

**Jyväskylän yliopisto**  
**Taloustieteiden tiedekunta**

**VaR-menetelmän ennustustarkkuuden testaus**  
**sähkömarkkina-aineistolla**

Kansantaloustieteen pro gradu-tutkielma  
Jyväskylässä 6.2.2001  
Voutilainen, Mikko Tapani

VaR- menetelmän ennustustarkkuuden testaus sähkömarkkina-aineistolla. Voutilainen, Mikko. Kansantaloustiede. Taloustieteiden tiedekunta. Jyväskylän yliopisto. Helmikuu 2001. 55 sivua. Liitteitä 16 sivua.

## **Tiivistelmä**

Tutkielman ongelma oli selvittää normaalijakaumaan perustuvan Monte Carlo-simulointia käyttävän VaR-mallin ennustustarkkuutta sähkömarkkinoilla. Päämääränä oli erityisesti tutkia eksponentiaaliseen tasoitukseen perustuvan korrelaatiomatriisin painokertoimien valinnan merkitystä yllä olevan VaR-mallin kannalta. Kohdeyrityksenä oli Jyväskylän Energia. Korrelaatiot laskettiin kertoimien 0,80-0,99 välille sekä ilman painotusta. VaR-laskenta suoritettiin Monte-Carlo:lla. Vertailussa käytettiin Kupiec'in välimatkatestiä. Kupiec määritteli horisontit, joiden väliin VaR-rajaa ylittäneiden tappioiden lukumäärän on jätävä. Riskitason ollessa 5 % ja horisontin vuosi (255 havaintoa) hyväksymisrajat olivat 7-20. Vuodelle 1999 tehdyssä backtesting-ajossa havainnot vaihtelivat 5-6 välillä ja ilman painotusta ylityksiä ei ollut yhtään. Kyseisellä mallilla korrelaatioestimaatit ja siten VaR-luvut eivät ole luotettavia. Tärkeänä perussyynä epätarkalla estimaateille on tuottojakaumien normaalisuusoletus. Todellisuudessa tuottojakaumat ovat ehkä paksuhäntäisempiä. Tarkempia tuloksien saavuttaminen edellyttää jatkotutkimusta tuottojakaumien estimoinnin osalta.

Hakusanaja: Value at Risk, backtesting, riskienhallinta ja sähkömarkkinat.

1 Johdanto .....	1
1.1 Taustaa .....	1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja ongelma .....	2
2.Sähkömarkkinat Suomessa .....	3
2.1 Sähkömarkkinalaki .....	3
2.2 Huoltorakenne .....	4
2.3 Myyntisektori .....	6
2.4 Hankintasektori .....	9
2.5 Sähköpörssitoiminta .....	11
2.6 Sähköyhtiöiden kustannusrakenne .....	13
2.7 Sähköyhtiöiden markkinariskit .....	15
3. Markkinariskien hallintajärjestelmät .....	17
3.1 Delta-normaali menetelmä .....	18
3.2 Historiallinen simulaatio .....	22
3.3 Monte Carlo .....	24
4. Käytettävän aineiston tutkiminen .....	27
4.1 Estimoinnin haasteita .....	27
4.2 Estimointimenetelmät .....	29
4.3 Backtesting .....	32
5.Yritysten riskienhallinta .....	35
5.1 Yritysten VaR-mallin taustatekijät .....	35
5.2 Yritysten VaR-järjestelmän rakentaminen .....	39
6. Hypoteettisen sähköntuottajan Value at Risk-järjestelmän arviointi .....	45
6.1 Taustaa .....	45
6.2 Testin pohjustaminen .....	46
6.3 Sähkösalkun muodostaminen .....	48
6.4 Backtesting-ajovirran muodostaminen .....	51
6.5 Vertailuparien muodostaminen .....	52
7. Johtopäätökset .....	53
8. Liitteet	
9. Lähdeluettelo	

## 1.0 Johdanto

### 1.1 Taustaa

Viime vuosikymmenenä useat suuret organisaatiot ovat kärsineet merkittäviä taloudellisia tappioita (esim. Orange Country ja Barings). Orange Country, joka on yhdysvaltalainen paikkakunta, edustaa ääriesimerkkiä paikallishallinnon kärsimistä taloudellista menetyksistä. Kunnan tappiot nousivat yli 1,6 miljardin dollarin. Barings-pankin tappiot olivat yli 1,3 miljardin dollaria. Pankin menetykset aiheutuivat meklari Nicholas Leeson:in johdannaiskauppoista. Lopulta pankki ajautui konkurssiin. (Jorion 1997, 24-31). Yksi 1990-luvun merkittäviä kehityskulkuja oli kvantitatiivisten riskienhallintamenetelmien yleistyminen. Erityisesti pankit ovat olleet kyseisten menetelmien edellä kävijöitä. Eräs tunnetuimmista lähestymistavoista on Value at Risk-menetelmä, joka suunniteltiin pankkien käyttöön. Investointipankki J.P. Morgan julkaisi ensimmäisen kokonaisvaltaisen riskienhallintakokonaisuuden RiskMetrics:in vuonna 1994. Nykyisin pankeista valtaosa hyödyntää VaR-menetelmää. Sen sijaan yritykset ovat olleet varovaisempia kyseisen vaihtoehdon suhteen, koska mallin rakentaminen niille sopivaksi on ollut vaikeaa. RiskMetrics Group on kehittänyt myös yrityksille suunnatun riskienhallintakokonaisuuden nimeltä CorporateMetrics.

Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla toimivat yritykset ovat olleet edellä kävijöitä hyödyntäessään kvantitatiivisia riskienhallintavälineitä. Monissa sähköä myyvissä organisaatioissa käytetään VaR-menetelmää. Joskus riskienhallintapalvelut on siirretty ulkopuoliselle taholle.

VaR-menetelmän kannalta ennustustarkkuus on tärkeää. Yleinen menettely on suorittaa Monte Carlo-simulointi normaalijakauman pohjalta ja hyödyntäen EWMA-menetelmää painokertoimilla. Asiaa tutkitaan volatilisten sähkömarkkinoiden kannalta.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja ongelma

Tutkimuksen tavoitteena on analysoida VaR-menetelmän toimivuutta keskisuurissa sähkökauppaa käyvissä yrityksissä erityisesti menetelmän ennustustarkkuuden kannalta. Lähtökohdaksi otetaan normaalijakaumapohjainen Monte Carlo-simulointiin perustuva riskianalyysi, jossa käytettävä kovarianssimatriisi estimoidaan RiskMetrics-lähestymistavan mukaisesti eksponentiaalisen tasoituksen (EWMA) avulla. Tutkimusongelmana on testata backtesting-proseduurin avulla edellä kuvatun VaR-mallin ennustuskykyä ja selvittää painokertoimien valinnan merkitystä.

Koska kohdeyrityksenä on sähkön myyntiyhtiö, tutkielmassa on tarkoitus tutustua taustatietona sähkösektorin markkinarakenteeseen. Työssä esitellään mm. sähkömarkkinalaki, alan huoltorakenne sekä analysoidaan erikseen sähkön myynti- ja hankintasektoria. Tutkielmassa perehdytään sähkömarkkinoiden riskeihin ja hintakomponentteihin. Työssä selvitetään sitä, että vastaavatko sähkötermiinien markkinanoteeraukset niiden teoreettisia arvoja. Lisäksi tavoitteena on tarkastella markkina-aineiston estimointiin liittyviä ongelmia sekä riskienhallintajärjestelmien soveltuvuutta yritysympäristöön.

## **2.0 Sähkömarkkinat Suomessa**

### **2.1 Sähkömarkkinalaki**

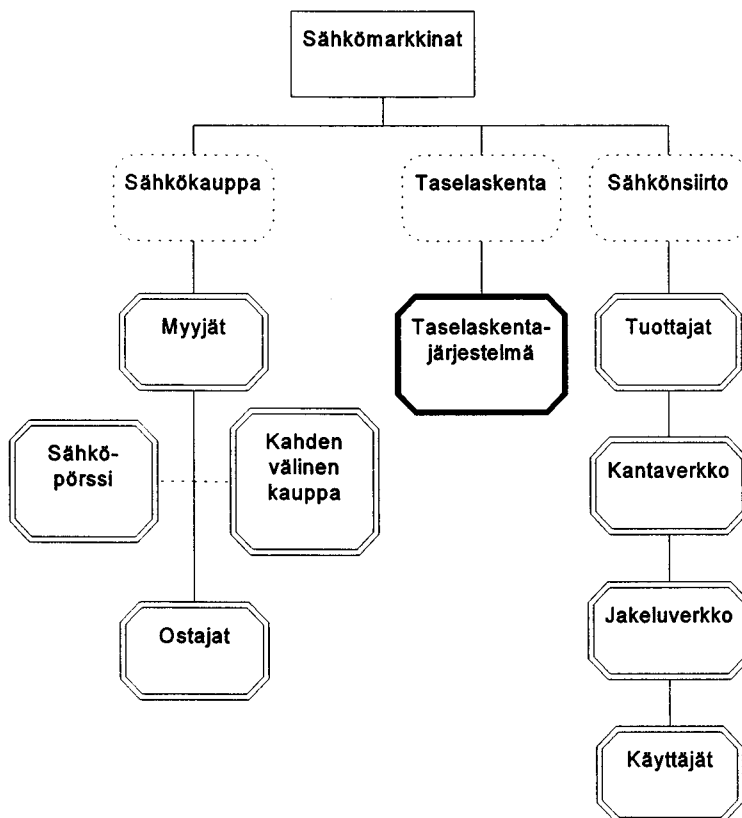
Sähkömarkkinoita ohjaavat keskeisimmät säädökset ovat määritelty sähkömarkkinalaissa. Laki astui voimaan kesäkuussa 1995. Sen tavoitteena on luoda tehokkaat sähkömarkkinat sekä muodostaa sähköverkosta avoin ja neutraali kauppapaikka. (Suomen säädöskokoelma 1995). Laki mahdollisti sähkön vapaan myynnin ja tuotannon. Koska laki erottelee määräävässä markkina-asemassa olevat toiminnot muusta liiketoiminnasta, verkkotoiminta säilyi luonnollisena monopolina (Partanen 1995, 10-11). Verkkotoimintaan tarvitaan sähköviranomaisen lupa. Sähkön siirrossa sovelletaan pistehinnoittelua. Tällöin asiakkaalla, joka on maksanut verkkoyhtiön vaatimat maksut, on käytössään liittymispisteestään käsin koko maan sähköverkko. Verkkopalveluiden hinnoittelun on oltava tasapuolista, kohtuullista, läpinäkyvää, julkista sekä maantieteellisesti riippumatonta. Vähittäismyyntiehtojen- ja hintojen sekä niiden määräytymisperusteiden on oltava julkisia sekä kohtuullisia. (Suomen säädöskokoelma 1995).

Sähkömarkkinalain toteutumista valvomaan perustettiin Sähkömarkkinakeskus, joka aloitti toimintansa elokuussa vuonna 1995. Se toimii kauppaja- ja teollisuusministeriön alaisuudessa. Päätehtävinä organisaatiolla on kehittää sähkömarkkinoita sekä tarkkailla sähkön siirron ja verkkopalveluiden hinnoittelua. (Kauppaja- ja teollisuusministeriö 1993, 65).

## 2.2 Huoltorakenne

Sähkönhuoltorakenne muodostuu sähkön siirrosta kanta-, alue-, ja jakeluverkoissa, voimayhtiöiden tukkusähkön tuotannosta, jakelulaitosten omasta tuotannosta sekä vähittäis- ja tukkumyynnistä. Sähkömarkkinoista puhutaan, kun jollakin osa-alueella muodostuu hinta kilpailullisin perustein. (Lehto 1995, 3). Sähkömarkkinat jaetaan kolmeen lohkoon. Pääosat ovat sähkönsiirto ja sähkökauppa. Niiden välillä on tasehallinta, jonka avulla seurataan myydyn, ostetun, toimitetun ja saadun sähkön välistä tasapainoa markkinoilla. Tämä tutkimus ei käsittele tasehallintaa. Seuraavassa kuviossa tiivistyy sähkömarkkinoiden kokonaiskuva.

Kuvio 1. Sähkömarkkinoiden huoltorakenne.



Lähde: Piriä 1999, 183.

Sähköä siirretään kanta-, alue-, ja jakeluverkoissa. Kantaverkkoon kuuluvat 400, 220 ja tärkeimmät 110 kilovoltin (kV) voimajohdot ja sähköasemat. (Silvennoinen 1998, 10-11). Merkittävä osa sähköstä siirretään juuri kantaverkon kautta (Hoffman 1999, 73). Suurteollisuus on liittynyt suoraan kantaverkkoon. Suomessa kantaverkkoa hallinnoi Suomen Kantaverkko Oy eli Fingrid. (Silvennoinen 1998, 10). Organisaation hallinnassa on lähes koko kantaverkko ja kaikki merkittävät ulkomaan yhteydet (Fingrid 1999, 6).

Alueverkon muodostavat kantaverkkoon kuulumattomat 110 kV siirtojohdot. Verkot toimivat alueellisesti, yleensä muutaman kymmenen kilometrin säteellä. Puhtaita alueverkkoyhtiöitä on kymmenen. Alueverkkoja omistavat myös Fingrid, noin 60 jakeluverkkoyhtiötä sekä Fortum. Osa teollisuudesta on liittynyt alueverkkoon. (Silvennoinen 1998, 11). (Kuuva 1999a, www-sivut).

Jakeluverkot ovat liittyneet joko suoraan kantaverkkoon tai ovat yhteydessä siihen alueverkon kautta. Jakeluverkot toimivat alle 110 kV jännitetasolla. Loppukäyttäjät saavat sähkönsä pääosin jakeluverkon kautta. (Hoffman 1999, 73-74). Alueelliset sähköyhtiöt hoitavat sähkönsiirtoa jakeluverkoissa (Kuuva 1999a, www-sivut). Vuonna 1998 ns. jakeluverkonhaltioita oli 110<sup>1</sup> (Hoffman 1999, 73). Suurin osa on kuntien omistuksessa joko kunnallisina liikelaitoksina tai julkisesti omistetuissa yhtiöissä. Viime aikoina pienet sähköyhtiöt ovat fuusioituneet suuriin maakunnallisiin sähköyhtiöihin tai tuottajiin. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1997, 37-38).

---

1

Niiden määrä on kuitenkin vähentynyt huomattavasti. Vuonna 1970 silloisia jakelusähkölaitoksia oli 250 ja vuoteen 1985 mennessä niiden määrä oli laskenut 150: een (Hoffman 1999, 73).



### 2.3 Myyntisektori

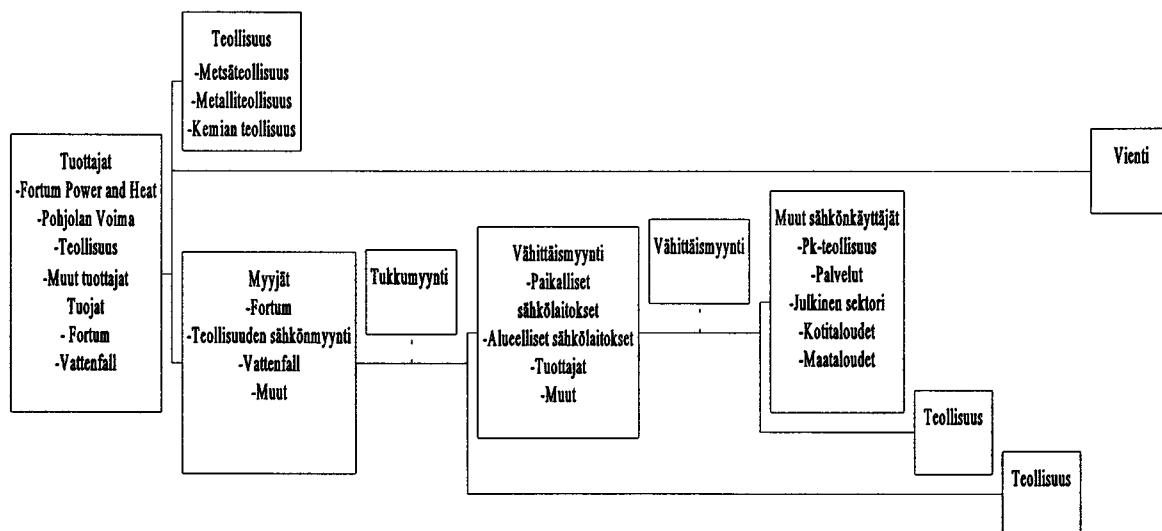
Sähköä myydään tukkuportaassa että vähittäistasolla. Tukkuymyynnille tarkoitetaan tuottajien sähkön myyntiä paikallisille ja alueelliselle sähkölaitoksille. Vähittäismyynti on sähkölaitosten myyntiä muille kuluttajille kuten maataloudelle, kotitalouksille ja pk-sektorille. Suomessa on noin 120 yhtiöllä sähköntuotantokapasiteettia ja niillä on noin 400 voimalaitosta (Kuuva 1999, www-sivut). Vuonna 1997 maassa on ollut neljä sähkön tuottajaryhmää: Fortum Power and Heat (37%), Pohjolan Voima (23%), teollisuuden oma tuotanto (19%) sekä muut tuottajat (21%). Muilla tuottajilla tarkoitetaan pääasiassa jakeluyhtiöiden omaa valmistusta. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1997, 35). Tuotanto on painottunut Fortum Power and Heat:lle sekä Pohjolan Voimalle, koska niillä on omistusosuuksia myös muissa sähköä valmistavissa organisaatioissa (Kuuva 1999b, www-sivut). Kolmella tärkeimmällä sektorilla on hallussaan yli kolme neljäsosaa kokonaistuotannosta (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1997, 35). Jos Pohjolan Voiman tuotanto-osuuteen huomioidaan sen omistamien yritysten<sup>2</sup> oma tuotanto, kyseisen ryhmän valmistus kasvaa 40 prosenttiin kokonaistuotannosta. Yhtiön tuotannosta viidennes myydään ryhmittymän ulkopuolelle. (Ruostesaari 1998, 68). Alla olevassa kuvassa analysoidaan myynnin rakennetta.

---

2

Pohjolan Voiman merkittäviä omistajia ovat suuret teollisuus yritykset: UPM-Kymmene, Kemira Oy, Metsä-Botnia Ab ja Metsä-Serla Oy (Pohjolan Voima 1999, www-sivut).

Kuvio 2. Sähkön myynti.



Lähde: Sähkömaailma 1996, 17.

Suomessa sähkön tukkumyynti on harvojen tuottajien käsissä, koska merkittävimpiä tukkukauppiaita ovat suuret tuottajat. Tukkusähkön mynnistä jakeluyhtiöihin Fortum Power and Heat:in osuus on lähes 70 prosenttia. Teollisuuden Sähkönmyynti hallitsee viidennestä tukkumarkkinoista. Kolmantena tärkeänä tukkumyyjänä on markkinoille tullut Vattenfall<sup>3</sup>, jonka hallussa on tukkusähkönmyynnistä kymmenesosa. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1997, 35). (Adato Energia 1997, 10).

Suomessa sähkön vähittäismyyjinä toimivat paikalliset ja alueelliset jakeluyhtiöt. Ne myyvät joko itse tuottamaansa tai tukkumarkkinoilta hankittua sähköä. (Kuuva 1999b, www-sivut).

---

Vattenfall on hankkinut osuuksia jakeluyhtiöistä sekä sopinut sähkön tukkumyynnistä suurten teollisuusyritysten kanssa. Omaa tuotantoa Vattenfall:lla ei vielä ole. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1997a, 35). (Adato-Energia 1997, 10).

Jakeluyhtiöiden merkitys sähköntuotannossa ja vähittäiskaupassa on vähentynyt, koska ne ovat fuusioituneet joko suurempiin maakunnallisiin sähköyhtiöihin tai sähköntuottajat ovat ostaneet niitä (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1997, 126). Tuottajat myyvät suoraan sähköä pienasiakkaille (Adato Energia 1998, 1). Isojen tuottajien vaikutusvalta on kohonnut sähköön vähittäismyynnissä. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1997, 126).

## 2.4 Hankintasektori

Sähkömarkkinoiden vapautuminen on synnyttänyt uudenlaisia toimijoita, joilla on tavoitteena tehostaa sähkön hankintaa. Markkinaosapuolia on kehittynyt niin sähkön loppukäyttäjien organisoidessa ostojaan kuin vähittäismyyjien tukkuostoja varten. Sähkönhankintavaihtoehtoja ovat kahdenkeskinen sähkösopimus, ostoyhtiöt, ostoyhteenliittymät, yhteisosto, asiantuntijayritykset, välittäjät, energiatori sekä sähköpörssit. (Silvennoinen 1998, 12-17). Sähköyhtiöt ovat lisänneet yhteistyötä tehostaakseen raaka-aineen hankintaansa. Sähköpörssitoimintaa käsitellään itsenäisenä osiona seuraavassa kappaleessa, koska sen rooli on merkittävä.

Perinteisin sopimustapa on suora kahdenkeskeinen liittymäpisteen sähkösopimus, jossa asiakas voi säilyttää paikallisen sähköyhtiönsä tai kilpailuttaa sähköntarpeensa markkinoilla. Ostoyhtiöt, jotka ovat omistajiensa asiantuntijayrityksiä, on perustettu sähkön yhteishankintaa varten. Osakasyritykset voivat sijaita eri puolilla Suomea. Etua ostoyhtiöstä saadaan sähkötehojen risteilyhyödyistä eli sähkön käytön tasoittumisesta. Ostoyhteenliittymä on ei-yhtiömuotoinen kokonaisuus, jonka omistussuhteet ovat löyhemmät ostoyhtiöön verrattuna. Ostoyhteenliittymä voidaan perustaa, jos on löydettävissä suuri joukko sähkönhankkijoita, joilla ei ole yhteistä liittymäpistettä. Ostoyhteenliittymä hoitaa jäsentensä sähköenergian kilpailuttamisen ja laatii myyjän kanssa puitesopimuksen, jonka perustella osakkaat neuvottelevat omat sopimuksensa. Usein ostoyhteenliittymän perustaa omakotitalo- tai yrittäjäyhdistys. Yhteisostossa liitetään sähkönkäyttäjät yhdeksi liittymäksi, jolloin yhdistetään samalla tontilla sijaitsevan yrityksen rakennukset sekä kiinteistön tai taloyhtiön huoneistot ja muodostetaan teholtaan suurempi liittymä. Mittakaavaetujen takia liittymä hankkii tarvitsemansa sähkön halvemmalla kuin liittymän jäsenten erikseen ostama sähkö. Eritoten taloyhtiöt hyödyntävät yhteisostoa. (Silvennoinen 1998, 13-14).

Asiantuntijayritykset tarjoavat analyysejä sähkömarkkinoista. Yritykset tuottavat asiakkailleen ajankohtaista tietoa alan tapahtumista. Asiantuntijat kilpailuttavat sähkönmyyjiä ja selvittävät edullisimman sähkön myyntitarjouksen asiakkaidensa puolesta sekä hoitavat asiakkaan ostoyhteenliittymän hallinnoinnin, yhteisostot ja energiankulutuksen seurannan. Sähkön välittäjä tutkii asiakkaan sähköntarpeen. Tämän perustella välittäjä hankkii asiakkaan tarvitseman sähkön määrän markkinoilta. Myyjäosapuolena voi olla pörssi, tuottaja tai sähkön vähittäismyyjä. Suomessa sähkön välitystoiminta on vähäistä. Ostovaltuutuksella päätöksenteko siirretään kolmannelle osapuolelle, jolla on oikeus sopia sähkönkäyttäjän energianhankinnasta. Tämä

vaatii sopimusosapuolien välillä luottamusta. Valtuutettu taho voi hoitaa sähkön hankinnan kaikilta osin. (Silvennoinen 1998, 14-15).

Energiatori toimii sähkön markkinapaikkana erityisesti pk-yrityksille. Se on Sähkörinki Oy:n vuonna 1997 rekisteröimä aputoiminimi. Energiatorilla sähkönmyyjät muodostavat tarjouksia eri tyyppisille asiakkaille. Erilaisia asiakassegmenttejä ovat pk-teollisuus, palveluala, julkinen sektori sekä kiinteistöt. Energiatori analysoi myyjien tarjoukset ja esittelee tulokset ostajakandidaateille. Ostajat päättävät mahdollisesta kaupasta tarjousten perusteella. (Silvennoinen 1998, 16).

Jakeluyhtiöiden tukkuostoja hoitamaan on perustettu sähköhankintayhtiöitä. Niiden tavoitteena on ostaa tukkusähköä mahdollisimman tehokkaasti. Organisaatioiden toimenkuva on laajentunut, koska nykyään myös tilapäiskauppa on keskitetty hankintayhtiöille. Merkittävä hankintayhtiö on Kymppivoima Oy, koska sen osuus koko ryhmän sähköhankinnasta on yli puolet. (Adato Energia 1997, 12). Voimatori Oy on noin kolmenkymmenen alueellisen sähköyhtiön yhteenliittymä. Sen keskeisenä toiminta-ajatuksena on lisätä joustavuutta yritysten toiminnoissa ottamalla yhtiöiden oman sähkövalmistuskapasiteetti yhteiseen käyttöön. Voimatorin avulla optimoidaan osakkaiden sähkön hankintatehoja. Tämä tarkoittaa kalliin huipputehon käytön vähentämistä yhteenliittymässä. (Sallinen 1997, 20-22).

## 2.5 Sähköpörssitoiminta

Nordpool eli The Nordic Power Exchange on kansainvälinen sähköpörssi. Ruotsin ja Norjan kantaverkkoyhtiöt, Svenska Kraftnät ja Statnett SF, omistavat tasaosuuksin pörssin. Pääpaikka sijaitsee Oslossa. Sivukonttorit ovat Ruotsissa ja Tanskassa. Suomessa organisaatiota edustaa EL-EX. Tärkeimmät tuotteet ovat Elspot, Elbas, Eltermin sekä uutena Eloption.

Elspot tarkoittaa spot-markkinoita, jossa tuotteen fyysinen toimitus on 24 tunnissa. Elspot:ssa markkinoidaan seuraavan vuorokauden käyttötunteja, jotka Suomen aikaa ovat 01-24 ja ne hinnoitellaan Norjan kruunuissa. Elspot:in hinnoittelujärjestelmää käytetään viitehintana futuurimarkkinoilla, joten spot-markkinat ovat tärkeä indikaattori tutkittaessa koko pohjoismaisia sähkömarkkinoita. Elspot:in markkina-alueeseen kuuluvat Ruotsi, Norja, Suomi ja Tanska. (Nordpool 2000a, www-sivut, s. 4). Systeemihinnalla tarkoitetaan Nordpool:issa noteerattua keskimääräistä hintaa koko markkinoille. Systeemihinta muodostuu alueellisten hintojen perusteella. Alueelliset hinnat noteerataan ainoastaan tietyille osamarkkinoille.

Heikkoutena Elspot-markkinoilla on se, että kauppojen solmimisen ja varsinaisen toimituksen välissä on jopa 36 tuntia. Tämä johdosta kehitettiin Elspot:lle jälkimarkkinat, Elbas-markkinat, jotka jakaantuvat Suomen ja Ruotsin tuntimarkkinoihin. Elbas:issa kaupataan yksittäisiä tuntisarjoja 7-31 kappaleen välillä. Kaupankäyntihorisontti Suomessa on yhteensä 18 tuntia alkaen kello 1.00 ja päättyen 19.00. Kohde-etuutena on 1 MWh:n kiinteä sähkön siirto määritellylle alueelle. (Nordpool 2000b, www-sivut, s.2-4).

Eltermin merkitsee futuurimarkkinoita, jossa kauppahorisontti voi ulottua kolmeen vuoteen. Eltermin:iä käytetään sähkönhinnan varmistamisessa, riskienhallinnassa sekä luonnollisesti termiinkaupoissa. Sähkökauppojen selvityksessä Nordpool toimii sopimusten vastapuolena. Nordpool:ssa on kaupataan sekä futuureita että termiineitä. Ero tuotteiden välillä havaitaan sopimusten selvitystavoissa. Futuurien arvon muutoksia seurataan päivätasolla, jonka perusteella sopimusosapuolia hyvitetään ja veloitetaan. Termiineillä raha ja kohde-etuus vaihtuvat toteutuspäivänä. Futuurisopimuksissa vuosi jaetaan kolmeksi kaudeksi. Jokaiseen kauteen kuuluu 4-6 blokkia. Blokin pituus on puolestaan neljä viikkoa. Sähkötermiinit voidaan arvottaa joko kausien perusteella tai yhtenä kokonaisuena vuotena. Kaudet eli sesongit ovat talvi yksi (FWV1), kesä (FWSO), talvi kaksi (FWV2) ja vuosi (FWYR). (Nordpool 2000c, www-sivut, s. 3-6).

Eloption-tuotteet ovat sähköoptioita<sup>4</sup> (Norpool 2000d, www-sivut, s. 4-6). Nordpool:iissa on kaupataan sekä eurooppalaisia että aasialaisia optioita. Optiot ovat standardisoituja mm. toteutusajan- ja hinnan suhteen. Eroja optiotyyppien välille aiheuttavat alla olevat instrumentit sekä aikahorisontin määrittelyperusteet. Optiot arvotetaan Norjan kruunuissa. Kauppaa käydään joko puhelimitse tai sähköisesti. (Hampton 1995, 97-99).

---

4

Sähköoptioista on olemassa tutkimuksia esim. Crewlow:in ja Srickland:in “Valuing Energy Option in One Factor Model Fitted to Forward Prices”, “A Practical Model for Energy Derivates” sekä “Multi-Factor Model for Energy Derivates”. Artikkelit löytyvät Lacima Consultg:in kotisivuilta.

## 2.6 Sähköyhtiöiden kustannusrakenne

Sähkön hinta muodostuu myyntihinnasta, siirtopalveluista sekä veroista. Hinnanmuodostus tapahtuu kilpailullisin perustein. Myyntihinta sisältää pääasiassa tuotantokustannukset, joihin vaikuttaa sähkön tuotantotapa. Eri tuotantotavoilla kustannukset on vaihtelevat. Tehokkaasti toimivilla markkinoilla sähköntuottajan on tarkkaan harkittava, miten sähkö valmistetaan tai hankitaan ja millä hinnalla sen kannattaa sähkönsä lopulta myydä. (Pirilä 1999, 184-187). Markkinatasapainoa vastaava hinta määräytyy järjestelemällä tuotantovaihtoehdot muuttuvien kustannusten perusteella edullisuusjärjestykseen. Kysynnän ollessa matalaa sähkö tuotetaan pääasiassa ydin- ja vastapainevoimalla. Suuren sähköntarpeen aikana kalliimpia tuotantomuotoja otetaan käyttöön. (Pirilä 1999, 174-177). Sähköenergian hintaan sisältyvät myynti- ja markkinointikustannukset. Nämä menot muodostuvat pääasiassa hallinto henkilökunnan palkoista. Nykyään mainoskulujen osuus on kasvanut, koska sähköyhtiöiden on markkinoitava itseään myydäkseen tuotteensa. Myynti- ja markkinakustannusten osuus sähkön hinnasta ei ole merkittävä.

Siirtohinta koostuu sähkön siirrosta kanta-, alue-, ja jakeluverkossa, mittariluvusta sekä taseselvityksestä (Silvennoinen 1998, 24). Sähkön siirto ja jakelu muodostaa suuren osuuden sähkön kokonaiskustannuksista ja itse siirron kustannuksista merkittävä pala koostuu pääomakustannuksista. Siirron hintakomponentteja ovat verkon rakentamiskustannukset, käyttö- ja ylläpitokustannukset sekä hävikkikustannukset. Rakentamisen menot ovat investointeihin liittyviä menoja, jotka vaikuttavat käytön aikana kiinteänä pääomassa. Sähköverkon investoinnit ovat johtoverkkoja, kaapeleita, muuntajia ja sähköasemia, joiden merkittävä kustannuskomponentti on teho- ja jännitetaso. Mitä alemmille portaille verkossa sähköä siirretään, sitä korkeammat kustannukset ovat. Hävikkikustannuksilla tarkoitetaan sähkön siirrossa tapahtuvaa energiahäviötä. Niitä on pyritty eliminoimaan korkeilla jännitetasoilla. (Pirilä 1999, 180-181).

Vuoden 1997 alusta voimaan astuneen lain mukaan sähköä verotetaan käytön perustella. Veroa lasketaan käytettyä energiayksikköä kohden. Vero suoritetaan siirtopalvelun yhteydessä. Kuluttajat jaetaan kahteen veroluokkaan. Veroluokka II:een kuuluvat teollisuus ja kasvihuoneviljelijät. He maksavat veroa 2,5 penniä kWh kohden. Veroluokkaan I lukeutuvat muut sähkönkuluttajat, joilla veron suuruus on 4,1 penniä kWh kohden. Kummaltakin ryhmältä peritään ns. huoltovarmuusmaksua, jolla valtio kerää varoja kriisitilanteiden hallinnan varalle. Tuotteeseen kohdistuu 18 %:n arvonlisävero. Arvonlisäveroa maksetaan siirrosta, myynnistä



sekä itse sähköverosta. Koska tavallisilla kuluttajilla ei ole alv:n vähennysoikeutta, siitä muodostuu heille merkittävä kuluerä. (Sähkömarkkinakeskus 1998, 26).

Muita sähkön hintakomponentteja ovat käyttöaika ja tilattu huipputeho, koska ne vaikuttavat oleellisesta rakennettavan verkon kapasiteettitarpeeseen. Käyttöaika tarkoittaa asiakkaan tilaaman huipputehon keskimääräistä käyttöaikaa. Huipputeho merkitsee suurinta asiakkaan tarvitsemaa tehon määrää verkosta. Korkea käyttöaika merkitsee alenevia sähkön yksikkökustannuksia, koska korkealla käyttöajalla on hyödynnetty tehokkaammin tuotanto- ja verkkoinvestointeja. (Silvennoinen 1998, 20-22).

Eri kuluttajaryhmillä sähkön hinta muodostuu vaihtelevin tavoin. Seuraavassa taulukossa vertaillaan kotitalouksien ja keskisuuren teollisuuden hankkiman sähkön hinnan rakennetta. Teollisuuden maksama hinta painottuu tuotantoon. Teollisuuden käyttämät siirtoverkkopalvelut vastaavat hieman yli neljänneestä sähkön hinnasta. Sitä vastoin kotitalouksien maksama hinta painottuu siirtopalveluihin, koska kotitaloudet hyödyntävät eniten juuri jakeluverkkoa. Kotitalouksilla siirtoverkon osuus sähkön hinnassa on noin 35 prosenttia. Myynnin osuus sähkön hinnassa on kummallakin pieni. Verot muodostavat neljänneksen kokonaisuudesta.

**Taulukko 1. Sähkön hinnan muodostuminen eri käyttäjäryhmissä.**

Kulutustyyppi	Tuotanto	Sähkönmyynti	Kantaverkkosiirto	Aluesiirto	Jakelu ja siirto	Sähkövero	Arvonlisävero
Teollisuus	46 %	1 %	6 %	2 %	19 %	8 %	18 %
Teollisuus <b>31,1 p/kWh</b>	14,306 p/kWh	0,311 p/kWh	1,866 p/kWh	0,622 p/kWh	5,909 p/kWh	2,488 p/kWh	5,598 p/kWh
Kotitaloudet	36 %	1 %	4 %	1 %	32 %	8 %	18 %
Kotitaloudet <b>51,0 p/kWh</b>	18,360 p/kWh	0,510 p/kWh	2,040 p/kWh	0,510 p/kWh	16,320 p/kWh	4,080 p/kWh	9,180 p/kWh

Lähde: Adato Energia 1999, www-sivut.

## 2.7 Sähköyhtiöiden markkinariskit

Markkinariskit tarkoittavat hintojen epäedullisten muutosten seurauksena syntyvien tappioiden mahdollisuutta. Ne muodostuvat taloudellisen arvon suuruudesta eli positiosta sekä riskitekijän arvon kehityksestä. (Kasanen & Lundström & Puttonen & Veijola, 1997, 59-64). Perinteisesti markkinariskit jaetaan korko-, valuuttakurssi- ja osakemarkkinariskeihin sekä raaka-aineiden hintariskeihin (Jorion 1996, 64).

Korkoriski<sup>5</sup> tarkoittaa korkomuutosten aiheuttamaa epävarmuutta yrityksen tulokseen ja arvoon. Sähköyhtiölle rahoituskustannusten vaihtelut ovat merkittävä riskitekijä, koska energia-alan toimijat ovat pääomavaltaisia. Pääomakustannusten osuus kokonaismenoista on suuri. Investoinnit ovat pitkäaikaisia. Investointikustannukset, jotka muodostuvat pääasiassa laiteiden, rakennus- ja maatöiden kuluista, ovat sähkösektorilla korkeita. (Pirilä 1999, 174). Korkoriskiinkin olennaisesti liittyy myös vastapuoli- ja luottoriski. Vastapuoliriski ilmenee esimerkiksi yhtiöiden johdannaiskaupoissa. Jos sähköyhtiöt valitsevat harkitsemattomasti vastapuolensa, voi johdannaissopimusten purkautumisesta aiheutua merkittäviäkin tappioita. Luottoriski on merkittävä tekijä. Mitä paremmassa taloudellisessa kunnossa sähköyhtiö, sitä halvemalla se saa ulkopuolista rahoitusta.

Sähköyhtiöiden valuuttariski havaitaan hinnoittelupäätöksissä, investoinneissa, ostojen ja myyntien kohdentamisessa sekä budjetoinneissa. Eritoten valuuttalainoihin ja ostovelkoihin liittyviä valuuttakurssiriskejä yhtiöiden on tarkkailtava. Pääomavaltaisena sektorina hankinnat ja lainat ulkomailta voivat olla suuria. Niille, jotka hyödyntävät tuontisähköä tai sähköpörssejä, valuuttariski on ilmeinen. Riskiä syntyy, kun mahdollisten ulkomaisten tytäryhtiöiden taseet käännetään emon valuuttaan. (Kasanen & Lundström & Puttonen & Veijola 1997, 135-136). Tärkeätä on seurata yrityksen herkkyyttä valuuttakurssimuutoksiin suhteessa kilpailijoihin. Tällaista vaaraa voitaneen pitää pitkän tähtäyksen riskinä. (Hookama 1994, 49-52 ).

Osakemarkkinariski tarkoittaa yrityksen omistamien osakkeiden tai osuuksien hintojen muutosten mahdollisuutta (Kasanen & Lundström & Puttonen & Veijola 1997, 28). Osakkeiden hintojen muutoksissa sähköyhtiön omistamien osakesalkkujen arvot vaihtelevat. Hyödykkeiden hintariski tarkoittaa hyödykkeiden hintojen muutosten mahdollisuutta. Sähköyhtiöissä hyödykkeiden hintariski tiivistyy sähkön hankinnan kustannuksiin, myynnistä saatavaan hintaan

---

<sup>5</sup> Tässä yhteydessä on syytä muistuttaa siitä, että nimenomaan sähkön tuotanto on pääomaintensiivistä. Sen sijaan puhdas sähkökauppa ei vaadi suuria pääomaresursseja.

sekä näiden suhteeseen. Sähkön hintakate pitäisi olla mahdollisimman suuri. Hintariskin analysointi on olennainen osa sähköyhtiöiden riskien hallintaa. Volyymiriski liittyy läheisesti hintariskiin. Tulevan myyntivolyymien ennustaminen on vaativa tehtävä, koska esim. vapautuneet sähkömarkkinat sekä vuoden- ja vuorokauden aikojen muutokset vaikeuttavat kysytyyn määrään estimointia. Useat ulkomaiset artikkelit<sup>6</sup> pitävät juuri myyntivolyymien ennustamista merkittävimpana haasteena VaR-menetelmän soveltamisessa sähköyhtiöissä. Huomattava hintaan ja volyymiin vaikuttava yksittäinen tekijä on sähkön kulutusajankohta. Sähkö on halpaa kysynnän ollessa vähäistä kuten öisin. Korkeimmillaan sähkön hinta on maan energiatarpeen ollessa mittava, kuten talvella. Tämä on helposti havaittavissa, jos tutkitaan Nordpool:in systeemihinnan kehitystä viime vuosikymmeneltä. Hinta on talvella noussut usein moninkertaisesti kesän tasoon verrattuna. Suurin poikkeama löydetään vertailtaessa vuoden 1993 kesän hintatasoa vuoden 1994 talven tasoon. Kyseisenä kesänä systeemihinta oli alle 50 Norjan kruunua, kun taas seuraavana helmikuuna hinta oli kivunnut neljään sataan kruunun. Sähköyhtiöt ovat pyrkineet tasoittamaan kulutuksen vuorokausivaihteluita alentamalla esim. yösähkön hintaa. Usein teollisuus hyödyntää yösähköä. Tarjontapuolen tärkeä hintakomponentti on vuotuinen sademäärä. Koska Norja valmistaa merkittävän osan koko pohjoismaisesta sähköntuotannosta ja maan selvästi tärkeintä tuotantomuoto on vesivoima, Norjan vuotuinen sademäärä vaikuttaa huomattavasti sähkön systeemihintaan Nordpool:ssa. Hyvinä vesivuosina sähkö on tavallisesti ollut halpaa. Koska sähkön käyttö lisääntynyt koko ajan vuosien 1989 ja 1999 aikana, bkt:n kasvun vaikutuksesta sähkön kulutukseen on vaikea päätellä mitään suoraan (Adato Energia 2000, www-sivut). (Tilastokeskus 2000, www-sivut).

Kohdeyrityksen merkittävimpiin riskeihin kuuluu luonnollisesti sähkön hintariski. Sähkön hinta on hyvin volatiilinen. Korkoriski havaitaan lainoissa. Lainoihin ei yleensä sisälly valuuttariskiä, koska ne ovat pääasiassa kotimaisia. Valuuttariski havaitaan mm. systeemihintojen ja termiinien kautta. Systeemihinnat noteerataan Norjan kruunuissa ja ne on aina konvertoitava kotivaluuttaan. Termiinejä käytetään pääasiassa vain suojaustarkoituksiin, joten niistä muodostuva riski ei pitäisi kohota suureksi. Lisäksi on huomioitava basis-riski.

6

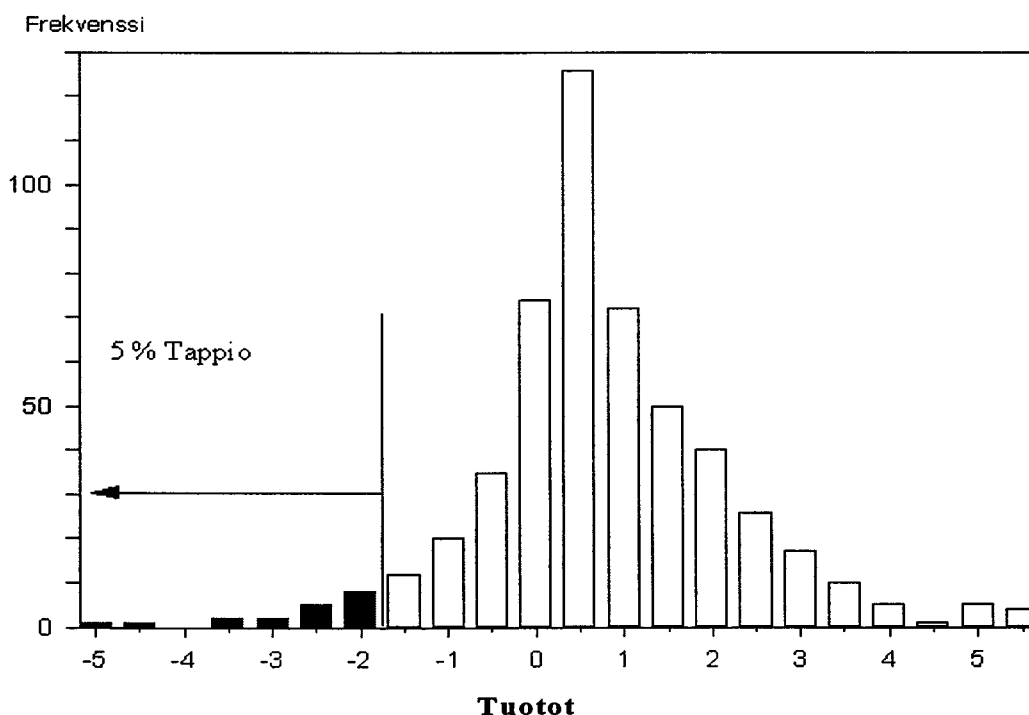
---

Mielenkiintoisia artikkeleita on kirjoittanut mm. KWI:n johtaja Greg Keers "Taking the Corporate Risk Out of Power Trading", "Power Profits at Risk" sekä "Protecting the Enterprise from VaR's Shortcomings", " sekä Gordon:in "The Board of Directors Market Risk Duties". Kyseiset artikkelit löytyvät KWI:n kotisivuilta <http://www.kwi.co.uk/>.

### 3.0 Markkinariskien hallintajärjestelmät

VaR-luku ilmaisee suurimman ennustetun tappion annetulla aikavälillä määritellylle riskitasolle. Organisaation tulevista tuotoista voidaan muodostaa tuottoennustejakauma. Alla olevassa kuviossa x-akselilla on tuotot. Tappiot ovat vasemmalla ja voitot oikealla puolella akselia. Y-akselilla on esiintymisten lukumäärä. VaR-menetelmässä ollaan kiinnostuneita jakauman vasemmasta puolesta. Tummennettu osa jakaumaa edustaa VaR-lukua viiden prosentin riskitasolla, ts. viiden prosentin todennäköisyydellä toteutuu tappio, joka on VaR-luvun suuruinen tai suurempi. Ekvivalentti tapa ilmaista asia on todeta, että tulos on vähintään VaR-luvun suuruinen 95-prosentin todennäköisyydellä.

**Kuvio 3. VaR- jakauma.**



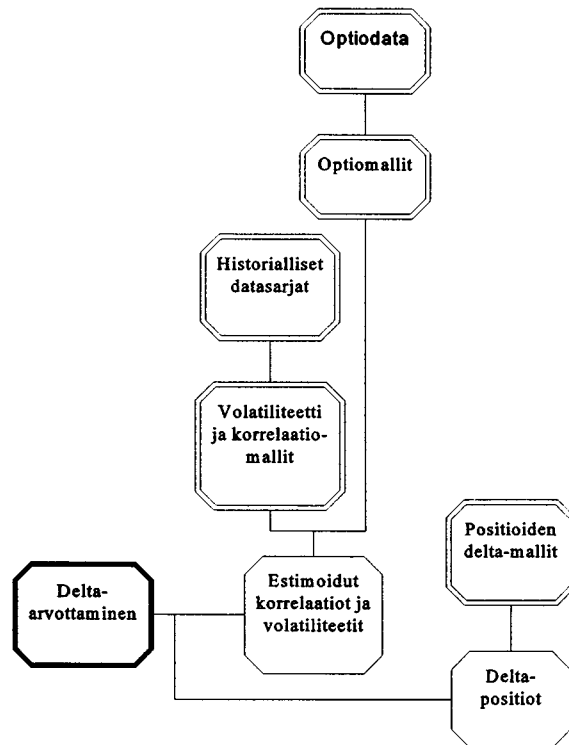
Lähde: Jorion 1996, 21.

Käytännön kannalta menetelmät, joilla tuottojen todennäköisyysjakaumien ennusteet tuotetaan, ovat tärkeitä. Tavanomaisia vaihtoehtoja on kolme: delta-normaali menetelmä, historiallinen simulointi ja Monte Carlo-simulointi.

### 3.1 Delta- normaali menetelmä

Delta-normaali menetelmä on yksinkertainen vaihtoehto mallittaa markkinariskejä, jos kaikkien salkun instrumenttien tuottojen voidaan olettaa noudattavan normaalijakaumaa. Kun tarkasteltava salkku koostuu normaalisti jakaantuneiden instrumenttien lineaarisesta yhdistelmästä, myös portofolion tuottojakauma on normaali. Tuottojen normalisuuden lisäksi lähestymistavan perusoletus on, että lineaarinen approksimaatio on riittävän tarkka arvottamaan instrumenttien hintoja. Muuttujien väliset yhteydet esitetään korrelaatioiden avulla. Menetelmässä on salkun jakauman piirtäminen mahdollista, mutta sen kuvaaja ei tuota tarkasteluun mitään lisäinformaatioita, koska kaiken taustalla on normaalijakaumaoletus. Kaksi rakennekokonaisuutta ovat korrelaatio- ja kovarianssiestimointimallit ja salkun positioiden määrittämisjärjestelmät. Näiden tietojen avulla muodostetaan lopullinen delta-arvottaminen. (Jorion 1996, 186-189). Kuviolla havainnollistetaan menetelmää.

**Kuvio 4. Delta-normaali menetelmän rakenne.**



Lähde: Jorion 1996, 187.

Korrelaatioiden ja varianssien estimoinnit suoritetaan historiallisten datasarjojen perusteella (Jorion 1997, 186). Paljon käytettyjä lähestymistapoja ovat liukuvien keskiarvojen mallit ja EWMA sekä GARCH. Optioiden hinnoitteluun perustuvilla menetelmillä saadaan implisiittiset volatiliteetit ja korrelaatiot. Kun korrelaatiot ja volatiliteetit on estimoitu, määritellään kovarianssimatriisi niille riskifaktoreille, jotka mallilla halutaan kattaa. (Alexander 1999, 127-135). Kovarianssimatriisin estimointi suoritetaan joko täysin itse tai hyödynnetään eräiden organisaatioiden, yleensä pankkien tai konsulttiyritysten, muodostamia tietopankkeja. (Jorion 1996, 205-206).

Positioiden määrittämisyjärjestelmien tavoitteena on muuttaa salkussa olevat tuotteet delta-positioiksi, jotta niitä voitaisiin soveltaa VaR-arvon laskemisessa. Menetelmää, jolla portofolion instrumentit muutetaan delta-positioiksi, kutsutaan mapping:ksi. Mapping:ssä jokainen salkun instrumentti hajotetaan yksinkertaisiksi positioiksi eli latauksiksi eri riskifaktoreille, jolloin niitä on sen jälkeen mahdollista käsitellä analyyttisillä menetelmillä. Tyypillisiä riskitekijöitä ovat

korot, valuuttakurssit ja raaka-aineiden hinnat. Salkun yksittäinen instrumentti voi esiintyä latauksena monellekin riskitekijälle. Tällainen tilanne muodostu, jos salkussa on vieraassa valuutassa hankittuja osakkeita, joihin kohdistuvia riskejä ovat osakehinnan markkinariski sekä valuuttariski. Instrumentit, jotka muodostuvat useista kassavirroista, hajoavat useiksi itsenäisiksi latauksiksi eri riskitekijöille. (Jauri 1997, 158-162). (Jorion 1996, 186-188). Seuraavaan taulukkoon on tiivistetty menetelmän tärkeimmät ominaisuudet.

**Tauluko 2: Delta- normaali menetelmän tärkeimmät ominaisuudet.**

<b>Positioiden käsittely</b>	
<b>Hinnoittelu</b>	Lineaarinen
Epälineaariset instrumentit	Ei mahdollista
<b>Jakaumat</b>	
Historiallinen	Normaali
Ajan vaihtelu	Huomioidaan
Implisiittisyys	Mahdollista
<b>Markkinat</b>	
Yleiset jakaumat	Ei mahdollista
Suurin muutosten mittaus	Jossakin määrin
Korrelaatioiden hyödyntäminen	Mahdollista
<b>Mallin kehittäminen</b>	
Mallinriskin mahdollisuus	Jossakin määrin
Laskettavuus	Helppo
Suurimmat puutteet	Epälineaarisuuden unohtaminen, suuret tapahtumat

Lähde: Jorion 1996, 202.

Menetelmä on helppo toteuttaa, koska mallissa tehdyt oletukset yksinkertaistavat laskutoimituksia huomattavasti. Malli huomioi ajan vaihtelun ja optiohinnoittelun hyödyntäminen kovarianssimatriisia estimoitaessa on mahdollista. Sen vahvuus on helppo toteutettavuus, koska proseduurin suorittaminen ei vaadi tietokoneilta suurta laskentatehoa. Tämä tekee vaihtoehdosta reaaliaikaisen. Se soveltuu tilanteisiin, jossa tarkastellaan suurta

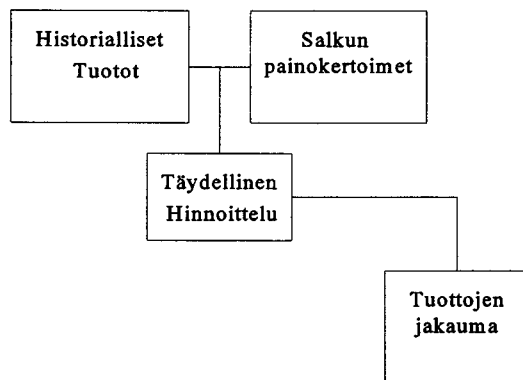
portofoliota ilman dominoivaa riskifaktoria. Lähestymistavassa on heikkouksia, jotka on huomioitava ennen kuin delta-approksimaatio valitaan VaR-järjestelmän perustaksi. Normaalijakaumaan perustuva proseduuri ei ennusta tehokkaasti epätavallisia, suuria tappioita. Se yksinkertaistaa epälineaaristen tuotteiden hinnoittelua. Salkuissa, jotka sisältävät optioita tai muita hinnoittelufunktionsa näkökulmasta voimakkaasti epälineaarisia instrumentteja, delta-menetelmä on epätarkka. (Jorion 1996, 186-189 & 201-203).



### 3.2 Historiallinen simulaatio

Kyseinen malli on täydellisen hinnoittelun sovellus, koska menetelmässä käytetään tuotteiden todellisia arvoja ja hinnoittelumalleja. Menetelmän toteuttaminen on suhteellisen yksinkertaista. Simulaatiossa tarvitaan vanhoja tuottosarjoja, joiden perusteella puolestaan arvioidaan tulevia tuottoja. Historiallisessa simulaatiossa jokaisella tuotolla on sama painoarvo. Näiden tietojen pohjalta estimaatti voittojen jakaumasta voidaan muodostaa. Alla oleva kaavio esittää historiallisen simulaation perusrakenteen. (Jorion 1996, 193-196).

**Kuvio 5. Historiallinen simulointi.**



Lähde: Jorion 1996, 194.

Historiallisen simulaation vahvuus on se, ettei malli tee etukäteen mitään jakaumaoletuksia. Etuna menetelmässä on täydellinen hinnoittelu, jolloin optioiden ja muiden epälineaarisen tuottojakauman omaavien instrumenttien piirteet huomioidaan oikein. Näin empiirisen jakaumat tulevat täsmällisesti toistettua. Lähestymistapa vaatii pitkää havaintoaineistoa, jota aina ei ole mahdollista saada. Malli olettaa, että menneiden tuottohavaintojen perusteella voidaan ennustaa tulevaisuutta. Historiallisella havaintoaineistolla, vaikka se kuvaisikin aivan lähihistoriaa, ei kyetä tavallisesti ennustamaan riittävän tarkasti tulevia tapahtumia. Jos tuotot tai niiden neliöt ovat autokorrelloituneita, muodostuu toteutuneista tuottojen arvoista ainoastaan yksi realisaatiopolku. Tämä on varsin epävarma kuvaaja kaikkien mahdollisten realisaatioiden joukosta. Jos autokorrelloineisuutta ei esiinny, ongelma on pienempi. Suuri yksittäinen havainto

määrittelee VaR-arvon niin kauan, kun se on aineistossa tai toinen suurempi tappio ilmestyy sarjaan. Poistuessaan datajoukosta havainto voi muuttaa VaR-lukua huomattavasti. Seuraavaan taulukkoon on tiivistetty tärkeimmät historiallisen simulaation ominaisuudet. (Jorion 1996, 193-196).

**Tauluko 3: Historiallisen simulaation tärkeimmät ominaisuudet.**

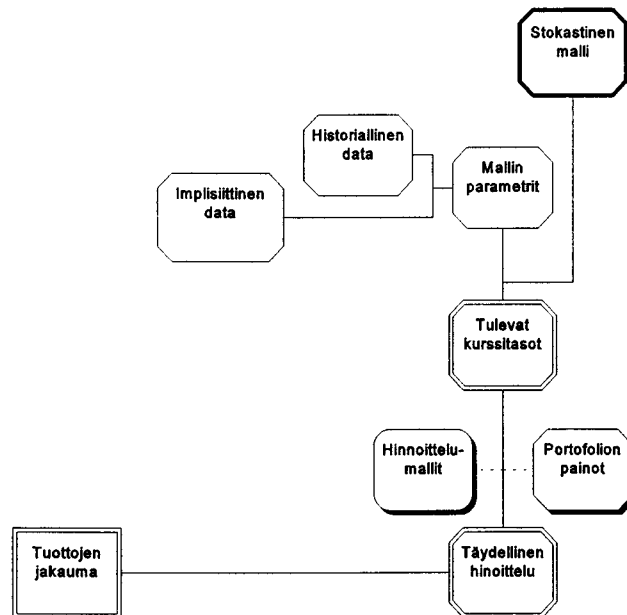
<b>Positioiden käsittely</b>	
Hinnoittelu	Täydelliset hinnoittelukaavat
Epälineaariset instrumentit	Mahdollista
<b>Jakaumat</b>	
Historiallinen	Alkuperäinen
Ajan vaihtelu	Ei
Implisiittisyys	Ei
<b>Markkinat</b>	
Yleiset jakaumat	Mahdollista
Suurin muutosten mittaus	Jotenkin
Korrelaatioiden hyödyntäminen	Mahdollista
<b>Mallin kehittäminen</b>	
Mallinriskin välttäminen	Mahdollista
Laskettavuus	Kohtuullinen
Suurimmat puutteet	Ajan muuttaminen, Suuret muutokset

Lähde: Jorion 1996, 202.

### 3.3 Monte Carlo

Monte Carlo, jota kutsutaan myös stokastiseksi simuloinniksi, on kehittynein VaR-menetelmistä. Periaatteessa sillä voidaan aikaansaada täydellisin ennuste portofolion jakaumasta. Malli voi sisältää suuren määrän erilaisia muuttujia ja riskitekijöitä. Se hyödyntää instrumenttien täydellistä hinnoittelua ja huomioi eri tekijöiden väliset korrelaatiot. Menetelmä rakentuu kahdesta vaiheesta. Ensimmäiseksi määritellään riskitekijöille stokastinen malli. Mallin parametrit, kuten korrelaatiot ja volatilitetit, selvitetään joko historiallisten kurssisarjojen tai optiodatan avulla. Portofolion instrumenttien todelliset painoarvot huomioidaan. Toisessa vaiheessa simuloidaan hintapolut kaikille muuttujille. Jokainen aikahorisontti tutkitaan. Poluista muodostetaan tuottojen jakauma, josta VaR-luku selvitetään. Stokastinen menetelmä on periaatteessa muuten samanlainen kuin historiallinen simulaatio lukuun ottamatta sitä, että hypoteettiset hintamuutokset määritellään stokastisen prosessin avulla eikä vanhojen tietojen perusteella. (Jorion 1996, 199-200). Simulaatio perustuu riskitekijälle määriteltyyn stokastiseen prosessiin sekä tuotteiden, kuten optioiden, hinnoittelumalleihin. Jos kyseiset osatekijät on väärin mallitettu, VaR-luku on harhaanjohtava. Tämän johdosta menetelmän kehittäminen kannattaa usein siirtää ulkopuolisen ammattilaisen hoidettavaksi. (Jorion 1996, 201-203). Kuvio 6 havainnollistaa Monte Carlo-menetelmän rakennetta.

Kuvio 6. Monte Carlo- simulointi.



Lähde: Jorion 1996, 200.

Stokastinen menetelmä on tehokas keino laskea VaR-arvo, koska sen antamien tuloksien pitäisi olla muiden menetelmien tuloksia realistisimpia riippuen luonnollisesti menetelmään liittyvän mallittamisen onnistumisesta. Malli huomioi epälineaariset hinta- ja volatilitteettiriskit. Monte Carlo:ssa asetetaan tietokoneille suuria vaatimuksia, koska laajojen salkkujen stimulointi voi vaatia helposti vähintään kymmeniä miljoonia laskutoimituksia. Jos VaR-luku halutaan selvittää tiheällä aikavälillä, stokastisen prosessin avulla, voi VaR-arvon laskenta tapahtua liian hitaasti. Tämän ongelma on vähentynyt tietotekniikan kehittymisen myötä. Mallia voidaan kehittää ja laajentaa, jos pohjalla oleva stokastinen prosessi on validi. Uusien tuotteiden lisääminen malliin ja markkinoiden tuoreiden piirteiden huomioiminen on mahdollista. Laajentamisen kustannukset eivät yleensä ole kovin merkittäviä, koska pohjalla on jo tehokas tietojärjestelmä. Mallin rakentaminen on työläs ja vaativa prosessi, koska tarkan stokastisen mallin muodostaminen vaatii syvällisestä tilastotieteellisestä osaamisesta sekä hyvää tietoteknisten taitojen hallintaa. Alla olevaan taulukkoon on tiivistetty tärkeimmät Monte Carloa koskevat piirteet. (Jorion 1996, 201-203).

**Taulukko 4. Monte Carlo menetelmän tärkeimmät ominaisuudet.**

<b>Positioiden käsittely</b>	
Hinnoittelu	Täydellinen
Epälineaariset instrumentit	Mahdollista
<b>Jakaumat</b>	
Historiallinen	Täydellinen
Ajan vaihtelu	Huomioidaan
Implisiittisyys	Huomioidaan
<b>Markkinat</b>	
Yleiset jakaumat	Huomioidaan
Suurin muutosten mittaus	Mahdollista
Korrelaatioiden hyödyntäminen	Huomioidaan
<b>Mallin kehittäminen</b>	
Mallinriskin välttäminen	Ei
Laskettavuus	Ei
Suurimmat puutteet	Malliriski

Lähde: Jorion 1996, 207.

## 4.0 Käytettävän aineiston tutkiminen

### 4.1 Estimoinnin haasteita

Markkina-aineiston estimointiin liittyviä vaikeuksia ovat datasarjan laadun varmistaminen, havaintoaineiston optimaalisen pituuden määrittäminen, käytettävän estimointimenetelmän valinta sekä matriisien positiivisen definiittisyyden varmistaminen<sup>7</sup>. Kyseiset ongelmat ovat tyypillisiä kaikille aikasarjoille ja niiden ratkaiseminen vaikuttaa estimaattien tarkkuuteen ja realismuuteen. Estimaattien oikeellisuus johtaa realistisiin VaR-lukuihin. Jotta riskienhallinta olisi järkevää, aikasarjoista laskettujen estimaattien on oltava lähellä totuutta. Tämän takia havaintoaineiston käsittelyä koskevat ongelmat ja ratkaisuvaihtoehdot olisi oltava yrityksen riskienhallinnasta vastaavien henkilöiden hallinnassa. (Jauri 1996, 183).

Tavallisesti estimoitavaa aineistoa kertyy huomattava määrä vuorokaudenkin kuluessa, joten päiväaineisto on herkkä tiedonkeruussa tapahtuville virheille. Syitä ongelmiin ovat aikasynkronoinnin vajavaisuus, puuttuvat havainnot sekä virheelliset päivitykset. Havainnot on poimittava samana ajankohtana, jolloin vältetään mahdollinen päiväaineistoon liittyvä kohina. Tietojen keruun sijoittaminen iltapäivään selittyy eri markkinoiden aikaeroilla, koska silloin moni tärkeistä markkinoista on auki samanaikaisesti. Puuttuvia arvoja aiheuttavat mm. eri maissa vietettävät vapaapäivät. Tulokset on korvattava aineistoon jollakin tavoin. Yksinkertainen mahdollisuus on ns. quick and dirty-menetelmä, jossa havainto korvataan edellisen päivän arvolla. Tämä menetelmä vääristää muuttujien välisiä korrelaatiota. (Jauri 1997, 183-184). Se voi johtaa suuriin virheisiin volatiliteettien ja korrelaatioiden estimaateissa. Toinen vaihtoehto, jota RiskMetrics-dokumentti hyödyntää, on käyttää maximum likelihood-menetelmää. (RiskMetrics 1995, 170-176). Tällöin tarvittava arvo paikataan estimaatilla, joka sopii jakaumaoletusten vallitessa parhaiten aineistoon (Lindgren 1976, 269). Syitä virheellisiin päivityksiin on monia. Kyse voi olla esim. näppäilyvirheestä markkinatapahtuminen järjestelmään päivityksen yhteydessä tai virheellisestä päivityksessä ulkoisissa informaatiojärjestelmissä (mm. Reuters, Bloomberg jne.). Organisaatioissa on laadittava pelisäännöt tällaisten virheiden korjaamiseksi. (Jauri 1997, 184-185).

---

7

Jos riskifaktoreiden kovarianssimatriisi ei ole positiivisesti definiitti, voi salkun tuoton varianssi olla negatiivinen, mitä intuitiivisesta ja teoreettisesta näkökulmasta olisi luonnollisesti absurdia.

Korrelaatioiden ja volatiliteettien aikasarjoista on tavoitteena saavuttaa mahdollisimman hyviä ennusteita. Niiden tarkkuuteen vaikuttaa datasarjan pituus. Pitkällä havaintoaineistolla saavutetaan usein stabiileja estimaatteja. Ne reagoivat heikosti uuteen informaatioon, koska tuoreen havainnon painoarvo on suhteellisen pieni. Lyhyet datasarjat puolestaan painottavat lähihistoriaa ja niiden volatiliteetti on periaatteessa suurempi. Optimaalinen tarkasteluhorisontti riippuu pitkälti myös käyttötarkoituksesta. Tiivistä tarkastelujaksoa hyödyntävät aggressiivisesti lyhyellä horisontilla tuottoa tavoittelevat sijoittajat. Pitkää aikaväliä käytetään yrityksen strategisessa suunnittelussa, jolloin on huomioitava mm. suhdannesykliä kaltaisten ilmiöiden vaikutukset. Horisontin valinta on kompromissi monista eri vaihtoehdoista.(Jauri 1997, 185-187).

## 4.2 Estimointimenetelmät

Volatiliteetin ja korrelaatioiden estimointimenetelmiä ovat liukuvat keskiarvot, GARCH-mallit ja implisiittiset eli optiohinnoittelun perusteella johdetut vaihtoehdot ( Alexander 1999, 124-126). Näitä kutsutaan myös parametrisiksi malleiksi. On olemassa kehittyneempiä, ei-parametrisia lähestymistapoja<sup>8</sup>, kuten usean muuttujan tiheysestimaatit (Jorion 1996, 168). Jokaista vaihtoehtoa tarkasteltaessa on oleellista ymmärtää mallin estimaattien arvojen vaihtelujen syyt (Alexander 1999, 129). Pitkän aikavälin estimointia<sup>9</sup>, joka on tärkeää yritysten riskejä mallitettaessa, on tutkittu laajalti.

Liukuvat keskiarvot jaetaan historiallisesti ja eksponenttialisesti painotettuihin liukuviin keskiarvoihin. Näissä malleissa vanhin havainto korvataan aina uusimmalla (Alexander 1999, 127). Vaihtoehdot voivat peittää korrelaatioiden todellisen luonteen, koska ne huomioivat heikosti havaintojen dynaamisen järjestyksen, kuten autokorrelaation. Historiallinen liukuvien keskiarvon metodi on yksinkertainen ja kehittymätön metodi, mutta silti yleisesti käytössä. (Jorion 1996, 168). Mallissa tarkasteluhorisontin pituus on vakio. Menetelmässä jokaisella havainnoilla on sama painoarvo. Tulevan volatiliteetin uskotaan muodostuvan menneisyyden keskihajonnan keskiarvon perusteella. Päivittäin vanhimman havainnon poistuessa sarjasta se korvataan uudella arvolla. Merkittävä hankaluus mallissa syntyy ns. haamumuuttujien käsittelystä, joilla tarkoitetaan yksittäisten suurta joko positiivista tai negatiivista aikasarjan arvoa. Poikkeava havainto voi vaikuttaa ratkaisevasti korrelaatioihin ja volatiliteetteihin. Poistuessaan aineistosta se voi muuttaa estimaatteja merkittävästi. Historiallisessa siirtyvissä keskiarvoissa kaikki variaatio on riippuvainen otoksen koosta. Suurissa otoksissa, jossa aikaväli on usein pitkä, lähestymistapa tarjoaa korrelaatioille ja volatiliteeteille vakaampia arvoja. Pienissä otoksissa, jolloin tarkasteluhorisontti on tavallisesti suhteellisen lyhyt, estimaattien arvot vaihtelevat herkimmin. (Alexander 1999, 127-128). Historiallinen liukuva keskiarvo on

8

---

Boudoukh, Richardson, Stanton ja Whitelaw julkaisivat vuonna 1995 artikkelin, joka käsitteli monimuuttujatiheysestimointia.

9

Mielenkiintoinen artikkeli on Kaufmann:in ja Patie:n "Overview of Models Measuring Long-Term Financial Risk. J. P. Morgan (kts. Jongwoo) on lähestynyt aihetta mm."LongRun:ssa" sekä "Clear Horizont:ssa". Christoffersen:in, Diebold:in ja Schuermann:in tutkimukseen "Horizont Problems and Extreme Events in Financial Risk Management" kannattaa tutustua. Myös Christoffersen:in työ "Evaluating Interval Forecast" sekä Kaufmann:in ja Patie:n teos "Overview of Models Measuring Long-Term Financial Risk" ovat hyviä.



yksinkertaisin esim. tapa volatilitietin estimoimiseen. Siinä historiallisten tuottojen  $r_t$  ja tuottojen keskiarvon  $\bar{r}$  sekä havaintojen lukumäärän  $T$  avulla lasketaan estimaatti volatilitietille  $\sigma$  seuraavasti:

$$(1) \quad \sigma = \frac{1}{T} \sqrt{\sum_{t=1}^T (r_t - \bar{r})^2}.$$

Eksponenttialisesti painotettujen liukuvien keskiarvojen mallia voidaan kutsua lyhenteellä EWMA, joka on peräisin sanoista exponentially weighted moving averages. Menetelmä yrittää korjata edellisessä vaihtoehdossa ilmenneitä heikkouksia. EWMA:ssa tuorein havainto saa suurimman painoarvon, jolloin sen merkitys muodostettaessa tulevaa estimaattia on voimakkain. Painotukset muodostavat eksponenttialisen sarjan. Painokertoimet, joista käytetään nimitystä decay-tekijä, eliminoivat haamumuuttujien vaikutusta. (Jauri 1997, 189-190). Decay-tekijää kuvataan usein  $\lambda$ -termillä (Alexander 1999, 129). RiskMetrics on sen määritellyt yhden päivän arvoksi 0,94 ja kuukauden tasoksi 0,97 (RiskMetrics 1995, 84-88). Mitä suuremmaksi decay-tekijä on määritelty, sitä enemmän painotetaan menneitä arvoja (Alexander 1999, 129). EWMA olettaa tarkasteluhorisontin pituuden vakioksi. EWMA:n etuja ovat yksinkertainen laskettavuus, sillä estimaatti voidaan päivittää sarjan ensimmäisen ja viimeisen tekijän avulla. (Jauri 1997, 189-190). Eksponenttialisesti painotettu keskiarvo volatilitietille voidaan ilmaista seuraavasti:

$$(2) \quad \sigma = \sqrt{(1 - \lambda) \sum_{t=1}^T \lambda^{t-1} (r_t - \bar{r})^2}.$$

GARCH on peräisin sanoista “generalized autoregressive conditional heteroskedascity” (Alexander 1999, 133). GARCH-mallissa arvioidaan ehdollista varianssia, jonka arvoon vaikuttavat sekä uusimmat innovaatiot että edellinen varianssi. GARCH-mallit painottavat uutta tietoa. GARCH-malleissa tuottojen varianssi seuraa ennustettavaa polkua. (Jorion 1996, 169-170). GARCH estimoidaan aina pitkästä datasarjasta, mutta sitä sovelletaan lyhyen aikavälin ennustamiseen. Akateemisessa kirjallisuudesta löytyy useita GARCH-malleja: ARCH, GARCH,

IGARCH, EGARCH, komponentti GARCH sekä tekijä ARCH. (Alexander 1999, 135-141). GARCH (1,1), joka on yksinkertaisin malli, voidaan kirjoittaa seuraavaan muotoon:

$$(3) h_t = \alpha_0 + \alpha_1 r_{t-1}^2 + \beta h_{t-1}.$$

GARCH olettaa, että voittojen varianssi seuraa ennustettua polkua. Ehdollinen varianssi riippuu uusimmasta innovaatiosta sekä edellisestä ehdollisesta varianssista. Kaavassa  $h_t$  merkitsee ehdollista varianssia.  $r_{t-1}$  tarkoittaa edellisen periodin voittoja. (Jorion 1996, 170).

Optioiden hinnoittelun pohjalta muodostetut volatilitetit ja korrelaatiot ennakoivat tulevaa, eivät nykyisiä arvoja, koska option hinnoitteluun sisältyy markkinaosapuolten tulevaisuuden odotuksia. Optiohinnoittelun perusteella muodostettuja estimaatteja kutsutaan implisiittisiksi volatiliteteiksi ja korrelaatioiksi. (Jorion 1997, 179-180). Implisiittisillä malleilla on voimassa riskineutraalisuus. (Alexander 1999, 167). Vaikka implisiittiset mallit ja historiaan perustuvat tilastolliset mallit estimoivat samoja asioita, pitäisi niiden antamat korrelaatioiden ja volatilitettien arvot poiketa toisistaan taustalla olevien matemaattisten oletusten ja havaintoaineiston johdosta. Jos oletetaan option hinnoittelumalli korrektiksi kuvaukseksi todellisuudesta ja sijoittajien odotukset oikeiksi, optiomarkkinat ovat tehokkaat ilman yli- tai alihinnoittelua ja ero tilastollisen ja optiohinnoittelun välillä johtuu tilastollisten datasarjojen estimointivirheistä. Jos taas historialliset volatilitetit ovat tarkkoja, erot johtuvat silloin optioiden väärästä hinnoittelusta. (Alexander 1999, 148).

### 4.3 Backtesting

Backtesting tarkoittaa menetelmää, jossa tutkitaan organisaatiossa käytetyn VaR-proseduurin ennustustarkkuutta (Kupiec 1995, 73). Yritysten hyödyntämien järjestelmien ennustustarkkuus on oleellinen tekijä mallien käytettävyyden kannalta (Lee 1999, 109). Vääriä arvoja antava järjestelmä johtaa riskienhallinnan kannalta vaarallisiin tilanteisiin ja pahimmissa tapauksissa konkursseihin. Mallien vahvistaminen on oleellista, koska vain oikein ennustavasta menetelmästä on käytännön hyötyä.

VaR-malleja testataan tilastollisilla testeillä. Päämääränä on varmistua siitä, että menetelmä on luotettava. Testeissä tarkastellaan usein ns. epäonnistumisen astetta. Vahvistaminen perustuu hypoteesien testaamiseen. Tavoitteena on selvittää, kuinka monta kertaa todellinen tappio on ylittänyt VaR-luvun ja verrata niiden määrää suojaustason sallimaan VaR-arvon ylittävien tappioiden määrään. Mallin vahvistamiseen voidaan käyttää päivätuottoja, joita kerätään mielellään ainakin vuoden horisontilta. Vahvistamista varten rakennetaan portfolio, jonka rakenne pidetään vakiona koko tarkasteluperiodin ajan. Salkku voidaan muodostaa täysin hypoteettisesti. Vaihtoehtoisesti hyödynnetään joko vanhaa tai mahdollisesti ennakoitua portfoliokoostumusta. Tämän jälkeen lasketaan päivän VaR-luku esimerkiksi 95:n prosentin suojaustasolle ja selvitetään salkun arvon muutokset eli tuotot datasarjan jokaisen historiallisten päivähavaintojen perusteella. Seuraavassa vaiheessa verrataan VaR-arvoa selvitettyihin tuottomuutoksiin. Tarkastellaan sitä, kuinka hyvin VaR-luvulla on kyetty ennustamaan tulevia tappioita. Testaukset suoritetaan usein ei-parametristen menetelmien avulla, jolloin ei ole tarvitse asettaa ennako-oletuksia salkkujen tuottojen jakaumista. Yksinkertaisimmat ja yleisimmin testisuuret noudattavat binomijakaumaa, jolloin testisuurena käytetään havaintoa siitä, että ylittikö toteutunut arvonmuutos VaR-luvun. (Jauri 1997, 289). (Jorion 1996, 94-96).

On olemassa uusia pitkälle kehitettyjä testausmenetelmiä<sup>10</sup>. Mallin vahvistukset voivat perustua välimatkaennusteisiin tai erilaisten tappiofunktioiden hyödyntämiseen (Lopez 1998, 120-123).

---

10

Lukemisen arvoisia tutkimuksia on Lopez'in julkaisu ”Methods for Evaluating Value-at-Risk Estimates”, Lucas'in artikkelit ”Testing Backtesting: an Evaluation of the Basle Guidelines for Backtesting Interval Risk management Models of Banks” ja ”Evaluating the Basle Guidelines for Backtesting Bank Internal Risk Management Models” sekä Blanko:n ja Blomstom'in kirjoitus ”How Good is Your VaR ?- Using Backtesting to Assess System Performance”. Investointipankki J.P Morgan on käsitellyt kirjoissaan backesting:iä. Asiaan voi tutustua mm. ”RisKMetrick:stä, CorporateMetrics:stä, LongRun: sta sekä Risk Management- Practical Guide: sta”.

Backtesting voidaan suorittaa myös Monte Carlo-menetelmän avulla. Tällöin on oleellista määritellä käytettävä tuottojen stokastinen prosessi oikein. Monte Carlo:a on hyödyntänyt backtesting-proseduurissaan Berkowitz<sup>11</sup>.

Kupiec<sup>12</sup> (1995) kehitti testin, jonka avulla voidaan VaR-malleille määritellä hyväksymishorisontit. Kyseessä on ns. välimatkatesti, jossa tutkitaan VaR-luvun ylittävien tappioiden sijoittumista tietyille alueella. Jos VaR- rajan ylittävien tappioiden lukumäärä sijoittuu kyseiselle horisontille, voidaan VaR-arvoja pitää luotettavina. (Jorion 1996, 95). Seuraavaan taulukkoon on tiivistetty Kupiec:in backtesting-proseduurin oleellisimmat tulokset. T tarkoittaa päivien lukumäärää. N merkitsee VaR-rajaa ylittäneitä tappioita.

**Taulukko 5. Kupiec:in testin hyväksymisalue.**

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

Lähde: Jorion 1997, 95.

11

Jeremy Berkowitz:in tutkimus "Evaluating the Forecasts of Risk Models" pyrkii hyödyntämään koko jakaumaa, eikä pelkästään arvioimaan yksittäisiä pisteitä tai välimatkoja. Menetelmän vahvuus on siinä, että testauksen voi toteuttaa suhteellisen pienellä datasarjalla. Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin Monte Carlo- simulointia. (Berkowitz 1999, www-sivut).

12

Kyseisestä backtesting-menetelmästä kiinnostuneet voivat lukea Kupiec:in artikkelin "Techniques for Verifying The Accurance of Risk Management Models", The Journal of Derivates-lehdestä, winter 1995.

Vuonna 1996 Baselin komitea<sup>13</sup> julkaisi suosituksen pankeille, jossa ohjeistetaan backtesting-menetelmän rakentamista ja käyttöä. Baselin ehdotuksen mukaan todellisten tulosten ja ennustettujen arvojen vertailu tapahtuu poimimalla aineistosta ne havainnot, jotka ylittävät VaR-luvun määrittelemän tason. Itse verrattava VaR-luku lasketaan kiinteälle salkulle 99 prosentin luottamustasolla, kymmenen vuorokauden aikahorisontilla. Backtesting suoritetaan vuorokauden aikajänteellä ja toistetaan kolmen kuukauden välein. Vertailuaineistoa on kerättävä ainakin vuoden jaksolta eli 250 kaupankäyntipäivältä. Komitea jakaa testitulokset kolmeen luokkaan: vihreään, keltaiseen ja punaiseen alueeseen. Vihreällä sektorille sijoittuvat mallit, jotka ennustavat tulevaisuutta oikein. Keltainen kaistale indikoi sitä, että testin avulla päättelyminen ei ole mahdollista. Punaisen alueen malleilla on lähes varmasti heikkouksia ennustuskäytössä. Seuraavassa taulukossa on esitetty 250 havainnolla tehty mallien luokittelu. (Basle 1996, www-sivut).

#### Taulukko 6. Baselin komitean luokittelut.

Alue	Ylitysten lukumäärä
Vihreä	0
	1
	2
	3
	4
	5
Keltainen	6
	7
	8
	9
Punainen	10

Lähde: Basle 1996, www-sivu.

## 5.0 Yritysten riskienhallinta

### 5.1 Yritysten VaR- mallin taustatekijät

VaR- kehikko, jota edellisessä osiossa esiteltiin, rakennettiin rahoituslaitoksia varten. Tästä VaR-järjestelmästä käytetään nimitystä MVaR eli Market Value at Risk. (Jauri 1997, 83, McVay & Turner 1995, 84). Pankkien VaR-mallille asetetaan kaksi taustaoletusta. Ensinnäkin tutkittavalle salkulle on kyettävä noteeraamaan markkina-arvo päivittäin. Toiseksi jokainen omaisuuserä on oltava tarvittaessa nopeasti likvidoitavissa. Näillä ehdoilla taataan se, että pankin portfolioille on saatavissa reaaliaikainen ja mahdollisimman totuuden mukainen markkina-arvo ja näin muodostuva jakauma on validi. (McNew 1996, 54-56 ). MVaR tutkii riskejä varantolähtöisesti, koska tärkeät tekijät pankin menestymisen kannalta ovat taseen eriä. Koska pankkien VaR-salkuissa komponenttien lukumäärä on tavallisesti suuri, muodostuva jakauma voi olla lähes normaali. Pankin toimintaan liittyvät positiot oletetaan tunnetuiksi, koska tapa, jolla niiden arvo määräytyy markkinoilla, tiedetään suhteellisen hyvin. Pankkien tarkasteluhorisontti on lyhyt. (Jauri 1997, 83-86).

Yritysten VaR-kehikkoa kutsutaan usein CFaR:ksi, joka on peräisin sanoista “Cash Flow at Risk”. Yrityksen salkun analysointi edellyttää sen liiketoimintaan syventymistä. Toimialan tunteminen ja VaR-teorian ymmärtäminen ovat välttämättömiä apuvälineitä yritysten VaR-kehikkoa muodostettaessa. Yrityksen ominaisuuksia mallitetaan ja mitataan virtapohjaisesti pelkän taseelähtöisen seurannan lisäksi, koska merkittäviä tekijöitä yritysten menestymisen kannalta ovat tuotantoyksiköiden muodostamat tulo- ja menovirrat. Taseposition erillä, kuten tuotantolaitosten arvoilla tai osakesalkuilla, ei ole suurta merkitystä liiketaloudellisten päätösten kannalta. (Jauri 1997, 83).

Yrityksissä muodostuvaa avointa positiota ei usein tarkasti tunneta, koska tulevien rahavirtojen määrät ja arvot eivät ole tiedossa. Avoimia positioita voidaan estimoida kassaennusteiden avulla. Kassavirtaennusteen luotettavuuteen vaikuttavat mm. myynti- ja kulubudjetit, tavoitekurssin määrittäminen, markkinoiden luonne, positioiden arvon määrittämisen hankaluudet, hintojen sekä määrien volatilitetit, yrityksen teknologinen taso, kilpailuasema, tarkasteluhorisontti sekä hintajoukot. Näiden tekijöiden välillä on löydettävissä korrelaatioita. (Jauri 1997, 84-86). Kassavirtaennusteen laatimisessa hyödynnetään myynti- ja kulubudjetteja. Budjetit ovat usein optimistisempia kuin paras ennuste tulevaisuudesta. Jos arvioita hyödynnetään, niiden laatimisperusteiden on oltava yhdenmukaiset koko yrityksessä, jotta suunnittelijoiden

henkilökohtaiset preferenssit eivät vaikuttaisi avoimien positioiden ennusteisiin. (Jauri 1997, 84-86) Tavoitekurssia, joka tarkoittaa yrityksen arvioimaa todennäköisintä tulevaa kurssitasoa, käytetään yrityksen toimintasuunnitelmien ja budjettien pohjana. Usein paras ennuste tulevaisuudesta on termiinikurssi. Tavoitekurssi vaikuttaa tulevien kassavirtojen markka-arvon ennusteeseen. Tämä näkyy kahdella tapaa. Ensinnäkin toteutuneen ja tavoitekurssin erot johtavat suoraan ennakoitujen kassavirtojen markka-arvojen estimointivirheisiin ja siten muodostettavaan jakaumaan. Toiseksi suunnittelukurssin valinta vaikuttaa odotettuun myynnin määrään ja siten tuotantoon ja kustannuksiin, koska jokaiselle kurssitasolla odotetaan markkinoiden kysyvän yrityksen tuotetta tietyn määrän. Jos yrityksen suunnittelukurssi on järkevällä tavalla määritelty, tuleva kassavirtojen jakauma on totuuden mukainen. (Kasanen & Lundström & Puttonen & Veijola 1997, 172-174).

Jokaisella tuotteella on sille tyypilliset markkinat, jotka on huomioitava kassavirtaennusteita laadittaessa (Jauri 1997, 84). Sähköala on keskittynyt kotimaahan. Vientiä ulkomaille ei merkittävästi ole. Samoin tuonnin ja ulkomaalaisten kilpailijoiden merkitys on vielä suhteellisen vähäinen, vaikka sähköpörssin merkitys onkin lisääntynyt. Uusi sähkömarkkinalaki teki sektorista avoimemman, vaikka siirtotoiminta on edelleen monopolisoitua. Hyödyke on suhteellisen homogeeninen, vaikka markkinoille on esim. luontoystävällistä ekosähköä. Koska sähköllä tuotteena on tärkeä merkitys yhteiskunnassa, valtiolla on merkittävä rooli sähkömarkkinoilla. Ala ei ole kovin joustava, koska investoinnit ovat huomattavia ja alalle tulo on vaikeaa sen vuoksi. Tuotannon siirtäminen on kallista. Sähkösektorilla joustot tapahtuvat usein eri tuotantotapojen välillä.

Yritysten portfoliot koostuvat myös sellaisista positioista, joiden arvoja on hankala määrittää. Kaikki yritysten positiot eivät muodosta kassavirtoja tai omaisuuserille ei löydy markkinoita. Vaikka markkinoita olisikin, ostajien määrä voi olla niin vähäinen, ettei tuotteille voida noteerata oikeata markkinahintaa. (Mcnew 1996, 54-56). Epälikvideille tuotteiden hintoja voidaan arvioida kassavirtojen nykyarvojen avulla tai uudelleen organisoinnin kustannuksien perusteella (Hayt & Song 1996, 94-99). Sähkömarkkinoilla voi erityisesti vanhan tuotantolaitoksen myymisen arvottaminen olla hankalaa.

Yrityksen kyky joustavuuteen eli tuotannon muuntamismahdollisuudet markkinatilanteiden vaihdellessa ovat tärkeä asia menestymisen kannalta, koska nopealla sopeutumiskyvyllä voidaan eliminoida riskejä. Yrityksen käyttämällä teknologialla vaikutetaan ratkaisevasti tuotantoptioihin. Yritykselle on eduksi, että se kykenee joustavasti muuntamaan tuotantoa

markkinatilanteen perusteella. (Jauri 1997, 83-86). Energiasektorilla tuotannon sopeutumisoptiot ovat vähäiset, koska sen tuotantokapasiteettiä ei ole kovin helppo säädellä. Tuotannon sopeutumismahdollisuuksiin vaikuttaa tuotantotapa. Se, mitä tuotantomuotoa käytetään kysynnän tyydyttämiseksi, riippuu sen kustannuksista. Tarvittava määrä valmistetaan halvimalla mahdollisella teknologialla.

Markkina-asema vaikuttaa kassavirtaennusteiden laatimiseen (Jauri 1997, 84). Jos yritys on monopoli tai hinta- tai määräjohtaja, sen on ehkä mahdollista arvioida tulevia kassavirtoja, koska yritys kykenee säätelemään tuotteen hintoja ja määriä. Sitä vastoin organisaation, joka on ottaa hinnan ja määrän markkinoilta, on vaikeampi ennustaa kassavirtojaan. Estimoinnin onnistumiseen vaikuttavat mm. kilpailijoiden toimet sekä markkinoille tulon esteet. Kilpailua sähkömarkkinoilla havaitaan eritoten vähittäismyynnissä, koska esim. pienkuluttajat voivat hankkia sähkönsä keneltä hyvänsä riippumatta myyjän maantieteellisestä sijainnista. Tukkumyynninkilpailu on vähäisempää, koska tukkumyyjien määrä on vaatimaton. Siirtotoiminta on edelleen monopolisoitua, joten siitä muodostuvat tuotot ja kulut ovat vakaita.

Kassavirta-analyysi on määriteltävä aina tietylle aikahorisontille. Virtaposition tarkasteluväliksi päätetään usein 6-18 kuukautta. Optimaalisen ajan arvioiminen on vaativaa. Lyhyt väli sopii alalle, jossa tuotantomahdollisuuksia on helppo muuttaa markkinatilanteen perusteella. Pitkää etäisyyttä suosivat alat, jotka ovat hidasliikkeisiä operaatioissaan. (Jauri 1997, 84). Sähkösektorilla käytetään suhteellisen pitkää horisonttia.

Hintajoustot vaikeuttavat avoimen position arviointia. Hintajoustot vaikuttavat myynneissä, ostoissa ja tuotannossa. Tärkeä tekijä, jolla on merkitystä hintajoustoihin, on käytetty hinnoittelutapa. Eri markkinoilla ja yrityksillä on niille tyypilliset hinnoittelutavat, jotka on huomioitava yrityksen kassavirtoja arvioitaessa. Tyypillisimpiä hinnoittelutapoja, joita kaikkia käytetään sähkömarkkinoilla ainakin jossain muodossa, ovat tarjous- ja kertasopimukset, puitesopimukset ja määräalennukset sekä hintalistat. Tarjous- ja kertasopimuksissa hinta on sopimushetken jälkeen kiinteä. Riski on tarjous- ja sopimushetken välillä, koska valuuttakurssin vaihtelut voivat ratkaisevasti muuttaa jo sovittua hintaa. Tarjousaikaiset riskit vaikuttavat sekä ostajaan että myyjään. Jos kurssi laskee myyjän kannalta edullisempaan suuntaan, voi ostaja vaatia kompensatiota nousseiden kustannusten takia. Tarjousaikaisiin riskeihin liittyvät myyjän lupaamat toimitusajat, tuotteen laatu, konsultointi sekä huoltopalvelut. Tuotteen myyjän on pidettävä lupauksensa. Ostajalla on usein oikeus joko purkaa sopimus tai vaatia alennusta jo sovittuun hintaan, jos ehtoja ei täytetä. Tarjousaikaisten riskien huomioiminen on vaikea, mutta



samalla tärkeä osa CFaR-mallin analysointia. Suomessa eritoten teollisuuden, joilla on perinteisesti pitkät toimitusajat, on huomioitava tarjousaikaisten riskien aiheuttamat vaikeudet kassavirtajakaumaa muodostettaessa. Tällaisia sektoreita ovat metalli, laivanrakennus sekä konepajat. Puitesopimukset ja määräalennukset ovat tyypillisiä kiinteissä ja jatkuvissa pitkäaikaisissa kauppasuhteissa. Puitesopimuksissa asiakas ostaa hyödykkeensä samalta toimittajalta. Asiakas vaatii uskollisuudestaan määräalennuksia. Jos asiakassuhteessa ei tapahdu merkittäviä muutoksia, tulevien kassavirtojen markka-arvot on suhteellisen helppo selvittää. Ongelmia aiheuttavat uudet puitesopimusneuvottelut sekä merkittävät valuuttakurssien muutokset. Neuvoteltaessa uutta puitesopimusta ei lopputulos ole varma. Vanha asiakas voi mitätöidä koko sopimuksen tai sopimuksen ehdot voivat muuttua ratkaisevasti. Suurissa myyjän kannalta edullisissa kurssimuutoksissa voi asiakas vaatia kompensatiota. Hintalistoissa hinnat tiedetään, mutta määrät ovat epävarmoja. Yrityksen kassavirtajakauman muodostaminen on vaikeaa. Yrityksellä on oltava tarkat ennustusmenetelmät siitä, kuinka paljon asiakkaat kysyvät yrityksen tuotteita tietyillä hinnoilla. Hintalistoihin sisältyy malliriskiä. (Kasanen & Lundström & Puttonen & Veijola 1997, 174-178).

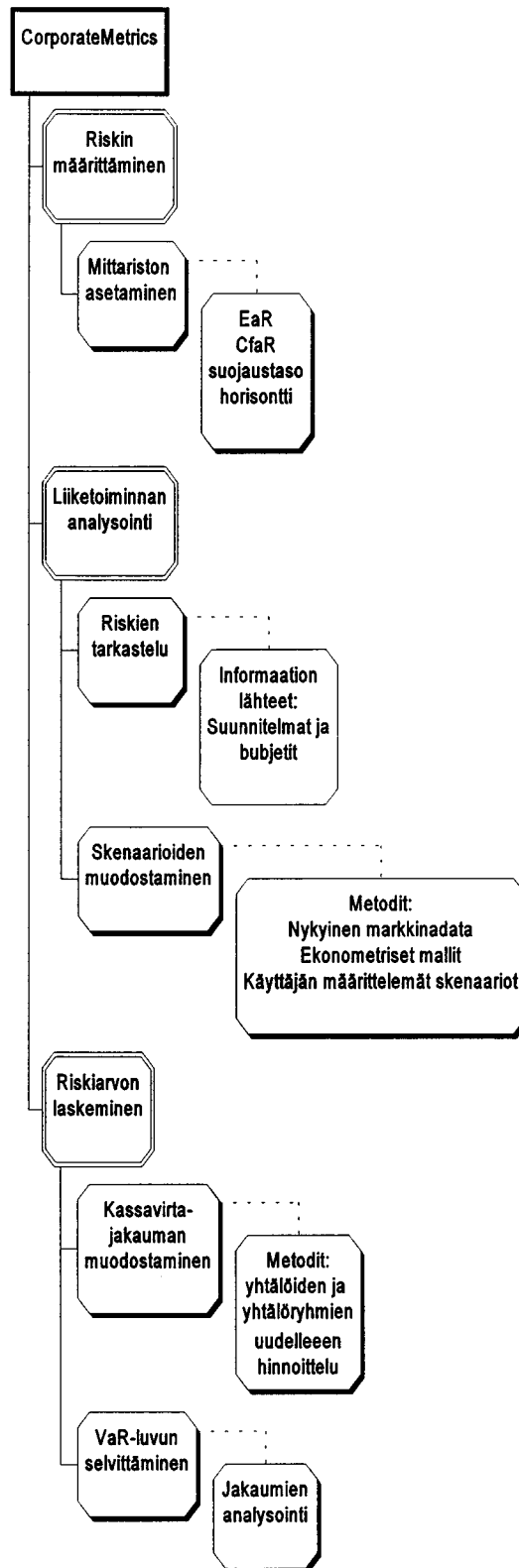
Viimeisenä käsiteltävänä pankkien VaR-lähestymisestä poikkeavana piirteenä CFaR: ssä on pääomamarkkinoiden vaikutus avoimiin positioihin. Kilpailukykyyn vaikuttaa eri maiden väliset kurssierot. Valuuttakurssien kehittyessä yrityksen kannalta edulliseen suuntaan sen kilpailukyky paranee, jolloin myynti ja kassavirrat kasvavat. Sähkömarkkinoilla tutkitaan eritoten Norjan kruunua ja korkoja, koska Nordpool:in tuotteet arvotetaan Norjan kruunuissa. Saman tyyppistä analysointia voidaan suorittaa muillekin pääomamarkkinamuuttujille ja tarkastella niiden vaihteluiden vaikutusta yrityksen eri sektoreiden tai kokonaisen menestymiseen. (Jauri 1997, 86).

## 6.2 Yritysten VaR- järjestelmän rakentaminen

CFaR-malli määrittelee yrityksen rahoitusriskit. Mallin rakentaminen on vaativa tehtävä. Siinä tavoitteena on mallittaa yrityksen liiketoimia kuvaava todennäköisyysjakauma, joka heijastaa mahdollisimman tarkasti ja luotettavasti todellisuutta. Yksinkertaisimmillaan CFaR-mallin rakentaminen koostuu yrityksen liiketoiminnan analysoimisesta sekä timuloinnin suorittamisesta (Hayt & Song 1995, 94-99). CorporateMetrics on erityisesti yrityksille suunnattu riskienhallintakonsepti, jonka on kehittänyt investointipankki J.P. Morgan. CorporateMetrics on tällä hetkellä tunnetuin<sup>14</sup> yrityksille suunnattu kokonaisvaltainen VaR-järjestelmä. Seuraavalla kuvalla havainnollistetaan CorporateMetrics:in rakennetta.

Yksittäisiä artikkeleita on jo kylläkin julkaista jonkun verran, joista mainittakoon mm. Hallerbach:in ja Menklev:in "Value at Risk as a Diagnostic Tool for Corporates: The Airline Industry", German:in "Improving on VaR", McNew:n "So Near, So VaR", Hayt:in & Song:in "Handle with Sensitive" sekä McVay:n ja Turner:in "Could Companies Use Value-at-Risk?" Samoin useat talot ovat kehittäneet yrityksillä suunnattuja VaR-järjestelmiä. Energiamarkkinoihin liittyviä riskienhallintakirjallisuutta on saatavilla, esimerkiksi Carlos Blanco:n artikkeli "Value at Risk for Energy- How to use VaR as an Essential Risk Management Tool". Useita mielenkiintoisia artikkeleita on löydettävissä Financial Engineering Associate:sta (<http://www.fea.com/>) tai GloriaMundi:sta([www.gloriamundi.com](http://www.gloriamundi.com)), joiden sivulta useat edellä mainitut artikkelit myös löytyvät.

Kuva 7. CorporateMetrics- mallin rakentaminen.



CorporateMetrics tarkastelee yritysten liiketoimintaan liittyviä riskejä. Menetelmä koostuu yrityksen riskikäsitteen määrittämisestä, yrityksen liiketoiminnan analysoinnista sekä riskin laskemisesta (Lee 1999, 27). Yrityksen riskin identifioiminen muodostuu mittariston asettamisesta. Siinä yritys määrittelee kohteet, joiden riskeistä se on kiinnostunut. CorporateMetrics:issä riskiohjeina käytetään vaihtoehtoisesti tuloja tai kassavirtoja. (Lee 1999, 12-13). Tulot vaikuttavat suoraan yrityksen ja siten sen osakkeen arvoon. Markkinariskien vaihtelut heijastuvat tuloihin. Yritykset ovat kiinnostuneita tavoista, joilla liikevoittoihin liittyviä riskejä voidaan kontrolloida. Tuloihin vaikuttavat mm. myyntisaamiset, ostettujen hyödykkeiden kustannukset, yleiskustannukset, nettokorkokustannukset ja verot. (Lee 1999, 31-32). Tulojen riski on suurin mahdollinen tappio suhteessa ennalta määritettyyn tavoitetasoon, joka johtuu markkinariskien vaihteluista määritellyllä aikavälillä ja suojaustasolla. Tästä riskistä CorporateMetrics käyttää nimitystä Earnings at Risk (EaR). Usein tulojen riski ilmoitetaan suhteessa osakkeeseen eli Earnings per Share at Risk (EPSaR), koska osakekurssi on tärkeä indikaattori markkinoille. Liikevoitot mitataan suhteessa tavoitetasoon. Tavoitetasona käytetään yritysten suunnittelemaa eli budjetoitua liikevoittoa. Budjetoidut liikevoitot voivat perustua spot:ille, termineille tai yrityksen itsensä määritelmille tasoille. (Lee 1999, 31-32).

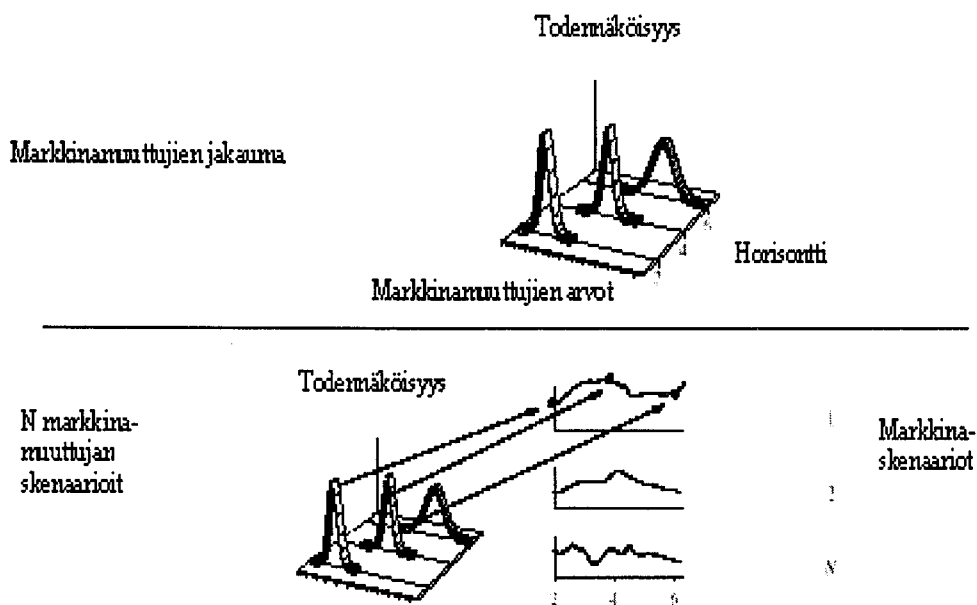
Kassavirtojen riskistä käytetään nimitystä Cash Flow-at Risk eli CFaR. Tavoitetasot voidaan estimoida mallittamalla kassavirtoja aiheuttavia toimintoja joko spottien, termien tai yrityksen määrittelemien kurssien avulla. Kassavirtojen analysointi on tärkeää, koska menestyäkseen yrityksen on varmistettava riittävyys kassassa joka hetki. Kassavirrat vaikuttavat yrityksen operatiiviseen toimintaan, investointeihin ja rahoitukseen sekä näiden välisiin suhteisiin. Myös sijoittajat analysoivat tarkasti kassavirtoja, sillä kassavirrat vaikuttavat yrityksen arvoon. (Lee 1999, 34-35).

Yrityksen liiketoiminnan analysointi koostuu riskien tarkastelusta eli mapping:istä sekä skenaarioiden muodostamisesta. Mapping:ssä määritellään yrityksen riskikohteet ja ennustusmenetelmät. Riskikomponenttien analysointi on prosessi, jossa tarkastellaan markkinariskien muutosten vaikutusta yrityksen kassavirtoihin ja liikevoittoon. Riskien analysointi suoritetaan yhtälöillä tai yhtälöryhmillä, joiden pohjana ovat yrityksen suunnitelmat ja budjetit. Tavoitteena on selvittää, kuinka markkinariskit vaikuttavat kassavirtoihin ja liikevoittoihin. Mapping-funktion rakentamiseen on useita vaihtoehtoja. Yksinkertaisin oletus muodostettaessa yhtälöä on olettaa lineaarinen suhde kohteen ja riskitekijän välillä. Toinen

vaihtoehto on mallittaa suhteita epälinearisesti sekä analysoida useiden riskitekijöiden yhteisvaikutus. (Lee 1999, 39-47).

Skenaarion muodostamisessa tuotetaan riskitekijöiden jakaumia eri horisonteille. Tämä tapahtuu kaksivaiheisesti. Ensiksi kehitetään pitkän aikavälin ennustusmenetelmä, jolla voidaan määrittellä markkinariskien todennäköisyysjakaumia eri aikaväleille. Seuraavassa vaiheessa poimitaan otoksia edellä muodostetuista jakaumista. Näin muodostetaan suuri määrä skenaarioita, joista jokainen skenaario määrittelee polun valitulle alussa määritellylle horisontille. Kehys, jolla markkinariskien jakaumien muodostaminen suoritetaan, tapahtuu LongRun<sup>15</sup>-dokumentin pohjalta. Markkinariskijakauman voi muodostaa sekä yhdelle että usealle muuttujalle. Skenaariot määrittelevät polun, jonka mukaan markkinariski käyttäytyy tietyllä horisontilla. Skenaarioiden sarja määrittelee useiden polkujen käyttäytymisen. Kuviossa 8 havainnollistetaan markkinaskenaarion muodostumista. (Lee 1999, 51-53).

### Kuva 8. Markkinaskenaariorien muodostaminen.

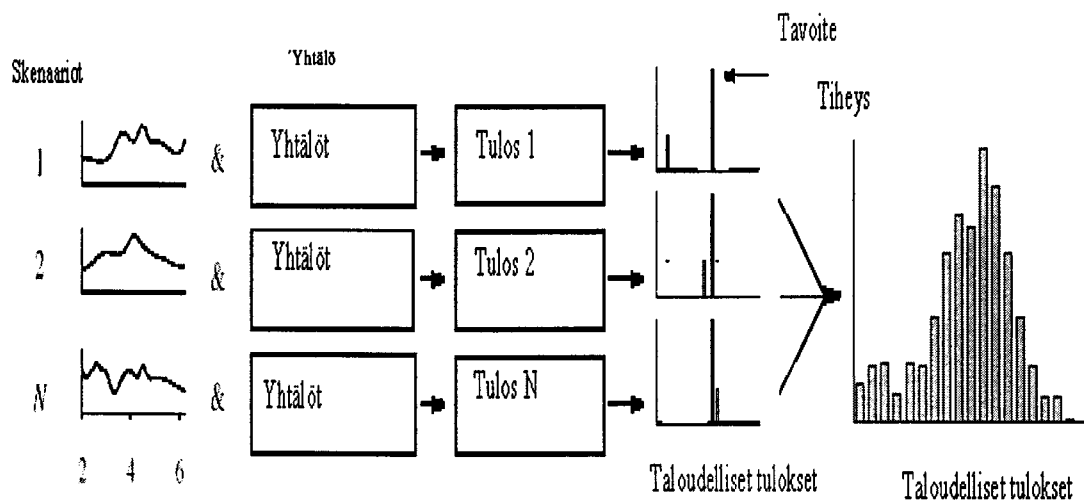


Lähde: Lee 1999, 29.

On olemassa kolme tapaa muodostaa skenaario. Eräs mahdollisuus on hyödyntää nykyistä markkinainformaatiota. Toinen tapa on rakentaa taloudellista käyttäytymistä kuvaava ekometrinen malli. Kolmas vaihtoehto on käyttäjien itsensä määrittelemät skenaariot. Mikään yksittäinen tapa ole kaikissa olosuhteissa pätevä. Jokaista tilannetta on analysoitava erikseen. Valintaan vaikuttavat tulevien riskijakaumaennusteiden tarkkuus, menetelmän kehittämisen helppous ja yhdenmukaisuus yleisen markkinanäkemyksen kanssa. (Lee 1999, 54).

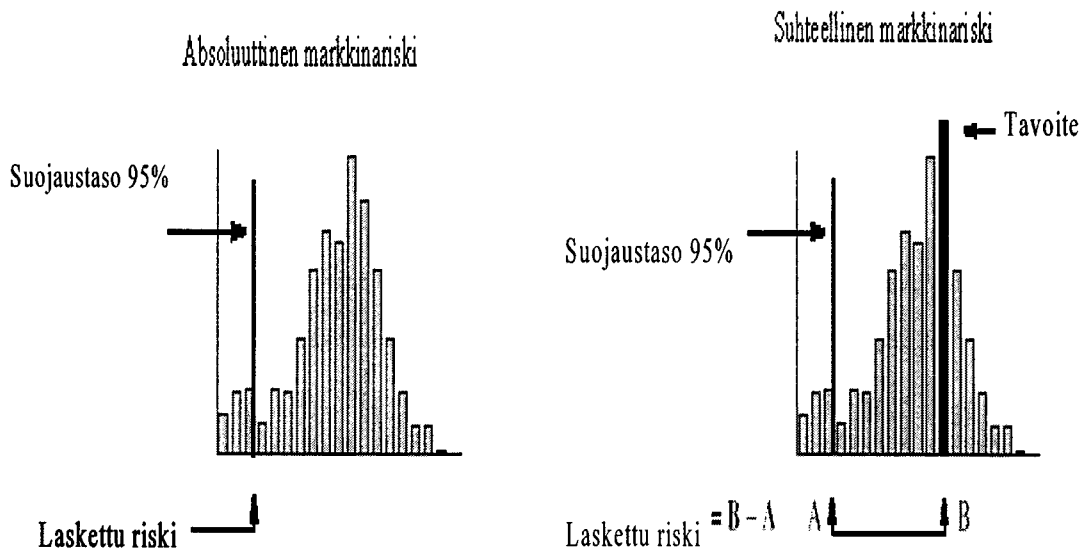
Riskin laskeminen jaetaan kassavirtajakauman muodostamiseen ja VaR-luvun selvittämiseen. Jakauman rakentamisessa estimoidaan kassavirtojen tai liikevoittojen jakaumat käyttäen edellä selvitettyjä skenaarioita sekä yhtälöitä. Muodostamisessa sijoitetaan jokaisen N-skenaarion arvot yhtälöihin. Näin saadaan N-määrä joko kassavirtojen tai liikevoittojen arvoja, joista kehitetään histogrammi. Kyseessä on VaR-jakauma. Kuviolla 9 havainnollistetaan VaR-jakauman muodostumista. ( Lee 1999, 61).

**Kuva 9. Yrityksen VaR-jakauman muodostaminen.**



Viimeisenä vaiheena on tarkoituksena laskea erilaisia riskimittareita edellä rakennetusta jakaumasta. VaR-luku lasketaan joko suhteessa esim. budjettikurssien perusteella laskettuun tavoitetasoon tai ns. absoluuttisena arvona. Voidaan analysoida myös jakauman muotoa, jos sen voidaan olettaa kuvaavan todellisuutta riittävän todenperäisesti. Seuraavassa kuviossa on esitetty VaR-luku sekä suhteellisenä että absoluuttisena mittarina. (Lee 1999,62-67).

**Kuvio 10. Riskiluvun laskeminen.**



## 6.0 Hypoteettisen sähköntuottajan Value at Risk- järjestelmän arviointi

### 6.1 Taustaa

Tutkimuksessa tarkasteltiin EWMA-volatilisuusennusteisiin perustuvan VaR-menetelmän luotettavuutta. Tavoitteena oli selvittää sitä, kuinka tarkkoja korrelaatiomatriisiennusteita EWMA-menetelmän avulla voidaan muodostaa. VaR-ennusteet tuotettiin Monte Carlo menetelmällä, jossa tuottojen odotettiin noudattavan normaalijakaumaa. Backtesting toteutettiin vuoden 1999 päivittäisten markkinahintojen perusteella. Tärkeänä osana tutkimusta oli vertailla eri suuruisten decay-tekijöiden merkitystä korrelaatioestimaattien ja siten VaR-mallien luotettavuuteen. Tutkimuksessa käytettiin RiskDimession-ohjelmaa, jonka on tehnyt SAS Institute. Työssä hyödynnettiin lisäksi Excel:iä ja SPSS:ää. Työn perustana oli esimerkkiyritys Jyväskylän Energia. Aineistona käytettiin yhtiön vuoden 1999 vuosikertomusta sekä markkinoilta saatava tilastoaineisto eri muuttujista. Työssä tutkitaan yhtiötä, joka tuottaa sähköä ja käy aktiivisesti sähkökauppaa. Kaukolämpöä ei tarkastella.



## 6.2 Testin pohjustaminen

Työ aloitettiin tutustumalla tarkasteltavan esimerkkiyrityksen toimintaan julkisesti saatavilla olevan informaation pohjalta. Sen perusteella määriteltiin joukko erilaisia riskitekijöitä, jotka vaikuttavat yrityksen menestymiseen. Tarkastelussa keskityttiin rahoitusriskeihin. Alussa valittiin riskitekijöiksi Norjan ja Suomen korot, Norjan kruunu, sähkön spot- noteeraukset ja Nordpool:in sähkötermiinit. Ruotsin kruunu ja korot unohdettiin, koska niiden merkitys ei ole suuri tutkittaessa paikallisen jakeluyhtiön riskejä. Samoin Yhdysvaltain sekä merkittävien eurooppalaisten maiden kuten Saksan ja Ranskan riskitekijät poistettiin tarkastelusta, koska keskiuuren sähköyhtiöiden toiminta on vahvasti keskittynyt kotimaahan. Koska Norjan rooli on pohjoismaisella sähkösektorilla merkittävä, sen valinta tarkasteluun oli luonnollista. Aineistoa kerättiin usealta taholta. Norpool:in systeemi- ja termiinihintasarjat, valuuttakurssit sekä Suomen korkotiedot saatiin Kauppalehden tietopalvelusta ([www.kauppalehti.fi](http://www.kauppalehti.fi)). Norjan korkojen datasarjat haettiin maan keskuspankin kotisivuilta (<http://www.norges-bank.no/>).

Sähkön systeemihinta on tärkeä riskifaktori, koska sen perusteella määräytyi mm. sähkön myyntihinnan. Työssä oletettiin yksinkertaisuuden vuoksi, että systeemihinta ja aluehinnat ovat samat. Tämä tarkoittaa sitä, että Ruotsin, Norjan ja Suomen aluehinnat olisivat yhtäläiset. Todellisuudessa näin ei ole. Spot-noteeraukset muodostettiin Nordpool:ssa. Arvot olivat Norjan kruunuissa. Havainnot poimittiin jokaiselta arkipäivältä. Jos joltakin arkipäivältä puuttui arvo esimerkiksi juhlapäivän tai päivityksen laiminlyönnin johdosta, puuttuva havainto korvattiin edellisen ja seuraavan noteerauksen keskiarvolla. Koska havaintoaineistosta haluttiin riittävän pitkä, päivänoteerauksia kerättiin vuosien 1997-1999 väliltä. Vaikka aineisto olisi voinut olla pidempikin, datasarjan horisontin pituuden arvioitiin olevan riittävä tutkittavan asian kannalta. Muiden riskitekijöiden aikasarjat kerättiin vastaavalla periaatteella. Termiinisarjat aloitettiin vuoden 1997 syksyltä sähköjohdannaiskauppatoiminnan käynnistyessä. Norjan kruunua tarvittiin, koska pörssinoteeraukset oli lopulta konvertoitava kotivaluuttaan. Sähkön spot-hinnat ja termiinit arvoitettiin kruunuissa.

Yrityksen lainojen arvo sille itselleen on suoritettavien maksujen nykyarvo. Työssä oletettiin, että pääomarakenne säilyisi vakiona koko tarkasteluperiodin ajan. Tämä merkitsi sitä, että työssä lainojen nettomäärät eivät muuttuneet. Korkokulut laskettiin 12 kuukauden ajanjaksolta. Tämä tarkoitti sitä, että periodin aikana lainan otto ja takasin maksu olivat yhtä suuret. Toisena vaihtoehtona tutkimuksessa olisi ollut huomioida myös lyhennykset. Tällöin lainojen arvottamista olisi pitänyt jatkaa kauaksi tulevaisuuteen, jolloin realistinen aikajänne olisi ollut

noin viidestä kymmeneen vuotta. Lopullinen valinta, vaikka se yksinkertaistaa todellisuutta, on sikäli realistinen ajatus, että pitääkseen tuotantokoneistonsa toimintakykyisenä yrityksen on investoitava joka vuosi. Kapasiteetin voidaan olettaa säilyvän ennallaan, jos yritys investoi yhtä paljon vuoden aikana kuin maksaa velkojaan. Kapasiteetti on vakio, jos lainojen ja poistojen määrät vastaavat toisiaan. Aluksi aineistoon kerättiin noteeraukset niin Norjan kuin Suomen koroista, joiden pituudet olivat 1 kk, 3 kk, 6kk, 9 kk, 12 kk, 3 vuotta ja 5 vuotta. Lopullisessa salkussa Suomen koroista hyödynnettiin puolen vuoden ja vuoden korkoja. Norjan koroista huomioitiin kolmen, yhdeksän ja kahdentoista kuukauden korot.

Työssä käytettiin Nordpool:in termiinejä. Aluksi oli tutkittava sitä, että vastasivatko markkinanoteeraukset teoreettisia hintoja. Jos noteeratut markkinahinnat ovat lähellä teoreettisia arvoja, markkinoita voidaan pitää tehokkaana ja luotettavana. Tällöin termiinihintojen ei tarvitsisi pitää omana riskifaktoreinaan, vaan kyseessä olisi instrumentti, joka hinnoitellaan spot-hintojen ja korkojen avulla. Teoreettiset hinnat laskettiin yksinkertaisella kaavan avulla:  $F = S * (1+r)$ , jossa F oli termiinin matemaattinen hinta, S tarkoitti kyseisen päivän spot-kurssia ja r merkitsi Norjan vuosikoron päivänoteerausta. Oikeaoppinen vaihtoehto olisi ollut laskea korko joka maturiteetille erikseen, mutta vuoden koron maturiteetin havaittiin edustavan riittävän tarkkaa approksimaatiota termiinien sarjojen keskimääräistä pituudesta. Vaikka oikean koron laskenta yksinkertaistettiin, tavoitteen kannalta yksinkertaistuksella ei ole merkitystä. Testaus suoritettiin Wilcoxon:in järjestystestillä, jolla voidaan vertailla kahden datasarjan jakaumia keskenään koko jakauman matkalla. (Lindgren 1976, 508-511 & 519-523). Testin tulokset ovat liitteessä. Nollahypoteesina oletettiin jakaumien samankaltaisuus. Tutkittavina vertailupareina käytettiin markkinoilla havaittuja termiinien arvoja sekä niitä vastaavia teoreettisia hintoja. Havaintoparien lukumäärät vaihtelivat 130:stä 568:aan. Teoreettisten hintojen keskiarvot ja keskihajonnat olivat usein matalammat kuin markkinahintojen. Teoreettisten arvojen minimiit ja maksimit vaihtelivat enemmän. Testissä oli seitsemäntoista paria, joista ainoastaan neljässä parissa positiiviset rankkaukset dominoivat. Jos jakaumat ovat toistensa kaltaisia, positiivisten ja negatiivisten rankkausten lukumäärän pitäisi olla lähellä toisiaan. Rankkausten summat ja niiden keskiarvot poikkeavat toisistaan tarkastelupareissa. Z-arvot vaihtelevat -1,8 ja -18,5 välillä. Jokaisessa tarkasteluparissa voitiin nollahypoteesi hylätä. Merkitsevyys taso oli aina alle 0,075. Markkinanoteerausten jakaumat eivät noudattaneet teoreettisia jakaumia. Tämän vuoksi tutkimuksessa käytettiin termiinien markkinahintoja teoreettisten noteerausten sijaan.

### 6.3 Sähkösalon muodostaminen

Varsinaisen testisalun rakentaminen oli vaativa tehtävä, koska kokonaisuus oli saatava mahdollisimman todenmukaiseksi. Yksityiskohtaisessa salussa määrittelyvirheet olisivat mahdollisesti suuria. Yksinkertaisessa salussa asioita pelkistetään. Oikea vaihtoehto pitäisi olla näiden välimaastossa. Tutkimuksessa käytetään yrityksen portfoliosta termiä "sähkösalu". Se koostuu kahdesta osasalusta, joita nimitettiin "salu I:ksi" ja "salu II:ksi". Salut esitellään liitteessä.

Alussa sähkösalu pyrittiin muodostamaan mahdollisimman yksityiskohtaiseksi, jossa pyrittiin huomioidaan erilaisten kuluttajatyypien (yritykset ja yksityishenkilöt) ja vuodenaikojen merkitys mahdollisimman tarkasti. Tämän vuoksi portfolio muuttui monimutkaiseksi. Lopulta päädyttiin suhteelliseen yksinkertaiseen vaihtoehtoon. Tutkimus olettaa, että muodostetulla keskivertokuluttajatyypillä voidaan riittävän tarkasti mallittaa yrityksen koko asiakaskuntaa ja arvioida VaR-menetelmän toimivuutta. Liitteen taulukoissa 1 ja 2 esitetään Jyväskylän Energian VaR-position lopullinen rakenne. Salu I:een sijoitettiin ainoastaan yksi positio, joka on sähkömyynti. Sähkömyyntiä on kuvattu useiden erilaisten muuttujien avulla. Salussa 2 olivat kiinteät kustannukset, termiinit, joukkovelkakirjalaina sekä muut lainat.

Tutkimuksessa käytetyt muuttujat määriteltiin RiskDimenssion periaatteiden noudattaen. Positioiden ominaisuudet oli kuvattava yksityiskohtaisesti, jotta niiden hinnoittelu olisi onnistunut. INSSTYPE-muuttujan (instrument type) avulla eroteltiin salun rahoitustuotteet toisistaan. Tässä työssä instrumenttityyppejä olivat mm. sähkömyynti, kiinteät kustannukset, termiinit, joukkovelkakirjat sekä velkojen korot. Usein rahoitustuotteet jaettiin erilaisiin alakategorioihin, joilla tarkennettiin muuttujan määrittelyä. Esimerkiksi sähkötermiinit jaettiin kolmeen sektoriin. Kategorioinnissa hyödynnettiin INSTID-muuttujaa (instrument identification). Aina jaottelua ei tarvittu, jolloin kategoriointi oli yksiluokkainen. Sähkömyynti, kiinteät kustannukset ja joukkovelkalaina olivat tällaisia. Vaihtuva- ja kiinteäkorkoiset velat lohkottiin kahteen koronmaksuperiodiin. ISSTYPE (instrument type) eli tuottotyyppi kuvasi instrumentin tuoton luonnetta. Sähkömyynti oli fyysistä kauppaa. Kiinteä kustannus oli kustannuselementti. Termiinit olivat johdannaisia, joihin ei kuulunut fyysistä sähkösiirtoa. Muut instrumentit olivat korkotuotteita. REGION eli alue määritteli markkinat. Tässä tutkimuksessa markkina-alueet olivat Suomi ja Norja. Bunit (business unit) eli liiketoimintayksikkö oli Jyväskylä. CURRENCY kertoi valuutan. HOLDING oli position koko. Position koon voi määrittellä muullakin tavoin. AMT\_FIM (amount Finnish mark) kertoi

kiinteäkorkoisen velan markkamäärän. Sitä hyödynnettiin korkomaksuja määriteltäessä. MAT\_DATE (maturity date) kuvasi sopimusten maturiteetia. RCVE\_TYPE (receive type) jakoi kassavirrat kiinteisiin ja vaihtuviin. Contrate (contract rate) eli kertoi termiinien toteutushinnan.

Salkku 1 sisälsi ainoastaan sähkön myynnin. Instrumenttityyppinä käytettiin Nordpool:in spot-hintaa. Koska tutkimuksessa päädyttiin vain yhteen ostajatyyppiin, instrumentin määrittelyssä (El\_Cons\_1) oli vain yksi lohko. Norjan kruunun avulla kassavirtojen spot-arvot käännettiin markoiksi. Sähkön myynti tapahtui Suomessa, Jyväskylässä. Holding eli myyntimäärä oli vuoden 1999 tilinpäätöksen mukainen kokonaisymyynti. Sitä ei jaoteltu vuodenajan tai kuluttajatyypin perusteella erikseen. Sähkön myynnin hinnoittelufunktio esitetään liitteessä. Sähkön myyntituotot määräytyivät sekä nykyisen spot-tason että menneen hintakehityksen perusteella. Voittoa yrityksen oletettiin saavan 10 prosenttia. Voiton suuruuden oletettiin olevan realistinen sähkömarkkinoille, koska sähkön myyntisektorilla kilpailu on kireää. Tämän päivän hintataso painotettiin 0,6. Tutkimuksessa uskottiin, koska sähkömarkkinat ovat hyvin kilpailulliset, että nykyinen spot- arvo on voimakkain sähkön hintaan vaikuttava tekijä. Spot-arvo huomio tarkasti sen hetkisen markkinatilanteen, koska mm. nykyinen vesitilanne, vuodenajat, energiapoliittiset päätökset sekä merkittävät investoinnit heijastuvat välittömästi spot-hintaan. Mennyt kehitys huomioidaan 0,4-kertoimen painotuksella. Termi RLAG (SP; 150/365) oli viivästynyt tekijä, jossa huomioitiin viimeisen 150 päivän spot-hinnan keskiarvo. Viivästyksen avulla saadaan kausivaihtelua huomioitua. Yritykset hinnoittelevat tuotteensa aina viiveellä ja hintalistoja ei uudisteta päivittäin. Hinnoittelussa katsotaan taaksepäin. Hintalistaa muutettaessa tulevan hinnan on katettava pitkän aikavälin kustannukset. Pitkän aikavälin kustannuksen estimoidaan menneen kurssikehityksen perusteella. Spot-markkinat toimivat vaihtokustannusindikaattorina.

Salkussa II kustannukset ovat ainoastaan kiinteitä. Muuttuvia kustannuksia työssä ei erikseen määrätty, koska siihen tarvittavaa tietoa ei ollut saatavilla. Muuttuvat kustannukset huomioidaan korkomaksuissa. Kiinteitä kustannuksia käsitellään omana kokonaisuutenaan. Kustannukset kohdistetaan Jyväskylään, Suomeen ja valuutta on markka. Position koko määriteltiin Jyväskylä Energian henkilöstökulujen pohjalta.

Salkussa II hyödynnettiin kolmen tyyppistä termiiniä. Vuoden pituiset termiinit unohdettiin. Instrumenttityyppi oli sähkötermiini. Instrumentin määrittelyssä sekä tulotyyppissä tuotteet jaettiin sekä talvi 1, kesä ja talvi 2 termiineihin, eli samoin kuin Nordpool:ssa. Kun termiinisarja erääntyi salkussa, jatkettiin sitä seuraavana kauppapäivänä seuraavan vuoden vastaavalla sarjalla. Näin kutakin sarjaa oli ainoastaan yksi erä yhtä aikaa salkussa. Termiinejä ns. "rollattiin" eteenpäin.

Mahdollista olisi ollut sijoittaa monia kesätermiiniä useilta vuosilta yhtä aikaa portfolioon, mutta tällöin salkku olisi ollut monimutkainen ja termiinien hallintapolitiikka olisi ollut sekava. Tutkimuksessa tavoiteltiin riskiä kaihtavaa yksinkertaista sijoitusstrategiaa. Termiinejä käytettiin ainoastaan suojaustarkoituksiin. Oletettiin, että yritys suojaa kymmenen prosenttia sähkön myyntimäärästä. Arvio vastaa riskiä kaihtavan toimijan strategiaa. Termiinien noteeraus määräytyi Nordpool:ssa ja valuuttana käytettiin Norjan kruunua. Termiinisalkun arvo vaihteli päivittäin. Termiinien hinnoittelu esitetään liitteessä. Kukin sarjan termiini arvotetaan erikseen. Termiiniposition arvon laskemiseksi selvitettiin päivänoteerauksen ja sopimuskurssin ero. Kyseinen ero diskontattiin vuoden alkuun. Koska korot ilmaistiin vuositasolla, ne jouduttiin muuttamaan oikealla horisontille termiinisolupimusten mukaan. Talvi 1 tapauksessa korkona käytettiin Norjan 3 kuukauden korkoa ja diskontauskertoimena 4/12. Kesätermiinissä käytettiin 9 kuukauden korkoa ja kertoimena 9/12. Talvi 2 hyödynnettiin Norjan vuoden korkoa ja kertoimena oli yksi. Termiiniposition toimipaikka oli Jyväskylä.

Tutkimus oletti, että vuoden 1999 aikana lainan otto ja takaisinmaksu on yhtä suuret. Lainojen nettomäärät eivät vaihdelleet tarkastelujakson aikana. Tämän ansiosta lainan arvoja ei tarvinnut laskea kauaksi tulevaisuuteen. Ainoastaan kauden koronmaksut huomioitiin. Salkussa II oli suuri joukkovelkakirjalaina (BondDept). Lainaa tutkittiin yhtenä kokonaisuutena, joten instrumentin määrittelyssä (INSTID) ei lainaa kategorioitu erikseen. Tulotyyppi (ISS\_TYPE) oli koronmaksua. Alue oli Suomi ja liiketoimintayksikkö sijaitsi Jyväskylässä. Valuutta oli markka. Tutkimuksessa ainoastaan huomioitiin joukkovelkakirjalainan korkokulut vuonna 1999. Yrityksellä oli sekä vaihtuvakorkoisia että kiinteäkorkoisia lainoja. Lainat olivat kotimaisia. Koronmaksut tapahtuivat kahdesti vuodessa. Ensimmäisen kiinteäkorkoisen lainan laskentaperusteena oleva lainan määrä (holding) oli 1,5 miljoona markkaa ja korkomaksuja laskettaessa käytettiin Suomen kuuden kuukauden korkoa. Toista kiinteää korkomaksua estimoitaessa hyödynnettiin vuoden korkoa. Nyt lainan määrä oli 1.0 miljoonaa markkaa. Vaihtuvakorkoisen lainan korkomaksujen laskenta oli monimutkaisempi. Laskentaperusteisiin voi tutustua liitteestä. Vaihtuvakorkoisen lainan laskentaperusteena (AMT\_FIM) käytettiin 75 miljoonaa markkaa.

#### **6.4 Backtesting- ajovirran muodostaminen**

Tutkimuksessa oli tarkoitus laskea salkun markkina-arvot (market-to-mark) ja VaR-luvut vuoden 1999 jokaiselta arkipäivältä. Vertailua otettiin mukaan vuoden 1999 255 ensimmäistä kauppapäivää. Testaus koodattiin SAS-kielellä. Koodirakenne on kuvattu liitteessä. Backtesting-ajovirta koostuu kolmella eri koodilla. Ensimmäiseksi lasketaan korrelaatiomatriisit jokaiselle kauppapäivälle. Korrelaatiomatriisit laskettiin useaan kertaan vaihdellen decay-tekijöiden painotusta 0.80-0.99 välillä. Lisäksi korrelaatiomatriisien arvot selvitettiin ilman tasoitusta. Toinen ajovirta suoritti RiskDimession:in tehtäväympäristössä määritellyt laskutoimitukset, jotka olivat VaR-luvun ja salkun päivänoteerauksen laskeminen. Kolmas ajo yhdisti salkun päiväarvot ja VaR-luvut samaan taulukkoon.

## 6.5 Vertailuparien muodostaminen

Salkun markkina-arvoja ei voida suoraan vertailla VaR-lukuihin. Markkina-arvoista selvitetään päivän voitto laskemalla kahden edellisen päivän salkun arvojen erotus. Tätä voittoa voidaan vasta vertailla VaR-lukuun. Ennustetun VaR-luvun ylittäneiden tappioiden lukumäärät laskettiin. Tarkasteluun poimittiin vuoden 1999 255 ensimmäistä kauppapäivää. Arviointi suoritettiin Kupiec:in hyväksymishorisonttien perusteella. Kupiec:in testi suoritettiin 95:n prosentin tasolla. Seuraavassa taulukossa on tiivistetty vertailun tulokset. Kupiec:in määrittelemä hyväksymishorisontti oli seitsemästä kymmeneen.

**Taulukko 7. Kupiec:in testin tulokset.**

0,0 / 0	0,80 / 5	0,81 / 5	0,82 / 5	0,83 / 5	0,84 / 5	0,85 / 5
0,86 / 5	0,87 / 5	0,88 / 5	0,89 / 5	0,90 / 5	0,91 / 5	0,92 / 5
0,93 / 5	0,94 / 5	0,95 / 6	0,96 / 5	0,97 / 6	0,98 / 6	0,99 / 5

Taulukossa 7 kenoviivan vasemmalla puolella on EWMA:n painokertoimet ja oikealla puolella on ylitysten lukumäärät. Jos korrelaatiomatriisi lasketaan ilman painotusta, yhtään VaR-rajaa ylittänyttä tappiota ei havaita. Decay-tekijän eri painotuksilla ylityksiä havaittiin viiden ja kuuden välillä. Millään kerralla ei saavutettu hyväksymishorisonttia.

## 7.0 Johtopäätökset

Tutkimus tarkasteli keskisuuren yrityksen VaR-järjestelmän toimivuutta. Käytännössä tätä ongelmaa tutkittiin tarkastelemalla EWMA-menetelmään perustuvien korrelaatiomatriisien ennustustarkkuuksia. Syy, miksi tutkimus keskittyi nimenomaan EWMA-prosessiin, on menetelmän erittäin suuri suosio käytännön elämässä. Työssä selvitettiin painokertoimien (decay factor) merkitystä korrelaatiomatriisiestimaatteihin ja siten VaR-menetelmän luotettavuuteen. Korrelaatiomatriisit laskettiin vaihdellen decay-tekijän painotusta 0,80-0,99 välillä sekä ilman painotusta. Se, kuinka tarkkoja korrelaatiomatriisien ennusteita muodostetaan, vaikuttaa oleellisesti VaR-menetelmän toimivuuteen. Tutkimuskohteeksi valittiin Jyväskylän Energia. Työssä tutkittiin ainoastaan sähkön myyntiä ja tuotantoa. Näin tutkittavalla yhtiöllä oli ainoastaan yksi tuote, sähkö. Testissä käytettiin kolmen vuoden pituista aikasarjaa vuosilta 1997-1999, jotta käytettävällä Kupiec'in testillä olisi saatu mahdollisimman valideja tuloksia.

EWMA-menetelmän avulla muodostettujen korrelaatiomatriisien ennustustarkkuuden arvioiminen oli tärkeä tehtävä tutkimuksessa. VaR-ajan ylittäneitä tappioita havaittiin vuoden periodilla aina alle seitsemän, joten VaR-ajan ylittäneiden tappioiden lukumäärät eivät kertaakaan jääneet Kupiec'in hyväksymishorisontin (7-20) sisään. Ilman painotusta lasketuilla matriiseilla VaR-ajan ylittäneitä tappioita ei havaittu ollenkaan. Painotusten vaihdellessa 0,80-0,99 välillä ylityksiä oli viiden ja kuuden välillä. Lähimmäksi mallin hyväksymistä päästiin 0,95, 0,97 ja 0,98 kertoimilla, joilla ylityksiä oli kuusi. Muilla kertoimilla ylityksiä oli viisi.

Tutkimuksen pohjalla ollut VaR-malli noudatti RiskMetrics'in periaatteita. RiskMetrics on yleisesti käytössä energiamarkkinoilla. Jos tuottojakaumaoletukset noudattavat normaalijakaumaa, RiskMetrics'in avulla ei saavuteta luotettavia VaR-estimaatteja. Kohdeyrityksen VaR-arvot olivat suhteellisen korkeita, joten menetelmä yliarvio riskiä. Yrityksen riskienhallinta ei siten tehokkainta mahdollista.

Mitään yksiselitteistä syytä epätarkoille estimaateille tutkimuksessa ei voida antaa. Merkittävänä vaikeutena oli luultavasti tuottojakaumien normalisuusoletus. Todellisuudessa markkinoiden tuottojakaumat noudattavat todennäköisesti jotain muuta jakaumaa kuin normaalia. Voidaan olettaa, että tuottojakaumien vasemmat puolet ovat todennäköisesti paksuhäntäisempi kuin normaalijakaumassa ja lisäksi EWMA-menetelmä saattaa olla liian yksinkertainen kuvaus kovarianssimatriisien käyttäytymisestä. Parempia estimaatteja voidaan mahdollisesti muodostaa, jos mm. riskitekijöiden erilaiset dynaamisuusominaisuudet huomioidaan paremmin.



Sähkömarkkinoilla on useita ominaispiirteitä, jotka ovat tuottojakaumien normaalisuusoletusta vastaan. Esimerkiksi sää (sademäärät), vuodenajat (lämpötila), sähköpörssi, markkinoiden ja kilpailutilanteen kehittyminen sekä poliittisten päätökset voivat vaikuttaa tuottojakaumien muotoon merkittävästi. Ainakin sähkön hinta on volatiilinen ja Nordpool:ssa sähkön myynti on vielä verrattain ohutta, joten sähkön tuottojakaumat tuskin noudattavat normaalijakaumaa. Eri riskitekijöiden tuottojakaumien mallittamien oikein voi parantaa VaR-laskentaa. Tämän vuoksi alla olevien riskitekijöiden jakaumien todellinen muoto olisi syytä selvittää jatkotutkimuksissa.

Tutkimuksen testisalkun rakentaminen oli vaativa tehtävä, koska kokonaisuus oli saatava mahdollisimman todenmukaiseksi. Lopulta päädyttiin yksinkertaiseen kokonaisuuteen, jota kutsuttiin sähkösalukaksi. Se muodostui salkku I:stä ja salkku II:sta. Salkku I:een sijoitettiin ainoastaan yksi positio, joka on sähkönmyynti. Muut sijoitettiin toiseen salkkuun. Salkussa II kustannukset ovat ainoastaan kiinteitä. Salkussa II hyödynnettiin kolmen tyyppistä termiiniä. Nämä olivat talvi 1, kesä ja talvi 2. Yrityksellä oli sekä vaihtuvakorkoisia että kiinteäkorkoisia lainoja. Koronmaksut tapahtuivat kahdesti vuodessa. Lainat olivat kotimaisia. Lisäksi salkussa II oli suuri joukkovelkakirjalaina.

Mielenkiintoisena esimerkkinä esiteltiin Baselin komitea suosittamat pankeille backtesting-menetelmän rakentamisesta ja käytöstä. Komitean ehdotuksessa on useita eroavaisuuksia verrattuna Kupiec:in testiin verrattuna. Komitean ehdotuksessa VaR-luku lasketaan kiinteälle salkulle 99 prosentin luottamustasolla, kymmenen vuorokauden aikahorisontilla. Backtesting suoritetaan vuorokauden aikajänteellä ja toistetaan kolmen kuukauden välein. Vertailuaineistoa on kerättävä ainakin vuoden jaksolta eli 250 kaupankäyntipäivältä. Testi on suunniteltu pankkeja varten. Koska riskitaso on alhainen ja horisontti ainoastaan kymmenen vuorokautta, empiriasio suoritettiin Kupiec:in testillä. Tutkimus mainitsi myös useita muita testausmahdollisuuksia. Ne olivat huomattavasti monimutkaisempia, joissa hyödynnettiin mm. Monte Carlo:a tai erilaisia tappiofunktioita. Koska testi haluttiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja välttää siten malliriskin mahdollisuutta, päädyttiin Kupiec:in testausmenetelmään.

Työssä analysoitiin datasarjan laatuun liittyviä seikkoja sekä perehdyttiin markkina-aineiston estimoinnissa kohdattaviin ongelmiin ja tunnetuimpiin estimointimenetelmiin. Tavoitteena oli tutustua pitkän aikavälin estimointiin. Luotettavien tuloksien saamiseksi tarvitaan usein pitkä datasarja. Tutkimusaineistossa oli vertailtiin 255 havaintoparia vuodelta 1999 ja aineistoa hankittiin kolmelta vuodelta. Koska aineisto on lyhyt, johtopäätökset ovat ainoastaan suuntaa antavia. Pienissä aineistoissa on helposti mahdollista hyväksyä virheellinen malli. Toisaalta

vaarana on hyväksyä väärä malli. Suurissa aineistoissa estimaatit ovat vakaampia, mutta vanha data ei aina ole riittävän validia kuvaamaan tulevaisuutta. Laajojen aineistojen etu on, että niiden perusteella on helpompi hylätä väriä tuloksia antava malli. Pitkällä horisontilla, jota yritykset perinteisesti käyttävät, luotettavien estimaattien muodostamien riskitekijöille on vaikeaa.

Sähköpörssi oli tärkeä tutkimuskohde, koska työssä käytettiin Nordpool:in termiinejä. Varsinaisen pääongelman lisäksi testattiin sitä, että vastasivatko markkinanoteeraukset teoreettisia hintoja. Jos noteeratut markkinahinnat olivat lähellä teoreettisia arvoja, markkinoita voitiin pitää tehokkaana ja luotettavana. Testaus suoritettiin Wilcoxon:in järjestystestillä, koska testillä voitiin vertailla datasarjojen jakaumia keskenään koko jakauman matkalla. Nollahypoteesina oletettiin jakaumien samankaltaisuus. Jokaisessa tarkasteluparissa voitiin nollahypoteesi hylätä. Markkinanoteerausten jakaumat eivät noudattaneet teoreettisia jakaumia. Tämän vuoksi tutkimuksessa käytettiin termiinien markkinahintoja teoreettisten noteerausten sijaan. Voidaan myös ehkä olettaa, etteivät termiinien tuottojakaumat noudata normaalijakaumaa, koska alla olevat systeemihinnat poikkeavat normaalista. Vaikka sähköpörssin toiminta on kasvanut, kaupankäyntivolyymit ovat edelleen suhteellisen ohuet. Toiminta ei ole kovin tehokasta. Useat toimijat vielä harjoittelevat pörssikaupankäyntiä. Pörssiä hyödynnetään nykyään yhä enemmän riskienhallinnassa, koska useat sähköyhtiöt ovat kehittäneet omia pörssiyksiköitään ja monia sähköriskien hallintaan keskittyneitä konsulttiyrityksiä on perustettu syksyllä 2000.

## **8. Liitteet**

Liite 1. Sähkösalukku.

Liite 2. Instrumenttien hinnoittelu.

Liite 3. Wilcoxon:in testi.

Liite 4. Koodit.

## Lite 1. Sähkösalikku.

Salikku 1						
INSTTYPE	INSTID	ISS_TYPE	REGION	BUNIT	CURRENCY	HOLDING
Electricity_Spot	EL_Cons_1	Physical_Electricity	Finland	Jyväskylä	NOK	543000

Salikku 2							
INSTTYPE	INSTID	ISS_TYPE	REGION	BUNIT	CURRENCY	HOLDING	AMT_FIM
Fixed Cost	Cost_01	CostElement	Finland	JYVÄSKYLÄ	FIM	34000000	
ELFW D	FWV2_01	FWV2	NORWAY	JYVÄSKYLÄ	NOK	-18000	
ELFW D	FWSO_01	FWSO	NORWAY	JYVÄSKYLÄ	NOK	-18000	
ELFW D	FWV1_01	FWV1	NORWAY	JYVÄSKYLÄ	NOK	-18000	
BondDebt	BOND DEBT0	InterestPayment	FINLAND	JYVÄSKYLÄ	FIM	-2000000	
FixedDebt1	DEBT1_A	InterestPayment	FINLAND	JYVÄSKYLÄ	FIM	-1500000	
FixedDebt2	DEBT1_B	InterestPayment	FINLAND	JYVÄSKYLÄ	FIM	-1000000	
Floating1	DEBT2_A	InterestPayment	FINLAND	JYVÄSKYLÄ	FIM	-1	75000000
Floating2	DEBT2_B	InterestPayment	FINLAND	JYVÄSKYLÄ	FIM	-1	75000000
INSTTYPE	MAT_DATE	RCVE_TYP	CONTRATE				
Fixed Cost							
ELFW D	04.30.99		119,735				
ELFW D	09.30.99		119,735				
ELFW D	12.31.99		157,975				
BondDebt	12.30.99	FIXED					
FixedDebt1	06.30.99	FIXED					
FixedDebt2	12.30.99	FIXED					
Floating1		FLOATING					
Floating2		FLOATING					

## Liite 2. Salkun hinnoittelu.

### Dept6

$\_VALUE\_ = 1/(1 + (Eur6*0.5))$

### Dept12

$\_VALUE\_ = 1/(1 + Eur12);$

### EFD-price

if iss\_type = "FWSO" then do; x = FWSO; d = Nib9\*(9/12); end;

if iss\_type = "FWV1" then do; x = FWV1; d = Nib3\*(4/12); end;

if iss\_type = "FWV2" then do; x = FWV2; d = Nib12; end;

$\_VALUE\_ = (x - contrate)/(1+d);$

### Electricity

$\_VALUE\_ = 0.6*1.1*SP + 0.4*1.1*RLAG(SP,150/365);$

### Fixed costs

$\_VALUE\_ = 1;$

### Floating1

$\_VALUE\_ = AMT\_FIM*0.5*RLAG(Eur6, 1)*1.02/(1+(0.5*Eur6));$

### Floating2

$\_VALUE\_ = AMT\_FIM*0.5*RLAG(Eur6, 0.5)*1.02/(1+Eur12);$

**Liite 3. Wilcoxon:in testi.**

**Descriptive Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
TEV198	130	149,2739	24,9824	111,05	185,50
TES98	235	120,1495	21,4016	75,88	155,50
TEV298	263	151,8988	19,3818	120,00	188,50
TEY98	235	138,3132	17,3368	111,00	172,67
TEV199	308	164,7494	14,6372	145,50	193,50
TES99	395	129,8054	20,7638	81,50	159,25
TEV299	504	156,5666	22,6591	119,35	193,75
TEY99	306	156,4431	11,3349	136,00	179,04
TEV100	568	163,7754	22,0334	129,50	201,25
TES00	568	133,0666	17,6246	104,50	168,25
TEV200	568	166,1743	19,6698	134,50	201,00
TEY00	568	151,5326	19,4936	120,55	187,08
TEV101	344	160,9195	13,5606	138,38	188,00
TES01	344	128,9766	10,1557	111,00	147,38
TEV201	344	162,0880	13,1227	139,75	188,00
TEY01	344	147,7578	12,0407	127,25	171,75
TEV102	0	,	,	,	,
TES02	0	,	,	,	,
TEV202	0	,	,	,	,
TEY02	216	147,2175	3,4722	134,15	153,00
LAV198	130	159,2731	21,7487	117,45	244,56
LAS98	235	131,4611	39,7411	40,93	244,56
LAV298	263	129,3497	38,3990	40,93	244,56
LAY98	235	131,4611	39,7411	40,93	244,56
LAV199	308	133,7959	38,2696	40,93	285,18
LAS99	395	131,5336	35,7497	40,93	285,18
LAV299	504	126,0388	35,7415	40,93	285,18
LAY99	306	133,6923	38,3732	40,93	285,18
LAV100	568	128,2565	34,9968	40,93	285,18
LAS00	568	128,2565	34,9968	40,93	285,18
LAV200	568	128,2565	34,9968	40,93	285,18
LAY00	568	128,2565	34,9968	40,93	285,18
LAV101	344	125,0957	31,3232	59,18	285,18
LAS01	344	125,0957	31,3232	59,18	285,18
LAV201	344	125,0957	31,3232	59,18	285,18
LAY01	344	125,0957	31,3232	59,18	285,18
LAV102	0	,	,	,	,
LAS02	0	,	,	,	,
LAV202	0	,	,	,	,
LAY02	219	117,6031	29,9203	59,18	239,26

**Wilcoxon Signed Ranks Test**

**Ranks**

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
LAV198 - TEV198	Negative Ranks	34 <sup>a</sup>	36,59	1244,00
	Positive Ranks	96 <sup>b</sup>	75,74	7271,00
	Ties	0 <sup>c</sup>		

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
LAV198 -	Total	130		
LAS98 -	Negative Ranks	57 <sup>d</sup>	118,68	6765,00
TES98	Positive Ranks	178 <sup>e</sup>	117,78	20965,00
	Ties	0 <sup>f</sup>		
	Total	235		
LAV298 -	Negative Ranks	225 <sup>g</sup>	144,02	32404,00
TEV298	Positive Ranks	38 <sup>h</sup>	60,84	2312,00
	Ties	0 <sup>i</sup>		
	Total	263		
LAY98 -	Negative Ranks	117 <sup>j</sup>	134,37	15721,00
TEY98	Positive Ranks	118 <sup>k</sup>	101,77	12009,00
	Ties	0 <sup>l</sup>		
	Total	235		
LAV199 -	Negative Ranks	263 <sup>m</sup>	169,35	44540,00
TEV199	Positive Ranks	45 <sup>n</sup>	67,69	3046,00
	Ties	0 <sup>o</sup>		
	Total	308		
LAS99 -	Negative Ranks	170 <sup>p</sup>	199,85	33975,00
TES99	Positive Ranks	225 <sup>q</sup>	196,60	44235,00
	Ties	0 <sup>r</sup>		
	Total	395		
LAV299 -	Negative Ranks	419 <sup>s</sup>	281,00	117739,00
TEV299	Positive Ranks	85 <sup>t</sup>	112,01	9521,00
	Ties	0 <sup>u</sup>		
	Total	504		
LAY99 -	Negative Ranks	232 <sup>v</sup>	172,22	39955,00
TEY99	Positive Ranks	74 <sup>w</sup>	94,81	7016,00
	Ties	0 <sup>x</sup>		
	Total	306		
LAV100 -	Negative Ranks	494 <sup>y</sup>	310,19	153236,00
TEV100	Positive Ranks	74 <sup>z</sup>	112,97	8360,00
	Ties	0 <sup>aa</sup>		
	Total	568		



Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
LAS00 - TES00	Negative Ranks	302 <sup>bb</sup>	302,18	91257,00
	Positive Ranks	266 <sup>cc</sup>	264,43	70339,00
	Ties	0 <sup>dd</sup>		
	Total	568		
LAV200 - TEV200	Negative Ranks	516 <sup>ee</sup>	301,42	155532,00
	Positive Ranks	52 <sup>ff</sup>	116,62	6064,00
	Ties	0 <sup>gg</sup>		
	Total	568		
LAY00 - TEY00	Negative Ranks	425 <sup>hh</sup>	324,61	137960,00
	Positive Ranks	143 <sup>ii</sup>	165,29	23636,00
	Ties	0 <sup>jj</sup>		
	Total	568		
LAV101 - TEV101	Negative Ranks	324 <sup>kk</sup>	176,35	57137,00
	Positive Ranks	20 <sup>ll</sup>	110,15	2203,00
	Ties	0 <sup>mm</sup>		
	Total	344		
LAS01 - TES01	Negative Ranks	169 <sup>nn</sup>	203,44	34381,00
	Positive Ranks	175 <sup>oo</sup>	142,62	24959,00
	Ties	0 <sup>pp</sup>		
	Total	344		
LAV201 - TEV201	Negative Ranks	324 <sup>qq</sup>	176,86	57302,00
	Positive Ranks	20 <sup>rr</sup>	101,90	2038,00
	Ties	0 <sup>ss</sup>		
	Total	344		
LAY01 - TEY01	Negative Ranks	266 <sup>tt</sup>	195,17	51915,00
	Positive Ranks	78 <sup>uu</sup>	95,19	7425,00
	Ties	0 <sup>vv</sup>		
	Total	344		
LAY02 - TEY02	Negative Ranks	189 <sup>ww</sup>	116,35	21991,00
	Positive Ranks	27 <sup>xx</sup>	53,52	1445,00
	Ties	0 <sup>yy</sup>		
	Total	216		

- a. LAV198 < TEV198
- b. LAV198 > TEV198
- c. TEV198 = LAV198
- d. LAS98 < TES98
- e. LAS98 > TES98
- f. TES98 = LAS98
- g. LAV298 < TEV298

## Ranks

- h. LAV298 > TEV298
- i. TEV298 = LAV298
- j. LAY98 < TEY98
- k. LAY98 > TEY98
- l. TEY98 = LAY98
- m. LAV199 < TEV199
- n. LAV199 > TEV199
- o. TEV199 = LAV199
- p. LAS99 < TES99
- q. LAS99 > TES99
- r. TES99 = LAS99
- s. LAV299 < TEV299
- t. LAV299 > TEV299
- u. TEV299 = LAV299
- v. LAY99 < TEY99
- w. LAY99 > TEY99
- x. TEY99 = LAY99
- y. LAV100 < TEV100
- z. LAV100 > TEV100
- aa. TEV100 = LAV100
- bb. LAS00 < TES00
- cc. LAS00 > TES00
- dd. TES00 = LAS00
- ee. LAV200 < TEV200
- ff. LAV200 > TEV200
- gg. TEV200 = LAV200
- hh. LAY00 < TEY00
- ii. LAY00 > TEY00
- jj. TEY00 = LAY00
- kk. LAV101 < TEV101
- ll. LAV101 > TEV101
- mm. TEV101 = LAV101
- nn. LAS01 < TES01
- oo. LAS01 > TES01
- pp. TES01 = LAS01
- qq. LAV201 < TEV201
- rr. LAV201 > TEV201
- ss. TEV201 = LAV201
- tt. LAY01 < TEY01
- uu. LAY01 > TEY01
- vv. TEY01 = LAY01
- ww. LAY02 < TEY02
- xx. LAY02 > TEY02
- yy. TEY02 = LAY02

**Test Statistics<sup>c</sup>**

	LAV198 - TEV198	LAS98 - TES98	LAV298 - TEV298	LAY98 - TEY98	LAV199 - TEV199	LAS99 - TES99	LAV299 - TEV299	LAY99 - TEY99
Z	-7,002 <sup>a</sup>	-6,806 <sup>a</sup>	-12,185 <sup>b</sup>	-1,779 <sup>b</sup>	-13,264 <sup>b</sup>	-2,259 <sup>a</sup>	-16,541 <sup>b</sup>	-10,632 <sup>b</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,075	,000	,024	,000	,000

**Test Statistics<sup>c</sup>**

	LAV100 - TEV100	LAS00 - TES00	LAV200 - TEV200	LAY00 - TEY00	LAV101 - TEV101	LAS01 - TES01	LAV201 - TEV201
Z	-18,512 <sup>b</sup>	-2,673 <sup>b</sup>	-19,099 <sup>b</sup>	-14,608 <sup>b</sup>	-14,881 <sup>b</sup>	-2,552 <sup>b</sup>	-14,970 <sup>b</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,008	,000	,000	,000	,011	,000

**Test Statistics<sup>c</sup>**

	LAY01 - TEY01	LAY02 - TEY02
Z	-12,051 <sup>b</sup>	-11,171 <sup>b</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000

a. Based on negative ranks.

b. Based on positive ranks.

c. Wilcoxon Signed Ranks Test

**Liite 4. Koodit.**

#### Liite 4a. Korrelaatioiden laskenta ilman painotusta.

/\* Tässä korrelaatiot lasketaan ilman painotusta.\*/

```
data cr1;
options firstobs=1 obs = 310;
length dum1 5;
set NPool.FData;
length dum2 5;
Array covvar[*] dum1 -- dum2;
drop _date_ FCost dum1 dum2 i;
do i = 3 to dim(covvar) -1;
    covvar{i} = log(covvar{i}/lag(covvar{i}));
end;
output;
run;
```

```
proc corr data=cr1 outp=NPool.Corr1
    cov nomiss noprint;
```

```
run;
```

```
Data NPool.Mark1;
options firstobs = 310 obs = 310;
set NPool.FData;
drop _date_ ;
run;
```

/\*\*\*\*\*\*\*/

```
data cr2;
options firstobs=1 obs = 311;
length dum1 5;
set NPool.FData;
length dum2 5;
Array covvar[*] dum1 -- dum2;
drop _date_ FCost dum1 dum2 i;
do i = 3 to dim(covvar) -1;
    covvar{i} = log(covvar{i}/lag(covvar{i}));
end;
output;
run;
```

```
proc corr data=cr2 outp=NPool.Corr2
    cov nomiss noprint;
```

```
run;
```

```
Data NPool.Mark2;
```

```
options firstobs = 311 obs = 311;  
set NPool.FData;  
drop _date_;  
run;
```

```
/***/
```

## Liite 4 b. Korrelaatioiden laskenta painotuksilla.

/\* Tässä korrelaatiot lasketaan painotusta käyttäen. Decay-tekijän arvot vaihtelivat 0.80-0.99 välillä \*/

```
data cr1;
options firstobs=1 obs = 310;
length dum1 5;
set NPool.FData;
length dum2 5;
Array covvar[*] dum1 -- dum2;
drop _date_ FCost dum1 dum2 i;
do i = 3 to dim(covvar) -1;
    covvar{i} = log(covvar{i}/lag(covvar{i}));
end;
output;
run;
```

```
data cr1;
set cr1;
lambda = 0.97;
omega = (( lambda) ** (_N_ - 2)) * ( 1-lambda);
drop lambda;
run;
```

```
proc corr data=cr1 outp=NPool.Corr1
    cov nomiss noprint;
```

```
run;
```

```
Data NPool.Mark1;
options firstobs = 310 obs = 310;
set NPool.FData;
drop _date_;
run;
```

```
/*******/
```

```
data cr2;
options firstobs=1 obs = 311;
length dum1 5;
set NPool.FData;
length dum2 5;
Array covvar[*] dum1 -- dum2;
drop _date_ FCost dum1 dum2 i;
do i = 3 to dim(covvar) -1;
    covvar{i} = log(covvar{i}/lag(covvar{i}));
end;
output;
run;
```

```
data cr2;
set cr2;
lambda = 0.97;
omega = (( lambda) ** (_N_ - 2)) * ( 1-lambda);
```

```
drop lambda;  
run;
```

```
proc corr data=cr2 outp=NPool.Corr2  
  cov nomiss noprint;
```

```
run;
```

```
Data NPool.Mark2;  
options firstobs = 311 obs = 311;  
set NPool.FData;  
drop _date_;  
run;
```



## Liite 4c. VaR-laskenta.

```
proc risk;
```

```
/* Avataan tarkasteltava ympäristö*/
```

```
/* Testaus on suoritettu 260 kertaa. Sen pitäisi ylittää vuoden 99 kauppakäyntipäivien lkm:n.*/
```

```
environment open = ELEC2000;
```

```
/* Avataan markkina- korrelaatiotiedat. Ajetaan analyysit jokaiselle kauppapäivälle. */
```

```
marketdata Market1 file = "C:\RiskDimensions\Electricity\Mark1" type = current;
```

```
marketdata Correl1 file = "C:\RiskDimensions\Electricity\Corr1" type = covariance interval=weekday;
```

```
runproject Analyysi DATE='1jan1999'd Currency=FIM data=(Market1 Correl1 ELEX_History) out=result1;
```

```
run;
```

```
proc risk;
```

```
environment open = ELEC2000;
```

```
marketdata Market2 file = "C:\RiskDimensions\Electricity\Mark2" type = current;
```

```
marketdata Correl2 file = "C:\RiskDimensions\Electricity\Corr2" type = covariance interval=weekday;
```

```
runproject Analyysi DATE='1jan1999'd Currency=FIM data=(Market2 Correl2 ELEX_History) out=result2;
```

```
run;
```

#### **Liite 4d. Yhdistäminen.**

```
data NPOOL.tulos;
set
NP1.Combine NP2.Combine NP3.Combine ...
-
-
-
...NP254.Combine NP255.Combine
;
keep MTM VAR;
run;
```

## 9. Lähdeluettelo

Adato Energia Oy 1998. Info Sähkön myynti. Helsinki.

Alexander, Carol 1999. Risk Management and Analysis. John Wiley & Sons Ltd. USA, New York.

Blanko, Carlos & Blomstrom, Sally 1999. How Good is Your VaR ?- Using Backtesting to Assess System Performance. Financial Engineering News, August . 1-2.

Boudoukh J., Richardson M. , Stanton R & Whitelaw, R, 1995. A New Strategy for Dynamically Hedging Mortgage-Backed Securitys. The Journal of Derivates 2, Summer. 60-70.

Chiang, Alpha C. 1988, Fundamental Methods of Mathematical Economics, The Fifth Edition. McGraw-Hill International Editions, Economic Series. Singabore.

Fingrid, 1999. Vuosikertomus 1998. Helsinki.

Garman, Mark 1996. Improving on VaR. Risk. May. s. 11-14.

Hampton, Michael 1995. Managing Energy Price Risk, Risk Publication. Financial Engineering Ltd. editor: Jameson Robert. Lontoo.

Hayt, Gregory & Song Shang 1995. Handle with Sensitive. Risk, Septemper. s. 94-99.

Hoffman, Kai ja toimituskunta 1999. Teoksessa VTT Energia (toim.) Energia Suomessa, tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset. Helsinki.

Hookama, Heli 1994. Yrityksen valuuttastrategiasuunnittelu organisatorisessa ja sosialisessa kontekstissa. Turun kauppakorkeakoulun sarja D-4. Turku.

Hull, John C., Options, Futures, and Other Derivatives, Third Edition. Prentince Hall Internatinal, Inc. New Jersey.

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

Jongwoo, Kim & Allan, M. Malz & Jorge, Mina 1999. LongRun Technical Document. RiskMetrics Group. New York.

Jorion, Philippe 1996. Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk. Richard D. Erwin, a Times Mirrow Higher Education Group, Inc Company.

Kasanen, Eero & Lundström, Thomas & Puttonen, Veijo & Veijola, Risto 1997. Rahoitusriskit yrityksessä. WSOY:n Ekonomia-sarja. Porvoo.

Kauppa- ja teollisuusministeriö 1993. Sähkölakityöryhmä. MIETINTÖJÄ C:34. Helsinki.

Kauppa- ja teollisuusministeriö 1997. Sähkömarkkinoiden vertikaalinen integraatio. Työryhmä- ja tutkimusraportteja 11. Helsinki.

Kupiec, Paul H 1995. Techniques for Verifying The Accaurance of Risk Management Models. The Journal of Derivates, Winter. s. 73-84.

Lee, Alvin Y 1999. Corporatometrics™ - Technical Document. First Edition. J.P Morgan.

Lehto, Eero 1995. Avautuvat sähkömarkkinat: markkinoiden rakenne sekä viranomaisten tehtävät. Tutkimuksia 57. Palkansaajien tutkimuslaitos. Helsinki,

Lindgren, Bernard W 1976. Statistical Theory, Third Edition. Macmillan Publishing Co., Inc. USA, New York.

Lopez, Jose A. 1998. Methods for Evaluating Value-at-Risk Estimates. FRBNY Economic Policy Review, October . 119-124.

Lucas Andre 1998. Testing Backtesting: an Evaluation of the Basle Guidelines for Backtesting Interval Risk Management Models of Banks. Working paper, University of Amsterdam.

McNew, Leslie 1996. So Near, So VaR. Risk, October. s. 54-56.

McVay, James & Turner, James 1995. Could Companies Use Value-at-Risk?. Euromoney. October. s.84-86.

Pirilä, Pekka 1999. Energiakaupan rakenne. Teoksessa VTT Energia (toim.) Energia Suomessa, tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset. Helsinki.

Puttonen Vesa, Valtonen Erik 1996. Johdannaismarkkinat, WSOY:n Ekonomia-sarja. Porvoo.

Rickenlund, Ingemar 1995. Vapaat sähkömarkkinat lisäävät riskejä, Riskien hallinta kannattaa. Energia Uutiset 4. Helsinki. s. 30-31.

RiskMetrics Group 2000,

Ruostesaari, Ilkka ja toimituskunta 1998. Energiapolitiikka käännekohdassa, järjestöt ja yritykset vaikuttajina vapautuvilla energiamarkkinoilla. Tampereen yliopisto, Poliittisen tutkimuksen laitos. Julkaisuja N:o 8. Tampere.

Sallinen, Petri 1995. Voimatori pienentää riskejä. Energia Uutiset N:o 1. 8-11.

Sallinen, Petri 1997. Voimatori järkyttää vanhoja rakenteita. Energia Uutiset N:o 1.s. 20-22.

Silvennoinen Tapio, Kilpailuttaminen sähkömarkkinoilla, Keskustelunaiheet N:o 659, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, Helsinki 1998.

Suomen säädöskokoelma 1995. N:o 386-388, Sähkömarkkinalaki. Helsinki.

Sähkömaailma 1996. Sähkömarkkina-avauksesta jo puoli vuotta: Uusi sopimus joka toisella suurella sähköasiakkaalla. Heinä-elokuu.

Sähkömarkkinakeskus 1998. Sähkön hintaseuranta N:o 3, Helsinki.

## **WWW-sivut:**

Adato Energia 1999. Sähkön hinta. [http://www.energia.fi/sahko/hinta\\_1.html](http://www.energia.fi/sahko/hinta_1.html). Käytetty 26.12.1999.

Adato Energia 2000. Sähkön käyttö 1989-1999. <http://www.energia.fi/sahko/sahko.html>. Käytetty 12.12.2000.

Blanko, Carlos 1998. Value at Risk for Energy- How to use VaR as an Essential Risk Management Tool. <http://commodities-now.com/online/dec98/var.html>. Commodities Now-lehden kotisivut. Käytetty 10.11.2000.

Baslen Committee on Banking Supervision 1996. Supervisory Framework for The Use of Backtesting in Conjunction with Internal Models Approach to Market Risk Capital Requirements. Basle, Switzerland: Basle Committee on Banking. Publication N:o 22, January. <http://www.bis.org/publ/index.htm>. Käytetty 27.12.1999

Berkowitz Jeremy 1999/16.5.1999. Evaluating the Forecasts of Risk Models. Board of the F e d e r a l R e s e r v e . S u p e r v i s i o n . <http://www.federalreserve.gov/pubs/feds/1999/199911/199911pap.pdf>. Käytetty 27.12.1999.

Crewlow, Les & Strickland Chris 15.5.1999. Valuing Energy Option in One Factor Model Fitted to Forward Prices. School of Finance and Economics, University of Technology, Sydney. Australia. The Financial Options Research Centre. Warwick Business School The University of Warwick UK Centre for Financial Mathematics. Australian National University, Canberra, Australia. Instituto de Estudios de Administracion, Caracas, Venezuela. [http://lacima.co.uk/energy\\_derivs.htm](http://lacima.co.uk/energy_derivs.htm). Lacima Consulting:in kotisivut. Käytetty 1.11.2000.

Cleslow, Les & Strickland Chris 1999. A Practical Model for Energy Option. Lacima Consultants Ltd & The Financial Options Research Centre. Warwick Business School The University of Warwick UK. & School School of Finance and Economics. University of Technology, Sydney, Australia. [http://lacima.co.uk/energy\\_derivs.htm](http://lacima.co.uk/energy_derivs.htm). Lacima Consulting:in kotisivut. Käytetty 1.11.2000.

Crewlow, Les & Strickland Chris elokuu 1999. Multi-Factor Model for Energy Derivates. School of Finance and Economics, University of Technology, Sydney. Australia & The Financial Options Research Centre. Warwick Business School The University of Warwick UK & Instituto de Estudios de Administracion, Caracas, Venezuela. [http://lacima.co.uk/energy\\_derivs.htm](http://lacima.co.uk/energy_derivs.htm). Lacima Consulting:in kotisivut. Käytetty 1.11.2000.

Christoffersen, Peter 1998. Evaluating Interval Forecasts. International Economic Review, 39 (nro4). [www.gloriamundi.org/var/pub.html](http://www.gloriamundi.org/var/pub.html). Käytetty 1.12.2000.

Chirstoffersen, Peter & Diebold, Francis T. & Schuermann Til 1998. Horizont Problems and Extreme Events in Financial Risk Management. Economic Policy Review, Federal Reserve Bank of New York, (October). S. 109-118. [www.gloriamundi.com](http://www.gloriamundi.com). Käytetty 1.12.2000.

Chirstoffer, Peter & Jinyong, Hahn & Atsushi, Inoue 1999. Testing, Comparing and Companing Value at Risk Measures. Working paper. The University of Pennsylvania. October. Käytetty [www.gloriamundi.org/var/wps.html](http://www.gloriamundi.org/var/wps.html). Käytetty 1.11.2000.

Financial Engineering Associate. Useita artikkeleita mm. Blanko ja Garman. <http://www.fea.com/library.htm>. Käytetty 1.12.2000.

GloriaMundi. All About Value at Risk. Useita artikkeleita. <http://www.gloriamundi.org/>. Käytetty

1.12.2000.

Gordon Allot J.D. The Board of Directors Market Risk Duties. <http://www.kwi.co.uk/articles.htm>. KWI:n kotisivut. Käytetty 12.12.2000.

Jongwoo, Kim & Allan, M. Malz & Jorge, Mina 1999. Longrun Technical Document. First Edition. RiskMetrics Group. J.P. Morgan. New York. [www.riskmetrics.com](http://www.riskmetrics.com). Käytetty 1.6.2000.

Jongwoo, Kim & Jorge, Mina 28.8.2000. ClearHorint Technical Document- Forecasting Methodology for Horizons Beyond Two Years. RiskMetrics Group. J.P. Morgan. New York. [www.riskmetrics.com](http://www.riskmetrics.com). Käytetty 1.11.2000.

Kaufmann, Roger & Patie, Pierre 2000. Overview of Models Measuring Long-Term Financial Risk. <http://www.risklab.ch/PAPERS.html#SLTFR> tai <http://www.math.ethz.ch/~kaufmann> sekä <http://www.math.ethz.ch/~patie>

Keers, Greg. Taking The Corporate Risk Out of Power Trading. <http://www.kwi.co.uk/articles.htm>. KWI:n kotisivut. Käytetty 10.12.2000.

Keers Greg. Protecting The Enterprise from VaR's Shortcomings. <http://www.kwi.co.uk/articles.htm>. KWI:n kotisivut. Käytetty 10.12.2000

Keers Greg. Power Profits at Risk. <http://www.kwi.co.uk/articles.htm>. KWI:n kotisivut Käytetty 10.12.2000.

Keers, Greg 2000. The Over Value of VaR. [www.energyforum.net/Feature/Eng/eprm/var\\_0002\\_kwi.shtm1](http://www.energyforum.net/Feature/Eng/eprm/var_0002_kwi.shtm1). Käytetty 26.5.2000.

Kuuva, Petteri 1999a/ 6.5.1999. Sähkönsiirto .[http://www.vn.fi/ktm/3/3\\_33.htm](http://www.vn.fi/ktm/3/3_33.htm). Käytetty 26.12.1999.

Kuuva, Petteri 1999b/ 6.5.1999. Sähkön tuotanto ja myynti. [http://www.vn.fi/ktm/3/3\\_32.htm](http://www.vn.fi/ktm/3/3_32.htm). Käytetty 26.12.1999.

Laubsch, Alan J. 1999. Risk Management-A Practical Guide. RiskMetrics Group. J.P. Morgan. [www.riskmetrics.com](http://www.riskmetrics.com). Käytetty 1.7.2000.

Nordpool 2000a. The Elspot Market- The Spot Market (Tuote-esittelylehti). Versions as of October 1, 1998. s. 1-16. [www.nordpool.com](http://www.nordpool.com). Käytetty 1.6.2000.

Nordpool 2000b. EL-EX, Sähköpörssi Oy, Elektriciry Exchange Ltd, Elbas (Tuote-esittelylehti). Julkaistu 31.5.2000. s. 1-4. [www.nordpool.com](http://www.nordpool.com). Käytetty 1.6.2000.

Nordpool 2000c. Eltermin- The Financial Market (Tuote-esittelylehti). Version of 26 July, 1998. s. 1-13. [www.nordpool.com](http://www.nordpool.com). Käytetty 1.6.2000.

Nordpool 2000d. Eloption (Tuote-esittelylehti). Version of 1 May 1999. s. 1-17. [www.nordpool.com](http://www.nordpool.com). Käytetty 1.6.2000.

Pohjolan Voima 1999.14.9.1999. <http://www.pvo-group.fi/sisalto.htm>. Käytetty 26.12.1999.

RiskMetrics-Technical Document, Third Edition, 1995. J.P. Morgan. [www.riskmetrics.com](http://www.riskmetrics.com). Käytetty 1.11.2000.

Tilastokeskus 2000. Bruttokansatuotteen volyymi 1865-1995.  
<http://www.stat.fi/tk/to/sarjat1.html>. Käytetty 12.12.2000.