

# Euroopan unionin päästöoikeuskauppa ja ilmastopolitiikka

Piia Aatola  
MMT, Tutkija

VATT

Elina Marjamaa  
Analyttikko

Helsingin Energia

Markku Ollikainen  
Ympäristöekonomian professori

Helsingin yliopisto

Kimmo Ollikka  
Tutkija

VATT

Päästöoikeuskaupan valinta Euroopan unionin ilmastopolitiikan pääohjauskeinoksi oli erinomainen päätös. EU:n päästökauppajärjestelmässä (*European Union Emission Trading Scheme, EU ETS*), kuten päästöoikeuskaupassa yleensä, säätelijä asettaa päästökauppasektorille päästökaton, jonka yritykset kohdistavat keskenään kustannustehokkaasti kaupankäynnin avulla. Päästöoikeuksien niukkuus luo hiilidioksidipäästöille hinnan, joka vaikuttaa monilla markkinoilla. Koska hiili on tyypillisesti sähkömarkkinoiden rajatuotantomuoto, päästöoikeuksien hinta siirtyy sähkön hintaan sekä sen välityksellä prosessiteollisuuteen ja signaloi yrityksille ja kuluttajille ilmastohaittaa. Tällä tavoin päästöoikeuskauppa edistää koko talouden rakenteiden muutosta vähähiiliseen suuntaan. Julkinen valta puolestaan voi seurata ja analysoida hintojen ja määrien kehitystä päästöoikeusmarkkinoilla ja saada näin palautetta ilmastopolitiikan onnistumisesta.

Päästökauppa alkoi EU:ssa kokeiluperiodilla 2005-2007, mutta toinen kauppakausi 2008–2012 tähtäsi jo EU:n Kioto-sopimuksen mu-

kaisten ilmastositoumusten saavuttamiseen. Vuonna 2013 alkanut kolmas kauppakausi 2013-2020, pyrkii osaltaan saavuttamaan EU:n yksipuolisesti asettaman 20 % vähennystavoitteen hiilidioksidipäästöihin. Kolmannelle kaudelle päästökauppajärjestelmää kehitettiin ja aiemmista kausista poiketen päästöoikeudet huutokaupataan energiasektorille lämmöntuotantoa ja muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Päästökaupan rinnalle EU on asettanut maittain kohdistetun sitovan uusiutuvan energian lisäämistavoitteen vuoteen 2020 mennessä. Uusiutuvan energian lisäämisvaatimukset kohdistuvat päästökauppasektoriin ja toimivat siten päästökaupalle päällekkäisenä ohjauskeinona. Tämän ohella EU on hyväksynyt energiatehokkuusdirektiivin sekä vaatimukset biopolttoaineiden osuuden kasvattamisesta liikenteessä. Energiatehokkuusdirektiivi vaikuttaa sekä päästökauppasektorissa että sen ulkopuolella. Biopolttoainevaatimukset vaikuttavat päästökauppasektorin ulkopuolella.

Unionin päästöoikeuskauppa toimii erinomaisesti päästöoikeuksien kustannustehok-

kaana kohdentajana: markkinat ovat likvidit ja päästöoikeuksien vaihto aktiivista. Julkisessa keskustelussa on kuitenkin todettu, että päästökauppa on kriisissä. Tällöin yleensä viitataan päästöoikeuksien alhaiseen hintaan, joka ei enää ohjaa investointeja pois hiilestä (Syri ym. 2013) sekä uusiutuvaa energiaa koskevien vaatimusten päällekkäisyyteen. Uusiutuvan energian käytön kasvattamisen sitovat tavoitteet lisäävät päästökauppasektorilla hiilivapaan energian tarjontaa, laskevat päästöoikeuksien tarvetta ja hintaa sekä luovat lisää tilaa hiilen käytölle (Helm 2012). Toinen päästökauppa-kausi päättyi päästöoikeuksien ylijäämään ja alhaiseen päästöoikeuden hintaan. Tällä hetkellä EU:ssa investoidaan lisääntyvästi kivihiiileen ja suljetaan kaasuvoimaloita, joiden päästöt ovat merkittävästi pienemmät kuin hiilivoimaloiden päästöt. EU:n komissio etsii parhaillaan ratkaisuja päästöoikeuksien hinnan kohottamiseksi, mm. päästöoikeuksien huutokauppojen siirtämistä (*backloading*) on ehdotettu.

Tarkastelemme tässä kirjoituksessa, mitä päästöoikeusmarkkinoilla on tapahtunut, millaisia kokemuksia päästöoikeuksien huutokaupoista on saatu ja millaiselta juuri alkanut kolmas päästökauppa-kausi näyttää. Esitämme kokoavan arvion kuluneesta kauppakaudesta, päästöoikeuksien ylijäämään johtaneista tekijöistä sekä päästöoikeuksien hinnan kehityksestä. Tarkastelemme sen jälkeen, miltä kolmas kauppakausi (2013-2020) näyttää yksinkertaisen päästöoikeuksien tarvetta ennustavan simulointimallin avulla (malli esitelty tässä lehdessä aiemmin, ks. Aatola ym. 2008).

## 1. Arvio EU:n päästöoikeuskaupasta toisella kauppakaudella 2008-2012

Toisella kauppakaudella (ns. Kioto-velvoitekausi) päästökauppasektorin yritykset saattoivat käyttää alkujaossa saamiaan päästöoikeuksia (*EU Emission Allowance, EUA*) sekä puhtaan kehityksen ja yhteistoteutusmekanismien kautta hankkimiaan kauppakelpoisia päästövähennysyksiköitä (*Certified Emission Reduction, CER ja Emission Reduction Unit, ERU*). Yksi päästöoikeus tarkoittaa yhtä tonnia CO<sub>2</sub>-ekvivalentteja päästöjä.<sup>1</sup> Toisella kaudella alkoi myös lentoliikenteen päästöoikeuskauppa, mutta sivuutamme sen tarkastelusta.

Taulukko 1 kuvaa päästöoikeuksien alkuja-koa, yritysten tilittämiä päästöoikeuksia sekä käytettyjä CERjä ja ERUja, joihin viittamme jatkossa termillä hankeyksiköt. Taulukko 1 hyödyntää kolmea ylijäämän käsitettä. Ylijäämä 1 viittaa päästöjen ja alkujaon vuotuisen erotukseen, ylijäämä 2 ottaa huomioon hankeyksiköiden vuotuisen käytön. Kumulatiivinen ylijäämä kertoo, kuinka paljon ylijäämä on kasvanut vuodesta toiseen. Kumulatiivisessa ylijäämässä 1 hankeyksiköt eivät ole mukana, mutta ne on luettu kumulatiiviseen ylijäämään 2.

Kun tarkastellaan koko kauppakautta (viimeinen sarake), yrityksille jaettiin yhteensä

<sup>1</sup> Ensimmäisellä päästökauppakaudella päästökauppa kattoi vain CO<sub>2</sub>-päästöt. Toisella kaudella mukaan tuli osittain myös typpioksidipäästöjä. Kolmannella kaudella järjestelmä laajentui kattamaan laajemmin metalliteollisuutta, typpipäpon ja kipsilevyjen valmistusta sekä kemianteollisuutta ja näiden perfluoribiilivety- (PFC) ja typpioksiduuli- (N<sub>2</sub>O) päästöjä. Uusien kaasujen osalta yksi päästöoikeusyksikkö vastaa yhtä tonnia CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia, tCO<sub>2</sub>ekv. Jatkossa käytämme tätä yksikköä tekstissä kaikkien kausien osalta.

Taulukko 1. Päästöoikeuksien alkujako, hankeyksiköiden käyttö ja markkinoiden vuotuinen ja kumulatiivinen ylijäämä (miljoonaa tCO<sub>2</sub>ekv)\*

|                                   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   | yhteensä |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Jaetut päästöoikeudet             | 1958,5 | 1974   | 1998,3 | 2001,4 | 2005,4 | 9937,6   |
| CO <sub>2</sub> -päästöt yhteensä | 2119,8 | 1879,5 | 1938,5 | 1858,9 | 1858,9 | 9655,6   |
| Ylijäämä 1                        | -161,3 | 94,5   | 59,8   | 142,5  | 146,5  | 282      |
| Kumulatiivinen ylijäämä 1         | -161,3 | -66,8  | -7     | 135,5  | 282    | ---      |
| Käytetyt hankeyksiköt             | 82,5   | 81,8   | 137    | 254,7  | 492    | 1048     |
| Ylijäämä 2                        | -78,8  | 176,3  | 196,8  | 397,2  | 638,5  | 1330     |
| Kumulatiivinen ylijäämä 2         | -78,8  | 97,5   | 294,3  | 691,5  | 1330   | ---      |

Lähde: EU:n päästökaupparekisteri. \*) Islannin ja Liechtensteinin luvut puuttuvat.

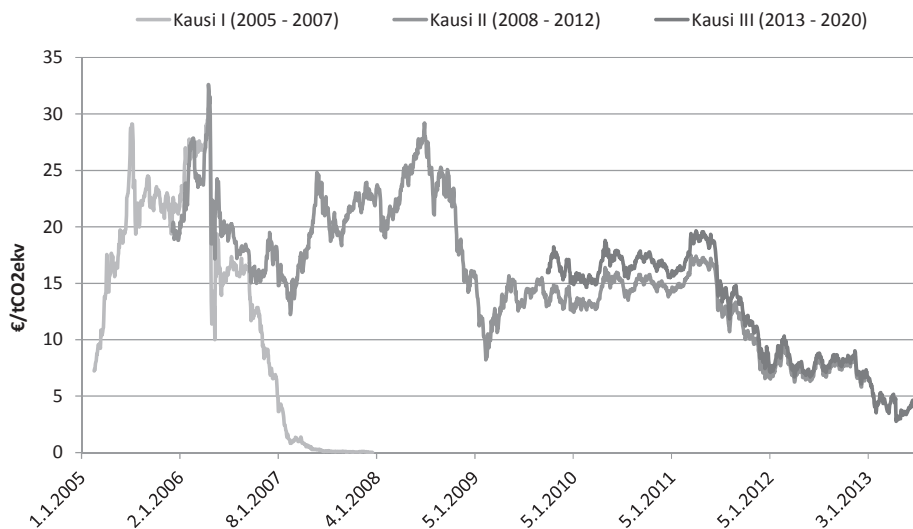
noin 9 940 miljoonan tonnin (MtCO<sub>2</sub>ekv) edestä oikeuksia. Yritykset käyttivät hankeyksiköitä noin 1 050 MtCO<sub>2</sub>ekv, joten käytettävissä on ollut liki 11 000 MtCO<sub>2</sub>ekv päästöyksikköä. Yritykset käyttivät alkujaoissa saamiaan päästöoikeuksia noin 8 600 MtCO<sub>2</sub>ekv ja palauttivat hankeyksiköitä noin 1 048 MtCO<sub>2</sub>ekv (näistä ERUja 378 MtCO<sub>2</sub>ekv). Päästöoikeuksien ylijäämä markkinoilla oli noin 1 330 MtCO<sub>2</sub>ekv.

Vuositason tarkastelu osoittaa, että ilman hankeyksiköiden käyttöä vuosi 2008 oli 161,3 miljoonaa päästöoikeutta alijäämäinen, eli yritykset päästivät enemmän kuin vuodelle oli jaettu oikeuksia. Hankeyksiköiden käyttö laski kuitenkin alijäämän noin 80 MtCO<sub>2</sub>ekv tasolle. Vuodesta 2009 lähtien markkinat muuttuivat ylijäämäiseksi: oikeuksien alkujako oli suurempi kuin yritysten päästöt, mutta kumulatiivisesti ylijäämäiseksi ilman hankeyksiköitä markkinat tulivat vasta 2011. Ilman hankeyksiköitä päästöoikeusmarkkinat olisivat olleet kaikkiaan noin 280 MtCO<sub>2</sub>ekv ylijäämäiset. On selvää, että finanssikriisi ja sen jälkeinen taantuma ja tuotannon lasku selittävät merkittävän osan päästöoikeuksien alkujaoon ja päästöjen erotuksesta. Hankeyksiköiden tarjonnan kasvu erityi-

sesti vuosina 2011 ja 2012 oli voimakasta, mikä liittyy osittain siihen, että hankemekanismin käyttömahdollisuudet ovat tulevaisuudessa rajoitetumpia.

Voimme päätellä, että taloudellinen taantuma ja suuri hankeyksiköiden käyttö (tarjonta) selittävät merkittävän osan toisen kauppakauden ylijäämästä, joka siirtyi sellaisenaan kolmannelle kauppakaudelle. Kiinnostavaa on kysyä, kuinka merkittävästi taloudellinen taantuma ja uusiutuvan energian politiikka ovat vaikuttaneet ylijäämään ja mikä on ollut hankeyksiköiden käytön osuus. Vuonna 2008 päästöt olivat noin 2100 MtCO<sub>2</sub>ekv ja vastasivat toiselle kauppakaudelle laatimaamme päästöennustetta (ks. Aatola ym. 2008). Toisen kauppakauden keskimääräiset vuotuiset päästöt olivat 1930 MtCO<sub>2</sub>ekv. Tästä voi päätellä, että lama ja uusiutuvan energian päällekkäiset vaatimukset laskivat päästöjä karkeasti viiden vuoden aikana yhteensä 855 MtCO<sub>2</sub>ekv. Loput ylijäämästä, noin 500 MtCO<sub>2</sub>ekv, on peräisin hankemekanismin tarjonnasta. Van der Bergh ym. (2013) arvioivat uusiutuvan energian tavoitteiden vaikutusta päästöihin kaudella 2007-2012 keski- ja etelä-eurooppalaisissa maissa.

Kuva 1. Päästöoikeuksien hintakuvaajat vuosilta 2005 - 2013. Seuraavan joulukuun forward-sopimus.



Lähde: ICE Futures Europe (<https://www.theice.com/>).

Heidän arvionsa mukaan tuet selittävät vähintään 10 % sähköntuotantosektorin päästöjen laskusta näissä maissa. Jos tämä arvio ulotetaan kaikkiin EU-maihin, saadaan laman osuudeksi noin 700 MtCO<sub>2</sub>ekv ja päällekkäisen uusiutuvan energian vaikutuksen osuudeksi noin 150 MtCO<sub>2</sub>ekv. Kyseessä on luonnollisesti karkea arvio, jota tulee tarkentaa tarkemmalla tutkimuksella.

## 2. Päästöoikeuksien hinnan kehittyminen päästökaupan aikana

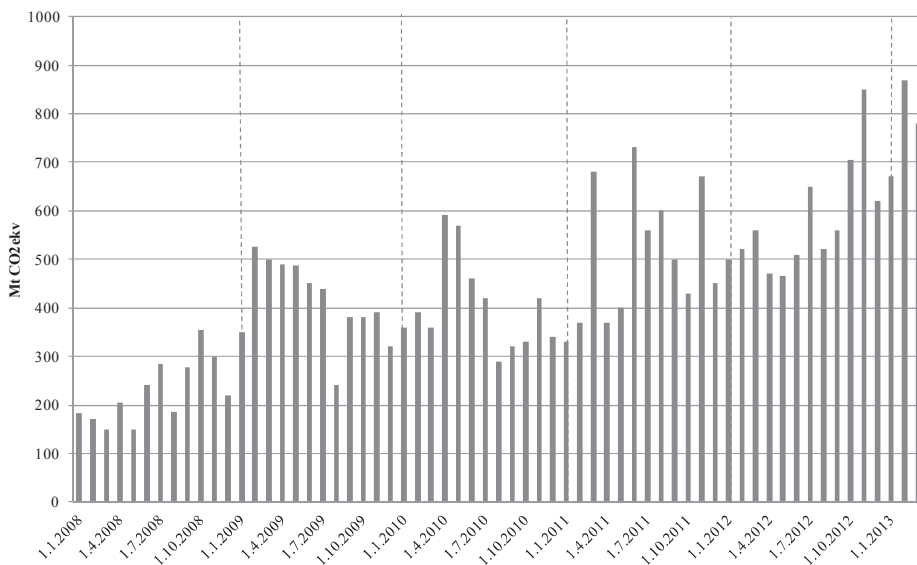
Päästöoikeuksien hinta määräytyy niiden kysynnän ja tarjonnan pohjalta. Tarjontaan vaikuttaa vuotuinen päästökatto sekä markkinoille tuotavien hankeyksiköiden määrä. Kysyntään vaikuttavat energian- ja teollisuustuotannon vuotuiset päästömäärät. Valtaosa kaupasta

käydään forward-sopimuksilla. Koska päästöoikeudet siirtyvät kauppakaudelta toiselle, niiden hinnassa heijastuvat myös odotukset tulevasta päästötasosta. Useissa empiirisissä töissä on osoitettu, että päästöoikeuden hinta heijastelee markkinafundamentteja ja on siten luonut luotettavan hintasignaalin kannustamaan puhtaampaan tuotantoon (esim. Aatola ym. 2013; Alberola ym. 2008). Energiasektori on suurin yksittäinen päästökaupan piiriin kuuluva tuotannon ala ja niinpä korrelaatiot sähkön hintojen, erityisesti suurimman jäsenmaan Saksan, perusvoiman sähkön, ja polttoaineiden hintojen kanssa ovat perinteisesti olleet korkeita.

Kuva 1 esittää forward-aikasarjaa kahden kuluneen ja meneillään olevan päästökauppakauden hinnoista heinäkuuhun 2013 saakka.

Ensimmäisellä kaudella (2005-2007) päästöoikeuden hinta nousi nopeasti ennätyskorkeuteen, noin 30 € tasolle, kunnes hinta romahti

Kuva 2. Kaupankäynnin volyyymi (Mt)



Lähde: Tendence Carbone (2013)

kevällä 2006, kun vuoden 2005 päästötarkastuksessa selvisi, että markkinoilla on runsaasti ylijäämää oikeuksista. Markkinat siis reagoivat informaatioon tehokkaasti. Ensimmäisellä päästökaupunkaudella oikeudet eivät olleet siirrettävissä tuleville kausille, joten niiden arvo putosi lähelle nollaa nopeasti. Seuraavilla päästökaupunkausilla ylijäävien päästöoikeuksien talletusmahdollisuus seuraaville kausille on olemassa. Tämä näkyi mm. siinä, että toisen kauden (2008-2012) päästöoikeus säilytti arvonsa huolimatta siitä, että kausi päättyi ylijäämään.

Toisen kauden hintataso oli suhteellisen korkea, kunnes se alkoi reagoida voimakkaasti maailmanlaajuiseen taantumaa, mikä näkyy vuoden 2008 lopulta alkaneena jyrkkänä laskusuhdanteena ja laskuna hinnassa. Vuoden 2009 alkupuoliskolla hinta kuitenkin nousi ennätysalmaisista lukemista noin 15 € tuntumaan Eu-

roopan talouskasvun palautuessa hitaasti globaalista kriisistä. Vuoden 2009 lopulla hinnat heilahtelivat voimakkaasti Kööpenhaminan ilmastokokouksen alla. Ilmastoneuvotteluiden laimeat tulokset näkyivät päästöoikeuden hinnassa laskuna. Hinta nousi keväällä 2010 hetkellisesti, kun komissio hyväksyi huutokaupunkamenettelyn kolmannelle kaudelle. Vuoden 2010 loppupuolisko oli suhteellisen vakaata aikaa päästöoikeusmarkkinoilla hinnan seurattessa markkinafundamenttien hintojen vaihtelua. Kesällä 2011 komissio hyväksyi suunnitellun energiatehokkuusdirektiivistä. Kaksi päivää hyväksymisen jälkeen päästöoikeuden hinta laski noin 20 %. Energiatehokkuusdirektiivi on osittain päällekkäinen ohjauskeino päästökaupunkjärjestelmän kanssa ja heikentää päästöoikeuksien kysyntää samalla tapaa kuin uusiutuvan energian tukipolitiikka. Kun lisäksi eurokriisi alkoi syventyä syksyllä 2011, päästö-

oikeuden hinta jatkoi laskemistaan. Vuonna 2012 valmistauduttiin kolmannen kauden alkuun ja sen tuomiin muutoksiin. Samalla alkoivat spekulatiot siitä, mitä kumuloituvalla ylijäämälle tulisi tehdä, ja pitäisikö markkinoihin puuttua hallinnollisin keinoin. Kolmas päästökauppakausi alkoi siinä epävarmuuden saattelemana ja hinta oli vahvassa laskussa.

Päästökaupan volyyymi on kasvanut alkuvuosina voimakkaasti. Suurin osa päästöoikeuksien kaupasta käydään nykyään pörssi-kauppana. Päästökaupan sääntelyn piiriin kuuluvien yritysten lisäksi myös pankkiiri- ja rahoituslaitokset sekä spekulantit toimivat aktiivisesti markkinoilla. Kuva 2 esittää kaupankäyntivolymien (sekä spot- että forward-sopimukset) kehitystä toisella ja kolmannella päästökauppakaudella. Markkinavolyymit ja markkinoiden likviditeetti osoittavat, että päästökaupamarkkinat toimivat. Tämänhetkisellä hintatasolla sen tuotantoa ohjaava vaikutus tosin vain jää nimelliseksi.

### 3. Arvioita päästöoikeuksien tarpeesta kolmannella päästökauppakaudella

Kolmas päästökauppakausi 2013-2020 poikkeaa aiemmista kausista useassa suhteessa. Kun toisella kaudella päästökattoa vielä kasvatettiin, nyt päästökattoa kiristetään asteittain joka vuosi (1,74%). Kolmannella päästökauppakaudella luovuttiin myös kansallisesta päästöoikeuksien jakamisesta (*national allocation plan, NAP*) ja komissio määrää suoraan päästöoikeuksien jakamisesta markkinatoimijoille. Energiasektori, lämmöntuotantoa ja muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta, joutuu ostamaan kaikki oikeutensa huutokaupoista tai jälkimarkkinoilta, mutta hiilivuotoaltille prosessiteollisuudelle

oikeudet jaetaan edelleen ilmaiseksi.<sup>2</sup> Ilmaisjako perustuu benchmark-käytäntöön. Päästökauppajärjestelmän piiriin lisättiin kolmannella kaudella uusia kasvihuonekaasuja ja sen myötä uusia toimialoja. Lisäksi otettiin käyttöön unionin laajuinen yhteinen päästöoikeusrekisteri (*European Union Transaction Log, EUTL*).

Jo nyt arvellaan yleisesti, että päästöoikeuksia on jaettu kolmannelle kauppakaudelle liikaa, kun otetaan huomioon taloudellisen taantumien jatkuminen ja toisen kauppakauden merkittävän ylijäämän siirtyminen nykyiselle kaudelle. Päästöoikeuksien tarve määräytyy pitkälti taloudellisen aktiivisuuden pohjalta, joten on tärkeää arvioida, miten EU nousee taloudellisesta taantumasta ja miltä talouskasvu näyttää vuoteen 2020. Tarkastelemme EU:n hiilidioksidipäästöjen kehitystä kahden vaihtoehdoisen talouskasvuskenaarion valossa. Perusskenaariossa oletamme, että EU:n BKT lähtee kahden prosentin maltilliseen kasvuun vuonna 2014 ja kasvu säilyy sellaisena aina vuoteen 2020 saakka. Talouden taantumaskenaarissa oletetaan, että kasvu yskii ja on pitkään lievästi negatiivinen; EU ei nouse taantumasta helposti. Sähköntuotantoa ja fossiilisia polttoaineiden käyttöä koskevat oletukset myötäilevät näitä kasvuoletuksia (tarkat luvut esitetty liitteessä, taulukko 1). Laskelmissa oletamme, että sähköntuotannon määrä kasvaa tulevaisuudessa puolet bruttokansantuotteen kasvuvauhi-

<sup>2</sup> Hiilivuodolla viitataan tilanteeseen, jossa jossain maassa tai maaryhmässä asetettu päästökatto hiilidioksidille johtaa hiilidioksidipäästöjen lisääntymiseen jossakin muussa tai muissa maissa ja tämä päästöjen kasvu johtuu juuri asetetusta päästökattosta. Hiilivuodosta seuraa, että ilmastopolitiikasta tulee teottomampaa ja kalliimpaa verrattuna tilanteeseen jossa vuotoa ei olisi.

Taulukko 2. Arvio päästöistä ja päästöoikeuksien tarpeesta kauppakaudelle 2013-2020\*, kun EU:n talous kasvaa maltillisesti (MtCO<sub>2</sub>ekv)

|                         | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | Yhteensä |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| Jaetut päästöoikeudet   | 3369 | 2002 | 1964 | 1927 | 1889 | 1852 | 1815 | 1777 | 16595    |
| Hankeyksiköiden käyttö  | 69   | 69   | 69   | 69   | 69   | 69   | 69   | 69   | 552      |
| Oikeudet yhteensä       | 3438 | 2071 | 2033 | 1996 | 1958 | 1921 | 1884 | 1846 | 17147    |
| Arvioidut päästöt       | 1864 | 1873 | 1882 | 1892 | 1901 | 1911 | 1920 | 1930 | 15172    |
| Ylijäämä                | 1575 | 198  | 151  | 104  | 57   | 10   | -37  | -84  | 1975     |
| Kumulatiivinen ylijäämä | 1575 | 1772 | 1924 | 2028 | 2085 | 2095 | 2059 | 1975 | ----     |

\*) Islannin, Liechtensteinin ja Kroatian luvut puuttuvat.

dista ja puolet sähkötuotannosta tuotetaan fossiilisilla polttoaineilla. Historiallisen datan perusteella päästökaupan markkinatoimijoiden vuosien 2005-2011 sähkötuotannosta 53,2 % tuotettiin fossiilisilla polttoaineilla (ENTSO-E 2012), joten oletuksemme mukaan fossiilisten polttoaineiden osuus kokonaistuotannosta pienenee tulevaisuudessa.

Taulukko 2 esittää kolmannelle kaudelle jaettavat päästöoikeudet ja arvion hankemekanismin käytöstä, eli oikeuksien efektiivisen tarjonnan. Sen jälkeen arvioidaan päästökaupasektorin päästöt sekä vuotuinen ja kumulatiivinen ylijäämä. Vuoden 2013 jakoon (suuruudeltaan 2039,2 MtCO<sub>2</sub>ekv) on lisätty toiselta kauppakaudelta siirtyvä ylijäämä (1330 MtCO<sub>2</sub>ekv). Päästöoikeuksien alkujako laskee vuosittain leikkurin 1,74 % mukaisesti ja vuonna 2020 se on 262,1 MtCO<sub>2</sub>ekv alhaisempi kuin vuonna 2013. Vuosien 2008–2020 yhteenlasketuksi hankeyksiköiden käyttökiintiöksi on arvioitu 1,4-1,8 miljardia päästövähennysyksikköä. Tästä kiintiöstä on tähän saakka käytetty 1048 MtCO<sub>2</sub>ekv. Arvio hankemekanismin käytöstä nykyisellä kauppakaudella, 69 MtCO<sub>2</sub>ekv on määritetty vuotuisena keskiarvona vielä käyttämättömien hankeyksiköiden määrästä 552 MtCO<sub>2</sub>ekv.

Taulukon 2 viesti on yksikäsitteinen. Vaikka EU:n talouden oletetaan kasvavan noin kaksi prosenttia vuodessa, markkina jää jopa ylijäämäisemmäksi kuin toisella kauppakaudella. Ylijäämä on 1975 MtCO<sub>2</sub>ekv. Kumulatiivinen ylijäämä saavuttaa huippunsa 2018 ja on tällöin 2095 MtCO<sub>2</sub>ekv, mutta laskee runsaat 100 MtCO<sub>2</sub>ekv verran kauden loppuvuoteen mennessä. Tarjonnan ja kysynnän vuotuinen erotus kääntyy negatiiviseksi (kysyntä ylittää tarjonnan) vuonna 2019. Hankeyksiköitä on yritysten käytössä yhteensä noin 552 MtCO<sub>2</sub>ekv, joten niillä on suuri vaikutus ylijäämään, joskaan ei yhtä merkittävä kuin edellisellä kaudella. On uskottavaa, että ylijäämän ollessa näin merkittävä, päästöoikeuden hinta säilyy varsin alhaisena.

Mikäli EU ei onnistu vakiinnuttamaan kasvuaan ja jää pidempiaikaiseen taantumaan, tilanne näyttää vielä synkemmältä. Taulukossa 3 esitämme arviomme kolmannen päästöoikeuskauppakauden ylijäämästä, kun EU jää pidemmäksi aikaa taantumaan.

Taulukon 3 sanoma on samankaltainen kuin edellä, mutta vieläkin dramaattisempi: päästöoikeusmarkkinoiden ylijäämä on 2248 MtCO<sub>2</sub>ekv, eli noin puolentoista vuoden päästöoikeuksien tarve päästökaupasektorilla. Kumulatiivisen ylijäämän huippu saavutetaan

Taulukko 3. Arvio päästöistä ja päästöoikeuksien tarpeesta kauppakaudelle 2013-2020\*, kun EU:n talous jää taantumaan (MtCO<sub>2</sub>ekv)

|                         | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | Yhteensä |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| Jaetut päästöoikeudet   | 3369 | 2002 | 1964 | 1927 | 1889 | 1852 | 1815 | 1777 | 16595    |
| Hankeyksiköiden käyttö  | 69   | 69   | 69   | 69   | 69   | 69   | 69   | 69   | 552      |
| Oikeudet yhteensä       | 3438 | 2071 | 2033 | 1996 | 1958 | 1921 | 1884 | 1846 | 17147    |
| Arviodut päästöt        | 1864 | 1864 | 1859 | 1854 | 1854 | 1859 | 1868 | 1878 | 14899    |
| Ylijäämä                | 1575 | 207  | 174  | 142  | 104  | 62   | 15   | -31  | 2248     |
| Kumulatiivinen ylijäämä | 1575 | 1782 | 1956 | 2098 | 2202 | 2264 | 2279 | 2248 | ---      |

\*) Islannin, Liechtensteinin ja Kroatian luvut puuttuvat.

kauden toiseksi viimeisenä vuotena 2019 ja vain vuonna 2020 vuotuinen tarve ylittää päästöoikeuksien tarjonnan. Taantumana oloissa kokonaispäästöiksi saadaan 14 899 MtCO<sub>2</sub>ekv, kun ne olivat 2 % kasvun tapauksessa 15 172 MtCO<sub>2</sub>ekv. Näiden skenaarioiden erotus on kuitenkin suhteellisen pieni 273 MtCO<sub>2</sub>ekv, mikä viittaa suhteellisen runsaaseen oikeuksien alkujakoon, joskin erotus kasvaa kasvun ollessa voimakkaampaa kuin 2 %.

#### 4. Kokemuksia päästöoikeuksien huutokaupoista

Vuoden 2013 alusta alkaen huutokauppa on ollut EU ETS:n pääasiallinen päästöoikeuksien alkujakotapa yrityksille (energiasektori). Huutokaupat siis korvaavat vanhan ilmaisjaon alkujakoperiaatteena. Mikäli yritysten hankkimat määrät päästöoikeuksia eivät vastaa niiden tarpeita huutokauppojen välillä, yritykset voivat edelliskausien tapaan ostaa tai myydä oikeuksia keskinäisen kaupankäynnin kautta ns. jälkimarkkinoilla, eli pörssiissä tai kahdenvälisenä kauppana. Tehokkailla markkinoilla huutokaupan selvityshinnan ja jälkimarkkinahinnan tulisi olla yhtä suuri.

Toimiessaan tehokkaasti huutokauppa on yksinkertainen, läpinäkyvä ja tasapuolinen tapa

jakaa päästöoikeudet niitä tarvitseville yrityksille. Tällöin se toteuttaa kolme keskeistä ympäristöpolitiikan tavoitetta. Ensinnäkin se on kustannustehokas. Tehokas oikeuksien allokaatio takaa, että viimeisen puhdistettavan päästöyksikön kustannus on kaikille yrityksille odotusarvoisesti yhtä suuri. Toiseksi se kerää tehokkaasti informaatiota puhdistuskustannuksista ja tarjoaa oikean hintasignaalin talouden suunnittelijoille. Kolmanneksi huutokauppatuotoilla voidaan korjata mahdollisia muita talouden vääristymiä kuten alentaa työn verotusta tai tukea investointeja puhtaaseen teknologiaan (ympäristöverotuksen kaksoishyötyhypoteesi). Huutokauppatuottojen maksimointi ei kuitenkaan ole päästöoikeusmarkkinoilla ensisijainen tavoite. Keskeisintä on toteuttaa asetettu puhdistustavoite mahdollisimman alhaisilla kustannuksilla.

EU:n päästöoikeuskaupan kolmannen kauppakauden (2013-2020) oikeudet huutokaupataan sähköntuotannon osalta kokonaan ja teollisuustuotannossa huutokauppaan siirrytään vähitellen. Kun vuonna 2013 teollisuudelle jaetaan ilmaiseksi 80 % päästöoikeuksista, ilmaisjako kattaa vuonna 2020 enää 30 % ja vuonna 2027 ilmaisjako loppuu kokonaan. Suurin osa EU:n jäsenvaltioista, mukaan lukien Suomi, myyvät päästöoikeutensa EU:n yhtei-



sellä huutokauppapaikalla (noin 60 % huutokaupattavista päästöoikeuksista). Ainoastaan UK, Saksa ja Puola ovat päättäneet myydä päästöoikeutensa omilla, ns. opt out -huutokauppapaikoillaan. EU:n yhteisenä sekä Saksan oikeuksien kauppapaikkana toimii European Energy Exchange (EEX) Leipzigissä. UK myy oikeutensa ICE Futures Europe (ICE) -pörsissä Lontoossa. Puola ei ole vielä osoittanut omaa kauppapaikkaansa ja toistaiseksi se käyttää EU:n yhteistä huutokauppaa.

Oikeuksia huutokaupataan 500 päästöoikeuden erissä, joille voi tehdä tarjouksia 0,01€ tarkkuudella. Huutokaupat toteutetaan yhden kierroksen suljettuna huutokauppana ja hinta määräytyy yhtenäishinnoittelun perusteella. Kun huutokauppa avataan, voivat yritykset ja muut huutokauppaan osallistuvat toimijat (kuten sijoittajat ja yhdistykset) huutaa päästöoikeuksia, kunnes tarjousaika päättyy. Huutajat eivät näe toistensa tarjouksia. Huutokaupanpittäjä laskee kysytyt määrät yhteen korkeimmasta tarjotusta hinnasta alkaen, kunnes yhteenlaskettu määrä on yhtä suuri kuin päästöoikeuksien kokonaistarjonta. Huutokaupan selvityshinta määräytyy alimman voittaneen tarjouksen mukaan. Voittaneita tarjouksia ovat kaikki selvityshintaa korkeammat tai yhtä suuret tarjoukset. Jokaisesta huutokaupassa voitetusta päästöoikeudesta maksetaan selvityshinnan suuruinen maksu. Tasatilanteessa alin hyväksytty tarjous arvotaan. Kolmannen kauden päästöoikeuksia on EU:n yhteisellä kauppapaikalla huutokaupattu kolmesti viikossa vuoden 2012 lopulta alkaen. Saksan oikeuksien huutokauppa järjestetään kerran viikossa ja UK:n kolmannen kauden päästöoikeuksia huutokaupataan kahden viikon välein.

Huutokauppa on peruttava, jos tarjousten yhteismäärä on pienempi kuin huutokaupatta-

va määrä. Lisäksi ”huutokauppapaikan on määrittävä huutokauppa, jos huutokaupan selvityshinta on merkittävästi alhaisempi kuin jälkimarkkinoilla tarjousajan kuluessa ja välittömästi sitä ennen vallitseva hinta, kun otetaan huomioon päästöoikeuksien lyhytaikainen hinnanvaihtelu tietyllä aikavälillä ennen huutokauppaa” (Komission asetus (EU) N:o 1031/2010, Artikla 7). Huutokaupassa on täten reservaatihinta, jota ei ilmoiteta etukäteen, mutta joka määräytyy jälkimarkkinoiden hintanoteerausten perusteella.

Onko EU ETS:ään valittu huutokauppata- pa tehokas? Tämä on kysymys, johon empiirinen tai teoreettinen huutokauppakirjallisuus ei anna toistaiseksi vastausta. Monen yksikön yhtenäishinnoittelun huutokaupoissa ongelmana on yritysten halukkuus asettaa kysyntätarjoukset puhdistuskustannuksiaan alemmiksi (*bid shading, collusive seeming bidding*). Lisäksi suuremmat yritykset pyrkivät vaikuttamaan hintaan enemmän kuin pienemmät. Tämän seurauksena myös huutokaupan selvityshinta voi olla varsin matala (Wilson, 1979; Ausubel ja Cramton, 2002; Cramton ja Kerr, 2002). Tällöin huutokauppa ei tuota tehokasta päästöoikeuksien allokaatiota, hintasignaali ei ole oikea ja huutokaupan tuotot alenevat. Yhden hinnan huutokaupoissa voidaan rajoittaa strategista käyttäytymistä muun muassa tekemällä päästöoikeuksien tarjonnasta joustava hinnan suhteen tai sopeuttamalla tarjontaa kysyntätarjousten jättämisen jälkeen (Back ja Zender, 1993; Li-Calzi ja Pavan, 2005; McAdams, 2007). Myös reservaatihinnoittelulla voidaan estää erittäin alhaisten selvityshintojen toteutuminen.

Taulukossa 4 esitetään perustietoja kolmannen kauden huutokaupoista. Kiinnostavaa on katsoa erityisesti markkinoiden tehokkuutta, eli kuinka lähellä huutokaupan selvityshinta on

Taulukko 4. EU:n päästökaupan kolmannen kauden huutokaupat 26.10.2012-8.7.2013.

| Huutokauppa   | n   | Spread (%) |       |      | Osallistujien lkm |     |     | Kysyntä/tarjonta |     |     |
|---------------|-----|------------|-------|------|-------------------|-----|-----|------------------|-----|-----|
|               |     | Ka         | Min   | Max  | Ka                | Min | Max | Ka               | Min | Max |
| EU            | 86  | 1,3        | -20,8 | 8,7  | 16,8              | 11  | 21  | 2,8              | 1,2 | 5,3 |
| Saksa         | 31  | 2,2        | -1,6  | 22,0 | 16,5              | 10  | 21  | 2,8              | 1,1 | 7,7 |
| Iso-Britannia | 15  | 2,2        | -2,9  | 21,0 | 15,5              | 12  | 20  | 2,2              | 1,1 | 3,1 |
| Kaikki        | 132 | 1,6        | -20,8 | 22,0 | 16,6              | 10  | 21  | 2,7              | 1,1 | 7,7 |

Lähteet: ICE Futures Europe (<https://www.theice.com/>) ja EEX (<https://www.eex.com/>).

Spread on huutokauppapäivän kanssa samana päivänä noteeratun spot-hinnan ja huutokaupan selvityshinnan (Clearing Price) välinen suhteellinen erotus:  $\text{Spread} = (\text{Spot Price} - \text{Clearing Price}) / \text{Clearing Price}$ .

Taulukon laskelmissa spot-hintana on käytetty EUA:n seuraavan kuukauden forward-sopimuksen hinnat painotettua keskiarvoa päivän aikana käydyistä kaupoista.

reservaatiohintaa. Tätä mittaa taulukossa 4 spread, joka määritellään selvityshinnan ja samana päivänä noteeratun spot-hinnan suhteellisenä erotuksena. Spot-hinnan sijaan spreadiä laskettaessa on käytetty ICE Futures Europe -pörssin noteerausta EUA:n seuraavan kuukauden forward-sopimukselle. Spot- ja forward-hintojen ero alle yhden kuukauden periodilla ei ole merkittävä.

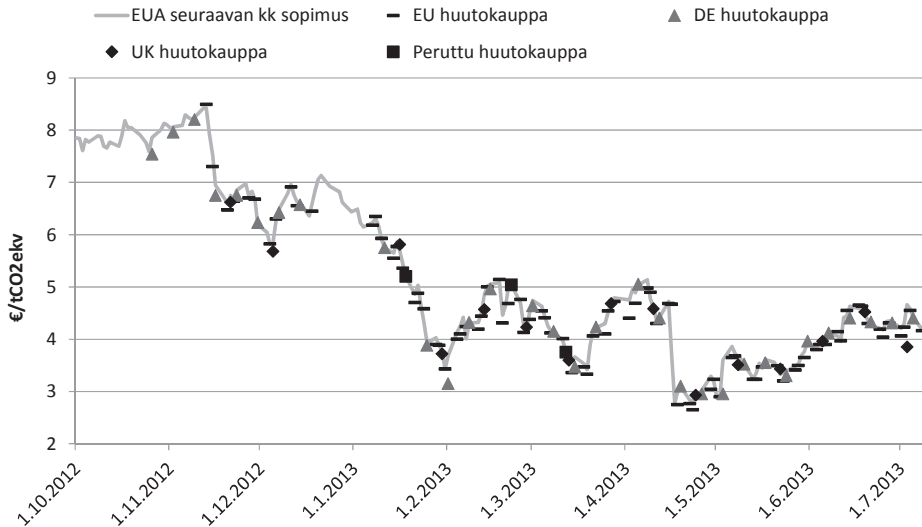
Mitattuna spreadillä, huutokaupan selvityshinta on EU ETS:n kolmannen kauden huutokaupoissa ollut hyvin lähellä odotusarvoista reservaatiohintaa. Selvityshinta on ollut keskimäärin 1,6 prosenttiyksikköä alempi kuin samana päivänä noteerattu seuraavan kuukauden forward-sopimus. Kun selvityshinta on alhaisempi kuin noteerattu spot-hinta (tässä forward-hinta), arbitraasivoiton tekeminen huutokauppoihin osallistumalla on mahdollista. Artikkelin kirjoitushetkellä kolme huutokauppaa on jouduttu perumaan, koska selvityshinta on jäänyt reservaatiohinnan alle. Saksan päästöoikeuksien huutokauppa peruttiin 18.1.2013 ja 22.2.2013 sekä EU:n yhteinen huutokauppa 12.3.2013.

Selvityshinnan ja seuraavan kuukauden forward-hinnan eroamista toisistaan selittää se,

että huutokauppoihin on toistaiseksi osallistunut varsin pieni määrä huutajia. Keskimäärin osallistujia on ollut 17 ja voittavien huutajien keskiarvo on ollut 11, kun päästökauppaan osallistuvia yrityksiä on liki 12 000. Huutokauppojen vähäinen osallistujamäärä on seurausta siitä, että monet yritykset ostavat tarvitsemansa päästöoikeudet jälkimarkkinoilta tai huutokauppoihin osallistuvien välittäjien kautta<sup>3</sup>. Lisäksi yrityksillä ei ole tällä hetkellä merkittävää tarvetta ostaa päästöoikeuksia, sillä niiden hallussa on runsaasti toiselta kauppakaudelta siirtyneitä oikeuksia. Kun huutokaupakäytäntö tulee yrityksille tulevaisuudessa paremmin tutuksi, huutokauppoihin voidaan saada enemmän osallistujia. Mitä vähemmän osallistujia huutokaupoissa on, sitä suuremman uhan strateginen käyttäytyminen aiheuttaa huutokaupan tehokkuudelle. Yritykset saattavat pelätä huutokauppoihin osallistumista

<sup>3</sup> Esimerkiksi helmikuussa 2013 huutokaupoissa myytiin kaikkiaan noin 65 miljoonaa päästöoikeutta. Vertailun vuoksi todettakoon, että jälkimarkkinoiden spot- ja forward-tuotteiden yhteenlaskettu kaupankäyntivolyymi oli samassa kuussa yli kymmenkertainen, vajaa 900 Mt CO<sub>2</sub>ekv. (Tendance Carbone 2013).

Kuva 3. EU:n päästöoikeuden jälkimarkkinahinnat sekä selvityshinnat EU:n, Saksan (DE) ja Iso-Britannian (UK) huutokaupoissa 1.10.2012–8.7.2013.



Lähteet: ICE Futures Europe (<https://www.theice.com>) ja EEX (<https://www.eex.com/>).

myös kustannusten takia, sillä huutokauppa-  
paikat edellyttävät osallistujilta erilaisia jäse-  
nyyksiä pörssiin, joten arbitraasivoiton tulisi  
kattaa ainakin kustannukset, jotta osallistumi-  
nen huutokauppoihin olisi yritysten kannalta  
mielekkästä.

Kuva 3 havainnollistaa huutokauppojen  
selvityshintojen ja päästöoikeuksien jälkimark-  
kinahintojen suhdetta. Kuvassa on seuraavan  
kuukauden forward-sopimuksen hintakuvaaja  
ja vaakaviivoin on merkitty EU:n huutokaup-  
pojen hinnat. Kolmiot ovat Saksan ja vinoneli-  
öt UK:n huutokauppojen selvityshinnat. Kuva  
3 vahvistaa taulukon 4 tulokset. Huomatta-  
koon myös, että toukokuun pohjalukemien  
jälkeen huutokauppojen selvityshinnat ja jälki-  
markkinahinta ovat nousseet lievästi kohti al-  
kuvuoden 5 euron tasoa.

Entä kuinka hyvin huutokaupat ovat toimi-  
neet muilla vastaavilla markkinoilla? Yhdysval-  
tojen osavaltioista Kalifornialla on oma CO<sub>2</sub>:n  
cap-and-trade -ohjelmansa ja koillisosan yh-  
deksällä osavaltioilla on oma kasvihuonekaasu-  
jen kauppaohjelma RGGI (*Regional Greenhou-  
se Gas Initiative*). Kaliforniassa on käyty kolme  
huutokauppakierrosta (14.11.2012, 19.2.2013  
ja 3.5.2013) ja RGGI:n puitteissa on päästöoi-  
keuksia jaettu 20 huutokaupassa vuoden 2008  
jälkeen. Huutokaupat on järjestetty yhden hin-  
nan suljettuna huutokauppana, mutta toisin  
kuin EU ETS:n huutokaupoissa, reservatio-  
hinta ilmoitetaan ennen huutokaupan avautu-  
mista. Huutokauppaa ei myöskään peruta,  
mikäli kysytty määrä alittaa tarjonnan. Suures-  
sa osassa näistä huutokaupoista selvityshinta  
on jäänyt reservatiorinnan tasolle tai lähelle

sitä.<sup>4</sup> Alhaisia hintoja on selitetty muun muassa uusiutuviin energiamuotoihin sekä energiatehokkuuteen liittyvällä ohjauksella, joka on päällekkäistä kauppajärjestelmän kanssa.<sup>5</sup>

On vaikea sanoa, onko esimerkiksi peruttujen tai reservaatihinnalla toteutuneiden huutokauppojen taustalla alhaisten hintojen strategioita. EU:n päästömarkkinoilla päästöoikeuksien kysyntä ja samalla hinta ovat olleet pitkään varsin matalalla tasolla. Tämä on seurausta suhteellisen runsaasta alkujaoista, ennakoitua heikommasta taloudellisesta toimeliaisuudesta ja esimerkiksi uusiutuvien energiamuotojen tukipolitiikasta. Varmaa on kuitenkin se, että monen yksikön huutokauppoihin liittyy paljon avoimia kysymyksiä, joiden tutkimiseen päästöoikeuksien huutokaupat tarjoavat mielenkiintoista empiiristä aineistoa.

## 5. EU:n päästökauppajärjestelmän tulevaisuudesta

Innokkaimmat ovat jo veikanneet loppua päästökaupalle. Tätä kirjoitettaessa pohdinta päästökauppajärjestelmän kehittämiseksi on käynnissä. Yleinen arvio on, että tarvitaan toimia, joilla päästöoikeuden hintaa nostetaan lyhyellä aikavälillä, jotta haitallinen siirtymä takaisin hiileen saadaan pysäytetyksi. Päästöoikeuskauppa toimii nousu- ja laskusuhdanteissa ns. automaattisena vakauttajana, sillä päästöoikeuksien

hinta nousee kasvun kiihtyessä ja laskee kasvun hiipuessa. Ilmastopolitiikan pitkän aikavälin ohjauksen kannalta on kuitenkin ajateltu, että vaihteluväliä tulisi rajoittaa investointeihin liittyvän epävarmuuden pienentämiseksi.

Tiukemman ilmastotavoitteen asettaminen vuodelle 2030 loisi välittömästi niukkuutta myös nykyiselle kauppakaudelle ja nostaisi hintaa. Päästökauppamekanismin kehittämiseksi esimerkiksi vuoden 2020 jälkeen on ehdotettu mm. katto- ja lattiahintojen asettamista, joustavien tarjontamekanismien luomista komission harkinnan piiriin, vuotuisen päästöleikkurin kiristämistä sekä päästökaupan piiriin luettavien toimialojen laajentamista. Saatujen kokemusten huolellinen arviointi onkin tarpeen, jotta päästökaupan markkinaehtoisuus säilyy samalla, kun ilmastopoliittinen kannustavuus kasvaa. Erityisesti on pohdittava, kuinka järkevää on asettaa erillisiä tavoitteita ja päällekkäisiä ohjauskeinoja uusiutuvalla energialla ja energiatehokkuudelle päästökauppasektorilla. Toisen kauden päällekkäisen ohjauksen ongelmat ovat ilmeiset: vakiintuneen uusiutuvan energian tuki ei vähentänyt päästöjä, joita ohjaa päästökatto, mutta laskiessaan päästöoikeuden hintaa se loi lisää tilaa hiilen käytölle. Edellä sanottu ei tarkoita, etteikö energiatukia tarvittaisi. Tuki on taloustieteellisesti perusteltu uusiutuvan energian tutkimus- ja kehitystyölle ja siihen liittyvän tiedon sekä uusien teknologioiden diffuusiolle. EU:n tulisi siirtää tukipolitiikkaansa juuri tutkimus- ja kehitystyötä kannustavaan suuntaan huolimatta siitä, että tällaisten tukien määrittäminen on hankalaa.

Vaikka EU:n ilmastopolitiikka tällä hetkellä on ontua, EU:lla ja sen päästökauppajärjestelmällä on ollut tärkeä globaali merkitys. Yhä useampi maa on ottanut tai ottamassa päästökauppajärjestelmiä osaksi kansallisia ohjelmiaan.

<sup>4</sup> California Air Resources Board (ARB), *Auction Information* (<http://www.arb.ca.gov/cc/capandtrade/auction/auction.htm>); *Regional Greenhouse Gas Initiative, CO2 Auctions* (<http://www.rggi.org/rggi>).

<sup>5</sup> Esimerkiksi Dallas Burtraw ja Clayton Munnings (20.11.2012), *California's First Carbon Auction Successful* (<http://common-resources.org/2012/californias-first-carbon-auction-successful/>).

Samalla ne voivat oppia EU:n päästökaupan ongelmista – esimerkiksi Australia aloitti päästökauppajärjestelmänsä kiinteällä hinnalla 1.7.2012 lähtien. Toisin kuin EU, Australia ja Uusi-Seelanti ovat sisällyttäneet päästökauppaohjelmaansa maa- ja metsätalouden, joten ne voivat tarjota kokemuksia näiden luonteeltaan kompleksisten sektoreiden (sektoreissa yhdistyvät tuotantoon liittyvät päästöt sekä maankäytön muutokset) ohjaamisesta. Kiina aloitti pilottikaupan kuluvana vuonna ja mikäli kokemukset ovat hyviä, kauppa laajenee koko maahan 2015. Näköpiirissä on myös järjestelmien yhdentymistä: Islanti, Liechtenstein ja Norja kuuluvat jo EU:n päästökaupan piiriin ja EU solmi vuonna 2012 sopimuksen Australian kanssa päästökauppajärjestelmien asteittaisesta yhdentymisestä vuoteen 2018. Päästökauppajärjestelmistä ja niiden yhdentämisestä onkin tulossa merkittävä rinnakkainen prosessi YK:n ilmastoneuvotteluille. Nämä prosessit tukevat toisiaan ja päästökaupan kehittymisestä ja verkostoitumisesta voi tulla myös merkittävä ilmastoneuvottelujen vauhdittaja. □

## Kirjallisuus

- Aatola, P., Ollikainen, M. ja Toppinen, E. (2013), "Price determination in the EU-ETS market: Theory and econometric analysis with market fundamental", *Energy Economics* 36: 380-395.
- Aatola, P., Ollikainen, M. ja Ollikka, K. (2008), "Kolme vuotta EU:n päästökauppaa: kokemuksia ja luotausta tulevaa", *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 104: 81-95.
- Alberola, E., Chevaller, J., ja Chèze, B. (2008), "Price Drivers and Structural Breaks in European Carbon Prices 2005-07", *Energy Policy* 36: 787-797.
- Ausubel, L., Cramton, P., (2002), "Demand Reduction and Inefficiency in Multi-Unit Auctions". Mimeo, University of Maryland, College Park, MD.
- Back, K., Zender, J.F. (1993), "Auctions of divisible goods: on the rationale for the treasury experiment", *Review of Financial Studies* 6: 733-764.
- Cramton, P. ja Kerr, S. (2002), "Tradeable Carbon Permit Auctions: How and Why to Auction and Not Grandfather", *Energy Policy* 30, 333-345.
- European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E). (2012), <https://www.entsoe.eu/resources/data-portal/production/>, viitattu 25.4.2011.
- Helm, D. (2012), *The Carbon Crunch: How We're Getting Climate Change Wrong - and How to Fix it*, Yale University Press, Princeton and London.
- LiCalzi, M. ja Pavan, A. (2005), "Tilting the supply schedule to enhance competition in uniform-price auctions", *European Economic Review* 49: 227-250.
- McAdams, D. (2007), "Adjustable supply in uniform price auctions: Non-commitment as a strategic tool" #, *Economics Letters* 95: 48-53.
- Syri, S, Vihma, A., Airaksinen, M., Hast, A. Järvelä, M., Ollikainen, M., Savolainen, I. ja Soimakallio, S. (2013), "Kansainvälinen ja EU:n ilmastopolitiikan ajankohtaisia teemoja", Ilmastopaneeli, Raportteja 6/2013.
- Tendances Carbone (2013), *The Monthly bulletin on the European Carbon Market*. A newsletter of CDC Climat Research, Paris.
- Van der Bergh, K., Delarue E. ja D'haeseleer, W. (2012), "Impact of renewables deployment on the CO2 price and CO2 emissions in the European electricity sector", Robert Schuman Center for Advanced Studies, European University Institute, EUI Working Papers 66/2012.
- Wilson, R. (1979), "Auctions of shares", *Quarterly Journal of Economics* 93: 675-698.

**Liite.***Taulukko A1. Oletukset talouskasvusta ja energian tuotannon kehityksestä*

|   | 2013 | 2014 | 2015  | 2016  | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| BKT:n odotettu kasvu, %   |      |      |       |       |      |      |      |      |
| Lievä kasvu   | 1    | 2    | 2     | 2     | 2    | 2    | 2    | 2    |
| Taantuma  | 1    | 0    | -1    | -1    | 0    | 1    | 2    | 2    |
| Sähköntuotannon kasvu, %  |      |      |       |       |      |      |      |      |
| Lievä kasvu   | 0,5  | 1    | 1     | 1     | 1    | 1    | 1    | 1    |
| Taantuma  | 0,5  | 0    | -0,5  | -0,5  | 0    | 0,5  | 1    | 1    |
| Fossiilisten polttoaineiden<br>käytön kasvu, %                    |      |      |       |       |      |      |      |      |
| Lievä kasvu   | 0,25 | 0,5  | 0,5   | 0,5   | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  |
| Taantuma  | 0,25 | 0    | -0,25 | -0,25 | 0    | 0,25 | 0,5  | 0,5  |
| Muiden kuin sähköntuotannon<br>polttolaitosten tuotannon kasvu, % |      |      |       |       |      |      |      |      |
| Lievä kasvu   | 0,25 | 0,5  | 0,5   | 0,5   | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  |
| Taantuma  | 0,25 | 0    | -0,25 | -0,25 | 0    | 0,25 | 0,5  | 0,5  |
| Muun teollisuuden tuotannon<br>kasvu, %                           |      |      |       |       |      |      |      |      |
| Lievä kasvu   | 0,25 | 0,5  | 0,5   | 0,5   | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  |
| Taantuma  | 0,25 | 0    | -0,25 | -0,25 | 0    | 0,25 | 0,5  | 0,5  |

*Taulukko A2. Päästöjen kehitys aloittain, kun EU:n talous kasvaa 2% vuosittain*

|  | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sähkön tuotanto, TWh                       | 3247 | 3280 | 3312 | 3346 | 3379 | 3413 | 3447 | 3481 |
| Fossiilinen sähkö                          | 1643 | 1651 | 1659 | 1667 | 1676 | 1684 | 1692 | 1701 |
| Päästöt lähteittäin, MtCO <sub>2</sub> ekv |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Sähköntuotanto                             | 1073 | 1078 | 1084 | 1089 | 1095 | 1100 | 1106 | 1111 |
| Muut polttolaitokset                       | 290  | 291  | 293  | 294  | 295  | 297  | 298  | 300  |
| Muu teollisuus                             | 501  | 504  | 506  | 509  | 511  | 514  | 516  | 519  |
| Yhteensä                                   | 1864 | 1873 | 1882 | 1892 | 1901 | 1911 | 1920 | 1930 |

*Taulukko A3. Päästöjen kehitys aloittain, kun EU:n talous jää taantumaan*

|  | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sähkön tuotanto, TWh                       | 3247 | 3247 | 3231 | 3215 | 3215 | 3231 | 3263 | 3296 |
| Fossiilinen sähkö                          | 1643 | 1643 | 1638 | 1634 | 1634 | 1638 | 1647 | 1655 |
| Päästöt lähteittäin, MtCO <sub>2</sub> ekv |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Sähköntuotanto                             | 1073 | 1073 | 1070 | 1068 | 1068 | 1070 | 1076 | 1081 |
| Muut polttolaitokset                       | 290  | 290  | 289  | 288  | 288  | 289  | 290  | 292  |
| Muu teollisuus                             | 501  | 501  | 500  | 499  | 499  | 500  | 502  | 505  |
| Yhteensä                                   | 1864 | 1864 | 1859 | 1854 | 1854 | 1859 | 1868 | 1878 |