

Jyväskylän yliopisto
Taloustieteiden tiedekunta

VALUE AT RISK -LASKENNAN SOVELTUVUUS LENTOYHTIÖLLE
Case: Finnair Oyj

Kansantaloustieteen pro gradu -tutkielma
Syksy 2001
Kristian Snäll

TIIVISTELMÄ

Jyväskylän yliopisto, Taloustieteiden tiedekunta
Snäll Kristian

Value at Risk -laskennan soveltuvuus lentoyhtiölle, case Finnair Oyj
Pro gradu -tutkielma, 84 s. ja liitteet 5 s.

Tämä tutkimus tarkastelee Value at Risk -laskennan soveltuvuutta lentoyhtiön treasury riskienhallinnan välineenä. Työssä tutkitaan Finnairin treasury kuuden kuukauden valuutta- ja lentokerosiiniposition suuruutta. Position sisällytetään kerosiiniostot, valuuttavirrat (USD, SEK, JPY, GBP) sekä valuutta- ja lentokerosiinijohdannaiset. Korkopositio jätetään tutkimuksen ulkopuolelle. Tutkimuksessa rakennetaan Monte Carlo -malli, jolla simuloidaan edellä mainittujen instrumenttien hintakehityksiä. Näiden perusteella lasketaan Value at Risk -luku, joka kuvastaa position suurinta mahdollista tappiomahdollisuutta tietyllä aikavälillä ja tietyllä todennäköisyysasteella normaalien markkinaolosuhteiden vallitessa. Työssä esitellään Value at Risk -laskentamalleihin liittyviä ongelmia sekä mallien valinnan merkitystä analyysitulosten luotettavuutta määriteltäessä.

Riskien ennustamisen vaikeus korostuu ilmailuteollisuudessa, koska strategiset ja rahoitukselliset riskit liittyvät läheisesti toisiinsa. Ilmailuteollisuuden yhtenä suurimpana tulokseen vaikuttavana tekijänä on lentokerosiinin hinnan kehitys. Tämän hyödykehintariskin pienentämiseen käytetään laajasti monimutkaisia johdannaisinstrumentteja. Helposti ymmärrettävän ja selkeän riskienhallintamittarin hyödyntäminen operatiivisen johdon päätöksenteon tukena on siten ensisijaisen tärkeää.

Tutkimus on hyvin ajankohtainen ottaen huomioon lähimenneisyyden maailmanpolitiikan voimakkaiden muutosten vaikutukset ilmailuteollisuuteen. Öljyntuottajamaiden poliittinen ilmapiiri heijastuu lentokerosiinin hintatasoon ja sitä kautta lentoyhtiöiden tulokseen. Lentoyhtiön kannalta ongelman muodostaa normaalien markkinaolosuhteiden määrittely. Value at Risk -laskentaa ei voida käyttää ainoana riskimittarina ilman erilaisten shokkitekiöiden lisäämistä malliin. Työ osoittaa kuitenkin selvästi, että Value at Risk -malli soveltuu yhdeksi lentoyhtiöiden riskienhallinnan välineeksi. Hyödyntämällä riskienhallinnan työkaluja voidaan saavuttaa kilpailuetua tehostamalla suojautumista hyödyke- ja valuuttakurssien epäedullisilta muutoksilta. Menestyksekkään liiketoimintastrategian kannalta tehokas riskienhallinta luo suuria tulevaisuuden haasteita.

Avainsanat: riskienhallinta, Value at Risk, valuuttakurssiriski, Monte Carlo -simulaatio, hyödykehintariski

SISÄLLYS

1	Johdanto	3
1.1	Lentoliikenteen markkinatilanne ja haasteet	3
1.2	Riskien hallinta yleisesti	5
1.3	Riskienhallinnan tärkeys ilmailuteollisuudessa	6
1.4	Kohdeyrityksen valinta	7
2	Tutkimuksen tavoitteet	8
2.1	Johtolause	8
2.2	Tutkimusongelma ja aiheen rajaus	8
2.3	Tutkimuksen asemointi aikaisempaan tutkimukseen	9
2.4	Tutkimustavoite	10
3	Keskeiset käsitteet	12
3.1	Valuuttapositio	12
3.2	Riski	13
3.2.1	Korkoriski	15
3.2.2	Valuuttakurssiriski	16
3.2.3	Hyödykehintariski	18
3.3	Suojautuminen	19
3.3.1	Valuuttariskin suojaus	20
3.3.2	Valuuttalaina ja -sijoitus	22
3.3.3	Optiot	22
3.3.4	Futuurit ja termiinit	24
3.3.5	Valuuttatermiini	25
3.3.6	Korkotermiinit	26
3.3.7	Korko- ja lentokerosiiniswap	26
4	Tutkimusmenetelmän valinta ja tutkimusmenetelmät	29
4.1	Käytettävät menetelmät	29
4.1.1	Value at Risk menetelmä	30
4.1.2	Portfolio VaR	33
4.1.3	Delta-Normaali metodi	36
4.1.4	Historiallinen simulaatio	38
4.1.5	Stressitesti	40
4.1.6	Monte Carlo -simulointi	41
4.1.7	Estimointimenetelmät	43
4.1.8	Markkinamuuttujien mallintaminen	46
4.1.9	Satunnaislukujen generointi	53
4.1.10	VaR -jakaumien tilastollisia ominaisuuksia	54
5	Tutkimuksen toteutus ja aineiston valinta	55
5.1	Finnairin value at risk sekä suurimmat riskitekijät	55
5.1.1	Koko position Value at Risk	55
5.1.2	Lentokerosiinin Value at Risk	57
5.1.3	Valuuttojen Value at Risk	62
5.1.4	Suojausinstrumenttien Value at Risk	67
5.1.5	Muita riskilähteitä	71
5.2	Validiteetin ja reliabiliteetin osoittaminen	72
5.2.1	Kupiecin testi	72
5.2.2	Käytetyt aikasarjat	73
5.2.3	Käytetyt simulointimallit	74
6	Johtopäätökset ja yhteenveto	78

LÄHTEET	81
----------------	----

KUVIOT

Kuvio 1.	Yrityksen valuuttapositiot	12
Kuvio 2.	Hinta- ja uudelleensijoitusriski	16
Kuvio 3.	Riskienhallinnan optimointi	19
Kuvio 4.	Painokertoimen arvon vaikutus havaintojen painotukseen	45
Kuvio 5.	Finnairin kokonaisposition yhden kuukauden Value at Risk	56
Kuvio 6.	Finnairin lentokerosiini positio	59
Kuvio 7.	Lentokerosiini position Value at Risk	60
Kuvio 8.	Lentokerosiinin hinnan kehitys ajalla 5.1.1996 - 29.6.2001	61
Kuvio 9.	US Dollari position yhden kuukauden Value at Risk	63
Kuvio 10.	Finnairin valuuttapositio	64
Kuvio 11.	Punta position yhden kuukauden Value at Risk	64
Kuvio 12.	Jeni position yhden kuukauden Value at Risk	65
Kuvio 13.	Kruunu position Value at Risk	65
Kuvio 14.	Operatiivisen valuuttaposition Value at Risk	66
Kuvio 15.	Lentokerosiini optioiden Value at Risk	68
Kuvio 16.	Dollarioptiosition Value at Risk	69
Kuvio 17.	Dollaritermiinien Value at Risk	70
Kuvio 18.	Lentokerosiini swappien Value at Risk	71

TAULUKOT

Taulukko 1.	Kupiecin testin VaR -luvun hyväksytyt ylityskerrat	73
Taulukko 2.	Mallin residuaalien korrelaatiomatriisi	88
Taulukko 3.	Instrumenttien estimoidut tunnusluvut	88

LIITTEET

LIITE 1.	Käytetyt ennustemallit ja hinnoittelukaavat
LIITE 2.	Choleskyn hajotelma
LIITE 3.	Korrelaatiomatriisi ja simuloidut tunnusluvut
LIITE 4.	Delta-Normaali menetelmä VaR -laskennassa

1 Johdanto

1.1 Lentoliikenteen markkinatilanne ja haasteet

Kun lentoliikenteen säännöstely Euroopassa purettiin 1990-luvun alussa ja kysyntä samaan aikaan väheni, joutuivat eurooppalaiset lentoyhtiöt miettimään liiketoimintastrategiansa uudelleen. Valinnat voidaan tiivistää kolmeen vaihtoehtoon: kasvuun, fokusointiin ja halvin hinta-strategiaan. Minkä tahansa lentoyhtiö valitseekaan, tulee sen laskea operationaalisia kulujaan matalammalle tasolle, mikäli se haluaa menestyä yhä globaalimmassa kilpailussa. (Seristö 1995, 11.) Lentoyhtiöiden allianssit ovat hyvä esimerkki lentoyhtiöiden kasvustrategiasta ja Suomessakin aloittanut Buzz-halpalentoyhtiö puolestaan halvimman hinnan strategiasta. Fokusoinnista voidaan mainita esimerkiksi keskittyminen tilausmatkoihin, reittiliikenteeseen tai liikematkustajiin.

Lentoyhtiöiden välinen kilpailu on siis kiristynyt jatkuvasti, mikä voidaan nähdä lentoyhtiöiden maailmanlaajuisten allianssien lisääntymisenä ja kasvuna (Oneworld, Star Alliance et al.). Samaan aikaan tuottojen hallinnan merkitys lentoyhtiöiden tulokseen on kasvanut. Davisin (1994) mukaan American Airlinesin tuottojenhallinnalla saavutettiin 1,4 miljardin dollarin säästöt vuosien 1989 ja 1992 välisenä aikana, yhtiön nettovoiton ollessa samaan aikaan 892 miljoonaa dollaria (Davis 1994, 1-5). Tästä esimerkistä voidaan huomata, että rahoituksella ja tuottojenhallinnalla on erittäin suuri merkitys lentoyhtiön tulevaisuuden kannalta. R.L Crandall, American Airlinesin hallituksen puheenjohtaja, onkin sanonut, että tuottojenhallinta on tärkein yksittäinen kehitysalue lentoliikenteen johtamisessa. (Davis 1994, 1.) Tuottojen hallinnalla tarkoitetaan lentolippujen "liikamyyntiä" (overbooking), alennettujen lippujen ja täysihintaisten lippujen välistä allokaatiota ja lentoliikenteen ohjausta tiettyjen lentokenttien kautta (hub cities) (Davis 1994, 1).

Vaikka tämän tutkimuksen tarkoituksena ei olekaan tutkia tuottojenhallintaa Davisin (1994) tarkoittamassa muodossa, niin se osoittaa, että lentoyhtiöiden on täytynyt kehittää erilaisia pitkälle vietyjä tuottojen maksimointimenetelmiä, jotta ne pärjäisivät kasvavassa kilpailussa. Tuottojenhallinnan menetelmät eivät ole enää erityisen uusia ja lähes kaikki lentoyhtiöt käyttävät niitä.

Siksi tulisi löytää uusia menetelmiä voiton maksimoimiseksi ja siirtyä tutkimaan kysyntäpuolen ja tulofunktion maksimoinnin lisäksi kustannusfunktiota ja sen minimointia. Tätä tukee myös Seristön (1995) tutkimus, jonka mukaan pitkän aikavälin trendi lentolippujen hinnoissa on laskeva ja asiakkaat ovat tottuneet verrattain edullisiin hintoihin. Lentoyhtiöitä syntyy jatkuvasti lisää ja on epätodennäköistä, että lentoyhtiöt kykenisivät nostamaan lippujen hintatasoa ja siten parantamaan tulojaan. Tämän johdosta toiminnan kehittämisen on tapahduttava kustannusten vähentämisen kautta. (Seristö 1995, 11.)

Myös Englantilaisen Cranfield yliopiston survey-tutkimuksessa Eurooppalaisten lentoyhtiöiden johdon tulevaisuudenkuvista kävi ilmi, että johtajat näkivät kustannuspaineiden jatkuvan yleisesti ottaen useita vuosia ja että pienenevät tuotot muodostavat ongelmia, ei niinkään kysynnän vähentyminen tai vanha lentokonekanta.¹

Kustannusten minimoimiseen ja riskeiltä suojautumiseen käytetään yleisesti eri johdannaisinstrumentteja, joihin itseensäkin liittyy taloudellisia riskejä. Valuuttakurssiriskeiltä voidaan suojautua esimerkiksi termiinkaupalla ja lentokerosiin hinnanmuutoksilta puolestaan voidaan suojautua futuureilla. Korkoriskeiltä taas voidaan suojautua erilaisilla korkosopimuksilla. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten eri riskikomponentit vaikuttavat yhtiön tulokseen. Finnair teki vuonna 2000 parhaan tuloksensa viiteen vuoteen oman pääoman tuotolla laskettuna, vaikka polttoainekustannukset nousivat 55 prosenttia ja koneiden käyttöaste aleni (Kauppalehti Saldo 20.4.2001, 23). Tällaisessa tapauksessa voidaan kysyä, miten tulokseteko tapahtui. Tuloshan syntyy futuurikauppojen ja suojattavan position yhteisvaikutuksesta. Mikäli kyse oli osaltaan polttoainekustannusten kasvun suojausten onnistumisesta futuurikaupoilla, niin on muistettava, että futuurikauppa on nollasummapeliä, missä yhden voitto on toisen tappio. Tällöin yhtiön riskienhallinnan työkalut ovat tarpeellisia.

¹ Seristö 1997, 14

1.2 Riskien hallinta yleisesti

Riskinhallinta voidaan määritellä prosessiksi, jossa altistuminen eri riskilähteille tunnustetaan, altistumisen suuruus mitataan ja riskiä kontrolloidaan (Jorion 1997, 4). Uudet riskit rahoitusmarkkinoilla ovat lisänneet yritysten alttiutta kurssimuutoksille. Samalla kuitenkin markkinoiden kehittyminen on mahdollistanut riskien aktiivisen kontrolloimisen. Johdannaiskaupankäynti onkin moninkertaistunut viime vuosien aikana. Lisäksi on odotettavissa, että uusia instrumentteja kehitetään jatkuvasti riskienhallitsemiseksi. Rahoitusmarkkinoilla koettujen muutosten yllätyksellisyys ja voimakkuus ovat johtaneet siihen, että yritysten on ollut vaikea hahmottaa riskipositiotaan kokonaisuutena. Johdannaismarkkinoilla jatkuvasti kehitettävien instrumenttien monimuotoisuus ei ole myöskään helpottanut riskien hallintaa. Tästä on osoituksena muutamat merkittävät monimutkaisten strategioiden tuloksena raportoidut tappiot. Monissa yrityksissä riskien valvontaa ja hallintaa onkin kehitetty lähinnä koettujen yksittäisten tappioiden seurauksena. Mutta miksi odottaa sitä suurta tappiota? (Kasanen, Lundström, Puttonen, Veijola 1997, 19-20.)

Aiheen tutkimisen merkitys on merkittävää myös sijoittajan näkökulmasta. Kuten Hallerbach ja Menkveld toteavat, markkinariskin tutkiminen ja tunteminen on tärkeää, koska valuuttakurssien heilahtelu, hyödykkeiden hintojen muutokset ja korkojen vaihtelut voivat voimakkaasti vaikuttaa yrityksen toimintaan ja tulevaisuuteen. Monilta edellä mainituilta riskeiltä voidaan suojautua ja vaikuttaa osakkeeseen kohdistuvaan riskiin. (Hallerbach & Menkveld 1999, 4.)

Hallerbachin ja Menkveldin (1999) mukaan täydellisten markkinoiden olosuhteissa uusi suojausstrategia muuttaa osakkeeseen kohdistuvaa riskiä. Osakkeenomistajilla ei yleensä ole täydellistä informaatiota osakkeen riskiprofiilista, ja kun heidän riskiestimaattinsa ei vastaa yritykseen kohdistuvia riskejä, saattavat he kokea epämiellyttäviä yllätyksiä osakekurssin kehityksessä.

1.3 Riskienhallinnan tärkeys ilmailuteollisuudessa

Lentoyhtiöiden toimintaan kohdistuu taloudellisia riskilähteitä kuten esimerkiksi lentokerosiinin hinnan, valuuttakurssien ja korkojen muutokset (Hallerbach & Menkveld 1999, 4-5). Koska nämä tekijät vaikuttavat suoraan lentoyhtiön tulokseen ja siten ne heijastuvat myös osakkeen kurssiin, on niiden tutkiminen myös osakkeenomistajan kannalta merkityksellistä.

Lentoyhtiöt ovat alttiita erilaisille taloudellisille riskeille. Lentoyhtiöiden tulot koostuvat useista eri valuutoista, mikä tekee valuuttakurssiriskin suureksi. (Hallerbach & Menkveld 1999, 10.) Lentokerosiinin kustannukset puolestaan muodostavat merkittävän osan lentoyhtiön kokonaiskustannuksista. Seristö (1995, 34) selvittää tutkimuksessaan, että polttoainekustannukset kattavat noin 15-25 prosenttia lentoyhtiön operatiivisista kustannuksista, mikä vastaa noin 10-15 prosenttia lentoyhtiön kokonaiskustannuksista. Tämän esimerkiksi Lufthansa on saanut kokea viimeaikoina, kun sen tulos laski peräti 95 prosenttia edellisvuotisesta (Kauppalehti 10.5.2001, 12). Lufthansan mukaan tuloksen laskun suurin syy on juuri polttoaineen hintojen nousu (HS 28.4.2001, D2).

Seristö (1995, 34) osoittaa myös taulukon muodossa, miten lentoyhtiöt ovat neuvotelleet itselleen merkittävästi listahintoja halvemmat gallonahinnat alennuksen ollessa parhaimmillaan jopa 70 prosenttia. Lentokerosiinin hinta noteerataan muutamassa pörssissä maailmalla ja edellä mainituilla alennuksilla tarkoitetaan alennusta noteeratun hinnan päälle tulevista preemioista (Stirkkinen 2001). Seristön mukaan lentoyhtiö ei pysty laskemaan polttoainekustannuksiaan muuten kuin neuvottelemalla, ostamalla halvemmista maista, investoimalla vähemmän kuluttavaan teknologiaan tai hidastamalla lentonopeuksia. (Seristö 1995, 34.) Tämä muodostaa hyödykehintojen muutokseen kohdistuvan riskin. Lentokoneiden ostojen rahoittaminen lainarahalla ja leasing altistavat lentoyhtiön korkoriskeille.

Nyt toteutettavan tutkimuksen tarkoituksena on rakentaa lentoyhtiölle Value at Risk -laskentamalli, jolla voidaan tuottaa yksittäinen VaR -luku halutulle aikavälille. Yrityksen johto voi käyttää VaRia päätöksentekonsa tukena.

Mikäli VaRista tehdään julkinen, on siitä hyötyä myös sijoittajille. VaR:in avulla sijoittajilla on mahdollisuus saada tietoa yhtiön riskiprofiilista, jota he voivat käyttää hyväkseen tehdessään sijoituspäätöksiä.

Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään, onko VaR laskennasta hyötyä lentoyhtiölle ja kannattaisiko VaR laskentaa käyttää riskienhallinnassa. Tämän tutkimuksen tarkoitus on siis selvittää VaR:n käyttökelpoisuutta lentoyhtiölle ja tehdä hieman pelkistetty VaR -analyysi, mikä ei välttämättä sovellu tällaisenaan operatiiviseen käyttöön. Tutkimuksessa pyritään rakentamaan Monte Carlo simulointiin perustuva VaR -malli. Haluttaessa ottaa VaR -laskenta operatiiviseen käyttöön, voidaan se tehdä analyysin lähteiden hienosäädön jälkeen.

1.4 Kohdeyrityksen valinta

Tämän tutkimuksen kohdeyrityksenä on Finnair Oyj. Valinta perustui kirjoittajan mielenkiintoon ilmailuteollisuutta kohtaan ja yhtiön vahvaan asemaan suomalaisessa ilmailuteollisuudessa. Finnair on Suomen suurin lentoyhtiö ja siten myös sen treasury toiminnan laajuus on mielekäs tämän tyyppiselle tutkimukselle. Lentoyhtiöiden tutkiminen Value at Risk -menetelmän avulla on mielekästä myös siksi, että ne altistuvat verrattain selkeille riskeille, kuten esimerkiksi lentokerosiinin hintariskille ja valuuttakurssiriskeille. Finnairin valintaa puolsi myös halu pitäytyä suomalaisessa lentoyhtiössä, jotta välttyttiin matkustus- ja muilta kustannuksilta.

2 Tutkimuksen tavoitteet

2.1 Johtolause

Lentoyhtiön toimintaan kohdistuu huomattavia taloudellisia riskejä, joita voidaan mitata ja joilta voidaan suojautua. Nämä riskit heijastuvat lentoyhtiön osakekurssiin ja siten lentoyhtiön on tarkasteltava riskien hallintaansa myös omistajanäkökulmasta.

Tutkimuksen tavoitteena on identifioida Finnairin toimintaan kohdistuva markkinariski ja siltä suojautumisen mahdollisuudet. Tavoitteeseen pääsemiseksi selvitetään Value at Risk -menetelmän avulla relevantit riskitekijät ja niiden suuruus. Tarkoituksena on kehittää VaR -analyysimalli ja tuottaa VaR -luku, jonka avulla on helppo käsitellä riskin suuruutta, todennäköisyyttä ja tekijöitä, jotka sen aiheuttavat.

2.2 Tutkimusongelma ja aiheen rajaus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on Finnairin tulokseen vaikuttavien kassavirtojen ja niihin sisältyvien markkinariskien tutkiminen ja mittaaminen sekä näiltä riskeiltä suojautumismahdollisuuksien kartoittaminen. Kyseessä on kassavirtalähtöinen tutkimus, jossa pyritään selvittämään operatiiviseen lentotoimintaan liittyviä kassavirtoja ja riskejä (esimerkiksi lentokerosiin hinnan muutosten aiheuttamia riskejä). Työssä tarkastellaan Finnairin lipputulojen ja ulkomaisten maksujen muodostaman valuuttaposition suuruutta ja rakennetta sekä sitä kautta valuuttakurssiriskien vaikutusta koko yhtiön riskipositioon. Lentokerosiin hinnan vaihtelut muodostavat hyödykehintariskin sekä valuuttakurssiriskin, jonka suuruus ja vaikutus yhtiön koko riskipositioon arvioidaan. Korkopositio jätetään tutkimuksesta pois.

Tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan taloudellisin mittarein mitattavia ilmiöitä, jolloin voidaan rajata pois henkilöstöön ja teknologiaan liittyvät lentoturvallisuuteen vaikuttavat riskit. Näillä riskeillä tarkoitetaan inhimillisistä virheistä sekä teknisestä viasta johtuvia lento-onnettomuuksia.

Myös henkilöstöhallinnon ongelmat rajataan tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Henkilöstöhallinnon ongelmilla tarkoitetaan tässä yhteydessä lentäjien ja matkustamohenkilökunnan koulutusmäärien sekä eläkkeelle siirtymisen, vaihtuvuuden ja lentoliikenteen kasvun yhteensovittamisesta ilmeneviä ongelmia. Tarkoituksena ei myöskään ole tutkia liiketoimintariskiä itsessään eli markkina-asemia tai kilpailua, vaan keskittyä rahoituksellisiin riskeihin.

2.3 Tutkimuksen asemointi aikaisempaan tutkimukseen

Lentoyhtiöiden kustannusten rakentumista ja lentoyhtiöiden keskinäistä vertailua eri indikaattoreilla on tutkittu maailmalla jonkin verran. Seristö (1995) on Helsingin Kauppakorkeakouluun tekemässään väitöskirjassa tutkinut lentoyhtiön kokonaiskustannusten vähentämismahdollisuuksia. Seristö jakaa kustannuksia eri osa-alueisiin ansiokkaasti, mutta tutkimus on tehty lentoyhtiön strategisen johdon käyttöön, eikä siinä käsitellä riskienhallintaa tai rahoitusta yleensä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia lentoyhtiötä rahoituksen näkökulmasta ja sitä, miten rahoitusinstrumentteihin ja muihin kustannuksiin tai tuloihin kohdistuvia riskejä voidaan mitata.

Lentoyhtiöitä on aikaisemmin tutkittu verrattain paljon, mutta lähtökohdat ovat olleet erilaisia kuin tässä tutkimuksessa. Kuten jo edellä mainittiin Seristö on tehnyt tutkimuksia lentoyhtiöiden kustannusrakenteesta (1995), strategioista (1993), ilmailuteollisuuden sääntelyn vapautumisen vaikutuksista (2000a) ja alliansseista (2000b). Ilmailuteollisuuden sääntelyä ja sen purkamista, ensin Yhdysvalloissa ja sitten Euroopassa, on tutkittu eri yliopistoissa ja eri näkökulmista verrattain paljon. Leong (1991) tutki säännöstelyn purkamisen vaikutuksia lentoyhtiöiden taloudelliseen tilaan. Runge (1995) puolestaan on tutkinut säännöstelyn purkua politiikan näkökulmasta eli saavutettiinkö säännöstelyn purkamisella asetetut tavoitteet. Lentoyhtiöiden toimintaa on tutkittu myös strategisista vaihtoehtoista käsin (Richey 1994) ja säännöstelyn vaikutuksia yleisellä tasolla (Bailey, Graham & Kaplan 1988). Liikenneministeriö on tutkinut Euroopan yhdentymiskehityksen (Tuutti 1993) ja toimintaympäristön muutoksen vaikutuksia lentoliikenteeseen ja sen infrastruktuuripalveluihin (Goebel & Tuutti 1999).

Myös lentoyhtiöiden strategisia alliansseja ja niiden syitä on tutkittu. Kielin yliopistossa on tutkittu allianssien vaikutuksia kilpailuun ja kilpailulainsäädäntöön (Laaser, Sichelschmidt, Soltwedel & Wolf 2000). Youssef (1992) on puolestaan tutkinut alliansseja, joiden muodostamiseen on käytetty pääomia. Lentoliikenteen aikataulu ja reittivalintoja on tutkinut Virtanen (1995) ja Luo (1994). Lentoyhtiöiden strategisesta johtamisesta (Gialloredo 1988) ja kilpailusta (Pryke 1987) on myös kirjoitettu oppaita. Kilpailueduista ennen ja jälkeen säännöstelyn on myös kirjoittanut Cronshaw ja Thompson (1990). Rahoituksen näkökulmasta lentoyhtiöitä on kuitenkin tarkasteltu vähän, joskin Hallerbach ja Menkveld (1999) ovat tutkineet lentoyhtiön riskienhallintaa ja sen vaikutuksia osakekurssiin. Mattila (1999) on laatinut pro-gradu työn Helsingin Kauppakorkeakouluun Finnairin valuuttaposition määrittelystä ja riskilaskennasta. Hänen gradunsa yhtenä johtopäätöksenä on Value at Risk -menetelmän soveltuvuus lentoyhtiön riskilaskentaan.

2.4 Tutkimustavoite

Value at Risk -menetelmän tavoitteena on tilastotieteellisin menetelmin löytää position suurin mahdollinen tappiomahdollisuus tietyllä aikavälillä ja tietyllä todennäköisyysasteella. Tällöin voidaan vastata kysymykseen riskiposition suuruudesta. Tämä voidaan ilmaista seuraavasti: 95 prosentin todennäköisyydellä tappio ei tule ylittämään seuraavan kuukauden aikana 50 miljoonaa markkaa. Mikäli kyseinen 50 miljoonaa olisi johdon mielestä liian suuri, niin voidaan Value at Risk -menetelmän avulla tutkia, mistä komponenteista riski muodostuu ja miten riskiä voidaan pienentää. Tämän tyyppisen informaation avulla lentoyhtiön johto voi seurata ja tulkita yhtiön riskipositiota ja käyttää sitä oman päätöksentekonsa tukena.

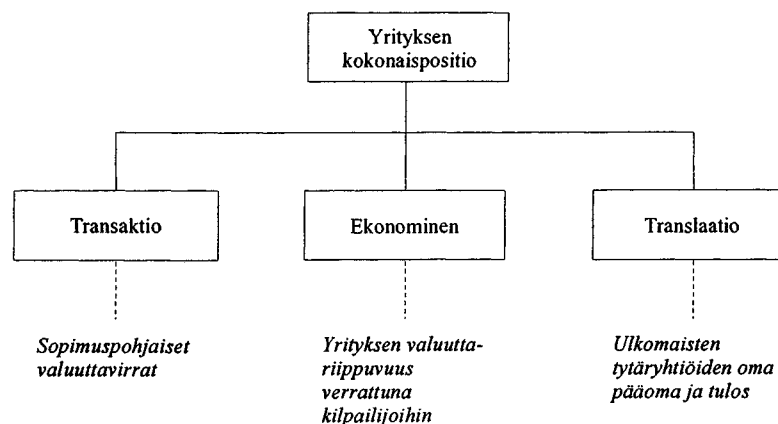
Tutkimuksen tarkoituksena on tuottaa Finnairille yksinkertainen malli VaR -analyysiä varten. VaR -analyysin avulla yrityksen on helpompi saada käsitys markkinariskien tasosta ja tekijöistä, jotka sen aiheuttavat. Kohdeyrityksen on mahdollista saada selville, kuinka suuri sen riskipositio on ja mistä tekijöistä riski koostuu. Yrityksen on myös mahdollista tarkastella, mitä instrumentteja käyttämällä kokonaisriskiä saadaan pienennettyä ja minkä riskikomponenttien tarkasteluun tulee keskittyä.

Mikäli VaR -analyysin avulla saadaan esimerkiksi selville, että suurin riskikomponentti on Yhdysvaltain dollarin ja Euron vaihtokurssimuutokset, niin kyseiseltä riskiltä voidaan suojautua termiinkaupalla. Tällöin vältetään ylisuojausten ja väärin suojausten vaara.

3 Keskeiset käsitteet

3.1 Valuuttapositio

Yrityksen valuuttariskin moniulotteisuuden vuoksi valuuttapositio jaetaan usein pienempiin osapositioneihin positionmäärittelyn helpottamiseksi. Osapositionien yhteisvaikutus on yrityksen kokonaisvaluuttariski. Usein positiorakenne jaotellaan transaktio-, translaatio ja ekonomiseen positioon. Transaktiopositioon (*transaction exposure*) kuuluvat kaikki sopimuspohjaiset valuuttamääräiset virrat kuten esimerkiksi myynnit, ostot sekä lainanlyhennykset ja koronmaksut. Transaktiopositioon voidaan myös lisätä sellaisia tulevia valuuttavirtoja, joiden myyntimäärä ja valuuttamääräinen hinta on määritelty tai voidaan suurella todennäköisyydellä ennustaa. Ekonominen positio (*economic exposure*) perustuu valuuttakurssivaihteluiden vaikutukseen yrityksen kilpailukykyyn. Kilpailukyvyn herkkyys riippuu yrityksen valuuttajakaumasta, kun sitä verrataan kilpailijoiden jakaumaan. Tällöin siis myös kotivaluuttapohjaiset virrat tulee huomioida ekonominen position tarkastelussa. Translaatiopositio (*translation exposure*) vaikuttaa useassa maassa toimiviin yrityksiin. Kansainvälisen konsernin tulos ja taloudellinen asema raportoidaan aina tietyssä konsernin perusvaluutassa. Konsernin ulkomaisten tytäryhtiöiden tulos ja taloudellinen asema raportoidaan kuitenkin niiden omassa valuutassa. Laskettaessa konsernin kokonaisasema joudutaan tytäryhtiöiden kotivaluutat muuntamaan konsernin perusvaluutaksi. Tällöin valuuttakurssien muuttuessa muuttuu konsernin kokonaisasema. (Kasanen et al. 1997, 125-126.) Valuuttaposition komponentteja voidaan tarkastella seuraavan kuvion avulla.



Kuvio 1. Yrityksen valuuttapositionit (Kasanen et al. 1997, 126).

Hallintavastuun selkeyttämiseksi edellä mainitut komponentit voidaan jakaa kahteen osaan, joista toinen on liiketoiminnan synnyttämä valuutta-asema eli lähtöpositio, ja toinen finanssitransaktioilla synnytetty finanssipositio. Lähtöpositio kuvaa tilannetta ennen finanssitransaktioita. Lähtöposition riskiä voi pienentää joko liiketoiminnan valuuttapäätöksillä, eli esimerkiksi myyntivaluutan valinnalla, tai tekemällä finanssitransaktioita. Lähtöpositioiden summa on avoin positio. (Kasanen et al. 1997, 127.)

Avoin positio on tärkeä riskitarkastelun kannalta, koska vasta sen perusteella voidaan sanoa jotakin valuuttakurssimuutosten kokonaisvaikutuksista. Jos lähtöpositio on esimerkiksi \$400 000, suojaustransaktiot -\$300 000 ja avoin positio siten \$100 000 eli 6,7 FIM/USD kurssilla 670 000 markkaa, dollarin heikentyessä 10 prosenttia markkaan nähden avoimen position tappio on -67 000 markkaa. Tästä syystä on olennaista puhua nimenomaan avoimeksi jätetyn position koosta, eikä suojauksien määrästä (esimerkissä -\$300 000 tai 75%), joka ei ilman lähtöposition ilmoittamista kerro mitään jäljelle jäävän valuuttariskin määrästä. (Kasanen et al. 1997, 128.)

3.2 Riski

Monilla aloilla yritykset voivat ostaa vakuutuksen niitä riskejä vastaan, joita ne mahdollisesti voivat kohdata liiketoiminnassaan. Ne voivat esimerkiksi vakuuttaa laivansa, lentokoneensa, ajoneuvonsa tai tehtaansa muun muassa tulipaloja tai muita onnettomuuksia vastaan. Vastaavasti rahoitusmarkkinoilla toimijat kohtaavat huomattavia riskejä. Näistä olennaisimpia ovat markkina- ja vastapuoliriski, jotka liittyvät toisiinsa hyvin läheisesti. Esimerkiksi yleisen markkinatilanteen heikentyessä riski kasvaa, kun markkinoilla toimiva vastapuoli ei välttämättä kykene suoriutumaan velvoitteistaan. Tällöin vastapuoliriski realisoituu. (Heikkinen 2001, 4.)

Riski voidaan määritellä odottamattomien lopputulosten volatiliteetiksi. Yrityksiin kohdistuu kolmenlaisia riskejä: liiketoiminnallisia, strategisia ja taloudellisia. *Liiketoimintariskit* ovat riskejä, joita yritys ottaa pyrkiessään muodostamaan kilpailuetua tai tuottoa osakkeenomistajilleen.

Liiketoiminta/operationaalinen riski liittyy markkinoihin, joilla yritys toimii ja sisältää muun muassa teknologiset innovaatiot, tuotesuunnittelun ja markkinoinnin. *Strategiset riskit* liittyvät muutoksiin kansantaloudessa ja poliittisessa ympäristössä. Tällaisia olivat muun muassa Neuvostoliiton romahtaminen 1980-luvun lopussa, joka johti puolustusmäärärahojen pienentämiseen Yhdysvalloissa ja vaikutti siten aseellisuuden yrityksiin. (Jorion 1997, 4.) Tähän riskiryhmään kuuluvat myös sellaiset tekijät kuin pakkolunastus ja sosialisointi, joilta on hankalaa suojautua paitsi laajentamalla liiketoimintaa talouden eri osa-alueille ja eri maihin (Jorion 1997, 303). *Taloudelliset riskit* liittyvät mahdollisiin tappioihin rahoitusmarkkinoilla. Korke- ja valuuttakurssimuutokset muodostavat riskejä useimmille yrityksille. Taloudellisille riskeille altistuminen voidaan optimoida, jolloin yritykset voivat keskittyä siihen, mitä osaavat parhaiten eli liiketoimintariskien hallintaan. (Jorion 1997, 4.)

Riskmetrics, joka on yksi riskienhallinnan keskeisistä standardeista, määrittelee puolestaan riskin tulevaisuuden nettokassavirtojen epävarmuudeksi. Epävarmuus ilmenee monissa eri muodoissa, minkä takia rahoitusmarkkinoilla toimijat altistuvat useille eri riskeille. (RiskMetrics 1996, 5.) Nämä riskit voidaan RiskMetricsin mukaan jaotella seuraavasti.

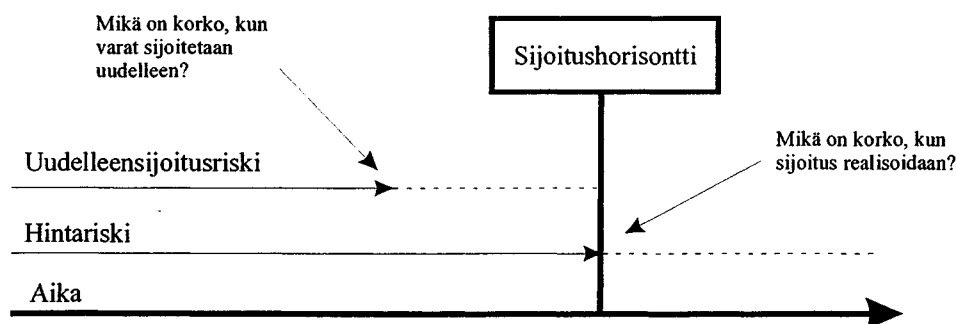
- Vastapuolen kyvyttömyydestä suorittaa omia velvoitteitaan syntyvää riskiä kutsutaan luottoriskiksi.
- Maksuohjeissa ja maksujärjestelyissä tapahtuvia riskejä nimitetään operationaalisiksi riskeiksi.
- Likviditeettiriskillä tarkoitetaan yrityksen kyvyttömyyttä rahoittaa epälikvidiä omaisuuttaan.
- Markkinariski, joka on myös tämän tutkimuksen kohde, tarkoittaa tulevaisuuden tuottojen epävarmuutta, mikä johtuu muutoksista markkinaolosuhteissa.

3.2.1 *Korkoriski*

Koron nousu laskee sijoitustodistuksen hintaa sitä enemmän, mitä pidempi sijoitustodistus on kyseessä. Vastaavasti koron lasku nostaa sijoitustodistuksen hintaa. Tällöin sijoitustodistukseen, kuten mihin tahansa korkosijoitukseen, sisältyy korkoriski. Korkoriski tarkoittaa, että sijoituksen arvo riippuu korkotasosta eli korkotason nousu (lasku) alentaa (nostaa) sijoitustodistuksen arvoa. Jos korkotaso nousee heti sijoitustodistuksen oston jälkeen, syntyy sijoittajalle välittömiä arvostustappioita. Ne eivät kuitenkaan vaikuta kokonaistuottoon, mikäli sijoitustodistusta ei realisoida ennen maturiteettia. (Puttonen & Valtonen 1996, 140.)

Mikäli sijoitustodistus myydään ennen maturiteettia, altistutaan hintariskille, joka on korkoriskin toinen elementti. Myyntihinta riippuu myyntihetken korkotasosta, jota ei tiedetä etukäteen. Mitä korkeammalla korot ovat, sitä pienemmän hinnan sijoittaja saa paperistaan. Mikäli korko nousee paperin pitoajalla, sitä pienemmän hinnan sijoittaja saa paperistaan ja sitä pienemmäksi muodostuu kokonaistuotto. (Puttonen & Valtonen 1996, 140.)

Uudelleensijoitusriski muodostuu, kun sijoitustodistuksen maturiteetti on lyhyempi kuin sijoittajan suunnitteluhorisontti (Puttonen & Valtonen 1996, 140). Uudelleensijoitusriski syntyy, koska sijoitustodistuksen maturiteettipäivänä varat on sijoitettava uudelleen kyseisenä päivänä vallitsevalla korkotasolla. Tällöin hyödytään korkotason noususta, koska tuotto koko sijoitushorisontilla kasvaa. Korkoriski voidaan eliminoida valitsemalla sijoitusperiodi täsmälleen suunnitteluhorisontin pituiseksi. (Puttonen & Valtonen 1996, 140.) Tämä tarkoittaa, että hankitaan sellaisia korkopapereita, joiden maturiteetti on samana päivänä kuin milloin kyseisiä varoja jälleen tarvitaan. Hintariskiä ja uudelleensijoitusriskiä voi tarkastella seuraavan kuvion avulla.



Kuvio 2. Hinta- ja uudelleensijoitusriski (Puttonen & Valtonen 1997, 140).

3.2.2 Valuuttakurssiriski

Valuuttamarkkinat ovat todennäköisesti transaktiovolyymiltään suurin rahoitusmarkkinoiden segmentti. Suurin osa valuuttakaupasta on spekulatiivista ja vain pieni osa normaaliin kansainväliseen kauppaan pohjautuvaa. Valuuttakurssit eivät ole vakaita ja siksi valuutan ostamiseen ja myymiseen liittyy aina valuuttakurssiriski. Valuuttakurssiriski voidaan määritellä riskiksi siksi, että valuutan arvo perusvaluuttaan nähden muuttuu. Valuuttakurssiriski realisoituu konkreettisesti vientiyritykselle devalvaatiossa eli kotimaan valuutan arvon laskussa. (Puttonen & Valtonen 1996, 226.) Euroopan yhteisen valuutan Euron synnyttyä vuonna 1999 valuuttakurssiriskit poistuivat Euroalueen sisällä kauppaa käyviltä yrityksiltä, mutta Euroalueen ja muun maailman välillä kauppaa käyvien yritysten valuuttakurssiriski pysyy ennallaan. Valuuttakurssiriskien suojaamiseen käytetään optioita, swappeja sekä termiinejä, joiden kohde-etuutena on valuutta.

Valuuttariskit voidaan jakaa kahteen luokkaan eli tapahtumariskeihin ja liiketaloudellisiin riskeihin. Tapahtumariski aiheutuu valuuttamääräisen sopimuksen syntyhetken ja todellisen maksutapahtuman välillä. Riskin aiheuttaa epävarmuus valuuttakurssin muutoksista. Yleinen liiketaloudellinen riski taas kohdistuu tulevaisuudessa saavutettavaan taloudelliseen tulokseen, joka voi heikentyä, kun valuuttakurssien vaihtelut muuttavat kilpailuasetelmaa.¹ Riskienhallintakeinoina voidaan nähdä neljä menettelytapaa (Kuusela & Ollikainen 1998,173).

¹ Koskinen A., Lankinen M., Sakki J., Kivistö T. & Vepsäläinen J.P. 1995

- Riskin hyväksyminen eli täysi suojautumattomuus. Tämä voi johtua joko tietämättömyydestä tai riskin pienuudesta. Yritys voi myös odottaa valuuttakurssien kehittyvän edulliseen suuntaan.
- Riskin karttaminen eli täysi suojautuminen. Tällöin yritys kattaa esimerkiksi terminoimalla koko valuuttapositionsa.
- Kurssivoiton maksimointi eli valikoiva suojautuminen. Tässä menettelytavassa suojaudutaan kurssiriskeiltä valikoivasti ja asteittain sen perusteella, mikä näkemys kurssikehityksestä on.
- Neljäs menetelmä on pyrkiä saamaan voittoa spekuloidulla kurssikehitystä.

Kasanen et al. (1997) mukaan valuuttariskin hallinta voidaan jakaa kahteen osaan eli position tunnistamiseen ja position suojaamiseen. Position tunnistaminen käsittää positiorakenteen määrittämisen, osaposition määrittämisen ja positioraportoinnin. Peruskysymyksenä valuuttariskien hallinnassa voidaan pitää sitä, millaisen position liiketoiminnan harjoittaminen synnyttää. Tällöin pelkästään instrumentin ja suojausajankohdan pohtiminen ei riitä. Niin kauan kuin valuuttaposition tiedetään varmasti, sen suojaaminen rahoitusmarkkinoilla on suoraviivainen tekninen toimenpide. Mikäli mitattu positio on esimerkiksi x dollaria ja siitä on suojattu ax ($a < 1$) dollaria, niin silloin valuuttaposition on auki $1-ax$ dollaria. Aukijättämisen syy voi olla esimerkiksi näkemys dollarin vahvistumisesta. Jos positio on oikein määritetty ja dollari vahvistuu, saadaan positiivinen vaikutus tulokseen. Mikäli positio on mitattu väärin ja se onkin kuvitellun x :n sijasta y ($x > y$), niin suojauksen vaikutus muuttuu. Tehty suojaus ax on nyt liian suuri, jolloin avoimeksi positioiksi onkin muodostunut $y-x$. Jos dollari ennusteen mukaisesti vahvistuu, tulos heikkenee oikeasta valuuttakurssinäkemyksestä huolimatta, koska todellinen valuuttaposition on muu kuin päätösten perusteena käytetty. Tällöin tehtiin siis ylisuojaus. (Kasanen et al. 1997, 124.)

Valuuttariskin kokonaisuuden hahmottamisen tekee vaikeaksi sen vaikuttaminen useassa eri paikassa (Kasanen et al. 1997, 125).

- Taseessa valuuttamääräisten lainojen, sijoitusten ja ostovelkojen tai myyntisaamisten arvonmuutoksina
- Tuloksen heikentymisenä valuuttamääräisten ostojen kallistumisen vuoksi

- Konsernin tuloksen heikkeneminen ulkomaisen tytäryhtiön valuutan heikennyttyä
- Rahoituserien valuuttajohdannaisten yllättävät tappiot
- Kilpailukyvyn heikentyminen "liian vahvan" valuutan johdosta.

3.2.3 Hyödykehintariski

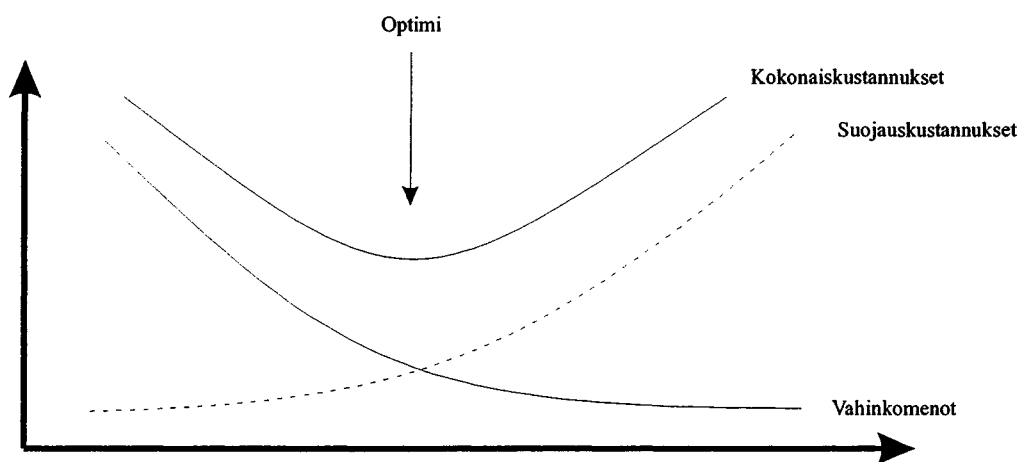
Hyödykehintariski voidaan määritellä hyödykkeen ostajan tapauksessa siten, että hyödykkeen hinnan noustessa, ostaja joutuu maksamaan hyödykkeestään enemmän. Mikäli ostettava hyödyke on ostajalle sellainen tuote, jota käytetään oman liiketoimintaprosessin aikaansaamisessa / tuotannossa, tarkoittaa hyödykkeen hinnan nousu suojaamattomassa positiossa myyntikatteen pienenemistä. Vastaavasti hyödykkeen myyjän tapauksessa hyödykehintariski toteutuu päinvastoin eli hyödykkeen hinnan laskiessa saadaan vähemmän tuloa kuin aikaisemmin.

Öljyn hintaan liittyvä riski voidaan luokitella hyödykehintariskiksi. Yksinkertaistettuna suojautumaton öljyn tuottaja hyötyy nousevista hinnoista ja vastaavasti tekee tappiota öljyn hinnan laskiessa. Luonnollisesti öljyn/energian ostajan (esimerkiksi lentoyhtiö, joka tarvitsee kerosiinia lentokoneisiinsa) tapauksessa tilanne on päinvastainen. Öljyjalosteiden hinnat määräytyvät niiden kysynnän ja tarjonnan sekä substituuttien tarjonnan mukaan. Esimerkiksi öljynhintoihin ei vaikuta ainoastaan energian kysyntä ja tarjontakapasiteetti, vaan myös vaihtoehtoisten energialähteiden kuten esimerkiksi kaasun hinta. Useat eri tekijät vaikuttavatkin öljyn hintaan ja siten öljyyn liittyvään hyödykehintariskiin. Näistä voidaan mainita esimerkiksi maailmantalouden tila, sääilmiöt (esimerkiksi El Nino) ja öljyntuottajamaiden poliittinen vakaus. (Prebon 2001,1.) Raakaöljyn hinta, joka heijastuu myös kaikkien öljyjalosteiden kuten lentokerosiinien hintoihin, muodostuu pitkälti öljyntuottajamaiden öljyntuotantokiintiöiden perusteella. Mikäli kiintiöitä nostetaan, öljyn tarjonta markkinoilla kasvaa ja öljyn hinta laskee. Jos OPEC päättää puolestaan pienentää öljyn tuotantokiintiöitä, niin tilanne on päinvastainen ja öljyn hinta nousee vaikuttaen samalla öljyjalosteiden hintoihin. Kysymys on siis pohjimmiltaan hyvin yksinkertaisesta kysyntä ja tarjontakehikosta, jossa kysyntä on vakio.

Hyödykehintariskiltä suojautumiseen on kehitetty useita vastaavia futuuri-, optio-, swappi- yms. strategioita, joita käytetään osakemarkkinoilla riskin hallintaan.

3.3 Suojautuminen

Yritykset pyrkivät hallitsemaan riskejään. Tämä ei ole ilmaista, vaan rahaa ja muita resursseja on käytettävä riskeiltä suojautumiseen. Riskien hallintaa voidaan optimoida seuraavan kuvion 3 mukaisesti. Koko riskiä ei aina kannata suojata, vaan myös riskienhallinnassa on olemassa optimi, jossa vahinkomenojen raja-arvo on yhtä suuri kuin suojauskustannusten raja-arvo. (Kuusela & Ollikainen 1998, 25.)



Kuvio 3. Riskienhallinnan optimointi (Kuusela & Ollikainen 1998, 25)

Lähes kaikilta kappaleessa 3.2 mainituilta riskeiltä voidaan suojautua seuraavassa esiteltävillä instrumenteilla. Täydellinen suojautuminen ei kuitenkaan aina ole taloudellisesti kannattavaa, koska transaktiokustannukset voivat nousta liian suuriksi. Optioilla ja futuureilla voidaan varmistaa, ettei tappiot nouse mahdollisten kurssimuutosten takia liian suuriksi. Johdannaisia voidaan käyttää oman position suojaamiseen vastaavasti kuin normaaleja vakuutuksia.

Suojauksen päämääränä on tilikauden tuloksen varmistaminen. Muita päämääriä voi olla esimerkiksi seuraavat (Kasanen et al. 1997, 128).

- myyntikatteen varmistaminen
- kassavirtaheilahtelujen pienentäminen
- yrityksen arvon suojaaminen
- valuuttakurssivoitot ja tappiot -rivin suojaaminen

- kotivaluutan suojaaminen, koska se on listatulle yhtiölle tärkeä, toisaalta myös omia pääomia suojataan
- perheyriyksissä kassavirran suojaaminen saattaa olla tärkeämpää kuin tulos
- valuuttariskin hallinta lähtee shareholder value -ajattelusta, eli yrityksen arvo on keskeinen käsite
- suojataan tuloslaskelmaa kassavirtojen kautta

Position suojauksessa tulee ottaa huomioon taloudelliset ja kirjanpidolliset vaikutukset. Kirjanpitovaikutusten pienentämisen tulisi lähteä kirjanpitoperiaatteiden parantamisesta. Kehittämällä kirjausperiaatteita vastaamaan riskienhallinnan taloudellisia vaikutuksia saavutetaan kaksinkertainen hyöty, toisaalta vältetään ylisuojauksia ja toisaalta varmistetaan, että kirjanpito antaa oikean kuvan liiketoiminnan tuloksesta. Kirjanpidollisten positioiden suojaaminen on harkittava tarkkaan, sillä suojaus saattaa kasvattaa yhtiön taloudellista positiota. Esimerkiksi myyntisaatavien kirjanpidollisten tulosvaikutusten suojaaminen tasepositiossa samalla, kun myyntisaatavat lasketaan transaktiopositioon, johtaa kaksinkertaiseen suojaukseen, eli position avaamiseen. (Kasanen et al. 1997, 129.)

3.3.1 Valuuttariskin suojaus

Valuuttariskejä vastaan voidaan suojautua operatiivisilla ja finanssisuojauksilla. Operatiivinen suojaus tarkoittaa lähtöposition muokkaamista operatiivisilla toimenpiteillä. Tällainen suojautumiskeino on esimerkiksi pyrkimys ostaa samoissa valuutoissa kuin myydään. Finanssisuojaukset toteutetaan rahoitusmarkkinoilla termiineillä, lainoilla ja muilla valuuttatransaktioilla. Operatiivisia suojauksia kutsutaan sisäisiksi suojauksiksi ja finanssisuojauksia ulkoisiksi suojauksiksi. Finanssisuojauksiin liittyy kustannuksia, joiden vuoksi niitä pyritään välttämään niin kauan kuin operatiivisia suojauskeinoja on olemassa. (Kasanen et al. 1997, 152.)

Operatiiviset suojaukset voidaan Kasanen et al. (1997, 153) mukaan jakaa neljään osaan.

1. Valuuttavirtojen tasapainottamisella (matching) tarkoitetaan valuuttamääräisten menojen ja tulojen yhteensovittamista. Toinen tapa pienentää valuuttavirtojen epätasapainoa on keskittää tuotanto niihin maihin,

joissa tuotteita myydään. Käytettäessä valuuttavirtojen tasapainottamista suojauskeinona tulee ottaa huomioon, milloin erimerkkiset toisiaan vastaan netotettavat valuuttavirrat toteutuvat.

2. Valuuttavirtojen hajauttaminen on valuutta-aseman kokonaisriskin pienentämistä ostamalla ja myymällä monessa eri valuutassa. Suojauksen vaikutus perustuu siihen, että mitä useammassa valuutassa positio on, niin sitä pienempi on todennäköisyys, että kaikki valuutat muuttuisivat samanaikaisesti epäedulliseen suuntaan.
3. Valuuttaklausuulilla tarkoitetaan valuuttakurssiriskin siirtämistä asiakkaalle tai toimittajalle. Käytännössä kurssin annetaan liikkua vaihtelualan rajoissa, jolloin pienille kurssimuutoksille ei ole suojaa.
4. Maksurytmin muuttaminen (leading ja lagging) kuvaa valuuttamaksujen aikaistamista tai viivästyttämistä position muutostarkoituksessa tai valuuttavirtojen netottamisen mahdollistamiseksi.

Finanssisuojaukset voidaan jakaa kiinteisiin- ja optiosuojauksiin. Kiinteä suojaus poistaa epävarmuuden kokonaan riippumatta siitä, onko kyseessä tappio- tai voittomahdollisuus. Kiinteä suojaus on siten symmetrinen molempiin suuntiin. Optiosuojaus pienentää epävarmuutta poistamalla esimerkiksi tappioriskin. Tästä epävarmuuden poistamisesta maksetaan preemio. (Kasanen et al. 1997, 154.) Luvuissa (3.3.4.-3.3.7) esiteltävät futuurit ja termiinit sekä koronvaihtosopimukset ovat kiinteitä suojauksia.

Valuuttaposition suojaus voidaan jakaa edelleen transaktioposition-, ekonomisenposition- ja translaatioposition suojaukseen. Näihin kaikkiin on omat menetelmänsä, mutta niihin ei mennä tässä yhteydessä erityisen syvällisesti, koska Mattila (1999) on jo omassa Finnairille tekemässään pro-gradu työssään kattanut kyseiset asiat varsin perusteellisesti.

3.3.2 Valuuttalaina ja -sijoitus

Valuuttalaina tai -sijoitus on yksinkertaisin finanssisuojaus valuuttakurssiriskiä vastaan. Kun yrityksellä on lainatarve tai vapaata likvideettiä sijoitettavaksi, valuuttalaina/-sijoitus on todennäköisesti halvin finanssisuojaus, kun yrityksellä on hyvä rating ja asema markkinoilla. Vapailla markkinoilla valuuttalainan ottaminen markkalainan sijasta ei aiheuta ylimääräisiä kustannuksia ja se on näin suojauskeinona "ilmainen". (Kasanen et al. 1997, 155.)

3.3.3 Optiot

Optio antaa haltijalleen (ostajalleen) *oikeuden* ostaa tai myydä option perustana oleva tuote ennalta määrättyyn hintaan ennalta määrättyinä ajankohtana. Option perustana eli kohde-etuutena oleva tuote voi olla osake, valuutta, korko tai lähes mikä tahansa muu hyödyke, jolle noteerataan hinta. Asettajan (myyjän) optio *velvoittaa* myymään tai ostamaan option kohde-etuutena olevan hyödykkeen ennalta määrättyllä hinnalla eli toteutushinnalla. Tästä velvollisuudesta hän saa korvaukseksi preemion (option hinnan). (Puttonen & Valtonen 1996, 39.)

Optiot jaetaan edelleen amerikkalaisiin ja eurooppalaisiin optioihin. Amerikkalaisen option voi toteuttaa koska tahansa sen voimassaoloaikana, kun taas eurooppalaisen option voi toteuttaa ainoastaan sen päättymispäivänä. Option eurooppalaisuus tai amerikkalaisuus ei viittaa kuitenkaan kaupankäynnin maantieteellisyyteen, vaan esimerkiksi Suomessa käydään kauppaa sekä amerikkalaisilla että eurooppalaisilla optioilla. (Puttonen & Valtonen 1996, 41.)

Esimerkiksi valuuttaoptio antaa ostajalle oikeuden ostaa tai myydä valuuttaa määrättyyn kurssiin tietyn ajan kuluessa tai tietyssä päivänä. Valuuttaoption preemion suuruus riippuu valuutan spot-kurssista, lunastushinnasta (strike price), option voimassaoloajasta, valuuttojen välisestä korkoerosta ja odotettavissa olevasta volatilitteetista. (Kasanen et al. 1997, 157.)

Option hinnoitteluun voidaan käyttää erilaisia laskentatapoja. Yleisimmin käytössä oleva malli on Fischer Blackin ja Myron Scholesin vuonna 1973 kehittämä option teoreettisen arvon määrittelevä malli. Black & Sholes - mallin mukaan osto-option arvo saadaan laskettua seuraavasti (1). (Puttonen & Valtonen 1996, 109.) Tässä tutkimuksessa lentokerosiini optiot hinnoitellaan kyseisen mallin mukaan.

$$(1) \quad C = S \cdot N(d_1) - e^{-rT} K \cdot N(d_2)$$

$$\text{Missä} \quad d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

S = Kohde-etuutena olevan tuotteen hinta
(Lentokerosiinin spot-kurssi)

K = Option toteutushinta (Strike)

r = Riskitön korko (jatkuva-aikaisessa muodossa)

T = Option jäljellä oleva voimassaoloaika vuosissa

$N(.)$ = Kumulatiivinen normaalijakaumafunktio

σ = Kohde-etuutena olevan tuotteen tuottojen volatiliteetti
(Lentokerosiinin tuottojen volatiliteetti)

Koska mallissa tarvitaan jatkuva-aikaista korkoa se saadaan esimerkiksi 90-päivän euribor-korosta seuraavasti (2) (Puttonen & Valtonen 1996, 110).

$$(2) \quad \frac{365}{d} \ln\left(1 + \frac{d}{365} R\right)$$

Jossa \ln = Luonnollinen logaritmi

R = d päivän rahamarkkinakorko ($d < 365$)

Myyntioption hinnoitteluun käytetään vastaavaa kaavaa hieman muunneltuna (3) (Puttonen & Valtonen 1996, 121).

$$(3) \quad P = S[N(d_1) - 1] - Ke^{-rT}[N(d_2) - 1]$$

Lentokerosiini hinnoitellaan Yhdysvaltain dollareissa, jolloin lentoyhtiön lentokerosiinipositioon liittyy myös huomattava valuuttakurssiriski. Valuuttakurssiriskin pienentämiseen käytetään dollarin osto- ja myyntioptioita. Valuuttaoptioiden hinnoitteluun käytetään Black & Scholesin malliin perustuvaa eurooppalaisten valuutta osto-optioiden hinnoittelukaavaa (4), jonka kehittivät Mark Garman ja Steve Kohlhagen vuonna 1983. (Puttonen & Valtonen 1996, 245.)

$$(4) \quad C = S \cdot e^{-r_F T} \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-r T} \cdot N(d_2)$$

$$\text{missä} \quad d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - r_F + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

S = Kohde-etuutena olevan valuutan spot-kurssi
perusvaluuttaan nähden

K = Option lunastuskurssi (Strike)

r = Perusvaluutan riskitön korko

r_F = Kohdevaluutan riskitön korko

σ = Kohdevaluutan spot-kurssin volatilitiitti

T = Option voimassaoloaika vuosina

Koska oikeus myydä Yhdysvaltain dollareita on sama asia kuin ostaa markkoja, voitaisiin myyntioption hinnoittelussa käyttää samaa kaavaa kääntämällä ainoastaan valuutat ja korot toisinpäin. Mikäli perusvaluuttaa ei kuitenkaan haluta muuttaa, niin myyntioption arvo saadaan seuraavasti (5). (Puttonen & Valtonen 1996, 247.)

$$(5) \quad P = -S \cdot e^{-r_F T} \cdot N(-d_1) + K \cdot e^{-r T} \cdot N(d_2)$$

3.3.4 Futuurit ja termiinit

Futuuri on option kaltainen sopimus myöhemmin tapahtuvasta hyödykkeen ostamisesta tai myymisestä. Optio ja futuuri eroavat toisistaan siten, että futuuri sitoo sekä ostajaa että myyjää.

Futuurisopimuksen solmimiseen ei liity erillistä rahasuoritusta eli preemiota. (Puttonen & Valtonen 1996, 41.) Termiinit ovat periaatteessa samanlaisia sopimuksia kuin futuurit, mutta pääasiallisena erona on, että termiinkauppaa käydään OTC kauppana, kun taas futuurikauppaa käydään pörssissä. Lisäksi termiini ja futuurikaupassa on eroja sopimuskoon, maturiteetin, vakuusvaatimusselvityksen, sääntelyn ja kaupankäyntikustannusten välillä. (Puttonen & Valtonen 1996, 35.)

3.3.5 Valuuttatermiini

Valuuttatermiini on yleisimmin käytetty instrumentti valuuttariskiltä suojautumiseen. Terminoidessaan yritys sitoutuu ostamaan tai myymään tietyn määrän valuuttaa tiettyinä päivinä ennakkoon sovittuun kurssiin. Valuuttatermiinin kurssi määräytyy valuutan spot -kurssin ja kahden valuutan välisen korkoeron tuloksena. Mikäli esimerkiksi kotimaan (FIM) korkotaso on korkeampi kuin ulkomaan korkotaso (esim. USD), valuuttatermiinin kurssi on yli spot -kurssin ja päinvastoin. Jos suomalaisella yrityksellä on esimerkiksi dollarimääräinen ostovelka maksettavanaan vuoden kuluttua ja markkakorot ovat alhaisemmat kuin dollarikorot, niin termiini kurssi on alhaisempi kuin spot -kurssi. Vaikka FIM/USD vaihtokurssi muuttuisi, niin kokonaisposition arvo säilyisi muuttumattomana, koska vaihtokurssin kasvaessa markkamääräinen velka kasvaisi, mutta vastaavasti termiinkaupan tulos kompensoisi tämän kasvun. Valuuttatermiinin kurssi saadaan verrattain yksinkertaisesti spot -kurssin ja korkojen avulla seuraavasti (6). (Puttonen & Valtonen 1996, 229.)

$$(6) \quad E_t = E_{spot} \cdot \frac{d_A}{d_B}$$

jossa	E_{spot}	=	Vaihtokurssi B/A
	E_t	=	Termiini kurssi hetkellä t
	d_A	=	Hetkellä t saatavan 1 A -yksikön suuruisen maksun nykyarvo valuutassa A
	d_B	=	Hetkellä t saatavan 1 B -yksikön suuruisen maksun nykyarvo valuutassa B.

3.3.6 *Korkotermiinit*

Mikäli sijoittajalla on jokin näkemys siitä, miten korkotasot tulevat kehittymään tulevaisuudessa, voi hän hyötyä valitsemalla sijoitusperiodin sopivasti. Mikäli lyhyiden korkojen (alle 12 kk) odotetaan nousevan, kannattaa tehdä useita lyhytaikaisia sijoituksia yhden pitkän sijoituksen sijasta. Tulevaisuuden ennustaminen on kuitenkin vaikeaa, joten tarpeetonta korkoriskiä pyritään minimoimaan. Korkotermiini (*Forward rate agreement, FRA*) on johdannaisinstrumentti, jonka avulla voidaan jo etukäteen varmistaa tuleva korkotaso. (Puttonen & Valtonen 1996, 142.) FRA on lyhyen korkokäyrän futuuri, jonka avulla "lyödään vetoa" sovitun koron suuruudesta (esimerkiksi euribor). Korkotermiiniä voidaan käyttää periaatteessa kahteen tarkoitukseen; peli-instrumenttina ja suojausinstrumenttina. Peli-instrumenttina FRA:ta voidaan käyttää näkemyksen ottoon eli lyödä vetoa, mikä on esimerkiksi kolmen kuukauden euribor - taso kahden kuukauden kuluttua (2x5 FRA). Jos tiedetään, että yritys tarvitsee lainan esimerkiksi kahden kuukauden kuluttua kolmeksi kuukaudeksi ja halutaan suojautua mahdollisilta koronnousuilta voidaan hankkia 2x5 FRA eli lyödään lukkoon kahden kuukauden kuluttua vallitseva korkotaso. Mikäli korkotaso nousee, saadaan FRA:sta voittoa, mikä kompensoi kohonneet lainakustannukset. Mikäli korot taas laskevat, yritys maksaa korkeampaa korkoa lainastaan kuin markkinat keskimäärin. Korkotermiinillä voidaan siis lukita korkotaso tietylle tasolle. Tästä on hyötyä silloin, kun korkotaso nousee, mutta puolestaan haittaa silloin, kun korkotaso laskee. Positio voidaan toki sulkea tekemällä vastakkaiskauppa.

3.3.7 *Korko- ja lentokerosiiniswap*

Koronvaihtosopimus eli korkoswap on kahden osapuolen tekemä sopimus vaihtaa tulevaisuudessa keskenään kassavirtoja jonkin etukäteen sovitun maksuaikataulun puitteissa. Mikäli kassavirrat ovat eri valuutoissa, on kyseessä valuuttaswap. Tavanomaisessa korkoswapissa kaksi osapuolta sopii vaihtavansa keskenänsä kiinteäkorkoisen kassavirran vaihtuvakorkoiseksi kassavirraksi. Sopimuksen tekohetkellä vaihtuvakorkoinen kassavirta on sen ensimmäistä suoritusta lukuun ottamatta tuntematon, kun taas kiinteäkorkoinen kassavirta on tiedossa.

Kassavirtojen vaihdon yhteydessä ei siirry rahavastiketta, jolloin molempien kassavirtojen nykyarvot ovat samat. Toisin sanoen swap-sopimuksen arvo on sopimuksentekohetkellä nolla. (Puttonen & Valtonen 1996, 211-212.)

Korkoswappia voidaan käyttää korkoriskiltä suojautumiseen, jolloin se on korko- tai obligaatiotermiinien vaihtoehto. Sijoittaja, jolla on salkussaan kiinteäkorkoisia obligatioita, voi vähentää salkun korkoriskiä maksamalla kiinteää korkoa swapissa. Tällöin sijoittaja hyötyy swapin kiinteästä korosta korkotason noustessa. (Puttonen & Valtonen 1996, 217.) Koska obligaatioiden hinta laskee korkotason noustessa, niin tällöin swapin arvonnousu kompensoi obligaatiosalkun tappiota.

Swappeja voi käyttää periaatteessa minkä tahansa markkinoilla noteeratun hyödykkeen kanssa. Esimerkiksi lentoyhtiöt käyttävät lentokerosiini swappeja suojautuakseen lentokerosiinin hinnanmuutoksilta. Tällöin swapin myyjä sitoutuu myymään tietyn määrän lentokerosiinia tiettyyn kiinteään hintaan. Swapin myyjä sitoutuu samalla myös ostamaan saman määrän lentokerosiinia muuttuvalla hinnalla. Muuttuva hinta on esimerkiksi kuukauden keskiarvohinta. Koska swapissa ei liiku taustalla oleva hyödyke, niin jäljelle jää ainoastaan taloudellinen sopimus, joka perustuu muuttuvan hinnan ja kiinteän hinnan nettoerotukseen. (Prebon 2001, 1.) Lentokerosiiniswapissa lentoyhtiö maksaa tai saa swapissa sovitun kiinteän hinnan ja noteerattavan hinnan erotuksen. Yleensä tuotot ja tappiot swapeista ja optioista kirjataan polttoainekustannuksien komponenteiksi. Optioiden preemiot käsitellään usein polttoaineen ennakkomaksuina. (AMR 1999.)

On huomioitava, että vaikka swapin avulla lentokerosiinin hinta lukittaisiin jollekin tietylle tasolle, niin se ei tarkoita, että lentokerosiinin hintariski poistuisi kokonaan. Swapilla lentoyhtiö suojautuu hinnan kohoamiselta, mutta samalla altistuu riskille hinnan alentumisesta. Tämä saattaa ensivaikutelmana tuntua erikoiselta, mutta ajatus perustuu siihen, että lentokerosiinin hinnan alentuessa lentoyhtiö joutuu maksamaan omasta polttoaineestaan liikaa ja tekee siten tappiota.

Mikäli swapin voimassaoloaikana käy niin, että kohde-etuuden hinta liikkuu epäedulliseen suuntaan, voidaan swap-sopimus purkaa tekemällä vastakkaiskauppa, jolloin kassavirrat kumoavat toisensa. Riskinä on luonnollisesti yhä se, että swap - vastapuolta ei vastakkaiskaupalle löydy .

4 Tutkimusmenetelmän valinta ja tutkimusmenetelmät

Tässä kappaleessa on tarkoitus selvittää, mitä eri menetelmiä on käytössä riskienmittaamiseen ja -hallintaan. Kappaleessa 4.1 selvitetään eri mittaamismenetelmien teoreettisia viitekehyksiä ja niiden hyviä sekä huonoja puolia. Kappale 4.1 jakaantuu kolmeen osaan. Ensin selvitetään Value at Risk menetelmää yleiseltä tasolta, jonka jälkeen siirrytään tarkastelemaan eri tapoja laskea VaR -luku. Kolmanneksi tarkastellaan eri estimointimenetelmiä, muuttujien mallintamista ja satunnaislukujen generointia, jotka ovat oleellisia osia kaikissa eri VaR -laskentatavoissa mallien reliabiliteetin ja validiteetin kannalta.

Kappaleessa 4.2 paneudutaan tutkimuksen käytännön toteutukseen eli selvitetään, mitä laskentamalleja on tarkoitus käyttää ja mitä muuttujia niihin otetaan mukaan. Lopuksi tarkastellaan käytettyjen muuttujien sekä mallien hyviä ja huonoja puolia sekä sitä, mitkä asiat voivat heikentää tutkimuksen reliabiliteettia ja validiteettia.

4.1 Käytettävät menetelmät

Tutkimus on tarkoitus toteuttaa selvittämällä kirjallisuuden ja haastattelujen avulla, mitä eri tekijöitä lentoyhtiön tulo- ja kustannusfunktioihin tulee sisällyttää. Lisäksi halutaan selvittää näiden tekijöiden painoarvot. Tutkimuksessa on tarkoitus käyttää rinnakkain kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia menetelmiä. Kvantitatiivisin menetelmin pyritään rakentamaan VaR -malli ja mittaamaan eri riskilähteiden merkitystä. Kvalitatiivisilla menetelmillä pyritään lisäämään tutkimuksen reliabiliteettia. Kvalitatiivisilla menetelmillä tarkoitetaan tässä yhteydessä lentoyhtiön rahoitusjohdon ja operatiivisen johdon haastattelemista, jotta saadaan realistinen kuva siitä, miten lentoyhtiössä eri hankintoja toteutetaan ja mitä eri komponentteja VaR -malliin tulisi sisällyttää.

Tutkimus aloitetaan tutustumalla Value at Risk -metodia koskevaan kirjallisuuteen sekä aikaisempiin tutkimuksiin lentoyhtiöiden kustannusrakenteesta. Lentoyhtiön johdon haastatteluissa on tarkoitus saada käytännöllinen kuva rahoituksen toiminnoista ja suojausstrategioista. Haastattelujen perusteella tarkennetaan VaR -malli ja tehdään lopullinen analyysi. Analyysin materiaali saadaan lentoyhtiöltä.

Tutkimuksen empiirisessä osiossa on hyödynnetään Monte Carlo -simulaatiota VaR -luvun laskemiseen. Tarkoituksena on lähestyä Value at Risk-analyysia budjettikehyksen ja rahavirtojen kautta selvittämällä ensin, mitä menoeriä seuraavalle aikaperiodille on budjetoitu, missä valuutoissa nämä menot ovat sekä mitä instrumentteja on tarkoitus käyttää. Tarkastellaan esimerkiksi, mitä tuloja ja menoja on seuraavan kuukauden aikana eri valuutoissa, mitä korkoinstrumentteihin liittyviä kassavirtoja on tulossa, millaisia lentokerosiinilaskuja on tulossa ja minkä kokoisia leasingmaksuja täytyy suorittaa. Kyseisistä kassavirroista ja tarvittavien instrumenttien hintakehityksistä rakennetaan aikasarjamalli, jonka avulla lasketaan seuraavan periodin VaR -luku.

4.1.1 Value at Risk menetelmä

VaR -luvulla tarkoitetaan suurimman mahdollisen tappion odotusarvoa jonkin tietyn luottamusvälin puitteissa. Luku pyrkii siis kuvaamaan huonointa mahdollista lopputulemaa, mikä salkulle voi tietyllä varmuudella sattua. Tappio voi siis olla suurempikin, mutta tämän todennäköisyys on pieni. (Puttonen & Valtonen 1996, 146.)

Value at Risk on menetelmä, jolla mitataan suurinta odotettavissa olevaa tappiota tietyllä aikavälillä, normaalien markkinaolosuhteiden vallitessa, annetulla todennäköisyydellä. Esimerkiksi pankki voi laskea, että sen portfolion VaR on 35 miljoonaa 99 prosentin luottamustasolla. Tämä tarkoittaa toisin sanoen sitä, että on vain yhden prosentin todennäköisyys, normaaleiden markkinaolosuhteiden vallitessa, tietyllä aikavälillä, että pankin tappio olisi yli 35 miljoonaa.

Osakkeenomistajat ja johto voi tämän tiedon perusteella päättää hyväksyvätkö he riskin suuruuden. Mikäli vastaus on kieltävä, niin rakennettua analyysikehikkoa voidaan käyttää apuna riskin pienentämisessä. (Jorion 1997, xiii.)

Ensimmäinen askel Value at Risk –analyysissä on päättää aikahorisontti ja luottamusaste (Jorion 1997, 86). Aikahorisontti kannattaa valita samaksi kuin tarkasteltavalla muuttujalla. Jos riskiä mitataan tulokseen nähden, niin esimerkiksi pörssiyhtiöiden tapauksessa kannattaa aikahorisontti valita neljännesvuosittaiseksi. Tässä tutkimuksessa lähdetään liikkeelle kassavirroista ja aikahorisontti päätetään lentoyhtiön johdon haastatteluiden ja tarpeen perusteella.

Periaatteessa luottamusaste on tarkoituksenmukaista valita mahdollisimman suureksi, jotta VaR -luvun ylittävien tapausten määrä jää mahdollisimman pieneksi. On kuitenkin huomioitava, että riskiennusteen epätarkkuus kasvaa sitä suuremmaksi, mitä pidemmälle vasempaan laitaan todennäköisyysjakaumaa mennään eli mitä suurempi luottamusaste valitaan. Tämä johtuu siitä, että samalla havaintojen määrä vähenee. Tämän takia VaR –lukuja, joilla on erittäin suuret luottamusasteet, kannattaa tulkita varovaisesti. (Jorion 1997, 99.)

Value at Riskin laskemiseksi voidaan määritellä W_0 investoinnin määräksi ja R sen tuotoksi. Portfolion arvo periodin lopussa on silloin $W = W_0 (1 + R)$. Odotettu tuotto (keskiarvo) on μ ja volatilitteetti σ . Voimme nyt määritellä alhaisimman portfolion arvon annetulla todennäköisyysasteella c seuraavasti: $W^* = W_0 (1 + R^*)$. VaR määritellään rahamääräiseksi tappioksi suhteessa keskiarvoon (7). (Jorion 1997, 87.)

$$(7) \quad \text{Value at Risk } (\mu) = E(W) - W^* = -W_0(R^* - \mu).$$

Value at Risk voidaan laskea myös absoluuttisena rahamääräisenä tappiona eli suhteessa nollaan eli ilman suhteutusta keskiarvoon (8) (Jorion 1997, 87-88).

$$(8) \quad \text{Value at Risk } (0) = W_0 - W^* = -W_0R^*.$$

Yleisimmässä muodossaan VaR voidaan johtaa portfolion tulevien arvojen todennäköisyysjakaumasta $f(w)$. Tällöin annetulla luottamusasteella c halutaan löytää huonoin mahdollinen arvo W^* jossa todennäköisyys tämän arvon ylittämiseen on c (9). (Jorion 1997, 88.)

$$(9) \quad c = \int_{W^*}^{\infty} f(w)dw,$$

Vaihtoehtoisesti todennäköisyys, että tulos on pienempi kuin W^* , $p = P(w \leq W^*)$, on $1 - c$. (10) (Jorion 1997, 88).

$$(10) \quad 1 - c = \int_{-\infty}^{W^*} f(w)dw = P(w \leq W^*) = p$$

Toisin sanoen alueen miinus äärettömästä W^* :een tulee summautua $p = 1 - c$:ksi, eli esimerkiksi viideksi prosentiksi. Laskettaessa tulojen VaRia olettaen, että päivittäiset tulot ovat identtisesti ja itsenäisesti jakautuneita, VaR voidaan johtaa 95 prosentin luottamusasteella tulojen histogrammin viiden prosentin vasemmasta reunasta. (Jorion 1997, 88.)

VaRin laskemista voidaan helpottaa, mikäli jakauma voidaan olettaa normaaliksi. Tällöin VaR voidaan johtaa suoraan portfolion estimoidusta keskihajonnasta. Ensin empiirinen jakauma (general distribution) $f(w)$ muunnetaan standardoiduksi normaalijakaumaksi $\Phi(\varepsilon)$, missä ε :n keskiarvo on nolla ja keskihajonta yksi. W^* yhdistetään rajatuottoon R^* siten, että $W^* = W_0(1 + R^*)$. Yleisesti R^* on negatiivinen ja voidaan ilmaista myös $-|R^*|$. R^* voidaan myös liittää standardiin normaaliin poikkeamaan $\alpha > 0$ asettamalla (11). (Jorion 1997, 89.)

$$(11) \quad -\alpha = \frac{-|R^*| - \mu}{\sigma}$$

Joka on yhteneväinen yhtälön (12) kanssa (Jorion 1997, 89)

$$(12) \quad 1 - c = \int_{-\infty}^{w^*} f(w)dw = \int_{-\infty}^{|R^*|} f(r)dr = \int_{-\infty}^{\alpha} \Phi(\varepsilon)d\varepsilon$$

Tällöin Value at Riskin löytämisen ongelma on yhtäläinen α :n löytämiseen siten, että vasemmanpuoleinen alue on yhtäsuuri kuin $1 - c$. Tämän mahdollistaa kumulatiivinen standardi normaalijakauma (13). (Jorion 1997, 89-90.)

$$(13) \quad N(d) = \int_{-\infty}^d \Phi(\varepsilon)d\varepsilon$$

Yhtälön (11) kautta saamme rajatuoton (14) (Jorion 1997, 90).

$$(14) \quad R^* = -\alpha\sigma + \mu$$

jos oletetaan, että parametrit μ ja σ lasketaan vuosittain, Δt on aikaperiodi vuosissa. Nyt yhtälö (7) voidaan muuttaa seuraavasti: (15) (Jorion 1997, 91)

$$(15) \quad \text{Value at Risk}(\mu) = -W_0(R^* - \mu) = W_0\alpha\sigma\sqrt{\Delta t}$$

Mikäli VaR halutaan ilmaista absoluuttisena rahamääränä niin saamme yhtälön (16) (Jorion 1997, 91).

$$(16) \quad \text{Value at Risk}(0) = -W_0R^* = W_0(\alpha\sigma\sqrt{\Delta t} - \mu\Delta t)$$

4.1.2 Portfolio VaR

Seuraavaksi on tarkoitus selvittää, miten Value at Risk voidaan mitata portfoliolla ja näin saada selville, mitkä portfolion osat tuottavat suurimman riskin. Lineaarisen VaRin ongelmana on, että kovarianssimatriisi kasvaa geometrisesti portfoliossa olevien instrumenttien lukumäärän kasvaessa (Jorion 1997, 149).

Portfolion tuotto on lineaarikombinaatio portfolion osien tuotoista, jotka on painotettu periodin alussa sijoitetulla rahamäärällä. Salkun VaR voidaan muodostaa sen sisältämien arvopaperien riskien kombinaatiosta. Portfolion tuotto voidaan määrittellä periodilla $t - t+1$ seuraavasti (17) (Jorion 1997, 150.)

$$(17) \quad R_{p,t+1} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} R_{i,t+1}$$

Jossa painoarvot $w_{i,t}$ määräytyvät periodin alussa ja summautuvat yhteen. Portfolion tuotto voidaan kirjoittaa matriisimuodossa seuraavasti. (18) (Jorion 1997, 150).

$$(18) \quad R_p = [w_1 w_2 \dots w_N] \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_N \end{bmatrix} = w' R$$

Jossa w' tarkoittaa transponoitua painoarvojen vektoria ja R on pystysuora vektori, joka sisältää portfolion eri osien tuotot. Portfolion odotettu tuotto saadaan seuraavasti (19) (Jorion 1997, 150.)

$$(19) \quad E(R_p) = \mu_p = \sum_{i=1}^N w_i \mu_i$$

Portfolion varianssi matriisimuodossa saadaan seuraavasti (20) (Jorion 1997, 151).

$$(20) \quad \sigma_p^2 = [w_1 \dots w_N] \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} & \dots & \sigma_{1N} \\ \vdots & & & & \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \sigma_{N3} & \dots & \sigma_N^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix}$$

Määriteltäessä Σ kovarianssimatriisiksi voidaan portfolion varianssi (14) kirjoittaa kompaktimpaan muotoon (21) (Jorion 1997, 151).

$$(21) \quad \sigma_p^2 = w' \Sigma w$$

Käytettäessä normaalijakaumaa VaR on $\alpha\sigma_p$ kertaa alkuinvestointi (Jorion 1997, 151).

Value at Riskin tärkeä aspekti on ymmärtää, mikä arvopaperi tai arvopaperien yhdistelmä tuottaa suurimman riskin, jolloin portfolion rakennetta voidaan muuttaa ja siten samalla vaikuttaa tehokkaasti VaRiin. β mittaa yhden arvopaperin osuutta portfolion kokonaisriskiin. Tätä kutsutaan myös systemaattiseksi riskiksi. β voidaan määrittellä seuraavasti (22) (Jorion 1997, 153-154.)

$$(22) \quad \frac{\partial \sigma_p}{\sigma_p \partial w_i} = \frac{\text{Cov}(R_i, R_p)}{\sigma_p^2} = \beta_i$$

Matriisimuotoa käytettäessä β voidaan määrittellä seuraavasti (23) (Jorion 1997, 154).

$$(23) \quad \beta = \frac{\sum w}{(w' \Sigma w)}$$

β on hyödyllinen jaettaessa portfolion VaR eri riskilähteisiin. Tällöin portfolion varianssi voidaan määrittellä seuraavasti (24) (Jorion 1997, 154).

$$(24) \quad \begin{aligned} \sigma_p^2 &= w_1 \text{Cov}(R_1, R_p) + w_2 \text{Cov}(R_2, R_p) + \dots \\ &= w_1 (\beta_1 \sigma_p^2) + w_2 (\beta_2 \sigma_p^2) + \dots \\ &= \sigma_p^2 \left(\sum_{i=1}^N w_i \beta_i \right) \end{aligned}$$

Funktio (18) osoittaa, että portfolion varianssi voidaan jakaa komponentteihin. Samanlaista jakoa käyttäen Value at Risk voidaan muodostaa seuraavasti (25).

$$(25) \quad VAR = VAR\left(\sum_{i=1}^N w_i \beta_i\right) = VAR_1 + VAR_2 + \dots$$

Funktion (25) mukaan riski voidaan hajottaa eri faktoreiden vaikutuksiin (Jorion 1997, 154.)

4.1.3 Delta-Normaali metodi

Kappaleissa 4.1.1 ja 4.1.2 käsiteltiin Value at Risk -menetelmää yleiseltä kannalta. Nyt siirrytään tarkastelemaan eri laskentamenetelmiä VaR -luvun laskemiseen sekä näiden menetelmien eroja sekä hyviä ja huonoja puolia. *Delta-normaali metodi* koostuu kahdesta osasta. Ensin kerätään aineisto joko historiatiedoista tai optiohinnoista ja lasketaan volatilitteetit. Tämän jälkeen muodostetaan korrelaatiomatriisi. Toinen osa sisältää portfolion positioiden painoarvojen laskemisen ja kassavirtojen kartoittamisen. Kaksi edellä mainittua osaa yhdistetään ja saadaan laskettua portfolion VaR sekä eri portfolion komponenttien VaRit. Tällöin koko portfolion osalta VaR saadaan seuraavasti (26). (Jorion 1997, 207.)

$$(26) \quad \text{Value at Risk} = \sqrt{\alpha x' \Sigma x}$$

Jossa α = Luottamusastetta vastaava kerroin $N(0,1)$ -jakaumasta

Σ = Kovarianssimatriisi

x = Delta-positiot (kassa-virrat)

Mikäli käytetään korrelaatiomatriisia R riskifaktori V muodostetaan kertomalla luottamusastekerroin α ja volatilitteetti σ keskenään, jolloin Value at Risk saadaan seuraavasti (27) (Jorion 1997, 207).

$$(27) \quad \text{Value at Risk} = \sqrt{(x * V)' R (x * V)}$$

Jossa V = $\alpha \sigma$

α = Luottamusaste

σ = Volatilitteetti

Haluttaessa selvittää yksittäisten tekijöiden vaikutusta koko salkun Value a Risk – ennusteeseen voidaan laskea komponentti-VaR betan avulla seuraavasti (28) (Jorion 1997, 208).

$$(28) \quad \beta = \frac{(V'RV)x}{\sum x(V'RV)x}$$

Tällöin komponentti-VaR saadaan lausekkeen (29) perusteella eli kertomalla β :t kokonais-VaRilla. Jolloin kokonais-VaR saadaan myös komponentti-VaRien summana (Jorion 1997, 208).

$$(29) \quad \text{Komponentti-VaR} = \beta_i * \sqrt{(x * V)'R(x * V)}$$

Delta-normaali metodi olettaa lineaarisuuden ja siten metodin käyttöön tarvitaan portfolion positioiden kombinaatio sekä kovarianssi-varienssi matriisi. Delta-normaalissa metodissa portfolion tuotto määritellään seuraavasti (30) (Jorion 1997, 186.)

$$(30) \quad R_{p,t+1} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} R_{i,t+1}$$

Jossa R = Tuotto

w = Painoarvo

Delta-normaali lähestymistapa olettaa, että eri varojen tuotot ovat normaalisti jakautuneita. Tällöin myös portfolion tuotto noudattaa normaalijakaumaa. Matriisimerkinnöin portfolion varianssi on seuraavanlainen (31) (Jorion 1997, 186.)

$$(31) \quad V(R_{p,t+1}) = w_t' \sum_{i+1} w_t$$

Riski muodostuu kombinaationa lineaarisista altistumisista useille faktoreille, joiden oletetaan jakautuneen normaalisti, sekä kovarianssimatriisin Σ_{t+1} ennusteesta. Tämä metodi käsittää lokaalin approksimoinnin hinnanmuutoksille.

Mallista voidaan käyttää kahta metodia. Malli voi perustua kokonaan historialliseen dataan tai vaihtoehtoisesti voidaan käyttää optioihin sisältyviä riskimittareita (implisiittinen volatilitiitti). Myös kahden edellä mainitun yhdistelmä on mahdollinen. (Jorion 1997, 186.) Esimerkki delta-normaalien metodien käytöstä bondiportfoliolle ja valuuttaportfoliolle löytyy liitteestä 4.

Lentoyhtiön VaR-luku voidaan laskea halutulle aikaperiodille delta-normaalien menetelmää hyväksikäyttäen seuraavasti. VaRin laskenta voidaan jakaa neljään vaiheeseen. *Ensimmäisessä vaiheessa* selvitetään halutulla aikaperiodilla toteutuvien kassavirtojen nykyarvot. Nämä kassavirrat voidaan jakaa esimerkiksi kolmeen osaan:

1. Ensimmäinen osa sisältää aikaperiodille budjetoidut tulot, joita on esimerkiksi ennustettuun myyntiin perustuvat lentolipputulot.
2. Toisena kassavirtana voidaan ajatella periodille kohdistuvat eri korkomenot ja lentokoneiden leasingmaksut.
3. Kolmantena kassavirtana toimii erääntyvät lentokerosiinilaskut.

Toisessa vaiheessa selvitetään, missä eri valuutoissa edellä mainitut kassavirrat toteutuvat eli toisaalta tulojen valuuttarakenne ja toisaalta menoihin tarvittavat valuutat. Nämä kumoavat osittain toisensa, mutta valuuttakurssiriski tuskin poistuu kokonaan. *Kolmannessa vaiheessa* lasketaan valuuttakurssien ja lentokerosiinien volatilitiitit sekä periodilla tarvittavien korkoinstrumenttien hintakehitykset. Neljännessä vaiheessa lasketaan kyseisten instrumenttien ja hyödykkeiden hintojen keskinäiset korrelaatiot, joiden perusteella saadaan Value at Risk-luku kyseiselle periodille.

4.1.4 Historiallinen simulaatio

Delta-normaalien menetelmän heikkoutena on se, että sillä ei voida huomioida optioiden tuomaa riskiä kokonaisuudessaan. Historiallinen simulointi korjaa tämän puutteen. Historiallisessa simulaatiossa halutaan lisäksi välttää oletukset markkinamuuttujien jakaumista. Niiden sijaan käytetään suoraan vanhoja päivämuutoksia esimerkkeinä siitä, mitä huomiseen mennessä voi tapahtua.

Koska menetelmässä ei oleteta olevan mitään tilastollista jakaumaa, tulevat myös muuttujien poikkeavuudet tilastollisista jakaumista oikein huomioiduksi. Toisin sanoen jakauman huipukkuus tai vinous tulee oikein huomioiduksi. Historiallisessa simuloinnissa voidaan myös käyttää niin sanottua full valuation -menetelmää eli jokaiselle instrumentille käytetään todellista hinnoittelukaavaa. Tällöin optioiden ominaisuudet tulevat oikein kuvatuiksi. (Jauri 1997, 162 - 164.)

Yksinkertainen tapa toteuttaa historiallista simulaatiota on kerätä päivädataa kaikista tarvittavista muuttujista (n päivää). Tästä päivädatasta lasketaan kullekin muuttujalle päivätuotto $n-1$ päivän osalta. Kolmannessa vaiheessa malliin syötetään nykyiset spot -kurssit ja niihin lisätään vuorollaan jokaisen historiallisen havainnon mukainen tuotto muunnettuna hinnaksi. Tällä tavoin saadaan $n-1$ ehdotusta seuraavan päivän hinnoille. Nämä $n-1$ simuloitua kurssiota toistavat identtisesti edeltäneiden n päivän muutokset. Jos esimerkiksi $n = 101$ niin 99 prosentin todennäköisyydellä suurin mahdollinen tappio on $n-1$ havainnosta huonoin. Vastaavasti 95 prosentin VaR -luku on $n-1$ havainnosta viidenneksi huonoin. Useiden salkkujen tapauksessa lasketaan salkkujen arvovektorit yhteen ja etsitään yhteenlasketuista luvuista haluttu riskitaso. (Jauri 1997, 164 - 165.)

Historiallisen simuloinnin hyvänä puolena on simuloinnin helppous, mutta huonona puolena taas VaR -luvun on alttius satunnaisvaihtelulle. Jos käytetään edellistä esimerkkiä, jossa historiallinen simulaatio tehdään 100 kurssimuutoksen perusteella, niin epäedullisin hinnanmuutos on tulosta suurimmasta kurssilaskusta 100 havaintopäivän aikana. Yksittäinen suuri kurssimuutos päivittyy siis historiallisen simulaation kurssisarjaan heti tapahduttuaan ja sen jälkeen tulokset perustuvat tähän suureen muutokseen, kunnes se joko putoaa pois simulaation 100 -päivän ikkunasta tai tapahtuu vielä suurempi kurssimuutos. Tällaisen yhden havainnon dominoidessa tuloksia, on jokaisessa salkussa riskitekijän merkitys vakio, eivätkä markkinoiden volatilitietin muutokset päivitty malliin. Mikäli VaR -tasoa lasketaan edellisen esimerkin 99 prosentista esimerkiksi 95 prosenttiin ongelma pienenee. Tämä johtuu siitä, että esimerkiksi sadalla simulaatiokierroksella viiden prosentin VaR -tason laskemiseen käytetään viiden pisteen informaatio. Mitä pienempi VaR -taso halutaan selvittää, sitä suuremmat luotettavuusongelmat kohdataan. (Jauri 1997, 166 -167.)

Historiallisen simulaation toisena huonona puolena on se, ettei sen avulla saada hankittua luotettavaa informaatiota tuottojakauman todellisesta muodosta, koska havaintoja on vähän (100 -250 kpl). Historiallisessa simulaatiossa tehdään lisäksi varsin vahva oletus siitä, että huomina toistaa lähihistorian täsmällisesti. (Jauri 1997, 167.)

4.1.5 Stressitesti

Stressitestissä lähdetään liikkeelle toisenlaisesta lähestymistavasta kuin historiallisessa simulaatiossa. Stressitestiä kutsutaan myös toiselta nimeltään skenaarioanalyysiksi. Stressitestissä simuloidaan suuria muutoksia portfolion tärkeimmissä muuttujissa ja lasketaan sitten portfolion arvon muutos. Laskettaessa portfolion arvon muutos useilla eri muuttujien muutoksilla saadaan useita portfolion tuottoja $R_{p,s}$ (32) (Jorion 1997, 196.)

$$(32) \quad R_{p,s} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} R_{i,s}$$

Jossa $R_{i,s}$ on skenaarion s hypoteettinen komponentti. Spesifioimalla todennäköisyyden p_s jokaiselle skenaariolle s muodostaa portfolion tuottojakauman, josta VaR voidaan laskea. Kyseisten stressitestien hyödyllisyys riippuu siitä, kuinka hyvin ne edustavat tyypillisiä markkinamuutoksia. Mikäli korkotaso yleisesti muuttuu enemmän kuin on esimerkiksi tarkasteluajankohtana määritelty, ei stressitesti identifioi kunnolla potentiaalisia tappioita. (Jorion 1997, 197.)

Treasuryn korkoriskin hallinnassa voi olla käytössä esimerkiksi 100 korkopisteen (*basic point, bpts*) erotus. Silloin määritellään, kuinka paljon saa tulla tappiota, jos korko muuttuu 100 bpts. Jokaiselle treasury toimijalle on määrätty oma riskilimiitti edellä mainitun korkopisteen erotuksen perusteella, joka voi olla esimerkiksi €1 000 000. Tämä tarkoittaa, että korkotason muuttuessa 100 bpts ylös- tai alaspäin, maksimitappio on €1 000 000. Positiota ei siis saa avata enempää kuin määrän, jolla 100 bpts koronmuutos epäedulliseen suuntaan tuottaisi €1 000 000 tappion. Samalla tavoin voidaan asettaa rajoituksia osakkeille, valuutoille ja volatilitteille.

Stressitestin hyvänä puolena on, että sillä voidaan kattaa tilanteita, jotka puuttuvat kokonaan historiallisesta aineistosta. Huono puoli taas puolestaan ilmenee siinä, että jos testiä käytetään VaR:n mittaamiseen ja skenaariot ovat vääriä tai epätodennäköisiä, saadaan vääriä VaR -estimaatteja. Toinen huono puoli stressitestissä on siinä, että se ei huomioi muuttujien välisiä korrelaatioita. Tyypillisesti stressitestissä huomioidaan vain yhden tai korkeintaan muutaman taloudellisen muuttujan muutosta ajassa. Tällöin ei oteta huomioon muiden taloudellisten muuttujien muutosten yksittäis- ja yhteisvaikutuksia portfolioon. Stressitestiä tulisi käyttää lisänä eikä muiden VaR -laskentatapojen korvaajana. (Jorion 1997, 198 - 199.)

4.1.6 Monte Carlo -simulointi

Monte Carlo -simulaatio koostuu kahdesta vaiheesta. Ensin spesifioidaan, mitä stokastista prosessia taloudellisille muuttujille ja prosessin parametreille halutaan käyttää. Toiseksi simuloidaan fiktiivisiä hintakehityksiä halutuille muuttujille halutulle aikavälille. Näiden hintakehitysten perusteella voidaan määrittellä tuottojakauma, josta VaR -luku voidaan mitata. (Jorion 1997, 199 –200.) Monte Carlo -simulaatio eroaa siis historiallisesta simulaatiosta siinä, että tuottojakauma saadaan simuloituista tuotoista stokastisen prosessin avulla. Historiallisessa simulaatiossa tuottojakauma perustuu historiallisiin tuottoihin. Monte Carlo -simuloinnissa kuvataan siis markkinat ja simuloidaan näille markkinoille erilaisia realisaatioita. Näiden markkinarealisaatioiden perusteella muodostetaan tuottojakauma, josta saadaan VaR -luku. Markkinoiden erilaiset realisaatiot saadaan lisäämällä position alkuarvoon estimoidun volatilitietin (katso kappale 4.1.7) geometrisen brownin liikkeen, mean reversion tai GARCH mallin (katso kappale 4.1.8) avulla estimoitu hinnanmuutos.

Jorion (1997, 239) jakaa Monte Carlo -simuloinnin tarkemmin neljään osaan.

1. Valitaan stokastinen prosessi (geometrinen brownin liike tai mean reversion) ja taloudellisten muuttujien parametrit

2. Generoidaan standardoidut normaalisti jakautuneet muuttujat $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ huomioimalla muuttujien korrelaatiot. Muuttujien $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ perusteella voidaan laskea muuttujien hinnat S_1, S_2, \dots, S_n
3. Lasketaan portfolion arvo muuttujien hinnoilla S_1, S_2, \dots, S_n
4. Toistetaan kohdat 1-3 esimerkiksi 10 000 kertaa, jolloin saadaan muodostettua portfolion tuottojakauma, josta saadaan VaR -luku

Simulointitoistojen määrää lisäämällä saadaan tarkennettua estimaattia, mutta varjopuolena on samaan aikaan tietokonekapasiteetin tarpeen kasvu ja laskenta-ajan lisääntyminen (Jorion 1997, 239). Monte Carlo -metodi sallii myös vega -riskin mittaamisen. Vega -riski tarkoittaa volatilitietin muutoksesta aiheutuvaa riskiä. Tällöin säilytetään $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ muuttumattomina, mutta vaihdetaan mallin volatilitietin σ . Portfolion arvon muutos johtuu nyt puhtaasti volatilitietin muutoksesta ja kertoo vega -riskin suuruuden. (Jorion 1997, 241.)

Generoidut standardoidut normaalisti jakautuneet muuttujat $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ sijoitetaan instrumentin hintafunktioon seuraavasti. Mikäli ennustehorisontti on t päivää ja instrumentin hinta tänään on p_0 ja sen ennustettu päivävolatilitietin on σ voidaan instrumentin hintaa t päivän kuluttua mallintaa seuraavasti (33) (RiskMetrics 1997, 151).

$$(33) \quad P_t = P_0 e^{\sigma \sqrt{t} \varepsilon}$$

Ylläolevaa kaavaa käyttämällä instrumentille arvotaan tulevia hintoja, muuttamalla satunnaislukuja ε , jotka noudattavat log-normaalia jakaumaa. Jotta satunnaisluvut $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ saadaan noudattamaan estimoituja instrumenttien välisiä korrelaatioita, täytyy tehdä *Choleskyn-hajotelma* (liitteessä 2).

Oletetaan, että haluamme generoida n -kappaletta normaalisti jakautuneita muuttujia ε jotka noudattavat niiden alla olevien instrumenttien välisiä korrelaatioita. Voimme kuvata muuttujien $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ välisiä yksikkövariansseja ja korrelaatioita $n \times n$ matriisilla Σ .

Ideana on ensin generoida n kappaletta riippumattomia muuttujia, jotka sitten yhdistetään siten, että päästään haluttuihin korrelaatioihin. Prosessi etenee RiskMetrics:n mukaan seuraavasti. (RiskMetrics 1997, 151-152.)

1. Matriisi Σ puretaan käyttäen Cholesky -faktorointia siten, että se tuottaa yläkolmiomatriisin A niin, että $\Sigma = AA'$
2. Generoidaan $n \times 1$ vektori Z standardeille normaaleille satunnaismuuttujille ε
3. Määritellään $Z = A\varepsilon$, jolloin Z :n elementeillä on yksikkövarianssi ja korrelaatiot matriisin Σ mukaisesti

Edellä mainittua menetelmää käyttäen voimme generoida satunnaismuuttujia $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ joilla on portfolion sisältämien instrumenttien noudattamat korrelaatiot ja siten generoida portfolion instrumenttien hintakehityksiä. Mikäli haluamme mallintaa kahden instrumentin hintaa t päivän päästä, jolloin P_0^1 ja P_0^2 kuvaavat hintoja tällä hetkellä. Määritellään lisäksi, että σ_1 ja σ_2 kuvaavat instrumenttien volatilitteettia ja ρ instrumenttien keskinäistä korrelaatiota. Mallintaaksemme tulevaisuuden hintaskenaariota generoimme keskenään korreloivat standardit normaalit muuttujat ε_1 ja ε_2 edellä mainitun kolmiportaisen mallin mukaisesti ja laskemme tulevat hinnat kaavan (33) perusteella seuraavasti (34) ja (35). Generoidaksemme n kappaletta skenaarioita toistamme edellä mainitun prosessin n kertaa. (RiskMetrics 1997, 152 - 153)

$$(34) \quad P_t^1 = P_0^1 e^{\sigma_1 \sqrt{t} \varepsilon_1}$$

$$(35) \quad P_t^2 = P_0^2 e^{\sigma_2 \sqrt{t} \varepsilon_2}$$

4.1.7 Estimointimenetelmät

Käsiteltäessä portfolion VaRia kappaleessa 4.1.2 selvitettiin, miten *portfolion* varianssi saadaan laskettua. Tässä kappaleessa on tarkoitus selvittää, miten *yksittäisen instrumentin* volatilitteetti eli keskihajonta voidaan estimoida, jotta voidaan laskea portfolion varianssi ja VaR.

Tässä kappaleessa käsitellään ensin lyhyesti pienimmän neliösumman- ja eksponentiaalisen tasoituksen liukuvan keskiarvon -menetelmät, jonka jälkeen syvennytään hieman enemmän GARCH-malleihin, joita käytetään tämän tutkimuksen yhteydessä.

Tavanomaisin ja yleisimmin tunnettu estimointimenetelmä on pienimmän neliösumman estimointi (*Ordinary Least Squares, OLS*). Volatiliteetin estimaatti (σ) saadaan seuraavalla kaavalla (36). (Jauri 1997, 187.)

$$(36) \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

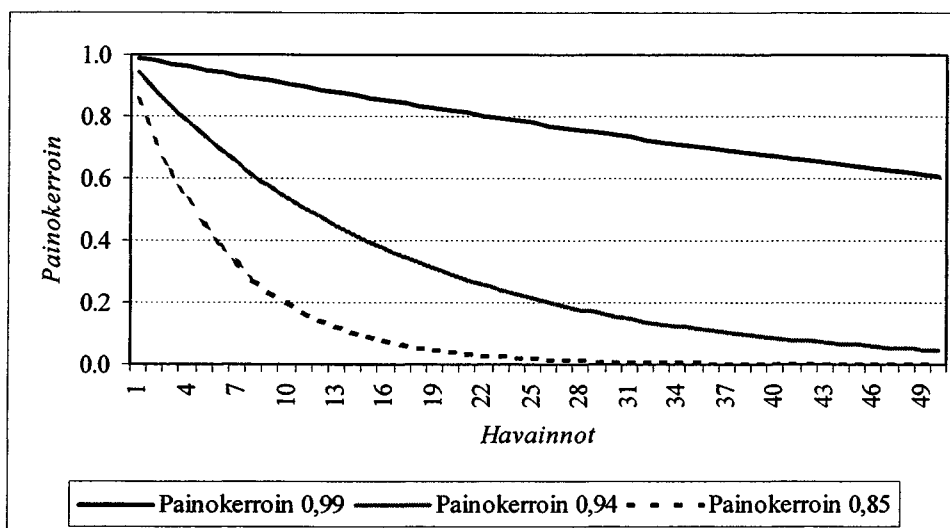
jossa \bar{x} on datasarjasta laskettu keskiarvo.

Finanssidatasta on havaittu, että 100 tai 200 päivän aikasarjasta estimoitu keskiarvo on huono estimaatti valuuttakurssin prosessin keskiarvolle. Tämä liittyy laskentatapaan, sillä laskettaessa päivätuotot aikasarjasta ja niiden keskiarvo voidaan havaita, että aikasarjassa aikasarjan keskiarvo määräytyy suoraan ensimmäisen ja viimeisen havainnon perusteella. Volatiliteetin estimoinnin kaavan (36) perusteella yksittäinen poikkeamahavainto koostuu termistä $(x_i - \bar{x})^2$, jossa \bar{x} määräytyy aikasarjan ensimmäisen ja viimeisen havainnon perusteella. Tällöin uusi poikkeava havainto aiheuttaa muutoksen \bar{x} :n estimaatissa ja siten kaikki kaavan (36) termit muuttuvat, ja estimaatti hyppää selvästi. Käytännössä tämä johtaa epästabiileihin estimaatteihin. Volatiliteettiestimaatit (σ) reagoivat siis voimakkaasti uusiin poikkeaviin havaintoihin. Sama ilmiö tapahtuu, kun poikkeava havainto poistuu aikasarjasta. (Jauri 1997, 188.)

Eksponentiaalisen tasoituksen liukuvan keskiarvon menetelmä (*Exponential Weighting Moving Average, EWMA*) korjaa OLS -menetelmän puutteita. EWMAssa jokaiselle havainnolle annetaan oma painokerroin (λ) siten, että viimeisin havainto saa suurimman painon, jonka jälkeen painokerroin pienenee havainnon iän perusteella. Menetelmän oleellinen osa on painokerroin eli decay -tekijä, joka määrää kuinka paljon pienempi seuraavan havainnon paino on verrattuna edelliseen mentäessä aikasarjaa taaksepäin.

Jos EWMA:n decay -faktoriksi valitaan esimerkiksi 0,97, niin ensimmäisen havainnon painokerroin on 1, seuraavan havainnon painokerroin on 0,97 ja kolmannen havainnon painokerroin on $0,97^2$ eli 0,9409 ja niin edelleen. (Jauri 1997, 189.)

Aikasarjan pituus on EWMA:ssa periaatteessa ääretön, mutta kaukaisilla havainnoilla on äärimmäisen pieni painoarvo. Aikasarjalle voidaan määrittää keski-ikä eli eri havaintojen eksponentiaalisella kertoimella painotettu keskiarvo. Painokertoimella 0,97 aikasarjan keski-ikäksi tulee noin 33 vuorokautta ja painokertoimella 0,99 noin 100 vuorokautta (Jauri 1997, 189.) Mitä pienemmäksi painokerroin siis valitaan, niin sitä jyrkemmin havaintojen merkitys pienenee ajassa. Painokertoimen vaikutusta voidaan kuvata seuraavalla kuviolla (4).



Kuvio 4. Painokertoimen arvon vaikutus havaintojen painotukseen uusimmasta havainnosta taaksepäin

Toinen EWMA:n oleellinen piirre on se, että uuden estimaatin laskemiseksi ei tarvitse pitää muistissa tai laskea uudestaan koko aikasarjaa, vaan luku voidaan päivittää rekursiivisesti uuden havainnon ja vanhan estimaatin avulla. Tämä helpottaa ja nopeuttaa estimaattien päivittämistä. Uusi estimaatti (σ_t) saadaan laskettua vanhan estimaatin (σ_{t-1}) ja uuden havainnon neliön avulla seuraavasti (37). (Jauri 1997, 190.)

$$(37) \quad \sigma_t = \lambda \sigma_{t-1} + (1 - \lambda) x_t^2$$

Painokertoimen valinnalla pyritään siihen, että laskettu estimaatti olisi mahdollisimman hyvä ennuste tulevalle kurssikehitykselle. EWMA -menetelmän vahvuus on sen yksinkertainen laskettavuus ja nopea reagointi markkinoiden muutoksiin (Jauri 1997, 190).

4.1.8 Markkinamuuttujien mallintaminen

Tässä kappaleessa on tarkoitus selvittää, miten eri markkinamuuttujien tulevaa kehitystä voidaan mallintaa Monte Carlo -simulaatiossa. Kappaleessa tarkastellaan ensin Geometrisen Brownin liikkeen teoreettista pohjaa ja sen jälkeen mean-reversion -prosessia. Näiden prosessien selvittämisen jälkeen tarkastellaan GARCH(1.1) prosessia. Nämä kolme teoreettista prosessia ovat oleellisia, koska niiden perusteella simuloidaan markkinamuuttujien tuleva hintakehitys ja VaR -luku. Mikäli markkinamuuttujalle valitaan väärä stokastinen prosessi, niin silloin myös koko VaR estimaatti on virheellinen.

Yleensä markkinamuuttujien oletetaan noudattavan *Geometrista Brownin liikettä*. Mallissa markkinamuuttujan arvoa hetkellä t kuvataan $S(t)$:llä. Tällöin muuttujan arvon kehitys kaikkina ajanhetkinä kuvataan stokastisella differentiaaliyhtälöllä (38). (Jorion 1997, 232.)

$$(38) \quad dS_t = \mu_t S_t dt + \sigma_t S_t dz$$

Jossa S = Muuttujan arvo

μ = Muuttujan jatkuva-aikainen viive

σ = Muuttujan jatkuva-aikainen volatilitiiteetti

Mallissa dz on normaalisti jakautunut satunnaismuuttuja keskiarvolla nolla ja varianssilla dt . Kyseinen muuttuja tuottaa satunnaisia shokkeja hintaan eikä ole riippuvainen historiallisesta informaatiosta. (Jorion 1997, 232.) Yhtälössä (38) z on siis Brownin liike (kutsutaan myös Wiener -prosessiksi) ja dz on Brownin liikkeen muutos äärettömän lyhyen aikavälin yli (Jauri 1997, 222). Parametrit μ_t ja σ_t voidaan estimoida esimerkiksi OLS tai EWMA -prosessilla.

Määritellään t nykyhetkeksi ja T tulevaisuuden tavoitehetkeksi. Tällöin voimme määrittellä τ :n aikahorisontiksi / ajaksi maturiteettiin ($\tau = T - t$). Muodostettaessa satunnaismuuttujia S_{t+i} hetkelle τ paloittellaan n :ään osaan ($\Delta\tau = \tau/n$). Yhdistämällä dS/S tietylle hetkelle saadaan funktio (39). (Jorion 1997, 232-234.)

$$(39) \quad \Delta S_i = S_{t-1}(\mu\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t})$$

Jossa ε on satunnaismuuttuja, jonka keskiarvo on nolla ja varianssi yksi. S :n hintakehityksen simuloimiseksi aloitetaan S_t :stä ja generoidaan satunnaislukuja ε_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Tällöin periodin 1 hinta saadaan seuraavasti (40). (Jorion 1997, 233.)

$$(40) \quad S_{t+1} = S_t + S_t(\mu\Delta t + \sigma\varepsilon_1\sqrt{\Delta t})$$

Periodille S_{t+2} saadaan laskettua arvo vastaavasti periodin S_{t+1} :n perusteella ja vastaavasti kaikille tulevaisuuden arvoille, kunnes S_T saavutetaan (Jorion 1997, 233).

Seuraavaksi tarkastellaan *mean-reversion* prosessia. Tässä lähestymistavassa muuttujat mallinnetaan prosesseina, eli stokastisten differentiaaliyhtälöiden kautta. Tällöin ei-normaalijaukautunut tuotto prosessi voidaan toteuttaa helposti. (Jauri 1997, 226.) Mean-reversion prosessi pohjautuu Cox, Ingersol ja Rossin (1985) malliin korkojen aikarakenteesta yleisessä tasapainotilassa (41) (Jorion 1997, 235).

$$(41) \quad dr_t = \kappa(\theta - r_t)dt + \sigma\sqrt{r_t}dz$$

Prosessi mallintaa korkojen (r_t) stokastisesta luonnetta, joka on yhdenmukainen empiiriseen havaintoon korkojen palautumisesta keskiarvoon. Kaavassa (41) parametri κ määrittää palautumisen nopeuden pitkän aikavälin arvoon θ . Tilanteessa, jossa korot ovat pitkän ajan keskiarvon yläpuolella ($r_t > \theta$) liikkeen suunta $\kappa(\theta - r_t)$ on negatiivinen kunnes korko palautuu θ :aan. Prosessissa varianssi (σ) on riippuvainen korkotasosta. Kun korkotasoa laskee nollaan, niin samanaikaisesti varianssi pienenee, jolloin korko ei voi tulla negatiiviseksi. (Jorion 1997, 235.)

Voimme soveltaa Jaurin (1997, 226) esitystä ja mallintaa lentokerosiin hintakehitystä seuraavasti (42).

$$(42) \quad dS = \kappa(\bar{S} - S)dt + \sigma S^\gamma dz$$

Jossa	S	=	Lentokerosiin hinta
	\bar{S}	=	Lentokerosiin pitkän aikavälin tasapainotaso
	κ	=	Lentokerosiin tasokorjauksen voimakkuuden parametri ($\kappa > 0$)
	σ	=	Lentokerosiin jatkuva-aikainen volatiliteetti
	γ	=	Volatiliteetin elastisiteettikerroin ($\gamma > 0$)
	dz	=	Brownin liikkeen differentiaali

Prosessi kuvaa hyvin laajan joukon prosesseja, joista tunnettuja esimerkkejä ovat seuraavat (Jauri 1997, 226).

γ	=	1	Ornstein-Uhlenbeck -prosessi
γ	=	1/2	Cox-Ingersol-Ross -neliöjuuri-prosessi
γ	=	0	vakiovolatiliteetin -prosessi

Prosessille ei ole löydetty analyttistä lähestymistapaa, jos $\gamma > 1$. Käytännössä on kuitenkin havaittu, että esimerkiksi pitkien korkojen malleissa saatetaan saada hyvä yhteensopivuus empiiriseen dataan, kun $\gamma > 1$, mutta tällöin jakaumat saattavat muodostua kaksihuippuisiksi. Mean-reversion prosessin luonne tulee nopeasti esiin, jos malli toteutetaan polkusimulaationa. (Jauri 1997, 226.)

Satunnaislukujen generoinnissa käytetään yleensä normaalijakaumaoletusta. Tällöin muuttujien, jotka ovat mean-reversion jakautuneita, hajonta on aavistuksen liian suuri. Merkittävä virhe saattaa syntyä, jos yhden vuorokauden varianssit annualisoidaan tai skaalataan vielä pidemmille aikaväleille neliöjuurisäännöllä. Analysoitaessa muuttujaa y , joka on mean-reversion jakautunut parametrilla a , kun $\gamma = 1$ y :lle pätee (43). (Jauri 1997, 283.)

$$(43) \quad \text{var}(y, t) = \frac{(1 - e^{-2at}) \text{var}(y, dt)}{2a}$$

Missä $\text{var}(y,dt)$ on jatkuva-aikainen hetkellinen varianssi. Trading-päivistä mitattu varianssiestimaatti σ_y^2 on estimaatti suureesta (44) (Jauri 1997, 283).

$$(44) \quad \sigma_y^2 = \text{var}(y,1/265) = \frac{(1 - e^{-2a/265})}{2a}$$

Tällöin vastaava oikea vuosivarianssi saadaan sijoittamalla kaavasta (43) ratkaistu hetkellinen varianssi kaavaan (44) jolloin päädytään kaavaan (45) (Jauri 1997, 283).

$$(45) \quad \text{var}(y,t) = \frac{(1 - e^{-2at})}{(1 - e^{-2a/265})} \sigma_y^2$$

Kaavan (45) avulla voidaan arvioida virhettä, joka neliöjuurisäännöllä skaalattaessa syntyy, jos alla oleva prosessi on mean-reversion tyyppiä (Jauri 1997, 283).

Mean reversion prosessiin liittyy huomattavia epävarmuustekijöitä ja potentiaalisia virhelähteitä. Ensinnäkin lentokerosiinin aikasarjan pituus vaikuttaa keskiarvoon. Toisin sanoen ei ole selkeää yksimielisyyttä siitä noudattaako ja millä tuottohorisontilla lentokerosiinin hinta mean reversion prosessia. Mikäli mean reversion prosessi toimii vain erittäin lyhyellä aikavälillä, niin käytettäessä pitkän aikavälin keskiarvoa, joka voi olla merkittävästi pienempi tai suurempi kuin lyhyen aikavälin keskiarvo, mean reversion prosessin palautumisnopeus muodostuu simulaatiossa liian voimakkaaksi. Tutkimusta tulisikin laajentaa tarkempaan mean reversion prosessin aikasarjan pituuden valintaan. Toinen ongelma aikasarjassa on mahdolliset poikkeavat havainnot. Tässä pätee sama ongelma kuin OLS estimoinnissa kuten kappaleessa 4.1.7. jo aikaisemmin selvitettiin eli poikkeavat havainnot muuttavat keskiarvoa, johon lentokerosiinin hinnan oletetaan palautuvan. Prosessi siis vääristyy ja VaR -luvut ovat virheellisiä, mikäli mean reversion prosessissa käytetään väärän aikavälin keskiarvoa ja mikäli palautumisnopeus on liian suuri.

Muun muassa edellä mainittujen ongelmien takia tässä tutkimuksessa on tarkoitus käyttää lentokerosiinin hinnan simuloimiseen GARCH -mallia (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*). GARCH -ominaisuus tarkoittaa, että esimerkiksi valuuttakurssin tuleva volatiliteetti voidaan ennustaa historiallisesta aikasarjasta (Jauri 1997, 190). Heteroskedastisuus tarkoittaa muuttuvaa varianssia ja ehdollinen (*Conditional*) heteroskedastisuus tarkoittaa puolestaan muuttuvaa ehdollista varianssia. Aikasarjassa tämä tarkoittaa käytännössä, että volatiliteetti muuttuu eli graafisesti ajateltuna aikasarjan volatiliteetissa on suuria muutoksia ja toisaalta myös tasaisempia aikoja. Autoregressio tarkoittaa regressiota itsensä kanssa ja viittaa ehdollisen heteroskedastisuuden mallintamiseen GARCH -menetelmässä. (Alexander 1998, 133.)

GARCH -mallin ydin on ehdollisen (stokastisen) ja ei-ehdollisen (vakion) volatiliteetin ero. Stokastisen prosessin, joka muodostaa tuottojen aikasarjan, oletetaan olevan itsenäinen ja identtisesti jakautunut. Jokaisen aikasarjan pisteen voidaan olettaa olevan peräisin samalta jakaumalta. Aikasarjan datan oletetaan siis olevan satunnaisotannalla saatuja arvoja yhdestä ehdottomasta jakaumasta. Data voidaan myös olettaa olevan peräisin stokastisesta prosessista siten, että volatiliteetti muuttuu ajassa. Tällöin ehdollinen jakauma muuttuu jokaisella ajan hetkellä ja volatiliteettiprosessi on stokastinen. GARCH -mallin ideana on lisätä standardiin regressiomalliin toinen kaava, joka mallintaa ehdollista varianssia. Ensimmäinen yhtälö GARCH -mallissa on ehdollinen keskiarvo, joka voi muuttua ajassa ja lasketaan yleisesti lineaarisella regressiomallilla. Ehdollista keskiarvoa merkitään usein μ_t :llä. Ehdollinen ajassa vakio keskiarvo saadaan yksinkertaisesti seuraavasti (46). (Alexander 1998, 134-135.)

$$(46) \quad r_t = \text{vakio} + \varepsilon_t$$

Odottamaton tuotto ε_t on keskituoton poikkeama keskiarvosta. Normaaleissa GARCH -malleissa oletetaan, että ε_t on ehdollisesti normaalisti jakautunut ehdollisella varianssilla σ_t^2 .

Kun ehdollisesta varianssista lasketaan neliöjuuri ja ilmaistaan se vuosittaisena prosenttina saadaan ajassa muuttuva volatilitietin estimaatti. Seuraavissa malleissa α tarkoittaa tuoton- ja β viiveen kerrointa (α ja $\beta < 1$). (Alexander 1998, 133-134.)

Alkuperäisessä ARCH -mallissa ehdollinen varianssi saadaan seuraavasti (47). (Alexander 1998, 136).

$$(47) \quad \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jossa} \quad \alpha_0 &> 0 \\ \alpha_1, \dots, \alpha_p &\geq 0 \\ p &= \text{aikaperiodi} \end{aligned}$$

Rajoitukset ovat välttämättömiä varmistettaessa, että ehdollinen varianssi on aina positiivinen. Tämän mallin avulla saadaan estimoitua tuottojen ehdollinen heteroskedastisuus käyttämällä historiallisten tuottojen neliöiden liikkuvaa keskiarvoa. Mikäli markkinoilla tapahtui suuri liike kumpaan tahansa suuntaan m periodia sitten ($m \leq p$), niin se kasvattaa myös tämän hetken ehdollista varianssia. Toisin sanoen historiassa tapahtuneet suuret markkinaliikkeet kasvattavat myös tulevaisuuden suurten markkinaliikkeiden todennäköisyyttä. (Alexander 1998, 136.)

Malliin voidaan lisätä q -kappaletta autoregressoivia termejä odottamattomien tuottojen neliöiden liikkuviin keskiarvoihin. Tällöin kaava (47) muuttuu seuraavasti (48). (Alexander 1997, 136.)

$$(48) \quad \sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \sigma_{t-q}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jossa} \quad \omega &> 0 \\ \beta_1, \dots, \beta_q &\geq 0 \end{aligned}$$

Usein käytetään GARCH(1,1) -mallia, jossa on yksi viivästetty virheen neliö ja yksi autoregressio termi (49) (Alexander 1998, 136).

$$(49) \quad \sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jossa} \quad \omega &> 0 \\ 0 &\leq \alpha < 1 \\ 0 &\leq \beta < 1 \\ \alpha + \beta &\leq 1 \end{aligned}$$

Rahamarkkinoilla viivekertoimet ovat yleensä yli 0,7 ja tuottokertoimet alle 0,25. Näiden parametrien koko määrittelee volatiliteetin aikasarjan muodon. Suuret viivekertoimet aiheuttavat, että ehdollisen varianssin shokit kestävät kauan eli volatiliteetti on "sitkeä". Suuret tuottokertoimet tarkoittavat puolestaan, että volatiliteetti reagoi nopeasti markkinoiden liikkeisiin. Vakio ω määrittää pitkän aikavälin volatiliteetin, mihin GARCH -ennuste konvergoituu. Toisin kuin α ja β , on ω herkkä aikasarjan pituudelle. Tästä syystä ω :n arvo lasketaan usein kaavasta (50). (Alexander 1998, 138.)

$$(50) \quad \omega = (1 - \alpha - \beta)\sigma^2$$

Jossa σ^2 saadaan ehdottomasta volatiliteetti estimaatista. Mikäli käytetään useamman vuoden aikaperiodia, jonka aikana on ollut suuria markkinaliikkeitä, niin ω :n estimaatti on korkea. Tällöin volatiliteetin aikarakenteet konvergoituvat myös korkeammalle tasolle. (Alexander 1998, 138.)

GARCH -malli on parhaimmillaan silloin, kun pyritään ennustamaan tarkasti lyhyen aikavälin muutoksia yksittäisessä muuttujassa. Tällöin voidaan käyttää melko lyhyttä aikasarjaa sekä optimaalista mallirakennetta ja dataa. GARCH -mallit eivät sovi tilanteisiin, joissa käytetään pitkiä aikasarjoja. (Jauri 1997, 191.)

Edellisessä esityksessä GARCH -malli on esitetty volatiliteetin estimoinnin perusteella. GARCH(1.1) mallia voidaan kuitenkin käyttää myös muiden markkinamuuttujien estimoimiseen ja simuloimiseen. Tässä tutkimuksessa päädyttiin simuloimaan lentokerosiinin hinnan kehitystä GARCH(1.1) prosessilla seuraavasti.

```

endogenous JetFuel;
parms mean arch0 arch1 garch1;
JetFuel = log(JetFuel) - log(zlag(JetFuel));
JetFuel = mean ;
h.JetFuel = arch0 + arch1 * zlag( resid.JetFuel * resid.JetFuel ) + garch1 *
zlag(h.JetFuel) ;

```

Jossa *arch0* = *Ehdollisen volatiliteetin vakio*
 arch1 = *Viivästettyjen residuaalien neliöiden kerroin*
 garch1 = *Viivästetyn ehdollisen volatiliteetin kerroin*

4.1.9 Satunnaislukujen generointi

Kuten aikaisemmin voitiin havaita Monte Carlo simulointi perustuu ε :n satunnaisotantaan tietyistä todennäköisyysjakaumasta. Matemaattisesti prosessi on kaksiosainen (Jorion 1997, 136).

1. Ensimmäisessä vaiheessa tasaisesta jakaumasta $[0,1]$ generoidaan satunnaislukuja x . Tarkasti ottaen nämäkään luvut eivät ole täydellisiä satunnaislukuja, koska ne perustuvat algoritmiin, joka saman lähtönumeron saadessaan toistaa saman lukusarjan uudestaan.
2. Toisessa vaiheessa tasajakauma muutetaan halutunlaiseksi käyttäen hyväksi sen käänteistä kertymäfunktioita. Normaalijakauman tapauksessa kertymäfunktio $N(y)$ saa arvoja vain nollan ja ykkösen väliltä. Jotta saadaan normaalijakautunut satunnaismuuttuja y , täytyy päteä $x = N(y)$ tai kääntäen $y = N^{-1}(x)$. Yleisesti mikä tahansa jakauma voidaan muodostaa niin kauan kuin funktio $N(y)$ on käännettävissä.

Hyvät satunnaislukugeneraattorit eivät toista itseään kuin vasta miljoonien kierrosten jälkeen. Tämä tulee esille vaiheessa yksi, jolloin samat lähtönumerot eivät toistu simuloinnissa. Hyvän satunnaislukugeneraattorin täytyy tuottaa lukusarja, joka läpäisee kaikki normaalit riippumattomuustestit. Satunnaislukugeneraattori on erittäin oleellinen osa koko simulointia. Mikäli samat lähtönumerot toistuvat jo muutamien kierrosten jälkeen, niin mahdollisten portfolion arvojen jakauma on vääränlainen ja johtaa väärin VaR -lukuihin. (Jorion 1997, 236.)

4.1.10 VaR -jakaumien tilastollisia ominaisuuksia

Monte Carlo simulaatiossa muodostetaan eri mallinnettavien muuttujien residuaaleista kovarianssimatriisi. Vaatimus kovarianssimatriisin validisuudelle on, että se on positiivisesti definitti. Matemaattisesti tämä tarkoittaa, että kovarianssimatriisin kaikki pääminorit ovat positiivisia. (Metsälä 2001, 15-16.)

Oletus tuottojen normaalijakautuneisuudesta ei välttämättä pidä paikkaansa; useissa tutkimuksissa on tuottojen olevan sekä vinoja että paksuhäntäisiä, jolloin ääriarvoja esiintyy normaalia enemmän. Tuottojen normaalijakautuneisuuden voi helposti selvittää kahdella yksinkertaisella tunnusluvulla, vinoudella ja huipukkuudella. Tuottojen vinous (*skewness*) saadaan laskettua kaavan (51) avulla seuraavasti (Metsälä 2001, 16.)

$$(51) \quad \gamma = \frac{E[(r_i - \mu)^3]}{\sigma^3}$$

Vinous on termi, jolla kuvataan todennäköisyysjakauman vasemmalle tai oikealle ulottuvaa pitkänomaista häntää. Toisin sanoen, tuottojakauma on epäsymmetrinen. Normaalijakaumalla vinousarvo on nolla. Tuottojen huipukkuus (*kurtosis*) voidaan laskea seuraavasti (52) (Metsälä 2001, 16.)

$$(52) \quad \delta = \frac{E[(r_i - \mu)^4]}{\sigma^4}$$

Huipukkuudella kuvataan jakauman havaintojen keskittymistä keskiarvon ympärille. Normaalijakauman huipukkuusarvo on kolme ja se tunnetaan termillä mesokurtic. Niitä todennäköisyysjakaumia, joiden huipukkuusarvo on pienempi kuin kolme, sanotaan paksu- tai lyhythäntäisiksi (platykurtic). Tällöin havaintojen jakauma keskiarvon ympärillä on tasaisempi eli voimakasta huipukkuutta ei ole havaittavissa. Näin VaR tuottaa normaalia suurempia tappiolukemia. Vastaavasti, jos huipukkuusarvo on suurempi kuin kolme, on kyseessä ohut- tai pitkähäntäiset (leptokurtic) jakaumat, jolloin jakauman arvoista suurin osa on keskiarvon ympärillä. Jakauma on tällöin selkeästi huipukas. Tuottojakauman ollessa huipukas, ei ole todennäköistä, että VaR luku saisi tavallista suurempia arvoja. (Metsälä 2001, 16.)

5.2 Validiteetin ja reliabiliteetin osoittaminen

Tässä kappaleessa tarkastellaan tutkimuksen validiteettia ja reliabiliteettia. *Validiteetilla* tarkoitetaan sitä, että tutkimus mittaa juuri sitä, mitä sillä halutaankin mitata. *Reliabiliteetilla* puolestaan tarkoitetaan tutkimustulosten pysyvyyttä sekä luotettavuutta.

Kappaleessa 5.2.1 esitellään Kupiecin testi, jolla voidaan mitata mallin reliabiliteettia. Kappaleessa 5.2.2 selvitetään, millaisia eri aikasarjoja simulaatiossa on käytetty ja millaisia mahdollisia virhelähteitä aikasarjoihin liittyy. Kappaleessa 5.2.3 käsitellään käytettyjä simulointi- ja hinnoittelumalleja sekä niiden mahdollisia epäkohtia.

5.2.1 Kupiecin testi

Yksinkertaisin tapa osoittaa Value at Risk -mallin reliabiliteetti on mitata ennustamisen epäonnistumisprosentti. Tämä tarkoittaa sitä, että lasketaan kuinka monta kertaa ennustettu VaR -luku ylittyy ennustehorisontin aikana. Mikäli VaR -luku on mitattu esimerkiksi viiden prosentin riskitasolle (p) merkitsee se, että VaR -luku pitäisi toteutua täsmälleen viidessä prosentissa kaikista ennustehorisontin tuottohavainnoista. Edellä mainittua VaR -mallin testausmenetelmää kutsutaan Kupiecin testiksi. Kupiec (1995) on laskenut VaR -malleille hyväksymisrajat eli rajat sille, kuinka monta kertaa VaR -ennuste saa ylittyä tai alittua ennustehorisontin aikana. Seuraavassa taulukossa (1) N tarkoittaa VaR -ennusteen ylittämisen ja alittamismäärää aikavälillä T , jolloin mallia ei vielä tarvitse hylätä. Taulukosta nähdään, että esimerkiksi viiden prosentin riskitasolla VaR -ennuste ei saa ylittyä vuoden aikana (255 päivää) yli 21 kertaa. Toisaalta VaR -ennusteen tulisi ylittyä yli kuutta kertaa. Mikäli näin ei tapahtuisi, tuottaisi malli liian suuria VaR -lukuja.

Kupiec:n testin hyväksymisalue			
Riskitaso p	$T = 255$ päivää	$T = 510$ päivää	$T = 1000$ päivää
0.01	$N < 7$	$1 < N < 11$	$4 < N < 17$
0.025	$2 < N < 12$	$6 < N < 21$	$15 < N < 36$
0.05	$6 < N < 21$	$16 < N < 36$	$37 < N < 65$
0.075	$11 < N < 28$	$27 < N < 51$	$59 < N < 92$
0.10	$16 < N < 36$	$38 < N < 65$	$81 < N < 120$

Taulukko 1. Kupiec:n testin VaR -luvun hyväksytyt ylityskerrat eri riskitasoilla ja eri aikahorisonteilla (Jorion 1997, 95).

Tässä tutkimuksessa Kupiec:n testiä ei suoriteta, vaan se jätetään mielenkiintoiseksi jatkotutkimuksen aiheeksi. Tämä johtuu lähinnä siitä, että sen vaatima lisätyömäärä ei palvele tälle tutkimukselle asetettuja opinnäytetyön tarpeita.

5.2.2 Käytetyt aikasarjat

Tutkimuksessa on käytetty valuuttojen aikasarjoina Yhdysvaltain dollarin, Englannin punnan, Ruotsin kruunun ja Japanin jenin noteerattuja kurseja Suomen markkaa vastaan. Kyseessä on viikkodata, joka on kerätty väliltä 5.1.1996 - 29.6.2001. Koska valuutat ovat peräisin perjantapäiviltä, voi se tuottaa dataan viikonpäiväilmiön ja vääristää sitä hieman. On kuitenkin oletettavaa, että tämä virhe on marginaalinen tämän tutkimuksen kannalta, eikä sillä ole suurta vaikutusta validiteettiin. Jatkotutkimuksen kannalta voi olla mielenkiintoista selvittää, miten viikonpäivän vaihto tai datan muuttaminen päivädataksi muuttaisi VaR -ennustetta.

Simuloinnin toteuttamiseen laskettiin valuuttojen ja korkojen aikasarjoista tuotot kaavalla (53), jossa S tarkoittaa kunkin päivän noteerattua arvoa.

$$(53) \quad \ln(S_t / S_{t-1})$$

Tutkimuksen toteuttamiseen tarvittiin korkoja optioiden hinnoitteluun ja koroiksi valittiin valuuttojen kolmen kuukauden markkinakorot (USD 3 Month Libor, GBP 3 Month Libor, 3 Month Stibor ja Tokyo 3 month Libor Euro - USD). Korkojen osalta tutkimuksessa on päädytty käyttämään kunkin maan kolmen kuukauden korkoja, joita on käytetty myös 12 kuukauden korkona sellaisenaan.

Koska mallissa on termiinejä seitsemältä eri kuukaudelta, on niiden hinnoittelukaavoja muutettu koron osalta siten, että yhden kuukauden kuluttua erääntyvän termiinin hinta on laskettu seuraavasti (54).

$$(54) \quad T = JF - \left(\frac{1}{(1 + 30 \cdot USD3M / 360)} \right) \cdot fixrate$$

Jossa	T	=	termiinin hinta
	JF	=	Lentokerosiinin noteerattu hinta
	$USD3M$	=	Yhdysvaltain 3 kk korkonoteeraus
	$fixrate$	=	Lentokerosiinin sopimushinta

Vastaavasti kahden kuukauden kuluttua erääntyvän termiinisopimuksen nykyarvo saadaan muuttamalla 30 tilalle 60 osoittamaan kahden kuukauden korkoa ja niin edelleen aina seitsemänten kuukauteen saakka. Tämä on johtunut lähinnä datan saatavuusongelmista. Mikäli VaR -analyysi päätetään ottaa operatiiviseen käyttöön, on kyseinen epäkohta korjattava. Koska tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää VaR -analyysin toimivuus lentoyhtiölle, ei kyseisestä oikaisusta ole haittaa tutkimuksen tavoitteen ja validiteetin kannalta.

5.2.3 Käytetyt simulointimallit

Valuuttakurssien simulointiin on käytetty Geometrista Brownin liikettä seuraavan SAS kielisen koodin mukaisesti:

```
endogenous ΔGBP/FIM;
parms mu sigma;
ΔGBP/FIM = lag(ΔGBP/FIM) + mu * lag(ΔGBP/FIM);
h.GBP/FIM = sigma * sigma * lag(ΔGBP/FIM) * lag(ΔGBP/FIM);
id time;
GBP/FIM = EXP(ΔGBP/FIM) * zlag(GBP/FIM);
```

Jossa	σ	=	Hajonnan parametri
	μ	=	Suunnan parametri

Jatkotutkimuksessa voitaisiin testata kuinka hyvin Geometrinen Brownin liike simuloi valuuttakurssien kehitystä verrattuna muihin simulointimenetelmiin. Tällöin voitaisiin selvittää, kuinka suuren ennustevirheen simulointimalli tuottaa.

Kuten edellä kappaleessa 4.1.8 esitettiin, tarvitaan Geometrisen Brownin liikkeen laskemiseen mallinnettavan instrumentin keskiarvo, volatilitteetti ja arvo hetkellä t sekä satunnaislukuja. Tällöin volatilitteetin laskentatapa määrittelee simuloituja arvoja ja mikäli estimoitu volatilitteetti on virheellinen, vääristää sen vaikutus koko simulaatioita. Mikäli Geometrisella Brownin liikkeellä simuloidaan markkinamuuttujia, niin volatilitteetin estimoimiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Volatilitteetti vaikuttaa siis niin optioiden hinnoissa kuin optioiden kohde-etuuksienkin simuloituissa hinnoissa. Tällöin volatilitteettiestimaatilla on suuri merkitys mallin reliabiliteetin kannalta.

Lentokerosiinin ja valuuttakurssien tuottojen volatilitteettien laskemiseen on käytetty historiallisesta datasta OLS:lla laskettua volatilitteettia. Implisiittisen volatilitteetin käyttäminen antaisi luultavasti paremmat ennusteet instrumenttien arvon muutoksille, mutta koska tähän tutkimukseen ei ollut käytettävissä lentokerosiinioptioiden eikä valuuttaoptioiden hintojen aikasarjoja, ei implisiittistä volatilitteettia ole voitu laskea. Implisiittisen volatilitteetin käytön vaikutuksen selvitys olisi tärkeää ennen Value at Risk -mallin operatiivista käyttöä ja lisäisi mallin validiteettia ja reliabiliteettia.

Satunnaislukujen generointi on toinen oleellinen tekijä Geometrisessa Brownin liikkeessä ja voi tuottaa malliin ennustevirheen, mikäli satunnaisluvut alkavat toistua liian usein, kuten kappaleessa 4.1.9 selvitettiin. Tutkimuksessa ei kuitenkaan lähdetä kyseenalaistamaan Risk Dimensionin satunnaislukugeneraattoria, vaan luotetaan sen toimivuuteen.

Korkojen kehitystä on simuloitu mean reversion prosessilla. Seuraavassa SAS kielinen kolmen kuukauden *euribor* koron simulointikaava.

```

endogenous ΔFIM3M;
parms kappa theta sigma;
ΔFIM3M = lag(ΔFIM3M) + kappa * (theta - lag(ΔFIM3M));
h.FIM3M = sigma * sigma * lag(FIM3M);
id time;
FIM3M = EXP(ΔFIM3M)*zlag(FIM3M);

```

Jossa	<i>kappa</i>	=	Mean reversion prosessin nopeus
	<i>theta</i>	=	Pitkän aikavälin keskiarvo
	<i>sigma</i>	=	Varianssin vakio

Kun simulaatiomallia lähdettiin tekemään, niin alkuperäisenä ajatuksena oli käyttää mean reversion prosessia myös lentokerosiinin hinnan simuloimiseen seuraavan SAS kielisen mallin mukaisesti.

```

endogenous ΔJetFuel;
parms kappa theta sigma;
ΔJetFuel = lag(ΔJetFuel) + kappa * (theta - lag(ΔJetFuel) );
h.JetFuel = sigma * sigma * lag(JetFuel);
id time;
JetFuel = EXP(ΔJetFuel)*zlag(JetFuel);

```

Kyseistä mallia käytettäessä jäivät Value at Risk luvut kuitenkin erittäin pieniksi (koko position VaR 3,9 miljoonaa markkaa). Todennäköinen syy pieniin VaR -lukuihin on prosessi itsessään ja aikasarjan pituus. Koska mean reversion prosessissa lasketaan aikasarjan keskiarvo, johon hinnan oletetaan palaavan, niin aikasarjan pituus ja muoto vaikuttavat suuresti tähän keskiarvoon. Mikäli aikasarjassa on poikkeavia havaintoja, muodostuu keskiarvo liian suureksi / pieneksi. Tässä tapauksessa aikasarjasta estimoitu keskiarvo oli 203 dollaria, joka vastaa lokakuun 1999 arvoa. Tarkasteltaessa aikasarjaa graafisesti, voidaan huomata, että kerosiinin hinta on muuttunut varsin voimakkaasti tästä arvosta.

Mean reversion prosessiin liittyy myös toinen ongelma, joka juontaa juurensa aikasarjan valinnasta. Tämä on palautumisnopeus. Mikäli keskiarvo on estimoitu väärin, voi palautumisnopeuskin muodostua liian nopeaksi. Palautumisnopeus estimoidaan aikasarjasta, jolloin se vääristää myös tuloksia. Tässä tapauksessa palautumisnopeus on luultavasti liian suuri, jolloin simulaatiossa suurin osa simulaatioista etenee siten, että edetään liian nopeasti keskiarvoon. Toisin sanoen simulaatio olettaa lentokerosiinin hinnan laskevan liian nopeasti. Tällöin VaR -luku jää pieneksi, koska lähes kaikki lentokerosiinin tuottohavainnot ovat negatiivisia eli hinta laskee.

Käytettäessä mean reversion prosessia lentokerosiinin hintaa simuloitaessa, tulee siis olla erityisen tarkkana aikasarjan valinnassa.

Erittäin mielenkiintoista olisi tutkia, millä prosessilla lentokerosiinin hintaa voitaisiin simuloida kaikkein parhaiten ja millaisella aikavälillä lentokerosiini noudattaa mean reversion prosessia.

Kuten Black & Scholesin optiohinnoittelun kaavasta (1) selviää, niin hinnoitteluun pitäisi käyttää jatkuva-aikaista korkoa. Tässä tutkimuksessa jatkuva-aikaistusta ei ole kuitenkaan tehty, mutta tästä johtuva virhe on tutkimuksen tavoitteen ja validiteetin kannalta marginaalinen. Tämä epäkohta on kuitenkin syytä korjata, mikäli VaR - malli otetaan operatiiviseen käyttöön.

6 Johtopäätökset ja yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli identifioida Finnairin rahoituseriin kohdistuva markkinariski ja kartoittaa suojautumismahdollisuuksia. Tutkimuksessa mitattiin Value at Risk -menetelmällä eri instrumentteihin ja hyödykkeisiin liittyvän riskin markkamääräistä suuruutta. Heinäkuun 2001 aikana Finnairin kassa- ja valuuttavirtoihin kohdistuva riski oli ■■■ miljoonaa markkaa eli ■■ prosenttia seuraavan seitsemän kuukauden kassavirtojen nykyarvosta. Tilikaudella 2000 Finnairin liikevoitto oli 743,7 miljoonaa markkaa ja tilikaudella 1999 puolestaan 336,1 miljoonaa markkaa. Suhteutettaessa rahoitusriski liikevoittoon voidaan sitä pitää kohtuullisena.

Kuten jo etukäteen oletettiin, lentokerosiini osoittautui suurimmaksi yksittäiseksi riskilähteeksi. Lentokerosiinin merkittävyyttä lisää sen hinnoittelu Yhdysvaltain dollareissa, jolloin Finnair altistuu sen myötä sekä mittavaan hyödykehintariskiinkin että suureen valuuttakurssiriskiinkin. Riskiä tosin pienentää dollarin ja lentokerosiinin negatiivinen korrelaatio. Kyseinen ilmiö voidaan selvästi nähdä lentokerosiinin kaksi kertaa suurempana Value at Risk -arvona suhteutettuna koko position arvoon. Jatkoa ajatellen on kuitenkin muistettava, että korrelaatiot eivät ole pysyviä, vaan myös ne voivat muuttua.

Riskin pienentäminen on mahdollista suuressa mittakaavassa ainoastaan lentokerosiinin suojauksia lisäämällä. Tällöin kuitenkin, instrumentista riippuen, saatetaan altistua uusille riskeille ja samalla poistaa positiivisten hinnanmuutosten vaikutusmahdollisuudet. Valuuttavirroista koostuvaa riskiä voidaan pyrkiä pienentämään tehostamalla netottamista ja maksujen aikataulujen yhdenmukaistamista. Tässä tutkimuksessa ei ole huomioitu mahdollisuutta siirtää lentokerosiinin hinnanmuutoksia lentolippujen hintoihin. Lentoyhtiöiden välisen kovan kilpailutilanteen vallitessa hintakilpailu on kuitenkin ankaraa ja kyseinen malli vaikea toteuttaa.

Lainaten Finnairin treasury:n apulaisjohtaja Mika Stirkkistä: "VaR ei toimi silloin, kun sitä eniten tarvitaan". Kyseinen kommentti pitää paikkansa, sillä VaR -mallinnuksen tärkeä oletus on normaalit markkinaolosuhteet. Lentokerosiinin hintaan vaikuttaa maailmantalouden tila, Lähi-idän poliittinen ilmapiiri ja OPECin tuotantopäätökset. Minkään edellä mainitun vaikutuksen ennakoiminen ei ole helppoa. Nykyistä maailmantalouden tilaa ja sen tulevaisuutta on vaikea ennustaa ja se voi muuttua hyvinkin nopeasti. Lähi-idässä voi muodostua kriisejä, jotka vaikuttavat OPECin tuotantopäätöksiin, öljyn forward hintoihin ja niin edelleen. Kyseiset tapahtumat voivat tehdä erilaisia hintapiikkejä öljyn hintaan ja vaikuttaa siten myös lentoyhtiöiden riskeihin. Kuten Stirkkinen totesi, lentokerosiinia voidaan verrata kahviin. Kahvin noteeratun hinnan kehitys on erityisen volatiilia ja siihen vaikuttaa muun muassa Etelä-Amerikassa vallitseva sää. Tässä tapauksessa kahvin hinnan kehitystä on kuitenkin helpompi ennustaa, koska sää voidaan nykytekniikalla ennustaa verrattain suurella varmuudella. Kerosiinin ja öljyn hinnan kehityksessä vastaavia ennustamerkkejä ei ole, kun ajatellaan esimerkiksi Lähi-idän poliittista ilmapiiriä.

Tämän tutkimuksen tekoaikana terroristit hyökkäsivät Yhdysvaltoihin ja tuhosivat World Trade Centerin sekä osan Pentagonista kaappaamallaan matkustajalentokoneilla. Tällaisia tapahtumia ei kukaan olisi osannut ennustaa. Tapahtumien seurauksena öljyn hinta nousi, lentoliikenne pysäytettiin koko USAssa ja ihmisten asenteet lentoturvallisuutta kohtaan muuttuivat. Lentoyhtiöille koitui jättitappiot ja heti hyökkäyksen jälkeen yksi lentoyhtiö hakeutuikin konkurssiin. Useat muut lentoyhtiöt ilmoittivat välittömästi mittavista henkilöstön vähennyksistä. Voidaan tietysti asettaa kyseenalaiseksi se liittyivätkö henkilöstön vähennykset terrori-iskuihin vai alalla jo aikaisemmin vallinneeseen vaikeaan markkinatilanteeseen. Terrori-iskuista voitiin siten saada hyväksyttävä syy massiivisille irtisanomisille ja erilaisiin taloudellisiin tukitoimiin.

Terrori-iskujen aiheuttamista tappioista voidaan huomata, että lentoyhtiöiden strategiset ja rahoitukselliset riskit ovat hyvin voimakkaasti sidoksissa toisiinsa. Tämä vaikeuttaa riskien ennustamista huomattavasti.

Edellä mainittuja skenaarioita on erittäin vaikea mallintaa ja ainoa tapa, miten ne voidaan huomioida Value at Risk -analyysissä on erilaisten shokkien sisällyttäminen simulaatioon. Lentoyhtiöiden liiketoimintaympäristön herkkyyttä ja kovaa kilpailutilannetta ajatellen on erittäin tärkeää, ettei Value at Risk -malli ole ainoa riskimittari, vaan sen lisäksi hyödynnetään myös erilaisia stressitestejä.

Tutkimuksen lähtökohtana ei ollut rakentaa valmista Value at Risk -mallia, vaan kartoittaa eri riskilähteet ja rakentaa karkea malli riskin mittaamiseen. Tämä tavoite saavutettiin, mutta ennen mallin operatiivista käyttöönottoa on kuitenkin erittäin tärkeää korjata mallin puutteita niin aikasarjojen kuin myös eri simulointitekniikoiden osalta. Jatkossa olisi erittäin hyödyllistä selvittää, mikä olisi paras simulointiprosessi lentokerosiinien hinnan kehitykselle ja tutkia Kupiecien testillä Value at Risk -arvojen todenperäisyyttä.

Yksi tämän tutkimuksen tuloksista on Value at Risk -mallin toimivuus lentoyhtiön riskienhallinnan työkaluna. Lentokerosiinien ja muiden ilmailuteollisuudelle ominaisten tuotteiden hinnan mallintaminen ja mukaan ottaminen Value at Risk -malliin on tämän tutkimuksen perusteella mahdollista. Tutkimuksessa rakennettua mallia on kuitenkin vielä hienosäädettävä ja varmistettava saatujen tulosten oikeellisuus.

LÄHTEET

Alexander, C. (ed.)1998. Measuring and modelling financial risk. Vol.1. John Wiley & Sons Ltd.

AMR Corporation annual report 1999 Financials. Saatavilla [www-muodossa:
>URL:http://www.amrcorp.com/ar1999/text/fin_notes_consolidated.html<](http://www.amrcorp.com/ar1999/text/fin_notes_consolidated.html). 16.7.2001

Bailey, E., Graham, D. & Kaplan, D. 1988. Deregulating the airlines. MIT Press.

Cronshaw, M. & Thompson, D. 1990. Competitive advantage in European aviation. London Business School.

Davis, P. 1994. Airline Ties Profitability to Management. Saatavilla [www-muodossa:
>URL:http://www.siam.org/siamnews/mtc/mtc694.htm<](http://www.siam.org/siamnews/mtc/mtc694.htm). 13.3.2001

Finnair Oyj vuosikertomus 2001. Saatavilla [www-muodossa:
>URL:http://www.finnair.fi<](http://www.finnair.fi). 16.9.2001

Gialloreto, L. 1988. Strategic airline management 'The global war begins'. Pitman publishing.

Goebel, A. & Tuutti, A. 1999. Toimintaympäristön muutosten vaikutukset lentoliikenteen infrastruktuuripalveluihin. Liikenneministeriö.

Hallerbach, W. & Menkveld, B. 1999. Value at Risk as a Diagnostic Tool for Corporates: The Airline Industry. Erasmus University Rotterdam. Tinbergen Institute.

Heikkinen, P. 2001. Luottotappioriskin vaihtosopimuksen hinnan määrittäminen. Jyväskylän yliopisto. Pro-gradu.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1998. Tutki ja kirjoita. Kirjayhtymä Oy.

Hirvonen, P. 2001. Finnairilla nostetta salkkuun?. Kauppalehti, Saldo 20.4.2001, 23.

Jauri, O. 1997. Riskienhallinta uudesta näkökulmasta. Helsinki: Kauppakaari Oy, Yrityksen tietokirjat.

Jorion, P. 1997. Value at risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk. McGraw-Hill.

Kasanen, E., Lundström, T., Puttonen, V., Veijola, R. 1997. Rahoitusriskit yrityksissä. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.

Kuusela H., Ollikainen R. (toim.) 1998. Riskit ja riskienhallinta. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Koskinen A., Lankinen M., Sakki J., Kivistö T. & Vepsäläinen J.P. 1995. Ostotoiminta yrityksen kehittämisessä. Espoo: Weilin + Göös.

Laaser, C-F., Sichelschmidt, H., Soltwedel, R. & Wolf, H. 2000. Global strategic alliances in scheduled air transport - Implications for competition policy. Institut für Weltwirtschaft Kiel.

Leong, W. 1991. The effect of airline deregulation on the financial condition of the airline industry. California State University, Fresno.

Luo, S. 1994. Airline schedule perturbation management. University of Texas, Austin.

Mattila, T. 1999. Valuuttaposition määrittely ja riskilaskenta yrityksessä; case Finnair. Helsingin Kauppakorkeakoulu. Pro-gradu.

Metsälä, P. 2001. RiskMetrics-metodologian soveltuvuus metsäteollisuusyritykselle. Jyväskylän yliopisto. Pro-Gradu.

Nurminen, T. 2001. Palkkakiista oli myrkkyä Lufthansalle. Kauppalehti 10.5.2001, Uutiset, 12.

Prebon energy. 2001. Guide to using oil swap options. Saatavilla www-muodossa: >URL:<http://www.prebon.com>>. 16.7.2001.

Pryke, R. 1987. Competition among international airlines. Gower Publishing Company Limited.

Puttonen, V. & Valtonen, E. 1996. Johdannaismarkkinat. WSOY ja Suomen Ekonomiliitto.

Raivio, J. 2001. Lufthansan kannattavuus romahti alkuvuodesta. Helsingin Sanomat 28.4.2001, Talous, D2.

Richey, F. 1994. Strategic alternatives for operation of a commuter or regional airline in a deregulated environment. Nova University.

Runge, N. 1995. Air transportation deregulation: A public policy failure?. University of Delaware. Tohtorin väitöskirja.

Seristö, H. 1993. Airline strategies. Helsingin Kauppakorkeakoulu. Lisensiaatintyö

Seristö, H. 1995. Airline performance and costs. Helsingin kauppakorkeakoulu. Tohtorin väitöskirja.

Seristö, H. 2000a. Industry liberalization and privatization in small and open economies - Research avenues for studying european airline industry. Helsingin Kauppakorkeakoulu.

Seristö, H. 2000b. Alliance objectives in strategy framework: The case of multipartner alliances in the airline industry. Helsingin Kauppakorkeakoulu.

Tuutti, A. 1993. Euroopan yhdentymiskehityksen vaikutus Suomen lentoliikenteeseen. Liikenneministeriö.

Virtanen, T. 1995. Strateginen ohjausinformaatio lentoliikenteen reittivalinnassa. Helsingin Kauppakorkeakoulu.

Youssef, W. 1992. Causes and effects of international airline equity alliances. University of California, Berkeley.

LIITE 1. Käytetyt ennustemallit ja hinnoittelukaavat

Aikasarjat:

- Aikaväli 5.1.1996 - 29.6.2001
- Yhdysvaltojen 3 kuukauden korko (USD 3 month Libor)
- Englannin 3 kuukauden korko (3 month Libor)
- Ruotsin 3 kuukauden korko (3 month Stibor)
- Japanin 3 kuukauden korko (Tokyo 3 month Libor Euro - USD)
- Lentokerosiinin hinta Amsterdamissa CIF NWE ARA
- Volatiliteettien laskentatapa: OLS

Korkojen simulointimalli:

- Mean reversion prosessi

Käytetyt valuutat:

- Yhdysvaltain dollari (USD)
- Englannin punta (GBP)
- Ruotsin kruunu (SEK)
- Japanin jeni (YEN)
- Suomen markka (FIM)
- Euro (5,94573 FIM)
- Volatiliteettien laskentatapa: OLS

Valuuttojen simulointimalli:

- Geometrinen Brownin liike

Lentokerosiinin hinnan simulointimalli:

- GARCH(1.1)-malli

Optiot:

- Lentokerosiinin osto- ja myyntioptio
 - o Hinnoittelumalli: Black & Scholes
 - o Kohde-etuus: Lentokerosiini
 - o Riskitön korko: Yhdysvaltojen 3 kuukauden korko
 - o Volatiliteetin laskentatapa: OLS
- Yhdysvaltojen dollarin osto-optio
 - o Hinnoittelumalli: Garman & Kohlhagen
 - o Kohde-etuus: Yhdysvaltain dollari
 - o Riskitön korko: Yhdysvaltojen 3 kuukauden korko
 - o Volatiliteetin laskentatapa: OLS

Swapit:

- Lentokerosiinin hintaswap
 - o Hinnoittelumalli

Termiinit:

- Yhdysvaltain dollari
- Ruotsin kruunu
- Englannin punta
- Japanin jeni

Volatiliteetin ennustamismalli:

- OLS

LIITE 2. Choleskyn hajotelma

Lähde: Metsälä 2001, s. 23 - 24

Simuloitaessa multinormaalijakaumalle normaalijakautuneita satunnaislukuja kovarianssimatriisista Σ täytyy luoda matriisi A , joka määrittää itsensä ja transpoosinsa kanssa kovarianssimatriisin

$$(1) \quad \Sigma = A^T A$$

Tätä kutsutaan Choleskin menetelmäksi ja sen edellytykset ovat symmetrinen ja positiivisesti definiitti matriisi ($\Sigma = \Sigma^T, x^T \Sigma x > 0$ kaikille $x \neq 0$).

Tehdään seuraavat määritelmät

$$(2) \quad \Sigma = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} & s_{32} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} \end{bmatrix} \quad A^T = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ 0 & a_{22} & a_{32} \\ 0 & 0 & a_{33} \end{bmatrix}$$

minkä jälkeen voidaan kirjoittaa

$$(3) \quad \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} & s_{32} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ 0 & a_{22} & a_{32} \\ 0 & 0 & a_{33} \end{bmatrix}$$

mikä on edelleen yhtäpitävä

$$(4) \quad \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} & s_{32} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}^2 & a_{11}a_{21} & a_{11}a_{31} \\ a_{11}a_{21} & a_{21}^2 + a_{22}^2 & a_{21}a_{31} + a_{32}a_{22} \\ a_{11}a_{31} & a_{21}a_{31} + a_{32}a_{22} & a_{31}^2 + a_{32}^2 + a_{33}^2 \end{bmatrix}$$

Nyt Σ :n elementit voidaan ratkaista $a_{i,j}$ elementit matriisille A . Tämä tapahtuu rekursiivisesti seuraavasti

$$(5) \quad s_{11} = a_{11}^2 \Rightarrow a_{11} = \sqrt{s_{11}}$$

$$(6) \quad s_{21} = a_{11}a_{21} \Rightarrow a_{21} = \frac{s_{21}}{a_{11}}$$

$$(7) \quad s_{22} = a_{21}^2 + a_{22}^2 \Rightarrow a_{22} = \sqrt{s_{22} - a_{21}^2}$$

$$(8) \quad s_{31} = a_{11}a_{31} \Rightarrow a_{31} = \frac{s_{31}}{a_{11}}$$

$$(9) \quad s_{32} = a_{21}a_{31} + a_{32}a_{22} \Rightarrow a_{32} = \frac{1}{a_{22}}(s_{32} - a_{21}a_{31})$$

$$(10) \quad s_{33} = a_{11}^2 + a_{22}^2 + a_{33}^2 \Rightarrow a_{33} = \sqrt{s_{33} - a_{11}^2 - a_{22}^2}$$

Olkoon i ja j indeksit riville ja sarakkeelle $N \times N$ matriisille. Tällöin A :n elementit voidaan ratkaista seuraavasti

$$(11) \quad a_{ii} = \left(s_{ii} - \sum_{k=1}^{i-1} a_{ik}^2 \right)^{1/2}$$

ja

$$(12) \quad a_{ij} = \frac{1}{a_{ii}} \left(s_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} a_{ik}a_{jk} \right)^{1/2} \quad j = i+1, i+2, \dots, N$$

Kaikki edellä ollut voidaan kirjoittaa selvemmin ε :n korrelaatiomatriisin mukaisesti:

$$(13) \quad V(\varepsilon) = E(\varepsilon\varepsilon') = E(A\eta\eta' A') = AE(\eta\eta') = ALA' AA' = \Lambda$$

Wiener prosessia voidaan käyttää generoitaessa mahdollisia polkuja valuuttakursseille ja hyödykkeiden hinnoille käyttäen spot hintaa S_{t-1} .

LIITE 4. Delta-Normaali menetelmä VaR -laskennassa

Esimerkki 1. Delta-Normaalin metodin sovellus bondiportfoliolle (Jorion 1997, 213)

Laskelmassa on kaksi \$100 miljoonan bondia, toisen maturiteetti 5 vuotta 6,0% kupongilla ja toisen maturiteetti 1 vuosi 4,0% kupongilla.

Periodi (Vuosi)	Kuponit		Tuotto	Kassavirta x(\$M)	Riski x*V (%)	Korrelaatiomatriisi				
	6 % 5 vuotta	4 % 1 vuosi				R				
					1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	
1	6	104	4 %	105,77	49,7 %	1				
2	6		4,62 %	5,48	5,4 %	0,897	1			
3	6		5,19 %	5,15	7,7 %	0,886	0,991	1		
4	6		5,72 %	4,80	9,5 %	0,866	0,976	0,944	1	
5	106		6,11 %	78,79	191,2 %	0,855	0,966	0,988	0,998	1
Yhteensä				200,00	263,33 %					
Hajauttamaton VaR:				\$2 630 000,00						
Hajautettu VaR:				\$2 570 000,00						

Esimerkki 2. Delta-Normaalin metodin sovellus valuuttaposiitiolle (Jorion 1997)

Laskelmassa amerikkalainen yritys valmistaa tuotteitaan Kanadassa ja vie niitä Saksaan ja Japaniin.

	Vuotuinen \$Mrd	Kuukausi \$Mrd
Tuonti Kanadasta	\$ -9 200	\$ -767
Vienti Saksaan	\$ 1 400	\$ 117
Vienti Japaniin	\$ 1 300	\$ 108

Riski(%) $V = \alpha\sigma$	Korrelaatiomatriisi R			Kassavirta Mrd x
	CAD	DEM	JPY	
CAD	2,747	1		\$ -767
DEM	6,22	-0,208	1	\$ 117
JPY	8,046	-0,216	0,787	\$ 108

	Kokonais VAR		Komponentti VAR	
	$(V'RV)x$	$x(V'RV)x$	β	$\beta xVAR$
CAD	-0,6719	515,13	-0,00082	\$18,05
DEM	1,1506	134,23	0,00141	\$4,70
JPY	1,5261	165,33	0,00187	\$5,79
		814,71		\$28,54

KokonaisVaR: \$28 540 000,00