



Aalto-yliopisto

Mat-2.4177 Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari

Dynaaminen allokaatio ja riskibudjetointi sijoitusstrategioissa

Loppuraportti

8.5.2013

Vesa Husgafvel (projektipäällikkö)

Tomi Jussila

Ville Pohjalainen

Terhi Savelainen

Sisällys

1 Johdanto	1
1.1 Aineisto	1
2 Riskimitat	5
2.1 Volatiliteetti	6
2.2 Value-at-Risk	7
2.3 Conditional Value-at-Risk	10
3 Sijoitusstrategiat	10
3.1 Buy-and-hold	11
3.2 Constant-mix	12
3.2.1 Tasavälinen rebalansointi	12
3.2.2 Riskiperusteinen rebalansointi	13
3.3 Constant-proportion portfolio insurance (CPPI)	14
3.3.1 Sovellettavuus	14
3.3.2 Modifioitu CPPI	15
3.3.3 Tasavälinen rebalansointi	16
3.3.4 Riskiperusteinen rebalansointi	17
3.4 Muita strategioita	18
3.4.1 Trigger point	18
3.4.2 Tracking error	19
4 Tulokset	19
4.1 Testausasetelma	19
4.2 Yleisanalyysi	21
4.3 Buy-and-hold	23
4.4 Constant-mix	26
4.5 CPPI	28
4.5.1 Lattian ja kertoimen alkuarvojen vaikutus	31
4.6 Koko aikavälin tarkastelu	32
5 Yhteenvedo	34
5.1 Tulosten yhteenvedo	34
5.2 Pohdinnat ja jatkotoimenpiteet	35
6 Viitteet	37
Liite 1: Luvun 4.2 taulukot	38
Liite 2: Kommentteja projektityöstä	40

1 Johdanto

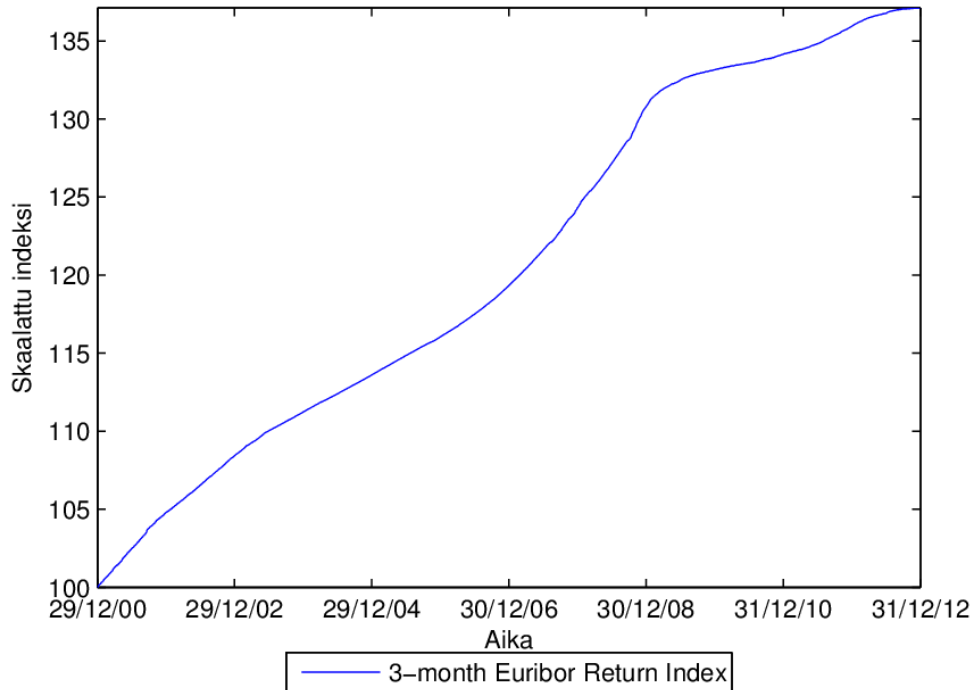
Varainhoitoyrityksiin sijoittaminen on ollut viime aikoina yleistä, ja maailmanlaajuisesti eri varainhoitoyrityksiin sijoitettu varallisuus on noin 58 biljoonaa dollaria Boston Consulting Groupin lokakuussa 2012 tekemän selvityksen mukaan. Koska varainhoidossa on kyse näin suurista rahasummista, pienikin ero sijoitusten hoitamistavassa voi aiheuttaa suuren muutoksen varallisuuden kertymisessä. Sijoituksen tuottavuuden parantaminen prosentillakin voi tuottaa huomattavasti lisää varallisuutta. Toisaalta, koska viime vuosina talouden kehitys on ollut erittäin epävakaa muun muassa euroalueen finanssikriisin johdosta, varautuminen sijoitusriskeihin on tärkeää. Varainhoitoyrityksillä on siten kaksi suurempaa tavoitetta. Ensimmäkin sijoituksia varten tulisi määrittää optimaalinen salkunhoitostrategia, joilla ne olisivat mahdollisimman tuottavia. Toisaalta sijoituksiin liittyvä riskiä tulisi voida hallita siten, että sijoitusten arvo ei laske missään olosuhteissa liikaa. Sijoituksia varten tulisi siis löytää jokin kannattava strategia, joka olisi aina tuottava, mutta johon ei kuitenkaan liity koskaan liikaa riskiä.

Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulun kurssilla ”Operaatiotutkimuksen projektityöseminaarin” projektityössä, joka tehtiin Evlin asettamasta aiheesta ”Dynaaminen allokatio ja riskibudjetointi sijoitusstrategioissa”, keskityttiin tähän ongelmaan. Työn tavoitteena oli tutustua eri salkunhoitostrategioihin ja selvittää Evlille optimaalinen tapa hoitaa sijoitussalkkujaan ja tämän lisäksi kirjallisuuskatsauksen tekeminen eri riskibudjetointimenetelmistä, ja tämän perusteella selvitettyjen parhaimpien riskibudjetointimenetelmien soveltaminen sijoitussalkkujen hoitamisen riskienhallinnassa. Tässä projektityön loppuraportissa esitellään työssä saavutetut tulokset. Loppuraportti rakentuu siten, että johdannossa esitellään projektityön tutkimusongelma ja työssä käytettävä aineisto, toisessa luvussa esitellään valitut riskibudjetointimenetelmissä käytettävät riskimitat, kolmannessa luvussa esitellään työssä kehitetyt sijoitusstrategiat, neljännessä luvussa esitellään työn tulokset, ja lopuksi viidennessä luvussa on yhteenveto koko projektityöstä.

1.1 Aineisto

Tässä työssä sijoituskohteet jaetaan karkeasti ottaen kolmeen luokkaan, jotka ovat rahamarkkinoiden instrumentit, joukkovelkakirjalainat ja osakkeet. Näistä sijoituskohteista muodostettuja portfolioita hoidetaan eri salkunhoitostrategioilla, siten että tarkasteluajanjaksoksi on valittu 29.12.2000 - 31.12.2012. Aineistossa olevat havainnot ovat vuoden jokaiselta pankkipäivältä, joten yhtä vuotta kohden on noin 250 havaintoa. Rahamarkkinoiden instrumentit ovat riskitöntä tuottoa tarjoava

vaihtoehto, jonka tuoton suuruus määräytyy 3 kuukauden Euribor-viitekoron mukaan. Tämä sijoitusvaihtoehto vastaa siis tilannetta, jossa raha asetetaan tilille kasvamaan korkoa. Työn aineistossa tämän sijoituskohteen tuoton vaihtelua kuvataan 3 kuukauden Euriborin tuottoindeksin avulla. Kuvassa 1 on esitetty 3 kuukauden Euriborin skaalattu indeksin kehitys tarkasteluajanjaksona. Skaalaminen on tehty siten, että indeksin arvo on alussa 100.

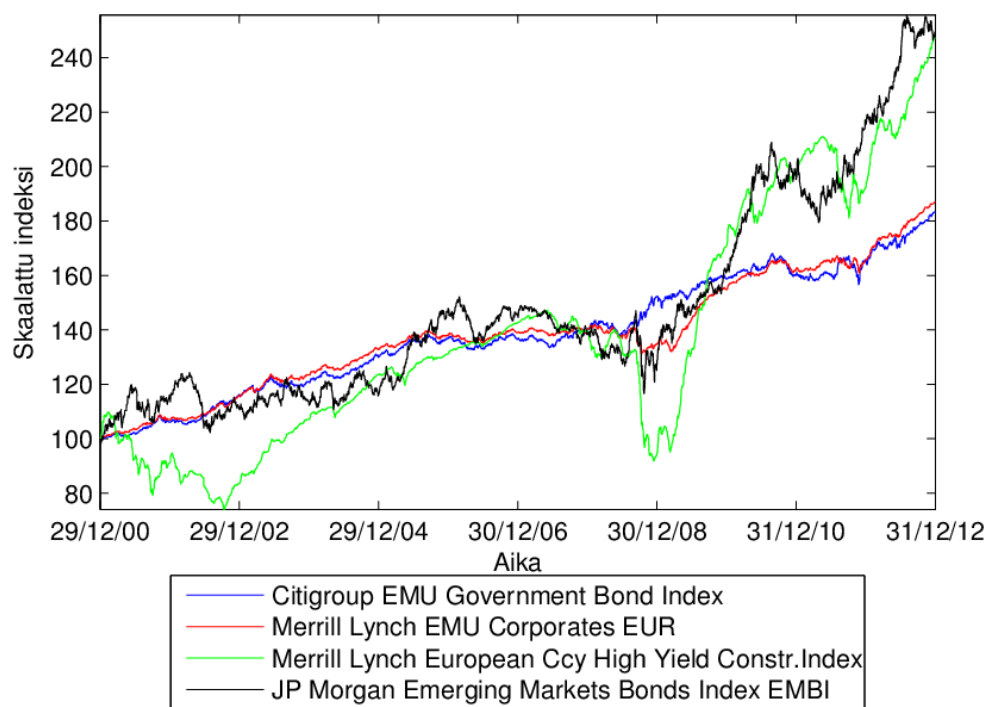


Kuva 1: Skaalatun 3 kuukauden Euriborin tuottoindeksin arvon kehittyminen tarkastelujaksolla.

Sijoitusluokista joukkovelkakirjat ovat jonkin lainasumman vakuudeksi annettuja velkakirjoja. Joukkovelkakirjan liikkeellelaskija, joka siis tarvitsee jonkin rahamäärän, sitoutuu maksamaan joukkovelkakirjan haltijalle rahaa sopimusehtojen mukaisesti. Joukkovelkakirjan nimellisarvo maksetaan sen maturiteettipäivänä ja tämän lisäksi useisiin joukkovelkakirjoihin liittyy vielä tasaisin väliajoin maksettava kuponkimaksu. Joukkovelkakirjoihin liittyvät kassavirrat ovat siis sovittu etukäteen, joten niihin ei liity muuta epävarmuutta kuin liikkeellelaskijan maksuhäiriöt. Luottamus joukkovelkakirjan liikkeellelaskijan maksukykyyn onkin yksi joukkovelkakirjan tuottovaatimukseen eniten vaikuttavista asioista. Joukkovelkakirjoilla voidaan käydä kauppaa myös niiden liikkeelle laskemisen jälkeen. Muutokset korkokannassa ja luottamuksessa joukkovelkakirjan liikkeellelaskijan maksukykyyn vaikuttavat joukkovelkakirjan arvon kehitykseen jälkimarkkinoilla.

Tässä työssä on neljä erilaista vaihtoehtoa joukkovelkakirjoihin sijoittamiseen. Valtioiden liikkeelle laskemat joukkovelkakirjat ovat yksi näistä. Koska luottamus valtioiden maksukykyyn on usein hyvä,

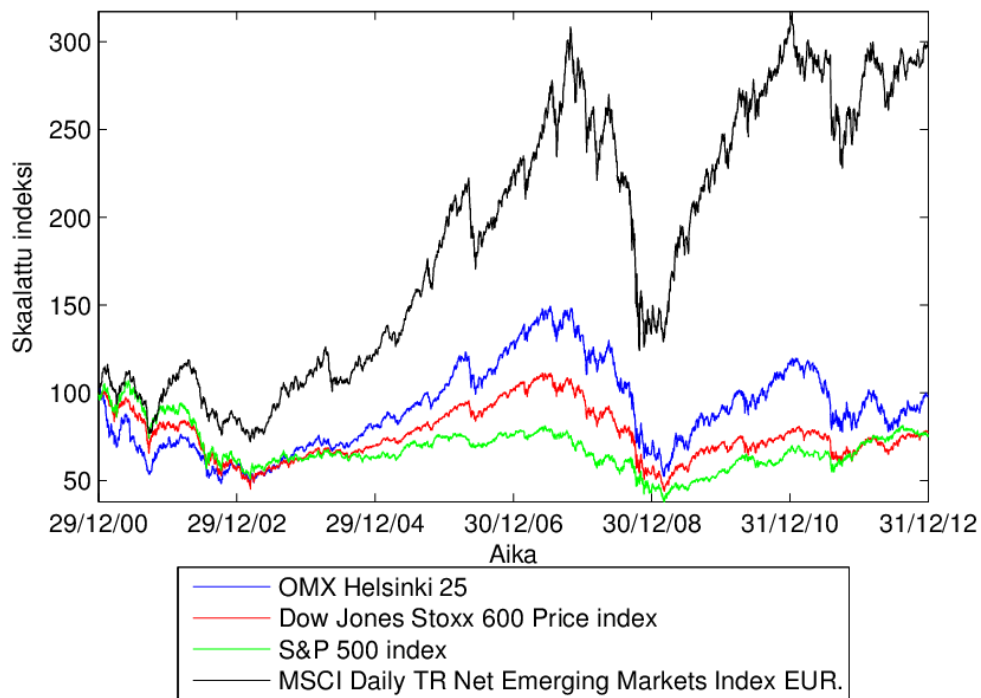
tähän sijoituskohteeseen liittyy vähän riskiä ja tuotto-odotus on myös siten pienehkö. Tämän sijoituskohteen arvon kehitystä kuvataan aineistossa Citigroupin EMU Government Bond Indexin avulla. Toinen vaihtoehto joukkovelkakirjoihin sijoittamisessa on vakavaraisten yritysten liikkeelle laskemat velkakirjat, joiden arvon kehitystä työssä kuvataan Merrill Lynchin EMU Corporates EUR Indexin avulla. Myös tämän sijoituskohteen tuotto-odotus ja riski ovat matalia. Kolmas vaihtoehto joukkovelkakirjoihin sijoittamisessa ovat niin sanotut High Yield - joukkovelkakirjat. Nämä ovat joukkovelkakirjoja, joiden liikkeellelaskijoilla on alhainen luottoluokitus. Tämän vuoksi näihin liittyy huomattavasti enemmän riskiä kuin aiemmin mainittuihin joukkovelkakirjoihin. Näiden tarjoama odotettu tuotto on kuitenkin yleensä suurempi. Tässä työssä High Yield – joukkovelkakirjojen arvon kehitystä kuvataan Merrill Lynchin European Ccy High Yield Constr. Indexin avulla. Työssä viimeinen vaihtoehto joukkovelkakirjoihin sijoittamisessa on kehittyvillä markkinoilla liikkeelle lasketut joukkovelkakirjat. Näidenkin liikkeellelaskijoilla on useimmiten alhainen luottoluokitus, jonka takia myös kehittyvien markkinoiden joukkovelkakirjoilla on hieman suurempi riski ja tuotto-odotus kuin kahdella ensin mainitulla joukkovelkakirjatyyppillä. Tässä työssä kehittyvien markkinoiden joukkovelkakirjojen arvon kehitystä kuvataan JP Morganin Emerging Markets Bonds Indexin avulla. Eri indeksien arvon kehittyminen tarkasteluajanjaksolla on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2: Eri joukkovelkakirjojen arvoja kuvaavien skaalattujen indeksien kehitys tarkasteluajanjaksolla

Osakemarkkinoilla sijoitetaan joidenkin yritysten osakkeisiin. Osakkeella kuvataan omistusosuutta sen liikkeelle laskeneesta yrityksestä, jotka keräävät tällä tavalla rahoitusta toiminnalleen. Yritykset saattavat maksaa osinkotuottoja osakkailleen, jos yhtiöllä on jakokelpoisia varoja ja yhtiön maksukyky mahdollistaa sen. Yrityksen tulevaisuudessa maksamat osingot ovat yksi merkittävimmistä osakkeen arvoon vaikuttavista tekijöistä. Myös odotus siitä, miten osakkeen arvo tulee kehittymään, vaikuttaa osakkeen arvoon kuten myös yrityksen oman pääoman tuottovaatimus, joka riippuu käytännössä yrityksen riskitasosta.

Tässä työssä osakkeisiin sijoittamisessa on neljä eri vaihtoehtoa. Yksi vaihtoehtoista on Suomen osakemarkkinoille sijoittaminen. Suomalaisten osakkeiden arvon kehittymistä kuvataan työssä OMX Helsinki 25 –indeksin avulla. Toinen vaihtoehto on eurooppalaiset osakemarkkinat, joilla osakkeiden arvon kehitystä kuvataan Dow Jones Stoxx 600 Price –indeksin avulla. Myös Yhdysvaltojen osakemarkkinoille sijoittaminen on työssä mahdollista, ja näiden markkinoiden osakkeiden arvon kehitystä kuvataan S&P 500 – indeksin avulla. Viimeinen vaihtoehto on kehittyvien alueiden osakemarkkinoille sijoittaminen, jonka arvon kehittymistä työssä kuvataan MXCI Daily TR Net Emerging Markets – indeksin avulla. Näiden indeksien arvon kehittyminen tarkasteluajanjaksolla on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3: Osakemarkkinoiden arvoa kuvaavien skaalattujen indeksien kehittyminen tarkasteluajanjaksolla

Eri indeksejä tarkastelemalla huomataan, että vaikka 3 kuukauden Euribor-viitekorko ovat riskitöntä tuottoa tarjoava vaihtoehto, niin sen tarjoamassa tuotossa on huomattavia eroja. Vuoden 2009 aikana kyseisen indeksin kasvuvauhti hidastui huomattavasti vuoden 2007 lopussa alkaneen rahoitusmarkkinoiden kriisin elvytystoimien ansiosta. Joukkovelkakirjat ovat myös olleet suhteellisen riskitön sijoituskohde tarkasteluajanjaksolla. Valtioiden ja yritysten joukkovelkakirjoja kuvaavien indeksien arvot ovat kasvaneet tasaisesti, vaikkakin kohtalaisen hitaasti koko ajanjaksolla. High Yield – joukkovelkakirjojen indeksin arvo nousi tasaisesti vuodesta 2002 vuoden 2008 romahdukseen asti, jonka jälkeen se on vuonna 2011 tapahtunutta pientä arvon alenemista lukuun ottamatta noussut selvästi voimakkaammin kuin vähemmän riskiä sisältäneiden joukkovelkakirjojen indeksit. Kehittyvien markkinoiden joukkovelkakirjojen arvo nousi tasaisesti vuoden 2005 loppuun saakka, jonka jälkeen se pysyi suunnilleen samalla tasolla, kunnes vuoden 2008 jälkeen niiden arvo rupesi kasvamaan erittäin nopeasti. Osakemarkkinoiden indekseistä huomataan, että osakkeet ovat sijoituskohteista huomattavasti eniten riskiä sisältävä vaihtoehto. Indeksien arvojen vaihtelu on huomattavasti voimakkaampaa kuin joukkovelkakirjaindekseillä. Erityisesti Suomen ja kehittyvien alueiden osakemarkkinoiden indeksien vaihtelu on ollut voimakasta, joten vaikuttaisi siltä, että nämä ovat eniten riskiä sisältävät vaihtoehdot. Tarkasteluajanjakso on ollut kuitenkin hyvä ajanjakso kehittyvien alueiden osakemarkkinoilla. Sen indeksi on kolminkertaistunut 12 vuoden aikana. Muiden kolmen indeksin arvo on tarkasteluajanjakson lopussa pienempi kuin alussa. Kuvista 1-3 nähdään kuitenkin se, että suurimmat hetkittäiset tuotot on mahdollista tehdä osakemarkkinoiden avulla kun taas rahamarkkinoilla ja joukkovelkakirjoilla sijoituksen riski on huomattavasti pienempi.

2 Riskimitat

Finanssisektorilla sijoitukseen liittyvän riskin määrittäminen on jo pitkään ollut yksi tärkeimmistä tutkimusongelmista. Varsinkin viime vuosina kaupankäyntiaktiivisuuden kasvaessa ja sijoitusmarkkinoiden epävakauden lisääntyessä voimakkaasti riskibudjetoinnin merkitys on korostunut ja tarve tehokkaiden riskimittojen kehittämiseen ja soveltamiseen on kasvanut. Tämän vuoksi myös tämän projektityön toinen tavoite oli kirjallisuuskatsauksen suorittaminen riskibudjetointimenetelmiin ja valita tämän pohjalta muutama riskimitta lähempään tarkasteluun. Työssä käytettäväksi riskimitoiksi päädyttiin valitsemaan volatilitteetti, Value-at-Risk (VaR) ja Conditional Value-at-Risk (CVaR).

2.1 Volatiliteetti

Eräs perinteisimmistä ja edelleenkin yleisesti käytetyistä riskimitoista on sijoitusten volatiliteetti, joka kuvaa kyseisen portfolion tuoton keskihajontaa vuoden aikana (Duffie ja Pan, 1997). Volatiliteetti voidaan määrittää lyhyemmältäkin ajalta kerätyn tiedon perusteella. Jos havaintoja portfolion tuotoista on T pörssipäivän ajalta, (vuotuinen) volatiliteetti σ voidaan laskea kaavalla

$$\sigma = \sqrt{\frac{252}{T}} \sigma_T, \quad (1)$$

jossa σ_T on tuottojen keskihajonta T päivän aikana ja 252 on approksimatiivisesti vuodessa olevien pörssipäivien lukumäärä. Keskihajonta σ_T voidaan määrittää kaavalla

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (r_t - \mu)^2}{T - 1}}, \quad (2)$$

jossa r_t on portfolion tuotto prosentti ajanhetkellä t ja μ on portfolion arvon keskiarvo kyseisellä aikavälillä. Historiallinen volatiliteetti on siis tilastotieteellinen mitta sijoitusten tuoton hajonnalle, joka on määritetty portfolion tuottojen historian mukaan. Mitä suurempi volatiliteetti on, sitä enemmän portfolion tuotto tulee todennäköisesti poikkeamaan odotetusta tuotosta. Suuri volatiliteetti tarkoittaa tosin myös sitä, että todennäköisyys saada huomattavasti odotusarvoa suurempia tuottoja on suurempi, kuin portfoliolla jonka volatiliteetti on pienempi. Volatiliteetti ei siis ota kantaa siihen, ovatko portfolion arvon muutokset negatiivisia vai positiivisia.

Volatiliteetti esitetään prosentuaalisena keskihajontana (Schwert, 1990), sillä absoluuttiset muutokset vaihtokursseissa eivät kerro yhtä paljon kuin prosentuaaliset muutokset. Esimerkiksi Yhdysvalloissa vuonna 1929 tapahtuneen New Yorkin pörssin romahduksen aikana Dow Jones Industrial Average –indeksin absoluuttinen muutos oli sen verran pieni, että sen kokoisia muutoksia tapahtuu nykyisin lähes päivittäin.¹

Portfolion volatiliteetti voidaan määrittää myös suoraan sen sisältämien sijoitusluokkien volatiliteettien perusteella, jos sijoitusluokkien väliset kovarianssit tunnetaan. Portfolion volatiliteetti on tällöin

¹ Vuonna 1929 Dow Jones Industrial Averagen korkeimman ja alhaisimman indeksin ero oli $381,17 - 195,35 = 185,82$. Nykyisin indeksin arvo on luokkaa 10,000.

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{i,j}}, \quad (3)$$

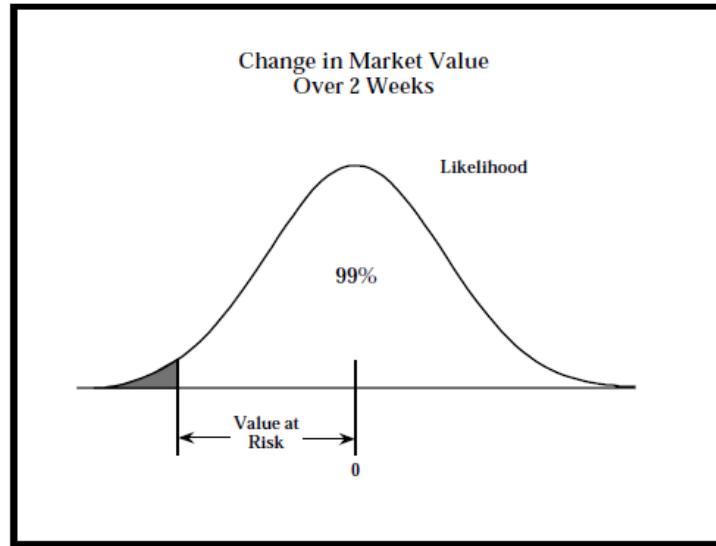
missä w_i ja w_j ovat sijoituskohteiden i ja j painot salkussa, N on sijoituskohteiden määrä salkussa ja $\sigma_{i,j}$ on sijoituskohteiden i ja j välinen kovarianssi. Sijoitusluokkiin perustuva volatilitietin määrittäminen mahdollistaa portfolion painorakenteen optimoimisen. 1950-luvulla sijoitusten salkunhallintateoriaa kehittänyt Harry Markowitz esittikin menetelmän sellaisen sijoitussalkun muodostamiseksi, joka minimoi tuottojen varianssin, kun odotetulle tuotolle on asetettu jokin minimitaso (Markowitz, 1952).

2.2 Value-at-Risk

Nykyään yksi käytetyimmistä riskimitoista on 1980-luvun lopussa käyttöön otettu Value-at-Risk (VaR), jonka suosio kasvoi huomattavasti 1990-luvun aikana J.P.Morganin yrittäessä yhdenmukaistaa markkinoilla käytettäviä käytäntöjä julkaistessaan RiskMetrics-järjestelmän. Nykyisin Value-at-Risk –menetelmää käyttävät niin suuret yritykset, sijoittajat kuin eri finanssivalvontaa suorittavat tahotkin (Linsmeier ja Pearson, 2000). Value-at-Risk on riskimitta, joka kertoo suurimman tappion, joka voidaan kokea tietyllä aikavälillä ja luottamustasolla. Kun L on sijoitustappiota kuvaava satunnaismuuttuja, Value-at-Risk on määritelmän mukaan

$$VaR_{\alpha}(L) = \inf\{l \in \mathbb{R}: P(L > l) \leq 1 - \alpha\}, \quad (4)$$

jossa α on valittu luottamustaso. Luottamustaso ja aikaväli valitaan siten, että ne sopivat parhaiten tarvittavaan riskibudjettiin. Eräs kohtalaisen usein käytetty luottamustaso ja aikaväli on 99 %:n luottamustaso kahden viikon ajalla, joka siis kertoo sen tappion suuruuden, jota enempää sijoituksen arvo ei tule laskemaan 99 % varmuudella kahden viikon aikana. Toisin sanoen sen suuruisia tappioita kahden viikon ajanjaksolla tulee odotusarvoisesti vain kerran kahdessa vuodessa. Kuvassa 4 on esitettyinä graafisesti Value-at-Risk.



Kuva 4: Value-at-Risk (Duffie ja Pan, 1997)

Kuvasta 4 huomataan myös yksi suurimmista Value-at-Riskin heikkouksista: se ei ota ollenkaan huomioon valitun luottamustason ylittyessä syntyvien tappioiden suuruuksia. Se ilmoittaa vain sen, kuinka arvokas sijoitus tulee vähintään olemaan tietyllä todennäköisyydellä. Sijoituksen mahdolliset tappiot voivat olla huomattavasti Value-at-Riskin ilmoittamaa arvoa suuremmat valittua luottamustasoa hieman pienemmällä todennäköisyydellä. Kyseinen sijoitus voi sisältää yhtä vähän riskiä Value-at-Riskin mielessä kuin jokin toinen sijoitus samalla Value-at-Riskin arvolla, jonka mahdolliset tappiot eivät tule koskaan poikkeamaan tästä arvosta merkittävästi.

Yksi kätevä tapa määrittää Value-at-Risk on historiallinen simulointi. Tässä menetelmässä muodostetaan sijoitussalkun tuotolle ja tappioille jakauma simuloiden eri markkinatekijöiden käyttäytymistä ajanjaksolla sen perusteella, miten ne ovat käyttäytyneet aikaisemmin (Linsmeier ja Pearson, 2000). Historiallisessa simuloinnissa siis nykyisen salkun arvon kehittymistä tarkastellaan jollakin valitulla N päivästä koostuvalla ajanjaksolla havaittuihin kurssinmuutoksiin perustuvilla arvoilla, jolloin salkun arvon kehittymiselle saadaan jakauma. Value-at-Risk saadaan määritettyä tästä jakaumasta siten, että sieltä valitaan se arvo, joka on valitulla luottamustasolla pienin arvo. Jos siis Value-at-Riskin luottamustasoksi on valittu 99 %, niin historiallisella simuloinnilla muodostetusta jakaumasta valitaan se arvo, joka on pienempi kuin 99 % kaikista simuloinnin arvoista. Historiallisen simuloinnin heikkoutena on se, että se ei pysty huomioimaan sellaisia muutoksia markkinoissa, joita ei ole vielä koettu, mutta joiden tiedetään siitä huolimatta olevan täysin mahdollisia.

Historiallista simulointia on kehitetty siten, että uudemmille havainnoille kurssimuutoksista voidaan antaa suurempi painoarvo kuin vanhemmille. Tätä menetelmää kutsutaan painotetuksi historialliseksi simuloinniksi (Zikovic ja Filer, 2009). Havainnoille annettavat painot annetaan eksponentiaalisesti heikkenevän funktion mukaan. Kun käytettävissä on t havaintoa, havainnolle i annettava paino on

$$w_i = \lambda^{t-i} \frac{1 - \lambda}{1 - \lambda^t}, i = 1, 2, \dots, t, \quad (5)$$

jossa λ :n arvo ($0 < \lambda < 1$) valitaan siten, että menneitä arvoja painotetaan halutulla tavalla (t arvo vastaa uusinta havaintoa). Mitä pienempi λ :n arvo on, sitä enemmän Value-at-Riskin historiallinen simulointi painottaa uusimpia havaintoja. Painotettu kertymäfunktio prosentuaaliselle tuotolle r on

$$\hat{G}(r) = \sum_{i=1}^t w_i I_{[r < r_i]}, \quad (6)$$

jossa $I_{[r < r_i]}$ on indikaattorimuuttuja, joka saa arvon 1 silloin, kun $r < r_i$. Value-at-Risk määritetään etsimällä ratkaisu tehtävään

$$VaR_{t+1|t} = \min_r \hat{G}(r) \geq \alpha, \quad (7)$$

jonka ratkaisuna saadaan pienin r , jolla painotettu kertymäfunktio on vähintään yhtä suuri kuin α , kun valittu luottamustaso on $1 - \alpha$.

Vaihtoehtoinen menetelmä Value-at-Riskin määrittämiseksi on delta-normaali menetelmä, jossa oletetaan, että eri sijoituskohteiden tuottoihin vaikuttavat tekijät ovat normaalijakautuneita (Pritsker, 1997). Tässä menetelmässä salkun tuottoa approksimoidaan ensimmäisen asteen Taylorin polynomina salkun sijoituskohteiden arvoon vaikuttavien tekijöiden muutoksien suhteen. Tällöin sijoitussalkun arvon muutokset ovat multinormaalisti jakautuneita parametrein $\mathcal{N}(\mu, \Sigma)$. Delta-normaalista menetelmää käyttäen Value-at-Risk määritetään siten, että historiallisesta datasta estimoidaan eri tuotoille varianssit sekä tuottojen väliset korrelaatiot multinormaalijakauman parametrien määrittämiseksi. Tämän jälkeen Value-at-Risk luottamustasolla α voidaan laskea kaavalla

$$VaR = \mu + \phi^{-1}(\alpha)\sqrt{\Sigma}, \quad (8)$$

jossa μ ja Σ ovat multinormaalijakauman odotusarvo ja kovarianssi ja ϕ^{-1} on normaalijakauman kertymäfunktion käänteisfunktio. Delta-menetelmän hyviä puolia on sen yksinkertaisuus, joka mahdollistaa nopean laskemisen. Salkun tuoton approksimoiminen lineaarisena ensimmäisen asteen Taylorin polynomina saattaa kuitenkin aiheuttaa ongelmia sijoitussalkun sisältäessä epälineaarisia sijoituskohteita kuten optioita. Normaalisuusoletus saattaa olla myös ongelmallinen, sillä on havaittu, että useisiin markkinakohteisiin normaalisuusoletus ei päde (Pritsker, 1997).

2.3 Conditional Value-at-Risk

Viimeinen riskimitta, joka esitellään tässä työssä, on conditional Value-at-Risk, joka tunnetaan myös nimillä mean excess loss, mean shortfall tai tail VaR. Vaikka tämä riskimitta ei olekaan yhtä käytetty riskimitta sijoittajilla kuin Value-at-Risk (Rockafellar ja Uryasev, 2000), vaan sitä on enemmänkin käytetty vakuutusyhtiöissä (Embrechts et al, 1997), tämä riskimitta on valittu tähän projektityöhön ominaisuuksiensa takia. Value-at-Riskistä poiketen tämä riskimitta ottaa huomioon myös luottamustason ylittyessä syntyvien tappioiden suuruudet. Value-at-Risk ilmoittaa suurimman mahdollisen tappion luottamustasolla $1 - \alpha$. Conditional Value-at-Risk ilmoittaa odotusarvon tappioille, jotka ovat suurempia kuin Value-at-Risk:

$$CVaR = E[R_t | R_t \leq -VaR], \quad (9)$$

Tämän takia conditional Value-at-Riskin mukaan sijoitus sisältää riskiä aina vähintään yhtä paljon kuin Value-at-Riskin mukaan. Jos jokin sijoitus siis sisältää vähän riskiä conditional Value-at-Riskin mielessä saaden pienen riskimitan arvon, se sisältää vähän riskiä myös Value-at-Riskin mielessä.

Myös conditional Value-at-Risk voidaan määrittää historiallista simulointia käyttäen. Tällöinkin jakauma sijoituksen arvolle simuloidaan samalla tavalla, jonka jälkeen conditional Value-at-Risk luottamustasolla $1 - \alpha$ voidaan laskea pienimpien α -prosentin havaintojen keskiarvona. Tämän lisäksi painotetun historiallisen simuloinnin käyttö on mahdollista painottamalla havaintoja yhtälön (5) ilmoittamalla tavalla.

3 Sijoitusstrategiat

Tässä luvussa esitellään työssä käytettävät salkunhoitostrategiat, joita vertaillaan muutaman eri kriteerin suhteen. Portfolion sisältämien sijoitusten absoluuttinen tuotto, eli sijoitusten arvo viimeisenä tarkastelupäivänä, on yksi kriteereistä. Koska sijoitusten absoluuttinen tuotto ei ota riskiä huomioon ollenkaan, toisena kriteerinä käytetään Sharpen lukua. Sharpen luku S kuvaa sijoituksilta saatavan odotetun ylituoton suuruutta suhteessa sijoitusten volatilitteettiin (Sharpe, 1966). Se lasketaan kaavalla

$$S = \frac{E[R - R_f]}{\sigma}, \quad (10)$$

jossa R on sijoitusten tuotto, σ on sijoitusten volatilitteetti ja R_f on markkinoilla olevan riskittömän sijoituskohteen tuotto. Sharpen luku siis kertoo, kuinka paljon riskiä on täytynyt ottaa lisätuoton

saamiseksi. Näiden kriteerien lisäksi sijoitusstrategioita vertaillaan edellisessä luvussa esitettyjen riskimittojen avulla.

Tässä luvussa esiteltävistä strategioista buy-and-hold-strategiaa sekä dynaamisia constant-mix- ja CPPI-strategioita käytetään työn tulosten analysoinnissa. Luvun lopussa esitettäviä trigger point- ja tracking error –strategioita sen sijaan ei käytetä numeerisessa osiossa.

3.1 Buy-and-hold

Buy-and-hold-strategia on sijoitusstrategioista yksinkertaisin ja helpoimmin toteutettava, minkä takia se tarjoaa hyvän vertailukohtan muille strategioille. Jotta jokin muu strategia olisi mielekäs, on sen tarjottava riskiin suhteutettuna parempaa tuottoa suhteessa vastaavaan buy-and-hold-strategiaan. Buy-and-hold-strategiassa investoidaan aluksi haluttuihin sijoituskohteisiin, jonka jälkeen sijoituskohteisiin sidottujen pääomien arvojen ja täten portfolion koostumuksen annetaan muuttua hintojen mukana, ilman että muutoksiin reagoitaisiin tai portfoliota muutettaisiin millään tavalla. Tällöin ei voida suojautua riskiltä, mutta toisaalta ei käytetä rahaa ja vaivaa portfolion rakenteen muuttamiseen, kuten dynaamisissa sijoitusstrategioissa. Dynaamisilla strategioilla pyritäänkin suojautumaan riskeiltä tai takaamaan tietty vähimmäistuotto – usein tuotto-odotusten kustannuksella.

Buy-and-hold-strategiaa käytettäessä sijoitusluokkaan j sitoutunut pääoma ajanhetkellä t on

$$W_{t,j} = W_{t-1,j} \frac{I_{t,j}}{I_{t-1,j}} := W_{t-1,j} \cdot (1 + M_{t,j}), \quad (11)$$

missä $M_{t,j} = \frac{I_{t,j}}{I_{t-1,j}} - 1$ on sijoitusluokan j tuottoprosentti ajanhetkellä t . Portfolion arvo hetkellä t on tällöin

$$A_t = \sum_{j=1}^J W_{t,j}. \quad (12)$$

ja edelleen sijoituskohteen j osuus portfoliossa

$$w_{t,j} = \frac{W_{t,j}}{A_t}. \quad (13)$$

3.2 Constant-mix

Kun portfolion sijoituskohteiden hinnat muuttuvat, myös niiden osuudet portfoliossa muuttuvat. Dynaamisissa sijoitusstrategioissa pyritään reagoimaan näihin muutoksiin ja palauttamaan portfolio esimerkiksi palauttamalla portfolio alkuperäiseen koostumukseensa. Käytännössä tämä tapahtuu myymällä niitä portfolion kohteita, joiden hinnat ovat nousseet ja käyttämällä myyntituotot niiden kohteiden ostamiseen, joiden hinnat ovat laskeneet. Tätä kutsutaan portfolion rebalansoimiseksi. Rebalansointi voidaan esimerkiksi suorittaa tietyin väliajoin tai käyttämällä erilaisia laukaisimia, jolloin portfolio rebalansoidaan kun sen koostumus on muuttunut liialti.

Constant-mix-strategiassa ideana on, että rebalansoinnin yhteydessä portfolion sijoituskohteiden painokertoimet palautetaan alkuperäisiin painoihin. Oletetaan, että portfolion koostumus määräytyy yhtälöiden (11)-(13) mukaan ajanhetkeen $t-1$ asti, jolloin kohteen j paino kyseisellä ajanhetkellä on $w_{t-1,j} = \frac{W_{t-1,j}}{A_{t-1}}$. Jos portfolio päätetään rebalansoida hetkellä t , täytyy jokaista kohdetta j ostaa tai myydä siten, että $w_{t,j} = w_j^0$, missä w_j^0 on alussa määritetty kohteen j tavoitepainokerroin. Jos jokaisen sijoituskohteen arvo muuttuu hetkien $t-1$ ja t välillä prosenttiosuuden $M_{t,j} = \frac{I_{t,j}}{I_{t-1,j}} - 1$ ja koko portfolion arvo prosenttiosuuden $\bar{r}_t = \frac{A_t}{A_{t-1}} - 1$, tulee kutakin kohdetta ostaa tai myydä määrä

$$\Delta W_{t,j} = \frac{\bar{r}_t - M_{t,j}}{1 + M_{t,j}} W_{t-1,j}. \quad (14)$$

Myös kaavasta (14) nähdään, että $\Delta W_{t,j}$ on positiivinen, eli kohdetta j tulee ostaa, mikäli sen tuotto on pienempi kuin koko portfolion ja myydä, mikäli tuotto on suurempi.

Useissa dynaamisissa strategioissa painokertoimia ei palauteta alkuperäiskoostumuksen mukaisiksi, vaan niille määritetään rajat, jonka sisällä kertoimet saavat vaihdella ilman että portfoliota rebalansoidaan. Mikäli rajat ylittyvät, rebalansoidaan portfolio vain siihen asti, että ollaan jälleen ("lähimmällä") sallitulla rajalla. (Donohue & Yip, 2003)

3.2.1 Tasavälinen rebalansointi

Yksinkertaisin rebalansointistrategia on tasavälinen rebalansointi. Siinä portfolion koostumus tarkistetaan tasaisin väliajoin k , esimerkiksi kerran viikossa, ja portfolio rebalansoidaan alkuperäiseen

koostumukseensa. Tässä siis pätee kaava (14), mutta $t \in \{k, 2, 3k, \dots\}$. Periaatteessa tasavälein rebalansointi perustuu olettamukseen (nk. “*mean reversion*”), jonka mukaan sijoituskohteilla on tasapainohintansa, joiden ympärillä arvot vaihtelevat. Tällöin rebalansointiväli riippuu siitä, millä aikavälillä sijoittaja uskoo hintojen palaavan näihin tasapainopisteisiin (Scherer, 2004, s. 176).

3.2.2 Riskiperusteinen rebalansointi

Tässä työssä riskiperusteisella constant-mix-strategialla tarkoitetaan, että portfolio rebalansoidaan, kun valitun riskimitan toleranssi ylittyy. Olkoon w_j^0 sijoitusluokan j paino alussa (eli ajanhetkellä $t=1$), jolloin pätee, että $\sum_{j=1}^J w_j^0 = 1$ ja $w_j^0 \geq 0 \forall j \in \{1, \dots, J\}$. Portfolion riskiin pyritään vaikuttamaan painottamalla portfolioissa sellaisia sijoitusluokkia, joiden riski on pientä. Käytännössä tämä tapahtuu seuraavan optimointitehtävän ratkaisemisella:

$$\min \sum_{j=1}^J w_j * R_j^t \quad (15)$$

$$\text{s. e.} \quad \sum_{j=1}^J w_j = 1 \quad (16)$$

$$\max\{0, w_j^0 - p\} \leq w_j \leq \min\{1, w_j^0 + p\} \quad \forall j \in \{1, \dots, J\}, \quad (17)$$

missä $R_j^t \in \{\sigma_j^t, VaR_j^t, CVaR_j^t\}$ on sijoitusluokkaan j liittyvä riski ajanhetkellä t ja $p \in [0,1]$ on sallittu poikkeama alkuperäisistä painoista w_j^0 . Tehtävän ratkaisu ei siis palauta alkuperäisiä painokertoimia, jolloin kyseessä ei enää periaatteessa ole constant-mix-strategia. Rajoitusehdon (17) vallitessa mielivaltaiset muutokset alkuperäisestä rakenteesta eivät kuitenkaan ole mahdollisia, mistä syystä kyseinen rebalansointiperuste on esitetty constant-mix-nimikkeen alla. Nimikkeessä pitäytyminen selkeyttää myöhemmin myös tulosten käsittelyä.

Minimointitehtävässä on huomattavaa, että kohdefunktio ei vastaa portfolion todellista riskiä, vaan toimii sen approksimaationa, koska sijoitusluokkien välisiä korrelaatioita ei huomioida (vrt. kaava (3)). Lisäksi koska painokertoimien vaihteluvälit on rajoitettu, ei tehtävän ratkaisu välttämättä takaa, että halutun toleranssin alle päästäisiin.

3.3 Constant-proportion portfolio insurance (CPPI)

Constant-proportion portfolio insurance (CPPI) strategian ideana on turvata tietty osuus sijoitetusta pääomasta siten, että portfolion arvo ei ikinä laske alle halutun tason. Tätä tasoa kutsutaan lattiaksi (''floor''). CPPI-mallissa oletetaan, että sijoitusvaihtoehtoina on riskitön ja riskillinen kohde, ja että sijoituspääoma jaetaan näiden kahden kohteen välillä. Pääoman allokointi tapahtuu yhtälön

$$E = \min\{A, m(A - F)\}, \quad (18)$$

mukaan, missä E on riskilliseen kohteeseen sijoitettu pääoma, A sijoitusten tämän hetkinen arvo, $F (< A)$ lattian suuruus ja m jokin positiivinen vakio. Lisäksi minimifunktio takaa, ettei riskilliseen kohteeseen sijoiteta enempää, kuin mitä portfolion kokonaisarvo A sallii. Oletetaan tilanne, jossa omaisuuden arvo on alussa $A=100$ €, lattiaksi asetettu $F=85$ € ja kertoimeksi $m=2$. Tällöin riskilliseen kohteeseen sijoitetaan $2*(100 \text{ €}-85 \text{ €})=30$ € ja riskittömään kohteeseen $100 \text{ €}-30 \text{ €}=70$ €. Jos salkun arvo sitten kasvaa 120 €:oon, nousee riskillisen sijoituksen osuus $2*(120 \text{ €}-85 \text{ €})=70$ €:oon ja riskittömän vastaavasti laskee $(120 \text{ €}-70 \text{ €})=50$ €:oon. Näin ollen riskitöntä kohdetta myydään 20 €:n edestä ja saadut rahat sijoitetaan riskilliseen kohteeseen. Tilanne toimii kääntäen, mikäli kurssit laskevatkin ja omaisuuden arvo tippuu 90 €:oon, jolloin riskillisen kohteen osuudeksi jää yhtälön mukaan $2*(90 \text{ €} - 85 \text{ €})=10$ €. Seurauksena riskillistä kohdetta myydään 10 € ja rahat allokoidaan riskittömään kohteeseen.

Yhtälössä (18) esiintyvät vakiot m ja F asetetaan sijoittajan riskipreferenssien mukaisesti, yleensä kuitenkin siten, että $m \geq 2$. Mitä suurempi on m ja mitä pienempi F , sitä suurempi on portfolion riski. Todellisuudessa m ja F voidaan asettaa dynaamisiksi muuttujiksi, jotka riippuvat portfolion arvon kehityksestä. Tällöin puhutaan VPPI-strategiasta (Variable-proportion portfolio insurance). Perold ja Sharpe (1988) esittivät, että lattia F kasvaa riskittömän sijoituskohteen koron mukaan.

3.3.1 Sovellettavuus

Peroldin ja Sharpen (1988) esittämässä CPPI-teoriassa oletetaan, että markkinoilla on vain kaksi sijoituskohdetta, joista toinen on riskillinen ja toinen riskitön. Tässä yhteydessä ei oteta kantaa, miten pääoma allokoidaan, kun tarjolla on useita riskillisiä tai riskittömiä kohteita. Kyseisen tapauksen käsittelyä ei myöskään löydetty muista kirjallisuusviitteistä.

Peroldin ja Sharpen julkaisussa (1988) CPPI-malli on jatkuva-aikainen. Tämä tarkoittaa, että mallin soveltaminen vaatii aluksi sen diskretointia, sillä työssä käytettävä aineisto koostuu päiväkohtaisista

havainnoista. Jatkuva-aikaisessa mallissa myös oletetaan, että portfolioita rebalansoidaan äärettömän tiheästi, kun taas todellisuudessa portfolioita ei kuitenkaan kannata rebalansoida liian usein (esimerkiksi transaktiokustannuksista johtuen). On siis huomattava, että yhtälön (18) mukainen pääoman jaotus ei päde, mikäli portfolioita ei ole juuri rebalansoitu. Esitetyistä ongelmista herää kaksi käytännön ongelmaa:

1. Miten omaisuus allokoidaan riskillisten sijoituskohteiden välillä?
2. Kuinka usein tai minkä perusteella portfolio kannattaa rebalansoida?

3.3.2 Modifioitu CPPI

Esitellään diskreettiaikainen modifioitu CPPI-strategia, jossa sekä lattia $F = F_t$ että kerroin $m = m_t$ ovat dynaamisia muuttujia, jotka vaihtelevat markkinatilanteen mukaan.² Tarkoituksena on kasvattaa kerrointa m markkinoiden noustessa ja vastaavasti pienentää laskevien markkinoiden aikana. Samaan aikaan säätämällä lattian tasoa, pyritään mukautumaan markkinatilanteeseen mutta suojelemaan myös saatuja voittoja.

Olkoon lattian taso alussa F_1 ja kerroin alussa m_1 . Riskittömän sijoituskohteen korko ajanhetkellä t on $r_t^f = M_{t1}$, missä M on muutosprosenttimatriisi, jossa ensimmäinen sarake vastaa riskitöntä kohdetta, loput sarakkeet $j \in \{2, \dots, J\}$ riskillisiä kohteita. Olkoon edelleen E_{t-1} riskillisiin kohteisiin sidottu pääoma ajanhetkellä $t - 1$:

$$E_{t-1} = \min\{A_{t-1}, m_{t-1}(A_{t-1} - F_{t-1})\}. \quad (19)$$

Jos riskillisissä sijoituskohteissa on pääomaa vähemmän kuin tietty prosentuaalinen osuus portfolion kokonaisarvosta $E_{trigger}$, lasketaan lattian tasoa tietyn marginaalin verran F_{margin} kuitenkin sillä edellytyksellä, että alentunut taso ei saa olla vähempää, kuin mitä riskitön korko olisi kyseiseen ajanhetkeen mennessä tuottanut. Tämän jälkeen lasketaan uusi arvo E_{t-1} :lle. Ideana lattian tason alentamisessa on säilyttää tietty osuus myös riskillisissä sijoituskohteissa, vaikka markkinat laskisivatkin. Muutoin vaarana on, että markkinoiden laskiessa koko sijoituspääoma allokoidaan riskittömään kohteeseen, minkä seurauksena riskillisten kohteiden osuus on jatkossa aina 0 %. Lattian tason laskua havainnollistaa alla oleva pseudokoodi.

if ($E_{t-1} < E_{trigger}$ & $t \in \{3, \dots, T\}$)

$$F_{t-1} = \max\{F_{t-1} - F_{margin}, \prod_{i=1}^{t-1} (1 + r_i^f) * F_1\}; \quad (20)$$

¹ Teoriassa pitäisi puhua VPPI-strategiasta, mutta selkeyden vuoksi pitäydytään CPPI-nimikkeessä koko työn ajan.

$$E_{t-1} = \min\{A_{t-1}, m_{t-1}(A_{t-1} - F_{t-1})\};$$

end

Tarkastellaan seuraavaksi, miten ajanhetkeen t liittyvä lattia F_t ja kerroin m_t määräytyvät edellisten arvojen perusteella. Määritellään väliaikainen muuttuja C_t kaavalla (21):

$$C_t = \log\left(\frac{\sum_{j=2}^J W_{t,j}}{\sum_{j=2}^J W_{t-1,j}}\right). \quad (21)$$

Jos riskillisten sijoituskohteiden arvo $\sum_{j=2}^J W_{t,j}$ on laskenut edelliseen ajanhetkeen $t-1$ nähden, on muuttuja C_t negatiivinen. Jos taas arvo on noussut, on C_t positiivinen. Asetetaan, että

$$m_t = \max\{2, m\}, \quad (22)$$

missä

$$m = \min\{-1 + m_{t-1} + \exp(m_1 C_t), 8\}. \quad (23)$$

Näin ollen kerroin m_t kasvaa, kun riskillisten sijoituskohteiden arvo nousee; sijoituskohteiden arvon vähetessä, kerroin pienenee. Kaavojen (22) ja (23) minimi-/maksimifunktioiden tehtävänä on taata, että $2 \leq m_t \leq 8$. Kyseessä on tällöin VPPI-strategia (Lee, H.I., Chiang, M.S., ja Hsu, H., 2008) sillä erotuksella, että m_t riippuu myös edellisen kertoimen arvosta, eikä pelkästään kurssivaihteluista. Näin ollen kerroin ei jää pyörimään vain lähtöarvonsa ympäristöön vaan sillä on enemmän vaihteluvaraa. Lattian F_t arvo määräytyy yhtälön (24) mukaan:

$$F_t = \max\{F_{t-1} * (1 + r_t^f), F_{t-1} * (1 + r_t^f) + 0.5 * (A_t - A_{t-1})\}. \quad (24)$$

Portfolion kokonaisarvon A_t kasvaessa lattian taso nousee riskittömän koron lisäksi myös osuuden, joka on verrannollinen portfolion arvon muutokseen (tässä tapauksessa 50 %). Tarkoituksena on toimia riskiä karttavasti ja suojata osa saaduista tuotoista käyttämällä ns. ”ratchet-floor”-strategiaa lattian suhteen (Lee, H.I., Hsu, H., Hu, L.K., ja Lin, C.C., 2011). Jos kokonaisarvo puolestaan laskee, lattia kasvaa vain riskittömän koron mukaan.

3.3.3 Tasavälinen rebalansointi

Tässä työssä tasavälistä rebalansointia noudattava CPPI-strategia tarkoittaa sitä, että portfolio rebalansoidaan, jos 1) portfolion arvo tippuu riittävän lähelle lattiaa tai 2) edellisestä rebalansoinnista on kulunut tietty aika. Koska portfolion arvon tulee olla aina yhtä suuri tai korkeampi kuin lattian, niin constant-mix-strategian yhteydessä esitettyä rebalansointia ei voida sellaisenaan suorittaa, vaan joudutaan aluksi sopimaan, miten omaisuus jaetaan riskillisten sijoituskohteiden kesken. Tasavälisen rebalansoinnin tapauksessa käytetään seuraavaa strategiaa.

Olkoon w_j^0 sijoitusluokan j paino alussa (eli ajanhetkellä $t=1$) ja luonnollisesti täytyy päteä, että $\sum_{j=1}^J w_j^0 = 1$ ja $w_j \geq 0 \forall j \in \{1, \dots, J\}$. Tällöin riskillisen sijoituskohteen $j \in \{2, \dots, J\}$ osuus kaikista riskillisistä sijoituksista on

$$w_j^E := w_j^0 / \sum_{j=2}^J w_j^0 = w_j^0 / (1 - w_1^0). \quad (25)$$

Selvästi $\sum_{j=2}^J w_j^E = 1$ ja $w_j^E \geq 0 \forall j \in \{2, \dots, J\}$. Jos portfolio nyt rebalansoidaan ajanhetkellä $t-1$ käyttämällä määriteltyjä painokertoimia, yhtälön (19) mukaan riskittömän kohteen osuus $W_{t-1,1} = A_{t-1} - E_{t-1}$ ja riskillisten kohteiden osuus E_{t-1} , missä kohteeseen j sijoitetaan määrä $W_{t-1,j} = w_j^E * E_{t-1}$. Koska rebalansointi tapahtuu aina päivän päättävän/seuraavan päivän avaavan indeksin mukaan, on portfolion arvo hetkellä t

$$A_t = \sum_{j=1}^J (1 + M_{t,j}) * W_{t-1,j} \quad (26)$$

Formaalisti ilmaistuna rebalansointi tapahtuu jos

$$temp \geq temp_{\max} \text{ tai } A_{t-1} \leq (1 + tol_F) F_{t-1}, \quad (27)$$

missä $temp$ on viimeisimmästä rebalansoinnista kuluneiden päivien lukumäärä, $temp_{\max}$ suurin mahdollinen rebalansointiväli ja tol_F toleranssi, joka määrää, kuinka lähellä portfolion arvo voi käydä lattiaa. Jos rebalansointi suoritetaan hetkellä $t-1$, niin $temp \rightarrow 1$; jos rebalansointia ei suoriteta, niin $temp \rightarrow temp + 1$.

3.3.4 Riskiperusteinen rebalansointi

Tässä työssä riskiperusteista CPPI-strategiaa noudattava portfolio rebalansoidaan, jos 1) portfolion arvo tippuu riittävän lähelle lattiaa tai 2) portfolion riski (volatiliteetti, VaR tai CVaR) kasvaa liian suureksi ja edellisestä rebalansoinnista on kulunut enemmän kuin $temp_{\min}$ päivää. Parametrin $temp_{\min}$ tehtävä on pitää huolta, ettei rebalansointia jouduta suorittamaan mielivaltaisen usein. Kun ehdot täyttyvät ja portfolio päätetään rebalansoida ajanhetkellä t , lasketaan aluksi riskittömän ja riskillisten sijoituskohteiden osuudet $A_t - E_t$ ja E_t yhtälön (19) mukaisesti. Riskillisten kohteiden painokertoimet $w_j, j \in \{2, \dots, J\}$, määrätään ratkaisemalla seuraava optimointitehtävä:

$$\min \sum_{j=2}^J (w_j - w_j^E)^2 \quad (28)$$

$$\text{s. e.} \quad \sum_{j=2}^J w_j * R_j^t \leq R_{tol} \quad (29)$$

$$\sum_{j=2}^J w_j = 1 \text{ ja } w_j \geq 0 \quad \forall j \in \{2, \dots, J\}, \quad (30)$$

missä $R_j^t \in \{\sigma_j^t, VaR_j^t, CVaR_j^t\}$ on sijoitusluokkaan j liittyvä riski ajanhetkellä t ja $R_{tol} \in \{\sigma_{tol}, VaR_{tol}, CVaR_{tol}\}$ on asetettu riskitoleranssi. Toisin kuin constant-mix-strategiassa painokertoimien vaihteluväliä ei ole rajoitettu, mutta poikkeamat alkuperäisistä arvoista w_j^E sakottavat kohdefunktiota. Tällä tavoin yritetään pitää portfolion riskillisten sijoituskohteiden suhteelliset osuudet mahdollisimman ennallaan, kuitenkin niin että portfolion riski on halutulla tasolla. Koska Value-at-Risk ei ole subadditiivinen riskimitta ³, rajoitusehdon (29) toteutuminen ei tässä tapauksessa lähtökohtaisesti takaa, että portfolion VaR pysyisi sallituissa rajoissa. Toisaalta summatermiä ei myöskään voitaisi korvata portfolion todellisella Value-at-Riskillä, sillä sen laskemisessa tarkastellaan portfolion tuottoja pitkältä ajalta tarkoittaen sitä, että portfolion rakenteen muuttaminen ei näy yhtä voimakkaasti/kovin nopeasti portfolion VaRissa. Käytännössä siis joudutaan tyytymään ehdon (29) summatermiin, joka kuitenkin toimii kelvollisena approksimaationa.

3.4 Muita strategioita

3.4.1 Trigger point

Trigger point -menetelmässä tarkkaillaan portfolion yksittäisten sijoituskohteiden painokertoimien muutoksia. Jokaiselle kohteelle määritetään oma laukaisinpiste (“*trigger point*”) ja mikäli sijoituskohteen painokertoimen erotus tavoitteesta $\Delta w_{t,j} = |w_{t,j} - w_j^0|$ ylittää laukaisinpisteen, tulee portfolio rebalansoida tämän sijoituskohteen suhteen. (Scherer, 2004, s. 175)

Laukaisinpisteet määritetään sijoittajan hyötyfunktion perusteella, johon vaikuttavat sijoittajan tuotto-riskiasenteet sekä kaupankäyntikustannusten suuruudet. Laukaisinpisteet valitaan siten, että ne maksimoivat hyötyfunktion arvon. Käytännössä pienet laukaisinpisteet johtavat usein tiheämpään rebalansointiväliin, ja päinvastoin. Laukaisinpisteet ovat yleensä sitä pienempiä, mitä riskiä

³ Epäyhtälö $VaR_{A \cup B} \leq VaR_A + VaR_B$ ei päde.

välttelevämpi sijoittaja on. Jos taas kaupankäyntikustannukset ovat korkeita tai sijoituskohteilla korkea kovarianssi tai volatilitteetti, laukaisinpisteetkin kasvavat. (Scherer, 2004, s. 175) Laukaisinpisteet voidaan myös määrittää prosenttiosuuksina tavoitekertomista tai siten, että jokaisen sijoitusluokan painokerroin ylittyy yhtä todennäköisesti (Donohue & Yip, 2003).

Trigger point -strategiaa käytetään yleisesti sen yksinkertaisuuden takia. Kuitenkin kyseinen menetelmä optimoi portfoliota vain yhden sijoituskohteen kannalta, eikä tarkkaile portfolion kokonaisvirhettä. Menetelmä ei myöskään ota kantaa sen suhteen, miten portfolion muiden kohteiden suhteen pitäisi toimia, kun yhtä rebalansoidaan. Menetelmä ei myöskään palauta portfoliota sen alkuperäiseen koostumukseen, sillä tämä ei ole kaupankäyntikustannusten varjossa kannattavaa. (Scherer, 2004, s. 176) Menetelmästä on kuitenkin versioita, joissa portfolio tasapainoitetaan aina alkuperäiseen koostumukseensa mikäli yksikin laukaisinpiste ylittyy (Donohue & Yip, 2003), jolloin kyseessä on oikeastaan constant-mix-strategia.

3.4.2 Tracking error

Tracking error -strategiassa tarkkaillaan portfolion koostumuksen eroa tavoitteeseen. Strategiassa tarkkaillaan jatkuvasti, esimerkiksi päivittäin, suureen

$$\sum_i \sum_j (w_{t,i} - w_i^0)(w_{t,j} - w_j^0) \sigma_{ij} \quad (31)$$

arvoa. Tässä σ_{ij} on sijoitusluokkien i ja j välinen kovarianssi ja w_j^0 kohteen j tavoitepainokerroin. Suurelle määritetään maksimiarvo, $\bar{\sigma}_{te}^2$, ja mikäli arvo ylittyy, tulee portfolio rebalansoida. Tämän jälkeen ratkaistaan optimointitehtävä, jossa etsitään rebalansointitapa, joka sekä minimoi tracking errorin että kaupankäyntikustannukset. Menetelmä ei siis yleisesti ottaen palauta portfoliota painokertoimiltaan alkuperäiseen koostumukseen. (Scherer, 2004, s. 177)

4 Tulokset

4.1 Testausasetelma

Työssä tutkittiin buy-and-hold-, constant-mix- ja CPPI-strategian toimivuutta vertailemalla kolmen eri sijoitusportfolion arvonkehitystä tarkasteluajanjaksolla 29.12.2000 – 31.12.2012. Tarkasteltavien portfolioiden painorakenne oli seuraavanlainen:

$P30 = [0.1, \quad 0.2, \quad 0.2, \quad 0.1, \quad 0.1, \quad 0.05, \quad 0.1, \quad 0.1, \quad 0.05],$

$P50 = [0.1, \quad 0.15, \quad 0.15, \quad 0.05, \quad 0.05, \quad 0.1, \quad 0.15, \quad 0.15, \quad 0.1],$

$P80 = [0.0, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.15, 0.25, 0.25, 0.15]$,

missä painokerroin w_j^0 vastaa sijoitusluokkaa $j \in \{1, \dots, 9\}$ seuraavasti:

- 1=3-month Euribor Return Index
- 2=Citigroup EMU Government Bond Index
- 3=Merrill Lynch EMU Corporates EUR
- 4=Merrill Lynch European Ccy High Yield Constr.Index
- 5=JP Morgan Emerging Markets Bonds Index EMBI
- 6=OMX Helsinki 25
- 7=Dow Jones Stoxx 600 Price index
- 8= S&P 500 index
- 9=MSCI Daily TR Net Emerging Markets Index EUR

Kunkin sijoitusluokan volatilitteetti, Value-at-Risk ja CVaR määrättiin tarkasteluajanjaksona. Volatilitteetti laskettiin 21 pörssipäivän havainnon perusteella, kun taas Value-at-Risk ja conditional Value-at-Risk määrättiin käyttämällä painotettua historiallista simulointia kaavojen (5)-(7) mukaisesti, siten että luottamustasoksi valittiin 95 %, painokertoimeksi $\lambda = 0.97$ ja käytettyjen havaintojen määräksi 250, eli yhden vuoden havainnot.

Koko tarkasteluajanjakso jaettiin neljään 4 vuoden pituiseen sykliin, joista kutakin tutkittiin erikseen:

- 1) 28.12.2001 – 30.12.2005
- 2) 23.12.2003 – 21.12.2007
- 3) 23.2.2007 – 24.2.2011
- 4) 31.12.2008 – 31.12.2012

Periaatteessa tarkasteluajanjaksot olivat 5 vuoden pituisia, mutta koska Value-at-Riskin ja Conditional Value-at-Riskin määrittämiseen käytettiin 250 päivää, meni tarkastelujakson ensimmäinen vuosi näiden riskimittojen alustamiseen.⁴

Kullakin tarkasteluvälillä 1)- 4) testattiin buy-and-hold-, constant-mix- ja CPPI-strategiaa valituilla portfolioilla, siten että rebalansointiperustetta (tasavälisyys, volatilitteetti, VaR, CVaR), riskitoleranssia

⁴ Vaikka constant-mix- tai CPPI-strategian varsinainen rebalansointiperuste ei olisi ollut tasavälisyys, alustusvaiheessa kuitenkin oletettiin 22 päivän välein tehtävä tasavälinen rebalansointi.

R_{tol} /rebalansointiväliä $temp_{max}$ sekä lattian ja kertoimen lähtöarvoja (F_1 ja m_1) muutettiin. Portfolion alkuarvoksi oletettiin $A_1 = 100$, kaikissa riskiperusteisissa rebalansointitapauksissa käytettiin arvoa $temp_{min} = 10$ (päivää) ja erityisesti constant-mixin riskiperusteissa rebalansoinnissa asetettiin painokertoimien suurimmaksi sallituksi poikkeamaksi 5 % ($p = 0.05$).

Käymällä seuraavat parametriarvot läpi

$temp_{max} \in \{10, 22, 63\}$, $\sigma_{tol} \in \{0.04, 0.05, 0.06\}$, $Var_{tol} \in \{0.01, 0.015, 0.02\}$, $CVAR_{tol} \in \{0.01, 0.015, 0.02\}$, $m_1 \in \{2, 3, 5\}$ ja $F_1 \in \{50, 70, 85\}$,

saatiin tarkasteltavien tapausten lukumääräksi 1452, joista buy-and-hold strategioita oli 12, constant-mix-strategioita 144 ja CPPI-strategioita 1296. Kaikki simulaatiot suoritettiin Matlab-ohjelmistolla.

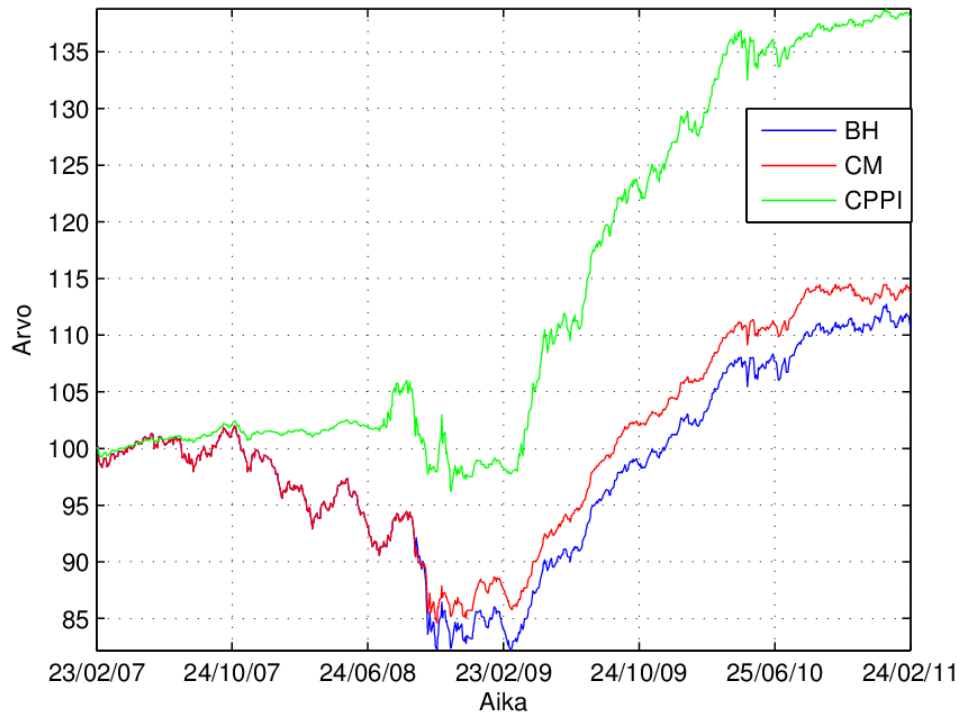
4.2 Yleisanalyysi

Liitteen 1 taulukoissa 1-4 on esitetty kullakin aikavälillä absoluuttiselta tuotoltaan sekä Sharpen luvultaan parhaiten ja huonoiten menestyneet buy-and-hold, constant-mix ja CPPI-kombinaatiot. Näihin kombinaatioihin liittyvät keskimääräiset riskit sekä absoluuttiset minimi- ja maksimi-arvot ovat myös esitettyinä kyseisissä taulukoissa. Rebalansointiperusteen (Rebal.) ollessa ”Aika”, riskitoleranssi (Tol.) kohdassa oleva arvo kertoo rebalansointitiheyden $temp_{max}$.

CPPI-strategiat tuntuvat esiintyvän sekä huonoimpina että parhaimpina strategioina niin absoluuttisen tuoton kuin Sharpen luvunkin suhteen, mikä ei sinänsä ole kovin yllättävää, koska eri CPPI-kombinaatioiden lukumäärä on huomattavasti suurempi kuin buy-and-hold- tai constant-mix-kombinaatioiden lukumäärä. Taulukoiden silmämääräinen tutkiminen ei paljasta mitään selkeästi hyvää tai huonoa kombinaatiota, vaan arvonkehitys riippuu voimakkaasti tarkasteluajanjaksosta. Esimerkiksi toisella tarkasteluperiodilla (taulukko 2) portfolioiden arvot eivät (käytännössä) laske kertaakaan alkuperäisen arvon $A_1 = 100$ alle, mikä kertoo noususuhdanteisista markkinoista. Kyseisenä ajanjaksona paljon osakkeita sisältävä portfolio P80 olikin absoluuttiselta tuotoltaan P30:tä tai P50:tä parempi. P80:een liittyi kuitenkin voimakkaita arvonmuutoksia, sillä Sharpen luku suosi portfolioa P30.

Erityisen mielenkiintoinen on aikavälin 23.2.2007 – 24.2.2011 parhaiten menestynein CPPI-strategia, sillä sama kombinaatio dominoi sekä absoluuttisen tuoton että Sharpen luvun suhteen. Lisäksi ero parhaisiin buy-and-hold- sekä constant-mix-kombinaatioihin on hyvin selkeä. Absoluuttisen tuoton osalta tilannetta on havainnollistettu kuvassa 4, joka ilmentää modifioitua CPPI-strategiaa

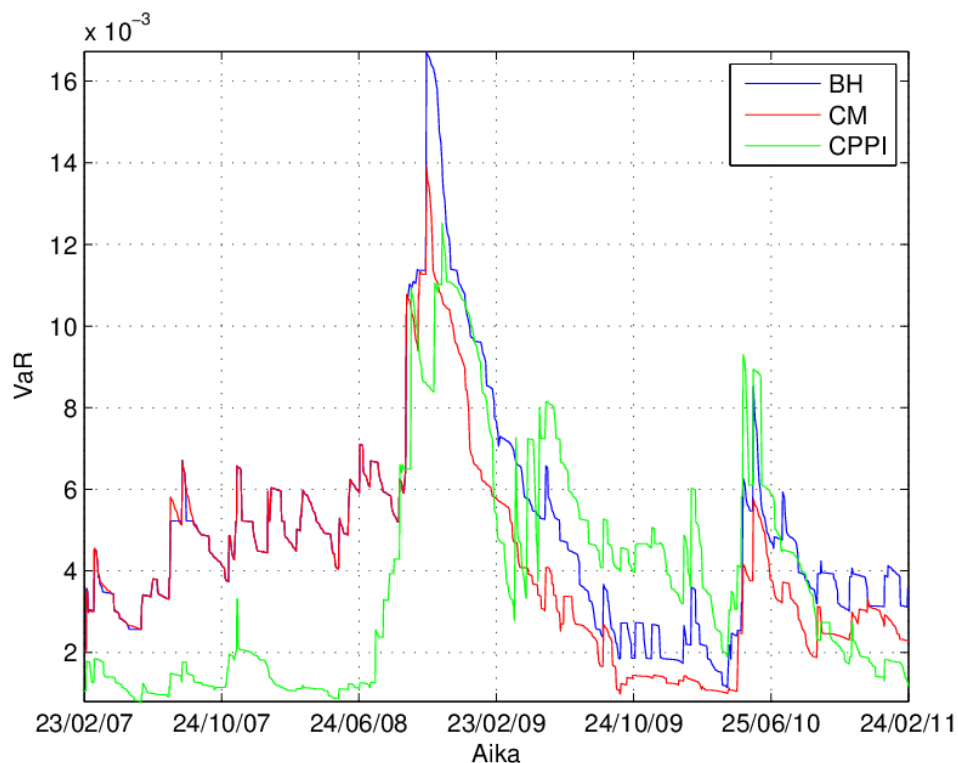
parhaimmillaan. Lattia pakottaa alussa suurimman osan pääomasta riskittömille rahamarkkinoille, koska osakekurssit laskevat. Kun riskillisten kohteiden kurssit taas lähtevät nousuun helmikuun 2009 lopulla, aiheuttaa niiden arvonmuutos kertoimen m_t voimakkaan kasvun yhtälöiden (21)-(23) mukaisesti, mikä edelleen lisää riskillisten kohteiden painoa portfolioissa. Käytännössä modifioitu CPPI-strategia harvoin kuitenkaan toimii yhtä tehokkaasti.



Kuva 5: Absoluuttiselta tuotoltaan parhaiden buy-and-hold (BH), constant-mix (CM) ja CPPI-kombinaatioiden arvonkehitys aikavälillä 23.2.2007 – 24.2.2011. Kombinaatioiden tarkempi kuvaus löytyy liitteen 1 taulukosta 3.

Kuvan 5 arvonkehitysgraafista käy ilmi, että constant-mix noudattaa alussa pitkän aikaa buy-and-hold-strategiaa, minkä syy selviää tutkimalla kuvassa 6 esitettyjä Value-at-Risk-käyriä. Koska tarkasteltu constant-mix-strategia noudattaa 0,01 yksikön VaR-perusteista rebalansointia eikä portfolio VaR ylitä kyseistä kynnysarvoa ennen heinäkuuta 2008, ei rebalansointeja ole myöskään tarvetta suorittaa tätä ennen. Rebalansoinnin ansiosta constant-mix-strategian VaR ei nouse yhtä korkeaksi kuin buy-and-holdin, vaikkakin toleranssi ylittyy selvästi. Tämä johtuu siitä, että 1) Value-at-Risk määräytyy 250 havainnon viiveellä, 2) constant-mix-strategiassa kunkin sijoitusluokan painokerroin saa vaihdella korkeintaan 5 prosenttiyksikköä alkuperäisistä painoista ja 3) rebalansointeja voidaan suorittaa enintään 10 päivän välein. CPPI-strategiaan liittyvä VaR on alussa

hyvin pientä, mikä korostaa portfolion rahamarkkinapainotteisuutta. Myöhemmässä vaiheessa riski on välillä buy-and-hold ja constant-mix-strategioita suurempaa eron pysyessä kuitenkin verrattain pienenä tuottokäyrään nähden.



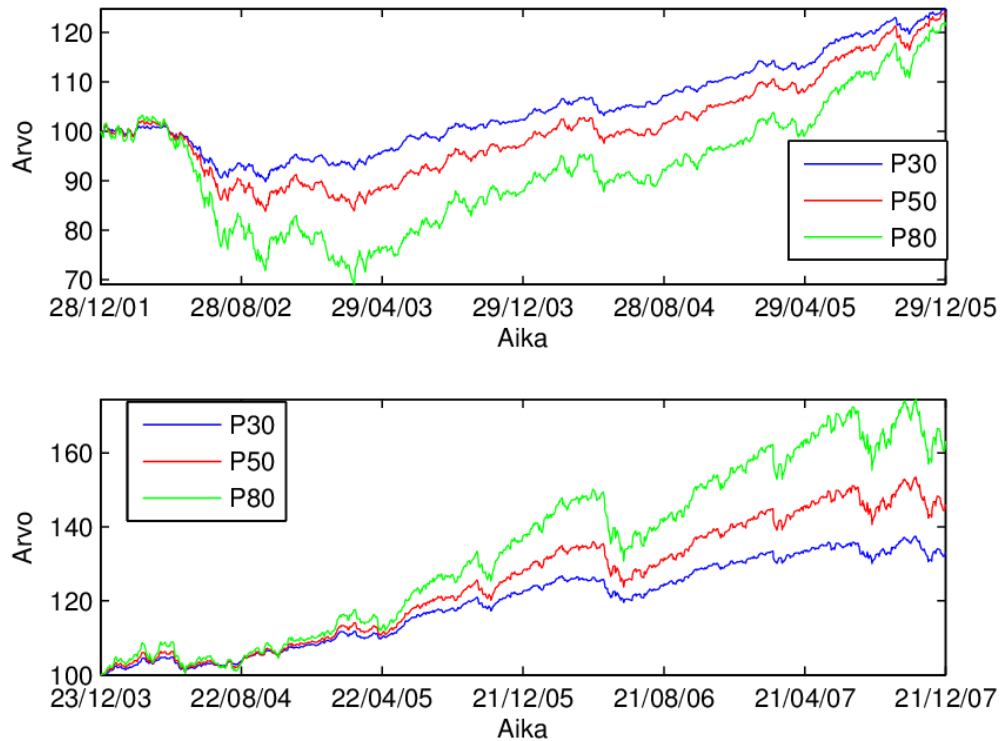
Kuva 6: Absoluuttiselta tuotoltaan parhaiden buy-and-hold (BH), constant-mix (CM) ja CPPI-kombinaatioiden 5 %:n Value-at-Risk aikavälillä 23.2.2007 – 24.2.2011. Kombinaatioiden tarkempi kuvaus löytyy liitteen 1 taulukosta 3.

4.3 Buy-and-hold

Kuvissa 7 ja 8 on esitetty kullakin tarkasteluajanjaksolla portfolioiden P30, P50 ja P80 arvonkehitys käytettäessä buy-and-hold-strategiaa. Kuvassa 7 ensimmäinen ajanjakso sisältää alussa notkahduksen portfolioiden arvoissa, joka on pahimmillaan portfolion P80 kohdalla jopa -30 %. Pienin notkahdus on portfoliolla P30, koska sen koostumus on painottunut vähemmän riskialttiisiin velkakirjoihin ja rahamarkkinoihin. Loppua kohden kukin portfolio kasvaa arvoltaan ja päättyy portfolioista riippumatta lähes samaan arvoon, joka on noin 20 % lähtöarvoa suurempi.

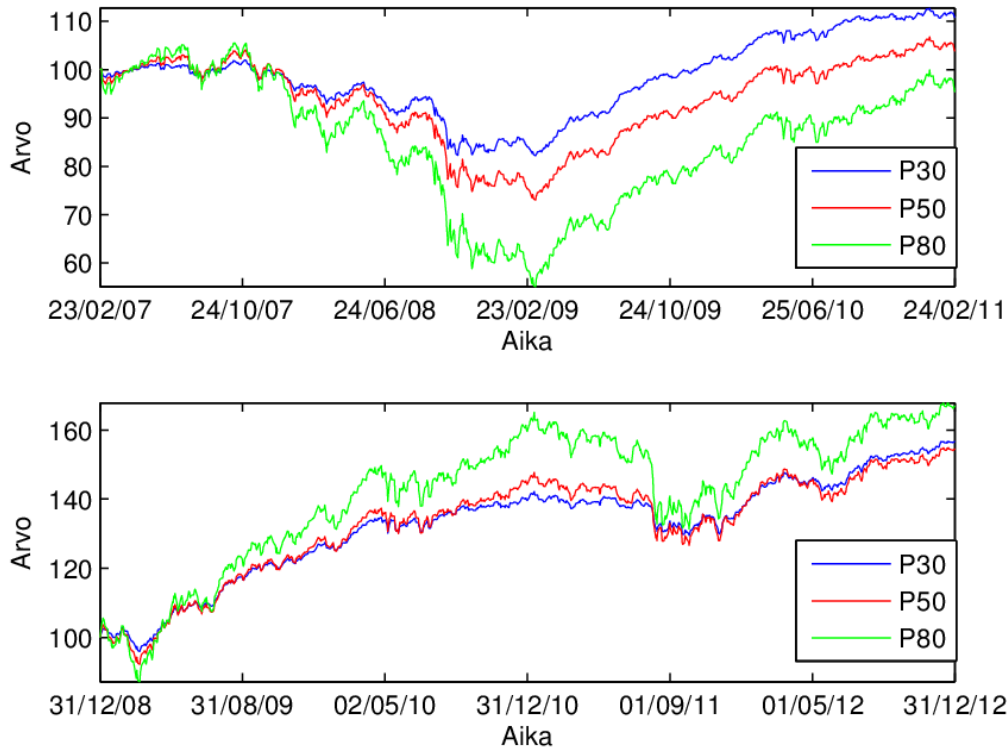
Toinen ajanjakso 23.12.2003 – 21.12.2007 noususuhdanteinen ja P80:n osalta kasvua kertyykin parhaimmillaan lähes 60 %. Portfolioiden P30 ja P50 kohdalla tuotto ei kuitenkaan ole yhtä

voimakasta. Tilanne korostaa painorakenteen merkitystä: nousukaudella saadaan suurempi hyöty sijoittamalla riskillisiin kohteisiin.



Kuva 7: Buy-and-hold-strategiaa noudattavien portfolioiden arvonkehitys aikaväleillä 28.12.2001 – 30.12.2005 ja 23.12.2003 – 21.12.2007.

Kuvassa 8 on esitetty kolmas ja neljäs valituista ajanjaksoista, joista kolmas sisältää voimakkaan laskun, kun taas neljäs ajanjakso on selvästi noususuhdanteisempi. Kolmas ajanjakso on tuotoissa mitattuna huonoin tarkastelujaksoista ja siinä näkyikin selvästi finanssikriisi, kun portfolioiden arvot romahtivat vuoden 2008 lopulla. Parhaimmillaan päästiin vain hiukan yli 10 % tuottoon. Neljännellä ja viimeisellä ajanjaksolla 31.12.2008 – 31.12.2012 P80:n osalta päästiin lopussa yli 60 % tuottoon. Myös P30 ja P50 menestyivät kyseisellä ajanjaksolla varsin hyvin.



Kuva 8: Buy-and-hold-strategiaa noudattavien portfolioiden arvonkehitys aikaväleillä 23.2.2007 – 24.2.2011 ja 31.12.2008 – 31.12.2012.

Taulukossa 1 on esitetty jokaisen buy-and-hold-strategian absoluuttiset tuotot ja Sharpen luvut eri tarkasteluajanjaksoilla. Sinisellä taustalla on merkitty kunkin tarkasteluvälin paras tuotto ja Sharpen luku. Taulukon 1 perusteella portfolio P30 näyttäisi keskimäärin nousevan parhaaksi portfoliovalinnaksi. Tätä päätelmää tukevat myös kuvien 7 ja 8 kuvaajat.

Taulukko 1: Buy-and-hold-strategioiden absoluuttinen tuotto ja Sharpen luvut eri ajanjaksoilta.

Aikajakso/Portfolio	P30		P50		P80	
	Tuotto	Sharpe	Tuotto	Sharpe	Tuotto	Sharpe
28.12.2001 – 30.12.2005	124.82	0.022	123.95	0.0084	121.87	0.0004
23.12.2003 – 21.12.2007	133.00	0.0669	146.10	0.0630	163.22	0.0587
23.2.2007 – 24.2.2011	110.73	0.0023	103.75	-0.0038	95.33	-0.0035
31.12.2008 – 31.12.2012	154.56	0.0149	156.74	0.0393	167.07	0.0045

4.4 Constant-mix

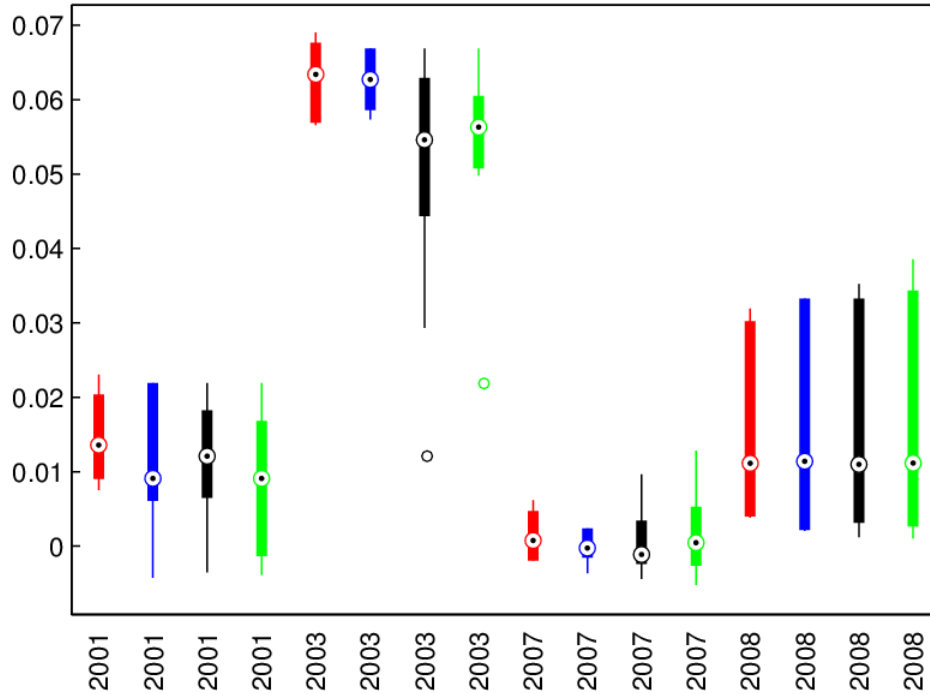
Kuvissa 9-10 on esitetty constant-mix-strategioiden absoluuttisen tuoton ja Sharpen luvun ns. ”boxplot”-kaaviot käytettyjen rebalansointimenetelmien suhteen kullakin aikavälillä. Kuvioissa ympyröity piste edustaa havaintoarvojen mediaania, väritetty laatikko ylä- ja alakvartiileja, jotka tässä tapauksessa ovat 75 % ja 25 %. Viivat kuvaavat havaintoja, jotka ovat 1.5 IQR:n etäisyydellä ylä- ja alakvartiileista.⁵ Eriväriset ympyrät ovat poikkeavia havaintoarvoja, jotka eivät mahtuneet enää viivojen sisälle.

Kuvien 9 ja 10 mediaaneja vertailemalla ei suoralta kädeltä voida tehdä päätelmää, mikä rebalansointiperusteista olisi paras. Erityisesti absoluuttisen tuoton osalta menestyminen näyttää olevan hyvin markkinatilannesidonnaista. Kuvien tarkempi tutkiskelu paljastaa, että aika-pohjaisilla strategioilla ei esiinny paljon ylä- ja alakvartiileista poikkeavia arvoja eikä yhtään poikkeavaa havaintoarvoa. Tämä pätee riippumatta siitä, tarkastellaanko strategioita absoluuttisen tuoton (kuva 10) vai Sharpen luvun mukaan (kuva 9). Sen sijaan muissa rebalansointikriteereihin perustuvissa strategioissa esiintyy poikkeavia havaintoja sekä voimakasta vaihtelua niin Sharpen luvuissa kuin absoluuttisissa tuotoissakin. Sharpen luvuissa kaikista selvimmin tämä tulee esiin VaR- ja CVaR-pohjaisilla strategioilla, joiden vaihtelu on voimakasta jokaisella ajanjaksolla.

Buy-hold-strategioiden tarkastelu paljasti, että aikavälit 28.12.2001 - 30.12.2005 ja 23.2.2007 - 24.2.2011 sisälsivät voimakkaimmat laskusuhdanteet. Sama ilmiö on havaittavissa myös constant-mix-strategioiden tuotoissa ja Sharpen luvuissa. Näiden laskusuhdannekausien mediaaneja ja kvartiileja vertailemalla aika-pohjainen strategia vaikuttaisi parhaalta. Jos tarkastelu kuitenkin rajataan pelkästään jaksoon 23.2.2007 - 24.2.2011, vaikuttaa CVaR parhaalta rebalansointiperusteelta.

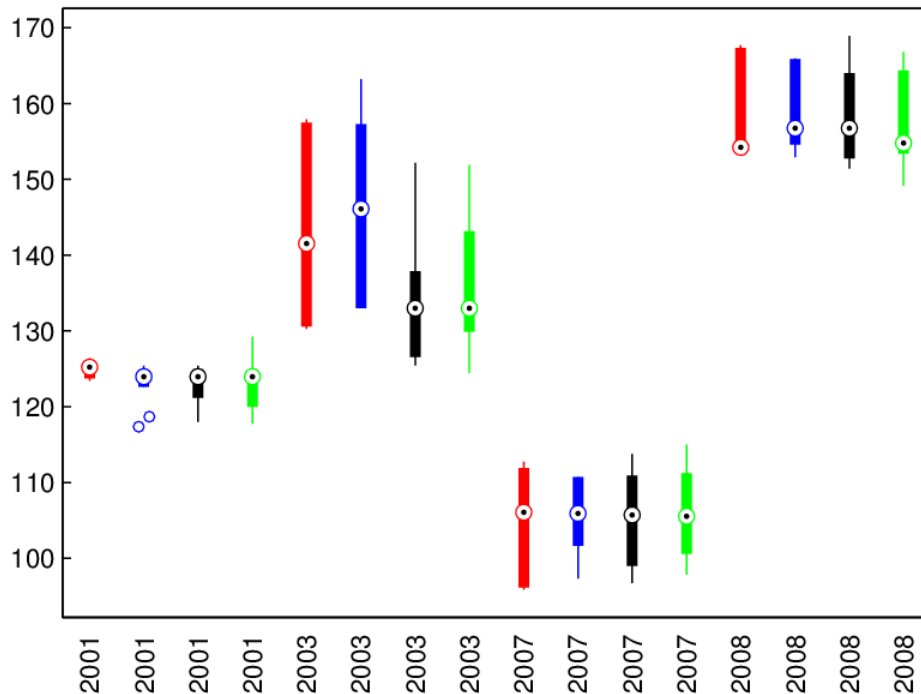
Markkinoiden puolestaan noustessa (23.12.2003 – 21.12.2007 ja 31.12.2008 – 31.12.2012) volatilitteetti-pohjaiset strategiat vaikuttavat suhteellisen hyvältä vaihtoehdolta, sillä niiden mediaanit ovat ylitse muiden ja kvartiilitkin ovat hyvällä tasolla muihin rebalansointimenetelmiin nähden.

⁵ IQR eli ”interquartile range” on määritelmänsä mukaan $IQR = Q_3 - Q_1$, missä Q_3 on yläkvartiili ja Q_1 on alakvartiili.



Kuva 9. Constant-mix-strategian Sharpen luvun boxplot-kaavio eri aikaväleillä käytettyjen rebalansointimenetelmien suhteen. Punainen väri edustaa aika-, sininen volatiliteetti-, musta VaR- ja vihreä CVAR-pohjaista strategiaa.

Buy-and-hold-strategioihin verrattuna löytyy aina joku vastine constant-mix-strategioista, joka päihittää buy-and-holdin. Ensimmäisellä ja kolmannella ajanjaksolla (tai osittain laskevat kaudet) constant-mix-strategioiden mediaanit ovat kaikki buy-and-hold-strategioita hieman korkeampia. Tulos on johdonmukainen, sillä constant-mix-strategiat pyrkivät pitämään salkun alkuperäisen painotuksen, minkä takia laskevilla markkinoilla riskillisten kohteiden omistumäärä kasvaa ja markkinoiden taas noustessa saadaan suurempia tuottoja. Sen sijaan nousukausilla mediaanit ovat alle buy-and-holdin tuoton, vaikkakin parhaissa tapauksissa saadaan myös korkeampia tuottoja.



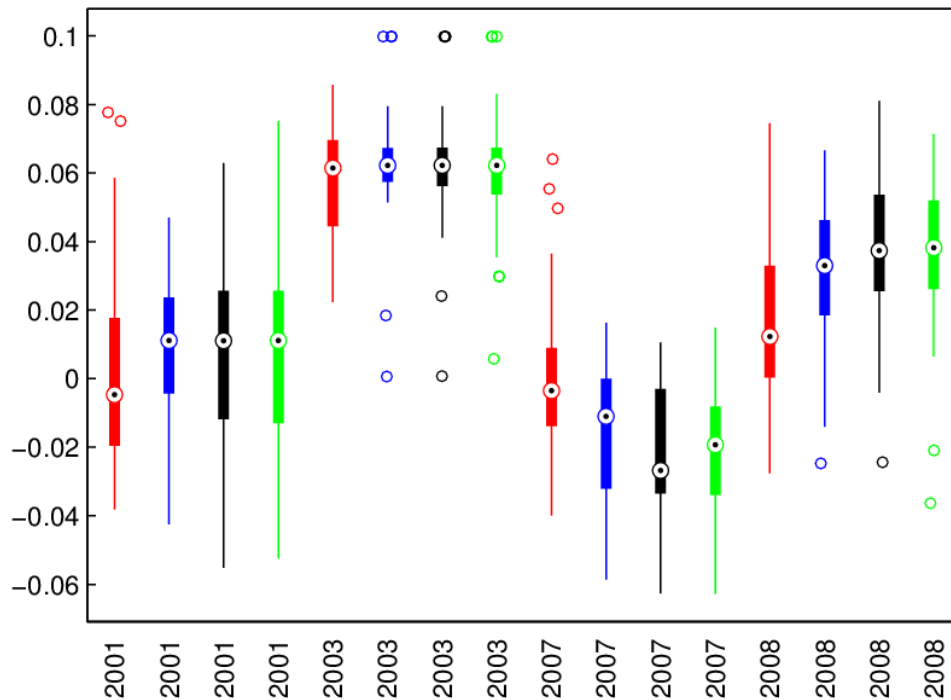
Kuva 10. Constant-mix-strategian absoluuttisen tuoton boxplot-kaavio eri aikaväleillä käytettyjen rebalansointimenetelmien suhteen. Punainen väri edustaa aika-, sininen volatiliteetti-, musta VaR- ja vihreä CVaR-pohjaista strategiaa.

4.5 CPPI

Kuvissa 11 - 12 on esitetty CPPI-strategioiden absoluuttisen tuoton ja Sharpen luvun boxplot-kaaviot käytettyjen rebalansointimenetelmien suhteen kullakin aikavälillä. Suurin ero näissä constant-mix-strategioihin nähden on suurempi vaihtelu, sillä Sharpen luvuissa ja absoluuttisissa tuotoissa on mahdollista päästä joka jaksolla parempiin lukemiin, mutta myös toisaalta paljon huonompiinkin. Lisäksi on otettava huomioon, että CPPI-strategiat sisältävät monta poikkeavaa havaintoarvoa. Tilanteeseen vaikuttaa se, että CPPI-strategiaa valittaessa oli enemmän parametreja (kerroin m ja lattia F) ja sitä kautta eri strategioiden variaatioita oli huomattavasti enemmän.

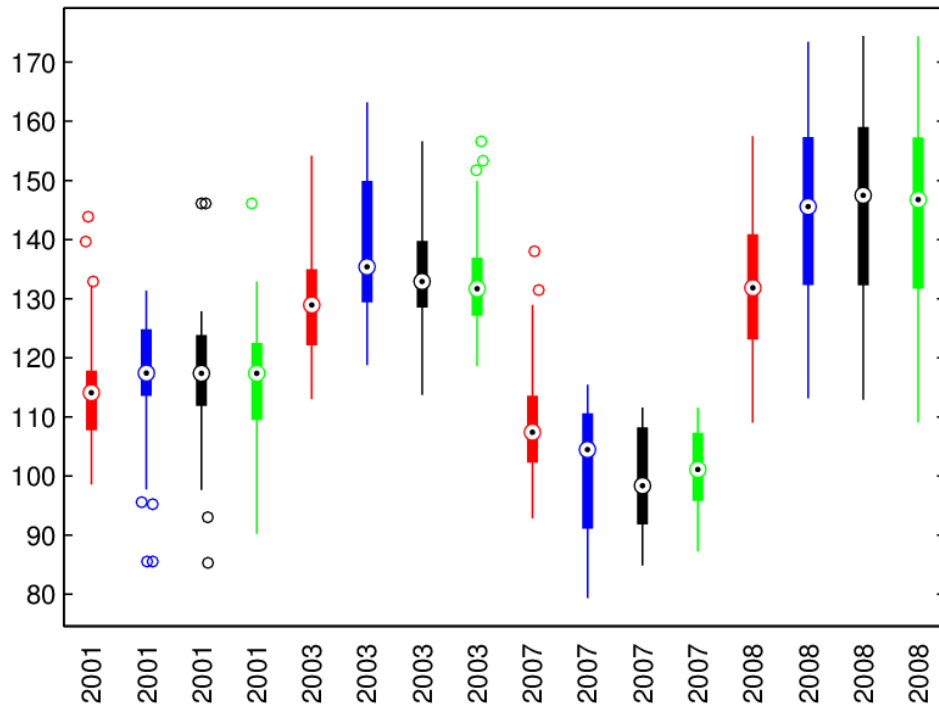
Kuvien 11 ja 12 mukaan tarkastelujaksolla 23.2.2007 - 24.2.2011 aika-pohjainen rebalansointi tuottaa mediaanin mukaan parhaan tuloksen, mutta muilla väleillä se on taas mediaanin mukaan huonoin vaihtoehto. Tilanne on sama kvartiilien osalta. Kolme muuta strategiaa ovat jokseenkin tasoissa, vaikka pahimman laskukauden sisältävällä ajanjaksolla (23.2.2007 - 24.2.2011) volatiliteettiin perustuva strategia on parempi kuin VaR- tai CVaR-pohjainen strategia.

Lisäksi huomattavaa on, että CVaR-pertusteininen strategia tarjoaa paremman suojauksen laskusuhdannekaudella 23.2.2007 - 24.2.2011 kuin VaR-pohjainen strategia, mikä sinänsä on johdonmukaista, koska VaRista poiketen CVaR huomioi myös luottamustason ylittävät häntäpään riskit.



Kuva 11: CPPI-strategian Sharpen luvun boxplot-kaavio eri aikaväleillä käytettyjen rebalansointimenetelmien suhteen. Punainen väri edustaa aika-, sininen volatilitteetti-, musta VaR- ja vihreä CVaR-pohjaista strategiaa.

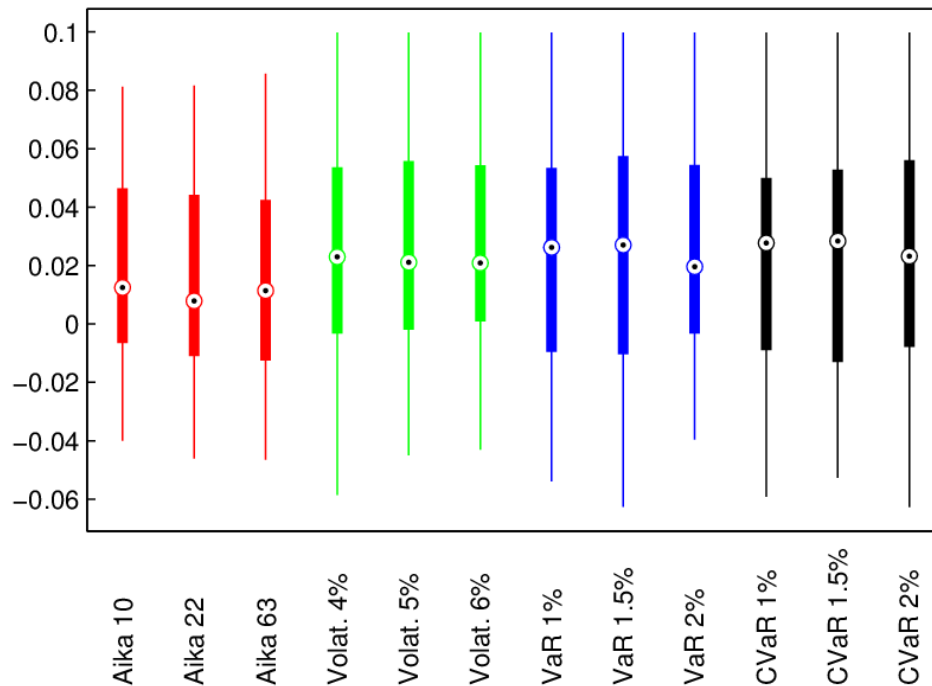
CPPI-strategioiden suuren vaihtelun takia ne sekä voittavat buy-and-hold-strategiat että häviävät niille - aivan kuten constant-mix-strategiatkin. CPPI-strategioiden tuottojen mediaanit ovat keskimäärin alhaisemmat kuin constant-mix-strategioilla, mikä tarkoittaa huonompaa tulosta suhteessa buy-and-holdiin. Yksikäsitteisesti parasta vaihtoehtoa ei kuvien 11 ja 12 perusteella voida valita, minkä takia tutkitaan vielä, miten eri rebalansointikriteerien parametrit vaikuttivat Sharpen lukuun. Tilanetta kuvaava boxplot-kaavio on esitetty kuvassa 13.



Kuva 12. CPPI-strategian absoluuttisen tuoton boxplot-kaavio eri aikaväleillä käytettyjen rebalansointimenetelmien suhteen. Punainen väri edustaa aika-, sininen volatilitteetti-, musta VaR- ja vihreä CVaR-pohjaista strategiaa.

Valituilla riskitoleransseilla ei tunnu olevan kovin suurta merkitystä Sharpen lukuun, mikä on luultavasti seurausta siitä, että käytettävät riskitoleranssitasot eivät olleet kovin erilaisia. Toisaalta myöskään aikaperusteisissa strategioissa suuria eroja ei eri rebalansointivälien välillä esiinny, mitä ei voida enää selittää rebalansointitiheyksien samankaltaisuudella.

Kaavion perusteella aika-perusteiset strategiat ovat mediaaneiltaan huonoimpia, kun taas CVaR-perusteiset parhaimpia. Erot eivät kuitenkaan ole kovin suuria. Lisäksi aika-pohjaisten strategioiden kvartiilit ovat pienemmät kuin muilla menetelmillä. Riskitoleranssin kasvattaminen tuntuu VaRin ja CVaRin tapauksessa heikentävän (tai ei ainakaan kasvattavan) Sharpen luvun mediaania. Trendi ei kuitenkaan ole kovin voimakas. Käytetty riskitoleranssitaso/rebalansointitiheys ei tunnu minkään riskimitan kohdalla tarjoavan selvästi parempaa Sharpen lukua, mutta toisaalta minimikään ei vaikuta riippuvan riskimitan tasosta (vrt. esimerkiksi VaR 1% ja VaR 1.5%).



Kuva 13: CPPI-strategian Sharpen luvun boxplot-kaavio eri rebalansointimenetelmien ja riskitoleranssien suhteen.

4.5.1 Lattian ja kertoimen alkuarvojen vaikutus

Kullakin neljällä tarkastelujaksolla tutkittiin, miten monta kertaa tietty kerroin-lattia-pari (m_1, F_1) esiintyi 20 parhaan CPPI-strategian joukossa joko absoluuttisen tuoton tai Sharpen luvun mielessä, minkä jälkeen tarkastelujaksoihin liittyvät lukumäärät laskettiin yhteen. Taulukossa 2 on esitetty portfoliokohtaisesti saadut esiintymismäärät siten, että absoluuttista tuottoa vastaava määrä on merkitty sinisellä pohjalla ja Sharpen lukua vastaava määrä punaisella pohjalla. Valkoisella pohjalla oleva luku on näiden summa.

Taulukosta on havaittavissa, että suurten lukuparien (m_1, F_1) strategiat ovat keskimäärin olleet parempia kuin pienten lukuparien strategiat, kun tarkastellaan absoluuttisen tuoton ja Sharpen luvun summaa. Esimerkiksi pareista $(m_1, F_1) = (3, 50)$ ja $(m_1, F_1) = (5, 70)$ jälkimmäinen on parempi, vaikka kummassakin näistä kaikki rahat sijoitetaan alussa riskillisiin kohteisiin. Toisaalta jos tilannetta tarkastellaan pelkästään absoluuttisen tuoton tai Sharpen luvun osalta, ei ilmiö ole yhtä selkeä.

Laskemalla P30-, P50- ja P80-sarakesummat saadaan selville, kuinka usein kyseinen portfolio esiintyi parhaissa strategioissa. Esiintymismääräksi saadaan 60, 54 ja 46 kertaa tarkoittaen sitä, että P30 oli keskimäärin paras portfoliovalinta CPPI-strategioissa.

Taulukko 2: Kertoimien m_1 ja F_1 esiintyminen parhaissa CPPI-strategioissa.

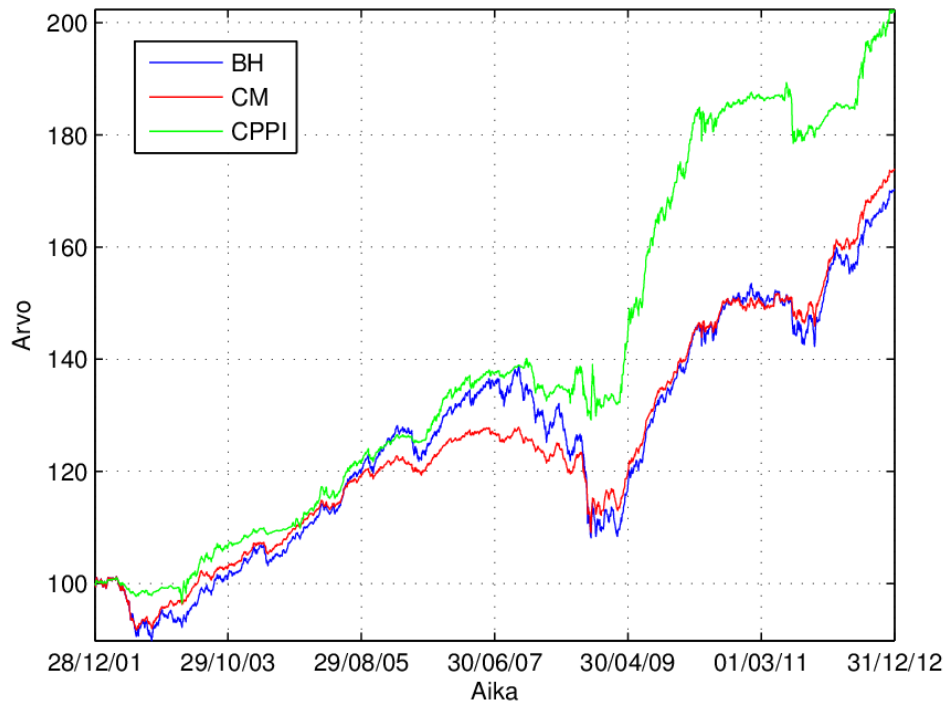
Kerroin m_1	2		2		2		3		3		3		5		5		5	
Lattia F_1	50		70		85		50		70		85		50		70		85	
P30	3	0	0	0	14	2	1	0	3	1	5	4	0	0	9	0	10	8
	3		0		16		1		4		9		0		9		18	
P50	2	2	3	3	0	1	2	1	2	2	2	12	1	5	4	3	8	1
	4		6		1		3		4		14		6		7		9	
P80	1	3	0	0	0	1	2	8	1	6	1	1	3	8	1	10	0	0
	4		0		1		10		7		2		11		11		0	
Yhteensä	6	5	3	0	14	4	5	9	6	9	8	17	4	13	14	13	18	9
	11		6		18		14		15		25		17		27		27	

4.6 Koko aikavälin tarkastelu

Tarkastellaan vielä erikoistapausta liitteen 1 taulukossa 3, missä strategiat ovat lajiteltu tuoton mukaan, ja tutkitaan, miten strategiat olisivat tuottaneet koko aikavälillä 28.12.2001 - 31.12.2012. Näiden strategioiden arvonkehitys on esitetty kuvassa 14. Kuvasta nähdään, että noudattamalla kyseistä CPPI-strategiaa portfolioilla P30 päästään jopa yli 100 % tuottoon, mikä tarkoittaa keskimäärin hieman yli 6.5 %:n kasvua vuodessa. On kuitenkin huomion arvoista, ettei vastaavalla strategialla päästä portfolioiden P50 ja P80 kohdalla läheskään yhtä hyviin lukemiin. Portfolio P80 jää alle 60 % tuottoon ja P50 alle 50 % tuottoon koko jaksolta.

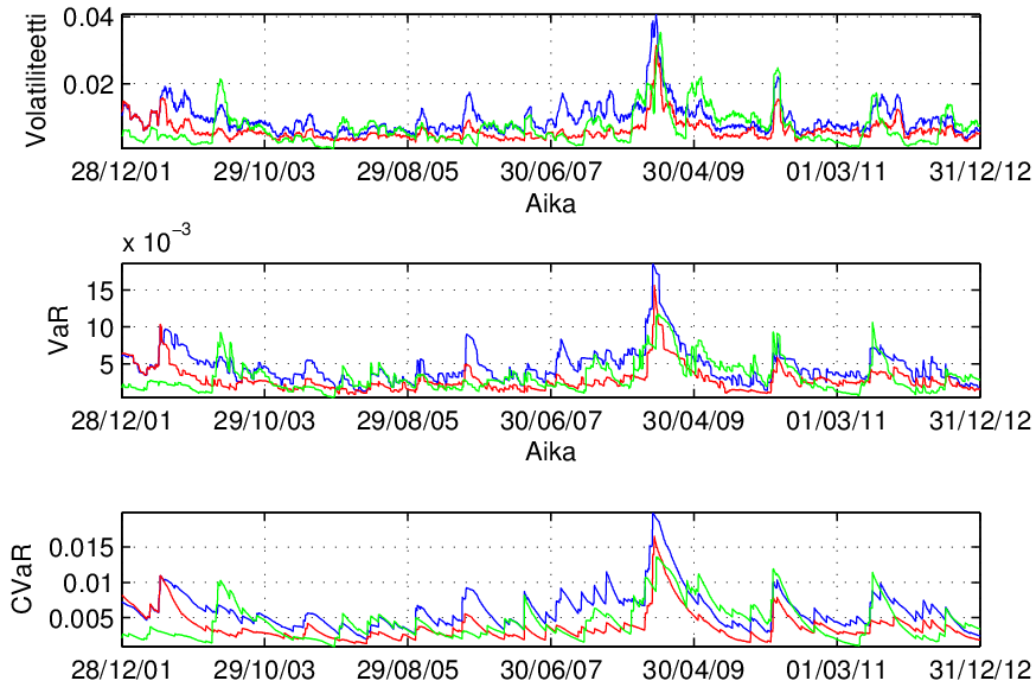
Jälleen kerran tulokset riippuvat voimakkaasti alun kertoimen valinnasta ja esimerkiksi kasvattamalla tai pienentämällä CPPI-strategian kerrointa m 0.5 yksikköä romahtaa portfolio P30 tuotto alle 40 %:iin. Tässä rajatussa tapauksessa suurempi kerroin tuntui parantavan portfolioiden P50 ja P80 tuottoa, mikä on sopusoinnussa aikaisempien havaintojen kanssa. Saattaa olla myös, että 10 päivän välein suoritettava rebalansointi osui juuri oikeaan aikaan, mikä selittäisi portfolio P30 menestyksen koko ajanjaksolla. Vertaamalla VaR-pohjaista constant-mix-strategiaa ja buy-and-hold-strategiaa

keskenään voittaa constant-mix marginaalisesti, mutta silti kumpikin häviää roimasti CPPI-strategialle.



Kuva 14. Absoluuttiselta tuotoltaan parhaiden buy-and-hold (BH), constant-mix (CM) ja CPPI-kombinaatioiden arvonkehitys aikavälillä 28.12.2001 – 31.12.2012. Kombinaatioiden tarkempi kuvaus löytyy liitteen 1 taulukosta 3.

Kuvassa 15 on esitetty kuvan 14 strategioihin liittyvät riskit. Kuvasta käy hyvin ilmi, kuinka samankaltaisia riskimittarit loppupeleissä ovat. Piikit osuvat aina jokseenkin samaan kohtaan ja erot piikkien kohdalla ovat vain niiden suuruudessa. Riskimittareista CVaR on aina suurempaa kuin VaR, kuten teorian mukaan pitääkin. Constant-mix-strategiassa, jossa kriteeriksi oli asetettu VaR 1 %:n tasolla, valittu riskimittari pysyy yhtä selvää poikkeusta lukuun ottamatta rajojensa sisällä.



Kuva 15. Absoluuttiselta tuotoltaan parhaiden buy-and-hold (BH), constant-mix (CM) ja CPPI-kombinaatioiden riskimittojen arvot aikavälillä 28.12.2007 – 31.12.2012. Kombinaatioiden tarkempi kuvaus löytyy liitteen 1 taulukosta 3.

5 Yhteenveto

5.1 Tulosten yhteenveto

Työssä tutkittiin ja vertailtiin erilaisia portfolion hallintaan soveltuvia strategioita sekä pyrittiin määrittämään niille sopivat riskibudjetointimenetelmät. Testausasetelmaan valittiin kolme realistista portfoliota sekä neljä tarkasteluajanjaksoa, joiden kohdalla testattiin buy-and-hold-, constant-mix- ja CPPI-strategioita käyttäen eri rebalansointiperusteita (aika, volatiliteetti, VaR, CVaR), lähtöparametreja ja riskitoleransseja.

Buy-and-hold

Buy-and-hold-strategian tarkoitus oli toimia vertailukohteena muille strategioille, mutta se osoittautui (portfoliosta riippuen) suhteellisen hyväksi strategiaksi, mikä asetti toisille strategioille tiukat vaatimukset niin Sharpen luvun kuin absoluuttisen tuoton mielessä. Buy-and-hold-strategiaa käytettäessä portfolion P30 arvonkehityksen havaittiin keskimäärin olevan P50:tä ja P80:tä parempaa.

Constant-mix

Aika-pohjaiset constant-mix-strategiat menestyivät sekä absoluuttisen tuoton että Sharpen luvun suhteen 1. ja 3. tarkastelujaksolla, jotka olivat selkeästi laskusuhdanteisempia kuin kaksi muuta jaksoa. Volatiliteettipohjaiset constant-mix-strategiat sen sijaan menestyivät parhaiten 2. ja 4. tarkastelujaksolla. Tässä yhteydessä on kuitenkin syytä korostaa, etteivät erot VaR- ja CVaR-pohjaisiin strategioihin olleet kovin suuria, ja että tarkastelujaksojen lukumäärä oli verrattain pieni, joten mitään selvästi suositeltavaa constant-mix-vaihtoehtoa ei löytynyt. Buy-and-hold-strategioihin verrattuna constant-mix menestyi nousukausilla huonommin mutta laskukausilla paremmin.

CPPI

Aika-pohjainen CPPI-strategia menestyi parhaiten sekä absoluuttisen tuoton että Sharpen luvun suhteen 3. tarkastelujaksolla mutta muilla tarkastelujaksoilla sen sijaan huonoiten. Muut CPPI:n rebalansointistrategiat menestyivät suurin piirtein yhtä hyvin eri ajanjaksoilla. CPPI-strategian kannalta parhaana vaihtoehtona voidaan kuitenkin pitää CVaR-pohjaista rebalansointia, sillä se suojaasi eniten laskusuhdanteiden aikana sekä absoluuttisen tuoton että Sharpen luvun mielessä, mutta tarjosi toisaalta markkinoiden noustessa tasaista tuottoa. Kuvassa 13 esitetyn toleranssivertailun perusteella ei pystytty määrittämään, millä riskitasolla tai rebalansointitiheydellä olisi keskimäärin saavutettu korkeimmat Sharpen luvut.

CPPI-strategioissa kertoimen m ja lattian F alkuarvoilla oli selkeä vaikutus. Luvussa 4.5.1 esitetyn vertailun perusteella suurempien lukuparien (m, F) havaittiin tuottavan keskimäärin pieniä lukupareja paremmin. Toisaalta luvun 4.6 tarkastelun perusteella kyseinen tulos ei ole kovin vankalla pohjalla, sillä pienilläkin m :n muutoksilla saatiin merkittäviä eroja tuotto-odotuksissa.

CPPI-strategioiden tuottojen mediaanit olivat keskimäärin sekä constant-mix-strategioiden että buy-and-hold-strategioiden tuottoja alhaisemmat. Lisäksi CPPI-strategioiden Sharpen luvut olivat constant-mix-strategioita alhaisemmat. Kaiken kaikkiaan CPPI-strategioiden tulkintaa kuitenkin hankaloitti markkinasuhdanteiden voimakas vaikutus sekä poikkeavien havaintojen suuri määrä.

5.2 Pohdinnat ja jatkotoimenpiteet

Projektiin laajuuden puitteissa muutama tärkeä markkinakomponentti jouduttiin sivuuttamaan tässä työssä. Sivutettuihin komponentteihin lukeutuivat muun muassa kaupankäynnistä aiheutuvat transaktiokustannukset, joukkovelkakirjojen omistuksesta saatavat kuponkikorot sekä pörssiyritysten maksamat osingot. Näiden asioiden tarkastelu olisi saattanut muuttaa merkittävästi työssä saatuja

tuloksia. Esimerkiksi kaupankäyntikustannusten huomioiminen olisi suoraan lisännyt buy-and-hold-strategian kilpailukykyä. Transaktiokustannusten käsittelyyn soveltuvat erityisen hyvin kappaleissa 3.4.1 ja 3.4.2 esitetyt tracking error ja trigger point –strategiat.

Riskimittoja arvioitaessa olisi mielenkiintoista pystyä rakentamaan mittarit, jotka osaavat ennakoida markkinoiden riskiä etukäteen eli saada ne tukeutumaan johonkin aikasarjamalliin. CPPI-strategioiden kohdalla myös dynaaminen kerroin ja lattia voitaisiin laittaa tukeutumaan aikasarjamalleihin. Tutkimuksessaan (Ben Ameur, H., ja Prigent, J.L., 2011) testasivat modifioitua CPPI-strategiaa, jossa lattiaan osittain vaikutti GARCH-aikasarjamallin (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) mukaan vaihteleva marginaali. Lisäksi GARCH-aikasarjamalleihin perustuva ratkaisu tuli esille mm. VaR- ja CVaR-riskimittojen kohdalla, jossa riskimittoja ennustettiin GARCH-tyyppisillä aikasarjamalleilla (Mancini, L. ja Trojani, F.). Vaikka kyseiset ratkaisut olisivat olleet varsin mielenkiintoisia tarkasteltaviksi, niitä ei työn laajuuden puitteissa pystytty toteuttamaan.

6 Viitteet

Ben Ameur, H., ja Prigent, J.L., 2011, CPPI Method with a Conditional Floor, *International Journal of Business*, Vol. 16, No. 3: pp. 218-230

Duffie, D. ja Pan, J., 1997, An Overview of Value-at-Risk, *The Journal of Derivatives*, Vol. 4, No. 3: pp. 7-49

Lee, H.I., Chiang, M.S., ja Hsu, H., 2008, A new choice of dynamic asset management: the variable proportion portfolio insurance, *Applied Economics*, Vol. 40, No. 16: pp. 2135-2146

Lee, H.I., Hsu, H., Hu, L.K., ja Lin, C.C., 2011, Portfolio insurance with ratcheted floor as a long-term asset management strategy: implications of loss aversion, *Applied Economics Letters*, Vol. 18, No. 15, pp. 1449-1454

Linsmeier, T.J. ja Pearson, N.D., 2000, Value-at-Risk, *Financial Analysts Journal*, Vol. 56, No. 2: pp. 47-67

Mancini, L. ja Trojani, F., 2011, Robust value at risk prediction, *Journal of Financial Econometrics*, Volume 9, No. 2: pp. 281-313

Markowitz, H., 1952, Portfolio Selection, *The Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1: pp. 77-91

Perold, A., ja Sharpe, W.F., 1988, Dynamic Strategies for Asset Allocation, *Financial Analysts Journal*, Vol. 44, No. 1: pp. 16-27

Pritsker, M., 1997, Evaluating Value-at-Risk methodologies: Accuracy versus computational time, *Journal of Financial Services Research*, Vol. 12, No. 2/3: pp. 201-242

Schwert, G., 1990, Stock Market Volatility, *Financial Analysts Journal*, Vol. 46, No. 3: pp. 24-34

Sharpe, W.F., 1966, Mutual Fund Performance, *The Journal of Business*, Vol. 39, No 1: pp. 119-138

Zikovic, S., ja Randall, K.F., 2009, Hybrid Historical Simulation VaR and ES: Performance in Developed and Emerging Markets, *CESifo working paper*, No. 2820

Liite 1: Luvun 4.2 taulukot

Taulukko 1: Aikavälillä 28.12.2001 – 30.12.2005 absoluuttiselta tuotoltaan sekä Sharpen luvultaan parhaiten ja huonoiten menestyneet buy-and-hold, constant-mix ja CPPI-kombinaatiot.

	Portfolio	Strategia	Rebal.	Tol.	m1	F1	Abs. tuotto	Abs. min	Abs. max	Sharpe	Vol	VaR	CVaR
Tuotto max.	P80	CPPI	Aika	10	3	85	132,2	95,4	132,5	0,028	0,0117	0,0056	0,0079
	P30	CM	Aika	10	-	-	125,6	88,7	125,6	0,021	0,0102	0,0050	0,0063
	P30	BH	-	-	-	-	124,8	89,8	124,8	0,022	0,0085	0,0042	0,0052
	P80	BH	-	-	-	-	121,9	69,1	122,0	0,000	0,0235	0,0117	0,0148
	P80	CM	Vol.	0,05	-	-	117,3	73,2	117,5	-0,004	0,0193	0,0097	0,0121
Tuotto min.	P80	CPPI	VaR	0,02	5	85	85,3	77,8	102,6	-0,040	0,0083	0,0045	0,0055
Sharpe max.	P50	CPPI	CVaR	0,01	3	85	119,2	99,6	119,2	0,069	0,0025	0,0012	0,0018
	P30	CM	Aika	63	-	-	125,2	88,9	125,2	0,023	0,0100	0,0049	0,0062
	P30	BH	-	-	-	-	124,8	89,8	124,8	0,022	0,0085	0,0042	0,0052
	P80	BH	-	-	-	-	121,9	69,1	122,0	0,000	0,0235	0,0117	0,0148
	P80	CM	Vol.	0,05	-	-	117,3	73,2	117,5	-0,004	0,0193	0,0097	0,0121
Sharpe min.	P50	CPPI	CVaR	0,01	5	85	105,5	93,0	105,5	-0,055	0,0029	0,0015	0,0021

Taulukko 2: Aikavälillä 23.12.2003 – 21.12.2007 absoluuttiselta tuotoltaan sekä Sharpen luvultaan parhaiten ja huonoiten menestyneet buy-and-hold, constant-mix ja CPPI-kombinaatiot.

	Portfolio	Strategia	Rebal.	Tol.	m1	F1	Abs. tuotto	Abs. min	Abs. max	Sharpe	Vol	VaR	CVaR
Tuotto max.	P80	BH	-	-	-	-	163,2	100,0	174,5	0,059	0,0200	0,0099	0,013
	P80	CPPI	Vol.	0,05	3	70	158,1	100,0	168,1	0,058	0,0183	0,0090	0,012
	P80	CM	Aika	22	-	-	157,9	100,0	167,4	0,057	0,0190	0,0095	0,012
	P30	BH	-	-	-	-	133,0	99,9	137,5	0,067	0,0090	0,0043	0,006
	P30	CM	CVaR	0,01	-	-	124,4	99,9	126,8	0,058	0,0067	0,0034	0,005
Tuotto min.	P30	CPPI	Aika	63	2	85	113,0	100,0	116,4	0,033	0,0021	0,0009	0,001
Sharpe max.	P30	CPPI	Vol.	0,04	5	85	129,6	100,0	129,6	0,100	0,0043	0,0020	0,003
	P30	CM	Aika	10	-	-	130,6	99,9	133,7	0,069	0,0079	0,0038	0,005
	P30	BH	-	-	-	-	133,0	99,9	137,5	0,067	0,0090	0,0043	0,006
	P80	BH	-	-	-	-	163,2	100,0	174,5	0,059	0,0200	0,0099	0,013
	P80	CM	VaR	0,015	-	-	143,0	100,0	149,9	0,049	0,0157	0,0079	0,011
Sharpe min.	P80	CPPI	Aika	63	5	70	124,0	100,0	134,2	0,022	0,0100	0,0053	0,007

Taulukko 3: Aikavälillä 23.2.2007 – 24.2.2011 absoluuttiselta tuotoltaan sekä Sharpen luvultaan parhaiten ja huonoiten menestyneet buy-and-hold, constant-mix ja CPPI-kombinaatiot.

	Portfolio	Strategia	Rebal.	Tol.	m1	F1	Abs. tuotto	Abs. min	Abs. max	Sharpe	Vol	VaR	CVaR
<i>Tuotto max.</i>	P30	CPPI	Aika	10	3	85	138,0	96,2	138,8	0,064	0,0082	0,0038	0,0053
	P30	CM	VaR	0,01	-	-	113,8	84,6	114,5	0,010	0,0088	0,0042	0,0057
	P30	BH	-	-	-	-	110,7	82,2	112,7	0,002	0,0105	0,0050	0,0067
	P80	CM	Aika	10	-	-	95,9	53,3	105,3	-0,002	0,0341	0,0173	0,0215
	P80	BH	-	-	-	-	95,3	55,1	105,5	-0,003	0,0314	0,0159	0,0200
	P80	CPPI	Vol.	0,06	5	50	79,4	73,0	105,5	-0,033	0,0150	0,0080	0,0105
<i>Sharpe max.</i>	P30	CPPI	Aika	10	3	85	138,0	96,2	138,8	0,064	0,0082	0,0038	0,0053
	P30	CM	CVaR	0,01	-	-	115,0	84,8	115,7	0,013	0,0086	0,0041	0,0056
	P30	BH	-	-	-	-	110,7	82,2	112,7	0,002	0,0105	0,0050	0,0067
	P50	BH	-	-	-	-	103,8	73,0	106,8	-0,004	0,0173	0,0086	0,0110
	P50	CM	CVaR	0,02	-	-	102,9	71,9	104,9	-0,005	0,0162	0,0081	0,0107
<i>Sharpe min.</i>	P30	CPPI	CVaR	0,02	5	70	87,2	80,7	101,9	-0,063	0,0063	0,0035	0,0049

Taulukko 4: Aikavälillä 31.12.2008 – 31.12.2012 absoluuttiselta tuotoltaan sekä Sharpen luvultaan parhaiten ja huonoiten menestyneet buy-and-hold, constant-mix ja CPPI-kombinaatiot.

	Portfolio	Strategia	Rebal.	Tol.	m1	F1	Abs. tuotto	Abs. min	Abs. max	Sharpe	Vol	VaR	CVaR
<i>Tuotto max.</i>	P80	CPPI	VaR	0,015	3	50	174,4	100,0	174,4	0,046	0,0074	0,0033	0,005
	P80	CM	VaR	0,01	-	-	168,9	91,1	169,5	0,004	0,0224	0,0116	0,015
	P80	BH	-	-	-	-	167,1	87,2	167,8	0,005	0,0282	0,0145	0,019
	P50	BH	-	-	-	-	154,6	92,2	154,9	0,015	0,0185	0,0093	0,012
	P50	CM	CVaR	0,01	-	-	149,1	96,2	149,2	0,007	0,0117	0,0059	0,008
<i>Tuotto min.</i>	P80	CPPI	Aika	63	5	70	109,0	88,8	109,3	-0,024	0,0151	0,0083	0,012
<i>Sharpe max.</i>	P50	CPPI	VaR	0,01	3	70	158,9	100,0	158,9	0,081	0,0062	0,0028	0,004
	P30	BH	-	-	-	-	156,7	95,9	156,7	0,039	0,0117	0,0056	0,007
	P30	CM	CVaR	0,01	-	-	154,8	99,8	154,8	0,039	0,0064	0,0031	0,004
	P80	BH	-	-	-	-	167,1	87,2	167,8	0,005	0,0282	0,0145	0,019
	P80	CM	CVaR	0,02	-	-	163,6	91,1	164,2	0,001	0,0223	0,0116	0,015
<i>Sharpe min.</i>	P80	CPPI	CVaR	0,02	5	85	109,1	91,5	109,2	-0,036	0,0052	0,0029	0,004

Liite 2: Kommentteja projektityöstä

Työtä aloitettaessa tutustuttiin työhön liittyviin käsitteisiin ja aineistoon sekä työn tavoitteisiin. Tämän yhteydessä käytiin myös Evli Pankin tiloissa tapaamassa projektin koordinaattoria ja kerrattiin työn taustaa. Ryhmän kesken tavattiin alussa muutamaan otteeseen ja varmistettiin, että kaikilla oli sama mielikuva projektin kannalta olennaisista asioista ja työn tavoitteista. Työnjaosta sovittiin myös heti alussa, jossa päätettiin allokoida ohjelmointivastuu Vesalle ja Villelle ja kirjallisuuskatsaus Tomille ja Terhille. Työn edetessä tavattiin vielä muutaman kerran ja tarkistettiin projektin edistyminen sekä oliko kenelläkään uusia ideoita tai ajatuksia työn suhteen.

Sijointustrategioiden ja riskibudjetointimenetelmien valinta kirjallisuuskatsauksen perusteella, menetelmien toteuttaminen Matlabilla sekä niiden soveltaminen portfolioiden hallintaan onnistui pääpiirteissään hyvin. Implementointi osoittautui kuitenkin suhteellisen työlääksi ja etenkin projektin loppupuolella tähän kului merkittävästi enemmän aikaa kuin oli alun perin suunniteltu. Ohjelmointivastuun jakaminen myös Tomille ja Terhille olisi tässä projektin vaiheessa ollut kuitenkin käytännössä hankalaa. Tästä johtuen työtehtävien tasainen jakaminen ryhmän jäsenten kesken ei ollut aivan ongelmaton.

Loppuraportin puhtaaksi kirjoittaminen oli työlästä: kaavojen, taulukoiden ja kuvien numerointi sekä neljän eri henkilön kirjoitustavan yhtenäistäminen oli hidasta puuhaa. Asiaa ei myöskään helpottanut se, että kaikki ryhmän jäsenet eivät lukeneet sähköpostejaan kovin aktiivisesti vapun alla.

Työmäärältään projekti oli vähintäänkin saatujen opintopisteiden mukainen, ellei suurempi. Myös projektipäällikön saamat ylimääräiset 2 opintopistettä olivat oikeutetut, kun ottaa huomioon muun muassa työtehtävien allokoinnista ja raporttien puhtaaksi kirjoittamisesta aiheutuneet työtunnit.

Strategioiden vertailu ja analysointi tuotti odotettuja tuloksia siitä, ettei markkinoita ole käytännössä helppo päihittää. Toisaalta ainakin tässä yhteydessä selvisivät kombinaatiot, jotka eivät toimi parhaalla mahdollisella tavalla. Vaihtelevissa markkinasuhdanteissa yksikään riskibudjetointimenetelmä ei ollut tehokas kaikissa olosuhteissa, joten riskibudjetointimenetelmän parametrien valinnassa olisi voitu kenties onnistua paremmin.

Työn aikana aiheutuneista ongelmista tai hiukan epätydyttävistä tuloksista huolimatta projekti itsessään oli erittäin mielenkiintoinen ja opettavainen. Oli hienoa päästä tutustumaan erilaisiin

sijoitusstrategioihin ja riskibudjetointimenetelmiin sekä samalla huomata, kuinka vaikeaa markkinoiden ennustaminen ja toimivan strategian löytäminen käytännössä on.

Kaikki ryhmän jäsenet kiittävät työn asettajaa, Evli Pankkia, sekä kurssin järjestänyttä henkilökuntaa, jotka yhdessä tarjosivat mahdollisuuden tämän projektityön toteuttamiseksi!