}$ = -0,291. Pääomasijoitusten riskiluokkaan 5 allokoidun metsäsijoituksen uudestaan allokointi riskiluokkaan 18 laskee vakavaraisuusrajaa. Vakavaraisuusraja laskee 0,291 euroa jokaista uudestaan allokoitua metsäsijoituseuroa kohden ja selittyy metsäsijoitusten pääomasijoituksia pienemmällä tappio-olettamalla sekä edellä arvioiduilla hajautushyödyillä.

Skenaariossa b) tulokseksi saadaan $\partial V_{kokonais}/\partial A_{metsä}$ = -0,055. Hallituksen esityksen (HE 279/2014) mukaisesti rakentamattomien kiinteistöjen riskiluokkaan 11 sijoitettujen

metsäsijoitusten uudestaan allokointi siis laskee vakavaraisuusrajaa. Vakavaraisuusraja laskee 0,055 euroa uudestaan allokoitua metsäsijoituseuroa kohden.[10]

Analysoimme myös, miten kiinteistösijoitusten tai pääomasijoitusten korvaaminen metsäsijoituksilla vaikuttaisi kokonaisvakavaraisuusvaatimukseen (11). Analyysissä poistimme keskimääräisen yhtiön sijoitusjakaumasta vuorotellen 5 prosenttiyksikköä pääoma- tai kiinteistösijoituksia, ja korvasimme ne metsäsijoituksilla.

Keskimääräisen yhtiön vakavaraisuusasema on vakavaraisuuspääoma jaettuna vakavavaraisuusrajalla.

$$(10)\ Vakavaraisuusasema = \frac{Vakavaraisuuspääoma}{V_{kokonais}}$$

Vakavaraisuusasema on työeläkelaitosten vakavaraisuuden ja olemassaolon kannalta kaikkein keskeisin suure ja sitä käytetään työeläkealalla kuvaamaan työeläkelaitosten riskinkantokykyä. Kun vakavaraisuusaseman arvo on ykkönen, työeläkelaitos ajautuisi selvitystilaan.

Kiinteistösijoitusten korvaaminen metsäsijoituksilla nostaa vakavaraisuusasemaa (eli parantaa riskinkantokykyä) maltillisesti tasolta 1,55 tasolle 1,56. Pääomasijoitusten korvaaminen metsäsijoituksilla puolestaan nostaa vakavaraisuusasemaa tasolta 1,55 tasolle 1,74. Noteerattujen osakkeiden kohdalla vastaava vakavaraisuusasema nousee tasolle 1,71. Käteisellä korvaamisen yhteydessä vakavaraisuusasema putoaa vähemmän kuin 0,001 (ts. riskinkantokyky pysyy lähes samalla tasolla kuin ennen metsäsijoitusten lisäämistä).

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että metsäsijoitukset voidaan nähdä vakavaraisuuden riskien mielessä hyvänä korvaajana kiinteistösijoituksille. Toisaalta metsärahastot ovat selvästi pääomarahastoja ja noteerattuja osakkeita vähäriskisempiä sijoituksia. Mikäli työeläkeyhtiöt ovat lähtöhetkellä luokitelleet metsät vakavaraisuusluokkaan 5, saadaan vakavaraisuuspääomia vapautettua uudelleen luokittelemalla metsät vakavaraisuusluokkaan 18.

[10] *Skenaarion b) herkkyyttä Algoritmin 1 laskentamallin suhteen laskettiin olettamalla hajauttamattoman metsäportfolion tappio-olettama ilman Algorimia 1 ja olettamalla metsän odotettu tuotto 0,0 prosentiksi* $\partial V_{kokonais}/\partial A_{metsä}$ $(S_{metsä}m_{metsä})= \partial V_{kokonais}/\partial A_{metsä}$ *(18,9%;0,0%)= 0,006. Jos edelleen oletetaan metsän täysi korreloimattomuus muiden riskiluokkien kanssa eli korrelaatiokerroin olisi nolla, saadaan* $\partial V_{kokonais}/\partial A_{metsä}$ *(18,9%;0,0%)= 0,026. Huomattava on, että edellä mainittujen osittaisderivaattojen etumerkit saattavat olla herkkiä metsäportfolion hajautukselle (vrt. Busby ym. 2020; Chudy ym. 2020) sekä metsämaan sisällyttämiselle analyysiin (Samuelson 1976).*

Taulukko 6. Keskimääräisen yhtiön vakavaraisuusasema lähtöhetkellä ja allokaatiomuutosten jälkeen

	31.12.2024	Pääoma-rahastot	Kiinteistöt	Käteinen	Noteeratut osakkeet
Vakavaraisuusasema	1,55	1,74	1,56	1,56	1,71
Vakavaraisuusaseman muutos		**0,19**	**0,003**	**0,001**	**0,15**
Vakavaraisuusraja, m€	22 014	19 613	21 968	21 996	20 048

6. Päätelmiä

Tutkimuksessa käytetty aineisto lienee edustavaa ja laskettu numeerinen tieto oleellista metsää omistavalle keskimääräiselle työeläkelaitokselle. Toisaalta tuloksia on syytä pitää suuntaa antavina mm. havaintojen määrästä johtuvien epävarmuuksien vuoksi. Vaikka autokorrelaation huomioimista on pidettävä olennaisena lähtökohtana erityisesti epälikvidejä omaisuuseriä tutkittaessa (Couts ym. 2024), suurempi havaintojen määrä todennäköisesti lisäisi sovelletun aikasarjamallituksen hyödyllisyyttä.

Tulosten herkkyyttä analysoitiin laatimalla myös vaihtoehtoisia proxy-indeksejä metsän sijoitustuotolle huomioiden korrelaatiot riskiluokkien 1–17 kanssa. Käyttäen taulukon 5 mukaisia hajauttamattomia VaR-lukuja (S_{18}) metsän sijoitustuotolle sekä korrelaatioita väliltä [-0,15, +0,1], metsäsijoitusten kokonaistuoton VaR -lukujen ($\widetilde{S_{18}}$) vaihteluväli asettui 10,3–14,5 prosenttiin, mikä vastaa melko hyvin vakavaraisuuslain mukaista kiinteistösijoitusten tappio-olettamaa. Toisaalta tutkimuksessa laskettu paras estimaatti *maantieteellisesti hajauttamattoman metsäportfolion* VaR-luvulle 11,66 prosenttia eroaa merkittävästi esimerkiksi pääomarahastojen tappio-olettamasta 32,0 prosenttia.

Tulosten mukaan metsäsijoitusten verrattain maltillinen tappio-olettama yhdistettynä keskimäärin alhaiseen ja negatiiviseen korrelaatioon riskiluokkien 1–17 kanssa merkitsee huomattavia hajautushyötyjä keskimääräisellä sijoitusportfoliolla. Erityisesti on huomattava, että hajautushyötyjen vuoksi riskiluokka 11 (rakentamattomat kiinteistöt) ei välttämättä riittävästi huomioi metsäsijoituksiin liittyviä erikoispiirteitä, jotka viime kädessä johtuvat biologisesta kasvusta. Vaikka lainsäädäntö suo mahdollisuuden käsitellä metsiä vakavaraisuuslaskennassa omana sijoitusluokkanaan riskiluokan 18 puitteissa, saattaisi olla paikallaan harkita metsien huomioimista eksplisiittisesti vakavaraisuuslainsäädännössä viitaten toimialan kansantaloudelliseen merkitykseen. Lakiuudistus vaatisi luonnollisesti käsillä olevaa tutkimusta laajemman ja perusteellisemman selvityksen taustakseen. Erityisen oleellista olisi selvittää laajemmin hajautushyötyjä vähintään kohtuullisesti maantieteellisesti hajautetun (tuotto/riski-optimoidun) metsäportfolion tapauksessa (Busby ym. 2020; Chudy ym. 2020). Verrattaessa metsien vakavaraisuuslaskentaa erityisesti riskiluokkaan 11, saattaisi olla olennaista täydentää tutkimusaineistoa huomioimalla myös metsämaa eli seuraavien kiertoaikojen puuston arvo (Samuelson 1976). Ottaen huomioon trendinä oleva tuulivoimapuistojen sijoittuminen metsämaalle ja tästä seuraava tulonmuodostus, metsätalouden tuoton riippuvuus puun myyntitulosta saattaa olla vähenemässä ainakin alueellisesti.

Tutkimuksessa ei ole huomioitu kiinteistöjä metsäsijoitusten velkavivun määrää. Tulokset

on laskettu velattomille rahastoille. Käytännössä esimerkiksi kiinteistösijoitukset ovat usein merkittävästi velkarahoitteisia. Metsäsijoituksissa vivutus on yleisesti maltillisempaa, koska pienet velanhoitokulut mahdollistavat biologisen kasvun hakkuupotentiaalin ajoittamisen suosiollisiin kantohintakonjuktuureihin. Tarkemmassa analyysissä tulisi huomioida velkavivun riskejä kasvattava vaikutus, sekä analysoida eri omaisuusluokkien houkuttelevuutta tuotto-riskisuhteen mielessä eri velkavivun määrillä.

Tutkimus antaa aihetta päätellä, että työeläkelaitos voisi todennäköisesti alentaa vakavaraisuusrajan edellyttämää pääomavaadetta allokoimalla metsäsijoitukset omaan riskiluokkaansa esimerkiksi pääoma- tai kiinteistösijoitusluokkien sijasta. Tämä vapauttaisi pääomia sijoitettavaksi esimerkiksi listattuihin osakkeisiin, mikä edelleen nostaisi portfoliotason odotettua tuottoa. Metsäsijoitusten riskiluokan laskennassa on lopulta kysymys pääoman optimoinnista, tehokkuudesta ja tuottavuudesta. □

Kirjallisuus

Aldea, J., Bianchi, S., Nilsson, U., Hynynen, J., Lee, D., Holmström, E., ja Huuskonen, S. (2023), "Evaluation of growth models for mixed forests used in Swedish and Finnish decision support systems", *Forest Ecology and Management* 529: 120721, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120721.

Alvarez, L. H. R. (2014), *Työeläkelaitosten vakavaraisuussääntelyä kehittävän työryhmän suunnitteleman vakavaraisuuslaskentakehikon arviointi*, Liite 2, Sosiaali- ja terveysministeriön raportteja ja muistioita 2014:31, Helsinki.

Aminoff, A. (2024), *Portfolio diversification potential of Finnish Timberland Funds*, Master's Thesis in Finance, Master's Degree Programme in Finance, School of Accounting and Finance, University of Vaasa.

Binkley C. S. (2019), "Why do institutions invest in timberland?", *Western Forester* October/November/December 2019, https://forestry.org/wp-content/uploads/2022/02/WFOctNovDec2019_Why-Do-Institutions-Invest-in-Timberland.pdf (viitattu 10.4.2025).

Binkley C.S., F. Stewart ja S. Power (2020), *Pension fund investment in forestry*, Finance, World Bank Group, https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/a965ad41-b190-5da2-bd50-13f8b2e9c9cd/content (viitattu 10.4.2025).

Busby, M.G., Binkley C.S. ja Chudy R.P. (2020), "Constructing optimal global timberland investment portfolios", *Forest Policy and Economics* 111, February 2020, Page 102083.

Chudy R.P., Chudy K.A., Kanieski da Silva B., Cubbage F.W., Rubilar R., Lord R. (2020), "Profitability and risk sources in global timberland investments", *Forest Policy and Economics* 111, February 2020, Page 102037.

Cornish, E., Fisher, R. (1938), "Moments and Cumulants in the Specification of Distributions", *Review of the international Statistical Institute*, https://doi.org/10.2307/1400905.

Couts S., Goncalves A. ja Rossi A. (2024), "Unsmoothing returns of illiquid funds", *The Review of Financial Studies* 37: 2110–2155.

Dasgupta, P. (2021), *Final Report - The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*, Final Report of the Independent Review on the Economics of Biodiversity, HM Treasury, UK.

FAO (2022), *Global forest sector outlook 2050: Assessing future demand and sources of timber for a sustainable economy, background paper for the state of the world's forests 2022*, FAO Forestry Working Paper, No. 31, Rome, Provisional, Food and Agriculture Organization of the United Nations, https://doi.org/10.4060/cc2265en

Finanssivalvonnan määräys- ja ohjekokoelma, 09/2016, Lakisääteitä eläkevakuutusta harjoittavien eläkelaitosten vakavaraisuusrajan laskeminen ja sijoitusten hajauttaminen, https://www.finanssivalvonta.fi/globalassets/fi/saantely/maarayskokoelma/2016/09_2016/2016_09.m1.pdf (viitattu 10.4.2025).

Getmansky M., Lo W. ja Makarov I. (2004),"An econometric model of serial correlation and illiquidity in hedge fund returns", *Journal of Financial Economics* 74, 529–609.

HE 279/2014 (2014), Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi eläkelaitoksen vakavaraisuusrajan laskemisesta ja sijoitusten hajauttamisesta sekä eräiksi siihen liittyviksi laeiksi, https://www.finlex.fi/fi/hallituksen-esitykset/2014/279 (viitattu 10.4.2025).

Herrala, O. (2024), "Suurin Ikea-kauppias osti huimat 24 000 hehtaaria metsää", *Kauppalehti* 28.2.2024, https://www.kauppalehti.fi/uutiset/a/a0d9da52-bffc-4658-9f6a-5695730d3336 (viitattu 10.4.2025).

Hetemäki, L., Hänninen, R., ja Toppinen A., (2004), "Short-term forecasting models for the finnish forest sector: lumber exports and sawlog demand", *Forest Science*, August: 461–472.

Hoesli, M. ja Lizieri, C. (2007), *Real estate in the investment portfolio*, A report prepared for the investment strategy council of the royal ministry of Finance, Norja, https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/statens20pensjonsfond/norway-real-estate-final-report-revised-may-31.pdf (viitattu 10.4.2025).

Holton, G.A., (2013), Cornish-Fischer expansion, *Value-at-risk, theory and practice*, https://www.value-at-risk.net/the-cornish-fisher-expansion/ (viitattu 10.4.2025).

Huhtala A., Toppinen, A. ja Boman, M. (2003), "Testing reliability of stumpage prices as indicators of the scarcity of national forest resources", *XII World Forestry Conference*, Quebec, Canada.

Kappen, G., Kastner, E., Kurth, T., Puetz, J., Reinhardt, A. ja Soininen, J. (2020), *The staggering value of forests – and how to save them*, Boston Consulting Group, report June 09, 2020, https://www.bcg.com/publications/2020/the-staggering-value-of-forests-and-how-to-save-them.aspx (viitattu 10.4.2025).

Kaplan, S. ja Schoar, A. (2005), "Private equity performance: returns, persistence, and capital flows", *The Journal of Finance*, Vol. LX, No. 4, August 2005, 1791–1823.

Kauppalehti (2020), "Maailman metsien arvo on tuplasti globaalien osakemarkkinoiden verran – Suomen metsien kokonaisarvo jopa 510 miljardia euroa", *Lehdistötiedote 11.6.2020*, https://www.kauppalehti.fi/lehdistotiedotteet/a/9154a712-a2b9-3f02-8f48-1a1a6254e727 (viitattu 10.4.2025).

Laki eläkelaitosten vakavaraisuusrajan laskemisesta ja sijoitusten hajauttamisesta 315/2015, https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2015/315 (viitattu 10.4.2025).

Luonnonvarakeskus (2024), Metsä sijoituskohteena 2023, https://www.luke.fi/fi/tilastot/metsa-sijoituskohteena/metsa-sijoituskohteena-2023 (viitattu 10.4.2025).

Luonnonvarakeskus (2019), Metsämaan omistus 2016, https://www.luke.fi/fi/tilastot/metsamaan-omistus-tilasto-lakkautettu/metsamaan-omistus-2016 (viitattu 10.4.2025).

Mei B. ja Clutter M. (2010), "Evaluating the financial performance of timberland investments in the United States", *Forest Science* 56(5): 421–428.

Niemelä, H. (2025), *Metsä sijoituskohteena*, Kandidaatintutkielma, kauppatieteet. Oulu Business School, University of Oulu.

Nieminen, H. (2022), "Tornator – 20 vuotta kestävää hyvinvointia metsästä", *Tornator 30.6.2022*, https://www.tornator.fi/2022/06/30/tornator-20-vuotta-kestavaa-hyvinvointia-metsasta/ (viitattu 10.4.2025).

Penttinen, M. ja Lausti, A. (2004), ”The competitiveness and return components of NIPF ownership in Finland”, *The Finnish Journal of Business Economics* 53(2): 135, 143–156.

Rosenberg, J. V. ja Schuermann T., (2006) “A general approach to integrated risk management with skewed, fat-tailed risks”, *Journal of Financial Economics*, volume 79, issue 3: 569–614.

Samuelson, P. (1976), “Economics of forestry in an evolving society”, *Economic Inquiry* 14(4): 466–492.

Sun C. ja Zhang D. (2001),”Assessing the financial performance of forestry-related investment vehicles: capital asset pricing model vs arbitrage pricing theory”, *American Journal of Agricultural Economics* 83(3), 617–628.

Toppinen A. ja Toivonen R. (1997), “Cointegration in testing market integration – an empirical analysis of finnish roundwood markets”, Pellervo Economic Research Institute Working Papers N:o 1.

Tornator (2025), *Vuosikertomus 2024*, Tornator Oyj, https://www.tornator.fi/wp-content/uploads/2025/03/Tornator_VSK2024_FI_final.pdf (viitattu 10.4.2025).

Työeläkelaitosten vakavaraisuussääntelyn laaja uudistaminen (2014), *Riskinkantokyvyn vahvistamista sekä vakavaraisuussääntelyn laajaa uudistamista selvittäneen alaryhmän raportti*, Sosiaali- ja terveysministeriön raportteja ja muistioita 2014:31.

Työeläkevakuuttajat TELA ry, https://www.tela.fi/elakevarojen-sijoittaminen/osavuositiedot/#riskikorjattu-jakauma (viitattu 11.4.2025).

United Bankers (2024), “Inside information: the sale of the forest properties of United Bankers’ UB Nordic Forest Fund II LP agreed upon with Munich Re Group’s asset manager, MEAG”, United Bankers Plc, inside information, 4 March 2024 at 17.50 EET, https://www.unitedbankers.com/news/the-sale-of-the-forest-properties-of-united-bankers-ub-nordic-forest-fund-ii-lp/ (viitattu 10.4.2025).

Valtioneuvoston asetus eläkelaitosten vakavaraisuusrajan laskennassa käytettävien vakioiden arvoista, 447/2015, https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2015/447 (viitattu 10.4.2025).

Vartia, Y. (1976), *Relative changes and index numbers*, Research Institute of the Finnish Economy ETLA, series A4 (dissertation in statistics), Helsinki.

Zhang, D. (2021), *From backwoods to boardrooms – the rise of institutional investment in timberland*, Oregon State University Press. Corvallis OR 97331-4501.

Zinkham F., Sizemore W., Mason G. ja Ebner T. (1992), *Timberland investments*, Timber Press, Portland, OR.