ETLA ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS
THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY

ETLA Raportit
ETLA Reports

26.11.2012

No 2

EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutukset vuoteen 2020

Olavi Rantala*

* ETLA – Elinkeinoelämän tutkimuslaitos, olavi.rantala@etla.fi

Suositeltava lähdeviittaus: Rantala, Olavi (26.11.2012). "EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutukset vuoteen 2020". ETLA Raportit No 2. http://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-2.pdf

Tutkimuksen on rahoittanut TT-Säätiö.

ISSN-L 2323-2447
ISSN 2323-2447 (print)
ISSN 2323-2455 (online)

Sisällysluettelo

	Tiivistelmä		2
	Abstract		2
1	**Johdanto ja yhteenveto**		**3**
	1.1	Tutkimuksen tavoitteet	3
	1.2	Keskeiset tulokset	4
2	**EU:n tulevan ilmastopolitiikan lähtökohdat**		**6**
	2.1	EU:n päästövähennysten vaikutus maailman hiilidioksidipäästöihin	6
	2.2	EU:n päästökaupan tähänastinen kehitys	7
3	**Energian kulutuksen ilmastoriippuvuus ja sen merkitys ilmastopolitiikan oikeudenmukaiselle toteuttamiselle**		**10**
	3.1	Energian kulutuksen ilmastoriippuvuus	10
	3.2	Energian kulutuksen ilmastoriippuvuuden merkitys ilmastopolitiikan oikeudenmukaisuuden kannalta	12
	3.3	Oikeudenmukaisempi päästökauppajärjestelmä	14
4	**Sähkön kulutuksen hintajouston estimointi EU-maiden paneeliaineistosta**		**15**
	4.1	Kotitaloussektorin sähkön kulutuksen hintajousto	15
	4.2	Yrityssektorin sähkön kulutuksen hintajousto	18
5	**EU:n ilmastopolitiikan muutokset ja talouden sopeutuminen ilmastopolitiikkaan**		**20**
	5.1	EU:n päästökauppajärjestelmän muutokset kolmannella päästökauppakaudella 2013–2020	20
	5.2	Talouden sopeutuminen ilmastopolitiikkaan	21
6	**Ilmastopolitiikan talousvaikutukset EU-alueella ja Suomessa vuonna 2020**		**24**
	6.1	Talouskehityksen perusskenaario vuosille 2013–2020	24
	6.2	Päästökauppasektorin sopeutuminen päästörajoituksiin	26
	6.3	Ilmastopolitiikan talousvaikutukset EU-alueella ja Suomessa	28
7	**Päästöoikeuksien huutokaupan vaikutukset EU-alueella ja Suomessa**		**31**
	7.1	Päästöoikeuksien huutokauppatuotot	31
	7.2	Huutokauppatuottojen palauttamisen vaikutukset	32
8	**Saksan ydinvoimapäätöksen vaikutukset EU-alueella ja Suomessa**		**33**
9	**Ilmastopolitiikka ja talouskasvu pidemmällä ajalla**		**36**
	Liite 1	Energian kulutuksen mallintaminen	40
	Liite 2	Makrotalousmallin pääpiirteet	42
	Lähteet		44

Tiivistelmä

Tutkimuksessa arvioidaan päästökaupalla toteutettavan EU:n ilmastopolitiikan vaikutuksia päästöoikeuden hintaan, sähkön hintaan, teollisuuden kilpailukykyyn ja kokonaistaloudelliseen kehitykseen kolmannella päästökauppakaudella 2013-2020. Suomeen kohdistuvia vaikutuksia verrataan koko EU-alueeseen kohdistuviin vaikutuksiin. Osoittautuu, että kylmästä ilmastosta johtuvan energiatarpeen, talouden vientiriippuvuuden ja teollisuuden energiaintensiivisyyden takia Suomi maksaa päästökauppajärjestelmällä toteutettavasta ilmastopolitiikasta kovempaa hintaa tuotanto- ja työllisyysmenetyksinä kuin EU-maat keskimäärin. Erityiskysymyksinä tarkastellaan muun muassa päästöoikeuksien huutokaupan ja Saksan ydinvoimapolitiikan vaikutuksia. Todetaan, että Saksan päätös luopua ydinvoimasta maksaa tuotanto- ja työllisyysmenetyksinä Suomelle enemmän kuin EU-maille keskimäärin. Ilmastopolitiikan makrotaloudellisia vaikutuksia arvioidaan myös kauemmas tulevaisuuteen olettaen, että ilmastopolitiikkaa kiristetään edelleen 2020-luvulla. Todetaan, että kiristyvien päästörajoitusten takia EU-alueen talouskasvu riippuu pitkällä ajalla keskeisesti päästöttömän sähköntuotannon kasvusta eikä enää niinkään muista talouden kasvutekijöistä, kuten työvoiman tarjonnasta ja tuottavuuden kasvusta.

Asiasanat: EU:n päästökauppa, päästörajoitusten makrotaloustalousvaikutukset

JEL: C5, E3, Q4, Q5

Abstract

The study evaluates the impacts of EU climate policy on the emission allowance price, electricity prices, the competitiveness of industry and macroeconomic developments in the third EU emission trading period 2013-2020. The economic impacts of climate policy on Finland are compared to the impacts on the entire EU area. It turns out that due to its cold climate and heating energy demand, higher export intensity of the economy and higher energy intensity of the industry Finland pays a higher price for EU climate policy in terms of output and employment losses than the EU on average. The study examines the macroeconomic effects of climate policy also in the more distant future, assuming that climate policy is tightened further in the 2020s. Climate policy implemented by emission trading means that the long-term economic growth in the EU area depends essentially on emission-free electricity production, and no longer on other growth factors, such as the labour supply and productivity growth.

Key words: EU emissions trading, macroeconomic impacts of emission reduction

JEL: C5, E3, Q4, Q5

1 Johdanto ja yhteenveto

1.1 Tutkimuksen tavoitteet

EU:n ilmastopolitiikka jarruttaa EU-alueen talouskasvua vuonna 2013 alkavalla kolmannella päästökauppakaudella, jolloin päästökauppasektorin päästöoikeuksia kiristetään toiseen päästökauppakauteen 2008–2012 verrattuna. EU:n päästörajoituspolitiikka on otettava huomioon talousennusteissa ja tästä syystä ETLAssa on jo aiemmin kehitetty ilmastopolitiikan talousvaikutusten arviointiin soveltuvaa ennustejärjestelmää (Rantala, 2007, 2008). Mallilla on tarkasteltu ilmastopolitiikan talousvaikutuksia toisella päästökauppakaudella 2008–2012 (Rantala & Suni, 2007a,b, 2008a,b). Käsillä olevassa tutkimuksessa arvioidaan vuoteen 2020 tiedossa olevan EU:n ilmastopolitiikan vaikutuksia muun muassa päästöoikeuden hintaan, sähkön hintaan, teollisuuden kilpailukykyyn ja kokonaistaloudelliseen kehitykseen Suomessa ja EU-alueella. Tarkastelua viedään myös kauemmas tulevaisuuteen olettaen, että päästöoikeuksia kiristetään edelleen 2020-luvulla.

EU:n ilmastopolitiikan keskeinen väline on päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöjen rajoittaminen. Päästökauppasektoriin kuuluu energiatuotannon ja energiavaltaisen teollisuuden yrityksiä. Ilmastopolitiikkaa toteutetaan EU-maissa lisäksi kansallisella tasolla muun muassa energiaverotuksella ja päästötöntä sähköntuotantoa tukemalla. Käsillä olevassa tutkimuksessa keskitytään yhteisötason politiikan vaikutusarviointiin ja käytännössä siis päästökauppasektorin päästörajoitusten talousvaikutusten arviointiin. Keskeinen tavoite on Suomeen kohdistuvien vaikutusten vertailu koko EU-alueeseen kohdistuviin vaikutuksiin. Päästökaupan talousvaikutusten arvioinnissa on välttämätöntä tarkastella koko EU-aluetta sen takia, että päästökauppa on yhteisötason ilmastopolitiikkaa. Suomen ja muiden yksittäisten jäsenmaiden osana on sopeutua EU:n laajuisessa päästökaupassa määräytyvään päästöoikeuden hintaan.

Päästökauppasektorin päästöoikeuksien kysyntää määrittää keskeisesti fossiilisin polttoainein tuotetun sähköenergian tarve. Sähkön kulutus kytkeytyy talouden ja lämmitystarpeen kehitykseen. Keskeisiä ennustejärjestelmän parannuskohteita on ilmastosta riippuvan energian kulutuksen aiempaa huolellisempi mallintaminen. Sähkön kulutuksen ekonometriseen mallintamiseen käytetään EU-maiden paneeliaineistoa.

Vuonna 2013 alkavalla kolmannella päästökauppakaudella luovutaan suurelta osin päästöoikeuksien ilmaisjaosta ja pääperiaatteeksi tulee päästöoikeuksien huutokauppa. Yhdeksi tutkimuksen tarkastelukohteeksi otetaan päästöoikeuksien huutokauppatuottojen vaikutus EU-alueen ja Suomen valtiontalouden rahoitukseen. Tässä yhteydessä arvioidaan myös päästöoikeuksien huutokauppatuottojen vaihtoehtoisten käyttötapojen vaikutuksia kokonaistaloudelliseen kehitykseen.

Ilmastopolitiikan vaikutus EU-alueen talouskehitykseen riippuu päästöoikeuksien tarjonnan ohella päästöttömän energian tuotannon kehityksestä. Valtaosa EU:n päästökauppasektorin päästöistä on peräisin sähköntuotannosta, joten keskeinen kysymys ilmastopolitiikan taloudellisten vaikutusten ennakoinnissa on päästöoikeuden hinnan nousun vaikutus sähkön hintaan. Sähkön hinnan nousu on keskeisin tekijä, joka välittää ilmastopolitiikan vaikutuksia talouteen ja energian kulutukseen sekä siten viime kädessä myös hiilidioksidipäästöjen vähenemiseen. Yksi sähkön hintaa nostava tekijä EU-alueella on Saksan päätös lopettaa ydinsähkön tuotanto. Tämän päätöksen merkitystä tarkastellaan osana ilmastopolitiikan vaikutusarviointeja.

1.2 Keskeiset tulokset

EU on ottanut ilmastopoliittiseksi tavoitteekseen EU-alueen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen 80–95 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Tutkimuksen aluksi luvussa 2 tarkastellaan EU-alueen hiilidioksidipäästöjä suhteessa koko maailman päästöihin. Kun EU:n päästövähennysmahdollisuutta verrataan maailman hiilidioksidipäästöihin, voidaan todeta, ettei edes EU:n päästöjen täydellinen lopettaminen kykenisi pysäyttämään maailman hiilidioksidipäästöjen kasvua.

Energian kulutus riippuu taloudellisten tekijöiden ohella ilmastosta. Luvussa 3 tarkastellaan energian kulutuksen ilmastoriippuvuutta ja sen merkitystä ilmastopolitiikan oikeudenmukaiselle toteuttamiselle. Todetaan, että energian kulutuksen ilmastoriippuvuus aiheuttaa epäneutraalisuuden sellaiseen päästökauppajärjestelmällä toteutettavaan ilmastopolitiikkaan, jossa päästökiintiöt ja päästökustannukset kohdistuvat kaikkiin fossiilisiin polttoaineisiin perustuvan energiantuotannon aiheuttamiin päästöihin. Kylmän ilmaston takia Suomi maksaa EU:n nykymuotoisessa päästökauppajärjestelmässä kovempaa hintaa EU:n ilmastopolitiikasta kuin EU-maat keskimäärin. Päästökaupan oikeudenmukaisuus edellyttäisi, että päästörajoitukset kohdistettaisiin vain ilmastosta ja muista aluekohtaisista tekijöistä riippumattoman energian kulutuksen aiheuttamiin päästöihin.

Tutkimusraportin luku 4 käsittelee EU-alueen kotitalouksien ja yritysten sähkön kulutuksen hintajoustojen estimointia EU-maiden paneeliaineistosta. Sähkön kulutuksen hintajousto on ratkaiseva tekijä ilmastopolitiikan talousvaikutusten kannalta, koska se määrittää kuinka paljon päästöoikeuden hinnan nousu vähentää suoraan sähkön kulutusta ja sähköntuotannon päästöjä tai vaihtoehtoisesti heijastuu sähkön hinnan nousun kautta negatiivisena vaikutuksena koko kansantalouteen. Jos sähkön kulutuksen hintajousto on hyvin suuri, suurin osa päästörajoituksiin sopeutumisesta voi tapahtua suoraan sähkön kulutuksen vähenemisen kautta ja makrotaloudelliset vaikutukset jäävät vähäisiksi. Jos sähkön kulutus sen sijaan on täysin joustamaton sähkön hinnan suhteen, ilmastopolitiikan rasite kohdistuu täysimääräisesti kansantalouteen.

Luvussa 5 käsitellään EU:n päästökauppajärjestelmän muutoksia kolmannella päästökauppakaudella vuosina 2013–2020. Kolmannella päästökauppakaudella päästökaupan piiriin kuuluvien toimialojen määrää lisätään ja päästökaupassa siirrytään EU:n laajuiseen päästökattoon sekä koko unionissa sovellettaviin päästöoikeuksien jakoperusteisiin. Päästöoikeuksien pääasiallinen jakomenetelmä kolmannella päästökauppakaudella on huutokauppa.

Päästöoikeuksien tarjontapuolen tulevan kehityksen tarkastelun jälkeen esitellään tutkimuksessa käytettävää makrotaloudellista mallia, jolla simuloidaan talouden sopeutumista päästökauppasektorin päästörajoituksiin. Sähkön hinnanmuodostuksella ja sähkön kulutuksella on keskeinen rooli talouden sopeutumisessa ilmastopolitiikalla asetettuihin päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöjen rajoituksiin. Sähkön kulutuksen hintajouston ohella toinen pääkanava päästörajoitusten vaikutuksissa energian kulutukseen ja talouden kehitykseen on päästöoikeuden hinnan nousun vaikutus sähkön hinnan ja teollisuuden sähköenergiakustannusten kautta kilpailukykyyn ja vientiin sekä kotitalouksien sähköenergiakulujen kautta kuluttajahintoihin, reaalituloihin ja kulutuskysyntään.

Luvussa 6 siirrytään tarkastelemaan ilmastopolitiikan talousvaikutuksia EU-alueella ja Suomessa vuosina 2013–2020. Ilmastopolitiikan vaikutuksia kuvaavissa politiikkasimuloinneissa sähkön hinta nousee merkittävästi vuoteen 2020 mennessä perusskenaarioon verrattuna. Suomen teollisuuden energiavaltaisuuden takia sähkön hinnan nousu lisää meillä teollisuuden tuotantokustannuksia enemmän kuin EU-alueella keskimäärin. Myös kotitalouksien sähkön kulutus on Suomessa suurempaa kuin EU-alueella keskimäärin ja sähkön hinnan nousu johtaa meillä suurempaan kuluttajahintojen nousuun kuin EU-alueella keskimäärin. Vientiin ja teollisuustuotantoon kohdistuu Suomessa suurempi negatiivinen vaikutus kuin EU-alueella keskimäärin. Yhtenä syynä vientivaikutusten erilaisuuteen on se, että Suomen vienti riippuu EU-alueen talouskehityksestä, mutta EU:n vienti on käytännössä riippumaton Suomen talouskehityksestä. Keskeinen johtopäätös kokonaistaloudellisesta vaikutusarviosta on, että pohjoisesta sijainnista ja kylmästä ilmastosta johtuvan energiatarpeen, talouden vientiriippuvuuden sekä teollisuuden energiaintensiivisyyden takia Suomi maksaa päästökauppajärjestelmällä toteutettavasta ilmastopolitiikasta kovempaa hintaa tuotanto- ja työllisyysmenetyksinä kuin EU-maat keskimäärin.

Koska kolmannella päästökauppakaudella 2013–2020 päästöoikeuksien jaossa pääperiaatteeksi tulee huutokauppa, yhdeksi tarkastelukohteeksi tutkimuksen luvussa 7 otetaan päästöoikeuksien huutokauppatuottojen vaikutus EU-alueen ja Suomen valtiontalouksien rahoitukseen. Lisäksi tarkastellaan huutokauppatuottojen vaihtoehtoisten käyttötapojen vaikutuksia kokonaistaloudelliseen kehitykseen. Keskeinen kysymys on, onko kokonaistaloudellisesti edullisempaa palauttaa huutokauppatuotot teollisuudelle tai vaihtoehtoisesti kotitaloussektorille. Osoittautuu, että Suomessa päästöoikeuksien huutokauppatuottojen palauttaminen teollisuudelle on kokonaistaloudellisesti parempi vaihtoehto kuin palauttaminen kotitaloussektorille. EU-alueen osalta tulos on päinvastainen siinä mielessä, että palautus kotitaloussektorille näyttää koko EU:n tasolla olevan hieman parempi vaihtoehto. Tuloksissa heijastuu se, että Suomi on pienenä avotaloutena riippuvaisempi teollisuuden kustannuskilpailukyvystä ja vientimenestyksestä kuin EU-alue keskimäärin, jolloin kaikilla teollisuuden kustannuskuormaa keventävillä toimenpiteillä on Suomessa suurempi vaikutus kuin EU-alueella keskimäärin.

EU:n päästökauppasektorin päästöoikeuksien kiristämisen vaikutuksia voimistaa se, että Japanin ydinvoimalaonnettomuuden seurauksena Saksan hallitus päätti vuonna 2011 sulkea maan ydinvoimalat vuoteen 2022 mennessä. Tämän päätöksen vaikutuksia EU-alueen ja Suomen talouksiin tarkastellaan tutkimuksen luvussa 8. EU-alueen ydinvoimatuotannon väheneminen johtaa päästökaupan oloissa päästöoikeuden hinnan ja sähkön hinnan nousuun ja tätä kautta ilmastopolitiikan kokonaistaloudellisten vaikutusten vahvistumiseen. Kokonaistaloudellisen vaikutusarvion tuloksena on, että Suomi maksaa Saksan ydinvoimapäätöksestä kovempaa hintaa tuotanto- ja työllisyysmenetyksinä kuin EU-maat keskimäärin.

Lopuksi raportin luvussa 9 hahmotellaan EU:n ilmastopolitiikan vaikutuksia kauemmas tulevaisuuteen, koska vuoteen 2020 ulottuvat tarkastelut jättävät avoimeksi kysymyksen, mitä tapahtuu päästöoikeuden hinnalle, sähkön hinnalle ja makrotaloudelle, jos ilmastopolitiikkaa edelleen kiristetään 2020-luvulla. Todetaan, että päästökaupalla toteutettava ilmastopolitiikka merkitsee sitä, että EU-alueen talouskasvu riippuu pitkällä ajalla keskeisesti päästöttömän sähköntuotannon kasvusta eikä enää niinkään muista talouden kasvutekijöistä, kuten työvoiman tarjonnasta ja tuottavuuden kasvusta.

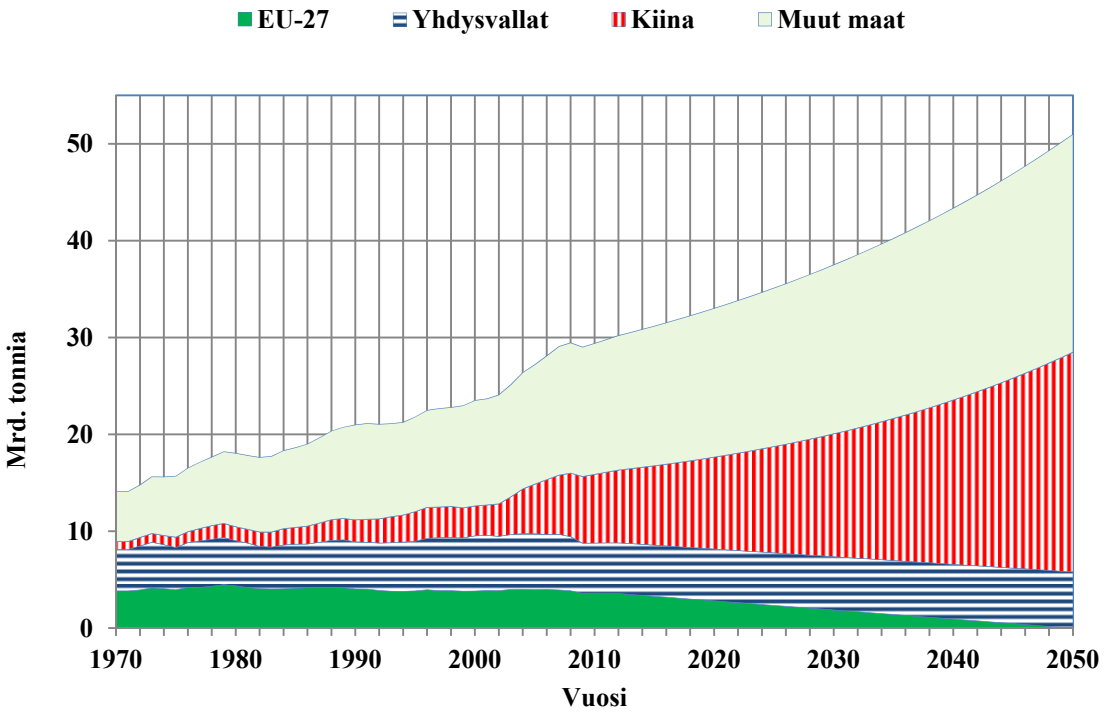
2 EU:n tulevan ilmastopolitiikan lähtökohdat

2.1 EU:n päästövähennysten vaikutus maailman hiilidioksidipäästöihin

Ilmastotieteilijöiden valtavirtanäkemyksen mukaan ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuden kasvu johtaa maapallon lämpötilan nousuun. YK:n ilmastosopimuksen tavoitteena on vakauttaa ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuus vaarattomalle tasolle. EU on täsmentänyt tavoitetta esittämällä, että maapallon keskilämpötilan nousu pyritään rajoittamaan kahteen asteeseen verrattuna esiteolliseen aikaan. Omaksi ilmastopoliittiseksi tavoitteekseen EU on asettanut EU-alueen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen 80–95 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. EU on kuitenkin niin pieni tekijä maailman päästökehityksessä, ettei maailman hiilidioksidipäästöjen kasvua voida pysäyttää EU:n yksipuolisilla ilmastopolitiikkatoimilla.

Kuvio 2.1 esittää maailman hiilidioksidipäästöjen tähänastisen kehityksen 1970-luvulta lähtien ja kaavamaisen skenaarion päästökehityksestä vuoteen 2050. IEA:n tilastojen mukaan hiilidioksidipäästöjen keskimääräinen vuosikasvu oli vuosina 1972–2009 EU:ssa -0.2, Yhdysvalloissa 0.6, Kiinassa 5.9 ja muualla maailmassa 2.6 prosenttia vuodessa. Kuvion skenaariossa oletetaan EU:n ilmastopolitiikan tavoitetta kärjistäen, että EU lopettaa kaikki päästönsä vuoteen 2050 mennessä. Lisäksi oletetaan optimistisesti, että muualla maailmassa hiilidioksidipäästöjen kasvuvauhti puoliintuu vuosina 2013–2050 tähänastisesta kasvuvauhdista siten, että se on Yhdysvalloissa 0.3, Kiinassa 2.9 ja muualla maailmassa 1.3 prosenttia vuodessa.

Kuvio 2.1 Maailman hiilidioksidipäästöt



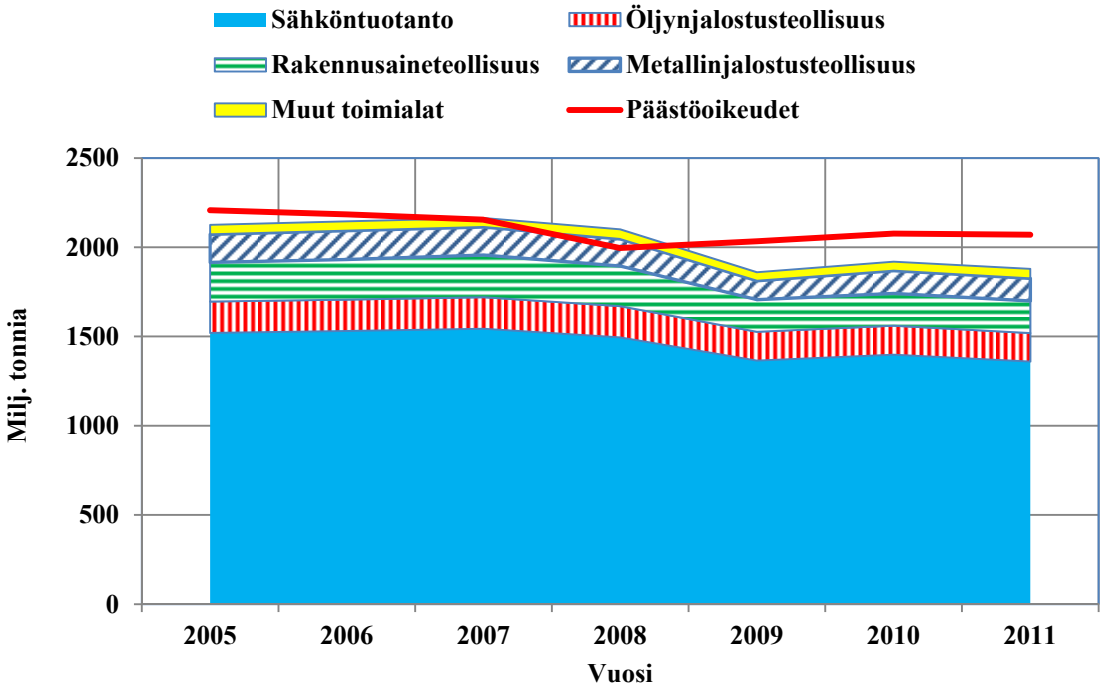
Kuvio 2.1 osoittaa, ettei EU:n ilmastopolitiikalla ole edes tällaisen optimistisen skenaarion mukaan mitään merkitystä maailman kokonaispäästöjen kannalta siinä mielessä, että edes EU:n päästöjen täydellinen lopettaminen kykenisi pysäyttämään maailman hiilidioksidipäästöjen kasvua. EU:n osuus maailman kokonaispäästöistä on nykyisin enää hieman yli 10 prosenttia, joten muu maailma suuren päästöosuutensa takia väistämättä määrittää koko maailman päästökehitystä. Maailman hiilidioksidipäästöjen kasvun pysäyttäminen jää siis riippumaan siitä saadaanko ilmastopolitiikka vietyä Yhdysvaltoihin, Kiinaan ja muualle maailmaan.

2.2 EU:n päästökaupan tähänastinen kehitys

EU:n ilmastopolitiikan keskeinen väline on päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöjen rajoittaminen. Päästökauppasektoriin kuuluu energiatuotannon ja energiavaltaisen teollisuuden yrityksiä. Ilmastopolitiikkaa toteutetaan EU-maissa lisäksi kansallisella tasolla muun muassa energiaverotuksella ja päästötöntä sähköntuotantoa tukemalla. Seuraavassa keskitytään yhteisötason politiikan vaikutusarviointiin ja käytännössä siis päästökauppasektorin päästörajoitusten talousvaikutusten arviointiin.

Kuvio 2.2 esittää EU:n päästökauppasektorin päästöoikeuksien ja päästöjen kehitystä ensimmäisellä vuosien 2005–2007 päästökauppakaudella ja toisella vuonna 2008 alkaneella päästökauppakaudella. Kuvio osoittaa, että valtaosa EU:n päästökauppasektorin päästöistä on peräisin sähköntuotannosta. Teollisuuden osuus päästöistä on huomattavasti energiasektoria vähäisempi[1].

Kuvio 2.2 EU:n päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöt ja päästöoikeudet



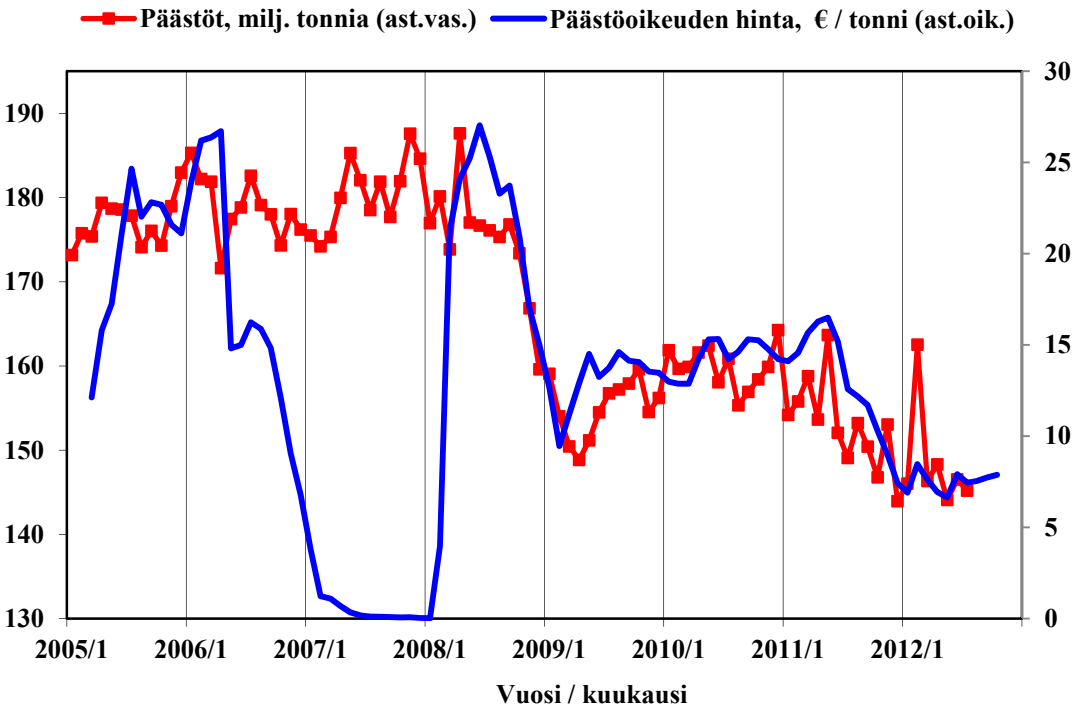
[1] EU:n päästökauppasektorin päästöjä ja päästöoikeuksia koskevat tiedot ovat peräisin EU:n päästökaupparekisteristä http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/emissions-trading-viewer.

Lentoliikenne sisällytettiin EU:n päästökauppasektoriin vuonna 2012, jolloin päästökauppasektorin päästöoikeudet ja päästöt lisääntyivät. Kolmannella päästökauppakaudella 2013–2020 EU:n päästökauppajärjestelmään tehdään järjestelmän laajentamisen ohella muitakin merkittäviä muutoksia. Päästökaupassa siirrytään EU:n laajuiseen päästökattoon ja koko unionissa sovellettaviin päästöoikeuksien jakoperusteisiin. Päästöoikeuksien pääasialliseksi jakomenetelmäksi kolmannella päästökauppakaudella tulee huutokauppa.

Kuvio 2.3 esittää EU:n päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöjen ja päästöoikeuden hinnan kuukausittaista kehitystä vuodesta 2005 lähtien[2]. Lentoliikenteen päästöjä ei ole otettu huomioon kuviossa. Loppuvuonna 2008 alkanut kansainvälisen talouden lama heijastui Euroopan talouteen siten, että EU:n päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöt putosivat vuonna 2009 huomattavasti päästöoikeuksien tason alapuolelle. Talouskasvun lievä elpyminen vuonna 2010 ei juuri lisännyt päästökauppasektorin päästöjä. Vuonna 2011 päästöt kääntyivät uudelleen laskusuuntaan.

Päästöoikeuden hinta oli korkealla päästökaupan alkuvaiheessa vuosina 2005–2006 ja toisen päästökauppakauden alussa vuonna 2008. Ensimmäisen päästökauppakauden lopulla 2007 päästöoikeuden hinta romahti nollatasolle, koska ensimmäiseltä päästökauppakaudelta ei voitu siirtää käyttämättä jääneitä päästöoikeuksia vuonna 2008 alkaneelle toiselle päästökauppakaudelle. Päästöoikeuden hinta nousi uudelleen voimakkaasti toisen päästökauppakauden

Kuvio 2.3 EU:n päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöt ja päästöoikeuden hinta



[2] Kuvion 2.3 esittämä EU:n päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöjen kuukausi-indikaattori on laskettu EU-alueen kuukausittaisen lauhdesähkötuotannon ja päästökauppasektoriin kuuluvien teollisuustoimialojen tuotannon volyymin kuukausikehityksen perusteella. Tuotantotietojen lähteenä on Eurostat. Sähköntuotannon ja teollisuustuotannon volyymin aikasarjat on kausitasoitettu. Toimialakohtaiset päästöindikaattorit on vuositasolla täsmäytetty EU:n päästökupparekisterin mukaisiin toimialojen vuositasopäästöihin. Päästöoikeuden hinnan aikasarjan lähteenä on BlueNext.

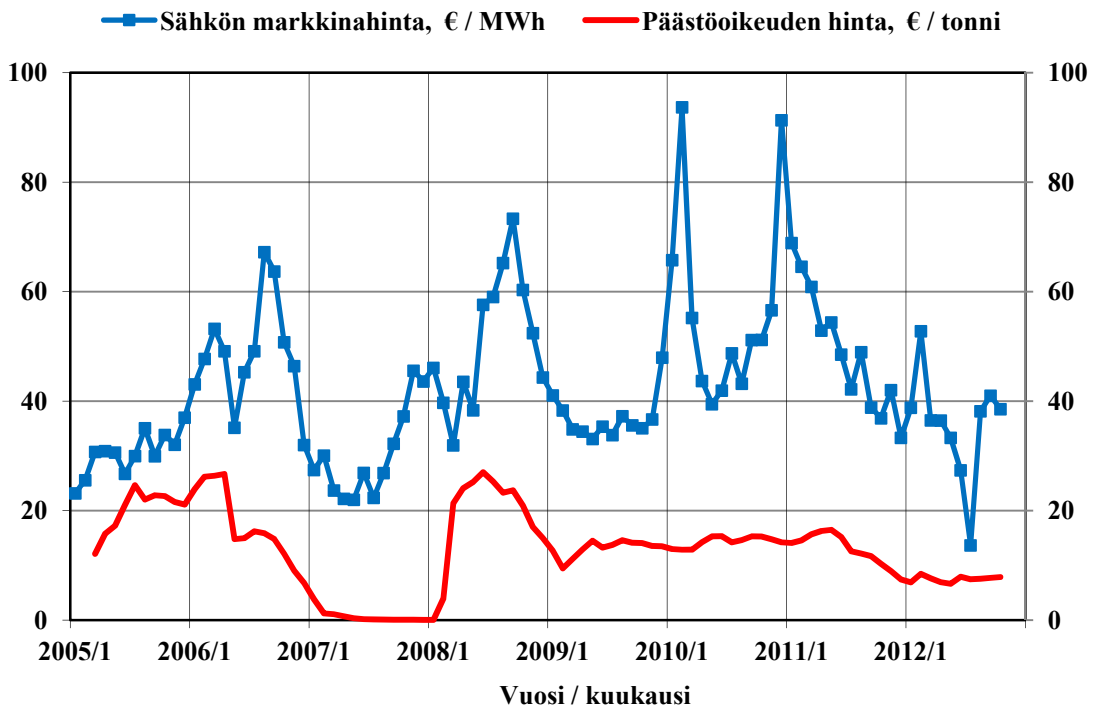
alussa vuonna 2008, kun päästöoikeuksien määrää vähennettiin ja samanaikaisesti talouskasvu lisäsi päästöoikeuksien kysyntää.

Päästöjen putoaminen selvästi päästöoikeuksien tason alapuolelle vuoden 2008 lopulla johti päästöoikeuden hinnan huomattavaan laskuun. Hinta oli toisen päästökauppakauden alettua vuoden 2008 puolivälissä 25–30 €/t ja vuoden 2009 alusta vuoden 2011 puoliväliin 10–15 €/t. Vuoden 2011 lopulla ja vuonna 2012 hinta oli enää 5–10 €/t (kuvio 2.3). Hinta ei ole kuitenkaan toisella päästökauppakaudella pudonnut nollaan, koska päästöoikeusmarkkinoilla odotetaan tarjonnan niukkuutta kauempana tulevaisuudessa.

Kuvio 2.4 esittää päästöoikeuden hinnan ja sähkön markkinahinnan kuukausittaista kehitystä vuodesta 2005 lähtien[3]. Sähkön hinta määräytyy sähkön tuotantokustannusten sekä sähkön kysynnän ja tarjonnan vaihteluiden perusteella. Kuviosta havaitaan, että EU:n päästökaupan alettua päästöoikeuden hinta on yhtenä sähkön tuotantokustannustekijänä vaikuttanut sähkön hintaan.

Koska sähköntuotannolla on keskeinen asema EU:n päästökauppajärjestelmässä, keskeinen kysymys ilmastopolitiikan taloudellisten vaikutusten ennakoinnissa on päästöoikeuden hinnan nousun vaikutus sähkön hintaan. Sähkön hinnan nousu on keskeisin tekijä, joka välittää ilmastopolitiikan vaikutuksia talouteen ja energian kulutukseen sekä siten viime kädessä myös päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöjen vähenemiseen.

Kuvio 2.4 Päästöoikeuden hinta ja sähkön markkinahinta Suomessa



[3] Sähkön hinta-aikasarjan lähteenä on http://www.nordpoolspot.com/Market-data1/Elspot/Area-Prices/.

3 Energian kulutuksen ilmastoriippuvuus ja sen merkitys ilmastopolitiikan oikeudenmukaiselle toteuttamiselle

3.1 Energian kulutuksen ilmastoriippuvuus

Energian kulutus riippuu monin tavoin talouden kehityksestä, mutta se kytkeytyy myös talouden tilasta riippumattomiin alueellisiin tekijöihin. Energian kulutukseen vaikuttavia alueellisia tekijöitä ovat ennen kaikkea maan sijainnista riippuva ilmaston kylmyys ja tästä johtuva lämmitysenergian tarve sekä asumistiheys ja kuljetusetäisyyksiin liittyvä energian kulutus. Ilmastolla on selkeä vaikutus energian kulutukseen sekä paikka- että aikadimensiossa. Viimemainittu riippuvuus näkyy siinä, että maakohtainen kotitalouksien sähkön kulutus vaihtelee huomattavasti vuosittain lämpötilan muutosten myötä (Rantala, 2008). Ilmastopolitiikan suunnittelussa tarvittavaan energian kulutuksen ennakointiin on viime vuosina pyritty kehittämään entistä parempia malleja, mutta näyttää siltä, ettei alan tutkimuksessa kansainvälisissä järjestöissä ja muuallakaan ole kovin paljon kiinnitetty huomiota energian kulutusta määrittäviin alueellisiin tekijöihin.

Tässä yhteydessä energian kulutuksen riippuvuus lämpötilasta ja asumistiheydestä täsmennetään siten, että

$$(3.1) \qquad E^*_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 T_{it} + \alpha_2 T_{it}^2 + \alpha_3 D_{it}.$$

E^*_{it} tarkoittaa alueellisista tekijöistä riippuvaa energian kulutusta henkeä kohden, T_{it} keskimääräistä lämpötilaa maassa i vuonna t ja D_{it} asukastiheyttä eli maan i asukasmäärää neliökilometriä kohden. Energian kulutuksen lämpötilariippuvuuden paraabelimuoto ottaa huomioon sen, että matalilla lämpötiloilla energian kulutus vähenee lämpötilan noustessa, mutta korkeammilla lämpötiloilla sähköenergian kulutus kasvaa jäähdytystarpeen lisääntyessä, kuten jäljempänä havaitaan.

Keskeinen kysymys tässä yhteydessä on, kuinka mallin (3.1) kuvaama energian kulutuksen riippuvuus aluekohtaisista tekijöistä voidaan yhdistää tavanomaiseen kysyntäkäyttäytymisen malliin. CD-hyötyfunktiosta lähtien voidaan mallintaa kotitalouksien energian kulutus siten, että energian kysyntä määräytyy elintason ja aluesidonnaisen välttämättömän energian kulutuksen perusteella (vrt. liite 1). Seuraavassa tällaista mallia sovitetaan EU-maiden paneeliaineistoon siten, että maan i henkeä kohden lasketulle energian kulutukselle E_{it} vuonna t täsmennetään malli yhtälön (3.1) kuvaaman välttämättömän energian kulutuksen E^*_{it} ja henkeä kohden lasketun tulotason Y_{it} funktiona

$$(3.2) \qquad E_{it} = E^*_{it} + \beta Y_{it}.$$

Kun lämmitysenergian kulutusta tarkastellaan EU-maissa eri vuosina, on järkevää skaalata energian kulutus tarkastelemalla sitä väestömäärään suhteutettuna muuttujana. Koska kotitalouksien lämmitysenergian kulutus on asuntokohtaista, parempi menettelytapa voisi olla suhteuttaa energian kulutus kotitalouksien lukumäärään, mutta eri maiden asuntokuntien lukumäärästä on vaikeampaa saada tietoja kuin väestömäärästä.

Mallissa (3.2) energian kulutus määräytyy aluesidonnaisen välttämättömän energian kulutuksen ja elintason perusteella. Jäljempänä luvussa 4 energian kulutukseen vaikuttavaa ostovoi-

maa ja suhteellisia hintoja käsitellään täsmällisemmin, mutta tässä vaiheessa energian kulutuksen riippuvuus taloustilanteesta otetaan huomioon yksinkertaisesti vain elintasomittarilla Y_{it}. Maiden elintason mittarina on asukasta kohden laskettu BKT vuoden 2005 ostovoimapariteetein. Lämpötilatietojen pohjana on ilmastotutkimuksessa koottu laaja kansainvälinen aineisto[4].

Malli (3.1)–(3.2) on estimoitu EU-maiden paneeliaineistosta asukasta kohden lasketulle kotitalouksien sähkön kulutukselle, kotitalouksien energian kokonaiskulutukselle ja kansantalouden energian kokonaiskulutukselle vuosina 1990–2009. Estimointiin on käytetty 27 EU-maan tietoja. Estimointitulokset on koottu taulukkoon 3.1.

Matalilla lämpötiloilla sähkön kulutus vähenee lämpötilan noustessa, mutta korkeammilla lämpötiloilla sähkön kulutus kasvaa jäähdytystarpeen lisääntyessä lämpötilan nousun myötä. Taulukon 3.1 esittämissä estimointituloksissa tämä näkyy siinä, että sähkön kulutuksen tapauksessa parametri α_1 on tilastollisesti selvästi negatiivinen ja parametri α_2 positiivinen. Estimointituloksen perusteella sähkön kulutuksen lämpötilariippuvuuden minimikohta $-\alpha_1/2\alpha_2$ on noin 14 Celsius-asteen kohdalla, eli suunnilleen Italian ja Espanjan keskimääräisten vuosilämpötilojen tasolla, kuten myös kuviosta 3.1 voidaan havaita. Muussa yhteydessä on jo aiemmin todettu, että EU-alueella on selvästi havaittavia maantieteellisiä eroja sähkön kulutuksen lämpötilariippuvuudessa siinä mielessä, että Pohjois- ja Keski-Euroopassa lämpötilan nousu vähentää kotitalouksien sähkön kulutusta, mutta Etelä-Euroopassa vaikutus on jäähdytystarpeen takia päinvastainen (Rantala, 2007).

Väestötiheydellä on tilastollisesti merkitsevä vähentävä vaikutus kotitalouksien sähkön kulutukseen ja kansantalouden kokonaisenergiakulutukseen. Kansantalouden energian kulutuksen tapauksessa tämä tulos heijastaa sitä, että väestötiheys kuvaa käänteisesti kuljetusetäisyyksiä, jotka vaikuttavat kuljetusten energian kulutukseen ja tätä kautta kansantalouden energian kulutukseen.

Taulukko 3.1 EU-maiden asukasta kohden lasketun energian kulutuksen riippuvuus lämpötilasta, asumistiheydestä ja elintasosta vuosina 1990–2009

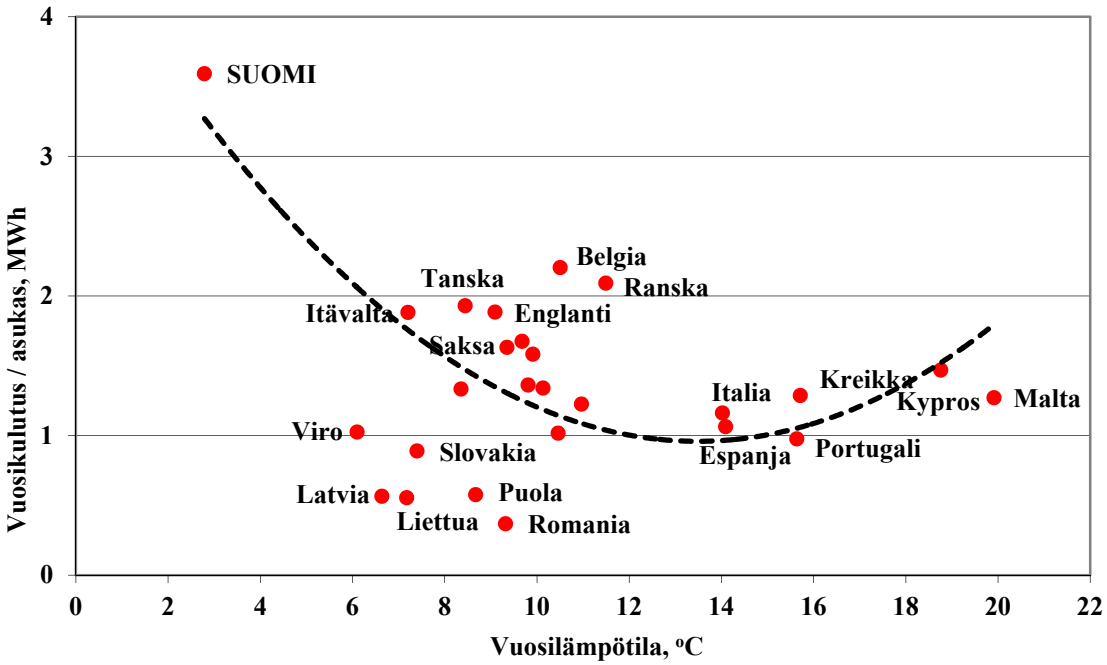
	α_0	α_1	α_2	α_3	β
Kotitalouksien sähkön kulutus	3.52	-0.480	0.017	-0.001	0.040
	23.4	-18.6	14.7	-5.7	18.0
Kotitalouksien energian kulutus	6.72	-0.087	-0.022	-0.0004	0.157
	17.8	-1.3	-7.5	-1.2	27.8
Kansantalouden energian kulutus	15.18	-0.664	-0.054	-0.019	1.264
	7.3	-1.8	-3.4	-9.6	40.6

Kerroinestimaattien alla t-testisuureen arvot.

[4] Climatic Research Unit (CRU) -tutkimuslaitoksen tietokanta, jonka sisältämä Tyndall Centre for Climate Change Research'in laatima kuukausiaineisto kattaa vuodet 1901–2000 ja 289 maan tai alueen tiedot. EU-maiden vuosilämpötilojen arviot vuosille 2001–2009 on laskettu Eurostatin energiatilaston lämmityspäiväaineiston (heating degree-days) pohjalta estimoimalla maakohtaiset tilastolliset mallit viimemainittujen tietojen ja vuosilämpötilojen välille vuosilta 1980–2000.

Kuvio 3.1 esittää EU-maiden kotitalouksien asukasta kohden lasketun keskimääräisen sähkön kulutuksen ja vuosilämpötilan riippuvuutta vuosina 1990–2009. Kuviosta havaitaan, että yksittäisten EU-maiden sähkön kulutus poikkeaa huomattavasti sähkön kulutuksen lämpötilariippuvuutta kuvaavalta paraabelilta[5]. Maiden elintasoerot, sähkön kuluttajahintojen erot ja muutkin tekijät selittävät näitä poikkeamia sähkön kulutuksen ja lämpötilan väliseltä regressiokäyrältä, mutta silti ilmaston kylmyys on keskeinen kotitalouksien sähkön kulutukseen vaikuttava tekijä. Taulukossa 3.1 esitetyn estimointituloksen pohjalta voidaan laskea, että sähkön ilmastoriippuvaisen välttämättömyyskulutuksen osuus on Suomessa yli puolet kotitalouksien sähkön kulutuksesta ja EU-alueella keskimäärin noin kolmannes kotitalouksien sähkön kulutuksesta.

Kuvio 3.1 EU-maiden kotitalouksien sähkön kulutus asukasta kohden vuosina 1990–2009



3.2 Energian kulutuksen ilmastoriippuvuuden merkitys ilmastopolitiikan oikeudenmukaisuuden kannalta

Ilmastonmuutos johtaa haittavaikutuksiin, joiden kustannuksia on vaikea vielä arvioida. Toisaalta myös kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen aiheuttaa kustannuksia. Kansainvälisen ilmastopolitiikan keskeiseksi ongelmaksi tulee päästövähennysvelvoitteiden ja -kustannusten jakaminen oikeudenmukaisesti ilmastopolitiikkaa toteuttavien maiden kesken.

Päästövähennysvelvoitteen jakamista voidaan tarkastella kahdesta näkökulmasta. Yhtäältä voidaan hakea kustannusoptimaalista tapaa jakaa velvoite maiden kesken ja toisaalta tutkia oikeudenmukaista tapaa jakaa velvoite (Valtioneuvoston kanslia, 2008). Periaatteet voi-

[5] Ruotsi on esityksen selkeyttämiseksi jätetty pois kuviosta. Ruotsissa keskimääräinen vuosilämpötila on ollut hieman korkeampi kuin Suomessa ja kotitalouksien sähkön kulutus asukasta kohden keskimäärin 4.7 MWh vuodessa vuosina 1990–2009.

daan yhdistää käyttämällä oikeudenmukaisuuskriteeriä päästökiintiöiden jakamiseen ja päästökaupan kaltaista markkinamekanismia rajoitusten kustannusoptimaaliseen toteuttamiseen. Tähän asti sovelletut oikeudenmukaisuuskriteerit ja päästökaupalla toteutettava päästövähennysten markkina-allokaatio voivat kuitenkin johtaa taloudellisesti epäoikeudenmukaiseen tulokseen.

Ilmastopolitiikkaa voidaan arvioida ympäristökriteerein, poliittisin kriteerein, taloudellisin kriteerein sekä teknologisin ja institutionaalisin kriteerein (Sijm ym., 2007). Taloudellisena kriteerinä on korostettu päästövähennysten kustannustehokkuutta, johon käytännössä pyritään päästökaupalla ja muilla Kioto-mekanismeilla. YK:n ilmastosopimuksissa mainitaan kansallisten erityispiirteiden, kuten maantieteellisen sijainnin, energiavarojen ja talouden rakenteen huomioonottaminen, mutta toteutetussa velvoitteenjakopolitiikassa nämä oikeudenmukaisuusnäkökohdat eivät näytä paljoa painaneen.

Päästöjen vähentämisen kustannustehokkuus on tietysti välttämätön ilmastopolitiikan taloudellinen kriteeri, mutta se ei saisi ohittaa päästövähennysvelvoitteiden jaon taloudellista oikeudenmukaisuutta. Pelkkä kustannustehokkuuden tavoittelu johtaa siihen, että päästöjen vähentämistä tarkastellaan lähinnä vain energian tuotannon näkökulmasta. Energiaa tuotetaan kuitenkin vain energian kulutustarpeen mukaan ja taloudellinen oikeudenmukaisuus edellyttää maiden energian kulutuksen eroavuuksien, kuten ilmasto-olosuhteista riippuvan välttämättömän energian kulutustarpeen huomioonottamista.

Seuraavassa tarkastellaan energiatarpeen lämpötilariippuvuuden ja välttämättömän energiankulutuksen merkitystä ilmastopolitiikan oikeudenmukaisuuden kannalta. Oikeudenmukaisuutta mitataan ilmastopolitiikan hyvinvointivaikutuksilla. Hyvinvointivaikutuksiin perustuva tarkastelu on yleisesti sovellettu taloustieteen metodologia sellaisissa talouspolitiikan vaikutusarvioinneissa, joissa on kysymys politiikan vaikutusten oikeudenmukaisesta kohdentamisesta erilaisiin talousyksiköihin, esimerkiksi eri maihin.

Oletetaan, että ilmastopolitiikkaa toteutetaan päästökaupalla, jossa muodostuva päästöoikeuden hinta ohjaa päästöt ilmastopolitiikassa tavoitellulle tasolle. Ilmastopolitiikan taloudellisen oikeudenmukaisuuden arvioinnin lähtökohtana on yksinkertainen taloustieteen perusteorian mukainen käyttäytymismalli, jossa tarkasteltavan maan kuluttajat maksimoivat energian kulutuksen ja muun kulutuksen hyötyä (3.3) budjettirajoitteella (3.4) (vrt. liite 1)

$$(3.3) \qquad U = (E - E^{*})^{\alpha} C^{1-\alpha},$$

$$(3.4) \qquad (P^{E} + \mu P^{M})E + C = Y.$$

Muuttuja E tarkoittaa energian kulutusta, C muuta kulutusta, P^{E} energian hintaa, P^{M} päästöoikeuden hintaa ja Y käytettävissä olevia tuloja. Hyötyfunktiossa (3.3) parametri $E^{*}>0$ tarkoittaa ilmaston kylmyydestä johtuvaa välttämätöntä energian kulutusta ja parametri α ($0<\alpha<1$) energian hankintaan käytettävien kulutusmenojen osuutta kokonaiskulutusmenoista. Malli (3.3)–(3.4) oli jo edellä jaksossa 3.1 sovelletun ekonometrisen mallin taustalla.

Tässä oletetaan yksinkertaisuuden vuoksi, että energiaa tuotetaan vain yhdellä fossiilisella polttoaineella. Budjettirajoitteessa (3.4) parametri μ tarkoittaa energian tuottamisesta aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen ominaispäästökerrointa. Esimerkiksi yhden kivihiilitonnin polt-

taminen johtaa noin 2.4 tonnin hiilidioksidipäästöön. Budjettirajoitteessa (3.4) termi $\mu P^M E$ kuvaa hiilidioksidipäästöjen kustannuksia.

Hyötyfunktion (3.3) maksimointi budjettirajoitteella (3.4) antaa optimaalisiksi energian kulutuksen ja muun kulutuksen määriksi (vrt. liite 1)

(3.5) $E = \alpha Y/(P^E + \mu P^M) + (1-\alpha)E^*$,

(3.6) $C = (1-\alpha)(Y - (P^E + \mu P^M)E^*)$.

Kun optimaalinen energian kulutus (3.5) ja muu kulutus (3.6) sijoitetaan hyötyfunktioon (3.3), saadaan hyvinvointifunktio eli annetulla tulo- ja hintatasolla saavutettavissa oleva hyöty

(3.7) $W = \alpha^{\alpha}(1-\alpha)^{1-\alpha}(P^E + \mu P^M)^{-\alpha}(Y - (P^E + \mu P^M)E^*)$.

Yhtälöstä (3.7) havaitaan, että energian hinta P^E ja päästöoikeuden hinta P^M vaikuttavat vähentävästi hyvinvointiin W. Erityisen merkillepantavaa tässä yhteydessä on, että energian kulutuksen välttämättömyys $E^*>0$ johtaa hyvinvoinnin lisämenetykseen kustannustekijän $(P^E+\mu P^M)E^*$ välityksellä. Edellä jaksossa 3.1 osoitettiin, että henkeä kohden laskettu energian välttämättömyyskulutus E^* riippuu ilmaston kylmyydestä ja on siis tästä syystä erilainen eri leveysasteilla sijaitsevissa maissa.

Keskeinen seikka ilmastopolitiikan oikeudenmukaisuusarvioinnin kannalta on, että päästökaupasta ja päästöoikeuden hinnasta tulee hyvinvointifunktioon (3.7) lisäkustannustekijä $\mu P^M E^*$. Toisin sanoen nykymuotoinen EU:n päästökauppa, jossa päästökiintiöt ja päästökustannukset kohdistuvat kaikkiin fossiilisin polttoainein tuotetun energian aiheuttamiin päästöihin, on epäoikeudenmukaista politiikkaa, koska se johtaa eri leveysasteilla sijaitsevien maiden erisuuruiseen hyvinvointivaikutukseen.

Kansainvälisen ilmastopolitiikan suunnittelun pohjana käytetyssä päästövähennysten velvoitteenjakoa koskevassa tutkimuksessa oikeudenmukaisuus on otettu keskeiseksi velvoitteenjakokriteeriksi. Käytännössä velvoitteenjaon perusteeksi on ehdotettu lähinnä ns. perintömenettelyä, asukasta kohden laskettujen päästöjen lähentämistavoitetta tai päästövähennysvelvoitteiden jakamista asukasta kohden lasketun BKT:n, asukasta kohden laskettujen päästöjen tai päästöt/BKT-suhteen perusteella (Sijm ym., 2007; Valtioneuvoston kanslia, 2008, 2009).

Edellä on osoitettu, että välttämättömän energian kulutuksen erisuuruus eri leveysasteilla sijaitsevissa maissa aiheuttaa sen, että mikä tahansa esimerkiksi elintasoon suhteutettu velvoitteenjako ei ole hyvinvointimittarilla tarkastellen oikeudenmukainen. Elintasokriteeriin perustuva ilmastopolitiikka, jossa päästövähennysvelvoitteita asetetaan vain teollisuusmaille, vie ilmastopolitiikkaa hakoteille, koska tällöin ilmastopolitiikka sotkeutuu kehitysapupolitiikkaan.

3.3 Oikeudenmukaisempi päästökauppajärjestelmä

Haetaan nyt ratkaisua, joka toteuttaisi ilmastopolitiikkaa oikeudenmukaisemmin kuin edellä tarkasteltu politiikka. Oletetaan edelleen, että ilmastopolitiikkaa toteutetaan päästökaupalla. Tarkastellaan tapausta, jossa päästörajoitus kohdistetaan vain välttämättömyystason ylittävästä energian kulutuksesta aiheutuviin päästöihin. Tällöin päästöoikeuden hintaa makse-

taan välttämättömyystason ylittävästä energian kulutuksesta aiheutuvista päästöistä $\mu(E - E^*)$ ja budjettirajoitus muuttuu yhtälön (3.4) sijasta muotoon

(3.8) $P^E E + \mu P^M (E - E^*) + C = Y.$

Hyötyfunktion (3.3) maksimointi budjettirajoitteella (3.8) antaa optimaalisiksi energian kulutuksen ja muun kulutuksen määriksi

(3.9) $E = \alpha(Y + \mu P^M E^*)/(P^E + \mu P^M) + (1-\alpha)E^*,$

(3.10) $C = (1-\alpha)(Y - P^E E^*).$

Kun optimaalinen energian kulutus (3.9) ja muu kulutus (3.10) sijoitetaan hyötyfunktioon (3.3), saadaan hyvinvointifunktio

(3.11) $W = \alpha^{\alpha}(1-\alpha)^{1-\alpha}(P^E + \mu P^M)^{-\alpha}(Y - P^E E^*).$

Havaitaan, että hyvinvointivointifunktiossa (3.11) ei enää esiinny kustannustekijää $\mu P^M E^*$, joka edellä yhtälössä (3.7) johti välttämättömän energian kulutuksen E^* kautta hyvinvoinnin lisämenetykseen. Sen todettiin aiheuttavan perustavaa laatua olevan epäneutraalisuuden nykyisenkaltaisella EU:n päästökauppajärjestelmällä toteutettavaan ilmastopolitiikkaan, koska se johtaa päästökustannusten osalta eri leveysasteilla sijaitsevien maiden erisuuruiseen hyvinvointimenetykseen. Päästökaupan oikeudenmukaisuus edellyttäisi siis, että päästörajoitus kohdistettaisiin vain välttämättömyystason ylittävästä energian kulutuksesta aiheutuviin päästöihin.

4 Sähkön kulutuksen hintajouston estimointi EU-maiden paneeliaineistosta

4.1 Kotitaloussektorin sähkön kulutuksen hintajousto

Edellä luvussa 3 todettiin, että energian kulutus riippuu talouden tilan ohella ilmastosta ja muista alueellisista tekijöistä. Ilmastolla on selkeä vaikutus sähköenergian kulutukseen sekä paikka- että aikadimensiossa. Viimemainittu riippuvuus näkyy siinä, että kotitalouksien sähkön kulutus vaihtelee huomattavasti vuosittain lämpötilan muutosten myötä (Rantala, 2008). Asumisen energian kulutuksen ilmastoriippuvuus voi vähentyä ajan kuluessa rakennusten energiatehokkuuden parantuessa. Tämä muutos on kuitenkin hyvin hidas, koska rakennuskannan uusiutuminen tapahtuu hyvin hitaasti.

Ilmastopolitiikan talousvaikutusten arvioinnissa on tärkeää ottaa huomioon lämpötilariippuvuuden aiheuttama sähkön kulutuksen joustamattomuus talouden aktiviteetin ja sähkön hinnan muutosten suhteen. Edellä luvussa 3 todettiin, että tämä aiheuttaa perustavaa laatua olevan epäneutraalisuuden ilmastopolitiikan vaikutuksiin muun muassa nykyisenkaltaisessa EU:n päästökauppajärjestelmässä.

Tässä yhteydessä keskeinen tavoite on täsmentää oikea malli sähkön kysynnän hintajouston estimointia varten. Hintajousto on ratkaiseva tekijä ilmastopolitiikan talousvaikutusten kan-

nalta, koska se määrittää kuinka paljon päästöoikeuden hinnan nousu vähentää suoraan sähkön kulutusta ja sähköntuotannon päästöjä tai vaihtoehtoisesti heijastuu sähkön hinnan nousun kautta negatiivisena vaikutuksena koko kansantalouteen. Jos sähkön kulutuksen hintajousto on hyvin suuri, suurin osa päästörajoituksiin sopeutumisesta tapahtuu suoraan sähkön kulutuksen vähenemisen kautta ja makrotaloudelliset vaikutukset jäävät vähäisiksi. Jos sähkön kulutus sen sijaan on täysin joustamaton sähkön hinnan suhteen, ilmastopolitiikan rasite kohdistuu täysimääräisesti kansantalouteen.

Ilmastopolitiikan talousvaikutusten arviointiin sovelletaan usein numeerisia yleisen tasapainon malleja. Kansainvälisiä esimerkkejä tällaisista malleista ovat muun muassa OECD:n GREEN-malli (van der Mensbrugghe, 1994) ja GTAP-E-malli (Burniaux & Truong, 2002). Myös Suomessa on tutkittu ilmasto- ja energiapolitiikan taloudellisia vaikutuksia numeerisella yleisen tasapainon mallilla (Honkatukia & Forsström, 2008; Honkatukia, Forsström & Pursiheimo, 2011). Numeeristen yleisen tasapainon mallien simuloinneilla saadut tulokset ilmastopolitiikan talousvaikutuksista riippuvat keskeisesti energian ja muiden tuotantopanosten substituutiojoustoista. Usein substituutiojoustojen parametriarvot otetaan aiemmasta kirjallisuudesta tai oletetaan muutoin ilman tarkempaa ekonometrista tutkimusta.

Energian ja muiden tuotantopanosten substituutiojoustoja on estimoitu kansainvälisestä teollisuusmaiden paneeliaineistosta (esim. van der Werf, 2007; Okagawa & Ban, 2008). Ekonometrisissa tutkimuksissa on kuitenkin yleensä estimoitu vain toimialojen kokonaisenergiapanoksen ja muiden tuotantopanosten substituutiojoustoja. Sen sijaan sähkön kulutuksen hintajoustoista ei juuri ole vastaavaa ekonometrista tutkimusta, vaikka sähkön kulutus ja tuotanto ovat keskeisiä tekijöitä EU-alueen ilmastopolitiikan talousvaikutusten kannalta.

Keskeisimpiä EU:n ilmastopolitiikan vaikutuksia välittäviä tekijöitä on sähkön kulutuksen ja sähköntuotannon päästöjen reagointi päästöoikeuden hinnan muutoksiin, koska sähköntuotanto aiheuttaa suurimman osan EU-alueen päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöistä. Päästöoikeuden hinnan muutokset heijastuvat sähkön kulutukseen sähkön hinnan kautta, joten keskeiseksi kysymykseksi nousee sähkön kulutuksen hintajousto. Edellä luvussa 3 osoitettiin, että sähkön kulutuksen ilmastoriippuvuus voidaan ekonometrisesti mallintaa kansainvälisellä paneeliaineistolla. Paneeliaineistoa voidaan käyttää myös sähkön kulutuksen hintajouston estimointiin.

Sähkön kulutuksen hintajouston tilastollinen arviointi edellyttää mallitäsmennystä, jossa sähkön kulutuksen hintajousto on ekonometrisesti estimoitava parametri. CES-hyötyfunktiosta lähtien voidaan johtaa kotitalouksien sähkön kulutuksen malli, jossa samaan ekonometriseen malliin voidaan sisällyttää ilmastoriippuva hintajoustamaton sähkön kulutus ja muu sähkön kulutus, joka joustaa sähkön hinnan suhteen (liite 1). EU-maiden paneeliaineistoon sovellettava malli on tässä yhteydessä

$$(4.1) \qquad E_{it} = E^{*}_{it} + \alpha(P^{E}_{it}/P_{it})^{-\varepsilon}(Y_{it} - P^{E}_{it}E^{*}_{it})/P_{it}.$$

Mallissa (4.1) muuttuja E_{it} tarkoittaa henkeä kohden laskettua kotitalouksien sähkön kulutusta maassa i vuonna t, P^{E}_{it} kotitalouksien maksamaa sähkön hintaa, E^{*}_{it} sähkön ilmastoriippuvaa välttämättömyyskulutusta ja parametri -ε sähkön kysynnän hintajoustoa. Muuttuja Y_{it} tarkoittaa kotitalouksien tuloja ja kokonaiskulutuksen arvoa ja P_{it} kokonaiskulutuksen hintaa.

Henkeä kohden laskettu sähkön välttämättömyyskulutus mallinnetaan tässä yhteydessä jakson 3.1 täsmennystä hieman pelkistäen pelkästään vuosilämpötilan T_{it} perusteella siten, että

(4.2) $E^*_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 T_{it} + \gamma_2 T_{it}^2$.

Tässä kohdin suurin mielenkiinto kohdistuu sähkön kulutuksen hintajoustoon -ε. Hintajouston estimointi joudutaan käytännössä toteuttamaan kaksivaiheisesti siten, että ensin estimoidaan sähkön kulutuksen lämpötilariippuvuus (4.2) CD-hyötyfunktiosta johdetusta mallista $E_{it} = \alpha Y_{it}/P^E_{it} + (1-\alpha)E^*_{it}$ (liite 1). Hintajousto -ε voidaan sitten estimoida loglineaarisesta mallista $\ln\{(E_{it}-E^*_{it})/((Y_{it}-P^E_{it}E^*_{it})/P_{it})\} = -\varepsilon \ln(P^E_{it}/P_{it}) + \ln\alpha$, missä E^*_{it} on laskettu yhtälöstä (4.2).

EU-maiden vuosien 1990–2009 paneeliaineistosta estimoidut parametriarvot on esitetty taulukossa 4.1. Sähkön kulutuksen, väestömäärän ja vuosilämpötilan osalta estimoinnissa on käytetty samaa aineistoa kuin jakson 3.1 ekonometrisessa mallinnuksessa. Kotitalouksien kokonaiskulutuksen volyymin ja hintamuuttujien laskennan perusvuodeksi on valittu vuosi 2005. Maakohtaiset sähkön ja kokonaiskulutuksen hinnat P^E_{it} ja P_{it} on skaalattu siten, että koko EU-alueen keskimääräinen hinta perusvuonna 2005 on 1. EU-maiden kotitalouksien kokonaiskulutusvolyymit ja kokonaiskulutuksen hinnat perusvuonna 2005 on saatu Eurostatin ostovoimapariteettiaineistosta. EU-maiden kotitalouksien kokonaiskulutuksen volyymit on muille vuosille laskettu ketjuttamalla kansantalouden tilinpidon mukaisilla yksityisen kulutuksen volyymeilla ja kuluttajahinnat euromääräisinä lasketuilla kansantalouden tilinpidon yksityisen kulutuksen deflaattoreilla. EU-maiden kotitalouksien sähkön hinnan aikasarjat ovat Eurostatin julkaisemia euromääräisiä kotitalouksien sähkön verollisia hintoja.

EU-maiden paneeliaineistoa käyttäen saatu kotitaloussektorin sähkön kysynnän hintajouston estimaatti on tilastollisesti selvästi merkitsevä. Estimoitu hintajousto tarkoittaa varsinaisesti välttämättömyyskulutuksen ylittävän sähkön kulutuksen joustoa sähkön hinnan suhteen. Mallissa (4.1) kotitalouksien sähkön kokonaiskulutuksen hintajousto ei ole vakio, vaan se riippuu välttämättömyyskulutuksen tasosta (liite 1). Kylmän ilmaston takia kotitalouksien sähkön kulutus asukasta kohden on Suomessa suurempi kuin eteläisemmässä Euroopassa. Tästä syystä kotitaloussektorin sähkön kulutuksen hintajousto on Suomessa pienempi kuin EU-alueella keskimäärin.

Pohjois- ja Keski-Euroopassa lämpötilan nousu vähentää asukasta kohden laskettua kotitalouksien sähkön kulutusta. Estimointituloksen mukaan mallin (4.2) mukaisen lämpötilavaikutuksen minimikohta $-\gamma_1/2\gamma_2$ on 14 Celsius-asteen paikkeilla, eli suunnilleen Italian ja Espanjan

Taulukko 4.1 EU-maiden asukasta kohden lasketun kotitalouksien sähkön kulutuksen riippuvuus sähkön hinnasta ja lämpötilasta vuosina 1990–2009

	Hintajousto	*Lämpötilariippuvuus*		
	$-\varepsilon$	γ_0	γ_1	γ_2
Kotitaloussektorin sähkön kulutus	-0.228	3.916	-0.514	0.019
	-5.8	23.3	-19.4	16.2

Kerroinestimaattien alla t-testisuureen arvot.

keskimääräisten vuosilämpötilojen kohdalla, kuten edellä jaksossa 3.1 todettiin. Etelämpänä lämpötilan nousu kasvattaa jäähdytystarpeen takia sähkön kulutusta.

Malli (4.1) kuvaa asukasta kohden lasketun kotitalouksien sähkön kulutuksen riippuvuutta ilmastosta, elintasosta ja suhteellisista hinnoista. Ilmastopolitiikan mallisimuloinneissa tarkastellaan koko EU-alueen sähkön kulutuksen kehitystä. Tällöin EU-alueen sähkön välttämättömyyskulutuksen taso lasketaan kertomalla mallilla (4.2) laskettu yksittäisten EU-maiden asukaskohtainen kulutus Eurostatin tietokannan mukaisilla EU-maiden väestöennusteilla ja laskemalla yhteen EU-alueen kulutukseksi. Koko EU-alueen kotitalouksien sähkön kulutuksen ennustemalliin päästään estimoimalla tai kalibroimalla parametri α mallista (4.1), jossa muuttujat E_t, E^*_t ja Y_t ovat koko EU-alueelle laskettuja sähkön kulutuksen ja kokonaiskulutuksen tasomuuttujia ja P^E_t ja P_t koko EU-alueen sähkön ja kokonaiskulutuksen hintaindeksejä.

4.2 Yrityssektorin sähkön kulutuksen hintajousto

Yrityssektorin sähkön kulutuksen hintajouston ekonometrinen estimointi on jonkin verran yksinkertaisempaa kuin edellä tarkasteltu kotitaloussektorin sähkön kulutuksen hintajouston estimointi. Yritysten sähkön kulutuksessa ei ole aluekohtaista ilmastosta riippuvaa välttämättömyyskulutuserää, joka hankaloittaa kotitalouksien sähkön kulutuksen ekonometrista mallintamista. Kotitaloussektorin sähkön kulutusta tarkasteltaessa sen todettiin edellyttävän maiden ilmastoeroista johtuvat kysyntäerot huomioonottavan paneeliaineiston käyttämistä sähkön kulutuksen ekonometriseen mallintamiseen. Paneeliaineistolähestymistapa antaa kuitenkin laajemman tilastollisen pohjan myös yritysten sähkön kulutuksen hintajouston estimointiin kuin tavanomainen aikasarja-aineistoon perustuva ekonometrinen mallintaminen. Siten myös EU-alueen yrityssektorin sähkön kysynnän hintajouston estimointiin on perusteltua käyttää paneeliaineistoa. Tällä tavoin ekonometrisessa mallissa voidaan hyödyntää sekä aika- että aluedimensiossa esiintyvä variaatio sähkön hinnassa ja sähkön kulutuksessa (vrt. van der Werf, 2007).

CES-tuotantofunktiosta lähtien voidaan johtaa yritysten sähkön kulutusta kuvaava malli, joka on loglineaarisessa muodossa (liite 1)

$$(4.3) \quad \ln(E_{it}/Y_{it}) = -\varepsilon \ln(P^E_{it}/P_{it}) + \delta(\varepsilon-1)TR_t + \ln\alpha_i.$$

Mallissa (4.3) muuttuja E_{it} tarkoittaa yritysten sähkön kulutusta maassa i vuonna t, P^E_{it} sähkön hintaa, Y_{it} tuotannon volyymia ja P_{it} tuottajahintaa. Kerroin $-\varepsilon$ tarkoittaa sähkön kysynnän hintajoustoa. Parametri δ mittaa sähkön käytön tehostumista ja muuttuja TR_t tarkoittaa aikatrendiä.

EU-maiden vuosien 1990–2007 paneeliaineistosta estimoidut mallin (4.3) parametriarvot on esitetty taulukossa 4.2. Ilmastopolitiikan simulointimallissa yrityssektori jaetaan teollisuuteen ja muuhun yrityssektoriin, joten sähkön kulutuksen hintajousto ja energiatehokkuuden kasvuvauhti on estimoitu erikseen näille sektoreille. Muun yrityssektorin aineisto on laskettu vähentämällä koko talouden luvuista teollisuuden luvut. Teollisuuteen kuulumaton talous sisältää siis alkutuotannon, rakentamisen sekä yksityiset ja julkiset palvelut. Saattaa olla, että lämpötilalla on joidenkin palvelutoimialojen sähkön kulutukseen samantyyppinen vaikutus kuin edellä todettiin kotitaloussektorin kohdalla. Tätä kysymystä ei tässä yhteydessä kuitenkaan tarkemmin selvitetä, vaan kaikkiin yrityksiin sovelletaan mallia (4.3)

Taulukko 4.2 EU-maiden teollisuuden ja muun talouden sähkön kulutuksen riippuvuus sähkön hinnasta vuosina 1990–2007

	Hintajousto $-\varepsilon$	*Energiatehokkuuden kasvuvauhti* δ
Teollisuuden sähkön kulutus	-0.356	0.009
	-8.0	8.9
Muun talouden sähkön kulutus	-0.227	0.0003
	-5.5	0.3

Kerroinestimaattien alla t-testisuureen arvot.

Teollisuuden ja muun talouden tuotosvolyymien ja suhteellisten hintojen mittauksen perusvuodeksi on valittu vuosi 2005. Maakohtaiset sähkön ja tuotoksen hinnat P^{E}_{it} ja P_{it} on skaalattu siten, että koko EU-alueen keskimääräinen hinta perusvuonna 2005 on 1. EU-maiden yrityssektorin ja muun talouden tuotosvolyymien ja tuottajahintojen laskenta perustuu EU:n KLEMS-projektissa tuotettuun tietokantaan. Muun talouden aikasarjat on laskettu koko kansantalouden ja teollisuuden lukujen erotuksena. KLEMS-tietokannassa ei ole Bulgarian ja Romanian tietoja, joten tässä kohdin EU-alueen paneeliaineistossa on 25 maata. EU-maiden yrityssektorin sähkön kulutuksen ja sähkön hinnan aikasarjat on koottu Eurostatin tietokannoista. Muun talouden sähkön hintaa on mitattu teollisuuden sähkön hinnalla, koska muun talouden osalta ei ole ollut käytettävissä erillisiä sähkön hintatietoja.

Taulukon 4.2 esittämät EU-maiden paneeliaineistosta estimoidut teollisuuden ja muun talouden sähkön kulutuksen hintajoustot ovat tilastollisesti selvästi merkitseviä. Teollisuuden kohdalla myös energiatehokkuuden kasvuvauhtia mittaava parametri on tilastollisesti selvästi merkitsevä. Muun talouden tapauksessa energiatehokkuuden kasvuvauhtia mittaava parametri ei poikkea tilastollisesti merkitsevästi nollasta.

Edellä esitetyt sähkön kulutuksen hintajoustojen estimaatit voivat vaikuttaa pieniltä, mutta ovat ne itse asiassa melko suuria esimerkiksi IEA:n energiamallissa sovellettuihin sähkön kulutuksen hintajoustoihin verrattuina. IEA:n mallissa sähkön kulutuksen pitkän ajan hintajousto vaihtelee maailman eri alueilla välillä -0.01 – -0.14 (IEA, 2011). IEA:n ennustejärjestelmässä sähkön kulutus mallinnetaan sähkön hinnan ja elintason perusteella. Sen sijaan edellä kotitaloussektorin kohdalla todettua sähkön kulutuksen ilmastoriippuvuutta ei oteta huomioon.

5 EU:n ilmastopolitiikan muutokset ja talouden sopeutuminen ilmastopolitiikkaan

5.1 EU:n päästökauppajärjestelmän muutokset kolmannella päästökauppakaudella 2013–2020

EU:n ilmastopolitiikkaa toteutetaan yhteisön tasolla ja jäsenmaiden kansallisella politiikalla. Tässä yhteydessä EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutuksia tarkastellaan yhteisötason politiikan osalta. Käytännössä tarkastelu rajataan EU:n päästökauppajärjestelmän talousvaikutusten arviointiin.

EU:n päästökauppajärjestelmä käynnistyi vuoden 2005 alussa. Ensimmäinen päästökauppakausi kattoi vuodet 2005–2007 ja toinen vuodet 2008–2012. Kolmas päästökauppakausi koskee vuosia 2013–2020. Kahden ensimmäisen päästökauppakauden aikana päästöoikeudet jaettiin komission hyväksymien EU:n jäsenvaltioiden kansallisten jakosuunnitelmien pohjalta. Kolmannella päästökauppakaudella EU:n päästökauppajärjestelmään tehdään merkittäviä muutoksia. Kolmannella päästökauppakaudella päästökaupan piiriin kuuluvien toimialojen määrää lisätään ja päästökaupassa siirrytään EU:n laajuiseen päästökattoon sekä koko unionissa sovellettaviin päästöoikeuksien jakoperusteisiin. EU:n komissio on määrittänyt päästökauppadirektiivin mukaisesti koko EU:n päästökauppasektorin päästökaton, joka on vuonna 2013 2039 miljoonaa hiilidioksiditonnia. Päästökatto pienenee vuosittain lineaarisesti 1.74 prosenttia vuosien 2008–2012 keskimääräiseltä päästöoikeuksien tasolta. Päästökaton vuotuinen alenema on vuoden 2013 jälkeen 37 miljoonaa tonnia. Päästöoikeuksien asteittaista vähentämistä jatketaan edelleen neljännellä päästökauppakaudella vuosina 2021–2028[6].

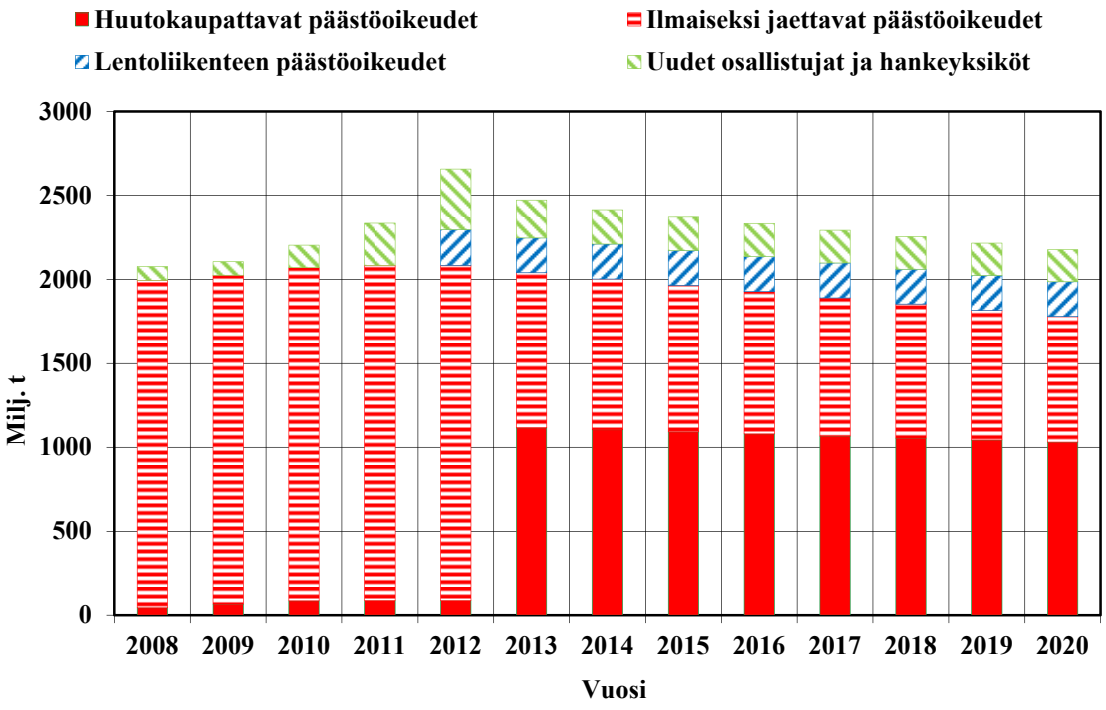
Päästöoikeuksien pääasiallinen jakomenetelmä kolmannella päästökauppakaudella 2013–2020 on huutokauppa. Päästökauppadirektiivin ja päästökauppalain mukaan sähköntuotanto kuuluu lähes kokonaan päästöoikeuksien huutokaupan piiriin. Muille toimialoille jaetaan päästöoikeuksia osin maksutta ajan mittaan asteittain vähenevällä ilmaisjaolla. Merkittävälle hiilivuotoriskille alttiille toimialoille annetaan kaikki päästöoikeudet ilmaiseksi.

Kuvio 5.1 esittää EU-alueen päästökauppasektorin päästöoikeuksien määrää toisella päästökauppakaudella 2008–2012 ja kolmannella päästökauppakaudella 2013–2020. Päästöoikeuksien tarjontaeriä koskevat tiedot pohjautuvat pääosin EU:n komission selvitykseen (EU, 2012). Päästöoikeuksien kysyntää käsitellään jäljempänä luvussa 6.

EU-alueen päästökauppasektorin päästöoikeudet lisääntyivät vuonna 2012, kun lentoliikenne otettiin mukaan päästökauppasektoriin. Päästöoikeuksien tarjontapuolen kehitykseen vaikuttavat myös uusien osallistujien päästöoikeuskiintiö sekä CDM- ja JI-hankeyksiköt. Päästöoikeuksien tulevaa kehitystä koskevat kuviossa 5.1 esitetyt ennusteet perustuvat EU:n komission arvioon (EU, 2012). Kuviossa ei ole otettu huomioon päästöoikeuksien huutokauppojen osittaista aikaistamista vuodelle 2012, kaavailtuja muutoksia huutokauppojen aikauraan vuosina 2013–2020 eikä muita erityistekijöitä. Kuvio 5.1 esittää siten hieman pelkistetyn, mutta tässä yhteydessä riittävän tarkan kuvan päästöoikeuksien tarjontapuolen kehityksestä vuoteen 2020.

[6] http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/index_en.htm.

Kuvio 5.1 EU-alueen päästökauppasektorin päästöoikeudet



Päästörajoituksiin tuovat väljyyttä toiselta päästökauppakaudelta 2008–2012 säästyneet päästöoikeudet. EU:n komission arvion mukaan päästöoikeuksien vuosina 2008–2012 kumuloitunut ylijäämä on vuonna 2013 alkavan kolmannen päästökauden alussa lähes 2 miljardia tonnia (EU, 2012). Käyttämättömien päästöoikeuksien varanto vaikuttaa siis varsin suurelta. Jos EU:n ilmastopolitiikan odotetaan kuitenkin jatkuvan nykymuotoisena vielä vuosikymmeniä ja varanto ajatellaan purettavaksi vaikkapa 50 vuoden aikana, niin sen osalta vuosittaiseksi lisäpäästömahdollisuudeksi tulee vain noin 40 miljoonaa tonnia.

Uudeksi ongelmaksi EU:n komissiolle näyttää tulleen päästökauppasektorin päästöoikeuksien ylijäämän ja sähköntuotannon erityisaseman yhteensovittaminen. Päästöoikeuksien ylijäämän ja päästöoikeuden hinnan mataluuden takia EU:n komissio suunnittelee huutokauppojen osittaista siirtämistä kolmannen päästökauppakauden loppupuolelle (EU, 2012). Toisaalta kun sähköntuotanto joutuu kolmannella päästökauppakaudella ostamaan päästöoikeutensa huutokaupoista ja sähköntuotanto täytyy varmistaa, huutokauppoja on jouduttu aikaistamaan jo vuodelle 2012.

5.2 Talouden sopeutuminen ilmastopolitiikkaan

Edellä on todettu sähkön hinnanmuodostuksen ja sähkön kulutuksen keskeinen rooli talouden sopeutumisessa ilmastopolitiikalla asetettuihin päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöjen rajoituksiin. Sähkön kulutuksen hintajouston ohella toinen pääkanava päästörajoitusten vaikutuksissa energian kulutukseen ja talouden kehitykseen on päästöoikeuden hinnan nousun vaikutus sähkön hinnan ja teollisuuden sähköenergiakustannusten kautta kilpailukykyyn

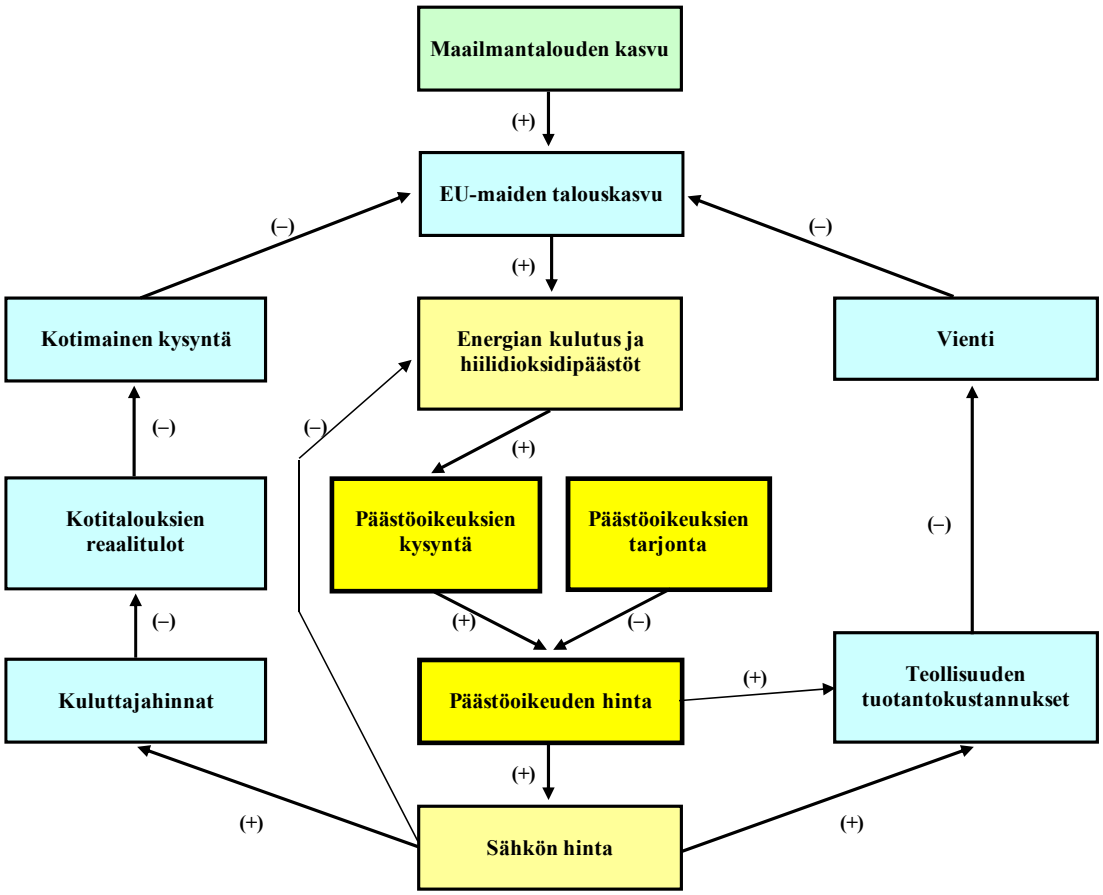
ja vientiin sekä kotitalouksien sähköenergiakulujen kautta kuluttajahintoihin, reaalituloihin ja kulutuskysyntään. Tätä makrotaloudellista sopeutumista hahmotellaan kuviossa 5.2.

Ennustemallissa sähkön tuottajahinnan määräytymisen perusteena on sähkön tuotannon rajakustannus, joka tarkoittaa käytännössä kivihiilellä tuotetun lauhdesähkön tuotantokustannusta. Sähkön tuottajahinta määräytyy tämän sähkön tuotantokustannuksen ja päästöoikeuden hinnan perusteella. Sähkön kuluttajahinnat määräytyvät sähkön tuottajahinnan ja sähkön kulutukseen kohdistuvien verojen perusteella.

Päästöjä rajoittava hintamekanismi toimii mallissa päästöoikeuden hinnan ja sähkömarkkinoiden välityksellä. Sähkön hinnan nousu vähentää kotitalouksien, teollisuuden ja muun talouden sähkön kulutusta. Sähkön kulutuksen suora reaktio sähkön hinnan nousuun ja tästä seuraava sähköntuotannon hiilidioksidipäästöjen väheneminen on keskeinen osa sitä sopeutumista, jonka tuloksena päästöt vähenevät ilmastopolitiikassa asetettuihin rajoihin. Näin on sen takia, että sähköntuotanto aiheuttaa valtaosan EU-alueen päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöistä, kuten luvussa 2 todettiin.

Sähkön kulutuksen hintajoustosta suoraan seuraavan sähköntuotannon päästöjen vähenemisen ohella ilmastopolitiikka johtaa päästöoikeuden hinnan ja sähkön hinnan nousun välityk-

Kuvio 5.2 EU-maiden makrotaloudellinen sopeutuminen ilmastopolitiikkaan



sellä talouden aktiviteetin heikkenemiseen ja tästä seuraavaan päästöjen vähenemiseen. Päästöoikeuden hinnan nousu ja sähkön hinnan nousu lisäävät teollisuuden tuotantokustannuksia heikentäen näin viennin kustannuskilpailukykyä ja teollisuuden vientiä ennen kaikkea EU-alueen ulkopuolisilla vientimarkkinoilla. Lisäksi sähkön hinnan nousu heijastuu kuluttajahintoihin hidastaen kotitalouksien reaalitulojen ja kulutuksen kasvua. Nämä makrotaloudelliset vaikutukset johtavat sähkön hinnan nousun suoran sähkön kulutusta vähentävän vaikutuksen ohella energian kysynnän ja päästöjen vähenemiseen.

Ilmastopolitiikan makrotaloudellisten vaikutusten simulointiin käytettävä malli on todellisuudessa kuvion 5.2 hahmotelmaa laajempi, sillä päästöoikeuden hinnan nousu vaikuttaa monien kanavien kautta makrotaloudelliseen kehitykseen. Malli on kuitenkin tarkoituksellisesti muotoiltu rakenteeltaan yksinkertaiseksi, jotta simulointitulokset tulevat helposti ymmärrettäviksi. Makrotalousmallin pääpiirteitä kuvataan yksityiskohtaisemmin liitteessä 2. Makrotaloudellisen sopeutumisen keskeiset vaikutuskanavat ovat:

- Päästöoikeuden hinnan vaikutus sähkön hintaan
- Sähkön hinnan vaikutus teollisuuden ja muun yrityssektorin kustannuksiin
- Päästöoikeuden hinnan suora vaikutus päästökauppasektoriin kuuluvien yritysten kustannuksiin
- Tuotannon yksikkökustannusten vaikutus tuottajahintoihin
- Teollisuuden tuotannon yksikkökustannusten ja kilpailukyvyn vaikutus vientiin
- Tuottajahintojen, sähkön hinnan ja tuontihintojen vaikutus kuluttajahintoihin
- Tuottavuuden ja kuluttajahintojen vaikutus palkkoihin
- Palkkojen ja työllisyyden vaikutus palkkasummaan ja kotitalouksien tuloihin
- Tulojen ja kuluttajahintojen vaikutus kotitalouksien ostovoimaan ja kulutukseen
- Tuotannon vaikutus investointeihin
- Viennin, kulutuksen ja investointien vaikutus tuotantoon
- Tuotannon ja tuottavuuden vaikutus työllisyyteen

Teollisuuden ja muun talouden tuotanto lasketaan panos-tuotosmallilla. EU-alueen panos-tuotosmallissa käytetään Eurostatin julkaisemaa EU-alueen vuoden 2005 panos-tuotostilastoa. Suomen panos-tuotosmalli pohjautuu Tilastokeskuksen julkaisemaan vuoden 2005 panos-tuotostilastoon. Eurostatin julkaisema EU-alueen panos-tuotostilasto kuvaa EU-alueen aggregaattitaloutta siten, että vientiä on vain vienti EU-alueen ulkopuolelle. Suomen panos-tuotostaulussa tilastoidaan vienti EU:n ulkopuolelle ja vienti EU-alueelle.

Päästöoikeuden hinnan ja sähkön hinnan noususta johtuva teollisuuden tuotantokustannusten kasvu heikentää viennin kilpailukykyä ja vientiä ennen kaikkea EU-alueen ulkopuolisilla vientimarkkinoilla. Suomen vientiin vaikuttaa myös kustannuskilpailukyvyn heikkeneminen suhteessa muihin EU-maihin sekä ilmastopolitiikasta johtuva EU-alueen talouskasvun hidastuminen ja tästä johtuva EU-alueen tuontikysynnän heikkeneminen. Tältä osin makrotalousvaikutukset ovat epäsymmetrisiä siinä mielessä, että EU-alueen talouskehitys vaikuttaa Suomeen, mutta Suomen talouskehitys ei juuri vaikuta koko EU-alueeseen. Epäsymmetriaa kuvaa se, että Suomen viennistä yli puolet suuntautuu EU-alueelle, mutta muiden EU-maiden vienti Suomeen on vain parisen prosenttia niiden yhteenlasketusta viennistä.

Sähkön hinnan nousu lisää Suomessa teollisuuden tuotantokustannuksia enemmän kuin EU-alueella keskimäärin, mikä johtuu Suomen teollisuuden energiaintensiivisyydestä. Teollisuu-

den ja muun talouden tuotantokustannuksiin sisältyvät mallissa työvoimakustannukset sekä sähkön hankinnan kustannukset ja muut välituotepanoskustannukset. Lisäksi kustannuksiin vaikuttavat päästökauppasektoriin kuuluvien yritysten hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat kustannukset. Teollisuuden ja muun talouden tuotannon yksikkökustannukset määrittävät näiden sektoreiden tuottajahintojen kehitystä. Tuottajahinnat ja tuontihinnat puolestaan määrittävät kuluttajahintojen kehitystä.

Myös kotitalouksien sähkön kulutus on Suomessa suurempaa kuin EU-alueella keskimäärin. Suomessa kotitalouksien sähkölasku on noin 2.5 prosenttia ja EU-maissa keskimäärin noin 1.5 prosenttia kansantalouden tilinpidossa lasketuista kulutusmenoista. Tähän eroon vaikuttaa keskeisesti edellä luvuissa 3 ja 4 tarkasteltu ilmastoriippuvainen sähkön välttämättömyyskulutus. Sen osuus kotitalouksien sähkön kulutuksesta on Suomessa yli puolet, mutta EU-alueella keskimäärin vain noin kolmannes.

Päästöoikeuden hinnan noususta johtuva sähkön hinnan nousu heikentää kotitalouksien ostovoimaa. Mallissa palkkataso määräytyy työn tuottavuuden ja kuluttajahintainflaation perusteella. Palkkasumma määräytyy palkkatason ja työllisyyden perusteella. Sähkön kallistumisesta johtuva kuluttajahintojen nousu heijastuu ansiotasokehitykseen, mutta reaalitulokehitystä dominoi kuluttajahintojen nousun ja työllisyyden heikkenemisen ostovoimaa vähentävä vaikutus. Sähkön hinnan nousu johtaa kotitalouksien reaalitulokehityksen heikkenemiseen, joka hidastaa yksityisen kulutuksen ja kotimaisen kysynnän kasvua. Kulutuksen kasvun hidastuminen heijastuu edelleen tuotannon kehitykseen.

6 Ilmastopolitiikan talousvaikutukset EU-alueella ja Suomessa vuonna 2020

6.1 Talouskehityksen perusskenaario vuosille 2013–2020

Seuraavaksi siirrytään tarkastelemaan EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutuksia kolmannella päästökauppakaudella 2013–2020. Ilmastopolitiikan vaikutusarvioiden vertailukohdaksi tarvitaan perusskenaario, joka kuvaa talouden kehitystä ilman politiikan vaikutusta. Perusskenaariossa kiinnitetään simulointimallin eksogeenisten muuttujien kasvu-urat muun muassa eksogeenisten makrotaloustekijöiden ja päästöttömän sähköntuotannon osalta.

Politiikkasimuloinnit koskevat vuosia 2013–2020 siten, että lähtökohtana ovat ennustemallin muuttujien arvot vuonna 2012. Mallin historia-aineisto vuoteen 2011 on koottu Eurostatin ja Tilastokeskuksen julkaisemista tiedoista. Suomen ja EU-alueen makrotaloutta koskevat vuoden 2012 luvut on arvioitu ETLAn syyskuussa 2012 julkaiseman suhdanne-ennusteen pohjalta (ETLA, 2012).

EU-alueen talouskehitystä määrittävien mallin eksogeenisten tekijöiden kasvun oletetaan ennustejaksolla olevan hieman hitaampaa kuin 2000-luvun alkuvuosien kasvu oli ennen loppuvuonna 2008 alkanutta lamaa (taulukko 6.1). Oletukset eivät ole ratkaisevan tärkeitä, koska käsillä olevassa tutkimuksessa on kyse pikemminkin ilmastopolitiikasta EU-alueen ja Suomen talouksille koituvien vaikutusten vertailusta kuin varsinaisesta talousennusteesta. Perusskenaarion tarkoitus on lähinnä kuvata tilannetta, jossa ilmastopolitiikka alkaisi jarruttaa talouskasvua EU-alueella.

Taulukko 6.1 Keskeisten eksogeenisten tekijöiden kasvu-urat

	EU-alueen vuosikasvu, %		*Suomen vuosikasvu, %*	
	2000–2007	*2013–2020*	*2000–2007*	*2013–2020*
Makrotaloustekijät:				
Kysyntä vientimarkkinoilla	3.6	3.0	5.9	3.0
Julkisen sektorin kulutus	2.0	1.5	1.6	1.5
Tuontihinnat	0.6	1.0	1.1	1.1
Kivihiilen hinta	7.8	5.0	7.8	5.0
Teollisuuden työn tuottavuus	3.4	3.0	4.1	3.0
Muun talouden työn tuottavuus	1.4	1.5	1.6	1.5
Päästötön sähköntuotanto:				
Ydinvoima	-0.1	-1.1	0.6	4.5
Vesivoima	-1.2	-0.5	-0.5	1.0
Tuulivoima	24.7	10.0	13.6	20.0

EU-alueen kehitykselle keskeisiä eksogeenisia hintamuuttujia mallissa ovat tuontihinnat ja kivihiilen hinta, joka määrittää mallissa sähköntuotannon rajakustannusta. Näihin hintatekijöihin oletetaan ennustejaksolle suunnilleen 2000-luvun alkuvuosien kaltaista kehitystä. Suomen tuontihinta on mallissa endogeeninen, koska se riippuu osin EU-alueen tuottajahintakehityksestä.

Ennustemallissa päästötön sähköntuotanto oletetaan politiikkaperusteiseksi eksogeeniseksi tekijäksi. Kun sähkön kulutus määräytyy sektoreittain talouden aktiviteetin ja sähkön hinnan perusteella, sähkötaseessa määräytyy residuaalina fossiilisin polttoainein tuotettu sähkö.

Yli puolet EU-alueen sähkön kokonaistuotannosta tuotetaan fossiilisin polttoainein, lähinnä kivihiilellä. Valtaosa EU-alueen päästöttömästä sähköntuotannosta on ydinvoimaa ja vesivoimaa, vaikka tuulivoiman käyttö on viime vuosina kasvanut nopeasti. Muihin uusiutuviin energialähteisiin perustuvan sähköntuotannon ja sähkön tuonnin osuudet sähkön kokonaistarjonnasta ovat vielä niin pieniä, ettei tätä sähkön tarjontaa koskevilla oletuksilla ole kovin suurta merkitystä EU:n ilmastopolitiikan vaikutuksia arvioivissa mallisimuloinneissa.

Päästöttömän sähköntuotannon ennusteissa nojaudutaan paljolti tuoreimpiin IEA:n tietokannassa julkaistuihin kehitysarvioihin. Ennustejaksolla EU-alueen ydinvoimatuotanto vähenee Saksan ydinvoiman alasajon seurauksena ja vain Suomeen ja Ranskaan odotetaan uutta ydinvoimakapasiteettia. Saksan ydinvoimapäätöksen merkitystä tarkastellaan yksityiskohtaisemmin jäljempänä luvussa 8. IEA arvioi vesivoimatuotannon hieman vähenevän EU-alueella, mutta lisääntyvän Suomessa. Tuulivoimaan ennakoidaan vahvaa kasvua vuosille 2013–2020. Oletukset ovat suunnilleen linjassa EU:n energiaskenaarioiden kanssa (EU, 2009). EU-alueen päästöttömän sähköntuotannon kehitystä koskevia oletuksia havainnollistetaan jäljempänä luvun 8 kuviossa 8.1 ja luvun 9 kuviossa 9.2.

6.2 Päästökauppasektorin sopeutuminen päästörajoituksiin

EU:n ilmastopolitiikan vaikutuksia ohjaava hintamekanismi toimii päästökaupan ja sähkömarkkinoiden välityksellä. Päästöoikeuden hinnan noususta johtuva sähkön hinnan nousu vähentää sähkön kulutuksen suoran reaktion kautta kotitalouksien, teollisuuden ja muun talouden sähkön kulutusta ja toisaalta vaikuttaa teollisuustuotannon ja muun tuotannon kasvun hidastumisen kautta sähkön kulutukseen. Tätä kautta syntyvä makrotaloudellinen sopeutuminen johtaa sähkön hinnan nousun suoran sähkön kulutusta vähentävän vaikutuksen ohella sähkön kulutuksen ja päästöjen vähenemiseen. Lyhyellä ja keskipitkällä ajalla fossiilisten polttoaineiden käyttöä ei voida päästöttömän energian tarjonnan joustamattomuuden takia juurikaan korvata, jolloin päästörajoihin voidaan sopeutua pääosin vain sähkön kulutusta vähentämällä. Sähköntuotannon päästöt vähenevät siis lähinnä vain sähkön hinnan noususta suoraan ja talouden kasvun hidastumisesta epäsuorasti seuraavan sähkön käytön vähenemisen seurauksena.

EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutusten arvioinnin kannalta keskeistä on EU-alueen päästökauppasektorin sopeutuminen päästörajoituksiin. Kysymys on ennen kaikkea siitä, millaista päästöoikeuden ja sähkön hinnan nousua sopeutuminen edellyttää ja millaisia kustannusvaikutuksia tästä seuraa EU-alueen teollisuudelle, muulle tuotannolle ja kotitaloussektorille. Koska päästökauppasektorin sopeutumiseen liittyy päästökaupan joustomekanismien takia epävarmuutta, makrotaloudelliset vaikutusarviot on tarpeen esittää sellaisten vaihtoehtoislaskelmien muodossa, jotka kuvaavat mahdollisten sopeutumisurien äärirajoja.

EU-alueen päästökauppasektorin päästöoikeudet lisääntyivät vuonna 2012, kun lentoliikenne otettiin mukaan päästökauppasektoriin. Ilmastopolitiikan talousvaikutusten kannalta olennaista on kuitenkin se, että kolmannella päästökauppakaudella 2013–2020 EU-alueen päästökauppasektorin päästöoikeuksia vähennetään huomattavasti verrattuna toisen päästökauppajakson päätevuoden 2012 päästöoikeuksiin (kuvio 6.1).

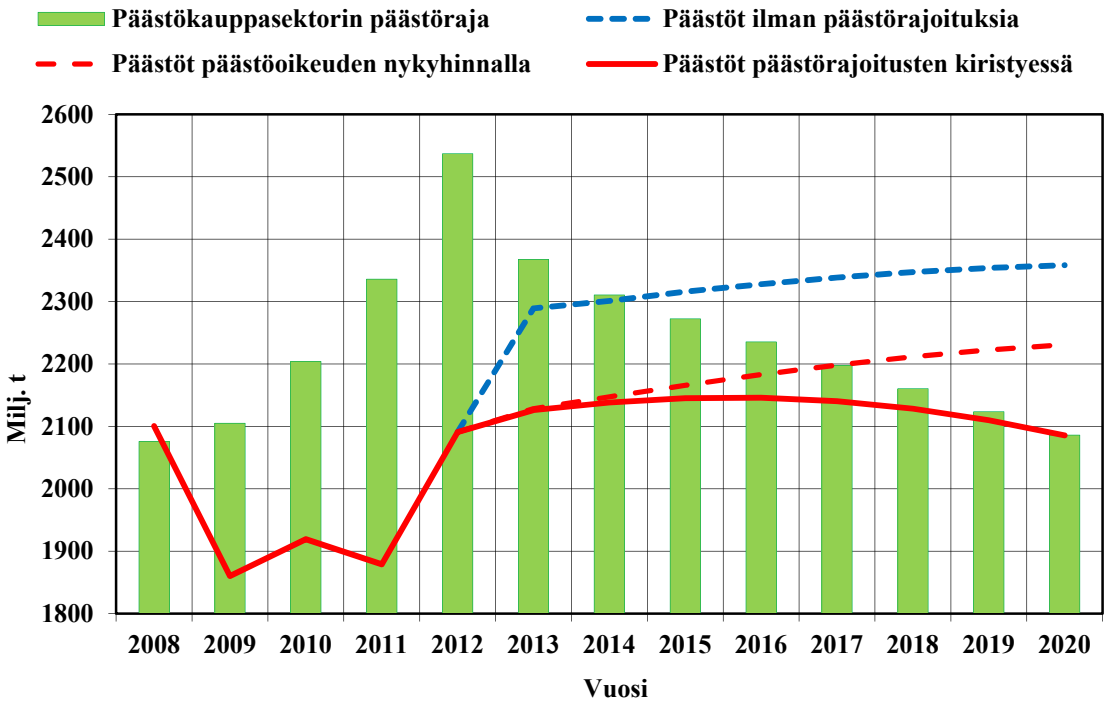
Politiikkaskenaarioiden maksimivaikutuslaskelmassa oletetaan, että EU-alueen päästökauppasektori joutuu rajoittamaan päästöjään niin, että päästöt vähenevät vuoteen 2020 mennessä suunnilleen päästörajaa vastaaviksi ja päästöjen aikaura kääntyy tuolloin yhdensuuntaiseksi päästörajan kanssa. Päästökehityksen toista laitaa edustaa minimivaikutuslaskelma, jossa päästöoikeuksien tarjonnan oletetaan joustavan EU:n ulkopuolelta saatavien CDM- ja JI-hankeyksiköiden ja toiselta päästökauppakaudelta säästyneiden päästöoikeuksien takia niin paljon, että päästöoikeuden hinta pysyy koko kolmannen päästökauppakauden 2013–2020 vuoden 2012 hinnan tasolla[7]. Tämä vastaa karkeasti minimihintaa, jonka Kiina on aiemmin asettanut sikäläisistä CDM-hankkeista saataville päästöhyvityksille (World Bank, 2007).

Ilmastopolitiikan vaikutuksia koskevien laskelmien vertailukohtana olevassa perusskenaariossa EU:n päästökauppasektorilla ei ole lainkaan päästörajoituksia vuodesta 2013 lähtien. Tällöin päästöoikeuden hinta putoaa nollaan kuvion 6.2 esittämällä tavalla. Päästöoikeuden hinnan lasku nykytasolta lisäisi talouden aktiviteettia ja johtaisi päästöjen kasvuun vuodesta 2013 lähtien kuvion 6.1 esittämällä tavalla.

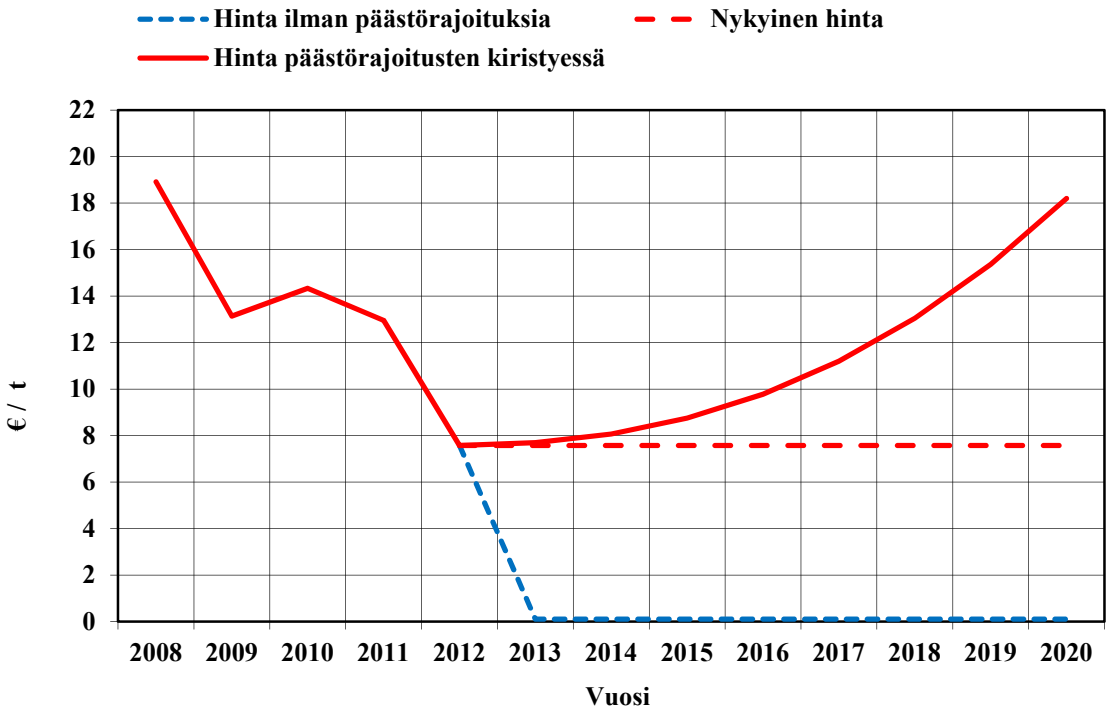
Ilmastopolitiikan vaikutusarvioissa EU-alueen päästökauppasektorin päästöille ennustettujen mahdollisten sopeutumisurien lievintä vaihtoehtoa kuvaa ilmastopolitiikan minimivaikutus-

[7] Vuoden 2012 hinta on arvioitu tammi-lokakuun toteutuneen kehityksen perusteella.

Kuvio 6.1 EU-alueen päästökauppasektorin hiilidioksidipäästöt



Kuvio 6.2 Päästöoikeuden hinta



arvio, jossa päästöoikeuden hinta säilyy nykyisellä tasollaan. Toisena ääritapauksena oletetaan, että EU-alueen päästökauppasektori joutuu rajoittamaan päästöjään niin, että vuosien 2013–2020 päästöjen ylärajan määrittää kuviossa 6.1 esitetty päästöraja.

Päästöjen sopeutuminen alaspäin perusskenaarioon verrattuna voi toteutua vain päästöoikeuden hinnan nousun kautta. Ennustemallissa päästöoikeuden hinnalle haetaan sellainen nousu-ura, jolla EU-alueen päästökauppasektorin päästöt vähenevät päästörajan määrittämää sopeutumistarvetta vastaavasti. Tässä ilmastopolitiikan maksimivaikutusarviossa päästömahdollisuuksien oletetaan rajoittuvan kuviossa 6.1 esitettyyn päästöoikeuksien tarjonnan aikauraan. Kun päästöoikeuksien määrä on tällöin laskevalla aikauralla, päästöoikeuden hinnan täytyy väistämättä kääntyä nousuun kuvion 6.2 esittämällä tavalla. Päästöoikeuden hinnan nousu heijastuu teollisuuden, muun yrityssektorin ja kotitalouksien sähkön hintaan luvussa 5 kuvatulla tavalla. Politiikkaskenaarioiden vaihtoehtoiset päästöoikeuden hintaurat johtavat ennustemallissa vastaaviin vaihtoehtoisiin ennusteuriin sähkön hinnalle ja makrotalouskehitykselle.

Päästörajoitusten kiristyessä päästöoikeuden hinta väistämättä nousee, mutta hinnan nousuuran täsmentäminen on hankala kysymys. Tässä yhteydessä oletetaan, että päästökauppasektoriin kuuluvat yritykset ja muut päästöoikeuksien ostajat ottavat huomioon tiedossa olevan kolmannen päästökauppakauden päästöoikeuksien vähenemisen ohella sen, että samansuuntainen politiikka tulee nykynäkymin jatkumaan myös vuoden 2020 jälkeen. Tämä merkitsee, että päästöoikeuden hintauran täytyy olla sellainen, että päästöjen aikaura on jatkuva siinä vaiheessa, kun kolmannen päästökauppakauden jälkeen vuonna 2021 siirrytään neljännelle päästökauppakaudelle. Tästä syystä päästöuran täytyy olla tuolloin päästörajan kanssa suunnilleen yhdensuuntaisesti aleneva. Kuvion 6.1 esittämä päästöjen laskeva aikaura puolestaan edellyttää kuvion 6.2 mukaista päästöoikeuden hinnan kiihtyvästi nousevaa aikauraa vuosina 2013–2020.

6.3 Ilmastopolitiikan talousvaikutukset EU-alueella ja Suomessa

Taulukot 6.2 ja 6.3 kuvaavat ilmastopolitiikan talousvaikutuksia EU-alueella ja Suomessa vuonna 2020 perusskenaarioon verrattuna. Taulukoiden vasemmanpuoleisin numerosarake kuvaa tarkasteltavien muuttujien perusskenaarion mukaista tasoa vuonna 2020 verrattuna vuoden 2012 lähtötasoon.

Politiikkasimulointien tulosten kuvauksessa on vertailukohtana kunkin muuttujan perusskenaariossa ennustettu taso vuonna 2020. Taulukoissa 6.2 ja 6.3 keskimmäinen numerosarake kuvaa ilmastopolitiikan vaikutusta vuonna 2020 ilmastopolitiikan minimivaikutusta kuvaavassa politiikkasimuloinnissa, jossa päästöoikeuden hinnan oletetaan pysyvän vuoden 2012 tasolla vuoteen 2020. Oikeanpuoleisin numerosarake kuvaa ilmastopolitiikan vaikutusta vuonna 2020 ilmastopolitiikan maksimivaikutusta kuvaavassa politiikkasimuloinnissa, jossa päästöoikeuden hinnan oletetaan päästörajoitusten kiristyessä nousevan kuviossa 6.2 esitetyllä tavalla.

Ilmastopolitiikan vaikutuksia kuvaavien vaihtoehtoislaskelmien mukaan sähkön hinta nousee lievimmässä tapauksessa 15 prosenttia ja kireimmän ilmastopolitiikan vaihtoehdossa lähes 40 prosenttia vuoteen 2020 mennessä perusskenaarioon verrattuna. Mallissa päästöoikeu-

den hinnan nousun oletetaan johtavan sähkön hinnan yhtä suureen suhteelliseen muutokseen EU-alueella ja Suomessa, mikä ei aivan vastaa todellisuutta. Tässä kohdin on kuitenkin katsottu tarkoituksenmukaiseksi vertailla yhtäläisen sähkön hinnan nousun kokonaistaloudellisia vaikutuksia EU-alueella ja Suomessa. Suomen teollisuuden energiavaltaisuuden takia sähkön hinnan nousu lisää meillä teollisuuden tuotantokustannuksia enemmän kuin EU-alueella keskimäärin. Myös kotitalouksien sähkön kulutus on Suomessa suurempaa kuin EU-alueella

Taulukko 6.2 Ilmastopolitiikan talousvaikutukset EU-alueella

	Taso vuonna 2020 ilman päästörajoituksia, 2012=100	*Politiikkavaikutus vuonna 2020, % Päästöoikeuden nykyhinta (minimivaikutus)*	*Kiristyvä päästörajoitus (maksimivaikutus)*
Sähkön hinta	120	15	37
Sähkön kulutus	110	-3.9	-8.4
Vienti	127	-1.2	-1.8
Kotimainen kysyntä	117	-0.6	-1.2
Teollisuustuotanto	120	-0.8	-1.5
Muun talouden tuotanto	117	-0.6	-1.2
BKT	118	-0.7	-1.3
Työllisyys	103	-0.7	-1.2
Teollisuuden yksikkökustannukset	109	1.3	2.1
Muun talouden yksikkökustannukset	109	1.3	2.1
Kuluttajahinnat	109	1.4	2.2

Taulukko 6.3 Ilmastopolitiikan talousvaikutukset Suomessa

	Taso vuonna 2020 ilman päästörajoituksia, 2012=100	*Politiikkavaikutus vuonna 2020, % Päästöoikeuden nykyhinta (minimivaikutus)*	*Kiristyvä päästörajoitus (maksimivaikutus)*
Sähkön hinta	120	15	37
Sähkön kulutus	110	-4.4	-9.2
Vienti	123	-1.7	-2.5
Kotimainen kysyntä	116	-0.9	-1.5
Teollisuustuotanto	121	-1.5	-2.2
Muun talouden tuotanto	117	-0.9	-1.6
BKT	118	-1.1	-1.8
Työllisyys	102	-1.0	-1.7
Teollisuuden yksikkökustannukset	112	1.5	2.5
Muun talouden yksikkökustannukset	114	1.5	2.2
Kuluttajahinnat	114	1.6	2.7

keskimäärin. Sähkön hinnan nousu johtaa Suomessa suurempaan kuluttajahintojen nousuun kuin EU-alueella keskimäärin.

Päästöoikeuden hinnan nousun ja sähkön hinnan nousun aiheuttama teollisuuden tuotantokustannusten kasvu heikentää EU:n viennin kilpailukykyä EU-alueen ulkopuolisilla vientimarkkinoilla ja Suomen kilpailukykyä sekä EU-alueen ulkopuolella että EU-alueella. Kilpailukyvyn heikkenemisen takia vienti ja teollisuustuotanto jäävät vuoteen 2020 mennessä vähäisemmiksi kuin perusskenaariossa.

Kotitalouksien reaalitulokehityksen heikkeneminen hidastaa yksityisen kulutuksen ja kotimaisen kysynnän kasvua. Kulutusvaikutus on Suomessa suurempi kuin EU-alueella keskimäärin. Kulutuksen kasvun hidastuminen heijastuu muun muassa palvelutuotannon ja työllisyyden kehitykseen.

Vientiin ja teollisuustuotantoon kohdistuu Suomessa suurempi negatiivinen vaikutus kuin EU-alueella keskimäärin. Tämä johtuu siitä, että Suomen vientiin vaikuttaa sekä kustannuskilpailukyvyn heikkeneminen suhteessa EU-alueen ulkopuolisiin vientimarkkinoihin ja muuhun EU-alueeseen että EU-alueen tuontikysynnän heikkeneminen. Koko EU:n vientiin vaikuttaa vain kustannuskilpailukyvyn heikkeneminen suhteessa EU:n ulkopuolisiin vientimarkkinoihin. Suomen tuontikysynnän heikkenemisellä ei ole käytännössä mitään merkitystä muun EU-alueen viennille, koska Suomen markkinat ovat olemattoman pienet muun EU-alueen kannalta.

Suomen ja koko EU-alueen vientivaikutusten erilaisuuden taustalla on siis keskinäisen kaupparіippuvuuden epäsymmetrisyys eli se, että Suomen vienti riippuu vahvasti EU-alueen tuonnin kehityksestä, mutta EU:n viennin kehitys on käytännössä riippumaton siitä mitä Suomen tuonnille tapahtuu. Epäsymmetrian suuruutta kuvaa se, että Suomen viennistä yli puolet suuntautuu EU-alueelle, mutta muiden EU-maiden vienti Suomeen on vain parisen prosenttia niiden yhteenlasketusta viennistä.

Vientivaikutusten epäsymmetrian ohella keskeinen syy Suomeen kohdistuviin voimakkaampiin makrotaloudellisiin vaikutuksiin on se, että Suomen talous on kaiken kaikkiaan paljon avoimempi ja riippuvaisempi viennistä kuin EU-alueen talous keskimäärin. Viennin suhde bruttokansantuotteeseen on Suomessa 40 prosentin luokkaa, josta siis yli puolet on vientiä EU-alueelle. Koko EU:ssa viennin suhde bruttokansantuotteeseen on vain 15 prosentin luokkaa. Suomen talouden avoimuus on tyypillinen piirre pienelle kansantaloudelle. Suomen ja EU:n talouksien kokoeroa kuvaa se, että Suomen BKT on 1.5 prosenttia EU-alueen BKT:stä.

Taulukoiden 6.2–6.3 mukaan ilmastopolitiikka johtaa Suomessa suurempiin tuotanto- ja työllisyysmenetyksiin kuin EU-alueella keskimäärin. Työllisyysmenetysten mittaluokkaa kuvaa se, että yhden prosentin vähennys työllisyydessä tarkoittaa vuoden 2012 työpaikkaluvuilla laskien Suomessa noin 25 000 työpaikkaa ja EU-alueella noin 2 miljoonaa työpaikkaa.

Keskeinen johtopäätös kokonaistaloudellisesta vaikutusarviosta on, että pohjoisesta sijainnista ja kylmästä ilmastosta johtuvan energiatarpeen, talouden vientiriippuvuuden sekä teollisuuden energiaintensiivisyyden takia Suomi maksaa päästökauppajärjestelmällä toteutettavasta ilmastopolitiikasta kovempaa hintaa tuotanto- ja työllisyysmenetyksinä kuin EU-maat keskimäärin. Tältä osin tulokset vastaavat aiemmassa tutkimuksessa saatuja tuloksia (Rantala, 2008).

Edellä EU:n ilmastopolitiikan vaikutuksia on tarkasteltu koko teollisuuden tasolla. Aiemmassa tutkimuksessa on todettu, että päästöoikeuden hinnan nousun ja sähkön hinnan nousun takia tuotantokustannukset kasvavat eniten päästökauppasektoriin kuuluvilla teollisuustoimialoilla. Suomessa kustannuskilpailukyky, vienti ja tuotanto heikkenevät eniten paperiteollisuudessa, kemianteollisuudessa, rakennusaineteollisuudessa ja metallinjalostusteollisuudessa (Rantala, 2008).

7 Päästöoikeuksien huutokaupan vaikutukset EU-alueella ja Suomessa

7.1 Päästöoikeuksien huutokauppatuotot

Päästöoikeuksien pääasiallinen jakomenetelmä EU:n kolmannella päästökauppakaudella 2013–2020 on huutokauppa. Päästökauppadirektiivin ja päästökauppalain mukaan sähköntuotanto kuuluu lähes kokonaan päästöoikeuksien huutokaupan piiriin. Muille sektoreille päästöoikeuksia jaetaan edelleen maksutta, vaikkakin ajan mittaan asteittain vähenevällä ilmaisjaolla. Merkittävälle hiilivuotoriskille alttiille toimialoille annetaan kaikki päästöoikeudet ilmaiseksi.

Koska päästöoikeuksien jaossa pääperiaatteeksi tulee huutokauppa, yhdeksi politiikkasimulointien tarkastelukohteeksi on paikallaan ottaa päästöoikeuksien huutokauppatuottojen vaikutus EU-alueen ja Suomen valtiontalouksien rahoitukseen. Lisäksi tässä kohdin voidaan tarkastella huutokauppatuottojen vaihtoehtoisten käyttötapojen vaikutuksia kokonaistaloudelliseen kehitykseen.

Taulukko 7.1 kuvaa päästöoikeuksien huutokauppatuottoja valtiontaloudelle Suomessa ja koko EU-alueella sekä huutokauppatuottoja suhteutettuna bruttokansantuotteeseen. EU-alueella huutokaupattavien päästöoikeuksien määrä on esitetty edellä kuviossa 5.1. Koko EU-alueella huutokaupattaviksi tulevien päästöoikeuksien määrä perustuu EU:n komission arvioon (EU, 2012). Suomen osuuden huutokaupattavaksi tulevista päästöoikeuksista oletetaan määräytyvän päästökauppadirektiivin mukaan siten, että se on 88 prosenttia Suomen osuudesta EU:n

Taulukko 7.1 Päästöoikeuksien huutokauppatuotot vuosina 2013–2020

	Huutokauppatuotot, mrd. euroa		*Huutokauppatuotot/BKT, %*	
Vuosi	*EU-alue*	*Suomi*	*EU-alue*	*Suomi*
2013	8.6	0.14	0.07	0.07
2014	8.9	0.15	0.07	0.07
2015	9.6	0.16	0.07	0.07
2016	10.6	0.17	0.07	0.08
2017	11.9	0.20	0.08	0.08
2018	13.8	0.23	0.09	0.09
2019	16.0	0.26	0.10	0.10
2020	18.8	0.31	0.11	0.12
Yhteensä 2013–2020	98.1	1.61		

päästökauppasektorin vuosien 2005–2007 päästöistä. Päästöoikeuden hintana huutokauppatuottojen arvioinnissa käytetään edellä kuviossa 6.2 esitettyä päästöoikeuden hintaa päästörajoitusten kiristyessä.

Päästöoikeuksisen huutokauppatuotot ovat bruttokansantuotteeseen suhteutettuina Suomessa samaa tasoa kuin EU-alueella keskimäärin. Vuosina 2013–2020 EU-alueen valtiontalouksille kertyy huutokauppatuottoja arvion mukaan yhteensä lähes 100 miljardia euroa ja Suomen valtiolle 1.6 miljardia euroa. Huutokauppatuotot riippuvat tietenkin päästöoikeuden hinnan kehityksestä.

7.2 Huutokauppatuottojen palauttamisen vaikutukset

EU:n päästökauppadirektiivin mukaan jäsenvaltioiden on päätettävä, miten päästöoikeuksien huutokaupasta saatuja tuloja käytetään. Direktiivin mukaan vähintään 50 prosenttia huutokaupasta saatavista tuloista olisi käytettävä ilmastopoliittisiin, energiatehokkuutta parantaviin ja muihin tämänluonteisiin erityishankkeisiin. Koska huutokauppatuotto on valtion budjettierä, sen käytöstä päättäminen jäänee kuitenkin käytännössä paljolti kunkin jäsenvaltion harkinnan varaan.

Huutokauppatuottoja voidaan käyttää valtiontalouden alijäämän kattamiseen, jolloin bruttokansantuotteeseen suhteutettua alijämää pienentävä vaikutus EU-alueella ja Suomessa näkyy taulukon 7.1 oikeanpuoleisista sarakkeista. Toisaalta koska ilmastopolitiikka kuormittaa EU-maiden kansantalouksia, voidaan ajatella, että finanssipolitiikka pyrkii tukemaan taloutta palauttamalla huutokauppatuottoja yksityisen sektorin käyttöön.

Palautusvaihtoehdon tapauksessa voidaan esittää kysymys, onko kokonaistaloudellisesti edullisempaa palauttaa huutokauppatuotot teollisuudelle tai vaihtoehtoisesti kotitaloussektorille. Vaihtoehtoja voidaan verrata mallisimuloinneilla. Teollisuudelle palauttaminen voidaan tulkita yhdeksi hiilivuodon ehkäisykeinoiksi, jossa huutokauppatuotoilla kevennetään teollisuuden kustannuksia ja kohennetaan viennin kustannuskilpailukykyä. Tätä palautusvaihtoehtoa kuvaavassa mallisimuloinnissa taulukon 7.1 kuvaamat huutokauppatuotot vähennetään EU-alueen ja Suomen teollisuuden kustannuksista. Käytännössä teollisuuden kustannusten vähentäminen voitaisiin toteuttaa yritysten sosiaalivakuutusmaksujen, sähköveron tai muiden tuotantopanoksiin kohdistuvien verojen keventämisen muodossa. Huutokauppatuottojen palauttaminen kotitaloussektorille toteutetaan mallisimuloinnissa lisäämällä huutokauppatuotot kotitalouksien tuloihin, jolloin toimenpide voidaan tulkita kotitalouksien tuloverotuksen kevennykseksi. Taulukko 7.2 esittää huutokauppatuottojen palauttamisen vaikutuksia. Vertailukohtana ovat edellä jaksossa 6.3 esitetyt simulointitulokset päästörajoitusten kiristymisen vaikutuksista.

Päästöoikeuksien huutokauppatuottojen palauttaminen teollisuudelle tukee vientiä ja vaikuttaa tätä kautta kansantalouteen. Huutokauppatuottojen palauttaminen kotitaloussektorille vaikuttaa kansantalouteen kotimaisen kysynnän kautta. Talouden aktiviteetin lisääntyminen heijastuu päästöoikeuden ja sähkön hintoihin ja tätä kautta hieman muihinkin hintoihin.

Makrotaloudellisissa vaikutuksissa on selvä ero Suomen ja EU-alueen välillä siinä mielessä, että Suomessa päästöoikeuksien huutokauppatuottojen palauttaminen teollisuudelle on ko-

Taulukko 7.2 Huutokauppatuottojen palauttamisen vaikutukset

	Vaikutus vuonna 2020, %			
	Palautus teollisuudelle		*Palautus kotitalouksille*	
	EU-alue	*Suomi*	*EU-alue*	*Suomi*
Vienti	0.4	0.8	0.0	-0.1
Kotimainen kysyntä	0.2	0.3	0.4	0.2
Teollisuustuotanto	0.2	0.7	0.3	0.0
Muun talouden tuotanto	0.2	0.4	0.3	0.2
BKT	0.2	0.5	0.3	0.1
Työllisyys	0.2	0.4	0.3	0.1
Teollisuuden yksikkökustannukset	-0.4	-0.3	0.1	0.1
Muun talouden yksikkökustannukset	-0.1	-0.1	0.1	0.1
Kuluttajahinnat	-0.2	0.0	0.1	0.1

konaistaloudellisesti parempi vaihtoehto kuin palauttaminen kotitaloussektorille. EU-alueen osalta tulos on päinvastainen siinä mielessä, että esimerkiksi BKT- ja työllisyysvaikutuksilla mitattuna palautus kotitaloussektorille on hieman parempi vaihtoehto.

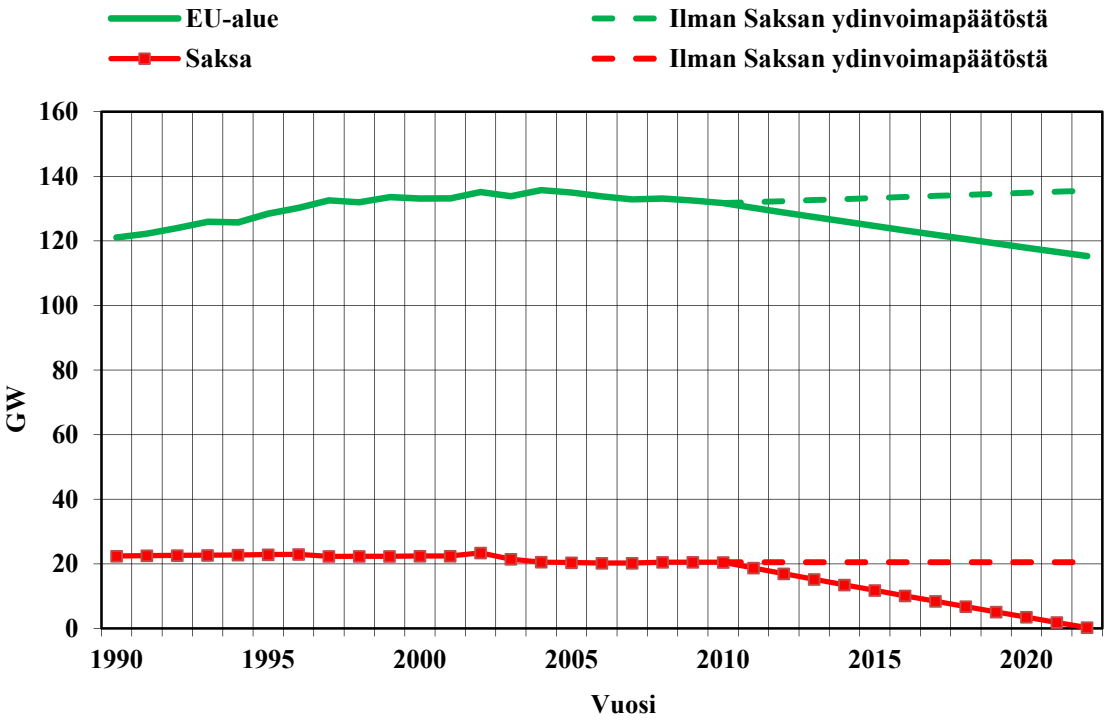
Tulokset vastaavat edellä luvussa 6 tarkasteltuja ilmastopolitiikan yleisiä makrotaloudellisia vaikutuksia. Tuloksissa heijastuu se, että Suomi on pienenä avotaloutena paljon riippuvaisempi teollisuuden kustannuskilpailukyvystä ja vientimenestyksestä kuin EU-alue keskimäärin. Tällöin kaikilla teollisuuden kustannuskuormaa keventävillä toimenpiteillä on Suomessa suurempi vaikutus kuin EU-alueella keskimäärin.

8 Saksan ydinvoimapäätöksen vaikutukset EU-alueella ja Suomessa

EU-alueen tulevan ilmastopolitiikan vaikutusten kannalta merkittävä seikka on se, että Japanin ydinvoimalaonnettomuuden seurauksena Saksan hallitus päätti vuonna 2011 sulkea maan ydinvoimalat vuoteen 2022 mennessä. EU-alueen ydinvoimatuotannon väheneminen johtaa päästökaupan oloissa päästöoikeuden hinnan ja sähkön hinnan nousuun ja tätä kautta ilmastopolitiikan kokonaistaloudellisten vaikutusten voimistumiseen. Saksan ydinvoimakapasiteetin alasajo on otettu huomioon jo edellä jaksossa 6 tarkastelluissa EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutusten arvioissa ja ydinvoimatuotantoa koskevat oletukset esitettiin perusskenaarion oletuksia kuvaavassa taulukossa 6.1.

Seuraavassa Saksan ydinvoimapäätöksen merkitystä arvioidaan EU-alueen ja Suomen talouskehityksen kannalta mallisimuloinnilla, jossa aiempien laskelmien vertailukohdaksi tehdään laskelma, jossa oletetaan, että Saksan ydinvoimakapasiteetti olisi pidetty entisellään vuoteen 2020. Tässä vaihtoehtoislaskelmassa EU-alueen ydinvoimatuotanto kasvaa Suomeen ja Ranskaan tulevan lisäkapasiteetin verran. Vertailukohtana on aiempi ilmastopolitiikkasimulointi, jossa EU-alueen ydinvoimakapasiteetti kääntyy Saksan päätöksen seurauksena laskuun kuvion 8.1 esittämällä tavalla.

Kuvio 8.1 EU-alueen ja Saksan ydinvoimakapasiteetti



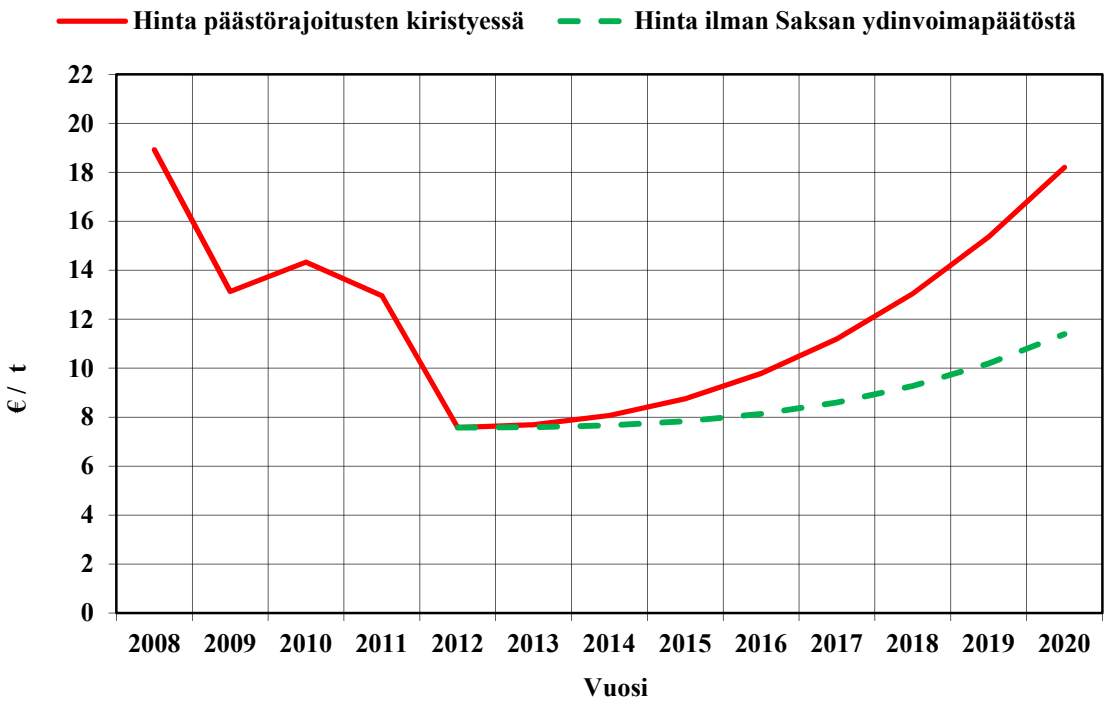
Saksassa on ollut käytössä 17 ydinvoimalaa, joista seitsemän suljettiin vuonna 2011 Fukushiman ydinvoimalaonnettomuuden jälkeen. Lisäksi yksi voimala oli jätetty jo aiemmin pois käytöstä. Ydinvoiman käytön lopettamista koskeneen päätöksen mukaan näitä kahdeksaa ydinreaktoria ei enää käynnistetä. Vielä käytössä olevat yhdeksän reaktoria suljetaan 2020-luvun alkupuolella. Tässä yhteydessä Saksan ydinvoimakapasiteetin vähenemisen oletetaan kuitenkin tapahtuvan tasaisesti kuvion 8.1 esittämällä tavalla, jotta talouden sopeutuminen voi mallilaskelmissa tapahtua tasaisesti ajassa.

Kuvio 8.2 esittää Saksan ydinvoimapäätöksen vaikutusta päästöoikeuden hintaan. Taulukko 8.1 esittää simulointituloksia Saksan ydinvoimapäätöksen talousvaikutuksista EU-alueella ja Suomessa.

Tässä yhteydessä tarkastellaan tilannetta, jossa Saksa ei olisi tehnyt päätöstä ydinvoimansa alasajosta. Tähän oletukseen pohjautuvaa laskelmaa verrataan edellä luvussa 6 tarkasteltuun päästörajoitusten kiristymisen vaikutuksia kuvanneeseen simulointitulokseen. Taulukko 8.1 kuvaa lisärasitusta, joka Saksan ydinvoimapäätöksestä koituu EU-alueen ja Suomen taloudelle verrattuna tilanteeseen, jossa Saksa ei olisi tehnyt päätöstä ydinvoimatuotannon lopettamisesta.

Päästöttömän sähköntuotantokapasiteetin väheneminen nostaa päästöoikeuden hintaa. Kuvion 8.2 mukaan vertailukohtana olevassa ilmastopolitiikan maksimivaikutuksia kuvanneessa laskelmassa päästöoikeuden hinta on vuonna 2020 vajaat 20 euroa tonnilta. Saksan ydinvoimapäätöksen vaikutuksia kuvaavassa laskelmassa päästöoikeuden hinta on vuonna 2020 noin 10 euroa tonnilta. Tämä päästöoikeuden hintaero merkitsee taulukon 8.1 mukaan vuonna 2020 runsaan 10 prosentin eroa sähkön hinnassa kahden laskelman välillä.

Kuvio 8.2 Saksan ydinvoimapäätöksen vaikutus päästöoikeuden hintaan



Taulukko 8.1 Saksan ydinvoimapäätöksen vaikutukset EU-alueella ja Suomessa

	Vaikutus vuonna 2020, %	
	EU-alue	*Suomi*
Päästöoikeuden hinta	60	60
Sähkön hinta	11.4	11.4
Sähkön kulutus	-3.0	-3.6
Vienti	-0.4	-1.3
Kotimainen kysyntä	-0.4	-0.7
Teollisuustuotanto	-0.4	-1.2
Muun talouden tuotanto	-0.4	-0.8
BKT	-0.4	-0.9
Työllisyys	-0.4	-0.8
Teollisuuden yksikkökustannukset	0.5	0.6
Muun talouden yksikkökustannukset	0.5	0.5
Kuluttajahinnat	0.5	0.7

Pienempää ydinvoimatuotantoa vastaava korkeampi sähkön hinta lisää teollisuuden tuotantokustannuksia. Tämä puolestaan heikentää EU-maiden viennin kilpailukykyä sekä viennin ja teollisuustuotannon kehitystä. Edellä jaksossa 6 tarkasteltuja simulointituloksia vastaavas-

ti teollisuustuotantoon kohdistuu Suomessa suurempi negatiivinen vaikutus kuin EU-alueella keskimäärin. Kotitalouksien reaalitulokehityksen heikkeneminen hidastaa yksityisen kulutuksen ja kotimaisen kysynnän kasvua. Aiempia tuloksia vastaavasti kulutusvaikutus on Suomessa suurempi kuin EU-alueella keskimäärin

Viennin ja kotimaisen kysynnän kasvun hidastuminen heijastuvat BKT:n ja työllisyyden kehitykseen. Päätulos kokonaistaloudellisesta vaikutusarviosta on, että Suomi maksaa Saksan ydinvoimapäätöksestä kovempaa hintaa tuotanto- ja työllisyysmenetyksinä kuin EU-maat keskimäärin. Tulokset vastaavat edellä luvussa 6 tarkasteltuja ilmastopolitiikan yleisiä makrotaloudellisia vaikutuksia. Tuloksissa heijastuu se, että Suomi on pienenä avotaloutena riippuvaisempi teollisuuden kustannuskilpailukyvystä ja vientimenestyksestä kuin EU-alue keskimäärin.

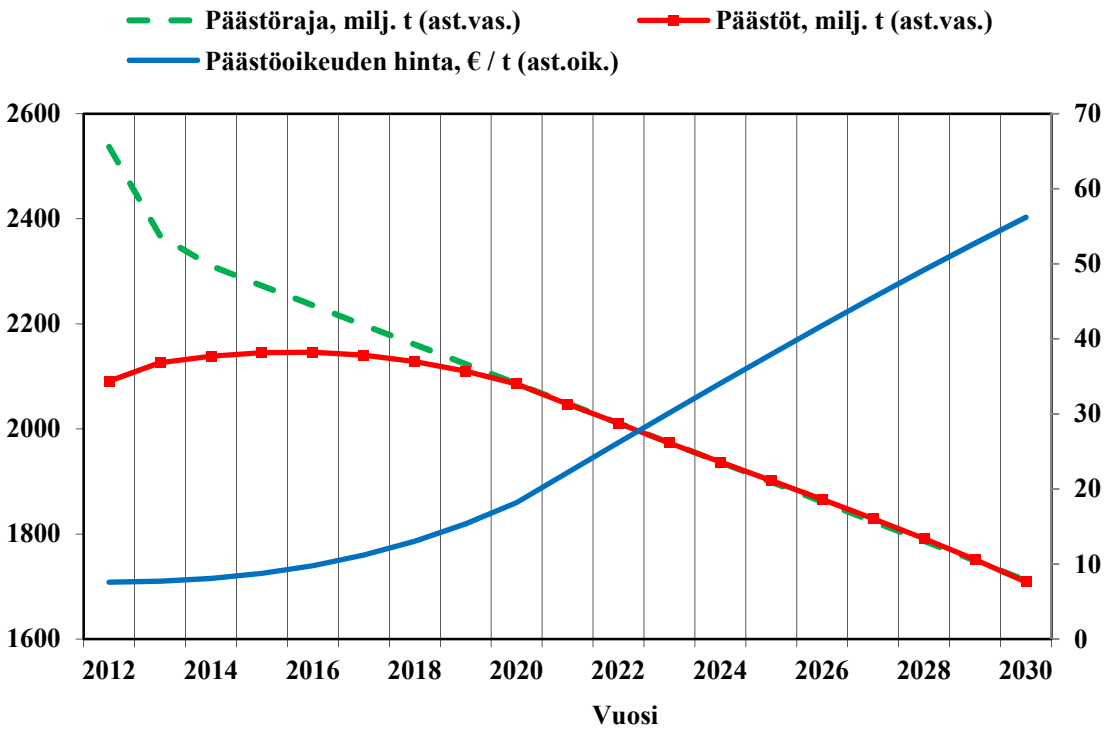
Ydinvoiman alasajoa korvattaneen Saksassa osin lisäämällä sähköntuotantoa fossiilisin polttoainein, mikä vähentää sähkön tuontitarvetta Saksassa. Sitovien päästörajoitusten vallitessa fossiilisiin polttoaineisiin perustuva sähköntuotanto ja sähköntuotannon hiilidioksidipäästöt eivät kuitenkaan voi EU:n tasolla lisääntyä. EU:n tasolla päästöttömän sähkön tuotannon vähenemiseen sopeutuminen voi tapahtua vain päästöoikeuden hinnan ja sähkön hinnan nousun ja tästä seuraavan sähkön säästämisen ja makrotalouden aktiviteetin heikkenemisen kautta. Periaatteessa päästöoikeuden hinnan nousu ja sähkön hinnan nousu kannustavat lisäämään uusiutuvaa energiaa, mutta laskelman pohjana on edelleen pidetty taulukossa 6.1 esitettyä päästöttömän sähköntuotannon kehitysarviota.

9 Ilmastopolitiikka ja talouskasvu pidemmällä ajalla

Lopuksi on paikallaan hahmotella EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutuksia kauemmas tulevaisuuteen, koska edellä esitetyt vuoteen 2020 ulottuneet tarkastelut jättävät avoimeksi kysymyksen, mitä tapahtuu päästöoikeuden hinnalle, sähkön hinnalle ja makrotaloudelle, jos ilmastopolitiikkaa edelleen kiristetään 2020-luvulla. EU:n päästökauppadirektiivissä ja jäsenmaiden päästökauppalaeissa säädetty ilmastopolitiikka koskee toistaiseksi vain vuosien 2013–2020 kolmatta päästökauppakautta. EU:ssa näyttää kuitenkin olevan vahva tahto jatkaa ilmastopolitiikkaa samalla päästöoikeuksia kiristävällä linjalla vuodesta 2021 eteenpäin. Neljättä päästökauppakautta koskeva lainsäädäntö päätetään vasta vuosien päästä, joten päästöoikeuksia koskevasta politiikasta voidaan tässä yhteydessä tehdä vain oletuksia. Seuraavassa oletetaan, että EU:n päästökauppasektorin päästöoikeuksia rajoitetaan edelleen vuodesta 2021 lähtien siten, että ne vähenevät vuosittain samalla määrällä kuin vuosina 2013–2020. Mallisimuloinnilla haetaan sellainen päästöoikeuden hintaura, jolla päästöt vähenevät päästöoikeuksien vähenemistä vastaavalla tavalla. Kuvio 9.1 esittää tätä päästöjen hinta- ja määräsopeutumista vuoteen 2030.

Kolmannella päästökauppakaudella vuosina 2013–2020 päästöoikeuden hinnan täytyy nousta kiihtyvällä vauhdilla, jotta päästöjen aikaura taittuu laskusuuntaan vuoden 2020 tienoilla. Sen jälkeen kun päästöjen aikaura on kääntynyt tasaisesti putoavalle lasku-uralle neljännen päästökauppakauden alussa vuonna 2021, päästöjen suoraviivaisen laskusuunnan jatkuminen edellyttää kuvion 9.1 esittämää suoraviivaisesti nousevaa päästöoikeuden hinnan aikauraa. Arvion mukaan päästöoikeuden hinta nousee tällöin vuoteen 2030 mennessä yli 50 euroon hiilidioksiditonnilta. Päästöoikeuden hintakehitys riippuu kuitenkin olennaisesti päästöttömän sähköntuotannon kehityksestä. Tietenkin myös oletettua hitaampi maailmantalouden ja

Kuvio 9.1 EU:n päästökauppasektorin päästöt ja päästöoikeuden hinta



vientikysynnän kasvu merkitsisi EU:n päästökauppasektorin päästöjen ja päästöoikeuden hinnan pienempää nousupainetta ja vähäisempää EU-alueen makrotalouden sopeutumistarvetta.

Perusskenaariossa keskeisten eksogeenisten makrotaloustekijöiden oletetaan jatkavan 2020-luvulla samoilla kasvu-urilla, jotka niille oletettiin edellä vuosien 2013–2020 ilmastopolitiikan vaikutustarkasteluissa. Tällöin päästökauppasektorin päästöoikeuksien rajoittamisen makrotaloudelliset vaikutukset EU-alueella ja Suomessa ovat vuonna 2030 samansuuntaiset, mutta voimakkaammat kuin edellä jaksossa 6.3 tarkastellut makrotalousvaikutukset vuonna 2020. Kokonaistaloudellisen vaikutusarvion tuloksena on jälleen se, että Suomi maksaa EU:n ilmastopolitiikasta kovempaa hintaa tuotanto- ja työllisyysmenetyksinä kuin EU-maat keskimäärin.

Päästötöntä sähköntuotantoa koskevilla oletuksilla on keskeinen merkitys EU:n päästökauppasektorin päästöoikeuksien rajoittamisen talousvaikutuksia koskevissa arvioissa. Itse asiassa päästökaupalla toteutettava ilmastopolitiikka merkitsee sitä, että EU-alueen talouskasvu riippuu tulevaisuudessa keskeisesti päästöttömän sähköntuotannon kasvusta eikä enää niinkään muista talouden kasvutekijöistä, kuten työvoiman tarjonnasta ja tuottavuuden kasvusta.

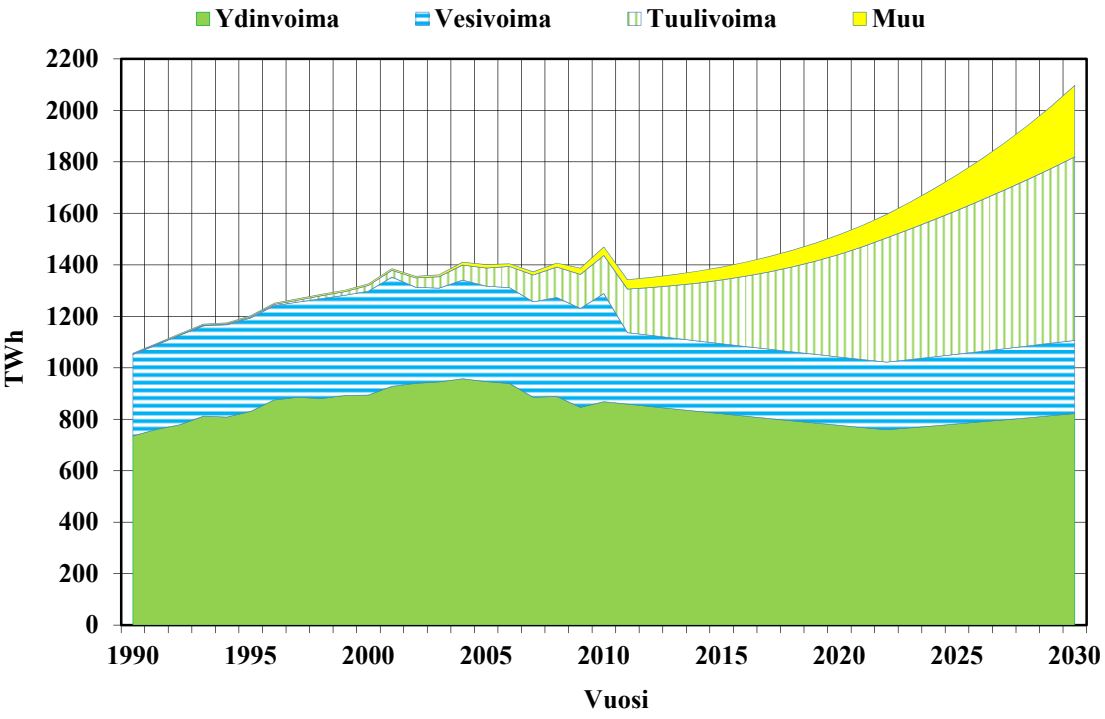
Valtaosa EU-alueen päästöttömästä sähköntuotannosta on tähän mennessä ollut ydinvoimaa ja vesivoimaa, vaikka tuulivoiman käyttö on viime vuosina kasvanut nopeasti. Kolmannella päästökauppakaudella vuosina 2013–2020 EU-alueen ydinvoimatuotanto vähenee Saksan ydinvoimapäätöksen seurauksena, ja vain Suomeen ja Ranskaan odotetaan uutta ydinvoimakapasiteettia. Tuulivoimaan ennakoidaan sen sijaan vahvaa kasvua vuosille 2013–2020.

EU-alueen ydinvoimatuotannossa tapahtunee käänne 2020-luvulla, koska Saksasta ei enää tuolloin tule vähentävää vaikutusta EU-alueen ydinvoimatuotantoon ja joihinkin maihin, kuten Suomeen, tullee ydinvoiman lisäkapasiteettia. EU-alueen tuulivoimatuotannon kasvun oletetaan 2020-luvulla hidastuvan jonkin verran kuluvalle vuosikymmenelle ennakoidusta kasvuvauhdista. Tuulivoiman osuus päästöttömästä sähköntuotannosta kasvaa kuitenkin edelleen. Myös muun päästöttömän sähköntuotannon osuus kasvaa (kuvio 9.2).

Päästöttömän sähköntuotannon merkitystä talouskasvulle voidaan havainnollistaa olettamalla vaihtoehtoisia kasvu-uria päästöttömälle sähköntuotannolle ja simuloimalla mallilla vastaavat vaihtoehtoiset talouden kasvu-urat, joilla päästökauppasektorin päästöt pysyvät kuviossa 9.1 esitetyn päästörajan sisällä. Taulukko 9.1 esittää tuloksia simuloinneista, joissa vaihtoehtoislaskelmat on tehty 2020-luvun kehitykselle. Taulukossa on ylimmällä rivillä BKT:n kasvu EU-alueen ja Suomen perusskenaariossa sekä kuvion 9.2 esittämä päästöttömän sähköntuotannon kasvu edellä kuvatussa politiikkasimuloinnissa. Toisella rivillä on tulos BKT:n kasvusta päästörajoitusten kiristyessä kuvion 9.1 esittämällä tavalla.

Perusskenaariossa EU-alueen BKT kasvaa vuosina 2021–2030 keskimäärin 2.1 prosenttia ja Suomen BKT 2.2 prosenttia vuodessa. Perusskenaariossa ja edellä tarkastellussa ilmastopolitiikkasimuloinnissa EU-alueen päästöttömän sähköntuotannon vuosikasvu vuosina 2021–2030 on kuviossa 9.2 esitetty 3.3 prosenttia. Tällöin päästökauppasektorin päästörajoitusten kiristyminen kuvion 9.1 esittämällä tavalla hidastaa BKT:n kasvun EU-alueella 1.8 prosenttiin ja Suomessa 1.7 prosenttiin vuodessa.

Kuvio 9.2 EU-alueen päästötön sähköntuotanto



Taulukko 9.1 BKT:n kasvun riippuvuus EU-alueen päästöttömän sähköntuotannon kasvusta

	Vuosikasvu 2021–2030, %		
	Päästötön sähköntuotanto	*BKT*	
	EU-alue	*EU-alue*	*Suomi*
Perusskenaario	3.3	2.1	2.2
Kiristyvä päästörajoitus	3.3	1.8	1.7
Kiristyvä päästörajoitus	0.0	1.4	1.1
Kiristyvä päästörajoitus	2.0	1.7	1.5
Kiristyvä päästörajoitus	4.0	1.9	1.8
Kiristyvä päästörajoitus	6.0	2.1	2.1

Vaihtoehtoislaskelmissa EU-alueen päästöttömän sähköntuotannon kasvua varioidaan nollan ja kuuden prosentin vuosikasvun välillä. Mallilla simuloidaan vastaavat vaihtoehtoiset talouden kasvu-urat, joilla päästökauppasektorin päästöt pysyvät jaksolla 2021–2030 kuviossa 9.1 esitetyn päästörajan sisällä. Pienimmillään BKT:n kasvu on EU-alueella 1.4 ja Suomessa 1.1 prosenttia vuodessa ja suurimmillaan EU-alueella ja Suomessa 2.1 prosenttia vuodessa. Periaatteessa päästötöntä sähköntuotantoa on mahdollista lisätä niin paljon, että päästöoikeuden hinta painuisi koko tarkasteluaikajänteellä 2021–2030 nollaan. Tällöin talouden kasvu vastaisi perusskenaarion mukaista kasvu-uraa.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että päästökauppasektorin päästöoikeuksien rajoittamisella toteutettava ilmastopolitiikka johtaa siihen, että EU-alueen talouskasvu riippuu tulevaisuudessa keskeisesti päästöttömän sähköntuotannon kasvusta eikä enää niinkään muista talouden kasvutekijöistä, kuten työvoiman tarjonnasta ja tuottavuuden kasvusta. Näin ollen EU-maiden ydinvoimapolitiikalla ja muulla päästötöntä sähköntuotantoa säätelevällä politiikalla on keskeinen merkitys Suomen ja muun EU-alueen tulevan talous- ja työllisyyskehityksen kannalta.

Liite 1 Energian kulutuksen mallintaminen

Kotitalouksien energian kulutus

CD-hyötyfunktion tapauksessa kuluttajat maksimoivat energian kulutuksen E ja muun kulutuksen C hyötyä (1) budjettirajoitteella (2)

(1) $U = (E - E^*)^{\alpha} C^{1-\alpha}$,

(2) $P^E E + P^C C = Y$.

Muuttuja E tarkoittaa energian kulutusta, C muuta kulutusta, P^E energian hintaa, P^C muun kulutuksen hintaa ja Y käytettävissä olevia tuloja. Hyötyfunktiossa (1) parametri E^* ($E^*>0$) tarkoittaa ilmaston kylmyydestä riippuvaa välttämätöntä energian kulutusta ja parametri α ($0< \alpha <1$) energian hankintaan käytettävien kulutusmenojen osuutta kokonaiskulutusmenoista. Kokonaiskulutusmenot vastaavat kotitalouksien käytettävissä olevia tuloja Y, koska tässä yksinkertaisessa staattisessa mallissa ei tarkastella säästämistä.

Mallin (1)–(2) ratkaisu antaa optimaaliseksi energian kulutuksen määräksi

(3) $E = E^* + \alpha(Y/P^E - E^*)$.

Mallissa (3) energian kulutuksen hintajousto riippuu välttämättömyyskulutuksesta E^*. Hintajousto on $(dE/dP^E)/(E/P^E) = -\alpha(Y/P^E)/(\alpha Y/P^E+(1-\alpha)E^*)$. Hintajousto on siis itseisarvoltaan sitä pienempi mitä suurempi E^* on.

CES-hyötyfunktion tapauksessa kuluttajat maksimoivat energian kulutuksen E ja muun kulutuksen C hyötyä (4) budjettirajoitteella (5)

(4) $U = \{\alpha^{1/\varepsilon}(E - E^*)^{(\varepsilon-1)/\varepsilon} + (1-\alpha)^{1/\varepsilon} C^{(\varepsilon-1)/\varepsilon}\}^{\varepsilon/(\varepsilon-1)}$,

(5) $P^E E + P^C C = Y$.

Hyötyfunktiossa (4) parametri ε tarkoittaa välttämättömyystason ylittävän energian kulutuksen $E-E^*$ ja muun kulutuksen C substituutiojoustoa ($0\leq\varepsilon<\infty$).

Optimaaliseksi energian kulutuksen määräksi saadaan

(6) $E = E^* + \alpha(P^E/P)^{-\varepsilon}(Y - P^E E^*)/P$,

missä kokonaiskulutuksen hinta on

(7) $P = \{\alpha P^{E\,1-\varepsilon} + (1-\alpha)P^{C\,1-\varepsilon}\}^{1/(1-\varepsilon)}$.

Jos CES-hyötyfunktiossa substituutiojousto $\varepsilon=1$, CES-kysyntäyhtälö (6) johtaa CD-kysyntämalliin (3).

Yritysten energian kulutus

Yritysten energian kulutusta mallinnettaessa lähdetään CES-tuotantofunktiosta

$$(8) \qquad Y = A\{\alpha^{1/\varepsilon}E^{(\varepsilon-1)/\varepsilon} + (1-\alpha)^{1/\varepsilon}R^{(\varepsilon-1)/\varepsilon}\}^{\varepsilon/(\varepsilon-1)}.$$

Muuttuja Y tarkoittaa tuotannon volyymia, E energiapanosta, R muita tuotantopanoksia ja A kokonaistuottavuutta. Parametri ε tarkoittaa energiapanoksen E ja muiden tuotantopanosten R substituutiojoustoa ($0 \leq \varepsilon < \infty$).

Yritykset minimoivat energian E ja muiden tuotantopanosten R käytöstä koituvia kustannuksia. Jos energiapanoksen yksikköhinta on P^E ja muiden panosten yksikköhinta on P^R, CES-yksikkökustannusfunktio on

$$(9) \qquad UC = A^{-1}\{\alpha P^{E1-\varepsilon} + (1-\alpha)P^{R1-\varepsilon}\}^{1/(1-\varepsilon)}.$$

Kilpailuoloissa tuottajahinta P asettuu tuotannon yksikkökustannusten tasolle, eli P=UC. Tällöin energian kulutuksen määrä on

$$(10) \qquad E = \alpha A^{\varepsilon-1}(P^E/P)^{-\varepsilon}Y.$$

Jos aikatrendi TR määrittää kokonaistuottavuuden A kehitystä kasvuvauhdilla δ, saadaan loglineaarinen malli

$$(11) \qquad \ln(E/Y) = -\varepsilon \ln(P^E/P) + \delta(\varepsilon-1)TR + \ln\alpha.$$

Liite 2 Makrotalousmallin pääpiirteet

Teollisuuden ja muun talouden tuotosvolyymit:
$Y_{1t} = \alpha_{11}C_t + \alpha_{12}G_t + \alpha_{13}I_t + \alpha_{14}X_{EUt} + \alpha_{15}X_{ROWt}$
$Y_{2t} = \alpha_{21}C_t + \alpha_{22}G_t + \alpha_{23}I_t + \alpha_{24}X_{EUt} + \alpha_{25}X_{ROWt}$
Y_{1t} = teollisuuden (toimiala 1) tuotos vuonna t, Y_{2t} = muun talouden (toimiala 2) tuotos, C_t = yksityinen kulutus, G_t = julkinen kulutus, I_t = investoinnit, X_{EUt} = vienti EU-alueelle, X_{ROWt} = vienti EU:n ulkopuolelle, $\alpha_{11},\ldots, \alpha_{25}$ = tuotoksen kertoimet loppukäytön suhteen panos-tuotosmallissa

Sähkön hinta:
$P^E_t = \beta(P^{CO}_t + \gamma P^M_t)$
P^{CO}_t = kivihiilen hinta, P^M_t = päästöoikeuden hinta, β = sähkön hinnan ja sähköntuotannon yksikkökustannuksen välinen kerroin, γ = kivihiilen päästökerroin

Tuotannon yksikkökustannukset:
$UC_{1t} = (WS_{1t} + II_{1t} + E_{1t}P^E_t + \delta_1 Y_{1t}P^M_t)/Y_{1t}$
$UC_{2t} = (WS_{2t} + II_{2t} + E_{2t}P^E_t + \delta_2 Y_{2t}P^M_t/Y_{2t}$
WS_t = työvoimakustannukset, II_t = välituotekustannukset pl. sähkön käytön kulut, E_t = sähkön kulutus, δ_1, δ_2 = päästökauppasektoriin kuuluvien yritysten hiilidioksidipäästöjen suhde toimialan tuotokseen

Tuottajahinnat:
$P_{1t} = \varepsilon_1 UC_{1t}$, $P_{2t} = \varepsilon_2 UC_{2t}$

Kuluttajahinta:
$P^C_t = \phi_1 P_{1t} + \phi_2 P_{2t} + \phi_3 P^E_t + \phi_4 P^F_t$
P^F_t = tuontihinta

Suomen tuontihinta:
$P^F_t = \chi_1 P_{EUt} + \chi_2 P^F_{EUt}$
P_{EUt} = EU-alueen tuottajahinta, P^F_{EUt} = EU-alueen tuontihinta
χ_1 = tuontiosuus EU-alueelta, χ_2 = tuontiosuus EU:n ulkopuolelta

Palkat:
$W_{1t} = \omega_1 Z_{1t}P^C_t$, $W_{2t} = \omega_2 Z_{2t}P^C_t$
Z_t = työn tuottavuus

Työllisyys:
$L_{1t} = \lambda_1 Y_{1t}/Z_{1t}$, $L_{2t} = \lambda_2 Y_{2t}/Z_{2t}$

Palkansaajakorvaukset:
$WS_{1t} = \sigma_1 W_{1t}L_{1t}$, $WS_{2t} = \sigma_2 W_{2t}L_{2t}$

Välituotehinnat:
$P^I_{1t} = \eta_{11}P_{1t} + \eta_{12}P_{2t} + \eta_{13}P^F_t$
$P^I_{2t} = \eta_{21}P_{1t} + \eta_{22}P_{2t} + \eta_{23}P^F_t$
$\eta_{11},\ldots, \eta_{23}$ = välituotekäytön panoskertoimet

Välituotekäyttö pl. sähkön kulutus:
$II_{1t} = \varphi_1 P^I_{1t} Y_{1t}$, $II_{2t} = \varphi_2 P^I_{2t} Y_{2t}$

Yksityinen kulutus:
$C_t = \rho(WS_{1t} + WS_{2t})/P^C_t$

Investoinnit:
$I_t = \kappa(Y_{1t} + Y_{2t})$

Vienti EU:n ulkopuolelle:
$X_{ROWt} = \pi_{ROW} M_{ROWt}(UC_{ROWt}/UC_{1t})$
M_{ROWt} = tuontikysyntä EU:n ulkopuolella, UC_{ROWt} = yksikkökustannukset EU:n ulkopuolella

Suomen vienti EU-alueelle:
$X_{EUt} = \pi_{EU} M_{EUt}(UC_{EU1t}/UC_{1t})$
M_{EUt} = EU:n tuonti, UC_{EU1t} = EU:n teollisuuden yksikkökustannukset

Suurin osa mallin yhtälöistä on muotoa $Y_t = \alpha X_t$, missä α on vakio. Tällöin laskentaan voidaan käyttää yhtälöä $Y_t = (X_t/X_{t-1})Y_{t-1}$, jossa ei tarvita kerrointa α.

Lähteet

Burniaux, J.-M. & Truong, T.P. (2002): GTAP-E: An Energy-Environmental Version of the GTAP Model, GTAP Technical Papers, Purdue University.

ETLA (2012): Suhdanne 2012:2.

EU (2009): EU energy trends to 2030 – update 2009, European Commission Directorate-General for Energy.

EU (2012): Information provided on the functioning of the EU Emissions Trading System, the volumes of greenhouse gas allowances auctioned and freely allocated and the impact on the surplus of allowances in the period up to 2020, Commission staff working document, 25.7.2012.

Honkatukia, J. & Forsström, J. (2008): Ilmasto- ja energiapoliittisten toimenpiteiden vaikutukset energiajärjestelmään ja kansantalouteen. VATT-tutkimuksia 139, VATT.

Honkatukia, J., Forsström, J. & Pursiheimo, E. (2011): Energia- ja ilmastopoliittisen toimenpidekokonaisuuden vaikutukset energiajärjestelmään ja kansantalouteen vuoden 2013 jälkeisessä päästökauppajärjestelmässä, VATT, Tutkimukset 165.

IEA (2011): World energy model – methodology and assumptions, OECD/IEA.

Okagawa, A. & Ban, K. (2008): Estimation of substitution elasticities for CGE models, ESRI, Discussion Papers in Economics and Business.

Rantala, O. (2007). Kasvihuonekaasupäästöjen ennakointi ja EU:n päästörajoituspolitiikan vaikutusten arviointi, ETLA, Keskusteluaiheita no. 1095.

Rantala, O. (2008). Ilmastopolitiikan talousvaikutusten ennakointi, ETLA, Keskusteluaiheita no. 1169.

Rantala, O. & Suni, P. (2007a): Kasvihuonekaasupäästöt ja EU:n päästörajoituspolitiikan taloudelliset vaikutukset vuoteen 2012, ETLA, Keskusteluaiheita no. 1094.

Rantala, O. & Suni, P. (2007b): EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutukset vuoteen 2012, ETLA, lokakuu 2007.

Rantala, O. & Suni, P. (2008a): EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutukset vuoteen 2012, ETLA, kesäkuu 2008.

Rantala, O. & Suni, P. (2008b): EU:n ilmastopolitiikan talousvaikutukset vuoteen 2012, ETLA, marraskuu 2008.

Sijm, J.P.M., Berk, M.M., den Elzen, M.G.J. & van den Wijngaart, R.A. (2007): Options for post 2012 EU burden sharing and EU ETS allocation, Netherlands Environmental Assessment Agency.

Valtioneuvoston kanslia (2008): Kahden asteen ilmastotavoite – mitä riskejä vältetään, miten paljon päästöjä tulee vähentää, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 13/2008.

Valtioneuvoston kanslia (2009): Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009.

van der Mensbrugghe, D. (1994): GREEN – The Reference Manual, OECD Economics Department Working Papers No. 143.

van der Werf, E. (2007): Production Functions for Climate Policy Modeling: An Empirical Analysis, Fondazione Eni Enrico Mattei.

World Bank (2007): State and Trends of the Carbon Market 2007, World Bank Institute, International Emissions Trading Association, Washington D.C., May 2007.

Aikaisemmin ilmestynyt ETLA Raportit-sarjassa (ennen ETLA Keskusteluaiheita)

Previously published in the ETLA Reports series (formerly ETLA Discussion Papers)

No 1280 *Hannu Hernesniemi*, Kone- ja metallialan koulutuksen laadullinen ennakointi. 31.8.2012. 40 s.

No 1281 *Hannu Hernesniemi – Martti Kulvik – Pekka Ylä-Anttila*, Pohjois-Savon kilpailukyky ja tulevaisuuden haasteet. Selvitys Pohjois-Savon liitolle. 7.9.2012. 87 s.

No 1282 *Kari E.O. Alho*, Targets, Models and Policies: A Quantitative Approach to Raising the EU Employment Rate. 29.8.2012. 18 p.

No 1283 *Stefanie A. Haller – Jože Damijan – Ville Kaitila – Črt Kostevc – Mika Maliranta – Emmanuel Milet – Daniel Mirza – Matija Rojec*, A Portrait of Trading Firms in the Services Sectors – Comparable Evidence from Four EU Countries. 6.9.2012. 33 p.

No 1284 *Jože Damijan – Stefanie A. Haller – Ville Kaitila – Mika Maliranta – Emmanuel Milet – Matija Rojec*, The Performance of Trading Firms in the Services Sectors – Comparable Evidence from Four EU Countries. 6.9.2012. 40 p.

No 1285 *Tuomo Nikulainen – Julia Salmi*, Uudistaminen ja yhteistyöverkostot Suomen teollisuudessa. Havaintoja yrityskyselystä. 14.9.2012. 23 s.

No 1286 *Tuomo Nikulainen – Antti-Jussi Tahvanainen – Martti Kulvik*, Expectations, Reality and Performance in the Finnish Biotechnology Business. 19.9.2012. 25 p.

No 1287 *Matias Kalm – Timo Seppälä*, Palaako tuotanto Aasiasta Suomeen? Case Polkupyörä. 19.9.2012. 24 s.

No 1288 *Timo Seppälä – Martin Kenney*, Competitive Dynamics, IP Litigation and Acquisitions. The Struggle for Positional Advantage in the Emerging Mobile Internet. 4.10.2012. 30 p.

No 1 *Nuutti Nikula – Markku Kotilainen*, Determinants for Foreign Direct Investment in the Baltic Sea Region. 6.11.2012. 30 p.

Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen julkaisemat "Raportit" ovat raportteja alustavista tutkimustuloksista ja väliraportteja tekeillä olevista tutkimuksista. Tässä sarjassa julkaistuja monisteita on mahdollista ostaa Taloustieto Oy:stä kopiointi- ja toimituskuluja vastaan.

Julkaisut ovat ladattavissa pdf-muodossa osoitteessa: www.etla.fi » julkaisut » raportit

Papers in this series are reports on preliminary research results and on studies in progress. They are sold by Taloustieto Oy for a nominal fee covering copying and postage costs.

Publications in pdf can be downloaded at www.etla.fi » publications » reports

ETLA
Elinkeinoelämän tutkimuslaitos
The Research Institute of the Finnish Economy
Lönnrotinkatu 4 B
00120 Helsinki

Puh. 09-609 900
Fax 09-601 753
www.etla.fi
etunimi.sukunimi@etla.fi

ISSN-L 2323-2447, ISSN 2323-2447, ISSN 2323-2455 (Pdf)