



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

TIMO ROTHUVIUS
JUSSI NIKKINEN
JUKKA SIHVONEN
ANTTI KLEMOLA

Johdannaisten hyödyntäminen energiayhtiön liiketoiminnassa

Loppuraportti

VAASAN YLIOPISTON JULKAISUJA
SELVITYKSIÄ JA RAPORTTEJA 193



Vaasan yliopisto – University of Vaasa

PL 700 – P.O. Box 700 (Wolffintie 34)

FI-65101 VAASA

Finland

www.uva.fi

ISBN 978-952-476-508-4 (painettu)

ISBN 978-952-476-509-1 (verkkojulkaisu)

ISSN-L 1238-7118

ISSN 1238-7118 (painettu)

ISSN 2323-6833 (verkkojulkaisu)

© Vaasan yliopisto 2013

TIIVISTELMÄ

Johdannaisten avulla energiayhtiö pystyy hallitsemaan sekä hinta- että määräriskejään. Hallitsemalla nämä riskit paremmin, energiayhtiö pystyy pienentämään huonojen tilanteiden todennäköisyyksiä ja saavuttamaan tasaisemman kassavirran. Hankkeessa tarkastellaan johdannaisstrategioita hinta- ja määräriskien hallinnan näkökulmasta. Tarkoituksena on tarjota energiayhtiöille työvälineistöä riskienhallinnan tarpeellisuuden ja hyötyjen analysointiin sekä viitekehikko riskienhallinnan toteuttamiseksi. Raportti koostuu johdantoluvusta ja kirjallisuuskatsauksesta sekä sitä seuraavista luvuista joissa esitellään hankkeen tuloksia.

Tutkimuksen alussa ensimmäisessä ja toisessa luvussa johdatellaan aiheeseen sekä käydään lyhyesti läpi aiempia relevantteja akateemisia tutkimuksia sähkömarkkinoista. Tutkimuksen kolmannessa ja neljännessä luvussa tarkastellaan sähkömarkkinoilla tarjolla olevia johdannaisopimuksia ja niiden ominaisuuksia sekä kuvataan vaihtoehtoisia johdannaisstrategioita. Tämän luvun lopuksi esitetään optiostrategioiden nelikenttä, jonka avulla on mahdollista arvioida strategioiden soveltuvuutta eri markkinatilanteissa.

Raportin viidennessä luvussa tarkastellaan sähkön hinnanmuodostuksen erityispiirteitä sekä vaihtoehtoisia suojausmenetelmiä sähkömarkkinoilla. Toteutuneeseen, laajaan hinta-aineistoon perustuen havainnollistetaan termiineillä ja optioilla toteutettavia suojauksia. Analyysistä käy selkeästi ilmi, että systemaattisella myyntioptiosuojauksella suurimmilta tappiolta voidaan välttyä. Aineistoon perustuen käytetään myös valittuja ensimmäisen luvun strategioita ja tutkitaan niiden toimivuutta sähkömarkkinoilla. Niistä havaitaan mm., että suojaava myyntioptiostrategia on toiminut paremmin kuin katettu osto-optiostrategia. Optioita käyttämällä, strategian tuoton keskihajontaa on myös useissa tapauksissa saatu pienennettyä.

Tutkimuksen kuudennessa luvussa kuvataan myyntiyhtiön toimintaympäristö ja määritellään kolme vaihtoehtoista tuotantofunktiota. Yhtiön tuotantofunktioon perustuva mallinnus tarjoaa viitekehikon mahdollisten yli- ja alisuojaustilanteiden analysoimiseksi. Tämän jälkeen esitetään operaatioanalyysiin perustuva viitekehys hintariskien analysointiin ja hallintaan optioita käyttäen.

Raportin seuraavassa vaiheessa tarkastellaan tuotantomuodon vaikutuksia suojausstrategiaan, jossa energiayhtiön tuotantolaitoksia voidaan mallintaa finanssi-tuotteiden viitekehyksessä. Tämä tapahtuu muuttamalla energiayhtiön tuotantoportfolio finanssiportfolioksi, jonka suojaus on helpompi toteuttaa johdannaispörssin kautta. Esimerkiksi ydinvoima voidaan mieltää "jäykäksi" tuotantomuodoksi, siten että poikkeama optimaalisesta käyntiasteesta nostaa kustannuksia

merkittävästi. Tällöin ydinvoimaa voidaan mallintaa termiinisopimuksella, jolloin on luonnollista, että myös ydinvoiman suojaus tulisi suorittaa termiinisopimusten avulla. Vastaavasti esimerkiksi hiilivoima voidaan mieltää "joustavaksi" tuotantomuodoksi, jolloin sen suojaamiseen sopivat parhaiten joustavammat suojausinstrumentit eli optiot.

Seuraavaksi tarkastellaan optimaalista suojaushetkeä. Energiayhtiön epävarmuus tulevasta sähkön spot-hinnasta lykkää päätöksentekoa suojauksesta myöhäisemmäksi. Haittapuolena energiayhtiöille on pidempi altistuminen hintariskille. Jos epävarmuus tulevaisuuden sähkön spot-hinnasta selviää ei-lineaarisesti, ei ole teoreettisesti perusteltua nostaa suojausastettakaan lineaarisesti.

Jos epävarmuus tulevasta sähkön spot-hinnasta häviää " $\sqrt{T}$ "-säännön mukaan, kuten satunnaiskulku olettaa, tulisi energiayhtiön myös nostaa suojausastettaan suhteessa " $\sqrt{T}$ "-säännön käänteislukuun.

Tutkimuksen lopuksi simuloidaan energiayhtiön voittofunktion pohjalta optimaalista riskienhallintaa. Optioiden hyödyllisyys energiayhtiön riskienhallinnassa korostuu erityisesti silloin, kun sähkön myynti poikkeaa myyntiennusteesta. Ilman optiosuojausta energiayhtiö altistuu mahdollisesti kalliiksi käyville ali- ja ylisuojaustilanteille. Optioiden avulla energiayhtiö pystyy kuitenkin tasaamaan myyntipoikkeamiaan. Lisäksi optiosuojauksen avulla pystytään muokkaamaan energiayhtiön voittojakauman muotoa, ilman että se heikentää merkittävästi odotettua voittoa. Lisäksi osoitetaan, että optiosuojauksen merkitys korostuu entisestään sähkön hinnan ja määrän välisen yhteisvaihtelun kasvaessa.

Tutkimuksen tulokset auttavat energiayhtiöitä riskienhallinnan kehittämisessä optimaaliseksi eri markkinatilanteissa, huomioiden yrityksen yksilölliset tarpeet ja tavoitteet.

Sisällys

TIIVISTELMÄ.....	3
1 JOHDANTO	1
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	4
3 JOHDANNAISET	7
3.1 Termiinit	7
3.1.1 Nasdaq OMX Commodities Europe:n termiinit	8
3.2 Futuurit.....	10
3.2.1 Nasdaq OMX Commodities Europe:n futuurit	11
3.3 Sähkönsiirtosopimukset, Contracts for Difference (CfD)	12
3.4 Optiot	12
3.4.1 Nasdaq OMX Commodities Europe:n optiot.....	14
3.5 Euroopan Unionin päästöoikeudet ja sertifioidut päästöoikeudet	18
4 JOHDANNAISSTRATEGIAT.....	19
4.1 Strategioita nousevalle sähkön hinnalle.....	19
4.1.1 Katettu osto-optio.....	19
4.1.2 Suojaava myyntioptio	20
4.1.3 Nouseva hintaporras osto-optioilla	21
4.1.4 Nouseva hintaporras myyntioptioilla	22
4.1.5 Nouseva hintaporras osto-optiolla ja myyntioptiolla.....	23
4.1.6 Nouseva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla.....	24
4.1.7 Nouseva yhdistelmä	25
4.1.8 Nouseva osto-optioliuska	26
4.1.9 Nouseva myyntioptioliuska.....	27
4.2 Strategioita laskevalle sähkön hinnalle.....	28
4.2.1 Käänteinen katettu osto-optio	28
4.2.2 Käänteinen suojaava myyntioptio.....	29
4.2.3 Laskeva hintaporras osto-optioilla	30
4.2.4 Laskeva hintaporras myyntioptioilla.....	31
4.2.5 Laskeva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla	32
4.2.6 Laskeva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla.....	33
4.2.7 Laskeva yhdistelmä.....	34
4.2.8 Laskeva osto-optioliuska	35
4.2.9 Laskeva myyntioptioliuska	36
4.3 Strategioita sähkönmyyjälle ja sähkönostajalle	37
4.3.1 Sähkön hintojen odotetaan muuttuvan merkittävästi tulevaisuudessa	37
4.3.1.1 Ostettu haara	37
4.3.1.2 Ostettu haavi	38
4.3.1.3 Ostettu verkko.....	39
4.3.1.4 Asetettu perhonen	40
4.3.1.5 Asetettu kondori	41

4.3.2	Sähkön hintojen ei odoteta muuttuvan merkittävästi tulevaisuudessa	42
4.3.2.1	Asetettu haara	42
4.3.2.2	Asetettu haavi	43
4.3.2.3	Asetettu verkko	44
4.3.2.4	Ostettu perhonen	45
4.3.2.5	Ostettu kondori	46
4.4	Optiostrategioiden nelikenttä	47
5	AINEISTO	49
6	POHJOISMAISET SÄHKÖMARKKINAT	50
6.1	Hinnanmuodostus pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla	50
6.1.1	Kokonaistarjontakäyrä	50
6.1.2	Kokonaiskysyntäkäyrä	52
6.1.3	Systeemihinta	52
6.1.4	Systeemihinnan muutokset	53
6.2	Johdannaisstrategiat pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla	58
6.2.1	Katettu osto-optiostrategia sähkömarkkinoilla	61
6.2.2	Suojaava myyntioptiostrategia johdannaismarkkinoilla	63
6.2.3	Käänteinen katettu osto-optiostrategia	65
6.2.4	Käänteinen suojaava myyntioptiostrategia	66
7	SUOJAUSMENETELMIEN SUUNNITTELU	68
7.1	Myyntiyhtiön toimintaympäristö	68
7.2	Optimaalisen hankinnan malli	68
7.3	Tuotantomuodon vaikutus suojausstrategiaan	72
7.4	Optimaalinen suojaushetki	80
7.5	Hintariskiltä suojautuminen	83
7.6	Optimaaliset riskienhallintatyökalut	86
	LÄHTEET	96

Kuviot

Kuvio 1.	Myyntiennustejakauma.....	5
Kuvio 2.	Terminisopimuksen ostajan tuottofunktio.....	9
Kuvio 3.	Terminisopimuksen myyjän tuottofunktio.	10
Kuvio 4.	Osto-option ostajan tuottofunktio.....	15
Kuvio 5.	Osto-option asettajan tuottofunktio.	16
Kuvio 6.	Myyntioption ostajan tuottofunktio.	17
Kuvio 7.	Myyntioption asettajan tuottofunktio.	18
Kuvio 8.	Katetun osto-optiostrategian tuottofunktio.....	20
Kuvio 9.	Suojaavan myyntioptiostrategian tuottofunktio.	21
Kuvio 10.	Nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategian tuotto- funktio.	22
Kuvio 11.	Short put spread optiostrategian tuottofunktio.	23
Kuvio 12.	Nouseva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla optio- strategian tuottofunktio.....	24
Kuvio 13.	Nouseva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optio- strategian tuottofunktio.....	25
Kuvio 14.	Nouseva yhdistelmä optiostrategian tuottofunktio.....	26
Kuvio 15.	Nouseva myyntioptioliuska optiostrategian tuottofunktio.	27
Kuvio 16.	Nouseva myyntioptioliuska optiostrategian tuottofunktio.	28
Kuvio 17.	Käänteinen katettu osto-optiostrategian tuottofunktio.	29
Kuvio 18.	Käänteinen katettu osto-optiostrategian tuottofunktio.	30
Kuvio 19.	Laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategian tuottofunktio....	31
Kuvio 20.	Laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategian tuotto- funktio.....	32
Kuvio 21.	Laskeva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla optio- strategian tuottofunktio.....	33
Kuvio 22.	Laskeva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optio- strategian tuottofunktio.....	34
Kuvio 23.	Laskeva yhdistelmä optiostrategian tuottofunktio.....	35
Kuvio 24.	Laskeva osto-optioliuska optiostrategian tuottofunktio.	36
Kuvio 25.	Laskeva myyntioptioliuska optiostrategian tuottofunktio.	37
Kuvio 26.	Ostettu haara optiostrategian tuottofunktio.	38
Kuvio 27.	Ostettu haavi optiostrategian tuottofunktio.	39
Kuvio 28.	Ostettu verkko optiostrategian tuottofunktio.....	40
Kuvio 29.	Asetettu perhonen optiostrategian tuottofunktio.	41
Kuvio 30.	Asetettu kondori optiostrategian tuottofunktio.....	42
Kuvio 31.	Asetettu haara optiostrategian tuottofunktio.	43
Kuvio 32.	Asetettu haavi optiostrategian tuottofunktio.	44
Kuvio 33.	Asetettu verkko optiostrategian tuottofunktio.	45
Kuvio 34.	Ostettu perhonen optiostrategian tuottofunktio.	46
Kuvio 35.	Ostettu kondori optiostrategian tuottofunktio.	47
Kuvio 36.	Optiostrategian nelikenttä.....	48
Kuvio 37.	Sähköntuottajien tarjonta.....	50
Kuvio 38.	Kokonaistarjontakäyrä.....	50
Kuvio 39.	Kokonaistarjontakäyrä.....	51

Kuvio 40.	Kokonaiskysyntäkäyrä.	52
Kuvio 41.	Systeemihinta (Nord Pool AS:n kotisivut).....	53
Kuvio 42.	Tuotantokustannusten kasvu.	54
Kuvio 43.	Tuotantotason lasku.	54
Kuvio 44.	Sähkön kysynnän kasvu.	55
Kuvio 45.	Sähkön ostajien rajahyödyn kasvu.	55
Kuvio 46.	Sähkön hinnan muutokset.	56
Kuvio 47.	Päivähintojen elastisuus.	57
Kuvio 48.	Päivähintojen elastisuus kausimuuttujilla korjattuna.	57
Kuvio 49.	Vesivarannot ja hintaennusteet.	58
Kuvio 50.	Normaalijakauma.	59
Kuvio 51.	Suojaus termiinisopimuksilla.	60
Kuvio 52.	Suojaus myyntioptioilla.	60
Kuvio 53.	Tuottojakauma, katettu osto-optiostrategia.	63
Kuvio 54.	Tuottojakauma, suojaava myyntioptiostrategia.	64
Kuvio 55.	Tuottojakauma, käännteinen katettu osto-optiostrategia.	66
Kuvio 56.	Tuottojakauma, käännteinen suojaava myyntioptiostrategia.	67
Kuvio 57.	Myynnin kertymäjakauma.	71
Kuvio 58.	Ali- ja ylisuojauksen kustannukset todettuna optioiden hinnoin	72
Kuvio 59.	Voimalatyypit.	73
Kuvio 60.	Liikevoiton muodostuminen.	74
Kuvio 61.	Tuotantoyhtiön toimintaympäristö.	75
Kuvio 62.	Ydinvoimalan tuotantofunktio.	76
Kuvio 63.	Kaasuturbiinivoimalan tuottofunktio.	77
Kuvio 64.	Voimalan arvo.	77
Kuvio 65.	Erotusoptio.	79
Kuvio 66.	Amerikkalainen optio.	80
Kuvio 67.	Ennustevirhe.	81
Kuvio 68.	Suojausasteen nosto.	82
Kuvio 69.	Q1-termiinisopimusten avoimet positiot Nasdaq OMX Commodities Europe:ssa.	83
Kuvio 70.	Myyntiyhtiön simuloitu keskimääräinen voitto eri myyntimäärillä ja -hinnoilla.	87
Kuvio 71.	Yhteisvaihtelun merkitys tuottojakaumassa.	88
Kuvio 72.	Myyntiyhtiön optiosuojaus.	89
Kuvio 73.	Myyntivoitto, ei suojausta.	90
Kuvio 74.	Jäännösriski, ei suojausta.	90
Kuvio 75.	Jäännösriskin jakauma, ei suojausta.	91
Kuvio 76.	Jäännösriski, termiinisuojaus.	91
Kuvio 77.	Jäännösriskin jakauma, termiinisuojaus.	92
Kuvio 78.	Jäännösriski, optiosuojaus.	93
Kuvio 79.	Jäännösriskin jakauma, optiosuojaus.	93
Kuvio 80.	Suojausten kertymäjakauma.	94
Kuvio 81.	Yhteisvaihtelu 20 %.	95
Kuvio 82.	Yhteisvaihtelu 80 %.	95

Taulukot

Taulukko 1.	Energiayhtiöiden suojausmenetelmät Norjassa.	6
Taulukko 2.	Option preemioon vaikuttavat tekijät.	14
Taulukko 3.	Suojausmenetelmät	59
Taulukko 4.	Katettu osto-optiostrategia eri osakemarkkinoilla.	61
Taulukko 5.	Katettu osto-optiostrategia, kuvaileva statistiikka.	62
Taulukko 6.	Suojaava myyntioptiostrategia, kuvaileva statistiikka.....	64
Taulukko 7.	Käänteinen katettu osto-optiostrategia, kuvaileva statistiikka...	65
Taulukko 8.	Käänteinen suojaava myyntioptiostrategia, kuvaileva statistiikka.	67
Taulukko 9.	Myynnin kertymäjakauma	69
Taulukko 10.	Voimalaportfolio finanssituotteina.	75
Taulukko 11.	Voimalatyypit finanssituotteina	78
Taulukko 12.	Ennustevirhe ja suojausaste.	82
Taulukko 13.	Kuvaileva statistiikka.....	84
Taulukko 14.	Kuvaileva statistiikka.....	85
Taulukko 15.	Kuvaileva statistiikka.....	85
Taulukko 16.	Eri suojausmenetelmien vaikutus kassavirtaan.....	94

1 JOHDANTO

Energiayhtiön liiketoimintamallista osa on sähkön tuottamista, mutta yhä enenevä osa tuotoista syntyy sähkön välittämisestä tuottajilta sähkön kuluttajille. Energiayhtiö ei siis pelkästään myy sähköä, vaan myös ostaa sitä. Tästä kaupankäynnistä yhä enenevä osa tapahtuu markkinapaikkojen eli pörssien välityksellä. Sähkön hinnoittelu tapahtuu pörssihintojen perusteella. Pörsseissä kaupankäynnin kohteena ei ole pelkästään sähköä sillä hetkellä päivän hintaan (ns. spot-hinta), vaan myös monipuolisia sopimuksia (johdannaisia) sähkön tulevista toimituksista ja hinnoista.

Seuraavassa on lyhyt, yksinkertaistettu esimerkki energiayhtiön kaupankäynnistä.

Teollisuusyritys tarvitsee sähköä kuukaudessa nykyhinnoin 100.000 euron arvosta, kun sopimuksen tekohetkellä (17.1.2010) sähkön spot-hinta on 44,32 euroa. (Tiedämme nyt jälkikäteen että kuukausi tuosta eli 17.2.2010 hinta oli 63,54 ja 23.2.2010 peräti yli sata euroa). Sähkön hinnan nousu 44,32 eurosta 63,54 euroon tarkoittaa 43 % nousua.

Yrityksen vuosibudjettiin tällainenkin nousu aiheuttaisi yli puolen miljoonan euron vajeen, joten yritys ei halua sellaista riskiä ottaa. Energiayhtiö tarjoaa sopimusta, jonka mukaan se myy yritykselle sähköä hintaan 48 euroa vuoden ajan. Nyt riski siirtyisi energiayhtiölle, koska se ostaa itse sähkön pörssistä päivän hintaan ja välittää sen asiakkaalleen.

Jos energiayhtiö ei suojaudu mitenkään riskiltä, se häviää em. hinnankorotuksen toteutuessa itse vajaan puoli miljoonaa euroa pelkästään tämän asiakkaan osalta. Samanlaisia asiakkaita on paljon, joten riski olisi energiayhtiön kannalta aivan liian suuri. Joten energiayhtiö joutuu itse suojautumaan riskiltä.

Suojautua se voi monella tavalla. Yksi keino on ostaa sähköä pörssistä futuurisopimuksien avulla. Sähköä saisi ostaa hintaan 47 euroa, joten energiayhtiö voittaisi yhden euron megawattia kohden. Energiayhtiöllä ei siis olisi riskiä hinnannousun suhteen, mutta myöskään hinnan laskusta se ei hyötyisi, koska se on sopinut korkeamman hinnan jo etukäteen.

Toinen vaihtoehto on suojautua optiosopimusten avulla. Siihen perustuen energiayhtiö voisi varmistaa itselleen oikeuden ostaa sähköä hintaan 48 euroa (siitä 2 euroa on preemiota), niin että sen ei ole kuitenkaan pakko ostaa sähköä tuohon hintaan. Spot-hinnan laskiessa sähköä voidaan siis ostaa halvemmalla.

Jos hinta laskisi esimerkiksi 40 euroon, voitto olisi 6 euroa (myyntihinta 48 euroa, preemio 2 euroa). Jos hinta nousisi esimerkiksi 60 euroon, voitto suhteessa spot-hintaan ostettuun sähköön olisi 10 euroa (12 euroa miinus preemio 2 euroa). Näin yrityksen tuotot kasvaisivat oleellisesti sähkön hinnan muuttuessa kumpaan suuntaan tahansa. Tietenkin jos hinta ei muutu lainkaan, yritys häviää tällä strategialla preemion verran, joten yrityksen on tarkkaan mietittävä, millaista strategiaa se haluaa noudattaa.

Tässä hankkeessa on tutkittu näitä erilaisia strategioita, miten ne soveltuvat sähkökaupankäyntiin ja milloin mitäkin strategiaa kannattaa hyödyntää. Energiayhtiöille tämä avaa uusia sähköjohdannaisiin liittyviä liiketoimintamahdollisuuksia, ja monet energiayhtiöt haluaisivat pitää kaupankäynnin omissa käsissään.

Energiayhtiöt tarvitsevat omaa osaamista ja välineistöä. Niille on välttämätöntä pysyä kilpailukykyisinä ja välttää liian suuria riskejä. Riittävin taidoin energiayhtiöt tai muut toimijat voivat myös kehittää myös liiketoimintaa harjoittavia yksiköitä tai yrityksiä, joista joku voisi harjoittaa esimerkiksi välitystoimintaa, joku riskienhallintaa, joku salkunhallintapalveluja ja joku voisi perehtyä vaikkapa ohjelmistokehitykseen. Näillä palveluilla on kysyntää paitsi energiayhtiöiden omassa liiketoiminnassa, myös niiden asiakkaiden, erityisesti suurten, sähköä paljon tarvitsevien teollisuusyritysten, keskuudessa.

Osakemarkkinoilla tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että johdannaisten käyttö avaa useita mahdollisuuksia sekä lisätuottoihin että riskienhallintaan. Tämä edellyttää oikeanlaista strategiaa kussakin markkinatilanteessa, myös erityyppiset strategiat vaikuttavat riskeihin hyvin eri tavoin. Osakemarkkinoilla johdannaisten käyttöä on tutkittu jo pitkään, tulosten mukaan osakesalkun tuottoa voidaan parantaa noin kaksi prosenttiyksikköä, ilman että salkun riskiä täytyy lisätä.

Osakemarkkinoilta saadut tulokset herättävätkin kysymyksen, toimisiko sama myös muilla markkinoilla, esimerkiksi sähkökaupassa. Markkinat ovat luonteeltaan erilaiset, joten suoria johtopäätöksiä ei voida tehdä. Keskeisin ero sähkömarkkinoiden ja osakemarkkinoiden välillä on sähkön varastoimattomuus, mikä johtaa erityisiin haasteisiin instrumenttien hinnoittelussa ja riskienhallinnassa. Asiaa ei ole juurikaan tutkittu, sen enempiä Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla kuin muillakaan markkinoilla.

Markkinoiden eroavaisuuksista johtuen ei myöskään tiedetä, mitkä strategiat toimivat parhaiten juuri sähkömarkkinoilla ja ovatko ne samoja kuin osakemarkkinoilla. Niinpä parhaat strategiat on identifioitava kullekin markkinalle erikseen.

Johdannaisstrategioiden hyödyntämiseen liittyy aina riskejä. Niitä on tutkittu lähinnä vain osakemarkkinoilla, ei esimerkiksi sähkömarkkinoilla. Sähkömarkkinoilla riskit ovat siten ennalta arvaamattomia, joten niihin on vaikea varautua etukäteen.

Sähkön kaupankäynti siirtyy yhä enenevässä määrin markkinaperusteiseksi. Se tapahtuu pörssien välityksellä, mistä Nasdaq OMX Commodities Europe on hyvä esimerkki. Nasdaq OMX Commodities Europe on Euroopan suurin ja likvidein johdannaissähkömarkkina. Johdannaisten osuus kasvaa edelleen selvästi nopeammin kuin spot-kauppa, mikä kertoo johdannaisten merkityksestä sähkön tarjoajille, välittäjille ja käyttäjille.

Tämä projekti on toteutettu Vaasan yliopistossa yhteistyössä merkittävien energiayhtiöiden kanssa. Vaasan yliopisto on monialainen liiketoimintaorientoitunut yliopisto, jonka neljästä painoalasta kaksi ovat rahoitus sekä energiaosaaminen. Näin ollen tämä projekti asettuu kahdelle yliopiston ydinsaamisalueelle ja vahvistaa omalta osaltaan yliopiston valitsemaa strategiaa. Yrityksistä mukana ovat Lahti Energia, Oulun Energia, Vaasan Sähkö ja Vantaan Energia. Yritysten edustajina ovat toimineet: Johanna Haverinen Lahti Energiasta, Jouko Isoviita Oulun Energiasta, Olli Arola Vaasan Sähköstä sekä Tommi Ojala Vantaan Energiasta. Yritysten edustajat ovat osallistuneet aktiivisesti johtoryhmän kokouksiin sekä eri keskustelutilanteisiin. Yritysten edustajilta on lisäksi saatu paljon hyviä kommentteja sekä kehitysehdotuksia jotka ovat edesauttaneet projektin onnistumista merkittävästi. Aineisto tutkimukseen on saatu Euroopan suurimmasta sähköpörsistä Nasdaq OMX Commodities Europe:sta.

Hanke on toteutettu yhteistyössä Tekesin kanssa. Tekesin edustajana projektissa on toiminut teknologia-asiantuntija Aila Maijanen. Hankkeen suunnittelussa olivat mukana myös teknologia-asiantuntijat Jarkko Piirto, Mika Niskanen ja Kari Herlevi, joilta saatiin arvokasta tietoa hankkeen kehittämiseksi.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

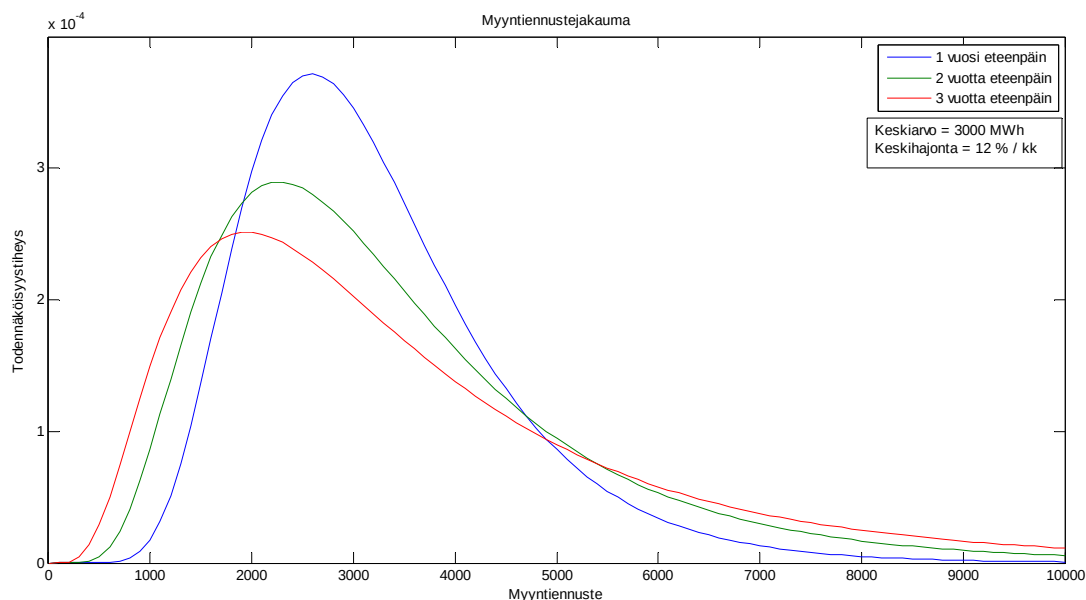
Useat akateemiset tutkimukset ovat tutkineet johdannaisten käyttöä yleisesti riskienhallinnassa. Lisäksi muutamit akateemiset tutkimukset ovat tutkineet johdannaisten käyttöä erityisesti sähkön hinta- ja määräriskeiltä suojautumiseen. Esimerkiksi Moschini ja Lapan (1995), Brown ja Toft (2002), Gay, Nam ja Turac (2003) ovat tutkineet johdannaisten käyttöä yleisesti riskienhallinnassa, kun esimerkiksi Bessembinder ja Lemmon (2002), Oum, Oren ja Deng (2006), Oum ja Oren (2009) sekä Oum ja Oren (2010) ovat tutkineet johdannaisten käyttöä erityisesti sähkön määrä- ja hintariskin hallinnassa.

Moschini ja Lapan (1995) perustelevat optioiden käyttöä yrityksen riskienhallinnassa sillä, että jos yrityksen voitot ovat ei-lineaarisia suhteessa tuotteen hintaan, vaatii tehokas riskienhallinta myös ei-lineaaristen suojausinstrumenttien eli esimerkiksi optioiden, käyttöä. Moschini ja Lapan (1995) tosin tarkentavat, että optioiden osuus kaikista suojausinstrumenteista on suhteellisen pieni. Moschini ja Lapan (1995) sekä Brown ja Toft (2002) esittävät myös, että mitä suurempi merkitys on ei-suojattavalla riskillä, eli esimerkiksi määräriskillä, sitä hyödyllisempää olisi yritykselle hyödyntää ei-lineaarisia suojausinstrumentteja riskienhallinnassaan. Brown ja Toft (2002) erittelevät, että keskeisimmät tekijät suojausmenetelmien kehittämisessä ovat: hinta- ja määräriskin välinen korrelaatio, hintariskin volatiliteetti ja määräriskin volatiliteetti. Brown ja Toft (2002) lisäksi korostavat, että jos hinta- ja määräriski korreloivat positiivisesti, suojausmenetelmien merkitys korostuu entisestään. Tämä siitä syystä, että tällöin ei ole olemassa ns. luonnollista suojautumista jossa esimerkiksi vähäisempi myyntimäärä pystytään ainakin osittain korvaamaan tuotteesta saatavalla suuremmalla myyntihinnalla ja päinvastoin.

Brown ja Toft (2002) sekä Gay, Nam ja Turac (2003) esittävät, että yritysten tulisi suosia enemmän optioita pitkänajan suojauksissa koska epävarmuus hinta- ja määräriskeistä kasvavat ajan funktiona. Kuvio 1 kuvaa myyntiennustetta, joka seuraa ns. Brownian liikeprosessia. Brownian liikeprosessissa epävarmuus tulevaisuuden ennusteessa kasvaa sitä mukaa mitä pidemmälle tulevaisuuteen ennustetaan. Lisäksi Brown ja Toft (2002) toteavat, että joustamattomat investointipäätökset lisäävät myös lyhyen aikavälin suojausmenetelmien merkitystä.

Bessembinder ja Lemmon (2002) perustelevat, että yritykset joihin, muutokset sähkön hinnassa ja/tai määrässä vaikuttavat hyötyvät optimaalisemmasta riskienhallinnasta kahta kautta; kassavirran pienempi volatiliteetti voi laskea rahoituskustannuksia ja laskevat rahoituskustannukset taas voivat mahdollistaa investointeja. Lisäksi Bessembinder ja Lemmon (2002) tarkentavat, että optimaalisessa riskien-

hallinnassa pitää huomioida kaksi tekijää: sähkön spot-hinnan jakauma ja sähkön kysynnän jakauma. Oum, Oren ja Deng (2006) perustelevat optioiden käyttöä riskienhallinnassa sillä, että hintariskiltä suojautuminen on helppoa pelkästään termiinisopimusten avulla mutta riskienhallinnasta tulee vaikeampaa, jos otetaan huomioon myös määräriski. Oum, Oren ja Deng (2006) sekä Oum ja Oren (2009) osoittavat, että hyödyntämällä optioita sekä hinta- että määräriskin hallinnassa, kassavirran keskihajontaa pystytään pienentämään, verrattuna pelkkään termiinsuojaukseen. Oum ja Oren (2010) esittävät seuraavat johtopäätökset sähkön hinta- ja määräriskeiltä suojautumisessa. Suurempi spot-hinnan volatilitteetti suosii aiempaa suojautumista, suurempi määräriski taas suosii myöhempää suojautumista ja pienempi korrelaatio termiinihintojen ja myyntiennusteiden välillä suosii aiempaa suojautumista.



Kuvio 1. Myyntiennustejakauma.

Sanda, Fleten ja Olsen (2011) toteavat norjalaisille energiayhtiöille tekemässään kyselytutkimuksessa, että energiayhtiöt suojaavat sähköntuotantonsa pääasiassa vuosi- ja kvartaalitermiinisopimuksilla. Lisäksi Sanda, Fleten ja Olsen (2011) havaitsivat, että vain harva energiayhtiö käyttää optioita suojauksessaan. Tutkimuksesta kävi myös ilmi, että energiayhtiöt nostavat suojausastettaan ajan kuluessa. Lisäksi suojausaste vaihtelee vuodenajan ja markkinanäkemyksen mukaan. Toisaalta suurin osa yhtiöistä ei osallistunut kyselyyn. Tiivistetyt tulokset Sanda, Fleten ja Olsen (2011) tutkimuksesta on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Energiayhtiöiden suojausmenetelmät Norjassa.

	Suojausaste (%) suhteessa toimitusajankohtaan				
	-24 kk	-12 kk	-6 kk	0 kk	
Keskiarvo	19	36	43	60	
Vaihteluväli	[6,53]	[26,71]	[34,76]	[48 ,99]	
	Suojausinstrumentti:				
	Termiinit (%)			Optiot (%)	
Yritys	Vuosi	Kvartaali	Kuukausi	Viikko	
1	58	36	5	1	
2	50	38	6	1	
3	40	7	1	0	49
4	70	8	1	0	8
5	34	23	4	0	
6	76	24	0	0	
7	59	32	9	0	
8	24	54	9	1	
9	54	21	24	1	13
10	36	23	21	2	
11	57	32	9	2	
12	41	37	21	1	

Lähde: Sanda, Fleten & Olsen (2011). *Selective hedging in hydro-based electricity companies.*

3 JOHDANNAISET

Johdannaisilla tarkoitetaan rahoitustuotteita joiden arvo riippuu kohde-etuuden eli jonkin toisen rahoitustuotteen tai hyödykkeen arvosta. Johdannaisia ovat esimerkiksi tässä kappaleessa käsiteltävät termiinit, futuurit ja optiot. Termistöä käsitellään tarkemmin tässä kappaleessa. Esimerkkinä käytetään erilaisia johdannaissovimuksia Nasdaq OMX Commodities Europe johdannaispörssistä, joka on yksi maailman likvideimmistä johdannaispörseistä jossa voidaan käydä kauppaa sähkön hinnalla.

3.1 Termiinit

Termiini (forward) on johdannaistuote. Termiini on sopimus **velvollisuudesta** ostaa tai myydä ennalta sovittu kohde-etuus ennalta sovittuna ajankohtana tulevaisuudessa ennalta sovittuun hintaan. Kohde-etuudella tarkoitetaan rahoitustuotetta tai hyödykettä, jonka ostamisesta tai myymisestä on sovittu. Esimerkiksi Nasdaq OMX Commodities Europe johdannaispörssissä johdannaisten kohde-etuutena on esimerkiksi sähkö.

Henkilö, jolla on pitkä positio termiinissä, on **velvollinen** ostamaan ennalta sovittun kohde-etuuden ennalta sovittuna ajankohtana ennalta sovittuun hintaan. Henkilö, jolla on lyhyt positio termiinissä, on **velvollinen** myymään ennalta sovittun kohde-etuuden ennalta sovittuna ajankohtana ennalta sovittuun hintaan. Henkilö, joka on pitkässä positiossa, voittaa kun kohde-etuuden hinta nousee ja vastaavasti häviää kun kohde-etuuden hinta laskee (katso kuvio 2). Henkilö, jolla on lyhyt positio, voittaa kun kohde-etuuden hinta laskee ja vastaavasti häviää kun kohde-etuuden hinta nousee, katso kuvio 3.

Termiineillä käydään tyypillisesti kauppaa pörssin ulkopuolella, eli ns. ”over-the-counter” markkinoilla, esimerkiksi pankkien ja sen asiakkaiden välillä. Over-the-counter markkinoilla termiinien ehdot ovat vapaamuotoisia, jolloin niiden ehtoja pystytään muokkaamaan paremmin vaatimuksia vastaaviksi. Tässä tapauksessa on kuitenkin tärkeää huomauttaa, että Nasdaq OMX Commodities Europe johdannaispörssin tapauksessa termiineillä tarkoitetaan johdannaissopimuksia, joiden pituus on yhtä kuukautta pitempi (Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe’s Financial Market 2013).

Mikäli termiinisopimuksen ostaja haluaa päästä eroon pitkästä positioistaan, eli **velvollisuudesta** ostaa sähköä määrätyllä hinnalla, hänen tulee myydä vastaavainen termiinisopimus, joka sisältää saman määrän toimitustunteja samalle ajankohdalle kuin ostettu termiinisopimuskin. Tällöin ostettu ja myyty termiinisopi-

mus kumoavat toisensa ja positio sulkeutuu. On tärkeää kuitenkin huomata, että termiinisopimusten osto- ja myyntihinnoissa saattaa olla eroa, jolloin position sulkemisesta voi realisoitua voittoa tai tappiota riippuen osto- ja myyntihinnoista. Termiinisopimuksen myyjä taas voi sulkea positionsa ostamalla myymäänsä termiiniä vastaavan termiinisopimuksen.

3.1.1 Nasdaq OMX Commodities Europe:n termiinit

Termiineillä Nasdaq OMX Commodities Europe:ssa tarkoitetaan johdannaisso-
pimuksia, joiden toimitusajan pituus on vähintään yksi kuukausi. Nasdaq OMX
Commodities Europe:n tarjoamat kuukausisopimukset mahdollistavat kaupan-
käynnin kuudella lähimmällä kuukaudella. Lisäksi Nasdaq OMX Commodities
Europe:n tarjoamat kuukausisopimukset kattavat myös kaksi lähintä kuukautta,
jotka sisältävät ainoastaan kulutushuiput (arkipäivät kello 08:00–20:00). (Trade at
Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013.)

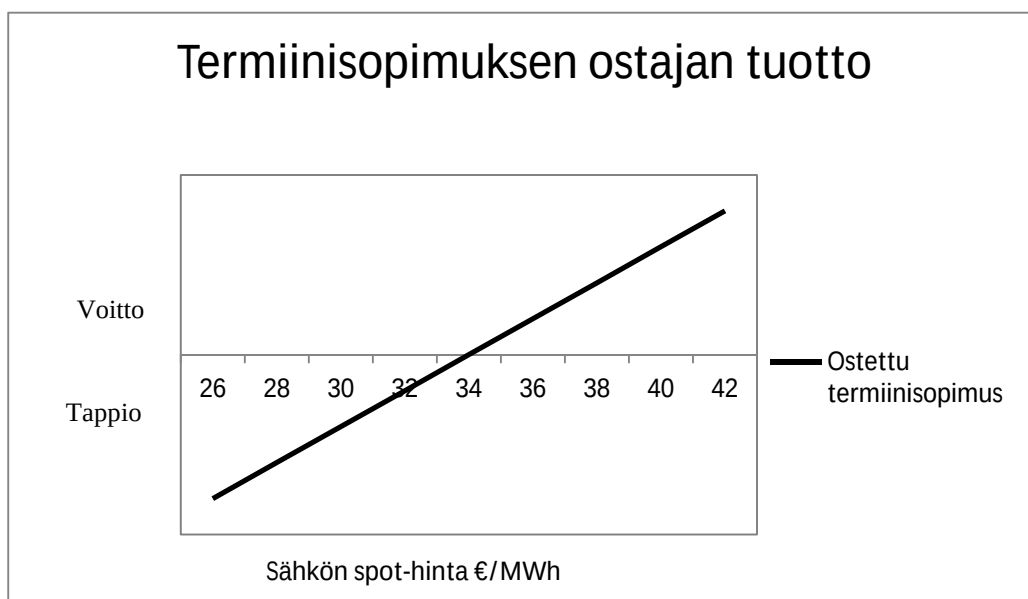
Nasdaq OMX Commodities Europe tarjoaa myös mahdollisuuden käydä kauppaa
termiinisopimuksilla, joiden toimitusajan pituus on yksi vuosineljännes (tammi-
maaliskuu, huhti-kesä, heinä-syys ja loka-joulukuu). Näitä termiinisopimuksia on
kaupankäynnin kohteena yhdeksän lähintä vuosineljännestä. Nasdaq OMX Com-
modities Europe:ssa on myös mahdollista käydä kauppaa vuosineljännestermiini-
sopimuksilla, jotka sisältävät pelkästään kulutushuippujen toimitustunnit. Näistä
kulutushuippujen vuosineljännestermiinisopimuksista sopimuksista on listattuna
kolme lähintä vuosineljännestä. (Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's
Financial Market 2013.)

Nasdaq OMX Commodities Europe:ssa on mahdollista käydä kauppaa myös ter-
miinisopimuksilla, joiden toimitusajan pituus on tasan yksi vuosi (Trade at Nas-
daq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013). Näitä vuositermiiniso-
pimuksia on kaupankäynnin kohteena 10 lähintä vuotta. (Nasdaq OMX Commo-
dities Europe 2013).

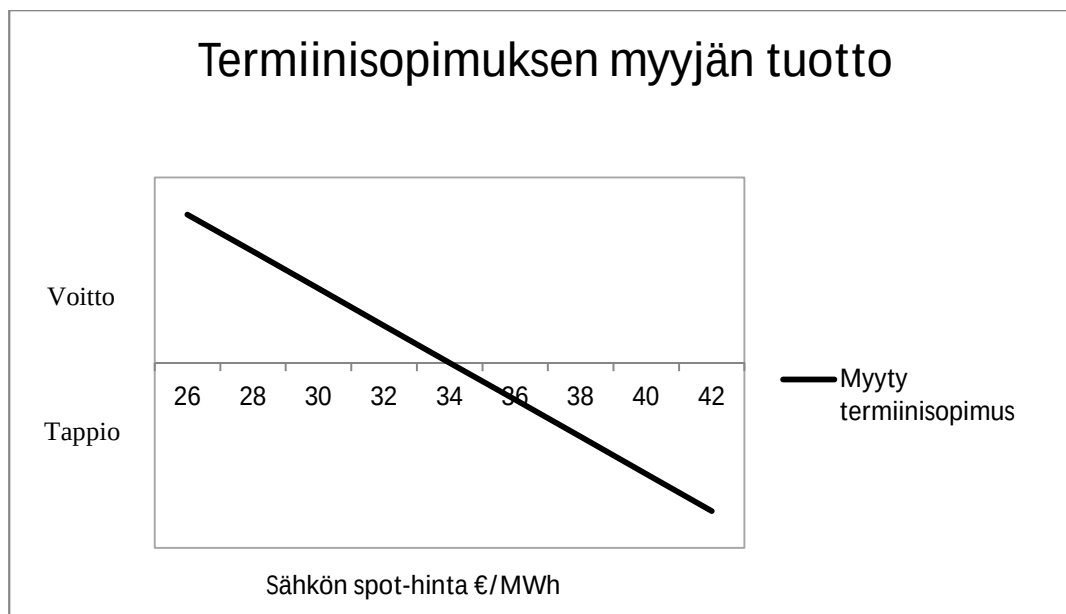
Eripituisille termiinisopimuksille on annettu omat lyhenteet. Esimerkiksi kesä-
kuun 2009 kuukausisopimus on, ENOMJUN-09. E on lyhennys kohde-etuutena
olevasta hyödykkeestä eli sähköstä, electricity. NO on lyhennys alueesta, Nordic
eli Pohjoismaat. M on lyhenne johdannaisopimuksen toimitusajan pituudesta,
month eli kuukausi. JUN on lyhenne toimitusajankohdasta, June eli kesäkuu. 09
taas viittaa minä vuonna toimitus tapahtuu. Vuoden 2009 kolmannen vuosinel-
jänneksen termiinisopimus on ENOQ3-09. missä Q on lyhenne vuosineljännek-
sestä, quarter. Vuoden 2010 vuosisopimus on ENOYR-10, missä YR on lyhenne
vuodesta, year. Jos sopimusten lyhenteissä näkyy termi PL, on kyseessä sopimus,

joka kattaa ainoastaan kulutushuipun toimitustunnit. Esimerkkinä kesäkuun 2009 kulutushuiput kattava sopimus, ENOPLMJUN-09. (Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013.)

Seuraava laskuesimerkki Nasdaq OMX Commodities Europe:n termiinisopimuksesta, ENOMJUL-09, kyseessä on siis termiinisopimus joka kattaa vuoden 2009 heinäkuun kaikki toimitustunnit. Kyseisen termiinisopimuksen kurssi 3.6.2009 kello 11:25 oli 34 €/MWh. Jos yksi termiinisopimus ostetaan kyseisellä hinnalla, sitoudutaan ostamaan sähköä hintaan 34 €/MWh koko toimituskauden eli heinäkuun ajan. Termiinisopimuksen ostajan tuotto riippuu sähkön systeemihinnasta toimitushetkellä (katso kuvio 2). Vastaavasti termiinisopimuksen myyjä sitoutuu myymään sähköä hintaan 34 €/MWh koko toimituskauden ajan. Termiinisopimuksen ostaja hyötyy jos sähkön spot-hinta nousee ja vastaavasti termiinisopimuksen myyjä hyötyy, jos sähkön spot-hinta laskee toimituskaudella, mikä ilmenee kuviosta 3.



Kuvio 2. Termiinisopimuksen ostajan tuottofunktio.



Kuvio 3. Termiinisopimuksen myyjän tuottofunktio.

3.2 Futuurit

Futuuri (future) on samankaltainen johdannaistuote kuin termiini. Futuureilla tarkoitetaan johdannaistuotteita, joilla käydään kauppaa pörssissä sekä joiden ehdot ovat standardisoidut pörssin toimesta. Nasdaq OMX Commodities Europe:ssa futuureilla tarkoitetaan johdannaissopimuksia, joiden toimitusajan pituus on alle yksi kuukausi (Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013).

Futuuri on sopimus **velvollisuudesta** ostaa tai myydä ennalta sovittu kohde-etuus ennalta sovittuna ajankohtana ennalta sovittuun hintaan. Henkilöllä, jolla on pitkä positio futuurissa, on **velvollisuus** ostaa ennalta sovittu kohde-etuuden ennalta sovittuna ajankohtana ennalta sovittuun hintaan. Henkilöllä, jolla on lyhyt positio futuurissa, on **velvollisuus** myydä ennalta sovittu kohde-etuus ennalta sovittuna ajankohtana ennalta sovittuun hintaan.

Yksi syy futuureiden kehittämiseksi oli pyrkimys minimoida vastapuoliriski. Vastapuoliriskillä tarkoitetaan sitä, että sopimuksen toinen osapuoli ei pysty selviytymään sopimuksen velvoitteista. Tämän takia futuureissa käytetään päivittäistä rahallista hyvitystä futuurisopimusten kaupankäyntiaikana. Tarvittava rahallinen hyvitys lasketaan tämän päivän päätöskurssin ja edellisen päivän päätöskurssin erotuksesta. Jos futuurisopimuksen päätöskurssi on noussut edellisestä päivästä esimerkiksi 10 €/MWh, saa futuurin ostaja 10 €/MWh hyvityksen futuurin myy-

jältä. Eli jos futuurisopimus sisältää 24 toimitustuntia, saa futuurisopimuksen ostaja 240 euron rahallisen hyvityksen. Jos päätöskurssin on taas laskenut edellisestä päivästä esimerkiksi 10 €/MWh, joutuu futuurin ostaja hyvittämään futuurin myyjää 10 €/MWh eli 240 eurolla. Toisin kuin futuurisopimuksissa, termiinisopimusten rahallinen hyvitys tapahtuu vasta termiinisopimuksella käytävän kaupankäynnin päätyttyä. Termiinisopimusten rahallinen hyvitys maksetaan toiselle osapuolelle termiinisopimuksen toimitusaikana. (Sähkömeklarikurssi 2007.)

Termiini- ja futuurisopimusten toteutus toimii siten, että sopimusten viimeisen kaupankäyntipäivän päätöskurssia verrataan toimitusajan systeemihintoihin päivittäin. Jos jonkin toimitustunnin systeemihinta ylittää sopimuksen viimeisen kaupankäyntipäivän päätöskurssin, hyvittää sopimuksen myyjä sopimuksen ostaa hintojen eron verran. Vastaavasti jos jonkin toimitustunnin systeemihinta alittaa sopimuksen viimeisen kaupankäyntipäivän päätöskurssin, hyvittää sopimuksen ostaja sopimuksen myyjää hintojen eron verran. (Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013.)

3.2.1 *Nasdaq OMX Commodities Europe:n futuurit*

Futuureilla Nasdaq OMX Commodities Europe:ssa tarkoitetaan johdannaisopimuksia, joiden toimitusajan pituus on joko yksi päivä tai yksi viikko. Päiväsopimukset koostuvat 24 toimitustunnista. Nasdaq OMX Commodities Europe tarjoaa mahdollisuuden käydä kauppaa kuudella lähimmällä päiväsopimuksella. Viikkosopimukset koostuvat 168 toimitustunnista. Nasdaq OMX Commodities Europe:ssa on mahdollista käydä kauppaa kuudella lähimmällä viikkosopimuksella. Viikkosopimusten osalta on myös mahdollista käydä kauppaa futuurisopimuksilla jotka koostuvat pelkästään huippukulutustunneista. (Nasdaq OMX Commodities Europe 2013; Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013)

Päiväsopimuksista olkoon esimerkkinä ENOD3005-09. E viittaa hyödykkeeseen eli tässä tapauksessa sähköön. NO viittaa alueeseen eli Pohjoismaihin (Saksa on EDE ja Hollanti on ENL), D viittaa siihen että kyseessä on päiväsopimus (day). 3005-09 viittaa toteutusajankohtaan, eli kyseessä on 30. toukokuuta 2009 toteutuva futuuri. (Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013.)

Viikkosopimukset ovat seuraavan näköisiä: ENOW23-09. E viittaa jälleen hyödykkeeseen eli sähköön. NO viittaa myös alueeseen. 23-09 ilmoittaa toteutusajankohdan eli toteutusajankohta kyseessä on tässä tapauksessa viikko 23

vuonna 2009. (Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013.)

Viikkosopimukset, jotka koostuvat pelkästään huippukulutustunneista ovat seuraavan näköisiä: ENOPLW23-09. Lyhenteet merkitsevät samoja asioita kuin edellisessä esimerkissä sillä erotuksella, että PL viittaa siihen, että kyseessä on viikkosopimus, joka koostuu pelkästään huippukulutustunneista. (Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013.)

3.3 Sähkönsiirtosopimukset, Contracts for Difference (CfD)

Nasdaq OMX Commodities Europe:ssa on myös mahdollista käydä kauppaa sähkönsiirtosopimuksilla, Contracts for Difference (CfD). Tuotteen kehitys johtui siitä, että johdannaissopimusten kohde-etuutena on sähkö, jonka hinta määräytyy Nord Pool Spot:in systeemihinnan mukaan. Todellinen sähkön fyysinen hinta määräytyy taas aluehintojen mukaan. Aluehinnat sekä spot-hinnat eroavat yleensä toisistaan. Tämä tuote kehitettiin, jotta täydellinen suojautuminen sähkönhinnan vaihteluilta olisi mahdollista. (Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013; Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013).

CfD:n markkinahinta voi olla positiivinen, negatiivinen tai nolla. Tämä riippuu siitä mikä on aluehinnan ja systeemihinnan välinen erotus. CfD:n hinta on positiivinen, jos aluehintaa on suurempi kuin systeemihinta. Vastaavasti CfD:n hinta on negatiivinen, jos aluehintaa on pienempi kuin systeemihinta. SYHELJUN-09 tarkoittaa CfD:tä vuoden 2009 kesäkuulle systeemihinnan ja Helsingin välille. Muista lyhenteistä AR tarkoittaa Aarhusia, CPH Kööpenhaminaa, OSL Osloa sekä STO Tukholmaa. (Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013; Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013).

3.4 Optiot

Osto-optio antaa haltijalleen eli ostajalleen **oikeuden**, mutta **ei velvollisuutta**, ostaa ennalta sovittu kohde-etuus ennalta sovittuna ajankohtana (toteutuspäivä) ennalta sovittuun hintaan (toteutushinta). Osto-option myyjällä taas on **velvollisuus** myydä ennalta sovittu kohde-etuus osto-option ostajalle ennalta sovittuna ajankohtana ennalta sovittuun hintaan, jos osto-option ostaja sitä vaatii. Myyntioptio antaa ostajalleen **oikeuden**, mutta **ei velvollisuutta**, myydä ennalta sovittu

kohde-etuus ennalta sovittuna ajankohtana ennalta sovittuun hintaan. Myyntioption myyjällä taas on **velvollisuus** ostaa ennalta sovittu kohde-etuus ennalta sovittuna ajankohtana ennalta sovittuun hintaan, jos myyntioption ostaja sitä vaatii.

Option ostajan tappio rajoittuu optiosta maksettuun hintaan eli preemioon, jos sitä ei toteuteta. Option haltijan mahdollinen voitto on periaatteessa rajaton. Option myyjän tappio taas on periaatteessa rajaton. Option myyjän voitto rajoittuu option myynnistä saatuun hintaan eli preemioon. Eurooppalainen optio voidaan toteuttaa vain sen päättymispäivänä. Amerikkalainen optio voidaan toteuttaa milloin tahansa sen voimassaoloaikana. Nasdaq OMX Commodities Europe:ssa myytävät optiot ovat kaikki eurooppalaisia optioita (Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013).

Option preemio koostuu kahdesta eri tekijästä, perusarvosta ja aika-arvosta.

- Perusarvo: Option arvo jos optio voitaisiin toteuttaa välittömästi. Esimerkiksi jos kohde-etuuden tämänhetkinen markkinahinta on 37 €/MWh ja osto-option toteutushinta 35 €/MWh, niin osto-option perusarvo on 2 €/MWh. Osto-option perusarvo on markkinahinta – toteutushinta ja myyntioption perusarvo on toteutushinta – markkinahinta. Option perusarvo ei voi myöskään olla negatiivinen.
- Aika-arvo: Option preemion ja option perusarvon välinen erotus. Optiolla on aika-arvoa koska on mahdollista, että optio kasvattaa perusarvoaan vielä ennen option erääntymistä. Aika-arvo riippuu siis option voimassaoloajan pituudesta sekä kohde-etuuden volatiliteetista. Lisäksi option aika-arvo pienenee kiihtyvällä vauhdilla mitä lähemmäksi tullaan option toteutushetkeä. (Hull 2006: 206)
- $\text{Preemio} = \text{perusarvo} + \text{aika-arvo}$

Optioita joiden perusarvo on positiivinen, kutsutaan plusoptioiksi. Optioita joiden perusarvo on tasan nolla, kutsutaan tasaoptioiksi. Osto-optioita joiden toteutushinta on suurempi kuin kohde-etuuden tämän hetkinen markkinahinta, kutsutaan miinusoptioiksi. Vastaavasti myyntioptioita joiden toteutushinta on pienempi kuin kohde-etuuden tämän hetkinen markkinahinta, kutsutaan miinusoptioiksi.

Option preemion suuruuteen vaikuttavat tekijät ja näiden muutokset voidaan havainnollistaa taulukon 2 mukaan (Hull 2006: 206).

Taulukko 2. Option preemioon vaikuttavat tekijät.

	Osto-optio	Myyntioptio
Kohde-etuuden markkinahinta	+	-
Toteutushinta	-	+
Voimassaoloaika*	?/+	?/+
Volatiliteetti	+	+
Korkotaso	+	-

* Eurooppalainen ?, amerikkalainen +

3.4.1 Nasdaq OMX Commodities Europe:n optiot

Nasdaq OMX Commodities Europe:ssa listattujen optioiden kohde-etuutena ovat Nasdaq OMX Commodities Europe:n vuosineljänneksen ja vuoden pituiset termiinisopimukset, poiketen futuureista ja termiineistä, joiden kohde-etuutena on sähkön spot-hinta. Optioiden toteutuspäivä on sen kuukauden kolmas torstai joka edeltää termiinisopimuksen alkuajankohtaa. Esimerkiksi, jos option kohde-etuutena on kolmannen vuosineljänneksen termiinisopimus, kolmannen vuosineljänneksen alkaessa heinäkuussa, option toteutuspäivä on kesäkuun kolmas torstai. Kaikki optiot, joilla käydään kauppaa Nasdaq OMX Commodities Europe:ssa ovat eurooppalaisia optiota eli ne voidaan näin ollen toteuttaa vasta option toteutuspäivänä. (Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013).

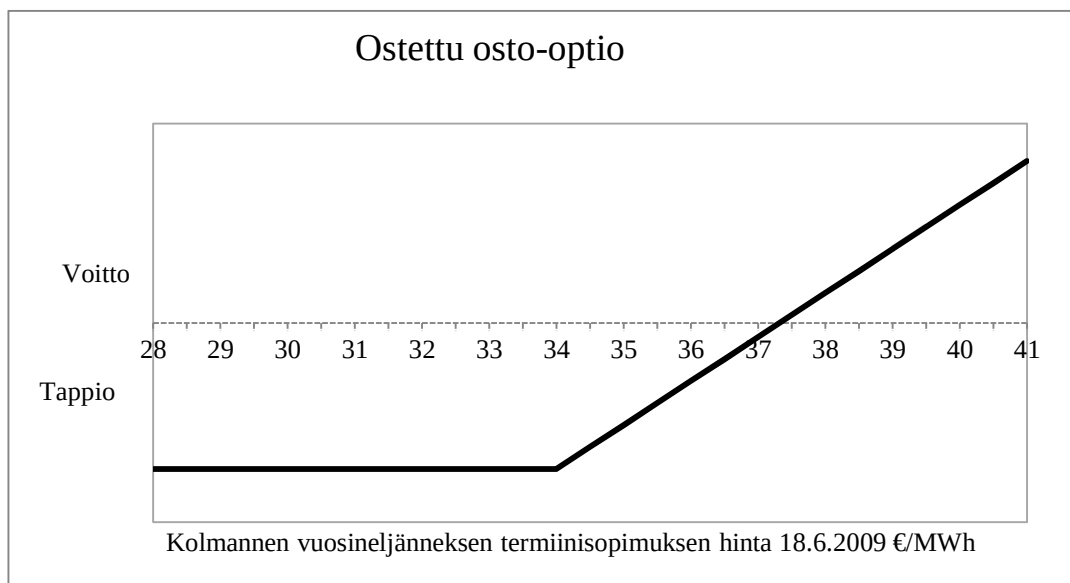
Optioiden toteutushinta ilmenee optiosopimuksesta. Esimerkiksi lyhenteestä ENOC30Q3-09 ilmenee seuraavat asiat. E viittaa jälleen sähkөөn ja NO Pohjoismaihin. C tarkoittaa että kyseessä on osto-optio (call option). 30 tarkoittaa kyseisen osto-option toteutushintaa. Q3-09 kertoo, että option kohde-etuutena on vuoden 2009 kolmannen vuosineljänneksen termiinisopimus. Vastaava myyntioptio näyttää seuraavanlaiselta: ENOP30Q3-09, jossa P ilmaisee, että kyseessä on myyntioptio (put option). Option premio eli hinta ilmoitetaan muodossa EUR/MWh. (Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013; Sähkömeklarikurssi 2007).

Kuviossa 4 on esitettyä osto-option ostajan tuottofunktio. Esimerkissä on käytetty optiosopimusta, ENOC34Q3-09, joka oikeuttaa option ostajan ostamaan vuo-

den 2009 kolmannen vuosineljänneksen termiinisopimuksen hintaan 34 €/MWh. 05.06.2009 kyseisen osto-option preemio eli hinta oli 3,32 €/MWh.

Option toteutuspäivä on siis termiinisopimuksen alkamista edeltävän kuukauden kolmas torstai, joka on tässä tapauksessa 18.6.2009. Optiolla voidaan käydä kauppaa aina keskiviikkoon 17.6.2009 asti. Kohde-etuuden markkinahinta toteutuspäivänä on kolmannen vuosineljänneksen termiinisopimuksen volyympainotettu keskihinta jotka on tehty kello 08:00-12:00 välillä. (Sähkömeklarikurssi 2007.)

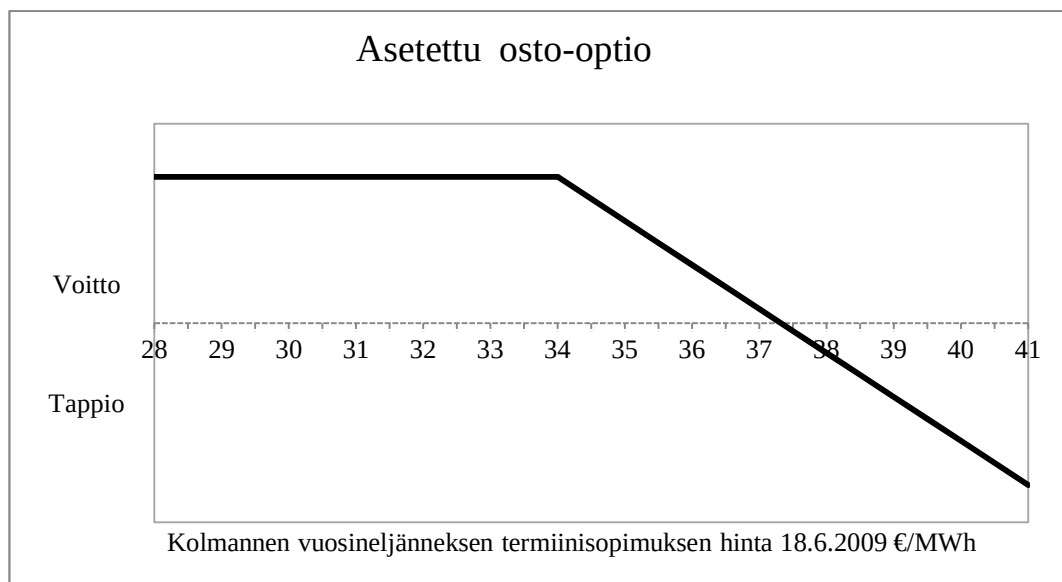
Kuviosta 4 nähdään, että ostetun osto-option laskennallinen tappio rajoittuu maksettuihin preemioihin jos kohde-etuuden markkinahinta on alle option toteutushinnan eli 34 €/MWh option toteutuspäivänä. Nollatulokset, eli break-even, saavutetaan, jos kohde-etuuden markkinahinta on option toteutuspäivänä option toteutushinnan ja preemioon suuruinen, $34 \text{ €/MWh} + 3,32 \text{ €/MWh} = 37,32 \text{ €/MWh}$. Jos kohde-etuuden markkinahinta ylittää tämän 37,32 €/MWh option toteutuspäivänä, osto-option ostaja saavuttaa laskennallista voittoa.



Kuvio 4. Osto-option ostajan tuottofunktio.

Kuviossa 5 on nähtävillä osto-option asettajan tuottofunktio. Osto-option asettaja saavuttaa suurimman mahdollisen laskennallisen voiton, jos kohde-etuuden markkinahinta alittaa option toteutushinnan option toteutuspäivänä. Tällöin osto-option ostaja ei toteuta optiotaan, jolloin osto-option asettajan laskennalliseksi voitoksi muodostuu optiosta aiemmin maksettu preemio. Jos kohde-etuuden markkinahinta ylittää option toteutushinnan preemion verran, on kyseessä nollatu-

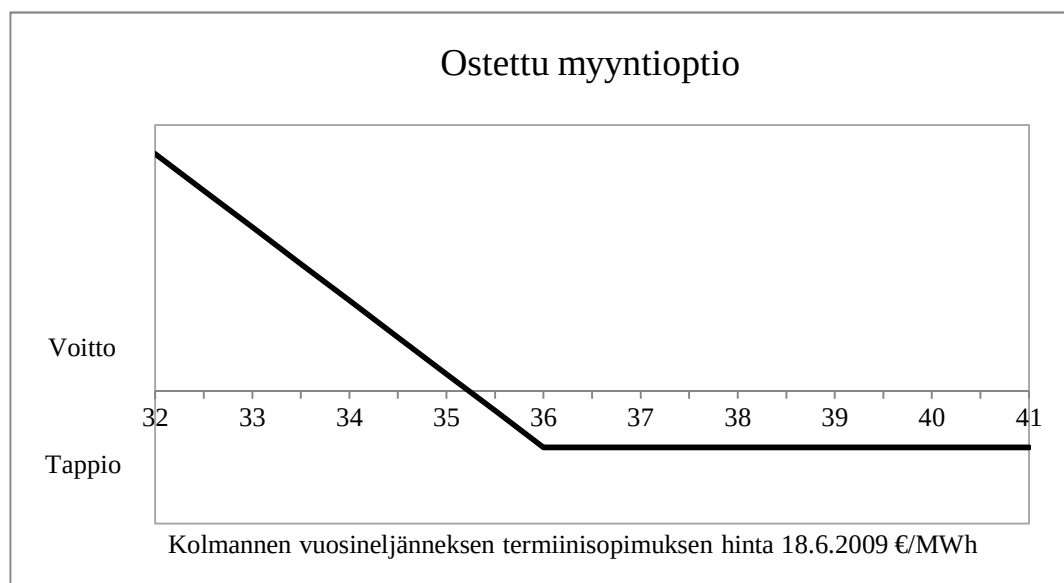
los. Jos kohde-etuuden markkinahinta on tätäkin suurempi option toteutuspäivänä, osto-option asettaja kärsii laskennallista tappiota. Kuviossa 5 on esitetty osto-option asettajan tuottofunktio, kun kyseessä on vuoden 2009 kolmannen vuosineljänneksen osto-optio toteutushinnalla 34 €/MWh, ENOC34Q3-09. Kyseisen osto-option preemio eli hinta oli 3,32 €/MWh 05.06.2009.



Kuvio 5. Osto-option asettajan tuottofunktio.

Kuviossa 6 on esitetty myyntioption ostajan tuottofunktio. Myyntioption ostaja saa myydä kohde-etuutena olevan termiinisopimuksen option toteutushinnalla, jos option kohde-etuutena olevan termiinisopimuksen markkinahinta alittaa myyntioption toteutushinnan option toteutuspäivänä. Myyntioption ostajan laskennallinen voitto on option toteutushinta vähennettynä kohde-etuuden markkinahinnalla ja myyntioptiosta maksetulla preemiolla. Jos kohde-etuuden markkinahinta alittaa preemion verran option toteutushinnan option toteutuspäivänä, on kyseessä nollatulokset. Jos taas kohde-etuutena olevan termiinisopimuksen arvo on suurempi kuin option toteutushinta option toteutuspäivänä, myyntioption ostajan laskennallinen tappio on optiosta maksettu premio.

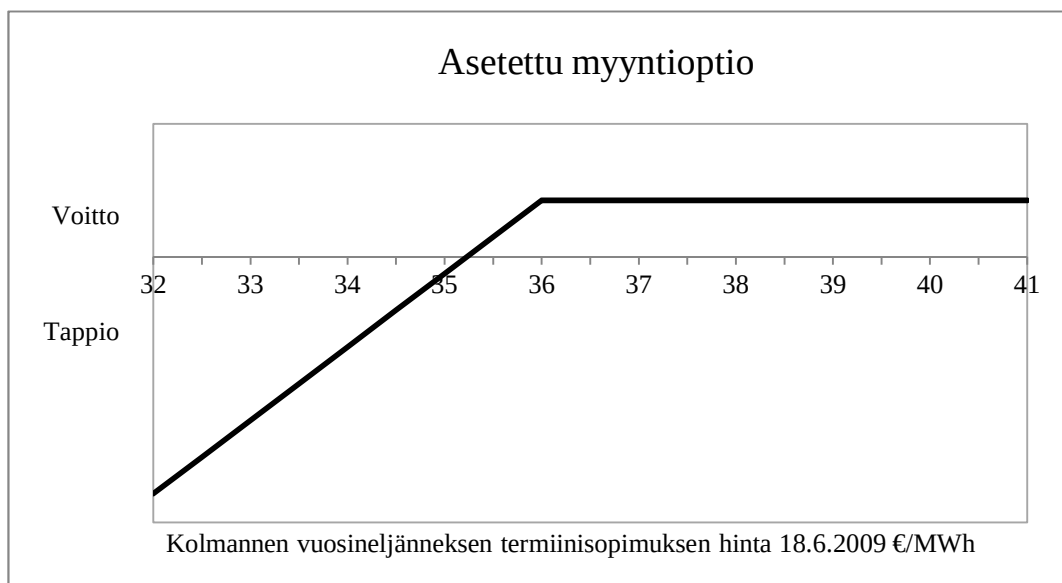
Kuviossa 6 on esitetty myyntioption ostajan tuottofunktio, kun kyseessä on vuoden 2009 kolmannen vuosineljänneksen myyntioptiota toteutushinnalla 36 €/MWh, ENOP36Q3-09. Kyseisen myyntioption premio oli 0,77 €/MWh 5.6.2009.



Kuvio 6. Myyntioption ostajan tuottofunktio.

Kuviossa 7 on esitetty vastaavasti myyntioption asettajan tuottofunktio. Myyntioption asettaja saavuttaa laskennallista voittoa jos kohde-etuuden markkinahinta ylittää option toteutushinnan option toteutuspäivänä. Tällöin myyntioption ostaja ei toteuta optiotaan, jolloin myyntioption asettajan laskennalliseksi voitoksi muodostuu optiosta aiemmin maksettu preemio. Jos kohde-etuuden markkinahinta alittaa option toteutushinnan preemion verran, on kyseessä nollatulok. Jos taas kohde-etuuden markkinahinta on tätäkin pienempi, kärsii myyntioption asettaja laskennallista tappiota.

Kuviossa 7 on esitetty myyntioption asettajan tuottofunktio, kun kyseessä on vuoden 2009 kolmannen vuosineljänneksen myyntioptio toteutushinnalla 36 €/MWh, ENOP36Q3-09. Myyntioption preemio 5.6.2009 oli 0,77 €/MWh.



Kuvio 7. Myyntioption asettajan tuottofunktio.

3.5 Euroopan Unionin päästöoikeudet ja sertifioidut päästöoikeudet

Vuonna 2005 Nasdaq OMX Commodities Europe toi markkinoille termiinisopimuksia, joiden kohde-etuutena oli Euroopan Unionin päästöoikeuksien (EUA) fyysinen toimitus. Vuonna 2007 Nasdaq OMX Commodities Europe toi markkinoille sertifioidut päästöoikeudet (CER) jotka kattavat koko Kioton sopimuksen ajanjakson, 2008–2012. Myös näiden toimitus tapahtui fyysisesti. (Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market 2013).

4 JOHDANNAISSTRATEGIAT

Tässä kappaleessa esitellään erilaisia johdannaistrategioita joiden avulla yritys pystyy paremmin suojautumaan riskeiltä tai tavoittelemaan parempia riskikorjattua tuottoja. Aivan ensimmäiseksi esitellään kuinka Nasdaq OMX Commodities Europe:n johdannaisten avulla yritys pystyy lähes täysin suojautumaan riskeiltä liittyen sähkön termiinihinnan muutoksiin. Sen jälkeen esitellään eri menetelmiä kuinka optioiden avulla yritys pystyy hallitsemaan riskitasoaan sekä mahdollisesti tavoittelemaan myös parempia riskikorjattuja tuottoja. Optiostrategioiden esittämisessä on käytetty lähtökohtana Lontoon johdannaispörssin opaskirjaa, ”LIFFE options: a guide to trading strategies”.

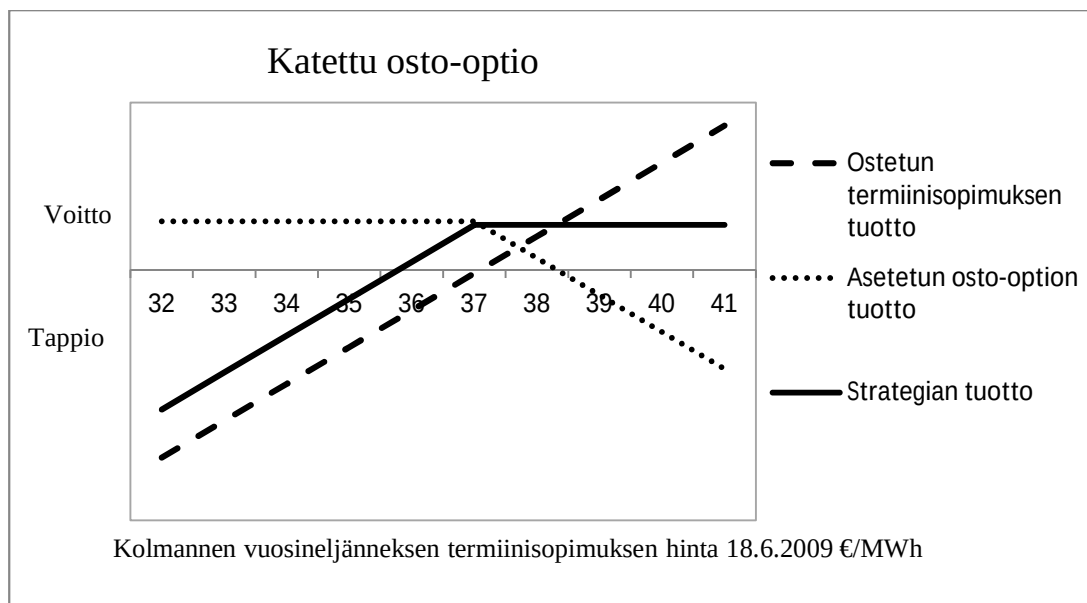
4.1 Strategioita nousevalle sähkön hinnalle

Tässä kappaleessa esitellään useampi johdannaistrategia kuinka yritys, tai jokin muu taho, joka haluaa hyötyä sähkön termiinisopimuksen hinnan noususta, pystyy hyödyntämään johdannaisia. Lisäksi johdannaistrategiat on vielä eroteltu sen mukaan odotetaanko markkinoiden volatiliteetin nousevan, laskevan tai pysyvän samana.

4.1.1 *Katettu osto-optio*

Katettu osto-optiostrategia muodostetaan ostamalla termiinisopimus sekä asettamalla osto-optio samalle termiinisopimukselle. Katetun osto-optiostrategian avulla termiinisopimuksen ostaja pystyy pienentämään mahdollisia tappioita, jos termiinisopimuksen hinta laskeekin odotusten vastaisesti tulevaisuudessa. Sitä vastaan ostettua termiinisopimusta vastaan asetettu osto-optio rajoittaa katetusta osto-optiostrategiasta syntyvää mahdollista voittoa, jos termiinisopimuksen hinta nousee tulevaisuudessa odotusten mukaisesti. Lisäksi katettu osto-optiostrategia hyötyy asetetun osto-optio kautta laskevasta volatiliteetista.

Katettu osto-optio strategia voidaan esimerkiksi muodostaa ostamalla termiini ENOQ3-09 hintaan 37,10 €/MWh sekä asettamalla osto-optio ENOC37Q3-09 hintaan 1,31 €/MWh. Hinnat ovat Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskursseja päivämäärältä 5.6.2009. Katetun osto-optio strategian tuottofunktio on nähtävissä kuviossa 8.

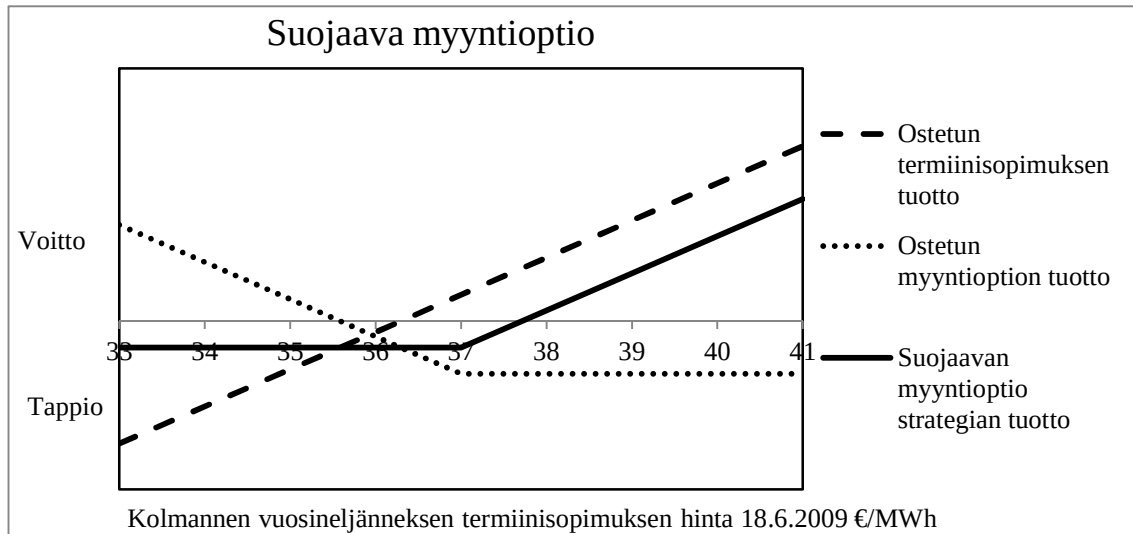


Kuvio 8. Katetun osto-optiostrategian tuottofunktio.

4.1.2 Suojaava myyntioptio

Suojaava myyntioptiostrategia muodostetaan ostamalla termiinisopimus sekä ostamalla myyntioptio samalle termiinisopimukselle. Suojaavan myyntioptiostrategian avulla pystytään suojaautumaan katettua osto-optiostrategiaa tehokkaammin mahdolliselta odotuksen vastaiselta termiinisopimuksen hinnan laskulta tulevaisuudessa. Ostetun myyntioption avulla pystytään rajamaan mahdollisesti syntyvä tappio halutulle. Toisaalta ostetusta myyntioptiosta maksettu preemio vähentää mahdollista voittoa tulevaisuudessa, jos termiinisopimuksen hinta nousee tulevaisuudessa odotusten mukaisesti. Lisäksi suojaava myyntioptiostrategia hyötyy ostetun myyntioption kautta nousevasta volatiliiteetista.

Suojaava myyntioptiostrategia voidaan esimerkiksi muodostaa ostamalla kolmannen vuosineljänneksen termiinisopimus ENOQ3-09 hintaan 36,30 €/MWh sekä ostamalla kolmannen vuosineljänneksen termiinisopimuksen myyntioptio ENOP37Q3-09 hintaan 1,42 €/MWh. Termiinisopimuksen sekä myyntioption hinnat ovat Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskursseja päivämäärältä 5.6.2009. Suojaavan myyntioptiostrategian tuottofunktio on nähtävissä kuviossa 9.

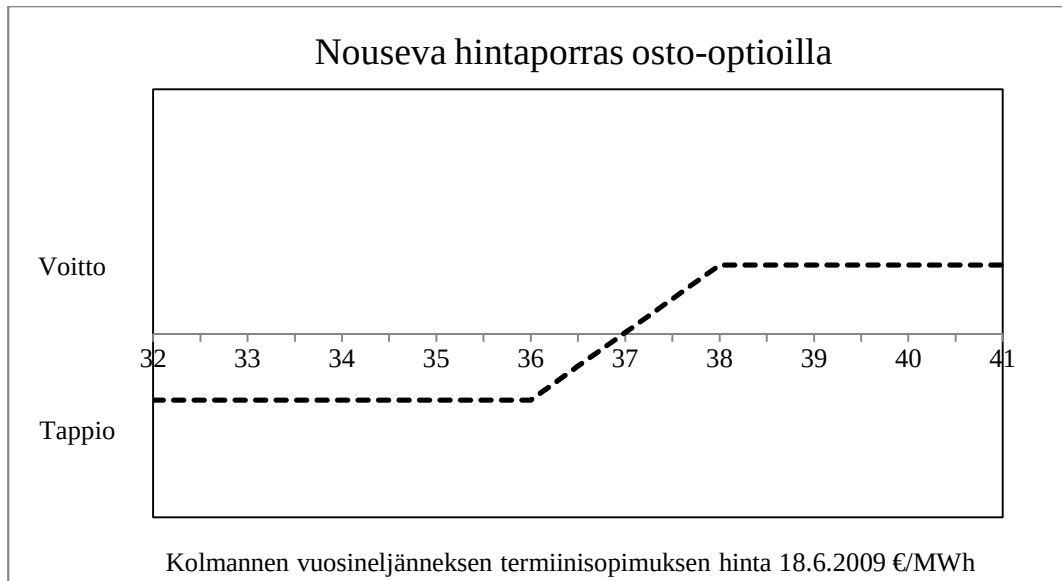


Kuvio 9. Suojaavan myyntioptiostrategian tuottofunktio.

4.1.3 Nouseva hintaporras osto-optioilla

Nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategia on toteuttamiskelpoinen optiostrategia, jos odotetaan kohde-etuutena olevan termiinisopimuksen hinnan nousevan tulevaisuudessa. Nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategia toteutetaan ostamalla osto-optio sekä asettamalla osto-optio samalle kohde-etuudelle, mutta sillä erotuksella että asetetun osto-option toteutushinta on suurempi. Tästä syystä nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategian avulla pystytään rajamaan mahdollisesti syntyvä maksimivoitto tai -tappio. Asetetusta osto-optiosta saadun preemion ansiosta nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategia on myös edullisempi optiostrategia toteuttaa kuin pelkkä ostettu osto-optio, vaikka ostetusta osto-optioista maksettu preemio ylittää asetetusta osto-optiosta saatavan preemion. Lisäksi nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategia on lähes neutraali volatiliiteetin suhteen.

Nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategia voidaan esimerkiksi muodostaa ostamalla osto-optio ENOC36Q3-09 hintaan 1,86 €/MWh sekä asettamalla osto-optio ENOC38Q3-09 hintaan 0,88 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategian tuottofunktio on nähtävissä kuviossa 10.

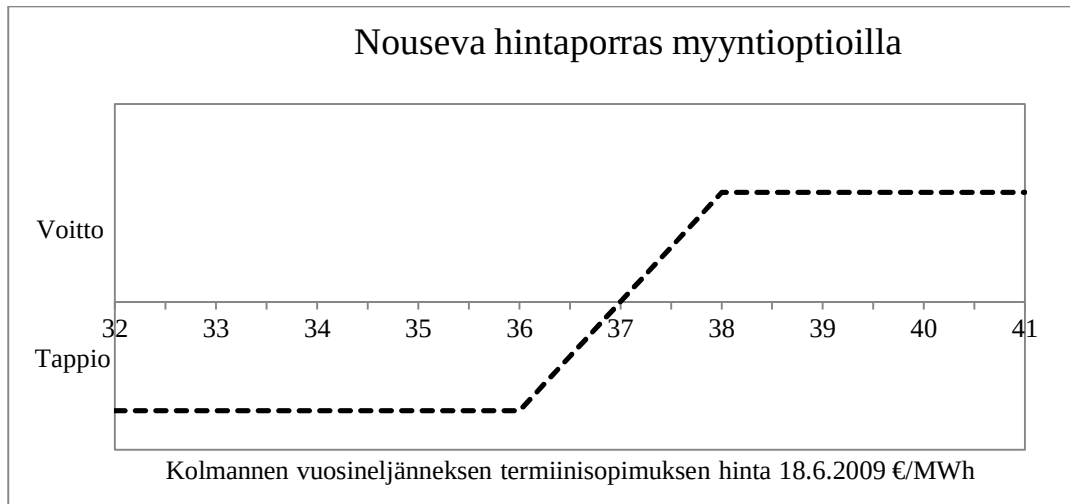


Kuvio 10. Nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategian tuottofunktio.

4.1.4 Nouseva hintaporras myyntioptioilla

Nouseva hintaporras myyntioptioilla optiostrategian tuottofunktio on samankaltainen kuin nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategian tuottofunktio. Erona on se, että nouseva hintaporras myyntioptioilla optiostrategia muodostetaan osto-optioiden sijaan myyntioptioilla, asettamalla myyntioptio sekä ostamalla myyntioptio samalle kohde-etuudelle mutta alemmalla toteutushinnalla. Nouseva hintaporras myyntioptioilla optiostrategian etuna verrattuna nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategiaan on se, että nouseva hintaporras myyntioptioilla optiostrategiassa myyntioption asettamisesta saatu preemio on suurempi kuin mitä on maksettu myyntioption ostamisesta. Samoin kuin nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategian osalta, maksimivoitto tai – tappio on myös rajattu nouseva hintaporras myyntioptioilla optiostrategiassa. Lisäksi nouseva hintaporras myyntioptioilla optiostrategia on lähes neutraali volatilitietin suhteen, riippuen optioiden toteutushinnoista.

Nouseva hintaporras myyntioptioilla optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi ostamalla myyntioptio ENOP36Q3-09 hintaan 0,77 €/MWh sekä asettamalla myyntioptio ENOP38Q3-09 hintaan 1,77 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Nouseva hintaporras myyntioptioilla optiostrategian tuottofunktio on nähtävissä kuviossa 11.

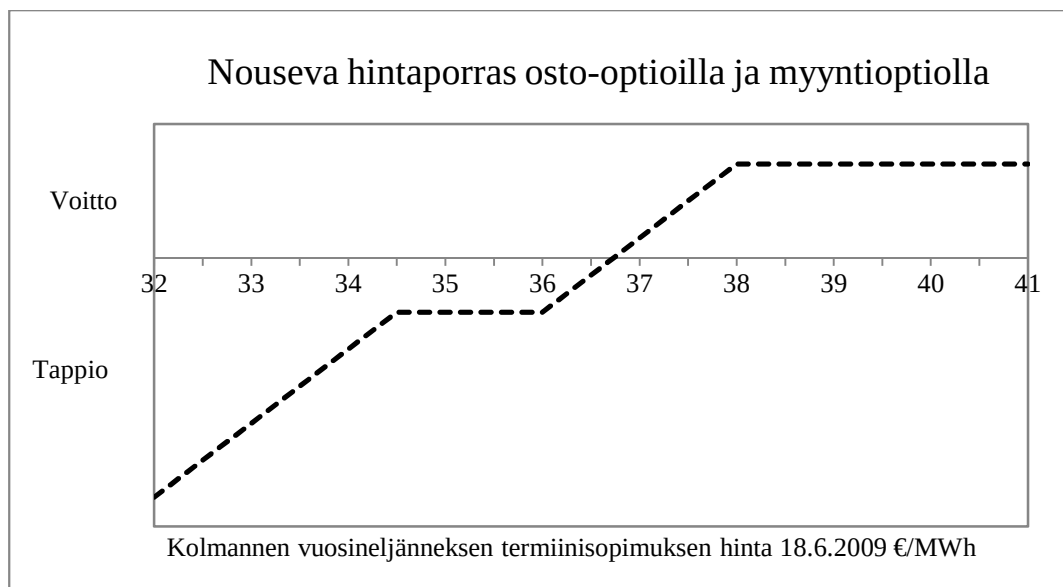


Kuvio 11. Short put spread optiostrategian tuottofunktio.

4.1.5 Nouseva hintaporras osto-optiolla ja myyntioptiolla

Kuten aiemassa optiostrategiassa todettiin, nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategiassa maksettu preemio ylittää saatavan preemion. Koska nouseva hintaporras osto-optioilla optiostrategia olettaa kohde-etuuden hinnanmuutoksen olevan positiivinen tulevaisuudessa, voidaan negatiivista preemioiden summaa lieventää asettamalla myyntioptio samalle kohde-etuudelle. Toteutushinta tälle asetetulla myyntioptiolle on yleensä pienempi kuin se on osto-optioille, mutta voi olla myös suurempi. Tätä optiostrategiaa kutsutaan nouseva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla optiostrategiaksi. Lisäksi nouseva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla optiostrategia hyötyy laskevasta volatilitetistä.

Nouseva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla optiostrategia voidaan muodostaa ostamalla osto-optio ENOC36Q3-09 hintaan 1,86 €/MWh, asettamalla osto-optio ENOC38Q3-09 hintaan 0,88 €/MWh sekä asettamalla myyntioptio ENOP34Q3-09 hintaan 0,25 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Nouseva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla optiostrategian tuottofunktio on nähtävissä kuviossa 12.

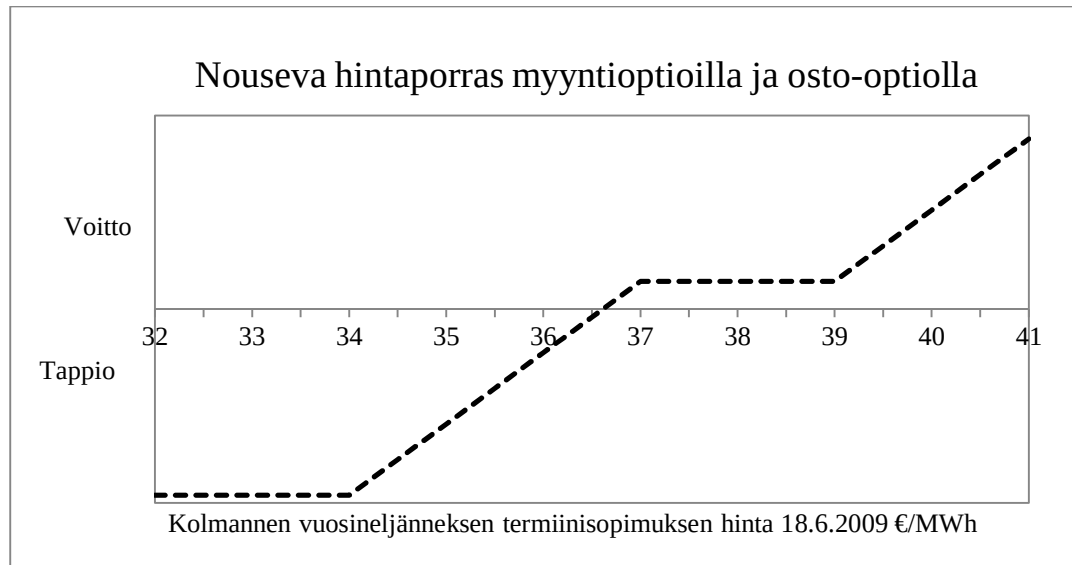


Kuvio 12. Nouseva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla optiostrategian tuottofunktio.

4.1.6 Nouseva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla

Nouseva hintaporras myyntioptioilla optiostrategiaa voidaan kehittää vielä pidemmälle ostamalla osto-optio, jonka toteutushinta on yleensä korkeampi kuin kummankaan myyntioption, tällainen optiostrategia tunnetaan nimellä nouseva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optiostrategiana. Nouseva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optiostrategia eroaa nouseva hintaporras myyntioptioilla optiostrategiasta siltä osin, että ostetun osto-option ansiosta mahdollinen maksimivoitto ei ole enää rajoitettu. Ostetusta osto-optioista maksetun preemion seurauksena nouseva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optiostrategia on taas kalliimpi toteuttaa kuin pelkkä nouseva hintaporras myyntioptioilla optiostrategia. Lisäksi nouseva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optiostrategia hyötyy nousevasta volatilitetistä.

Nouseva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi ostamalla myyntioptio ENOP34Q3-09 hintaan 0,25 €/MWh, asettamalla myyntioptio ENOP37Q3-09 hintaan 1,21 €/MWh sekä ostamalla osto-optio ENOC39Q3-09 hintaan 0,57 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Nouseva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optiostrategian tuottofunktio on nähtävissä kuviossa 13.

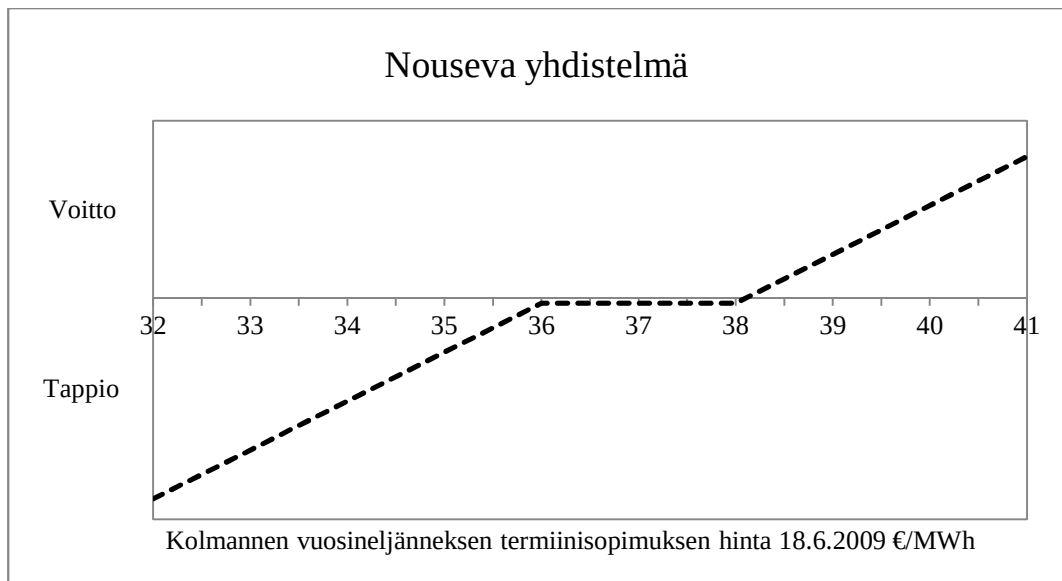


Kuvio 13. Nouseva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optiostrategian tuottofunktio.

4.1.7 Nouseva yhdistelmä

Nouseva yhdistelmä optiostrategian tuottofunktio on lähes samankaltainen kuin ostetulla termiinisopimuksella. Nouseva yhdistelmä optiostrategian tuottofunktio eroaa kuitenkin ostetun termiinisopimuksen tuottofunktiosta sillä erotuksella, että nouseva yhdistelmä optiostrategia ei varsinaisesti tuota tappiota jos kohdeetuuden hinta liikkuu toteutushintojen välissä. Mahdollinen tappio/voitto toteutushintojen välissä riippuu siitä kuinka paljon preemioita maksetaan ja vastaavasti saadaan. Lisäksi nouseva yhdistelmä optiostrategia on neutraali volatiliiteetin suhteen.

Nouseva yhdistelmä optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi ostamalla osto-optio ENOC38Q3-09 hintaan 0,88 €/MWh sekä asettamalla myyntioptio ENOP36Q3-09 hintaan 0,77 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Nouseva yhdistelmä optiostrategian tuottofunktio on nähtävissä kuviossa 14.

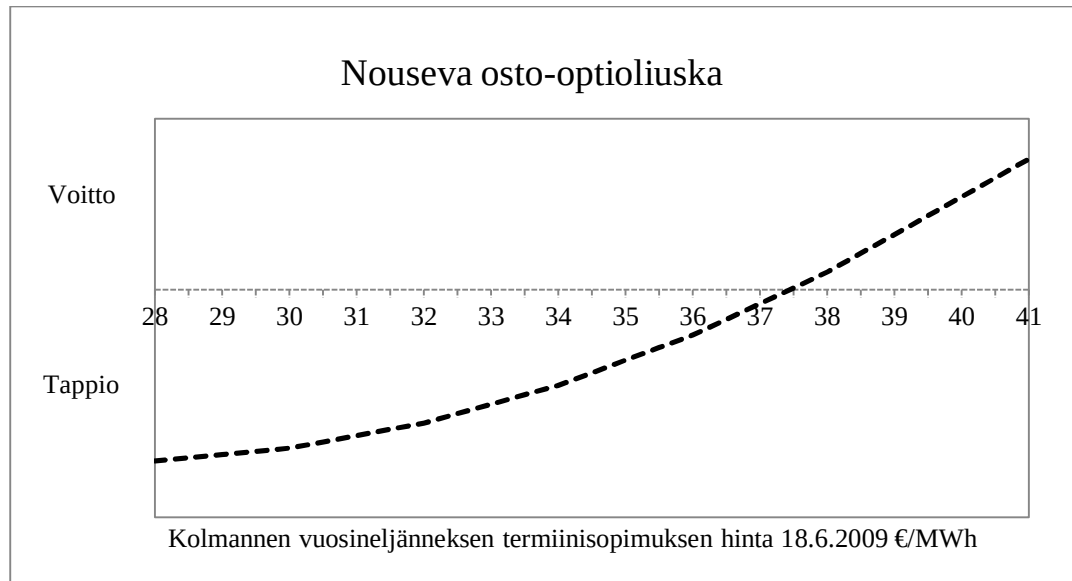


Kuvio 14. Nouseva yhdistelmä optiostrategian tuottofunktio.

4.1.8 Nouseva osto-optioliuska

Nouseva osto-optioliuska optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi ostamalla useita osto-optioita joilla on eri toteutushinta. Tällä tavoin saadaan muodostettua jyrkästi nouseva tuottofunktio. Ostetuilla osto-optioilla tulee kuitenkin olla aina sama kohde-etuus ja toteutusajankohta. Lisäksi nouseva osto-optioliuska optiostrategia hyötyy nousevasta volatiliiteetista.

Nouseva osto-optioliuska optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi ostamalla seuraavat osto-optiot: ENOC28Q3-09, ENOC30Q3-09, ENOC32Q3-09, ENOC34Q3-09, ENOC36Q3-09 ja ENOC38Q3-09. Näillä kaikilla osto-optioilla on siis sama kohde-etuus sekä sama toteutusajankohta, ainoastaan toteutushinnat eroavat. Näiden ostettujen osto-optioiden hinnat ovat vastaavasti: 9,02 €/MWh, 7,04 €/MWh, 5,11 €/MWh, 3,32 €/MWh, 1,86 €/MWh sekä 0,88 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Nouseva osto-optioliuska optiostrategian tuottofunktio on nähtävissä kuviossa 15.

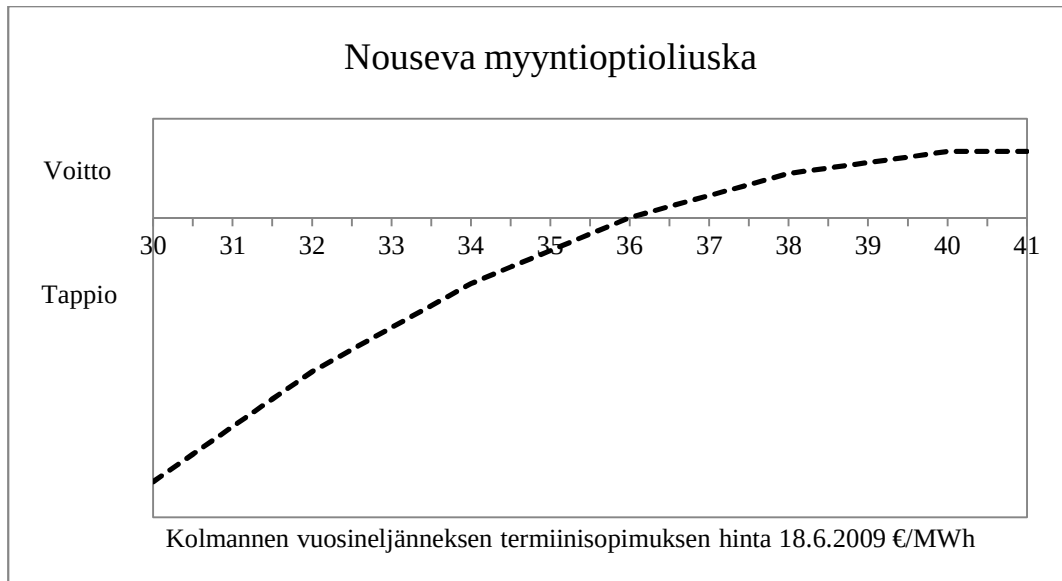


Kuvio 15. Nouseva myyntioptioliуска optiostrategian tuottofunktio.

4.1.9 Nouseva myyntioptioliуска

Nouseva myyntioptioliуска optiostrategia voidaan muodostaa asettamalla useita myyntioptioita, joilla on eri toteutushinta. Asetetuilla myyntioptioilla tulee lisäksi olla aina sama kohde-etuus ja toteutusajankohta. Lisäksi nouseva myyntioptioliуска hyötyy laskevasta volatilitetistä.

Nouseva myyntioptioliуска voidaan muodostaa esimerkiksi asettamalla seuraavat myyntioptiot: ENOP40Q3-09, ENOP38Q3-09, ENOP36Q3-09, ENOP34Q3-09, ENOP32Q3-09 ja ENOP30Q3-09. Näillä kaikilla myyntioptioilla on siis sama kohde-etuus sekä sama toteutusajankohta, ainoastaan toteutushinnat eroavat. Näiden asetettujen myyntioptioiden hinnat ovat vastaavasti: 3,23 €/MWh, 1,77 €/MWh, 0,77 €/MWh, 0,25 €/MWh, 0,05 €/MWh sekä 0,01 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Nouseva myyntioptioliуска optiostrategian tuottofunktiota on nähtävissä kuviossa 16.



Kuvio 16. Nouseva myyntioptioliuska optiostrategian tuottofunktiio.

4.2 Strategioita laskevalle sähkön hinnalle

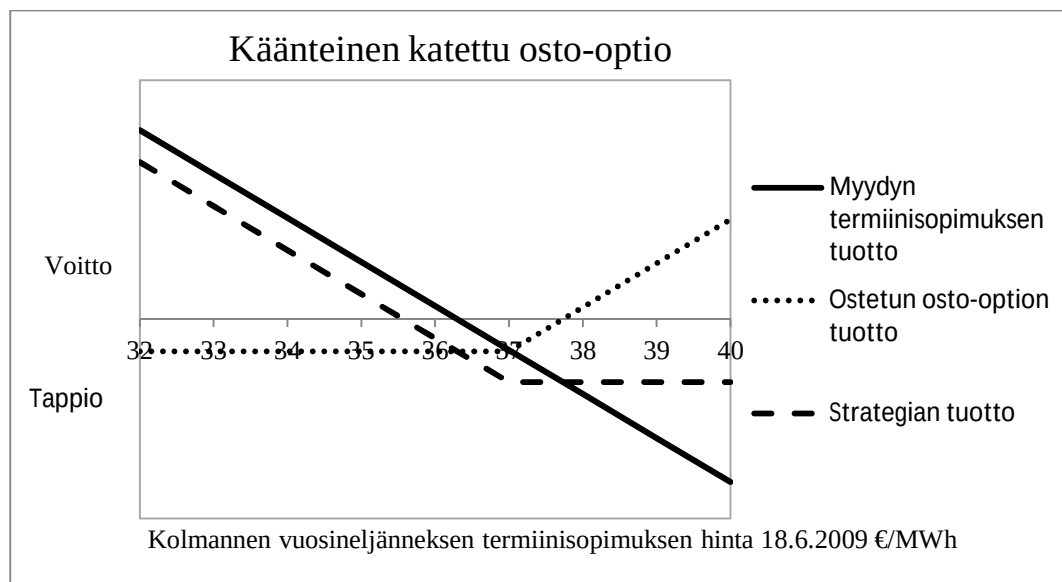
Tässä kappaleessa esitellään useampi johdaisstrategia, kuinka yritys, tai jokin muu taho, joka haluaa hyötyä sähkön termiinisopimuksen hinnan laskusta, pystyy hyödyntämään johdannaisia. Lisäksi johdannaisstrategiat on vielä eroteltu sen mukaan, odotetaanko markkinoiden volatiliteetin nousevan, laskevan tai pysyvän samana.

4.2.1 Käänteinen katettu osto-optio

Käänteinen katettu osto-optiostrategia muodostetaan myymällä termiinisopimus sekä ostamalla osto-optio samalle termiinisopimukselle. Käänteinen katettu osto-optiostrategian avulla termiinisopimuksen myyjä pystyy rajaamaan mahdollisen tappion jos termiinisopimuksen hinta nouseekin odotusten vastaisesti tulevaisuudessa. Sitä vastoin ostettu osto-optio pienentää käänteinen katettu osto-optiostrategiasta syntyvää mahdollista voittoa, jos termiinisopimuksen hinta laskee tulevaisuudessa odotusten mukaisesti. Lisäksi käänteinen katettu osto-optiostrategia hyötyy ostetun osto-optio kautta nousevasta volatiliteetista.

Käänteinen katettu osto-optiostrategia voidaan esimerkiksi muodostaa myymällä termiini ENOQ3-09 hintaan 36,30 €/MWh sekä ostamalla osto-optio ENOC37Q3-09 hintaan 1,31 €/MWh. Hinnat ovat Nasdaq OMX Commodities Europe:n pää-

töskursseja päivämäärältä 5.6.2009. Käänteinen katettu osto-optiostrategian tuottofunktio on nähtävissä kuviossa 17.

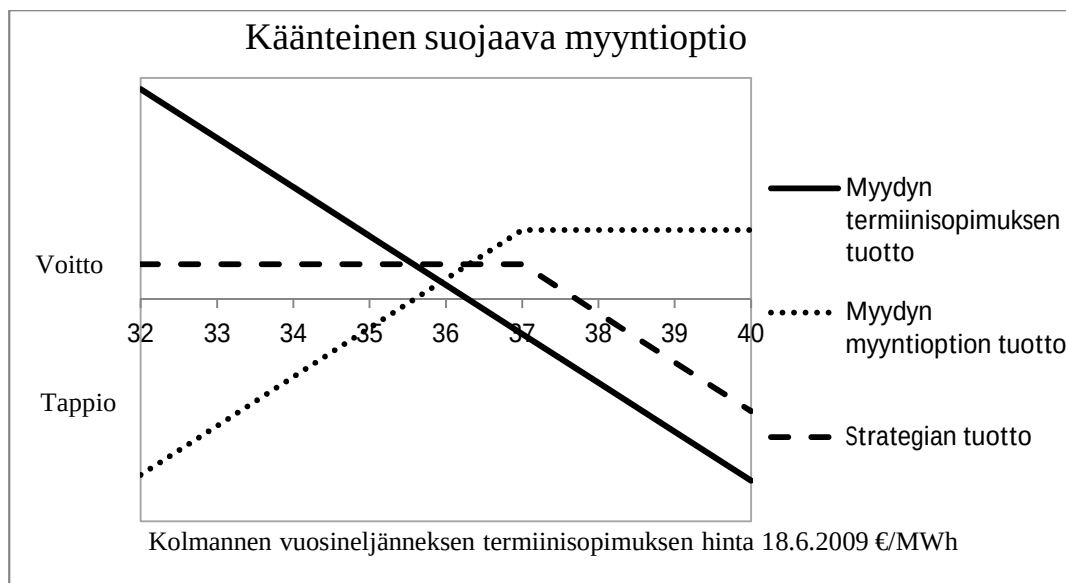


Kuvio 17. Käänteinen katettu osto-optiostrategian tuottofunktio.

4.2.2 Käänteinen suojaava myyntioptio

Käänteinen suojaava myyntioptiostrategia muodostetaan myymällä termiinisopimus sekä asettamalla myyntioptio samalle termiinisopimukselle. Käänteinen katettu osto-optiostrategiassa asetetusta myyntioptiosta saadun preemion avulla termiinisopimuksen myyjä pystyy pienentämään mahdollisia tappioita, jos termiinisopimuksen hinta nouseekin tulevaisuudessa odotusten vastaisesti. Lisäksi käänteinen katettu osto-optiostrategia hyötyy asetetun myyntioption kautta laskevasta volatilitetista.

Käänteinen katettu osto-optiostrategia voidaan esimerkiksi muodostaa myymällä kolmannen vuosineljänneksen termiinisopimus ENOQ3-09 hintaan 36,30 €/MWh sekä asettamalla kolmannen vuosineljänneksen termiinisopimuksen myyntioptio ENOP37Q3-09 hintaan 1,21 €/MWh. Termiinisopimuksen sekä myyntioption hinnat ovat Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskursseja päivämäärältä 5.6.2009. Käänteinen katettu osto-optiostrategian tuottofunktio on nähtävissä kuviossa 18.

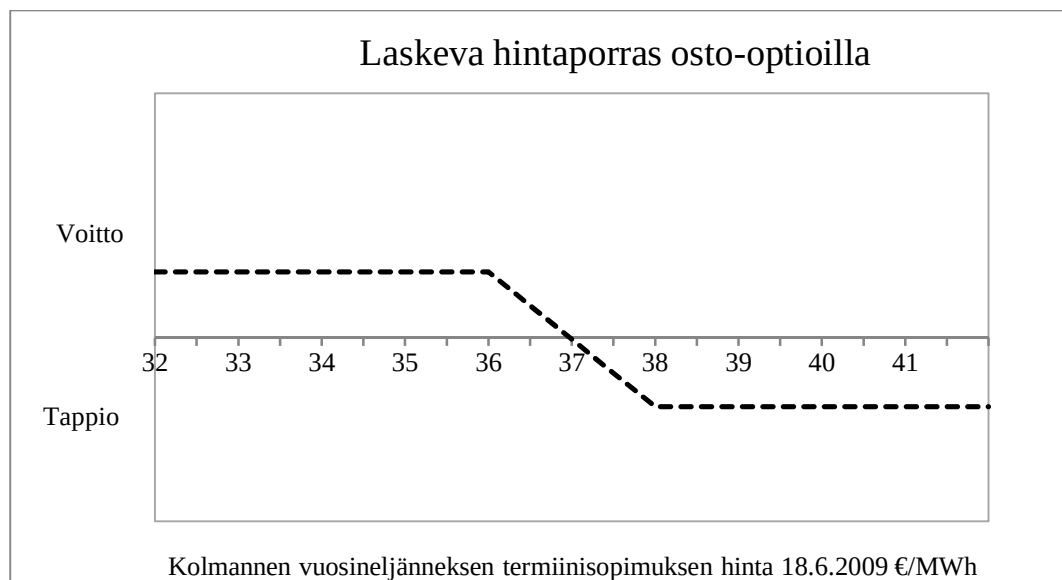


Kuvio 18. Käänteinen katettu osto-optiostrategian tuottofunktio.

4.2.3 Laskeva hintaporras osto-optioilla

Laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategia on toteuttamiskelpoinen optiostrategia, jos odotetaan kohde-etuutena olevan termiinisopimuksen hinnan laskevan tulevaisuudessa. Laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategia toteutetaan asettamalla osto-optio sekä ostamalla osto-optio samalle kohde-etuudelle, mutta sillä erotuksella että ostetun osto-option toteutushinta on suurempi. Tästä syystä laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategian avulla pystytään rajamaan mahdollisesti syntyvä maksimivoitto tai -tappio. Asetetusta osto-optiosta saadun preemion ansiosta laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategia on myös edullisempi optiostrategia toteuttaa kuin pelkkä ostettu myyntioptio, lisäksi asetetusta osto-optiosta saatu preemio ylittää ostetusta osto-optiosta maksetun preemion. Laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategia on myös lähes neutraali volatiliiteetin suhteen.

Laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategia voidaan esimerkiksi muodostaa asettamalla osto-optio ENOC36Q3-09 hintaan 1,86 €/MWh sekä ostamalla osto-optio ENOC38Q3-09 hintaan 0,88 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategian etuna verrattuna pelkkään ostettuun myyntioption on se, että laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategia on halvempi toteuttaa. Kuvio 19 esittää laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategian tuottofunktion.

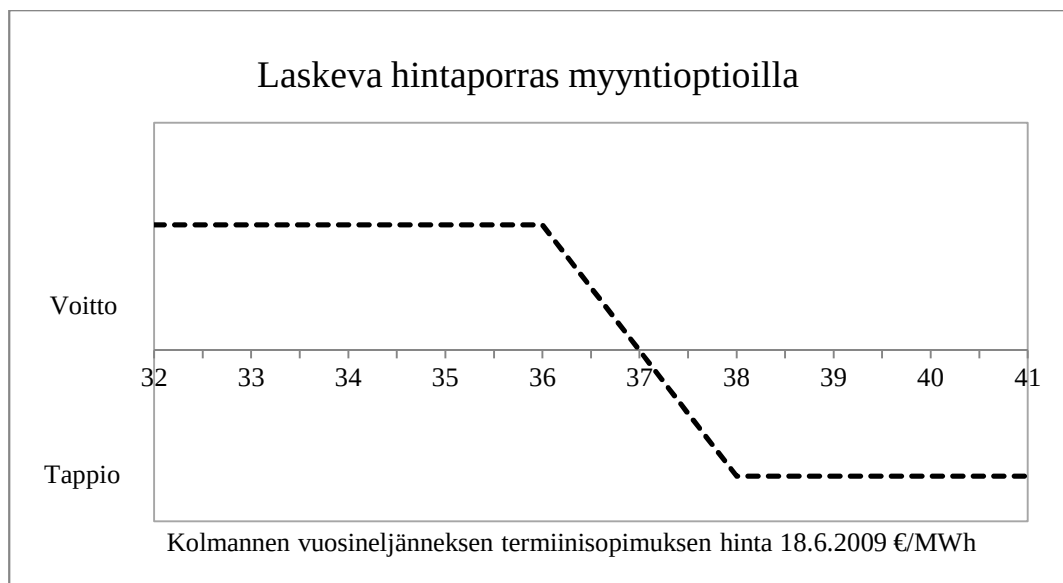


Kuvio 19. Laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategian tuottofunktio.

4.2.4 Laskeva hintaporras myyntioptioilla

Laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategian tuottofunktio on samankaltainen kuin laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategian tuottofunktio. Erona on se, että laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategia muodostetaan osto-optioiden sijaan myyntioptioilla. Laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategiassa ostetun myyntioption toteutushinnan pitää olla suurempi kuin asetetun myyntioption. Laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategian haittapuolena verrattuna laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategiaan on se, että laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategiassa myyntioption asettamisesta saatu preemio on pienempi kuin mitä on maksettu myyntioption ostamisesta. Samoin kuin laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategian osalta, maksimivoitto tai –tappio on myös rajattu laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategiassa. Lisäksi laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategia on lähes neutraali volatiliiteetin suhteen.

Laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi asettamalla myyntioptio ENOP36Q3-09 hintaan 0,77 €/MWh sekä ostamalla myyntioptio ENOP38Q3-09 hintaan 1,77 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 20 esittää laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategian tuottofunktion.

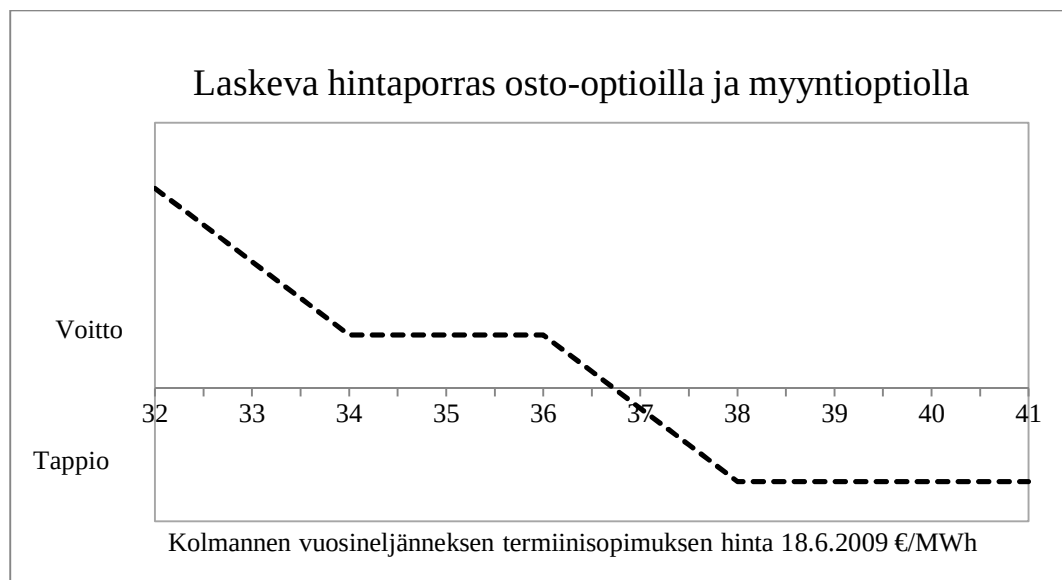


Kuvio 20. Laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategian tuottofunktio.

4.2.5 Laskeva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla

Laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategiaa voidaan kehittää vielä pitemmälle ostamalla myyntioptio, jonka toteutushinta on yleensä pienempi kuin kummankaan osto-option. Tällainen optiostrategia tunnetaan nimellä laskeva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla. Ostetun myyntioption ansiosta termiinisopimuksen hinnanlaskusta saatu mahdollinen maksimivoitto ei ole enää rajoitettu. Ostetusta myyntioptioista johtuen laskeva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla optiostrategia on kalliimpi toteuttaa kuin pelkkä laskeva hintaporras osto-optioilla optiostrategia. Lisäksi laskeva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla optiostrategia hyötyy volatiliteetin noususta.

Laskeva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla optiostrategia voidaan muodostaa asettamalla osto-optio ENOC36Q3-09 hintaan 1,86 €/MWh, ostamalla osto-optio ENOC38Q3-09 hintaan 0,88 €/MWh sekä ostamalla myyntioptio ENOP34Q3-09 hintaan 0,25 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 21 esittää laskeva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla optiostrategian tuottofunktion.

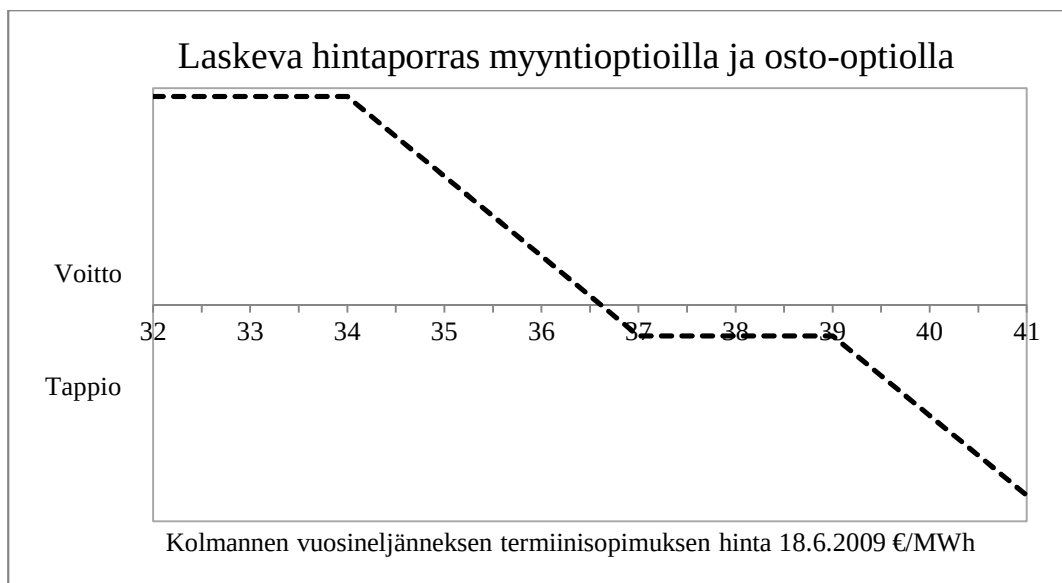


Kuvio 21. Laskeva hintaporras osto-optioilla ja myyntioptiolla optiostrategian tuottofunktiio.

4.2.6 Laskeva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla

Laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategiaa voidaan myös kehittää vielä pidemmälle asettamalla osto-optio samalle termiinisopimukselle, koska termiinisopimuksen hinnan oletetaan laskevan tulevaisuudessa. Tällainen optiostrategia tunnetaan nimellä laskeva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla. Laskeva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optiostrategian etuna, verrattuna laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategiaan, on se että asetetusta osto-optiosta saadun premion seurauksena laskeva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optiostrategia on halvempi toteuttaa kuin pelkkä laskeva hintaporras myyntioptioilla optiostrategia. Lisäksi laskeva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla hyöttyy volatilitietin laskusta.

Laskeva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi asettamalla myyntioptio ENOP34Q3-09 hintaan 0,25 €/MWh, ostamalla myyntioptio ENOP37Q3-09 hintaan 1,21 €/MWh sekä asettamalla osto-optio ENOC39Q3-09 hintaan 0,57 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 22 esittää laskeva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optiostrategian tuottofunktion.

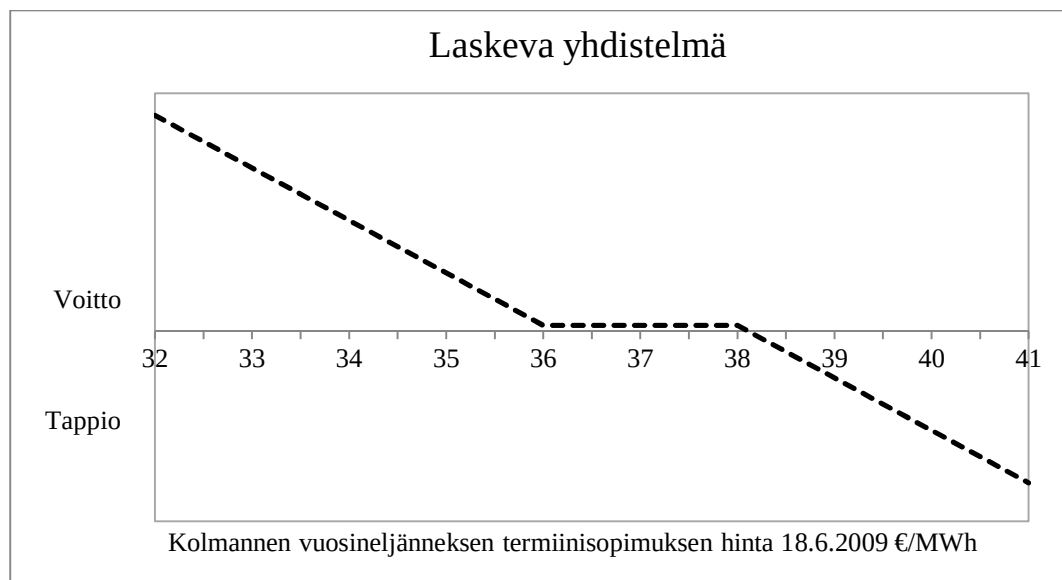


Kuvio 22. Laskeva hintaporras myyntioptioilla ja osto-optiolla optiostrategian tuottofunktio.

4.2.7 Laskeva yhdistelmä

Laskeva yhdistelmä optiostrategian tuottofunktio on lähes samankaltainen kuin se on myydyllä termiinisopimuksella. Laskeva yhdistelmä optiostrategia toimii kuitenkin paremmin kuin pelkkä myyty termiinisopimus, jos termiinisopimuksen hinta liikkuu optioiden toteutushintojen välissä. Laskeva yhdistelmä optiostrategiasta saadun ja maksetun preemioiden summa voi olla positiivinen tai negatiivinen, riippuen valituista toteutushinnoista. Lisäksi laskeva yhdistelmä optiostrategia on lähes neutraali volatilitteen suhteen.

Laskeva yhdistelmä optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi asettamalla osto-optio ENOC38Q3-09 hintaan 0,88 €/MWh sekä ostamalla myyntioptio ENOP36Q3-09 hintaan 0,77 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 23 esittää laskeva yhdistelmä optiostrategian tuottofunktion.

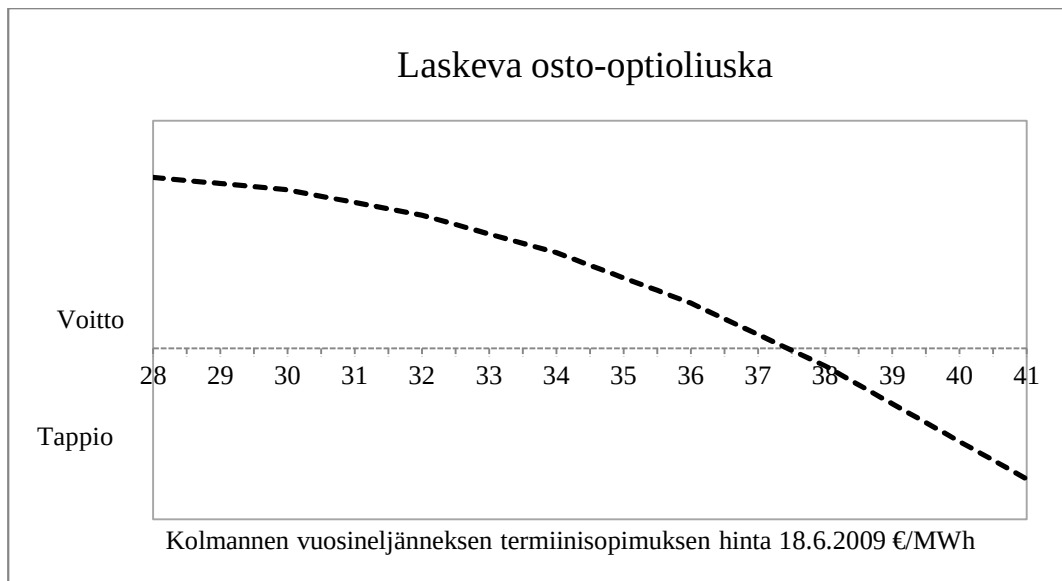


Kuvio 23. Laskeva yhdistelmä optiostrategian tuottofunktio.

4.2.8 Laskeva osto-optioliuska

Laskeva osto-optioliuska optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi asettamalla erilaisia osto-optioita, joilla on eri toteutushinta. Kaikilla asetetuilla osto-optioilla tulee kuitenkin olla sama kohde-etuus ja toteutusajankohta. Lisäksi laskeva osto-optioliuska optiostrategia hyötyy volatiliiteetin laskusta.

Laskeva osto-optioliuska optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi asettamalla seuraavat osto-optiot: ENOC28Q3-09, ENOC30Q3-09, ENOC32Q3-09, ENOC34Q3-09, ENOC36Q3-09 ja ENOC38Q3-09. Näillä kaikilla optioilla on siis sama kohde-etuus sekä sama toteutusajankohta, ainoastaan toteutushinnat eroavat. Näiden ostettujen osto-optioiden hinnat ovat vastaavasti: 9,02 €/MWh, 7,04 €/MWh, 5,11 €/MWh, 3,32 €/MWh, 1,86 €/MWh sekä 0,88 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 24 esittää laskeva osto-optioliuska optiostrategian tuottofunktion.

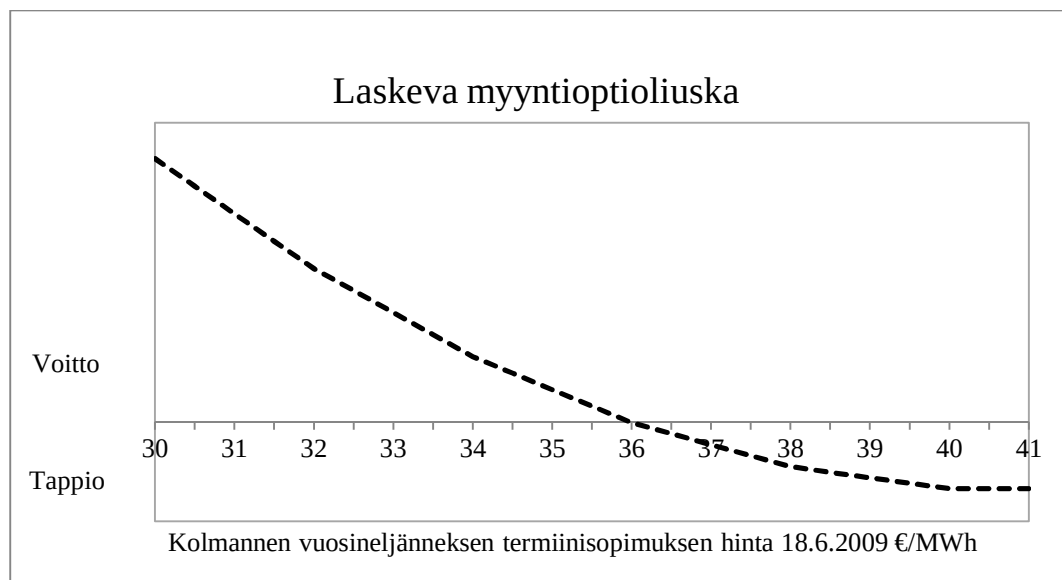


Kuvio 24. Laskeva osto-optioliuska optiostrategian tuottofunktio.

4.2.9 Laskeva myyntioptioliuska

Laskeva myyntioptioliuska optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi ostamalla erilaisia myyntioptioita, joilla on eri toteutushinta. Asetetuilla myyntioptiolla tulee kuitenkin olla aina sama kohde-etuus ja toteutusajankohta. Lisäksi laskeva myyntioptioliuska optiostrategia hyötyy volatilitietin noususta.

Laskeva myyntioptioliuska optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi ostamalla seuraavat myyntioptiot: ENOP40Q3-09, ENOP38Q3-09, ENOP36Q3-09, ENOP34Q3-09, ENOP32Q3-09 ja ENOP30Q3-09. Näillä kaikilla optioilla on siis sama kohde-etuus sekä sama toteutusaika, ainoastaan toteutushinnat eroavat. Näiden ostettujen myyntioptioiden hinnat ovat vastaavasti: 3,23 €/MWh, 1,77 €/MWh, 0,77 €/MWh, 0,25 €/MWh, 0,05 €/MWh sekä 0,01 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 25 esittää laskeva myyntioptioliuska optiostrategian tuottofunktion.



Kuvio 25. Laskeva myyntioptioliuska optiostrategian tuottofunktiio.

4.3 Strategioita sähkönmyyjälle ja sähkönostajalle

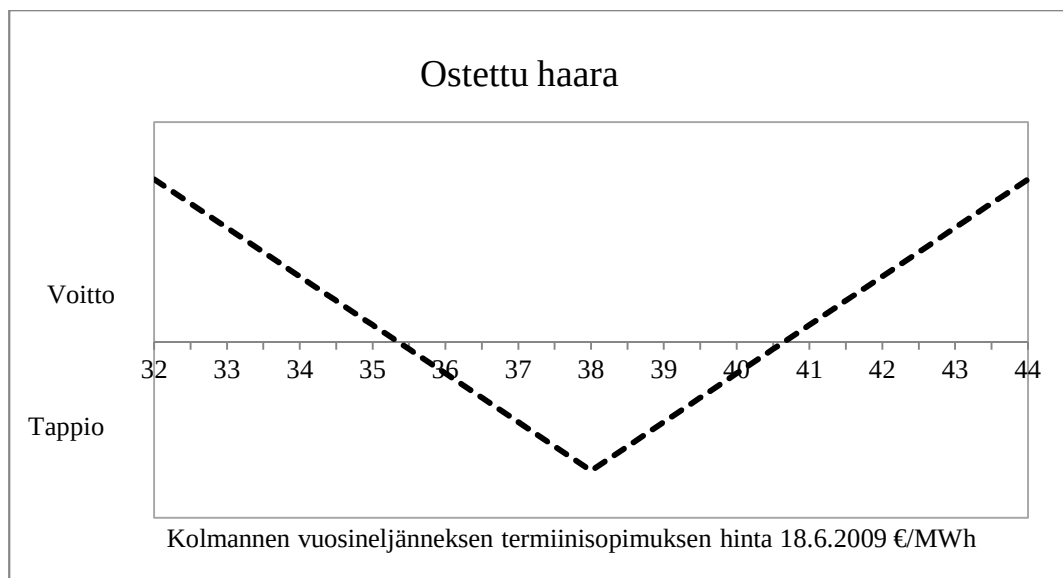
Tässä kappaleessa esitetään useampi johdannaisstrategia, jotka voidaan jaotella sen mukaan, odotetaanko sähkönhinnan nousevan tai laskevan merkittävästi tulevaisuudessa vai odotetaanko sähkönhinnan muutosten pysyvän tasaisena tulevaisuudessa. Lisäksi johdannaisstrategiat on vielä eroteltu sen mukaan, odotetaanko markkinoiden volatiliteetin nousevan, laskevan tai pysyvän muuttumattomana.

4.3.1 Sähkön hintojen odotetaan muuttuvan merkittävästi tulevaisuudessa

4.3.1.1 Ostettu haara

Ostettu haara optiostrategian avulla pystytään hyötymään, jos kohde-etuutena olevan termiinisopimuksen hinta nousee tai laskee voimakkaasti. Ostettu haara optiostrategia hyötyy myös volatiliteetin noususta.

Ostettu haara optiostrategia muodostetaan ostamalla osto-optio ja myyntioptio, joilla on sama kohde-etuus, toteutusajankohta ja toteutushinta. Lisäksi molempien ostettujen optioiden tulisi olla tasaoptioita eli at-the-money. Ostettu haara optiostrategia voidaan esimerkiksi toteuttaa ostamalla osto-optio ENOC38Q3-09 hintaan 0,88 €/MWh sekä ostamalla myyntioptio ENOP38Q3-09 hintaan 1,77 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 26 esittää ostettu haara optiostrategian tuottofunktion.

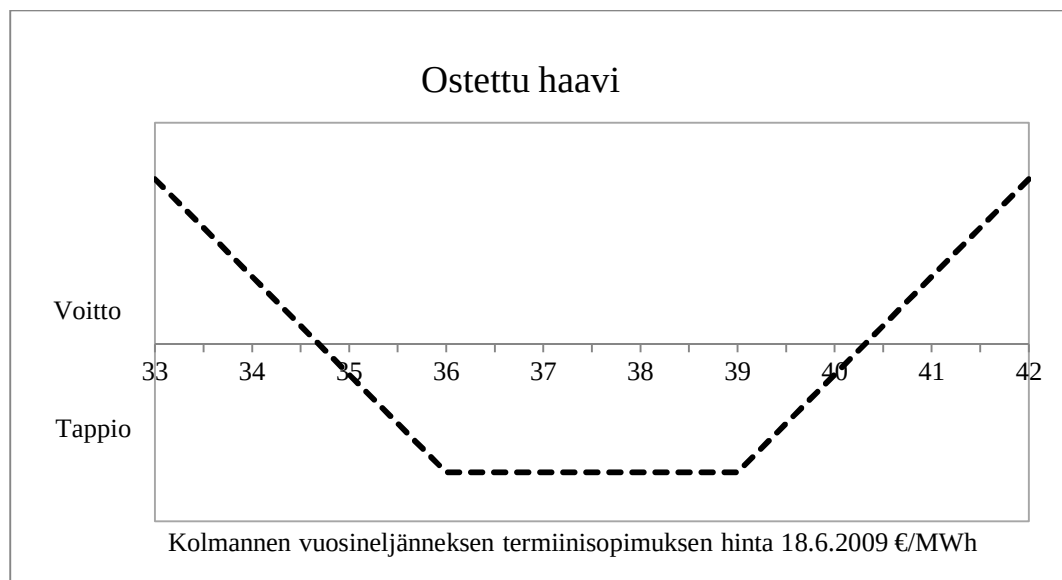


Kuvio 26. Ostettu haara optiostrategian tuottofunktion.

4.3.1.2 Ostettu haavi

Ostettu haavi optiostrategia on muuten lähes samanlainen kuin ostettu haara optiostrategia, mutta ostettu haavi optiostrategiassa ostetun myyntioption toteutus-hinta on pienempi kuin ostetun osto-option. Lisäksi molempien ostettujen optioi-den tulisi olla miinusoptioita eli out-of-the-money. Tämän seurauksena ostettu haavi optiostrategia on halvempi muodostaa kuin ostettu haara optiostrategia, mutta vastaavasti vaatii suuremman muutoksen termiinisopimusten hinnassa. Li-säksi ostettu haavi optiostrategia hyötyy volatiliteetin noususta.

Ostettu haavi optiostrategia voidaan esimerkiksi toteuttaa ostamalla osto-optio ENOC39Q3-09 hintaan 0,57 €/MWh sekä ostamalla myyntioption ENOP36Q3-09 hintaan 0,77 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commo-dities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 27 esittää ostettu haavi optiostrategian tuottofunktion.

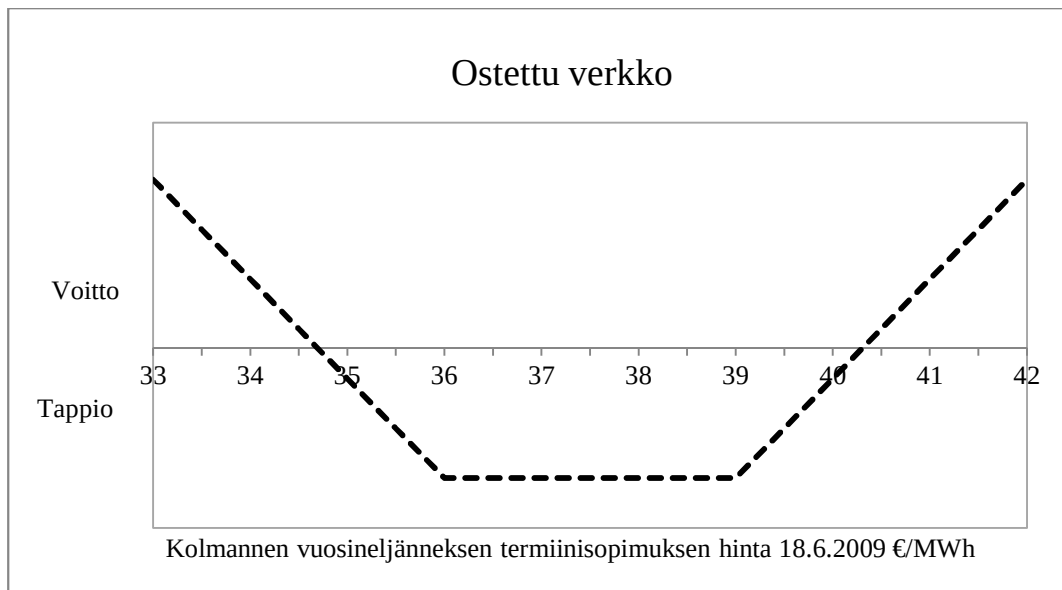


Kuvio 27. Ostettu haavi optiostrategian tuottofunktio.

4.3.1.3 Ostettu verkko

Ostettu verkko optiostrategia on lähes samanlainen kuin ostettu haavi optiostrategia. Ostettu verkko optiostrategia eroaa ostettu haavi optiostrategiasta kuitenkin sillä, että sekä ostettu osto-optio että ostettu myyntioptio ovat molemmat plussaoptioita eli in-the-money. Tämän seurauksena ostettu verkko optiostrategia on kalliimpi toteuttaa kuin ostettu haavi optiostrategia. Lisäksi ostettu verkko optiostrategiassa ostetun myyntioption toteutushinta on suurempi kuin ostetun ostooption. Lisäksi ostettu verkko optiostrategia hyötyy nousevasta volatilitteetista.

Ostettu verkko optiostrategia voidaan toteuttaa esimerkiksi ostamalla osto-optio ENOC36Q3-09 hintaan 1,86 €/MWh sekä ostamalla myyntioptio ENOP39Q3-09 hintaan 2,45 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 28 esittää ostettu verkko optiostrategian tuottofunktion.

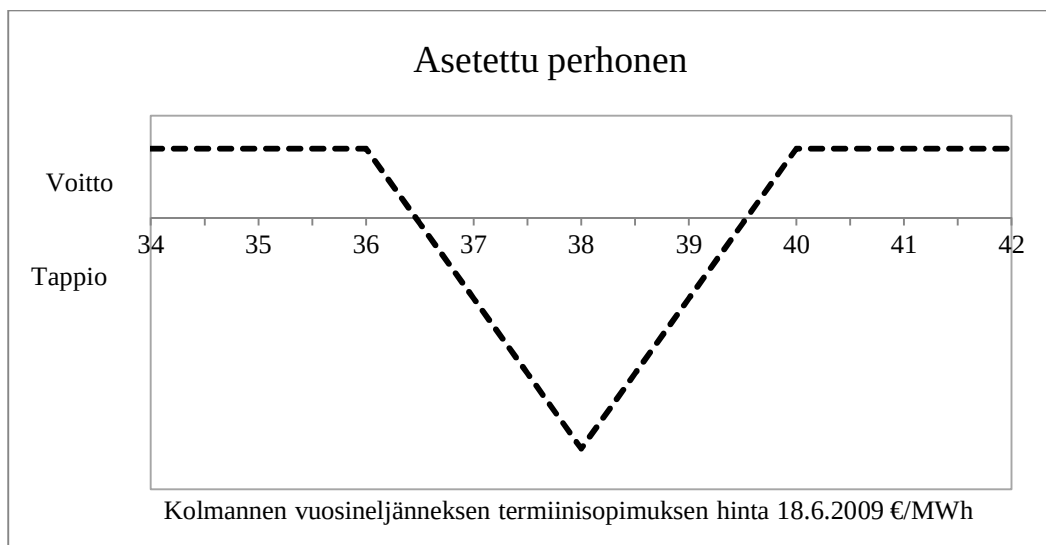


Kuvio 28. Ostettu verkko optiostrategian tuottofunktio.

4.3.1.4 Asetettu perhonen

Asetettu perhonen optiostrategia on käyttökelpoinen optiostrategia, jos sähkön termiinihintojen oletetaan laskevan tai nousevan voimakkaasti tulevaisuudessa. Asetettu perhonen optiostrategian etuna on myös se, että siinä yleensä saatujen preemioiden summa ylittää maksettujen preemioiden summan. Tästä syystä se on suhteellisen edullinen toteuttaa. Toisaalta mahdollinen maksimivoitto on rajoitettu asetettu perhonen optiostrategiassa. Lisäksi asetettu perhonen optiostrategia hyötyy nousevasta volatilitteetista.

Asetettu perhonen optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi asettamalla myyntioptio ENOP36Q3-09 hintaan 0,77 €/MWh, ostamalla kaksi myyntioptiota ENOP86Q3-09 hintaan 1,77 €/MWh ja asettamalla yksi myyntioptio ENOP40Q3-09 hintaan 3,23 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Asetettu perhonen optiostrategia voidaan myös muodostaa asettamalla osto-optioita myyntioptioiden sijaan. Kuvio 29 esittää asetettu perhonen optiostrategian tuottofunktio.

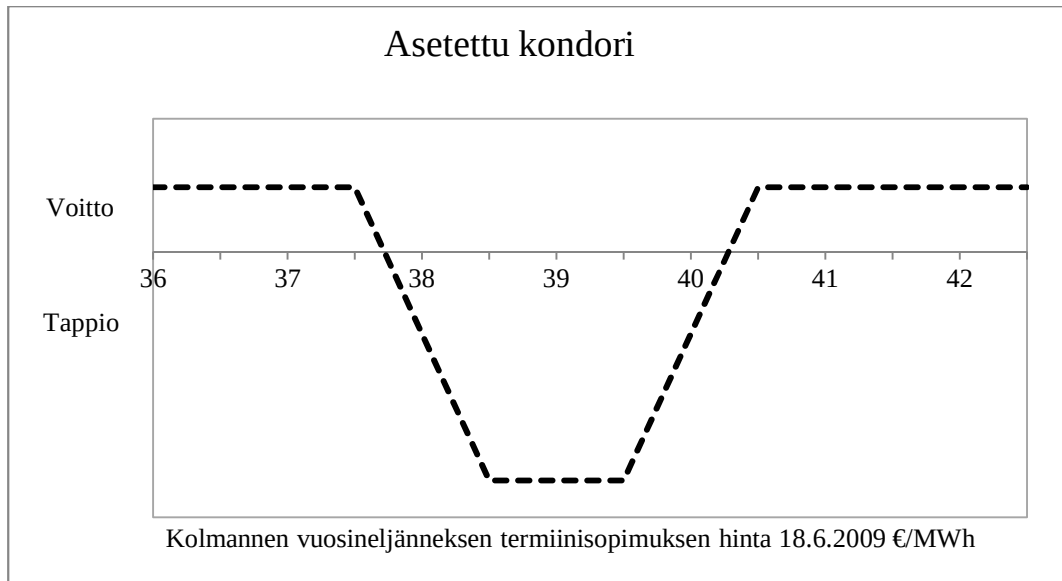


Kuvio 29. Asetettu perhonen optiostrategian tuottofunktio.

4.3.1.5 Asetettu kondori

Asetettu kondori optiostrategia on myös käyttökelpoinen optiostrategia jos sähkön termiinihinnan oletetaan laskevan tai nousevan tulevaisuudessa. Voitollinen asetettu kondori optiostrategia vaatii suuremman hinnanmuutoksen termiinisopimuksessa kuin asetettu perhonen optiostrategia. Myös asetettu kondori optiostrategiassa mahdollinen maksimivoitto on rajoitettu. Lisäksi myös asetettu kondori optiostrategia hyötyy volatiliiteetin noususta markkinoilla.

Asetettu kondori optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi asettamalla myyntioptio ENOP37Q3-09 hintaan 1,21 €/MWh, ostamalla myyntioptio ENOP38Q3-09 hintaan 1,77 €/MWh, ostamalla myyntioptio ENOP39Q3-09 hintaan 2,45€/MWh ja asettamalla myyntioptio ENOP40Q3-09 hintaan 3,23 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Asetettu kondori optiostrategia voidaan myös muodostaa asettamalla osto-optioita myyntioptioiden sijaan. Kuvio 30 esittää asetettu kondori optiostrategian tuottofunktion.



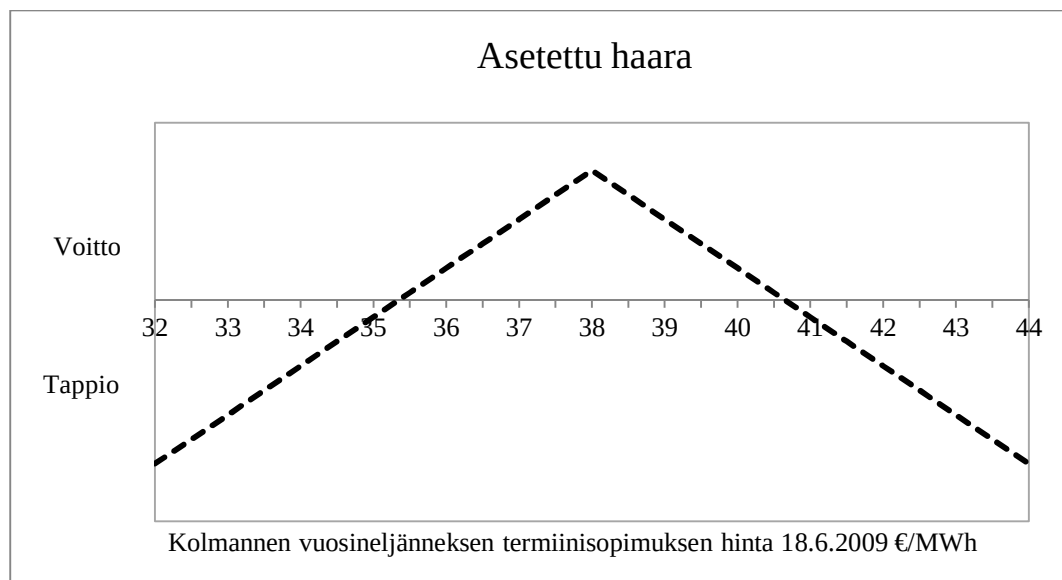
Kuvio 30. Asetettu kondori optiostrategian tuottofunktio.

4.3.2 Sähkön hintojen ei odoteta muuttuvan merkittävästi tulevaisuudessa

4.3.2.1 Asetettu haara

Asetettu haara optiostrategian avulla pystytään hyötymään, jos termiinisopimuksen hinnoissa ei tapahdu suuria muutoksia tulevaisuudessa. Lisäksi asetettu haara optiostrategia hyötyy markkinoiden laskevasta volatilitetistä.

Asetettu haara optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi asettamalla samanaikaisesti osto- ja myyntioptio, joilla on sama kohde-etuus, toteutusajankohta ja toteutushinta. Molemmat asetetut optiot ovat myös tasaoptiota eli at-the-money. Asetettu haara optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi asettamalla osto-optio ENOC38Q3-09 hintaan 0,88 €/MWh ja asettamalla myyntioptio ENOP38Q3-09 hintaan 1,77 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 31 esittää asetettu haara optiostrategian tuottofunktion.

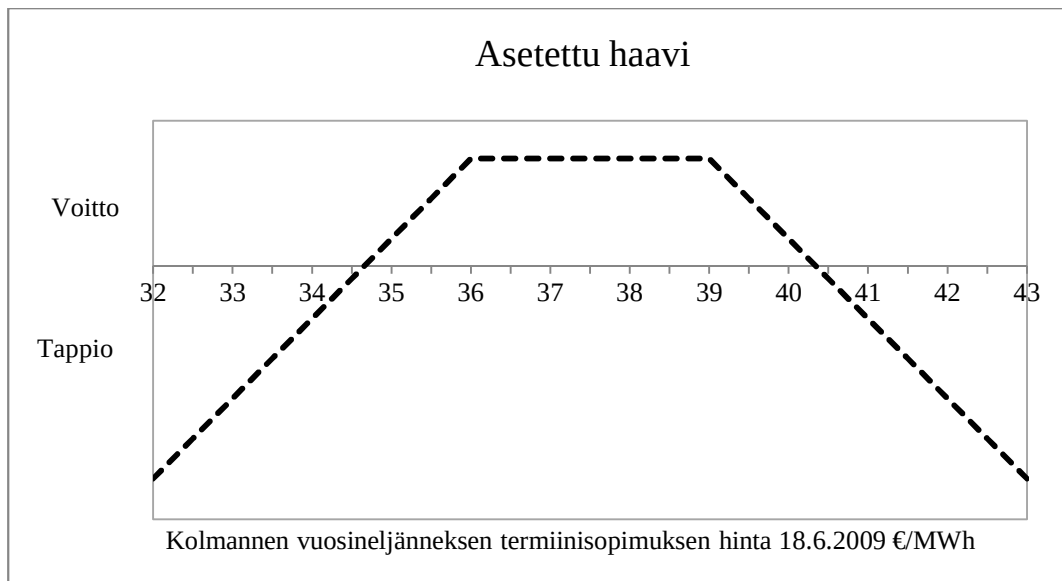


Kuvio 31. Asetettu haara optiostrategian tuottofunktio.

4.3.2.2 Asetettu haavi

Asetettu haavi optiostrategia on muuten lähes samanlainen kuin asetettu haara optiostrategia, mutta asetettu haavi optiostrategiassa asetetun myyntioption toteutushinta on pienempi kuin asetetun osto-option. Lisäksi molempien asetettujen optioiden tulisi olla miinusoptioita eli out-of-the-money. Tämän seurauksena asetettu haavi optiostrategiasta ei saada yhtä paljon preemioita kuin asetettu haara optiostrategiasta. Mutta vastaavasti voitollinen asetettu haara optiostrategia sallii suuremman muutoksen termiinisopimuksen hinnassa kuin asetettu haara optiostrategia. Lisäksi asetettu haavi hyötyy volatiteetin laskusta.

Asetettu haavi optiostrategia voidaan esimerkiksi toteuttaa asettamalla osto-optio ENOC39Q3-09 hintaan 0,57 €/MWh sekä asettamalla myyntioption ENOP36Q3-09 hintaan 0,77 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 32 esittää asetettu haavi optiostrategian tuottofunktion.

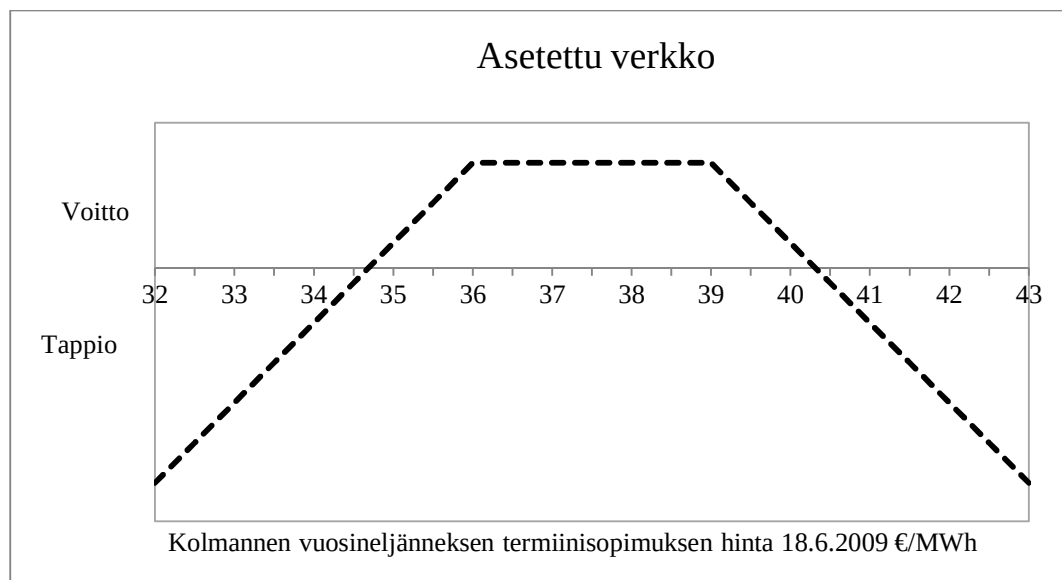


Kuvio 32. Asetettu haavi optiostrategian tuottofunktio.

4.3.2.3 Asetettu verkko

Asetettu verkko optiostrategia on lähes samanlainen kuin asetettu haavi optiostrategia. Asetettu verkko optiostrategian eroaa asetettu haavi optiostrategiasta kuitenkin sillä, että sekä asetettu osto-optio että asetettu myyntioptio ovat molemmat plussaoptioita eli in-the-money. Lisäksi asetettu verkko optiostrategiassa asetetun myyntioption toteutushinta on suurempi kuin asetetun osto-option. Tämän seurauksena asetettu verkko optiostrategiassa saadaan suuremmat preemiot kuin asetettu haara tai asetettu haavi optiostrategioista saadaan. Myös asetettu verkko optiostrategia hyötyy volatiliteetin laskusta.

Asetettu verkko optiostrategia voidaan toteuttaa esimerkiksi asettamalla osto-optio ENOC36Q3-09 hintaan 1,86 €/MWh sekä asettamalla myyntioptio ENOP39Q3-09 hintaan 2,45 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 33 esittää asetettu verkko optiostrategian tuottofunktion.

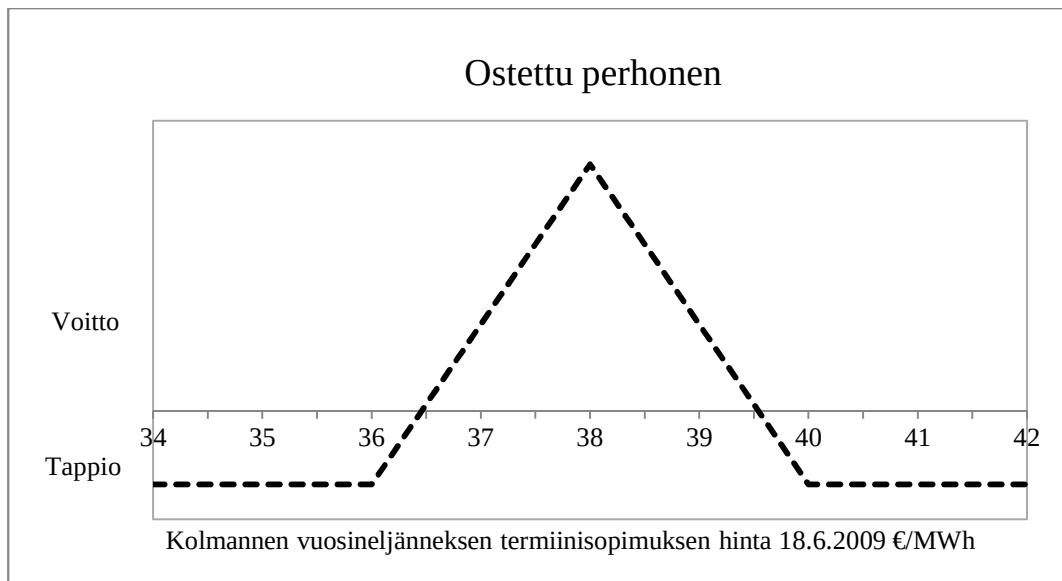


Kuvio 33. Asetettu verkko optiostrategian tuottofunktio.

4.3.2.4 Ostettu perhonen

Ostettu perhonen optiostrategia on käyttökelpoinen optiostrategia, jos sähkön termiinihintojen ei oleteta laskevan tai nousevan merkittävästi tulevaisuudessa. Ostettu perhonen optiostrategian etuna on se, että siinä mahdollinen maksimitappio on rajoitettu. Toisin kuin kolmella edellisellä strategialla. Toisaalta ostettu perhonen optiostrategiassa maksettujen preemioiden summa yleensä ylittää saatujen preemioiden summan. Lisäksi ostettu perhonen optiostrategia hyötyy volatiliiteetin laskusta.

Ostettu perhonen optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi ostamalla myyntioptio ENOP36Q3-09 hintaan 0,77 €/MWh, asettamalla kaksi myyntioptiota ENOP86Q3-09 hintaan 1,77 €/MWh ja ostamalla yksi myyntioptio ENOP40Q3-09 hintaan 3,23 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 34 esittää ostettu perhonen optiostrategian tuottofunktion.

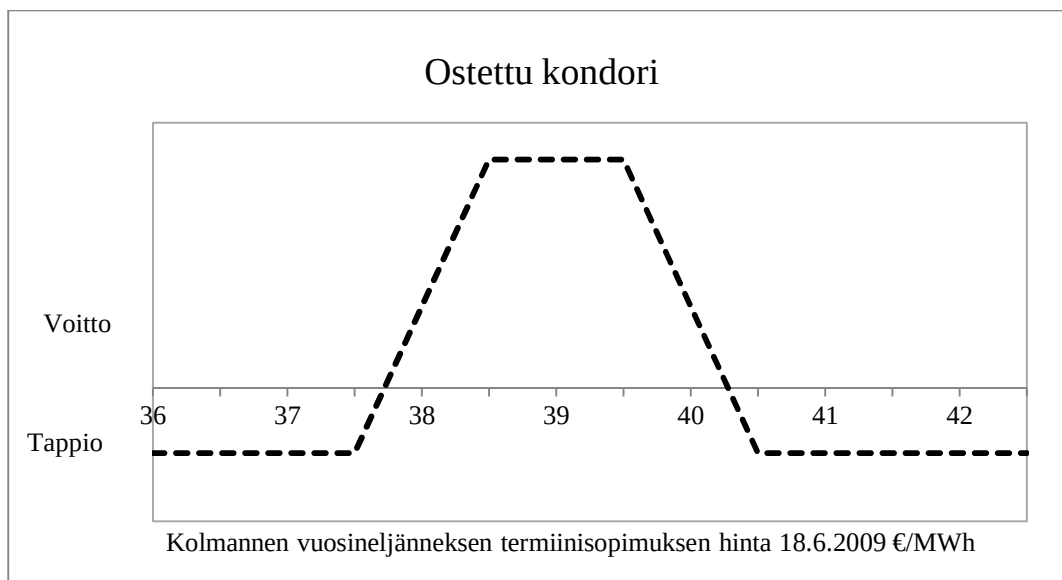


Kuvio 34. Ostettu perhonen optiostrategian tuottofunktiio.

4.3.2.5 Ostettu kondori

Ostettu kondori optiostrategia on myös käyttökelpoinen optiostrategia, jos sähkön termiinihinnan ei oleteta laskevan tai nousevan merkittävästi tulevaisuudessa. Voitollinen ostollinen kondori optiostrategia sallii suuremman hinnanmuutoksen termiinisopimuksessa kuin ostettu perhonen optiostrategia. Lisäksi ostettu kondori optiostrategia hyötyy volatiliiteetin laskusta.

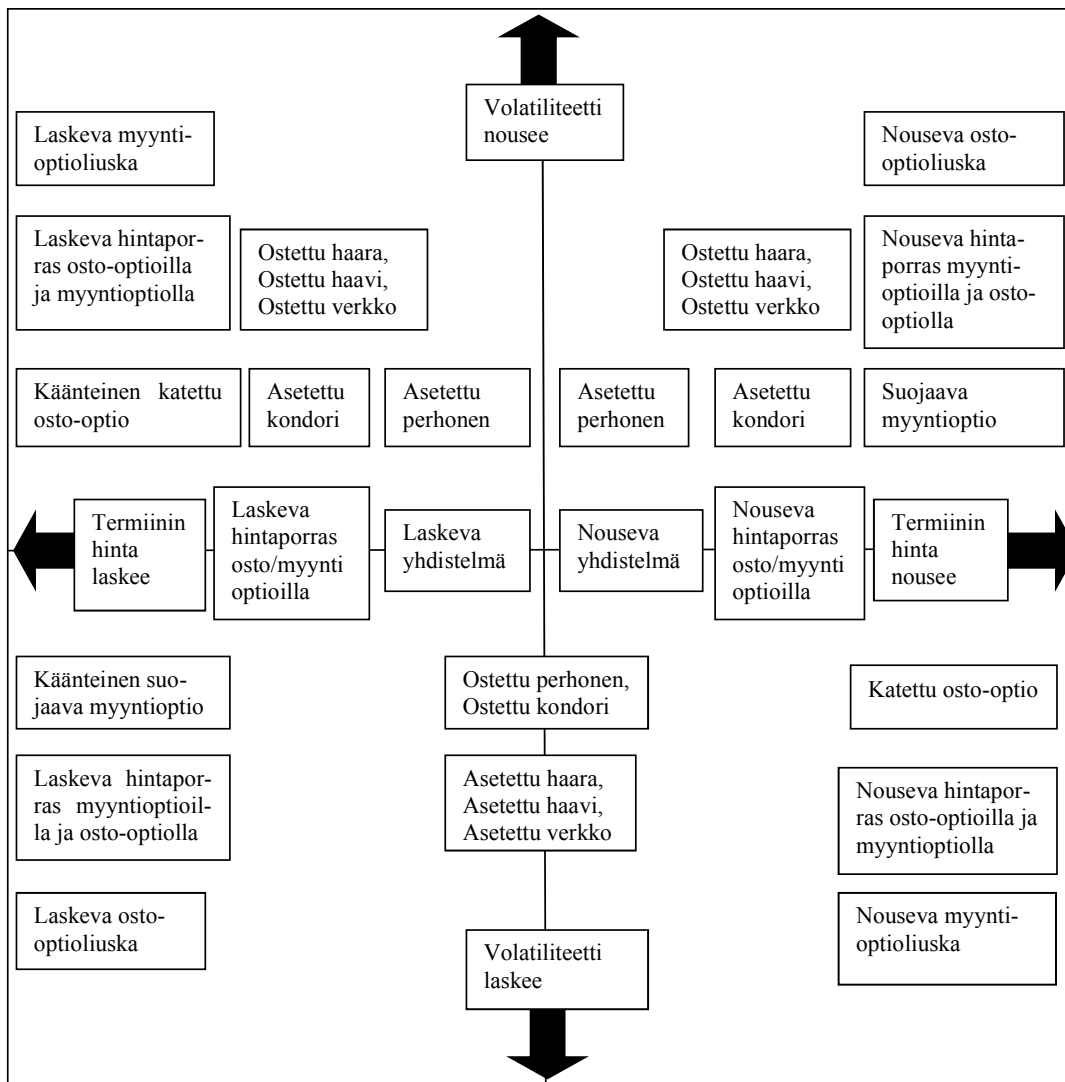
Ostettu kondori optiostrategia voidaan muodostaa esimerkiksi ostamalla myyntioptio ENOP37Q3-09 hintaan 1,21 €/MWh, asettamalla myyntioptio ENOP38Q3-09 hintaan 1,77 €/MWh, asettamalla myyntioptio ENOP39Q3-09 hintaan 2,45€/MWh ja ostamalla myyntioptio ENOP40Q3-09 hintaan 3,23 €/MWh. Hinnat ovat päivämäärän 5.6.2009 Nasdaq OMX Commodities Europe:n päätöskurssihintoja. Kuvio 35 esittää ostettu kondori optiostrategian tuottofunktiio.



Kuvio 35. Ostettu kondori optiostrategian tuottofunktio.

4.4 Optiostrategioiden nelikenttä

Kuviossa 36 on esitettyä eri optiostrategioiden soveltuvuus eri markkinatilanteihin. Vaaka-akseli kuvaa kohde-etuutena toimivan termiinisopimuksen hinnanmuutoksia. Pystyakseli kuvaa muutoksia option implisiittisessä volatilitetissa. Kuviossa esitettyjen optiostrategioiden lähtökohtana on hyödynnetty Lontoon johdannaispörssin opaskirjaa, "LIFFE options: a guide to trading strategies".



Kuvio 36. Optiostrategian nelikenttä.

5 AINEISTO

Tutkimuksen johdannaismarkkina-aineisto koostuu futuuri-, termiini- ja optio-aineistoista, sisältäen myös tick-aineiston. Johdannaismarkkina-aineisto on kerätty Nasdaq OMX Commodities Europe:n johdannaismarkkinapalvelusta. Aineisto kattaa aikasarjan 29.10.1999–1.2.2012, koostuen yhteensä noin 700 000 eri havainnosta.

Nasdaq OMX Commodities Europe:n futuurisopimukset ovat pituudeltaan päivä- ja viikkosopimuksia ja termiinisopimukset kuukausi- vuosineljännes- ja vuosisopimuksia. Nasdaq OMX Commodities Europe:n optiosopimukset ovat pituudeltaan vuosineljännes- ja vuosisopimuksia.

Tutkimuksen johdannaismarkkina-aineisto koostuu mm. päivän avaus- ja päätöshinnasta, päivän ylimmästä ja alimmasta hinnasta, päivän kaupankäyntimäärästä, avoimista positioista sekä sopimuksen voimassaoloajasta.

Johdannaismarkkina-aineisto koostuu mm. noin 5500:sta eri futuurisopimuksesta, noin 500:sta eri termiinisopimuksesta sekä noin 3200:sta eri optiosopimuksesta.

Tutkimuksessa on käytetty myös spotmarkkina-aineistoa, joka on hankittu Nordpoolin spotmarkkinapalvelusta. Spotmarkkina-aineisto kattaa aikasarjan 29.12.1997–23.11.2011. Spotmarkkina-aineisto sisältää mm. päivän yksittäisen tunnin spot-hinnan sekä päivän keskimääräisen spot-hinnan. Spotmarkkina-aineisto kattaa sekä Suomen aluehinnan että Pohjoismaiden yhteisen systeemihinnan. Lisäksi spotmarkkina-aineisto kattaa myös sekä Suomen että Pohjoismaiden alueen spotmarkkinan kaupankäyntimäärän.

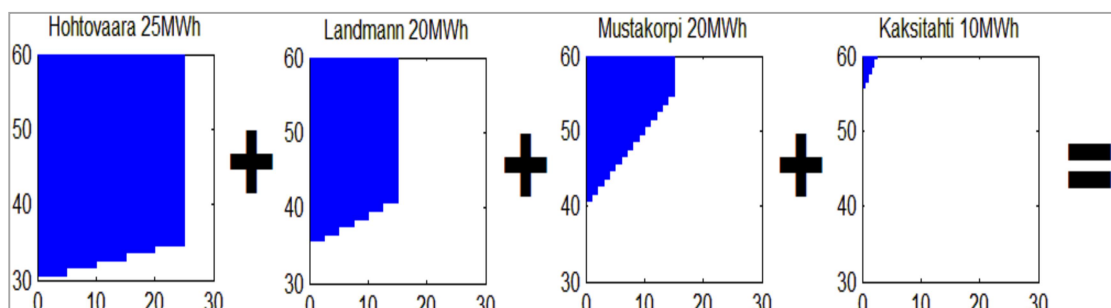
6 POHJOISMAISET SÄHKÖMARKKINAT

6.1 Hinnanmuodostus pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla

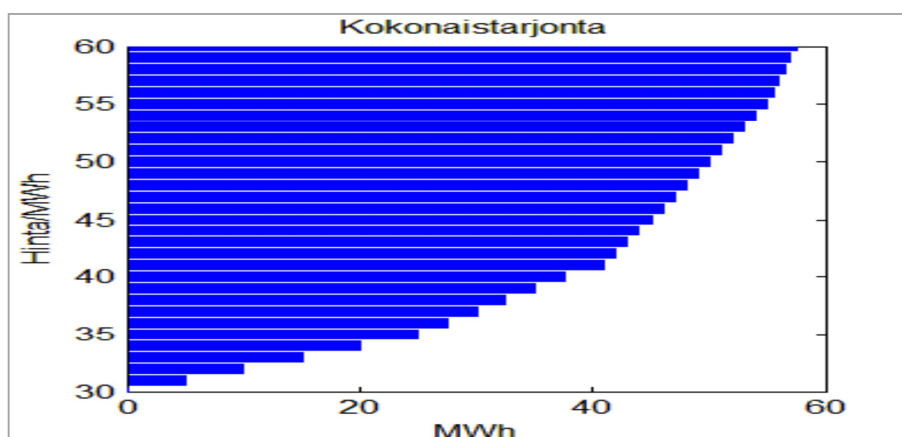
Tässä kappaleessa käsitellään tarkemmin, kuinka sähkön hinta muodostuu pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla ja lisäksi, mitkä tekijät vaikuttavat sähkön hintaan.

6.1.1 Kokonaistarjontakäyrä

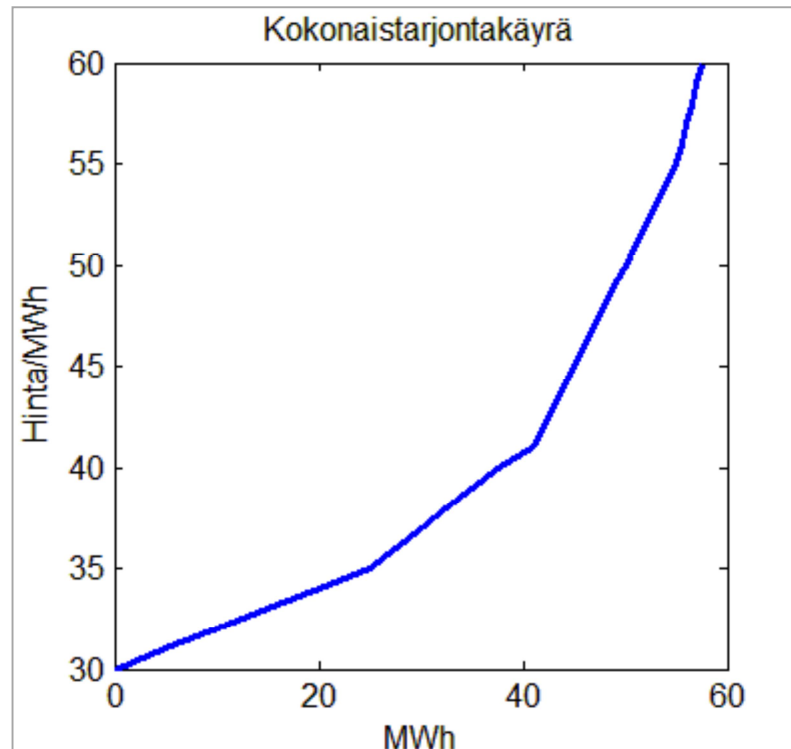
Kokonaistarjontakäyrän voidaan katsoa muodostuvan siten, että jokainen sähköntuottaja kertoo kuinka paljon he ovat valmiita myymään sähköä, millä hinnalla ja mihin aikaan vuorokaudesta. Kuviossa 37 esitetään kuvitteellinen hahmotelma eri sähköntuottajien tarjonnasta (ydinvoima, maakaasu, hiilivoima ja öljy). Kun nämä eri sähköntuottajien tarjonnat yhdistetään, saadaan kuvioiden 38 ja 39 mukaiset sähkön kokonaistarjontakäyrät.



Kuvio 37. Sähköntuottajien tarjonta.



Kuvio 38. Kokonaistarjontakäyrä.



Kuvio 39. Kokonaistarjontakäyrä.

Sähkön hinnan muodostumiseen vaikuttaa kokonaistarjontakäyrän hintajousto. Hintajoustolla mitataan määrän (Q) muutosta suhteessa hinnan (P) muutokseen. Esimerkiksi vesivoimatuotannossa hintajousto on suurta, mikä tarkoittaa sitä, että sähköntuotannon/tarjonnan lisääminen vesivoimalla ei aiheuta suurta nousua sähkönhinnassa. Kaava 1 kuvaa vesivoiman hintajoustoa

$$(1) \quad \frac{25 \text{ MWh} - 0 \text{ MWh}}{35 \text{ €} - 30 \text{ €}} = 5 \text{ MWh/€}$$

Yllä olevassa esimerkissä sähköntuotannon/tarjonnan oletetaan kasvavan vesivoimatuotannon avulla 0 MWh:sta 25 MWh:iin ja vastaavasti sähkön hinnan nousevan 35 €:oon 30 €:sta. Tällöin hintajoustoksi saadaan 5 MWh/€. Vastaavasti hiilivoimassa hintajousto on pienempää kuin vesivoimassa, mikä näkyy siten, että sähköntuotannon/tarjonnan kasvattaminen hiilivoimalla nostaa suhteellisesti sähkön hintaa enemmän. Tämä johtuu mm. hiilivoimatuotannon suuremmista rajakustannuksista. Kaava 2 kuvaa hiilivoimatuotannon hintajoustoa

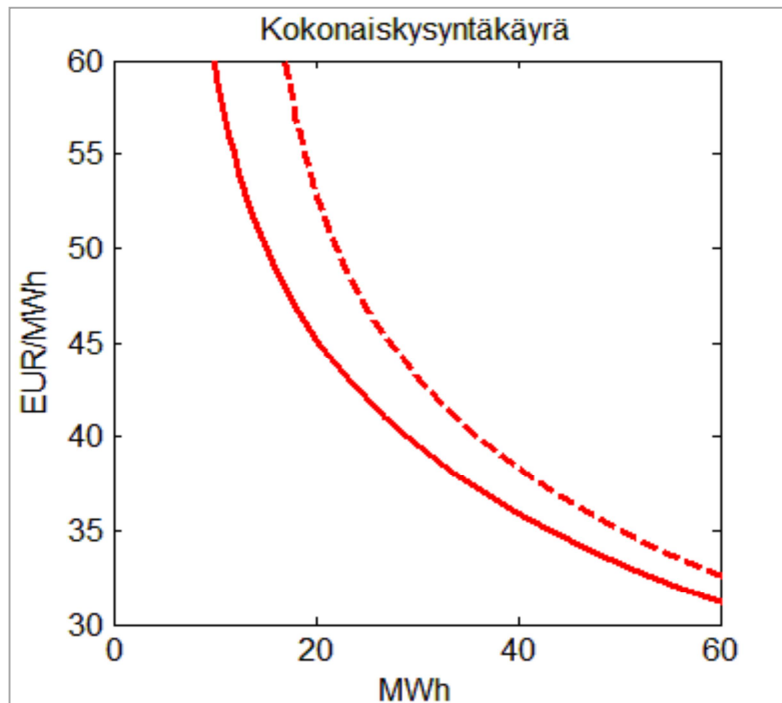
$$(2) \quad \frac{55 \text{ MWh} - 40 \text{ MWh}}{55 \text{ €} - 40 \text{ €}} = 1 \text{ MWh/€}$$

Yllä olevassa esimerkissä sähköntuotannon oletetaan kasvavan hiilivoimatuotannon avulla 40 MWh:sta 55 MWh:iin, mikä nostaa sähkön hinnan 40 €:sta 55 €:oon. Tällöin hintajoustoksi saadaan 1 MWh/€.

Tiivistettynä voidaan siis sanoa, että jos hintajousto on suurta, sähköntuotannon/tarjonnan kasvattaminen ei nosta sähkön hintaa merkittävästi. Vastaavasti jos hintajousto on pieni, sähköntuotannon/tarjonnan kasvattaminen nostaa sähkön hintaa edellistä esimerkkiä enemmän.

6.1.2 Kokonaiskysyntäkäyrä

Kokonaiskysyntäkäyrän voidaan katsoa muodostuvan siten, että jokainen sähkönostaja kertoo kuinka paljon he ovat valmiita ostamaan sähköä, mihin hintaan ja mihin aikaan vuorokaudesta. Kokonaiskysyntäkäyrä voi olla esimerkiksi kuvion 40 mukainen.



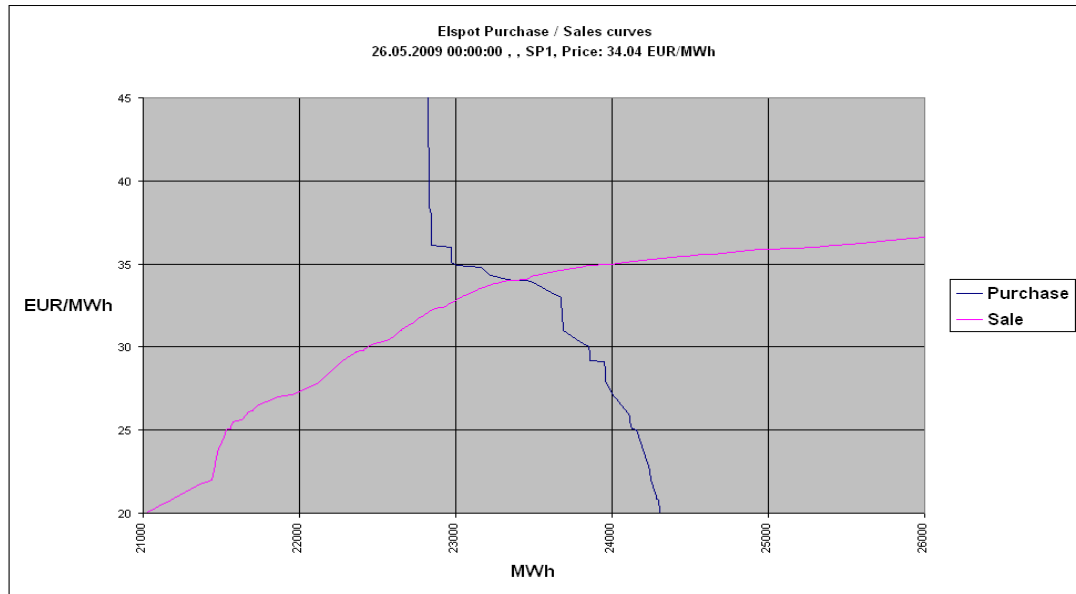
Kuvio 40. Kokonaiskysyntäkäyrä.

Kokonaiskysyntä muodostuu kahdesta osasta, peruskysynnästä ja muuttuvasta kysynnästä. Esimerkiksi perustarpeiden kasvaessa kokonaiskysyntäkäyrä siirtyy oikealla (katkoviiva).

6.1.3 Systeemihinta

Keskipäivän jälkeen NordPool Spot yhdistää kaikki seuraavan päivän myynti- sekä ostotoimeksiannot Pohjoismaiden alueelta kahdeksi käyräksi jokaiselle jake-

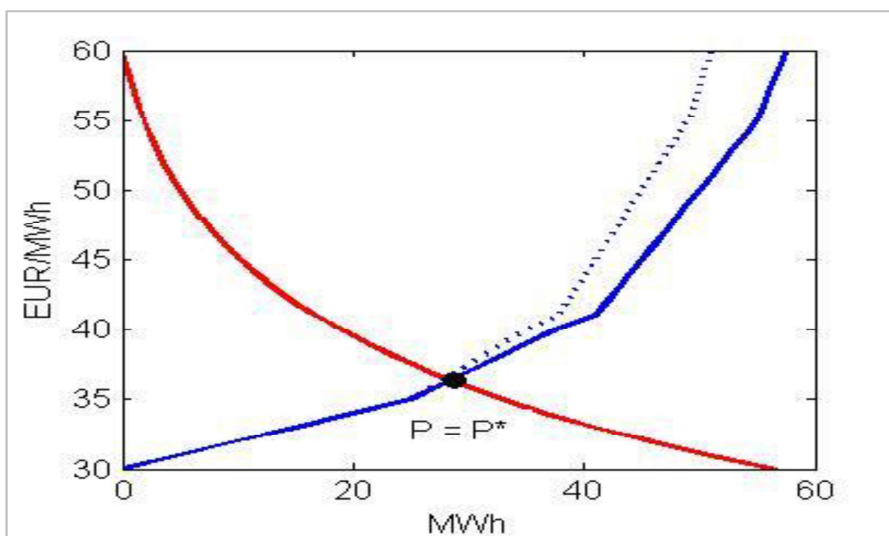
lutunnille; kokonaiskysyntäkäyräksi sekä kokonaistarjontakäyräksi. Kokonaiskysyntäkäyrä kuvaa siis sähkön ostajien rajahyötyjä ja kokonaistarjontakäyrä kuvaa vastaavasti sähkön myyjien rajakustannuksia. Seuraavan päivän jokaisen yksittäisen tunnin systeemihinta määräytyy näiden kahden käyrän leikkauspisteestä. (Nord Pool AS:n kotisivut.) Kuviossa 41 on esitetty sähkön systeemihinnan muodostuminen Nordpoolissa. Violetti käyrä esittää sähkön kokonaistarjontakäyrää ja sininen käyrä vastaavasti kokonaiskysyntäkäyrää.



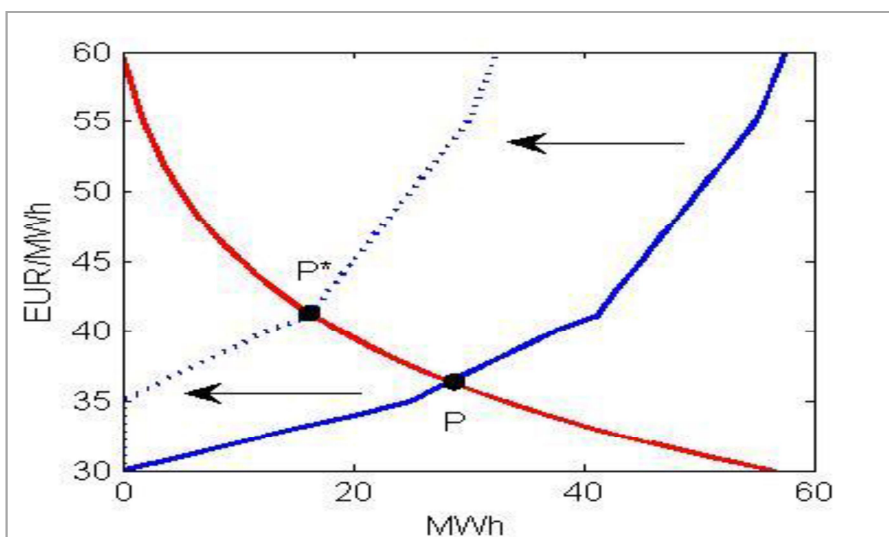
Kuvio 41. Systeemihinta (Nord Pool AS:n kotisivut).

6.1.4 Systeemihinnan muutokset

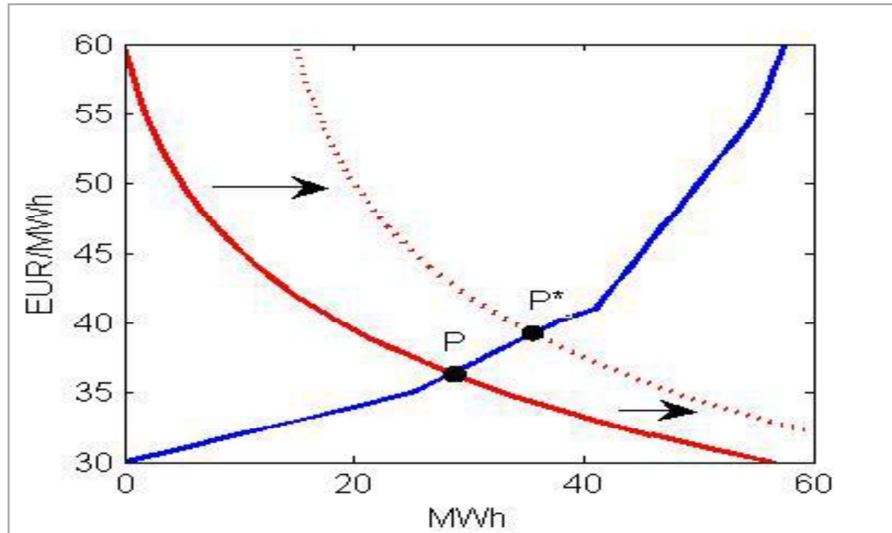
Muutokset systeemihinnassa voidaan luokitella aiheutuvan neljästä eri syystä. Ensimmäisessä esimerkissä tuotantokustannukset kasvavat, mikä aiheuttaa muutoksen kokonaistarjontakäyrässä (kuvio 42). Toisessa esimerkissä tuotantotaso laskee (kuvio 43). Kolmannessa esimerkissä sähkönostajien kysynnän taso kasvaa (kuvio 44). Neljännessä esimerkissä sähkönostajien rajahyöty kasvaa (kuvio 45).



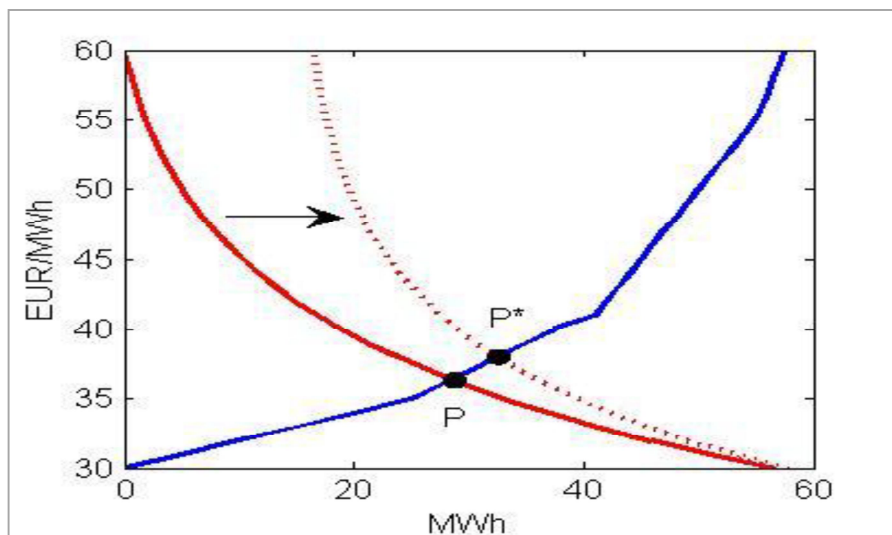
Kuvio 42. Tuotantokustannusten kasvu.



Kuvio 43. Tuotantotason lasku.

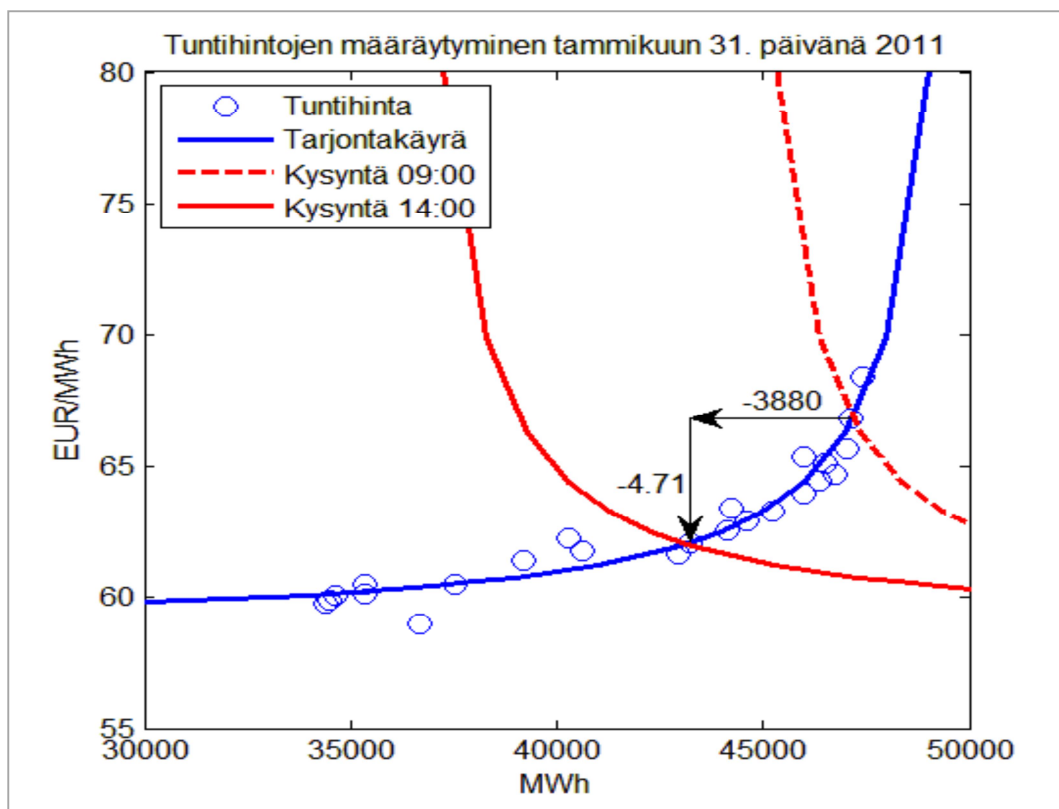


Kuvio 44. Sähkön kysynnän kasvu.



Kuvio 45. Sähkön ostajien rajahyödyn kasvu.

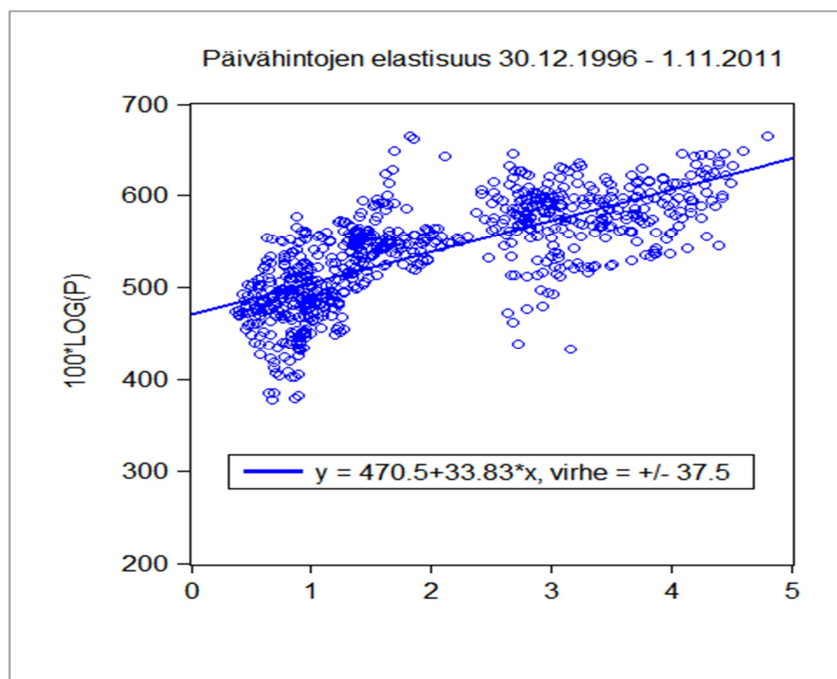
Kuviosta 46 nähdään, mikä tekijä selittää suurimmalta osin sen, että miksi päivänsisäiset tuntihinnat vaihtelevat niin paljon. Kuviosta käy selväksi, että havaitut tuntihinnat (ympyrät) asettuvat tarjontakäyrälle. Tästä syystä hinnanmuutokset johtuvat ensisijaisesti muutoksista kysyntäkäyrässä. Matalalla tuotannolla (< 40 000 MWh) hintajousto on suurta. Tämä tarkoittaa sitä, että sähköntuotantoa voidaan kasvattaa suhteellisen paljon ilman, että hinta nousisi merkittävästi eli tarjonta joustaa suhteessa hintaan. Vastaavasti suurilla tuotantotasolla (> 47 500 MWh) hintajousto on pieni. Tarkoittaen sitä, että lisätuotannon marginaalihinta on suurta eli tarjonta on jäykkää suhteessa hintaan.



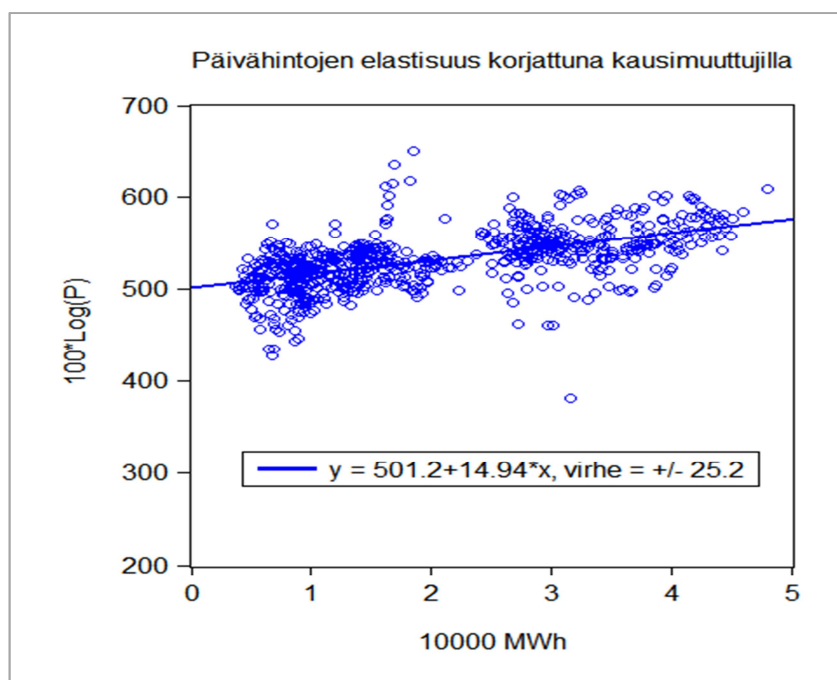
Kuvio 46. Sähkön hinnan muutokset.

Tekijät, jotka aiheuttavat suuria muutoksia sähkön hinnassa voidaan karkeasti jakaa kahteen luokkaan. Nämä ovat joustamaton kysyntä alaregiimissä (korkealla tarvehierarkiassa, ei korvattavissa tuotannontekijänä ja ei varastoitavissa) ja joustamaton tarjonta yläregiimissä (tuotannon suuret rajakustannukset, kapasiteettirajoitteet ja responssirajoitteet kysyntähuipuissa).

Kuviossa 47 on esitettyä, kuinka esimerkiksi 10 000 MWh:n muutos volyymissä muuttaa päivähintaa noin 34 %. Selittämätön hintatason poikkeama on +/- 37,5 %. Havaittu hintataso liittyy siis kysyntäkäyrän liikkeeseen oikealla ja vasemmalle sekä muista muuttujista. Nämä muut muuttujat ovat vahvasti kausiluonteisia: vuosi- ja kvartaalikeskiarvot yhdessä kysyntävaihtelujen kanssa selittävät yli kolme hintaa neljästä (ks kuvio 48). Kausimuuttujat vähentävät laskettua hintajoustoa, koska matalat/korkeat hinta-volyymi – yhdistelmät eivät liitykään suoraan kysynnän vaihteluun vaan kausittaisuuteen.



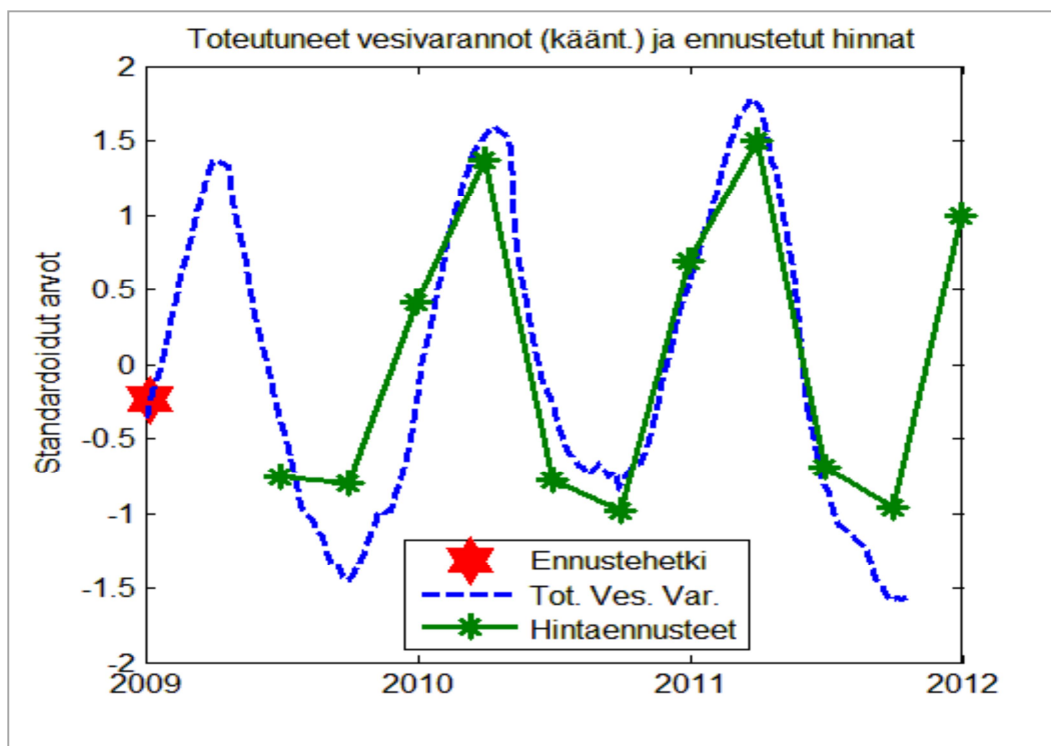
Kuvio 47. Päivähintojen elastisuus.



Kuvio 48. Päivähintojen elastisuus kausimuuttujilla korjattuna.

Hintojen kausittaisuus taas liittyy vahvasti tuotannon ja kysynnän tason kausittaiseen vaihteluun. Volyymien kausittainen vaihtelu on jokseenkin ennustettavissa ja markkinat odottavatkin hintojen muuttuvan kausittain. Kuviosta 49 nähdään, että

vesivarantojen suhteellinen vähyys ja sähkön ennustetut kausikeskiarvot korreloivat voimakkaasti.

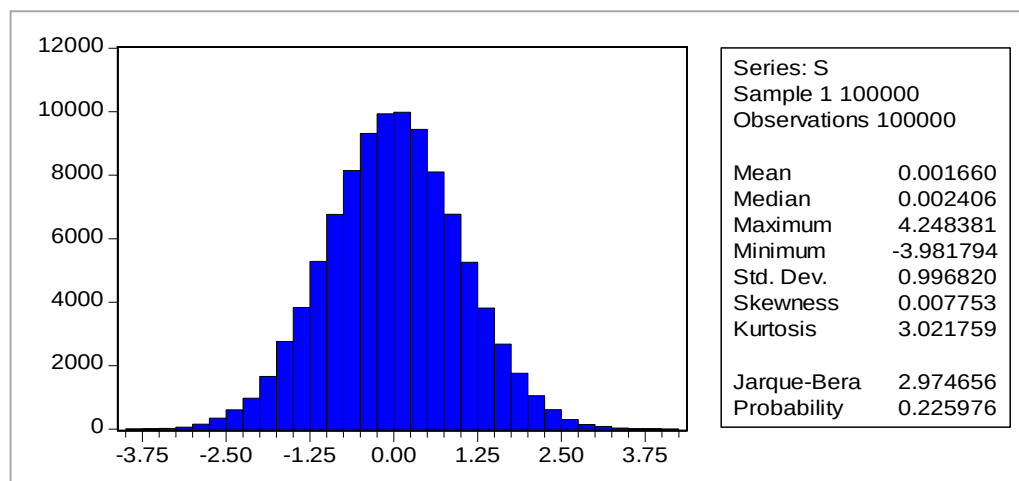


Kuvio 49. Vesivarannot ja hintaennusteet.

Markkinahinnoilla on tapana hypähtää keskitalvella kuormitushuippujen aikaan ja notkahtaa keväällä tulvahuippujen aikaan. Matala kysynnän ja tarjonnan hintajousto kuormituksen ääriarjoilla vahvistaa hintareaktioita.

6.2 Johdannaisstrategiat pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla

Kehittämällä parempia suojausmenetelmiä ja – strategioita energiayhtiöt pystyvät parantamaan riskienhallintaansa entisestään. Sähköyritysten riski koostuu pääasiassa kahdesta tekijästä: hintariskistä ja määräriskistä. Paremman riskienhallinnan avulla pyritään erityisesti tasoittamaan kassavirtojen suuret vaihtelut. Jos kuvitellaan esimerkki tilanne, jossa energiayhtiön tulevaisuuden kassavirtojen oletetaan olevan normaalijakautuneen kuvion 50 mukaisesti, paremmalla hinta- ja määräriskin hallinnalla pyritään erityisesti pienentämään huonojen tilanteiden todennäköisyyksiä (vasen ”häntä”).



Kuvio 50. Normaalijakauma.

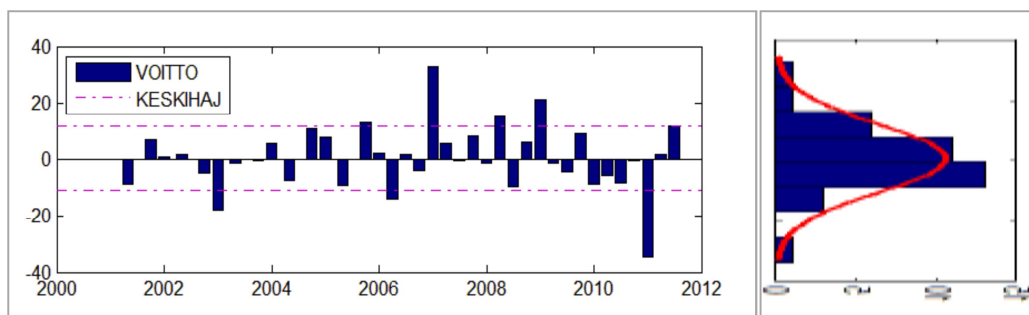
Energiayhtiö voi suojautua hinta- ja määräriskiltä esimerkiksi terminoimalla myyntinsä eli sopimalla toimitushinnat, -määrät ja -ajankohdan etukäteen. Hintahypähdysten ja -notkahdusten haitallisuus energiayhtiön kassavirtaan riippuu terminoinnin määrästä, tehokkuudesta ja ehdollisuudesta (optiot).

Taulukossa 3 on esitetty tiivistettynä minkälaisia vaikutuksia sähkön hinnanvaihtelulla voi olla energiayhtiöille, joilla on erilainen riskienhallinta.

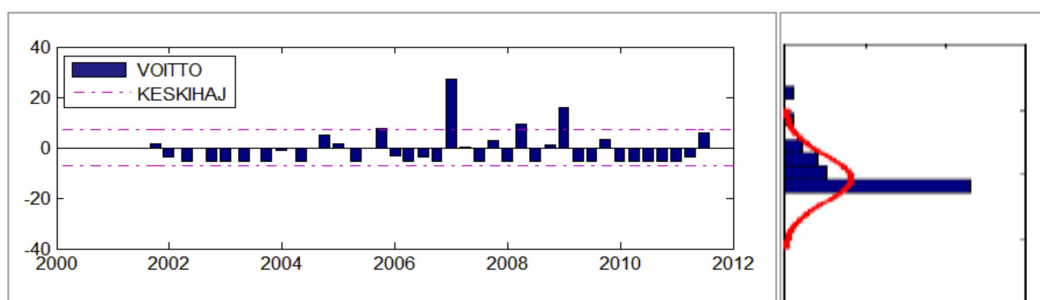
Kuviossa 51 on esitettyä aikasarja siitä kuinka voitollista/tappiollista termiini-suojaus on ollut. Lisäksi kuviossa 51 on esitettyä tämän aikasarjan tuottojakauma. Kuviossa 52 esitettyä vastaava aikasarja ja tuottojakauma, mutta tässä tapauksessa suojaus on tehty myyntioptioilla.

Taulukko 3. Suojausmenetelmät

Markkinahinta	Määrä	Tehokkuus	Ehdollisuus
Nousee	Mikäli yhtiö ei terminoi vaan myy tuotantonsa reaaliajassa, hinnannousut koituvat voitoksi.	Mikäli yhtiö terminoi tuotantonsa vallitsevan hintaennusteen tasolle, niin ennustevirheiden määrä, suunta ja suuruus tulevat vaikuttamaan kassavirtaan. Liian matalat ja epätarkat termiinihinnat vähentävät suojauksesta saatavaa hyötyä.	Yhtiö voi muuttaa terminoinnin ehdolliseksi optioiden avulla. Tällöin yhtiö voi suojauksen raukeamispäivänä päättää, toimittaako se sähkön termiini- vai markkinahintaan. Ehdollisuus maksaa option hinnan verran, joka taas riippuu termiinihinnan ennustevirheestä.
Laskee	Mikäli yhtiö terminoi ajoissa tuotantonsa, se pystyy myymään markkinoille ”ylihin-taista” sähköä.		



Kuvio 51. Suojaus termiinisopimuksilla.



Kuvio 52. Suojaus myyntioptioilla.

Vertailemalla aikasarjoja kuvioista 51 ja 52 nähdään selvästi, että voittojen hajonta on pienempää kuviossa 52. Lisäksi käyttämällä myyntioptioita suojauksessa vältetään suurimmilta tappioilta. Toisaalta kuvioista 52 käy myös selväksi, että suojaus myyntioptioilla on termiinisuojausta useammin tappiollista.

Esimerkiksi katettu osto-optiostrategia on ollut historiallisesti menestyksekkäs johdannaisstrategia osakemarkkinoilla. Katetun osto-optiostrategian avulla on pystytty pienentämään tuottojen keskihajontaa ilman, että keskimääräinen tuotto olisi laskenut.

Taulukossa 4 on esitettyä katetun osto-optiostrategian historiallinen menestymisen kansainvälisillä osakemarkkinoilla.

Taulukko 4. Katettu osto-optiostrategia eri osakemarkkinoilla.

Osakeindeksi	Keskimääräinen vuotuinen tuotto	Tuottojen keski- hajonta
S&P 500*	9,15 %	14,85 %
S&P 500 Katettu osto-optio*	9,37 %	10,43 %
DAX**	13,76 %	27,71 %
DAX Katettu osto-optio**	15,46 %	25,39 %
ASX 200***	9,59 %	12,30 %
ASX 200 Katettu osto- optio***	11,83 %	11,56 %

* USA:n pörssi vuosilta 1988 – 2009 (CBOE 2009), ** Saksan pörssi vuosilta 1992 – 2006 (Deutsche Börse 2006), *** Australian pörssi vuosilta 1987 – 2002 (Australian Securities Exchange 2004).

Taulukosta 4 nähdään selvästi, että katettu osto-optiostrategia on menestynyt kansainvälisillä osakemarkkinoilla suhteellisesti paremmin kuin pelkkä indeksisijoittaminen. Myös useat akateemiset tutkimuksetkin päätyvät samanlaisiin tuloksiin (Whaley 2002; Feldman & Roy 2005; Hill, Balasubramanian, Gregory & Tierens 2006; Kapadia & Szado 2007).

Seuraavissa kappaleissa esitellään empiirisen analyysin tulokset siitä kuinka erilaiset johdannaisstrategiat ovat toimineet pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Empiirinen analyysi alkaa 21.4.2005 ja päättyy 15.9.2010. Empiirisessä analyysissä on käytetty vuosineljännessopimuksia joiden päätöshinnoista on laskettu päivätuotot, yhteensä 1381 päivätuottoa.

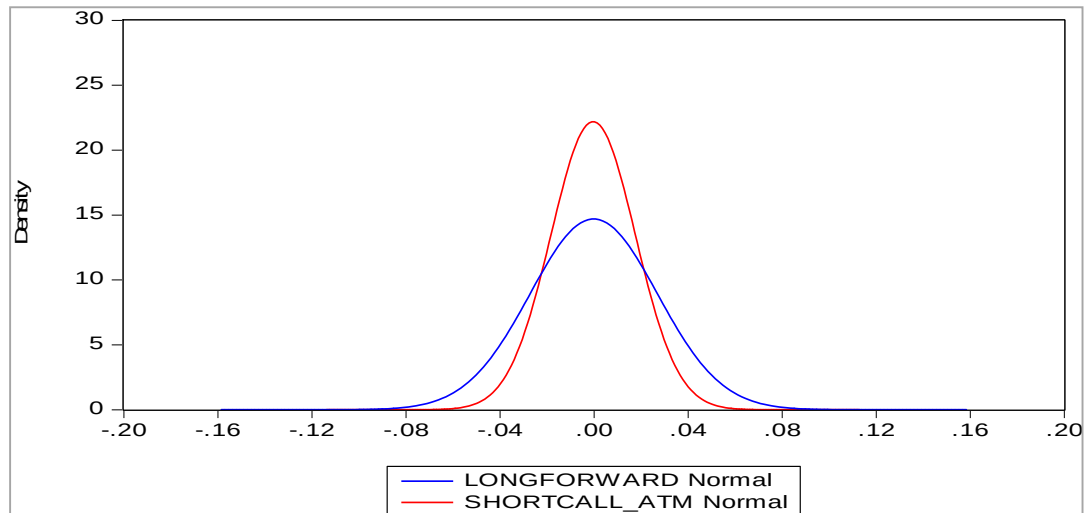
6.2.1 Katettu osto-optiostrategia sähkömarkkinoilla

Katettu osto-optiostrategia sähkömarkkinoilla muodostetaan ostamalla termiinisopimus sekä asettamalla samanaikaisesti osto-optio kyseiselle termiinille. Strategian tuottofunktio on nähtävissä kappaleessa 4.1.1. Strategian päivätuottojen kuvaileva statistiikka on nähtävissä taulukossa 5. Taulukossa miinusmerkki viittaa miinusoopioon, nolla viittaa tasaopioon ja plusmerkki viittaa plusopioon.

Taulukko 5. Katettu osto-optiostrategia, kuvaileva statistiikka.

	Ostettu termiini	Katettu osto-optiostrategia				
		+ 10 %	+ 5 %	0 %	– 5%	– 10 %
Keskiarvo	-0.00010	-0.00039	-0.00037	-0.00035	-0.00028	-0.00018
Mediaani	0.00000	0.00000	0.00000	0.00019	0.00026	0.00035
Maksimi	0.136	0.111	0.105	0.092	0.087	0.096
Minimi	-0.145	-0.107	-0.103	-0.104	-0.104	-0.106
Keskihajonta	0.027	0.016	0.017	0.018	0.019	0.020
Vinous	-0.027	-0.327	-0.337	-0.345	-0.304	-0.255
Huipukkuus	5.318	13.561	11.307	9.298	8.036	7.291
Keskiarvo (annualisoitu)	-0.024	-0.098	-0.092	-0.088	-0.070	-0.046
Keskihajonta (annualisoitu)	0.431	0.255	0.269	0.285	0.303	0.318

Tuloksista nähdään, että sähkömarkkinoilla katetun osto-optiostrategian keskimääräinen päivätuotto on ollut huonompi kuin pelkän ostetun termiinin. Toisaalta päivätuottojen keskihajonta on ollut pienempää katetulla osto-optiostrategialla kuin pelkällä ostetulla termiinillä. Kuviossa 53 on esitetty tuottojakaumat ostetusta termiinistä (sininen) ja katetusta osto-optiostrategiasta tasaoptioilla (punainen). Kuvioista 53 käy myös ilmi, että päivätuottojen hajonta on ollut pienempää katetussa osto-optiostrategiassa. Strategioiden paremmuus riippuu siis siitä kumpaa arvostetaan enemmän, parempaa keskimääräistä tuottoa vai pienempää keskihajontaa.



Kuvio 53. Tuottojakauma, katettu osto-optiostrategia.

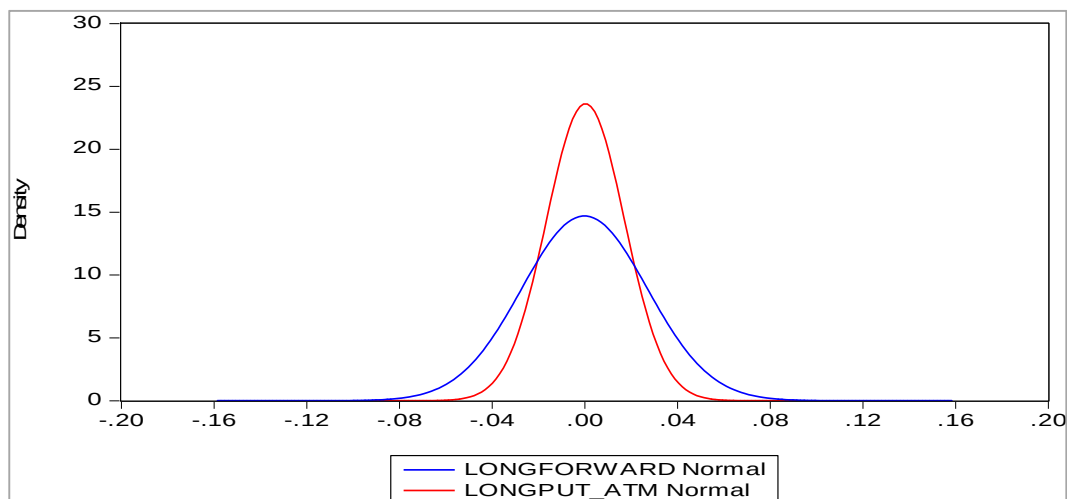
6.2.2 Suojaava myyntioptiostrategia johdannaismarkkinoilla

Suojaava myyntioptiostrategia sähkömarkkinoilla muodostetaan ostamalla termiinisopimus ja ostamalla myyntioptio samanaikaisesti samaiselle termiinisopimukselle. Strategian tuottofunktio on nähtävissä kappaleessa 4.1.2. Strategian päivätuottojen kuvaileva statistiikka on nähtävissä taulukossa 6. Taulukossa miinusmerkki viittaa miinusoption, nolla viittaa tasaoptioon ja plusmerkki viittaa plusoptioon.

Taulukon 6 tuloksista nähdään, että suojaava myyntioptiostrategia on toiminut paremmin kuin katettu osto-optiostrategia pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Suojaavan myyntioptiostrategian avulla on pystytty parantamaan keskimääräistä tuottoa sekä pienentämään tuottojen keskihajontaa. Kuviossa 54 on esitetty tuottojakaumat ostetusta termiinistä (sininen) sekä suojaavasta myyntioptiostrategiasta tasaoptioilla (punainen).

Taulukko 6. Suojaava myyntioptiostrategia, kuvaileva tilastitikka.

	Ostettu termiini	Suojaava myyntioptiostrategia				
		+ 10 %	+ 5 %	0 %	− 5 %	− 10 %
Keskiarvo	-0.00010	0.00013	0.00025	0.00032	0.00034	0.00036
Mediaani	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Maksimi	0.136	0.105	0.107	0.107	0.107	0.107
Minimi	-0.145	-0.137	-0.141	-0.143	-0.144	-0.145
Keskihajonta	0.027	0.015	0.016	0.017	0.018	0.020
Vinous	-0.027	-0.033	0.013	0.067	0.122	0.156
Huipukkuus	5.318	16.840	14.567	11.780	9.700	8.286
Keskiarvo (annualisoitu)	-0.024	0.034	0.062	0.079	0.085	0.091
Keskihajonta (annualisoitu)	0.431	0.230	0.247	0.268	0.291	0.314

**Kuvio 54.** Tuottojakauma, suojaava myyntioptiostrategia.

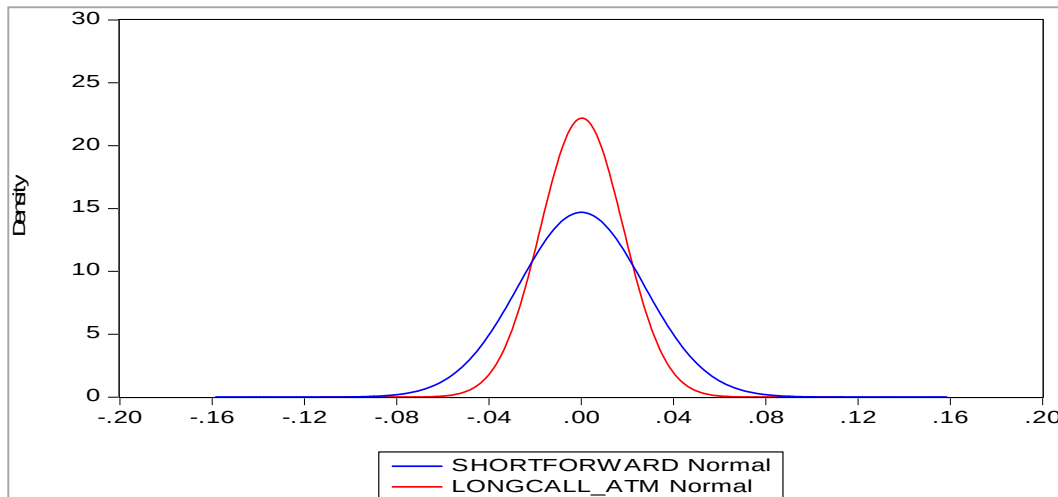
6.2.3 Käänteinen katettu osto-optiostrategia

Käänteinen katettu osto-optiostrategia sähkömarkkinoilla muodostetaan myymälä termiini sekä ostamalla samanaikaisesti osto-optio samaiselle termiinisopimukselle. Strategian tuottofunktio on nähtävissä kappaleessa 4.2.1. Strategian päivätuottojen kuvaileva statistiikka on nähtävissä taulukossa 7. Taulukossa miinusmerkki viittaa miinusoption, nolla viittaa tasaoption ja plusmerkki viittaa plusoption.

Taulukon 7 tuloksista nähdään, että verrattuna pelkkään myytyyn termiiniin, käänteisen katetun osto-optiostrategian avulla on saavutettu parempi keskimääräinen tuotto sekä pienempi tuottojen keskihajonta. Kuviossa 55 on lisäksi esitetty tuottojakaumat myydystä termiinisopimuksesta (sininen) että käänteisestä katetusta osto-optiostrategiasta tasaoptioilla (punainen).

Taulukko 7. Käänteinen katettu osto-optiostrategia, kuvaileva statistiikka.

Käänteinen katettu osto-optiostrategia						
	Myyty termiini	+ 10 %	+ 5 %	0 %	– 5 %	– 10 %
Keskiarvo	0.00010	0.00039	0.00037	0.00035	0.00028	0.00018
Mediaani	0.000000	0.00000	0.00000	-0.00019	-0.00026	-0.00035
Maksimi	0.145	0.107	0.103	0.104	0.104	0.106
Minimi	-0.136	-0.111	-0.105	-0.092	-0.087	-0.096
Keskihajonta	0.027	0.016	0.017	0.018	0.019	0.020
Vinous	0.027	0.327	0.336	0.345	0.304	0.255
Huipukkuus	5.318	13.561	11.307	9.298	8.036	7.291
Keskiarvo (annualisoitu)	0.024	0.098	0.092	0.088	0.070	0.046
Keskihajonta (annualisoitu)	0.431	0.255	0.269	0.285	0.303	0.318



Kuvio 55. Tuottojakauma, käänteinen katettu osto-optiostrategia.

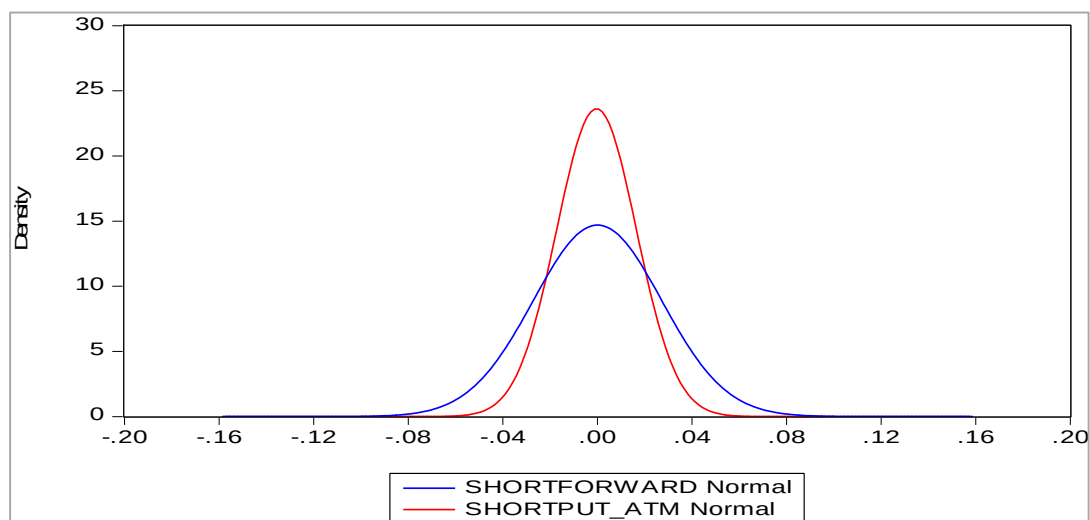
6.2.4 Käänteinen suojaava myyntioptiostrategia

Käänteinen suojaava myyntioptiostrategia sähkömarkkinoilla muodostetaan myymällä termiinisopimus sekä asettamalla myyntioptio samanaikaisesti samaiselle termiinisopimukselle. Strategian tuottofunktio on esitettyinä kappaleessa 4.2.2. Strategian päivätuottojen kuvaileva statistiikka on nähtävissä taulukossa 8. Taulukossa miinusmerkki viittaa miinusoption, nolla viittaa tasaoption ja plusmerkki viittaa plusoption.

Taulukon 8 tuloksista nähdään, että verrattuna pelkkään myytyyn termiinisopimukseen, keskimääräinen tuotto käänteisestä suojaavasta myyntioptiostrategiasta on ollut heikompi. Tuottojen keskihajontaa on kuitenkin pystytty pienentämään käänteisen suojaavan myyntioptiostrategian avulla. Kuviossa 56 on lisäksi esitetty tuottojakaumat myydystä termiinisopimuksesta (sininen) että käänteisestä suojaavasta myyntioptiostrategiasta tasaoptioilla (punainen).

Taulukko 8. Käänteinen suojaava myyntioptiostrategia, kuvaileva tilastitikka.

		Käänteinen suojaava myyntioptiostrategia				
	Myyty termiini	+ 10 %	+ 5 %	0 %	– 5 %	– 10 %
Keskiarvo	0.00010	-0.00013	-0.00025	-0.00032	-0.00034	-0.00036
Mediaani	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Maksimi	0.145	0.137	0.141	0.143	0.144	0.145
Minimi	-0.136	-0.105	-0.107	-0.107	-0.107	-0.107
Keskihajonta	0.027	0.015	0.016	0.017	0.018	0.020
Vinous	0.027	0.033	-0.013	-0.067	-0.122	-0.156
Huipukkuus	5.318	16.840	14.567	11.780	9.697	8.290
Keskiarvo (annualisoitu)	0.024	-0.034	-0.062	-0.079	-0.085	-0.091
Keskihajonta (annualisoitu)	0.431	0.230	0.247	0.268	0.291	0.314

**Kuvio 56.** Tuottojakauma, käänteinen suojaava myyntioptiostrategia.

7 SUOJAUSMENETELMIEN SUUNNITTELU

7.1 Myyntiyhtiön toimintaympäristö

Myyntiyhtiön toimintaympäristössä on oletettu, että myyntiyhtiö joko tuottaa itse myymänsä sähkön tai ostaa sen markkinoilta termiinisopimuksilla. Eri myyntiyhtiöiden tuottofunktiot voidaan määritellä esimerkiksi kolmella seuraavalla tavalla:

Myyntiyhtiö 1:	$\pi = PQ - c(q) - P(Q - q)$
Myyntiyhtiö 2:	$\pi = PQ - pq - P(Q - q)$
Myyntiyhtiö 3:	$\pi = pQ - pq - P(Q - q)$

P = Tuleva tukkuhinta (satunnainen)	p = Nykyinen termiinihint
Q = Tuleva myyntimäärä (satunnainen)	q = Nykyinen myyntiennuste
$c(\cdot)$ = Kustannusfunktio	π = Voitto (satunnainen)

Tuottofunktiossa ensimmäinen termi kuvaa myyntituloa, toinen tuotanto/hankintakustannuksia ja kolmas myyntipoikkeaman myöhempää tasausta tukkumarkkinoilta. Yhtälöiden satunnaistermit aiheuttavat suojaustarpeen. Tässä yhteydessä keskitymme erityisesti myyntiyhtiö 3:n tilanteeseen.

Myyntiyhtiö 3:n tuottofunktio oli siis seuraavanlainen

$$(3) \quad \pi = pQ - pq - P(Q - q)$$

Kaavasta nähdään, että poikkeama odotetusta myyntiennusteesta aiheuttaa variaatioita tuottofunktioon. Myyntiyhtiö voi siis olla joko ali- tai ylisuojaunut. Näiden ali- tai ylisuojausten tasaamisesta/purkamisesta voi mahdollisesti aiheutua tappioita myyntiyhtiölle. Varautumalla optioiden avulla paremmin mahdollisiin ali- ja ylisuojaustilanteisiin, myyntiyhtiö voi välttää mahdollisesti kalliit tasaus- tai purkuoperaatiot.

7.2 Optimaalisen hankinnan malli

Operaatiotutkimus on tieteenhaara, jonka tarkoituksena on avustaa liiketoiminnan suunnittelua ja päätöksentekoa epävarmuuden vallitessa. Operaatiotutkimuksen yksi osa-alue on optimaalisen varastokoon määrittäminen, kun kysyntää ei tarkkaan tiedetä. Perusesimerkkinä nk. lehtimyyjän ongelma, jossa lehtikioskin myyjä

ei tiedä kuinka paljon päivän lehteä tulisi varata myytäväksi. Lehtimyyjän tulee verrata yhden yksikön liian pienen ja suuren varaston taloudellisia raja-arvoja toisiinsa. Jos lehtimyyjä varaa liian monta päivän lehteä myytäväksi, lehtimyyjä palauttaa myymättä jääneet lehdet takaisin kustantamolle hankintahintaa alhaisemmalla takaisinostohinnalla. Jos taas lehtimyyjä on varannut liian vähän päivän lehtiä myytäväksi, jää lehtimyyjältä myyntituloja saamatta. Optimihankinnan tasolla liian pienen ja liian suuren varaston rajatulot tai rajakustannukset ovat todennäköisesti yhtä suuret.

Kuvitellaan tilanne jossa lehtimyyjä ostaa lehtiä á 2,00 € ja myy eteenpäin hintaan á 4,50 €. Myyntiä ei tiedetä, mutta jakauma tunnetaan. Varaston ollessa yksikön liian pieni, myyjän vaihtoehtokustannukset ovat

$$(4) \quad c_u = 4,50 \text{ €} - 2,00 \text{ €} = 2,50 \text{ €}$$

Lehtitalo ostaa myymättömät lehdet takaisin hintaan á 0,75 €. Varaston ollessa yksikön liian suuri, myyjän kustannukset ovat

$$(5) \quad c_o = 2,00 \text{ €} - 0,75 \text{ €} = 1,25 \text{ €}$$

Näillä rajakustannuksilla liikahankinnan optimaalinen todennäköisyys on

$$(6) \quad \frac{c_u}{c_o + c_u}$$

Jos vajesakon oletetaan olevan nolla, lehtimyyjän liikahankinnan todennäköisyydeksi saadaan:

$$(7) \quad \frac{2,50}{1,25 + 2,50} \approx 66,6 \%$$

Liikahankinnan optimaalista todennäköisyyttä verrataan myynnin kertymäjakamaan taulukossa 9.

Taulukko 9. Myynnin kertymäjakama

Myyntimäärä	Todennäköisyys	Kertymäjakama
100	20 %	20 %
200	40 %	60 %
300	15 %	75 %
400	15 %	90 %
500	10 %	100 %

Todennäköisyys, että myynti on 200 lehteä tai pienempi on 60 %. Todennäköisyys, että myynti on 300 lehteä tai pienempi on 75 %. 66,6 % todennäköisyydellä myynti on 250 lehteä tai pienempi.

Miten lehtimyyjän ongelma liittyy myyntiyhtiöön, siitä seuraavaksi. Myyntiyhtiö joutuu tekemään hankintansa tietämättä varmuudella tulevaa myyntiä. Hankinnan ja myyntimäärän poikkeamat on tasattava jälkikäteen tukkumarkkinoilla. Tukku-markkinaoperaation vaihtoehtona on tasata hankinnan ja myynnin poikkeama optioilla. Valintana on siis joko sietää tukkumarkkinoiden hintariski tai maksaa optioiden hinta. Jos varasto on yhden yksikön liian pieni, toteutetaan osto-optio. Jos varasto on yhden yksikön liian suuri, toteutetaan myyntioptio.

Terminoidessaan sähkönhankintaansa myyntiyhtiö ei tiedä tarkalleen toimituskauden myyntiään. Liian vähäinen tai suuri ”varasto” altistaa hintariskille. Koska hintariskin rahallinen vastine on option hinta, epäoptimaalisen hankinnan kustannus voidaan mitata taloudellisin arvoin. Optimaalinen hankintamäärä saavutetaan, kun yhtä megawattituntia liian vähäisen ja yhtä megawattituntia liian suuren hankinnan todennäköiset kustannukset ovat yhtä suuret. Näitä kustannuksia vastaavat siis osto- ja myyntioptioiden hinnat.

Myyntiyhtiö pohtii kuinka paljon sähköä hankkii. Jos määrä osoittautuu liian pieneksi, se joutuu ostamaan lisää sähköä vaihtelevin tukkuhinnoin. Toisaalta se voi ostaa osto-option, joka oikeuttaisi lisäkauppaan alkuperäisellä hinnalla. Sama logiikka pätee myös myyntioption osalta jos terminoitu määrä osoittautuu liian suureksi.

Oletetaan että myyntiyhtiö hankkii sähkönsä pääasiallisesti termiineillä. Lisäostot ja -myynnit voidaan suorittaa joko tukkumarkkinoilla tai terminoinnin yhteydessä ostettujen optioiden avulla. Yhtiö valitsee tässä tapauksessa määrätasauksen optioiden avulla. Kuvitellaan seuraavanlainen tilanne:

- Yhtiö pystyy hankkimaan sähköä 33€/MWh.
- Yhtiön jälleenmyyntihinta on 37,35 €/MWh.
- Yhtiön suunnitellessa sähkönhankintaa, yksi myyntioptio hinnalla $K = 37,35$ €/MWh maksaa 2,35 €.
- Samaan aikaan yksi osto-optio maksaa toteutushinnalla $K = 33$ €/MWh maksaa 4,97 €.

Rajakustannus odotettua suuremman myynnin kattamisesta

$$(8) \quad c_u = 37,35 - 33 - 4,97 = 0,62$$

Vastaavasti rajakustannus liian suuresta varastosta

$$(9) \quad c_o = 2,35$$

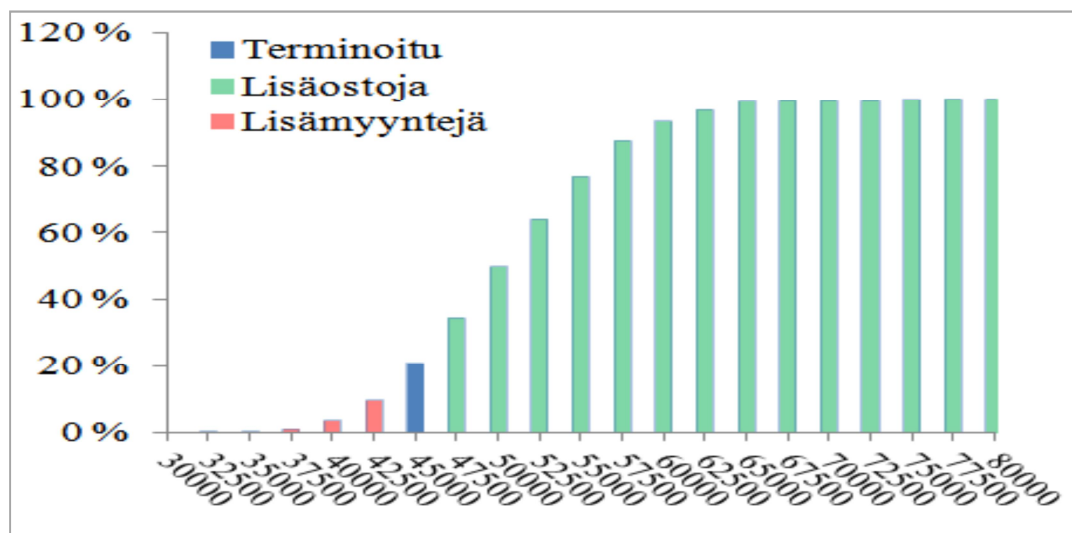
Optimaalisen liikahankinnan todennäköisyys on siis

$$(10) \quad \frac{0,62}{2,35+0,62} \approx 21 \%$$

Optimaalinen hankintamäärä riippuu myyntimäärän oletetusta kertymäjakaumasta. Myyntiyhtiö olettaa myynnin noudattavan lognormaalista todennäköisyysjakamaa, jossa jakauman keskiarvo on 50.000 MWh ja sen keskihajonta on 12 %.

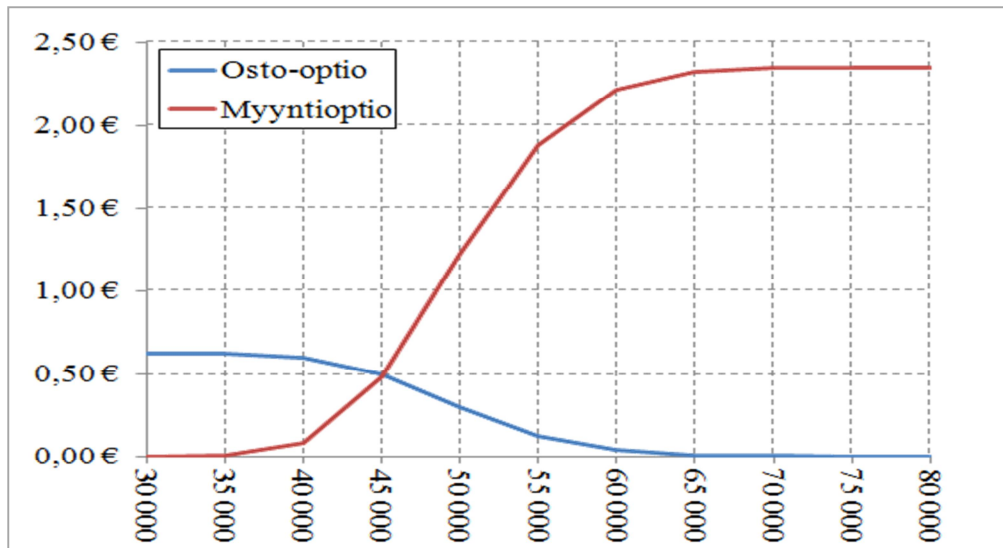
Kertymäjakauman perusteella voidaan todeta, että myynti on 45.000 MWh tai alempi todennäköisyydellä 21 %. Lisäostoja tarvitaan siis todennäköisyydellä 79 %.

Myyntiyhtiö siis terminoi hankintansa määrään 45.000 MWh hinnalla 33 €/MWh. Yhtiö siis terminoi 5000 MWh vähemmän kuin oletettavasti tulee myymään, koska terminointi oletettuun myyntimäärään ei olisi optimaalinen ratkaisu annetuin rajakustannuksin. Lisäksi myyntiyhtiö ostaa 2100 kappaletta myyntioptioita ja 7900 kappaletta osto-optioita tasataksaan myyntipoikkeaman.



Kuvio 57. Myynnin kertymäjakauma

Toinen tapa katsoa asiaa on laskea millä hankintamäärällä myyntipoikkeamien todennäköiset kustannukset kohtaavat (ks. kuvio 58).



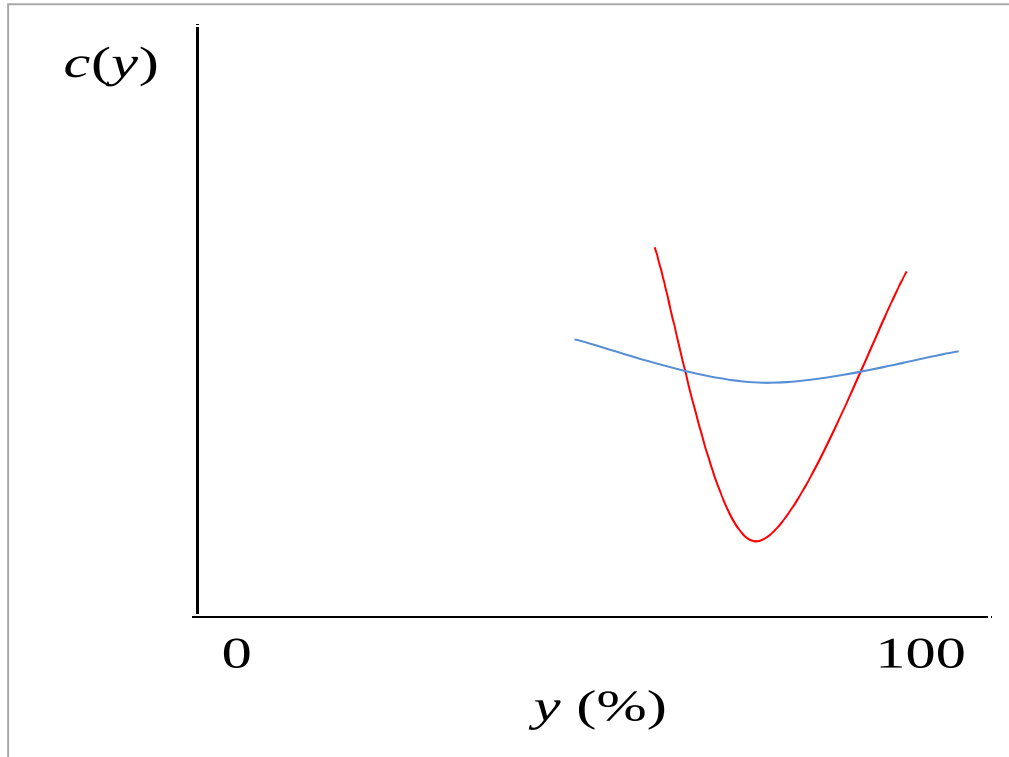
Kuvio 58. Ali- ja ylisuojauksen kustannukset todettuna optioiden hinnoin

7.3 Tuotantomuodon vaikutus suojausstrategiaan

Sähkön hinta ja kysyntä vaihtelevat huomattavasti päivä-, kuukausi- ja vuositasolla. Tästä syystä tuotantoyhtiö joutuu sopeuttamaan kysynnän vaihteluun hajauttamalla tuotantonsa eri voimalatyypin kesken:

- ”Jäykät” tuotantomuodot optimaalisia peruskuormituksen kattamiseen
 - Matalat yksikkökustannukset
 - Korkeat rajakustannukset
- Dynaamiset voimalat optimaalisia huippukuormitukseen
 - Korkeat yksikkökustannukset
 - Matalat rajakustannukset

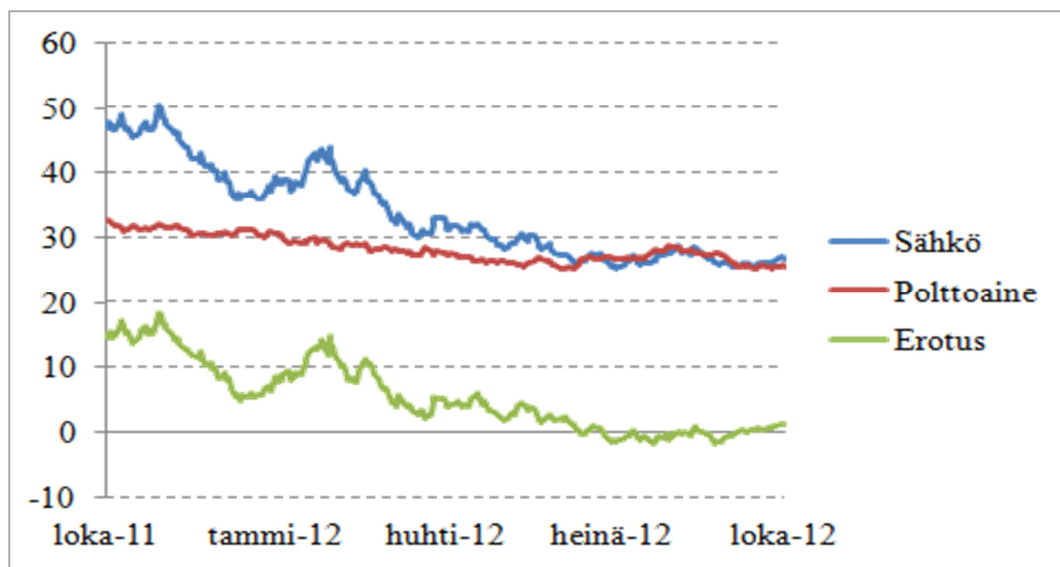
Kuviossa 59 on esitettyä mallinnus kahden eri voimalatyypin tuotantomuodon kustannuksista $c(y)$ eri käyntiasteilla $y(\%)$, jossa punainen käyrä vastaa ”jäykkää” tuotantomuotoa ja sininen käyrä ”dynaamista” tuotantomuotoa.



Kuvio 59. Voimalatyypit.

Punainen voimala on optimoitu noin 80 % teholle, joka on edullinen teho tuottaa sähköä. Poikkeamat optimaalisesta tehosta aiheuttavat yksikkökustannusten rajun kasvun. Sininen voimala on taas optimoitu 40–80 % teholle. Poikkeamat tästä optimaalisesta tehosta eivät juuri aiheuta yksikkökustannusten kasvua, mutta yksikkökustannusten absoluuttinen taso on suhteellisen korkea.

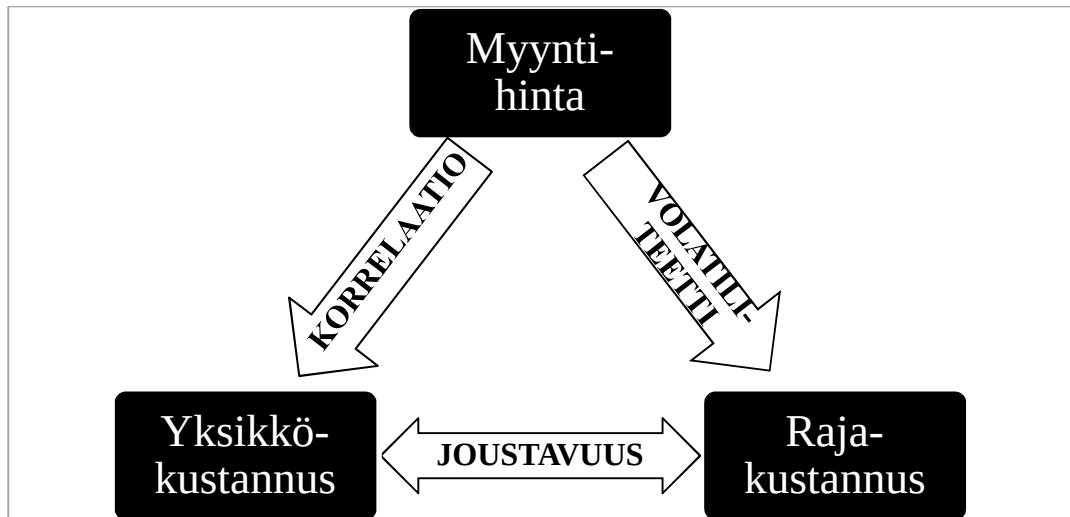
Voimalaitoksen liikevoitto muodostuu siten markkinahinnan ja yksikkökustannuksen erotuksesta, kuvion 60 mukaisesti:



Kuvio 60. Liikevoiton muodostuminen

Korrelaatio myyntihinnan ja yksikkökustannusten välillä siis vaikuttaa voimakkaasti voiton suuruuteen ja variaatioon. Voimakas korrelaation myyntihinnan ja yksikkökustannusten välillä ei edellytä yhtä suurta joustavuutta tuotantomuodolta kuin mitä edellytetään jos korrelaatio on vähäisempää. Jos korrelaatio on vähäistä myyntihinnan ja yksikkökustannusten välillä, pitää tuotanto pystyä käynnistämään/sulkemaan joustavasti markkinatilanteen mukaan.

Tuotantoyhtiön toimintaympäristö voidaan myös tiivistetysti mallintaa kuvion 61 mukaan. Kuviossa on esitettyä eri tekijöitä jotka vaikuttavat tuotantoyhtiön toimintaympäristöön ja sitä kautta päätöksen tekoon. Nämä tekijät ovat mm. myyntihinnan ja yksikkökustannusten välinen korrelaatio (ks. kuvio 60), myyntihinnan volatilitiitti sekä yksikkökustannusten ja rajakustannusten joustavuus.



Kuvio 61. Tuotantoyhtiön toimintaympäristö.

Lisäksi tuotantoyhtiön voimalaportfolio voidaan esimerkiksi esittää myös sarjana finanssituotteita, jossa jäykkä tuotantomuoto vastaa futuurisopimusta ja joustavampi tuotantomuoto vastaa optiosopimusta:

Taulukko 10. Voimalaportfolio finanssituotteina.

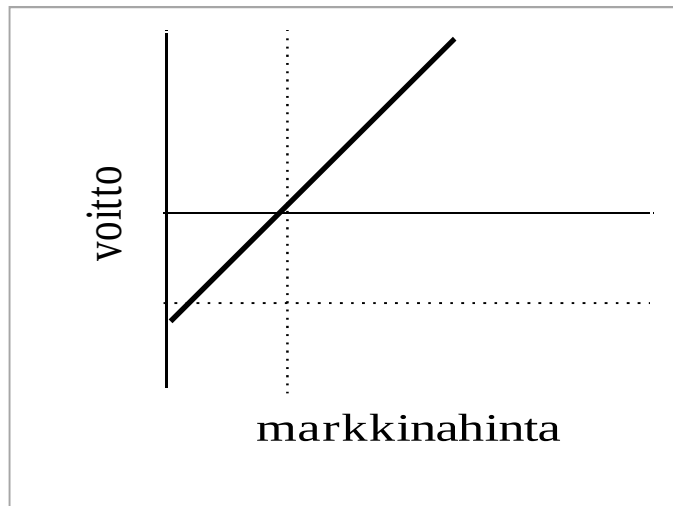
	Joustavuus	
	Jäykkä	Dynaaminen
Tuotantomuoto Finanssituote	Ydinvoima Futuuri	Kaasuturbiini Optio

Tuotantoyhtiön voimaloiden tuottoprofiileita voidaan siis mallintaa finanssituotteiden viitekehityksessä. Tuotantoyhtiön voimalaportfolio muuttuu siten finanssituotteiden portfolioiksi. Tuotantoyhtiön liikevoiton suojaus tapahtuu myymällä finanssiportfolion tuote johdannaispörssin kautta. Tuotantoyhtiön voimalaportfolion arvostukseen vaikuttavat samat muuttujat kuin finanssiportfolioon.

Esimerkiksi ydinvoimalan tuottofunktio voidaan kuvata seuraavanlaisesti:

$$(11) \quad [S_T - c(q^*)] * q^*$$

Jossa S_T on markkinahinta tuotantoajankohtana, $c()$ on yksikkökustannukset (~kiinteät) ja q^* on optimaalinen tuotantomäärä. Ydinvoima tuotantomuotona vastaa hyvin futuurisopimusta finanssituotteena koska johtuen suurista kiinteistä kustannuksista ydinvoiman käyntiasteen tulisi olla mahdollisimman suuri. Vastaavasti futuurisopimukseen ei liity optiosopimuksen kaltaista ehdollisuutta, vaan futuurisopimus tulee aina toteuttaa.

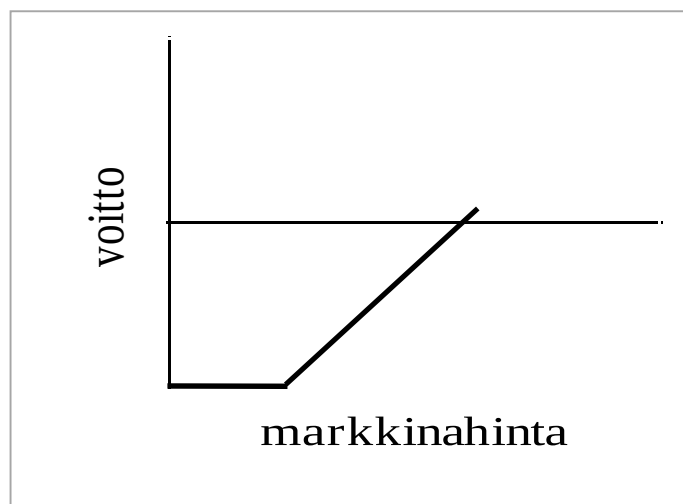


Kuvio 62. Ydinvoimalan tuotantofunktio.

Vastaavasti kaasuturbiinivoimalan voittofunktio voidaan kuvata seuraavanlaisesti:

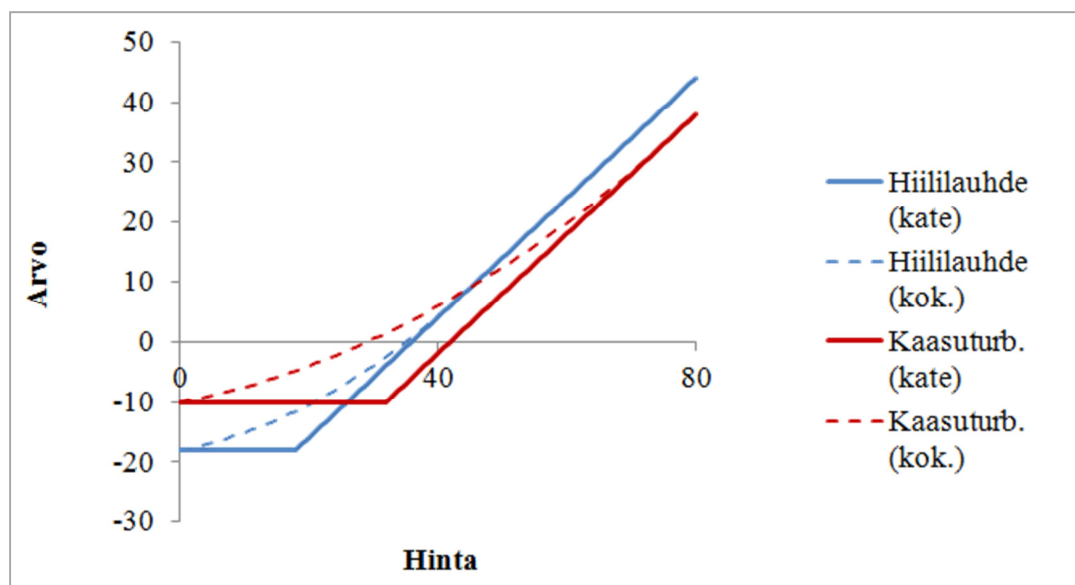
$$(12) \quad [S_T - c_T(q^{MAX})]^+ * q^{MAX}$$

Jossa S_T on markkinahinta tuotantoajankohtana, $c_T()$ on yksikkökustannukset tuotantoajankohtana ja q^{MAX} on kapasiteetti. Kaasuturbiini tuotantomuotona vastaa hyvin optiosopimusta finanssituotteena, koska kaasuturbiini voidaan tarpeen vaatiessa sammuttaa mikä taas vastaa optiosopimusten ehdollisuutta.



Kuvio 63. Kaasuturbiinivoimalan tuottofunktio.

Voimalan arvoa voidaan siis verrata esimerkiksi option arvoon. Option arvo = perusarvo + aika-arvo ja voimalan arvo = kate + joustavuus. Jos esimerkiksi hiililauhdevoimalan kannattavuusraja on 36 €/MWh ja kaasuturbiinivoimalan 42 €/MWh. Jouston arvo suurin kun markkinahinta = kannattavuusraja. Tällöin nettonykyarvolaskelmat vääristävät eniten.



Kuvio 64. Voimalan arvo.

Taulukko 11. Voimalatyypit finanssituotteina

	Ydinvoima	Patoallas	Kaasuturbiini	Lauhdevoimala
Finanssituote	<i>Futuuri</i>	<i>Am. optio</i>	<i>Erotusoptio</i>	<i>Aas. optio</i>
Kohde-etuus	<i>Markkinahinta</i>	<i>Markkinahinta</i>	<i>Markkinahinta</i>	<i>Keskim. hinta</i>
Toimitushinta	<i>Yks.kust.(kiint.)</i>	<i>Yks.kust.(kiint.)</i>	<i>Yks.kust.(vaiht.)</i>	<i>Keskim.yks.kust.</i>
Määrä	<i>Optimi</i>	$[q^{\min}, q^{\max} \text{Hinta}]$	<i>Kapasiteetti</i>	<i>Optimi</i>

Erotusoptioiden (spread option) avulla energiayhtiö voi hyötyä kahden eri kohde-etuuden välisestä hintaerosta, varsinkin jos nämä kaksi eri kohde-etuutta vaikuttavat merkittävästi energiayhtiön liikevoittoon. Esimerkiksi energiayhtiön liikevoitto voi olla riippuvainen sähkönhinnan ja hiilen välisestä hintaerosta.

Erotusoption voittofunktio voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$(13) \quad (S_{1,T} - S_{2,T} - K)^+ * q$$

Jossa $S_{1,2,T}$ on kohde-etuuksien markkinahinnat toimitushetkenä, K on toimitushinta ja q on sopimusten määrä.

Hinnoittelu kohde-etuuksien välisen korrelaation sekä niiden volatiliteetin perusteella. dv/dS_1 ja dV/dS_2 oleellisia suojauksen kannalta.

Kuvitellaan esimerkkutilanne jossa suoritetaan suojaus hiilivoimalalle. Ajankohta on Q3 2012, sähkön hintaolettama on 36,50 €/MWh ja volatiliteetti on 55 %. Lisäksi hiilen + päästöoikeuksien hintaolettama on 37,29 €/MWh ja volatiliteetti on 18 %. Lisäksi sähkön ja kustannuksien välinen korrelaation on 0,1.

Amerikkalainen osto-optio markkinahinnan S_1 ja yksikkökustannuksien $S_2 + K$ erotukseen:

$$(14) \quad c = e^{-rT} E[S_1 - S_2 - K]^+$$

Kirk (1995) optionhinnoittelu kaavalla saadaan seuraavat arvot:

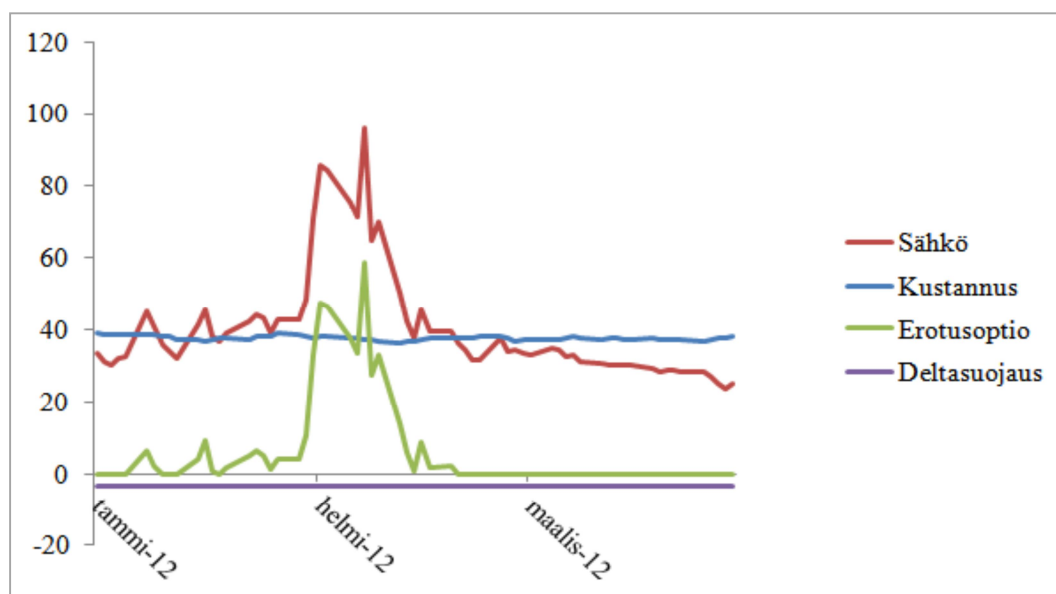
- Option hinta 4,43

- Delta sähkön hinnan suhteen 0,58
- Delta kustannuksien suhteen -0,48

Hiilivoimalan tuotannon suojaus suoritetaan siten seuraavalla tavalla:

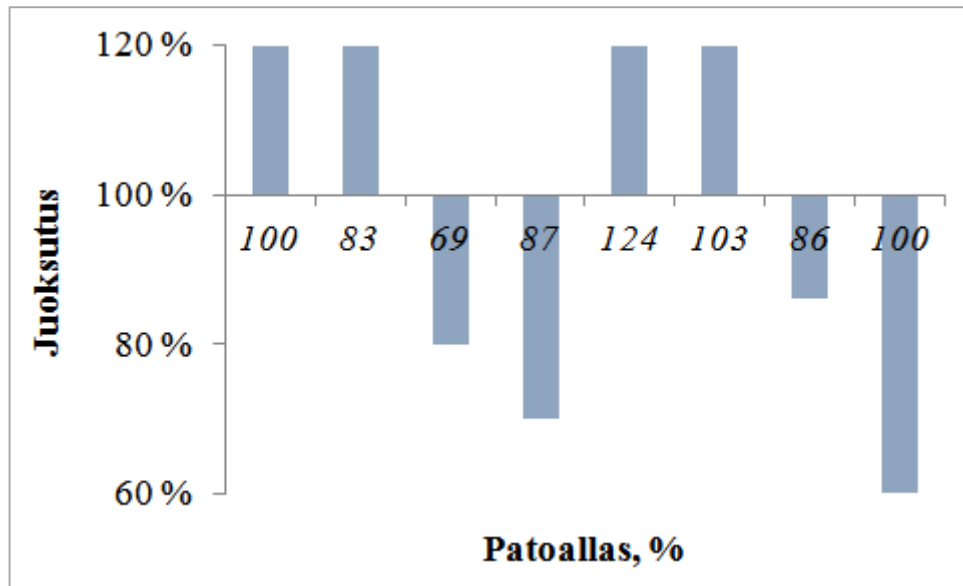
- Myydään yksi ”clean dark spread”-optio hintaan 4,43
- Myydään 0,58 sähkötermiiniä ja ostetaan 0,48 hiili + päästöoikeustermiiniä
- Ostetaan Q3-myyntioptio sähkölle ($\Delta = -0,58$) sekä Q3-osto-optio hiileen ja päästöoikeuteen ($\Delta = 0,48$)

Erotusoption toteutunut tuotto keskimäärin 6,32 €/MWh. Hinnoittelumallin arvio 4,43 €/MWh. Q3-termiineillä deltasuojattu tuotto 3,27 €/MWh.



Kuvio 65. Erotusoptio.

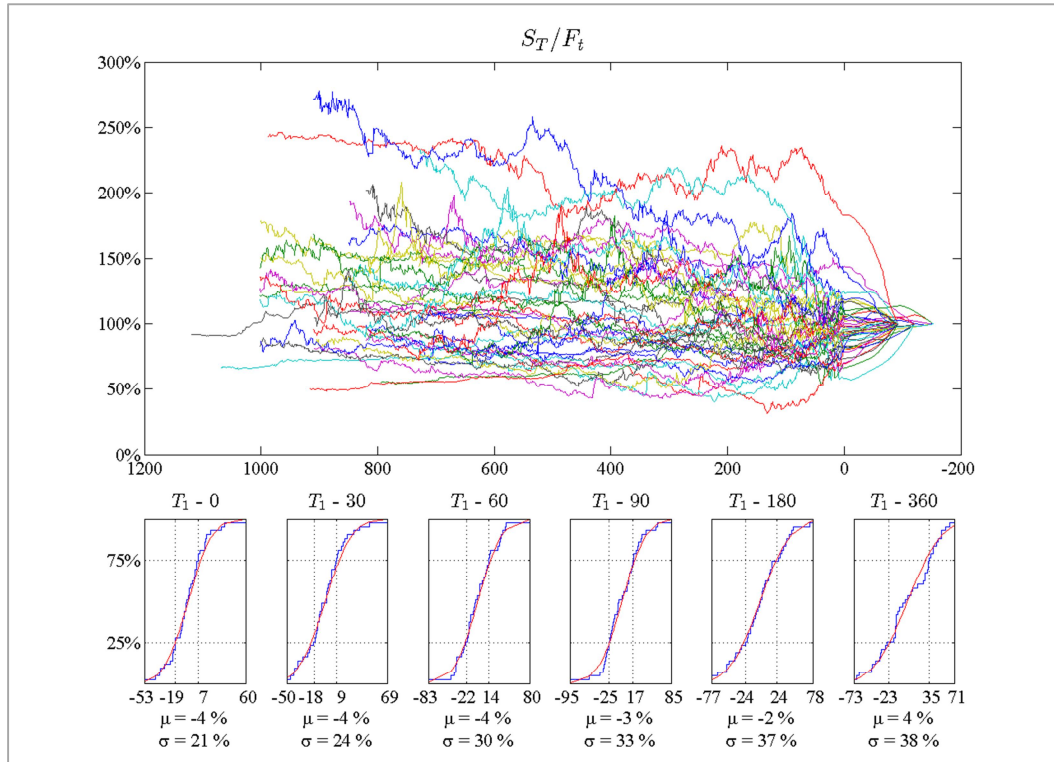
Tuotantoyhtiön toimintaympäristöä voidaan myös kuvata amerikkalaisen option avulla. Esimerkiksi patoaltaan optimaalinen juoksutus vastaa amerikkalaista optiota. Vettä juoksutetaan enemmän myyntihinnan ollessa korkeampi. Lisäksi hinnan volatiliiteetti kasvattaa joustavuudesta saatavaa hyötyä. Esimerkiksi tasaisella juoksutuksella saavutettu hintakeskiarvo on 50, kun taas joustavalla juoksutuksella saavutetaan hintakeskiarvo 54. Joustavuutta (optioiden toteuttamista) vähentää ympäristöarvot.



Kuvio 66. Amerikkalainen optio.

7.4 Optimaalinen suojaushetki

Mahdollisimman aikaisella suojaumisella energiayhtiö pystyy pienentämään hintariskiään. Liian aikaisen hintariskiltä suojautumisen haittapuolena tosin on, että suojaushinta voi poiketa paljon toimitusjakson keskihinnasta. Jos suojaushetkellä oletettu toimitusajankohdan keskihinta eroaa varsinaisen toimitusajankohdan keskihinnasta, syntyy ennustevirhe. Jos termiinien sen hetkisen hinnan oletetaan olevan paras ennuste toimitusjakson spot-hinnasta ja termiinien hinnan oletetaan noudattavan myös satunnaiskulkua, ennusteen tarkkuus kasvaa sitä mukaa mitä lähemmäksi tullaan toimitusajankohtaa. Tällöin myös ennustevirhe pienenee (ks kuvio 67). Toisaalta myöhempi suojaus altistaa energiayhtiön pidemmäksi ajaksi hintariskille. Kyseessä on siis tasapainottelu ennustevirheen ja hintariskin sietämisen välillä.



Kuvio 67. Ennustevirhe.

Kuviossa 67 on esitettyä kuinka termiinien ennustevirhe pienenee sitä mukaa mitä lähemmäksi toimitusajankohtaa tullaan. Kuvion alalaidassa on esitettyä kuinka ennustevirheen keskihajonta pienenee sitä mukaa mitä lähemmäksi tullaan toimitusajankohtaa, jossa T tarkoittaa jäljellä olevaa aikaa toimitusajankohtaan. Jos termiinien ennustevirhe noudattaa satunnaiskulkua, termiinien ennustevirhe pienenee satunnaiskululle ominaisen " $\sqrt{T}$ "-säännön mukaan. " $\sqrt{T}$ "-sääntö kuvaa Brownian liikeprosessia jossa ennustevirhe kasvaa ajan T funktiona. Tästä syystä voi olla teoreettisesti perusteltua, että suojausastetta nostetaan kiihtyvällä vauhdilla, mikä on kääntäen verrannollinen ennustevirheen pienenemiseen. Taulukossa 12 ja kuviossa 68 on esitettyä ennustevirhe ajan funktiona kun spot-hinnan volatiliiteetin oletetaan olevan 50 % ja ennustevirhe seuraa seuraavaa mallia:

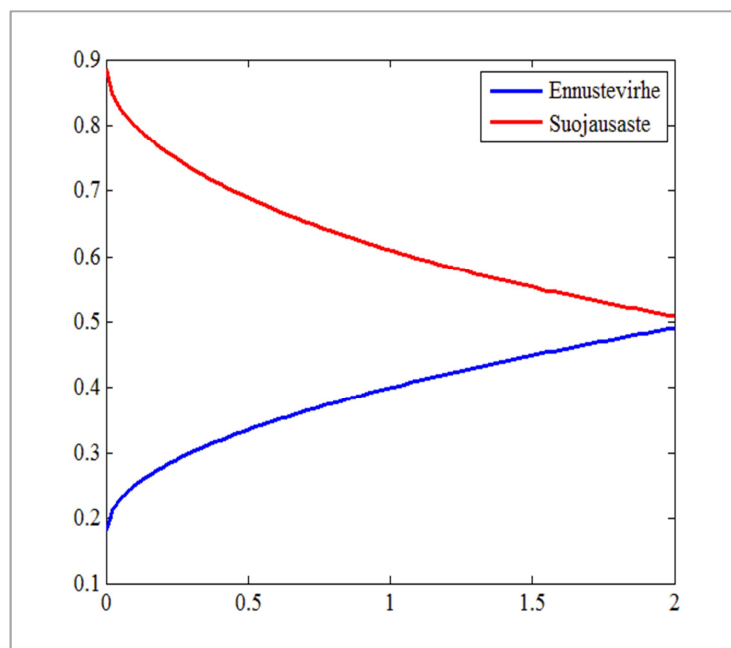
$$(15) \quad \text{Ennustevirhe} = 0,18 + 0,22 * T^{1/2}$$

Jossa T on jäljellä oleva aika toimitusajankohtaan. Lisäksi taulukossa 12 ja kuviossa 68 on esitettyä teoreettinen suojausaste, joka on laskettu seuraavalla kaavalla:

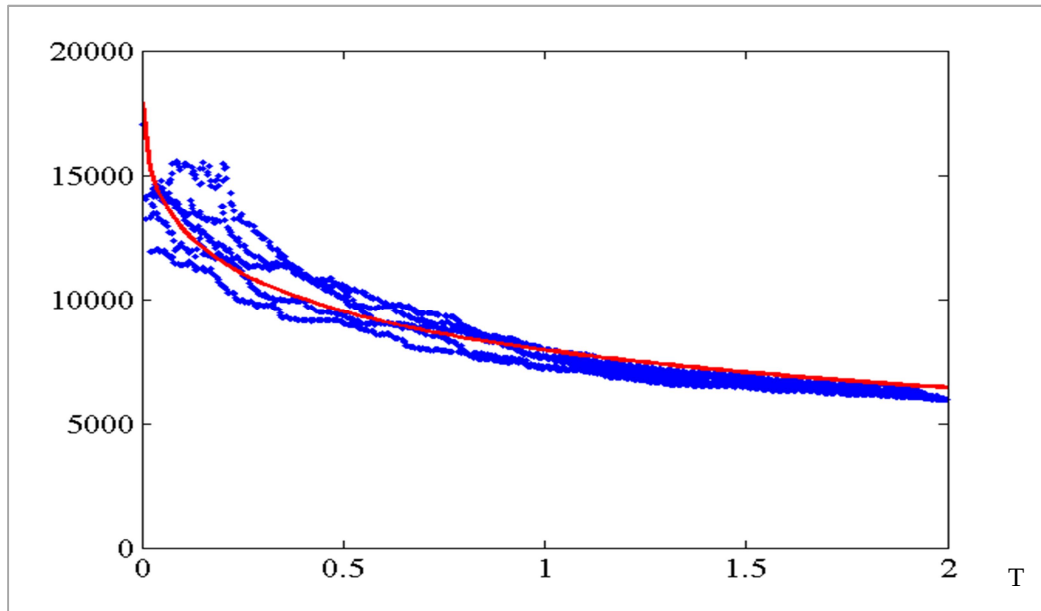
$$(16) \quad \text{Suojausaste} = \frac{(\text{spot-varianssi})}{(\text{spot-ja ennustevarianssi})}$$

Taulukko 12. Ennustevirhe ja suojausaste.

T	Ennustevirhe	Suojausaste
0,00	0,18	0,89
0,10	0,25	0,80
0,30	0,30	0,73
0,50	0,34	0,69
0,70	0,36	0,65
0,90	0,39	0,62
1,10	0,41	0,60
1,30	0,43	0,57
1,50	0,45	0,55
1,70	0,47	0,53
1,90	0,48	0,52
2,10	0,50	0,50

**Kuvio 68.** Suojausasteen nosto.

Kuviossa 69 on esitettyä avoimien Q1-termiinisopimusten määrä Nasdaq OMX Commodities Europe:ssa. Kuviosta nähdään selvästi, että avoimien positioiden määrä seuraa " $\sqrt{T}$ "-sääntöä (yhtenäinen punainen viiva).



Kuvio 69. Q1-termiinisopimusten avoimet positiot Nasdaq OMX Commodities Europe:ssa.

7.5 Hintariskiltä suojaautuminen

Optioilla suojautumisen hyötyjä analysoitiin empiirisesti vertaamalla, miten pelkkä puhdas termiinisuojaus menestyi suhteessa suojauksiin, joissa on käytetty pelkästään osto- tai myyntioptioita. Lisäksi analyysissä otetaan huomioon pelkästään hintariskiltä suojaautuminen, määräriskiä ei siis odoteta olevan. Puhdas termiinisuojaus toteutetaan myymällä markkinoille termiinisopimuksia tulevaisuuden ennalta tiedettyä fyysistä sähkön myyntiä vastaavaa määrää. Osto-optioilla suojaautuminen toteutetaan asettamalla osto-optioita vaadittava määrä, niin että optiosalkun negatiiviseksi positiodeltaksi muodostuu ennalta tiedettyä fyysistä sähkön myyntiä vastaava määrä. Eli, jos tulevaisuuden fyysinen sähkön myynti tulee olemaan esimerkiksi 300 MWh, osto-optioita asetetaan niin paljon, että optiosalkun positiodeltaksi tulee -300. Vastaavasti myyntioptioilla suojaautuminen toteutetaan ostamalla myyntioptioita niin, että optiosalkun positiodeltaksi muodostuu myös -300. Ajan kuluessa optiosalkun positiodelta luonnollisesti muuttuu. Tästä syystä optiosalkun positiodelta ylläpidetään -300:ssa joko ostamalla tai myymällä optioiden kohde-etuutena olevia termiinisopimuksia. Lisäksi tämä op-

tiosalkun positiodeltan ylläpitäminen suoritetaan päivittäin. Empiirisessä analyysissä on käytetty vuosineljännestermiinisopimuksia ja -optioita. Empiirinen analyysi alkaa Q1-06 ja päättyy Q4-11. Asetettavien osto-optioiden sekä ostettavien myyntioptioiden valinnassa on käytetty hyväksi optioiden teoreettista theta:aa sekä implisiittistä volatilitteettia. Suojaus suoritetaan heti välittömästi ja 100 %:sti kun siihen tarvittavat optiosopimukset tulevat ensimmäistä kertaa kaupankäynnin kohteeksi. Lisäksi kaupankäyntikustannukset on huomioitu analyysissä.

Tulosten perusteella puhdas termiinisuojaus on menestynyt lähes yhtä hyvin kuin suojaus pelkästään asetetuilla osto-optioilla. Sen sijaan suojaus pelkästään ostoilla myyntioptioilla on menestynyt heikommin kuin suojaus pelkästään termiinisopimuksilla tai pelkästään asetetuilla osto-optioilla. Lisäksi pelkän myyntioptiosuojauksen keskimääräisen suojaushinnan keskihajonta oli suurempi kuin se oli kahdella muulla suojausmenetelmällä. Taulukko 13 esittää tiivistetyt kuvailevat tulokset. Tuloksista nähdään selvästi, että suojautuminen pelkästään ostettujen myyntioptioiden avulla on suhteellisen kallista. Tästä syystä voidaankin olettaa, että jos hintariskiltä suojautumisessa käytetään ostettuja myyntioptioita, niin niiden osuus suojausinstrumenteista tulisi olla suhteellisen pieni. Lisäksi tulokset osoittavat, että koska pelkkä termiinisuojaus ja suojaus asetetuilla osto-optioilla menestyivät lähes yhtä hyvin, niin olisi järkevintä käyttää pelkästään termiinisopimuksia hintariskiltä suojautumisessa. Optioiden käyttämisen harkinta tulisikin siten mahdollisesti keskittää pelkästään määräriskiltä suojautumiseen.

Taulukko 13. Kuvaileva statistiikka.

	Suojaus termiini- sopimuksilla	Suojaus osto- optioilla	Suojaus myynti- optioilla
Keskiarvo €/MWh	45,27	45,42	43,73
Keskihajonta €/MWh	10,08	9,87	11,51

Jatkoksi ylempänä mainitulle empiiriselle analyysille, tehtiin toinen empiirinen analyysi jossa tulevaisuuden ennalta tiedetty fyysinen sähkön myynti suojattiin sekä asettamalla osto-optioita että ostamalla myyntioptioita samanaikaisesti ja sama määrä. Erona edelliseen analyysiin on siis se, että hintariskiltä suojautuminen tehtiin tässä tapauksessa käyttämällä sekä myynti- että osto-optioita yhtä aikaa, kun taas edellisessä empiirisessä analyysissä käytettiin vain toista optiosopimuksista. Lisäksi tässä empiirisessä analyysissä käytetään vuosisopimuksia, vuosineljännessopimusten sijaan, ja asettavat osto-optiot ja ostettavat myyntioptiot ovat molemmat tasaoptioita. Muutoin optiosalkun positiodeltan tasapainotus ja avaaminen on tehty samoin kuin edellisessä empiirisessä analyysissä. Seuraava empiirinen analyysi kattaa vuodet 2006–2012. Taulukko 14 esittää tiivistetyt kuvailevat tulokset.

Taulukko 14. Kuvaileva statistiikka.

	Suojaus termiini-sopimuksilla	Suojaus osto-optioilla ja myyntioptioilla
Keskiarvo €/MWh	37,77	37,37
Keskihajonta €/MWh	7,71	8,39

Tuloksista käy edelleen selväksi, että hintariskiltä suojautuminen kannatti ensisijaisesti suorittaa hyödyntämällä termiinisopimuksia. Yhtenä selittävänä tekijänä on se, että ostetuilla myyntioptioilla hintariskiltä suojautuminen on suhteellisen kallista. Tämä selittyy sillä, että ostetuista myyntioptioista maksettujen preemioiden summa oli joka vuosi suurempi kuin asetetuista myyntioptioista saatu preemioiden summa.

Käytännössä ja myös teoreettisesti ajateltuna, ei ole kuitenkaan kaikista järkevintä suojata fyysinen sähkön myynti täysimääräisesti hintariskiltä heti kun se on mahdollista. Tämä johtuu siitä syystä, että jos sähkönhinnan oletetaan seuraavan ns. Brownian liikeprosessia, niin mahdollinen hinnoitteluvirhe on sitä suurempi mitä aiemmin suojaus tehdään. Jos mahdollinen hinnoitteluvirhe pienenee Brownian motion teorian mukaan, eli pienenee ns. " $\sqrt{T}$ -säännön" mukaan, niin suojausastetta olisi myös järkevintä nostaa vastaavasti " $\sqrt{T}$ -säännön". Seuraavassa empiirisessä analyysissä verrataan kuinka hyvin hintariskiltä suojautuminen on menestynyt kun suojausastetta on nostettu " $\sqrt{T}$ -säännön" mukaan. Seuraavassa empiirisessä analyysissä suojausposition avaus tehdään heti kun siihen tarvittavat optiosopimukset tulevat kaupankäynnin kohteeksi. Empiirisessä analyysissä suojausposition avaus tehdään kolmella eri tavalla: suojauspositio avataan myymällä termiinisopimuksia, suojauspositio avataan asettamalla osto-optioita, suojauspositio avataan ostamalla myyntioptioita. Suojausposition avauksen jälkeen suojausastetta nostetaan jatkossa " $\sqrt{T}$ -säännön" mukaan pelkästään myymällä lisää termiinisopimuksia ajan kuluessa. Optiosopimusten osalta suojausposition avaus suoritetaan niin, että optiosalkun negatiivinen positiodelta vastaa sen hetkistä vaadittavaa suojausastetta. Lisäksi seuraavassa empiirisessä analyysissä käytetään vuosisopimuksia ja se kattaa vuodet 2006–2012. Taulukko 15 esittää tiivistetyt kuvailevat tulokset tästä empiirisestä analyysistä.

Taulukko 15. Kuvaileva statistiikka.

	Suojaus termiini-sopimuksilla	Suojaus osto-optioilla	Suojaus myyntioptioilla
Keskiarvo €/MWh	41,05	40,88	41,41
Keskihajonta €/MWh	3,91	4,03	3,64

Edelleen tuloksista nähdään, että hintariskeiltä suojautuminen termiineillä toimii verrattain hyvin. Huonona puolena ” $\sqrt{T}$ -säännön” mukaisessa suojauksessa kuitenkin oli se, että suojausaste nousee varsin voimakkaasti loppua kohti ja näin ollen suojaushinnan muodostumisessa viimeisimmillä termiinisopimusten hinnoilla on varsin suuri merkitys. Lisäksi ongelmaksi optioilla suojautumisessa voi aiheutua muutokset kohde-etuuksien, eli termiinisopimusten hinnoissa, mikä voi laskea/nostaa optiosition deltaa ja sitä kautta vaikuttaa siihen että suojausastetta voidaan joutua nostamaan epäedullisin hinnoin.

7.6 Optimaaliset riskienhallintatyökalut

Kuvitellaan tilanne jossa esimerkiksi myyntiyhtiön toimintaympäristö on seuraavanlainen:

- Yhtiö tulee myymään satunnaisen määrän Q MWh:ia sähköä tulevalle toimituskaudella.
- Yhtiö sopii myyntihinnaksi kiinteän p , joka markkinoiden paras arvaus sähkön hinnasta toimituskaudella. Arvaus on keskimäärin oikea.
- Yhtiö voi hankkia sähkön toimitusajankohtana tukusta satunnaiseen hintaan P altistuen hintariskille $p - P$. Yhtiö kuitenkin päättää terminoida hankintahinnan etukäteen tasolle p .
- Yhtiö terminoi hankintamäärän parhaan arvauksensa mukaan tasolle q . Arvaus on keskimäärin oikea.
- Yhtiö eliminoi hintariskin $p - P$, mutta altistuu määräriskille $Q - q$.
- Yhtiö tasaa määräpoikkeaman jälkikäteen tukkumarkkinoilta hintaan P .

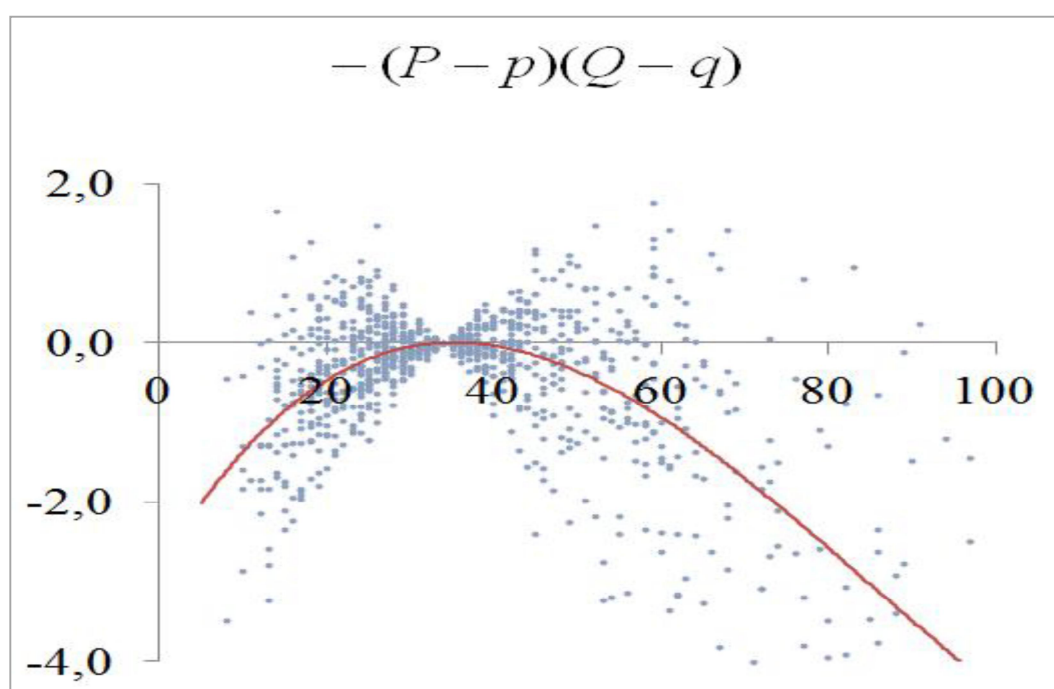
Yhtiön voittofunktio voidaan esittää muodossa:

$$(17) \quad \pi = pQ - pq - P(Q - q)$$

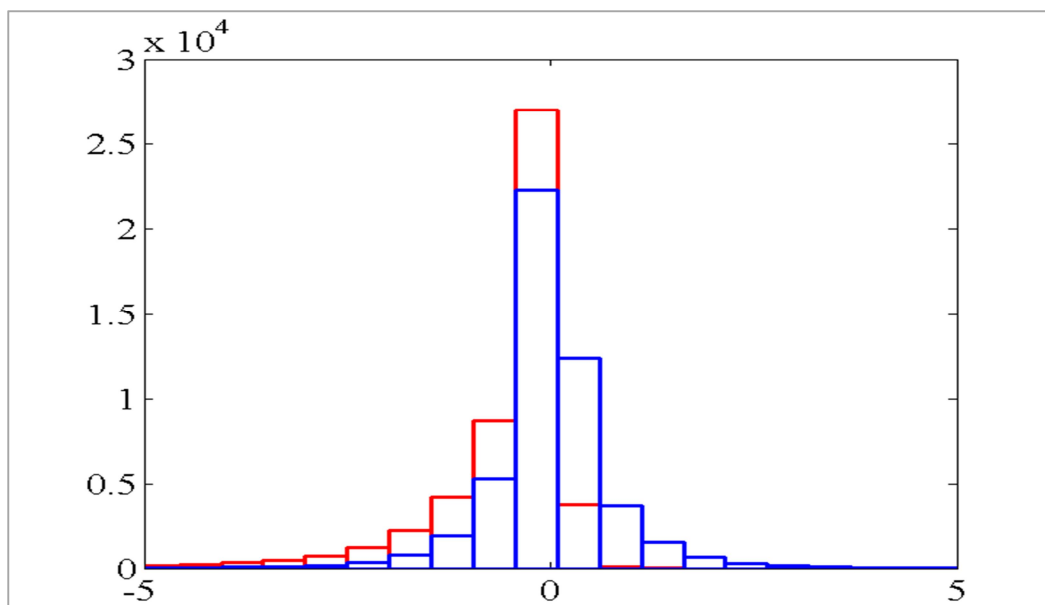
Mitä suurempi on tukkuhinnan P ja kiinteän myyntihinnan p erotus, sitä enemmän myyntipoikkeama ($Q - q$) vaikuttaa myyntivoittoon.

Jos oletetaan, että myyntiyhtiön odottaa myyntinsä olevan toimituskaudella 500 000 MWh ja terminoi tämän myyntinsä hintaan 34 €/MWh. Lisäksi myynnin ja hinnan oletetaan seuraavan log-normaalia yhteisjakaumaa; jossa määrän keskihajonta on 12 %, hinnan keskihajonta on 35 % sekä hinnan ja määrän välinen yhteisvaihtelu on 60 %. Kuviosta 70 nähdään kuinka poikkeamat odotetusta hinnasta ja määrästä vaikuttavat simuloituun keskimääräisen voittoon.

Kuviossa 70 on esitettyä kuinka haitallista tukkuhinnan ja myynnin yhteisvaihtelu on liiketoiminnalle, jos poiketaan odotetusta myyntimäärästä ja -hinnasta. Kuviossa yksittäiset pisteet kuvaavat myyntiyhtiölle simuloituja liikevoittoja eri myyntimäärillä ja -hinnoilla. Punainen viiva kuvaa estimoitua keskimääräistä simuloitua liikevoittofunktiota eri myynti- ja hintatasoilla. Liiketappio kasvaa siis jokaisesta uudesta arvoparista, jotka poikkeavat odotusarvostaan samaan suuntaan. Kuvio 71 kuvaa myös yhteisvaihtelun haitallista merkitystä tuottojakaumalle, jossa punainen jakauma kuvaa 80 % yhteisvaihtelua ja sininen jakauma 0 % yhteisvaihtelua. Kuvio 71 käy lisäksi selvästi ilmi, että punaisessa jakaumassa tappioiden todennäköisyys on sinistä jakaumaa suurempi.



Kuvio 70. Myyntiyhtiön simuloitu keskimääräinen voitto eri myyntimäärillä ja -hinnoilla.

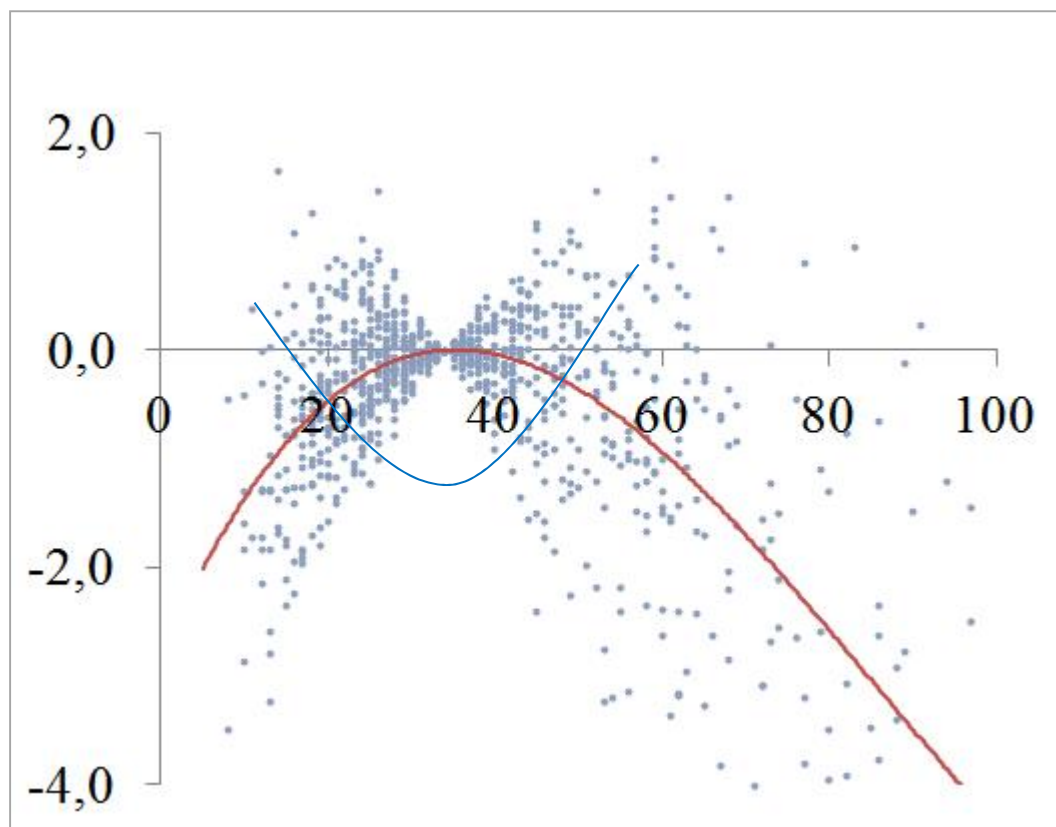


Kuvio 71. Yhteisvaihtelun merkitys tuottojakaumassa.

Myyntiyhtiön suojausmalli (eli odotetun myynnin täysi terminointi) ei suojannut täysin hintariskiltä, joka pääsi vaikuttamaan myyntiyhtiön voittoon myyntipoikkeaman kautta. Myyntiyhtiön tilanne paranisi, jos määräpoikkeama voitaisiin tasata tukkumarkkinoilla kiinteällä hinnalla p .

Optiosopimukset mahdollistavat jälkikäteisen kaupan etukäteen sovitulla hinnalla, myyntiyhtiö voisi ostaa terminoinnin yhteydessä $Q-q$ verran osto- ja myyntioptioita toteutushintaan p . Määräpoikkeaman selvittyä osto- tai myyntioptiot toteutetaan riippuen siitä, oliko myynti alle vai yli odotusten. Käytännön ongelma on, että määräpoikkeama $Q-q$ on etukäteen tuntematon ja täytyy siten arvioida tilastollisesti.

”Haara” ja ”haavi” ovat optiostrategioita, jotka tuottavat voittoa jos kohdeetuuden hinnanmuutos on tarpeeksi suuri. Konvekksi (U) optiostrategia, eli ”haara” tai ”haavi” optiostrategia, kumoaa voittofunktion keskimääräisesti konkaavit ($\cap$) tappiot kuviossa 35. Kuvio 72 kuvaa tätä tilannetta, jossa sininen käyrä on tuotto optiostrategiasta ja punainen käyrä on simuloitu keskimääräinen voitto.



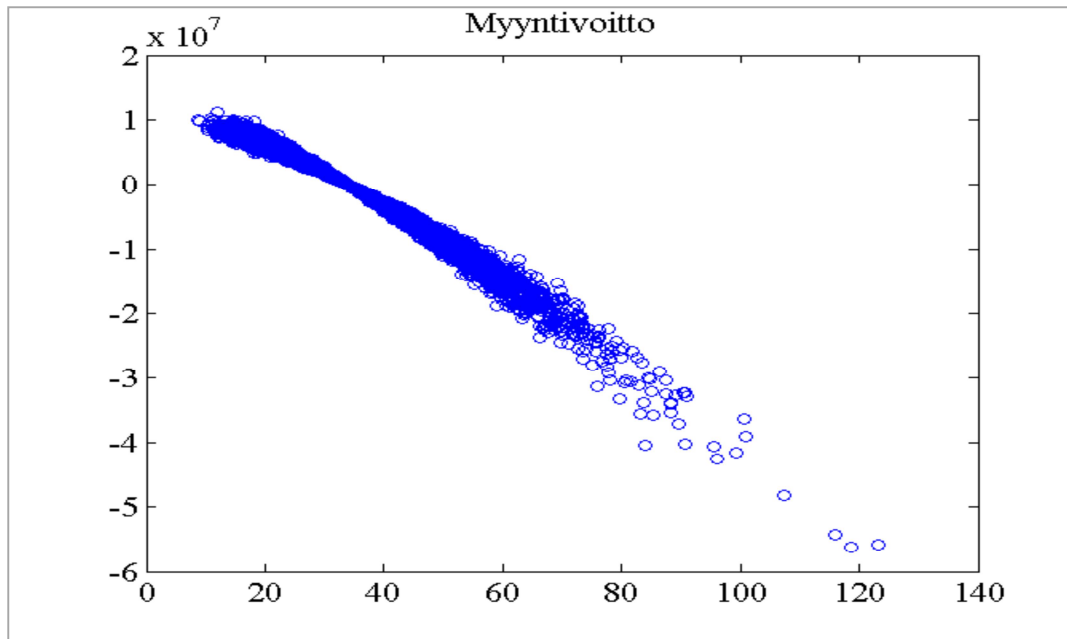
Kuvio 72. Myyntiyhtiön optiosuojaus.

Kuvitellaan tilanne jossa yhtiö suunnittelee hankintaansa vuoden päähän. Termiinisopimuksen hinta on tällä hetkellä 34€/MWh ja yhtiö odottaa myyvänsä toimitusjakson aikana 500 000 MWh sähköä. Oletetaan toimituskauden myyntimäärän sekä sähkön tukkumarkkinan keskihinnan seuraavan log-normaalista yhteisjakamaa. Jossa myyntimäärän keskihajonnan oletetaan olevan 12 % ja hinnan keskihajonnan oletetaan olevan 35 %. Lisäksi määrän ja hinnan välisen korrelaation oletetaan olevan 0,6.

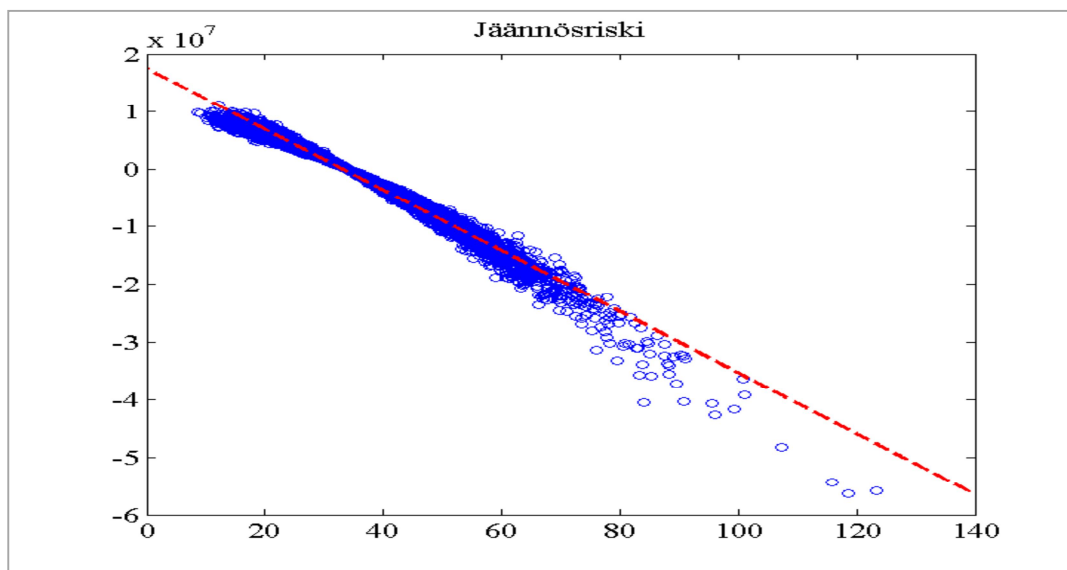
Myyntiyhtiön, joka ei suojaa odotettua myyntiään millään tavalla, voittofunktio voidaan esittää seuraavalla tavalla seuraavanlainen:

$$(18) \quad \pi = (p - P)Q$$

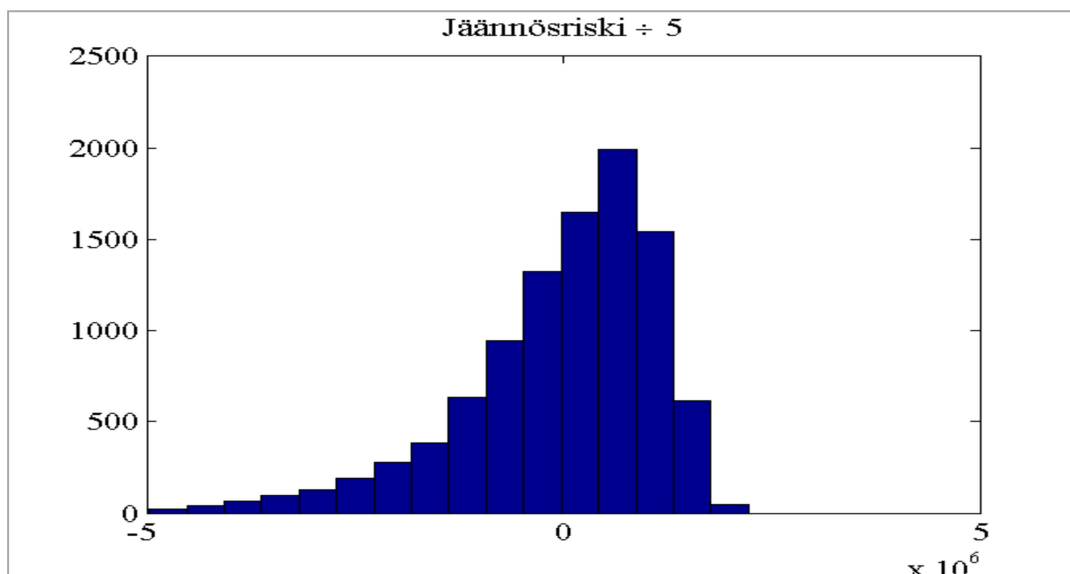
Myyntiyhtiön simuloituksi myyntivoitoksi saadaan kuvion 73 kaltainen. Kuviosta nähdään selvästi, että myyntiyhtiöt tappiot ovat erityisen suuret korkeilla tukkuhinnoilla. Kuviosta 74 nähdään myös, että myyntiyhtiölle jäävä jäännösriski on myös lineaarinen suhteessa tukkuhintaan. Lisäksi kuviosta 75 nähdään, että jäännösriskin jakauma on negatiivisesti hyvin vino.



Kuvio 73. Myyntivoitto, ei suojausta.



Kuvio 74. Jäännösriski, ei suojausta.

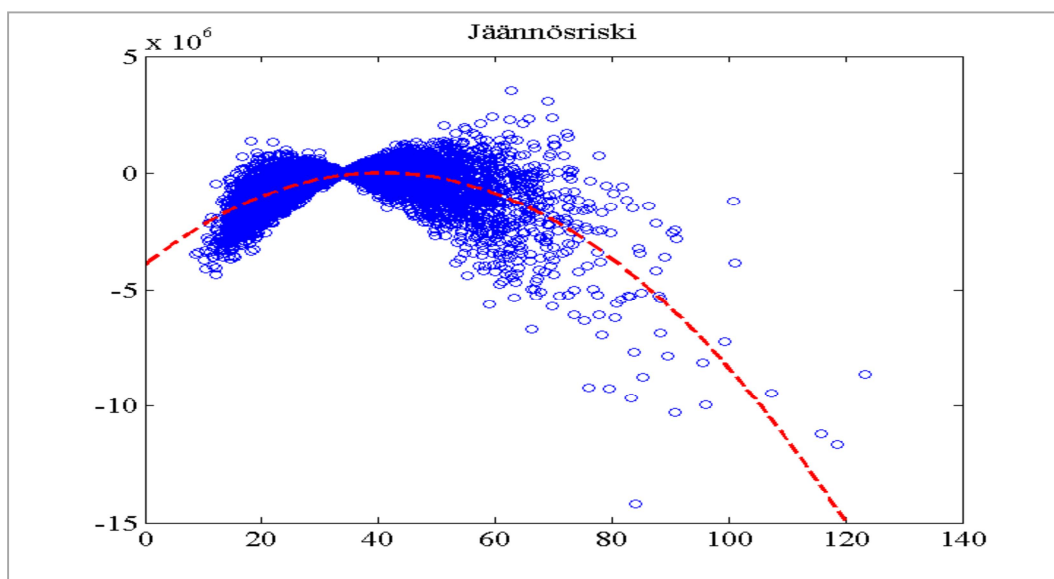


Kuvio 75. Jäännösriskin jakauma, ei suojausta.

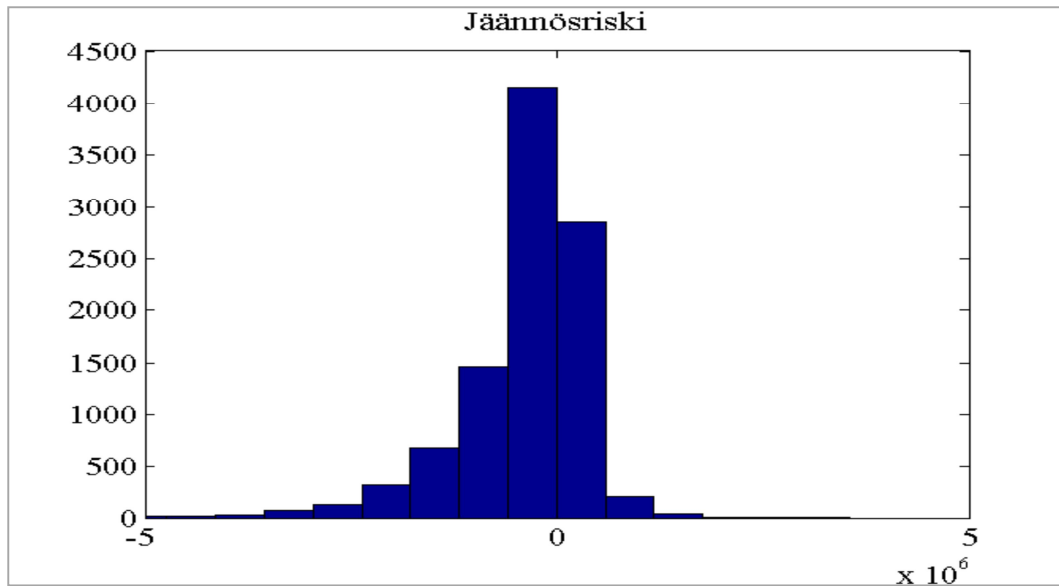
Jos myyntiyhtiön suojaa odotetun myyntinsä termiinisopimuksilla, myyntiyhtiön voittofunktio voidaan esittää seuraavalla tavalla:

$$(19) \quad \pi = (p - P)(Q - q)$$

Tällöin myyntiyhtiön simuloiduksi jäännösriskiksi muodostuu kuvion 76 kaltainen. Kuviosta nähdään selvästi, että termiinisuojauksesta johtuen myyntiyhtiön jäännösriski ei ole enää lineaarinen suhteessa tukkuhintaan johtuen hintariskiltä suojaautumisesta. Mutta jäännösriskin jakauma on edelleen vino (ks kuvio 77).



Kuvio 76. Jäännösriski, termiinisuojaus.



Kuvio 77. Jäännösriskin jakauma, termiinisuojaus.

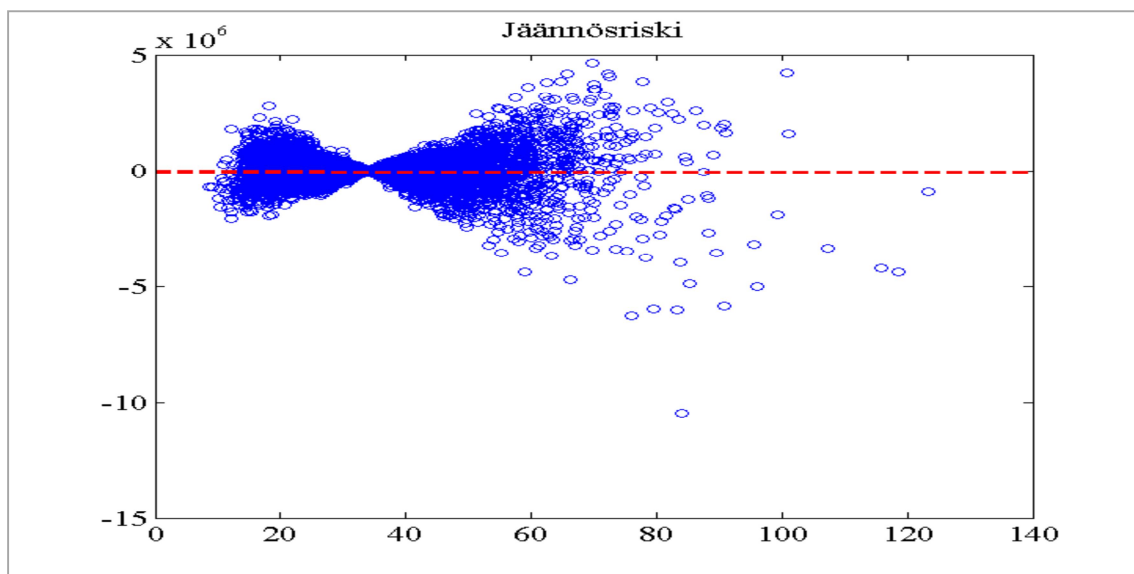
Termiinisuojauksen jälkeen jäännösriski on kuitenkin vielä konkaavi suhteessa tukkuhintaan. Tämä viittaa siihen että suojasta voidaan edelleen parantaa epälineaarisilla tuotteilla, eli optioilla. Jos suoritetaan terminoinnin lisäksi optiosuojaus jolla on konvekssi tuottofunktiio, pystytään jäännösriskiä edelleen pienentämään valitsemalla tilastollisella analyysillä sopivat optiot. Konvekssi optiostrategia tuottaa voittoa jos kohde-etuuden hinta liikkuu tarpeeksi voimakkaasti. Jäännösriskiä voidaan esimerkiksi pienentää ostamalla 130.000 kappaletta osto-optioita toteutushinnalla 46 €/MWh sekä ostamalla 110.000 kappaletta myyntioptioita toteutushinnalla 28 €/MWh.

Tällöin myyntiyhtiön tuottofunktiio on seuraavanlainen:

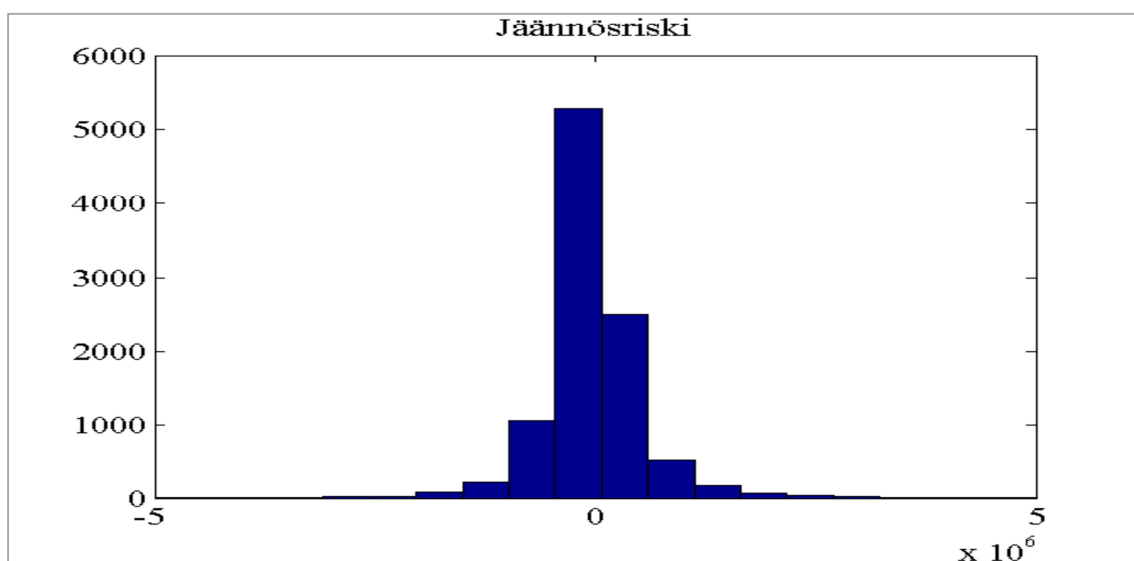
$$(20) \quad \pi = (p - P)(Q - q) - X_1 \max(P - K_1) - X_2 \max(K_2 - P)$$

Jossa X_1 kuvaa osto-optioiden määrää toteutushinnalla K_1 ja X_2 myyntioptioiden määrää toteutushinnalla K_2 .

Kuviosta 78 nähdään selvästi, että termiini- ja optiosuojaus poistaa jäännösriskin lineaarisen ja epälineaarisen suhteen tukkuhintaan. Lisäksi jäännösriskin jakauma on symmetrinen optiosuojauksen jälkeen, kuvio 79.

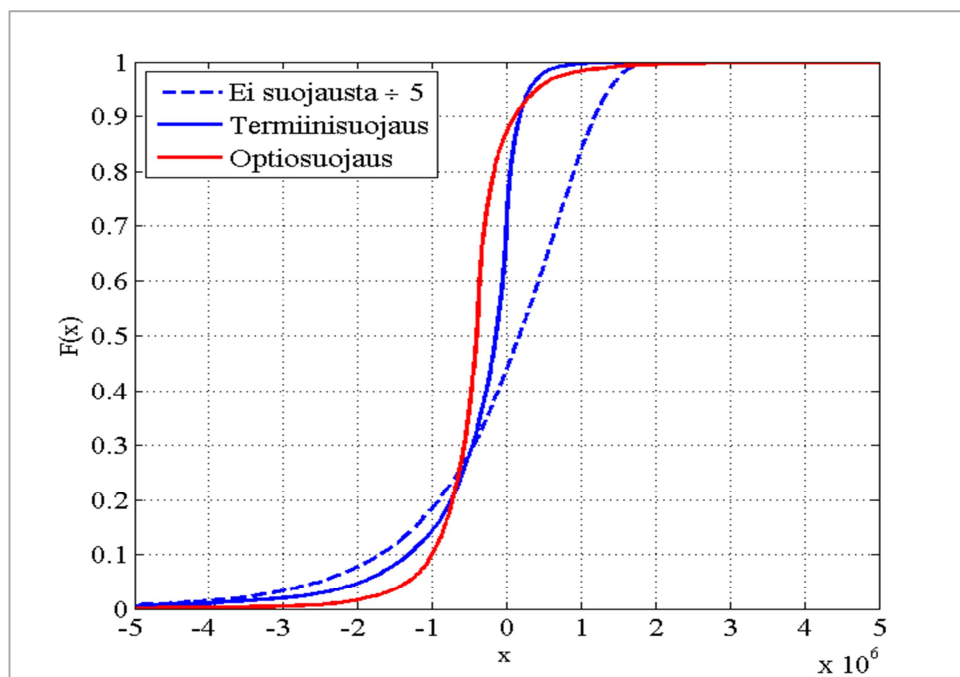


Kuvio 78. Jäännösriski, optiosuojaus.



Kuvio 79. Jäännösriskin jakauma, optiosuojaus.

Kuviosta 80 käy lisäksi selvästi ilmi, että optiosuojauksen avulla pystytään pienentämään suurten tappioiden todennäköisyyksiä, mutta vastaavasti myös suurempien voittojen todennäköisyys laskee. Optiosuojatuista voitoista 80 % on alueella $[-1, 0]$ Meur. Lisäksi optiosuojattujen voittojen kertymäjakauma dominoi termiinisuojausta kaikkialla paitsi alueella $[-0,6 - 0,4]$.



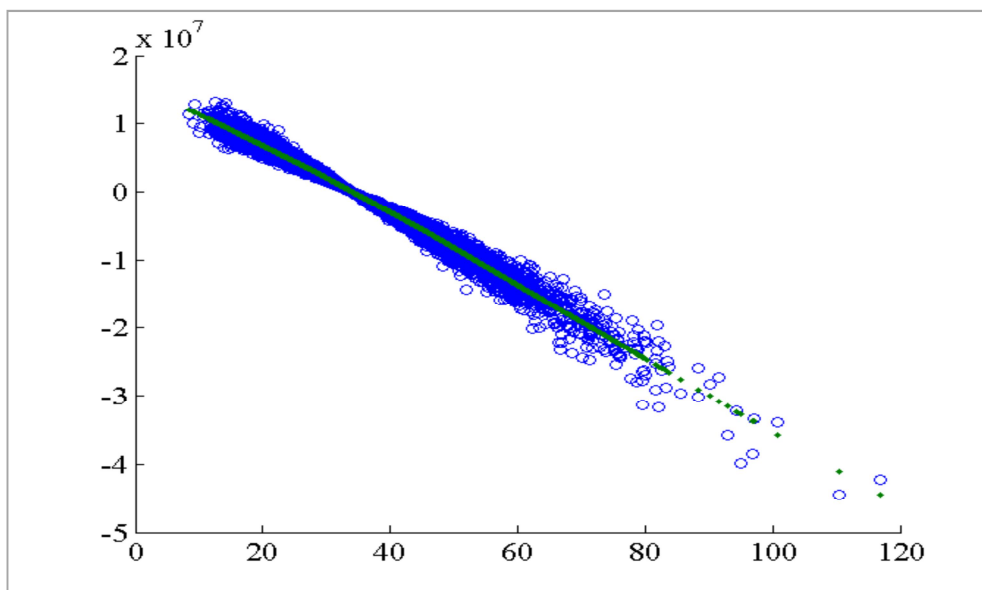
Kuvio 80. Suojausten kertymäjakauma.

Taulukossa 16 on lisäksi esitettyä tiivistetyt tulokset eri suojausmenetelmistä. Tuloksista käy ilmi, että termiini- ja optiosuojausten avulla pystytään pienentämään kassavirta- sekä jäännösriskiä huomattavasti. Termiini- että optiosuojauksella pystytään pienentämään merkittävästi kvartiiliväliä, eli kolmannen (75 %) ja ensimmäisen (25 %) kvartiilin välistä erotusta.

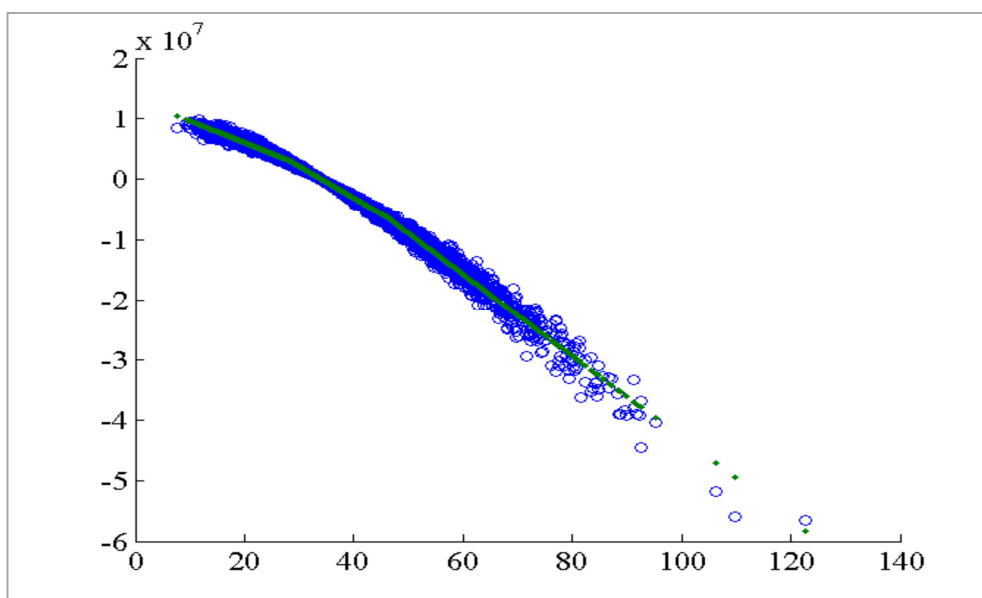
Taulukko 16. Eri suojausmenetelmien vaikutus kassavirtaan.

	Ei suojasta	Termiini	T. ja optiot
Kustannus	0	0	0,37M
Keskiarvo	– 0,50M	– 0,42M	– 0,45M
75 % – 25 %	7,29M	0,71M	0,41M
CFaR-5 %	– 12,41M	– 1,91M	– 1,30M
Jäännösriski	100 %	15 %	9 %

Tässä yhteydessä on vielä tärkeää korostaa, että sähkön hinnan ja määrän välisellä yhteisvaihtelulla on suuri merkitys sille minkälaisia suojausinstrumentteja energiayhtiöiden tulisi käyttää suojauksessaan. Kuvioista 81 ja 82 käy selvästi ilmi, että mitä suurempi yhteisvaihtelu sähkön hinnalla ja määrällä on, sitä konkaavimpi käyrä jäännösriskillä on. Tämä tarkoittaa sitä, että jos sähkön hinnan ja määrän välinen yhteisvaihtelu on suurta, suojauksessa kannattaisi mahdollisesti hyödyntää myös optioita.



Kuvio 81. Yhteisvaihtelu 20 %.



Kuvio 82. Yhteisvaihtelu 80 %.

LÄHTEET

Australian Securities Exchange (2004). Australian Securities Exchange, S&P/ASX Buy-Write Index.

Bessembinder, H. & Lemmon, M. (2002). Equilibrium Pricing and Optimal Hedging in Electricity Forward Markets. *The Journal of Finance* 57:3, 1347–1382.

Brown, G. & Toft, K.B. (2002). How Firms Should Hedge. *The Review of Financial Studies* 15:4, 1823–1324.

CBOE (2009). Chicago Board Options Exchange, Buy-Write Index.

Deutsche Börse (2006). Deutsche Börse, Covered Call Index.

Feldman, B. & Roy, D. (2005). Passive Options-based Investment Strategies: The Case of the CBOE S&P 500 BuyWrite Index. *Journal of Investing* 14:2, 66–83.

Gay, G., Nam, J. & Turac, M. (2003). On the Optimal Mix of Corporate Hedging Instruments: Linear Versus Nonlinear Derivatives. *The Journal of Futures Markets* 23:3, 217–239.

Hill, J., Balasubramanian, V., Gregory, K. & Tierens, I. (2006). Finding Alpha via Covered Index Writing. *Financial Analysts Journal* 62:5, 29–46.

Hull, J.C. (2006). *Options, Futures and Other Derivatives*. 6th edition. New Jersey: Prentice Hall.

Kapadia, N. & Szado, E. (2007). The Risk and Return Characteristics of the Buy-Write Strategy on the Russell 2000 Index. *The Journal of Alternative Investments* 9:4, 39–56.

Kirk, E. (1995). Correlation in the Energy Markets. *Managing Energy Price Risk, Risk Publications*, 71–78.

LIFFE Options (2002). A guide to trading strategies.

Moschini, G. & Lapan, H. (1995). The Hedging Role of Options and Futures Under Joint Price, Basis and Production Risk. *International Economic Review* 36:4, 1025–1049.

Nasdaq OMX Commodities Europe (2013). Nasdaq OMX Commodities Europe:n kotisivut [online]. Saatavana World Wide Webistä: URL: <http://www.nasdaqomx.com/commodities/>.

Nord Pool AS (2009): Nord Pool AS:n kotisivut [online]. Saatavana World Wide Webistä: <http://www.nordpoolspot.com/>.

Oum, Y., Oren, S. & Deng, S. (2006). Hedging Quantity Risks with Standard Power Options in a Competitive Wholesale Electricity Market. *Naval Research Logistics* 53:7, 697–712.

Oum, Y. & Oren, S. (2009). VaR Constrained Hedging of Fixed Price Load-Following Obligations in Competitive Electricity Markets. *Journal of Risk and Decision Analysis* 1:1, 43–56.

Oum, Y. & S. Oren (2010). Optimal Static Hedging of Volumetric Risk in a Competitive Wholesale Electricity Market. *Decision Analysis* 7:1, 107–122.

Sanda, Fleten & Olsen (2011). Selective Hedging in Hydro-Based Electricity Companies. *Working Paper*.

Sähkömeklarikurssi. Vuoden 2007 sähkömeklarikurssin luentomateriaali.

Trade at Nasdaq OMX Commodities Europe's Financial Market (2013). Saatava World Wide Webistä: http://www.nasdaqomx.com/digitalAssets/78/78847_trade-financialmarket.pdf.

Whaley, Robert E. (2002). Return and Risk of CBOE Buy Write Monthly Index. *Journal of Derivatives* 10:2, 35–42.