LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Kauppatieteellinen tiedekunta
Rahoitus

Antti Korhonen

WARRANTTIHAAROJEN TUOTOT JA MARKKINOIDEN TEHOKKUUS NOKIAN OSAVUOSIKATSAUSTEN YHTEYDESSÄ VUOSINA 2002-2009

Työn ohjaaja/tarkastaja: Professori Eero Pätäri
2. tarkastaja: Professori Minna Martikainen

TIIVISTELMÄ

Tekijä:	Antti Korhonen
Tutkielman nimi:	Warranttihaarojen tuotot ja markkinoiden tehokkuus Nokian osavuosikatsausten yhteydessä vuosina 2002-2009
Tiedekunta:	Kauppatieteellinen tiedekunta
Pääaine:	Rahoitus
Vuosi:	2010
Pro Gradu- tutkielma:	Lappeenrannan teknillinen yliopisto 63 sivua, 25 taulukkoa, 14 kuviota, 12 kaavaa ja 5 liitettä
Tarkastajat:	Prof. Eero Pätäri Prof. Minna Martikainen
Hakusanat:	Warrantit, haara, optiot, markkinoiden tehokkuus, straddle, strip, strap

Työssä pyrittiin löytämään indikaatioita markkinoiden epätehokkuudesta ja arbitraasimahdollisuuksia Suomen warranttimarkkinoilla muodostamalla osavuosikatsausten ympärille erilaisia aikaikkunoita at-the-money warranttihaaroilla. Kohde-etuutena käytettiin Nokian osaketta. Tilastollista merkitsevyyttä testattiin haarojen päivittäisistä logaritmisista tuotoista muodostetulla jakaumalla ja Excelin prosenttijärjestys() -funktiolla.

Työn pohjana käytettiin McKentzien, Thomsenin ja Phelanin (2007) työtä, jossa löydettiin teurassikafutuurimarkkinoilta tilastollisesti merkitseviä tuottoja straddle-haaroilla markkinakatsausten aikana.

Työssä ei löydetty tilastollisesti merkitseviä tuottoja tai tappioita pääasiallisella merkitsevyyden mittausmenetelmällä, mutta kahdensuuntaista t-jakauman jakaumaa käyttämällä kyllä.

ABSTRACT

Author:	Antti Korhonen
Title:	The profits and market efficiency using option strategies during Nokia's interim reports in years 2002-2009
Faculty:	LUT, School of Business
Major:	Finance
Year:	2010
Master's Thesis:	Lappeenranta University of Technology 63 pages, 25 tables, 14 figures, 12 formulas and 5 attachments
Examiners:	Prof. Eero Pätäri Prof. Minna Martikainen
Keywords:	Warrants, straddle, strip, strap, options, market efficiency

In this study we tried to find evidence of market inefficiency and arbitrage opportunities from Finland's warrants market by using different event times with at-the-money strategies and Nokia's warrants. The statistical significance was tested with distributions formed from daily logarithmic returns and Excel's percentilerank()-function.

In this study we tried to replicate the study of McKenzie et al. (2007), where they found statistically significant profits from U.S. hog futures option market surrounding the release of Hogs and Pigs Reports.

We didn't find any statistically significant profits or losses using our main measurement method of significance, but by using two-tailed t-test we did.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO

Johdannaisten käytön voimakas kasvu alkoi 1970-luvulla, kun Frank Blackin ja Myron Scholesin (1973) kehittämä Black-Scholes-malli levisi yksinkertaisuutensa ja helppokäyttöisyytensä ansiosta rahoitusmarkkinoille. Optioista on tullut osake- ja valuuttasalkkujen vakuutuksia ja toisaalta niitä käytetään myös osakesalkkujen vipuvartena. Optioita käyttävät myös riskisijoittajat, jotka tavoittelevat suuria voittoja lyhyessä ajassa.

Suomessa osakeoptiot on nykypäivänä korvattu warranteilla, optioiden arvopaperistetuilla versioilla, joissa liikkeellelaskija toimii myös markkinatakaajana. Warranteilla on käyty kauppaa Helsingin pörssissä vuodesta 2000.

Black-Scholes-mallin tiukoista taustaoletuksista huolimatta kaava on edelleen varmasti käytetyin warranttien hinnoittelutapa. Markkinoilla on kuitenkin empiirisesti havaittu, että Black-Scholes-malli ei huomioi kaikkea ja pankit luovat markkinoille arbitraasimahdollisuuksia mikäli käyttävät hinnoittelumallia sellaisenaan. Liikkeellelaskijoiden on huomioitava mallin taustaoletuksista poikkeava tuottojakauma, sekä erilaiset erikoistilanteet juoksuaikana kuten osavuosikatsaukset.

Työssä esitellään ensin warranttien ominaisuuksia ja persoonallista hintakäyttäytymistä, sekä Black-Scholes-hinnoittelukaavan vaihtoehtoisia substituutteja. Työssä käydään myös läpi erilaisia ongelmia liittyen optioiden hinnoitteluun.

Empiirisessä osassa tutkitaan markkinoiden tehokkuutta tarkastelemalla osavuosikatsausten vaikutuksia warranttien markkinahintoihin sekä pyritään löytämään markkinoilta arbitraasimahdollisuuksia.

2. WARRANTIT SUOMESSA

Warrantit ovat arvopaperistettuja optioita, joilla on käyty Suomessa kauppaa vuodesta 2000. Warranttien arvo on sidottu kohde-etuuden arvon kehitykseen vaihtelevalla tavalla. Se, kuinka paljon warrantin arvo muuttuu suhteessa kohde-etuuteen, määrittää delta ja suunnan kertoo puolestaan se, onko kyseessä put- vai call-warrantti. Kohde-etuutena on käytössä niin valuutat, osakkeet, indeksit kuin mm. raaka-aineetkin. Mikäli warrantteja aikoo käyttää vipuvarren saavuttamiseen, eikä suojaamiseen, tulee kokemattoman olla varuillaan: warranttisijoittamisessa täytyy suunnan ja muutoksen voimakkuuden lisäksi pystyä ennustamaan myös muutoksen ajanhetki. (Nelskylä 2004)

Warrantteja voi ostaa pörssistä siinä missä osakkeitakin ja niitä laskevat Suomessa markkinoille Handelsbanken Capital Markets, Société Générale, Nordea, Alfred Berg ja Evli Bank. Pankit paitsi laskevat warrantit liikkeelle, ne myös toimivat samalla warranttien markkinatakaajana, eli lupaavat pitää markkinoilla osto- ja myyntilaidan. Näin warrantista saadaan likvidi. Koska warrantilla ei ole arvoa ilman liikkeellelaskijaansa, warrantin riskiä analysoitaessa pitää muistaa myös pankin maksuvalmiuteen liittyvä luottoriski.

2.1. Warranttien tunnukset

Warranteista puhuttaessa törmää nopeasti monimutkaiseen termistöön. Warrantin nimi on todennäköisesti ensikertalaiselle sanahirviö. Kun käydään kauppaa warranteilla, on hyvä kuitenkin tuntea warrantin nimen kirjainten ja numeroiden merkitykset.

Seuraavaksi on otettu esimerkiksi UPM:n myyntiwarrantti ja sen nimi puretaan osiin ja selitetään. Kuten näkyy, kaikella nimessä on enemmän tai vähemmän looginen selitys.

UPM9U18E6.00R.2NDS

UPM	Kohde-etuuden tunnus. (UPM-kymmene:n osake)
9	Erääntymisvuosi. (2009)
U	Erääntymiskuukausi + osto/myynti. Katso taulukko 1. (Syyskuu, myynti)
18	Erääntymispäivä. (18. päivä)
E6.00	Toteutushinta (6.00€)
R.2	Warrantin suhde kohde etuuteen. (0.2 eli 5 warranttia oikeuttaa yhteen kohde etuuteen. Sanotaan myös että kerroin on 5)
NDS	Liikkeellelaskija. (Nordea Bank AB)

Seuraavasta taulukosta näkyy kuinka erääntymisvuoden jälkeistä kirjainta tulee tulkita. Kirjaimet välillä A-L ovat ostowarrantteja ja välillä M-Y myyntiwarrantteja. Kirjaimet ovat oman ryhmänsä sisällä aakkosjärjestyksessä ja niiden järjestysluku ryhmän sisällä kertoo erääntymiskuukauden. (Nelskylä. 2004)

Erääntymiskuukausi	Ostowarrantti	Myyntiwarrantti
Tammikuu	A	M
Helmikuu	B	N
Maaliskuu	C	O
Huhtikuu	D	P
Toukokuu	E	Q
Kesäkuu	F	R
Heinäkuu	G	S
Elokuu	H	T
Syyskuu	I	U
Lokakuu	J	V
Marraskuu	K	X
Joulukuu	L	Y

Taulukko 1. Warrantin erääntymiskuukauden ja Put/Call ominaisuuden erottavat koodit. (Nelskylä. 2004)

3. WARRANTTIEN HINNANMUODOSTUS JA RAKENNE

3.1 Warranttien hinnanmuodostus

Optiot oikeuttavat siis myymään tai ostamaan yhden tai useamman kohde-etuuden, tai osan siitä jonain tiettynä päivänä tiettyyn hintaan. Warranteissa tosin erääntymispäivänä liikkeellelaskija tilittää suoraan warrantin haltijan arvo-osuustilille sen hetkistä perusarvoa vastaavan rahasumman, eikä warrantin omistava henkilö koskaan varsinaisesti tule saamaan kohde-etuutta.

Hintaa, jolla kohde-etuuden saa ostaa tai myydä toteutushetkellä kutsutaan toteutushinnaksi, ostowarrantteja call-warranteiksi ja myyntiwarrantteja put-warranteiksi. Call-warrantin tapauksessa kohde-etuuden hinnan tulee nousta toteutushinnan yläpuolelle ja put-warrantin tapauksessa kohde-etuuden arvon tulee päätyä toteutushinnan alapuolelle, jotta warrantti erääntyisi jonkin arvoisena (perusarvollisena).

Toteutushetkellä jäljellä on enää pelkkä perusarvo, mutta ennen toteutushetkeä warrantin arvo koostuu kahdesta osasta: perusarvosta ja aika-arvosta. Option idea on se, että mikäli toteutuspäivänä kohde-etuuden arvo on korkeampi kuin call-option toteutushinta, voi option haltija ostaa toteutushinnalla kohde-etuuden ja myydä sen markkinahinnalla pois. Väliin jäävä marginaali on option tuotto. Put-option tilanteessa puolestaan haltija voi myydä kohde-etuuden option liikkeellelaskijalle toteutushinnalla. Jos toteutushinta on markkinahintaa korkeampi, on näiden erotuksen arvo myyntioption haltijan tuotto.

Perusarvo on yksinkertaisesti kohde-etuuden markkinahinnan ja toteutushinnan välinen erotus osto-optioille, myyntioptioilla päinvastoin. Warranteissa kyseinen erotus tulee vielä jakaa warrantin kertoimella, jotta saadaan arvo-osuustilille tilitettävä summa. Kerroin nimittäin kertoo, kuinka monta warranttia oikeuttaa yhteen kohde-etuuteen.

Warranteissa ja optioissa yleensäkin positiivista perusarvoa omaavaa optiota kutsutaan plusoptioksi ja negatiivista perusarvoa vastaavasti miinusoptioksi. Kun kohde-etuuden hinta on sama kuin toteutushinta, on kyseessä tasaoptio. Oikeastihan warranteilla ei voi olla varsinaisesti negatiivista perusarvoa, koska warrantin voi aina jättää toteuttamatta. Oikeampaa olisi puhua voimakkaista miinusoptioista, mutta negatiivinen perusarvo on monesti helpommin ymmärrettävissä.

Perusarvon hinnoittelu onkin monesti ihmisille helpompi mieltää, mutta aika-arvo on sitten monimutkaisempi. Aika-arvo kertoo intuitiivisesti ajateltuna sen, kuinka paljon arvokkaampana nähdään se, että kyseinen warrantin mahdollistama optio voidaan toteuttaa maturiteettina nykyhetken sijaan. Kohde-etuuden arvo muuttuu koko ajan ja arvioimalla warrantin näkökulmasta toivottavien tulemien todennäköisyydet ja tuotot, voidaan tehdä arvio siitä, kuinka paljon lisäajasta kannattaa maksaa. Jotta tämän mahdollisuuden todennäköisyys ja hinta voitaisiin määritellä, pitää paneutua tarkemmin kohde-etuuden arvon liikkeisiin.

3.2. Warrantin hintaan vaikuttavat tekijät ja riskimittarit

Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti warrantin hintaan vaikuttavat tekijät sekä hintaan vaikuttavien parametrien keskeisimmät riskimittarit eli ns. kreikkalaiset, jotka ovat yleisessä käytössä warranteista puhuttaessa. Warrantteihin sijoittamisesta tekee taidetta nimenomaan se, että warrantin hintaan vaikuttaa paljon muutkin asiat, kuin osakkeen hinta ja kreikkalaiset kuvaavat näitä parametreja ja ovat tarkoitettu helpottamaan warrantin ominaisuuksien nopeaa arviointia.

Seuraavaksi työssä esitellään siis kaksi taulukkoa: taulukossa 2 näkyy, kuinka eri hinnoitteluparametrien muutokset vaikuttavat warrantin hintaan, sekä taulukossa 3 kreikkalaisten määritelmät. Taulukoista näkyy, kuinka monella muuttujalla on vaikutusta warrantin hintaan ja kuinka näitä voidaan mitata.

Warrantin arvon muuttujat	Ostowarrantin arvo	Myyntiwarrantin arvo
Kohde-etuuden hinta nousee	Nousee	Laskee
Kohde-etuuden hinta laskee	Laskee	Nousee
Volatiliteetti nousee	Nousee	Nousee
Volatiliteetti laskee	Laskee	Laskee
Aikaa kuluu	Laskee	Laskee
Osingonjako nousee [1]	Laskee	Nousee
Osingonjako laskee [1]	Nousee	Laskee
Korot nousevat [2]	Nousee	Laskee
Korot laskevat [2]	Laskee	Nousee

Taulukko 2. Markkinaparametrien vaikutukset warrantin hintaan. (Nelskylä. 2004)

[1] Eurooppalaisten warranttien hinnoittelu perustuu odotetun osingonjaon jälkeiseen osakehintaan. Osingonjako ei vaikuta osakkeen hintaan, kuin ainoastaan jos arvio odotetusta osingosta muuttuu.

[2] Valuuttawarranteilla tämä pätee kotimaiselle korkomarkkinalle vaihtokurssissa. Ulkomaisen valuutan korkomuutokset vaikuttavat päinvastaisesti.

Mittarin nimi	Kaava	Selitys
Delta	$\frac{\partial p}{\partial S}$	Warrantin arvon muutos, kun kohde-etuuden arvo muuttuu yhdellä yksiköllä.
Gamma	$\frac{\partial delta}{\partial S}$	Deltan muutos, kun kohde-etuuden arvo muuttuu yhdellä yksiköllä.
Theta	$\frac{\partial p}{\partial t}$	Warrantin arvon muutos, kun erääntymispäivä lähenee yhdellä yksiköllä.
Vega	$\frac{\partial p}{\partial \sigma}$	Warrantin arvon muutos, kun kohde-etuuden volatiliteetti muuttuu yhdellä yksiköllä.
Rho	$\frac{\partial p}{\partial r}$	Position arvon muutos, kun korkotaso muuttuu yhdellä yksiköllä.
Omega (hintajousto)	$\frac{\partial p / p}{\partial S / S}$	Warrantin prosentuaalinen muutos, kun kohde-etuuden arvo muuttuu yhdellä prosentilla.

Taulukko 3. Warranttien riskimittarit. (Hull. 2006)

Taulukossa 3 esiintyvät kirjaimet tarkoittavat seuraavaa:

p = warrantin arvo

S = kohde-etuuden arvo

t = aika

σ = kohde-etuuden volatiliteetti

r = korkokanta

3.3 Osto- ja myyntioptioiden hintapariteetti

Osto- ja myyntioptioiden välillä pätee yhtälö nimeltä put-call hintapariteetti. Put-call pariteetin mukaan ostamalla yhden osto-option, myymällä lyhyeksi yhden osakkeen, sekä antamalla lainaksi option toteutushinnan nykyarvoa vastaavan määrän rahaa päästään samaan kassavirtaan kuin ostamalla yksi identtinen myyntioptio. Jos kuitenkin osto- ja myyntioption implisiittiset volatiliteetit ovat erilaiset, syntyy markkinoille arbitraasimahdollisuus. (Ingersoll. 1987)

Oletetaan että sijoittaja tekee position tilanteessa, jossa myyntioption implisiittinen volatiliteetti on suurempi kuin osto-option. Sijoittaja ostaa call-option ja bondin, sekä shorttaa osakkeen ja put-warrantin.

Kun pariteetin mukaan pätee:

(9) $$c + Ke^{-rT} = p + S_0$$

missä

c = osto-option hinta
p = myyntioption hinta ostohetkellä
S_0 = osakkeen hinta
Ke^{-rT} = lainan nykyarvo
(Hull. 2006)

, niin tuotto jakautuu seuraavasti:

Positio	Välitön maksu	Kassavirta ajanhetkellä t	
Osakkeen hinta ajanhetkellä t		$< K$	$> K$
Shorttaa osake	$+S_0$	$-S_t$	$-S_t$
Osta bondi Ke^{-rT}	$-Ke^{-rT}$	$+K$	$+K$
Osta call	$-c$	0	$S_t - K$
Shorttaa put	$+p_{market}$ [3]	$S_t - K$	0
Yhteensä	$p_{market} - p_{pcp}$ [4]	0	0

Taulukko 4. Put-Call arbitraasi ylihinnoitellun putin tapauksessa.

[3] Put-option markkinahinta
[4] Put option put-call pariteetilla laskettu teoreettinen hinta

Toisaalta mikäli implisiittinen volatiliteetti nousee sen takia, että pariteetin mukaan put-warrantti olisi aliarvostettu aikaikkunan alussa, voidaan positio ottaa päinvastoin.

Tässä tilanteessa puolestaan:

Positio	Välitön maksu	Kassavirta ajanhetkellä t	
Osakkeen hinta ajanhetkellä t		$< K$	$> K$
Osta osake	$-S_0$	$+S_t$	$+S_t$
Lainaa rahat	$+Ke^{-rT}$	$-K$	$-K$
Shorttaa call	$+c_{market}$ [5]	0	$K - S_t$
Osta put	$-p$	$K - S_t$	0
Yhteensä	$c_{market} - c_{pcp}$ [6]	0	0

Taulukko 5. Put-Call arbitraasi ylihinnoitellun callin tapauksessa.

Sijoittaja on siis tehnyt arbitraasivoittoa, koska osto- ja myyntioption implisiittiset volatiliteetit eivät ole olleet identtiset, mikä on luonut markkinoille hintavääristymän. Suomessa kuitenkin warranttien lyhyeksimyyminen on lainsäädännöllä estetty yksityissijoittajilta, joten käytännössä tilanteesta hyötyminen ei onnistu kuin teorian tasolla.

3.4. Warranttien käyttötarkoitukset

Warrantteja voidaan käyttää (sijoittajan näkökulmasta) kahteen tarkoitukseen: suojaamiseen ja vipuvarren saavuttamiseen osakesalkulle, sekä kattamattomaan warranttisijoittamiseen. Suojaaminen on kuitenkin warranttien pääasiallinen tehtävä. Tällöin warrantti toimii tavallaan vakuutuksena ja vakuutuksen hinta on warrantista maksettu ostohinta.

[5] Call-option markkinahinta
[6] Call-option put-call pariteetilla laskettu teoreettinen hinta

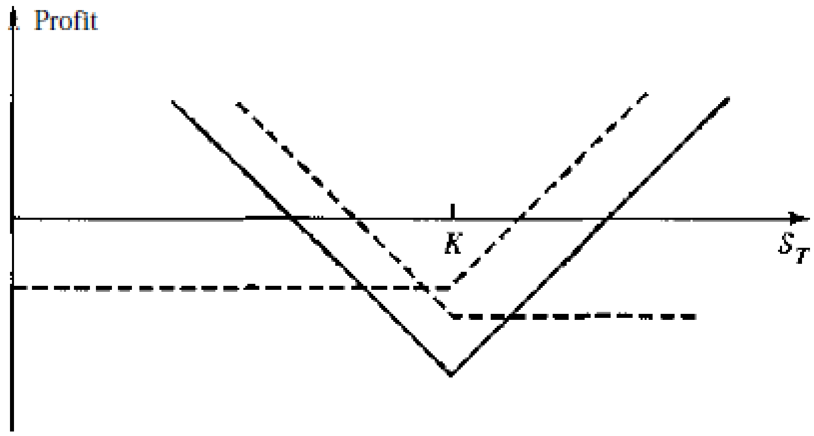
Warrantit ovat suosittuja sijoituskohteita niiden suuren tuottopotentiaalin ansiosta. Warranteilla onkin mahdollista saavuttaa huomattava vipuvarsi pääomalle – tosin tappion riski kasvaa samalla tavalla. Out-of-the-money warranttien hinta heittelee eniten, joten niillä on myös suurin tuotto-/tappiopotentiaali. Luonnollisesti in-the-money-warranteissa riski menettää koko pääoma on pienempi kuin out-of-the-money-warranteissa ja at-the-money-warrantit ovat tältä väliltä. Warranteista saatua tuloa verotetaan pääomatulona.

Sekä suojaamiseen että vipuvarren saavuttamiseen salkulle on olemassa optioille monia erilaisia strategioita. Lisäksi on olemassa vielä ns. kattamattomia optiostrategioita. Suojausstrategioita on esimerkiksi osakesalkun päälle asetettu call- ja/tai put-warrantti. (Hull. 2006)

Myyntioption tapauksessa salkku tavallaan vakuutetaan kurssilaskuilta ja pääomanmenetyksiltä, mutta kuitenkin säilytetään mahdollisuus kurssinoususta hyötymiseen. Toisaalta verotuksellisista syistä holdaamista suosiva sijoittaja voi haluta pitää osakkeet salkussaan ja siirtää verojen maksamista tulevaisuuteen ja pyrkiä näin maksimoimaan pääoman kumuloitumisen myyntiwarranteilla, mikäli warrantista maksettavan hinnan vaihtoehtoiskustannus on tarpeeksi korkea. (Hull. 2006)

Kattamattomat optiostrategiat, eli strategiat joissa ei omisteta kohde-etuutta, voivat olla joko puhtaasti call- tai put-warranttisalkkuja, jolloin warranttisijoituksia porrastetaan hinnallisesti tai ajallisesti. Näitä strategioita ovat mm. bull spread, bearspread, butterfly ja calendar spread. Ajallisesti porrastetuissa optiostrategioissa otetaan kantaa siihen kuinka paljon markkinahinta poikkeaa toteutushinnasta. Lisäksi on erilaisia yhdistelmästrategioita. (Hull. 2006)

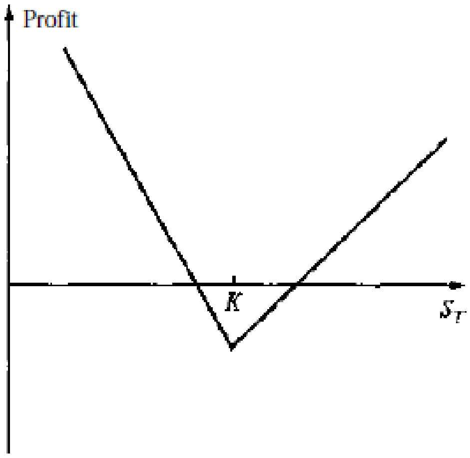
Yhdistelmästrategioissa ostetaan sekä put- että call-warrantteja, jolloin sijoittajan voitto tulee implisiittisen volatiliteetin noususta aiheutuvasta warrantin arvonnoususta tai voimakkaasta hintaheilahtelusta kumpaan tahansa suuntaan. Esimerkkinä straddle- ja strangle-strategiat, joissa ostetaan sekä myynti- että osto-optioita, mutta ei painottaen. Tuottoa tulee, riippumatta siitä kumpaan suuntaan kohde-etuuden arvo liikkuu, kunhan se liikkuu tarpeeksi voimakkaasti. (Hull. 2006)



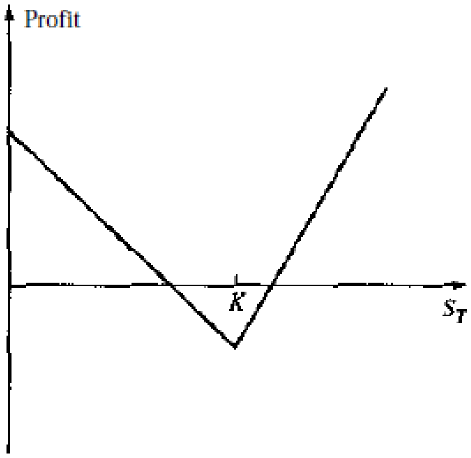
Kuva 1. Straddle haara. (Hull. 2006)

Kuvasta 1 näkyy kuinka straddle-haaran tuotto muodostuu. X-akselilla on kohde etuuden hinta ja y-akselilla haaran tuotto. Oikealle nouseva katkoviiva on ostowarrantti, vasemmalle nouseva katkoviiva myyntiwarrantti ja jatkuva viiva on haara. Kuvaajasta huomataan, että mikäli toisesta warrantista tuleva tuotto kattaa toisen warrantin tuoman tappion, haarasta tulee kannattava.

Yhdistelmästrategioissa on mahdollista ottaa myös näkemystä hinnanmuutoksen suuntaan painottamalla joko osto- tai myyntipuolta. Mikäli sijoittaja uskoo kurssien voimakkaaseen heiluntaan, mutta pitää kuitenkin joko nousua tai laskua todennäköisempänä, voi tämä painottaa call- tai put-puolta jolloin kyseessä ovat strap ja strip strategiat. (Hull. 2006)



Kuva 2. Strip haara. (Hull. 2006).



Kuva 3. Strap haara. (Hull. 2006).

Kuvista 2 ja 3 näkyy strip ja strap haaran tuotot. Idea on sama kuin straddle-haarassa, mutta strip haarassa tuotto nousee jyrkemmin vasemmalle ja strapissa oikealle johtuen painotuksista osto- tai myyntipuolelle.

Straddle-, strip-, ja strap-haaroja käytetään empiirisessä osassa, minkä takia kyseiset haarat käytiin läpi tarkemmin kuin muut.

4. VOLATILITEETTI

Kuten aiemmin selvisi, warrantin tuottopotentiaali riippuu kohde-etuuden arvon heilahteluista. Mikäli warrantilla ei ole toteutuspäivänä perusarvoa, se on arvoton. Toisin sanottuna, mitä enemmän kohde etuuden arvo heittelee, sitä kannattavampi sijoituskohde warrantti saattaa olla. Rahoituksessa tätä epävarmuutta kuvaa volatiliteetti. (Hull. 2006)

Volatiliteetti σ kuvaa, kuinka suuri on tuoton keskihajonta, eli kuinka paljon tuotot voivat heitellä käsiteltävällä ajanjaksolla suhteellisesti. Kyse on siis epävarmuudesta tulevia tuottoja kohtaan. Yhden keskihajonnan päässä on 68,27% ja kahden keskihajonnan päässä 95,45% havainnoista. Esim. jos meillä on osake jonka keskimääräinen tuotto on 10% ja volatiliteetti 30%, tämä tarkoittaa karkeasti sitä, että osakkeen tuotto on 68,27%:n todennäköisyydellä -20%:n ja +40%:n välissä ja 95,45%:n todennäköisyydellä -50%:n ja +70%:n välissä. Warrantin volatiliteetti voidaan ilmaista kohde-etuuden volatiliteetin, kohde-etuuden hinnan, riskittömän korkokannan, warrantin voimassaoloajan ja warrantin hinnan funktiona. (Nelskylä. 2004)

4.1. Historiallinen volatiliteetti

Historiallinen volatiliteetti on nimensä mukaisesti laskettu historiallisesta datasta alla olevalla kaavalla:

(1) $$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

missä

σ = Historiallinen volatiliteetti

n = ajanjakson pituus

y_i = kohde-etuuden tuotto päivänä i

$\bar{y}$ = kohde-etuuden tuottojen keskiarvo

Historiallista volatiliteettia voidaan käyttää implisiittisen volatiliteetin estimoinnissa, mutta kompastuskiveksi tulee kuitenkin otoksen pituuden valinta. Yleisimmin käytetty ajanjakso on vuosi, mutta pituus voi olla käytännössä mikä tahansa muukin. Betan estimoinnissa suositellaan monesti viiden vuoden kuukausidataa. Pidempi otos tietysti tarkentaa estimaattia, mutta pitää muistaa, ettei kohde-etuuden volatiliteetti ole vakio yli ajan. Käytännössä otoksen pituutta muuttamalla voidaan saada hyvinkin erilaisia tuloksia, eikä historiallisen volatiliteetin käyttö implisiittisen volatiliteetin mittarina ole yksinään monesti relevanttia.

4.2. Implisiittinen volatiliteetti

Laskettaessa warrantin volatiliteettia pitää muistaa, että warrantin juoksuaika on tulevaisuudessa, eikä menneisyydessä ja tästä syystä puhutaan implisiittisestä volatiliteetista, joka mittaa epävarmuutta tulevaisuudessa. Periaatteessa kaikilla saman kohde-etuuden warranteilla pitäisi olla sama implisiittinen volatiliteetti, varsinkin jos maturiteetti on sama. Näin ei kuitenkaan ole. Tätä ilmiötä kutsutaan volatiliteettihymyksi.

Black-Scholes hinnoittelumallissa kaikki muut muuttujat paitsi implisiittinen volatiliteetti ovat ennalta määriteltyjä vakioita. Näin siis pankeilla on mahdollisuus yli- tai alihinnoitella liikkeellelaskemansa warrantit halutessaan korottamalla implisiittistä volatiliteettia. Pankki kuitenkin luo markkinoille arbitraasimahdollisuuksia sijoittajille, mikäli alihinnoittelee warrantit. Ylihinnoittelun tilanteessa puolestaan sijoittajat eivät osta warrantteja ja pankki menettää asiakkaitaan. Pankin edun mukaista on siis pyrkiä kuitenkin pitkällä aikavälillä pitämään hinnat oikealla tasolla. Implisiittinen volatiliteetti ei kuitenkaan ole vakio yli ajan.

Osavuosikatsausten yhteydessä on huomattavasti todennäköisempää, että osakkeen hinta heilahtelee normaalia arkipäivää voimakkaammin. Seuraavassa kappaleessa käy ilmi, kuinka implisiittinen volatiliteetti näkyy konkreettisesti warrantin hinnassa.

5. WARRANTTIEN HINNOITTELUMALLIT

Warrantin hinta koostuu perusarvosta ja aika-arvosta. Perusarvon määrittely on helppo vähennyslasku: osto-optioilla markkinahinnasta vähennetään toteutushinta ja myynti-optioilla päinvastoin. Perusarvo ei teoriassa kuitenkaan koskaan ole negatiivinen, koska optiota ei tarvitse toteuttaa, mikäli tuotto olisi erääntymispäivänä tappiollinen. Tässä kappaleessa otetaan esille hinnoittelumalleja, jotka huomioivat aika-arvon.

5.1. Black-Scholes-malli

Black ja Scholes kehittivät vuonna 1973 vallankumouksellisen optioiden hinnoittelumallin, joka ottaa huomioon option aika-arvon. Black-Scholes-malli on tullut yhdeksi käytetyimmistä warranttien hinnoittelumalleista yksinkertaisuutensa vuoksi. Kaavan käyttö tietokoneilla taittuu silmänräpäyksessä ja käyttöön tarvittavat tiedot ovat helposti mitattavissa.
(Nikkinen et al. 2002)

5.1.1. Black-Scholes-mallin taustaoletukset

Malliin liittyy joukko taustaoletuksia, joiden on täytyttävä, jotta malli toimisi kunnolla:

1) Korkokanta on vakio ja se tunnetaan.
2) Osakkeen hinnan kehitys seuraa satunnaiskulun mallia ja tuotot ovat log-normaalijakautuneita. Myös tuottojen varianssi on vakio.
3) Osinkoa eikä muita etuuksia jaeta juoksuaikana.
4) Kyseessä on eurooppalainen optio.
5) Transaktiokustannuksia ei ole.

6) Instrumentit voidaan jakaa äärettömän pieniin osiin ja lainaa voidaan ottaa 1. kohdan korkokannalla.
7) Lyhyeksimyyntiä ei ole rajoitettu eikä siitä koidu kustannuksia.

(Hull. 2006)

Nämä taustaoletukset ovat todella tiukat, eivätkä täyty täydellisesti käytännössä koskaan. Malli antaa kuitenkin melko hyvän arvion option todellisesta hinnasta ja sen käyttäminen optioiden hinnoitteluun on täysin mahdollista.

5.1.2. Black-Scholes-hinnoittelukaava

Fisher Blackin ja Myron Scholesin (1973), sekä Robert Mertonin (1973) pioneerityön pohjalta rakennettu Black-Scholes-malli on seuraavanlainen:

(2) $$c = S_0 N(d_1) - Xe^{-r(T-t)} N(d_2)$$

ja

(3) $$p = Xe^{-r(T-t)} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

joissa,

(4) $$d_1 = \frac{ln(S_t/X) + (r + \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

(5) $$d_2 = \frac{ln(S_t/X) + (r - \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

, missä

c = osto-option hinta

p = myynti-option hinta

T = maturiteetti

t = hetki jona optio hankitaan

S_t = kohde-etuuden markkinahinta ajanhetkellä t

X = toteutushinta

r = korkokanta

σ = kohde-etuuden volatiliteetti

N (d_*) = normaalijakauman kertymäfunktio arvolla d_*.

(Hull. 2006)

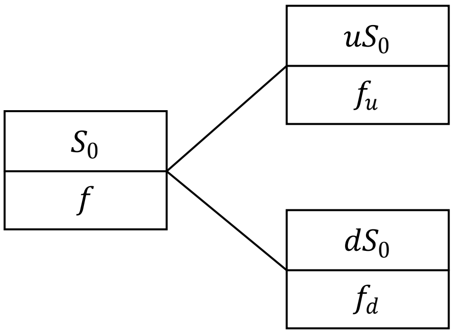
Kaavasta voidaan siis laskea osto-option hinta c tai myyntioption hinta p. Kaavan voi ratkaista halutessaan myös volatiliteetin suhteen ja monesti riskisijoittajat ovatkin kiinnostuneita nimenomaan implisiittisestä volatiliteetista. Kaavassa muut muuttujat kuin implisiittinen volatiliteetti ovat nimittäin ennalta määriteltyjä.

5.2. Muita hinnoittelumalleja

5.2.1. Binomipuumalli

Yksi paljon käytetty tapa optioiden hinnoitteluun on binomipuumalli, jonka esittelivät alunperin Cox, Ross ja Rubinstein (1979) tunnetussa julkaisussaan "Option Pricing: A Simplified Approach". Binomipuumallissa arvioidaan jollekin kohde-etuuden hinnalle tietylle ajanjaksolle prosentuaaliset muutokset ylöspäin ja alaspäin. Vuotuinen ylöspäin -muutos saadaan korottamalla Neperin luku potenssiin vuosittainen volatiliteetti ja alaspäin -muutos on vastaavasti sama luku potenssiin -1.

Kertomalla arvot ylöspäin ja alaspäin, liikkeellä voidaan tutkia jonkin kohde-etuuden arvon kehitystä ja arvioida option kannattavuutta erilaisissa skenaarioissa ja sitä kautta laskea mallista takaperin option nykyarvo.



Kuva 4. Yhden askeleen binomipuumalli.

Kuvassa 4 on esitelty yksinkertainen binomipuumalli. Mallissa S_0 on osakkeen hinta ajanhetkellä 0, f osto option hinta ajanhetkellä 0, u ja d suhteutetut tuotot sekä f_u ja f_d option tuotot ajanhetkellä 1. Osakkeen hinta lasketaan muodostaen portfolio, jossa myydään lyhyeksi yksi osto-optio ja ostetaan Δ osaketta. Tämän jälkeen lasketaan Δ:lle arvo, jolla positio on riskitön, kaavalla:

(6) $$\Delta = \frac{f_u - f_d}{S_0 u - S_0 d}$$

Kun tiedetään Δ:n arvo, voidaan laskea portfolion nykyarvo.

(7) $$(S_0 u \Delta - f_u)e^{-rT}$$

Kun tiedetään, että portfolion muodostamisen hinta on osakkeiden hinnan ja osto-option erotus, voidaan laskea osto option hinta asettaen nykyarvo ja portfolion hinta yhtäsuuriksi:

(8) $$S_0 u \Delta - f = (S_0 u \Delta - f_u)e^{-rT}$$

eli

(9) $$f = S_0\Delta(1 - ue^{-rT}) + f_u e^{-rT}$$

Seuraavaksi Δ voidaan korvata aiemmalla kaavallaan, jolloin yhtälö supistuu seuraavaan muotoon:

(10) $$f = e^{-rT}\left[pf_u + (1-p)f_d\right]$$

missä

(11) $$p = \frac{e^{-rT} - d}{u - d}$$

(Hull. 2006)

Binomipuumalli on Black-Scholes- mallia monipuolisempi, mutta toisaalta myös työläämpi. Varsinaiset hyödyt binomipuumallista saadaan nimittäin kun malli ajetaan päivittäisillä muutoksilla. Mallilla voidaan kuitenkin huomioida esimerkiksi osingonjaot ja laskea arvot myös amerikkalaisille- ja hyvinkin eksoottisille optioille.

5.2.2. Monte Carlo simulaatio

Monte Carlo simulaatio ei ole varsinaisesti optioiden hinnoittelumalli, mutta voidaan käyttää siihen. Monte Carlo simulaatiossa toistetaan useita kertoja varta vasten luotua Wiener-prosessia, johon normaalin Wiener-prosessin lisäksi liitetty osakkeen tuotto-odotukset. Tulevaisuuden erilaisista skenaarioista voidaan laskea odotettu tuotto ja diskontata tämä nykypäivään, jolloin voidaan laskea myös option hinta. (Hull. 2006)

Monte Carlo simulaation etu on siinä, että sitä voidaan käyttää, kun option tuotto on polkuriippuvainen sekä myös silloin kun se on riippuvainen vain päätöshinnasta. Lisäksi Monte Carlo simulaatioon on mahdollista lisätä ulkopuolisten muuttujien vaikutuksia ja saada näin realistisempi estimaatti option todellisesta arvosta. Monte Carlosta on myös mahdollista saada ulos prosessin aiheuttama keskivirhe, mikä ei muilla hinnoittelumetodeilla ole mahdollista. (Hull. 2006)

Monte Carlo simulaatio on työläs ja aikaa vievä tapa optioiden laskemiseen ja useimmiten se toteutetaankin tietokoneilla. Tosin muuttujien lisääntyessä funktioon, myös uudemmatkin tietokoneet on vielä nykyaikana mahdollista saada Monte Carlolla polvilleen. Simulaation mahdollisuudet ovat suuret ja todennäköisesti tietokoneiden laskentatehon noustessa Monte Carlo saattaa tulevaisuudessa nostaa päätään myös yksityissijoittajien optiolaskureissa.

5.2.3. Sumeat menetelmät

Uusimpia tuulia optiohinnoittelun saralla ovat sumeat menetelmät (fuzzy logic). Sumeassa logiikassa tulevaisuuden tuottoa ei käsitellä odotusarvona vaan tuottona jollain välillä. Epätarkkuus on mukana koko laskentaprosessin ajan ja myös vastaus on myös aina sumea luku. Saatu vastaus sisältää erilaiset tulemat ja suhteelliset todennäköisyydet niille, mikä on realistisempaa kuin pelkkä odotusarvo (esimerkkinä tilanne jossa osakkeen tuoton odotusarvo on 10%, mutta volatiliteetti 100%).

Sumeissa menetelmissä voidaan saavuttaa monimutkaisempien metodien hyötyjä säästäen aikaa ja vaivaa. Esimerkiksi Monte Carlo simulaatio on todella raskas ajaa, mutta sen hyödyt voidaan saada karkeasti sumealla logiikalla huomattavasti lyhyemmässä ajassa. Hyöty korostuu tilanteissa, jossa ennusteita pitää päivittää usein. Tosielämässä on monesti lähes mahdotonta arvioida esimerkiksi tulevaisuuden kassavirtoja tarkasti, minkä takia myöskään tarkemmat laskelmat eivät todellisuudessa voi antaa täysin tarkkoja estimaatteja ja näin joka tapauksessa tehdään yksinkertaistuksia. Sumean logiikan laskentamenetelmä on siis quick & dirty.

Sumea logiikan sovellutukset optioiden hinnoitteluun ovat kuitenkin vielä lasten kengissä, eikä aiheesta löydy paljoakaan tutkimuksia suurista tietokannoista. Suomessa kuitenkin mm. Mikael Collan Åbo Akademista luennoi aiheesta.

6. VOLATILITEETTIHYMY

Teoreettisesti implisiittisen volatiliteetin tulisi olla sama kun verrataan johdannaisia, jotka ovat identtisiä toteutushintaa lukuun ottamatta. Empiirisesti on kuitenkin havaittu, ettei näin ole, vaan mallin käyttäminen sellaisenaan luo markkinoille arbitraasimahdollisuuksia. Eri toteutushintaiset optiot saavat erilaisia implisiittisiä volatiliteetteja, vaikka kohde-etuus ja maturiteetti olisi sama.

Esimerkiksi Jackwerth & Rubinstein (1996) julkaisussaan "Recovering Probability Distribution from Option Prices" laskivat, että todennäköisyys S&P-500 indeksin 6%:n pudotukselle lokakuun 13. 1989 olisi ollut 5 keskihajonnan päässä jakauman keskiarvosta, mikäli osakemarkkinat olisivat normaalijakautuneet (mitä B-S mallin käyttö edellyttää). Tämä tarkoittaisi 0.00000027:n todennäköisyyttä ja sitä että kyseisiä romahduksia tapahtuisi kerran 14756 vuodessa.

Tietysti on mahdollista, että tuona päivänä satuttiin osumaan tuohon erittäin epätodennäköiseen tulemaan, mutta vastaavanlaiset pudotukset eivät ole historiallisesti jääneet yhteen kertaan. Tämänhetkisen finanssikriisin aiheuttaman pörssiromahduksen todennäköisyys lienee yhtä absurdi.

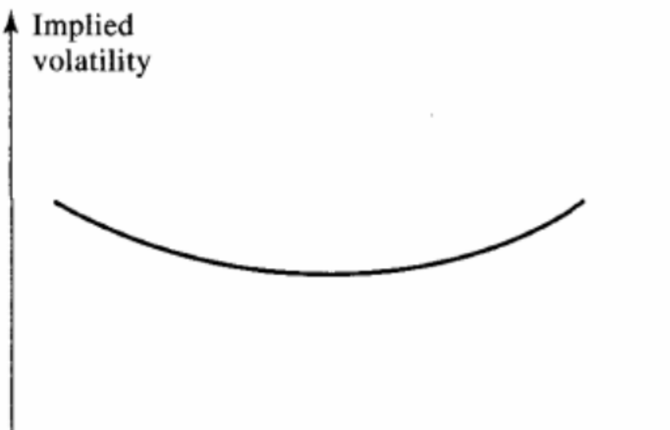
Pörssiromahdukset ja äkilliset nousupyrähdykset pörssissä ovat esimerkkejä siitä, kuinka erilaiset poliittiset, taloudelliset ja psykologiset muuttujat voivat vääristää osakekursseja. Tämä vääristymä näkyy erilaisten tulemien todennäköisyyksissä ja sitä kautta todennäköisyysjakaumassa. Estimoimalla markkinahinnoista B-S mallilla implisiittiset volatiliteetit, voidaan niitä hyväksikäyttäen piirtää käyrä, joka kuvaa toteutushinnan ja implisiittisen volatiliteetin yhteyttä ja jossa vaaka-akselilla on option toteutushinta ja pystyakselilla implisiittinen volatiliteetti. Tätä käyrää kutsutaan volatiliteettihymyksi. Volatiliteettihymystä puolestaan voidaan estimoida, millaisella todennäköisyysjakaumalla päädytään kyseiseen käyrään.

Mikäli kohde-etuuden tuotot olisivatkin normaalisti jakautuneita, volatiliteettihymy olisi vaakasuora viiva. Todellisuudessa volatiliteettihymy on koordinaatistoon muodostunut hymyä muistuttava käyrä, eli ylöspäin aukeava paraabeli (valuuttaoptioilla). Tosin optioille, joiden kohde etuutena on yrityksen omaa pääomaa (yleensä osakkeita), volatiliteettihymy on laskeva, mutta konveksi, käyrä. (Hull. 2006)

Volatiliteettihymy on sikäli mielenkiintoinen, että sitä on tutkittu 1980-luvulta lähtien, eikä siihen ole vieläkään saatu yksiselitteistä selitystä. On kuitenkin havaittu, että volatiliteettihymy on erilainen erilaisilla kohde etuuksilla ja teorioita sen olemassaololle on esitetty. Seuraavaksi työssä esitellään valuuttaoptioiden ja osakeoptioiden volatiliteettihymyt. (Hull. 2006)

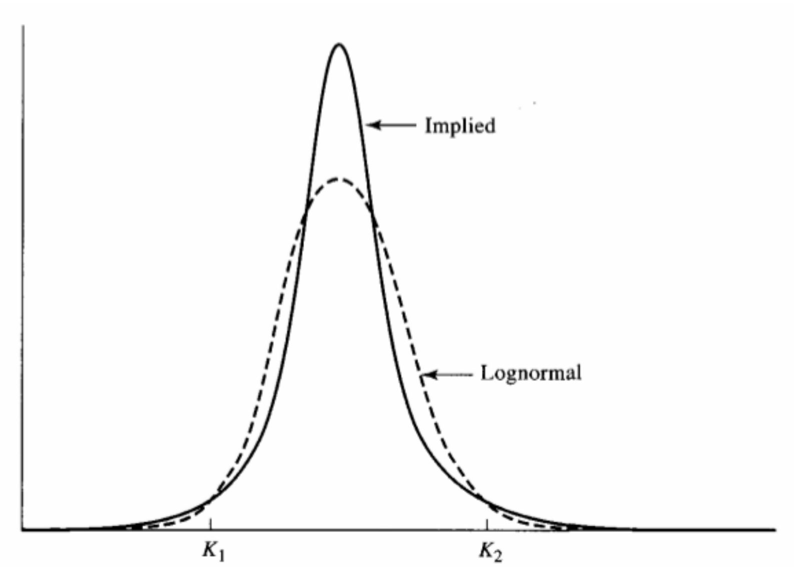
6.1. Valuuttaoptioiden volatiliteettihymy

Valuuttaoptioissa implisiittinen volatiliteetti arvioidaan korkeammalle out-of-the-money- ja in-the-money-, kuin at-the-money-tilanteissa ja näin käyrä on ylöspäin aukeava paraabeli - tästä nimi volatiliteettihymy. Seuraavassa kuvaajassa näkyy implisiittisen volatiliteetin ja toteutushinnan välinen yhteys. (Hull. 2006)



Kuva 5. Volatiliteettihymy vieraiden valuutoiden optioille. Lähde Hull (2006).

Volatiliteettihymy Kuva 5:ssä vastaa Kuva 6:n todennäköisyysjakaumaa. Kuvasta näkyy, että implisiittisen volatiliteetin jakaumassa jakauman hännät ovat pidemmät ja paksummat kuin lognormaalijakaumassa. Implisiittinen jakauma antaa siis suuremman todennäköisyyden todella suurille ja todella pienille muutoksille. Keskinkertaiset muutokset ovat puolestaan vähemmän todennäköisiä. (Hull. 2006)

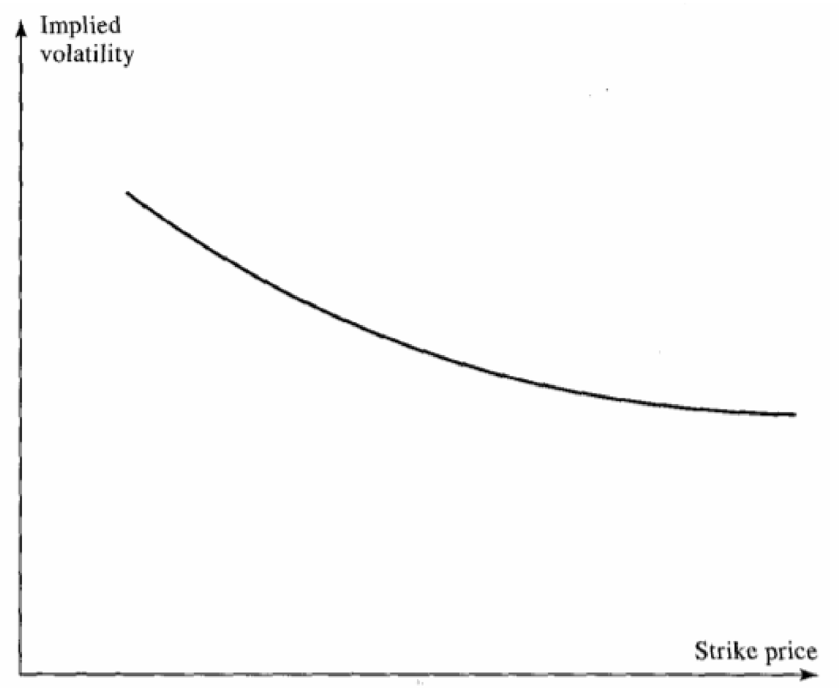


Kuva 6. Implisiittinen ja lognormaali jakauma vieraille valuutoille. (Hull. 2006)

Kuva 6:ssa piste K_1 on myyntioption ja K_2 osto-option toteutushinta. Kuvasta nähdään, että implisiittisessä jakaumassa pisteiden ulkopuolinen, käyrän ja x-akselin välinen todennäköisyysmassa, on suurempi kuin lognormaalijakaumassa. Näin siis implisiittisessä jakaumassa todennäköisyys sille, että warrantti erääntyy plus-warranttina, on suurempi kuin Black-Scholes-mallin taustaoletuksissa. (Hull. 2006)

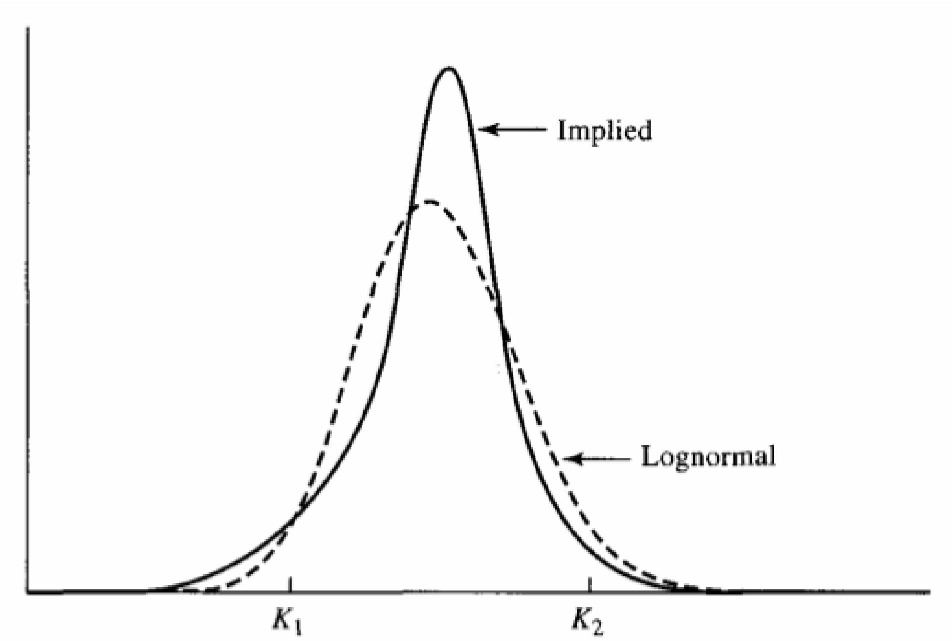
6.2. Osakeoptioiden volatiliteettihymy

Osakeoptioilla, kuten warranteilla joiden kohde etuus on osake, volatiliteettihymy ei ole samanlainen kuin valuuttaoptioilla. Osakeoptioilla volatiliteettihymy on todellisuudessa laskeva, mutta loiveneva käyrä (Kuva 7), jota kutsutaan myös volatiliteettivinoumaksi. Osakeoptioiden volatiliteettihymyä on tutkinut mm. Rubinstein (1985, 1994) sekä Jackwerth & Rubinstein (1996).



Kuva 7. Osakeoptioiden volatiliteettihymy. Lähde Hull (2006).

Kuvassa 7 näkyy, että markkinat arvioivat alhaisen toteutushinnan optioille (deep-out-of-the-money-put, sekä deep-in-the-money-call) korkeamman implisiittisen volatiliteetin kuin korkean toteutushinnan optioille (deep-in-the-money-put, sekä deep-out-of-the-money-call). Tällainen volatiliteettihymy vastaa kuvan 8 todennäköisyysjakaumaa. (Hull. 2006)



Kuva 8. Osakeoptioiden implisiittinen ja lognormaali jakauma. Lähde Hull (2006).

Kuvasta 8 näkyy, että implisiittisellä jakaumalla on paksumpi vasen häntä ja puolestaan ohuempi oikea häntä, kuin lognormaalissa jakaumassa. Tilanteessa, jossa put-option toteutushinta on K_1, option todennäköisyys erääntyä voitollisena vastaa hännän alla olevaa pinta-alaa ennen pistettä K_1 suhteessa kokonaispinta-alaan. Huomataan että markkinoiden arvioima todennäköisyys on lognormaalia jakaumaa korkeampi, jolloin myös option hinta on korkea. Tilanteessa, jossa esim. call-option toteutushinta on K_2, tilanne on päinvastainen. (Hull. 2006)

Ei ole olemassa yksimielistä selitystä osakeoptioiden volatiliteettihymyn muodolle. Yksi selitys liittyy yrityksen velan vipuvarteen. Kun osakkeiden arvo laskee, yrityksen velkavipu suhteessa omaan pääomaan kasvaa ja osakkeista tulee riskisempiä, jolloin volatiliteetti kasvaa. Kun osakkeiden arvo nousee, yrityksen velkavipu pienenee, jolloin myös volatiliteetti laskee. Osakkeen volatiliteettia voidaan siis pitää laskevana funktiona osakkeen hinnan suhteen. (Hull. 2006)

6.3. Aikarakenne

Volatiliteetin aikarakenne tulee korkomarkkinoilta ja kuvaa kuinka at-the-money warranttien implisiittinen volatiliteetti muuttuu jäljellä olevan juoksuajan suhteen. Lähestyttäessä maturiteettia warranteille asetetaan korkeampi hinta nostamalla implisiittistä volatiliteettia. Yksi selitys tälle ilmiölle löytyy siitä, että kauempana maturiteetista tapahtuvat heilahtelut kohde-etuuden hinnassa ehtivät vielä tasoittua ennen toteutusta, kun taas heilahtelu lähellä toteutushetkeä saattaa jättää warrantin todennäköisemmin plus-warrantiksi.

7. AIKAISEMPAA TUTKIMUSTA

Markkinoiden tehokkuutta tutkitaan yleensä etsimällä jollain ennalta määritellyllä teoreettisella mallilla markkinoilta yli- tai alihinnoiteltuja sijoituskohteita, minkä jälkeen testataan voiko malli tuottaa tilastollisesti merkitseviä tuottoja, kun otetaan huomioon transaktiokustannukset.

Esimerkiksi Noh et al. (1994) suorittama tutkimus S&P 500 indeksin optioista osoitti merkkejä markkinoiden epätehokkuudesta, kun GARCH mallin ennustamat volatiliteetit huomioitiin hinnoittelumallissa. GARCH malli siis päihitti markkinat volatiliteetin ennustamisessa.

Tämän kaltaisessa lähestymistavassa on kuitenkin ongelma. Se edellyttää jonkin mallin mukaisen markkinatasapainon. Käytännössä tällöin tutkimuksen kohteena on yhdistelmähypoteesi markkinoiden tehokkuudesta ja siitä että malli on määritelty oikein.

Markkinoita voidaan tutkia myös tapaustutkimuksella, jolloin voidaan kiertää yhdistelmähypoteesin ongelma, kun strategiat ovat ennalta määriteltyjä. Mikäli kaupankäyntistrategia tuottaa tilastollisesti merkitseviä, nollasta poikkeavia tuottoja (tai tappioita), tarkoittaa tämä sitä että markkinat eivät kykene siirtämään kaikkea informaatiota tehokkaasti tutkittavan kohteen hintaan.

Tapaustutkimuksia joissa pyritään etsimään kannattavaa kaupankäyntistrategiaa, joka indikoisi markkinoiden epätehokkuudesta on melko vähän. Esimerkiksi Monroe (1992) tutki treasury bondien futuurimarkkinoita simuloimalla erilaisia kaupankäyntistrategioita suurien taloudellisten ilmoitusten ympärillä, mutta epäonnistui saamaan tilastollisesti merkitseviä tuottoja, mikä oli todiste markkinoiden tehokkuudesta.

Toisaalta Hemler ja Miller (1997) huomasivat tutkimuksessaan, että box spread strategialla oli mahdollista tehdä tilastollisesti merkitseviä arbitraasituottoja välittömästi vuoden 1987 osakemarkkinaromahduksen aikaan S&P 500 indeksi optioilla ja että markkinat toimivat tehottomasti vielä kolme viikkoa romahduksen jälkeen.

McKenzie, Thomsen ja Phelan (2007) tutkivat teurassikafutuurien tuottoja Yhdysvaltojen maatalous osaston (United States Department of Agriculture) teurassikaraporttien (Hogs and Pigs Report) yhteydessä aikavälillä 1985-2000. Työssä löydettiin todisteita markkinoiden epätehokkuudesta ja tilastollisesti merkitseviä tuottoja.

Työ toteutettiin keräämällä dataa 5 päivää raportteja ennen ja niiden jälkeen. Tämän jälkeen muodostettiin matriisi, josta näkyi keskimääräiset tuotot kullakin osto- ja myyntipäivän muodostamalla aikaikkunalla. Keskimääräistä tuottoa verrattiin 2-suuntaiseen t-jakaumaan, josta saatiin p-arvot, mikä kertoi tilastollisen merkitsevyyden tason.

8. HYPOTEESIT, AINEISTO JA METODOLOGIA

8.1 Hypoteesit

Empiirisessä osassa tutkimusongelmaksi otettiin tutkia markkinoiden tehokkuutta tasawarranteille osavuosikatsausten yhteydessä sekä onko yksityissijoittajan mahdollista hyötyä mahdollisesta hinnoittelutehottomuudesta straddle-, strip- ja strap-warranttihaaroja käyttämällä Suomen warranttimarkkinoilla osavuosikatsausten yhteydessä.

Teoreettisesti markkinoiden toimiessa tehokkaasti arbitraasiamahdollisuutta ei synny, mutta McKenzie, Thomsen ja Phelan (2007) kuitenkin löysivät niitä käytettäessä sikafutuureita markkinakatsausten yhteydessä. Työssä replikoidaan heidän ideansa warranttimarkkinoilla eli pyritään löytämään osavuosikatsausten ympäriltä jokin aikaikkuna, jonka keskimääräinen tuotto olisi tilastollisesti merkitsevästi suurempi tai pienempi kuin 0.

$$H_0: Keskiarvo = 0$$
$$H_1: Keskiarvo \neq 0$$

Riskitaso mittaa todennäköisyyttä, jolla sama tulos on saatu aikaan sattumalta. Mikäli jonkin aikaikkunan keskimääräinen tuotto sijoittuu tuottojakauman ääripäihin, voidaan jollain riskitasolla (esim. 5%) hylätä H_0-hypoteesi ja todeta, että aikaikkunan tuotot todella poikkeavat normaalitilanteesta eivätkä voi enää johtua sattumasta.

Sijoittajan tuotto voi tulla haarassa kahta kautta. Ensinnäkin tuotto voi tulla kohde-etuuden voimakkaasta hintaheilahtelusta. Toiseksi, liikkeellelaskijat saattavat siirtää osavuosikatsausten lisäämän markkinoiden epävarmuuden warranttien hintoihin implisiittisen volatiliteetin noston kautta.

Tutkimuksen tuloksissa ei erotella tarkemmin haaran tuoton lähteitä, vaan pyritään ainoastaan tutkimaan markkinoiden tehokkuutta kokonaisuudessaan ja löytämään osavuosikatsauksen ympäriltä toistuva anomalia, joka toisi warranttisijoittajalle epänormaaleja tuottoja. Implisiittisen volatiliteetin keskimääräiseen muutokseen tehdään kuitenkin lyhyt katsaus.

8.2 Tutkimusaineisto

Nokian warranttien ja osakkeen päivittäiset hintatiedot löytyivät Lappeenrannan teknillisen yliopiston rahoituksen opiskelijoille tarjoamasta materiaalista. OMX 25 indeksin kehitys puolestaan saatiin Datastream-tietokantaohjelmistoa käyttäen. Osavuosikatsausten päivämäärät löytyivät Kauppalehden kotisivuilta markkinatiedotteista.

Alkupään aineistossa jouduttiin tekemään kompromisseja valintojen suhteen. Monessa tapauksessa osavuosikatsauksen ja erääntymispäivän väliin jäi puolikin vuotta ja osakkeen markkinahinnan ja toteutushinnan väliin jäi usein euro tai enemmänkin. Tämä johtui siitä, että warranttien toteutushinnat olivat monesti tasalukuja 5€:n välein, tai ongelmaksi osoittautui, ettei voimassaolevilla oikean toteutushinnan osto- ja myyntiwarranteilla ollut sama toteutushetki.

16.4.2004 osavuosikatsauksen haaraan jäi warranttien välille päivän ero maturiteetissa. Tämän ei kuitenkaan pitäisi vaarantaa tutkimustuloksia, koska juoksuaikaa on osavuosikatsauksen jälkeen jäljellä kuitenkin yli kuukausi.

Lisäksi joissain tapauksissa warranttien päivähinnoista puuttui tietoja välistä. Näissä tapauksissa meneteltiin niin, että kyseisen päivän hinta laskettiin ottamalla edellisen ja seuraavan päivän hintojen summasta aritmeettinen keskiarvo.

8.3 Metodologia

Tutkimusta lähdettiin toteuttamaan niin, että valittiin 32 osavuosikatsausta (neljä osavuosikatsausta vuodessa, kahdeksan vuoden ajan). Kohde-etuudeksi päätettiin valita Nokia, koska sen osakkeelle oli selkeästi eniten warrantteja tarjolla.

Tutkimusta varten tarvittiin Nokian osavuosikatsausten päivämäärät viimeiseltä kahdeksalta vuodelta. Kauppalehden sivuilla oli mahdollista hakea kaikki Nokian pörssitiedotteet tutkimusaikaväliltä ja sieltä oli löytyivät myös osavuosikatsauksien päivämäärät.

Aineistosta selvitettiin ensin Nokian osakkeen kurssi kunkin osavuosikatsauksen ajanhetkellä t=-10, jonka jälkeen kyseistä kurssia toteutushintana käyttäen aineistosta lähdettiin etsimään kullekin osavuosikatsauspäivälle identtistä osto- ja myyntiwarranttia, joka olisi voimassa välillä [t=-10,t=10]. Erääntymispäivän minimirajana pidettiin kuitenkin ajankohtaa t=28 (neljä viikkoa osavuosikatsauksen jälkeen), koska aika-arvon sulaminen lyhyemmällä juoksuajalla olisi voinut olla niin voimakasta, että se voisi vääristää tutkimustuloksia.

Kun jokaista osavuosikatsausta kohti oli valittu yksi osto- ja myyntiwarrantti kerättiin niiden päivähinnat Exceliin 21 kaupankäyntipäivältä: osavuosikatsauspäivältä sekä 10 kaupankäyntipäivää sitä ennen ja sen jälkeen.

Osavuosikatsauksen päivämäärä	Kurssi t=-10	Ostowarrantin nimi	Myyntiwarrantin nimi
15.10.2009	9,80 €	NOK9K20E10.00R.25ABN	NOK9X20E10.00R.25ABN
16.7.2009	10,44 €	NOK9H21E10.00R.2SHB	NOK9T21E10.00R.2NDS
16.4.2009	8,88 €	NOK9F18E8.00R.2NDS	NOK9R18E8.00R.2NDS
22.1.2009	11,15 €	NOK9B20E11.00R.25ABN	NOK9N20E11.00R.25ABN
16.10.2008	12,80 €	NOK8K21E13.00R.2CBK	NOK8X21E13.00R.2ABN
17.7.2008	15,65 €	NOK8I19E16.00R.2CBK	NOK8U19E16.00R.2NDS
17.4.2008	21,65 €	NOK8E16E21.00R.2CBK	NOK8Q16E21.00R.2SHB
24.1.2008	23,40 €	NOK8D18E24.00R.2SHB	NOK8P18E24.00R.2CBK
18.10.2007	25,55 €	NOK7L21E26.00R.2ABN	NOK7Y21E26.00R.2ABN
2.8.2007	21,61 €	NOK7I21E22.00R.2ABN	NOK7U21E22.00R.2ABN
19.4.2007	17,19 €	NOK7F15E17.00R.2ABN	NOK7R15E17.00R.2ABN
25.1.2007	15,09 €	NOK7B16E15.00R.2NRD	NOK7N16E15.00R.2NRD
19.10.2006	15,37 €	NOK6L15E15.00R.2NRD	NOK6Y15E15.00R.2NRD
20.7.2006	15,82 €	NOK6I15E16.00R.2NRD	NOK6U15E16.00R.2SHB
20.4.2006	16,92 €	NOK6F16E17.00R.2NRD	NOK6R16E17.00R.2NRD
26.1.2006	15,63 €	NOK6C17E15.00R.2ABF	NOK6O17E15.00R.2ABF
20.10.2005	13,93 €	NOK5K18E14.00R.2ABF	NOK5X18E14.00R.2ABF
21.7.2005	13,84 €	NOK5H19E14.00R.25ABF	NOK5T19E14.00R.25ABF
21.4.2005	12,09 €	NOK5E20E12.00R.2SHB	NOK5Q20E12.00R.2SHB
27.1.2005	11,44 €	NOK5C04E11.00R.2NRD	NOK5O04E11.00R.2NRD
14.10.2004	11,08 €	NOK4L17E11.00R.25SGP	NOK4Y17E11.00R.25SGP
15.7.2004	12,05 €	NOK4I03E12.00R.1NRD	NOK4U03E12.00R.1NRD
16.4.2004	16,68 €	NOK4F17E17.00R.2SHB	NOK4R18E17.00R.25ALF
8.1.2004	13,90 €	NOK4D16E14.00R.25ALF	NOK4P16E14.00R.25ALF
16.10.2003	13,84 €	NOK3L05E15.00R.1NRD	NOK3Y05E15.00R.1NRD
17.7.2003	14,46 €	NOK3L05E15.00R.1NRD	NOK3Y05E15.00R.1NRD
17.4.2003	14,05 €	NOK3L05E15.00R.1NRD	NOK3Y05E15.00R.1NRD
23.1.2003	15,76 €	NOK3L05E15.00R.1NRD	NOK3Y05E15.00R.1NRD
17.10.2002	14,30 €	NOK3E16E15.00R.1SHB	NOK3Q16E15.00R.1SHB
18.7.2002	14,51 €	NOK3E16E15.00R.1SHB	NOK3Q16E15.00R.1SHB
18.4.2002	22,98 €	NOK2I06E25.00R.1NRD	NOK2U06E25.00R.1NRD
24.1.2002	25,97 €	NOK2D19E25.00R.1ALF	NOK2P19E25.00R.1ALF

Taulukko 6. Käytetyt warrantit, osavuosikatsausten päivämäärät ja osakkeiden hinnat warranttien valintahetkellä.

Summaamalla osto- ja myyntiwarranttien päivähinnat yhteen (sekä huomioimalla mahdollisesti erilaiset kertoimet) saatiin straddle-haaran arvo. Strip puolestaan käyttämällä kahta myyntiwarranttia ja yhtä ostowarranttia sekä strap käyttämällä kahta ostowarranttia ja yhtä myyntiwarranttia.

Tämän jälkeen jokaisen osavuosikatsauksen jokaiselle haaralle laskettiin kumulatiiviset logaritmiset tuotot käyttämällä Excelin LUONNLOG() funktiota. Logaritmisten tuottojen laskennassa nimittäjä oli aina position arvo ajanhetkellä t=-10 ja osoittajana position arvo tutkittavan päivän arvo. Syy tähän menettelyyn on siinä, että näin informaatio haaran kumulatiivisesta tuotosta säilyi ja esimerkiksi tuotto tilanteessa t_1=-2 (ostetaan kaksi päivää ennen osavuosikatsausta), t_2=1 (myydään päivä osavuosikatsauksen jälkeen) voidaan laskea helposti vähentämällä saatu logaritminen tuotto ajanhetkellä t_1 logaritmisesta tuotosta ajanhetkellä t_2.

Logaritmisten tuottojen käyttö oli tarpeen myös, koska merkitsevyystasojen laskennassa pitää olla mahdollista pyörittää lukuja vapaasti ja logaritmisista tuotoista voidaan laskea esimerkiksi aritmeettinen keskiarvo ja keskivirhe varsin kivuttomasti.

Haaran tuotto laskettiin siis kaavalla:

(12) $$R(t_1, t_2) = \frac{\Delta P^C(t_1,t_2)+\Delta P^P(t_1,t_2)}{P^C(t_1)+P^P(t_1)}$$

missä

$\Delta P^C(t_1, t_2)$ = Osto-option hinnan muutos päivien t_1 ja t_2 välillä
$\Delta P^P(t_1, t_2)$ = Myynti-option hinnan muutos päivien t_1 ja t_2 välillä
$P^C(t_1)$ = Osto-option hinta ajanhetkellä t_1
$P^P(t_1)$ = Myynti-option hinta ajanhetkellä t_1

Transaktiokustannukset ja spread jätettiin kaavasta pois, koska kaavan pääasiallinen tarkoitus on kuitenkin mitata markkinoiden tehokkuutta. Mikäli spreadin vaikutus lisättäisiin mukaan, olisivat merkitsevyystasojen arvot harhaisia, sillä todellisuudessa tappioita ei selittäisi kokonaisuudessaan epätavallinen markkinatilanne, vaan osaksi myös spread. Toisaalta tuottojen tilanteessa merkitsevyystasot olisivat pessimistisiä. Jakauma, josta merkitsevyystasot lasketaan, muodostuu kuitenkin logaritmisista päivätuotoista ilman sreadia ja tarkoituksena on löytää epänormaalia hintakäyttäytymistä. Transaktiokustannukset puolestaan ovat warranttikaupassa kiinteä kustannuserä, jonka merkitys katoaa kaupankäyntierän kasvaessa.

Kun jokaisen osavuosikatsauksen jokaiselle kaupankäyntipäivälle välillä [t=-10,t=10] oli laskettu kumulatiiviset logaritmiset tuotot, voitiin vihdoin laskea osavuosikatsausten keskiarvot. Keskiarvoista muodostettiin matriisi, josta näkyi tuotot kullakin kaupankäyntipäivän yhdistelmällä.

8.3 Normaalijakautuneisuusoletuksen testaaminen

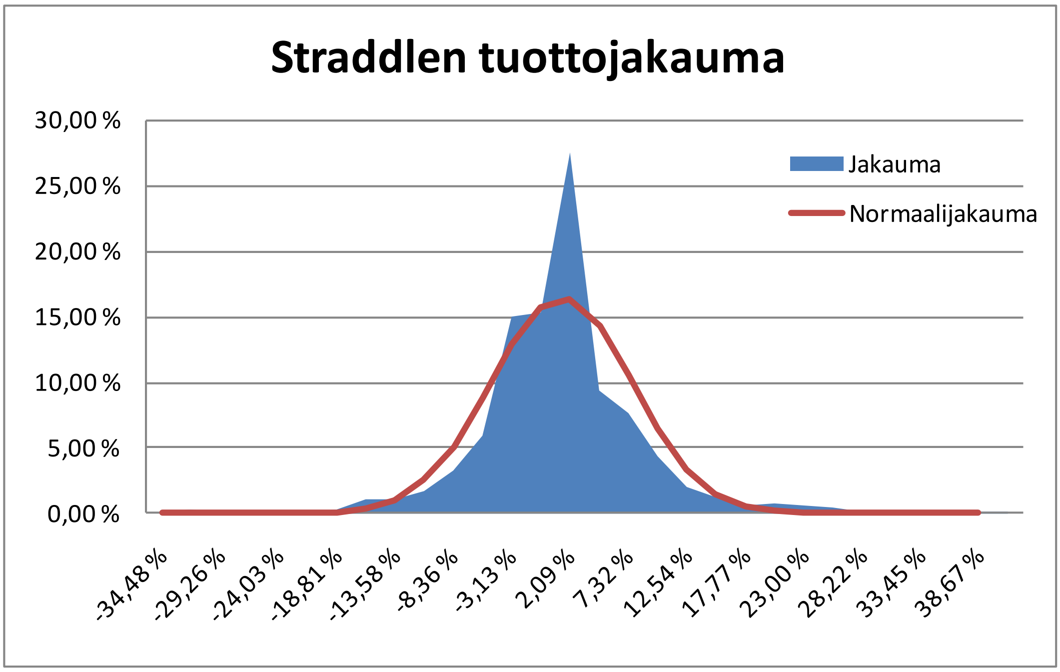
Tuloksien merkitsevyyttä mittaavat p-arvot vaativat, että saadun t-arvon taustalla on normaalijakautunut muuttuja. Koska tutkimusongelmana oli tutkia voiko warranttihaaroilla tehdä osavuosikatsauksen aikana epänormaaleja, nollasta poikkeavia tuottoja, piti tutkia siis haarojen päivittäisiä logaritmisia tuottoja.

Jakaumat saatiin aikaiseksi, kun koko aineiston haarojen logaritmiset päivätuotot yhdistettiin kukin omaksi kuvaajakseen. Havaintoja kertyi osavuosikatsausten määrän ja tarkasteluajanjakson pituuden tulon verran eli 640 kappaletta. Liitteissä on haarojen tuottojakaumien ja normaalijakauman kumulatiiviset todennäköisyydet helpottamaan kuvaajan tulkintaa.

Seuraavaksi työssä esitellään jokaisen haaran tuottojen jakaumat, sekä analyysi kuvaajasta. Lopuksi esitellään vielä yhteenveto haaroista ja jatkossa käytettävästä menettelytavasta.

8.3.1 Straddle-haaran tuottojakauma

Straddle-haaran logaritmisten päivätuottojen jakauma oli vinoudeltaan 0,36 eli siististi normaalijakautuneisuusoletuksen sisäpuolella, mutta huipukkuus kuitenkin oli 8,32 (Excel ilmoitti 5,32, mikä on niinkutsuttua ylimääräistä huipukkuutta joka ylittää normaalijakauman arvon 3).



Kuva 9. Straddle-haaran logaritmisten päivätuottojen jakauma.

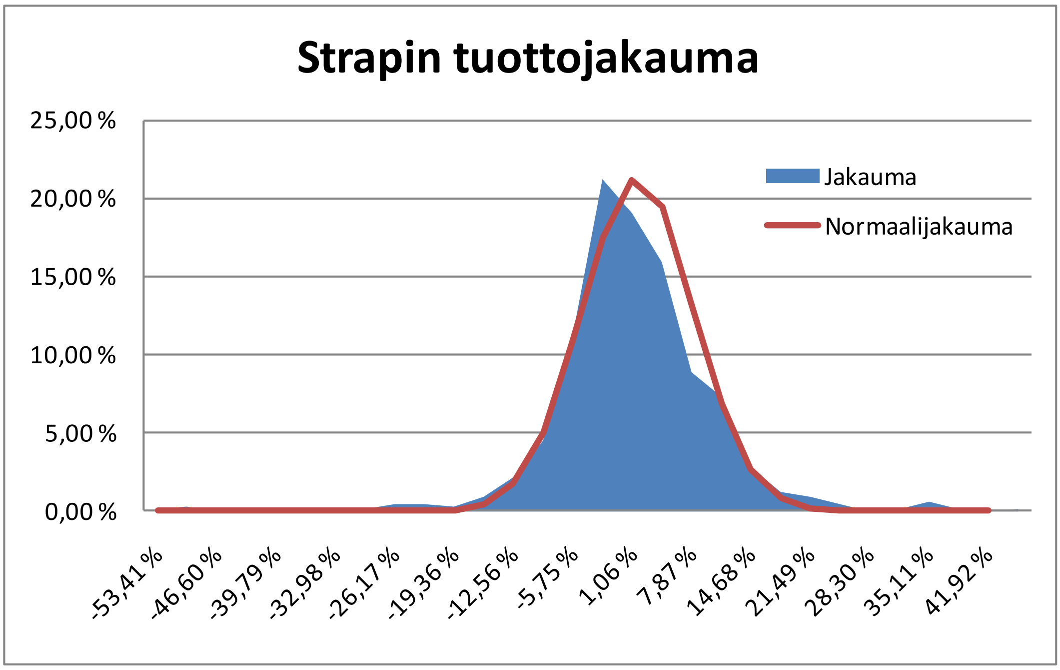
Taulukosta 7 löytyy jakauman vertailu suhteessa normaalijakaumaan. Taulukosta näemme tarkemmin, että jakauman molemmat hännät antavat optimistisen kuvan tuottojen todennäköisyydestä.

Straddle				
Luokka	Kumulatiivinen todennäköisyys	Normaalijakauman todennäköisyys	Erotus	Epätarkkuuden suunta
-34,48 %	0,16 %	0,00 %	0,16 %	Optimistinen
-31,87 %	0,47 %	0,00 %	0,47 %	Optimistinen
-29,26 %	0,63 %	0,00 %	0,62 %	Optimistinen
-26,65 %	0,63 %	0,00 %	0,62 %	Optimistinen
-24,03 %	0,78 %	0,01 %	0,77 %	Optimistinen
-21,42 %	0,94 %	0,03 %	0,90 %	Optimistinen
-18,81 %	1,25 %	0,14 %	1,11 %	Optimistinen
-16,20 %	2,34 %	0,51 %	1,84 %	Optimistinen
-13,58 %	3,44 %	1,55 %	1,88 %	Optimistinen
-10,97 %	5,16 %	4,08 %	1,08 %	Optimistinen
-8,36 %	8,44 %	9,23 %	-0,79 %	Pessimistinen
-5,74 %	14,38 %	18,09 %	-3,72 %	Pessimistinen
-3,13 %	29,38 %	30,96 %	-1,58 %	Pessimistinen
-0,52 %	44,69 %	46,72 %	-2,03 %	Pessimistinen
2,09 %	72,19 %	63,02 %	9,17 %	Pessimistinen
4,71 %	81,56 %	77,25 %	4,31 %	Pessimistinen
7,32 %	89,22 %	87,74 %	1,48 %	Pessimistinen
9,93 %	93,59 %	94,26 %	-0,66 %	Optimistinen
12,54 %	95,63 %	97,68 %	-2,05 %	Optimistinen
15,16 %	96,88 %	99,19 %	-2,32 %	Optimistinen
17,77 %	97,50 %	99,76 %	-2,26 %	Optimistinen
20,38 %	98,28 %	99,94 %	-1,66 %	Optimistinen
23,00 %	98,91 %	99,99 %	-1,08 %	Optimistinen
25,61 %	99,38 %	100,00 %	-0,62 %	Optimistinen
28,22 %	99,53 %	100,00 %	-0,47 %	Optimistinen
30,83 %	99,53 %	100,00 %	-0,47 %	Optimistinen
33,45 %	99,69 %	100,00 %	-0,31 %	Optimistinen
36,06 %	99,69 %	100,00 %	-0,31 %	Optimistinen
38,67 %	99,84 %	100,00 %	-0,16 %	Optimistinen
>38,67 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %	Neutraali

Taulukko 7. Straddle haaran logaritmisten päivätuottojen jakauma suhteessa normaalijakaumaan.

8.3.2 Strap-haaran tuottojakauma

Strap-haaran logaritmisten päivätuottojen jakauman vinous oli -0,38 mikä ei aiheuttanut ongelmia normaalijakautuneisuusoletuksen suhteen, mutta huipukkuus kuitenkin oli 9,72. Kuten straddle-haaran tapauksessa, myös strap-haaran tuotot olivat todella huipukkaat, eivätkä mene normaalijakautuneisuusoletuksen sisään.



Kuva 10. Strap-haaran logaritmisten päivätuottojen jakauma.

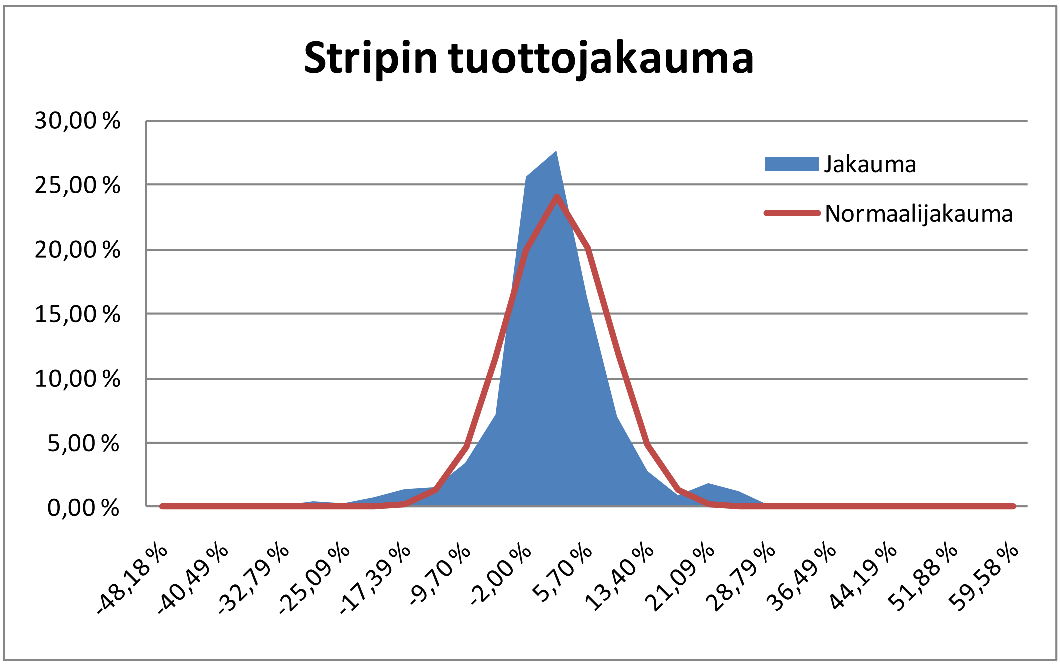
Taulukosta 8 löytyy jakauman vertailu suhteessa normaalijakaumaan. Strap-haaran kohdalla tilanne on sama kuin straddlellakin, eli hännät ovat paksut ja antavat liian optimistisen kuvan.

Strap				
Luokka	Kumulatiivinen todennäköisyys	Normaalijakauman todennäköisyys	Erotus	P-arvon heiton suunta
-53,41 %	0,16 %	0,00 %	0,16 %	Optimistinen
-50,00 %	0,47 %	0,00 %	0,47 %	Optimistinen
-46,60 %	0,47 %	0,00 %	0,47 %	Optimistinen
-43,20 %	0,47 %	0,00 %	0,47 %	Optimistinen
-39,79 %	0,63 %	0,00 %	0,62 %	Optimistinen
-36,39 %	0,63 %	0,00 %	0,62 %	Optimistinen
-32,98 %	0,63 %	0,00 %	0,62 %	Optimistinen
-29,58 %	0,78 %	0,00 %	0,78 %	Optimistinen
-26,17 %	1,25 %	0,00 %	1,25 %	Optimistinen
-22,77 %	1,72 %	0,02 %	1,70 %	Optimistinen
-19,36 %	2,03 %	0,11 %	1,93 %	Optimistinen
-15,96 %	2,97 %	0,56 %	2,40 %	Optimistinen
-12,56 %	5,16 %	2,31 %	2,84 %	Optimistinen
-9,15 %	9,69 %	7,32 %	2,37 %	Optimistinen
-5,75 %	20,94 %	18,08 %	2,86 %	Optimistinen
-2,34 %	42,19 %	35,50 %	6,69 %	Optimistinen
1,06 %	61,25 %	56,70 %	4,55 %	Pessimistinen
4,47 %	77,19 %	76,09 %	1,10 %	Pessimistinen
7,87 %	86,09 %	89,43 %	-3,33 %	Optimistinen
11,28 %	93,44 %	96,33 %	-2,89 %	Optimistinen
14,68 %	96,25 %	99,01 %	-2,76 %	Optimistinen
18,08 %	97,50 %	99,80 %	-2,30 %	Optimistinen
21,49 %	98,44 %	99,97 %	-1,53 %	Optimistinen
24,89 %	98,91 %	100,00 %	-1,09 %	Optimistinen
28,30 %	98,91 %	100,00 %	-1,09 %	Optimistinen
31,70 %	99,06 %	100,00 %	-0,94 %	Optimistinen
35,11 %	99,69 %	100,00 %	-0,31 %	Optimistinen
38,51 %	99,84 %	100,00 %	-0,16 %	Optimistinen
41,92 %	99,84 %	100,00 %	-0,16 %	Optimistinen
>41,92 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %	Neutraali

Taulukko 8. Strap haaran logaritmisten päivätuottojen jakauma suhteessa normaalijakaumaan.

8.3.3 Strip-haaran tuottojakauma

Logaritmisten päivätuottojen jakauman vinous oli strip-haaralla 0,71 mikä ei myöskään aiheuttanut ongelmia normaalijakautuneisuusoletuksen suhteen, mutta huipukkuus oli huikeat 12,29. Kuten edellisissä tapauksissa, myös strip-haaran tuotot olivat todella huipukkaat, eivätkä mene normaalijakautuneisuusoletuksen sisään.



Kuva 11. Strip-haaran logaritmisten päivätuottojen jakauma.

Taulukosta 9 löytyy jakauman vertailu suhteessa normaalijakaumaan. Strip-haaran kohdalla tilanne on sama kuin edeltijillään - hännät ovat paksut ja antavat liian optimistisen kuvan.

Strip				
Luokka	Kumulatiivinen todennäköisyys	Normaalijakauman todennäköisyys	Erotus	P-arvon heiton suunta
-48,18 %	0,16 %	0,00 %	0,16 %	Optimistinen
-44,34 %	0,16 %	0,00 %	0,16 %	Optimistinen
-40,49 %	0,16 %	0,00 %	0,16 %	Optimistinen
-36,64 %	0,31 %	0,00 %	0,31 %	Optimistinen
-32,79 %	0,47 %	0,00 %	0,47 %	Optimistinen
-28,94 %	0,94 %	0,00 %	0,94 %	Optimistinen
-25,09 %	1,25 %	0,00 %	1,25 %	Optimistinen
-21,24 %	2,03 %	0,04 %	1,99 %	Optimistinen
-17,39 %	3,44 %	0,29 %	3,15 %	Optimistinen
-13,54 %	5,00 %	1,58 %	3,42 %	Optimistinen
-9,70 %	8,44 %	6,19 %	2,25 %	Optimistinen
-5,85 %	15,63 %	17,66 %	-2,04 %	Pessimistinen
-2,00 %	41,25 %	37,55 %	3,70 %	Optimistinen
1,85 %	68,91 %	61,55 %	7,35 %	Pessimistinen
5,70 %	85,31 %	81,72 %	3,59 %	Pessimistinen
9,55 %	92,34 %	93,52 %	-1,18 %	Optimistinen
13,40 %	95,16 %	98,33 %	-3,17 %	Optimistinen
17,25 %	96,09 %	99,69 %	-3,60 %	Optimistinen
21,09 %	97,97 %	99,96 %	-1,99 %	Optimistinen
24,94 %	99,22 %	100,00 %	-0,78 %	Optimistinen
28,79 %	99,38 %	100,00 %	-0,62 %	Optimistinen
32,64 %	99,38 %	100,00 %	-0,62 %	Optimistinen
36,49 %	99,53 %	100,00 %	-0,47 %	Optimistinen
40,34 %	99,53 %	100,00 %	-0,47 %	Optimistinen
44,19 %	99,53 %	100,00 %	-0,47 %	Optimistinen
48,04 %	99,53 %	100,00 %	-0,47 %	Optimistinen
51,88 %	99,69 %	100,00 %	-0,31 %	Optimistinen
55,73 %	99,84 %	100,00 %	-0,16 %	Optimistinen
59,58 %	99,84 %	100,00 %	-0,16 %	Optimistinen
>59,58 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %	Neutraali

Taulukko 9. Strip haaran logaritmisten päivätuottojen jakauma suhteessa normaalijakaumaan.

8.3.4 Normaalijakautuneisuus ja tilastollisen merkitsevyyden testaaminen

Logaritmisten päivätuottojen jakaumat olivat kaikilla eri haaroilla normaalijakaumaa selkeästi huipukkaammat ja jakaumien hännät normaalijakaumaa paksummat. P-arvojen käyttäminen saattaisi antaa harhaisia arvioita tulosten merkitsevyydestä ja niitä käytetään täten jatkossa vain antamaan vain suuntaa. Toisaalta, normaalijakaumaa paksumpia häntiä saattaa selittää myös aineiston sijoittuminen osavuosikatsauksen ympärille. Aikavälin pidentäminen kattamaan enemmän normaalitilanteita ei kuitenkaan onnistunut, koska aikavälin pidentyessä haaran at-the-money ehto alkoi heittää liian paljon.

Merkitsevyyttä päädyttiin testaamaan Excelin PROSENTTIJÄRJESTYS() -ohjelmalla. Ohjelma muodostaa vertailuarvojen matriisista kumulatiivisen jakauman. Tämän jälkeen ohjelma sijoittaa halutun havaintoarvon jakaumaan ja laskee sen kumulatiivisen todennäköisyyden ja tarpeen tullen interpoloi tarkan arvon. Toisin sanoen, ohjelma kertoo kuinka todennäköistä on saada kyseinen havaintoarvo tai pienempi.

Funktion vertailuarvoiksi laitettiin kunkin haaran kaikki logaritmiset päivätuotot, kuten normaalijakautuneisuusoletusta testattaessa ja havaintoarvoksi aina halutun aikaikkunan keskimääräisten kumulatiivisten päivätuottojen päivittäiseksi projisoitu vastine. Eli jos tuotto oli esimerkiksi aikaväliltä t=[-2,3], niin tuotto jaettiin havaintopäivien erotuksella 3-(-2)=5.

Funktion palauttama arvo 0,025 tai 0,975 tarkoittaisi, että 5% riskitasolla voidaan hylätä H0:keskiarvo=0 ja todeta saadun arvon poikkeavan nollasta. Kun havainnoitavia osavuosikatsauksia on käytössä 32 ja kyseessä on keskimääräinen tuotto kyseisellä aikaikkunalla, voitaisiin tehdä yleistys, että Nokian warranttihaaroilla on mahdollista tehdä arbitraasituottoa. Koska poikkeavuus normaalijakaumasta ei ollut räikeä, päätettiin havainnoinnin tueksi laskea myös p-arvot. Excelissä muodostettiin tuottojen kanssa identtinen matriisi, jossa oli laskettuna t-arvot kullekin aikaikkunalle. T-arvo kullekin matriisin solulle saatiin jakamalla keskimääräinen tuotto tuottojen keskivirheellä. T-arvoja käyttämällä saatiin lopulta p-arvot funktiolla =TJAKAUMA(ITSEISARVO([t-matriisin solu]);31;2). P-arvojen laskemiseen käytettiin siis kaksisuuntaisen t-jakauman taulukkoa ja vapausastelukua 31 (N=32).

9. TULOKSET

Osavuosikatsausten aikana epävarmuus saattaa näkyä markkinoilla ja osakkeiden hinnat saattavat heilahdella voimakkaasti. Työn tarkoituksena oli tutkia ennakoivatko liikkeellelaskijat tämän tulevan epävarmuuden warranttien hintoihin muuttamalla implisiittistä volatiliteettia. Mikäli näin tapahtuu, saattaa sijoittajan olla mahdollista ennakoida liikkeellelaskijan hinnoittelu.

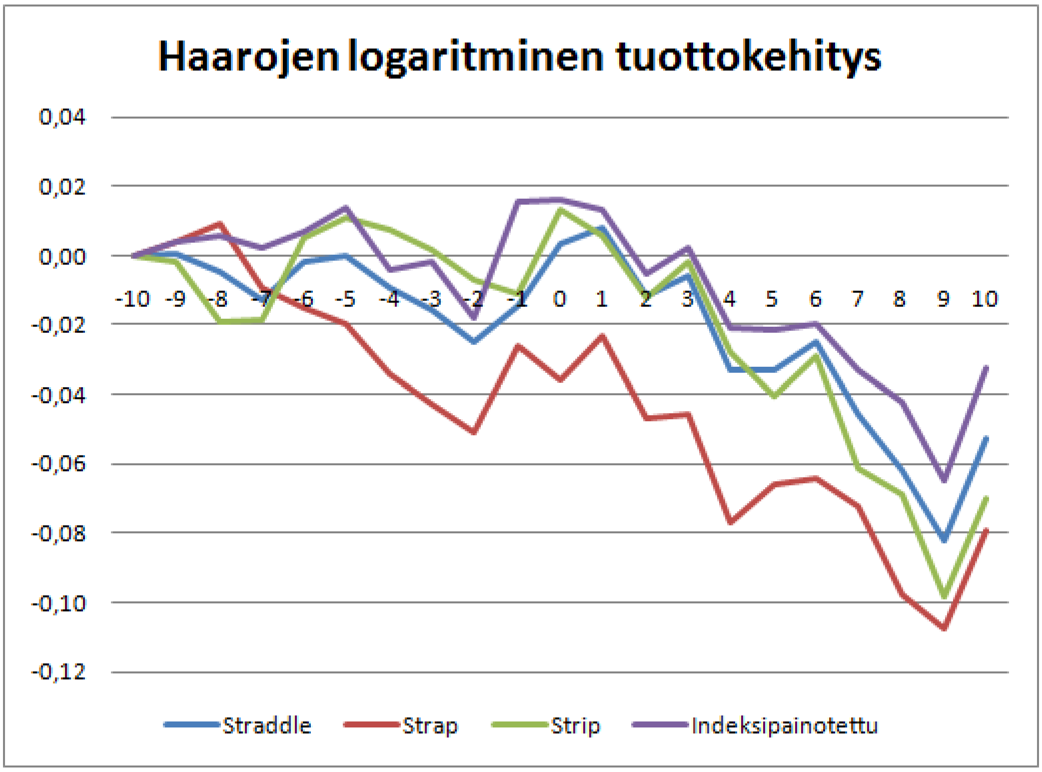
Tulokset-osiossa esitellään empiirisessä tutkimuksessa aikaansaadut taulukot, joista näkyy neperinlukukantaisten logaritmisten tuottojen keskiarvot ja vastaavia tuottoja vastaava tilastollisen merkitsevyyden tasoa vastaava arvo, joka on laskettu kertomalla Excelin percentilerank() -funktion arvo kahdella (paitsi kumulatiivisen todennäköisyyden ollessa yli 50%, käytettiin (1-arvo)*2).

Vaikka työn pohjana käytetyssä McKentzien, Thomsenin ja Phelanin (2007) artikkelissa tuotot ja p-arvot esitetään samassa taulukossa, päätettiin tässä tutkimuksessa esitellä tuotot ja merkitsevyystasot erikseen. Tässä työssä aikajänne on pidempi (yhteensä 21 päivää) ja yhdistetty taulukko koettiin epäkäytännölliseksi näin suuressa matriisissa.

Liitteistä löytyy myös normaalijakaumaa käytetyt p-arvot tuotoille. Rahoituksessa tehdään monesti kompromisseja normaalijakautuneisuusoletuksen suhteen ja työssä normaalijakautuneisuuden testaamiseen järkevällä työmäärällä oli mahdollista käyttää ainoastaan työssä olevien päivien logaritmisia tuottoja. Ongelmana on kuitenkin, että testaamiseen käytettävät tuotot sijoittuvat lähelle osavuosikatsausta, mikä saattaa tehdä hännistä normaalitilannetta paksummat.

P-arvojen taulukoissa on korostettu vihreällä p-arvot, jotka ovat alle 0,15 sekä niitä vastaavat keskimääräiset tuotot liitteiden tuottotaulukoissa, joten tilastollisessa mielessä kiinnostavat tulokset on helppo löytää ja yhdistää toisiinsa.

9.1 Yleistä tarkastelua

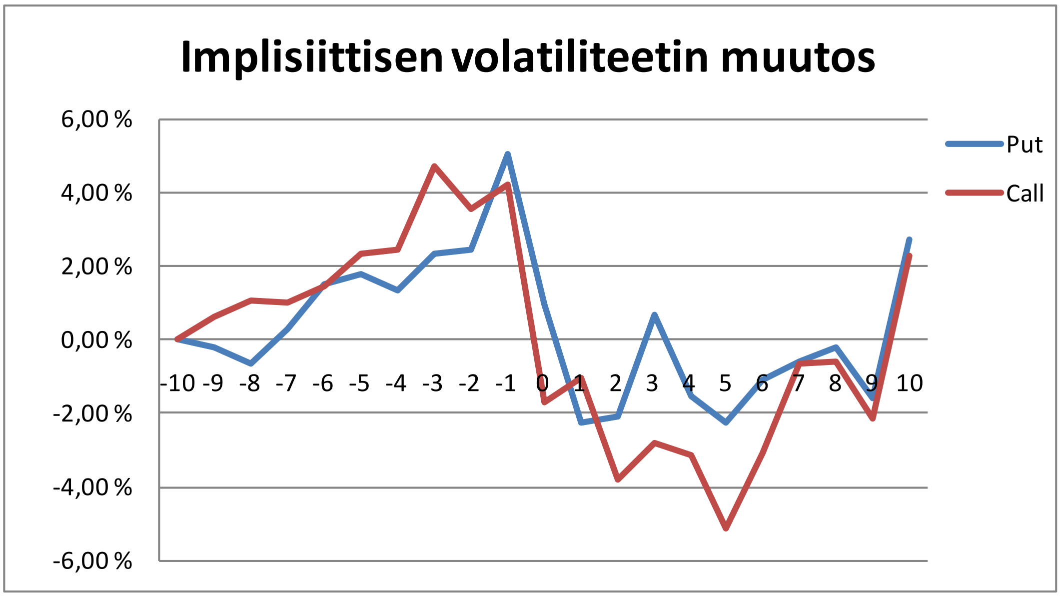


Kuva 12. Haarojen logaritmisten tuottojen kumulatiivinen kehitys keskimäärin.

Kun haarat oli muodostettu, lähdettiin tarkastelemaan haarojen tuottokehitystä. Kuvasta 12 voidaan huomata, että keskimäärin tarkasteluajanjaksomme aikana kaikki haarat ovat olleet laskevassa trendissä, mutta laskeva trendi on pitänyt kuitenkin sisällään nousuja ja laskuja. Kuvasta näkyy myös, että indeksipainotettu haara on pärjännyt keskimäärin muita haaroja paremmin.

Seuraavaksi tarkastellaan hieman implisiittistä volatiliteettiä. Black-Scholes mallin ainoa tekijä, johon liikkeellelaskija voi vaikuttaa on implisiittinen volatiliteetti ja sitä hyväksikäyttäen warrantti voidaan käytännössä hinnoitella miten tahansa. Tästä syystä implisiittisen volatiliteetin tarkastelua ei voida jättää tekemättä.

Laskurin pohjana käytettiin Excelin VBA-koodia, joka löytyy Mika Vaihekosken "Rahoitusalan sovellukset ja Excel" –teoksesta. Koodissa oli kuitenkin yksi virhe, jonka korjattiin: osto-warrantin implisiittisen volatiliteetin laskukaavassa oli yksi muuttuja myyntioption kaavasta, minkä takia laskuri ei antanut ulos implisiittistä volatiliteettia. Myös laskentakaavan herkkyyttä muokattiin, koska Excel ei pystynyt muuten laskemaan monia kohtia. Lopullinen VBA-koodi löytyy työn lopusta liitteistä.



Kuva 13. Warranttien implisiittisten volatiliteettien keskimääräinen kehitys osavuosikatsauksen ympärillä.

Kuvassa 13 näkyy implisiittisten volatiliteettien keskimääräinen kehitys. Kuvaaja saatiin aikaiseksi laskemalla implisiittiset volatiliteetit jokaiselle tutkimuksen tarkastelupäivälle ja sen kumulatiivinen logaritminen muutos suhteessa hetkeen t=-10. Tämän jälkeen kumulatiivisista logaritmisista muutoksista laskettiin keskiarvo joka siirrettiin kuvaajaan.

Implisiittisen volatiliteetin kuvaajasta näkyy, että implisiittinen volatiliteetti nousee selvästi ennen osavuosikatsausta ja putoaa osavuosikatsauspäivänä. McKenzie et al. (2007) havaitsivat saman ilmiön omassa työssään.

Pudotus on logaritmisena muutoksena noin 6%. Pitää vielä muistaa, että kyseessä ei ole kuusi prosenttiyksikköä, vaan se on suhteutettu implisiittisen volatiliteetin lähtötasoon. Kaikkien päivien keskimääräinen implisiittinen volatiliteetti oli noin 44% osto-optioilla ja 48% myyntioptioilla.

Put-call pariteetin mukaan osto- ja myyntioption implisiittisten volatiliteettien tulisi olla samat. Mielenkiintoinen havainto oli se, että implisiittinen volatiliteetti oli myyntioptioilla keskimäärin korkeampi kuin osto-optioilla, mikä on put-call pariteetin vastaista. Implisiittiset volatiliteetit kehittyvät kuitenkin melko yhteneväisesti aikaikkunan sisällä

9.2 Straddle-haara

t2 t1	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10	0,0 %	0,0 %	-0,4 %	-1,3 %	-0,2 %	0,0 %	-0,9 %	-1,5 %	-2,5 %	-1,4 %	0,3 %
-9		0,0 %	-0,5 %	-1,3 %	-0,2 %	0,0 %	-1,0 %	-1,6 %	-2,5 %	-1,5 %	0,3 %
-8			0,0 %	-0,9 %	0,2 %	0,5 %	-0,5 %	-1,1 %	-2,1 %	-1,0 %	0,8 %
-7				0,0 %	1,1 %	1,3 %	0,4 %	-0,2 %	-1,2 %	-0,1 %	1,6 %
-6					0,0 %	0,2 %	-0,7 %	-1,3 %	-2,3 %	-1,2 %	0,5 %
-5						0,0 %	-1,0 %	-1,6 %	-2,5 %	-1,5 %	0,3 %
-4							0,0 %	-0,6 %	-1,6 %	-0,5 %	1,3 %
-3								0,0 %	-1,0 %	0,1 %	1,9 %
-2									0,0 %	1,1 %	2,8 %
-1										0,0 %	1,8 %
0											0,0 %
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Taulukko 10. Straddle-haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t2	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
t1											
-10		64,0 %	89,4 %	89,2 %	89,4 %	64,0 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	64,0 %
-9			89,2 %	89,2 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	64,0 %
-8				89,2 %	64,0 %	64,0 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	64,0 %
-7					63,6 %	63,8 %	64,0 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	63,8 %
-6						63,8 %	89,4 %	89,2 %	89,2 %	89,4 %	64,0 %
-5							89,2 %	89,2 %	89,2 %	89,4 %	64,0 %
-4								89,2 %	89,2 %	89,4 %	63,8 %
-3									89,2 %	64,0 %	63,8 %
-2										63,6 %	62,8 %
-1											59,0 %
0											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Taulukko 11. Straddle-haaran riskitasot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1										
-10	0,8 %	-1,2 %	-0,6 %	-3,3 %	-3,3 %	-2,5 %	-4,6 %	-6,2 %	-8,2 %	-5,2 %
-9	0,7 %	-1,2 %	-0,6 %	-3,3 %	-3,4 %	-2,5 %	-4,6 %	-6,2 %	-8,3 %	-5,3 %
-8	1,2 %	-0,7 %	-0,1 %	-2,9 %	-2,9 %	-2,0 %	-4,1 %	-5,8 %	-7,8 %	-4,8 %
-7	2,1 %	0,1 %	0,7 %	-2,0 %	-2,0 %	-1,2 %	-3,3 %	-4,9 %	-6,9 %	-3,9 %
-6	1,0 %	-1,0 %	-0,4 %	-3,1 %	-3,1 %	-2,3 %	-4,4 %	-6,0 %	-8,0 %	-5,0 %
-5	0,8 %	-1,2 %	-0,6 %	-3,3 %	-3,3 %	-2,5 %	-4,6 %	-6,2 %	-8,2 %	-5,3 %
-4	1,7 %	-0,2 %	0,4 %	-2,4 %	-2,4 %	-1,5 %	-3,6 %	-5,3 %	-7,3 %	-4,3 %
-3	2,3 %	0,4 %	1,0 %	-1,8 %	-1,8 %	-0,9 %	-3,0 %	-4,7 %	-6,7 %	-3,7 %
-2	3,3 %	1,3 %	1,9 %	-0,8 %	-0,8 %	0,0 %	-2,1 %	-3,7 %	-5,7 %	-2,7 %
-1	2,2 %	0,3 %	0,9 %	-1,9 %	-1,9 %	-1,0 %	-3,1 %	-4,8 %	-6,8 %	-3,8 %
0	0,4 %	-1,5 %	-0,9 %	-3,6 %	-3,7 %	-2,8 %	-4,9 %	-6,5 %	-8,6 %	-5,6 %
1	0,0 %	-1,9 %	-1,4 %	-4,1 %	-4,1 %	-3,3 %	-5,4 %	-7,0 %	-9,0 %	-6,0 %
2		0,0 %	0,6 %	-2,1 %	-2,2 %	-1,3 %	-3,4 %	-5,0 %	-7,1 %	-4,1 %
3			0,0 %	-2,7 %	-2,7 %	-1,9 %	-4,0 %	-5,6 %	-7,7 %	-4,7 %
4				0,0 %	0,0 %	0,8 %	-1,3 %	-2,9 %	-4,9 %	-1,9 %
5					0,0 %	0,8 %	-1,3 %	-2,9 %	-4,9 %	-1,9 %
6						0,0 %	-2,1 %	-3,7 %	-5,8 %	-2,8 %
7							0,0 %	-1,6 %	-3,6 %	-0,7 %
8								0,0 %	-2,0 %	1,0 %
9									0,0 %	3,0 %
10										0,0 %

Taulukko 12. Straddle-haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=1, t_2=10].

t2 / t1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-10	64,0 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,2 %	89,4 %
-9	64,0 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,2 %	89,4 %
-8	64,0 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,2 %	89,4 %
-7	63,8 %	64,0 %	64,0 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,2 %	89,4 %
-6	64,0 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,2 %	89,2 %	89,4 %
-5	64,0 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,2 %	89,2 %	89,4 %
-4	63,8 %	89,4 %	64,0 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,2 %	89,2 %	89,4 %
-3	63,8 %	64,0 %	64,0 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,2 %	89,2 %	89,4 %
-2	63,6 %	63,8 %	63,8 %	89,4 %	89,4 %	64,0 %	89,4 %	89,4 %	89,2 %	89,4 %
-1	63,6 %	64,0 %	63,8 %	89,4 %	89,4 %	89,4 %	89,2 %	89,2 %	89,2 %	89,4 %
0	63,8 %	89,2 %	89,4 %	89,2 %	89,2 %	89,2 %	89,2 %	89,2 %	89,2 %	89,2 %
1		72,4 %	89,2 %	86,4 %	89,2 %	89,2 %	89,2 %	89,2 %	88,8 %	89,2 %
2			63,8 %	89,0 %	89,2 %	89,4 %	89,2 %	89,2 %	89,2 %	89,2 %
3				66,2 %	86,4 %	89,2 %	89,2 %	88,8 %	86,8 %	89,2 %
4					89,4 %	63,8 %	89,2 %	89,2 %	89,2 %	89,4 %
5						63,8 %	89,2 %	89,2 %	87,2 %	89,4 %
6							71,0 %	75,6 %	73,4 %	89,2 %
7								79,2 %	76,2 %	89,4 %
8									71,8 %	63,8 %
9										47,6 %
10										

Taulukko 13. Straddle-haaran riskitasot välillä [t_2=1, t_2=10].

Straddle-haaran tuotoissa näkyy selvästi, että t_2:n ollessa 0 tai 1 haaran arvo käy selkeästi positiivisella puolella kaikilla t_1:n arvoilla. Mielenkiintoista on myös, että t_2:n arvoilla 8 ja 9 haaran vaikuttaa tappiolliselta lähes kaikilla ostopäivillä.

Merkitsevyystasot ovat kuitenkin koko matriisissa yli 50%, joten tilastollisen merkitsevyyttä ei ole olemassa ja h0 jää voimaan. Toisin sanoen ei voida sanoa, että keskimääräiset logaritmiset tuotot tai tappiot poikkeaisivat nollasta.

Jos tutkimme liitteistä löytyvää straddle-haaran p-arvojen taulukkoa, huomaamme, että esimerkiksi aikaikkunan [t_1=1, t_2=9] tappio olisi -9% jopa 1%:n riskitasolla. Muutenkin lähes kaikki tuotot eri aikaikkunoilla, jotka on myyty 9 päivää osavuosikatsauksen jälkeen ovat tehneet tappiota 15% riskitasolla. Se kuinka optimistisia p-arvot ovat, on tulkinnanvarainen asia.

9.3 Strap-haara

t1 \ t2	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10	0,0 %	0,4 %	0,9 %	-1,0 %	-1,5 %	-2,0 %	-3,4 %	-4,3 %	-5,1 %	-2,6 %	-3,6 %
-9		0,0 %	0,5 %	-1,3 %	-1,9 %	-2,4 %	-3,8 %	-4,7 %	-5,5 %	-3,0 %	-3,9 %
-8			0,0 %	-1,8 %	-2,4 %	-2,9 %	-4,3 %	-5,2 %	-6,0 %	-3,5 %	-4,5 %
-7				0,0 %	-0,6 %	-1,0 %	-2,5 %	-3,3 %	-4,1 %	-1,6 %	-2,6 %
-6					0,0 %	-0,5 %	-1,9 %	-2,8 %	-3,6 %	-1,1 %	-2,0 %
-5						0,0 %	-1,4 %	-2,3 %	-3,1 %	-0,6 %	-1,6 %
-4							0,0 %	-0,9 %	-1,7 %	0,8 %	-0,2 %
-3								0,0 %	-0,8 %	1,7 %	0,7 %
-2									0,0 %	2,5 %	1,5 %
-1										0,0 %	-1,0 %
0											0,0 %
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Taulukko 14. Strap-haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t1 \ t2	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10		78,2 %	78,2 %	99,8 %	100 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	100 %	99,8 %
-9			78,2 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	100 %	100 %	100 %	99,8 %	99,8 %
-8				90,2 %	96,6 %	99,8 %	98,8 %	99,4 %	99,6 %	99,8 %	99,8 %
-7					99,8 %	100 %	100 %	100 %	100 %	99,8 %	99,8 %
-6						99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	100 %
-5							94,8 %	97,2 %	99,4 %	99,6 %	100 %
-4								99,8 %	100 %	78,2 %	99,6 %
-3									100 %	78,0 %	78,2 %
-2										63,0 %	78,0 %
-1											99,8 %
0											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Taulukko 15. Strap-haaran riskitasot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t2 / t1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-10	-2,3 %	-4,7 %	-4,6 %	-7,7 %	-6,6 %	-6,4 %	-7,3 %	-9,8 %	-10,7 %	-8,0 %
-9	-2,7 %	-5,0 %	-4,9 %	-8,0 %	-7,0 %	-6,8 %	-7,6 %	-10,1 %	-11,1 %	-8,3 %
-8	-3,2 %	-5,6 %	-5,5 %	-8,6 %	-7,5 %	-7,3 %	-8,1 %	-10,7 %	-11,6 %	-8,8 %
-7	-1,4 %	-3,7 %	-3,6 %	-6,7 %	-5,7 %	-5,4 %	-6,3 %	-8,8 %	-9,8 %	-7,0 %
-6	-0,8 %	-3,2 %	-3,1 %	-6,2 %	-5,1 %	-4,9 %	-5,7 %	-8,3 %	-9,2 %	-6,4 %
-5	-0,3 %	-2,7 %	-2,6 %	-5,7 %	-4,6 %	-4,4 %	-5,3 %	-7,8 %	-8,8 %	-6,0 %
-4	1,1 %	-1,3 %	-1,2 %	-4,3 %	-3,2 %	-3,0 %	-3,8 %	-6,4 %	-7,3 %	-4,5 %
-3	2,0 %	-0,4 %	-0,3 %	-3,4 %	-2,3 %	-2,1 %	-3,0 %	-5,5 %	-6,4 %	-3,7 %
-2	2,8 %	0,4 %	0,5 %	-2,6 %	-1,5 %	-1,3 %	-2,2 %	-4,7 %	-5,7 %	-2,9 %
-1	0,3 %	-2,1 %	-2,0 %	-5,1 %	-4,0 %	-3,8 %	-4,7 %	-7,2 %	-8,2 %	-5,4 %
0	1,3 %	-1,1 %	-1,0 %	-4,1 %	-3,0 %	-2,8 %	-3,7 %	-6,2 %	-7,2 %	-4,4 %
1	0,0 %	-2,4 %	-2,3 %	-5,4 %	-4,3 %	-4,1 %	-4,9 %	-7,5 %	-8,4 %	-5,6 %
2		0,0 %	0,1 %	-3,0 %	-1,9 %	-1,7 %	-2,6 %	-5,1 %	-6,1 %	-3,3 %
3			0,0 %	-3,1 %	-2,0 %	-1,8 %	-2,7 %	-5,2 %	-6,2 %	-3,4 %
4				0,0 %	1,1 %	1,3 %	0,4 %	-2,1 %	-3,1 %	-0,3 %
5					0,0 %	0,2 %	-0,6 %	-3,2 %	-4,1 %	-1,3 %
6						0,0 %	-0,9 %	-3,4 %	-4,3 %	-1,6 %
7							0,0 %	-2,5 %	-3,5 %	-0,7 %
8								0,0 %	-1,0 %	1,8 %
9									0,0 %	2,8 %
10										0,0 %

Taulukko 16. Strap-haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=1, t_2=10].

t2 / t1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-10	100 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %
-9	100 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %
-8	99,8 %	99,8 %	99,8 %	100 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	100 %	99,8 %
-7	99,6 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %
-6	99,6 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %
-5	99,6 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %
-4	78,2 %	99,8 %	99,6 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %
-3	78,2 %	99,6 %	99,6 %	99,8 %	100 %	100 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %
-2	77,8 %	78,4 %	78,4 %	99,8 %	99,8 %	99,6 %	100 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %
-1	78,2 %	100 %	99,8 %	99,6 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	100 %	100 %	99,8 %
0	74,8 %	100 %	99,8 %	99,6 %	99,8 %	99,8 %	99,8 %	100 %	100 %	99,8 %
1		83,6 %	97,4 %	90,6 %	98,8 %	100 %	100 %	99,2 %	99,4 %	99,8 %
2			78,4 %	94,0 %	99,8 %	100 %	99,8 %	100 %	100 %	99,8 %
3				73,2 %	99,6 %	99,8 %	100 %	99,4 %	99,6 %	99,8 %
4					77,4 %	78,0 %	78,2 %	99,8 %	99,8 %	100 %
5						78,2 %	99,8 %	99,4 %	99,4 %	99,8 %
6							100 %	92,8 %	94,4 %	99,8 %
7								81,0 %	91,8 %	99,8 %
8									99,8 %	77,8 %
9										60,6 %
10										

Taulukko 17. Strap-haaran riskitasot välillä [t_2=1, t_2=10].

Kuten straddle-haaran tapauksessa, myös strap-haaran tuottojen merkitsevyystasot ovat koko matriisissa yli 50%, joten tilastollisen merkitsevyyttä ei ole olemassa ja h0 jää voimaan. Ei voida sanoa, että keskimääräiset logaritmiset tuotot tai tappiot poikkeaisivat nollasta. Markkinat vaikuttaisivat toimivan tehokkaasti.

Liitteistä löytyvästä strap-haaran p-arvojen taulukosta, huomaamme, että mikäli normaalijakautuneisuusoletusta ei hylätä, olisi tilastollisesti merkitseviä tappioita mahdollista löytää, mikä indikoisi markkinoiden tehottomuudesta.

9.4 Strip-haara

t2 t1	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10	0,0 %	-0,2 %	-1,9 %	-1,9 %	0,5 %	1,1 %	0,8 %	0,2 %	-0,7 %	-1,1 %	1,3 %
-9		0,0 %	-1,8 %	-1,7 %	0,7 %	1,3 %	0,9 %	0,4 %	-0,5 %	-0,9 %	1,5 %
-8			0,0 %	0,1 %	2,5 %	3,1 %	2,7 %	2,1 %	1,2 %	0,8 %	3,3 %
-7				0,0 %	2,4 %	3,0 %	2,6 %	2,0 %	1,1 %	0,7 %	3,2 %
-6					0,0 %	0,6 %	0,2 %	-0,3 %	-1,2 %	-1,7 %	0,8 %
-5						0,0 %	-0,3 %	-0,9 %	-1,8 %	-2,2 %	0,2 %
-4							0,0 %	-0,6 %	-1,5 %	-1,9 %	0,5 %
-3								0,0 %	-0,9 %	-1,3 %	1,1 %
-2									0,0 %	-0,4 %	2,0 %
-1										0,0 %	2,4 %
0											0,0 %
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Taulukko 18. Strip-haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t1 \ t2	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10		96,6 %	94,4 %	96,4 %	73,0 %	73,0 %	73,0 %	73,0 %	96,6 %	96,6 %	73,0 %
-9			85,4 %	95,8 %	73,0 %	73,0 %	73,0 %	73,0 %	96,6 %	96,6 %	73,0 %
-8				73,0 %	68,0 %	70,8 %	72,8 %	72,8 %	73,0 %	73,0 %	72,8 %
-7					55,2 %	64,4 %	72,8 %	72,8 %	73,0 %	73,0 %	72,8 %
-6						72,8 %	73,0 %	96,6 %	96,4 %	96,4 %	73,0 %
-5							96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	73,0 %
-4								96,4 %	96,2 %	96,4 %	73,0 %
-3									95,6 %	96,4 %	73,0 %
-2										96,4 %	70,8 %
-1											54,6 %
0											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Taulukko 19. Strip-haaran riskitasot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t1 \ t2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-10	0,6 %	-1,2 %	-0,2 %	-2,8 %	-4,1 %	-2,9 %	-6,1 %	-6,9 %	-9,8 %	-7,0 %
-9	0,7 %	-1,0 %	0,0 %	-2,6 %	-3,9 %	-2,7 %	-5,9 %	-6,7 %	-9,6 %	-6,8 %
-8	2,5 %	0,7 %	1,8 %	-0,8 %	-2,1 %	-1,0 %	-4,2 %	-4,9 %	-7,9 %	-5,1 %
-7	2,4 %	0,7 %	1,7 %	-0,9 %	-2,2 %	-1,1 %	-4,3 %	-5,0 %	-8,0 %	-5,1 %
-6	0,0 %	-1,7 %	-0,7 %	-3,3 %	-4,6 %	-3,4 %	-6,6 %	-7,4 %	-10,3 %	-7,5 %
-5	-0,6 %	-2,3 %	-1,3 %	-3,9 %	-5,2 %	-4,0 %	-7,2 %	-8,0 %	-10,9 %	-8,1 %
-4	-0,2 %	-2,0 %	-0,9 %	-3,6 %	-4,8 %	-3,7 %	-6,9 %	-7,6 %	-10,6 %	-7,8 %
-3	0,4 %	-1,4 %	-0,3 %	-3,0 %	-4,3 %	-3,1 %	-6,3 %	-7,1 %	-10,0 %	-7,2 %
-2	1,3 %	-0,5 %	0,5 %	-2,1 %	-3,4 %	-2,2 %	-5,4 %	-6,2 %	-9,1 %	-6,3 %
-1	1,7 %	-0,1 %	1,0 %	-1,7 %	-2,9 %	-1,8 %	-5,0 %	-5,7 %	-8,7 %	-5,9 %
0	-0,8 %	-2,5 %	-1,5 %	-4,1 %	-5,4 %	-4,2 %	-7,4 %	-8,2 %	-11,1 %	-8,3 %
1	0,0 %	-1,8 %	-0,7 %	-3,3 %	-4,6 %	-3,5 %	-6,7 %	-7,4 %	-10,4 %	-7,6 %
2		0,0 %	1,0 %	-1,6 %	-2,9 %	-1,7 %	-4,9 %	-5,7 %	-8,6 %	-5,8 %
3			0,0 %	-2,6 %	-3,9 %	-2,8 %	-6,0 %	-6,7 %	-9,7 %	-6,8 %
4				0,0 %	-1,3 %	-0,1 %	-3,3 %	-4,1 %	-7,0 %	-4,2 %
5					0,0 %	1,2 %	-2,0 %	-2,8 %	-5,7 %	-2,9 %
6						0,0 %	-3,2 %	-3,9 %	-6,9 %	-4,1 %
7							0,0 %	-0,7 %	-3,7 %	-0,9 %
8								0,0 %	-2,9 %	-0,1 %
9									0,0 %	2,8 %
10										0,0 %

Taulukko 20. Strip-haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=1, t_2=10].

t2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1										
-10	73,0 %	96,6 %	96,6 %	96,6 %	96,4 %	96,6 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %
-9	73,0 %	96,6 %	73,0 %	96,6 %	96,4 %	96,6 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %
-8	73,0 %	73,0 %	73,0 %	96,6 %	96,6 %	96,6 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %
-7	73,0 %	73,0 %	73,0 %	96,6 %	96,6 %	96,6 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %
-6	73,0 %	96,6 %	96,6 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %
-5	96,6 %	96,4 %	96,6 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,0 %	96,4 %
-4	96,6 %	96,4 %	96,6 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,0 %	96,4 %
-3	73,0 %	96,4 %	96,6 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	95,8 %	96,4 %
-2	72,8 %	96,6 %	73,0 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	96,4 %	95,8 %	96,4 %
-1	72,8 %	96,6 %	73,0 %	96,4 %	96,4 %	96,6 %	96,4 %	96,4 %	95,8 %	96,4 %
0	96,2 %	90,2 %	96,4 %	93,8 %	93,6 %	96,4 %	93,6 %	93,8 %	90,6 %	95,8 %
1		85,4 %	96,4 %	93,4 %	92,6 %	96,4 %	93,4 %	93,6 %	89,2 %	95,8 %
2			70,6 %	96,0 %	94,6 %	96,4 %	94,2 %	94,6 %	90,8 %	96,2 %
3				68,8 %	82,8 %	95,0 %	88,0 %	88,6 %	86,2 %	94,2 %
4					89,8 %	96,6 %	93,6 %	93,8 %	88,2 %	96,4 %
5						68,6 %	93,8 %	94,8 %	88,0 %	96,4 %
6							58,8 %	82,6 %	77,6 %	93,8 %
7								96,2 %	84,4 %	96,4 %
8									62,6 %	96,6 %
9										50,8 %
10										

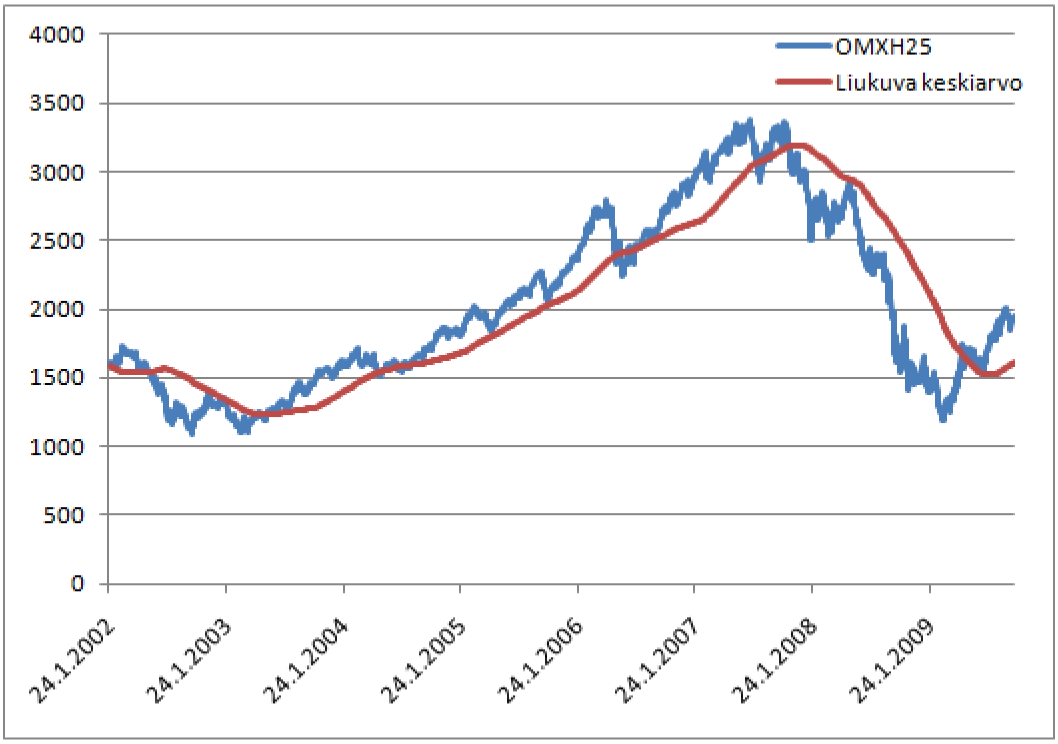
Taulukko 21. Strip-haaran riskitasot välillä [t_2=1, t_2=10].

Strip-haaran tuotot käyttäytyivät hyvin samankaltaisesti, kuin strap-haarassakin, mutta merkitsevyysongelmat toistuvat mukana. Parhaatkin tulokset ovat merkitseviä vasta noin 50% riskitasolla, eli tilastollinen merkitsevyys on olematon.

Jos jälleen tutkitaan liitteistä löytyviä strip-haaran p-arvoja, normaalijakautuneisuusoletuksen täyttyessä lähes kaikki eri aikaikkunat, jotka päättyvät 9 päivää osavuosikatsauksen jälkeen olisivat merkitseviä vielä 15% riski-tasolla tai alle sen.

9.5 Indeksipainotettu-haara

Työssä päätettiin tarkastella miten trendin avulla valitut strip- ja strap-painotukset vaikuttavat tuottoihin eli pystyykö trendin vaikutukset ennakoimalla vivuttamaan tuottoja suuntaan tai toiseen. Trendin mittariksi valittiin OMXH25-indeksin 200 päivän liukuva keskiarvo. Mikäli indeksin arvo oli yli liukuvan keskiarvon, valittiin haaraksi strap, muussa tapauksessa käytettiin strip haaraa.



Kuva 14. OMXH25 ja 200 päivän liukuva keskiarvo.

Kuvasta 14 huomataan, että markkinat ovat olleet nousevassa trendissä lähes koko tarkasteluajanjakson, mutta finanssikriisi näkyy kuitenkin laskutrendinä vuosina 2007-2008. Kuvaajan perusteella vaikuttaisi siltä että 200 päivän liukuva keskiarvo on hyvä trendimittari työhön, koska liukuva keskiarvo seuraa trendiä melko nopeasti, mutta indeksi ei kuitenkaan puhkaise sitä jatkuvasti, mikä voisi antaa harhaisia painotuksia.

t1 \ t2	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10	0,0 %	0,4 %	0,5 %	0,2 %	0,7 %	1,4 %	-0,4 %	-0,2 %	-1,8 %	1,5 %	1,6 %
-9		0,0 %	0,1 %	-0,2 %	0,3 %	1,0 %	-0,8 %	-0,6 %	-2,2 %	1,1 %	1,2 %
-8			0,0 %	-0,3 %	0,2 %	0,8 %	-1,0 %	-0,7 %	-2,3 %	1,0 %	1,1 %
-7				0,0 %	0,5 %	1,2 %	-0,6 %	-0,4 %	-2,0 %	1,3 %	1,4 %
-6					0,0 %	0,7 %	-1,1 %	-0,9 %	-2,5 %	0,8 %	0,9 %
-5						0,0 %	-1,8 %	-1,6 %	-3,2 %	0,1 %	0,2 %
-4							0,0 %	0,2 %	-1,4 %	1,9 %	2,1 %
-3								0,0 %	-1,6 %	1,7 %	1,8 %
-2									0,0 %	3,3 %	3,4 %
-1										0,0 %	0,1 %
0											0,0 %
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Taulukko 22. Indeksipainotetun haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t1 \ t2	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10		79,4 %	79,4 %	79,6 %	79,4 %	79,4 %	93,8 %	93,8 %	93,6 %	79,4 %	79,4 %
-9			79,6 %	93,8 %	79,6 %	79,4 %	93,6 %	93,8 %	93,4 %	79,4 %	79,4 %
-8				93,6 %	79,6 %	79,4 %	93,6 %	93,6 %	92,0 %	79,4 %	79,4 %
-7					79,4 %	79,4 %	93,6 %	93,8 %	92,8 %	79,4 %	79,4 %
-6						79,4 %	93,4 %	93,6 %	86,2 %	79,4 %	79,4 %
-5							80,0 %	89,4 %	79,6 %	79,6 %	79,6 %
-4								79,6 %	91,4 %	77,0 %	77,8 %
-3									83,0 %	76,2 %	77,8 %
-2										55,4 %	62,8 %
-1											79,6 %
0											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Taulukko 23. Indeksipainotetun haaran riskitasot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t2 t1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-10	1,3 %	-0,5 %	0,2 %	-2,1 %	-2,2 %	-2,0 %	-3,3 %	-4,3 %	-6,5 %	-3,2 %
-9	0,9 %	-0,9 %	-0,2 %	-2,5 %	-2,6 %	-2,4 %	-3,7 %	-4,7 %	-6,9 %	-3,6 %
-8	0,8 %	-1,1 %	-0,3 %	-2,6 %	-2,7 %	-2,5 %	-3,9 %	-4,8 %	-7,0 %	-3,8 %
-7	1,1 %	-0,8 %	0,0 %	-2,3 %	-2,4 %	-2,2 %	-3,5 %	-4,5 %	-6,7 %	-3,4 %
-6	0,6 %	-1,2 %	-0,5 %	-2,8 %	-2,9 %	-2,7 %	-4,0 %	-5,0 %	-7,2 %	-3,9 %
-5	0,0 %	-1,9 %	-1,2 %	-3,5 %	-3,5 %	-3,3 %	-4,7 %	-5,6 %	-7,9 %	-4,6 %
-4	1,8 %	-0,1 %	0,7 %	-1,7 %	-1,7 %	-1,5 %	-2,9 %	-3,8 %	-6,1 %	-2,8 %
-3	1,5 %	-0,3 %	0,4 %	-1,9 %	-2,0 %	-1,8 %	-3,1 %	-4,1 %	-6,3 %	-3,0 %
-2	3,1 %	1,3 %	2,0 %	-0,3 %	-0,4 %	-0,2 %	-1,5 %	-2,5 %	-4,7 %	-1,4 %
-1	-0,2 %	-2,1 %	-1,3 %	-3,6 %	-3,7 %	-3,5 %	-4,8 %	-5,8 %	-8,0 %	-4,7 %
0	-0,3 %	-2,2 %	-1,4 %	-3,7 %	-3,8 %	-3,6 %	-4,9 %	-5,9 %	-8,1 %	-4,8 %
1	0,0 %	-1,9 %	-1,1 %	-3,4 %	-3,5 %	-3,3 %	-4,6 %	-5,6 %	-7,8 %	-4,6 %
2		0,0 %	0,8 %	-1,6 %	-1,6 %	-1,4 %	-2,8 %	-3,7 %	-6,0 %	-2,7 %
3			0,0 %	-2,3 %	-2,4 %	-2,2 %	-3,5 %	-4,5 %	-6,7 %	-3,4 %
4				0,0 %	-0,1 %	0,1 %	-1,2 %	-2,2 %	-4,4 %	-1,1 %
5					0,0 %	0,2 %	-1,2 %	-2,1 %	-4,3 %	-1,1 %
6						0,0 %	-1,3 %	-2,3 %	-4,5 %	-1,3 %
7							0,0 %	-0,9 %	-3,2 %	0,1 %
8								0,0 %	-2,2 %	1,0 %
9									0,0 %	3,3 %
10										0,0 %

Taulukko 24. Indeksipainotetun haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=1, t_2=10].

t2 t1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-10	79,6 %	93,8 %	79,6 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,6 %	93,8 %
-9	79,6 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,6 %	93,6 %	93,8 %
-8	79,6 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,8 %
-7	79,6 %	93,8 %	79,6 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,8 %
-6	79,6 %	93,8 %	93,8 %	93,6 %	93,6 %	93,8 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,8 %
-5	93,8 %	93,6 %	93,8 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %
-4	79,4 %	93,8 %	79,6 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,8 %
-3	79,4 %	93,8 %	79,6 %	93,6 %	93,8 %	93,8 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,8 %
-2	77,8 %	79,4 %	79,4 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,8 %	93,6 %	93,8 %
-1	93,8 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,4 %	93,6 %
0	93,6 %	90,2 %	93,6 %	92,2 %	93,4 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,0 %	93,6 %
1		79,4 %	93,6 %	89,0 %	93,2 %	93,6 %	93,4 %	93,4 %	91,4 %	93,6 %
2			79,4 %	93,4 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,6 %	93,2 %	93,6 %
3				74,2 %	87,2 %	93,6 %	93,2 %	93,0 %	89,4 %	93,6 %
4					93,8 %	79,6 %	93,6 %	93,6 %	93,2 %	93,8 %
5						79,6 %	93,6 %	93,6 %	90,0 %	93,8 %
6							85,4 %	89,0 %	83,6 %	93,6 %
7								92,2 %	83,2 %	79,6 %
8									74,6 %	79,4 %
9										55,8 %
10										

Taulukko 25. Indeksipainotetun haaran riskitasot välillä [t_2=1, t_2=10].

Kappaleen 9.1 kuvassa 13 huomattiin, että indeksipainotettu haara vaikuttaisi pärjäävän keskimäärin muita haaroja paremmin, mutta kuitenkaan tilastollisesti nollasta poikkeavia tuottoja ei löytynyt edes indeksipainotetulla haaralla. Merkitsevyystasot pysyivät poikkeuksetta 50%:n huonommalla puolella, joten tilastollinen merkitsevyys on jälleen olematon.

Myös indeksipainotetuilla haaroilla löytyi tilastollisesti merkitseviä negatiivisia tuottoja, jos normaalijakautuneisuusoletusta ei hylätä, mutta merkitseviä tuottoja oli kuitenkin vähemmän kuin muilla haaroilla.

10. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä lähdettiin tutkimaan onko mahdollista löytää arbitraasituottoa tarjoavia warranttihaarapositioita osavuosikatsausten aikana Suomen warranttimarkkinoilla.

Tutkimusta lähdettiin tekemään havainnoimalla Nokian warranttihaarojen kehitystä osavuosikatsausten ympärillä. Tarkastuajanjakson sisällä oli havaittavissa keskimääräinen laskeva trendi kaikilla erilaisilla warranttihaaroilla, mutta luonnollisesti aika-arvon sulaminen kattaa osan tästä.

Tarkasteluajanjakso oli 21 päivää osavuosikatsauksen ympärillä (+- 10 päivää). Tuotoista muodostettiin 21x21 matriisi, missä näkyi tuotot kaikilla mahdollisilla aikaikkunoilla tarkasteluajanjakson sisällä. Tuottojen tilastollista merkitsevyyttä (H0: keskiarvo=0) testattiin Excelin PROSENTTIJÄRJESTYS() -funktiolla, joka vertasi aina kyseisen aikaikkunan päivittäiseksi projisoitua tuottoa koko havaintoaineiston tuottojakaumaan ja palautti todennäköisyyden kyseiselle arvolle.

Työssä ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä tuottoja eli ei voida sanoa, että tulokset poikkeaisivat nollasta. Saadut tulokset voidaan siis saada myös aikaiseksi sattumalta eikä niitä voida hyödyntää sijoittamisessa. Työn tulokset ovat kuitenkin linjassa teorian kanssa, sillä markkinoilla ei pitäisi olla mahdollista tehdä systemaattisia arbitraasivoittoja.

Käytetyt todennäköisyysjakaumat tilastollisen merkitsevyyden laskemisessa sisältävät kuitenkin havaintoja ainoastaan 21 päivältä osavuosikatsauksen ympärillä. Jakaumat saattavat painottaa häntiä liikaa, mikäli hajonta osavuosikatsauksen ympärillä on normaalia voimakkaampaa. On siis mahdollista, että käytetyt jakaumat antavat pessimistisen kuvan tulosten merkitsevyydestä ja on mahdollista, että mikäli tasahaaran tuottoja tutkittaisiin laajemmin, voitaisiin huomata, ettei normaalijakautuneisuusoletusta tulisikaan hylätä. Työssä tehdyn pohjatyön perusteella päädyttiin kuitenkin käyttämään markkinainformaation pohjalta simuloitua tuottojakaumaa.

Mikäli normaalijakautuneisuusoletusta ei tarvitsisi hylätä, tilastollisesti merkitseviä tappioita olisi mahdollista löytää. Yksityissijoittajaa tämä ei hyödyttäisi kuitenkaan, koska warranttien lyhyeksimyynti on tehty Suomen lainsäädännössä mahdottomaksi. Tilanne kuitenkin indikoisi markkinoiden epätehokkuudesta.

LÄHDELUETTELO

Black, F. & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *The Journal of Political Economy*, 81, no. 3, 637-654.

Cox, J. C., Ross, S. A., Rubinstein, M. (1979). Option Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics 7*, 229-263.

Hemler, M. L. & Miller, T. W. (1997). Box spread arbitrage profits following the 1987 market crash: Real or illusory? *Journal of Financial and Quantitative Analysis,* 3, 175-81.

Hull, J. (2006). Options, futures, and other derivatives (6th edition). Prentice-Hall International.

Ingersoll, J. E. (1987). Theory of Financial Decision Making. Savage: Rowman & Littlefield Publishers, Inc.

Jackwerth, J. C. & Rubinstein, M. (1996). Recovering Probability Distribution from Option Prices. *Journal of Finance*, 51, no. 5, 1611-1631.

Macbeth, J. & Merville, L. (Dec 1979). An Empirical Examination of the Black-Scholes Call Option Pricing Model. *The Journal of Finance*, Vol. 34 Issue 5, 1173-1186

Merton,R, C. (1973). Theory of Rational Option Pricing. *Bell Journal of Economics and Management*, 4, 141-183.

Monroe, A. M. (1992). The profitability of volatility spreads around information releases. *The Journal of Futures Markets*, 12, 475-92.

Nelskylä, M. (2004). Warrantti, jokamiehen johdannainen. Juva: WSOY.

Noh, J., Engle, R. ja Kane, A. (1994). Forecasting volatility and option prices of the S&P 500 Index. *Journal of Derivatives*. 2, 17-30.

Rubinstein, M. (1985). Nonparametric Tests of Alternative Option Pricing Models Using All Reported Trades and Quotes on the 30 Most Active CBOE Option Classes from August 23, 1976 Through August 31, 1978. *Journal of Finance*, 40, no. 2, 445-480.

Rubinstein, M. (1994). Implied Binomial Trees. *Journal of Finance*, 49, 771-818.

Vaihekoski, M. (2004). Rahoitusalan sovellukset ja Excel. Vantaa: WSOY.

LIITTEET

LIITE 1. Straddlen tuottojakaumat ja p-arvot

(Tilastollisesti 15% riskitasolla merkitsevät tulokset vihreällä)

t2 t1	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10	0,0 %	0,0 %	-0,4 %	-1,3 %	-0,2 %	0,0 %	-0,9 %	-1,5 %	-2,5 %	-1,4 %	0,3 %
-9		0,0 %	-0,5 %	-1,3 %	-0,2 %	0,0 %	-1,0 %	-1,6 %	-2,5 %	-1,5 %	0,3 %
-8			0,0 %	-0,9 %	0,2 %	0,5 %	-0,5 %	-1,1 %	-2,1 %	-1,0 %	0,8 %
-7				0,0 %	1,1 %	1,3 %	0,4 %	-0,2 %	-1,2 %	-0,1 %	1,6 %
-6					0,0 %	0,2 %	-0,7 %	-1,3 %	-2,3 %	-1,2 %	0,5 %
-5						0,0 %	-1,0 %	-1,6 %	-2,5 %	-1,5 %	0,3 %
-4							0,0 %	-0,6 %	-1,6 %	-0,5 %	1,3 %
-3								0,0 %	-1,0 %	0,1 %	1,9 %
-2									0,0 %	1,1 %	2,8 %
-1										0,0 %	1,8 %
0											0,0 %
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Straddle-haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t2 t1	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10		95,0 %	67,4 %	26,9 %	89,0 %	99,6 %	64,7 %	44,7 %	26,1 %	52,3 %	92,3 %
-9			59,3 %	17,5 %	85,3 %	98,9 %	60,8 %	41,5 %	25,4 %	49,9 %	93,2 %
-8				19,9 %	83,0 %	77,1 %	75,6 %	51,0 %	26,9 %	61,1 %	80,6 %
-7					33,8 %	37,4 %	80,2 %	87,5 %	53,3 %	94,4 %	63,2 %
-6						82,4 %	50,8 %	32,7 %	14,0 %	42,1 %	85,6 %
-5							21,8 %	21,7 %	6,5 %	32,9 %	91,7 %
-4								51,3 %	22,6 %	75,1 %	68,2 %
-3									35,4 %	93,4 %	53,8 %
-2										38,7 %	34,2 %
-1											53,9 %
0											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Straddle-haaran p-arvot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1										
-10	0,8 %	-1,2 %	-0,6 %	-3,3 %	-3,3 %	-2,5 %	-4,6 %	-6,2 %	-8,2 %	-6,1 %
-9	0,7 %	-1,2 %	-0,6 %	-3,3 %	-3,4 %	-2,5 %	-4,6 %	-6,2 %	-8,3 %	-6,1 %
-8	1,2 %	-0,7 %	-0,1 %	-2,9 %	-2,9 %	-2,0 %	-4,1 %	-5,8 %	-7,8 %	-5,6 %
-7	2,1 %	0,1 %	0,7 %	-2,0 %	-2,0 %	-1,2 %	-3,3 %	-4,9 %	-6,9 %	-4,7 %
-6	1,0 %	-1,0 %	-0,4 %	-3,1 %	-3,1 %	-2,3 %	-4,4 %	-6,0 %	-8,0 %	-5,8 %
-5	0,8 %	-1,2 %	-0,6 %	-3,3 %	-3,3 %	-2,5 %	-4,6 %	-6,2 %	-8,2 %	-6,1 %
-4	1,7 %	-0,2 %	0,4 %	-2,4 %	-2,4 %	-1,5 %	-3,6 %	-5,3 %	-7,3 %	-5,1 %
-3	2,3 %	0,4 %	1,0 %	-1,8 %	-1,8 %	-0,9 %	-3,0 %	-4,7 %	-6,7 %	-4,5 %
-2	3,3 %	1,3 %	1,9 %	-0,8 %	-0,8 %	0,0 %	-2,1 %	-3,7 %	-5,7 %	-3,6 %
-1	2,2 %	0,3 %	0,9 %	-1,9 %	-1,9 %	-1,0 %	-3,1 %	-4,8 %	-6,8 %	-4,6 %
0	0,4 %	-1,5 %	-0,9 %	-3,6 %	-3,7 %	-2,8 %	-4,9 %	-6,5 %	-8,6 %	-6,4 %
1	0,0 %	-1,9 %	-1,4 %	-4,1 %	-4,1 %	-3,3 %	-5,4 %	-7,0 %	-9,0 %	-6,8 %
2		0,0 %	0,6 %	-2,1 %	-2,2 %	-1,3 %	-3,4 %	-5,0 %	-7,1 %	-4,9 %
3			0,0 %	-2,7 %	-2,7 %	-1,9 %	-4,0 %	-5,6 %	-7,7 %	-5,5 %
4				0,0 %	0,0 %	0,8 %	-1,3 %	-2,9 %	-4,9 %	-2,7 %
5					0,0 %	0,8 %	-1,3 %	-2,9 %	-4,9 %	-2,7 %
6						0,0 %	-2,1 %	-3,7 %	-5,8 %	-3,6 %
7							0,0 %	-1,6 %	-3,6 %	-1,5 %
8								0,0 %	-2,0 %	0,2 %
9									0,0 %	2,2 %
10										0,0 %

Straddle-haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=0, t_2=10].

t2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1										
-10	83,8 %	75,2 %	89,3 %	43,3 %	44,3 %	56,6 %	34,5 %	19,6 %	11,7 %	28,2 %
-9	84,9 %	75,2 %	88,9 %	43,9 %	44,8 %	56,5 %	34,8 %	20,0 %	12,1 %	28,5 %
-8	73,2 %	83,8 %	97,5 %	47,2 %	48,6 %	61,6 %	37,9 %	21,4 %	12,8 %	30,8 %
-7	58,6 %	97,2 %	86,8 %	63,9 %	64,6 %	78,4 %	50,0 %	30,4 %	18,6 %	39,9 %
-6	77,7 %	77,7 %	92,8 %	43,9 %	45,3 %	57,2 %	33,5 %	18,4 %	10,8 %	27,4 %
-5	83,1 %	73,8 %	88,9 %	43,4 %	45,3 %	55,8 %	33,5 %	18,7 %	11,3 %	27,6 %
-4	62,9 %	95,1 %	93,0 %	57,7 %	59,0 %	72,1 %	45,0 %	26,7 %	15,5 %	34,7 %
-3	50,3 %	91,4 %	81,5 %	66,5 %	67,6 %	82,5 %	51,9 %	31,5 %	16,9 %	38,4 %
-2	34,4 %	68,5 %	63,2 %	83,9 %	84,6 %	99,7 %	65,5 %	42,1 %	23,6 %	49,2 %
-1	51,8 %	93,5 %	82,5 %	62,8 %	64,5 %	79,3 %	47,3 %	26,8 %	13,5 %	36,4 %
0	69,0 %	30,1 %	67,7 %	11,0 %	9,5 %	22,0 %	10,8 %	2,7 %	2,2 %	11,5 %
1		7,2 %	40,7 %	4,0 %	2,5 %	13,0 %	6,4 %	1,7 %	1,0 %	6,9 %
2			69,5 %	25,4 %	25,7 %	53,7 %	20,0 %	7,8 %	3,8 %	18,3 %
3				2,4 %	8,2 %	32,8 %	11,6 %	4,0 %	1,7 %	14,5 %
4					99,1 %	58,9 %	53,1 %	17,4 %	6,8 %	41,0 %
5						50,1 %	54,7 %	14,3 %	6,6 %	37,2 %
6							17,2 %	0,8 %	2,5 %	26,9 %
7								15,6 %	8,5 %	61,7 %
8									28,0 %	95,3 %
9										25,7 %
10										

Straddle-haaran p-arvot välillä [t_2=-0, t_2=10].

LIITE 2. Strapin tuottojakaumat ja p-arvot

(Tilastollisesti 15% riskitasolla merkitsevät tulokset vihreällä)

t2 / t1	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10	0,0 %	0,4 %	0,9 %	-1,0 %	-1,5 %	-2,0 %	-3,4 %	-4,3 %	-5,1 %	-2,6 %	-3,6 %
-9		0,0 %	0,5 %	-1,3 %	-1,9 %	-2,4 %	-3,8 %	-4,7 %	-5,5 %	-3,0 %	-3,9 %
-8			0,0 %	-1,8 %	-2,4 %	-2,9 %	-4,3 %	-5,2 %	-6,0 %	-3,5 %	-4,5 %
-7				0,0 %	-0,6 %	-1,0 %	-2,5 %	-3,3 %	-4,1 %	-1,6 %	-2,6 %
-6					0,0 %	-0,5 %	-1,9 %	-2,8 %	-3,6 %	-1,1 %	-2,0 %
-5						0,0 %	-1,4 %	-2,3 %	-3,1 %	-0,6 %	-1,6 %
-4							0,0 %	-0,9 %	-1,7 %	0,8 %	-0,2 %
-3								0,0 %	-0,8 %	1,7 %	0,7 %
-2									0,0 %	2,5 %	1,5 %
-1										0,0 %	-1,0 %
0											0,0 %
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Strap-haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t2 / t1	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10		65,5 %	58,6 %	59,8 %	47,7 %	42,4 %	20,9 %	13,3 %	9,7 %	32,1 %	42,3 %
-9			71,1 %	35,8 %	30,5 %	28,7 %	12,4 %	8,6 %	6,3 %	25,3 %	38,9 %
-8				7,5 %	11,1 %	14,1 %	3,9 %	2,2 %	1,3 %	12,5 %	27,2 %
-7					61,7 %	52,7 %	12,5 %	8,5 %	7,1 %	44,5 %	53,8 %
-6						73,5 %	13,1 %	7,9 %	5,2 %	56,1 %	64,5 %
-5							12,0 %	12,6 %	8,5 %	75,8 %	72,6 %
-4								42,6 %	26,2 %	65,6 %	97,2 %
-3									45,7 %	20,2 %	86,4 %
-2										9,0 %	72,2 %
-1											81,9 %
0											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Strap-haaran p-arvot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t1 \ t2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-10	-2,3 %	-4,7 %	-4,6 %	-7,7 %	-6,6 %	-6,4 %	-7,3 %	-9,8 %	-10,7 %	-9,4 %
-9	-2,7 %	-5,0 %	-4,9 %	-8,0 %	-7,0 %	-6,8 %	-7,6 %	-10,1 %	-11,1 %	-9,8 %
-8	-3,2 %	-5,6 %	-5,5 %	-8,6 %	-7,5 %	-7,3 %	-8,1 %	-10,7 %	-11,6 %	-10,3 %
-7	-1,4 %	-3,7 %	-3,6 %	-6,7 %	-5,7 %	-5,4 %	-6,3 %	-8,8 %	-9,8 %	-8,4 %
-6	-0,8 %	-3,2 %	-3,1 %	-6,2 %	-5,1 %	-4,9 %	-5,7 %	-8,3 %	-9,2 %	-7,9 %
-5	-0,3 %	-2,7 %	-2,6 %	-5,7 %	-4,6 %	-4,4 %	-5,3 %	-7,8 %	-8,8 %	-7,4 %
-4	1,1 %	-1,3 %	-1,2 %	-4,3 %	-3,2 %	-3,0 %	-3,8 %	-6,4 %	-7,3 %	-6,0 %
-3	2,0 %	-0,4 %	-0,3 %	-3,4 %	-2,3 %	-2,1 %	-3,0 %	-5,5 %	-6,4 %	-5,1 %
-2	2,8 %	0,4 %	0,5 %	-2,6 %	-1,5 %	-1,3 %	-2,2 %	-4,7 %	-5,7 %	-4,3 %
-1	0,3 %	-2,1 %	-2,0 %	-5,1 %	-4,0 %	-3,8 %	-4,7 %	-7,2 %	-8,2 %	-6,8 %
0	1,3 %	-1,1 %	-1,0 %	-4,1 %	-3,0 %	-2,8 %	-3,7 %	-6,2 %	-7,2 %	-5,8 %
1	0,0 %	-2,4 %	-2,3 %	-5,4 %	-4,3 %	-4,1 %	-4,9 %	-7,5 %	-8,4 %	-7,1 %
2		0,0 %	0,1 %	-3,0 %	-1,9 %	-1,7 %	-2,6 %	-5,1 %	-6,1 %	-4,7 %
3			0,0 %	-3,1 %	-2,0 %	-1,8 %	-2,7 %	-5,2 %	-6,2 %	-4,8 %
4				0,0 %	1,1 %	1,3 %	0,4 %	-2,1 %	-3,1 %	-1,7 %
5					0,0 %	0,2 %	-0,6 %	-3,2 %	-4,1 %	-2,8 %
6						0,0 %	-0,9 %	-3,4 %	-4,3 %	-3,0 %
7							0,0 %	-2,5 %	-3,5 %	-2,1 %
8								0,0 %	-1,0 %	0,4 %
9									0,0 %	1,3 %
10										0,0 %

Strap-haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=0, t_2=10].

t1 \ t2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-10	66,2 %	36,0 %	42,1 %	19,6 %	27,4 %	30,7 %	26,8 %	13,8 %	12,9 %	23,5 %
-9	61,5 %	32,6 %	39,1 %	18,7 %	26,0 %	28,7 %	25,4 %	13,0 %	12,1 %	21,9 %
-8	50,2 %	22,6 %	28,8 %	11,8 %	18,6 %	21,4 %	19,7 %	9,1 %	8,4 %	17,1 %
-7	78,1 %	43,0 %	49,5 %	23,5 %	33,0 %	36,1 %	32,2 %	16,5 %	14,9 %	26,6 %
-6	87,6 %	51,1 %	57,6 %	29,1 %	39,3 %	42,1 %	37,3 %	20,3 %	17,9 %	30,2 %
-5	94,9 %	58,3 %	64,0 %	34,2 %	45,4 %	48,1 %	42,9 %	24,7 %	21,8 %	35,0 %
-4	81,6 %	78,2 %	82,5 %	45,8 %	58,7 %	61,9 %	54,7 %	32,4 %	28,3 %	43,2 %
-3	67,6 %	93,4 %	95,8 %	55,4 %	69,4 %	73,0 %	64,4 %	39,7 %	33,9 %	50,4 %
-2	56,6 %	92,8 %	92,3 %	65,1 %	79,9 %	83,1 %	73,5 %	47,3 %	40,2 %	57,0 %
-1	95,3 %	65,5 %	70,6 %	36,3 %	48,9 %	52,9 %	45,8 %	26,3 %	21,7 %	37,2 %
0	37,4 %	40,8 %	61,2 %	7,2 %	19,3 %	31,8 %	23,7 %	5,5 %	5,8 %	22,5 %
1		2,7 %	19,9 %	2,8 %	4,9 %	14,6 %	11,9 %	2,3 %	1,8 %	10,8 %
2			94,9 %	17,9 %	35,7 %	50,5 %	37,1 %	10,3 %	7,7 %	27,6 %
3				3,7 %	20,3 %	40,3 %	32,0 %	8,0 %	5,9 %	26,9 %
4					42,5 %	51,3 %	84,9 %	38,6 %	28,8 %	68,3 %
5						88,9 %	74,3 %	11,4 %	10,0 %	45,0 %
6							57,5 %	5,3 %	9,9 %	45,8 %
7								10,0 %	13,8 %	56,7 %
8									61,0 %	90,8 %
9										58,9 %
10										

Strap-haaran p-arvot välillä [t_2=0, t_2=10].

LIITE 3. Stripin tuottojakaumat ja p-arvot

(Tilastollisesti 15% riskitasolla merkitsevät tulokset vihreällä)

t1 \ t2	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10	0,0 %	-0,2 %	-1,9 %	-1,9 %	0,5 %	1,1 %	0,8 %	0,2 %	-0,7 %	-1,1 %	1,3 %
-9		0,0 %	-1,8 %	-1,7 %	0,7 %	1,3 %	0,9 %	0,4 %	-0,5 %	-0,9 %	1,5 %
-8			0,0 %	0,1 %	2,5 %	3,1 %	2,7 %	2,1 %	1,2 %	0,8 %	3,3 %
-7				0,0 %	2,4 %	3,0 %	2,6 %	2,0 %	1,1 %	0,7 %	3,2 %
-6					0,0 %	0,6 %	0,2 %	-0,3 %	-1,2 %	-1,7 %	0,8 %
-5						0,0 %	-0,3 %	-0,9 %	-1,8 %	-2,2 %	0,2 %
-4							0,0 %	-0,6 %	-1,5 %	-1,9 %	0,5 %
-3								0,0 %	-0,9 %	-1,3 %	1,1 %
-2									0,0 %	-0,4 %	2,0 %
-1										0,0 %	2,4 %
0											0,0 %
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Strip-haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t1 \ t2	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10		87,0 %	17,5 %	24,4 %	81,8 %	70,1 %	78,9 %	95,1 %	81,0 %	73,4 %	78,4 %
-9			6,3 %	19,5 %	73,0 %	61,9 %	72,0 %	89,9 %	85,6 %	76,5 %	74,9 %
-8				90,1 %	19,0 %	21,2 %	27,3 %	44,0 %	67,5 %	78,7 %	49,9 %
-7					21,7 %	21,8 %	26,6 %	42,9 %	68,4 %	80,5 %	52,4 %
-6						61,4 %	87,4 %	86,2 %	54,6 %	38,6 %	83,7 %
-5							76,9 %	61,0 %	37,1 %	22,5 %	96,0 %
-4								60,9 %	39,1 %	31,3 %	90,0 %
-3									52,8 %	41,5 %	80,5 %
-2										78,8 %	64,6 %
-1											55,1 %
0											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Strip-haaran p-arvot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1										
-10	0,6 %	-1,2 %	-0,2 %	-2,8 %	-4,1 %	-2,9 %	-6,1 %	-6,9 %	-9,8 %	-7,4 %
-9	0,7 %	-1,0 %	0,0 %	-2,6 %	-3,9 %	-2,7 %	-5,9 %	-6,7 %	-9,6 %	-7,3 %
-8	2,5 %	0,7 %	1,8 %	-0,8 %	-2,1 %	-1,0 %	-4,2 %	-4,9 %	-7,9 %	-5,5 %
-7	2,4 %	0,7 %	1,7 %	-0,9 %	-2,2 %	-1,1 %	-4,3 %	-5,0 %	-8,0 %	-5,6 %
-6	0,0 %	-1,7 %	-0,7 %	-3,3 %	-4,6 %	-3,4 %	-6,6 %	-7,4 %	-10,3 %	-8,0 %
-5	-0,6 %	-2,3 %	-1,3 %	-3,9 %	-5,2 %	-4,0 %	-7,2 %	-8,0 %	-10,9 %	-8,5 %
-4	-0,2 %	-2,0 %	-0,9 %	-3,6 %	-4,8 %	-3,7 %	-6,9 %	-7,6 %	-10,6 %	-8,2 %
-3	0,4 %	-1,4 %	-0,3 %	-3,0 %	-4,3 %	-3,1 %	-6,3 %	-7,1 %	-10,0 %	-7,6 %
-2	1,3 %	-0,5 %	0,5 %	-2,1 %	-3,4 %	-2,2 %	-5,4 %	-6,2 %	-9,1 %	-6,7 %
-1	1,7 %	-0,1 %	1,0 %	-1,7 %	-2,9 %	-1,8 %	-5,0 %	-5,7 %	-8,7 %	-6,3 %
0	-0,8 %	-2,5 %	-1,5 %	-4,1 %	-5,4 %	-4,2 %	-7,4 %	-8,2 %	-11,1 %	-8,7 %
1	0,0 %	-1,8 %	-0,7 %	-3,3 %	-4,6 %	-3,5 %	-6,7 %	-7,4 %	-10,4 %	-8,0 %
2		0,0 %	1,0 %	-1,6 %	-2,9 %	-1,7 %	-4,9 %	-5,7 %	-8,6 %	-6,2 %
3			0,0 %	-2,6 %	-3,9 %	-2,8 %	-6,0 %	-6,7 %	-9,7 %	-7,3 %
4				0,0 %	-1,3 %	-0,1 %	-3,3 %	-4,1 %	-7,0 %	-4,6 %
5					0,0 %	1,2 %	-2,0 %	-2,8 %	-5,7 %	-3,4 %
6						0,0 %	-3,2 %	-3,9 %	-6,9 %	-4,5 %
7							0,0 %	-0,7 %	-3,7 %	-1,3 %
8								0,0 %	-2,9 %	-0,6 %
9									0,0 %	2,4 %
10										0,0 %

Strip-haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=0, t_2=10].

t2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1										
-10	90,8 %	81,1 %	97,6 %	58,0 %	43,4 %	57,3 %	28,4 %	22,7 %	9,2 %	20,4 %
-9	87,5 %	83,5 %	99,8 %	59,1 %	43,8 %	57,9 %	28,8 %	22,5 %	8,9 %	20,7 %
-8	61,3 %	88,9 %	74,5 %	86,8 %	68,4 %	84,8 %	46,5 %	38,0 %	17,6 %	35,6 %
-7	63,9 %	90,5 %	76,8 %	86,2 %	68,8 %	84,3 %	47,1 %	38,3 %	18,4 %	35,9 %
-6	99,3 %	70,3 %	88,8 %	45,7 %	31,8 %	43,4 %	17,9 %	12,1 %	4,2 %	11,8 %
-5	90,1 %	63,0 %	80,6 %	41,3 %	29,4 %	38,2 %	16,8 %	11,0 %	4,0 %	10,2 %
-4	96,5 %	70,4 %	86,5 %	47,8 %	35,7 %	46,4 %	22,1 %	15,2 %	5,7 %	13,3 %
-3	93,9 %	79,5 %	95,1 %	56,7 %	43,1 %	55,7 %	28,0 %	19,7 %	7,2 %	15,7 %
-2	78,7 %	92,1 %	91,7 %	67,6 %	51,7 %	66,9 %	33,9 %	24,4 %	9,3 %	20,4 %
-1	71,0 %	98,7 %	85,2 %	73,1 %	55,6 %	70,6 %	34,3 %	23,6 %	8,1 %	20,7 %
0	55,5 %	23,7 %	59,5 %	9,8 %	2,2 %	5,8 %	2,4 %	1,2 %	0,7 %	4,1 %
1		18,1 %	68,2 %	5,5 %	0,7 %	4,5 %	2,0 %	1,4 %	0,5 %	3,7 %
2			50,3 %	40,4 %	15,2 %	40,6 %	8,3 %	7,6 %	2,0 %	9,7 %
3				8,0 %	4,4 %	20,3 %	3,5 %	3,3 %	0,6 %	5,7 %
4					28,3 %	93,1 %	12,4 %	9,5 %	1,6 %	15,6 %
5						36,1 %	38,3 %	27,8 %	7,2 %	31,9 %
6							9,9 %	7,0 %	2,3 %	16,7 %
7								53,5 %	8,9 %	62,4 %
8									11,9 %	82,9 %
9										15,8 %
10										

Strip-haaran p-arvot välillä [t_2=0, t_2=10].

LIITE 4. Indeksipainotetut tuottojakaumat ja p-arvot

(Tilastollisesti 15% riskitasolla merkitsevät tulokset vihreällä)

t1 \ t2	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10	0,0 %	0,4 %	0,5 %	0,2 %	0,7 %	1,4 %	-0,4 %	-0,2 %	-1,8 %	1,5 %	1,6 %
-9		0,0 %	0,1 %	-0,2 %	0,3 %	1,0 %	-0,8 %	-0,6 %	-2,2 %	1,1 %	1,2 %
-8			0,0 %	-0,3 %	0,2 %	0,8 %	-1,0 %	-0,7 %	-2,3 %	1,0 %	1,1 %
-7				0,0 %	0,5 %	1,2 %	-0,6 %	-0,4 %	-2,0 %	1,3 %	1,4 %
-6					0,0 %	0,7 %	-1,1 %	-0,9 %	-2,5 %	0,8 %	0,9 %
-5						0,0 %	-1,8 %	-1,6 %	-3,2 %	0,1 %	0,2 %
-4							0,0 %	0,2 %	-1,4 %	1,9 %	2,1 %
-3								0,0 %	-1,6 %	1,7 %	1,8 %
-2									0,0 %	3,3 %	3,4 %
-1										0,0 %	0,1 %
0											0,0 %
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Indeksipainotetun haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t1 \ t2	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-10		58,0 %	69,2 %	88,5 %	71,2 %	55,7 %	86,4 %	93,7 %	40,7 %	50,1 %	73,9 %
-9			89,4 %	89,2 %	85,1 %	64,5 %	71,4 %	79,5 %	29,5 %	61,5 %	80,3 %
-8				67,2 %	91,4 %	64,6 %	60,9 %	72,3 %	25,5 %	64,9 %	82,3 %
-7					66,7 %	47,5 %	68,0 %	81,8 %	32,1 %	51,1 %	77,1 %
-6						61,7 %	43,1 %	59,0 %	15,0 %	65,6 %	85,2 %
-5							8,6 %	31,9 %	6,9 %	94,5 %	96,1 %
-4								85,6 %	43,6 %	34,4 %	68,0 %
-3									20,1 %	22,6 %	71,7 %
-2										5,0 %	49,9 %
-1											98,3 %
0											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Indeksipainotetun haaran p-arvot välillä [t_2=-10, t_2=0].

t2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1										
-10	1,3 %	-0,5 %	0,2 %	-2,1 %	-2,2 %	-2,0 %	-3,3 %	-4,3 %	-6,5 %	-3,2 %
-9	0,9 %	-0,9 %	-0,2 %	-2,5 %	-2,6 %	-2,4 %	-3,7 %	-4,7 %	-6,9 %	-3,6 %
-8	0,8 %	-1,1 %	-0,3 %	-2,6 %	-2,7 %	-2,5 %	-3,9 %	-4,8 %	-7,0 %	-3,8 %
-7	1,1 %	-0,8 %	0,0 %	-2,3 %	-2,4 %	-2,2 %	-3,5 %	-4,5 %	-6,7 %	-3,4 %
-6	0,6 %	-1,2 %	-0,5 %	-2,8 %	-2,9 %	-2,7 %	-4,0 %	-5,0 %	-7,2 %	-3,9 %
-5	0,0 %	-1,9 %	-1,2 %	-3,5 %	-3,5 %	-3,3 %	-4,7 %	-5,6 %	-7,9 %	-4,6 %
-4	1,8 %	-0,1 %	0,7 %	-1,7 %	-1,7 %	-1,5 %	-2,9 %	-3,8 %	-6,1 %	-2,8 %
-3	1,5 %	-0,3 %	0,4 %	-1,9 %	-2,0 %	-1,8 %	-3,1 %	-4,1 %	-6,3 %	-3,0 %
-2	3,1 %	1,3 %	2,0 %	-0,3 %	-0,4 %	-0,2 %	-1,5 %	-2,5 %	-4,7 %	-1,4 %
-1	-0,2 %	-2,1 %	-1,3 %	-3,6 %	-3,7 %	-3,5 %	-4,8 %	-5,8 %	-8,0 %	-4,7 %
0	-0,3 %	-2,2 %	-1,4 %	-3,7 %	-3,8 %	-3,6 %	-4,9 %	-5,9 %	-8,1 %	-4,8 %
1	0,0 %	-1,9 %	-1,1 %	-3,4 %	-3,5 %	-3,3 %	-4,6 %	-5,6 %	-7,8 %	-4,6 %
2		0,0 %	0,8 %	-1,6 %	-1,6 %	-1,4 %	-2,8 %	-3,7 %	-6,0 %	-2,7 %
3			0,0 %	-2,3 %	-2,4 %	-2,2 %	-3,5 %	-4,5 %	-6,7 %	-3,4 %
4				0,0 %	-0,1 %	0,1 %	-1,2 %	-2,2 %	-4,4 %	-1,1 %
5					0,0 %	0,2 %	-1,2 %	-2,1 %	-4,3 %	-1,1 %
6						0,0 %	-1,3 %	-2,3 %	-4,5 %	-1,3 %
7							0,0 %	-0,9 %	-3,2 %	0,1 %
8								0,0 %	-2,2 %	1,0 %
9									0,0 %	3,3 %
10										0,0 %

Indeksipainotetun haaran logaritmiset tuotot välillä [t_2=0, t_2=10].

t2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1										
-10	80,3 %	92,0 %	96,7 %	71,2 %	72,1 %	75,0 %	60,5 %	51,2 %	30,8 %	52,3 %
-9	86,2 %	85,8 %	97,6 %	66,3 %	67,3 %	69,9 %	56,2 %	47,4 %	27,7 %	48,3 %
-8	88,1 %	83,7 %	95,5 %	63,8 %	65,2 %	67,5 %	54,2 %	44,9 %	25,5 %	46,2 %
-7	83,3 %	88,5 %	100 %	68,5 %	69,2 %	71,4 %	57,5 %	47,8 %	28,0 %	49,5 %
-6	90,7 %	81,5 %	93,5 %	63,9 %	64,6 %	66,3 %	53,3 %	44,5 %	27,0 %	46,7 %
-5	99,3 %	72,6 %	84,7 %	57,1 %	58,4 %	59,9 %	48,5 %	40,7 %	25,1 %	43,6 %
-4	74,5 %	98,4 %	91,3 %	78,3 %	78,6 %	80,6 %	66,2 %	56,7 %	36,9 %	57,7 %
-3	77,9 %	95,1 %	94,4 %	75,6 %	76,0 %	78,3 %	64,2 %	54,8 %	34,9 %	55,9 %
-2	56,7 %	81,0 %	73,3 %	96,1 %	95,6 %	98,0 %	82,3 %	71,9 %	48,8 %	70,7 %
-1	97,3 %	70,9 %	83,0 %	55,4 %	56,7 %	58,8 %	46,5 %	38,9 %	22,4 %	42,1 %
0	84,4 %	27,2 %	57,3 %	14,0 %	14,1 %	18,9 %	10,9 %	6,1 %	3,7 %	19,7 %
1		15,6 %	54,7 %	13,2 %	9,4 %	22,2 %	13,2 %	7,9 %	2,7 %	16,5 %
2			62,4 %	47,7 %	42,1 %	59,0 %	34,3 %	25,2 %	8,9 %	33,2 %
3				10,8 %	9,9 %	31,5 %	19,3 %	14,7 %	4,0 %	25,1 %
4					96,2 %	94,0 %	55,6 %	37,6 %	11,9 %	53,4 %
5						90,1 %	56,6 %	32,6 %	10,0 %	49,6 %
6							36,6 %	17,2 %	10,6 %	50,9 %
7								52,0 %	20,2 %	72,1 %
8									29,7 %	90,4 %
9										46,5 %
10										

Indeksipainotetun haaran p-arvot välillä [t_2=0, t_2=10].

LIITE 5. Implisiittisen volatiliteetin laskurin VBA-koodi

```
Function CallPrice(S, X, Sigma, r, Time, Delta)
   CallPrice = S * WorksheetFunction.NormSDist(d_1(S, X, Sigma, r, Time, Delta)) _
              * Exp(-Delta * Time) - X * Exp(-Time * r) _
              * WorksheetFunction.NormSDist(d_2(S, X, Sigma, r, Time, Delta))
End Function
Function PutPrice(S, X, Sigma, r, Time, Delta)
' Note: using purchase parity here
   PutPrice = CallPrice(S, X, Sigma, r, Time, Delta) + X * Exp(-r * Time) - S
End Function
Function d_1(S, X, Sigma, r, Time, Delta)
' NOTE: VBA's Log() = Excel's Ln() = WorksheetFunction.Ln()
   d_1 = (Log(S / X) + (r - Delta + 0.5 * Sigma ^ 2) * Time) / (Sigma * Sqr(Time))
End Function
Function d_2(S, X, Sigma, r, Time, Delta)
   d_2 = d_1(S, X, Sigma, r, Time, Delta) - Sigma * Sqr(Time)
End Function
Function CallImpliedVolatility(S, X, Time, r, Delta, Price)
' -------------------------------------------------------------------
' Input:    S       Price of stock
'           X       Exercise price
'           Time    Time to maturity, years
'           r       riskfree rate (per annum)
'           Delta   effective dividend yield (per annum)
'           Price   Price of option
' -------------------------------------------------------------------
   Dim TestSigma As Double, Ero As Double
   Dim IteraationNo As Integer
   Const KonvergenssiRaja As Double = 0.0001
   TestSigma = 1: Ero = 1: IteraationNo = 1
   Do
      Ero = Price - CallPrice(S, X, TestSigma, r, Time, Delta)
      TestSigma = TestSigma + Ero / CallVega(S, X, TestSigma, r, Time, Delta)
      IteraationNo = IteraationNo + 1
   Loop While Abs(Ero) > KonvergenssiRaja And IteraationNo <= 100
   If ((IteraatioNo > 100) Or (Abs(Ero) > KonvergenssiRaja)) Then
      CallImpliedVolatility = CVErr(xlErrNum) ' = CVErr(2036) = #NUM!
   Else
      CallImpliedVolatility = TestSigma
   End If
End Function
Function PutImpliedVolatility(S, X, Time, r, Delta, Price)
' -------------------------------------------------------------------
' Input:    S       Price of stock
'           X       Exercise price
'           Time    Time to maturity, years
```

```
'         r       riskfree rate (per annum)
'         Delta   effective dividend yield (per annum)
'         Price   Price of option
' -------------------------------------------------------------------
   Dim TestiSigma As Double, Ero As Double
   Dim IteraatioNo As Integer
   Const KonvergenssiRaja As Double = 0.0001
   TestiSigma = 1: Ero = 1: IteraatioNo = 1
   Do                    ' note how the loop can also be created this way
      Ero = Price - PutPrice(S, X, TestiSigma, r, Time, Delta)
      TestiSigma = TestiSigma + Ero / PutVega(S, X, TestiSigma, r, Time, Delta)
      IteraatioNo = IteraatioNo + 1
   Loop While Abs(Ero) > KonvergenssiRaja And IteraatioNo <= 100
   If ((IteraatioNo > 100) Or (Abs(Ero) > KonvergenssiRaja)) Then
      PutImpliedVolatility = CVErr(2036)
   Else
      PutImpliedVolatility = TestiSigma
   End If
End Function
Sub Sensitivities()
' -------------------------------------------------------------
' Input:   S      Stock's price
'          k      Option's exercise price
'          t      time to maturity
'          r      risk-free rate for the remaining time (per annum)
'          d      efektive dividend yield (per annum)
'          v      volatility (per annum)
' -------------------------------------------------------------
   Worksheets("Sensitivities").Activate
   Range("D17:E23").ClearContents

   S = Range("D6")     ' we should use DIMs
   k = Range("D7")     ' but not necessary here
   v = Range("D8")
   r = Range("D9")
   T = Range("D10")
   d = Range("D11")

   CallP = CallPrice(S, k, v, r, T, d)
   PutP = PutPrice(S, k, v, r, T, d)
   CallD = CallDelta(S, k, v, r, T, d)
   PutD = PutDelta(S, k, v, r, T, d)
   CallG = CallGamma(S, k, v, r, T, d)
   PutG = PutGamma(S, k, v, r, T, d)
   CallV = CallVega(S, k, v, r, T, d)
   PutV = PutVega(S, k, v, r, T, d)
   CallR = CallRho(S, k, v, r, T, d)
   PutR = PutRho(S, k, v, r, T, d)
   CallT = CallTheta(S, k, v, r, T, d)
```

```
    PutT = PutTheta(S, k, v, r, T, d)
    CallE = CallElasticity(S, k, v, r, T, d)
    PutE = PutElasticity(S, k, v, r, T, d)

    Range("D17").Value = CallP
    Range("E17").Value = PutP
    Range("D18").Value = CallD
    Range("E18").Value = PutD
    Range("D19").Value = CallG
    Range("D20").Value = CallV
    Range("D21").Value = CallT
    Range("E21").Value = PutT
    Range("D22").Value = CallR
    Range("E22").Value = PutR
    Range("D23").Value = CallE
    Range("E23").Value = PutE

    Range("D6").Select
End Sub

' Below functions for Greeks. They differ slightly from Vaihekoski (2004) since they
' are written for dividend paying stock

Function CallDelta(S, k, v, r, T, d)
    If T >= 0.0000001 Then
        CallDelta = Exp(-d * T) * WorksheetFunction.NormSDist(d_1(S, k, v, r, T, d))
    Else
        CallDelta = 0 + (S > k)
    End If
End Function
Function PutDelta(S, k, v, r, T, d)
    PutDelta = CallDelta(S, k, v, r, T, d) - Exp(-d * T)
End Function
Function CallGamma(S, k, v, r, T, d)
    CallGamma = Exp(-d * T) * StdNorm(d_1(S, k, v, r, T, d)) / (S * v * T ^ 0.5)
End Function
Function PutGamma(S, k, v, r, T, d)
    PutGamma = CallGamma(S, k, v, r, T, d)
End Function
Function CallVega(S, k, v, r, T, d)
    CallVega = Exp(-d * T) * S * T ^ 0.5 * StdNorm(d_1(S, k, v, r, T, d))
End Function
Function PutVega(S, k, v, r, T, d)
    PutVega = CallVega(S, k, v, r, T, d)
End Function
Function CallRho(S, k, v, r, T, d)
    nd2 = WorksheetFunction.NormSDist(d_2(S, k, v, r, T, d))
    CallRho = (Exp(-d * T) * T ^ 0.5 * S * StdNorm(d_1(S, k, v, r, T, d)) / v _
            + T * k * Exp(-r * T) * nd2 _
```

```
          - k * Exp(-r * T) * T ^ 0.5 * StdNorm(d_2(S, k, v, r, T, d)) / v)
End Function
Function PutRho(S, k, v, r, T, d)
   PutRho = CallRho(S, k, v, r, T, d) - T * k * Exp(-r * T)
End Function
Function CallTheta(S, k, v, r, T, d)
   nd1 = WorksheetFunction.NormSDist(d_1(S, k, v, r, T, d))
   nd2 = WorksheetFunction.NormSDist(d_2(S, k, v, r, T, d))
   CallTheta = (d * Exp(-d * T) * S * nd1 - r * Exp(-r * T) * k * nd2 _
          - k * Exp(-r * T) * v * StdNorm(d_2(S, k, v, r, T, d)) / (2 * T ^ 0.5))
End Function
Function PutTheta(S, k, v, r, T, d)
   PutTheta = CallTheta(S, k, v, r, T, d) + (r * Exp(-r * T) * k - d * Exp(-d * T) * S)
End Function
Function CallElasticity(S, k, v, r, T, d)
CallP = CallPrice(S, k, v, r, T, d)
If CallP > 0 Then
   CallElasticity = (CallDelta(S, k, v, r, T, d) * S) / CallP
Else
   CallElasticity = CVErr(xlErrVal)
End If
End Function
Function PutElasticity(S, k, v, r, T, d)
PutP = PutPrice(S, k, v, r, T, d)
If PutP > 0 Then
   PutElasticity = PutDelta(S, k, v, r, T, d) * S / PutP
Else
   PutElasticity = CVErr(xlErrVal)
End If
End Function
Function StdNorm(z)
   StdNorm = Exp((-z ^ 2) / 2) / ((2 * WorksheetFunction.Pi) ^ 0.5)
   ' alternatively use the line below
   ' StdNorm = WorksheetFunction.NormDist(1, 0, 1, False)
End Function
```