



**Vaasan yliopisto**  
UNIVERSITY OF VAASA

Mikael Kaukola

**Velkavivun optimaalinen taso  
arvopaperivakuudellisessa sijoitusluotossa**

Monte Carlo -analyysi S&P 500 ETF -strategian tuotto- ja riskiprofiilista

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen  
akateeminen yksikkö  
Automaatio- ja tietotekniikka,  
kandidaatintutkielma  
Tekniikan kandidaatti

Vaasa 2026

---

**VAASAN YLIOPISTO**
**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö**

<b>Tekijä:</b>	Mikael Kaukola
<b>Tutkielman nimi:</b>	Velkavivun optimaalinen taso arvopaperivakuudellisessa sijoitusluotossa: Monte Carlo -analyysi S&P 500 ETF -strategian tuotto- ja riskiprofiilista
<b>Tutkinto:</b>	Tekniikan kandidaatti
<b>Koulutusohjelma:</b>	Energia- ja informaatiotekniikan ohjelma
<b>Opintosuunta:</b>	Automaatio- ja tietotekniikka
<b>Työn ohjaaja:</b>	Timo Mantere
<b>Valmistumisvuosi:</b>	2026
<b>Sivumäärä:</b>	43

---

**TIIVISTELMÄ:**

Tässä kandidaatintutkielmassa tarkastellaan vipusijoittamista pelkistetyllä Nordnet-tyyppisellä sijoitusluottokehikolla käyttäen yhtä laajasti hajautettua S&P 500 -indeksiä seuraavaa ETF:ää. Työn tavoitteena on arvioida, millainen viputaso muodostaa pitkällä aikavälillä perustellun tasapainon tuoton ja riskin välillä. Tarkastelu kohdistuu erityisesti pakkomyynti- ja wipeout-riskiin, korkotason vaikutukseen sekä siihen, miten staattinen velkavipu ja re-lever-strategia muuttavat sijoituspolun riskiprofiilia.

Tutkimus toteutetaan Monte Carlo -simulaationa päivätason hinta-aineistolla. Simuloidut 25 vuoden sijoituspolut muodostetaan stationaarisella bootstrap-menetelmällä, jotta historiallisesta aineistosta säilyvät sekä empiirinen tuottojakauma että lyhyen aikavälin riippuvuus. Mallissa huomioidaan velkavipu, korkokustannukset, pakkomyyntilogiikka, määrääjain toteutettava re-lever, kaupankäyntikulut ja Suomen pääomatuloverotusta vastaava veromalli.

Tulosten perusteella velkavivun kasvu heikentää riskiprofiilia epälineaarisesti, vaikka maltillinen vipu voi tietyissä korkoympäristöissä parantaa pitkän aikavälin tuotto-riskisuhdetta myös vivuttamattomaan vaihtoehtoon verrattuna. Staattisessa strategiassa riskikorjattu viputaso säilyy useissa korkoympäristöissä matalana tai kohtalaisena, kun taas re-lever-strategia siirtää perustellun viputason vielä varovaisemmaksi ja tekee strategiasta herkemman korkotason nousulle. Korkean vivun vaihtoehdot kasvattavat pakkomyynti- ja wipeout-riskiä selvästi sekä heikentävät strategian kestävyttä erityisesti kiristyvässä korkoympäristössä. Kokonaisuutena työ osoittaa, että vipusijoittamisen arvioinnissa keskeistä ei ole ensisijaisesti tuoton maksimointi, vaan se, millä viputasolla strategia säilyy kestäväenä koko sijoitushorisontin ajan.

**AVAINSANAT:** sijoitustoiminta, velkaantuminen, lainat, arvopaperit, vakuudet, riskienhallinta, Monte Carlo -menetelmät, simulointi

## Sisällys

1	Johdanto	6
1.1	Tutkimuksen motivaatio	7
1.2	Tutkimusongelma	7
1.3	Tutkimuskysymykset	8
2	Teoreettinen viitekehys	9
2.1	Vipusijoittamisen teoria	9
2.2	Pakkomyynnit ja vakuusrajan ylittyminen	11
2.3	LETF ja velkavivun ero	13
3	Empiirinen tutkimuskehikko	15
3.1	Nordnetin sijoitusluotto	15
3.2	Aineisto	17
3.3	Simulaatiomenetelmä	19
3.4	Pakkomyyntilogiikka	22
3.5	Re-lever-strategia	24
3.6	Veromalli	25
3.7	Robustiustarkastelu	26
4	Tulokset	27
4.1	Riskimittarit	27
4.2	Tuottomittarit	32
4.3	Robustiustarkastelun tulokset	34
5	Johtopäätökset	36
5.1	Tutkimuksen keskeiset tulokset	36
5.2	Tutkimuksen rajoitukset	38
5.3	Jatkotutkimusmahdollisuudet	40
	Lähteet	42

## Kuviot

Kuvio 1.	Simulaation yhden päivän päivitysjärjestys.	22
Kuvio 2.	Pakkomyyntitodennäköisyys eri korkoskenaarioissa.	30
Kuvio 3.	Wipeout-todennäköisyys eri korkoskenaarioissa.	31
Kuvio 4.	Pakkomyyntitodennäköisyys eri blokkipituuksilla matalalla re-leverillä.	35

## Taulukot

Taulukko 1.	Tutkimusaineiston ja simulaatiomallin keskeiset parametrit.	19
Taulukko 2.	Riskimittarit ilman re-leveria: tapahtumatodennäköisyydet.	27
Taulukko 3.	Riskimittarit ilman re-leveria: LTV, arvonlasku ja velkahuippu.	28
Taulukko 4.	Riskimittarit re-lever-strategialla: tapahtumatodennäköisyydet.	29
Taulukko 5.	Riskimittarit re-lever-strategialla: LTV, arvonlasku ja velkahuippu.	30
Taulukko 6.	Riskikorjattu paras strategia ilman re-leveria.	32
Taulukko 7.	Riskikorjattu paras strategia re-leverillä.	33
Taulukko 8.	Uudelleenoptimoitu konfiguraatio eri robustiusympäristöissä.	34

## Lyhenteet

$\theta$	Staattisen strategian suhteellista viputasoa kuvaava parametri
$\lambda$	Re-lever-strategian tavoite-LTV-tasoa kuvaava parametri
Acc	Kasvuosuusluokka (accumulating)
CAGR	Keskimääräinen vuotuinen kasvuvauhti (compound annual growth rate)
ETF	Pörssinoteerattu rahasto (exchange traded fund)
ISIN	International Securities Identification Number
LETF	Vivutettu pörssinoteerattu rahasto (leveraged exchange traded fund)
LTV	Velan suhde sijoituksen arvoon (loan-to-value)
LTV_max	Suurin sallittu lainoitusaste
S&P	Standard & Poor's
TER	Kokonaiskulusuhde (total expense ratio)
UCITS	Undertakings for Collective Investment in Transferable Securities
USD	Yhdysvaltain dollari (United States dollar)

## **Käsitteet**

Pakkomyynti tarkoittaa tilannetta, jossa sijoittaja on käyttänyt velkavipua (lainarahaa) ja sijoituksen arvo laskee liikaa. Tällöin välittäjä tai pörssi sulkee sijoittajan positiot automaattisesti, jotta tappiot eivät ylittäisi sijoittajan omia varoja.

Wipeout on epävirallinen termi tilanteelle, jossa sijoittaja menettää kaiken sijoittamansa pääoman nopeasti.

Re-lever (tai re-levering) tarkoittaa sijoituksen velkavivun kasvattamista uudelleen tai sen säätämistä halutulle tasolle.

# 1 Johdanto

Osakemarkkinat ovat pitkällä aikavälillä tuottaneet positiivista reaalityttöä. Lyhyellä aikavälillä niiden kehitys on kuitenkin ollut volatiilia (Dimson ja muut, 2023). Tässä tutkimuksessa tarkasteltava S&P 500 koostuu 500 suuresta yhdysvaltalaisesta yhtiöstä, ja sen pitkän aikavälin tuoton voidaan katsoa olleen osakemarkkinoiden riskipreemion suuruusluokkaa (S&P Dow Jones Indices, 2023; Dimson ja muut, 2023).

Velkavivulla pyritään kasvattamaan oman pääoman tuottoa lainarahalla. Samalla se kuitenkin kasvattaa riskiä, koska sijoituksen arvon laskiessa velka ei pienene. Tämän vuoksi riskienhallinta on vipusijoittamisessa keskeistä (Brealey ja muut, 2020). Tarkastelun painopiste ei ole ensisijaisesti tuoton maksimoinnissa, vaan siinä, millä viputasolla strategia säilyy kestäväenä koko sijoitushorisontin ajan.

Yksityissijoittajat voivat käyttää arvopaperivakuudellista sijoitusluottoa esimerkiksi Nordnetin kautta. Tässä tutkimuksessa tarkasteltavan iShares Core S&P 500 UCITS ETF USD (Acc) -rahaston lainoitusaste on 80 prosenttia. Analyysi rajataan ETF:lle annettuun 80 prosentin lainoitusasteeseen ja kiinteisiin korkoskenaarioihin, jotta viputason ja pakkomyyntimekanismin vaikutuksia voidaan vertailla johdonmukaisesti (Nordnet, 2024a, 2024b).

Aiempi kirjallisuus on tarkastellut velkavivun vaikutuksia markkinadynamiikkaan (Brunnermeier & Pedersen, 2009; Adrian & Shin, 2010) ja leveraged ETF -tuotteiden polkuriippuvuutta (Avellaneda & Zhang, 2010), mutta yksityissijoittajan arvopaperivakuudellisen sijoitusluoton mekaanista pakkomyyntikehikkoa yhdistettynä kiinteisiin korkoskenaarioihin ja 25 vuoden horisonttiin ei ole aiemmin tarkasteltu tässä yhdistelmässä.

Tutkielman kohdeyleisöä ovat erityisesti yksityissijoittajat, jotka harkitsevat arvopaperivakuudellisen sijoitusluoton käyttöä osana pitkäjänteistä sijoittamista, sekä aiheesta kiinnostuneet opiskelijat ja muut lukijat, jotka haluavat ymmärtää velkavivun,

korkokustannusten ja pakkomyyntiriskin yhteisvaikutusta. Käytännön näkökulmasta työn hyöty liittyy ennen kaikkea siihen, että se auttaa hahmottamaan, millaisissa olosuhteissa maltillinen vipu voi olla perusteltu ja milloin riskit alkavat kasvaa tuotto-odotusta nopeammin. Työssä ei kuitenkaan pyritä esittämään kaikille sijoittajille sopivaa yleispätevää sijoitusstrategiaa, vaan analysoimaan yhden rajatun strategian toimintaa tietyillä oletuksilla.

Tutkielman laatimisessa on hyödynnetty tekoälyavusteista työkalua (OpenAI:n ChatGPT, GPT-5) simulaatiokoodin laatimisessa sekä ilmaisun selkeyttämisessä. Tekoälyn ehdotukset on tarkistettu ja arvioitu kriittisesti ennen hyödyntämistä.

## **1.1 Tutkimuksen motivaatio**

Osa yksityissijoittajista käyttää velkavipua, koska se antaa mahdollisuuden korkeampiin tuottoihin. Tarkastelu on kuitenkin riskienhallinnan kannalta välttämätöntä, sillä sen avulla voidaan arvioida kriittisesti, millä viputasolla strategia tarjoaa perustellun riskikorjatun tasapainon, eikä pelkästään korkeinta nimellistä tuottoa (Brealey ja muut, 2020; Bodie ja muut, 2021).

## **1.2 Tutkimusongelma**

Tässä tutkimuksessa tutkimusongelmana on sen määrittäminen, millä viputasolla pakkomyyntiriski, wipeout-riski ja pitkän aikavälin tuottomittarit muodostavat kestävä kokonaisuuden. Yhdysvaltain osakemarkkinoilla on esiintynyt ajoittain voimakkaita laskuja, mutta historiallisesti markkina on myöhemmin palautunut aiempia huipputasoja korkeammalle (Dimson ja muut, 2023).

### 1.3 Tutkimuskysymykset

Tässä tutkielmassa tarkastellaan yhtä ETF:ää, yhtä 80 %:n lainoitusastetta, 25 vuoden horisonttia, kiinteitä korkoskenaarioita ja simuloitua pakkomyyntilogiikkaa. Päättökysymys on seuraava: mikä on riskit huomioiva optimaalinen viputaso arvopaperivakuudellisessa sijoitusluotossa pitkällä aikavälillä, ja missä vaiheessa velkavipu alkaa kasvattaa kokonaisriskiä suhteettomasti?

Alatutkimuskysymykset:

1. Kuinka velkavivun taso vaikuttaa sijoituksen pitkän aikavälin tuotto-, riski- ja riskikorjausmittareihin?
2. Kuinka suuri on pakkomyynnin ja wipeoutin todennäköisyys, kun ETF:n lainoitusaste on 80 %?
3. Miten re-lever-strategia muuttaa riskikorjattua optimaalista viputasoa verrattuna staattiseen velkavipuun?
4. Miten korkotaso (3 %, 4,85 %, 6 %, 8 %) vaikuttaa optimaaliseen viputasoon ja strategian kestävyteen?

## 2 Teorettinen viitekehys

Tässä luvussa tarkastellaan velkavivun teoreettista perustaa, sen vaikutusta sijoituksen tuottoon ja riskiin sekä arvopaperivakuudelliseen sijoitusluottoon liittyviä pakkomyyntimekanismeja. Lisäksi vertaillaan leveraged ETF -tuotteiden rakennetta sijoitusluotolla toteutettavaan velkavipuun.

### 2.1 Vipusijoittamisen teoria

Sijoituksen kokonaistuotto määritellään varallisuuden suhteellisena muutoksena (Bodie ja muut, 2021)

$$r_A = \frac{A_{t+1} - A_t}{A_t}, \quad (1)$$

missä

$A_t$  on sijoituksen arvo hetkellä  $t$

$A_{t+1}$  on sijoituksen arvo hetkellä  $t + 1$

$r_A$  on sijoituksen tuotto.

Vivutetussa sijoituksessa sijoittaja käyttää omaa pääomaa  $E$  ja velkaa  $D$ , jolloin sijoituksen kokonaisarvo on (Brealey ja muut, 2020):

$$A = E + D. \quad (2)$$

Yhtälöstä (2) saadaan:

$$\Delta E = \Delta A - \Delta D = r_A A - r_D D. \quad (3)$$

Yhdistämällä yhtälö (2) yhtälöön (3), saadaan:

$$\Delta E = r_A(E + D) - r_D D, \quad (4)$$

jolloin oman pääoman tuotto  $r_E$  on:

$$r_E = \frac{\Delta E}{E} = r_A + \frac{D}{E}(r_A - r_D), \quad (5)$$

missä

$r_E$  on oman pääoman tuotto

$r_A$  on sijoituksen tuotto

$r_D$  on velan kiinteä korko

$\frac{D}{E}$  on velkavipu.

Yhtälöstä (5) nähdään, että velkavipu kasvattaa oman pääoman tuottoa, kun sijoitusten tuotto  $r_A$  ylittää velan kustannuksen  $r_D$ , ja pienentää sitä, kun  $r_A < r_D$ . Velkavivun perusvaikutus tuotto-odotukseen ja riskiin on rahoitusteorian perusmallien mukainen (Brealey ja muut, 2020).

Koska yhtälössä (5) korko  $r_D$  on kiinteä, termi  $\frac{D}{E}(r_A - r_D)$  lisää vain sijoituksen tuoton  $r_A$  vaihtelua kertoimella  $1 + \frac{D}{E}$ . Kyseinen kerroin saadaan kertomalla yhtälön (5) sulkeet auki ja yhdistämällä termit  $r_A$ . Näin ollen velkavipu vaikuttaa volatilitettiin kasvattamalla tuottojen varianssia (Bodie ja muut, 2021):

$$Var(r_E) = \left(1 + \frac{D}{E}\right)^2 Var(r_A), \quad (6)$$

missä

$Var(r_E)$  on oman pääoman tuoton varianssi

$Var(r_A)$  on sijoitusten tuoton varianssi.

Yhtälö (6) osoittaa, että velkavipu kasvattaa oman pääoman tuoton varianssia epälineaarisesti. Tämän seurauksena sijoituksen riskitaso kasvaa velkavivun lisääntyessä nopeasti (Bodie ja muut, 2021).

Pitkän aikavälin varallisuuskasvu voidaan kuvata geometrisena kasvuna. Varallisuus ajanhetkellä  $T$  on (Bodie ja muut, 2021):

$$W_T = W_0 \prod_{s=1}^T (1 + r_s), \quad (7)$$

missä

$W_0$  on alkuvarallisuus

$W_T$  on varallisuus ajanhetkellä  $T$

$r_s$  on tuotto periodilla  $s$ .

Optimaalisen viputason tarkasteluun on rahoituskirjallisuudessa klassinen lähestymistapa, jota kutsutaan Kelly-kriteeriksi. Kelly-kriteeri maksimoi varallisuuden odotetun logaritmisen kasvun ja antaa teoreettisen suuntaa antavan ylärajan viputasolle (Kelly, 1956). Kuitenkin käytännön sijoittamisessa Kellyn tuottamaa tasoa pidetään usein liian aggressiivisena, koska parametrien estimaatit ovat epävarmoja ja koska kriteeri ei huomioi polkuriippuvuutta tai pakkomyyntiriskiä. Tämän vuoksi esimerkiksi half-Kelly-tason käyttö on yleistä (MacLean ja muut, 2011). Tässä tutkielmassa ei estimoida Kelly-optimia erikseen, mutta käytetty riskirajoitteisiin perustuva lähestymistapa päättyy vastaavalla tavalla konservatiiviseen lopputulokseen, jossa perusteltu vipu jää selvästi teoreettista maksimia matalammaksi.

## 2.2 Pakkomyynnit ja vakuusrajan ylittyminen

Margin lending -rajoite (LTV) määritellään rahoitusteoriassa seuraavasti (Brunnermeier & Pedersen, 2009):

$$LTV = \frac{D}{A}. \quad (8)$$

LTV mittaa velan suhdetta sijoituksen arvoon: mitä korkeampi LTV, sitä riskisempi positio on. Jos sijoituksen arvo laskee tai velka kasvaa sijoituksen arvoa nopeammin, LTV nousee.

Vakuusrajan ylittyminen (margin call) syntyy, kun:

$$\frac{D}{A} > LTV_{max}, \quad (9)$$

missä  $LTV_{max}$  on välittäjän asettama raja, paljonko salkun markkina-arvosta myönnetään luottoa. Yhtälöstä (9) nähdään, että jos välittäjän myöntämästä luotosta sijoitetaan koko  $LTV_{max}$  verran ja salkun markkina-arvo laskee heti sen jälkeen, syntyy margin call -tilanne. Toisaalta jos luotosta sijoitetaan vähemmän, salkulla on enemmän varaa myös menettää arvoaan, ennen kuin margin call -tilanne syntyy. Toisin sanoen tätä riskiä voidaan hallita sillä, paljonko luotosta sijoitetaan suhteessa salkun markkina-arvoon. Marginaalivaatimukset, rahoitusrajoitteet ja vivun vaikutus markkinadynamiikkaan ovat keskeisiä teemoja rahoituskirjallisuudessa (Brunnermeier & Pedersen, 2009; Adrian & Shin, 2010).

Marginaalivaatimuksen kiristyessä tai vakuusarvon heikentyessä sijoittaja voi lisätä tilille uusia vakuuksia tai lyhentää velkaa, jolloin velan suhde vakuusarvoon pienenee. Mikäli sijoittaja ei reagoi välittäjän edellyttämällä tavalla, välittäjä voi käynnistää pakkomyynnin position riskitason alentamiseksi (Adrian & Shin, 2010; Brunnermeier & Pedersen, 2009). Pakkomyynnin ongelmana on, että se realisoi tappiot, estää markkinan mahdollisen palautumisen hyödyntämisen ja voi johtaa ketjureaktioon, jossa pakkomyynnin jälkeen seuraa lisää laskua.

Yhtälön (9) perusteella pakkomyynnille voidaan muodostaa yhtälö:

$$\frac{D_{t-x}(1-c_s)}{A_{t-x}} = LTV_{max}, \quad (10)$$

missä  $x$  kuvaa pakkomyynnillä realisoitavaa määrää,  $c_s$  on myyntikulu,  $D_t$  on velka ajanhetkellä  $t$  ja  $A_t$  on sijoituksen arvo ajanhetkellä  $t$ .

Varallisuus  $W$  voidaan tässä simulaatiotilanteessa määritellä:

$$W = A - D. \quad (11)$$

Sijoittaja menettää koko pääoman, jos:

$$W_t \leq 0. \quad (12)$$

Eryteisesti luotolla sijoittaessa tämä on oleellista, koska velkavipu kasvattaa oman pääoman riskisyyttä ja herkkyyttä sijoituksen arvonmuutoksille (Brealey ja muut, 2020).

### 2.3 LETF ja velkavivun ero

Leveraged ETF (LETF) on pörssinoteerattu rahasto, joka pyrkii monistamaan kohde-etuuden päivittäisen tuoton vakiolla vipukertoimella  $L$ :

$$r_{LETF,t} = Lr_t. \quad (13)$$

Tällöin tuotteen arvo päivittyy muodossa

$$A_{t+1} = A_t(1 + Lr_t), \quad (14)$$

missä  $L$  on vipukerroin ja  $r_t$  on kohde-etuuden tuotto hetkellä  $t$ . Koska LETF-tuotteessa vipu palautetaan päivittäin, sen pitkän aikavälin tuotto on polkuriippuvainen ja voi poiketa merkittävästi kohde-etuuden vivutetusta kokonaistuotosta (Avellaneda & Zhang, 2010).

ETF-tuotteiden ja sijoitusluotolla toteutetun velkavivun keskeinen ero liittyy vipuvaikutuksen toteutustapaan. ETF:ssä vipu resetoidaan päivittäin, jolloin keskeiseksi riskiksi nousee polkuriippuvuus ja volatilitteettihävikki. Sijoitusluotolla toteutetussa velkavivussa vipu ei resetoidu päivittäin, vaan velkasuhde muuttuu markkinaliikkeiden mukana, jolloin keskeiseksi riskiksi muodostuu pakkomyynti.

### 3 Empiirinen tutkimuskehikko

Tutkimus toteutetaan Monte Carlo -simulaation avulla tavoitteena analysoida vipusijoittamisen pitkän aikavälin tuotto-riskiprofiilia ja tunnistaa riskit huomioiva optimaalinen viputaso. Simulaatio perustuu historialliseen tuottoaineistoon S&P 500 -indeksiä seuraavasta iShares Core S&P 500 UCITS ETF USD (Acc) -arvopaperista. Mallissa huomioidaan velkavipu, kokonaiskustannukset, mekaaninen pakkomyyntilogiikka sekä verotus, ja analyysi tehdään 25 vuoden horisontilla. Monte Carlo -simulaatiota käytetään rahoituksessa laajasti johdannaisten hinnoitteluun, tulevien tuottojakaumien simulointiin ja riskimittareiden arviointiin (Glasserman, 2004).

#### 3.1 Nordnetin sijoitusluotto

Mallissa käytetään Nordnetin arvopaperivakuudellista sijoitusluottoa, joka perustuu alaluvussa 2.2 esitettyyn LTV-rajoitteeseen. Tässä tutkimuksessa kyseinen luotto mallinnetaan kuitenkin pelkistettynä tutkimuskehikkona eikä luottosopimuksen kaikkien operatiivisten ehtojen täsmällisenä toistamisena. Tarkasteltava sijoitussalkku sisältää ainoastaan iShares Core S&P 500 UCITS ETF USD (Acc) -arvopaperia, ja mallissa oletetaan vakioitu 80 prosentin lainoitusaste, mekaaninen pakkomyyntisääntö sekä ennalta määritellyt korkoskenaariot, jotta viputason vaikutuksia voidaan vertailla johdonmukaisesti (Nordnet, 2024a, 2024b). Tällöin sijoitussalkun enimmäislainoitusasteeksi asetetaan

$$LTV_{max} = 0,80. \quad (15)$$

Velan määrä on rajattu ehdolla

$$D_t \leq LTV_{max} \cdot A_t. \quad (16)$$

Velkavivun tasoa kuvataan parametrilla  $\theta$ , joka ilmaisee, kuinka suuri osuus sallitusta enimmäisvelasta on käytössä. Parametri määritellään muodossa

$$\theta = \frac{D_0^{target}}{D_{0,max}}, \quad (17)$$

missä  $\theta$  on alkuhetken tavoiteparametri,  $D_0^{target}$  on tavoitevelka ja  $D_{0,max}$  on maksimi velka. Staattisessa strategiassa  $\theta$  toimii alkuhetken tavoiteparametrina. Re-lever-strategiassa tavoitevelkaa päivitetään tarkistuspäivinä senhetkisen salkun markkina-arvon perusteella parametrilla, jolloin tavoite LTV-tasoa kuvaa parametri  $\lambda$ .

Velalle kertyy korkoa päivittäin. Velan dynamiikka voidaan esittää muodossa

$$D_{t+1} = D_t(1 + r^{day}), \quad (18)$$

missä

$D_{t+1}$  on velan määrä seuraavana päivänä

$r^{day}$  on velan päiväkorko.

Korko lasketaan luottosopimuksen kohdan 2 mukaisella 30/360-konventiolla, jonka mukaan vuosi koostuu 360 korkopäivästä. Simulaatiossa vuosikorko jaksetaan tasaisesti 252 kaupankäyntipäivälle. Tällöin päiväkorko on (Nordnet, n.d., s. 1):

$$r^{day} = \frac{r_D}{252}, \quad (19)$$

missä  $r_D$  on velan vuosikorko. Vuosikorko vastaa 30/360-konvention oikeaa tasoa. Varsinainen sopimuksen mukainen koron veloitus tapahtuu kuukausittain, mutta simulaatiossa korkokustannus jaksetaan päivätasolle polkuriippuvan salkkudynamiikan mallintamiseksi.

Lisäksi uuden velan nostolle asetetaan yläraja  $D_{\max}$ , jotta simulaatiossa ei synny epärealistisen suuria velkapositioita.

### 3.2 Aineisto

Aineisto koostuu iShares Core S&P 500 UCITS ETF USD (Acc) -ETF:n päivätason hintahavainnoista, joista muodostetaan päivätuotot simulaatiota varten. Sarjana käytetään adjusted close -hintasarjaa, jotta osingot eivät jää erilliseksi mallikomponentiksi. ETF on kasvuosuusinen (Acc), joten osingot uudelleensijoitetaan hintasarjaan ilman, että niitä verotetaan välillä. Kokonaiskulusuhdetta (TER) ei lisätä erillisenä kassavirtana aineistoon, koska se sisältyy jo adjusted-sarjaan. Aineistoajanjakso on 20.5.2010–9.4.2026, josta rakennetaan 25 vuoden polkuja uudelleennäytteistämällä historiallisista päivätuotoista (BlackRock, 2026).

Aineisto haetaan yfinance-kirjaston Ticker-luokalla ETF-tunnukselle SXR8.DE, joka pyytää koko saatavilla olevan historian. Tämän jälkeen valitaan Adj Close -sarja. Hintasarjan aikaleimat muunnetaan pandas-aikaleimoiksi ja niistä poistetaan aikavyöhyketieto, jotta sarja on yhtenäisessä päivämuodossa jatkokäsittelyä varten. Koodi ei tee erillistä lajittelua, vaan käyttää history()-funktion palauttamaa aikajärjestystä sellaisenaan. Valitusta hintasarakkeesta poistetaan puuttuvat arvot komennolla dropna(). Näin lopulliseen hintasarjaan jäävät vain ne päivät, joille on olemassa kelvollinen hintahavainto (Aroussi, 2024). Tässä käytetty Adj Close tarkoittaa osinko- ja yritystapahtumakorjattua päätöskurssisarjaa.

Puhdistetusta hintasarjasta muodostetaan päivätuotot laskemalla peräkkäisten päivien prosentuaalinen muutos funktiolla pct\_change(). Tämä tuottaa päivätuottosarjan, jota käytetään simulaation lähtöaineistona. Koska prosenttimuutosta ei voida laskea ensimmäiselle havaintopäivälle, pct\_change() tuottaa sarjan alkuun yhden puuttuvan arvon. Tämä poistetaan komennolla dropna(), jolloin lopullinen tuottosarja sisältää vain käyttökelpoiset päivähavainnot. Päivätuotot lasketaan seuraavasti:

$$r_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1, \quad (20)$$

missä

$P_t$  on ETF:n hinta ajanhetkellä  $t$

$r_t$  on päivän  $t$  tuotto.

Simulaation peruskorkona käytetään Nordnetin kaupankäyntiluoton lähtökorkoa 4,85 %. Lisäksi tarkastellaan herkkyyss- ja stressiskenaarioina korkotasoja 3 %, 6 % ja 8 %. Kaupankäyntikustannukset mallinnetaan erillisinä parametreina. Verotus huomioidaan siten, että se perustuu Suomen pääomatuloverotuksen sääntöihin, joita sovelletaan simuloituihin realisoituneisiin voittoihin ja tappioihin.

Korkoskenaarioita 6 % ja 8 % voidaan tulkita yksinkertaistettuina kiristyvän kustannusympäristön skenaarioina, mutta niitä ei tässä tutkielmassa esitetä Nordnetin yksittäisten maksujen, palkkioiden tai ylilainoituskulujen täsmällisenä mallinnuksena. Taulukkoon 1 on koottu tutkimusaineiston ja simulaatiomallin keskeiset parametrit (Nordnet, 2024a, 2024b; BlackRock, 2026; Verohallinto, 2026a; Verohallinto, 2026b; Verohallinto, 2026c).

**Taulukko 1.** Tutkimusaineiston ja simulaatiomallin keskeiset parametrit.

Komponentti	Arvo/oletus
ETF	iShares Core S&P 500 UCITS ETF USD (Acc), SXR8.DE
ISIN	IE00B5BMR087
LTV_max	0,80
Alkupääoma	1,0
Velkakatto	2,0
Horisontti	25 vuotta
Päivät/vuosi	252 kaupankäyntipäivää
Lohkon pituus	60 (herkkyyssanalyysissä 20 ja 120)
Korkoskenaariot	3 %, 4,85 %, 6 % ja 8 %
Verokannat	30 % 30 000 euroon asti, 34 % ylimenevältä osalta

### 3.3 Simulaatiomenetelmä

Tässä alaluvussa kuvataan, miten historiallisesta tuottoaineistosta muodostetaan simuloitua 25 vuoden sijoituspolua ja miten salkku päivittyy päivittäin. Simulaatio toteutetaan 5000 polun stationaarisella bootstrapilla. Menetelmä valittiin, koska se on ei-parametrinen tapa uudelleennäytteistää stationaarista aikasarjaa siten, että blokkien sisäinen lyhyen aikavälin riippuvuus säilyy. Näin voidaan muodostaa pitkiä tuottopolkuja, joiden päälle mallinnetaan polkuriippuvuus, korkokulujen kasautuminen ja LTV-dynamiikka (Politis & Romano, 1994). Koska historiallinen aineisto kattaa noin 16 vuotta, mutta simulaatiohorisontti on 25 vuotta, simuloitua polua muodostetaan uudelleennäytteistämällä samoja historiallisia lohkoja, eivätkä ne siten vastaa yksittäisiä toteutuneita 25 vuoden jaksoja.

Polkujen lukumääräksi valittiin 5 000 kompromissina Monte Carlo -keskivirheen pienentämisen ja laskenta-ajan välillä. 1 000 polkua jättäisi pienille

tapahtumatodennäköisyyksille kohtuuttoman suuren otosvaihtelun, kun taas 10 000 polkua kasvattaisi laskenta-ajan tarpeettoman suureksi ilman, että tarkkuus paranisi merkittävästi. Simulaatiohorisontiksi harkittiin 25–40 vuotta, josta päädyttiin 25 vuoden horisonttiin, koska se vastaa keskimäärin tyypillistä yhden sukupolven mittaista sijoitusaikaa, jollaista pitkäjänteinen sijoittaja voi käyttää.

Alkupääoma normalisoidaan arvoon

$$W_0 = 1,0, \quad (21)$$

missä  $W_0$  on normalisoitu alkuvarallisuus. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki tulokset esitetään suhteessa alkuvarallisuuteen. Normalisointi tekee eri viputasojen ja korkoskenaarioiden vertailusta mittakaavariippumattomaa. Eli tutkimuksen kohteena on strategian prosentuaalinen dynamiikka. Uuden velan noston enimmäismäärä on:

$$D_{max} = 2,0. \quad (22)$$

Ensin määritellään alkuhetken suurin sallittu alkuvelka LTV-rajan perusteella, jonka jälkeen valitaan tavoitevelka parametrilla  $\theta$ . Sitten tavoitevelka rajataan velkakatolla, jonka jälkeen muodostetaan alkuhetken bruttopositio. Lopuksi vielä vähennetään ostokulu, jolloin saadaan ETF-position alkuarvo.

Alkuvaiheessa suurin sallittu alkuvelka, tavoitevelka, toteutuva alkuvelka, alkuperäinen sijoitusasema ja alkuhetken jälkeinen ETF-positio määritellään seuraavasti:

$$A_0 = W_0 \quad (23)$$

$$D_{0,max} = LTV_{max} W_0 \quad (24)$$

$$D_0^{target} = \theta D_{0,max} \quad (25)$$

$$D_0 = \min(D_0^{target}, velkakatto) \quad (26)$$

$$A_1 = (W_0 + D_0)(1 - c_b), \quad (27)$$

missä  $D_0^{\text{target}}$  on tavoitevelka ennen velkakattoa,  $D_{0,\text{max}}$  on alkuhetken suurin sallittu velka LTV-rajan perusteella ja  $c_b$  on ostokulu. Lisäksi  $A_0$  kuvaa ostohetkeä edeltävää alkuvarallisuutta ja  $A_1$  ensimmäistä oston jälkeistä ETF-positiota. Tämän vuoksi myös kaavassa (28) tuottopäivitys alkaa indeksistä  $t \geq 2$ , kun taas kaavassa (29) velalle korkoa kertyy jo ensimmäisestä päivästä alkaen.

Staattisessa strategiassa tavoitevelka määräytyy alkuvarallisuuden  $W_0$  perusteella, kun taas re-lever-strategiassa velkatasoa tarkistetaan myöhemmin tarkistuspäivinä senhetkisen salkkuarvon perusteella.

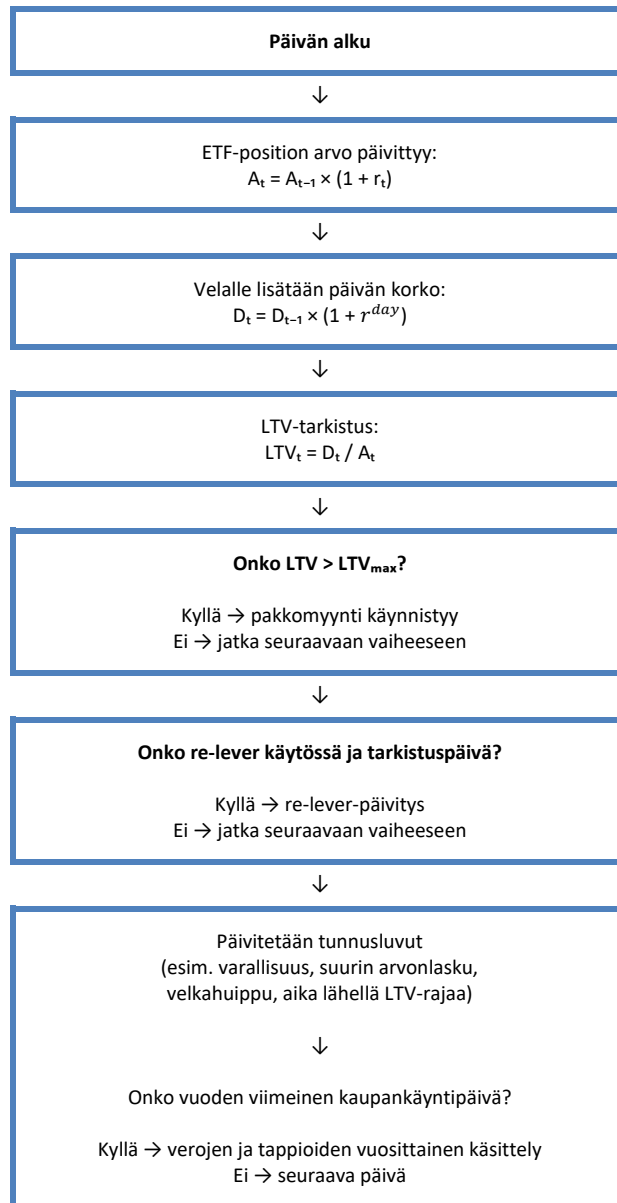
ETF-position arvo päivitetään päivän tuotolla, velka päivitetään päivän korkotekijällä, LTV tarkistetaan, pakkomyynti toteutetaan tarvittaessa, re-lever tarkistetaan vain tarkistuspäivinä ja verotus lasketaan aina vuoden lopussa. Sijoituksen arvo ja velka päivitetään seuraavasti:

$$A_t = A_{t-1}(1 + r_t), \quad t \geq 2 \quad (28)$$

$$D_t = D_{t-1}(1 + r^{\text{day}}), \quad t \geq 1. \quad (29)$$

Päiväkorko määritellään alaluvussa 3.1 esitetyn yhtälön (19) mukaisesti. Tavoiteparametria  $\theta$  tarkastellaan ennalta määritellysti skenaarioissa 0,00, 0,25, 0,50, 0,75 ja 1,00. Jokaiselle  $\theta$ - ja korkoskenaariolle muodostetaan oma simuloitu jakauma, josta raportoidaan myöhemmin riski- ja tuottomittarit. Jokaiselta polulta tallennetaan keskeiset tila- ja tulosmuuttujat, joista muodostetaan jakaumat, mediaanit, kvantiilit ja tapahtumatodennäköisyydet.

Seuraava kaavio esittää simulaation yhden päivän päivitysjärjestyksen. Kaavio havainnollistaa, miten salkun arvo, velka, LTV-tarkistus, mahdollinen pakkomyynti sekä muut mallin päivitysvaiheet etenevät yhden päivän aikana.



**Kuvio 1.** Simulaation yhden päivän päivitysjärjestys.

**Huom.** Kaavio esittää yhden simulaatiopäivän päivitysjärjestyksen. Verotus käsitellään erillisenä vuosittaisena vaiheena.

### 3.4 Pakkomyyntilogiikka

Pakkomyynti käynnistyy, jos päivän päivityksen jälkeen toteutunut velkasuhde ylittää sallitun enimmäisrajan yhtälön (9) ehdon mukaisesti. Tässä tutkimuksessa pakkomyynti mallinnetaan siten, että positiosta myydään pienin mahdollinen määrä, jolla LTV

palautuu sallitulle rajalle. Myynnistä vähennetään myyntikulu, ja nettotuotto käytetään velan lyhentämiseen. Tämä on tutkimuksellinen yksinkertaistus eikä kuvaa välittäjän todellista harkinnanvaraista realisointimenettelyä, jossa realisointien ajoitus, määrä ja kohteet voivat poiketa tässä käytetystä säännöstä. Mallissa ei myöskään huomioida erillistä ylilainoituskorkoa tai ylilainoitusmaksuja, vaan ylilainoitustilanne korjataan välittömästi mekaanisella myynnillä. Myynti ennen kuluja voidaan ratkaista alaluvussa 2.2 esitetystä yhtälöstä (10) kertomalla ensin sulkeet auki sekä yhtälö puolittain termillä  $A_t - x$ , jonka jälkeen voidaan järjestellä termit, jotta saadaan yhtälö muotoon

$$LTV_{max}A_t - D_t = x(LTV_{max} + c_s - 1), \quad (30)$$

josta saadaan ekvivalentisti

$$x = \frac{LTV_{max}A_t - D_t}{LTV_{max} + c_s - 1}, \quad (31)$$

missä

$x$  on myynti ennen kuluja

$c_s$  on myyntikulu.

Myynnin jälkeen tapahtuu päivitys

$$A_t^{after} = A_t - x \quad (32)$$

$$D_t^{after} = D_t - x(1 - c_s). \quad (33)$$

Pakkomyynti voi synnyttää veromalliin vaikuttavia realisoituneita voittoja tai tappioita. Pakkomyyntien lukumäärä tarkoittaa polulla toteutuneiden pakkomyyntien määrää. Wipeout syntyy, jos ajanhetkellä  $t$  varallisuuden arvo  $W_t$  laskee nolnaan tai sen alle.

### 3.5 Re-lever-strategia

Re-lever-strategiassa velkatasoa tarkistetaan määräjain, jotta toteutunut velkasuhde voidaan palauttaa kohti tavoitetasoa. Eli kun osakesalkun arvo nousee, voidaan ottaa lisää velkaa käyttöön, ellei olla vielä saavutettu velkakattoa. Tarkistus tehdään 21 kaupankäyntipäivän välein, muina päivinä velkatasoa ei aktiivisesti säädetä. Tavoite on, että LTV pidetään tasolla

$$LTV_t^* = \lambda LTV_{\max}, \quad (34)$$

missä  $\lambda$  on re-lever-strategian erillinen tavoite-LTV-parametri. Tässä tutkielmassa  $\lambda$  tarkastellaan samoilla numeerisilla arvoilla kuin  $\theta$  (0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00). Jos tarkistuspäivänä

$$\frac{D_t}{A_t} < LTV_t^*, \quad (35)$$

velkaa voidaan nostaa lisää, kunhan uusi velka ei ylitä velkakattoa  $D_{\max}$ . Lisäksi position LTV ei saa ylittää rajaa  $LTV_{\max}$  ja ostosta syntyy aina kaupankäyntikulu.

Yhtälöiden (34) ja (35) perusteella saadaan tavoite-ehto, josta voidaan muodostaa yhtälö:

$$\frac{D_t + u_t}{A_t + u_t(1 - c_b)} = \lambda LTV_{\max}, \quad (36)$$

Kertomalla yhtälö puolittain nimittäjällä, jonka jälkeen avaamalla oikean puolen tulo ja lajittelemalla  $u_t$ :ta sisältävät termit samalle puolelle voidaan ratkaista lisävelka  $u_t$ . Tällöin saadaan yhtälöstä (35) ekvivalenttisesti

$$u_t = \frac{\lambda LTV_{\max} A_t - D_t}{1 - \lambda LTV_{\max} (1 - c_b)}, \quad (37)$$

missä  $u_t$  on lisävelka tarkistuspäivänä. Lisäksi saadaan toteutuspäivitykset:

$$D_t^{new} = D_t + u_t \quad (38)$$

$$A_t^{new} = A_t + u_t(1 - c_b). \quad (39)$$

Jos laskennallinen  $u_t$  rikkoo velkakaton, käytetään rajattua arvoa.

Ilman re-leverin käyttöä vipu laskee nousumarkkinassa, joten sen avulla saadaan pidettyä altistus lähempänä tavoitetasoa. Samalla se kuitenkin pitää riskitason pidemmän aikaa korkeammalla kuin staattisessa strategiassa, jonka takia huomioidaan myös velkakatto. Velkakaton saavuttamisen jälkeen riski pienenee nousumarkkinassa, koska velkarahan suhde omaan pääomaan muuttuu.

### 3.6 Veromalli

Verotus lasketaan vuoden lopussa, jolloin vuoden aikana realisoituneet voitot ja tappiot netotaan ja korkomenot vähennetään pääomatuloista mallin oletuksen mukaisesti. Tämän jälkeen aiempien vuosien vähennyskelpoiset tappiot huomioidaan. Vero kohdistetaan vain positiiviseen veropohjaan (Verohallinto, 2026a; Verohallinto, 2026b; Verohallinto, 2026c).

$$G_y^{net} = G_y^{real} - I_y - L_y^{used}, \quad (40)$$

missä

$G_y^{net}$  on vuoden  $y$  verotettava nettovoitto

$G_y^{real}$  on vuoden aikana realisoituneet nettomyynnit ennen korkovähennystä

$I_y$  on vuoden korkokulut

$L_y^{used}$  on kyseisenä vuonna käytetty aiempien tappioiden määrä.

Jos veropohja jää alempaan veroluokkaan, käytetään 30 prosentin verokantaa. Ylimenevälle osalle sovelletaan 34 prosentin verokantaa. Perusmallissa tappiot

käsitellään viiden vuoden tappiokokonaisuuksina, ja robustiustarkasteluissa arvioidaan vaihtoehtoisesti rajatonta tappioiden vähentämistä tulevina vuosina. (Verohallinto, 2026b; Verohallinto, 2026c).

### **3.7 Robustiustarkastelu**

Pääanalyysissä simuloitut tuotot muodostetaan stationaarisella bootstrap-menetelmällä, mutta robustiustarkastelussa tarkastelua täydennetään parametrisesti estimoidulla GARCH-t-mallilla. Päivätuottosarjaan sovitetaan vakio-odotusarvon GARCH(1,1)-malli, jossa virhetermi oletetaan t-jakautuneeksi. Estimoinnissa käytetään samaa päivätuottosarjaa kuin pääanalyysissä. Mallista estimoidaan parametrit  $\mu$ ,  $\omega$ ,  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$  ja t-jakauman vapausasteluku  $v$ . Estimoidulla mallilla simuloidaan 25 vuoden mittaisia päivätuottopolkuja, joissa käytetään 200 havainnon burn-in-jaksoa. Tämän jälkeen simuloitut tuotot syötetään samaan salkun päivitys-, korko-, pakkomyynti-, re-lever- ja veromalliin kuin stationaarisessa bootstrap-pääanalyysissä.

## 4 Tulokset

Tässä luvussa esitetään simulaation keskeiset tulokset. Tarkastelu jaetaan riskimittareihin, tuottomittareihin ja erillisiin robustiustarkasteluihin. Tuloksia vertaillaan eri viputasojen, korkoskenaarioiden ja re-lever-strategioiden välillä.

### 4.1 Riskimittarit

Riskimittarit esitetään prosentteina ja normalisoituina yksikköinä taulukoiden ja kuvioiden avulla.

Riskimittareissa pakkomyyntitodennäköisyys tarkoittaa osuutta poluista, joilla tapahtuu vähintään yksi pakkomyynti, ja wipeout-todennäköisyys osuutta poluista, joilla varallisuus laskee noltaan tai sen alle. Suurin arvonlasku kuvaa polun suurinta suhteellista varallisuuden laskua ja velkahuippu suurinta velkamäärää normalisoidussa yksikössä.

Taulukoissa 2 ja 3 esitetään riskimittarien simulointitulokset skenaariossa, jossa re-lever-strategia ei ole käytössä. Riskimittarit on raportoitu tapahtumatodennäköisyyksinä prosentteina eri korkoskenaarioissa ja viputasoilla.

**Taulukko 2.** Riskimittarit ilman re-leveriä: tapahtumatodennäköisyydet.

Korko	Mittari	$\theta=0,00$	$\theta=0,25$	$\theta=0,50$	$\theta=0,75$	$\theta=1,00$
4,85 %	Pakkomyyntitodennäköisyys	0,00 %	0,00 %	0,18 %	1,17 %	2,67 %
	Wipeout-todennäköisyys	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
3,00 %	Pakkomyyntitodennäköisyys	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,32 %	1,50 %
	Wipeout-todennäköisyys	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
6,00 %	Pakkomyyntitodennäköisyys	0,00 %	0,00 %	0,36 %	1,67 %	4,67 %
	Wipeout-todennäköisyys	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,17 %	0,33 %
8,00 %	Pakkomyyntitodennäköisyys	0,00 %	0,08 %	1,83 %	4,33 %	11,33 %
	Wipeout-todennäköisyys	0,00 %	0,00 %	0,17 %	0,33 %	0,33 %

Taulukosta 2 nähdään, että riskit kasvavat viputason noustessa kaikissa korkoskenaarioissa. Ilman re-leveriä pakkomyyntitodennäköisyys pysyy nollassa  $\theta = 0,25$ :een asti 3,00–6,00 prosentin korkoskenaarioissa ja on 8,00 prosentin korollakin vain 0,08 %. Sen sijaan  $\theta = 1,00$ :ssa pakkomyyntitodennäköisyys nousee 1,50 prosentista 11,33 prosenttiin korkoskenaarion kiristyessä 3,00 prosentista 8,00 prosenttiin.

Wipeout-riski pysyy ilman re-leveriä nollassa 3,00 ja 4,85 prosentin korkoskenaarioissa kaikilla testatuilla  $\theta$ -tasoilla. 6,00 prosentin korolla wipeout-todennäköisyys ilmestyy vasta  $\theta$ -tasoilla 0,75 ja 1,00, sekä 8,00 prosentin korolla se näkyy  $\theta$ -tasoilta 0,50 alkaen.

**Taulukko 3.** Riskimittarit ilman re-leveriä: LTV, arvonlasku ja velkahuippu.

Korko	Mittari	$\theta=0,00$	$\theta=0,25$	$\theta=0,50$	$\theta=0,75$	$\theta=1,00$
4,85 %	Aika lähellä LTV-rajaa	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,01 %
	Suurin arvonlasku	35,59 %	39,38 %	42,92 %	45,92 %	48,70 %
	Velkahuippu	0,000	0,653	1,306	1,953	2,585
3,00 %	Aika lähellä LTV-rajaa	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %
	Suurin arvonlasku	35,59 %	38,95 %	41,92 %	44,34 %	46,75 %
	Velkahuippu	0,000	0,419	0,838	1,255	1,667
6,00 %	Aika lähellä LTV-rajaa	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,03 %
	Suurin arvonlasku	35,59 %	39,72 %	43,62 %	46,95 %	50,19 %
	Velkahuippu	0,000	0,858	1,715	2,556	3,372
8,00 %	Aika lähellä LTV-rajaa	0,00 %	0,00 %	0,02 %	0,05 %	0,09 %
	Suurin arvonlasku	35,59 %	40,47 %	45,26 %	49,77 %	53,64 %
	Velkahuippu	0,000	1,369	2,720	4,039	5,220

Taulukosta 3 nähdään, että salkku viettää hyvin vähän aikaa LTV-ajan läheisyydessä kaikissa korkoskenaarioissa. Osuus kasvaa vasta korkeilla viputasoilla, ja suurimmillaankin se on 8,00 prosentin korolla  $\theta = 1,00$ :ssa 0,09 % ajasta.

Viputason noustessa myös suurin arvonlasku ja velkahuippu kasvavat johdonmukaisesti. Esimerkiksi suurimman arvonlaskun mediaani kasvaa 3,00 prosentin korkoskenaariossa 35,59 prosentista 46,75 prosenttiin ja 8,00 prosentin korkoskenaariossa 35,59 prosentista 53,64 prosenttiin, kun  $\theta$  nousee arvosta 0,00 arvoon 1,00. Samalla

velkahuippu nousee korkeimmillaan 5,220:een 8,00 prosentin korkoskenaariossa ja  $\theta = 1,00$ :ssa.

Taulukoissa 4 ja 5 esitetään riskimittarien simulointitulokset skenaariossa, jossa re-lever-strategia on käytössä. Riskimittarit on raportoitu tapahtumatodennäköisyyksinä prosentteina eri korkoskenaarioissa ja viputasoilla.

**Taulukko 4.** Riskimittarit re-lever-strategialla: tapahtumatodennäköisyydet.

Korko	Mittari	$\lambda=0,00$	$\lambda=0,25$	$\lambda=0,50$	$\lambda=0,75$	$\lambda=1,00$
4,85 %	Pakkomyyntitodennäköisyys	0,00 %	0,08 %	6,50 %	32,83 %	39,00 %
	Wipeout-todennäköisyys	0,00 %	0,00 %	0,17 %	0,83 %	5,17 %
3,00 %	Pakkomyyntitodennäköisyys	0,00 %	0,04 %	2,83 %	26,83 %	32,33 %
	Wipeout-todennäköisyys	0,00 %	0,00 %	0,17 %	0,50 %	3,50 %
6,00 %	Pakkomyyntitodennäköisyys	0,00 %	0,18 %	9,00 %	37,83 %	43,33 %
	Wipeout-todennäköisyys	0,00 %	0,02 %	0,50 %	1,00 %	6,33 %
8,00 %	Pakkomyyntitodennäköisyys	0,00 %	1,33 %	16,17 %	45,83 %	53,17 %
	Wipeout-todennäköisyys	0,00 %	0,17 %	0,83 %	1,50 %	11,33 %

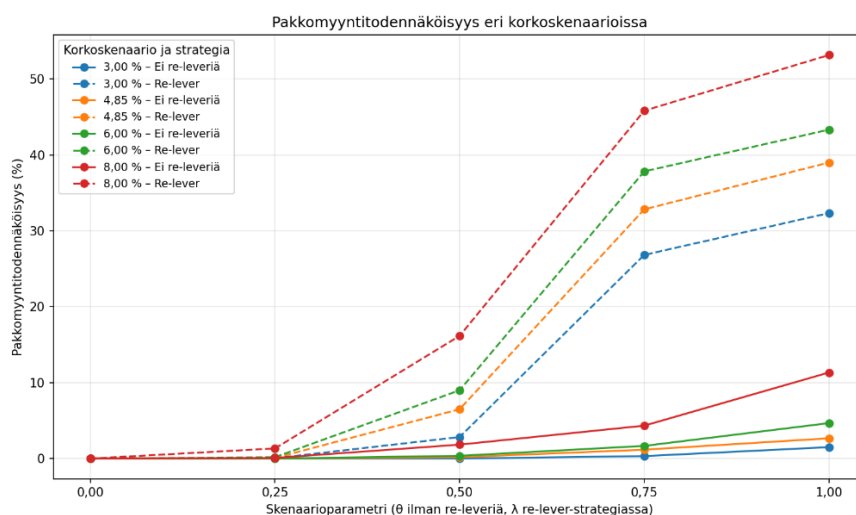
Taulukosta 4 nähdään, että re-lever kasvattaa riskimittareita selvästi lähes kaikissa skenaarioissa. Pakkomyyntitodennäköisyys on vielä  $\lambda = 0,25$  :ssä matala 3,00–6,00 prosentin korkoskenaarioissa (0,04–0,18 %), mutta 8,00 prosentin korolla sama  $\lambda$  nostaa pakkomyyntitodennäköisyyden jo 1,33 prosenttiin.  $\lambda = 1,00$  :ssa pakkomyyntitodennäköisyys on re-lever-strategialla 32,33–53,17 % korkoskenaariosta riippuen.

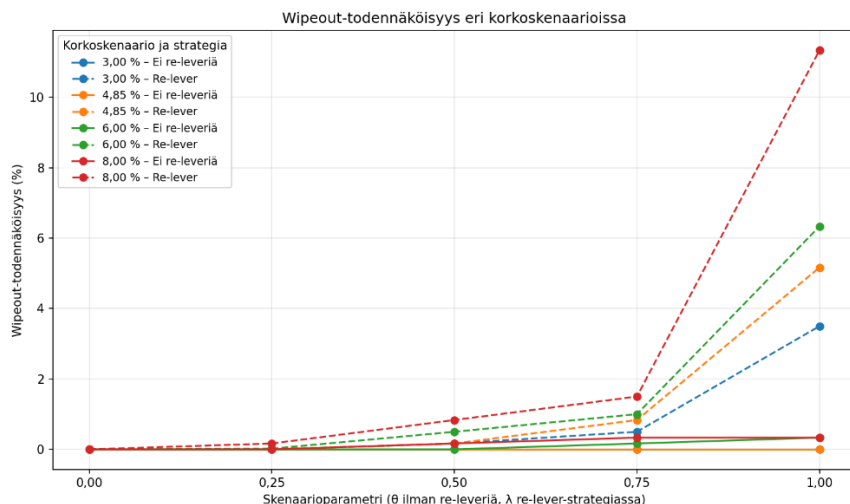
**Taulukko 5.** Riskimittarit re-lever-strategialla: LTV, arvonlasku ja velkahuippu.

Korko	Mittari	$\lambda=0,00$	$\lambda=0,25$	$\lambda=0,50$	$\lambda=0,75$	$\lambda=1,00$
4,85 %	Aika lähellä LTV-rajaa	0,00 %	0,00 %	0,04 %	0,23 %	2,21 %
	Suurin arvonlasku	35,59 %	44,24 %	54,27 %	60,88 %	61,39 %
	Velkahuippu	0,000	3,281	4,771	5,698	5,894
3,00 %	Aika lähellä LTV-rajaa	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,14 %	1,52 %
	Suurin arvonlasku	35,59 %	43,47 %	52,04 %	56,83 %	57,52 %
	Velkahuippu	0,000	2,723	3,478	3,903	3,990
6,00 %	Aika lähellä LTV-rajaa	0,00 %	0,00 %	0,07 %	0,33 %	3,21 %
	Suurin arvonlasku	35,59 %	44,82 %	55,27 %	63,50 %	64,44 %
	Velkahuippu	0,000	3,679	5,768	7,079	7,342
8,00 %	Aika lähellä LTV-rajaa	0,00 %	0,01 %	0,15 %	0,63 %	5,57 %
	Suurin arvonlasku	35,59 %	45,86 %	57,74 %	69,19 %	71,31 %
	Velkahuippu	0,000	4,429	7,852	9,945	10,357

Taulukosta 5 nähdään, että re-lever-strategian yhteydessä aika lähellä LTV-rajaa, suurin arvonlasku ja velkahuippu kasvavat selvästi enemmän kuin ilman re-leveriä, mikä tukee ajatusta siitä, että strategia pitää salkun useammin lähellä kriittistä rajaa.

Kuvioissa 2 ja 3 havainnollistetaan pakkomyynnin ja wipeoutin todennäköisyyksien kehitystä eri korkoskenaarioissa viputason funktiona. Kuvioiden tarkoituksena on näyttää, miten korkotason nousu ja velkavivun kasvu vaikuttavat riskiprofiiliin.

**Kuvio 2.** Pakkomyyntitodennäköisyys eri korkoskenaarioissa.



**Kuvio 3.** Wipeout-todennäköisyys eri korkoskenaarioissa.

Kuviosta 2 nähdään, että pakkomyyntien todennäköisyys kasvaa sekä korkotason että viputason noustessa. Sama skenaarioparametri tuottaa re-lever-strategialla järjestelmällisesti korkeamman pakkomyyntitodennäköisyyden kuin ilman re-leveria, ja ero kasvaa erityisesti  $(\theta, \lambda)$ -tasoilla 0,50–1,00.

Kuviosta 3 nähdään, että wipeout-riski pysyy ilman re-leveria pitkälti marginaalisena, mutta re-lever-strategiassa se kasvaa selvästi nopeammin. Re-lever-strategialla wipeout-todennäköisyys on jo 6,00 prosentin korkoskenaariossa 0,50 % tasolla  $\lambda = 0,50$  ja 6,33 % tasolla  $\lambda = 1,00$ , kun taas ilman re-leveria vastaavat luvut ovat 0,00 % ja 0,33 %.

Tulosten perusteella re-lever-strategiassa perusteltu viputaso sijoittuu selvästi matalammaksi kuin staattisessa strategiassa. Aineisto tukee tulkintaa, että re-leveria voidaan käyttää hallitusti vain matalilla  $\lambda$ -tasoilla, kun taas aggressiivinen re-lever heikentää riskiprofiilia nopeasti korkotason noustessa.

## 4.2 Tuottomittarit

Tuottomittarit esitetään tässä alaluvussa prosentti- ja yksikkömuodossa. Koska  $W_0 = 1,0$ , loppuvarallisuus kertoo suoraan loppuvarallisuuden suhteen alkuvarallisuuteen. Esimerkiksi  $W_T = 1,8$  tarkoittaa, että loppuvarallisuus on 1,8-kertainen alkuvarallisuuteen nähden.

Mediaani toimii päämittarina, koska jakaumat voivat olla vinoja. Yksikkömuotoinen loppuvarallisuus riittää skenaarioiden vertailuun, koska kaikki simulaatiot alkavat samasta normalisoidusta arvosta.

Tässä tarkastelussa sijoittajan oletetaan tavoittelevan mahdollisimman korkeaa pitkän aikavälin tuottoa siten, että pakkomyyntiriski pysyy aidosti maltillisena. Tämän vuoksi riskikorjatun valinnan ensisijaiseksi ehdoksi asetetaan pakkomyyntitodennäköisyys  $< 0,5$  %. Lisäksi mukaan jätetään vain ratkaisut, joissa wipeout-todennäköisyys  $\leq 0,1$  %. Näistä vaihtoehtoista valitaan korkein odotettu logaritminen loppuvarallisuus, koska se mittaa pitkän aikavälin kasvua samalla, kun se rankaisee vakavia tappiollisia toteumia. Optimointi tehdään vain simuloitusta ruudukosta  $(\theta, \lambda) \in \{0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00\}$ . Sen takia tulos ei anna jatkuvaa tarkkaa optimia, vaan parhaan testatun  $\theta$ - ja  $\lambda$ :n kussakin korkoskenaariossa.

**Taulukko 6.** Riskikorjattu paras strategia ilman re-leverä.

Korkoskenaario	$\theta$	Pakkomyyntitodennäköisyys	Wipeout-todennäköisyys	Suurin arvonlasku	CAGR mediaani (%)	Odotettu logaritminen loppuvarallisuus
Kiinteä korko 4,85 %	0,50	0,18 %	0,00 %	42,92 %	13,95	3,237
Kiinteä korko 3,00 %	0,75	0,32 %	0,00 %	44,34 %	14,60	3,381
Kiinteä korko 6,00 %	0,50	0,36 %	0,00 %	43,62 %	13,88	3,214
Kiinteä korko 8,00 %	0,25	0,08 %	0,00 %	40,47 %	13,20	3,068

Ilman re-leveriiä paras testattu  $\theta$  on 3,00 prosentin korkoskenaariossa  $\theta = 0,75$ , 4,85 ja 6,00 prosentin korkoskenaarioissa  $\theta = 0,50$  sekä 8,00 prosentin korkoskenaariossa  $\theta = 0,25$ . Tämä tarkoittaa, että staattisen strategian riskikorjattu vipu pienenee korkotason noustessa. Samalla 3,00 prosentin korkoskenaario on ainoa, jossa  $\theta = 0,75$  jää alle 0,5 prosentin pakkomyyntirajan.

**Taulukko 7.** Riskikorjattu paras strategia re-leverillä.

Korkoskenaario	$\lambda$	Pakkomyyntitodennäköisyys	Wipeout-todennäköisyys	Suurin arvonlasku	CAGR mediaani (%)	Odotettu logaritminen loppuvarallisuus
Kiinteä korko 4,85 %	0,25	0,08 %	0,00 %	44,24 %	14,40	3,328
Kiinteä korko 3,00 %	0,25	0,04 %	0,00 %	43,47 %	14,74	3,406
Kiinteä korko 6,00 %	0,25	0,18 %	0,02 %	44,82 %	14,17	3,276
Kiinteä korko 8,00 %	0,00	0,00 %	0,00 %	35,59 %	12,65	2,966

Re-lever-strategialla riskikorjattu paras testattu  $\lambda$  on 3,00, 4,85 ja 6,00 prosentin korkoskenaarioissa  $\lambda = 0,25$ . 8,00 prosentin korkoskenaariossa yksikään vivutettu re-lever-vaihtoehto ei jää alle 0,5 prosentin pakkomyyntirajan, joten paras testattu re-lever-ratkaisu siirtyy arvoon  $\lambda = 0,00$ .

Kokonaisuutena aineisto viittaa siihen, että 3,00–6,00 prosentin korkoskenaarioissa matala re-lever ( $\lambda = 0,25$ ) on riskikorjatusti vahvempi kuin paras staattinen vaihtoehto samassa korkoympäristössä. 8,00 prosentin korkoskenaariossa taas staattinen  $\theta = 0,25$  säilyy riskikorjatusti perusteltuna, mutta re-lever-strategiassa riskikorjattu valinta siirtyy vivuttamattomaan vaihtoehtoon.

### 4.3 Robustiustarkastelun tulokset

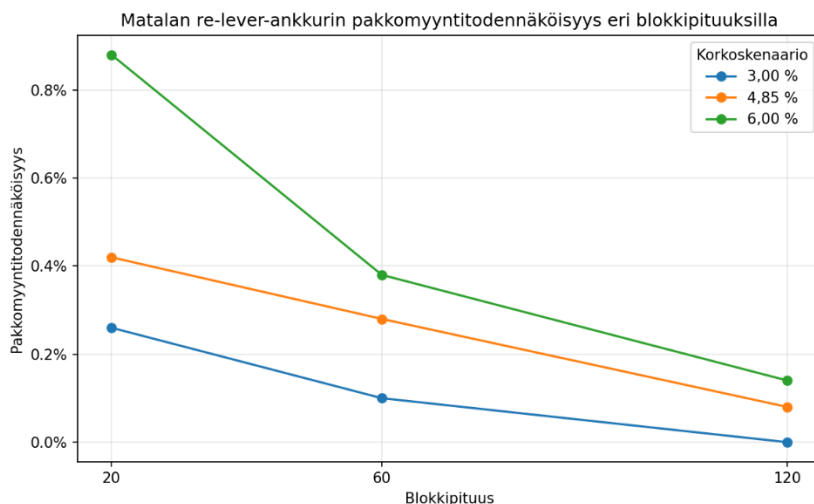
Stationaarisen bootstrapin robustiustarkastelu säilyttää pääjohtopäätöksen useimmissa ympäristöissä, mutta 0,5 prosentin pakkomyyntirajan käyttö muuttaa joitakin parhaita valintoja. Blokkipituuksilla 20 ja 60 paras testattu ratkaisu on 3,00 prosentin korkoskenaariossa  $\lambda = 0,25$  re-lever. Blokkipituudella 20 paras testattu ratkaisu on 4,85 prosentin korkoskenaariossa myös  $\lambda = 0,25$  re-lever, mutta 6,00 ja 8,00 prosentin korkoskenaarioissa valinta siirtyy  $\theta = 0,25$  ilman re-leveria. Blokkipituudella 60 paras testattu ratkaisu on 4,85 ja 6,00 prosentin korkoskenaarioissa  $\lambda = 0,25$  re-lever, kun taas 8,00 prosentin korkoskenaariossa paras testattu ratkaisu on  $\theta = 0,25$  ilman re-leveria.

Blokkipituudella 120 paras testattu ratkaisu on kaikissa korkoskenaarioissa  $\lambda = 0,25$  re-lever. Parametrisessa GARCH-t-ympäristössä paras testattu ratkaisu on jokaisessa korkoskenaariossa vivuttamaton vaihtoehto  $\theta = 0,00$  ilman re-leveria, mutta 3,00, 4,85 ja 8,00 prosentin korkoskenaarioissa valittu rivi ei täytä pääanalyysin riskirajoitetta pakkomyyntitodennäköisyys  $< 0,5$  % ja wipeout-todennäköisyys  $\leq 0,1$  %.

**Taulukko 8.** Uudelleenoptimoitu konfiguraatio eri robustiusympäristöissä.

Robustiusympäristö	4,85 %	3,00 %	6,00 %	8,00 %
Stationaarinen bootstrap, blokkipituus 20	$\lambda = 0,25$ re-lever	$\lambda = 0,25$ re-lever	$\theta = 0,25$ ilman re-leveria	$\theta = 0,25$ ilman re-leveria
Stationaarinen bootstrap, blokkipituus 60	$\lambda = 0,25$ re-lever	$\lambda = 0,25$ re-lever	$\lambda = 0,25$ re-lever	$\theta = 0,25$ ilman re-leveria
Stationaarinen bootstrap, blokkipituus 120	$\lambda = 0,25$ re-lever	$\lambda = 0,25$ re-lever	$\lambda = 0,25$ re-lever	$\lambda = 0,25$ re-lever
Parametrinen GARCH-t	$\theta = 0,00$ ilman re-leveria*	$\theta = 0,00$ ilman re-leveria*	$\theta = 0,00$ ilman re-leveria	$\theta = 0,00$ ilman re-leveria*

\* Tähti tarkoittaa, että kyseisen robustiusympäristön paras testattu konfiguraatio ei täytä pääanalyysin riskirajoitetta pakkomyyntitodennäköisyys  $< 0,5$  % ja wipeout-todennäköisyys  $\leq 0,1$  %.



**Kuvio 4.** Pakkomyyntitodennäköisyys eri blokkipituuksilla matalalla re-leverillä.

Taulukko 8 ja kuvio 4 tukevat robustiustulkintaa. Stationaarisen bootstrapin sisällä matala re-lever-ankkuri ( $\lambda = 0,25$ ) säilyy 3,00 prosentin ja 4,85 prosentin korkoskenaarioissa pakkomyyntitodennäköisyydeltään alle 0,5 prosentin kaikilla testatuilla blokkipituuksilla. 6,00 prosentin korkoskenaariossa pakkomyyntitodennäköisyys pysyy alle 0,5 prosentin 60 ja 120 päivän blokkipituuksilla, mutta ylittää rajan 20 päivän blokkipituudella. 8,00 prosentin korkoskenaariossa matala re-lever alittaisi 0,5 prosentin rajan vain 120 päivän blokkipituudella.

## 5 Johtopäätökset

Tässä luvussa kootaan tutkimuksen keskeiset tulokset, arvioidaan tutkimuksen rajoituksia ja tarkastellaan jatkotutkimusmahdollisuuksia.

### 5.1 Tutkimuksen keskeiset tulokset

Ilman re-leveriiä paras testattu  $\theta$  sijoittuu kiinteissä korkoskenaarioissa välille 0,25–0,75. Tällöin 3,00 prosentin korkoskenaariossa paras testattu  $\theta = 0,75$ , 4,85 ja 6,00 prosentin korkoskenaarioissa  $\theta = 0,50$  sekä 8,00 prosentin korkoskenaariossa  $\theta = 0,25$ . Staattisessa strategiassa optimaalinen vipu siis pienenee korkotason noustessa.

Re-lever-strategia ei ole tässä aineistossa automaattisesti liian aggressiivinen, kun vipu pidetään hyvin matalana. Kiinteissä 3,00, 4,85 ja 6,00 prosentin korkoskenaarioissa paras testattu re-lever-ratkaisu on  $\lambda = 0,25$ , mutta 8,00 prosentin korkoskenaariossa riskikorjattu valinta siirtyy arvoon  $\lambda = 0,00$ .

Useissa korkoskenaarioissa matala re-lever tuottaa paremman riskikorjatun kokonaisuuden kuin paras staattinen vaihtoehto samassa ympäristössä. Tämä näkyy erityisesti 3,00–6,00 prosentin korkoskenaarioissa, joissa  $\lambda = 0,25$  re-lever saavuttaa korkeamman odotetun logaritmisen loppuvarallisuuden kuin taulukon 6 parhaat staattiset ratkaisut.

Ilman re-leveriiä toteutettu matala tai kohtalainen vipu on edelleen vahva vertailukohta, mutta tämän työn tulokset eivät tue korkeaa staattista vipua parhaana riskikorjattuna ratkaisuna. Staattisessa strategiassa  $\theta = 1,00$  kasvattaa sekä pakkomyynti- että wipeout-riskiä selvästi kaikissa korkoskenaarioissa.

Useissa kiinteän koron skenaarioissa  $\lambda = 0,25$  re-lever-strategialla sijoittaja saa korkeamman odotetun logaritmisen loppuvarallisuuden, korkeamman mediaanisen

CAGR:n ja korkeamman mediaanisen loppuvarallisuuden kuin riskirajoitteen täyttävä paras staattinen vaihtoehto. Esimerkiksi 4,85 prosentin korkoskenaariossa  $\lambda = 0,25$  re-lever tuottaa odotetun logaritmisen loppuvarallisuuden arvon 3,328 ja mediaanisen CAGR:n 14,40 %, kun taas paras staattinen  $\theta = 0,50$  tuottaa vastaavasti 3,237 ja 13,95 %.

Mediaanisen loppuvarallisuuden perusteella riskirajoitteen täyttävä kokonaisoptimi on 3,00–6,00 prosentin korkoympäristöissä re-lever-strategia tasolla  $\lambda = 0,25$  ja 8,00 prosentin korolla staattinen strategia tasolla  $\theta = 0,25$ . Näissä skenaarioissa mediaaninen loppuvarallisuus on 31,14; 28,86; 27,45 ja 22,20 eli parhaassa tapauksessa noin 31,14-kertainen alkupääomaan nähden, kun vivuttamattoman vaihtoehdon mediaani on 19,64. Tämä vastaa noin 58,6 %, 46,9 %, 39,8 % ja 13,0 % korkeampaa mediaanista loppuvarallisuutta kuin vivuttamattomassa strategiassa.

Edellä esitetty riskikorjattu optimointi perustuu rajoitteeseen pakkomyyntitodennäköisyys  $< 0,5$  %. Käytännön sijoittamisessa voi kuitenkin olla perustellumpaa valita vielä tiukempi 0 %:n kriteeri, jolloin sijoittaja voisi 3,00–6,00 prosentin korkoskenaarioissa hyödyntää matalaa vipua marginaalisella lisäriskillä ja saavuttaa silti jonkin verran vivuttamatonta vaihtoehtoa paremman tuotto-odotuksen. Koska optimointi tehdään tässä työssä diskreetillä  $\theta$ - ja  $\lambda$ -ruudukolla (0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00), tarkka 0 %:n optimi jää kuitenkin testattujen tasojen väliin. Esimerkiksi re-lever-strategiassa jo matalin testattu  $\lambda = 0,25$  tuottaa 3,00–6,00 prosentin korkoskenaarioissa nolasta poikkeavan pakkomyyntitodennäköisyyden, joten tarkka optimi sijoittuisi todennäköisesti tasolle  $0 < \lambda < 0,25$  (esim.  $\lambda \approx 0,15$ ). Tämän varmentaminen edellyttäisi jatkuvan asteikon optimointia, jota käsitellään alaluvun 5.3 jatkotutkimusmahdollisuuksissa.

Työn perusteella ei voida väittää, että tarkasteltu strategia olisi yksiselitteinen tai varma tapa vaurastua, vaan se perustuu lisäriskin ottamiseen. Vaikka osa maltillisesti vivutetuista ratkaisuista parantaa simulaatiossa riskikorjattua lopputulosta vivuttamattomaan vaihtoehtoon nähden, samalla tappioriskit, korkoherkkyys ja

pakkomyyntien mahdollisuus kasvavat. Käytännön sijoittamisessa strategian soveltuvuus riippuu sijoittajan riskinsietokyvystä, tulotasosta, likviditeettipuskurista ja kyvystä kestää pitkiäkin arvonlaskuja ilman, että sijoituspäätökset muuttuvat pakon edessä. Siksi työn perusteella voidaan korkeintaan todeta, että hyvin maltillinen vipu voi tietyissä korkoympäristöissä olla perusteltu rajatulle sijoittajaryhmälle, mutta tutkimus ei oikeuta suositteluun yhtä yleispätevää sijoitusstrategiaa kaikille.

## 5.2 Tutkimuksen rajoitukset

Työn keskeiset rajoitukset liittyvät aineiston, mallin ja optimointiasetelman rajauksiin. Tarkastelu perustuu yhden ETF:n historiallisesta tuottosarjasta stationaarisella bootstrapilla muodostettuihin polkuihin, yhtä 80 prosentin lainoitusastetta hyödyntävään pelkistettyyn Nordnet-tyyppiseen luottokehikkoon, kiinteisiin korkoskenaarioihin sekä tässä työssä käytettyihin riskirajoihin.

Luottosopimuksen useita operationaalisia ehtoja ei mallinneta. Työssä oletetaan kiinteä 80 prosentin lainoitusaste koko 25 vuoden horisontin ajan, vaikka Yhtiöllä on oikeus muuttaa vakuuksille annettavia lainoitusarvoja. Samoin yllilainoituskorko ja -maksut jäävät pois, koska mallissa pakkomyynti toteutuu välittömästi mekaanisella myynnillä eikä yllilainoitusjaksoja synny. Lisäksi malli olettaa luottosuhteen jatkuvan keskeytymättä koko simulaatiohorisontin ajan, vaikka Yhtiöllä on oikeus estää luoton käyttö tai irtisanoa luotto. Myös pakkomyyntien toteutus on mallissa mekaaninen minimirealisointisääntö, vaikka todellisessa tilanteessa määrä, laji ja ajoitus ovat Yhtiön harkinnassa. Korko puolestaan yhdistetään mallissa suoraan velkapääomaan päivätasolla, vaikka sopimusehdoissa maksusuoritukset kohdistuvat ensin muihin eriin (Nordnet, n.d., s. 1–2). Nämä rajaukset koskevat ennen kaikkea välittäjän ja sijoittajan harkinnanvaraista käyttäytymistä sekä ympäristömuutoksia, joiden mallintaminen edellyttäisi lisäoletuksia.

Tutkimuksessa ei myöskään mallinneta valuuttakurssiriskiä erillisenä prosessina, vaikka tarkasteltu ETF altistuu käytännössä Yhdysvaltain osakemarkkinalle ja dollarikehitykselle.

Veromalli on tarkoituksellisesti yksinkertaistettu kuvaamaan realisoituneiden myyntien, korkovähennysten ja tappioiden vaikutusta nettovarallisuuteen, eikä se kata kaikkia verolainsäädännön yksityiskohtia. Malli ei esimerkiksi huomioi pääomatulojen alijäämähyvitystä ansiotulojen verosta, mikä käytännössä pienentäisi osaa korkokuluista aiheutuvasta nettokustannuksesta. Lisäksi kaupankäyntikulut kuvataan yhtenä prosenttiosuutena ilman Nordnetin hinnaston minimieuumaksua, mikä voi korostua erityisesti pienissä kaupoissa.

Optimointi tehdään vain diskreetillä  $\theta$ - ja  $\lambda$ -ruudukolla 0,00; 0,25; 0,50; 0,75 ja 1,00, joten tulokset osoittavat parhaan testatun vaihtoehdon eivätkä jatkuvan asteikon täsmällistä optimia. Malli ei myöskään sisällä markkinavaikutusta, joten pakkomyyntien oletetaan toteutuvan ilman, että myynnit itsessään heikentävät hintaa tai likviditeettiä. Käytännössä suuret tai samanaikaiset pakkomyynnit voisivat voimistaa hintaliikettä ja kasvattaa tappioita tässä työssä arvioitua enemmän (Brunnermeier & Pedersen, 2009; Adrian & Shin, 2010).

Lisäksi malli käsittelee korkotasoa ja osakemarkkinan tuottoja toisistaan riippumattomina, vaikka käytännössä korkojen nousu ja osakekurssien lasku osuvat usein samaan ajanjaksoon. Tämä voi johtaa korkean koron skenaarioiden pakkomyynti- ja wipeout-riskien aliarviointiin.

On myös huomioitava, että tässä käytetty 16 vuoden hinta-aineisto alkaa finanssikriisin pohjalta ja sisältää pitkän nousukauden. Tämän vuoksi aineisto todennäköisesti yliarvioi odotettuja tuottoja ja aliarvioi riskejä verrattuna pidempään, useampia laskumarkkinoita sisältävään aineistoon.

Tuloksia ei tule tulkita sijoitusneuvontana tai yleispätevänä suosituksena vipusijoittamisesta. Ne perustuvat rajattuun aineistoon, tiettyihin malliolettamuksiin ja simuloituun pelkistettyyn Nordnet-tyyppiseen pakkomyyntikehikkoon, eivätkä ne huomioi yksittäisen sijoittajan taloudellista tilannetta, riskinsietokykyä,

sijoitushorisonttia tai muita henkilökohtaisia olosuhteita. Tämän vuoksi tuloksia ei voida yleistää, vaan niitä voidaan pitää suuntaa antavina samankaltaisessa indeksipohjaisessa, pitkän aikavälin ja Nordnet-tyyppistä luottokehikkoa vastaavassa ympäristössä, mutta niitä ei voida sellaisenaan yleistää muihin ETF:iin, yksittäisiin osakkeisiin, erilaisiin vakuusarvoihin, markkinaympäristöihin tai sijoittajaprofiileihin.

### 5.3 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Tutkimuksen rajauksista seuraa useita luontevia jatkotutkimusmahdollisuuksia. Ensinnäkin jatkotutkimuksessa olisi hyödyllistä analysoida myös pidempiä ja lyhyempiä sijoitushorisontteja kuin tässä työssä käytetty 25 vuotta sekä tarkastella  $\theta$ - ja  $\lambda$ -tasoja jatkuvalle asteikolla nykyisen diskreetin ruudukon sijaan. Lisäksi simulaatio olisi perusteltua ulottaa nykyistä pidempään historialliseen aineistoon, esimerkiksi vuoteen 1996 tai sitä aiempaan ajanjaksoon. Koska tässä työssä tarkasteltu ETF ei ollut tuolloin vielä olemassa, analyysi tulisi toteuttaa vaihtoehtoisella, mahdollisimman vertailukelpoisella S&P 500 -pohjaisella aineistolla.

Toiseksi simulaatiokehikkoa olisi perusteltua laajentaa vastaamaan nykyistä tarkemmin arvopaperivakuudellisen sijoitusluoton todellisia sopimusehtoja ja välittäjän harkintavaltaa. Malliin voitaisiin sisällyttää vakuuksien lainoitusarvojen muutokset erityisesti stressiskenaarioissa, luottosopimuksen kohtien 11–12 mukaiset ylilainoituskorko ja -maksut, luoton käytön rajoittaminen sekä luoton ennaikainen irtisanominen kohtien 14–15 mukaisesti (Nordnet, n.d., s. 1). Pakkomyyntien osalta voitaisiin tarkastella vaihtoehtoisia sääntöpohjaisia realisointitapoja nykyisen mekaanisen minimirealisointisäännön sijaan sekä arvioida välittäjän harkinnanvaraisen realisointien ajoituksen ja laajuuden vaikutusta tuloksiin. Tällainen laajennus paljastaisi, kuinka herkkiä riskikorjatut viputasot ovat luottokehikon yksinkertaistuksille ja muuttuisivatko tulokset realistisemmissä sopimusolosuhteissa.

Kolmanneksi mallia voisi laajentaa huomioimaan markkinamikrorakenteen ja makrotalouden vaikutukset. Jatkotutkimuksessa pakkomyynnteihin, likviditeetin heikkenemiseen, spreadien kasvuun ja korkojen stokastiseen vaihteluun perustuva malli voisi antaa realistisemmän kuvan erityisesti korkeiden viputasojen riskeistä. Neljänneksi simulaatiotuloksia olisi hyödyllistä verrata empiiriseen aineistoon. Esimerkiksi anonymisoitu data toteutuneista pakkomyynneistä sekä sijoittajakyselyt voisivat näyttää, kuinka hyvin mallin oletukset vastaavat todellista sijoittajakäyttäytymistä ja välittäjän toimintaa.

## Lähteet

- Adrian, T. & Shin, H. S. (2010). Liquidity and leverage. *Journal of Financial Intermediation*, 19(3), 418–437.
- Aroussi, R. (2024). *yfinance*. PyPI. Noudettu 31.3.2026 osoitteesta <https://pypi.org/project/yfinance/>
- Avellaneda, M. & Zhang, S. (2010). Path-dependence of leveraged ETF returns. *SIAM Journal of Financial Mathematics*, 1(1), 586–603.
- BlackRock. (2026, 28. helmikuuta). *iShares Core S&P 500 UCITS ETF USD (Acc) factsheet*. Noudettu 31.3.2026 osoitteesta <https://www.ishares.com/uk/individual/en/literature/fact-sheet/csp-x-ishares-core-s-p-500-ucits-etf-fund-fact-sheet-en-gb.pdf>
- Bodie, Z., Kane, A. & Marcus, A. J. (2021). *Investments* (12th ed.). McGraw Hill.
- Brealey, R. A., Myers, S. C. & Allen, F. (2020). *Principles of corporate finance* (13th ed.). McGraw-Hill Education.
- Brunnermeier, M. K. & Pedersen, L. H. (2009). Market liquidity and funding liquidity. *Review of Financial Studies*, 22(6), 2201–2238.
- Dimson, E., Marsh, P. & Staunton, M. (2023). *Credit Suisse global investment returns yearbook 2023*. Credit Suisse Research Institute.
- Glasserman, P. (2004). *Monte Carlo methods in financial engineering*. Springer.
- Kelly, J. L. (1956). A new interpretation of information rate. *Bell System Technical Journal*, 35(4), 917–926.
- MacLean, L. C., Thorp, E. O. & Ziemba, W. T. (2011). *The Kelly capital growth investment criterion: Theory and practice*. World Scientific.
- Nordnet. (2024a). *Sijoituslaina | Superluotto | Nordnet*. Noudettu 31.3.2026 osoitteesta <https://www.nordnet.fi/palvelut/sijoituslaina>
- Nordnet. (2024b). *Osakkeiden ja rahastojen lainoitusasteet | Nordnet*. Noudettu 31.3.2026 osoitteesta <https://www.nordnet.fi/palvelut/sijoituslaina/lainoitusasteet>
- Nordnet. (n.d.). *Luottosopimuksen yleiset ehdot*. Noudettu 16.4.2026 osoitteesta [https://files.nordnet.fi/pdf/fi-FI/allm\\_villkor\\_kreditavtal\\_af.pdf](https://files.nordnet.fi/pdf/fi-FI/allm_villkor_kreditavtal_af.pdf)

OpenAI. (2025). *ChatGPT* (7.8.2025) [laaja kielimalli]. Noudettu 31.3.2026 osoitteesta <https://chatgpt.com>

Politis, D. N. & Romano, J. P. (1994). The stationary bootstrap. *Journal of the American Statistical Association*, 89(428), 1303–1313. <https://doi.org/10.1080/01621459.1994.10476870>

S&P Dow Jones Indices. (2023). *S&P U.S. indices methodology*. Noudettu 31.3.2026 osoitteesta <https://www.spglobal.com/spdji/en/documents/methodologies/methodology-sp-us-indices.pdf>

Verohallinto. (2026a). *Korko tuloverotuksessa*. Noudettu 31.3.2026 osoitteesta <https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/vahennykset/mita-voi-vahentaa/velat-ja-korot/korko-tuloverotuksessa/>

Verohallinto. (2026b). *Veroperusteet 2026*. Noudettu 31.3.2026 osoitteesta <https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/verokortti-ja-veroilmoitus/verokortti/veroprosentti-ja-tuloraja/veroperusteet/>

Verohallinto. (2026c). *71B Veronalaiset luovutusvoitot ja verotuksessa vähennyskelpoiset luovutustappiot, täyttöohje 2026*. Noudettu 31.3.2026 osoitteesta <https://www.vero.fi/tietoa-verohallinnosta/yhteystiedot-ja-asiointi/lomakkeet/tayttoohjeet/71b-veronalaiset-luovutusvoitot-ja-verotuksessa-vahennyskelpoiset-luovutustappiot-tayttoohje-2026/>