

Talouden ja yritysjurid.laitos  
Kauppatieteellinen tiedekunta

Kandidaatintutkielma

# **Implisiittisen volatiliteetin vaikutus warranttien hinnoitteluun**

**Jouni Jauhiainen  
0314614  
25.11.2008**

1. JOHDANTO.....	3
1.1. Tutkimuksen taustaa.....	4
1.2. Tutkimusongelma.....	5
2. WARRANTTIEN PERUSKÄSITTEET JA HINNOITTELU .....	6
2.1. Warrantin ominaisuudet .....	6
2.2. Teoreettinen arvonmääritys.....	7
2.3. Black & Scholes -mallin perusoletukset .....	8
2.4. Black- Scholes- hinnoittelumalli .....	9
2.5. Vaihtoehtoiset hinnoittelumallit.....	10
3. VOLATILITEETIN ERI MUODOT .....	12
3.1. Volatiliteetti käsitteenä.....	12
3.2. Implisiittinen volatiliteetti markkinoilla.....	12
3.3. Perinteiset volatiliteettiestimaattorit.....	13
3.4. Volatiliteettihymy.....	14
3.5. Volatiliteetin termiinirakenne .....	15
4. TUTKIMUSAINEISTON ESITTELY .....	17
4.1. Nokia Oyj:n osake ja warrantit.....	17
4.2. Warranttien liikkeellelaskijat .....	17
4.3. Volatiliteetin laskemisessa käytetyt perustiedot .....	18
5. EMPIIRINEN TUTKIMUS .....	19
5.1. Tutkimusaineiston esittely.....	19
5.1.1. Warrantit.....	19
5.1.2. Nokian osakekurssi .....	20
5.2. Tutkimusmenetelmä.....	21
5.3. Tutkimustulokset.....	21
5.3.1. Implisiittinen volatiliteetti suhteessa toteutuneeseen volatiliteettiin.....	23
5.3.2. Implisiittisen volatiliteetin suhde toteutushintaan.....	25
6. JOHTOPÄÄTÖKSET .....	28
LÄHDELUETTELO .....	30
LIITE 1. TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT WARRANTIT .....	32
LIITE 2. TUTKIMUSAINEISTOA .....	33

## 1. JOHDANTO

Onko se nollasummapeliä, uhkapeliä vai laskelmoitua sijoittamista? Warrantti sijoittamista kutsutaan monella nimellä. Sijoittajan eduksi on tuntee kyseisen tuotteen ominaisuudet ennen sijoituspäätöksen tekemistä. Warrantit antavat sijoittajalle vaihtoehdon osakesijoitukselle, mikäli hän haluaa joko spekuloida kohde-etuuden tulevilla liikkeillä tai suojata jo olemassa olevia sijoituksiaan mahdollisilta tulevilta epäsuotuisilta kurssimuutoksilta. Tällä hetkellä markkinoilla vallitsee erittäin suuri epävarmuus ja luottamuksen puute. Amerikasta lähtöisin olevasta pankkikriisistä on muodostunut jo maailmanlaajuinen luottamuspula. Tämä antaa markkinakehityksen spekulatiolle hyvät lähtökohdat ja toisaalta myös sijoitusten suojakselle.

Warranttien avulla sijoittaja voi saavuttaa tuottoja markkinatilanteesta riippumatta ja säädellä kokonaissijoituksensa riskiprofiilia. Saadakseen osakesalkulle suojaa tai vipuvartta ei välittäjän kanssa tarvitse tehdä erillisiä warranttisopimuksia (Meklari, 2002). Warranteilla piensijoittajillakin on mahdollisuus saada johdannaismarkkinoiden edut ilman johdannaiskaupankäynnin hankaluuksia ja kaupat hoituvat osakekauppojen tapaan kätevästi. Osaksi tästä johtuen warranttikaupankäynti on myös merkittävästi perinteistä johdannaiskauppaa edullisempaa.

Tässä tutkimuksessa tutkitaan kuinka warranttien liikkeeseenlaskijat määrittelevät implisiittistä volatiliteettia eli epävarmuutta tulevasta.<sup>1</sup> Implisiittinen volatiliteetti määritellään tutkimusaineistolle laskemalla se Black & Scholes -mallista takaperin warranttien markkinahintaa hyväksikäyttäen. Mallissa käytettävät muut tekijät ovat markkinoilta luettavissa ja implisiittinen volatiliteetti on ainoa tekijä, jota ei voida nähdä mistään suoraan. Se on arvio, joka perustuu historiallisiin volatiliteetteihin ja tulevaisuuden odotuksiin. Implisiittistä volatiliteettia verrataan warranttien juoksuaikana todellisuudessa toteutuneisiin volatiliteetteihin. Lopuksi tarkastelemme, onko warranttien toteutushinnoilla ja implisiittisellä volatiliteetillä yhteyttä.

Tutkimus koostuu kuudesta itsenäisestä osiosta alkaen johdannosta. Luku 2 koostuu warranttien peruskäsitteistä ja hinnoittelumallista. Luvussa 3 perehdytään

---

<sup>1</sup> Implisiittistä volatiliteettia kutsutaan myös nimellä laskennallinen volatiliteetti

volatiliteettiin ja luvussa 4 esitellään käytetty tutkimusaineisto. Luvussa 5 suoritetaan empiirinen tutkimus ja päätösluvussa 6 tehdään johtopäätökset.

### 1.1. Tutkimuksen taustaa

Warrantit ovat vielä suhteellisen uusi sijoitusinstrumentti meillä Suomessa. Alfred Berg Finland toi ensimmäisenä liikkeellelaskijana warrantinsa Helsingin pörssiin piensijoittajienkin ulottuville joulukuussa 2000. Warrantit ovat siis johdannaisinstrumentteja joiden arvo määräytyy jonkun toisen instrumentin, warrantin kohde-etuuden, esimerkiksi osakkeen, indeksin yms. mukaan. Johdannaisinstrumentti on sidottu tähän ns. alla olevaan markkinaan ja johdannaismarkkina voi kehittyä ja toimia vain toimivan perusmarkkinan eli kohde-etuuden yhteydessä (Malkamäki et al. 1990).

Johdannaisten hinnoittelussa tärkeä elementti on implisiittinen volatiliteetti eli näkemys markkinoiden tulevasta kehityksestä. Tätä onkin käytetty useissa tutkimuksissa moneen eri tarkoitukseen. Työpaperit ovat tutkineet volatiliteetin vaikutuksia (kts. esim. Rubinstein (1994), Malz (2000), Latané ja Rendleman (1976), Beckers (1981)). Useissa tutkimuksissa on keskitytty käyttämään implisiittistä volatiliteettia eli epävarmuutta tulevaisuudesta epätavallisen aktiiviteetin mittarina markkinoilla. Toiset tutkimukset ovat puolestaan tutkineet implisiittisen volatiliteetin, markkinavolatiliteetin muutosten ja makrotaloudellisten muuttujien suhteita. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan implisiittisen ja toteutuneen volatiliteetin suhdetta, sekä tutkimme toteutushinnan ja implisiittisen volatiliteetin välistä yhteyttä.

## 1.2. Tutkimusongelma

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää warranttien hinnoitteluun liittyvää ongelmaa eli sitä kuinka liikkeeseenlaskijat määrittävät implisiittisen volatiliteetin erilaisissa markkinatilanteissa. Tutkimuksessa selvitetään, kuinka liikkeeseenlaskija ennustaa tulevaa epävarmuutta eli implisiittistä volatiliteettia ja miten nämä ennusteet vaikuttavat warrantin hintaan ja missä suhteessa se on toteutuneen volatiliteetin kanssa.

Tutkimme myös implisiittisen volatiliteetin ja toteutushinnan välistä suhdetta, jota verrataan Rubinsteinin (1994) tutkimukseen. Rubinstein oivalsi tutkimuksessaan Implied binomial trees, että miinusmyyntioptiot kallistuivat johtaen tilanteeseen, jossa matalan toteutushinnan omaavilla optioilla oli huomattavasti korkeampi implisiittinen volatiliteetti verrattuna vastaaviin korkean toteutushinnan optioihin. Tässä tutkimuksessa asetamme oletukseksi yhteneväisyyden Rubinsteinin tutkimuksen tulosten kanssa ja tarkastelemme, pitääkö oletus paikkaansa.

## **2. WARRANTTIEN PERUSKÄSITTEET JA HINNOITTELU**

Warrantti on arvopaperistettu arvopaperi, jonka kohde-etuutena voi olla osakkeet, indeksit, valuutat, raaka-aineet taikka erilaiset kohde-etuuskorit. Warrantit ovat luonteeltaan samanlaisia kuin optiot, mutta niitä ei voi kuitenkaan asettaa, ainoastaan ostaa. Warrantilla on mahdollista spekuloida kohde-etuuden tulevia liikkeitä tai suojata olemassa olevia sijoituksia mahdollisilta epäsuotuisilta kurssimuutoksilta.

Warranttien liikkeeseenlaskijoina toimivat sijoitusmarkkinoilla vakavaraiset pankit tai pankkiiriliikkeet, sillä kohdeyritykset eivät voi toimia liikkeeseenlaskijoina. Liikkeeseenlaskija toimii myös aina markkinatakaajana laskemilleen warranteille ja nämä lasketaan liikkeeseen arvo-osuusjärjestelmässä. Warrantti ei vaikuta kohteena olevan yrityksen pääomarakenteeseen, kuten optiotodistus, merkintäoikeus tai osakeanti, eikä se oikeuta osinkoon (meklari. 2002). Kohde-etuuden hintariskin lisäksi sijoittajalla on aina riski liikkeellelaskijan maksukyvystä. Siitä johtuen liikkeellelaskijan hyvä luottoluokitus on aina selkeä etu.

### **2.1. Warrantin ominaisuudet**

Warrantit ovat oikeuksia, mutta ei velvollisuuksia ostaa/ myydä kohde-etuus tietyssä päivänä tulevaisuudessa tiettyyn hintaan. Tälle oikeudelle liikkeeseenlaskija on määritellyt arvon, joka vastaa warrantin hintaa markkinoilla. Warrantin päättymispäivä on ennalta määrätty ja tuona päivänä oikeus ostaa/ myydä toteutuu. Warrantin haltijalla on oikeus ostaa kohde-etuutena oleva osake ennalta sovittuun hintaan tai vaihtoehtoisesti saamaan toteutuspäivänä kohde-etuuden arvon kehityksen perusteella maksettavan käteissuorituksen eli nettoarvon tilityksen. Jälkimmäinen tapa on nykypäivänä suureksi osaksi käytössä.

Warrantin kaupankäyntikoodi koostuu seuraavista osista:

Esim. NOK8C20E15.00R.2XXX

NOK Kohde- etuus (Nokia)

8 Viimeinen kaupankäyntivuosi (2008)

C Viimeinen kaupankäyntikuukausi (maaliskuu)

20 Viimeinen kaupankäyntipäivä

E Warranttityyppi (E= eurooppalainen ja A= amerikkalainen)

15.00 Toteutushinta (15.00 €)

R.2 Warrantin tuottama suhteellinen osto- oikeus kohde- etuuteen  
(0,2 eli viisi Warranttia vastaa yhtä osaketta)

XXX Warrantin liikkeseenlaskeneen pankin tai pankkiiriliikkeen tunnus

Kaupankäynti koodeissa on hiukan eroja riippuen liikkeellelaskijasta, mutta perustiedot ovat aina oltava samanlailla esitetty.

## 2.2. Teoreettinen arvonmääritys

Warranttien arvo muodustuu kahdesta osatekijästä: perusarvosta ja aika-arvosta (Hull. 2000). Perusarvolla tarkoitetaan sitä osaa hinnasta, joka muodostuu kohde- etuuden ja toteutushinnan erotuksesta. Perusarvo ei voi olla koskaan negatiivinen. Aika-arvolla tarkoitetaan warrantin hinnan eli preemion ja perusarvon erotusta. Aika-arvolla on negatiivinen suhde aikaan eli se vähenee voimassaoloajan kuluessa ja warrantin päättymispäivänä se on aina nolla. Warrantin teoreettisella arvolla tarkoitetaan sitä, mikä warrantin arvon pitäisi olla. Warrantin arvoon vaikuttavat tekijät voidaan jakaa tekijöihin jotka vaikuttavat option perusarvoon ja tekijöihin jotka vaikuttavat warrantin aika-arvoon.

Perusarvoon vaikuttavat kohde-etuuden arvo ja toteutushinta. Kohde-etuuden hinnan nousulla on ostowarranttiin positiivinen ja myyntiwarranttiin negatiivinen vaikutus. Toteutushinnalla on päinvastainen vaikutus eli toteutushinnan noustessa ostowarrantin hinta laskee ja myyntioption nousee.

Aika-arvoon vaikuttavat mm. jäljellä oleva voimassaoloaika, kohde-etuuden hinnan volatilitteetti ja riskitön korkokanta. Korkotason nousulla on ostowarranttiin positiivinen ja myyntiwarranttiin negatiivinen vaikutus. Volatilitteetin kasvulla ja voimassaoloajan pitenemisellä on molemmilla positiivinen hintaa nostava vaikutus sekä osto- että myyntiwarranttiin. Osingonmaksu vaikuttaa myyntiwarranttiin hintaa laskevasti ja ostowarranttiin hintaa nostavasti.

Näiden yllä mainittujen tekijöiden lisäksi on myös paljon muita tekijöitä, jotka vaikuttavat epäsuorasti warrantteihin. Näiden tekijöiden vaikutuksen suuruutta ja suuntaa on vaikea perustella. Näiden tekijöiden vaikutus kuitenkin liittyy läheisesti kohde-etuuden hintaan, volatilitteettiin tai yleiseen korkotasoon. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi muiden sijoituskohteiden ominaisuudet, sijoittajan suhde riskiin ja verotus.

### **2.3. Black & Scholes -mallin perusoletukset**

Black & Scholes kirjoittivat urauurtavan artikkelin vuonna 1973. Tuossa artikkelissa johdettiin uusi optioiden hinnoittelumalli. Tätä samaa mallia käytetään myös warranttien hinnoittelussa. Mallia kutsutaan nimellä Black & Scholes -malli ja yksinkertaisuudestaan johtuen se on saavuttanut erittäin suuren ja hallitsevan aseman markkinoilla. Mallissa lähdetään liikkeelle seuraavista perusoletuksista (Nikkinen et al. 2002):

- 1) Riskitön korko on vakio ja maturiteetistaan riippumaton
- 2) Optio on eurooppalainen eikä sen kohde-etuudelle jaeta osinkoja option voimassaoloaikana
- 3) Markkinoilla ei ole kaupankäyntikustannuksia eikä veroja
- 4) Kaikki arvopaperit ovat jaettavissa pienempiin osiin ilman rajoitteita. On myös mahdollista ottaa ja antaa lainaa mikä tahansa määrä.
- 5) Arvopapereiden lyhyeksi myynti on mahdollista
- 6) Osakkeen hinta noudattaa geometrista Browniainin liikeprosessia. Pelkistetysti tämä tarkoittaa, että markkinatehokkuuden heikot ehdot täyttyvät. Osakkeen hinnan muutokset ovat riippumattomia ja normaalisti jakautuneita.



Listasta voidaan havaita, että perusoletukset ovat suhteellisen tiukat ja käytännössä olettamuksista kaikki eivät täytykkään. Esimerkiksi lyhyen ajanjakson korko ei ole vakio. Kuitenkin tätä mallia noudattamalla saadaan optioille/ warranteille laskettua luotettavia hintoja, eivätkä nämä olettamukset estä sen käyttämistä.

#### 2.4. Black- Scholes- hinnoittelumalli

Black & Scholes saivat ratkaistua eurooppalaiselle osto-optiolle seuraavanlaisen hinnoittelukaavan:

$$(1) \quad c = SN(d1) - Xe^{-r/(T-t)} N(d2)$$

jossa,

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

$$(3) \quad d_2 = \frac{\ln(S / X) + (r - \sigma^2 / 2)(T - t)}{\sigma\sqrt{T - t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T - t}$$

C = osto -option hinta

S = markkinahinta

X = toteutushinta

r = riskitön korkokanta

$\sigma$  = kohde -etuuden volatilitiitti

T - t = voimassaoloaika

N ( $d_*$ ) = normaalijakauman kertymäfunktion arvo arvolla  $d_*$

Ja N (x) on standardoidun normaalijakauman kertymäfunktio (Black&Scholes 1973)

Kaavoista on yksinkertaista ratkaista osto-option hinta  $C$ . Intuitiivisesti ajateltuna osto-option hinta on osakkeen hinta  $S$ , josta on vähennetty lunastushinnan  $X$  nykyhetken diskontattu arvo (Nikkinen et al. 2002). Osakkeen hinnan odotetaan noudattavan lognormaalista jakaumaa, sillä osakkeen hinta todennäköisesti tulee vaihtelevaan nykyhetken  $t$  ja päättymispäivän  $T$  välillä. Juuri tätä epävarmuutta saadaan mallinnettua tällä tavoin. Osakkeen hinta on painotettu  $N(d_1)$ : llä mikä kuvaa kuinka paljon osakkeita pitää olla riskittömästä osakkeesta ja osto-optioista, muodostetussa portfoliosta (Nikkinen et al. 2002). Tämä on myös samalla option delta arvo, joka kuvaa kuinka monta yksikköä option hinta muuttuu kun kohde-etuutena olevan osakkeen hinta muuttuu yhdellä yksiköllä. Toteutushinnan  $X$  diskontattu arvo on taas kerrottu  $N(d_2)$ : lla, joka voidaan tulkita todennäköisyydeksi, että optio on erääntymispäivänään arvokas eli jolloin se toteutettaisiin.

Myyntioption hinta  $P$  saadaan johdettua put- call pariteetin avulla:

$$(4) \quad C = P + S - \frac{X}{(1+r)^T} \quad , \text{ josta}$$

$$(5) \quad P = C - S + \frac{X}{(1+r)^T}$$

Näitä malleja voidaan siis käyttää myös Warranttien hinnoitteluun.

## 2.5. Vaihtoehtoiset hinnoittelumallit

Warranttien hinnoittelussa voidaan käyttää muitakin malleja, kuten esimerkiksi Coxin (1975) CEV-mallia (Constant Elasticity of Variance) tai Beckersin (1980) luomaa uudistettua CEV-mallia (the square root CEV-model), jonka avulla Lauterbach ja Schultz (1990) havaitsivat, että tämä modifioitu malli toimii itse asiassa

luotettavammin warranttien hinnoittelussa kuin Black & Scholes -malli. Muita vaihtoehtoisia malleja on mm. Longstaffin (1990) hinnoittelumalli, jossa otetaan huomioon warranttien voimassaoloajan pidentämismahdollisuus. Myös Wigginsin (1987) stokastisen varianssin malli on käyttökelpoinen.

### 3. VOLATILITEETIN ERI MUODOT

Tässä tutkimuksessa käsitellään laajasti volatiliteetin käsitettä. Näin ollen on syytä selvittää mitä kaikkea tällä tarkoitetaan. Selvitetään Implisiittisen volatiliteetin merkitystä ja perinteisten volatiliteettiestimaattoreiden määritelmiä. Perehdytään myös volatiliteetin laskemiseen ja volatiliteettihymyn käsitteeseen.

#### 3.1. Volatiliteetti käsitteenä

Osakkeen volatiliteetti  $\sigma$  on arvio epävarmuudestamme osakkeen tuottamia tuottoja kohtaan (Hull, 2006). Toisin sanoen volatiliteettia voidaan kutsua tuottojen heilunnaksi odotusarvonsa ympärillä. Osakkeiden volatiliteetti pyörii normaalisti 15 - 60 % lukemissa. Kuten optioiden myös warranttien tuoton volatiliteetti on ilmaistavissa viiden tekijän funktiona. Nämä tekijät ovat osakkeen tämänhetkinen hinta  $S$ , option/ warrantin toteutushinta  $X$ , voimassaoloaika  $T$ , osakkeen kurssin volatiliteetti  $\sigma$  ja markkinoiden riskitön korko  $r$  (Nikkinen et al. 2002).

#### 3.2. Implisiittinen volatiliteetti markkinoilla

Implisiittinen volatiliteetti kuvaa optioiden tai warranttien markkinahinnasta laskettua volatiliteettia joka on samalla markkinoiden ennuste epävarmuusoletuksista. Se on optio-/ warranttimarkkinoiden ennuste tulevasta volatiliteetista. Tämä saadaan ratkaisemalla Black & Scholes -malli volatiliteetin suhteen asettamalla warrantin hinnaksi markkinahinta. Mitä suurempi on markkinoilla vallitseva epävarmuus kohde-etuuden tulevasta kurssitasosta, sitä suurempi on implisiittinen volatiliteetti. Kaikilla markkinoilla olevilla warranteilla on tietty implisiittinen volatiliteetti. Käytännössä kaikilla warranteilla, joilla on sama kohde-etuus, tulisi olla myös sama implisiittinen volatiliteetti. Todellisuudessa kun lasketaan implisiittistä volatiliteettia saman alla olevan arvopaperin warranteille joiden toteutushinnat ja maturiteetit eroavat toisistaan, saadaan tulokseksi, että nämä eroavat sekä toteutushinnasta toiseen että myös maturiteetista toiseen.

Warranttimarkkinoiden voidaan nähdä olevan vedonlyöntiä tulevasta volatiliteetista ja näin ollen tämä hinnoitteluun vaikuttava muuttuja onkin erittäin tärkeä komponentti. Sillä muut hinnoittelumallin tekijät ovat yksiselitteisiä, voidaan juuri volatiliteetin nähdä olevan se tekijä, joka määrää hinnan. Optioiden ja warranttien yli-/alihinnoittelu voidaan näin nähdä perustuvan juuri volatiliteettiin. Optioiden ja warranttien ostamista voisikin verrata volatiliteetin ostamiseen markkinoilta, hinnan sijaan. Jos implisiittistä volatiliteettia pidetään liian korkeana, mielletään warrantti siis ylihinnoitelluksi ja jos taas implisiittinen volatiliteetti mielletään liian alhaiseksi, voidaan warranttia pitää alihinnoiteltuna. Korkeaan implisiittiseen volatiliteettiin siis myydään ja alhaiseen ostetaan. Implisiittinen volatiliteetti riippuu tämän hetkisistä optio/ warranttihinnoista ja muista hinnoittelumallin kuuluvista tekijöistä tällä hetkellä, joten sen voidaan nähdä olevan ikäänkuin eräänlainen ennuste tulevaisuudesta. Näin ollen juuri tämän takia implisiittisen volatiliteetin käyttöä perusteellaankin, sillä se ottaa huomioon sekä historiallisen tiedon että markkinaosapuolten näkemyksen tulevasta kurssikehityksestä.

### **3.3. Perinteiset volatiliteettiestimaattorit**

Yksinkertaisin tapa määrittää kohde-etuuden volatiliteetti on laskea sen logaritmistien muutosten keskihajonta joltain kiinteältä ajanjaksolta ennen tarkasteluhetkeä ja muuttaa tämä vuositason volatiliteetiksi. Tällä tavalla laskettua volatiliteettia kutsutaan historialliseksi volatiliteetiksi. Siitä ei kuitenkaan ole tarkkaa sääntöä, kuinka pitkältä ajanjaksolta volatiliteetti tulisi laskea (Puttonen. et al, 1996). Näin ollen on vaikea määritellä kuinka pitkältä ajanjaksolta volatiliteetti lasketaan, jotta se heijastaisi menneisyyttä riittävän tarkasti. Historiallisen volatiliteetin laskemisen kaava voidaan esittää seuraavasti:

$$(6) \quad \sigma_{HIST} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (R_i - \bar{R})^2}{N-1}}$$

$\sigma_{HIST}$  = historiallinen volatilitiitti

$N$  = tarkasteluperiodin pituus

$R_i$  = kohde- etuuden tuotto päivinä  $i$

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

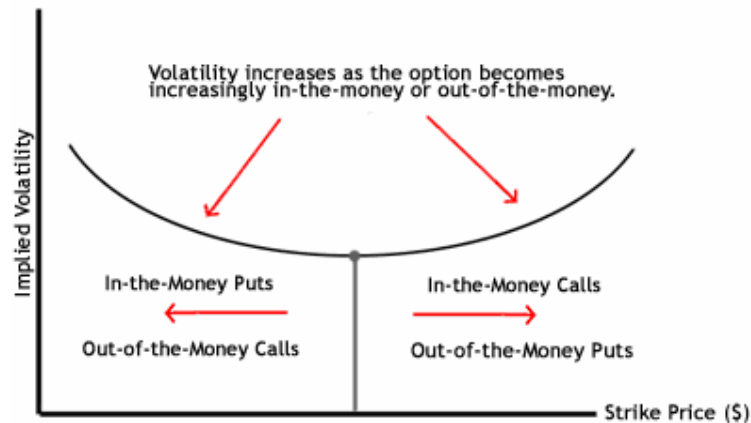
Helsingin pörssi laskee myös markkinavolatilitiittiä, joka saadaan laskemalla keskiarvo optiosarjojen laskennallisista volatilitiiteistä. Helsingin pörssi käyttää tätä tunnuslukua mm. määritellessään vakuusvaatimuksia.

### 3.4. Volatilitiittihymy

Implisiittinen volatilitiittirakenne voidaan jakaa kahteen osaan: volatilitiittihymyyn ja volatilitiitin termiinirakenteeseen. Volatilitiittihymyllä tarkoitetaan implisiittisen volatilitiitin vaihtelua suhteessa toteutushintaan. (Hull 2006). Yksi mahdollinen selitys osakeoptioiden ja – warranttien hymyille liittyy velanottoon. Silloin kun yrityksen omapääoma vähenee, joutuu se ottamaan lisää lainaa, joka taas johtaa siihen, että omapääoma muuttuu riskisemmäksi ja sen volatilitiitti kasvaa. Omanpääoman kasvaessa, velkaa vähennetään, jolloin päästään tilanteeseen missä omapääoma muuttuu riskittömämmäksi ja sen volatilitiitti pienenee (Hull 2006). Tämä argumentti osoittaa, että voimme olettaa volatilitiitin olevan vähenevä funktio hinnan suhteen. Markkinatakaajat käyttävät hinnoittelussaan tätä volatilitiitin muodostamaa käyrää eli ”hymyä” ja vinoutta, joka saadaan kartoittamalla volatilitiittiarvoituksia eri toteutushinnoille (Nelskylä 2004). Riippuen eri markkinatakaajien positioista ja tehokkuuksista voi volatilitiittihymy olla erilainen, mikä selittää eroavaisuuksia eri markkinatakaajien warranttien hinnoittelussa käytettävissä volatilitiiteissa.

### Kuva 1. Volatiliteettihymy

Kuvassa on esitetty volatiliteetin muodostama hymy eri toteutushinnoille sekä sen vinouma



(SG)

Kuvasta voidaan tulkita, että volatiliteetti kasvaa silloin kun optio/ warrantti muuttuu joko plusoptioksi tai miinusoptioksi. Rubinstein (1994) havaitsi tutkimuksessaan, että vuoden 1987 pörssiromahduksen jälkeen sijoittajien asenteet optioihin olivat muuttuneet. Hän havaitsi, että miinusmyyntioptiot tulivat kalliimmiksi johtaen tilanteeseen jossa matalan toteutushinnan omaavilla optioilla oli huomattavasti korkeampi implisiittinen volatiliteetti verrattuna vastaaviin korkean toteutushinnan optioihin. Tämä tendenssi on Rubinsteinin mukaan jatkunut vuodesta 1987 lähtien ja tullut tunnetuksi käsitteenä "Volatility skew".

### 3.5. Volatiliteetin termiinirakenne

Volatiliteettihymyn lisäksi käytetään volatiliteetin termiinirakennetta hyväksi hinnoitellessa optioita. Tämä tarkoittaa sitä, että volatiliteetti, jota käytetään hinnoitellessa tasaoptioita, riippuu option maturiteetista. Volatiliteetin oletetaan olevan nouseva funktio maturiteetin suhteen silloin, kun markkinavolatiliteetti on historiallisen matalalla (Hull 2006). Tämä siksi että tällöin volatiliteetin odotetaan

pikkuhiljaa olevan nousussa. Sama pätee myös toisinpäin eli kun markkinavolatiliteetti on historiallisen korkealla, on volatiliteetifunktio maturiteetin suhteen laskeva. Implisiittisen volatiliteetin termiinirakenteen nimi tulee korkomarkkinoilta ja korkojen termiinirakenteesta.



## 4. TUTKIMUSAINEISTON ESITTELY

### 4.1. Nokia Oyj:n osake ja warrantit

Tässä tutkimuksessa käytetään warrantteja, joiden kohde-etuutena on Nokia Oyj:n osake. Tarkasteluvuosina on 2003 - 2007. Tutkimukseen valittiin juuri tämä osakesarja siksi, että näillä warrantteilla kaupankäynti on suhteellisen vilkasta, mikä luo likviditeettiä markkinoille. Toisaalta likviditeetti luo taas uskottavuutta tutkimustuloksiin ja rajaa näin pois myös yksittäisten suurten muutosten vaikutukset. Sillä jos warrantilla on käyty vähän kauppaa, on sitä vaikea tarkastella loogisesti.

Nokian historialliset kurssitiedot vuosilta 2003 - 2007 saatiin Helsingin pörssin kotisivuilta. Näistä laskettiin päivittäiset tuotot, jotka muutettiin lopuksi vuosivolatiliteetiksi seuraavalla kaavalla:

$$(7) \quad \text{vuosivolatiliteetti} = \text{päivävolatiliteetti} \times \sqrt{\frac{\text{kaupankäyntipäiviä}}{\text{vuodessa}(252)}}$$

Tässä tutkimuksessa ei oteta huomioon osinkojen vaikutusta, sillä kaikki valitut warrantit erääntyivät ennen osingon irtoamista. Tällä kyseisellä tekijällä ei ole vaikutusta tutkimukseen.

Tutkimukseen valittiin ne warrantit, joilla oli voimassaoloaikana käyty reilusti kauppaa. Kaupankäyntirajaksi asetettiin 10 000 € ja ne warrantit hylättiin, jotka eivät tuota rajaa ylittäneet. Tämän rajauksen puitteissa valittiin lopulliseen tutkimukseen kultakin vuodelta yksi tai kaksi Nokian warranttia kolmelta eri liikkeellelaskijalta.

### 4.2. Warranttien liikkeellelaskijat

Tutkimuksessa käytettiin Nordean, Societe Generalen, Alfred Bergin ja Svenska Handelsbankenin liikkeeseenlaskemia warrantteja.

Liikkeellelaskijoista selvästi suurin oli 2006 Handelsbanken 46,8 % siivulla koko markkinoista. Toisena tuli Societe Generale 30 % osuudella. Myös Nordealla oli suuri markkinaosuus 18,2 %. Pienimpinä kahtena olivat Alfred Berg 4,4 % osuudella ja Evli Bank 0,6 % osuudellaan. Tästä voidaan tulkita, ketkä liikkeellelaskijoista pystyvät vastaamaan sijoittajien tarpeisiin ja tuomaan uusia kiinnostavia sijoitusinstrumentteja markkinoille. Alla olevassa taulukossa on eritelty liikkeellelaskijoiden markkinaosuudet kesäkuulta 2006.

### **Taulukko 1. Warranttien liikkeellelaskijoiden markkinaosuudet 2006 kesäkuussa**

Taulukossa on esitetty markkinaosuudet prosentteina

<b>Liikkeeseenlaskija</b>	<b>Markkinaosuus (2006) %</b>
Handelsbanken Capital Markets	46,8
Société Générale	30,0
Nordea	18,2
Alfred Berg	4,4
Evli Bank	0,6

Näiden liikkeellelaskijoiden osuus koko Helsingin pörssin warranttmarkkinoista oli vuonna 2006 kesäkuussa yhteensä 99,4 %.

#### **4.3. Volatiliteetti laskemisessa käytetyt perustiedot**

Implisiittinen volatiliteetti saadaan ratkaistua laskemalla Black & Scholes -mallista volatiliteetti takaperin warranttien markkinahinnoista. Korkokantana käytettiin jokaisena tarkasteluvuonna 4 prosenttia. Muut kaavaan sijoitettavat tiedot löytyvät warrantin kaupankäyntikoodista ja kohde-etuuden kurssitiedoista.

## **5. EMPIIRINEN TUTKIMUS**

Tarkoituksena on tutkia kuinka liikkeellelaskijat arvioivat implisiittistä volatilitteettia eli tulevaa epävarmuutta ja kuinka hyvin se vastaa toteutunutta volatilitteettia. Lisäksi tutkitaan onko havaittavissa jotain silmiinpistävää yhtäläisyyttä implisiittisen volatilitteen ja toteutushinnan välillä. Aluksi tarkastellaan tutkimusaineistoa, jonka jälkeen siirrytään tutkimustuloksiin ja lopuksi analysoidaan saatuja tuloksia ja tehdään johtopäätökset.

### **5.1. Tutkimusaineiston esittely**

#### **5.1.1. Warrantit**

Tutkimukseen valittiin liitteessä 1 esitetyt eurooppalaiset ostowarrantit, joissa kaikissa on kohde- etuutena Nokia Oyj:n osake. Kyseiset warrantit täyttivät asetetut ehdot, joten niiden käyttö oli perusteltua. Tutkimuksen kohteeksi valittiin ainoastaan ostowarrantteja. Black & Scholes -malli on suunniteltu juuri eurooppalaisien osto-optioiden/ warranttien hinnoitteluun, joten oli luonnollista valita nämä vertailukohteiksi.

### 5.1.2. Nokian osakekurssi

Nokian osakkeen historialliset kurssiheilahtelut vuosien 2003 - 2007 välillä on esitetty seuraavassa kuviossa.

**Kuva 2. Nokian osakekurssi välillä 1.1.2003 - 31.12.2007**

Kuvassa on esitetty graafisesti Nokia Oyj:n kurssikehitys



Tarkasteltaessa Nokian kurssiheilahteluita aikavälillä 1.1.2003 - 31.12.2007, huomataan sen olleen alhaisimmillaan 9.8.2004, jolloin kurssi oli 9.10 €/ osake. Huippunsa osake saavutti tarkasteluperiodilla 7.11.2007, jolloin kurssi oli 28.60 €/ osake.

## 5.2. Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä käytettiin Black & Scholes -mallia. Warrantin markkinahinnan avulla ratkaistaan implisiittinen volatilitteetti takaperin mallista. Manaster ja Koehler (1982) ratkaisivat tutkimuksessaan juuri tätä mallia käyttäen implisiittisen volatilitteetin laskentafunktion. Tässä tutkimuksessa käytettiin heidän esittämänsä mallia hyväksi implisiittistä volatilitteettia laskettaessa.

## 5.3. Tutkimustulokset

Seuraavaksi esitellään tutkimusaineistoa ja saatuja tuloksia. Tarkastellaan pitävätkö asetetut oletukset paikkaansa ja tehdään näistä analyysi.

### Taulukko 3. Tutkimusaineisto

Taulukossa on esitetty tutkimuksessa käytetyt tarkasteluvuosi, warrantit, markkinahinta, kohde-etuuden kurssi liikkeellelaskupäivänä, voimassaoloaika, implisiittisen ja toteutuneet volatilitteetit ja warrantin taso

Vuosi	Warrantit	Warrantin markkinahinta (€)	Nokian kurssi liikkeellelaskupäivänä (€)	voimassaolo aika	Implisiittinen volatilitteetti	Toteutunut volatilitteetti	warrantin taso (+, - vai tasa)
2003	NOK3H15E15.00R.1ALF	0,15	13,77	16.4 – 15.8.2003	60,47%	47,52%	miinus
	NOK3B14E22.00R.2SG	0,04	16,09	2.1. – 14.2.2003	68,91%	52,24%	miinus
	NOK3K21E13.00R.2SHB	0,71	15,31	16.5. – 21.11.2003	50,19%	40,71%	plus
	NOK3B21E25.00R.1SHB	0,01	16,09	2.1. – 21.2.2003	70,15%	50,49%	miinus
2004	NOK4B20E15.00R.2SHB	0,05	13,78	2.1. – 20.2.2004	32,05%	40,05%	miinus
	NOK4B20E20.00R.1SHB	0,01	13,78	2.1. – 20.2.2004	64,38%	40,05%	miinus
	NOK4C05E14.00R.1NRD	0,07	13,78	2.1. – 5.3.2004	33,16%	36,83%	miinus

	NOK4C05E16.00R.1NRD	0,01	13,78	2.1. - 5.3.2004	28,47%	36,83%	miinus
	NOK4C19E16.00R.25SG	0,08	13,78	2.1. - 19.3.2004	38,74%	37,46%	miinus
	NOK4C19E18.00R.25SG	0,01	13,78	2.1. - 19.3.2004	32,60%	37,46%	miinus
2005	NOK5B18E12.00R.25SGP	0,11	11,66	3.1. - 18.2.2005	34,07%	24,10%	miinus
	NOK5B18E10.00R.2SHB	0,37	11,66	3.1. - 18.2.2005	47,08%	24,10%	plus
	NOK5B18E12.00R.2SHB	0,1	11,66	3.1. - 18.2.2005	37,12%	24,10%	miinus
	NOK5B18E11.00R.25ABF	0,27	11,66	3.1. - 18.2.2005	41,53%	24,10%	plus
	NOK5B18E13.00R.25ABF	0,05	11,66	3.1. - 18.2.2005	37,85%	24,10%	miinus
2006	NOK6B17E14.00R.2ABF	0,33	15,51	2.1. - 17.2.2006	24,81%	18,29%	plus
	NOK6B17E16.00R.2ABF	0,08	15,51	2.1. - 17.2.2006	26,16%	18,29%	miinus
	NOK6B17E15.00R.2NRD	0,21	15,51	2.1. - 17.2.2006	33,42%	18,29%	plus
	NOK6B17E14.00R.2NRD	0,35	15,51	2.1. - 17.2.2006	33,17%	18,29%	plus
	NOK6B17E13.50R.2SHB	0,42	15,51	2.1. - 17.2.2006	23,79%	18,29%	plus
	NOK6B17E14.00R.2SHB	0,33	15,51	2.1. - 17.2.2006	24,81%	18,29%	plus
2007	NOK7B16E15.00R.2NRD	0,23	15,73	2.1. - 16.2.2007	31,38%	26,77%	plus
	NOK7B16E18.00R.2NRD	0,02	15,73	2.1. - 16.2.2007	30,67%	26,77%	miinus
	NOK7B16E16.00R.2SHB	0,10	15,73	2.1. - 16.2.2007	26,66%	26,77%	miinus
	NOK7B16E15.50R.2SHB	0,14	15,73	2.1. - 16.2.2007	24,43%	26,77%	miinus
	NOK7B16E17.00R.2ABN	0,04	15,73	2.1. - 16.2.2007	27,19%	26,77%	miinus
	NOK7B16E16.00R.2ABN	0,10	15,73	2.1. - 16.2.2007	26,66%	26,77%	miinus

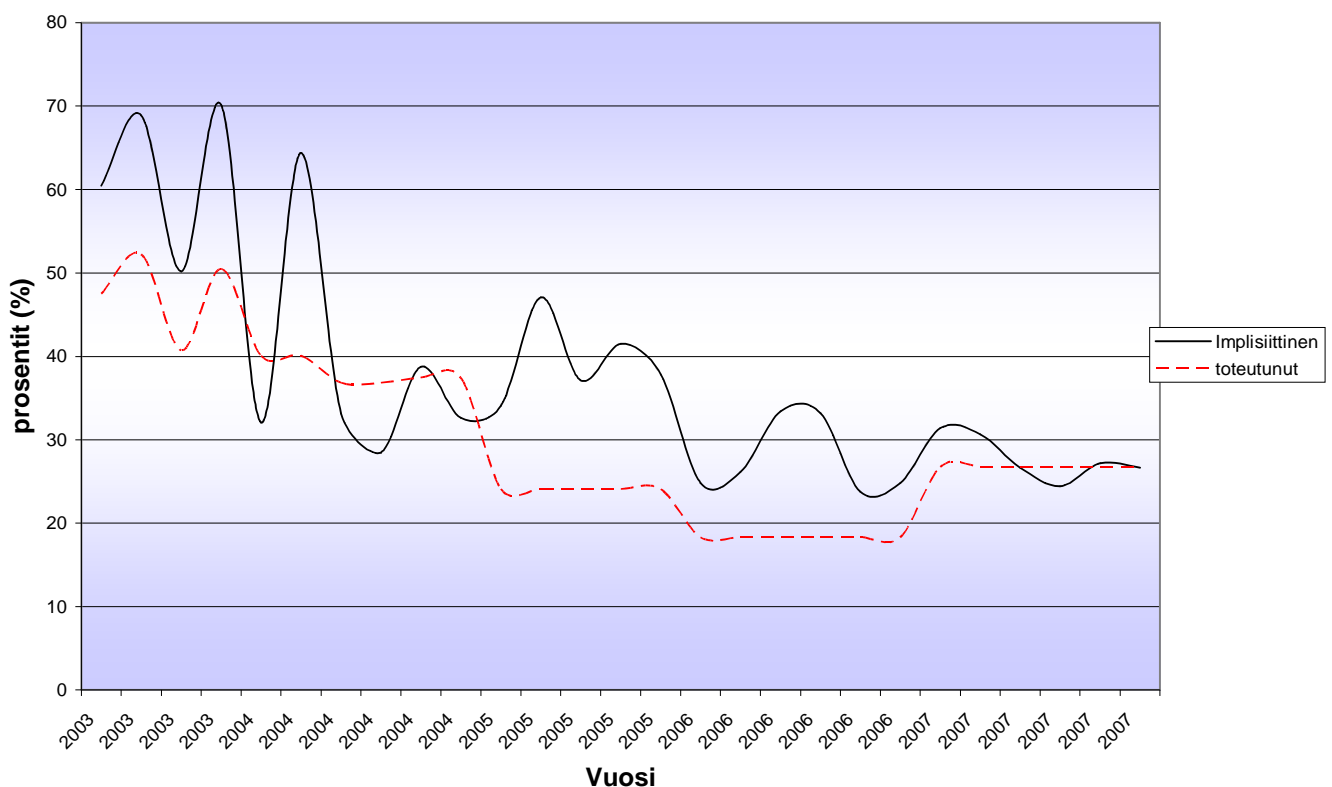
Taulukon tulosten avulla perehdytään seuraavaksi asetettuihin tutkimusongelmiin ja analysoidaan tuloksia.

### 5.3.1. Implisiittinen volatilitiitti suhteessa toteutuneeseen volatilitiettiin

Implisiittinen volatilitiitti heijastaa montaa eri asiaa. Sen perusteella voidaan sanoa onko warrantti ali- tai ylihinnoiteltu, sekä voidaan tehdä oletuksia markkinoiden volatilitiittinäkemuksista. Huomataan, että mitä korkeampi implisiittinen volatilitiitti sitä kovempi on odotettu osakkeen liikehdintä ja myös mahdollinen tuottopotentiaali. Toteutuneesta volatilitiitista nähdään osakkeen todellinen liikehdintä warrantin juoksuaikana.

**Kuva 2. Implisiittinen ja toteutunut volatilitiitti**

Kuvassa on esitetty graafisesti tutkimusaineiston implisiittiset ja toteutuneet volatilitiitti kunkin warrantin juoksuaikana vuosina 2003 - 2007



Tutkimusaineistosta nähdään, että silloin kun kohde-etuutena olevan osakkeen volatilitiitti on korkealla, on implisiittinen volatilitiitti sitäkin korkeammalla. Tämä tarkoittaa, että liikkeeseenlaskijat ovat ylihinnoitelleet warrantin silloin kun kohde-

etuuden volatilitiitti on ollut muutenkin korkealla. Silloin kun markkinoilla on ollut tasaista kasvua, kuten vuosina 2006 ja 2007, ovat liikkeeseenlaskijatkin pystyneet arvioimaan implisiittisen volatilitiitin paremmin ja lähemmäksi toteutunutta volatilitiittia.

Selitys sille, miksi liikkeeseenlaskijat arvioivat implisiittisen volatilitiitin korkeammaksi on volatiliin markkinoiden luoma epävarmuus. Silloin, kun markkinat heilahtelevat suuntaan jos toiseen, on vaikeaa tietää, mitä warrantin juoksuaikana tulee todellisuudessa tapahtumaan. Tämä luo toisaalta mahdollisuuden warranttien ylihinnotteluun ja taas toisaalta myös syyn liikkeeseenlaskijoiden varovaisuuteen. Varovaisuus ja tappioiden minimointi johtaa korkeaan implisiittiseen volatilitiettiin. Mitä enemmän markkinoilla tiedetään warrantin kohde-etuutena olevan osakkeen tulevaisuuden näkymistä, sitä pienempi on implisiittinen volatilitiitti, sillä tällöin osataan arvioida mahdollisia tulevaisuuden liikkeitä.

Kuitenkin on syytä muistaa, että warranttien liikkeeseenlaskijat eivät hyödy siitä, että sijoittajat häviäisivät markkinoilla. Kyseessä ei siis ole vedonlyönnin kaltainen vastakkainasettelu, jossa toinen voittaa ja toinen häviää. Liikkeeseenlaskijat tekevät tuloksensa volyymeista eli heille on kannattavampaa luoda kiinnostavia ja houkuttelevia sijoituskohteita markkinoille, jotta sijoittajat ostaisivat näitä. Mitä enemmän warranteilla käydään kauppaa sitä enemmän liikkeeseenlaskijat tekevät tuottoa.

On tärkeää huomata, että liikkeeseenlaskijat eivät aina onnistu arvioinneissaan. Vuonna 2004 kuudesta tutkimuksen kohteena olleesta warrantista neljällä oli alhaisempi implisiittinen volatilitiitti kuin mikä oli toteutunut volatilitiitti. Mielenkiintoista on myös, että kaikki neljä warranttia olivat erääntymispäivänä myös arvokkaita (kts. liite 2). Syitä tähän ilmiöön voisi lähteä etsimään Nokian huonosta pörssivuodesta. Kurssi oli tuona vuonna tippunut historiallisen alhaiselle tasolle 9.10 €/osake. Tällaisina aikoina, kun tulevaisuuden näkymiä on vaikea ennustaa, liikkeeseenlaskijat eivät ole pystyneet hinnoittelemaan warrantteja tehokkaasti, vaan tälle kertaa warrantit ovat olleet alihinnoiteltuja.



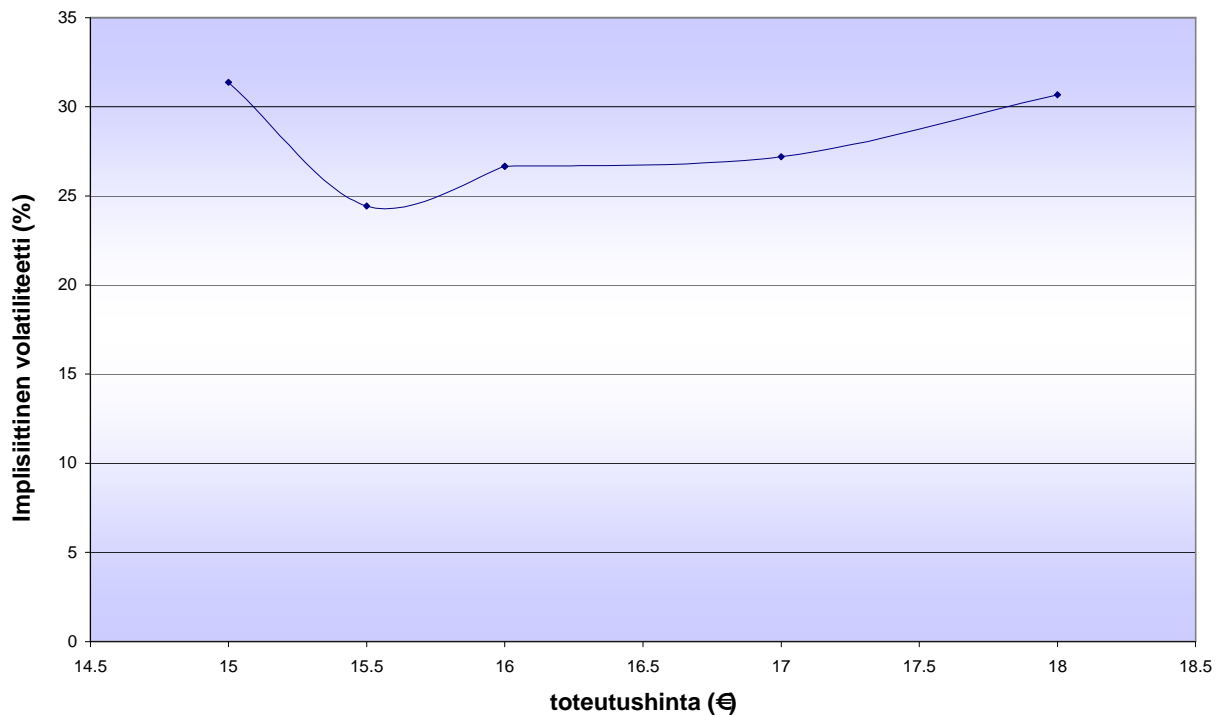
### **5.3.2. Implisiittisen volatilitteen suhde toteutushintaan**

Implisiittinen volatilitteetti vaihtelee eri toteutushintojen välillä, onhan se yksi osa Black & Scholes -hinnoittelumallia ja sen muutokset vaikuttavat luonnollisesti sitä kautta myös implisiittisen volatilitettiin. Volatilitteetti vaihtelee jokaista warranttia kohden riippuen kyseisen warrantin juoksuajasta ja toteutushinnasta.

Toteutushinnalla ja implisiittisellä volatilitteetilla on selkeä yhteys ja tätä on kuvattu volatilitteettihymyllä. Sen avulla saadaan selitettyä sitä miksi eri liikkeeseenlaskijat arvioivat volatilitteetteja eri tasoille. Implisiittinen volatilitteetti on liikkeeseenlaskijoiden hinnoitteluase, jonka avulla asiakkaita saadaan huokuteltua warranttisijoituksiin.

### Kuva 3. Toteutushinta suhteessa implisiittiseen volatiliteettiin

Kuvassa on esitetty tutkimuksessa käytettyjen vuoden 2007 warranttien toteutushinnat suhteessa kunkin implisiittiseen volatiliteettiin. Liikkeeseenlaskupäivä 2.1.2007



Kuvassa on esitetty 2.1.2007 liikkeeseenlaskettujen warranttien implisiittiset volatiliteetit suhteessa toteutushintoihin. Kuvasta muodostuu niin kutsuttu "volatiliteettihymy" tai volatiliteettirajapinta.

Tämä on linjassa Rubinsteinin (1994) tutkimuksen kanssa, joka havaitsi yhtäläisyyden toteutushinnan ja implisiittisen volatiliteetin välillä. Hän osoitti, että matalamman toteutushinnan optioilla oli korkeampi implisiittinen volatiliteetti kuin korkeamman toteutushinnan optioilla. Tätä ilmiötä hän kutsui volatiliteettihymynä.

Tutkimusaineistosta huomataan, että matalamman toteutushinnan warranteista suurin osa oli erääntyessään arvokkaita. Kun taas korkeamman toteutushinnan

warrantit erääntyivät arvottomina. Tästäkin syystä liikkeeseenlaskijat hinnoittelevat matalamman toteutushinnan ostowarrantit korkeammalla implisiittisellä volatilitetilla, sillä niillä on suurempi todennäköisyys erääntyä arvokkaina.

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tarkoituksena on ollut tutkia implisiittisen volatilitietin vaikutusta warranttien hinnoitteluun sekä sitä miten liikkeeseenlaskijat ennustavat tätä epävarmuustekijää. Implisiittisen volatilitietin voidaankin ajatella sisältävän ripauksen historiaa, ennustetta ja oletuksia. Näistä kolmesta muuttujasta liikkeeseenlaskijat muodostavat oman näkemyksensä ja hinnoittelevat warrantit sen mukaisesti.

Tutkimuksessa käytettiin Black & Scholes -mallia implisiittisen volatilitietin laskemiseksi. Toteutunut volatilitietti saatiin laskemalla osakkeen päivävolatilitietit warrantin juoksuajalta, jotka muutettiin vuosivolatilitietteiksi.

Impliittisten volatilitiettien ja toteutuneiden volatilitiettien välillä on selvästi huomattavissa eroja. Tämä on kuitenkin luonnollista, sillä jos liikkeeseenlaskijat arvioisivat implisiittisen volatilitietin liian matalaksi, häviäisivät he markkinoilla. Toisaalta, jos volatilitietti on yliammuttu taivasiin, ei warrantti huokuttele sijoittajia. Liikkeeseenlaskijan täytyykin tasapainoitella näiden kahden välillä ja löytää oikea taso. Tutkimuksessa havaittiin, että silloin kun kohde-etutena olevan osakkeen volatilitietti on korkealla, on implisiittinen volatilitietti sitäkin korkeammalla. Warranttien hinnoittelussa piilee ylihinnittelun vaara silloin, kun markkinat ovat volatilit. Kun markkinoilla on tasaisempaa, havaitaan että liikkeeseenlaskijat pystyvät hinnoittelemaan warrantit tehokkaammin. Näiden tekijöiden takia implisiittinen volatilitietti muodostuukin tärkeäksi warranttien hinnoittelussa. Toteutushinnan ja implisiittisen volatilitietin välillä on selvää johdonmukaisuutta ja tämä johdonmukaisuus ilmentyy volatilitiettihymynä.

Tämän tutkimuksen tutkimusaineisto on kuitenkin liian suppea, jotta tuloksien perusteella voitaisiin tehdä tilastollisesti merkittäviä johtopäätöksiä. Kuitenkin tulokset antavat suuntaviivoja implisiittisen volatilitietin käyttäytymisestä.

Mielenkiintoisia jatkotutkimuksen aiheita olisi mm. tarkastella ottavatko liikkeeseenlaskijat huomioon warranttien hinnoittelussa niin sanotun aasianlaisen hännän vaikutuksen. Tämän tuottoleikkurin pitäisi vaikuttaa hintaa alentavasti, sillä

se pienentää warranttien tuottomahdollisuuksia. Mielenkiintoista olisi myös tutkia sitä kuinka vuoden 2008 markkinaturbulenssi on vaikuttanut warranttimarkkinoihin.

## LÄHDELUETTELO

Beckers, S. 1980. The constant elasticity of variance model and its implications for option pricing. *Journal of Finance* 35. sivut 661-673.

Beckers, S. 1981. Standard Deviations Implied on Option Prices as Predictors of Future Stock Price Variability. *Journal of Banking and Finance* 5:3, sivut 363 – 368.

Black, Fischer. & Scholes, Myron. 1973. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *The Journal of Political Economy*, vol. 81, No. 3, sivut 637-654.

Black, F. 1975. Fact and fantasy in the use of options. *Financial Analysts Journal* 31. Sivut 36-41 ja 61-72.

Cox, J. 1975. Notes on option pricing I: Constant elasticity of variance diffusions. Working Paper. Stanford University.

Hull, J. C. 2000. *Options, Futures, & Other Derivates*. Fourth Edition. New Jersey: Prentice-Hall.

Hull, J. C. 2006. *Options, Futures, & Other Derivates*. Sixth Edition. New Jersey: Prentice-Hall.

Lauterbach, B. & Schultz, P. 1990. Pricing Warrants: An Empirical Study of the Black-Scholes Model and Its Alternatives. *The Journal of Finance*, vol. 45, No. 4, sivut 1181-1209.

Latane, H., Rendleman, R. 1976. Standard Deviations of Stock Price Implied on Option prices. *Journal of Finance* 31:2, sivut. 369-382

Longstaff, F. 1990, Pricing options with extendible maturities: Analysis and applications. *Journal of Finance* 45, sivut 935-957.

Malz, A. M. 2000. Do Implied Volatilities Provide Early Warnings of Distress? The Risk-Metrics Group, working paper. No 00-01

Manaster, Steven. & Koehler, Gary. 1982. The Calculation of Implied Variances from the Black-Scholes Model: A Note. The Journal of Finance, vol. 37, No. 1, sivut 227.230.

Malkamäki, M. & Martikainen, T. 1990. Rahoitusmarkkinat. Jyväskylä: Weilin&Göös.

Martikainen, Teppo. 1995. Arvopaperit. Juva: WSOY

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

Nikkinen, J., Rothovius, T. & Sahlström, P. 2002. Arvopaperisijoittaminen. 1.painos. Vantaa: WSOY

Puttonen, V. & Valtonen, E. 1996. Johdannaismarkkinat. WSOY.

Rubinstein, M. 1997. Implied Binomial Trees. Journal of Finance. Vol LXIX:3

Vaihekoski, M. 2004. Rahoitusalan sovellukset ja Excel. 1.painos. Vantaa: WSOY

Wiggins, J. 1987. Option values under stochastic volatility: Theory and empirical estimates. Journal of Financial Economics 19, sivut 351-372.

Meklari. 1/2002. Warrantit – Jokamiesluokan Johdannaiset [verkkodokumentti]. [Viitattu 10.11.2008]. Saatavilla <https://portal.eqonline.fi/static-data/eq/documents/meklari/2002-1/Warrantit.pdf>

Helsingin pörssin internet kotisivut. [verkkodokumentti]. [Viitattu 15.11.2008]. Saatavilla <http://omxnordicexchange.com/>

## LIITE 1. TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT WARRANTIT

Vuosi	Warrantit	liikkeellelaskija
2003	NOK3H15E15.00R.1ALF	Alfred Berg
	NOK3B14E22.00R.2SG	Societe Generale
	NOK3K21E13.00R.2SHB	Handelsbanken
	NOK3B21E25.00R.1SHB	Handelsbanken
2004	NOK4B20E15.00R.2SHB	Handelsbanken
	NOK4B20E20.00R.1SHB	Handelsbanken
	NOK4C05E14.00R.1NRD	Nordea
	NOK4C05E16.00R.1NRD	Nordea
	NOK4C19E16.00R.25SG	Societe Generale
	NOK4C19E18.00R.25SG	Societe Generale
2005		
	NOK5B18E12.00R.25SGP	Societe Generale
	NOK5B18E10.00R.2SHB	Handelsbanken
	NOK5B18E12.00R.2SHB	Handelsbanken
	NOK5B18E11.00R.25ABF	Alfred Berg
	NOK5B18E13.00R.25ABF	Alfred Berg
2006		
	NOK6B17E14.00R.2ABF	Alfred Berg
	NOK6B17E16.00R.2ABF	Alfred Berg
	NOK6B17E15.00R.2NRD	Nordea
	NOK6B17E14.00R.2NRD	Nordea
	NOK6B17E13.50R.2SHB	Handelsbanken
	NOK6B17E14.00R.2SHB	Handelsbanken
2007		
	NOK7B16E15.00R.2NRD	Nordea
	NOK7B16E18.00R.2NRD	Nordea
	NOK7B16E16.00R.2SHB	Handelsbanken
	NOK7B16E15.50R.2SHB	Handelsbanken
	NOK7B16E17.00R.2ABN	ABN Amro
	NOK7B16E16.00R.2ABN	ABN Amro



## LIITE 2. TUTKIMUSAINEISTOA

Vuosi	Warrantin koodi	Kurssitiedot (€)	Kurssitiedot (€)	Implisiittinen volatilitiitti	Toteutunut volatilitiitti
		liikkeellelaskupäivänä	päätymispäivänä		vuositasolla %
2003	NOK3H15E15.00R.1ALF	13.77	13.01	60.47%	47.52
	NOK3B14E22.00R.2SG	16.09	12.94	68.91%	52.24
	NOK3K21E13.00R.2SHB	15.31	14,79	50.19%	40.71
	NOK3B21E25.00R.1SHB	16.09	12,74	70.15%	50.49
2004	NOK4B20E15.00R.2SHB	13.78	17.69	32.05%	40-05
	NOK4B20E20.00R.1SHB	13.78	17.69	64.38%	40.05
	NOK4C05E14.00R.1NRD	13.78	18.75	33.16%	36.83
	NOK4C05E16.00R.1NRD	13.78	18.75	28.47%	36.83
	NOK4C19E16.00R.25SG	13.78	16.58	38.74%	37.46
	NOK4C19E18.00R.25SG	13.78	16.58	32.60%	37.46
2005	NOK5B18E12.00R.25SGP	11.66	12.1	34.07%	24.10
	NOK5B18E10.00R.2SHB	11.66	12.1	47.08%	24.10
	NOK5B18E12.00R.2SHB	11.66	12.1	37.12%	24.10
	NOK5B18E11.00R.25ABF	11.66	12.1	41.53%	24.10
	NOK5B18E13.00R.25ABF	11.66	12.1	37.85%	24.10
2006	NOK6B17E14.00R.2ABF	15.51	15.77	24.81%	18.29
	NOK6B17E16.00R.2ABF	15.51	15.77	26.16%	18.29
	NOK6B17E15.00R.2NRD	15.51	15.77	33.42%	18.29
	NOK6B17E14.00R.2NRD	15.51	15.77	33.17%	18.29
	NOK6B17E13.50R.2SHB	15.51	15.77	23.79%	18.29
	NOK6B17E14.00R.2SHB	15.51	15.77	24.81%	18.29

<b>2007</b>					
	<b>NOK7B16E15.00R.2NRD</b>	<b>15.73</b>	<b>17.61</b>	<b>31.38%</b>	<b>26.76</b>
	<b>NOK7B16E18.00R.2NRD</b>	<b>15.73</b>	<b>17.61</b>	<b>30.67%</b>	<b>26.76</b>
	<b>NOK7B16E16.00R.2SHB</b>	<b>15.73</b>	<b>17.61</b>	<b>26.66%</b>	<b>26.76</b>
	<b>NOK7B16E15.50R.2SHB</b>	<b>15.73</b>	<b>17.61</b>	<b>24.43%</b>	<b>26.76</b>
	<b>NOK7B16E17.00R.2ABN</b>	<b>15.73</b>	<b>17.61</b>	<b>27.19%</b>	<b>26.76</b>
	<b>NOK7B16E16.00R.2ABN</b>	<b>15.73</b>	<b>17.61</b>	<b>26.66%</b>	<b>26.76</b>