

**VAASAN YLIOPISTO**  
**KAUPPATIETEELLINEN TIEDEKUNTA**  
**KANSANTALOUSTIETEEN LAITOS**

Jonna Laimi

**PÄÄSTÖKAUPAN VAIKUTUKSET SÄHKÖN HINTAAN**

Kansantaloustieteen  
pro gradu -tutkielma

**VAASA 2006**

<b>SISÄLLYSLUETTELO</b>	<b>sivu</b>
<b>TIIVISTELMÄ</b>	5
<b>1. JOHDANTO</b>	7
<b>2. PÄÄSTÖKAUPAN TAUSTAA</b>	9
2.1. Kioton ilmastopimus	9
2.2. EU:n päästökauppadirektiivi	12
2.3. Päästöjen kehitys EU:ssa ja Suomessa	14
<b>3. PÄÄSTÖKAUPAN TEOREETTISET LÄHTÖKOHDAT</b>	19
3.1. Ulkoisvaikutukset	19
3.2. Coasen teoreema	19
3.3. Päästökauppajärjestelmän taloudellinen toimintatapa	23
3.4. Aikaisemmat kokemukset päästömarkkinoista	27
3.5. Hinnoittelun teoria	29
<b>4. PÄÄSTÖKAUPAN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET SÄHKÖN HINTAAN</b>	34
4.1. Päästökaupan taloudelliset vaikutukset	34
4.2. Sähkömarkkinat ja sähkön hinnan muodostuminen	35
4.2.1. Sähkömarkkinat Suomessa ja pohjoismainen sähköpörssi	35
4.2.2. Sähkön hinnan muodostuminen	38
<b>5. EMPIIRINEN ANALYYSI PÄÄSTÖLUPAHINTOJEN VAIKUTUKSESTA SÄHKÖMARKKINOILLE</b>	42
5.1. Aikasarjojen integroituvuus ja yhteisintegroituvuus	42
5.2. Johansenin yhteisintegroituvuusanalyysi	43
5.3. Tarkasteltavat aikasarjat ja aikasarjaominaisuudet	45
5.4. Yhteisintegroituvuusanalyysi sähkön spot- ja päästölupahintojen aikasarjoille	46



<b>6. JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	52
<b>LÄHTEET</b>	54
<b>LIITTEET</b>	
<b>Liite 1.</b> Johansenin yhteisintegroituvuustesti	60
<b>Liite 2.</b> VEC-malli	62



---

**VAASAN YLIOPISTO****Kauppatieteellinen tiedekunta**

<b>Tekijä:</b>	Jonna Laimi	
<b>Tutkielman nimi:</b>	Päästökaupan vaikutukset sähkön hintaan	
<b>Ohjaaja:</b>	Petri Kuosmanen ja Juuso Vataja	
<b>Tutkinto:</b>	Kauppatieteiden maisteri	
<b>Laitos:</b>	Kansantaloustieteen laitos	
<b>Oppiaine:</b>	Kansantaloustiede	
<b>Aloitusvuosi:</b>	2004	
<b>Valmistumisvuosi:</b>	2006	<b>Sivumäärä: 63</b>

---

**TIIVISTELMÄ**

Päästökaupan tavoitteena on hillitä kasvihuoneilmiötä tekemällä hiilidioksidi- ja muut kasvihuonekaasut maksullisiksi. Päästökauppa ohjaa sähköntuottajia vähäpäästöiseen energiantuotantoon. Koska länsimainen nyky-yhteiskunta on pitkälti sähköistynyt, muutokset sähköenergian hinnassa vaikuttavat kaikkialla. Sähkön kohonnut hinta vaikuttaa erityisesti energiaintensiivisillä aloilla, jotka käyvät kauppaa globaaleilla markkinoilla. Näille toimijoille edullinen energia on tärkeä kilpailutekijä. Päästökauppa vaikuttaa sähkön hintaan muodostamalla päästöluvista uuden kustannustekijän sekä vaikuttamalla sähkön tuotannossa käytettävien energialähteiden hintasuhteisiin. Päästökauppa kannustaa vähentämään fossiilisten polttoaineiden ja turpeen käyttöä energialähteenä nostamalla niiden hintaa päästölupien avulla. Sähkömarkkinoilla tämä merkitsee energialähteiden hintasuhteiden muutosta, joka kannustaa investoimaan päästövapaisiin energiantuotantomuotoihin kuten vesi- ja ydinvoimaan.

Tämän tutkielman tarkoituksena on tarkastella päästökaupan perusteita teoreettisesti sekä tutkia empiirisen analyysin avulla, miten päästölupahinnat vaikuttavat sähkön hinnanmuodostukseen. Johansenin yhteisintegroituvuusmenetelmällä testattiin, miten läheisesti sähkön spot- ja päästölupahintojen aikasarjat ovat seuranneet toisiaan päästökauppajärjestelmän alkuvaiheissa. Empiirisen analyysin avulla selvitettiin myös, kuinka nopeasti ja täydellisesti päästölupahinnat menevät suoraan sähkön spot-hintoihin. Testauksessa hyödynnetyt sähkön spot- ja päästölupahintojen aikasarjat ovat reilun puolen vuoden päiväaineistoja lokakuun 2005 lopulta toukokuun 2006 puoleen väliin saakka.

Empiiriset tulokset osoittivat, että päästölupien hinnat siirtyivät sähkön hintaan 100 prosenttisesti. Testin tulosten mukaan voidaan todeta, että muutokset päästölupahinnoissa välittyvät nopeasti sähkön hintoihin. Päästölupahintoihin kohdistuvan shokin havaittiin siirtyvän sähkön hintaan 5–6 päivässä. Tämän perusteella sähkön hinnan pitkän aikavälin malli selittää noin viikon päähän, mikä on käytännössä varsin lyhyt aikaväli.

---

**AVAINSANAT:** päästökauppa, päästölupa, päästöoikeus, sähkön hinta, yhteisintegroituvuus



## 1. JOHDANTO

Päästökauppajärjestelmä on luotu pakottavaksi toimenpiteeksi hillitsemään ja estämään kasvihuoneilmiötä tekemällä hiilidioksidi- ja muut kasvihuonekaasut maksullisiksi. Järjestelmän avulla tavoitellaan mahdollisimman vähäpäästöistä energiantuotantoa, joka ei pitkällä tähtäimellä kuormita luonnon sietokykyä liikaa. Päästökauppa vaikuttaa energiantuotantoon luomalla päästöluvista uuden kustannustekijän sekä muuttamalla energialähteiden hintasuhteita. Muutokset energiantuotannon kustannuksissa näkyvät myös sähkömarkkinoilla muutoksina sähköenergian hinnoissa. Koska länsimainen nyky-yhteiskunta on käytännössä katsoen riippuvainen sähköstä, muutokset sähkön hinnassa vaikuttavat kaikkialla. Sähkön hinnan nousulla on vaikutusta erityisesti globaaleilla markkinoilla kauppaa käyvän teollisuuden toimintaan. Korkeat päästölupahinnat ja kasvava sähkön hinta saattavat painostaa energiantensiivisiä aloja siirtymään maihin, joissa päästörajoja ei ole ja energia on edullisempaa. Edullinen sähkö on energiantensiivisillä aloilla tärkeä kilpailutekijä. Sähkön hinnan muutosten kautta päästökauppa vaikuttaa myös päästökauppasektorin ulkopuolella oleville sektoreille. Vaikutusten laaja-alaisuuden ja kotimaisen kilpailukyvyn säilyttämisen vuoksi on tärkeää selvittää päästökauppamekanismin vaikutukset sähkön hintaan.

Ilmastonmuutos on globaali ongelma, jonka torjuminen vaatii myös maailmanlaajuisia toimenpiteitä. Ilmastonmuutoksen seurauksena lisääntyneet luonnonkatastrofit kuten hirmumyrskyt aiheuttavat menetettyjen ihmishenkien ohella suuria taloudellisia menetyksiä yrityksille ja vakuutusyhtiöille. Ongelman globaalisuuden vuoksi on tulevaisuudessa tärkeää saada myös kehitysmaat mukaan päästökaupan piiriin, koska niissä maissa syntyvät päästöt muodostavat suuren osan maailman kokonaispäästöistä. Yritykset huomioivat päästöt toiminnassaan vasta silloin, kun päästöille asetetaan jokin hinta. Tämän vuoksi oli luotava pakottava toimenpide, jotta yritykset huomioisivat päästöt toimintoissaan. Vapaaehtoisuuteen perustuva menetelmä olisi kärsinyt alhaisten päästövähennysten lisäksi oletettavasti myös vapaamatkustajaongelmasta.

Tutkielman tarkoituksena on tarkastella päästökaupan perusteista teoreettisesti sekä tutkia empiirisen analyysin avulla, miten läheisesti sähkön spot- ja päästölupahintojen aikasarjat ovat seuranneet toisiaan päästökauppajärjestelmän alkuvaiheessa. Analyysin tavoitteena on myös saada selville, kuinka nopeasti ja täydellisesti päästölupahinnat siirtyvät sähkön hintaan. Empiirinen analyysi suoritetaan aikasarjamenetelmillä, joiden avulla on mahdollista tarkastella ilmiöiden pitkän ja lyhyen aikavälin sopeutumisprosesseja.



Tutkielman toisessa luvussa esitellään päästökaupan taustaa: mistä päästökaupassa on kyse ja miksi sitä harjoitetaan. Kolmannessa luvussa tarkastellaan päästökauppaa ja sähkön hinnoittelua teoreettisesta näkökulmasta. Neljännessä luvussa esitellään päästökaupan taloudellisia vaikutuksia ja sähkömarkkinoiden toimintatapaa. Tutkielman viides, empiirisen osa käsittää hinta-aikasarjoille tehdyn yhteisintegroituvuusanalyysin. Kuudennessa luvussa on johtopäätökset tutkielmasta.

## 2. PÄÄSTÖKAUPAN TAUSTAA

### 2.1. Kioton ilmastopimus

YK:n ympäristökokouksessa Rio de Janeirossa vuonna 1992 tehtiin puitesopimus liittyen ilmaston lämpenemiseen. Tämä ilmastopimus astui voimaan vuonna 1994. Vuonna 1997 hyväksyttiin Kioton pöytäkirja, joka täsmentää vuonna 1992 laadittua ilmastopimusta. Kioton pöytäkirjassa määritellään teollisuusmaille sitovat kasvihuonekaasujen vähennysvelvoitteet kaudelle 2008–2012. Vähennysvelvoitteet koskevat kuutta kasvihuonekaasua, jotka ovat hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), metaani (CH<sub>4</sub>), typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O), fluorihilivedyt (HFC), rikkiheksafluoridi (SF<sub>6</sub>) ja perfluorihilivedyt (PFC). (Opetushallitus 2005.)

Kioton ilmastopimuksen voimaantulemista edelsi, että vähintään 55 valtiota oli allekirjoittanut vuonna 1992 laaditun YK:n ilmastomuutoksen puitesopimuksen. Pöytäkirja edelsi myös, että näiden 55:den maan joukossa olisi oltava teollisuusmaita siten, että niiden yhteenlasketut hiilidioksidipäästöt kattaisivat vähintään 55 prosenttia kaikkien teollisuusmaiden päästöistä vuonna 1990. Hiilidioksidin vähentäminen on oleellista, sillä sitä on ilmakehässä yli sata kertaa enemmän kuin muita kasvihuonekaasuja yhteensä. Kioton ilmastopimuksen voimaan tulo vahvistui marraskuussa 2004, kun myös Venäjä ratifioi sen. Suomi ja muut Euroopan unionin maat ratifioivat Kioton ilmastopimuksen jo vuonna 2002. Tällä hetkellä Kioton ilmastopimuksen on allekirjoittanut 141 maata, ja yhteenlasketut hiilidioksidipäästöt kattavat 61,6 prosenttia teollisuusmaiden päästöistä. Teollisuusmaista USA ja Australia ovat jättäytyneet kokonaan Kioton ilmastopimuksen ulkopuolelle. Kioton ilmastopimus ei aseta velvoitteita kehitysmaalle, minkä vuoksi muun muassa kovasti kehittyvät Kiina ja Intia ovat sopimuksen ulkopuolella. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2005; Ympäristöministeriö 2005a.) Kioton pöytäkirjan mukaan teollisuusmaiden tavoitteena on vähentää kasvihuonepäästöjä viisi prosenttia vuoden 1990 tasosta vuosien 2008–2012 aikana. EU ja sen jäsenvaltiot sitoutuivat kahdeksan prosentin vähennykseen samana aikana. (Opetushallitus: 2005; Ympäristöministeriö 2005a.)

Kioton ilmastopimus sisältää kolme joustomekanismia, joilla pyritään saavuttamaan kustannustehokas ilmastopolitiikka. Joustomekanismit on tarkoitettu täydentämään kotimaisia päästöjen vähennystoimia, ja niillä tavoitellaan kustannustehokkuuden ohella myös joustavuutta. Kioton sopimus kuitenkin edellyttää, että suurin osa velvoitteista

toteutetaan kotimaisilla vähennystoimilla. Kioton joustomekanismeja ovat *projektikoh-  
tainen yhteistoteutus* (JI=Joint Implementation), *puhtaan kehityksen mekanismi*  
(CDM=Clean Development Mechanism) ja *päästökauppa* (ET=Emissions Trading).  
(Berghäll, Ahonen, Sinivuori & Snäkin 2003.) Yhteistoteutuksessa yksi teollisuusmaa  
voi rahoittaa päästövähennysinvestointeja toisessa teollisuus- tai siirtymätalousmaassa.  
Investoinnista syntyvä päästövähennys jaetaan näiden kahden maan kesken siten kuin  
ne keskenään sopivat. Isäntämaa hyötyy tilanteesta saadessaan rahoitusta ja uutta  
teknologiaa. Rahoittajamaa hyötyy saadessaan päästövähennyksiä kotimaisia toimia  
edullisemmin. Puhtaan kehityksen mekanismi antaa teollisuusmaalle mahdollisuuden  
ostaa päästöoikeuksia rahoittamalla kehitysmaassa hankkeita, jotka vähentävät päästöjä.  
Näiden kahden mekanismin avulla on mahdollista alentaa teollisuusmaiden päästövähennysten hintaa, mutta myös edesauttaa modernin teknologian leviämistä entisiin  
sosialistimaihin ja kehitysmaihiin. (Hassi 2005; Ympäristöministeriö 2005a.)

Kioton pöytäkirjan mukainen päästökauppa on valtioiden välistä päästökauppaa, jota  
voivat käydä pöytäkirjan sopimuspuolina olevat teollisuusmaat. Valtiot voivat kuitenkin  
valtuuttaa myös yrityksiä päästökaupan harjoittamiseen, mutta viime kädessä valtiot  
ovat vastuussa Kioton velvoitteiden noudattamisesta. Valtioiden tehtäviin kuuluvat  
kansainvälisten sopimusten neuvottelut ja selkeät viranomaistehtävät kuten päästökaup-  
parekisterin ylläpitäminen, tarvittavien toimielinten asettaminen, Kioton mekanismeja  
koskevien sääntöjen noudattamisen valvonta sekä toimijoiden valtuuttaminen  
toimimaan Kioton pöytäkirjan mukaisten mekanismien toimeenpanossa. (KTM 2005a.)

Päästökaupassa käydään kauppaa päästöoikeuksista niiden maiden kesken, joille on  
määritelty päästökiintiö. Ostettava ja myytävä hyödyke on päästöoikeus, jolla kauppaa  
käydään. Päästöoikeudella tarkoitetaan oikeutta päästää ympäristöön yksi tonni  
hiilidioksidia tai muuta määriteltyä kasvihuonekaasua tietyssä ajanjaksona. Sakko  
päästöoikeuden ylittämistä on 100 euroa hiilidioksidiekvivalenttitonnia kohti, eikä sen  
maksaminen vapauta toiminnanharjoittajaa velvoitteesta palauttaa kyseisiä liikapäästöjä  
vastaavaa päästöoikeuksien määrää. Ensimmäisenä kautena eli EU:n päästökaupassa  
vuosina 2005–2007 sakko on 40 euroa hiilidioksidiekvivalenttitonnia kohti. Päästö-  
kauppalakiesityksessä määritellään päästöoikeuksien jakoperusteet ensimmäiselle  
päästökaupakaudelle. Suomessa päästöoikeudet jaetaan toiminnanharjoittajille ensim-  
mäisellä kaudella ilmaiseksi niin sanotun perintömenettelyn avulla. Jäsenmailla on  
oikeus huutokaupata enintään viisi prosenttia päästöoikeuksista ensimmäisellä kaudella  
ja toisella kaudella enintään kymmenen prosenttia. Päästöoikeuksien tarkemmat  
jakoperusteet vuonna 2008 alkavalle Kioton mukaiselle päästökaupakaudelle

valmistellaan myöhemmin ja niistä säädetään aikanaan erikseen. (Euroopan unionin portaali 2005; KTM 2005b.)

Päästökauppaa voidaan käydä päästöyksiköillä, jotka on hankittu joustomekanismien avulla. Myös nielujen avulla hankituilla päästöyksiköillä voidaan käydä kauppaa. Nielut käsittävät hiilidioksidin sitoutumisen esimerkiksi maaperään, metsiin ja meren pintakerrokseen. Nielujen avulla saavutetuilla päästövähennyksillä voidaan käydä kauppaa samaan tapaan kuin muillakin päästövähennysyksiköillä. Nielujen käyttöä on kuitenkin haluttu rajoittaa Kioton sopimuksessa, koska nielulaskennassa saattaa olla suuriakin epävarmuuksia ja toiminnan halutaan painottuvan päästöjen kustannus-  
tehokkaaseen vähentämiseen. Erityisen kysymyksen muodostaa myös niin sanottu kuuma ilma eli siirtymätalousmaiden taloustaantumana vuoksi alentuneet päästöt. Kioton pöytäkirja ei kuitenkaan tee eroa päästövähennysten ja kuuman ilman ansiosta syntyneiden päästövähennysten välillä. (KTM 2005a; Ympäristöministeriö 2005b.)

Suomi on vuodesta 1999 lähtien harjoittanut CDM/JI –koeohjelmaa. Koeohjelmalla kerätään kokemuksia Kioton pöytäkirjan hankemekanismeista kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Koeohjelman puitteissa toteutetaan pieniä CDM- ja JI-hankkeita ja ostetaan hankkeiden tuottamia päästövähennyksiä Suomelle. Hankkeissa rakennetaan esimerkiksi vesi- tai tuulivoimala, vaihdetaan laitoksella polttoaine fossiilisista uusiutuviin energialähteisiin tai otetaan kaatopaikalla metaania talteen. Marraskuuhun 2005 mennessä ohjelma oli toteuttanut JI-hanketta ja yhden CDM-hankkeen Hondurasissa. Hondurasissa Suomi on CDM-hankkeen avulla tukenut vesivoimalan käyttöönottoa. Rio Blancossa oleva 5 megawatin vesivoimala korvaa nyt fossiilisiin polttoaineisiin pohjautuvaa Hondurasin sähköntuotantoa, ja vesivoimalan ansiosta maan hiilidioksidipäästöt ovat alentuneet vuonna 2004. Suomen valtio on sopinut ostavansa hankkeesta yhteensä vajaat 200 000 tonnia kasvihuonekaasujen päästövähennyksiä. Yhtenä Suomen yhteistoteutus-hankkeena on Pakrin tuulipuisto Virossa, joka vihittiin käyttöön kesäkuussa 2005. Tuulipuisto vähentää Viron kasvihuonepäästöjä noin 50 000 tonnilla vuodessa ja lisää maan uusiutuvaan energiaan perustuvaa sähkötuotantoa. Suomi on lupautunut ostamaan hankkeesta noin puolen miljoonan tonnin päästövähennykset vuosina 2004–2012, joita se voi hyödyntää täyttäessään Kioton pöytäkirjan päästövähennysvelvoitettaan. Suomi maksaa vähennyksistä 5,8 euroa hiilidioksiditonnilta, jolloin kaupan arvoksi kertyy noin 2,5 miljoonaa euroa. (SYKE 2005a, 2005b, 2005c.) Venäjän potentiaali JI-hankkeiden osapuolena Suomelle on aiheellinen. Oleellinen osa päästökaupan harjoittamisessa on kuitenkin

luotettavien tietojen tuottaminen tilastoista ja päästövähennyksistä, mikä on ongelma Venäjällä (KTM 2005a).

## 2.2. EU:n päästökauppadirektiivi

Komissio julkaisi ehdotuksen päästökauppadirektiivistä lokakuussa 2001. Järjestelmän piiriin kuuluisivat ensi vaiheessa energiatuotannon ja energiaintensiivisen teollisuuden hiilidioksidipäästöt. Päästökauppadirektiivin tavoitteena on luoda mahdollisimman kustannustehokas tapa toteuttaa päästöille asetetut vähennysvelvoitteet. Direktiivin mukainen päästökauppa perustuu ajatukseen, että päästöjä vähennetään siellä, missä se on kustannustehokkainta. Päästökauppajärjestelmän oikeudellisissa perusteissa ei säännellä sitä, miten ja missä päästökauppa todellisuudessa tapahtuu. Yhteisön sisäiset yritykset voivat esimerkiksi käydä kauppaa päästöoikeuksillaan suoraan keskenään tai oikeuksia voidaan myydä välittäjän kuten pankin tai meklarin kautta. (Päästökaupparekisteri 2005; Hassi 2005.)

Direktiivi Euroopan laajuisesta kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmästä astui voimaan 25.10.2003 ja pantiin täytäntöön 15.12.2004 kokonaisuudessaan voimaan tulleella päästökauppalailla. EU:n päästökaupassa käydään kauppaa vain hiilidioksidista. Hiilidioksidin osuus yhteisön kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä on 80 prosenttia. (Honkatukia, Joutsenvirta, Kemppi & Perrels 2002: 3; Euroopan unionin portaali 2005.) Vuonna 2005 alkaneella EU:n sisäisellä päästökauppajärjestelmällä tavoitellaan muun muassa kokemusta vuonna 2008 alkavaan Kioton pöytäkirjan mukaiseen kansainväliseen päästökauppaan (Puisto 2003: 21).

EU:n päästökauppadirektiivi luo yhteisön sisäiset markkinat päästöoikeuksille. Kansalliset päästöoikeuksien jakosuunnitelmat laaditaan kausittain. Ensimmäinen kausi on 2005–2007. Tämän jälkeen siirrytään Kioton pöytäkirjan mukaiseen velvoitekauteen vuosille 2008–2012 ja sitä seuraaviin viiden vuoden pituisiin kausiin. (Päästökaupparekisteri 2005.)

EU:n direktiivin mukaan ensimmäisenä kautena 2005–2007 päästökauppajärjestelmään kuuluvat suuret teollisuuslaitokset ja nimelliseltä lämpöteholtaan yli 20 megawatin tehoiset laitokset. Päästökauppajärjestelmään kuuluvia teollisuusaloja ovat lisäksi öljynjalostamot, koksamot, rautametallien tuotanto ja jalostus, tiettyä kapasiteettia suurempi mineraaliteollisuus (sementtiklinkkereiden, kalkin, lasin, lasikuidun ja

keraamisten tuotteiden valmistus), sekä massan, paperin ja kartongin valmistus. Suomi haki komissiolta luvan sisällyttää päästökaupan piiriin myös sellaiset kaukolämmön tuotantolaitokset, joiden nimellinen lämpöteho on 20 megawattia tai pienempi. Perusteluna hakemukselle oli, että tällöin kaikkia samaan kaukolämpöverkkoon lämpöä tuottavia yrityksiä ja laitoksia kohdeltaisiin tasapuolisesti. Komission alainen ilmastonmuutoskomitea hyväksyi Suomen hakemuksen. Suomessa päästökauppajärjestelmä poikkeuksellisesti kattaa siis suurten teollisuuslaitosten ja nimelliseltä lämpöteholtaan yli 20 megawatin polttolaitosten lisäksi niiden kanssa samaan kaukolämpöverkkoon liitettyjen pienempien polttolaitosten hiilidioksidipäästöt lukuun ottamatta ongelma- ja yhdyskuntajätteen polttolaitoksia. (Päästökaupparekisteri 2005; KTM 2004.)

Päästökaupan toimiminen edellyttää päästökaupparekisterin perustamista ja ylläpitoa. 1. tammikuuta 2005 alkaen päästökauppajärjestelmään kuuluvilla laitoksilla on pitänyt olla päästökauppaviranomaisen myöntämä lupa kasvihuonekaasujen päästämiseksi ilmaan. Lupaan liittyy päästöjen seuranta- ja raportointivelvollisuuksia sekä velvoite tasata, ensimmäisellä kaudella vuosittain, päästöoikeusmäärä vastaamaan laitoksen edellisen kalenterivuoden hiilidioksidipäästöjä. Toisin sanoen, jos toiminnanharjoittajalla on päästöoikeuksia vähemmän kuin todellisia päästöjä edellisen kalenterivuoden ajalta, sen on ostettava päästöoikeuksia markkinoilta. Jos taas päästöoikeuksia on enemmän kuin todellisia päästöjä, toiminnanharjoittaja voi myydä päästöoikeuksiaan tai säilyttää niitä päästökaupunkauden myöhempiä vuosia varten. (Euroopan unionin portaali 2005; Päästökaupparekisteri 2005.) EU:n päästökaupan piirissä olevat toiminnanharjoittajat voivat hyödyntää CDM-hankkeista syntyneitä päästövähennyksiä jo vuodesta 2005 alkaen ja JI-hankkeista syntyviä päästövähennysyksiköitä Kioton kaudella vuodesta 2008 alkaen. (KTM 2005a.)

Suomessa kansallista päästökaupparekisteriä ylläpitää Energiamarkkinavirasto. Energiamarkkinavirasto toimii Suomen päästökauppaviranomaisena, jonka toimenkuvaan kuuluvat lupa-, rekisteri- ja valvontaviranomaisen tehtävät. Käytännössä Energiamarkkinavirasto on se toimielin, joka käsittelee ja myöntää päästölupahakemukset, ylläpitää kansallista päästökaupparekisteriä ja valvoo päästölupaehtojes noudattamista, päästökauppatodentajia sekä päästöselytysten ja -oikeuksien vuosittaista palautumista. (Energiamarkkinavirasto 2005.)

Energiamarkkinavirasto avaa päästökaupparekisteriin niin sanottuja tilejä päästökauppiiriin kuuluville laitoksille. Päästöoikeudet ovat sähköisessä muodossa, joiden

myöntämistä, hallussapitoa, siirtämistä ja myöntämistä seurataan rekisterin avulla. Rekisteriä käytetään myös vuosittaiseen päästöoikeuksien palauttamiseen. Palautetut päästöluvat voivat olla Suomessa tai jossakin muussa EU:n päästökauppajärjestelmässä mukana olevassa maassa myönnettyjä päästöoikeuksia. (Energiamarkkinavirasto 2005.)

Jokaisella päästökauppajärjestelmässä mukana olevalla maalla on oma päästökaupparekisterinsä. Kansalliset rekisterit ovat yhteydessä komission keskusrekisteriin, joka mahdollistaa päästöoikeuksien siirron myös eri maiden rekistereiden välillä. EU on päättänyt, että rekistereiden tulee olla yhteensopivat Kioton mukaisen päästökauppajärjestelmän kanssa. Elokuussa 2004 Suomi ja Iso-Britannia allekirjoittivat lisenssisopimuksen, jossa Suomi otti käyttöön Iso-Britannian DEFRA:n tuottaman päästökaupparekisterin. (Päästökaupparekisteri 2005.)

### 2.3. Päästöjen kehitys EU:ssa ja Suomessa

Hiilidioksidi on tärkein niistä kasvihuonekaasuista, joiden pitoisuuteen ilmakehässä ihminen toiminnallaan vaikuttaa. Hiilidioksidin osuus verrattuna muiden kasvihuonekaasujen määrään on suurin, sillä noin 80 prosenttia koko maapallon lämpenemistä aiheuttavista kaasuista koostuu hiilidioksidista. Fossiilisten polttoaineiden käyttö muodostaa noin 75 prosenttia hiilidioksidipäästöjen osuudesta. (Motiva 2005.) Tämän vuoksi hiilidioksidin vähentämiseen on kiinnitetty erityistä huomiota.

Euroopan unionin sisälle on määritelty erillinen unionin sisäinen taakankantotavoite, joka nähdään taulukosta 1. Taakankantotavoite tarkoittaa muutosta päästöjen määrässä vuosina 2008–2012 verrattuna vuoden 1990 päästöihin. Tavoite koskee koko viisivuotiskautta, mikä tarkoittaa sitä, että joinakin vuosina kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt voivat ylittyä keskimääräisestä tavoitteesta, kunhan päästöt saadaan muina vuosina tasattua tavoitetta vastaaviin määriin (KTM 2004). Taulukosta nähdään, että suurin taakankantovelvollisuus on Luxemburgilla, jonka on leikattava päästöjään 28 prosentilla vuoden 1990 päästömäärästä. Suomen tavoitteena on pitää päästönsä vuoden 1990 tasolla. Tavoite on kuitenkin tiukka, koska Suomessa on jo nyt käytössä teknologisesti parhaimmat keinot pitää päästöt kurissa eikä halpoja substituuttivaihtoehtoja ole tarjolla. Taistelu ilmastonmuutosta kohtaan asettaa myös suomalaisille teollisuusaloille kiristyviä vaatimuksia. JI ja CDM –mekanismeilla saatetaan kuitenkin edistää suomalaisen ympäristöteknologian vientiä. (KTM 2005a) Ympäristöystävälli-

syys ja sen edistäminen muodostuu näin yhdeksi kilpailutekijäksi yrityksille ja siten parantaa niiden kilpailukykyä kiristyvillä markkinoilla.

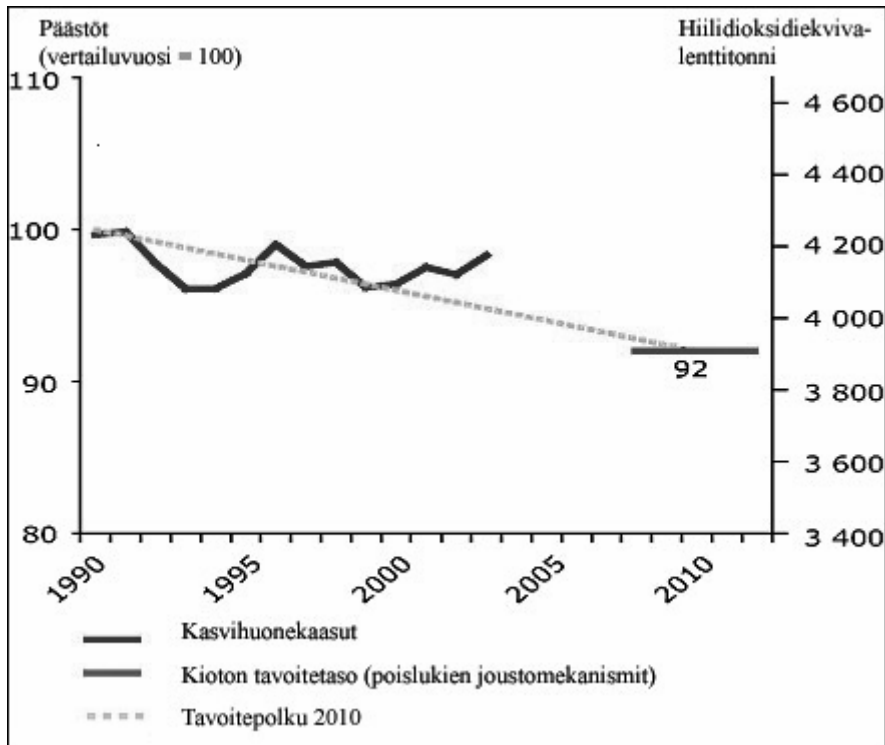
**Taulukko 1.** EU-maiden kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidiekvivalentteina ja taakankantotavoite (Luonnonvarat ja ympäristö 2005 –katsaus).

	Päästöt 2003	Muutos vuosina	Taakankantotavoite
	Milj. tonnia	1990–2003	2008–2012
Luxemburg	11,3	-11,5 %	-28,0 %
Saksa	1017,5	-18,5 %	-21,0 %
Tanska	74,0	6,3 %	-21,0 %
Itävalta	91,6	-16,6 %	-13,0 %
Iso-Britannia	651,1	-13,3 %	-12,5 %
Belgia	147,7	0,6 %	-7,5 %
Italia	569,8	11,6 %	-6,5 %
Alankomaat	214,8	0,8 %	-6,0 %
Ranska	557,2	-1,9 %	0,0 %
<b>Suomi</b>	<b>85,6</b>	<b>21,5 %</b>	<b>0,0 %</b>
Ruotsi	70,6	-2,4 %	4,0 %
Irlanti	67,6	25,2 %	13,0 %
Espanja	402,3	40,6 %	15,0 %
Kreikka	137,6	23,2 %	25,0 %
Portugali	81,2	36,7 %	27,0 %
<b>EU-15</b>	<b>4179,6</b>	<b>1,7 %</b>	<b>-8,0 %</b>

European Environment Agency:n (EEA 2005) mukaan vuonna 2003 EU-15 –maiden kasvihuonekaasupäästöt olivat noin 1,7 prosenttia alle tavoitetason eli vuoden 1990 päästöihin nähden. Hiilidioksidipäästöjen nousu aiheutui typen oksidien, metaanin ja fluorihilivetyjen vähentymisestä. Teollisuudessa hiilidioksidipäästöt olivat vähentyneet, mutta tieliikenteessä sen sijaan nousseet. EU:n neljään eniten saastuttavaan maahan lukeutuivat Iso-Britannia, Saksa, Italia ja Ranska. Iso-Britannian ja Saksan päästöt muodostivat lähes 40 prosenttia EU-15 –maiden koko kasvihuonekaasupäästöistä. Vuodesta 1990 vuoteen 2003 Iso-Britannia oli onnistunut leikkaamaan päästöjään 13,3 prosenttia, Saksa 18,5 prosenttia ja Ranska 1,9 prosenttia. Sen sijaan Italia oli



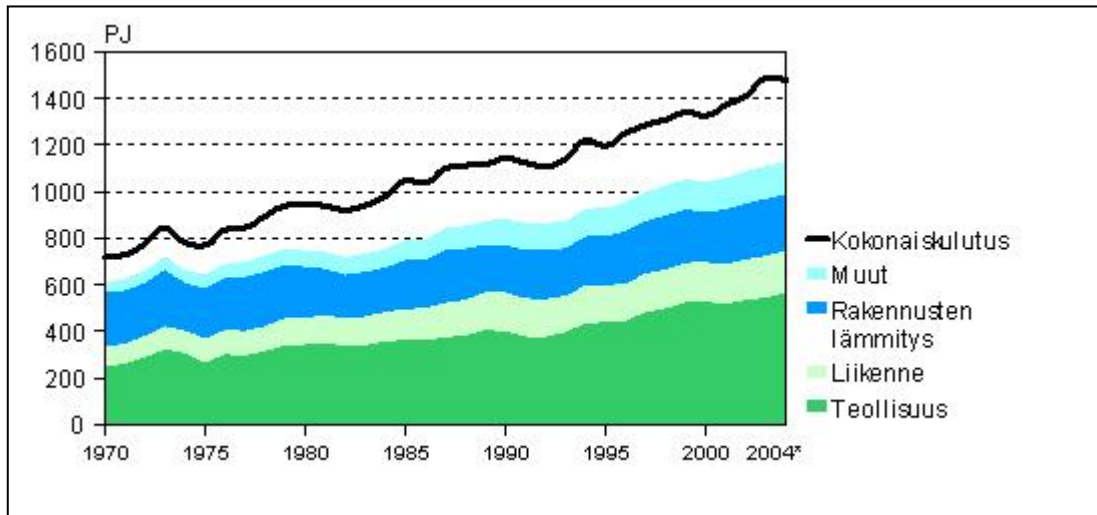
kasvattanut päästöjään 11,6 prosenttia samana aikana ja Suomi, Kreikka, Irlanti, Portugali ja Espanja yli 20 prosenttia. Kuviossa 1 nähdään kasvihuonekaasujen kehitys EU-15 –maissa vuodesta 1990 vuoteen 2003 verrattuna Kioton mukaiseen tavoitteeseen.



**Kuvio 1.** EU 15 –maiden kasvihuonekaasujen kehittyminen vuosina 1990–2003 verrattuna Kioton mukaiseen päästötavoitteeseen (EEA 2005).

Suomen talous on energiaintensiivinen eli Suomessa kulutetaan paljon energiaa suhteessa kansantalouden kokoon. Lähes puolet kaikesta energiasta kuluu teollisuudessa. Myös liikenteellä on merkittävä osuus energiasektorin päästöihin, mutta toistaiseksi liikennettä ei vielä huomioida päästökauppajärjestelmässä. (Ilmastomuutos 2006.) Vuonna 2003 Suomen päästöt nousivat yli 20 prosentilla yli Kioton tavoitetason, jolloin hiilidioksidipäästöt olivat peräti 30 prosenttia suuremmat kuin vuonna 1990. Syynä kasvuun olivat energian kulutuksen kasvu, vesivoiman niukkuus pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla ja sähkön kysynnän tyydyttäminen kivihieillä ja turpeella. (Tilastokeskus 2005a.) Sen sijaan vuonna 2004 Suomen kokonaispäästöt olivat 81,8 milj. hiilidioksidiekvivalenttitonnia eli ne olivat laskeneet vajaa viisi prosenttia vuoden

2003 kokonaispäästöihin nähden. Vuoden 2004 päästöt ylittivät Kioton mukaisen velvoitetason kuitenkin noin 14 prosentilla. (Tilastokeskus 2006.)



**Kuvio 2.** Energian kokonaiskulutus ja loppukäyttö sektoreittain Suomessa vuosina 1970–2004 (Tilastokeskus 2006).

Kuviosta 2 nähdään energian kokonaiskulutus ja sektoreittain jakautunut käyttö Suomessa vuosina 1970–2004. Energian kokonaiskulutus pysyi samana 2003 vuoteen nähden. Keskimääräistä sateisemman vuoden ansiosta vesivoimalla tuotettu sähkö kasvoi rajusti, 57 prosenttia, verrattuna vuoteen 2003. Fossiilisten polttoaineiden ja turpeen poltossa aiheutuvat hiilidioksidipäästöt laskivat noin viisi prosenttia, kun korvaavaa sähköä saatiin tuotettua pääosin vesivoimalla. Sähkön nettotuonti pysyi edellisvuoteen nähden samana. Vuosi 2004 oli vuotta 2003 lämpimämpi, mikä johti lämmitysenergian tarpeen ja kaukolämmön tuotannon vähenemiseen. Teollisuuden energiankäyttö kasvoi noin kolme prosenttia lisääntyneen tuotannon ansiosta. (Tilastokeskus 2006.)

Verrattaessa viime vuosien päästöjä Kioton mukaisiin tavoitteisiin, huomataan, että tavoitetaso on vielä kaukana. Suurimmat syyt päästömäärien kasvuun ovat kasvava energian kysyntä, romahtaneen sähkön nettotuonnin korvaaminen lauhdetuotannolla ja yhteistuotannon kasvu. Vertailuvuonna 1990 sähkön nettotuonti oli poikkeuksellisen suuri ja lämmöntarve lämpimän vuoden vuoksi melko alhainen. (Tilastokeskus 2006.)

1990-luvun alun lama näkyi teollisuudessa myös tuotannon alenemisena, jolloin energiaakin kulutettiin vähemmän. Noin 1990-luvun puolessa välissä lamasta elpyminen alkoi teollisuudessa näkyä tuotannon ja energian käytön kasvuna. Hiilidioksidipäästöt olisivat kuitenkin olleet vieläkin korkeammat, ellei sähkötuotannon rakenne olisi muuttunut samaan aikaan hiilidioksidipäästöttömämpään suuntaan (Tilastokeskus 2006). Suomella onkin suuri haaste turvata kasvava energiankysyntä ja vähentää kasvihuonekaasuja yhtä aikaisesti Kioton tavoitetasoa kohden.

### 3. PÄÄSTÖKAUPAN TEOREETTISET LÄHTÖKOHDAT

#### 3.1. Ulkoisvaikutukset

Taloudellinen toiminta tuottaa ulkoisvaikutuksia. Tuomala (1997: 70–71) on määritellyt ulkoisvaikutukset sellaisiksi yrityksen tai yksityisen henkilön toimiksi, joilla on vaikutuksia muihin yrityksiin tai yksilöihin ja joista jälkimmäiselle ei makseta korvausta tai joista jälkimmäiset eivät maksa korvausta. Ulkoisvaikutukset voivat olla positiivisia tai negatiivisia riippuen siitä, hyödyttääkö toiminta myös muita tai onko siitä muille haittaa. Näin ollen yhdellä toiminnalla voi olla sekä positiivisia että negatiivisia ulkoisvaikutuksia samanaikaisesti riippuen aina toisen osapuolen motiiveista.

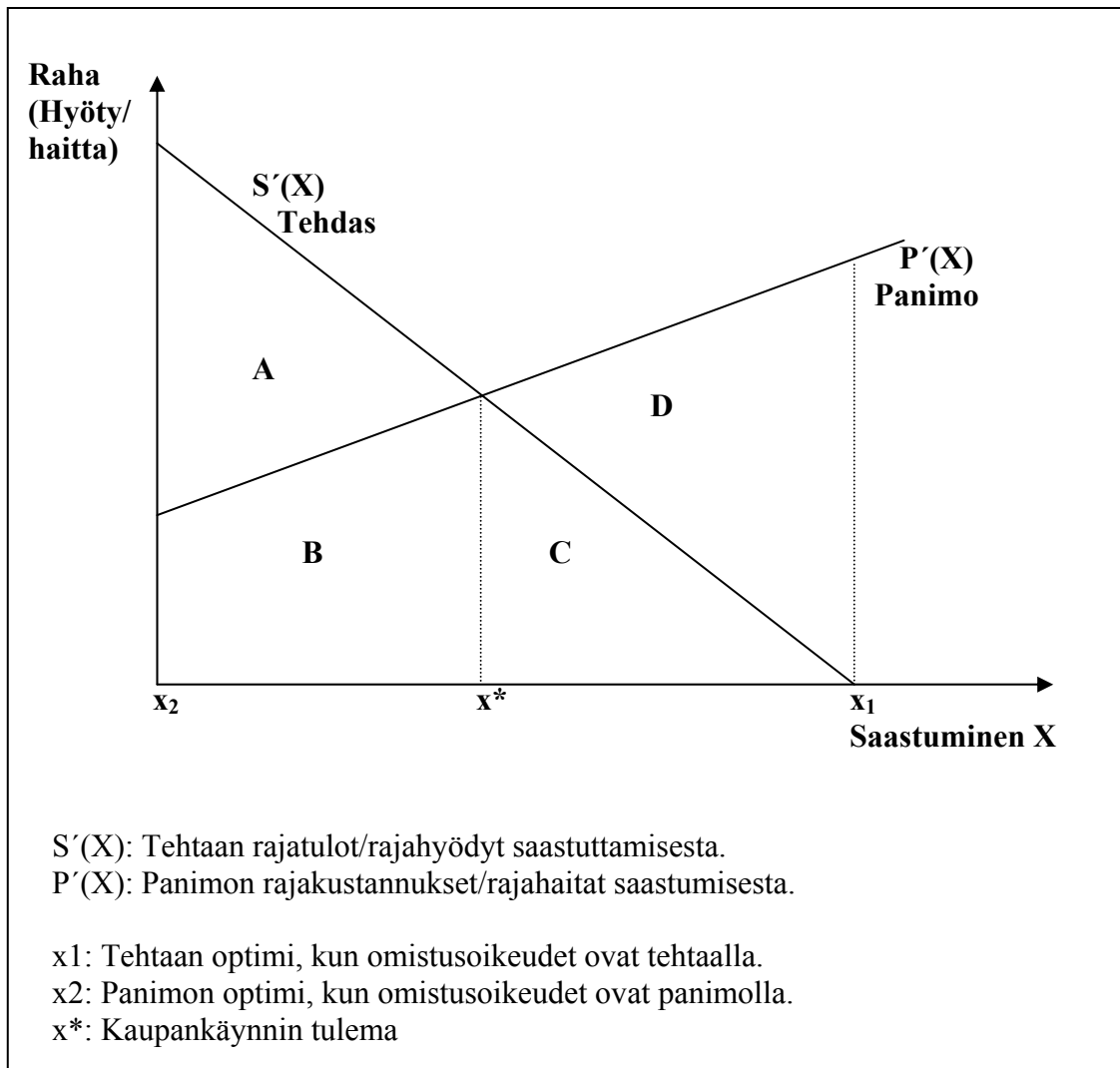
Koska ulkoisvaikutukset eivät heijastu hinnoissa, talous ei toimi tehokkaasti. Tällöin omistaja ei tavoita hyödykkeen käytöstä syntyvää maksimaalista hyötyä tai huomioi kaikkia tuotannontekijän käytöstä koituvia kustannuksia. Kun talous ei toimi tehokkaasti, markkinat epäonnistuvat ja hintoja pyritään korjaamaan erilaisin keinoin. (Tuomala 1997: 71, 74.) Julkisen vallan toimesta hintoja voidaan pyrkiä korjaamaan esimerkiksi päästömaksujen tai kaupattavien päästölupien avulla. Ronald H. Coase kirjoitti vuonna 1960 artikkelin ”*The Problem of Social Costs*”, jonka lähtökohtana oli kritiikki julkisen sektorin ohjaamien säätelyjärjestelmien epäonnistumista kohtaan

#### 3.2. Coasen teoreema

Coasen teoreema muodostui Ronald H. Coasen (1960) klassikkoartikkelin pohjalta. Teoreema painottaa vähäisiä transaktiokustannuksia ja mahdollisimman tarkasti määriteltyjä varallisuus oikeuksia. Teoreeman mukaan transaktiokustannusten ollessa nolla resurssit hakeutuvat automaattisesti tehokkaimpaan mahdolliseen käyttöön, ellei niitä keinotekoisesti estetä. Lähtökohtana Coasen muodostamille päätelmille oli täydellisen kilpailun markkinat, jolloin markkinaolosuhteet ovat ideaaliset, kilpailu mahdollisimman tehokasta eikä markkinoilla esiinny häiriötä. Lähtökohtana pidettävät täydellisen kilpailun markkinat eivät kuitenkaan toteudu todellisuudessa, ja Coase itsekin myöntää, ettei transaktiokustannuksista vapaata kaupankäyntiä tai liiketoimintaa ole olemassa. Tässä muodossaan Coasen teoreema onkin vain paradoksi. (Coase 1960; Kanniainen, Määttä & Timonen 1996: 46–47.)

Negatiiviset ulkoisvaikutukset syntyvät silloin, kun yksittäisen ihmisen tai yrityksen ei tarvitse huomioida täysimääräisesti seuraamuksiaan kustannuksissaan. Esimerkiksi maksimoidessaan voittoaan teräksen tuottaja huomioi laskelmissaan vain ne kustannukset, jotka hänen on suoritettava. Niin kauan kuin tuottajan ei tarvitse maksaa korvausta saastuttamisestaan, hänellä ei ole kiinnostusta päästöjen vähentämistä ja siitä aiheutuvia kustannuksia kohtaan. Tällainen tehoton tilanne voitaisiin korjata asettamalla päästöille niin sanottu Pigoun vero eli päästömaksu. Asettamalla päästöille maksu saataisiin päästöistä aiheutuvat ulkoisvaikutukset sisällytettyä kustannuksiin, ja tällöin teräksen tuottaja maksaisi saastuttamisestaan. Pigoun verotusjärjestelmä kuitenkin pohjautuu tuotettujen päästöjen määrään, jolloin päästö on oltava mitattavissa. (Friedman 2005.) Pigoulainen vero sinällään rankaisee vain toiminnan aiheuttajaa ja langettaa sanktiot näin ollen saastuttaja maksaa –periaatteen mukaisesti.

Coase kuitenkin kritisoi pigoulaista verotusta ja väittää, ettei pigoulainen verotus välttämättä johda tehokkaaseen tulokseen. Coasen mukaan saastuttaja maksaa –periaate ei ole yksiselitteisesti oikein, sillä ei ole yksioikoisesti selvää, kuka on ulkoisvaikutuksen uhri ja kuka ei. Hahmotellaan tilannetta seuraavan esimerkin avulla: Joen varrella sijaitseva kemiantehdas päästää jätevesiä vesistöön niin, että alueella oleva panimon tuotanto kärsii. (Määttä 1999: 30–31.) Ulkoisvaikutuksen uhri voi olla joko panimo tai kemiantehdas, riippuen siitä kuinka varallisuus oikeudet jokeen on määritetty. Kuvio 3 havainnollistaa tilannetta graafisesti: Oletetaan ensiksi, että varallisuus oikeudet joen käyttöön on annettu kemiantehdalle. Jos tehtaan ei tarvitse välittää, kuinka paljon se harjoittaa toimintaansa ja tuottaa saasteita, se valitsee tuotantomääräksi omien rajahyötyjensä nollakohdan eli kohdan  $x_1$ . Pisteessä  $x_1$  panimolle aiheutuva puhdistuskustannus eli rajahaitta on huomattavan suuri verrattuna tehtaan rajahyötyyn, jolloin panimon kannattaa käydä kauppaa saastuttamisoikeudesta tehtaan kanssa. Kokonaiskustannukset panimolle pisteessä  $x_1$  ovat alueiden  $b + c + d$  verran ja kokonaisvoitto tehdasalueiden  $a + b + c$  verran. Maksamalla alueen  $c$  verran kustannuksia tehdasalueen panimon kustannukset laskevat tasolle  $x^*$ , mutta tehtaan voitto pysyy samana. Tehdas kuitenkin haluaa myös itse hyötyä uudesta järjestelystä, jolloin sen intresseissä on saada korvaus alueiden  $c + \theta d$  verran ( $0 < \theta < 1$ ). Tehtaan intresseissä maksettava korvaus on panimolle kuitenkin halvempi ratkaisu, kuin puhdistuskustannukset kohdassa  $x_1$ . Kaupankäynnin tulemana tasapainopiste on kohdassa  $x^*$ . Tasapainopisteessä tehtaan kokonaisvoitot ovat  $a + b + c + \theta d$  eli  $\theta d$  verran enemmän. Panimon kustannukset sen sijaan laskevat  $d - \theta d$  verran ( $b + c + d$  vs.  $b + c + \theta d$ ). (Gravelle & Rees 1992: 518–519.)



**Kuvio 3.** Coasen teoreema (Gravelle ym. 1992: 518).

Oletetaan seuraavaksi, että varallisuusoikeudet joen käyttöön on määritelty panimolle. Panimon yksityinen optimi olisi pisteessä  $x_2$ , jolloin sen puhdistuskustannukset ovat minimissään. Pisteessä  $x_2$  tehtaan rajahyödyt ovat kuitenkin paljon suuremmat kuin panimolle aiheutuvat rajahaitat eli puhdistuskustannukset, joten tehtaan kannattaa tarjoutua maksamaan panimolle korvausta alueen  $b$  verran. Jotta myös panimo hyötyisi tilanteesta, sen intresseissä on saada korvausta alueen  $b + \theta a$  ( $0 < \theta < 1$ ) verran. Tehtaan kannalta tämäkin on vielä suotuisa tilanne. Kaupankäynnin seurauksena tasapainopiste on jälleen kohta  $x^*$ . (Gravelle ym. 1992: 518–519.) Varallisuusoikeudet siis määrittelevät vain sen kuka on maksajana, sillä kaupankäynnin tulema on pisteessä  $x^*$  kaikesta

huolimatta. Tasapainopisteessä panimo hyötyy tilanteesta alueen  $\theta_a$  ja tehdas alueen  $a - b - \theta_a$  verran enemmän.

Coase on kiinnittänyt myös paljon huomiota varallisoikeuksiin ulkoisvaikutusten kohdalla. Coasen mukaan voimavarat allokoituvat tehokkaasti niiden alkuperäisestä allokaatiosta riippumatta, jos varallisuusoikeudet ovat täsmällisesti määriteltyjä eikä transaktiokustannuksia ole. Maailmanlaajuisten ympäristöongelmien kohdalla syntyy väistämättä tilanteita, jolloin osapuolia on paljon ja varallisuusoikeuksia on hankala määritellä. Coasen mukaan ongelma on nimenomaan siinä, ettei ympäristöhyödykkeille kuten puhtaalle ilmalle ole määritelty varallisuusoikeuksia riittävän selvästi. Tämä taas johtaa tilanteeseen, jolloin hyödykettä, tässä tapauksessa ilmaa, kuormitetaan liikaa. (Määttä 1999: 31.) Taloudessa, jossa jokaisen omistamat varallisuuserät tiedettäisiin, pystyttäisiin sisäistämään ulkoisvaikutuksetkin (Tuomala 1997: 82). Laajojen ympäristöongelmien kohdalla myös transaktiokustannukset nousevat korkeiksi. Transaktiokustannuksia eli talousyksiköiden liiketoimista aiheutuvia kustannuksia syntyy muun muassa sopimusneuvotteluista, sopimusten laatimisesta sekä sopimusten tavoitteiden ja sopimusvelvoitteiden täyttämistä varmistettavista toimista eli valvontakustannuksista. (Määttä 1999: 31–32.)

Mikäli Coasen teoreeman edellytykset täytyisivät myös käytännössä, ei julkisen vallan tarvitsisi puuttua markkinoiden toimintaan. Ongelmat saataisiin ratkaistua tehokkaasti markkinoiden avulla, jolloin julkisen vallan tulisi huolehtia vain varallisuusoikeuksien täsmällisestä määrittelystä. Todellisuudessa kuitenkin transaktiokustannuksia syntyy aina, kuten edellä jo todettiin, mutta teoreema pätee kuitenkin myös silloin kun transaktiokustannukset ovat pienet. Coasen esittämän niin sanotun neuvotteluratkaisun mukaan on hyvä tehdä jaottelu yksilöllisiin ulkoisvaikutuksiin ja massaulkoisvaikutuksiin. Yksilöllisen ulkoisvaikutusten kohdalla vaikutukset ulottuvat vain suppeaan piiriin Neuvotteluosapuolia on tällöin vähän ja omistusoikeudet on helppo määritellä. (Määttä 1999: 35.) Massaulkoisvaikutusten, kuten kasvihuoneilmiön, kohdalla vaikutusalue on laaja. Neuvottelut tulevat mutkikkaiksi, kun osapuolia on paljon, ja transaktiokustannusten voidaan olettaa nousevan sitä korkeammaksi, mitä enemmän osapuolia on mukana neuvottelemassa haittojen vähentämiseksi. Massaulkoisvaikutusten kohdalla esiin nousee myös niin kutsuttu vapaamatkustajaongelma: osapuolten määrän noustessa korkeaksi yksi jos toinenkin saattaa ajatella, että hänkin pääsee osalliseksi neuvotteluratkaisuissa saavutetuista hyödyistä huolimatta siitä, ettei hän itse uhraa aikaa ja vaivaa neuvotteluiden hyväksi. (Kanniainen, Määttä & Rautio 1998: 169–170.) Toinen massaulkoisvaikutusten kohdalla ilmenevä ongelma on

koordinoitongelma: on vaikeaa saada toisen osapuolen kaikkien talousyksiköiden näkemykset yhtenäisiksi ja esitetyt vaatimukset sellaisiksi, että neuvottelut ovat mahdolliset. Liian kovat vaatimukset voivat estää jo neuvotteluratkaisun pääsemisenkin. (Määttä 1999: 35.)

### 3.3. Päästökauppajärjestelmän taloudellinen toimintatapa

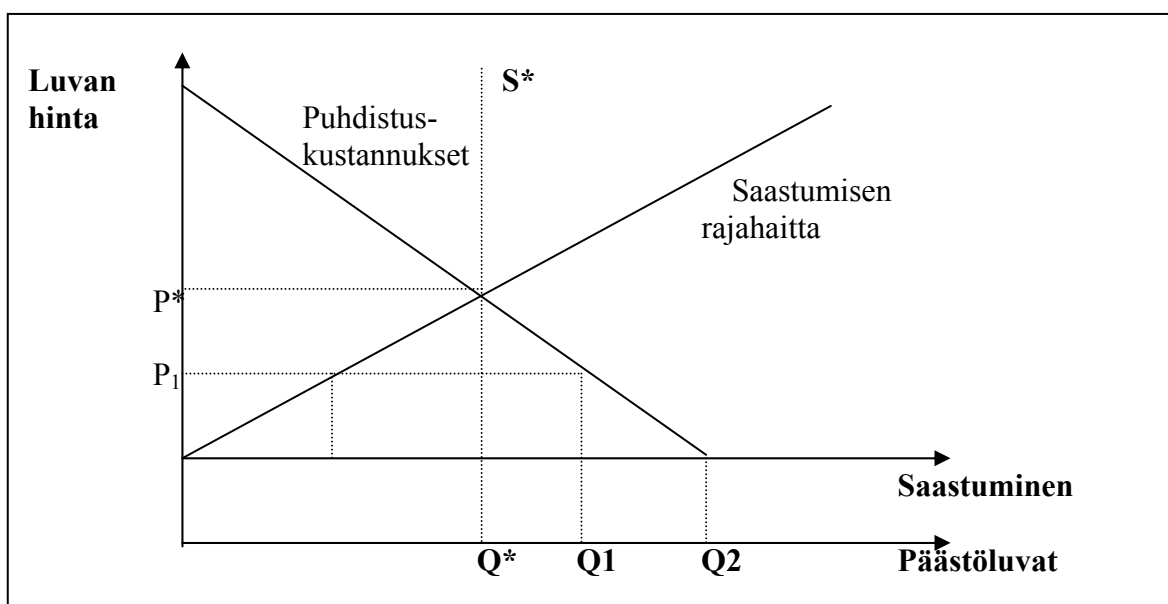
Päästöille voidaan luoda markkinat päästölupien avulla. Kaupattaviin päästölupiin perustuvassa järjestelmässä jonkin päästölajin kuten rikki- tai hiilidioksidin kokonaiskiintiö jaetaan ”päästöosakkeiksi” tai –luviksi. Päästöluvut rajataan tietyille maantieteelliselle alueelle, jota usein kutsutaan ”kuplaksi”, ja jonka rajojen sisäpuolella päästöluvut ovat voimassa. (Paavola 1996: 87.) Päästökauppajärjestelmän pohjana on kiintiöinti tai muu vastaava määräsääntely, jolloin toimijoilla on vähemmän oikeuksia päästöihin kuin ilman rajoitusta olisi (Kioton mekanismit –toimikunnan osamietintö 2001: 21). Samalla päästökauppajärjestelmä vähentää päästöt ainakin järjestelmän määräämälle maksimitasolle. Vähentämällä jaettavissa olevien päästölupien määrää voidaan saasteita vähentää entisestään, sillä päästölupajärjestelmä itsessään ei vähennä päästöjä — se vain määrittelee saasteiden maksimimäärän. Paavola (1996: 88) huomauttaa myös, että kuplan sisällä yksittäisen toiminnanharjoittajan on mahdollista laajentaa saastuttavaa tuotantoaan vain investoimalla puhdistustekniikkaan tai ostamalla päästöluvia muilta saastuttajilta.

Saastuminen voidaan kuvata eräällä tapaa voitontavoittelun tulokseksi, jonka negatiivisia ulkoisvaikutuksia ovat tuotantoprosessissa syntyneet saasteet. On kuitenkin hyvä muistaa, että luonto sietää tietyn määrän erilaisia saasteita ilman haittojen aiheutumista. Kaupattavien päästölupien järjestelmässä yrityksille annetaan oikeus saastuttaa, ja näin luodaan markkinat saastuttamismahdollisuudelle. (Paavola 1996: 67, 89.) Tällä hetkellä ihmisen tuottama hiilidioksidimäärä ylittää luonnon sietokyvyn, jota vastaan päästökauppajärjestelmällä yritetään nyt taistella. Yritysten ja valtioiden halu ryhtyä toimenpiteisiin kasvihuoneilmiötä vastaan aktivoituu varmasti vähitellen myös niiden joukossa, jotka eivät ole vielä päästökauppajärjestelmässä mukana. Sillä samalla kun luonnon ääreisilmiöt ja katastrofien määrät kasvavat, ne aiheuttavat ylimääräisiä ja korkeita kustannuksia myös päästökauppajärjestelmän ulkopuolella oleville.

Paavola (1996: 89) analysoi kaupattavia päästöluvia ympäristötaloudessa idealisoidun mallin avulla. Malli koostuu puhdistamisen rajakustannuksista (MAC=marginal



abatement cost), saastumisen rajahaitoista (MEC=marginal environment cost) sekä päästölupien tarjonnasta, jotka kuvataan päästölupien hinta suhteessa päästölupien määrään –koordinaatistossa kuviossa 4. Puhdistamisen rajakustannukset vastaavat analyysissä kuplassa sijaitsevien yritysten puhdistuskustannuksia ja saastumisen rajahaitat yhteiskunnalle koituvia rajahaittoja. Mallia voidaan verrata tämän hetkiseen EU:n mukaiseen päästökauppajärjestelmään siten, että päästökauppajärjestelmässä mukana olevat EU-maat muodostavat niin sanotun ”kuplan”, jolle on jaoteltu päästölupien määrä.



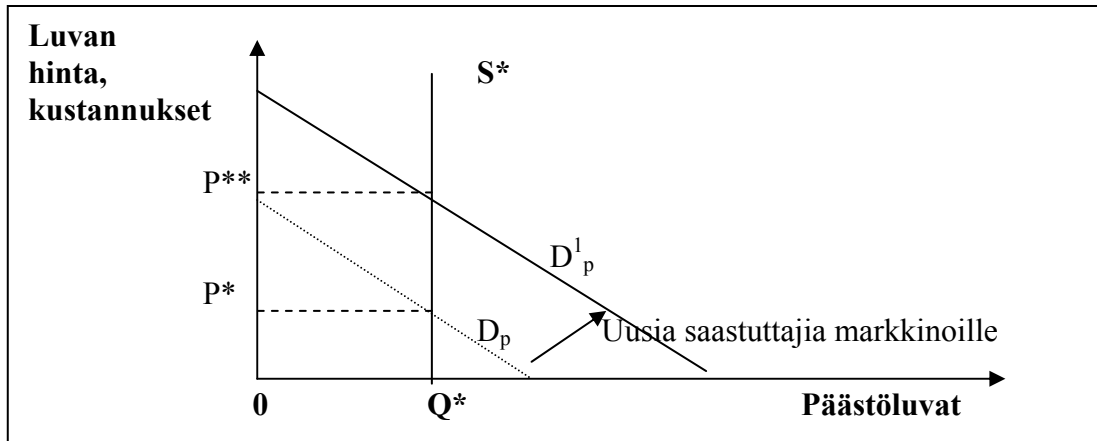
**Kuvio 4.** Päästölupajärjestelmän taloudellinen toimintamalli (Paavola 1996:90).

Puhdistamisen rajakustannukset kuvaavat niitä kustannuksia, jotka aiheutuvat yhden lisäyksikön puhdistamisesta. Vastaavasti saastumisen rajahaitat kuvaavat yhden lisäyksikön tuottamisesta aiheutuvien ympäristöhaittojen arvoja. Tasapaino löytyy pisteestä  $Q^*$ , jossa puhdistuksen rajakustannukset ovat yhtä suuret kuin saastumisen rajahaitat. Pisteessä  $Q^*$  saastuminen on yhteiskunnallisesti optimaalista, jolloin taloudellisesta toiminnasta saadut hyödyt ovat yhtä suuria kuin ympäristölle saastumisen seurauksena koituvat kustannukset. Yhteiskunnallisen tasapainopisteen avulla saadaan määriteltyä markkinoilla tarjottavien päästölupien kokonaistarjontamäärä ( $Q^*$ ) ja lupia vastaava hinta ( $P^*$ ). Päästölupien kokonaistarjontamäärää kuvaa kuviossa pystysuora tarjontakäyrä  $S^*$ . Tarjonta on jäykkää, koska julkisen sektorin ei oleteta

myyvän tai antavan lupia yli kokonaiskiintiön. (Paavola: 66, 89–90.) Päästökauppajärjestelmän ydin, saasteiden rajoittaminen, menettäisi samalla merkitystään, mikäli lupia myytäisiin yli kokonaistarjontakiintiön.

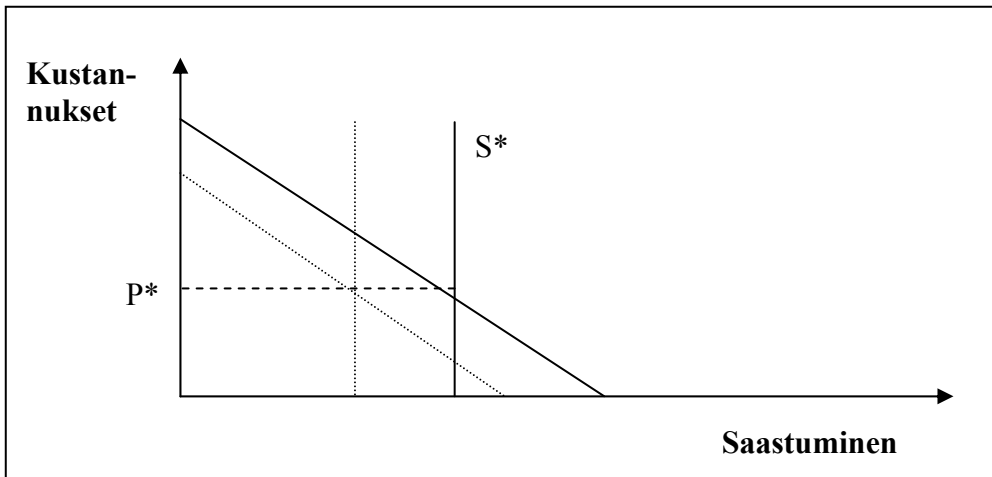
Yrityksen on kannattavaa sijoittaa puhdistustekniikkaan niin kauan kuin se tulee päästölupien hankintaa halvemmaksi. Kuviosta 4 huomataan, että puhdistustekniikkaan on kannattavaa sijoittaa siihen saakka, kunnes puhdistuskustannukset ovat alle hinnan  $P^*$ . Investoiminen puhdistustekniikkaan tulee silloin yritykselle halvemmaksi kuin päästölupien ostaminen. Mikäli puhdistuskustannukset ovat korkeammat kuin hinta  $P^*$ , on kannattavampaa ostaa päästölupia niiltä, joilla puhdistuskustannukset ovat vielä alhaiset. Lopulta tämä johtaa siihen, että päästöjen puhdistaminen kohdentuu aina sinne, missä se on halvinta. (Paavola 1996: 90.)

Lupajärjestelmä vastaa joustavasti markkinoilla tapahtuviin muutoksiin. Esimerkiksi uusien saastuttajien lisääntyminen markkinoilla nostaa puhdistuskustannuksia, koska puhdistettavien päästöjen kokonaismäärä kasvaa. (Paavola 1996: 90.) Kokonaispäästöraja pysyy paikallaan uusista saastuttajista huolimatta, eikä päästölupien tarjontaa kasvateta. Päästölupahintojen nousun seurauksena puhdistustekniikkaan investoiminen tuleekin nyt halvemmaksi aikaisempaa useammalle. Kuviossa 5 tilannetta voidaan tarkastella graafisesti:  $D_p$  kuvaa saastuttajien määrää markkinoilla ( $D_p$ =Demand polluter), joka siirtyy oikealle saastuttajien määrän kasvaessa markkinoilla.  $S^*$  kuvaa päästölupien tarjontaa, johon ei tule muutoksia. Tämän seurauksena päästölupien hinta nousee alkuperäisestä tasapaino hinnasta  $P^*$  uuteen tasapainohintaan  $P^{**}$ , ja samalla huomataan, että uusi tasapainohinta on korkeampi kuin alkuperäinen hinta.



**Kuvio 5.** Sopeutuminen päästömarkkinoilla uusien saastuttajien lisääntyessä (Paavola 1996: 91).

Aluksi markkinoille tulevat uudet tuotanto- ja puhdistuskustannukset ovat kalliita, mutta ajan kuluessa ne laskevat. Kun tuotanto- ja puhdistustekniikka yleistyy, niiden tuotannossa voidaan saavuttaa mittakaavaetuja ja usein uusia tuotteita kohtaan leimautuva epävarmuus häviää. (Paavola 1996: 93.) Kuviossa 6 tarkastellaan puhdistuskustannusten alenemisen vaikutuksia päästöluvien tarjonnassa. Alentuneet puhdistuskustannukset mahdollistavat päästöluvien tarjonnan kiristämisen ja edelleen paremman ympäristötilan saavuttamisen, kun päästöjen kokonaisuutena kyetään vähentämään edelleen. Satu Hassi (2005) myös huomauttaa kirjoituksessaan, että Kioton sopimus on vasta ensi askel päästöjen kuriin saamisessa. Päästöjä on leikattava tulevien vuosikymmenien aikana vielä reippaasti, jotta pääsisimme ekosysteemin kestäväälle päästöjen tasolle.



**Kuvio 6.** Puhdistuskustannusten alenemisen vaikutukset päästölupien tarjonnassa.

#### 3.4. Aikaisemmat kokemukset päästömarkkinoista

Määtän (1999: 97) mukaan tarve ympäristölainsäädännölle taloustieteelliseltä kannalta katsottuna syntyy silloin, kun taloudellisesta toiminnasta syntyvät ulkoisvaikutukset halutaan sisällyttää kustannuksiin, jotta markkinat toimisivat mahdollisimman tehokkaasti. Edellä esitellyn Coasen teoreeman yhteydessä kuitenkin huomattiin, että hyvin suppeaan henkilöpiiriin rajoittuvat yksilölliset ulkoisvaikutukset eivät tarvitse lainsäädännöllistä pakotetta, kun resurssit allokoituvat tehokkaasti neuvotteluratkaisun avulla. Massaulkoisvaikutusten kohdalla tilanne on toisin, koska tilannetta on neuvottelujen avulla lähes mahdoton ratkaista.

Aikaisempia kokemuksia päästökaupasta on erityisesti USA:n markkinoilta. Siellä päästökauppaa on harjoitettu moneenkin otteeseen erilaisilla ohjelmilla, joita ovat muun muassa vuonna 1988 käynnistynyt CFC-yhdistekauppa ja vuonna 1995 alkanut happosadeohjelma (Acid Rain Program, SO<sub>2</sub>-kauppa). Yhdysvaltojen päästökauppa-kokemuksia ei voida kuitenkaan soveltaa suoraan tällä hetkellä hiilidioksidista käytävään päästökauppaan, koska jo eri valtioiden ympäristönsuojelulainsäädännöt eroavat toisistaan. (Määttä 2000: 41, 50–54.) On myös huomattava, että rikkipäästöjen vähentämiseen on ollut saatavilla kohtuuhintaisia puhdistinlaitteita. Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen Suomen kaltaisissa maissa, joissa käytettävissä on parhainta mahdollista teknologiaa, vaatii tällä hetkellä rakenteellisia muutoksia. (Kara 2005a: 11.) Puhtaasti samanlaisesta EU:ssa käynnissä olevasta hiilidioksidipäästökaupasta ei siis

löydy ennestään kokemuksia, mutta jotain yhteneväisyyksiä voidaan harjoitetuista ohjelmista löytää.

CFC-yhdistekaupassa ympäristön tilan kannalta oli merkittävää yhdisteiden kokonaisuusmäärä eikä se, millä alueella yhdisteitä käytettiin. Tämä loi perustan sille, että CFC-yhdistekauppa säädettiin Yhdysvalloissa valtakunnalliseksi. Koska CFC-yhdisteitä käytti lukuisa joukko erilaisiin käyttötarkoituksiin, olisi hallinnollinen ohjaus muodostunut erittäin hankalaksi ja kustannukset nousseet korkeiksi. CFC-kiintiömarkkinoiden syntymistä ja kehittämistä edistävä tekijä oli se, että kiintiöiden tarjonta on ollut rajoitettua ja niiden vaihdanta on ollut vapaasti sallittua. Yhdistekauppaan liittyi myös niin kutsuttu kiintiöleikkuri: tavoitteiden tiukentuessa kiintiömääräkin väheni. (Määttä 2000: 52–53.)

Happamoitumisen ilmetessä USA:ssa todelliseksi ympäristöongelmaksi, oli ryhdyttävä toimenpiteisiin sen kuriin saamiseksi (Määttä 2000: 54). Haposadeohjelman tavoitteena oli vähentää sähkölaitosten päästöjä 40 prosentilla. Vuonna 1995 alkanut ohjelma ulottui koko Yhdysvaltain alueelle ja kaupattavaksi hyödykkeeksi tuli näin olleen rikkidioksidin päästöluvat. Ohjelma on ollut laajin ja menestyksellisin ”kansi ja kauppa” –ohjelma (cap and trade) maailmassa, ja sen on katsottu tarjoavan hyvän mallin muillekin päästökauppaohjelmille. (Kioton mekanismit –toimikunta 2001: 52; Määttä 2000: 59.) ”Kansi ja kauppa” –tyyppisissä ohjelmissa, kuten EU:n päästökaupassakin, valtiovalta asettaa alue- tai alakohtaiset päästörajat, joiden noudattamista helpotetaan päästölupajärjestelmällä (Kara 2005a: 11).

Yhdysvalloissa saatujen päästökauppakokemusten pohjalta on koottu elementtejä, joita voidaan pitää tärkeinä alustaessa hiilidioksidipäästökauppaa. Käytännön kokemusten pohjalta tärkeintä on luoda päästöluville mahdollisimman vapaasti toimivat markkinat, koska siten luodaan paremmat edellytykset toimiville päästölupamarkkinoille ja tehokkuusominaisuuksien täyttymiselle. (Määttä 2000: 64–65.)

Kustannustehokkuus on ollut yksi vahva peruste päästökauppaohjelmien käyttöönottamisessa. Kustannussäästöt ovat kuitenkin olleet odotettua pienemmät lukuun ottamatta USA:n haposadeohjelmassa saavutettuja säästöjä. Syitä odotettua pienemmille kustannussäästöille on monia: esimerkiksi transaktiokustannukset ovat olleet odotettua korkeammat ja markkinoilla ei ole ollut tarpeeksi toimijoita. SO<sub>2</sub>-kaupan onnistuneisuutta edelsi viranomaisten vähäinen rooli kaupankäynnin yhteydessä ja toimijoiden riittävä määrä markkinoilla. Sekoittuvien saasteiden kuten kasvihuone-

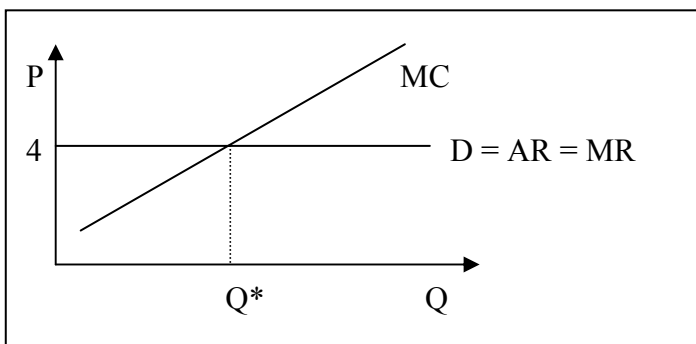
kaasujen kohdalla päästökauppa pääsee paremmin oikeuksiinsa, kun paikallisiin näkökohtiin ei tarvitse kiinnittää huomiota. Niin sanottuja hot spots –ongelmia eli paikallisalueiden saasteita ei synny, koska sekoittuvien saasteiden kohdalla ei ole väliä tuotetaanko päästö Jyväskylässä vaiko Tokiossa. EU:n päästökauppajärjestelmän toimii toisaalta edelläkävijänä Kioton mukaiselle kauppakaudelle ja kerää kokemuksia tulevalle päästökauppakaudelle. Edelläkävijän etuina voidaan mainita kilpailuetu verrattuna jälkijunassa mukaan tulevia kohtaan ja esimerkivaikutus, jolla voidaan provosoida muitakin maita ottamaan osaa yhteisen ongelman ratkaisemiseksi. Ongelmien globaalisuuden vuoksi kehitysmaiden asteittainen sitominen kasvihuonekaasupäästökaupan tavoitteisiin on kasvihuoneilmaston hidastamisen kannalta välttämätöntä, sillä päästöt kehitysmaissa kasvavat jatkuvasti. Ylikansallisten ongelmien ratkaiseminen kansallisella tasolla on mahdotonta. Esimerkiksi Suomen maaperältä johdetaan ilmakehään vain noin 0,3 prosenttia maapallon hiilidioksidipäästöistä. Liian tiukkojen rajojen asettaminen ei ratkaisisi koko maapallon tilannetta ja johtaisi mitä todennäköisimmin vain päästöjen siirtymän maasta toiseen. (Määttä 1999: 107–110; Määttä 2000: 63, 69–71.) Kara (2005a: 12–13) nostaa esille erityisesti Suomen aseman EU-maiden joukossa: Suomi on huomattavan energiantensiivinen kansantalous sekä maantieteellisesti että taloudellisesta näkökulmasta katsottuna. Muutokset energiasektorilla koko EU-alueen kannaltakin ovat merkittäviä. Energian kokonaiskysynnän on havaittu olevan jatkuvassa kasvussa niin Suomessa kuin globaalistikin. Kokonaiskysynnän kasvu johtuu pitkälti teollisuuden yhä kasvavasta kysynnästä. Suomessa energian kokonaiskysyntä on viime vuosina kasvanut likimain talouskasvun tahdissa. (Työryhmäraportti 2000: 20, 27.) Kasvua on huomattavissa myös kuluttajasektorilla kotitalouksien täyttyessä sähkölaitteista, joista useat kuluttavat virtaa läpi vuorokauden myös niin sanotussa valmiustilassa. Sähkön tuotanto on siten kiinteästi osana päästökauppaa ollessaan yksi merkittävä päästölähde.

### 3.5. Hinnoittelun teoria

Päästölupahinnat vaikuttavat sähkön hintoihin ja sitä kautta välillisesti monille eri aloille. Hinnoittelun ja tasapainohinnan ymmärtäminen on ehkä helpointa aloittaa täydellisen kilpailun markkinoilla. Täydellisen kilpailun markkinoilla yksittäinen myyjä tai ostaja ei pysty vaikuttamaan vallitsevaan markkinahintaan, vaan hinta määräytyy markkinakysynnän ja –tarjonnan mukaan. Tasapainohinta saavutetaan kysyntä- ja tarjontakäyrän leikkauspisteessä. Mikäli hinnat ovat liian korkeat eli tasapainohintaa korkeammalla, markkinoilla on liikatarjontaa. Liian alhaisilla hinnoilla, eli tasapaino-

hintaan alhaisemmilla hinnoilla, markkinoilla on puolestaan liikkakysyntää. Liikkakysynnän tai –tarjonnan vallitessa hinta siis poikkeaa tasapainotasostaan. Hinnanmuutos jatkuu aina kunnes tasapaino eli kysyntä- ja tarjontakäyrän leikkauspiste saavutetaan. Markkinat itsessään korjaavat tilanteen yhteiskunnan kannalta parhaimpaan tilanteeseen eli tilanteeseen, jolloin kuluttajan ja tuottajan ylijäämien summa on mahdollisimman suuri. (Pekkarinen & Sutela 2000: 73–75.)

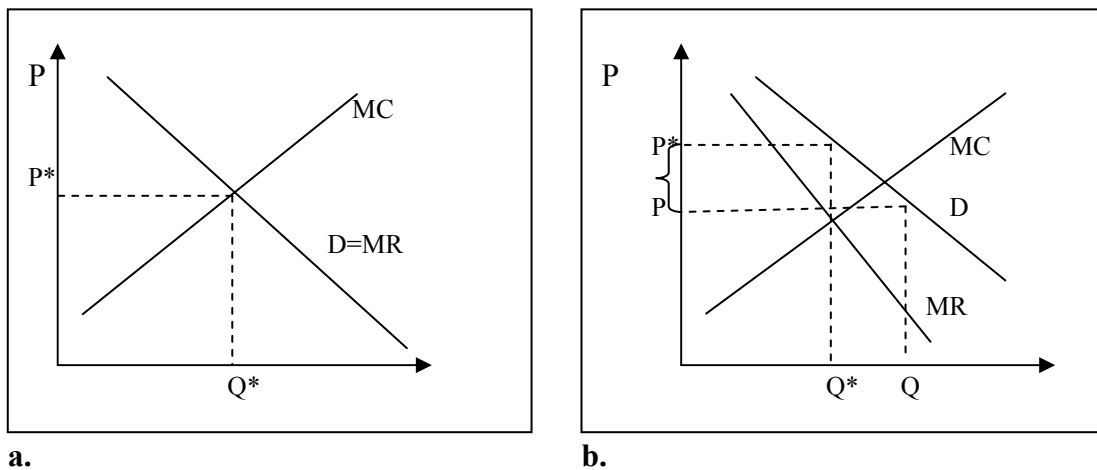
Monopolimarkkinoita on helppo ymmärtää vertaamalla tilannetta täydellisen kilpailun markkinoihin. Kun täydellisen kilpailun markkinoilla yrityksiä on paljon ja ne ovat suhteessa pieniä, monopolimarkkinoilla on vain yksi tarjoaja, joka voi määrätä markkinahinnan (Pekkarinen & Sutela 2000: 84). Sanotaan, että täydellisen kilpailun markkinoilla yksittäinen yritys on hinnan ottajana kun taas monopolimarkkinoilla yritys on hinnan asettajana. Yksittäisen yrityksen näkökulmasta katsottuna kysyntäkäyrä on täydellisen kilpailun markkinoilla vaakasuora. Tämä on esitetty graafisesti kuviossa 7. (Pindyck & Rubinfeld 2000: 256–257.) Yritys maksimoi tuotantomääränsä ja samalla myös voittonsa markkinoilla vallitsevan hinnan ja rajakustannustensa perusteella. Yksittäisen yrityksen näkökulmasta kysyntäkäyrä edustaa samalla myös keskimääräistä tuloa (AR, average revenue) sekä rajatuloa (MR, marginal revenue). Tämä voidaan testata ja todistaa matemaattisesti: oletetaan, että  $P=4$ , kuten kuviossa 7 ja  $Q^*=2$ . Kokonaistulot (TR, total revenue) yritykselle ovat  $P \cdot Q$ . Keskimääräinen tulo AR on  $TR/Q = P \cdot Q / Q = P$ . Keskimääräinen tulo MR on  $\partial TR / \partial Q$ . Sijoittamalla hinnan  $P$  ja määrän  $Q^*$  edellä annettuihin yhtälöihin havaitaan, että  $AR = MR = P$ .



**Kuvio 7.** Tuotannon optimipiste yksittäisen yrityksen näkökulmasta täydellisen kilpailun markkinoilla (Pindyck & Rubinfeld 2000).

Voittonsa maksimoimiseksi monopolitoimijan on omien rajakustannustensa ja rajatulojensa lisäksi osattava määrittellä markkinoilla vallitseva kysyntä (Pindyck &

Rubinfeld 2000: 328). Täydellisen kilpailun markkinoilla hinta on annettu, mutta monopolimarkkinoiden toimija *muodostaa itse* vallitsevat markkinat, ja siten määrää markkinoilla tuotettavan määrän ja sille annettavan hinnan. Monopolimarkkinoilla toimivan yrityksen voitto maksimoituu rajatulon ja rajakustannusten leikkauspisteessä. Ero täydellisen kilpailun ja monopolimarkkinoiden välillä voidaan nähdä siinä, että siinä täydellisen kilpailun markkinoilla toimivan yrityksen hinnoittelu ja tuotannon taso on pareto-optimaalista. Monopolimarkkinoilla pareto-optimaalisuus ei kuitenkaan toteudu (ks. kuvio 8). Monopoli johtaa pienempään tuotantotasoon ja korkeampiin markkinahintoihin. (Pekkarinen & Sutela 2000: 77.) Kuvasta huomataan monopolin tuottama voitto ( $P^* - P$ ) ja pienempi tuotannon taso  $Q^*$ .

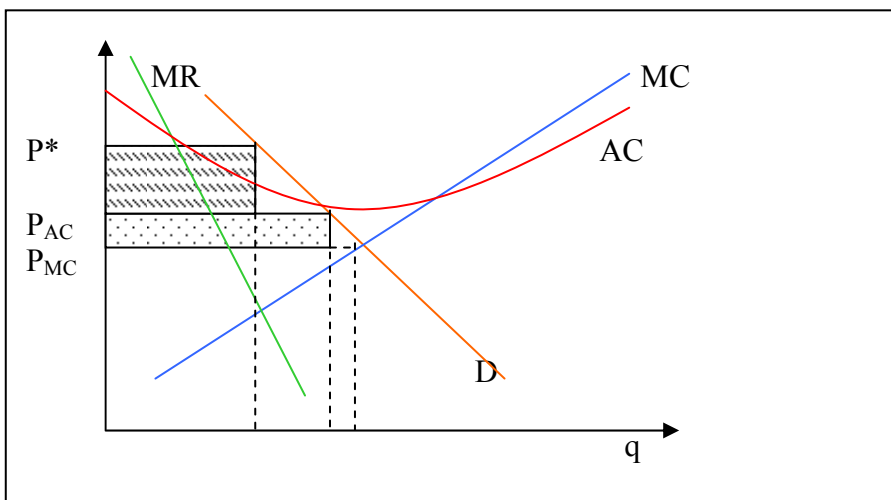


**Kuvio 8.** Voiton maksimointi täydellisen kilpailun markkinoilla (a) ja monopolimarkkinoilla (b) (Pekkarinen & Sutela 2000: 87).

Puhtaan monopolin esiintyminen on harvinaista. Luonnollinen monopoli esiintyy usein aloilla, joissa on suuret kiinteät kustannukset ja pienet muuttuvat kustannukset. Useimmat julkishyödykkeet, kuten sähkö ja kaasu, ovat luonnollisen monopolin kaltaisia: sähkö- ja kaasuverkoston rakentaminen vaatii suunnattomasti investointeja, mutta sähkön tai kaasun yhden lisäyksikön tuottamisella verkostossa on suhteellisen pienet kustannukset. Säännöstelemättömillä markkinoilla luonnollinen monopoli toimii siinä missä puhdas monopolikin eli voitto maksimoituu kohdassa  $MC=MR$ . Monopoli-voiton osuus muodostuu silloin asetetun hinnan ja kokonaiskustannusten välisestä erotuksesta. Monopolihinnoittelun, tuotannon tehottomuuden ja yhteiskunnan hyvinvointitappion muodostumisen vuoksi monopolit eivät ole suotavia suurimmalla



osalla aloista. Luonnollisen monopolin tapauksessa sääntely muodostaa kuitenkin ongelman: asetettaessa hinta yhteiskunnan kannalta optimaaliseen tilanteeseen (jolloin  $P=MC$ ) yritys ei saa katettua kustannuksiaan (ks. kuvio 9). Yritys kykenee myymään hyödykettä alhaisimmillaan silloin kun  $P=AC$ , mutta tällöin tuotanto on yhteiskunnan kannalta tehotonta ja yhteiskunnan on määrättävä hinta  $P$ . Jos valtio tavoittelee rajakustannusten mukaista hinnoittelua ja tehokasta tuotantoa (jolloin  $P=MC$ ), sen on tuettava yritystä maksamalla tukimaksuja  $(P_{AC} - P_{MC}) \cdot q$  verran, joka kuvaa kuviossa 9 pisteytettyä aluetta.



**Kuvio 9.** Luonnollisen monopolin hinnoittelu.

Valtio tukee mieluummin omaa kuin yksityistä yritystä, sillä keskimääräisten kustannusten selvittäminen on ulkopuolisen toimeksiantonakin hyvin vaikeaa. Vaikka monopoli olisi valtion omistama, pitäisi kannattavuus siitä huolimatta rahoittaa. Useimmin tämä rahoitus toimisi verotulojen kautta. Sääntelyä harkittaessa on tutkittava kummasta on enemmän taloudelle rasitetta, verotuksen kiristäminen kannattavuuden rahoittamiseksi, vaiko korkean monopolihinnan ja tehottoman tuotannon salliminen markkinoilla. (Pekkarinen & Sutela 2000: 87–88.)

Oligopolimarkkinoilla toimijoita on muutama, mutta niidenkin hinta ylittää rajakustannukset. Kun täydellisen kilpailun markkinoilla yritys on hinnan ottaja ja monopolimarkkinoilla hinnan asettaja, oligopolimarkkinoilla yritystä voidaan kuvata hinnan etsijänä. Tuotantomäärän ja hinnan lisäksi oligopolitoimija pyrkii analysoimaan kilpailijoihinsa ja ottamaan huomioon myös muun saatavilla olevan relevantin tiedon. Useimmat

oligopoli- ja monopolimarkkinoilla toimivat yritykset noudattavat täyskustannushinnoittelua, jolloin hintoja muutetaan vain mikäli kustannukset muuttuvat. Kustannusten nousu pystytään tällaisissa tapauksissa siirtämään helposti suoraan hintoihin. (Pekkarinen & Sutela 2000: 88–90.) Tilannetta voidaan hahmotella kuviossa 8 kohdan b avulla. Kustannusten noustessa rajakustannuskäyrä siirtyy vasemmalle. Uusi voitonmaksimointi piste löytyy jälleen rajakustannus- ja rajatulokäyrien leikkauspisteestä, mutta samalla huomataan, että tuotettu määrä on vähentynyt entisestään ja hinnat kohonneet.

Vuonna 2004 Suomen suurimmat sähkön tuottajat olivat Fortum (osuus koko tuotannosta 29 prosenttia), Pohjolan Voima (22 prosenttia) ja Helsingin Energia (9 prosenttia) (Kara 2005: 7). Suomen sähköntuotanto on hyvin keskittynyttä muutamalle suurimmalle tuottajalle, joka voidaan verrata edellä esitettyyn oligopolimarkkinatilanteeseen. Sähkön kysyntä on kokonaisuudessaan melko joustamatonta, sillä sähköä on vaikeaa korvata muilla energiamuodoilla. Yhteiskunta sähköistyy koko ajan kotitalouksien täytyessä yhä enenevässä määrin erilaisilla elektronisilla laitteilla. Sähkön kysyntä tunnetaan melko hyvin, sillä sitä voidaan ennustaa suhteellisen hyvin edellisten vuosien pohjalta. Päivittäiset kysynnän ja tarjonnan muutokset käydään pörssissä — jos sähköä on tuotettu enemmän kuin kysyntää on ollut, sitä myydään pörssiin ja vastaavasti tarvittaessa sähköä ostetaan pörssistä. Sähkön kysynnän tiedostaminen helpottaa sähkön tuottajia määrittelemään sähkön myyntihintoja. Uusia kilpailijoita sähkömarkkinoilla syntyy vähän, koska suuret investoinnit sähkön tuotantoon toimivat markkinoille tulon esteinä. Markkinoiden jakautuminen muutamalle päätoimijalle, sähkön korvaamattomuus muilla substituuteilla ja markkinoille tulon vaikeus ovat tekijöitä, jotka peilattuna monopoliteoriaan vahvistavat vain käsitystä sähkömarkkinoiden monopolistisuudesta.

## 4. PÄÄSTÖKAUPAN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET SÄHKÖN HINTAAN

### 4.1. Päästökaupan taloudelliset vaikutukset

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi luotu päästökauppajärjestelmä vaikuttaa erityisesti fossiilisten poltto- ja raaka-aineiden käyttöön. Päästöjen hillitsemiseksi niiden käyttöä on rajoitettava, mutta samalla sillä on vaikutuksia talouskasvuun ja talouden rakenteisiin. Päästökaupan vaikutus yritysten toimintaan syntyy päästöoikeuksien hankkimisesta ja hallussapidosta aiheutuvista kustannuksista. Päästökauppa vaikuttaa korottavasti fossiilisten polttoaineiden hintoihin ja sitä kautta tuotannon rajakustannuksiin. Päästöoikeuksien ilmaisjaossa päästöluvat eivät sinällään kuitenkaan vaikuta tuotannon rajakustannuksiin. Koska yrityksellä on mahdollisuus myydä lupiaan, sen kannattaa arvostaa ne markkinahintaan. Vaikutus rajakustannuksiin on silloin markkinahinnan mukainen, vaikka yrityksen ei tarvitsisikaan ostaa lupia alkujaossa saatujen lupien lisäksi, sillä yrityksellä on mahdollisuus myydä omat päästöoikeutensa markkinahintaan jollekin toiselle. (Honkatukia 2005.)

Rajakustannusten nousulla on vaikutuksia tuotannon tasoon. Erityisesti globaaleilla markkinoilla käyvien yritysten kilpailukykyyn vaikutukset ovat kilpailukykyä heikentäviä. Vaikutukset viennissä riippuvat paljolti siitä, kuinka suoraviivaisesti muutokset kustannuksissa siirtyvät tuotteiden hintaan. Päästölupien ilmaisjaolla on pyritty lieventämään kannattavuuden heikkenemistä aiheutuvia kustannuksia siten, että kustannusmuutokset kannustaisivat kuitenkin päästöttömämpiin polttoainevalintoihin. (Honkatukia 2005.) Ilmaisjaolla on siten tavoiteltu kilpailukykyyn säilyttämistä eritoten globaaleilla markkinoilla, joilla päästökauppaa harjoittamattomatkin käyvät kauppaa, mutta kuitenkin ohjaamaan yrityksiä ympäristöystävällisempiin valintoihin.

Päästökauppa voi lisätä Suomen riippuvuutta tuontisähköstä. Jos sähkön hinta nousee korkealle, halu tuoda halvempaa sähköä Venäjältä Suomeen lisääntyy. Liiallista riippuvuutta tuontisähköstä on huoltovarmuuden säilymiseksi pyrittävä välttämään. Vapaat energiamarkkinat ja osittain myös päästökauppa heikentävät entisestään energiamarkkinoiden huoltovarmuutta. Sähkön tuonnin lisääminen edellyttää kuitenkin rajasiirtoyhteyksien lisärakentamista, joka puolestaan hidastaa riippuvuuden syntymistä Venäjälle. Rajallinen kapasiteetti toimiikin eräänlaisena rajoitteena sähkön vapailla markkinoilla, koska sähköä voidaan toimittaa vain kapasiteetin rajoissa. Suomen kannalta sähkön tuontia osittain hidastaa myös yhdentyminen Keski-Euroopan

sähkömarkkinoihin, koska maamme sähkö on keskieuropalaiseen hintatasoon verrattuna edullista. Keski-Euroopan korkea hintataso selittyy vesivoiman vähyydellä. (Kara 2005b: 62, 67.) Karan (2005a: 112) mukaan suurimpia hyötyjiä EU:n päästökaupassa ovat Ranska ja Saksa ja häviäjiä Suomen kaltaiset pienet maat, jotka jo ovat energiantuotannoltaan ja –kulutukseltaan valmiiksi tehokkaita. Suhteellisesti eniten päästökauppa vaikuttaa suomalaisten toimijoiden keskuudessa pieneen ja keskisuureen teollisuuteen, pienkuluttajiin sekä energiantensiiviseen teollisuuteen, jolla ei ole omaa tai osakkuustuotantoa.

## 4.2. Sähkömarkkinat ja sähkön hinnan muodostuminen

### 4.2.1. Sähkömarkkinat Suomessa ja pohjoismainen sähköpörssi

Sähkömarkkinat ovat toimineet Suomessa reilun kymmenen vuoden ajan, jonka perusteella voidaan sanoa, että sähkömarkkinat ovat ympäristössämme vielä melko tuore käsite. Suomen sähköhuoltoalan kehitys oli hyvin kansallista 1980-luvun lopulle saakka. Sähkökauppaa oli käyty erityisesti Neuvostoliiton ja Pohjoismaiden kanssa, ja samalla kartutettiin kokemusta rajat ylittävästä sähkökaupasta. (Jylhä 2006: 15–16.)

1990-luvun alussa sähkömarkkinat alkoivat vähitellen kansainvälistyä ja kehittyä kohti vapaita sähkömarkkinoita. Vuonna 1995 Suomessa astui voimaan sähkömarkkinalaki, jonka tarkoituksena oli parantaa sähkömarkkinoiden toimivuutta. Sähkömarkkinalailla haluttiin turvata tehokasta ja kilpailukykyistä sähkön tuotanto-, siirto- ja jakelujärjestelmää sekä yhdistää Suomi enenevässä määrin pohjoismaisiin ja tulevaisuudessa myös avautuviin eurooppalaisiin markkinoihin. Tällä hetkellä Euroopassa toimii useita alueellisia sähköpörssejä, joista parhaiten toimivimpien joukkoon lukeutuu pohjoismainen sähköpörssi Nord Pool. (Kara 2005a: 3.)

1990-luvulla vallitsi ylikapasiteettitilanne sähkön tuotannossa, ja tätä haluttiin tehostaa avoimilla sähkömarkkinoilla. Tällä hetkellä kapasiteetista on pikemminkin pulaa, sillä voimalaitosinvestointeja tehdään vähemmän suhteessa kasvavaan energian kysyntään. Tasapainoisessa sähköjärjestelmässä näiden tekijöiden tulisi kehittyä suunnilleen samassa tahdissa. Vuosina 1995–2004 Pohjoismaiden sähkömarkkina-alueella (Islanti pois lukien) sähkön käytön keskimääräinen kasvu oli 1,3 prosenttia vuodessa, kun asennettu voimalaitoskapasiteetti oli kasvanut vain 0,4 prosenttia vuodessa samana aikana. (Kara 2005b: 7, 68.) Sähkön tarpeeseen vaikuttaa monta eri tekijää. Vuodenaika,

viikonpäivä, vuorokaudenaika sekä sää, ovat eräitä oleellisia sähkön hetkittäiseen kysyntään vaikuttavia tekijöitä. Viikonloppuina ja juhlapyhinä kulutetaan kotitalouksissa enemmän sähköä kuin päivisin arkiviikolla. Suomen kaltaisissa kylmissä maissa energiaa kuluu vastaavasti talvella enemmän, koska lämmitys haukkaa suurimman osan kotitalouksien käyttämästä energiasta. KSS Energia Oy mainitsee sivuillaan, että kodin energiankäytöstä noin puolet kuluu lämmityksessä. Sähkön tuotannon on vastattava joka hetki sähkön kulutusta, koska sähkön varastoiminen suuremmassa mittakaavassa on taloudellisesti kannattamatonta. Investoinnit sähkön tuotannossa ovat pitemmän tähtäimen suunnitelmia, ja päästökauppa on omiaan vaikeuttamaan investointipäätösten tekoa. (Kara 2005b: 5.)

1990-luvulla perustetun pohjoismaisen sähköpörssin taustalla oli ajatus tasata suuria hintaheilahteluja yhdistämällä Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan sähkömarkkinat. Sähköpörssin emoyhtiö ja finanssimarkkinoiden ylläpitäjänä toimii Norjan ja Ruotsin kantaverkkojen puoliksi omistama Nord Pool ASA. Fyysisen sähkön kauppapaikkana toimii Nord Pool Spot AS. Pohjoismaiset sähkömarkkinat ovat tasanneet sähkön hintoja Pohjoismaiden kesken, mutta voimakkailta hintaheilahteluilta ei ole vältytty. Syitä voimakkaisiin hintaheilahteluihin ovat muun muassa pienet markkinat ja Pohjoismaiden suuri riippuvuus vesivoimatuotannosta. Yhteisen markkina-alueen sisällä sähköä tuotetaan aina siellä missä se on halvinta. (Jylhä 2006: 16; Kara 2005b: 31, 36.) Päästöjen kustannustehokas vähentäminen toimii siis samalla periaatteella kuin yhteisillä sähkömarkkinoilla eli sisämarkkinoilla toimiva sähköntuotanto.

Pohjoismaista sähkökauppaa käydään sekä Nord Poolissa että pörssin ulkopuolisilla markkinoilla eli OTC-markkinoilla<sup>1</sup>. Markkinoilla toimivat pääosin sähkötuottajat, -myyjiä, -välittäjiä tai suuria teollisuusyrityksiä. Nämä kaikki lukeutuvat niin kutsuttuihin suurtoimijoihin, koska pörssin kiinteiden maksujen ja kaupankäyntitakuiden suuruuden vuoksi pientoimijoiden kannattaa käyttää enemmän välittäjiä kuin ostaa sähköä pörssistä itse. (Kara 2005a: 22.)

Elsport-markkinoilla käydään kauppaa seuraavan vuorokauden tunnittaisista sähkön toimituksista. Markkinaosapuolet jättävät osto- ja myyntitarjouksensa klo 13.00 Suomen aikaa mennessä, jolloin seuraavan päivän markkinat suljetaan. Markkinoiden sulkeutumisen jälkeen todellisiin toimituksiin on vielä 12–36 tuntia aikaa, jolloin

---

<sup>1</sup> OTC = Over the counter. Kahden yrityksen tai osakevälittäjän avulla tehtävä sopimus (Fortum vuosikertomus 2005: 42).

tuotannossa tai kysynnässä voi tapahtua muutoksia. (Kara 2005a: 22.) Tuotantolaitoksissa voi esimerkiksi syntyä teknisiä ongelmia tai kysyntä kasvaa kylmentyneen sään vuoksi. Kysynnän ja tarjonnan heilahteluja voidaan tasapainottaa Elspotin jälkimarkkinoilla eli Elbas-markkinoilla. Tuntia ennen todellista toimitusta saatetaan huomata, että sähköä tarvitaankin enemmän kuin mitä tuotannosta syntyy ja Elspotista on ostettu, mutta tilanne voidaan korjata ostamalla lisää sähköä Elbas-markkinoilta. Liikatarjonnan tilanteessa yhtiö voi vastaavasti myydä sähköä Elbas-markkinoille. Viimeinen mahdollisuus käydä kauppaa seuraavalle tunnille on aina tuntia ennen todellista toimitusta. Elbas tasaa heilahteluja ja pienentää riskiä pörssissä käytävässä sähkökaupassa.

Yksi Nord Poolin suurimpia ongelmia on markkinoiden keskittyneisyys, kun markkinoita hallitsee muutama suurempi sähköntuottaja. Tällaisilla oligopolimarkkinoilla muutamat toimijat pystyvät halutessaan vaikuttamaan sähkön hintaan pidättämällä tuotantoa luoden niukkuutta sähkön tarjontaan, joka taas johtaa sähkön hinnan nousuun. Keskittyneisyys korostuu erityisesti tilanteissa, joissa rajajohtojen kapasiteetti rajoittaa entisestään toimijoiden lukumäärää, jolloin maan aluehinta muodostuu ainoastaan maan omien toimijoiden Elspotiin jättämistä osto- ja myynti-tarjouksista. Suomessa keskittyminen on tällaisessa tilanteessa hyvin suurta, koska suomalaisia toimijoita on markkinoilla hyvin vähän. (Kara 2005a: 47.) Hyvä esimerkki Suomen aluehinnan räjähdysmäisestä piikistä on 19. tammikuuta 2006, jolloin päivän keskiarvohinta (Suomen aluehinta jaettuna 24 tunnilla) oli noin neljä kertaa suurempi kuin helmikuun 2005 alussa.

Kasvava sähkön kulutus vaatii tulevaisuudessa myös enemmän tuotantokapasiteettia tarpeen tyydyttämiseksi. Pohjoismaisella tasolla energian kulutus on kasvanut 17 prosenttia vuosina 1992–2002, mutta asennettu kapasiteetti sen sijaan vain kaksi prosenttia. Uusien toimijoiden tulo sähkömarkkinoille on kuitenkin suhteellisen hankalaa. Suomessa ja muissa Pohjoismaissa kannattavimman tuotantomuodon eli vesivoiman rakentaminen ei nykyisen lainsäädännön puitteissa ole edes mahdollista, koska jäljellä olevat vesivoimatuotannolle hyödylliset vesistöt ovat suojeltuja ja ydinvoiman lisärakentaminen vaatii aikaa vievän lupapäätöksen. (Kara 2005a: 12.) Usein sähkön tuotantomuoto, kuten vesi- ja ydinvoima, on myös hyvin pääomaintensiiivistä, joka vaikeuttaa entisestään uusien toimijoiden tuloa markkinoille.

Suomi on riippuvainen tuontisähköstä. Kasvavaa sähkön tarvetta ja kilpailukyvyyn takaamiseksi tarjottavaa edullista sähköä on suunniteltu tuotavan merikaapelin avulla Venäjältä Suomeen. Energiaintensiivisillä aloilla sähkön hinnan nousu heikentää kilpailukykyä globaaleilla markkinoilla. Merikaapeli hidastaisi sähkön hinnan nousua ja saattaisi jossain määrin alentaa sähkön hintoja (Talouselämä 2006). Vesivoima määrittelee sen, kuinka paljon sähköä tuotetaan muilla keinoilla. Käytettävän vesivoiman määrään vaikuttaa sen sijaan vuotuinen hydrobalanssi, joka huomio muun muassa maankosteuden ja lumitilanteen. Hydrobalanssia voidaankin kutsua vesivoiman odotusarvoksi, jonka pohjalta tulevia vesivarantoja voidaan arvioida. Olettaen, että merikaapeli toimisi moitteettomasti ja saatava sähköenergia olisi taattua, voitaisiin merikaapelin vaikutus markkinoilla nähdä stabiloivana tekijänä. Vesitilanteen dominoiva vaikutus vähenisi, kun olisi varmaa, että osa maan sähköenergiasta saataisiin tasaisena virtana muualta vesivoimasta riippumatta. Fingrid on suhtautunut merikaapelihankkeeseen hyvin kielteisesti (Talouselämä 2006). Fingridin huolen aiheena on erityisesti taattu sähkön tuonti sekä sähköverkon toimintavarmuus. Teollisuus on sen sijaan erittäin kiinnostunut halvemmasta sähköstä. Sähkömarkkinoiden yksi tärkeä toimintaedellytys on sekä maiden sisäisten että rajasiirtoyhteyksien riittävä siirtokyky (Empower Link 2002). Fingrid (2006) on erityisesti huolestunut Venäjälle syntyvästä tuontiriippuvuudesta, mikäli merikaapeli aiotaan rakentaa. Tuonnin äkillinen pois jääminen tai rajoittaminen voisi aiheuttaa sähköpulan Suomessa ja vaarantaa voimajärjestelmän toimintakykyä. Kasvavaa sähkön kysyntää on ympäristöystävällisen ajattelun kylvämiselläkään käytännössä mahdotonta saadaan kuriin kovinkaan nopeasti. Kysyntään on vastattava tuotannon taholta. Kara (2005b: 21–24) toteaaakin, että uusia siirtoyhteyksiä tullaan kasvavan kysynnän ja vapaiden markkinoiden johdosta tarvitsemaan lisää jatkossakin. Hän myös toteaa, että sähkön tuonti Venäjältä ja Baltian maista laskee sähkön hintaa pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Yhteyksien lisääminen Manner-Eurooppaan sen sijaan nostaisi sähkön hintoja siellä vallitsevan korkean hintatason vuoksi. Toisaalta Euroopan unionin tavoitteena on integroida yhtenäiset sähkömarkkinat koko unionin alueelle, mistä johtuen yhteyksiä on vahvistettava tulevaisuudessa myös Keski-Eurooppaan.

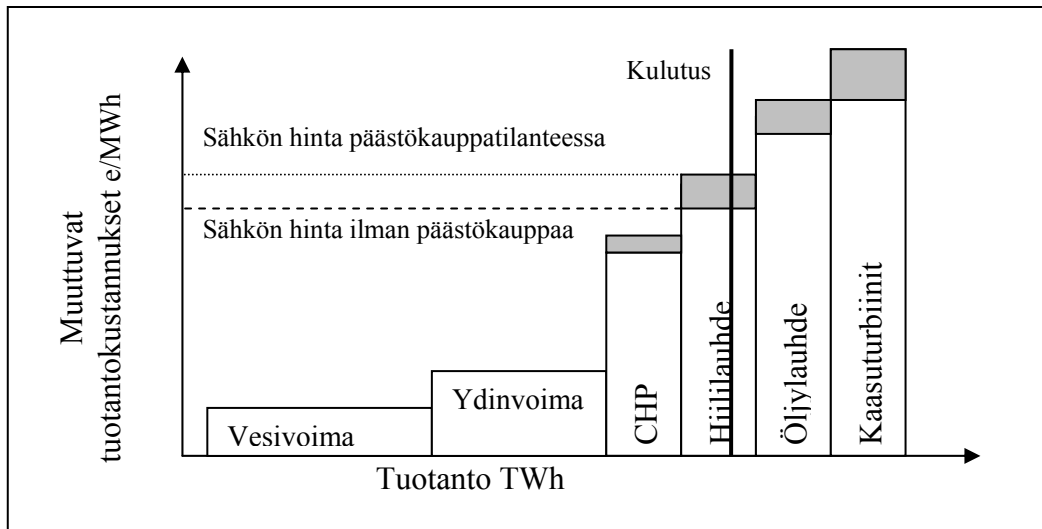
#### 4.2.2. Sähkön hinnan muodostuminen

Sähköntuotannon kustannukset koostuvat kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista. Suurin osa kiinteistä kustannuksista on pääomakustannuksia, ja muuttuvat kustannukset määräytyvät tuotannon mukaan. Voimalaitokset voidaan kustannusrakenteen mukaan

karkeasti jaotella korkeiden muuttuvien kustannusten tai korkeiden kiinteiden kustannusten mukaan. Vesi-, tuuli- ja ydinvoima ovat hyvin pääomaintensiivisiä voimalaitoksia, joilla on suuret kiinteät kustannukset mutta pienet muuttuvat kustannukset. Sen sijaan öljy-laude- ja kaasuturbiinituotannolla on korkeat muuttuvat kustannukset mutta pienet kiinteät kustannukset. Luonnollisesti kiinteät kustannukset saavat katetta, kun pörssihinta ylittää tuotannon muuttuvat kustannukset. Tästä johtuen vesi- ja ydinvoimat tuotanto saavat usein katetta myös kiinteille kustannuksilleen, koska sähkön pörssihinta useimmiten ylittää näiden tuottajien muuttuvat kustannukset. (Kara 2005a: 25–26.)

Päästökauppa vaikuttaa sähkön tuotantokustannuksiin lisäämällä tuotettuja hiilidioksidipäästöjä vastaavan markkinahintaisen arvon sähkön tuotantokustannuksiin. Niin kauan kuin yritykselle riittää saadut päästöluvut, sen tuotantokustannukset eivät periaatteessa ole muuttuneet mihinkään. Koska luvat on kuitenkin mahdollista myydä pörssissä, kuten aiemmin on jo tullut esille, sähköä tuottavat ja myyvät toimijat siirtävät päästölupahinnat täysimääräisenä myytävän sähkön hintaan. Toimija maksimoi voittonsa arvottaen päästöluvut vain osana toimintaa, vaikka vähentämällä tuotetun sähkön määrää. (Kara 2005a: 52.) Muutoksia muuttuvissa kustannuksissa on helpompaa ajatella tilanteessa, jossa kenellekään ei ole ilmaisia päästöluvia ennestään. Mikäli sähköä tuotetaan tällöin siten, että siitä syntyy päästöjä, joutuu tuottaja ostamaan päästöjä vastaavan määrän päästöluvia. Päästöluvista muodostuu näin ollen uusi kustannuserä, joka riippuu tuotettujen päästöjen määrästä. Kokonaiskustannukset kasvavat, joka heijastuu siten myös hyödykkeen hintaan. Kuviossa 10 on periaatekuva sähköhinnan muodostumisesta. Tummennetut alueet kuvaavat päästöoikeuden tuomia lisäkustannuksia tuotantomuodoittain.





**Kuvio 10.** Periaatekuva sähköhinnan muodostumisesta (Kara 2005a: 59).

Sähkön pörssihinta toimii myös hintareferenssinä OTC-markkinoille, sillä vaihtoehtona on aina myydä tuotettu energia pörssiin. Tuottaja ei voi myöskään myydä tuottamaansa energiaa pörssihintaa kalliimmalla, koska vastaavasti ostajalla on mahdollisuus käydä ostamassa energiansa halvemmalla esimerkiksi pörssistä. Viime vuosina sähkön spot-hinta Pohjoismaissa on ollut lähellä hiililauhdevoiman muuttuvia kustannuksia. (Kara 2005a: 25–26.)

Päästökauppa kannustaa vähentämään fossiilisten polttoaineiden ja turpeen käyttöä energialähteenä päästöjen vähentämiseksi. Sähkemarkkinoilla tämä merkitsee halvemmän polttoaineen korvautumista kalliimmalla polttoaineella, jolla on pienempi ominaispäästökerroin. Päästölupien hintataso vaikuttaa siten eri polttoaineiden kysyntään ja kilpailukykyyn. Suomessa kilpailukykyään on menettänyt turve, kun taas uusiutuvista polttoaineista puu on erityisesti kasvattanut kysyntäänsä. (Kara 2005b: 58, Ekonomi 2006.) Kun sähköä joudutaan tuottamaan kalliimmalla raaka-aineella, sähkön tuotantokustannukset nousevat, mikä näkyy lopulta sähkön markkinahinnan nousuna.

Korkeista päästölupahinnoista aiheutuvia välillisiä vaikutuksia on nähtävissä puun raaka-aineen uudelleen hinnoittelussa: kannot olivat ennen ilmaista raaka-ainetta yrityksille, mutta kysynnän kasvaessa on niistäkin tullut maksullisia. Myös sahoilta tulevat sahanpurut hyödynnetään ja metsistä otetaan risut talteen. Puusta kilpailevan

energianteollisuuden ohella kohonnut puun hinta vaikuttaa myös puuta raaka-aineenaan käyttävään teollisuuteen.

Windfall-voitoiksi kutsutaan ansiottomia lisätuottoja. Päästökaupan yhteydessä on joillekin yrityksille muodostunut niin sanottuja windfall-voittoja, kun ne ovat päässeet hyötymään sähkön hinnan kohoamisesta ilman lisäkuluja. (Kara 2005a: 68.) Vuonna 2005 muun muassa Fortum keräsi 25 miljoonaa euroa windfall-voittoja päästöoikeuksilla. Toisaalta hyvän vesivuoden ansiosta Fortum pystyi seisottamaan hiililauhdevoimaloittoa Inkoossa ja Porissa sekä turvevoimalaa Haapavedellä, jolloin sille ei tullut tarvetta käyttää päästöoikeuksiaan. (Kauppalehti 2006.) On syytä kuitenkin huomioida, että osa Fortumin strategiaa jo ennen päästökaupan alkamista on ollut keskittyminen puhtaaseen energiaan (Fortumin Ilmastoaloite 2000). Voisikin sanoa, että windfall-voitot Fortumin päästövapaista investoinneista ovat olleet tuottoa onnistuneesta strategiasta, ja juuri tämän kaltaisiin päästövapaisiin investointeihin päästökauppa yrityksiä kannustaakin.

Sähkön hinnan nousun suurimmat vaikutukset kohdistuvat energiaintensiivisille aloille kuten metsä- ja metalliteollisuudelle. Kohoava sähkön hinnan nousu sekä korkeat päästölupahinnat ovat tekijöitä, mitkä voivat johtaa energiaintensiivisen teollisuuden muuttamista alueille, joissa ei ole päästörajoja. Lopputuloksena tämä voi globaalien nettopäästöjen kasvuun, mikä johtaa siihen, ettei toivottua ympäristöhyötyä saadakaan saavutettua.

## 5. EMPIIRINEN ANALYYSI PÄÄSTÖLUPAHINTOJEN VAIKUTUKSESTA SÄHKÖMARKKINOILLE

Yhteisintegroituvuusanalyysi on suhteellisen tuore menetelmä (Engle & Granger 1987), jonka yksi yleinen soveltamisalue on pitkän aikavälin taloudellisten riippuvuussuhteiden tutkiminen (Laitinen, Setälä & Saarni 2006: 22). Regressioanalyysin suorittaminen epästationäärisille ja yhteisintegroitumattomille muuttujille aiheuttaa harhaisia tuloksia (niin sanottu näennäisregressio). Vielä noin 20 vuotta sitten muuttujat muutettiin vain rutiininomaisesti stationäärisiksi differoimalla, mutta samalla eliminoitiin pitkän aikavälin relaatio analyysistä pois. Yhteisintegroituvuusanalyysin avulla voidaan kuitenkin nykyään mallintaa pitkän aikavälin relaatioita epästationäärisille muuttujille aiheuttamatta näennäisregressiota.

Tutkielman empiirisessä osiossa aikasarjoille suoritettavan yhteisintegroituvuusanalyysin avulla selvitetään, onko aikasarjojen välillä havaittavissa yhteisintegroituvuutta eli pitkän aikavälin tasapainorelaatiota. Tasapainorelaation löytyminen tarkoittaa käytännössä sitä, että muuttujat eivät ajan kuluessa ajaudu kovin kauaksi toisistaan yhteisintegroituneessa relaatiossa. Analyysin avulla muodostettavasta pitkän aikavälin mallista saadaan selville, kuinka täydellisesti päästölupahinnat välittyvät sähkön spot-hintoihin. Sitä kautta voidaan pohtia, millaisia vaikutuksia päästölupahintojen siirtymisestä sähkön spot-hintaan aiheutuu sähkömarkkinoille. Lyhyellä aikavälillä muuttujat voivat väliaikaisesti poiketa pitkän aikavälin tasapainotilastaan, mitä voidaan analysoida lyhyen aikavälin dynamiikalla. Silloin mielenkiinnon kohteena on selvittää, kuinka nopeasti muuttujat palautuvat takaisin tasapainotilaan siitä poikettuaan.

### 5.1. Aikasarjojen integroituvuus ja yhteisintegroituvuus

Jotta yhteisintegroituvuusmenetelmää voidaan soveltaa ja siitä voidaan tehdä päätelmiä, on ensiksi selvitettävä aikasarjojen integroituvuusaste. Integroituvuusaste riippuu differoinnin määrästä, jolla aikasarja saadaan stationääriseksi. Aikasarja on stationäärinen, jos sen odotusarvo  $E[y_t]$ , varianssi  $\text{Var}[y_t]$  ja kovarianssi  $\text{Covar}[y_t, y_{t+n}]$  ovat ajassa vakioita. Mikäli aikasarja saadaan stationääriseksi ottamalla siitä differenssi  $d$  kertaa, sanotaan sen tällöin olevan integroitunut asteella  $d$ . Integroituvuusastetta merkitään  $I(d)$ :llä. Se, kuinka monta kertaa differenssi joudutaan ottamaan stationäärisyyden saamiseksi, riippuu aikasarjan yksikköjuurien määrästä. (Harris 1995: 15–18.)  $I(0)$  tarkoittaa, että aikasarja on stationäärinen ilman differointia. Aikasarjojen

integroituvuusaste ja stationäärisyyden testaaminen voidaan selvittää yksikköjuuritestillä. Taloudelliset aikasarjat ovat useimmiten epästationäärisiä (Gujarati 2003: 830). Ehkä yleisimmin käytetty yksikköjuuritestistä on Dickey & Fullerin (1979) ADF-testi (augmented Dickey-Fuller test). Nollahypoteesi olettaa  $y_t$ :n olevan epästationäärinen ja vastahypoteesi  $y_t$ :n olevan stationäärinen.

Aikasarjoille suoritettavat regressioanalyysit perustuvat siihen, että aikasarjat ovat stationäärisiä (Gujarati 2003: 830). Yksikköjuuritestistä on siten tärkeä virheellisen testaamisen välttämiseksi: epästationääristen aikasarjojen regressioanalyysillä saadut tulokset ovat harhaisia. Harharegression ongelmaa ei kuitenkaan esiinny silloin, kun epästationääriset aikasarjat ovat yhteisintegroituja. (Harris 1995: 27.)

Yhteisintegroituneet muuttujat ovat integroituneita aikasarjoja, joiden lineaarikombinaatio on stationäärinen (Pere 1990). Yhteisintegroituvuuden avulla tarkastellaan muuttujien välistä pitkän aikavälin relaatiota. Taloudellinen tulkinta yhteisintegroituvuudesta on se, että kaksi (tai useampi) aikasarjaa muodostavat pitkän aikavälin tasapainorelaation huolimatta siitä, että aikasarjat itsessään saattavat sisältäisivät stokastisia trendejä. (Harris 1995: 22; Gujarati 2003: 830.)

## 5.2. Johansenin yhteisintegroituvuusanalyysi

Johansenin (1988) yhteisintegroituvuustesti on yhä yleistävämpi aikasarjojen yhteisintegroituvuuden testaamiseen käytettävä malli. Yhteisintegroituvuutta voidaan tutkia muillakin menetelmillä, kuten Engle & Grangerin (1987) testillä. Johansenin yhteisintegroituvuustesti pohjautuu vektoriautoregressiiviseen malliin (VAR-malliin), joka muunnetaan vektorivirheenkorjausmalliin (VEC-malliin).

$$(1) \text{ VAR-malli: } Z_t = A_1 Z_{t-1} + \dots + A_k Z_{t-k} + u_t$$

missä  $Z_t$  on  $(n \times 1)$  vektori ja  $A_i$  on  $(n \times n)$  parametrimatriisi.

(2) VEC-malli:  $\Delta Z_t = \Gamma_1 \Delta Z_{t-1} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta Z_{t-k+1} + \Pi Z_{t-2} + u_t$ ,

missä  $\Gamma_i = -(I - A_1 - \dots - A_i)$

( $i = 1, \dots, k-1$ ) ja

$\Pi = -(I - A_1 - \dots - A_k) = \alpha\beta'$

$\alpha$  on sopeutumiskerroinmatriisi ja  $\beta'$  on pitkän aikavälin kerroinmatriisi.

VEC-malli voidaan myös kirjoittaa auki yhtälösysteminä. Systemiin kuuluvien yhtälöiden lukumäärä määräytyy mallissa olevien muuttujien lukumäärän mukaan. Esimerkiksi kahden yhtälön tapauksessa, yhtälösystemi näyttää seuraavalta:

$$\begin{cases} \Delta X_t = \alpha_x * (\text{yhteisintegroitunut relaatio}) + T_1 \Delta X_{t-1} + \dots + T_n \Delta X_{t-1} + \gamma_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \\ \gamma_n \Delta Y_{t-1} + u_t \\ \Delta Y_t = \alpha_y * (\text{yhteisintegroitunut relaatio}) + T_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + T_n \Delta Y_{t-1} + \rho_1 \Delta X_{t-1} + \dots + \\ \rho_n \Delta X_{t-1} + u_t \end{cases}$$

Yhteisintegroituvuusvektorien määrää voidaan tutkia matriisin  $\Pi$  asteella (vrt. yhtälö 2). Tällöin on tarkoituksena selvittää lineaarisesti riippumattomien sarakkeiden määrä  $\Pi$ -matriisissa. Mikäli matriisin asteluku on nolla yhteisintegroituvuutta ei esiinny, mikä tarkoittaa myös sitä, että stationäärisiä lineaarikombinaatioita vektorille  $Z_t$  ei löydy. Mikäli matriisin asteluku on  $r \leq n-1$ , löytyy muuttujien väliltä  $r$  kappaletta yhteisintegroituneita relaatioita. Mikäli matriisilla on täysi asteluku (full rank), on  $r=n$  eli kaikki matriisin muuttujat ovat stationäärisiä. (Harris 1995: 77–79.)

Yhteisintegroituneiden vektoreiden määrää testataan Johansenin menetelmässä  $\lambda_{\max}$  ja  $\lambda_{\text{trace}}$  -testeillä.  $\lambda_{\text{trace}}$  -testin nollahypoteesi on, että yhteisintegroituvuusvektoreita on korkeintaan  $r$  kappaletta. Vastahypoteesi sen sijaan on, että yhteisintegroituvuusvektoreita on enemmän kuin  $r$  kappaletta.  $\lambda_{\max}$  -testin nollahypoteesi on, että yhteisintegroituvuusvektoreita on korkeintaan  $r$  kappaletta ja vastahypoteesi, että niiden määrä on  $r + 1$ . (Harris 1995: 86–88.) Trace ja max -testit matemaattisesti esitettynä:

$$(3) \lambda_{\text{trace}} = -T \sum_{i=r+1}^n \log(1 - \hat{\lambda}_i)$$

missä  $\lambda_i$  on matriisin  $\Pi$  suurin  $i$ :s ominaisarvo.

$$(4) \lambda_{\max} = -T \log(1 - \hat{\lambda}_{r+1})$$

### 5.3. Tarkasteltavat aikasarjat ja aikasarjaominaisuudet

Tutkielmassa tarkasteltavien aikasarjojen ajanjakso alkaa lokakuulta 2005 päättyen toukokuun 2006 puoleen väliin saakka. Aikasarja sähkön hinnoista koostuu päivän keskimääräisistä spot-hinnoista (Suomen aluehinta jaettuna 24:lla) ja on peräisin Tampereen Sähkö Oy:ltä. Päästölupahintojen aikasarja koostuu pörssin päivittäisistä päätöshinnoista (closing price) ja on peräisin Nord Poolilta. Aikasarjoille tehdään yhteisintegroituvuusanalyysi, jonka avulla selvitetään löytyykö aikasarjojen väliltä pitkän aikavälin tasapainorelaatiota. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mikäli aikasarjojen välillä on löydettävissä yhteisintegroitunut relaatio, muuttujat yhteisintegroituneessa relaatiossa eivät ajan kuluessa ajaudu kovin kauaksi toisistaan.

Empiirinen analyysi aloitettiin testaamalla aikasarjojen aikasarjaominaisuudet, koska yhteisintegroituneisuus on vain epästationäärisiin aikasarjoihin liittyvä ominaisuus. Aikasarjojen stationäärisyys määriteltiin Dickey & Fullerin ADF-testin avulla, jossa virhetermin autokorrelaatio eliminoidaan lisäämällä malliin viivästettyjä differenssi-termejä. ADF-testi voidaan johtaa tarkastelemalla p:nnen asteen autoregressiivistä prosessia, johon voidaan sisällyttää myös deterministisiä komponentteja. Tällöin malli voidaan esittää seuraavasti:

$$(5) \Delta y_t = \alpha + \beta T + \rho y_{t-1} + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta y_{t-1} + u_t$$

$$(6) \Delta^2 y_t = \alpha + \rho \Delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta^2 y_{t-1} + u_t,$$

joissa  $\alpha$  on vakio ja  $T$  lineaarinen aikatrendi. (Laitinen ym. 2006: 12–16.) Kaavassa 5 ADF-testi on esitetty tasomuodossa ja kaavassa 6 ensimmäisessä differenssissä. Viiveiden määrä ADF-testiyhtälöön valittiin Schwertin (1989) kaavan mukaisesti:

$$(7) l = 4(T/100)^{0.25},$$

jossa  $l$  ilmaisee viiveiden ja  $T$  aikasarja-aineiston havaintojen lukumäärän.

ADF-testin nollahypoteesi on, että aikasarja on epästationäärinen ja vastahypoteesi, että aikasarja on stationäärinen. Ensiksi muuttujille tehtiin logaritmuunnokset. Sen jälkeen logaritmoidut muuttujat testattiin tasomuodossa ( $T_\tau$  ks. taulukko 2), johon sisällytettiin trendi ja vakio. Koska tasotestauksen tuloksena saatiin, että molemmat aikasarjat sisältävät yksikköjuuren, testausta jatkettiin differoimalla molemmat aikasarjat kerran sisällyttäen ainoastaan vakio yhtälöön. Tämän jälkeen tulokseksi saatiin, että molemmat aikasarjat ovat stationäärisiä ( $T_\mu$  ks. taulukko 2). Koska aikasarjat saatiin stationäärisiksi jo ensimmäisellä differoinnilla, aikasarjat ovat integroituneet asteella yksi. Aikasarjojen yksikköjuuritestin tulokset on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Sähkön spot- ja päästölupahinta-aikasarjojen yksikköjuuritestin tulokset.

Muuttuja	$T_\tau$	p-arvo	$T_\mu$	p-arvo
Sähkön hinta	-2.799334	0.2002	-6.425596	0.0000
Päästölupahinta	0.617905	0.9995	-4.039561	0.0017

$H_0$  = Aikasarja sisältää yksikköjuuren eli on epästationäärinen

$H_1$  = Aikasarja ei sisällä yksikköjuurta eli on stationäärinen

#### 5.4. Yhteisintegroituvuusanalyysi sähkön spot- ja päästölupahintojen aikasarjoille

Johansenin testi edellyttää, että VAR-mallin residuaalit ovat autokorreloimattomia (Harris 1995: 9). Riittävän viivemäärän valitsemiseksi muodostettiin aikasarjoille ensin VAR-malli ja sen jälkeen estimoitavien aikasarjojen residuaalien autokorreloituneisuutta tarkasteltiin LM-autokorrelaatiotestillä. Testin perusteella riittäväksi viivemääräksi valittiin kolme. Taulukosta 3 on nähtävissä VAR-mallille saadut autokorrelaatiotestitulokset viivemäärän ollessa kolme.

**Taulukko 3.** LM-autokorrelaatiotestin tulokset VAR-mallille.

<b>Autokorre- laatioaste</b>	<b>LM-stat</b>	<b>p-arvo</b>
1	5.334134	0.2547
2	5.840170	0.2114
3	4.427210	0.3513
4	1.451632	0.8352
5	5.549286	0.2354
6	0.494460	0.9740
7	6.035147	0.1965
8	0.934112	0.9196
9	5.234161	0.2641
10	26.08443	0.0000
11	7.153979	0.1280
12	3.335583	0.5033

$H_0$  = Ei autokorrelaatiota

$H_1$  = On autokorrelaatiota

Riittävän viivemäärän löydyttyä testattiin Johansenin yhteisintegroituvuustestin avulla yhteisintegroituneiden relaatioiden määrä. Yhteisintegroituneiden relaatioiden lukumäärää tarkasteltiin trace ( $\lambda_{\text{trace}}$  -testi) ja maximum eigenvalue ( $\lambda_{\text{max}}$  -testi) -testien avulla, jossa kummankin testin testisuureita verrattiin viiden prosentin kriittisiin arvoihin. Determinististen termien valinnassa Johansen (1992) suosittelee käyttämään niin sanottua Pantula-periaatetta, jossa testataan nollahypoteesin hylkäytymistä asteittain aloittaen rajoitetuimmasta spesifikaatiosta. Pantula-periaatetta ei kuitenkaan ole järkevää noudattaa tämän testauksen yhteydessä, koska relevantteja sähkön hintaa selittäviä tekijöitä on varmasti muitakin kuin päästölupahinnat. Muiksi tekijöiksi voitaisiin muun muassa mainita muutokset öljyn hinnassa, hydrobalanssi, sää sekä poliittiset päätökset. Sähkön hintaan vaikuttavia tekijöitä on hyvin paljon, joista kaikkia ei ole käytännössä edes mahdollista saada mitattavaan muotoon. Tästä esimerkkinä poliittisten päätösten tuomat vaikutukset. Koska empiirisen osion tavoitteena on tutkia pääasiassa päästölupien hinnoista aiheutuvia vaikutuksia sähkön hintaan, on muiden tekijöiden sijaan käytetty trendiä proxy- eli sijaisuuttujana. Yhteisintegroituvuustestin tulokset on esitetty liitteessä 1.

Tämän jälkeen analyysia jatkettiin muodostamalla yhteisintegroituvuustestin avulla saatu yhteisintegroitunut relaatio. Yhteisintegroituneen relaation mukaan saadaan pitkän aikavälin malli sähkön hinnalle, jossa sähkön hintaa selittäviä tekijöitä ovat päästölupa-



hinnat, vakio sekä trendi. Saatu pitkän aikavälin malli on esitetty taulukossa 4 (ks. myös liite 2) sekä graafisessa muodossa kuviossa 11.

**Taulukko 4.** Yhteisintegroitunut relaatio ja yhtälörajoitteet.

---

**Sähkön hinnan pitkän aikavälin malli:**

---

$$LSH = \beta_1 * LPL + \beta_2 * Tr + c$$

$$LSH = 0,6632 * LPL + 0,0034 * Tr + 1,4412$$


---

**Yhtälörajoitteet; heikko eksogeenisuus Testisuure P-arvo**

---

(i) $H_0: \alpha_{LSH}=0$	20,428	0,000
(ii) $H_0: \alpha_{LPL}=0$	0,217	0,641
(iii) $H_0: \alpha_{LPL}=0, \beta_{LPL} = -1$	5,431	0,066

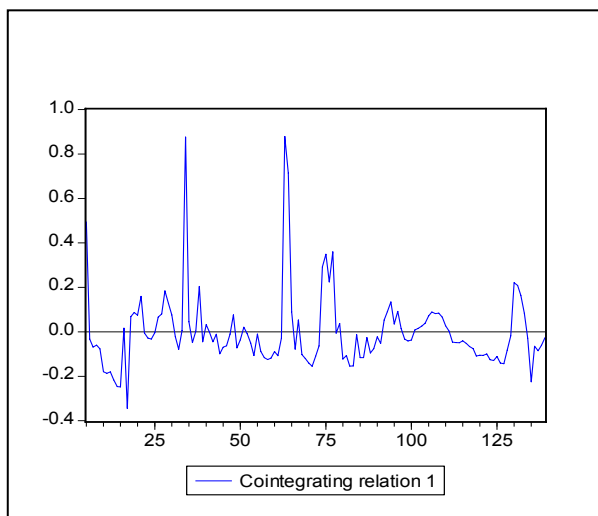
---

**Sähkön hinnan pitkän aikavälin malli rajoitteella (iii):**

---

$$LSH = 1 * LPL + 0,0030 * Tr + 0,4121$$


---



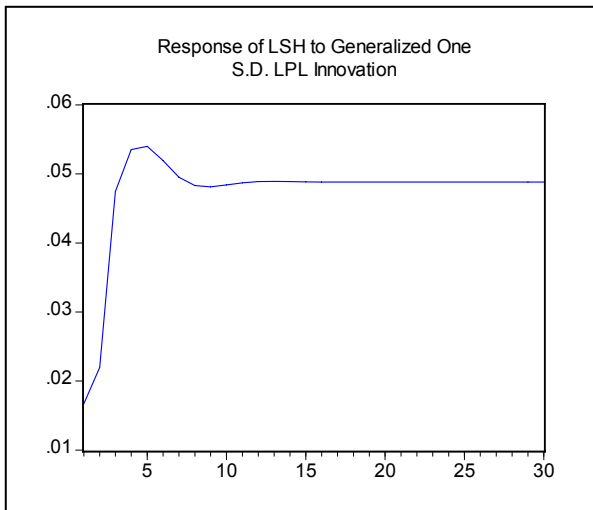
**Kuvio 11.** Sähkön spot- ja päästölupahintojen yhteisintegroitunut relaatio.

Sähkön pitkän aikavälin mallissa LSH on logaritmoitu sähkön hinta, LPL on logaritmoitu päästölupien hinta ja Tr on trendi. Mallin mukaan 66 prosenttia päästölupien hinnasta menee sähkön hintaan pitkällä aikavälillä. Yhteisintegroituneen relaation muodostamisen jälkeen testattiin aikasarjojen heikkoa eksogeenisuutta. Jos

aikasarja on heikosti eksogeeninen, sen  $\alpha$ -kerroin on (yhtälössä 2) nolla. Heikosti eksogeenisen muuttujan muutokset eivät reagoi epätasapainoon pitkän aikavälin tasapainorelaatiassa. Testin nollahypoteesin mukaan aikasarja on heikosti eksogeeninen. Testattaessa kummankin aikasarjan heikkoa eksogeenisuutta havaittiin, että sähkön hinta ei ole heikosti eksogeeninen muuttuja, mutta päästölupahinnat sen sijaan ovat. Saadut tulokset on esitetty taulukossa 4. Toisin sanoen, päästölupahintojen ollessa heikosti eksogeeninen muuttuja voidaan sanoa, että päästölupahintojen kehitys on riippumaton sähkön spot- ja päästölupahintojen pitkän aikavälin tasapainorelaatiosta, mikä on järkevä tulos.

Aiemmin olleessa hinnoittelun teoria osuudessa todettiin, että monopoli- ja oligopoli-markkinoilla toimivat yritykset noudattavat täyskustannushinnoittelua, jolloin hintoja muutetaan mikäli kustannukset muuttuvat. Koska päästöluvat ovat sähkön hinnan muodostumisessa samalla tavalla yksi kustannustekijä kuten sähkön tuottamisessa käytettävät raaka-aineet, voisi olettaa, että päästölupien hinta siirtyisi täysimääräisesti sähkön hintaan. Tämän vuoksi testaamista jatkettiin vielä asettamalla päästölupien hinta yhtälössä yhdeksi. Tämän rajoitteen avulla testattiin, menevätkö päästölupien hinta 100 prosenttisesti sähkön hintaan pitkällä aikavälillä. Nollahypoteesi testille oli, että päästölupahinnat menevät kokonaan sähkön hintaan, ja vastahypoteesi että eivät mene. Testiin sisällytettiin myös edellä saadun testauksen mukaisesti, että päästölupahinnat ovat heikosti eksogeeninen muuttuja. Testin tuloksena nollahypoteesi hyväksyttiin p-arvon ollessa 0,066 (ks. taulukko 4). Näin ollen oletusta päästölupahintojen menemisestä täysimääräisenä sähkön hintaan pitkällä aikavälillä voidaan pitää oikeana.

Mielenkiinnon vuoksi haluttiin myös testata, kuinka nopeasti päästölupahintoihin kohdistuva shokki siirtyisi sähkön hintaan. Useimmiten tarkastellaan kuinka kauan kestää, että noin 50 prosenttia shokin aiheuttamasta muutoksesta menee läpi. VEC-malliin (yhtälö 2) perustuvalla impulssi-responssianalyysillä saatiin selville, että suurin osa päästölupahintoihin kohdistuva shokista siirtyy sähkön spot-hintaan keskimäärin 5–6 päivässä. Viikossa shokki on siirtynyt sähkön spot-hintaan kokonaan, mikä on hyvin nopea sopeutumisprosessi. Voidaan siis sanoa, että tässä analyysissä sähkön hinnan ”pitkä aikaväli” on empiirisesti viikon pituinen, mikä loppujen lopuksi on varsin lyhyt aikaväli.



**Kuvio 12.** Päästölupahintoihin kohdistuneen shokin siirtymisaika sähkön spot-hintaan.

Ennen impulssi-responssianalyysia todettiin, että päästöluvat ovat yhtälösystemissä heikosti eksogeeninen muuttuja. Mikäli kahden muuttujan yhtälösystemissä havaitaan toinen muuttuja heikosti eksogeeniseksi, voidaan silloin yhtälön toisesta muuttujasta muodostaa yhden yhtälön virheenkorausmalli. Tämän perusteella voidaan sähkön hinnalle nyt muodostaa yhden yhtälön virheenkorausmalli, jonka avulla tutkitaan sähkön hinnan päivittäisiä prosentuaalisia muutoksia selittäviä tekijöitä. Sähkön hinnalle muodostettu yhden yhtälön virheenkorausmalli on esitetty kaavassa (8):

$$(8) \Delta sh_t = \beta_1 * (\text{virheenkoraustermi})_{t-1} + \beta_2 * \Delta sh_{t-1} + \dots + \beta_3 * \Delta lh_{t-1} + \dots + u_t$$

Nyt muodostetulla yhden yhtälön virheenkorausmallin avulla sähkön hinnan päivittäisiä muutoksia selitettiin vakiolla, virheenkoraustermillä, sähkön spot- ja päästölupahinnoilla sekä vielä kahteen kertaan viivästetyillä sähkön spot- ja päästölupahinnoilla. Virheenkoraustermi pitää sisällään aiemmin muodostetun sähkön hinnan pitkän aikavälin yhtälön eli yhteisintegroituneen relaation. Poistamalla mallista tilastollisesti merkitsemättömät tekijät havaittiin, että ainoaksi merkittäväksi tekijäksi jäi virheenkoraustermi. Saatu malli on esitetty taulukossa 5. Toisin sanoen, sähkön hinnan päivittäisiä prosentuaalisia muutoksia selittää ainoastaan virheenkoraustermi.

**Taulukko 5.** Yhden yhtälön virheenkorjausmalli sähkön hinnasta.

$\Delta LSH = 0,471 (EC) + u$	
0,070	
<b>Testi ja testisuure</b>	<b>p-arvo</b>
$R^2=0,248$	
Durbin-Watson=2,020	
Jarque-Bera=1234,311	0,0000
Whiten heteroskedastiikka=1,574	0,2109
Durbin-Watson $H_0$ : yhtälö ei ole 1. asteen autokorreloitunut	
Jarque-Bera $H_0$ : yhtälö on normaalijakautunut	
White $H_0$ : yhtälö ei ole heteroskedastinen	

Virhetermin kertoimesta voidaan päätellä sopeutumisprosessin nopeutta. Mitä lähempänä itseisarvoltaan ykköistä virheenkorjaustermin sopeutumiskerroin on, sitä nopeammin epätasapaino korjaantuu takaisin tasapainoon. Saadut tulokset osoittavat (ks. taulukko 5), että lähes puolet epätasapainosta sopeutuu päivässä. Korjattu selitysaste virheenkorjaustermin ollessa ainoa merkittävä tekijä oli 0,248. Voidaan siis sanoa, että virheenkorjaustermi selittää 24,8 prosenttia sähkön hinnan päivittäisistä prosentuaalisista muutoksista. Tulosta voidaan pitää luontevana, koska sähkön hintaa selittävät varmasti muutkin tekijät kuin sähkön spot- ja päästölupahintojen välinen tasapainorelaatio. Malli testattiin vielä normalisuuden, heteroskedastisuuden ja autokorrelaation suhteen (ks. taulukko 5). Malli ei täyttänyt normalisuusoletusta (Jarque-Bera), mutta se ei kuitenkaan sisältänyt heteroskedastisuutta (White) eikä autokorrelaatiota (Durbin-Watson). Täten mallin voidaan olettaa selittävän sähkön hintaa luotettavasti.

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Päästökauppa vaikuttaa sähkön hintaan muodostamalla päästöluvista uuden kustannustekijän sekä vaikuttamalla sähkön tuotannossa käytettävien energialähteiden hintasuhteisiin. Päästölupien ilmaisjaossa päästökauppa tuo sähkön tuottajille (ja muille päästökauppasektorilla toimiville yrityksille) lisäkustannuksia vasta, kun lupia joudutaan hankkimaan lisää. Koska luvat voidaan ilmaisjaosta huolimatta arvottaa markkinahinnan mukaan ja myydä tarvittaessa eteenpäin, yritykset käsittelevät niitä kuin mitä tahansa kustannustekijää. Empiiriset tulokset osoittavatkin, että päästölupien hinnat siirtyvät sähkön hintaan 100 prosenttisesti. Päästölupahintoihin kohdistuvan shokin havaittiin siirtyvän sähkön hintaan 5–6 päivässä. Viikossa shokki on siirtynyt sähkön spot-hintaan kokonaan, mikä on hyvin nopea sopeutumisprosessi. Tämän analyysin perusteella saatu ”pitkän aikavälin malli” sähkön hinnalle on viikon pituinen, mikä on käytännössä varsin lyhyt aikaväli.

Päästökauppa kannustaa vähentämään fossiilisten polttoaineiden ja turpeen käyttöä energialähteenä ja suosimaan vähäpäästöisempiä raaka-aineita. Tästä johtuen esimerkiksi puun kysyntä on kasvanut. Koska puu tuottaa lahotessaan saman verran hiilidioksidia kuin palaessaan, se ei kuluta päästöoikeuksia. Puun kysynnän kasvu johtaa puun hinnan nousuun ja vaikuttaa myytävän raaka-aineen määrään. Puun jatkojalostajille tämä merkitsee kustannusten nousua ja mahdollisesti vaikeuttaa raaka-aineen saantia.

Päästökauppa nostaa sähkön hintaa, ja sitä kautta päästökauppa vaikuttaa myös kaikkiin sähkön ostajiin. Energiaintensiivisillä aloilla ollaan erityisen kiinnostuneita sähkön hinnassa tapahtuvista muutoksista, sillä heille edullinen energia on tärkeä kilpailutekijä globaaleilla markkinoilla toimiessa. Sähkön hinnan nousu kiristää kilpailua näillä yrityksillä entisestään. Pahimmassa tapauksessa yritykset saattavat siirtää tuotantoaan muualle voidakseen vastata globaaliin kilpailuun. Tämä saattaa kuitenkin johtaa yhteiskunnan ja ympäristön kannalta huonompaa tilanteeseen: siirtäessään tuotannon päästökauppajärjestelmän ulkopuolisiin maihin voi seurauksena olla maailman kokonaispäästömäärän kasvu ja sitä kautta kasvihuoneilmiön muuttuminen pahemmaksi. Päästökaupan tarkoituksena on luoda yrityksille kustannustehokas vaihtoehto päästöjen vähentämiselle eikä vaikeuttaa niiden toimintaa.

Voidaankin kysyä, suosiiko päästökauppa tuottamaan sähköä ydinvoimalla edullisen hinnoittelun ja ympäristöystävällisen tuotantomuodon takaamiseksi. Sähkön kasvavaan kysyntään on kyettävä vastaamaan tuotannon taholta. Käytännössä melkein ainoa

päästövapaa sähköntuotantomuoto Suomessa on kuitenkin tällä hetkellä ydinvoima, sillä vesivoima on jo lähes maksimaalisessa käytössä. Uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettu sähkö on suhteellisen kallista eikä tuotettu määrä riitä kuin täydentämään sähkön tuotantoa. Ydinvoimalla tuotettu sähkö takaisi sen sijaan päästöttömän ja sääolosuhteista riippumattoman vaihtoehdon vuosikymmeniksi. Päästökauppa vaikuttaa sähkömarkkinoilla energialähteiden hintasuhteisiin, mikä kannustaa investoimaan päästöttömiin energialähteisiin kuten vesi- ja ydinvoimaan. Tämä johtaa päästöttömien energialähteiden tarjonnan kasvuun ja sitä kautta sähkön tuotantorakenteen muuttumiseen. Lyhyellä aikavälillä sähkön tuotantorakenteesta ja sähkön hinnan määräytymisestä johtuen sähkön hinta nousee. Pitkällä aikavälillä tuotantorakenteen muuttuessa sähkön hinnan voidaan kuitenkin olettaa laskevan.

## LÄHTEET

- Berghäll, Outi, Hanna-Mari Ahonen, Kati Sinivuori & Juha-Pekka Snäkin (2003). *SY607 Kioton pöytäkirjan toimeenpanon säännöt*. Helsinki: Edita Oy. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=31877&lan=fi>>
- Coase, Ronald H (2005). The Problem of Social Costs. *Journal of Law and Economics*, 1–23 [online] [siteerattu 16.12.2005]. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.sfu.ca/~allen/CoaseJLE1960.pdf>>
- Elinkeinoelämän keskusliitto (2005). *Ilmastositomusten tie*. [siteerattu 12.10.2005]. Saatavana internetistä: <URL:[http://www.ek.fi/ek\\_suomeksi/kilpailukyky/ymparisto\\_ja\\_ilmasto/ilmastomuutoksen\\_torjunta/ilmastositomuksen\\_tie.php/](http://www.ek.fi/ek_suomeksi/kilpailukyky/ymparisto_ja_ilmasto/ilmastomuutoksen_torjunta/ilmastositomuksen_tie.php/)>
- Empower Link (2002). *Markkinat säätelevät sähkövoimajärjestelmän kehittämistä*. Empower Oy:n asiakaslehti 1/2002. [siteerattu 31.5.2006] Saatavana internetistä: <URL:[http://www.empower.fi/pls/portal30/docs/FOLDER/EMP\\_WWW\\_CA/JULKAISUT/LINK1\\_2002.PDF](http://www.empower.fi/pls/portal30/docs/FOLDER/EMP_WWW_CA/JULKAISUT/LINK1_2002.PDF)>
- Energiamarkkinavirasto (2005). *Päästökauppa*. [siteerattu 30.11.2005]. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.energiamarkkinavirasto.fi/select.asp?gid=165>>
- Euroopan unionin portaali (2005). *Kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kauppa*. [siteerattu 5.10.2005]. Saatavana internetistä: <URL:<http://europa.eu.int/scadplus/leg/fi/lvb/l28012.htm>>
- European Environment Agency (2005). *Greenhouse gas emissions and removals (CSI 010) - Jun 2005 Assessment*. [siteerattu 12.12.2005] Saatavana internetistä: <URL:[http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/ISpecs/ISpecification20040909113419/IAssessment1118392868101/view\\_content](http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/ISpecs/ISpecification20040909113419/IAssessment1118392868101/view_content)>
- Fingrid Oyj (2006). *Rajoilla liikettä*. Pääkirjoitus. Fingrid Oyj:n lehti 1/2006. [siteerattu 31.5.2006] Saatavana internetistä: <URL:[http://www.fingrid.fi/attachments/suomeksi/tiedotteet\\_ja\\_julkaisut/yrityslehti/fingrid\\_1\\_06.pdf](http://www.fingrid.fi/attachments/suomeksi/tiedotteet_ja_julkaisut/yrityslehti/fingrid_1_06.pdf)>

- Fortum (2000). *Fortumin Ilmastoaloite* — osa konsernin EHS-ohjelmaa. [siteerattu 11.9.2006] Saatavana internetistä: <URL:[http://www.fortum.com/gallery/environment/2004/ilmastoaloite\\_su\\_muutettu.pdf](http://www.fortum.com/gallery/environment/2004/ilmastoaloite_su_muutettu.pdf)>
- Fortum (2005). *Fortum vuosikertomus 2005*. [siteerattu 26.5.2006] Saatavana internetistä: <URL: <http://www.fortumar.com/2005/default.aspx?site=0>>
- Friedman, David (2005). *The Swedes Get it Right, an article on the work of Ronald Coase*. [siteerattu 14.12.2005]. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.daviddfriedman.com/Libertarian/Libertarian.html>>
- Gravelle, Hugh & Ray Rees (1992). *Microeconomics*. 2. painos. Singapore: Longman Group. 752 s. ISBN:0582-023866.
- Gujarati, Damodar N. (2003). *Basic Econometrics*. 4. painos. Mc Graw Hill. ISBN: 0-07-112342-3.
- Harris, Richard (1995). *Conintegration Analysis in Econometric Modelling*. Prentice Hall. ISBN: 0-13-355892-4.
- Hassi, Satu (2004). *Kioto — Kuinka kaikki kävikään*. [siteerattu 6.10.2005] Saatavana internetistä: <URL:<http://www.vihrealiitto.fi/ilmasto/kioto.shtml>>
- Honkatukia, Juha, Esa Joutsenvirta, Heikki Kemppi & Adriaan Perrels (2002). EU:n laajuisen päästökaupan toteuttamisvaihtoehdot ja vaikutukset Suomen kannalta. *VATT-keskustelualoitteita* 282. Helsinki. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.vatt.fi/julkaisut/keskustelualoitteet.asp>>
- Honkatukia, Juha (2005). Ilmastopolitiikan haasteet. Teoksessa: *Suomi 2025 — Kestävän kasvun haasteet*, 157–189. Toim. Reino Hjerpe & Juha Honkatukia. Helsinki: Valtion taloudellinen tutkimuskeskus. VATT-julkaisuja 43.
- Jylhä, Reijo (2006). Sähköhuollosta sähkömarkkinoihin. *Acta Wasaensia* No 154. Oikeustiede 4 Talousoikeus. ISSN 1457–7992.



- Kanniainen, Vesa, Kalle Määttä & Pekka Timonen (1996). Coasen teoreema: esittely ja arviointi. Teoksessa: *Näkökulmia oikeustaloustieteeseen*, 46–61. Toim. Vesa Kanniainen & Kalle Määttä. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- Kanniainen, Vesa, Kalle Määttä & Jaakko Rautio (1998). Ryhmäkanne. Oikeustieteellinen näkökulma. Teoksessa: *Näkökulmia oikeustaloustieteeseen 2*, 160–181. Toim. Vesa Kanniainen & Kalle Määttä. Helsinki: Multiprint.
- Kara, Mikko (2005a). *Päästökaupan vaikutus pohjoismaiseen sähkökauppaan*. Ehdotus Suomen strategiaksi. Helsinki: Edita Prima Oy. ISBN: 951-38-6526-6.
- Kara, Mikko (2005b). *Sähkö- ja päästöoikeusmarkkinat Suomen näkökulmasta*. Selvitystyö kauppaja teollisuusministeriölle. Saatavana internetistä: <URL:[http://www.ktm.fi/files/15867/kara\\_sahkomarkkinoiden\\_toimivuus\\_2005.pdf](http://www.ktm.fi/files/15867/kara_sahkomarkkinoiden_toimivuus_2005.pdf)>
- Kauppaja teollisuusministeriö (2001). Kansallinen päästökauppa. *Kioton mekanismit –toimikunnan osamietintö*. Kauppaja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 1/2001. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Kauppaja teollisuusministeriö (2004). *Valtioneuvoston päätös laitospöytäkirjan päästöoikeuksien myöntämisestä 21.12.2004*. Helsinki. Saatavana internetistä: <URL:[http://www.ktm.fi/files/14449/MyOntAmispAAAtOs\\_171204.pdf](http://www.ktm.fi/files/14449/MyOntAmispAAAtOs_171204.pdf)>
- Kauppaja teollisuusministeriö (2005a). *Kioton mekanismien hallinnoinnin työnjako ja resurssit. Mekanismien hallintotyöryhmän mietintö*. Kauppaja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja /2005. Helsinki: Kauppaja teollisuusministeriö. Saatavana internetistä: <URL:[http://www.ktm.fi/files/13642/Mekanismraportti\\_FINAL.pdf](http://www.ktm.fi/files/13642/Mekanismraportti_FINAL.pdf)>
- Kauppaja teollisuusministeriö (2005b). *Päästökauppalaki* [siteerattu 30.11.2005]. Saatavana internetistä: <URL: <http://www.ktm.fi/index.phtml?s=1104> />
- Kauppalehti (2006). *Fortum teki miljoonatilin päästöoikeuksilla*. 6.2.2006.
- KSS Energia Oy (2006). *Sähkönkulutus ja sen jakautuminen*. [siteerattu 11.4.2006]. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.kssenergia.fi/>>

- Laitinen Jukka, Jari Setälä & Kaija Saarni (2006). *Suomen kalamarkkinoiden analyysi yhteisintegraatiomenetelmällä*. Kala- ja riistaraportteja nro 374. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. ISBN: 951-776-520-7.
- Motiva Oy (2005). *Energia on elämää — käytä sitä järkevästi*. Energiatietoinen kuluttaja –kalvosarja. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.motiva.fi>>
- Määttä, Kalle (1999). *Oikeustaloustieteen aakkoset*. Helsingin yliopiston oikeustieteellisen tiedekunnan julkaisut. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Määttä, Kalle (2000). *CO<sub>2</sub>-päästökauppa*. Selvitys kansallisen päästökaupan käyttöönnoton edellytyksistä sekä siinä huomioitavissa olevista seikoista. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 6/2000. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Opetushallitus (2005). *Vastuu kestävästä käytännöstä*. [siteerattu 12.5.2005] Saatavana internetistä: <URL:<http://www.edu.fi/teemat/keke/vastuu/sopimus.html#>>
- Paavola, Jouni (1996). *Ympäristötalouden perusteet*. 2. painos. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Pekkarinen, Jukka & Pekka Sutela (2000). *Kansantaloustiede*. 7. painos. Juva: WS Bookwell Oy.
- Pere, Pekka (1990). *Integroituneet ja yhteisintegroituneet aikasarjat. Katsaus ominaisuuksiin ja testaukseen*. Helsinki: Elinkeinoelämän tutkimuslaitos.
- Pindyck, Robert S. & Daniel L. Rubinfeld (2000). *Microeconomics*. 5. painos. New Jersey: Prentice-Hall. ISBN: 0-13-016583-2.
- Puisto, Anu (2003). *Ilmastopoliittisen ohjauskeinot — Tutkimusesimerkinä päästökauppa, verotus ja vapaaehtoiset sopimukset hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi Suomessa*. Julkaisematon. Vaasa.
- Päästökaupparekisteri (2005). *Päästökaupparekisterin esittely* [siteerattu 5.10.2005]. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.paastokaupparekisteri.fi/Default.aspx?Menu=Menu&Module=EmviEsittely>>

Suomen ympäristökeskus (2005a). *Pakrin tuulipuisto valmistui Virossa — Puoli miljoonaa tonnia päästövähennyksiä Suomelle*, 14.6.2005 julkaistu tiedote [siteerattu 30.10.2005]. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=137163&lan=fi>>

Suomen ympäristökeskus (2005b). *Päästövähennyksiä Suomelle Hondurasista*, 21.10.2005 julkaistu tiedote [siteerattu 30.10.2005]. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=156179&lan=fi>>

Suomen ympäristökeskus (2005c). *SYKE asiantuntijana CDM/JI –koeohjelmassa*, päivitetty 25.10.2005 [siteerattu 30.11.2005]. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1666&lan=fi>>

Talouselämä (2006). *Venäjän sähkö uhkaa pimentää Suomen*. [siteerattu 25.5.2006]. Saatavana internetistä: <URL: [http://www.talouselama.fi/doc.te?f\\_id=879774](http://www.talouselama.fi/doc.te?f_id=879774) />

Tilastokeskus (2005a). *Luonnonvarat ja ympäristö 2005 –katsaus: EU-maiden kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidiekvivalenteina ja taakankantotavoite* [siteerattu 30.11.2005]. Saatavana internetistä: <URL:<http://tilastokeskus.fi/tup/julkaisut/ymparisto.html>>

Tilastokeskus (2005b). *Vuoden 2003 viralliset kasvihuonekaasupäästömäärät YK:n ilmastopimukselle* [siteerattu 30.11.2005]. Saatavana internetistä: <URL:[http://www.tilastokeskus.fi/til/khki/2003/khki\\_2003\\_2005-04-19\\_tie\\_001.html](http://www.tilastokeskus.fi/til/khki/2003/khki_2003_2005-04-19_tie_001.html)>

Tilastokeskus (2006). *Vuoden 2004 kasvihuonekaasupäästöt 14 % yli Kioton tavoite-tason* [siteerattu 30.1.2006]. Saatavana internetistä: <URL:[http://www.tilastokeskus.fi/til/khki/2004/khki\\_2004\\_2006-01-16\\_tie\\_001.html](http://www.tilastokeskus.fi/til/khki/2004/khki_2004_2006-01-16_tie_001.html)>

Tuomala, Matti (1997). *Julkistalous*. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Työryhmäraportti (2000). *Ympäristö- ja energiaverotuksen käyttö Suomessa. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 2000/3, 5–76.*

Varian, Hal R. (2003). *Intermediate Microeconomics. A Modern Approach*. 6. painos. New York: W.W. Norton & Company. ISBN: 0-393-97830-3.

Ympäristöministeriö (2005a). *Kiotoon pöytäkirja voimaan 16. helmikuuta 2005*, 16.2.2005 julkaistu tiedote [siteerattu 12.10.2005]. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=119478&lan=FI>>

Ympäristöministeriö (2005b). *Hiilinielut* [siteerattu 30.11.2005]. Saatavana internetistä: <URL:<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=160147&lan=FI>>

**LIITE 1.** Johansenin yhteisintegroituvuustesti.

Sample (adjusted): 5 139

Included observations: 135 after adjustments

Trend assumption: Linear deterministic trend (restricted)

Series: LSH LPL

Lags interval (in first differences): 1 to 3

## Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.193091	36.72905	25.87211	0.0015
At most 1	0.055900	7.765621	12.51798	0.2714

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

## Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.193091	28.96343	19.38704	0.0015
At most 1	0.055900	7.765621	12.51798	0.2714

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

## Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b'S11\*b=I):

LSH	LPL	@TREND(2)
-8.581497	5.691446	0.029266
-0.852204	3.973760	-0.021936

## Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

D(LSH)	0.070853	0.007109
D(LPL)	-0.002250	0.011441

1 Cointegrating Equation(s):      Log likelihood      283.9234

## Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

LSH	LPL	@TREND(2)
-----	-----	-----------

1.000000	-0.663223	-0.003410
	(0.12547)	(0.00057)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(LSH)	-0.608024
	(0.11265)
D(LPL)	0.019306
	(0.03702)

---

---

**LIITE 2. VEC-malli.**

Vector Error Correction Estimates

Sample (adjusted): 5 139

Included observations: 135 after adjustments

Standard errors in ( ) &amp; t-statistics in [ ]

Cointegrating Eq:	CointEq1	
LSH(-1)	1.000000	
LPL(-1)	-0.663223 (0.12547) [-5.28594]	
@TREND(1)	-0.003410 (0.00057) [-5.97636]	
C	-1.441280	
Error Correction:	D(LSH)	D(LPL)
CointEq1	-0.608024 (0.11265) [-5.39768]	0.019306 (0.03702) [ 0.52155]
D(LSH(-1))	0.066440 (0.10813) [ 0.61446]	-0.022803 (0.03553) [-0.64178]
D(LSH(-2))	0.001303 (0.09606) [ 0.01357]	-0.026492 (0.03157) [-0.83925]
D(LSH(-3))	0.028765 (0.08587) [ 0.33498]	-0.000108 (0.02822) [-0.00384]
D(LPL(-1))	-0.117977 (0.30620) [-0.38529]	0.559739 (0.10062) [ 5.56300]
D(LPL(-2))	0.208266 (0.34718) [ 0.59987]	-0.091940 (0.11408) [-0.80590]
D(LPL(-3))	-0.137909	-0.102626

	(0.31181)	(0.10246)
	[-0.44228]	[-1.00160]
C	-0.003382	-0.004605
	(0.01321)	(0.00434)
	[-0.25597]	[-1.06050]
<hr/>		
R-squared	0.312959	0.221876
Adj. R-squared	0.275090	0.178987
Sum sq. resids	2.954192	0.318992
S.E. equation	0.152517	0.050117
F-statistic	8.264377	5.173287
Log likelihood	66.43164	216.6742
Akaike AIC	-0.865654	-3.091469
Schwarz SC	-0.693490	-2.919305
Mean dependent	-0.003265	-0.005951
S.D. dependent	0.179133	0.055311
<hr/>		
Determinant resid covariance (dof adj.)		5.77E-05
Determinant resid covariance		5.11E-05
Log likelihood		283.9234
Akaike information criterion		-3.924792
Schwarz criterion		-3.515901
<hr/>		