

ETLA

ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS

THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY
Lönnrotinkatu 4 B 00120 Helsinki Finland Tel. 358-9-609 900
Telefax 358-9-601 753 World Wide Web: <http://www.etla.fi/>

Keskusteluaiheita – Discussion papers

No. 782

Juha Forsström – Juha Honkatukia – Pekka Sulamaa

**SUOMEN ASEMA EU:N KOMISSION
VIHREÄN KIRJAN HAHMOTTELEMASSA
UNIONIN LAAJUISESSA PÄÄSTÖKAUPASSA**

Esipuhe

Tässä tutkimuksessa arvioidaan Suomen asemaa EU:n komission Vihreän kirjan hahmottelemassa yhteisön laajuisessa päästökaupassa. Tutkimuksessa kiinnitetään erityishuomiota myös päästökaupan vaikutuksiin metallien jalostukseen.

Tutkimuksen on ETLAlta tilannut kauppa- ja teollisuusministeriön energiaosasto. Tutkimuksen valvojana on tilaajan puolesta toiminut Pekka Mäkelä. Tutkimuksesta on vastannut ETLAn tutkimuspäällikkö Juha Honkatukia. Hänen lisäksi tutkimukseen ovat osallistuneet Juha Forsström VTT Energiasta ja Pekka Sulamaa ETLAsta.

Helsingissä joulukuussa 2001

Juha Forsström
Juha Honkatukia
Pekka Sulamaa

FORSSTRÖM, Juha – HONKATUKIA, Juha – SULAMAA, Pekka, SUOMEN ASEMA EU:N KOMISSION VIHREÄN KIRJAN HAHMOTTELEMASSA UNIONIN LAAJUISESSA PÄÄSTÖKAUPASSA, Helsinki, ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 2001, 56 s. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 782).

TIIVISTELMÄ: Tässä tutkimuksessa arvioidaan EU:n Vihreän kirjan mukaista ehdotusta toimialakohtaisesta, EU:n kattavasta päästökaupasta sekä Euroopan unionin että Suomen kannalta. Tutkimuksessa on käytetty sekä globaalia että Suomelle kehitettyä yleisen tasapainon mallia Vihreän kirjan mukaisen päästökaupan kustannusten arviointiin. Tutkimuksen päätulos on, että Vihreän kirjan ja EU:n päästökauppadirektiivin mukainen päästökauppa ei välttämättä laskisi päästörajoitusten toteuttamisen kokonaistaloudellisia kustannuksia Suomessa, vaikka Euroopan tasolla se selvästi niin tekisikin, koska se ei tasaisi päästöjen rajoittamisen kotimaisia kustannuksia eri toimialojen välillä. Tästä syystä Vihreän kirjan mukainen päästökauppa ei edistäisi rajoitusten toteuttamisen kustannustehokkuutta. Päästökauppaa käyville toimialoilla päästökauppa saattaisi sen sijaan laskea kustannuksia. Metallien valmistuksen osalta päästökauppa laskisi kustannuksia vain kotimaisiin toimiin perustuvaan päästöjen rajoittamiseen nähden, jos päästöluvien hinta asettuisi alhaiselle tasolle. Kalliimmilla päästöluvilla päästökauppa nostaisi metalliteollisuuden kustannuksia selvästi.

FORSSTRÖM, Juha – HONKATUKIA, Juha – SULAMAA, Pekka, SUOMEN ASEMA EU:N KOMISSION VIHREÄN KIRJAN HAHMOTTELEMASSA UNIONIN LAAJUISESSA PÄÄSTÖKAUPASSA, Helsinki, ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 2001, 56 p. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 782).

ABSTRACT: This study assesses the economic impacts of the proposed EU-wide emission trade both on the European union as a whole and on Finland in particular. The study utilises the global GTAP-E- CGE-model to analyse Europe-wide impacts and a Finland-specific, hybrid, CGE-model to study the impacts on the Finnish economy. The main finding of the study is that at a European level, emission trade appears to be very beneficial. However, emission trade along the lines of the EU Emission trade directive would not necessarily lower the macroeconomic costs of green house gas abatement in Finland, since it might very well misallocate quotas among the trading sectors on the one hand, and between the trading sectors and the rest of the economy on the other. Abatement costs might be lowered within some of the trading sectors, however. The study focuses on manufacturing of metals in particular and finds that emission trading would lower abatement costs in these industries only if permit prices were very low.

Yhteenveto

EU:n komissio ehdotti 8. maaliskuuta 2000 julkistetussa Vihreässä kirjassaan (Vihreä kirja kasvihuonekaasujen päästökaupasta Euroopan unionissa, KOM(2000)87) EU:n laajuisen päästökaupan aloittamista yritystasolla. Päästökauppa käsittäisi sähkön ja lämmön tuotannon, raudan ja teräksen tuotannon, öljynjalostuksen, kemikaalien tuotannon, rakennusmateriaalien ja sementin tuotannon sekä massan ja paperin tuotannon. Näiden toimialojen osuus koko EU:n energiankulutukseen liittyvistä CO₂-päästöistä vuonna 1997 oli 38 %. Suomessa vastaava osuus on 60 %. Tässä tutkimuksessa arvioidaan päästökauppaehdotusta sekä Euroopan unionin että Suomen kannalta.

Tutkimuksessa on käytetty sekä globaalia että Suomelle kehitettyä yleisen tasapainon mallia Vihreän kirjan mukaisen päästökaupan kustannusten arviointiin. Laskelmissa on käytetty EU:n talouden ja energiajärjestelmän pitkän aikavälin kehitysarvioita ja Suomen kansallista ilmastostrategiaa perusuran arvioimiseen ja laskettu, millaisin toimin päästöt voitaisiin rajoittaa Kioton pöytäkirjan mukaiselle tasolle vuoteen 2010 mennessä. EU:n osalta laskelmissa oletetaan, että rajoitukset saadaan aikaiseksi päästökaupan ja päästöverojen avulla, Suomen osalta käytettävissä on koko kansallisen ilmastostrategian keinovalikoima, jota päästökauppa täydentää.

Tutkimuksen päätulos on, että Vihreän kirjan ja EU:n päästökauppadirektiivin mukainen päästökauppa ei välttämättä laskisi päästörajoitusten toteuttamisen kokonaistaloudellisia kustannuksia Suomessa. Tämä johtuu siitä, EU:n energiaskenaarion mukaan laskettu päästöjen kohdentaminen ei tasaisi kotimaisia kustannuksia eri toimialojen välillä. Tästä syystä Vihreän kirjan mukainen päästökauppa ei edistäisi rajoitusten toteuttamisen kustannustehokkuutta koko kansantalouden tasolla.

Päästökauppaa käyvillä toimialoilla päästökaupan vaikutukset riippuisivat siitä, lisäksi kauppa niiden polttoainekäytön kustannuksia verrattuna vain kotimaisin toteutettuun päästöjen rajoittamiseen. Laskelmissa on oletettu, että vero-ohjaus ei koskisi niitä toimialoja, jotka kuuluisivat päästökaupan piiriin. Niihin kohdistuva ohjaus olisi siis ainoastaan päästökaupasta ja päästölupien hinnasta riippuvaista. Päästökauppa muuttaisi kuitenkin eri polttoaineisiin kohdistuvia kustannuksia nykyisestä huomattavasti, koska se käsittäisi nykyisestä vero-ohjauksesta poiketen myös sähköntuotannon polttoaineet ja saattaisi nostaa eräiden polttoaineiden hintaa. Myös päästöoikeuksien alkujako vaikuttaisi kustannuksiin. Perintömenettelyn, päästöoikeuksien ilmaisjaon, yhteydessä päästökauppa saattaisi laskea kustannuksia kaupan piiriin kuuluvilla toimialoilla. Tämä ei kuitenkaan välttämättä edistäisi kokonaistaloudellista tehokkuutta, koska alkujaosta riippuen kaupan ulkopuolisilta toimialoilta saatettaisiin vastapainoksi joutua vaatimaan suurempia ja kalliimpia vähennyksiä.

Metallien valmistuksen osalta päästökauppa laskisi kustannuksia vain kotimaisiin toimiin perustuvaan päästöjen rajoittamiseen nähden siitä huolimatta, että se toisi myös prosessipäästöt ohjauksen piiriin, jos päästölupien hinta jäisi matalaksi. Päästöoikeuksien alkujakotapa vaikuttaa jonkin verran päästökaupan edullisuuteen metallien valmistuksen kannalta. Kustannukset jäävät selvästi alemmiksi perintömenettelyllä toteutetussa alkujaossa kuin huutokauppaan perustuvassa alkujaossa.

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	EU:n päästökauppaehdotukset	3
3	Laskelmien taustaoletukset	6
	3.1 Euroopan yhteisön talouden ja energihuollon kehitysnäkymät	6
	3.2 Suomen talouden ja energihuollon kehitysnäkymät	7
	3.3 Metallien valmistuksen eurooppalaisia näkymiä	9
	3.4 Metallien valmistus Suomessa	15
4	Tutkimuksessa käytetyt mallit	17
	4.1 GTAP-E-malli	17
	4.2 EV-malli	19
5	Päästökaupan kustannukset Annex 1 –maissa	23
	5.1 Päästökaupan vaihtoehdot	23
	5.2 GTAP-laskelmien tulokset	24
	5.2.1 Päästöluvan hinta	24
	5.2.2 Päästöjen vähennystarpeet	25
	5.2.3 Hyvinvointivaikutukset	27
	5.2.4 Toimialakohtaiset vaikutukset Suomessa	27
	5.3 Johtopäätöksiä GTAP-E-laskelmien tuloksista	30
6	Päästökaupan vaikutukset Suomessa	33
	6.1 Toimenpiteet päästöjen rajoittamiseksi	33
	6.2 Suorat kustannukset	36
	6.3 Kokonaistaloudelliset kustannukset	40
	6.4 Kustannukset eri toimialoilla	44
	6.5 Vaikutukset metalliteollisuudessa	49
7	Johtopäätökset	53
8	Lähteet	56

1 Johdanto

EU:n komissio ehdotti 8. maaliskuuta 2000 julkistetussa Vihreässä kirjassaan (Vihreä kirja kasvihuonekaasujen päästökaupasta Euroopan unionissa, KOM(2000)87) EU:n laajuisen päästökaupan aloittamista yritystasolla. Päästökauppa käsittäisi sähkön ja lämmön tuotannon, raudan ja teräksen tuotannon, öljynjalostuksen, kemikaalien tuotannon, rakennusmateriaalien ja sementin tuotannon sekä massan ja paperin tuotannon. Näiden toimialojen osuus koko EU:n energiankulutukseen liittyvistä CO₂-päästöistä vuonna 1997 oli 38 %. Suomessa vastaava osuus on 60 %. Tässä tutkimuksessa arvioidaan päästökauppaehdotusta sekä Euroopan unionin että Suomen kannalta.

Päästökauppa on aiempien tutkimusten valossa edullisempi tapa toteuttaa päästörajoitukset kuin päästöjen kiintiöinti. Tämä pätee sekä Annex 1-maiden välillä että kussakin jäsenmaassa. Suomen osalta tehdyt arviot kotimaisesta ja kansainvälisestä päästökaupasta viittaavat siihen, että kansainvälinen päästökauppa laskee ilmastopoliittikan kustannuksia sitä enemmän, mitä alemmaksi päästökaupan lupa kansainvälisillä markkinoilla asettuu ja kotimainen päästökauppa puolestaan sitä enemmän, mitä useampia kotimaisia sektoreita kauppa käsittää. Vihreä kirja rajaisi päästökaupan koskemaan vain joitakin toimialoja, jolloin kaupan edullisuus riippuu kauppaan osallistuvien toimialojen osuudesta kokonaispäästöistä ja siitä, millä kriteerillä kaupan piiriin kuuluvat päästöoikeudet jaetaan.

Päästökauppa muuttaisi olennaisesti joidenkin toimialojen asemaa. Erityisen haavoittuvia toimialoja olisivat energiantuotanto ja prosessiteollisuus. Tämä johtuu siitä, että niihin kohdistuva taloudellinen ohjaus laajenisi päästökaupan myötä huomattavasti nykyisestäään. Nykyisen energiaverotuksen puitteissa polttoaineiden energiavero koskee voimantuotannossa vain lämmön tuotantoon käytettyjä polttoaineita. Vero ei myöskään kata prosessipäästöjä. Vihreän kirjan mukaisen päästökaupan myötä verovoite päästöoikeuksien lunastamiseen tulisi kuitenkin ulottumaan myös sähköntuotantoon ja prosessipäästöihin. Koska mahdollisuudet vähentää sähköntuotannon päästöjä ovat lyhyellä tähtämellä rajalliset ja esimerkiksi metallien valmistuksessa pitkäläkin tähtämellä olemattomat, nämä toimialat tulisivat luultavasti kohtaamaan nykyistä selvästi suuremmat kustannukset. Lisäksi niiden kustannusrakenne muuttuisi merkittävästi nykyisestä, mikä saattaisi vaikuttaa tuotantosunnitelmiin paljonkin.

Tässä tutkimuksessa esitetään ETLAn ja VTT Energian arvio Vihreän kirjan mukaisen päästökaupan kustannuksista EU:ssa ja Suomessa. Arvioinnissa on käytetty Euroopan unionin tasoisessa tarkastelussa GTAP-E -mallia (Truong 1999) ja ETLAn ja VTT:n taloudellis-teknistä tasapainomallia (Forsström ja Honkatukia 2001). Arvio perustuu Euroopan yhteisön osalta komission omista arvioistaan käyttämiin Euroopan yhteisön talouden ja energiahuollon kehityksestä käyttämiin skenaarioihin ja Suomen osalta kansallisen ilmastostrategian arvioihin Suomen kehityksestä. Tästä syystä tulokset ovat vertailukelpoisia ilmastostrategian taustalaskelmien ja toisaalta komission samalla lähtöaineistolla teettämien laskelmien kanssa.

Tutkimuksessa tarkastellaan lähemmin metallien valmistuksen asemaa päästökaupassa. Metallien valmistuksen ominaispiirre on tuotokseen suorassa suhteessa olevat päästöt, jotka aiheutuvat muun muassa pelkistysprosesseista. Näitä päästöjä ei voida vähentää tuotantoa laskematta. Vaikka suomalaisen metallien jalostuksen energiatehokkuus on maailman huippua, on Suomessa prosessipäästöjen osuus korkeampi kuin

muussa Euroopan yhteisössä. Tämä johtuu siitä, että kotimainen teollisuus on erikoistunut korkealuokkaisten teräslaatuojen jalostukseen, joissa se pystyy hyödyntämään Euroopassa vain Suomessa tavattavia malmivaroja. Muiden yhteisöjen maiden teollisuus on keskittynyt sellaisiin laatuoihin, joissa metalliromua voidaan käyttää suhteessa Suomea enemmän. Niinpä päästökauppa vaikuttaisi metalliteollisuuden asemaan Suomessa muuta yhteisöä enemmän.

Tutkimusraportin rakenne on seuraava. Ensimmäisessä osassa tarkastellaan lähemmin EU:n ehdotuksia yhteisölaajuiseksi päästökaupaksi. Toisessa osassa esitellään EU:n päästökaupan kustannusarvioiden taustaoletukset. Tässä tutkimuksessa taustaoletukset perustetaan Suomen osalta kansalliseen ilmastostrategiaan, jonka lähtökohtia esitellään seuraavaksi. Seuraavaksi tarkastellaan metalliteollisuuden kehitysnäkymiä EU:ssa ja Suomessa. Tutkimuksen neljännessä osassa esitellään tutkimuksessa käytetyt mallit. Tutkimuksen kansainvälistä päästökauppaa koskevat tulokset esitetään luvussa viisi. Suomea koskevat tulokset esitetään luvussa kuusi, ja viimeinen luku esittää tutkimuksen johtopäätökset.

2 EU:n päästökauppaehdotukset

EU:n komission Vihreän kirjan keskeinen sisältö on ehdotus EU:n laajuisesta päästökaupasta yritys- ja toimipaikkatasolla. Päästökaupasta on sittemmin tehty myös direktiiviehdotus. Päästökaupan tulisi olla käytössä vuonna 2005, koska Kioton pöytäkirjan mukaan (Kioton pöytäkirja artikla 3.2) sopimuspuolten on vuoteen 2005 mennessä osoitettava edistyneensä pöytäkirjaan perustuvien sitoumustensa täyttämiseksi. Päästökauppa kattaisi alkuvaiheessa sähkön ja lämmön tuotannon, raudan ja teräksen tuotannon, öljynjalostuksen, kemikaalien tuotannon, rakennusmateriaalien ja sementin tuotannon sekä massan ja paperin tuotannon. Sähkön ja lämmön tuotannon osalta systeemi käsittäisi laitokset, joiden polttoaineteho on yli 50 MW. Kaupan piiriin kuuluisivat vain hiilidioksidipäästöt, joiden osuus yhteisön kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä on noin 80%.

Päästökauppa vaatisi piiriinsä kuuluvien toimipaikkojen ja yritysten hankkivan päästöjään vastaavan määrän päästöoikeuksia. Päästöoikeuksien määrää valvoisivat jäsenvaltiot. Päästöoikeuksien kauppa yritysten välillä olisi sallittua, sen sijaan oikeutta kaupankäyntiin sinänsä ei voisi kaupata (Direktiiviehdotus erottaa oikeuden päästökaupan käymiseen ja päästöoikeuden toisistaan). Yritykset joutuisivat vuosittain luovuttamaan päästöjä valvovalle viranomaiselle hallussaan olevia päästöoikeuksia päästöjään vastaavan määrän. Jos päästöoikeudet eivät riittäisi kattamaan toteutuneita päästöjä, maksettavaksi tulisi sakko. Direktiiviehdotuksen mukaan jäsenvaltioiden raportointivelvoite takaisi päästöjen seurannan ja estäisi päästöoikeuksien käytön kilpailua vääristävällä tavalla.

Direktiiviehdotusta perustellaan päästökaupan edullisuudella. Teoriassa päästökauppa tarjoaakin mahdollisuudet tasata päästöjen rajoittamisen kustannukset kauppaa käyvän alueen sisällä ja lisätä siten tietyn päästötavoitteen toteuttamisen kustannustehokkuutta koko alueella. Yksittäisen maanakin näkökulmasta kauppa tuo tämän hyödyn, mutta yhden maan kannalta hyöty riippuu siitäkin, millainen sen vähentämisvelvoite on. Vaikka kustannustehokkuus lisääntyikin, aiheutuu kaupasta kustannuksia, jos päästölupia joudutaan hankkimaan muualta. Kotimaisiin kustannuksiin vaikuttaa myös olennaisesti vähennysvelvoitteiden jakaminen päästökauppaa käyvien ja sen ulkopuolelle jäävien toimialojen välillä. Ellei tätä jakoa tehdä kustannustehokkuutta edistävällä tavalla, ei ole takeita siitä, että päästökauppa pienentää päästöjen vähentämisen kustannuksia koko kansantaloudessa.

Toinen direktiiviehdotuksen perustelu juontaa energiamarkkinoiden vapautumiseen. Vapailla energiamarkkinoilla saattaisi syntyä tilanne, jossa sähkön kustannustehokas tuottaminen vaatisi fossiilisiin polttoaineisiin perustuvan tuotannon nostamista jossain maassa, mutta jossa se ei päästörajoitusten sitovuuden vuoksi olisi mahdollista tuottaa muita päästöjä alentamatta. Direktiiviehdotuksen mukaan päästökauppa estäisi tällaiset tilanteet. Koko yhteisön tasolla päästörajoite kuitenkin tulisi vastaan, joten kokonaan päästökauppa ei ongelmaa poistaisi.

Direktiiviehdotus katsoo, että päästökaupan ja muiden ohjauskeinojen välille ei tarvitsisi syntyä ristiriitaa. Energiaveroja voitaisi edelleen käyttää, ainakin päästökaupan ulkopuolelle jäävillä toimialoilla. Ehdotus katsoo lisäksi, että päästökauppa toisi käytännössä samat edut kuin vapaaehtoiset sopimukset. Päästökaupan piiriin kuuluvat yritykset voisivat esimerkiksi muodostaa poolin, jonka piirissä oikeuksien jaosta sovitaisiin. Käytännössä vapaaehtoiset sopimukset voivat kuitenkin muodostaa myös

päästökaupan pohjan, kuten Ison-Britannian päästökauppajärjestelmässä, jossa vapaaehtoisesti päästötavoitteen omaksuneet yritykset voivat täydentää omia toimiaan päästökaupalla. Pääasiassa direktiiviehdotus ei kuitenkaan esitä tapoja, joilla jäsenmaat päästökaupan voisivat toteuttaa. Kotimaisten ohjauskeinojen soveltaminen ja päästöoikeuksien alkujako jäisivät siis edelleen jäsenmaitten päätäntävaltaan. Ehdotus kuitenkin korostaa, että ohjauskeinoja on sovellettava siten, että kilpailu ja kaupan piirissä oleville toimialoille pyrkivien uusien yritysten asema ei vaarannu. Jäsenmaiden tulee siksi raportoida omaksumastaan toteutustavasta komissiolle.

Sen rajoituksen direktiiviehdotus päästökaupalle asettaa, että se ehdottaa yhteistoteutuksen tai puhtaan kehityksen mekanismin avulla saavutettujen päästövähennyksien jättämistä päästökaupan ulkopuolelle. Käytännössä tämän rajauksen toteuttaminen jäisi varmaankin puutteelliseksi, vaikuttaisivathan muiden joustomekanismien avulla toteutetut päästövähennykset joka tapauksessa kaupan piiriin kuuluvien yritysten päästöoikeuksien tarpeeseen, vaikkei niiden kauppaa suoranaisesti sallittaisikaan.

Jäsenmaiden päästöjen seurannalle ja raportoinnille päästökauppa asettaisi suuria vaatimuksia. Kotimaisten päästöjen lisäksi olisi seurattava yritysten hankkimien ja myymien päästöoikeuksien määrää. Direktiiviehdotuksessa lähdetäänkin siitä, että tarvitaan markkinapaikkoja, joilla päästöistä ja oikeuksista pidettäisiin kirjaa. Päästöoikeuksien ylittämistä tulisi myös seurata riittävän korkea sanktio – pienen sanktion tapauksessahan saattaisi olla edullisempaa maksaa tämä sakko kuin hankkia päästöoikeuksia. Näin on käynyt esimerkiksi Tanskan jo käytössä olevan päästökaupan yhteydessä. Sanktioksi direktiiviehdotus esittää 200 euroa hiilidioksiditonilta.

Päästöoikeuksien kauppa alkaisi direktiiviehdotuksen mukaan vuonna 2005. Ensimmäisen kolmivuotiskauden alussa jäsenmaat päättäisivät kaupan piiriin kuuluvista päästöistä. Sen jälkeen kaudet olisivat viisivuotisia. Ehdotuksen mukaan päästöoikeudet olisivat aluksi voimassa vain vuosien 2005-2008 ajan mutta vuodesta 2008 alkaen ne eivät enää vanhenisi.

Varsinaisessa direktiiviehdotuksessa on joitakin täsmennyksiä ja tarkennuksia Vihreään kirjaan nähden. Näistä tärkeimmät ovat kemianteollisuuden jättäminen päästökaupan ulkopuolelle öljynjalostusta lukuun ottamatta ja toisaalta vuosien 2005-2008 alkujalon määrittely perintömenettelyyn perustuvaksi. Kaupan piiriin kuuluvien laitosten minimikooksi on myös esitetty Vihreän kirjan esitystä alemmaksi, 20 MW:n tehoa. Myös sanktion tasoa on tarkistettu; vuosien 2005-2008 aikana sen on tarkoitus olla 50 € ja sen jälkeen 100 € hiilidioksiditonilta. Nämäkin tasot ovat hyvin korkeita ja ylittävät selvästi useimpien arvioiden mukaisen päästölupien hintatason.

Päästökauppa on aiempien tutkimusten valossa edullisempi tapa toteuttaa päästörajoitukset kuin päästöjen kiintiöinti. Tämä pätee sekä Annex 1-maiden välillä että kussakin jäsenmaassa. On arvioitu, että yritysten välisellä EU:n laajuisella energia- ja energiaintensiivisen teollisuuden käsittävällä kauppasysteemillä saavutettaisiin 23 % kustannussäästö verrattuna tilanteeseen, jossa päästökauppaa yhteisön jäsenmaiden välillä ei esiinny. EU-tason kustannusten on arvioitu vähenevän 9:stä 7:ään mrd. euroon vuodessa. Jos päästöjen vähentäminen yhteisössä hoidettaisiin kiintiöillä (ilman kauppaa), jotka olisivat prosentuaalisesti samat kaikkien jäsenmaiden kaikille sektoreille (vuoden 1990 tasoon verrattuna), kustannukset olisivat Vihreän kirjan mukaan 20 mrd. euroa vuodessa eli neljännesprosentti yhteisön vuotuisesta kansantuotteesta.

Suomen osalta tehdyt arviot kotimaisesta ja kansainvälisestä päästökaupasta viittaavat siihen, että kansainvälinen päästökauppa laskee ilmastopolitiikan kustannuksia sitä enemmän, mitä alemmaksi päästöluvan hinta asettuu ja kotimainen päästökauppa puolestaan sitä enemmän, mitä useampia kotimaisia sektoreita kauppa käsittää. Vihreä kirja rajaisi päästökaupan koskemaan vain joitakin toimialoja, jolloin kaupan edullisuus riippuu kauppaan osallistuvien toimialojen osuudesta kokonaispäästöistä ja siitä, millä kriteerillä kaupan piiriin kuuluvat päästöoikeudet jaetaan.

3 Laskelmien taustaoletukset

Tässä tutkimuksessa arvioidaan EU:n päästökauppadirektiiviehdotuksen vaikutuksia sekä koko Eurooppaan että Suomeen. Arvioiden lähtokohtana on perusura, business-as-usual-skenaario, johon päästöjen rajoittamista päästökaupan avulla tai ilman sitä verrataan. Tällä tavoin voidaan verrata eri vaihtoehtojen kustannuksia.

Arviot riippuvat ratkaisevasti siitä, millaiseksi talouskehityksen ja sen seurauksena energiajärjestelmän oletetaan kehittyvän ilman päästötavoitteiden täyttämiseen pyrkivää ohjausta. Erityisesti tämä pätee tässä tutkimuksessa käytettävän taloudellisen maailmanmarkkinamalliin, jossa teknologiakuvaus on hyvin karkea. Tässä tutkimuksessa noudatetaan EU:n komission omissa laskelmissaan käyttämää, yleisesti siteerattua kehitysarvioita varsin tarkasti.

EU:n arviot perustuvat seikkaperäiseen eri toimialojen ja EU-maiden tilanteen kartoitukseen ja niitä voidaan pitää varsin arvovaltaisina. Eräiltä osin niissä on toki puutteitakin. Metalliteollisuuden kehitysnäkymien osalta arviot eivät vastaa metallintuottajien omia näkemyksiä.

Suomen osalta EU:n arvioissa on joitakin suoranaisia virheitäkin, eivätkä ne myöskään ota huomioon eräitä energiajärjestelmään suoraan vaikuttavia toimenpiteitä, jotka tullaan toteuttamaan ilmastotavoitteesta riippumatta. Tästä syystä tutkimuksessa noudatetaan Suomen osalta ilmastostrategian mukaista kehitysarviota. Tämä takaa myös tulosten vertailtavuuden kansallisen ilmastostrategian vaikutusarvioiden kanssa. Metallien valmistuksen kehitysnäkymiä tarkistetaan vastaamaan tuoreempia ennusteita alan kehityksestä.

3.1 Euroopan yhteisön talouden ja energiahuollon kehitysnäkymät

Komission laskelmat nojaavat taannoin julkaistuun yhteisön energiajärjestelmän kehitysarvioon (European Union Energy Outlook to 2020). Julkaisuun on koottu komission rahoittaman Shared Cost Analysis-hankkeen katsaukset eri maiden energiajärjestelmiin. Energian kulutusarviot perustuvat samaan ennusteeseen maailmantalouden ja Euroopan maiden talouden kehityksestä. Energiajärjestelmän osalta analyysiin on osallistunut alan tutkimuslaitoksia kaikista jäsenmaista.

Maailman talouskehityksen oletetaan ennusteessa olevan suhteellisen nopeaa. Keskimäärin maailmantalouden kasvuksi ennustetaan 3 prosenttia vuodessa vuoteen 2010 mennessä. OECD-maiden kasvun oletetaan olevan hieman tätä hitaampaa. EU:n vuosikasvun ennustetaan asettuvan keskimäärin 2,3 prosenttiin vuosina 2000-2010.

Perusuralla oletetaan, että EU jatkaa käynnissä olevaa integraatio- ja liberaalisaatiopolitiikkaansa. Tämä vaikuttaa sekä talouskasvuun yleensä että energiamarkkinoihin erityisesti. Varsinaista ilmastopolitiikkaa perusuraan ei kuitenkaan kuulu.

Maailman primaarienergiankulutuksen ennustetaan kasvavan vuosien 1990-2010 välillä 2 prosentin vuosivauhtia. Energiankulutuksen kasvu jää talouskasvua hitaammaksi, koska energianintensiteetti laskee samaan aikaan 1,4 prosentin vuosivauhtia. Suuria muutoksia energiajärjestelmään ei tässä ajassa ehdi tapahtua, vaan maailman ener-

giahuolto on lähivuosisikymmeninä edelleen fossiilisten polttoaineiden varassa. Energiankulutus kasvaa kuitenkin OECD-maita enemmän suurissa, nopeasti kasvavissa maissa kuten Kiinassa ja Etelä-Aasian maissa.

EU:n energiankulutuksen arvioidaan kasvavan prosentin vuosivauhtia ja energiaintensiteetin laskevan 1,5 prosenttia vuodessa. EU:nkin energiahuolto tulee kuitenkin olemaan fossiilisten polttoaineiden varassa. Kiinteitä polttoaineita, ennen kaikkea hiiltä, korvataan kuitenkin maakaasulla. Suurin muutos EU:n energiajärjestelmässä aiheutuu yhteistuotannon voimakkaasta kasvusta keski-Euroopan maissa. Pohjoismaissa ja varsinkin Suomessa tähän ei ole mahdollisuuksia, koska yhteistuotanto on jo nyt laajassa käytössä. Ennuste olettaa, että nykyiset tuotantomuodot säilyvät käytössä ja esimerkiksi Ruotsin oletetaan vuoteen 2010 mennessä lisäävän ydinvoiman tuotantoa. Kasvavaa sähkön kysyntää tyydyttämään joudutaan ennusteen mukaan rakentamaan noin 300 GW lisäkapasiteettia vuosina 1995-2020 (Suomen nykykapasiteetti on noin 15 GW). Kapasiteetin käytön oletetaan myös tehostuvan markkinoiden vapautumisen vuoksi. Teknisistä innovaatioista merkittävin on sähkön ja lämmön yhteistuotannon yleistymisen, joka nostaa sähkön ja lämmön tuotannon energiatehokkuuden 34 prosentista vuonna 1995 45 prosenttiin vuosien 1995 ja 2020 välillä.

Tehostumisesta huolimatta fossiilisten polttoaineiden käyttö lisääntyy ennen kaikkea liikenteessä selvästi ja niinpä EU:n hiilidioksidipäästöjen ennakoitaan kasvavan keskimäärin 0.6 prosenttia vuodessa vuosien 1995-2020 aikana. Vuonna 2010 vähennystarpeeksi Kioton sopimuksen päästörajoitteiden täyttämiseksi arvioidaan noin 14 prosenttia.

Tavoitteen täyttäminen vaatii lisäinvestointeja energiantuotantoon ja energiansäästöön. Pelkästään energiajärjestelmää koskevien suorien kustannusten arvioidaan olevan noin 25-55 miljardia euroa vuodessa, noin 0.02 –0.07 prosenttia EU-maiden kansantuotteesta vuonna 2010. Tämä arvio ei sisällä kansantaloudelle aiheutuvia muita kustannuksia eikä ota huomioon talouskasvun mahdollista hidastumista.

3.2 Suomen talouden ja energiahuollon kehitysnäkymät

Suomen talouskehityksen osalta tutkimuksessa noudatetaan Ilmastostrategian kasvunäkemyksiä. Ilmastostrategian taustaraporttia varten arvioitiin hyvin yksityiskohtaisesti, kuinka tuotanto, tuottavuus ja työllisyys kehittyisivät seuraavien 25 vuoden aikana, jos ilmastopoliittisia tavoitteita ei aseteta.

Vuoteen 2010 saakka nykyisten kasvutrendien oletetaan kutakuinkin jatkuvan. Teollisuuden vuotuinen kasvu on keskimäärin 3,5 prosenttia vuodessa vuosien 1998-2010 välillä, mutta teollisuuden toimialojen välillä on suuriakin eroja. Nopeinta kasvun oletetaan olevan elektroniikkateollisuudessa. Myös muussa metallituoteteollisuudessa kasvun oletetaan jatkuvan ripeänä. Kasvun takana ovat mm. sähkölaitteiden ja energiateknologian valmistus. Muista suurista toimialoista sekä paperiteollisuuden että perusmetalliteollisuuden kasvun oletetaan tasaantuvan. Kemianteollisuuden oletetaan kasvavan kutakuinkin samaa vauhtia kuin metsäteollisuuden, poikkeuksena öljynjalostus, jonka kasvu jää verkkaiseksi.

Muusta teollisuudesta rakennustuotteiden valmistuksen oletetaan jatkuvan ripeänä, heijastaen alueellisen keskittymisen aiheuttamaa korkeaa kysyntää. Elintarviketeollisuuden kasvun oletetaan jäävän vaatimattomaksi, samoin kuin tekstiiliteollisuuden.

Palvelujen kysynnän oletetaan kasvavan nopeasti. Telekommunikaatiopalvelujen kasvun ennakoitaan olevan nopeinta, mutta myös asumisen, liikenteen ja muiden yksityisten palvelujen oletetaan kasvavan. Julkisten palvelujen tuotannon ennakoitaan alkavan kasvaa voimakkaammin joidenkin vuosien kuluttua, kun väestön ikääntyminen lisää sairaan- ja vanhustenhoidon palvelutarvetta. Sen keskimääräinen kasvuvauhti vuoteen 2010 mennessä jää siksi puoleen yksityisten palvelujen kasvuvauhdista. Maataloustuotannon ennakoitaan supistuvan noin puolen prosentin vuosivauhdilla, eikä kaivannaistoiminnankaan oleteta kasvavan. Osittain tähän vaikuttaa turpeentuotannon ennakoitu supistuminen. Metsätalouden oletetaan kasvavan Kansalliseen metsäohjelman kasvutavoitteiden mukaisesti.

Väestönkasvun osalta perusurassa nojaututaan Tilastokeskuksen arvioihin. Väestön ikääntymisen vaikutukset alkavat näkyä jo vuoteen 2010 mennessä. Työvoima ei kuitenkaan kokonaisuudessaan muodostu talouskasvun pullonkaulaksi, koska työllisten osuus työikäisestä väestöstä on edelleen alhainen 1990-luvun laman jäljiltä. Työn tuottavuuden kasvun odotetaan jatkuvan trendin mukaisesti perusuralla.

Energiatehokkuuden kasvuennusteet perustuvat eri ministeriöiden vastuualueillaan tekemiin arvioihin. Näissä arvioissa ei ole oletettu ilmastopoliittisia päästöjen rajoitustoimia. Useimmilla toimialoilla energiatehokkuuden oletetaan jatkavan trendikasvua. Polttoaineiden energiatehokkuuden osalta tämä merkitsee noin kahden prosentin vuotuista tehostumista. Liikenteen osalta oletetaan lisäksi, että EU:n sopimus uusien autojen energiatehokkuudesta johtaa tavoitteenmukaiseen polttoainetalouden tehostumiseen. Suomessa tämän vaikutus näkyisi jo vuonna 2010, vaikka autokanta keskimäärin onkin kymmenvuotiasta. Niinpä liikenteen keskimääräinen energiatehokkuus kasvaisi huomattavasti nykyisestä, kun liikennemäärien huomattava kasvu toteutuisi kutakuinkin nykyisellä polttoainekulutuksella. Asumisen energiatehokkuuden odotetaan myös paranevan. Euroopan unionin voimassaolevat direktiivit tulevat tiukentamaan sähkölaitteiden energiatehokkuusvaatimuksia, mikä laskee osaltaan sähkönkulutusta sekä asumisen että palvelujen puolella. Jo voimassa olevat energiansäästö-sopimukset sekä teollisuuden että kuntien kanssa tulevat nekin pienentämään energiankulutuksen kasvua.

Sähköntuotannossa ja lämmöntuotannossa energiatehokkuusarviot perustuvat tuotantoteknologiakohtaisiin arvioihin. Koko energiasektorin energiatehokkuus paranee perusuralla selvästi, koska sähkön osuuden yhteistuotantolaitosten tuotannosta arvellaan voivan kasvaa nykyisestään teknologian kehityksen seurauksena. Tämä mahdollistaa entistä suuremman sähköntuotannon hyötysuhteeltaan erittäin tehokkaissa (> 90 %) yhteistuotantolaitoksissa.

Sähkön kysynnän oletetaan perusuralla kasvavan nykyisestä 80 TWh:sta noin 90 TWh:in vuonna 2010. Kasvanut kysyntä oletetaan tyydytettävän suurimmaksi osaksi nykyisellä tuotantokapasiteetilla. Sähkön tuotantotavoista vesivoiman kapasiteetin oletetaan säilyvän ennallaan, 13 TWh:ssa, sillä vaikka kasvupotentiaalia periaatteessa olisikin, kasvua rajoittaa muun muassa koskiensuojelulaki. Ydinvoiman tuotannon ei myöskään oleteta perusuralla kasvavan vaan säilyvän kutakuinkin ennallaan noin 22

TWh:ssa. Uusiutuvien energianlähteiden käytön oletetaan perusurallakin kasvavan. Tuulivoimakapasiteetti on viime vuosina kasvanut noin 10 % vuosivauhdilla ja saman kasvun oletetaan jatkuvan edelleen, jolloin vuoteen 2010 mennessä tuulivoimalla tuotettaisiin noin 0,4 TWh. Puun käytön oletetaan myös lisääntyvän. Tämä kasvu tapahtuu suureksi osaksi metsäteollisuuden yhteistuotantolaitoksissa tai perustuu metsäteollisuuden jätemateriaalien käyttöön, ja riippuu siis voimakkaasti metsäteollisuuden kasvusta.

Fossiilisiin polttoaineisiin perustuva tuotanto vastaa sähköntuotannon kasvun valtaosasta. Osa kasvusta on perusuralla peräisin yhteistuotantolaitoksista, joissa teknologinen kehitys nostaa nykylaitosten rakennusastetta ja mahdollistaa suuremman sähköntuotannon kuin aikaisemmin, etenkin kun Etelä-Suomessa oletetaan tapahtuvan siirtymistä kivihiilestä maakaasuun. Suurin osa lisätuotannosta joudutaan kuitenkin tekemään lauhdevoimaloissa, joiden tuotannoksi vuonna 2010 arvioidaan 20 TWh. Tästä noin 75 % on peräisin hiililauhdevoimaloista, joiden nykykapasiteetti riittäisi tällaiseen tuotantoon. 1 TWh tuotettaisiin turpeella ja maakaasulla tuotettaisiin noin 4 TWh.

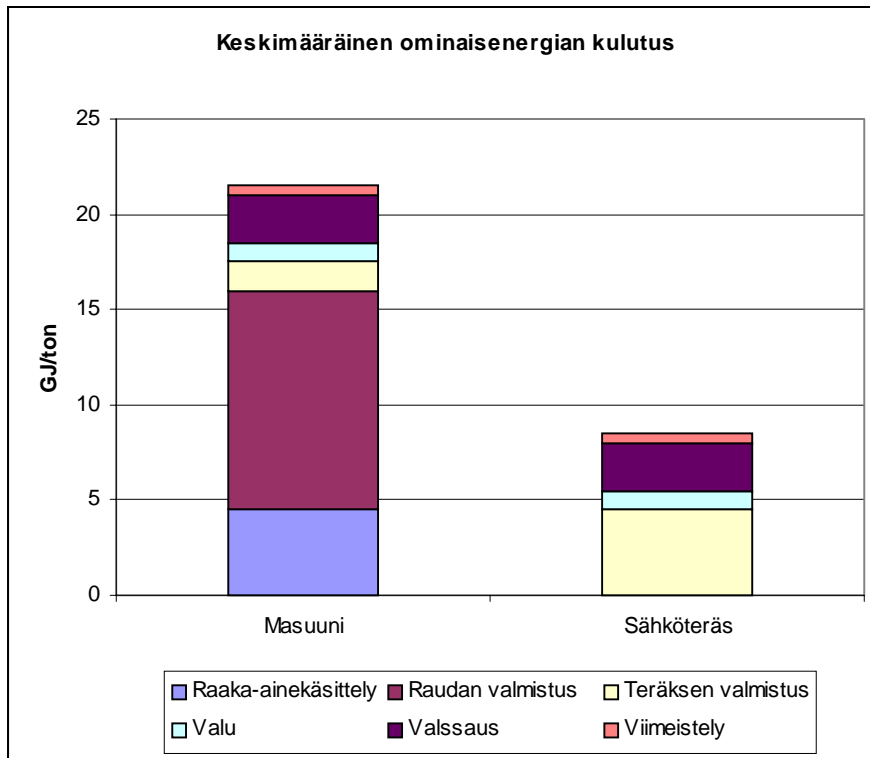
Suomen kokonaispäästöt vuonna 2010 ovat perusuralla noin 90 Mt CO₂-ekv., josta fossiilisista polttoaineista peräisin on noin 70 Mt CO₂. Suomen tavoitetaso on vuoden 1990 päästötaso, 76,5 Mt CO₂-ekv., josta fossiilisista polttoaineista peräisin oli noin 54 Mt CO₂. Päästöjä olisi siis kaikkiaan vähennettävä noin 15 prosenttia. Kun ilmastohjelman taustaraportin arvioiden mukaan noin 1 Mt CO₂-ekv. on saavutettavissa metaanin ja typpioksidien vähennyksin, fossiilisten polttoaineiden käytön ja teollisuusprosessien CO₂-päästöjen vähennystarve on noin 21 prosenttia perusuran tasolta.

3.3 Metallien valmistuksen eurooppalaisia näkymiä

Metallien valmistuksen osalta EU:n ennuste on maltillinen. EU-maissa tehdään 20 % maailman teräksestä, mutta metallien valmistuksen merkitys EU-maiden talouksissa on pieni: keskimäärin se on alle 0,6 % BKT:stä. Osuus on alle yhden prosentin kaikissa muissa EU-maissa paitsi Ruotsissa ja Belgiassa. Teräksen valmistajat ja mm. Metalliteollisuuden keskusliitto odottavat alalle kuitenkin selvästi suurempaa kasvua kuin EU:n taustalaskelmissa.

Rauta- ja terästeollisuuden rakenteelliset tekijät vaikuttavat oleellisesti energian ominaiskulutukseen. EU:n taustalaskelmissa nämä tekijät jäävät vähäiselle huomiolle.

Kuvio 1. Yleiskuva keskimääräisestä ominaisenergiankulutuksesta teräksen tuotannossa



Rakenteellisia energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- 1) Perusprosessin luonne:** primääri- vai sekundaarituotanto, ts. masuuni vai sähköterästuotanto. Masuunipohjaisen teräksen laatu on kierrätysterästä korkeampi (Worrell et al. 1997).
- 2) Teräksen valmistuksen rautalähde.** Vaihtoehdot ovat raakarauta masuunista ja kierrätysromu. Jos tapahtuu siirtymä primääriraudasta romuun, täytyy se tulkita rakenteelliseksi muutokseksi eikä energiaa säästäväksi tehostamiseksi.
- 3) Koksen, sintterin ja pellettien hankintatapa.** Nämä välituotteet voidaan valmistaa joko paikan päällä tai ne voidaan ostaa. Jos tätä tekijää ei huomioida, niin tehtaan energiataloutta voidaan (tilastollisesti) parantaa yksinkertaisesti siirtymällä ostopalveluihin mainittujen välituotteiden osalta.
- 4) Lopputuotteiden käsittely.** Tuotteiden vaatimat valssaus- yms. käsittelyt vaikuttavat osaltaan energiankulutukseen. Sen vuoksi tuotevariaatio tulisi myös huomioida energiankulutukseen vaikuttavana tekijänä.

Vasta kun rakennetekijät on huomioitu, voidaan tehtaita (ja maita) verrata energiatehokkuuden suhteen. EU:n laskelmien maakohtaiset vertailuluvut eivät tarkastele metalliteollisuutta tällä tarkkuudella, vaan keskittyvät vain eri tekijöistä johtuvaan keskimääräiseen kulutukseen. Se ei kuitenkaan ole tuotannon energiatehokkuuden mittari.

Viime aikojen merkittävimpiä muutoksia alalla ovat olleet lukuisat vanhimpien sulattojen sulkemiset ja sähköteräksen osuuden kasvu. Teräksen valmistamisen sähköistymisen oletetaan jatkuvan. Sen tuleva laajuus määräytyy tarjolla olevan teräsromun määrän mukaan. Perinteisen integroituneeseen terästehtaaseen – siis rautamalmista

masuunin kautta raakaraudaksi joka hapetetaan teräkseksi – perustuvan tuotannon oletetaan keskittyvän joihinkin suuriin ja tehokkaisiin laitoksiin.

Vuosien 1990 ja 1995 välisenä aikana EU-maiden välillä on merkittäviä kehityskulkuun liittyviä eroja: osassa maita tuotanto on pudonnut, jotkut maat ovat pysyneet entisellä tuotantotasolla ja jotkut jopa lisänneet tuotantoaan, taulukko 1.

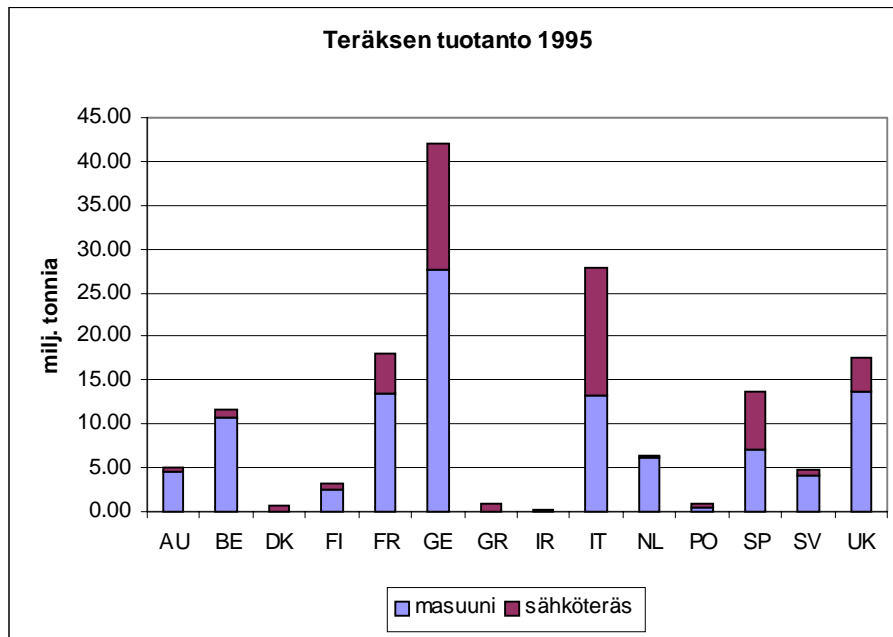
Taulukko 1. Metallien tuotanto Euroopassa

Maa	Teräksen tuotanto	Sektorin koko 1995	Toiminnan muutos 1990-95			Energian käyttö	Sähkö- terästä
			Indeksi				
	1995		1990 = 100				
				Muutos	kgoe / t	osuus	
	kt	% BKT:stä	Indeksi 1995	% BKT:stä	terästä	%	
AU	5.0	0.74	96	-0.12	367	9	
BE	11.6	1.15	93	-0.19	360	8	
DK	0.7	0.02	83	-0.01	165	100	
FI	3.2	0.26	103	0.02	422	23	
FR	18.1	0.40	93	-0.05	380	25	
GE	42.1	0.83	101	-0.07	344	34	
GR	0.9	0.22	124	0.03	145	100	
IR	0.3	0.04	86	-0.03	260	98	
IT	27.8	0.33	107	0.00	272	52	
NL	6.4	0.49	112	0.01	361	4	
PO	0.8	0.34	89	-0.08	317	37	
SP	13.8	0.67	92	-0.12	257	49	
SV	4.9	1.16	112	0.08	397	18	
UK	17.7	0.51	96	-0.05	449	22	
EU14	153.1	0.57	99	-0.05	343	32	

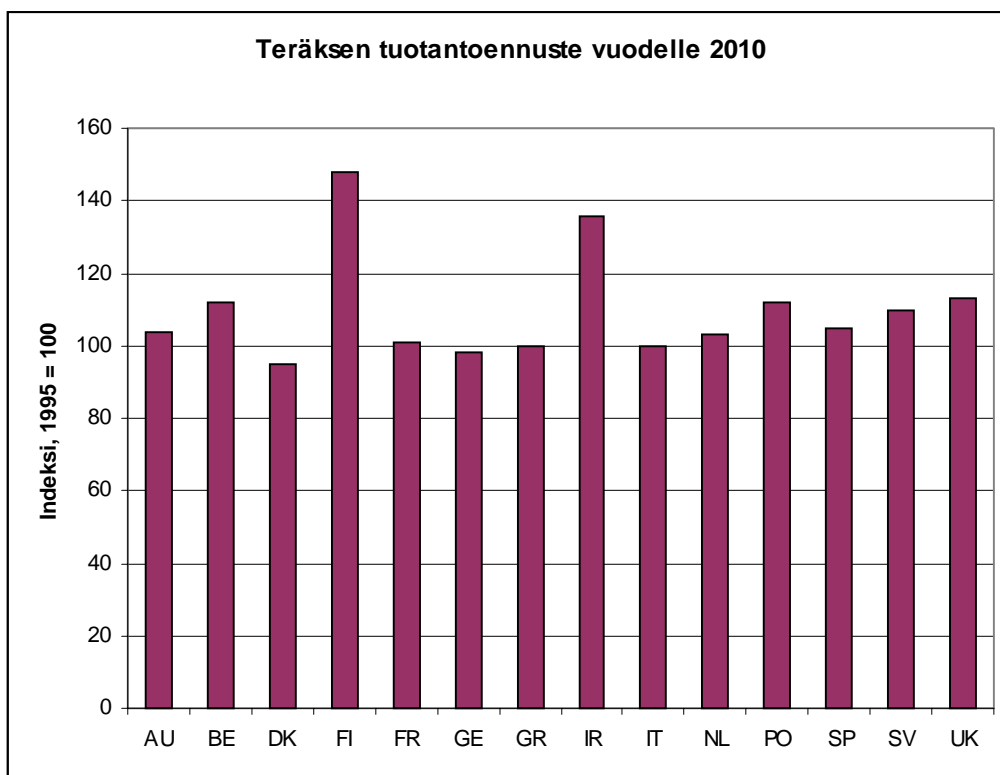
Taulukon perusteella on selvää, että Suomen keskimääräinen energiankulutus tuotetonta kohti on suuri. Koska taulukkoon on kuitenkin kirjattu vain keskimääräinen energian käyttö ilman rakenteellisten tekijöiden pohdintaa, ei eri maita voi verrata energiatehokkuuden suhteen toisiinsa. Suomen tehtaat ovat tunnetusti energiankäyttöltään tehokkaita, vaikka yo. taulukon hätäinen tulkinta saattaa johtaa toisenlaiseen päätelmään.

Energian käytön määrä tuotetonta kohti EU-tasolla on vähentynyt keskimäärin 1 % vuodessa vuosien 1990 ja 1995 välisenä aikana. Tähän lukuun sisältyy kaikki alalla tapahtuneet muutokset, niin sähköteräksen osuuden kasvu kuin vanhimpien masuunien sulkemiset.

Tuotannon oletetaan kasvavan 4 % vuodesta 1995 vuoteen 2010 ja sen jälkeen pysyvän seuraavat kymmenen vuotta saavutetulla tasolla. Koska talouskasvun muuten oletetaan jatkuvan kohtuullisen ripeänä, olisi materiaalien käytön muututtava tulevaisuudessa siten, että entisenlainen teräksen käytön ja talouskasvun välinen side katkeaisi täysin. Kuviossa 2 on esitetty EU-maiden tuotanto tonneina eroteltuna masuuni- ja sähköteräkseen.

Kuvio 2. Teräksen tuotanto

Alalla odotetaan tapahtuvan erikostumista ja keskittymistä. Vähäisen kasvun ennustetaan perustuvan erikoistuotteiden tuottamiseen sähköteräsprosessilla. Sähköteräksen osuuden ennustetaan kasvavan vuoden 1995 32 %:sta vuoden 2020 56 %:iin. Suomen osalta tuotantotiedot ja ennusteet on korjattu Metallinjalostajien arvioiden mukaisiksi. Suuria tuottajia ovat Saksa, Italia, Ranska, Iso-Britannia ja Belgia. Kasvun vuodesta 1995 vuoteen 2010 oletetaan EU-tasolla olevan 4 %. Suuria muutoksia ei oleteta tapahtuvan missään EU-mittakaavan mukaan merkittävässä teräksentuottajamaassa.

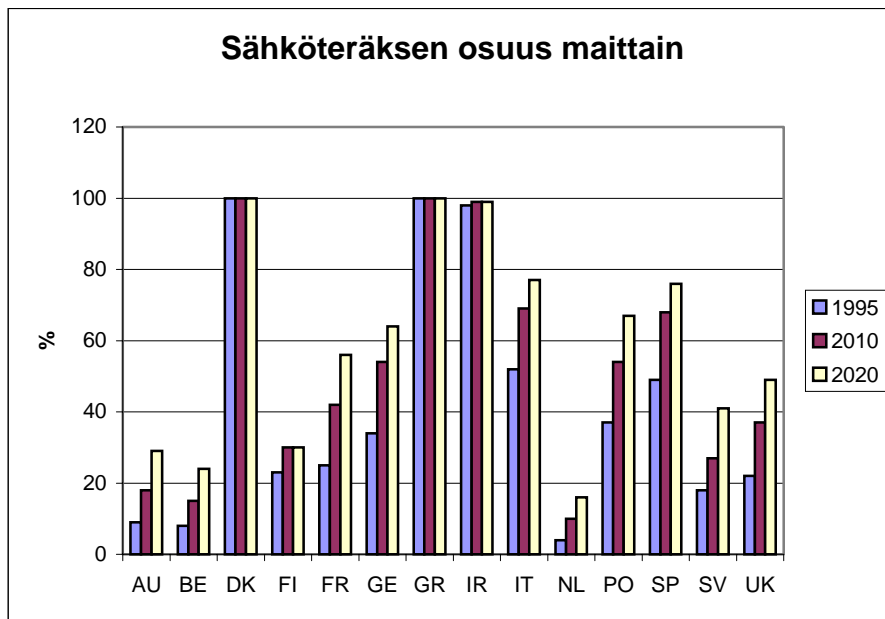
Kuvio 3. Teräksen tuotantoennuste

Silmiin pistävää on Suomen ja Irlannin muita suurempi tuotannon kasvu. Edellisestä kuvasta selviää, että suurikaan suhteellinen kasvu mainituissa maissa ei juurikaan kasvata tuotantoa EU-tasolla.

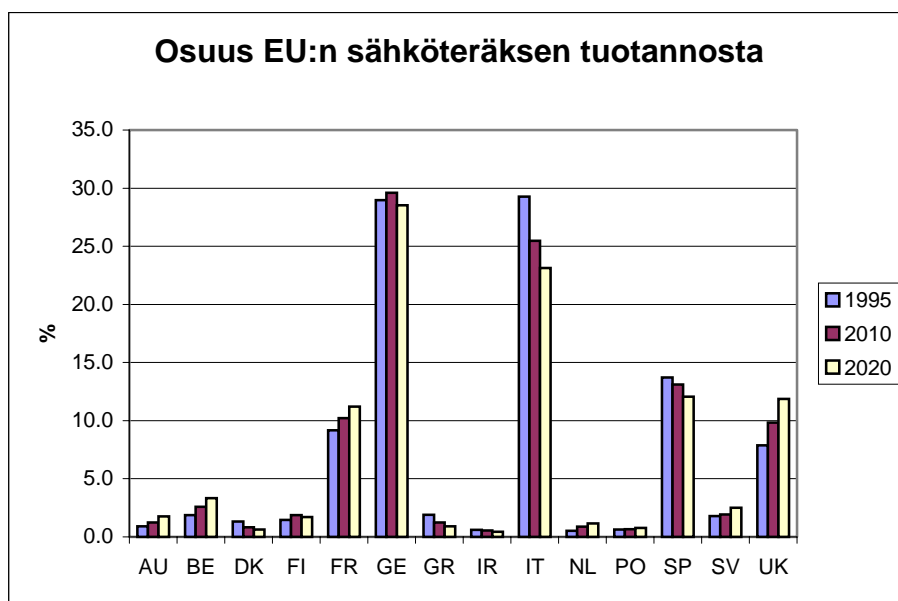
Kuviossa 3 tuotantoennuste on esitetty maittain.

Suomessa kasvaa voimakkaimmin ruostumattoman teräksen tuotanto. Vuoteen 1995 verrattuna se kolminkertaistuu. Sähköteräksen osuus Suomessa nousee lähes kolmannekseen tuotantomäärin laskien. Kuviossa 4 on esitetty sähköteräksen osuuden kehitys kussakin maassa. Kaikissa maissa, joissa sähköteräksen osuus alittaa 100 %, sen osuus on kasvussa.

Kuvio 4. Sähköteräksen osuus tuotannosta



Kuvio 5. Tuottajamaiden osuudet



Kuviossa 5 vertaillaan tuottajamaita EU-tasolla. Välittömästi havaitaan, että suuret terästuottajat Belgiaa lukuun ottamatta ovat suuria myös sähköteräksen tuotannossa.

Energiatehokkuuden oletetaan paranevan vuosien myötä hyvin hitaasti. Tämä on tyypillistä kaikille pääomaintensiivisille teollisuusaloille. Tehokkuus paranee vain suurten uudistusten yhteydessä. Ne tapahtuvat harvakseltaan pääoman pitkän pitoajan vuoksi.

Integroidussa tehtaassa 85 % energiasta käytetään perusprosessointiin. Metallin valu ja tuotteen viimeistely tuovat vain pienen lisän perusprosessoinnin energiankulutukseen. Masuunin energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja on mietitty, mutta niiden käyttöönotto on vasta edessäpäin. Oletukset sähköisen prosessoinnin kasvusta johtavat luonnollisesti alan sähköntarpeen kasvuun ja vastaavasti hiilen kysynnän pienenemiseen.

Taulukossa 2 on esitetty tuotantosuuntausennusteen mukainen energiankäytön muutos. Taulukon perusteella on nähtävissä, että energian kulutus tuotettua teräsmäärää kohti alenee. Taulukossa ei kuitenkaan erotella eri energialaatuja toisistaan, vaan sähkö ja polttoaineet lasketaan yksinkertaisesti yhteen. Kuinka paljon muutos johtuu rakenteellisten tekijöiden vaikutuksesta ja kuinka paljon tehostumisesta, jää arvailujen varaan.

Taulukko 2. Metallien valmistuksen energiankulutus

	Mtoe				% -osuus		
	1995	2010	2020		1995	2010	2020
Prosessi							
masuuni	44.1	35.9	29		83.8	73.9	
sähkö	8.5	12.7	14.3		16.2	26.1	
Energialähde							
hiili	23.6	17.1	13.3		44.9	35.2	
öljy	3.6	3.2	2.7		6.8	6.6	
maakaasu	16.7	17.6	15.9		31.7	36.2	
höyry	0.2	0.2	0.2		0.4	0.4	
sähkö	8.5	10.5	11.2		16.2	21.6	
Yhteensä	52.6	48.6	43.3		100.0	100.0	
	153	159	159				
Ominaiskulutus [toe/t]	0.344	0.306	0.272				

Metallien valmistuksen mahdollisuudet CO₂-päästöjen alentamiseksi ovat rajalliset. Sektorin oletettu kehitys vie kohti kierrätyksen lisääntymistä ja sähköteräksen osuuden kasvua. Siirtymä sähköteräkseen voi tapahtua vain sillä edellytyksellä, että riittävä määrä kierrätettävää romua on saatavilla. Romun saatavuus voi muodostua siirtymän toteutumisen esteeksi. Siirtyminen enenevässä määrin sähkön käyttöön hiilen sijaan vähentää terässektorin hiilidioksidipäästöjä. Kokonaispäästöissä ei välttämättä saavuteta vastaavansuuruista vähennystä – kaikki riippuu siitä, millä keinoin sähköä tuotetaan.

Raudan valmistus masuunissa edellyttää koksen käyttöä pelkistimenä. Ei ole olemassa raudan valmistustapaa, jolla tämä vaihe malmista raudaksi voitaisiin korvata hiilittö-

mällä menetelmällä. Se ei luonnonlakien mukaan ole mahdollista. Kysymys ei ole tekniikan kehittymättömyydestä. Hiilen käyttö voidaan korvata siltä osin, kuin se toimii energian lähteenä. Energiaa tarvitaan pelkistymisprosessin edellytyksenä olevan riittävän kuumuuden tuottamiseen.

Eurooppalaisten masuunien joukossa on vanhoja ja energiankäytössään tehottomia laitoksia. Koska samaan aikaan tuotantokapasiteettia on liikaa, niin luonnollinen tie olisi sulkea huonokuntoisimmat laitokset. Osittain näin käyneeekin. Tämä on toinen varteenotettava tapa sähköteräksen tuotanto-osuuden kasvun ohella päästövähennyksen toteuttamiseen.

Kolmas päästövähennyksen keino on yksinkertaisesti tuottaa vähemmän terästä EU-maissa. Tuotanto voidaan korvata ostamalla teräs Euroopan ulkopuolelta. Tämä olisi hiilivuoto. Sillä tarkoitetaan sitä, että hiilidioksidipäästöjä alentamaan pyrkivistä maista paljon energiaa käyttäviä aloja ja tehtaita siirtyy maihin, joissa rajoituksia ei ole. Näin globaalit päästöt eivät vähenisi, vaikka sopimusmaat täyttävätkin päästövähennysvelvoitteensa. Terässektori on eräs tällainen ala, jolla em. kehityskulun voidaan ajatella tapahtuvan. Erityisesti masuunien voidaan olettaa siirtyvän Euroopan ulkopuolelle sähköterästuotannon pysyessä raaka-ainelähteen ja jatkojalostuskysynnän läheisyydessä.

3.4 Metallien valmistus Suomessa

Suomessa on neljä metalleja valmistavaa yritystä. Vuonna 2000 teräsaihioiden tuotanto oli noin 4 miljoonaa tonnia. Valssaus tuotteita tuotettiin 3,9 milj. tonnia, josta vientiin meni lähes 3 milj. tonnia. Tuonti vastaavana aikana oli 1 milj. tonnia. Tuotannon bruttoarvo vuonna 2000 oli 40 mrd. mk ja jalostusarvo 8 mrd. mk. Viennin arvo oli 21 mrd. mk. Toimialalla on ollut viimeisen 10 vuoden aikana runsaasti omistusräjähtelyjä, mutta tehtaat ja prosessit säilyvät - investoinnit ovat pitkäikäisiä. Tärkeimmät metallien jalostajat vuonna 2000 olivat:

Imatra Steel, jonka Imatran terästehtaan tärkein raaka-aine on romu. Romu sulatetaan valokaariuunissa sähköllä, minkä jälkeen tapahtuu valu ja edelleen valssaus. Tuotteet ovat erikoisterästankoja.

AvestaPolarit, jonka päätuote on ruostumaton teräs. Kemin kromiittiesiintymä löydettiin 1959 ja ferrokromin valmistus aloitettiin 1968. Tornion ferrokromitehtaan ydin on uppokaariuuni, missä tarvittava lämpöenergia saadaan sähköstä ja pelkistimenä on koksi. Terästehtaan pääraaka-aineet ovat ferrokromi ja romu. Ne joko konvertoidaan kromikonvertterissa tai sulatetaan sähköllä valokaariuunissa. Terässula valmistetaan AOD-konvertterissa ja sula valetaan aihioiksi. Aihiot kuuma- ja kylmävalssataan ruostumattomiksi nauhatuotteiksi. Tornion tehtaan kapasiteetti on nyt 650 kt/a ja jo päätetyt investoinnit nostavat sen kapasiteetin kaksinkertaiseksi vuoteen 2003 mennessä. Kaiken kaikkiaan Tornion tehtaan kapasiteetti on nostettavissa arvoon 1650 kt/a.

Outokumpu-konserni on erikoistunut värimetallien valmistukseen. Metallien jalostusta konsernilla on Harjavallassa, Porissa ja Kokkolassa. *Harjavallan* tehtaalla valmistetaan kuparia Outokummun kehittämällä liekkisulatusmenetelmällä. Raaka-aineet

ovat rikaste, hiekka, ilma ja happi. Tuote on anodilevyt jatkojalostukseen Poriin. Rikkihappotehdas on kuparituotannon olennainen ja välttämätön sivutoiminto. Harjavallassa valmistetaan myös nikkeliä. Nikkelirikasteen sulatuksessa käytetään liekkiuunia ja konvertteria kuten kuparirikasteen sulatuksessa. Nikkeli erotetaan rikasteesta jauhatuksen ja liotuksen jälkeen elektrolyyttisesti. *Porissa* toimii kuparituotteita valmistava tehdas. Siellä valmistetaan kuparikatodeja elektrolyyttisesti. Valmistetut kuparikatodit sulatetaan, valetaan, valssataan ja vedetään tai muutoin muokataan levyiksi, nauhoiksi, putkiksi ja langoiksi. Sinkin valmistus alkoi *Kokkolassa* 1969. Pääosin ulkomailta tuotu sinkkirikaste pasutetaan ja liotetaan, minkä jälkeen sinkki erotetaan elektrolyyttisesti. Saadut sinkkiharkot sulatetaan induktiouuneissa ja valetaan.

Rautaruukki-yhtymän *Koverharin* masuuni rakennettiin 1960. Pääraaka-aineet – rautarikaste, koksi ja kalkkikivi – tuodaan tehtaalle meritse. Tehdas tuottaa eri teräslajien valssausaihioita eli teelmiä, jotka jatkojalostetaan (muissa laitoksissa) tangoiksi, langoiksi jne. *Raahessa* raakaraudan valmistus aloitettiin 1964 ja terästehdas käynnistyi 1967. Raahen koksamo tuottaa tehtaan tarvitseman kaksin. Rautamalmirikasteet ja –pelletit tuodaan naapurimaista pitkäaikaisin sopimuksin. Teräsaihiot valssataan levytuotteiksi, joista huomattava osa jatkojalostetaan kylmävalssaamalla, sinkittämällä ja maalaamalla. Myös putket, profiilit ja erilaiset rakentamiseen liittyvät tuotteet kuuluvat yhtiön tuotevalikoimaan.

4 Tutkimuksessa käytetyt mallit

Tässä tutkimuksessa vaikutusarviot perustuvat kahteen laskennalliseen yleisen tasapainon malliin.

Päästökaupan vaihtoehtojen tarkasteluun kansainvälisessä yhteydessä käytetään GTAP-E-mallia. Malli mahdollistaa EU:n ehdottamien päästökaupan vaihtoehtojen tutkimisen ja myös päästökaupan ulkopuolelle jäävien sektoreiden päästörajoitusten toteuttamisen samanaikaisen tarkastelun. GTAP-E-malli ei kuitenkaan mahdollista energijärjestelmän prosessien yksityiskohtaista kuvausta eikä se ole muutenkaan tarpeeksi yksityiskohtaisia kotimaisen politiikan kuvauksen kannalta. Niinpä on perusteltua yhdistää globaalimallein tehty tarkastelu yksityiskohtaisempiin kotimaisiin malleihin ja käyttää globaalimallien tulemia kotimaisen mallin lähtökohtana. Tällaisia lähtökohtia ovat arviot maailmanmarkkinahintojen ja –kysynnän kehityksestä samoin kuin arviot kansainvälisen päästökaupan volyymista ja päästölupien hinnoista erilaisissa päästökaupan vaihtoehdoissa. Näiden tietojen varassa kotimaista tarkastelua voidaan syventää yksityiskohtaisemmalla mallilla.

Päästökaupan kotimaisten toteutusvaihtoehtojen ja vaikutusten tarkasteluun käytetään teknis-taloudellista EV-hybridimallia (Forsström ja Honkatukia 2002), joka yhdistää energiantuotannon ja tärkeimpien teollisuustoimialojen prosessikuvaukset kansantaloudelliseen malliin. Siinä tarkastellaan siis samanaikaisesti sekä teknologiavalintoja että kokonaistaloudellisia riippuvuuksia. Päästökaupan tarkastelussa malli ratkaisee samanaikaisesti arviot päästökaupan ja muiden taloudellisten ohjauskeinojen vaikutuksista niin energiantuotannon teknologiavalintoihin, prosessiteollisuuteen, muuhun teollisuuteen kuin valtiontalouteen ja kuluttajiinkin. Malli on toteutettu siten, että sen tärkeimmät parametrit ovat yhteensopivia GTAP-tietokannan kanssa. Niinpä siinä on helppo ottaa huomioon GTAP-E-mallin tulokset maailmantalouden kehityksestä ja kansainvälisestä päästökaupasta. GTAP-E-malliin verrattuna suurin ero koskee työllisyyden määräytymistä, joka GTAP-E-mallissa oletetaan vakioksi, kun taas EV-mallissa työllisyys määräytyy kilpailullisilla työmarkkinoilla ja voi vaihdella. Malleja kuvataan tarkemmin alla.

4.1 GTAP-E-malli

Global Trade policy Analysis Project (GTAP) mallikehikko koostuu usean alueen tasapainomallista ja mallia varten kehitetystä maailmanlaajuisesta GTAP-tietokannasta. GTAP-tietokanta koostuu viidenkymmenen tuotantosektorin ja neljäkymmenenviiden eri maan tai alueen panos-tuotos aineistosta. Tässä raportissa käytetty tietokanta perustuu vuoden 1995 panos-tuotos tilastoihin. Mallissa eri maiden väliset yhteydet muodostuvat bilateraalisten kauppayhteyksien kautta.

GTAP-malli kehitettiin alunperin maailmankaupan esteiden vaikutusten analysointiin, erityisesti maataloustuotteiden osalta. GTAP-malli ja siihen liittyvä maailmanlaajuisen GTAP-tietokanta on viimeisen kahden vuosikymmenen aikana kehittynyt laajalti käytetyksi ja hyvin dokumentoiduksi analyysikehikoksi. Mallin esittely löytyy internetistä osoitteesta <http://www.agecon.purdue.edu/gtap/>.

GTAP-malli on usean alueen numeerisesti ratkaistava yleisen tasapainon malli, joka soveltuu erityisen hyvin toisaalta talouksien rakenteeseen ja toisaalta alueiden väliin

kauppavirtoihin vaikuttavien politiikkavaihtoehtojen analysointiin. Mallin tasapainoratkaisussa kaikki markkinat ovat tasapainossa (kysyntä ja tarjonta ovat yhtä suuria). Kysyntä johdetaan edustavan kuluttajan hyödyn maksimointiehdoista (loppukysyntä) ja yritysten voitonmaksimointiehdoista (välituote- ja tuotantopanosten kysyntä).

Jokaiseen maahan oletetaan alueellinen kuluttaja joka kerää kaikki taloudessa generoidut tulot. Tämä alueellinen kuluttaja jakaa tulot (vakiobudjetti osuuksin) kolmeen eri kohteeseen: yksityiseen kulutukseen, julkiseen kulutukseen sekä säästöihin. Kuluttaja myy tuotannontekijöitä yrityksille, ja saa vastineeksi tuotannontekijätuloja. Julkiset tulot koostuvat yksityisille asetetuista tuloveroista, arvonlisäveroista sekä tuonti- ja/tai vientiveroista. Alueellisen kuluttajan tulot koostuvat tuotannontekijätulojen ja julkisen sektorin tulojen summasta. Alueellisen kuluttajan oletus mahdollistaa aluekohtaisen hyvinvointivertailun eri politiikkavaihtoehtojen välillä.

Mallissa on kaksi globaalia sektoria: globaali pankki sekä globaali huolintasektori. Globaali pankki kerää eri alueiden säästöt ja jakaa nämä siten, että tuotot tasaantuvat alueiden välillä. Globaali huolintaliike kuvaa kansainvälisen kaupan liittyvien vaakuutus ym. kulujen tuomaa arvonlisäystä, joka kattaa *cif* ja *fob* vienti ja tuontihintojen eron.

Jokaista tuotantosektoria vastaa yksi homogeeninen tuote. Tuotannossa yhdistetään viittä tuotannontekijää: kahdenlaisia luonnonvaroja, koulutettua sekä kouluttamatonta työvoimaa sekä pääomahyödykettä. Lisäksi tuotantosektorit käyttävät toistensa tuotteita välituotteina. Alla oletetaan, että työvoima ja luonnonvarat eivät liiku alueiden välillä kun taas pääoma oletetaan yli alueiden liikkuvaksi tuotannontekijäksi. Tuontihyödykkeet oletetaan epätäydellisiksi substituuteiksi kotimaisten vastaavien hyödykkeiden kanssa.

GTAP-mallin perusversiossa kaikki energiapanokset sisältyvät välituotekäyttöön eikä fossiilisten polttoaineiden aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä oteta huomioon. GTAP-mallista on kuitenkin kehitetty versio, jossa myös energian käytön ja muun talouden vuorovaikutus on huomioitu (Truong 1999). Tässä ns. GTAP-E mallissa energiapanos koostuu eri polttoainetyypeistä, joita voidaan tuotannossa substituoida keskenään (Liite 1). GTAP-E mallissa päästöt syntyvät hiilen, öljyn ja liikennepolttoaineiden käytöstä tuotannossa tai loppukulutuksessa.

Mallilla voidaan simuloida päästömarkkinoiden tuottama CO₂-päästöluvan hinta ratkaisemalla hiilidioksidiverotaso, joka tasaa päästövähennysten rajakustannukset valitun alueen sisällä siten, että alueen päästörajoitusta ei ylitetä. Päästörajoitusten käsittely muistuttaa siis jossain määrin säästöjen käsittelyä, ja tästä syystä mallilla on vaikea mitata päästöjen kansainvälisen alkujaon (taakanjaon) mahdollisesti aiheuttamia tulonjakovaikutuksia – malli pyrkii liioittelemaan kaupan etuja. Tätä projektia varten GTAP-E mallia kehitettiin edelleen mahdollistamaan myös toimialakohtaisen päästökaupan analyysi. Toimialakohtaisissa päästökauppaskenaarioissa määritellään päästökauppaa käyvien toimialojen päästövähennystarve valitun kauppa-alueen sisällä.

GTAP-tietokanta aggregoitiin tätä tutkimusta varten 11 alueen ja 13 toimialan tasolle. Taulukko 3 esittää toimialat sekä alueet. Pohjoismaista Suomi, Ruotsi ja Tanska ovat omina alueina. Norja sisältyy Efta-alueeseen.

Taulukko 3. GTAP-E-mallin toimialajako ja aluejako

Toimiala	Alue
4	Suomi (FIN)
Öljy (OIL)	Ruotsi (SWE)
Kaasu (GAS)	Tanska (DEN)
Bensiini (P_C)	Itä-Eurooppa (EEA)
Sähkö (ELY)	USA (USA)
Puunjalostus (WOOD)	Japani (JPN)
Liikenne (T_T)	Efta (EFT)
Metalli (I_S)	IVY (FSU)
Kemia (CRP)	Muu-EU (REU)
Tehdasteollisuus (OMN)	Muu-Annex (RAN)
Maatalous (AGR)	Muu-maailma (ROW)
Palvelu (SER)	
Asuminen (DWL)	

4.2 EV-malli

Teknis-taloudellisen EV-mallin suurin innovaatio on energia- ja teollisuussektoreiden prosessikohtaisen tarkastelun yhdistäminen kansantaloudelliseen tasapainomalliin. Mallissa tarkastellaan siis samanaikaisesti sekä teknologiavalintoja että kokonaistaloudellisia riippuvuuksia. Taloudelliset mallithan eivät yleensä määrittele tuotantoprosesseja yksityiskohtaisesti. Sen sijaan teknisten ratkaisujen joukkoja kuvataan tuotantofunktiolla, joissa määritellään tuotantopanokset, joita kunkin toimialan tuotannossa tarvitaan. Lisäksi määritellään, kuinka helppoa on vaihtaa panoksia keskenään hintasuhteiden muuttuessa. Tätä lähestymistapaa kutsutaan usein ylhäältä-alas (top-down) -lähestymistavaksi. Toimialan malleja on tällä tavalla helppo muotoilla, mutta tulosten tulkinta on vaikeampaa: muuttuneista panossuhteista ei voi päätellä, millä teknologialla ratkaisuksi saatu panosjoukko jalostuu tuotteiksi. Esimerkiksi GTAP-E-malli kärsii tästä ongelmasta. Tämä vähentää tulosten käyttökelpoisuutta ja uskottavuutta. Jos informaatiota "todellisesta" tekniikasta on olemassa, tasapainomalliin pohjautuvan energiapolitiikan analyysin luotettavuutta voidaan lisätä kuvaamalla teknologioita alhaalta-ylös (bottom-up) -lähestymistavan mukaisesti, jollaista Suomessa on käytetty esimerkiksi tunnetussa EFOM-mallissa. Mallia, joka sisältää piirteitä molemmista lähestymistavoista voidaan kutsua vaikkapa hybridimalliksi. Tämän lähestymistavan etu standardilähestymistapaan verrattuna on mahdollisuus kuvata teknologian muuttuminen tulevaisuuden nimettyinä tekniikkakuvauksina epäsuorien, parametrien arvoja asettamalla aikaansaatavien funktiokuvauksien sijaan.

Nykyversiossaan malli sisältää prosessikohtaisen kuvauksen Suomessa käytössä olevista sähkön ja lämmön tuotantotavoista, metsäteollisuuden prosesseista, kemian teollisuudesta ja öljyn jalostuksesta sekä metallien valmistuksen prosesseista. Mallissa energia joko tuotetaan toimialalla polttoaineista tai se hankitaan ostamalla sähköä tai kaukolämpöä. Teollisuuden oma sähkön- ja lämmöntuotanto perustuu sekä prosessien suureen lämmöntarpeeseen että tuotannossa syntyvien tähdeainesten hyödyntämisestä energiantuotannossa. Nämä sivuainevirrat huomioidaan mallissa.

Mallin energiasektori muodostuu erillisestä sähkön tuotannosta sekä kaukolämmön ja kaukolämpövoiman tuotannosta. Tuotanto jaetaan tuotantotavan ja polttoaineen mukaan prosesseihin, jotta siirtymät polttoaineesta toiseen ja tuotantoteknologioiden erot hyötysuhteissa ja päästöjen määrissä voidaan huomioida. Erillisen sähköntuotannon ja yhdyskuntien yhteistuotannon kukin tuotantomuoto mallitetaan, EFOM-tyyppisellä lineaarisella teknologiakuvauksella. Lyhyen aikavälin analyysissä kullakin tuotantotavalla on erityisen pääoman eli tuotantokapasiteetin yläraja, mikä estää edullisimman tuotantomuodon yksinomaisen käytön. Mallissa on myös mahdollista, että jotkin tuotantomuodot suljetaan kokonaan. Tällaisia tilanteita perinteisissä kansantalousmalleissa ei kyetä tarkastelemaan.

EV-mallin tuotantotapojen käsittely mahdollistaa Suomen energiantuotannolle keskeisen yhteistuotannon tarkastelun. Käytännössä yhteistuotantolaitosten lämpö määrää prosessien toimintatason. Sähköä tuotetaan lämmön määrään verrannollisesti. Teollisuuden yhteistuotanto kuvataan kullekin toimialalle erikseen, jotta toimialalle tyypillinen polttoainejakauma säilyy. Sähkön ja lämmön yhteistuotannon kuvausta sovelletaan kaikilla niillä toimialoilla, joilla yhteistuotantoa on.

Mekaaninen metsäteollisuus jakautuu EV-mallissa kahteen perustoimialaan: Sahoihin ja levyteollisuuteen. Sahojen ja levyteollisuuden jäämiä käytetään sekä massan valmistukseen että polttoaineena teollisuuden yhteistuotannossa. *Kemiallinen metsäteollisuus, eli massan ja paperin tuotanto*, jaetaan mallissa kuudeksi "tuotelinjaksi". Ne ovat sanomalehtipaperi, puupitoinen aikakauslehtipaperi, hienopaperi, kartonki, muut paperit ja markkinasellu. Jako tehdään, jotta paperinvalmistuksen tuoterakenteen vaikutus toimialan energiankäyttöön ja päästöihin voidaan selvittää.

Kemian teollisuus jakautuu sekin useampiin prosesseihin. *Öljynjalostus* tuottaa lukuisan joukon polttoaineita. Karkean luokituksen mukaan tuotteita ovat dieselöljy ja kevyt polttoöljy, jotka muodostavat tuotannosta hieman yli 40 %, benssiinit ja muut kevytöljyt lähes 40 % osuudella ja raskaat polttoöljyt muodostavat loput noin 18 %. Tämän lisäksi kemian teollisuuteen kuuluu peruskemian teollisuutta ja kemiallisia ja kumituotteita tuottavia toimialoja.

Perusmetalliteollisuuden osalta malli erottaa *masuuniteräksen, sähköteräksen, ruostumattoman teräksen ja muiden metallien* valmistusprosessit toisistaan. Päästökaupan kannalta masuuniteräksen valmistus on metallien valmistuksen haavoittuvin toimiala, koska sen tuotantoprosessit tuottavat merkittävän määrän pelkistyskaasujen päästöjä. Muutkin metallien valmistuksen toimialat ovat kuitenkin energiantensiivisiä ja siksi energian hintakehityksestä ja saatavuudesta riippuvaisia.

Mallissa kuvataan tuotevariaatiota samaan tapaan kuin GTAP-perheen malleissakin. Tietyn toimialan tuotteen kotimainen ja ulkomainen versio ovat erilaisia; ne voivat korvata toisiaan vain osittain. Tämä korvattavuus vaihtelee välituotetta käyttävän sektorin mukaan. Suurin osa vientikysynnän ja kotimaisen kysynnän joustoista on valittu GTAP-tietokannassa esitetyistä estimaateista, josta on se etu, että tulokset ovat vertailukelpoisia GTAP-tietokantaan pohjautuvien mallien kanssa.

Kuluttajien toimintaa kuvataan mallissa edustavan kotitalouden avulla. Malli on kuitenkin suoraviivaisesti laajennettavissa ottamaan tulonjakovaikutukset huomioon.

Kotitalouden hyötyfunktion parametrit ovat vapaa-ajan ja kulutuskysynnän osalta erityisesti Suomelle estimoituja, kun taas kulutuskorin sisällä noudatetaan GTAP-tietokannan estimaatteja.

Kotitalouden tulonlähteet ovat työtulot, pääomatulot (kotitaloudet omistavat kaiken pääoman – paitsi ulkomaalaisten omistuksessa olevan osan) ja tulonsiirrot. Tuloilla katetaan investointimenot ja julkisen sektorin keräämät verot. Loppuosan tuloistaan kuluttaja käyttää kulutushyödykkeisiin. Tasapainotilanteen investoinnit määräytyvät toimialakohtaisten kulumiskertoimien mukaisina.

Taulukko 4. Toimialajako EV-mallissa

ISIC-tunnus	Toimiala
ISIC10	Maa- metsä- ja kalatalous pl. metsätalous
ISIC12	Metsätalous
ISIC20	Kaivannaistoiminta pl. muu kaivannaistoiminta
ISIC29	Muu kaivannaistoiminta
ISIC31	Elintarviketeollisuus
ISIC32	Tekstiili- ja vaatetusteollisuus
ISIC33	Huonekalu- ja puutavateollisuus
ISIC342	Graafinen teollisuus
ISIC3411	Sanomalehtipaperi
ISIC3412	aikakauslehtipaperi
ISIC3413	hienopaperi
ISIC3414	Muut paperit
ISIC3415	Kartonki
ISIC3416	Markkinasellu
ISIC353	Öljytuotteiden jalostus
ISIC351-4	Muu kemian teollisuus
ISIC361-2	Mineraalien jalostus
ISIC37	Metallien jalostus
ISIC3711	Masuuniteräksen valmistus
ISIC3712	Sähköteräs
ISIC3713	Ruostumaton teräs
ISIC372	Ei-rautametallit
ISIC381	Kone- ja metallituoteteollisuus
ISIC383	Sähkötekninen teollisuus
ISIC384	Kulkuneuvoteollisuus
ISIC39	Muu teollisuus
ISIC41	Sähkön tuotanto ja jakelu (jakuu 18 prosessiin)
ISIC42	Lämmön tuotanto ja jakelu (jakuu 18 prosessiin)
ISIC43	Vedenpuhdistus ja -jakelu
ISIC51	Talonrakentamus
ISIC52	Maa- ja vesirakentaminen
ISIC61	Kauppa
ISIC63	Hotelli- ja ravintola-ala
ISIC7111	Rautatiekuljetukset
ISIC7119	Muu maaliikenne
ISIC7120	Vesiliikenne
ISIC7130	Lentoliikenne
ISIC72	Posti- ja telepalvelut
ISIC81	Rahoitus
ISIC83	Kiinteistöjen hallinta ja kiinteistöjen palvelut

EV-mallissa ei tarkastella julkisen sektorin tavoitteita. Tästä syystä oletetaan, että julkisen hyödykkeen tuotanto tapahtuu kiintein panossuhtein. Julkinen sektori vaikuttaa kuitenkin kotitalouksien hyvinvointiin aiheuttamansa verorasituksen kautta. Rasitus aiheutuu verotuksesta sinänsä mutta myös verotuksen rakenteesta. Päästökauppa ja päästöverot vaikuttavat tätä kautta kotitalouksiin sikäli kuin ne muuttavat julkisen sektorin rahoitusasemaa.

Maksutaseelle asetetaan tasapainovaatimus: vientituloin on kyettävä tasapainossa kattamaan sekä tuonnin arvo että ulkomaisen velan korkomenot. Ulkomaisen velan määrälle voidaan asettaa erilaisia tavoitteita tai sen voidaan antaa määräytyä mallista. Koska vienti määräytyy mallissa Armington-oletuksen mukaisesti, muusta maailmasta joudutaan mallissa tästä syystä tekemään joitakin oletuksia. Sekä maailmanmarkkinahintojen että toimialakohtaisen maailmanmarkkinakysynnän kasvu joudutaan ottamaan annettuina, samoin valuuttakurssin kehitys. Tässä hankkeessa nämä muuttujat määräytyvät GTAP-E-mallista, samoin kuin päästölupien hinta kansainvälisillä päästömarkkinoilla. Näiden tietojen varassa muu kehitys riippuu ainoastaan kotimaisista tekijöistä.

EV-malli laajentaa GTAP-E-mallin toimialakuvausta olennaisesti ja mahdollistaa huomattavan yksityiskohtaisen päästökaupan ja päästöverotuksen vaikutusten analyysin. Malli käsittää teollisuuden ja palvelujen tuotantotoimialoja 50. Energiantuotannon ja teollisuuden prosesseja on tämän lisäksi kuvattu 30. Tällaisella tarkkuudella on mahdollista tarkastella varsin spesifejä teknologian muutoksia.

5 Päästökaupan kustannukset Annex 1 –maissa

Tässä luvussa esitellään GTAP-E-mallilla tehtyjen päästökaupan globaalien kustannuslaskelmien tulokset. Luvun aluksi esitellään tarkastellut vaihtoehdot. Toisessa osassa esitellään itse tulokset ja viimeisessä esitetään johtopäätökset.

5.1 Päästökaupan vaihtoehdot

Päästökauppaa kuvataan GTAP-E-mallissa siten, että päästökauppa-alueelle (esimerkiksi EU) annetaan vähennystavoite, joka sitoo alueen kokonaispäästöjen kehityksen tavoitetasolle uudessa tasapainoratkaisussa. Päästöluvan hintaa kuvaa verotaso, jolla tavoitetasoon päästään ja joka tasaa päästövähennysten rajakustannukset päästökauppa-alueiden (tai toimialojen) välillä. Päästöluvan hinta noudattaa kysynnän ja tarjonnan lakia kuten mikä tahansa markkinahinta. Kun päästökauppa-aluetta laajennetaan esimerkiksi hyvin alhaisten vähennyskustannusten maita koskevaksi, jotka todennäköisesti myyvät päästölupia, on seurauksena tasapainohinnan lasku. Jos kauppa on toimialakohtaista, rajakustannukset tasoittuvat päästökauppa-alueen sisällä vain niillä toimialoilla, jotka ovat päästökaupan piirissä. Jos päästökauppaa taas ei käydä lainkaan, asetetaan päästövähennystavoite kullekin maalle erikseen. Tällöin päästövähennysten rajakustannukset eroavat maiden välillä ja päästöverojen taso eri maissa on todennäköisesti korkeampi kuin vaihtoehdossa, jossa päästökauppa sallitaan.

Teoreettisesti on siis selvää, että mahdollisimman useita maita ja toimialoja käsittävä kauppa on edullisin tapa saavuttaa Kioton tavoitteet koko Annex 1:n kannalta. Yksittäisten maiden ja toimialojen kohdalta näin ei kuitenkaan välttämättä ole.

Päästökaupan eri vaihtoehdot, joita tässä raportissa on käsitelty, on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Kauppavaihtoehdot

Vaihtoehto	Kauppan piirissä olevat toimialat	Päästökauppa	Päästötavoite
Suomi yksin	-	Ei sallittu	Suomi yksin
EU ei kauppa	-	Ei sallittu	EU-maat erikseen
EU kauppa	Kaikki	Sallittu	EU
EU sektori	Vihreä Kirja	Sallittu	EU yksin
EU sektori + Nordpool	Vihreä Kirja	Sallittu	EU yksin
EU+EEA sektori	Vihreä Kirja	Sallittu	EU+EEA*
Annex 1-USA	Kaikki	Sallittu	Annex 1 ilman USA:a
Annex 1	Kaikki	Sallittu	Annex 1

* EEA=Bulgaria, Tsekki, Unkari, Puola, Romania, Slovakia, Slovenia

Vaihtoehdossa ”Suomi yksin” Suomi toteuttaisi Kioton sopimuksen mukaisen päästöjen vähennyksen muista maista riippumatta. Tämä on luonnollisesti Suomen kannalta kaikkein kallein vaihtoehto ja sellaisenaan teoreettinen, mutta toimii vertailukohtana mallin antamille arvioille. Vaihtoehto ”EU ilman päästökauppaa” toimii samantapaisesti vertailukohtana päästökaupan tuomille eduille koko EU:ssa, kun taas EU-vaihtoehto, jossa kaikki toimialat olisivat mukana päästökaupassa, on vertailu-

kohta Vihreän kirjan mukaisen, vain joitakin toimialoja koskevan kaupan kustannuksille. Teoreettista ihannevaihtoehtoa Kioton sopimuksen toteuttamiselle kuvaavat laskelmissa Annex 1-vaihtoehdot, jotka on arvioitu sekä ilman Yhdysvaltoja että olettaen Yhdysvaltojenkin liittyvän ilmastopöytäkirjaan.

Näiden perusvaihtoehtojen lisäksi tarkasteltiin energiamarkkinoiden yhdyntymisen ja EU:n itälaajenemisen vaikutusta Vihreän kirjan mukaiselle päästökaupalle. Nordpool-vaihtoehdossa Suomen, Norjan, Ruotsin ja Tanskan välisten sähkömarkkinoiden yhdyntyminen on otettu huomioon olettamalla sähkön kaupan näiden maiden välillä olevan helpompaa kuin niiden ja muun Euroopan välillä. EU+EEA-vaihtoehdossa EU:n oletetaan laajentuvan uusilla jäsenmailla laajentuneen.

Lähtökohtana toimialakohtaisen päästökaupan mallintamiselle on ollut Vihreän kirjan mukainen toimialajako, jota GTAP-4 tietokannassa vastaa taulukon 6 mukaiset toimialat.

Taulukko 6. GTAP-mallin sektorit EU:n Vihreän Kirjan implementaatiassa

Toimiala	Sektorit GTAP-mallissa	Osuus EU:n CO ₂ -päästöistä, % vuonna 1997
Sähkön ja lämmön tuotanto	Electricity	29,9
Raudan ja teräksen tuotanto	Ferrous metals	5,4
Öljynjalostus	Petroleum, coal products	3,6
Rakennusmateriaalit ja sementti	Construction	2,7
Paperin ja massan tuotanto	Wood products & WOOD Paper products, publishing	1,0
Yhteensä		42,6

5.2 GTAP-laskelmien tulokset

5.2.1 Päästöluvan hinta

Päästöluvan hinta kuvaa päästökauppa-alueen sisällä toteutunutta päästövähennyksen rajakustannusta, joka tasapainossa on sama kaikille päästökaupan osapuolille. Päästöluvan hinnat eri kauppavaihtoehdoissa on raportoitu taulukossa 6.

Päästöluvan hinta Annex 1 ilman USA:ta kauppavaihtoehdossa on 2.1 USD per CO₂ tonni. Annex 1 vaihtoehdossa päästöluvan hinta nousee 2.6 USD:iin, mikä heijastaa USA:n asemaa päästölupien netto-ostajana (lupien kysyntä kasvaa ja hinta nousee). Saatu päästöluvan hintataso Annex1 ilman USA:ta vaihtoehdossa (2.1 USD) on suhteellisen alhainen, mutta sopuoinnussa GTAP-E mallilla tehtyjen laskelmien kanssa, joissa päästöluvan hinnan tason riippuvuutta analysoitiin eri päästövähennystasojilla, Truong (2001). Tämän luvun yhteenvedossa esitetään tuloksien lisävertailua muihin samaa tietokantaa hyödyntäviin tutkimuksiin.

Toimialakohtainen päästökauppa laajennetussa EU:ssa (Itä-Euroopan maat + EU, EU+EEA sektori) antaa päästöluvan hinnaksi 7.97 USD per CO₂ tonni. Jos toimiala-

kohtaista päästölupakauppaa käydään pelkästään EU:n sisällä (EU sektori) nousee päästöluvan hinta tasolle 10.37 USD. Hinnan muutos selittyy sillä, että EEA mailla on EU maita selvästi alhaisempi päästövähennyksen rajakustannus ja nämä toimivat netto-myyjinä päästölupakaupassa.

EU:n sisäisessä toimialakauppavaihtoehdossa, jossa oletetaan pohjoismaiden sähkömarkkinoiden integraatio (EU sektori + Nordpool) päästöluvan hinta alenee 6.44 USD tasolle, mikä on lähellä kaikki toimialat käsittävän alueellisen päästökaupan hintatasoa EU:n sisällä (EU kauppa, 6.4 USD). Nordpool-vaihtoehto kuvaa sähkömarkkinoiden integraatiota ja tehokkaampaa yhteispohjoismaisen sähkön tuotantokapasiteetin käyttöä. Käytännössä CO₂ päästöjen vähennys mahdollistuu normaalivesivuosina Norjan ja Ruotsin vesivoiman lisääntyneen tarjontana.

EU ei-kauppaa -vaihtoehdossa oletetaan, että kukin EU-maa toimii itsenäisesti CO₂-päästöjen vähentämisessä ilman päästökauppaa. EU-sektori -vaihtoehdossa kauppa käyvät EU:n toimialat (neljä toimialaa) ja Suomi yksin -vaihtoehdossa Suomi toimii itsenäisesti ainoana päästöjen vähentäjänä. Kauppa-alueen laajentaminen näkyy päästöluvan hinnan alenemisena, mikä heijastaa laajentamisen myötä lisääntyneitä mahdollisuuksia kustannusten tasaamiseen kauppa-alueen sisällä – lisääntyneitä kustannustehokkuutta siis.

Taulukko 7. Päästöluvan hinta (USD per CO₂ tonni)

	Annex1 Ilman USA	EU ei kauppaa	EU kauppa	EU sektori + Nordpool	EU+EEA sektori	Suomi yksin	EU sektori	Annex 1
FIN	2.1	0.0	6.4	6.44	7.97	16.19	10.37	2.6
SWE	2.1	0.0	6.4	6.44	7.97	0.0	10.37	2.6
DEN	2.1	0.0	6.4	6.44	7.97	0.0	10.37	2.6
EEA	2.1	0.0	0.0	0	7.97	0.0	0	2.6
USA	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0	2.6
JPN	2.1	0.0	0.0	0	0	0.0	0	2.6
EFT	2.1	0.0	0.0	0	0	0.0	0	2.6
FSU	2.1	0.0	0.0	0	0	0.0	0	2.6
REU	2.1	0.0	6.4	6.44	7.97	0.0	10.37	2.6
RAN	2.1	0.0	0.0	0	0	0.0	0	2.6
ROW	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0	0.0

5.2.2 Päästöjen vähennystarpeet

Laskelmat tuottavat arvion päästöjen vähentämistarpeesta eri maissa päästökaupan eri vaihtoehdoissa. Maakohtaiset päästövähennykset eri vaihtoehdoissa vaihtelevat suuresti. Tämä heijastaa toisaalta eroja päästökauppamekanismeissa ja toisaalta eroja maiden välisissä päästövähennysten rajakustannuksissa. Ääritapauksina ovat Suomi yksin -vaihtoehto, jossa päästövähennystarve on 22 prosenttia ja toisaalta Annex1 ilman USA:ta -vaihtoehto, jossa Suomen päästövähennystarve on enää 3.6 prosenttia. Laaja päästökauppa, jossa päästölupien hinta olisi alhainen vähentäisi siis tarvetta päästöjen kotimaiseen rajoittamiseen. Huomattavaa kuitenkin on, että koko kauppa-alueella päästöjä rajoitetaan Kioton tavoitteiden mukaisesti, kaupan ansiosta se vain tapahtuu siellä, missä kustannukset ovat pienimmät, mikä laskee vähentämiskustan-

nuksia koko kauppa-alueella selvästi. Periaatteessa kustannukset laskevat myös yksittäisissä maissa, jotka voivat päästökaupan avulla kohdentaa velvoitteensa mukaiset vähennykset kustannuksiltaan tehokkaimpiin kohteisiin joko omalla alueellaan tai muissa maissa.

Mallin avulla lasketut päästöjen vähennystarpeet voidaan tulkita ja on joissakin yhteisissä tulkittukin ”optimaalisiksi” vähennystavoitteiksi eri maille. Esimerkiksi Vihreän kirjan mukainen päästökauppa tuottaa Suomen vähennystavoitteeksi taulukossa 8 16.3 prosenttia BAU-tasoon nähden. Tällaiseen taakanjakoon on kuitenkin tehtävä joitakin varauksia. Vihreän kirjan mukainen päästökauppa tasaa nimittäin kustannukset vain kaupan piiriin kuuluvien toimialojen välillä, ei kaikkien talouden toimialojen välillä, jota optimaalisuus vaatisi.

Kaikki toimialat käsittävän kaupan tapauksessa Suomen vähennystarve olisi laskelmien mukaan vain 11.4 prosenttia perusuran tasosta. Koska myös muiden maiden vähennystarpeet poikkeavat tässä vaihtoehdossa vain Vihreän kirjan toimialat käsittävästä vaihtoehdosta, on selvää, toimialakohtainen kauppa ei ole optimaalinen tapa saavuttaa EU:n päästöjen rajoitustavoitteita. On myös selvää, että vain EU:n käsittävä kauppa ei ole optimaalinen tapa toteuttaa Kioton tavoitteita. Laajemmassa päästökaupassa esimerkiksi Annex 1 maiden välinen päästökauppa (Annex 1) antaa Suomen tavoitetasoksi 4.1 prosenttia ja Ruotsin 2.2 prosenttia.

Tulokset viittaavat myös siihen, että EU:n taakanjako ei ole kustannustehokas. EU:n sisäisessä taakanjaossa Suomen tavoitetasoksi päätettiin 1990 vuoden päästötaso, joka taulukon 8 perusteella saavutettaisiin ilman päästökauppaa 22.4 prosentin vähennyksellä. Ruotsin taakanjaon mukainen tavoite oli rajoittaa päästöjen kasvu 4 prosenttiin 1990 tasoon nähden kun taas Tanska joutuu vähentämään päästöjään 21 prosenttia 1990 tasosta vuoteen 2010 mennessä. Suomen osalta on arvioitu, että päästötavoite on kovempi kuin muiden EU-maiden (Blok et al 1997), ja GTAP-mallilla saadut tulokset viittaavat siihen, että näin todella on.

Taulukko 8. Päästöjen % muutos

	BAU: CO2 tasot	Annex1 Ilman USA	EU ei kauppaa	EU Kauppa	EU sektori Nordpool	EU+EEA sektori	Suomi yksin	EU sektori	Annex1
FIN	69.43	-3.6	-18.8	-11.4	-9.91	-13.25	-22.4	-16.28	-4.1
SWE	78.20	-2.2	-14.0	-6.5	16.32	-7.58	0.014	-9.58	-2.2
DEN	74.26	-3.9	-39.2	-11.4	-75.33	-13.32	0.026	-16.65	-4.3
EEA	834.47	-10.3	0.7	0.9	0.59	-27.82	0.033	1.27	-12.3
USA	5845.48	0.2	0.2	0.3	0.34	0.35	0.01	0.36	-12.7
JPN	1365.14	-6.1	0.2	0.3	0.23	0.34	0.008	0.36	-7.1
EFT	99.37	-5.9	0.2	0.1	1.74	0.25	0.008	0.12	-6.4
FSU	2477.13	-37.4	0.5	0.5	1.12	1.07	0.22	0.68	-40.0
REU	3618.02	-6.3	-9.1	-14.1	1.38	-15.81	0.016	-18.37	-7.3
RAN	358.49	-5.7	0.3	0.4	0.47	0.47	0.007	0.49	-6.7

Suomen osalta Pohjoismaiden sähkömarkkinoiden vapautuminen kilpailulle ja integroituminen (vaihtoehto EU sektori Nordpool) näkyy myös vähentyneenä päästövähennystarpeena (9.9 prosenttia vs. 16.3 prosenttia). Vähennystarve sähkömarkkina-

vaihtoehdossa on itse asiassa alhaisempi kuin vapaassa päästökaupassa (kaikki toimialat) EU kaupan piirissä (EU kauppaa vaihtoehto), jossa Suomen päästövähennys on 11.4 prosenttia.

5.2.3 Hyvinvointivaikutukset

Hyvinvointivaikutuksia eri vaihtoehtoisissa on mitattu ekvivalentilla variaatiolla, joka kertoo sen tulojen muutoksen, joka alueelliselle kotitaloudelle olisi maksettava, jotta se siirtyisi lähtökohtatilanteesta uuteen tilanteeseen. Mitä pienemmän arvon ekvivalentti variaatio saa, sitä suurempi on muutos huonompaan hyvinvoinnin kannalta (miljoonissa Yhdesvaltain dollareissa mitattuna). Taulukosta 9 nähdään, että Suomen kannalta huonoin vaihtoehto on Suomi yksin vaihtoehto (-445). Toimialakohtainen päästökauppa EU:n sisällä on puolestaan huonompi vaihtoehto kuin vapaa päästökauppa. Mielenkiintoista kyllä, sähkömarkkinavaihtoehdossa Suomi ja Ruotsi ovat hyvinvoinnin kannalta paremmassa asemassa kuin vapaassa EU:n sisäisessä päästökauppavaihtoehdossa (EU kauppaa).

Taulukko 9. Muutos hyvinvoinnissa (MUSD 95)

	Annex1 Ilman USA	EU ei kauppaa	EU kauppaa	EU sektori Nordpool	EU+EEA sektori	Suomi yksin	EU sektori	Annex 1
FIN	-40	-245	-135	-84.62	-159.0	-445.0	-229.4	-30
SWE	-51	33	-248	181.45	-295.9	-6.5	-401.9	-19
DEN	-106	-2300	-393	-1752.62	-468.6	-4.1	-630.1	-98
EEA	-193	70	94	-50.33	-1576.0	5.7	149.2	-221
USA	117	143	235	-175.22	379.1	-3.5	431.1	-1660
JPN	-258	647	845	431.27	1261.6	-1.9	1306.2	109
EFT	-262	22	-127	1300.06	-114.6	-14.4	-175.9	-359
FSU	-790	-91	-127	124.22	-162.0	-21.6	-169.6	-1039
REU	-2028	-6259	-12813	-8911.08	-15471.6	138.4	21413.1	12
RAN	-272	-25	-26	-89.39	-24.8	-0.5	-20.6	-365
ROW	-220	74	45	-63.1	171.8	-9.5	80.6	-654

5.2.4 Toimialakohtaiset vaikutukset Suomessa

Tässä osassa tarkastellaan eri päästökauppavaihtoehtojen toimialakohtaisia vaikutuksia Suomen osalta. Merkittävin CO₂-päästöjen lähde on sähkön tuotanto, jonka päästöt olivat 25 miljoonaa tonnia BAU-vaihtoehdossa. Kun päästökauppaa käyvät EU:n vihreän kirjan mukaiset toimialat (EU sektori) on päästövähennystarve 18 prosenttia sähkösektorilla. Tämä vähentyisi n. 14 prosenttiin jos kauppa-alueetta laajennetaan Itä-Euroopan mailla (EEA).

Suurin päästövähennystavoite kotimaisiin toimialoihin kohdistuu Suomi yksin -vaihtoehdossa, jossa mm. metalliteollisuus joutuu vähentämään päästöjään 45.73 prosenttia BAU-tasoon nähden. Vastaava päästövähennystarve on vain noin 10 prosenttia Annex1-vaihtoehdossa.

Taulukoissa 10 ja 11 sarakkeessa BAU on raportoitu toimialakohtaiset CO₂-päästötasot. Taulukossa 11 raportoidaan päästövähennysprosentti ja uusi päästötaso erikseen EU- ja EU+EEA-sektori vaihtoehtojen osalta.

Taulukko 10. Päästötasojen %-muutos Suomessa toimialoittain

	BAU	Annex1 Ilman USA	EU ei kauppaa	EU kauppa	EU sektori + Nordpool	EU+EEA sektori	Suomi yksin	EU sektori	Annex1
Sähkö*	25.41	-4.9	-29.5	-17.1	-20.01	-14.92	-32.83	-18.43	-5.8
Puunjalostus*	3.47	-3.9	-24.9	-13.8	-6.36	-6.76	-28.27	-8.58	-4.7
Liikenne	8.81	-0.9	-6.6	-3.1			-7.84		-1.0
Metalli*	5.09	-10.8	-41.6	-27.7	-13.37	-12.16	-45.73	-14.51	-12.4
Kemia*	4.49	-2.4	-14.6	-7.6	-4.88	-5.32	-17.09	-6.8	-2.9
Tehdasteollisuus	4.4	-3.1	-18.2	-10.1			-20.68		-3.6
Maatalous	1.5	-3.3	-4.9	-4.0			-5.13		-3.4
Palvelu	3.0	-1.4	-10.3	-5.2			-12.24		-1.5
Asuminen	0.0001	-44.7	-56.8	-49.8			-58.94		-45.5
Päästötaso yhteensä	40.4	38.4				37.3		35.8	

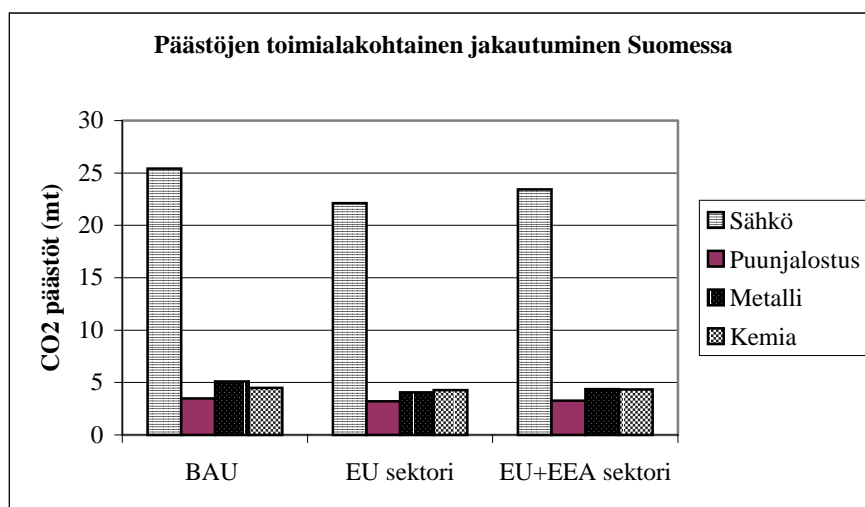
* osallistuvat päästökauppaan

BAU-skenaarioissa kahdeksan päästökauppaa käyvän toimialan yhteenlaskettu CO₂-päästötaso Suomessa on noin 40 miljoonaa tonnia. EU:n sisäisen toimialakohtaisen päästökaupan jälkeen näiden toimialojen yhteenlaskettu päästötaso on 35 miljoonaa tonnia.

Taulukko 11. Päästökaupan piirin kuuluvien toimialojen päästöt Suomessa

		BAU	EU sektori	EU+EEA sektori
Sähkö	ELY	25.41	22.12	23.43
Puunjalostus	WOOD	3.47	3.20	3.27
Liikenne	T_T			
Metalli	I_S	5.09	4.08	4.35
Kemia	CRP	4.49	4.27	4.34
Tehdasteollisuus	OMN			
Maatalous	AGR			
Palvelu	SER			
Asuminen	DWL			
Yhteensä		40.39	35.76	37.29

Päästövähennysten jakautumista kauppaa käyvien toimialojen välillä EU ja Itä-Euroopan mailla (EEA) laajennetun EU:n toimialakauppavaihtoehtoissa on kuvattu seuraavassa kuviossa 6.

Kuvio 6. Päästöjen jakautuminen kaupan piirissä olevilla toimialoilla

Kuviosta nähdään, että EU päästökaupan laajeneminen Itä-Euroopan mailla vähentää metallien valmistuksen päästövähennystaakkaa suhteellisesti enemmän kuin esimerkiksi puunjalostus- tai kemianteollisuuden osalta.

Toimialojen tuotannon muutokset eri vaihtoehdoissa on esitetty taulukossa 12. Yleisesti voidaan olettaa, että päästörajoituksilla on tuotannon kasvua vähentävä vaikutus, näin erityisesti energia-intensiivisillä toimialoilla. Lisääväthän päästövero- tai päästölupa-maksut tuotantokustannuksia. Yksittäisen toimialan tai yrityksen osalta on kuitenkin merkittävämpää kuinka paljon *suhteelliset* kustannukset kilpailijoihin nähden muuttuvat.

Taulukko 12. Toimialojen tuotannon muutokset Suomessa

	Annex 1 Ilman USA	EU ei kauppaa	EU kauppa	EU sektori Nordpool	EU+EEA sektori	Suomi yksin	EU sektori	Annex 1
Sähkö	-0.35	-3.70	-1.79	-2.73	-2.08	-3.98	-2.72	-0.40
Puunjalostus	-0.17	-0.63	-0.41	-0.26	-0.52	-0.56	-0.64	-0.20
Liikenne	-0.03	-0.23	-0.10	0.1	-0.12	-0.26	-0.16	-0.02
Metalli	0.25	-3.48	-0.80	-0.81	-0.54	-5.68	-1.11	0.31
Kemia	-0.12	-1.46	-0.52	-0.51	-0.59	-1.98	-0.83	-0.11
Tehdasteollisuus	-0.02	0.64	0.17	-0.04	0.17	0.87	0.28	-0.07
Maatalous	-0.10	0.16	-0.05	-0.02	-0.11	0.33	-0.06	-0.17
Palvelu	-0.11	-0.93	-0.38	0	-0.43	-1.2	-0.6	-0.09
Asuminen	0.07	0.41	0.22	0.11	0.26	0.47	0.33	0.10

Annex1 ja Annex1 ilman USA:ta -vaihtoehdoissa Suomen, Ruotsin ja Tanskan metallisektoreiden tuotanto kasvaa hieman BAU-tasoon nähden. Tämä tulos selittyy sillä, että laajassa päästökaupassa myös kilpailijamaiden metalliteollisuus osallistuu päästöjen rajoittamiseen. Suomen, Ruotsin ja Tanskan metalliteollisuudelle päästökauppa aiheuttaa muihin maihin nähden suhteellisesti pienemmän kustannustason nousun. Niinpä esimerkiksi Suomen vientihintaindeksi nousee suhteellisesti vähemmän kuin metalliteollisuuden tuotteiden maailmanmarkkinahinta. Kun maailmanmarkkinahinta

kasvaa Annex -kauppavaihtoehdossa 0.49 prosenttia kasvaa Suomen vastaava hintaindeksi vain 0.42 prosenttia. Tämä selittää osaltaan viennin kasvukehitystä Annex -vaihtoehdossa. Eniten näyttivät kasvavan IVY-maihin ja Itä-Eurooppaan kohdistuva vienti. Lisäksi myös kotimainen myynti kasvaa hiukan (0.25 prosenttia).

Taulukossa 13 on esitetty Metallisektorin viennin muutos eri vaihtoehdoissa.

Taulukko 13. Metallisektorin viennin % muutos: Annex kauppa

	FIN	SWE	DEN	EEA	USA	JPN	EFT	FSU	REU	RAN	ROW
FIN	0.7	0.2	0.2	1.9	-0.7	-0.7	-0.1	0.9	0.3	0.3	-0.5
SWE	0.8	0.3	0.3	1.9	-0.6	-0.6	0.0	0.9	0.4	0.4	-0.4
DEN	1.2	0.7	0.7	2.3	-0.2	-0.2	0.3	1.3	0.8	0.8	-0.1
EEA	-2.9	-3.3	-3.3	-1.8	-4.2	-4.2	-3.7	-2.7	-3.2	-3.2	-4.0
USA	2.1	1.6	1.6	3.3	0.7	0.7	1.3	2.3	1.7	1.7	0.9
JPN	0.9	0.4	0.4	2.0	-0.5	-0.5	0.1	1.0	0.5	0.5	-0.3
EFT	1.4	0.9	0.9	2.5	0.0	0.0	0.6	1.5	1.0	1.0	0.2
FSU	-2.7	-3.2	-3.1	-1.6	-4.0	-4.0	-3.5	-2.5	-3.1	-3.0	-3.9
REU	0.4	-0.2	-0.1	1.5	-1.0	-1.0	-0.5	0.5	-0.1	0.0	-0.9
RAN	-1.0	-1.5	-1.5	0.1	-2.4	-2.4	-1.8	-0.9	-1.4	-1.4	-2.2
ROW	2.1	1.6	1.6	3.2	0.7	0.7	1.3	2.2	1.7	1.7	0.8

5.3 Johtopäätöksiä GTAP-E-laskelmien tuloksista

GTAP-E-mallilla tehdyistä laskelmista voidaan tehdä eräitä suhteellisen yksiselitteisiä johtopäätöksiä. Tärkein näistä on se, että päästökauppa on sitä hyödyllisempää, mitä laajempaa se on. EU:n Vihreän kirjan mukainen päästökauppa ei tästä syystä ole tehokkain tapa toteuttaa kansainvälistä päästökauppaa. Se ei tasaa päästöjen vähentämisen rajakustannuksia edes EU:n sisällä. Esimerkiksi Suomen päästöjen vähennystarve jäisi Vihreän kirjan mukaisen kaupan tasoa alemmaksi kaikki toimialat kattavassa päästökaupassa, vaikka se koskisi vain EU:ta.

Toisaalta GTAP-E-malli kuvaa talouden hyvin karkeasti ja sen, kuten muidenkin mallien, tulokset riippuvat voimakkaasti perusurasta tehdyistä oletuksista. Tällaisille malleilla on tyypillistä, että niistä saadaan annetulla perusuralla ja päästötavoitteella varsin alhaisia kustannuksia päästötavoitteiden toteuttamiselle. Jos käsitys perusuran kehityksestä taas perustetaan malleihin, ne yleensä ”ennustavat” hyvin suurta polttoainekäytön kasvua ja johtavat tästä syystä korkeisiin kustannusarvioihinkin. Niinpä on syytä korostaa tulosten kvalitatiivista analyysiä. Tässä raportissa ratkaistut päästökauppavaihtoehdot indikoivat, että päästökaupalla voidaan saavuttaa merkittäviäkin kustannussäästöjä. Mutta esimerkiksi päästölupien hintatasosta esiintyy kirjallisuudessa huomattavasti korkeampiakin arvioita.

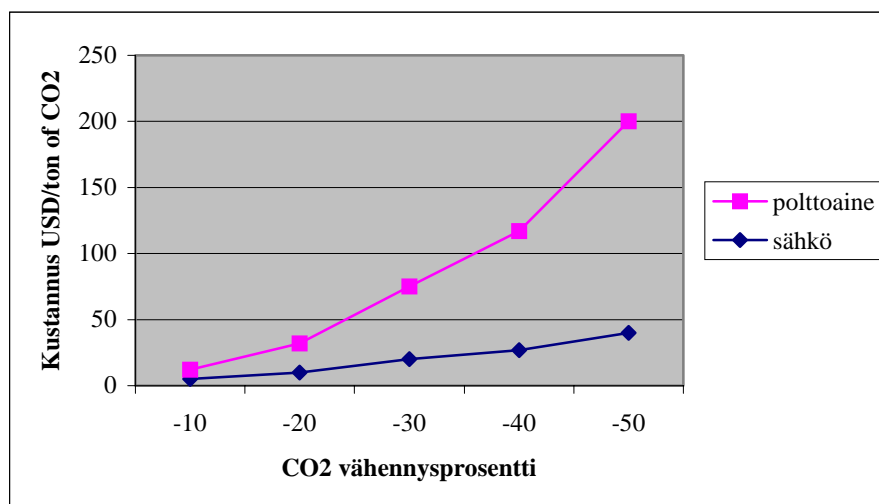
Bernstein et al. (1999) hyödynsivät samaa GTAP-tietokantaa kuin tässä raportissa. Heidän mukaansa teollistuneet ja öljyntuottajamaat joutuvat kantamaan ylimääräisiä kustannuksia päästöjen rajoittamisesta ilman päästökauppaa. Globaalissa päästökaupassa päästöluvan hinnaksi tulisi 8 USD per CO2 tonni, kun taas Annex1-kaupassa päästöluvan hinnaksi tulisi 20 USD. Heidän käyttämänsä malli erosi GTAP-E-mallista, mutta tärkeämpi selitys korkeammalle päästöluvan hinnalle on eri BAU-

skenaario, jossa päästöjen rajoitustarve on huomattavasti tässä tutkimuksessa käytettyjä EU:n arvioita suurempi. Kvalitatiivisesti tarkasteltuna eivät Bernstein et al. (1999) tulokset kuitenkaan ole ristiriidassa tämän raportin tulosten kanssa: mitä laajempaa päästökauppa on sitä suurempi päästökaupasta saatu positiivinen hyvinvointivaikutus.

Myös EU on teettänyt arvioita päästökaupan vaikutuksista. Capros ja Mantzos (2000) esittävät eri päästökauppavaihtoja EU:n sisällä bottom-up-tyyppisen PRIMES-mallin avulla. Ilman päästökauppaa päästöjen rajoittaminen johti noin 9 miljardin Euron kokonaiskustannukseen, kun taas vapaa päästökauppa EU:n sisällä laski kustannukset noin 6 miljardiin Euroon. Toimialakohtaisen päästökaupan osalta kustannustaso päästövähennyksistä oli 6-7 miljardin Euron tasolla – riippuen mitkä sektorit osallistuivat kauppaan. Vihreän kirjan mukainen päästökauppa johti päästölupahintaan noin 30 euroa CO₂ tonnilta. PRIMES-malli ei ole yleisen tasapainon malli – se ei sisällä tietoa kokonaistaloudellisista vuorovaikutuksista - eivätkä sen tulokset siksi ole täysin vertailukelpoisia tämän tutkimuksen yleisen tasapainon mallien tulosten kanssa. Osa tulosten eroista selittyykin mallien erilaisella rakenteella. Kvalitatiivisesti PRIMES-mallin tulokset ovat kuitenkin samansuuntaisia GTAP-E-laskelmien tulosten kanssa.

Tärkein selitys eri tasapainomallien antamien tulosten eroihin lienee perusuran valinnassa. GTAP-E-mallissa, kuten samantyyppisissä taloudellisissa malleissa yleensäkin, kustannusten riippuvuus perusurasta korostuu. GTAP-E -mallin kehittäjä T. Truong on analysoinut mallin tulosten herkkyyttä päästöjen rajoitusvaatimuksen suhteen eri päästövähennystavoitetasoilla. Kuviossa 7 on esitetty kahden toimialan, sähkön ja polttoaineiden, päästövähennyksiin liittyviä rajakustannuksia eri päästövähennystasoilla perusuraan verrattuna.

Kuvio 7. Polttoaineiden ja sähkön tuotannon rajakustannukset GTAP-E-mallissa



Kuten kuviosta 7 käy ilmi, päästövähennyksen rajakustannus on GTAP-E-mallissa hyvin matala sekä sähkö- että polttoainetoimialoilla, kun päästövähennys on alle 20 prosenttia. Polttoaineissa päästöjen rajakustannus nousee selvästi jyrkemmin kuin sähköllä, kun päästövähennystavoitetta kasvatetaan yli 20 prosentin. Tämä kustannuskehitys heijastaa jossain määrin energian ja muiden tuotantopanosten suurta korvaa-

vuotta GTAP-E-mallissa. Samanlainen piirre on kuitenkin tyypillinen lähes kaikille puhtaasti taloudellisille tasapainomalleille, joista monet lisäksi hyödyntävät GTAP-tietokannan aineistoa. Nouseva rajakustannus päästövähennyksen suhteen on GTAP-E-mallin perusteella tyypillinen kaikille toimialoille ja kaikille Annex 1-maille. Maiden välillä on kuitenkin selviä tasoeroja. Annex1 -maista EU-mailla on korkeimmat rajakustannukset, kun taas IVY-mailla on selvästi alhaisimmat rajakustannukset. Tässä tutkimuksessa saatuja suhteellisen matalia päästölupien hintatasoja selittävät siis ennen kaikkea EU:n energiajärjestelmän ja talouskehityksen skenaarioiden mukaiset suhteellisen pienet vähennystarpeet BAU-skenaarioon nähden.

6 Päästökaupan vaikutukset Suomessa

Tässä luvussa tarkastellaan päästökaupan vaikutuksia Suomessa. Laskelmissa oletetaan, että päästökauppa tulisi täydentämään kansallista ilmastostrategiaa. Niinpä laskelmien tulokset ovat suoraan vertailukelpoisia ilmastostrategian taustalaskelmien kanssa (Forsström ja Honkatukia 2001). Luvun aluksi selostetaan lyhyesti ilmastostrategian mukaiset toimet, jotka oletetaan toteutettaviksi.

6.1 Toimenpiteet päästöjen rajoittamiseksi

Ilmastostrategiassa yhdistetään Energiansäästöohjelma ja Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma joukkoon muita toimenpiteitä ja ohjauskeinoja, jotka yhdessä muodostavat taustalaskelmissa arvioidut strategiavaihtoehdot. Energiansäästöohjelma ja Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma ovat muuttumaton osa kaikkia vaihtoehtoja tässäkin tutkimuksessa.

Energiansäästöohjelma käsittää toimenpiteitä talouden kaikilla osa-alueilla. Liikenteessä lisäsäästöjä perusuraan verrattuna saataisiin aikaan vero-ohjauksella, jolla pyrittäisiin sitomaan ajoneuvovero normikulutukseen. Raskaassa liikenteessä myös energiansäästösopimuksin pyritään laskemaan polttoainekulutusta ja päästöjä. Asumisen energiankulutukseen ohjelmassa vaikutetaan kiristämällä uusien ja peruskorjattavien rakennusten lämpötalousvaatimuksia, ja sähkönkulutusta voidaan laskea myös asettamalla kireämpiä vaatimuksia kotitalouskoneille. Rakennuskannan hitaasta uusiutumisesta huolimatta kaavailtu 30 % kiristys lämpötalousvaatimukseen laskisi jo vuonna 2010 asumisen energiankulutusta selvästi. Palvelusektoreilla energiansäästösopimukset muodostaisivat tärkeän osan käytetyistä ohjauskeinoista, ja tiukemmat laitevaatimukset olisivat juuri näillä toimialoilla arvioiden mukaan erityisen tehokkaita.

Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmalla pyritään lisäämään erityisesti biopolttoaineiden ja tuulivoiman käyttöä. Näille tuotantomuodoille kohdistetaan ohjelmassa sekä investointi- että verotukia, jotka oletetaan tämän tutkimuksen laskelmissa toteutettavan ohjelmien mukaisessa laajuudessa. Etenkin tuulivoiman lisärakentamiselle sekä verotukien että tuotantotukien on arvioitu olevan merkittäviä, koska tuulivoiman kustannukset ovat toistaiseksi selvästi muita tuotantomuotoja suurempia. Biopolttoaineiden ja tuulivoiman tuki on sähköveron suuruinen. Tuulivoiman saama tuki on kuitenkin huomattavampi, koska tuulivoiman tuki lasketaan kalliimman sähköverokannan mukaan, kun taas biopolttoaineiden osalta tuki noudattaa alempaa verokantaa. Kaiken kaikkiaan puun käytön tavoitteeksi asetetaan ohjelmassa 75 % kasvu sähkön ja lämmön yhteistuotannossa ja 15 % kasvu lämmön erillistuotannossa vuoteen 2010 mennessä. Tuulivoiman tuotannon osalta tavoite on lähes 300 % kasvu vuodesta 2000 vuoteen 2010 mennessä.

Ilmastostrategian mukaisesti tässäkin tutkimuksessa oletetaan lisäksi, että energiansäästöohjelmaan ja uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmaan yhdistettäisiin sekä sähkön että lämmön tuotantoon suoraan vaikuttavia ratkaisuja. Nämä ratkaisut korvaisivat tai syrjäyttäisivät hiililauhdetuotantoa maakaasuun tai ydinvoimaan perustuvalla tuotannolla. Vaihtoehdot ovat:

1. Maakaasuvaihtoehto, jossa oletetaan, että kivihiilen käyttö kielletään lauhde-tuotannossa sekä sähkön ja lämmön yhteistuotannossa maakaasualueella ja korvataan maakaasulla.
2. Ydinvoimavaihtoehto, jossa oletetaan, että Suomeen rakennettaisiin lisää ydinvoimakapasiteettia, teholtaan 1300 MW. Muille tuotantomuodoille ei aseteta suoria rajoituksia.

Energiaveroilla on ilmastostrategiassa tärkeä ohjaava tehtävä. Ilmastostrategian kustannusarvioiden lähtökohta oli se, että veroja korotetaan siinä määrin kuin olisi tarpeellista päästötavoitteen saavuttamiseksi. Käsillä olevassa tutkimuksessa keskitytään energiaverotuksen perusvaihtoehtoon, jossa energiaverojen korotus koskisi periaatteessa kaikkia nykyverotuksen piirissä olevia energianlähteitä. Päästökauppa vaatisi kuitenkin luultavasti sähkön verotuksen muuttamista, toisihan se sähköntuotannon polttoaineet taloudellisen ohjauksen piiriin. Tästä syystä energiaverojen korotuksen oletetaan tämän tutkimuksen laskelmissa koskevan vain niitä toimialoja, jotka eivät osallistu päästökauppaan. Näiden toimialojen osalta oletetaan kaikissa vaihtoehdoissa sähköveroa ja hiilidioksidiveroa korotettavan yhtä paljon. Nykyistä verotasoa ei laskelmissa oleteta kuitenkaan voitavan alittaa. Päästökaupan piiriin kuuluvilla toimialoilla sähköveron nykytaso säilyy voimassa, mutta polttoaineveron sijaan ohjaava vaikutus tulee päästöluvan hinnasta. Verokertymän palautusvaihtoehtojen merkitystä ei tässä tarkastella, vaan verotuotto oletetaan palautettavaksi tuloverojen kautta kuten ilmastostrategian peruslaskelmissakin.

Päästökaupan vaihtoehdoista tarkastellaan tutkimuksessa kahta. Kaupan oletetaan molemmissa koskevan vain Vihreän kirjan mainitsemia toimialoja, mutta toimialoille yhteisesti annettua päästörajoitteen tiukkuutta vaihdellaan. Koko maahan sovelletaan Kioton pöytäkirjan mukaista 21 prosentin vähennystavoitetta. Päästökaupan vaihtoehdot ovat:

1. Vähennystarve on päästökaupan pariin kuuluvilla toimialoilla yhteensä 22 % vuoden 2010 päästöistä GTAP-laskelmien mukaisena Suomen vähennystarpeena (Ilmastostrategiassa vähennystarpeen arvioitiin jäävän noin 1-2 prosenttiyksikköä pienemmäksi). Tämä vaihtoehto vastaa siis ”juustohöylää”, jossa kaikille toimialoille asetetaan maan keskimääräinen vähennystarve.
2. Vähennykseksi asetetaan päästökauppaa käyvillä toimialoilla yhteensä 16 %, joka on GTAP-laskelmien mukainen ”optimaalinen” vähennysmäärä Suomelle Vihreän kirjan mukaisessa päästökaupassa. GTAP-E-laskelmien mukaan päästökaupan piiriin kuuluvien toimialojen vähennystarve olisi tällöin itse asiassa alempi, mutta EV-mallilla tehdyissä laskelmissa on pitäyditty ilmastostrategian mukaisessa kokonaispäästötavoitteesta. Päästökaupan avulla osa siitä on kuitenkin mahdollista toteuttaa tuomalla päästölupia muista EU-maista.

Päästöluvan hinta riippuu GTAP-laskelmien mukaan selvästi kaupan laajuudesta. Lupa-hinnoiksi EV-laskelmissa oletetaan:

1. 20 mk hiilidioksiditonnilta, joka on GTAP-E-laskelmien arvio lupahinnasta Annex 1-maiden päästökaupassa ilman Yhdysvaltojen osallistumista
2. 40 mk, joka on GTAP-E-laskelmien arvio lupahinnasta EU:n ja uudet jäsenmaat käsittävässä päästökaupassa

3. 60 mk, joka on GTAP-E-laskelmien arvio lupahinnasta Vihreän kirjan mukaisessa päästökaupassa
4. 120 mk, joka on EU:n esittämä yläraja kustannustehokkaille vähennyksille EU:ssa

Viimeinen vaihtoehto on mielenkiintoinen myös siksi, että se on korkeampi kuin Suomen nykyinen hiilidioksidivero ja asettuu lähelle tasoa, jonka ilmastostrategian taustalaskelmissa arvioitiin heijastavan suomalaisia rajakustannuksia kattavan hiilidioksidiveron tapauksessa, jopa hieman yli sen. Tällä päästöluvan hinnalla kaupankäynnin kannattavuus olisi siis Suomen kannalta jo kyseenalaista.

Päästöoikeuksien alkujako tutkitaan kahta vaihtoehtoa:

1. Alkujako toteutetaan huutokaupan avulla, jossa kaikki päästökaupan piiriin osallistuvat yritykset joutuisivat maksamaan jokaisesta käyttämästään päästoyksiköstä täyden markkinahinnan. Tässä vaihtoehdossa valtiolle kertyisi huutokaupasta tuloja, jotka oletetaan palautettavaksi kuluttajille tuloverotuksen kautta.
2. Alkujako toteutetaan perintömenettelynä, jossa valittu määrä päästöoikeuksia annetaan kullekin päästökaupan piiriin kuuluvalla toimialalla korvauksetta. Vihreän kirjan mukainen alkujako olisi käytännössä ulotettava yritystasolle, mutta tämän huomioimista käytettävissä oleva aineisto ei mahdollista.

Molemmissa vaihtoehdoissa päästökaupan piiriin tulevat päästöt lasketaan toimialojen perusuran mukaisten päästöjen perusteella.

Eri vaihtoehdot on nimetty ilmastostrategian vaihtoehtojen mukaan. Vertailun vuoksi esitetään myös ilmastostrategian perusvaihtoehtojen tulokset. Energiansäästöohjelman ja uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman sekä kaikkien energiaverojen korotuksen maakaasu-lauhdevoimaan ja maakaasulla tapahtuvaan sähkön ja lämmön yhteistuotantoon perustuvaa skenaariota kutsuttiin ilmastostrategiassa KIO1*-vaihtoehdoksi. Energiaohjelmat ja energiaverojen korottamisen ydinvoiman lisärakentamiseen yhdistävää vaihtoehtoa kutsuttiin puolestaan KIO2*-vaihtoehdoksi. Päästökaupan tiukempaa rajoitetta yhdistettynä huutokauppaan perustuvaan alkujakoon kutsutaan jatkossa TRADE-vaihtoehdoksi, tiukempaa päästörajoitetta yhdistettynä perintömenettelyyn puolestaan TRADE2-vaihtoehdoksi. TRADE3-vaihtoehdoissa oletetaan löyhempi päästötavoite kauppaa käyville toimialoille yhdistettynä perintömenettelyyn. Strategiavaihtoehdot on koottu taulukkoon 14.

Taulukko 14. Strategiavaihtoehdot

	Energiaverojen korotus	Päästökauppa	Sähkön-hankinta-vaihtoehto	Päästötavoite kaupan piirissä % perusrasta
KIO1*	Tarvittava	Ei sallittu	Maakaasu	-
KIO2*	Tarvittava	Ei sallittu	Ydinvoima	-
KIO1-TRADE	Kaupan ulkopuoliset toimialat	Vihreä kirja, huutokauppa	Maakaasu	-22%
KIO2-TRADE	Kaupan ulkopuoliset toimialat	Vihreä kirja, huutokauppa	Ydinvoima	-22%
KIO1-TRADE2	Kaupan ulkopuoliset toimialat	Vihreä kirja, perintömenettely	Maakaasu	-22%
KIO2-TRADE2	Kaupan ulkopuoliset toimialat	Vihreä kirja, perintömenettely	Ydinvoima	-22%
KIO1-TRADE3	Kaupan ulkopuoliset toimialat	Vihreä kirja, perintömenettely	Maakaasu	-16%
KIO2-TRADE3	Kaupan ulkopuoliset toimialat	Vihreä kirja, perintömenettely	Ydinvoima	-16%

6.2 Suorat kustannukset

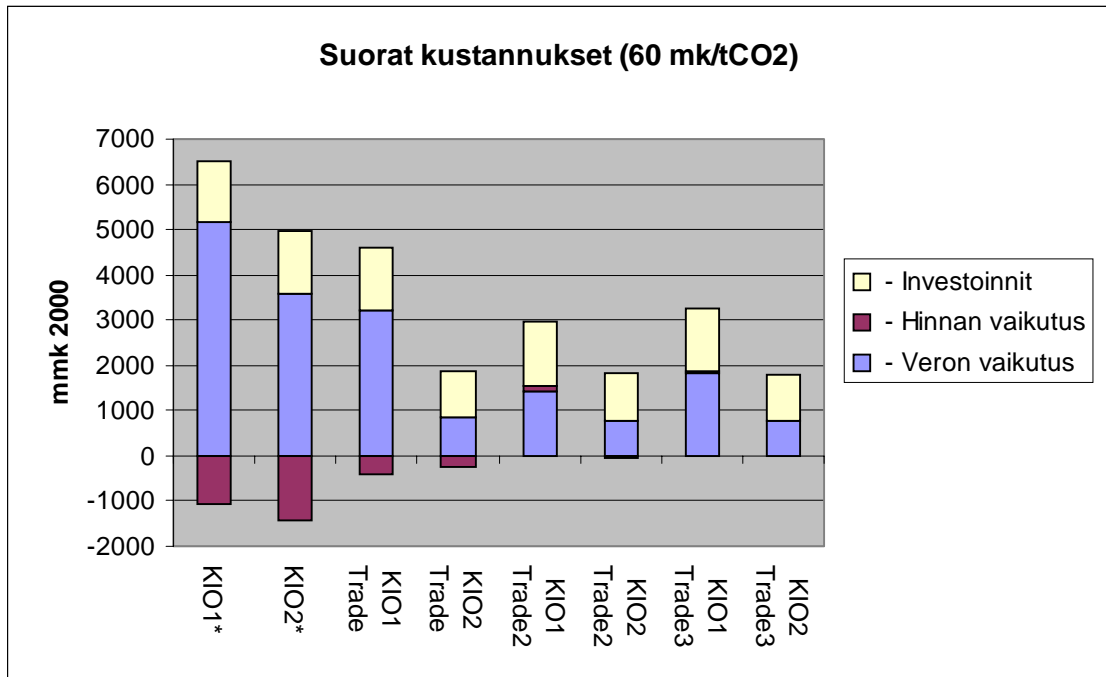
Päästöjen rajoittamisesta aiheutuu suoraan kustannuksia sekä kotitalouksille että yritystoiminnalle. Näitä kustannuksia on ilmastostrategian taustalaskelmissa kuvattu toisaalta energiaverokertymän ja toisaalta energiaohjelmien ja uuden tuotantokapasiteetin vaatimien investointien avulla. Kansantaloudelliselta kannalta kustannusten mitaaminen esimerkiksi kulutuksen tai kansantuotteen muutosten avulla on perustellumpaa ja kuvaa ilmastopolitiikan lopullista nettovaikutusta paremmin kuin yksittäiset kustannuserät, mutta nämä erät voivat kuitenkin valottaa päästöjen rajoittamisen välitöntä vaikutusta.

Taulukkoon 15 on koottu energiaverojen korotusprosentti päästökaupan ulkopuolelle jäävillä toimialoilla. Energiaverojen korotuksen suuruus määräytyy päästöjen rajoittamistarpeen mukaan. Tarvittavaan korotukseen vaikuttaa ratkaisevasti se, mihin sähkön-hankinta perustuu. Ydinvoimavaihtoehdossa korotustarve jää kaikissa päästökaupan vaihtoehdoissa alemmaksi kuin maakaasuvaihtoehdoissa. Päästökauppaa käyvien toimialojen osalta kaupan ohjaavuus riippuu päästöluvan hinnasta. Jos hinta jää alhaiseksi, päästörajoitteissa pyritään pysymään kaupan avulla mieluummin kuin toteuttamalla kalliita kotimaisia toimia. Tällöin kustannusten nousu jää pienemmäksi kuin kotimaisin toimin. Koska kotimaisten hyödykkeiden ja energian hinnat vaikuttavat niiden kotimaiseen kysyntään, on päästökaupalla väistämättä vaikutuksia myös verojen korotustarpeeseen kaupan ulkopuolisilla toimialoilla. Jos sähkön ja kotimaisten tai kotimaassa jalostettujen polttoaineiden hinta nousee vähän, on kotimaista verotusta muilla toimialoilla korotettava enemmän, jotta ne pysyisivät päästötavoitteessaan. Se, toteutetaanko päästöoikeuksien alkujako puolestaan huutokaupan vai perintömenettelyn avulla, vaikuttaa puolestaan ratkaisevasti kauppaa käyvien toimialojen kokonaiskustannuksiin ja sitä kautta lämmön ja sähkön tuotantotapoihin ja kotimaiseen hintaan. Päästöjen vähentämisen rajakustannuksiin alkujakoilla sen sijaan ei teoriassa ole vaikutusta.

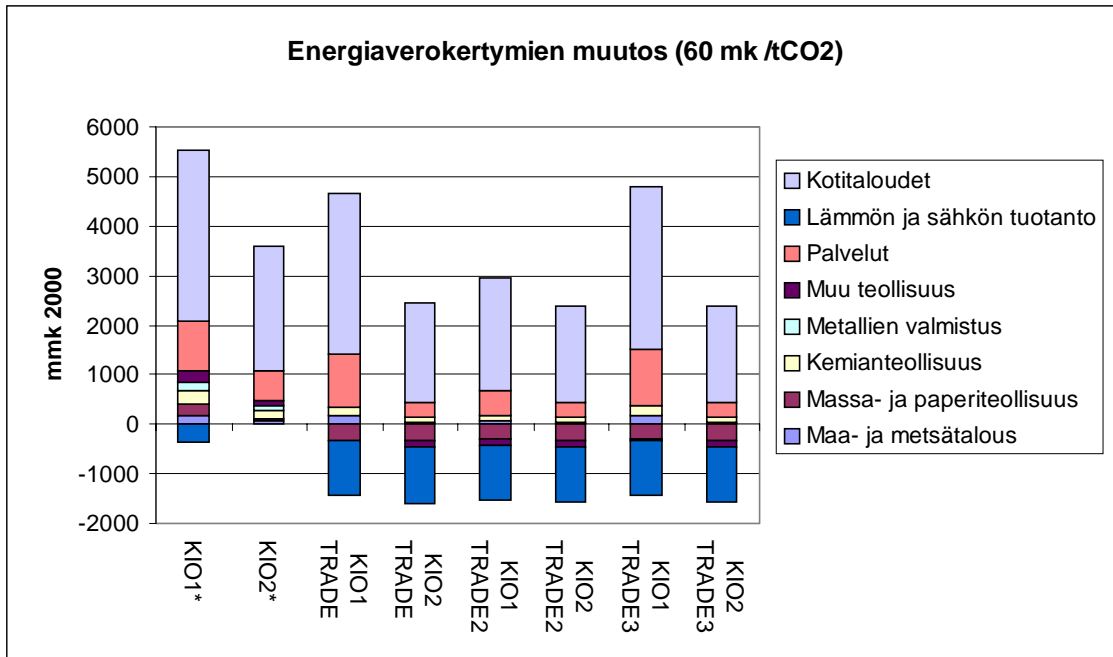
Taulukko 15. Energiaverojen korotusprosentti päästökaupan ulkopuolisilla toimialoilla

Verojen, energiaohjelmien mukaisten investointien ja energian hinnanmuutosten vaikutuksia koko talouden tasolla tätä vaikutusta kuvaa kuvio 8. Kuviossa esitetään energiaohjelmien mukaiset investoinnit, energiaverojen kertymän muutos ja energian hinnanmuutoksista aiheutuva energialaskun muutos koko kansantaloudessa siinä tapauksessa, että päästöluvan hinta asettuisi 60 mk/tCO₂.

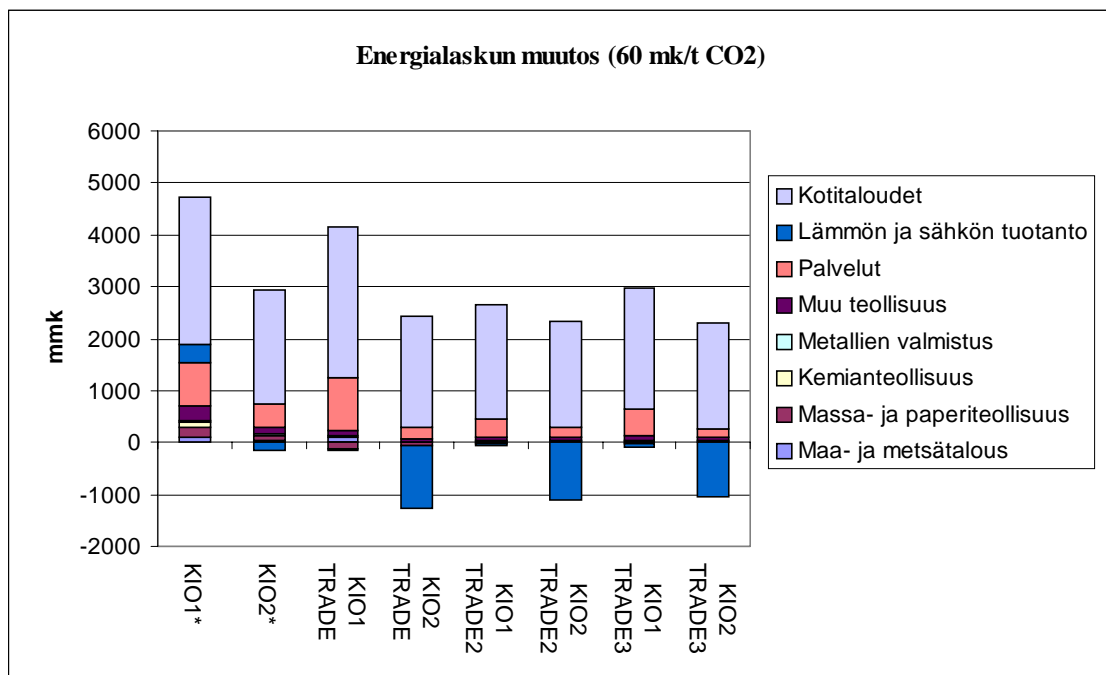
Kuvio 8. Suorat kustannukset



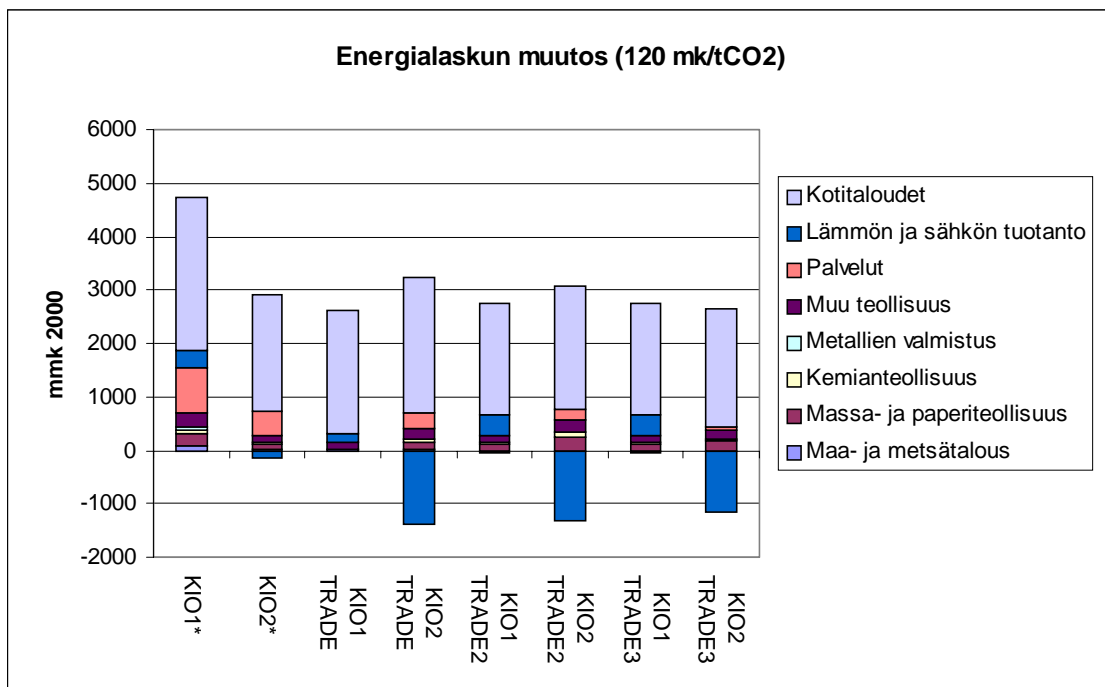
Eräs päästökaupan merkittävimpiä seurauksia on se, että se muuttaa sekä energiaan kohdistuvien taloudellisten ohjauskeinojen kohtaantoa nykyisestään. Energiaverojen kertymän muutoksia kuvaa kuvio 9. Kuviossa näkyy selvästi, kuinka energiaverojen rasitus pienenee päästökaupan piiriin kuuluvilla toimialoilla ja saattaa kasvaa muilla toimialoilla. Kuviossa näkyy myös, kuinka päästökaupan piiriin kuuluvien toimialojen rajoitustavoitteen pienentäminen nostaa ulkopuolelle jääviltä toimialoilta kerättävien verojen kertymää, jotka joutuisivat kantamaan suuremman osuuden rajoituksista.

Kuvio 9. Energiaverokertymien muutokset

Päästökauppa muuttaa toimialojen suhteellisia kustannusrakenteita. Tätä kuvataan kuvioissa 10 ja 11, joissa on esitetty energialaskun muutos eri toimialoilla kahdella eri lupahinnalla. Energalaskun kasvu kohdistuu alhaisilla päästöoikeuksien hinnoilla kaupan ulkopuolelle jääviin toimialoihin ja palveluihin, kun taas muilla sektoreilla, ennen kaikkea energiantuotannossa, energialasku saattaa pienentyä.

Kuvio 10. Energalaskun muutos halpojen päästölupien tapauksessa

Jos taas päästöluvat ovat kalliita, energian hinta nousee selvästi päästökauppaa käyvilläkin toimialoilla, mikä pienentää energian kysyntää näillä toimialoilla selvästi.

Kuvio 11. Energialaskun muutos kalliiden päästölupien tapauksessa

Kokonaispäästöt kehittyvät kaupan vaihtoehdoissa varsin eri tavoin. Laskelmissa on oletettu, että energiaveroja korotetaan Kioton tavoitteen (-21% perusuran tasolta) saavuttamiseksi tarvittavassa määrin niillä toimialoilla, jotka eivät kuulu päästökaupan piiriin, kun taas päästökaupan piiriin kuuluvien toimialojen vähennykset ovat taulukon 14 mukaisia. Nykyistä hiilidioksidiveroa kalliimpien päästölupien tapauksessa veroja tulisi eräissä tapauksissa kuitenkin laskea alle nykytason, jotta päästötavoite saavutettaisiin. Tämä tulos riippuu energiaverotuksen rakenteen lisäksi kuitenkin myös muun muassa uusiutuvien energianlähteiden tuista. Tukien ja verotuksen rakenteen tarkastelu on hyvin laaja kysymys, johon tässä tutkimuksessa ei ole tarkoituksen mukaista puuttua, ja siksi laskelmissa on oletettu, että nykyistä verotasoa ei voida alittaa. Tästä syystä kokonaispäästöt laskevat kalliiden päästölupien tapauksissa enemmän kuin Kioton velvoite edellyttäisi.

Taulukko 16 Kokonaispäästöjen muutos, % perusurasta				
	Päästöluvan hinta, mk			
	20	40	60	120
KIO1*	-21	-21	-21	-21
KIO2*	-21	-21	-21	-21
KIO1-TRADE	-21	-21	-22	-27
KIO2-TRADE	-21	-23	-25	-30
KIO1-TRADE2	-21	-24	-24	-31
KIO2-TRADE2	-21	-26	-28	-33
KIO1-TRADE3	-21	-21	-21	-28
KIO2-TRADE3	-21	-22	-24	-28

Päästöluvan hinta vaikuttaa myös siihen, kuinka suuri osuus kokonaispäästöjen vähennyksistä on peräisin kotimaisista toimista ja kuinka suuri päästökaupasta. Taulukkoon 16 on koottu kotimaisten kokonaispäästöjen vähennys perusuraan verrattuna. Halvoilla päästöluvilla kotimainen vähennys jää selvästi pienemmäksi kuin kalliimmilla, mutta kalliillakaan lupahinnalla päästökauppa ei täysin lopu. Päästökauppa on myös vilkkaampaa perintömenettelyn kuin huutokaupan yhteydessä.

Taulukko 17 Kotimaisten päästöjen muutos, % perusurasta				
	Päästöluvan hinta, mk			
	20	40	60	120
KIO1*	-21	-21	-21	-21
KIO2*	-21	-21	-21	-21
KIO1-TRADE	-6	-7	-8	-13
KIO2-TRADE	-7	-9	-10	-16
KIO1-TRADE2	-6	-9	-10	-16
KIO2-TRADE2	-6	-12	-13	-18
KIO1-TRADE3	-10	-11	-11	-17
KIO2-TRADE3	-11	-12	-14	-18

6.3 Kokonaistaloudelliset kustannukset

Kokonaistaloudellisia kustannuksia kuvataan useiden eri muuttujien avulla. Näistä ensimmäinen on kansantuote, jota esittää kuvio 12. Kun kansantuote vuodesta 2000 kasvaisi perusuralla 2 prosenttia vuodessa ja saavuttaisi noin 1000 miljardia vuonna 2010, laskisi se kaikissa päästökaupan vaihtoehdoissa selvästi tästä tasosta.

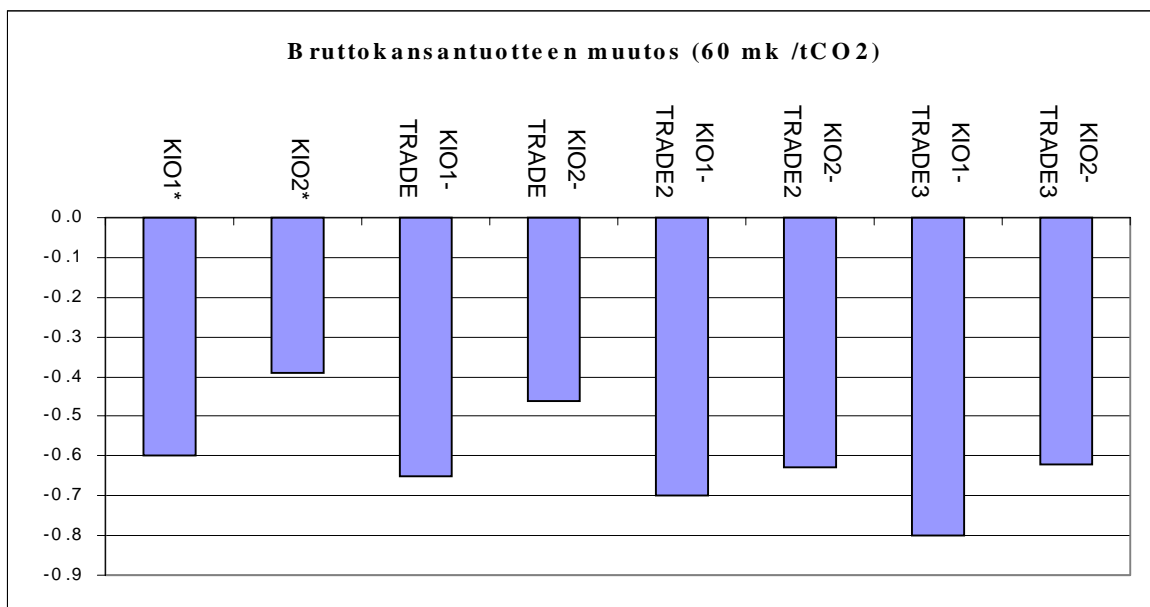
Maakaasuvaihtoehdoissa KIO1*, KIO1-TRADE2 ja KIO1-TRADE3 kansantuotteen lasku olisi 0,6 – 1,1 prosenttia perusurasta vuonna 2010. Ydinvoimavaihtoehdoissa KIO2* ja KIO2-TRADE lasku jäisi 0,3-1,0 prosenttiin. Lasku on molemmissa sähkönhankintavaihtoehdoissa pienempi alhaisella päästöluvan hinnalla. Kauppaa käyvien toimialojen päästörajoitteen sitovuudella on selvä vaikutus kustannuksiin: molemmissa sähköntuotantovaihtoehdoissa kustannukset ovat suurempia tiukemman päästötavoitteen kanssa. Tämä käy ilmi TRADE2- ja TRADE3-vaihtoehtojen erosta.

Se, toteutetaanko päästöoikeuksien alkujako huutokaupalla vai perintömenettelyllä vaikuttaa myöskin kustannuksiin. Huutokaupalla toteutettuun alkujakoon perustuvan päästökaupan kustannukset saattavat joillakin päästölupien hinnoilla jäädä alemmiksi kuin ilmastostrategian kotimaisiin toimiin pohjautuvat kustannukset, kun taas perintömenettelyyn perustuvalla alkujaolla kustannukset ovat lievästi suurempia kaikissa tapauksissa. Tämä viittaa siihen, että kustannusten jakautuminen kauppaa käyvien toimialojen välillä muodostuu epätasaiseksi perintömenettelyn yhteydessä, mikä lisää päästörajoitusten toteuttamisen kokonaistaloudellisia kustannuksia. Kustannukset kasvavat suurimmiksi kalliiden päästölupien tapauksessa. Kalliilla päästöluvilla vähennykset saattavat kuitenkin ylittää Kioton velvoitteen huutokauppaan perustuvan alkujaon tapauksessa ja kustannukset nousevat tästä syystä korkeammiksi kuin muissa vaihtoehdoissa. Ydinvoimavaihtoehdoissa näin käy jo suhteellisen alhaisilla lupahin-

noilla. Niinpä ainoastaan halpojen lupien tapaukset ovat tarkkaan ottaen vertailukelpoisia keskenään, kalliimpien tapauksessa ydinvoimavaihtoehtojen kustannuksia nostaa suurempi päästöjen vähentyminen.

Taulukko 18 Bruttokansantuotteen muutos, % perusurasta				
	Päästölavan hinta, mk			
	20.0	40.0	60.0	120.0
KIO1*	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
KIO2*	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
KIO1-TRADE	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7
KIO2-TRADE	-0.3	-0.4	-0.5	-0.7
KIO1-TRADE2	-0.7	-0.7	-0.7	-1.1
KIO2-TRADE2	-0.4	-0.5	-0.6	-1.0
KIO1-TRADE3	-0.7	-0.8	-0.8	-1.1
KIO2-TRADE3	-0.4	-0.5	-0.6	-1.0

Kuvio 12. Bruttokansantuotteen muutos

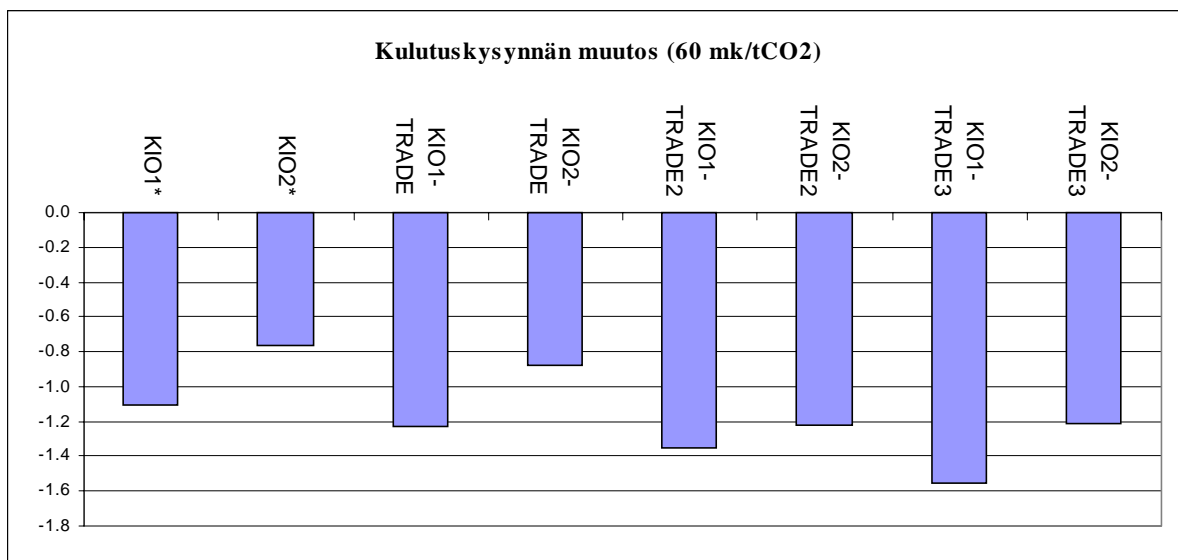


Kulutuskysynnän osalta keskeisiä tuloksia esittää kuvio 13. Kulutuskysynnän kasvu perusuralla on noin 3 % vuodessa ja sen taso on noin 490 miljardia markkaa vuonna 2010. Maakaasuvaihtoehdoissa kulutuskysyntä pienenee 1,1-2,0 prosentilla. Laskun suuruus riippuu päästölavan hinnasta siinä mielessä, että hinta määrää päästökaupan ulkopuolisten talouden sektorien verojen korotustarpeen ja vaikuttaa sitä kautta kulluttajiin, ja toisaalta tietysti yritysten tulojen kautta, joita kalliit luvat vähentävät enemmän. Ydinvoimavaihtoehtoissa vastaavat vaihteluvälit ovat 0,7-1,9 prosenttia. Ydinvoimavaihtoehtojen vaikutukset kulutukseen ovat siis selvästi pienemmät kaikissa vaihtoehdoissa päästökaupan yhteydessä siitä huolimatta, että jo 60 mk/tCO₂

maksavilla luvilla päästöjä vähennetään selvästi enemmän kuin Kioton velvoite edellyttäisi. Myös päästökaupan piiriin kuuluvien toimialojen päästörajoitteen purevuus vaikuttaa kulutukseen: lasku on suurempi silloin, kun päästötavoite on väljempi, kauppavaihtoehdoissa TRADE3 siis. Tämä johtuu siitä, että talouden muiden osien osuus päästöjen vähennyksestä on tällöin vastaavasti suurempi. Tämähän kävi ilmi myös energiaverojen jakaumaa kuvaavasta kuviosta.

Taulukko 19 Kotitalouksien kulutuskysynnän muutos, % perusurasta				
	Päästöluvan hinta, mk			
	20.0	40.0	60.0	120.0
KIO1*	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1
KIO2*	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
KIO1-TRADE	-1.3	-1.3	-1.2	-1.3
KIO2-TRADE	-0.7	-0.8	-0.9	-1.3
KIO1-TRADE2	-1.3	-1.3	-1.4	-2.0
KIO2-TRADE2	-0.8	-1.0	-1.2	-2.0
KIO1-TRADE3	-1.4	-1.6	-1.6	-2.0
KIO2-TRADE3	-0.8	-1.0	-1.2	-1.9

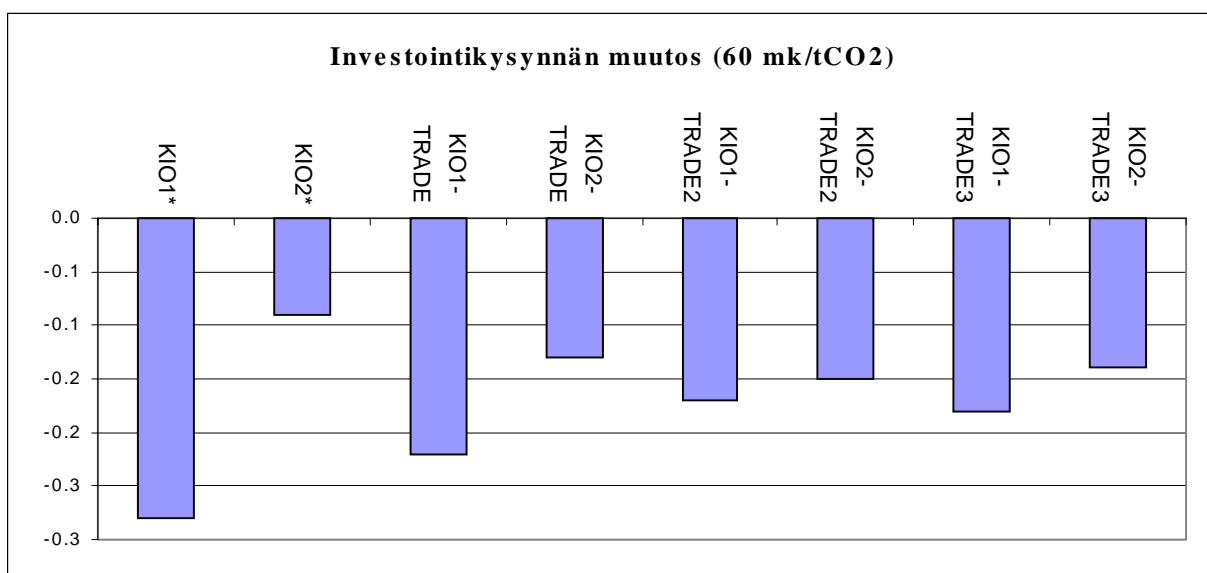
Kuvio 13. Kulutuskysynnän muutos



Investointien muutoksia kuvaa kuvio 14. Investointien vuosikasvu perusuralla on 3 % vuoteen 2010 mennessä. Investointien muutokset rajoittuvat vaihtoehtotarkasteluissa lähinnä energiantuotantoa koskeviksi ja johtuvat uusiin tuotantolaitoksiin tehdyistä investoinneista ja olemassa olevan tuotantolaitoskannan ylläpitämiseksi tarvittavien investointien muutoksista. Investoinnit voivat pienentyä lähinnä siksi, että laitostakaan jää käyttämättömäksi energian kysynnän pienenemisen vuoksi..

Taulukko 20 Investointikysynnän muutos, % perusurasta				
	Päästöluvan hinta, mk			
	20.0	40.0	60.0	120.0
KIO1*	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
KIO2*	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
KIO1-TRADE	-0.2	-0.2	-0.2	-0.4
KIO2-TRADE	0.0	-0.1	-0.1	-0.3
KIO1-TRADE2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.4
KIO2-TRADE2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3
KIO1-TRADE3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.4
KIO2-TRADE3	0.0	-0.1	-0.1	-0.3

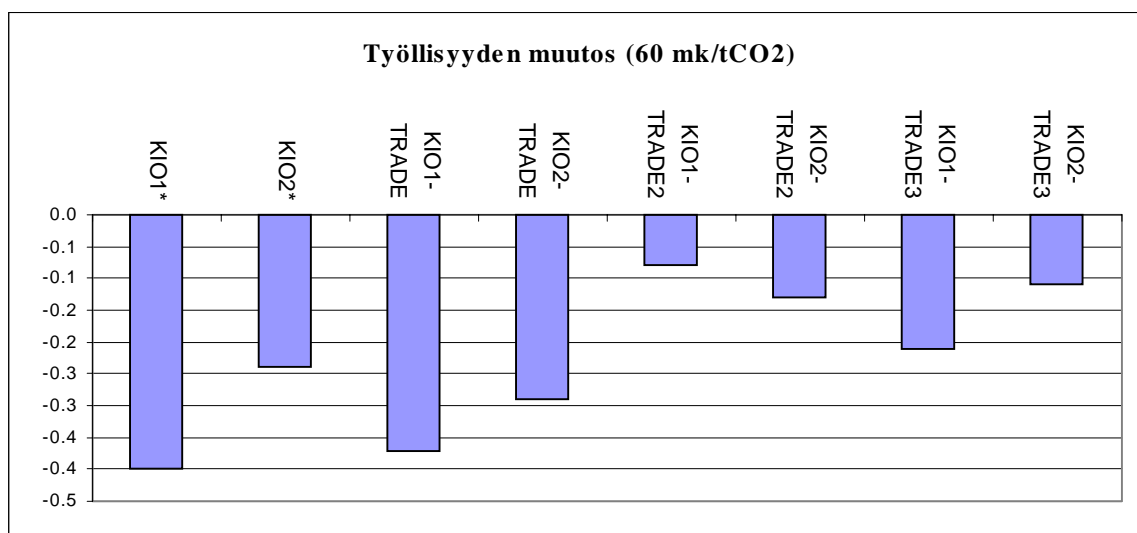
Kuvio 14. Investointikysynnän muutos



Työllisyyden osalta tulokset on kuvattu kuviossa 15. Työllisten lukumäärä ei perusuralla kasva juuri lainkaan vaan on vuonna 2010 2,25 miljoonaa, kun se vuonna 2000 oli 2,24 miljoonaa. Laskelmissa on oletettu, että työn tarjonta määräytyy käteen jäävän reaali-palkan mukaan ja työn kysyntä työnantajan välillisetkin työvoimakulut sisältävän bruttopalkan mukaan. Arvioita laskettaessa oletettiin kuitenkin, että tuloverojen kertymä ei riipu suoraan työtuloista eikä myöskään vaikuta siihen nk. verokiilan kautta, vaan ainoastaan kotitalouksien käytettävissä olevien tulojen kautta. Työllisyyteen alkujäolla on selvä vaikutus, työllisyys laskee enemmän huutokaupan yhteydessä. Suurempi vaikutus on kuitenkin kaupan piiriin kuuluvien toimialojen vähennystavoitteella – kun se jää pienemmäksi, talouden työvoimaintensiiviset toimialat, jotka eivät kuulu päästökaupan piiriin, joutuvat vähentämään päästöjään enemmän, jolla on työllisyyttä alentava vaikutus. Tulosten perusteella näyttää kaikkiaan siltä, että päästökauppa ei juurikaan auta pienentämään ilmastopolitiikan työllisyysvaikutuksia, kuten ei muitakaan kokonaistaloudellisia vaikutuksia.

Taulukko 21 Työllisyyden muutos, % perusurasta				
	Päästölupan hinta, mk			
	20.0	40.0	60.0	120.0
KIO1*	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
KIO2*	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
KIO1-TRADE	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3
KIO2-TRADE	-0.3	-0.3	-0.3	-0.5
KIO1-TRADE2	-0.4	-0.2	-0.1	0.1
KIO2-TRADE2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
KIO1-TRADE3	-0.5	-0.4	-0.2	0.1
KIO2-TRADE3	-0.2	-0.1	-0.1	0.0

Kuvio 15. Työllisyyden muutos



6.4 Kustannukset eri toimialoilla

Talouden eri toimialoilla vaikutukset riippuvat ennen kaikkea energiantensiivisyydestä ja siitä, ovatko ne päästökaupan vai vero-ohjauksen piirissä. Tuotanto laskee päästökaupan aiheuttamien kustannusten ja verojen korottamisen vuoksi enemmän energiantensiivisillä toimialoilla, joihin nämä toimet kohdistuvat työvoimaintensiivisiä toimialoja voimakkaammin. Päästökauppa saattaa laskea kustannuksia, jos lupien hinta on alhainen, jos kaupan piiriin kuuluvien toimialojen päästöjen rajoitustavoite on pieni, ja jos alkujako perustuu perintömenettelyyn. Toisaalta päästökauppa muuttaa energiantensiivisten toimialojen kustannusrakennetta, koska päinvastoin kuin nykyverotuksessa, päästökaupassa ei eri polttoaineiden välille voida olettaa erilaista lupamaksun määräytymisperustetta. Tästä syystä korkeilla päästölupien hinnoilla päästökaupalla voi olla kustannuksia nostava vaikutus. Kaupan ulkopuolelle jäävien toimialojen kustannuksiin vaikuttaa toisaalta niiden osalle jäävä vähennystavoite, joka suurelta osin määrää sen, kuinka suuria niitä koskevia verojen korotuksia tarvitaan, toi-

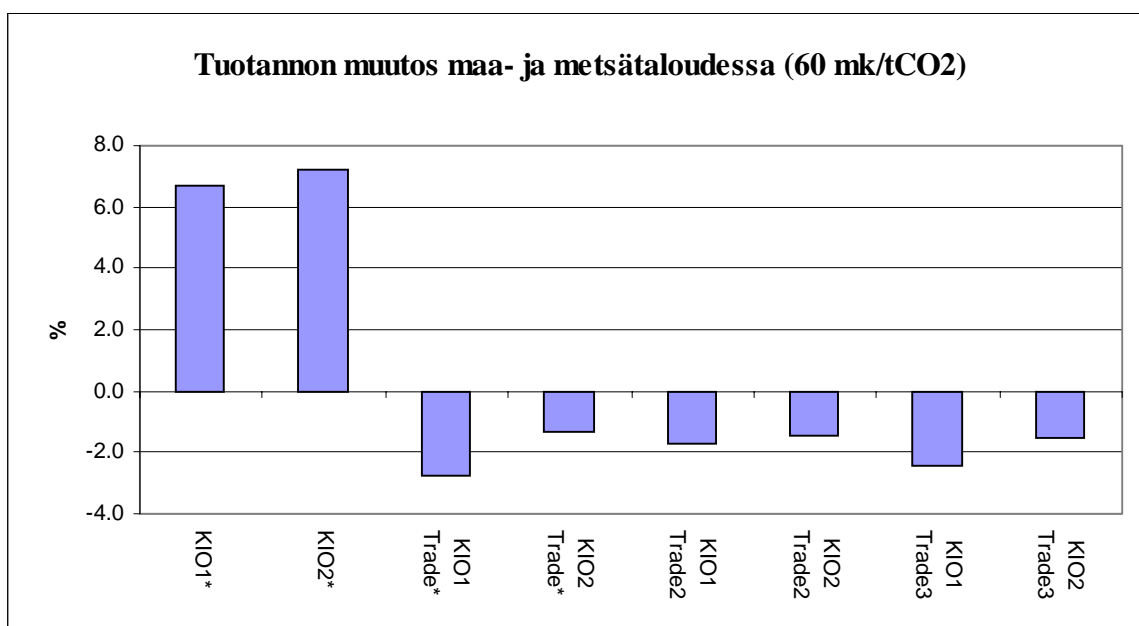
saalta päästölupien hinta, joka vaikuttaa päästökaupan piirissä tuotetun energian hintaan.

Toimialakohtaisissa arvioissa on oletettu, että kaikki toimialat ovat kilpailullisia. Tästä syystä päästökauppa ei vaikuta voittoihin vaan ainoastaan muihin tuotannontekijätuloihin ja niinpä sen kustannukset riippuvat pitkälti tuotetusta määrästä. Tässä jaksossa kuvataankin päästökaupan kustannuksia tuotannon muutosten avulla eräillä keskeisillä toimialoilla päästökaupan eri vaihtoehdoissa.

Maa- ja metsätalouden vuosikasvu perusuralla on noin 1 prosenti. Maa- ja metsätalouden kustannuksia päästökauppa lisääsi. Vaikutus riippuu suurelta osalta metsätaloudesta ja metsäteollisuuden kehityksestä.

Taulukko 22 Tuotannon muutos maa-metsätaloudessa				
	Päästöluva hinta, mk/t CO ₂			
	20.0	40.0	60.0	120.0
KIO1*	6.7	6.7	6.7	6.7
KIO2*	7.2	7.2	7.2	7.2
KIO1 Trade*	-3.0	-3.2	-2.8	-1.9
KIO2 Trade*	-1.3	-1.2	-1.3	-2.1
KIO1 Trade2	-2.7	-2.4	-1.7	-1.2
KIO2 Trade2	-1.3	-1.5	-1.5	-1.7
KIO1 Trade3	-3.7	-3.4	-2.5	-1.2
KIO2 Trade3	-1.3	-1.2	-1.5	-1.6

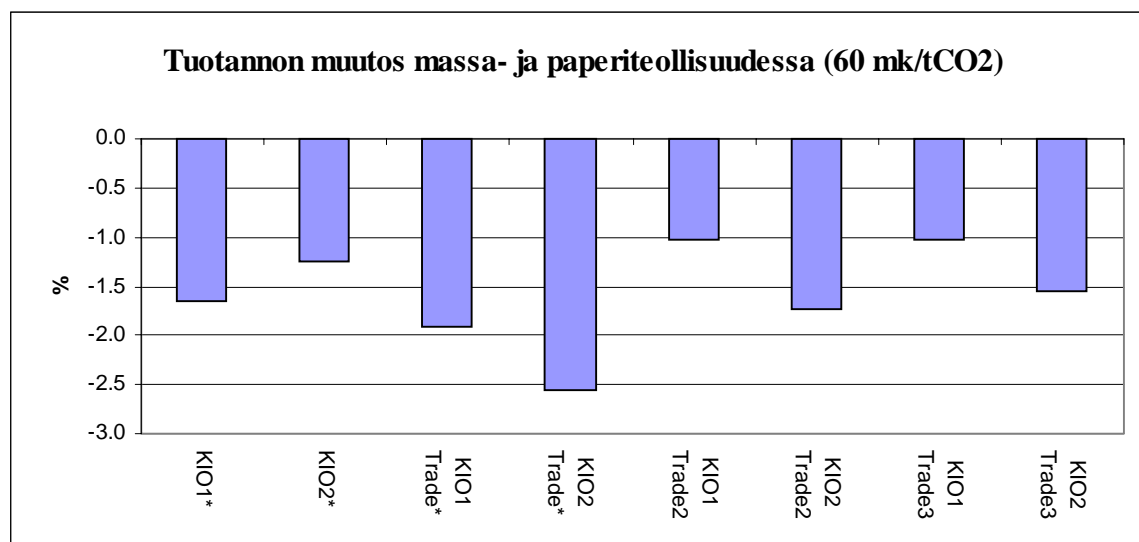
Kuvio 16. Tuotannon muutos maa- ja metsätaloudessa



Taulukko 23 Tuotannon muutos massa- ja paperiteollisuudessa				
	Päästölupa hinta, mk/t CO2			
	20.0	40.0	60.0	120.0
KIO1*	-1.7	-1.7	-1.7	-1.7
KIO2*	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2
KIO1 Trade*	-1.7	-1.5	-1.9	-3.4
KIO2 Trade*	-1.4	-2.1	-2.6	-4.9
KIO1 Trade2	-0.9	-0.8	-1.0	-2.1
KIO2 Trade2	-0.7	-1.2	-1.7	-3.6
KIO1 Trade3	-0.8	-0.8	-1.0	-2.0
KIO2 Trade3	-0.6	-0.9	-1.6	-2.8

Massa- ja paperiteollisuuden kasvu perusuralla on noin 1,8 prosenttia vuodessa vuoteen 2010 asti. Päästökauppa ei laskisi metsäteollisuuden kustannuksia ilmastostrategiaan verrattuna, mikäli päästöoikeuksien alkujako toteutettaisiin huutokaupalla. Perintömenettelyyn perustuvasta päästökaupasta massa- ja paperiteollisuus sen sijaan hyötyisi.

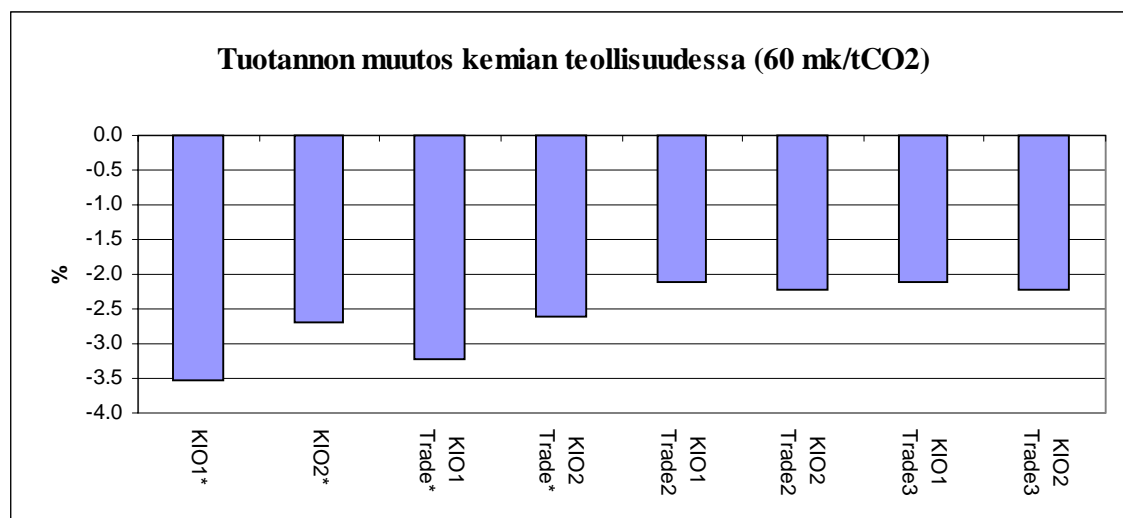
Kuvio 17. Tuotannon muutos massa- ja paperiteollisuudessa



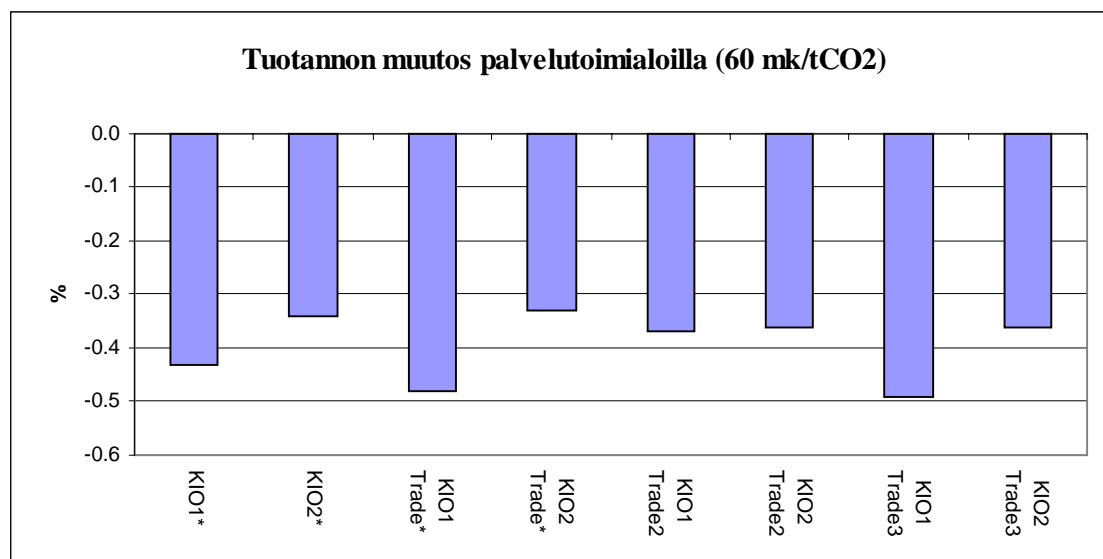
Kemianteollisuus kasvaa perusuralla keskimäärin 1,3 % vuotuista vauhtia. Päästöjen rajoittamisen vaikutuksesta tämän toimialan tuotanto laskee 1,8-4,0 % ydinvoimavaihtoehtoissa KIO2* ja KIO2-TRADE ja 2,1-3,8 % maakaasuvaihtoehtoissa KIO1* ja KIO1-TRADE. EV-mallilaskelmissa on oletettu, että kemian teollisuudesta vain öljynjalostus kuuluisi päästökaupan piiriin. Niinpä päästökauppa vaikuttaa vain välillisesti, verojen korotustarpeen kautta, kemian teollisuuden kustannuksiin.

Taulukko 24 Tuotannon muutos kemian teollisuudessa				
	Päästöluva hinta, mk/t CO ₂			
	20.0	40.0	60.0	120.0
KIO1*	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5
KIO2*	-2.7	-2.7	-2.7	-2.7
KIO1 Trade*	-3.8	-3.4	-3.2	-3.2
KIO2 Trade*	-2.0	-2.3	-2.6	-4.0
KIO1 Trade2	-3.5	-2.5	-2.1	-2.4
KIO2 Trade2	-1.8	-2.0	-2.2	-3.2
KIO1 Trade3	-3.5	-2.5	-2.1	-2.5
KIO2 Trade3	-1.8	-2.0	-2.2	-2.9

Kuvio 18. Tuotannon muutos kemian teollisuudessa



Palvelujen kasvu perusuralla on noin 2,4 % vuoteen 2010 mennessä. Koska monet palvelutoimialoista, esimerkiksi liikenne, ovat energiaintensiivisiä, laskee päästöjen rajoittaminen palvelujen tuotantoa ilman päästökauppaa. Palvelut eivät kuulu Vihreän kirjan päästökaupan piiriin, mutta päästökauppa vaikuttaa niihin toisaalta kaupan piiriin kuuluvien toimialojen päästötavoitteen kautta, toisaalta energian hinnan kautta. Tiukalla tavoitteella käyty päästökauppa kohdentaisi päästöjen rajoittamisen kustannuksia palvelujen tuotannosta kaupan piiriin kuuluville toimialoille ja palvelujen tuotanto hyötyisi tästä. Näin kävisi huutokauppaan perustuvan alkujaon tapauksessa, mutta ei perintömenettelyn yhteydessä. Niinpä palvelut kärsisivät päästökaupasta perintömenettelyn yhteydessä.

Kuvio 19. Palvelujen tuotannon muutos**Taulukko 25 Tuotannon muutos palvelutoimialoilla**

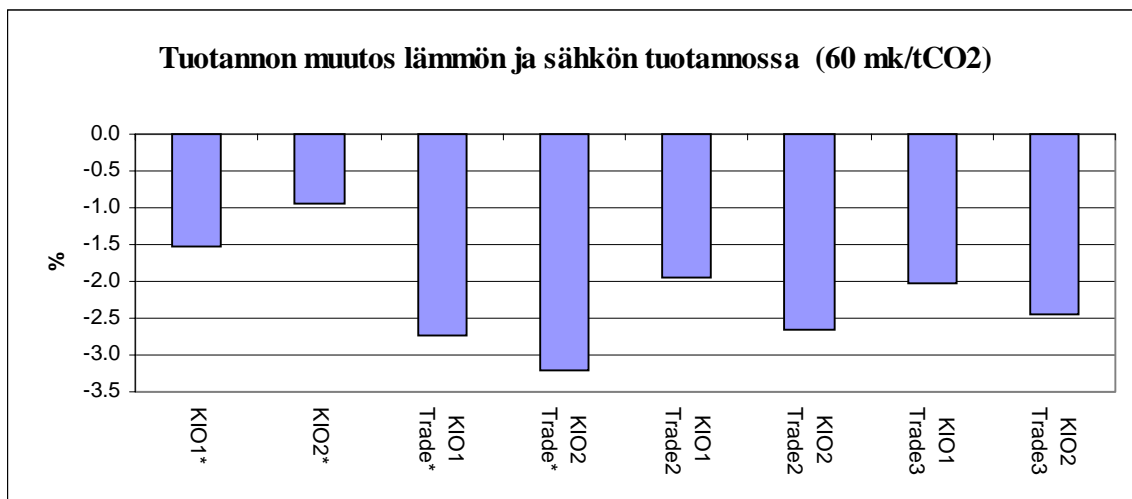
	Päästöluva hinta, mk/t CO ₂			
	20.0	40.0	60.0	120.0
KIO1*	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
KIO2*	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
KIO1 Trade*	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4
KIO2 Trade*	-0.3	-0.3	-0.3	-0.5
KIO1 Trade2	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4
KIO2 Trade2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5
KIO1 Trade3	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4
KIO2 Trade3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4

Taulukko 26 Tuotannon muutos sähkön ja lämmön tuotannossa

	Päästöluva hinta, mk/t CO ₂			
	20.0	40.0	60.0	120.0
KIO1*	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
KIO2*	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9
KIO1 Trade*	-2.5	-2.3	-2.7	-4.5
KIO2 Trade*	-1.9	-2.6	-3.2	-5.9
KIO1 Trade2	-1.7	-1.6	-1.9	-3.5
KIO2 Trade2	-1.4	-2.0	-2.7	-4.9
KIO1 Trade3	-1.8	-1.8	-2.0	-3.5
KIO2 Trade3	-1.2	-1.6	-2.5	-4.1

Sähkön tuotannon kasvu on perusuralla lähes kolme prosenttia vuodessa ja lämmön tuotannon vielä hieman korkeampi. Tutkitut päästökaupan vaihtoehdot muuttaisivat sähkön ja lämmön tuotannon kustannuksia huomattavasti, koska tähän asti energiaverot ovat koekeneet vain lämmön tuotannon polttoaineita. Kustannusten nousu riippuisi toisaalta päästölupien hinnasta ja toisaalta päästöoikeuksien alkujaoista – periaatteessa kustannukset voisivat perintömenettelyn yhteydessä laskeakin. Laskelmien perusteella kustannukset nousisivat kuitenkin kaikissa tapauksissa.

Kuvio 20. Tuotannon muutos lämmön ja sähkön tuotannossa



Taulukkoon 27 on koottu päästökaupan vaikutukset eri tuotantomuotoihin päästökaupan vaihtoehdoissa. Maakaasu- ja ydinvoimavaihtoehtojen välinen ero tulee selkeästi esille erillisen sähkön tuotannon suurempana laskuna maakaasuvaihtoehdossa. Tämä

Taulukko 27. Sähkön ja lämmön tuotannon muutokset tuotantomuodoittain

ero kasvaa päästölupien hinnan noustessa. Yhteistuotannon suhteen maakaasuvaihto-ehdoista eroaa ydinvoimavaihtoehdosta vastakkaisesti, tuotannon pieneneminen jää alemmaksi kuin ydinvoimavaihtoehdoissa. Nämä erot heijastavat siis täysin sähkön tuotannossa tehtyjä kapasiteettivalintoja.

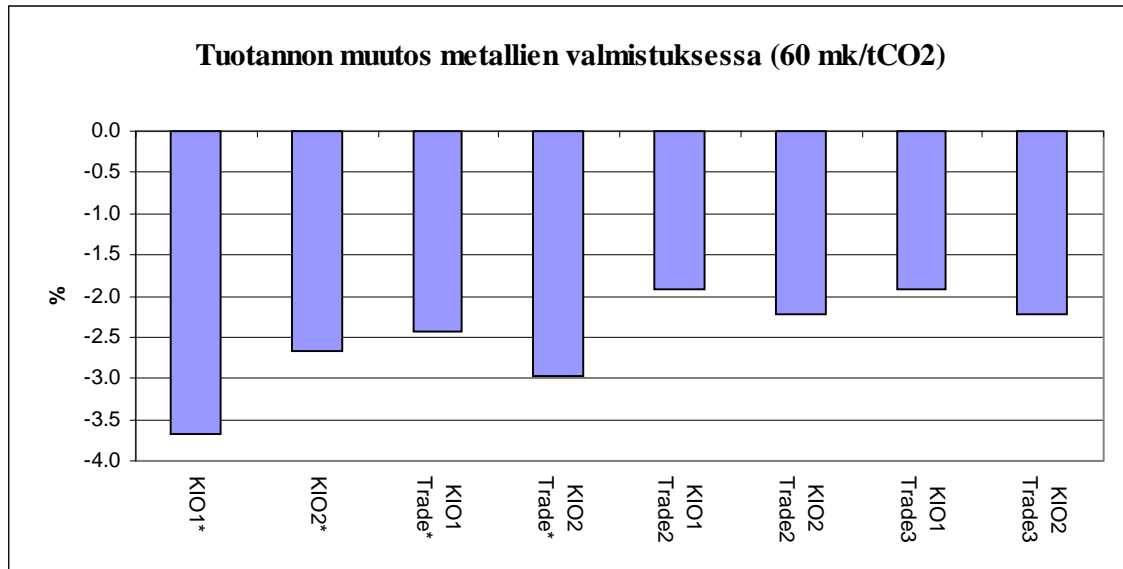
6.5 Vaikutukset metalliteollisuudessa

Metallien valmistus kasvaa ilmastostrategian perusuralla kaiken kaikkiaan 2,7% vuosivauhdilla. Toimialan tuotanto laskisi selvästi ilman päästökauppaa. Alkuisella päästölupien hinnalla käyty päästökauppa sen sijaan hyödyttäisi selvästi metallien valmistusta kokonaisuudessaan, kun taas kalliimmilla päästöluvilla metallien valmistus kär-

	Päästölupa hinta, mk/t CO ₂			
	20.0	40.0	60.0	120.0
KIO1*	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7
KIO2*	-2.7	-2.7	-2.7	-2.7
KIO1 Trade*	1.5	-0.3	-2.4	-8.1
KIO2 Trade*	1.1	-1.0	-3.0	-8.5
KIO1 Trade2	2.1	0.0	-1.9	-6.8
KIO2 Trade2	1.4	-0.5	-2.2	-7.1
KIO1 Trade3	2.1	0.0	-1.9	-6.8
KIO2 Trade3	1.4	-0.5	-2.2	-7.2

sisi päästökaupasta. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että prosessipäästöt kuuluisivat päästökaupan piiriin ja lisääisivät metallien valmistuksen kustannuksia sitä enemmän, mitä kalliimmaksi päästölupien hinta muodostuisi. Perintömenettelyn yhteydessä kustannusvaikutukset jäisivät kuitenkin selvästi pienemmiksi. Tällöin metallien valmistus kokonaisuudessaan hyötyisi päästökaupasta.

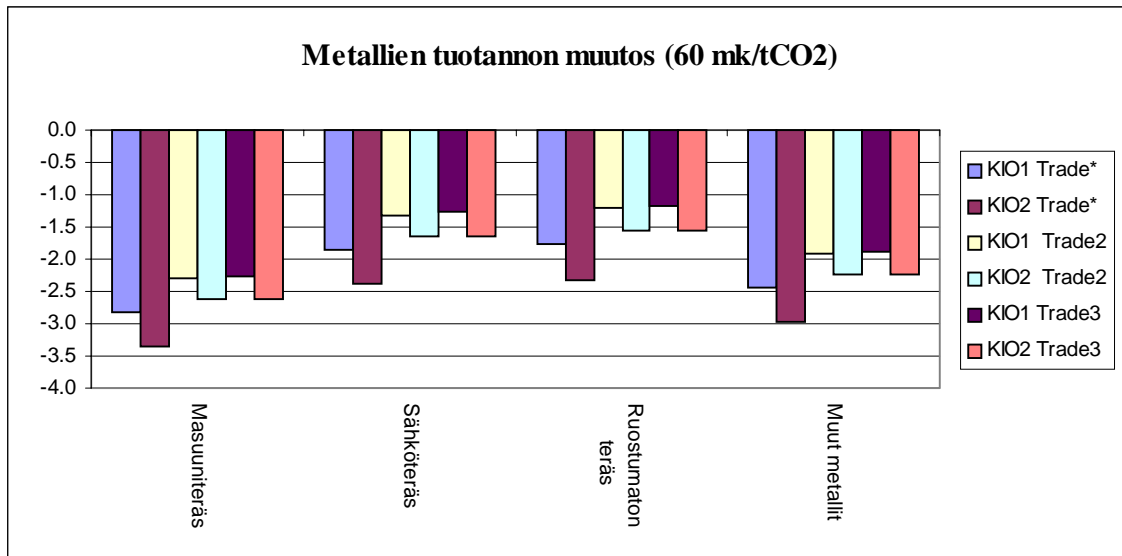
Kuvio 21. Tuotannon muutos metallien valmistuksessa



Metallien valmistuksen eri tuoteryhmien osalta vaikutuksia kuvataan kuviossa 17. Päästöjen rajoittamisen kustannukset ovat korkeimmat masuuniteräksen valmistuksessa, mutta päästökauppa laskee niitä selvästi, varsinkin jos se perustuu perintömenetelyyn.

Taulukko 29 Metallien tuotannon muutos tuoteryhmittäin				
	Masuuniteräs	Sähköteräs	Ruostumaton teräs	Muut metallit
Päästöluvan hinta 20 FIM				
	Masuuniteräs	Sähköteräs	Ruostumaton teräs	Muut metallit
KIO1 Trade*	1.4	1.8	1.8	1.5
KIO2 Trade*	1.0	1.4	1.4	1.1
KIO1 Trade2	2.0	2.3	2.3	2.1
KIO2 Trade2	1.3	1.6	1.7	1.4
KIO1 Trade3	1.8	2.1	2.2	1.9
KIO2 Trade3	1.1	1.5	1.5	1.3
Päästöluvan hinta 40 FIM				
KIO1 Trade*	-0.6	0.1	0.1	-0.3
KIO2 Trade*	-1.2	-0.6	-0.5	-1.2
KIO1 Trade2	-0.3	0.4	0.4	0.0
KIO2 Trade2	-0.7	-0.1	0.0	-0.7
KIO1 Trade3	-0.2	0.4	0.5	0.0
KIO2 Trade3	-0.8	-0.2	-0.1	-0.6
Päästöluvan hinta 60 FIM				
KIO1 Trade*	-2.8	-1.9	-1.8	-2.4
KIO2 Trade*	-3.4	-2.4	-2.3	-3.0
KIO1 Trade2	-2.3	-1.3	-1.2	-1.9
KIO2 Trade2	-2.6	-1.6	-1.6	-2.2
KIO1 Trade3	-2.3	-1.3	-1.2	-1.9
KIO2 Trade3	-2.6	-1.7	-1.6	-2.2
Päästöluvan hinta 120 FIM				
KIO1 Trade*	-8.8	-7.0	-6.9	-8.1
KIO2 Trade*	-9.2	-7.3	-7.2	-8.5
KIO1 Trade2	-7.5	-5.7	-5.5	-6.8
KIO2 Trade2	-7.8	-6.0	-5.8	-7.1
KIO1 Trade3	-7.5	-5.7	-5.5	-6.8
KIO2 Trade3	-7.9	-6.1	-5.9	-7.2

Kuvio 22. Vaikutukset metallien valmistuksen tuoteryhmiin

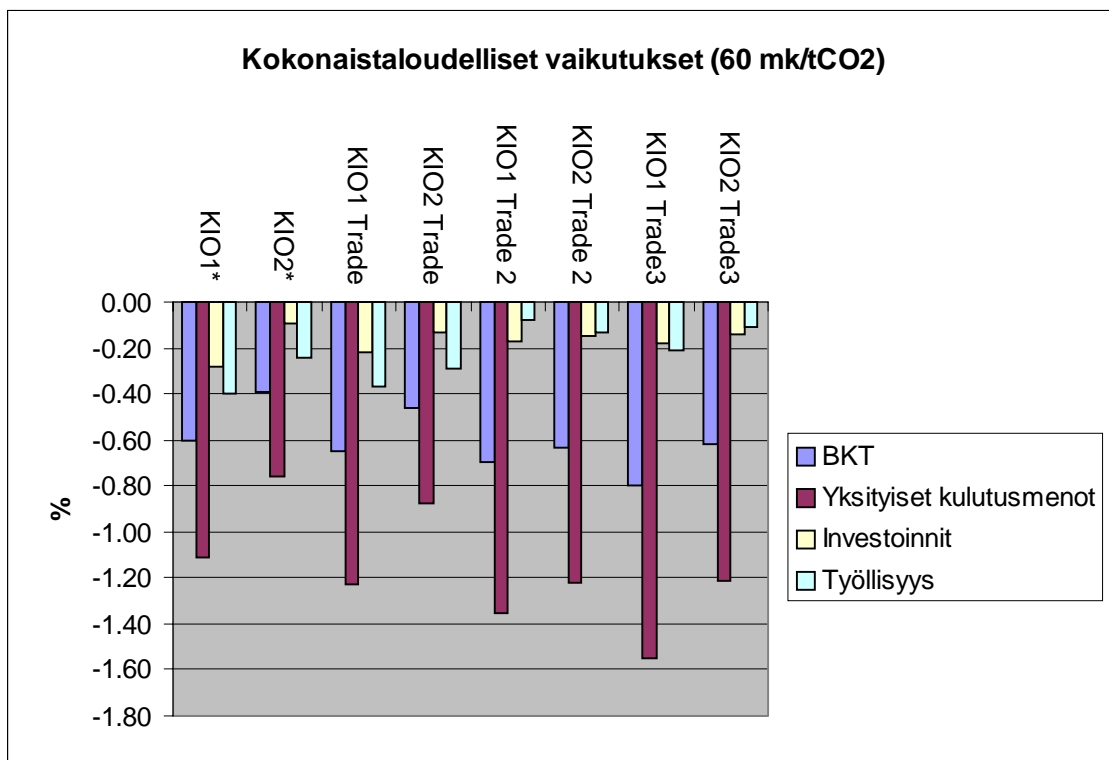


7 Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa on arvioitu päästökaupan vaikutuksia Kioton sopimuksen toteuttamisessa sekä Suomen että EU:n kannalta. Lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan metalliteollisuuden asemaa päästökaupassa.

Tutkimuksessa on käytetty sekä globaalia että Suomelle kehitettyä yleisen tasapainon mallia Vihreän kirjan mukaisen päästökaupan kustannusten arviointiin. Laskelmissa on käytetty EU:n talouden ja energiajärjestelmän pitkän aikavälin arvioita ja Suomen kansallista ilmastostrategiaa perusuran, business-as-usual-kehityksen, arvioimiseen ja laskettu, millaisin toimin päästöt voitaisiin rajoittaa Kioton pöytäkirjan mukaiselle tasolle vuoteen 2010 mennessä. EU:n osalta laskelmissa oletetaan, että rajoitukset saadaan aikaiseksi päästökaupan ja päästöverojen avulla, Suomen osalta käytettävissä on koko ilmastostrategian keinovalikoima, jota päästökauppa täydentää.

Kuvio 23. Päästökaupan kokonaistaloudelliset vaikutukset



Kuvioon 23 on koottu arvioitujen päästökaupan vaihtoehtojen kokonaistaloudelliset vaikutukset. Tulosten perusteella näyttää siltä, että päästökauppa ei juurikaan auta pienentämään ilmastopolitiikan kansantuote-, kulutus- tai työllisyysvaikutuksia. Niinpä tutkimuksen päätulos on, että Vihreän kirjan ja EU:n päästökauppadirektiivin mukainen päästökauppa ei laskisi päästörajoitusten toteuttamisen kokonaistaloudellisia kustannuksia Suomessa ainakaan niissä tapauksissa, että kauppa rajattaisiin koskemaan vain direktiiviehdotuksen mukaisia toimialoja, ja että toimialojen osuudet päästövähennyksistä määrättäisiin yksinkertaisen leikkuriperiaatteen mukaisesti. Tämä johtuu siitä, että EU:n oletusten mukainen päästöjen kohdentaminen ei Suomelle lasketuilla osuuksilla tasaisi kotimaisia kustannuksia eri toimialojen välillä. Tästä syystä Vihreän kirjan mukainen päästökauppa ei edistäisi rajoitusten toteuttamisen kustannustehokkuutta.

Laskelmien mukaan päästörajoitusten toteuttamisen kustannukset EU:ssa jäisivät kuitenkin hyvin mataliksi, kuten Vihreässä kirjassa esitetäänkin. Tästä syystä vaikutukset kilpailukykyynkin jäisivät koko EU:n tasolla hyvin pieniksi. Tämä tulos riippuu ennen kaikkea siitä, kuinka onnistuneesti energiajärjestelmän tehostaminen EU:ssa saadaan toteutetuksi. Suomen osalta tehostamisen on oletettu tapahtuvan kansallisen ilmastostrategian mukaisesti.

Kauppaa käyvillä toimialoilla päästökaupan vaikutukset riippuisivat siitä, tulisiko kauppaa niihin kohdistuvaa ohjausta vai ei. Laskelmissa on oletettu, että päästökaupan piiriin kuuluviin toimialoihin kohdistuva ohjaus olisi ainoastaan päästökaupasta riippuvaista. Päästökauppa muuttaisi eri polttoaineisiin kohdistuvaa ohjausta nykyisestä huomattavasti, koska se käsittäisi nykyisestä vero-ohjauksesta poiketen myös sähköntuotannon polttoaineet eikä mahdollistaisi eroja polttoaineiden kohtelussa. Tulisiko kauppaa kustannuksia vai ei riippuisi siten ennen kaikkea päästöoikeuden hinnasta ja siitä, perustuisiko päästöoikeuksien alkujako perintömenettelyyn vai huutokauppaan. Tässä käsiteltyjen perintömenettelyn vaihtoehtojen yhteydessä päästökauppa laskisi päästöjen rajoittamisen kustannuksia useimmilla kaupan piiriin kuuluvilla toimialoilla. Tämä ei kuitenkaan edistäisi kokonaistaloudellista tehokkuutta, koska kaupan ulkopuolisiin toimialoilta vaadittaisiin suurempia ja kalliimpia vähennyksiä. On myös huomattava, että perintömenettely voidaan toteuttaa niinkin, että se lisää selvästi kustannuksia. Näin voisi käydä, jos menettely kohdistaisi eri toimialoille hyvin kaukana niiden nykyisistä päästöistä olevia määriä (Honkatukia 2000). Tämän tutkimuksen laskelmissa alkujako heijastanee verraten hyvin toimialakohtaisia kustannuseroja, koska se perustuu perusuran päästöihin.

Vaikutukset kaupan piiriin kuuluvilla toimialoilla riippuvat myös näille toimialoille kokonaisuudessaan asetetusta päästokiintiöstä. Jos kiintiö on pureva, nousevat kustannukset näillä toimialoilla korkeammiksi. Tällöin talouden muut toimialat, ennen kaikkea palvelut, selviävät vähemmällä tai jopa hyötyvät päästökaupasta –tosin kokonaistaloudellisen tehokkuuden kustannuksella. Toimialakohtaisia päästövähennyksiä on kuvattu taulukossa 30.

Taulukko 30. Päästöjen vähennykset eri vaihtoehdoissa (1000 tCO₂)[Error! Not a valid link.](#)

Toinen tutkimuksen päähavainnoista onkin se, että päästökauppa ei pysty eristämään kaupan piiriin kuuluvien toimialojen ja talouden muiden toimialojen kytkentöjä: samalla kaupparakenteella päästöluvan hinta vaikuttaa muiden kaupan ulkopuolisten toimialojen vero-ohjauksen tarpeeseen. Tämä on luonnollista, koska päästöluvan hinta vaikuttaa esimerkiksi energian hintaan, ja tämä taas vaikuttaa kaupan ulkopuolisten toimialojen energian kysyntään. Muiden toimialojen ohjaustarve riippuisi siksi päästömarkkinoista, päinvastoin kuin kauppadirektiivin perusteluissa väitetään. Päästökaupan avulla ei siis voitaisi ainakaan täysin estää yhdentyvien energiemarkkinoiden ja kansallisten päästötavoitteiden mahdollisia konflikteja. Päästökaupan tarvetta eri vaihtoehdoissa kuvaa taulukko 31. Taulukkoon on laskettu perusuran mukaisten päästöjen perusteella määräytyvien vähennystarpeiden ja taulukkoon 30 kerättyjen toteutuneiden vähennysten erotus. Taulukon perusteella päästökauppaa käytäisiin enemmän huutokauppaan perustuvan alkujaon yhteydessä kuin perintömenettely. Tämä heijastaa alkujaon vaihtoehtojen kustannuseroja.

Taulukko 31 Päästökauppa eri vaihtoehdoissa (1000 tCO₂)[Error! Not a valid link.](#)

Metallien valmistuksen osalta alhaisella päästöluvan hinnalla käyty päästökauppa hyödyttäisi selvästi metallien valmistusta kokonaisuudessaan, kun taas kalliimmilla päästöluvilla metallien valmistus kärsisi päästökaupasta. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että myös prosessipäästöt kuuluisivat päästökaupan piiriin. Perintömenettelyn yhteydessä kustannusvaikutukset jäisivät kuitenkin selvästi pienemmiksi kuin huutokaupan yhteydessä.

Koko EU:n osalta päästökauppa näyttäisi tuovan kustannussäästöjä maakohtaiseen toteutukseen verrattuna. Ainoastaan EU:n käsittävä päästökauppa on kuitenkin selvästi puolinainen ratkaisu, joka jättää päästöjen vähennyskustannukset korkeammalle tasolle kuin laajempi päästökauppa. Vain joitakin toimialoja koskeva päästökauppa ei sekään mahdollista kaiken tehostuspotentiaalin hyödyntämistä. Tutkimuksessa ei kuitenkaan ole tarkasteltu päästökaupan vaatiman hallinnoinnin kustannuksia, joiden voidaan olettaa kasvavan suuriksi hyvin laajan päästökaupan yhteydessä.

Lähteet

Bernstein P., Montgomery W.D., Rutherford T. ja Yang G. (2000): Effects of Restrictions on International Emission Trading: The MS-MRT Model. Energy Journal, 221-256.

Blok W., Bode, J. ja Phylipsen G (1997): The Triptyque approach. Discussion paper for the workshop for the European Union EU Ad hoc Group on Climate. Zeist, Hollanti.

Capros P. and Mantzos L. (1999): The economic effects of EU-wide Industry-level emission tradind to reduce greenhouse gases – results from PRIMES energy systems model. Working paper, Institute of Communication and Computer systems of National Technical University of Athens.

Energiatilastot 1999. Tilastokeskus Energia 2000:2.

European Union energy outlook to 2010. The shared analysis project. Energy in Europe, Special issue, November 1999. European commission.

Farla, J.C.M, Block, K.(2001): The quality of energy intensity indicators for international comparison in the iron and steel industry. Energy.Policy, 29, 523-543.

Forsström, Juha ja Honkatukia, Juha (2002): EV-malli: Taloudellis-tekninen tasapainomalli Suomelle. ETLA C 78.

Honkatukia, Juha (2000): Kotimaisen päästökaupan kokonaistaloudelliset vaikutukset Suomessa. Keskustelualoite 718, ETLA, Helsinki.

Kenc Turalay, Perraudin William (1996): Demography, Pensions and Welfare: Fertility Shocks and the Finnish Economy. Keskustelualoite 131, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Helsinki.

McDougall, Robert A., Elbehri, Aziz ja Truong, Truong P. (1998): The GTAP 4 Data Base. Center for Global Trade Analysis, Purdue University.

McKibbin, W., Ross, M., Shackleton, R: ja Wilcoxon, P. (2000): Emissions Trading, Capital Flows and the Kyoto Protocol. Energy Journal, 287-332.

Kasvihuonekaasujen vähentämistarpeet ja –mahdollisuudet Suomessa. Kansallisen ilmastostrategian taustaraportti. KTM julkaisu 4/2001.

Kansallinen ilmastostrategia. KTM julkaisu 2/2001.

Truong, T.P., GTAP-E (1999): Incorporating Energy substitution into the GTAP Model. GTAP technical Paper No. 16. December 1999.

Truong T. P. (2001): Emission trading and the marginal costs of CO2 gas emission reductions in major Annex 1 economies. Unpublished manuscript.

Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma. KTM julkaisu 4/1999.

ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS (ETLA)

THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY

LÖNNROTINKATU 4 B, FIN-00120 HELSINKI

Puh./Tel. (09) 609 900

Telefax (09) 601753

Int. 358-9-609 900

Int. 358-9-601 753

<http://www.etla.fi>

KESKUSTELUAIHEITA - DISCUSSION PAPERS ISSN 0781-6847

- No 751 ERKKI KOSKELA – MARKKU OLLIKAINEN – MIKKO PUHAKKA, Renewable Resources in an Overlapping Generations Economy without Capital. 12.02.2001. 26 p.
- No 752 KARI ALHO – COLIN HAZLEY– HANNU HERNESNIEMI – MIKA WIDGRÉN, EU:n itälaajenemisen vaikutukset Suomen tuotantorakenteeseen. 22.02.2001. 34 s.
- No 753 RITA ASPLUND, Mobility and Earnings. An analysis of Finnish manufacturing and services. 08.03.2001. 48 p.
- No 754 OLAVI RANTALA, Toimialojen ja avainklustereiden tuotannon ja työllisyyden pitkän ajan kehitys. 15.03.2001. 52 s.
- No 755 JUHA HONKATUKIA – MARKKU OLLIKAINEN, Towards Efficient Pollution Control in the Baltic Sea. An anatomy of current failure with suggestions. 29.03.2001. 26 p.
- No 756 GREGORY S. AMACHER – ERKKI KOSKELA – MARKKU OLLIKAINEN, Optimal Forest Policies in an Overlapping Generations Economy with Timber and Money Bequests. 17.04.2001. 24 p.
- No 757 MIKA MALIRANTA, Productivity Growth and Micro-level Restructuring. Finnish experiences during the turbulent decades. 20.04.2001. 67 p.
- No 758 ERKKI KOSKELA – RONNIE SCHÖB, Optimal Factor Income Taxation in the Presence of Unemployment. 23.04.2001. 16 p.
- No 759 JUHA FORSSTRÖM – JUHA HONKATUKIA, Suomen ilmastostrategian kokonaistaloudelliset kustannukset. 24.04.2001. 28 s.
- No 760 PETRI BÖCKERMAN, Tietokone- ja informaatioteknologian vaikutukset työmarkkinoihin. 12.06.2001. 16 s.
- No 761 COLIN HAZLEY, EU Enlargement and Finnish Forest Industry: A Special Emphasis on the Packaging Industry. 22.06.2001. 110 p.
- No 762 KARI E.O. ALHO, Catching up and Unemployment in the EU. 05.07.2001. 10 p.
- No 763 PIA WALDEN – PEKKA YLÄ-ANTTILA, Skenaariot ja kansantalous 2026. Kansainvälisten skenaarioiden tulevaisuuskuvia Suomen näkökulmasta. 30.07.2001. 21 s.
- No 764 OLAVI RANTALA, EU:n itälaajenemisen vaikutus Suomen väestökehitykseen. 03.09.2001. 15 s.
- No 765 JUKKA LASSILA – TARMO VALKONEN, Ageing, Demographic Risks, and Pension Reform. 03.09.2001. 34 p.

- No 766 PERTTI HAAPARANTA – HANNU PIEKKOLA, Taxation and Entrepreneurship. 26.09.2001. 39 p.
- No 767 REIJO MANKINEN – JYRKI ALI-YRKKÖ – PEKKA YLÄ-ANTTILA, Palveluiden vienti ja kansainvälistyminen. 25.09.2001. 42 s.
- No 768 ARI HYYTINEN – OTTO TOIVANEN, Asymmetric Information and the Market Structure of the Venture Capital Industry. 03.10.2001. 13 p.
- No 769 MINNA SEPPÄLÄ, Vihreä veroreformi: Laskelmia Suomen aineistolla. 05.10.2001. 28 s.
- No 770 PEKKA MANNONEN, Advancing Information Technology and Financial Intermediation. 10.10.2001. 20 p.
- No 771 MIKA WIDGRÉN – STEFAN NAPEL, The Power of a Spatially Inferior Player. 23.10.2001. 20 p.
- No 772 TEEMU HAUKIOJA – JARMO HAHN, The Emergence of the New Economy, and its Challenge to Financial Intermediation and Banking: A Survey. 01.11.2001. 30 p.
- No 773 MIKKO MÄKINEN – MIKA PAJARINEN – PEKKA YLÄ-ANTTILA, Hyvinvointiklusterin vientimenestys ja merkitys kansantaloudessa 1990-luvun jälkipuoliskolla. 06.11.2001. 31 s.
- No 774 ARI HYYTINEN – MIKA PAJARINEN, Financial Systems and Venture Capital in Nordic Countries: A Comparative Study. 14.11.2001. 57 p.
- No 775 ARI HYYTINEN – IIKKA KUOSA – TUOMAS TAKALO, Law or Finance: Evidence from Finland. 19.11.2001. 54 p.
- No 776 ARI HYYTINEN – TUOMAS TAKALO, Preventing Systemic Crises through Bank Transparency. 20.11.2001. 17 p.
- No 777 RITA ASPLUND, Koulutus, palkkaerot ja syrjäytyminen. 22.11.2001. 20 s.
- No 778 STEFAN LEE, Financial Analysts' Perception on Intangibles – An Interview Survey in Finland. 26.11.2001. 44 p.
- No 779 JYRKI ALI-YRKKÖ – PEKKA YLÄ-ANTTILA, Globalisation of Business in a Small Country – Does Ownership Matter? 10.12.2001. 20 p.
- No 780 PENNA URRILA, Suhdanneindikaattoreiden käyttö talouskehityksen seurannassa. 12.12.2001. 66 s.
- No 781 JYRKI ALI-YRKKÖ – ARI HYYTINEN – JOHANNA LIUKKONEN, Exiting Venture Capital Investments: Lessons from Finland. 17.12.2001. 54 p.
- No 782 JUHA FORSSTRÖM – JUHA HONKATUKIA – PEKKA SULAMAA, Suomen asema EU:n komission vihreän kirjan hahmottelemassa unionin laajuisessa päästökaupassa. 31.12.2001. 56 s.

Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksen julkaisemat "Keskusteluaiheet" ovat raportteja alustavista tutkimustuloksista ja väliraportteja tekeillä olevista tutkimuksista. Tässä sarjassa julkaistuja monisteita on mahdollista ostaa Taloustieto Oy:stä kopiointi- ja toimituskuluja vastaavaan hintaan.

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.