

## Hinta hiilelle – esseitä Euroopan unionin päästökaupasta ja sen vaikutuksista\*

Piia Aatola  
MMT, Tutkija  
VATT

Euroopan unioni valitsi päästöoikeuskaupan keskeiseksi ohjauseinoksi kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi päästökauppasektorilla vuonna 2003 hyväksytyn direktiivin mukaisesti. Päästökauppasektori kattaa energiantuotannon ja energiantensiivisen prosessiteollisuuden. Näiden päästöt vastaavat yli 55 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Koko unionin alueella vastaava luku on noin 45 %. Päästökauppa alkoi vuonna 2005 kolme vuotta kestäneellä harjoittelukaudella. Toinen kausi sisälsi sitovia päästövähennystavoitteita ja oli Kioto-kauden mukainen vuosina 2008–2012. Nyt on käynnissä kolmas kauppakausi, joka jatkuu aina vuoteen 2020 saakka.

\* Tämä kirjoitus esittelee Helsingin yliopistossa ympäristöekonomian oppiaineessa 22.3.2013 tarkastetun väitöskirjan *Putting a Price on Carbon: Econometric Essays on the European Union Emissions Trading Scheme and its Impacts*. Väitöskirjan esitarkastajina olivat professori Pekka Ilmakunnas (Aalto-yliopisto) ja professori Heikki Kauppi (Turun yliopisto). Vastaväittäjänä oli professori Andreas Löschel (University of Heidelberg/The Center of European Economic Research (ZEW)) ja kustoksena professori Markku Ollikainen.

Päästökauppa perustuu päästökattoon, joka vastaa sovittua päästöjen vähennystavoitetta. Katon mukainen määrä päästöoikeuksia jaetaan päästökaupan piiriin kuuluville toimijoille, minkä jälkeen ne voivat vapaasti käydä kauppaa päästöoikeuksilla. Jakamalla niukuutta eli asettamalla päästökatto perusuran päästöjä pienemmäksi päästöoikeuksille syntyy markkinat, missä oikeudet vaihtavat omistajaa markkinahinnan mukaisesti. Päästöoikeuksille markkinoilla muodostuva hinta ohjaa toimijoita puhtaampaan tuotantoon. Veloitetut toimijat tekevät kustannuksia minimoivia päätöksiä annetun päästökaton ja markkinahinnan puitteissa täyttääkseen päästövähennysveloitteen. Päästökauppavuoden päättyessä jokaisen veloitetun toimijan tulee pystyä osoittamaan, että sillä on omia päästöjään vastaava määrä oikeuksia päästöoikeustilillään. Jos näin ei ole, joutuu toimija maksamaan sakkoja.

Päästökauppa on kustannustehokas tapa vähentää päästöjä. Se luo tuotannon ulkoisvaiikutukselle, hiilidioksidipäästöille, hinnan ja siten kannustimen siirtyä puhtaampiin tuotantomuotoihin. Päästökaupan toiminnan tunte-

minen ja markkinoiden tehokkuuden arvioiminen on tärkeää. Se auttaa markkinatoimijoita valitsemaan päästöoikeuksien ostamisen ja oman tuotannon päästöjen vähentämisen välillä. Viranomaisille ja ympäristöpolitiikan tekijöille se paljastaa ainutkertaista informaatiota päästöjen vähentämisen rajakustannuksista, joka muutoin on yritysten yksityistä tietoa. Väitöskirjassa tutkitaan päästöoikeuskaupan toimintaa sen ensimmäisinä vuosina 2005–2011 ekonometrisin menetelmin.

Ensimmäisessä osajulkaisussa tarkastellaan päästöoikeuden hinnan määräytymistä markkinoilla. Työssä testataan analyttisen markkinamallin tuottamia hypoteeseja markkinahinnan määräytymisestä aikasarja-aineistolla. Päästöoikeuden tasapainohinnan tulisi heijastella markkinafundamenteja, jotta hintasignaalia voidaan pitää luotettavana ohjausmekanismina. Analyttisessä mallissa keskitytään tarkastelemaan sähköntuottajaa, joka tekee valinnan tuotantopanoksista (polttoaineesta) päästökaupan piirissä (Aatola ym. 2013a). Kustannusten minimointiongelman tuottaa hypoteesit fundamenttien vaikutukselle päästöoikeuden hinnassa. Talouskasvu ja lopputuotteen hinnan nousu kasvattavat päästöoikeuden hintaa lisäämällä tuotantoa ja siten kasvattamalla päästöoikeuksien kysyntää. Saastuttavan tuotantopanoksen (hiilen) hinnan nousu taas laskee päästöoikeuden hintaa, sillä se tekee vaihtoehdoisen, vähemmän saastuttavan polttoaineen (kaasu) suhteellisesti edullisemmaksi ja siten myös vähentää päästöoikeuksien kysyntää. Lyhyellä aikavälillä polttoaineen vaihto, esimerkiksi hiilestä puolet vähemmän saastuttavaan maakaasuun on keskeisin päästöjä vähentävä toimi. Työssä osoitetaan, että päästöoikeuden hinta heijastelee hyvin markkinafundamenteja. Empiiriset tulokset vuosilta 2005–2011 osoittavat,

että fundamenttitekijät, kuten sähkön ja polttoaineiden hinnat, selittävät merkittävän osan päästöoikeuden hinnan vaihteluista.

Toisessa osajulkaisussa tutkitaan päästöoikeusmarkkinoiden tehokkuutta kaupankäyntisimulaation avulla (Aatola ym. 2013). Tutkimus soveltaa tehokkaiden markkinoiden määritelmää, missä tehokkailla markkinoilla luotettavien hintaennusteiden, ja siten jatkuvan taloudellisen voiton tekeminen markkinoilla ei ole mahdollista. Aikasarja-aineiston avulla rakennetaan päästöoikeuden hinnalle ennustemalleja, joiden pohjalta kauppaa käydään. Yksinkertaistettuna katsotaan, kuinka hyvin ennustemallit olisivat ennustaneet päästöoikeuden hinnan muutokset ja siten mahdollistaneet voitollisen kaupankäynnin. Ennustemallit rakennetaan vuosien 2006–2008 aineiston perusteella ja kaupankäyntisimulaatio käydään 2008–2010 aineistolla. Kaupankäyntituloksia arvioidaan useiden indikaattoreiden avulla ja malleja testataan tilastollisen merkitsevyyden varmistamiseksi. Vaikka markkinahinta näyttääkin reagoivan suhteellisen nopeasti uuteen informaatioon, tulokset osoittavat, että päästöoikeusmarkkinoilla olisi ollut mahdollista tehdä taloudellista voittoa toisella kauppakaudella.

Ennustemallit pohjautuvat tilastollisiin aikasarjamalleihin, joissa selittävinä tekijöinä on markkinafundamenteja sekä teknisen analyysin malleihin ja näiden yhdistelmiin. Aikasarjamallit toimivat paremmin noususuhdanteessa, teknisen analyysin mallit laskusuhdanteessa ja yhdistelmämallit kokonaisuudessaan parhaiten. Koska ennustemalleja hyödyntämällä olisi ollut mahdollisuus tehdä voittoa, viittaa tämä siihen, että kehittyvät päästökaupparakkinat eivät olisi vielä toimineet täysin informaatiotehokkaasti. On kuitenkin syytä huomata, että mallit

ovat tehty ex post analyysinä ja suhteellisen lyhyeltä ajalta, joten jatkotutkimukselle on tilaa.

Kolmannessa osajulkaisussa keskitytään tarkastelemaan eurooppalaisten sähkömarkkinoiden integraatiota ja arvioimaan, miten päästökaupan mukaantulo on vaikuttanut siihen (Aatola 2013 b). Sähkömarkkinoiden integraatio on tämän hetken suurimpia energiapolitiikan haasteita Euroopan unionissa. Sähkömarkkinoiden vapautuminen ja yhteisten sähkömarkkinoiden luominen on alkanut jo 1990-luvulla ja vuonna 2014 markkinoiden tulisi olla koko unionin laajuiset. Tutkimuksessa tarkastellaan alueellisten (Saksa, Ranska, Hollanti, Nord-Pool, Espanja) sähkömarkkinoiden hintasarjojen integroituvuutta ja siten markkinoiden yhtenäisyyttä. Lisäksi tarkastellaan, miten toisen unionin laajuisen markkinan, päästökaupparakkinan, mukaantulo on vaikuttanut sähkömarkkinoiden integraatioon.

Sähkömarkkinoiden integraatiota tarkastellaan vuoden 2003 alusta vuoteen 2011 päivitetäisten vuosi-forward hintojen avulla. Hintasarjojen integroituvuutta tutkimalla todetaan, että alueellisten sähkön hintojen välille löytyy pitkän aikavälin tasapainorelaatioita eli yhtenäisten sähkömarkkinoiden luominen on kehittynyt. Maantieteellisesti lähekkäin sijaitsevien maiden välillä luonnollisesti integraatio on vahvempaa, mutta siirtokapasiteetin kasvaessa se vahvistuu myös muiden maiden välillä.

Päästökaupan vaikutus sähkömarkkinoihin vaihtelee. Pääasiallinen vaikutus päästökaupasta sähkön hintaan tulee sähkön rajatuotantomuodon kautta: Osoitamme analyttisellä mallilla, että mitä hiili-intensiivisempää tuotanto on, sitä suurempi on päästöoikeuden hinnan vaikutus myös sähkön hintaan. Päästökaupan mukaantulo voi siten aluksi jopa eriyttää säh-

könhintoja, kun taas pidemmällä aikavälillä päästökauppa luo kannustimia investoida puhtaampaan tuotantoon.

Viimeisessä osajulkaisussa tarkastellaan ilmastomuutoksen myötä sähkönkulutuksessa tapahtuvia alueellisia muutoksia (Pilli-Sihvola ym 2010). Sähkön kysyntä muuttuu niin viilenyksen kuin lämmitystarpeenkin osalta. Tutkimuksessa yhdistetään sähköntuotantoaineistosta estimoitu lämpötilan vaikutus sähkön kysyntään ja ilmastomuutosskenaarioihin Euroopan eri leveyspiireillä. Lisäksi lopullista sähkölaskuvaikutusta tarkastellessa huomioidaan myös päästöoikeuden hinnan vaikutus sähkön hintaan. Lämpötilan vaikutus sähkölaskuun vaihtelee huomattavasti riippuen maantieteellisestä sijainnista ja siten sähkön kysynnän herkkyydestä lämpötiloille. Tulosten mukaan sähkölasku tulisi nousemaan Etelä-Euroopassa kasvaneen viennystarpeen vuoksi, kun taas Pohjois-Eurooppa voisi säästää leudontuvien talvien ansiosta lämmityskuluissa, ellei viennystarve samalla nouse liian suureksi.

EU:n päästökaupparjestelmä on ollut EU:n ilmastopolitiikan lippulaiva ja myös kansainvälisesti merkittävä ilmastopolitiikan väline. Jotta päästökauppa toimisi halutulla tavalla, markkinoiden tuottaman hintasignaalin tulee olla luotettava ja markkinoiden tehokkaat. Kuten väitöskirjan tulokset osoittavat, tutkimusperiodilla 2005–2011 päästökauppa on toiminut hyvin: Päästöoikeuksille on muodostunut likvidit markkinat, missä markkinahinta heijastelee markkinafundamenteja. Päästökaupparakkinat reagoivat uuteen informaatioon, mutta eivät ole olleet vielä täysin informaatiotehokkaat. Viime aikoina markkinoille on monesta syystä kertynyt ylijäämää päästöoikeuksista, mikä on pitänyt päästöoikeuksien hinnan matalana ja siten ohjausvaikutuksen

heikkona. Tämä kysymys on kuitenkin väitös-kirjan tutkimusongelman ulkopuolella, joten sitä ei käsitellä tässä kirjoituksessa. □

## Kirjallisuus

- Aatola, P., Toppinen, A., Ollikainen, M. (2013). "Price determination in the EU ETS market: Theory and Econometric Analysis with Market Fundamentals", *Energy Economics* 36: 380-395.
- Aatola, P., Ollikka, K., ja Ollikainen, M. (2013a), "Informational efficiency of the EU ETS market – a Study of Price Predictability and Profitable-Trading", *Journal of Environmental Economics and Policy* (tulossa).
- Aatola, P., Ollikainen, M. Toppinen, A. (2013b), "Impact of Carbon Price on the Integrating European ElectricityMarket". *Energy Policy* 64: 1236-1251.
- Pilli-Sihvola, K., Aatola, P., Ollikainen M., Tuomenvirta, H. (2010), "Climate change and electricity consumption -witnessing in-creasing or decreasing use and costs?", *Energy Policy* 38: 2409-2419.