



<input checked="" type="checkbox"/>	Pro gradu -tutkielma
<input type="checkbox"/>	Lisensiaatintutkielma
<input type="checkbox"/>	Väitöskirja

Oppiaine	Laskentatoimi	Päivämäärä	6.5.2011
Tekijä(t)	Joonas Lumijärvi	Matrikkelinumero	
		Sivumäärä	63
Otsikko	Samuelsonin hypoteesi päästöoikeuksien futuureissa vuosina 2005 – 2010		
Ohjaaja(t)	KTT Heli Hookana KTM Anu Ikonen-Kullberg		

#### Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää toteutuuko Samuelsonin hypoteesi päästöoikeuksien futuurien hinnoissa aikavälillä 2005 – 2010. Päästöoikeudet ovat kaikkien vapaasti vaihdettavissa oleva sijoituskohde. Päästöoikeusmarkkinat ovat syntyneet Euroopan Unionin määräyksellä. Päästökaupan piiriin kuuluvien teollisuuden toimijoiden on omistettava tuottamansa kasvihuonekaasumäärän verran päästöoikeuksia. Samuelsonin hypoteesi olettaa, että futuurin volatilitteetti kasvaa, kun sen maturiteetti lähestyy.

Tutkimuksen teoreettisessa osassa luodaan tutkimukselle teoreettinen viitekehys. Teoriaosuudessa käsitellään ensin päästökauppaa ja päästöoikeuksien hinnanmääräytymistä. Tämän jälkeen tutkimuksessa esitellään volatilitteetti ja Samuelsonin hypoteesi.

Tutkimuksen empiriaosiossa johdetaan tutkimushypoteesi teoreettisesta viitekehystä. Tutkimuksen aineistona on käytetty European Energy Exchange –pörssin aineistoa vuosilta 2005 – 2010. Aineisto on kerätty pörssin virallisilta kotisivuilta. Tutkimushypoteesi vahvistetaan tai kumotaan tilastollisten menetelmien avulla. Tilastollisena menetelmänä käytetään lineaarista regressioanalyysia, joka muodostetaan ja ratkaistaan pienimmän neliösumman menetelmällä.

Tutkimuksen empiirisistä tuloksista voidaan päätellä, että Samuelsonin hypoteesi ei toteudu päästöoikeuksien futuureissa. Tutkimustulokset antavat ristiriitaisia tuloksia riippuen tutkittavasta sopimuksesta. Tämän perusteella ei Samuelsonin hypoteesin paikkansapitävyyttä voida vahvistaa. Tutkimustulokset antavat tukea aikaisemmille tutkimustuloksille finanssituotteiden futuureissa.

Asiasanat	Samuelsonin hypoteesi, maturiteettiefekti, päästökauppa, futuurit, regressioanalyysi
Muita tietoja	



Turun yliopisto  
University of Turku

# **SAMUELSONIN HYPOTEESI PÄÄSTÖOIKE- UKSIEN FUTUUREISSA VUOSINA 2005 – 2010**

Liiketaloustiede: laskentatoimen Pro  
gradu -tutkielma

Laatija:  
Joonas Lumijärvi 12802

Ohjaajat:  
KTT Heli Hookana  
KTM Anu Ikonen-Kullberg

6.5.2011  
Pori



Turun kauppakorkeakoulu • Turku School of Economics

# SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
1.1	Tutkimuksen taustaa .....	5
1.2	Tutkimuksen tavoite ja rajausta .....	7
1.3	Tieteenfilosofiset ja metodologiset valinnat .....	8
1.4	Tutkimuksen kulku .....	13
2	PÄÄSTÖKAUPPA .....	15
2.1	Päästökauppa kasvihuonekaasujen vähentäjänä .....	15
2.2	Päästökauppa Euroopassa .....	16
2.3	Päästöoikeuksien piiriin kuuluvat laitokset ja päästöoikeuksien jako Suomessa .....	18
2.4	Päästöoikeuksien hintaan vaikuttavat tekijät .....	20
2.4.1	Hintojen muodostuminen .....	20
2.4.2	Poliittiset tekijät .....	20
2.4.3	Ympäristötekijät .....	22
2.4.4	Markkinatekijät .....	23
2.5	Yhteenvedo päästökaupasta .....	24
3	FUTUURIT, VOLATILITEETTI JA SAMUELSONIN HYPOTEESI .....	26
3.1	Futuurit .....	26
3.2	Volatiliteetti .....	30
3.3	Samuelsonin hypoteesi .....	33
4	YHTEENVETO TUTKIELMAN VIITEKEHYKSESTÄ .....	39
4.1	Tutkimuksen teoreettinen tausta .....	39
4.2	Tutkimushypoteesi .....	40
4.3	Aineiston kuvaus ja käytetyt menetit .....	41
5	TULOKSET .....	49
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO .....	53
6.1	Tutkimuksen luotettavuuden arviointi .....	53
6.1.1	Yleistettävyys .....	53
6.1.2	Reliabiliteetti .....	53
6.1.3	Validiteetti .....	54

6.2	Johtopäätökset .....	55
6.3	Yhteenveto ja jatkotutkimusmahdollisuudet .....	57
	LÄHTEET .....	59

## **Kuvioluettelo**

Kuvio 1	Tieteenfilosofiset taustasitoumukset ja perusoletukset (Burrell & Morgan 1979, 3). .....	8
Kuvio 2	Taloustieteellisessä tutkimuksessa käytetyt tutkimusotteet Kasanen ym. (1991, 317) mukaan. ....	11

## **Taulukkoluetelo**

Taulukko 1	Muuttujien kuvaileva statistiikka (koko kaupankäyntijakson aineisto)	42
Taulukko 2	Muuttujien kuvaileva statistiikka (1.1.2008 jälkeen oleva aineisto)...	43
Taulukko 3	Koko aineiston regressioanalyysi.....	49
Taulukko 4	1.1.2008 ja sen jälkeiset kauppapäivät.....	50
Taulukko 5	Koko aineisto poistettuna ääriarvoilla.....	51

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen taustaa

Huoli ilmaston lämpenemisestä on luonut markkinoille uuden markkinainstrumentin; ilmakehän kasvihuonekaasujen vähentämiseksi on luotu päästökauppajärjestelmiä, joiden avulla voidaan vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä. Tutkimuksen kohteena oleva päästökauppa on Euroopan Unionin laajuinen, vuonna 2005 aloittanut markkinamekanismi. Tämän päästökauppajärjestelmän on tarkoitus saada päästövähennykset aikaan järjestelmällä, jossa Euroopan Unioni määrää jäsenmailleen enimmäismäärän, jonka verran maassa saa tuottaa kasvihuonekaasuja. Tämän enimmäismäärän verran EU antaa jäsenmailleen päästöoikeuksia, jotka maat sitten jakavat, joko myyden tai ilmaiseksi, teollisuudelleen. Teollisuuden toimijoilla on mahdollisuus hankkia käyttämiinsä päästöihin oikeuttavat päästöoikeudet, joita se ei ole alkuperäisessä jaossa saanut, ostamalla ne muilta markkinatoimijoilta. Päästöoikeudet ovatkin haltijoilleen kauppatavaraa, eli samalla kun päästökauppa luotiin, loi EU uudet markkinat päästöoikeuksille. Päästöoikeudet ovat niiden omistajien vapaasti vaihdettavissa kuudessa pörssissä. Tällainen malli on niin sanottu cap-and-trade<sup>1</sup> malli, koska se luo edellä mainitun enimmäismäärän päästöille. Lisäksi malliin kuuluu mahdollisuus päästöoikeuksien, eli käytännössä päästöjen, vapaaseen vaihtamiseen. (Benz & Trück 2009, 3 – 7.)

Samuelson esitti artikkelissaan (Samuelson 1965, 41 – 46) todistuksen siitä, että futuurien hinnan volatilitteetti kasvaa maturiteetin<sup>2</sup> lähestyessä. Hän olettaa, että futuurin hinta ovat sama kuin tuleva markkinahinta futuurin saavuttaessa maturiteettinsa. Tästä syystä Samuelsonin hypoteesi esittää futuurien hinnan liikkuvan enemmän maturiteetin lähestyessä. Täten maturiteetin lähellä informaation vaikutus hintaan on suurempaa kuin aiemmin futuurin elämänsä aikana. Tämä hintojen muutos voi vaikuttaa marginaalivaatimukseen kasvattamalla niitä, koska marginaalivaatimuksella on positiivinen korrelaatio futuurien hintojen volatilitteetin kanssa. Samuelsonin hypoteesi on tunnettu kirjallisuudessa myös maturiteettiefektinä ja näitä kahta käytetään tässä tutkimuksessa toisiinsa korvaavina.

---

<sup>1</sup> Cap-and-trade mallissa tuotantolaitokset saavat itselleen oikeuden tuottaa tietty määrä, cap - katto, kasvihuonekaasuja. Tämän määrän ylittävällä tai alittavalla osuudella voidaan käydä kauppaa, trade. Näin päästöjen vähentäminen tapahtuu siellä, missä se on taloudellisesti tehokkainta. (Ambrosi & Capoor 2006, 1)

<sup>2</sup> Maturiteetti eli niin sanottu juoksuaika tarkoittaa sitä aikaa, jonka kuluessa arvopaperi erään- tyy tai laina maksetaan takaisin.

Samuelsonin hypoteesi on deskriptiivinen ja ennustaa, että tunnettujen tai tuntemattomien tekijöiden takia volatilitteetti on suurempaa maturiteetin lähestyessä. Maturiteettiefektin avulla ei yritetä selittää syytä mahdolliseen kasvaneeseen volatilitteettiin, vain tällaisen ilmiön olemassaoloon. (Kalev & Duong 2008, 650.)

Tutkimuksen on tarkoituksena selvittää toteutuuko Samuelsonin hypoteesi Euroopan Unionin päästökaupassa. Tämä lisää ymmärrystä volatilitteetin liikkeisiin ja vahvuuteen päästöoikeuksien futuureissa. Futuurien hinnan vaihtelua on tärkeä ymmärtää, sillä futuurien hintojen liike heijastelee markkinaosallistujien odotuksia futuurin kohdeetuuden hinnasta tulevaisuudessa (Kolb 2000, 27).

Maturiteettiefekti on tärkeä markkinatoimijoille useasta syystä. Esimerkiksi volatilitteetin ja maturiteetin suhde on olennaista marginaalin asettamisessa ja riskinhallintastrategioiden tekemisessä. Erityisesti tämä näkyy siinä, että halutun marginaalin koko on riippuvainen futuurien hinnan volatilitteetista. Tämä näkyy siten, että jos volatilitteetti kasvaa maturiteetin lähestyessä tulee marginaalit asettaa myös korkeammiksi ja lisäksi riskienhallintastrategiaa tulisi tarkkailla sekä muokata sopivammaksi toimituspäivän lähestyessä. Lisäksi, koska volatilitteetti on yksi hinnanmäärääjistä optioiden hinnoittelussa, tulee maturiteettiefekti ja sen mahdolliset vaikutukset ottaa huomioon futuurien optioita hinnoiteltaessa. (Daal ym 2004, 3.)

Johtajat, jotka ovat vastuussa yrityksensä riskeistä, sekä välittäjät ovat erittäin kiinnostuneita malleista, jotka kuvaisivat päästöoikeuksien hinnan muutoksia suojautuakseen päästöoikeuksien hintojen epätavallisilta liikkeiltä. Täten johtajat ja välittäjät eivät ole ainoastaan kiinnostuneita pitkän aikavälin hinnanmuodostuksesta, vaan myös lyhyen aikavälin hinnoista. Luotettavalle ja toimivalle mallille siis olisi kysyntää, sillä se auttaisi yrityksiä, sijoittajia ja välittäjiä käyttämään tehokkaampia strategioita päästökaupassa toimiessa ja riskeiltä suojautumisessa. (Benz & Trück 2009, 5.)

Varsinkin päästöoikeuksilla on futuurien liike tärkeää, sillä suurinta osaa kaupasta ei käydä kaupankäyntihetkellä oikeuksia vaihtamalla, vaan futuuripörssiissä (Hintermann 2009, 15). Tästä syystä kaikkien eurooppalaisten päästökaupan piiriin kuuluvien yritysten, sekä muiden markkinatoimijoiden, tulee ymmärtää kuinka päästöoikeuksien futuurit toimivat saadakseen maksimaalisen hyödyn siitä itselleen.

Jos Samuelsonin hypoteesi toteutuu, on sillä seurauksia päästöhintojen hintaennusteiden odotuksiin. Maturiteettiefektin toteutuminen tarkoittaisi arbitraasimahdollisuuksien olemassa oloa, sillä marginaalivaatimukset eivät ota huomioon lisääntyntä volatilitteettia eikä siitä koituvaa riskiä. (Khouru & Yourougou 1993, 347.)

Aiemmissa tutkimuksissa (ks. esim. Bessembinder ym. 1996 ja Kalev & Duong 2008) on tutkittu maturiteettiefektiä useilla eri futuurisopimuksilla. Varsinkin Daal ym. (2004) ovat tutkineet kattavasti eri sopimuksia pääosin Yhdysvaltojen markkinoilta, 40 vuoden ajalta 6805 eri futuurisopimusta, ja maturiteettiefektin toteutumisen niissä. Koska päästöoikeudet ovat uusi markkinainstrumentti, ei maturiteettiefektiä niissä ole, tutki-

jan tietojen pohjalta, vielä aiemmin tutkittu. Näin tämä tutkimus on aiheellinen ja ajan-kohtainen ja luo uutta tietoa.

## 1.2 Tutkimuksen tavoite ja rajaus

Tutkimuksen tavoitteena on mukaisesti selvittää toteutuuko Samuelsonin hypoteesi, eli maturiteettiefekti, päästöoikeuksien futuurien hinnoissa. Tutkimuksen päätavoitteena on pyrkiä vastaamaan seuraavaan kysymykseen, joka on myös tämän tutkimuksen tutkimusongelma:

- Toteutuuko Samuelsonin hypoteesi European Energy Exchange -pörssin päästöoikeuksien futuureissa?

Tutkimusongelmaan vastataan selvittämällä maturiteetin ja volatilitiitin välistä suhdetta aiemman teorian pohjalta. Näiden aiempien tutkimusten pohjalta valitaan laskentamalli, jolla voidaan testata tutkimushypoteesia. Tutkimushypoteesin rakentuminen ja valittu laskentamalli esitellään luvussa 4.

Tutkimus keskittyy tarkastelemaan maturiteettiefektiä päästöoikeuksien hinnoissa. Tämä rajaa tutkimuksen luonnollisesti muotoonsa. Tutkimuksessa käsitellään päästökaupan, futuurien ja maturiteetti-ilmion periaatteet ja keskeinen aikaisempi tutkimus. Vahvimmin tutkimuksessa keskitytään päästökauppaan ja maturiteettiefektiin.

Tutkimusaineena on käytetty European Energy Exchange (EEX) pörssin aineistoa. EEX on yksi kuudesta pörssistä joissa Euroopan Unionin päästökauppaa voi harjoittaa. Päästöoikeuksien lisäksi EEX tarjoaa myös mahdollisuuden vaihtaa päästöoikeuksien futuureja. Tutkimuksen aikaväli on 2005–2010 ja tutkimukseen on valittu joulukuun alussa vanhenevat sopimukset vuodesta 2006 vuoteen 2010. Päästöoikeusfutuureista on myös muina kuukausina vanhenevia sopimuksia, mutta ne ovat jääneet vähemmälle vaihdolle, sillä päästöoikeuksien palautuspäivämäärä on joulukuussa ja siten ne jätetään tutkimuksen ulkopuolelle.

Tutkimus rajataan käytetyn maturiteettiefektin laskentatavan mukaan. Tapoja laskea maturiteettiefektin olemassaoloa on useita (ks. esim. Kalev & Duong 2008 ja Daal ym. 2004). Tässä tutkimuksessa on valittu laskentatavaksi Daal ym. (2004) käyttämä tapa, sillä se ei keinotekoisesti yhdistä sopimuksia keskenään, vaan sen avulla voidaan jokaiselle sopimukselle laskea erikseen maturiteettiefektin paikkansapitävyys. Laskentatavoista ja käytetyn laskentatavan valintaperusteista enemmän tutkimuksen neljännessä luvussa, jossa käydään läpi tutkielman viitekehys.

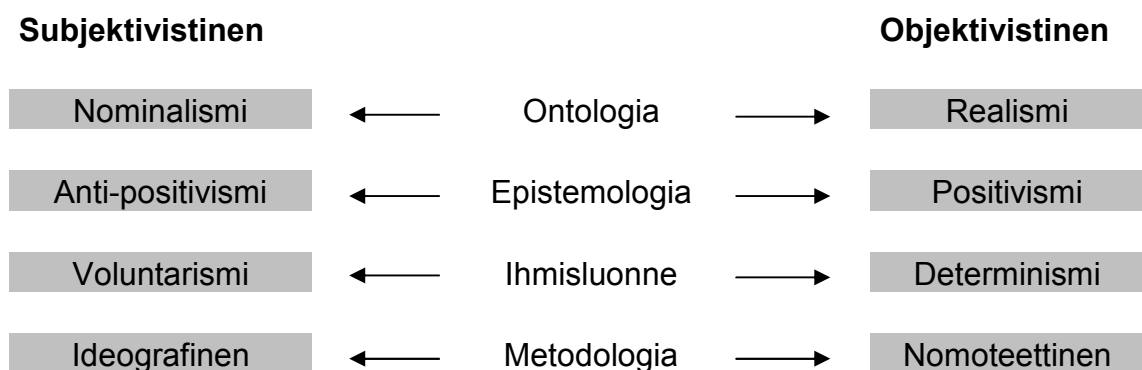
Samuelsonin hypoteesi olettaa, että futuurien volatilitiitti kasvaa maturiteetin läheisyydessä. Tätä hypoteesia testataan EEX:n päästöpörssin päästöoikeusfutuureilla. Testaus

tapahtuu tarkastelemalla volatiliteetin suhdetta maturiteettiin. Käytännössä tämä tehdään regressioanalyysin keinoin, jonka avulla voidaan nähdä onko maturiteetin lähentymisellä vaikutusta futuurin hinnan vaihteluun. Jos positiivinen korrelaatio on olemassa, toteutuu Samuelsonin hypoteesi.

### 1.3 Tieteenfilosofiset ja metodologiset valinnat

Tieteenfilosofia kertoo minkälainen tutkijan käsitys maailmankaikkeudesta, sen rakenteesta, sen kuvaamisesta ja tiedosta on. Tutkijan tulee työssään pohtia, minkälainen on hänen tieteenfilosofiansa ja miten se heijastuu tutkimukseen. Tutkimustyön kysymysten ja oletusten pohdinta sekä sen tulos muodostavat kaikelle tutkimukselle ominaiset taustasitoumukset ja filosofiset perusolettamukset. (Hirsjärvi ym. 1998, 123.)

Näitä taustasitoumuksia on mahdollista jakaa pienempiin oletuksiin ja yleensä ne tieteenfilosofiassa jaetaan neljään eri oletukseen. Nämä neljä oletusta ovat oletukset ontologiasta, epistemologiasta, ihmisluonteesta ja metodologiasta. (Burrell & Morgan 1979, 1 – 2.) Seuraavassa kuviossa on esitetty nämä neljä perusolettamusta:



Kuvio 1 Tieteenfilosofiset taustasitoumukset ja perusoletukset (Burrell & Morgan 1979, 3).

Yllä olevassa kuviossa 1 esitetään aiemmin esille tuodut neljä Burrell & Morganin (1979) mainitsemaa perusolettamusta tieteenfilosofiasta. Ontologia, epistemologia, ihmisluonne ja metodologia on esitetty dikotomisessa muodossa, eli jaettu kahteen eri ääripäähän: objektivistiseen ja subjektivistiseen. Subjektivistinen ajattelutapa korostaa yksilöä, ja sitä että tieto on jokaisen yksilön oman kokemuksen tulosta. Subjektivistinen näkemys perustuu nominalismiin, antipositivismiin, voluntarismiin ja ideografiaan. Objektivistinen ajattelutavalle ominaista on, että tieto on havainnoijasta riippumatonta,

kaikille samaa ja se perustuu realismiin, positivismiin, determinismiin ja nomoteettisuuteen. (Burrell & Morgan 1979, 3.)

Ontologia sisältää kaiken ilmiöiden ja asioiden olemassaoloon liittyvän, se on siis olemassaolo-oppi. Perinteisiä ongelmia ontologiassa ovat kysymykset, jotka liittyvät todellisuuden luonteeseen; todellisuus voi ontologian eri näkökantojen mukaan olla ihmisen mielestä riippumaton, erillinen kokonaisuus tai kokonaan ihmisen mielen muodostama hahmotelma ympäröivästä maailmasta. (Burrell & Morgan 1979, 1.) Perimmäisiä ontologisia kysymyksiä ovat esim. ”mikä on todellista?” ja ”mitä voidaan pitää todisteina?” (Hirsjärvi ym. 1998, 124). Ontologisille ongelmille luonteenomaista on niiden ratkaisemattomuus, sillä ontologiset tulokset ovat vain kielellisiä malleja joita ei käytännössä voida todentaa empirian avulla (Lukka 1989, 95).

Kuviossa 1 esitetyn Burrell & Morganin jaottelun mukaisesti ontologia jakautuu kahteen vastakkaiseen ääripäähän: nominalismiin ja realismiin. Nominalistinen näkökanta kokee maailman muodostuvan pelkästään nimistä, käsitteistä ja merkeistä joita ihminen on luonut ymmärtääkseen ympäröivää todellisuutta. Nämä ihmisten luomukset eivät nominalistisen maailmankatsomuksen mukaan itsessään merkitse mitään, vaan ovat pikemminkin keinotekoisia välineitä todellisuuden järjeistämiseen. (Burrell & Morgan 1979, 4.) Nominalismi kieltää myös yleiskäsitteiden olemassaolon, ja nominalistit kokevat maailman koostuvan yksilöistä ja yksittäisistä olioista (Lukka 1989, 97).

Nominalismin vastakohta on realismi, joka näkee todellisuuden ihmismielestä riippumattomana kokonaisuutena. Realistien mielestä nominalistien mainitsemat nimet, käsitteet ja merkit ovat olemassa olevia vaikka ihminen niitä ei havaitsisikaan. (Burrell & Morgan 1979, 4.) Realistisessa maailmankatsomuksessa tutkijan ratkaistavaksi jää vain se, minkälainen ympäröivä todellisuus on, sillä realismi perustuu erinäisten yleiskäsitteiden olemassaoloon (Lukka 1989, 6).

Tämä tutkimus on ontologialtaan realistinen. Tutkimuksen perusteena olevat käsitteet perustuvat pitkälti yleismaailmallisiin rahoitusmarkkinoiden teorioihin. Näiden käsitteiden ajatellaan olevan riippumattomia tutkijasta ja hänen ajatuksistaan, joten tutkimuksen käsittelemä todellisuus on tutkijan mielestä erillinen kokonaisuus.

Tutkimuksen perusoletuksista epistemologia käsittelee tietoa ja kommunikointia. Epistemologia käsittää tiedon perustan ja käsityksen ihmisten välisestä kommunikaatiosta ja sen muodostumisesta. (Burrell & Morgan 1979, 1.) Epistemologiaa voidaan kutsua myös tieto-opiksi, jonka peruskysymykset koskevat sekä tiedostamisen että tiedon-saannin ongelmia (Hirsjärvi ym. 1997, 124).

Burrell & Morganin erittelyn mukaan epistemologia jakautuu kuvion 1 esittämällä tavalla kahteen vastakkaiseen päähän, antipositivismiin ja positivismiin. Antipositivistisen näkökulma ymmärtää ympäröivän maailman ainoastaan yksilön näkökulmasta. Tutkimusta tehdessään antipositivistin pitää asettua tarkasteltavan yksilön asemaan sekä nähdä todellisuus hänen tavallaan. Positivismi taas päinvastaisesti pyrkii löytämään to-

dellisuudesta säännönmukaisuuksia ja riippuvuussuhteita. Positivistien mielestä on mahdollista löytää objektiivista tietoa, mutta suuremmaksi osaksi vain luonnontieteenomaisia tutkimusmenetelmiä käyttäen. (Burrell & Morgan 1979, 5.)

Tässä tutkimuksessa epistemologinen näkemys on positivistinen. Tutkimuksessa ei ole tarkoitus asettaa yksilön asemaan tutkimusongelmia tutkiessa, vaan tarkastella tutkimusaihetta ja sen maailmaa ulkoisesti. Tutkittavaa ilmiötä tutkitaan tilastollisten menetelmien avulla, jotka jo perusolettamukseltaan sisältävät mahdollisuuden objektiivisen tiedon olemassaololle.

Kolmas neljästä tutkimuksen tieteenfilosofian perusolettamuksesta on ihmiskäsitys. Ihmiskäsitys jakautuu Burrell & Morganin dikotomian mukaan ihmiskäsityksen kahteen ääripäähän, voluntarismiin ja determinismiin. Voluntaristinen maailmankuva näkee, että ihminen on täysin itsenäinen ja että hänellä on vapaa tahto päättää omista asioistaan. Deterministinen maailmankuva ottaa asiaan päinvastaisen kannan ja sen mukaan ihmisen teot ja ajatukset ovat kokonaan ihmisestä itsestään ulkoisia, eli ympäristö määrää ja hallitsee ihmisen kokemaa todellisuutta. (Burrell & Morgan 1979, 6.) Tässä tutkimuksessa näkökulma on laskentatoimeen perinteiden mukaisesti deterministinen. Tutkija olettaa lähtökohtaisesti, että ihminen toimii rationaalisesti ja pyrkii maksimoimaan oman varallisuutensa. Toisin sanoen sijoittajien valinnat ovat aina subjektiivisia, mutta suurena joukkona markkinat toimivat kuten maksimihyötyä tavoitteleva kone.

Kuvion 1 viimeinen taustaolettaus koskee metodologiaa. Burrell & Morgan ovat jakaneet metodologisen ajattelun ideografiseksi ja nomoteettiseksi. Ideografinen filosofia perustuu ajatukseen, että tutkija voi ymmärtää tutkittavaa kohdetta vain keräämällä siitä ensikäden tietoa, esimerkiksi itse havainnoimalla. Ideografisen metodologian keskittymisen kohde on pitkälti tutkittavassa kohteessa ja sen yksilöllisessä ymmärtämisessä. Nomoteettinen filosofia painottaa tutkittavan kohteen sijasta itse tutkimusprosessia ja siihen liittyviä menetelmiä, ollen siten ideografisen ajattelun vastakohta. Nomoteettisen ajattelun mukaan olennaista tutkimuksen tekemisessä on erinäisten hypoteesien testaus luonnontieteellisillä, tarkoin määritetyillä tavoilla. (Burrell & Morgan 1979, 6.) Tämä tutkimus on luonteeltaan nomoteettinen, sillä tutkimuksen empiirinen osio noudattaa nomoteettisuuden luonnontieteellisiä perusperiaatteita hypoteesien testaamisesta objektiivisen tiedon keräämiseen ja tilastolliseen analyysiin.

Kun tutkija on selvittänyt tutkimuksen taustasitoumukset ja -oletukset, on olennaista määrittää tutkimukselle soveltuva tutkimusote. Liiketaloustieteessä voi tutkimusotteita jaotella monella tapaa, mutta tässä tutkimuksessa on apuna käytetty Kasanen ym. (1991, 317) jaottelemaa nelikenttää jossa on eroteltuna viisi tutkimusotetta. Kuviossa 2 esitellään tutkimusotteiden jaottelu.

	Teoreettinen	Empiirinen
Deskriptiivinen	KÄSITEANALYYTTINEN TUTKIMUSOTE	NOMOTEETTINEN TUTKIMUSOTE  TOIMINTA- ANALYYTTINEN TUTKIMUSOTE
Normatiivinen	PÄÄTÖKSENTEKO- METODOLOGINEN TUTKIMUSOTE	KONSTRUKTIIVINEN TUTKIMUSOTE

Kuvio 2 Taloustieteellisessä tutkimuksessa käytetyt tutkimusotteet Kasanen ym. (1991, 317) mukaan.

Yllä olevassa kuviossa liiketaloustieteessä yleisimmin käytetyt tutkimusotteet ovat jaettu nelikenttään. Nelikenttä on jaettu teoreettisuuden ja empiirisyyden perusteella sekä sen perusteella, onko tutkimus taustaperiaatteiltaan deskriptiivinen vai normatiivinen. Teoreettisen tutkimuksen muodostavat ongelmat, jotka liittyvät tieteenalan käsitteisiin, näkökulmiin ja teorioihin. Vastaavasti empiirisen tutkimuksen muodostavat reaailmaailman ilmiöt, joista hankitaan uutta tietoa systemaattisilla menetelmillä. Pääasiassa teoreettiset tutkimukset kohdistuvat tarkastelemaan jonkin tietyn tieteen- tai tutkimusalan keskeistä käsitteistöä. Vastaavasti empiirisessä tutkimuksessa voidaan kuvata, selittää ja ennustaa tulevaa kehitystä tutkittavalle ilmiölle. Empiirisessä tutkimuksessa voidaan myös arvioida ja kehittää jonkin tutkittavan ilmiön toimintaa. (Uusitalo, 1991, 60 – 63.)

Deskriptiivinen tutkimus on luonteeltaan sellainen, että sen avulla on tarkoitus lähinnä kuvailla tutkittavaa ilmiötä ja antaa tietoa sen ominaispiirteistä. Normatiivinen tutkimus taas pyrkii antamaan selkeitä uusia toimintaperiaatteita ja parannusehdotuksia

liittyen tutkimuksen kohteena olevaan asiaan tai ilmiöön. (Lukka 1991, 166 – 168.) Tämän tutkimuksen tutkimusote on nomoteettinen.

Kuvion 2 käsiteanalyttinen tutkimusote, joka on kuvion mukaisesti teoreettis-deskriptiivinen tutkimusote, on luonteeltaan kuvailevaa ja se perustuu sekä ajattelun että argumentoinnin menetelmiin. Tutkimuskohteina voivat olla reaali maailma ja tajunnanilmiöt. Normaalisti käsiteanalyttisellä tutkimuksella pyritään luomaan aikaisempiin tutkimuksiin ja kirjallisuuteen liittyvää käsitejärjestelmää. Nomoteettinen tutkimusote eroaa käsiteanalyttisestä siten, että käsiteanalyttinen ote on teoriapainotteisempi. Kun käsiteanalyttisen tutkimusotteen avulla kehitellään käsitteitä, koetetaan nomoteettisen tutkimusotteen avulla empiirisesti paikkansapitäviä lainalaisuuksia. (Neilimo & Näsi 1980, 30 – 35.) Kaikkiin tutkimuksiin kuuluu käsiteanalyttinen osa, joka voi olla huomattavakin (Ferm 1994, 245). Tämän tutkimuksen käsittää käsiteanalyttisen osan, jossa käydään läpi empiirisen osan kannalta keskeiset teoreettiset käsitteet ja muodostetaan aikaisemman tutkimuksen avulla hypoteesit.

Päätöksentekometodologinen tutkimusote on luonteeltaan normatiivinen ja enimmäkseen teoreettinen, mutta siinä on empiirisiä piirteitä. Päätöksentekometodologiselle tutkimusotteelle on tunnusomaista ongelmaratkaisumethodin kehittäminen. Tavoitteena on luoda päätöksentekomalleja ja avustaa päätöksenteossa. Tutkimuskohteina voi olla esimerkiksi liiketaloudellinen ongelma. Tutkimustuloksia arvioidaan käyttämällä kriteereinä yksinkertaisesti mallien toimivuutta ja loogisuutta. (Neilimo ja Näsi 1980, 33 – 34.) Päätöksentekometodologiselle tutkimusotteelle on tunnusomaista normatiivisten suositusten antaminen, kun taas nomoteettinen tutkimusote on deskriptiivistä. Nomoteettinen ote pyrkii kuvailemaan, ennustamaan ja selittämään tutkittavia ilmiöitä. (Lukka 1991, 166 – 167.) Tämän tutkimuksen tavoitteena ei ole ongelmien ratkaiseminen eikä ongelmaratkaisumethodien rakentaminen, vaan tutkimuksen avulla yritetään tutkia, esiintyykö tutkittavassa kohteessa tiettyä ilmiötä, tarkemmin esiintyykö päästöoikeuksien futuureissa maturiteettiefektiä.

Toiminta-analyttisen tutkimusotteen tarkoituksena on tutkittavan kohteen ymmärtäminen. Sen tavoitteena ei ole yleisten lainalaisuuksien löytäminen, vaan sen todellisuus muodostuu subjektiivisista käsityksistä ja se on vahvasti havainnoitsijaan sidottu. Ilmiöitä pyritään selittämään tarkoitusten kautta historiallista taustaa avuksi käyttäen. Tällä tutkimusotteella tehdyt tutkimukset pyrkivät analysoimaan kaikkia yksittäistapauksia niin syvällisesti kuin mahdollista. (Lukka 1986, 135 – 136.) Nomoteettinen tutkimusote eroaa toiminta-analyttisestä siten, että siinä tutkija pyrkii pysyttelemään tutkimuksen kohteeseen nähden ulkopuolisessa roolissa. Nomoteettinen tutkimusote poikkeaa toiminta-analyttisestä myös tavassa suhtautua empiriaan. Kun toiminta-analyttinen tutkimusote tutkii reaali maailmaa vain muutamien kohdeyksiköiden kautta, nomoteettiselle tutkimusotteelle on tunnusomaista suuri määrä havaintoyksiköitä. (Neilimo & Näsi 1980, 35 – 36.) Tässä tutkimuksessa aineisto on kerätty pörssin tietokannasta, joten tut-

kija on tutkimusaineistoon nähden neutraalissa roolissa. Lisäksi havaintoyksiköiden määrä on suuri, sisältäen useamman, muutamista sadoista yli tuhanteen havaintoon perustuvan, aineiston.

Konstruktiiivisessa tutkimusotteessa tutkija ratkoo ongelmaa mallin, kuvion, suunnitelman, koneen tms. rakentamisen avulla. Konstruktiiiviseen tutkimusotteeseen olennaista on ongelman liittäminen aiempaan tietoon sekä ratkaisun toimivuuden osoittaminen. Nomoteettisesta tutkimusotteesta konstruktiivinen tutkimusote eroaa olemalla normaalisti case-tutkimusta ja konstruktiiivisen tutkimusotteen pohjautuessa pieneen määrään tutkimuskohteita. Lisäksi se eroaa nomoteettisesta tutkimusotteesta normatiivisen peruluonteensa takia. (Kasanen ym. 1991, 35.)

Kuten aiemmin on mainittu, tämä tutkimus on nomoteettinen. Neilimon ja Näsin (1980, 39 – 40) mukaan seuraavat nomoteettisuuden perusteet täyttyvät tässä tutkimuksessa:

- tutkimuksen perusongelman asettelu pyrkii selitykseen
- tutkimukseen sisältyy käsitteellinen osio
- tutkimukseen sisältyy merkitykseltään oleellinen empiirinen osio
- tutkimukseen sisältyy todisteluvaihe, jossa verrataan käsitteellistä ja empiiristä tulosta
- tutkija pysyy tutkimukseen nähden ulkoisessa roolissa

Tutkimuksen empiiristä osiota määritellään ja tutkitaan käyttämällä hyväksi tilastollisia menetelmiä, jotka on valittu sen perusteella, kuinka hyvin ne voivat havainnollistaa maturiteettiefektin olemassaoloa aineistossa. Tilastollinen analyysi perustuu pörssin tietokannasta saatujen futuurien hintojen arviointiin.

## 1.4 Tutkimuksen kulku

Tutkimus on jaettu kolmeen osaan: johdantoon, teoreettiseen osaan ja empiiriseen osaan. Johdanto käsittää ensimmäisen luvun ja siinä käydään läpi tutkimuksen tekemisen yleisiä periaatteita ja taustaoletuksia. Johdannossa myös käsitellään tutkielman tavoitteita ja tutkijan tekemät tieteenfilosofiset ja metodologiset valinnat. Lisäksi ensimmäisessä luvussa luodaan nopea katsaus tutkimuksen taustaan ja esitellään sen tärkeimmät osa-alueet.

Johdannosta siirrytään tutkimuksen toiseen, teoreettiseen, osaan. Tutkimuksen teoreettinen osa on jaettu kahteen osaan. Luvussa kaksi käsitellään päästökauppaa, sen syntä ja mekanismeja. Kolmannessa luvussa käydään läpi käsitteet; futuurit, volatilitteetti sekä Samuelsonin hypoteesi. Lisäksi teoreettinen osio sisältää luvun neljä, jossa kootaan

yhteen tutkimuksen teorettinen viitekehys ja muodostetaan tutkimushypoteesi empiiristä testausta varten aiempien tutkimusten pohjalta.

Tutkimuksen viimeinen osa on empiirinen osa ja se sisältää kappaleet viisi ja kuusi. Empiirisessä osassa yritetään osoittaa käytännön keinoin ne seikat joita on johdannossa ja teorettisessa osassa jo käsitelty. Tutkimushypoteesin paikkansapitävyys selvitetään empiirisen aineiston perusteella käyttäen hyväksi tilastollista analyysiä. Tässä tutkimuksessa tutkimuskohde on maturiteettiefektin esiintyminen päästöoikeuksien futuurien hinnoissa. Tämä osoitus tarkoittaa käytännössä matemaattista todistusta toteutuuko Samuelsonin hypoteesi tarkasteltavassa aineistossa. Lisäksi kuudes luku koostuu yhteenvedosta, tutkijan tekemistä johtopäätöksistä ja mahdollisista jatkotutkimusmahdollisuuksista.

## 2 PÄÄSTÖKAUPPA

### 2.1 Päästökauppa kasvihuonekaasujen vähentäjänä

Jos saastuttamiselle ei ole asetettu hintaa tai kattoa, ei yritysten ja yksityisten toimijoiden lähtökohtana ole saastuttamisen vähentäminen. Kun saastuttamiselle on asetettu hinta, päätöksestä saastuttaa tulee huomattavasti monimutkaisempi. Tällaisten olosuhteiden vallitessa tulee yritysten valita saastuttamisen ja siitä maksamisen sekä saastuttamisesta saatavan hyödyn välille toimiva suhde. (Bayon 2007, 3.)

Tällaisessa taloudessa päästöoikeuksiaan enemmän tuottava yritys joutuu joko muuttamaan tuotantotapojaan vähemmän kasvihuonekaasuja tuottaviksi, lopettaa kasvihuonekaasupäästöjä yli sallittujen rajojen tuottavan toiminnan kokonaan tai ostaa lisää päästöoikeuksia markkinoilta. Tämän viimeisen mahdollisuuden myötä päästöoikeuksista on tullut Eurooppaan uusi vaihdettava hyödyke. Kuitenkin kasvihuonekaasupäästöoikeudet ja perinteiset hyödykkeet eroavat toisistaan. Päästökaupassa pohjimmiltaan vaihdetaan kaasun puutetta, sillä päästöoikeuksien myyjät myyvät sen kaasumäärän tuottamisoikeuden, mitä ne eivät itse käytä. (Benz & Trück 2009, 5.)

Koska päästöoikeuksista on tullut markkinainstrumentteja, niiden hinta määräytyy vapaasti markkinoilla kysynnän ja tarjonnan mukaan. Hintaan vaikuttavat myös poliittiset päätökset. Tarjontaan, ja erityisesti kysyntään, vaikuttavat muutokset muiden tuotteiden hinnoissa, kuten esimerkiksi sähkön, öljyn ja maakaasun hinnoissa. Näin ollen kuuma kesä tai kylmä talvi vaikuttavat päästöoikeuksien hintoihin. (Alberola ym. 2008, 789). Jotta yritykset voisivat vähentää riskejään näiden hinnanmuutosten edessä, on päästöoikeuksille muodostuneet johdannaismarkkinat, joiden avulla yritykset voivat pienentää riskiään sekä arvioida rajakustannustensa tasoa.

Tällaista päästökaupparamallia kohtaan on myös esitetty kritiikkiä. Ensiksi on esitetty, että vaikka teollisuudessa on paljon yritetty vähentää päästöjä, tulee samanlaisia innovaatioita päästöjen vähentämisen saavuttamiseksi laajentaa muillekin alueille, kuten kuljetustoimintaan ja energiatehokkaiden asumisratkaisuiden ja -laitteiden potentiaalintukemiseen. Toiseksi on esitetty, että kansallisten jakosuunnitelmien pitää olla suunniteltu niin, että ne oikeasti johtavat kaasuhuonekaasupäästöjen vähenemiseen. Kolmanneksi on esitetty huolta, että valtiot, jotka ovat jo saavuttamassa Kioton pöytäkirjassa<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Kioton pöytäkirjalla veloitetaan kehittyneitä maita vähentämään kuuden kaasuhuonekaasun päästöjä 5,2 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuosina 2008–2012. Kioton pöytäkirja hyväksyttiin vuonna 1997 ja sen on ratifioinut 12.2.2007 mennessä yhteensä 176 maata. Yhdysvallat on yksi pöytäkirjan ratifioimatta jättäneistä. (Valtion ympäristöhallinto, 2008b.)

asetettua tasoa, tai joissa taso on jo saavutettu, vähentäisivät ponnisteluitaan päästöjen vähentämiseksi. (Yeoh 2008, 193.)

## 2.2 Päästökauppa Euroopassa

Euroopan Unionin alueella taistelussa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen puolesta on otettu käyttöön päästökaupparakennite. Markkinavetoinen päästöjen vähentämiskeino kannustaa yrityksiä vähentämään päästöjään enemmän kuin pakotteisiin perustuva verosäätely. Koska yritykset, jotka rajoittavat päästöjään enemmän kuin laissa määrätyn vähimmäismäärän saavat itselleen rahanarvoisia hyödykkeitä, päästöoikeuksia, on niiden etujen mukaista vähentää päästöjä kunnes päästöjen vähentämisen rajakustannukset kohtaavat päästöoikeuksien markkinahinnan. (Yeoh 2008, 190.)

Euroopassa toimivasta päästökaupasta on sovittu Euroopan Yhteisön direktiivillä 2003/87/EY. Euroopassa toimiva päästökauppa, European Union Emission Trading Scheme (jatkossa EU ETS) on maailman laajin kasvihuonekaasupäästöjen vaihdantaan keskittynyt järjestelmä. EU ETS –mallissa kaupankäynnin kohteena ovat kasvihuonekaasupäästöt. Euroopassa toimiva markkinamekanismi aloitti toimintansa vuonna 2005, jolloin markkinoilla aloitettiin päästökaupan ensimmäinen vaihe, phase 1. Ensimmäinen vaihe oli käytännössä testivaihe. Ensimmäinen vaihe kesti kolme vuotta, loppuen joulukuussa 2007, jonka jälkeen vuoden 2008 tammikuussa aloitti ensimmäinen virallinen vaihe. Toinen vaihe kestää vuoden 2008 tammikuusta vuoden 2012 joulukuuhun. (Butchner ym. 2007, 3 – 4.)

EU ETS:n piirissä olevat yritykset pakotetaan toimimaan ympäristötehokkaasti. Ympäristötehokkuus kohdistuu sinne, missä se on kustannustehokkainta järjestää. Vuonna 2006 ohjelma piti sisällään yli 12 000 tuotantolaitosta, joiden yhteenlasketut hiilidioksidipäästöt olivat n. 45 % EU:n alueen päästöistä. (Yeoh 2008, 192.)

EU ETS ei ole ensimmäinen Euroopassa toimiva kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemiseen tähtäävä päästökaupparakennite. Kolme tärkeintä sitä edeltävistä malleista ovat olleet: 1) UK Emission Trading Scheme, 2) Tanskan CO2 ohjelma ja 3) Hollannin ERUPT ja CERUPT<sup>4</sup>. Kaikki nämä kuitenkin eroavat toimintaperiaatteiltaan ja erityisesti laajuudeltaan nykyisestä EU ETS –mallista, mutta ne ovat olleet edelläkävijöitä päästöoikeuksien muuttamisessa markkinainstrumenteiksi. (Buchner ym. 2007, 13.)

Euroopan Komission asetuksessa (EY) N:o 101/2004 on mainittu EU ETS:n pitkäaikaistavoitteeksi vähentää Euroopan kasvihuonekaasupäästöjä noin 70 prosenttia vuo-

---

<sup>4</sup> Ks. esim. Buchner ym. (2007).

den 1990 tasoon verrattuna. Tämä vähentäminen tapahtuu asteittain luomalla välitavoitteita, joihin EU:n jäsenmaiden on pystyttävä.

EU ETS sisältää tällä hetkellä kuusi eri kasvihuonekaasua. Nämä kaasut ovat hiilidioksidi, dityppioksidi, metaani ja kolme erilaista fluori-hiiliyhdistettä. Kaasut muutetaan ennalta määrättyin kertoimin hiilikrediiteiksi<sup>5</sup>. Hiilikrediitit ovat laskettu siten, että kuinka paljon eri kaasujen päästöt vastaavat hiilidioksidipäästöjä. Nämä muuntokertoimet vaihtelevat metaanin 23-kertaisesta kertoimesta fluorihiihi-yhdisteiden kertoimien noustessa tuhansiin. (Yeoh 2008, 191.)

Päästökaupan vaihtoyksikkönä toimii the European Union Allowance (jatkossa EUA). Jokainen EUA antaa sen haltijalle oikeuden tuottaa yhden tonnin hiilidioksidikaasuja tai sen ekvivalenttia. (Daskalakis 2009, 2 – 3.)

Yrityksen käyttäessä vähemmän päästöjä kuin sille on annettu, se voi tallettaa päästöoikeutensa ja käyttää niitä tulevana vuosina hyödykseen. Tallettaminen tapahtuu automaattisesti. Yritykselle, jolla on hallussaan enemmän päästöoikeuksia kuin se on päästöjä tuottanut, jää käyttämättömät päästöoikeudet sen päästöoikeustilille. Jos taas yritys on tuottanut liikaa päästöhuonekaasuja, voi se kattaa tuotettujen ja yrityksen omistamien päästöoikeuksien erotuksen lainaamalla tulevan vuoden päästöoikeuksiaan. Lainaus tapahtuu ottamalla ennakkoon seuraavan vuoden päästöoikeuksista yrityksen päästöoikeustililtä. Kuitenkaan tallettamista ja lainaamista ei voi suorittaa eri vaiheiden yli. Tällä hetkellä päästökauppa on toisessa vaiheessaan ja tämä vaihe kestää vuoteen 2012. (Yeoh 2008, 192.)

Yritykset voivat EU:n sisällä käydä vapaasti kauppaa päästöoikeuksilla joko kahden kesken, välittäjien välityksellä OTC-markkinoilla tai yhdessä kuudesta päästöpörssistä. Päästöpörssijä on NordPool Exchange, NYMEX (New York Merchantile Exchange), EEX (European Energy Exchange), ECX (European Climate Exchange), CCX (Chicago Climate Exchange) ja MceX (Montreal Climate). (Hintermann 2009, 2.)

Päästöoikeuksien ostoa ja myyntiä ei ole rajattu vain teollisuuslaitoksille, jotka ovat velvoitettuja toimimaan päästöohjelman parissa. Tämä tarkoittaa, että kuka tahansa, kuten sijoitusyritykset, voi osallistua päästökauppaan. Myös yksityiset sijoittajat voivat osallistua päästökauppaan niin halutessaan. (Paolella & Taschini 2008, 2023.)

Euroopan Komission asetuksen (EY) N:o 101/2004 mukaan päästöoikeuksia voidaan hankkia myös Kioton pöytäkirjassa mainittujen hankemekanismien avulla. Kioton sopimuksen hankemekanismeihin sisältyy muun muassa yhteistoteutus (Joint Implemen-

---

<sup>5</sup> Carbon credit, tutkijan oma suomennos.

tation - JI<sup>6</sup>) ja puhtaan kehityksen mekanismi (Clean Development Mechanism – CDM<sup>7</sup>). Näiden hankemekanismien avulla hankittuja hiilikrediittejä voidaan käyttää hyödyksi kun yritetään kattaa yrityksen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt päästöoikeuksien avulla.

Yritysten tulee luovuttaa päästöoikeudet edellisvuoden päästöistään huhtikuun viimeiseen päivään mennessä. Samaan aikaan myös julkistetaan kaikkien EU-maiden edellisvuoden päästöt. Jos yritys ei pysty luovuttamaan käyttämänsä määrää vastaavaa määrää päästöoikeuksia, sen maksettavaksi lankeaa liikapäästösakko, jonka suuruus on 100 € tonnilta. Sakko maksetaan sille Euroopan Unionin jäsenvaltiolle, jossa teollisuuslaitos toimii. Liikapäästösakon maksaminen ei vapauta yritystä velvoitteesta täyttää päästö-velvoitettaan, vaan se joutuu sakon lisäksi luovuttamaan puuttuvat päästöoikeudet seuraavan vuoden luovutuksessa. (Hintermann 2009, 2.)

### **2.3 Päästöoikeuksien piiriin kuuluvat laitokset ja päästöoikeuksien jako Suomessa**

Kaikki haitallisia kasvihuonekaasupäästöjä tuottavat yritykset eivät kuulu päästökaupparjestelmän piiriin. Euroopan Yhteisön päästökauppadirektiivin 87/2003 mukainen järjestelmä kattaa suurten teollisuuslaitosten ja yhteenlasketulta nimelliseltä lämpötehoaltaan yli 20 MW:n polttolaitosten kasvihuonekaasupäästöt. Suomessa tämän lisäksi järjestelmään kuuluu 20 MW tai sitä pienempitehoiset kaukolämpöä tuottavat laitokset. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2008.)

Yli 20 MW:n polttolaitosten joukosta ongelma- ja yhdyskuntajätteen polttolaitokset on jätetty pois päästökaupan piiristä. Energia-alalta lisäksi päästökaupan piiriin kuuluvat öljynjalostamot ja koksamot. Suurista teollisuuslaitoksista rautametallien tuotanto- ja jalostus-alalla päästökaupan piiriin kuuluvat metallimalmien pasutus- tai sintrauslaitokset sekä raakarautaa tai terästä tuottavat laitokset, mukaan lukien jatkuvat valut, joi-

---

<sup>6</sup> Joint Implementationina tunnettu mekanismi sallii EU ETS:n piirissä toimivien yritysten hankkia päästövähennyksiä (Emission Reduction Unit, ERU) muilta Kioton sopimuksen ratifioineilta mailta (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2006.)

<sup>7</sup> CDM sallii päästökattoalueilla toimivien toimijoiden toteuttaa päästövähennyksiä synnyttäviä projekteja kehittyvissä maissa. Kyseisistä projekteista saavutetut vähennykset voidaan siirtää EU ETS:n piiriin vähennyskrediitteinä (Certified Emission Reduction, CER, credits), joiden avulla voidaan päästä annettuihin päästötavoitteisiin. (United Nations Framework Convention on Climate Change 2009.)

den tuotantokapasiteetti on yli 2,5 tonnia tunnissa. Tämän lisäksi teollisuuslaitoksista päästökaupan piirissä ovat mineraaliteollisuuden tuotantolaitoksista sementtiä, kalkkia, lasia tai lasikuitua tuottavat laitokset sekä keraamisten tuotteiden polttoa harjoittavat laitokset. Näillä kaikilla aloilla on kokorajoitukset siihen, minkä kokoiset laitokset päästökaupan piiriin joutuvat. Kaikkein pienimmät laitokset eivät ole velvollisia osallistumaan päästökauppaan. Muista teollisuuslaitoksista päästökaupan piiriin kuuluvat laitokset, joissa valmistetaan massaa puusta tai muista kuiduista ja paperin tai kartongin valmistus. (Valtion ympäristöhallinto 2008a.)

EU-komissio haluaa lisätä päästökaupan alle lisää eri teollisuuden aloja seuraavassa, vuonna 2013 alkavassa, jaksossa. Tällöin päästökaupan piiriin tulee muun muassa lento- ja liikenne. (Buchner ym. 2007, 3.)

EU:n jäsenvaltioilla on suuri osuus EU ETS:n toiminnassa. Jokainen Euroopan Unionin jäsenvaltio tekee itselleen kansallisen jakosuunnitelman (National Allocation Plan, NAP). Tämän jälkeen jakosuunnitelma tulee hyväksyttävä Euroopan Komissiolla, jonka jälkeen valtio voi jakaa jakosuunnitelman mukaisia päästöoikeuksia kansallisille toimijoille. Lisäksi Euroopan Komissiolla tulee hyväksyttävä se, miten päästöoikeudet jaetaan. Euroopan Komission päätöksellä 90 % päästöoikeuksista tulee jakaa ilmaiseksi. Loput päästöoikeuksista voivat valtiot niin halutessaan huutokaupata eniten tarjoaville. (Buchner ym. 2007, 5, 14.)

Jakoprosessia, varsinkin ennen ensimmäistä vaihetta, voidaan parhaiten kuvata pitkänä neuvotteluna EU:n jäsenvaltion ja siellä toimivan teollisuuden välillä. Tässä keskustelussa oli kaksi ongelmaa: Ensiksi, koska yrityksillä ei ole ollut aikaisemmin kuin niukasti saatavilla tietoa tuottamistaan kasvihuonekaasupäästöistä ja toiseksi, koska suurin osa päästöoikeuksista tulee jakaa ilmaiseksi, tulee näistä päästöoikeuksien saajille suuri omaisuuserä. Näiden syiden takia valtioiden ja yritysten välillä oli pitkät neuvottelut, kuinka paljon kenellekin jaetaan ja kuinka varmistetaan kilpailukyvyyn säilyminen. (Buchner ym. 2007, 14.)

Suomessa kansallinen jakosuunnitelma on viimeksi tehty vuonna 2007 ja se kattaa päästökauppavuodet 2008–2012. Euroopan Komissio edellytyksen mukaan Suomessa on jaettavia päästöoikeuksia 37,6 miljoonaa hiilidioksiditonnia vastaava määrä vuodessa. Suomessa on tehty päätös, jonka perusteella kaikki päästöoikeudet jaetaan päästökaupan piirissä toimijoille maksutta. Laitokset ja niiden alaiset osat lajitellaan niiden toimialan mukaan ja jokaiselle toimialalle määritellään erikseen päästöjen jakoperusteet. Suomessa päästöoikeuksia myönnettiin viisivuotiskaudelle 2008–2012 kokonaisuudessaan 187,8 miljoonaa tonnia ja päästöoikeuksia myönnettiin 556 laitokselle. Päästöoikeuksista 7 miljoonaa tonnia jätettiin myöntämättä uusien osallistujien varalta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2008.)

## 2.4 Päästöoikeuksien hintaan vaikuttavat tekijät

### 2.4.1 Hintojen muodostuminen

Euroopan laajuisen päästökaupan ensimmäisen vaiheen aikana hintojen liike oli odottamatonta, jopa ristiriitaista. EUA:n hinta nousi hetkellisesti yli 30 euroon, josta se tipui myöhemmin alle euron arvoiseksi. (Jaehn & Letmathe 2010, 253.)

Uudet markkinat vaativat usein aikaa, jotta hinnat löytävät tasapainon. Tästä syystä vielä suhteellisen nuoret Euroopan-laajuiset päästöoikeusmarkkinat eivät vielä ole löytäneet tasapainopistettään. (Alberola ym. 2008, 788.)

Vielä ei ole pystytty rakentamaan toimivaa mallia, joka kuvaisi tai edes ennustaisi tämän uuden hyödykkeen hinnanvaihtelua, vaikka useita malleja on rakennettu. Mallien suhteelliseen vähyyteen ja siihen, etteivät ne kaikissa tilanteissa toimi voi yhtenä selityksenä olla, että markkinoilta saatava tietomäärä on vielä vähäistä, koska päästökauppa on ollut toiminnassa vasta lyhyen aikaa. (Jaehn & Letmathe 2010, 253.)

Jaehnin ja Lehmanthen (2010, 253) mukaan hinnan nousut ja laskut eivät ole selitettävissä millään olemassa olevin mallein. Yhtenä syynä tähän mallintamisen vaikeuteen voi olla, että monissa Euroopan maissa sähköntuottajilla on oligopoliset markkinat. Tästä syystä voi olla, että hintapiikit eivät ole ainoastaan odottamattomien tapahtumien, kuten säänvaihteluiden, syytä, kuten markkinaosapuolet väittävät. Sähköntuottajien vaikutuksesta hintojen muodostumiseen lisää luvussa 2.4.4.

On myös vaikea esittää, että uudet tekniikat johtaisivat tulevaisuudessa päästöhintojen nopeaan laskuun. Oppimista toki tapahtuu, mutta se tapahtuu pitkän ajan kuluessa. Vaikka teknologiassa tulisi uusi, mullistava, keksintö, joka muuttaisi päästöjen tuottamista suuresti, sen omaksuminen ja käyttöönotto kestäisi useita vuosia. (Jaehn & Letmathe 2010, 253 – 254.)

Hintermann (2009, 13) mainitsee, ettei uusi informaatio heijastu suoraan hintoihin, ja uskoo tämän johtuvan markkinatoimijoiden vasta opetteluasteella olevasta toiminnasta. Näin ollen hinnat eivät heti liiku sen informaation mukaan, jonka on niitä todettu liikuttavan, vaan hinnat muuttuvat viiveellä. Markkinoiden ollessa uudet, syy tähän hitauteen lienee, etteivät markkinatoimijat tiedä tarkalleen mitä uusi informaatio tarkoittaa ja miten sen pitäisi hintoihin vaikuttaa.

### 2.4.2 Poliittiset tekijät

Benzin ja Trückin (2009, 5) mukaan on perusteltua olettaa, että poliittisilla päätöksillä on pitkäaikaisia vaikutuksia päästöoikeuksien hintoihin. Näiden päätösten vaikutuksia

on epätodennäköistä saada mallinnettua mihinkään tarkkaan malliin. Toisaalta poliittisilla ratkaisuille voi olla vaikutusta myös hintoihin lyhyellä aikavälillä. Näin käy jos esimerkiksi kansallisten jakosuunnitelmien piirissä jaettua päästöoikeuksien määrää kasvatetaan tai pienennetään, joka voi johtaa suureen vaihteluun päästöoikeuksien hinnoissa. Myös säätelyllä, kuten kaupankäynnin rajoittamisella tai laajentamisella, on vaikutuksia hintoihin. Poliittisten päätösten vaikutusta hintoihin voi verrata julkisesti noteeratun yrityksen julkistamien uutisten suhdetta yrityksen arvoon, sen mukaan nähdäänkö uutinen hyvänä vai huonona.

Päästöoikeuksien jakopäätöksissä käytetyt kriteerit ja päästöoikeuksien kokonaismäärä jakopäätöksissä ovat huomattavan suuressa osassa kun hinnat jatkossa muodostuvat. Tämä johtuu siitä, että päästöoikeuksien kokonaistarjonta riippuu täysin jakopäätöksistä. Päästöoikeuksien määrän lisäksi myös sillä, mille teollisuudenalalle ja millä perusteilla päästöoikeudet jaetaan, riippuu tarjontaan. Näin ollen voidaan sanoa, että suurin poliittinen tekijä hinnanmuodostuksessa on päästöoikeuksien kokonaismäärä kansallisella, ja sitä kautta EU:n, tasolla. (Alberola ym. 2008, 789.)

Se, miten päästöoikeuksia tulisi jakaa, on vaikea ongelma. EU ETS:ssä jakaminen on suurimmaksi osin päätetty hoitaa päästöoikeuksien ilmaisjaolla. Päästöoikeuksien vapaasti jakaminen on vaikeaa toteuttaa vääristämättä yritysten päätöksiä tai johtamatta epäsuotuisiin jakovaikutuksiin. Päätöksentekijät eivät ole halunneet ottaa käyttöön päästöoikeuksien jakoa huutokauppaamalla, sillä he pelkäävät sen johtavan Euroopan kilpailukyvyyn heikkenemiseen, luultavasti vahvan lobbauksen ansiosta. Kuitenkin päästöoikeuksien huutokauppaaminen olisi tehokkain keino muodostaa tehokkaat markkinat sekä saada aikaan ympäristö-hyötyjä. (Rosendahl 2008, 80 – 81.)

Moni teollisuudenala on vielä päästökaupan ulkopuolella. Se miten ne otetaan huomioon tulevaisuudessa, sekä miten päästöt näille uusille toimijoille jaetaan, tulee seuraavilla kausilla vaikuttamaan hintojen määräytymiseen. Myös uusien toimijoiden suhde vanhoihin ja se, saavatko vanhat toimijat saman määrän oikeuksia kuin ennen uusien toimijoiden mukaan tulemista, vaikuttanee hintoihin. (Benz & Trück 2009, 5-6.)

Energian tuottaminen voidaan nähdä myös poliittisena päätöksenä. Poliittisilla päätöksillä on suuri vaikutus energian tuottamiseen, esimerkiksi keskustelu ydinvoiman käytöstä. Käytetäänkö uusiutuvia luonnonvaroja, ydinvoimaa vai fossiilisia polttoaineita energiantuotantoon, sillä eri energian tuottamistavat tuottavat eri määrän kasvihuonekaasupäästöjä. Jos vallalla on ajatus, että fossiilisilla polttoaineilla on paras hyötysuhde energian tuotannossa, siitä seuraa enemmän kasvihuonekaasupäästöjä, joka heijastuu EUA:n hintatasoon. (Bredin & Muckley 2009, 3.)

Toisaalta, myös käytettävällä fossiilisella polttoaineella on huomattava ero kasvihuonekaasupäästöjen määrässä. Maakaasukäyttöiset voimalat tuottavat huomattavasti vähemmän päästöjä verrattuna kivihiilivoimaloihin. Kun päästökauppa tulee suuremmaksi

osaksi toimijoiden liiketoimintaa, voi päästöoikeuksien hinnat olla vaikuttava tekijä energialähteiden valinnassa. (Seifert ym. 2009, 183.)

### 2.4.3 *Ympäristötekijät*

Hintermann (2009, 13) mainitsee tärkeimmiksi tekijöiksi päästöoikeuksien hinnanmäärittämissä öljyn hinnan, lämpötilojen vaihtelun ja sademäärän. Näistä lämpötila ja sademäärät määräytyvät ihmisten toimista suoraan riippumatta. Epäsuoraa riippuvuutta voi eri lähteiden mukaan olla olemassa, mutta lyhyellä aikavälillä se ei ole huomattavaa.

Sähköntuottajat ovat suurin yksittäinen kasvihuonekaasupäästöjä tuottava teollisuudenala<sup>8</sup> ja koska säävaihtelut vaikuttavat sähköntuottamiseen, on säämuutoksilla suuri vaikutus päästöoikeuksien hintoihin. (Alberola ym. 2008, 790.)

Lämpötilojen vaihtelu vaikuttaa kasvihuonekaasupäästöihin sähkönkulutuksen nousuna tai laskuna. Kesäkuukausien kuumuus saa ihmiset käyttämään enemmän ilmastointia ja talvikuukausien kylmyys lämmitystä, joka näkyy sähkönkulutuksessa piikkeinä. Nämä piikit sähkönkulutuksessa luovat myös suuremmat kasvihuonekaasupäästöt, joiden mukana myös päästöoikeuksien hinnat nousevat. (Benz & Trück 2009, 6.)

Lämpötilan vaihtelun ja sähkönkulutuksen välinen yhteys ei kuitenkaan ole lineaarinen. Vain suuri keskiarvolämpötilojen ylitys, tai alitus, nostaa sähkönkulutusta. Sään vaihtelun vaikutusta päästöoikeuksien hintaan voi seurata vertailemalla toteutuneita sääoloja keskiarvoihin. (Alberola ym. 2008, 789.)

Alberolan ym. (2008, 795) tutkimuksen mukaan ennustamattomat säävaihtelut vaikuttavat päästöoikeuksien hinnoissa enemmän kuin säävaihtelut itsessään. Tämä tosin pitää paikkansa vain äärimmäisten kylmien lämpötilojen kohdalla, ei erittäin kuumissa lämpötiloissa.

Sademäärä, kuten myös tuulennopeudet, vaikuttavat siihen, miten sähköä tuotetaan. Jos uusiutuvilla energioilla, kuten vesivoimalla ja tuulivoimalla, ei pystytä tuottamaan odotettua määrää sähköä, joudutaan vastaava määrä tuottamaan fossiilisilla polttoaineilla. Vaihtoehtoisia fossiilisia polttoaineita ovat esim. maakaasu tai kivihiili. Tämä nostaa tuotantolaitosten kasvihuonekaasupäästöjä ja näin ollen tuotantolaitosten tarvetta uusille päästöoikeuksille. (Benz & Trück 2009, 6.)

Edellä mainittujen tekijöiden tarkkaa vaikutusta hintoihin ei ole vielä pystytty löytämään, sillä Euroopasta ei ole saatavilla tarpeeksi aineistoa tarkkojen ja pätevien laskelmien tekemiseen. (Alberola ym. 2008, 790.)

---

<sup>8</sup> Ks. Seifert ym. 2008, 189 – 190.

#### 2.4.4 *Markkinatekijät*

Talouden kasvu on yksi merkittävä tekijä päästöoikeuksien hinnoissa. Talouden kasvaessa voimakkaasti, myös nykyisellä teknologialla tuotetut kasvihuonekaasupäästöt kasvavat samaa vauhtia. Samoin myös väkiluvun kasvulla on vaikutusta päästöjen määrään. Toisaalta uusilla teknologisilla ratkaisuilla voidaan päästöjen nousua hillitä tai kääntää jopa laskuun. Uusia teknologioita ja niiden vaikutusta on mahdoton lähteä ennustamaan mietittäessä päästöoikeuksien hintojen muodostumista tulevaisuudessa. (Springer 2003, 536.)

Sähkön- ja lämmöntuottajat ovat suurin teollisuudenala, joka on päästökaupan piirissä. Nämä sektorit käyttävät 70 % jaetuista päästöoikeuksista ja ne olivat ainoat teollisuudenalat, jotka ensimmäisessä vaiheessa ylittivät niille luovutetut päästöoikeudet. Näin ollen sektori joutui hankkimaan ylimääräiset päästöoikeutensa muilta teollisuudenaloilta, joilla toimijat saivat enemmän oikeuksia kuin loppujen lopuksi käyttivät. Tämä on luonut epäsymmetriset markkinat. Kaikki muut teollisuuden alat ovat olleet tarjoajan puolella, kun sähköntuottajat ovat olleet netto-ostajia. (Hintermann 2009, 2.)

Muiden sektoreiden ylijäämä ei varmasti ollut EU:lla tarkoituksena sen tehdessä jakopäätöksiä. Suurelta osalta ylijäämään vaikutti vähäinen tiedon määrä toteutuneista päästöistä ennen päästökaupan aloittamista. Myös päästöjen vähentämisellä on varmasti ollut vaikutusta asiaan. (Hintermann 2009, 3.)

Koska sähköntuottajat toimivat paikallisilla markkinoilla, ne voivat sisältää korkeat päästöoikeuksien hinnat suoraan tuottamansa sähkön hintaan. Koska nämä toimijat ovat saaneet päästölupansa ilmaiseksi, on niillä näin taloudellinen kannustin pitää päästöoikeuksien hinnat korkeammalla kuin ne markkinoilla muuten olisivat. Tämä epäsymmetrisyys kadonnee kun markkinat kypsyvät, markkinaosallistujien määrä kasvaa ja osallistujilla on paremmat lähtökohdat tarkistella markkinoita ja omaa sijoittumistaan niillä. (Seifert ym. 2008, 189 – 190.)

Kysymykseksi muodostuukin, onko sähköntuottajilla mahdollisuutta aktiivisesti vaikuttaa päästöoikeuksien hintoihin? Tähän voidaan vastata kielteisesti, sillä suurimmillaan sähköntuottajilla ei ole tarpeeksi suuria markkinaosuuksia, jotta ne voisivat vaikuttaa suoraan päästöoikeuksien hinnanmääräytymiseen. Toisaalta sähköntuottajat ovat suurimpia kasvihuonekaasupäästöjen tuottajia EU ETS:n piirissä ja he voisivat yhdessä ohjailta hintoja. Tämä kuitenkin vaatisi jonkinlaista hintakartellia, joka on EU:n laissa kielletty, joten kartelli voisi syntyä vain sanattomilla sopimuksilla. (Seifert ym. 2008, 190.)

Vastaus kysymykseen, ovatko sähköyhtiöt käyttäneet suurta päästöoikeuksiensa määrää hyödyksi ja saaneet näin ollen ylimääräisiä voittoja kuluttajien kustannuksella saadaan selville vasta kun täydellinen markkina-aineisto on saatavilla, joka tapahtuu vasta viiden vuoden päässä tapahtumasta. Tällaisen keinottelun syntymistä voitaisiin

ehkäistä siten, että päästöoikeuksien määrää vähennettäisiin. Toisaalta pelkästään jakopäätöksiin puuttumalla ei ongelmaa voi täysin ratkaista. (Hintermann 2009, 12.)

Oberndorferin (2009, 1123) mukaan EU ETS:llä on vaikutusta sähköyritysten pörs-sikursseissa ja täten niiden arvon määrittämisessä. Hänen mukaansa nousu EUA:n hinnassa vaikuttaa positiivisesti sähköntuottajien hintaan ja lasku negatiivisesti. Samanlais-ta syy-seuraussuhdetta ei löydy sähköntuottajien arvostuksen muuttuessa EUA:n hin-nassa.

Hintermannin (2009, 9) mukaan myös öljyn ja päästöoikeuksien hinnoilla on positiivinen korrelaatio. Hintermann on laskenut korrelaation regressioanalyysin avulla ja korrelaatio on ollut vahva kaikilla EU ETS:n jaksoilla. Hintermannin mukaan tämä johtuu energian tarpeesta ja siitä, miten energiaa tuotetaan. Kun öljyn hinta nousee, nousevat myös sen käyttökustannukset ja vaihtoehtoiset, kasvihuonekaasupäästöjä enemmän tuottavat, energiantuottamiskeinot otetaan käyttöön.

## 2.5 Yhteenveto päästökaupasta

Ympäristötaloustieteilijät pitävät päästökauppaa tehokkaimpana kasvihuonekaasupääs-töjä vähentävänä järjestelmänä. Yrityksillä ja tuotantolaitoksilla on eroja kasvihuone-kaasupäästöjen vähentämiseen tähtäävien toimien kustannuksissa. Päästökaupan avulla nämä vähennykset saadaan ohjattua sinne, missä se on kaikkein kustannustehokkainta.

Euroopan laajuinen päästökauppa on ollut toiminnassa tammikuusta 2005. Se on al-kanut vaihtelevalla menestyksellä. Päästökaupan piiriin on saatu melkein puolet Euroop-passa tuotetuista päästöistä, mutta hieman yli puolet on vielä päästökaupan ulkopuolel-la. Päästökaupan piiriin kuuluvien yritysten ja tuotantolaitosten luku lisääntyy vuonna 2013 alkavassa seuraavassa vaiheessa, kun päästökaupan piiriin tulee uusia teollisuu-denaloja. Osa päästöistä on kuitenkin yksityishenkilöiden tuottamia, joten niitä on vai-kea tulevaisuudessakaan nähdä osana laajaa päästökauppajärjestelmää.

Päästöoikeudet on jaettu yrityksille tähän mennessä ilmaiseksi Euroopan Komission julkaisemien kiintiöiden mukaan. Euroopan Komissio jakaa päästöoikeudet kansallis-valtioille, jotka jakavat ne yrityksille. Ilmaiseen jakoon voi tulevaisuudessa tulla muu-toksia, jos valtiot päättävät huutokaupata ne 10 %:a päästöoikeuksista, minkä ne Euroopan Komission asetuksen mukaan voivat yrityksille rahaa vastaan myydä. Tämä tosin voisi vaikuttaa eurooppalaisten yritysten kilpailukykyyn, joten tämä ratkaisu ei varmasti ensimmäisenä ole päätöstentekijöiden ajatuksissa.

Päästöoikeuksien hinnat ovat olleet erittäin ailahtelevia. Markkinoiden vanhetessa ja markkinaosapuolten oppiessa lisää tästä uudesta omaisuuserästä sekä sen toiminnasta, markkinat tullevat ennustettavimmiksi. Päästökaupan uutuuden voi huomata myös sitä ennustavien mallien epäonnistumisissa. Tämä johtuu kolmesta osatekijästä: 1) päästö-

kaupan eroista muihin hyödykkeisiin ja markkinainstrumentteihin, 2) ettei päästökauppaa vielä ymmärretä täysin ja 3) vähäisestä tiedon määrästä koskien päästökauppaa.

Päästöoikeuksien hintoihin vaikuttavista ulkoisista tekijöistä tutkimusta tehdessä vahvimpina esiin nousivat poliittiset-, ympäristö- ja markkinatekijät. Poliittisilla tekijöillä on suuri rooli hintojen määrittelyssä. Poliittisiin päätöksiin kuuluvat valinnat kuinka paljon päästöoikeuksia jaetaan, miten niitä jaetaan, annetaanko oikeuksia ilmaiseksi vai myydäänkö niitä huutokaupalla ja minkälaisia rangaistuksia päästökattojen täyttämättä jättämisestä koituu? Myös se, mitkä teollisuuden alat ovat päästökaupan alaisia muokkaa hintoja.

Toinen tekijä, ympäristöön liittyvät tekijät, vaikuttaa vahvasti päästöoikeuksien hintoihin. Riippuen ilmastosta ja sään vaihtelusta myös tuotettujen päästöjen määrä vaihtelee. Ympäristötekijöistä vahvimmin päästöoikeuksien hintaan vaikuttavat elementit ovat lämpötilojen vaihtelu ja sademäärä. Säänvaihteluiden mukana myös käytettävän energian määrä vaihtelee. Säänvaihtelut myös määrittelevät sen, kuinka paljon uusiutuvia energiamuotoja voidaan käyttää hyödyksi ja siten kuinka paljon kasvihuonekaasupäästöjä muodostuu energiantuotannossa.

Kolmas tekijä hinnanmääräytymiseen vaikuttavasti asioista on markkinatekijät. Markkinatekijöistä esille nousi öljyn hinta ja sähköyhtiöiden mahdolliset omavaltaiset hinnannostoyritykset. Öljyn hinnan vaihdellessa, vaihtelee myös energian tuottamiseen valittu energianlähde. Tästä johtuen energian tuottaminen siirtyy joko enemmän tai vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä tuottavaan energiantuottamiseen. Sähköyhtiöillä voi olla pyrkimyksenä pitää päästöoikeuksien hintoja keinotekoisena ylhäällä, sillä ne voivat siirtää päästöoikeuksien hinnat suoraan kuluttajille sähköyhtiöiden itse saadessa suurimman osan päästöoikeuksista ilmaiseksi. Tällaisesta toiminnasta ei ole todisteita, mutta useampi tutkija on asiaa epäillyt.

Päästökauppa on vielä uusi tutkimuksen kohde. Tulevaisuudessa tiedon ja tutkimusten määrän lisääntyessä, markkinaosapuolet pystyvät paremmin ennustamaan toimiaan ja suojautumaan päästöoikeuksien hintojen vaihtelun riskeiltä.

### 3 FUTUURIT, VOLATILITEETTI JA SAMUELSONIN HYPOTEESI

#### 3.1 Futuurit

Rahoitusmarkkinoilla jotkin instrumentit ja sijoitukset luokitellaan fundamentaalisiksi, kun toiset instrumentit ovat johdannaisia. Esimerkiksi velkakirjat ja yhtiöiden liikkeellepanemat osakkeet ovat fundamentaalisia instrumentteja. Johdannaiset ovat suuri joukko erilaisia rahoitusinstrumentteja, joiden arvo riippuu kohde-etuuden arvosta. Kohde-etuus voi olla fundamentaalinen tai toinen johdannainen. Laskentatavasta riippumatta johdannaismarkkinat ovat kasvaneet erittäin suuriksi ja johdannaiset ovat kasvaneet erittäin suosituiksi vaihtokohteeksi. Johdannaisia käytetään täydentämään markkinoita, spekulointiin, riskienhallintaan ja kasvattamaan kaupankäynnin tehokkuutta. Yksi johdannaisista on futuuri, joka on erittäin standardisoitu ja tarkoin määritelty rahoitusjohdannainen. Futuurien organisoitu kaupankäynti alkoi maataloushyödykkeillä vuonna 1848 Chicagossa. (Kolb 2000, 2 – 6.)

Broadie ja Detemple (2004, 1146 – 1147) määrittelevät johdannaisen rahoitusinstrumenttina, jonka tuotto on riippuvainen jostakin alla olevasta muuttujasta. Kuten edellisessä kappaleessa mainittiin, muuttuja voi olla fundamentaalinen tai toinen johdannainen. Näitä varallisuuslajeja voivat olla esimerkiksi osake, indeksiportfolio, futuurihinta tai valuutta. Muuttuja voi olla myös jokin muu mitattavissa oleva tilanneriippuvainen muuttuja, kuten annetun indeksin volatiliteetti tai lumisateen määrä jossakin hiihtokohteessa.

Futuurit ovat kahden osapuolen välinen sitoumus ostaa tai myydä kaupankäynnin kohteena oleva vara tietyssä hetkenä tulevaisuudessa tiettyyn hintaan. Futuurien kaupan tarvitaan kaksi osapuolta, joista toisella on pitkä ja toisella lyhyt positio. Futuurien ostajilla on niin sanottu pitkä positio, ja myyjillä on puolestaan lyhyt positio. Markkinaosapuolet luovat futuurimarkkinat pörssien ylläpitäessä ja luodessa olosuhteet niille. (Hull 2000, 4 – 5.)

Futuureilla on tiettyjä niille kuuluvia erityispiirteitä. Ensinnäkin futuureilla käydään aina kauppaa järjestyneissä pörsseissä. Toiseksi pörssit määrittävät tarkat ominaisuudet futuureille, eli pörssi määrää futuurien pohjana olevan tuotteen määrän, toimituspäivän ja toimitustavan. Kolmanneksi selvitysyhtiö<sup>9</sup> takaa, että sopimuksen osapuolet kunnioittavat sopimusta ja siitä syystä osapuolten ei tarvitse välttämättä tietää toisiaan tehdäk-

---

<sup>9</sup> Rahoitusinstituutio, joka takaa markkinoiden taloudellisen riippumattomuuden kaikille toimijoille markkinoilla.

seen kauppaa keskenään futuurisopimuksilla. Neljänneksi kaikkien futuurisopimuksia tekevien tulee tallettaa marginaali<sup>10</sup> pystyäkseen käymään kauppaa. Viidenneksi futuureita säännellään tarkasti. (Kolb 2000, 3 – 7.)

Futuurisopimukseen viitataan niiden sulkeutumiskuukauden mukaan. Monilla futuureilla kohteen siirtoaika on koko kuukausi. Sulkeutumiskuukausi vaihtelee pörssin ja vaihdettavan johdannaisen mukaan. Pörssi myös päättää kunkin futuurisopimuksen vaihdon alkamis- ja loppumispäivän. (Hull 2000, 22.) Päästöoikeuksien futuureilla on EEX-pörssissä kaksi maturiteettipäivää, joulukuun alussa ja joulukuun keskivälissä.

Vaikka maturiteettikuukaudella on suuri vaikutus futuurisopimukseen ja ne nimetään ja eritellään niiden loppumiskuukaudella, perinteisesti suurin osa futuurisopimuksista ei pääty futuurisopimuksen kohde-etuuden, kuten hyödykkeen tai osakkeen, omistajan vaihtumiseen. Syynä tähän on, että suurin osa kaupankäyjistä päättävät sulkea positionsa ennen futuurin maturiteettia. Sulkeminen tapahtuu, koska futuurin ostaja tai myyjä on päässyt tavoittelemaansa hyötyyn futuurista jo ennen sen maturiteetin saavuttamista. Käytännössä position sulkeminen tapahtuu alkuperäiseen positioon verrattuna vastakkaisen position hankkimisella. Position sulkemisen ei tarvitse tapahtua alkuperäisten sopimusosapuolten kesken, vaan se tapahtuu pörssin kautta samaan tapaan kuin alkupe- räinenkin transaktio. Yleensä tämä tapahtuukin muiden kuin alkuperäisten sopijoiden kesken. Tämä luo paremmat mahdollisuudet position sulkemiseen ja luo näin ollen likviditeettiä markkinoille. (Hull 2000, 20.)

Tulevaisuuteen sijoittuvassa kaupassa on riskinsä. Voi olla, ettei toisella osapuolella ole resursseja täyttää sopimustaan. Yksi pörssin tehtävistä onkin minimoida mahdolliset sopimuksen täyttämättä jättämiset. Tähän on avuksi kehitetty marginaalit. Futuureilla kauppaa käyvät osapuolet perustavat marginaalilitit, joihin heidän tulee sijoittaa välittäjän vaatima summa. Marginaali on tietty prosenttiosuus kaupantekohetken futuurin hinnasta. Pörssi määrää minimimarginaalin, mutta välittäjät voivat pyytää sitä suurempia marginaaleja. Marginaalitili on tili, jolla on konkreettisesti talletettuna varallisuutta, jonka saldo vaihtelee vaihdetun futuurin hinnan vaihdellessa. Marginaalitilin muutokset tapahtuvat vastakkain toisen tilin kanssa, eli raha liikkuu kahden osapuolen, lyhyen ja pitkän position omaavan, marginaalitilien välillä. Jos tili nousee yli alkuperäisen marginaalivaatimuksen, on sen omistajalla oikeus nostaa sieltä rahaa itselleen. Alkuperäisen marginaalin lisäksi välittäjä määrää ylläpitomarginaalin, joka määrää kuinka paljon tilillä tulee olla rahaa. Jos tilin saldo alittaa marginaalin, on tilin omistajan lisättävä rahaa tilille. Jos tarpeesta huolimatta ei tilin omistaja saa laitettua rahaa tilille, sulkee välittäjä sopimuksen ostamalla (tai myymällä) vastakkaisen futuurin samaan hintaan. Marginaa-

---

<sup>10</sup> Marginaali on kaupankävijöiden asettama vakuus, jolla he osoittavat halunsa ja kykynsä täyttää kaikki taloudelliset velvoitteensa joita voi nousta heidän käydessä kauppa futuureilla.

litili tarkistetaan ja kohdistetaan oikein aina päivän päätteeksi päivän päättöhintaan. Periaatteessa siis futuurisopimus tehdään aina päivän päätteeksi uudestaan. (Hull 2000, 23 – 25.)

Marginaalivaatimukset ovat samat lyhyille ja pitkille positioille. Tämä tarkoittaa että, vaatii samoja resursseja olla kummassakin päässä sopimusta. Raha- ja markkinahintamarkkinoilla ei ole tällaista symmetriaa. Pitkän position ottaminen on helppoa ostamalla suoraan hyödyke (vara), mutta lyhyen position ottaminen hyödykemarkkinoilla tuottaa vaikeuksia, sillä se tarkoittaisi, että myydään jotakin, mitä ei vielä omisteta. Tällaisia monimutkaisia transaktioita ei kaikilla markkinoilla voi suorittaa. (Hull 2000, 25 – 26.)

Futuurimarkkinoilla on kolme eri käyttäjäryhmää. Nämä ryhmät ovat:

- 1) futuurien hinnoista tulevia markkinahintoja ennustavat
- 2) spekuloidijat
- 3) riskinhallitsijat

Näistä kahta, hintojen ennustajia ja riskinhallitsijoita voidaan pitää sosiaalisesti tärkeinä markkinatoimijoina, kun taas spekuloidijia ei voida pitää sosiaalisesta funktiota ylläpitävänä ryhmänä. Välillisesti myös spekuloidijat tuovat markkinoille lisäarvoa luomalla lisää tarjontaa ja kysyntää, näin ollen luoden markkinainstrumenteille likviditeettiä. (Kolb 2000, 25.)

Käyttämällä avukseen tämän hetkistä futuurimarkkinoilta saatavaa tietoa, voidaan saada tulevaisuuden markkinahinnoista tarkkoja arvioita. Futuurimarkkinoilta saatavat ennustukset ovat yhtä tarkkoja, ellei tarkempia, kuin muutkin ennustuskeinot ja niitä voidaan käyttää hyväksi samoin kuin kalliita konsulteilta ostettavia ennustepalveluita. Näin ollen futuurimarkkinat toimivat sosiaalisena funktiona hyvin antamalla ennusteita tulevasta ja näin ollen mahdollistavan tulevan kulutuksen ja investointien suunnittelun. (Kolb 2000, 26.)

Hintojen ennustamisen käytännöllisyys perustuu kolmeen tekijään. Ensimmäinen tekijöistä on tulevien markkinahintojen tiedon tarve. Monet yksilöt ja ryhmät tarvitsevat tietoja tulevista hinnoista useissa eri tuote- ja rahoitusinstrumenttiryhmissä tehdäkseen tulevien ratkaisujen tekemisen helpommaksi. Toinen tekijä on futuurimarkkinoiden tarkkuus tulevien hintojen ennustajana. Futuurimarkkinat tuottavat puolueettoman arvi-on tulevista markkinahinnoista. Vaikka futuurimarkkinoista on ennustamisessa paljon apua, voi sen avulla saadut ennusteet heitellä paljon toteutuneista hinnoista. Suurimman osan ajasta futuurit antavat epätarkan kuvan kohteena olevan kohde-etuuden maturiteetin aikaan olevasta hinnasta. Hintojen vaihtelu perustuu uusien tietojen tuloon markkinoille, joka heijastuu suoraan futuurien hintoihin. Futuurien hinnoissa voi myös olla vääristymä, joka tulee riskipreemiosta. Tämä vääristymä ei ole taloudellisesti merkittävä eikä sitä tarvitse ottaa huomioon ennustuksia tehdessä. Kolmas tekijä on futuurimarkki-

noiden ennustamistehokkuus verrattuna muihin ennustuskeinoihin. Vaikka futuurien ennustamiskyky on parhaimmillaankin epätäydellinen, on se silti vähintään yhtä hyvä ennustustapa kuin mikään muukaan ennustustapa. Monella analyytikolla ennustaminen on osoittautunut huonommaksi kuin puhdas arvailu (Levich 1983, 140). Täten huolimatta siitä, että ennusteet ovat epäselviä, ovat ne tilastollisesti vähintään yhtä tarkkoja, kuin ennusteita julkaisevien konsulttien ja analyytikkojen vastaavat ennusteet. Tämän lisäksi ennusteiden saaminen futuureiden hinnoista on ilmaista, koska futuurien hinnat ovat julkisesti kaikkien nähtävillä. (Kolb 2000, 86 – 88.)

Toinen futuureja käyttävä ryhmä on spekulioijat. Spekulioijat voidaan tunnistaa siitä, ettei heillä ole alun perin positiota futuurin kohde-etuuteen, vaan heidän positionsa tulee puhtaasti futuurista. Spekulioija tulee markkinoille saadakseen tuottoa hyötymällä markkinoiden liikkeistä ja voidakseen saada tätä tuottoa spekulioija ottaa itselleen riskiposition. Spekulioijat tulevat markkinoille joko muutamaksi minuutiksi, päiväksi tai pidemmiksi jaksoiksi. Kuten edellisellä sivulla tuli ilmi, spekulioijat hyödyttävät markkinoita kasvattamalla likviditeettiä markkinoilla. (Kolb 2000, 88 – 94.)

Riskinhallitsijat, vastakohtana spekulioijille, tulevat futuurimarkkinoille vähentääkseen jo olemassa olevaa riskiään. Riskinhallitsijoille ei tarvitse olla tällä riskinhallinnan alkavalla hetkellä hyödykettä hallussaan, vaan heillä voi olla sitä varmuudella tulevaisuudessa tai he tietävät tarvitsevansa sitä tulevaisuudessa. Riskinhallitsijoita on siis kahda tyyppiä, lyhyen ja pitkän position haltijoita. Pitkän position haltijat tarvitsevat futuurin kohteena olevaa tuotetta tulevaisuudessa ja he ostavat itselleen futuureja, pystyäkseen varmistamaan ja ennustamaan tulevaisuuden kassavirrat etukäteen lyömällä lukkoon hinnan mitä he hyödykkeestä tai instrumentista joutuvat maksamaan. Lyhyen position haltijat puolestaan tulevat tulevaisuudessa saamaan haltuunsa futuurin taustalla olevaa hyödykettä tai instrumenttia ja haluavat varmistuksen siitä, kuinka paljon tuloa he tulevat tulevaisuudessa saamaan myymästään hyödykkeestä. Hankkimalla futuurin riskinhallitsijat lukitsevat itsensä positiionsa eikä heidän tulevat ostonsa tai myyntinsä tule enää vaikuttamaan kassavirtoihin futuurin hankkimisen jälkeen. (Kolb 2000, 98 – 100.)

Futuurit ovat johdannaisopimuksia, joissa myyjä ja ostaja sopivat tulevaisuudessa käytävästä vaihdosta. Futuurisopimukset ovat standardisoituja ja tarkoin valvottuja. Suurin osa futuurisopimuksista ei sisällä kohde-etuuden vaihtoa, vaan ne suljetaan aikaisemmin kuin maturiteetti tulee päätökseen. Futuureilla on kolme funktiota markkinoilla; tulevien markkinahintojen ennustaminen, spekulointi ja riskienhallitseminen. Markkinaosapuolet käyttävät futuureja ja niistä saatavaa tietoa saavuttaakseen jonkun näistä funktioista.

### 3.2 Volatiliteetti

Kauppatieteissä volatiteetilla tarkoitetaan yleisesti arvopapereiden hinnan vaihtelua annetulla aikahorisontilla. Matemaattisesti volatiliteetti voidaan ilmaista arvopapereiden tuottojen keskihajontana. Volatilisuus on siis hinnan muutosta ja mitä suurempaa muutos on, sitä volatiliimpi sanotaan tuotteen olevan. Volatiliteetti yhdistetään riskiin ja sen voidaan sanoa olevan hyvin moniulotteinen ilmiö. Tästä syystä volatiliteetti on tärkeä määre ja sen ymmärtäminen on tärkeää kaikille rahoitusmarkkinoilla toimiville. (Daly 2007, 2378.)

Volatiliteetin mittaaminen on rahoitusmarkkinoille tyypillistä. Volatiliteettia mitataan todennäköisyys- ja tilastotieteen keinoin, joita kutsutaan volatiliteetin ollessa kyseessä stokastiseksi mallintamiseksi. Stokastisuudella tarkoitetaan sattumanvaraisuutta ja sen ajallista etenemistä todellisuudessa. (Jäckel 2002, 23.) Kun futuurin arvo muuttuu markkinoilla, noudattaa se stokastista mallia. Stokastinen prosessi voi olla joko jatkuva tai diskreetti. Stokastinen prosessi on jatkuva kun muuttuja voi saada mitä tahansa arvoja tietyltä, ennalta määrättyltä, arvoväliltä. Esimerkiksi futuurit ja muut rahoitusinstrumentit voivat saada vain ja ainoastaan positiivisia arvoja, joten niiden arvovälit sisältävät positiiviset luvut nolasta teoriassa äärettömään. Diskreetillä prosessilla tarkoitetaan sitä, että muuttuja voi saada vain tiettyjä arvoja ennalta määrättyllä arvovälillä. (Hull 2000, 218.)

Jatkuvan stokastisen prosessin volatilisuuheen liittyvät osat ovat tärkeässä osassa volatiliteetin käsitettä rahoitusteoriassa. Näitä osia kutsutaan Markovin prosesseiksi, joiden mukaan muuttujan, kuten futuurin, tulevaisuuden hintaan vaikuttaa vain sen tämänhetkinen arvo. Erityisesti osakkeen hintaa ja sen vaihtelua kuvaavaa stokastista prosessia kutsutaan rahoitusteoriassa Brownin liikkeeksi (Brownian motion) tai Wienerin prosessiksi sen kehittäjän mukaan. Brownin liike on yleistä Markowin prosessissa jos prosessin arvo on nollahetkellä nolla, prosessi on toisistaan riippumattomien lisäysten ketju ja lisäykset ovat muuttumattomia sekä jos kyseinen prosessi noudattaa normaalijakaumaa. (Kijima 2002, 175 – 178.)

Brownin liike kuvattu alla:

$$\Delta S = \mu S \Delta t + \sigma S \Delta W \quad (1)$$

tai vaihtoehtoisesti

$$\frac{\Delta S}{S} = \mu \Delta t + \sigma \Delta W \quad (2)$$

jossa  $S$  on kohde-etuuden, esimerkiksi päästöoikeuden hinta,  $\mu$  on odotettu tuotto,  $t$  on aika,  $\sigma$  on volatilititeetti ja  $W$  on niin sanottu Wienerin prosessi.

Yllä olevissa kaavoissa taustaoletuksena on, että kohde-etuuden volatilititeetti, eli tuoton vaihtelu, on lyhyellä aikavälillä,  $\Delta t$  samansuuruista riippumatta kohde-etuuden hinnasta (Hull 2000, 225). Yhtälöissä (1) ja (2) muuttuja  $W$  kuvaa edellä kerrotun kaltaista Wienerin prosessia ja muuttuja  $\mu$  kohde-etuuden odotettua tuottoa tietyssä aikana. Muuttuja  $\mu S$  kuvaa kohde-etuuden  $S$  odotettua muutosta, joten aikavälillä  $\Delta t$  odotettu kohde-etuuden hinnanmuutos on  $\mu S \Delta t$ . Jälkimmäisessä yhtälössä kohde-etuuden volatilititeettiä käsitellään ajan suhteen tapahtuvana hinnan vaihteluna, joka perustuu satunnaiskulkuun. (Jäckel 2002, 23 – 24.)

On myös tärkeää ymmärtää ja käsitellä edellä kuvattuun Brownin liikkeeseen tai Wienerin prosessiin liittyvät Itô-prosessit ja Itô'n lemma, apulause, jota voidaan käyttää Brownin liikkeen soveltamisessa ja johtamisessa. Itô'n lemman tarkastelu tuo myös laajennusta ja lisävaloa hyödykkeen hinnan vaihteluun ja sen parempaan ymmärtämiseen. Tämä mainittu Itô-prosessin funktio voidaan kuvata seuraavasti (Kijima 2003, 206):

$$\Delta x = a(x, t)\Delta t + b(x, t)\Delta W \quad (3)$$

jossa  $x$  on kohde-etuuden hinta,  $a$  ja  $b$  ovat muuttujia joiden arvo riippuu muuttujista  $x$  ja  $t$ ,  $t$  on aika ja  $W$  on Wienerin prosessi.

Itô'n lemman mukaan on olemassa funktio  $G$ , joka on muuttujien  $x$  ja  $t$  funktio ja joka toteuttaa yhtälön (Hull 2000, 230):

$$\Delta G = \left( \frac{\partial G}{\partial x} a + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} b^2 \right) \Delta t + \frac{\partial G}{\partial x} b \Delta W \quad (4)$$

jossa  $a$  on muuttujan  $x$  muutosnopeus,  $b^2$  on muuttujan  $x$  varianssi ja  $a$  ja  $b$  ovat muuttujia joiden arvo riippuu muuttujista  $x$  ja  $t$ ,  $t$  on aika ja  $W$  on Wienerin prosessi.

Yllä kuvatun Itô-prosessia kuvaavan Itô'n lemman avulla voidaan kuvata Itô-prosessia. Sen avulla voidaan ratkaista Brownin liike muotoon, joka kuvaa paremmin kuvaa kohde-etuuden hinnan vaihtelua. Brownin liike tai Wienin prosessi voidaan Itô'n lemman avulla kuvata seuraavalla tavalla (Stampfli & Goodman 2001, 84):

$$S(t) = se^{[(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2)t + \sigma W(t)]} \quad (5)$$

jossa  $S$  on kohde-euuden hinta,  $\mu$  on odotettu tuotto,  $t$  on aika,  $\sigma$  on volatilitteetti ja  $W$  on Wienerin prosessi.

Yllä esitettyssä kaavassa (5) alkuoletuksena on, että tilanne on nollakohdassa  $s$ , eli  $S(0) = s$ . Kaava on yksi yleisimmin käytetyistä kohde-etuuden hinnan muutosten käyttäytymistä kuvaavista stokastisista malleista. (Stampfi & Goodman 2001, 84.)

Yksi volatilitteetin käsitteen ymmärtämistä helpottavista lähtökohdista on kohde-etuuksiin liittyvä tuottojen lognormaali jakauma. Lognormaalilla jakaumalla tarkoitetaan jakaumaa, jossa satunnaismuuttujien luonnollinen logaritmi on normaalisti jakautunut. Lognormaalin jakauman peruspiirre on, että se on aina positiivinen eli se voi saada vain positiivisia arvoja, nollasta äärettömään. Tästä syystä jakauman lognormaaliollettamus on usein käytetty eri tieteenaloilla; saavathan monet taloustieteellisetkin käsitteet, kuten päästöoikeuksien hinta, ainoastaan positiivisia arvoja. (Crow & Shimitzu 1988, 1.)

Lognormaalin jakauman lähtökohtana oletetaan, että kohde-etuuden hinta noudattaa edellä mainittua Brownin liikettä. Koska kohde-etuuden hintajakauma noudattaa Brownin liikettä, voidaan myös olettaa vastaavan lognormaalijakauman noudattavan Brownin liikettä seuraavalla tavalla (Stampfli & Goodman 2001, 86):

$$\Delta \ln S = \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \Delta t + \sigma \Delta W \quad (6)$$

jossa  $\ln S$  on kohde-etuuden hinnan luonnollinen logaritmi,  $\mu$  on odotettu tuotto,  $t$  on aika,  $\sigma$  on volatilitteetti ja  $W$  on Wienerin prosessi.

Kaavasta (6) voidaan havaita, että kohde-etuuden hinnan luonnollinen logaritmi  $S$  seuraa Brownin liikettä. Samalla voidaan todeta, että muutos kohde-etuuden hinnan luonnollisessa logaritmissa aikavälillä 0 ja  $t$  on normaalisti jakautunut, joka voidaan todeta seuraavasti (Stampfli & Goodman 2001, 87):

$$\ln S_T - \ln S_0 \sim \Phi \left[ \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T, \sigma \sqrt{T} \right] \quad (7)$$

jossa  $S_T$  on kohde-etuuden hinta erääntymishetkellä  $T$ ,  $S_0$  on osakkeen hinta nollahetkellä ja  $\Phi(\mu, \sigma)$  on normaalijakauma keskiarvolla  $\mu$  ja keskihajonnalla  $\sigma$ .

Tästä seuraa, että (Stampfli & Goodman 2001, 87):

$$\ln S_T \sim \Phi \left[ \ln S_o + \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T, \sigma \sqrt{T} \right] \quad (8)$$

Yllä olevan yhtälön (8) perusteella voidaan todeta, että kohde-etuuden hinnan  $S$  luonnollinen logaritmi ajanhetkellä  $t$  on normaalisti jakautunut. Tästä voidaan päätellä, että myös kohde-etuuden hinta  $S$  on normaalisti jakautunut. (Hull 2000, 238.) Kyseinen päätelmä on keskeinen kaikelle matemaattiselle taloustieteelle ja myös tällä tutkimukselle.

Volatiliteetti ilmaistaan hinnanvaihteluna ajassa. Volatiliteetin avulla rahoituksessa mitataan riskiä ja sen avulla ennustetaan tulevia arvonvaihteluita. Volatiliteetti ratkaistaan matemaattisesti ja se olettaa kohde-etuuden olevan normaalisti jakautunut. Volatiliteetti on tärkeä määre kaikilla rahoituksen osa-alueilla, sillä riskin tunteminen on tärkeää rahoitusmarkkinoilla toimiville.

### 3.3 Samuelsonin hypoteesi

Tässä kappaleessa luodaan katsaus Samuelsonin hypoteesiin. Ensiksi tarkastellaan Samuelsonin luomaa hypoteesia, jonka jälkeen tutustutaan siihen liittyvään kirjallisuuteen. Kirjallisuusosa on jaettu kahteen osaan, ensimmäisessä osassa tutustutaan teoreettiseen kirjallisuuteen ja jälkimmäisessä empiiriseen.

Artikkelissaan Samuelson (1965) osoitti teoreettisesti, että futuurien volatiliteetti kasvaa maturiteetin lähestyessä. Samuelsonin hypoteesin toteutumisen taustalla oleva intuitio on seuraava: Suuri volatiliteetti tarkoittaa suuria hinnan vaihteluita. Hinnanvaihtelu on suurempaa, mitä enemmän informaatiota on saatavilla. Futuurien maturiteetin ollessa kaukana, on saatavilla vain vähän informaatiota tulevasta markkinahinnasta, mutta kun maturiteetti lähestyy, informaatiomäärä kasvaa ja hinnanvaihtelu voimistuu.

Teoriassaan Samuelson olettaa, että futuurimarkkinoiden kilpailutekijät pitävät futuurien hinnat lähellä futuurin toteutumishetken odotettua markkinahintaa. Maturiteetin koittaessa arbitraasi pakottaa futuurien hinnat markkinahinnan kanssa samaksi. Tämä ei voi tapahtua aikaisemmin, koska kukaan ei voi tietää etukäteen markkinahintaa maturiteetin erääntyessä. Tämä luo oletuksen, että futuurien hinnat seuraavat martingale-

prosessia<sup>11</sup>, joka johtaa siihen, että futuurien hinta on sama kuin odotettu markkinahinta futuurin vanhentumishetkellä.

Useissa tutkimuksissa on yritetty löytää syitä maturiteettiefektin mahdolliselle olemassaololle. Tämän lisäksi on olemassa monia tutkimuksia, jotka testaavat Samuelsonin hypoteesin olemassaoloa empiirisesti.

Teoreettisista tutkimuksista ensimmäiset ovat jo ennen Samuelsonin artikkelia esitetyt Workingin (1948 ja 1949) tutkielmat, joissa hän esittelee väittämän, että futuurien hinnat määräytyvät vain olemassa olevien varastojen määrän mukaan ja että hinnat eivät liity tulevaisuuteen liittyviin epävarmoihin tapahtumiin. Hän väitti että ainoa syy, jonka takia hintaeroja esiintyisi käteiskaupassa ja futuureissa, tai kahdessa futuurisopimuksessa joilla on eri maturiteetti, on rahoitus- tai varastointikustannus maturiteettien välissä. Rahoitusinstrumenteissa, kuten osakkeissa tai päästöoikeuksissa, ei esiinny varastointikustannuksia kuten maataloustuotteissa, esimerkiksi viljassa. Workingin teorian mukaan vaihtoehtokustannuksen ollessa positiivinen eri toimituspäivän omaavilla sopimuksilla tulisi olla eri hinta.

Vaikka tässä tutkielmassa selvitetään Samuelsonin hypoteesin toteutumista päästöoikeuksissa, joilla ei ole selvää ja tyypillisiä varastointi- tai vaihtoehtokustannusta, on tämä teoria silti taustalla kun rakennetaan uutta mallia, jonka avulla voidaan laskea maturiteettiefektin olemassaoloa päästöoikeuksien futuureissa.

Rutledge (1976) hylkäsi Samuelsonin hypoteesin väittämällä, että maturiteettiefektiä voi esiintyä vain erittäin tarkoin määritetyllä autoregressiivisellä prosessilla, kuten AR(1)<sup>12</sup>. Hän jatkoi esittämällä tapauksen, jonka tulokset olivat ristiriidassa Samuelsonin hypoteesin kanssa.

Menettelytavan Samuelsonin hypoteesin testaamiseen on luonut myös Stein (1979), joka lisäsi hypoteesiin idean informaatiovirrasta ja osoitti tutkimuksessaan, että epävarmuuden väheneminen on futuurien kasvaneen volatiliteetin alkuperä, jolla voidaan selittää Samuelsonin hypoteesi. Tätä samaa tapaa käyttivät myös Anderson ja Danthine (1983), jotka tulkitsivat maturiteettiefektiä informaatiovirran aikavariaatioasteen kautta. Heidän tutkimuksensa koski teoriaa, jonka mukaan maturiteettiefekti heijastelee suurempaa informaatiomäärää maturiteetin läheisyydessä, koska suurempi määrä toimijoita käyttää aikaa ja resursseja uuden informaation löytämiseen. Näin he loivat mallin, joka vastaa Rutledgen (1976) kritiikkiin ja selittää niin Samuelsonin hypoteesin kuin oman tilamuuttujan sisältävän hypoteesinsä yhtenäisen viitekehysten alla. He osoittivat, että futuurien hintojen ex ante -varianssi on suuri (pieni) kun taloudellinen epävarmuus on

---

<sup>11</sup> Prosessi, jossa seuraavan hinnan odotettu arvo on sama kuin hinnan nykyinen arvo, jolloin odotettu hinnan muutos on nolla.

<sup>12</sup> AR(1) on ensimmäisen asteen autoregressiivinen malli.

suurta (pientä). Heidän mukaansa Samuelsonin hypoteesi on erityistapaus, jossa suuret määrät epävarmuutta ratkeaa lähestyttäessä maturiteettia ja siten futuurien hintojen ex ante –varianssi on taipuvainen olemaan suurempi kun maturiteetti lähestyy. He väittävät, että maturiteettiefektiä voidaan tulkita niin, että maturiteetin ollessa kaukana tulevaisuudessa, on mahdotonta tietää mitään fundamentaalista tekijöistä hinnan taustalla ja silloin ne eivät vaikuta futuurien nykyisiin hintoihin. Toisin sanoen ei ole informaatiovirtoja, jotka selvittävät kaukaisen tulevaisuudessa olevia epävarmuuksia. Näin Anderson ja Danthine argumentoivat, että Samuelsonin hypoteesi ei pidä paikkaansa ellei malliin lisätä informaatiovirtaa koskevaa osaa.

Bessembinder ym. (1996, 45 – 46) loivat suosiota saaneen teoreettisen viitekehysten, joka korostaa negatiivisen kovarianssin markkinahinnan hinnanmuutoksen ja rahoitus- ja varastointikustannuksissa tapahtuvien muutosten välillä olevan avaintekijä Samuelsonin hypoteesin takana. Koska tämä ehto täyttyy todennäköisemmin hyödykkeillä kuin finanssituotteilla, heidän teoriansa mukaan Samuelsonin hypoteesi toteutuu useammin hyödykemarkkinoilla kuin muilla markkinoilla.

Daal ym. (2004, 5 – 6) eivät löytäneet todisteita Bessembinder ym. teorialle. Heidän laaja tutkimuksensa ei löydä yhteyttä hintojen ja rahoitus- ja varastointikustannusten negatiivisen kovarianssin ja maturiteettiefektin välille. He korostavat, että negatiivinen kovarianssi on vain tarpeellinen, muttei riittävä ehto hypoteesille.

Hypoteesi, jolla Bessembinder ym. teoriaa voi testata, on että maturiteettiefekti on olemassa kovarianssin ollessa negatiivinen. Kuten aiemmin on jo mainittu Bessembinder ym. teorian mukaan edellä mainittu ehto pitää paikkansa todennäköisemmin hyödykkeillä kuin finanssituotteilla, koska kovarianssi hintojen ja omistamisen tuoman hyödyn välillä on usein positiivinen. Esimerkiksi Fama ja French (1988) esittävät, että vähennykset hyödykkeiden varastotilanteissa suhdannevaihteluiden huipuilla usein johtaa sekä suurempaan hyödykkeen omistamisen tuomaan hyötyyn että korkeampiin hintoihin. Kulutuksen kausittaisuus myös tuo positiivista korrelaatiota omistamisen tuoman hyödyn ja hintojen välillä. Koska omistamisen tuoma hyöty on rahoitusinstrumenteilla alhainen, sillä ei ole niin suurta vaikutusta finanssituotteiden futuureihin kuin hyödykkeiden futuureihin.

Seuraavaksi käydään läpi Samuelsonin hypoteesista tehtyjä empiirisiä tutkimuksia, jotka on toteutettu eri aineistoilla, eri ajanjaksoilta ja erilaisin menetelmin. Vahvimmin Samuelsonin hypoteesia on tukenut Bessembinder ym. teorian mukaisesti maataloustuotteet. Vähemmän tukea on taas saatu metalli- ja finanssituotteiden futuureilla.

Useat tutkijat ovat löytäneet empiirisiä todisteita maturiteettiefektin olemassaololle. Rutledge (1976) löysi empiiristä tukea maturiteettiefektille hopea- ja kaakaomarkkinoilla, muttei vehnä- ja soijaöljymarkkinoilla tutkimuksessaan, joka sisälsi myös aikaisemmin mainitun autoregressiivisyyttä vaatineen teoreettisen osan. Dusak-Miller (1979) tutki maturiteettiefektiä karjafutuureilla aikavälillä 1964 – 1972 ja löysi tukea maturi-

teettiefektille. Castelino ja Francis (1982) testasivat Samuelsonin hypoteesia vuosien 1960 – 1971 päivittäisellä aineistolla vehnän, maissin, soijapapujen, soijaöljyn, soijajauhojen ja kuparin futuureilla saaden suurimmaksi osaksi vahvoja todisteita sen puolesta. Anderson (1985) käytti niin parametrisiä kuin ei-parametrisiä testejä tutkimuksessaan ja löysi vahvoja todisteita maturiteettiefektille niin kauran, soijaöljyn, karjan ja kaakaonkin osalta, muttei todisteita vehnälle, maissille, soijapavuille eikä hopealle vuosien 1966 – 1980 aineistolta. Milonas (1986) tutki 11 eri maatalous-, finanssi- ja metallifutuuri-markkinaa ja sai tukea Samuelsonin hypoteesiin niistä kymmenestä. Barnhill ym. (1987) tutkimus osoitti, ettei maturiteettiefekti toteudu vain maataloustuotteiden futuureissa, vaan he löysivät tukea maturiteettivaikutukselle myös Treasury bond – futuureissa. Khoury ja Yourougou (1993) tutkivat kuutta maatalousfutuuria Winnipegin hyödykemarkkinoilla vuosilta 1980 – 1989 ja löysivät todisteita hypoteesin paikkansapitävyyden kaikilla kuudella futuurisopimuksella. Galloway ja Kolb (1996) löysivät empiirisiä todisteita Samuelsonin hypoteesin paikkansapitävyydelle maataloustuotteiden futuureissa, mutta eivät arvometalli- ja finanssifutuureissa, tutkiessaan futuureja aikaväliltä 1962 – 1992. Allen ja Cruickshank (2000) löysivät vahvaa tukea maturiteettivaikutukselle valtaosassa hyödykefutuureista niin Lontoon, Singaporen kuin Sydneynkin futuuripörssissä. Duong ja Kalev (2007) myös löysivät todisteita Samuelsonin hypoteesille tutkimuksessaan, jossa he tutkivat 14 maatalous-, metalli-, energia- ja finanssituotteiden futuuria kuudessa pörssissä.

Samoin kuin Samuelsonin hypoteesin todentavia myös sen kumoavia empiirisiä tutkimuksia löytyy kirjallisuudesta. Vastakohtana maataloustuotteiden futuureille, todisteet maturiteettiefektistä on muilla futuureilla heikompaa. Grammatikos ja Sanders (1986) eivät löytäneet empiiristä tukea Samuelsonin hypoteesille heidän tutkiessaan viittä valuuttafutuuria vuosien 1978 ja 1983 välillä. Board ja Sutcliffe (1990) tutkivat maturiteettiefektiä pörssi-indeksien futuureilla ja raportoivat vain heikkoa tukea Samuelsonin hypoteesille. Galloway ja Kolb (1996) löysivät todisteita vain yhdelle finanssifutuurille kahdestatoista vuosien 1969 ja 1992 väliseen aikaan sijoittuvassa tutkimuksessaan. Toisin kuin Barnhill ym. (1986), Bassembinder ym. (1996) sekä Duong ja Kalev (2007) eivät löytäneet uudemmissa tutkimuksissa positiivisia todisteita Treasury bond – futuurien maturiteettivaikutuksesta Duong ja Kalev (2008) eivät laajassa tutkimuksessaan löytäneet todisteita Samuelsonin hypoteesille muissa kuin maataloustuotteissa. Chen ym. (1999) löysivät Samuelsonin hypoteesin vastakkaisia todisteita, eli volatilitetin laskua maturiteetin lähestyessä, tutkiessaan Nikkei-225 indeksin futuureita. Duong ja Kalev (2007) saivat samanlaisia tuloksia suurimmassa osassa tutkimuksessaan.

Laajimman tutkimuksen maturiteettiefektistä ovat tehneet Daal ym. (2004) tutkiessaan 6805 futuurisopimusta 61 eri hyödykkeestä ja finanssivälineestä 40 vuoden ajalta vuosien 1960 ja 2000 välillä amerikkalaisista ja Lontoon, Sydneyn, Tokion ja Winnipegin pörssistä löytyvistä futuureista. Heidän tutkimuksensa tulokset olivat kaksijakoiset,

kuten useimpien muidenkin tutkimusten. Ensinnäkin, he eivät löytäneet todisteita maturiteettiefektistä suurimmasta osasta tutkimiaan futuurisopimuksia. Heidän käyttämänsä robusti testi esittää, että maturiteettiefektiä muissa tutkimuksissa tukevat todisteet johduvat suurimmaksi osaksi laskentatavassa käytetystä futuurisopimusten yhdistelystä. Hekin löysivät vahvoja todisteita maturiteettiefektistä melkein kaikista hyödykkeistä käyttäessään perinteistä, yleisesti Samuelsonin hypoteesia tutkittaessa käytettyä, laskentatapaa. Toisekseen maturiteettiefekti vaihtelee merkittävästi sopimusten ja hyödykkeiden välillä. Heidän tutkimuksessaan todisteet puoltavat maturiteettiefektiä maatalous- ja energiahyödykkeiden futuureissa, mutta he eivät löytäneet todisteita Samuelsonin hypoteesin toteutumiselle finanssituotteissa, kuten aiemmissakin tutkimuksissa oli käynyt.

On myös esitetty, että markkinoiden syvyys<sup>13</sup> saattaa olla toinen tekijä, joka vaikuttaa volatiliteetin muutoksiin, jolloin volatiliteetin suhde maturiteettiin ei olisi selittävä tekijä volatiliteetin muutokselle. Kyle (1985, 45 – 46) esitti teoreettisessa mallissaan, että markkinoiden syvyys helpottaa luomaan suosiollisemmat olosuhteet, nopeuttaa transaktioita ja vähentää paineita hinnanmuutoksille uuden informaation tullessa markkinoille. Tarkemmassa määritelmässään Kyle ehdotti, että markkinoiden syvyys on toimeksiantojen määrä, joka tarvitaan hintojen muuttamiseen yhdellä yksiköllä. Kun toimeksiantojen suunta muuttuu, avoimet toimeksiannot muuttuvat myös sisäsyntyisesti, tehden siitä hyvän mitan markkinasyvyydelle.

Bessembinder ja Seguin (1992, 2018 – 2019) mukaan markkinasyvyydellä, joka mitataan avoimilla toimeksiannoilla, on käänteinen suhde volatiliteetin kanssa. Tämä tarkoittaa että markkinasyvyyden kasvaessa volatiliteetti pienenee. He mainitsevat myös, että informaatiovirralla, mitattuna vaihdon suuruudella, on positiivinen suhde volatiliteetin kanssa, eli informaatiovirran kasvaessa myös volatiliteetti kasvaa. Näin ollen markkinasyvyydellä ja vaihdon suuruudella on vastakkainen suhde volatiliteettiin. Bessembinder ja Seguin väittävät, että avoimet toimeksiannot on hyvä ennuste markkinasyvyydelle koska avoimet toimeksiannot heijastavat futuurimarkkinoilla vallitsevaa vaihtajien halua riskeerata pääomaansa futuurisopimukseen, mikä on markkinasyvyyden mittari.

Bessembinder ja Seguin (1993) tutkivat syitä päivittäisten tuottojen keskihajonnalle ottaen huomioon futuurien aineistoissa läsnä olevan heteroskedastisuuden ja positiivisen huipukkuuden. Tutkimus löysi vahvaa suhdetta vaihdon suuruuden ja tuottojen volatiliteetin välillä. He esittivät myös uuden löydön, että odottamattomat shokit vaihdon määrässä nostavat tuottojen volatiliteettia kahdesta kolmeentoista kertaan enemmän kuin

---

<sup>13</sup> Markkinoiden kyky säilyttää suuri määrä toimeksiantoja niin, että se ei vaikuta vaihdettavan tuotteen hintaan. Yleisesti tämä käsittää kokonaistason ja toimeksiantojen määrän ja normaalisti tällä viitataan yhteen finanssituotteeseen.

odotetuissa shokeissa. Heidän tutkimuksen mukaan avoimilla toimeksiannoilla laskettu markkinasyvyys laskee, kun toteutuneet toimeksiannot ovat erisuuruiset kuin odotetut toimeksiantojen toteutumiset.

Samuelsonin hypoteesille on löytynyt todisteita niin puolesta kuin vastaan empiirissä tutkimuksissa. Vahvimmin tukea on löytynyt maataloustuotteiden futuureilla, kun taas finanssituotteilla tukea on löytynyt vain muutamassa harvassa tapauksessa. Joka tapauksessa todisteet ovat hyvin ristiriitaisia ja kaikenkattavaa teoriaa todisteiden pohjalta on vaikea luoda. Maturiteettiefektin mahdollinen olemassaolo tulee kuitenkin ottaa huomioon kaikilla, jotka toimivat futuurimarkkinoilla, varsinkin maataloushyödykkeiden osalta, sillä sen olemassaolo vaikuttaa merkittävästi riskinhallitsijoiden suojausta rakennettaessa.

## 4 YHTEENVETO TUTKIELMAN VIITEKEHYKSESTÄ

### 4.1 Tutkimuksen teoreettinen tausta

Tutkimuksen pääkäsite on Samuelsonin hypoteesi. Se käsittelee futuurikauppaa ja tunnetaan myös nimellä maturiteettiefekti. Samuelson (1965) väittää luomassaan hypoteesissa, futuurien hinnan volatiliteetin kasvavan maturiteetin lähestyessä. Volatiliteetilla tarkoitetaan futuurien hinnan muutosta ja se voidaan ilmaista tuottojen keskihajontana. Mitä enemmän futuurin hinta muuttuu, sen volatiliisempi futuuri on. Volatiliteetti yhdistetään yleensä epävarmuuteen ja riskiin, joten se on tärkeä määre rahoitusmarkkinoilla.

Volatiliteetin ennustaminen on tärkeää nykyaikaisilla rahoitusmarkkinoilla. Kuten edellisessä kappaleessa mainittiin, se kuvaa riskiä useissa talousmatemaattisissa kaavoissa, jotka luovat pohjan rahoitusteorioille. Lisäksi markkinaosallistujien on tärkeä tietää riski, jotta he pystyvät rakentamaan itselleen maksimaalisesti hyötyä tuottavan portfolion. Varsinkin riskinhallitsijoille volatiliteetilla on suuri merkitys.

Samuelsonin hypoteesi ennustaa futuurien käyttäytymistä. Futuurit ovat johdannainen, joka antaa omistajalleen mahdollisuuden vaihtaa kohde-etuutta tiettyä aikana tiettyyn hintaan. Aika ja hinta ovat sidotut sopimusta tehdessä, joten sopimuksen osapuolet voivat päättää tulevat saatavansa tai menonsa tekemällä futuurisopimuksen. Futuurisopimuksia käytetään kolmeen eri tarkoitukseen, riskinhallintaan, spekulointiin ja futuurien hinnoista tulevien markkinahintojen ennustamiseen.

Tutkimuksessa on aineistona käytetty Euroopan Unionin EU ETS –päästökaupan aineistoa. EU ETS on ollut olemassa vuodesta 2005 ja siitä syystä siitä ei ole vielä tehty paljon tutkimusta. Toisaalta vielä ei ole ollut saatavilla tarpeeksi aineistoa kaikkien tutkimusten tekemiseen, mutta maturiteettiefektin tutkimista varten aineistoa on saatavilla riittävästi. Koska markkinat ovat uudet, myös markkinatoimijat ovat uusia. Tämä voi johtaa tietynlaisiin tapahtumiin markkinoilla, joita ei kypsillä markkinoilla tapahtuisi. Näin ollen markkinoilta saatava aineisto on siitakin syystä erittäin mielenkiintoista. Toinen kuriositeetti markkinoilla on päästöoikeuksien alkuperä. EU jakaa päästöoikeudet jäsenmailleen, jotka jakavat ne eteenpäin maidensa teollisuudelle. Näin ollen päästöoikeuksien määrä markkinoilla on alkuperäisesti kiinni poliittisista päätöksistä ja poliittisilla päätöksillä voidaan saada suuriakin liikkeitä markkinoilla aikaan. Päästökauppa on jaettu erillisiin kauppajaksoihin, joiden kokonaispäästö määrä ja osallistuvat teollisuudet on määrätty ennen jakson alkua, joka vähentää poliittisten päätösten suurimpia vaikutuksia päivittäiseen kauppaan. Tämä ei silti tarkoita sitä, että poliittinen vaikutus

jäisi kokonaan markkinoiden ulottumattomiin, vaan sillä on suuri vaikutus hintoihin<sup>14</sup>. Tässä tutkimuksessa on aineistoa kahden eri kauppajakson ajalta, ensimmäisen vuosina 2005 – 2007 toimineen ensimmäisen jakson ja vuonna 2008 alkaneen toisen jakson ajalta aina vuoden 2010 joulukuuhun asti. Toinen kauppajakso loppuu vuonna 2012, jonka jälkeen alkaa kolmas, entistä laajempi, kauppajakso.

Kuten edellisessä luvussa tuli esille, hypoteesia on tutkittu paljon, niin erilaisilla matemaattisilla kaavoilla kuin eri aineistojenkin osalta. Teorian pitävyys onkin aikaisemmissa tutkimuksissa vaihdellut paljon riippuen tutkimustavasta ja tutkittavasta futuurista.

## 4.2 Tutkimushypoteesi

Kvantitatiiviseen tutkimukseen kuuluu yleisesti hypoteeseja. Asetettuihin ongelmiin voidaan ennakoida mahdollisia selityksiä ja ratkaisuja aiemman teorian perusteella. Näitä selityksiä ja ratkaisuja mahdollisista suhteista, syistä ja tuloksista kutsutaan hypoteeseiksi. Hypoteesit esitetään aina väitteiden muodossa. Valittujen hypoteesien on oltava hyvin perusteltuja ja niiden tulee olla johdettu hyväksytystä, aiemmin julkaistusta teoriasta. Jos päteviä perusteita hypoteesille ei ole, annetaan yleensä ohje, että hypoteesien asettamisesta luovuttaisiin. (Hirsjärvi ym. 1998, 149.)

Aiemmassa tutkimuksessa kuvatus tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen perusteella voidaan muodostaa tutkimushypoteesi. Tilastotieteessä ongelmien tarkastelu hypoteeseina on yleensä tavanomaista, josta syystä kyseiseen esittämistapaan päädyttiin myös tässä tutkimuksessa.

Tässä tutkimuksessa on vain yksi hypoteesi, joka pyrkii vastaamaan tutkimuksen teemaan eli siihen, toteutuuko Samuelsonin hypoteesi päästöoikeuksien futuureissa, eli kasvaako futuurin hinnan volatilitteetti maturiteetin lähestyessä. Tutkimushypoteesi on seuraava:

$$H_0 = \text{”Futuuri hinnan volatilitteetti ei kasva maturiteetin lähestyessä”}$$

$$H_1 = \text{”Futuuri hinnan volatilitteetti kasvaa maturiteetin lähestyessä”}$$

Yllä esitetty hypoteesi on kuvattu tavanomaiseen tilastotieteelliseen tapaan kahdenlaisina vastakkaisina hypoteeseina, joista  $H_0$  -hypoteesi on niin sanottu nollahypoteesi,

---

<sup>14</sup> Ks. esim. Benz ja Trück 2009.

joka tilastotieteellisessä tutkimuksessa pyritään kumoamaan käytettävien menetelmin. Tilastotieteissä nollahypoteesi muotoillaan tarkoituksenmukaisesti aina kielteiseen muotoon, jolloin tutkimuksen voidaan tietyllä tapaa ajatella selvittävän tutkittavaa ilmiötä ”väärästä” suunnasta. Jos tämän tutkimuksen tulokset tukevat vasta- eli  $H_1$ -hypoteesia, tulosten ollessa samalla tilastollisesti merkitseviä, kumotaan nollahypoteesi, ja  $H_1$ -hypoteesi syrjäyttää sen. Tässä tutkimuksessa nollahypoteesin kumoamisessa tai kumoamatta jättämisessä painotetaan ensisijaisesti niin sanottua kokonaisarviointia, jossa otetaan tasavertaisesti huomioon empiirisestä tutkimuksesta saadut tutkimustulokset sekä niiden tilastollinen laatu erilaisten merkitsevyydestausten avulla. Jos jompikumpi näistä ei puolla nollahypoteesin kumoamista, ei vastahypoteesia voida saattaa voimaan.

### 4.3 Aineiston kuvaus ja käytetyt menetelmät

Tutkimuksen aineisto muodostuu European Energy Exchangessa (EEX) vaihdetuista päästöoikeuksien futuurisopimuksista ajalta 4.10.2005 – 30.11.2010. Näin ollen tilastoissa ei ole mukana aivan päästökaupan alkua, jonka takia vuoden 2005 joulukuussa maturiteettinsa saavuttavat futuurit on jätetty tutkimuksen ulkopuolelle. Joulukuussa 2006 maturiteettinsa saavuttavilla sopimuksilla vaihtopäiviä aineistossa on jo yli vuoden ajalta, 293 kappaletta, joka on tarpeeksi tätä tutkimusta varten. Nämä tiedot on ladattu EEX:n virallisilta kotisivuilta<sup>15</sup>. Päästöoikeuksien futuureilla on käytännössä neljä vanhenemiskuukautta vuodessa, mutta suurin osa kaupasta käydään joulukuussa maturiteettinsa saavuttavien futuurien kanssa. Tämä johtuu siitä, että vuosittaiset päästöoikeudet tulee palauttaa käytön mukaan vuoden viimeisenä kuukautena. (Daslakis ym. 2009, 1232 – 1233.)

Päästökauppaa on käyty vasta vuodesta 2005, joka tekee tästä tutkimuksesta hyvin ajankohtaisen. Kauppa-aikana on myös ollut kaksi erillistä vaihetta, ensimmäinen vaihe, joka alkoi vuonna 2005 ja kesti 3 vuotta loppuen joulukuussa 2007, ja toinen vaihe, joka alkoi tammikuussa 2008, jatkuen joulukuuhun 2012. Tutkimuksessa on mukana joulukuussa 2006, joulukuussa 2007, joulukuussa 2008, joulukuussa 2009 ja joulukuussa 2010 vanhenevat sopimukset. Valitut sopimukset vanhenevat joulukuun alussa, kun vaihtoehtoisesti EEX:n pörssissä on vaihdettavana myös instrumentti, joka vanhenee joulukuun puolivälissä. Tämä valinta johtuu siitä, että aikaisemmista sopimuksista ei ollut kahta eri sopimusten vanhenemisajan vaihtoehtoa, vaan ainoastaan joulukuun alus-

---

<sup>15</sup> <http://www.eex.com/en/Download/Market%20Data/EU%20Emission%20Allowances%20-%20EEX> (haettu 24.1.2011)

sa vanheneva sopimus. Tästä syystä myös seuraavista sopimuksista on valittu tämä joulukuun alussa päättyvä sopimus, jotta tutkimus olisi yhdenmukainen tältä osalta. Toisen vaiheen sopimusten tiedot on vielä jaettu kahteen osaan, ennen ensimmäisen vaiheen loppumista, 31.12.2007, sisältyvät kaupat ja vain toisen vaiheen aikana tehdyt kaupat. Näin saadaan tutkittua, onko maturiteettiefektiin vaikutusta sillä, että markkinat ovat jo kolmen vuoden ajan käyneet kauppaa ja muuttaneet käytöstään osallistuttuaan ensimmäisen vaiheen loppumiseen ja siihen liittyviin tapahtumiin.

Daal ym. (2004) käyttämän laskentatavan mukaisesti laskentaan on käytetty päivän sulkemishinnan ja edellispäivän sulkemishinnan keskiarvoa, eikä päivän sulkemishintaa. Ne ovat usein lähes identtiset, mutta kun ne eivät ole, sulkemishinnan ja edellispäivän sulkemishinnan keskiarvo on tarkempi kuvaus oikeasta markkinahinnasta.

Taulukoissa 1 ja 2 on esiteltyä otannan kuvaileva statistiikka. Taulukot esittävät tutkimusaineiston sopimusten volatilitietin keskiarvot (mean), mediaanit (median), moodin (mode), keskihajonnan (std. deviation), vinouden (skewness), vinouden keskihajonnan (std. error of skewness), huipukkuuden (kurtosis) sekä huipukkuuden keskihajonnan (std. error of kurtosis). Taulukko 1 esittelee koko kaupankäyntiaikana vaihdetut sopimukset ja taulukko 2 esittelee vain toisen kaupankäyntivaiheen aikana vaihdetut sopimukset. Sopimukset ovat nimetty niiden loppumiskuukauden ja vuoden mukaan, joulukuussa 2006 maturiteettinsa saavuttavien sopimusten ollessa nimetty Dec06 ja niin edelleen vuoden 2010 joulukuussa vanheneviin sopimuksiin asti, jotka on nimetty Dec10.

Taulukko 1 Muuttujien kuvaileva statistiikka (koko kaupankäyntijakson aineisto)

		Statistics				
		Dec06	Dec07	Dec08	Dec09	Dec10
N	Valid	293	546	797	967	1308
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		,002678655	,004593394	,000745202	,000835155	,000658039
Median		,000145370	,000175825	,000138410	,000169070	,000148735
Mode		,0000000	,0000000	,0000000	,0000000	,0000000
Std. Deviation		,0144664511	,0150927754	,0027582513	,0027231559	,0022437761
Skewness		9,130	6,832	13,342	12,314	14,117
Std. Error of Skewness		,142	,105	,087	,079	,068
Kurtosis		90,771	57,172	220,160	198,081	263,304
Std. Error of Kurtosis		,283	,209	,173	,157	,135

Taulukosta 1 voidaan todeta, että volatilitietin keskiarvo on erittäin suuri vain ensimmäisen kaupankäyntijakson sopimuksissa, Dec06- ja Dec07-sopimukset. Korkeimman arvonsa keskiarvo saa Dec07-sopimuksilla, joissa se on 0,004593394, kun taas pienimmän arvonsa se saa Dec10-sopimuksissa 0,000658039. Myös keskihajonta on ensimmäisissä kahdessa sopimuksessa suurempi kuin seuraavissa sopimuksissa, jotka saavuttavat maturiteettinsa toisen kaupankäyntivaiheen aikana. Keskihajontakin on suu-

rimmillään Dec06-sopimuksissa, jossa se on 0,0150927754, kun pienimmän arvonsa se saa Dec10-sopimuksessa, 0,0022437761. Moodi on kaikissa sopimuksissa 0, eli aineistossa on mukana useita päiviä jolloin sopimuksen hinta ei ole edellisestä muuttunut. Dec06-sopimuksissa näitä löytyy 4 kappaletta, 1,4 %:a havainnoista, Dec07-sopimuksissa 93 kappaletta, 17 %:a havainnoista, jossa suuri volatilitettiin nolla saavien arvojen määrä johtuu kaupankäyntivaiheen loppumisesta, joka johti hinnan putoamiseen nollan lähelle ja kaupankäynnin vähenemiseen. Dec08-sopimuksissa 15 kappaletta, 1,9 %:a havainnoista, Dec09-sopimuksissa 15 kappaletta, 1,6 %:a havainnoista ja Dec10-sopimuksissa 21 kappaletta, 1,6 %:a havainnoista. Vinousarvot ovat suuria, koska keskiarvo on melko pieni, eikä sen vasemmalle puolelle mahdu paljon eri arvoja pienimmän mahdollisimman arvon ollessa nolla, kun taas keskiarvoa suuremmilla arvoilla on kaikki arvot mahdollisia ja näin kaikki sopimukset ovat oikealle vinoja. Huipukkuus saa erittäin korkeita arvoja, ja sopimusten arvot ovatkin paljon huipukkaampia kuin normaalijakaumalla voisi olettaa. Varsinkin kolmessa viimeisessä aineistossa tutkitussa sopimuksessa huipukkuus on erittäin suurta, Dec10-sopimuksien saadessa suurimman arvon 263,304.

Taulukon 2 aineistossa on otettu huomioon vain 1.1.2008 jälkeen tehdyt kaupat.

Taulukko 2 Muuttujien kuvaileva tilastitikka (1.1.2008 jälkeen oleva aineisto)

		Statistics		
		Dec08	Dec09	Dec10
N	Valid	232	450	739
	Missing	0	0	0
Mean		,000555831	,000782325	,000557685
Median		,000154880	,000253860	,000168230
Mode		,0000000	,0000022 <sup>a</sup>	,0000000
Std. Deviation		,0010285732	,0014654368	,0011502970
Skewness		4,021	3,976	4,576
Std. Error of Skewness		,160	,115	,090
Kurtosis		22,589	20,366	25,644
Std. Error of Kurtosis		,318	,230	,180

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown.

Taulukossa 2 nähdään, että keskiarvo on selvästi pienentynyt taulukon 1 arvoista, eli arvoista, joissa koko aineiston ajalta käydyt kaupankäyntipäivät otetaan huomioon. Dec08-sopimukset saavat pienimmän keskiarvon, 0,00055583,1 ja Dec09-sopimukset suurimman keskiarvon, 0,00782325. Keskihajonnalle myös laskee huomattavasti verrattuna ensimmäisen taulukon arvoihin, saaden pienimmän arvonsa Dec08-sopimuksilla 0,0010285732 ja suurimman arvonsa Dec10-sopimuksilla 0,0014654368. Mediaani saa samaa kokoluokkaa olevia arvoja kuin taulukon 1 vastaavat. Dec09-sopimukset on ainoa kaikista läpikäydyistä sopimuksista ja sopimuskausista jossa ei moodi ole 0. Muissa

tämänkin aikajakson sopimuksissa moodi on 0. Dec08-sopimuksissa nollahavaintoja on 3 kappaletta, 1,3 %:a havainnoista ja Dec10-sopimuksissa 9 kappaletta, 1,2 %:a kaikista havainnoista. Vinousarvot ovat huomattavasti pienemmät kuin ensimmäisen taulukon vastaavat, vaihdellen Dec09-sopimuksissa 3,976:sta Dec10-sopimuksissa 4,576:en, silti ollen positiiviset ja vinot oikealle, samasta syystä kuin edellisissä tapauksissa. Huipukkuus on myös pienempää kuin edellisessä taulukossa, mutta silti huipukkuusarvot ovat korkeat, minimin ollessa Dec09-sopimuksissa 20,336 ja maksimin Dec10-sopimuksissa 25,644.

Dec07-sopimuksissa on useita havaintoja joissa volatilitteetti saa arvon nolla, yli kuudennes havainnoista. Tästä syystä sillä tehtävät laskut voivat olla harhaanjohtavia ja tämä pitää ottaa huomioon tuloksia tarkasteltaessa.

Käytettävässä aineistossa on kaksi kohtaa, joissa volatilitteetti on noin kymmenen kaupankäyntipäivän aikana luvuissa, jotka ovat tuhatkertaisia mediaaniin verrattuna. Nämä tapahtuvat huhti- toukokuussa 2006 ja lokakuussa 2008. Näin ollen ne kummatkin tulevat mukaan kaikkiin toisen vaiheen futuureihin (2008 – 2010), ja ensimmäinen anomalia tulee mukaan vain ensimmäisen vaiheen futuureihin (2006 – 2007). Ensimmäinen anomalia jää pois vain toisen vaiheen kaupankäyntipäivät sisältävistä laskuista vuoden 2008 – 2010 joulukuussa päättyvissä sopimuksissa. Lisäksi vuoden 2007 loppu oli erittäin volatiilia aikaa johtuen ensimmäisen vaiheen loppumisesta, joka johti Dec07-sopimusten hinnan putoamisen nolnaan päästöoikeuksien tullessa arvottomiksi.

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää maturiteettiefektin olemassaoloa Euroopan Unionin päästökaupan futuurisopimuksissa. Tällainen tarkastelu on mahdollista regressioanalyysin avulla, joka mahdollistaa muuttujien välisien kausaalisuhteiden tutkimisen. Regressioanalyysin päämääränä voidaan pitää muuttujien välillä olevien yhteyksien löytämistä ja niiden kuvaamista matemaattisen mallin välityksellä. Tämä tapahtuu muodostamalla lineaarinen regressiomalli.

Yleisimmin käytetty lähestymistapa Samuelsonin hypoteesin tutkimiseen on yksinkertainen GARCH<sup>16</sup> malli. GARCH –mallit ottavat onnistuneesti huomioon heteroskedastisuuden ja positiivisen huipukkuuden, jotka yleensä ovat ominaisia ominaisuuksia futuurien kaltaisille instrumenteille. Yleinen GARCH(p,q) malli, jossa on ARMA<sup>17</sup> dynaaminen keskiarvo ja se on seuraava (Floros & Vougas 1999, 157):

---

<sup>16</sup> (General autoregressive conditional heteroscedastic (GARCH) process) eroaa muista perinteisistä aikasarjamalleista mahdollistamalla varianssin muuttumisen ajassa (Tsay 2005, 32 – 33).

<sup>17</sup> Autoregressiivinen liikkuva keskiarvo (AutoRegressive Moving Average), joskus kutsuttu Box-Jenkinsin malliksi. ARMA on malli, jonka avulla ymmärretään ja voidaan ennustaa tulevia arvoja sarjassa. Sisältää kaksi osaa, autoregressiivisen ja liikkuvan keskiarvon. (Tsay 2005, 39 – 40.)

$$R_t = (\log F_t - \log F_{t-1}) = f_t - f_{t-1} \quad (9)$$

$$R_t = c + \sum_{i=1}^{NR} \gamma_i R_{t-i} + \theta h_t + \varepsilon_t \quad (10)$$

$$\varepsilon_t | \Omega_{t-1} \sim N(0, h_t) \quad (11)$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_j^p \beta_j h_{t-i} \quad (12)$$

Jossa  $F_t$  on futuurien hinta,  $R_t$  on futuurien tuotto,  $h_t$  on konditionaalinen varianssi,  $\alpha_i$  on q:nen kertaluvun liikkuvan keskiarvon koeffisientti ja  $\beta_j$  on p:nen kertaluvun autoregressio.

Jotta voidaan varmistaa, ettei konditionaalinen varianssi ole koskaan negatiivinen, nolla tai ääretön, mallissa tulee rajoittaa  $\alpha_i$  :n ja  $\beta_j$  :n arvot välille 0 ja 1. Mallissa on stationaarinen kovarianssi jos, ja vain jos, kaikki kaavan  $\alpha_i(x) + \beta_j(x) = 1$  juuret ovat yksikköympyrän ulkopuolella. Kun  $\alpha_i$  :n ja  $\beta_j$  :n summa lähenee yhtä, konditionaalisen varianssin merkitys pysyy suurena tuleville ennustuksille. Jatkuvuuden taso riippuu näiden kahden muuttujan suuruudesta. Vakioidun informaation ajassa t, joka on kaavassa merkittynä  $\Omega_t$  :llä ja häiriön jakaantumisen on oletettu seuraavan normaalijakaumaa, jolla on keskiarvona nolla ja konditionaalinen varianssi  $h_t$ . (Floros & Vougas 1999, 157 – 160.)

Chen ym. (1999, 896) käyttivät erilaista lähestymistapaa. He rakensivat ekonometrisen mallin, joka keskittyy basikseen<sup>18</sup>. Koska erotuksen tulee muuttua nolaksi sopimuksen erääntyessä voi olettaa tämän erotuksen volatilitietinkin vähentyvän nolnaan. Tämä yksinkertainen havainto auttaa ekonometrisen mallin rakentamisessa. Tämän jälkeen käytetään tätä spesifikaatiota, jotta saataisiin ennustus Samuelsonin hypoteesin toteutumisesta. Chen ym. mallintavat hintojen (futuuri ja markkinahinta) erotusta ja markkinahintaa käyttämällä kahden muuttujan GARCH -mallia. Heidän omaksumansa GARCH –malli on aiemmassa kirjallisuudessa tuottanut empiirisesti vahvoja tuloksia. Monet rahoitusinstrumenttien aikasarjat ovat osoittaneet todisteita heteroskedastisuu-

---

<sup>18</sup> Futuurien hinnan ja markkinahinnan erotus

desta ja positiivisesta huipukkuudesta. Eaglen luoma (1982) ARCH prosessi ja sen yleistetty versio, Bollarslevin (1986) GARCH prosessi, ovat muodostuneet standardeiksi, kun käytetään mallinnusvälineitä tämänkaltaisten empiiristen piirteiden omaavien asioiden kanssa. Chen ym. oikeuttavat GARCH –mallin käyttämisen basikseen perustan esittämällä, että tämä erotus on aikariippuvainen maturiteetista.

Chen ym. (1999, 896) jatkavat teoriaansa esittämällä, että maturiteetin ja GARCH:in välisen suhteen olemassaololla tuotoissa voi olla monia tärkeitä seuraamuksia rahoituksen teoriaan ja käytäntöön. Esimerkiksi riskinhallinnassa positio puretaan ennen sopimuksen päättymistä, joten riskinhallinta on avoin basis-riskille. Basiksen volatilitietin oikeanlainen mallinnus on tärkeää ammatinharjoittajille. Volatilitietti basiksessa näyttää vähenevän maturiteetin lyhetessä. Tämä enteilisi, että riskinhallinta lyhyemmän maturiteetin omaavilla futuureilla sisältäisi vähemmän basis-riskiä kuin pidemmän maturiteetin omaavilla futuureilla. Basis-riskin väheneminen maturiteetin lähentyessä on mahdollisten arbitraasimahdollisuuksien aikaansaama ilmiö. Koska futuurisopimuksesta tulee käytännössä maturiteettihetkellä samanlainen sopimus, kuin jos osapuolet sillä hetkellä tekisivät kaupan markkinoilla markkinahintaan, tulee basiksen lähentyä nolaa maturiteetin lähestyessä. Luonnollisesti basiksen varianssin tulee riippua futuurisopimuksen maturiteetista. Stokastisen volatilitietin vaikutus optimaaliseen riskienhallintaan ei tule yllätyksenä.

Tämä tutkimus tehdään Daal ym. (2004) luomalla matemaattisella kaavalla, joka laskee jokaisen futuurisopimuksen erikseen. Tämä eroaa suurimmasta osasta kirjallisuudessa käytetyistä laskutavoista, joissa uusi sopimuskausi rullataan vanhan jatkoksi päätämällä päivä jolloin vanha sopimuskausi lopetetaan ja jatketaan uudella.

Sen lisäksi, että Daal ym. (2004) luoma tapa laskee jokaisen eri maturiteetin omaavan futuurin erikseen, ja siten pystyy tarkempiin tuloksiin, päästökaupan luonteen vuoksi edellä mainittu tapa on paras keino tutkia maturiteettiefektin toteutumista päästöoikeuksien futuureissa. Päästöoikeuksia myydään tavallista useammalle eri maturiteetille, jotka levittäytyvät monelle vuodelle, jatkuvasti, jolloin lähimmän sopimuksen käyttäminen ja siitä seuraavaan hyppääminen ei ole perusteltua. Useamman vuoden päähän ulottuvilla sopimuksilla voivat yritykset suojata toimintaansa pitkälle tulevaisuuteen. Tämän lisäksi päästökauppaa käydään eri vaiheissa, joiden välissä poliittiset päätökset muuttuvat lisäten toimialoja päästökauppaan sekä muuttaen toimialoille allokoituja päästömääriä.

Maturiteettiefektiä tutkitaan tekemällä seuraava pienimmän neliösumman menetelmä (käytetään usein nimitystä PNS tai kansainvälisesti OLS, Ordinary Least Square) jokaiselle sopimukselle erikseen. Kyseinen menetelmä sovitaa regressioyhtälön käyrän havaintoparveen siten, että havaintojen ja regressiokäyrän poikkeamien neliöiden summa on mahdollisimman pieni (Daal ym. 2004, 9 – 10):

$$\sigma_{j,t}^2 = \beta_0 + \beta_1 \tau_{j,t} + \varepsilon_t \quad (13)$$

Jossa  $\sigma_{j,t}^2$  on hinnan volatilitiiteetti,  $\beta_0$  on niin sanottu vakiotekijä,  $\tau$  on päivien lukumäärä maturiteettiin ja  $\varepsilon_t$  on virhetermi, joka kuvaa poisjääneitä tekijöitä, jotka ovat luonteenomaisia niin yksittäisille yksiköille kuin aikajaksoille.

Perinteisen oletuksen mukaan virhetermit ovat riippumattomia, normaalijakautuneet ja että keskiarvo on nolla ja varianssi  $\sigma_{j,t}^2$ . Hypoteesina on, että jos maturiteettiefekti toteutuu, koefisientti  $\beta_1$  on negatiivinen, joka tarkoittaa että maturiteetin lähetessä varianssi kasvaa. Suurin osa empiirisistä tutkimuksista koskien maturiteettiefektiä luovat aikasarjan linkittämällä hinnanmuutoksen tai tuoton monista eri maturiteetin omaavista futuurisopimuksista. Tämä vaatii valinnan ajasta, jolloin tehdään vaihto sopimusten välillä. Lisäksi tulee ongelma kun tarvitsee yhdenmukaistaa hintoja sopimusten mahdollisten hintaerojen ilmetessä. (Daal ym. 2004, 9 – 10.)

Riippuvana eli selitettävänä muuttujana tässä on volatilitiiteetti. Volatilitiiteetti kuvaa hintojen vaihtelua, joka tässä tutkimuksessa lasketaan päivittäisten hintojen vaihtelun logaritmina. Selittävänä muuttujana regressioanalyysissä on aika maturiteettiin. Aika maturiteettiin ilmaistaan markkinapäivinä maturiteetin vanhentumisen ja kunkin päivän välillä.

Ma ym. (1992) osoittavat että tapa, jolla aikasarjat yhdistetään voi tuoda tutkimuksen tuloksiin ennustamattomia seurauksia. He suosittelevat käytettäväksi metodologioita, joissa tätä toimenpidettä ei tehdä. Tästä syystä tässäkin tutkimuksessa on kaikki sopimukset tutkittu itsenäisinä. Toinen syy tämän lähestymistavan valintaan on, että se käyttää hyväkseen täysin aineistosta saatavan informaation. Käytettävä metodi on hyödyllinen, koska sen avulla vältetään muiden metodien yhdistämisiongelmat, jotka voivat vääristää empiirisiä tuloksia.

Kuten suurimmassa osassa tutkimuksista joissa käsitellään maturiteettiefektiä, tarkkailun perusyksikkönä on päivittäisten futuurien hintojen vaihtelun logaritmi. Suurin syy tähän logaritmien käyttämiseen on, että hintojen vaihdellessa, hintojen hajonnan voidaan olettaa liikkuvan samaan suuntaan. Logaritmin käyttäminen poistaa tämän häiriön lähteen. Volatilitiiteetin määreenä tässä tutkimuksessa käytetään klassista hintojen suhteellisen muutoksen logaritmin estimaattifunktiota. Tarkemmin hintojen suhteellinen muutos lasketaan päivittäisten hintojen logaritmina päivästä t-1 päivään t (Daal ym. 2004, 11):

$$f_{j, t} = \text{Ln} \left( \frac{F_{j, t}}{F_{j, t-1}} \right) \quad (14)$$

Jossa  $f_{j, t}$  on futuurin j hinta päivänä t.

Päivittäisen hintojen suhteellisen muutoksen volatilitieetti sopimukselle ja lasketaan seuraavasti (Daal ym. 2004, 11):

$$\sigma_{j, t}^2 = \left( \text{Ln} \left( \frac{F_{j, t}}{F_{j, t-1}} \right) \right)^2 \quad (15)$$

Jossa  $\sigma_{j, t}^2$  on laskemissa käytettä volatilitieetti sopimukselle j.

Kirjallisuudessa on useita tapoja tutkia maturiteettiefektin olemassaoloa futuureissa. Yhteistä suurimmalle osalla näistä tavoista on futuurisopimuksen yhdistäminen maturiteetin lähestyessä seuraavaksi lähimmän maturiteetin omaavan sopimuksen kanssa. Ma ym. (1992) ja Daal ym. (2004) esittävät todisteita tämänlaista toimintatapaa vastaan. Lisäksi päästöoikeuksien erikoisen luonteen vuoksi, verrattuna muihin yleisesti futuuri-kauppaa käytäviin tuotteisiin, tämä jatkuva rullaus ei sovi tähän tutkimukseen laskentatavaksi. Tästä syystä tutkimuksessa on päädytty käyttämään Daal ym. (2004) esittelemää tapaa, jossa jokaiselle sopimukselle lasketaan erikseen, toteutuuko siinä maturiteettiefekti. Hypoteesi testataan yllä mainituilla kaavoilla käyttämällä avuksi SPSS -tilastomatematiikkaohjelmaa sekä Excel -taulukkolaskentaohjelmaa.

## 5 TULOKSET

Tutkimuksen regressioanalyysi on tehty kolmessa vaiheessa. Ensin regressioanalyysi on suoritettu koko aineiston futuurisopimuksilla. Toisessa regressioanalyysissä analyysistä on jätetty pois ensimmäisen vaiheen aikana vaihdetut sopimukset, eli vaihtopäivät, jotka ovat tapahtuneet ennen 1.1.2008:a. Tämä ei vaikuta vuosien 2006 ja 2007 sopimukseen, jotka loppuvat ennen toiseen vaiheen alkua. Vain toisen vaiheen sopimukset ovat mukana tässä analyysissä, eli joulukuussa 2008 ja myöhemmin erääntyvät sopimukset. Kolmannessa analyysissä on mukana taas kaikki kaupantekopäivät, mutta siitä on poistettu äärimuuttujat. Tutkimuksen alussa oli tarkoituksena tehdä myös neljäs regressioanalyysi, jossa olisi ollut mukana vain toisen kaupankäyntijakson aikana tehdyt kaupat ja josta olisi ollut poistettu ääri vaihtelut. Näitä äärimmäisiä vaihteluita ei kuitenkaan ollut toisen kaupankäyntivaiheen aikana, joten tällaisessa analyysissä tulos olisi ollut täysin identtinen toisen regressioanalyysin kanssa, joten tutkija päätti jättää sen tekemättä. Muuttujan  $\beta_1$  saaman arvon mukaan voidaan päätellä toteutuuko maturiteettiefekti kyseisessä sopimuksessa. Arvoa  $\beta_1$  kuvaa taulukoissa 3 – 5 arvo beta.

Laskentamallin tulokset koko aineistolla on esitelty taulukossa 3.

Taulukko 3 Koko aineiston regressioanalyysi

	Dec06	Dec07	Dec08	Dec09	Dec10
Beta	-0,024	-0,134	0,075	0,021	0,088
Sig.	0,687	0,002	0,034	0,508	0,005

P-arvoista on pääteltävissä, että vuosien 2006 ja 2009 tulokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Merkitsevyystasona käytetään 5 %, joka on yleisesti tilastotieteessä sovitujen tasojen mukaan melkein merkitsevä (ks. Holopainen & Pulkinen 2001, 91). Mallin muut kolme muuttujaa ovat tilastollisesti merkitseviä.

Taulukosta 3 voidaan havaita, että maturiteettiefektin läsnäolo on vaihtelevaa aineistossa. Dec07-sopimus on ainoa, jossa tarkasteltava arvo beta saa negatiivisen arvon, ja joka tilastollisesti merkitsevästi viiden prosentin luottamusvälillä, eli näyttää tukevan Samuelsonin hypoteesia. Luvussa 4 tarkasteltaessa aineiston kuvailevaa statistiikkaa kävi ilmi, että Dec07-sopimuksen volatilitietin arvo oli huomattavassa määrässä havaintoja nolla. Tämä johtui ensimmäisen vaiheen loppumisesta vuoden 2007 lopulla ja tämä erikoisuus kaupankäynnissä voi vaikuttaa tuloksiin. Tästä syystä tämä tulos tulee tutkia erikseen muista tuloksista ja sitä voidaan verrata vasta toisen kaupankäyntivaiheen loppuun vuonna 2012, jolloin saadaan seuraavan kerran samanlaiset olosuhteet markkinoille. Tästä syystä tutkija ei ota kantaa maturiteettiefektin toteutumiseen kyseisessä tapauksessa, vaikka nollassa hypoteesi tuleekin hylätä. Muissa tämän aineiston sopi-

muksissa beta saa positiivisen arvon ja näin ollen ei nollahypoteesia voi hylätä ja täten ei löydy todisteita Samuelsonin hypoteesille. Vastakkaisia todisteita maturiteettiefektille antaa Dec08 ja Dec10 -sopimukset, joissa beta saa positiivisen arvon, mikä tarkoittaisi volatilitietin vähenemisestä maturiteetin lähestyessä.

Taulukossa 4 on esitelty laskentamallin tulokset, kun ensimmäisen vaiheen aikana vaihdetut sopimukset on jätetty pois, eli mukana on vain vuoden 2008 tammikuussa ja sen jälkeen tehdyt kaupat. Tämän odotettiin tuovan tarkempia ja kuvaavampia tuloksia, kun ensimmäisen vaiheen lopun aikana vaihdetut sopimukset on jätetty pois. Myös markkinatoimijoiden oppiminen ja suurempi kokemus instrumentista markkinoiden kypsymisen oletettiin vaikuttavan tuloksiin.

Taulukko 4 1.1.2008 ja sen jälkeiset kauppapäivät

	Dec08	Dec09	Dec10
Beta	-0,194	-0,122	0,125
Sig.	0,003	0,01	0,001

Tämän vaiheen kaikki sopimukset ovat tilastollisesti merkitseviä 5 %:n merkitsevyystasolla, joten niitä voidaan arvioida tilastollisesti.

Ensimmäisen vaiheen kauppapäivien poisjättäminen muutti selvästi tuloksia kaikissa sopimuksissa. Dec08- ja Dec09-sopimuksilla voidaan havaita selvää maturiteettiefektin toteutumista, betan saadessa arvon -0,194 Dec08-sopimuksilla ja arvon -0,122 Dec09-sopimuksilla. Näin ollen nollahypoteesi tulee hylätä näiden kahden tutkittavan sopimuksen kohdalta. Dec10-sopimuksilla beta saa positiivisen arvon, joten nollahypoteesia ei voida hylätä. Kuten ensimmäisen regressioanalyysin tapauksessa, Dec10-sopimukset osoittavat todisteita positiivisesta korrelaatiosta maturiteetin ja volatilitietin kesken, eli volatilitietin pienenemistä maturiteetin lähestyessä.

Kahdeksan ensimmäisen tutkittavan sopimuksen joukosta kolmessa nollahypoteesi hylättiin. Kahdessa sopimuksessa ei maturiteetilla ja volatilitietillä tutkimuksen mukaan ollut suhdetta toisiinsa ja kolmessa sopimuksessa oli havaittavissa päinvastaisia todisteita, eli maturiteetin ja volatilitietin positiivista korrelaatiota. Vastakkaisista todisteista kahdessa korrelaatio oli heikkoa ja yhdessä sopimuksessa korrelaatio oli vahvaa.

Taulukossa 5 on esitetty kaikki koko aineiston ajalla käydyt kaupat, joista on poistettu ääri vaihtelut. Näin toivottiin saavan tarkempi kuvaus maturiteettiefektin olemassaololle, sillä päästöoikeuksien poliittisen luonteen vuoksi poliittisten päätösten jälkeen

ovat hinnat muuttuneet paljon markkinoista ja markkinateknisistä syistä riippumatta.<sup>19</sup> Äärivaihteluiden poisjättämisellä pystytään minimoimaan tällainen poliittisten päätösten luoma vaikutus päästöoikeuksien hintoihin, joka luo keinotekoisesti suurta volatilitteettia markkinoille.

Poistettu kaikki joissa volatilitteetti saa arvon 0,02 tai suurempi. Tämä arvo on valittu siitä syystä, että sitä pienemmät arvot voivat vielä selittyä normaalilla kaupankäynnillä, mutta sitä suuremmat todennäköisesti tarvitsevat jonkin markkinoista riippumattoman syyn toteutuakseen. Dec06-sopimuksissa tämä tarkoittaa viittä poistettua arvoa, Dec07-sopimuksissa 31 postettua arvoa, Dec08-sopimuksissa kolmea poistettua arvoa, Dec09-sopimuksissa kolmea poistettua arvoa sekä Dec10-sopimuksissa kolmea poistettua arvoa. Kaikissa poistetut ääriarvot olivat samaan aikaan tapahtuneita, suurimmaksi osaksi toukokuussa 2006. Poistetut ääriarvot olivat kaikissa sopimuksissa vaihdannan alkuvaiheessa, joten ääriarvojen poistamisella voi odottaa olevan maturiteettiefektiä vahvistava vaikutus aineistossa.

Taulukko 5 Koko aineisto poistettuna ääriarvoilla

	Dec06	Dec07	Dec08	Dec09	Dec10
Beta	-0,171	-0,322	0,040	-0,060	0,088
Sig.	0,004	0,000	0,258	0,061	0,005

Taulukosta 5 voidaan havaita, että ääriarvojen poistamisella on vaikutusta vuosien 2006, 2007 ja 2008 sopimukseen. Vuoden 2009 sopimuksilla ei edelleenkään näy vaikutusta maturiteetin suhteesta volatilitettiin suuntaan tai toiseen ja vuoden 2010 sopimuksessa vaikutus on täsmälleen sama kuin ilman poistettuja arvoja. Dec08- ja Dec09-sopimuksilla ei ole tilastollista merkittävyyttä, joten niissä nollahypoteesin voi hyväksyä ilman arvon beta tutkimista.

Dec06-sopimuksissa viiden ääriarvon poistaminen sai arvon beta muuttumaan vahvasti negatiiviseksi, joka johti nollahypoteesin hylkäämiseen. Dec07-sopimuksissa oli havaittavissa erittäin vahvaa maturiteettiefektin olemassaoloa, mutta siitä jouduttiin poistamaan monta arvoa, 31 kappaletta, joten se vaikuttaa tulokseen. Tässä voidaan käyttää samoja perusteita kuin ensimmäisessä regressioanalyysivaiheessa, ja tutkija ei ota kantaa tähän tulokseen tässä vaiheessa. Dec08-sopimuksen arvoilla pieni maturiteettiefektin vastainen todistus jää pois ääriarvojen poisjättämisellä. Ainoastaan Dec10

<sup>19</sup> Suurin osa havaituista äärihavainnosta tapahtui vuoden 2006 toukokuussa, jolloin päästöoikeuksien hinta tippui yli 30€:sta/tonni hiilidioksia alle 10€:een/tonni muutamien jäsenmaiden julkaistettua jakomääränsä, jotka olivat niin suuret, ettei kyseisten maiden teollisuuksien tarvinnut vähentää yhtään päästöjään päästäkseen tavoitteisiinsa.

tuottaa pientä maturiteettiefektin vastaista todistusta, saaden samanlaisen tuloksen kuin ilman ääriarvojen pois jättämistä.

Vain toisen vaiheen kauppapäivät mukaan ottavassa aineistossa ei ollut mukana lainkaan poisjätettäviä äärivaihteluita, joten siitä ei tarvinnut tehdä erikseen tutkimusta. Syitä tähän on varmasti niin poliittisten päättäjien kuin markkinatoimijoiden suurempi ymmärrys kauppamekaniikoista ja poliittisista päätöksistä sekä niiden vaikutuksista markkinoihin.

Tutkimuksessa tutkitut sopimukset käyttäytyivät vaihtelevasti, tuottaen ristiriitaisia tuloksia. Tutkimuksesta saatujen todisteiden avulla on mahdotonta sanoa, että päästöoikeuksien hinnoissa maturiteettiefekti esiintyisi, sillä todisteita on sekä sen puolesta että sitä vastaan. Nollahypoteesin hylkäystä tukevia todisteita saatiin ensimmäisen regressioanalyysin aineistossa Dec07-sopimuksilla, toisen regressioanalyysin aineistossa Dec08- ja Dec09-sopimuksilla ja kolmannen regressioanalyysin aineistossa Dec06- ja Dec07-sopimuksilla. Koska Dec07-sopimukset ovat luonteeltaan täysin erilaiset kuin muut sopimukset, johtuen ensimmäisen päästökauppajakson loppumisesta vuoden 2007 joulukuussa, ei tutkija koe mahdolliseksi näiden tulosten vertailemisen muiden tulosten kanssa. Näin ollen vertailukelpoisista tuloksista vain kolmessa sopimuksessa yhdestätoista voidaan nollahypoteesi hylätä. Tästä syystä nollahypoteesi jää voimaan ja ei ole tarpeeksi todisteita, jotta tutkija voisi olettaa maturiteettiefektin toteutuvan päästöoikeuksien futuureissa.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

### 6.1 Tutkimuksen luotettavuuden arviointi

Tutkielmissa pyritään löytämään yleistettävissä oleva totuus ja välttämään virheiden syntymistä. Silti tulosten luotettavuus ja pätevyys vaihtelevat eri syistä. Tästä syystä on tärkeää, että pystytään arvioimaan tehdyn tutkimuksen luotettavuutta. Tutkimuksen luotettavuutta voidaan mitata ja testata useanlaisilla menetelmillä. (Hirsjärvi ym 1998, 216.)

#### 6.1.1 Yleistettävyys

Tutkimuksen yleistettävyydellä tarkoitetaan sen ulkoista luotettavuutta, johon liittyy otoksen valintaan ja kattavuuteen liittyviä tekijöitä. Taulukointiin on yleensä saatavilla vain otos perusjoukosta, mutta silti ollaan kiinnostuneita koko perusjoukosta. Tutkimuksessa saadut päätelmät perusjoukosta ovat otoksesta saaduista tuloksista tehtyjä yleistyksiä. Yleistyksien tekoon käytetään yleensä luottamusväliä. Esimerkiksi 5 %:n tasolla laskettu luottamusväli osoittaa rajat joiden sisällä luokan prosenttiosuus on perusjoukossa 95 %:n todennäköisyydellä. Kun otoksesta havaitaan korrelaatio, luottamusvälin avulla voidaan vastata kysymykseen, kuinka todennäköistä olisi yhteyden puuttuessa, että sama korrelaatio esiintyisi vähintään havaitun suuruisena otoksen otantasattuman vaikutuksesta. Kun tutkimuksessa on kaksi ryhmää, käytetään t-testiä, ja jos vertailtavana on useampia ryhmiä, otetaan avuksi varianssianalyysi. Kummassakin tapauksissa on käytettävissä oma testinsä silloin, kun vertailtavien ryhmien havainnot ovat riippuvia tai riippumattomia toisistaan. (Alkula ym. 1994, 215 – 216.)

Tässä tutkimuksessa ei perusjoukosta oteta otosta, vaan tutkimuksen aineisto käsittää koko perusjoukon. Toisaalta on valittu vain yhden pörssin vaihdosta saatu aineisto, jolloin perusjoukko on valittu monen joukon joukosta. Kuitenkaan eri päästöpörssissä päästöoikeuksien hinnat eivät juuri eroa toisistaan ja hinnat liikkuvat samanaikaisesti ja samaan suuntaan kaikissa pörssissä, joten tästä vain yhden pörssin aineiston tutkimuksesta ei ole haittaa tutkimuksen yleistettävyydelle.

#### 6.1.2 Reliabiliteetti

Reliabiliteetti tutkielmassa tarkoittaa tutkielman tulosten toistettavuutta, samana tai myöhempänä ajankohtana. Toisin sanoen mittauksen reliabelius tarkoittaa sen kykyä

antaa ei sattumanvaraisia tuloksia. Reliabiliteettia voidaan mitata monella eri tavalla. Esimerkiksi mikäli kaksi eri mittauksen tehnyttä tutkijaa päätyy samaan tulokseen, voidaan tutkielmalla pitää olevan korkea reliabiliteetti, eli pitää sitä luotettavana. Toisaalta jos samaa aihetta tutkitaan eri tutkimuskerroilla ja päädytään samaan tulokseen, voidaan tutkielmaa pitää taas luotettavana. Kvantitatiivisissa tutkimuksissa on kehitetty eri tilastollisia merkityksiä joilla tutkimuksen reliabiliteettia voidaan arvioida. Tämän lisäksi joillakin tieteenaloilla on kehitelty kansainvälisiä mittareita joiden avulla tutkimusten luotettavuutta voidaan kätevästi mitata ja vertailla niiden reliabiliteettia. Tutkimuksen sisäinen reliabiliteetti voidaan mitata ottamalla sama tilastoyksikkö useampaan kertaan ja toistaa tehdyt mallinnukset. Jos mittaustulokset ovat samat kuin ensimmäisellä kerralla, tai tarpeeksi lähellä alkuperäisiä arvoja, voidaan tutkielman sanoa olevan sisäisesti reliaabeli. Tutkimuksen ulkoinen reliabiliteetti tarkoittaa sitä, että mittaukset ovat toistettavissa myös muissa yhteyksissä ja muiden tutkijoiden toimesta. Reliabiliteetti liittyy läheisesti yleisyyteen, toistettavuuteen ja falsifiointiin. (Hirsjärvi ym. 1998, 187; Järvinen & Järvinen 2000, 163.)

Tässä tutkimuksessa ulkoinen reliabiliteetti liittyy lähdeaineiston tarkkuuteen. EEX:n pörssistä saadut tiedot ovat tarkka kuvaus päästöoikeuksien futuurien hinnoista tässä pörssissä. Muissakin pörsseissä hinnat ovat koko päästökaupan historian ajan olleet hyvin lähellä toisiaan ja liikkuneet samaan tahtiin. Tämä luo tutkimukselle vahvan ulkoisen reliabiliteetin.

Tutkimuksen sisäinen reliabiliteetti on varmistettu käyttämällä saatu aineisto suoraan sitä jakamatta pienempään otokseen tai sitä lainkaan muokkaamatta. Näin saadaan tutkimukselle myös vahva sisäinen reliabiliteetti.

### **6.1.3 Validiteetti**

Kolmas tutkimuksen luotettavuuden arviointiin liittyvä käsite on validius eli tutkimuksen pätevyys. Validiteetilla tarkoitetaan tutkimuksen kykyä mitata juuri sitä, mitä alun perin oli tarkoitus mitata. Tutkijoiden menetelmät ja mittarit eivät aina vastaa tutkijoiden niille asettamia toiveita ja tarkoituksia. Monesti mittarit eivät mittaa todellisuutta, jota tutkijat kuvittelevat niillä mittaavansa. Tällaisen tapauksen sattuessa, ja tutkijan kuitenkin käsitellessä saatuja tuloksia alkuperäisen tarkoituksen mukaisesti, ei tuloksia voida pitää pätevinä ja tosina. Mittari siis näin aiheuttaa virheitä tutkimustuloksiin. Validiutta on olemassa useanlaista ja sitä voidaan arvioida useammasta näkökulmasta. On olemassa ennustevalidius, tutkimusvalidius ja rakennevalidius. (Hirsjärvi ym. 1998, 216 – 271.)

Tutkimuksen validiteetti on riippuvainen siitä, vastaako sen tulokset siihen, mihin tutkija on tutkimusta suunnitellut saada vastauksen. Niin on myös tässä tut-

kimuksessa. Onko Euroopan Unionin päästöoikeuksien futuureilla havaittavaa maturiteettiefektia? Määrällinen tutkimus on suhteellisen helppo todeta validiksi, sillä siitä saatavia tuloksia on helppo havainnoida ja vertailla muihin tutkimuksiin. Jos tulokset vaikuttavat epärealistisilta ja aikaisempiin tuloksiin verrattuna ristiriitaisilta, tulisi tutkimuksen validiteettia kyseenalaistaa. Kuitenkaan tätä ei näistä syistä voi suoralta kädeltä hylätä, sillä myös aiempi teoria ja tulokset voivat olla väärässä. Koska päästöoikeuksien futuureista ei ole aiemmin tehty vastaavaa tutkimusta, ja Samuelsonin hypoteesin toteutuminen muilla finanssituotteilla on ollut vaihtelevaa, riippuen tuotteesta, ei tätä tutkimusta voida verrata aikaisempien tutkimuksien tulosten kanssa.

## 6.2 Johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää toteutuuko Samuelsonin hypoteesi päästöoikeuksien futuurisopimuksissa Euroopan Unionin ETS –päästökaupassa. Tutkimuksessa käytettiin aineistona European Energy Exchange –pörssin vuoden 2005 lokakuun ja 2010 joulukuun välillä vaihdettuja futuurisopimuksia. Tämä oli aikaisin saatavilla oleva aineisto kyseisessä pörssissä ja joulukuussa 2010 maturiteetin saavuttavat sopimukset olivat viimeiseksi maturiteettinsa saavuttaneet tutkimusta tehdessä (helmikuu 2011). Tutkimusongelmaan vastattiin teoreettisesta viitekehystä muodostetun tutkimushypoteesin avulla. Tutkimushypoteesi muodostettiin vallitsevien teorioiden pohjalta.

Tutkimushypoteesi vahvistettiin tai kumottiin tilastollisten menetelmien avulla. Tilastollisena menetelmänä käytettiin lineaarista regressioanalyysia, joka muodostettiin ja ratkaistiin niin sanotulla pienimmän neliösumman menetelmällä. Tutkimuksen regressioanalyysi tehtiin kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä regressioanalyysissä käytettiin koko saatavissa olevaa aineistoa. Toisessa regressioanalyysissä jätettiin ensimmäisen kauppajakson, ennen 1.1.2008 tapahtuneet, kauppapäivät pois analyysistä. Kolmannessa regressioanalyysissä oli kaikki kaupankäyntipäivät mukana, mutta niiden joukosta oli poistettu äärihavainnot.

Päästökauppa on vielä uusi markkinamekanismi ja päästöoikeudet uusi instrumentti. Tästä syystä tuloksista johtopäätösten tekeminen on hieman hankalaa. Todisteita maturiteettiefektin olemassaolosta ilmeni ristiriitaisesti tutkitusta aineistosta. Alle puolet tutkituista sopimuksista, viisi kolmestatoista, tuki maturiteettiefektin olemassa oloa. Näistä kaksi oli Dec07-sopimuksia, regressioanalyyseissa yksi ja kolme. Nämä tulokset ovat odotettuja, sillä hinta laski ensimmäisen kaupankäyntijakson lopussa nolnaan, päästöoikeuksien tullessa arvottomiksi, ja siten ollen lähellä maturiteettia jatkuvassa laskussa alaspäin. Lisäksi arvon ollessa lähellä nolaa absoluuttisesti pienikin arvon vaihtelu nos-

taa volatilitteettia suuresti. Maturiteettiefektin vastaisia tuloksia, kuten aiemmassakin kirjallisuudessa on ilmennyt<sup>20</sup>, saatiin neljässä sopimuksessa, eli noin joka kolmannessa. Tällaisia sopimuksia esiintyi kaikissa tehdyissä regressioanalyysissä. Dec10-sopimuksissa tällaisia vastakkaisia todisteita ilmeni kaikilla laskukerroilla, jonka lisäksi samanlainen tulos saatiin ensimmäisen regressioanalyysin Dec08-sopimuksella. Neljässä sopimuksessa ei löytynyt minkään suuntaista korrelaatiota maturiteetin ja volatilitteetin kesken.

Suurin osa sopimuksista, jotka eivät tukeneet maturiteettiefektin olemassaoloa, esiintyi kaikki markkinapäivät mukaan ottavien sopimusten kanssa. Tämä voi johtua ensimmäisen vaiheen aikana olleesta opetteluvaiheesta, jolloin kaupankäynti ei ollut vielä vakiinnuttanut paikkaansa eikä markkinaosallistujat vielä tieneet mille tasolle hinnat tulevat asettumaan, sillä tietoa ei vielä ollut kuinka paljon jaetuista päästöoikeuksista lopulta yritykset käyttävät ja mihin kohtaan kysyntä ja tarjonta käyrällä markkinat asettuvat. Tällainen epävarmuus on omiaan lisäämään volatilitteettia. Varsinkin vuoden 2008 joulukuussa ja sitä myöhemmin maturiteettinsa saavuttavissa sopimuksissa tämä alkuvaiheiden suurempi volatilitteetti vaikuttaa maturiteettiefektiiä vähentäen, koska suuremman volatilitteetin tapahtumat sijoittuvat aikaan, kun maturiteettiin on vielä suhteellisen pitkä aika. Tämä johtuu siitä, että volatilitteetti oli vahvaa alkuvaiheessa, ja siten vähentäen mahdollisen maturiteettiefektin vaikutusta.

Ensimmäisen kauppavaiheen viimeinen sopimus, Dec07-sopimus, on ensimmäinen, joka tukee Samuelsonin hypoteesia. Osaksi tämä voi johtua siitä, että ensimmäisen vaiheen päästöoikeuksia ei voinut siirtää seuraavaan vaiheeseen ja hinnat laskivat lähelle nolaa päästöoikeuksien arvon laskiessa. Tämä kasvattaa volatilitteettia, sillä alle kymmenen sentin hinnoissa sentin vaihtelu aiheuttaa huomattavasti enemmän volatilitteettia kuin korkeammassa hinnoissa sama absoluuttinen hinnan vaihtelu. Tästä syystä tästä ensimmäisestä tuloksesta on vaikea arvioida, onko siinä kyse maturiteettiefektistä vai onko kyse vain tästä hinnan asteittaisesta alenemisesta. Tästä syystä tutkija ei laske kyseistä sopimusta Samuelsonin hypoteesia tukevaksi.

Ensimmäisen vaiheen kauppapäivät pois jättävästä aineistosta kaikki ovat tilastollisesti merkitseviä. Tästä syystä ne voidaan kaikki ottaa mukaan tarkasteluun. Kaksi ensimmäistä näistä, Dec08- ja Dec09-sopimukset, vahvistavat Samuelsonin hypoteesin. Näinä vuosina ei ole samanlaista markkinateknistä syytä kumota maturiteettiefektin olemassaoloa kuten tilanne oli Dec07-sopimuksissa. Tämä maturiteettiefektin läsnäolo voi johtua siitä, että markkinatekijät ovat jo tottuneet päästöoikeuksiin ja markkinat ovat päätyneet uomiinsa. Toisaalta päästöoikeuksia käytetään aina joulukuussa, jolloin niitä tarvitsevat yritykset tietävät tarkalleen tarvitsemansa määrän, joka voi lisätä vaihtoa ja

---

<sup>20</sup> Kts. esim. Chen ym 1999.

volatiliteettia maturiteetin läheisyydessä. Jos näin olisi, olisi päästöoikeuksien hinnoilla luonnollinen taipumus osoittaa Samuelsonin hypoteesi oikeaksi. Kuitenkaan vaihto ei kasva maturiteetin lähestyessä, joten vaihdon kasvulla ei tätä voida selittää.

Dec10-sopimuksissa ei maturiteettiefektiä ilmene missään regressioanalyysissa. Tämä hiukan vaikeuttaa tulosten analysointia, sillä se antaa ristiriitaisia vastauksia aikaisempien sopimusten kanssa.

### 6.3 Yhteenveto ja jatkotutkimusmahdollisuudet

Nykyisellään ei maturiteettiefektin toteutumista päästöoikeuksien hinnoissa voi kumota tai vahvistaa, sillä tulokset ovat vahvoja puolesta ja vastaan riippuen vuodesta. Tämä taas ohjaa tutkijaa siihen suuntaan, ettei maturiteettiefekti toteudu, vaan hinnat, ainakin vielä, vaihtelevat satunnaisesti markkinoiden erikoisuudesta<sup>21</sup> johtuen. Päästöoikeuksilla käyty kauppa on vaiheittaista ja on usein päiviä, jolloin ei tule yhtään toteutunutta kauppaa yhdessä pörssissä. Tämä luo erityisominaisuuden päästökaupalle, jota ei aktiivisemmin vaihdettujen futuurien kaupassa ole.

Aikaisemmat tutkimukset Samuelsonin hypoteesista ovat antaneet ristiriitaisia tuloksia riippuen tutkittavasta futuurista. Tämä tutkimus ei tuo vahvistusta tai heikennystä Samuelsonin hypoteesin yleiseen paikkaansa pitävyyteen. Aikaisemmissa tutkimuksissa on tullut esiin tiettyjä futuureita, joissa Samuelsonin hypoteesi toteutuu, kuten maataloushyödykkeiden futuurit. Päästöoikeuksien futuurit käyttäytyvät tässä suhteessa kuten finanssituotteiden futuurit koska niissä ei ole löydettävissä todisteita maturiteettiefektille.

Päästöoikeuksien futuurimarkkinoille osallistuvien ei tarvitse näiden todisteiden valossa ottaa huomioon maturiteettiefektin olemassaoloa. Tutkimuksen mukaan markkinaosallistujien tulee käyttää samankaltaista lähestymistä päästöoikeuksien futuureihin kuin finanssituotteiden futuureihin, joissa maturiteettiefektiä ei ole ilmennyt.

Tutkija ehdottaa jatkotutkimusmahdollisuuksiksi lisätutkimuksia kun toinen vaihe on saatu loppuun, eli vuoden 2012 joulukuun jälkeen, jolloin voidaan tutkia paremmin maturiteettiefektin esiintymistä päästöoikeuksien futuureissa. Tällöin voidaan saada toivotavasti selkeämpää tietoa, nykyisen ristiriitaisen tiedon sijasta. Lisäksi voidaan löytää enemmän tukea päästökauppajakson viimeisen sopimuksen, tässä tapauksessa Dec07-sopimuksen, ja seuraavaksi Dec12-sopimuksen käyttäytymiseen. Lisäksi olisi mielen-

---

<sup>21</sup> Poliittiset päätökset vaikuttavat erityisen paljon markkinahintoihin, eivätkä markkinaosallistajat voi näihin tekijöihin vaikuttaa kuin vain välillisesti.

kiintoista tutkia, minkälaisia tuloksia muut laskentamallit toisivat esiin käyttäen samaa aineistoa kuin mitä tässä tutkimuksessa on käytetty.

## LÄHTEET

- Alberola, E – Chevallier, J – Chèze, B (2008) Price drivers and structural breaks in European carbon prices 2005–2007. *Energy Policy*, Vol. 36, 787–797.
- Alkula, T. – Pöntinen, S. – Ylöstalo, P. (1994) *Sosiaalitutkimuksen kvantitatiiviset menetelmät*. WSOY: Juva.
- Allen, C. – Cruickshank, S. (2000) Empirical testing of the Samuelson hypothesis: An application to futures markets in Australia, Singapore and the UK. *Working Paper*, Edith Cowan University.
- Ambrosi, P. – Capoor, K (2006) *State and trends of the carbon market 2006*. World Bank publications: Washington DC.
- Anderson, R. – Danthine, J. (1983) The time pattern of hedging and the volatility of futures prices. *Review of Economic studies*, vol. 50, 249–266.
- Anderson, R. (1985) Some determinants of the volatility of futures prices. *Journal of Futures Markets*, Vol. 5, 331 – 348.
- Barnhill, T. – Jordan, J. – Seal, W. (1987) Maturity and refunding effects on treasury-bond futures price variance. *Journal of Financial Research*, Vol. 10, 121 – 131.
- Bayon, R. (ed.) (2007) *Voluntary carbon markets: An international business guide to what they are and how they work*. Earthscan Publications: London.
- Benz, E. – Trück S. (2009) Modelling the price dynamics of CO2 emission allowances. *Energy Economics*, Vol. 31, 4 – 15.
- Bessembinder, H. – Seguin, P. (1992) Futures trading activity and stock price volatility. *Journal of Finance*, Vol. 45, No 5, 2015 – 2034.
- Bessembinder, H. – Seguin, P. (1993) Price volatility, trading volume and market depth: Evidence from futures markets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol 28, No.1, 21 – 39.
- Bessembinder, H. – Coughenour, J. – Seguin, P. – Smoller, M. (1996) Is there a term structure of futures volatilities? Re-evaluating the Samuelson Hypothesis. *Journal of Derivatives*, Vol. 4, 45 – 48.
- Benz, E. – Trück S. (2009) Modelling the price dynamics of CO2 emission allowances, *Energy Economics*, Vol. 31, 4 – 15.
- Board, J. – Sutcliffe, C. (1990) Information, volatility, volume and maturity: An investigation of stock index futures, *Review of Futures Markets*, Vol. 9, 532 – 549.
- Bredin, D – Muckley, C (2009) An Analysis of the EU Emission Trading Scheme. *Working Paper Series*.

- Broadie, M. – Detemple, J. (2004) Option pricing: Valuation models and applications, *Management Science*, vol. 50, no. 9, 1145 – 1177.
- Buchner, B – Catenacci, M – Sgobbi, A (2007) Governance and environmental policy integration in europe: What can we learn from the EU Emission Trading Scheme?. *Nota di lavoro*, May 2007.
- Burrell, G. – Morgan, M. (1979) *Sociological paradigms and organizational analysis: elements of the sociology of corporate life*. Heinemann educational books: Gower.
- Castelino, M. – Francis, J. (1982) Basis speculation in commodity futures: The maturity effect. *The Journal of Futures Markets*, Vol. 2, 195 – 207.
- Chen, Y. – Duan, J. – Hung, M. (1999) Volatility and maturity effects in the Nikkei Index futures. *The Journal of Futures Markets*, Vol. 19, No. 8, 895 – 909.
- Crow, E. – Shimizu, K. (1988) *Lognormal distributions: Theory and applications*. 1st edition. Marcel Dekker Inc.: New York.
- Daal, E. – Farhat, J. – Wei P. (2004) Does futures exhibit maturity effect? New evidence from an extensive set of US and foreign futures contracts. *Working papers*, University of New Orleans, 2004–03.
- Daly, K. (2007) Financial volatility: issues and measuring techniques. *Physica A*, 2377 – 2393.
- Daslakis, G – Psychoyios, D – Markellos, R (2009) Modeling CO2 emission allowance prices and derivatives: Evidence from the European trading scheme. *Journal of Banking & Finance*, Vol. 33, No. 7 1230 – 1241.
- Dusak-Miller, K. (1979) The relation between volatility and maturity in futures contracts, commodity markets and futures prices. *Chicago Mercantile Exchange*, 25 – 36.
- Euroopan komission asetus (EY) N:o 101/2004.
- European Energy Exchange: EU Emission Allowances  
<http://www.eex.com/en/Download/Market%20Data/EU%20Emission%20Allowances%20-%20EEX>, haettu 24.01.2011.
- Ferm, T. (1994) Laskentatoimen tutkielmissa käytettyjen tutkimusotteiden vertailua vuosilta 1982 ja 1992, *Liiketaloudellinen aikakauskirja*. Vol. 43, No 7, 535 – 557.
- Floros, C. – Vougas, D (2006) Samuelson hypothesis in Greek stock index futures market. *Investment Management and Financial Innovations*, Vol. 3, No. 2, 154 – 170.
- Galloway, T – Kolb, R (1996) Futures prices and the maturity effect. *Journal of the Futures Markets*, Vol. 7, 809 – 829.

- Grammatikos, T. – Saunders, A. (1986) Futures price variability: A test of maturity and volume effects. *Journal of Business*, Vol. 59, 319 – 330.
- Hintermann, B. (2009) Allowance price drivers in the first phase of the EU ETS. *Journal of Environmental Economics and Management*.
- Hirsjärvi, S. – Remes, P. – Sajavaara, P. (1998) *Tutki ja kirjoita*. 3. – 4. painos. Tammer-Paino Oy: Tampere.
- Holopainen, M. – Pulkkinen, P. (2001) *Tilastolliset menetelmät*. 1.-7. painos. WSOY: Vantaa.
- Hull, J. (2000) *Options, futures, and other derivatives*. 4th edition. Prentice Hall: New Jersey.
- Jaehn, F – Letmathe, P (2010) The emissions trading paradox. *European Journal of Operational Research*, Vol. 202, 248 – 254.
- Jäckel, P. (2002) *Monte Carlo methods in Finance*. 1st edition. John Wiley & Sons: West Sussex.
- Järvinen, A. – Järvinen, P. (2000) *Tutkimustyön metodeista*. Opinpajan kirja: Tampere.
- Kalev, P. – Duong, H. (2007). The Samuelson hypothesis in futures markets: An analysis using intraday data. *Journal of Banking and Finance*, Vol.32, No:4, 489– 500
- Kalev, P. – Duong, H. (2008) A test of the Samuelson Hypothesis using realized range. *The Journal of Futures Markets*, Vol. 28, No. 7, 680 – 696.
- Kasanen, E. – Lukka, K. – Siitonen, A. (1991) Konstruktiivinen tutkimusote liiketaloustieteessä. *Liiketaloudellinen aikakauskirja*, Vol. 40, No. 3, 301 – 329.
- Khouru, N. – Yourougou, P. (1993) Determinants of agricultural futures prices volatilities: Evidence from Winnipeg Commodity Exchange, *The Journal of Futures Markets*, Vol. 13, 345 – 356.
- Kijima, M. (2002) *Stochastic processes with applications to finance*. 1st edition. Chapman & Hall/CRC: New York.
- Kolb, R. (2000) *Futures, Options & Swaps*, Blackwell Publishers Ltd: Oxford.
- Kyle, A. (1985) *Understanding futures markets*. Scott, Foresman and Company: London.
- Levich, R. (1983) Currency forecasters lose their way, *Euromoney*, August, 140 – 147.
- Lukka, K. (1991) Laskentatoimen epistemologiset perusteet. *Liiketaloudellinen aikakauskirja*, No. 2, 161 – 186.
- Ma, C. – Mercer, J. – Walker, M. (1992) Rolling over futures contracts: A note. *Journal of Futures Markets*, Vol. 3, 433 – 460.

- Milonas, N. (1986) Price variability and the maturity effect in futures markets, *Journal of Futures Markets*, Vol. 3, 433 – 460.
- Oberndorfer, U (2009) EU emission allowances and the stock market: Evidence from the electricity industry. *Ecological economics*, Vol. 68, 1116 – 1126.
- Paolella, M – Taschini, L (2008) An econometric analysis of emission allowance prices. *Journal of Banking & Finance*, Vol. 32, 2022 – 2032.
- Rosendahl, K (2008) Incentives and prices in an emissions trading scheme with updating. *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 56, 69 – 82.
- Rutledge, D. (1976) A note on the variability and the maturity effect in futures markets. *Review of Economics and Statistics*, Vol 58, 433 – 460.
- Samuelson, P. (1965) Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly. *Industrial Management Review*, Vol. 6, 41 – 49.
- Seifert, J. – Uhrig – Homburg, M – Wagner, M (2008) Dynamic behavior of CO2 spot prices. *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 56, 180 – 194.
- Springer, U. (2003) The market for tradable GHG permits under the Kyoto Protocol: a survey of model studies. *Energy Economics*, Vol. 25, 527 – 551.
- Stampfli, J. – Goodman, V. (2001) *The mathematics of finance: modeling and hedging*. Brooks/Cole: Pacific Grove.
- Stein, J. (1979) Spot, forward and futures. *Research in Finance*, Vol. 1 225 – 310.
- Tsay, R. (2005) *Analysis of financial time series*. 2nd edition. Wiley: New York.
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2008) *Päästökauppa ja päästöoikeuksien jako*. <<http://www.tem.fi/index.phtml?s=1017>>, haettu 14.10.2010.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2006) *Joint Implementation*. <[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/mechanisms/joint\\_implementation/items/1674.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/joint_implementation/items/1674.php)>, haettu 10.11.2010.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2009) *Clean Development Mechanism*. <[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/mechanisms/clean\\_development\\_mechanism/items/2718.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/clean_development_mechanism/items/2718.php)>, haettu 10.11.2010.
- Uusitalo, H. (1991) *Tiede, tutkimus ja tutkielma. Johdatus tutkielman maailmaan*. WSOY: Juva.
- Valtion ympäristöhallinto (2008a) Euroopan Unionin päästökauppa. <<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=65017&lan=fi>>, haettu 14.10.2009.

- Valtion ympäristöhallinto (2008b) Kioton pöytäkirja.  
<<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1885&lan=fi>>, haettu  
10.11.2009.
- Working, H. (1948) Theory of the inverse carrying charges in futures markets. *Journal of Farm Economics*, Vol. 30, 1 – 28.
- Working, H. (1949) The theory of price storage. *American Economic Review*, Vol. 12, 1254 – 1262.
- Yeoh, P (2008) Is carbon finance the answer to climate control?. *International Journal of Law and Management*, Vol. 50, No. 4, 189–206.