

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Taloustieteiden tiedekunta

**ENNAKOIVATKO FOX OSTO- JA MYYNTIOPTIOIDEN
EPÄSYMMETRISET HINNAT FOX-INDEKSIIN LIIKKEITÄ?**

Kansantaloustiede,

Pro Gradu -tutkielma

Lokakuu 2002

Laatija: Kasper Putkonen

Ohjaaja: Juhani

Raatikainen

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO TALOUSTIETEIDEN TIEDEKUNTA

TEKIJÄ	
Kasper Putkonen	
TYÖN NIMI	
Ennakoivatko FOX osto- ja myyntioptioiden epäsymmetriset hinnat FOX-indeksin liikkeitä?	
OPPIAINE	TYÖN LAJI
Kansantaloustiede	Pro Gradu
AIKA	SIVUMÄÄRÄ
Lokakuu 2002	60
TIIVISTELMÄ – ABSTRACT	
<p>Tutkielma liittyy rahoitusmarkkinoihin koskien johdannaisten hinnoittelua. Työssä selvitetään ovatko epäsymmetriset osto- ja myyntioptioiden hinnat ennakoineet allaolevan kohde-etuuden tuottoja. Tutkimuksen kohde ovat suomalaiset FOX -indeksioptiomarkkinat vuosina 1993-1998.</p> <p>Tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen muodostaa Black-Scholes malli, jonka avulla tutkimuksen kohteena olevien optioiden hinta tai implisiittinen volatilitiitti voidaan laskea. FOX osto- ja myyntioptioiden implisiittisten volatilitiittien välistä erotusta ja FOX -indeksin päivittäisiä prosentuaalisia tuottoja verrataan keskenään. Testaus toteutetaan Granger – kausaalisuuteen perustuen.</p> <p>Keskeisenä päätelmänä voidaan todeta, ettei implisiittisten volatilitiittien erotus ole ennakoanut FOX -indeksin tuottoja. Koska optioiden hinnat kuitenkin vaihtelevat voimakkaasti, yksi jatkotutkimuksen aiheista on voidaanko epäsymmetrisen hintojen ansiosta saada optioita ostamalla tai myymällä epänormaaleja tuottoja.</p>	
AVAINSANAT	
volatilitiitti, implisiittinen volatilitiitti, optiot, FOX -indeksi	
SÄILYTYSPAIKKA JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO / TALOUSTIETEIDEN	
TIEDEKUNTA	

1. JOHDANTO	5
1.1 TUTKIMUSONGELMAN MÄÄRITTELY	7
1.2 TUTKIELMAN RAJAUKSET	8
2. OPTIOMARKKINOIDEN EMPIIRINEN TUTKIMUS	9
2.1 IMPLISIITTINEN VOLATILITEETTI TODELLISEN VOLATILITEETIN ENNUSTAJANA	9
2.2 OPTIOHINTOJEN MUISTA TEKIJÖISTÄ	13
2.3 OPTIOIDEN EPÄSYMMETRISET HINNAT	18
3. OPTIOHINNOITTELUMALLIT JA VOLATILITEETTI.....	27
3.1 BLACK-SCHOLES -MALLI.....	27
3.2 IMPLISIITTINEN VOLATILITEETTI	35
3.3 FOX –INDEKSI	40
3.4 FOX –INDEKSIIN PIIRTEET	41
3.5 FOX –INDEKSIOPTIOIDEN PIIRTEET	42
4. TUTKIMUSMENETELMÄT	44
4.1 VOLATILITEETIN RATKAISEMINEN ITERATIIVISESTI.....	44
4.2 GRANGER -KAUSAALISUUSTESTI	44
5. AINEISTO JA TESTIKOKONAISUUDEN KUVAUS.....	46
5.1 TESTIKOKONAISUUDEN KUVAUS	47
6. HYPOTEESIEN TESTAAMINEN	48
6.1 PUT/CALL –YLIARVOSTUKSET VS. FOX –INDEKSI.....	48
6.2 REGRESSIOYHTÄLÖIDEN MUODOSTAMINEN	49
6.3 REGRESSIOANALYYSIN TULOKSET JA TILASTOLLISEN MERKITSEVYYDEN TARKISTAMINEN	50
6.4 DIAGNOSTIIKKA	51
7. JOHTOPÄÄTÖKSET	54
LÄHDELUETTELO.....	57
LIITTEET	59

KUVIOIDEN LUETTELO

KUVIO 1 Normaalijakauma

KUVIO 2 Vega

KUVIO 3 Vinto jakauma

KUVIO 4 Huipukas jakauma

KUVIO 5 Volatiliteettikartio

KUVIO 6 Volatiliteettien aikarakenne

KUVIO 7 Asymmetrinen hymy

KUVIO 8 FOX-indeksin kehitys 2.11.1993-19.12.1997

KUVIO 9 FOX-indeksi ja vinouspreemio

KUVIO 10 Prosentuaaliset tuotot ja vinouspreemio

KUVIO 11 Vega eri volatiliteteilla

TAULUKOIDEN LUETTELO

TAULUKKO 1 Regressioiden jäännösneliösummat

TAULUKKO 2 Granger-kausalisuusmallin tulokset

TAULUKKO 3 Diagnostiset tulokset

1. JOHDANTO

Tavallisesti sekä kaupankäynnissä rahoitusmarkkinoilla että yritysten riskienhallinnassa sovelletaan malleja, joissa arvopaperien tuotot oletetaan normaalisti jakautuneiksi. Tästä ovat esimerkkejä muun muassa delta-suojaus ja Value At Risk -analyysi. Kuitenkin arvopaperien tuotot saattavat poiketa näistä malleista, joten sijoittajille ja riskien hallitsijoille on tärkeää löytää indikaattorit, jotka ennustavat merkittäviä muutoksia arvopaperien tuotoissa.

Koska tuotot eivät ole jakautuneet normaalisti, ovat riskin hallitsijat alkaneet raportoida tavallisten VaR -lukujen lisäksi myös lukuja, joilla kuvataan potentiaalisia tappioita arvopaperien tuottojen muuttuessa hyvin radikaalisti. Näistä merkittävimpiä ovat stressitestit, joilla pyritään arvioimaan potentiaaliset tappiot epätavallisissa markkinaolosuhteissa.

Riskin hallitsijoiden tulisi luonnollisesti pyrkiä arvioimaan tällaisia tappioita jo etukäteen ennen kuin epäedullinen markkinatilanne on jo käynnissä. Tällä tavoin he voivat tarvittaessa muuttaa portfolioitaan, vielä kun likviditeetti on hyvä ja ennen kuin tappioita tulee.

Analyytikot ovat etsineet markkinamuutosten indikaattoreita kansantaloudellisesta aineistosta, kuten keskuspankkien reservien määrästä, yritysten voitoista jne. Makrotaloudellinen aineisto on hyödyllistä etenkin, kun arvioidaan markkinatasapainon muutoksia, mutta ongelmana on muun muassa se, että aineistoa tulee saataville epäsäännöllisesti ja pitkien viiveiden jälkeen.

Rahoitusinstrumenttien hinnat ovat sen sijaan jatkuvasti saatavilla. Nämä hinnat sisältävät implisiittistä informaatiota odotetuista lyhyen aikavälin muutoksista markkinoilla. Tässä työssä tutkitaan, onko FOX -indeksioptioiden implisiittisen volatilitiitin muutoksista apua tulevien osakemarkkinoiden hintojen muutosten arvioinnissa. Indeksioptiot soveltuvat tähän tarkoitukseen erityisen hyvin, koska nimenomaan niitä voidaan käyttää muun muassa suojautumiseen suurilta muutoksilta osakkeiden hinnoissa.

Optioiden hinnoilla onkin tapana nousta, kun markkinoilla odotetaan turbulenssia. Koska osto-optiot tuottavat erääntyessään vain, jos kohde-etuuden hinta on toteutushintaa korkeampi ja myyntioptiot päinvastoin, optioiden hinnat eri toteutushinnoilla antavat hyvin suoran indikaation markkinoilla toimijoiden subjektiivisista jakaumaodotuksista aggregaattina. Esimerkiksi Bates (1991) on havainnut, että kun markkinoilla odotetaan suurta laskua, myyntioptiot, joiden toteutushinta on kaukana nykyisestä indeksitasosta, kallistuvat suhteessa osto-optioihin, joiden toteutushinta on huomattavasti indeksitasoa korkeammalla.

Optioiden hintojen käyttäminen on mielekästä myös siksi, koska Black-Scholes mallin perusteella laskettujen optioiden hintojen parametrien muut arvot ovat saatavilla, joten näiden ja hintojen avulla voidaan laskea implisiittinen volatilitteetti. Jos markkinat ovat tehokkaat, optioiden sisältämä implisiittisen volatilitteetin pitäisi olla markkinoiden paras mahdollinen estimaatti osakkeiden tulevasta volatilitteetista.

Tutkimusalueena ovat suomalaiset FOX –indeksiin liittyvät osto- ja myyntioptiot. Tutkimusongelmana on selvittää, kallistuvatko osto- tai myyntioptiot ennen indeksin liikettä ylös- tai alaspäin. Toisin sanoen, muuttuuko osto- tai myyntioptioiden implisiittinen volatilitteetti merkittävästi ennen markkinan liikkeitä. Jos implisiittinen volatilitteetti muuttuu merkittävästi, tutkitaan, ennakoiko muutos tehokkaasti FOX –indeksin liikkeitä.

Aihetta on hyödyllistä tarkastella, koska jos osoittautuu, että osto- tai myyntioptiot systemaattisesti kallistuvat edeltäen markkinaliikkeitä, sijoittajat voivat pitää optioita yhtenä indikaattorina odotetuista liikkeistä markkinoilla. Näin ollen he voivat, joko suojautua mahdolliselta laskulta tai nostaa osakepainojaan odottaessa indeksin nousua. Samoin, jos osoittautuu, että optiot eivät systemaattisesti diskonttaa oikein tulevia markkinaliikkeitä, sijoittajat voivat välttyä "maksamasta liikaa", kun implisiittinen volatilitteetti on poikkeuksellisen korkealla (ja optiot näin ollen kalliita). Vastaavasti sijoittajat voivat asettaa näitä optioita, jos heidän näkemyksenä markkinoiden suunnasta poikkeaa optiomarkkinoiden konsensuksesta.

Tässä tutkimuksessa pyritään välttämään puuttuvien optioiden hintojen estimointiongelmia ja keskittymään niihin optioihin, joista on olemassa aineistoa. Tärkeä kysymys on, mistä optioista aineistoa on olemassa ja arvioida, voidaanko niiden perusteella luotettavasti tutkia implisiittisen volatilitteetin muutoksia. Saatavilla olevan aineiston perusteella on valittu osto-

ja myyntioptiot, joiden toteutushinta on viisi prosenttia indeksin ylä/alapuolella. Valinnan määräsivät aineiston saatavuus ja likviditeetti. Aineisto on saatu Jyväskylän yliopistolta ja se sisältää 5% out-of-the-money osto- ja myyntioptioiden implisiittiset volatilitetit väliltä 2.11.1993 - 19.12.1997 ja FOX-indeksin arvot.

Normaalisti optioteoriassa oletetaan, että jakauma, jonka perusteella osto- ja myyntioptioiden hinnat määräytyvät, on symmetrinen (eli plus ja miinus optiot hinnoitellaan identtisesti). Sen sijaan jos esimerkiksi out-of-the-money (o-t-m) myyntioptiot kallistuvat suhteessa o-t-m osto-optioihin, jakaumasta tulee epäsymmetrinen. Tätä jakauman vinoutta voidaan mitata laskemalla ko. optioiden implisiittisten volatilitettien erotus eli "vinouspremio" (tai optioiden hintoja voisi verrata standardimallien, kuten Black-Scholes –mallin antamiin hintoihin). Tämän jälkeen testataan selittääkö vinouspremio Granger-kausallisesti FOX-indeksin tulevia arvon muutoksia.

Aineistosta on valittu päivät, joina sekä o-t-m osto-, että myyntioptioilla on käyty kauppaa. Jos jommallakummalla tarvittavalla optioilla ei ole tehty jonain päivänä kauppaa, päivä on jätetty huomiotta. Tällä tavalla kyseiseltä ajanjaksolta jäi jäljelle 935 päivää, joilta tarvittavat havainnot ovat olemassa.

Vinouspremio on laskettu yksinkertaisesti vähentämällä myyntioption implisiittinen volatilitetti osto-option implisiittisestä volatilitetistä. Saatua vinouspremiota verrataan FOX-indeksin päivittäisiin prosentuaalisiin tuottoihin. Regressiomenetelmänä on Granger-kausalisuustesti. Kausalisuustestin tehtävänä on tutkia, onko vinouspreemion ja FOX –indeksin välillä jonkinlainen kausalisuussuhde. Jos suoraa kausalisuutta ei havaita, tutkitaan myös, onko kyseessä mahdollisesti viiverakenne. Valitut viiverakenteet ovat 1, 2, 3, 4, 5, 20 ja 60 kaupankäyntipäivää.

1.1 Tutkimusongelman määrittely

Tutkielman tavoitteena on selvittää, minkälaisessa suhteessa FOX-indeksioptioiden epäsymmetriset hinnat ovat alla olevan indeksin muutoksiin. Toisin sanoen, ennustaako vinouspremio merkittävästi markkinan liikkeitä. Jos vinouspremio ennustaa markkinoiden liikkeitä, voi markkinoilla olla mahdollisuus epänormaaleihin tuottoihin. Näin ollen on siis

hyödyllistä tutkia, voidaanko FOX –optioiden hintoja epäsymmetrisiä muutoksia käyttää FOX –indeksin liikkeitä ennakoivana indikaattorina.

1.2 Tutkielman rajaukset

Tutkielma keskittyy optioteorian näkökulmaan volatilitteetista ja optiohinnoista, sekä perinteiseen Granger-kausalisuustestiin. Optioteorian kannalta tutkielmassa käytetään Black-Scholes -mallia. Käytettyjä teorioita ei erikseen todisteta arbitraasiehtojen kautta, vaan lähdetään siitä ajatuksesta, että huolimatta mallien erilaisista puutteista, ne ovat kuitenkin yleisesti käytettyjä rahoitusmarkkinoilla.

Empiriaosan aineisto muodostuu Helsingin Pörssissä käytyjen optiokauppojen hinnoista, joista on ratkaistu implisiittiset volatilitteetit sekä FOX-indeksin arvoihin. Muita hintahavaintoja esim. osakkeista tai valuuttakursseista ei käytetä. Tutkielma ei myöskään tutki, onko implisiittinen volatilitteetti sinänsä hyvä todellisen volatilitteetin ennustaja (vaikka aihetta käsitelläänkin kirjallisuuskatsauksessa), vaan keskittyy tutkimaan osto- ja myyntioptioiden mahdollisesti erilaisia implisiittisiä volatilitteetteja ja niiden ennustuskykyä. Granger-kausalisuusmallin osalta rajoitutaan sen esittelyyn ja käyttöön, eikä erikseen tutkita sen ominaisuuksia.

2. OPTIOMARKKINOIDEN EMPIIRINEN TUTKIMUS

Optioiden hinnoittelua on tutkittu mittavasti. Teoreettisesti tämä tutkimus pohjautuu Fisher Blackin ja Myron Scholesin 1973 esittämään ratkaisuun. Tätä ns. Black-Scholes mallia on tutkittu ja testattu mittavasti.

Tässä tutkimuksessa kiinnostuksen kohteena ovat implisiittinen volatilitiitti ja erityisesti Black-Scholes mallista poikkeavat hintajakaumat. Tutkittava kirjallisuus on jaettu kolmeen osaan:

2.1 Implisiittinen volatilitiitti todellisen volatilitiitin ennustajana

2.2 Optio- ja osakemarkkinoiden arbitraasisuhteet, osinkojen, ja indeksipainojen muutoksen vaikutukset. Black & Scholes –teoriasta poikkeavat ilmiöt ja niiden mahdolliset vaikutukset. Tässä osassa pyritään tarkemmin sanoen tutkimaan, voivatko muut tekijät kuin puhdas vinouspremio, vaikuttaa optiohintoihin epäsymmetrisesti

2.3 Epäsymmetrisiä hintoja käsittelevä tutkimus

Implisiittinen volatilitiitti todellisen volatilitiitin ennustajana on kiistanalainen kohde, josta on saatu paljon lähes päinvastaisia tuloksia. Tästä esimerkkinä käsittelemme kahta lähdeettä. Aiheeseen ei kuitenkaan puututa syvällisemmin, sillä tämän tutkimuksen tarkoituksena ei ole suoranaisesti tutkia implisiittistä volatilitiittia sellaisenaan markkinoiden ennustajana, vaan pelkästään osto- ja myyntioptioiden mahdollisia erilaisia implisiittisiä volatilitiitteja.

2.1 Implisiittinen volatilitiitti todellisen volatilitiitin ennustajana

Fleming (1998) tutkii Standard & Poor's (S&P) 100 indeksioptioiden implisiittistä volatilitiittia todellisen volatilitiitin ennustajana. Fleming lähtee ajatuksesta, että tilastollisten mallien avulla arvioitua volatilitiitin ennustuskyky on heikompi, kuin implisiittisen volatilitiitin. Tämä johtuu siitä, että koska optiohinnat ovat julkisesti noteerattuja ja niistä voidaan Black-Scholes –mallin avulla ratkaista implisiittinen volatilitiitti, niin täydellisillä markkinoilla implisiittisen volatilitiitin täytyy sisältää markkinoiden kollektiivinen paras arvio tulevasta volatilitiitista.

Tästä syystä aihetta on tutkittu paljon, mutta Fleming toteaa aikaisemman tutkimuksen tuottaneen ristiriitaisia tuloksia. Syinä erilaisiin tuloksiin ovat useat tutkimukselliset ongelmat; osake- ja johdannaismarkkinat sulkeutuvat eri aikaan, joten sulkemishintoja ei voi suoraan vertailla, optioiden erääntymiseen ja volatiliteetin epästationarisuuteen liittyvät ongelmat. Näistä syistä perinteinen regressioanalyysi saattaa tuottaa harhaanjohtavia tuloksia. Omassa tutkimuksessaan Fleming yrittää poistaa juuri edellä mainitut ongelmat.

Flemingin aineisto on lokakuusta 1985 huhtikuuhun 1992. Vuoden 1987 romahdus on jätetty pois (joka olisi kylläkin vahvistanut saatuja tuloksia). Aineisto koostuu jokaiselta kaupankäyntipäivältä kymmenen minuuttia ennen kaupankäynnin sulkeutumista tehtyjen optiokauppojen hintojen keskimääräisistä implisiittisistä volatiliteeteista. Valitut sarjat ovat keskimäärin 30 kalenteripäivää erääntymisestä, millä vältetään erääntymiseen liittyvät ongelmat.

Fleming regressoi implisiittiset volatiliteetit toteutuneeseen ja toteaa, että implisiittiset volatiliteetit ennustavat tehokkaasti todellista volatiliteettiä. Implisiittinen volatiliteetti kuitenkin yliarvioi jonkin verran todellista, joten se herättää kysymyksen, onko mallissa mittausvirhe, vai ovatko optiot todella väärin hinnoiteltuja. Jos optiot ovat väärin hinnoiteltuja, strategian, jolla myydään optioita (volatiliteettiä) pitäisi saada ylisuuria tuottoja.

Fleming toteaa kuitenkin empiirisissä tutkimuksissaan, että ylisuuria voittoja syntyy vain ilman transaktiokustannusten olemassaoloa. Kun huomioon otetaan bid-ask –spread, voitot häviävät. Näin ollen todellista korkeampi volatiliteetti ei näytä signaloivan epänormaaleja voittoja. Fleming kuitenkin korostaa sitä, että vaikka implisiittinen volatiliteetti arvioi todellisen ”yläkanttii”, se sisältää kuitenkin informaatiota tulevasta volatiliteetista. Syynä siihen, että tämä tutkimus tuotti muihin tutkimuksiin verrattuna erilaisia tuloksia, Fleming piti erilaista otantatapaa ja parempaa regressiomenetelmää.

Canina ja Figlewski (1993) saivat päinvastaisia tuloksia Flemingiin verrattuna. Alkuun he toteavat myös implisiittisen volatiliteetin saaneen vahvan aseman tulevan volatiliteetin arvioinnissa. Sen tutkimiseen liittyy kuitenkin ongelmia; jos halutaan tutkia joltakin tietyltä päivältä, eri erääntymispäivien optiot sisältävät informaatiota osittain päällekkäisiltä ajoilta. Samoin myös eri toteutushintaiset optiot vaikeuttavat volatiliteetin arviointia. Aikaisemmat tutkimukset ohittivat nämä ongelmat aggregoimalla eri toteushintojen volatiliteetit ja

erottamalla eri erääntymisajat toisistaan. Valitettavasti tällaiset menetelmät voivat huomattavasti vähentää tilastollisten testien käyttökelpoisuutta.

Canina ja Figlewski pyrkivät sen sijaan maksimoimaan datasta saatavan informaation määrän käyttämällä estimointimenetelmää, joka hyödyntää koko aineistoa ja korjaa aikariippuvuuden.

Caninan ja Figlewskin aineisto muodostuu S&P 100 –indeksiopioilla käydyistä kaupoista 15. maaliskuuta 1983 28.:een maaliskuuta 1987. Optioista jätettiin pois ne, joilla oli yli 127 tai alle 7 päivää erääntymiseen ja ne, jotka olivat yli 20 pistettä in- tai out-of-the-money (tuohon aikaan karkeasti noin 10% yli tai alle indeksitason). Hinnoittelu ratkaistiin osinkomuokatulla binomiaalisella kaavalla, jonka avulla volatiliteetit iteroitiin. Aineistosta huomattiin selkeät volatiliteetin aikarakenteet ja volatiliteettihymyt. Näiden takia heidän mielestään eri toteutushintojen ja eri maturiteettien implisiittisiä volatiliteetteja ei tule aggregoida.

Näiden ongelmien välttämiseksi Canina ja Figlewski jakavat aineiston alaryhmiin voimassaoloajan ja sisäisen arvon (intrinsic value) perusteella. Aineisto jaetaan neljään ryhmään voimassaoloajan perusteella, jotka jaetaan edelleen kahdeksaan ryhmään sisäisen arvon perusteella. Esimerkiksi ryhmän yksi alaryhmän kaksi joukko sisältää implisiittiset volatiliteetit optioille, jotka erääntyvät alle kuukauden sisällä ja jotka ovat 10-15 pistettä out-of-the-money. Ryhmät on jaettu maturiteetin osalta noin kuukauden väleihin (yht. 6 väliä) ja sisäisen arvon osalta 5 pisteen väleihin (-20 - +20, eli 8 väliä).

Kaikkien alaryhmien implisiittiset volatiliteetit regressoidaan OLS –menetelmällä toteutuneen volatiliteetin kanssa. Tulos oli sama kaikkien alaryhmien osalta: implisiittinen volatiliteetti ei tilastollisesti merkittävästi ennustanut toteutunutta volatiliteettia. Voidaan tosin todeta, että optiot, jotka olivat tehokkaimmin hinnoiteltuja, eli lähellä indeksitasoa ja erääntymistä, ennustivat parhaiten, mutteivät nekään tarpeeksi merkitsevästi.

Lopputuloksesta Canina & Figlewski toteavat, että se voisi johtua ongelmista testauksessa, mutta heidän oma arvionsa on, että heidän menetelmänsä olivat asianmukaisia ja että tulokset olivat niin selviä, että metodologian parantaminen ei muuttaisi niiden peruserkitystä. Ainakin voidaan todeta, että jos implisiittisen volatiliteetin ja todellisen volatiliteetin välillä on yhteys, niin ei voida olettaa vain suorien sulkemishintojen mukaisten implisiittisten volatiliteettien antavan hyödyllisiä volatiliteettiestimaatteja.

Koska Canina & Figlewski eivät kuitenkaan oleta optiosijoittajien olevan epärationaalisia, he kannattavat tulkintaa, jonka mukaan option hinta ei riipu vain odotetusta volatilitteetista, vaan myös useista muista tekijöistä, jotka vaikuttavat kysyntään ja tarjontaan, kuten likviditeettikysymyksistä, S&P option ja (joskus väärin hinnoitellun) termiin suhteesta ja sijoittajien preferensseistä tietynlaisiin strategioihin. Perinteinen optioteoria ohittaa tällaiset seikat, sillä täydellisillä markkinoilla arbitraasi ajaa hinnat mallien mukaisiin hintoihin. Todellisuudessa kuitenkin esimerkiksi arbitraasi S&P option ja allaolevan indeksin välillä on kallista ja vaikeaa (ja suojaaminen useimmiten tehdäänkin termiineillä).

Implisiittistä volatilitteettia todellisen volatilitteetin ennustajana on verrattu myös muihin volatilitteetin estimointitapoihin. P. Jorion (2001) vertaa implisiittistä volatilitteettia historiallisen volatilitteetin liikkuviin keskiarvoihin. Jorion esittää esimerkin, jossa hän vertaa implisiittisen volatilitteetin ennustamaa muutosta kuudenkymmenen päivän liikkuvan keskiarvon ja eksponentiaalisen mallin liikkuvan keskiarvon muodostamaa ennustetta. Liikkuva keskiarvo lasketaan jonkin tietyn aikavälin (esimerkiksi kahden-, tai kuudenkymmenen päivän) volatilitteetin keskiarvona. Kaikille havainnoille annetaan sama paino, mikä on yksi tämän estimointitavan ongelmista. Esimerkiksi suuri päivittäinen muutos, joka putoaa pois 20 päivän jälkeen aiheuttaa muutokseen keskiarvoon, joka ei kuvasta juuri sen hetkistä tilannetta. Tätä ongelmaa on korjattu eksponentiaalisen liikkuvan keskiarvon mallilla, jossa havainnoille annetaan vähenevät painot. Näin saadaan korostettua viimeisimpiä havaintoja ja vähennettyä viimeisimmän havainnon putoamisen vaikutusta.

Jorionin esimerkki on Iso-Britannian punnan irtoamisesta Euroopan Valuuttajärjestelmästä (EMS) vuonna 1992. Kun puntaan alkoi syyskuussa 1992 kohdistua huomattavia myyntipaineita, D-markka/punta -optioiden implisiittinen volatilitteetti nousi jyrkästi ennakoiden voimakasta muutosta DM/BP -kurssissa. Punta irtosikin valuuttajärjestelmästä 16. syyskuuta 1992 ja se devalvoitui voimakkaasti. Implisiittiseen volatilitteettiin verrattuna eksponentiaalisen mallin ennustama volatilitteetti nousi merkittävästi vasta ensimmäisen suuren liikkeen jälkeen, yksinkertaisen liikkuvan keskiarvon seurattessa kaukana perässä. Tästä syystä implisiittistä volatilitteettia pyritäänkin käyttämään muun muassa erilaisissa VAR -malleissa, jos aineistoa on vain saatavilla.

Implisiittistä volatilitteettia on mittavasti verrattu myös erilaisiin GARCH -malleihin, esimerkiksi Day & Lewis 1992. Day & Lewis vertasivat implisiittistä volatilitteettia GARCH-

ja EGARCH –mallien estimaatteihin todellisesta volatiliteetista S&P 100 –indeksiopioille maaliskuulta 1983 joulukuun loppuun 1989.

Vaikkeivät tulokset ole olleet kovin yksiselitteisiä, eikä implisiittinen volatiliteetti ole osoittautunut kiistattomasti selkeästi estimointitapoja, kuten ARIMA, GARCH ja EGARCH, paremmaksi, siitä on yleensä todettu, että se saattaa antaa lisäinformaatiota, jonka avulla voidaan tarkentaa muiden estimointitapojen kanssa saatuja arvioita tulevasta volatiliteetista.

Yhteenvedonä tältä osiosta voitaisiin todeta, että implisiittisen volatiliteetin tehokkuus todellisen volatiliteetin ennustajana on kyseenalainen. Joissakin tapauksissa kun optioireidaajat rationaalisesti odottavat suurempaa turbulenssia markkinoilla, implisiittinen volatiliteetti saattaa osoittautua paremmaksi estimaatiksi, kuin aikasarja-analyysien tuottamat estimaatit. Tämä on todennäköistä etenkin suurten äkkinäisten muutosten yhteydessä, joita on vaikea nähdä historiallisten aikasarjojen perusteella. Joten näyttäisi siltä, että kun mahdollista, tulisi volatiliteetin arvioinnissa käyttää myös implisiittisiä parametrejä. Suurin puute tässä lieneekin se, ettei likvidejä optioita ole läheskään kaikille osakkeille olemassa ja siinä tapauksessa joudutaankin nojaamaan enemmän historialliseen volatiliteettiin.

2.2 Optiohintojen muista tekijöistä

Puttonen (1993) testaa rajaehtoja FOX –optioille. Tämä on periaatteessa yksi tapa testata optiomarkkinoiden tehokkuutta, perinteisen riskittömän arbitraasin etsimisen lisäksi. Ostioption hinnan tulee teorian mukaan olla vähintään sen sisäinen arvo (eli tässä tapauksessa nykykurssin ja toteutushinnan erotus). Puttonen laajentaa tätä näkemystä asettamalla ostioption hinnan alarajaksi vastaavan pituisen termiin ja toteutushinnan erotuksen. Sama pätee käänteisesti myyntioptioille.

Puttosen tutkii optioita toukokuulta 1988 joulukuuhun 1990. Hintoina käytetään päivittäisiä sulkemishintoja. Toteutushintojen osalta ostioptiot jaettiin ryhmiin sen perusteella, kuinka paljon ne olivat in- tai out-of-the-money 5% välein, deep-out-of-the-money 0.75:stä (suhteessa indeksiin) päättyen deep-in-the-money:iin 1.25. Myyntioptioille sama tehtiin tietysti päinvastoin. Yli 25% indeksitasosta poikkeavat optiot jätettiin huomiotta, koska ne

olivat hyvin epälikvidejä. Tämän jälkeen Puttonen vertaa optioiden hintoja teoreettisiin alarajoihin.

Testeistä selvisi, että osto-optioille löytyi useita päiviä, jolloin deep-in-the-money osto-optioiden hinnat olivat teoreettisen rajan alapuolella. Myyntioptioille vastaavaa ei löytynyt. Monet näistä arbitraasimahdollisuuksista vaikuttivat liian suurilta johtuakseen vain transaktiokustannuksista. Yhtensä selityksenä tähän on tarjottu arbitraasin vaikeutta, koska lyhyeksimyminen on hankalaa.

Puttonen tutki siksi myös, minkälaisia mahdollisuuksia sijoittaja, jolla on indeksin sisältämät osakkeet on hyötyä tilanteesta. Tällaisella sijoittajalla olisi ollut mahdollisuus saada riskittömiä voittoja. Täytyy kuitenkin muistaa, ettei kaikilla tällaisilla sijoittajilla ole halukkuutta myydä näitä osakkeita arbitraasimielessä, sillä heillä saattaa olla omat preferenssissä esimerkiksi osakkeiden äänivoiman tai verotussyiden suhteen. Suuret osakkeenomistajat saattavat myös huomata osakkeiden myymisen mahdottomaksi heikon likviditeetin vuoksi.

Merkittävin poikkeama löytyi helmikuun 1990 sopimuksista. Tämä johtunee osittain tuolloisesta pankkityöntekijöiden lakosta, mistä syystä kaupankäynti oli vaikeaa ja pörssi hyvin epälikvidi. Muita merkittäviä ja säännöllisiä poikkeamia löytyy jokaisen vuoden kahdesta viimeisestä sopimuksesta. Puttonen huomioi myös, että poikkeamia löytyi hyvin vähän huhti- ja kesäkuun sopimuksista, mistä hän päättelee, ettei osingoilla ole vaikutusta optioiden hinnoitteluun.

Martikainen ja Puttonen (1994) tutkivat muusta käsitelystä kirjallisuudesta hieman poikkeavaa aihetta: sitä, voidaanko suomalaisten osakkeiden ja osakeindeksien tuottoja ennustaa indeksioptioiden kaupankäynnin volyyymillä. Nollahypoteesina toimii tavallisen random walk –teorian mukaisesti se, ettei osakkeiden tuottoja voida ennustaa.

Aikaisemmista tutkimuksissa on käsitelty mitä erilaisimpien indikaattoreiden ennustuskykyä osakekurssien suhteen, kuten osinkoja, yritysten tuloksia ja erilaisia makrolukuja. Empiirinen tutkimus tukee volyymin ja tuottojen välistä yhteyttä ja kausaalisuus näyttää toimivan paremmin tuotoista volyymiin päin, kuin päinvastoin. Suomessa tehdyissä tutkimuksissa on

huomattu merkittävää kahdensuuntaista vaikutusta volyymien ja osakekurssien välillä 1983-1988. Tyypillisesti suhde absoluuttisten tuottojen ja volyymin välillä on ollut voimakkaampi, kuin suhde suhteellisten tuottojen ja volyymin välillä.

Osakemarkkinoilla on tiettyjä rajoituksia lyhyeksi myymisen osalta. Johdannaismarkkinoilla näitä ei sen sijaan ole. Tästä syystä optiot soveltuvat hyvin tarkastelun kohteeksi, sillä nousuun uskova sijoittaa ostaa todennäköisesti osto-optioita ja laskuun uskova myyntioptioita. Näin ollen osto- ja myyntioptioiden volyymejä voidaan verrata ja tätä suhdelukua käyttää indikaattorina ennustettaessa osakkeiden kurseja.

Tavallisin tapa ilmaista put-call suhdeluku (PCR, put-call ratio) on: myyntioptioiden volyymi jaettuna osto-optioiden volyymillä. Joidenkin tutkimusten mukaan analyytikot olettavat, että suuri yleisö on markkinoilla useimmiten väärässä, varsinkin tärkeiden käännepeisteiden kohdalla. Tästä syystä jotkin alan ammattilaiset tulkitsevat voimakkaasti optimistisen PCR:n signaaliksi osakkeiden myymiselle ja päinvastoin. Toinen selitys tälle kontradiktiiviselle tulkinnalle on se, että se voi johtua myös suurten instituutioiden suojausprosessista näiden alkaessa ostaa osakkeita.

PCR:stä on tutkittu olisiko se hyödyllinen ajoituksessa sijoitusten suhteen. Korrelaatiot ja yksinkertaiset regressiot ovat näyttäneet siltä, että PCR:llä on vain vähän ennustavaa kykyä. Omassa tutkimuksessaan Martikainen ja Puttonen ovat muokanneet suhdeluvun muotoon: call-put signaali (CPS) = (osto-optioiden volyymi – myyntioptioiden volyymi) / koko volyymi. Nollaa suurempi luku olisi siis optimistinen signaali ja negatiivinen luku pessimistinen. Tällä tavalla laskettuna luku saa helpomman muodon tilastollista tarkastelua varten.

Martikaisen ja Puttosen tarkasteluajankohtana on toukokuusta 1988, jolloin kaupankäynti FOX –optioilla alkoi, vuoden 1991 loppuun. Päivittäiset tuotot on laskettu indeksiin sekä absoluuttisina, että logaritmisina muutoksina. Sekä volyymeissa, että tuotoissa havaittiin autokorrelaatiota. Syynä voi olla esimerkiksi se, että jos sijoittajat mukauttavat portfolioitaan jonkin uuden tiedon pohjalta, he eivät tee sitä vain yhden päivän aikana. Keskimäärin CPS oli nollaa suurempi, mikä heijastaa osto-optioiden suosiota yli myyntioptioiden, vaikka markkinat laskivat tarkasteluajanjakson aikana ja keskimääräinen päivittäinen tuotto oli negatiivinen.

Martikainen ja Puttonen regressoivat aineistosta edellisen päivän CPS:n seuraavan päivän indeksin tuottoon. Tulokseksi he saivat, että CPS:llä oli huomattava selityskyky absoluuttisiin tuottoihin. Optioiden kokonaisvolyyymi ei sen sijaan ennustanut juurikaan tuottoja, antaen samankaltaisen tuloksen, kuin suoran osakkeiden volyymin vertaaminen tuottoihin. CPS:n hyvä selityskyky voi johtua siitä, että positiiviset uutiset näkyvät kasvuna osto-optioiden volyymissä (ja päinvastoin myyntioptioille), tämä tosin implikoi asymmetristä informaatiota markkinoilla.

Koska päivänsisäistä dataa ei ollut saatavilla, Martikainen ja Puttonen regressoivat vielä saman päivän CPS:n ja tuotot. Tulokset olivat saman tyyppisiä kuin yllä; optioiden kokonaisvolyyymi ei ollut hyvä ennustaja, mutta CPS sen sijaan oli. Koska CPS vaikutti hyvältä ennustajalta he kokeilivat yksinkertaisia kaupankäyntisääntöjä sen perusteella (positiivinen CPS ostosignaali ja päinvastoin). Indeksikorit joko ostettiin tai myytiin seuraavana päivänä, riippuen signaalista. Tehokkailla markkinoilla tällaisella strategialla ei tietenkään pitäisi saada voittoja, mutta tulokset osoittivat positiivisia tuottoja. Tuolloin käytetty yhden prosentin leimavero kaupankäynnistä olisi kuitenkin poistanut keskimääräiset tuottomahdollisuudet.

CPS:n ennustekyky osoittautui tutkimuksessa huomattavasti paremmaksi, kuin vastaavissa tutkimuksissa USA:ssa. Tämä voi johtua muun muassa siitä, että Suomen markkinat ovat huomattavasti pienemmät ja epälikvidimmät ja optioilla kävivät tuohon aikaan kauppaa lähinnä vain muutamat, hyvin informoidut ammattilaiset. CPS osoittautui ”normaaliksi”, eikä päinvastaiseksi (contrarian) indikaattoriksi.

Koska osingoilla on selkeä vaikutus optioiden hinnoitteluun, Harvey ja Whaley tutkivat osinkojen vaikutusta S&P 100 –indeksioptioiden osalta. Harvey ja Whaley lähtevät siitä, että S&P 100 –indeksioptioiden hinnoittelua tarkastellaan tavallisesti eurooppalaisten optioiden hinnoittelumallilla, tai amerikkalaisten optioiden approksimointimalleilla, joissa indeksin osinkotuoton olevan vakio. Tämä saattaa kuitenkin aiheuttaa suuria hinnoitteluvirheitä, jotka johtuvat osinkojen maksun selvästä epäjatkuvuudesta ja kausiluontoisuudesta indeksiportfoliossa. Arvioimalla nämä osingot paremmin, Harvey ja Whaley osoittavat, että varsinkin amerikkalaisten optioiden aikaisella toteutusmahdollisuudella on merkittävää arvoa optioiden haltijoille. Heidän mukaansa myös se, että käytännössä näitä optioita toteutetaan huomattavasti ennen erääntymistä on osoitus tämän johtopäätöksen paikkansapitävyydestä.

Keskeinen elementti osinko-ongelman osalta on tietää indeksiin kuuluville osakkeille maksettavien osinkojen tarkka määrä ja maksuaika option voimassaoloaikana. Tätä varten Harvey ja Whaley muodostivat aineiston S&P 100 –indeksin osakkeille maksetuista osingoista maaliskuulta 1983 joulukuun loppuun 1987. USA:ssa osinkoja maksetaan neljännesvuosittain, mistä johtuen aineistossa on selkeää kausivaihtelua: osinkotuotot ovat korkeimmillaan helmi-, touko-, elo- ja marraskuussa. Näistä neljästä kuukaudesta helmikuussa osingot olivat korkeimpia, keskimäärin 6.09 centtiä päivässä, mikä todennäköisesti johtuu siitä, että ylimääräiset osingot julkistetaan fiskaalisen vuoden viimeisen neljänneksen aikana, mikä USA:ssa päättyy joulukuun lopussa.

Vähiten osinkoja maksettiin tammi-, huhti-, heinä- ja lokakuussa. Näiden kuukausien aikana keskimääräinen päivittäinen osinko oli alle puolet koko aineiston keskimääräisestä päivittäisistä osingoista. Eri viikonpäivinä osingot poikkesivat toisistaan painottuen maanantaille ja perjantaille. Sen lisäksi, että osingot olivat jakautuneet huomattavan epätasaisesti eri kuukausille, ne olivat myös kasvaneet tarkasteluajankohtana: esimerkiksi elokuussa 1983 keskimääräinen päivittäinen osinko oli 4.45 centtiä ja elokuussa 1989 6.70 centtiä. Näistä kaikesta voidaan huomata, ettei osinkojen maksu ole vakio yli ajan, mistä johtuen standardi optioiden hinnoittelumallit saattoivat tuottaa huomattavia hinnoitteluvirheitä. Päivinä, jolloin osingot olivat erityisen suuria, osto-option haltija saattoi huomata kannattavaksi toteuttaa optionsa juuri ennen osingonmaksupäivää ja myyntioption haltija taas juuri sen jälkeen.

Eurooppalaisia indeksioptioita hinnoiteltaessa osingot otetaan yleensä huomioon Black-Scholes mallissa vain vähentämällä nykyisestä indeksistä odotettujen osinkojen nykyarvo option voimassaoloaikana. Malli ei kuitenkaan huomio S&P 100 –indeksioptioiden tapauksessa mahdollisuutta toteuttaa optio ennen erääntymistä. Binomiaalinen malli ottaa huomioon ennenaikaisen toteutuksen, mutta olettaessa osinkotuotot vakioksi, hintaerot itse asiassa korostuvat, kun otetaan huomioon osinkojen maksun vahva epäsäännöllisyys. Harvey ja Whaley simuloivat elokuusta 1988 heinäkuuhun 1989, sekä eurooppalaisten optioiden, että amerikkalaisten optioiden hinnoittelumallien mukaiset optiohinnat toteutuneelle kehitykselle ja vertaavat näitä todellisten maksettujen osinkojen mukaisiin optiohintoihin. Muut optiohintoihin vaikuttavat tekijät, kuten korkotaso ja volatilitteetti, rajataan vertailun ulkopuolelle.

Osoittautui, että mallit saattoivat antaa huomattavia hinnoitteluvirheitä. Eurooppalaisten optioiden hinnoittelumalli ei joinain päivinä luonnollisestikaan kuvastanut sitä, että osto-option haltija saattoi haluta toteuttaa optionsa ennen ison osingon irtoamispäivää. Simulaatiot osoittivat, että osto-option haltijalle saattoi olla kannattavaa toteuttaa optionsa ennen erääntymistä. Myyntioptioiden osalta virhe oli samantyyppinen, mutta vielä voimakkaampi. Suurimmat hinnoitteluvirheet saattoivat olla 50 centin luokkaa. Simulaatiot amerikkalaisten optiohintojen approksimoinnilla, jossa oletettiin vakio osinkotuotto, antoivat samanlaiset tulokset: molemmat hinnoittelumallit saattoivat johtaa huomattaviin hinnoitteluvirheisiin.

2.3 Optioiden epäsymmetriset hinnat

Batesin (1991) tutkimus muodostuu kahdesta osasta. Ensimmäisessä osassa hän tutkii S&P 500 (termiini)optioiden hinnan nousua vuosina 1985-1987 ennen vuoden 1987 romahdusta. Toisessa osassa hän johtaa amerikkalaisille optioille hyppydiffuusio (*jump-diffusion*) hinnoittelumallin. Optiohinnoista tulkittavat diffuusiomallin parametrit osoittivat myös, että romahdusta odotettiin ja jakaumat olivat negatiivisesti vinoutuneet lokakuusta 1986 elokuuhun 1987. Kumpikaan näistä lähestymistavoista ei kuitenkaan indikoinut markkinoiden odottavan voimakasta romahdusta kahtena romahdusta edeltäneenä kuukautena. Tämän tutkimuksen kannalta nimenomaan Batesin 1991 tutkimuksen ensimmäinen osa on mielenkiinnon kohteena.

Bates perustelee ensimmäisen osan lähtökohtaansa sillä, että osto-optioista kertyy erääntymisen yhteydessä voittoa vain, jos kohde-etuuden hinta on option toteutushinnan yläpuolella (eli optio erääntyy ”in the money”) ja myyntioptioista vain, jos kohde-etuuden hinta on toteutushinnan alapuolella. Näin ollen optiot eri toteutushinnoilla antavat hyvin suoraviivaisen kuvan sijoittajien subjektiivisista jakaumista aggregaattina. Jos siis markkinoilla odotetaan romahdusta, myyntioptiot S&P 500 -indeksitermiineille, joiden toteutushinnat ovat reilusti nykyisen tason alapuolella (”out-of-the-money”), hinnoitellaan kalliimmiksi, kuin osto-optiot, koska romahduksen mahdollisuuden takia myyntioptiot erääntyvät todennäköisemmin voitolla. OTM myyntioptiot S&P 500:lle olivat itse asiassa epätavallisen kalliita suhteessa OTM osto-optioihin romahdusta edeltäneinä vuosina, erityisesti lokakuusta 1986 helmikuuhun 1987 ja kesä-elokuussa 1987. Ironista on, että OTM myyntioptioiden hinnat laskivat, kun markkinat saavuttivat huippunsa elokuussa 1987.

Myyntioptioiden hinnat palasivat normaalille tasolle juuri kahtena romahdusta edeltäneen kuukauden aikana.

Bates antaa tutkimuksessaan teoreettisen perustan ja empiirisen todistusaineiston siitä, että OTM myyntioptiot olivat ”epätavallisen” kalliita. Bates määrittelee tämän ”vinouspreemion” OTM osto-optioiden ja myyntioptioiden hintojen välisenä prosentuaalisena poikkeamana. Black-Scholes -mallissa käytettävästä normaalijakaumasta voidaan suoraan päätellä, että osto- ja myyntioptiot tulisi hinnoitella identtisesti.

Vinouspreemion mittaamiseen Bates käyttää aineistonaan osto- ja myyntioptioiden hintoja S&P 500 -indeksitermiinille (ja termiinien hintoja) vuosilta 1985-1987. Aineisto sisältää kaikki tehdyt kaupat ja ajan, jolloin kauppa tehtiin, muttei kaupan kokoa. Hän tutki jokaiselle päivälle vain yhden maturiteetin optioita (yleensä 1-4 kk). Hän jätti huomiotta päivät, jolloin osto- tai myyntioptioilta oli vain 20 ja kauppa päivät, jolloin kauppooja ei löytynyt ainakin neljältä eri toteutushinnalta, sekä osto-, että myyntioptioilla (jotta saattoi vakuuttua ”vinousesta”). Nämä kriteerit johtivat neljän päivän poistamiseen 735 päivän havaintojaksosta.

Koska toteutushinnaltaan $x\%$ indeksitason yläpuolella olevia osto-optioita varten ei yleensä löytynyt toteutushinnaltaan täsmälleen saman verran indeksitason alapuolella olevia myyntioptioita, Bates interpoloi niiden hinnat kuutiosplineilla toteutushintojen ja termiinien hintojen suhteen. Tulokseksi hän sai, että vinouspremio oli osto-optioille keskimäärin 4% tällä aikavälillä. Vuonna 1985 premio oli tyypillisesti hiukan yli neljän prosentin indikoiden huomattavaa potentiaalia ylöspäin. Vuonna 1986 premio oli $0 - 4\%$ välillä. Kuitenkin loppuvuodesta 1986 voidaan huomata riskiä alaspäin vinouspreemion kääntyessä negatiiviseksi (eli myyntioptioiden ollessa suhteellisesti kalliimpia). Ero kasvoi erityisesti lokakuusta 1986 helmikuuhun 1987 ja heinä-elokuussa 1987. Kuuden prosentin pudotus markkinoilla 11.-12. syyskuuta 1986 saattoi antaa tähän aiheetta, vaikka vinouspremio kääntyi negatiiviseksi vasta noin kuukausi tämän jälkeen.

Elokuun ensimmäisenä viikkona 1987 4% OTM -myyntioptiot olivat noin *25% kalliimpia*, kuin vastaavat osto-optiot, kun standardihinnoittelumallien mukaan niiden olisi pitänyt olla $0 - 4\%$ halvempia. Pelot häipyivät, kun markkinat saavuttivat huippunsa elokuussa ja OTM myyntioptioiden hinnat palasivat linjaan osto-optioiden kanssa ennen markkinoiden

romahdusta lokakuussa. Batesin mukaan siis romahdus tuli optiomarkkinoille yllätyksenä, koska vielä perjantaina iltapäivällä 16. lokakuuta 1987, ei ollut negatiivista vinouspreemiota (markkinat romahtivat seuraavana maanantaina). Kun romahdus oli tapahtunut markkinat sen sijaan näkivät voimakkaita riskejä alaspäin vuoden 1987 loppuun asti (kurssit nousivat loppuvuoden aikana).

Yhteenvedon Bates toteaa, että markkinoilla oli voimakkaita laskuodotuksia romahdusta edeltäneen vuoden aikana. Romahduspelot tulivat esiin ensimmäisen kerran syyskuussa 1986, kun osakemarkkinat laskivat 6% ja olivat erityisen voimakkaita vuoden taitteessa 1986-1987 ja kesällä 1987 ja romahduksen jälkeen. Tätä voimakasta negatiivista vinouspreemiota ei voida selittää tavallisilla optiohinnoittelumalleilla (kuten Black-Scholes). Vinouspreemiomenetelmällä, eikä hyppydiffuusiomallilla mitaten ei kuitenkaan ollut romahduspelkoja juuri kahtena romahdusta edeltäneenä kuukautena, ei edes juuri ennen. Jos markkinoilla oli siis rationaalinen kupla, täytyisi todeta, että se puhkesi jo elokuussa, eikä lokakuussa 1987.

Gemmillin (1996) tutkimus lähtee ajatuksesta, että Black-Scholes mallissa sovelletaan eri volatiliteetteja eri toteutushinnoille. Jos alla olevalla jakaumalla on paksut hännät suhteessa normaalijakaumaan, tuloksena on ns. volatiliteettihymy. Ja jos alla oleva jakauma on vino, tulisi myös hymyn olla vino. Aikaisemmissa tutkimuksissa on huomattu selkeitä vinouksia, mutta vinous ei vaikuttanut stabiililta: joskus korkean toteutushinnan optiot olivat yliarvostettuja ja joskus päinvastoin.

Gemmill tutkii volatiliteettihymyjä Lontoon FTSE 100 -indeksiopioille. Hänen tarkoituksenaan on selvittää, kuinka hymy muuttuu yli ajan ja onko se ennuste tulevista markkinan liikkeistä, vai lähinnä heijaste aikaisemmista. Vinoutta tutkitaan myyntioptioista, joiden toteutushinta on 2% indeksitermiinin alapuolella ja osto-optioista, joiden toteutushinta on 2% indeksitermiinin yläpuolella. Gemmill on aikaisemmassa tutkimuksessaan osoittanut, etteivät tulokset ole herkkiä tason valinnalle (voisi olla esim. 4% indeksitasosta). Muutokset jakauman vinoudessa nähdään nimenomaan sijoittajien näkemyksen muutoksina.

Aineisto muodostuu päivittäisistä FTSE 100 -indeksiopioiden sulkemishinnoista ajalta 1. kesäkuuta 1985 – 31. joulukuuta 1990. Tutkittavana ovat optiot, joiden maturiteetti on 1-2 kuukautta. Päivittäisistä hinnoista ratkaistaan implisiittiset volatiliteetit binomiaalisen mallin

avulla (optiot ovat amerikkalaisia optioita). Koska optioita ei ole täsmälleen 2% termiinitasosta, tarvittavat implisiittiset volatilitteetit interpoloidaan viidestä eri toteutushinnasta lineaarisesti.

Saadut volatilitteettihymyt olivat hyvin epästabiileja, esimerkiksi 9. tammikuuta 1990 hymy oli vasemmalle vino, volatilitteettien erotuksen ollessa -11.3% . Kymmenen päivää myöhemmin hymy oli oikealle vino, volatilitteettien erotuksen ollessa $+26.2\%$. Aineistosta löytyi se merkillisyys, että myyntioptioiden implisiittinen volatilitteetti oli yleensä noin 2% osto-optioiden volatilitteettia korkeampi. Volatilitteetit eri toteutushinnoilla olivat lähes lineaarisessa suhteessa. Yksi tärkeä etu suhteessa Batesin tapaan mitata vinouspreemiota on se, että Gemmill vertaa suoraan volatilitteetteja, eikä optioiden hintoja. Volatilitteetit eivät nimittäin ole herkkiä voimassaoloajan suhteen, kuten optioiden hinnat, mikä vähentää mittausvirheitä. Volatilitteettien erojen käsittely on myös markkinakäytännön mukaista.

Keskimääräinen implisiittinen volatilitteetti tutkimusajankohdalla oli 20%. Muutoin volatilitteetti oli harvoin yli 25%, paitsi lokakuun 1987 romahduksen aikana, jolloin se kävi 96.7%:ssa, laskien vuoden taitteeseen mennessä normaaleille tasoille. Keskimääräinen volatilitteettihymy oli suhteellisen pieni, poikkeama 2%:n päässä termiinitasosta olevilla optioilla implisiittinen volatilitteetti oli vain noin 0.2% suurempi kuin at-the-forward optioilla. Vinouspremio oli tutkimusajankohtana negatiivinen, eli hymy oli lievästi vasemmalle vino. Yhtenä syynä tähän voisi pitää sitä, että vuoden 1987 romahduksen jälkeen, sijoittajat tulivat varovaisemmiksi ja alkoivat ostaa alhaisen toteutushinnan omaavia myyntioptioita suojaamista varten.

Vaikka keskimääräinen hymy oli vain lievästi vino, hymy on kuitenkin paikoitellen ollut erittäin vino. Vaihtelu on ollut -57 :stä prosentista elokuussa 1987 $+61$:een prosenttiin kesäkuussa 1988. Hymy vaihteli voimakkaasti päivästä päivään, vaihdellen suuremmin ennen romahdusta, kuin sen jälkeen. Ennen romahdusta oli kaksi suhteellisen pessimististä kautta: helmikuusta huhtikuuhun ja kesäkuusta elokuuhun. Romahdusta edeltäneinä kuukausina jakauma ei ollut voimakkaasti vasemmalle vino, vain -1.9% (joka poikkeaa vain vähän koko tutkimusajan keskiarvosta -1.3%).

Hymyn vinous esiintyi peräkkäin useina päivinä, joten se ei ole vain satunnaisesti määräytyvä ilmiö. Hymy oli keskimäärin hiukan vasemmalle vino kahtena vuonna ennen vuoden 1987 romahdusta ja hiukan oikealle vino kolmena vuotena sen jälkeen.

Jakauma kääntyi oikealle vinoksi välittömästi romahduksen jälkeen. Tästä voisi siis päätellä, että Lontoossa sijoittajat eivät tulleet romahduksesta pessimistisemmiksi, vaan enemmänkin hiukan optimistisemmiksi. Yksi potentiaalinen vaara näissä päätelmissä on se, että mitatut tulokset saattavat olla vain satunnaisvaihtelua. Kuitenkin, jos vinous olisi kohinaa, vinouden koko tietynä päivänä ei riippuisi sen koosta edellisinä päivinä. Sen vuoksi on tutkittu vinouden autokorrelaatio, joka on tilastollisesti merkitsevä ensimmäiselle neljälle päivälle.

Tulokset herättävät ilmeisen kysymyksen: Ovatko tutkimusajankohdan tuotot olleet samalla tavalla vinoja? Suhteessa normaalijakaumaan, FTSE 100:n tuotot olivat sekä vinoja (vasemmalle), että huipukkaita. Suurin osa vinoudesta ja huipukkuudesta tulee romahduksesta. Aikana ennen romahdusta ja sen jälkeen, tuottojen jakaumat ovat olleet vähän (mutta merkitsevästi) vasemmalle vinoja ja vain romahduksen jälkeisenä aikana on ilmennyt pientä huipukkuutta. Näyttäisi siis siltä, että volatiliteettihymyn lievä vinous vasemmalle ilmentää hyvin FTSE:n vasemmalle vinoja tuottoja. Arvioidessaan volatiliteetteja, sijoittajat todennäköisesti seuraavat aikaisemmin havaittua jakaumaa. Vaikka vinoudet ovat suhteellisen samanlaisia, tuottojen keskihajonnat poikkeavat kuitenkin keskimääräisistä implisiittisistä volatiliteeteista.

Verrattuna USA:han, vinous Lontoossa ei myöskään ennustanut hyvin romahdusta. Molemmilla markkinoilla oli negatiivisuutta kesä-heinäkuussa 1987, mutta markkinat palasivat normaaleille tasoilleen ennen romahdusta. Romahduksen jälkeen sijoittajat USA:ssa olivat selvästi pessimistisempiä kuin Lontoossa nostaen hymyn vinoutta vasemmalle, kun taas Lontoossa oltiin optimistisempia nostaen hiukan hymyn vinoutta oikealle. Saman tyyppinen ilmiö on muissa tutkimuksissa havaittu myös Saksassa.

Syy erilaisiin odotuksiin on hiukan epäselvä, mutta voi liittyä siihen, että indeksioptiolle löytyy USA:ssa likviditeettiä myös suurille rahasto- ja varainhoitajille aktiivista suojaamista varten, kun taas indeksioptioita käyttävät Lontoossa lähinnä pienemmät spekulatiiviset sijoittajat.

Shiller (1987) tutki lokakuun 1987 pörssiromahdusta tekemällä kyselyn sijoittajille. Shiller lähetti kyselyn romahdusta seuranneina päivinä 3250:lle sijoittajalle, joista 991 vastasi siihen. Vastausprosentiksi muodostui näin 32,8. Osakemarkkinat laskivat lokakuun 14. – 16. päivä Dow Jones indeksillä mitattuna 261 pistettä ja näitä seuranneena ns. mustana maanantaina 508 pistettä, mikä vastaa 22,6%:a. Shiller jakoi kyselynsä neljään osaan, joista ensimmäisessä hän käsitteli lokakuun 14. - 16.:a päivää ja joka postitettiin jo ennen maanantaita 19. päivä. Toinen lähetettiin maanantaina 19. päivä, kun markkinat olivat laskeneet 200 pistettä. Kolmas lähetettiin maanantaina 19. päivä markkinoiden sulkeutumisen jälkeen yksityisille sijoittajille ja neljäs institutionaalisille sijoittajille.

Kolmannen ja neljännen osion osalta vastaukset jaettiin osakkeiden netto-ostajiin ja –myyjiin. Institutionaaliset sijoittajat ilmoittivat vähentäneensä omistuksiaan laskua edeltäneen kuukauden aikana, yksityiset sen sijaan lähinnä kasvattivat omistuksiaan. Lokakuun 19. ja 20. päivän aikana suhde oli päinvastainen. Muilla aikaperiodeilla instituutiot ja yksityiset liikkuvat samaan suuntaan.

Shiller yritti kyselyn avulla eritellä, mitkä olivat mahdollisesti ne syyt tai uutiset, jotka aiheuttivat myyntireaktion. Mikään tietty uutinen ei erottunut vahvasti aiheuttavaksi syyksi. Sen sijaan markkinoiden 200 pisteen lasku ja edeltäneiden päivien laskut saivat huomattavasti mainintoja. Jälkeenpäin merkittävänä selittäjänä pidetty program trading sai vain kaksi mainintaa.

71,7% yksityisistä ja 84,3% institutionaalisista sijoittajista ilmoitti pitäneensä markkinoita yliarvostettuina suhteessa fundamentaaliseen arvoon ennen lokakuun 12.:ta päivää. Shiller myöntää, että on mahdollista, että tämän päivän jälkeisillä tapahtumilla voi olla vaikutusta siihen, mitä sijoittajat muistelivat ajatelleensa. Erilaisista teorioista romahduksesta sai suuresti mainintoja ”markkinapsykologia”.

Koska vahvaa syytä tai uutista, joka olisi aiheuttanut laskun ei löytynyt, Shiller pääättelee, että laskun aiheuttivat endogeenisesti sijoittajat itse ja että sen ajoitus ja syvyys liittyi markkinapsykologiaan. Sijoittajilla oli odotus, että jokin vuoden 1929 romahduksen kaltainen tapahtuma oli mahdollinen. Kuitenkin kysyttäessä kuinka moni heistä oli päättänyt lakata ostamasta osakkeita ennen romahdusta, yksityisistä näin oli tehnyt 13,2%:ia ja institutionaalisista sijoittajista 6,6%:ia.

Shiller (1988) toisti samantyyppisen kyselyn myös Japanissa. Kysely suoritettiin neljä kuukautta romahduksen jälkeen ja siihen vastasi 52 Daiwa –pankin asiakasta. Useat kysymyksistä olivat samoja, kuin USA:ssa tehdyssä kyselyssä, jotta vertailu USA:han saatiin aikaiseksi.

Japanin markkinat sulkeutuvat joka päivä ennen kuin New Yorkin markkinat avautuvat. Tästä syystä Japanissa reagoitiin lokakuun 19. päivän 1987 romahdukseen New Yorkissa vasta seuraavana päivänä. Japanin markkinat eivät olleet heikentyneet Dow Jonesin tavoin muutamana viikkona ennen romahdusta, mistä syystä romahdus erottui selkeästi juuri 20. päivälle. Japanilaisilta sijoittajilta kysyttiin, mitkä uutiset olivat tuona päivänä heidän mielestään tärkeimmät ja tärkeimmäksi erottautuivat USA:n markkinoiden lasku edellisenä päivänä ja Tokion pörssin lasku kyseisenä aamuna. Vastaajista 98.2% arveli Tokion pörssin laskevan ko. päivänä New Yorkin romahduksen takia.

Vastaajista 83.6% sanoi arvelleensa markkinoiden olevan yliarvostetut suhteessa fundamentaaliseen arvoon ennen romahduksen tapahtumista (Nikkei –indeksi nousi romahdusta edeltäneen kuukauden aikana n. 4%). Shillerin mukaan japanilaiset sijoittajat ajattelivat selvästi samoin, kuin amerikkalaiset kollegansa, että *muut* sijoittajat olivat liian optimistisia osakkeiden arvoista.

Kahra ja Kanto (1991) tutkivat osto- ja myyntioptioiden implisiittisiä volatiliteetteja suomalaisella aineistolla. Viitekehysenä on perinteinen Black-Scholes -malli, joka kerrataan ja osoitetaan, että implisiittinen volatiliteetti voidaan ratkaista kaavasta iteratiivisesti. Tutkimuksen tekoaikaan (1991) optiot olivat vielä suhteellisen uusi instrumentti Suomessa, joten Kahra ja Kanto olettivat, että suomalaisilta markkinoilta saattaa hyvinkin löytyä anomaliaita. Syynä tähän he pitivät ensi- ja jälkimarkkinoiden ohutta kaupankäyntiä, sitä, että ensimarkkinoilta oli löytynyt anomaliaita ja sitä, että optiot eivät olleet vielä tuttuja sijoittajille.

Kahra ja Kanto olettavat, että tehokkailla markkinoilla implisiittisten volatiliteettien eri toteutushinnoille pitäisi olla identtisiä. Edelleen, lukuun ottamatta transaktiokustannuksia, osto- ja myyntioptioiden implisiittisten volatiliteettien tulisi olla identtisiä. Osto- ja

myyntihintojen välinen erotus kuvastaa transaktiokustannuksia. Historiallinen volatilitteetti on laskettu FOX –indeksin päivittäisten muutosten varianssina.

Tutkimus on toteutettu vertaamalla osto- ja myyntioptioiden implisiittisiä volatilitetteja historialliseen volatilitettiin. Tutkimusajankohta on toukokuusta 1988 joulukuuhun 1989. Aineisto on jaettu alaluokkiin kymmenen eri sarjan (maturiteetin) mukaan. Jokaisesta sarjasta on mukana kuudesta kahdeksaan eri toteutushintaa. Suhteessa osakkeisiin ja termiineihin, kaupankäyntimäärät optioissa olivat korkeita: vuonna 1989 optiomarkkinoiden päivittäinen volyyymi oli noin kaksinkertainen osakkeiden volyyymiin verrattuna. Optioiden keskimääräinen kuukausittainen volyyymi oli noin 14-kertainen termiineihin nähden.

Tärkeimmät tulokset olivat:

1. Osto- ja myyntitarjousten välinen spread on pienempi myynti-, kuin osto-optioille
2. Myyntioptioiden volatilitteen käyttäytyminen on säännönmukaisempaa kuin vastaavan osto-option volatilitetin
3. Useimmissa tapauksissa myyntioptioiden volatilitetit ovat suurempia kuin osto-optioiden
4. Muutamana päivänä ennen erääntymistä optioiden volatilitetit olivat erittäin korkeita
5. Implisiittiset volatilitetit eri toteutushinnoilla olivat erilaisia
6. Useimmissa tapauksissa historiallinen volatilitteetti oli pienempi kuin implisiittinen volatilitteetti, erityisesti myyntioptioiden osalta

Syyksi näihin Kahra ja Kanto arvelivat:

1. – 2. Myyntioptioita käytetään pääasiassa ammattimaisten portfolion hoitajien toimesta suojaamiseen, kun taas osto-optioita käytetään spekulointiin
1. Suojaamisen hinta on korkeampi kuin spekuloinnin.
2. Lähellä erääntymistä optiot ovat usein deep out-of-the-money (joten hinta on lähes nolla), tai deep in-the-money, jolloin hinta vastaa nykykurssin ja toteutushinnan erotusta.
3. Optioita eri toteutushinnoilla käytetään eri tarkoituksiin.
4. Markkinatoimijoiden odotukset eivät ole rationaalisia, tai sitten myyntioptioiden ylimääräinen volatilitteetti voidaan tulkita option asettajan riskipreemioksi. Voidaan osoittaa, että jos suojaajan preferenssit voidaan kuvata konkaavina hyötyfunktiona, eli sijoittaja on riskinkarttaja, riskiä karttava hyödyn maksimoija on valmis maksamaan suojauspreemion yli historiallisen volatilitetin implikoiman hinnan.

Kirjallisuuskatsauksessa esitettiin muihin tutkimuksiin verrattuna Kahra ja Kanto pyrkivät välttämään ensimmäisessä osiossa esitetyt ongelmat. Black-Scholes –mallin ongelmiin sinänsä ei puututa, vaan lähtökohtana on enemmänkin se, että malli on yleisessä käytössä markkinoilla. Sillä, onko implisiittinen volatilitteetti tehokas todellisen volatilitteetin ennustaja, ei tässä ole suoraa merkitystä, vaan Batesin ja Gemmillin tutkimusten tyyppisillä vinouspremioilla. Toisessa osiossa esitettiin optiomarkkinoiden tehokkuuteen ja osinkokorjaukseen liittyviä ongelmia. Tämän tyyppisten ongelmien osalta markkinat oletetaan tässä tutkimuksessa tehokkaaksi.

Kirjallisuuskatsauksen kolmas osio on tämän tutkimuksen kannalta tärkein. Tarkoituksena onkin tarkastella aihetta Batesin ja Gemmillin tapaan kvantitatiivisesti. Shillerin tutkimukset vastaavat ajalta sisältävät selkeän ongelman; moraalisen hasardin. Jos ammattimaisilta sijoittajilta kysytään suuren kurssilaskun jälkeen olivatko he ajatelleet romahduksen mahdollisuutta, heidän intressissään on tietysti vastata tähän myöntävästi. Jo Shillerin omat tulokset siitä, että lähes kaikki sijoittajat pitivät markkinoita yliarvostettuina ja silti netto-ostivat osakkeita, herättää epäilyjä vastausten luotettavuudesta. Varsinkaan Japanissa tehty kysely vuoden 1987 romahduksesta neljä kuukautta romahduksen jälkeen ja vain suppealta vastaajajoukolta ei vaikuta pätevältä. Jos markkinat todella kollektiivisesti odottavat markkinoiden liikkuvan tiettyyn suuntaan, sen pitäisi näkyä likvidien optioiden hinnoissa ja näin ollen sitä voidaan tutkia kvantitatiivisesti. Suomalaisen markkinoiden osalta aihetta tutkivatkin Kahra & Kanto.

Kahran ja Kannon tutkimus sisälsi useita epäjohdonmukaisuuksia. Erityisesti havaittuihin ilmiöihin esitetyt syyt poikkesivat teoreettisesta viitekehystä. Put-call –pariteetin mukaan selitykset Kahran ja Kannon tulosten kohtiin 1-2 ja 3 eivät vaikuta pätevältä. Samoin väite siitä, että ammattilaiset käyttävät suojaamiseen vain myyntioptioita. Myös osto-optioita voidaan käyttää suojaamiseen, ilman termiinejä ja niiden kanssa, joten väite ei ole pätevä ilman kattavampaa tarkastelua, esimerkiksi osto- ja myyntioptioiden keskimääräisestä hallussapitoajasta, tai edes paneeliaineistolla motiivien selvittämiseksi. Selitys kohtaan 3 poikkeaa täysin teorian normaalijakaumaoletuksesta, eikä ole oikeastaan mikään selitys, vaan toteamus, että aikaisemmin näin on ollut (aineistossa). Selitys kohdan 4 korkeille volatilitteeteille ei mitenkään selitä sitä, että miksi optioiden eräänymispäivinä FOX – indeksillä olisi korkea volatilitteetti, eikä sitä oliko toteutunut volatilitteetti näinä päivinä korkea vai ei.

3. OPTIOHINNOITTELMALLIT JA VOLATILITEETTI

3.1 Black-Scholes -malli

Optioiden teoreettisen hinnan laskemiseen on olemassa useita malleja, joista markkinoilla lienee suurimman suosion saavuttanut Black-Scholes (1973) malli, erityisesti osakeoptioiden hinnoittelussa. Sen vuoksi tässä tutkimuksessa käytetään juuri tätä mallia.

Black-Scholes malli asettaa tiettyjä oletuksia. Siinä oletetaan, että

- 1) on olemassa riskitön korko, jolla voidaan lainata tai antaa lainaksi mikä tahansa haluttu määrä
- 2) osakkeiden tuotot noudattavat suunnatonta (trenditöntä) geometristä Brownin liikettä (eli osakkeen tuotot jakautuvat log-normaalisesti)
- 3) Brownin liikkeen varianssi on vakio yli ajan
- 4) Markkinat ovat täydelliset, eli ei transaktiokustannuksia eikä veroja, markkinat ovat jatkuvasti auki ja lyhyeksi myyminen l. shorttaaminen on sallittua

Malli: Eurooppalaisen osto-option c arvo on

$$(1) \quad c = SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2),$$

jossa

S = osakkeen hinta

K = option toteutushinta

r = riskitön korko

t = aika erääntymiseen (vuosina)

ja $N(d)$ on kumulatiivinen normaalijakaumafunktio:

$$(2) \quad N(d) = \int_{-\infty}^d \Phi(x)dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^d e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

jossa Φ on normaalijakaumafunktio. $N(d)$ on tällöin standardoidun normaalijakauman kertymäfunktio arvolla d .

d_1 :n ja d_2 :n arvot ovat:

$$(3) \quad d_1 = \frac{\ln(Se^{-yt} / Ke^{-rt})}{\sigma\sqrt{t}} + \frac{\sigma\sqrt{t}}{2} \quad \text{ja}$$

$$(4) \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

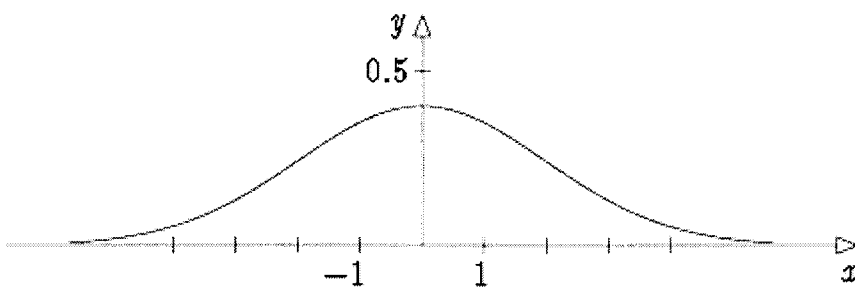
$\sigma\sqrt{t}$ tarkoittaa volatilitteettia option voimassaoloaikana ja y kohde-etuuden osinkotuottoa.

Eurooppalaisen myyntioption hinta saadaan put-call pariteetin avulla

$$(5) \quad P = Se^{-yt}[N(d_1) - 1] - Ke^{-rt}[N(d_2) - 1]$$

Kumulatiivisen normaalijakaumafunktion $N(d)$ kertoo, mikä on pisteen d vasemmalle puolelle jäävän alueen pinta-ala normaalijakauman ”kellokäyrässä”. Tämä ala on se todennäköisyys, jolla normaalisti jakautuneen muuttujan arvo on pienempi kuin d .

KUVIO 1 Normaalijakauma



Put-call pariteetti tarkoittaa sitä, että myyntioption hinta voidaan ilmaista osto-option avulla. Jos on siis olemassa malli osto-option hinnan määrittämiseksi, voidaan määrittellä arvo myös myyntioptiolle. Jos osto- ja myyntioptiolla on sama kohde-etuus, toteutushinta ja päättymispäivä, ne muodostavat kokonaisuuden kohde-etuuden kanssa. Tällöin put-call pariteetin mukaan osto-option arvo on sama kuin myyntioption ja osakkeen arvon summa vähennettynä toteutushinnan diskontatulla nykyarvolla.

Kohde-etuutena voi olla myös termiini, mutta termiinin ja sen kohde-etuutena olevan tuotteen spot-kurssin välillä on hintaero, joka aiheutuu tuotteen pitämisestä (nk. *cost of carry*) tarkasteluhetkestä termiinin päättymispäivään. Jotta arbitraasimahdollisuuksia termiini- ja osakemarkkinoiden välillä ei olisi, tulee termiinin hinnan olla sama kuin sen kohde-etuutena olevan korkotekijällä kerrotun osakkeen hinnan arvo (vähennettynä mahdollisesti maksettavilla osingoilla).

Put-call futures –pariteetti (PCF) saadaan yhdistämällä put-call –pariteetti ja cost of carry –malli. PCF –pariteetti on muuten sama, kuin put-call –pariteetti, mutta se määrittää osto- ja myyntioptioiden välisen relaation suhteessa termiiniin, ei itse kohde-etuuteen.

Osto-optio on at-the-money, kun kohde-etuuden spot-kurssi on toteutushinnan tasolla, in-the-money, kun spot-kurssi on toteutushinnan yläpuolella ja out-of-the-money kun spot-kurssi on toteutushinnan alapuolella (myyntioptioille päinvastoin). Implisiittinen volatilitteetti saadaan ottamalla option hinta (esim. toteutuneista kaupoista tai tarjouksista) ja laskemalla tästä numeerisilla menetelmillä (eli käytännössä haarukoimalla) volatilitteetti. Tästä syystä sitä kutsutaan *implisiittiseksi* volatilitteetiksi.

Black-Scholes –mallin olettaa, että portfoliota voidaan päivittää osakkeiden hintojen muuttuessa. Tämä ei kuitenkaan esimerkiksi indeksioptioilla ole käytännössä aina mahdollista. Put call futures –pariteetin perusteella option hinta riippuu kuitenkin myös termiinin hinnasta ja Black (1976) onkin muodostanut mallin optioiden hinnoille termiinin hinnan perusteella. Tässä tutkimuksessa kohde-etuutena pidetään indeksiä itseään FOX-optioiden tuotemäärittelyn mukaisesti. Optioiden markkinatakaajat kuitenkin voivat suojata oman optiositionsa termiineillä, mistä syystä Black-76 –malli on laajassa käytössä.

Black-76 –malli voidaan johtaa sijoittamalla Black-Scholes –malliin kohde-etuuden hinnan (S) paikalle vastaava termiinin arvo cost of carry –mallin mukaisesti johdettuna. Black-76 –malli poikkeaa Black-Scholes –mallista vain korkotekijän huomioimisen osalta. Olettaen, ettei osinkoja makseta, voidaan cost of carry –arbitraasiehto kirjoittaa

$$(6) \quad F = Se^{rt} \text{ eli } S = Fe^{-rt}$$

Sijoittamalla S :n tilalle Black-Scholes mallin Fe^{-rt} saadaan osto-optiolla

$$(7) \quad c = Fe^{-rt}N(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2) = e^{-rt} [FN(d^*_1) - KN(d^*_2)]$$

ja myyntioptiolla

$$(8) \quad P = e^{-rt} [KN(-d^*_2) - FN(-d^*_1)]$$

missä

$$(9) \quad d^*_1 = \frac{\ln\left(\frac{F}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)\tau}{\sigma\sqrt{t}} \quad \text{ja}$$

$$(10) \quad d^*_2 = d^*_1 - \sigma\sqrt{t}$$

joissa

F = termiinin hinta,

T = option jäljellä oleva voimassaoloaika (sama kuin termiinillä) ja

σ = termiinin tuottojen volatilitiitti

Black-Scholes –kaavasta huomaamme, että option arvo riippuu useasta tekijästä: kohde-etuuden hinnasta, toteutushinnan tasosta, volatilitiitista, riskittömästä korosta ja ajasta maturiteettiin. Nämä tekijät vaikuttavat option hintaan epälineaarisesti. Jotta näiden eri tekijöiden vaikutusta option hintaan voidaan mitata esimerkiksi laskemalla tunnusluvut, joista käytetään nimitystä kreikkalaiset kirjaimet:

delta mittaa option hinnan herkkyyttä kohde-etuuden arvon suhteen,

gamma mittaa deltan muutoksen herkkyyttä kohde-etuuden arvon suhteen,

rho mittaa option hinnan herkkyyttä riskittömän koron suhteen,

theta mittaa option hinnan herkkyyttä ajan suhteen ja

vega, joka mittaa option hinnan herkkyyttä volatilitiitin suhteen.

Vega voidaan määritellä seuraavasti:

Λ = yhden yksikön muutos option hinnassa / yhden prosentin muutos volatilitteetissa, eli

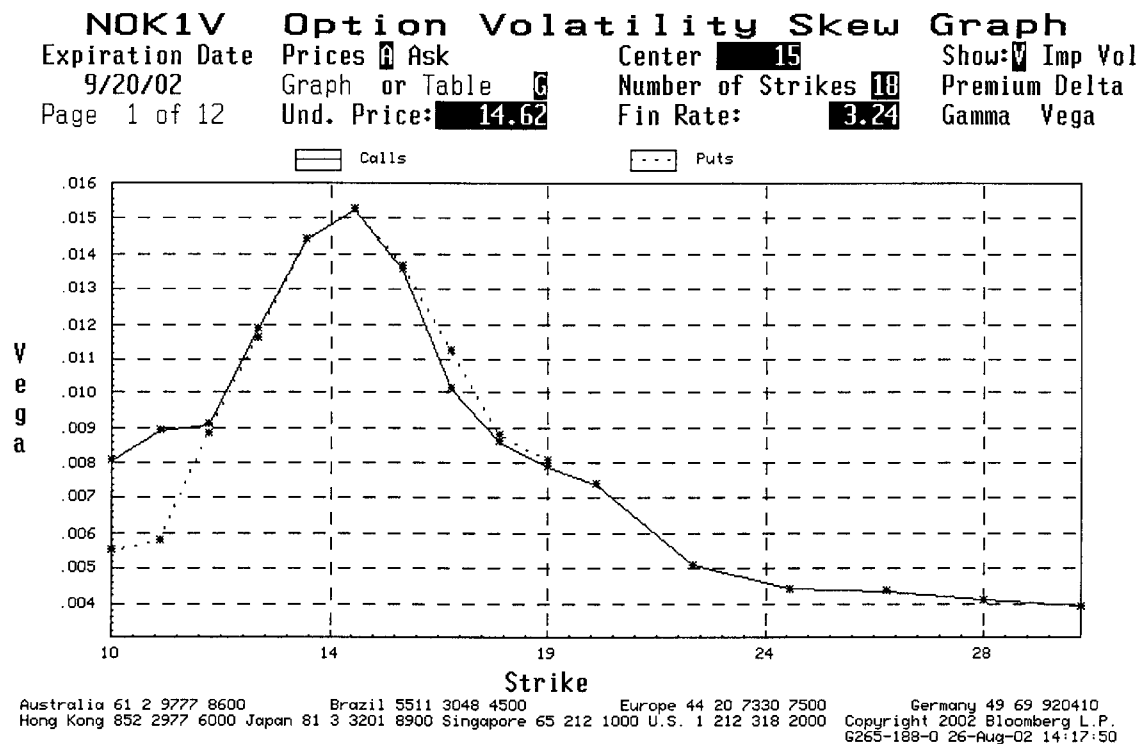
$$(11) \quad \Lambda = \frac{dC}{d\sigma} = S\sqrt{t}N'(d_1)$$

Volatilitteetin muutos vaikuttaa samalla tavalla sekä osto-, että myyntioptioihin, joten vega on niille sama. Vega on korkeimmillaan, kun optio on at-the-money ja kun aika erääntymiseen on pisimmillään.

KUVIO 2 Vega

<HELP> for explanation.

P218 Equity SKEW



Kuvassa on esimerkkinä Nokian syyskuun optioiden vega 26.8.2002 osakkeen ollessa 14.67 euroa (lähde Bloomberg). Osto-optioiden vega on yhtenäisellä viivalla ja myyntioptioiden katkonaisella. Kuvasta voidaan nähdä, että vega on todellakin suurin at-the-money tason

optioille. Deep-in-the-money osto-optioiden vega on myös huomattavasti korkeampi, kuin deep-out-of-the-money myyntioptioiden.

Kaavasta nähdään, että vega on option hinnoittelukaavan osittaisderivaatta (kuten muutkin ”kreikkalaiset”) volatilitietin suhteen. Sen arvo on itse asiassa vain lineaarinen approksimaatio, joten se pätee tarkasti vain pienille muutoksille (tarkkuuttahan voisi tietysti parantaa korkeamman asteisilla derivaatoilla). Huomattavaa on myös se, että volatilitietin muutos vaikuttaa välillisesti myös esimerkiksi deltaan ja gammaan (koska esim. volatilitietin kasvu nostaa optioiden hintoja, jolloin niiden hintaherkkyys kohde-etuuden suhteen kasvaa).

Black-Scholes -mallin ongelmia on se, että empiirisesti on havaittu, etteivät osakkeiden tuotot noudata normaalijakaumaa, vaan jakaumilla on

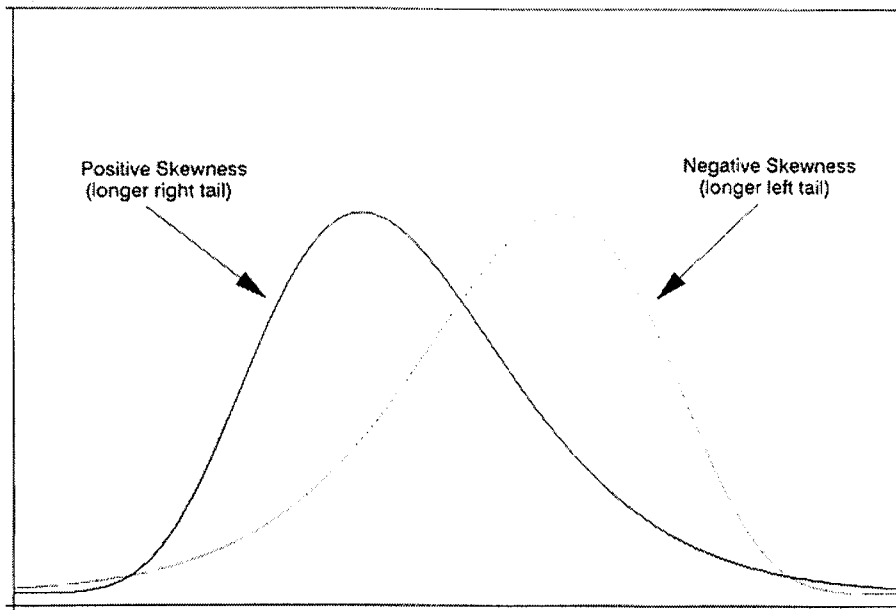
- 1) paksummat hännät
- 2) korkeammat huiput
- 3) jakauma usein asymmetrinen ja
- 4) autokorreloitunut
- 5) riskitön korko ei ole ajan yli vakio
- 6) osingonmaksun aiheuttamat ongelmat (kaava on alunperin johdettu osakkeille jotka eivät maksa osinkoa)

Markkinatkaan eivät ole täydelliset. Mallia on paranneltu useiden ongelmakohtien osalta, muun muassa Merton paransi mallia riskittömän koron ja osingonmaksun osalta jo vuonna 1973. Tämän tutkimuksen kannalta mielenkiintoisimpia ovat nimenomaan jakauman epänormaalisuuteen liittyvät ongelmat.

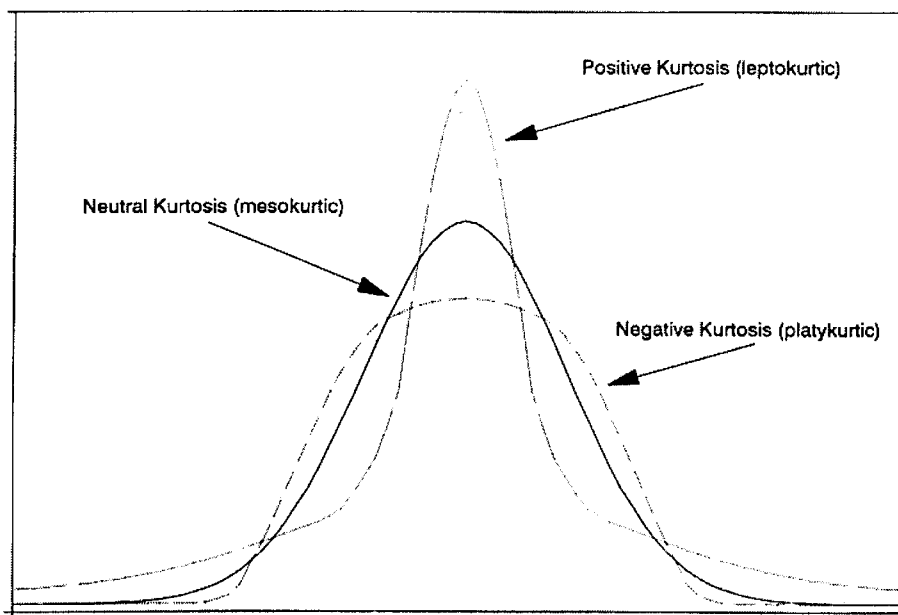
Normaalijakaumalla on kaksi keskeistä piirrettä: odotusarvo ja varianssi. Ne ovat ainoat tekijät, jotka voivat vaihdella normaalijakaumassa. Normaalijakauma on aina symmetrinen. Osakkeiden tapauksessa jakaumaa rajoittaa vasemmalta puolelta nolla, koska kurssit eivät voi laskea sen alapuolelle. Vaikka normaalisti jakautuneet tuotot eivät lyhyellä aikavälillä ole välttämättä pitävä oletus, pitkällä aikavälillä oletus pätee paremmin. Erityisesti muodostettaessa osakkeista portfolioita, voidaan keskeisen raja-arvolauseen avulla päätellä, että tuotot ovat jotakuinkin normaaleja.

Joissakin tapauksissa jakaumat voivat kuitenkin olla vinoja tai huipukkaita. Näistä molempia voidaan myös mitata suhteessa normaalijakaumaan. Vinous voidaan helposti ajatella jakauman vinoudeksi joko vasemmalle, tai oikealle. Jos jakauma on vasemmalle vino (eli oikeanpuoleinen häntä on pitempi), eli tuotot ovat keskimäärin negatiivisia, sanotaan, että vinous on positiivista (positive skewness). Oikealle vinoa jakaumaa taas kutsutaan negatiivisesti vinoksi (negative skewness). Normaalijakaumalla vinous on tietysti nolla (Kuvio 4). Huipukkuus mittaa, onko jakauman huippu normaalijakaumaan verrattuna korkeammalla, vai matalammalla. Jakaumalla, jolla on normaalijakaumaa korkeampi huippu, sanotaan olevan positiivista huipukkuutta (leptokurtisuus) ja jakaumaa, jonka huippu on normaalijakaumaa alempana, kutsutaan negatiivisesti huipukkaaksi (platykurtisuus), kuten Kuviossa 5. Normaalijakaumalla huipukkuus on nolla (mesokurtisuus). Lognormaalisilla jakaumilla vinous on positiivista ja huipukkuus aina suurempi kuin kolme.

KUVIO 3 Vino jakauma



KUVIO 4 Huipukas jakauma



Useimmilla markkinoilla on havaittu tuottojen olevan useasti leptokurtisesti jakautuneita. Niillä on korkeammat huiput (enemmän päiviä, jolloin liikkeet ovat pieniä), suipot hännät (enemmän päiviä, jolloin liikkeet ovat suuria) ja ohuimmat keskiosat (vähemmän päiviä, jolloin liikkeet ovat keskisuuria), kuin normaalijakauma antaisi olettaa.

Huomattava seikka on myös, että Black-Scholes -malli tuottaa vasta option teoreettisen arvon. Todellisuudessa hintoja on kuitenkin, kuten markkinoilla yleensäkin, kaksi: kysyntä- ja tarjontahinta. Näiden kahden välinen erotus (spread) riippuu paitsi option likvidiydestä, myös siitä, paljonko markkinatakaaja katsoo haluavansa preemiota vielä teoreettisen hinnan päälle asettaakseen option. Teoreettisen hinnan päälle tuleva preemio toimii myös markkinatakaajan virhemarginaalina, jonka avulla tuleva volatilitteetti voidaan haarukoida jollekin tietylle välille.

Black-Scholes mallin oletukset osakkeiden tuotoista (volatilitteetista) ovat kuitenkin osoittautuneet niin epäpäteviksi, että kaupankäynnissä markkinatakaajat ovat huomanneet pelkästään sen käytön aiheuttavan tappiota. Tämän johdosta he alkoivat kehittää omia volatilitteettiarvioitaan (esimerkiksi erilaisilla aikasarja-analyysillä kuten GARCH -malleilla). Jokaisella markkinatakaajalla on periaatteessa omat arvionsa volatilitteetin kehityksestä kaikille takaamilleen maturiteeteille. Tämän volatilitteetin voi laskea

(numeerisilla menetelmillä) optioiden hinnoista. Tästä syystä sitä kutsutaan *implisiittiseksi volatiliteetiksi*.

3.2 Implisiittinen volatiliteetti

Implisiittistä volatiliteettia voidaan pitää markkinoiden konsensusarviona siitä, kuinka paljon kohde-etuutena olevan arvopaperin kurssin oletetaan heiluvan option voimassaolon aikana (Natenberg 1994). Yleensä historiallisella volatiliteetilla on pitkällä aikavälillä voimakas vaikutus implisiittiseen volatiliteettiin, eli historiallisen volatiliteetin laskiessa myös implisiittinen volatiliteetti laskee jonkin verran. Vaikutus näkyy useasti laajalti eri maturiteettien ja eri toteutushintojen optioissa. Lyhyellä aikavälillä tietysti muut tekijät saattavat vaikuttaa implisiittiseen volatiliteettiin jopa dominoivasti, kuten osakemarkkinoilla esimerkiksi yritysten tulospöytäkirjat, uusien tuotteiden julkistaminen, fuusiot jne.

Implisiittisen volatiliteetin konkreettista vaikutusta voidaan tarkastella esimerkiksi seuraavasti:

Termiinin hinta = 97,73

Aika erääntymiseen = 60 päivää

Korko = 6%

Implisiittinen volatiliteetti = 20%

Näillä ehdoilla osto-optio toteutushinnalle 100 maksaisi 2,17. Jos luodaan deltaneutraali positio ostamalla kymmenen 100:n osto-optiota 2,17 /kappale ja myydään neljä termiiniä hintaan 97,73, mitä positiolle tapahtuu jos implisiittinen volatiliteetti nousee 22%:iin? Uusi hinta 100 toteutushinnan osto-optioille on 2,47, jolloin positio on voitolla

$$(12) \quad 10 \times (2,47 - 2,17) = +3$$

Voidaan siis huomata, että delta neutraalin position arvo riippuu siis voimakkaasti volatiliteetista (vega riski). Luonnollisesti myös puhdas delta näkemys, kuten pelkkien osto-optioiden ostaminen, sisältää delta riskin lisäksi vengariskin. Riskit voivat vaikuttaa samaan

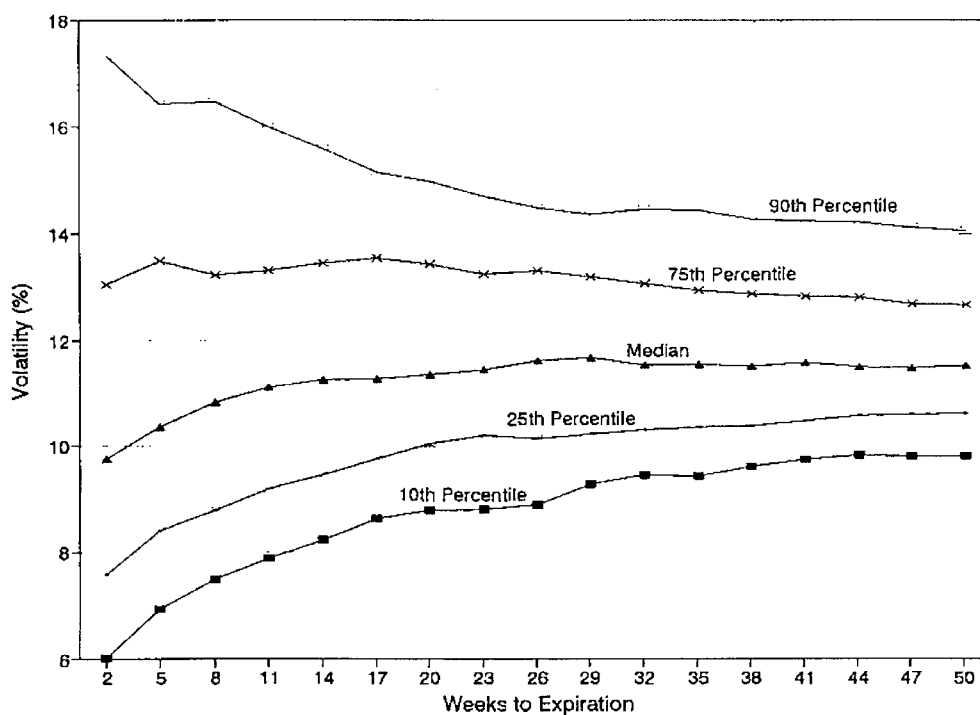
suuntaan, jolloin position arvo nousee entistä voimakkaammin kohde-etuuden arvon noustessa, tai voi myös vastaavasti tehdä tyhjäksi position onnistuneen delta näkemyksen, jos vega näkemys on mennyt väärin.

Implisiittistä volatilitteettia tulevaisuuden volatilitteetin ennustajana on käsitelty kirjallisuuskatsauksen yhteydessä. Implisiittisen volatilitteetin ennustamaa volatilitteettiahan voi verrata toteutuneeseen (historialliseen) volatilitteettiin. Nykyiset optiohinnat sisältävät kuitenkin näkemyksen tulevasta volatilitteetista, jota emme tietenkään pääse vielä testaamaan, mutta voimme päätellä sen optioiden hinnoista.

Historiallisella volatilitteetilla on havaittu useissa tutkimuksissa voimakkaasta vaihtelusta huolimatta muodostavan pitkällä aikavälillä keskiarvon, jonka ympärillä vaihtelu tapahtuu.

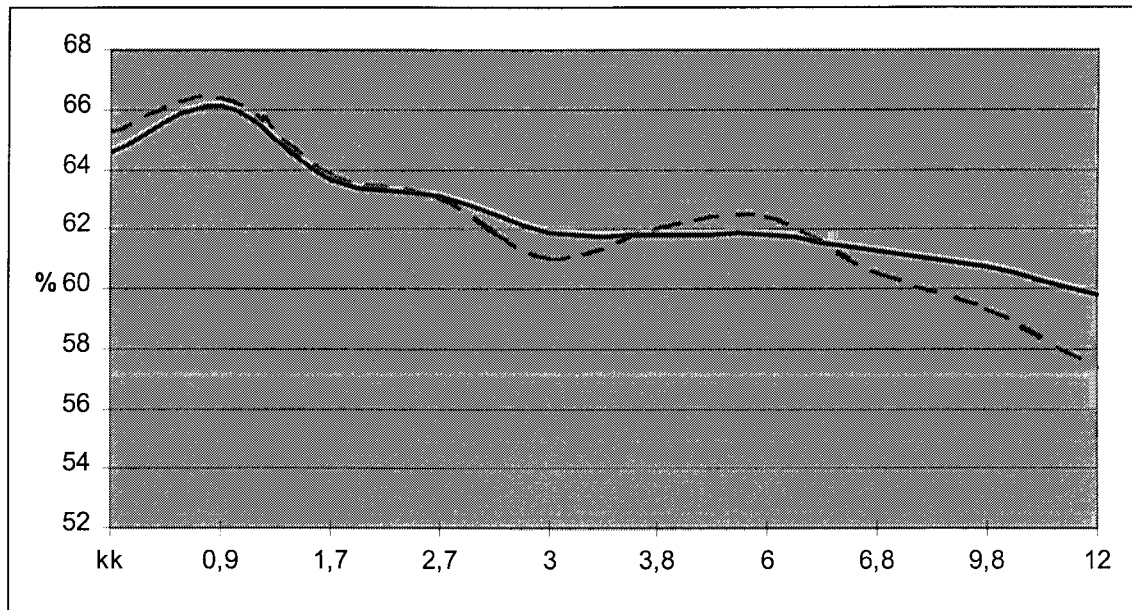
Tätä ominaisuutta, jota kutsutaan myös volatilitteetti ”kartioksi” (engl. *volatility cone*), voidaan havainnollistaa myös seuraavasti. Kuviossa 6 on D-markkaoptioiden volatilitteettien jakaumat persentiileittäin vuosilta 1982-1991 maturiteetin mukaan. Alkaen x-akselin vasemmasta reunasta, voidaan huomata, että option ollessa voimassa alle kaksi viikkoa, on ollut 20%:in mahdollisuus, että volatilitteetti on voinut olla joko alle 6%, tai yli 17,3% (10:s ja 90:s persentiili). Oikeasta laidasta sen sijaan huomaamme, että option ollessa voimassa vielä 9kk, volatilitteetti on 50%:in todennäköisyydellä ollut 9,8% ja 14% välillä. Mitä pidempi aikaväli on kyseessä, sitä stabiilimmaksi volatilitteetti muodostuu ja tuntuu lähestyvän 11,5%:n keskiarvoa.

KUVIO 5 Volatiliteettikartio



Koska tällainen ilmiö voidaan havaita historiallisesta aineistosta ja koska historiallisella volatiliteetilla on tärkeä merkitys tulevan volatiliteetin arvioinnissa, olisi loogista olettaa, että vastaava ilmiö voitaisiin havaita myös optiohintojen implikoimista tulevaisuuden volatiliteeteista. Kuvioista voidaan huomata pp/kk/vv:ltä implisiittisen volatiliteetin aikarakente (term-structure). Vastoin Black-Scholes -mallia, volatiliteetti ei useinkaan ole vakio. Tyypillisesti lyhyemmän maturiteetin optioilla on suurempi volatiliteetti. Volatiliteetti on usein satunnainen ja keskiarvoa kohti menevä. Term structure -käyrän jyrkkyys voi heijastaa hermostuneisuutta tai odotusta vakaista tulevaisuuden tapahtumista (Kuvio 7). Aikarakenteen mahdollinen jyrkkyys vaikuttaa siihen, minkä maturiteetin optiot ovat herkimpiä volatiliteetin muutoksille.

KUVIO 6 Volatiliteettien aikarakenne (aineisto Bloomberg)



Kuviossa ostioptioiden implisiittinen volatiliteetti on yhtenäisellä viivalla ja myyntioptioiden katkonaisella viivalla päivältä 26.8.2002. Volatiliteetti on prosentteina ja aika erääntymiseen kuukausina. Volatiliteetit ovat kaikkien saatavilla olevien eri toteutushintojen optioiden volatiliteettien keskiarvoja (eri toteutushintojen optioiden volatiliteetit saattavat kuitenkin poiketa huomattavasti keskiarvosta). Kuvioista voidaan havaita, että epävarmuus on lyhyellä aikavälillä suurempaa, joten lyhyen aikavälin optioiden volatiliteetit ovat suurempia kuin pitkän aikavälin. Samoin myös pitkän aikavälin myntioptiot ovat jonkin verran halvempia kuin ostioptiot.

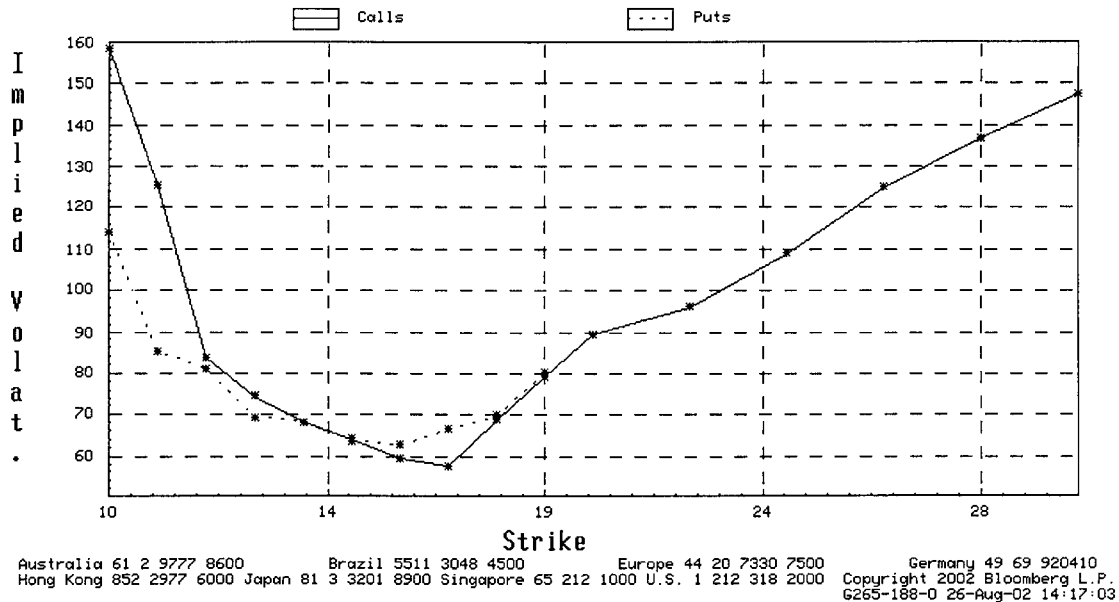
Tämän tutkimuksen kannalta mielenkiintoisin implisiittisen volatiliteetin ominaisuus on ns. volatiliteettihymy (*volatility smile*). Hymyn muotoon vaikuttavat useat asiat: ensimmäisenä ovat markkinoiden odotukset kohde-etuuden liikkeistä (vrt Kuvio 8). Jos hymy on voimakkaasti vasemmalle vino, markkinat saattavat odottaa, että kohde-etuuden hinta laskee. Hymyä voi tietysti verrata kohde-etuuden tuottojen historialliseen jakaumaan. Jos tuotot ovat selkeästi olleet normaalijakaumaan nähden vinoja tai huipukkaita, se todennäköisesti näkyy hymyssä. Implisiittiset volatiliteetit eri toteutushinnoille eroavat toisistaan myös siksi, että jos kohde-etuuden hinta nousee tai laskee voimakkaasti, kasvaa sen volatiliteettikin. Hymy on usein asymmetrinen.

KUVIO 7 Asymmetrinen hymy

<HELP> for explanation, <MENU> for similar functions.

P218 Equity SKEW

NOK1V Option Volatility Skew Graph
 Expiration Date 9/20/02 Prices Ask Center 15 Show: Imp Vol
 Graph or Table 6 Number of Strikes 18 Premium Delta
 Page 1 of 12 Und. Price: 14.62 Fin Rate: 3.24 Gamma Vega



Kuvassa ovat Nokian syyskuun optioiden implisiittiset volatilitetit 26.8.2002 osakkeen ollessa 14.67 euroa (lähde Bloomberg). Osto-optioiden volatilitetit ovat yhtenäisellä viivalla ja myyntioptioiden katkoviivalla. Kuvasta voidaan nähdä, että esimerkiksi noin 14 euron toteutushinnan optioiden volatilitetit ovat alhaisempia kuin noin 15 euron toteutushinnan optiot. Halvimpia ovat selvästi noin 17-18 euron toteutushintaiset osto-optiot.

Sijoittaja voi sen lisäksi, että hän arvioi, ovatko optiot hänen mielestään yleisesti yli-, tai alihinnoiteltuja, verrata hymyn perusteella markkinoiden odotuksia omaan näkemykseensä. Hymy kuvastaa tavallaan eri optioiden suhteellista arvoa. Jos jotkin optiot ovat hänen mielestään esim. Black-Scholes -mallin antamiin hintoihin verrattuna aliarvostettuja, jotkin strategiat saattavat näyttää houkuttelevammilta, kuin toiset.

Tämän tutkimuksen kannalta volatilitetihiymy on kiinnostava kahdestakin syystä. Ensimmäiseksi, hymyn jyrkkyydestä voidaan nähdä, poikkeako volatilitetti eri toteutushinnoilla at-the-money optioiden implisiittisestä volatilitetista. Toiseksi,

epäsymmetrinen hymy kertoo osto- ja myyntioptioiden erilaisesta arvostuksesta, mikä voidaan tulkita markkinoiden odotukseksi epäsymmetrisistä tuotoista. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on nimenomaan tutkia, onko vinon hymyn indikoima epäsymmetrinen osto- ja myyntioptioiden hinnoittelu ennakoanut todellisten toteutuneiden tuottoja.

Volatiliteettihymy ja cones eivät varsinaisesti kuulu Black-Scholes –malliin, jossa volatilitteetti oletetaan vakioksi. Mallia voidaan kehittää esimerkiksi stokastisella volatilitteettimallilla (esim. niin, että volatilitteetti on kohde-etuuden hinnan ja ajan funktio) tai höllentämällä mallin normaalisuusehtoja. Ilmiöiden esittely selventää kuitenkin tutkimuksen lähtökohtaa siitä, että todellisessa kaupankäynnissä implisiittinen volatilitteetti ei välttämättä ole niin stabiili, kuin mitä teoreettinen viitekehys olettaisi.

Vino hymy tarkoittaa, että osto- ja myyntioptiot on Black-Scholes –mallin olettamaan normaalijakaumaan verrattuna hinnoiteltu epäsymmetrisesti. Tästä voidaan käyttää nimitystä vinouspremio, eli riippuen hymyn vinoudesta, joko osto-, tai myyntioptioista joutuu maksamaan preemiota, koska vino hinnoittelu saattaa asettaa jommallekummalle korkeamman volatilitteetin, kuin normaalijakauman perusteella saadaan. Nämä vinouspremiot ovat erityisen mielenkiintoisia ennen voimakkaita kurssimuutoksia, kuten Bates ja Gemmill ovat tutkineet. Jos tutkimushorisontiksi otetaan pitempi aika, voidaan testata, onko hymy keskimäärin ennakoanut oikein markkinan liikkeitä. Voidaan siis tavallaan testata, ovatko optiomarkkinat tässä mielessä tehokkaat, vai palautuvatko vinoudet keskimäärin normaalijakauman mukaisiksi, jolloin vinoutta havaittaessa tulisi, jos ei asettaa ko. optioita, niin ainakin olla ostamatta niitä ja muodostaa positio synteettisesti.

3.3 FOX –indeksi

FOX –indeksi on markkina-arvopainotettu osakehintaindeksi. Se lasketaan jatkuvan kaupankäynnin aikana viimeisimpien kaupankäyntihintojen perusteella kahdestakymmenestäviidestä Helsingin Pörssissä noteeratusta osakkeesta. Jokaisella osakkeella on markkina-arvonsa mukainen painoarvo. Vuonna 1995 yksittäisen osakkeen maksimipaino rajoitettiin kahteen kymmeneen prosenttiin (ja huhtikuussa 2001 kymmeneen prosenttiin). Painorajoitus tekee FOX –indeksistä suomalaista osakemarkkinaa edustavan

hajautetun portfolioindeksin. Näin ollen FOX –indeksi on myös mielekäs vertailukohta suomalaisista osakemarkkinoista kiinnostuneille sijoittajille.

FOX –indeksiä sinänsä ei voi ostaa, tai myydä, sillä se on vain laskennallinen indeksi. Käytännössä indeksiä voi “ostaa” tai “myydä” indeksiin sidotuilla optioilla ja termiineillä. FOX –indeksin laskeminen aloitettiin 4. maaliskuuta 1988 ja sen aloitusarvoksi annettiin viisisataa pistettä. Kun uusi painorajoitettu FOX –indeksi tuli voimaan 1. marraskuuta 1995, indeksi oli yltänyt arvoon 677.74. Tuosta päivämäärästä taaksepäin FOX –indeksi on laskettu uudestaan aina vuoteen 1988 asti. Aloitusarvo tälle uudelle FOX –indeksille 4. maaliskuuta 1988 oli 569.04. Kun kaupankäynti FOX –optioilla alkoi 2. toukokuuta 1988, indeksi oli 626.69. Ensimmäinen huippu saavutettiin 17. huhtikuuta 1989, jolloin indeksi ylsi 794.03 pisteeseen. Tästä indeksi putosi 75 prosenttia kaikkien aikojen pohjaansa 198.31 pistettä seitsemänten päivään syyskuuta 1992 mennessä. Tämän jälkeen FOX –indeksi on noussut lähes 100 prosenttia 2 399.85 pisteeseen, joka oli closingarvo 7. lokakuuta 2000. Kaikkien aikojen korkein arvo 3 502.23 saavutettiin 6. maaliskuuta 2000.

3.4 FOX –indeksin piirteet

FOX –indeksi sisältää edeltäneen kalenteripuolivuotiskauden HEXin (silloiselta) markkamääräiseltä päivittäiseltä mediaanivaihdoltaan 25 vaihdetuinta osakelajia. Indeksirakenne määrätään kaksi kertaa vuodessa ja se tulee voimaan 1. päivään elokuuta ja 1. päivänä helmikuuta. Osakelajit julkistetaan viimeistään viisi pörssipäivää ennen uuden rakenteen voimaantuloa. Osakelajeja valittaessa ei oteta huomioon niitä osakelajeja, jotka eivät ole olleet HEX:in listalla koko tarkasteltavan kalenteripuolivuotiskauden ajan.

Osakkeiden lukumäärä osakelajia kohden on pääsääntöisesti laskijan viimeksi tekemän neljännesvuosittaisen tarkistuksen mukainen (1. päivä helmi-, touko-, elo- ja marraskuuta, ilmoitetaan 5 pörssipäivää ennen voimaantuloa). Minkään yhtiön FOX –indeksiin kuuluvien osakelajien yhteenlaskettu paino neljännesvuosittaisen tarkistuksen jälkeisessä lähtötilanteessa ei saa ylittää 20 prosenttia (paino indeksissä saattaa siis kolmen kuukauden kuluessa kasvaa yli 20 prosentin).

FOX –indeksin päiväärvon laskennassa käytetään osakelajien viimeisiä vähintään pörssierien suuruisten kauppajen kaupantekokursseja laskentakaudelta. Indeksien päiväärvon lasketaan seuraavan kaavan mukaan:

Päiväärvon I ajankohtana t

$$(13) \quad I_t = (BV_t / B_t) * I_{t-1}, \text{ jossa}$$

B = perusarvo eli osakkeiden lukumäärä osakelajia kohden kerrottuna kunkin osakelajin viimeksi tunnetulla laskentakauden kaupantekokurssilla

BV_t = K_a(t)A_a(t) eli kaikkien FOX –indeksiin kuuluvien osakelajien yhteenlaskettu perusarvo ajankohtana t

K_a(t) = osakelaji a:n kurssi ajankohtana t

A_a(t) = osakelaji a:n osakkeiden lukumäärä ajankohtana t

B_t = BV_{t-1} eli perusarvo ajankohtana t-1

t = päiväärvon laskennan ajankohta

t-1 = edellisten päiväärvon vaikuttaneiden kaupantekokurssien ajankohta

Indeksin laskentakaavaan tehdään korjauksia esimerkiksi osakeantien tai sulautumisten vuoksi, osakkeiden pilkkomisen, suunnatun annin- tai rahastoantien, uusmerkinnän, vaihtovelkakirjojen ja optiolainojen osakemerkintöjen yhteydessä. Suurin osa korjauksista ei vaikuta perusarvoon B. Ainoa merkittävä seikka, jonka osalta FOX-indeksien tuotto ei kuvasta kokonaisuudessaan markkinoilta tarkasteluaikana saatuja tuottoja on se, että osinkokorjausta ei tehdä. Koska indeksiin tehtävät muutokset on kuitenkin kirjattu etukäteen Helsingin Pörssin sääntöihin, markkinoiden oletetaan osaavan ennakoita mahdolliset muutokset hyvissä ajoin, eikä aineistoon tule näin mahdollisesti regressiotuloksia vääristäviä havaintoja.

3.5 FOX –indeksioptioiden piirteet

FOX –indeksiosto-optio antaa option ostajalle oikeuden, mutta ei velvollisuutta vastaanottaa FOX –indeksin ja option lunastushinnan välisen erotuksen option erääntymispäivänä. Jos

erotus on positiivinen, maksaa option asettaja (myyjä) sen ja mikäli erotus on negatiivinen, saa option asettaja option myyntihinnan (=preemion) edukseen ostajan jättäessä option toteuttamatta. Sama pätee kääntäen myyntioption. FOX –indeksioptiot ovat eurooppalaisia optioita. FOX-indeksioptioiden tuotemäärittely HEXin mukaan on liitteenä.

4. TUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Volatiliteetin ratkaiseminen iteratiivisesti

Alkuperäinen aineisto, joka sisältää kaikki FOX-indeksioptioilla tehdyt kaupat on saatu Helsingin Pörssistä. Tutkimuksessa käytetty aineisto, jossa hinnoista on ratkaistu implisiittiset volatiliteetit on ratkaistu valmiiksi, on saatu Jyväskylän yliopistosta. Koska implisiittistä volatiliteettia ei voida ratkaista Black-Scholes kaavasta suoraan jakaumafunktion takia, volatiliteetit on ratkaistu hinnoista iteratiivisesti¹.

4.2 Granger -kausaalisuustesti

Kahden muuttujan välistä kausaalisuutta voidaan tutkia muuttujien viivästetyillä arvoilla, eli vektoriautoregression avulla. Keskeinen kysymys vektoriautoregressioissa on, kuinka hyvin jokin muuttuja ennustaa toisia muuttujia. Kahden muuttujan välisen ennustussuhteen mittaamiseksi esitti Granger 1969 tässä käsiteltyä menetelmää. Menetelmän teki tunnetummaksi Sims. Oletetaan, että

$$(14) \quad Y_t = (x_t, y_t)'$$

on kaksiulotteinen stationaarinen kovarianssiprosessi. Muuttuja y ei Granger-aiheuta x :ää, jos kaikille $s > 0$,

$$(15) \quad \hat{E}(x_{t+s} | x_t, x_{t-1}, \dots, y_t, y_{t-1}, \dots) = \hat{E}(x_{t+s} | x_t, x_{t-1}, \dots)$$

Granger-kausaalisuudessa on kyse siitä, onko skalarista y apua toisen skalaarin x ennustamisessa. Jos ei, sanotaan, ettei y Granger-aiheuta x :ää.

Testi koostuu kahdesta regressiomallista ja F-testistä. Ensimmäisessä osassa testataan muuttujan autoregressiota ja toisessa selittäväksi muuttujaksi lisätään toisen muuttujan viivästetyt arvot. Viimeisessä vaiheessa tehdään F-testi. Virhetermin oletetaan olevan

¹ Implisiittiset volatiliteetit on ratkaissut professori Juhani Raatikainen Broyden-Fletcher-Goldfaub-Shanno algoritmiin perustuvalla menetelmällä. Aineisto on osinkokorjattu.

normaalisti jakautunut vakiovariانسilla ja odotusarvolla nolla. F-testin tuloksista katsotaan, ovatko ne tilastollisesti merkitseviä. Jos ovat, voidaan muuttujan x todeta Granger-aiheuttavan y :n ja jos taas ei, voidaan todeta, x on aikasarjassa y :n suhteen eksogeeninen. Saman asian voi ilmaista myös siten, että x ei ole lineaarisesti informatiivinen tulevasta y :stä. Grangerin syy tähän määritelmään oli se, että jos tapahtuma Y on syynä tapahtumaan X , Y :n pitäisi tällöin edeltää X :ää.

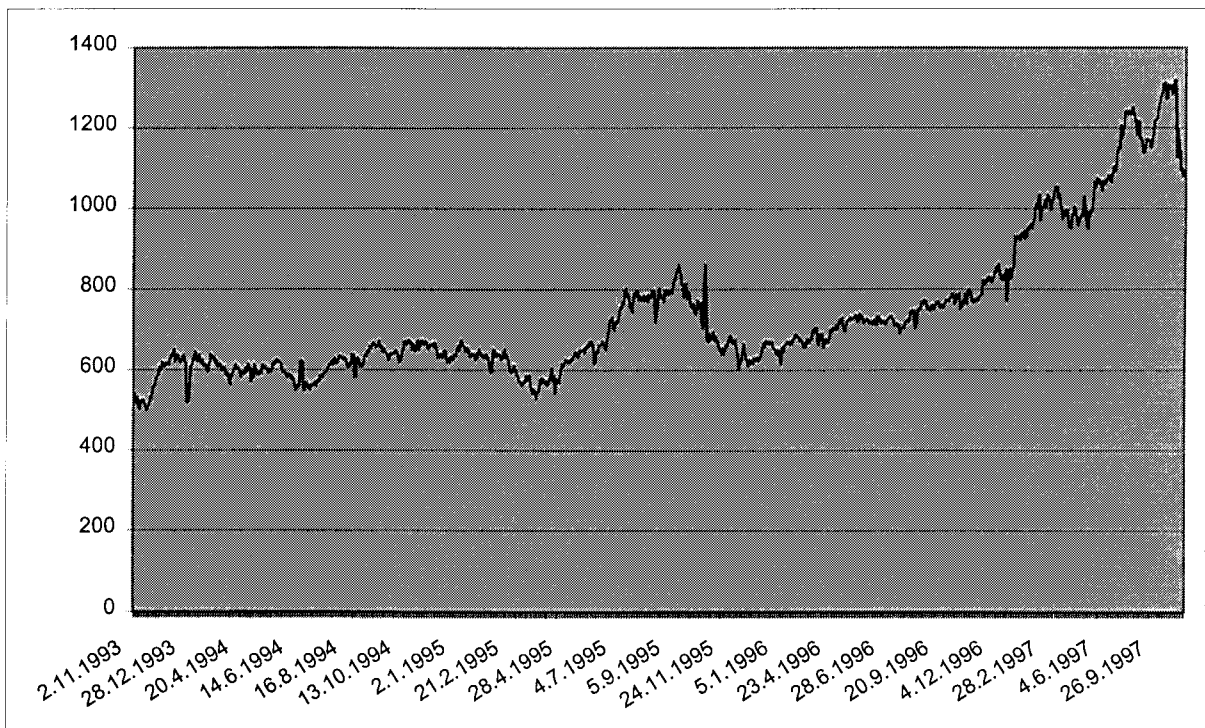
5. AINEISTO JA TESTIKOKONAISUUDEN KUVAUS

Seuraavissa kappaleissa tutkimuksen empiriaosa etenee testikokonaisuuden kuvauksen mukaisesti:

1. Hypoteesin esittäminen
2. Aineiston esittely ja graafinen tarkastelu
3. Ekonometrisen mallin muodostaminen
4. Tulosten merkitsevyyden tarkastaminen
5. Diagnostinen tarkastelu
6. Johtopäätökset

Nollahypoteesiksi valitaan tehokkaiden markkinoiden hypoteesin mukaisesti se, että vinouspreemion avulla ei voida tehokkaasti ennustaa FOX-indeksin tuottoja. Aineisto koostuu kahdesta osasta: FOX-indeksin päivittäisistä arvoista 2.11.1993-19.12.1997 ja 5% out-of-the-money osto- ja myyntioptioiden implisiittistä volatiliteteista vastaavalta ajalta.

KUVIO 8 FOX-indeksin kehitys 2.11.1993-19.12.1997



FOX –indeksin arvo aineiston alussa 2.11.1993 oli 534,1 pistettä. Aineiston lopussa 19.12.1997 arvo oli 1081,30. Vähän reilun neljän vuoden kuluessa indeksi nousi näin ollen 102,45%. Yleisesti voidaan todeta, että aineiston alussa Suomi oli nousemassa 1990-luvun alun lamasta ja indeksin nousussa heijastuu myös Nokian osakkeen voimakas nousu näinä vuosina.

Aineisto on osinkokorjattu, joten esim. Harvey ja Whaley:iin verrattuna ei esiinny mallin hinnoitteluvirheitä, ei systeemisiä eikä epäsymmetrisiä. Ei myöskään aikainen toteutus - ongelmaa (vrt Harvey ja Whaley). Myös Puttonen (1993) päättelee, ettei osingoilla olisi vaikutusta hinnoitteluun.

Implisiittinä volatiliteetteina ovat samalta ajalta 4% out-of-the-money osto- ja myyntioptioiden implisiittiset volatiliteetit. Volatiliteetit ovat kyseisenä päivänä käytyjen kauppojen optiohinnoista laskettujen volatiliteettien keskiarvoja. Aineistosta on poistettu päivät, joilta puuttuu havainto osto- tai myyntioptioiden implisiittisistä volatiliteeteista tai molemmista. Kaupankäyntipäiviä jaksolla oli 2111 kappaletta ja havainnot molemmista volatiliteeteista oli näistä 935:ltä päivältä.

5.1 Testikokonaisuuden kuvaus

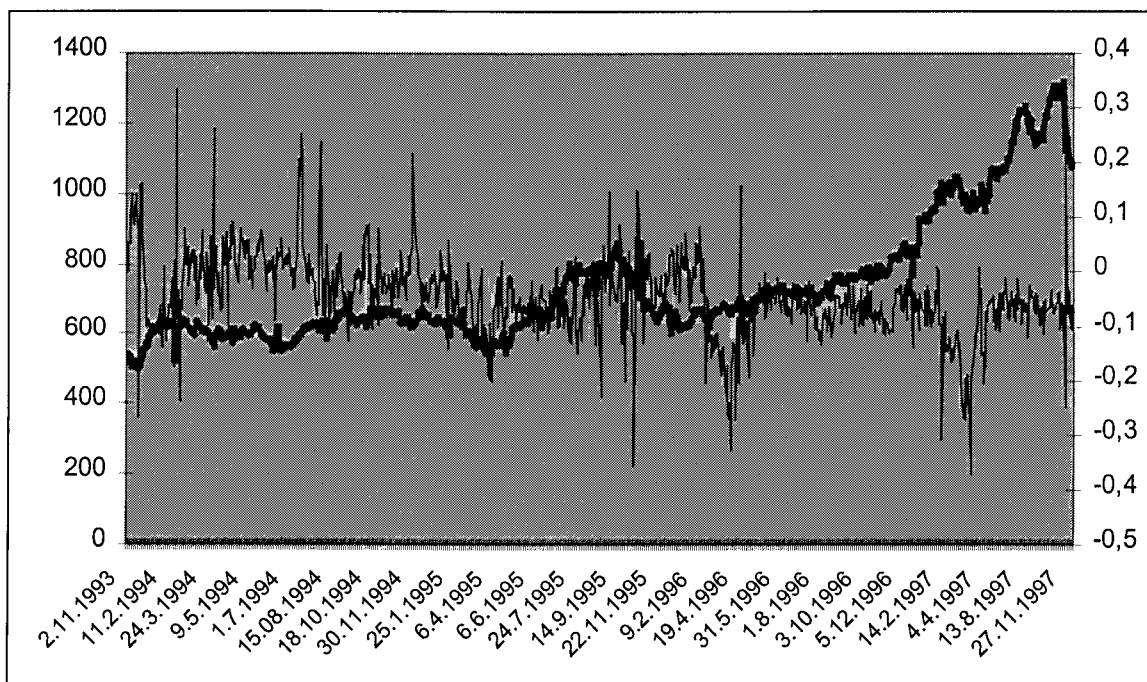
Yliarvostukset on laskettu yksinkertaisesti vähentämällä 4% o-t-m osto-option implisiittisestä volatiliteetista myyntioption implisiittinen volatiliteetti. Tällä tavalla laskettuna teoreettisen lähtökohdan mukaisesti vinouspreemion tulisi olla nolla. Aineistosta voidaan kuitenkin havaita, että vinouspremio on useasti nolosta poikkeava, arvon vaihdellessa aineistossa välillä +33,42 - -36,92. Osto-optioiden yliarvostus oli suurimmillaan vuoden lopussa 1993 ja indeksi nousikin siitä seuraavan kuukauden aikana noin 20%. Sen sijaan myyntioptioiden yliarvostuksen ollessa suurimmillaan huhtikuussa 1997 indeksi oli juuri aloittamassa nousuaan 1000:sta pisteestä kohti aineiston huippuarvoja 1300:ssa pisteessä.

6. HYPOTEESIEN TESTAAMINEN

6.1 Put/call –yliarvostukset vs. FOX –indeksi

FOX-indeksi nousi tutkimusajankohtana voimakkaasti ja keskimääräiseksi päivätuotoksi muodostui 0,09%, mikä vastaa lähes 24% vuosituottoa. Jos optioiden hinnat ennakoivat tehokkaasti indeksin liikkeitä, niin voisi olettaa vinouspreemion olevan myös keskimäärin lievästi positiivinen, mutta vinouspreemioiden keskiarvo oli $-4,63\%$. Alla olevasta kuvasta voidaan huomata, ettei päivittäisten vinouspreemioiden suhteesta indeksin liikkeisiin voida silmämääräisesti päätellä juuri mitään.

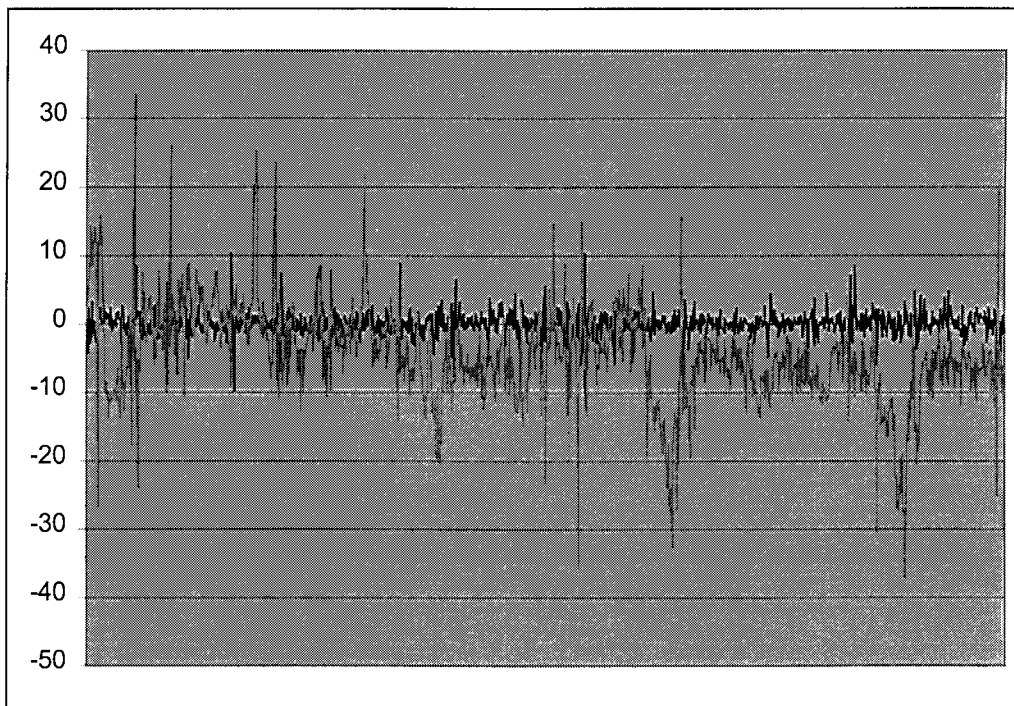
KUVIO 9 FOX-indeksi ja vinouspremio



Jos tarkastellaan FOX-indeksin päivittäisiä prosentuaalisia tuottoja ja vinouspremioita, voidaan todeta, että silmämääräisesti on niiden yhteyttä vaikea nähdä korkean frekvenssin takia. Päivittäisten tuottojen varianssi näyttää pienemmältä kuin vinouspreemion.

Vinouspremio näyttää saaneen myös selkeästi enemmän suurempia negatiivisia arvoja.

KUVIO 10 Prosentuaaliset tuotot ja vinouspremio



6.2 Regressioyhtälöiden muodostaminen

Testataan regressiomallia, jossa FOX -indeksin (y_t) arvoja selitetään omilla menneillä arvoillaan:

$$(16) \quad \Delta y_t = \delta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j \Delta y_{t-j} + \mu_t \quad t = 1, \dots, T, \text{ jossa viiveiden lkm on } m$$

Toisessa osassa selittäväksi muuttujaksi lisätään vinouspreemion (x_t) viivästetyt arvot:

$$(17) \quad \Delta y_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta x_{t-i} + \sum_{j=1}^m \beta_j \Delta y_{t-j} + e_t \quad t = 1, \dots, T,$$

Viimeisessä vaiheessa tehdään F-testi. Jos käytettävissä olevien havaintojen lukumäärä on T ja jälkimmäisen mallin estimoitavien kerrointen lukumäärä on N , niin testisuure noudattaa F -jakaumaa vapausasteilla K ja $T-N$, jos H_0 on voimassa. Laskettua F -lukua verrataan

taulukoihin, joihin on laskettu sattuman vaikutuksesta eri todennäköisyyksillä syntyviä F-lukuja. Jos laskettu F on näitä lukuja suurempi, tulos on tilastollisesti merkitsevä. Kaavassa

$$(18) \quad F = (RSS_1 - RSS_2 / K) / (RSS_2 / (T-N))$$

RSS_1 on ensimmäisen (ns. autoregression) jäännösneliösumma

RSS_2 on toisen regression jäännösneliösumma

T on havaintojen lukumäärä

N on estimoitavien kerrointen lukumäärä

K on vapausaste

6.3 Regressioanalyysin tulokset ja tilastollisen merkitsevyyden tarkistaminen

Regressiot suoritettiin seitsemälle eri viiveelle, 1:n, 2:n, 3:n, 4:n, 5:n, 20:n ja 60:n päivän viiveille. Kahdenkymmenen päivän viive vastaa kalenterikuukautta ja kuudenkymmenen päivän kolmea kuukautta. Selitettävänä muuttujana oli FOX-indeksin päivittäiset prosentuaaliset tuotot ja selittävänä muuttujana osto- ja myyntioptioiden implisiittisten volatiliteettien edellä mainituilla viiveillä.

Ensimmäiseksi regressioitiin FOX-indeksin tuotot omien viivästettyjen arvojensa kanssa. Toisessa osassa otettiin mukaan vinouspremio viivästettyine arvoineen. Alla olevassa taulukossa näkyvät molempien regressioiden jäännösneliösummat eri viiveillä. Voidaan havaita, että autoregression jäännösneliösummat ovat kaikilla viiveillä toista regressiota suuremmat.

TAULUKKO 1 Regressioiden jäännöseliösummat

<i>Viiveiden määrä regressiossa</i>	<i>n</i>	<i>Regressio 1 RSS</i>	<i>Regressio 2 RSS</i>
1	994	4 072,6895	4 065,1729
2	993	4 017,9534	4 004,2001
3	992	3 916,2626	3 905,8327
4	991	3 913,0375	3 900,1317
5	990	3 886,8115	3 864,6499
20	975	3 801,8638	3 738,6930
60	935	3 200,7410	2 996,8637

Näiden jäännöseliösummien avulla on tehty aikaisemmin kuvattu F-testi ja verrattu saatuja arvoja eri merkitsevyytasoilla kriittisiin arvoihin.

TAULUKKO 2 Granger-kausalisuusmallin tulokset

<i>Viiveiden määrä regressiossa</i>	<i>n</i>	<i>F-arvo</i>	<i>Pr 0.25</i>	<i>Pr 0.1</i>	<i>Pr 0.05 Kriittinen arvo</i>	<i>Pr 0.01</i>
1	994	0,915267	1,043729	1,084727	1,110037	1,159140
2	993	1,130022	1,043751	1,084771	1,110095	1,159227
3	992	0,656904	1,043774	1,084816	1,110154	1,159313
4	991	0,649239	1,043796	1,084861	1,110212	1,159400
5	990	0,934714	1,043819	1,084905	1,110271	1,159487
20	975	0,750687	1,044162	1,085583	1,111162	1,160803
60	935	0,906698	1,045118	1,087473	1,113647	1,164478

F-testisuureen arvo ei johdonmukaisesti kasvanut tai laskenut lisättäessä viiveitä regressioon. F-testin arvoista nähdään, että se ylitti kriittisistä arvoista viiden prosentin tason vain kaksi päivää viivästetyillä arvoilla. Näin ollen se riittää kausalisuhteen toteamiseksi 5%:n merkitsevyytastolla, joka on tilastollisesti merkitsevä, jotta nollahypoteesi voitaisiin hylätä. Nollahypoteesia ei kuitenkaan voida hylätä millään muulla viiveen pituudella, eivätkä saadut F-arvot ole lähellä edes 25%:n merkitsevyytastoa muilla viiveillä.

6.4 Diagnostiikka

Rajoitettu regressio osoitti kaikilla viiveillä selvää autokorrelaatiota. FOX-indeksin muutosten osalta se ei ollut yllättävää, sillä jo sen kuvaajasta voidaan nähdä, että suuria tasosiirtymiä ei ole ja että kurssit pyrkivät liikkumaan samaan suuntaan peräkkäisinä päivinä, esimerkiksi

vuosina 1996-1997 indeksi nousi 600:sta pisteestä 1200:aan laskematta kertaakaan tällä välillä yli kymmentä prosenttia. Syynä tähän voi olla se, että kun sijoittajat mukauttavat portfolioitaan jonkin uuden tiedon pohjalta, he eivät tee sitä vain yhden päivän aikana.

TAULUKKO 3 Diagnostiset tulokset

	AR	ARCH	Normaal.	Heterosk.	RESET
Rajoit. regr.					
Viive 1pv	6,737**	34,266**	931,52**	17,036**	2,1037
Viive 2pv	6,0436**	26,229**	897,45**	11,544**	5,2327*
Viive 3pv	1,5752	23,029**	854,83**	9,0436**	3,3957
Viive 4pv	3,4157*	22,929**	853,12**	7,2918**	3,4994
Viive 5pv	0,0933	21,435**	841,35**	6,0343**	1,0142
Viive 20pv	0,2508	39,939**	703,82**	2,5978**	10,637**
Viive 60pv	0,89362	29,777**	602,06**	1,0034	7,2057**
Rajoittam.regr.					
Viive 1pv	4,5742*	33,634**	945,38**	8,4504**	5,8846*
Viive 2pv	4,0329*	25,618**	859,71**	7,5237**	0,10749
Viive 3pv	2,1484	23,354**	821,70**	6,5618**	1,5821
Viive 4pv	1,3627	24,283**	827,41**	5,2912**	2,0401
Viive 5pv	0,8604	24,308**	822,35**	4,5725**	0,64922
Viive 20pv	1,3164	17,538**	732,67**	1,6533**	0,014508
Viive 60pv	0,48172	15,236**	495,46**	0,63766	6,5838*

PC-Given avulla saadaan regressiosta mm. seuraavanlaisesti määritellyt testit:

- AR (AutoRegression): Laskee Lagrangen kerroin –testin AR(1-5) autokorrelaatiolle
- ARCH (AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity): Tarkistaa, onko jäännöksillä ARCH(1-4) –rakennetta, perustuu Englen testiin
- Jäännösten normaalisuudesta, perustuu Doornikin ja Hansenin formuloimaan muotoon vinous- ja huipukkuustesteistä
- Heteroskedastisuus: Testaa jäännösten varianssien vakioisuuden, perustuu Whiten testiin
- RESET (Regression Specification Test): Testaa mallin spesifikaation oikeellisuuden, perustuu Ramseyen testiin

Taulukossa yksi asteriski (*) tarkoittaa tilastollisesti merkitsevää tulosta 5%:n tasolla ja kaksi asteriskia (**) tilastollisesti merkitsevää tulosta 1%:n tasolla. Molempien regressioiden osalta aineisto osoitti selvää autokorrelaatiota, heteroskedastisuutta ja jäännösten epänormaalisuutta, muttei mallin väärin spesifiointia kuin muutamilla viiveillä. Lagrangen kerroin –testi ylitti merkitsevän rajan vain yhden ja kahden päivän viiveiden osalta. ARCH –testi ylitti

merkitsevän rajan kaikilla viiveillä selvästi. Jäännökset osoittivat epänormaalia jakautumista kaikilla viiveillä. Heteroskedastisuus –testin tulokset ylittivät merkitsevän rajan selvästi kaikilla viiveillä. RESET-testi ei kuitenkaan indikoinut mallin väärin spesifiointia kuin muutamilla viiveistä. F-testin tuloksista ainoan merkitsevän, eli rajoittamattoman regression kahden päivän viiveen osalta tulos oli samanlainen, diagnostisia ongelmia näkyy selvästi, muttei RESET-testi osoita mallin väärin spesifiointia.

Diagnostisesti autokorrelaation seurauksena aiheutuu se, että PNS-estimaattorit ovat kyllä lineaarisia ja harhattomia, mutta klassisen mallin oletus jäännösten varianssin vakioisuudesta ei täyty. Heteroskedastisuuden tavoin tämä haittaa lähinnä validien testien ja luottamusvälien valinnassa, mikä saattaa johtaa väärin johtopäätöksiin.

Heteroskedastisuuden ilmetessä PNS-estimaattorit ovat edelleen lineaarisia ja harhattomia, mutta niillä ei ole enää minivarianssiominaisuutta (BLUE-ominaisuus ei täyty). Estimoidut varianssit ovat harhaisia, joten hypoteesien testaus ei tuota oikeita tuloksia.

Klassisen mallin oletusten mukaan virhetermin tulee olla normaalisti jakautunut. Normaalisuudesta osoitti kuitenkin jäännösten olevan epänormaalisti jakautuneita.

RESET-testi ei kuitenkaan osoittanut, että malli olisi väärin spesifioitu. Ottaen huomioon, miten tutkielman malli on konstruoitu, virhettä ei olisikaan mahdollista löytää tarpeettomista tai puuttuvista muuttujista. Tutkielmassa käytetään nimenomaan Granger-kausalisuusmallia modifioimatta sen funktiomuotoa. Jatkotutkimuksissa vastaavan tyyppistä aineistoa voisi tutkia mallia täydentämällä tai muilla malleilla.

Tutkielman tulokset olivat merkitseviä 5%:n tasolla vain yhdellä tutkituista viiveistä ja sekin osoitti huomattavia diagnostisia poikkeavuuksia. Käytetty F-testi on konstruoitu olettaen, ettei aineistossa ole heteroskedastisuutta, joten täydellistä varmuutta testisuureen kriittisistä arvoista ei ole, vaan jatkotutkimusta tarvitaan. Tutkielmassa valitun mallin mukaiset tulokset ja diagnostiikka johtavat kuitenkin siihen, että nollassa hypoteesi hyväksytään. Toisin sanoen ei voida todeta, että vinouspremioiden avulla voitaisiin luotettavasti tätä mallia käyttäen ennustaa FOX-indeksin liikkeitä.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkielman perusteella näyttäisi siltä, ettei vinouspreemio yksiselitteisesti ennusta FOX-indeksin liikkeitä ja että lisätutkimusta tarvitaan. Lisätutkimuksen osalta ensimmäinen vaihe olisi muuttaa käytettyä mallia varianssioletusten suhteen ja pyrkiä löytämään parhaat testit tulosten luotettavuuden varmistamiseksi. Käytännön implikaatioiden kannalta myös pidempi ja kattavampi aineisto olisi tarpeen.

Tutkimusajankohtana markkinat nousivat huomattavasti ja olisi voinut olettaa, että osto-optiot olisivat keskimäärin olleet myyntioptioita kalliimpia, tai teoreettisen mallin mukaan vähintäänkin samanhintaisia. Gemmillin tutkimuksen mukaan kuitenkin syynä voi olla se, että kun markkinat nousevat ja osto-optioita tehdään enemmän kuin myyntioptioita, vinouden pitäisi mennä likviditeettiefektin takia oikealle. Jos vinous meneekin vasemmalle, näyttää siltä, että markkinatakaajat ovat luonteeltaan kontraajia: mitä enemmän markkinat nousevat, sitä enemmän markkinatakaajat pelkäävät laskua ja vaativat korkeampaa hintaa myyntioptioista.

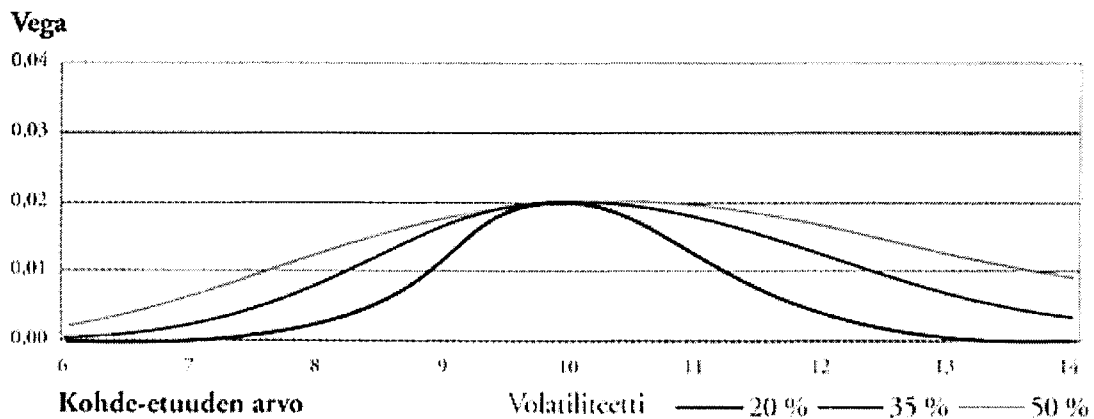
Myyntioptioiden korkeamman hinnan vuoksi voidaan myös kysyä voiko tulos johtua mallivirheestä vai voisiko eron arbitroida? Gemmill totesi omassa tutkimuksessaan, että transaktiokustannukset mukaan lukien ei saavuteta epänormaaleja tuottoja. Mallivirheen osalta voisi myös kokeilla volatilitteettioletusten muuttamista. Käytännössä markkinatakaajat pitävät kuitenkin myyntioptioiden suhteellisen kalleuden yhtenä syynä sitä, että markkinoilla on aina enemmän luonnollisia osto-optioiden myyjiä ja myyntioptioiden ostajia (kuin päinvastoin). Portfoliosijoittajat suojaavat positioitaan ostamalla myyntioptioita tai pyrkivät saavuttamaan lisätuottoja myymällä osto-optioita, jos kurssit pysyvät paikallaan.

Black-Scholes mallin oletukset tuottojen normaalijakautumisesta voidaan myös kyseenalaistaa. Jos tuotot osoittavat selvää vinoutta ja huipukkuutta, mallia voidaan korjata esim. Jarrow-Rudd –mallin avulla, jossa volatilitteettihymyn indikoimat vinous- ja huipukkuusparametrit huomioidaan. Yksinkertaistetusti Jarrow-Rudd –malli höllentää B-S –mallin jakaumaoletuksia vaatimatta tarkkaa tietoa todellisesta jakaumasta. Corrado ja Su (1997) testasivat tätä S&P 500 –indeksiopioilla ja tulokset osoittivat Jarrow-Rudd –mallin

parantavan huomattavasti Black-Scholes –mallin antamien optiohintojen tarkkuutta ja yhtenäisyyttä ja käytännössä poisti koko volatilitiiteettihymyn olemassaolon.

Jatkotutkimuksen aiheiksi sopisivat tarkemman tarkastelun jälkeen luonnollisesti erilaiset trading strategiat perustuen tuloksille: voidaanko vinouspreemion ansiosta saada ylisuuria tuottoja? Sijoittajan kannalta se olisi mahdollista vega-tradingin avulla, jonka ideana on muodostaa positio, joka on herkkä ainoastaan volatilitiiteetin muutoksille. Delta neutraalin Vegaposition valinnassa tulisi tutkia optimaalisimmat tilanteet ottaen huomioon, että vega suurempi pidempi-, kuin lyhytaikaisille optioille, vega on suurempi at-the-money toteutushinnoille (Kuvio 12) kuin out-of-the-money tai in-the-money –optioille. Huomattava on kuitenkin, että prosentuaalinen arvon muutos voi olla samalla volatilitiiteetin muutoksella out-of-the-money optioille suurempi.

KUVIO 11 Vega eri volatilitiiteeteilla (lähde HEX)



Kuviossa on esimerkkinä osto- ja myyntioption vega eri volatilitiiteeteilla. Kuvioista nähdään, että korkeamman volatilitiiteetin optiolla on korkeampi vega ja että vega on huipussaan at-the-money tasolla (kuvassa 10 yksikköä).

Sama tutkimus voitaisiin toistaa myös muille kohde-etuuksille, kuten nykyisille EuroStoxx –optioille hyvän likviditeetin vuoksi ja jos yliarvostuksia löytyy, voisi tutkia kannattaisko treidata volatilitiiteettiä, tai pelkästään sen mahdollista vinoutta

Markkinatakaajan kannalta tuloksissa tulisi myös ottaa huomioon, että jos implisiittinen volatilitteetti ennakoi kohde-etuutta hyvin ja jakauma oli samanlainen kuin historiallinen jakauma (ja niissä oli selvää vinoutta ja huipukkuutta), voisi kokeille muuttaa Black-Scholes mallia Jarrow-Rudd -mallilla. Toinen vaihtoehto on rakentaa kokonaan stokastinen malli volatilitteetille.

Tulokset olivat samansuuntaisia Batesin (1991) kanssa, jossa vinouspreemio ei osoittanut hyvää ennustekykä. Gemmillin (1996) tutkimuksessa myyntioptiot olivat myös keskimäärin osto-optioita kalliimpia, mutta implisiittisen volatilitteetin vino hymy ei ennustanut hyvin markkinan liikkeitä. Samoin Kahra ja Kanto (1991) totesivat suomalaisessa aineistossa näkyvän myyntioptioiden kalleuden suhteessa osto-optioihin. Tällä tutkimuksella ei FOX-indeksin osalta kuitenkaan diagnostiikan vuoksi saada täyttä varmuutta vinouspreemion ennustuskyvystä, vaan jatkotutkimus on tarpeen.

Osto- ja myyntioptioiden välinen hintaero ei Granger-kausalisuusmallin avulla tehokkaasti ennustanut FOX-indeksin liikkeitä kuin yhdellä valituista viiveistä. Aineisto osoitti kuitenkin tällä (ja kaikilla muillakin) viiveellä diagnostisia ongelmia, jonka takia nollahypoteesi hyväksyttiin. Aineiston ongelmana olivat autokorrelaatio, heteroskedastisuus ja jäännösten epänormaalisuus.

Tästä huolimatta optioiden hintaerot saattoivat olla huomattavia, mikä indikoisi sitä, että jatkotutkimuksen avulla tulisi selvittää onko epänormaaleja tuottoja saavutettavissa treidaamalla tätä hintaeroa.

LÄHDELUETTELO

- Bates, D.S. 1991. The Crash of '87: Was it expected? The Evidence from Options Markets. *The Journal of Finance*, vol. 46 No. 3.
- Black, F. & Scholes, M. 1973. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81:3, s. 637-654.
- Canina, L. & Figlewski, S. 1993. The informational content of implied volatility. *Review of Financial Studies* No 6 s. 659-681.
- Corrado, C. J. & Su, T. 1997. Implied volatility skews and stock return skewness and kurtosis implied by stock option prices. *The European Journal of Finance* 3, s. 73-85.
- Day, T. & Lewis, M. 1992. Stock market volatility and the information content of stock index options. *Journal of Econometrics* 52, No. 1/2, s. 267-289.
- Fleming, J. 1998. The quality of market volatility forecasts implied by S&P 100 index option prices. *Journal of Empirical Finance* 5 (4).
- FOX Index Guide. 2001. Helsingin Pörssi.
- Gemmill, G. 1996. Did Option Traders Anticipate the Crash? Evidence from Volatility Smile in the U.K. with U.S. Comparisons. *The Journal of Futures Markets* 16 (8).
- Granger, C.W.J. 1969. Investigating causal relationships by econometric models and cross-spectral methods. *ECONOMETRICA* 37, s. 424-38.
- Hamilton, J.D. 1994. *Time Series Analysis*. Princeton University Press. Princeton, NJ, USA.
- Harvey, C. & Whaley, R. 1992. Dividends and S&P 100 Index Option Valuation. *Journal of Futures Markets* 12 (2).
- Haugen, R.A. 1986. *Modern Investment Theory*. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, USA.
- Jarrow, R. 1998. *Volatility: New estimation techniques for pricing derivatives*. Risk Books. Lontoo, Iso-Britannia.
- Johdannaispörssin ja selvitysyhtiön säännöt, sopimukset ja ohjeet. Helsingin Pörssi 1999.
- Jorion, P. 2001. *Value At Risk*. McGraw-Hill. New York, NY, USA.
- Kahra, H. & Kanto, A. J. 1991. The behavior of the implicit volatility in the premiums of FOX options. *Tampere Economic Working Papers* 5/1991.
- Martikainen, T. & Puttonen, V. 1994. Option volume and market timing effectiveness. *HKKK Working Papers* 73.

Natenberg, S. 1994. Option volatility and pricing: Advanced Trading Strategies and Techniques. McGraw- Hill. New York, NY, USA.

Puttonen, V. 1993. The efficiency of the Finnish stock index derivatives markets. Universitas Wasaensis. Vaasa.

Shiller, R. 1987. Investor behavior in the October 1987 stock market crash: Survey evidence. National Bureau of Economic Research Working Paper Series, No. 2446.

Shiller, R. 1988. Investor behavior in the October 1987 stock market crash: The case of Japan. National Bureau of Economic Research Working Paper Series, No. 2684.

Shiller, R. 1988. Portfolio Insurance and Other Investor Fashions as Factors in the 1987 Stock Market Crash. National Bureau of Economics Research (NBER) Macroeconomics Annual 1988, s. 287-297.

LIITTEET

FOX-indeksioptioiden piirteet

Kaupankäyntipaikka	HEX
Optiosopimuksen arvo	10 markkaa per 1 piste FOX –indeksissä
Settlement	Käteisellä viimeisen settlement hinnan perusteella, maksetaan viimeisen kaupankäyntipäivän jälkeisenä päivänä
Hinnananto	Pisteissä yhden desimaalin kanssa
Minimihintaliike	0.1 pistettä
Viimeinen kaupankäyntipäivä	Erääntymiskauden neljäs torstai, jos se on kaupankäyntipäivä, muutoin edeltävä päivä
Päivittäinen settlement hinta	Viimeinen kaupankäyntihinta
Lopullinen settlement hinta	Lasketaan erääntymispäivänä jatkuvan kaupankäynnin aikana FOX –indeksiin kuuluvien osakkeiden pörssierillä tehtyjen kauppojen volyymipainotetuilla keskiarvoilla (ns. V-WAP, volume-weighted average price)
Toteusperiodi	Eurooppalainen. Optio toteutetaan automaattisesti erääntymispäivänä vahvistamalla toimituspäivänä tapahtuva nettoarvon tilitys
Erääntymiskaudet	Yleensä kahden lähimmän päättymiskauden sarjat joukosta: Osto-optiot: helmikuu (B), huhtikuu (D), kesäkuu (F), elokuu (H), lokakuu (J) ja joulukuu (L) Myyntioptiot: helmikuu (N), huhtikuu (P), kesäkuu (R), elokuu (T), lokakuu (V) ja joulukuu (Y)
Toteushinnat	Toteushinnat ovat 10-30 pisteen välein. Joka sopimuskaudelle on olemassa vähintään viisi eri toteutushintaa