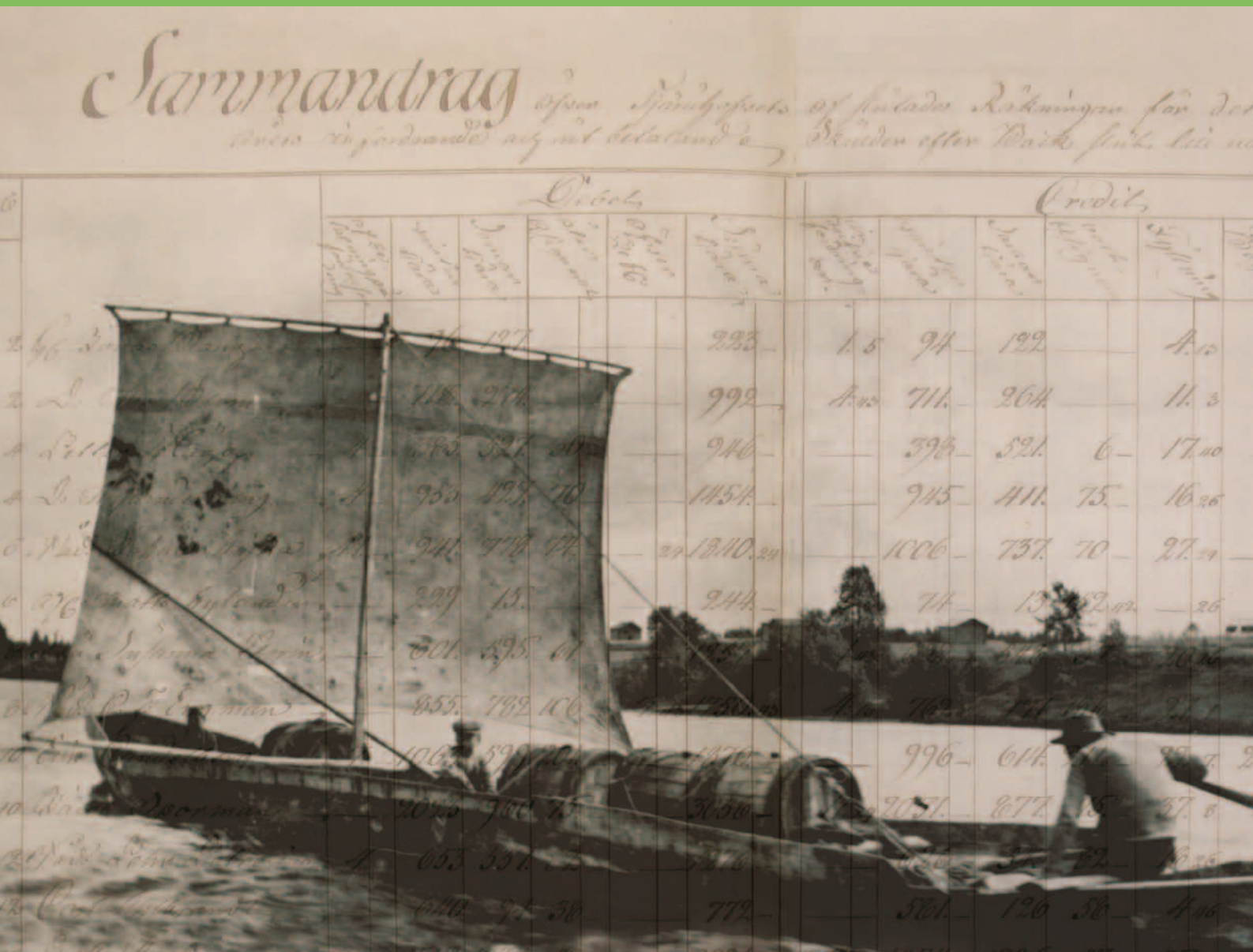


# Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristö- vaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla

Jyri Seppälä, Ilmo Mäenpää, Sirkka Koskela, Tuomas Mattila,  
Ari Nissinen, Juha-Matti Katajajuuri, Tiina Härmä,  
Marja-Riitta Korhonen, Merja Saarinen ja Yrjö Virtanen





Suomen kansantalouden  
materiaalivirtojen ympäristö-  
vaikutusten arviointi  
ENVIMAT-mallilla

**Jyri Seppälä, Ilmo Mäenpää, Sirkka Koskela, Tuomas Mattila,  
Ari Nissinen, Juha-Matti Katajajuuri, Tiina Härmä,  
Marja-Riitta Korhonen, Merja Saarinen ja Yrjö Virtanen**



S Y K E

SUOMEN YMPÄRISTÖ 20 | 2009  
Suomen ympäristökeskus (SYKE)  
Tutkimusosasto

Taitto: Ritva Koskinen

Kansikuvat: Valokuva; tervakaupan tilikirjasta v. 1794 (Oulun tervahovin arkisto),  
Tervavene "seelaamassa" Oulunjoella (Oulunjoki-seuran arkisto).  
Kuvien säilytyspaikka, Oulun maakunta-arkisto

Julkaisu on saatavana myös internetistä:  
[www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)

Edita Prima Oy, Helsinki 2009

ISBN 978-952-11-3459-3 (nid.)  
ISBN 978-952-11-3460-9 (PDF)  
ISSN 1238-7312 (pain.)  
ISSN 1796-1637 (verkkoj.)

## ESIPUHE

Ilmastonmuutos, ekokilpailukyky ja kansainvälinen toimintaympäristö asettavat uusia vaatimuksia suomalaiselle yhteiskunnalle. Nämä ajatukset olivat selvästi esillä jo vuonna 2005, jolloin Suomen kestävän kulutuksen ja tuotannon toimikunta (KULTU) laati ehdotuksensa kestävän tuotannon ja kulutuksen edistämiseksi. Silloin ymmärrettiin, että tarvitsemme uudenlaista tietoa tuotannon ja kulutuksen ympäristövaikutusten monimutkaisista syysuhteista niin Suomessa kuin maamme rajojen ulkopuolella. Yhdeksi merkittävimmäksi toimenpide-ehdotukseksi kirjattiin tutkimushanke, jossa selvitettäisiin kulutuksen ja tuotannon materiaaliavirtojen ympäristövaikutuksia. Toimenpide-esitys konkretisoitui Ympäristöklusterin tutkimusohjelman ”Suomen kansantalouden materiaaliavirtojen ympäristövaikutukset (ENVIMAT)” – hankkeena, jonka keskeiset tulokset julkaistaan tässä raportissa.

Hanketta varten perustettiin johtoryhmä, jonka puheenjohtajana ja hankkeen valvojana toimi ylitarkastaja Merja Saarnilehto (Ympäristöministeriö). Jäseniksi kutsuttiin toimitusjohtaja Sirpa Smolsky (Metallinjalostajat ry), Hannu Ilvesniemi (METLA), Aimo Kastinen (Kemianteollisuus ry), Sirpa Kurppa (MTT), Juha Kämäri (SYKE), Anders Portin (Metsäteollisuus ry), Jouko Rämö (Pohjolan Voima Oy), Mervi Salminen (TEM) ja Tuula Säämänen (Tiehallinto). Lisäksi johtoryhmän työskentelyyn osallistui Antti Otsamo Metsäteollisuus ry:stä.

Hanke toteutettiin Suomen ympäristökeskuksen, Oulun yliopiston Thule-instituutin ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) yhteistyönä. Projektiryhmään kuuluivat Suomen ympäristökeskuksesta Jyri Seppälä (hankkeen vastuullinen johtaja), Sirkka Koskela (koordinaattori), Tuomas Mattila, Ari Nissinen, Marja-Riitta Korhonen ja Tuuli Myllymaa, Thule-instituutista Ilmo Mäenpää ja Tiina Härmä sekä MTT:stä Juha-Matti Katajajuuri, Merja Saarinen ja Yrjö Virtanen. Rakentamisen materiaaliavirtoja koskevaan osakokonaisuuteen osallistui raportin tekijöiden lisäksi VTT:n johtava tutkija Tarja Häkkinen.

Hanke oli haastava niin tekijöille kuin johtoryhmällekkin. Kiitämme johtoryhmän jäseniä kärsivällisyydestä ja arvokkaasta palautteesta. Erityiset kiitokset ansaitsevat Merja Saarnilehto ja Sirpa Smolsky, joiden mielipiteet vaikuttivat merkittäväällä tavalla työn tulosten ymmärrettävyyteen. Lisäksi kiitämme Pia Voutilaista (SCDA, Scandinavian Copper Development Association), Metallinjalostajat ry:tä, Metsäteollisuus ry:tä ja Elintarviketeollisuuden alku/maataloustuotannon edustajia, joille olemme voineet esitellä alustavia tuloksia ja saaneet arvokasta palautetta.

Helsingissä 12.3.2009

Hankkeen tekijät



## SISÄLLYS

<b>Esipuhe</b> .....	3
<b>Keskeiset käsitteet</b> .....	7
<b>1 Johdanto</b> .....	9
<b>2 ENVIMAT-mallin kuvaus</b> .....	11
2.1 Peruseriaatteet .....	11
2.2 Kansantalouden panos-tuotostaulukot .....	13
2.3 Mallin luonnonvara- ja ympäristökuormitustiedot .....	15
2.4 Ympäristövaikutusten arviointi .....	18
2.5 Tulosten tulkinnasta, epävarmuuksista ja herkkyydestä .....	20
<b>3 Materiaalivirrat ja energian käyttö</b> .....	21
3.1 Materiaalien käyttö .....	21
3.2 Kotimainen energian käyttö .....	25
<b>4 Kokonaiskuva Suomen kansantalouden ympäristövaikutuksista</b> .....	30
4.1 Kotimaan toimintojen ympäristövaikutukset .....	30
4.2 Tuonti ja sen merkitys kansantalouden ympäristövaikutuksissa .....	34
4.3 Kotimaan loppukäytön ja viennin ympäristövaikutukset tuoteryhmittäin .....	38
4.4 Suomen talouden ympäristövaikutustaseet ja tulosten luotettavuudesta .....	46
<b>5 Kotitalouksien kulutuksen ympäristö- ja muut vaikutukset</b> .....	50
5.1 Kotitalouksien kulutuksen käsite ja luokittelu .....	50
5.2 Kotitalouksien kulutusmenot ja todellinen yksilöllinen kulutus .....	51
5.3 Kulutuksen ympäristö- ja muut vaikutukset hyödykkeiden pääryhmittäin .....	52
5.4 Kulutuksen ympäristövaikutukset pääluokittelua tarkemmalla tasolla .....	53
5.5 Tarveperusteinen kulutus .....	54
5.6 Vaikutusintensiteetit eli vaikutukset suhteutettuna kulutuksen arvoon .....	57
<b>6 Materiaalivirtojen ja ympäristövaikutusten välinen yhteys</b> .....	60
<b>7 Tulosten kansainvälistä vertailua</b> .....	63
7.1 Luonnonvarojen käytön indikaattorit .....	64
7.2 Toimialojen ja tuotteiden ympäristövaikutukset .....	67
7.3 Kotitalouksien kulutuksen ympäristövaikutukset .....	68
<b>8 ENVIMAT-mallin erityissovelluksia</b> .....	70
8.1 Ympäristövaikutusten, arvonlisäyksen ja työllisyyden samanaikainen käsittely .....	70
8.2 Hiilijalanjälkien laskenta ja hybridi-IO-mallinnus .....	72
8.3 Ympäristövaikutusten kumuloituminen tuoteketjuissa .....	75

8.4	Palveluiden ja tavaroiden ympäristövaikutusten vertailu .....	76
8.5	Kansantalouden avainsektoreiden ympäristövaikutusten tarkastelu .....	79
8.6	Suomen kansantalouden ympäristövaikutusten herkkyys erilaisille muutostekijöille .....	82
<b>9</b>	<b>ENVIMAT-mallin kehittämistarpeet.....</b>	<b>84</b>
<b>10</b>	<b>Työn keskeiset johtopäätökset .....</b>	<b>86</b>
	<b>Liitteet.....</b>	<b>94</b>
	LIITE 1. ENVIMAT-mallin tulostustasot .....	94
	LIITE 2. Tuontituotteiden tietolähteiden vertailu ja tuonnin kuljetusten arviointi .....	98
	LIITE 3. Ympäristövaikutusarviointimenetelmät.....	101
	LIITE 4. Suomen kansantalouden ympäristövaikutusten laskentaan liittyvää herkkyys- ja epävarmuustarkastelua .....	106
	LIITE 5. Todelliset yksilölliset kulutusmenot, ilmastovaikutukset (KHK), energiankulutus, muut ympäristövaikutukset (ekoindeksi) ja luonnonvarojen kokonaiskäyttö (TMR) vuosina 2002 ja 2005 .....	119
	LIITE 6. Elinkaariset ilmastovaikutukset lopputuoteryhmittäin vuonna 2005 .....	122
	LIITE 7. Luonnonvarojen kokonaiskäyttö sekä elinkaariset ilmasto- vaikutukset ja muut ympäristövaikutukset tuoteryhmittäin per euro perushintaan vuonna 2005 .....	126
	LIITE 8. Elinkaariset ilmastovaikutukset, energiankulutus, muut ympäristövaikutukset ja luonnonvarojen kokonaiskäyttö hyödykeryhmittäin per euro ostajahintaan .....	130
	<b>Kuvilulehdet .....</b>	<b>132</b>



## Keskeiset käsitteet

<b>Avaintoimiala</b>	Toimiala on avainsektori, jos sen kysynnän kasvu aiheuttaa keskimääräistä suurempaa kysynnän kasvua muilla toimialoilla ja jos kysynnän kasvu muilla toimialoilla johtaa sen oman tuotannon kasvuun.
<b>COICOP</b>	Yksilöllisen kulutuksen käyttötarkoituksen mukainen luokitus, Classification of Individual Consumption by Purpose.
<b>DMC</b>	Suora materiaallinen kulutus (Direct Material Consumption). Talouden suora materiaaalipanous (DMI) vähennettynä viennin materiaaalimäärällä.
<b>DMI</b>	Suora materiaaalipanous (Direct Material Input). Talouden käyttöön kotimaan luonnosta otetut materiaalit sekä tuontina ulkomailta tulevat materiaalliset tuotteet.
<b>Ekoindeksi</b>	Kokonaisympäristövaikutuksia kuvaava luku, jossa eri ympäristövaikutusluokkien indikaattoritulokset on yhdistetty subjektiivisten painokertoimien avulla. Vuoden 2002 kotimaan toimialojen yhteenlaskettu ekoindeksien pistemäärä on skaalattu 100:ksi sekä ReCiPe+ - että Kotimaa-mallissa.
<b>Investoinnit</b>	Kiinteän pääoman bruttomuodostus (mm. rakentaminen) ja varastojen muutokset.
<b>IO-malli</b>	Panos-tuotosmalli (Input-Output Model)
<b>Julkinen kulutus</b>	Julkisiin kulutusmenoihin kirjataan julkisyhteisöjen (valtion, kuntien, kuntayhtymien ja sosiaaliturvarahastojen) menot tavaroiden ja palveluiden tuottamisesta. Julkiset kulutusmenot jaetaan edelleen yksilöllisiin eli kotitalouksia palveleviin kulutusmenoihin ja kollektiivisiin eli yhteiskunnan infrastruktuuria ylläpitäviin kulutusmenoihin.
<b>Karakterisointikerroin</b>	Vaikutusarviointimallissa käytetty kerroin, jolla voidaan muuttaa tietyn ympäristövaikutusluokan seurauksia aiheuttavat ympäristökuormituskijät toisiinsa nähden yhteismitalliseksi.
<b>Kulutus</b>	Julkinen ja yksilöllinen kulutus yhteensä.
<b>Kotimaan loppukäyttö</b>	Kotimaan kysynnän synnyttämä tuote- ja palvelutoiminta, joka kohdistuu kotimaan kulutuksen ja investointien tarpeeseen. Kotimainen loppukäyttö eritellään tässä työssä lopputuotteiden avulla.
<b>Kotitalouksien suorat</b>	Kotitalouksien oma energiankulutus ja omassa toiminnassa syntyvät päästöt, esimerkiksi omakotitalojen lämmityksen, henkilöautojen, huviveneiden ja pienkoneiden käytön energiankulutus ja päästöt.
<b>Kotimaan toiminnot</b>	Pitää sisällään tuotannon ja kotitalouksien suorat vaikutukset.
<b>Lopputuote</b>	Tuote, joka menee kotimaan loppukäyttöön tai vientiin. Välituotekäytön vaikutukset näkyvät lopputuotteissa.
<b>MIOT</b>	Kansantalouden monetaariset (rahamääräiset) panos-tuotostaulukot, Monetary Input-Output Tables
<b>Piilovirrat</b>	Materiaalivirrat, jotka taloudellinen toiminta on aiheuttanut, mutta jotka eivät näy toiminnassa itsessään. Piilovirtoja ovat kotimaisessa luonnonvarojen käyttöönotossa muunnetut ja siirretyt luonnonainekset (esim. kaivostoiminnan sivukivi, metsätalouden hakkuutähteet), jotka jäävät käyttämättä, sekä tuontituotteiden valmistuksessa ulkomailla käytetyt materiaalit, jotka eivät sisälly itse tuontituotteiden massaan. HF (Hidden Flows).
<b>PIOT</b>	Kansantalouden fyysiset (massamääräinen) panos-tuotostaulukot, Physical Input-Output Tables.
<b>Päästöintensiteetti</b>	Tuotteen tai palvelun elinkaarinen päästö rahayksikköä kohti
<b>TMC</b>	Luonnonvarojen kokonaiskulutus (Total Material Consumption), kotimaan loppukäyttöön – kulutukseen ja investointeihin – sisältyvä luonnonvarojen kokonaiskäyttö. Saadaan myös vähentämällä luonnonvarojen kokonaiskäytöstä TMR vientiin menevien tuotteiden luonnonvarojen käyttö.

<b>TMR</b>	Luonnonvarojen kokonaiskäyttö (Total Material Requirement), suorien materiaalipanosten (DMI) ja niihin liittyvien piilovirtojen (HF) summa.
<b>Todellinen yksilöllinen kulutus</b>	Kotitalouksien kuluttamat tavarat ja palvelut. Sisältää kotitalouksien kulumenojen lisäksi voittoa tavoittelemattomien yhteisöjen ja julkisyhteisöjen kustantamat kotitalouksille suunnatut tavarat ja palvelut.
<b>TOL 2002</b>	Tuotannon toimialaluokitus.
<b>Tuote</b>	Kaikki toimialan tuottamat tuotteet, joilla on taloudellista arvoa. Yksi toimiala tuottaa useita tuotteita, jotka voivat olla aineellisia tai aineettomia sekä tavaroita tai palveluita.
<b>Yksityinen kulutus</b>	Kotitalouksien ja voittoa tavoittelemattomien yhteisöjen ja julkisyhteisöjen kustantamat kotitalouksille suunnatut tavarat ja palvelut.
<b>Ympäristökuormitustekijä</b>	Päästö, maankäyttö tai luonnonvarojen otto.
<b>Ympäristölaajennettu panos-tuotomalli</b>	Panostuotomalli, jossa on mukana ympäristövaikutukset. EE-IO, (Environmentally Extended Input-Output Model).
<b>Ympäristövaikutus</b>	Ympäristöön kohdistuva haitallinen vaikutus, jonka ympäristökuormitustekijä aiheuttaa.
<b>Ympäristövaikutusluokka</b>	Vaikutusluokat kuvaavat erikseen sovittuja ympäristöongelmakokonaisuuksia (esim. ilmastonmuutos, happamoituminen, yläilmakehän otsonin tuhoutuminen, alailmakehän otsonin muodostuminen, vesistöjen rehevöityminen jne.).
<b>Vaikutusluokka-indikaattoriarvo</b>	Ympäristövaikutusarvioinnissa eri vaikutusluokkien vaikutuksia kuvaavan indikaattorin numeerinen arvo.
<b>Välituote</b>	Tuote, joka menee muiden toimialojen tuotteiden valmistukseen.

# 1 Johdanto

Euroopan ympäristöviraston (EEA 2003) tilastojen perusteella Suomen luonnonvarojen kulutus henkeä kohti on korkein EU-maista, vaikka Suomessa vientiin tuotetut tuotteet jätetään tarkastelun ulkopuolelle. Tulos on havahduttanut ympäristöväen ja poliittiset päättäjät, koska luonnonvarojen käyttöä kuvaavien indikaattorien (esim. luonnonvarojen kokonaiskäyttö TMR, Total Material Requirement) on ajateltu ilmentävän karkeasti taloutemme aiheuttamia ympäristövaikutuksia.

Materiaalivirtojen käsittelyyn liittyy monenlaisia prosessointivaiheita, jotka aiheuttavat erilaisia ympäristövaikutuksia. Toisaalta luonnonvarat vaihtelevat luonteeltaan tulevien sukupolvien hyödyntämismahdollisuuksien näkökulmasta. Toiset ovat uusiutuvia (esim. puu) ja toiset uusiutumattomia (mineraalit, fossiiliset polttoaineet). Materiaalivirtoihin liittyy siis ympäristönäkökohtia, joiden perusteella aineiden tonnimäärät eivät ole samanarvoisia. Kestävän kehityksen kannalta olisi tärkeää tunnistaa ne materiaalivirrat, jotka rasittavat ympäristöä eniten tai ylittävät luonnon kantokyvyn. Toimenpiteet tulisi kohdentaa ensisijaisesti tällaisten materiaalivirtojen ympäristövaikutusten vähentämiseen.

Suomen vientiteollisuus on materiaali- ja energiaintensiivistä. Sen vaikutukset eivät rajoitu kotimaahan, vaan ne näkyvät myös ulkomailla muun muassa raaka-aineiden hankinta-alueilla (esim. kaivostoiminta Etelä-Amerikassa). Vientiteollisuutemme vahvuus globaalissa maailmassa perustuu siihen, että pystymme tekemään samat tuotteet pienemmällä materiaalipanoksella ja luontoa vähemmän kuormittaen kuin ulkomaiset kilpailijamme tuotteiden koko elinkaari huomioon ottaen. Lisäksi tuotannon globaalissa sijoittamisessa on otettava huomioon luonnon kantokyky, jota tuotteiden ympäristöhaitat eivät saisi ylittää. Keskustelun suuntaaminen tuotteiden ja palveluiden ympäristövaikutusten hallintaan mahdollistaa ekotehokkuuden arvioinnin kattavammin kuin jos huomio kiinnitetään vain materiaalimääriin. Tämä on myös Suomen etu, sillä ympäristösuojelun investoinnit ovat asukasta kohden maailman kärkeä (Naumanen 2005) eli Suomessa päästöjen hallinnan taso on korkea. Vientiteollisuutemme ekotehostumisen lisäksi tavoitteena tulee olla Suomen kulutuksen aiheuttamien materiaalivirtojen ympäristövaikutusten vähentäminen.

Edellä mainitut näkökulmat olivat vahvasti esillä, kun Suomen kestävän kulutuksen ja tuotannon toimikunta (KULTU) laati ehdotuksensa kestävän tuotannon ja kulutuksen edistämiseksi (KULTU 2005). Toimikunta esitti 73 eri toimenpideehdotusta, joissa keskitytään löytämään ratkaisuja niille toimialueille, joilla on eniten vaikutuksia yhteiskunnan ekotehokkuuteen eli siihen, miten hyvinvointia tuotetaan entistä vähemmällä ympäristökuormalla. Yhtenä merkittävänä toimenpideehdotuksena kirjattiin tutkimushanke, jossa selvitetään kulutuksen ja tuotannon materiaalivirtojen haitallisia ympäristövaikutuksia. Toimenpide-esitys konkretisoitui Ympäristöklusterin tutkimusohjelman ”Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutukset (ENVIMAT)” – hankkeena, jonka keskeiset tulokset esitetään tässä raportissa. Hankkeen yksityiskohtaisempi tieteellinen perusta tullaan raportoidaan kansainvälisinä julkaisuin, joiden sisältö ja julkaisutilanne on löydettävissä hankkeen [www-sivuilta \(www.ymparisto.fi/syke/envimat\)](http://www.ymparisto.fi/syke/envimat).

ENVIMAT-hankkeen tavoitteena on ollut selvittää suomalaisen tuotannon ja kulutuksen elinkaariaikaiset ympäristövaikutukset toimialoittain ja tuoteryhmittäin. Työssä on otettu huomioon kotimaisen kuormituksen lisäksi myös tuonnin välityksellä aiheutuvat ympäristövaikutukset Suomen rajojen ulkopuolella. Elinkaariset vaikutukset on kohdennettu sekä kotimaan kulutukseen että vientiin. Tarkoituksena on ollut luoda todellinen kuva kotimaan kulutuksen ja investointien aiheuttamista vaikutuksista ja siitä tuotannon osuudesta, mikä menee vientiin muiden käytettäväksi.

Työn tavoitteena on ollut luoda työväline, jolla voidaan arvioida Suomen kansantalouden aiheuttamien ympäristövaikutusten ja taloudellisten vaikutusten välisiä suhteita. Tässä hankkeessa on keskitytty tietoisesti ympäristövaikutuksiin, vaikka ENVIMAT-malli pystyy käsittelemään myös eri toimialojen sekä niiden tuotteiden ja palveluiden arvonlisäys- ja työllisyysvaikutuksia. Erityisenä tavoitteena on ollut selvittää materiaalivirta-arvioihin perustuvien tunnuslukujen (esim. luonnonvarojen kokonaiskäyttö, TMR) käyttökelpoisuutta ympäristövaikutusten kuvaamisessa. Työn tarkoituksena on ollut tuottaa aineistoa ympäristöpoliittiseen päätöksentekoon pyrittäessä vähentämään Suomen materiaalivirtojen ympäristövaikutuksia sekä kehittämään suomalaista yhteiskuntaa kestävämpään suuntaan. Tavoitteena on ollut, että ENVIMAT- mallia voidaan kehittää ja ylläpitää jatkossakin ja että sen avulla voidaan tuottaa helposti uutta tietoa päätöksenteon tueksi tulevaisuudessa.

## 2 ENVIMAT-mallin kuvaus

### 2.1

#### Peruseriaatteet

ENVIMAT-mallin lähtökohtana on kansantalouden yleinen tilipito käyttö- ja tarjontataulukoinen. Sen pohjalta tehtyyn tuotevirtojen panos-tuotosanalyysiin yhdistettiin tuotteiden elinkaariarvioinnin tekniikka ja tietopankit. Työssä kehitetyllä ns. ympäristölaajennetulla panos-tuotosmallilla (EE-IO, Environmentally Extended Input-Output Model) pystytään arvioimaan Suomen luonnosta otettujen ja Suomeen tuotujen materiaalien käsittelystä aiheutuvat ympäristövaikutukset. Mallissa ei kuitenkaan tarkastella Suomen vientituotteiden ympäristövaikutuksia ulkomailla.

ENVIMAT-malli perustuu samankaltaiseen metodologiaan, jota on käytetty muun muassa EU-komission teettämässä ns. EIPRO-selvityksessä (IPPTS 2005). Siinä tuotteiden ympäristövaikutukset analysoitiin 25 EU-maan kulutuksen perusteella. Tässä työssä tuloksena on ollut EIPRO:ssa käytetyn mallin kehittyneempi versio, joka kykenee kuvaamaan yhden maan, Suomen, käyttämien materiaalivirtojen ympäristövaikutuksia kattavasti sekä tuotannon että kulutuksen näkökulmasta. Menetelmäkehitystyön lähtökohtana ovat olleet Oulun yliopiston Thule-instituutissa tehty kansantalouden ainevirtatilinpidon fyysismittaiset tarjonta-, käyttö- ja panos-tuotostaulukot kansantalouden tilinpidon toimiala- ja tuoteluokituksin (Mäenpää 2005). Ainevirtatilinpidon taulukoissa tavaravirrat mitataan tonneina. Talouden sisäisten tuotevirtojen lisäksi ainevirtatilinpidon taulukot sisältävät ainevirrat luonnosta talouteen ja taloudesta takaisin luontoon.

ENVIMAT-hankkeessa kansantalouden tuotevirtojen aineistona on käytetty vuosien 2002 ja 2005 tilastotietoja. Kansantalouden toimialojen välisten, toimialoilta loppukäyttöön (yksityiseen ja julkiseen kulutukseen, investointeihin ja vientiin) menevien sekä tuontituotteiden käytön rahassa mitattujen tuotevirtojen systemaattinen kuvaus sisältyy Tilastokeskuksen kansantalouden tilinpidon tarjonta-, käyttö- ja panos-tuotostaulukoihin, jotka nykyisin tehdään vuosittain. ENVIMAT-mallin lähtökohtana on ollut 151 toimialan panos-tuotostaulukko, jossa on taustalla 918 kotimaista tuotetta tai palvelua ja 722 tuontituotetta tai -palvelua käsittävä kokonaisuus. Liitteessä 1 on listattu kaikki 151 toimialaa ja niiden ryhmittelyt 15 tai 31 toimialan jakoihin, joita käytetään tulosten esittelyssä.

Kansantalouden ja ainevirtatilinpidon taulukoihin on lisätty toimialojen aiheuttamat päästöt ja muut ympäristökuormitustekijät. Mallissa muodostetaan siis kotimaisen suorien ympäristökuormitusten toimialoittainen matriisi (toimialat sarakkeina, ympäristökuormitukset riveinä). Tuonnille on arvioitu oma tuotekohtainen ympäristökuormitusmatriisi.

Kun kotimaisen tuotannon ja tuonnin ympäristökuormitusmatriisit yhdistetään panos-tuotosmalliin, voidaan yksinkertaisella käänteismatriisioperaatiolla laskea kunkin toimialan lopputuotekohtainen kokonaiskuormitus kuormituslajeittain kotimaan ja ulkomaiden osalta erikseen. Tuloksena on toimialojen lopputuotteiden elinkaariset ympäristökuormitustiedot. *Lopputuotteella* tarkoitetaan tässä yhteydessä

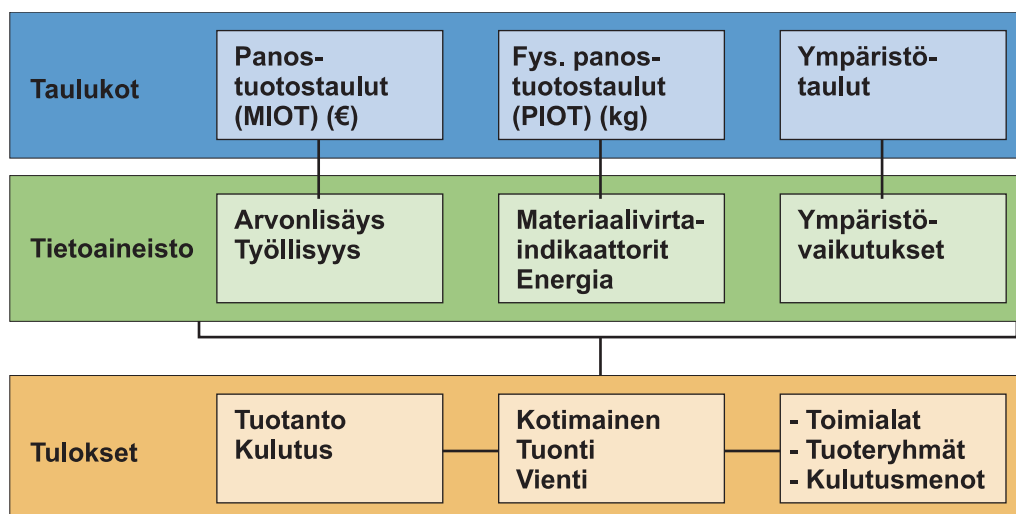
tuotetta, joka menee kotimaiseen loppukäyttöön tai vientiin ja jonka ympäristövaikutuksissa kaikki valmistuksen elinkaariset vaikutukset on otettu huomioon. *Välituotteella* tarkoitetaan tuotetta, joka menee muiden toimialojen lopputuotteiden valmistukseen. Käytännössä toimialat tuottavat sekä lopputuotteita kulutukseen tai vientiin että välituotteita toisille toimialoille. Tietyin toimialan lopputuotteiden vaikutuksissa eivät siis näy toimialan koko tuotanto, koska niiden muille toimialoille toimittamien välituotteiden valmistuksen ympäristövaikutukset siirtyvät näiden toimialojen tuottamille tuotteille. (ks. asiaa on käsitelty tarkemmin kohdassa 8.1). Esimerkkinä voidaan mainita metallienjalostustoimiala. Kaikkien niiden jalostustuotteiden ympäristövaikutukset, jotka myydään esimerkiksi sähkötekniselle toimialalle koneiden valmistukseen, siirtyvät sähkötekniikan laitteiden valmistuksen vaikutuksiksi eivätkä näy metallienjalostustoimialan vaikutuksina, kun tuloksia esitetään lopputuotteittain.

Malli muodostuu siis seuraavista osakokonaisuuksista (Kuva 1):

- Kansantalouden tilinpidon tarjonta-, käyttö- ja panos-tuotostaulukot (MIOT)
- Kansantalouden ainevirtatilinpidon fyysismittaiset tarjonta-, käyttö- ja panos-tuotostaulukot (PIOT)
- Kotimaan toimialojen ympäristökuormitustaulukko
- Tuonnin ympäristökuormitustaulukko
- Ympäristövaikutusten arvioinnin vaikutuskerrointaulukko
- Tulostustaulut

MIOT:in avulla voidaan tulostaa toimialojen ja niiden tuotteiden kotimaiset työllisyys- ja arvonlisäysvaikutukset. PIOT puolestaan tuottaa materiaalivirtaindikaattorituloksia, joita ovat luonnonvarojen kokonaiskäyttö (TMR), suora materiaalipanoks (DMI), kotimaan materiaalikulutus (DMC) ja materiaalien kokonaiskulutus (TMC). TMR pitää sisällään suorien materiaalipanoksien lisäksi ns. piilovirrat, jotka eivät tule taloudellisen toiminnan piiriin (esim. sivukivi kaivostoiminnassa, hakkuutähteet metsän hakkuissa).

Päästöistä ja muista kuormitustekijöistä aiheutuvat ympäristövaikutukset arvioidaan elinkaariarvioinnin yhteydessä sovellettavalla vaikutusarviointimenetelmällä. Arviointia varten on muodostettu ns. vaikutuskerrointaulukko. Laskentaoperaatioiden tuloksena saadaan ympäristövaikutusluokkien indikaattoriarvot. *Ympäristövaikutusluokat* kuvaavat erikseen sovittuja ympäristöongelmakokonaisuuksia (esim. ilmastonmuutos, happamoituminen, yläilmakehän otsonin tuhoutuminen, alailmakehän otsonin muodostuminen, vesistöjen rehevöityminen jne.). Lisäksi laskentaa



**Kuva 1.** ENVIMAT-mallin indikaattorit ja niiden laskemisen lähtötaulukot sekä tulosten analysointimahdollisuudet.

on kehitetty siten, että tulokseksi voidaan halutessa saada ilmasto- ja ympäristövaikutus- tulokset ja muista vaikutuksista koottu kokonaisvaikutusarvot (*ekoindeksi*), jossa eri vaikutusluokkien tulokset on yhdistetty yhdeksi numeroarvoksi.

Kaikkien kolmen vaikutusluokituksen – ympäristö, talous ja työllisyys - osalta voidaan laskea tulokset tuotanto- tai kulutuslähtöisesti. Suomen lopputuotekäytön vaikutukset voidaan eritellä:

- kotitalouksien kulutukseen,
- julkiseen kulutukseen: yksilölliseen ja kollektiiviseen,
- todelliseen yksilölliseen kulutukseen (sisältää voittoja tavoittelemattomien yhteisöjen kulutuksen),
- kiinteän pääomanmuodostukseen eli investointeihin
- sekä vientiin.

Kulutus ja investoinnit yhdessä antavat tuloksena *kotimaisen loppukäytön* ympäristö-, arvonlisäys- ja työllisyysvaikutukset. Ympäristövaikutusten osalta tulokset on saatavissa siten, että ulkomaan toimintojen elinkaari-vaikutukset ovat laskelmissa mukana. Arvonlisäys- ja työllisyysvaikutukset saadaan vain kotimaan näkökulmasta.

*Kansantalouden tilinpidossa* julkisiin kulutusmenoihin kirjataan julkisyhteisöjen (valtion, kuntien, kuntayhtymien ja sosiaaliturvarahastojen) menot tavaroiden ja palveluiden tuottamisesta. Julkiset kulutusmenot jaetaan edelleen yksilöllisiin eli kotitalouksia palveleviin kulutusmenoihin ja kollektiivisiin eli yhteiskunnan infrastruktuuria ylläpitäviin kulutusmenoihin. *Todellinen yksilöllinen kulutus* sisältää kotitalouksien kulutusmenojen lisäksi voittoa tavoittelemattomien yhteisöjen ja julkisyhteisöjen kustantamat kotitalouksille suunnatut tavarat ja palvelut. Yksityisellä kulutuksella tarkoitetaan kotitalouksien ja voittoa tavoittelemattomien yhteisöjen kulutusta.

## 2.2

### Kansantalouden panos-tuotostaulukot

Suomen kansantalouden monetaariset panos-tuotostaulukot perustuvat Tilastokeskuksen yksityiskohtaisiin tarjonta- ja käyttötaulukoihin vuosilta 2002 ja 2005. Tilastokeskuksen tarjonta- ja käyttötaulukoihin on 178 toimialaa ja 918 tuoteryhmää. Toimialaluokitus perustuu TOL 2002 luokitukseen ja tuoteluokitus CPA2002 luokitukseen, jossa tuotteet on luokiteltu päätuottajatoimialan mukaan.

Tarjonta- ja käyttötaulukoihin tuotteet ovat riveillä ja toimialat sarakkeilla. *Tarjonta-taulukko* kuvaa, kuinka paljon eri tuotteita kukin toimiala on tuottanut ja lisäksi tuonin sarakkeella, kuinka paljon kutakin tuotetta on tuotu ulkomailta. *Käyttötaulukko* kertoo, kuinka paljon kukin toimiala on käyttänyt eri tuotteita panoksinaan. Lisäksi käyttötaulukossa on tuotteiden loppukäytön sarakkeet, eli kotitalouksien, voittoa tavoittelemattomien yhteisöjen ja julkisyhteisöjen kulutusmenot, kiinteän pääoman bruttomuodostus, varastojen muutokset sekä vienti tuotteittain. Tuontituotteille on erillinen käyttötaulukonsa.

ENVIMAT-mallissa yhdistettiin useita palvelutoimialoja, joilla ei ole erityisiä ympäristövaikutuksia. Toisaalta eräitä toimialoja myös jaettiin ympäristövaikutuslaskennan tarkentamiseksi. Taulukossa 1 on esitetty tarkennetut toimialajaot.

Kasvinviljely ja kotieläintalous erotettiin, jotta mallilla voidaan laskea kasviperäisten ja eläinperäisten elintarvikkeiden ympäristövaikutuserot. Lannoitetuotanto erotettiin muusta peruskemikaalien valmistuksesta maataloustuotannon elinkaarien vaikutuslaskelmien tarkentamiseksi. Matkatoimistot erotettiin muusta liikennettä palvelevasta toiminnasta, koska matkatoimistojen panoksina ovat mm. valmismatkoihin sisältyvät tilauslennot. Muuhun liikennettä palvelemaan toimintaan jää lähinnä satamien ja lentokenttien yleinen toiminta. Ympäristönhuollossa Viemäri- ja jäteve-

**Taulukko I.** ENVIMAT-malliin tehdyt toimialajaon tarkennukset

Tilastokeskuksen toimialat		ENVIMAT toimialat	
013	Yhdistetty kasvinviljely ja kotieläintalous	0111	Kasvinviljely
241	Peruskemikaalien valmistus	0121	Varsinainen kotieläintalous
639	Muu liikennettä palveleva toiminta	241	Peruskemikaalien valmistus (paitsi 2415)
90	Ympäristöhuolto	2415	Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus
		633	Matkatoimistot ja muu matkailua palveleva toiminta
		639	Muu liikennettä palveleva toiminta
		9001	Viemäri- ja jätevesihuolto
		9002	Jätehuolto ja muu ympäristön hoito

sihuolto sisältää yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot, Jätehuolto sen sijaan sisältää yhdyskuntien kaatopaikat.

Yhdistelyjen ja erottelujen jälkeen ENVIMAT -mallissa on 151 toimialaa vuonna 2002 ja 150 toimialaa vuonna 2005, koska tupakkatuotteiden valmistus loppui Suomessa tällä välillä. ENVIMATin lopullinen toimialaluokitus käy ilmi liitteessä 1.

Käyttötaulukossa kotitalouksien tuotekohtaisiin kulutusmenoihin sisältyy myös ulkomaalaisten kulutusmenot Suomessa. Ne vähennetään taulukon alaosassa könttäsuumana kulutusmenoista. Samoin taulukon alaosassa lisätään könttäsuumana Suomalaisten kotitalouksien kulutusmenot ulkomailla. ENVIMAT -mallia varten Tilastokeskuksen matkailutilinpidosta (Tilastokeskus 2008a) saatiin ulkomaalaisten kulutusmenot Suomessa tuotteittain. Suomalaisten kotitalouksien matkailumenot ulkomailla jaettiin tuotekohtaisiksi menoiksi käyttäen ulkomaalaisten kulutusmenojen rakennetta hieman muunnettuna. Tuotekohtaiset ulkomaalaisten matkailumenot siirrettiin kotitalouksien kulutusmenoista vienniksi. Suomalaisten matkailumenot ulkomailla lisättiin kotitalouksien tuotekohtaisiin tuontikulutusmenoihin sekä myös tarjontataulukon tuontiin.

Kulutuksen laskennan laajentamiseksi julkisyhteisöjen kulutusmenojen sarake jaettiin yksilöllisiin – eli kotitalouksia palveleviin – ja kollektiivisiin kulutusmenoihin. Näin malliin voitiin koota kotitalouksien, voittoa tavoittelemattomien yhteisöjen ja julkisyhteisöjen yksilöllisistä kulutusmenoista kotitalouksien laajennettu kulutuska-site, todellinen yksilöllinen kulutus.

Muunnetuista tarjonta- ja käyttötaulukoista muodostettiin kotimaisten tuotteiden symmetrinen toimiala\*toimiala panos-tuotostaulukko käyttäen tuotekohtaisten vaki-omarkkinaosuusien oletusta (Model D teoksessa European Commission, Eurostat 2008, s. 349).

Kotimaisten tuotteiden panos-tuotostaulukosta muodostetaan edelleen toimialojen välituotekäytön panoskerroinmatriisi A, jonka sarakkeilla näkyy, kuinka paljon kukin toimiala on käyttänyt toisten toimialojen tuotteita välituotteenaan yhden euron tuotosyksikön valmistusta kohti. Ns. Leontiefin kääntematriisi  $(I-A)^{-1}$  on ENVIMAT-mallin keskeinen osa tuotteiden elinkaarien kokonaisvaikutusten laskennassa. Kääntematriisin kukin sarake kertoo, kuinka paljon vastaavan toimialan tuotosyksikön valmistamiseen on kulunut välittömästi ja välillisesti kotimaisten toimialojen tuotteita.

ENVIMAT-mallin tuonnin käyttömatriisissa on säilytetty yksityiskohtainen tuoteluokitus, joka on mahdollistanut kansainvälisten LCA-tietopankkien tuotekohtaisten tietojen suoraviivaisen liittämisen malliin. Koska kuitenkin kaikille tuotteille, erityisesti palveluille, ei ole tuontia, tuontimatriisissa tuontituotteiden lukumäärä on 722 kappaletta. Noin 30 % tuontituotteiden arvosta päättyy suoraan loppukäyttöön ja 70 % menee kotimaan toimialojen tuotannon raaka-aineiksi. Toimialojen välituotekäyttöön menevistä tuontituotteista muodostetaan tuontituote\*toimiala tuonnin panoskerroinmatriisi M. Silloin matriisin  $M(I-A)^{-1}$  sarakkeet ilmaisevat, kuinka paljon



kunkin kotimaisen toimialan tuotosyksikköön on kulunut välittömästi tai välillisesti eri tuontituotteita.

Tarjonta-, käyttö- ja panos-tuotostaulukoiden käsitteet, luokitukset ja laadintamenetelmät on yhtenäistetty EU-maissa ja esitetty seikkaperäisessä käsikirjassa (European Commission, Eurostat 2008). Käsikirjassa on esitetty myös panos-tuotostaulukon erilaisia soveltamistapoja. Panos-tuotostaulukon ja sen käytöstä on tehty lukuisia oppikirjoja, joista yksi tuoreimmista on Ten Raan The Economics of Input-Output Analysis vuodelta 2006.

2.3

## Mallin luonnonvara- ja ympäristökuormitustiedot

### *Materiaalivirrat*

ENVIMAT-mallin materiaalivirtatiedot noudattavat materiaalivirtatilinpidossa käytettyjä käsitteitä ja mittauksia (European Commission & Eurostat 2001, OECD 2008, Mäenpää ym. 2000, Mäenpää 2005).

Talouden aiheuttamat materiaalivirrat koostuvat kotimaan luonnosta otetuista materiaalmääristä ja tuontituotteiden valmistuksessa ulkomailla käytetyistä materiaalmääristä. Materiaalivirrat jaetaan tilinpidossa kahteen ryhmään: suorat materiaalipanokset (DMI) ja piilovirrat (HF).

Suorat materiaalipanokset ovat materiaalmääriä, jotka varsinaisesti otetaan talouden käyttöön. Niitä ovat kotimaan luonnosta saatavat maatalouden kasvituotteet, kalastuksessa ja metsästyksessä pyydytetyt luonnonkalat ja riista, puu, nostettu turve, metallimalmit, muiden mineraalien hyötykivi, sora ja murske sekä rakentamisen muu maa-aines. Piilovirtoja ovat luonnonaineet, joita suorien panosten käyttöönoton yhteydessä siirretään ja muunnetaan, mutta jotka eivät kuitenkaan tule talouden käyttöön. Piilovirtoja ovat maatalousmaan eroosio, metsätalouden käyttämättä jäävät hakkuutähteet, mineraalien kaivun poistomaa ja sivukivi sekä rakennustoiminnan kaivamat, käyttämättä jäävät maa-ainekset.

Tuonnin suorat materiaalipanokset ovat tuontituotteiden materiaalmäärinä talouden käyttöön ulkomailta tulevat tavarat ja suomalaisten toimijoiden ulkomailla kuluttamat tavarat. Tuontituotteiden piilovirrat sisältävät kaikki ne luonnonaineet, jotka ulkomailla on käytetty tuontituotteiden valmistukseen, mutta jotka eivät sisälly itse tuontituotteiden omaan massaansa. Suorien materiaalipanosten ja piilovirtojen summaa kutsutaan talouden luonnonvarojen kokonaiskäytöksi (TMR, Total Material Requirement).

ENVIMAT-mallissa käytetty materiaalivirtojen lähtöaineisto on otettu Oulun yliopiston Thule-instituutissa ylläpidetystä Suomen luonnonvarojen kokonaiskäytön laskentajärjestelmästä TMRfin, jonka tulokset julkaistaan mm. Tilastokeskuksen Ympäristö vuosikirjassa (2008b).

Tuonnin suorat materiaalipanokset on saatu pääosin Ulkomaankauppatilastosta, jonka CN-luokituksen 8-numerotasolla kaikki tuontituotteet on ilmaistu myös kilogrammoina. CN-luokituksen tiedot on muunnettu ENVIMAT-mallissa käytettyyn tuottavan toimialan mukaiseen KTTL-luokitukseen. Piilovirrat lasketaan arvioimalla ensin tuotekohtaiset piilovirtakertoimet eli ns. ekologiset selkäreput (kg/kg). Perusaineistona on ollut TMRfin laskentajärjestelmän piilovirtakertoimet, jotka on muodostettu saksalaisen Wuppertal-instituutin käyttämistä kertoimista (Bringezu ja Schütz 2001) ja osin Thule-instituutin omista Suomen tuonnille tarkennetuista arvioista.

ENVIMAT-malliin tuonnin piilovirtakertoimia tarkennettiin ja päivitettiin erityisesti metallirikasteiden, perusmetallien ja tuontisähkön osalta sekä FIN-MIPS hank-

keen tiedoilla (Suomen luonnonsuojeluliitto 2008). Metallirikasteille piilovirtaker-  
toimet arvioitiin selvittämällä ensin Ulkomaankauppatilastosta kunkin rikastelajin  
jakauma alkuperämaittain ja paikantamalla kunkin maan todennäköisin rikasteen  
tuottajakaivos. Jokaisesta kaivoksesta selvitettiin kaivoksen kokonaislouhinta rikas-  
tetonnia kohti. Perusmetallien piilovirtakertoimissa tarkistettiin, että niissä on otettu  
huomioon metallien nykyisin korkeat kierrätysasteet. Tuontisähkön piilovirtakerto-  
imet (kg/MWh) arvioitiin Ruotsin ja Venäjän sähköntuotannon rakenteen pohjalta.

Erityisesti elektroniikkalaitteille ja –komponenteille sekä kodinkoneille päivitetty  
piilovirtakertoimet saatiin luonnonsuojeluliiton FIN-MIPS hankkeessa kootuista koti-  
maisten ja ulkomaisten MIPS selvitysten tiedoista. ENVIMAT-mallin avulla arvioitiin  
piilovirtakertoimet myös palveluiden tuonnille vastaavien kotimaisten palvelutoimi-  
alojen välillisen materiaalikäytön mukaisina (kg/eur).

### *Energiankulutus*

Kotimainen energiankulutus toimialoittain ja kotitalouksien suoraan kuluttama ener-  
gia selvitettiin hienojakoisella, 62 polttoaine- ja muun energialajin luokituksella, joka  
noudattaa Kasvihuonekaasuinventaariossa noudatettua luokitusta (Tilastokeskus  
2008c). Teollisuuden energiankulutus saatiin Tilastokeskuksen teollisuustilaston  
polttoainekyselyn aineistosta. Maatalouden ja palveluiden sekä kotitalouksien läm-  
mitysenergia saatiin Tilastokeskuksen Energiatilastosta (Tilastokeskus 2006), palve-  
luiden lämmitysenergia jaettiin edelleen palvelutoimialojen kesken monetaarisen  
käyttötaulun polttoainekäytön jakaumatiedoilla. Liikenteen ja työkoneiden poltto-  
ainekäyttö ja energiakulutus saatiin VTT:n LIPASTO malliston tietoaineistosta (VTT  
2006). Työkoneiden polttoainekäyttö jaettiin edelleen toimialoille ja kotitalouksille  
työkonetyyppien perusteella. Liikenteen polttoainekulutukseen lisättiin arviot suo-  
malaisten lentokoneiden ja laivojen kansainvälisen liikenteen polttoainekulutuksesta,  
joka puuttuu sekä Energiatilastosta että LIPASTO -aineistosta.

Useilla toimialoilla on omaa sähkön, kaukolämmön ja höyryn tuotantoa, joiden  
polttoaineen kulutus sisältyy toimialan polttoaineiden kulutukseen. Lisäksi ne os-  
tavat sähköä, lämpöä ja höyryä päätoimiselta sähkön ja lämmön tuotannolta. Teol-  
lisuustilaston energian tuotannon kyselyn datasta saatiin tiedot sähkön ja lämmön  
tuotannosta toimialoittain. Näiden avulla saatiin laskettua teollisuustoimialojen os-  
tosähkön, -lämmön ja -höyryn osuudet. Päätoimiselle sähkön ja lämmön tuotannolle  
(toimialat TOL 401 ja 403) Tilastokeskus tuotti ENVIMAT -mallia varten datan, jossa  
erityisesti yhdistetyn sähkön ja lämmöntuotannon polttoaineiden käyttö on jaettu  
sähkön, lämmön ja höyryn tuotantoon käyttäen ns. hyödynjakomenetelmää (ks.  
Tilastokeskus 2007, Taulukko 3.4.4) Datan avulla ENVIMAT -mallissa saadaan siten  
ostosähkön, -lämmön ja höyryn tarkennettu primäärienergiasisältö.

Tuontituotteiden sisältämän energiankulutuksen arviointiin ei onnistuttu löytä-  
mään tietolähdettä, joten ENVIMAT -malli sisältää vain kotimaisen energiankulu-  
tuksen.

### *Päästöt*

Malli sisältää toimialoittaiset arviot seuraavista kotimaan päästöistä ilmaan:

- konventionaaliset päästöt: CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, NMVOC, CO
- metallit: As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, V
- hiukkaspäästöt: TSP, PM10, PM2.5
- muut haitalliset yhdisteet: bentseeni, PAH, DF, HF, HCL, H<sub>2</sub>S, ODP (= otsonia  
tuhoavat aineet), F-kaasut

Kotimaan kasvihuonekaasupäästöt (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, F-kaasut) perustuvat Tilastokeskuksen (Tilastokeskus 2008c) aineistoon. Energiaperäiset KHK-päästöt arvioitiin kuitenkin toimialoittaisesta energiankulutuksesta käyttäen inventaarion polttoaineluokituksen (Tilastokeskus 2007) sisältämiä polttoainekohtaisia CO<sub>2</sub>-kertoimia sekä N<sub>2</sub>O- ja CH<sub>4</sub> - päästöille inventaariossa selviteltyjen polttoainekohtaisten päästökertoimien keskiarvoja. Lisäksi tarkistettiin, että energiaperäiset päästöt summautuvat KHK-inventaarion energiaperäisten päästöjen summiin. Muut kuin energiaperäiset KHK-päästöt voitiin kohdistaa toimialoille KHK-inventaarion yksityiskohtaisen laskevatietojen avulla.

ENVIMAT-mallin energialohkoon sisältyvä sähkön ja lämmön tarkennettu primäärienergiälaskenta mahdollistaa myös päätoimisen sähkön ja lämmöntuotannon KHK-päästöjen tarkennetun kohdistamisen ostosähkön ja -lämmön kuluttajille.

Muut päästöt ilmaan perustuvat SYKE:n Ilmapäästötietojärjestelmän (IPTJ) dataan (Suomen ympäristökeskus 2006a). Järjestelmään sisältyvän VAHTI järjestelmän tietojen kohdistamiseksi toimialoille ENVIMAT-hankkeessa tuotettiin VAHTI-laitoksille tarkistettut TOL toimialakoodit.

Malli sisältää seuraavat veteen menevät päästöt:

- ravinteet : fosfori (P), typpi (N)
- metallit: As, Cd, Co, Cr(III), Cr(VI), Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn, V, Zn
- muut haitalliset aineet: fenoli, tolueni, vinyylkloridit

Lisäksi päästöjen erityisryhmänä ovat sekä ilmaan, veteen että maaperään päätyvät

- pestisidit

Pistelähteiden kotimaan vesipäästöt ovat peräisin Suomen ympäristökeskuksen VAHTI -järjestelmästä (Suomen ympäristökeskus 2006b), johon ENVIMAT -hankkeessa tuotettiin myös tarkistettut toimialakoodit. Hajakuormituksen päästöarviot vastaavat Suomen ympäristökeskuksen virallisia arvioita (Suomen ympäristökeskus 2008). Kotimaisten pestisidipäästöjen arvioinnissa on käytetty virallisia torjunta-aineiden käyttömääriä.

### *Maankäyttö*

Mallin maankäyttötiedot muodostuvat toimialojen varaamista suorista maankäyttöalueista, jotka noudattavat eurooppalaista CORINE -luokitusta. Tietolähteinä oli CORINE -maanpeitetietokannan lisäksi metsätilastollinen vuosikirja sekä maataloustilastot. Rakennettu maa-ala jaettiin toimialoille liikekiinteistöjen osalta taloudellisen tuotoksen ja teollisuuskiinteistöjen osalta materiaalsen tuotoksen mukaan.

### *Luonnonvarat*

ENVIMAT-malli sisältää myös kotimaisten ehtyvien luonnonvarojen käytön määritellynä kansainvälisen Ecoinvent-datapankin (Ecoinvent 2008) mukaan maassa olevien arvoaineiden louhintana. Arviot Suomen ehtyvien luonnonvarojen käytöstä saatiin yhdistämällä kaivostilaston kaivoskohtaiset malmin louhintamäärät (GTK 2007a) kaivoskohtaisiin malmin metallipitoisuustietoihin (GTK 2007b).

Uusiutumattomia luonnonvaroja mallissa ovat:

- fossiiliset polttoaineet (öljy, hiili, ruskohiili, maakaasu) ja turve
- metallit: Al, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Mo, Ni, Ag, Sn, Zn
- mineraalit: fosfori (P), rikki (S), talkki, kaoliini
- sora, murske, hiekka

Toisin kuin kotimaisten päästöjen kohdalla ulkomailla tapahtuvien päästöjen arvioimiseksi joudutaan käyttämään kansainvälisiä inventaariotietopankkeja. Tuonnin ympäristökuormitustietojen arviointi on tässä työssä tehty liittämällä määrältään merkittävimpiin tuontituotteisiin sveitsiläisen elinkaari-inventaaritopankin päästötiedot (Ecoinvent 2008). Lisäksi elintarvikkeiden ympäristökuormitustiedot on arvioitu käyttämällä tanskalaista elintarvikkeiden elinkaaritietopankkia (Danish LCA Food database 2008). Ecoinvent-aineisto kattaa 88 % tuontituotteiden massamäärästä ja tanskalainen elinkaaritiedot 57 % tuontielintarvikkeista. Lopuille tuontituotteille on käytetty kotimaan toiminnoista johdettuja ympäristökuormitusintensiiteettikertoimia.

Työssä on myös tarkasteltu kolmen muun vaihtoehtoisen päästöaineiston vaikutusta tuonnin ympäristövaikutuksiin (Liite 2). Yhtenä vaihtoehtoisena lähtöaineistona käytettiin yhdysvaltalaisista ympäristölaajennettua panos-tuotomallia, EIO-LCA (Henrickson ym. 2006). Tämä tietopohja on ollut myös EU:n EIPRO -tutkimuksen lähtökohtana. Toisena vaihtoehtona on ollut usein panos-tuotomallisovelluksissa käytetty yksinkertainen lähestymistapa, jossa tuontituotteiden ympäristökuormitus on sama kuin vastaavien omalla alueella tuotettujen tuotteiden ympäristökuormitus. Kolmantena vaihtoehtona oli laskentamalli, jossa käytettiin Ecoinvent-tietopankin tietoja tuontituotteille siltä osin kun niille löytyy tietoja ja lopuille tuotteille johdettiin tiedot yhdysvaltalaisesta EIO-LCA:sta. Näiden kolmen muun vaihtoehtoisen tuonnin arviointitavan avulla saatuja tuloksia on verrattu perusmallin tuloksiin herkkyyssmielessä liitteessä 2.

Tuonnin kuljetusten aiheuttamat ympäristövaikutukset eivät yleensä ole sisällyneet IO-laskelmiin, vaikka ne elinkaaritarkasteluissa tulisi ottaa huomioon. Tässä työssä tuonnin kuljetukset arvioitiin hyvin karkealla tasolla, ts. kuljetuksia yhdistettiin maanosien sisällä ja pääasiassa laivaliikenne huomioitiin (Liite 2). Lähtöaineistona käytettiin Tullihallituksen (2007) tilastoja Suomeen kuljetettujen tuontituotteiden määrästä ja lähtömaista. Päästökertoimina eri kuljetusmuodoille käytettiin EU:n ELCD (European Reference Life Cycle Data System) tietokantaa.

## 2.4

### **Ympäristövaikutusten arviointi**

Ympäristövaikutusten arviointi on toteutettu käyttämällä kansainvälisen standardointijärjestön suosittamaa elinkaariarviointien vaikutusarviointimetodiikkaa (ISO 14041, 1998, ISO 14042, 2000), jonka perustana on ympäristövaikutuksia kuvaavien vaikutusluokkaindikaattoritulosten laskenta. Indikaattori, jonka suhteen eri vaikutusluokkien (ympäristöongelmien) seurauksia verrataan, on aina valintakysymys. Ympäristövaikutusluokkien indikaattoritulosten laskentaan ja niiden yhdistämiseksi kokonaisympäristövaikutukseksi ei ole olemassa yhtä ja oikeaa menetelmää, minkä takia ENVIMAT-hankkeessa on käytetty neljää vaihtoehtoista menetelmäkokonaisuutta:

#### ***ReCiPe+-malli***

Vaikutusluokkien indikaattoritulosten laskennassa käytetään ns. *ReCiPe*-mallin *karakterisointikertoimia* (Sleeswijk et al. 2007), joilla eri aineiden päästöt voidaan muuttaa yhteismitallisiksi kunkin vaikutusluokan osalta eli eri aineiden päästöt voidaan laskea yhteen. *ReCiPe* on päivitetty menetelmäkokonaisuus CML2002:sta (Guinée et al. 2002), joka on elinkaariarviointiyhteisön suosittama perusmenetelmä. Siinä ympäristökuormitustekijöiden alueellisella sijainnilla ei ole merkitystä kun arvioidaan ympäristövaikutuksia (ns. paikkariippumaton arviointi).

Mallissa mukana olevat ympäristövaikutusluokat ovat ilmastonmuutos, yläilmakehän otsonin tuhoutuminen, happamoituminen, alailmakehän otsonin muodostuminen (terveysvaikutukset), vesiympäristön rehevöityminen, vesiympäristön (maakea) ekotoksisuus, maaympäristön ekotoksisuus, toksisuus ihmiseen, pienhiukkaset.

Eri vaikutusluokkien indikaattoritulosten yhdistämiseksi kokonaisympäristövaikutukseksi (ekoindekseiksi) tuotteiden tai toimialojen tulokset jaetaan ko. vaikutusluokan maailman päästöjen yhteenlasketulla indikaattorituloksella eli normalisoinnin *referenssitekijällä* (Sleeswijk et al. (2007)). Lopuksi eri vaikutusluokkien normalisoidut tulokset kerrotaan kansainvälisen arvottamiskyselyssä saaduilla maailman ympäristöongelmien (vaikutusluokkien) tärkeyttä kuvaavilla painokertoimilla. Mallissa eri vaikutusluokkien painokertoimien summa on 1 (ks. Liite 3).

### *Kotimaa-malli*

Suomessa tapahtuville päästöille käytetään vaikutusarvioinnissa suomikohtaisia karakterisointikertoimia, joissa on otettu huomioon Suomen ja päästöjen vaikutusalueen ympäristöolosuhteet. Kotimaa-mallissa tuonnin vaikutuksiin sovelletaan oletusta, että ulkomailla tapahtuvalla kuormituksella on yhtä suuret vaikutukset kuin jos kuormitus tapahtuisi Suomessa. Näin ollen ulkomailla tapahtuville ympäristökuormitustekijöille käytetään samoja suomikohtaisen karakterisoinnin oletuskertoimia.

Kotimaa -mallissa on mukana samat ympäristövaikutusluokat kuin ReCiPe+ -ssä yläilmakehän otsonin tuhoutumista lukuun ottamatta. Lisäksi uusina vaikutusluokkina ovat alailmakehän otsonin muodostuminen (kasvillisuusvaikutukset), maaympäristön rehevöityminen ja luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen.

Ekoindeksien laskenta suoritetaan samalla tavalla kuin ReCiPe+ -mallissa, mutta laskennassa käytetään Suomen kuormitustekijöiden aiheuttamaa referenssitekijää (normalisointitekijää) ja niiden vaikutusten painoarvoa kuvaavia subjektiivisia painokertoimia, jotka on saatu tämän työn aikana tehdyssä arvottamiskyselyssä (ks. Liite 3).

### *Yhdistelmä-malli*

Työssä on yhdistetty ReCiPe+ - ja Kotimaa -mallin tulokset ns. *Yhdistelmä* -malliksi ottamalla huomioon ko. malleissa käytetyt painokertoimet ympäristövaikutusluokille ja painottamalla kummallekin mallin tuloksia samalla tärkeyspainolla. Niille vaikutusluokille, jotka ovat vain toisessa mallissa, yhdistäminen tehtiin suhteessa ilmastonmuutoksen painoarvoon.

### *Eurooppa-malli*

Ekoindeksien laskennan herkkyytarkastelussa on käytetty ulkomailla tapahtuvien kuormitustekijöiden vaikutusarviointiin ns. *Eurooppa* - mallia, joka on tiettyjen vaikutusluokkien karakterisointikertoimia lukuun ottamatta muuten identtinen Kotimaa-mallin kanssa. Happamoitumisessa, maaympäristön rehevöitymisessä, alailmakehän otsonin muodostumisessa (terveys- ja kasvillisuusvaikutukset) ja pienhiukkasissa käytetyt karakterisointikertoimet edustavat eurooppalaisia keskiarvoja. Toksisuudessa ihmiseen on lisäksi käytetty oletusta, että ulkomailla tapahtuvien päästöjen vaikutus on kaksi kertaa niin suuri kuin kotimaassa, koska haitallisten aineiden taustapitoisuudet ja väestöntiheys ovat Euroopassa korkeammat kuin Suomessa.

Edellä esitettyjen vaikutusluokkien lisäksi laskettiin erillistarkasteluna Huppelin (2002) esittämällä elinkaariarviointitekniikalla abiottisten luonnonvarojen vähenevän indeksiarvot sekä mineraaleille että fossiilisille polttoaineille. Luonnonvarojen ehtymisen arviointi perustuu tiedossa oleviin varantoihin ja niiden globaaliin vuosittaiseen käyttöön. Ympäristövaikutusarviointimenetelmät on kuvattu koko-

naisuudessaan yksityiskohtaisemmin liitteessä 3 ja ekoindeksien laskentaan liittyviä herkkyys- ja epävarmuusnäkökohtia on esitetty liitteessä 4.

2.5

## Tulosten tulkinnasta, epävarmuuksista ja herkkyydestä

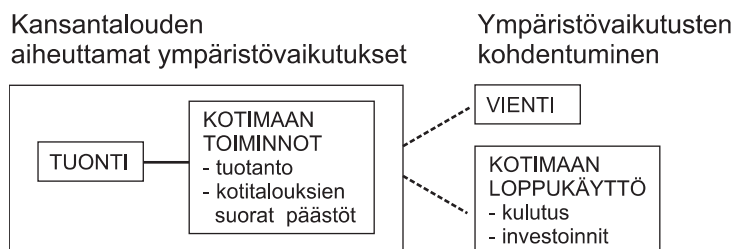
ENVIMAT – mallin materiaali- ja ympäristövaikutusten tuloksia esitellään tässä työssä koko kansantalouden näkökulmasta. Suomen kansantalouden aiheuttamat ympäristövaikutukset syntyvät kotimaan toiminnoista sekä tuonnista. Nämä yhdessä muodostavat kokonaisympäristövaikutuksen, joka voidaan kohdentaa kotimaan loppukäytölle (sis. yksilöllisen ja julkisen kulutuksen ja investoinnit) ja viennille (Kuva 2). Loppukäytön, viennin ja tuonnin ympäristövaikutukset esitetään eri toimialojen lopputuotteiden elinkaaristen vaikutusten kautta. Mallin tuloksissa tuotteita käsitellään lopputuotteina. Kukin toimiala valmistaa lopputuotteita, jotka palvelevat suoraan kotimaan kysyntää tai vientiä. Näihin lopputuotteisiin on laskettu välituotekäytön kautta muiden toimialojen välilliset vaikutukset ja oman toimialan välittömät vaikutukset mukaan, jolloin niihin liittyvät ympäristövaikutukset vastaavat tuotteiden elinkaarisia vaikutuksia.

Kotimaan toimintojen ympäristövaikutukset muodostuvat tuotannon ja kotitalouksien suorista päästöistä. Toimialojen tuotannosta aiheutuvat ympäristövaikutukset voidaan tulostaa joko lopputuotteiden elinkaariaikaisina vaikutuksina tai toimialojen välittöminä vaikutuksina. Viimeksi mainittu esitysmuoto vastaa perinteistä valtakunnallisista kuormitustietojen raportointitapaa, jossa asiantuntijat ovat tottuneet käsittelemään eri toimialojen ympäristökuormitustietoja. Tämän takia myös tämä esitysmuoto on haluttu säilyttää raportissa.

ENVIMAT-mallin tulosten epävarmuudet muodostuvat virheistä lähtötiedoissa (ympäristökuormitustiedot, materiaali- ja rahavirrat), mallin parametreissa (karakterisointikertoimet, referenssiarvot normalisoinnissa, ympäristövaikutusluokkien painokertoimet) ja itse mallin rakenteessa. Viimeksi mainittu pitää sisällään muun muassa puuttuvien ympäristövaikutusluokkien ja mallin rahamääräisen allokoinnin vaikutukset lopputuloksiin.

Malliin ei sisälly lähtötietojen epävarmuutta kuvaavia tunnuslukuja (esim. mini- ja maksimiarvoja). Mallin ympäristövaikutustulosten herkkyyttä eri lähtötietojen (kysynnän panoskerroimien ja yksikköpäästöjen) suhteelliselle muutokselle on arvioitu kohdassa 8.6.

Mallin parametrien ja mukaan otettavien ympäristövaikutusvaikutusluokkien merkitystä lopputuloksiin on arvioitu käyttämällä rinnan kahta eri vaikutusarviointimallia, ns. ReCiPe+ - ja Kotimaa -mallia. Kokonaisvaikutuksia kuvaavien ekoindeksien arvoon vaikuttaa erittäin voimakkaasti normalisoinnissa käytetyt referenssitekijät ja eri vaikutusluokkien väliset painokertoimet. Viimeksi mainitut tekijät perustuvat asiantuntijoiden subjektiiviseen arvioon, minkä takia niiden merkitystä tuloksiin on erityisesti erikseen havainnollistettu liitteessä 4.



**Kuva 2.** Suomen kansantalouden ympäristövaikutusten muodostuminen ja kohdentuminen ENVIMAT -mallissa.

## 3 Materiaalivirrat ja energian käyttö

### 3.1

#### Materiaalien käyttö

Suomen talouteen kotimaan luonnosta otetut ja tuontituotteissa ulkomailta tulevat materiaalivirrat vuosina 2002 ja 2005 on esitetty taulukossa 2. Suomen luonnonvarojen kokonaiskäyttö, TMR, oli 562 miljoonaa tonnia (Mt) vuonna 2002 ja 586 Mt vuonna 2005. Henkeä kohti laskettuna luonnonvarojen kokonaiskäyttö kohosi 108 tonnista 112 tonniin. Tuonnin osuus luonnonvarojen kokonaiskäytöstä on yli puolet.

Suomen luonnosta otetut suorat panokset olivat 192 Mt vuonna 2002 ja 207 Mt vuonna 2005. Piilovirtoineen kotimaisten luonnonvarojen käyttö oli 258 Mt vuonna 2002 ja 274 Mt vuonna 2005. Suurin yksittäinen materiaalityyppi oli sora ja murske, jonka osuus kotimaan suorista panoksista on lähes puolet ja kotimaisten luonnonvarojen kokonaiskäytöstä runsaan kolmanneksen (noin 35 %). Puun osuus kotimaan suorista panoksista oli noin neljänneksen samoin kuin puun osuus piilovirtoineen kotimaan luonnonvarojen kokonaiskäytöstä.

Tuonnin suora materiaalityyppi Suomen talouteen oli 63 Mt vuonna 2002 ja 66 Mt vuonna 2005. Koska useimmat tuontituotteet ovat pitkälle jalostettuja tuotteita, niiden elinkaariset piilovirtakertoimet ovat korkeita, keskimäärin nelinkertaiset. Siten tuonnin arvioitu luonnonvarojen kokonaiskäyttö oli 304 Mt vuonna 2002 ja 312 Mt vuonna 2005.

Tuonnin suorien materiaalityyppien suurin tuoteryhmä oli energiaineraalit ja -tuotteet, noin 40 % tuonnin suorasta materiaalityypistä. Toiseksi suurin tuoteryhmä oli raakapuu, noin 20 % suorasta tuonnista. Kun tuontituotteet palautetaan niiden vaatimaksi luonnonvarojen kokonaiskäytöksi, suurimmaksi ryhmäksi vuonna 2002 nousivat metallirikasteet, joiden osuus oli 19 % vuonna 2002 ja 16 % vuonna 2005. Tuontirikasteiden luonnonvarojen kokonaiskäytön supistumisessa suurin osatekijä oli rauta- ja kuparirikasteiden piilovirtojen pieneneminen. Tämä johtui siitä, että rikasteiden alkuperämaissa painotus siirtyi avolouhoksista maanalaisiin kaivoksiin, joissa metallipitoisuudet ovat korkeita. Metallirikasteiden piilovirtojen supistuminen johti siihen, että vuonna 2005 energiaineraalien ja -tuotteiden tuonti oli suurin ryhmä myös luonnonvarojen kokonaiskäytöllä mitattuna.

Tuonnin luonnonvarojen kokonaiskäytön toiseksi suurimmaksi ryhmäksi nousivat yllättäen sähkötekniiset tuotteet. Niiden osuus tuonnin luonnonvarojen kokonaiskäytöstä oli molempina vuosina noin 16 %, vaikka niiden osuus tuonnin suorasta materiaalityypistä olikin alle puoli prosenttia. Sähkötekniisten tuotteiden korkeat piilovirtakertoimet johtuvat kuparin ja erilaisten jalometallien korkeasta osuudesta tuotteissa.

ENVIMAT -malli laskee, missä eri lopputuotteiden valmistus- ja jakeluketjuissa Suomeen tulevia materiaalityypin tarvitetaan. Kuvissa 3 ja 4 on esitetty Suomen talouden luonnonvarojen kokonaiskäytön taseet vuosina 2002 ja 2005. Lähes puolet luonnonvaroista on käytetty vientituotteiden valmistamiseen, runsas neljännes on päätyntä investointeihin (kiinteään pääoman bruttomuodostukseen ja varastomuutoksiin) ja vajaa neljännes kulutustavaroiden ja -palveluiden tuottamiseen.

**Taulukko 2.** Suomen talouden materiaalipanokset (milj. tonnia) kotimaan luonnosta ja ulkomailta vuosina 2002 ja 2005

	2002			2005		
	Suorat panokset DMI	Piilovirrat HF	Kokonaiskäyttö TMR	Suorat panokset DMI	Piilovirrat HF	Kokonaiskäyttö TMR
<b>Kotimaan luonnosta</b>						
Viljelykasvit ravinnoksi	4,5	1,5	6,1	6,7	1,6	8,4
Rehukasvit	10,4	1,8	12,2	10,4	1,8	12,2
Luonnonkalat ja -eläimet	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,2
Puu	51,8	22,3	74,1	51,4	21,6	73,0
Turve	9,2	0,5	9,6	9,0	0,5	9,5
Metallimalmit	3,2	5,6	8,8	3,3	1,2	4,5
Kalkki	3,7	1,8	5,5	3,8	5,5	9,3
Teollisuusmineraalit	10,8	3,5	14,3	11,6	6,4	18,1
Rakennuskivet	0,7	2,9	3,6	0,9	3,7	4,6
Sora, murske, hiekka	90,0	0,0	90,0	98,0	0,0	98,0
Muut maa-ainekset	7,8	25,8	33,6	12,0	24,4	36,4
<b>Kotimaiset yhteensä</b>	<b>192,3</b>	<b>65,8</b>	<b>258,1</b>	<b>207,4</b>	<b>66,7</b>	<b>274,1</b>
Bioottiset	66,9	22,8	89,6	68,7	22,1	90,8
Abioottiset	125,4	43,0	168,4	38,7	44,6	183,3
<b>Tuontituotteet</b>						
Maataloustuotteet ja jalosteet	2,3	14,8	17,1	2,7	18,0	20,7
Raakapuu	12,0	7,7	19,7	13,4	8,6	22,0
Energiamineraalit ja -tuotteet	26,9	23,4	50,3	25,0	26,0	51,1
Kivihiili	5,8	9,6	15,4	5,6	9,3	14,9
Raakaöljy	11,7	2,2	13,9	10,9	2,0	13,0
Maakaasu	3,1	0,9	4,0	3,1	0,9	4,0
Koksi	0,5	4,2	4,7	0,9	7,5	8,4
Öljyjalosteet	5,7	3,5	9,3	4,5	2,8	7,4
Ydinpolttoaine	0,00014	2,1	2,1	0,00015	2,3	2,3
Sähkö	0,0	1,0	1,0	0,0	1,2	1,2
Metallirikasteet	5,2	51,8	57,0	5,7	42,9	48,6
Rautarikasteet	3,8	6,4	10,2	4,2	4,7	8,9
Kuparirikasteet	0,5	34,1	34,6	0,5	26,9	27,4
Nikkelirikasteet	0,2	3,1	3,3	0,1	1,8	2,0
Sinkkirikasteet	0,4	5,0	5,4	0,5	5,8	6,3
Muut metallirikasteet	0,3	3,2	3,6	0,4	3,7	4,1
Muut louhintatuotteet	4,2	11,1	15,3	4,1	10,8	15,0
Metsäteollisuuden tuotteet	1,9	3,7	5,6	3,3	5,2	8,5
Kemianteollisuuden tuotteet	5,4	24,2	29,6	5,6	25,5	31,2
Metalliteollisuuden tuotteet	3,5	42,5	46,1	4,0	44,4	48,4
Sähkötekniset tuotteet	0,3	48,3	48,6	0,3	47,6	47,9
Muut tehdasvalmisteet	1,3	7,2	8,5	1,7	8,9	10,6
Palvelut	0,0	6,0	6,0	0,0	8,4	8,4
<b>Tuonti yhteensä</b>	<b>63,0</b>	<b>240,8</b>	<b>303,7</b>	<b>65,8</b>	<b>246,5</b>	<b>312,3</b>
Bioottiset	16,2	14,8	31,1	22,3	17,6	39,8
Abioottiset	46,8	225,9	272,7	43,5	297,8	341,3



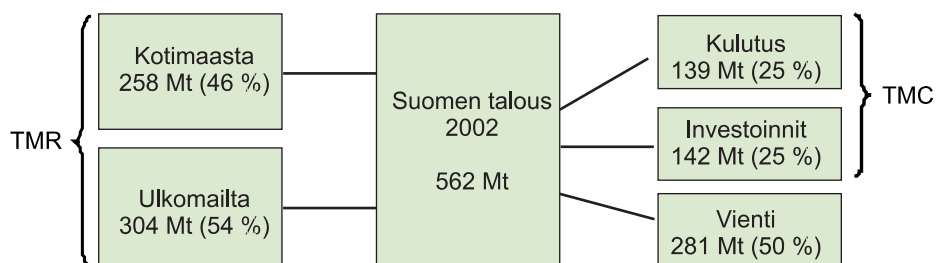
Luonnonvarojen kokonaiskulutus, TMC, on kotimaan loppukäyttöön, kulutukseen ja investointeihin, menevä osuus luonnonvarojen kokonaiskäytöstä. Se saadaan myös vähentämällä TMR:stä vientiin menevä osuus. Vuonna 2002 Suomen TMC oli 281 Mt ja 305 Mt vuonna 2005. Luonnonvarojen kokonaiskulutusta kasvattivat investoinnit.

Kuvissa 5 ja 6 on esitetty Suomen materiaalikäyttö tuoteryhmittäin vuonna 2002 ja 2005.

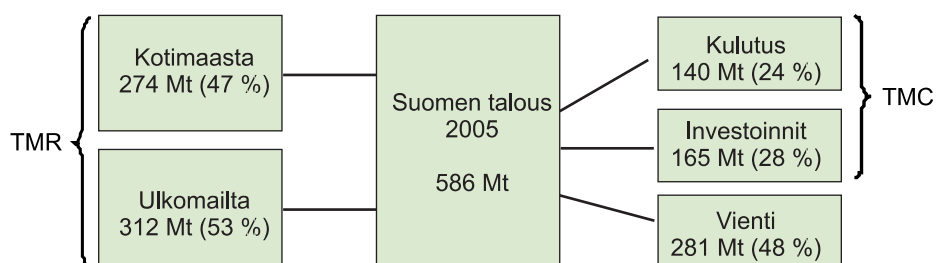
Metsäteollisuuden tuotteet ovat suurin viennin materiaalityyppi vientituotteen suoralla materiaalmäärällä mitattuna. Kun välillinen materiaalien käyttö otetaan mukaan, metalliteollisuuden tuotteet nousevat yhtä suureksi luonnonvarojen käyttäjäksi. Sähköteknisten tuotteiden viennin suora materiaalmäärä on vain 0,3 miljoonaa tonnia, mutta tuotteiden luonnonvarojen kokonaiskäyttö nousee 39 miljoonaan tonniin.

Pääosa investointien luonnonvarojen käytöstä muodostuu rakentamisen tuoteryhmässä. Kone- ja laiteinvestoinnit ilmenevät metalli- ja sähköteknisen teollisuuden tuoteryhmissä. ns. aineettomat investoinnit - lähinnä tietokoneohjelmistot - sisältyvät Muiden palveluiden luonnonvarojen käyttöön.

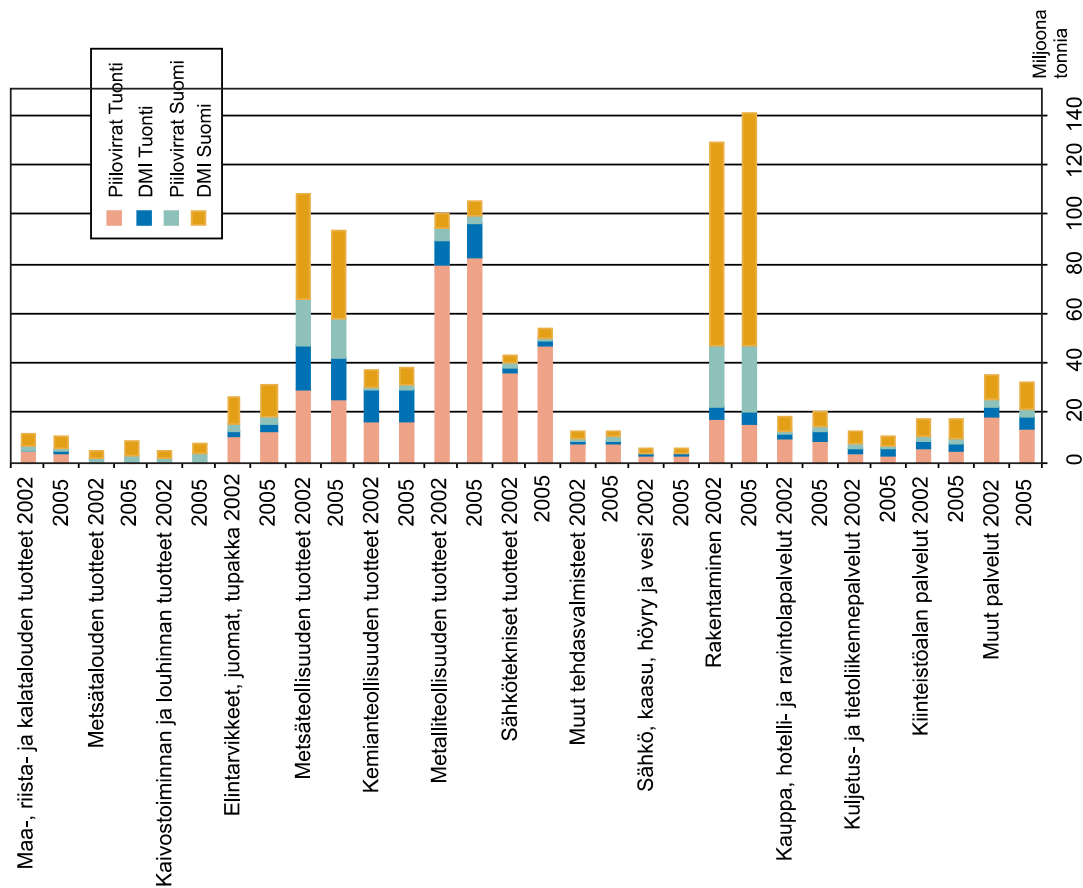
Kuvassa 7 käy ilmi yksityisen ja julkisen kulutuksen luonnonvarojen kokonaiskäyttö. Suurimmaksi tuoteryhmäksi nousevat Muut palvelut, joka sisältää pääosin julkisen yleishallinnon luonnonvarojen käytön. Tuoteryhmä elintarvikkeet, juomat ja tupakka nousee toiseksi suurimmaksi luonnonvarojen käytön tuoteryhmäksi. Se sisältää elintarvike- juoma ja tupakkateollisuuden tuottamat tuotteet. Maa- ja kalatalouden tuotteet sisältävät myös suoraan maataloudesta kulutukseen tulevat tuotteet (esim. peruna, muut juurekset, vihannekset, tuore kala). Jos maatalouden, kalastuksen ja elintarviketeollisuuden luonnonvarojen käyttö laskettaisiin yhteen, se muodostaisi suurimman kulutuksen luonnonvarojen käytön ryhmän.



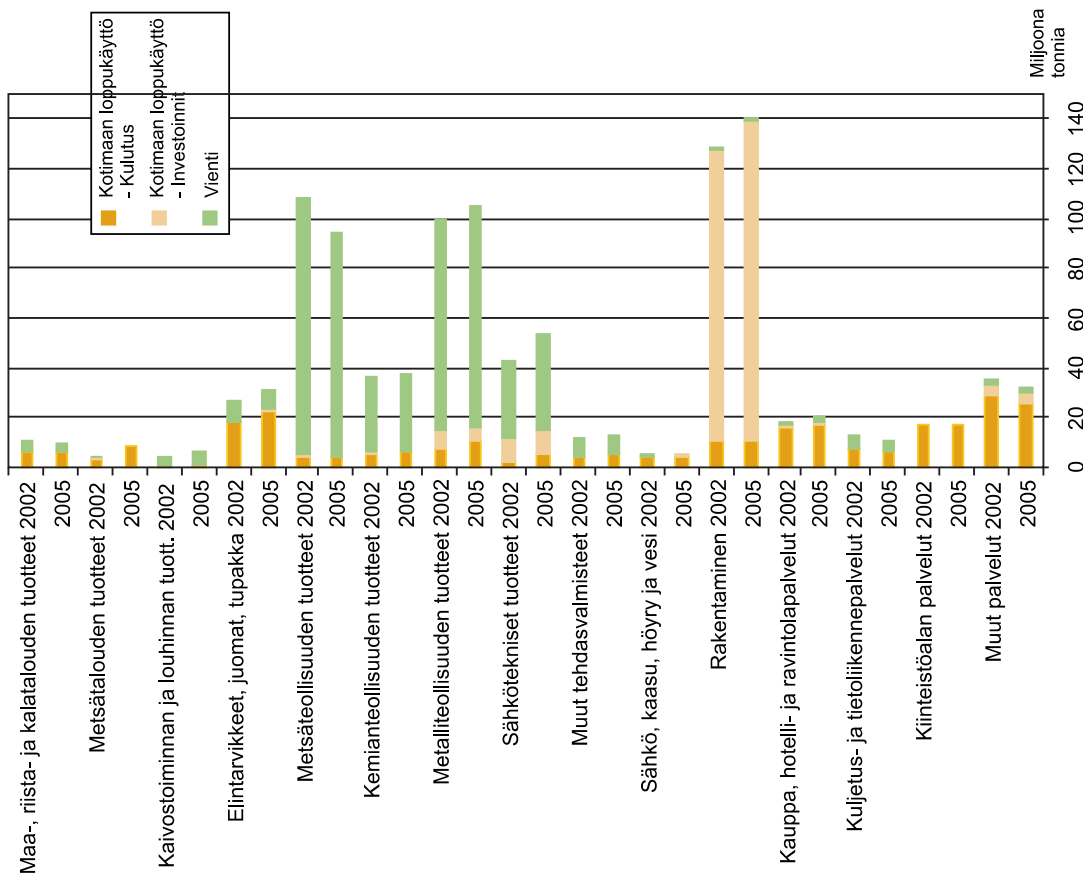
**Kuva 3.** Suomen luonnonvarojen kokonaiskäytön (TMR) tase vuonna 2002. Luonnonvarojen kokonaiskulutus, TMC, kuvaa Suomen kansantalouden käyttöön jäävää osuutta TMR:stä.



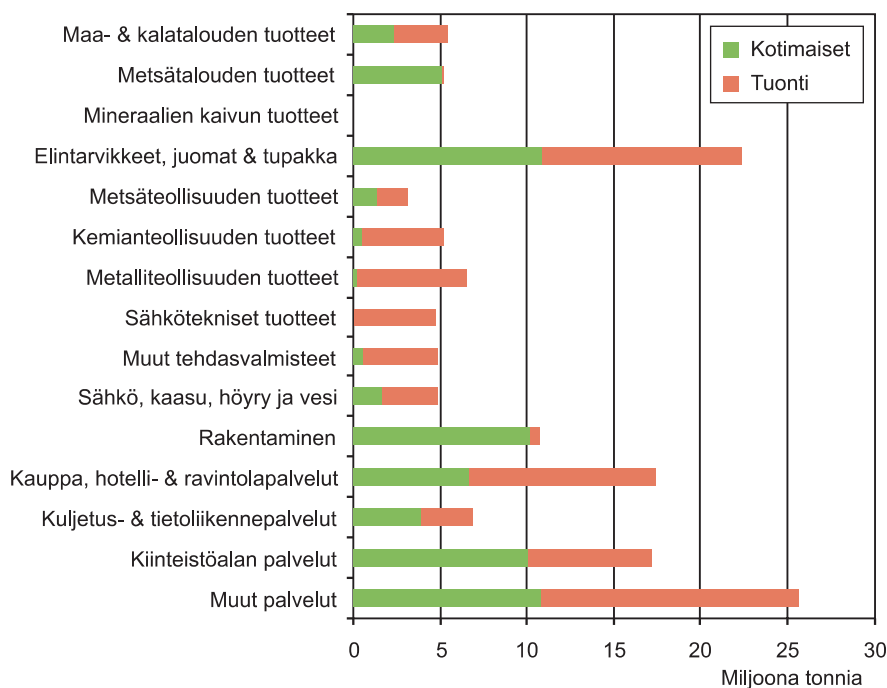
**Kuva 4.** Suomen luonnonvarojen kokonaiskäytön (TMR) tase vuonna 2005. Luonnonvarojen kokonaiskulutus, TMC, kuvaa Suomen kansantalouden käyttöön jäävää osuutta TMR:stä.



**Kuva 5.** Suomen luonnonvarojen kokonaiskäyttö lopputuoteryhmittäin luonnonvarojen alkuperän mukaan vuosina 2002 ja 2005.



**Kuva 6.** Suomen luonnonvarojen kokonaiskäyttö lopputuoteryhmittäin jaettuna loppu- tuotteen käytön mukaan vuosina 2002 ja 2005.



**Kuva 7.** Yksityisen ja julkisen kulutuksen luonnonvarojen kokonaiskäyttö tuoteryhmittäin vuonna 2005.

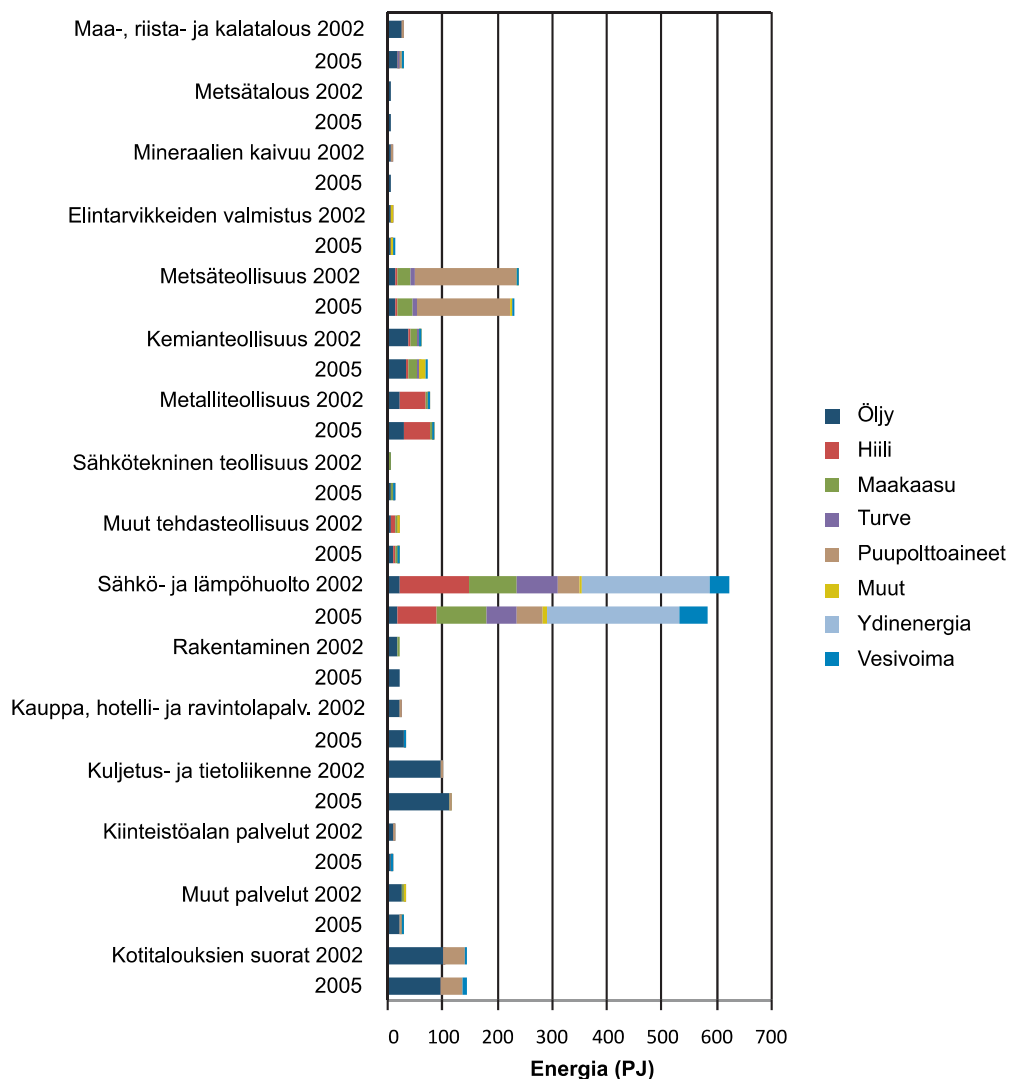
### 3.2

## Kotimainen energian käyttö

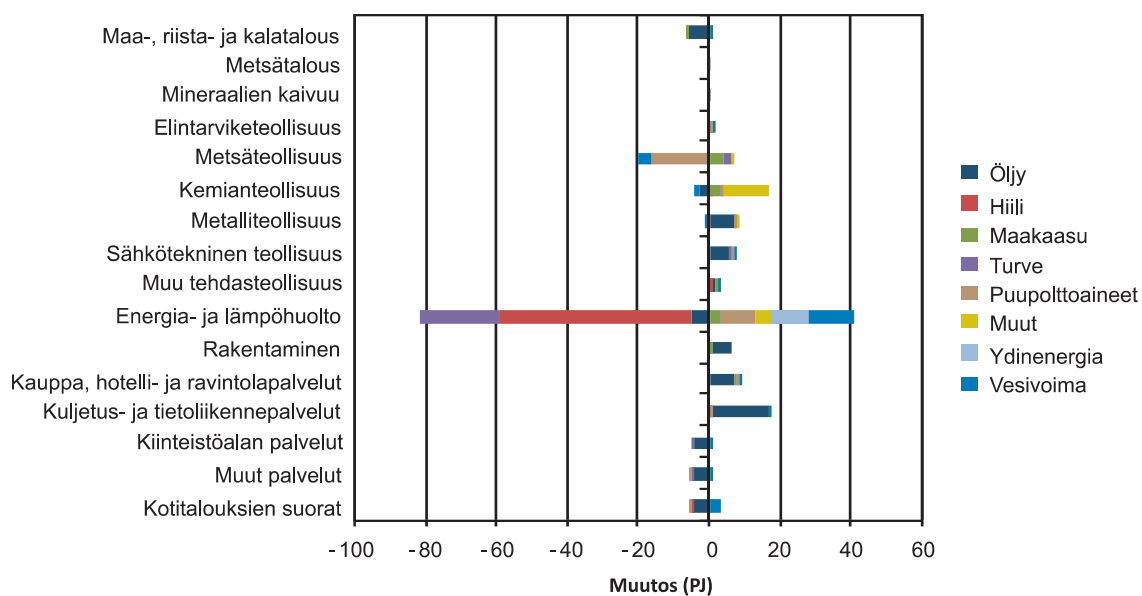
Suomen suora polttoaineiden käyttö vuonna 2002 toimialoittain on esitetty kuvassa 8. Fossiilisista polttoaineista öljytuotteiden osuus (365 PJ) oli kaikkein suurin jakautuen kuitenkin usean toimialan kesken. Puuperäisten polttoaineiden käyttö suuressa mitakaavassa tapahtuu metsäteollisuuden toimialalle (183 PJ). Sähkö- ja lämpöhuollon toimialalla käytetään useampia energianlähteitä, vuonna 2002 ne jakautuivat seuraavasti: ydinenergia 37 %, hiili 20 %, maakaasu 14 %, turve 12 %, vesivoima 6 %, puuperäiset polttoaineet 6 %, öljy 3 % ja muut 1%. Uusiutuvien polttoaineiden osuus kokonaisenergiankäytöstä oli 25 % vuonna 2002 ja vastaavasti 27 % vuonna 2005.

Vuonna 2005 varsinkin energiantuotannon toimialalla polttoainejakaumassa oli tapahtunut selviä muutoksia vuoteen 2002 verrattuna (Kuva 9). Hiilen, turpeen ja öljyn käyttö oli vähentynyt, mikä oli seurausta ulkomaisen ostosähkön poikkeuksellisen suuresta määrästä. Vuonna 2005 Suomi osti vesivoimalla tuotettua sähköä pohjoismaisilta markkinoilta, jonka osuus oli jopa 20 % Suomen kokonaissähkönkulutuksesta. Puuperäisten polttoaineiden käyttö väheni kokonaisuudessaan vuodesta 2002 vain 6 PJ, vaikka metsäteollisuuden työnseisäys vähensi puupolttoaineiden käyttöä ko. toimialalla selvästi (16 PJ). Öljytuotteiden käyttö energianlähteenä oli pysynyt suunnilleen samana vaihdellen kuitenkin sektoreittain muutoksen ollessa joissakin tapauksissa positiivinen ja joissakin negatiivinen (Kuva 9). Eniten kasvua oli nähtävissä kuljetustoimialalla.

Suomen energiankulutuksen jakautuminen kotimaan kulutukseen ja vientituotteiden valmistukseen vuonna 2002 ja 2005 on esitetty kuvassa 10. Kotimaan loppukäytön energiantarve kohdistuu kotitalouksille. Myös kuvassa 10 energiatoimialan tuottama energia menee kotitalouksien käyttöön. Vientiteollisuuden suurin energian käyttäjä on metsäteollisuus, sen jälkeen metalli- ja kemianteollisuus.



Kuva 8. Suora polttoaineiden käyttö (PJ) toimialoittain vuonna 2002 ja 2005.



Kuva 9. Vuoden 2005 polttoaineiden suoran käytön muutos toimialoittain verrattuna vuoteen 2002.

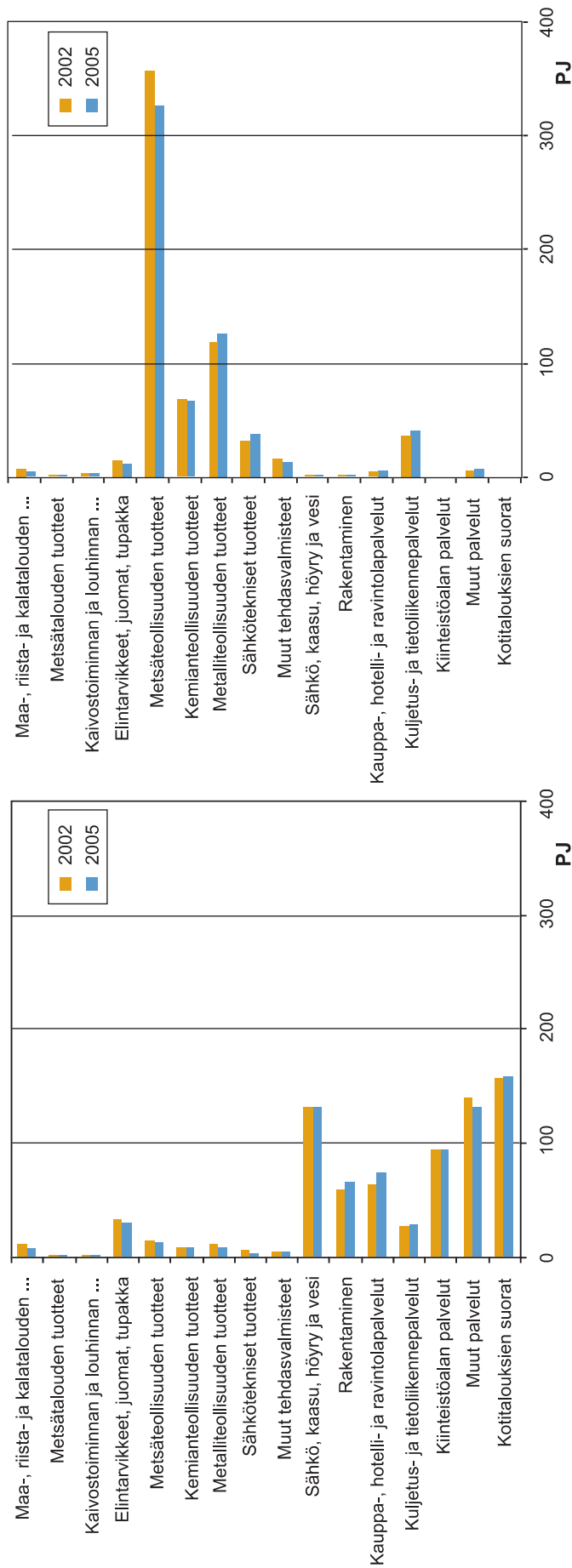
ENVIMAT -mallista ei vielä ole mahdollista tulostaa ulkomailla valmistettujen tuotteiden energiankäyttöä tietoaineiston puutteen vuoksi, joten lopputuotteiden koko valmistusketjun energian käyttöä ei ole mahdollista tulostaa ENVIMAT -mallista.

Suomen talouden energiankulutus toimialoittain vuonna 2005 on esitetty kuvassa 11. Polttoaineiden ryhmittelyssä turve on sijoitettu fossiilisiin polttoaineisiin. Ostosähkön ja -lämmön kulutus on muunnettu sähkön ja lämmön primäärienergiaksi, jolloin yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon polttoaineet on jaettu sähkölle ja lämmölle ns. hyödynjakomenetelmällä. Sähkö- ja lämpöhuollon toimialan oma energiankulutus sisältää vain toimialan muun kuin sähkön ja lämmön tuotannon energian kulutuksen. Suomalaisten kuljetusyhtiöiden kansainvälisen liikenteen polttoainekulutus on 39 % Kuljetus- ja tietoliikenne toimialan fossiilisten polttoaineiden kulutuksesta ja 3 % koko maan kotimaisesta primäärienergian kulutuksesta.

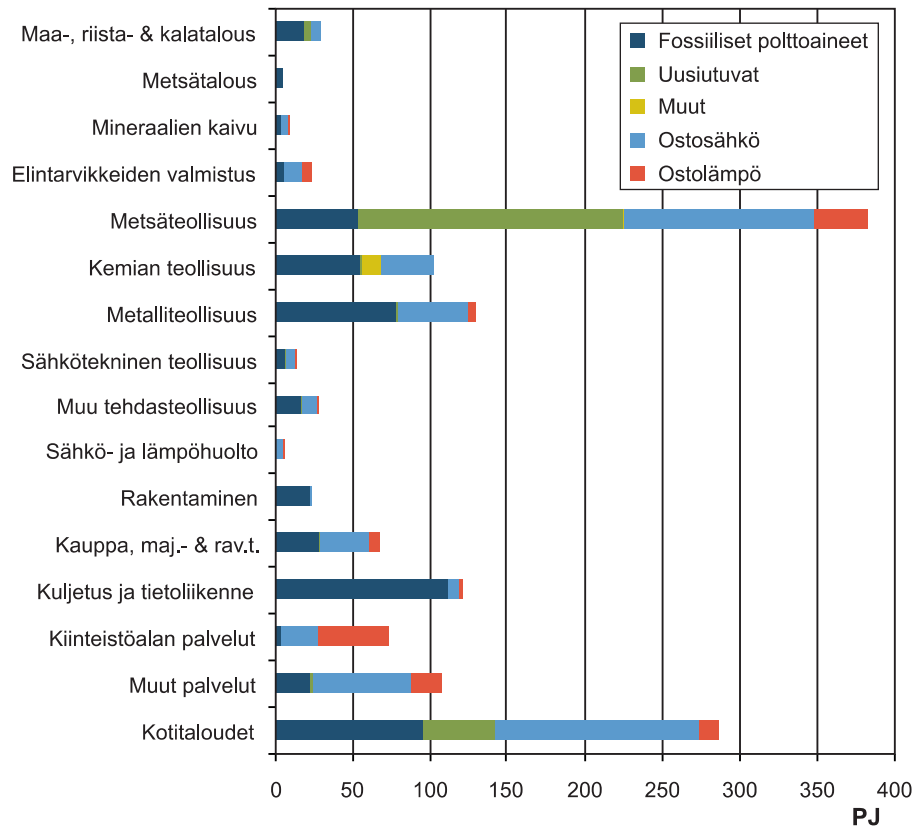
Kotitalouksien suora energiankulutus sisältää kotitalouksien henkilöautojen, moottoripyörien ja -kelkkojen, pihatyökoneiden ja huviveneiden polttoainekulutuksen, kotitaloussähkön sekä omakotitalojen ja kesämökkien lämmitysenergian. Sen sijaan osakehuoneistojen ja vuokra-asuntojen osakevastikkeeseen ja vuokraan sisältyvä lämmitysenergia sijoittuu Kiinteistöalan palvelut toimialalle.

Kotimaisen primäärienergian kulutus lopputuotekäytön sektoreittain ilmenee kuvassa 12. Kun Suomen talouden energian kokonaiskulutuksesta 1411 PJ vähennetään Suomalaisten lentoyhtiöiden ja varustamojen kansainvälisen liikenteen polttoainekulutus 43,5 PJ, saadaan energiatilastoissa (Tilastokeskus 2007) esiintyvä energian kokonaiskulutus, 1366 PJ.

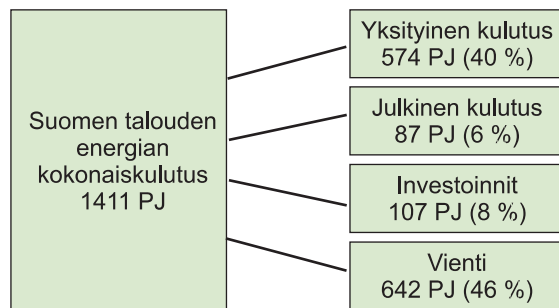
Vientituotteiden valmistuksen osuus energian kulutuksesta on lähes puolet, 46 % ja yksityisen kulutuksen kulutushyödykkeiden valmistuksen ja kotitalouksien suoran kulutuksen osuus 40 %. Yksityisestä kulutuksesta kulutustuotteiden valmistuksen välillisen energian osuus on osapuilleen puolet.



**Kuva 10.** Lopputuotteiden valmistuksen elinkaarin (vain kotimaa) energiankäyttö kohdennettuna kotimaiseen loppukäyttöön (vasemman puoleinen kuva) ja vientiin (oikean puoleinen kuva) vuonna 2002 ja 2005.



**Kuva 11.** Suomen talouden energian kulutus (PJ) toimialoittain vuonna 2005



**Kuva 12.** Suomen kokonaisenergiakulutuksen (PJ) jakautuminen lopputuotekäytön ryhmiin vuonna 2005.

## 4 Kokonaiskuva Suomen kansantalouden ympäristövaikutuksista

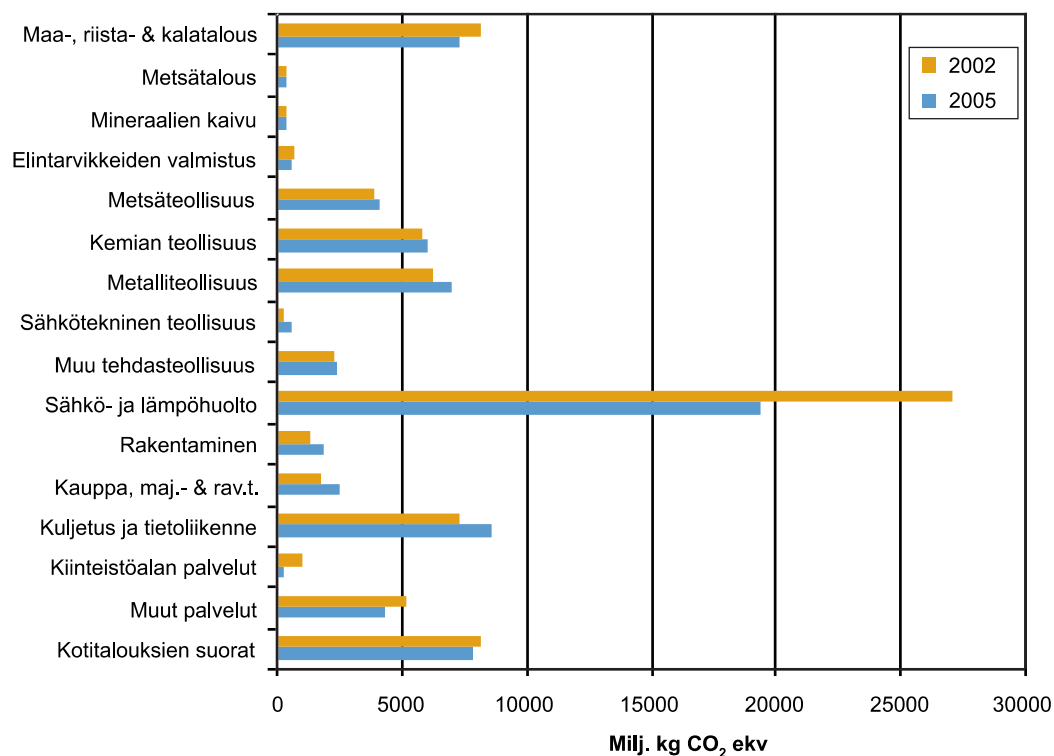
4.1

### Kotimaan toimintojen ympäristövaikutukset

Kotimaan toimintojen ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan Suomessa toimivien tuotanto- ja palvelutoimialojen aiheuttamaa ympäristövaikutusta ja kotitalouksien suurien päästöjen vaikutuksia. Näissä toimialoittaisissa vaikutuksissa ei ole mukana niiden valmistamien tuotteiden välillisiä elinkaarisia vaikutuksia, jotka syntyvät käytettäessä toisten toimialojen tuotteita tai palveluja (ns. välituotekäyttö). Suorat ympäristövaikutukset vastaavat perinteistä toimialojen päästöseurantaa.

Vuonna 2005 Suomen kotimaan toimintojen kasvihuonekaasupäästöt vähenivät 10 % vuoden 2002 tilanteesta. Syynä olivat metsäteollisuuden työnseisäisyys ja etenkin hyvä vesivuosi, jonka seurauksena pohjoismaisilta sähkömarkkinoilta riitti myös talviaikana vesivoimalla tehtyä sähköä Suomeen (Kuva 13).

Kun arvioidaan kotimaan toimialoittaisia kokonaisympäristövaikutuksia, joissa eri vaikutusluokat on yhdistetty subjektiivisen painottamisen kautta yhdeksi luvuksi



**Kuva 13.** Kotimaan toimintojen kasvihuonekaasupäästöt toimialoittain ja kotitalouksien suorat KHK-päästöt (sis. muuan muassa liikenteen, pientalojen lämmityksen) vuonna 2002 ja 2005.

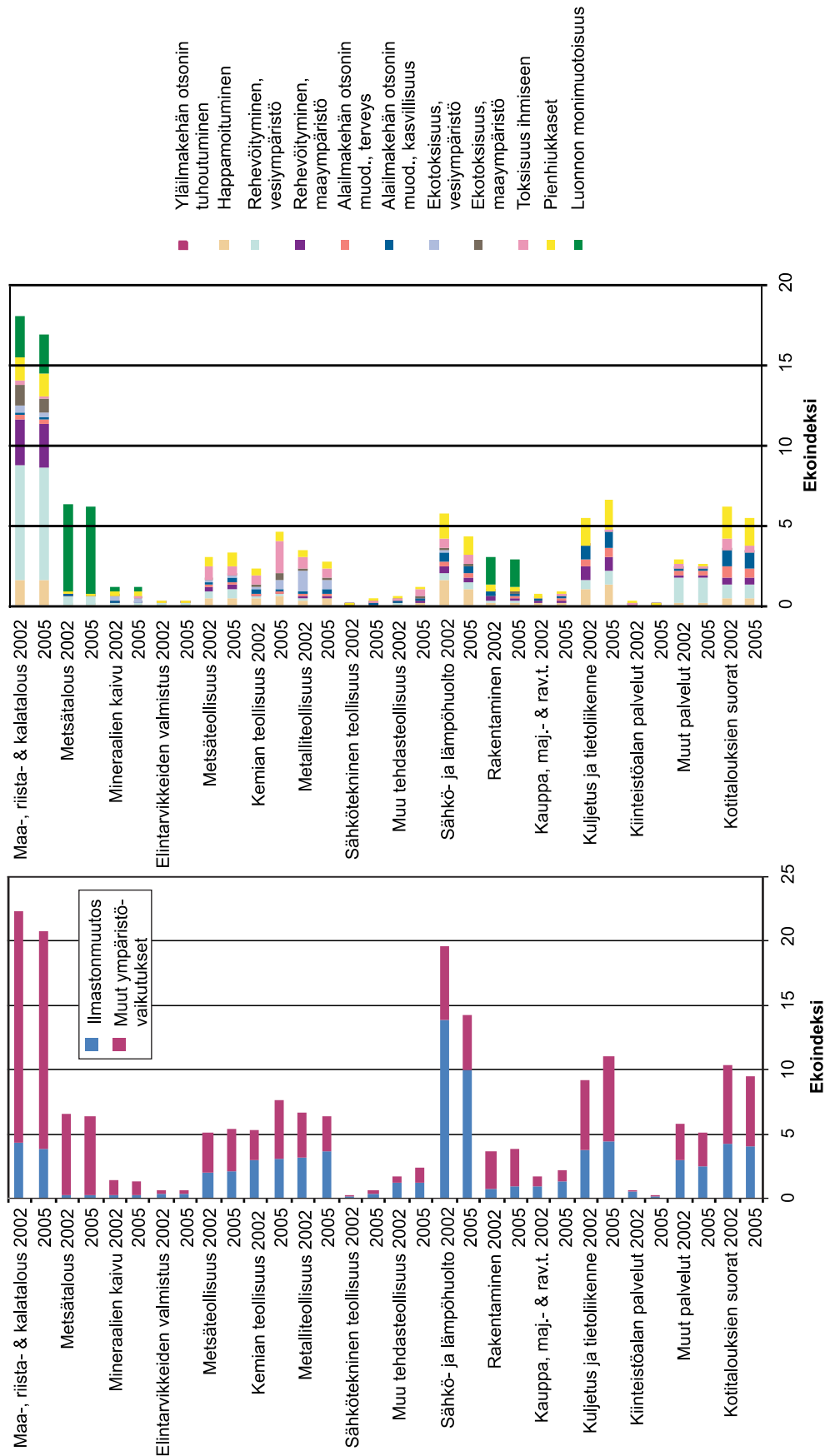


(ekoindeksiksi), maatalous (maa-, riista- ja kalatalous) ja energiantuotanto (sähkö- ja lämpöhuolto) erottuvat selvästi eniten ympäristöhaittoja aiheuttavina toimialoina (Kuva 14). Tässä esitetyt tulokset perustuvat kahdesta eri mallista yhdistetyn *Yhdistelmä* -mallin tuloksiin (ks. kohta 2.4). Mallin kaikkien kotimaan toimintojen kokonaisympäristövaikutusten yhteenlasketut ekoindeksiluvut on normeerattu 100:ksi vuoden 2002 tilanteessa, jolloin eri toimialojen tulosten vertailu helpottuu. Lisäksi kiinnittämällä malli vuoteen 2002 voidaan tehdä arvioita ympäristövaikutusten muutoksista vuodesta 2002 vuoteen 2005, jotka näkyvät kuvissa pylvään pienenemisenä tai suurenemisenä vuoden 2002 vastaavaan verrattuna.

Liitteessä 4 on tarkasteltu ekoindeksien laskentaan liittyviä herkkyys- ja epävarmuusnäkökohtia. Liitteessä esitetty kertoo hyvin selvästi sen, että ekoindeksien laskentaan käytetyt mallit ovat hyvin herkkiä niissä käytetyille valinnoille, jotka liittyvät esimerkiksi karakterisointikertoimiin, mukaan otettaviin vaikutusluokkiin, normalisointitekijöihin tai subjektiivisiin painokertoimiin. Mallien avulla voidaan erottaa vain suuret vaikutuserot eri toimialojen välillä, eikä pieniä eroja pidä tulkita merkitseviksi. Tietyn ympäristövaikutusluokan tuloksia on lisäksi syytä ensisijaisesti vertailla saman vaikutusluokan sisällä ja eri toimialojen välillä kuin eri vaikutusluokkien (esim. happamoitumis- ja rehevöitymistulosten) välillä. Tässä työssä esitetyt kokonaisympäristövaikutukset, joissa eri vaikutusluokat on aggregoitu yhdeksi luvuksi subjektiivisten painokertoimien avulla, antavat vain suuntaa-antavan kokonaiskuvan ja ennen lopullisia johtopäätösten tekoa eri toimialojen välisistä eroista olisi syytä tehdä liitteessä 4 esitetty ilmastonmuutoksen painoarvon muutoksen vaikutus kokonaistuloksiin (herkkyysanalyysi). Ilmastonmuutoksen painoarvon prosentuaalisella muutoksella on suurin merkitys lopputulokseen. Todettakoon, että tämän luvun laskelmissa käytetyssä *Yhdistelmä* -mallissa ilmastonmuutoksen painoarvo on asetettu 40 %:ksi muiden ympäristövaikutusten saadessa 60 %:n tärkeyspainon.

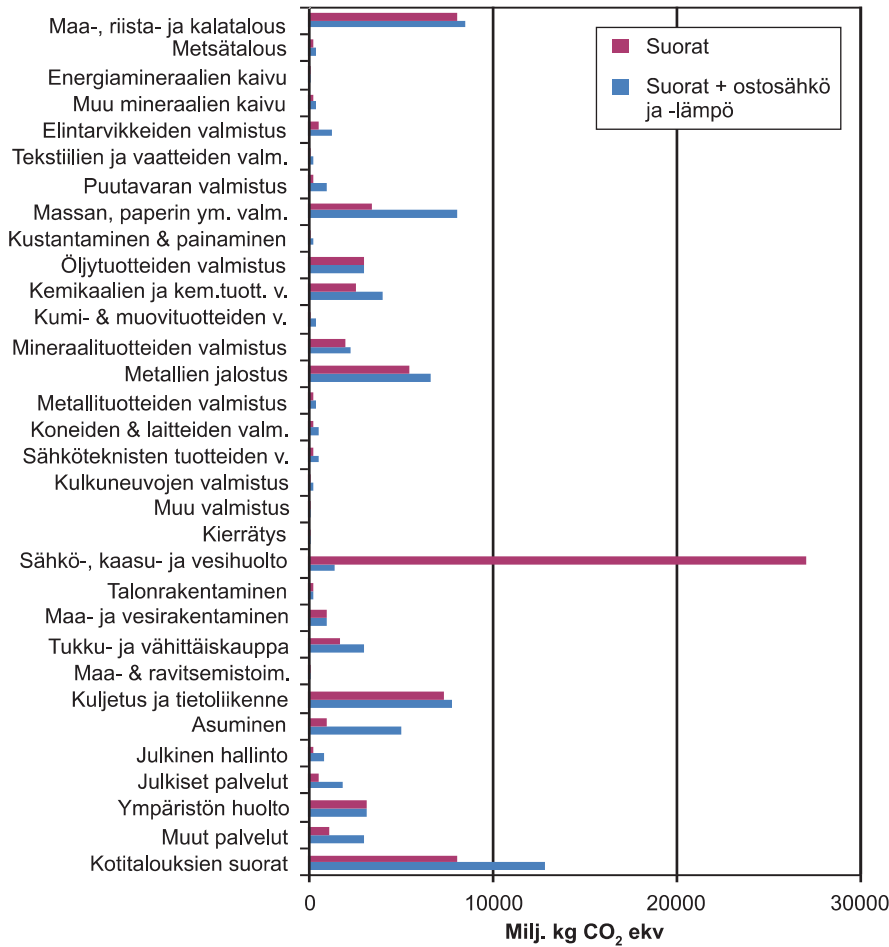
Ilmastovaikutukset muodostavat selvästi merkittävimmän osuuden sähkö- ja lämpöhuollon ympäristövaikutuksista. Vuonna 2002 sähkö- ja lämpöhuollon osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöistä oli 34 %, kun se oli vuonna 2005 vain 25 %. Maa-, riista- ja kalatalouden toimialan kasvihuonekaasupäästöosuudet ovat noin 10 % ja sen suuri ympäristökuormitus muodostuu mallin mukaan 80 %:sti muista ympäristövaikutuksista. Maatalous aiheuttaa noin puolet Suomen rehevöittävästä päästöistä ja merkittävän osuuden happamoittavista ja ekotoksisuutta aiheuttavista päästöistä.

Jos katsotaan perinteistä tapaa kohdentaa ympäristönsuojelutoimenpiteet suoraan toimialoille, niin maatalous ja energiantuotanto nousevat avainasemaan kotimaan ympäristönsuojelussa. Kummallakin toimialalla on (elin)tärkeä merkitys suomalaisessa yhteiskunnassa ja niiden tuotteita käytetään runsaasti välituotteina (maatalouden tuotteet, energia) muilla toimialoilla. Niissä tapahtuvat ympäristökuormituksen vähenemiset osittuvat monien muiden toimialojen hyödyksi, kun sovelletaan elinkaariajattelua. Maatalouden ympäristövaikutukset kytkeytyvät valtaosin elintarviketeollisuuden tuotteisiin, mikä on nähtävissä erittäin hyvin kotimaan loppukäyttöä koskevassa luvussa (luku 4.3, Kuva 22) Perinteisen vientiteollisuutemme (metsä-, metalli- ja kemianteollisuus) rooli kotimaan toimintojen suorien päästöjen ja ympäristöongelmien aiheuttajana on yhteensä vain 20 %:n luokkaa koko kotimaan toimintojen aiheuttamista suorista ympäristövaikutuksista (Kuva 14). Tilanne muuttuu kuitenkin selvästi, kun energiantuotannon (sähkö- ja lämpöhuollon) aiheuttamat ympäristövaikutukset siirretään eri toimialoille niiden käyttämän ostoenergian suhteessa. Tämän seurauksena sähkö- ja lämpöhuollon vaikutukset vähenevät ja sen tuottamaa energiaa käyttävien toimialojen päästöt nousevat selvästi. Erityisesti vaikutus näkyy metsäteollisuudessa ja asumisessa (Kuva 15). Energiasektorin kokonaisympäristövaikutukset kytkeytyvät 60 prosenttisesti muuhun kuin teollisuuden toimintaan (pääasiassa asumiseen ja liikenteeseen) kotimaassa.

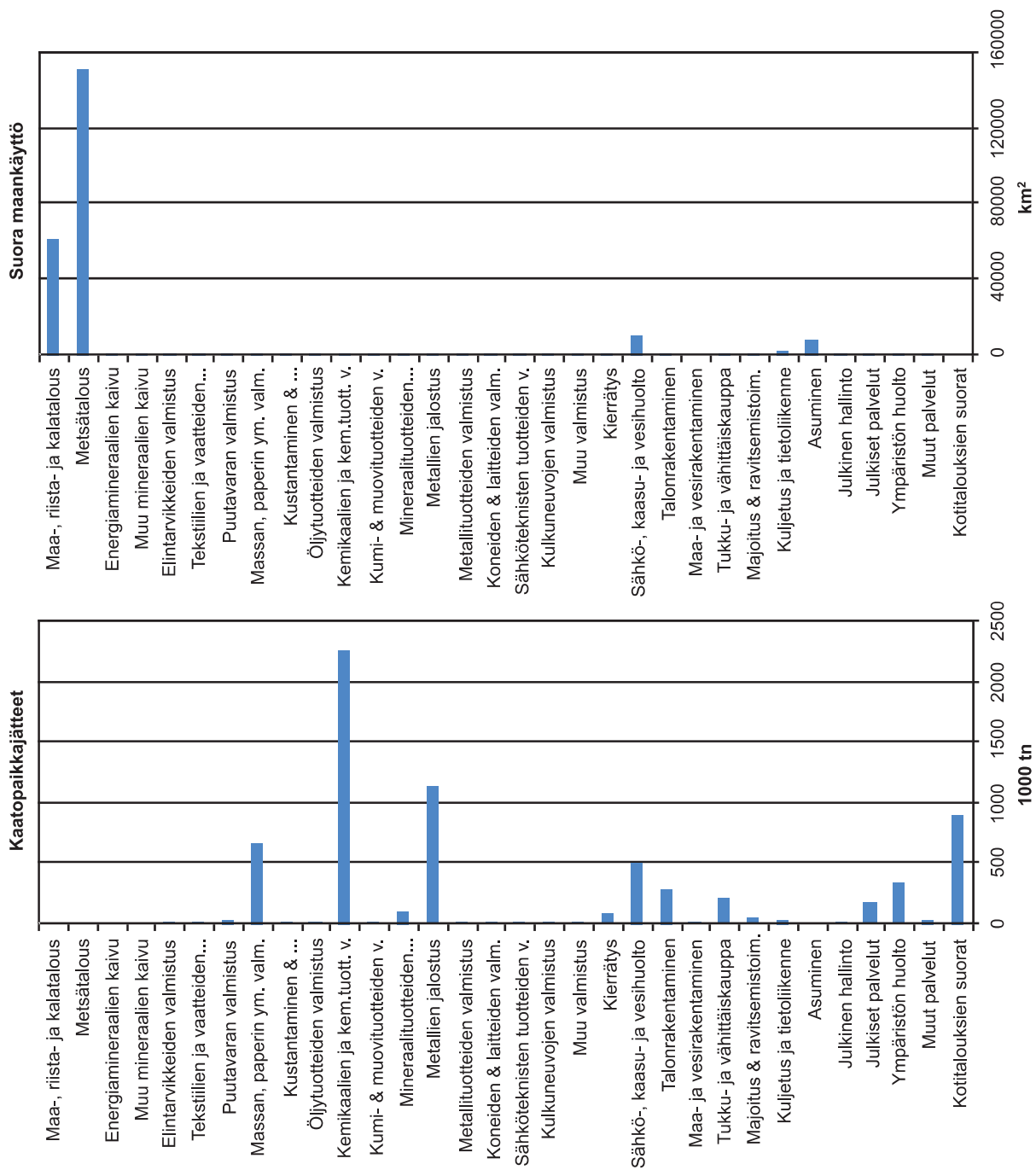


**Kuva 14.** Kotimaan toimintojen suorat kokonaisympäristövaikutukset toimialoitain vuonna 2002 ja 2005 Yhdistelmä -mallilla laskettuna. Oikeanpuoleisessa kuvassa on avattu vasemmanpuoleisen kuvan 'Muut ympäristövaikutukset' (punainen palkki) eri vaikutusluokkiin.

ENVIMAT-malliin on lisätty Suomen vuoden 2002 jätetilasto ja maankäyttötiedot toimialoittain. Tulokset on esitetty kuvassa 16. Kemikaalien, massa- ja paperituotteiden valmistus, metallien jalostus ja energian tuotanto aiheuttavat noin 70 % Suomen kaatopaikoille menevistä jätteistä. Kotitalouksien jätteiden massamäärä on suurempi kuin metsäteollisuuden. Maankäyttäjinä metsäteollisuus ja maatalous ovat luonnollisesti suurimpia. Maa- ja metsätalouden maankäyttö kattaa yli 95 % ihmistoiminnan piirissä olevasta pinta-alasta. Tämän maankäytön vaikutukset näkyvät etenkin luonnon monimuotoisuuden heikkenemisenä ja rehevöittävinä päästöinä.



**Kuva 15.** Kotimaan toimintojen suorat kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2002 ja ostosähkön ja -lämmön aiheuttamien päästöjen kohdentuminen eri toimialoille. Kuvassa on 31 toimialojen jako (ks. Liite I).



Kuva 16. Kotimaan toimintojen kaatoaikalle menevät jätteet ja suora maankäyttö 31 toimialan jaotuksella vuonna 2002.

#### 4.2

### Tuonti ja sen merkitys kansantalouden ympäristövaikutuksissa

Koko Suomen kansantalouden ympäristövaikutukset muodostuvat tuonnin ja kotimaan toimintojen yhteisvaikutuksesta. Tuonnin ympäristövaikutukset esitetään tässä yhteydessä käyttämällä samaa aggregoitua 15 toimialajaotusta kuin mitä käytettiin pääsääntöisesti kotimaan suorien ympäristövaikutusten esittämisessä. Tuonnin tulokset kuvaavat ulkomailla valmistettujen tuotteiden elinkaarisia ympäristövaikutuksia, joissa on otettu huomioon ko. toimialan suorat ja sen käyttämien muiden toimialojen tuotteiden ja palveluiden välilliset vaikutukset.

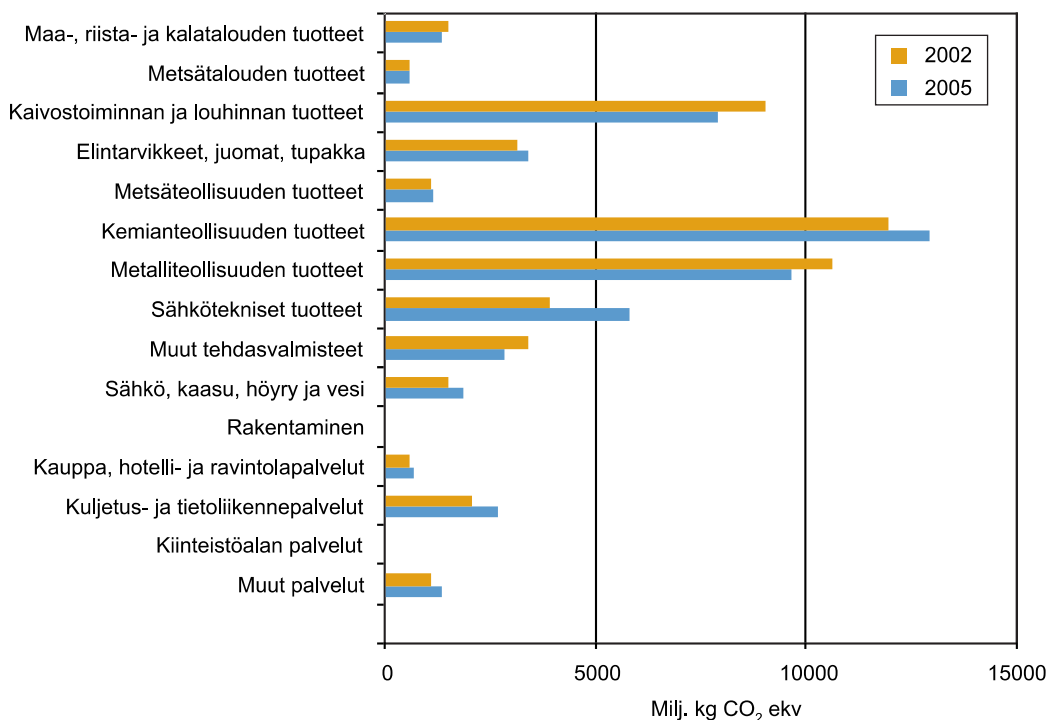
Tuonnin kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu kasvaneen noin 2 800 milj. kg CO<sub>2</sub> ekv vuodesta 2002 vuoteen 2005 (kasvua 3 %) toisin kuin kotimaan kasvihuonekaasupäästöt, jossa näkyy vähenemää metsäteollisuuden seisokin ja hyvän pohjoismaisen vesivoimatilanteen vuoksi. Erityisesti ulkomaalaisten sähköteknisten ja kemianteollisuuden tuotteiden (käytännössä öljytuotteiden) kasvihuonekaasupäästöt lisääntyivät ko. aikavälillä (Kuva 17). Tuonnin kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2002 noin 65 % kotimaisista kasvihuonekaasupäästöistä (77 milj. tn CO<sub>2</sub> ekv), kun ne olivat vuonna 2005 jo 75 % kotimaisista kasvihuonekaasupäästöistä (70 milj. tn CO<sub>2</sub> ekv).

Muiden ympäristökuormitustekijöiden kuin kasvihuonekaasupäästöjen osalta tuonnin muutokset on vaikeammin arvioitavissa epävarmuustekijöiden lisääntyessä. Ympäristövaikutusten arviointiin vaikuttaa käytettävissä olevat sekä ympäristökuormitustiedot että käytetty ympäristövaikutusmenetelmä. Tuonnin ympäristökuormitustietoihin liittyviä epävarmuusnäkökohtia on käsitelty kohdassa 2.3 ja liitteessä 2. Tässä yhteydessä tuonnin ympäristövaikutusten suuruudesta annetaan tuloksia Yhdistelmä -mallin avulla. Liitteessä 4 on esitetty tuonnin arviointimetodologiaan liittyviä epävarmuus- ja herkkyyšnäkökohtia.

Ulkomailla valmistettujen kemian- ja metalliteollisuuden, kaivostoiminnan ja sähköteknisen teollisuuden tuontituotteet aiheuttivat selvästi suurimmat kasvihuonekaasupäästöt lähes samansuuruisilla päästöillä. Niiden osuus tuonnin kasvihuonekaasupäästöistä oli noin 70 % vuosina 2002 ja 2005.

Tuonnin ja kotimaan toimintojen yhteenlasketut kasvihuonekaasupäästöt muodostavat Suomen kansantalouden aiheuttamat kokonaispäästöt globaalisti. Vuonna 2005 tämän ilmastovaikutuksen arvioitiin olevan 125 milj. tn CO<sub>2</sub> ekv, kun maakohtainen raportointi antoi tulokseksi 70 milj. tn CO<sub>2</sub> ekv. Vuonna 2002 vastaavat luvut olivat 130 ja 77 milj. tn CO<sub>2</sub> ekv.

Tuonnin muut kuin ilmastovaikutukset näyttelevät ilmastovaikutuksia suurempaa roolia Suomen kansantalouden kokonaisympäristövaikutuksissa (Kuvat 18 ja 19). Eri ympäristöongelmissa (esim. happamoitumisessa, rehevöitymisessä) tuonnin osuus

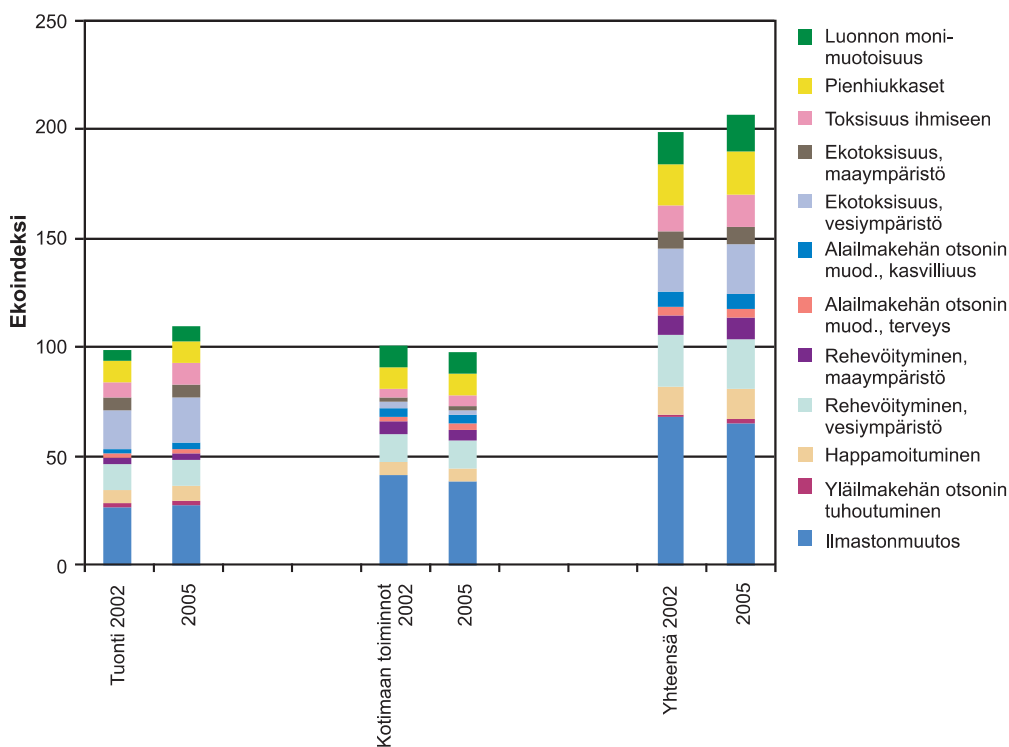


**Kuva 17.** Tuonnin kasvihuonekaasupäästöt ulkomailla tuoteryhmittäin vuosina 2002 ja 2005.

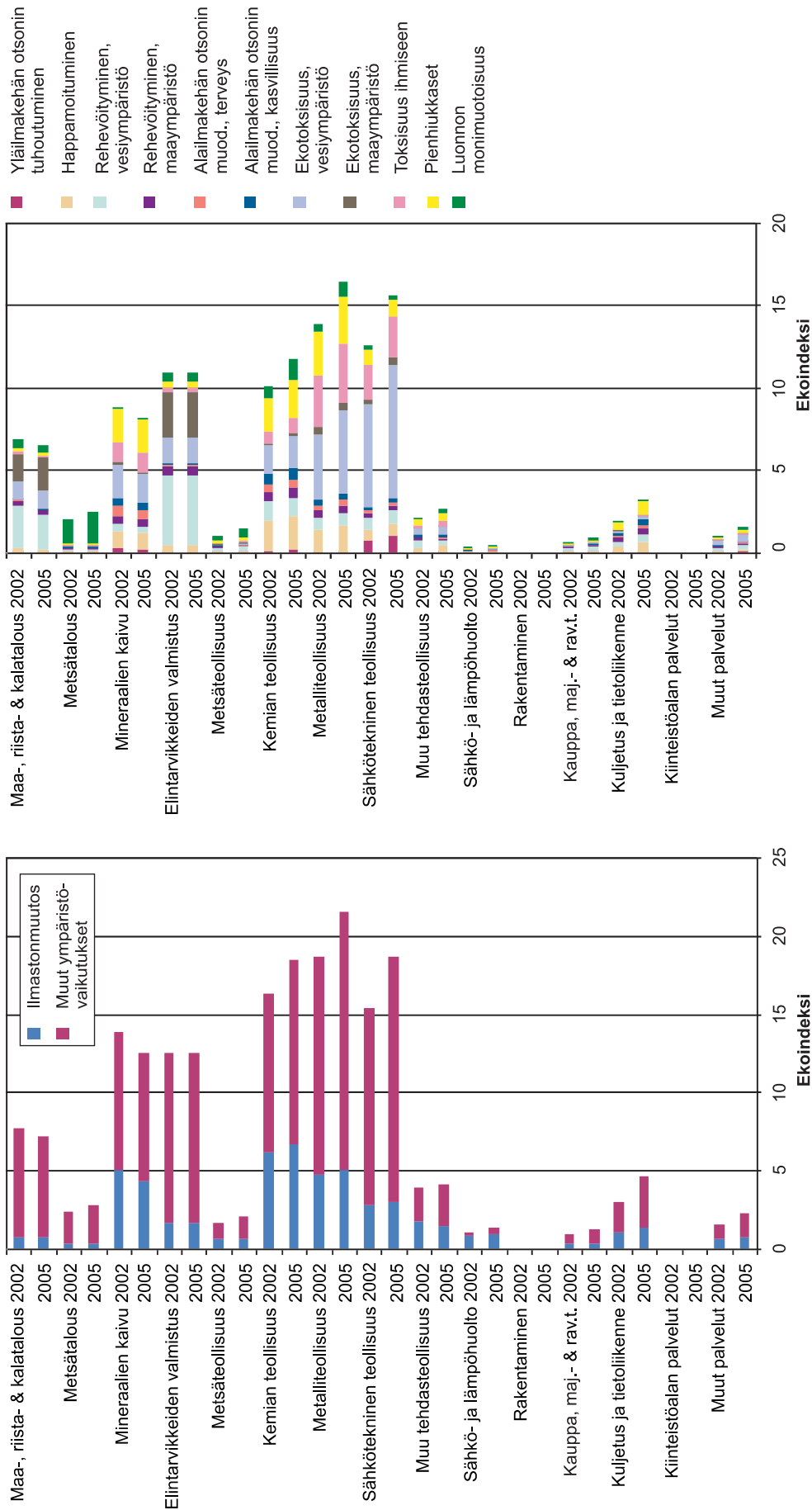
vaihtelee suuresti, ja tuonnin kokonaisvaikutusten merkitys Suomen kansantalouden ympäristövaikutuksissa riippuu viime kädessä siitä, kuinka arvotamme erilaisia vaikutuksia toisiinsa (ks. Liite 4).

Yhdistelmä -mallin perusteella ulkomailla valmistettujen metalli-, kemian- ja sähköteknisen teollisuuden tuontituotteet aiheuttivat noin puolet koko tuonnin elinkaarisista ympäristövaikutuksista vuonna 2002 ja 2005. Myös malmirikasteet ja mineraalit sekä elintarvikkeiden tuotteet näyttävät merkittävää roolia tuonnin ympäristövaikutuksissa 13 %:n ja 12 %:n osuuksilla. Elintarviketeollisuuden tuontituotteissa muut kuin ilmastovaikutukset dominoivat kokonaisympäristövaikutuksissa.

Työssä käytetyissä ReCiPe+ ja Kotimaa -arviointimalleissa tuonnin osuudeksi Suomen kansantalouden ympäristövaikutuksissa arvioitiin 46-59 % vuonna 2002 ja 49-61 % vuonna 2005. Suomen kansantalouden kokonaisympäristövaikutukset eivät olleet laskusuunnassa vuodesta 2002 vuoteen 2005, vaikka vuonna 2005 oli kotimaan energiantuotannon päästöjen kannalta poikkeuksellisen hyvä vuosi (Kuva 18).



**Kuva 18.** Yhdistelmä -mallin antama kokonaiskuva Suomen kansantalouden (tuonti + kotimaan toiminnot = yhteensä) kokonaisympäristövaikutuksista vuonna 2002 ja 2005. Kotimaan toimintojen ympäristövaikutuksia kuvaava ekoindeksi on asetettu 100:ksi vuoden 2002 tilanteessa. Muiden arvot on suhteutettu vuoden 2002 tilanteeseen. Arviointiin liittyy epävarmuustekijöitä, joita on käsitelty kohdassa 4.4 ja liitteessä 4.



**Kuva 19.** Tuonnin elinkaariset ympäristövaikutukset tuoteryhmittäin vuosina 2002 ja 2005 Yhdistelmä -mallilla laskettuna. Oikeapuoleisessa kuvassa on avattu vasemmanpuoleisen kuvan 'Muut ympäristövaikutukset' (punainen palkki) eri vaikutusluokkiin.

## Kotimaan loppukäytön ja viennin ympäristövaikutukset tuoteryhmittäin

Tässä luvussa käsitellään tuonnin ja kotimaan toimintojen yhteenlaskettuja ympäristövaikutuksia, ts. Suomen kansantalouden elinkaarisia ympäristövaikutuksia, ja sitä, että miten ne kohdentuvat kotimaiseen loppukäyttöön ja vientiin. Kotimainen loppukäyttö muodostuu kulutuksesta ja investoinneista.

Suomen kansantalouden aiheuttamat elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt (129 milj. tn CO<sub>2</sub> ekv) olivat vuonna 2002 noin 69 % suuremmat kuin kotimaan päästöt. Kotimaan loppukäyttöön meni 61 % koko Suomen kansantalouden aiheuttamista elinkaariaikaisista KHK-päästöistä viennin osuuden ollessa 39 %. Vuonna 2005 vastaavat luvut olivat 43 %, 76 % ja 34 %. Metsä-, kemian- ja metalliteollisuuden tuotteiden sekä sähkötekniikan tuotteiden viennin osuus on yli 80 % viennin elinkaariaikaisista kasvihuonekaasupäästöistä (Kuva 20).

Metsäteollisuuden tuotteet (massa, paperi, pahvi ja kartonki) aiheuttivat suurimmat kokonaiskasvihuonekaasupäästöt Suomen 150:stä lopputuoteryhmästä vuonna 2005 (Kuva 21). Peräti 30 % metsäteollisuuden lopputuotteiden päästöistä tulee ulkomailta kemikaalien valmistuksen ja maakaasun käytön seurauksena. Suuret kasvihuonekaasupäästöt johtuvat ko. tuoteryhmän valtavasta volyymistä, joka suuntautuu yli 95 prosenttisesti vientiin.

Suomen kansantalouden ympäristövaikutusten kokonaiskuva muuttuu olennaisesti, kun ne kohdennetaan kotimaan loppukäytölle ja viennille (Kuvat 22 ja 23). Tulokset on esitetty Yhdistelmä -mallilla. ReCiPe+ - ja Kotimaa -mallin antama kuva kokonaisympäristövaikutuksista poikkeaa eri toimialojen tuoteryhmien välillä jonkin verran. Suurin eroja selittävä tekijä on mallien ilmastonmuutoksen ja muiden ympäristövaikutusten välinen painoarvoero. Tätä on käsitelty tarkemmin liitteessä 4. Lisäksi mallien antama kuva muiden kuin ilmastonmuutosvaikutusten merkityksestä vaihtelee kovasti. Näistä vaikeuksista huolimatta kumpikin malli antaa kuitenkin samanlaisen kokonaiskuvan, minkä takia tässä luvussa tuloksien esittämiseen riittää Yhdistelmä -mallin tulokset.

Arviointimallien perusteella kotimaan loppukäytön ilmastovaikutukset olivat 56 % ja 58 % koko Suomen kansantalouden elinkaarisista ilmastovaikutuksista vuonna 2002 ja 2005. Muiden ympäristövaikutusten suhteen mallien antamat osuudet vaihtelevat. ReCiPe+ -malli antaa kotimaan loppukäytön muiden kuin ilmastovaikutusten osuudeksi 55 % koko Suomen kansantalouden elinkaarisista vaikutuksista vuonna 2002 ja 2005. Kotimaa -malli antaa osuudeksi 53 % vuonna 2002 ja 2005.

Kotimaan loppukäytön ilmastovaikutusten absoluuttinen määrä CO<sub>2</sub>-ekvivalen-teissa väheni vuodesta 2002 vuoteen 2005 noin 7 %, kun se kotimaan toiminnoissa väheni samalla aikajaksolla 10 %. Syynä oli poikkeuksellisen edullinen tilanne vuonna 2005 hankkia vähäpäästöistä tuontien energiaa Pohjoismaisilta sähkömarkkinoilta. Samaan aikaan kuitenkin muiden ympäristövaikutusten osalta tilanne pysyi käytännössä ennallaan (vrt. myös kohta 4.4). Kokonaisuudessaan voidaan siis todeta, että ilman poikkeuksellista energiatuotantoon liittyvää tilannetta lisääntynyt kulutus ja taloudellinen aktiviteetti olisi johtanut suomalaisen kansantalouden aiheuttaman ympäristökuormituksen kasvuun globaalisti.

Kotimaan loppukäytössä palvelusektorit, elintarvikkeet, kotitalouksien suorat päästöt (erillistalojen lämmitys, yksityisautoilu ja pienkoneet) ja rakentaminen kattoivat 74 % kotimaan loppukäytön elinkaarisista kokonaisympäristövaikutuksista vuonna 2002 ja 2005. Ilmastovaikutusten osuudet jakaantuivat ko. sektoreille vuonna 2005 seuraavasti: palvelusektorit 44 %, elintarvikkeet 9 %, kotitalouksien suorat 11 % ja rakentaminen 11 %. ReCiPe+ ja Kotimaa -malleilla laskettuna muiden kuin



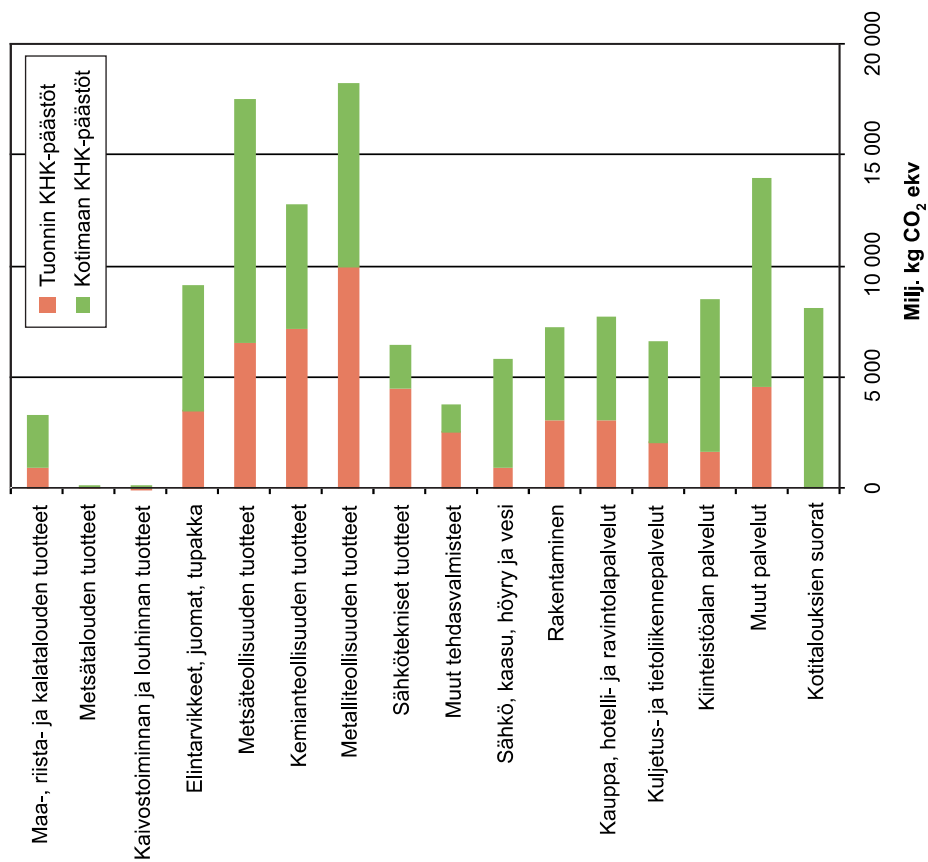
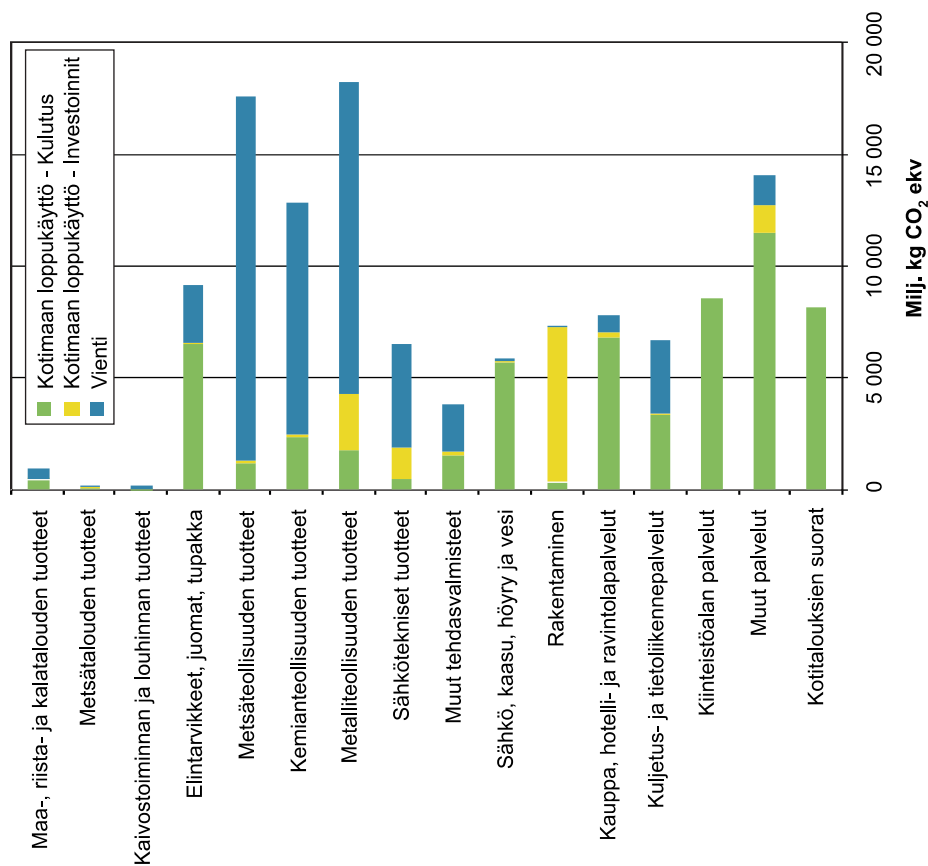
ilmastovaikutusten osuudet olivat palvelusektoreille 37–39 %, elintarvikkeille 17–19 %, rakentamiselle 10–12 % ja kotitalouksien suorille päästöille 6–11 %. Yhdistelmämallilla laskettuna palvelusektorien yhteenlaskettu osuus koko kotimaan loppukäytön elinkaarisista vaikutuksista oli vajaat 40 % vuonna 2005.

Vientiteollisuuden tuotteet näyttelevät pientä roolia kotimaan loppukäytössä. Viennin ilmastovaikutukset ovat noin 80 % kotimaan loppukäytön elinkaarisista ilmastovaikutuksista. Sen sijaan muiden ympäristövaikutusten osalta voidaan sanoa, että viennin elinkaariset vaikutukset ovat jonkin verran suuremmat kuin kotimaan loppukäytön elinkaariset vaikutukset.

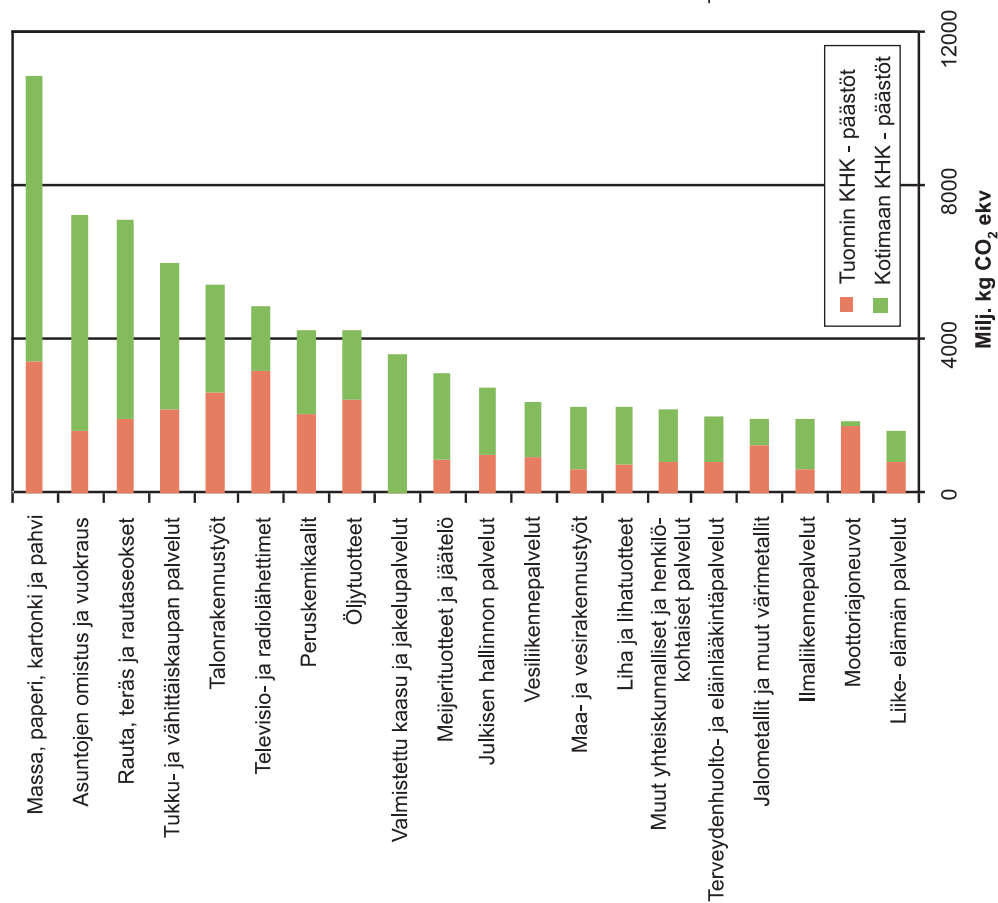
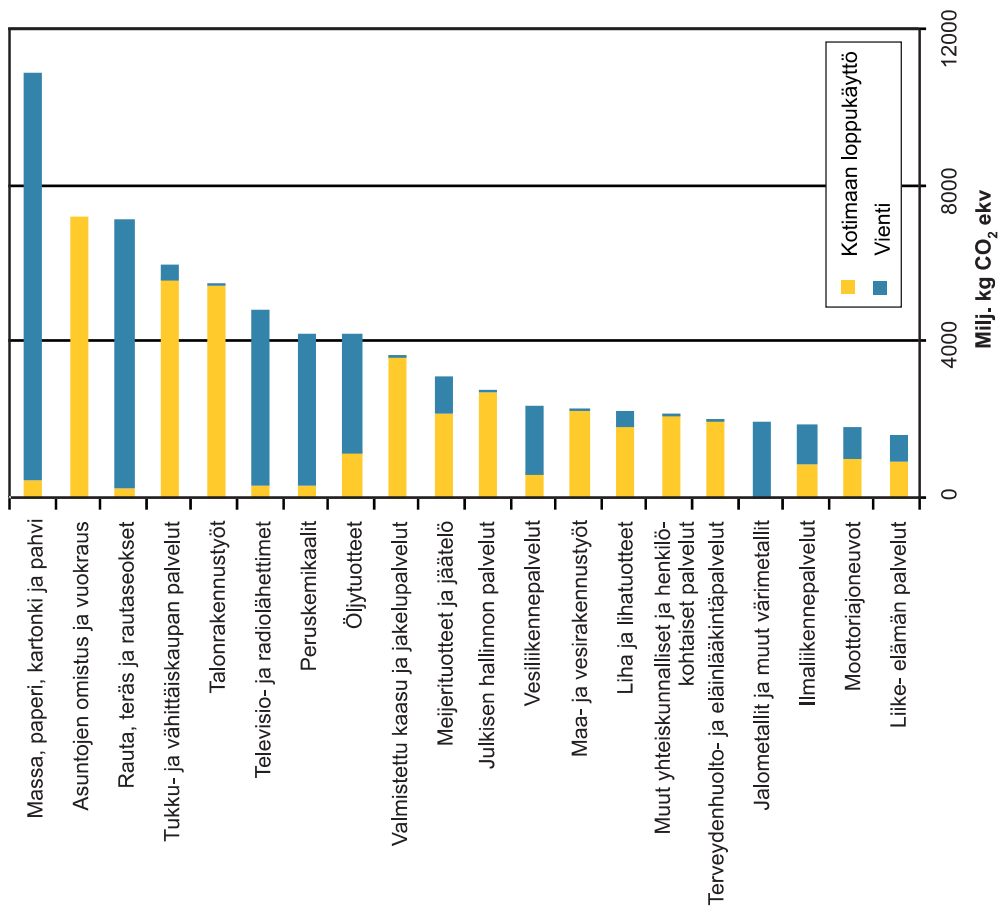
Uusiutumattomien luonnonvarojen ehtymistä on arvioitu menetelmällä (Huppes ym. 2002), joka arvottaa luonnonvarat niiden vuosittaisen käytön ja varannon funktiona. Toisin sanoen sama luonnonvaran käyttömäärä kuvaa luonnonvaran ehtymisen suurempaa uhkaa pienen varannon kuin suuren varannon yhteydessä. Varannot voidaan arvioida monella tavalla, mutta tässä työssä käytetty menetelmä perustuu varantoarvoihin, jonka käyttöön ottoa tuotantoon pidetään mahdollisena tulevaisuudessa. Fossiilisten polttoaineiden ehtyminen on arvioitu erillään muista uusiutumattomista luonnonvaroista, eikä tuloksia voi verrata keskenään.

Kotimaan loppukäytössä uusiutumattomia luonnonvaroja käytetään lähinnä metalliteollisuuden tuotteissa ja rakentamisessa (Kuva 24 vas.). Tavallisimmat maainesmineraalit eivät kuitenkaan ole tarkastelussa mukana, koska niiden varannon määrä maapallolla on toistaiseksi mahdotonta arvioida. Suomen vientituotteiden aiheuttama luonnonvarojen ehtyminen on moninkertainen kotimaiseen käyttöön verrattuna (Kuva 24 oik.). Suomen metalliteollisuuden pääraaka-aineiden käyttö näkyy selvästi kuvassa 24. Suomen käyttömäärillä kuparin ja nikkelin ehtymispotentiaali näyttäisi olevan samaa suuruusluokkaa, mutta sinkin suurempi kuin muilla.

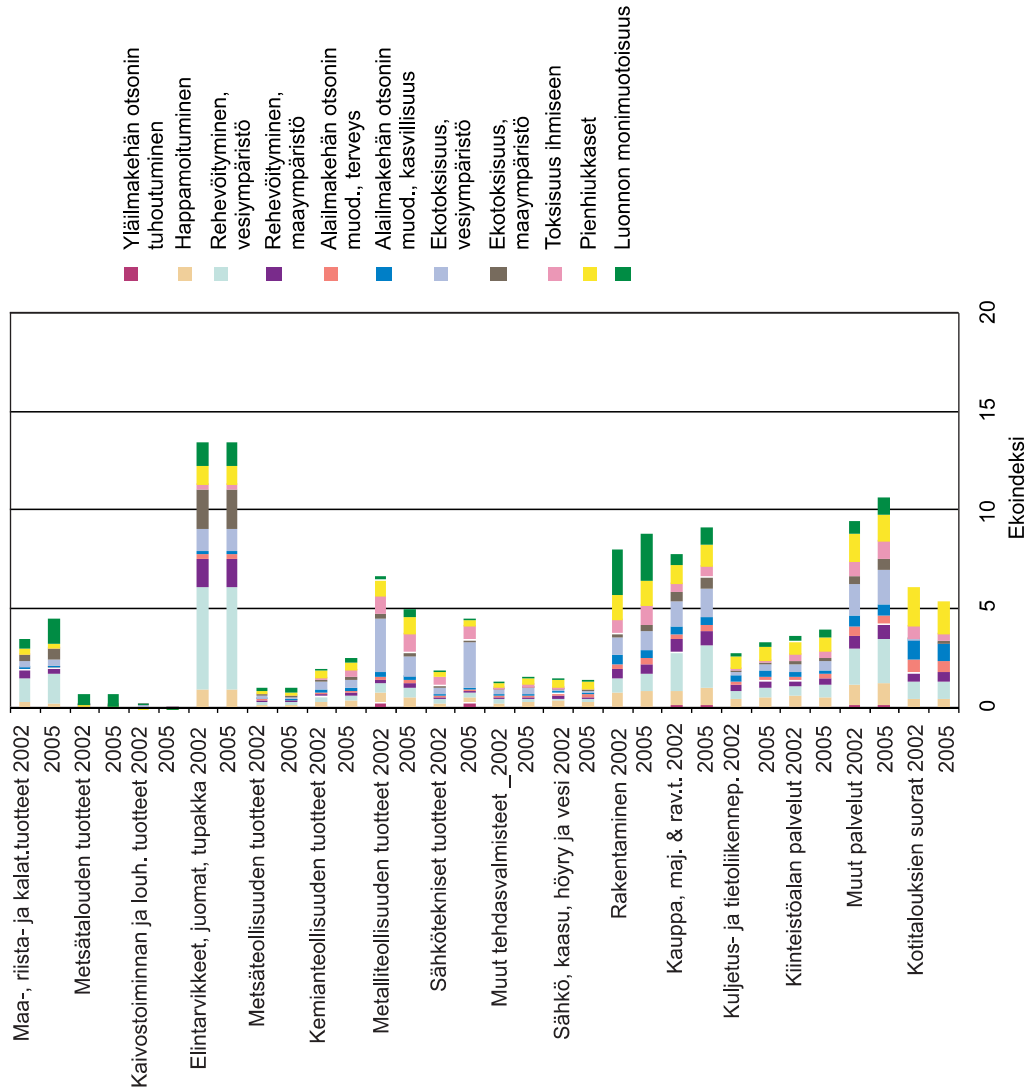
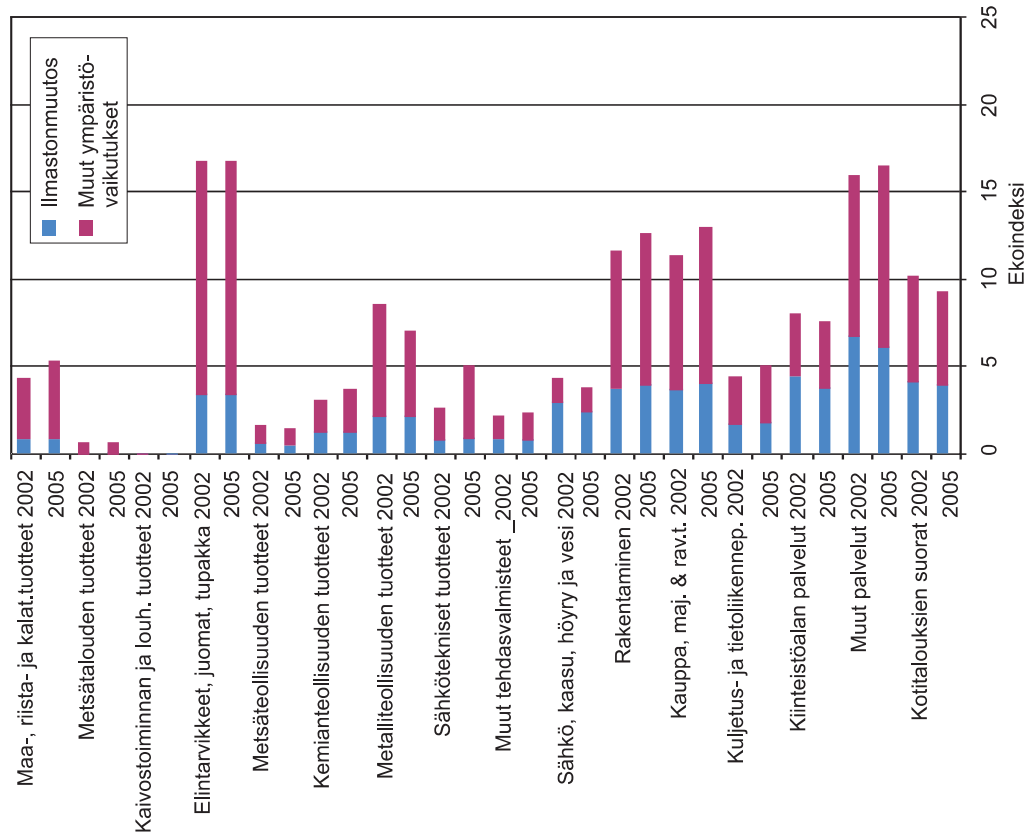
Öljyn käyttö sekä kotimaassa että vientituotteiden valmistuksessa on suurin uhka fossiilisten polttoaineiden ehtymiselle (Kuva 25). Kivihiilen ja maakaasun ehtyminen näyttää olevan samaa suuruusluokkaa. Tuloksissa näkyvää ruskohiiltä käytetään tuontituotteiden valmistuksessa. Tuloksista ilmenee myös se, ettei Suomen turpeen käyttö ole tällä hetkellä kriittinen luonnonvara globaaleihin varantoihin suhteutettuna.



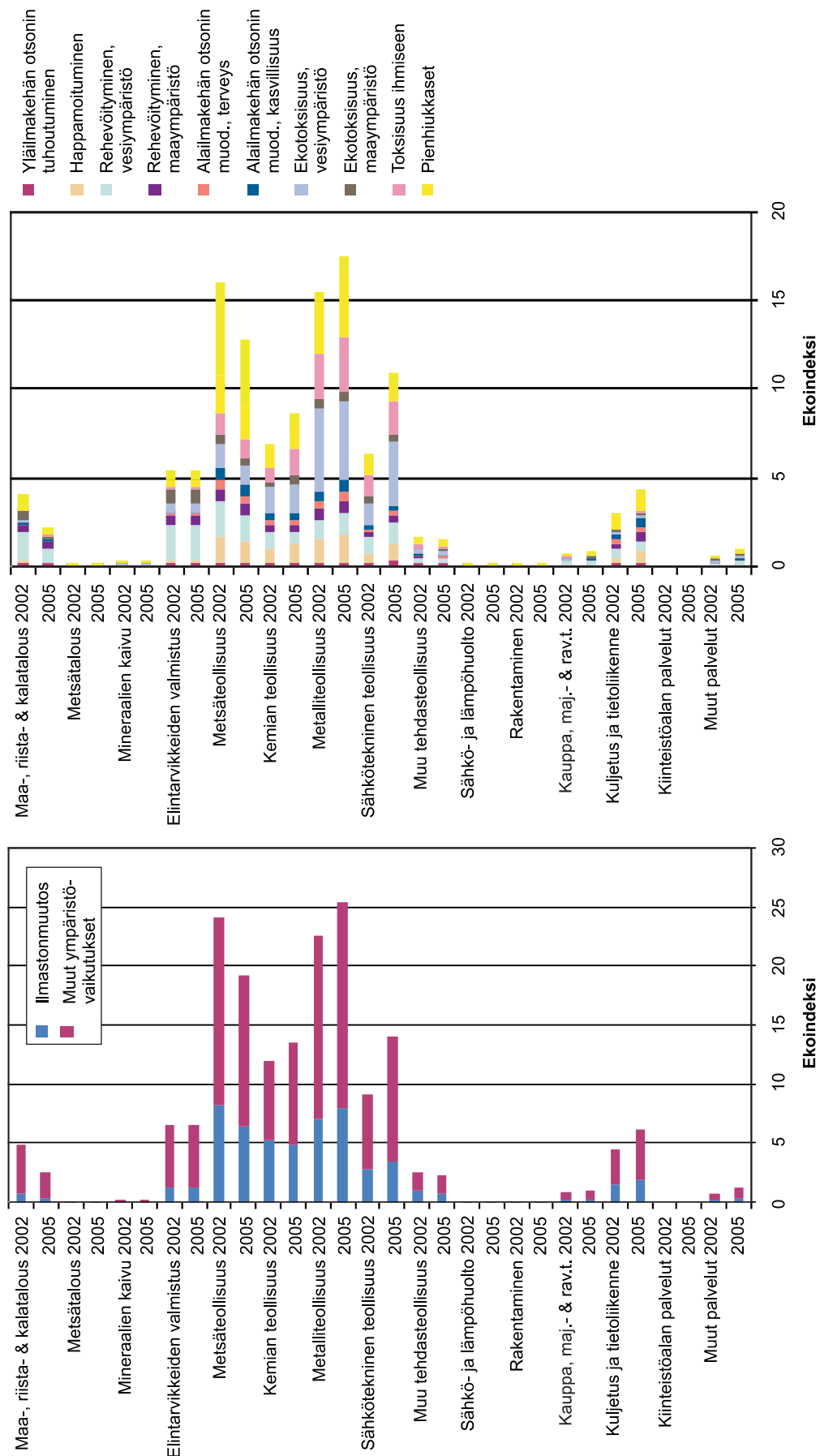
**Kuva 20.** Kotimaan lopputuotteiden elinkaariset ilmastovaikutukset tuoteryhmittäin vuonna 2002. Vasemmanpuoleinen kuva: tuoteryhmien aiheuttamat kasviuonekaasupäästöt kotimaassa ja niihin liittyvän tuonnin välilliset päästöt ulkomailla. Oikeanpuoleinen kuva: tuoteryhmien kasviuonekaasupäästöjen kohdentuminen kotimaan loppukäyttöön (kulutukseen, investointeihin) ja vientiin.



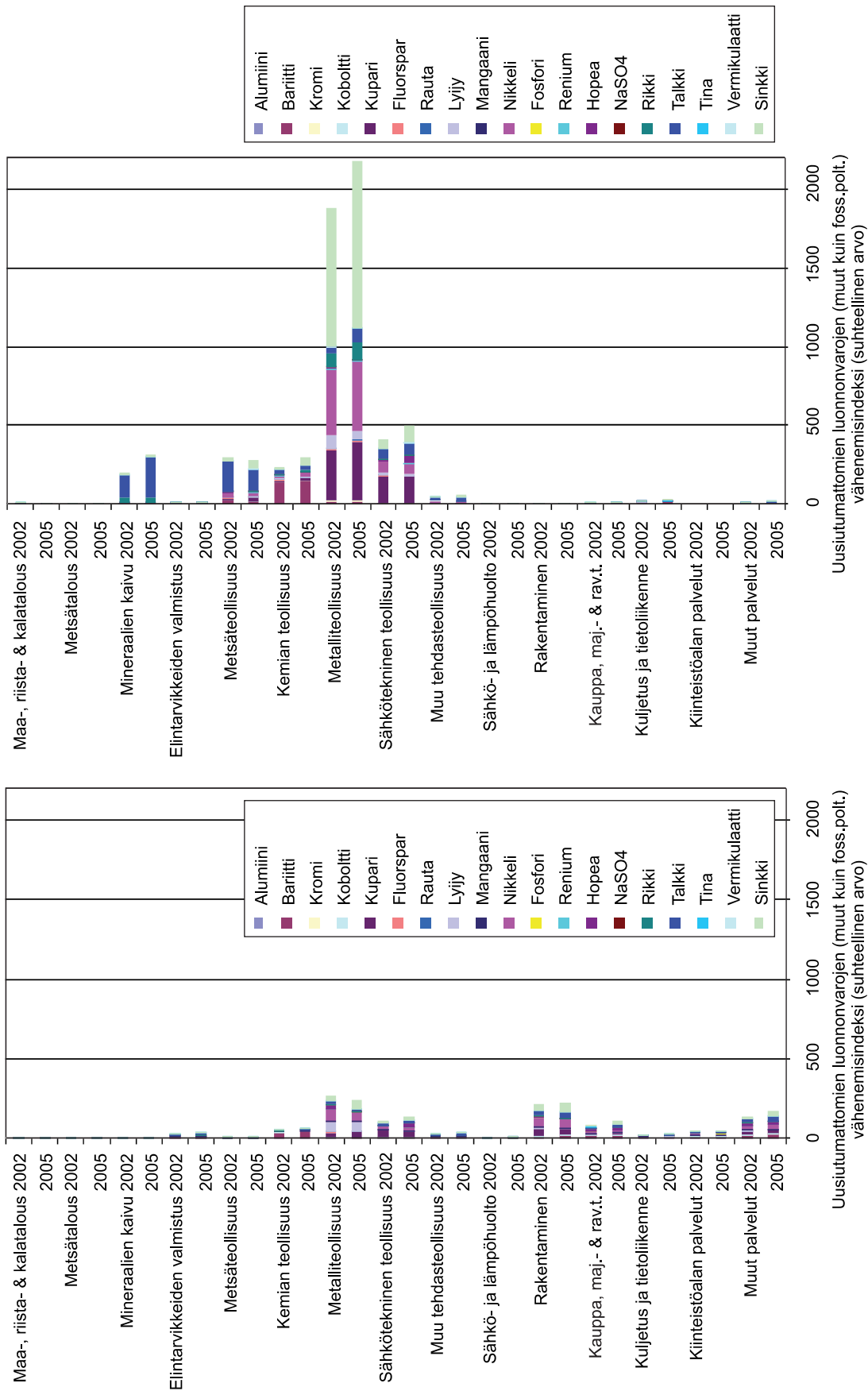
**Kuva 21.** Suomen kansantalouden kasviuonekaasupäästöiltään 20 suurinta tuoteryhmää 150:sta tuoteryhmästä vuonna 2005. Vasemmanpuoleinen kuva: lopputuoteryhmien kasviuonekaasupäästöt kotimaassa ja niihin liittyvän tuonin välilliset päästöt ulkomailta. Oikeanpuoleinen kuva: lopputuoteryhmien kasviuonekaasupäästöjen kohdentuminen kotimaan loppukäyttöön ja vientiin.



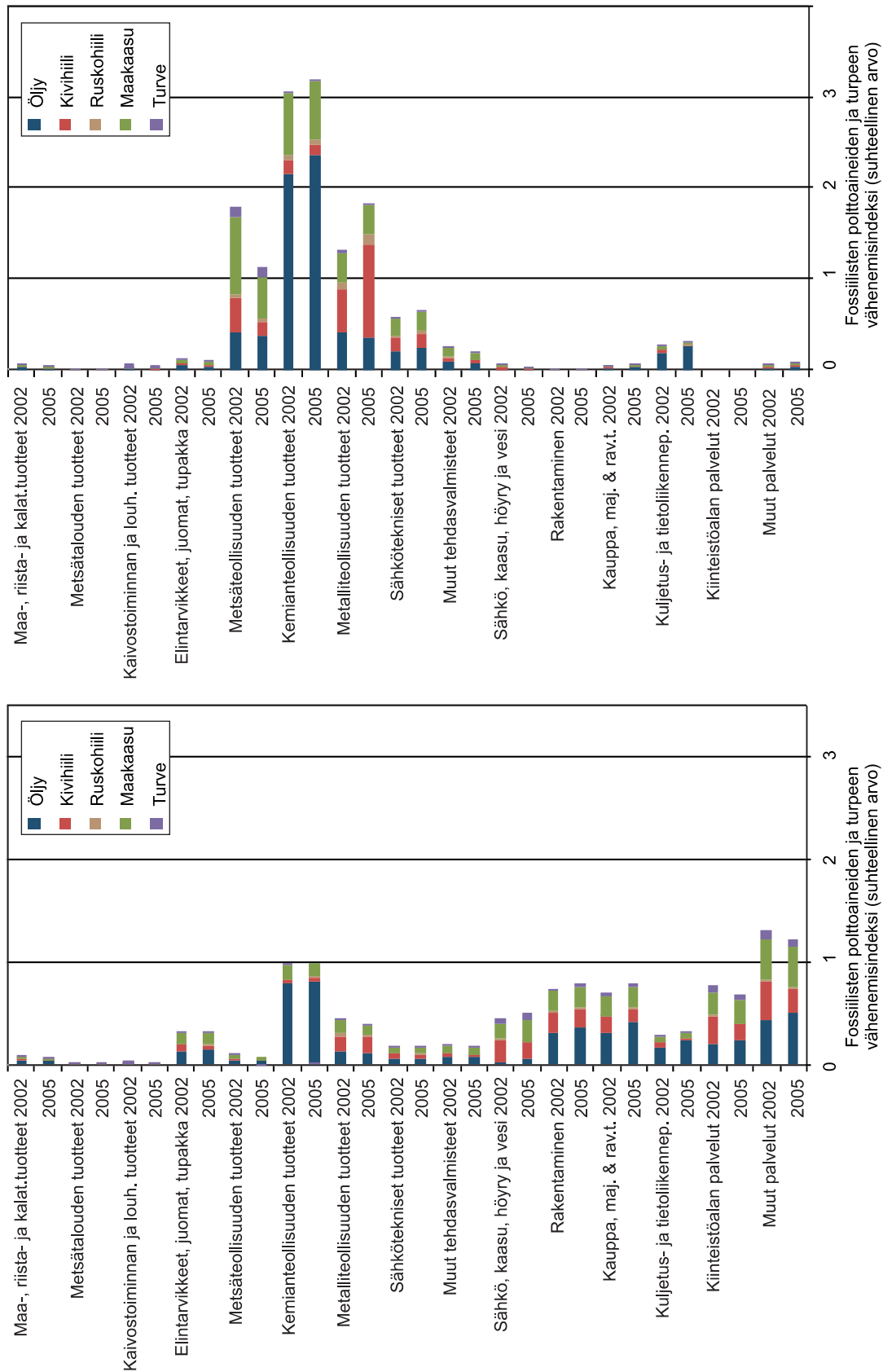
**Kuva 22.** Kotimaan loppukäytön elinkaariset ympäristövaikutukset tuoteryhmittäin vuonna 2002 ja 2005 Yhdistelmä-mallilla laskettuna. Viennin vaikutukset Suomen kansantalouden elinkaarisista ympäristövaikutuksista on poistettu. Vasemmanpuolinen kuva: ilmastomuutos ja muut vaikutukset yhdessä. Oikeanpuolinen kuva: muut kuin ilmastovaikutukset vaikutusluokittain.



**Kuva 23.** Viennin elinkaariset ympäristövaikutukset tuoteryhmittäin vuonna 2002 ja 2005 Yhdistelmä -mallilla laskettuna. Vasemmanpuoleinen kuva: ilmastonmuutos ja muut vaikutukset yhdessä. Oikeanpuoleinen kuva: muut vaikutukset vaikutusluokittain.



**Kuva 24.** Uusiutumattomien luonnonvarojen (muut kuin fossiiliset polttoaineet) ehtyminen tuoteryhmittäin vuonna 2002 ja 2005. Vasemmanpuoleinen kuva: kotimainen käyttö ja oikeanpuoleinen kuva: vienti.



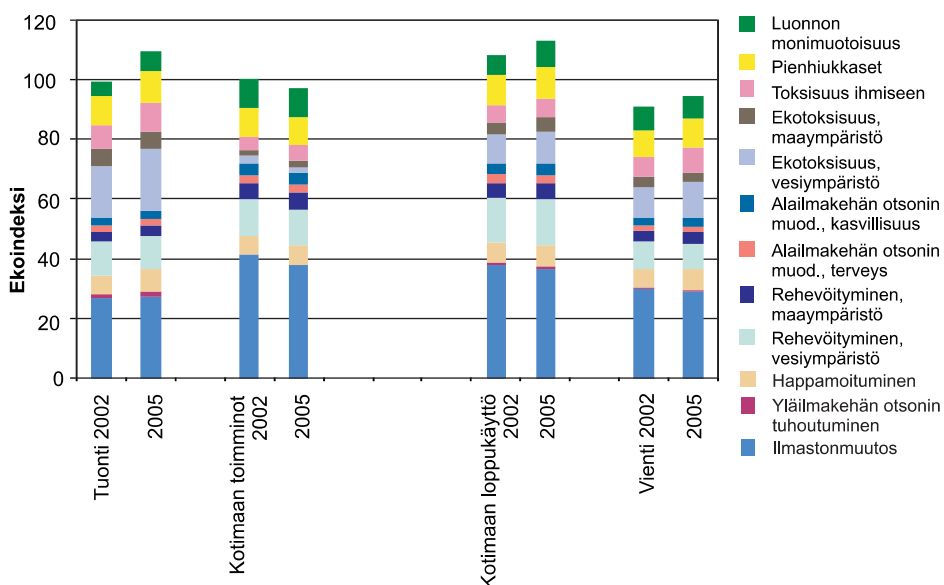
**Kuva 25.** Fossiilisten polttoaineiden ehtyminen tuoteryhmittäin vuonna 2002 ja 2005. Vasemmanpuoleinen kuva: kotimainen loppukäyttö ja oikeanpuoleinen kuva: vienti.

## Suomen talouden ympäristövaikutustaseet ja tulosten luotettavuudesta

Suomen kansantalouden elinkaariset ympäristövaikutukset muodostuvat tuonnin ja kotimaan toimintojen ympäristövaikutuksista (luvut 4.1- 4.2). Nämä ympäristövaikutukset kohdistuvat kotimaan loppukäyttöön (kulutus ja investoinnit) ja vientiin (luku 4.3). Käyttämällä kahta erilaista arviointimallia, ReCiPe+ - ja Kotimaa -mallia, saadaan näistä taseista kansantalouden tasolla samankaltainen kokonaiskuva, vaikka eri vaikutusluokkien suhteellinen osuus kokonaisvaikutuksissa vaihtelee eri malleissa huomattavasti (Liite 4).

Kuvassa 26 on esitetty tulokset Yhdistelmä -mallin avulla. Mallien lähtötietojen epävarmuudet ja malleihin sisältyvä subjektiivinen valinta eri vaikutusluokkien seurausten välisistä tärkeyseroista ei anna perusteita tulkita pieniä ympäristövaikutuseroja sellaisiksi, että niiden perusteella kuvasta voitaisiin tehdä esitettyjen tolppien suuruuksista suoraan johtopäätöksiä. Kuitenkin voidaan melkoisella todennäköisyydellä sanoa, että Suomen kansantalouden aiheuttamista kokonaisympäristövaikutuksista kohdentuu suurempi osuus kotimaan loppukäytölle kuin viennille ja kotimaan loppukäytön vaikutukset ovat suuremmat kuin kotimaisten toimintojen vaikutukset. Tätä tulosta tukee myös se, että työssä käytetty malli aliarvioi selvästi tuonnin kulutustavaroiden ympäristövaikutuksia maakohtaisten päästötietojen puuttuessa mallista. Kaikkien erilaisten kulutustavaroiden erittely ja niihin liittyvien elinkaaritietojen arviointi on toistaiseksi mahdoton suorittaa, kun kansainväliset tietopankitkaan eivät sisällä tietoja kulutustavaroista.

Tuonnin ympäristövaikutusten arviointi on tässä työssä pitkälle perustunut elinkaaritietopankin (Ecoinvent) tietoihin. Tutkijapiireissä on hyvin tiedossa, että elinkaaritietopankkien tuotekohtainen elinkaaritieto antaa pienemmät ympäristövaikutus-



**Kuva 26.** Suomen kansantalouden aiheuttamat ympäristövaikutukset (tuonti + kotimaan toiminnot) sekä niiden kohdentuminen kotimaan loppukäyttöön (kulutus ja investoinnit) ja vientiin vuonna 2002 ja 2005 Yhdistelmä -mallilla laskettuna. Tuonnin, kotimaan toimintojen, kotimaan loppukäytön ja viennin väliset erot muuttuvat helposti sen perusteella, mikä painoarvo arvioinnissa annetaan erityisesti ilmastonmuutokselle ja muille ympäristövaikutuksille. Asiaa on käsitelty lähemmin liitteessä 4.

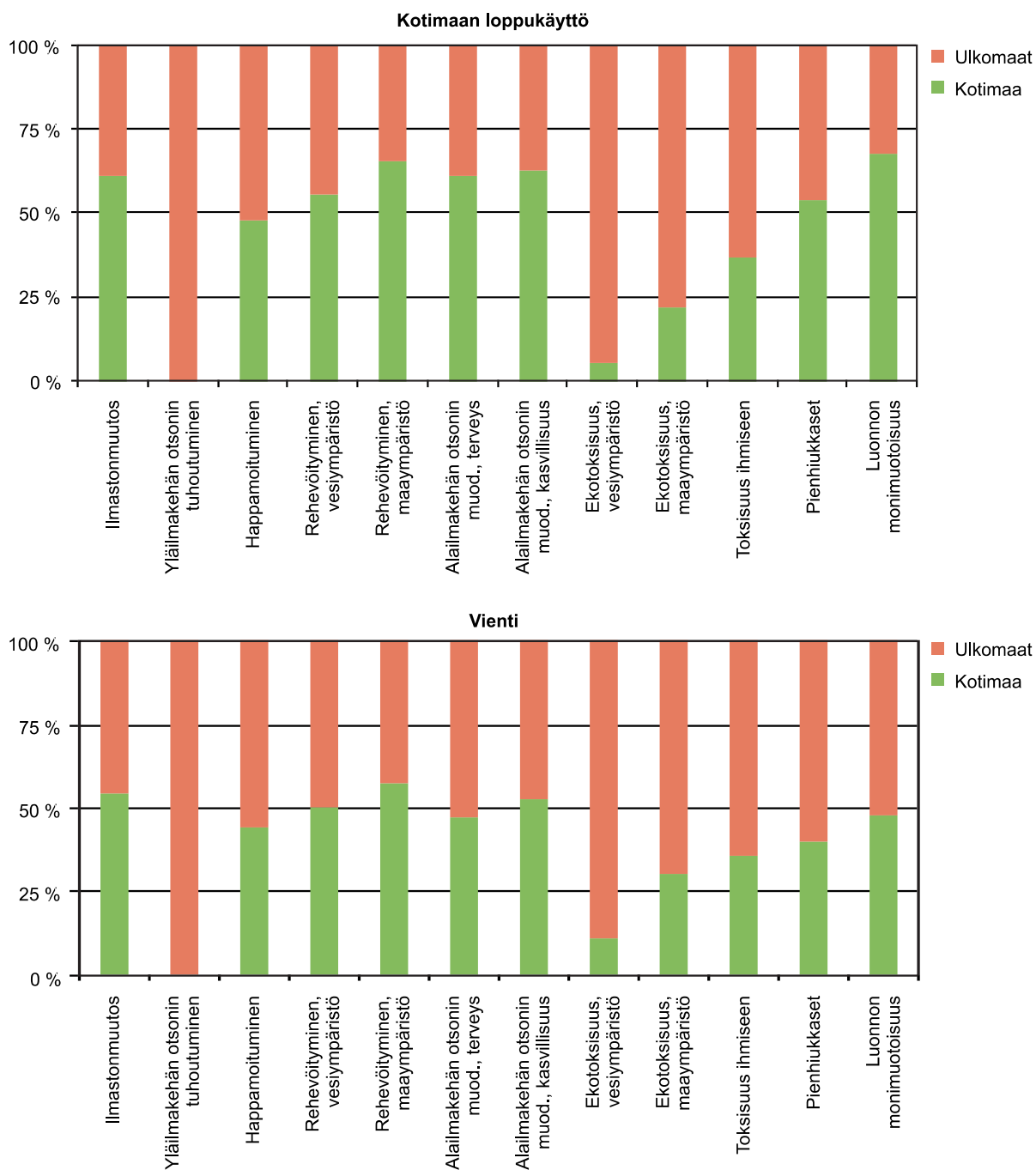


tulokset kuin IO -mallinnukseen perustuvat arviot. Myös tämä tulkinta ja liitteessä 4 esitetyt herkkyystarkastelut tukevat sitä, että tuonnin merkitys on suurempi kuin mitä kuvasta 26 voitaisiin päätellä.

ENVIMAT-malli pystyy erittelemään myös sen, mikä osuus ympäristövaikutuksista on lähtöisin kotimaasta ja ulkomailta (Kuva 27). Kotimaan loppukäytössä ja viennissä yläilmakehän otsonin tuhoutuminen on yksinomaan ulkomailta ja toksisuusvaikutukset ovat suurimmaksi osaksi peräisin ulkomailta.

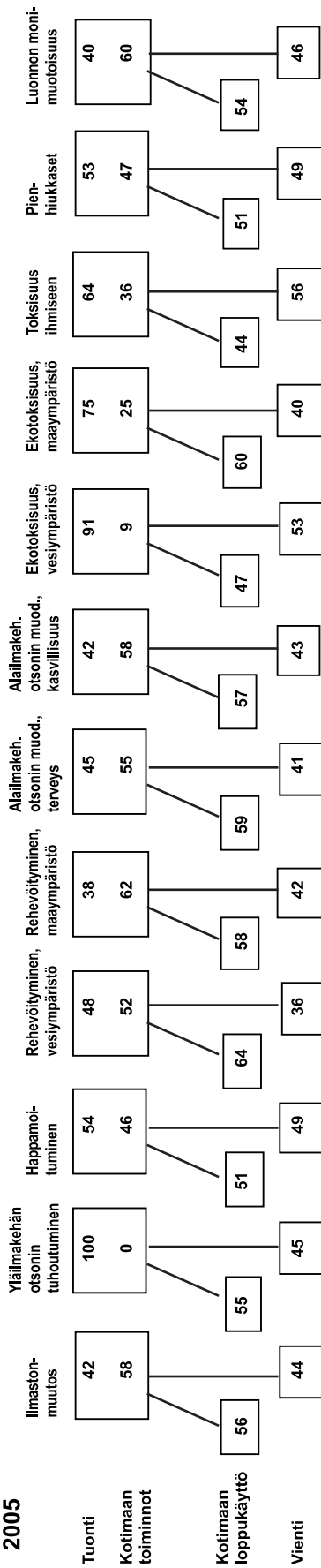
Yhdistelmä -mallin tulosten perusteella kotimaan toiminnot aiheuttavat enemmän rehevöitymistä, alailmakehän otsonin muodostumista ja luonnon monimuotoisuuden heikkenemistä kuin tuonti. Ulkomailla tapahtuu yksinomaan yläilmakehän otsonia tuhoavia päästöjä ja selvästi enemmän toksisia vaikutuksia kuin kotimaassa (Kuva 28).

Eri ympäristövaikutusten arvioinnin luotettavuudessa on suuri eroja. Erityisesti ekotoksisuuden, ihmiseen kohdistuvien toksisuusvaikutusten ja luonnon monimuotoisuuden arviointiin liittyy erittäin suuria metodologisia epävarmuuksia, mikä on otettava huomioon tulosten tulkinnassa. Todelliset ympäristövaikutukset vaihtelevat esimerkiksi vastaanottavan ympäristöolosuhteiden mukaan kaikissa muissa kuin ns. globaaleissa ympäristöongelmissa, joita ovat ilmastonmuutos ja yläilmakehän otsonin tuhoutuminen. Muissa vaikutusluokissa lopputuloksen ratkaisee alueelliset ja paikalliset olosuhteet. Käytetty ympäristövaikutusarviointimetodiikka ei pysty ottamaan tätä huomioon.

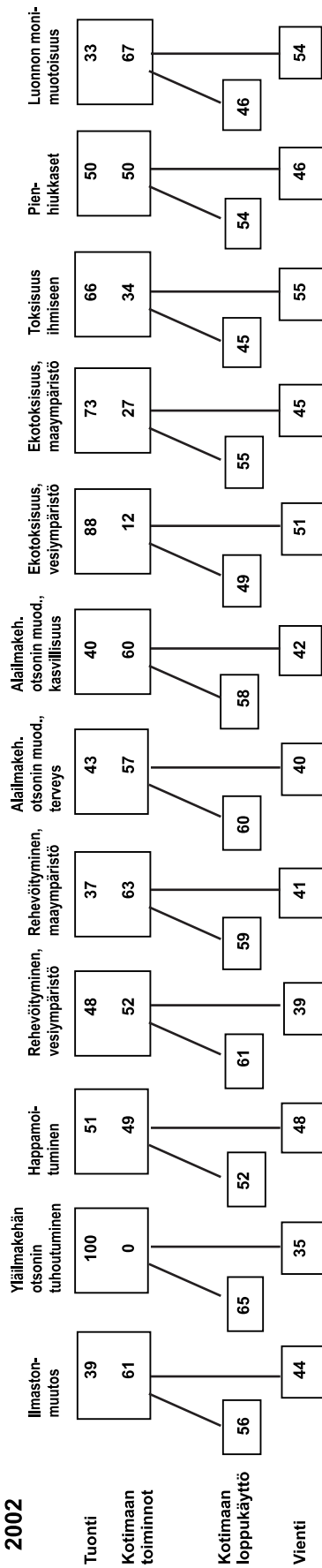


**Kuva 27.** Ulkomailta ja kotimaasta peräisin olevat elinkaariset vaikutukset (%) kotimaan loppukäytössä ja viennissä vuonna 2005.

## 2005



## 2002



**Kuva 28.** Suomen kansantalouden aiheuttamat ympäristövaikutukset (tuonti + kotimaan toiminnot) vaikutusluokittain ja niiden kohdentuminen kotimaan loppukäyttöön ja vientiin vuonna 2005 ja 2002. Kunkin ympäristövaikutusluokan Suomen kansantalouden aiheuttama vaikutus on asetettu 100 %. Edelleen kuvasta nähdään kunkin vaikutusluokan prosentuaalinen kohdentuminen kotimaan loppukäyttöön ja viennille. Luvut on saatu Yhdistelmä –mallilla.

# 5 Kotitalouksien kulutuksen ympäristö- ja muut vaikutukset

## 5.1

### Kotitalouksien kulutuksen käsite ja luokittelu

Kotitalouksien kulutuksen tarkastelu perustuu tuotteiden käyttötarkoituksen mukaiseen COICOP (Classification of Individual Consumption by Purpose) -luokitukseen. Tuotteiden jako on siis kotitalouksien kulutusosassa erilainen kuin raportin aiemmissa luvuissa käytetty toimialoittainen luokittelu. COICOP -luokituksen mukaan ryhmiteltyjä kulutustuotteita voidaan kutsua hyödykkeiksi. COICOP -luokitus jakaa kulutushyödykkeet 12 pääryhmään (ns. 2-numerotaso), ja lisäksi ENVIMATissa käytetään näiden jakoa edelleen 41 alaryhmään (ns. 3-numerotaso). Tietyissä tarkasteleissa käytetään vieläkin tarkempaa jakoa 52 alaryhmään.

Kulutusta voidaan tarkastella myös tarpeista lähtien, huomioiden esimerkiksi suojan ja ravinnon tarpeet (katso luku 5.5). Tällöinkin laskenta perustuu COICOP -luokitteluun, mutta luokkia yhdistellen ja jakaen tarvelähtöisesti.

Kulutusalähtöisessä tarkastelussa perustana on ostajahinta, kun taas aiempien lukujen tuotantalähtöisessä toimialoittaisessa tarkastelussa tuotteet mitataan perushintaan, eli tehtaan lähtöportilla ilman tuoteveroja ja -tukia. Ostajahinnassa tähän perushintaan lisätään verojen ja tukien lisäksi kaupan ja kuljetusten kustannukset. Ja kun tuotannon puolella tuotteiden elinkaariset ympäristövaikutukset mitattiin itse asiassa tehtaan lähtöporttiin asti, niin kulutushyödykkeiden ympäristövaikutuksiin lisätään myös kaupan ja kuljetusten ympäristövaikutukset.

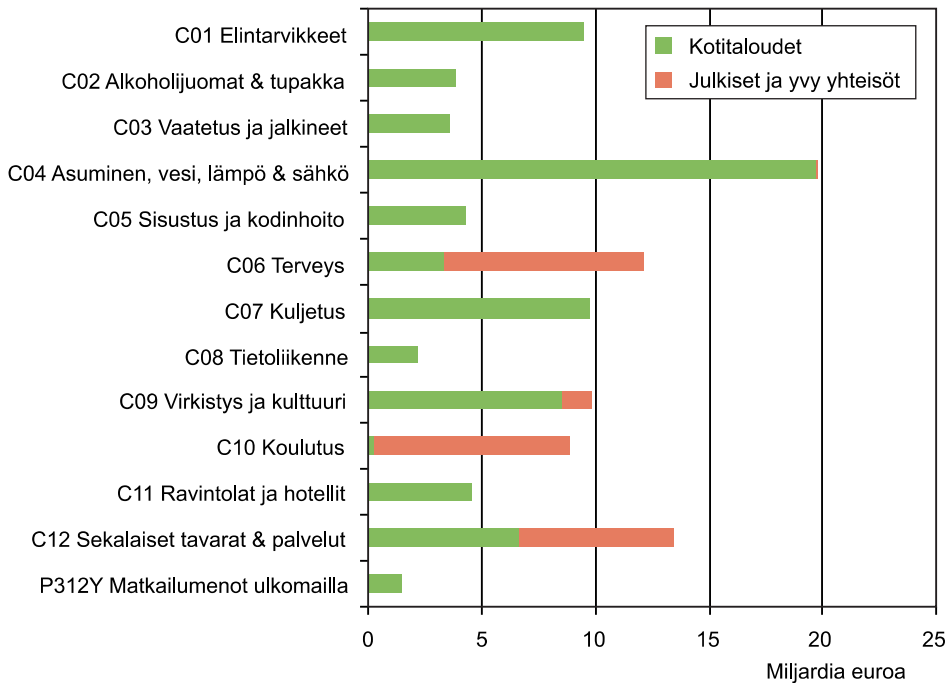
Kotitalouksien kulutus mitataan perinteisesti kotitalouksien kulutusmenoina, eli mitä kotitaloudet ostavat<sup>1</sup>. Lisäksi kansantalouden tilinpidossa on otettu käyttöön laajempi käsite 'todellinen yksilöllinen kulutus', jossa kotitalouksien kulutusmenoihin lisätään julkisen sektorin ja yksityisten voittoja tavoittelemattomien yhteisöjen - ns. kolmannen sektorin – kotitalouksille kustantamat palvelut. Se siis kuvaa kotitalouksien kulutusmenoja paremmin kotitalouksien käyttämien tavaroiden ja palveluiden yhteenlaskettua arvoa. Todellinen yksilöllinen kulutus sopii kotitalouksien kulutusmenoja paremmin myös kansainvälisiin vertailuihin, koska eri maissa tilanne vaihtelee sen suhteen kuinka suuren osan esimerkiksi terveydenhuollon, koulutuksen sekä lasten ja vanhusten hoidon kustannuksista kotitaloudet maksavat suoraan itse ja kuinka suuri osa kustannuksista kohdentuu julkiselle sektorille.

<sup>1</sup> Kansantalouden tilinpidossa kulutushyödykeryhmittäisiin kulutusmenotietoihin sisältyy myös ulkomaisten kotitalouksien kulutusmenot Suomessa. Kulutusmenotaulukoiden alaosassa ulkomaisten kotitalouksien kulutusmenot Suomessa vähennetään sitten kertasummana kulutusmenoista samoin kuin lisätään kertasummana suomalaisten kotitalouksien kulutusmenot ulkomailla. Envimat mallissa ulkomaisten kotitalouksien kulutusmenot on vähennetty tuotteittain kotitalouksien kulutusmenoista ja siirretty vientiin. Samoin suomalaisten kotitalouksien kulutusmenot on jaettu tuotteiksi ja lisätty tuotteittain kotitalouksien kulutusmenoihin ja tuontiin.

## Kotitalouksien kulutusmenot ja todellinen yksilöllinen kulutus

Kotitalouksien kulutusmenot olivat 69,0 miljardia euroa vuonna 2002 ja 77,7 miljardia euroa vuonna 2005. Todelliset yksilölliset kulutusmenot olivat 91,6 miljardia euroa vuonna 2002 ja 103,3 miljardia euroa vuonna 2005. Molemmissa oli vuosien 2002 ja 2005 välillä kasvua vajaa 13%.

Kuvassa 29 on esitetty kotitalouksien kulutus vuonna 2005 COICOP 2-numerota-son luokituksella kahden kulutuskäsitteen mukaan. Julkisten ja yksityisten voitto- taavoittelemattomien yhteisöjen osuus on korkea erityisesti terveydenhuollossa, kou- lutuksessa sekä sekalaisissa palveluissa, joka sisältää lastentarhat ja vanhainkodit. Huomaa, että luokka 'Kuljetukset' (C07) sisältää henkilöliikenteen eri muodoissaan, ja että luokkaan 'Tietoliikenne' (C08) kuuluvat mm. puhelinyhteydet ja postipalvelut.



**Kuva 29.** Kotitalouksien todellinen yksilöllinen kulutus vuonna 2005 kulutushyödykeryhmittäin (COICOP 2-numerotason luokittelu). Kotitalouksien kulutusmenojen lisäksi tähän sisältyvät julkis- ten ja yksityisten voitto- taavoittelemattomien yhteisöjen kotitalouksia palvelevat kulutusmenot.

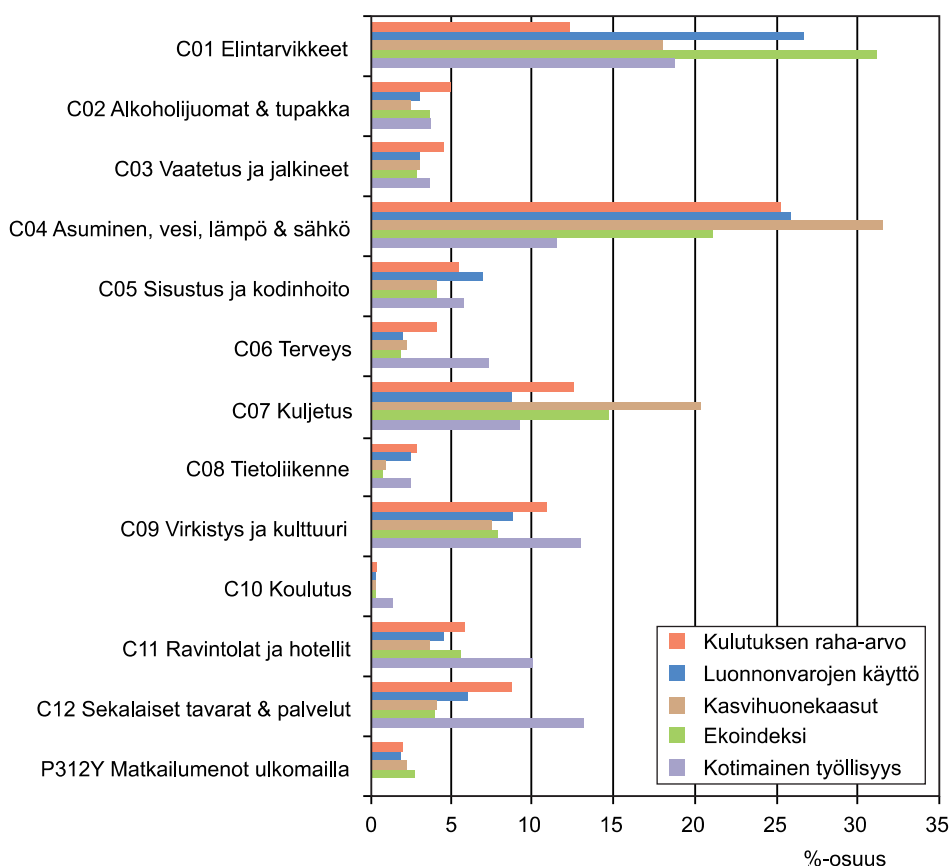
## Kulutuksen ympäristö- ja muut vaikutukset hyödykkeiden pääryhmittäin

Ympäristö- ja muita vaikutuksia koskeva yleistarkastelu tehdään ensin COICOP pääluokittelun mukaisesti (eli 2-numerotasolla). Vaikutuslajeja on tässä viisi kappaletta eli: 1) kulutuksen rahallinen arvo, 2) TMR eli luonnonvarojen kokonaiskäyttö, 3) kasvihuonekaasupäästöt, 4) kaikkien muiden ympäristövaikutusten painotettu summa (ekoindeksi) ja 5) työllisyysvaikutukset.

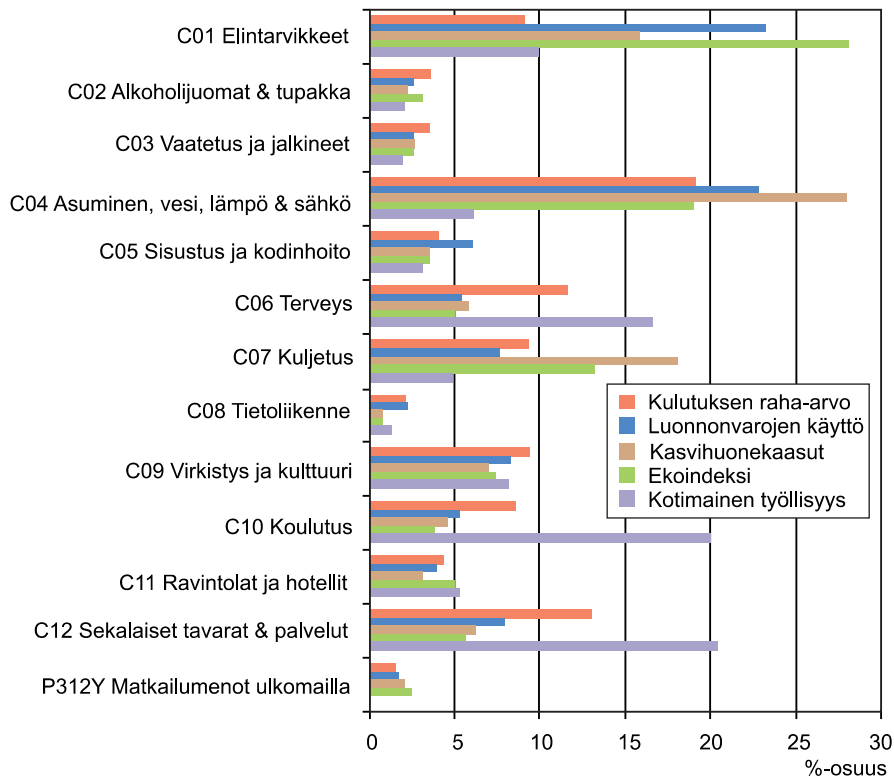
Kukin vaikutuslaji on normeerattu siten, että sen summa yli kaikkien hyödykeryhmien = 100, jolloin normeerattu vaikutuslaji osoittaa kunkin hyödykeryhmän prosenttiosuuden kyseisestä vaikutuslajista.

Asuminen on rahankäytöltään suurin kulutusryhmä ja kotitalouksien kulutusmenoissa elintarvikkeet ja kuljetus (sisältää mm. autoilun ja joukkoliikenteen) tulevat seuraavina (Kuva 30). Todellisessa yksilöllisessä kulutuksessa kuitenkin terveys, virkistys ja kulttuuri, sekalaiset tavarat ja palvelut nousevat elintarvikkeita ja kuljetusta suuremmiksi (Kuva 31). Luonnonvarojen kokonaiskäytössä elintarvikkeiden osuus on suurin, mutta lähes yhtä paljon luonnonvaroja käyttää asuminen. Kasvihuonekaasupäästöissä asumisen osuus on lähes kolmanneksen. Ekoindeksillä mitattuna elintarvikkeet saavat tuoteryhmistä korkeimman arvon.

Kotitalouksien kulutusmenoissa elintarvikkeet on eniten työllistävä ryhmä (Kuva 30). Kun otetaan mukaan myös julkiset palvelut suoraan kotitalouksille, sekalaisen tavaroiden ja palvelujen, koulutuksen sekä terveyden työllisyysvaikutukset nousevat suurimmiksi (Kuva 31).



**Kuva 30.** Kotitalouksien kulutusmenojen raha-arvon, ympäristövaikutusten ja työllisyyden %-ja-kaumat kulutushyödykeryhmittäin vuonna 2005. ReCiPe+ -mallilla laskettu ekoindeksi kuvaa tässä yhteydessä muita ympäristövaikutuksia kuin ilmastovaikutuksia (kasvihuonekaasupäästöjä).



**Kuva 31.** Todellisen yksilöllisen kulutuksen raha-arvon, ympäristövaikutusten ja työllisyyden %-jakaumat kulutushyödykeryhmittäin vuonna 2005. ReCiPe+ -mallilla laskettu ekoindeksi kuvaa tässä yhteydessä muita ympäristövaikutuksia kuin ilmastovaikutuksia (kasvihuonekaasupäästöjä).

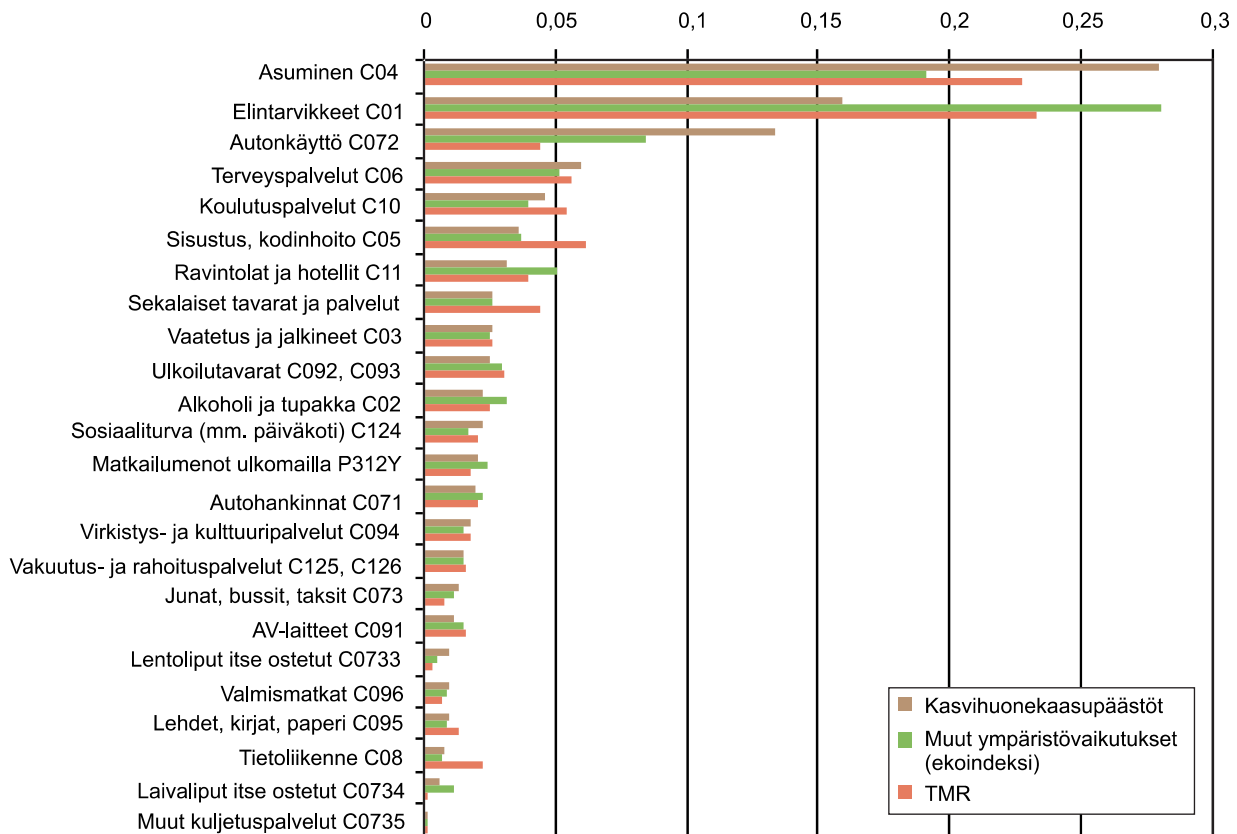
#### 5.4

### Kulutuksen ympäristövaikutukset pääluokittelua tarkemmalla tasolla

Kun edellä tarkasteltiin kulutusta 12 pääryhmässä, niin seuraavassa käytetään vähän yksityiskohtaisempaa jakoa 24 alaryhmään. Tavoitteena oli näyttää pääluokkien rinnalla joitakin mielenkiintoisimpia alaryhmiä (Kuva 32).

Todellisen yksilöllisen kulutuksen suurimmat kasvihuonekaasupäästöt (eli ilmastovaikutukset) liittyvät asuntoon (kulutushyödykeluokka C04), ruokaan (C01) ja autoiluun (C072) (Kuva 32). Esimerkiksi asunnosta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat 28% koko kulutuksen kasvihuonekaasupäästöistä. Kolmikko 'asunto, ruoka ja auto' ovat suurimmat ympäristön kuormittajat myös silloin kun mittarina on useita ympäristövaikutuksia huomioon ottava ekoindeksi. Sen sijaan TMR:n eli luonnonvarojen kokonaiskäytön suhteen autoilun merkitys ei nouse samalla tavalla esiin asunnon ja ruuan rinnalle.

Asunnon, ruuan ja autoilun jälkeen suurimpia ympäristövaikutusten aiheuttajia ovat terveyspalvelut, koulutuspalvelut, sisustus ja kodinhoito, ja ravintola- ja hotellipalvelut. Kuvasta 32 nähdään myös, ettei sellainen yleisessä kulutuskeskustelussa usein 'shoppailutuotteena' esiin nouseva kulutushyödykeryhmä kuin vaatteet ja jalkineet mitenkään erityisesti nouse esiin keskimääräisessä kulutuksessa. Samoin matkustus eli valmismatkat, lentoliput ja laivaliput näyttävät keskimääräisessä kulutuksessa yllättävän maltillisina ympäristökuormituksen lähteinä, vaikka niiden tiedetään voivan muodostaa hyvinkin merkittävän osan yksittäisten ihmisten ympäristövaikutuksista. Toisaalta niiden rahallinenkin merkitys on myös varsin pieni keskimääräisessä kulutuksessa (Liite 5).



**Kuva 32.** Todellisen yksilöllisen kulutuksen kasvihuonekaasupäästöt, muut ympäristövaikutukset (ekoindeksi) ja luonnonvarojen kokonaiskäyttö (TMR) kulutushyödykeryhmittäin vuonna 2005. Arvot on normalisoitu, niin että esimerkiksi Ekoindeksin arvojen summa on 1. Kulutusmenoryhmät on järjestetty suuruusjärjestykseen kasvihuonekaasupäästöjen mukaan. ReCiPe+ -mallilla laskettu ekoindeksi kuvaa tässä yhteydessä muita ympäristövaikutuksia kuin ilmastovaikutuksia (kasvihuonekaasupäästöjä).

Liitteessä 5 on esitetty hyödykeryhmittäin todelliset yksilölliset kulutusmenot, kasvihuonekaasupäästöt, muut ympäristövaikutukset (ekoindeksi) ja luonnonvarojen kokonaiskäyttö (TMR) vuosina 2002 ja 2005. Todellisen yksilöllisen kulutuksen rahamääräinen kasvu vuosien 2002 ja 2005 välillä näkyy myös lähes jokaisessa hyödykeryhmässä. Sitä vastoin ympäristövaikutuksissa ei ole vastaavaa selvää muutossuuntaa. Osittain tämä johtuu vuoden 2005 erikoisuudesta sähköntuotannon ja -hankinnan suhteen (katso enemmän luku 3.2.). Liitteen 5 kuva-aineistosta näkyy selvästi, ettei terveys- ja koulutuspalvelujen ja sosiaaliturvan suuri rahallinen merkitys heijastu suurina ympäristövaikutuksina.

## 5.5

### Tarveperusteinen kulutus

Tarveperusteisessa Needs-luokituksessa kulutushyödykkeet ryhmitellään laajempiin eri tarveryhmiä palveleviin funktionaalsiin kokonaisuuksiin. Niinpä tarveryhmä "Ravinto" ei sisällä ainoastaan elintarvikkeita ja juomia vaan myös niiden hankkimiseksi tarvittavat kauppatematkat, niiden säilyttämisessä ja valmistamisessa kuluva sähkö sekä ravintola-, kahvila- ja ruokalamenot<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Tosin edelleen tulisi etsiä keinoja, joilla ravintolamenot voitaisiin jakaa ravinnon ja vapaa-ajan kesken.

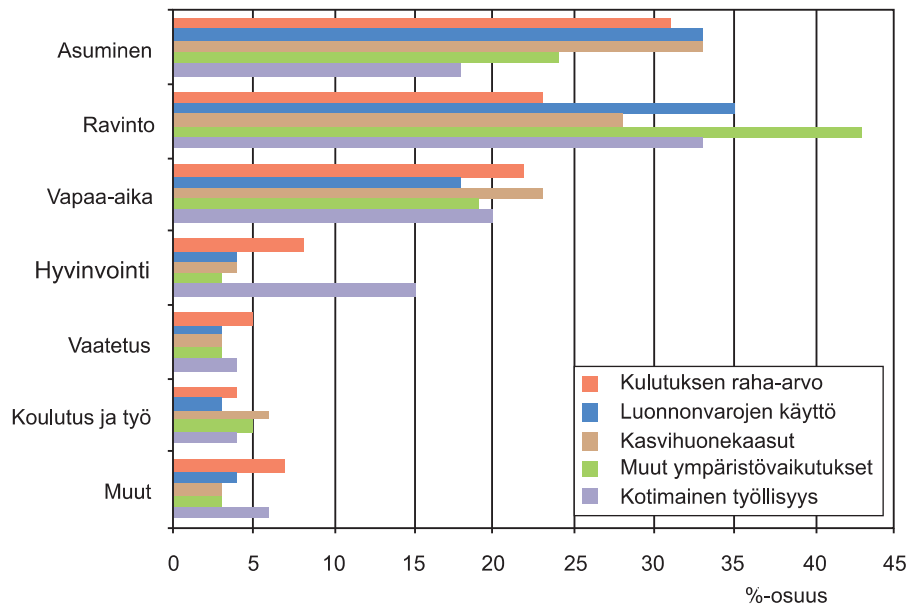


Needs -luokituksessa tarveryhmiä on seitsemän. Tarveryhmät ja niiden hyödykekoostumus käy ilmi taulukosta 3.

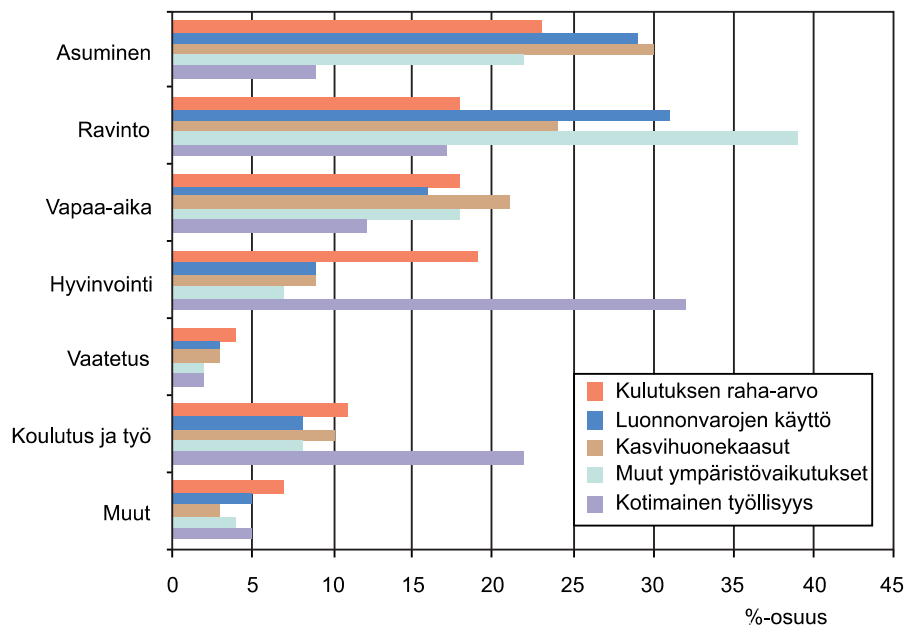
Tarveryhmittäiset vaikutusprofiilit on esitetty kuvissa 33 ja 34. Asuminen ja ravinto ovat tarvelähtöisen tarkastelun perusteella suurimmat ympäristövaikutusten aiheuttajat, kun ympäristövaikutuksia kuvataan luonnonvarojen käytön eli TMR:n, ilmastovaikutusten ja muiden ympäristövaikutusten (ekoindeksin) avulla. Asuminen ja ravinto aiheuttavat kumpikin yli 24 % kulutuksen vaikutuksista. Tämän jälkeen selvä kolmonen on vapaa-aika. 'Hyvinvointi' sekä 'koulutus ja työ' aiheuttavat kumpikin 5-10 % todellisen yksilöllisen kulutuksen vaikutuksista, ja vaatetus aiheuttaa selvästi alle 5 %. Luokan 'hyvinvointi' rahallinen merkitys ja työllistävä vaikutus ovat suuria suhteessa ympäristövaikutuksiin.

**Taulukko 3.** Needs, kulutushyödykkeiden tarvelähtöinen luokitus

1	Asuminen	11	Asunto
		12	Lämmitys
		13	Sähkö - lämmitys ja valaistus)
		14	Vesi, jätevesi, jätehuolto
		15	Muu asumiseen liittyvä (sisustus, kodinkoneet, puutarha ym.)
2	Ravinto	21	Kasvipäriset elintarvikkeet
		22	Eläinperäiset elintarvikkeet
		23	Juomat
		24	Sähkö - ruoanvalmistus ja säilytys
		25	Kauppamatkat
		26	Ravintolat, kahvilat, ruokalot
3	Vapaa-aika	31	Vapaa-ajan liikenne
		32	Tietoliikenne
		33	Sähkö – viihdelaitteet
		34	Vapaa-ajan laitteet, tavarat ja välineet
		35	Lemmikkieläimet ja tarvikkeet
		36	Virkistys- ja kulttuuripalvelut, sanomalehdet, kirjat ja paperitarvikkeet
		37	Valmismatkat
		38	Majoituspalvelut
		39	Matkailumenot ulkomailla
4	Hyvinvointi	41	Terveys
		42	Hygienia
		43	Sosiaaliturva
5	Vaatetus	51	Vaatetus ja jalkineet
		52	Sähkö - pyykinpesu ja kuivaus
6	Koulutus ja työ	61	Koulutus
		62	Työmatkaliikenne, koulukuljetukset
		63	Sähkö – autonlämmitys
7	Muut	71	Vakuutukset ja rahoituspalvelut
		72	Tupakka
		73	Muut tavarat ja palvelut



**Kuva 33.** Kotitalouksien kulutusmenojen raha-arvon, ympäristövaikutusten ja työllisyyden %-jakaumat tarveryhmittäin vuonna 2005. 'Muut ympäristövaikutukset' kuvaa muita kuin ilmastovaikutuksia (ekoindeksi laskettu ReCiPe+ -mallilla).



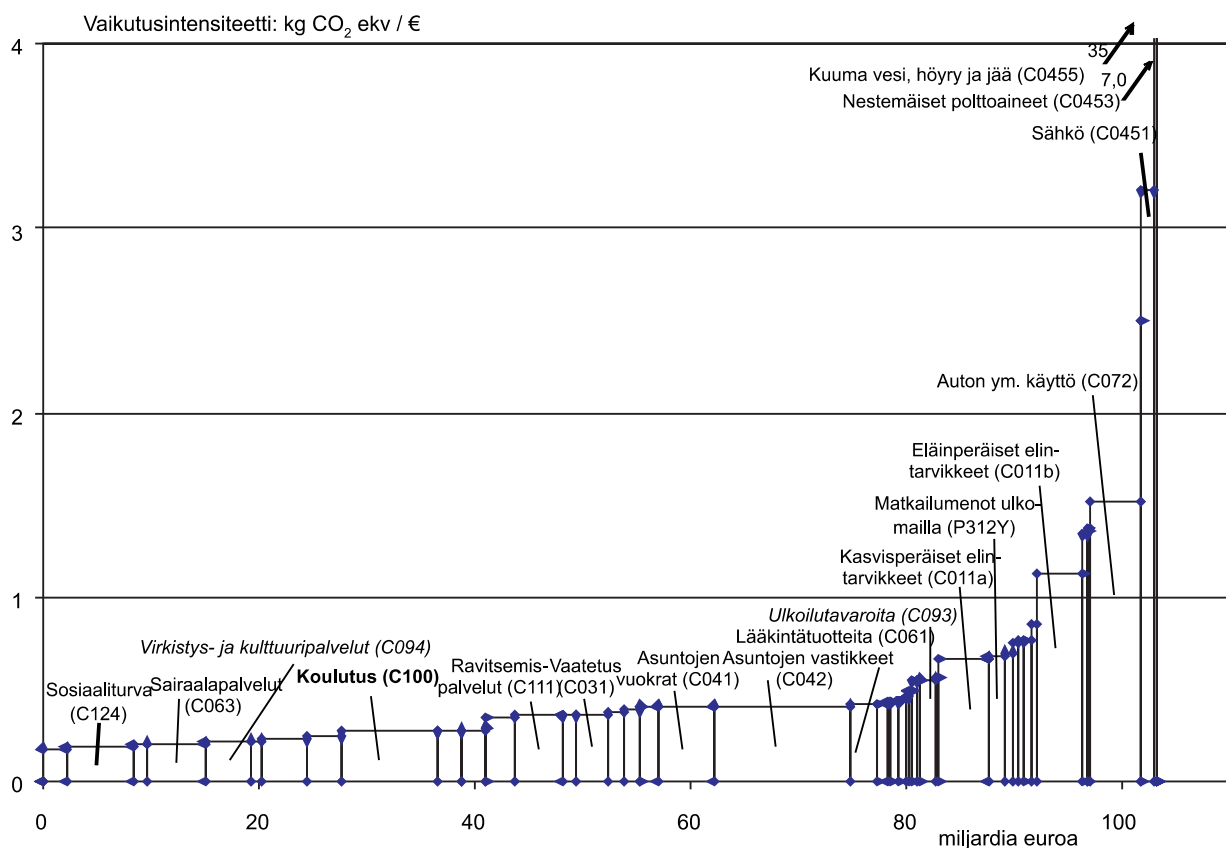
**Kuva 34.** Todellisen yksilöllisen kulutuksen raha-arvon, ympäristövaikutusten ja työllisyyden %-jakaumat tarveryhmittäin vuonna 2005. 'Muut ympäristövaikutukset' kuvaa muita kuin ilmastovaikutuksia (ekoindeksi laskettu ReCiPe+ -mallilla).

## Vaikutusintensiteetit eli vaikutukset suhteutettuna kulutuksen arvoon

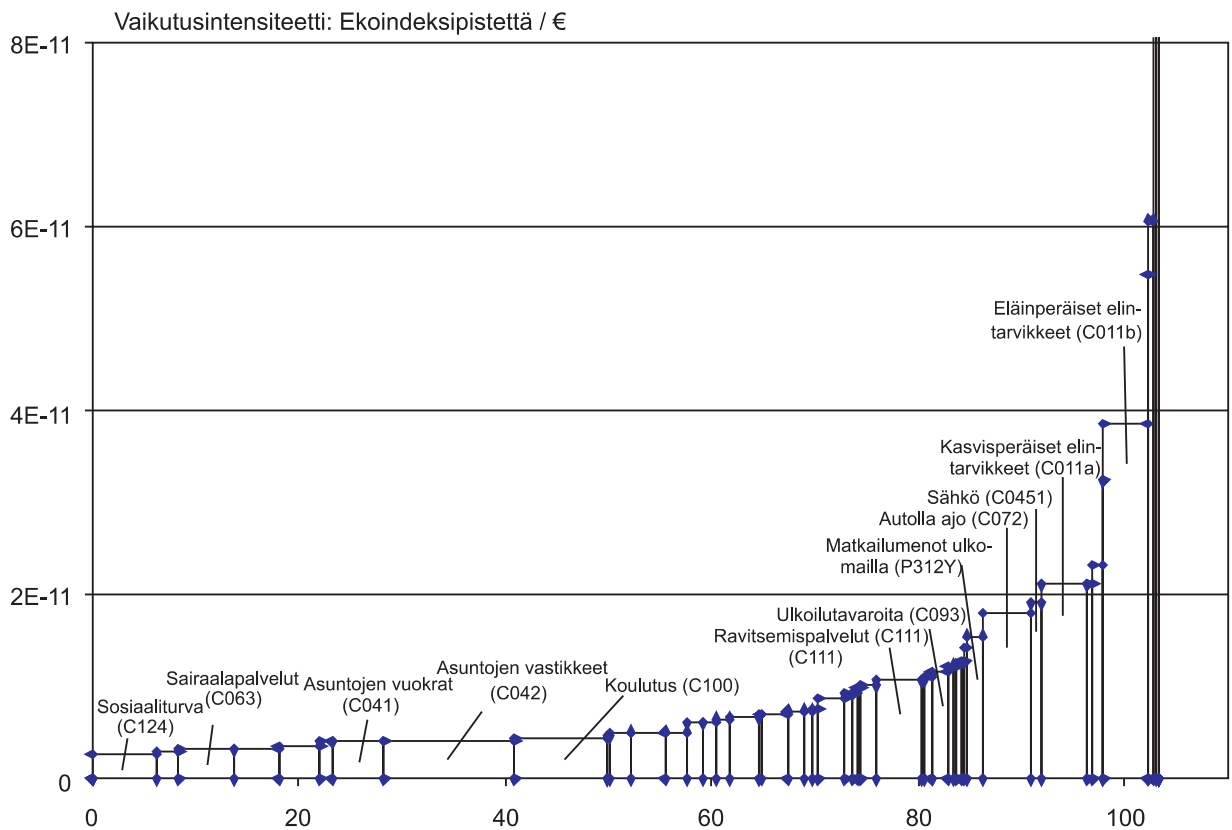
Hyödykeryhmille voidaan laskea myös vaikutusintensiteettejä, eli suhteuttaa erilaiset ympäristövaikutukset hyödykkeiden rahalliseen arvoon (Kuvat 35-37). Tarkastelu perustuu tässä ns. COICOP 3-tason kulutushyödykeryhmiin, joita on tarkastelussa 41 kpl. Lisäksi elintarvikkeet on jaettu kasvi- ja eläinperäisiin, ja kotien energiamuodoissa ja kuljetuspalveluissa erotetaan useita luokkia. Yhteensä luokkia on 52. Jako on siis tarkempi kuin luvun 5.4 tarkasteluissa.

Kun tarkastellaan esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöjä, niin pienin päästöintensiteetti oli tietoliikenteen ja sosiaaliturvan 0,2 kg CO<sub>2</sub> ekv / Euro, kun taas suurimmat intensiteetit olivat hyödykeryhmien 'Kuuma vesi, höyry ja jää' intensiteetti 35 kg CO<sub>2</sub> ekv / Euro ja nestemäisten polttoaineiden intensiteetti 7 kg CO<sub>2</sub> ekv / Euro (Kuva 35, Liite 8). Keskimääräinen intensiteetti oli noin 0,5 kg CO<sub>2</sub> ekv / Euro. Ilmastointintensiteetiltään korkeina hyödykeryhminä nousevat esiin energian lisäksi auton käyttö, elintarvikkeet ja matkailumenot ulkomailla. Sosiaaliturva, sairaalapalvelut ja koulutus kuuluvat matalimman intensiteetin hyödykkeisiin. Tulosten tulkinnasta ja käytöstä katso lisää luvussa 8.4.

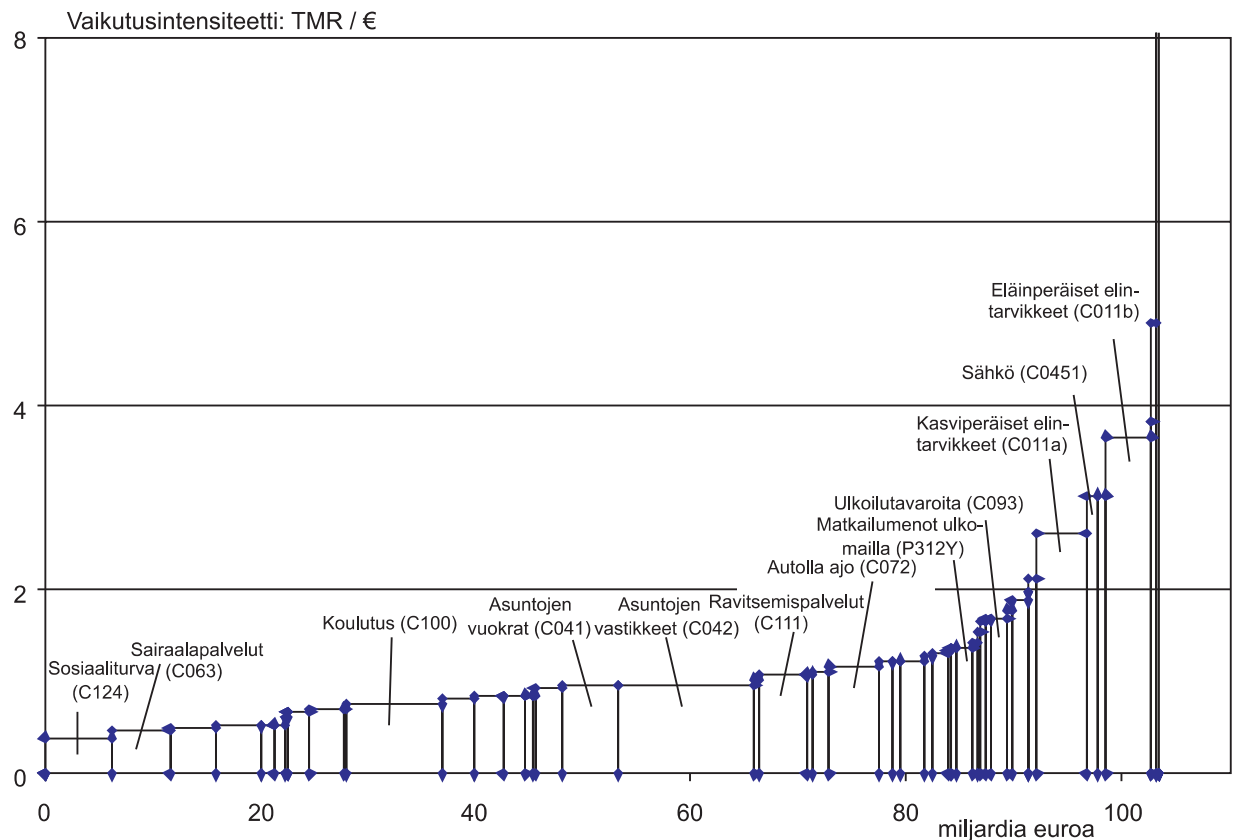
Muita ympäristövaikutuksia kuin kasvihuonekaasupäästöjä kuvaavan Ekoindeksin suhteen (Kuva 36) tilanne on samankaltainen kuin kasvihuonekaasupäästöillä, tosin sähkö ja auton käyttö saavat matalammat intensiteetit kuin elintarvikkeet. Myös luonnonvarojen kokonaiskulutuksen suhteen samat hyödykeryhmät saavat korkeimmat ja matalimmat intensiteetit, kärjen järjestyksen ollessa kuitenkin vähän erilainen kuin ilmastovaikutuksilla ja Ekoindeksillä. Huomaa, että käyrä on kaikilla näillä ympäristövaikutusindikaattoreilla samantyyppisesti eksponentiaalinen.



**Kuva 35.** Hyödykeryhmien vaikutusintensiteetti kasvihuonekaasupäästöjen suhteen (kg CO<sub>2</sub> ekv / E) eli ilmastovaikutukset suhteessa hyödykkeiden rahalliseen arvoon. Lisäksi kuvassa näkyy kunkin hyödykeryhmän rahallinen kulutus (miljardia euroa). Esimerkiksi kulutushyödykeryhmää 'Koulutus' (COICOP-luokka C100) vastaavat julkiset ja yksityiset kulutusmenot olivat yhteensä 8,9 mrd E, vaikutusintensiteetti oli 0,27 kg CO<sub>2</sub> ekv / E, ja kasvihuonekaasupäästöt olivat 2390 000 t CO<sub>2</sub> ekv (eli 'laatikon' koko kuvaa kasvihuonekaasupäästöjen määrää). Kuvien akseleita on leikattu, ja siten muutama suurin intensiteetti ei näy, mutta ne on näytetty luvuin. Kuvassa on tekstillä osoitettu 15 kasvihuonekaasupäästöiltään suurinta hyödykeryhmää. Lisäksi on kursivoidulla tekstillä osoitettu esimerkinomaisesti kaksi hyödykeryhmää, joissa suuremman intensiteetin omaavaa voisi korvata matalamman intensiteetin omaavalla tuotteella.



**Kuva 36.** Hyödykeryhmien ympäristövaikutusintensiteetti muiden kuin ilmasto vaikutusten suhteen (Ekoindeksi / E). Lisäksi kuvassa näkyy kunkin hyödykeryhmän rahallinen kulutus (miljardia euroa). Katso myös kuvan 35 kuvateksti.



**Kuva 37.** Hyödykeryhmien luonnonvarojen kokonaiskulutusintensiteetti (TMR kg / E). Lisäksi kuvassa näkyy kunkin hyödykeryhmän rahallinen kulutus (miljardia euroa). Katso myös kuvan 35 kuvateksti.

## 6 Materiaalivirtojen ja ympäristövaikutusten välinen yhteys

Työn yhtenä erityistavoitteena oli selvittää materiaalivirtojen ja ympäristövaikutusten välistä yhteyttä eli kuinka materiaalivirrat kuvaavat ympäristövaikutuksia ja miten pitkälle meneviä johtopäätöksiä voimme tehdä ympäristövaikutuksista käytämällä pelkkiä kilomääräisiä materiaalipanostietoja?

Arviointiongelmia selvitettiin analysoimalla 151 tuoteryhmän luonnonvarojen kokonaiskäytön, TMR:n ja erilaisten ympäristövaikutuksia kuvaavien indikaattorien välistä yhteyttä merkitsemällä x-akselille tuoteryhmän aiheuttama ympäristövaikutus ja y-akselille TMR. Jos TMR ja ympäristöindikaattorit kuvaavat toisiaan, ne tulostuvat suorana kuvaan.

Ympäristövaikutusindikaattorina käytettiin sekä KHK-päästöjä että muiden kuin kasvihuonekaasupäästöjen kokonaisympäristövaikutuksia kuvaavaa ekoindeksiä. Ekoindeksit laskettiin sekä ReCiPe+ - että Kotimaa -mallilla. Lisäksi vertailtiin energiakäytön ja kasvihuonekaasupäästöjen välistä riippuvuutta TMR:ään.

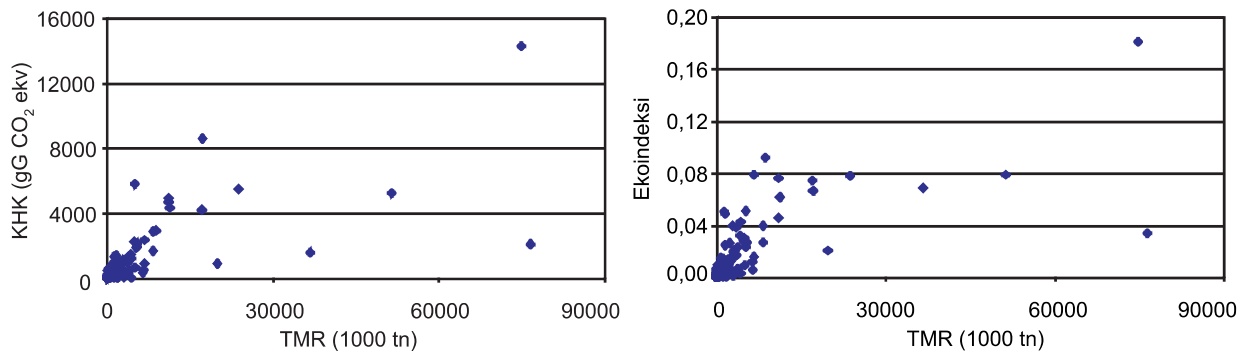
Analyysi osoitti, ettei TMR juurikaan korreloi kasvihuonekaasupäästöjen eikä muiden kuormitustekijöiden ekoindeksien kanssa (Kuvat 38 ja 39). Saman ympäristöindikaattoriarvon omaavalla tuotteella voi olla hyvin erilainen TMR-luku.

TMR:n ja energian käytön välillä ei ole käytännössä yhteyttä. Sen sijaan tuotteiden energian käyttö selittää hyvin kasvihuonekaasupäästöjä kemiallisen metsäteollisuuden tuotteita lukuun ottamatta (äärimmäinen piste kuvan 40 oikeanpuoleinen kuva).

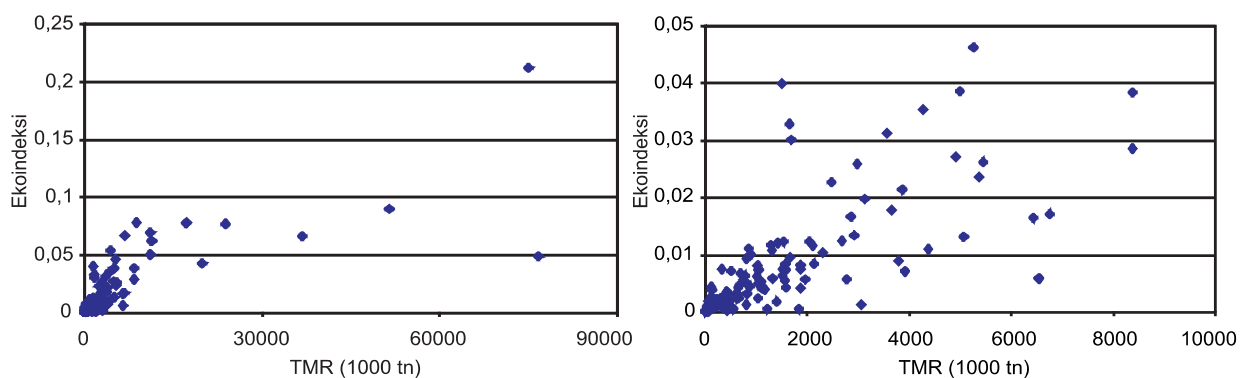
TMR:n ja kokonaisympäristövaikutusten välisestä selitysteestä on vaikea sanoa täsmällisiä arvioita, sillä kokonaisympäristövaikutusten arviointi ei ole yksiselitteistä, vaikka eri menetelmien välillä vallitseekin melko hyvä selityskyky (Kuva 41). Vertaamalla päätoimialojen lopputuotteiden laskettuja TMR- ja ekoindeksiarvoja huomataan, että rakentamista ja elintarvikkeita lukuun ottamatta lopputuotteiden TMR:n ja ekoindeksiarvojen välillä on heikko yhteys (Kuva 41).

TMR:n, kasvihuonekaasupäästöjen ja muiden ympäristövaikutusten (ekoindeksin) välisestä yhteydestä tehtiin myös analyysi kulutuksen vaikutusintensiiteettitarkastelussa (kohta 5.6). Kuvien 35-37 eri kulutusluokkien erot TMR:n ja KHK-päästöjen sekä muiden ympäristövaikutusten suhteen osoittavat hyvin sen, että TMR ei sovellu yksityiskohtaisiin vertailuihin.

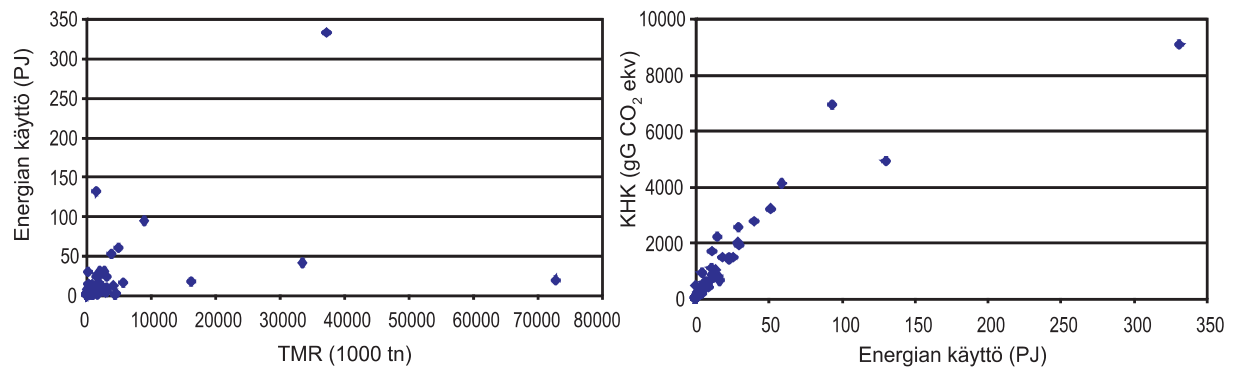
Yhteenvedon voidaan sanoa, että TMR (jossa suorien materiaalipanosten lisäksi otetaan huomioon talouden ulkopuolelle jäävät piilovirrat (esim. sivukivet, hakkuujätteet)) kuvaa karkealla tasolla kokonaisympäristövaikutuksia. Tehty analyysi ei anna kuitenkaan perusteita käyttää TMR:ää tuotteiden välisten ympäristövaikutusten vertailuun.



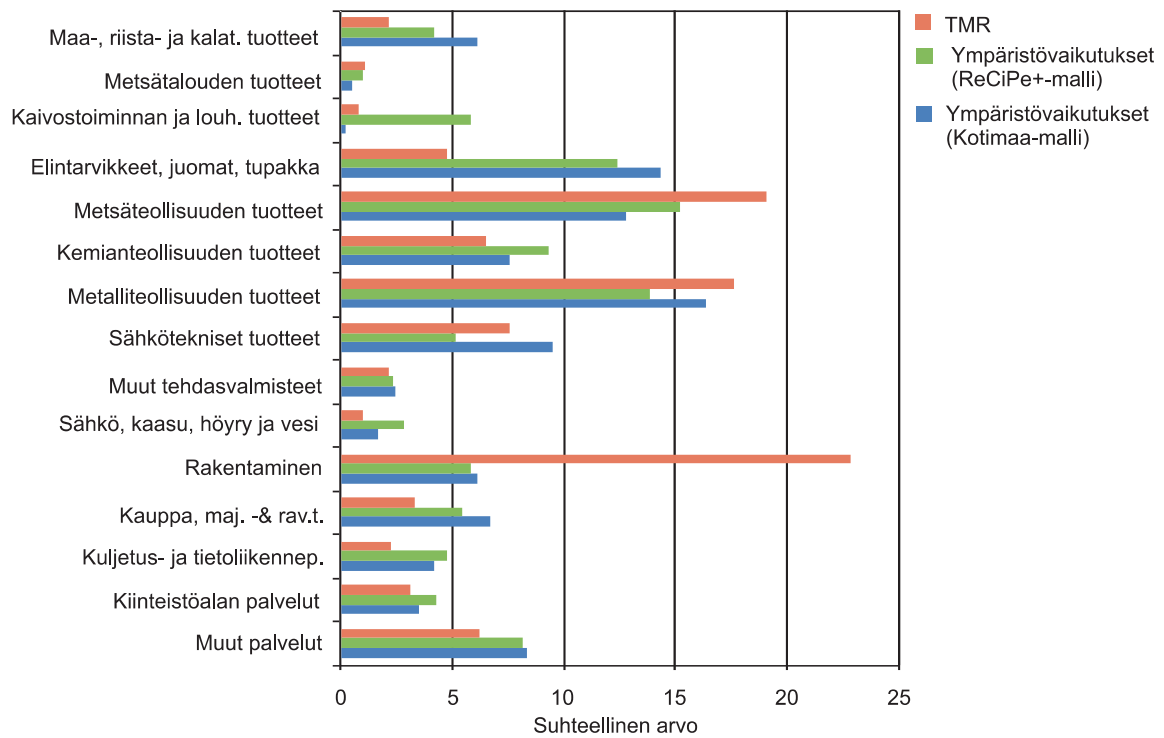
**Kuva 38.** Luonnonvarjon kokonaiskäytön (TMR), ilmastovaikutusten (KHK-päästöt) ja muiden ympäristövaikutusten välisiä riippuvuuksia 151 toimialan tuoteryhmän aineistossa. Vasemmanpuoleinen kuva: tuoteryhmien TMR-arvojen ja KHK-päästöjen välinen yhteys. Oikeanpuoleinen kuva: tuoteryhmien TMR-arvojen ja muiden ympäristövaikutusten kuin ilmastovaikutusten (laskettu ReCiPe+ -mallilla) välinen yhteys. Piste kuvissa kuvaa yhden tuoteryhmän tietoja.



**Kuva 39.** Luonnonvarjon kokonaiskäytön (TMR) ja ympäristövaikutusten välisiä riippuvuuksia 151 toimialan tuoteryhmän aineistossa. Vasemmanpuoleinen kuva: tuoteryhmien TMR ja kaikkia ympäristövaikutuksia kuvaava ekoindeksi (ilmasto-vaikutukset myös mukana). Oikeanpuoleinen kuva: osasuurennus vasemmanpuoleisesta kuvasta.



**Kuva 40.** Luonnonvarjon kokonaiskäytön (TMR), kotimaisen energian käytön ja kasvihuonekaasupäästöjen (KHK) välisiä riippuvuuksia 151 toimialan tuoteryhmän aineistossa. Vasemmanpuoleinen kuva: tuoteryhmien kotimaan TMR ja energian käyttö. Oikeanpuoleinen kuva: tuoteryhmien kotimaan energian käyttö ja kasvihuonekaasupäästöt.



**Kuva 41.** Toimialojen lopputuotteille lasketut TMR- ja ekoindeksi-arvot ympäristövaikutuksille vuoden 2002 tilanteessa. Ympäristövaikutusarviot on tehty kahdella vaihtoehtoisella mallilla, ReCiPe+ - ja Kotimaa -malleilla.



## 7 Tulosten kansainvälistä vertailua

ENVIMAT -malli perustuu ns. ympäristölaajennettuun kansantalouden panos-tuotomallinnukseen, jota on tehty muutaman vuosikymmenen ajan useissa maissa. ENVIMAT -malli on kuitenkin tuotevalikoimaltaan laajempi sisältäen 151 toimialaa, kun useimmissa töissä toimialojen lukumäärä on vain 60. Lisäksi tuonnin vaikutusten tarkastelu on tehty niin laajasti kuin mahdollista tuotekohtaisilla päästökertoimilla. Myös ympäristövaikutusarviointi on tehty ENVIMAT -mallissa perusteellisemmin ja laajemmin kuin muissa sovelluksissa. Muun muassa vaikutusluokkien määrä on suurempi ja globaalien mallien lisäksi paikkasidonnaista tarkastelutapaa on toteutettu sekä kotimaan että tuonnin päästöille.

ENVIMAT -mallin yksityiskohtaisuus asettaa jo omat haasteensa toimialojen ja tuoteryhmien aineiston kansainväliseen vertailuun. Yksityiskohtaisemmat ENVIMAT:in tiedot joudutaan käytännössä muuttamaan 60 toimialan tai jopa vieläkin karkeampaan jaotteluun. Eri maiden tietojen lähtötiedot saattavat erota toisistaan huomattavasti eri jaottelussa. Toisaalta erilaisissa vertailuissa aggregoidaan hyvin erilaisia toimintoja, jotka saattavat erota eri maiden välillä huomattavasti, vaikka tilastollisesti toiminnat voidaan luokitella samaan luokkaan. Lisäksi erilaisilla mallien toteutukseen liittyvillä valinnoilla voi olla suuri merkitys lopputulokseen. Esimerkiksi Tukker ja Jansen (2006) ovat tarkastelleet 11 erilaista elinkaaritutkimusta tuotteiden ympäristövaikutuksista. Vertailututkimuksessa oli mukana IO-mallien lisäksi perinteisen prosessilähtöisen tavan mukaisia elinkaaritutkimuksia. Eroavaisuuksia löytyi mm. peruslähestymistavoissa, tuotteiden aggregoinnissa, inventaarion lähtötiedoissa ja vaikutusarviointimenetelmissä. Moll ym. (2007) ovat vertailleet kahdeksan eurooppalaisen maan (Suomi ei ollut mukana) tuotannon ja kulutuksen ympäristövaikutuksia NAMEA (National Accounting Matrix with Environmental Accounts)-aineiston pohjalta. Maakohtaisissa vertailuissa vientiteollisuuden tuotantorakenteella, joka vaikuttaa myös tuontiin, on suuri merkitys maakohtaisiin tuloksiin samoin kuin energiantuotantotavoilla.

Kulutuksen tarkastelussa eri tutkimuksissa on eroja mm. tuotejaon (esim. TOL ja CEDA-luokitukset käytössä) ja hyödykejaon (COICOP-luokitus) kohdentamisessa, investointien kuten talonrakennuksen mukaan ottamisessa kotitalouksien kulutukseen, ja julkisen kulutuksen käsittelyssä.

Oman lisänsä kansainväliseen vertailuun ja tulosten tulkintaan tuo se, että ympäristönäkökohdat sidotaan usein rahapohjaisiin päästöintensiteetteihin. Tämä rajoittaa tuotteiden suoraa vertailua, sillä hyödykkeiden hinnat vaihtelevat sekä ajallisesti että alueellisesti. Sähköntuotannon päästöintensiteetti voi olla toisissa maissa alhaisempi johtuen joko alhaisemmista päästöistä tai korkeammista hinnoista. Yhteisellä euroalueella valuutan arvo on periaatteessa sama, mutta tuotteiden (esimerkiksi elintarvikkeiden) hinnat vaihtelevat tästä huolimatta maiden välillä.

Tällä hetkellä kun tilastointitavat ja niiden laatu eivät ole vielä yhdenmukaisia vertaileminen useissa kohdin johtaa väärinkäsityksiin. Tässä luvussa on niitä tarkasteltu luonnonvarojen arvioinnin näkökulmasta. Lisäksi NAMEA-aineiston perusteella tehtiin vertailu muutamaan maahan ja lopuksi on arvioitu ENVIMAT-tuloksia EU:n EIPRO-tutkimukseen.

## Luonnonvarojen käytön indikaattorit

Materiaalitilinpudossa käytetään yleisesti seuraavia indikaattoreita (esim. Eurostat 2002):

Tuotantolähtöiset indikaattorit:

DMI = suora materiaalipanos

TMR = luonnonvarojen kokonaiskäyttö = DMI + HF

Kulutuslähtöiset indikaattorit:

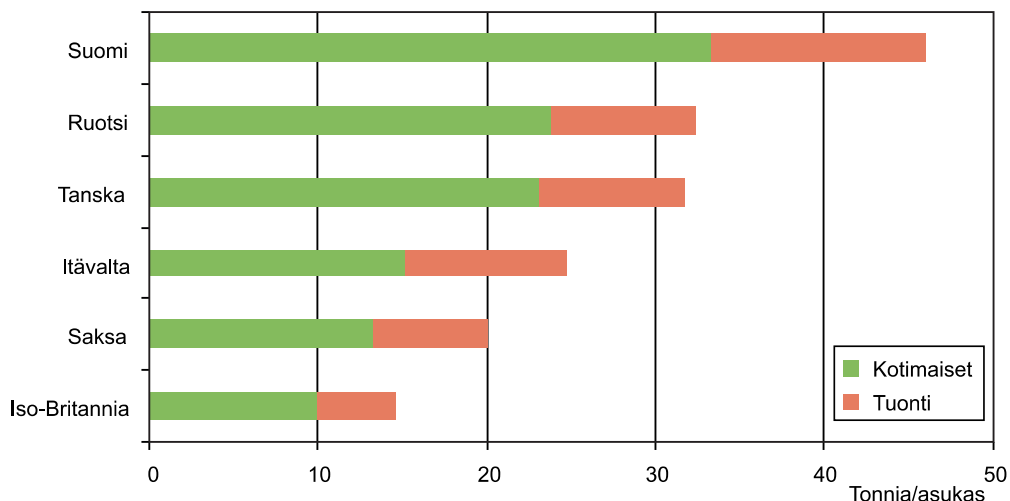
DMC = suora materiaalikulutus = DMI - suora vienti

TMC = luonnonvarojen kokonaiskulutus = TMR - viennin sisältämä TMR

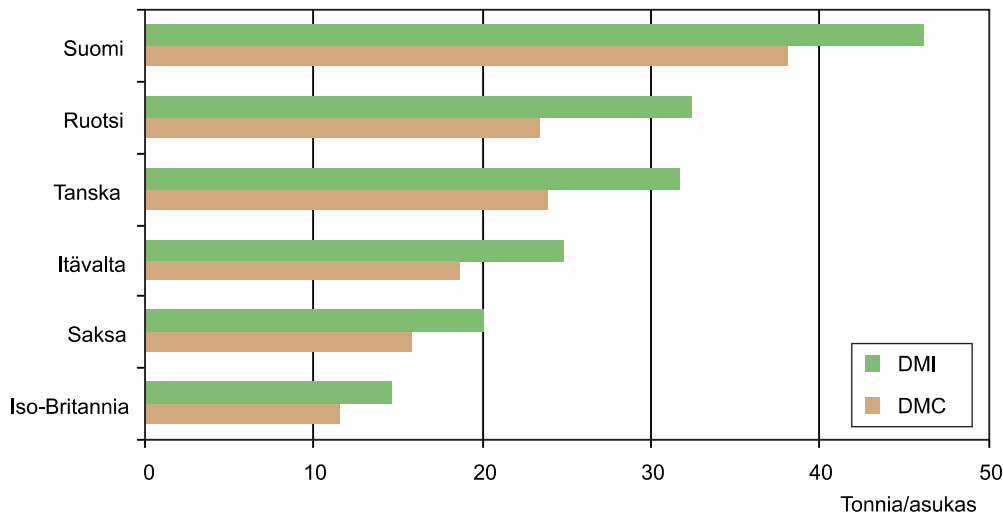
Kansainvälisesti yhtenäisiä maakohtaisia aikasarjoja esimerkiksi EU-maista on tois-  
taiseksi tuotettu pääasiassa vain suorista materiaalipanoksista ja -kulutuksesta, eli  
indikaattoreista DMI ja DMC, esimerkiksi Eurostatin toimesta (Weisz ym. 2007).

TMR indikaattori on laskettu vain muutamille maille - Saksalle, Iso-Britannialle,  
Tanskalle, USA:lle ja Suomelle sekä EU15:lle kokonaisuudessaan. Erityisesti tuonnin  
piilovirtojen arviointi poikkeaa kuitenkin näissä arvioissa toisistaan. Piilovirrat on  
arvioitu usein vain tuonnin raaka-aineille ja puolivalmisteille, mutta ei pitkälle jaloste-  
tuille tuotteille kuten sähkötekniisille laitteille, joissa tuonnin suorat materiaalmäärät  
ovat pieniä, mutta piilovirtakertoimet suuria. TMC-indikaattori on laskettu kansalli-  
sella tasolla vain Suomelle, vaikka se esiintyy käsitteenä MFA kirjallisuudessa. Tämä  
johtuu siitä, että TMC:n laskenta edellyttää panos-tuotosmallilaskentaa.

Kuvissa 42 ja 43 on esitetty tuoreimmat käytettävissä olevat Eurostatin esittämät  
tulokset Suomen ja eräiden muiden maiden DMI- ja DMC -indikaattoreista asukasta  
kohti. Suomen molemmat indikaattorit ovat ylivoimaisesti korkeimmat EU maista.  
DMC indikaattorilla erot vain kärjistyvät DMI-indikaattoriin verrattuna (Suomella  
DMC on 83 % DMI:stä, kun se muilla mailla on 72 – 79 %).



**Kuva 42.** Suora materiaalipanosa (DMI) asukasta kohti eräissä Euroopan maissa vuonna 2004 (Data teoksesta Weisz ym 2007).



**Kuva 43.** Suora materiaalipanos (DMI) ja suora materiaalikulutus (DMC) asukasta kohti eräissä Euroopan maissa vuonna 2004 (Data teoksesta Weisz ym 2007).

Kuva 42 osoittaa, että DMI:ssä tuonnin osuus jää verraten vähäiseksi, 28 – 24 prosenttiin DMI:stä. Luonnonvarojen käyttönä suora tuonti ei olekaan vertailukelpoinen kotimaisten suorien panosten kanssa, koska suurin osa tuonnista on jalosteita joiden suorassa materiaalimäärässä on vain vähäinen osa niistä suorista panoksista, joita ulkomailla on tarvittu niiden tuottamiseen. Siten DMI-indikaattorilla materiaalien käytön tehostuminen saavutettaisiin helposti luopumalla kotimaisten luonnonvarojen jalostuksesta ja korvaamalla jalostuksessa menetetetyt tulot tuotujen puolivalmisteiden loppujalostuksella ja komponenttien kokonpanolla vientiin.

Ääriesimerkkinä on tuontisähkö, joka aineettomana on tuonnin suorissa materiaalipanoksissa nollana. Sen sijaan kotimaiseen sähkön tuotantoon sisältyy polttoainemateriaalien materiaalipanokset.

DMC-indikaattori eli materiaalien suora kulutus on käsitteenäkin harhaanjohtava. Kun DMI:stä vähennetään vain viennin suora materiaalimäärä, vientituotteiden valmistuksen välillinen materiaalikulutus jää edelleen DMC:hen. Siten DMC ei mitataakaan kotimaisen kulutuksen materiaalikäyttöä vaan kotimaisen kulutuksen ja viennin välillisen kulutuksen yhteenlaskettua materiaalienkäyttöä.

DMC:hen sisältyvää harhaa voidaan havainnollistaa ENVIMAT-mallin laskelmilla, joista saadaan myös viennin välillinen DMI-sisältö. Taulukossa 4 on esitetty DMC laskelmat kahdella tavalla, Eurostatin ja ENVIMATin käsitteillä, joista ENVIMAT-laskelmassa on vähennetty myös viennin välillinen DMI panos, jolloin jäännös on todellisen kotimaisen kulutuksen suora materiaalipanosa.

Kun DMC lasketaan ENVIMATissa kotimaisen loppukulutuksen kautta, kulutuksen ja investointien suorien panosten käytön kautta, saadaan tietysti täsmälleen sama luku kuin viennin kautta laskettu DMC ENVIMATin tapaan. Todellinen DMC on Suomessa runsaan neljänneksen pienempi kuin Eurostatin tapaan laskettuna. Suomen asukasta kohti laskettu DMC-luku vähenee korjauksen seurauksena 44 tonnista 32 tonniin. Tämä on kuitenkin edelleen suuri arvo kuvan 43 muiden maiden arvoon verrattuna.

Muille maille viennin välillisiä panoksia ei ole arvioitu, joten oikein lasketun DMC:n kansainvälisiä vertailuja ei voi tehdä. Voidaan kuitenkin arvioida, että koska Suomen vientiteollisuudessa raaka-aineita jalostavan teollisuuden osuus on suuri, myös viennin välillisten panosten suhde suoraan vientiin on korkea ja siten Eurostatin tapaan laskettu DMC vähintäänkin jyrkentää Suomen ja muiden Euroopan maiden eroja.

**Taulukko 4.** Suomen DMC laskettuna Eurostatin ja ENVIMATin mukaan Suomessa vuonna 2005.

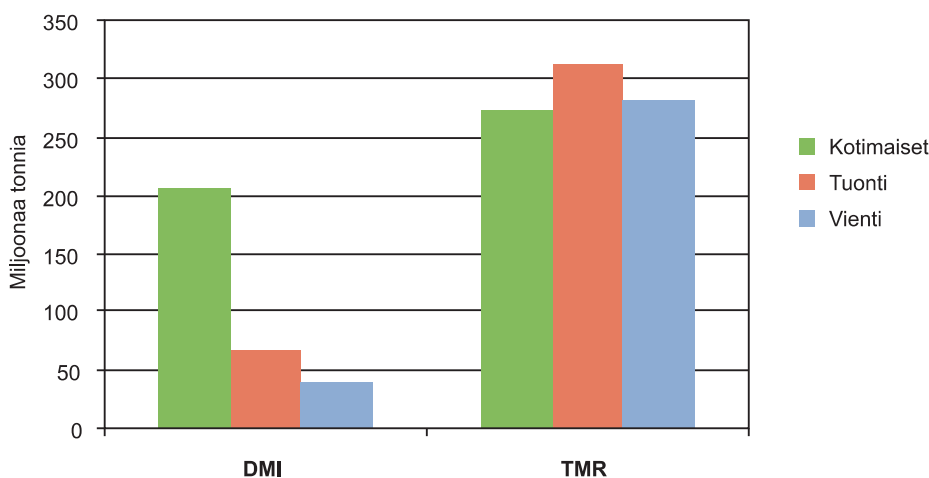
	Miljoona tonnia		Henkeä kohti, tonnia	
	Eurostat	ENVIMAT	Eurostat	ENVIMAT
Kotimaiset suorat panokset	207	207	40	40
Tuonnin suorat panokset	66	66	13	13
miinus Suora vienti	-40	-40	-8	-8
miinus Viennin välilliset panokset		-64		-12
Suora materiaalien kulutus DMC	233	169	44	32

Luonnonvarojen käytön mittarina DMI ja DMC korjattunakin ovat harhaisia, vaikka luonnonvarojen käyttöön ("resource use") viittaavia termejä niiden yhteydessä usein kirjallisuudessa käytetään – esimerkiksi edellä EU-maiden DMI- ja DMC-datan lähteenä käytetyn raportin otsakkeessa on käytetty käsitettä "Resource productivity".

Tämä johtuu siitä, että DMI:n komponenttina oleva tuonti samoin kuin vienti on mitattu tuotteiden suorina materiaalmäärinä eikä niiden valmistukseen kuluva luonnosta otettavina materiaalmäärinä, kuten kotimaiset suorat panokset on mitattu. Silloin sekä tuontiin että vientiin sisältyvä materiaalmäärä jää harhaisen pieneksi talouden todelliseen globaalivaikutukseen verrattuna. Sen sijaan käsite TMR (Total Material Requirement) ja kulutuspuolen käsite TMC (Total Material Consumption) voidaan hyvin suomentaa termeillä "Luonnonvarojen kokonaiskäyttö" ja "Luonnonvarojen kokonaiskulutus", koska niissä palautetaan mittaluvut aina luonnosta otettaviksi materiaalmääriksi.

Kuvassa 44 on esitetty DMI- ja TMR-käsitteiden laskettujen keskeisten komponenttien tasot Suomessa vuonna 2005. Tosin TMR-luvut poikkeavat DMI-luvuista siinäkin, että TMR sisältää luonnosta otettavien suorien panosten lisäksi myös niiden käyttöönoton yhteydessä siirretyt ja muunnetut luonnonainekset, joiden osuus näkyy kuviossa kotimaisten DMI- ja TMR-panosten välillä. Sen sijaan DMI- ja TMR -mittareissa on huikkea ero tuonnin ja viennin materiaalienkäytön suhteessa kotimaisiin panoksiin. TMR- ja TMC -mittarit antavat harhattoman kuvan talouden vaikutuksista globaaleihin materiaalivirtoihin ja luonnonvarojen käyttöön.

EU:n laajassa EXIOPOL -tutkimushankkeessa, jossa rakennetaan maailman monialue ympäristölaajennettu panos-tuotosmalli, on yhtenä tavoitteena tehdä myös yhtenäinen TMR laskentaosio. Kansainvälisellä tasolla yhtenäisesti laskettujen TMR- ja TMC-mittareiden vertailuun päästään vasta näiden tulosten valmistuttua.



**Kuva 44.** Suomen talouden materiaalivirtojen peruskomponentit DMI- (Eurostat) ja TMR-käsittein vuonna 2005

## Toimialojen ja tuotteiden ympäristövaikutukset

Kansainvälisen vertailun vuoksi ENVIMAT-projektissa laskettiin ilmastonmuutosintensiteetit myös Ruotsissa (2005), Saksassa (2002) ja Espanjassa (2000) valmistetuille tuotteille. Tietopohjana käytettiin maiden EUROSTAT-tilastokeskukselle toimittamia panos-tuotostauluja ja NAMEA-ilmapäästöinventaarioita. Käytetty laskentamenetelmä oli sama kuin ENVIMAT-mallissa, mutta sektorikohtainen resoluutio oli alhaisempi (60 sektoria muille maille, kun Suomen osalta tarkastelu voidaan tehdä 151 sektorin tarkkuudella). Lisäksi tietojen vajavaisuuden vuoksi vertailussa keskityttiin ainoastaan maan rajojen sisäpuolella tapahtuviin päästöihin. Tuonnin ja viennin aiheuttamiin päästöihin ei tässä otettu kantaa (tarkempaa pohdintaa kansainvälisestä kaupasta ja kasvihuonekaasuista löytyy julkaisusta: Peters ja Hertwich 2008).

Tuloksia tulkittaessa on syytä pitää mielessä, mitä on verrattu keskenään. Lähtökohtana ovat elinkaariset vaikutukset, jotka syntyvät tietyn arvoisesta tuotannosta. Siten erot toimialojen sisällössä ja niiden tuotteiden arvossa sisältyvät vertailuun, ja tulokset eivät kuvaa yksittäisiä tuotteita vaan tuotantoa laajemmassa mielessä.

Tämän vertailun perusteella suomalaisten tuotteiden päästöintensiteetti on kansainvälisesti katsottuna korkea. Muissa vertailuissa maissa tuotetaan, massa- ja paperituotteita, elintarvikkeita, perusmetalleja, jätehuolto- sekä kiinteistöpalveluita (asuntojen omistus ja vuokraus) pienemmillä päästöillä (kg CO<sub>2</sub> ekv/€). Ainoastaan mineraalituotteita ja ilmaliiikennettä tuotettiin pienemmällä kotimaisilla päästöillä kuin kaikissa muissa vertailun maissa. Lisäksi maatalouden tehokkuus oli parempi kuin Ruotsissa ja maakuljetusten parempi kuin Espanjassa.

Osa tuloksista selittyy sillä, että tarkastelussa rajoituttiin ainoastaan maan rajojen sisäpuolisiin päästöihin. Esimerkiksi Suomessa lentoliikenteestä pienempi osa on oletettavasti kotimaan sisäistä kuin Saksassa, Espanjassa tai jopa Ruotsissa. Samoin Suomessa metalliteollisuus tuo 33 % käyttämistään panoksista, mutta esimerkiksi Saksassa tuonnin osuus panoksista on 38 %. Toisaalta Espanjassa tuontipanosten osuus on vain 28 %, mutta laskettu intensiteetti on kuitenkin alhaisempi. Osa erosta Ruotsiin selittyy Ruotsin Suomea alhaisemmilla sähköntuotannon päästöillä. Lisäksi sähkön hinta vaikuttaa energian yksikköpäästöjen vertailuun, Espanjassa ja Saksassa teollisuuden käyttämä sähkö oli kalliimpaa kuin Suomessa vuonna 2002. Muuten syytä on haettava erilaisesta tuote- ja hintajakaumasta tuoteryhmien sisällä. Tulosten perusteella Suomessa tuotetaan enemmän sellaisia tuotteita, joiden kasvihuonekaasuintensiteetti on korkea verrattuna niistä saatavaan hintaan (ts. energiaintensiivisiä perusraaka-aineita, terästä, ym.). Ainoa poikkeus tästä on tarkastelun perusteella sementin valmistus (ei-metalliset mineraalituotteet), jonka päästöt ovat muualla huomattavasti suurempia: Espanjassa 15 % koko tuotannon päästöistä, Saksassa ja Ruotsissa 6 %, mutta Suomessa vain 3 %.

**Taulukko 5.** Tuotteiden valmistuksessa aiheutuneiden maan rajojen sisäpuolisten päästöjen vertailu Suomen, Ruotsin, Saksan ja Espanjan välillä. Ruotsin, Saksan ja Espanjan päästökertoimet laskettiin Eurostatin tilastoimien panos-tuotos- ja NAMEA-taulujen perusteella. Ruotsin osalta käytettiin vuoden 2005 panos-tuotostaulua. Lihavoidut lukuarvot kuvaavat tilannetta, jossa suomalaisen tuotteen intensiteetti on alhaisempi kuin verrattujen maiden osalta.

Tuoteryhmä	Tuotteiden päästöintensiteetti kg CO <sub>2</sub> ekv./€ (% Suomen intensiteetistä)			
	Suomi 2002	Ruotsi 2002/2005	Saksa 2002	Espanja 2000
01 Maa- ja riistatalouden tuotteet	2,05	<b>3,38 (165 %)</b>	2,06 (100%)	1,81 (90 %)
15 Elintarvikkeet ja juomat	1,29	0,70 (55 %)	0,77 (60 %)	0,92 (71 %)
21 Massa, paperi, kartonki ja pahvi	0,90	0,38 (42 %)	0,76 (84 %)	0,84 (93 %)
26 Ei-metalliset mineraalituotteet	0,80	<b>1,77 (220 %)</b>	<b>2,31 (290 %)</b>	<b>3,15 (390 %)</b>
27 Metallinjalostuksen tuotteet	1,54	0,51 (33 %)	0,67 (43 %)	1,10 (71 %)
40 Sähkön, lämmön ja höyryn tuotanto	7,45	1,00 (13 %)	7,16 (96 %)	5,93 (80 %)
60 Maakuljetukset	0,70	0,27 (39 %)	0,42 (59 %)	<b>1,07 (140 %)</b>
62 Ilmakuljetukset	1,30	<b>1,54 (118 %)</b>	<b>1,74 (133 %)</b>	<b>1,82 (140 %)</b>
70 Kiinteistöpalvelut	0,44	0,10 (22 %)	0,02 (5 %)	0,07 (16 %)
90 Jätehuolto	4,17	1,46 (35 %)	1,07 (26 %)	3,81 (92 %)

7.3

## Kotitalouksien kulutuksen ympäristövaikutukset

Suomen kulutuksen ympäristövaikutuksia voidaan verrata EU:n tilanteeseen vuonna 1999 (ns. EU-25, lähteet: Huppes ym. 2006, Tukker ja Jansen 2006) ja Ruotsin tilanteeseen 2003 (Naturvårdsverket 2008). Molemmilla vertailuissa kulutus rajataan EU:n ja Ruotsin tilanteita koskevien tutkimusten mukaisesti kotitalouksien kulutukseen (eli julkisia yksilöllisiä kulutusmenoja ei oteta tässä huomioon). Suomi on tietysti mukana myös EU-maista tehdystä tutkimuksesta, mutta sen merkitys koko EU:n kulutuksessa on melko pieni.

Vertailtavuuden vuoksi kulutusmenojen pääryhmittelyyn muutamia luokkia yhdistettiin (vertaa luvussa 5.3. käytettyyn ryhmittelyyn). Niinpä luokat 'Elintarvikkeet' ja 'Alkoholijuomat ja tupakka' yhdistettiin, käyttäen niistä nimikettä 'Elintarvikkeet ja juomat' ja lyhennettä C01+C02. Samoin yhdistettiin luokat 'Asuminen, vesi, lämpö & sähkö' ja 'Sisustus ja kodinhoito', käyttäen näistä yhdessä nimikettä 'Asuminen, laitteet ja huonekalut' ja lyhennettä C04+C05. EU:n ja Ruotsin aineistoissa mukana ollut uusien asuntojen hankkiminen poistettiin niiden kulutusmenoista ja vastaavista ympäristövaikutuksista, koska Suomen kotitalouksille laskettu kulutus ei sisällä investointeja.

Yleiskuva tärkeimmistä ilmastovaikutusten aiheuttajista on samanlainen sekä Suomessa että EU-maissa yhteensä: Ruoka, asuminen ja liikkuminen muodostavat yhdessä yli 70% ilmastovaikutuksista (Taulukko 6). Suomessa asumiseen liittyvät kulutusmenot ja ilmastovaikutukset näyttävät suurempaa roolia kuin EU-maissa yhteensä. Toisaalta elintarvikkeiden (ja myös ravintolapalveluiden) merkitys on suurempi EU-maissa yhteensä kuin Suomessa. Sekä EU-maissa yhteensä että Suomessa kolmas merkittävä ilmastovaikutusten lähde on luokka C07, eli kuljetukset, autoilu ja joukkoliikenne. Vaatetuksen ja jalkineiden osuus ilmastovaikutuksista on vain 3% sekä Suomessa että EU-maissa yhteensä.

EU-maita koskevassa tutkimuksessa muodostettiin myös aggregoitu ympäristövaikutusten indikaattori, jossa 8 ympäristövaikutusluokan normalisoidut arvot laskettiin yhteen (ilman painotuksia). Kulutusmenoluokka 'Elintarvikkeet ja juomat' aiheutti 35% aggregoiduista ympäristövaikutuksista. Luokka 'Asuminen, laitteet ja huonekalut' aiheutti 19% ja 'Kuljetukset' 18% aggregoiduista ympäristövaikutuksista. Näi-

**Taulukko 6.** Kulutusmenoryhmien osuus kotitalouksien kulutusmenoista ja ilmastovaikutuksista Suomessa ja EU:ssa (Huppes ym. 2006, Tukker ja Jansen 2006).

Kulutusmenoerät	Osuus kulutusmenoista (%)		Osuus ilmastovaikutuksista (%)	
	Suomi (2002)	EU-25 (1999)	Suomi (2002)	EU-25 (1999)
Elintarvikkeet ja juomat C01+C02	19	20	21	32
Vaatetus ja jalkineet C03	4	3	3	3
Asuminen, laitteet ja huonekalut C04+C05	31	20	39	21
Terveys C06	4	4	2	2
Kuljetus C07	12	15	19	19
Tietoliikenne C08	3	4	1	2
Virkistys ja kulttuuri C09	11	10	7	6
Koulutus C10	0,5	2	0,2	0,4
Ravintolat ja hotellit C11	5	10	4	9
Sekalaiset tavarat ja palvelut C12	10	11	4	5

den jälkeen seuraavana suuruusjärjestyksessä oli osuudella 10% luokka 'Ravintolat ja hotellit', josta ravintolat ja baarit 9 prosenttiyksikköä. Voidaankin siis sanoa, että ruoka ja juomat ja niihin liittyvä seurustelu yhdessä asumisen ja liikkumisen kanssa aiheuttivat yhteensä noin 80% kotitalouksien kulutuksen ympäristövaikutuksista.

EU:n aggregoituja ympäristövaikutuksia voidaan karkealla tasolla verrata Suomeen katsoen Kuvan 35 tuloksia, yhtä aikaa ympäristövaikutusluokkia 'Kasvihuonekaasut' ja 'Muut ympäristövaikutukset (Ekoindeksi)'. Vertailu tuottaa samanlaisen tuloksen kuin ilmastovaikutuksille yksinään, eli asuminen, ruoka ja kuljetukset erottuvat tärkeimpinä ympäristövaikutusten lähteinä, ja Suomessa luokka 'Elintarvikkeet ja juomat' sekä luokka 'Ravintolat ja hotellit' näyttäisivät tuottavan pienemmän osuuden kulutuksen ympäristövaikutuksista ja luokka 'Asuminen, laitteet ja huonekalut' suuremman osuuden kuin EU-maissa yhteensä.

Vertailu Ruotsiin tehtiin kasvihuonekaasupäästöille eli ilmastovaikutuksille (Naturvårdsverket 2008). Ruotsalaisessa kulutuksessa erilaisten liikkumismuotojen ja kuljetusten (C07) yhteenlaskettu osuus on noin kolmannes (33%) kotitalouksien aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä. Se on siis yli 10 prosenttiyksikköä suurempi kuin Suomessa ja EU-maissa yhteensä. Elintarvikkeiden (C01+C02) osuus on 27%, ja asumisen (C04+C05) 24%, näiden prosenttiosuuksien ollessa Suomen ja EU-maiden yhteisarvon välissä. Muiden luokkien yhteenlaskettu osuus oli 16%. Raportissa on kuitenkin todettu, että heidän panos-tuotosmenetelmänsä aliarvioi ulkomaanlentojen merkitystä, ja siksi lennot on arvioitu myös toisella tavalla, jolloin niiden määrä nousee 1,3%:sta jopa 9 prosenttiyksikköä (samalla liikkumisen ja kuljetusten yhteenlaskettu merkitys tietysti edelleen kasvaa).

## 8 ENVIMAT-mallin erityissovelluksia

### 8.1

#### **Ympäristövaikutusten, arvonlisäyksen ja työllisyyden samanaikainen käsittely**

Ympäristövaikutusten tavoin myös arvonlisäykset ja työllisyydet voidaan tulostaa toimialojen suorina vaikutuksina sekä elinkaarivaikutuksina. Näitä vaikutuksia on tarkasteltu jo kotitalouden kulutuksen yhteydessä hyödykeryhmittäin (luku 5), mutta tässä luvussa esitetään vaikutukset tarkemmalla jaolla lopputuoteryhmittäin (151 toimialaa ja tuoteryhmää).

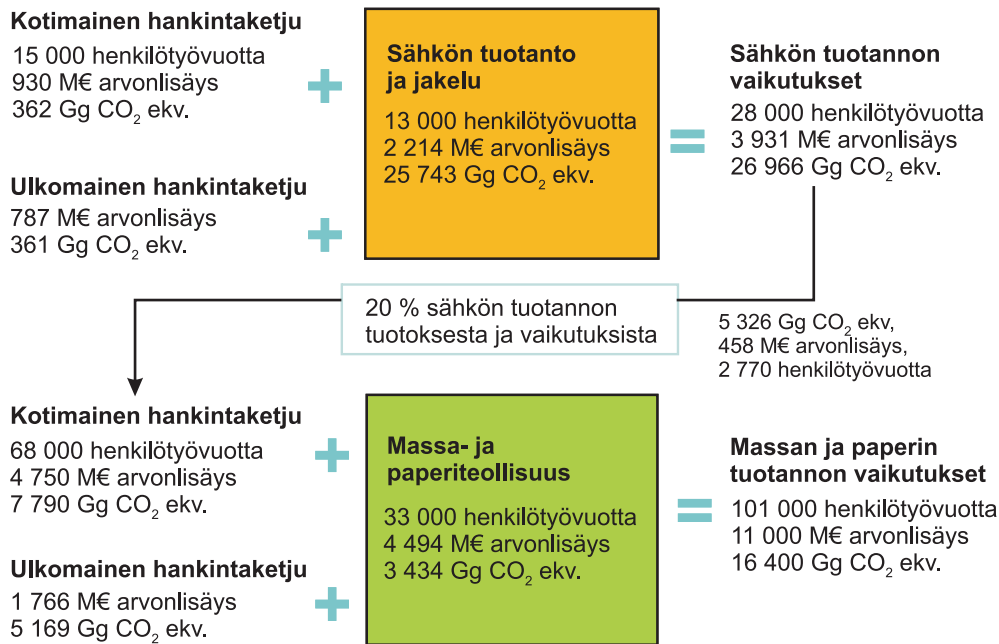
Päällekkäisen laskennan välttämiseksi elinkaariset vaikutukset voidaan tulostaa ainoastaan lopputuotteiden näkökulmasta. Tämän johdosta luvut poikkeavat toimialakohtaisista tuloksista, jotka ovat löydettävissä tyypillisesti valtakunnallisessa tilastoinnissa. Tulosten eroavaisuuksien perusteita käsitellään tässä kappaleessa.

Toimialan aiheuttamia kerrannaisvaikutuksia kansantaloudessa voidaan arvioida laskemalla, millaista tuotantoa toimiala ylläpitää ostopanoksien kysynnällään. Esimerkiksi massa- ja paperiteollisuus synnytti alihankintaketjuissaan kaksi kertaa niin paljon työpaikkoja kuin oman sektorinsa sisällä (33 000 htv ja 68 000 htv) (Kuva 45). (Todettakoon, että suurin osa näistä työpaikoista syntyy liikkeenjohdon palveluihin eikä puunkorjuuseen). Kuvassa 46 on esitetty massa- ja paperiteollisuuden lisäksi sähköntuotannon toimialan työpaikkojen, kasvihuonekaasujen ja arvonlisäyksen kertyminen. Sähköntuotannon alihankintaketju aiheuttaa myös merkittävän työllistävän vaikutuksen hankintaketjunsä kautta. Näiden kahden toimialan suora vertailu on kuitenkin harhaanjohtavaa, sillä vaikutukset ovat osittain päällekkäisiä: massa- ja paperiteollisuuden hankintaketju kattaa osan sähkön tuotantoa ja jakelua ja päinvastoin.

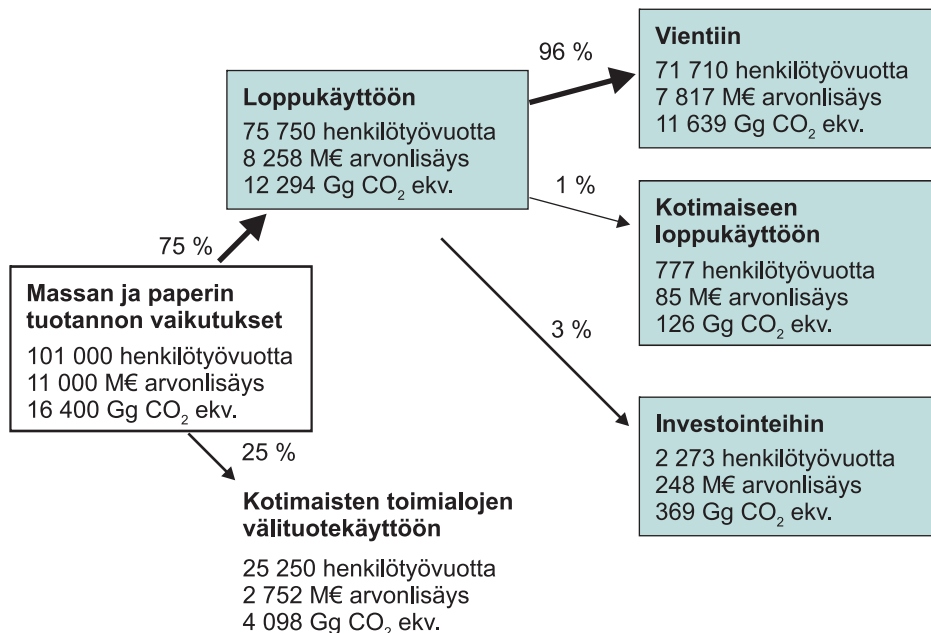
Eräs ratkaisu päällekkäisen laskennan kiertämiseksi on tulosten ilmoittaminen lopputuotetta kohden niin kuin kansantalouden panos-tuotostaulukoissa on tehty. Tätä lähestymistapaa on käytetty koko raportissa, mutta tässä sen vaikutukset kuvataan yksityiskohtaisemmin. Massa- ja paperiteollisuuden osalta noin 25 % tuotoksesta menee muiden sektorien välituotekäyttöön. Jos niiden tuotannon vaikutukset sisällytettäisiin sekä massa- ja paperiteollisuuteen että näille muille sektoreille, syntyisi kaksinkertaista laskentaa, joten näiden *välituotteiden vaikutukset poistetaan tuottavalta toimialalta ja lisätään käyttöville toimialoille*. Kuvassa 46 on havainnollistettu siirron vaikutuksia massa- ja paperiteollisuuden osalta: neljännes vaikutuksista siirtyy muille toimialoille.

Kun päällekkäinen laskenta poistetaan jakamalla ainoastaan loppukäyttöön menevien tuotteiden vaikutukset toimialalle, toimialojen tuotteiden vertailu ja analysointi tulee mahdolliseksi. Taulukossa 7 on esitetty 20 kansantalouden tuoteryhmää, joiden tuotanto aiheuttaa suurimmat ilmastonmuutosvaikutukset, sekä näiden tuotannon osuus Suomen työllisyydestä ja bruttokansantuotteesta vuonna 2005.





**Kuva 45.** Massa- ja paperiteollisuuden sekä sähkön tuotannon ja jakelun kokonaisvaikutukset kansantalouden tasolla vuonna 2002. Katkoviiva kuvaa sitä osuutta sähköntuotannosta, joka sisältyy myös massa- ja paperiteollisuuden tuotetekjuun ja tulee siten laskettua tässä tarkastelutavassa kahdesti. Vastaavasti sähkön tuotannon ja jakelun tuotetekju sisältää 40 M€ massan ja paperin tuotannon tuotosta. Tämän päällekkäisen laskennan vuoksi tämänkaltainen laskentatapa ei sovellu toimialojen vertailuun. (Huom! Tulokset poikkeavat muualla raportissa esitetyistä erilaisesta sähkön ja lämmön jakoperusteesta johtuen. Lukuarvot ovat vain suuntaa-antavia.)



**Kuva 46.** Massa- ja paperiteollisuuden vaikutusten jakaminen omien loppukäyttöön menevien tuotteiden ja muiden sektorien välille. Lisäksi esitetty loppukäytön jakautuminen alaryhmiinsä. (Huom! Tulokset poikkeavat muualla raportissa esitetyistä erilaisesta sähkön ja lämmön jakoperusteesta johtuen. Lukuarvot ovat vain suuntaa-antavia.)

**Taulukko 7.** Kansantalouden tuotteet, joiden tuotanto aiheutti vuonna 2005 eniten ilmastonmuutosvaikutuksia sekä näiden tuotannon osuus Suomen kansantalouden elinkaarisesta ilmastovaikutuksesta, työllisyydestä ja arvonnäisyksestä. Yli 5 % osuuden omaavien tuotteiden vaikutukset on lihavoitu suurimpien vaikuttajien selventämiseksi.

Sija	Tuoteryhmä	Elinkaarinen KHK (Milj.kg CO <sub>2</sub> ekv.)	Ilmasto-vaikutus	Työllisyys	Arvonnäisyys
1	Massa, paperi, kartonki ja pahvi	10 895	<b>8,7 %</b>	2,6 %	4,2 %
2	Kotitalouksien suorat	7 745	<b>6,2 %</b>	0,0 %	0,0 %
3	Asuntojen omistus ja vuokraus	7 226	<b>5,8 %</b>	2,7 %	<b>11,3 %</b>
4	Rauta, teräs ja rautaseokset	7 152	<b>5,7 %</b>	0,9 %	1,1 %
5	Tukku- ja vähittäiskaupan palvelut	5 985	4,8 %	<b>9,4 %</b>	<b>8,7 %</b>
6	Talonrakennustyöt	5 462	4,4 %	<b>7,8 %</b>	<b>7,2 %</b>
7	Televisio- ja radiolähettimet, lankapuhelin- ja lankalennätinlaitteet	4 851	3,9 %	3,9 %	<b>6,2 %</b>
8	Sähkön tuotanto- ja jakelupalvelut	4 729	3,8 %	0,2 %	0,5 %
9	Peruskemikaalit	4 239	3,4 %	0,5 %	0,7 %
10	Öljytuotteet	4 227	3,4 %	0,2 %	0,5 %
11	Meijerituotteet ja jäätelö	3 133	2,5 %	1,6 %	0,7 %
12	Julkisen hallinnon palvelut	2 768	2,2 %	<b>8,2 %</b>	<b>6,3 %</b>
13	Vesiliikennepalvelut	2 369	1,9 %	0,4 %	0,5 %
14	Maa- ja vesirakennustyöt	2 262	1,8 %	1,9 %	1,7 %
15	Liha ja lihatuotteet	2 250	1,8 %	1,2 %	0,7 %
16	Muut yhteiskunnalliset ja henkilökohtaiset palvelut	2 208	1,8 %	<b>5,3 %</b>	4,0 %
17	Terveydenhuolto- ja eläinlääkintäpalvelut	1 993	1,6 %	<b>8,1 %</b>	<b>6,1 %</b>
18	Jalometallit ja muut värimetallit	1 950	1,6 %	0,3 %	0,5 %
19	Ilmaliikennepalvelut	1 908	1,5 %	0,4 %	0,6 %
20	Moottoriajoneuvot	1 855	1,5 %	0,2 %	0,2 %
	Muut	39 529	31,7 %	44,3 %	38,5 %

## 8.2

### Hiilijalanjälkien laskenta ja hybridi-IO-mallinnus

Hiilijalanjälki kuvaa tavaran tai palvelun elinkaaren aikana syntyneitä kasvihuonekaasupäästöjä massaa tai muuta tuoteyksikköä kohti (PAS2050, Sinden ym. 2008). Vaikka käsitteessä esiintyy sana ”jalanjälki”, se ei siis kuvaa maapinta-alaa vaan vaikutusta kasvihuoneilmistöön (eli ilmastovaikutusta). Käytännössä hiilijalanjäljen määrittäminen perustuu elinkaariarviointiin, jossa käsitellään vain yhtä vaikutusluokkaa: ilmastomuutosta.

Standardin PAS2050 (2008) mukaisen hiilijalanjäljen määrittäminen edellyttää tärkeimmistä päästölähteistä päästötietoja (ns. primääridata). Sen sijaan vähemmän tärkeistä tuoteketjun osista tietoa (ns. sekundääridataa) voidaan hakea yleisistä tietolähteistä, kuten elinkaariarviointien tueksi kehitetyistä tietopankeista. Myös ympäristölaajennettua panos-tuotosmallia voidaan käyttää sekundääridatan lähteenä, ja siten ENVIMAT-hankkeessa tuotettua aineistoa voidaan käyttää PAS2050 mukaisten hiilijalanjälkien laskennassa sekundääridatan tuottamiseen. Tällaista elinkaariarvioinnin ja panos-tuotosmallin yhdistämistä kutsutaan hybridi-IO-mallinnukseksi, ja panos-tuotos-aineistoja käytetään kansainvälisesti yleisesti elinkaariarvioinnin yhteydessä (ks. esim. Matthews ym. 2008). Julkisesti käytettävissä on ainakin Yhdysvaltalainen EIOLCA-sovellus sekä EUROSTAT:in NAMEA-taulujen pohjalta tehtävät sovellukset

(joita käytettiin tässä työssä kansainväliseen vertailuun, luku 7.2.). Näihin aineistoihin verrattuna ENVIMAT:ssa koottu Suomen vuoden 2005 ympäristölaajennettu panos-tuotostaulukko on ajankohtaisempi ja yksityiskohtaisempi, minkä vuoksi se on erinomainen pohja-aineisto kansallisten hiilijalanjälkien laskennan osaksi.

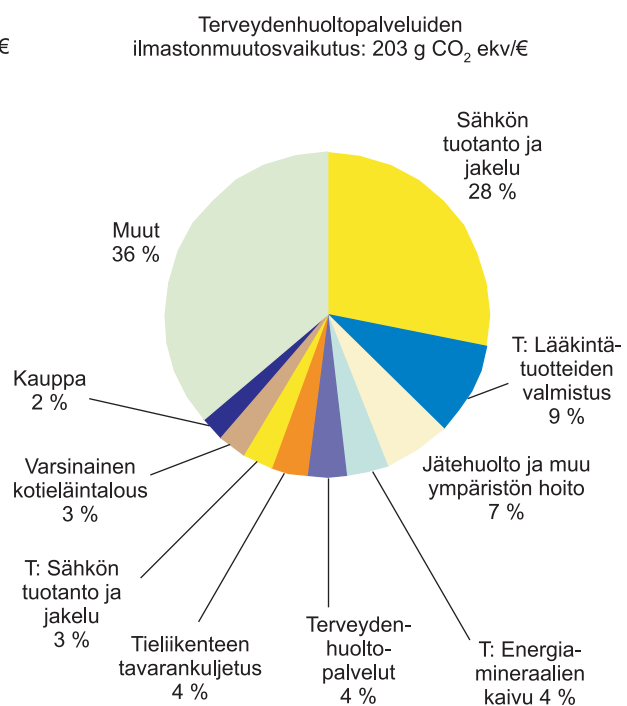
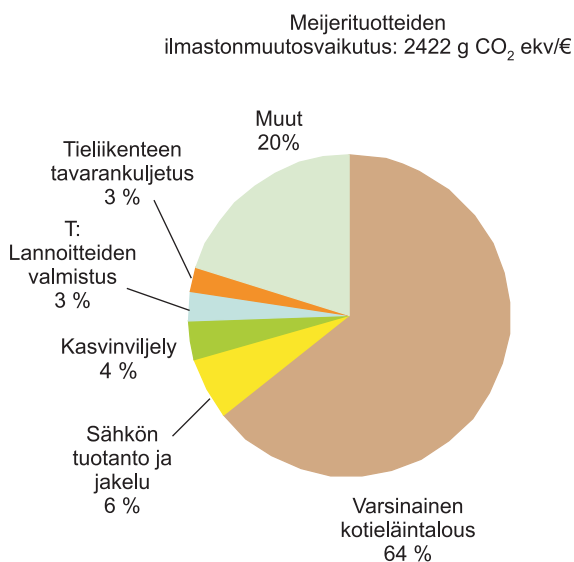
Sen lisäksi, että ympäristölaajennetun panos-tuotostaulukon tuloksia voidaan käyttää elinkaariarvioinnin ja hiilijalanjäljen sekundaariaineistona, niiden avulla voidaan tietysti laskea myös korkean tason estimaatteja kunkin tuoteryhmän ilmastovaikutuksista (huomaa että tällöin ei käytetä käsitettä 'hiilijalanjälki', joka on mielestämme varattu tarkoille standardin mukaisille arvioille). Taulukossa 8 on esitetty Suomen ilmastomuutosintensiteeteiltään suurimmat ja pienimmät tuoteryhmät. Suurimmat ilmastointensiteetit ovat sementillä, energialla, jätehuollolla, elintarvikkeilla, kaivos-tuotteilla sekä kemianteollisuuden tuotteilla. Nämä tuoteryhmät ovat paitsi suuripäästöisiä, myös äärimmäisen edullisia. Alhaisimmat intensiteetit ovat palveluiden lisäksi tietyillä kalliilla erikoistuotteilla. Raakapuu on poikkeus joukosta: sen ilmastointensiteetti on alhainen, mutta niin on myös sen hinta.

I-O-mallinnusta voidaan käyttää hiilijalanjälkityössä apuna myös niiden KHK-päästöiltään tärkeimpien elinkaarivaiheiden tunnistamiseen, josta primääridataa tulisi kerätä. Kontribuutioanalyysin avulla voidaan tarkastella, millä toimialalla tiettyyn lopputuotteeseen lasketut päästöt ovat alun perin muodostuneet. Menetelmän matemaattinen kuvaus on löydettävissä teoksesta Heijungs ja Suh (2002). Kuvassa 47 on esitetty meijerituotteiden sekä terveydenhuoltopalveluiden kontribuutioanalyysin tulokset. Meijerituotteiden päästöistä suurin osa aiheutuu varsinaisen kotieläintalouden päästöistä (pääosin maaperän dityppioksidipäästöjä sekä märehittämisen metaanipäästöjä) ja vain muutama päästölähde riittää selittämään suuren osan päästöistä. Terveydenhuoltopalveluiden ilmastovaikutus on sitä vastoin moniselitteisempi. Suurin osa päästöistä aiheutuu sähkön käytöstä, lääkkeiden valmistuksesta ulkomailla sekä jätehuollosta, mutta yhdessä nämä tekijät vastaavat vasta alle puolta koko ketjun ilmastovaikutuksista.

Kontribuutioanalyysi ei anna yksinään selkeää kuvaa tuotejärjestelmästä, sillä siinä eri vaiheissa syntyvät päästöt lasketaan yhteen (esimerkiksi suora sähkön käyttö ja raaka-aineiden valmistuksen sähkön käyttö). Analyysiä voidaan täydentää tarkastelemalla, missä vaiheessa hankintaketjua päästöt syntyvät verkostanalyysin avulla. Seuraavassa luvussa esitetyn terveydenhuoltopalveluiden verkostotarkastelun perusteella suurin osa ilmastovaikutuksista saadaan katettua, kun keskitytään ensimmäisiin kolmeen tuotantoaskeleeseen. Tarkentavat elinkaariarviointit on siis syytä kohdentaa tuotannon loppuvaiheeseen ja ennen kaikkea sähkön kulutukseen ja lääkkeiden valmistuksen elinkaariarviointiin. Vastaavasti meijerituotteissa kotieläintalouden päästöt ovat keskeisessä asemassa.

**Taulukko 8.** Kotimaassa valmistettujen tuotteiden suurimmat ja pienimmät ilmastovaikutusintensiteetit perushintaan vuonna 2005. Kaikkien tuoteryhmien tiedot on esitetty liitteessä 6.

Sija	Tuote	g CO <sub>2</sub> ekv/€ <sub>ph</sub>	Sija	Tuote	g CO <sub>2</sub> ekv/€ <sub>ph</sub>
1	Sementti, kalkki ja kipsi	10 610	131	Nahkavaatteet	348
2	Höyryn ja lämmiveden jakelupalvelut	5 230	132	Akut, galvaaniset parit ja paristot	343
3	Sähkön tuotanto- ja jakelupalvelut	4 644	133	Lääkintä- ja kirurgiset kojeet sekä ortopediavälineet	330
4	Jätehuolto, puhtaanapito ja vastaavat palvelut	3 940	134	Televisio- ja radiolähetimet, lankapuhelin- ja lankalennätinlaitteet	328
5	Kotieläintalouden tuotteet	3 358	135	Muut yhteiskunnalliset ja henkilökohdalliset palvelut	326
6	Kasvinviljelyn tuotteet	3 114	136	Rahoitus- ja vakuutuspalvelut	322
7	Lannoitteet ja typpiyhdisteet	3 019	137	Muut kiinteistöpalvelut	318
8	Eläin- ja kasviöljyt ja -rasvat	2 627	138	Soittimet	314
9	Meijerituotteet ja jäätelö	2 422	139	Kirjat, sanomalehdet ja muut painotuotteet sekä tallenteet	300
10	Valmistettu eläinrehu	2 405	140	Muut rakennuspalvelut	281
11	Tekokuidut	2 248	141	Ilma-alukset ja avaruusaluukset	271
12	Rauta, teräs ja rautaseokset	2 187	142	Julkisen hallinnon palvelut	259
13	Peruskemikaalit	2 100	143	Tien- ja radanpitopalvelut	236
14	Liha ja lihatuotteet	1 988	144	Liike-elämän palvelut	233
15	Myllytuotteet, tärkkelys ja tärkkelystuotteet	1 946	145	Terveystuotteet ja eläinlääkintäpalvelut	203
16	Muut kaivos- ja louhintatuotteet	1 817	146	Posti- ja teleliikennepalvelut	200
17	Tiilet ja rakennustarvikkeet, poltettua lasittamatonta savea	1 732	147	Koulutuspalvelut	167
18	Kemialliset ja lannoitemineraalit	1 701	148	Sosiaalipalvelut	166
19	Kala ja muut kalastustuotteet, kalastukseen liittyvät palvelut	1 690	149	Raakapuu	93
20	Betoni-, kipsi- ja sementtituotteet	1 664	150	Metsästys ja riistanhoito	45

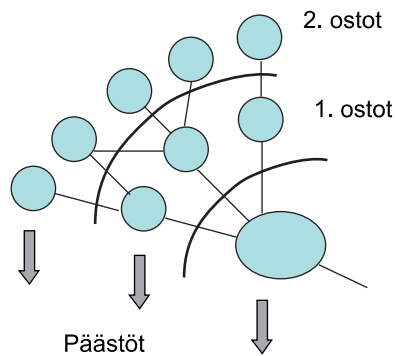


**Kuva 47.** Meijerituotteiden ja terveydenhuolto- ja palveluiden ilmastovaikutusintensiteetin muodostuminen eri päästölähteistä. (T: tarkoittaa tuotua hyödykettä, jonka vaikutukset ovat ulkomailla.)

## Ympäristövaikutusten kumuloituminen tuoteketjuissa

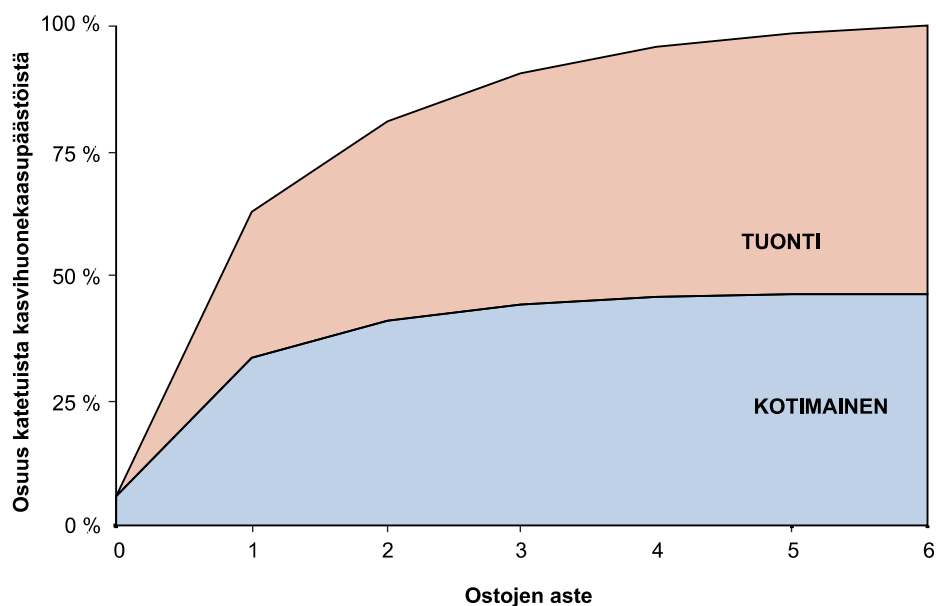
Perinteisesti tuotejärjestelmiä on arvioitu elinkaariarvioinnin avulla. Elinkaariarvioinnissa ongelmalliseksi muodostuu järjestelmien laajuus, joka pakottaa rajaamaan osan järjestelmästä tarkastelun ulkopuolelle. Kansantaloudellinen panos-tuotosmalli kattaa koko tuotannon, joten siinä tarvetta rajaukselle ei ole. Tämän vuoksi panos-tuotosmalleja käytetään elinkaariarvioinnin tukivälineinä (ks. esimerkiksi Suh et al. 2004). Ongelmalliseksi panos-tuotosmallit tekee niiden monimutkaisuus. Esimerkiksi Suomen 2002 panos-tuotostaulussa on 21 483 vuorovaikutussuhdetta eri sektorien välillä ja talouden ristikkäisyytkennät aiheuttavat usein vaikutuksia lähes kaikkiin tuotantosektoreihin yhden tuotteen kysynnän kasvaessa. ENVIMAT-mallin matemaattisen rakenteen ansiosta verkostoja voidaan kuitenkin analysoida askel kerrallaan.

Verkostojen arvioinnin menetelmäksi soveltuu hyvin matemaattinen potenssisarja, jolla voidaan havainnoida tuotteiden valmistuksessa tarvittavien ostojen vaikutukset, sen jälkeen ostojen ostot, sitten ostojen ostojen ostot, jne. (Yksityiskohtia menetelmän käytöstä, ks. Lenzen 2003. Periaate, Kuva 48.) Täten saadaan yhdistettyä kansantalouden tilinpidon kattavuus ja osa elinkaariarvioinnin läpinäkyvyydestä vuokaavioiksi.



**Kuva 48.** Päästöjen kumuloituminen, kun edetään tuoteketjussa. Päästöt muodostuvat tuoteketjun viimeisen jalostusasteen lisäksi myös aiemmillä asteilla. Lopusta laskien loppujalostuksessa tarvittavia panoksia kutsutaan 1. asteen ostoiksi, näiden panosten valmistuksen panoksia 2. asteen ostoiksi ja niin edelleen. Järjestelmä haarautuu laajaksi verkostoksi, mutta päästöjen kumuloitumista voidaan seurata potenssisarja-menetelmän avulla.

Alla on havainnollistettu kasvihuonekaasujen kertymistä terveystalouden tuotannossa (Kuva 49). Suurin osa vaikutuksista saadaan arvioitua, kun tarkastellaan sektorin omien päästöjen lisäksi vain ensimmäisten ostojen suorat päästöt, mutta lähes kaikkien vaikutusten huomioimiseksi on katsottava ainakin neljännen asteen vuorovaikutuksia (ostojen ostojen ostot). Keskimäärin kaikilla toimialoilla toimialan omat ja suorien ostojen päästöt ovat 62 % kokonaisilmastovaikutuksesta ja neljännen asteen vuorovaikutukset kattavat keskimäärin 89 % koko ketjun vaikutuksista. Korkeammilla vuorovaikutusasteilla muutamia toimialoja nousevat esiin kaikissa ketjuissa: kauppa, liikkeenjohdon palvelut, elintarvikkeet, kuljetukset ja sähkö. Näiden tuotteita tarvitaan lähes kaikkien teollisuustuotteiden ja palveluiden tuotannossa, joten ne muodostavat suurimman osan korkeiden vuorovaikutusasteiden lopullisesta "taustakohinasta". Useimmiten näiden merkitys korkeamman asteen ostojen koko tuotteen elinkaaresta on kuitenkin alhainen, mikä on havaittavissa myös siitä, kuinka suuren osan vaikutuksista ensimmäisten vuorovaikutusten päästöt kattavat.



**Kuva 49.** Ilmastovaikutusten kumuloituminen terveystalouden tuotannossa. Suurin osa ilmastomuutosvaikutuksista aiheutuu suoraan ensimmäisistä ostoista, mutta lähes kaikkien ympäristövaikutusten huomioimiseen tarvitaan jo 6 vuorovaikutusketjun askelta.

#### 8.4

### Palveluiden ja tavaroiden ympäristövaikutusten vertailu

Kulutuksen ohjaamista tuotteista palveluihin on ehdotettu keinoksi vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Palvelut eivät kuitenkaan synny tyhjästä, vaan niidenkin tuottamiseksi tarvitaan päästöjä aiheuttamia yhteiskunnan prosesseja (mm. sähkö, lämpö, jätehuolto, rakentaminen, kemikaalit ja elintarvikkeet). Tämän vuoksi toisistaan riippuvien toimialojen suorien päästöjen vertailu ei ole mielekästä, mutta ENVIMAT-mallin tulokset mahdollistavat tuotteiden ja palveluiden vertailun elinkaarisesti, sekä vaikutusintensiteetin (kg CO<sub>2</sub> ekv/€) että kokonaisvaikutusten (Mt CO<sub>2</sub> ekv) pohjalta.

Tulosten perusteella palveluiden tuotanto kotimaiseen käyttöön aiheutti Suomessa 34 Mt CO<sub>2</sub> ekv vuonna 2002, mikä oli 28 % sen vuoden koko kansantalouden tuotannon päästöistä (tuonnin vaikutukset lisätty, viennin päästöjä ei vähennetty ja kotitalouksien suoria päästöjä 8,1 Mt CO<sub>2</sub> ekv ei sisällytetty inventaarioon). Suurimmat päästöt aiheutuvat asuntojen omistuksesta ja vuokrauksesta, tukku- ja vähittäiskaupan palveluista, julkisen hallinnon palveluista, terveydenhuollosta sekä koulutuspalveluista. Näiden palveluiden tuotanto aiheuttaa noin 60 % palveluiden kokonaiskuormasta. Suurimmat palvelusektorit aiheuttavat teollisuussektoreita vastaavat päästöt. Esimerkiksi kaupan palveluiden tuottaminen aiheuttaa 5,0 Mt CO<sub>2</sub>-päästöt, mikä vastaa massa- ja paperiteollisuuden tuotteiden päästöjä (5,2 Mt CO<sub>2</sub> ekv). Samoin terveydenhuoltopalveluiden tuottaminen vastaa peruskemianteollisuuden päästöjä (2,1 Mt CO<sub>2</sub> ekv).

Palveluiden elinkaarisista päästöistä noin kolmannes tapahtuu ulkomailla tuontituotteiden valmistuksen yhteydessä. Suurimpia tuontituotteiden vaikutukset ovat kaupan palveluiden (1,8 Mt CO<sub>2</sub> ekv, 17 % kaupan palveluiden kokonaiskuormasta) asuntojen omistuksen ja vuokrauksen, julkisten hankintojen sekä ravintolapalvelui-

den tuotannossa. Nämä toimialat käyttävät siis paljon kuormittavia tuontituotteita (mm. energia, ruoka), sekä suoraan että välillisesti.

Palveluiden melko suuri kuormittavuus ei kuitenkaan johdu palveluiden päästöintensiteetistä, jota mitataan päästöjen ja rahallisen tuotoksen suhteena. Palveluiden päästöintensiteetti on keskimäärin noin puolet teollisuustuotteiden keskimääräisestä päästöintensiteetistä (0,53 kg/€ ja 1,18 kg/€). Taulukossa 9 on esitetty päästöintensiteetiltään korkeimmat teollisuustuotteet ja palvelut.

**Taulukko 9.** Päästöintensiteetiltään suurimpia teollisuustuotteita ja palveluita 2002 (laskennan pohjana perushinta).

Teollisuustuotteet		Palvelut	
Toimialan tuote	kg CO <sub>2</sub> ekv./€	Toimialan tuote	kg CO <sub>2</sub> ekv./€
Sementti, kalkki ja kipsi	13	Ilmaliikennepalvelut	1,5
Kotieläintalouden tuotteet	4	Tieliikenteen tavarankuljetuspalvelut	0,9
Lannoitteet ja typpiyhdisteet	3	Rautatieliikennepalvelut	0,7
Rauta, teräs ja rautaseokset	3	Ravintolapalvelut	0,7
Peruskemikaalit	3	Liike-elämän palvelut	0,3

Palvelusektorilla on myös suuri merkitys muiden ympäristövaikutusten kuin ilmastovaikutusten aiheuttajana. Kohdassa 4.3 arvioitiin, että palvelusektorien yhteenlaskettu osuus koko kotimaan loppukäytön elinkaarisista vaikutuksista oli vuonna 2005 vajaat 40 %.

Ympäristövaikutusintensiteetit tarjoavat aineistoa myös sen tarkastelulle, kuinka kulutusta voitaisiin suunnata vähemmän kuluttaviin hyödykeryhmiin (Taulukko 10, katso myös kuvat 35-37 kohdassa 5.6). Tässä tarkastelussa myös vältetään tarkasteluja usein haittaava rebound-ilmiö, eli että yhdellä hyödykesektorilla säästetyt eurot saatetaan käyttää korkeamman vaikutusintensiteetin omaaviin tuotteisiin. Mutta vaikka hyödykeryhmien välillä onkin löydettävissä jopa yli kymmenkertaisia eroja ympäristövaikutusintensiteettien suhteen (Liite 8), eivät korkean ja matalan intensiteetin omaavat hyödykeparit yleensä ole toisiaan (helposti) korvaavia. Lisäksi jotkut niistä itse asiassa esiintyvät yhdessä, kuten eri intensiteeteiltään matalimpiin kuuluva tietoliikenne ja korkeimpiin kuuluva sähkö. Esiin voi kuitenkin nostaa seuraavia pareja (korkea-matala): autoilu-joukkoliikenne, sähkö (kodin viihdelaitteisiin) - virkistys- ja kulttuuripalvelut, suurehko kestokulutustavarat ja muut laitteet virkistykseen kulttuuriin ja audiovisuaaliset ja tietojenkäsittelylaitteet - virkistys- ja kulttuuripalvelut, eläinperäiset elintarvikkeet - kasviperäiset elintarvikkeet.

Vaikka eläinperäisten elintarvikkeiden ja kasviperäisten elintarvikkeiden välillä on myös eroa, esimerkiksi ilmastovaikutusintensiteetin ollessa 50 % suurempi eläin- kuin kasviperäisillä, niin erot intensiteeteissä ovat paljon pienempiä kuin painoa kohti lasketuissa ympäristövaikutuksissa, johtuen eläinperäisten elintarvikkeiden keskimäärin korkeammasta hinnasta.

Tavaroiden korvaamista palveluilla esitetään usein keinona vähentää kulutuksen ympäristövaikutuksia. Monet palveluista ovat esimerkiksi ilmastovaikutuksiltaan keskiluokkaa (Taulukko 10). Matalan ilmastovaikutusintensiteetin omaavana palveluna nousevat esiin lähinnä virkistys- ja kulttuuripalvelut. (Toki sosiaaliturva- ja sairaalapalveluillakin sekä vakuutus- ja rahoituspalveluilla on matala ilmastovaikutusintensiteetti, mutta ilmastokuormittavaa kulutusta ei voida ohjata näihin hyödykkeisiin).

**Taulukko 10.** Erialaisten hyödykeryhmien ilmastovaikutusintensiteettejä (koko aineisto: katso liite 8).

COICOP-luokka	KHK kg/€	COICOP-luokka	KHK kg/€	Korvaavien suhteellisen matalan vaikutusintensiteetin hyödykkeitä:	KHK kg/€
				<b>Korkeimmat vaikutusintensiteetit:</b>	
C072	1,5	C0731		Juna-, raitiovaunu- ja metromatkat	0,6
C0734	1,4				
C0712	1,4				
C0733	1,3				
CO11b	1,1	CO11a		Kasvisperäiset elintarvikkeet	0,7
		C111		Ravitsemuspalvelut	0,4
C092	0,8				
C0732	0,8				
C096	0,8				
C012	0,7				
P312Y	0,7				
C043	0,7				
				<b>Matalimmat vaikutusintensiteetit:</b>	
C093	0,6	C0713		Polkupyörät (hankinta)	0,3
C054	0,5	C126		Rahoituspalvelut	0,3
C055	0,5	C100		Koulutus	0,3
C052	0,5	C0711		Autot (hankinta)	0,2
C112	0,5	C062		Avohoitopalvelut	0,2
C032	0,4	C125		Vakuutus	0,2
C056	0,4	C094		Virkistys- ja kulttuuripalvelut	0,2
C123	0,4	C063		Sairaalapalvelut	0,2
C053	0,4	C124		Sosiaaliturva (sis. mm. päiväkodit ja vanhainkodit)	0,2
C061	0,4	C081		Tietoliikenne	0,2
C042	0,4				
C041	0,4				
C051	0,4				
C0735	0,4				
C091	0,4				
C121	0,4				
C031	0,4				
C095	0,4				

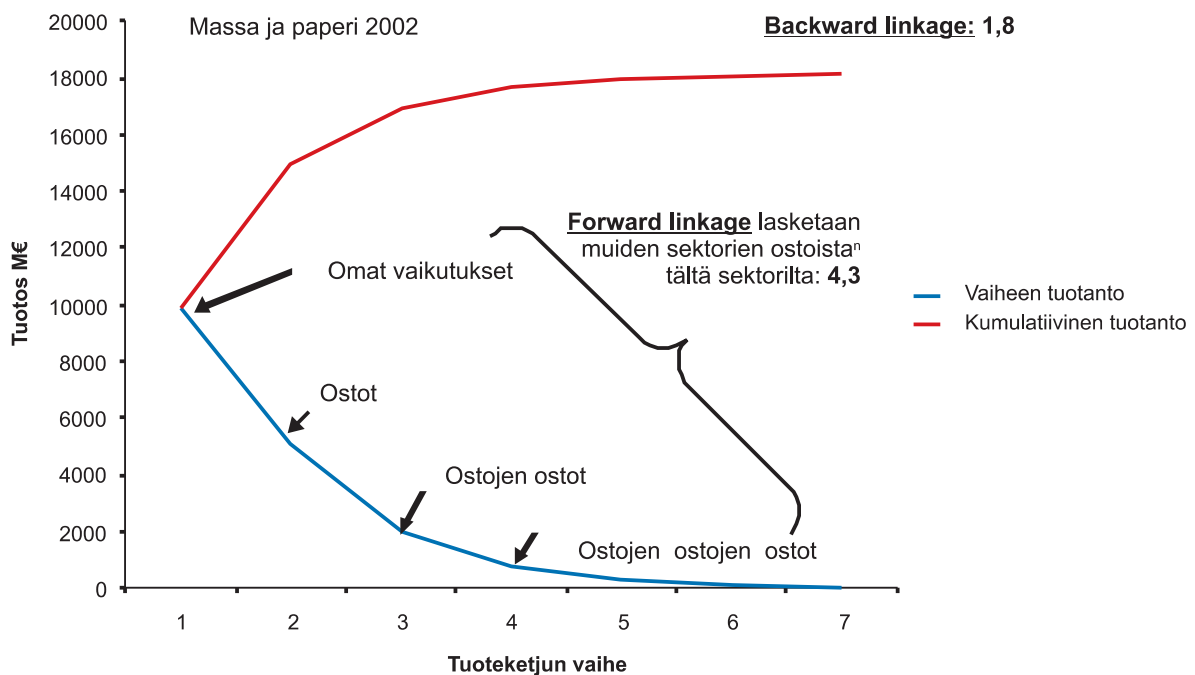


## Kansantalouden avainsektoreiden ympäristövaikutusten tarkastelu

Kansantalouden tilinpidon panos-tuotosmallia voidaan käyttää taloudellisten avainsektorien tunnistamiseen. Määritelmällisesti toimiala on avainsektori, jos sen kysynnän kasvu aiheuttaa keskimääräistä suurempaa kysynnän kasvua muilla toimialoilla ja jos kysynnän kasvu muilla toimialoilla johtaa sen oman tuotannon kasvuun (määritelmästä ks. esim. Oosterhaven 2004. Tässä tarkastelussa on käytetty Leontiefin käänteismatriisin rivi- ja sarakesummia kerrannaisvaikutusten laskentaan.). Siis sektori käyttää paljon (väli)tuotteita, ja sen tuotteita tarvitaan paljon muualla kansantaloudessa. Kuva 50 havainnollistaa tilannetta massa- ja paperiteollisuuden osalta edellä kuvatun potenssisarjan avulla (katso kappale 8.3). Valmistaessaan 10 000 M€ lopputuotetta massa- ja paperiteollisuus aiheuttaa kansantaloudessa 18 000 M€ rahavirrat (joista osa on peräisin massan ja paperin valmistuksesta). Taaksepäin suuntautuva kerrannaisvaikutus (*backward linkage*) on siis 1,8.

Eteenpäin ja taaksepäin suuntautunutta kytkeytyneisyyttä voidaan käyttää taloudellisten avainsektorien tunnistamiseen jakamalla kytkeytyneisyysluvut (eli taloudelliset kerrannaisvaikutukset) kaikkien sektorien keskiarvolla. Tällöin, jos toimialan suhteellinen eteenpäin- ja takaisinpäinkytkeytyneisyys on suurempi kuin yksi, kyseessä on avainsektori. Suomen osalta avainsektorit on esitetty taulukossa 11. Näillä sektoreilla on kyky kiihdyttää omaa kysyntäänsä ostojensa kautta, joten niiden voidaan katsoa kasvattavan kansantaloutta omaehtoisesti.

Taloudellisten kerrannaisvaikutusten lisäksi kerrannaisvaikutuksia voidaan laskea myös sosiaalisille ja ympäristönsuojelullisille indikaattoreille (ilmastonmuutos, arvonlisäys tai työllisyys). Vaikutuskertoimia voidaan käyttää esimerkiksi investointien ja kysynnän kasvattamisen kohdentamiseen, siten että käytettyä rahaa kohden saadaan mahdollisimman suuri työllistävä vaikutus.



**Kuva 50.** Taloudellisen tuotoksen kumuloituminen massa- ja paperituotteiden lopputuotekysynnän täyttämiseksi.

Kerrannaisvaikutukset lasketaan samalla menetelmällä kuin ENVIMAT-mallin päästöintensiteetit, joten ne ovat suoraan verrattavissa toisiinsa vastaavalla suhteutuksella. Jakamalla toimialojen päästöintensiteetti keskimääräisellä arvolla saadaan suhdeluku toimialan suhteelliselle päästöintensiteetille. Tarkastellusta 21 avainsektorista ainoastaan 7 oli ilmastonmuutosraskaita: elintarvikesektorit, massa- ja paperiteollisuus sekä rauta- ja terästeollisuus. Muiden päästöintensiteetti oli keskimääräistä alhaisempi. Koko kansantaloudessa 35 sektoria 151:stä omasi keskimääräistä suuremman ilmastonmuutosintensiteetin.

**Taulukko 11.** Suomen kansantalouden avainsektorit vuonna 2002. Koko joukosta (n=151) ainoastaan 21 sektoria täytti avainsektorin kriteerit.

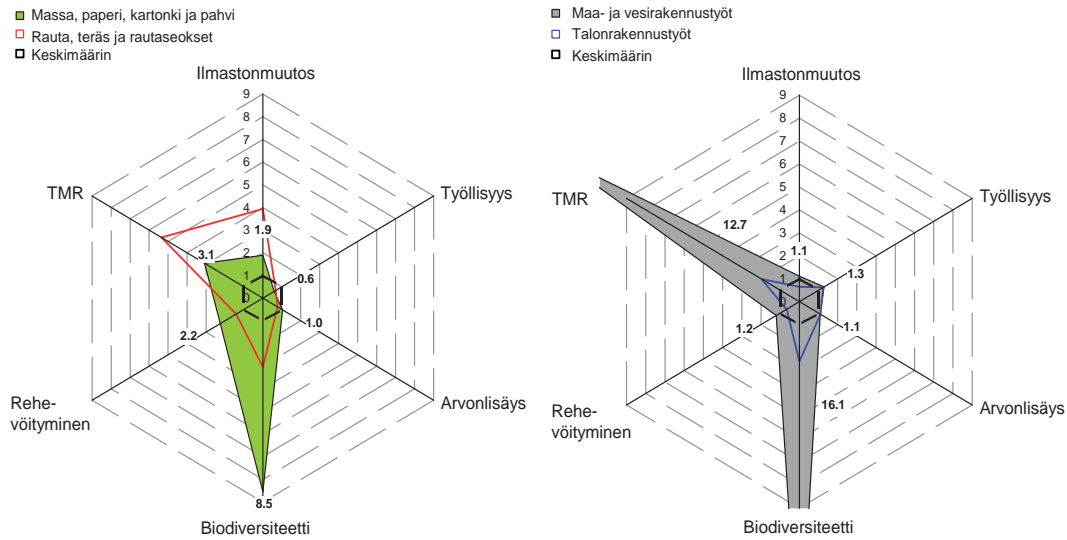
Sektori	Tuotos
Puun sahaus, höyläys ja kyllästys	2 910
Muu yleiskäyttöön tarkoitettujen koneiden valmistus	2 721
Varsinainen kotieläintalous	2 627
Kustantaminen	2 612
Teurastus sekä lihanjalostus ja lihan säilyvyyskäsittely	2 363
Voimakoneiden valmistus poislukien lentokoneiden ja ajoneuvojen moottorit	2 249
Meijerituotteiden ja jäätelön valmistus	1 990
Muiden kuin rautametallien valmistus	1 865
Muu elintarvikkeiden valmistus	1 844
Painaminen ja painamista palveleva toiminta	1 740
Metallirakenteiden valmistus	1 632
Kasvinviljely	963
Paperi- ja kartonkituotteiden valmistus	916
Muu metallituotteiden valmistus	720
Eläinten ruokien valmistus	537

Ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta mielenkiintoinen osajoukko on toimialat, joiden kytkeytyneisyys muihin aloihin on heikko, mutta ilmastointensiteetti korkea. Muutokset näiden toimialojen tuotoksessa eivät vaikuta juurikaan muihin toimialoihin. Täten niiden tuotteiden hinta voi nousta ympäristöinvestointien vuoksi ilman suuria vaikutuksia muiden tuotteiden hintoihin. Osajoukkoon kuuluvat jätehuoltosektorit, henkilöliikenne (ilma-, vesi- ja maaliikenne), lämmöntuotanto, metallin takominen sekä lasin, tiilen ja keraamisten laattojen valmistus. Nämä toimialat tuottavat halpoja tuotteita, joiden osuus minkään muun toimialan ostopanoksista ei ole merkittävä. Henkilöliikennetoimialat palvelevat lähinnä yksittäisiä kuluttajia, joten ne eivät vaikuta toimialojen tuotantoon.

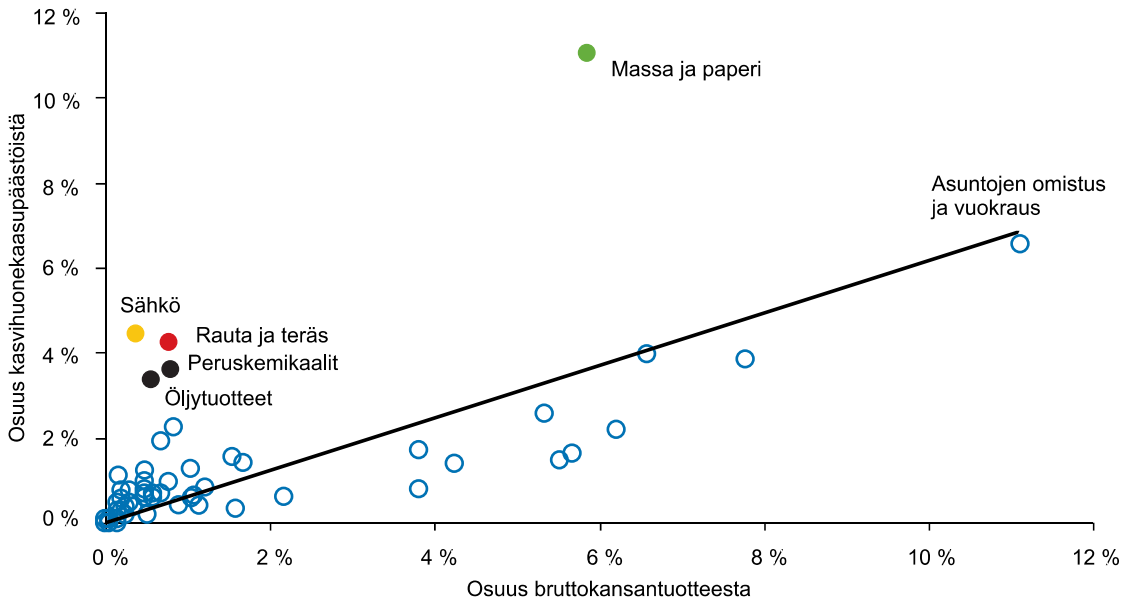
Toimialojen kerrannaisvaikutusten tarkastelu mahdollistaa monikriteerisen vertailun, jossa katsotaan useita vaikutuksia samanaikaisesti. Esimerkki vertailusta on esitetty kuvassa 51, jossa verrataan massa- ja paperiteollisuutta, terästeollisuutta, talonrakennusta sekä maa- ja vesirakennusta keskenään. Paperiteollisuuden keskeisimmät ympäristövaikutukset liittyvät TMR:n ja biodiversiteettiin, mutta terästeollisuudessa TMR ja kasvihuonekaasupäästöt ovat merkittävämpiä muihin aloihin verrattuna. Maa- ja vesirakennustöiden osalta vaikutukset muistuttavat talonrakennusta, mutta ovat tuotettua rahayksikköä kohden huomattavasti korkeampia, etenkin materiaalinkulutuksen ja biodiversiteetin osalta. Toisaalta rakennusalojen työllistävä vaikutus on korkeampi kuin sektoreilla keskimäärin.

Pelkkään intensiteettiin pohjautuvassa tarkastelussa on omat rajoituksensa. Avainsektorit tuottavat kuitenkin suuren tuotantomääränsä johdosta kolmanneksen tuotannon kasvihuonekaasupäästöistä. Edellä olevaa tarkastelua voisikin täydentää kat-

somalla toimialojen osuutta eri vaikutuksista (Kuva 52). Tällöin voidaan havaita, että merkittävä osa kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu tuotantoketjuista, jotka lisäävät vain vähän bruttokansantuotetta (arvonlisäys). Arvonlisäyksen ja ilmastovaikutusten suhdeluku on erityisen huono energiantensiivisillä ja matalan jalostusasteen viennituotteilla, kuten massa- ja paperi, öljytuotteet, peruskemikaalit sekä rauta- ja teräs.



**Kuva 51.** Avainsektorien määrittelyssä käytetyt suhteelliset kerrannaisvaikutukset voidaan laajentaa myös ei-taloudellisiin indikaattoreihin, jolloin voidaan verrata toimialoja kokonaisvaltaisesti. Vertailussa esimerkkinä massa- ja paperi sekä terästeollisuus (vasen) ja maa- ja vesirakennus sekä talonrakennus (oikea).



**Kuva 52.** Toimialojen vertailu niiden osuuden bruttokansantuotteesta ja kasvihuonekaasupäästöistä mukaan.

## Suomen kansantalouden ympäristövaikutusten herkkyys erilaisille muutostekijöille

Helpoin tapa arvioida muutosten ympäristövaikutusta ENVIMAT-mallin avulla on muuttaa yksittäisiä muuttujia (loppukäyttö, panosten käyttö ja päästöintensiteetti) ja katsoa muutosten seurauksia indikaattorituloksiin. ENVIMAT-mallissa on kuitenkin kutakin ympäristövaikutusta kohden yli 20 000 muuttujaa, joten analysointi tehtiin käyttäen tietokoneohjelmointia. Kaikki muuttujat käytiin läpi yksi kerrallaan, niitä poikkeutettiin 10 % ja katsottiin, montako prosenttia Suomen kasvihuonekaasupäästöt muuttuivat. Päästömuutoksen ja muuttujan muutoksen suhdelukua käytettiin herkkyysindeksinä, jonka perusteella tunnistettiin keskeiset muutostekijät päästöintensiteetissä, kulutuksessa ja toimialojen panostenkäytössä.

Herkeimmät muuttujat ilmastomuutoksen kannalta on esitetty taulukossa 12. Suurimmat suhteelliset herkkyydet olivat päästökertoimissa ja loppukäytössä. Sähköntuotannon yksikköpäästöissä sekä massa- ja paperiteollisuuden kysynnässä alle 10 % muutos riitti 1 % päästömuutokseen. Muilla muuttujilla suhteellisen muutoksen oli oltava vielä suurempaa. Kokonaisuudessaan päästöinventaarior oli herkkä vain hyvin harvoille muuttujille. Panostenkäyttömatriisissa ainoastaan 21 muuttujaa yli 20 000 joukosta omasi yli 0,01 herkkyysindeksin (eli alle 100 % muutos riitti päästöinventaariorin poikkeuttamiseen 1 %). Päästökertoimien osalta 16 muuttujaa 151 joukosta omasi yli 0,01 herkkyysindeksin ja loppukysynnässä tähän joukkoon kuului 25 tuotetta 151 joukosta. Muiden kuin taulukossa 12 esitettyjen päästökertoimien ja loppukäytön ryhmien osalta herkkyys oli kuitenkin alle 0,05 (eli 1 % poikkeutukseen tarvitaan yli 20 % muutos).

Yhteenvedona voidaan sanoa, että vain hyvin harvalla yksittäisellä muuttujalla on mahdollisuuksia muuttaa päästöinventaariorin tuloksia. Toisaalta edes näiden yksittäisten muuttujien muutospotentiaali ei ole erityisen suuri (suurimmillaan sähköntuotannossa 3 % muutos päästöintensiteetissä aiheuttaa 1 % muutoksen kokonaispäästöissä). Tulos on yleistettävissä ilmastomuutoksen lisäksi myös rehevöitymiseen ja maankäyttöön.

Tässä herkkyyttä tarkasteltiin ainoastaan analyttisesti vuoden 2002 aineiston perusteella. Vuoden 2005 aineisto mahdollistaa tulosten varmentamisen, kun voidaan verrata muutoksia yllä esitetyissä tekijöissä ja kokonaispäästöissä.

**Taulukko 12.** Kasvihuonekaasuinventaarion herkkyys erilaisille muutostekijöille, ilmaistuna sekä tekstissä kuvatun herkkyysindeksin että 1 % päästömuutokseen tarvittavan muutoksen avulla.

<b>Toimialojen panostenkäyttö (€/€)</b>		
<b>Toimiala: panos</b>	<b>Herkkyysindeksi</b>	<b>1 % muutokseen kansantalouden päästöissä tarvittava muutos muuttujassa</b>
211 Massa ja paperiteollisuus : Sähkö	0,05	20 % (160 M€)
155 Meijerituotteiden valmistus: Eläintuotteet	0,04	25 % (250 M€)
241 Peruskemikaalien valmistus : Peruskemikaalit	0,03	33 % (246 M€)
7021 Asuntojen omistus ja vuokraus : Sähkö	0,03	33 % (175 M€)
<b>Suorat päästökertoimet (kg CO<sub>2</sub> ekv/€)</b>		
401 Sähkön tuotanto ja jakelu	0,33	3 % (0,18 kg CO <sub>2</sub> /€)
271 Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus	0,09	12 % (0,21 kg CO <sub>2</sub> /€)
0121 Varsinainen kotieläintalous	0,07	15 % (0,31 kg CO <sub>2</sub> /€)
241 Peruskemikaalien valmistus	0,06	18 % (0,14 kg CO <sub>2</sub> /€)
<b>Loppukäyttö (€)</b>		
211 Massa-, paperi- ja kartonki	0,11	9 % (919 M€)
7021 Asuntojen omistus ja vuokraus	0,07	15 % (2328 M€)
271 Rauta, teräs ja rautaseokset	0,05	21 % (618 M€)
451 Talonrakentaminen	0,05	22 % (2270 M€)

## 9 ENVIMAT-mallin kehittämistarpeet

Tuontituotteiden ympäristökuormitustietojen arvioimiseen liittyy paljon epävarmuuksia. Luotettavat laskelmat edellyttävät maakohtaisia energia- ja päästötietoja ainakin tärkeimmille tuontituotteille. Uutta kansainvälistä panos-tuotosmalleihin perustuvaa tietoaineistoa on muutamien vuosien jälkeen saatavilla, jolloin tuonnin ympäristövaikutusten arviointia tulee tarkentaa.

Tuontikuljetusten vaikutusten arviointi on tässä työssä tehty vain karkealla tasolla. Kuljetusten tarkempi arviointi on tarpeen tehdä. Jatkossa on myös tarvetta analysoida ulkomailla tehtyjen tuotos-panosmallien yhteydessä kehitettyjä ratkaisumalleja tuontikuljetusten päästöjen arvioimiseen.

Raaka-aineisiin, lopputuotteisiin ja jätteisiin liittyvistä todellisista luonnonvaramääristä (esim. kuparista) tulisi rakentaa nyt tehtyä tarkempi kokonaiskuva kansantalouden tasolla. Syventävässä työssä tulisi näkyä myös varastojen ja kierrätyksen merkitys luonnonvarojen käyttövirtoihin sekä varmistaa eri tietolähteistä kerätyn tiedon vertailukelpoisuus.

ENVIMAT-malli pitää sisällään kansainvälisesti katsoen yksityiskohtaisen tuoteryhmäjaon. Tästä huolimatta 151 toimialan tuoteryhmäjako ei ole aina riittävä tuotteiden ympäristövaikutusten viestimiseen. Aggregoidut tulokset voivat aiheuttaa muun muassa vääränlaisia tulkintoja eri maiden tuotannon ympäristötehokkuudesta. Eri maiden tuoteryhmien välistä vertailua voidaan tehdä ainoastaan silloin kun tuotejakaumat ja volyymit ovat eri maiden kesken samanlaisia. ENVIMAT-mallia voidaan tarkentaa joidenkin tärkeäksi katsottujen tuotteiden osalta ja saada siten selvemmin näkyviin yksittäisen tuotteen päästöintensiteettierot koko tuoteryhmän lukuarvoihin nähden.

Ympäristövaikutusten arviointia pitäisi kehittää siten, että voitaisiin paremmin arvioida tärkeiden tuontivirtojen todelliset ympäristövaikutukset. Tämä edellyttää tietoa paikallisista ja alueellisista ympäristöolosuhteista sekä arviointimetodologiaa, joka pystyy ottamaan vastaanottavan ympäristön olosuhdetiedot huomioon. Nykyisin tällaisia tarkentavia vaikutuskertoimia on saatavilla vain rajoitetusti tietyille ympäristöongelmille Euroopassa ja useassa tapauksessa tällaiset maakohtaiset kertoimet ovat liian karkeita. Erityisesti tarvitaan metodologiakehitystä seuraavilla osa-alueilla:

- luonnonvarojen käyttö resurssien ehtymisen näkökulmasta. Sisältää myös veden käytön.
- ekotoksisuus ja toksisuusvaikutukset ihmiseen. Tällä hetkellä on hyvin tiedossa, että monien metallien arviointimetodologia on hyvin hataralla pohjalla.
- maankäytön vaikutukset (esim. maan viljavuuden säilyminen, vaikutukset ainekiertoihin)
- luonnon monimuotoisuus

Mallin herkkyys- ja epävarmuustarkastelua ja niiden tulosten viestimistä tulisi kehittää siten, että tulosten hyötykäyttäjät pystyisivät selvästi ymmärtää käytettävän tiedon luotettavuuden ja tietopohjan.

ENVIMAT-malli kuvaa toimialojen välisiä vuorovaikutuksia lähimenneisydessä. Mallia voidaan kehittää dynaamisempaan suuntaan, jolloin se soveltuisi nykyistä paremmin tulevaisuuden muutosvaikutusten arviointiin. Tällöin eri hallinnonalat ja elinkeinoelämä voisivat arvioida erilaisissa strategioissa identifioitujen tavoitteiden sosiaalisia, taloudellisia ja ympäristövaikutuksia omalla sektorillaan.

ENVIMAT-malli antaa aivan uusia mahdollisuuksia arvioida Suomen kansantalouden kestävä kehitystä. Uusien kestävä kehitystä palvelevien indikaattorien sisällyttäminen malliin on tavoiteltavaa.

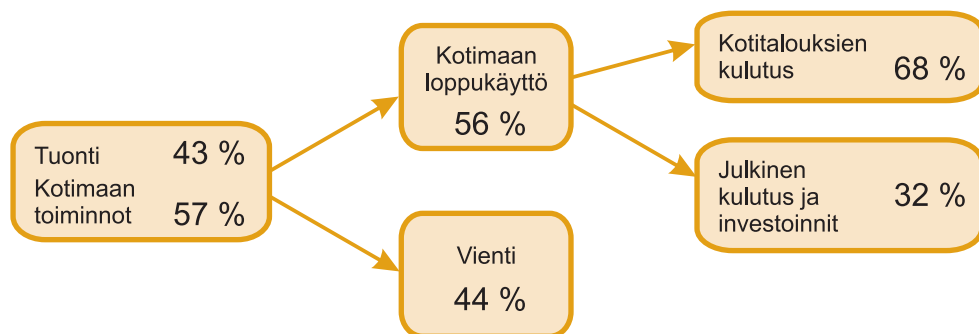
ENVIMAT-mallin tietosisältö - ympäristövaikutukset, työllisyys ja arvonlisäys – antaa mahdollisuuden arvioida erilaisten ohjauskeinojen vaikuttavuutta. Mallin mahdollisuudet esimerkiksi ekologisen verouudistuksen suunnittelussa on sovellusalue, mikä vaatii oman kehittämisprosessin.

## 10 Työn keskeiset johtopäätökset

### UUSI KOKONAISKUVA SUOMEN KANSANTALouden AIHEUTTAMISTA YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA

ENVIMAT-malli antaa kokonaan uuden mahdollisuuden tarkastella Suomen kansantalouden ympäristövaikutuksia sekä tuotannon että kulutuksen näkökulmasta perinteisen tuotannon painottuvan näkökulman lisäksi. Malli antaa kokonaiskuvan Suomen kansantalouden aiheuttamista globaaleista ympäristövaikutuksista 151 toimialan ja tuoteryhmän kautta. Suomen kansantalouden kokonaisympäristövaikutukset muodostuvat tuonnin ja kotimaan toimintojen yhteisvaikutuksesta. Nämä kokonaisvaikutukset ovat edelleen kohdennettavissa kotimaan loppukäytön (kulutuksen ja investointien) ja viennin osuuksiksi.

ENVIMAT-mallin vahvuutena on, että sillä voidaan suodattaa vientiteollisuutemme vaikutukset pois kansantaloutemme aiheuttamista globaaleista päästöistä ja maankäyttövaikutuksista, ja avata keskustelu siitä, mitä suomalaisten oma kulutus vaikuttaa ympäristöön.



Suomen kansantalouden kasvihuonekaasupäästöjen (124 milj. tn CO<sub>2</sub> ekv) jakautuminen eri osakokonaisuuksiin vuonna 2005.

### Tuonnin ympäristövaikutukset kotimaan kaikkien toimintojen ympäristövaikutusten suuruusluokkaa

Suomen tuontiin liittyy ulkomailla tapahtuvia kasvihuonekaasupäästöjä, jotka ovat suuruudeltaan noin 70-80 % Suomen raportoimista maakohtaisista kasvihuonekaasupäästöistä. Tuonnin ja kotimaan toimintojen yhteenlasketut kasvihuonekaasupäästöt muodostavat Suomen kansantalouden aiheuttamat globaalit kokonaispäästöt. Vuonna 2005 tämän ilmastovaikutuksen arvioitiin olevan 124 milj. tonnia hiilidioksidiekvivalentteina (CO<sub>2</sub>-ekv), kun maakohtainen raportointi antoi tulokseksi 70 milj. tonnia CO<sub>2</sub> ekv. Vuonna 2002 vastaavat luvut olivat 130 ja 77 milj. tonnia CO<sub>2</sub> ekv.

Tuonnin osuus Suomen kansantalouden aiheuttamissa eri ympäristövaikutuksissa (esim. happamoitumisessa, rehevöitymisessä) vaihtelee suuresti. Tuonnin merkitys



Suomen kansantalouden ympäristövaikutuksissa riippuu viime kädessä siitä, kuinka arvoitamme erilaisia vaikutuksia toistensa suhteessa. Työssä käytetyissä arviointimalleissa tuonnin osuudeksi saatiin noin puolet kansantaloutemme ympäristövaikutuksista, eli tuonti ja kotimaan toiminnot ovat ympäristövaikutuksiltaan saamaa suuruusluokkaa. Ympäristövaikutusanalyysin perusteella muut kuin ilmastovaikutukset näyttävät suurempaa roolia tuonnin kokonaisvaikutuksissa. Toisaalta työssä ei pystytty arvioimaan kaikkia tuontiin liittyviä ympäristönäkökohtia, minkä takia tuonnin merkitys lienee todellisuudessa kotimaan toimintojen ympäristövaikutuksia suurempi.

Vuonna 2005 ulkomailla valmistetut ja prosessoidut malmirikasteet ja mineraalit, elintarvike-, kemian-, metalli- ja sähköteknisen teollisuuden tuotteet vastasivat noin 80 % tuonnin ympäristövaikutuksista.

## **Suomen kulutus ja investoinnit aiheuttavat suurimman osan koko kansantaloutemme globaaleista ympäristövaikutuksista**

Suomen koko kansantalouden (tuonti ja kotimaan toiminnot yhteensä) aiheuttamista ilmasto- ja muista ympäristövaikutuksista runsaat puolet kohdentuu kotimaan loppukäytölle, joka käsittää kulutuksen ja investoinnit Suomessa. Loput vaikutuksista kohdentuvat viennille, jonka osuudeksi kansantaloutemme ympäristövaikutuksissa arvioitiin 44-47 % vuosina 2002 ja 2005.

ENVIMAT-mallilla arvioitiin, että kotimaan loppukäytön ympäristövaikutukset ovat kokonaisuudessaan hieman suuremmat kuin kotimaan toimintojen vaikutukset. Kotimaan loppukäytön kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 95 % Suomen raportoimista maakohtaisista kasvihuonekaasupäästöistä. Muissa ympäristövaikutuksissa kotimaan loppukäyttö aiheuttaa suuremmat vaikutukset kuin kotimaan toiminnot.

Vientiteollisuutemme lopputuotteet näyttävät pientä roolia kotimaan loppukäytön ympäristövaikutuksissa. Vientiteollisuutemme ympäristövaikutukset kohdentuvat ulkomailla oleville kuluttajille.

## **Kotimaan kulutuksen ja investointien aiheuttamat globaalit ympäristövaikutukset eivät vähentyneet vuodesta 2002 vuoteen 2005**

Kotimaan loppukäytön aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat pysyneet samalla tasolla vuodesta 2002 vuoteen 2005 vaikka vuonna 2005 kotimaan päästöissä saavutettiin kasvihuonekaasupäästövähennystä päästöiltään poikkeuksellisen edullisen tuontisähkön takia. Samaan aikaan kuitenkin muiden ympäristövaikutusten osalta tilanne pysyi käytännössä ennallaan tai kasvoi hieman. Voidaan siis todeta, että ilman poikkeuksellista energiatuotantoon liittyvää tilannetta lisääntynyt kulutus ja taloudellinen aktiviteetti olisi johtanut suomalaisen kansantalouden aiheuttaman ympäristökuormituksen kasvuun globaalisti.

## **TIETO SUOMEN KANSANTALouden KÄYTTÄMISTÄ MATERIAALIVIRROISTA TÄSMENTYNYT**

### **Suomi käyttää yhtä paljon ulkomaisia luonnonvaroja kuin kotimaisia**

Tehdyn analyysin perusteella Suomi käyttää massamääräisesti suunnilleen yhtä paljon luonnonvaroja ulkomailta kansantalouden käyttöön kuin mitä se hyödyntää kotimaisia luonnonvaroja. Laskelmassa ovat mukana varsinaisten luonnonvarojen lisäksi myös niiden hyödyntämisen yhteydessä syntyneet ns. piilovirrat (esim. maan siirrot), jotka jäävät taloudellisen hyödyntämisen ulkopuolelle. Runsas puolet Suo-

men kansantalouden luonnonvarojen kokonaiskäytöstä palvelee vientiä. Suurimmat kotimaiset virrat syntyvät rakennusmineraaleista (34 %) ja ulkomailla metalliteollisuuden malmeista (22 %).

### **Suomen käyttämät materiaalivirrat säilyvät kansainvälisissä vertailuissa suurina**

Suomen suuret materiaalivirrat perustuvat materiaali-intensiiviseen tuotantorakenteeseen, viennin suureen osuuteen ja runsaaseen luonnonvarojen käyttöön väylä- ja talonrakentamisessa. Kun asioita tarkastellaan kulutuslähtöisesti, vientiteollisuutemme materiaalipanokset kohdentuvat viennin mukana ulkomaalaisille kuluttajille. Niissä kansainvälisissä vertailuissa, joissa vienti on vähennetty, osa vientiin kuuluvista panoksista jää kuitenkin puutteellisen kansainvälisen laskentamenetelmän takia Suomen kulutuksen osuudeksi. Suomen asukasta kohti laskettu kulutusperusteinen materiaalikäyttöluku (DMC) vähenee korjauksen seurauksena 44 tonnista 32 tonniin. Korjausten jälkeenkin Suomen kulutusperusteiset materiaalivirrat säilyvät kansainvälisissä vertailuissa korkeana Suomen suuren rakentamisen materiaalikäytön, erityisesti teiden rakentamisessa käytettyjen maamassojen takia.

### **Luonnonvarojen kokonaiskäyttö ei sovellu tuotteiden välisten ympäristövaikutusten vertailuun**

Luonnonvarojen kokonaiskäyttö (TMR), jossa suorien materiaalipanosten lisäksi otetaan huomioon talouden ulkopuolelle jäävät piilovirrat (esim. sivukivet, hakkuujätteet), kuvaa hyvin karkealla tasolla kokonaisympäristövaikutuksia. Tehty analyysi ei anna perusteita käyttää TMR:ää yksittäisten tuotteiden ympäristövaikutusten vertailuun, sillä saman TMR-luvun omaavien tuotteiden ympäristövaikutukset voivat vaihdella suuresti.

## **UUTTA TIETOA KULUTUSLÄHTÖISEEN YMPÄRISTÖNSUOJELUPOLITIIKKAAN**

### **Palvelutuotanto aiheuttaa merkittävän osan kulutuksen ympäristövaikutuksista**

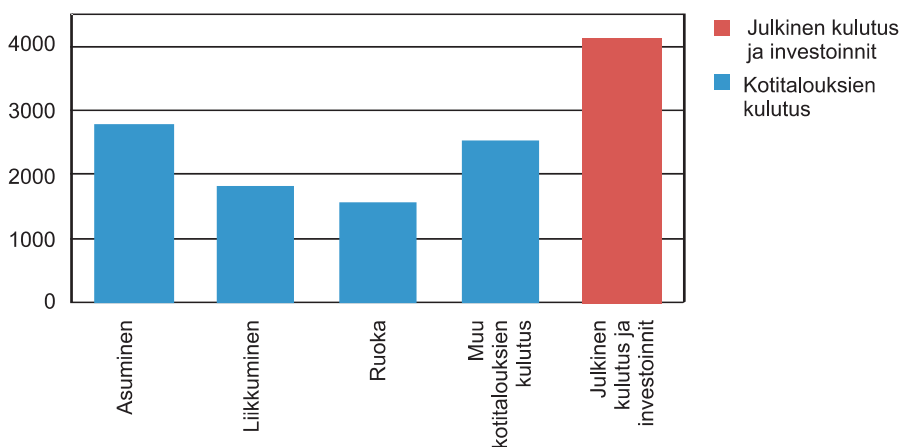
Tulosten perusteella palveluiden tuotanto aiheuttaa yli neljänneksen Suomen kansantalouden elinkaarisista kasvihuonekaasupäästöistä. Palveluiden tuotannon päästöintensiteetti (päästö rahallista tuotosta kohden) on kuitenkin alhaisempi kuin teollisuustuotteilla. Palveluiden suuret vaikutukset johtuvatkin päästöintensiteetin sijasta niiden suuresta käyttömäärästä. Suurin osa vaikutuksista aiheutui juuri paljon käytetyistä palveluista kuten asumisesta, tukku- ja vähittäiskaupasta, koulutuksesta ja terveydenhuollosta. Näiden palveluiden tuotanto aiheuttaa suurimpia teollisuudenaloja vastaavat kasvihuonekaasupäästöt.

Palvelusektorit, elintarvikkeet, kotitalouksien suorat päästöt (erillistalojen lämmitys, yksityisautoilu ja pienkoneet) ja rakentaminen kattoivat 74 % kotimaan loppukäytön ympäristövaikutuksista vuonna 2002 ja 2005. Ilmastovaikutusten osuudet jakaantuivat ko. toimialoille vuonna 2005 seuraavasti: palvelusektorit 44 %, elintarvikkeet 9 %, rakentaminen 11 % ja kotitalouksien suorat päästöt 11 %. Mallitarkastelun perusteella muiden kuin ilmastovaikutusten osuudet kotimaan loppukäytöstä olivat palvelusektoreille 35 %, elintarvikkeille 18 %, rakentamiselle 12 % ja kotitalouksien suorille päästöille 8 %. Palvelusektorien yhteenlaskettu osuus koko kotimaan loppukäytön elinkaarisista vaikutuksista arvioitiin vuonna 2005 olleen vajaan 40 %.

## Kuluttaja kuormittaa ympäristöä eniten asumisen, ravinnon ja autoilun välityksellä

Asunto, elintarvikkeet ja auto ovat ylivoimaisesti suurimmat yksityisen kulutuksen ympäristövaikutusten aiheuttajat ('kolmen kärki'). Sellaiset kulutuksen yhteydessä usein erittäin merkittäviksi mielletyt hyödykeryhmät kuin esimerkiksi vaatteet, huonekalut (ja muut sisustustarvikkeet), lentomatkat ja laivamatkat eivät erityisesti nousseet esiin ENVIMAT-mallin tuloksissa, jotka siis kuvaavat keskimääräisen kulutuksen vaikutuksia.

Terveyspalvelut, koulutuspalvelut, ravintolat ja hotellit, sekä joukkoliikenne- ja kuljetuspalvelut kuuluvat kolmen kärjen jälkeen tärkeimpiin kuluttajien hyödykeryhmiin ympäristövaikutusten aiheuttajina. Näiden kuluttajahintaa kohti lasketut päästöt ovat kuitenkin matalia, joukkoliikenne- ja kuljetuspalveluja lukuun ottamatta.



Kotimaan loppukäytön kasvihuonekaasupäästöjen (milj. tn CO<sub>2</sub> ekv) muodostuminen vuonna 2005. Kotitalouksien kulutus (siniset tolpot) aiheutti 46 milj. tn CO<sub>2</sub> ekv (9 milj. tn CO<sub>2</sub> ekv) päästöt ja koko loppukäyttö (siniset ja punaiset tolpot yhteensä) 68 milj. tn CO<sub>2</sub> ekv (12,8 milj. tn CO<sub>2</sub> ekv).

## Tuotteiden ja palveluiden ilmastovaikutusintensiteetissä suurta vaihtelua

ENVIMAT-hankkeessa laskettiin tuotteiden elinkaariset ilmastovaikutusintensiteetit (kg CO<sub>2</sub> ekv/€ tuottajahintaan) kaikille Suomen toimialojen tuotteille ja palveluille (151 tuoteryhmää) sekä kulutusryhmille. Suurimmat yksikköpäästöt olivat sementillä, jätehuollolla, elintarvikkeilla, lannoitteilla ja teräksellä (luokkaa 3-13 kg CO<sub>2</sub> ekv/€). Pienimmät päästöt olivat useimmilla palveluilla sekä raakapuulla (0,1-0,4 kg CO<sub>2</sub> ekv/€). Useimmilla tuotteilla merkittävä osa päästöistä aiheutuu Suomen ulkopuolella, joten työssä tehty tuonnin tarkennettu mallinnus lisää arvioiden kattavuutta.

Hankkeessa tuotettiin myös muita kuin ilmastovaikutuksia kuvaavat ympäristövaikutusintensiteetit. Ympäristövaikutusintensiteetit tarjoavat aineistoa tarkasteleuille, joissa selvitetään kuinka kulutusta voitaisiin suunnata vähemmän ympäristöä kuormittaviin hyödykeryhmiin.

## Tuotantopohjaisista inventaariosta pitäisi siirtyä kulutus pohjaisiin

Suomen vientiteollisuus aiheuttaa merkittävän osan kansantaloutemme elinkaariaikaisista kasvihuonekaasupäästöistä, joissa on mukana kotimaan toimintojen lisäksi myös tuonnin vaikutukset. Vientitoimialojen elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt siirtyvät vientituotteiden mukana toisten kansantalouksien kulutuksen tilille. Esimer-

kiksi massa- ja paperiteollisuuden sekä rauta- ja terästeollisuuden lopputuotteiden aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä meni yli 95 % viennin tiliin vuonna 2005. Tämän takia Suomen olisi ilmastoneuvotteluissa edullista pyrkiä tuotantopohjaisesta kulutus pohjaiseen inventaarioon, jolloin vientiteollisuuden kuorma laskettaisiin maille, jotka vientituotteita käyttävät. Ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta nykyisellä vientirakenteella sähköntuotannon yksikköpäästöjen pienentäminen parantaisi päästöjen ja arvonlisäyksen suhdetta Suomen kannalta merkittävästi.

## **YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN, TYÖLLISYYDEN JA ARVOLISÄYKSEN SAMANAIKAINEN TARKASTELU MAHDOLLISTA**

ENVIMAT-mallin vahvuutena on mahdollisuus analysoida ympäristövaikutusten rinnalla tuotteisiin ja toimialoihin kytkeytyviä kotimaan työllisyys- ja arvonlisäysetietoja siten, että niissä on mukana eri toimialojen välilliset vaikutukset. Yhdennetyt tarkastelut avaavat uusia mahdollisuuksia kansantaloutemme analysointiin tulevaisuudessa.

### **ENVIMAT-mallin kattavuus ja analysointimahdollisuudet ovat maailman huippua**

Ympäristölaajennettuja panos-tuotosmalleja on tehty muutaman vuosikymmenen ajan useissa maissa. Nyt Suomelle tehty ENVIMAT-malli on kuitenkin tuotevalikoimaltaan laajempi sisältäen 151 toimialaa, kun tavallisesti jaotus on 60 toimialaa. Lisäksi tuonnin vaikutusten tarkastelu on tehty tarkemmilla päästökertoimilla kuin muissa sovelluksissa. Myös ympäristövaikutusarviointi on tehty ENVIMAT-mallissa perusteellisemmin. Muun muassa vaikutusluokkien määrä on suurempi ja globaalin mallin lisäksi paikkasidonnaista tarkastelutapaa on toteutettu sekä kotimaan että tuonnin päästöille. Mallien käytöstä syntyviä epävarmuuksiakin on käsitelty laajemmin kuin muissa vastaavissa töissä.

### **ENVIMAT-mallilla voidaan arvioida Suomen talouden muutosten vaikutukset**

Suomen ajautuminen taloudelliseen taantumaan on vähentänyt lopputuotekysyntää vuoden 2008 lopusta. ENVIMAT-mallin aineisto kuvaa toistaiseksi vain vuosia 2002 ja 2005. Koska taloudelliset vuorovaikutussuhteet muuttuvat hitaasti, aineistoa voitaisiin käyttää kysynnän hiipumisen ja sitä seuraavan talouskasvun simulointiin, sekä elvytystoimien kerrannaisvaikutusten arviointiin.

### **Toimialat eroavat kerrannaisvaikutuksiltaan huomattavasti toisistaan**

ENVIMAT-mallin herkkyytstarkastelun perusteella kasvihuonekaasupäästöt ovat muutosherkkiä vain pienelle osajoukolle taloudellisia vuorovaikutuksia. Vähimmillä muutoksilla kansantalouden rakenteessa kasvihuonekaasuja voidaan vähentää alentamalla sähköntuotannon päästöjä. Oikeastaan tällainen tilanne on nähtävissä osin vuoden 2005 tuloksissa, kun vesivoiman suurentunut saatavuus vähensi sähkön yksikköpäästöjä. Lopputuotekysynnässä pienet suhteelliset muutokset voivat vähentää päästöjä merkittävästi. Kysynnän muutosten vaikutus absoluuttiseen päästömäärään on helposti suurempi kuin tuotannon tehostamisen vaikutukset. Lisäksi kysynnän väheneminen aiheuttaa kerrannaisvaikutuksia arvonlisäykseen ja työllisyyteen.

Suomen taloudelliset avaintoimialat (määritelmä kohdassa 'Keskeiset käsitteet') eivät ole erityisen ilmastointensiivisiä. Kysynnän kasvu näillä toimialoilla ei johda merkittävästi suurempaan kasvihuonekaasupäästöjen kasvuun. Osa sektoreista oli vain heikosti kytkeytyneitä muualle kansantalouteen, mutta olivat hyvin ilmastointensiivisiä.

Toimialat eroavat ympäristöllisiltä ja sosiaalisilta kerrannaisvaikutuksiltaan huomattavasti. Esimerkiksi ENVIMAT-mallin perusteella maa- ja vesirakennuksen työllistävä vaikutus on vain hieman suurempi kuin muilla aloilla, mutta sen vaikutukset biodiversiteettiin ja luonnonvarojen käyttöön ovat moninkertaisia useimpiin muihin aloihin verrattuna.

## Ilmastovaikutukset kertyvät yllättävän nopeasti tuoteketjuissa

Ilmastovaikutukset kertyvät hyvin nopeasti tuotteiden valmistuksen ostoketjuissa. Vaikka kansantalouden tasolla näyttäisikin, että "kaikki liittyy kaikkeen", yksittäisten tuotteiden ympäristövaikutuksia voidaan selittää vain muutamien kytkentäketjujen kautta. Elinkaariarviointipohjaiset tarkastelut, joissa ketjua seurataan vain muutamia askelia taaksepäin näyttäisivätkin tuottavan riittävän kokonaiskuvan tuotteiden ympäristövaikutuksista. Panos-tuotosmallien suurin lisäarvo elinkaariarvioinnissa voikin olla ei-materiaalisten tuotteiden ympäristövaikutusten (liikkeenjohdon palvelut, yms.) saaminen mukaan tuotejärjestelmätarkasteluun.

Tämä johtopäätös liittyy selvästi tieteellisessä kirjallisuudessa käytävään keskusteluun elinkaariarvioinnin ja panos-tuotosanalyysin suhteesta. Siten se on arvokas anti kansainväliseen keskusteluun, puolustuspuheenvuorona elinkaariarvioinnin puolesta.

## Työkalu ympäristösuojelun priorisointiin

Työssä kehitetty ympäristövaikutusmetodiikka antaa uuden mahdollisuuden arvioida mikä suomalaisessa ympäristöpolitiikassa on tärkeää ja mihin lähitulevaisuuden toimenpiteet pitäisi kohdentaa. ENVIMAT-mallin mahdollisuudet muun muassa ilmastonmuutoksen hillintätöiden suunnittelussa on suuret, koska ilmastonmuutoksen hillintätoimenpiteiden vaikuttavuutta voidaan arvioida kansantaloudessa tuotanto- ja kulutuslähtöisesti siten, että myös työllisyys- ja arvonlisäysnäkökohdat otetaan huomioon.

## Kirjallisuus

- Bringezu, S. & Schütz, H. (2001), Total material requirement of the European Union. Technical part. European Environment Agency. [http://reports.eea.europa.eu/Technical\\_report\\_No\\_56/en](http://reports.eea.europa.eu/Technical_report_No_56/en)
- Danish LCA Food Database 2008. Denmark. ([www.lcafood.dk](http://www.lcafood.dk))
- EEA (European Environment Agency) 2003. Europe's environment: the third assessment. European Environment Agency, Copenhagen.
- Ecoinvent database 2008. The Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Switzerland, [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch).
- EIOLCA 2006. Economic input-output life cycle assessment model. Carnegie Mellon. Green design institute. (USA) ([www.eiolca.net](http://www.eiolca.net))
- European Commission & Eurostat 2001. Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/pls/portal/docs/PAGE/PGP\\_DS\\_ENVACC/PGE\\_DS\\_ENVACC/TAB63667842/3.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/pls/portal/docs/PAGE/PGP_DS_ENVACC/PGE_DS_ENVACC/TAB63667842/3.PDF)
- European Commission, Eurostat (2008). Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables. [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?\\_pageid=1073,46587259&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&p\\_product\\_code=KS-RA-07-013](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1073,46587259&_dad=portal&_schema=PORTAL&p_product_code=KS-RA-07-013)
- Guinée, J.B. (ed.), Gorrae, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., de Koning, A., van Oers, L., Sleeswijk, A.W., Suh, S., Udo de Haes, H.A., de Bruijn, H., van Duin, R., Huijbregts, M., Lindeijer, E., Roorda, A.A.H., van der Ven, B.L. & Weidema, B.P. (2002) Handbook on life cycle assessment – Operational guide to the ISO standards. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- GTK 2007a. Metals and Minerals Production. Geological Survey of Finland. <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/MineralProduction/>
- GTK 2007b. Fennoscandian Ore Deposit Database. Geological Survey of Finland. <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/fodd/>
- Heijungs, R. ja Suh, S., 2002. The computational structure of life cycle assessment. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Alankomaat.
- Huppes 2002. Abiotic resource depletion in LCA. Improving characterization factors for abiotic resource depletion as recommended in the new Dutch LCA Handbook.
- Huppes G, de Koning A, Suh S, Heijungs R, van Oers L, Nielsen P & Guinee J B 2006. Environmental impacts of consumption in the European Union. *Journal of Industrial Ecology* 10 (3) 129-146.
- IPTS 2005. Environmental impacts of products (EIPRO), Analysis of the life cycle environmental impacts related to the total final consumption of the EU25. Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), Full draft report. [http://cleantech.jrc.es/docs/EIPRO\\_Total\\_20050429\\_final.pdf](http://cleantech.jrc.es/docs/EIPRO_Total_20050429_final.pdf)
- ISO (International Organization for Standardization) 1998. ISO 14041: environmental management-life cycle assessment –goal and scope definition and inventory analysis.
- ISO (International Organization for Standardization) 2000. ISO 14042: environmental management-life cycle assessment –life cycle impact assessment.
- Kotakorpi, E., Lähteenoja, S. Lettemmeier, M. 2008. KotiMIPS – Kotitalouksien luonnonvarojen kulutus ja sen pienentäminen. Suomen ympäristö 43/2008. Ympäristöministeriö. Helsinki.
- KULTU 2005. Kestävän kulutuksen ja tuotannon toimikunta. Vähemmästä enemmän ja paremmin – Kestävän kulutuksen ja tuotannon toimikunnan ehdotus kansalliseksi ohjelmaksi. Ympäristöministeriö ja kauppa- ja teollisuusministeriö. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=36844&lan=fi>
- Lenzen, M., 2003. Environmentally important paths, linkages and key sectors in the Australian economy. *Structural Change and Economic Dynamics* 14, 1-34.
- Matthews, H. S., Hendrickson, C. T. & Weber, C.L. (2008). The importance of carbon footprint estimation boundaries. *Environmental Science and Technology*, 42, 5839-5842.
- Moll, S., Vrgoc, M., Watson, D., Femia, A., Gravgård Pedersen, O. Villanueva, A. 2007. Environmental Input-Output Analyses based on MAMEA data. ETC/RWM working paper 2007/2. Europebna Topic Centre on Resource and Waste Management.
- Mäenpää I, Juutinen A, Puustinen K, Rintala J, Risku-Norja H, Veijalainen S & Viitanen M 2000. Luonnonvarojen kokonaiskäyttö Suomessa. Suomen ympäristö 428, Helsinki.
- Mäenpää I (2005). Kansantalouden ainevirtatilinpito, Laskentamenetelmät ja käsitteet. Suomen aine-taseet 1999. Tilastokeskus. Helsinki.
- Naturvårdsverket 2008. Konsumtionens klimatpåverkan. Rapport 5903.
- Naumanen, M. 2005. TEKBARO - Teknologiaarometri kansalaisten asenteista ja kansakunnan suuntautumisesta tietoon perustuvaan yhteiskuntaan. Tekniikan Akateemisten Liitto TEK ry, Vantaa.
- OECD 2008. Measuring Material Flows and Resource Productivity. Synthesis report. Paris. <http://www.oecd.org/dataoecd/55/12/40464014.pdf>
- Oosterhaven, J. 2004. On the definition of key sectors and the stability of net versus gross multipliers. SOM research report.
- PAS 2050:2008 - Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. The British Standards Institution, BSI. <http://www.bsi-global.com/en/Standards-and-Publications/Industry-Sectors/Energy/PAS-2050/>
- Peters, G.P. ja Hertwich, E.G. 2008. CO2 Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy. *Environmental Science and Technology* 42(5): 1401-1407.

- Sinden, G., Skea, J., Jefferiss, P., Clift, R., Jackson, T., Illott, T., Kenber, M., Roberts, M., Kelly, R., Reeson, S., Monger-Godfrey, N., Dickie, N., Double, K. & Staniaszek, D. (2008). PAS 2050:2008 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.
- Sleeswijk, A. W., van Oers, L., Guinée, B.G., Struijs, J. & Huijbregts, M.A.J. (2007) Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic systems in the year 2000. *Science of the total environment* 390, p.p. 227-240.
- Suh, S., Lenzen, M., Treloar, G.J., Hondo, H., Horvath, A., Huppes, G., Jolliet, O., Klann, U., Krewitt, W., Moriguchi, Y., Munksgaard, J., Norris, G., 2004. System boundary selection in life cycle inventories using hybrid approaches. *Environmental Science and Technology* 38(3) 657-664.
- Suomen Luonnonsuojeluliitto 2008. FIN-MIPS kotitalous. <http://www.sll.fi/luontojyymparisto/kesta-va/mips/kotimips>
- Suomen ympäristökeskus 2006a. Ilmapäästöjen tietojärjestelmä – IPTJ. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=285283&lan=en&clan=fi>
- Suomen ympäristökeskus 2006b. Valvonta- ja kuormitustietojärjestelmä– VAHTI. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=194545&lan=fi&clan=fi>
- Suomen ympäristökeskus 2008. Vesistöjen kuormitus. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=312449&lan=fi&clan=fi>
- Tilastokeskus 2006. Energiatilastot. Vuosikirja 2006. Tilastokeskus. Helsinki.
- Tilastokeskus 2007. Polttoaineluokitus. [http://www.tilastokeskus.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_polttoaineluokitus.html](http://www.tilastokeskus.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html)
- Tilastokeskus 2008a. Matkailutilinpito. <http://tilastokeskus.fi/til/matp/index.html>.
- Tilastokeskus 2008b. Ympäristötilasto – Vuosikirja 2008. Helsinki
- Tilastokeskus 2008c. Kasvihuonekaasuinventaario. <http://www.stat.fi/til/khki/index.html>
- Ten Raa, T. 2006. The Economics of Input-Output Analysis. Cambridge University Press. 212 p.
- Tukker A & Jansen B 2006. Environmental impacts of products. A detailed review of studies. *Journal of Industrial Ecology* 10 (3) 159-182.
- Tukker, A. and Jansen, B. (2006). Environmental Impacts of Products. A Detailed Review of Studies. *Journal of Industrial Ecology* 10 (3) pp. 159-182.
- Tullihallitus 2007. Suomen ulkomaankauppatilasto 2005, Osa 1. Helsinki.
- VTT 2006. Lipasto, 2006. Liikenteen päästöjen ja energian käytön laskentajärjestelmä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT). <http://lipasto.vtt.fi/lipastoe/index.htm>
- Weisz, H., Haas, W., Eisenmenger, N., Krausmann, F., & Schaffartzik, A. (2007). Economy-wide material flow accounts. Resource productivity EU-15 1990-2004. Environmental accounts. European Commission; Eurostat, Luxembourg; Institute for Social Ecology, Faculty for Interdisciplinary Studies (IFF), Vienna. [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/pls/portal/docs/PAGE/PGP\\_DS\\_ENVACC/PGE\\_DS\\_ENVACC/TAB63744288/MFA%20DATA%20FOR%20WEBTOOL.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/pls/portal/docs/PAGE/PGP_DS_ENVACC/PGE_DS_ENVACC/TAB63744288/MFA%20DATA%20FOR%20WEBTOOL.PDF)
- Wuppertal Institute 2008. [www.wupperinst.org/Sites/Divisions/rg3-focusproject2.html](http://www.wupperinst.org/Sites/Divisions/rg3-focusproject2.html)

## LIITE I. ENVIMAT-mallin tulostustasot

ENVIMAT-mallin tarkin tulostustaso on 151 (150 vuonna 2005) toimialaa/tuoteryhmää, joka pohjautuu TOL 2002 toimialaluokitukseen. Pääasiassa raportoinnissa on käytetty 15 toimialaa, joihin kaikki 151 (150) toimialaa on sijoitettu omiin ryhmiin. Vaihtoehtoisesti voidaan tuloksia tulostaa myös 31 toimialan jaotellulla, jota tässä työssä on käytetty vain muutamissa yhteyksissä.

TOL 2002	Toimiala/Tuoteryhmä 151	Toimiala 15	No	Toimiala 31	No
111	Kasvinviljely	1. Maa-, riista- ja kalatalous	1	1. Maa-, riista- ja kalatalous	1
112	Puutarhatalous		1		1
121	Varsinainen kotieläintalous		1		1
125	Muu kotieläintalous		1		1
14	Maataloutta palveleva toiminta		1		1
15	Metsästys ja riistanhoito		1		1
50	Kalastus ja kalanviljely		1		1
211	Metsän viljely	2. Metsätalous	2	2. Metsätalous	2
212	Puunkorjuu		2		2
219	Muu metsätalous		2		2
100	Energiamineraalien kaivu	3. Mineraalien kaivuu	3	3. Energiamineraalien	3
130	Metallimalmien louhinta pois lukien uraani ja torium		3	4. Muu mineraalien kaivu	4
141	Kivenlouhinta		3		4
142	Hiekan ja saven otto		3		4
143	Kemiallisten mineraalien louhinta		3		4
145	Muiden tuotteiden kaivu ja louhinta		3		4
151	Teurastus sekä lihanjalostus ja lihan säilyvyyskäsittely	4. Elintarvikkeiden valmistus	5	5. Elintarvikkeiden valmistus	
152	Kalan ja kalatuotteiden jalostus ja säilöntä		4		5
153	Hedelmien, marjojen ja vihannesten jalostus ja säilöntä		4		5
154	Kasvi- ja eläinöljyjen ja -rasvojen valmistus		4		5
155	Meijerituotteiden ja jäätelön valmistus		4		5
156	Myllytuotteiden ja tärkkelyksen valmistus		4		5
157	Eläinten ruokien valmistus		4		5
158	Muu elintarvikkeiden valmistus		4		5
159	Juomien valmistus		4		5
160	Tupakkatuotteet		4		5
201	Puun sahaus, höyläys ja kyllästys	5. Metsäteollisuus	5	7. Puutavaran valmistus	7
202	Vanerin ja muiden puulevyjen valmistus		5		7
203	Rakennuspuusepäntuotteiden valmistus		5		7
204	Puupakkausten valmistus		5		7
205	Muiden puutuotteiden sekä korkki- ja punontatuott. valm.		5		7
211	Massan, paperin ja kartongin valmistus		5		8
212	Paperi- ja kartonkituotteiden valmistus		5	8. Massan, paperin ym. valm.	8
221	Kustantaminen		5	9. Kustantaminen ja painaminen	9



222	Painaminen ja painamista palveleva toiminta		5		9
223	Ääni-, kuva- ja atk-tallenteiden jäljentäminen		5		9
232	Öljytuotteiden ym. valmistus	6. Kemianteollisuus	6	10. Öljytuotteiden valmistus	10
241	Peruskemikaalien valmistus		6	11. Kemikaalien ja kem.tuott. valmistus	11
2415	Lannoitteiden ja typpiyhdisteiden valmistus		6		11
242	Torjunta-aineiden ja muiden maatalouskemikaalien valm.		6		11
243	Maalien, lakan, painovärien yms. valmistus		6		11
244	Lääkekemikaalien, -kasviuutteiden ja lääkintä-tuott. valm.		6		11
245	Pesuaineiden, kosmetiikka- ja toalettituotteiden valmistus		6		11
246	Muu kemiallisten tuotteiden valmistus		6		11
247	Tekokuitujen valmistus		6		11
251	Kumituotteiden valmistus		6	12. Kumi- ja muovituott. valmistus	12
252	Muovituotteiden valmistus		6		12
271	Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus (ECSC-tuotteet)	7. Metalliteollisuus	7	14. Metallien jalostus	14
272	Putkien valmistus		7		14
273	Muu raudan ja teräksen jalostus sekä rautaseosten valmistus		7		14
274	Muiden kuin rautametallien valmistus		7		14
275	Metallien valu		7		15
281	Metallirakenteiden valmistus		7	15. Metallituotteiden valmistus	15
282	Metallisäil., keskuslämmityskatt., -patt. ja kuum.		7		15
283	Höyrykatt. valm. poislukien keskuslämmityslait.		7		15
284	Metallin takominen, puristaminen ja meistäminen,		7		15
285	Metallin työstö ja päällystäminen		7		15
286	Ruokailuvälineiden, työkalujen yms. metallituott. valm.		7		15
287	Muu metallituotteiden valmistus		7		16
291	Voimakon. valm. poislukien lentok. ja ajoneuv. moottorit		7	16. Koneiden ja laitteiden valmistus	16
292	Muu yleiskäyttöön tarkoitettujen koneiden valmistus		7		16
293	Maa- ja metsätalouskoneiden valmistus		7		16
294	Työstökoneiden valmistus		7		16
295	Muu erikoiskoneiden valmistus		7		16
296	Aseiden ja ammusten valmistus		7		16
297	Muulla luokittelemattomien kodinkoneiden valmistus		7		16
300	Konttori- ja tietokoneiden valmistus		7		18
341	Autojen valmistus		7	18. Kulkuneuvojen valmistus	18
342	Autonkorien ja perävaunujen valmistus		7		18
343	Autonosien ja -moottorien osien valmistus		7		18
351	Laivojen ja veneiden valm. ja korj.		7		18
352	Raideliikenteen kulkuneuvojen valmistus ja korjaus		7		18

353	Ilma-alusten valmistus		7		18
354	Moottori- ja polkupyörien valmistus		7		18
355	Muiden kulkuneuvojen valmistus		7		18
311	Sähkömoottorien, -generaattorien ja -muuntajien valmistus	8. Sähkötekninen teollisuus	8	17. Sähköteknisten tuotteiden valmistus	17
312	Sähkönjakelu- ja -tarkkailulaitteiden valmistus		8		17
313	Eristettyjen johtimien ja kaapelien valmistus		8		17
314	Akkujen ja paristojen valmistus		8		17
315	Valaistuslaitteiden ja sähkölampujen valmistus		8		17
316	Muu sähkölaitteiden valmistus		8		17
321	Elektronisten piirien ja muiden elektronisten osien valm.		8		17
322	Telev.- ja radiolähett., lankapuh.- ja -lennätinlaitt. valm.		8		17
323	Televisio- ja radiovastaanott., äänen- ja kuvan-		8		17
331	Lääkintäkoj., kirurgisten koj. sekä ortopediaväl. valmistus		8		17
332	Mittaus-, tarkkailu- ja navigointilaitteiden yms. valmistus		8		17
333	Teollisuuden prosessinsäätölaitteiden valmistus		8		17
334	Optiikka- ja valokuvausvälineiden valmistus		8		17
335	Kellojen valmistus		8		17
171	Tekstiilikuitujen valmistus	9. Muu tehdasteollisuus	9	6. Tekstiilien ja vaatteiden valmistus	6
172	Kankaiden kudonta		9		6
173	Tekstiilien viimeistely		9		6
174	Sovitettujen tekstiilituotteiden valmistus pois-lukien vaatteet		9		6
175	Muu tekstiilituotteiden valmistus		9		6
176	Trikooneulosten valmistus		9		6
177	Neuletuotteiden valmistus		9		6
181	Nahkavaatteiden valmistus		9		6
182	Vaatteiden ja asusteiden valmistus		9		6
183	Turkisten muokkaus; turkistuotteiden valmistus		9		6
191	Parkitseminen ja muu nahan valmistus		9		6
192	Laukkujen, satuloiden yms. tuotteiden valmistus		9		6
193	Jalkineiden valmistus		9		
261	Lasin ja lasituotteiden valmistus		9		13
262	Keraamisten tuott. valm. poislukien ei-tulenkest. tuott.		9	13. Mineraalituotteiden valmistus	13
263	Keraamisten laattojen valmistus		9		13
264	Tiilien ja muun rakennuskeramiikan valmistus		9		13
265	Sementin, kalkin ja kipsin valmistus		9		13
266	Betoni-, sementti- ja kipsituotteiden valmistus		9		13
267	Kivituotteiden valmistus		9		13
268	Muu ei-metallisten mineraalituotteiden		9		19
361	Huonekalujen valmistus		9	19. Muu valmistus	19
362	Kultasepäntuotteiden ja kolikoiden valmistus		9		19
363	Soitinten valmistus		9		19
364	Urheiluvälineiden valmistus		9		19
365	Pelien ja leikkikalujen valmistus		9		19

366	Muiden tuotteiden valmistus		9		20
371	Metallijätteiden ja -romun kierrätys		9	20. Kierrätys	20
372	Muiden jätteiden ja romujen kierrätys		9		20
401	Sähkön tuotanto ja jakelu	10. Sähkö- ja lämpöhuolto	10	21. Sähkö-, kaasu- ja vesi-huolto	21
402	Kaasun tuotanto ja jakelu		10		21
403	Lämmön tuotanto ja jakelu		10		21
410	Veden puhdistus ja jakelu		10		21
451	Talonrakentaminen	11. Rakentami-nen	11	22. Talonrakentaminen	22
452	Maa- ja vesirakentaminen		11	23. Maa- ja vesirakentaminen (liittyen talon rakentamiseen)	22
459	Rakennuspalvelutoiminta		11		24
500	Kauppa		12	24. Tukku- ja vähittäiskauppa	24
502	Moottoriajoneuvojen huolto ja korj.	12. Kauppa-, ravitsemus- ja majoituspalvelut	12		25
551	Majoitustoiminta		12	25. Majoitus- ja ravitsemis-toiminta	25
553	Ravitsemistoiminta		12		25
601	Rautatieliikenne		13		26
602	Linja-auto, raitiotie- ja metroliik.	13. Kuljetus ja tietoliikenne	13	26. Kuljetus ja tietoliikenne	26
603	Taksiliikenne		13		26
604	Tieliikenteen tavarankuljetus		13		26
605	Putkijohtokuljetus		13		26
610	Vesiliikenne		13		26
620	Ilmaliikenne		13		26
631	Tien- ja radanpito		13		26
633	Matkatoimistot ja muu matkailua palveleva toiminta		13		26
639	Muu liikennettä palveleva toiminta		13		26
640	Posti- ja teleliikenne		13		
7021	Asuntojen omistus ja vuokraus	14. Kiinteistö- alan palvelut	14	27. Asuminen	27
650	Rahoitus- ja vakuutuspalvelut	15. Muut pal- velut	15	31. Muut palvelut	31
703	Muut kiinteistöpalvelut		15		31
710	Liike-elämän palvelut		15	28. Julkinen hallinto	28
750	Julkinen hallinto, maanpuolustus, pakollinen sosiaalivakuutus		15	29. Julkiset palvelut	29
800	Koulutus		15		29
851	Terveystuotopalvelut		15		29
853	Sosiaalipalvelut		15		30
9001	Viemäri- ja jätevesihuolto		15	30. Ympäristön huolto	30
9002	Jätehuolto ja muu ympäristön hoito		15		31
910	Muut yhteiskunnalliset ja henkilökohtaiset palvelut		15	(Muut palvelut)	
	Kotitalouksien suorat				

## LIITE 2. Tuontituotteiden tietolähteiden vertailu ja tuonnin kuljetusten arviointi

Aikaisemmissa ympäristölaajennetuissa panos-tuotosanalyysissä on käytetty tuontituotteiden ympäristövaikutusten laskentaan ainoastaan ns. kotimaisen teknologian oletusta, jolla käytännössä tarkoitetaan sitä, että tuonnin päästökertoimina on käytetty kotimaisen tuotannon päästöjä. Yleisesti ollaan sitä mieltä, että näin lasketut tulokset eivät kuvaa kovin hyvin ulkomailla tapahtuvia päästöjä. Syynä tähän ovat eri maiden energiantuotannon ja tuotantoteknologioiden erilaisuudet.

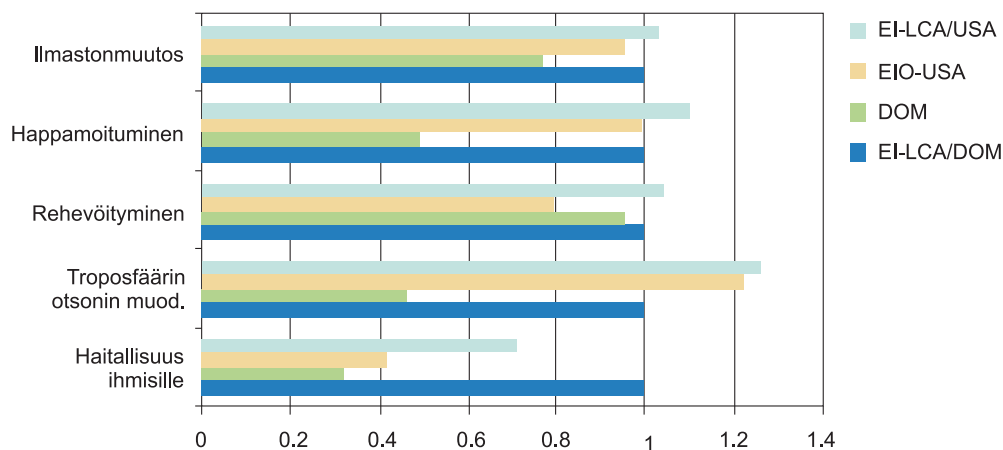
Tässä työssä vertailtiin erilaisten päästökertoimien vaikutusta ympäristövaikutustuloksiin (laajemmin Koskela ym. 2008). Vertailun tulkintaan käytettiin CML 2000 ympäristöarviointivaikutusmenetelmää (Guinee 2002). Tarkasteltavat päästökokoelmat koostuivat seuraavista malleista tai tietopankeista:

<b>EI-LCA/DOM</b>	Ecoinvent (2008) tietopankki suurimmille raaka-ainevirroille (kattaa noin 88 % kokonaistuontimäärästä massoina laskettuna) ja tanskalainen elintarvikkeiden tietopankki (Danish Food LCA Database 2008) tuontielintarvikkeille (kattaa 57 % tuontielintarvikkeiden massasta), loput tuotteista kotimaisilla päästökertoimilla
<b>DOM</b>	Kotimainen teknologiaoletus kaikille tuontituotteille, tiedot ENVIMAT-mallin kotimaa-osuudesta.
<b>EIO-USA</b>	USA:n ympäristölaajennettu panos-tuotosmalli (EIOLCA 2006)
<b>EI-LCA/USA</b>	Perustaltaan samanlainen kuin edellinen, mutta kotimaiset päästökertoimet on korvattu USA:laisilla IO-mallin päästökertoimilla.

Vertailutulokset osoittavat, että kotimaiset päästökertoimet (DOM) antavat kaikissa arvioiduissa vaikutusluokissa alhaisimman tuloksen ts. ympäristövaikutukset ovat pienemmät. Tietopankkien (Ecoinvent ja elintarvikkeiden LCA) päästökertoimilla tehdyt ympäristövaikutusindikaattori-laskelmat antavat joissakin vaikutusluokissa suuremman tuloksen kuin USA:lainen IO-malli ja joissakin vaikutusluokissa suuruusjärjestys on päinvastainen (Kuva 1) Vaikutusluokalla tarkoitetaan tiettyä vaikutuskokonaisuutta, ympäristöongelmaa, jossa eri kuormitustekijöiden aiheuttamat seuraukset on yhdistetty vaikutusindikaattoritulokseksi elinkaariarvioinneissa käytetyn arviointimetodologian avulla.

Vaikutusluokka	EI-LCA/DOM	EIO-USA	DOM	EI-LCA/USA
Ilmastonmuutos	1	0,95	0,77	1,03
Happamoituminen	1	0,99	0,49	1,10
Rehevöityminen	1	0,79	0,95	1,04
Alailmakehän otsonin muod.	1	1,22	0,46	1,26
Toksisuus ihmisille	1	0,42	0,32	0,71

Vertailun johtopäätös on, että ENVIMAT-mallissa parhaat mahdolliset tuonnin päästökertoimet löytyvät EI-LCA/DOM päästökokoelmasta, vaikka yleisissä tietopankeissa on tunnetusti paljon puutteita liittyen mm. teknologioihin ja vanhentuneeseen tietoon. Ne ovat kuitenkin tällä hetkellä ainoita käytettävissä olevia tuontituotteiden tietolähteitä. Tilanne muuttuu ratkaisevasti kun tekeillä olevat maakohtaiset IO-mallit valmistuvat kaikkien käyttöön.

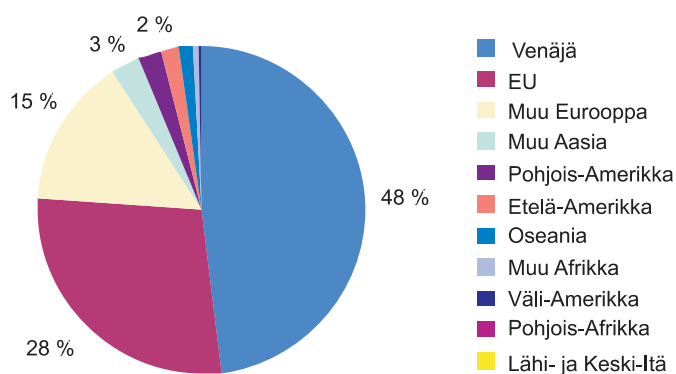


**Kuva 1.** Eri päästökokoelmilla laskettujen ympäristövaikutustulosten suhteelliset erot vaihtoehtoon EI-LCA/DOM verrattuna.

**Tuontikuljetusten** aiheuttamat ympäristövaikutukset eivät yleensä ole sisältyneet IO-laskelmiin. Tässä työssä arvioimme kuitenkin hyvin karkeasti, mitä Suomen tuontikuljetukset aiheuttivat päästöjä vuonna 2002. Suomeen tuotiin teollisuuden raaka-aineita ja muita tuontituotteita 56,7 milj. tonnia vuonna 2002. Suurimmat tuontimäärät kuljetettiin Venäjältä ja Euroopasta (Taulukko 1 ja Kuva 2).

**Taulukko 1.** Tuontimäärät eri alueilta vuonna 2002 (Tullihallitus 2007).

Alue	Tuonti (tn)	Alue	Tuonti (tn)
Venäjä	27 266 520	Oseania	616 706
EU 15	15 723 259	Muut Afrikan maat	331 285
Muu Eurooppa	8 551 887	Keski-Amerikka	82 606
Muu Aasia	1 709 971	Pohjois-Afrikka	35 396
Pohjois-Amerikka	1 290 586	Lähi- ja Keski-Itä	27 730
Etelä-Amerikka	1 074 544		
<b>Tuonti, yhteensä (tn)</b>	<b>56 710 490</b>		

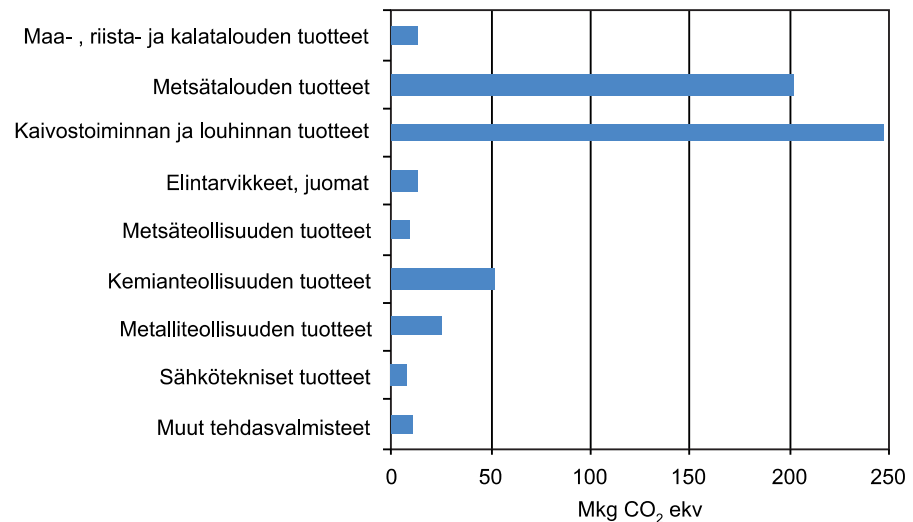


**Kuva 2.** Tuontimäärien alueellinen jakauma vuonna 2002.

Tullitilastojen mukaan suurin osa tuontituotteista kuljetetaan Suomeen laivoilla: 68 % tuonnista tulee laivakuljetuksina, 19 % junakuljetuksina, 7 % maanteitse ja lentokuljetusten osuus oli 0,04 %. Päästölaskennan perustana olivat laivakuljetukset, jotka laskettiin tonnikipometreinä kunkin alueen suurimmasta lähtösatamasta. Siten mm. kaikki kuljetukset ennen satamaa ei ole mukana laskelmissa. Vain Venäjän tuonnin päästöt laskettiin kaikkien kuljetusmuotojen osalta, myös öljyn tuontia tarkasteltiin tarkemmin.

Ilmastonmuutosvaikutukseksi koko tuonnille saatiin 577 Mkg CO<sub>2</sub> ekv. Siitä puolet aiheuttaa Venäjän tuonti. Kaksi tuoteryhmää erottuu suurten massamäärien vuoksi (Kuva 3): kaivosteollisuuden tuotteet, joita kuljetetaan pitkiä matkoja mm. Australiasta ja Chilestä ja puu, jota tuotiin Venäjältä ja Baltian maista.

Tuontikuljetusten aiheuttama ilmastonmuutosvaikutus on noin 0,5 % koko Suomen kansantalouden aiheuttamasta vaikutuksesta. Todellisuudessa luku varmasti on ainakin kaksinkertainen, koska tässä työssä laskenta on pystytty tekemään vain hyvin karkeilla oletuksilla.



**Kuva 3.** Eri toimialojen tuontituotteiden kuljetusten ilmastonmuutosvaikutus (Mkg CO<sub>2</sub> ekv) vuonna 2002.

## Kirjallisuus

- Danish LCA Food Database 2008. (Denmark) ([www.lcafood.dk](http://www.lcafood.dk))
- Ecoinvent database 2008. The Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Switzerland, [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch).
- EIOLCA 2006. Economic input-output life cycle assessment model. Carnegie Mellon. Green design institute. (USA) ([www.eiolca.net](http://www.eiolca.net))
- Guinée, J.B. (ed.), Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., de Koning, A., van Oers, L., Sleeswijk, A.W., Suh, S., Udo de Haes, H.A., de Bruijn, H., van Duin, R., Huijbregts, M., Lindeijer, E., Roorda, A.A.H., van der Ven, B.L. & Weidema, B.P. (2002) Handbook on life cycle assessment – Operational guide to the ISO standards. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Koskela, S., Mäenpää, I., Korhonen, M.-R., Saarinen, M., Katajajuuri, J.-M. & Seppälä, J. 2008. Modeling the environmental impacts of Finnish imports using the EE-IO method and various data sources. Spain, Proceedings in International Input Output Meeting on Managing the Environment, June 9-11, 2008, Seville.
- Tullihallitus 2007. Suomen ulkomaankauppatilasto 2005, Osa 1. Helsinki.

## LIITE 3. Ympäristövaikutusarviointimenetelmät

### 1. Johdanto

Ympäristövaikutusten arviointi on toteutettu käyttämällä kansainvälisen standardointijärjestön suosittamaa elinkaariarviointien vaikutusarviointimethodiikkaa (ISO 14041, 1998, ISO 14042, 2000), jonka perustana on vaikutusluokat ja niihin sisällytetyt ympäristövaikutuksia kuvaavien indikaattoritulosten laskenta. Kussakin erikseen määritellyssä ympäristövaikutusluokassa indikaattoritulokset saadaan kertomalla kunkin vaikutusluokan seurauksia aiheuttavan ympäristökuormitustekijän arvo sitä vastaavalla karakterisointikertoimella ja laskemalla näin saadut tulot yhteen.

### 2. Karakterisointi

Karakterisointikertoimien määrittämiseen on useita erilaisia lähestymistapoja, joissa otetaan huomioon hieman eri tavalla kuormituksen vaikutusalueen ympäristöolosuhteet ja vaikutusten ajallinen ulottuvuus sekä se, minkä indikaattorin suhteen vaikutusarviointi tehdään. Lisäksi erilaisissa vaikutusarviointimenetelmissä ympäristövaikutusluokajako poikkeaa jonkin verran toisistaan. Elinkaariarvioinnissa on mahdollisuus käyttää erilaisia karakterisointikertoimien määrittämenetelmiä eri vaikutusluokissa, jolloin tulokset saattavat erota toisistaan.

Koska ei ole olemassa yhtä ja oikeaa karakterisointimenetelmäkokonaisuutta eri vaikutusluokille, tässä työssä on käytetty erilaisia menetelmäkokonaisuuksia ympäristövaikutusluokaindikaattorien laskentaan. ENVIMAT-hankkeessa on käytetty seuraavia karakterisointimenetelmäkokonaisuuksia:

- **ReCiPe** (Sleeswijk et al. 2007)
  - Päivitetty menetelmäkokonaisuus CML2002:sta (Guinée et al. 2002), joka on elinkaariarviointiyhteisön suosittama perusmenetelmä. Siinä ympäristökuormitustekijöiden alueellisella sijainnilla ei ole merkitystä, kun arvioidaan ympäristövaikutuksia (ns. paikkariippumaton arviointi).
- **Eurooppa**
  - Karakterisointikertoimet edustavat eurooppalaisia keskiarvoja ja ne on johdettu maakohtaisista karakterisointikertoimista.
- **Kotimaa**
  - Suomessa tapahtuville päästöille käytetään suomikohtaisia karakterisointikertoimia, joissa on otettu huomioon Suomen ja päästöjen vaikutusalueen ympäristöolosuhteet. Biodiversiteetin väheneminen arvioidaan Suomen tietojen perusteella.

Eri karakterisointimenetelmäkokonaisuuksissa käytetyt vaikutusluokat ja arviointimenetelmät vaihtelevat taulukon 1 mukaisesti.

**Taulukko I.** Työssä käytetyt karakterisointimenetelmäkokonaisuudet, niiden sisältämät ympäristövaikutusluokat ja metodiperustat (numero= viite, M= alkuperäiseen menetelmään on tehty muutos tässä työssä, E= alkuperäisen metodin lisäksi on tehty asiantuntija-arvioita)

Vaikutusluokka	ReCiPe	Eurooppa	Kotimaa
Ilmastonmuutos	1	1	1
Yläilmakehän otsonin tuhoutuminen	2		
Happamoituminen	3	4	4
Rehevöityminen – vesiympäristö (makea- ja merivesi yhdessä) – maaympäristö	5+M	6+E 4	6 4
Alailmakehän otsonin muodostuminen – ihmisten terveysvaikutukset – kasvillisuusvaikutukset	7	8+M 8+M	8+M 8+M
Ekotoksisuus – vesiympäristö (makean veden mukaan) – maaympäristö	9 9	9 9	9 9
Toksisuusvaikutukset ihmiseen	9	9+E	9
Pienhiukkaset	7	7	7+10
Biodiversiteetin väheneminen			13

**Viitteet:** 1 = IPCC (2007), 2 = WMO (1999), 3 = Huijbregts ym. (2000), 4 = Seppälä ym. (2005), 5 = Struijs ym. (2007), 6= Seppälä ym. (2004), 7 = van Zelm ym. (2008), 8 = Hauschild ym. (2004), 9 = Sleeswijk ym. (2007), 10 = Krewitt ym. (2001), 11 = ENVIMAT 2009.

Mallien ulkopuolella laskettiin myös Huppes ym. (2002) esittämällä elinkaariarviointitekniikalla abioottisten luonnonvarojen väheneminen sekä mineraaleille että fossiilisille polttoaineille.

Ekotoksisuuden karakterisointikertoimien korjaaminen metalleille jäi tässä työssä vielä tekemättä, koska kansainvälinen tutkimustyö on tältä osin vielä kesken. Metallien keskinäisessä vaikutusarvioinnissa sekä siinä, miten niiden vaikutukset asettuvat orgaanisten yhdisteiden haitallisuuteen nähden, on suurta epävarmuutta. Vastaavasti torjunta-aineille ei ole tehty suomikohtaisia korjauksia. Kaikissa ENVIMAT-mallin laskelmissa ekotoksisuuslaskelmissa käytettiin samoja karakterisointikertoimia. Toksisuuden arvioinnista on julkaistu hankkeen yhteydessä erillinen julkaisu (Mattila 2009).

Alkuperäisessä ReCiPe –mallissa esiintyy vaikutusluokka meriympäristön ekotoksisuudelle. Tässä työssä se on jätetty pois, koska työssä ei pystytty korjaamaan metallien meriympäristön karakterisointikertoimia (ks. edellä). Alkuperäiset metallien karakterisointikertoimet olisivat vääristäneet kokonaiskuvaa huomattavasti, sillä sillä ei ole selvää näyttöä niiden haitallisuudesta merieliöille nykyisellä pituusalueella (Heijungs ja de Koning, 2004). Työssä on siis lähdetty oletuksesta, että makean veden ekotoksisuusvaikutusluokka kuvaa vesiympäristön ekotoksisuutta kokonaisuudessaan.

Alkuperäisessä ReCiPe -mallissa esiintyy myös kaksi alaluokkaa vesiympäristön rehevöitymiselle (makean veden ja meriveden rehevöityminen). Tässä työssä nämä vaikutusluokat on yhdistetty yhdeksi vesiympäristön rehevöitymisen vaikutusluokaksi yleisesti elinkaariarvioinneissa käytetyn ns. Redfieldin kertoimen avulla (ks. esim. Seppälä ym. 2004).

Luonnon monimuotoisuuden arviointiin kehitettiin hankkeen aikana oma arviointitapa, jossa eri maankäyttömuotojen vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen perustuivat siihen, kuinka monta lajia ne ovat uhanalaistaneet. Toimialojen vaikutukset biodiversiteetille arvioitiin ”Suomen lajien uhanalaisuus 2000” -raportin perusteella (Rassi ym. 2001). Uhanalaisia lajeja koskevat uhkatekijät jaettiin toimialoille materiaalivirtojen, taloudellisen tuotoksen ja osin asiantuntija-arvioiden perusteella. Tuonnin monimuotoisuushaittojen oletettiin tapahtuvan ulkomailla samalla inten-



siteetillä kuin mitä luonnonvarojen käyttö Suomessa aiheuttaa. Todettakoon, että päästöjen aiheuttamat monimuotoisuushaitat otetaan niihin liittyvien vaikutusluokkien yhteydessä huomioon ja tässä yhteydessä arvioitiin vain maankäyttömuutosten vaikutuksia monimuotoisuuteen. Maankäyttöön ja biodiversiteettiin liittyvät allokontimenetelmät kuvataan tarkemmin tulevissa artikkeleissa.

Kunkin vaikutusluokan tuloksilla on omat yksikkönsä, jotka liittyvät vaikutusluokan seurauksia kuvaaviin indikaattoreihin. Eri vaikutusluokan tulokset eivät ole yhteismitallisia, minkä takia kunkin vaikutusluokan indikaattorituloksia tulee arvioida vain saman vaikutusluokan tuloksiin.

### 3. Normalisointi

Eri vaikutusluokkaindikaattoritulosten yhdistäminen on mahdollista vaikutusluokkien tärkeyttä kuvaavien subjektiivisten painokerrointen avulla. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että painokertoimilla kerrotaan ns. normalisoidut vaikutusindikaattoritulokset. Normalisointi tehdään siten, että tarkasteltavien toimialojen tai niiden tuotteiden karakterisoidut indikaattoritulokset jaetaan valitun referenssin indikaattorituloksilla. Menettelytapa vastaa kansainvälistä käytäntöä (Finnveden ym. 2002). ReCiPe-mallin yhteydessä referenssinä käytettiin koko maailman ympäristökuormitustekijöiden aiheuttamia indikaattoriarvoja. Eurooppa ja Kotimaa-malleissa käytettiin referenssinä Suomen indikaattoriarvoja.

Ekotoksisuuden ja ihmisen toksisuusvaikutusten yhteydessä poikettiin Sleesweijkin ym. (2007) maailman referenssitekijöistä, koska ENVIMAT:ssa mukana olevien haitallisten päästöaineiden määrä on hyvin vähäinen. Käyttämällä alkuperäistä referenssitekijää normalisointitulokseksi olisi vääristynyt siten, että Suomen haitallisten aineiden toksisuusvaikutukset olisivat olleet mitättömät muihin vaikutusluokkiin verrattuna (ks. esim. Heijungs ym. 2006). Referenssitekijöitä pienennettiin ottamalla huomioon referenssitekijän laskennassa vain ENVIMAT:ssa käytetyt haitalliset aineet ja haitallisuudeltaan merkittävimmät aineet, joita ei käytetä Suomessa. Tietyt Suomessa kielletyt torjunta-aineet, kuten metyylibromidi ja atrasiini sisällytettiin normalisointitekijään, sillä niiden päästöt voitiin olettaa nollassa.

### 4. Painottaminen

Tämän työn yhteydessä on tehty keväällä 2007 asiantuntija-arvottaminen, jonka yhteydessä 33 suomalaista asiantuntijaa antoi määrälliset arviot vaikutusluokkien painokertoimille Suomessa tapahtuvien ympäristökuormitustekijöiden näkökulmasta. Asiantuntijoiden vastauksista laskettuja keskiarvopainokertoimia on käytetty Kotimaa-mallissa.

Viiden suomalaisen ja 38 ulkomaalaisten asiantuntijan (Ranska 8, Hollanti 4, Saksa 4, Slovenia 5, Kanada 3, Brasilia 8, Kiina 6) avustuksella tehtiin vaikutusluokkien arvottaminen maailman näkökulmasta. Asiantuntijoiden maailman keskiarvopainokertoimia on käytetty ReCiPe+ -mallissa.

Ilmastonmuutos nousi kaikkien asiantuntijaryhmien keskiarvovastauksissa tärkeimmäksi ympäristövaikutusluokaksi (Kuva 1), vaikka eri asiantuntijoiden mielipiteiden välillä olikin ilmastonmuutoksen ja muidenkin vaikutusluokkien tärkeydessä suuriakin eroja. Arvottaminen ja siihen liittyvät epävarmuusnäkökulmat tullaan julkaisemaan erillisessä julkaisussa yksityiskohtaisesti.

ReCiPe:n karakterisointikertoimet, referenssitekijät ja edellä mainitut maailman keskiarvopainot muodostavat ns. ReCiPe+ -mallin, joka laskee toimialoille ja lopputuotteille kokonaisympäristövaikutustuloksen, ekoindeksin. Kasvihuonekaasupäästöt on esitetty tulosten analysoinnissa omana vaikutusluokkana sen keskeisen merkityksen takia, vaikka ilmastonmuutos on sisällytetty myös ekoindeksiin. Vuo-

den 2002 kotimaan toimialojen yhteenlaskettu ekoindeksien pistemäärä on skaalattu 100:ksi sekä ReCiPe+ -mallissa että Kotimaa -mallissa.

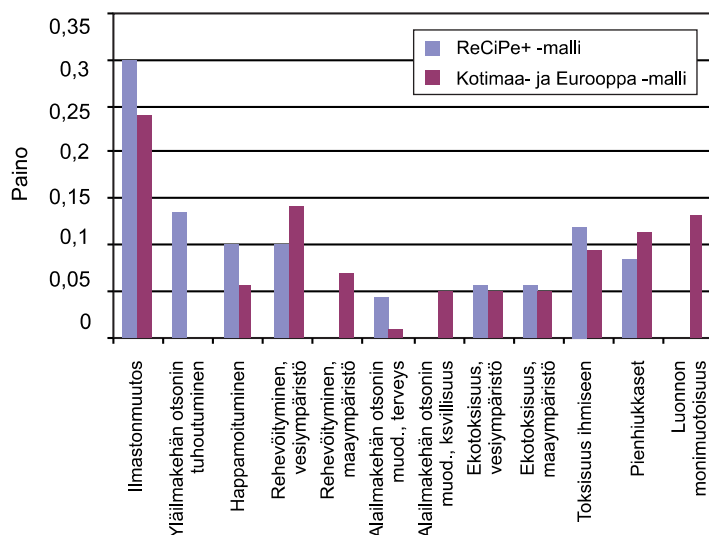
Kotimaa- ja Eurooppa-mallit muodostavat ENVIMAT:ssa arviointimallikokonaisuuden, jota käytettiin vaikutusarvioinnin tulosten epävarmuuden arviointiin. Sillä on myös laskettu ekoindeksi ympäristövaikutuksille ReCiPe+ -mallin tapaan. Perusajossa Kotimaa-mallin karakterisointikertoimia käytettiin sekä kotimaisille että tuonnin kuormitustekijöille. Herkkyystarkastelussa tuonnin kuormitustekijöille käytettiin eurooppalaisia keskiarvokertoimia eli Eurooppa-mallin kertoimia. Lisäksi ihmiseen kohdistuvissa toksisuusvaikutusarvioissa käytettiin 2 kertaa suurempia karakterisointikertoimia Euroopan keskimääräisille haitallisille aineille kuin Suomen päästöille. Tämän asiantuntija-arvion tarkoituksena oli hahmottaa Suomen olosuhteiden vaikutus toksisuuden lopputulokseen (Suomen alhaisempi haitallisten aineiden taustapitoisuus ja väestötiheys kuin Euroopassa keskimäärin).

### 5. Mallien tulosten yhdistäminen

Työssä on yhdistetty ReCiPe+ - ja Kotimaa -mallin tulokset ns. *Yhdistelmä* -malliksi ottamalla huomioon ko. malleissa käytetyt painokertoimet ympäristövaikutusluokille ja painottamalla kummallekin mallin tuloksia samalla tärkeyspainolla. Niille vaikutusluokille, jotka ovat vain toisessa mallissa, yhdistäminen tehtiin suhteessa ilmastonmuutoksen painoarvoon.

### 6. Lopuksi

Edellä esitetystä ympäristövaikutusmetodiikasta julkaistaan aikanaan yksityiskohdainen kansainvälinen artikkeli.



**Kuva 1.** Käytetyt ympäristövaikutusluokkien keskiarvopainot eri arviointikokonaisuuksien yhteydessä. Kummassakin menetelmässä vaikutusluokkien painokertoimien summa on 1.

## Kirjallisuus

- Finnveden, G., Hofstetter, P., Bare, J., Basson, L., Ciroth, A., Mettier, T., Seppälä, J., Johansson, J., Norris, G. & Volkwein, S. 2002. Normalization, Grouping and Weighting in Life Cycle Impact Assessment. In: Udo de Haes, H.A., Joliet, O., Finnveden, G., Goedkoop, M., Hauschild, M., Hertwich, Hofstetter, P., Klöpffer, W., Krewitt, W., Lindeijer, E. W., Müller-Wenk, R., Olson, S.I., Pennington, D.W., Potting, J. & Steen, B. (eds.), Towards best practice in life cycle impact assessment – report of the second SETAC-Europe working group on life cycle assessment. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Pensacola, pp. 177-208.
- Guinée, J.B. (ed.), Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., de Koning, A., van Oers, L., Sleeswijk, A.W., Suh, S., Udo de Haes, H.A., de Bruijn, H., van Duin, R., Huijbregts, M., Lindeijer, E., Roorda, A.A.H., van der Ven, B.L. & Weidema, B.P. (2002) Handbook on life cycle assessment – Operational guide to the ISO standards. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Hauschild, M., Bastrup-Birk, A., Hertel, O., Schöpp W., and Potting, J. 2004. Photochemical ozone formation. In: Potting, J. and Hauschild, M. (eds.), Background for spatial differentiation in life cycle assessment – the EDIP 2003 methodology. Institute of Product Development, Copenhagen
- Heijungs, R., Guinée, J., Kleijn, R. ja Rovers, V. 2006. Bias in normalization: Causes, consequences, detection and remedies. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 12(4): 211-216.
- Heijungs, R. ja de Koning, A. 2004. Improvement of LCA characterization factors and LCA practice for metals. TNO Report 2004/347. TNO Environment, Energy and Process Innovation. Apeldoorn, Alankomaat.
- Huijbregts MA, Schöpp W, Verkuijlen E, Heijungs R, Reijnders, L (2001): Spatially explicit characterisation of acidifying and eutrophying air pollution in life-cycle assessment. *Journal of Industrial Ecology* 4(3): 75-92
- Huppes 2002. Abiotic resource depletion in LCA. Improving characterization factors for abiotic resource depletion as recommended in the new Dutch LCA Handbook.
- ISO (International Organization for Standardization) 1998. ISO 14041: environmental management-life cycle assessment –goal and scope definition and inventory analysis.
- ISO (International Organization for Standardization) 2000. ISO 14042: environmental management-life cycle assessment –life cycle impact assessment..
- IPCC (International Panel on Climate Change) 2007. Working Group 1: The Physical Science Basis of Climate change. Technical summary.
- Krewitt, W., Trukenmüller, A., Bachmann, T. M. & Heck, T. 2001. Country-specific damage factors for air pollutants: A step towards site dependent life cycle impact assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment* 6, pp. 199-210.
- Mattila, Tuomas. 2009. Haitallisten aineiden vaikutusten ja päästöjen mallinnus elinkaariarvioinnissa., Suomen ympäristökeskuksen raportteja 6/2009, Suomen ympäristökeskus (SYKE), Helsinki. 39 s. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=314394&lan=fi>
- Rassi, P., Alanen, A., Kanerva, T. & Mannerkoski, I. (toim.) 2001. Suomen lajien uhanalaisuus 2000. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki, 432 s.
- Seppälä, J., Knuutila, S. & Silvo, K. 2004. Eutrophication of Aquatic Ecosystems: A New Method for Calculating the Potential Contributions of Nitrogen and Phosphorus. *International Journal of Life Cycle Assessment* 9, p.p. 90-100.
- Seppälä, J., Posch, M., Johansson, M. & Hettelingh, J.-P. 2005. Country-dependent Characterisation Factors for Acidification and Terrestrial Eutrophication Based on Accumulated Exceedance as an Impact Category Indicator. *International Journal of Life Cycle Assessment* , 11, pp. 403-416.
- Sleeswijk, A. W., van Oers, L., Guinée, B.G., Struijs, J. & Huijbregts, M.A.J. (2007) Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic systems in the year 2000. *Science of the total environment* 390, p.p. 227-240.
- Struijs, J., Beusen, A., Huijbregts, M. 2007. Environmental impacts of nutrients in life-cycle impacts assessment. Bilthoven: LCA Expertise Centre, RIVM.
- Van Zelm, R., Huijbregts, M.A.J., Den Hollander, H.A., Van Jaarsveld, H.A., Sauter, F.J., Struijs, J., Van Wijnen, H.J., Van de Meent, D. (2008) European characterization factors for human health damage of PM10 and ozone in life cycle impact assessment. *Atmospheric Environment* 42, p.p. 441-453.
- WMO (1999). Scientific assessment of ozone depletion: 1998. Global ozone research and monitoring project – report no. 44. Geneva: World Meteorological Organization (WMO) 02-807-1722-7; 1999. 700 pp.

## LIITE 4. Suomen kansantalouden ympäristövaikutusten laskentaan liittyvää herkkyys- ja epävarmuustarkastelua

### I. Kotimaan toimintojen ympäristövaikutukset

Kun katsotaan kotimaan toimialojen kokonaisympäristövaikutuksia, joissa eri vaikutusluokat on yhdistetty subjektiivisen painottamisen kautta yhdeksi luvuksi, maa-talous ja energiantuotanto erottuvat selvästi eniten haittoja aiheuttavina toimialana sekä Kotimaa- että ReCiPe+ -laskentamalleilla (Kuva 1). Kotimaa- ja ReCiPe+ -mallit tuottavat hieman erilaisen kuvan eri toimialojen ympäristövaikutuksista.

Maa-, riista- ja kalataloustoimiala on suurin ympäristökuormittaja Kotimaa-mallilla tehdyssä tarkastelussa, kun taas ReCiPe+ -mallilla sähkö- ja lämpöhuolto on suurin ympäristöä kuormittavaksi toimialaksi (Kuva 1). Kummankin mallin kotimaan toimintojen aiheuttamien kokonaisympäristövaikutusten ekoindeksi-luvut on normeerattu 100:ksi eri mallien tulosten vertailun helpottamiseksi.

Muiden kuin ilmastovaikutusten osalta maa-, riista- ja kalataloustoimiala on kummassakin mallissa suurin kuormittaja (Kuva 2). Kotimaa-mallilla laskettuna maa-, riista- ja kalataloustoimialalla on suurimmat vaikutukset happamoitumisessa sekä vesien ja maaympäristön rehevöitymisessä että ekotoksisuudessa. Kotimaa- ja ReCiPe+ -mallien tulosten välillä on suuria eroja etenkin toksisuusvaikutuksissa.

Jos ajatellaan kokonaisvaikutuksia, joissa on ilmastovaikutukset lisätty laskelmiin, erot mallien välillä syntyvät nimenomaan ilmastovaikutuksista (Kuva 2). ReCiPe+ -mallissa ilmastomuutoksen painoarvo ei ole olennaisesti isompi muihin ympäristövaikutusluokkiin verrattuna (vrt. liite 3), minkä takia mallien erot löytyvät nimenomaan referenssitekijöiden vaikutuksista. Kotimaa-mallissa normalisoinnin referenssitekijänä on kotimaan ilmastovaikutukset, joita vastaan asiantuntijat ovat antaneet ilmastomuutoksen painoarvon eli tärkeysarvon suhteessa muihin Suomen kuormitustekijöiden aiheuttamiin ympäristöongelmiin (eli vaikutusluokkiin). Sen sijaan ReCiPe+ -mallissa ilmastomuutoksen painoarvo kuvaa ilmastomuutoksen tärkeyttä muihin ympäristöongelmiin globaalista näkökulmasta ja painottamisen lisäksi Suomen päästöt suhteutetaan normalisoinnissa koko maailman päästöihin.

Suomen kasvihuonekaasupäästöjen osuus maailman kasvihuonekaasupäästöistä on suuri verrattuna Suomen muiden päästöjen osuuksiin ko. maailman päästöistä. Tämän takia ilmastomuutos työntyy voimakkaasti esiin mallin tuloksissa samansuuruisella painoarvolla kuin mitä on käytetty Kotimaa-mallissa.

ReCiPe+-mallissa ilmastomuutoksen painokerroin on kuvan 1 laskelmissa 0,30, kun muiden vaikutusluokkien painoarvot ovat yhteensä 0,70. Kotimaa-mallissa ilmastomuutoksen painokerroin on 0,24 ja muiden ympäristövaikutusluokkien 0,76. Eri toimialojen ekoindeksi-arvojen muuttumista ilmastomuutoksen painoarvon muuttuessa voi hahmotella helposti tekemällä seuraavan laskutoimituksen. Jos lisää ilmastomuutoksen painoarvoa 50 %:lla suhteessa muihin ympäristövaikutusluokkiin esimerkiksi Kotimaa-mallissa (uusi painoarvo 0,36), niin sen seurauksena ilmastomuutoksen ”siniset palkit” venyvät jokaisessa toimialassa 50 %:lla ja vastaavasti tumman punainen palkin osa pienenee samassa suhteessa. Vastaavasti ReCiPe+ -mallissa ilmastomuutoksen painoarvon nostaminen 50 %:lla merkitsee sinisten palkkien kasvua 50 %:lla ja punaisten vähentymistä vastaavalla määrällä (ks. myös luku 2 tässä liitteessä).

Kummallakin mallilla on omat heikkoutensa ja vahvuutensa, minkä takia tulosten tulkintaan tulisi käyttää kummankin mallin informaatiota. Yleisenä linjauksena voidaan kuitenkin sanoa, että Kotimaa-malli aliarvioi selkeästi ilmastomuutoksen merkitystä muihin ympäristövaikutusluokkiin verrattuna. Lisäksi malli todennäköisesti

yliarvioi toksisuusvaikutuksia. Ilmastomuutoksen hillintä on koko vaikutusarvioinnin kriittisin kohta, minkä takia kasvihuonekaasupäästöt esitetään pääsääntöisesti tässä raportissa erillään muista ympäristövaikutuksista.

## 2. Tuonnin ja kansantalouden ympäristövaikutukset

Tuonnin ympäristövaikutuksien laskentaa on tehty kolmella eri arviointimenetelmällä: ReCiPe+ -, Kotimaa- ja Eurooppa -malleilla. Kaksi ensin mainittua arviointimallia lähtee siitä, että ulkomailla aiheutuvat päästöt aiheuttavat saman ympäristövasteen kuin kotimaan päästöt. Tätä oletusta käytetään perinteisesti elinkaariarvioinneissa. Eurooppa -mallin käytön lähtökohtana on tutkia tämän oletuksen herkkyyttä lopputulokseen. Eurooppa-mallissa tuonnin ympäristövaikutuksiin sovelletaan eurooppalaisia keskimääräisiä karakterisointikertoimia, joilla lasketaan happamoitumisen, alailmakehän otsonin ja pienhiukkasten indikaattoriarvot. Toksisten päästöjen vaikuttavuutta ihmisen terveyteen on herkkyyсарviointimielessä lisätty kaksinkertaiseksi Suomessa tapahtuviin päästöihin verrattuna. Muiden vaikutusluokkien osalta käytetään Kotimaa -mallin karakterisointikertoimia.

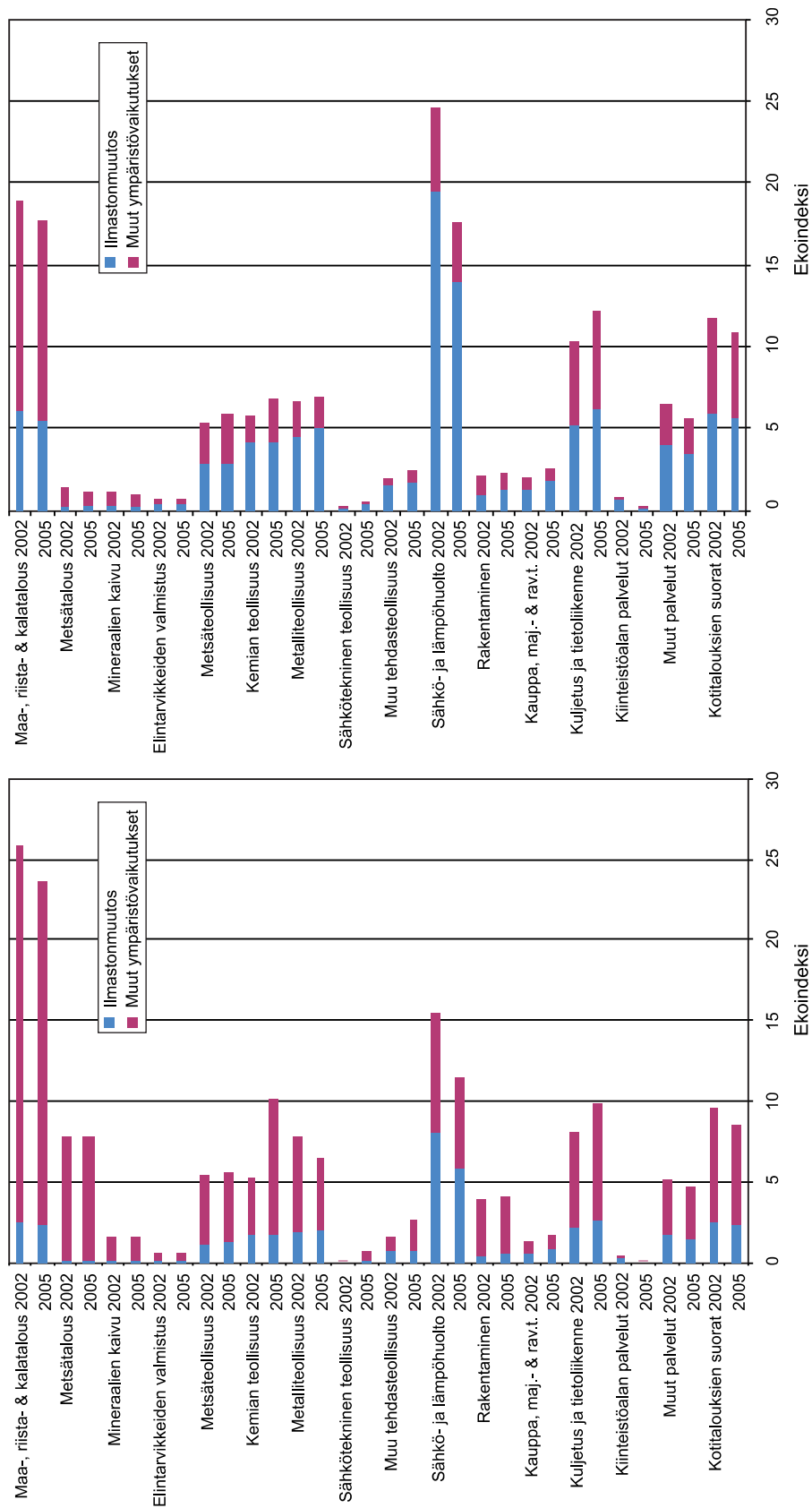
Kotimaa – ja Eurooppa -mallien tulosten kokonaisviesti tuonnin eri toimialojen ympäristövaikutusten eroista on hyvin samansuuntainen: metalliteollisuuden tuotteet aiheuttavat suurimmat ympäristövaikutukset. Toisaalta Eurooppa -malli antaa kaksinkertaisen ympäristövaikutuksen tuonnille Kotimaa -malliin verrattuna (Kuvat 3-4).

ReCiPe+ -mallin antama tuonnin ympäristövaikutusten kokonaiskuva on samansuuntainen Kotimaa- ja Eurooppa-mallien tulosten kanssa, kun katsotaan pelkästään muiden kuormitustekijöiden kuin kasvihuonekaasupäästöjen kokonaisympäristövaikutuksia (Kuva 4). Toimialojen välillä on kuitenkin suuria eroja. Kokonaiskuva muuttuu olennaisesti, jos malleihin liitetään kasvihuonekaasupäästöt (ilmastonmuutos) mukaan (Kuva 3). Kotimaa- ja Eurooppa -mallit painottavat tuonnin muita ympäristövaikutuksia kuin ilmastomuutosta. ReCiPe+ -malli puolestaan korostaa ilmastomuutoksen hillinnän tarpeellisuutta myös tuontituotteissa ja -palveluissa. Eri mallien tulosten tulokinnassa pätee samat varotukset ja suositukset kuin mitä on esitetty kotimaan suorien ympäristövaikutusten yhteydessä (ks. edellinen kohta ja luku 4.1).

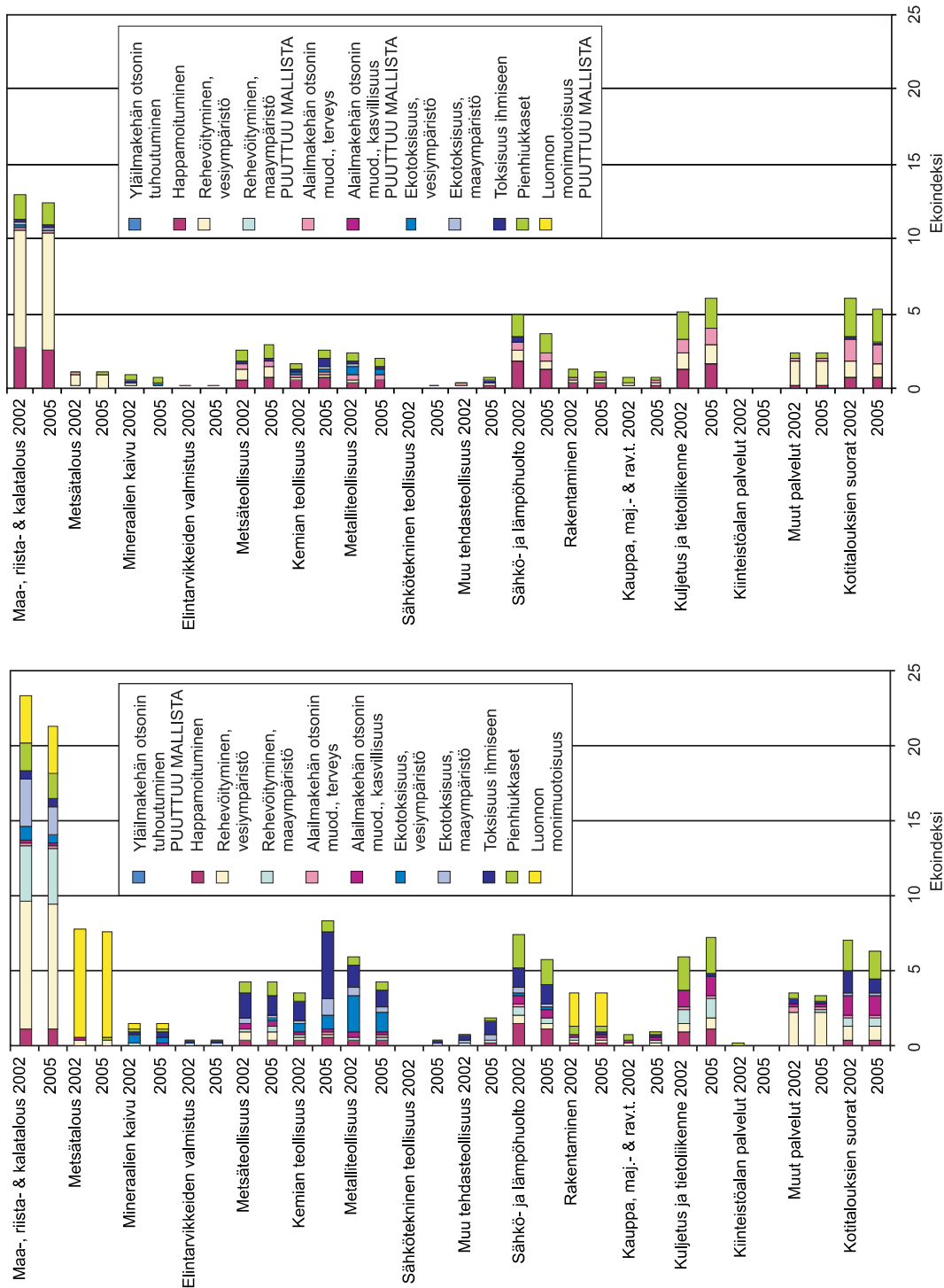
ReCiPe+ - ja Kotimaa -mallit antavat samansuuntaisen kuvan tuonnin ja kotimaan toimintojen välisestä kokonaisympäristövaikutuksissa, vaikka eri vaikutusluokkien merkitys näkyy arvioinneissa hyvin eri tavalla (Kuva 4). Eurooppa -malli antaa tuonnille selkeästi suuremman merkityksen kuin ReCiPe+ ja Kotimaa -mallit. Lisäksi sekä Kotimaa- ja Eurooppa -mallit antavat viestin, että kokonaisuudessaan Suomen kansantalouden ympäristövaikutukset ovat kasvaneet vuodesta 2002 vuoteen 2005 (Kuva 5).

Eurooppa -malli todennäköisesti ylliarvioi selvästi Suomen tuonnin ympäristövaikutuksia, vaikka on hyvin tiedossa, että Suomen pienhiukkaspäästöt ja monien haitallisten aineiden päästöt aiheuttavat etenkin ihmisen terveydelle pienemmän vasteen Suomessa kuin jos sama päästö tapahtuu Keski-Euroopassa. Selittävinä tekijöinä ovat Suomen pienemmät taustapitoisuudet ja ihmisten altistusmäärät. Olennainen kysymys on, että ovatko ympäristöolosuhteet Suomen raaka-aineita, väli- ja lopputuotteita valmistavissa maissa huonompia ympäristövaikutusten kannalta kuin Suomessa. Koska suurin osa Suomen tuontimateriaalivirroista tulee Venäjältä ja muualta Euroopasta (ks. Liite 2), eurooppalaisten keskiarvokertoimien käyttö herkkyyservertailuissa on perusteltua. Toisaalta on oletettavaa, että Suomen suuret materiaalivirrat tulevat harvaan asutuilta alueilta, jolloin suomalaisten ympäristöolosuhteiden käyttö laskelmissa on paremmin perusteltua (eli Kotimaa- mallien kertoimien käyttö tuonnin ympäristövaikutusten arvioinnissa).

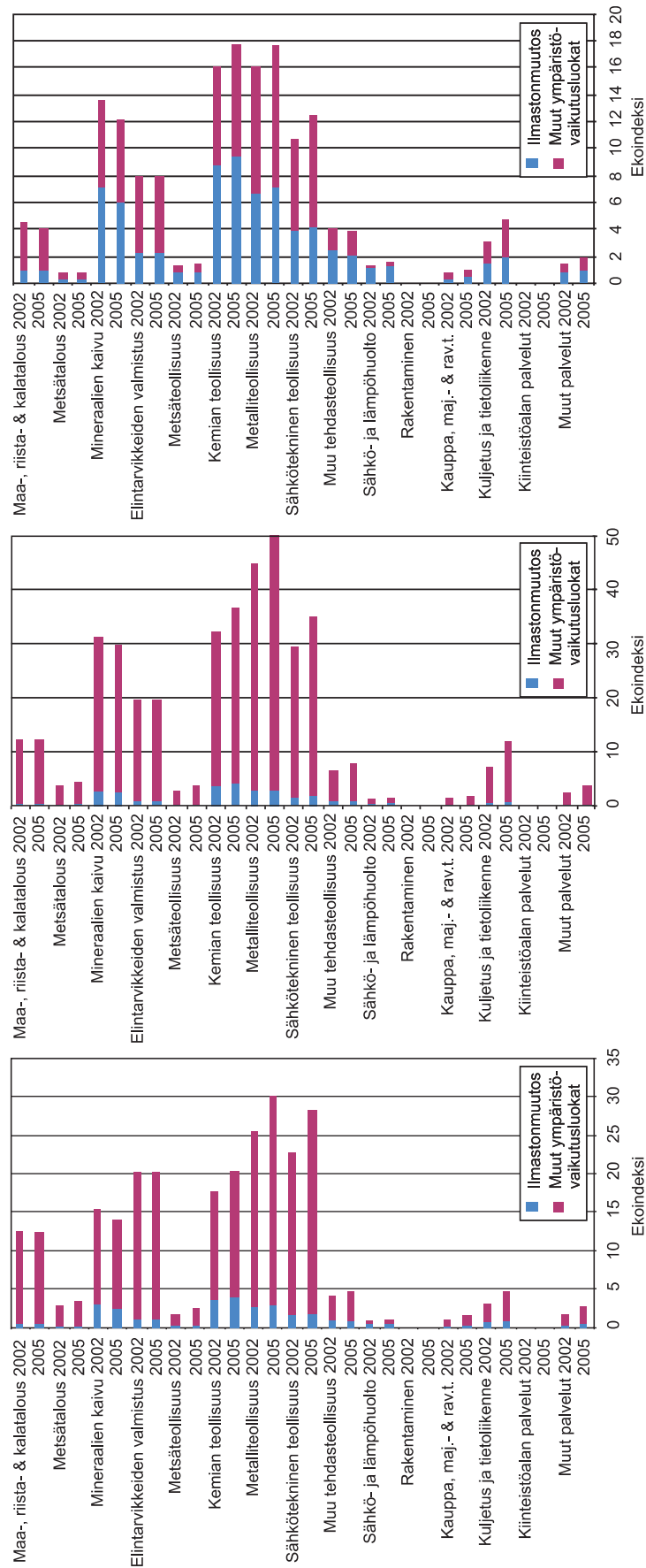
Tuonnin ja kotimaan toimintojen väliseen kokonaisympäristövaikutuseroon vaikuttaa ratkaisevasti se, että millä painoarvolla ilmastovaikutukset on asetettu suhteessa muihin ympäristövaikutuksiin. Asiaa on havainnollistettu kuvassa 6.



**Kuva 1.** Kotimaan toimintojen ympäristövaikutukset toimialoitain vuonna 2002 ja 2005. Vasemmanpuoleisen kuvan tulokset on laskettu Kotimaan -mallilla, ja oikeanpuoleisen kuvan ReCiPe+ -mallilla.

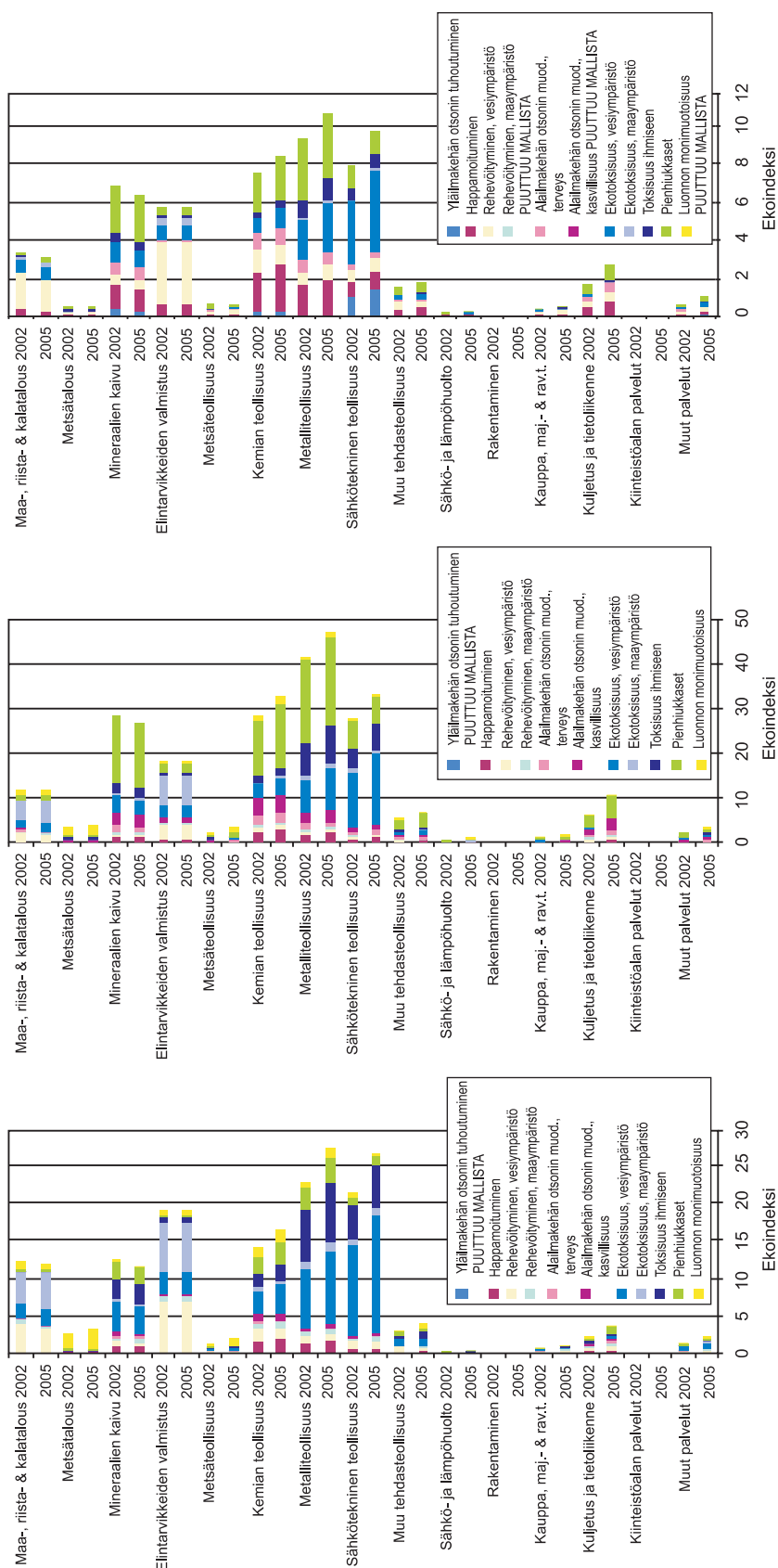


**Kuva 2.** Kotimaan toimintojen ympäristövaikutukset ilman ilmastovaikutuksia toimialoittein vuonna 2002 ja 2005. Vasemmanpuoleisen kuvan tulokset on laskettu *Kotima* -mallilla ja oikeanpuoleisen kuvan *ReCiPe+* -mallilla. Kuvat erittelevät vaikutusluokittain kuvan 1 ekoindeksit muille vaikutuksille kuin ilmastomuutokselle. Kuvat antavat vaihtoehtoisen kuvan ympäristövaikutuksista.

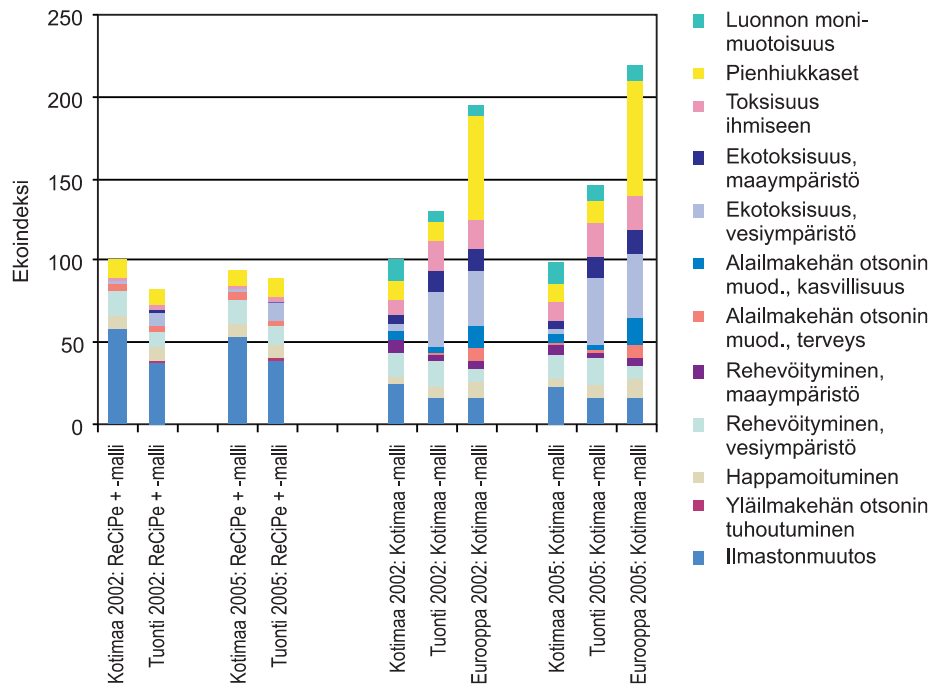


**Kuva 3.** Tuonnin elinkaariset kokonaisympäristövaikutukset toimialoittein vuonna 2002 ja 2005. Vasemmanpuoleinen kuva on laskettu Kotimaa -mallilla ja keskellä oleva kuva Eurooppa-mallilla. Oikeanpuoleinen kuva on laskettu ReCiPe+ -mallilla. Kuvat antavat vaihtehtoisia kokonaiskuvan ympäristövaikutuksista. Huomaa erot kuvien mitta-asteikoissa.

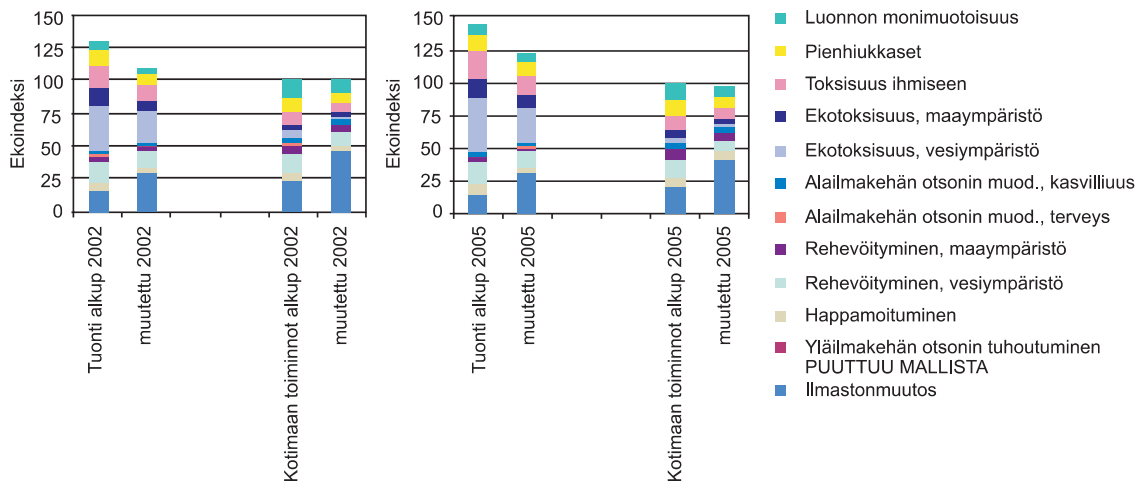




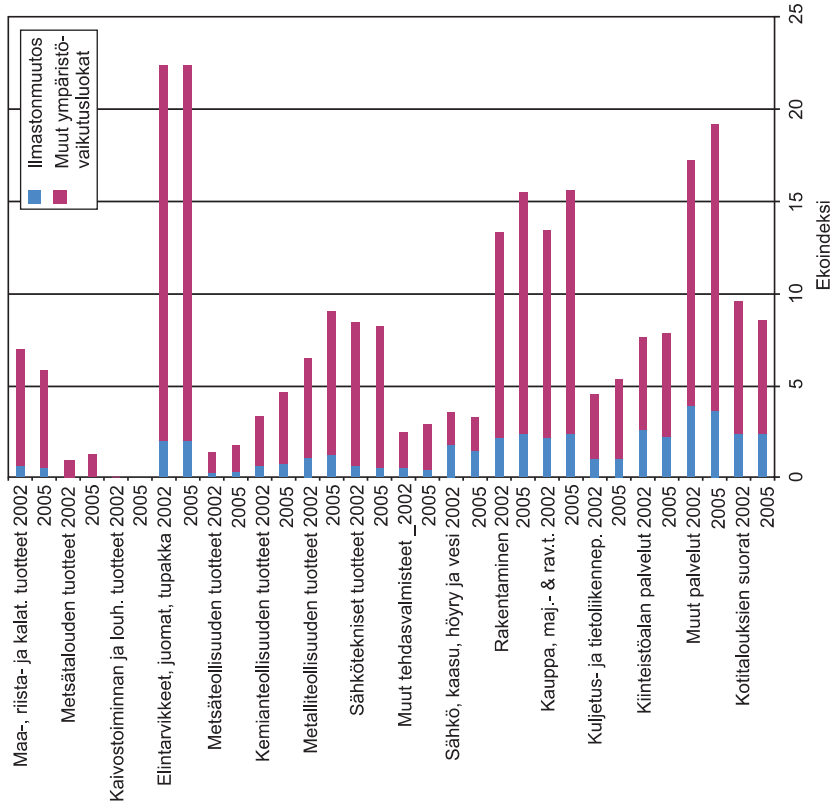
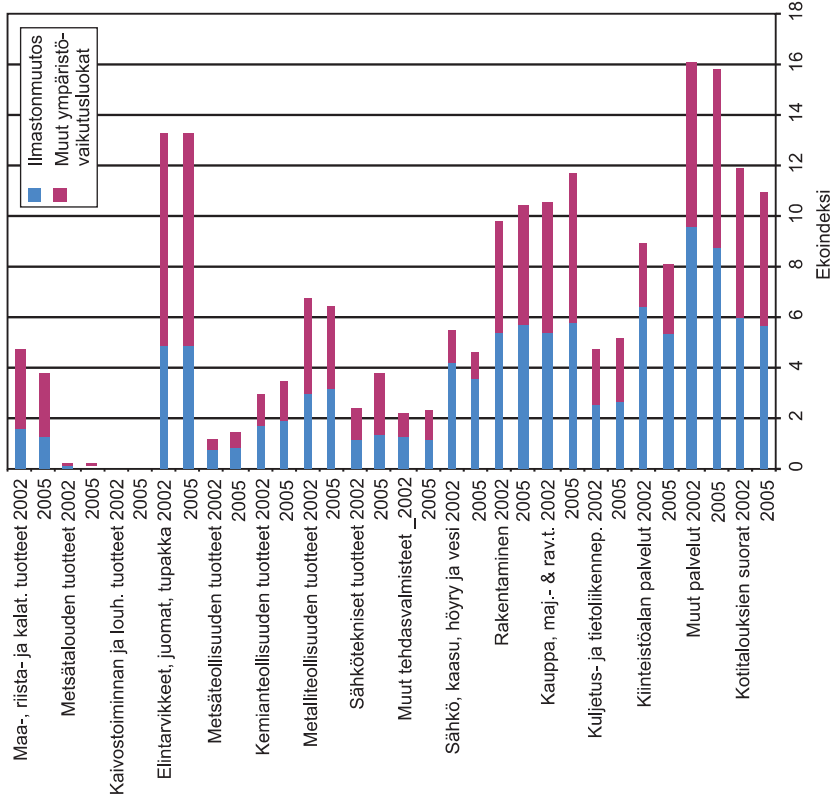
**Kuva 4.** Tuonnin elinkaariset ympäristövaikutukset ilman ilmastovaikutuksia toimialoitain vuonna 2002 ja 2005. Vasemmanpuoleinen kuva on laskettu *Kotima* -mallilla, keskellä *Eurooppa*-mallilla ja oikeanpuoleinen kuva *ReCiPe+* -mallilla. Kuvat erittelevät vaikutusluokittain kuvan 3 ekoindeksit muille vaikutuksille kuin ilmastomuutokselle ja ne antavat vaihtoehtoisen kokonaiskuvan ympäristövaikutuksista. Huomaa erot kuvien mitta-asteikoissa.



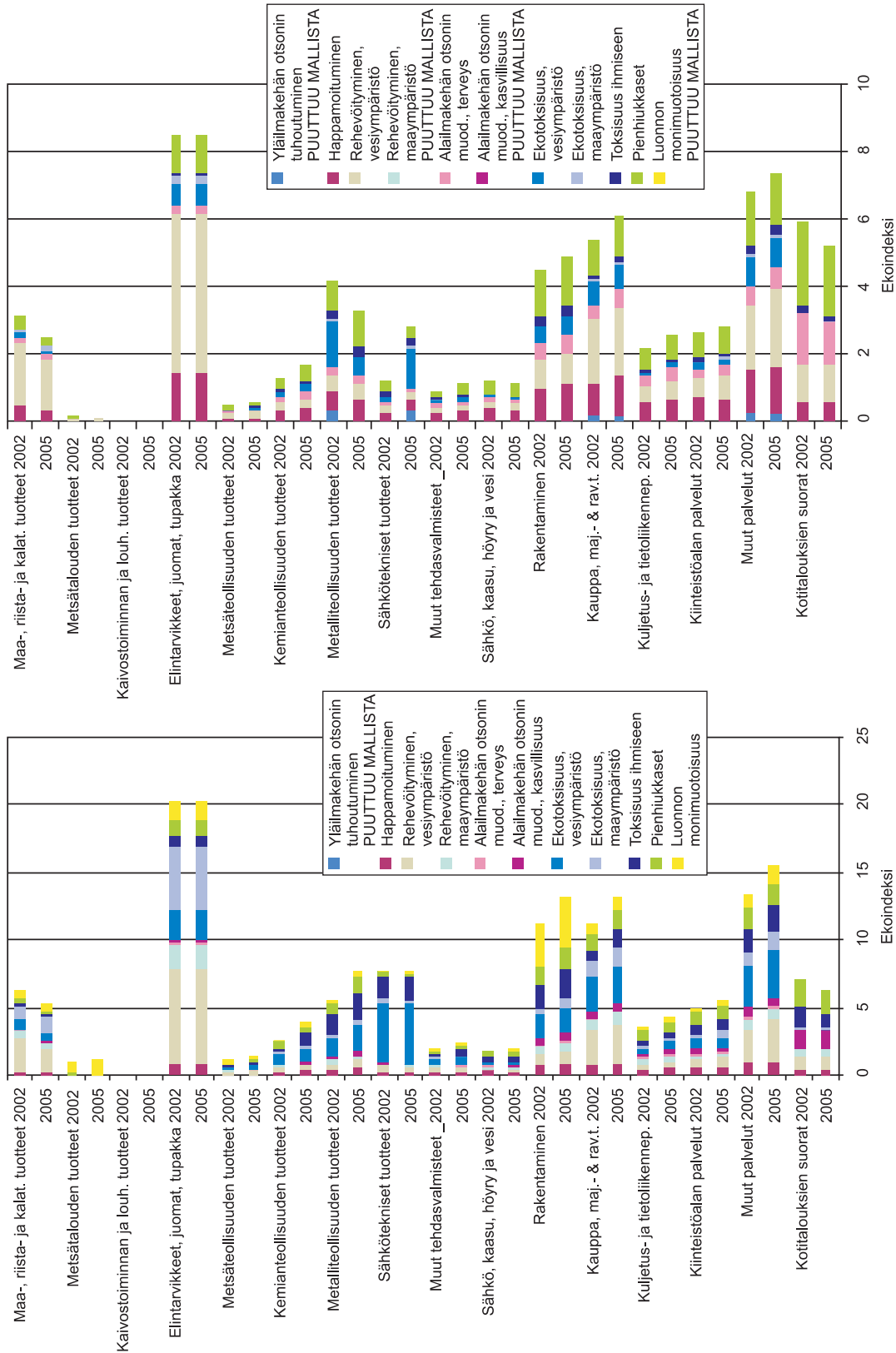
**Kuva 5.** Eri vaikutusarviointimallien antama kokonaiskuva tuonnin ja kotimaan toimintojen välisistä ympäristövaikutuksista vuosina 2002 ja 2005. Sekä ReCiPe+ - että Kotimaa -mallien ekoindeksi kotimaan aiheuttamille kokonaisympäristövaikutuksille vuonna 2002 on normeerattu 100:ksi, ohon tuonnin ja vuoden 2005 tuloksia voidaan verrata. Eurooppa -mallin tulokset kertovat vaihtoeh-toisen tuloksen Kotimaa -mallin tuontituloksille, jossa tuonnin päästöille on asetettu suuremmat vaikutukset kuin kotimaan päästöille happamoitumisessa, maaympäristön rehevöitymisessä, alail-makehän otsonin muodostumisessa (terveys- ja kasvillisuusvaikutukset), pienhiukkasissa ja toksis-uusvaikutuksissa ihmiseen.



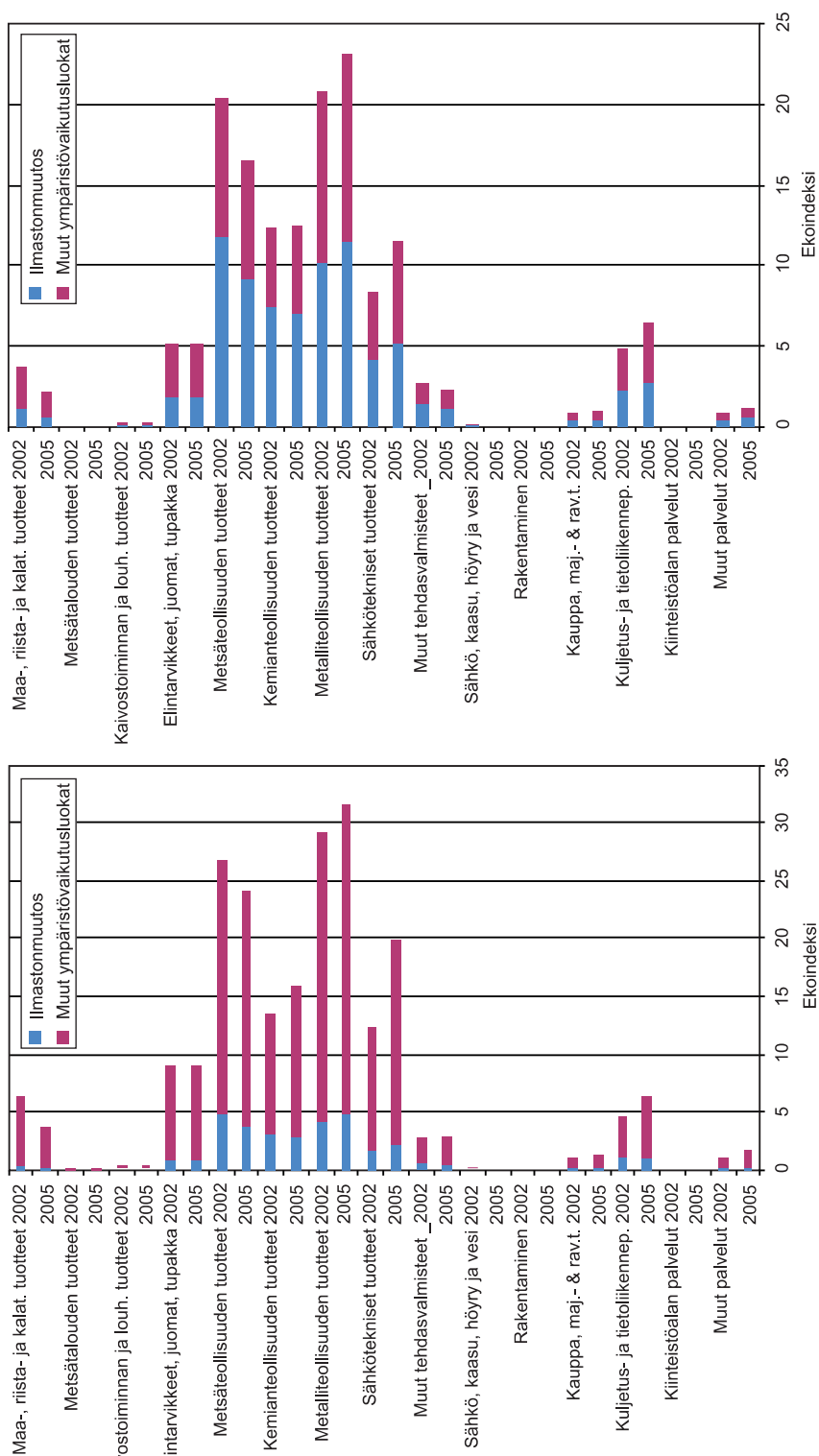
**Kuva 6.** Esimerkki ilmastovaikutuksen painoarvon muutoksesta Kotimaa -mallilla laskettuihin tuonnin ja kotimaan toimintojen ekoindeksilukuihin. Vasemmassa kuvassa tilanne vuonna 2002 ja oikeassa kuvassa tilanne vuonna 2005. Alkuperäisessä mallissa ilmastovaikutuksen painoarvo on 0,24 muiden ympäristövaikutusten painoarvon ollessa 0,76 (painoarvot aina yhteensä 1). Muutetussa mallissa ilmastovaikutusten painoarvo on kaksinkertainen alkuperäiseen tilanteeseen verrattuna. Muutoksen seurauksena tuonnin ekoindeksiluku vähenee suhteessa kotimaan toimintojen arvoon.



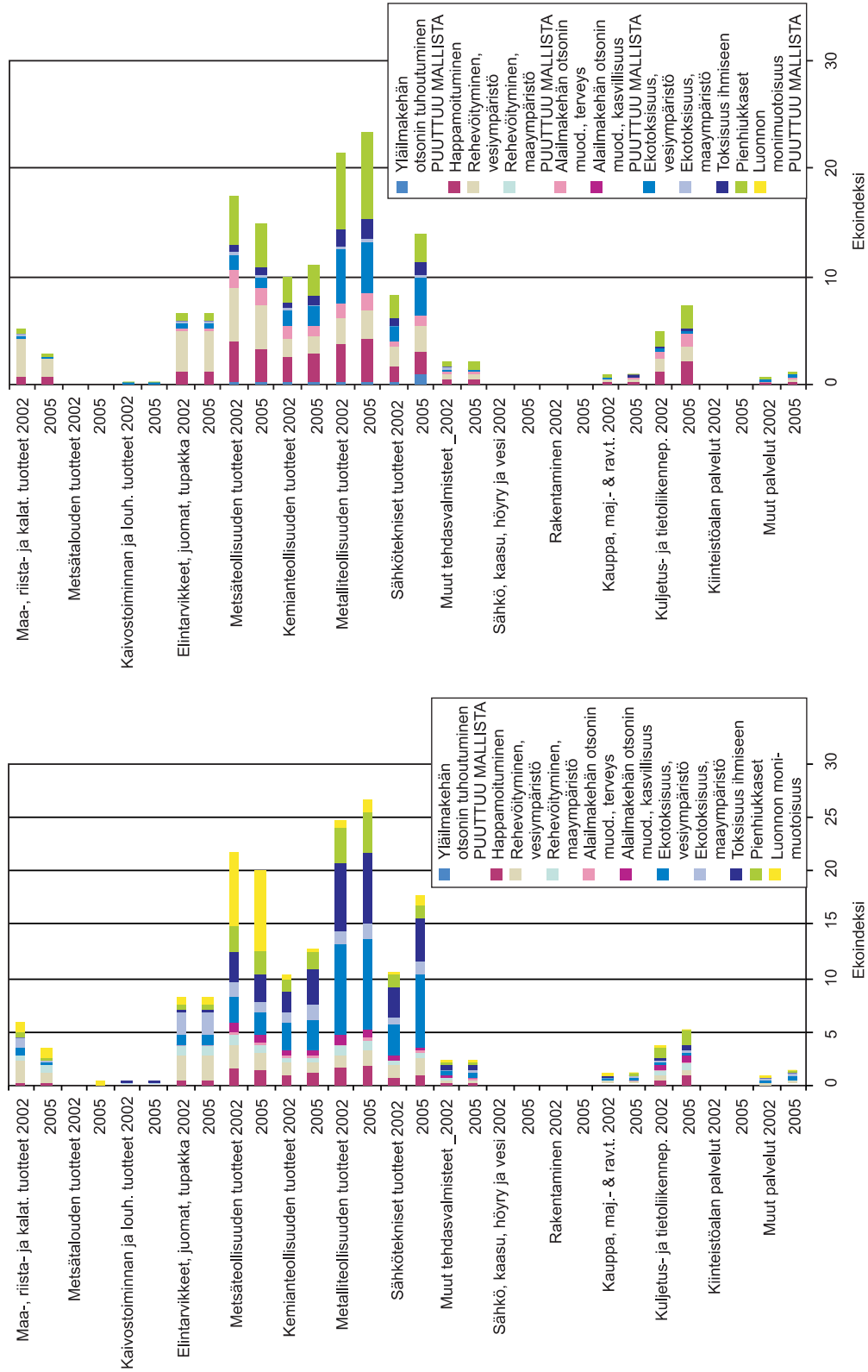
**Kuva 7.** Kotimaan loppukäytön kokonaisympäristövaikutukset toimialoitain vuonna 2002 ja 2005. Vasemman puoleisen kuvan tulokset on laskettu Kotimaan -mallilla, ja oikeanpuoleisen kuvan ReCIPe+ -mallilla. Huomaa erot kuvien mitta-asteikoissa.



**Kuva 8.** Kotimaan loppukäytön ympäristövaikutukset ilman ilmastovaikutuksia toimialoitain vuonna 2002 ja 2005. Vasemmanpuoleisen kuvan tulokset on laskettu Kotimaa -mallilla ja oikeanpuoleisen kuvan ReCIPE+ -mallilla. Kuvat erittelevät vaikutusluokittain kuvan 7 ekoindeksit muille kuin ilmastovaikutuksille. Kuvat antavat vaihtoehtoisen kuvan ympäristövaikutuksista. Huomaa erot kuvien mitta-asteikoissa.



**Kuva 9.** Viennin kokonaisympäristövaikutukset toimialoittein vuonna 2002 ja 2005. Vasemmanpuoleisen kuvan tulokset on laskettu *Kotimaa* -mallilla ja oikeanpuoleisen kuvan *ReCIPe+* -mallilla. Huomaa erot kuvien mittakaavoissa.



**Kuva 10.** Viennin ympäristövaikutukset ilman ilmastovaikutuksia toimialoitain vuonna 2002 ja 2005. Vasemmanpuoleisen kuvan tulokset on laskettu Kotiraa -mallilla ja oikeanpuoleisen kuvan ReCiPe+ -mallilla. Kuvat erittelevät vaikutusluokittain kuvan 9 ekoindeksit muille kuin ilmastovaikutuksille. Kuvat antavat vaihtoehtoisen kuvan ympäristövaikutuksista. Huomaa erot kuvien mitta-asteikoissa.

### 3. Kotimaan loppukäytön ja viennin ympäristövaikutukset

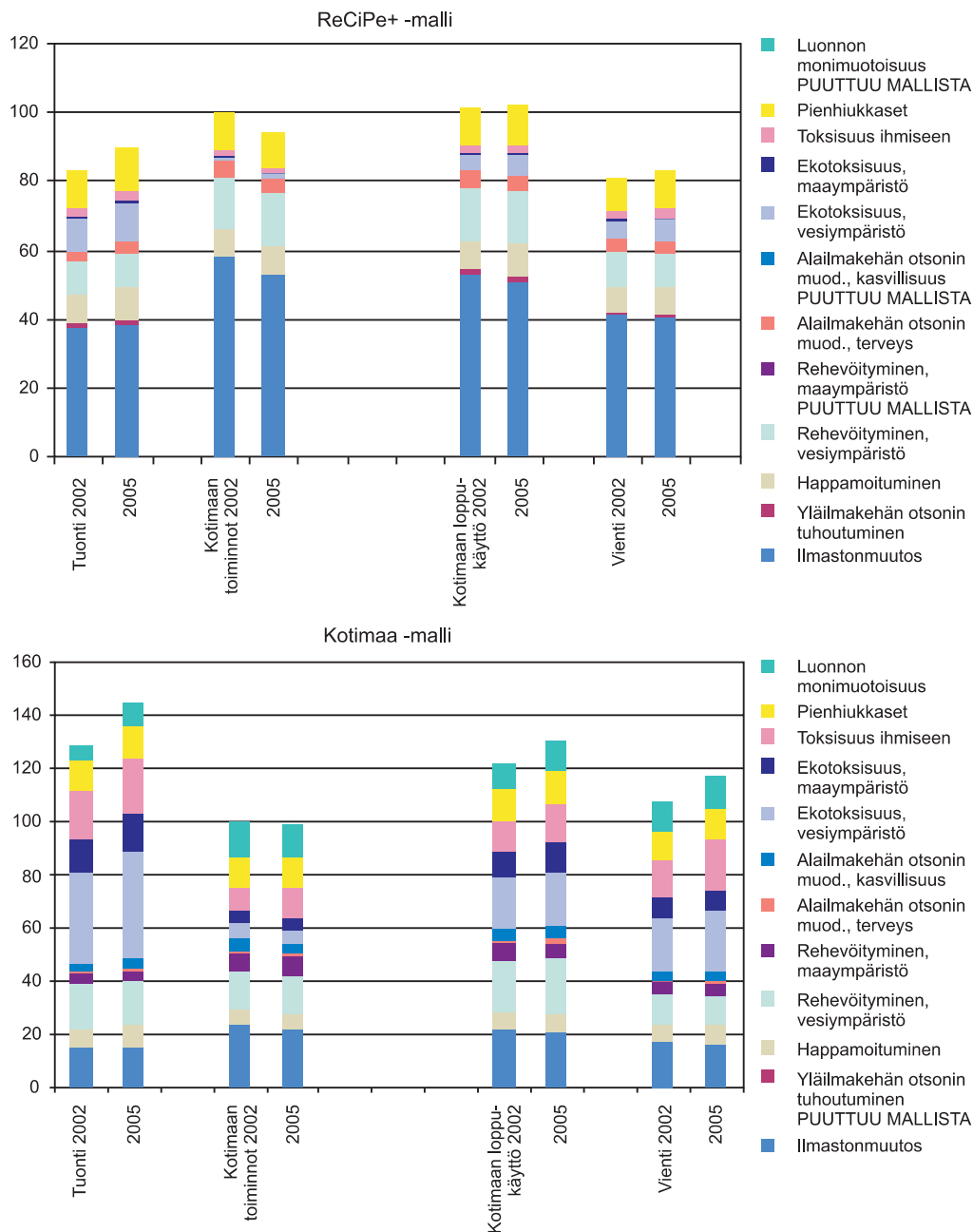
Suomen kansantalouden ympäristövaikutusten kokonaiskuva muuttuu olennaisesti, kun ne kohdennetaan kotimaan loppukäytölle ja viennille (Kuvat 7-8 ja 9-10). ReCiPe+ - ja Kotimaa -mallin antama kuva kokonaisympäristövaikutuksista poikkeaa eri toimialojen tuoteryhmien välillä jonkin verran. Suurin eroja selittävä tekijä on ilmastomuutoksen ja muiden ympäristövaikutusten välinen painoero malleissa. Tätä on käsitelty tarkemmin tämän liitteen luvussa 1. Lisäksi mallien antama kuva muiden kuin ilmastomuutosvaikutusten merkityksestä vaihtelee kovasti. Näistä vaikeuksista huolimatta kumpikin malli antaa kuitenkin samankaltaisen kokonaiskuvan.

### 4. Suomen kansantalouden ympäristövaikutustaseet

Suomen kansantalouden elinkaariset ympäristövaikutukset muodostuvat tuonnin ja kotimaan toimintojen ympäristövaikutuksista. Nämä ympäristövaikutukset kohdistuvat kotimaan loppukäyttöön (kulutus ja investoinnit) ja vientiin. Käyttämällä kahta erilaista arviointimallia, ReCiPe+ - ja Kotimaa -mallia, saadaan näistä taseista kansantalouden tasolla hyvin samanlainen kokonaiskuva, vaikka eri vaikutusluokkien suhteellinen osuus kokonaisvaikutuksissa vaihtelee eri malleissa huomattavasti (Kuva 11).

Kotimaa -malli antaa sekä tuonnille että viennille suuremmat kokonaisympäristövaikutukset kuin ReCiPe+ -malli. Tämä lisäys on seurausta siitä, että Kotimaa-malli painottaa ReCiPe+ -mallia selvästi enemmän toksisuusasioita jo kotimaan ympäristövaikutusarvioinnissa. Malleissa on sama tieteellinen perusta (samat karakterisointikertoimet kullekin haitta-aineelle) ja mallien välinen ero löytyy nimenomaan subjektiivisista mallien osista (vaikutusluokkien painokertoimet ja normalisoinnissa käytetty referenssitekijä, ks. liite 3). Erityisesti tuonnin sähkö- ja elektroniikka-, metalli- ja elintarviketuotteiden elinkaariset haitallisten aineiden päästöjen yhteenlaskettu toksisuusekvivalenttimäärä on huomattavasti suurempi kuin kotimaan toimintojen yhteenlaskettu määrä. Muun muassa tuontielintarvikkeiden valmistukseen käytettiin vielä 2002 ja 2005 erittäin voimakkaita torjunta-aineita (esim. atrazine), joiden käyttö Suomessa oli jo kielletty. Tämä tuonnin moninkertainen ero toksisuuden vaikutusluokissa kertaantuu suoraan Kotimaa-mallissa suureksi tuonnin vaikutukseksi ja edelleen viennin vaikutusosuudeksi muissa tuotteissa kuin elintarvikkeissa. Sen sijaan ReCiPe+ mallissa toksisuutta aiheuttavien vaikutusluokkien merkitys on hyvin pieni, koska se pystyy hyödyntämään maailman päästöjen kautta tapahtuvan normalisoinnin avulla tietoa, että Suomen toksisuutta aiheuttavien päästöjen osuus maailman haitallista päästöistä on pieni.

Edellä esitetystä syytä on perusteltua olettaa, että Kotimaa -malli yliarvioi toksisuutta. Toisaalta luvussa 2 tehty herkkyystarkastelu tuonnin ympäristövaikutuksille osoitti, että tuonnin ympäristökuormitus voi olla selvästi suurempi kuin kotimaan toimintojen kokonaisympäristövaikutukset. Ja tämä ero ohjautuu edelleen kotimaisen loppukäytön ja viennin tilille.



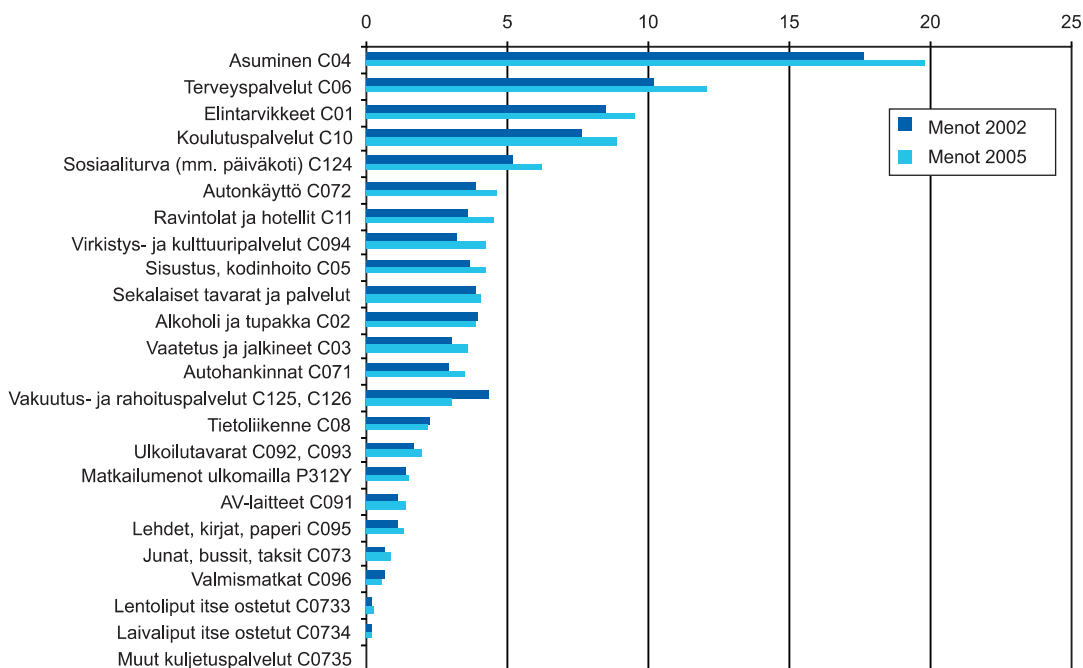
**Kuva II.** Suomen kansantalouden aiheuttamat ympäristövaikutukset (tuonti + kotimaan toiminnot) sekä niiden kohdentuminen kotimaan loppukäyttöön (kulutus ja investoinnit) ja vientiin vuonna 2002 ja 2005 ReCiPe+ - ja Kotimaa -malleilla laskettuna. Mallit antavat vaihtoehdoisen kuvan kokonaistilanteesta. Tulosten eroihin vaikuttaa myös se, että malleissa on mukana erilaisia vaikutusluokkia.



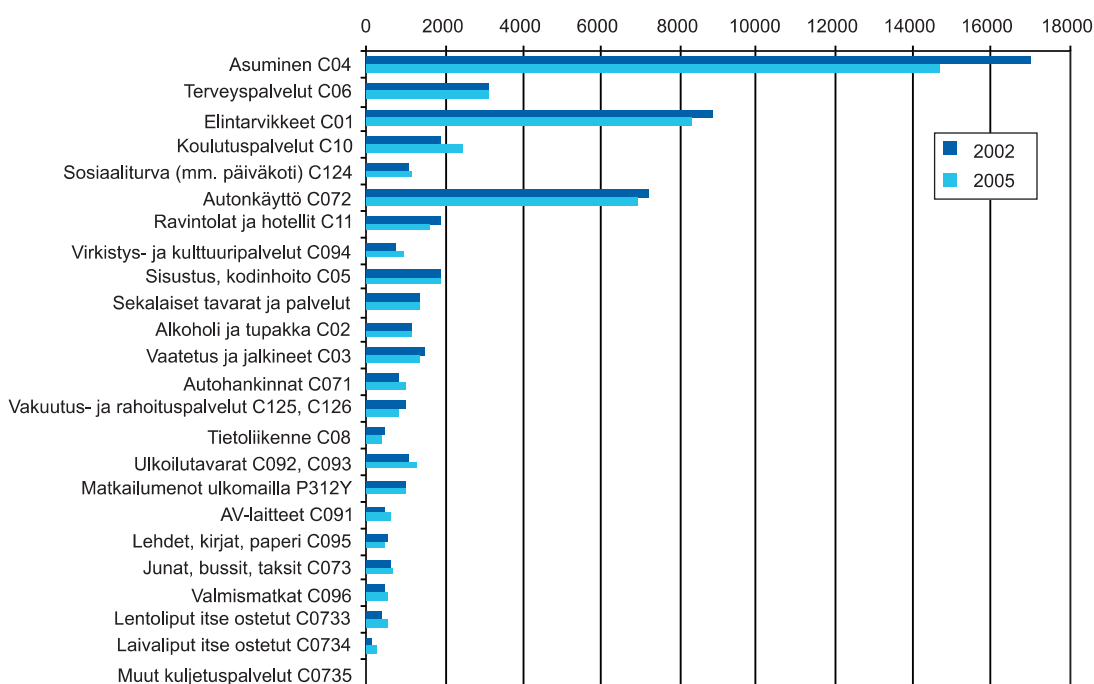
## LIITE 5. Todelliset yksilölliset kulutusmenot, ilmastovaikutukset (KHK), energiankulutus, muut ympäristövaikutukset (ekoindeksi) ja luonnonvarojen kokonaiskäyttö (TMR) vuosina 2002 ja 2005

Kuvissa A-E hyödykeryhmät on järjestetty suuruusjärjestykseen vuoden 2005 menojen mukaan.

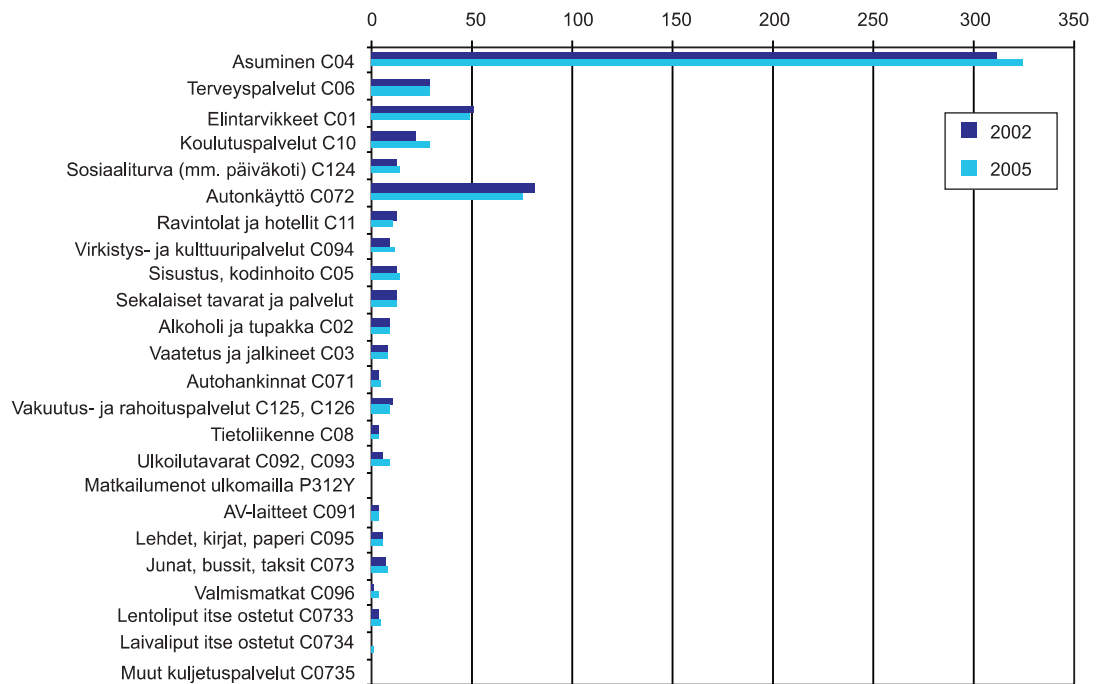
A) todelliset yksilölliset kulutusmenot, miljoonaa euroa



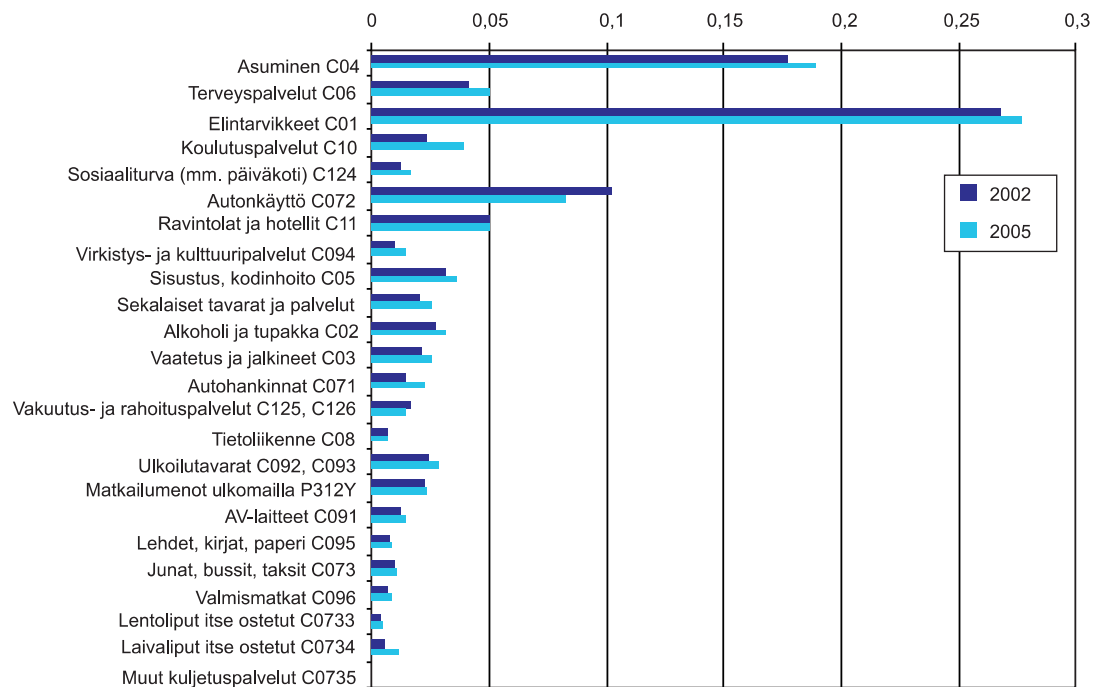
B) kasvihuonekaasupäästöt, 1000 t CO<sub>2</sub> ekv



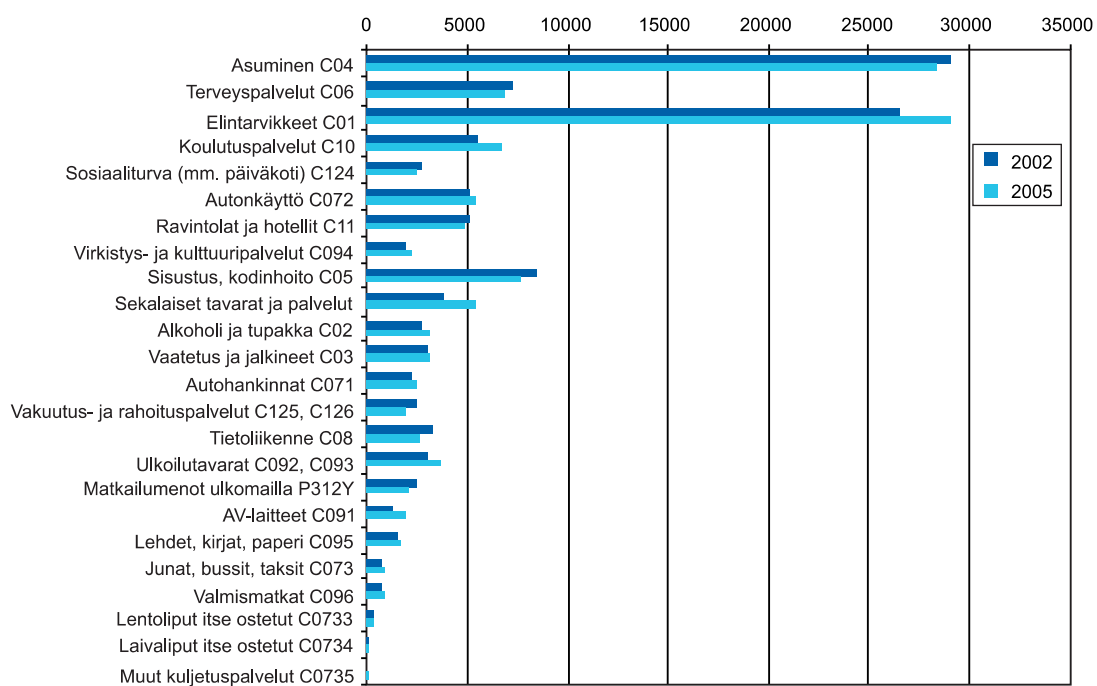
C) energiankulutus, PJ



D) Ekoindeksi, joka ReCiPe+ -mallilla laskettuna kuvaa tässä yhteydessä muita ympäristövaikutuksia kuin ilmastonmuutosta (kasvihuonekaasupäästöjä).



## E) TMR (luonnonvarojen kokonaiskäyttö), 1000 t



## LIITE 6. Elinkaariset ilmastovaikutukset lopputuoteryhmittäin vuonna 2005

TOL 2002	Elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt (KHK) lopputuoteryhmittäin vuonna 2005	Kokonais KHK Mijj. kg	Kotim. loppukäyttö KHK Mijj. kg	Vienti KHK Mijj.kg	Kotim loppu-käyttö %	Vienti %
	Keskiarvo	806	423	383		
	Mediaani	257	69	67		
I11	Kasvinviljelyn tuotteet	526	243,9	282	46,4	53,6
I12	Puutarhatalouden tuotteet	576	561,6	14,9	97,4	2,6
I21	Kotieläintalouden tuotteet	551	458,6	92,3	83,2	16,8
I25	Muut elävät eläimet ja niiden tuotteet	383	15,8	366,8	4,1	95,9
I4	Maataloutta palveleva toiminta	0	0	0	0	0
I5	Metsästys ja riistanhoito	3	3,1	0	99,9	0,1
211	Raakapuu	29	23,9	5,1	82,5	17,5
212	Puunkorjuupalvelut	1	0,6	0,3	70	30
219	Muut metsätaloustuotteet ja -palvelut	32	30,9	1	96,9	3,1
50	Kala ja muut kalastustuotteet, kalastukseen liittyvät	111	95,4	15,9	85,7	14,3
I00	Energiamineraalit	21	3,3	17,6	15,7	84,3
I30	Metallimalmit	32	0,6	31,7	2	98
I41	Kivi	21	1,5	19,2	7,2	92,8
I42	Hiekka ja savi	18	3,2	14,8	17,7	82,3
I43	Kemialliset ja lannoitemineraalit	5	0,1	5	1	99
I45	Muut kaivos- ja louhintatuotteet	85	1,7	83,6	2	98
I51	Liha ja lihatuotteet	2 208	1832,3	376	83	17
I52	Jalostettu tai säilötty kala ja kalatuotteet	73	67,1	5,7	92,2	7,8
I53	Jalostetut tai säilötyt hedelmät ja kasvikset	379	336,7	42,5	88,8	11,2
I54	Eläin- ja kasviöljyt ja -rasvat	307	150,5	156,1	49,1	50,9
I55	Meijerituotteet ja jäätelö	3 093	2117,8	975,1	68,5	31,5
I56	Myllytuotteet, tärkkelys ja tärkkelystuotteet	230	138,2	92,2	60	40
I57	Valmistettu eläinrehu	203	148	54,8	73	27
I58	Muut elintarvikkeet	1 178	928,5	249,4	78,8	21,2
I59	Juomat	899	718,6	180,4	79,9	20,1
I60	Tupakkatuotteet	0	0	0	0	0
I71	Tekstiililangat	8	4,5	3,9	53,6	46,4
I72	Tekstiilikankaat	27	2,8	24,4	10,5	89,5
I73	Tekstiilien viimeistelypalvelut	23	1,8	21,5	7,8	92,2
I74	Sovitettujen tekstiilituotteiden, ei kuitenkaan vaatteiden	106	72,4	33,8	68,2	31,8
I75	Muut tekstiilituotteet	304	106,3	197,7	35	65
I76	Neulokset	9	0,3	8,7	3,3	96,7
I77	Neuletuotteet	113	104,4	8,4	92,5	7,5
I81	Nahkavaatteet	8	5,8	1,9	75	25
I82	Muut vaatteet ja asusteet	507	353,9	153,6	69,7	30,3

183	Turkikset, turkistuotteet	5	0,6	4,5	12,1	87,9
191	Nahka	12	0,1	12,3	1,1	98,9
192	Matkalaukut, käsilaukut ja niiden kaltaiset tavarat,	32	18,9	13,2	58,8	41,2
193	Jalkineet	180	139,4	41	77,3	22,7
201	Puutavara, sahattu, höylätty tai kyllästetty	798	15,4	782,8	1,9	98,1
202	Vaneri, sekä muut paneelit ja levyt	604	14,6	589,1	2,4	97,6
203	Rakennuspuusepäntuotteet	288	12,4	275,7	4,3	95,7
204	Puupakkaukset	6	0,5	5,7	8,5	91,5
205	Muut puutuotteet, korkki-, olki- ja punontatuotteet	10	4,6	5	48,1	51,9
211	Massa, paperi, kartonki ja pahvi	10 629	181,7	10447,4	1,7	98,3
212	Paperi-, kartonki- ja pahvituotteet	311	93,8	217,4	30,1	69,9
221	Kirjat, sanomalehdet ja muut painotuotteet sekä	489	369,1	119,7	75,5	24,5
222	Painaminen ja painamiseen liittyvät palvelut	181	67,9	113	37,5	62,5
223	Tallenteiden jäljentämispalvelut	2	0,6	1,8	24,9	75,1
232	Öljytuotteet	4 166	1124,1	3042,1	27	73
241	Peruskemikaalit	4 159	246,3	3913,2	5,9	94,1
2415	Lannoitteet ja typpiyhdisteet	538	46,4	491,8	8,6	91,4
242	Torjunta-aineet ja muut maatalouskemikaalit	3	3	0	99,1	0,9
243	Maalit, lakat ja vastaavat päällysteet sekä painovärit	265	12	253,4	4,5	95,5
244	Lääkkeet, lääkkeiden raaka-aineet ja rohdoskemik	766	470,6	295,2	61,4	38,6
245	Glyseroli, saippua ja pesu-, puhdistus- ja kiillotusai	166	130,9	35,1	78,9	21,1
246	Muut kemialliset tuotteet	332	39,9	292,5	12	88
247	Tekokuidut	164	0,9	163,3	0,6	99,4
251	Kumituotteet	415	82,2	333,1	19,8	80,2
252	Muovituotteet	1 027	103,8	923,2	10,1	89,9
261	Lasi ja lasituotteet	342	31,8	310,3	9,3	90,7
262	Keraamiset tuotteet muihin kuin rakennustarkoituks	72	28	44	38,8	61,2
263	Keraamiset tiilet ja laatat	5	2,1	3	41,4	58,6
264	Tiilet ja rakennustarvikkeet, poltettua lasittamatonta	4	0,6	3,6	15	85
265	Sementti, kalkki ja kipsi	103	36,3	66,7	35,3	64,7
266	Betoni-, kipsi- ja sementtituotteet	123	25,7	97,6	20,8	79,2
267	Leikattu, muotoiltu ja viimeistely koriste- ja rakenn	20	0,8	19,1	4,1	95,9
268	Muut ei-metalliset mineraalituotteet	230	20	210,3	8,7	91,3
271	Rauta, teräs ja rautaseokset	7 031	126,5	6904,9	1,8	98,2
272	Putket	400	2	397,6	0,5	99,5
273	Muu ensimmäisen jalostusasteen rauta ja teräs	25	1,8	23,6	7	93
274	Jalometallit ja muut värimetallit	1 991	19,1	1971,7	1	99
275	Valimopalvelut	56	5	51,2	8,8	91,2
281	Metallirakenteet	425	43,4	381,2	10,2	89,8
282	Metallisäiliöt, -altaat ja -astiat, keskuslämmityspatte	133	30,6	102,8	23	77
283	Höyrykattilat, ei kuitenkaan lämminvesikattilat kes	138	59,1	78,9	42,8	57,2
284	Metallin takomis-, puristamis-, meistämis- ja valssa	1	0,7	0,4	61,7	38,3
285	Metallin työstö- ja päällystämispalvelut, metallin	338	23,6	314,8	7	93
286	Hienotaokset, työkalut yms. rautatavara	132	41,6	90,8	31,4	68,6
287	Muut metallituotteet	317	47,3	269,8	14,9	85,1
291	Mekaaniset voimakoneet, ei kuitenkaan lentokoneid	1 065	281,3	784	26,4	73,6
292	Muut yleiskäyttöön tarkoitettut koneet	1 130	329	801,1	29,1	70,9
293	Maa- ja metsätalouskoneet	578	185,7	391,8	32,2	67,8

294	Työstökoneet	318	108,4	209,7	34,1	65,9
295	Muut erikoiskoneet	1 342	288,3	1054,1	21,5	78,5
296	Aseet ja ammuks	112	35,7	75,8	32	68
297	Kodinkoneet, muualle luokittelemattomat	273	196,6	76,4	72	28
300	Toimisto- ja tietokoneet	1 104	515,4	588,7	46,7	53,3
311	Sähkömoottorit, -generaattorit ja -muuntajat	701	152,6	548,3	21,8	78,2
312	Sähkönjakelu- ja tarkkailulaitteet	254	80,8	173	31,8	68,2
313	Eristetyt johtimet ja kaapelit	272	73,4	198,2	27	73
314	A kut, galvaanis	8	3,7	4,3	46,5	53,5
315	Valaistuslaitteet ja sähkölamp	86	19,3	66,6	22,5	77,5
316	Sähkölaitteet, muualle luokittelemattomat	122	6,9	115,2	5,7	94,3
321	Elektroniset putket ja muut elektroniset komponent	171	8,2	163	4,8	95,2
322	Televisio- ja radiolähet	4 775	240,5	4534,3	5	95
323	Televisio- ja radiovastaanottimet, äänen ja kuvan tal	279	220,3	59,2	78,8	21,2
331	Lääkintä- ja kirurgiset kojeet sekä ortopediavälineet	317	99,2	217,7	31,3	68,7
332	Mittaus-, tarkkailu-, testaus-, navigointi- ja vastaava	309	84,2	224,7	27,3	72,7
333	Teollisuuden prosessinsäätölaitteet	42	10,7	31	25,6	74,4
334	Optiset instrumentit ja valokuvausvälineet	43	34	9,3	78,6	21,4
335	Kellot	6	6,1	0,1	99,1	0,9
341	Moottoriajoneuvot	1 811	944,9	865,7	52,2	47,8
342	Moottoriajoneuvojen korit, perävaunut ja puoliperä	261	82,3	178,8	31,5	68,5
343	Moottoriajoneuvojen ja niiden moottoreiden osat ja	361	148,6	212	41,2	58,8
351	Laivat ja veneet	404	121,7	282,1	30,1	69,9
352	Rautatie- ja raitiotieliikenteen veturit ja liikkuva ka	121	100,8	20,1	83,3	16,7
353	Ilma-alukset ja avaruusalukset	86	25,3	61	29,3	70,7
354	Moottoripyörät ja polkupyörät	61	54,7	6	90,2	9,8
355	Muut kulkuneuvot, muualle luokittelemattomat	31	3,1	28,3	9,9	90,1
361	Huonekalut	398	265,3	132,5	66,7	33,3
362	Korut ja muut kultasesäntuotteet	33	21,8	11,6	65,2	34,8
363	Soittimet	8	7,4	0,7	91,2	8,8
364	Urheiluvälineet	102	53,8	48,4	52,6	47,4
365	Pelit ja leikkikalut	180	141,4	38,9	78,4	21,6
366	Erinäiset tehdasvalmisteet, muualle luokittelematt	68	47,3	21,2	69,1	30,9
371	Metallitoisioraaka-aineet	67	1,9	64,7	2,9	97,1
372	Muut kuin metalliset toisioraaka-aineet	4	2,4	1,2	67,5	32,5
401	Sähkön tuotanto- ja jakelupalvelut	4 728	4679,3	48,3	99	1
402	Valmistettu kaasu ja kaasumaisten polttoaineiden ja	0	0,1	0	72,2	27,8
403	Höyryn ja lämminveden jakelupalvelut	73	69,3	3,4	95,3	4,7
410	Kerätty ja puhdistettu vesi, veden jakelupalvelut	15	14,7	0,1	99,5	0,5
451	Talonrakennustyöt	5 462	5460,1	2,1	100	0
452	Maa- ja vesirakennustyöt	2 257	2228,9	28	98,8	1,2
459	Muut rakennuspalvelut	0	0	0	0	0
500	Tukku- ja vähittäiskaupan palvelut	5 959	5595,1	363,6	93,9	6,1
502	Moottoriajoneuvojen korjaus- ja huoltopalvelut	357	354,6	2	99,4	0,6
551	Majoituspalvelut	492	398,3	93,3	81	19
553	Ravintolapalvelut	1 588	1438,5	149,1	90,6	9,4
601	Rautatieliikennepalvelut	247	167,1	79,4	67,8	32,2
602	Muut aikataulunmukaiset maitse tapahtuvat henkilö	486	331,1	154,5	68,2	31,8

603	Taksiliikennepalvelut ja henkilöautojen vuokrauspa	169	168,6	0	100	0
604	Tieliikenteen tavarankuljetuspalvelut	448	10,3	437,8	2,3	97,7
605	Putkijohtokuljetuspalvelut	0	0	0	0	0
610	Vesiliikennepalvelut	2 368	632,3	1735,2	26,7	73,3
620	Ilmaliikennepalvelut	1 908	868,5	1039,4	45,5	54,5
631	Tien- ja radanpitopalvelut	428	425,2	3,1	99,3	0,7
633	Matkatoimistojen ja matkanjärjestäjien palvelut	649	492,8	156,1	75,9	24,1
639	Muut liikennettä avustavat palvelut	276	122,7	153	44,5	55,5
640	Posti- ja teleliikennepalvelut	414	345,5	68,8	83,4	16,6
650	Rahoitus- ja vakuutuspalvelut	789	798,3	0	100	0
7021	Asuntojen omistus ja vuokraus	7 226	7225,8	0	100	0
703	Muut kiinteistöpalvelut	472	472,3	0,1	100	0
710	Liike-elämän palvelut	1 610	939,7	670,4	58,4	41,6
750	Julkisen hallinnon palvelut	2 768	2709,2	59	97,9	2,1
800	Koulutuspalvelut	1 485	1483,6	1,3	99,9	0,1
851	Terveystenhoito- ja eläinlääkintäpalvelut	1 993	1992,3	1,2	99,9	0,1
853	Sosiaalipalvelut	1 016	1014,1	1,4	99,9	0,1
9001	Jätevesien keruu- ja käsittelypalvelut	35	34,6	0	100	0
9002	Jätehuolto, puhtaanapito ja vastaavat palvelut	128	123,9	4,3	96,7	3,3
910	Muut yhteiskunnalliset ja henkilökohtaiset palvelut	2183	2113,2	69,6	96,8	3,2
	Kotitalouksien suorat	7745	4354,6	3390,6	56,2	43,8
	Ulkomaanliikenteen korjaus	0	-24921,6	24921,6	0,0	0,0

## LIITE 7. Luonnonvarojen kokonaiskäyttö sekä elinkaariset ilmastovaikutukset ja muut ympäristövaikutukset tuoteryhmittäin per euro perushintaan vuonna 2005

Sisältää koti- ja ulkomaiset vaikutukset, kotimaiset ja tuontituotteet painotettu niiden markkinaosuuksilla Suomessa

**Käytetyt lyhenteet:** TMR= luonnonvarojen kokonaiskäyttö, KHK = kasvihuonekaasupäästöt (ilmastovaikutukset), Ekoindeksi= muut ympäristövaikutukset kuin ilmastovaikutukset (laskeutu ReCiPe+ -mallilla).

		TMR	KHK	Ekoindeksi
		Keskiarvo Mediaani		
		8,93 2,44	0,98 0,61	0,23 0,12
<b>KTOL</b>	<b>Nimike</b>			
0111	Kasvinviljelyn tuotteet	14,68	3,36	1,76
0112	Puutarhatalouden tuotteet	4,98	0,85	0,34
0121	Kotieläintalouden tuotteet	11,86	3,36	1,29
0125	Muut elävät eläimet ja niiden tuotteet	4,15	1,16	0,66
014	Maataloutta palveleva toiminta	4,78	1,21	0,28
015	Metsästys ja riistanhoito	0,31	0,04	0,01
0211	Raakapuu	37,23	0,28	0,13
0212	Puunkorjuupalvelut	1,09	0,46	0,07
0219	Muut metsätaloustuotteet ja -palvelut	3,84	0,61	0,12
050	Kala ja muut kalastustuotteet, kalastukseen liittyvät palvelut	1,44	1,31	0,70
100	Energiamineraalit	9,47	1,56	0,23
101	<i>Kivihili</i>	38,18	4,15	0,39
103	<i>Turve</i>	43,02	0,76	0,52
11101	<i>Raakaöljy</i>	3,86	0,63	0,15
11102	<i>Maakaasu</i>	7,24	5,82	0,50
130	Metallimalmit	42,79	0,65	0,53
131	<i>Rautamalmit ja -rikasteet</i>	40,34	0,42	1,20
132	<i>Muut metallimalmit ja -rikasteet</i>	43,30	0,70	0,39
141	Kivi	74,70	0,65	0,31
142	Hiekka ja savi	202,42	1,07	0,14
143	Kemialliset ja lannoitemineraalit	239,84	1,92	0,26
145	Muut kaivos- ja louhintatuotteet	57,82	1,67	0,46
151	Liha ja lihatuotteet	6,80	2,20	0,91
152	Jalostettu tai säilötty kala ja kalatuotteet	1,01	0,60	0,16
153	Jalostetut tai säilötty hedelmät ja kasvikset	2,29	0,88	0,28
154	Eläin- ja kasviöljyt ja -rasvat	30,24	3,27	2,06
155	Meijerituotteet ja jäätelö	8,70	2,44	0,89
156	Myllytuotteet, tärkkelys ja tärkkelystuotteet	8,80	1,99	1,17
157	Valmistettu eläinrehu	17,47	2,30	1,12
158	Muut elintarvikkeet	3,82	0,84	0,39
159	Juomat ja tupakka	2,42	0,87	0,28
171	Tekstiililangat	3,63	0,67	0,11
172	Tekstiilikankaat	5,68	1,22	0,34



173	Tekstiilien viimeistelypalvelut	3,28	0,97	0,15
174	Sovitetut tekstiilituotteet, ei kuitenkaan vaatteet	1,78	0,62	0,15
175	Muut tekstiilituotteet	1,84	0,84	0,19
176	Neulokset	2,63	0,88	0,21
177	Neuletuotteet	1,06	0,50	0,08
181	Nahkavaatteet	0,98	0,35	0,06
182	Muut vaatteet ja asusteet	1,35	0,54	0,11
183	Turkikset, turkistuotteet	3,73	0,39	0,07
191	Nahka	2,99	1,00	0,19
192	Matkalaukut, käsilaukut ja niiden kaltaiset tavarat, satula- ja valjaste- okset	2,47	0,84	0,14
193	Jalkineet	1,27	0,60	0,10
201	Puutavara, sahattu, höylätty tai kyllästetty	13,18	0,53	0,11
202	Vaneri, sekä muut paneelit ja levyt	7,19	0,78	0,13
203	Rakennuspuusepäntuotteet	5,49	0,51	0,11
204	Puupakkaukset	5,92	0,42	0,08
205	Muut puutuotteet, korkki-, olki- ja punontatuotteet	2,52	0,41	0,07
211	Massa, paperi, kartonki ja pahvi	7,78	1,37	0,20
212	Paperi-, kartonki- ja pahvituotteet	3,53	0,75	0,12
221	Kirjat, sanomalehdet ja muut painotuotteet sekä tallenteet	1,02	0,30	0,05
222	Painaminen ja painamiseen liittyvät palvelut	2,82	0,63	0,10
223	Tallenteiden jäljentämispalvelut	2,29	0,90	0,15
230	Koksi, öljytuotteet ja ydinpolttoaine	4,64	1,28	0,26
231	<i>Koksi</i>	45,25	2,33	0,45
232	<i>Öljytuotteet</i>	3,34	1,22	0,24
233	<i>Ydinpolttoaine</i>	37,95	5,26	1,56
241	Peruskemikaalit	6,10	2,24	0,27
2415	Lannoitteet ja tyyppiyhdisteet	41,58	4,23	0,42
242	Torjunta-aineet ja muut maatalouskemikaalit	0,98	0,45	0,08
243	Maalit, lakat ja vastaavat päällysteet sekä painovärit ja mastis	4,91	0,87	0,14
244	Lääkkeet, lääkkeiden raaka-aineet ja rohdoskemikaalit	0,45	0,48	0,07
245	Pesu-, puhdistus- ja kiillotusaineet, hajusteet ja toalettilmisteet	2,24	0,60	0,10
246	Muut kemialliset tuotteet	4,02	1,05	0,14
247	Tekokuidut	4,63	2,01	0,81
251	Kumituotteet	2,35	0,90	0,21
252	Muovituotteet	2,34	1,01	0,17
261	Lasi ja lasituotteet	2,94	0,95	0,14
262	Keraamiset tuotteet muihin kuin rakennustarkoituksiin	2,57	0,65	0,09
263	Keraamiset tiilet ja laatat	2,02	0,72	0,10
264	Tiilet ja rakennustarvikkeet, poltettua lasittamatonta savea	11,29	1,73	0,18
265	Sementti, kalkki ja kipsi	22,86	10,77	0,67
266	Betoni-, kipsi- ja sementtituotteet	16,53	1,66	0,16
267	Leikattu, muotoiltu ja viimeistely koriste- ja rakennuskivi ja siitä tehdyt tavarat	16,71	0,43	0,08
268	Muut ei-metalliset mineraalituotteet	5,23	1,22	0,19
271	Rauta, teräs ja rautaseokset	7,73	1,95	0,28
272	Putket	3,30	1,03	0,18
273	Muu ensimmäisen jalostusasteen rauta ja teräs	6,18	0,83	0,29
274	Jalometallit ja muut värimetallit	21,41	1,27	0,64

275	Valimopalvelut	3,61	1,00	0,18
281	Metallirakenteet	3,51	0,95	0,17
282	Metallisäiliöt, -altaat ja -astiat, keskuslämmityspatterit ja -kattilat	3,64	1,12	0,17
283	Höyrykattilat, ei kuitenkaan lämminvesikattilat keskuslämmityksiä varten	1,12	0,42	0,07
284	Metallin takomis-, puristamis-, meistämis- ja valssauspalvelut, jauhe-metallurgia	3,51	1,00	0,15
285	Metallin työstö- ja päällystämispalvelut, metallin mekaaniset työstö-palvelut	3,76	0,84	0,15
286	Hienotaokset, työkalut yms. rautatavara	2,04	0,51	0,10
287	Muut metallituotteet	3,95	0,81	0,17
291	Mekaaniset voimakoneet, ei kuitenkaan lentokoneiden ja ajoneuvojen moottorit	1,61	0,54	0,10
292	Muut yleiskäyttöön tarkoitettut koneet	2,02	0,46	0,11
293	Maa- ja metsätalouskoneet	1,61	0,49	0,10
294	Työstökoneet	1,39	0,47	0,09
295	Muut erikoiskoneet	1,59	0,44	0,08
296	Aseet ja amukset	1,66	0,56	0,10
297	Kodinkoneet, muualle luokittelemattomat	6,23	0,55	0,09
300	Toimisto- ja tietokoneet	2,29	0,98	0,84
311	Sähkömoottorit, -generaattorit ja -muuntajat	8,86	0,48	0,11
312	Sähkönjakelu- ja tarkkailulaitteet	5,42	0,45	0,09
313	Eristetyt johtimet ja kaapelit	20,68	0,73	0,36
314	Akut, galvaanisit parit ja paristot	35,40	0,34	0,06
315	Valaistuslaitteet ja sähkölamput	12,60	0,50	0,09
316	Sähkölaitteet, muualle luokittelemattomat	3,72	0,46	0,12
321	Elektroniset putket ja muut elektroniset komponentit	1,46	0,66	0,10
322	Televisio- ja radiolähetin, lankapuhelin- ja lankalennätinlaitteet	1,38	0,33	0,06
323	Televisio- ja radiovastaanottimet, äänen ja kuvan tallennus- ja toisto-laitteet	2,92	0,42	0,08
331	Lääkintä- ja kirurgiset kojeet sekä ortopediavälineet	2,05	0,33	0,06
332	Mittaus-, tarkkailu-, testaus-, navigointi- ja vastaavat kojeet ja -laitteet	1,75	0,39	0,07
333	Teollisuuden prosessinsäätölaitteet	1,05	0,35	0,10
334	Optiset instrumentit ja valokuvausvälineet	0,26	0,52	0,08
335	Kellot	4,63	0,48	0,09
341	Moottoriajoneuvot	1,39	0,51	0,10
342	Moottoriajoneuvojen korit, perävaunut ja puoliperävaunut	2,62	0,56	0,17
343	Moottoriajoneuvojen ja niiden moottoreiden osat ja tarvikkeet	2,28	0,86	0,14
351	Laivat ja veneet	2,66	0,57	0,11
352	Rautatie- ja raitiotieliikenteen veturit ja liikkuva kalusto	1,25	0,55	0,09
353	Ilma-alukset ja avaruusaluukset	0,19	0,26	0,04
354	Moottoripyörät ja polkupyörät	0,96	0,37	0,06
355	Muut kulkuneuvot, muualle luokittelemattomat	2,52	0,62	0,12
361	Huonekalut	2,63	0,51	0,09
362	Korit ja muut kultasepäntuotteet	32,08	0,56	0,58
363	Soittimet	0,36	0,32	0,07
364	Urheiluvälineet	1,55	0,52	0,09
365	Pelit ja leikkikalut	1,15	1,58	0,25
366	Erinäiset tehdasvalmisteet, muualle luokittelemattomat	1,23	0,46	0,10
371	Metallitoisioraaka-aineet	1,54	0,45	0,08

372	Muut kuin metalliset toisioraaka-aineet	1,33	0,40	0,07
401	Sähkön tuotanto- ja jakelupalvelut	5,26	4,56	0,29
402	Valmistettu kaasu ja kaasumaisten polttoaineiden jakelupalvelut putki-verkostossa	0,57	1,41	0,04
403	Höyryn ja lämmiveden jakelupalvelut	3,15	5,23	0,50
410	Kerätty ja puhdistettu vesi, veden jakelupalvelut	1,20	0,40	0,04
451	Talonrakennustyöt	4,42	0,43	0,07
452	Maa- ja vesirakennustyöt	29,02	0,78	0,12
459	Muut rakennuspalvelut	0,68	0,28	0,05
500	Tukku- ja vähittäiskaupan palvelut	0,89	0,42	0,07
502	Moottoriajoneuvojen korjaus- ja huoltopalvelut	1,23	0,48	0,10
551	Majoituspalvelut	1,54	0,50	0,14
553	Ravintolapalvelut	1,56	0,49	0,15
601	Rautatieliikennepalvelut	1,42	0,59	0,13
602	Muut aikataulunmukaiset maitse tapahtuvat henkilöliikennepalvelut	0,95	0,86	0,14
603	Taksiliikennepalvelut ja henkilöautojen vuokrauspalvelut kuljettajineen	0,42	0,60	0,07
604	Tieliikenteen tavarankuljetuspalvelut	0,48	0,80	0,11
605	Putkijohtokuljetuspalvelut	0,00	0,55	0,00
610	Vesiliikennepalvelut	0,66	1,49	0,60
620	Ilmaliikennepalvelut	1,05	1,36	0,13
631	Tien- ja radanpitopalvelut	0,76	0,24	0,03
633	Matkatoimistojen ja matkanjärjestäjien palvelut	1,14	0,68	0,11
639	Muut liikennettä avustavat palvelut	1,36	0,38	0,07
640	Posti- ja teleliikennepalvelut	1,52	0,20	0,03
650	Rahoitus- ja vakuutuspalvelut	0,82	0,32	0,06
7021	Asuntojen omistus ja vuokraus	0,98	0,41	0,04
703	Muut kiinteistöpalvelut	1,26	0,32	0,06
710	Liike-elämän palvelut	0,75	0,23	0,05
750	Julkisen hallinnon palvelut	0,69	0,26	0,04
800	Koulutuspalvelut	0,44	0,17	0,03
851	Terveystenhoito- ja eläinlääkintäpalvelut	0,48	0,20	0,03
853	Sosiaalipalvelut	0,35	0,17	0,02
9001	Jätevesien keruu- ja käsittelypalvelut	1,07	0,93	0,92
9002	Jätehuolto, puhtaanapito ja vastaavat palvelut	1,51	3,94	0,12
910	Muut yhteiskunnalliset ja henkilökohtaiset palvelut	0,75	0,33	0,05

## LIITE 8. Elinkaariset ilmastovaikutukset, energiankulutus, muut ympäristövaikutukset ja luonnonvarojen kokonaiskäyttö hyödykeryhmittäin per euro ostajahintaan

Lisäksi on näytetty kunkin hyödykeryhmän todelliset yksilölliset kulutusmenot vuonna 2005, joita kohti nämä on laskettu. Ekoindeksi tarkoittaa tässä aggregoituja ympäristövaikutuksia ilman ilmastomuutosta, ReCiPe+ -mallilla.

**Käytetyt lyhenteet:** KHK = kasvihuonekaasupäästöt (ilmastovaikutukset), muut ympäristövaikutukset = ekoindeksi (ReCiPe+ -mallilla), luonnonvarojen kokonaiskäyttö (TMR).

COICOP -luokka		Menot milj.€	KHK kg/€	Energian- kulutus MJ/€	Ekoindeksi pistettä/€	TMR kg/€
	Painotettu keskiarvo Mediaani		0,5 0,4	6,2 3,3	9,6E-12 9,3E-12	1,2 1,2
C011a	Kasvipäriset elintarvikkeet	4468	0,7	4,4	2,1E-11	2,6
C011b	Eläinperäiset elintarvikkeet	4244	1,1	6,0	3,9E-11	3,7
C012	Alkoholittomat juomat	836	0,7	4,3	2,3E-11	2,1
C021	Alkoholijuomat	2622	0,3	2,9	8,7E-12	0,9
C031	Vaatetus	2981	0,4	2,2	6,6E-12	0,8
C032	Jalkineet	627	0,4	2,6	7,6E-12	1,1
C041	Todelliset asumisvuokrat	5147	0,4	5,3	4,1E-12	1,0
C042	Laskennalliset asumisvuokrat	12683	0,4	5,3	4,1E-12	1,0
C043	Asunnon ylläpito ja korjaus	26	0,7	7,4	1,1E-11	3,8
C044	Muut asumiseen liittyvät palvelut	358	0,7	2,7	6,1E-11	1,8
C0451	Sähkö	1100	3,2	122	1,9E-11	3,0
C0453	Nestemäiset polttoaineet	323	6,9	85	1,3E-10	1,5
C0454	Kiinteät polttoaineet	140	2,5	331	1,7E-10	43,6
C0455	Kuuma vesi, höyry ja jää	28	34,6	702	2,0E-10	13,7
C051	Huonekalut, sisusteet, matot ja muut lattiapäällysteet	1595	0,4	3,3	7,5E-12	1,7
C052	Kotitaloustekstiilit	448	0,5	3,3	9,9E-12	1,4
C053	Kodinkoneet	781	0,4	2,2	7,5E-12	3,0
C054	Lasiesineet, ruokailuvälineet ja kotitalouden käyttöesineet	311	0,5	4,7	9,3E-12	1,7
C055	Työkalut ja laitteet kodin- ja puutarhanhoitoon	371	0,5	4,3	1,1E-11	1,4
C056	Tavarat ja palvelut tavanomaiseen kodinhoitoon	750	0,4	3,3	9,2E-12	1,2
C061	Lääkintä tuotteet, -laitteet ja -välineet	2578	0,4	2,7	7,1E-12	0,8
C062	Avohoitopalvelut	4154	0,2	2,4	3,6E-12	0,5
C063	Sairaalapalvelut	5362	0,2	2,2	3,2E-12	0,5
C0711	Autot	3221	0,2	0,8	5,1E-12	0,7
C0712	Moottoripyörät ja -kelkat	155	1,4	15,1	3,2E-11	0,9
C0713	Polkupyörät	149	0,3	1,6	4,7E-12	0,7
C072	Yksityisten kulkuvälineiden käyttö	4623	1,5	16,5	1,8E-11	1,2
C0731	Juna-, raitiovaunu- ja metromatkat	281	0,6	9,5	1,2E-11	1,3
C0732	Linja-auto- ja taksimatkat	647	0,8	8,8	1,1E-11	0,9
C0733	Lentomatkat	373	1,3	12,3	1,2E-11	1,0
C0734	Laivamatkat	196	1,4	5,9	5,5E-11	0,6
C0735	Muut kuljetuspalvelut	64	0,4	4,5	7,0E-12	2,0

C081	Tietoliikenne	2176	0,2	1,6	3,0E-12	1,2
C091	Audiovisuaaliset, valokuvaus- ja tietojenkäsittely-laitteet	1460	0,4	2,6	1,0E-11	1,3
C092	Muut suurehkot kestokulutustavarat virkistykseen ja kulttuuriin	531	0,8	8,6	2,1E-11	1,7
C093	Muut tavarat ja laitteet virkistykseen; puutarhatarvikkeet ja lemmikkieläimet	1507	0,6	3,2	1,2E-11	1,9
C094	Virkistys- ja kulttuuripalvelut	4312	0,2	2,7	3,3E-12	0,5
C095	Sanomalehdet, kirjat ja paperitarvikkeet	1331	0,4	4,4	6,2E-12	1,2
C096	Valmismatkat	649	0,8	4,8	1,2E-11	1,3
C100	Koulutus	8923	0,3	3,3	4,4E-12	0,8
C111	Ravitsemispalvelut	4360	0,4	2,2	1,1E-11	1,1
C112	Majoituspalvelut	202	0,5	2,8	1,4E-11	1,4
C121	Henkilökohtaisen puhtauden ja kauneuden hoito	1511	0,4	3,8	6,1E-12	1,1
C122	Prostituutio	52	0,3	3,8	4,4E-12	0,7
C123	Muulla luokittelemattomat henkilökohtaiset tavarat	386	0,4	2,8	1,3E-11	4,9
C124	Sosiaaliturva	6220	0,2	2,4	2,6E-12	0,4
C125	Vakuutus	993	0,2	2,4	4,0E-12	0,6
C126	Rahoituspalvelut	2091	0,3	3,0	4,9E-12	0,7
C127	Muut muulla luokittelemattomat palvelut	2184	0,3	3,0	5,1E-12	0,9
P312Y	Matkailumenot ulkomailta	1528	0,7	-	1,6E-11	1,4

## KUVAILULEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus (SYKE)		Julkaisu-aika Heinäkuu 2009	
Tekijä(t)	Jyri Seppälä, Ilmo Mäenpää, Sirkka Koskela, Tuomas Mattila, Ari Nissinen, Juha-Matti Katajajuuri, Tiina Härmä, Marja-Riitta Korhonen, Merja Saarinen ja Yrjö Virtanen			
Julkaisun nimi	<b>Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla</b>			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 20/2009			
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu			
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös internetissä: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
Tiivistelmä	<p>Tutkimuksessa selvitettiin Suomen tuotannon ja kulutuksen elinkaariset ympäristövaikutukset toimialoitain ja tuoteryhmittäin vuosina 2002 ja 2005. Hankkeen tuloksena syntyi ENVIMAT- malli, jolla voidaan arvioida materiaalivirtojen, ympäristövaikutusten ja taloudellisten vaikutusten välisiä suhteita. Malli edustaa ns. ympäristölaajennettua panos-tuotostyökalua, jossa perustana ovat taloudelliset panos-tuotostaulukot yhdistettynä elinkaariin ympäristövaikutuksiin. Suomelle tehty ENVIMAT-malli mahdollistaa tuotanto- ja kulutuslähtöisen ympäristövaikutusten analysoinnin siten, että työllisyys- ja arvonlisäysvaikutukset ovat samanaikaisesti mukana.</p> <p>Kotimaisten ympäristövaikutusten lisäksi on arvioitu tuonnin aiheuttamat vaikutukset ulkomailla poikkeuksellisen kattavasti. Suomen tuotannon elinkaarisista vaikutuksista viennin osuus on eritelty jokaisen toimialan kohdalla. Suomalaisten kulutusta on tarkasteltu sekä yksityisen että julkisen kulutuksen kannalta. Hankkeen laajasta tulosaineistosta mainittakoon, että Suomi aiheuttaa puolet ympäristövaikutuksistaan rajojensa ulkopuolella tuontituotteiden valmistuksen kautta. Ilmastovaikutusten kannalta ulkomailla tapahtuvat päästöt ovat noin 70-80 % kotimaan päästöistä, useiden muiden ympäristövaikutuksien kohdalla osuus on vieläkin suurempi. Samalla Suomi käyttää yhtä paljon ulkomaisia luonnonvaroja kuin kotimaisia.</p> <p>Kotimaan kulutus ja investoinnit (ns. loppukäyttö) aiheuttavat runsaat puolet kansantaloutemme elinkaarisista ympäristövaikutuksista. Vajaa puolet Suomen ympäristövaikutuksista kohdentuu vientituotteille. Ilmastonmuutoksen osalta kotimaan loppukäyttö aiheuttaa hieman vientiteollisuutta suuremmat vaikutukset. Suurin osa kotimaisen kulutuksen vaikutuksista aiheutuu asumisen, ravinnon ja yksityisautoilun kautta. Kiinteistöpalveluiden, julkisen liikenteen ja muiden palveluiden osuus kotimaan loppukäytön ympäristövaikutuksista on noin 40 %.</p> <p>ENVIMAT- mallin avulla voidaan laatia nopeasti karkeita elinkaari pohjaisia ympäristövaikutus arvioita erilaisille tuotteille tai tuoteryhmille. Erityisenä sovellusalueena lähitulevaisuudessa on hiilijalanjälkilaskelmat. Mallia voidaan käyttää eri toimintojen seurausvaikutusten kartoittamiseen sekä tuoteketjujen että kansantalouden tasoilla. Jatkossa mallia suunnitellaan käytettäväksi ajallisen kehityksen tarkasteluun, kestävä kehityksen seurantaan, ilmastonmuutoksen hillintätoimenpiteiden suunnitteluun sekä eri muutostekijöiden tunnistamiseen ja vaikutusarviointiin.</p>			
Asiasanat	elinkaariarviointi, kansantalous, kulutus, materiaalivirrat, panos-tuotosanalyysi, tuotanto, tuonti, päästöt, ympäristövaikutukset			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöklusterin tutkimusohjelma			
	ISBN 978-952-11-3459-3 (nid.)	ISBN 978-952-11-3460-9 (PDF)	ISSN 1238-7312 (pain.)	ISSN 1796-1637 (verkkoy.)
	Sivuja 134	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis. alv 8 %) 39 €
Julkaisun myynti/ jakaja	Edita Publishing Oy, PL 780, 00043 EDITA Asiakaspalvelu: puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380 Sähköposti: <a href="mailto:asiakaspalvelu.publishing@edita.fi">asiakaspalvelu.publishing@edita.fi</a> <a href="http://www.edita.fi/publishing">www.edita.fi/publishing</a>			
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE) PL 140, 00251 HELSINKI Puh. 020 610 123 Sähköposti: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a> , <a href="http://www.ymparisto.fi/syke">www.ymparisto.fi/syke</a>			
Painopaikka ja -aika	Edita Prima Oy 2009			

## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral (SYKE)			Datum Juli 2009
Författare	Jyri Seppälä, Ilmo Mäenpää, Sirkka Koskela, Tuomas Mattila, Ari Nissinen, Juha-Matti Katajajuuri, Tiina Härmä, Marja-Riitta Korhonen, Merja Saarinen och Yrjö Virtanen			
Publikationens titel	<b>Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla</b> (Bedömning av miljökonsekvenserna för Finlands nationalekonomi med modellen ENVIMAT)			
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 20/2009			
Publikationens tema	Miljövård			
Publikationens delar/andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig också på Internet <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a> (på finska).			
Sammandrag	<p>Målet för detta forskningsprojekt var att uppskatta miljökonsekvenserna för produktion och konsumtion i Finland, för olika verksamhetsbranscher och produktgrupper under åren 2002 och 2005, beaktande hela livscykeln. Ett resultat av projektet är modellen ENVIMAT som kan användas för bedömning av relationer mellan materialströmmar, miljökonsekvenser och ekonomiska konsekvenser. Modellen är ett exempel på så kallade miljöutvidgade input-output-verktyg som utgår ifrån tabeller för ekonomiska insatser och avkastning kombinerade med miljökonsekvenser. Modellen ENVIMAT har konstruerats med tanke på förhållandena i Finland. Den möjliggör en analys av produktions- och konsumtionsrelaterade miljökonsekvenser så att man även samtidigt beaktar sysselsättnings- och mervärdeseffekterna.</p> <p>Bedömningen av miljökonsekvenserna för inhemsk verksamhet och import från andra länder var tack vare modellen mer omfattande än någonsin tidigare. I bedömningen av konsekvenserna för produktionen i Finland under produkternas hela livscykel har andelen av export beräknats skilt för alla produktgrupper. Konsumtionen i Finland har analyserats med tanke på såväl den privata som den offentliga konsumtionen. Av projektets många rön kan nämnas att hälften av Finlands miljökonsekvenser uppstår utanför landets gränser vid tillverkning av importprodukter. När det gäller klimatkonsekvenser uppgår de utsläpp som sker utomlands till ungefär 70-80 % av de inhemska utsläppen, och för flera andra miljökonsekvenser är andelen ännu större. Dessutom använder Finland lika mycket utländska och inhemska naturresurser.</p> <p>Den inhemska konsumtionen och investeringarna (den så kallade slutanvändningen) orsakar drygt hälften av miljökonsekvenserna för vår nationalekonomi när man betraktar hela livscyklar. Något mindre än hälften av miljökonsekvenserna i Finland orsakas alltså av exporten. Klimatkonsekvenserna av den inhemska slutanvändningen är något större än de som orsakas av exportindustrin. Större delen av den inhemska konsumtionens konsekvenser orsakas av boende, mat och privatbilism. Fastighetstjänsternas, kollektivtrafikens och de övriga tjänsternas andel av slutanvändningens miljökonsekvenserna är ungefär 40 %.</p> <p>Med ENVIMAT-modellen kan man snabbt göra grova livscykelbaserade miljökonsekvensbedömningar för olika slags produkter och produktgrupper. Ett särskilt tillämpningsområde inom nära framtid kommer att vara beräkningar av kolavtryck. I framtiden kommer modellen enligt planerna att användas för studier av kronologisk utveckling, för uppföljning av hållbar utveckling, för planering av åtgärder för stävande av klimatförändringen samt för identifiering och bedömning av konsekvenserna för olika slags förändringsfaktorer.</p>			
Nyckelord	ekonomi, import, input-output-analys, livscykelanalys, konsumtion, materialströmmar, miljökonsekvensbedömning, produktion, utsläpp			
Finansiär/uppdragsgivare	Miljöklusters forskning program			
	ISBN 978-952-11-3459-3 (hft.)	ISBN 978-952-11-3460-9 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	Sidantal 134	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %) 39 €
Beställningar/distribution	Edita Publishing Ab, PB 780, 00043 EDITA Kundtjänst: tfn. +358 20 450 05, fax +358 20 450 2380 Epost: <a href="mailto:asiakaspalvelu.publishing@edita.fi">asiakaspalvelu.publishing@edita.fi</a> <a href="http://www.edita.fi/publishing">www.edita.fi/publishing</a>			
Förläggare	Finlands miljöcentral (SYKE) PB 140, 00251 Helsingfors Tfn. +358 20 610 123 Epost: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a> , <a href="http://www.miljo.fi/syke">www.miljo.fi/syke</a>			
Tryckeri/tryckningsort och -år	Edita Prima Ab 2009			

## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute (SYKE)			<i>Date</i> July 2009
<i>Author(s)</i>	Jyri Seppälä, Ilmo Mäenpää, Sirkka Koskela, Tuomas Mattila, Ari Nissinen, Juha-Matti Katajajuuri, Tiina Härmä, Marja-Riitta Korhonen, Merja Saarinen and Yrjö Virtanen			
<i>Title of publication</i>	<b>Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla</b> (Assessment of the environmental impacts of material flows caused by the Finnish economy with the ENVIMAT model)			
<i>Publication series and number</i>	The Finnish Environment 20/2009			
<i>Theme of publication</i>	Environment protection			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available on the internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi /julkaisut</a>			
<i>Abstract</i>	<p>The study consists of an assessment of life cycle based environmental impacts of production and consumption in the Finnish economy in 2002 and 2005. The study resulted in the ENVIMAT model which can be used to analyze the relationship between material flows, environmental impacts and economic impacts. The model is based on monetary and physical input-output tables and an environmental life cycle impact assessment. Thus, it represents so-called environmentally extended input-output analysis (EEIO) tools. The ENVIMAT model allows an analysis of environmental, employment and value-added impacts of Finnish production and consumption simultaneously. The assessment takes into account both the environmental impacts caused by domestic activities and imports. The assessment of imports was conducted in an exceptionally detailed manner. The contribution of exports to all Finnish industries was also assessed. Finnish consumption was analyzed from the perspective of individual and collective consumption.</p> <p>The study produced significant results. One of the most important findings is that half of the Finnish economy's environmental impacts are due to the manufacturing of imported products. Greenhouse gas emissions generated outside of Finland are equivalent to about 70-80 % of domestic emissions. In the context of other environmental impact categories besides climate change, the contribution of external impacts is even greater. In addition, the Finnish economy consumes as much natural resources abroad as it consumes domestic resources.</p> <p>Domestic consumption and investments (referred to collectively as final demand) cause a little more than half of the Finnish economy's environmental impacts. Less than half of the environmental impacts are due to exports. The impacts of domestic final demand are somewhat greater than those of the Finnish export industry. Most of the environmental impacts of domestic final demand are caused by housing, food and private transportation. The contribution from letting and owning of dwellings, public transport and other services is about 40 % of the environmental impacts of domestic final demand.</p> <p>The ENVIMAT model is advantageous in constructing a rough life cycle based environmental impact assessment for different products and product groups. A particularly important application area is calculating the carbon footprinting of products. Furthermore, the model can be used for analyzing the consequences of different activities regarding product chains and the economy. In the future, the model will be used for assessing temporal changes in the economy, for monitoring sustainable development, for planning the measurement of climate change and for identifying important factors in the economy including an assessment of their impacts.</p>			
<i>Keywords</i>	consumption, economy, environmental impacts, emissions, imports, input-output analysis, life cycle assessment, material flows, production			
<i>Financier/ commissioner</i>	Environmental Cluster Research Programme			
	ISBN 978-952-11-3459-3 (pbk.)	ISBN 978-952-11-3460-9 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	<i>No. of pages</i> 134	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i> 39 €
<i>For sale at/ distributor</i>	Edita Publishing Ltd, P.O.Box 780, FI-00043 Edita, Finland Customer service: tel. +358 20 450 05, fax +358 20 450 2380 Mail orders: <a href="mailto:asiakaspalvelu.publishing@edita.fi">asiakaspalvelu.publishing@edita.fi</a> <a href="http://www.edita.fi/publishing">www.edita.fi/publishing</a>			
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute (SYKE) P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Tel. +358 20 610 123, fax +358 20 490 2190 Email: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a> , <a href="http://www.environment.fi/syke">www.environment.fi/syke</a>			
<i>Printing place and year</i>	Edita Prima Ltd 2009			



Suomen kansantalouden elinkaariset ympäristövaikutukset muodostuvat kotimaan vaikutuksista ja tuonnin aiheuttamista vaikutuksista ulkomailla. ENVIMAT- mallilla tulostettu uusi kokonaiskuva Suomen kansantalouden aiheuttamista materiaalivirroista ja ympäristövaikutuksista vuosina 2002 ja 2005 on esitetty tässä julkaisussa. Elinkaariset ympäristövaikutukset on eritelty vientiin ja kotimaan kulutukseen ja investointeihin. ENVIMAT- mallilla voidaan arvioida materiaalivirtojen, ympäristövaikutusten ja taloudellisten vaikutusten välisiä suhteita. Mallin perustana ovat kansantalouden tilinpidon panos-tuotostaulukot, joiden ansiosta ympäristövaikutusten, työllisyyden ja arvonnäkökulman samanaikainen tarkastelu on mahdollista.



S Y K E

Myynti: Edita Publishing Oy  
Myyntipalvelu: PL 780, 00043 EDITA  
puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380  
asiakaspalvelu.publishing@edita.fi  
www.edita.fi/netmarket

**ISBN 978-952-11-3459-3 (nid.)**

**ISBN 978-952-11-3460-9 (PDF)**

**ISSN 1238-7312 (pain.)**

**ISSN 1796-1637 (verkköj.)**