

VATT-KESKUSTELUALOITTEITA
VATT-DISCUSSION PAPERS

9

HIILIDIOKSIDI-
PÄÄSTÖT, TALOUS
JA TALOUDELLINEN
OHJAUS

Veli-Matti Mattila

ISBN 951-561-009-5
ISSN 0788-5016

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus
Government Institute for Economic Research
Hämeentie 3, 00530 Helsinki, Finland

Valtion painatuskeskus
Pasilan VALTIMO
Helsinki 1991

Veli-Matti Mattila

MATTILA, Veli-Matti: HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT, TALOUS JA TALOUDELLINEN OHJAUS. Helsinki: VATT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, 1991. 87 + 7 s. (C, ISSN 0788-5016, No 9). ISBN 951-561-009-5.

TIIVISTELMÄ: Tutkimus käsittelee hiilidioksidipäästöjen sekä niiden rajoittamistoimien taloudellisia ulottuvuuksia Suomessa. Pääpaino on fossiilisten polttoaineiden käytön tarkastelussa.

Teollisuus, kotitaloudet ja liikenne tuottavat valtaosan energiaan liittyvistä hiilidioksidipäästöistä. Teollisuuden toimialoista massa- ja paperiteollisuus on suurin päästölähde, mutta jalostusarvoon suhteutettuna metallien valmistus tuottaa eniten päästöjä.

Hiilidioksidipäästöjen rajoittamisessa voidaan soveltaa taloudellisia ohjauskeinoja. Eräs vaihtoehto on polttoaineiden hiilisisällön mukaan asetettava hiilivero, joka vaikuttaa panos- ja lopputuotehintojen muutosten kautta. Mallitulosten mukaan yksipuolisesti toteutettu hiilivero hidastaisi talouskasvua jossain määrin. Sen sijaan veroratkaisujen kansainvälisellä käyttönotolla olisi pienempi vaikutus kasvuun. Talouden kasvun jatkumisesta sekä energiankysynnän jäykkyyksistä johtuen päästöjen merkittävä rajoittaminen voi edellyttää ajan myötä korkeaksi nousevaa veroa. Samalla veron tuotto voi muodostua suureksi.

Ilmastonmuutos on korostetusti globaali ongelma. Sen järkevä ratkaisu edellyttää laajaa kansainvälistä yhteistyötä sekä eri kasvihuonekaasuja koskevien toimenpiteiden - esimerkiksi veroratkaisujen - yhteensovittamista eri maiden välillä.

ASIASANAT: ilmastonmuutos, taloudelliset ohjauskeinot, ympäristö: verotus

MATTILA, Veli-Matti: ECONOMIC ASPECTS OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS AND THE USE OF ECONOMIC INSTRUMENTS TO CONTROL EMISSIONS. Helsinki: VATT, Government Institute for Economic Research, 1991. 87 + 7 p.

ABSTRACT: The report analyses economic aspects of CO₂-emissions in Finland, concentrating mainly on emissions from fossil fuels. The main sources of emissions are industry, households and traffic. Although pulp and paper production is the most important industrial emitter, basic metal production has the highest emissions per value added.

Economic instruments like a carbon tax based on the carbon content of fuel can be used to limit emissions. According to the results of econometric models a unilateral tax would slow down the growth rate of GNP to some extent. In a case of international action the effects on growth would be smaller. The continuation of economic growth and stickiness in energy demand imply that sharp reductions in emissions would probably lead to high tax rates in the long run. At the same time the revenue potential of the carbon tax might be large.

Climate change is a global problem. Thus international co-operation is important. Possible solutions should take account of all greenhouse gases and measures - like taxes - should be harmonized among different countries.

KEY WORDS: climate change, economic instruments, environment: taxation

ESIPUHE

Ilmastonmuutoksen uhka on käynnistänyt laajan ja monialaisen kansainvälisen tutkimustyön, jossa on pyritty selvittämään ilmastonmuutoksen etenemistä ja todennäköisiä vaikutuksia sekä hahmottelemaan keinoja ilmiön torjumiseksi. Suomessa aihetta on käsitelty mm. Ilmastokaasutyöryhmässä ja alkukesästä 1991 työnsä päättäneessä Hiilidioksiditoimikunnassa. Ilmastonmuutosongelman taloudellisia ulottuvuuksia koskeva tutkimus on maassamme kuitenkin vielä varsin vähäistä.

Ilmastonmuutoksen taustalla olevien kasvihuonekaasupäästöjen voimakas rajoittaminen voi johtaa selviin muutoksiin talouden tuotanto- ja kulutusrakenteissa sekä aiheuttaa kansantaloudellisia kustannuksia mm. hitaamman talouskasvun takia. Kustannusten vastapainona on ilmastonmuutoksen torjunnasta koituva hyvinvoinnin lisääntyminen, joka voi pidemmällä aikavälillä olla huomattava. Vaihtoehtoisten toimenpiteiden vaikutusten arviointi auttaa tasapainoisen taloudellisen kehityksen turvaamista myös jatkossa.

Tässä tutkimuksessa on keskitytty tärkeimmän kasvihuonekaasun eli hiilidioksidin päästöjen tarkasteluun Suomen kansantalouden näkökulmasta. Lisäksi on arvioitu taloudellisen ohjauksen, lähinnä hiiliveron, mahdollisuuksia päästöjen vähentämisessä. Tämä tutkimus liittyy osaltaan VATTin käynnistämään ympäristötaloutta, ennen kaikkea ympäristönsuojelun taloudellista ohjausta, käsittelevään tutkimuskokonaisuuteen. Tutkimuksen on tehnyt Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen vs. tutkija Veli-Matti Mattila. Erikoistutkija Kari Komulainen kauppa- ja teollisuusministeriöstä, dosentti Ilmo Mäenpää Pohjois-Suomen tutkimuslaitoksesta, erikoistutkija Pekka Mäkelä VATT:sta, tutkimuspäällikkö Pekka Parkkinen VATT:sta sekä vs. tutkimusjohtaja Antti Romppanen VATT:sta ovat edesauttaneet tutkimuksen valmistumista. Esitän heille kaikille parhaat kiitokset.

Helsingissä, heinäkuussa 1991

Seppo Leppänen

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	SUOMEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT	3
2.1	Energia ja hiilidioksidipäästöt	4
2.1.1	Fossiilisten polttoaineiden CO ₂ -päästökertoimet	4
2.1.2	Suomen kansantalouden, primäärienergian kulutuksen sekä hiilidioksidipäästöjen kehitys 1960-1990	4
2.1.3	Primäärienergian käyttö ja CO ₂ -päästöt vuonna 1988	11
2.2	Muut hiilidioksidilähteet	18
2.2.1	Teollisuuden prosessit ja polttoaineiden tuotanto	18
2.2.2	Maankäytön muutokset ja hiilidioksidipäästöt	19
2.3	Arvioita energiantuotannon ja -käytön hiilidioksidipäästöjen kehityksestä lähitulevaisuudessa	20
2.3.1	Energiankäytön ja talouden kehitysarviot	20
2.3.2	Hiilidioksidipäästöt ja taloudellinen kehitys	22
3	HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN RAJOITTAMISMAHDOLLISUUDET	26
3.1	Ilmastostrategian luominen	26
3.2	Vähähiiliset ja hiilivapaat energialähteet	30
3.3	Energian säästäminen ja hiilidioksidipäästöt	30
3.3.1	Energiansäästö: tehostamismahdollisuudet	32
3.3.2	Energiansäästö: tuotanto- ja kulutusrakenteet	34
3.4	Energialähdevalinnat, energiansäästö ja CO ₂ -päästöt	40
4	TALOUDELLINEN OHJAUS JA CO ₂ -PÄÄSTÖJEN RAJOITTAMINEN	42
4.1	Taloustiede ja ilmastonmuutos: ulkoisvaikutukset	42
4.2	Fossiilisten polttoaineiden hiilivero	47
4.2.1	Hiiliveron mikrotason kannustinvaikutukset	47
4.2.2	Makrovaikutusten arviointia	49
4.3	Voimassa tai suunnitteilla olevia hiiliveroja	53
5	HIILIVERO JA SUOMI	56
5.1	Nykyinen verorakenne	56
5.2	Hypoteettinen hiiliverotarkastelu	58

5.3	Hiilivero ja energiankysyntä: joustotarkastelu	63
5.3.1	Liikenne	64
5.3.2	Teollisuus	66
5.3.3	Kotitalouksien energiankysyntä	70
5.3.4	Joustojen tulkinnasta	73
5.4	Hiiliveron kokonaistaloudelliset ulottuvuudet	75
5.4.1	Oulun yliopiston FMS-mallisysteemi	76
5.4.2	Valtiovarainministeriön KESSU IV-malli	78
5.4.3	Arvioita mallien tuloksista	82
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	84

LIITTEET

1 JOHDANTO

Kasvihuoneilmiön voimistumisesta aiheutuva maapallon ilmaston muuttuminen eli ns. ilmastonmuutos muodostaa nykykäsityksen mukaan merkittävän globaalisen uhkatekijän. Kasvihuoneilmiön voimistumisen taustalla on ihmisen toiminta, joka lisää kasvihuonekaasujen eli hiilidioksidin (CO_2), metaanin (CH_4), otsonin (O_3), typpioksiduulin (N_2O) sekä kloorifluorihilivetyjen (CFC-yhdisteet) määrää ilmakehässä.

Ennusteiden mukaan kasvihuonekaasujen yhteispitoisuus ilmakehässä tulee nykyisen päästökehityksen jatkuessa kaksinkertaistumaan ennen vuotta 2030 ja nelinkertaistumaan ensi vuosisadan loppuun mennessä esiteolliseen aikaan verrattuna. Tämänkaltainen pitoisuuksien kohoaminen nostaisi maapallon keskilämpötilaa esiteollisesta ajasta 1 - 3 °C vuoteen 2030 ja 3 - 6 °C vuoteen 2100 mennessä: nousu olisi suurinta korkeilla leveysasteilla ja erityisesti talvella. Näin mm. Suomen nykyiset lämpöolot voisivat muuttua huomattavasti. (Hiilidioksiditoimikunnan mietintö 1991).

Lämpötilan nousun lisäksi myös muissa ilmasto-olosuhteissa - kuten sademäärien alueellisessa ja ajallisessa jakaumassa - voi tapahtua merkittäviä muutoksia. Yhdessä nämä vaikuttaisivat mm. kasvillisuusvyöhykkeisiin ja vesistöihin. Merenpinta nousisi lämpenemisen seurauksena vuoteen 2030 mennessä arviolta 10 - 30 cm ja vuoteen 2100 mennessä 30 - 100 cm. Ilmastonmuutoksen vaikutusten tarkempi analysointi on vielä kuitenkin puutteellista. Suomea koskevaa lisätietoa saadaan lähivuosina Suomalaisen ilmakehänmuutosten tutkimusohjelman (SILMU) etenemisen myötä.

Hiilidioksidi (CO_2) on ollut ja tulee lähitulevaisuudessakin olemaan keskeinen kasvihuonekaasu. Sen osuus kasvihuoneilmiön voimistumisesta esiteollisesta ajasta 1980-luvun alkuun saakka on ollut yli 50 %. Valtaosa ihmistoiminnasta peräisin olevista CO_2 -päästöistä, yli 70 %, syntyy fossiilisten polttoainneiden käytöstä. Muita päästölähteitä ovat maankäytön muu-

tokset - lähinnä sademetsien hävittäminen - sekä mm. sementinvalmistus. Päästöjen kokonaismäärä oli 1980-luvun lopulla noin 25 000 miljoonaa tonnia (Mt CO_2) vuodessa¹. (Hiilidioksiditoimikunnan mietintö 1991). Vuoteen 2025 mennessä päästöjen oletetaan kasvavan arviolta kaksinkertaisiksi erityisesti fossiilisten polttoaineiden käytön lisääntyessä. Samalla teollisuusmaiden suhteellinen osuus päästöistä tulisi pieneenemään ja kehitysmaiden kasvamaan. (IPCC 1990).

Tutkimuksen tarkoitus

Ilmastonmuutoksen uhka on käynnistänyt laajan kansainvälisen tutkimustyön lisäksi myös kansainväliset neuvottelut ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksien kasvun estämiseksi. Suomi on osallistunut aktiivisesti näihin prosesseihin ja ilmoittanut muiden läntisten teollisuusmaiden (pl. Yhdysvallat) tavoin pyrkivänsä jäädyttämään hiilidioksidipäästöt vuoden 1990 tasolle vuoteen 2000 mennessä. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi tarvittavista toimenpiteistä, ohjauskeinoista tai taloudellisista vaikutuksista ei kuitenkaan vielä ole olemassa kokonaiskuvaa.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan hiilidioksidipäästöjen taloudellisia ulottuvuuksia Suomessa. Tavoitteena on analysoida päästöjen muodostumista kansantalouden kehityksen ja talouden eri sektoreiden näkökulmasta sekä luoda pohjaa taloudellisen ohjauksen mahdollisuuksien ja vaikutusten arvioinnille erilaisten päästövähennystavoitteiden saavuttamisessa.

Luvussa 2 tarkastellaan maamme CO_2 -päästöjen ja talouden välisiä yhteyksiä sekä menneen kehityksen että nykyhetken osalta pääpainon ollessa fossiilisten polttoaineiden käytössä syntyneissä päästöissä. Luvussa 3 luodaan katsaus päästöjen vähentämismahdollisuuksiin mm. energialähdevalintojen sekä energiansäästön kautta. Lopuksi luvuissa 4 ja 5 pyritään arvioimaan taloudellisten ohjauskeinojen, erityisesti hiiliveron, ominaisuuksia sekä mahdollisuuksia päästöjen vähentämisessä.

¹ Alkuainehiilenä ilmaistuna päästöjen kokonaismäärä oli noin 7 000 miljoonaa tonnia (Mt C). Yksi tonni (alkuaine-)hiiltä synnyttää palaessaan 3.67 tonnia hiilidioksidia.

2 SUOMEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT

Suomen hiilidioksidipäästöt (netto) olivat vuonna 1988 arviolta noin 54 miljoonaa tonnia eli 54 Mt. Päästöjen muodostumisessa oli energiantuotannolla ja -käytöllä keskeinen osa: fossiilisten polttoaineiden¹ poltto tuotti noin 52 Mt hiilidioksidia. Loppuosa syntyi teollisuuden eräistä prosesseista sekä polttoainetuotannosta (taulukko 2.1). Maailman kokonaispäästöistä Suomen osuus oli vuonna 1988 alle 0.3 %.

Taulukko 2.1. Suomen hiilidioksidipäästöt 1988, Mt.

Sektori	CO ₂
Energiasektori	
- fossiiliset polttoaineet	52
Muu teoll. toiminta	
- sementtiteollisuus	0.8
- polttoturpeen tuotanto	0.8
Yhteensä	≈ 54 Mt CO ₂

Lähde: Boström et al. 1990, Silvola & Alholm 1990, erillislaskelmat

Puupohjaisten polttoaineiden (puu, kuori, hake, teollisuuden jätelipeät ym.) poltosta syntyi vuonna 1988 noin 18 Mt hiilidioksidia. Näiden polttoaineiden käytön ei kuitenkaan katsota aiheuttavan hiilidioksidin **nettopäästöjä** eli lisäävän ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta, jos vastaava hiilimäärä sidotaan uuteen biomassaan metsissä. Tämän voidaan katsoa pätevän Suomessa, sillä metsiemme kasvu ylittää selvästi vuotuisen hakkuu- ja luonnonpoistuman. (Hiilidioksiditoimikunnan mietintö 1991). Jatkossa tarkastelu koskettelee vain hiilidioksidin nettopäästöjä.

Eräiden arvioiden mukaan maa- ja metsätalouden käyttöön ojitettujen suoalueiden merkitys hiilidioksidin nettopäästöjen tuottajana on huomattava (ks. kpl 2.2.2). Asia on kuitenkin hyvin kiistanalainen. Lisätietoja saadaan lähivuosina Suomalaisen ilmakehänmuutosten tutkimusohjelman etenemisen myötä.

¹ Fossiilisilla polttoaineilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa hiilen, maakaasun ja öljyn lisäksi myös turvetta (vrt. Hiilidioksiditoimikunnan mietintö 1991).

2.1 ENERGIA JA HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT

2.1.1 Fossiilisten polttoaineiden CO₂-päästökertoimet

Polttoaineen sisältämä hiili muuttuu poltettaessa lähes kokonaan (n. 99 %) hiilidioksidiksi. Poikkeuksena on vain puun pienpoltto, jonka yhteydessä osa hiilestä - arviolta korkeintaan 10 % - poistuu hiilivetyinä tai hiilimonoksidina. (Boström et al. 1990). Näin ollen kullekin polttoaineelle on mahdollista määritellä hiilidioksidin päästökerroin polttoaineen hiilipitoisuuden perusteella (taulukko 2.2).

Taulukko 2.2. Fossiilisten polttoaineiden CO₂-päästökertoimet polttoaineen sisältämää energiayksikköä kohden (g CO₂/MJ).

Polttoaine	Kerroin (g CO ₂ /MJ)
Maakaasu	55
Öljytuotteet	73-77
Hiili	93
Turve	110
Masuuni- ja koksamokaasu	185

Lähde: Boström et al. 1990

Runsaasti vetyä sisältävän maakaasun poltto synnyttää vähiten hiilidioksidia energiayksikköä kohden. Öljytuotteista - mm. lämmitysöljyistä ja liikennepolttonesteistä - syntyy noin 35 %, hiilestä (kivihiili/koksi/antrasiitti) noin 70 % ja turpeesta 100 % enemmän CO₂-päästöjä. Suurin päästökerroin on masuuni- ja koksamokaasuilla, joita käytetään energianlähteenä lähinnä metallien perusteellisuudessa.

2.1.2 Suomen kansantalouden, primäärienergian kulutuksen sekä hiilidioksidipäästöjen kehitys 1960-1990

Suomen bruttokansantuotteen kasvuvauhti oli ajanjaksolla 1960 - 1990 keskimäärin 3.8 % vuodessa eli kansainvälisesti tarkasteltuna varsin korkea. Vuonna 1990 kansantuotteen määrä oli yli kolminkertainen vuoteen 1960 verrattuna. Kasvun taustalla on keskeisessä asemassa ollut pääomapanoksen voimakas lisäys sekä kokonaistuottavuuden yleinen nousu; sen sijaan työpanoksen määrä on ajan myötä vähentynyt (TASKU 1990). Voi-

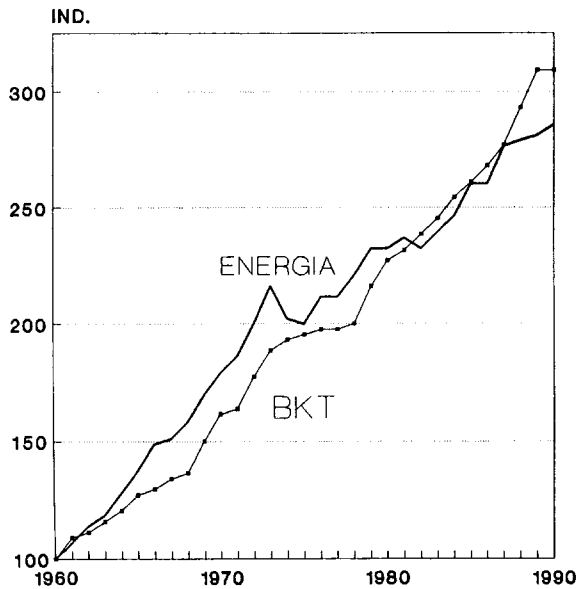
makkain kasvuvaihe, keskimäärin lähes 5 % vuositasolla, oli 1960-luvulla, jonka jälkeen vauhti on tasaantunut ollen viime vuosikymmenellä hieman yli 3 % vuodessa.

Bruttokansantuotteen tuottamisessa käytetyn primäärienergiämäärän kasvu on ajanjaksolla 1960-1990 ollut hieman talouskasvua pienempi eli keskimäärin 3.5 % vuositasolla. Tarkastelukauden alkupuolella energiankulutuksen kasvu ylitti bruttokansantuotteen kasvuvauhdin, mutta 1980-luvulle tultaessa kasvu on hidastunut ollen noin 2 % vuodessa (kuvio 2.1a).

Primäärienergian kulutuksen hitaampi kasvuvauhti on samalla merkinnyt kansantuotteen energiaintensiteetin eli kansantuoteyksikköä kohden käytetyn energiamäärän keskimääräistä pienenemistä (kuvio 2.1b). Tällä hetkellä kansantuoteyksikön tuottamiseen kuluu noin viidennes vähemmän energiaa kuin 1960-luvun loppuvuosina. Muihin OECD-maihin verrattuna Suomen energiaintensiteetti on kuitenkin edelleen varsin korkea (ks. liite 2). Syynä tähän on paitsi maamme pohjoinen sijainti - joka lisää asuntojen ja muiden tilojen lämmitystarvetta - myös teollisuuden tuotantorakenne, jossa energiavaltainen metsäteollisuus on keskeisessä asemassa. Lisäksi suuresta maapinta-alasta ja harvasta asutuksesta johtuvat pitkät välimatkat lisäävät liikkumistarvetta, erityisesti maantieliikennettä.

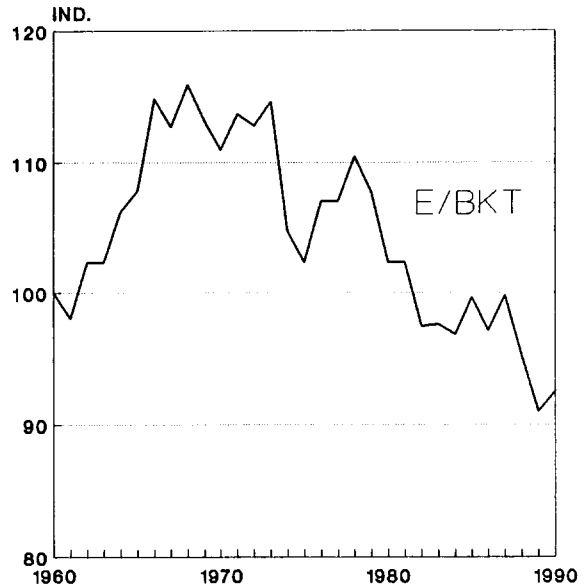
Energiaintensiteetin kehitykseen ovat vaikuttaneet mm. Suomen talouden rakennemuutos sekä energian käytön yleinen tehostuminen (Energiakomitea 1989). Alkutuotannon eli maa- ja metsätalouden sekä kaivannaistoiminnan osuus kansantuotteesta on supistunut 1950-luvulta lähtien voimakkaasti teollisen yhteiskunnan ja palvelutalouden kehittymisen myötä. Korkeimmillaan jalostuselinkeinojen eli teollisuuden, energiahuollon ja rakentamisen osuus oli 1970-luvun puolivälissä, jolloin niiden osuus kokonaistuotannosta oli yli 40 %. Tämän jälkeen on energiaintensiivisyydeltään alhaisten palvelusten merkitys entisestään kasvanut: vuonna 1989 liki 60 % kokonaistuotannosta syntyi palvelusektorilla (kuvio 2.2a). Samalla tehdasteollisuuden osuus on alentunut.

Kuvio 2.1a. Bruttokansantuotteen ja primäärienergian kulutuksen kehitys vuosina 1960-1990, 1960=100.

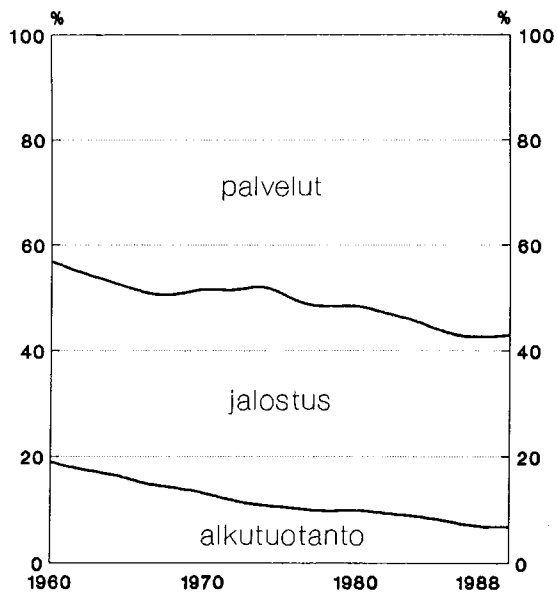


LÄHDE: ENERGIATILASTOT, TILASTOKESKUS

Kuvio 2.1b. Bruttokansantuotteen energiaintensiteetti vuosina 1960-1990, 1960=100.

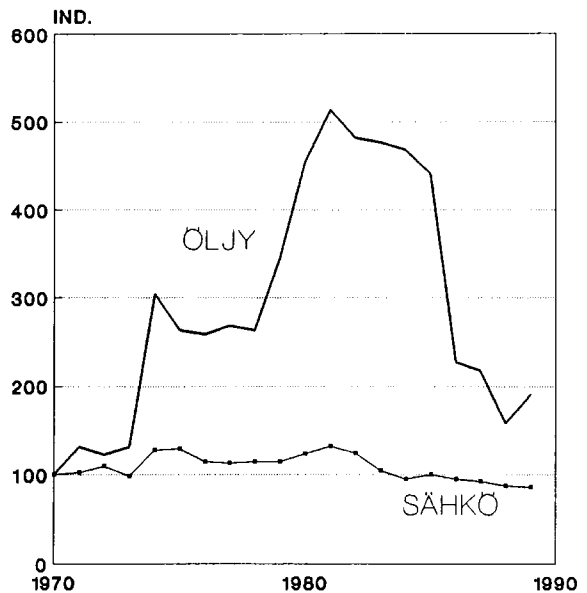


Kuvio 2.2a. Talouden rakennemuutos 1960-1989: eri sektoreiden osuudet bruttokansantuotteesta.



LÄHDE: KANSANTALouden TILINPITO

Kuvio 2.2b. Raakaöljyn ja sähkön reaalihintojen kehitys 1970-1989, 1970=100.



LÄHDE: ENERGIATILASTOT, KTM

Energiaintensiteettiä on supistanut myös sähkön ja kaukolämmön tuotannossa sekä energian loppukulutuksessa tapahtunut tekninen kehitys, joka on tehostanut energian hyödyntämistä mm. pienempien ominaiskulutuksien kautta. Mäenpään & Tervon (1991a) estimointien mukaan tehostumiskomponentin osuus talouden energiaintensiivisyyden supistumisesta 1980-luvulla on ollut hallitseva, noin kolme neljäsosaa; rakenteiden muuttumisen vaikutus on ollut selvästi pienempi. Rakenne- ja tehostumiskehityksen taustalla ja rinnalla on osaltaan ollut vaikuttamassa energian reaalihintojen muuttuminen erityisesti vuosien 1973-1974 ja 1979-1980 öljykriisien yhteydessä (ks. luku 5). Sen sijaan viime vuosikymmenellä energian hintakehitys on ilmeisesti toiminut edellisiä trendejä vastaan: sekä raakaöljyn että sähkön reaali hinnat ovat pudonneet 1980-luvun alun jälkeen (kuvio 2.2b)¹.

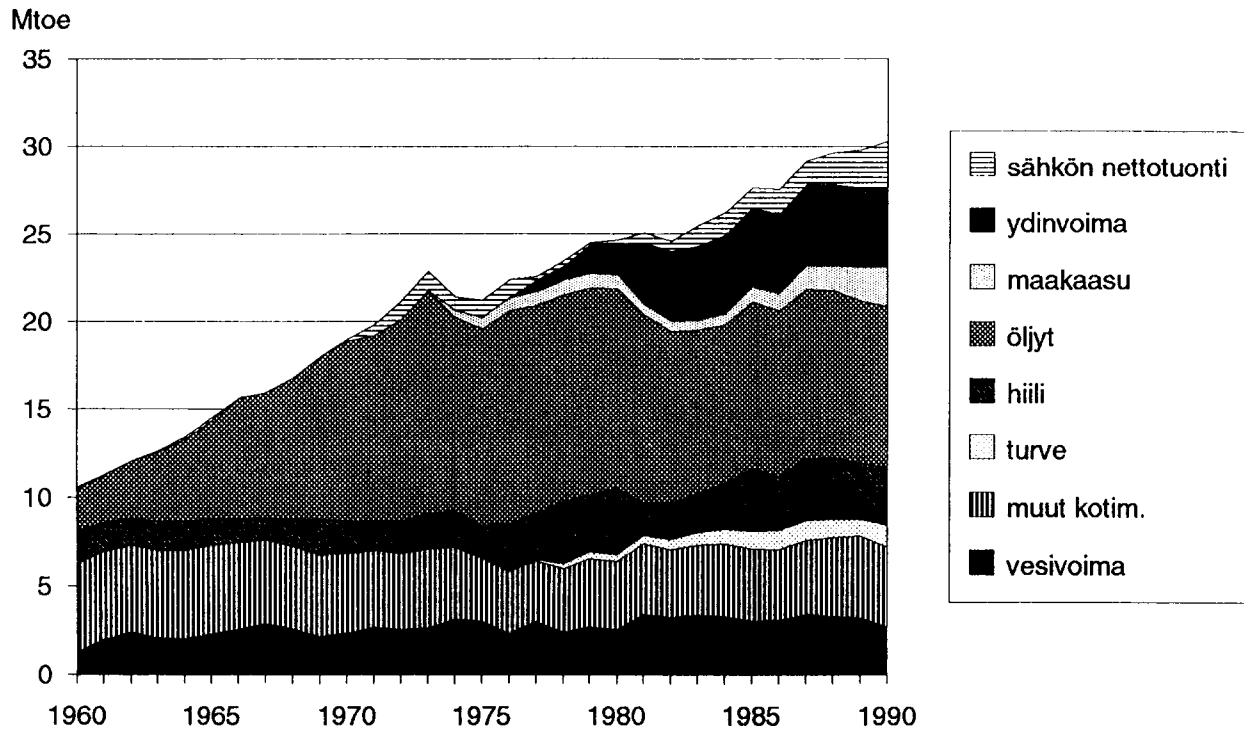
Kehitys energialähteittäin sekä primäärienergian käyttö

Samanaikaisesti primäärienergian käytön kasvun kanssa on eri energialähteiden osuuksissa tapahtunut suuria muutoksia (kuvio 2.3). Öljyn osuus oli suurimmillaan 1970-luvun alkupuoliskolla mutta on sen jälkeen ollut laskusuunnassa. Samalla on muiden fossiilisten polttoaineiden eli hiilen, maakaasun sekä turpeen käyttö ollut kasvussa, joten CO₂-päästöjä tuotettavien polttoaineiden kokonaiskulutus ei tällä hetkellä olennaisesti poikkea 1970-luvun alun tasosta. Sen sijaan niiden suhteellinen osuus primäärienergian kulutuksesta on selvästi pienentynyt: tällä hetkellä se on noin puolet, kun esimerkiksi vuonna 1980 se oli suunnilleen kaksi kolmasosaa.

Syynä fossiilisten polttoaineiden osuuden pienenemiseen on ollut mm. ydinvoimatuotannon käynnistyminen sekä Ruotsista ja Neuvostoliitosta ostetun sähkön määrän kasvu. Ydinvoima ja tuontisähkö kattavat tällä hetkellä noin 40-45 % sähkönkulutuksesta. Tärkeimpien kotimaisten energialähteiden eli vesivoiman, polttopuun sekä teollisuuden jäteliemien ja jätteen kokonaiskäyttö on pysynyt vuoden 1960 jälkeen lähes ennallaan. Primäärienergiaomavaraisuutemme on nykyään noin 30%.

¹ Kuviossa on esitetty raakaöljyn markkamääräisen tuontihinnan sekä tukkusähkön keskimääräisen hinnan kehitys. Molemmat aikasarjat on deflatoitu tukkuhintaaindeksillä.

Kuvio 2.3. Primäärienergian kulutus energialähteittäin vuosina 1960-1990, Mtoe.



Lähde: Energiatilastot, Energiakatsaus 4/90

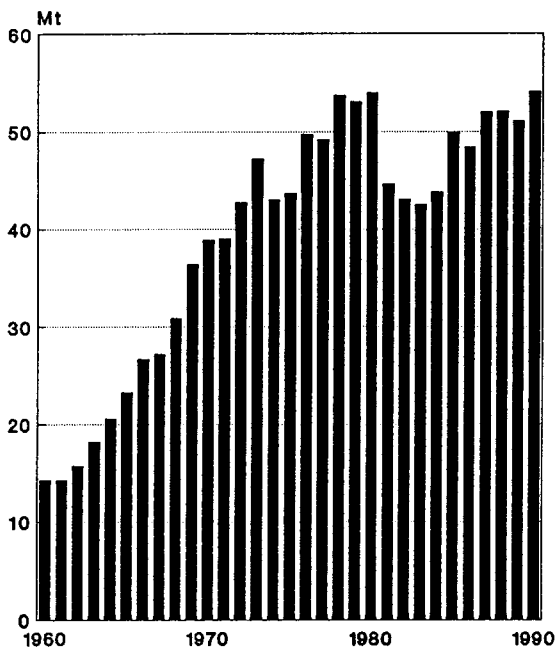
Primäärienergian kulutuksesta on yhä suurempi osa käytetty tyydyttämään sähkön kasvanutta kysyntää. Vuosien 1960 ja 1990 välisenä aikana sähkön kulutus kasvoi seitsemänkertaiseksi eli noin 9 TWh:sta lähes 62,5 TWh:iin. Vuositasolla kasvu on ollut keskimäärin liki 7 % eli selvästi kansantuotteen kasvua nopeampaa. Talouden sähköintensiivisyys on siis voimistunut. Suurin sähkönkäyttäjä on teollisuus, jonka osuus kulutuksesta on tällä hetkellä noin 53 %; tästä metsäteollisuus käyttää yli puolet. Kotitalouksien lämmitys- ja ns. kotitaloussähkön osuus kulutuksesta on vajaa viidennes. Sähkön käytön kasvun myötä on polttoaineiden ns. suoran loppukulutuksen suhteellinen osuus primäärienergian käytöstä pienentynyt.

Kansantalouden kehitys ja hiilidioksidipäästöt

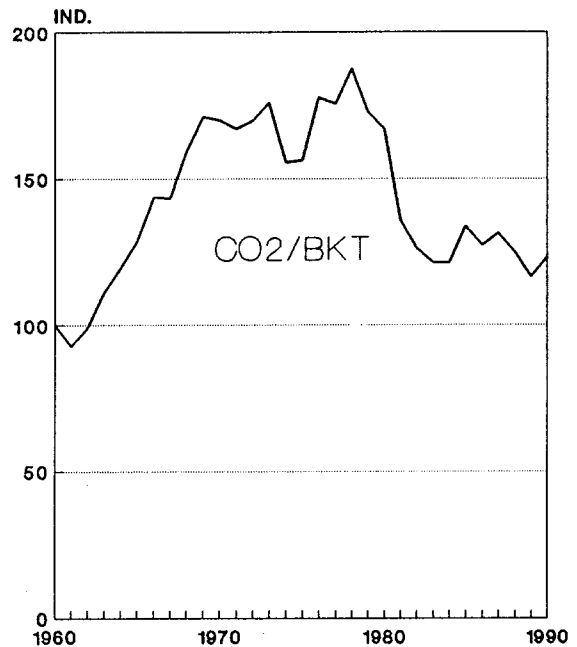
Fossiilisten polttoaineiden käytön lisääntyminen kasvatti maamme energiasektorin CO₂-päästöjen määrää 1980-luvun alkuun saakka. Tällöin päästöt olivat noin nelinkertaiset vuoteen 1960 verrattuna eli lähes 55 miljoonaa tonnia (kuvio 2.4a).

Vuositasolla kasvu oli keskimäärin 7 %. Energiankulutuksen kasvun hidastuminen sekä mm. ydinvoiman käyttöönotto yhdessä hiilen ja polttoöljyjen käytön vähenemisen kanssa pienensivät kokonaispäästöjä 1980-luvun alkuvuosina huomattavasti. Tämä kehitys oli kuitenkin vain väliaikainen, sillä vuosikymmenen puolivälissä mm. hiilen käytön kasvu nosti päästömäärän takaisin noin 50 miljoonaan tonniin.

Kuvio 2.4a. Energiantuotannon ja -käytön CO₂-päästöt 1960-90.



Kuvio 2.4b. Talouden CO₂-intensiteetti, 1960=100.²



Lähde: Energiatilastot, KTM, VATT

Energiantuotannon ja -käytön päästöjen avulla laskettu kansantalouden hiilidioksidi-intensiteetti eli kansantuoteyksikköä kohden syntyvien CO₂-päästöjen määrä oli korkeimmillaan 1970-luvulla, jonka jälkeen se laski varsin jyrkästi (kuvio 2.4b). Tällä hetkellä kansantuoteyksikköä kohden syntyy noin kolmannes vähemmän hiilidioksidia kuin vuonna 1978. Laskun taustalla on ollut paitsi em. kansantalouden energiaintensiteetin myös primäärienergian hiilidioksidi-intensiteetin pieneneminen. Jälkimmäiseen tekijään liittyy ydinvoiman ja tuontisähkön osuuden kasvun lisäksi myös maakaasun käytön lisääntyminen.¹

¹ Tuontisähkön tuottamisesta mahdollisesti syntyneitä päästöjä ei ole laskelmissa otettu huomioon, ts. tuontisähkön katsotaan Suomen näkökulmasta olevan "hiilidioksidivapaata".

Muihin OECD-maihin verrattuna taloutemme CO₂-intensiivisyys on kuitenkin edelleen varsin suuri - esimerkiksi Norjan ja Ruotsin intensiteetit ovat alhaisemmat (ks. liite 2). Ruotsin intensiteettiä pienentää mm. sähköntuotannon rakenne, jossa ydin- ja vesivoiman osuus oli vuonna 1987 yli 95 %. Norjassa sähköntuotanto perustuu tällä hetkellä lähes yksinomaan vesivoimaan. (Torvanger 1990).

Energiantuotannon ja -käytön päästökehityksen osittaminen

Toteutunut päästökehitys voidaan osittaa primäärienergian CO₂-intensiteetin, bruttokansantuotteen energiaintensiteetin sekä bruttokansantuotteen tuloksi seuraavalla tavalla (vrt. Kasanen 1991):

$$(1) \text{CO}_2 = (\text{CO}_2/\text{E}) * (\text{E}/\text{BKT}) * \text{BKT}$$

missä termi E viittaa energiaan ja BKT bruttokansantuotteen. Yhtälöstä (1) saadaan tekijöiden muutosnopeuksista koostuva yhtälö

$$(2) d\text{CO}_2/\text{CO}_2 = d(\text{CO}_2/\text{E})/(\text{CO}_2/\text{E}) + d(\text{E}/\text{BKT})/(\text{E}/\text{BKT}) + dBKT/\text{BKT}$$

missä kukin termi dX/X kuvaa ao. muuttujan keskimääräistä (vuosittaista) suhteellista muutosta tarkasteluajanjaksolla. Näiden muutosten laskemiseksi on taulukossa 2.3 esitetty tarvittavat tiedot 1980-luvun kehityksen osalta.

Taulukko 2.3. Kansantuotteen, primäärienergian kulutuksen, hiilidioksidipäästöjen sekä eri intensiteettien kehitys 1980-luvulla.

Vuosi	BKT (mrd mk) ¹	E (Mtoe)	CO ₂ (Mt)	CO ₂ /E (t/toe)	E/BKT (toe/Mmk)	CO ₂ /BKT (t/Mmk)
1980	364.9	24.64	54.0	2.19	67.53	148.0
1985	420.9	27.64	49.9	1.81	65.67	118.6
1990	495.3	30.30	54.1 ²	1.79	61.18	109.2
Keskimääräinen vuosimuutos	+3.1 %	+2.1 %	0.0 %	-2.0 %	-1.0 %	-3.0 %

Lähde: Energiakatsaus 4/90, Energiatilastot, Kansantalouden tilinpito, KTM

1 Vuoden 1989 hinnoin

2 Ennakkotieto

Kasvuprosenttien avulla saadaan likiarvo

$$(2') 0.0 \% \approx -2.0 \% + -1.0 \% + 3.1 \%$$

eli varsin nopeasta keskimääräisestä talouskasvusta (3.1 %) huolimatta kansantalouden CO₂-päästöt eivät ole tarkastelupe-riodin aikana kasvaneet, koska samanaikaisesti energiankäyttö bruttokansantuotteen yksikköä kohden sekä energiayksikön hiilidioksidipitoisuus ovat alentuneet selvästi. Jälkimmäisen osatekijän merkitys on ollut kaksinkertainen edelliseen ver-rattuna. CO₂-päästöt kansantuoteyksikköä kohden ovat siis pienentyneet 1980-luvulla keskimäärin 3 % vuodessa.

2.1.3 Primäärienergian käyttö ja CO₂-päästöt vuonna 1988

Vuonna 1988 maamme primäärienergian kokonaiskulutus oli noin 30 Mtoe eli 30 miljoonaa öljytonnia vastaava energiamäärä. Tästä määrästä puolet kului ns. energian muuntoon eli sähkön (43 %) ja kaukolämmön (8 %) tuotantoon; polttoaineiden suoran loppukäytön osuus oli näin ollen 49%. Taulukossa 2.4 on esi-tetty tiedot primäärienergian käytöstä sekä hiilidioksidi-päästömääristä energialähteittäin sekä energian käyttökoh-teittain.

Taulukko 2.4. Primäärienergian käyttö (Mtoe) ja CO₂-päästöt (Mt) vuonna 1988.

Energiälähde	Primäärienergian käyttö, Mtoe				Hiilidioksidipäästöt, Mt				
	sähkö	kauko-lämpö	suora loppuk.	yht.	sähkö	kauko-lämpö	suora loppuk.	Yht.	%
Hiili	1.5	1.1	0.9	3.5	5.8	4.1	3.2	13.1	25%
Maakaasu	0.4	0.3	0.7	1.4	1.0	0.6	1.6	3.2	6%
Turve	0.2	0.5	0.3	1.0	1.0	2.3	1.2	4.5	9%
Öljyt	0.3	0.4	7.9	8.6	0.8	1.4	23.8	26.0	50%
Muut foss.	0.1		1.2	1.3	0.8	0.1	4.2	5.2	10%
Foss. yhteensä	2.5	2.3	11.0	15.8					
	(16%)	(15%)	(69%)	(100%)					
Puu & jätelipeät	0.5	0.1	3.3	3.9					
Vesi- ja ydinvoima	7.9			7.9					
Sähkön tuonti	1.8			1.8					
Muut		0.05	0.15	0.2					
Yhteensä	12.7	2.45	14.45	29.6	9.4	8.5	34.1	52.0	100%
	(43%)	(8%)	(49%)	(100%)	(18%)	(16%)	(66%)	(100%)	

Fossiilisten polttoaineiden osuus primäärienergiasta oli vuonna 1988 hieman yli puolet: valtaosa siitä kului suorassa loppukulutuksessa, mm. liikenteessä. Tämä heijastuu osaltaan hiilidioksidipäästöjen jakaumaan. Sähköntuotannon osuus päästöistä on selvästi pienempi kuin primäärienergian kulutuksesta - taustalla on ydin- ja vesivoiman sekä sähköntuotannon suuri määrä, joka laskee tuotetun sähkön laskennallista CO₂-sisältöä. Toisaalta hiilen ja turpeen runsas käyttö kaukolämmön tuotannossa lisää ko. energiamuodon CO₂-intensiivisyyttä ja päästöosuutta. Yhteensä sähkön ja kaukolämmön tuotannossa syntyi noin kolmasosa päästöistä.

Polttoaineittain tarkasteltuna oli öljytuotteiden osuus päästöistä puolet ja hiilituotteiden neljännes. Loppuosa jakautui varsin tasaisesti maakaasun, turpeen sekä muiden fossiilisten polttoaineiden osalle, joihin kuuluu mm. masuuni-, koksamo- ja jalostamokaasuja sekä petrokemian prosessijätteitä. Päästöjen yhteismäärä oli vuonna 1988 noin 52 Mt.

Hiilidioksidipäästöt energian kulutussektoreittain

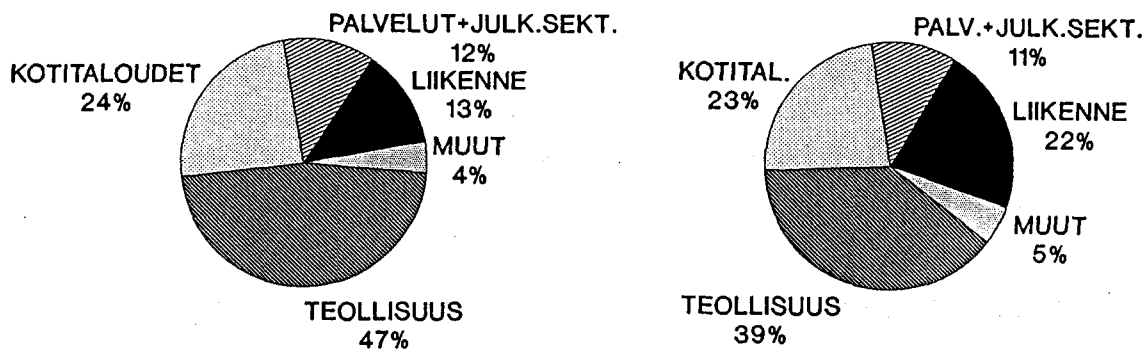
Energiaan liittyviä hiilidioksidipäästöjä voidaan tarkastella paitsi primäärienergian varsinaisten käyttökohteiden kannalta - kuten taulukossa 2.4 - myös energian loppukulutussektorien mukaan. Kuvioissa 2.5a ja 2.5b on esitetty primäärienergian kokonaiskulutuksen sekä CO₂-päästöjen jakautuminen talouden eri sektoreille, joita ovat teollisuus, kotitaloudet, palvelut ja julkinen sektori, liikenne sekä "muut", joka sisältää rakennustoiminnan ja maatalouden. Jaottelua on selvitetty liitteessä 1.

Kunkin sektorin primäärienergian kulutus muodostuu polttoaineiden kokonaiskäytöstä sekä sektorin kuluttaman sähkön ja kaukolämmön tuotannossa käytetystä primäärienergiasta. Sähkön kohdalla on tehty jako kahteen, teollisuuden omatarvesähköön sekä teollisuuden ulkopuolella tuotettuun sähköön: teollisuuden omissa voimaloissaan tuottaman sähkön - joka kattaa noin kolmanneksen teollisuuden sähkönkulutuksesta - energialähteet on sisällytetty teollisuuden lukuihin. Tämä helpottaa talou-

dellisen ohjauksen kuten hiiliveron vaikutusten arviointia sekä mahdollistaa teollisuuden toimialoittaisen päästötarkastelun (ks. liite 1). Kuvion 2.5b hiilidioksidipäästöt on saatu em. kulutusluvuista käyttämällä polttoainekohtaisia päästökertoimia sekä jakamalla kaukolämmön- ja teollisuuden ulkopuolisen sähköntuotannon päästöt kulutusosuuksien mukaan.

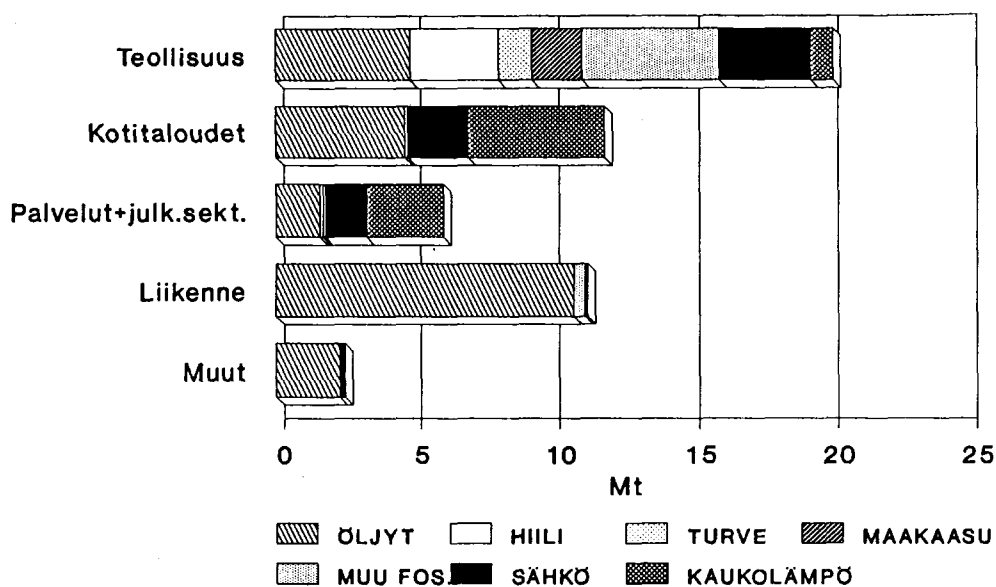
Kuvio 2.5a. Primäärienergian kulutus sektoreittain 1988.

Kuvio 2.5b. Hiilidioksidipäästöt sektoreittain 1988.



Lähde: ks. liite 1

Vuonna 1988 teollisuuden osuus sekä energiankulutuksesta että päästöistä oli suurin: se käytti energiasta lähes puolet ja tuotti päästöistä noin 40 %. Osuuksien välillä oleva ero selittyy mm. puupohjaisten polttoaineiden runsaalla käytöllä erityisesti metsäteollisuudessa. Teollisuuden jälkeen olivat suurimpia päästöjen tuottajia kotitaloudet sekä liikenne, joiden molempien osuus oli vajaa neljännes. Liikenteen osuus päästöistä oli selvästi suurempi kuin energiankulutuksesta - taustalla on fossiilisten polttoaineiden keskeinen asema eri liikennemuotojen energianlähteenä. Palveluiden ja julkissektorin osuus päästöistä oli noin kymmenesosa ja rakentamisen sekä maatalouden noin 5 %. Kuviossa 2.6 on esitetty päästöjakauma sektoreittain energialähteiden ja -muotojen mukaan. Laskentatapaa sekä siihen liittyviä epävarmuustekijöitä on käsitelty liitteessä 1.

Kuvio 2.6. CO₂-päästöt talouden sektoreittain 1988, Mt.

Lähde: ks. liite 1

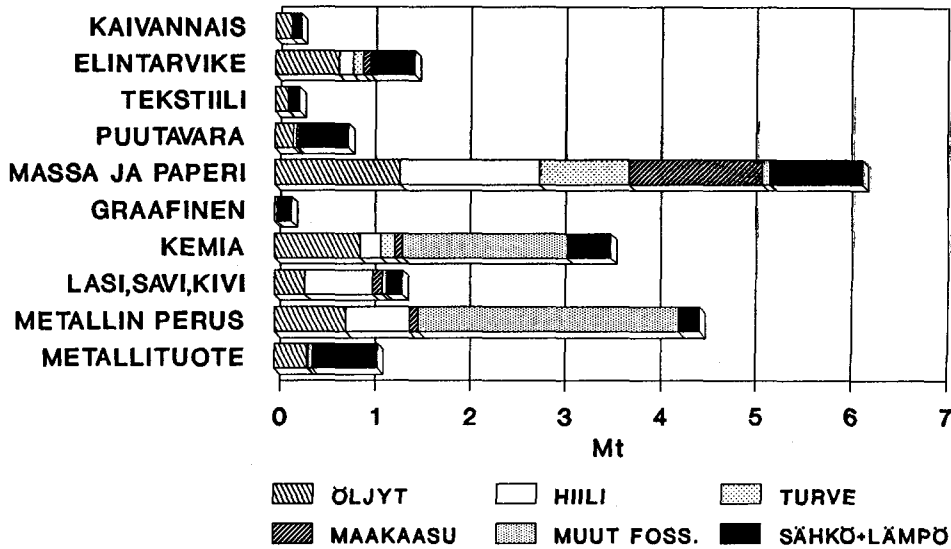
Hiilidioksidipäästöt ja teollisuus: toimialatarkastelu

Valtaosa kaivannaistoiminnan ja tehdasteollisuuden päästöistä, joiden yhteismäärä oli vuonna 1988 noin 20 Mt, syntyi polttoaineiden käytöstä teollisuuden oman energiantuotannon yhteydessä. Teollisuuden ulkopuolelta ostetun sähkön ja lämmön laskennallinen CO₂-päästöosuus oli alle neljäsosa. Päästöjen toimialoittainen jakauma on esitetty kuviossa 2.7. Laskentamenettelyyn liittyvien epävarmuustekijöiden vuoksi tietoja on pidettävä vain suuntaa-antavina. Etenkin arviot massa- ja paperi- sekä metallien perusteollisuuden päästömääristä voivat olla jossain määrin liian suuria.

Laskelmien perusteella oli massa- ja paperiteollisuus vuonna 1988 selvästi suurin CO₂-päästöjen tuottaja. Koko teollisuuden päästöistä sen osuus oli vajaa kolmannes eli yli 6 Mt. Toisaalta ao. toimialan osuus teollisuuden primäärienergian käytöstä oli arviolta noin puolet. Tämän eron taustalla on erityisesti puun ja jätelipeiden runsas käyttö energiantuotannossa.

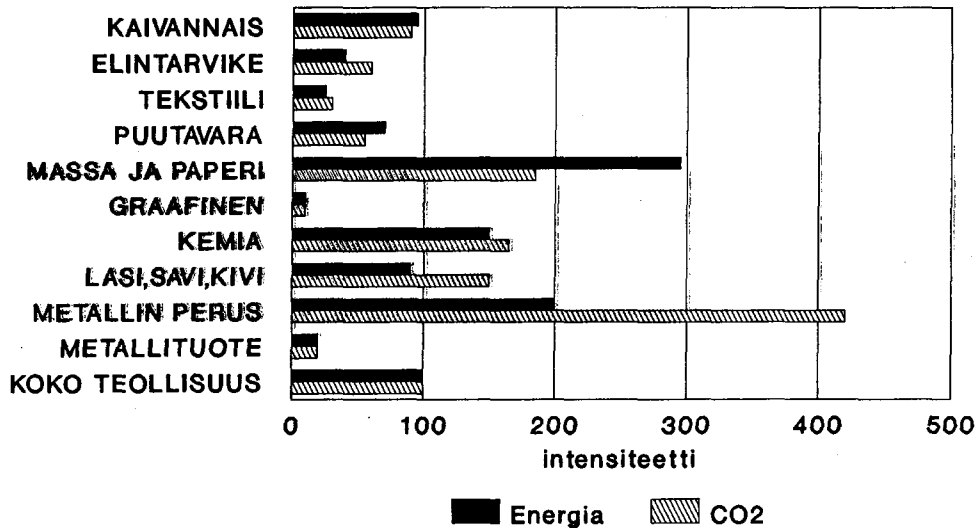
Toiseksi suurin hiilidioksidin tuottaja oli metallien perusteollisuus, jonka osuus päästöistä oli noin neljäsosa: päästöjen muodostumisessa on hiilipitoisten masuuni- ja koksamo-

Kuvio 2.7. Teollisuuden hiilidioksidi-
päästöt toimialoittain vuonna 1988.



LÄHDE: KS. LIITE 1

Kuvio 2.8. Primäärienergian käyttö ja
CO2-päästöt toimialoittain suhteessa
jalostusarvoon 1988, koko teoll. = 100



LÄHDE: TEOLLISUUSTILASTOT, LIITE 1

kaasujen merkitys huomattava. Kemianteollisuuden päästöistä lähes puolet syntyi öljynjalostuksen polttoainekäytöstä. Muiden toimialojen päästöt olivat selvästi pienempiä: ne muodostivat teollisuuden kokonaispäästöistä yhteensä noin 25 %. Useissa tapauksissa oli toimialan ulkopuolelta ostetun sähkön ja kaukolämmön osuus merkittävä.

Suhteutettaessa toimialojen CO₂-päästöt tuotannon jalostusarvoihin saadaan toimialakohtaiset jalostusarvon hiilidioksidintensiteetit. Nämä on esitetty kuviossa 2.8 yhdessä toimialoittaisten energiaintensiteettien kanssa. CO₂-intensiteetit vaihtelevat tuotannon energiaintensiivisyyden, energialähdvalintojen sekä jalostusarvon mukaan ja antavat osaltaan viitteitä siitä, miten esimerkiksi mahdollinen hiilivero voisi rasittaa eri toimialoja. Koska vero vaikuttaisi myös välituotteiden hintoihin ja sitä kautta muuttaisi kustannusrakenteita, olisi kokonaisvaikutuksia arvioitaessa käytettävä panos-tuotos -analyysiä.

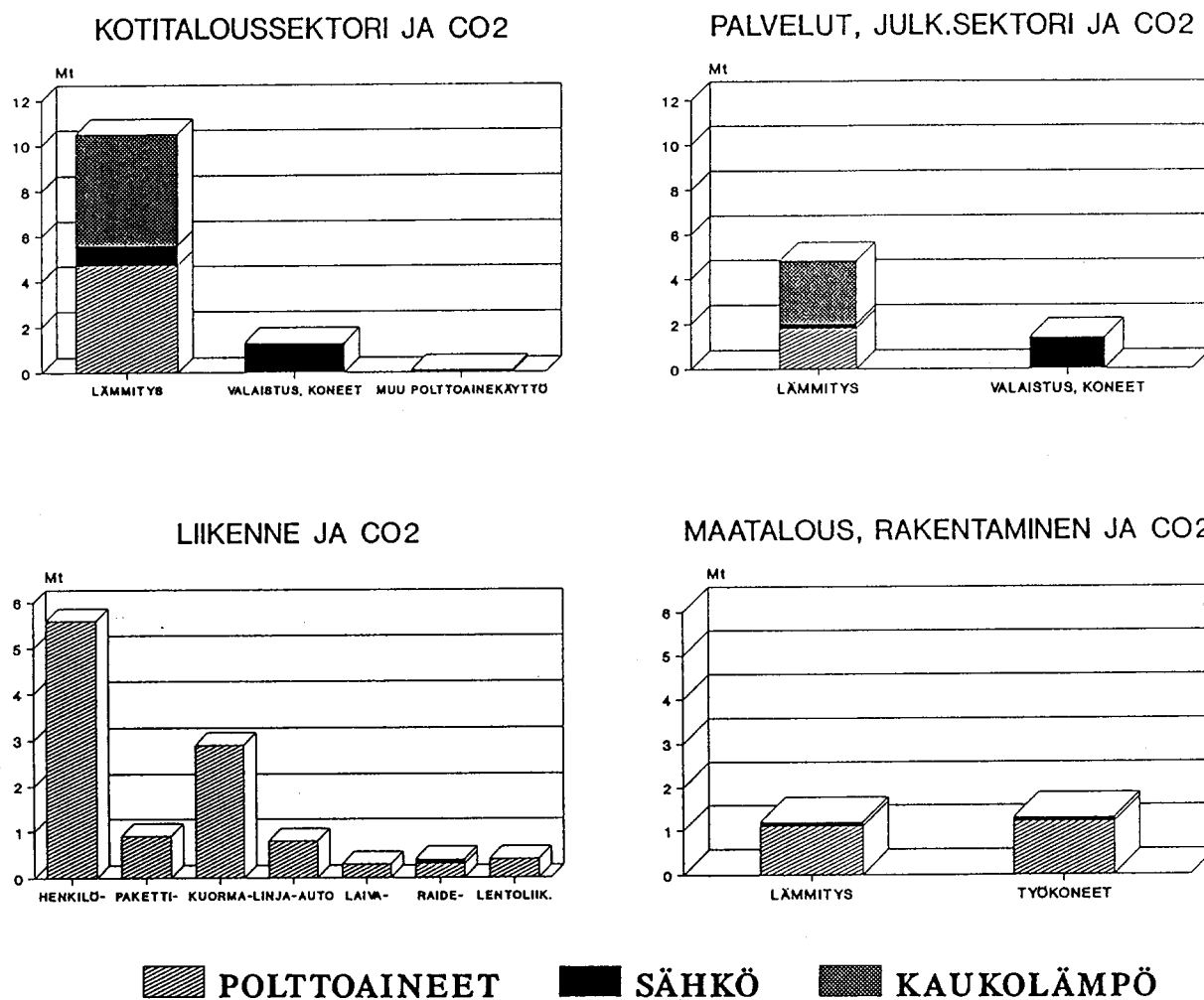
Teollisuuden toimialoista metallien perustuotannolla on selvästi suurin CO₂-intensiteetti, sillä runsashiilisten polttoaineiden käytön lisäksi alan tuotanto on jalostusarvoltaan alhaista. Myös energiaintensiivisyys ylittää teollisuuden keskiarvon. Seuraavan ryhmän CO₂-intensiteeteissä muodostavat massa- ja paperi- sekä lasi-, savi- ja kiviteollisuus yhdessä kemian alan tuotannon (kumi, muovi, öljynjalostus) kanssa. Näillä aloilla päästömäärä suhteessa jalostusarvoon on alle puolet metallin perusteollisuudesta. Sen sijaan massa- ja paperiteollisuuden energiaintensiteetti on selvästi suurin. Ao. toimiala käyttää jalostusarvon markkaa kohden energiaa kolminkertaisesti teollisuuden keskiarvoon nähden.

Muiden toimialojen energia- ja CO₂-intensiteetit ovat varsin pieniä. Erityisesti tämä korostuu graafisessa teollisuudessa sekä metallituotevalmistuksessa, johon kuuluu metallirakenteiden lisäksi myös koneiden, sähkölaitteiden, kulkuneuvojen ja instrumenttien tuotantoa. Kun myös välituotekäyttö otetaan huomioon, ao. tuotteiden CO₂-intensiteetti kuitenkin kasvaa.

Muut sektorit

Kotitalouksien sekä palvelu- ja julkissektorin kohdalla valtaosa hiilidioksidipäästöistä syntyi vuonna 1988 välillisesti sähkön ja kaukolämmön kulutuksen kautta. Polttoaineiden suoran loppukulutuksen - lähinnä polttoöljyjen käytön - osuus oli noin kolmannes (kuvio 2.9). Molemmilla sektoreilla oli lämmitys suurin päästölähde.

Kuvio 2.9. Sektorikohtaiset päästökäytöt vuonna 1988.



Lähde: Boström et al. 1990, Laurikko 1990, erillislaskelmat

Liikenteen hiilidioksidipäästöistä noin 90 % eli 10 Mt syntyi maantieliikenteessä henkilö-, kuorma-, linja- ja pakettiautojen käytöstä. Kotimaan laiva-, lento- ja raideliikenteen osuus oli yhteensä alle 10 %. Ulkomaan liikenteen polttoaineiden (ns. bunkers) ottaminen huomioon lisäisi laiva- ja

lentoliikenteen päästöjä selvästi. Kansainvälisissä arvioinneissa nämä kuitenkin jätetään usein maakohtaisten päästömäärien ulkopuolelle (vrt. World Resources 1990-91).

Maantieliikenteen CO₂-päästöistä henkilöautojen osuus oli 57 % ja raskaan liikenteen 43 % (Laurikko 1990). Suomen kokonaispäästöistä henkilöautojen osuus oli vuonna 1988 hieman yli kymmenesosa.

2.2 MUUT HIILIDIOKSIDILÄHTEET

2.2.1 Teollisuuden prosessit ja polttoaineiden tuotanto

Teollisuuden energiankäytön lisäksi CO₂-päästöjä syntyy myös sivutuotteena eräissä teollisuusprosesseissa kuten sementin valmistuksessa sekä eri polttoaineiden tuotannossa.

Sementin valmistuksessa käytetään erilaisia kalkkikivi- ja savimateriaaleja, joiden uunikuumennusvaiheessa vapautuu kalkkikiveen sitoutunutta hiiltä hiilidioksidina. Näiden päästöjen määräksi on arvioitu noin 500 kg tuotettua sementtitonnia kohden (Marland et al. 1989). Vuoden 1988 tuotantomäärien perusteella - 1.62 miljoonaa sementtitonnia - saadaan päästöarvioksi noin 0.8 Mt hiilidioksidia. Sementintuotannon supistumisen myötä ovat myös päästöt hienoisesti alentuneet 1980-luvun alkuvuosiin verrattuna. Enimmillään ne olivat vuonna 1983, noin 1 Mt. (Teollisuustilastot, eri vuodet).

Polttoaineiden tuotannossa syntyy päästöjä, jotka voidaan katsoa ns. polttoainekäytön välilliseksi päästökseen. Esimerkiksi polttoturpeen hankinnassa arvioidaan vuosittain muodostuvan noin 0.8 Mt hiilidioksidia, kun tuotantokenttien ja varastoaukkojen sisältämä turve hajoaa. (Silvola & Alholm 1990). Myös öljytuotteiden jalostuksen yhteydessä syntyy välillisiä päästöjä, joiden määrä oli vuonna 1988 arviolta 1.5 Mt hiilidioksidia. Päästöt syntyvät lähinnä jalostamokaasujen ja raskasöljyn käytöstä prosessien energianlähteenä (Boström et al. 1990). Edellä nämä päästöt on sisällytetty kemianteollisuuden energiankäytön kokonaispäästöihin, mutta ne voitaisiin kohdistaa myös eri öljytuotteille valmistusmäärien suhteessa.

2.2.2 Maankäytön muutokset ja hiilidioksidipäästöt

Metsien seitsemännen inventointiohjelman perusteella Suomessa on metsämaata noin 20 miljoonaa hehtaaria, josta neljäsosa on ojitettuja soita. Ojitus lisää turvekerroksen hajoamista, jonka tuloksena vapautuu hiilidioksidia. Toisaalta ojitus lisää humusta ja parantaa puuston kasvukykyä. Kauniston (1989) arvioiden mukaan metsänparannuksesta aiheutuva lisäkasvu on noin 7 miljoonaa kuutiometriä vuosittain. Tämä määrä vastaa noin kuudesosaa teollisuuden kotimaisen raakapuun käytöstä ja kolmasosaa metsien puuvarannon (netto-)lisäyksestä. Kokonaisuudessaan hiilitaseessa määräytyy siten biomassan nettokasvun ja turpeen hajoamisen tuloksena (Silvola & Alholm 1990).

Suometsien hiilidioksidipäästöjen arviointi on hyvin ongelmallista. Silvola & Alholm (1990) ovat karkeana suuruusluokkana esittäneet, että metsätalouden aiheuttama soiden hiilitaseen vuosisiirtymä on tällä hetkellä 15 - 30 Mt hiilidioksidia. Näiden lukujen osalta on kuitenkin esitetty voimakasta kritiikkiä (vrt. Kaunisto 1989). Hiilidioksiditoimikunnan mietinnön (1991) mukaan on olemassa viitteitä siitä, että ojitustoiminta ei merkittävästi muuttaisi soiden hiilitaseita. Tarkempaa tietoa on odotettavissa muutaman vuoden sisällä Suomen Akatemian SILMU-tutkimusohjelman etenemisen myötä.

Suometsien lisäksi Suomessa on vuosisatojen aikana ojitettu soita peltoviljelyä varten noin miljoona hehtaaria, josta osa on turpeen hajoamisen seurauksena muuttunut kivennäismaaksi. Nykyisin suopeltojen määräksi arvioidaan noin 0.4 - 0.7 miljoonaa hehtaaria eli noin viidesosa kokonaispeltoalasta. Silvolan & Alholmin (1990) arvioiden mukaan näiltä alueilta vapautuu vuosittain noin 10 miljoonaa tonnia hiilidioksidia. Myös tämän arvion tarkkuudesta saataneen lisätietoa lähivuosina. Maatalouden tutkimuskeskuksen mukaan suopeltojen taloudellinen merkitys on yleensä vähäinen. Ne sijaitsevat lähinnä Pohjois- ja Itä-Suomen hallanaroilla paikoilla ja etäällä talouskeskuksista. Vuosien myötä suoritetut pellonvauraukset ovat kohdistuneet suuressa määrin näihin peltoihin.

2.3 ARVIOITA ENERGIANTUOTANNON JA -KÄYTÖN HIILIDIOKSIDI-PÄÄSTÖJEN KEHITYKSESTÄ LÄHITULEVAISUUDESSA

Koska energiantuotannon ja -käytön ulkopuoliset päästölähteet ovat merkitykseltään varsin pieniä tai tämänhetkinen informaatio on ristiriitaista, keskitytään seuraavassa vain fossiilisten polttoaineiden käytön kehitysnäkymiin. Tarkastelu perustuu KTM:n (1990) perusskenaarioon, joka ulottuu vuodesta 1988 vuoteen 2025. Skenaario on business-as-usual-tyyppinen eli siinä oletetaan nykyisten kehityslinjojen jatkuvan mm. energiapolitiikassa. Tarkastelukulma on siis vahvasti sidoksissa tämän päivän arvoihin ja tietoihin: esimerkiksi energiantuotantotavoissa ei oleteta tapahtuvan suuria muutoksia.

2.3.1 Energiankäytön ja talouden kehitysarviot

Primäärienergian kulutus Suomessa on viime vuosikymmenien aikana määrätynyt suuressa määrin talouden reaalisen aktiiviteetin kehittymisen mukaan (vrt. kuvio 2.1a). KTM:n (1990) perusskenaarion hahmottelema keskimäärin 1.9 %:n talouskasvu vuosien 1988-2025 aikana merkitsee siten jatkuvaa painetta energiankulutuksen lisääntymiseen. Talouskasvu olisi nopeinta kuluvalla vuosikymmenellä, noin 3 % vuodessa, ja hidastuisi vuosituhaten vaihteen jälkeen mm. raaka-ainepohjan sekä väestökehityksen asettamien rajoitteiden vuoksi. Kokonaistuotannon kasvun lisäksi energiankulutukseen vaikuttavat mm. talouden rakenteiden muuttuminen, energian hintatekijät sekä tekninen kehitys. Taulukkoon 2.5 on koottu perusskenaarion hahmottamia lähivuosisikymmenien kehityssuuntia.

Skenaarion oletama palveluvaltaistumisen jatkuminen sekä energiankäytön tehostuminen vaimentavat talouskasvusta aiheutuvaa energiankulutuksen nousua. Toisaalta mm. kotitalouksien keskikoon pieneneminen lisää sitä. Palveluvaltaistumisen ohella toinen merkittävä trenditekijä on talouden sähkövaltaistumisen jatkuminen, joka näkyy mm. metsäteollisuudessa sähköintensiivisten mekaanisten massojen osuuden kasvuna.

Taulukko 2.5. KTM:n (1990) perusskenaarion keskeisiä lähtökohtaoletuksia.

	Kansantalous	Teollisuus	Kotitaloudet	Liikenne	Palvelut
Rakenne-tekijät	* palvelu- ja sähkövaltaistuminen jatkuu * väestömäärä supistuu	* nykyinen tuotanto-rakenne säilyy * kasvun painopiste metsä- ja metalli-tuoteteollisuudessa * mekaaniset massat lisäävät osuuttaan	* keskkokoko pienenee ja asuntokoko kasvaa * asuntojen varustetaso nousee * loma-asuntojen sähköistys * pientalovaltaist.	* JOT-tuotanto => suosii maantiekuljetuksia * lentoliikenne kasvaa ripeästi * polttomoottori yhä keskeinen	* vaurauden ja vapaa-ajan kasvu => palvelukysyntä kasvaa (mm. matkailu); BKT-osuus 65% vuonna 2025 * sähkövaltaist.
Energian hinta-tekijä	* tasainen hintojen nousu * vaikutus ei eriytettävissä	* vaikutus energia-lähdevalintoihin * suosii sähköä ja hiiltä öljyyn nähden	* öljylämmitys vähenee ja sähkölämmitys yleistyy		
Tekninen kehitys	* toimintojen tehostumista	* tehostumista laitekannan uusiutumisen myötä	* ominaiskulutukset pienenevät lämmityksessä ja laitteissa jonkin verran	* henkilöauto-kannan keskikul. laskee: vuonna 2025 7.51/100km	* tehostumista uusien laitteiden myötä
Kasvu-tekijät	* BKT:n kasvuvauhti keskim. 1.9% vuodessa	* tehdasteoll. 1.9% * metallituote 2.8% * massa & paperi 2.1% * keskim. vuosikasvu	* asuinrakennuskanta kasvaa keskim. 0.6% vuodessa	* liikennesuorite kasvaa keskim. 0.4% vuodessa	* palvelusekt. kasvu 2.1%/vuosi * liike+julkisrak. kannan kasvu 1.6%/a

Raakaöljyn reaalihinnan oletetaan vuoteen 2025 mennessä lähes kaksinkertaistuvan, mikä nostaa mm. lämmitysöljyjen hintoja. Sen sijaan hiilen ja mm. tukkusähkön hinnat suhteessa öljyyn alenevat. Skenaarion **energianhankinta**-arvioissa onkin hiilellä sekä osittain myös maakaasulla keskeinen sija energiankulutuksen kasvun tyydyttämisessä. Ydin- ja vesivoiman tuotannon oletetaan säilyvän nykytasollaan. Lisäksi sähkön tuonti jatkuu.

Skenaariotulokset: energiantensiteetti ja energiankulutus

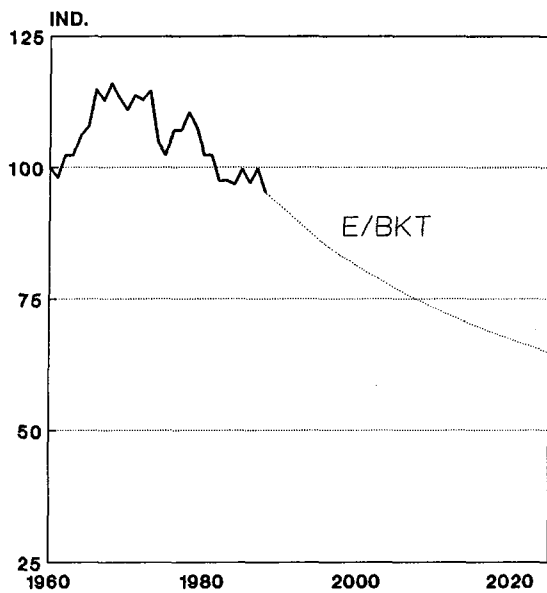
Perusskenaarion hahmottamat kehityslinjat merkitsisivät toteutuessaan talouden energiantensiivisyyden selvää laskua. Primäärienergian kulutus kasvaisi huomattavasti kokonaistuotantoa hitaammin, noin 0.8 % vuodessa: kansantuotteen liki kaksinkertaistuessa primäärienergian kulutus kasvaisi vain 30 %. Kansantuoteyksikön tuottaminen vaatisi siten vuonna 2025 energiaa lähes puolet vähemmän kuin 1960-luvun lopussa (kuvio 2.10a).

Yhä suurempi osa energiasta kulutettaisiin sähkön muodossa: vuonna 2025 sähkön kulutus olisi lähes 100 TWh eli noin 60 % nykytasoa suurempi. Energiatalouden sähkövaltaistuminen merkitsisi erillisen sähköntuotannon huomattavaa lisäystä. Koska uutta ydin- ja vesivoimaa ei oletettu rakennettavan, pääosa sähkön lisätuotannosta tapahtuisi hiililauhdevoimaloissa: hiilen käyttö kolminkertaistuisi vuoteen 2025 mennessä. Samalla myös maakaasun ja turpeen käyttö kasvaisi (kuvio 2.10b). Toisaalta öljyn merkitys energianlähteenä pienenisi edelleen raakaöljyn reaalihinnan noustessa. Kokonaisuudessaan fossiilisten polttoaineiden kulutus kasvaisi nykytasosta selvästi.

2.3.2 Hiilidioksidipäästöt ja taloudellinen kehitys

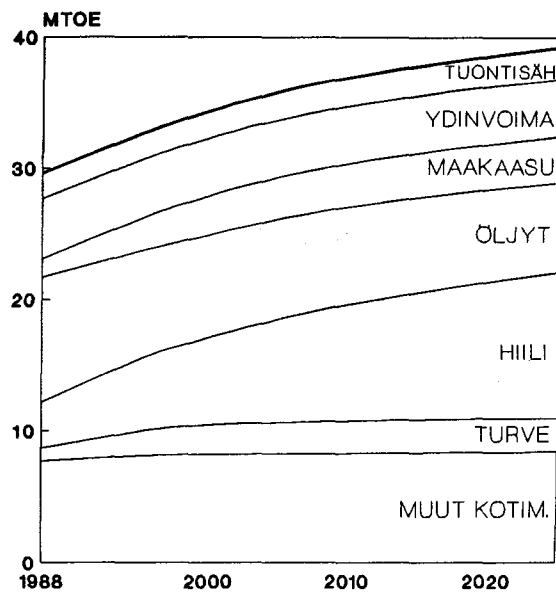
Primäärienergian ja erityisesti hiilen käytön lisääntyminen merkitsisi samalla myös energiantuotannon ja -käytön CO₂-päästöjen huomattavaa kasvua. Vuosituhannen vaihteessa päästöt olisivat noin 30 % ja vuonna 2025 jo noin 60 % nykytasoa

Kuvio 2.10a. Kansantuotteen energiantensiteetin kehitysarvio vuoteen 2025, 1960=100.



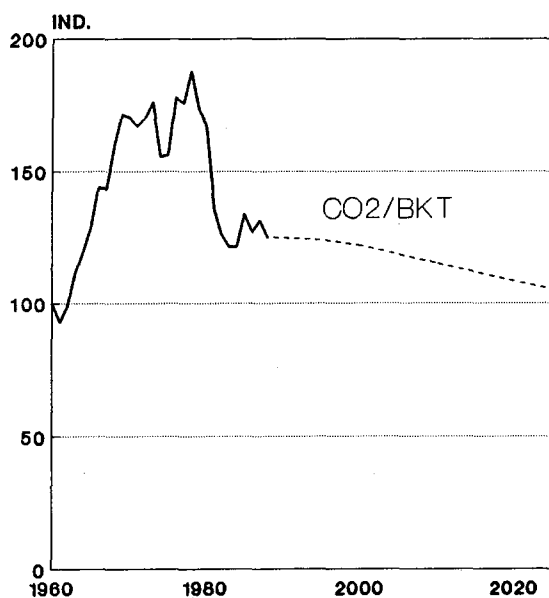
LÄHDE: ERILLISLASKELMAT

Kuvio 2.10b. Primäärienergian kulusarvio energialähteittäin vuosina 1988-2025, Mtoe.



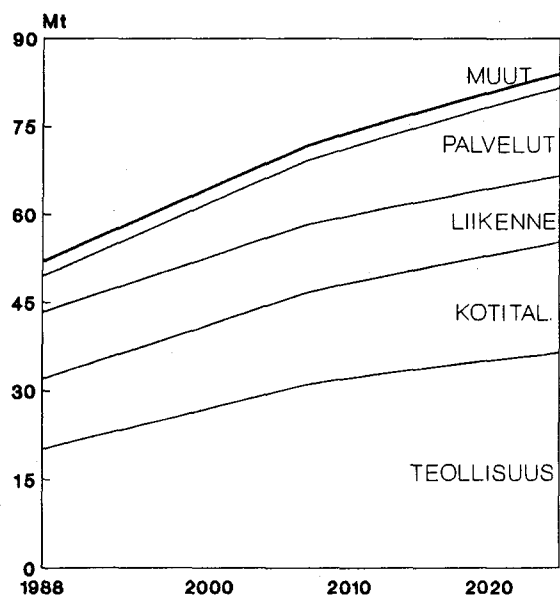
LÄHDE: KTM 1990

Kuvio 2.11a. Kansantuotteen hiilidioksidi-intensiteetin kehitysarvio vuoteen 2025, 1960=100.



LÄHDE: ERILLISLASKELMAT

Kuvio 2.11b. Energiaan liittyvien CO2-päästöjen kehitysarvio talouden sektoreittain 1988-2025, Mt.



LÄHDE: ERILLISLASKELMAT

suuremmat eli arviolta yli 80 Mt. Tästä lähes kaksi kolmasosaa syntyisi sähkön ja kaukolämmön tuottamisesta. Huolimatta päästöjen rajusta kasvusta kansantuotteen CO₂-intensiiteetti eli energiantuotannosta ja -käytöstä syntyvien päästöjen määrä kansantuoteyksikköä kohden alenisi perusskenaarion mukaisessa tilanteessa noin kuudenneksellä vuoteen 1988 verrattuna, koska kansantuotteen oletettu kasvuvauhti ylittää päästöjen keskimääräisen kasvuvauhdin (noin 1.3 %/vuosi) (kuvio 2.11a).

Hiilidioksidipäästöjen kasvu painottuisi niihin talouden sektoreihin, joissa sähkön kulutuksen oletetaan lisääntyvän eniten eli kotitalouksiin, palvelu- ja julkissektoriin sekä teollisuuteen. Sen sijaan liikenteen päästöt eivät perusskenaarion lähtökohta oletusten mukaisesti juurikaan kasvaisi nykytasostaan, toisin sanoen keskikulutuksen aleneminen kompensoisi liikennesuoritteiden lisäystä (kuvio 2.11b). Tämänkaltaisen päästökaikituksen merkitys muutosia päästöjen suhteelliseen jakaumaan sektorien välillä. Skenaariotarkastelun loppua kohden liikenteen suhteellinen osuus pienenesi selvästi samalla, kun palvelu- ja julkissektorin sekä teollisuuden osuudet kasvaisivat.

KTM:n perusskenaarion arvio maantieliikenteen energiankulutuksesta ja päästöistä poikkeaa kuitenkin esimerkiksi TVH:n liikennesuorite-ennusteiden pohjalta tehdyistä arvioista. Laurikon (1990) laskelmien mukaan maantieliikenteen CO₂-päästöt kasvaisivat vuoteen 2010 mennessä noin 40 % vuoteen 1988 verrattuna. Tämä merkitys liikenteen suhteellisen päästöosuuden säilyvän suunnilleen ennallaan. Laurikko (1990) perustelee tulosta mm. sillä, että liikennesuoritteiden ennustettu kasvu ei lähitulevaisuudessa välttämättä kompensoidu keskikulutuksen pienenemisellä, sillä muiden pakokaasupäästöjen rajoittamiseen tähtäävät tekniset toimenpiteet osaltaan kaventavat polttoainekulutuksen vähentämismahdollisuuksia.

Kokonaisuudessaan KTM:n (1990) perusskenaarion hahmottelema tulevaisuudenkuva on primäärienergian kulutuksen osalta ilmeisen optimistinen verrattaessa sitä esimerkiksi vuosien

1960-1990 toteutuneeseen kehitykseen. Sen sijaan hiilidioksidipäästöistä skenaario antaa - näilläkin oletuksilla liikenteen päästökehityksestä - varsin pessimistisen kuvan jo kuluvan vuosikymmenen osalta. Päästökehitykseen vaikuttaa keskeisesti sähkövaltaistumisen oletettu jatkuminen: mikäli sähkönkulutuksen kasvu katetaan hiililauhdevoimalla, päästöt kasvavat voimakkaasti. Tämäntyyppinen kehitys vaikeuttaisi lähitulevaisuudessa mahdollisesti sovittavien kansainvälisten päästörajoitusten saavuttamista.

3 HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN RAJOITTAMISMAHDOLLISUUDET

3.1 ILMASTOSTRATEGIAN LUOMINEN

Optimaalinen ilmastostrategia edellyttäisi (i) ilmastonmuutoksen haittavaikutusten, (ii) lämpötilan nousun ja mm. merenpinnan kohoamisen aiheuttamien sopeutumiskustannusten, (iii) eri kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiskustannusten sekä (iv) kasvihuonekaasuja itseensä sitovien ns. nielujen (sinks) lisäämiskustannusten samanaikaista minimoimista (OECD 1990).

Koska ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksien kasvun estäminen voi useassa tapauksessa olla hyvinkin kallista, olisi ilmastonmuutoksen torjuntavaihtoehdon lisäksi siis arvioitava myös sopeutumisvaihtoehdon mahdollisuutta (vrt. Nordhaus 1990). Käytännössä tämänkaltaisen kokonaisvaltaisen lähestymistavan edellyttämä kustannus-hyöty -analyysi on kuitenkin informatio-ongelmien vuoksi hyvin vaikea tehdä. Ilmastonmuutosstrategian luomisen lähtökohtana onkin yleensä pidetty ensisijaisesti ilmastonmuutoksen torjuntaa. Toisaalta jo nykyiset kasvihuonekaasupitoisuudet merkitsevät todennäköisesti jonkinasteisen sopeutumisen välttämättömyyttä. Tässä tilanteessa taloustieteellisen tutkimuksen tehtävänä on edesauttaa asetettujen päästö- ja pitoisuustavoitteiden saavuttamista sekä globaalilla että maakohtaisella tasolla mahdollisimman kustannustehokkaalla tavalla, ts. kansantalouden kannalta mahdollisimman pienillä kokonaiskustannuksilla (vrt. Mors 1991).

Kansainvälisissä ilmastonmuutosneuvotteluissa on tähän mennessä ollut keskeisellä sijalla erityisesti ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvun hidastaminen. Periaatteessa tämä on mahdollista (1) vähentämällä päästöjen muodostumista, (2) sitomalla hiilidioksidia biomassaan eli lisäämällä nielujen määrää (mm. metsät) sekä (3) puhdistamalla savukaasuja hiilidioksidista (ILKA 1990). Kustannustehokkaan lopputuloksen saavuttaminen edellyttäisi näiden eri osa-alueiden joustavaa

yhteensovittamista sekä toisiinsa että muita kasvihuonekaasuja koskeviin toimenpiteisiin nähden. Käytännössä savukaasujen puhdistusvaihtoehtoon liittyy kuitenkin suuria teknisiä ja taloudellisia ongelmia, jotka estävät sen käytön. Ongelmana on mm. talteenotetun hiilidioksidin varastoinnin järjestäminen (Hepola et al. 1990). Vaihtoehtoiksi jäävät siten päästöjen vähentäminen sekä nielujen lisääminen.

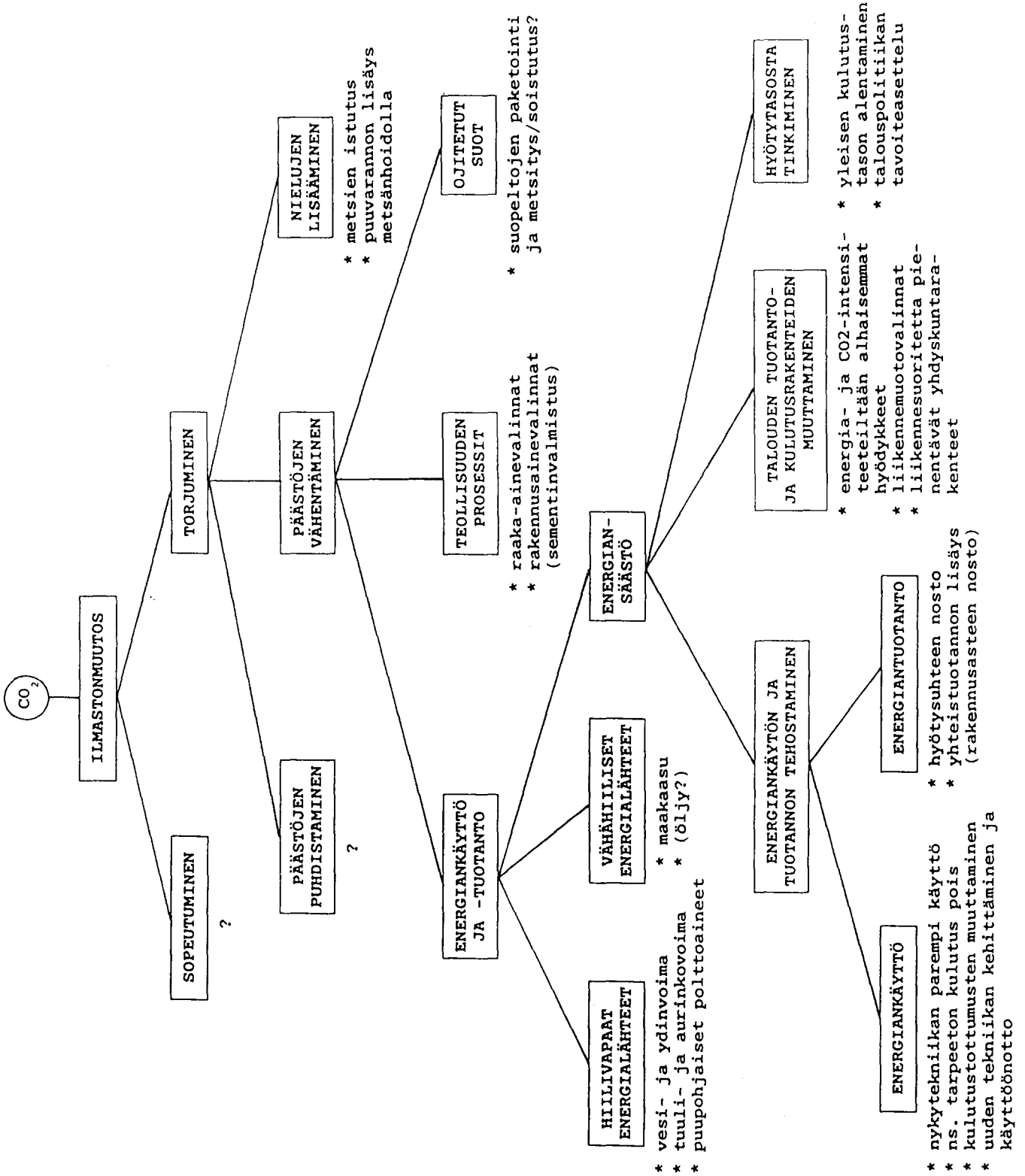
Hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä on päähuomio kiinnittynyt erityisesti fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämismahdollisuuksien arviointiin. Koska yksittäisten maiden - mm. Suomen - merkitys päästöjen aiheuttajana on yleensä vähäinen, ei yksipuolinen ilmastostrategian luominen ja päästöjen rajoitustoimien toteuttaminen ole ko. tavoitteen kannalta kovinkaan mielekäästä mm. kilpailukykyistä, vaikkakin se voi olla fossiilisten polttoaineiden muiden haittavaikutusten kannalta rationaalista.

Toisaalta päästöjen vähentämisen rajakustannukset poikkeavat todennäköisesti huomattavasti eri maiden ja maaryhmien välillä. Kustannustehokkuuden toteutuminen globaalilla tasolla edellyttäisi päästövähennysten kohdentamista rajakustannuksiltaan alhaisimmille päästölähteille ja -maille. Näin esimerkiksi maakohtaisesti asetetut päästöjen jäädyttämistavoitteet tai muut yhtäläiset päästövähennykset eivät ole taloudellisesti optimaalisia ratkaisuja (vrt. Hoel 1990). Kansallisen tason päästövähennysten ja niihin liittyvien hallinnollisten ja taloudellisten ohjauskeinojen toteuttaminen olisi siis nähtävä ensisijaisesti osana ongelman globaalia ratkaisuyritystä.

Suomen ilmastostrategian osatekijöitä

Jos ilmastonmuutoksen torjunnassa turvaudutaan esimerkiksi maakohtaisiin nettoemissiokiintiöihin¹, tulee Suomen ilmastostrategiassa todennäköisesti olemaan keskeisessä asemassa sekä päästöjen vähentäminen että metsiemme toiminta hiilidioksidin nieluna (kuvio 3.1).

¹ Nettoemissiolla tarkoitetaan tässä luvussa 2 määriteltyjen nettopäästöjen ja biomassan sisältämän hiilimäärän lisäyksen erotusta.



Kuvio 3.1. Ilmastonmuutosstrategian osatekijöiden hahmottelua

Päästöjen vähentämisessä on keskeisellä sijalla energiankäyttöön ja -tuotantoon liittyvä päätöksenteko, koska fossiilisten polttoaineiden merkitys päästölähteenä on suuri. Kyseen tulee tällöin ao. polttoaineiden korvaaminen muilla energialähteillä sekä yleensä energian säästäminen, joka merkitsee paitsi energiankäytön ja -tuotannon tehostumista myös mm. talouden rakenteiden muuttumista. Tämän luvun pääpaino on näiden aihepiirien käsittelyssä. Luvuissa 4 ja 5 tullaan analysoimaan taloudellisen ohjauksen mahdollisuuksia em. substituutio- sekä säästöpotentiaalien toteuttamisessa.

Muista kuin energiaan liittyvistä päästöistä on ongelmallisin ojitettujen suoalueiden merkitys päästölähteenä. Jos Silvolan & Alholmin (1990) tutkimustulokset pitävät paikkansa, jouduttaneen tulevaisuudessa uudelleenarvioimaan suopeltojen ja -metsien käyttöä. Tältä osin on eräänä mahdollisuutena mm. suopeltojen paketointi ja uudelleensoistutus/metsitys. Sementtiteollisuudessa syntyviä päästöjä voidaan periaatteessa vähentää siirtymällä sementtilajeihin, joiden kalkkikiven kulutus on nykyistä alempi: näin päästöt tuotettua sementtitonnia kohden pienenisivät. Tresouthick & Mishulovichin (1990) mukaan tämänsuuntainen tutkimustyö on tällä hetkellä käynnissä. Myös siirtyminen muihin rakennusmateriaaleihin vähentäisi päästöjä sementintuotannon supistuessa.

Maamme metsien toimintaa hiilen nieluna ovat käsitelleet mm. Luonnonvarainneuvosto (1990) sekä Karjalainen & Kellomäki (1991). Ensimmäisten tulosten mukaan metsänhoitotapojen muutoksilla - mm. istutustiheyden nostamisella - voidaan seuraavien 50 vuoden aikana merkittävästi lisätä puuvarantoon sitoutuvan hiilen määrää. Nielujen merkitys voi siis olla Suomessa keskeinen pyrittäessä em. nettoemissiotavoitteen saavuttamiseen taloudellisesti järkevällä tavalla. Aihepiirin laajuuden vuoksi on jatkossa kuitenkin keskitytty tarkastelemaan vain energiaan liittyvien päästöjen vähentämismahdollisuuksia sekä niiden toteuttamiskeinoja.

3.2 VÄHÄHIILISET JA HIILIVAPAAT ENERGIALÄHTEET

Eri energialähteet eroavat toisistaan huomattavasti tuottamiensa CO₂-päästöjen osalta. Ilmastonmuutoksen torjunnassa onkin keskeinen osuus sekä vähähiilisillä että - energian tuotantoprosessin osalta - täysin hiilivapailla energialähteillä. Edellisiin kuuluu erityisesti maakaasu, jälkimmäisiin taas mm. vesi- ja ydinvoima, puupohjaiset polttoaineet sekä aurinko- ja tuulivoima. Taulukossa 3.1 on esitetty ao. energialähteiden käytön lisäämiseen liittyviä arviointeja mm. substituutiomahdollisuuksien osalta.

Talouden kokonaistuotannon lisääntyminen sekä jatkuva sähkövaltaistumiskehitys johtavat KTM:n (1990) perusskenaarion mukaan CO₂-päästöjen voimakkaaseen kasvuun lähitulevaisuudessa mm. hiililauhdevoiman yleistyessä. Päästöjen jäädyttäminen nykytasolle vuoteen 2025 mennessä edellyttäisi - perusskenaarion mukaisella energiankysyntätasolla - KTM:n (1990) vaihtoehtoskenaarioiden mukaan ydinvoiman ja maakaasun käytön voimakasta lisäystä. Poliittisesti tämä näyttää ydinvoiman osalta tällä hetkellä epätodennäköiseltä. Toisaalta erityisesti ydinvoiman lisärakentaminen vaikuttaisi päästöihin lähinnä vasta vuosituhannen vaihteen jälkeen, jolloin päästötaaso olisi noin 20-30 % nykytasoa korkeammalla. Tämä luonnollisesti vaikeuttaa esimerkiksi vuotta 2000 koskevien kansainvälisten päästörajoitusten saavuttamista. Keskeiseen asemaan nousee siten nykytilanteessa maakaasu- ja ydinvoimavaihtoehtojen lisäksi myös puupohjaisten polttoaineiden käytön lisääminen sekä erityisesti energian säästäminen.¹

3.3 ENERGIAN SÄÄSTÄMINEN JA HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT

Käsitteenä "energian säästäminen" on hyvin monitahoinen ja -selitteinen (vrt. Kasanen 1990). Tässä tutkimuksessa sillä tarkoitetaan niitä toimenpiteitä, joiden avulla pyritään hidastamaan kansantalouden tai sen eri osien primäärienergian

¹ Maakaasun käytön kasvu voi mm. putkistovuotojen kautta lisätä metaanipäästöjä. Metaani on hiilidioksidia moninkertaisesti voimakkaampi kasvihuonekaasu. (Ks. Boström et al. 1990).

Taulukko 3.1. Hiilivapaiden ja vähähiilisten energialähteiden käytön lisäämismahdollisuudet.

	Soveltamispotentiaali	Käyttökohteet	Erittäisnäkökohtia
Maakaasu	* potentiaali suuri * sidoksissa siirtokapasiteettiin ja kaasuverkoston laajuuteen	* muiden foss. polttoaineiden substituointi etenkin yhdyskuntien lämpövoimaloissa ja teollisuuden energiantuotannossa * liikenne (mm. maakaasubussit)	* toimittukselliset epävarmuudet: edellyttää vaihtoehtoisia hankintalähteitä etenkin, jos käytetään laajemmin lauhdevoiman tuotantoon
Ydinvoima	* potentiaali suuri * sidoksissa yleiseen hyväksyttävyyteen ja siten poliittiseen päätöksentekoon	* foss. polttoaineilla tuotetun sähkön ja tuontisähkön korvaaminen * sähkön kysynnän kasvun tyydyttäminen (perusvoima) * polttoaineiden suoran loppukulutuksen substituointi (mm. teoll.)	* turvallisuusnäkökohdat * ydinjätevarastointi * vaikutus päästöihin lähinnä vuoden 2000 jälkeensä * sähkövaltaistumiskehityksen voimistuminen (hintatekijä)
Vesivoima	* rakentamaton potentiaali n. 7 TWh/a (1800 MW) * ilmastomuutoksen aiheuttama sademäärän kasvu voi lisätä sähköntuotantoa	* periaatteessa kuten yllä * säätövoima	* suuri osa potentiaalista koskiensuojeluohjelman alaista * alueelliset ympäristöhaitat * lisärakentaminen mahdollista melko nopeallakin aikataululla
Puupohjaiset polttoaineet	* metsävarannon kasvu noin 20 milj. kuutiometriä/vuosi * maatalouden ylijäämäpelto-alueiden metsitys (energiapaju ym.)	* foss. polttoaineiden substituointi sähkön- ja lämmöntuotannossa * erityisesti metsäteollisuus	* biomassan nettolisäys toimii myös hiilen keskeisenä nieluna * siirtyminen mekaanisiin massoihin vähentää puun energiatehokäyttöä
Tuuli-voima	* teor. potentiaali: 14 TWh/a (rannikko- & saaristoalueet) * tunturi- ja merialueilla potentiaali useita TWh:ta	* pidemmällä aikavälillä sähkönkysynnän tyydyttäminen * erityisesti pienkäyttö (kotitaloudet ym.)	* epävarma saatavuus (sää ym.) * energian varastointitarve * ei perusvoimatuohtantoon * edellyttää voimakasta panostusta tutkimukseen: laajemat sovellukset v. 2000-2010 (tuuli) ja 2010-2020 (aurinkosäh.)
Aurinkosähkö	* teor. potentiaali: 3-4 TWh vuodessa		

Lähteet: Hiilidioksiditoimikunnan mietintö 1991, KTM 1990, Nemo-väliraportti 1990, Niininen 1991

kulutuksen kasvua esimerkiksi vertailuskenaarioihin nähden. Lopullisena tavoitteena on energiankulutuksen absoluuttinen vähentäminen.

Kuviossa 3.1 energiansäästö oli jaettu kolmeen osa-alueeseen: (i) energiankäytön sekä -tuotannon tehostuminen (ominaiskulutuksen pieneneminen/hyötysuhteen nousu), ii) kansantalouden tuotantorakenteiden ja hyödyketarjonnan muuttuminen kohti energiasisällöltään alhaisempia tuotteita ja (iii) yleisen kulutustason aleneminen, jolloin esimerkiksi tuotteita kierättämällä, autoilua vähentämällä tai talouspolitiikan yleisiä tavoitteita muuttamalla pyritään pienentämään primäärienergian kokonaiskulutusta. (Vrt. Energiansäästöprojekti 1991).

Hiilidioksidipäästöjen kannalta energian eri loppukulutusmuotoja on pidettävä kaikkia yhtä tärkeinä säästökohteina (vrt. Energiansäästöprojekti 1991). Tätä näkökantaa tukee mm. se, että huolimatta sähkön nykyisin alhaisesta CO₂-sisällöstä sähkönkulutuksen kasvu katetaan tällä hetkellä - ja KTM:n (1990) perusskenaarion toteutuessa myös tulevaisuudessa - huomattavassa määrin hiilen avulla, jolloin päästöjen marginaalilisäys on suuri.

3.3.1 Energian säästö: tehostamismahdollisuudet

Energiankäytön ja -tuotannon tehostamismahdollisuuksia on tarkasteltu yksityiskohtaisesti Energiansäästöprojektissa (1991). Raportin mukaan energiankäyttö ja -tuotanto on tällä hetkellä Suomessa tehokasta. Energiankäyttöä on kuitenkin mahdollista edelleen tehostaa - eli alentaa ominaiskulutuksia - kaikissa merkittäväissä käyttökohteissa soveltamalla nykytekniikkaa paremmin, luopumalla ns. tarpeettomasta kulutuksesta sekä muuttamalla energian kulutustottumuksia (taulukko 3.2). Raportti mainitsee tehostumisen esteinä mm. säästöinvestointien korkeat tuottovaatimukset sekä osittain energian hintatason. Lisäksi informaation puute voi olla este mm. kotitalouksissa sekä pien- ja keskisuuressa teollisuudessa.

Taulukko 3.2. Energian loppukulutuksen ominaiskulutuksen pienentämismahdollisuudet (tekninen potentiaali, tarpeettomasta kulutuksesta luopuminen, kulutustapojen muuttaminen), %.

Kulutussektori	Tehostamispotentiaali (nykytekniikka)	
	Polttoaineet	Sähkö
Rakennukset	-30%	-20%
Kotitaloussähkö		-47%
Palvelut		-40%
Liikenne	-27%	
PKT-teollisuus	-21%	-14%
Metsäteollisuus	-16%	- 9%
Kemianteollisuus	-13%	- 5%
Perusmetalli	- 1%	- 5%
Muu kulutus	-21%	
Loppukul. yhteensä	-22%	-21%

Lähde: Energiansäästöprojekti 1991

Suurimmat tehostamispotentiaalit ovat kotitalouksien ja palveluiden sähkökäytössä sekä rakennusten lämmityksessä ja liikenteessä. Teollisuudessa energiankäyttöä olisi mahdollista tehostaa eniten pien- ja keskisuuressa teollisuudessa.

Tehostamispotentiaalin laaja-alainen hyödyntäminen edellyttäisi kulutustapojen ja -tottumusten muuttamisen lisäksi huomattaviakin säästöinvestointeja. Teollisuudessa tämä merkitsisi mm. uusia prosessi- ja laitevalintoja sekä käytön yleistä optimointia. Rakennuksissa keinoina ovat mm. lämmityskattiloiden hyötysuhteen nosto, ikkunoiden lämmöneristyskyvyn parantaminen sekä lämpimän veden käyttötottumusten muuttaminen.

Henkilöautoliikenteessä voidaan energiankulutusta tehostaa mm. siirtymällä diesel-autojen laajempaan käyttöön sekä bensiinimoottorisissa autoissa ominaiskulutukseltaan pienempiin malleihin. Olemassa olevan autokannan osalta voitaisiin turhaa liikkumista vähentämällä, ajotapakoulutuksella sekä autojen kuormitusastetta nostamalla tehostaa energiankäyttöä jonkin verran. Sen sijaan kuorma-autoissa ovat tekniset ja käyttäytymismuutoksiin liittyvät tehostamismahdollisuudet nykytekniikan puitteissa pienemmät kuin henkilöautoissa. (Energiansäästöprojekti 1991).

Energiantuotannossa olisi korkean hyötysuhteen omaavan (70-80 %) sähkön ja lämmön yhteistuotannon lisääminen energiataloudellisesti järkevää. Lähitulevaisuudessa odotettavissa oleva sähkönkulutuksen kasvu, joka ylittää selvästi lämmönkulutuksen kasvuvauhdin, kuitenkin vähentää mahdollisuuksia lisätä yhteistuotannon määrää. Toisaalta rakennusasteen (tuotetun sähkö- ja lämpöenergian suhteen) nosto tarjoaa jatkossa mahdollisuuden lisätä sähkön määrää lähinnä maakasukombivoimaloissa. Sähkön erillistuotannossa uudet tekniikat - kuten paineistettu poltto - tarjoavat vuoden 2000 jälkeen mahdollisuuden nostaa hyötysuhteen lähelle 50 %:a. (Energiansäästöprojekti 1991; Niininen 1991).

3.3.2 Energian säästö: tuotanto- ja kulutusrakenteet

Teknisiin keinoin tapahtuva energiansäästö ei välttämättä yksistään tuota haluttua lopputulosta eli primäärienergian kokonaiskulutuksen pienentymistä, jos samanaikaisesti tuotannon, liikennesuoritteen tai lämmitettävän rakennuskannan kasvuvauhti ylittää tehostumisen nopeuden. Tavoitteen saavuttaminen voi siten edellyttää voimakkaitakin muutoksia talouden rakenteissa ja talouspolitiikan päämäärissä. Näihin kuuluvat esimerkiksi kansantalouden tuotantorakenteiden ja siten kotimaisen hyödyketarjonnan suuntautuminen kohti energiasisällöltään alhaisempia tuotteita, yhdyskuntarakenteiden tiivistyminen - joka vähentää liikennesuoritetta - sekä kuluttajien preferensseissä ja arvomaailmoissa tapahtuvat muutokset.

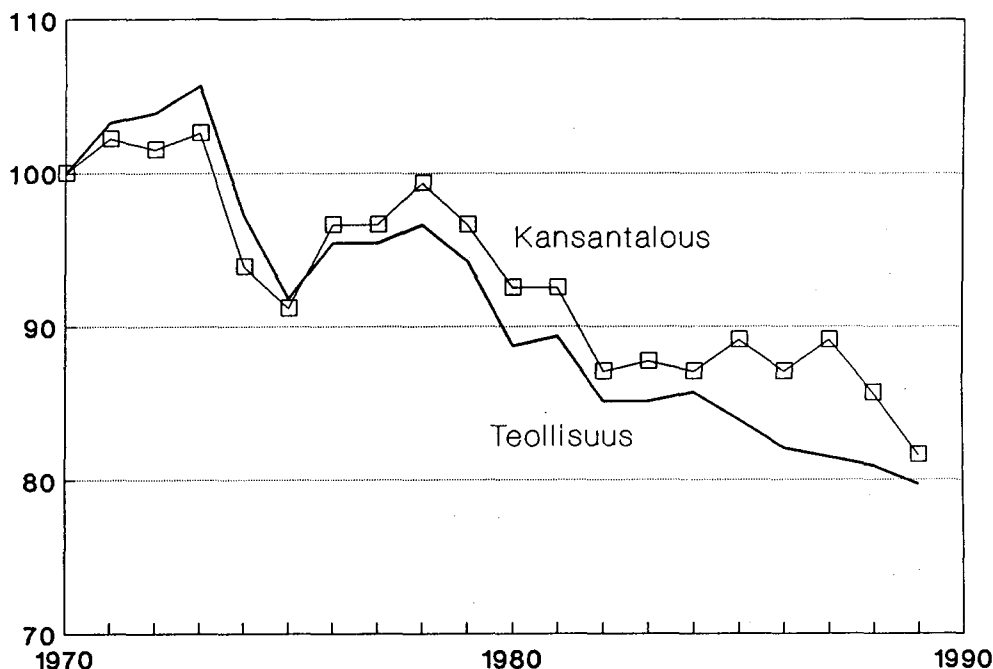
Talouden palveluvaltaistumisen ennustettu jatkuminen todennäköisesti alentaa energiaintensiivisyyttä jossain määrin tulevaisuudessa. Muita keskeisiä tekijöitä ovat mm. teollisuuden sisäisissä kehityssuunnissa ja tuotevalikoimissa tapahtuvat muutokset sekä eri liikennemuotojen kehitys. Näitä on analysoitu seuraavassa lyhyesti.

Teollisuus

Vuosien 1970-1989 aikana teollisuuden kiinteähintainen arvonlisäys kasvoi keskimäärin 3,8 % ja primäärienergian kulutus

2,6 % vuodessa: energiankäyttö suhteessa arvonlisäykseen eli teollisuuden energiaintensiivisyys on siis alentunut. Voimakkainta arvonlisäyksen kasvu oli metallien perusteollisuudessa sekä metallituotteiden valmistuksessa, yli 5 % vuodessa. Sen sijaan massa- ja paperiteollisuudessa kasvu oli hieman keskimääräistä hitaampaa. (Kansantalouden tilinpito; Energiatilastot). Koko kansantalouden energiaintensiteetin kehitykseen verrattuna on teollisuuden energiaintensiivisyys vähentynyt vuoden 1970 jälkeen hieman enemmän (kuvio 3.2).

Kuvio 3.2. Teollisuuden ja kansantalouden energiaintensiteetit vuosina 1970-1989, 1970=100.



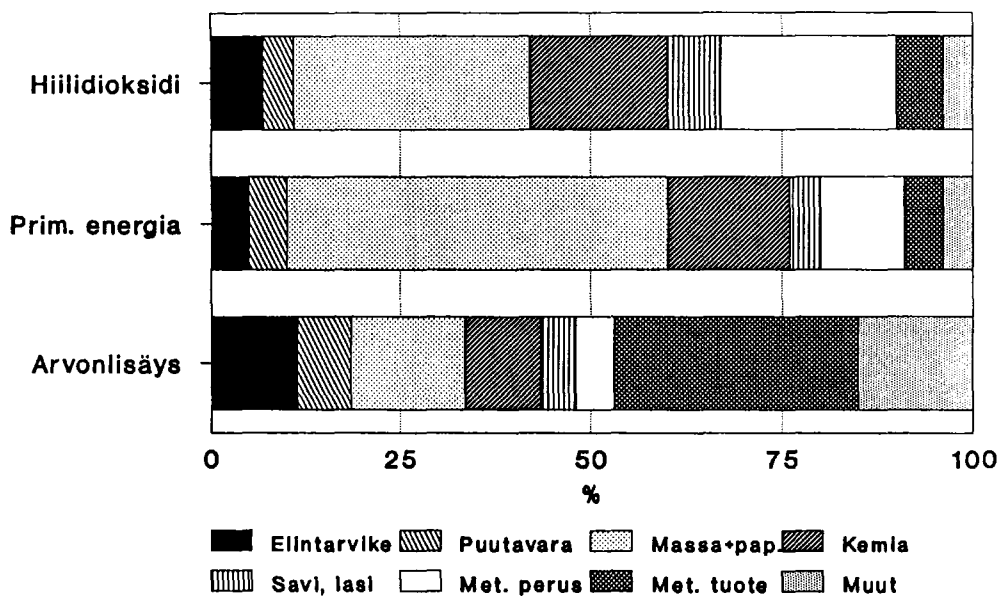
LÄHDE: ENERGIATIL., KANSANTAL. TILINPITO

Teollisuuden energiaintensiivisyyden laskun taustalla on ollut polttoaineintensiteetin huomattava aleneminen samalla, kun sähköintensiteetti ei ole olennaisesti kohonnut. Sähkön käyttökohteiden määrän kasvu on kompensoitunut käytön tehostumisen kautta. (Energiakomitea 1989).

Seuraavien 15-20 vuoden aikana teollisuuden arvonlisäyksen kasvun on ennustettu olevan voimakkainta metallituotevalmistuksessa sekä massa- ja paperiteollisuudessa. Sen sijaan mm. savi-, lasi- ja kivituuotteiden valmistuksen sekä elintarviketeollisuuden on arvioitu kasvavan keskimääräistä hitaammin. Tekstiili- ja vaatetusteollisuudessa tuotannon taantumisen odotetaan edelleen jatkuvan. (KTM 1990; TASKU 1990).

Kasvun keskittyminen toisaalta energiaintensiiviseen massa- ja paperiteollisuuteen ja toisaalta energiaintensiivisyydel- tään alhaiseen metallituotevalmistukseen viittaa siihen, että sisäisen rakenteen muuttumisen vaikutus teollisuuden ener- giaintensiivisyyteen voi vastakkaissuuntaisten kehityskulku- jen vuoksi olla jatkossa pieni. Tähän liittyen on kuviossa 3.3 esitetty vuoden 1988 osalta tietoja eri toimialojen osuuksista teollisuuden kokonaisarvonlisäyksestä, primääri- energian kulutuksesta sekä CO₂-päästöistä. Edellä mainitut kasvualat tuottivat yhteensä lähes puolet arvonlisäyksestä ja kuluttivat energiasta noin 55 %. Teollisuuden hiilidioksidipäästöistä niiden osuus oli yli kolmannes.

Kuvio 3.3. Hiilidioksidipäästöjen, primäärienergian käytön ja arvonlisäyksen jakauma teollisuudessa (Tol 2 & 3) v. 1988, %.



Lähde: Kansantalouden tilinpito, liite 1

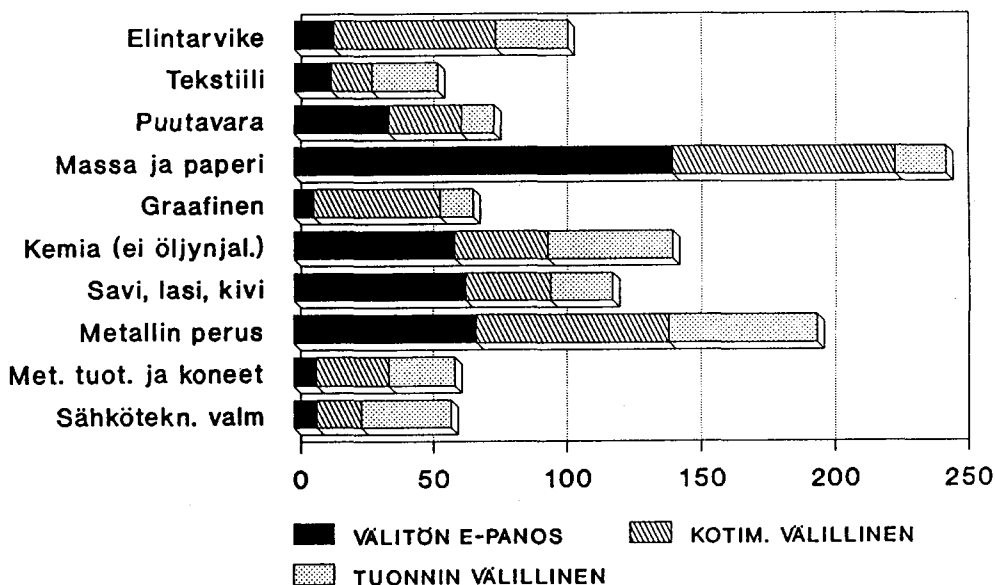
Energia-, päästö- ja arvonlisäysosuuksien väliset erot heijastuvat osaltaan toimialoittaisiin energia- ja CO₂-intensiivisyyteen (vrt. kuvio 2.8)¹. Pelkän välittömän energiapanoksen tarkastelu ei kuitenkaan välttämättä anna oikeaa kuvaa eri toimialojen merkityksestä energian kokonaiskulutukseen.

¹ Kuvion 2.8 intensiteetit on laskettu Teollisuustilastojen jalostusarvoihin suhteutettuna. Ao. luvut poikkeavat jossain määrin Kansantalouden tilinpidon arvonlisäyslukuista.

Otettaessa huomioon myös tuotannossa käytettyjen välituotepanosten (sekä kotimaisten että tuontipanosten) primäärienergiasisältö eli ns. välillinen energiapanos toimialojen energiaintensiteetit kasvavat selvästi.

Kuviossa 3.4 on esitetty Mäenpään & Tervon (1991b) FMS-mallisysteemillä estimoimat välittömät ja välilliset energiapanokset eräillä toimialoilla suhteutettuna kokonaistuotoksen arvoon. Tuontipanosten sisältämä energiamäärä on approksimoitu vastaavan kotimaisen tuotannon avulla. Välillisen energiapanoksen ottaminen huomioon kasvattaa erityisesti korkeamman jalostusasteen alojen kuten metallituote- ja graafisen teollisuuden energiasisältöä moninkertaiseksi, mutta suhteessa muihin ne ovat edelleen varsin alhaisia. Toisaalta myös metallien valmistuksessa sekä massa- ja paperiteollisuudessa välillisen energiapanoksen (absoluuttinen) merkitys on huomattava.

Kuvio 3.4. Eräiden toimialojen välitön ja välillinen energiapanos suhteessa kokonaistuotantoon vuonna 1988, toe/mmk.



Lähde: Mäenpää & Tervo 1991b

Mikäli energiavaltaisten toimialojen keskeinen asema maamme teollisuudessa jatkossa säilyy, toimialojen sisäisten tuotantotapa- ja tuotevalintojen merkitys tulee korostumaan, kun pyritään rakenteellisiin muutoksiin energiansäästöön ja hiili-

dioksidipäästöjen vähentämiseen. Tämä koskee erityisesti massa- ja paperiteollisuutta.

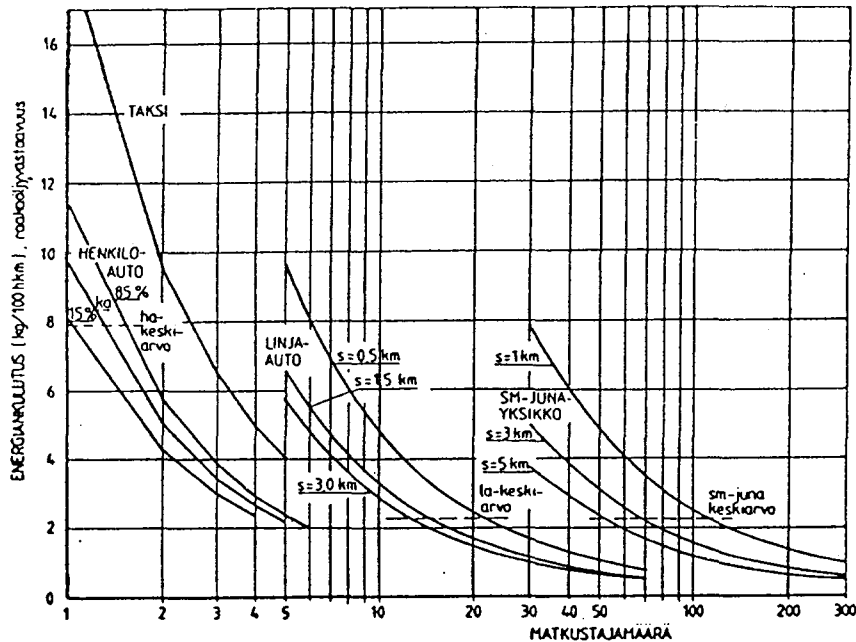
Massa- ja paperiteollisuudessa voi esimerkiksi keskittyminen kemialliseen massanvalmistukseen tarjota erään vaihtoehdon toimialan CO₂-intensiteetin alentamiseksi. Viime vuosina yleistyneelle mekaaniselle massanvalmistukselle on ominaista keskeisen kustannustekijän eli puuraaka-aineen korkea hyödyntämissuhde: yli 90 % puusta muuttuu kuitumassaksi. Prosessin sähköenergian ominaiskulutus on kuitenkin suuri. Sen sijaan kemiallisten massojen (sulfaattisellu) kohdalla alle 50 % puusta muuttuu kuitumassaksi, mutta puunkuorimisjätettä sekä puusta sellukeittoon liuennutta orgaanista ainesta (mustalipeää) voidaan käyttää prosessin energianlähteenä. (Kuusi 1991). Hiilidioksidin nettopäästöjen kannalta ko. energia on periaatteessa hiilivapaata, mikäli vastaava puumäärä kasvaa käytetyn tilalle.¹ Taloudellisen ohjauksen kannalta on ilmeistä, että esimerkiksi ostosähkön hintaa nostava hiilivero voisi muuttaa eri massanvalmistusmenetelmien kannattavuutta ja siten vaikuttaa - lopputuotekysynnän asettamisissa puitteisissa - tuotantopäätöksiin.

Liikenne

Teknisten toimenpiteiden sekä käyttäytymismuutosten tarjoamien säästövaihtoehtojen lisäksi liikenteen energiankäyttöä on periaatteessa mahdollista vähentää siirtymällä henkilö- ja kuorma-autoliikenteestä mm. kiskoliikenteeseen, joka on energiataloudellisesti hyvin tehokas liikennemuoto (kuvio 3.5). Henkilöliikenteessä myös linja-auto on jo keskimääräisesti kuormitettuna henkilöautoa tehokkaampi vaihtoehto. Erityisesti taajamissa se on potentiaalinen substituutti henkilöautojen käytölle.

¹ Arvioitaessa eri massanvalmistusmenetelmien kokonaisvaikutusta ilmakehän hiilidioksidipitoisuuteen olisi otettava huomioon myös puuraaka-aineen vaihtoehtoinen käyttötapa hiilidioksidin nieluna (ks. esim. Hiilidioksiditoimikunnan mietintö 1991).

Kuvio 3.5. Eri henkilöliikennemuotojen energiatehokkuus.



Lähde: Kallberg 1982

Energiansäästöprojektin (1991) mukaan kisko- ja muiden liikennemuotojen suhteellisten osuuksien muuttaminen näyttää kuitenkin energiatalouden näkökulmasta hyvin vaikealta. Tähän on syynä mm. rataverkon rajallinen kattavuus ihmisten todellisten liikkumistarpeiden näkökulmasta. Matkustajaliikenteessä juna on yleensä energiataloudellisin vaihtoehto pidemmällä matkoilla (>25 km), kun otetaan huomioon junan käyttöön liittyvät siirtymiset. Erityisesti lentoliikenteen korvaajana juna on tehokas. Lyhyemmällä matkoilla joko linja-autot tai täyteen kuormatut henkilöautot ovat edullisempia.

Tavaraliikenteessä keskimääräinen tavarasiirtomatka (50 km) on selvästi alle sen rajan, jolla juna olisi energiataloudellisin vaihtoehto (> 200 km). Tämä heikentää junan mahdollisuuksia hidastaa kuorma- ja pakettiautoliikenteen kasvua. Junan käytön lisääminen olisikin energiataloudellisesti perusteltua erittäin pitkissä, raskaissa ja kiireettömissä kuljetuksissa. Näiden osuus on kuitenkin alle 3 % kaikista kuljetuksista. (Energiansäästöprojekti 1991).

Eräissä tilanteissa on informaatiotekniikan avulla mahdollista korvata henkilö- ja pakettiautoliikennettä. Käytännössä on kuitenkin havaittu, että informaatiotekniikan käytön yleistyminen voi jopa lisätä liikkumistarvetta. Esimerkiksi tuotantotoiminnassa informaatiotekniikka lisää nopeiden ja luotettavien kuljetusten kysyntää, koska tuotanto muuttuu suuntaan, jossa sarjat ja varastot pienenevät. (Alppivuori & Himanen 1990).

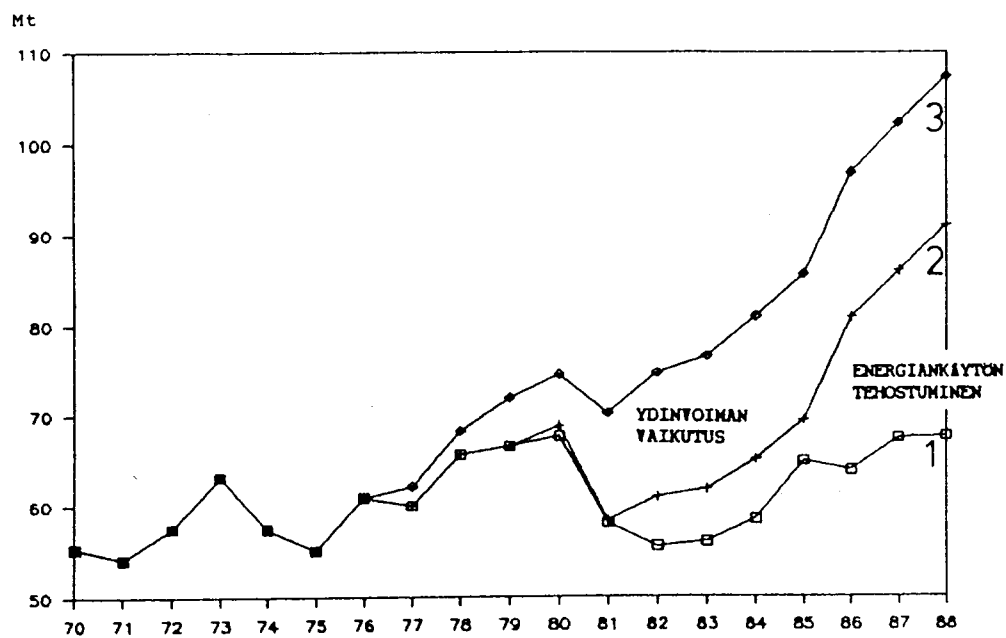
3.4 ENERGIALÄHDEVALINNAT, ENERGIANSÄÄSTÖ JA CO₂-PÄÄSTÖT

Energiaintensiteetin lasku - jonka taustalla ovat vaikuttaneet mm. rakennemuutos, energianhinnan vaihtelut ja tekninen edistyminen - sekä mm. ydinvoiman käytön lisääntyminen ovat olleet eräinä osatekijöinä alentamassa kansantalouden CO₂-intensiteettiä viime vuosikymmenellä. Karkkulainen (1990) on arvioinut näiden tekijöiden käytännön merkitystä vertaamalla 1980-luvun toteutunutta bruttopäästökehitystä (sis. puupohjaiset polttoaineet) aikaisemman talous-, hinta- ja energiankulutuskehityksen avulla laskettuun hypoteettiseen päästöskenaarioon (kuvio 3.6).

Kuviossa toteutunutta kehitystä kuvaa käyrä 1. Sen mukaan bruttopäästöt vuonna 1988 olivat vajaa 70 Mt. Jos vuosien 1980-1988 energiankulutus olisi noudattanut vuosien 1960-1979 avulla estimoitua uraa, olisi päästökehitys ollut käyrän 2 mukainen. Ilman "tehostumista" olisivat päästöt olleet siis kolmanneksen suuremmat¹. "Tehostumisen" vaikutus on näkynyt erityisesti 1980-luvun puolivälin jälkeen. Jos lisäksi ydinvoiman sijasta olisi käytetty polttoaineita (käyrä 3), olisi päästötaso ollut vuonna 1988 - karkeasti arvioiden - yli 50 % toteutunutta suurempi.

¹ Vesi- ja ydinvoiman tuotannon oletetaan pysyneen todellisissa arvoissaan, jolloin toteutunutta suurempi energiankulutus olisi katettu polttoaineiden käytöllä. Päästöarviossa on ilmeisesti sovellettu polttoaineaggregaatin keskimääräistä päästökerrointa.

Kuvio 3.6. Toteutunut hiilidioksidipäästökehitys (1), vuosien 1960-1979 energiankulutusaineiston avulla estimoitu hypoteettinen päästökehitys (2) sekä laskennallinen päästökehitys ilman ydinvoimaa (3), Mt.



Lähde: Karkkulainen 1990

4 TALOUDELLINEN OHJAUS JA CO₂-PÄÄSTÖJEN RAJOITTAMINEN

Fossiilisten polttoaineiden poltosta syntyvien hiilidioksidipäästöjen kasvun pysäyttäminen sekä myöhemmin niiden vähentäminen edellyttää eri energialähteitä koskevien substituutio- ja säästöpotentiaalien laajamittaista hyväksikäyttöä. Käytännössä tämä merkitsee - informaation jakamisen lisäksi - erilaisten hallinnollisten ja taloudellisten ohjauskeinojen käyttöönottoa. Keinovalikoiman pitäisi edesauttaa päästövähennysten toteuttamista mahdollisimman kustannustehokkaalla tavalla sekä kansainvälisellä että kansallisella tasolla. Tämä puoltaa periaatteessa taloudellisten ohjauskeinojen - kuten esimerkiksi hiiliveron - käyttöä.

Tässä luvussa käsitellään taloudellisen ohjauksen taustaa sekä tarkastellaan ilmastonmuutoksen torjuntaan soveltuvia ohjauskeinoja yleisellä tasolla. Pääpaino on hiiliveron ominaisuuksien analysoinnissa. Lisäksi esitellään eräiden maiden suunnittelemaa tai jo käyttöönottamia hiilidioksiditai hiiliveroja.

4.1 TALOUSTIEDE JA ILMASTONMUUTOS: ULKOISVAIKUTUKSET

Taloustieteen näkökulmasta hiilidioksiditai muista kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuva ilmastonmuutos on tyyppiesimerkki taloudelliseen toimintaan liittyvistä ns. ulkoisvaikutuksista, joiden hyödyt tai kustannukset eivät täysimääräisesti kohdennu päästöjä tuottavalle talousyksikölle. Näin esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen haittavaikutusten kustannukset eivät tule sisäistetyksi eri hyödykkeiden hintoihin.

Julkinen sektori voi korjata ulkoisvaikutusten syntyyn johtavaa markkinoiden epätäydellistä toimintaa ohjaamalla talousyksiköitä sekä hallinnollisilla että taloudellisilla keinoilla. Hallinnollisessa ohjauksessa (määräohjauksessa) pyritään säätelemään haitallisten päästöjen määrää viranomaisen asettamalla ohje- tai raja-arvoilla, teknologiamääräyksillä sekä tuotestandardeilla. Ilmastonmuutoksen osalta tämä voisi merkitä esim. seuraavanlaisia rajoituksia (vrt. OECD 1990):

- henkilöautojen ominaiskulutusrajat/käyttörajoitukset
- rakennusten energiankulutusstandardit/lämpötilamääräykset
- määräaika kivihiilen käytön lopettamiselle
- julkisen sektorin määräämät energialähdevalinnat.

Hallinnollisen ohjauksen rinnalla on ympäristönsuojelussa viime vuosien aikana alettu useissa maissa suunnitella ja jossain määrin myös soveltaa ns. taloudellisen ohjauksen (hintaohjaus, markkinaohjaus) keinoja. Tämä koskee myös ilmastomuutoksen estämistä ja hidastamista. Taloudellisella ohjauksella tarkoitetaan yleensä erilaisia ympäristömaksuja ja -veroja, joiden avulla ilman kaltaisille - aiemmin ilmaisille - ympäristöhyödykkeille pyritään muodostamaan oikeasuuntaiset hinnat. Tällöin niistä tulisi talousyksiköiden näkökulmasta tuotannontekijöitä, joiden taloudellisesti tehokas käyttö määräytyisi periaatteessa markkinamekanismin toiminnan kautta. (OECD 1991a). Tämä merkitsisi ympäristöä pilaavan toiminnan suhteellisen hinnan kohoamista vastaamaan paremmin sen todellisia kustannuksia yhteiskunnalle, ts. ulkoisvaikutukset tulisivat ainakin osittain sisäistettyä tuotteiden hintoihin.

Taloudellisen ja hallinnollisen ohjauksen paremmuudesta on viime aikoina kiistelty sekä talousteorian että käytännön tasolla (ks. esim. Uimonen 1989, Kasanen 1991). Hallinnollisen ohjauksen - esimerkiksi päästökiintiöiden - pääasiallinen etu on se, että saavutettava päästöjen kokonaismäärä on yleensä etukäteen paremmin arvioitavissa. Tämä ratkaisu on kuitenkin harvoin kustannusnäkökulmasta tehokas, sillä päästöjen vähentämisen rajakustannukset vaihtelevat usein huomattavasti eri päästölähteiden välillä. Taloudellista ohjausta onkin puollettu mm. seuraavilla argumenteilla:

- **Tehokkuus.** Päästömaksut (tms.) kohdistavat suurimmat päästövähennykset niille talousyksiköille, joilla vähentämisen rajakustannukset ovat alhaisimmat. Tietty päästötaso voidaan siten periaatteessa saavuttaa minimikustannuksin. Samalla päätösvalta valittavista toimenpiteistä jää yksittäisille talousyksiköille (joustavuus).
- **Dynaaminen tehokkuus.** Taloudelliset ohjauskeinot tarjoavat usein jatkuvan kannustimen päästöjen vähentämiseen joko substituution tai teknisten innovaatioiden kautta.

- **Tulojen keräys.** Ympäristömaksut ja -verot muodostavat julkisen sektorin kannalta merkittävän tulolähteen, jota voidaan käyttää mm. verorakenteen muuttamiseen.

- **Hintavaikutus.** Taloudellinen ohjaus muuttaa - markkinarakenteesta riippuen - kustannusvaikutustensa kautta hyödykkeiden suhteellisia hintoja, mikä ohjaa kuluttajien valintapäätöksiä kohti ympäristölle edullisempia tuotteita.¹

(OECD 1990, 1991a).

Taloudellisen ohjauksen heikkoutena on erityisesti saavutettavaan päästötasoon liittyvä epävarmuus: tietyn ympäristöveron tai -maksun asettaminen ei välttämättä johda tavoiteltuun päästötasoon. Tämä voi aiheuttaa yhteiskunnallisia hyvinvointitappioita joko liian suuren ympäristökuormituksen tai - tavoitetasoon nähden - liian kalliiden päästövähennystoimien muodossa. Lisäksi yksipuolisesti toteutettuna toimenpiteenä taloudellinen ohjaus voi rasittaa voimakkaasti ulkomaisen tuotannon kanssa kilpailevaa kotimaista tuotantoa. Sama pätee luonnollisesti myös yksipuolisesti sovellettaviin hallinnollisiin rajoitustoimiin.

Taloudellinen ohjaus ja hiilidioksidipäästöt

Taloudellisten ohjauskeinojen potentiaalinen rooli ilmasto- muutoksen torjunnassa liittyy erityisesti energiankäytön ja -tuotannon hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen. Tätä voidaan perustella mm. päästölähteiden suurella määrällä sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla: standardien ja käyttörajoitusten soveltaminen voisi johtaa kustannusnäkökulmasta hyvinkin tehottomiin tuloksiin rajakustannuserojen vuoksi. Lisäksi päästöjen alueellisella tai ajallisella kohdentumisella ei ole itse ongelman kannalta merkitystä, mikä puoltaa laajavaikutteisten ohjauskeinojen käyttöä.

¹ Luonnollisesti myös hallinnollinen ohjaus vaikuttaa hyödykkeiden hintoihin yritysten kustannusten muuttuessa mm. puhdistuslaitteinvestointien myötä.

Energiankäytön ja -tuotannon päästöjen säätelyyn soveltuvia taloudellisen ohjauksen instrumentteja on käsitelty viime aikoina useissa eri yhteyksissä (ks. esim. Hoel 1990, OECD 1990, Kasanen 1991). Talousteorian näkökulmasta optimaalinen vaihtoehto olisi hiilidioksidin päästömaksu, joka kohdistettaisiin suoraan syntyviin päästömääriin. Käytännössä päästölähteiden paljous estää tämän vaihtoehdon käytön. Sen sijaan on ehdotettu mm. seuraavia keinoja:

A) Hiilivero. Koska tällä hetkellä ei ole olemassa teknisesti ja taloudellisesti järkevää vaihtoehtoa CO₂-päästöjen puhdistamiseen, on päästöjen määrä suoraan verrannollinen käytetyn polttoaineen hiilisisältöön. Hiilisisällön mukaan asetettu hiili- tai hiilidioksidivero approksimoi tällöin suoraan päästöille kohdennettua päästömaksua. Hiiliveron ominaisuuksia tarkastellaan jatkossa yksityiskohtaisemmin.

B) Päästölupien kauppa. Järjestelmä perustuu ajatukseen hiilidioksidin päästöluvista tai -kiintiöistä, jotka jaetaan päästölähteille ennalta valittujen perusteiden mukaan. Tämän jälkeen luvilla voidaan käydä kauppaa: ne talousyksiköt, joille päästöjen vähentämisen rajakustannukset ovat alhaiset, myyvät päästölupia ja vastaavasti ne, joiden rajakustannukset ovat korkeat, ostavat lupia itselleen. Näin kustannustehokas ratkaisu on mahdollinen. (Hoel 1990). Koska lisäksi päästöjen enimmäismäärä on lupien avulla kiinnitetty, tiedetään saavutettava päästömäärä toisin kuin mm. hiiliveron kohdalla. Käytännössä kauppaan liittyvät transaktiokustannukset sekä markkinoiden epätäydellinen toiminta voivat kuitenkin heikentää järjestelmän tehokkuutta (OECD 1990).

Energialohkon ohjauskeinojen soveltuvuudesta käytännössä

Koska hiilidioksidia tuottavia päästölähteitä on kansallisella tasolla yleensä miljoonia, on päästölupien kauppa selvästikin kansainvälisen tason ratkaisukeino päästöjen vähentämiseksi. Tällöin päästöluvut voitaisiin jakaa alkutilanteessa

maakohtaisesti esimerkiksi aikuisväestön määrän tai muun indikaattorin¹ mukaan, jonka jälkeen hallitukset voisivat käydä niillä kauppaa. Lisäksi lupiin voitaisiin yhdistää myös hiilen nielujen lisääminen (mm. metsät), jolloin kyse olisi eräänlaisista maakohtaisista nettoemissioluvista tai -kiintiöistä (vrt. luku 3).

Sen sijaan hiilivero on periaatteessa käyttökelpoinen sekä kansainvälisesti toteutettuna ratkaisuna että yksittäisen maan politiikkavälineenä, kun maa pyrkii täyttämään kansainvälisesti sovittuja päästörajoituksia esimerkiksi osana päästölupien kauppajärjestelmää. Veron asettaminen edesauttaa päästövähennysten toteuttamista kustannuksia säästävällä tavalla, vaikkakin käytännössä mm. markkinoiden toimintaan liittyvät epätäydellisyydet todennäköisesti heikentävät veron tehokkuutta (vrt. KLØKT 1991). Toisaalta tietynsuuruisen hiiliveron avulla saavutettavaan päästötasoon liittyvä epävarmuus ei liene erityisen suuri ongelma, sillä päästöjen ennustettavuus ei ole itse ilmastonmuutoksen kannalta lyhyellä aikavälillä oleellista. Talouden toiminnan kannalta veron koon järkevä määrittely on kuitenkin tärkeää.

Ilmastonmuutosongelman globaalin luonteen vuoksi ei veron käyttöönotto yksittäisen maan yksipuolisena toimenpiteenä ole mielekäästä vaan voi jopa johtaa päästöjen kokonaismäärän kasvuun, jos päästöjä tuottava toiminta siirtyy energiatehokkuudeltaan heikompiin maihin tai kysyntä yleensä kohti tällaisissa maissa valmistettuja tuotteita.

¹ Erilaisia indikaattoreita ovat tarkastelleet mm. Kananen (1991) sekä OECD (1991b).

4.2 FOSSIILISTEN POLTTOAINEIDEN HIILIVERO

Polttoaineiden hiilisisällön perusteella määräytyvä hiilivero (hiilidioksidivero) on panosvero, joka muuttaa eri polttoaineiden suhteellisia hintoja ja siten vaikuttaa panoskäyttäjien energiankäyttöön ja energialähdevalintoihin. Sen toimintamekanismina on siis kannustavuus panosvalintatilanteessa. Vero ei kuitenkaan kannusta vähentämään varsinaisesta poltosta syntyviä päästöjä (savukaasujen puhdistus), mikäli se tulee jatkossa teknisesti ja taloudellisesti käyttökelpoiseksi vaihtoehdoksi. Taulukossa 4.1 on esitetty eri polttoaineiden poltossa syntyvän CO₂-määrän suuruusluokka polttoaineen sisältämää energiayksikköä kohden. Luvut on suhteutettu merkittämällä kivihiiltä arvolla 1.

Taulukko 4.1. Fossiilisten polttoaineiden hiilisisällöt (kivihiili = 1.0).

Polttaine	hiilisisältö
Kivihiili	1.0
Liikennepolttonesteet	0.8
Maakaasu	0.6
Polttoöljyt	0.8
Turve	1.2

Lähde: ks. taulukko 2.2

Polttaineen hiilisisällön mukaan asetettu hiilivero kohdistuisi voimakkaimmin turpeen sekä eri hiilituotteiden (kivihiili/koksi/antrasiitti) käyttöön. Energiayksikköä kohden vero olisi turpeen osalta kaksin- ja kivihiilen osalta 1,67-kertainen maakaasuun nähden. Veron vaikutus sähkö- ja kaukolämpöenergian hintoihin riippuu paitsi tuotannon energialähdevalinnoista myös käytetyistä hinnoittelumekanismista.

4.2.1 Hiiliveron mikrotason kannustinvaikutukset

Yritystasolla hiiliveron aiheuttama panoshintojen muutos vaikuttaa tuotantopanosten kysyntään substituutio- ja tuotanto-vaikutusten kautta (ks. esim. Gravelle & Rees 1988). Substituutiovaikutus syntyy yritysten muuttaessa panoskäytön rakennetta kohti hinnaltaan edullisempia panoksia. Keskeisessä asemassa ovat tällöin energiapanosten omahintajoustot sekä

eri panosten väliset (netto-)substituutiojoustot, joiden suuruuteen vaikuttaa mm. energian rooli tuotantotoiminnassa, läheisten substituuttien saatavuus sekä tarkasteluajanjakson pituus. Hiiliveron tapauksessa yritykset voivat periaatteessa (vrt. luku 3) siirtyä käyttämään vähähiilisiä/hiilivapaita energialähteitä tai substituoida energiaa muilla panosmuodoilla (työvoima, pääoma, raaka-aineet). Jälkimmäisessä vaihtoehdossa esimerkiksi energiansäästöinvestoinneilla tai tuotanto- ja tuoterakenteen muutoksilla vähennettäisiin tuotannon hiilidioksidi- ja mahdollisesti myös energiaintensiteettiä. Käytännössä tämä merkitsisi luvussa 3 kuvattujen säästöpotentiaalien tietynasteista toteutumista.

Koska substituutiomahdollisuudet monilla toimialoilla ovat ainakin lyhyellä aikavälillä vähäiset, hiilivero nostaa fossiilisia polttoaineita runsaasti käyttävien yritysten kustannuksia. Kilpailullisilla markkinoilla toimiville yrityksille kustannusnousu merkitsee kannattavuuden heikkenemistä ja tuotannon mahdollisesti huomattavaakin supistumista. Samalla mm. energiapanosten kysyntä pienenee (tuotantovaikutus). Toisaalta yritykset, joilla on markkinavoimaa joko tuotedifferentioinnin tai rajoitetun markkinoillepääsyn vuoksi, voivat siirtää osan kustannusnoususta tuotehintoihinsa, jolloin hyödykkeiden suhteelliset hinnat muuttuvat. Hintamuutokset heijastuvat vuorostaan kysynnän muutosten kautta tuotantoon ja panosvalintaan.

Lopputuotteiden suhteellisten hintojen muutoksista syntyvä tuotantovaikutus on osa hiiliveron vaikutusta kuluttajien valintapäätöksiin. Vaikutuksen teho riippuu tuotekysynnän hinta- ja ristijoustojen arvoista, joihin vaikuttavat mm. hyödykkeiden luonne, tulotaso ja preferenssit sekä substituuttien olemassaolo. Toinen vaikutuskanava syntyy kuluttajien omien energialähdevalintojen kautta esimerkiksi lämmityksessä. Lisäksi fossiilisten polttoaineiden reaalihinnan nousu merkitsee kannustinta energiansäästötoimiin mm. liikenteessä ja kotitalouksien energiankäytössä (käyttäytymismuutokset, teknisen säästöpotentiaalin hyödyntäminen). Hinta- ja ristijoustojen ohella ovat keskeisiä myös tulojoustot eli eri energialähteiden ja -muotojen kysynnän herkkyys reaalityulojen muutoksille.

Edellä on implisiittisesti oletettu, että hiilivero siirtyy kokonaisuudessaan eri energialähteiden ja -muotojen loppuhintoihin. Käytännössä on kuitenkin todennäköistä, että hinnannousu on vain osittaista: näin voi tapahtua esimerkiksi oligopolistisen markkinarakenteen vallitessa energiapanosten tarjonnassa. Tällöin kotimaiset panostarjoajat voivat käyttää voittomarginaalejaan puskuroimaan hiiliveron vaikutusta esimerkiksi markkinaosuuskilpailullisista syistä. Lisäksi globaalin ilmastonmuutospolitiikan myötä esimerkiksi kivihiilen maailmanmarkkinahinta todennäköisesti alenee kysynnän ehtyessä ja käytön vähentyessä. Tämä jossain määrin kumoaa hiiliveron vaikutuksia. (OECD 1990).

Panosvalintavaikutuksen lisäksi hiilivero kannustaa uusien hiilivapaiden teknologioiden, mm. aurinkovoiman, kehittämistä sekä parantaa niiden kilpailukykyä fossiilisiin polttoaineisiin nähden (vrt. taulukko 3.1). Pitkällä aikavälillä tällä on todennäköisesti huomattava vaikutus päästökehitykseen (Hoeller et al. 1990).

4.2.2 Makrovaikutusten arviointia

Hiiliveron lyhyen ja keskipitkän aikavälin vaikutukset kansantalouteen riippuvat - paitsi veron suuruudesta sekä soveltamisympäristöstä (kansainvälisistä kilpailukykyvaikutuksista) - myös verokertymän käyttötavoista, teknologisesta kehityksestä ja yleensä talouden sopeutumiskyvystä suhteellisten hintojen muutoksiin.

Hiiliveron suora vaikutus yritysten tuotantokustannuksiin ja siten kannattavuuteen laskee - annetuilla hinta- ja kysyntärakenteilla - optimaalisen tuotannon määrää ja muuttaa tuotannon panosrakenteita. Kansainvälisesti toteutettuina verotoimet johtavat todennäköisesti energiaintensiivisten tuotteiden hintojen nousuun, mikä helpottanee osittain yksittäisten toimialojen sopeutumista. Tämän tarjontavaikutuksen lisäksi energian sekä lopputuotteiden hintojen nousu alentaa reaalitylöjä, mikä supistaa talouden kokonaiskysyntää. Lopputuloksena on sekä kysynnän että tarjonnan aiempaa hitaampi

kasvu. Näitä vaikutuksia kuitenkin kompensoi hiiliverokertymän merkitys taloudessa, sillä - toisin kuin esimerkiksi öljykriisien yhteydessä öljyntuojamaissa 1973-1974 ja 1979-1980 - hiiliverosta seuraava useimpien energialähteiden sekä energiamuotojen hinnannousu voi merkitä ajan myötä huomattavaakin tulolähdettä julkiselle sektorille (OECD 1991c).

Ilmastonmuutoksen torjuntaa käsittelevässä kirjallisuudessa on usein lähdetty siitä, että verokertymä käytetään muiden välillisten verojen - kuten liikevaihtoveron - alentamiseen ja/tai verotuksen painopisteen muuttamiseen välittömästä kohti välillistä verotusta esimerkiksi tuloveroja keventämällä (ks. esim. Poterba 1990). Tämänkaltaisen tuloneutraali verorakenteen muutos kompensoisi talousyksiköille hiiliveron aiheuttamaa energiakustannusten nousua: tietyn päästötavoitteen saavuttaminen edellyttäisi siten suurempaa veroa kuin esimerkiksi tilanteessa, jossa verotulot käytettäisiin julkiseen säästämiseen (vrt. Christensen 1991).

Huolimatta hiiliveron kompensoinnista tuloneutraalilla tavalla eri talousyksiköille - ja siten kotimaisen kokonaiskysynnän ylläpidosta - olisi veromuutoksella todennäköisesti merkittäviä vaikutuksia talouteen sekä lyhyellä että keskipitkällä aikavälillä. Suhteellisissa hinnoissa ja yritysten kannattavuudessa tapahtuvat muutokset suuntaisivat talouden rakenteita kohti hiilidioksidi-intensiteetiltään alhaisempaa tuotantotoimintaa. Lyhyellä aikavälillä tyypillisesti vallitsevat heikot panossubstituutiomahdollisuudet, pääoman sektorispesifisyys sekä muut talouteen jäykkyyksiä aiheuttavat tekijät heikentävät sopeutumista ja arvioiden mukaan hidastavat talouskasvua jossain määrin (ks. esim. Hoeller et al. 1990, KLØKT 1991). Vaikutusten suuruus riippuu mm. siitä, missä määrin ei-energiaintensiiviset toimialat kykenevät käyttämään muilta toimialoilta vapautuvia tuotannontekijöitä. Toisaalta asteittain - esimerkiksi kymmenen vuoden aikaperiodilla - käyttöön otettava hiilivero voi vaikuttaa hintaodotusten kautta talousyksiköiden toimintaan jo aikaisessa vaiheessa ja siten edistää talouden sopeutumiskykyä.

Eri kansantalouksien hiilidioksidi-intensiivisyydestä riippuen (globaali) hiilivero voisi johtaa rakennemuutoksiin myös kansainvälisessä työnjaossa ja kaupassa. Tällöin olisi esimerkiksi mahdollista, että osa energiaintensiivisestä teollisuudesta siirtyisi vesi- tai ydinvoimavaltaisiin maihin. Toisaalta fossiilisten polttoaineiden käytön yleinen vähentyminen sekä siihen liittyvä hintojen aleneminen merkitsisivät samalla muutoksia globaalissa tulonjaossa mm. parantamalla öljyntuojamaiden vaihtosuhdetta (Hoeller et al. 1990).

Hiiliveron pitkän aikavälin vaikutuksista

Pitkällä aikavälillä kansantalouden reaalisien aktiviteettien kehitys on sidoksissa talouden primääriresurssien eli työvoiman ja pääoman määrään sekä teknologiseen kehitykseen. Tuloneutraalin hiiliveron vaikutukset riippuvat tällöin mm. siitä, miten verorakenteiden muutoksista aiheutuvat tehokkuustappiot (deadweight loss) vaikuttavat esimerkiksi säästämiseen ja investointeihin (OECD 1991d) tai siitä, miten työvoiman tarjonta reagoi mahdolliseen tuloveron kevenemiseen.¹

Pidemmällä aikavälillä keskeinen tekijä on myös energian hinnan ja kokonaistuottavuuden välinen kytkentä: jos energian hinnannousu johtaa tuottavuuden kasvun hidastumiseen, myös talouskasvu heikkenee. Tämänkaltaisen yhteyden vallitsee, jos esimerkiksi pääoma ja energia ovat tuotannossa komplementteja. Tällöin energian hinnan kohoaminen johtaisi myös pääomanpanoksen käytön pienenemiseen. Tällä olisi vuorostaan selvästi negatiivinen vaikutus tuottavuuden kehitykseen. (Englander & Mittelstädt 1988). Toisaalta energian hinnannousu voi suoraan vaikuttaa tuottavuuteen myös, jos teknologinen kehitys itsessään on voimakkaasti sidoksissa energian käyttöön, ts. jos uusi teknologia on energiaintensiivistä.

¹ Mm. Hagemann et al. (1988) on tarkastellut verorakennetta koskevien muutosten vaikutuksia taloudessa.

Käytännössä taloustieteilijöiden keskuudessa ei vallitse yksimielisyyttä edellä mainittujen suorien vaikutuskanavien olemassaolosta. Erityisesti pääomakannan ja energian välinen komplementaarisuus on kiistanalainen asia (vrt. Pikkarainen 1984; Törmä & Loukola 1986). Esimerkiksi Bruno & Sachs (1985) katsovat, että energian reaalihintashokeilla on ollut vaikutusta OECD-maissa 1970- ja 1980-luvuilla tapahtuneeseen kokonaistuottavuuden kasvun hidastumiseen ja siten havaittuun talouskehitykseen. Toisaalta mm. Englander & Mittelstädt (1988) arvioivat, että energian hinnannousujen ja tuottavuuden välillä ei ole löydettävissä merkittävää suoraa vaikutuskanavaa. Heidän estimointiensa mukaan pääoma ja energia ovat yleensä substituutteja. Sen sijaan energian hinnannousun epäsuorat vaikutukset - mm. inflaatiopaineet ja niihin liittyvät talouspolitiikan kontraktiiviset reaktiot sekä pääomakannan ennenaikainen vanheneminen - tuottavuuden kasvun hidastumiseen ovat Englanderin & Mittelstädtin mukaan voineet olla huomattavia.¹

Edellä ei ole kiinnitetty huomiota hiiliveron aikaansaamaan ulkoisvaikutusten sisäistämiseen eikä siten ole analysoitu ilmastonmuutoksen torjunnasta - tai yleensä fossiilisten polttoaineiden käytön vähenemisestä - aiheutuvia positiivisia vaikutuksia hyvinvointiin. Näiden vaikutusten arviointi on luonnollisesti hyvin vaikeaa. On kuitenkin selvää, että pelkästään kansantuotteen muutosten avulla tapahtuva hiiliveron vaikutusten (kustannusten) tarkastelu on hyvinvointinäkökulman kannalta riittämätöntä. Mittarien puute estää kuitenkin tässä vaiheessa realistisemmän tarkastelun.²

1 Ekonometrisillä malleilla saatuja ristiriitaisia tuloksia pääoman ja energian välisestä suhteesta on selitetty mm. sillä, että lyhyellä aikavälillä ao. panokset ovat komplementteja mutta pitkällä aikavälillä substituutteja. Toisaalta Törmä & Loukola (1986) ovat korostaneet sähkön ja polttoaineiden erilaista suhdetta pääomaan nähden (vrt. luku 5).

2 Mm. Glomsrød et al. (1990) sekä KLØKT (1991) ovat esittäneet karkeita arvioita fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämisen mahdollisista vaikutuksista ihmisten terveyteen (mm. NO_x -, SO₂ - ja CO-päästöjen aleneminen) sekä mm. liikenneonnettomuuksien määrään. Arvioiden mukaan em. vaikutukset voivat selvästi kompensoida hiiliverosta aiheutuvia kustannuksia.

4.3 VOIMASSA TAI SUUNNITTEILLA OLEVIA HIILIVEROJA

Huolimatta kansainvälisten sopimusneuvottelujen keskeneräisyydestä on useissa OECD-maissa käynnissä suunnittelutyö energiankulutukseen liittyvien hiiliverojen (hiilidioksidiverojen) toteuttamisesta. Näissä suunnitelmissa vero on pääsääntöisesti osa laajempaa toimenpidekokonaisuutta, johon kuuluu myös informatiivisia ja hallinnollisia ohjauskeinoja. Globaalista näkökulmasta päästöjen taloudellisesti järkevä vähentäminen edellyttäisi näiden maakohtaisten verokaavailujen sopeuttamista toisiinsa nähden.

Tällä hetkellä varsinainen hiilivero on jo voimassa Ruotsissa sekä lievässä muodossa myös Suomessa, Hollannissa ja osittain Norjassa. Seuraavassa on esitelty eräitä hiiliveromalleja. Suomen "hiiliveroa" käsitellään luvussa 5.

Ruotsi: hiilidioksidivero

Ruotsissa astui vuoden 1991 alusta voimaan hiilidioksidivero, jonka suuruus on 250 Skr (n. 170 mk) polttoaineen poltossa syntyvää hiilidioksiditonnia kohden. Veroa sovelletaan öljytuotteisiin, maa- ja nestekaasuun sekä kivihiileen. Sen sijaan turve on jätetty verotuksen ulkopuolelle mm. kotimaisuussyistä. Vero ei myöskään koske polttoaineiden raaka-ainekäyttöä mm. metalliteollisuudessa. Hiilidioksidiveron käyttöönoton yhteydessä muista kuin ympäristöpoliittisista syistä säädetyn energiaveron tasoa alennettiin 50 %, joten veron efektiivinen vaikutus on sen nimellistasoa pienempi. Bensii- niveroa alennettiin suhteellisesti vähemmän. (SOU 1989: 83; SFS 1990: 582, 583, 585).

Muun energiaverotuksen alenemisesta huolimatta vero nostaa selvästi mm. kivihiilen hintaa ja siten sillä voidaan olettaa olevan vaikutusta päästökehitykseen. Jotta yksipuolisesti käyttöönotettu vero ei rasittaisi ruotsalaisen teollisuuden kilpailukykyä, on verotuksessa säilytetty veronalennusmahdollisuus (ns. nedsättning): energia- ja CO₂-veron yhteismäärä saa olla korkeintaan kolme prosenttia tuotannon bruttoarvosta. Lisäksi hallitus voi erityisyyistä myöntää lisähelpotuksia. (SFS 1990:584). Tämä heikentää veron kannustavuutta.

Mahdollisen kansainvälisen sopimuksen tai hiiliverojen yleistymisen myötä veronalennusmahdollisuus tulee ilmeisesti poistumaan (SOU 1989:83).

Norja: öljy- ja kaasutuotteiden CO₂-vero

Norjan vuoden 1991 tulo- ja menoarviossa esiteltiin eräänlainen hiilidioksidivero, joka koskee liikennepolttonesteitä sekä polttoöljyjä. Veron suuruus on 0.60 Nkr (noin 0.35 mk) bensiinilitralta sekä 0.30 Nkr poltto- ja dieselöljylitralta. (Statsbudsjettet 1991). Lisäksi hallitus on esitellyt öljyn- ja kaasuntuotannossa poltettavia kaasuja koskevan veron, joka on 0.60 Nkr kaasukuutiometriä kohden (OECD 1991e).

Päästökehityksen kannalta veroilla voidaan odottaa olevan jonkinasteinen vaikutus mm. liikenteen päästöihin, vaikkakin niiden perimmäinen tarkoitus lienee lähinnä fiskaalinen. Kokonaistaloudellisilla malleilla tehtyjen simulointien perusteella on arvioitu, että päästöjen jäädyttäminen vuoden 1989 tasolle vuosituhatlupien loppuun mennessä vaatisi yksipuolisesti toteutettuna veroa, jonka suuruus olisi vuonna 2000 nykyrahas-
hassa noin 900 kruunua CO₂-tonnia kohden (Rapport fra Den Interdepartementale Klimagruppen 1991).

Sveitsi: suunnitelma hiilidioksidiverosta

Sveitsissä hiilidioksidiveron sisältö ja vaikutukset ovat tällä hetkellä selvittelyvaiheessa; lisäksi suunnitteilla on erilaisia hallinnollisia ohjauskeinoja. Verokaavailujen pohjana on Taxe sur le CO₂ (1990) -raportti, jossa veron suuruudeksi ehdotettiin 15 tai 30 prosenttia veronalaisen energian kokonaiskulutuksen arvosta. Vuoden 1989 päästötasolla (38.4 Mt) tämä merkitsisi hiiliveroa, jonka suuruus olisi 35 - 70 frangia hiilidioksiditonnia kohden (noin 95 - 190 mk). (Taxe sur le CO₂ 1990).

Lokakuussa 1990 Sveitsin liittohallitus (Le Conseil fédéral) esitti jatkotutkimustyön pohjaksi em. alempaa verokantaa eli noin 35 frangia/hiilidioksiditonni. Se koskisi muita kuin

liikennepolttonesteitä ja nostaisi toteutuessaan mm. kivihiilen hintaa 42-105 %. Moottoribensiinin ja dieselöljyn vero olisi yli kaksinkertainen eli noin 80 frangia/CO₂-tonni. Arvioiden mukaan veroratkaisu alentaisi hiilidioksidipäästöjä vuoteen 2000 mennessä 6 % business-as-usual -skenaarioon verrattuna eli varsin vähän. Päästöjen absoluuttiseksi kasvuksi jäisi edelleen noin 15-20 % periodilla 1988-2000. (Communiqué de presse, Octobre 1990).

Jotta hiilivero ei vaikeuttaisi sveitsiläisen teollisuuden asemaa, on suunniteltu erityisiä veronalennusmahdollisuuksia paperi-, tiili- ja sementtiteollisuuden kaltaisille energiaintensiivisille aloille. Yksipuolisen veron käyttöönotto on kuitenkin epätodennäköistä: Sveitsi korostaa kansainvälisen yhteistyön merkitystä veron toteuttamisessa.

Muut maat

Hollannissa astui helmikuussa 1990 - osana laajempaa ns. NEPP-ympäristöohjelmaa - voimaan fossiilisten polttoaineiden hiilisisällön mukaan porrastettu hiilivero, jonka suuruus on noin 1.5 mk hiilidioksiditonnilta. Veron pääasiallisena tarkoituksena ei ole vaikuttaa fossiilisten polttoaineiden kuluutukseen vaan kerätä varoja ympäristönsuojelutarkoituksiin. (OECD 1990). Tällä hetkellä on lisäksi käynnissä tutkimustyö koskien energia- ja hiiliverojen vaikutuksia energiansäästöön ja kansantalouteen (OECD 1991e).

Sekä Yhdysvalloissa että Euroopan Yhteisön komissiossa tutkitaan erilaisten hiilidioksidiverojen käyttömahdollisuuksia. Yhdysvalloissa Congressional Budget Office on arvioinut, että päästöjen stabilointi vuoden 1988 tasolle vuoteen 2000 mennessä vaatisi hiiliveroa, jonka suuruus olisi 100 \$ hiilitonnia kohden eli noin 27 \$/CO₂-tonni (noin 180 mk/CO₂-tonni ostovoimapariteettikurssein). (Poterba 1990). Euroopan Yhteisön komissio taas tutkii tuloneutraalin hiili- ja energiaveroyhdistelmän käyttöönottoa yhdessä hallinnollisten instrumenttien kanssa. EY:n erityisongelmana on jäsenmaiden - erityisesti Hollannin, Saksan ja Tanskan - kansallisten verokaavajujen yhteensopivuus sisämarkkinaohjelman toteuttamisen kannalta. (OECD 1991e).

5 HIILIVERO JA SUOMI

Hiiliveron vaikutuksia Suomen talouteen sekä hiilidioksidipäästöihin on tutkittu tähän mennessä varsin vähän. Toisaalta tällä hetkellä ei ole myöskään olemassa konkreettisia suunnitelmia varsinaisten hiiliverojen käyttöönotosta. Esimerkiksi Hiilidioksiditoimikunnan mietinnössä (1991) ei ole tehty aihetta koskevia käytännön ehdotuksia vaan on pitäydytty periaatetasolla.

Tässä luvussa tarkastellaan hiiliveron mahdollisuuksia vaikuttaa fossiilisten polttoaineiden käyttöön ja siten hiilidioksidipäästöjen muodostumiseen Suomessa. Lisäksi arvioidaan mm. kokonaistaloudellisilla malleilla saatujen tulosten pohjalta veron todennäköisiä vaikutuksia talouden kehitykseen sekä rakenteisiin. Vaikka tarkastelu keskittyy vain Suomeen, on taustalla pääsääntöisesti oletus, että muut maat ottavat käyttöön samansuuntaisia veroratkaisuja.

5.1 NYKYINEN VERORAKENNE

Suomessa toteutettiin vuonna 1986 energiaverouudistus, jossa siirryttiin sähkön ja polttoaineiden aiemmasta pääasiassa valmisteverotukseen perustuneesta järjestelmästä liikevaihtoverotukseen. Eri energiahyödykkeet - kuten sähkö- ja lämpöenergia - samoin kuin tuontipolttoaineet saatettiin liikevaihtoverollisiksi normaalin verokannan mukaan. Samalla kumottiin sähkövero ja luovuttiin erillisen polttoaineveron kantamisesta muista kuin liikennepolttonesteistä. Kotimaisten polttoaineiden myynti säilyi edelleen verottomana. (HE 52/1986). Energiaverouudistuksen myötä tuli liikevaihtoverovelvollisille yrityksille oikeus oman myyntinsä verotusarvoa laskiessaan vähentää sekä liiketoimintaa että jälleenmyyntiä varten hankittujen verollisten energiahyödykkeiden osto- tai maahantuontihinta. Tämä ns. ostovähennys estää valmistettavan energiahyödykkeen useampikertaisen verotuksen, ts. liikevaihtovero ei kertaannu.

Vuoden 1990 alusta energiaverotusta muutettiin ottamalla käyttöön fossiilisten polttoaineiden ympäristövero ("hiilive-

ro") polttoaineveron tilapäisen lisäveron muodossa. Vuoden 1990 lopulla veron voimassaoloa jatkettiin. Liikennepolttonesteitä lukuunottamatta vero perustuu kunkin polttoaineen hiilisisältöön ja sen suuruus on tällä hetkellä noin 26 markkaa polttoaineen sisältämää hiilitonnia kohden (noin 7 markkaa/CO₂-tonni) (Laki 1160/90). Liikennepolttonesteille asetetut verot määräytyvät pääosin muilla kuin ympäristöperusteilla. Ympäristövero ei koske polttoaineiden raaka-ainekäyttöä esim. rauta- ja terästeollisuudessa. Vero nostaa sähkön ja kaukolämmön hintoja sekä suoran kustannusvaikutuksen että tariffien ja sopimusten sisältämien hintasidonnaisuuksien vuoksi: energiahyödykkeiden hinta kytketään usein halvimman yleisesti saatavilla olevan fossiilisen polttoaineen - tavallisesti kivihiilen - hintaan. (HE 122/89).

Taulukossa 5.1 on esitetty eri energialähteiden keskimääräisiä hinta- ja verotietoja joulukuulta 1990. Verojen osuus oli suurin liikennepolttonesteissä: noin puolet kuluttajahinnosta muodostui perus-, lisä- ja liikevaihtoveroista. Muissa polttoaineissa verojen merkitys on selvästi pienempi. Käytännössä hinnat vaihtelevat huomattavasti kuljetuskustannuksien sekä markkinatilanteen mukaan. Lisäksi hakkeen ja halon hinnat ovat vain suuntaa-antavia, koska markkinat eivät ole valtakunnalliset. Polttoaineiden erilaisista ominaisuuksista johtuen hinnat eivät suoraan kuvaa polttoaineiden kilpailukykyä toisiinsa nähden.

Taulukko 5.1. Polttoaineiden hinta- ja verotietoja (12/1990).

	Kuluttajahinta (mk/MWh)	Verojen osuus (%)	Ympäristövero (mk/MWh)	HUOM.
Kivihiili	35	24 %	2.3	rannikolla
Maakaasu	60	19 %	1.0	
Kevyt p-öljy	150	18 %	2.0	
Raskas p-öljy	86	19 %	1.8	
Jyrsinturve	47	4 %	2.0	käyttöpaikalla
Hake	98	-	-	
Halko	144	-	-	

	Kuluttajahinta p/l	Verojen osuus (%)	Perusvero p/l	Lisävero p/l	
Moottoribens.	370	52 %	128	-	lyijytön 95E
Dieselöljy	330	47 %	73	27	

Vuoden 1986 energiaverouudistus siirsi verotuksen kohtaantoa tuotannosta kulutukseen. Kotitalouksien ja muiden kuin liikevaihtoverovelvollisten yritysten energiaverotus kasvoi samalla, kun liikevaihtoverovelvollisten yritysten energiaverotus aleni mm. sähköveron poistuessa. (HE 52/1986). Kokonaisuudessaan energiaverojen ja veroluonteisten maksujen tuotto valtiolle oli vuonna 1989 noin 9.3 miljardia markkaa (taulukko 5.2). Vuoden 1990 alusta voimaan tulleet fossiilisten polttoaineiden veromuutokset lisäävät verokertymää noin 0.7 mrd markkaa. Suuri osa verotuloista tulee liikennepolttonesteistä.

Taulukko 5.2. Energiaverojen ja veroluonteisten maksujen kertymät vuonna 1989, miljoonaa markkaa.

Vero/maksu	milj. mk
Polttoainevero	4 563
Liikevaihtovero (energiasta)	4 480
Varmuusvarastointimaksu	261
Öljysuojamaksu	29
Yhteensä	9 333

Lähde: Energiatilastot 1989

5.2 HYPOTEETTINEN HIILIVEROTARKASTELU

Vuoden 1990 alusta voimaan tulleiden ympäristöveromuutosten ("hiilivero") vaikutusta energiankysyntään ja siten CO₂-päästöihin on vielä vaikea arvioida. Veron taso on kuitenkin selvästi alempi kuin mitä kokonaistaloudellisilla malleilla on ennustettu jatkossa tarvittavan, mikäli tavoitteena on vaikuttaa merkittävästi päästökehitykseen (vrt. Hoeller et al. 1990 ja kohta 5.4). Siten nykyisen veron vaikutukset päästöihin lienevät vähäiset; vero onkin nähtävä lähinnä fiskaalisena toimenpiteenä.

Jos Suomi jatkossa valitsee hiiliveron keskeiseksi politiikkavälineekseen ilmastonmuutosstrategiassaan, sovellettava vero tulee todennäköisesti nousemaan selvästi nykyistä suuremmaksi. Seuraavassa on **esimerkinomaisesti** tarkasteltu hypoteettisen hiiliveron välittömiä kustannusvaikutuksia talouden

eri sektoreille käyttäen hyväksi luvussa 2 esitettyjä laskelmia vuoden 1988 päästöjakaumasta. Veron suuruudeksi on valittu 50 markkaa/CO₂-tonni (noin 185 markkaa polttoaineen sisältämää hiilitonnia kohden), joka voi kuvata alkuvaiheen verotaso. Veron vaikutusta päästöihin ei ole arvioitu vaan tarkastelu kuvaa vain veron ominaispiirteitä.

Taulukossa 5.3 on esitetty esimerkkiveron vaikutus eri polttoaineiden kuluttajahintoihin, kun vertailukohteena on taulukon 5.1 mukainen hintataso. Muussa energiaverotuksessa ei siis oleteta tapahtuvan muutoksia. Luvut on laskettu Energiatilastojen avulla. On huomattava, että liikevaihtoveron laskentatapa nostaa hiiliveron markkamääräistä vaikutusta.

Taulukko 5.3. Hypoteettisen hiiliveron (50 mk/hiilidioksiditonni) vaikutus eräiden polttoaineiden kuluttajahintoihin.

Polttoaine	Hinta 12/90 (mk/MWh)	Hiilivero (mk/MWh)	Hinnannousu ¹ (%)
Kivihiili	35	17	+ 60 %
Maakaasu	60	10	+ 20 %
Turve	47	20	+ 40 %
Raskas p-öljy	86	14	+ 20 %
Kevyt p-öljy	150	13	+ 10 %
	(p/l)	(p/l)	(%)
Moottoribensiini	370	12	+ 4 %
Dieselöljy	330	13	+ 5 %

¹ Sisältää liikevaihtoveron vaikutuksen.

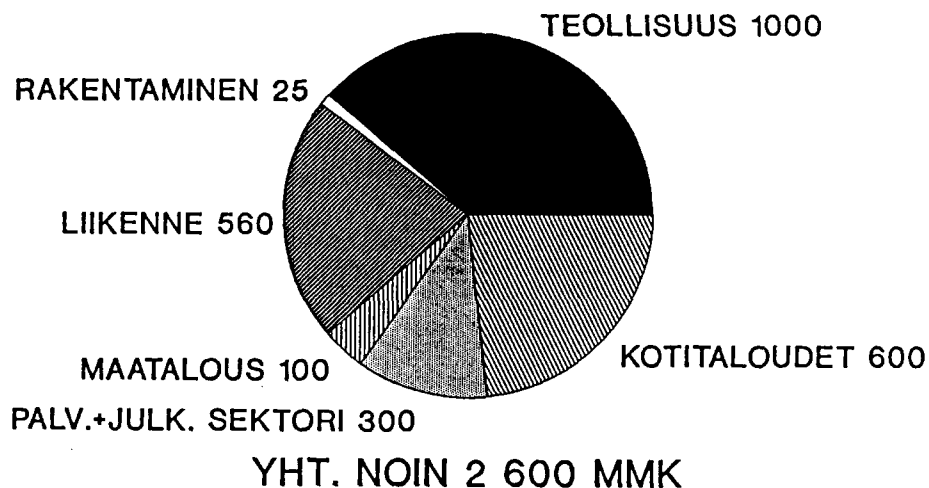
Esimerkin mukainen hiilivero nostaisi varsin voimakkaasti kivihiilen ja turpeen hintoja nykytilanteeseen nähden. Toisaalta liikennepolttonesteiden ja kevyen polttoöljyn hinnat nousisivat prosentuaalisesti vain vähän. Tulokset selittyvät sekä polttoaineiden erilaisilla hiilisisällöillä että nykyisellä hintarakenteella: esimerkiksi lyijyttömän bensiinin hintaan sisältyvä perusvero vastaa jo sinällään hiiliveroa, jonka suuruus olisi yli 500 markkaa hiilidioksiditonnia kohden. Em. hiiliveron vaikutus etenkin liikenteen päästöihin voisi siis olla käytännössä suhteellisen pieni. Toisaalta mm. teollisuuden turpeen ja hiilen käytössä voisi tapahtua panoskysynnän joustoista riippuen selviä muutoksia.

Teollisuuden ulkopuoliselle sähköntuotannolle em. hiilivero aiheuttaisi vuoden 1988 päästötason mukaan karkeasti arvioiden noin 350 miljoonan markan kustannuspaineen. Laskennallisesti se nostaisi tukkusähkön hintaa keskimäärin noin 5 % ja kotitaloussähkön hintaa noin 2-3 %.¹ Alueelliset ja voimalaitoskohtaiset erot voivat käytännössä olla suuria.

Esimerkin mukainen hiilivero merkitsisi staattisessa tarkastelutilanteessa - vuoden 1988 energiankysyntä- ja päästötasolla - noin kahden ja puolen miljardin markan verokertymää julkiselle sektorille (pl. liikevaihtovero). Vuoden 1988 lukuihin verrattuna tämä on noin 0.6 % bruttokansantuotteesta, noin 7.5 % valtion välittömistä verotuloista sekä noin 3.7 % välillisistä veroista. Jo tämän suuruinen hiilivero muuttaisi siis jossain määrin verotuksen rakennetta, kun bruttoveroaste pidetään ennallaan.

Veron aiheuttama "välitön kustannus" kohdentuisi talouden eri sektoreille kuvion 5.1 mukaisesti. Laskelma on tehty kuvion 2.6 perusteella eli olettaen, että hiilivero asetetaan myös mm. masuuni- ja koksaamokaasuille sekä että sähkön ja kaukolämmön hinnat muuttuvat heijastamaan keskimääräistä CO₂-sisältöään. Nämä oletukset ovat luonnollisesti hyvin yksinkertaisia.

Kuvio 5.1. Esimerkkihiiliveron välitön kohdentuma talouden eri sektoreille vuoden 1988 päästöjen perusteella, milj. mk.

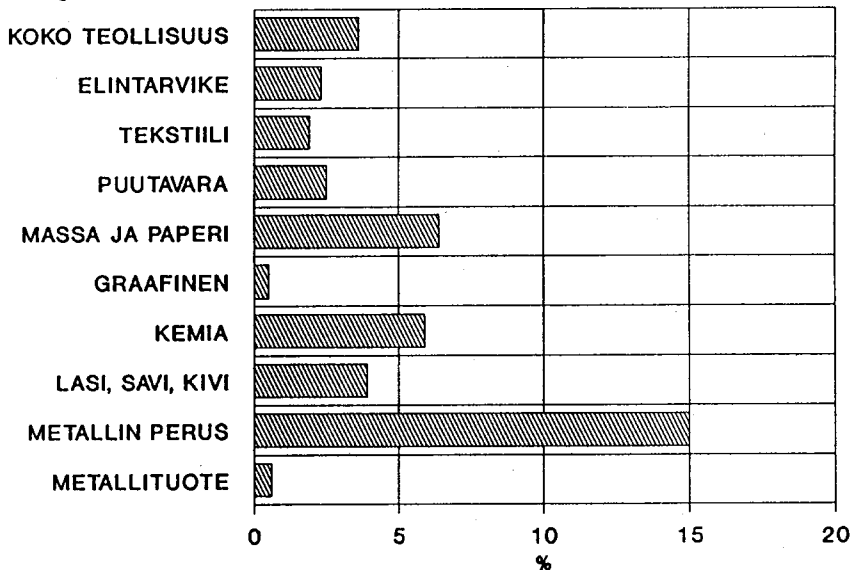


¹ Laskettu käyttämällä teollisuuden ulkopuolella tuotetun sähkön keskimääräistä CO₂-sisältöä (sis. tuontisähkö, ks. liite 1). Käytännössä hinnannousu voi olla suurempi riippuen mm. sähkön ja kivihiilen hintayhteydestä sekä yleensä sähkön hinnoitteluperiaatteista.

Hiilivero ja teollisuuden kustannusrasitus

Hiilivero kohdistuu voimakkaimmin teollisuuteen, koska sen osuus päästöistä on suurin. Vuoden 1988 tilanteessa em. vero olisi lisännyt teollisuuden välitöntä verorasitusta miljardilla markalla. Periaatteessa tämä summa jakautuisi eri toimialoille kuviossa 2.7 esitettyjen päästöarvioiden mukaisesti. Suhteutettaessa nämä arviot kansantalouden tilinpidon mukaisiin toimintaylijäämiin vuodelta 1988 - joita voidaan käyttää karkeana approksimaationa yritysten voitoille - nähdään, että välitön verorasitus olisi keskimäärin noin 3.5 % koko teollisuuden toimintaylijäämästä (kuvio 5.2).

Kuvio 5.2. Esimerkkihiiliveron osuus teollisuuden eri toimialojen toimintaylijäämistä vuonna 1988, %.



Hiilivero rasittaisi eri toimialoja hyvin vaihtelevasti. Huomattavin kustannusrasitus kohdistuisi suurimpiin päästölähteisiin eli massa- ja paperi-, kemian- sekä metallin perusteollisuuteen. Jälkimmäisen osalta veron määrä olisi noin 15 % toimintaylijäämästä. Toisaalta esimerkiksi graafisessa ja metallituoteteollisuudessa veron osuus olisi hyvin pieni.

Tulokset antavat osaltaan viitteitä hiiliveron mahdollisista vaikutuksista teollisuuden rakenteisiin, jos panossubstitutiomahdollisuudet ovat pidemmälläkin aikavälillä vähäiset. Tarkemmissa arvioinneissa on kuitenkin otettava huomioon myös globaalien hiiliveroratkaisujen vaikutus eri tuotteiden maailmanmarkkinahintoihin ja siten kokonaiskysynnän hintajoustorakenteet sekä mm. veron välilliset vaikutukset välituotehintojen ja kuljetuskustannusten muutosten kautta.

Hiilivero ja kotitaloudet

Hiiliveron välitön kohtaanto kotitalouksiin syntyy paitsi kotitalouksien lämmitysenergian ja kotitaloussähkön myös liikennepolttonesteiden kysynnän kautta. Yhteensä tämä veromäärä olisi em. tarkastelun mukaan noin 900 miljoonaa markkaa, mikäli kotitalouksien liikennepolttonesteiden kysyntää approksimoidaan henkilöautoliikenteen energiankulutuksella.

Välittömän kustannusrasituksen lisäksi hiilivero vaikuttaa kotitalouksiin myös välillisesti lopputuotteiden hintamuutosten kautta. Salomäki (1991) on Oulun yliopiston FMS-mallin tulosten pohjalta estimoinut VATT:n tulonjakomallilla em. hiiliveron kokonaisvaikutusta kotitalouksiin, kun veron oletetaan siirtyvän täysimääräisesti lopputuotteiden hintoihin niiden tuotannossa syntyneiden päästöjen mukaisesti. Hiiliveron käyttöönottoon liittyviä tulo- tai muiden verojen muutoksia ei ole laskelmissa otettu huomioon. Tulosten mukaan kotitalouksien kulutukseen sisältyisi laskennallisesti 1.4 mrd markkaa hiiliveroja vuoden 1988 kulutus- ja päästötasolla. Kotitaloutta kohden vero olisi keskimäärin vajaa 700 markkaa. Vero olisi regressiivinen eli sen osuus käytettävissä olevista tuloista pienenesi tulotason noustessa (taulukko 5.4). Poterban (1990) Yhdysvaltoja koskevat laskelmat viittaavat samaan - välillisille veroille yleensä ominaiseen - tulokseen.

Taulukko 5.4. Hypoteettisen hiiliveron (50 mk/CO₂-tonni) osuus kotitalouksien käytettävissä olevista tuloista ja kulumenoista vuonna 1988 tulodesiileittäin, %.

Desiili ¹	Tuloista	Kulutusmenoista
I	0.8 %	0.6 %
II	0.7 %	0.7 %
III	0.7 %	0.7 %
IV	0.6 %	0.7 %
V	0.6 %	0.7 %
VI	0.6 %	0.7 %
VII	0.6 %	0.7 %
VIII	0.6 %	0.6 %
IX	0.6 %	0.6 %
X	0.5 %	0.6 %
Keskimäärin	0.6 %	0.7 %

Lähde: Salomäki 1991

1 Pienituloisin desiili I, suurituloisin X.

Kotitalouksien kulutusmenoihin suhteutettuna vero olisi välittömine ja välillisine vaikutuksineen lähes proportionaalinen eli veron osuus kulutusmenoista olisi eri tuloluokissa suunnilleen yhtä suuri.¹ Ero mittaustapojen välillä selittyy säästämisasteella, joka tavallisesti on pieni alemmissa tuloluokissa.

Mittaustavan valinnalla on merkitystä, kun arvioidaan hiiliveroon mahdollisesti liittyvien tuloveroalennusten suuntaamista eri tulonsaajaryhmille. Tuloihin nähden regressiivinen vero edellyttäisi pienituloisia eniten hyödyttäviä tuloveroratkaisuja. Poterban (1990) mukaan kulutusmenoihin perustuva tarkastelu voi kuitenkin antaa paremman kuvan veron kohtaanosta, koska alimpiin tuloluokkiin kuuluu kotitalouksia, joiden tulot ovat tilapäisesti pieniä kulutustason heijastaessa pidemmän aikavälin pysyväistuloa. Lisäksi elinkaaren myötä vaihteleva tulo-kulutus -suhde voi antaa riittämättömän kuvan taloudellisesta hyvinvoinnista, koska mm. varallisuustaso jää tarkastelun ulkopuolelle. Tämä huomautus koskee erityisesti eläkeläisiä.

5.3 HIILIVERO JA ENERGIANKYSYNTÄ: JOUSTOTARKASTELU

Hiiliveron kyky vaikuttaa energiankysyntään ja CO₂-päästöihin riippuu keskeisesti energiaan liittyvistä hinta- ja substitutiojoustorakenteista. Seuraavassa esitetään Suomea koskevien ekonometristen tutkimusten perusteella saatuja kysyntäjoustoarvioita.² Tarkastelu keskittyy maantieliikenteen ja teollisuuden energiankysyntään sekä kotitalouksien sähkönkäyttöön, jotka ovat keskeisessä asemassa sekä tällä hetkellä että tulevaisuudessa hiilidioksidipäästöjen muodostumisessa. Palvelu- ja julkissektorin osalta on vastaava joustotutkimus varsin puutteellista (Energiakomitea 1989).

1 Pyörästysvirheet kasvattavat jossain määrin tuloluokkien välisiä eroja taulukossa 5.4. Suuremmilla verotasoilla tehdyt tarkastelut vahvistavat veron olevan lähes proportionaalinen kulutusmenoihin nähden.

2 Joustoarviot pohjautuvat mm. teollisuuden osalta pääosin 1960- ja 1970-lukujen aineistoon, joten niiden soveltuvuus nykypäivän kysyntärakenteiden kuvaamiseen on epäselvä. Tulosten tulkintaan on siis suhtauduttava varauksella.

5.3.1 Liikenne

Liikenne tuottaa tällä hetkellä reilun viidenneksen maamme hiilidioksidipäästöistä. Tästä maantieliikenteen osuus on noin 90 %. Lähitulevaisuudessa maantieliikenteen päästöt tulevat TVH:n liikennesuoritearvion perusteella ilmeisesti kasvamaan, vaikkakin KTM (1990) ennustaa pidemmällä aikavälillä päästöjen pysyvän nykytasolla mm. keskkulutuksen pienentyessä. Periaatteellinen energiansäästöpotentiaali on liikenteessä varsin suuri (vrt. luku 3).

Moottoribensiinin kysyntä

Bensiinin reaalihinnan nousu merkitsee lyhyellä aikavälillä ns. turhan ajon vähentämistä, ajotapojen muutoksia sekä jossain määrin siirtymistä muihin liikennevälineisiin. Substituutiomahdollisuuksien vähäisyyden vuoksi hintajousto on yleensä varsin alhainen, ts. toteutuva energiansäästö voi olla pienehkö. Pidemmällä aikavälillä hinnannousu suuntaa kysyntää kohti pienempikulutuksisia autoja ja voimistaa siirtymistä muihin liikennemuotoihin. Samalla hintajoustojen arvot kasvavat, mutta tutkimusten mukaan ne jäävät tällöinkin itseisarvoltaan selvästi alle yhden (taulukko 5.5).

Taulukko 5.5. Bensiinin kysynnän hintajoustoja Suomessa.

Tutkimus	Lyhyt aikaväli	Keskipitkä aikaväli	Pitkä aikaväli
Malka (1990)	-0.23		-0.69
Sterner (1990) ¹	-0.19		-0.44
Uusitalo & Djerf (1983) ¹		-0.52 ²	

1 Malkan (1990) siteeraama tutkimus.

2 Estimoitu käyttäen staattista mallia, joten ao. jousto on lyhyen ja pitkän aikavälin joustojen väliltä.

Koska kysyntä on selvästi joustamatonta, bensiinin kulutuksen merkittävä alentaminen vaatisi suuria hinnanmuutoksia. Esimerkiksi 10 %:n reaalihinnan nousu nykytilanteessa - joka vastaa noin 150 markan hiiliveroa CO₂-tonnia kohden - vähentäisi estimointitulosten mukaan bensiinin kulutusta lyhyellä aikavälillä noin 2 % ja pidemmälläkin aikavälillä vain noin

4-7 % muiden tekijöiden, mm. reaalityulojen, pysyessä ennallaan. Vuoden 1988 tasoon verrattuna tämä vähentäisi Suomen energiankäytön ja -tuotannon CO₂-päästöjä alle prosentin.

Hinnan lisäksi moottoribensiinin kysyntä riippuu keskeisesti myös reaalityulokehityksestä, joka vaikuttaa osaltaan mm. autokannan suuruuteen. Malkan (1990) estimointien mukaan bensiinin kysynnän tulojousto on lyhyellä aikavälillä 0.16-0.34 ja pidemmällä aikavälillä noin 0.6-0.9. Talouskasvusta aiheutuva reaalityulojen lisäys siis vaimentaa jossain määrin hinnannousun kysyntävaikutuksia.

Arvioitaessa hiiliveron kokonaisvaikutusta bensiinin kulutuksesta - ja siten lähinnä yksityisautoliikenteestä - syntyviin päästöihin on otettava huomioon myös muiden liikennemuotojen, erityisesti linja-autoliikenteen, todennäköinen kasvu. Tämä lisää dieselöljyn kulutusta ja siten osittain kumoaa bensiinin kulutuksen pienenemisen vaikutuksia CO₂-päästöihin.

Dieselöljy

Dieselöljyn kysyntä on suuressa määrin ns. johdettua kysyntää eli sen suuruus riippuu keskeisesti muiden hyödykkeiden kysynnän aiheuttamista kuljetustarpeista. Vuonna 1986 kuorma- ja pakettiautoliikenteen osuus kulutuksesta oli noin 2/3; loppuosa kului linja-autoliikenteessä (12 %) ja henkilöautoissa (23 %). (Mäntynen 1988).

Ekonometristen tutkimusten mukaan dieselöljyn hintajoustot ovat huomattavasti moottoribensiinin vastaavia pienemmät. Malka (1990) on estimoinut 1980-luvun havaintojen perusteella lyhyen aikavälin hintajoustoksi -0.02 ja pitkän ajan joustoksi -0.07. Saman suuntaisia tuloksia on esitetty myös mm. Malkan (1990) siteeraamassa Liiketaloudellisen tutkimuslaitoksen raportissa: pitkän aikavälin joustoksi on asiantuntija-arvioin saatu -0.1 - -0.2. Lyhyellä aikavälillä kysyntä on siis käytännössä täysin joustamatonta ja pidemmälläkin aikavälillä vain hyvin heikosti joustavaa.

Kysynnän joustamattomuus selittyy mm. kilpailukykyisten substituuettien sekä tehostamismahdollisuuksien puutteellisuudella: esimerkiksi rautatieliikenne ei useassakaan tapauksessa ole maantiekuljetusten vaihtoehto (vrt. luku 3.3). Toisaalta Malkan (1990) mukaan dieselin hinnanmuutokset siirtyvät bensiiniä selvemmin lopputuotteiden hintoihin. Dieselin hinnanousu vaikuttaa siis välillisesti - lopputuotteiden kysyntämuutosten kautta - pidemmällä aikavälillä jossain määrin kuljetustarpeisiin ja siten polttonesteen kysyntäjoustoihin.

5.3.2 Teollisuus

Teollisuuden osuus maamme CO₂-päästöistä oli vuonna 1988 noin 40%. Eri toimialojen sähkövaltaistumisen jatkuminen sekä yleensä tuotannon kasvu voivat merkitä päästöjen huomattavaakin nousua - tämä koskee erityisesti tilannetta, jossa lisäsähkö tuotetaan kivihielellä (KTM 1990).

Hiiliveron vaikutus teollisuuden päästöihin kanavoituu säästämähdollisuuksien paremman hyväksikäytön, teknologisen kehityksen, panossubstituution sekä kysyntä- ja kannattavuusmuutosten aiheuttaman tuotantovaikutuksen kautta. Rakenteiden muuttuminen on osaltaan sidoksissa sähköntuotannon tuleviin energialähdevalintoihin.

Tehdasteollisuus: aggregaattipanosten kysyntäjoustoja

Taulukossa 5.6 on esitetty eräiden ekonometristen mallien avulla saatuja estimointituloksia maamme tehdasteollisuuden panoskysyntärakenteista aggregaattipanosten eli pääoman (K), työn (L), raaka-aineiden (M), polttoaineiden (F) sekä sähkön (E) osalta. Taulukon yläosan luvut ilmaisevat eri panosten välistä substituutiota (ns. Allenin osittaissubstituutiojoustot) ja alaosan luvut panosten kysynnän joustavuutta oman hintansa muutosten suhteen (ceteris paribus). Joustot on esimitoitu käyttämällä vuosien 1960 ja 1981-1982 välistä aineistoa ja ne kuvaavat tarkasteluajanjaksojen keskimääräistä kysyntäkäyttäytymistä.

Taulukko 5.6. Panosten hinta- ja substituutiojoustoja tehdasteollisuudessa.

Tutkimus Panos	Törmä (1986)	Törmä-Loukola (1986)
Subst. joustot		
K-E	-0.254	+1.817
K-F	-0.123	-3.292
L-E	-0.075	+9.322
L-F	+0.377	-2.599
M-E		+0.153
M-F		+7.116
E-F	+4.935	+10.453
Omahintajoustot		
E-E	+0.019	-0.648
F-F	-0.244	-0.284
K-K	-0.112	-0.026
L-L	-0.151	-0.581
M-M		-0.784
Ajanjakso Malli	1960-82 translog	1960-81 yl. Leontief

Estimointitulosten mukaan sähkö ja polttoaineet ovat substituutteja; samaan suuntaan viittaavat myös Pikkaraisen (1984) tutkimustulokset. Myös raaka-aineet ja energia näyttäisivät korvaavan toisiaan tuotannossa. Toisaalta työn ja pääoman suhde energiapanoksiin vaihtelee eri tutkimuksissa. Pääoma ja polttoaineet ovat tulosten mukaan toisiaan täydentäviä, kun taas sähkön ja pääoman sekä työn ja eri energiapanosten osalta tulokset ovat jossain määrin ristiriitaisia.¹

Panosten omahintajoustot ovat kaikki selvästi itseisarvoltaan alle yhden, ts. energia- ja muiden panosten kysyntä on oman hintansa suhteen joustamatonta. Hinnannousu kuitenkin pienentäisi kysyntää jonkin verran useimmissa tapauksissa (ceteris paribus).

Hiiliveron vaikutusta eri panosten kysyntään on em. joustorakenteiden pohjalta hyvin vaikea arvioida. Syynä on mm. se, että joustot kuvaavat vain hintamuutosten substituutiovaiku-

¹ Johtopäätösten tekoa vaikeuttaa mm. useiden joustojen suuret keskivirheet. Lisäksi tarkasteltavien tutkimusten määrä on pieni. Hiiliveron vaikutusten analysointiin soveltuvia joustotutkimuksia, joissa energiapanos on jaettu eri komponentteihin (sähkö, polttoaineet), on Suomen osalta tehty varsin vähän.

tusta, ts. veron vaikutus eri alojen tuotannon tasoon (tuotantovaikutus) ja siten panoskysyntään jää ottamatta huomioon. Lisäksi tulokset riippuvat eri panosten, mm. sähkön ja polttoaineiden, välisen hintasuhteen kehityksestä.

Joustot antanevat kuitenkin jossain määrin viitteitä substituutiovaikutuksen mahdollisesta suunnasta. Mikäli vero alentaa sähkön nykyistä hintaa fossiilisiin polttoaineisiin nähden - kuten kohdan 5.2 hypoteettisen verotarkastelun perusteella olisi periaatteessa mahdollista - vero voisi paitsi siirtää kysyntää kohti hiilivapaita ja vähähiilisiä polttoaineita myös nopeuttaa teollisuuden tai sen eri toimialojen sähkövaltaistumista. Toisaalta fossiilisten polttoaineiden reaalihinnan kohoaminen näyttäisi (ceteris paribus) johtavan raaka-aineiden käytön lisääntymiseen, mutta samalla tuotannon pääomapanoksen määrä voisi pienentyä. Edellinen päätelmä kuvanee erityisesti sellaisia aloja, joilla raaka-aineita voidaan käyttää myös energianlähteenä (mm. metsäteollisuus). Jälkimmäinen päätelmä on sen sijaan hyvin epävarma. Kuten aiemmin todettiin, energian ja pääoman välisestä suhteesta ei vallitse yksimielisyyttä vaan tulokset riippuvat voimakkaasti mm. mallin spesifioinnista ja tarkasteluperiodista.

Ilmakunnaksen & Törmän (1989) estimointien mukaan ensimmäinen energiakriisi muutti jossain määrin energia- ja ei-energiapanosten välisen substituution astetta kohti joustavampaa korvaavuutta. Substituuttien kohdalla joustot yleensä itseisarvoltaan kasvoivat ja komplementtien kohdalla pienenivät. Tämänkaltainen muutos parantaa teollisuuden kykyä sopeutua panoshintamuutoksiin.

Energiapanosten kysyntäjoustoja

Taulukon 5.6 tulosten mukaan sähkön sekä eri polttoaineiden muodostaman panosaggregaatin kysyntä tehdasteollisuudessa on oman hintansa suhteen joustamatonta (ceteris paribus). Törmän (1986) sekä Törmän & Loukolan (1986) estimointien mukaan sama päätelmä näyttäisi pätevän myös eri polttoainelajien ja lämmön kysynnän suhteen. Taulukossa 5.7 on esitetty ao. tutki-

musten tuloksia matriisina, jolloin lävistäjällä olevat luvut ilmaisevat omahintajoustoja ja muut eri panosten välistä substituutiota.

Taulukko 5.7. Eri energiapanosten keskimääräisiä hinta- ja substituutiojoustoja tehdasteollisuudessa.

	Hiili	Öljy	Nestekaasu	Lämpö	Kevyt p-öljy	Raskas p-öljy	Hiili	
Hiili	-0.57	+0.78	-4.13	Lämpö	-0.33	0	+1.11	+1.38
Öljy		-0.16	+1.78	Kevyt p-ö		-0.30	+1.17	0
Nestek.			-0.77	Raskas p-ö			-0.67	-3.31
				Hiili				+0.13

Lähde: Törmä 1986

Lähde: Törmä & Loukola 1986

Tulokset ovat jossain määrin ristiriitaisia mm. hiilen omahintajouston sekä hiilen ja öljyjen välisen substituution osalta. Yleensä tarkastellut energiapanokset näyttäisivät olevan substituutteja - kuten a priori voidaan olettaa - tai riippumattomia toisistaan. Substituution aste riippuu mm. panoksen käyttökohteesta (esim. lämmitys/konekäyttö).

Toimialakohtaisia arvioita

Törmä & Loukola (1986) ovat tarkastelleet eri energia- ja muiden panosten kysyntärakenteita myös tehdasteollisuuden toimialoittain. Sähkön ja polttoaineiden välinen substituutio pätee useimmilla toimialoilla, mm. paperiteollisuudessa. Toisaalta koko teollisuuden tasolla havaittu polttoaineiden ja pääoman välinen komplementaarisuus (vrt. taulukko 5.6) näyttäisi pätevän vain elintarvike- ja kemianteollisuudessa. Muilla toimialoilla suhde on riippumaton lukuunottamatta puutavarateollisuutta, jossa polttoaineet ja pääoma ovat substituutteja. Raaka-aineiden ja polttoaineiden välinen substituutio pätee erityisesti kemian- ja metsäteollisuudessa. Omahintajoustojen osalta sähkön kysyntä näyttäisi olevan eri toimialoilla yleensä hieman joustavampaa kuin polttoaineagregaatin kysyntä. Kokonaisuudessaan energiankysyntä on kuitenkin pääsääntöisesti joustamatonta. (Törmä & Loukola 1986).¹

¹ Konttisen (1989) tulokset ovat omahintajoustojen osalta pääosin samansuuntaisia kuin Törmällä & Loukolalla. Sen sijaan substituutiojoustojen välillä on suuria toimialakohtaisia eroja.

Kaukolämmön, polttoöljyjen ja hiilen kysyntää koskevien tulosten perusteella energiapanosten keskinäisessä substituotuvuudessa näyttäisi olevan selviä eroja toimialojen välillä. Substituutiojoustot vaihtelevat sekä absoluuttisesti että osittain myös etumerkeiltään toimialalta toiselle. Monissa tapauksissa kuitenkin substituutio ja/tai riippumattomuus näyttävät hallitsevan tuloksia. Omahintajoustojen osalta em. polttoaineiden sekä lämmön kysyntä on eri toimialoilla pääsääntöisesti joustamatonta. Tämä koskee erityisesti elintarvike- ja paperiteollisuutta. (Törmä & Loukola 1986).

Edellä esiteltyt joustoarviot antavat - substituutiovaikutuksen osalta - viitteitä siitä, että mahdollisen hiiliveron vaikutukset eri toimialojen panoskysyntään voivat olla hyvinkin erilaiset. Tämä koskee sekä eri panosaggregaatteja että eri energiapanoksia. Toisaalta substituutiojoustojen suuruuserot implikoivat samalla toimialojen erilaisia mahdollisuuksia sopeutua panoshintashokkeihin. Tällä on merkitystä mm. hiiliveron rakennevaikutusten kannalta.

5.3.3 Kotitalouksien energiankysyntä

Kotitalouksien hiilidioksidipäästöt syntyvät (pl. liikenne) lähinnä lämmitysöljyjen sekä välillisesti kotitalous- ja lämmityssähkön sekä kaukolämmön käytöstä. Yhteensä nämä päästöt olivat vuonna 1988 vajaa neljännes maamme kokonaispäästöistä. Lähitulevaisuudessa kotitalouksien sähkövaltaistumisen on enustettu jatkuvan. Toisaalta Energiansäästöprojektin (1991) mukaan kotitalouksien energiansäästöpotentiaali on suuri mm. käyttäytymismuutosten ja tekniikan paremman hyväksikäytön kautta.

Kotitaloussähkö

Kotitalouksien valaistukseen ja sähkölaitteisiin käyttämän ns. kotitaloussähkön kysyntä syntyy olemassa olevan laitekanan käyttötarpeiden pohjalta ja sen suuruuteen vaikuttavat lähinnä tulo- ja reaalihintatekijät: varsinaisia substituutteja ei juuri ole. Sopeutuminen sähkön hinnannousuun tapah-

tuukin lyhyellä aikavälillä laitteiden käyttöastemuutosten kautta. Pidemmällä aikavälillä kuluttajilla on mahdollisuus sopeuttaa sähkönkäyttöä muuttamalla myös laitekannan määrää tai rakennetta. (Asplund 1984a; Energiakomitea 1989).

Asplund (1984a) on analysoinut kotitaloussähkön kysynnän hinta- ja tulojoustoja Suomessa ajanjakson 1975-81 aineiston pohjalta. Tutkimuksessa sähkön kysyntä todettiin oman hintansa suhteen selvästi joustamattomaksi. Lyhyellä aikavälillä jouston arvo oli -0.25 ja pidemmälläkin aikavälillä vain -0.55 (taulukko 5.8). Toisaalta myös tulojoustot ovat yleensä arvoltaan alle yhden. Erityisesti lyhyen aikavälin alhainen jousto viittaisi siihen, että kotitaloussähkö on ainakin osittain välttämättömyyshyödyke. Koska sähkölaitteiden käyttökustannukset ovat usein alhaiset hankintakustannuksiin verrattuna, myös sähkön kulutustottumukset voivat olla varsin jäykkiä lyhyellä aikavälillä (Energiakomitea 1989).

Taulukko 5.8. Kotitaloussähkön hinta- ja tulojoustoja.

	Hintajoustot		Tulojoustot	
	lyhyt aikaväli	pitkä aikaväli	lyhyt aikaväli	pitkä aikaväli
Koko aineisto	-0.25	-0.55	0.41	0.82
- kaupungit	-0.11	-0.41	0.10	0.40
- taajama	-0.22	-0.47	0.36	0.58
- maaseutu	-0.31	-0.85	0.39	1.20

Lähde: Asplund 1984a

Asplund (1984a) on tarkastellut kotitaloussähkön kysyntää myös jakamalla aineiston ns. taajama-asteen mukaan erittäin kaupunkilaistuneisiin ("kaupungit"), kohtalaisen kaupunkilaistuneisiin ("taajama") ja vähiten kaupunkilaistuneisiin jakelualueisiin ("maaseutu"). Tulosten mukaan taajama-asteen ja sähkön kulutuksen hinta- ja tulojoustojen välillä vallitsee tietty johdonmukaisuus: mitä alhaisempi taajama-aste, sitä suurempi on sähkön kuluttajien sopeutumisalttius hinnan ja tulojen muutoksiin nähden. Maaseutualueilla kysyntä on pitkällä aikavälillä lähes yksikköjoustavaa hinnan suhteen ja tulojen osalta jopa joustavaa.

Myös kotitalouksien tuloluokan ja sähkönkysynnän väliltä on löydettävissä vastaavanlainen yhteys. Mitä alhaisempi sähkön

kuluttajan tulotaso on, sitä alttiimpi hän on sähkön hinnan sekä omien tulojensa muutoksille. Tämä koskee erityisesti pitkän aikavälin tilannetta. Sen sijaan lyhyellä aikavälillä eri tuloryhmien reaktio hinta- ja tulomuutoksiin on samankaltainen. (Asplund 1984a).

Hiiliveron kannalta joustoarviot viittaavat siihen, että hin-
taohjauksen vaikutus kotitaloussähkön kysyntään maaseudulla ja alhaisen tulotason talouksissa voi pidemmällä aikavälillä olla merkittävä. Sen sijaan kaupunkilais- ja korkean tulota-
son kotitalouksissa vaikutus voi olla pienempi.

Kotitalouksien lämmitysenergian käyttö

Asplund (1984b) on analysoinut otostarkastelulla lämmityssäh-
kön kysyntäjoustoja oman hinnan, tulojen sekä eräiden substi-
tuuttien hintojen suhteen (taulukko 5.9). Lyhyellä aikavälil-
lä kysyntä näyttäisi olevan lähes täysin joustamatonta tarif-
fi- ja tulomuutosten sekä kaukolämmön ja kevyen polttoöljyn
hintojen suhteen. Pidemmällä aikavälillä kalliimman päiväsäh-
kön kysyntä reagoi tulosten mukaan joustavasti tariffimuutok-
siin.

Taulukko 5.9. Kotitalouksien lämmityssähkön kysyntäjoustoja
ajanjaksolla 1975-1982.

	lyhyt aikaväli	pitkä aikaväli
Omahintajoustot		
- päiväsähkö	-0.10	-1.19
- yö sähkö	-0.03	-0.30
Tulojousto	0.11	1.32
Ristijoustot		
- kaukolämmön hinta	0.01	0.16
- kevyen p-öljyn hinta	0.11	1.33

Lähde: Asplund 1984b

Lämmityssähkön substituuttien hinnanmuutokset vaikuttavat hy-
vin eri tavoin sähkön kysyntään. Kaukolämmön hinnanmuutoksel-
la ei juuri näyttäisi olevan vaikutusta sähkönkäyttöön, kun
taas polttoöljyn hinnannousu johtaisi pitkällä aikavälillä

selvään kasvuun lämmityssähkön kysynnässä. Tämä ero kuvastanee sähkö- ja öljylämmityksen hintojen merkitystä erityisesti pientalojen lämmitystapavalinnoissa sekä sitä, että sähkö ja kaukolämpö ovat käytännön syistä harvemmin toisilleen vaihtoehtoja.

Hiiliveron kokonaisvaikutus lämmityssähkön kysyntään riippuu mm. polttoöljyjen ja sähkön hintojen kehityksestä. Mikäli vero alentaa sähkön hintaa suhteessa polttoöljyihin, se voi nopeuttaa entisestään sähkölämmityksen yleistymistä lähitulevaisuudessa. Lämmityksessä vallitsevan sähkönsäästöpotentiaalilin toteuttamisessa veron välitön vaikutus voi olla vähäinen (vrt. Energiainsäästöprojekti 1991).

5.3.4 Joustojen tulkinnasta

Kokonaiskuvan saaminen hiiliveron vaikutuksista energian ja muiden panosten kysyntään sekä päästöihin edellyttäisi kokonaistaloudellisten yhteyksien ottamista huomioon. Siten edellä esitettyjen joustoarvioiden perusteella ei ole mahdollista tehdä kovinkaan pitkälle meneviä johtopäätöksiä.

Erityisesti hiiliveron vaikutus teollisuuden eri toimialojen tuotannon tasoon ja siten panoskysyntään jää avoimeksi. Esimerkiksi energia- ja hiilidioksidintensiivisillä aloilla energian hinnannousun tuotantovaikutus voi kumota substitutiovaikutuksen aiheuttamat lisäykset muiden panosten kysynnässä (vrt. KLØKT 1991). Tuotantovaikutus myös voimistaa hinnannousun vaikutusta ao. alojen energiankysyntään.

Liikenteen polttoaineiden sekä osittain myös kotitalouksien sähkönkysynnän joustorakenteet viittaavat siihen, että substitutio- ja säästömahdollisuuksien laajamittainen toteuttaminen voi useassa tapauksessa edellyttää varsin merkittäviä muutoksia energianhinnoissa. Toisaalta jos reaalityulojen kasvu jatkuu, merkitsee se tulojoustoja kautta painetta energiankulutuksen lisääntymiseen.

Hiiliveroon liittyvien substituutiovaikutusten kannalta on sähkön hinnan kehityksellä varsin keskeinen rooli. Mikäli veron asettaminen merkitsee sähkön hinnan alenemista fossiilisiin polttoaineisiin nähden, talouden tai sen eri lohkojen sähkövaltaistuminen voi ainakin lyhyellä aikavälillä nopeutua. Pidemmällä aikavälillä rajakustannushinnoittelu nostanee sähkön hintaa etenkin, jos ydinvoiman lisärakentaminen ei ole mahdollista.

Energian hintashokit ja kysyntä

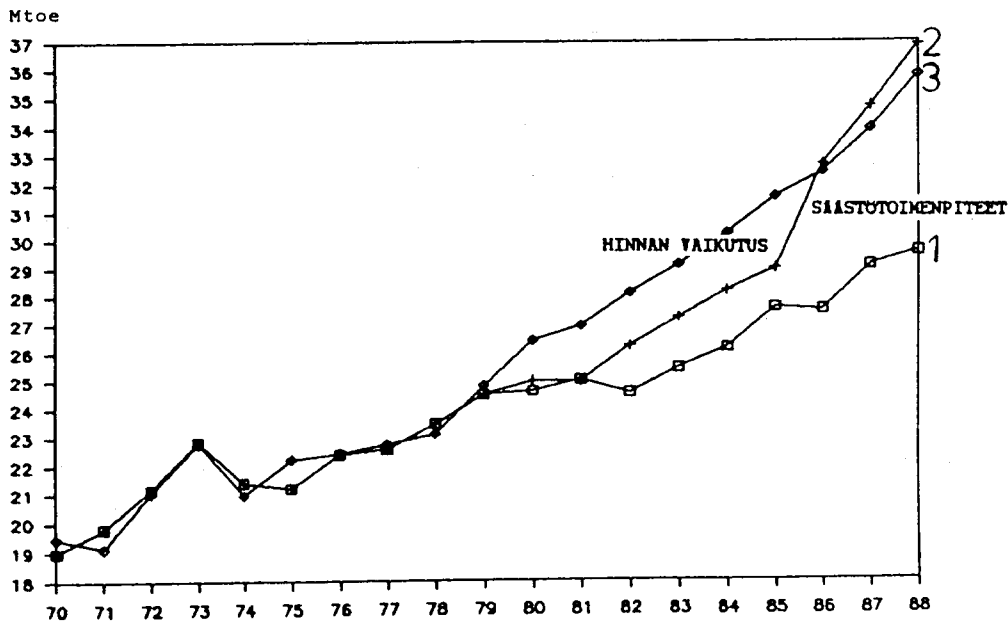
Useimmat edellä esitetyistä joustoista on estimoitu käyttäen 1960- ja 1970-lukujen sekä 1980-luvun alkupuolen aineistoa. Vaikka energian kysyntä on tulosten mukaan ollut oman hintansa suhteen varsin joustamatonta, on vuosien 1973-1974 ja 1979-1980 energiakriiseillä kuitenkin ollut selviä vaikutuksia energiankäyttöön ja siten epäsuorasti päästökehitykseen.

Korpelan (1985) arvioiden mukaan maamme primäärienergian kulutus on vuosina 1974-1983 poikennut aikaisemmalta kasvuradaltaan varsin selvästi alaspäin. Välittömästi ensimmäisen energiakriisin jälkeen energiankulutus oli 8 % ja vuonna 1983 jo noin 18 % alle sen tason, jolle vuosien 1960-1973 mukainen talouskasvun ja energiankulutuksen välinen yhteys olisi toteutuneen talouskehityksen myötä johtanut. Hintamuutosten eksplisiittinen osuus kehitykseen on vaikeasti arvioitavissa, koska hinnan lisäksi energiankysyntään ovat vaikuttaneet mm. rakenteiden muuttuminen ja teknologinen kehitys, jotka vuorostaan ovat osittain sidoksissa energian hintakehitykseen.

Vastaavasti Karkkulainen (1990) on arvioinut vuosien 1960-1979 aineiston perusteella laaditun mallin avulla, että 1980-luvulla energiankulutuksessa on tapahtunut jatkuvaa tehostumista. Vuonna 1988 energian kokonaiskulutus oli yli 15 % pienempi kuin aikaisempi kehitys olisi antanut olettaa. Karkkulainen (1990) on myös pyrkinyt arvioimaan energian hintamuutosten "suoranaista" vaikutusta vertaamalla mallin avulla laskettua hypoteettista energiankulutusta vuosille 1980-1988 tilanteeseen, jossa energian reaalihintaa on jäädytetty vuoden

1979 tasolle. Näin hän päätyy arvioon, jonka mukaan energiankulutuksen poikkeama aikaisemmasta kehitysurasta vuosina 1980-1985 selittyisi puoliksi hinnannousun "suoranaisilla" vaikutuksilla ja loppuosa "säästötoimenpiteillä", joille hinnannousu on toiminut taloudellisena katalyyttinä (kuvio 5.3).

Kuvio 5.3. Energian kokonaiskulutus 1970-1988 (1), vuosien 1960-1979 kehityksen pohjalta laaditun mallin ennuste (2) sekä laskennallinen kulutus energian reaalihiinnan säilyessä vuoden 1979 tasolla 1980-luvulla (3).



Lähde: Karkkulainen 1990

5.4 HIILIVERON KOKONAISTALOUELLISET ULOTTUVUUDET

Christensen (1991) sekä Mäenpää (1991) ovat tarkastelleet kokonaistaloudellisilla malleilla erilaisten hiiliverojen vaikutuksia Suomen energiankäytön ja -tuotannon hiilidioksidipäästöihin sekä talouteen. Tarkastelun lähtökohtana on erityisesti Christensenillä (1991) ollut päästöjen jäädyttämistavoite, johon Suomi on monien muiden OECD-maiden tavoin poliittisesti sitoutunut Maailman toisen ilmastokonferenssin julkilausumassa (Geneve 1990). Globaalin kustannustehokkuuden näkökulmasta tämäntyyppinen päästövähennysratkaisu ei ole optimaalinen.

Mallitulokset viittaavat suurten veronkorotusten tarpeellisuuteen, jos tavoitteena on päästöjen stabilointi nykytasolle

15-20 vuoden aikajänteellä pelkän veroinstrumentin avulla. Tämä koskee sekä yksipuolista veroratkaisua että tilannetta, jossa muut maat ryhtyvät samansuuntaisiin toimenpiteisiin.

Tuloksia kuitenkin vääristää mallien kyvyttömyys ottaa huomioon kaikkia päästöihin vaikuttavia tekijöitä: päästövähennys saavutetaan lähinnä energiaa käyttävän toiminnan tasoa muuttamalla ja energian loppukulutuksen tehokkuuden parantamisella. Sen sijaan energiantuotannon tehokkuudessa tai rakenteessa (esim. ydinvoiman lisärakentaminen) tapahtuvia muutoksia sekä energiaa käyttävän toiminnan rakenteiden muuttamista ei malleissa yleensä kyetä ottamaan huomioon. Tältä osin tuloksia voidaan pitää jonkinlaisina ylärajoina tarvittaville veromuutoksille. Verojen suuruus on myös kiinteästi sidoksissa vertailukohteina olevien business-as-usual -skenaarioiden päästöjä koskeviin kasvuoletuksiin.

Business-as-usual -skenaariotarkasteluissa ei ole arvioitu ilmastonmuutoksen mahdollisia negatiivisia vaikutuksia talouteen eikä veroskenaarioissa ole otettu huomioon sen torjunnasta saatavia hyötyjä.

5.4.1 Oulun yliopiston FMS-mallisysteemi

Mäenpää (1991) on tarkastellut Oulun yliopiston FMS-mallisysteemillä erilaisia hiiliveroratkaisuja ja niiden vaikutuksia. Tarkastelu ulottuu ajanjaksolle 1989-2005. Mallin pohjana olevassa energiankulutus- ja päästöjakaumassa on käytetty hyväksi mm. luvun 2 toimialakohtaisia päästöarvioita.

Hiiliveroanalyysin perus- eli vertailuskenaario on rakennettu TASKUn (1990) Suomi 2005 -kirjan viitoittaman talouskasvun mukaiseksi eli kasvu on noin 2.4 % vuodessa tarkastelun päätevuoteen 2005 saakka. Myös primäärienergian käyttö noudattaa em. julkaisun kehitysarviota: vuonna 2005 kulutus olisi noin 36 Mtoe eli samaa luokkaa kuin KTM:n (1990) perusskenaariosa. Näillä oletuksilla CO₂-päästöjen oletetaan kasvavan noin 1.8 % vuodessa ollen päätevuonna 67 miljoonaa tonnia. Päästöjen energiankulutusta voimakkaampi kasvu johtuu sähkön lisäkysynnän kattamisesta hiililauhdevoimalla.

Käyttämällä perusskenaariota vertailukohtana on Mäenpää (1991) tarkastellut erilaisten hiiliverojen vaikutuksia päästöihin ja talouteen. Toisin kuin useimmissa muissa mallianaalyseissa, verotulot on ohjattu julkiseen kulutukseen, jolloin talouden bruttoveroaste nousee. Tulokset on esitetty taulukossa 5.10. Hiiliveroluvut viittaavat tarkastelun päätevuoden arvoihin, ts. hiilivero on asteittain nouseva. Brutto-kansantuote- ja intensiteettiluvut on ilmaistu indekseinä.

Taulukko 5.10. Perusskenaario sekä eräiden hiiliveroskenaarioiden vaikutukset eri muuttujiin vuonna 2005.

Skenaario (2005)	BKT ind.	Energia Mtoe	CO2 Mt	E/BKT ind.	CO2/BKT ind.
Perusskenaario	100	36	67	100	100

Kansallinen vero					
100mk/CO ₂ -tonni	96	35	63	100	98
600mk/CO ₂ -tonni	81	30	50	102	92

Lähde: Mäenpää 1991

Jos Suomi pyrkisi yksipuolisesti jäädyttämään päästönsä nykytasolle vuoteen 2005 mennessä, hiiliveron tulisi FMS-mallijärjestelmän tulosten perusteella nousta varsin suureksi, noin 600 markkaa/CO₂-tonni. Samalla myös primäärienergian kulutus stabiloituisi. Näiden toimien seurauksena talouskasvu kuitenkin hidastuisi selvästi: vuonna 2005 kansantuote olisi viidenneksen alhaisempi kuin perusskenaariossa eli talouden reaalikasvu jäisi noin yhteen prosenttiin vuodessa. Syynä heikkoon talouskehitykseen on erityisesti kilpailukyvyn menetyks. Alemman verokannan, 100 mk/CO₂-tonni, vaikutukset talouteen ovat vähäisemmät, mutta myös saavutettava päästövähennys on pienempi.

Taulukon 5.10 laskelmissa on oletettu, että säästöinvestoinneissa vallitsee 30 %:n - verrattain korkea - tuottovaatimus, ts. energiansäästöä varten tehdyn investoinnin oletetaan maksavan itsensä takaisin muutamassa vuodessa (vrt. Energiansäästöprojekti 1991). Mäenpää (1991) on myös tarkastellut tilannetta, jossa tämä tuottovaatimus putoaa energian hinnan nousun myötä 10 %:iin, jota voidaan pitää yleisenä liiketaloudellisenä kannattavuuskriteerinä. Tämä lisää toteutettavia säästöinvestointeja ja hillitsee energiankulutuksen kasvua.

Tulosten mukaan säästöinvestointien tuottovaatimuksen aleneminen pienentäisi alemman hiiliveron (100mk/CO₂-tonni) kohdalla päästöjä noin 9 Mt perusskenaarioon nähden. Kokonaistuotannon taso olisi tällöin suunnilleen sama kuin korkeamman tuottovaatimuksen tapauksessa. Jos Suomi pyrkisi yksipuolisesti jäädyttämään päästönsä, olisi tarvittavan hiiliveron suuruus vuonna 2005 vain noin puolet (320 mk) taulukon 5.10 tilanteeseen verrattuna. Samalla veron negatiivinen vaikutus kokonaistuotoksen tasoon puoliintuisi. (Mäenpää 1991).

5.4.2 Valtiovarainministeriön KESSU IV-malli

Christensen (1991) on analysoinut energiaverotuksen mahdollisuuksia maamme CO₂-päästöjen vähentämisessä Valtiovarainministeriön KESSU IV-mallilla. Lähtökohtana on ollut tavoite jäädyttää päästöt vuoden 1991 tasolle vuoteen 2000 mennessä sekä sen jälkeen säilyttää päästötaso vuoteen 2010 saakka.

Koska KESSU IV-mallin energialohko on varsin aggregatiivinen, ei varsinaista hiiliveroa voida mallissa testata vaan kyseessä on lähinnä yleinen energiavero, joka vaikuttaa tasapuolisesti kaikkiin energialähteisiin ja -muotoihin lukuunottamatta puupohjaisia polttoaineita. Panossubstituutiomahdollisuuksien puutteellisen mallintamisen vuoksi malli on varsin jäykkä: tämän vuoksi siihen on veroskenaarioissa lisätty mm. energiatehokkuuteen liittyviä eksogeenisiä kehitystrendejä.

Tarkastelun perustana olevan perusskenaarion hahmottama tulevaisuudenkuva vastaa mm. Mäenpään (1991) oletusta vakaasta talouskasvusta: kasvuvauhti olisi seuraavien 20 vuoden aikana keskimäärin noin 2.5 % vuodessa. Voimakkainta kasvu olisi metallituoteteollisuudessa sekä palvelualoilla. Kasvun painottuminen näille alueille, oletettu energiatehokkuuden parantuminen sekä energian reaalihintojen nousu (n. 1.6 % vuodessa) merkitsevät CO₂-päästöjen varsin maltillista kasvua, noin 1.4 % vuodessa. Päästöt olisivat vuonna 2000 noin 65 ja vuonna 2010 noin 75 miljoonaa tonnia. Tältä osin tulokset muistuttavat KTM:n (1990) perusskenaarion näkemyksiä.¹

¹ Christensenin (1991) päästöjen lähtötaso, noin 58 Mt, on muita arvioita korkeampi. Päästöjen kasvuvauhti on siis ao. ajanjaksolla pienempi kuin KTM:n (1990) perusskenaariossa.

Perusskenaarion pohjalta Christensen (1991) on - erilaisten reunaehtojen vallitessa - analysoinut energiaveromuutosten vaikutuksia pitäen tavoitteena em. päästöjen jäädyttämistä vuoden 1991 tasolle. Varsinaisia veroskenaarioita on kolme:

* A-skenaario: Energian hintaa Suomessa nostetaan vähitellen verotusta kiristämällä ilman verokompensaatiota, ts. talouden veroaste nousee. Verokertymä käytetään julkiseen säästämiseen.

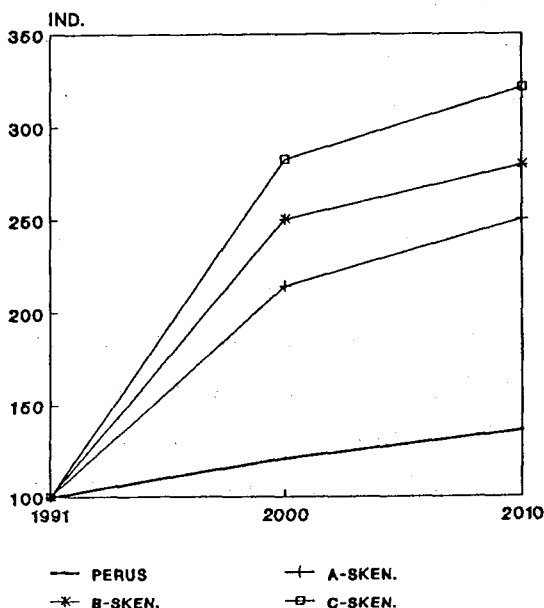
* B-skenaario: Energian hintaa nostetaan veroilla, mutta verokertymä palautetaan yrityksille ja kotitalouksille tuloveroja ja sosiaaliturvamaksuja alentamalla sekä suorilla tulonsiirroilla.

* C-skenaario: Veromuutos kompensoidaan yrityksille ja kotitalouksille kuten B-skenaariossa. Lisäksi myös muiden maiden oletetaan toteuttavan vastaavantyyppisiä veroratkaisuja.

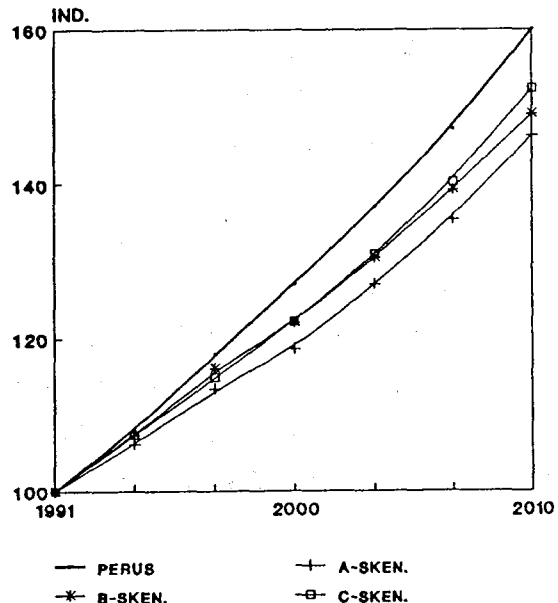
Skenaariotulokset

Päästöjen jäädyttäminen nykytasolle edellyttäisi veroskenaarioiden mukaan huomattavia lisäyksiä energiahintoihin. Suurin muutos tapahtuisi C-skenaariossa, jossa energian reaalihintana lähes kolminkertaistuisi kuluvan vuosikymmenen aikana. Vuonna 2010 energian reaalihintana olisi 3,2-kertainen nykytasoon nähden ja lähes 2,5-kertainen perusskenaarioon verrattuna (kuvio 5.4a). Energiaveromuutosten myötä talouskasvu hidastuisi jonkin verran kaikissa skenaarioissa (kuvio 5.4b).

Kuvio 5.4a. Energian reaalihintakehitys perus- ja veroskenaarioissa vuoteen 2010.



Kuvio 5.4b. Kansantuotteen kehitys perus- ja veroskenaarioissa vuoteen 2010.



Taulukkoon 5.11 on kerätty skenaariotarkastelun lähtövuoden tiedot sekä vuoden 2010 osalta eri skenaarioiden tuloksia. Bruttokansantuotteen sekä energian hintataso on esitetty indeksinä (1991=100) ja ulkomainen nettovelka bruttokansantuoteseen suhteutettuna.

Taulukko 5.11. Energiaveromuutosten vaikutukset taloudellisiin muuttujiin vuonna 2010.

	nyky- hetki	perussk. 2010	A-sken. 2010	B-sken. 2010	C-sken. 2010
BKT (ind.)	100	160	146	149	152
- poikkeama			-8.6 %	-6.9 %	-4.8 %
Työttömyysaste	6 %	6 %	9 %	7 %	4 %
Ulkom. velka/BKT	20 %	21 %	-9 %	37 %	27 %
CO2-päästöt	58 Mt	75 Mt	59 Mt	58 Mt	59 Mt
Energian hinta	100	135	250	280	320

Lähde: Christensen 1991, KESSU IV:n erillistilastot

Suurimmat negatiiviset vaikutukset talouskehitykseen syntyvät odotetusti A-skenaariossa, jossa yksipuolisesti toteutettu energiaveromuutos ilman verokompensaatiota heikentää oleellisesti teollisuuden kilpailukykyä ja supistaa kotimaisen kysynnän kasvua. Verotuoton mukaan arvioituna veron suuruus olisi vuonna 2000 noin 800 markkaa ja vuonna 2010 noin 1 100 markkaa hiilidioksiditonnia kohden.

Veromuutoksen kompensointi (B-skenaario) talousyksiköille ja siihen liittyvä kotimaisen kysynnän voimakkaampi kasvu pienentää veron negatiivisia vaikutuksia mutta lisää samalla tarvittavan veron suuruutta. Kokonaiskysynnän korkeampi taso johtaa lisäksi ulkomaisen nettovelan voimakkaaseen kasvuun (vaihtotasealijäämät), millä voi olla huomattaviakin vaikutuksia mm. korkotasoon ja sitä kautta tuotantoon. Näitä vaikutuskanavia ei ole analyysissä otettu huomioon.

B-skenaariossa päästöt vähenevät perusskenaarioon verrattuna erityisesti avoimessa sektorissa - massa-, paperi- ja kemian teollisuudessa - sekä kotitalouksien liikennesuoritteissa. Jälkimmäisen osalta verokompensointi pienentää osittain saavutettavaa päästövähennystä. Toisaalta päästöt kasvavat tarkastelun lähtötilanteeseen nähden jonkin verran esimerkiksi

luokassa "muu teollinen valmistus", johon kuuluu mm. metallituote- sekä elintarviketeollisuutta. Erot päästökehityksissä heijastavat mm. veron toimialakohtaisia kilpailukykyvaikutuksia sekä hintamuutosten aiheuttamia kysyntäsiirtymiä. Lisäksi mm. energiankäytön tehostumista koskevat eksogeeniset trenditekijät vähentävät päästöjen muodostumista etenkin massa- ja paperiteollisuudessa. Kokonaisuudessaan päästöt ovat vuonna 2010 vuoden 1991 tasolla.

Kansainvälisesti toteutettavien päästövähennystoimenpiteiden (C-skenaario) on simuloinneissa oletettu johtavan - globaali-malleilla saatujen tulosten mukaisesti - kansainvälisen talouskasvun lievään hidastumiseen sekä energiantensiivisten tuotteiden maailmanmarkkinahintojen nousuun. Jälkimmäinen helpottaa osittain kotimaisen vientiteollisuuden kannattavuus- ja kilpailukykytilannetta. Toisaalta lopputuotehintojen muutokset suuntaavat kokonaiskysyntää kohti suhteellisesti edullisempia tuotteita ja siten pienentävät mm. paperiteollisuuden tuotteiden kysyntää.

C-skenaariossa päästöjen tavoiteltu jäädyttäminen nykytasolle edellyttää hyvin suuria energiaveroja verokompensaation sekä lopputuotteiden hintamuutosten vuoksi. Päästövähennysten kohdentuminen eri sektoreille on pääosin samankaltainen kuin edellä B-skenaariossa. Tosin mm. massa- ja paperiteollisuudessa tuotanto ja päästöt ovat jonkin verran B-skenaarion tasoa korkeammat. Veromuutosten seurauksena kansantuotteen kasvuvauhti hidastuu jonkin verran: vuonna 2010 BKT olisi noin viisi prosenttiyksikköä pienempi kuin perusskenaariossa. Samalla ulkomainen nettovelka kasvaisi mutta toisaalta työllisyys paranisi.

C-skenaarion mukainen energiaverojen voimakas korotus merkitsee mallitulosten mukaan selviä muutoksia taloutemme rakenteisiin. Nykyinen kehitys kohti palveluvaltaistumista näyttäisi jatkuvan. Toisaalta energiahintojen nousun seurauksena energiantensiivisten toimialojen, erityisesti metsäteollisuuden, osuus teollisuuden tuotannon volyymista putoaisi merkittävästi (taulukko 5.12). Vastaavasti mm. metallituoteval-

mistuksen merkitys kasvaisi selvästi. Suhteellisten hintojen muuttumisen huomioon ottaminen muuttanee tuloksia osittain, ts. käyvin hinnoin mitattuna jakauma voi olla erilainen.

Taulukko 5.12. Teollisuuden kiinteähintaisen arvonlisäyksen jakauma vuonna 1990 sekä perus- ja C-skenaariossa vuonna 2010.

Toimiala	1990	Perusskenaario 2010	C-skenaario 2010
Metsäteollisuus	18.9 %	19.2 %	12.7 %
Metallin perus ¹	6.4 %	6.7 %	6.6 %
Metallituote	29.6 %	34.6 %	39.4 %
Kemian teoll.	11.4 %	10.3 %	9.5 %
Graafinen	9.6 %	10.3 %	11.1 %
Elintarvike	10.3 %	7.1 %	7.6 %
Muut	13.8 %	11.8 %	13.1 %
Koko teoll.	100.0 %	100.0 %	100.0 %
BKT:sta	24.7 %	25.8 %	24.3 %

Lähde: Christensen 1991, KESSU IV:n erillistilastot

¹ Sisältää kaivannaistoiminnan.

5.4.3 Arvioita mallien tuloksista

Christensenin (1991) ja Mäenpään (1991) laskelmat tukevat näkemystä, jonka mukaan yksipuolisen - vain Suomea koskevan - (hiili-)veron käyttöönotto johtaisi talouskasvun hidastumiseen. Saavutettava päästövähennys syntyisi siis paitsi tehottomaisen ja rakenteiden muuttumisen myös yleisen taloudellisen aktiviteetin hitaamman kasvun myötä. Globaalista näkökulmasta tämä olisi ilmeisen tehoton tapa vaikuttaa ilmastonmuutokseen. Toisaalta päästöjen jäädyttäminen nykytasolle johtaa FMS-mallissa KESSU IV-mallia selvästi suurempaan negatiiviseen talousvaikutukseen. Tämä voi johtua mm. erilaisista perusskenaarioista ja siten oletetuista CO₂-kehitysurista tai yleensä mallien rakenteellisista eroista.

Useat Hoeller et al:n (1990) referoimat mallitulokset sekä mm. OECD:n GREEN-mallilla saadut tulokset (OECD 1991d) viittaavat siihen, että myös hiiliverojen kansainvälinen käyttöönotto voi johtaa - pidemmälläkin aikavälillä - talouskasvun lievään hidastumiseen. Tämä koskee erityisesti tilanteita, joissa veroratkaisuja ei ole eri maaryhmien välillä so-

peutettu toisiinsa nähden. Christensenin (1991) C-skenaarion laskelmat tukevat em. johtopäätöstä. Siinä veron talouskasvua hidastava vaikutus on kuitenkin hieman suurempi kuin monissa muissa arvioissa. Tätä tulosta voidaan ainakin osittain selittää mallin jäykkyydellä eli substituutiomahdollisuuksien puutteellisella huomioon ottamisella.

Globaaleilla kokonaistaloudellisilla malleilla saadut tulokset viittaavat yleensä siihen, että esimerkiksi maailman kokonaispäästöjen jäädyttäminen nykytasolleen edellyttäisi lähitulevaisuudessa C-skenaariota selvästi alempaa (yhtenäistä) kansainvälistä verotasoä. Tietyn suuruinen globaali hiilivero voisi siis johtaa Suomessa suhteellisesti pienempään päästövähennykseen kuin monissa muissa maissa (vrt. Christensen 1991).

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kasvihuoneilmiön voimistumisesta aiheutuva ilmastonmuutos muodostaa nykykäsityksen mukaan merkittävän ihmiskuntaa uhkaavan ongelman. Sen ratkaisu edellyttää jo lähitulevaisuudessa laajaa kansainvälistä yhteistyötä. Kasvihuoneilmiön voimistumisen taustalla on ihmisen toiminta, joka lisää kasvihuonekaasujen kuten hiilidioksidin, metaanin ja typpioksiduulin pitoisuuksia ilmakehässä. Yksittäisten maiden merkitys päästölähteenä on - lähinnä Yhdysvaltoja, Neuvostoliittoa, Kiinaa ja Brasiliaa lukuunottamatta - vähäinen. Esimerkiksi Suomen osuus kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä on tällä hetkellä noin 0.3 % (Hiilidioksiditoimikunnan mietintö 1991). Tämä korostaa ongelman ja sen ratkaisun globaalia luonnetta. Toisaalta optimaalinen ratkaisu edellyttää kaikkien kasvihuonekaasujen kokonaisvaltaista huomioon ottamista.

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu tärkeintä kasvihuonekaasua eli hiilidioksidia Suomen kansantalouden näkökulmasta. Maamme hiilidioksidipäästöjen muodostumisessa energiantuotannolla ja -käytöllä on keskeinen asema: vuonna 1988 fossiilisten polttoaineiden poltosta syntyi noin 52 miljoonaa tonnia hiilidioksidia. Suurin päästölähde on teollisuus, joka tuottaa oman polttoainekäyttönsä ja ostamansa sähkö- ja lämpöenergian kautta noin 40 % energiaan liittyvistä CO₂-päästöistä. Liikenne ja kotitaloudet tuottavat kumpikin runsaan viidenneksen päästöistä.

Teollisuudessa ovat suurimpia päästölähteitä massa- ja pape-riteollisuus, metallien valmistus sekä kemianteollisuus. Yhteensä nämä toimialat tuottavat noin 70 % teollisuuden päästöistä. Jalostusarvoon suhteutettuna on metallien valmistuksella suurin hiilidioksidi-intensiteetti; sen sijaan mm. metallituoteteollisuuden intensiteetti on alhainen.

Tulevaisuudessa maamme fossiilisten polttoaineiden käytön ja siten myös päästöjen on ennustettu lisääntyvän talouskasvun myötä. Päästökehityksen kannalta ovat erityisesti sähköntuotannon tulevat energialähdevalinnat merkittävässä asemassa.

Energiaan liittyvien hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä on keskeisellä sijalla (1) fossiilisten polttoaineiden korvaaminen vähähiilisillä tai hiilivapailla energialähteillä ja -muodoilla sekä (2) energian säästäminen. Jälkimmäiseen sisältyy mm. energiantuotannon ja -käytön tehostuminen - eli alemmat ominaiskulutukset ja korkeammat hyötysuhteet - sekä talouden tuotanto- ja kulutusrakenteiden muuttuminen energia- ja hiilidioksidi-intensiteeteiltään alhaisempaan suuntaan.

Substituutio- ja säästömahdollisuuksien laajamittainen toteuttaminen edellyttää käytännössä informatiivisten toimenpiteiden lisäksi hallinnollisten ja taloudellisten ohjauskeinojen käyttöönottoa. Hallinnollisista ohjauskeinoista ovat mahdollisia mm. henkilöautoille ja sähkölaitteille asetettavat ominaiskulutusrajat sekä julkisen sektorin määräämät energialähdevalinnat. Taloudellisia ohjauskeinoja ovat mm. polttoaineiden hiilisisällön mukaan asetettava hiilivero sekä lähinnä kansainvälisen tason keinona päästöoikeuksien kauppa.

Taloudellisten ohjauskeinojen käyttö edesauttaisi periaatteessa päästövähennysten toteuttamista kustannuksia säästävällä tavalla sekä yksittäisen maan sisällä että kansainvälisesti sovellettuna eri maiden välillä. Käytännössä on kuitenkin todennäköistä, että globaalilla tasolla CO₂-päästöjen vähentämisessä joudutaan tyytymään ratkaisuihin, jotka eivät ole taloudellisesti kovinkaan optimaalisia. Tähän viittaavat mm. eri hallitusten allekirjoittamat poliittiset julkilausumat päästöjen jäädyttämisestä nykytasolleen. Tässä tilanteessa korostuu kansallisten toimenpiteiden ja ohjauskeinojen järkevän valinnan tarkeys asetettujen tavoitteiden saavuttamisessa. Tämä merkitsee myös Suomessa mm. hiiliveron käyttömahdollisuuksien perusteellista selvittämistä. Lisäksi maamme metsien rooli hiilen nieluna voi muodostua tärkeäksi osatekijäksi ilmastostrategian luomisessa.

Ohjauskeinojen suunnittelussa olisi otettava huomioon myös muiden kasvihuonekaasujen merkitys sekä jo olemassa olevat hallinnolliset ja taloudelliset ympäristönsuojelun ohjauskeinot, jotka koskevat mm. energiaan liittyviä muita ulkoisvai-

kutuksia. Kansallisen ilmastostrategian toteuttaminen olisi myös sopeutettava muiden maiden toimenpiteiden ajoitukseen ja mitoitukseen. Tämä koskee erityisesti erilaisia hiiliveroratkaisuja. Ilmastonmuutosongelman globaalien luonteen vuoksi ei yksipuolinen ohjauskeinojen käyttöönotto ole järkevää vaan voi johtaa päästöjen kokonaismäärän kasvuun, jos päästöjä tuottava toiminta siirtyy energiatehokkuudeltaan heikompiin maihin.

Suomi ja hiilivero

Useissa maissa on tällä hetkellä käynnissä tutkimus- ja suunnittelutyö, jolla pyritään selvittämään erilaisten hiiliverojen (hiilidioksidiverojen) käyttömahdollisuuksia päästöjen vähentämisessä. Lisäksi kokonaistaloudellisten mallien avulla on arvioitu a.o. verojen vaikutuksia talouteen. Tässä tutkimusraportissa on koottu yhteen Suomea koskevaa tutkimusaineistoa. Esitettyjen jousto- ja malliarvioiden sekä hiiliverotarkastelujen pohjalta voitaneen tehdä seuraavansuuntaisia johtopäätöksiä:

a) Yksipuolisesti toteutettu hiilivero hidastaa mallitulosten mukaan talouskasvua jossain määrin mm. kilpailukyvyn heikentymisen vuoksi. Sen sijaan veroratkaisujen kansainvälisellä käyttöönotolla on varsin pieni vaikutus kasvuun. Talouden kasvun hidastuminen kuvastaa osaltaan ilmastonmuutoksen torjunnasta aiheutuvia kustannuksia. Nettokustannusten arvioimiseksi olisi luonnollisesti otettava huomioon myös torjunnasta aiheutuvat edut, jotka voivat olla huomattavia.

Hiilivero muuttaa substituutio- ja tuotantovaikutusten kautta talouden panos- ja lopputuoterakenteita. Erityisesti energia- ja CO₂-intensiivisen teollisuuden kannalta sopeutuminen voi olla hankalaa. Lopputulos riippuu paitsi veron suuruudesta ja panossubstituutiomahdollisuuksista myös kansainvälisten päästövähennystoimien vaikutuksista eri tuotteiden maailmanmarkkinahintoihin ja siten kysynnän hintajoustoista. Aloilla, joilla CO₂-intensiteetti on kansainvälistä tasoa korkeampi, voi yritysten kilpailuasema muihin maihin nähden heikentyä; toisaalta osa energiaintensiivisestä teollisuudesta voi siirtyä ydin- ja vesivoimavaltaisiin maihin.

b) Talouden kasvun jatkuminen sekä energiankysyntään liittyvät jäykät kysyntärakenteet viittaavat siihen, että päästöjen merkittävä rajoittaminen pelkän veroinstrumentin avulla voi edellyttää ajan myötä varsin suureksi nousevaa hiiliveroa. Tämä pätee erityisesti, jos hiilivapaiden energialähteiden tarjonnan kehittyminen on hidasta. Samalla veron tuotto julkiselle sektorille voi muodostua merkittäväksi. Mikäli veroasteen ei haluta nousevan, olisi muita veroja vastaavasti kevennettävä. Tällöin olisi otettava huomioon mm. hiiliveron regressiiviset ominaisuudet.

Päästövähennysten kohdentuminen talouden eri sektoreille riippuu energiankysynnän joustojen lisäksi keskeisesti myös lähtötilanteesta vallitsevista energiahintarakenteista. Esimerkiksi liikennepolttonesteissä hiiliveron aiheuttamat hinta- ja kysyntämuutokset voivat olla suhteellisen pieniä.

c) Hiiliveron käytön ongelmana sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla on erityisesti veron koon sovittaminen asetettuihin päästötavoitteisiin: tietynsuuruisen veron avulla voidaan lähinnä varmistaa oikeansuuntaisen kehityskulun toteutuminen. Ilmastonmuutosongelman pitkäaikaisuuden ja siihen liittyvien epävarmuustekijöiden vuoksi tämä ei oleellisesti heikentäne veron käyttökelpoisuutta. Talouden toiminnan kannalta veron koon järkevä määrittely on kuitenkin tärkeää.

Hiiliveron asteittainen käyttöönotto edesauttaisi talouden sopeutumista veroon ja siihen liittyviin rakennemuutoksiin mm. hintaodotusten kautta. Samalla vero vaikuttaisi heti käyttäytymismuutosten myötä talousyksiköiden toimintaan ja päästöihin. Poliittisen päätöksenteon kannalta tämä merkitsisi sitoutumista pitkäjänteiseen ja johdonmukaiseen ilmastostrategiaan, joka vähentäisi talousyksiköiden toimintaan liittyvää epävarmuutta ja todennäköisesti pienentäisi veron negatiivisia vaikutuksia talouteen. Samaan suuntaan vaikuttaisi yleensäkin talouden mahdollisimman joustava sopeutuminen suhteellisten hintojen muutoksiin. Sopeutumiskyvyn lisääminen edellyttäisi mm. tuotannontekijöiden liikkuvuuden helpottamista, jäykkyyksien purkamista panoshintarakenteista sekä yleensä tutkimus- ja tuotekehitystoiminnan tehostamista.

LÄHTEET

- ALPPIVUORI, K. & HIMANEN, V. (1990): *Energiansäästö liikenteessä, tekniset mahdollisuudet*. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tie- ja liikennelaboratorio, Tutkimusselostus 805. Espoo.
- ASPLUND, R. (1984a): *Kotitaloussähkön kysynnästä Suomessa. Kansantaloudellinen aikakauskirja 1984:1*, s. 66-75.
- (1984b): *Residential Demand for Electric Space Heating in Finland 1975-1982*. Economic Planning Centre, Report 14. Helsinki.
- BOSTRÖM, S. & BACKMAN, R. & HUPA, M. (1990): *Energiantuotannon ja -kulutuksen kasvihuonekaasujen päästöt Suomessa*. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Sarja D:186. Helsinki.
- BRUNO, M. & SACHS, J. (1985): *The Economics of World-wide Stagflation*. Oxford.
- CHRISTENSEN, A. (1991): *Stabilization of CO₂ Emissions - Economic Effects for Finland*. Ministry of Finance, Economics Department, Discussion Paper No. 29. Helsinki.
- COMMUNIQUÉ DE PRESSE, OCTOBRE 1990. "Le Conseil fédéral veut introduire une taxe sur le CO₂". Département fédéral de l'intérieur. Berne.
- ENERGIAKOMITEA (1989): *Energia, kansantalous ja yhteiskunta. Energiakomitean yhteiskunnallisten ja taloudellisten vaikutusten jaoston selvitys*. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Sarja C:21. Helsinki.
- ENERGIANSÄÄSTÖPROJEKTI (1991): *Energiansäästöprojektin loppuraportti*/Arto Lepistö. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Katsauksia B:100. Helsinki.
- ENGLANDER, S. & MITTELSTÄDT, A. (1988): *Total Factor Productivity: Macroeconomic and Structural Aspects of the Slowdown*. OECD Economic Studies No. 10/Spring 1988, s. 7-56.
- GLOMSRØD, S. & VENNEMO, H. & JOHNSEN, T. (1990): *Stabilization of emissions of CO₂: A computable general equilibrium assessment*. Central Bureau of Statistics, Discussion Paper no. 48. Oslo.
- GRAVELLE, H. & REES, R. (1988): *Microeconomics*. New York.
- HAGEMANN, R. & JONES, B. & MONTADOR, B. (1988): *Tax Reform in OECD Countries: Motives, Constraints and Practice*. OECD Economic Studies No. 10/Spring 1988, s. 185-226.
- HEPOLA, J. & SOLANTAUSTA, Y. & JOHANSSON, A. (1990): *Hiili-diksidin erotus energiantuotantolaitosten savu- ja tuotekaasuista*. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Polttoainetekniikan laboratorio, luonnos. Espoo.

HIILIDIOKSIDITOIMIKUNNAN MIETINTÖ (1991). Komiteamietintö 1991:21. Helsinki.

HOEL, M. (1990): *Efficient international agreements for reducing emissions of CO₂*. Memorandum No 6 from Department of Economics, University of Oslo.

HOELLER, P. & DEAN, A. & NICOLAISEN, J. (1990): *A Survey of Studies of the Costs of Reducing Greenhouse Gas Emissions*. OECD Department of Economics and Statistics, Working Papers No. 89.

ILKA (1990): *Ilmastokaasutyöryhmän väliraportti*. Helsinki.

ILMAKUNNAS, P. & TÖRMÄ, H. (1989): *Structural change of factor substitution in Finnish manufacturing*. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos, Keskusteluaiheita nro 281. Helsinki.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (1990): *Policy-makers Summary of the Formulation of Response Strategies*. WG III.

KALLBERG, H. (1982): *Henkilöliikenteen energiankulutus eri liikennemuodoilla*. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 160. Espoo.

KARJALAINEN, T. & KELLOMÄKI, S. (1991): *Hiilen sitoutuminen ja metsäntuotanto*. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, käsikirjoitus. Joensuu.

KARKKULAINEN, P. (1990): *Energiankäytön tehostuminen ja päästöjen väheneminen Suomessa vuosina 1973-1988*. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Sarja B:78. Helsinki.

KASANEN, P. (1990): *Energian säästön määrittely*. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos, Keskustelunaiheita no. 316. Helsinki.

KASANEN, P. (1991): *Taloudelliset ohjauskeinot energian käytön hiilidioksidipäästöjen rajoittamisessa*. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos, Sarja C 61. Helsinki.

KLØKT (1991): *Klima, økonomi og tiltak (KLØKT)*. Bidrag til Den interdepartementale klimagruppen. Oslo.

KONTTINEN, S. (1989): *Energian kysyntä Suomen teollisuudessa vuosina 1960-1985*. Helsingin yliopisto, Kansantaloustieteen pro gradu -tutkielma. Helsinki.

KORPELA, T. (1985): *Eräitä havaintoja energiansäästöstä Suomessa 1974-83*. Sähkö 58:5, s. 46-53.

KTM (1990): *Energiatalouden kehityslinjoja vuoteen 2025*. Kauppa- ja Teollisuusministeriö, Energiaosasto, sarja B:70. Helsinki.

KUUSI, O. (1991): *Uusi biotekniikka, mahdollisuuksien ja uhkien teknologia*. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Tutkimuksia nro 1. Helsinki.

LAURIKKO, J. (1990): *Liikenteen CO₂-päästöt Suomessa*. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Polttoainetekniikan laboratorio, Tutkimusselostus POV02710/90. Espoo.

LUONNONVARAINNEUVOSTO (1990): *Ilmastonmuutoksen vastatoimet pohjoisen havumetsävyöhykkeen metsissä*. Maa- ja metsätalousministeriö, Luonnonvarainjulkaisuja nro 13. Helsinki.

MALKA, S. (1990): *Tieliikenteen energian kysynnän hinta- ja tulojousto*. Taloudellinen suunnittelukeskus, käsikirjoitus. Helsinki.

MARLAND, G. & BODEN, T. & GRIFFIN, R. & HUANG, S. & KANCIRUK, P. & NELSON, T. (1989): *Estimates of CO Emissions from Fossil Fuel Burning and Cement Manufacturing, Based on the United Nations Energy Statistics and the U.S. Bureau of Mines Cement Manufacturing Data*. Report ORNL/CDIAC-25, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory. Tennessee.

MINISTERIAL DECLARATION OF THE SECOND WORLD CLIMATE CONFERENCE, 7 November 1990. Geneva.

MORS, M. (1991): *The Economics of Policies to Limit Greenhouse Gas Emissions: the Case of CO₂*, in "Some Aspects of the Economics of Climate Change - Report from a Seminar in the Norwegian Ministry of Finance". Oslo.

MÄENPÄÄ, I. (1991): *Energian kulutukseen ja tuotantoon liittyvien CO₂-päästöjen rajoittamisen taloudellisten vaikutusten arviointi² FMS-mallisysteemillä*. Oulun yliopisto, Pohjois-Suomen tutkimuslaitos, käsikirjoitus. Oulu.

MÄENPÄÄ, I. & TERVO, H. (1991a): *Suomen talouden energiankäytön muutosten osatekijät 1970-88*. Oulun yliopisto, Pohjois-Suomen tutkimuslaitos, käsikirjoitus. Oulu.

_____ (1991b): *Suomen talouden energiankäytön rakenteet 1980-1988 - Panos-tuotos -analyysi*. Oulun yliopisto, Pohjois-Suomen tutkimuslaitos, käsikirjoitus. Oulu.

MÄNTYNEN, J. (1988): *Liikenteen taloudellinen arvottaminen*. Neste Oy, Energiatalousosasto.

NEMO (1990): *Uudet energiantuotantomenetelmät ja -järjestelmät tutkimusohjelman (NEMO) väliraportti/Tekn. tri Peter Lund*. Teknillinen korkeakoulu. Espoo.

NIININEN, H. (1991): *Suomen energiajärjestelmä ja hiilidioksidipäästöt*. Imatran Voima Oy, muistio.

OECD (1990): *Climate Change. Annex 1: Economic Instruments for Climate Change Policy*. Environment Directorate, Environment Committee, ENV/EC(90)33/ANN1. Paris.

OECD (1991a): *Guidelines for the Application of Economic Instruments in Environmental Policy*. Environment Committee Meeting at Ministerial Level 30th-31st January 1991. Background Paper No 1. Paris.

OECD (1991b): *Alternative Indicators of Greenhouse Gas Emissions*. Environment Directorate, Environment Committee, Group on Energy and Environment, ENV/EC/EN(91)12. Paris.

OECD (1991c): *Fiscal implications of carbon taxes*. Economics and Statistics Department, Economic Policy Committee, ESD/CPE(91)5. Paris.

OECD (1991d): *The Costs of Policies to Reduce Global Emissions of CO₂: Initial Simulation Results with GREEN*. Economics and ²Statistics Department, Working Party No. 1 of the Economic Policy Committee, ESD/CPE/WP1(91)2. Paris.

OECD (1991e): *Country Positions on Climate Change*. Environment Directorate, Environment Committee, Group on Energy and Environment, ENV/EC/EN(91)4. Paris.

PIKKARAINEN, P. (1984): *Teollisuuden energian kysynnästä Suomessa 1960-82*. Suomen Pankki D:57. Helsinki.

POTERBA, J. (1990): *Designing a Carbon Tax*. Paper prepared for the conference on "Economic Policy Responses to Global Warming" in Rome October 5-6, 1990. Department of Economics, Massachusetts Institute of Technology.

POTERBA, J. (1991): *Tax Policy to Combat Global Warming: On Designing a Carbon Tax*. NBER Working paper No. 3649.

RAPPORT FRA DEN INTERDEPARTEMENTALE KLIMAGRUPPEN 22. MARS 1991. *Drivhuseffekten virkninger og tiltak*. Oslo.

SALOMÄKI, A. (1991): *Hiilidioksidiverot, kotitalouskohtainen tarkastelu*. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, laskelma. Helsinki.

SILVOLA, J. & ALHOLM, U. (1990): *Turvetuotannon ja turpeen käytön osuus maapallon ja Suomen hiilitaseessa; kirjallisuuskatsaus*. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Sarja D:183. Helsinki.

STATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR (SOU) 1989:83. *Ekonomiska styrmedel i miljöpolitiken - energi och trafik*. Delbetänkande av miljöavgiftsutredningen. Stockholm.

STATSBUDSJETTET for budsjetterminen 1991. St. prp. nr. 1 (1990-91). Oslo.

STERNER, T. (1990): *The Pricing of and Demand for Gasoline*. TFB-rapport 1990:9.

TALOUELLINEN SUUNNITTELUKESKUS (TASKU) (1990): *Suomi 1990-2005: Haasteiden ja varautumisen aikaa*. Helsinki.

TAXE SUR LE CO₂: Rapport intermediaire. Octobre 1990. Berne.

TORVANGER, A. (1990): *Manufacturing Sector Carbon Dioxide Emissions in Nine OECD Countries 1973-87: A Divisia Index Decomposition to Changes in Fuel Mix, Emission Coefficients, Industry Structure, Energy Intensities and International Structure*. Lawrence Berkeley Laboratory, University of California.

TRESOUTHICK, S. & MISHULOVICH, A. (1990): *Energy and environment considerations for the cement industry*. In conference proceedings "Energy and Environment in the 21st Century" (March 26-28, 1990). Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.

TÖRMÄ, H. (1986): *Komponenttien ja panosten substituutiorkenteet Suomen teollisuudessa 1960-82*. Kansantaloudellinen aikakauskirja 2:1986, s. 174-183.

TÖRMÄ, H. & LOUKOLA, A. (1986): *Panoskysynnän joustot ja viennin kilpailukyky*. Jyväskylän yliopisto, Keski-Suomen taloudellinen tutkimuskeskus, julkaisuja nro 71. Jyväskylä.

UIMONEN, S. (1989): *Ympäristötalouskomitean työ jäi pahasti kesken!* Kansantaloudellinen aikakauskirja 1989:4, s. 467-473.

UUSITALO, L. & DJERF, K. (1983): *Determinants of Gasoline Consumption*. Helsingin Kauppakorkeakoulu, F:48. Helsinki.

WORLD RESOURCES 1990-91: *A Guide to the Global Environment*. New York.

ARTIKKELIT

KAUNISTO, S.: *Metsäojitus ei lisää kasvihuonekaasuja*. Aamulehden artikkeli 22.5.1989.

NORDHAUS, W.: *Greenhouse Economics: Count before you leap*. The Economist, July 7 1990.

LAKIAINEISTO

HALLITUKSEN ESITYS (HE) 52/1986: *Hallituksen esitys Eduskunnalle polttoaineiden ja energiatuotannon verotusta koskeviksi muutoksiksi verolainsäädäntöön*.

HALLITUKSEN ESITYS (HE) 122/1989: *Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi polttoaineverosta annetun lain väliaikaisesta muuttamisesta*.

SUOMEN SÄÄDÖSKOKOELMA 544/1986. *Laki liikevaihtoveron muuttamisesta*.

SUOMEN SÄÄDÖSKOKOELMA 1119/1989. *Laki polttoaineverosta annetun lain väliaikaisesta muuttamisesta*.

SUOMEN SÄÄDÖSKOKOELMA 1160/1990. *Laki polttoaineverosta annetun lain väliaikaisesta muuttamisesta*.

SVENSK FÖRFATTNINGSSAMLING (SFS) 1990: 582. *Lag om koldioxidskatt*.

1990: 583. *Lag om ändring i lagen (1957:262) om allmän energiskatt*.

1990: 584. Lag om ändring
i lagen (1974:992) om nedsättning av allmän energiskatt.

1990: 585. Lag om ändring
i lagen (1961:372) om bensinskatt.

TILASTOAINEISTO

ENERGIAKATSAUS 4-1990. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Ener-
giaosasto.

ENERGIATILASTOT, eri vuodet. Kauppa- ja teollisuusministeriö,
Energiaosasto.

KANSANTALouden TILINPITO, eri vuodet. Tilastokeskus.

LÄMPÖLAITOSYHDISTYKSEN TILASTOT VUODELTA 1988.

TEOLLISUUDEN VUOSIKIRJA 1990, osa 1. Tilastokeskus.

TEOLLISUUSTILASTOT, eri vuodet. Tilastokeskus.

TEOLLISUUSTILASTOT, TOIMIPAIKKAKORJATTU AINEISTO VUODELTA
1988. Tilastokeskus.

ARVIOT TEOLLISUUDEN JA METSÄTEOLLISUUDEN POLTTOAINEIDEN SEKÄ
KOKONAISENERGIAN KÄYTÖSTÄ JA ENERGIAN HANKINNASTA VUONNA
1988. Teollisuuden Sähköenergialiitto ry.

LIITE 1

PRIMÄÄRIENERGIAN KÄYTTÖ JA HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT 1988

1 Yleistä

Primäärienergian kulutusta ja hiilidioksidipäästöjen muodostumista vuonna 1988 on tarkasteltu käyttämällä hyväksi Energiatilastoja, Tilastokeskuksen Teollisuustilastojen ns. toimipaikkakorjattua aineistoa, Boström et al:n (1990) laskelmia sekä Teollisuuden Sähköenergialiiton ja Lämpölaitosyhdistyksen tilastoja. Toimipaikkakorjatussa aineistossa on normaalisti TOL 4-luokkaan (Sähkö-, kaasu- ja vesihuolto) kuuluvien teollisuuden omien voimalaitosten käyttämät polttoaineet kohdennettu energiaa (pääasiallisesti) käyttävälle toimialalle. Laskentamenettelyyn liittyvien epätarkkuuksien, tilastoerojen ja tehtyjen approksimaatioiden vuoksi on tuloksia tarkasteltava tietyllä varovaisuudella.

Energiankulutusta ja päästöjä tarkasteltaessa on käytetty sektorijakoa, joka edesauttaa taloudellisen ohjauksen kohdentumisen arviointia. Sektorijako on seuraava:

* Teollisuus: sisältää kaivannais- ja tehdasteollisuuden (TOL 2 & 3) polttoaineiden suoran loppukäytön, ns. omatarvesähkön tuotannon energialähteet sekä ostosähkön ja kaukolämmön. Ostosähkö laskettu residuaalina, ts. oletettu, että omissa vastapaine-, lauhde- ja vesivoimaloissa tuotettu sähkö kulutettu ao. toimialalla. Teollisuuden myymän kaukolämmön tuottamisessa käytetyt polttoaineet on luettu kaukolämmöntuotannon lukuun. Toimialoittaisia lukuja vääristää em. toimipaikkakorjauksen puutteellisuudet sekä mm. toimialojen välisen lämpöenergian myynnin vajavainen huomioon ottaminen.

* Kotitaloudet: sisältää asuinrakennusten lämmitykseen käytetyn energian sekä kotitalouksien, kiinteistöjen ja loma-asuntojen sähkönkäytön.

* Liikenne: sisältää maantie-, vesi-, raide- ja lentoliikenteen polttoaine- ja sähkönkäytön poislukien ulkomaan liikenteen polttoaineet. Maatalouden ja rakentamisen työkoneiden polttoaineet sisältyvät kohtaan "Muut" (vrt. Laurikko 1990).

* Palvelu- ja julkissektori: sisältää liike- ja julkisten tilojen lämmityksessä käytetyn energian sekä palveluelinkeinon ja julkisen sektorin muun sähkönkäytön.

* Muut: sisältää maatalouden kasvihuoneiden ja muiden tuotantorakennusten lämmitysenergian, maatalouskoneiden ja metsätraktoreiden polttoainekäytön sekä rakennustoiminnan polttoaine- ja sähkönkäytön.

2 Primäärienergian kulutus ja päästöt

Taulukossa 1 on esitetty primäärienergian käyttö ja CO₂-päästöt energian käyttökohteittain sekä laskettu keskimääräiset CO₂-sisällöt tuotetulle sähkölle ja kaukolämmölle. Boström et al.² (1990) luvuista poiketen mukana ei siis ole ulkomaanliikenteen polttoaineita; toisaalta jalostamojen energiakäyttö on sisällytetty lukuihin.

Taulukko 1. Primäärienergian käyttö (1000 TJ) ja CO₂-päästöt (miljoonaa tonnia) vuonna 1988.

Energiälähde	Primäärienergian käyttö, 1000TJ				Hiilidioksidipäästöt, Mt				
	sähkö	kauko- lämpö	suora loppuk.	Yht.	sähkö	kauko- lämpö	suora loppuk.	Yht.	%
Fossiiliset									
Maakaasu	17.8	12.1	28.5	58.4	0.98	0.67	1.57	3.21	6%
Moottoribensiini			78.3	78.3			5.70	5.70	11%
Dieselöljy			62.6	62.6			4.63	4.63	9%
Kevyt polttoöljy	2.0	0.7	108.4	111.1	0.15	0.05	8.02	8.22	16%
Raskas polttoöljy	8.2	17.1	71.3	96.6	0.64	1.32	5.49	7.44	14%
Hiili	62.9	43.6	34.4	140.9	5.85	4.05	3.20	13.10	25%
Turve	9.3	20.7	11.3	41.3	1.02	2.28	1.24	4.54	9%
Muut foss. ¹	4.4	0.8	48.8	54.0	0.83	0.13	4.23	5.19	10%
Yht.	104.6 (16%)	95.0 (15%)	443.6 (69%)	643.2 (100%)	9.46 (18%)	8.49 (16%)	34.08 (66%)	52.03 (100%)	
Biomassapolttoaineet									
Jätelipeät	16.7		71.4	88.1	1.84		7.86	9.70	
Puu/kuori	4.2	3.1	61.6	68.9	0.51	0.38	6.97	7.85	
Muut energialähteet									
Ydinvoima	187.3			187.3					
Vesivoima	134.3			134.3					
Sähkön nettotuonti	75.0			75.0					
Muut		1.3	5.9	7.2					
Yhteensä	522.1 (43%)	99.4 (8%)	582.5 (49%)	1204 (100%)	11.81	8.87	48.91	69.58	
Tuotettu sähkö/lämpö²									
Tuotettu sähkö/lämpö	200.1	80.0							
CO ₂ -sisältö g/MJ ²	47	106							

Lähde: Boström et al. 1990, Energiatilastot 1989

1 Kohtaan "Muut foss." kuuluu masuuni-, koksamo-, neste- ja jalostamokaasuja sekä petroli tuotteita ja petrokemian prosessijätteitä.

2 Vähennetty siirtohäviöt.

Sektorikohtaisia energiankulutus- ja päästölukuja laskettaessa on sähköntuotanto jaettu kahteen osaan, teollisuuden omatarvesähköön ja teollisuuden ulkopuoliseen sähköön. Tällöin osa taulukon 1 sähköntuotannon energialähteistä on sisällytetty teollisuuden (suoraan loppu-)kulutukseen. Tämän menettelyn taustalla on em. toimipaikkakorjatun aineiston käyttö: siinä toimialoittaiset polttoainekäyttöluvut sisältävät sekä sähkön- että lämmöntuotantoon käytetyt polttoaineet. Aineiston käyttö mahdollistaa siten toimialoittaisten päästömäärien estimoinnin ja edesauttaa taloudellisen ohjauksen vaikutusten arviointia. Taulukossa 2 on esitetty Boström et al:n (1990), Teollisuuden Sähköenergiailiiton tilastojen sekä Teollisuustilastojen avulla laadittu arvio teollisuuden omatarvesähköntuotannon energialähteistä sekä niistä syntyneistä päästöistä vuonna 1988. Yhteensä ao. päästöt olivat arviolta noin 2.2 Mt, jolloin teollisuuden ulkopuolisen sähköntuotannon osuudeksi jää noin 7.3 Mt. Ao. sähköenergian keskimääräiseksi CO₂-sisällöksi tulee tällöin noin 44 g/MJ. Teollisuuden omatarvesähkön kokonaismäärä on arviolta hieman yli 10 TWh (noin 36 PJ), josta teollisuuden omien vesivoimaloiden osuus on noin 2 TWh. Laskelmissa ei ole otettu huomioon teollisuuden omistamia osuuksia eri ydin- ja muissa voimayhtiöissä.

Taulukko 2. Teollisuuden omatarvesähköntuotannon primäärienergiälähteet (1000 TJ) ja päästöt 1988 (Mt).

Energialähde	Käyttö (1000 TJ)	CO ₂ -päästöt (Mt)
Hilli	4.0	0.37
Maakaasu	4.2	0.21
Turve	2.6	0.29
Öljyt	6.2	0.47
Muut foss.	4.4	0.83
Jätelipeät	16.2	-
Puu/kuori	4.2	-
Vesivoima	20	-
Muut	0.6	-
Yhteensä	≈62	≈2.2

Lähteet: Boström et al, 1990, Tilastokeskus, TSL

Taulukossa 3 on esitetty primäärienergian kulutus em. sektori- jaottelun mukaisesti. Kullekin sektorille on kohdennettu sen käyttämät polttoaineet sekä lisäksi osuus (osto-)sähkön- ja kaukolämmöntuotannon primäärienergian kulutuksesta. Energiankulutuslukuja kohdennettaessa on jouduttu tekemään karkeitakin approksimaatioita. Tilastoerojen vuoksi eri polttoaineiden kulutus ei välttämättä summaudu täysin taulukoiden 1 ja 2 mukaisella tavalla.

Taulukko 3. Primäärienergian kulutus sektoreittain, 1000 TJ

Energianlähde	Teollisuus	Kotitalou- det	Maatalous	Liikenne	Palvelut ja julk. kul.	Rakennus- toiminta	Yht.
Fossiiliset							
Raskas polttoöljy	53.2	{ 63	4.1	1.4	{ 21		74.2
Kevyt polttoöljy	10.2		21.3	5.6		5.1	110.7
Moottoribensiini				78.3			78.3
Dieselöljy				62.6			62.6
Hiili	34.7				0.5		35.2
Maakaasu	32.5						32.5
Turve	11.1				1.1		12.2
Muut foss.	47.1	2.1		5.2			54.4
Ei-fossiiliset							
Jätelipeät	89.3						89.3
Puu/kuori	33.7	28.4	6.5				68.6
Muut	7.2						7.2
Teoll. vesivoima	20						20
Ostosähkö	214	137	7	4	93	5	460
Kaukolämpö	9.5	57			33		99.5
Yhteensä	562	288	39	157	149	10	≈1200

Lähteet: Boström et al. 1990, Teollisuustilastot 1989, Tilastokeskus

Taulukossa 4 on esitetty CO₂-päästöjen jakauma energian kulu-
tussektoreittain. Sähkön- ja kaukolämmöntuotannon päästöt on
jaettu ao. energiamuodon kulutuksen mukaan. Kohtaan "muut" on
teollisuuden kohdalla sisällytetty tilastoero, noin 0.3 Mt.

Taulukko 4. CO₂-päästöt sektoreittain 1988 (Mt).

Energianlähde	Teollisuus	Kotital.	Maatalous	Liikenne	Palv.+julk.	Rak.toim.	Yht.
Fossiiliset							
Raskas polttoöljy	4.1	{ 4.7	0.3	0.1	{ 1.6		5.7
Kevyt polttoöljy	0.8		1.6	0.4		0.4	8.2
Moottoribensiini				5.7			5.7
Dieselöljy				4.6			4.6
Hiili	3.2				0.1		3.3
Maakaasu	1.8						1.8
Turve	1.2				0.1		1.3
Muut	4.9	0.1		0.4			5.4
Ostosähkö	3.3	2.2	0.1	0.1	1.5	0.1	7.3
Kaukolämpö	0.8	4.9			2.8		8.5
Nettopäästöt	20.2	11.9	2.0	11.3	6.1	0.5	≈52
(%)	(39)	(23)	(4)	(21.5)	(11.5)	(1)	(100)
Jätelipeät	9.9						9.9
Puu/kuori	4.1	3.0	0.7				7.8
Bruttopäästöt	34.1	14.9	2.7	11.3	6.1	0.5	≈70

Lähde: Boström et al. 1990, Energiatilastot 1989, Tilastokeskus

3 Teollisuuden primäärienergian kulutus ja päästöt

Taulukossa 5 on esitetty arvio teollisuuden energiankulutuksesta toimialoittain vuonna 1988. Toimialan ulkopuolelta ostettu sähkö ja (kauko-)lämpö on primarisoitu käyttäen keskimääräistä hyötysuhdetta. Ostolämmön arvioinnissa on käytetty apuna mm. Mäenpään (1991) FMS-mallisysteemin tietoja. Arvioissa on pyritty ottamaan huomioon - tosin karkealla approksimaatiotasolla - myös muille toimialoille myyty lämpö. Lämmön nettoluovuttajia ovat lähinnä massa- ja paperi- sekä metallien perusteollisuus.

Taulukko 5. Teollisuuden primäärienergian kulutus vuonna 1988, 1000 TJ.

Toimiala	Öljyt	Hiili	Turve	Maa- kaasu	Muut foss.	Puu ym.	Vesi- voima	Osto- sähkö	Osto- lämpö	= Yht.
Kaivostoiminta (Tol 2)	2.3							6		8.5
Elintarvike (Tol 31)	8.7	1.6	1.0	1.3	0.2	0.1		11	4	28
Tekstiili (Tol 32)	1.9			0.1	0.1			3.5	0.5	6
Puutavara (Tol 33)	2.6		0.3	0.4		8.8	3	8.5	5	28.5
Massa ja paperi (T. 341)	17.1	15.8	8.5	25.3	0.8	113.6	17	87.5	-5	280.5
Graafinen (Tol 342)	0.3							3	1.5	5
Kemia (Tol 35)	11.8	2.4	1.4	1.5	29.1	0.4		35.5	-1.5	80.5
Lasi, savi, kivi (Tol 36)	4.3	7.7		1.8	0.7			7.5	0.5	22.5
Metallin perus (Tol 37)	9.7	7.2		1.9	15.6	0.1		26.5	-2.5	58.5
Metallituote (Tol 38)	4.6			0.2	0.6			19	4.5	29
Muut+korj.erä (Tol 39)	0.2							5.5	2.5	8
Koko teollisuus	63.5	34.7	11.1	32.5	47.1	123.0	20	214	9.5	555

Lähde: Teollisuustilastot, Tilastokeskus, erillislaskelmat

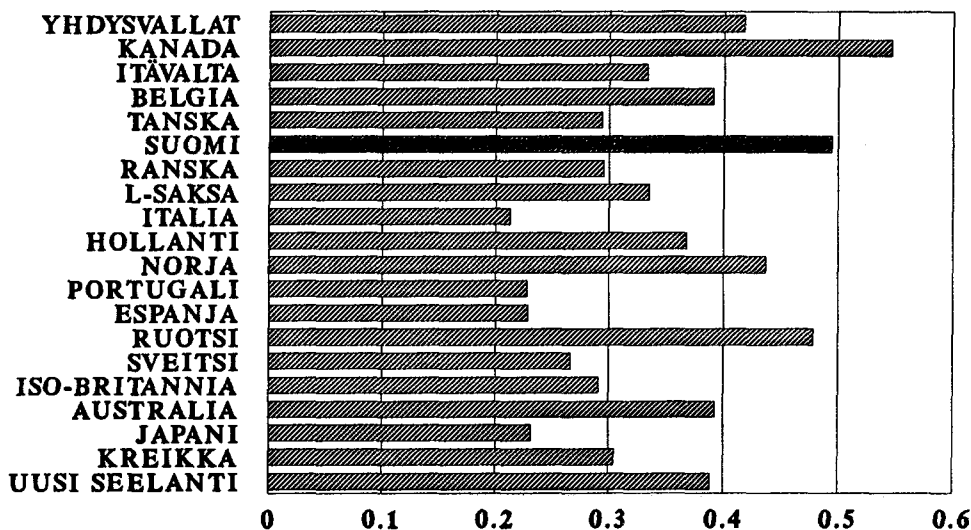
Taulukossa 6 on esitetty teollisuuden toimialoittaiset päästöluvut. Aiemmin esitettyjen syiden vuoksi on tietoihin suhtauduttava tietyllä varauksella. Kohta "Sähkö ja lämpö" on luonteeltaan nettoarvio, ts. se sisältää ostetun sähkön ja (kauko-)lämmön hiilidioksidipäästöt, josta on vähennetty toimialan myymän lämpöenergian tuotannossa syntyneet päästöt. Lukujen laskennassa on käytetty ao. energiamuotojen keskimääräisiä CO₂-sisältöjä.

VI

Taulukko 6. Toimialoittaiset hiilidioksidipäästöt 1988, Mt.

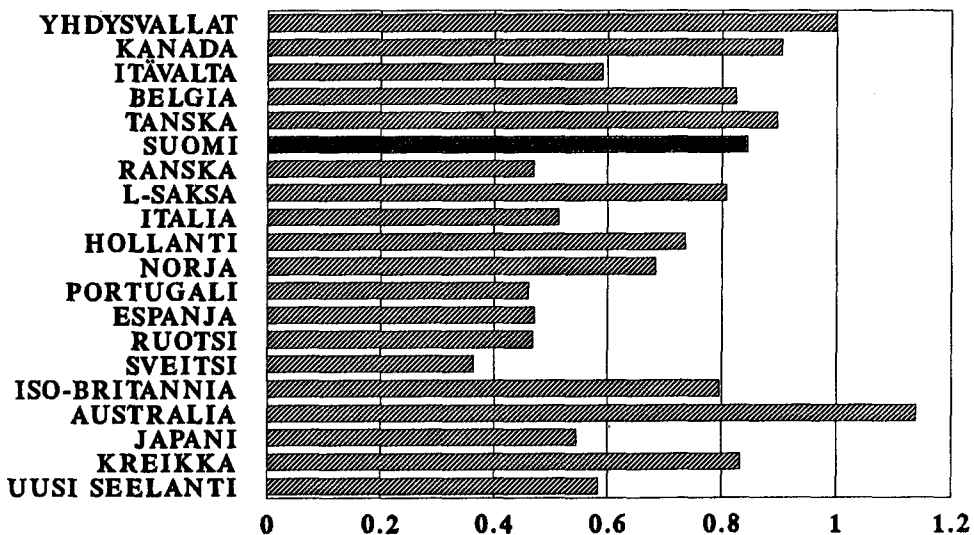
Toimiala	Öljyt	Hiili	Turve	Maa- kaasu	Muut + til.ero	Sähkö ja lämpö	Yht.	%	Puu ym.
Kaivostoiminta (Tol 2)	0.15					0.1	0.25	1%	
Elintarvike (Tol 31)	0.65	0.15	0.1	0.1		0.5	1.50	8%	
Tekstiili (Tol 32)	0.15					0.1	0.25	1%	
Puutavara (Tol 33)	0.2		0.05			0.55	0.8	4%	1.05
Massa ja paperi (Tol 341)	1.3	1.45	0.95	1.4	0.1	1.0	6.2	31%	12.90
Graafinen (Tol 342)	0.05					0.15	0.2	1%	
Kemia (Tol 35)	0.9	0.2	0.15	0.1	1.75	0.45	3.55	18%	0.05
Lasi, savi, kivi (Tol 36)	0.3	0.7		0.1	0.05	0.2	1.35	7%	
Metallin perus (Tol 37)	0.75	0.65		0.1	2.75	0.2	4.45	22%	
Metallituote (Tol 38)	0.35				0.05	0.7	1.1	6%	
Muut (Tol 39)	0.05					0.2	0.25	1%	
Tilastoero					0.25		0.25		
Koko teollisuus (Tol 2&3)	4.85	3.15	1.25	1.8	4.95	4.15	20.15	100%	14.0

ENERGIANKULUTUS BKT-YKSIKKÖÄ KOHDEN VUONNA 1987, TOE/1000 \$ (PPP-KURSSIT)



LÄHDE:ENERGIATILASTOT 1989, OECD,
WORLD RESOURCES 1990-91

ENERGIANTUOTANNON JA -KÄYTÖN CO2-PÄÄSTÖT BKT-YKSIKKÖÄ KOHDEN VUONNA 1987, KG/\$ (PPP-KURSSIT)



LÄHDE:ENERGIATILASTOT 1989, OECD,
WORLD RESOURCES 1990-91

