

**Pro gradu -tutkielma**

**Keski-Suomen maakunnan kasvihuonekaasupäästöt  
ja niiden kehitys 2000-luvulla**

**Sanna Huikuri**



**Jyväskylän yliopisto**

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Ympäristötiede ja -teknologia

23.12.2010

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta  
Bio- ja ympäristötieteiden laitos  
Ympäristötiede ja -teknologia

Huikuri Sanna: Keski-Suomen maakunnan kasvihuonekaasupäästöt ja niiden kehitys 2000-luvulla  
Pro gradu -tutkielma: 56 s., 9 liitettä (10 s.)  
Työn ohjaajat: Yliassistentti Margareta Wihersaari ja FT Hannu Koponen  
Tarkastajat: Yliassistentti Margareta Wihersaari ja prof. Markku Kuitunen  
Joulukuu 2010

---

Hakusanat: kasvihuonekaasupäästö, alueellinen laskentamenetelmä, CO<sub>2</sub>-ekvivalentti, päästövähennys

## TIIVISTELMÄ

Keski-Suomen maakuntahallitus on kansallisen ilmasto- ja energiastrategian mukaisesti käynnistänyt keväällä 2010 maakunnan ilmastostrategiatyön, jossa etsitään keinoja ilmastonmuutoksen hillintään ja ilmastonmuutokseen sopeutumiseen. Jotta tavoitteita ja toimenpiteitä voidaan näille asettaa, on tunnettava alueen nykytila ja hahmotettava meneillään oleva kehityssuunta. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Keski-Suomen maakunnan ihmisperäisten kasvihuonekaasupäästöjen nykyiset lähteet, päästöjen määrä ja niiden kehitys eri sektoreilla 2000-luvulla sekä arvioida päästöjen vähennyskeinoja.

Keski-Suomessa syntyi kasvihuonekaasupäästöjä talouskasvun vuosina 2004 ja 2006 noin 3,0 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. ja taantumavuonna 2008 noin 2,8 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. Maakunnan merkittävimmät päästösektorit ovat 2000-luvulla olleet liikenne, teollisuus ja työkonet, rakennusten lämmitys ja sähkön kulutus, jotka edustivat noin 91 % kokonaispäästöistä. Asukasta kohden Keski-Suomen kasvihuonekaasupäästöt ovat tarkastelujaksolla laskeneet tasosta 11 tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. tasoon 10 tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. Kasvihuonekaasupäästöt on laskettu Kuntaliiton Kasvener-mallilla käyttäen kulutusperusteista tarkastelua.

Maakunnan keskeiset päästövähennyskeinot liittyvät energiantuotannon polttoainevalintoihin ja energiansäästöön. Turpeen ja öljyn korvaaminen uusiutuvilla energialähteillä energiantuotannossa sekä energian- ja liikennetarpeen vähentäminen vähentäisi maakunnan kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi.

Työ on osa Keski-Suomen liiton BalticClimate-hanketta ja se on toteutettu yhteistyössä Keski-Suomen liiton ja Keski-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen kanssa. Tutkimuksen toteutuksessa tärkeää tukea on antanut myös Keski-Suomen Energiatoimisto. Työn tuloksia käytetään pohjana Keski-Suomen ilmastostrategiatyössä.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science  
Department of Biological and Environmental Science  
Environmental Science and Technology

Huikuri Sanna: Greenhouse gas emissions and trends in Central Finland in the 21<sup>th</sup> century.  
Master thesis: 56 p., 9 appendices (10 p.)  
Supervisors: Associate professor Margareta Wihersaari, PhD Hannu Koponen  
Inspectors: Associate professor Margareta Wihersaari, professor Markku Kuitunen  
December 2010

---

Key words: greenhouse gas emission, regional inventory method, CO<sub>2</sub>-equivalent, emission reduction

## **ABSTRACT**

The Regional Council of Central Finland has started a regional climate strategy work in the spring 2010. The strategy aims at pointing out means for climate change mitigation and adaptation. In order to set targets and measures, identification of the status quo and prevailing trends is necessary. This study aims at finding the anthropogenic sources and trends of greenhouse gas emissions in Central Finland in the 21<sup>st</sup> century and assessing reduction possibilities.

The greenhouse gas emissions in Central Finland during the economic upswing in 2004 and 2006 were ca. 3,0 million tons CO<sub>2</sub>-eq. and decreased to ca. 2,8 million tons in the recession year of 2008. Major emission sources were transportation, industry and machinery, heating and electricity consumption covering 91 % of the total emissions. The per capita emissions in Central Finland have decreased from 11 tons CO<sub>2</sub>-eq. to 10 tons during the study period. Emissions have been calculated using regional Kasvener computation model and the inventory is consumption-based.

The most important and central emission reduction measures relate to fuel selection in the energy sector and to energy saving. The substitution of peat and oil products with renewable energy sources and reduction of energy and transportation needs would decrease greenhouse gas emissions significantly.

This study is part of BalticClimate-project in the Regional Council of Central Finland and it is carried out in cooperation with the Regional Council and Centre for Economic Development, Transport and the Environment of Central Finland. Also the Energy Bureau of Central Finland has provided important support and information during this work. The results of this study are used in the regional climate strategy work.

# Sisällysluettelo

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 TUTKIMUKSEN TAUSTA</b> .....	<b>3</b>
2.1 Suomen kansallinen ilmasto- ja energiapolitiikka .....	3
2.2 Suomen kasvihuonekaasupäästöjen inventointi ja raportointi .....	5
2.3 Kasvihuonekaasujen alueellisesta mallinnuksesta .....	6
2.4 Kuntaliiton Kasvener-malli .....	8
2.4.1 Mallin rakenne .....	10
2.4.2 Mallilla saatavat tulokset .....	11
2.4.3 Energiamenetelmä ja hyödynjakomenetelmä .....	12
2.4.4 Ostosähkö ja sähkölämmitys .....	13
2.5 Muita Suomessa käytettyjä laskentamenetelmiä .....	14
<b>3 KOHDEALUE KESKI-SUOMI</b> .....	<b>16</b>
3.1 Keski-Suomen maakunnan kehittäminen .....	18
3.2 Maakuntasuunnitelma .....	19
3.3 Maakuntaohjelma .....	21
3.4 BalticClimate-hanke .....	22
3.5 Keski-Suomen ilmastostrategia .....	22
3.6 Keski-Suomen ympäristöanalyysi .....	23
3.7 Keski-Suomen ympäristöohjelma .....	25
3.8 Keski-Suomen energiataseet .....	26
<b>4 TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO</b> .....	<b>27</b>
4.1 Menetelmä .....	27
4.2 Aineisto .....	28
4.2.1 Avoimet tilastotiedot .....	28
4.2.2 Asiantuntijatiedot ja -arviot .....	29
4.2.3 Energia .....	29
4.3 Rajaukset .....	30
<b>5 TULOKSET</b> .....	<b>31</b>
5.1 Keski-Suomen kasvihuonekaasupäästöt sektoreittain 2000-luvulla .....	32
5.2 Rakennusten lämmitys .....	33
5.3 Sähkönkulutus .....	34
5.4 Teollisuus ja työkoneet .....	35
5.5 Liikenne .....	36
5.6 Maatalous ja jätehuolto .....	37
5.7 Päästöt polttoaineiden käytön mukaan .....	38
<b>6 TULOSTEN TARKASTELU</b> .....	<b>40</b>
6.1 Energiankulutuksen ja teollisuuden päästöt .....	41
6.2 Rakennusten lämmitys .....	44
6.3 Liikenne .....	46
6.4 Maatalous ja jätehuolto .....	47
6.5 Tulosten luotettavuus .....	49

<b>7 JOHTOPÄÄTÖKSET.....</b>	<b>51</b>
<b>KIITOKSET.....</b>	<b>52</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>53</b>

## **Liitteet**

### **LIITE I**

**MAATALOUDEN LÄHTÖTIETOJA, KOTIELÄIMET**

### **LIITE II**

**MAATALOUDEN LÄHTÖTIETOJA, MAATALOUSMAA**

### **LIITE III**

**JÄTEHUOLLON LÄHTÖTIEDOT**

### **LIITE IV**

**TIELIIKENTEEN LÄHTÖTIEDOT**

### **LIITE V**

**RAIDELIIKENTEEN LÄHTÖTIEDOT**

### **LIITE VI**

**LENTOLIIKENTEEN LÄHTÖTIEDOT JA LASKENTA**

### **LIITE VII**

**KESKI-SUOMEN ENERGIANKULUTUKSEN LÄHTÖTIEDOT**

### **LIITE VIII**

**KESKI-SUOMEN ENERGIANTUOTANNON LÄHTÖTIEDOT**

### **LIITE IX**

**KASVENER-LASKELMIEN YHDISTETTY RAPORTTITÄULUKKO**

## Käytetyt lyhenteet

CH <sub>4</sub>	Metaani
CHP	Combined heat and power (production), lämmön ja sähkön yhteistuotanto
CO <sub>2</sub>	Hiilidioksidi
CO <sub>2</sub> -ekv.	Hiilidioksidiekvivalentti, mittayksikkö eri kasvihuonekaasujen lämmitysvaikutusten yhteismitallistamiseen
CO <sub>2</sub> -talteenotto	Hiilidioksidin erottaminen päästöistä ja varastointi esimerkiksi maan- tai merenalaisiin varastoihin
F-kaasu	Yhteinen nimitys HFC-yhdisteille (fluorihilivedyille), PFC-yhdisteille (perfluorihilivedyille) ja rikkiheksafluoridille, joiden päästöjä Kioton pöytäkirja pyrkii rajoittamaan ja vähentämään
GWP	Global Warming Potential, kasvihuonekaasujen lämmityspotentiaalikerroin
ICLEI	The International Council for Local Environmental Initiatives, kuntien kansainvälinen kestävän kehityksen järjestö
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, hallitusten välinen ilmastopaneeli
LIPASTO	VTT:n tuottama vuosittain päivitettävä Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä, sisältää alamallit LIISA (tieliikenne), RAILI (raideliikenne), MEERI (vesiliikenne) ja ILMI (ilmaliikenne) sekä vastaavan mallin työkoneille (TYKO).
LTO-sykli	Landing and Take Off Cycle eli lentämisen vaiheet 915 metriin asti sisältäen lentoonlähtö, laskeutuminen ja niihin liittyvien rullaus
N <sub>2</sub> O	Typpioksiduuli
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change, Yhdistyneiden kansakuntien ilmastonmuutosta koskeva puitesopimus
VAHTI-tietokanta	Ympäristöhallinnon valvonta- ja kuormitustietojärjestelmä, johon tallennetaan tietoja mm. ympäristösuojelulainsäädännön mukaisista luvista ja ilmoituksista sekä päästöistä vesiin ja ilmaan sekä jätteistä
VTT	Entinen Valtion teknillinen tutkimuslaitos, nykyinen VTT Group

## 1 JOHDANTO

Suomen ilmastopoliittikka perustuu Kioton pöytäkirjan tavoitteiden toteuttamiselle. Valtioneuvoston vuonna 2008 hyväksytyssä Suomen pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa (TEM 2008) linjataan Suomen ilmasto- ja energiapolitiikan suuntaviivat vuoteen 2020. Tavoitteena on vähentää päästöjä, edistää uusiutuvaa energiaa ja tehostaa energiankäyttöä. Strategiassa todetaan, ettei ilman merkittäviä uusia ilmasto- ja energiapoliittisia toimenpiteitä Euroopan unionin Suomelle asettamia velvoitteita saavuteta. Tämän lisäksi valtioneuvoston hyväksymässä ilmastopoliittisessa tulevaisuusselonteossa (VNK 2009) on asetettu vielä kunnianhimoisempia tavoitteita ilmastonmuutoksen torjunnalle Suomessa vuoteen 2050 asti.

Ilmasto- ja energiastrategian mukaan kasvihuonekaasupäästöjen kasvu aiheutuu lähes yksinomaan EU:n päästökauppadirektiivin mukaisilta sektoreilta eli energiantuotannon ja teollisuusprosessien päästöjen kasvusta. Energiankäytön tavoitteiden saavuttaminen edellyttää puolestaan energiankäytön tehostamista erityisesti asumisessa, rakentamisessa ja liikenteessä. Uusiutuvan energian tavoitteet voidaan saavuttaa lisäämällä uusiutuvien luonnonvarojen käyttöä ja kääntämällä energian loppukulutus laskuun.

Ilmasto- ja energiastrategiassa todetaan kuntien toiminnan suuri merkitys ilmastonmuutoksen hillitsemisessä erityisesti alueidenkäytön ja liikenteen suunnittelussa, energiantuotannossa ja käytössä sekä jätehuollon saralla. Ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta on usein mielekästä tarkastella toimintoja kuntatasoa laajemmin kaupunkiseudun tai maakunnan kokonaisuutena. Siksi valtioneuvosto edellyttikin strategiassaan, että maakunnat ja kaupunkiseudut laativat valtakunnallisen strategian pohjalta omat ilmasto- ja energiastراتيجiansa sekä toteutusohjelmat niille.

Kuntaliiton mukaan Suomen kunnista yli kolmannes tekee jo suunnitelmallista ilmastotyötä ja yli 100 kuntaa on tehnyt tai on parhaillaan laatimassa kunnan omaa tai muiden kuntien kanssa yhteistä ilmastostrategiaa. (Savikko 2010, Kuntaliitto 2010b)

Keski-Suomen maakuntahallituksen keväällä 2010 käynnistämässä maakunnan ilmastostrategiassa etsitään keinoja ilmastonmuutoksen hillintään ja ilmastonmuutokseen sopeutumiseen. Ilmastostrategiassa myös tuotetaan tietoa ilmastonmuutoksesta alueen

asukkaille, kunnille ja muille organisaatioille. Jotta ilmastonmuutoksen hillinnälle ja sopeutumiselle voidaan asettaa tavoitteita ja toimenpiteitä, on tunnettava kunkin tarkastelualueen nykytila ja hahmotettava meneillään oleva kehityssuunta.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää Keski-Suomen maakunnan ihmisperäisten kasvihuonekaasupäästöjen nykyiset lähteet ja päästöjen määrä, niiden kehitys eri sektoreilla 2000-luvulla ja arvioida päästöjen vähennyskeinoja.

Kasvihuonekaasupäästöjen laskenta tapahtuu Kuntaliiton kasvihuonekaasu- ja energiatasemalli Kasveneria käyttäen hiilidioksidiekvivalentteina (CO<sub>2</sub>-ekv.). Laskennan lähtötiedot pohjautuvat avoimiin tilastotietoihin, asiantuntija-arvioihin ja energian osalta myös Keski-Suomen Energiatoimiston selvityksiin. Tulosten arvioinnissa ja päästövähennyskeinojen tarkastelussa hyödynnetään mm. maakunnassa laadittuja asiakirjoja alueen tulevasta kehityksestä sekä jo päätetyistä tai aiotuista toimenpiteistä.

Tämä työ on osa Keski-Suomen liiton BalticClimate-hanketta ja se on toteutettu yhteistyössä Keski-Suomen liiton ja Keski-Suomen ympäristökeskuksen/Keski-Suomen Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY-keskus) kanssa. Tutkimuksen toteutuksessa tärkeää tukea on antanut myös Keski-Suomen Energiatoimisto. Työn tuloksia käytetään pohjana Keski-Suomen ilmastostrategiatyössä.



## 2 TUTKIMUKSEN TAUSTA

YK:n ilmastopöytäkirja (UNFCCC) solmittiin Rio de Janeiron ympäristö- ja kehityskonferenssissa vuonna 1992 tavoitteena pysäyttää ihmisen aikaansaama ilmaston lämpeneminen. Välitavoitteeksi (ei-sitova) sovittiin teollisuusmaiden kasvihuonekaasupäästöjen jäädyttäminen vuoden 1990 tasolle vuoteen 2000 mennessä. Ilmastopöytäkirjan allekirjoittivat lähes kaikki valtiot (194 kpl) ja se astui voimaan 1994. Ilmastopöytäkirjasta täsmentävä Kioto-pöytäkirja laadittiin Japanissa joulukuussa 1997 ja se astui voimaan helmikuussa 2005, kun riittävä määrä sopijaosapuolia oli ratifioinut pöytäkirjan. Kioto-pöytäkirjan sopijaosapuolimaita on vuoteen 2010 mennessä kertynyt kaikkiaan 193, mutta mm. Yhdysvallat puuttuu ratifioineiden joukosta. (Kuntaliitto 2010a, UNFCCC 2010)

Kioto-pöytäkirjassa määritellään teollisuusmaille kuuden kasvihuonekaasun (hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi, fluorihilivedyt, perfluorihilivedyt ja rikkiheksafluoridi) vähentämistavoitteeksi yhteensä 5,2 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuosina 2008–2012. Euroopan unionin yhteinen päästövähennysvelvoite on 8 %, joka on jaettu edelleen maakohtaisiksi velvoitteiksi. Suomen tavoitteena on niin sanottu 0-taso eli rajoittaa kasvihuonekaasupäästöt sopimuksen perusvuoden 1990 tasolle eli noin 71 miljoonaan tonniin CO<sub>2</sub>-ekv. vuodessa. (Kuntaliitto 2010a)

### 2.1 Suomen kansallinen ilmasto- ja energiapolitiikka

Euroopan unionin ilmastopolitiikka linjaa vahvasti Suomen ilmastopolitiikkaa. EU:n sopiman kaikkia jäsenmaita koskevan velvoitteen mukaan Kioto-pöytäkirjan kauden jälkeen vuoteen 2020 mennessä kasvihuonekaasuja vähennetään unionin alueella 20 prosentilla vuoden 1990 tasosta (kattavan kansainvälisen sopimuksen tullessa voimaan 30 %). Samalla uusiutuvien energialähteiden osuutta lisätään keskimäärin 20 prosenttiin EU:n energian loppukulutuksesta ja energiatehokkuutta parannetaan keskimäärin 20 prosentilla peruskehitykseen verrattuna. Liikenteen biopolttoaineiden osuus nostetaan 10 prosenttiin. (Ympäristöhallinto 2009a)

Ilman merkittäviä uusia ilmasto- ja energiapolitiittisia toimenpiteitä Suomen kasvihuonekaasupäästöt tulevat kasvamaan vuoteen 2020 mentäessä arviolta 20 % vuoden

1990 tasosta. Päästöjen kasvu aiheutuu lähes yksinomaan EU:n päästökauppadirektiivin mukaisilta sektoreilta eli energiantuotannon ja teollisuusprosessien päästöjen kasvusta. Näin todetaan valtioneuvoston vuonna 2008 hyväksymässä Suomen pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa, jossa linjataan keskeiset tavoitteet ja keinot ilmastomuutoksen hillintään ja energiasektorille vuoteen 2020 asti. Vuonna 2009 ilmestynyt ilmasto- ja energiapoliittinen tulevaisuuselonteko jatkaa politiikan tarkastelua vuodesta 2020 eteenpäin ja hahmottelee polkuja kohti kestävästä päästötasosta pitkällä aikavälillä, vuosisadan puoliin asti ja pidemmälle. (TEM 2008, VNK 2009)

Vuoden 2008 strategia asettaa Suomen tavoitteeksi kääntää kasvihuonekaasupäästöt pysyvään laskuun vuoteen 2020 mennessä. Päästökauppajärjestelmän piiriin kuuluville sektoreille ei aseteta EU-tasolla enää kansallisia päästövähennysvelvoitteita vaan päästökaupasektorilla on yhteinen yhteisötason päästökatto (-21 % vuoden 2005 tasosta). Päästökaupan ulkopuolisia aloja ovat liikenne, rakentaminen, alueiden käyttö, jätehuolto sekä maa- ja metsätalous ja näillä päästövähennyksen tulee Suomessa olla yhteensä vähintään 16 prosenttia. (TEM 2008)

Ilmasto- ja energiastrategian mukaan kotimaisen ja erityisesti uusiutuvan energian osuutta kasvatetaan vuoteen 2020 mennessä huomattavasti siten, että uusiutuvan energian osuus energianloppukulutuksesta Suomessa nousee 38 prosenttiin. Samalla kivihiilen ja öljyn osuus energiataseessa laskee ja energiatehokkuutta parannetaan. Liikenteen biopolttoaineiden osuus tulee myös Suomessa olla vähintään 10 %.

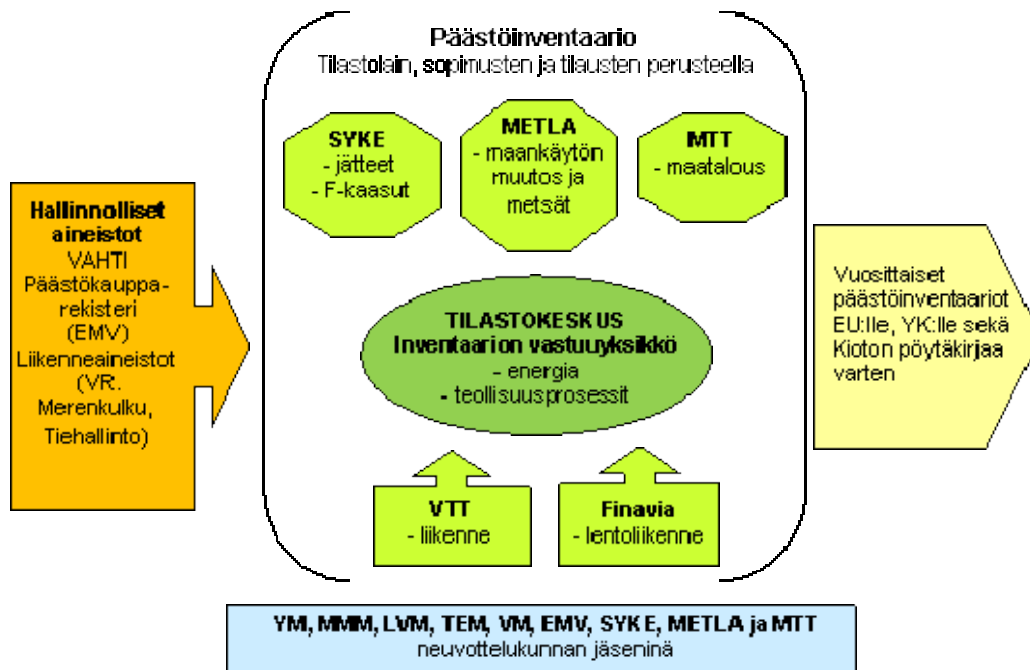
Ilmasto- ja energiapoliittinen tulevaisuuselonteko asettaa vielä kunnianhimoisemmat tavoitteet ilmastomuutoksen torjunnalle Suomessa esittämällä vuoteen 2050 mennessä päästövähennykseksi vähintään 80 prosenttia verrattuna vuoteen 1990. Vuoteen 2050 mentäessä uusiutuvien energialähteiden osuus Suomessa tulee saavuttamaan noin 60 % tason vuoteen 2050 mennessä ja Suomi voisi olla lähes päästötön energiatalouden osalta. Tämä vaatii fossiilisia polttoaineita käyttävissä laitoksissa CO<sub>2</sub>-talteenottoa ja huomattavaa päästöttömien poltonesteiden osuutta liikenteessä. Tulevaisuuselonteossa esitetään tavoitteeseen pääsemiseen neljä vaihtoehtoista skenaariota. (VNK 2009)

## 2.2 Suomen kasvihuonekaasupäästöjen inventointi ja raportointi

Sekä Yhdistyneiden kansakuntien (YK) ilmastopöytäkirja että Kioton pöytäkirja velvoittavat maita seuraamaan ja raportoimaan kasvihuonekaasujen päästömääriä vuosittain. Kioton pöytäkirja on velvoittanut osapuolimaita luomaan kansalliset järjestelmät ihmistoiminnan aikaansaamien kasvihuonekaasupäästöjen ja nieluksen seurantaan ja kasvihuonekaasuinventaarion laskentaa ohjaavat hallitusten välisen ilmastopaneelin (IPCC) ohjeet. IPCC:n ohjeet antavat raportoiville maille mahdollisuuden valita itselleen parhaiten sopivat menetelmät inventaarion laskentaan maan resursseista ja tietotasosta riippuen. (Tilastokeskus 2010c)

Suomen tulee raportoida kasvihuonekaasujen päästömäärät vuosittain sekä Euroopan komissiolle että YK:n ilmastopöytäkirjan sihteeristölle. Suomi vakinaisti kasvihuonekaasujen arviointijärjestelmänsä vuonna 2004 (kuva 1). Suomen kansallisesta kasvihuonekaasupäästötietojen kokoamisesta ja raportoinnista vastaa Tilastokeskus. Raportti koostuu eri asiantuntijalaitosten vastuulla olevista sektorikohtaisista inventaariolaskelmista ja menetelmäkuvauksista. Tilastokeskus vastaa itse energiasektorin ja osaksi teollisuusprosessien inventaariolaskennasta. Suomen ympäristökeskus tuottaa inventaarioon jätesektorin sekä fluorattujen kasvihuonekaasujen (F-kaasut) päästötiedot. Maatalouden päästötiedot laskee Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, joka lisäksi tuottaa yhdessä Metsäntutkimuslaitoksen kanssa maankäytön, maankäytön muutosten ja metsätaloussektorin inventaariotiedot. Muita keskeisiä osapuolia raportoinnissa ovat ilmastopolitiikan valmisteluun osallistuvat vastuuministeriöt eli Ympäristöministeriö, Maa- ja metsätalousministeriö, Työ- ja elinkeinoministeriö ja Liikenne- ja viestintäministeriö (Tilastokeskus 2010b).

Lopulliset päästöraportit toimitetaan YK:n ilmastopöytäkirjan sihteeristölle vuosittain huhtikuun puoliväliin mennessä. Päästöinventaarion tekemiseen kuluu noin vuosi eli esimerkiksi vuonna 2010 julkistettiin vuoden 2008 päästötiedot (Ympäristöhallinto 2009b, Tilastokeskus 2010b).



Kuva 1. Kasvihuonekaasujen arviointijärjestelmä Suomessa (Tilastokeskus 2010b).

### 2.3 Kasvihuonekaasujen alueellisesta mallinnuksesta

Kunnat ja aluehallinnon toimijat ympäri maailmaa tiedostavat oman roolinsa kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisessa muun muassa energiantuotannon ja -käytön ohjaamisen sekä liikenteen ja maankäytön suunnittelun kautta. Siksi kansallisen päästöinventoinnin lisäksi lasketaan myös alueellisia kasvihuonekaasupäästöjä ja seurataan niiden kehitystrendejä. Näitä varten on käytössä useita erilaisia menetelmiä ja työkaluja. Lounasheimo (2009) on tutkimuksessaan selvittänyt erilaisten kansainvälisten ja Suomessa käytettyjen alueellisten kasvihuonekaasumallien periaatteita ja problematiikkaa.

Yleispiirteissään alueelliset laskentamallit noudattavat keskenään samoja periaatteita ja pohjautuvat IPCC:n metodiikkaan. Malleihin syötetään dataa alueen energiantuotannosta ja -kulutuksesta, liikenteestä, teollisuus- ja maataloustuotannosta sekä jätehuollosta. Vaikka IPCC:n metodiikka huomioi myös maankäytön ja hiilinielut, niiden soveltamisesta alueellisiin laskentamenetelmiin ei ole vielä ohjeita. (Petäjä 2007, Lounasheimo 2009)

Laskentamallien lähtötiedot voivat olla tarkkuustasoltaan hyvin erilaisia. Karkeimmalla tasolla vaadittavat tiedot voivat koostua vain alueen väkiluvusta, bruttokansantuotteesta, kotitalouksien määrästä ja alueelta lähtevien lentojen lukumäärästä. Yksityiskohtaisella

tasolla voidaan tarkastella erilaisia riisinviljelymenetelmiä ja puolijohdeteollisuuden halogenoitujen hiilivetyjen käyttöä. (Lounasheimo 2009)

Keskeisimmät erot eri laskentamallien välillä liittyvät Lounasheimon (2009) mukaan energiantuotannon lähtötietoihin ja erityisesti sähkön alkuperään. Sähkön tuotantorakenne vaihtelee alueellisesti ja eri maissa paljonkin mutta toisaalta sähkö ostetaan tavallisesti yhteismarkkinoilta. Esimerkiksi vuonna 2007 niin sanotun keskimääräisen sähkön ominaispäästöt olivat Ruotsissa  $10 \text{ g CO}_2\text{-ekv kWh}^{-1}$ , yhteispohjoismaisessa tuotannossa  $60 \text{ g CO}_2\text{-ekv kWh}^{-1}$  ja keskimääräisessä eurooppalaisessa tuotannossa  $415 \text{ g CO}_2\text{-ekv kWh}^{-1}$  (Dotzauer 2009). Suomessa ominaispäästöt vuonna 2007 olivat  $228 \text{ CO}_2\text{-ekv kWh}^{-1}$  (Tilastokeskus 2010a). Myös sähkön ja lämmön yhteistuotannon sekä sähkölämmityksen päästöjen määrittelyssä on käytössä erilaisia käytäntöjä, joita on selostettu seikkaperäisemmin luvuissa 2.4.3 ja 2.4.4.

Koska energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöillä on lähes kaikkialla merkittävä rooli, vaikuttaa energiasektorin lähtötietojen ja taustaoletusten valinta suuresti myös päästölaskelmien tuloksiin ja sitä myöden harjoitettuun ilmasto- ja energiapolitiikkaan.

Keskeinen merkitys päästölaskelmissa on myös sillä, tarkastellaanko alueen päästöjä kulutus- vai tuotantoperusteisesti. Tuotantoperusteisilla päästöillä tarkoitetaan alueen omasta energiantuotannosta ja muista alueen toiminnoista syntyviä päästöjä. Alueen ulkopuolelta ostetun energian päästöjä ei huomioida. Kulutusperusteiset päästöt kuvaavat puolestaan niitä kasvihuonekaasuja, jonka alueen väestö ja tuotantotoiminta tuottaa mukaan lukien alueen ulkopuolelta ostetun energian osuus.

Tällä hetkellä ilmastositimusten mukaiset kansalliset päästöinventaarit noudattavat tuotantoperustaista tarkastelua. Kirjallisuudessa (Mäenpää & Siikavirta 2005, Peters 2008) on pohdittu tämän tarkastelutavan problematiikkaa. Nykyisellään laskentatapa ei huomioi kansainvälistä kauppaa ja liikennettä, jonka vuoksi päästölaskelmat eivät aina anna todellista kuvaa eri maiden aiheuttamasta ilmastokuormasta. Tuotteiden päästöt lasketaan valmistusmaan lukuun, joten nykyisen elintason aiheuttamat kokonaispäästöt ovat teollisuusmaissa usein raportoitua suuremmat (Peters 2008). Suomen osalta Mäenpää & Siikavirta (2005) toisaalta toteavat Suomessa tuotettujen vientituotteiden täällä syntyneiden päästöjen olevan suuremmat kuin muualla syntyvät tuontituotteiden päästöt. Niin Peters

kuin Mäenpää & Siikavirta pitävät kulutusperusteista tarkastelua myös kansainvälisesti perusteltuna. Siirtymä ei kuitenkaan ole yksinkertainen, sillä kulutusperusteisen datan ja kansainvälisen kaupan ja liikenteen tilastointi on huomattavan haasteellista ja lisää siten myös laskelmien epävarmuutta. Lisäksi vaarana on tietojen päällekkäinen raportointi eri maissa.

Myös kuntien kansainvälinen kestävän kehityksen liitto (ICLEI) viittaa tuotannon ja kulutuksen problematiikkaan puhuessaan energiavirroista ja alueellisen päästölaskennan haastavuudesta. Jos tietyllä alueella ei ole lainkaan energiantuotantolaitoksia, tuotantoperusteiset päästöt ovat väistämättä hyvin pienet, vaikka sähköä kulutettaisiin runsaastikin. Kulutusperusteinen tarkastelu tuo selvemmin näkyviin alueen erilaisten ilmastomuutoksen torjuntaan liittyvien toimenpiteiden, erityisesti energiansäästön vaikutuksen. (Lounasheimo 2009)

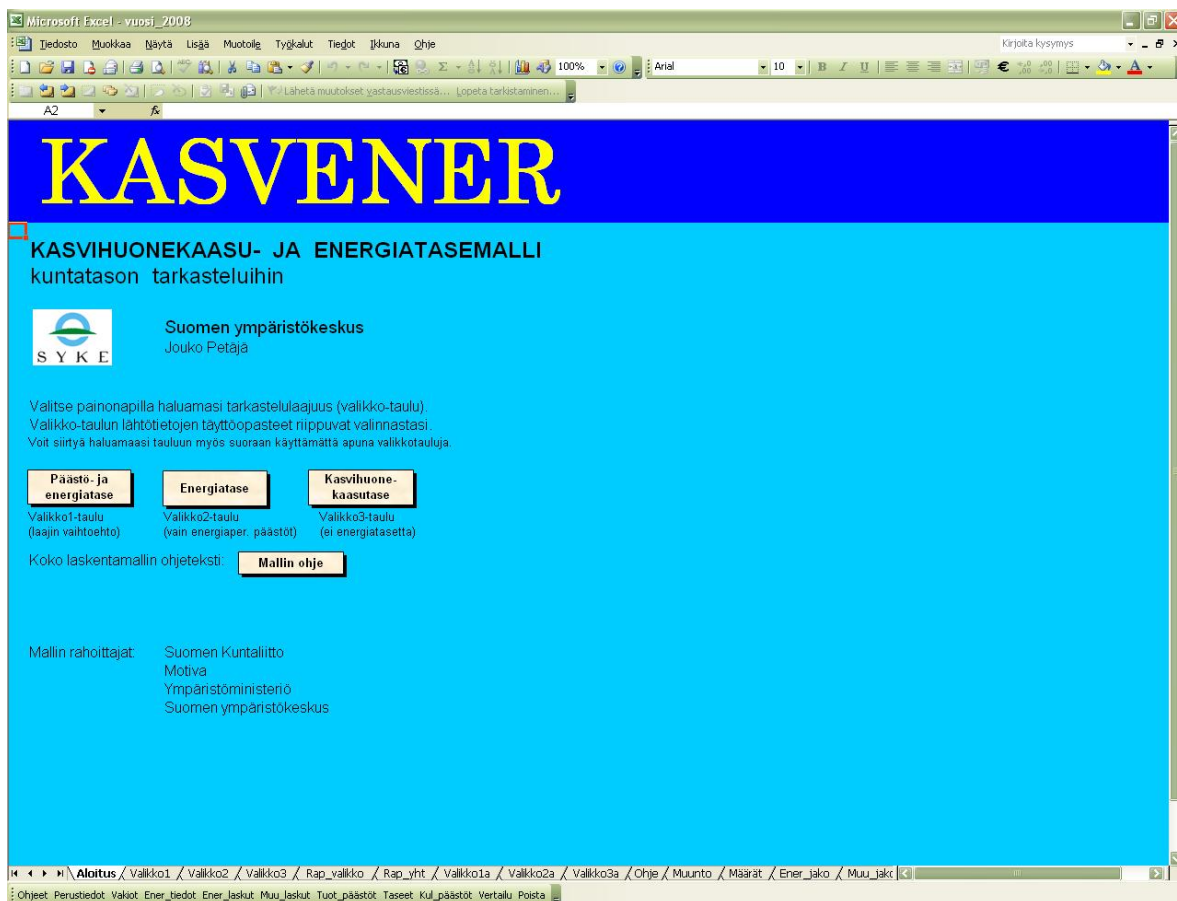
Lounasheimon (2009) mukaan maailmanlaajuisesti paljon käytetty alueellinen päästölaskentamalli on The Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol), joka on World Resources Instituten ja World Business Council for Sustainable Developmentin yhteistyössä kehittämä. Internetistä ladattavissa oleva malli on Excel-pohjainen ja sillä voidaan laskea esimerkiksi eri teollisuussektoreiden tai sähköntuotantomuotojen päästöt. Malli on ollut lähtökohtana myös kasvihuonekaasupäästölaskentoihin liittyvälle ISO-14064-1-standardille vuodelta 2006 ja Pohjois-Amerikassa toimivalle internet-pohjaiselle The Climate Registry -laskentatyökalulle. Samankaltaista metodiikkaa käytetään myös ICLEI:n paikallishallintojen kasvihuonekaasuinventointia varten lokakuussa 2009 julkaistussa laskentaohjeessa International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol.

#### **2.4 Kuntaliiton Kasvener-malli**

Suomen Kuntaliitossa loppuvuodesta 2009 tehdyn tutkimuksen (Savikko 2010) mukaan alueelliset kasvihuonekaasupäästöt on laskettu viime vuosina 58 kunnassa eli lähes viidesosassa kaikista Suomen kunnista. Käytännössä näistä jokaisessa on ainakin osittain käytetty Kuntaliiton kasvihuonekaasu- ja energiatasemalli Kasveneria (Luoma 2010). Maakunnallisissa laskelmissa Kasveneria on viime vuosina hyödynnetty internetistä

löytyvien päästöraporttien perusteella muun muassa Pirkanmaalla, Pohjois-Karjalassa, Pohjois-Pohjanmaalla, Etelä-Karjalassa ja Etelä-Savossa.

Kasvener-malli on aluetason kasvihuonekaasu- ja energiatasemalli, jonka avulla voidaan laskea kunnan tai muun rajatun alueen vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt (kasvihuonekaasutase) sekä energiantuotanto ja -kulutus (energiatase). Kasvener-malli on tehty Kuntaliiton toimeksiannosta Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE) alun perin Kuntaliiton kuntien ilmastokampanjaa varten vuonna 1997. Tämän jälkeen mallia on kehitetty SYKEN ja Kuntaliiton yhteistyössä ja päivitetty laajemmin vuosina 2002 ja 2007. Mallin toteutuksesta ja päivityksistä on vastannut erikoistutkija Jouko Petäjä, jonka toimesta on myös laadittu mallin valikoista löytyvä Kasvenerin käyttöohje. (Petäjä 2007)



Kuva 2. Kasvener-mallin aloitussivu (Kasvener 2007).

Syksyllä 2010 käytiin keskustelua Kasvenerin päivittämisestä vastaamaan paremmin nykyisiä tiedontarpeita ja toisaalta myös muuttuneita tilastointitapoja. Kuntaliiton mukaan aikomuksena on tehdä tällä kertaa aiempaa suurempi uudistus ja tuottaa mallista kaksi

eritasoista sovellusta: kevyt ja helppokäyttöinen internet-pohjainen versio sekä aiemman version kaltainen laajempi sovellus, joka palvelee entistä paremmin yhdyskuntasuunnittelua ja soveltuu suurten kuntien laskentoihin. Uusin päivitys valmistunee vuoden 2011 aikana. (Petäjä 2007, Luoma 2010)

#### 2.4.1 Mallin rakenne

Kasvener on Excel-pohjainen laskentatyökalu, joka on tilattavissa maksuttomasti Kuntaliiton internet-sivujen kautta. Mallin käyttö edellyttää Excelin alkeiden osaamista ja se toimii Excel97-taulukkolaskentaohjelmalla tai uudemmalla. Kasvenerin käyttöön on mahdollista saada koulutusta mm. konsulttiyritysten toimesta, joilta voi myös tilata toimeksiantona Kasvener-laskelmia.

Kasvener sisältää kaikkiaan 95 Excel-taulua, joiden välillä liikutaan joko välilehtien tai mallin erillisen käyttöliittymän avulla. Mallissa on 16 varsinaista lähtötietojen syöttötaulua, joihin syötetyn numerodatan pohjalta suoritetaan laskenta 20 sektorikohtaisessa laskentataulussa (kuva 3). Apuna ovat mallin oletuskertoimet ja vakiot (3 taulua) sekä valtakunnallisen ns. ostosähkön valmiiksi täytetyt ja lasketut taulut (2 taulua). Tulokset ohjautuvat 24 tulostauluun ja niistä edelleen 10 raportti- ja 9 kuvatauluun. Loput taulut liittyvät mm. laatumuunnoksiin, valikkorakenteisiin ja mallin ohjeisiin. (Petäjä 2007)



The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet titled "Microsoft Excel - vuosi\_2008". The spreadsheet is organized into columns labeled A through U and rows numbered 1 through 56. The main content is divided into sections for different years: 1990, 1997, 2005, and 2008. Each section contains data for "Kaukolämpövoimalat" (District Heating Plants) and "Keskisuomi" (Central Finland). The data includes energy production (Lämmön tuotanto), conversion factors (Höyry- ja sähkösuhteet), and various emissions (Yksiköiden (kantiloiden) energialähteiden (polttoaineen) käyttö). The spreadsheet also includes a summary row for "Yhteensä" (Total) and a "Välite" (Intermediate) row. The bottom of the spreadsheet shows a list of variables and their units, such as "Määrät", "Ener\_jako", "Muu\_jako", "Yhteiset", "Ener\_ker", "Ener\_ker\_apu", "Ostosähkö", "Osto\_las", "K\_lämpö", "Kl\_voima", "Pr\_voima", "Kl\_Pr\_voima", and "Hu\_voi".

Kuva 3. Esimerkki Kasvenerin syöttötaulusta (Kasvener 2007).

Vuoden 2007 päivityksen jälkeen mallin oletetut tarkasteluvuodet ovat olleet 1990, 1997 ja 2005, joista vuodelta 2005 on ollut saatavilla uusin valtakunnallinen päästötieto. Lisäksi neljäntenä vuotena on ollut 2010, jota on voinut käyttää jonkin tulevan vuoden arviointiin vuoden 2000 kertoimia käyttäen tai niitä muuttamalla. Kullekin tarkasteluvuodelle on omat sektorikohtaiset vakiot ja kertoimet, joten vuosia ei ole suositeltu muutettavan. Käytännössä uudemman päivityksen puuttuessa vuosien 2005 ja 2010 pohjia käyttäen on kuitenkin laskettu myöhempien vuosien päästöjä kertoimia osin korjaamalla.

### 2.4.2 Mallilla saatavat tulokset

Kasvener-mallilla voidaan selvittää kuinka paljon tarkastelualueella tuotetaan ja kulutetaan yhden vuoden aikana energiaa ja kuinka paljon alueen energiankäytöstä, teollisuus- ja maataloustuotannosta sekä jätehuollosta syntyy vuoden aikana kasvihuonekaasupäästöjä. Kasvener noudattaa IPCC:n päästölaskentaperiaatteita ja pohjautuu valtakunnallisen päästöinventaarion kertoiimiin. Eri kasvihuonekaasujen lämmityspotentiaaleille (GWP)

Kasvener käyttää IPCC:n vuonna 1995 valmistuneen toisen arviointiraportin mukaisia kertoimia  $\text{CO}_2 = 1$ ,  $\text{CH}_4 = 21$  ja  $\text{N}_2\text{O} = 310$ . Energiankäyttöä ja siitä aiheutuvia päästöjä voidaan tarkastella Kasvenerissa sekä tuotanto- että kulutusperusteisesti ja molempien tarkastelutapojen tiedot kertyvät erikseen tulostauluihin. (Petäjä 2007)

Kasvenerin tulostauluista saadaan alueen energiantuotannon, teollisuus- ja maataloustoiminnan ja jätehuollon hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöt. Lisäksi Kasvener laskee hiilimonoksidi-, hiukkas-, rikkidioksidi- ja typen oksidien päästöt, joilla on välillisiä vaikutuksia ilmastonmuutokseen, mutta niitä ei kuitenkaan sisällytetä Kasvenerin kokonaistarkastelun  $\text{CO}_2$ -ekvivalenttimääriin. Kasvener ei sisällä Kioton sopimuksessa olevia F-kaasuja, maankäytöstä aiheutuvia päästöjä eikä näihin osittain kytkettyjä polttoaineiden haihdunnan päästöjä. Näiden osuudeksi Suomen kokonaispäästöistä on arvioitu noin 8 prosenttia. (Petäjä 2007)

Kokonaispäästöjen lisäksi Kasvenerilla on mahdollista tarkastella syötetyn datan laajuudesta riippuen esimerkiksi yksittäisten kulutussektorien sähkönkulutuksen päästöjä, loppukulutuksen sektorikohtaisia tunnuslukuja sekä tarkasteltavan alueen polttoaineiden käytön jakaumaa.

Mallin lähtötietotauluissa voidaan syöttää tarkastelualueen lähtötiedot neljälle eri vuodelle mutta laskenta- ja tulostaulut käyttävät kuitenkin vain yhden vuoden tietoja kerrallaan. Eri vuosien tietoja voidaan mallissa suoraan vertailla keskenään vain rajatusti ja laajempi tulosten vertailu on tehtävä mallin ulkopuolella eri vuosien tietoja yhdistelemällä.

#### 2.4.3 Energiamenetelmä ja hyödynjakomenetelmä

Kasvener käyttää sähkön ja lämmön yhteistuotannon päästöjen kohdentamiseen ns. energiamenetelmää. Energiamenetelmässä yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon päästöt jaetaan tuotettujen energiamäärien suhteessa eli sähkö ja lämpö arvioidaan yhtä arvokkaiksi energiatuotteiksi. Koska yhden sähköenergiayksikön tuottamiseen tarvittaisiin erillisessä tuotannossa yli kaksi kertaa enemmän polttoainetta kuin yhden lämpöenergiayksikön tuottamiseen, yhteistuotannon etu kohdistuu energiamenetelmässä pääasiassa sähkölle. (Ekokumppanit Oy 2010)

Toinen ja viime aikoina yleistynyt tapa yhteistuotannon päästöjen kohdentamiseen on hyödynjakomenetelmä, jossa yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon polttoaineet ja päästöt jaetaan energiamuotojen erillistuotannon kuluttamien polttoainemäärien suhteessa. Näin ollen yhteistuotannon etu jakaantuu molemmille energiatuotteille. Hyödynjakomenetelmää käyttävät nykyisin mm. pääkaupunkiseudun kunnat omissa päästölaskelmissaan, Motiva Oy ja vuodesta 2006 alkaen Tilastokeskus. (Ekokumppanit 2010)

#### 2.4.4 Ostosähkö ja sähkölämmitys

Kasvener-mallissa tarkasteltavan alueen paikallinen sähköntuotanto oletetaan kulutettavaksi täysimääräisesti alueella ja mikäli sähkönkulutus on alueen omaa tuotantoa suurempaa, luokitellaan ulkopuolelta hankittava sähkö ns. ostosähköksi. Kasvener-laskelmissa ostosähkön päästöt määrittyvät valtakunnallisiksi voimalaitoksiksi luokiteltujen laitosten ja ulkomailta tuodun sähkön kyseisen vuoden polttoaineprofiilin mukaan. Valtakunnallisia voimalaitoksia ovat ydinvoima- ja tavalliset lauhdutusvoimalaitokset sekä ne vesi-, tuuli- ja huippuvoimalaitokset, joilla ei tulkita olevan selvää paikallista omistusta (Petäjä 2007).

Tässä tutkimuksessa kaikkina tarkasteluvuosina on käytetty samaa valtakunnallisen sähkön polttoaineprofiilia, joka on koostunut 90 prosenttisesti päästöttömästä energiantuotannosta (ydin-, tuuli- ja vesivoima sekä sähkön nettotuonti) ja mistä johtuen ostosähkön ominaispäästökerroin tutkimuksessa on vain  $73,2 \text{ g CO}_2\text{-ekv. kWh}^{-1}$ . Maakunnan oman tuotannon ominaispäästöt ovat puolestaan tutkimusvuosina 2004, 2006 ja 2008 olleet malliin syötetyn tuotantodatan pohjalta vastaavasti  $188,7 \text{ g}$ ,  $175,8 \text{ g}$  ja  $143,0 \text{ g CO}_2\text{-ekv kWh}^{-1}$ .

Sähköntuotannon päästöjen määrittämisessä on eroa muihin malleihin ja esimerkiksi jäljempänä esiteltävään Hilma-metodiin (luku 2.5), jossa on sähkön osalta oletuksena, että kaikki suomalaiset kuluttajat käyttävät keskimääräistä valtakunnallista sähköä. Hilmassa päästökerroin on määritelty tarkasteluvuoden ja sitä edeltävien viiden vuoden tuotannon keskiarvosta. Paikallisella sähköntuotantoprofiililla ei ole siis Hilma-metodissa vaikutusta alueen kasvihuonekaasupäästöihin.

Sähkölämmityksen ominaispäästökerroin muodostuu Kasvenerissa sekä alueen oman tuotannon että ostosähkön polttoaineprofiilien mukaan ja on tämän tutkimuksen tutkimusvuosina noin 86 g CO<sub>2</sub>-ekv. kWh<sup>-1</sup>. Koska sähkölämmitys ei kuitenkaan ole verrattavissa sähkön peruskäyttöön, vaan kohdentuu osin valtakunnallisten sähkön kulutuspiikkien paljon päästöjä tuottavaan sähkön marginaalituotantoon, annetaan sille kirjallisuudessa usein korkeampi päästökerroin. Ympäristöministeriö on määritellyt sähkölämmitykselle eri tehoalueiden mukaisia ominaiskertoimia, joista esimerkiksi pääkaupunkiseudun Hilma-laskennoissa ja Maailman luonnonsäätiön (WWF) Suomen ilmastolaskurissa on käytetty pyöristettyä kerrointa 400 g CO<sub>2</sub>-ekv. kWh<sup>-1</sup>. (Lounasheimo 2009, WWF 2010)

## 2.5 Muita Suomessa käytettyjä laskentamenetelmiä

Kasvenerin lisäksi kasvihuonekaasupäästöjä on viime vuosina laskettu pääkaupunkiseudulla täydentämällä Kasvener-laskelmia niin sanotulla Hilma-metodilla, joka on kehitetty pääkaupunkiseudun ilmastostrategiaprosessin aikana vuonna 2004. Sen keskeisin ero Kasvenerin laskentamenetelmään on edellä kuvatut sähkön ja lämmön yhteistuotannon päästöjen kohdentaminen hyödynjakomenetelmällä sekä osto- ja lämmityssähkön laskentatapa. Hilma-laskennan periaatteena on laskea päästöt ensin Kasvener-menetelmällä ja sen jälkeen tehdä korjauslaskelmia sähkön ja lämmön päästöjen osalta. Huomattavaa onkin, ettei kaikkia Suomessa tehtyä alueellisia laskelmia voida vertailla suoraan keskenään. Lounasheimo on (2009) vertaillut pääkaupunkiseudun Kasvener- ja Hilma-mallilla laskettuja päästöjä. Vertailun mukaan eri mallien käytöllä saatavat erot eivät ole yksiselitteisiä vaan vaihtelevat kunnasta ja sen energiatuotantorakenteesta riippuen. Esimerkiksi kokonaispäästöjen suhteen Hilma-metodin laskelmat tuottivat Helsingissä 23 % Kasveneria pienemmät päästöt kun taas Espoossa pienimmät päästöt saatiin Kasveneria käyttämällä ja Kirkkonummella molemmat mallit päätyivät samoihin lukuihin.

Viime aikoina yleistyneellä termillä hiilijalanjälki tarkoitetaan yleensä jonkin tuotteen, palvelun tai esimerkiksi hankkeen aiheuttamaa ilmastovaikutusta eli sitä, kuinka paljon kasvihuonekaasuja tuotteen tai toiminnan elinkaaren aikana syntyy. Erilaisilla hiilijalanjälkilaskureilla (esimerkiksi Helsingin Sanomat 2010) yksittäinen ihminen voi myös arvioida, kuinka paljon omasta kulutuksesta syntyy hiilidioksidia ja muita

kasvihuonekaasuja vuoden aikana. Erotuksena ekologiseen jalanjälkeen, hiilijalanjälki ilmoitetaan pinta-alan sijaan massana, esim. tonnia CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia, kuten kasvihuonekaasulaskelmissa.

Myös Tampereen seutukunnalle on laskettu (Heinonen & Junnila 2010) vastikään asukkaiden keskimääräiset hiilijäljet. Näissä kasvihuonekaasupäästöjä on tutkittu kulutuksen kautta ns. panos-tuotospohjaisella hybridielinkaarimallilla. Tarkastelutapa poikkeaa merkittävästi esimerkiksi Kasvenerin periaatteesta, jossa kulutuksen osalta huomioidaan ainoastaan tuotteiden ja palveluiden käytön energiaperäinen osuus alueella kun taas hiilijälkilaskelmat sisältävät myös paikallisen kulutukseen välilliset päästöt muualla. (Heinonen & Junnila 2010, Carbon Footprint Ltd 2010)

### 3 KOHDEALUE KESKI-SUOMI

Tutkimuksen kohdealueena on Keski-Suomen maakunta. Keski-Suomi sijaitsee nimensä mukaisesti logistisessa solmukohdassa keskellä Suomea ja maakuntaa halkoo kattava liikenneväyläverkosto (kuva 4). Keski-Suomea kuvataan metsien, vesistöjen ja vuorimaiden maakunnaksi, jossa on soisia, harvaanasuttuja metsäalueita, jylhien kalliorantojen reunustamia järviolueita ja viljavaa, kumpuilevaa peltomaisemaa. Maakunnan pinta-ala on vajaa 20 000 km<sup>2</sup>, joka vastaa noin 5 % koko maan pinta-alasta. (Keski-Suomen liitto 2010e)



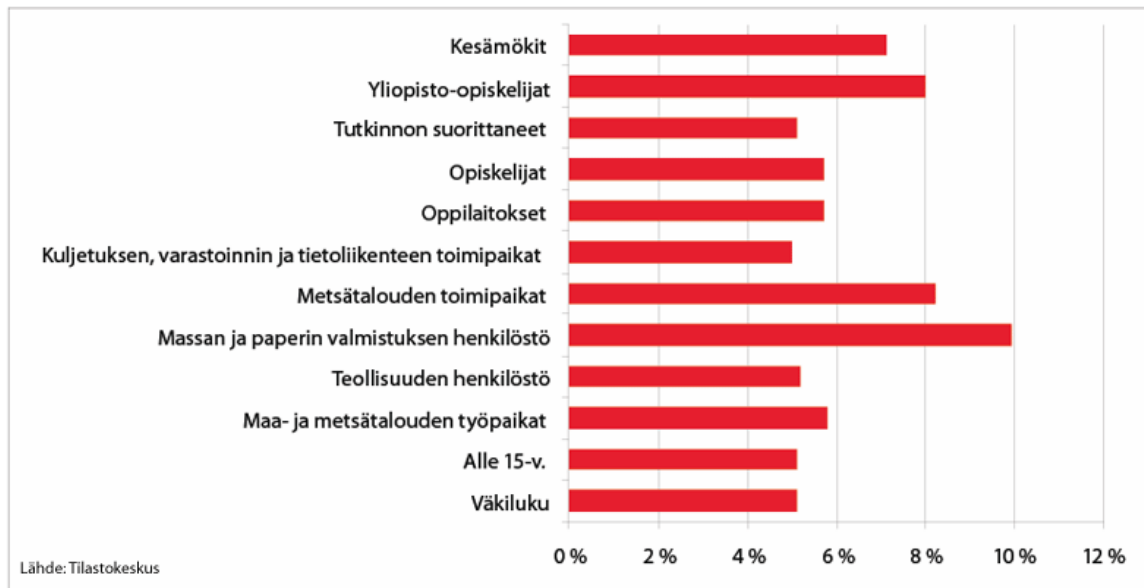
Kuva 4. Keski-Suomen kunnat ja maakuntaa halkovat liikenneväylät vuoden 2009 lopussa. (Keski-Suomen liitto 2010c)

Keski-Suomi jakautuu kuuteen seutukuntaan. Maakunnassa on 2000-luvulla tapahtunut useita kuntaliitoksia, joiden myötä kuntien määrä on vähentynyt vuosikymmenen alun 30:sta vuoteen 2010 mennessä 23:een. Maakunnan väestömäärä lisääntyy vuosittain (taulukko 1) ja tavoitteena on, että Keski-Suomessa asuu vuonna 2030 jo 300 000 asukasta. Väestökasvu perustuu etenkin Jyväskylän seudun positiiviseen kehitykseen, maakuntakeskuksen ulkopuolella väestö on viime vuosina vähentynyt. Keski-Suomen väestön osuus koko maan väestöstä on noin 5,1 %. (Keski-Suomen liitto 2010i)

Taulukko 1. Keski-Suomen väestömäärän kehitys 2000-luvulla. (Keski-Suomen liitto 2010h, muokattu)

Vuosi	Väestö	Muutos ed. vuodesta (%)
2000	265 683	
2001	266 522	0,32
2002	266 806	0,11
2003	267 816	0,38
2004	268 885	0,40
2005	269 575	0,26
2006	269 636	0,02
2007	270 701	0,39
2008	271 747	0,39
2009	272 784	0,38

Keski-Suomi on perusteellisuuden ja uusien teknologioiden maakunta, jonka kivijalat löytyvät erityisesti metsä-, paperi-, metalli-, puutuote- ja koneteollisuudesta sekä palvelualoilta. Lisäksi Keski-Suomi on tunnettu monipuolisesta koulutustarjonnastaan. Keski-Suomen vahvuuksia eli valtakunnallisesti merkittäviä toimialoja ja osuuksia on esitetty kuvassa 5. Maakunnan toiminnot sekä energiantuotanto ja -kulutus ovat keskittyneet vahvasti paperiteollisuuden keskittymiin (Jämsän ja Äänekosken seudut) sekä maakunnan keskukseen Jyväskylään (Keski-Suomen liitto 2010g, Keski-Suomen Energiatoimisto 2010b).



Kuva 5. Keski-Suomen valtakunnallisesti merkittäviä osuuksia, %-osuus koko maasta (Keski-Suomen liitto 2010g).

### 3.1 Keski-Suomen maakunnan kehittäminen

Maakunnan kehittämisen keskus on Keski-Suomen liitto, joka vastaa maakunnan yleisestä kehittämisestä ja maakuntasuunnittelusta sekä ajaa maakunnan, sen kuntien, väestön ja elinkeinoelämän etuja valtakunnallisilla ja kansainvälisillä foorumeilla. Liiton ylin toimielin on maakuntavaltuusto ja liiton toimintaa johtaa maakuntahallitus. Lisäksi maakunnan kehittämiseen osallistuu maakunnan yhteistyöryhmä, joka vastaa EU-ohjelmien toteuttamisesta Keski-Suomessa ja muun muassa nimeää maakunnan kehittämisen kärkiklusterit. (Keski-Suomen liitto 2010f)

Maakunnan suunnittelujärjestelmään (kuva 6) kuuluvat maakuntasuunnitelma, maakuntakaava ja maakuntaohjelma, joista on säädetty aluekehityslaisissa ja maankäyttö- ja rakennuslaisissa. Maakunnan suunnittelujärjestelmän tavoitteena on maakunnan olojen monipuolinen kehittäminen ja siinä keskeisessä asemassa on maakuntasuunnitelma.





Kuva 6. Keski-Suomen maakunnan suunnittelu järjestelmä (Keski-Suomen liitto 2010f).

### 3.2 Maakuntasuunnitelma

Keski-Suomen maakuntasuunnitelma 2030 ”Yhteistyön, yrittäjyyden ja osaamisen Keski-Suomi” on hyväksytty maakuntavaltuustossa kesäkuussa 2010 (Keski-Suomen liitto 2010i). Maakuntasuunnitelma on Keski-Suomen liiton johdolla ja maakunnan eri toimijoiden yhteistyönä valmisteltu pitkän aikavälin (20–30 vuotta) strateginen asiakirja, jossa määritellään maakunnan kehityksen tavoitteet ja strategiat niiden saavuttamiseksi. Maakuntasuunnitelma on koko maakunnan yhteinen kannanotto alueen tulevasta kehityssuunnasta. Sen toteuttamiseen ovat sitoutuneet kaikki maakunnan tahot.

Maakuntasuunnitelman mukaan vuoteen 2030 mentäessä Keski-Suomen elinkeinorakenteen ennustetaan siirtyvän kohti palveluvaltaisempaa rakennetta. Hoiva-ala ja erityisasiantuntijuuden yrityspalvelut kasvavat ja teollisuuden suhteellinen osuus laskee. Alkutuotannon työpaikat vähenevät ja erityisesti maatalousyrittäjien määrä vähenee. Toisaalta tilakoot kasvavat ja tuottavuus lisääntyy. Täysin uusia työpaikkoja avautuu

vastaamaan ilmastonmuutoksen haasteisiin. Tavoitteena on, että vuonna 2030 Keski-Suomessa asuu 300 000 asukasta.

Maakuntasuunnitelman mukaan Keski-Suomen maakunnan keskeinen lähtökohta ilmastonmuutoksen suhteen on kansallinen pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia ja siihen liittyvä ilmastopoliittinen tulevaisuusselonteko (TEM 2008, VNK 2009). Alue- ja yhdyskuntarakenteen osalta kehyksen muodostavat puolestaan valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet.

Ilmastonmuutoksen hillitseminen otetaan huomioon maakunnan energiantuotannossa ja kulutuksessa. Uusiutuviin energialähteisiin perustuva tuotanto, eheytyneempi alue- ja yhdyskuntarakenne sekä junaliikenteen osuuden ja sujuvuuden lisääminen ovat keskeisimmät tavoitteet. Vuoteen 2020 tavoitteena on, ettei maakunnassa käytetä ulkomailta tuotavia fossiilisia polttoaineita lukuun ottamatta osaa liikenteen käyttämästä energiasta.

Vuonna 2010 hyväksytty maakuntasuunnitelma sisältää huomattavasti enemmän tavoitteita ja toimenpide-ehdotuksia ilmastonäkökulmaan ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen liittyen kuin edellinen, vuonna 2005 hyväksytty. Vaikka kansainväliset sitoumukset edellyttävät uusiutuvan energian osuuden kasvattamista, maakunnan energiahuollon nähdään myös perustuvan suurelta osin jatkossakin uusiutumattomaksi luokitellun turpeen tehokkaaseen käyttöön. Turpeen hyödyntämisen lisäksi maakunnan tavoitteena on lisätä mm. puun, peltobiomassan ja jätteiden käyttöä niin, että vuoteen 2015 mennessä tuotantoa paikallisista energialähteistä lisätään yhteensä 4 TWh vuoteen 2002 verrattuna. Myös tuulivoiman hyödyntämiseen sähköntuotannossa varaudutaan.

Jätehuollossa ilmastonäkökulma otetaan huomioon panostamalla ennen kaikkea jätteen synnyn ennaltaehkäisyyn ja materiaalikierrätyksen lisäämiseen. Lisäksi jätteiden käsittelyn ja loppusijoitettavan jätemäärän vähentämiseksi edistetään jätteiden energiasisällön hyödyntämistä biokaasun tuotannossa ja jätteenpoltossa. Biokaasua voidaan tarvittaessa tuottaa biojätteestä myös yhdessä naapurimaakuntien kanssa.

Vaikka lähivuosina puuta käytetään energiantuotannossa lähinnä melko jalostamattomassa muodossa (hake, murske, pelletit), tulevina vuosikymmeninä maakunnassa halutaan

aloittaa myös nestemäisten polttoaineiden valmistus. Yhdessä fossiilisten öljyvarojen vähenemisen kanssa tämä lisää puun arvoa raaka-aineena ja myös jalostuksen arvonlisäystä. Keski-Suomen tavoitteena on saada biopolttoneiden jalostuslaitos ainakin Äänekoskelle.

Liikkumisen osalta maakuntasuunnitelma toteaa autoliikenteen säilyvän sekä henkilö- että tavaraliikenteen pääkuljetusmuotona. Liikenteen polttonesteiden kulutuksen uskotaan vähenevän. Kallistuva energia ja päästöperusteinen liikkumisen verotus tulevat kuitenkin kasvattamaan joukkoliikenteen osuutta ennen kaikkea työ- ja vapaa-ajanmatkoissa. Osana joukkoliikenteeseen perustuvaa aluerakennetta pidetään aiheellisena paikallisjunaliikenteen aloittamisen selvittämistä ja tavoitteena on myös olennaisesti nopeutuva raideliikenne Jyväskylästä Helsinkiin. Kevyen liikenteen väylästön kehittämisestä huolehditaan liikennejärjestelmäsuunnitelman mukaisesti.

Asumisessa ja rakentamisessa on keskityttävä enenevässä määrin energiansäästöratkaisuihin, uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseen, kaukolämpöön sekä olemassa olevan rakennuskannan hyödyntämiseen ja korjausrakentamiseen. (Keski-Suomen liitto 2010i)

### **3.3 Maakuntaohjelma**

Maakuntasuunnitelma on lähtökohtana maakuntakaavalle ja maakuntaohjelmalle. Keski-Suomen maakuntakaavassa esitetään yleispiirteisesti, miten aluerakenteen eri elementit maakunnassa sijoittuvat. Maakuntaohjelmassa puolestaan konkretisoidaan maakuntasuunnitelmassa hyväksytyjä linjauksia. Maakuntaohjelma vuosille 2011–2014 (Keski-Suomen liitto 2010d) hyväksyttiin kesäkuussa 2010 ja se on laadittu Keski-Suomen liiton johdolla yhteistyössä kuntien, valtion aluehallintoviranomaisten ja muiden yhteistyötahojen kanssa.

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseen ja sopeutumiseen liittyen vuosien 2011–2014 maakuntaohjelma nojaa BalticClimate-hankkeeseen (Keski-Suomen liitto 2010a) ja sille asetettuihin tavoitteisiin. Ilmastonmuutokseen liittyen tavoitellaan tiivistä asumisen ja elinkeinotoimintojen yhdyskuntarakennetta, uusiutuvia energialähteitä sekä kiirehditään raideliikenteen investointeja. Liikennesuunnittelun merkitystä korostetaan ja suositaan

ratkaisuja, jotka edistävät työmatkaliikenteessä kevyenliikenteen hyödyntämistä. Maakuntaohjelman tavoitteita yksilöidään ja ajoitetaan edelleen maakuntaohjelman toteuttamissuunnitelmassa, joka vuosien 2011–2012 osalta hyväksyttiin syyskuussa 2010 (Keski-Suomen liitto 2010e).

### **3.4 BalticClimate-hanke**

Keski-Suomen liitto osallistuu vuosina 2009–2011 toteutettavaan EU:n aluekehitysrahaston osarahoittamaan eurooppalaiseen BalticClimate-hankkeeseen, jonka tavoitteena on sisällyttää ilmastonmuutoksen hillitseminen ja ilmastonmuutokseen sopeutuminen osaksi aluekehittämistä ja alueiden käyttöä. Hankkeessa jalostetaan tietoa ilmastonmuutoksesta käyttökelpoiseen ja ymmärrettävään muotoon eri kohderyhmien tarpeisiin. Samalla tullaan omaksumaan ja hyödyntämään muiden maiden ja alueiden hyviä kestävän kehityksen käytäntöjä. Tavoitteena hankkeessa on parantaa alueen kilpailukykyä ja vetovoimaisuutta, ilmastonmuutos huomioiden. Hankkeessa on mukana 23 partneria seitsemästä maasta.

Hankkeen pääpainopisteenä Keski-Suomessa on liikenne ja asuminen, sekä elinkeinoelämän ja yritysten mahdollisuudet sopeutua ja toisaalta hyötyä ilmastonmuutoksesta. Hankkeessa etsitään mm. ilmastonmuutokseen sopeutuvia elinkeinoelämän palveluja ja tuotteita. (Keski-Suomen liitto 2010a)

### **3.5 Keski-Suomen ilmastostrategia**

Valtioneuvoston laatimassa Suomen pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa edellytetään, että maakunnat ja kaupunkiseudut laativat omat ilmasto- ja energiastrategiansa sekä niiden toteutusohjelmat valtakunnallisen strategian pohjalta (TEM 2008). Tältä pohjalta Keski-Suomen maakuntahallitus päätti maaliskuussa 2010 käynnistää maakunnallisen ilmastostrategian laadinnan. Ilmastostrategian tavoitevuotena on 2020. Ilmastostrategian pohjatyönä toimivat edellä kuvatun BalticClimate-hankkeen taustoittavat osatyöt ilmastonmuutoksen alueellisista vaikutuksista Keski-Suomessa sekä maakunnan kasvihuonekaasupäästöjä ja niiden kehitystä 2000-luvulla selvittävä tutkimus (tämä työ).

Ilmastostrategiatyössä etsitään maakuntatason keinoja ilmastonmuutoksen hillintään ja ilmastonmuutokseen sopeutumiseen. Erityisesti selvitetään:

- Miten ilmastonmuutos vaikuttaa Keski-Suomeen?
- Miten Keski-Suomi tuottaa kasvihuonekaasupäästöjä ja missä on vähennyspotentiaali?
- Mitä mahdollisuuksia ja uhkia ilmastonmuutos tuo maakuntaan?
- Miten näihin mahdollisuuksiin ja uhkiin vastataan ja miten niihin sopeudutaan?

Ilmastostrategia kokoaa olemassa olevaa tietoa, hahmottelee tulevaisuuden strategiaa ja toimii faktapakettina niin kunnille kuin kuntalaisillekin. (Keski-Suomen maakuntahallitus 2010, Koponen 2010)

### **3.6 Keski-Suomen ympäristöanalyysi**

Vuonna 2008 ilmestyneessä Keski-Suomen maakunnallisessa ympäristöanalyysitutkimuksessa (Onkila ym. 2008) selvitettiin maakunnan ihmistoiminnan vaikutuksia ympäristöön. Työn keskeisiä elementtejä olivat päästötiedon inventaario, ympäristöongelmien arvottamiskysely, vaikutusten arviointi ja asiantuntija-arviot. Tarkoituksena oli löytää Keski-Suomen ihmistoiminnan vaikutuksista ne, joihin ympäristönsuojelun huomio ja toimenpiteet tulisi keskittää, jotta ne palvelisivat mahdollisimman tehokkaasti ympäristötavoitteita. Ympäristökuormaa tarkasteltiin toimintosektoreittain ja tarkastellut ympäristöongelmat olivat ilmastonmuutos, alailmakehän otsonin muodostuminen, happamoituminen, rehevöityminen vesistöissä ja happivajaus vesistöissä.

Analyysityössä ja raportoinnissa sovellettiin valtion ympäristöhallinnossa 1990-luvun lopulla kehitettyä menetelmää, jolla voidaan arvioida yleisellä tasolla ihmistoiminnan ja ympäristöongelmien välisiä yhteyksiä. Menetelmää on käytetty eri puolilla maata muun muassa alueellisten ympäristöindikaattoreiden valinnassa, ympäristöohjelmien laadinnassa ja ympäristön tilan arvioinnissa.

Päästötiedon inventoinnissa selvitettiin maakunnan alueella syntyneet päästöt 2000-luvun alussa. Tarkasteluvuotena oli pääosin vuosi 2005 mutta joiltain osin käyttökelpoinen tieto saatiin vuosilta 2003 tai 2004. Näin ollen tulosten osalta loppuraportissa viitataan monissa

kohdin yleisesti 2000-luvun alkuun. Tietolähteinä olivat pääasiassa julkiset tilastolähteet, kuten Tilastokeskus, ympäristöhallinnon VAHTI-tietokanta ja VTT:n LIPASTO-laskentajärjestelmä. Inventaariossa ei huomioitu alueen energia- ja materiaalivirtoihin (tuonti ja vienti) liittyviä päästöjä.

Ilmastonmuutokseen vaikuttavien päästöjen osalta Ympäristöanalyysissa todetaan Keski-Suomen suurimpien hiilidioksidipäästöjen syntyvän yhdyskuntatoiminnoissa ja liikenteessä teollisuuden ollessa kolmanneksi suurin hiilidioksidin tuottaja. Typpioksiduuli- ja metaanipäästöistä merkittävin osa syntyy maataloudessa. Muita merkittäviä lähteitä ovat yhdyskunnat ja teollisuus sekä typpioksiduulin osalta liikenne. (Onkila ym. 2008)

Ympäristöanalyysin tuloksista on taulukkoon 2 laskettu Kasvenerin käyttämien, IPCC:n toisen arviointiraportin (1995) mukaisten, kasvihuonekaasujen lämmityspotentiaalikerroimien avulla sektorikohtaiset CO<sub>2</sub>-ekvivalenttipäästömäärät, jotka ympäristöanalyysin tarkasteluajankohtana 2000-luvun alussa oli yhteensä noin 2 840 tonnia.

Taulukko 2. Keski-Suomen ympäristöanalyysin mukaiset sektorikohtaiset CO<sub>2</sub>-ekvivalenttipäästöt 2000-luvun alussa (muokattu Onkila ym. 2008).

t CO <sub>2</sub> - ekv. a <sup>-1</sup>	Maa- talous	Metsä- talous	Yhdys- kunnat	Haja- ja loma-as.	Teollisuus	Liikenne	Yhteensä
CO <sub>2</sub>	232 879	34 244	666 208	73 604	712 185	728 673	2 447 793
CH <sub>4</sub>	94 752	84	63 336	15 540	27 993	2 415	204 120
N <sub>2</sub> O	105 710	620	18 910	3 410	25 420	35 650	189 720
Yhteensä	433 341	34 948	748 454	92 554	765 598	766 738	2 841 633

Kasvihuonekaasujen lämmityspotentiaalikerroimet (IPCC 1995): CO<sub>2</sub> = 1, CH<sub>4</sub> = 21, N<sub>2</sub>O = 310

### 3.7 Keski-Suomen ympäristöohjelma

Keski-Suomen ympäristöanalyysin tuloksilla luotiin pohja kesällä 2008 käynnistetylle Keski-Suomen ympäristöohjelmatyölle. Keski-Suomen ympäristöohjelma ”Sanoista tekoihin” valmistui keväällä 2010 ja on osa maakunnan kehittämiskokonaisuutta. Ohjelman valmistelussa on tehty yhteistyötä Keski-Suomen maakuntasuunnitelman ja maakuntaohjelman valmistelutyön kanssa ja sen tavoitevuosi on 2015. (Keski-Suomen ELY-keskus 2010)

Ympäristöohjelmassa on tarkasteltu Keski-Suomen tulevaa kehitystä ympäristönäkökulmasta ottaen huomioon maakunnan yleiset kehityslinjat ja sen tavoitteena on näyttää suuntaa kohti kestävämpää Keski-Suomea. Ohjelman tarkoitus on rohkaista nimensä mukaisesti sanoista tekoihin ja tarjota konkreettisia toimenpiteitä.

Alle on koottu Keski-Suomen ympäristöohjelmassa esitetyt kasvihuonekaasujen vähentämisen keskeiset toimenpide-ehdotukset.

Rakennuksista energiatehokkaampia: Kaavoitusprosesseissa huomioidaan suunnitellun maankäytön energiatehokkuus ja ilmastonmuutoksen keinot. Tonttien käsittelyyn, rakennussuunnitteluun ja rakentamiseen panostetaan niin, että energiatehokas ja terveellinen lopputulos on mahdollinen. Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuutta parannetaan hallitusti korjausrakentamisen hankkeissa. Myös rakentamisen ammattilaisten riittävästä koulutuksesta ja pätevyydestä huolehditaan sekä eri toimijoiden väliseen yhteistyöhön panostetaan. Lisäksi huolehditaan asukasneuvonnasta.

Liikenne kestäväksi ja kevyeksi: Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä keskeisenä tavoitteena on henkilöautoliikenteen tarpeen väheneminen, jota edistetään liikennejärjestelmän ja alueidenkäytön suunnittelulla. Ekologisesti kestäviä ja vähäpäästöisiä kuljetusratkaisuja edistetään ja biokaasun käyttö liikenteessä halutaan nostaa 25 GWh:iin muun muassa uusia biokaasun tankkausasemia perustamalla. Joukkoliikenteestä tehdään houkuttelevampi vaihtoehto palvelutasoa, etuisuuksia ja eri liikennemuotojen keskinäistä joustavuutta parantamalla. Myös kävelyn ja pyöräilyn olosuhteita parannetaan huolellisella katu ympäristön suunnittelulla ja määrittelemällä kevyen liikenteen laatuikäviä. Raideliikenteen toimenpiteissä painottuvat

maakuntasuunnitelman esitykset niin seudullisten kuin valtakunnallisten yhteyksien parantamiseksi.

Maakunnan energiantuotantoa kehitetään ilmastovastuulliseksi ja kestäväksi: Energiantuotannossa suositaan uusiutuvia polttoaineita ja kasvihuonekaasujen vähentämistavoitteet otetaan huomioon energiantuotantoa ja -kulutusta koskevissa investoinneissa. Puuenergian voimakkaan lisäämisen ohella panostetaan aurinko- ja tuulienergian sekä ilma-, maa- ja vesilämmön hyödyntämiseen sähköntuotannossa. Tuulivoimapotentiaalista ja -varausten osoittamisesta maakuntakaavaan varaudutaan tekemään selvitys. Jätteen energiahyödyntämistä ja niin laitos- kuin maatilakokoluokan biokaasun tuotantoa lisätään. Energiansäästö ja energiatehokkuus otetaan lähtökohdaksi ja laaditaan näille maakunnallinen toimintaohjelma. (Keski-Suomen ELY-keskus 2010)

### **3.8 Keski-Suomen energiataseet**

Keski-Suomen energiatoimisto on energiasektorin alueellinen asiantuntijaorganisaatio, jonka tehtävänä on tukea maakunnassa Euroopan unionin, Suomen ja Keski-Suomen energia- ja ympäristöpolitiikan tavoitteiden toteutumista energiatehokkuutta ja uusiutuvan energian käyttöä edistämällä. Energiatoimisto seuraa Keski-Suomen energiantuotantoa ja -kulutusta ja on laatinut niitä kuvaavat energiataselaskelmat vuosilta 2004, 2006 ja 2008. Lisäksi energiataseista löytyy jonkin verran vertailutietoa vuosilta 1993 ja 1998. Energiataseet on koottu hyödyntämällä mm. Tilastokeskuksen, Energiateollisuus ry:n ja Kuntaliiton kokoamia tilastoja ja Ympäristöhallinnon VAHTI-tietokantaa. Tämän lisäksi keskeisessä roolissa ovat olleet suorilla kyselyillä kerätyt tiedot alueen energialaitoksilta. (Keski-Suomen Energiatoimisto 2010a-b)



## 4 TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

### 4.1 Menetelmä

Keski-Suomen ihmisperäisten kasvihuonekaasupäästöjen laskentatyökaluksi valittiin Kuntaliiton Kasvener-malli. Malli on esitetty luvussa 2. Tutkimuksessa tarkastellaan maakuntaa yhtenä kokonaisuutena eikä tutkimusalueen yksittäisten kuntien, laitosten tai toimijoiden tietoja ei voida tuloksista eritellä. Tutkimuksen tavoitteena on 2000-luvulla tapahtuneen päästökehityksen tarkastelu, joten tutkimuksen tarkasteluvuosisiksi on valittu useita vuosia, joita tarkastellaan rinnakkain.

Päästöjä tarkastellaan työssä kulutusperusteisesti eli sisältäen maakunnan alueen yhdyskunta-, teollisuus- ja maataloustoiminnan sekä liikenteen aiheuttamat päästöt mukaan lukien alueen ulkopuolelta ostetun energian (ostosähkön) tuotannon päästöt. Päästöyksikkönä on hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>-ekv.), jota käytetään pääasiassa kilotonneina (1000 t CO<sub>2</sub>-ekv.).

Laskentatuloksia voidaan tarkastella koko maakunnan kokonaisuutena ja sen sisällä päästösektoreittain. Kasvener-mallin päästölähteet on luokiteltu yhdeksään sektoriin: kaukolämpö, sähkölämmitys, erillislämmitys, sähkön (muu) kulutus, teollisuus ja työkonet, liikenne, jätehuolto, maatalous ja teollisuusprosessit. Näistä kolme ensimmäistä tarkastellaan tulososiossa myös yhdessä otsikolla rakennusten lämmitys. Teollisuusprosesseilla tarkoitetaan tässä jaottelussa teollisuuden prosesseissa syntyviä, ei-energiaperäisiä, suoria kasvihuonepäästöjä. Ne on rajattu Keski-Suomen tarkastelusta pois, sillä alueella ei ole tähän kategoriaan luettavaa merkittävää toimintaa.

Kokonaispäästöjen (CO<sub>2</sub>-ekv.) lisäksi Kasvenerin tulostauluista saadaan eriteltyinä sektorittaiset hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöt. Syötetyn datan laajuudesta ja tarkkuudesta riippuen on mahdollista tarkastella esimerkiksi yksittäisten loppukulutussektorien sähkönkulutuksen päästöjä ja muita sektorikohtaisia tunnuslukuja sekä tarkasteltavan alueen polttoaineiden käytön jakaumaa.

## 4.2 Aineisto

Aineistonhankinta pohjautuu avoimiin tilastotietoihin, asiantuntija-arvioihin ja energian osalta Keski-Suomen Energiatoimiston aineistoihin. Tiedonhankintaa on esitelty sektoreittain alla ja malliin syötetyt lähtötiedot on koottu liitteisiin.

Tarkasteluvuosien valikoitumiseen on vaikuttanut erityisesti energiasektorin tietojen saanti, joiden keräämisessä keskeinen tietolähde on ollut Keski-Suomen Energiatoimisto. Energiatoimisto on koonnut ja tarkastellut maakunnan energiatietoja energiataaselvityksissä vuosilta 2004 ja 2006 ja tämän työn rinnalla kerättiin tiedot myös vuoden 2008 energiatasetta varten. Näin ollen tämän tutkimuksen tarkasteluvuosiksi valikoituivat 2004, 2006 ja 2008.

### 4.2.1 Avoimet tilastotiedot

Tutkimuksen helpoimmin saatavat tiedot löytyvät maataloussektorilta (liitteet I ja II), jonka tilastotiedot on saatu pääasiassa Maa- ja metsätalousministeriön Tietopalvelukeskuksen vuosittain julkaistavasta maatilarekisteristä (MMM 2009). Suopeltojen osalta lähteenä on Geologinen tutkimuskeskus (Virtanen & Vanne 2008). Tiedot maakunnan väestömäärästä on saatu Tilastokeskuksen tilastoista.

Liikennesektorin tiedot (liitteet IV-VI) ovat pääosin saatavissa VTT:n tuottamasta Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen LIPASTO-laskentajärjestelmästä (VTT 2010a), jolla tuotetaan vuosittain Suomen viralliset liikenteen päästöluvut. Tärkeimmät tulokset julkaistaan ja ovat vapaasti saatavilla järjestelmän internetsivuilla. Laskentajärjestelmä päivitetään vuosittain.

Tieliikenteen päästö-, energia- ja liikennesuoritetiedot on saatavilla LIPASTO:n tieliikenteen LIISA2008-mallista, josta Keski-Suomen vuosittaiset kuntatiedot poimittiin ja summattiin yhteen. Kasveneriiniin syöttöä varten polttoaineen kulutus (tonnia) muunnettiin vaadittuun yksikköön GWh.

Lentoliikenteen osalta Kasveneriiniin syötetään siviili- ja sotilasliikenteen sekä maakaluston päästöt yhteenlaskettuna. Tiedot on koottu Finavian ympäristöraporteista (Finavia 2009),

joista saadaan suoraan siviili-ilmailun ns. LTO-syklin ja maakaluston päästöt sekä polttoaineen kulutus. Tiedot on muunnettu tonneista GWh:ksi. Sotilasliikenteen päästöt on arvioitu Keski-Suomen Ympäristöanalyysin (Onkila ym. 2008) käyttämällä mallilla eli suhteuttamalla Finavian ilmoittamat sotilasliikenteen laskeutumismäärät siviililiikenteen laskeutumismääriin sekä niiden päästö- ja polttoaineenkulutustietoihin. Kalustoeroista johtuen Jyväskylän ja Hallin sotilasliikenteelle on eri laskutapa (liite VI).

Työkoneiden (sis. diesel- ja bensiinikäyttöiset työkoneet ja maastoajoneuvot) kulutus- ja päästötiedot on saatu VTT:n työkoneiden TYKO2008-mallista (VTT 2010b) suhteuttamalla maakunnan väestöosuus vuosittaisiin valtakunnallisiin tietoihin. (liite VIII) Maantieteellisesti rajattua tietoa ei ole ollut käytettävissä.

#### 4.2.2 Asiantuntijatiedot ja –arviot

Raideliikenteen osalta tilattiin VTT:n LIPASTO-järjestelmän raideliikenteen RAILI-tietokannasta erillisajot Keski-Suomen maakunnan alueella kulkevista rataosuuksista ja alueella sijaitsevista ratapihoista (Auvinen 2010).

Jätehuollon ja jätevesien lähtötiedot (liite III) on saatu pääasiallisesti henkilökohtaisina tiedonantoina. Yhdyskuntien ja teollisuuden jätemäärät on saatu Keski-Suomen ELY-keskuksen ylitarkastaja Hannele Yli-Kauppilalta, joka on ollut myös kokoamassa tietolähteenä käytettyä Keski-Suomen alueellista jätesuunnitelmaa vuoteen 2016 (Yli-Kauppila ym. 2009). Jätevesitiedot on saatu niin ikään Keski-Suomen ELY-keskuksesta, josta yhdyskuntien osalta rakennusmestari Jukka Mutilalta ja teollisuuden osalta ympäristöinsinööri Esa Kuituselta. Lisäksi lähteenä on ollut Keski-Suomen maakunnan vesihuollon vuosien 2009–2020 strateginen kehittämissuunnitelma (Viitaniemi 2010). Kalankasvatuksen tiedot on saatu ELY-keskuksen ympäristöinsinööri Ansa Selänteeltä.

#### 4.2.3 Energia

Energiasektorin tarvittavat tiedot (liitteet VII ja VIII) ovat alueen sähkön, kaukolämmön ja prosessilämmön kokonaiskulutukset, niiden jakaumat eri loppukulutussektoreille, tuotanto alueella ja käytetyt polttoaineet. Lisäksi tarvitaan tietoa alueen rakennusten lämmitysmuodoista ja polttoaineista. Tietoja on saatu etenkin Keski-Suomen

Energiatoimiston projektipäällikkö Lauri Penttiseltä sekä Energiatoimiston energiataseaineistoista (Keski-Suomen Energiatoimisto 2010b, Penttinen 2010). Energiataseiden lähtötiedot on koottu mm. Tilastokeskuksen, Energiateollisuus ry:n ja Kuntaliiton kokoamista tilastoista, Ympäristöhallinnon VAHTI-tietokannasta sekä suorilla kyselyillä alueen energialaitoksilta. Lisäksi täydentävää tietoa sähkön- ja lämmönkulutuksen loppukäytöstä on saatu Energiateollisuus ry:ltä (Wilhelms 2010).

### **4.3 Rajaukset**

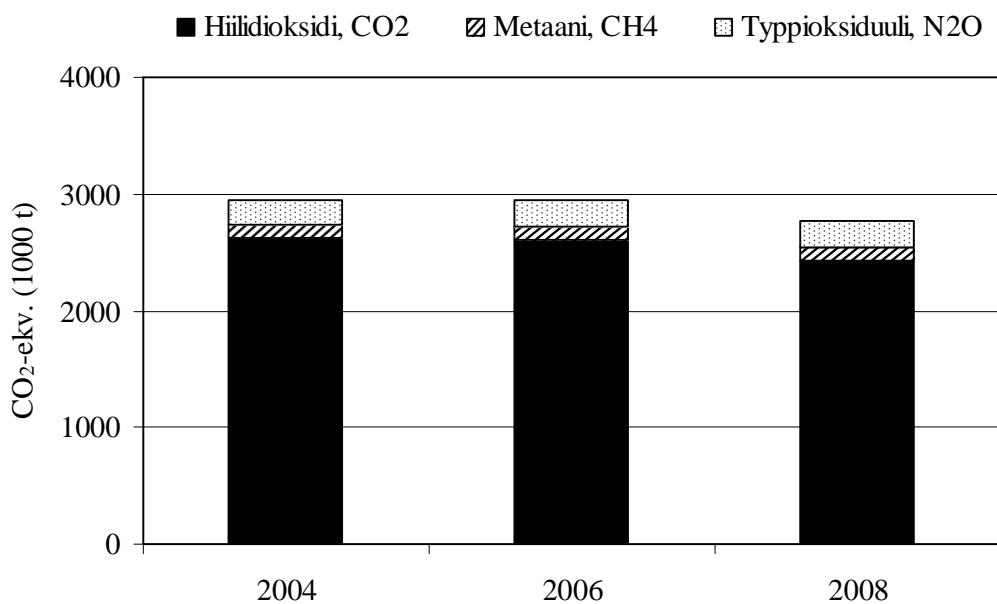
Tutkimuksessa ei ole tarkasteltu Kasvenerissa sektoriin teollisuusprosessit lukeutuvia teollisuustoiminnan suoria, ei-energiaperäisiä prosessipäästöjä, sillä Keski-Suomen alueella ei ole tähän kategoriaan luettavaa merkittävää toimintaa, kuten klinkkerin, poltetun kalkin, teräksen tai typpihapon tuotantoa tai kalkkikiven ja soodan käyttöä.

Liikennesektorilta on vaikean tiedonsaannin vuoksi jätetty pois vesiliikenteen päästöt. Tieliikenteen osalta kaasulla ja sähköllä toimivien kulkuneuvojen määrät ovat vielä niin vähäiset, ettei niistä ole tietoja VTT:n laskentajärjestelmässä vaikka tietoja olisi mahdollista syöttää Kasveneriin. Näin ollen Keski-Suomessa esimerkiksi biokaasua käyttävät ajoneuvot eivät sisälly tieliikenteen lukuihin.

## 5 TULOKSET

Keski-Suomen kasvihuonekaasupäästöt on laskettu Kuntaliiton Kasvener-mallilla käyttäen niin sanottua kulutusperusteista tarkastelua. Laskentaan sisältyy alueella tuotetun ja kulutetun energian, liikkumisen, maatalouden ja jätehuollon päästöt. Laskentaan ei sisälly maakuntaan tuotujen raaka-aineiden, materiaalien, hyödykkeiden ja elintarvikkeiden tuotannosta muualla aiheutuvat päästöt.

Keski-Suomessa on syntynyt kasvihuonekaasupäästöjä 2000-luvun tarkasteluvuosina noin 2,8–3,0 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. (kuva 6). Päästöt ovat olleet voimakkaan taloudellisen kasvun vuosina 2004 ja 2006 lähes 3 miljoonaa tonnia. Vuonna 2008 alkanut taloudellinen taantuma käänsi energiankulutuksen ja päästöt tästä kuitenkin laskuun ja päästöt vuonna 2008 olivat noin 2,8 miljoonaa tonnia. Asukasta kohden Keski-Suomen kasvihuonekaasupäästöt ovat tarkastelujaksolla laskeneet 11,0 CO<sub>2</sub>-ekvivalentitonniasta 10,2 tonniin.



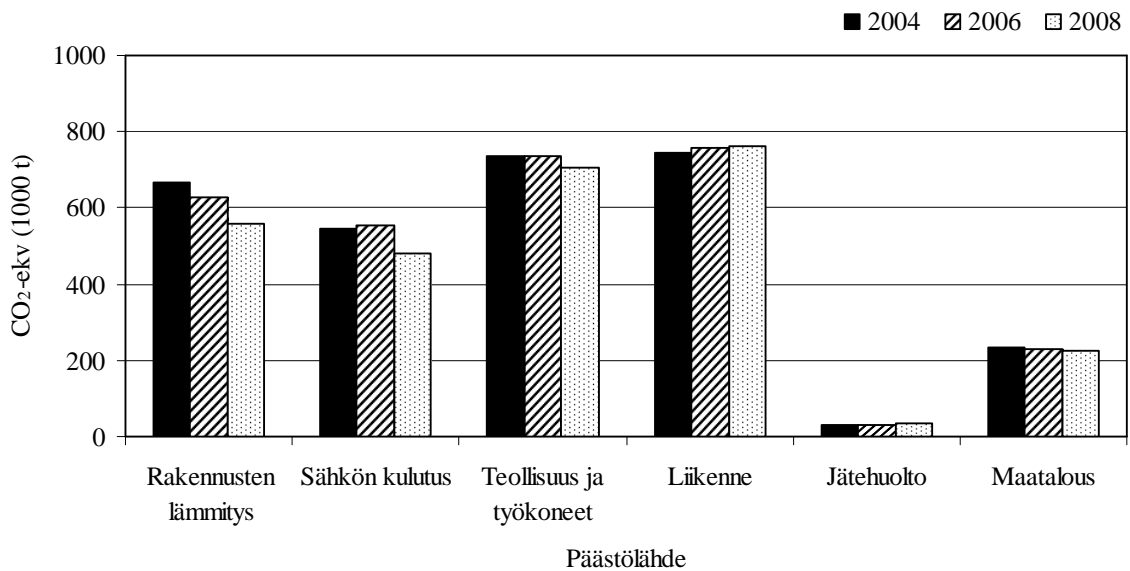
Kuva 6. Kasvener-mallilla lasketut Keski-Suomen kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt vuosina 2004, 2006 ja 2008.

## 5.1 Keski-Suomen kasvihuonekaasupäästöt sektoreittain 2000-luvulla

Sektoreittain tarkasteltuna päästöt ovat seuranneet 2000-luvun suhdannekehitystä, joskin rakennusten lämmityksen päästöt ovat olleet koko tarkasteluajan laskussa ja liikenteen päästöt ovat puolestaan jatkaneet kasvuaan (kuva 7). Eri päästösektorien prosentuaalinen suuruusjärjestys on myös pysynyt tarkastelujaksolla samana (taulukko 3).

Taulukko 3. Keski-Suomen kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt 2000-luvun tarkasteluvuosina päästölähteittäin.

Päästölähde	2004		2006		2008	
	CO <sub>2</sub> -ekv. (1000 t)	%	CO <sub>2</sub> -ekv. (1000 t)	%	CO <sub>2</sub> -ekv. (1000 t)	%
Rakennusten lämmitys	665,1	22,5	628,1	21,4	558,3	20,2
Sähkön kulutus	545,3	18,5	556,2	18,9	482,5	17,4
Teollisuus ja työkonet	735,4	24,9	736,6	25,1	703,9	25,4
Liikenne	744,5	25,2	759,1	25,8	763,1	27,6
Jätehuolto	28,7	1,0	29,3	1,0	34,3	1,2
Maatalous	234,0	7,9	231,0	7,9	226,9	8,2
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>2953,0</b>	<b>100,0</b>	<b>2940,3</b>	<b>100,0</b>	<b>2769,1</b>	<b>100,0</b>



Kuva 7. Keski-Suomen kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt päästölähteittäin 2000-luvun tarkasteluvuosina.

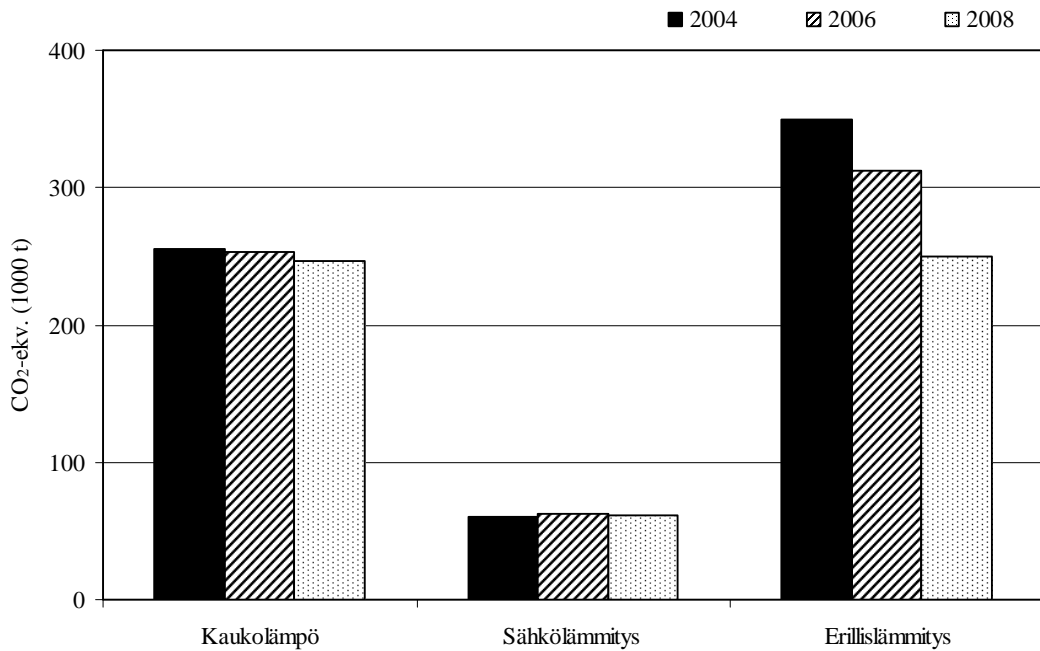
Rakennusten lämmitys pitää sisällään kiinteistöjen kauko-, sähkö- ja erillislämmityksessä syntyneet kasvihuonekaasupäästöt. Sähkön kulutus sisältää teollisuuden, yksityisen, julkisen ja palvelusektorin käyttösähkön päästöt ilman lämmityssektoriin sisältyvää sähkölämmitystä ja liikenteen päästöihin lukeutuvaa raideliikenteen sähkönkulutusta. Sektoriin teollisuus ja työkoneet on laskettu yhteen kasvihuonekaasupäästöt, jotka syntyvät alueen teollisuuden käyttämän prosessilämmön tuotannosta sekä alueen työkoneiden käytön polttoaineista. Liikennesektori sisältää tie-, raide- ja lentoliikenteen päästöt. Maatalouden päästöt syntyvät peltoviljelystä ja eläintuotannosta ja jätehuollon päästöt kaatopaikoilla, kompostoinnissa, jäteveden puhdistuksessa ja kalankasvatuksessa.

## **5.2 Rakennusten lämmitys**

Rakennusten lämmityksen energiankulutus ja sitä myöden myös kasvihuonekaasupäästöt ovat kokonaisuudessaan laskeneet koko tarkastelujakson (kuva 7) ollen vuonna 2008 reilut 558 tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. eli noin viidenneksen Keski-Suomen kokonaispäästöistä. Lämmitysmuodoittain tarkasteltaessa rakennusten lämmityksen selvästi suurimmat kasvihuonekaasupäästöt syntyivät vielä vuonna 2004 kevyen polttoöljyn käytöstä erillislämmityksessä (kuva 8). Vuonna 2008 erillis- ja kaukolämmön päästöt olivat tulleet kuitenkin erillislämmityksen öljyn käytön vähentyessä tasoihin, jolloin kumpikin vastasi osaltaan lähes 45 % sektorin päästöistä. Sähkölämmityksen päästöt olivat noin 11 %. Lämpöpumppulämmityksen osuus rakennusten lämmityksen päästöistä on noin 0,2 % eikä sitä ole sisällytetty kuvan 8 lukuihin.

Rakennusten lämmittämiseen tarvittavasta energiasta noin 44 % tuotetaan Keski-Suomessa kaukolämmöllä. Osuus on pysynyt samana tarkastelujaksolla. Kaukolämmön tuotannon pääpolttoaineet alueella ovat puu ja turve, joilla on tarkastelujaksolla vuodesta riippuen katettu 75–80 % koko tuotannosta. Öljyn osuus kaukolämmöntuotannosta vaihtelee 10 ja 15 prosentin välillä ja lisäksi hyödynnetään vaihtelevasti pieniä määriä mm. kivihiiltä ja biokaasua. Sähkölämmityksen osuus Keski-Suomen rakennusten lämmitysenergiasta on ollut tarkastelujaksolla hienoisessa kasvussa ja oli vuonna 2008 vajaat 19 %. Erillislämmitys koostuu Keski-Suomessa lähinnä kiinteistökohtaisesta öljy- ja puulämmityksestä, joiden osuus Keski-Suomen lämmitysmuodoista on vakiintunut yhteensä noin 37 prosenttiin. Tästä öljyn käyttö on tarkastelujaksolla ollut laskussa ja sen osuus kiinteistökohtaisesta lämmityksestä vuonna 2008 oli noin 60 %. Samalla puun käyttö

on vastaavasti kasvanut noin 40 prosenttiin. Lämpöpumppulämmityksen suosio on kasvanut voimakkaasti mutta osuus kokonaisuudesta jää edelleen alle prosenttiin.



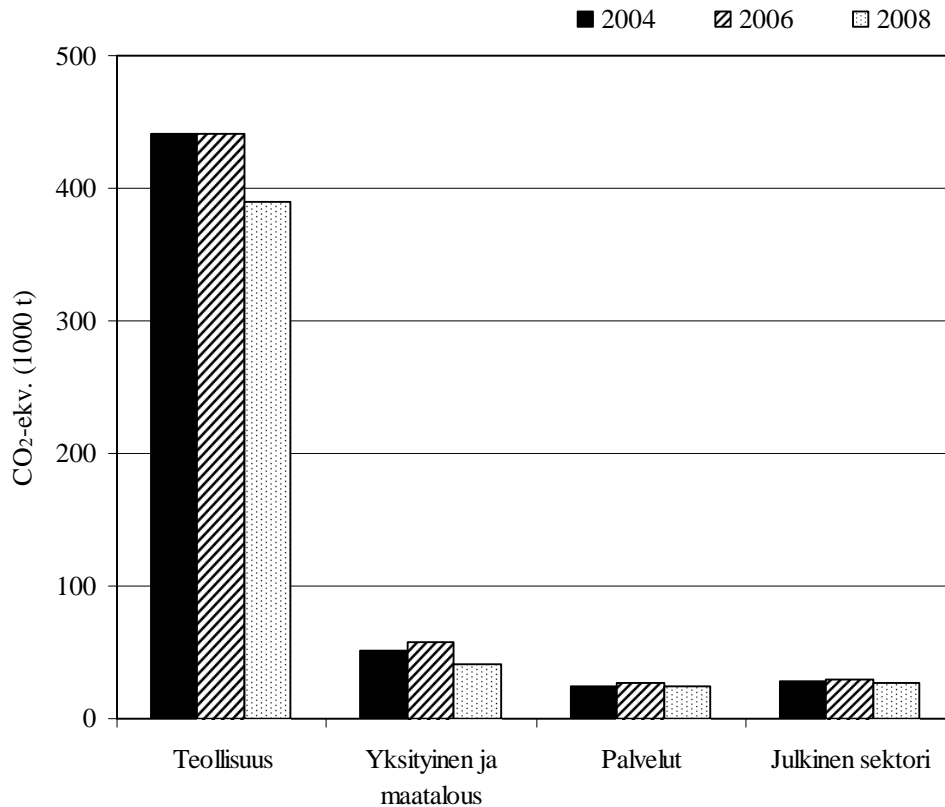
Kuva 8. Keski-Suomen rakennusten lämmityksen kasvihuonekaasupäästöjen jakauma vuosina 2004, 2006 ja 2008.

### 5.3 Sähkönkulutus

Sähkönkulutuksen päästöt kattavat Keski-Suomen kokonaispäästöistä vajaan viidenneksen ja vuonna 2008 osuus oli 17,4 % eli 483 tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. Sähkön kulutuksesta yli 80 % ostetaan alueen ulkopuolelta ns. ostosähkönä. Kuten valtakunnallisestikin, myös Keski-Suomessa suurin yksittäinen sähkön käyttäjä on teollisuus. Teollisuus on vastannut koko tarkastelujakson ajan pääosasta, noin 80 %, Keski-Suomen sähkönkäytöstä, kuten myös siitä aiheutuvista päästöistä (kuva 9). Muutoinkin sähkönkäytön ja päästöjen prosenttiosuudet ovat kaikilla sektoreilla pysyneet lähes samoina vaikka kokonaiskulutus ja –päästöt vuonna 2008 alkaneen taloustaantumana vuoksi ovatkin vähentyneet.

Tarkasteltaessa sähkönkulutusta ja päästöjä ilman teollisuutta, kattaa yksityinen sektori (kotitaloudet ja maatalous) kulutuksesta vajaa puolet ja palvelujen ja julkisen sektorin kulutus kumpikin runsaan neljänneksen. Jakauma on pysynyt lähes samana koko tarkastelujakson. Rakennusten lämmitykseen käytettävä sähkö sisältyy edellä esitettyihin lämmityksen lukuihin ja raideliikenteen sähkö liikennesektorille.





Kuva 9. Keski-Suomen sähkönkulutuksen kasvihuonekaasupäästöt loppukulutussektoreittain vuosina 2004, 2006 ja 2008.

#### 5.4 Teollisuus ja työkoneet

Sektori teollisuus ja työkoneet sisältää alueen teollisuuden oman lämmön- ja prosessihöyryn tuotannon sekä alueen työkoneiden (diesel- ja bensiinikäyttöiset työkoneet ja maastoajoneuvot) polttoainekäytön kasvihuonekaasupäästöt.

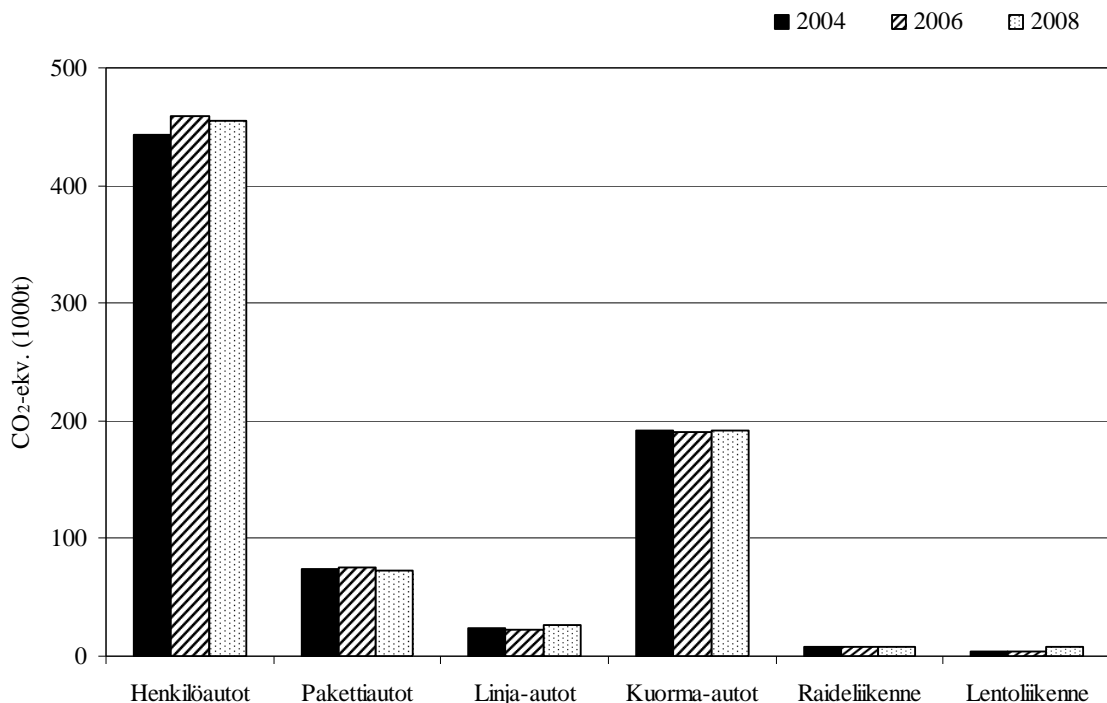
Koska Keski-Suomessa on runsaasti prosessilämpöä tarvitsevaa teollisuutta, ovat tämän sektorin päästöt myös suuret ja vastaavat noin 25 % alueen kasvihuonekaasupäästöistä. Vuonna 2008 päästömäärä oli 704 tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. Vaikka valtaosa prosessilämmön tuotantoon käytetyistä polttoaineista onkin CO<sub>2</sub>-päästövapaata biopohjaista mustalipeää ja puuta, tuottaa turpeen ja öljyn käyttö päästöjä huomattavasti. Keski-Suomen kaukolämpö- ja prosessivoimalaitosten lämmöntuotannosta (yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto) teollisuus käyttää itse noin 75 % ja loput hyödynnetään yhdyskuntien kaukolämpönä. Lisäksi lämpöä tuotetaan pienemmissä lämpölaitoksissa, joiden tuotannosta hieman alle puolet menee teollisuuden käyttöön.

Työkoneiden polttoainekäyttö on suhteutettu Keski-Suomen väkilukuun valtakunnallisista tiedoista ja vastaa tarkasteluajanjaksolla vajaasta 10 prosentista teollisuus ja työkoneet – sektorin päästöistä.

## 5.5 Liikenne

Liikenteen kokonaispäästöt ovat kasvaneet 2000-luvulla ja liikenne tuottaa runsaan neljänneksen Keski-Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Vuonna 2008 päästöt olivat 763 tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. Eri liikennemuotojen päästöissä on tapahtunut tarkastelujaksolla sekä kasvua että laskua mutta vahvasti fossiilisista polttoaineista riippuvaisen tieliikenteen osuus kokonaisuudesta on säilynyt noin 98 prosentissa (kuva 10). Henkilöautoliikenteen osuus liikenteen kokonaispäästöistä on noin 60 % ja kuorma-autojen noin 25 %.

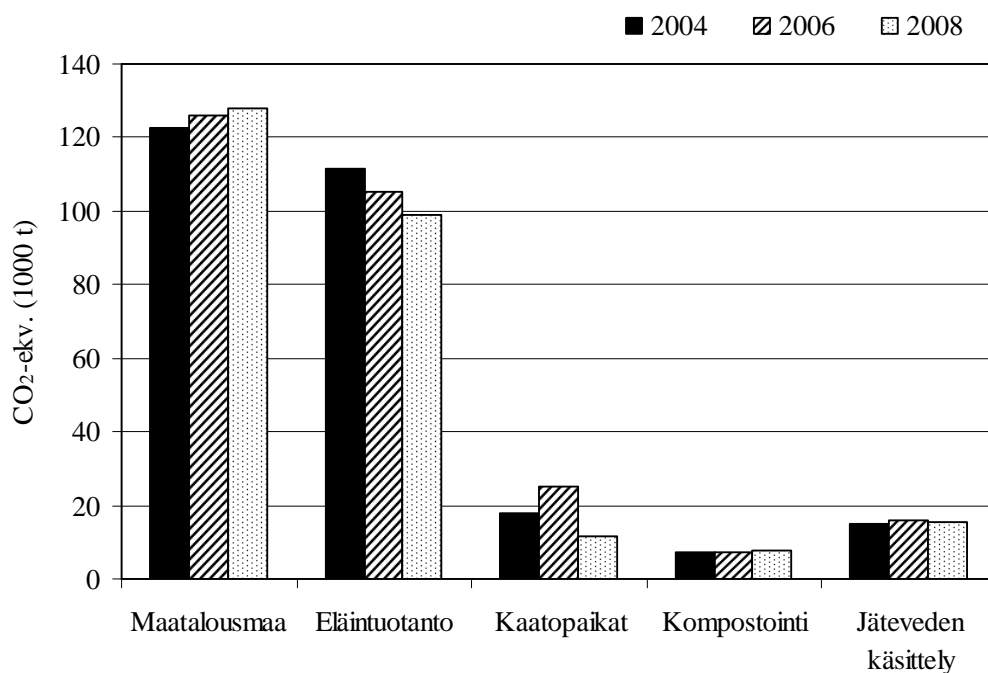
Raideliikenteen päästöt koostuvat henkilö- ja tavaraliikenteen liikennöinnistä Keski-Suomen rataosuuksilla ja ratapihoilla niin diesel- kuin sähkökäyttöisestikin. Lentoliikenteen osalta päästöissä huomioidaan siviili- ja sotilasliikenteen ns. LTO-syklin (nousut ja laskut 915 metriin saakka) sekä maakaluston päästöt. Vesiliikenteen päästöjä ei ole sisällytetty laskentaan.



Kuva 10. Keski-Suomen liikenteen päästöjen kehitys 2000-luvulla kulkuvälineittäin.

## 5.6 Maatalous ja jätehuolto

Maatalous ja jätehuolto tuottavat Keski-Suomen kasvihuonekaasupäästöistä yhteensä vajaat 10 prosenttia ja vuonna 2008 päästöt olivat 261 tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. Sektorin kokonaispäästö määrässä ei ole tapahtunut tarkasteluajanjaksolla merkittäviä muutoksia (kuva 11). Muutokset maatalouden päästöissä selittyvät kasvinviljelyalan kasvulla sekä eläintuotannon eläinmäärien muutoksilla. Maatalouden työkoneiden päästöt sisältyvät sektoriin teollisuus ja työkoneet. Jätehuollon päästöt kattavat noin prosentin maakunnan kokonaispäästöistä ja muodostuvat pääasiassa kaatopaikoilla ja jäteveden käsittelyssä syntyvästä metaanista.



Kuva 11. Maatalouden ja jätehuollon päästöt vuosina 2004, 2006 ja 2008.

## 5.7 Päästöt polttoaineiden käytön mukaan

Tarkasteltaessa päästöjä polttoaineiden käytön mukaan, Keski-Suomen kulutusta vastaavien päästöjen suurin yksittäinen lähde on turve noin 30 % päästöosuudella (vuonna noin 744 tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv.). Primäärienergiasta turpeen osuus on noin 8 %. Kaiken kaikkiaan fossiiliset polttoaineet ja turve kattavat tarkastelujaksolla maakunnan päästöistä 99,4 % ja kolmanneksen primäärienergiasta (taulukko 4).

Taulukko 4. Keski-Suomen energiankulutusta vastaavan polttoaineiden käytön %-osuudet primäärienergiasta ja päästöistä.

	Alueen energiankulutusta vastaavat					
	Primäärienergia (%)			CO <sub>2</sub> -ekv. (%)		
	2004	2006	2008	2004	2006	2008
Fossiiliset ja turve yht.	33,7	34,1	33,5	99,4	99,4	99,4
kivihiili	1,9	4,2	4,7	6,0	13,3	15,4
turve	8,2	8,4	8,1	29,6	30,2	29,7
maakaasu	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8
raskas polttoöljy	3,4	3,5	2,4	9,3	9,5	6,7
kevyt polttoöljy	7,3	6,4	5,8	18,6	16,1	14,8
dieselöljy	5,9	5,8	6,6	15,5	15,0	17,1
benssiini	5,5	5,1	5,1	14,8	13,8	13,8
nestekaasu	0,3	0,3	0,3	0,8	0,6	0,6
yhdyskuntajäte	0,8	0,0	0,1	4,1	0,1	0,5
Uusiutuvat biopolttoaineet yht.	25,7	25,5	26,2	0,6	0,6	0,6
polttohake ja kuori	13,1	12,9	13,9	0,3	0,3	0,3
muu puu	2,8	2,4	2,6	0,2	0,1	0,2
mustalipeä	9,7	9,9	9,3	0,1	0,1	0,1
biokaasu	>0	0,1	0,1	>0	>0	>0
Muut uusiutuvat energialähteet	4,9	5,2	5,1	0,0	0,0	0,0
Ydinvoima ja sähkön tuonti	35,6	35,3	35,2	0,0	0,0	0,0
Kaikki yhteensä	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Kulutusta vastaava polttoaineiden käyttö pitää sisällään myös alueella kulutetun ostosähkön polttoaineet. Tarkasteluvuoden ostosähkö on koostunut 90 prosenttisesti päästöttömästä energiantuotannosta (ydin-, tuuli- ja vesivoima sekä sähkön nettotuonti), josta johtuen ostosähkön ominaispäästöt ovat vain noin 73,2 g CO<sub>2</sub>-ekv kWh<sup>-1</sup>.

Pelkästään alueen oman tuotannon polttoaineita tarkasteltaessa (taulukko 5), valtakunnallisen tuotannon (lähinnä ydinvoimaa ja tuontisähköä) osuus primäärienergiasta

jakautuu fossiilisten ja turpeen sekä uusiutuvien kesken siten, että molempien osuus primäärienergiasta nousee noin puoleen. Päästöt muodostuvat edelleen 99,3 prosenttisesti fossiilisten polttoaineiden ja turpeen käytöstä ja turpeen osuus kokonaisuudesta on kolmanneksen.

Taulukko 5. Keski-Suomen oman energiantuotannon polttoaineiden käytön %-osuudet primäärienergiasta ja päästöistä.

	Alueen omaa energiantuotantoa vastaavat					
	Primäärienergia (%)			CO <sub>2</sub> -ekv. (%)		
	2004	2006	2008	2004	2006	2008
Fossiiliset ja turve yht.	54,3	53,2	51,5	99,4	99,3	99,3
kivihiili	0,3	0,4	1,4	0,7	0,9	3,1
turve	13,5	14,5	13,8	30,5	33,7	33,1
maakaasu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
raskas polttoöljy	5,9	6,3	4,3	9,8	10,9	7,6
kevyt polttoöljy	12,8	11,6	10,4	20,2	19,0	17,6
dieselöljy	10,3	10,5	11,9	16,8	17,7	20,3
benssiini	9,6	9,3	9,2	16,1	16,3	16,4
nestekaasu	0,6	0,5	0,5	0,8	0,7	0,7
yhdyskuntajäte	1,3	0,1	0,2	4,5	0,2	0,5
Uusiutuvat biopolttoaineet yht.	44,4	45,9	46,8	0,6	0,7	0,7
polttohake ja kuori	22,8	23,5	25,2	0,4	0,4	0,4
muu puu	4,8	4,4	4,7	0,2	0,2	0,2
mustalipeä	16,7	17,9	16,7	0,1	0,1	0,1
biokaasu	0,1	0,1	0,2	>0	>0	>0
Muut uusiutuvat energialähteet	1,3	0,9	1,7	0,0	0,0	0,0
Ydinvoima ja sähkön tuonti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kaikki yhteensä	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Keski-Suomen maakunnan ihmisperäiset kasvihuonekaasupäästöt ja niiden kehitys 2000-luvulla. Trenditarkastelun mahdollistamiseksi valittiin tarkasteluun useita vuosia, joiden valikoitumiseen vaikutti lopulta eniten energiasektorin tietojen saatavuus. Keski-Suomen Energiatoimiston energiataaselvityksissä oli tutkittu alueen energiantuotantoa vuosilta 2004 ja 2006 ja tämän työn aikana ryhdyttiin selvittämään myös vuoden 2008 vastaavia tietoja. Näin ollen tarkasteluvuosiksi valikoituivat nämä kolme vuotta.

Keski-Suomessa syntyi vuosina 2004 ja 2006 kasvihuonekaasupäästöjä noin 3 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. Tämä vastasi noin 3,7 % koko maan 80 miljoonan CO<sub>2</sub>-ekvivalenttitonnin päästöistä. Keski-Suomen ja koko maan päästöt laskivat vuonna 2008 maailmanlaajuisen taloustaantumien myötä ja olivat maakunnassa 2,8 miljoonaa tonnia kattaen 3,9 % valtakunnallisesta 70 miljoonasta CO<sub>2</sub>-ekvivalenttitonnista (Tilastokeskus 2009c). Maakunnan suurimmat päästösektorit ovat vuoden 2008 prosentiosuuksineen liikenne (27,6 %), teollisuus ja työkoneet (25,1 %), rakennusten lämmitys (20,2 %) ja sähkön kulutus (17,4 %). Tulokset ovat hyvin samansuuntaiset Keski-Suomen ympäristöanalyysin (Onkila ym. 2008) tuloksista johdetun 2000-luvun alun 2,8 miljoonan CO<sub>2</sub>-ekvivalenttitonnin kanssa.

Keski-Suomen osuus Suomen väestöstä ja pinta-alasta on noin 5 %, joten näiden lukujen valossa maakunta ei ole ollut tarkastelujaksolla ilmastopäästöiltään kokoansa suurempi vaikka alueella kulutetaan paljon energiaa teollisuuden rakenteesta johtuen. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan myös asukasta kohden Keski-Suomessa tuotettiin tarkastelujaksolla keskimääräistä vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä. Määrä Keski-Suomessa oli vuonna 2008 noin 10,2 tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. asukasta kohden koko maan luvun ollessa noin 13,2 tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. (Tilastokeskus 2010c).

Niin valtakunnalliset kuin alueellisetkin kasvihuonekaasupäästöt vaihtelevat vuosittain etenkin energiantarpeesta ja energiantuotantoon käytetyistä polttoaineista riippuen. Näihin vaikuttaa harjoitetun energiapolitiikan (mm. verotus ja tuet) lisäksi muun muassa lämpötilojen ja sateisuuden vaihtelu. Lisäksi taloudelliset suhdanteet vaikuttavat etenkin

teollisuuden energiantarpeeseen ja polttoaineiden käyttöön ja sitä myöden myös päästöjen kehitykseen.

Energiankulutus ja kasvihuonekaasupäästöt kasvoivat Keski-Suomessa koko 2000-luvun voimakkaan taloudellisen kasvun ajan poikkeusvuotta 2005 lukuun ottamatta, jolloin paperiteollisuuden kuusiviikkoinen työkiista ja poikkeuksellisen lämmin sää vähensivät energiankulutusta ja päästöjä myös koko maassa (Energiateollisuus 2006). Tämän jälkeen päästöt palautuivat notkahuudusta edeltäneelle tasolle. Energiankulutuksen kasvusta huolimatta vuosien 2004 ja 2006 kasvihuonekaasupäästöt päättyivät tässä tutkimuksessa samalle tasolle. Tämä johtuu etenkin rakennusten lämmityksen öljynkäytön vähentymisestä, josta aikaansaadut päästövähennykset kompensoivat kasvua muilla sektoreilla. Vuonna 2008 alkaneen maailmanlaajuisen taloustaantumien tuomat muutokset niin globaalissa kuin paikallisessa toimintaympäristössä käänsivät Keski-Suomen energiankulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöt poikkeukselliseen laskuun. Tästä johtuen tämän työn tuloksista ei saada esiin suhdanteista vapaata, todellista päästötrendiä. Oletettavaa kuitenkin on, että ilman suhdannenotkahuudusta energiankulutus ja päästöt olisivat jatkaneet vähintään maltillista kasvua vuoteen 2008.

## **6.1 Energiankulutuksen ja teollisuuden päästöt**

Keski-Suomen maakuntasuunnitelman tavoitteena vuoteen 2020 mennessä on, ettei maakunnassa käytetä ulkomailta tuotavia fossiilisia polttoaineita lukuun ottamatta osaa liikenteen käyttämästä energiasta. Lisäksi tavoitteena on ilmastonmuutosta hillitsevä energiantuotanto, jossa Keski-Suomen ympäristöohjelman mukaan suositetaan uusiutuvia polttoaineita ja kasvihuonekaasujen vähentämistavoitteet otetaan huomioon energiantuotantoa ja -kulutusta koskevissa investoinneissa. Keski-Suomen omassa energiantuotannossa käytetään nykyisellään runsaasti uusiutuvia energianlähteitä, joiden osuus primäärienergiasta vuonna 2008 oli tutkimuksen mukaan noin puolet. Maakunnan kokonaisenergiankulutuksesta osuus oli samana vuonna runsas 30 % vuonna. Merkittävin uusiutuvan energian lähde on puu, jota käytetään paitsi kiinteässä myös metsäteollisuuden jäteliemien muodossa. Öljytuotteita käytetään energiantuotannon ohella erityisesti liikenteessä. Turpeen osuus maakunnan oman tuotannon polttoaineista oli noin 14 % vuonna 2008.

Kasvener-laskelmien mukaan 30 % koko maakunnan energiantuotannon päästöistä syntyy turpeen käytöstä. Kivihiilen, kevyen polttoöljyn sekä dieselin ja bensiinin käytön päästöosuudet ovat kullakin noin 15 %:n luokkaa ja raskaan polttoöljyn noin 6 %. Loput päästöistä syntyy muiden fossiilisten polttoaineiden käytöstä maakunnassa ja ostosähkön osuudessa. Biopolttoaineiden metaani- ja typpioksiduulipäästöt kattavat yhteensä vajaan prosentin energiasektorin kokonaispäästöistä.

Maakunnan oman energiantuotannon päästöt syntyvät siis suurelta osin turpeen käytöstä niin pienissä lämpölaitoksissa kuin isommissa voimalaitoksissa. Turpeen rooli maakunnan energiantuotannossa on ollut tähän asti hyvin keskeinen ja sellaisena se maakunnan kehittämissasiakirjojen mukaan nähdään myös jatkossa. Ilmastotavoitteiden suhteen turpeen käytön mielekkyyttä tulee kuitenkin arvioida edelleen. Öljyn ja hiilen käyttöä on saatu viime vuosina vähennettyä maakunnan energiantuotannossa.

Ympäristöohjelman toimenpide-ehdotuksen mukaan energiantuotannon kasvihuonekaasujen vähentämistavoitteet otetaan huomioon energiasektoria koskevilla investoinneilla. Uusiin ja kunnostettaviin voimalaitoksiin tulee valita sellaisia polttokattiloita tai polttoratkaisuja, joissa voidaan käyttää polttoaineina uusiutuvia energialähteitä ja mahdollisuuksien mukaan jätteitä. Huomiota tulee myös kiinnittää hajautetun energiantuotannon mahdollisuuksiin niin päästöjen vähentämisen kuin työpaikka- ja energiaomavaraisuuden suhteen. Maakunnan energiantuottajia ja kuntia kannustetaan mm. maakuntaohjelmassa kotimaista polttoainetta käyttävien lämpö- ja pien-CHP-laitosten rakentamiseen.

Maakunnassa tuotettava lämpö käytetään kokonaisuudessaan alueella mutta runsaasti sähköä käyttävän teollisuuden vuoksi Keski-Suomi on sähkön osalta voimakkaasti riippuvainen alueen ulkopuolisesta tuotannosta eli niin sanotusta ostosähköstä. Tarkastelujaksolla ostosähkön osuus maakunnan sähkönkulutuksesta oli yli 80 %. Tässä tutkimuksessa ostosähkön päästöt määritettiin käytössä olleen Kasvener-laskentamallin mukaan valtakunnallisiksi voimalaitoksiksi luokiteltujen laitosten ja ulkomailta tuodun sähkön polttoaineprofiilin mukaan. Jokaiselle tarkasteluvuodelle käytettiin samaa mallin määrittelemää valtakunnallista tuotantoprofiilia ja samoja oletuskertoimia. Koska tarkasteluvuosien ostosähkö on koostunut 90 prosenttisesti päästöttömästä energiantuotannosta (ydin-, tuuli- ja vesivoima sekä sähkön nettotuonti), ovat ostosähkön



ominaispäästöt vain noin 73 g CO<sub>2</sub>-ekv kWh<sup>-1</sup>. Oman sähköntuotannon päästöt vaihtelivat puolestaan kunakin tarkasteluvuotena toteutuneen tuotannon mukaan. (taulukko 6). Vertailun vuoksi taulukkoon 4 on koottu myös Tilastokeskuksen määrittämät tarkasteluvuosien valtakunnalliset päästökertoimet.

Taulukko 6. Sähköntuotannon ominaispäästökertoimet

Ominaispäästökerroin (g CO <sub>2</sub> -ekv kWh <sup>-1</sup> )	2004	2006	2008
Kasvenerin ostosähkö	73,2	73,2	73,2
Keski-Suomen oma sähköntuotanto	188,7	175,8	143,0
Tilastokeskuksen valtakunnallinen	260,0	269,7	175,8

Tässä tutkimuksessa käytetty ostosähkön päästökerroin on siis huomattavasti toteutunutta tuotantoa pienempi, mistä johtuen Keski-Suomen sähkönkulutuksen päästöt jäävät myös todellisuutta pienemmiksi. Myös sähkölämmityksen päästökerroin on Kasvener-mallissa niin ikään muita laskentatapoja pienempi eli myös lämmityssähkön päästömäärä on tutkimuksessa aliarvio.

Nykyisellään alueen teollisuus käyttää noin puolet maakunnan energiankulutuksesta, puolet tästä on sähköä ja puolet lämpöä. Teollisuuden sähkönkäytön osuus maakunnan sähkönkäytön kasvihuonekaasupäästöistä on noin 80 % ja lämmön- ja prosessihöyryn tuotannon sekä alueen työkoneiden polttoainekäytön kasvihuonekaasupäästöt kattavat Keski-Suomen kasvihuonekaasupäästöistä neljänneksen. Alueen oman energiantuotannon päästöt syntyvät pääosin turpeesta ja öljystä, joiden korvaaminen uusiutuvalla energialla on keskeinen päästövähennyskeino. Uusiutuvan raaka-aineen hankinnassa on huomioitava Keski-Suomen ympäristöohjelmassakin esiin nostettujen haitallisten ympäristövaikutusten minimointi ja uhat maaperän ja metsän elinvoimaisuudelle sekä luonnon monimuotoisuudelle. Myös bioenergian toimitusketjujen turvaaminen vaatii panostusta. Keski-Suomen Energiatoimiston mukaan vuosien 2004 ja 2006 välisen voimakkaan tuotantotoiminnan ja energiankulutuksen nousun aikana maakunnassa ei ollut saatavilla riittävästi uusiutuvia polttoaineita, mikä johti ajanjaksolla fossiilisten polttoaineiden käytön ei-toivottuun kasvuun.

Vahva riippuvuus alueen ulkopuolisesta ostosähköstä määrittää osaltaan myös maakunnan kasvihuonekaasupäästöjen kehitystä. Valtakunnalliseen tuotantoprofiiliin ei voida Keski-

Suomessa itse suoraan vaikuttaa, joten mikäli ostosähkön päästöjä halutaan vähentää, ovat keinoina oman energiankulutuksen vähentäminen ja sähkön omavaraisuuden lisääminen esimerkiksi hajautettua uusiutuvan energian tuotantoa tukemalla. Keskitetyssä energiantuotannossa tehtävillä polttoaine- ja tekniikkaratkaisuilla on suuri merkitys kasvihuonekaasupäästöjen määrään mutta tarvittaviin muutoksiin ja investointeihin liittyvä päätöksenteko on usein valitettavan hidasta nopeiden muutosten aikaansaamiseen. Siksi nopein ja tehokkain energiasektorin päästövähennyskeino on jo mainittu energiankulutuksen vähentäminen.

Teollisuuden energiankäytölle ei ole maakunnassa asetettu näkyviä vähennystavoitteita mutta teollisuuden rakennemuutoksen ja uusien liiketoiminta-alueiden myötä energiankulutusta on mahdollista edelleen vähentää myös teollisuustoiminnassa. Päästökaupan ulkopuolisilla sektoreilla, kuten asumisessa ja palveluissa on vielä paljon hyödyntämättömiä mahdollisuuksia energiankäytön tehostamiseksi ja sektorille on EU:n energiapalveludirektiivissä asetettu 9 prosentin energiansäästötavoite vuoteen 2016 mennessä.

## **6.2 Rakennusten lämmitys**

Rakennusten lämmityksen päästöt kattavat nykyisellään noin viidenneksen Keski-Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Noin 45 % tästä syntyy kaukolämmöntuotannosta ja 45 % kiinteistökohtaisesta kevyen polttoöljyn käytöstä. Sähkölämmityksen osuus lämmityssektorin päästöistä on tämän tutkimuksen mukaan noin 11 prosenttia, jota pienentää huomattavasti laskennassa käytetty sähkölämmityksen hyvin alhainen päästökerroin.

Kaukolämmöllä katetaan Keski-Suomen rakennusten lämmityksestä noin 45 prosenttia ja maakuntasuunnitelman mukaan kaukolämpö on myös jatkossa yksi ilmastonmuutosta hillitsevän asumisen tekijä. Keski-suomalaisen kaukolämmöntuotannon nykyisistä polttoaineista merkittävimmät ovat puu ja turve, joiden osuudet kokonaisuudesta ovat olleet 2000-luvulla noin 40 %:n luokkaa. Öljyn käyttö on vähentynyt tarkastelujaksolla 15 prosentista 10 prosenttiin. Lisäksi on hyödynnetty pieniä määriä mm. kivihiiiltä, biokaasua ja vuonna 2004 kierrätyspolttoainetta.

Koska puun energiakäyttö luokitellaan hiilidioksidivapaaksi, muodostuvat kaukolämmön kasvihuonekaasupäästöt pääasiassa turpeen ja öljyn käytöstä, joiden osuutta pienentämällä päästöjä olisi mahdollista vähentää. Turpeen rooli maakunnan energiantuotannossa on tähän asti ollut keskeinen mutta mikäli päästövähennyksiin todella kaikilla sektoreilla pyritään, on turpeen käytön mielekkyyttä arvioitava edelleen. Maakuntasuunnitelmassa todetaan metsien puuaineksen olevan tulevaisuudessa maakunnan tärkein bioenergian lähde, joten sen käyttöä kasvattamalla voidaan niin suurissa kuin pienissä lämmöntuotannon yksiköissä korvata ympäristön kannalta haitallisia polttoaineita. Myös biokaasun hyödyntäminen polttoaineena tarjoaa eri kokoluokan tuotannolle monipuolisia mahdollisuuksia. Mikäli lämmöntuotannon yhteydessä tuotetaan myös sähköä, kasvaa polttoaineesta saatava hyöty ja lämmöntuotannon osuus päästöistä vähenee. Siksi tulisi selvittää myös mahdollisuuksia yhteistuotantoon nykyisissä lämpölaitoksissa.

Kiinteistökohtaisessa lämmityksessä öljyn käyttö on ollut viime vuodet laskussa, mikä on vähentänyt lämmityssektorin päästöjä ja osaltaan hillinnyt myös maakunnan kokonaispäästöjen kasvua. Vielä vuonna 2004 lämmityssektorin suurimmat päästöt syntyivät nimenomaan kiinteistökohtaisesta kevyen polttoöljyn käytöstä. Puulämmitys on lisännyt suosiotaan ja esimerkiksi öljylämmitteisten kiinteistöjen siirtymistä pellettiin ja biokaasun hyödyntämistä maatilojen lämmöntuotannossa kannustetaan erilaisissa uusiutuvien lämmitysjärjestelmien hankkeissa. Jo tehdyillä toimenpiteillä saadut tulokset ovat vakuuttavia, joten maakuntasuunnitelman mukainen tavoite ulkomailta tuotavista fossiilisista polttoaineista luopumiseen on lämmityssektorilla toteuttamiskelpoinen.

Sähkölämmityksen osuus Keski-Suomen rakennusten lämmitysmuodoista on ollut tarkastelujaksolla hienoisessa kasvussa ja sen päästöt kattoivat vuonna 2008 sektorin päästöistä 11 %. Huomattavaa on, että tässä tutkimuksessa käytetyn Kasvener-laskentamallin ominaispäästökerroin sähkölämmitykseen käytetylle sähkölle muodostuu alueen oman tuotannon ja ostosähkön polttoaineprofiilien mukaan ja on tämän tutkimuksen kaikkina tutkimusvuosina noin 86 g CO<sub>2</sub>-ekv kWh<sup>-1</sup>. Esimerkiksi pääkaupunkiseudun Hilma-laskennoissa on käytetty sähkölämmityksen ominaiskertoimena Ympäristöministeriön suosituksesta johdettua kerrointa 400 g CO<sub>2</sub>-ekv kWh<sup>-1</sup>, jota käyttämällä sähkölämmityksen päästöosuus Keski-Suomessa olisi huomattavasti suurempi. Mikäli taloudelliset ja tekniset rakenteet mahdollistavat jatkossa maa- ja ilmalämpöpumppujen suosion kasvun sekä sähkölämmitystä täydentävien

aurinkojärjestelmien yleistymisen, hillitsevät nämä jatkossa osaltaan myös sähkölämmityksen kasvua. Myös sähköhinnan kehitys vaikuttaa sähkölämmityksen houkuttelevuuteen.

Maakuntasuunnitelman tavoite luopua ulkomailta tuotavien fossiilisten polttoaineiden käytöstä vuoteen 2020 mennessä vaikuttaa siis myös lämmityssektoriin. Bioenergian lisäämistä edistetään jo nyt alueellisilla hankkeilla, kuten maakunnan yhteistyöryhmän nimeämällä kärkiklusterihankkeella Bioenergiasta elinvoimaa (Keski-Suomen liitto 2010b). Hankkeen tavoitteena on uusiutuviin energiamuotoihin perustuvien tehokkaiden lämmitysratkaisujen käyttöönotto erikokoisissa palvelu-, maatalous- sekä asumisen ja vapaa-ajan kiinteistöissä. Sekä Keski-Suomen maakuntasuunnitelma että ympäristöohjelma rohkaisevat aurinko- ja tuulienergian sekä biokaasun hyödyntämiseen kiinteistökohtaisessa sähkön- ja lämmöntuotannossa. Molemmissa ohjelmissa mainitaan myös keskeisinä asumisen päästövähennyskeinoina uusiutuvan energian hyödyntäminen rakennusten pääasiallisena tai täydentävänä lämmitysratkaisuna ja energiatehokkuuden parantaminen niin uudis- kuin korjausrakentamisessa. Lisäksi valtakunnallisten ja paikallisten toimijoiden asumiseen ja rakentamiseen kohdennetun neuvonnan merkitystä korostetaan.

### **6.3 Liikenne**

Liikennesektorin päästöt ovat kasvaneet Keski-Suomessa koko tarkastelujakson ajan ja ne kattavat alueen päästöistä runsaan neljänneksen. Maakuntaa halkovat useat liikenneväylät ja 98 % prosenttia liikenteen päästöistä syntyy tieliikenteestä maakunnan läpiajoliikenne mukaan lukien. Henkilöautojen osuus on tästä 60 % ja koko maakunnan päästöistä henkilöautoliikenne kattaa yksin noin 16 %. Läpiajoliikenteen osuutta maakunnan päästöistä on vaikea arvioida. Kunnat ja seutukunnat haluavat olla hyvien liikenneyhteyksien äärellä, jolloin myös läpiajoliikenteestä aiheutuvat haitat on hyväksyttävä.

Maakunnan tavoitteena vuoteen 2020 mennessä on, ettei maakunnassa käytetä ulkomailta tuotavia fossiilisia polttoaineita lukuun ottamatta osaa liikenteen käyttämästä energiasta. Tähän asti fossiilisten polttoaineiden osuus liikenteen energiankulutuksesta on ollut lähes 100 %. Euroopan Unionin veloitteen mukaan biopolttoaineiden osuuden tulee vuonna

2020 olla myös Suomessa vähintään 10 %. Keski-Suomen ympäristöohjelman mukaisesti alueella itse tuotettavan biokaasun käyttö liikenteessä halutaan nostaa 25 GWh:iin muun muassa uusia biokaasun tankkausasemia perustamalla. Maakuntasuunnitelmassa tavoitellaan myös alueen omaa biopoltonesteiden tuotantoa, jolla voidaan korvata osaltaan liikenteen fossiilisen öljyn käyttöä.

Keski-Suomen maakuntasuunnitelman mukaan autoliikenne tulee säilymään liikkumisen osalta sekä henkilö- että tavaraliikenteen pääkuljetusmuotona. Liikenteen poltonesteiden kulutuksen uskotaan vähenevän ajoneuvoteknologian kehityksen myötä ja kallistuva energia ja päästöperusteinen liikkumisen verotus tulevat kasvattamaan joukkoliikenteen osuutta ennen kaikkea työ- ja vapaa-ajanmatkoissa. Aikaansaadut vähenemät liikenteen energiankulutuksessa ja päästöissä ovat siltikin vaarassa jäädä näkymättömiin liikennesuoritteiden kasvun myötä. Liikennesuoritteiden kasvun keskeinen hillintäkeino on yhdyskuntarakenteen eheyttäminen. Kiinteä yhdyskuntarakenne, jossa asuminen, työpaikat ja palvelut asettuvat toimivaksi kokonaisuudeksi, vähentää ihmisten asiointiliikkumisen tarvetta ja mahdollistaa parhaiten tehokkaan joukkoliikenteen sekä liikkumisen myös pyörällä ja kävellen. Mikäli tässä ei onnistuta, jatkavat liikenteen päästöt kasvuaan yhä hajautuvassa yhdyskuntarakenteessa. Joukkoliikenteen houkuttelevuutta on mahdollista lisätä maakunnassa palvelutasoa, etuisuuksia ja eri liikennemuotojen keskinäistä joustavuutta parantamalla. Raideliikenteen toimenpiteissä painottuvat maakuntasuunnitelman esitykset niin seudullisten kuin valtakunnallisten yhteyksien parantamiseksi.

#### **6.4 Maatalous ja jätehuolto**

Keski-Suomen maatalouden päästöistä suurin osa syntyy maataloudessa kasvinviljelyn ja eläintuotannon metaani- ja typpioksiduulipäästöinä. Kasvinviljelyn hehtaariala on kasvanut tarkastelujaksolla, jonka myötä erityisesti väkilannoitteiden käytön typpioksiduulipäästöt ovat kasvaneet. Eläintuotannossa päästöt ovat vähentyneet, sillä eläinmäärän kasvu on kohdentunut siipikarjantuotantoon märehäijöiden määrän laskiessa, jolloin eläinten ruoansulatuksen metaanipäästöt ovat pienentyneet.

Keski-Suomen maakuntasuunnitelman mukaan alkutuotannon työpaikat ja maatalousyrittäjien määrä vähenee tulevaisuudessa. Tilakoot kasvavat ja tuottavuus

lisääntyä. Mikäli nautakarjan määrä jatkaa nykyistä laskuaan, voidaan eläinten ruoansulatuksesta syntyvien metaanipäästöjen olettaa vähentyvän. Lannankäsittely ja lannoitteiden käyttö tulee kiristyvien ympäristönormien ja parantuvan neuvonnan myötä tarkentumaan entisestään, jolloin näistä vapautuvat metaani ja typpioksiduulipäästöt pienevät. Ympäristöohjelman tavoitteen mukaan lantaa tulee ohjata maatilakohtaisiin tai muihin biokaasulaitoksiin ja hyödyntää suurilla eläintiloilla tilan oma biokaasupotentiaali energian- ja lämmöntuotannossa.

Ilmasto- ja energialinjausten myötä peltoalaa siirtynee Keski-Suomessakin viljanviljelystä entistä enemmän energiakasvien ja peltoenergian viljelyyn. Keski-Suomen ympäristöohjelman mukaan Keski-Suomessa on noin 30 000 hehtaaria energiakasvien kasvatukseen teknis-taloudellisesti soveltuvaa maatalousmaata. Energiaviljelyn lannoitustarve on pääsääntöisesti pienempi, mikä vähentää pelloista vapautuvan typpioksiduulin määrää. Myös viljelyn aikainen energiankulutus vähenee kun maan muokkausta ei tarvitse monivuotisten kasvien myötä tehdä joka vuosi. Myös luomutuotanto vastaa osaltaan näihin haasteisiin. Sektoriin teollisuus ja työkoneet kuuluvien maatalouden työkoneiden päästöjä voidaan vähentää omalla tilalla tuotettujen biopolttoaineiden käytöllä, mikä on myös keskeinen keino alueen oman biopolttoainetuotannon elinkaaripäästöjen pienentämisessä.

Jätehuollon osalta laskelmissa on tarkasteltu kaatopaikkojen ja kompostoinnin metaanipäästöjä sekä jäteveden puhdistusvaiheen ja ravinnepäästöjen metaani- ja typpioksiduulipäästöjä. Ravinnekuorman vuoksi mukana olivat myös kalankasvattamot. Jätehuollon päästöt kattavat noin prosentin maakunnan kokonaispäästöistä ja muodostuvat pääasiassa kaatopaikoilla ja jäteveden käsittelyssä syntyvästä metaanista. Valtakunnallisten ja alueellisten jätehuoltotavoitteiden myötä kaatopaikalle loppusijoitettavan jätteen määrä laskee tulevaisuudessa ennaltaehkäisyn ja materiaalitehokkuuden lisääntyessä. Myös tavoitteiden mukainen lajittelun parantuminen, jätteen energiahyödyntäminen polttamalla ja biokaasun tuotannossa sekä kaatopaikkakaasun tehokas talteenotto vähentävät kaatopaikoille joutuvan biohajoavan jätteen määrää, mikä laskee osaltaan jätteenkäsittelyn metaanipäästöjä. Myös jätevedenpuhdistuksen prosessimuutoksilla voidaan vähentää jätevesien metaanintuottoa.

## 6.5 Tulosten luotettavuus

Tutkimuksessa käytetty Kuntaliiton Kasvener-laskentamalli on tällä hetkellä ainoa Suomessa laajasti käytetty työkalu alueellisten kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan. Mallia on päivitetty viimeksi vuonna 2007 ja mallissa hyödynnetty luonnontieteellinen kerroinaineisto on sitä edeltävältä ajalta. Myös päivityksen aikainen valtakunnallinen tilastotieto, kuten sähkön valtakunnallinen tuotantoprofiili on jo osin vanhaa eikä mallilla tästä johtuen saada laskettua aivan viimeisimmän tiedon mukaisia tuloksia. Kertoimia olisi joiltakin osin mahdollista muuttaa mutta tässä työssä tätä ei ole tehty. Energiasektorin päästölaskennan käytännöt ovat myös viime vuosina muuttuneet ja rinnalle on tullut esimerkiksi pääkaupunkiseudulla käytetty Hilma-metodi, jolla Kasvener-mallin tuloksia voidaan korjata vastaamaan päivitettyjä menetelmiä.

Tässä tutkimuksessa kunkin tarkasteluvuoden tiedot on syötetty samat kerrointiedot sisältäviin sarakkeisiin, jolloin valtakunnalliset taustatiedot ovat kaikkina vuosina samat. Näin ollen esimerkiksi sähkön muita tutkimuksia matalammat ominaispäästöt eivät vaikuta tarkasteluvuosien välillä mutta vaikuttavat päästöjen kokonaistasoon.

Kerroinaineiston puutteiden lisäksi tulosten luotettavuutta heikentäviä tekijöitä löytyy myös malliin syötettävistä lähtötiedoista. Erityisesti energiasektorin tiedonsaannissa on useita epävarmuustekijöitä. Muun muassa sähköntuotannon ja -kulutuksen tilastointitavoissa on tapahtunut Kasvener-mallin alkuvuosien jälkeen muutoksia, joten kaikkea mallin edellyttämää tietoa ei ole enää mahdollista saada mallin edellyttämällä jaottelulla ja tarkkuudella. Esimerkkinä tästä on sähkön loppukulutuksen sektorijaon muutokset, josta johtuen lähtötietoja on jouduttu arvioimaan ja loppukulutussektorien väliset todelliset muutokset ovat epätarkkoja. Myös energiasektorin olemassa olevat tilastot kärsivät hieman yllättäen systemaattisen tiedonkeruun puutteesta. Esimerkiksi Energiateollisuus ry:n vuosittainen kaukolämpötilasto kootaan vain suurille kaukolämmön myyjille osoitetun kyselyn perusteella. Tästä tilastosta puuttuvien pienten lämpölaitosten tietoja kysellään vastaavasti puolestaan Kuntaliiton toimesta mutta molempiin kyselyihin tietoja saadaan vaihtelevasti. Maakuntakohtaista täsmällistä tietoa energiantuotannon polttoaineista, tuotantoprosesseista ja loppukulutuksesta ei ole ollut siis mahdollista saada suoraan virallisista tilastoista vaan Keski-Suomen Energiatoimiston paikallistuntemus ja energiataaselvitysten aineistot ovat olleet kriittisen tärkeitä tutkimuksen toteuttamiselle.

Vaikka maatalouden tilastotietoa on helposti saatavilla Maa- ja metsätalousministeriön tilastopalvelusta, on mm. eläintuotannon luokittelutavoissa tapahtunut tarkasteluvuosien välillä muutoksia. Lisäksi maatilarekisterissä lukujen esittämisen edellytyksenä on riittävä määrä elinkeinonharjoittajia alueella, jottei yksittäisen tilan tietoja pysty luvusta päättämään. Näin ollen kaikilta tarkasteluvuosilta ei ole ollut kaikkea tietoa saatavilla. Jätteiden ja jätevesien tietojen osalta on jouduttu tekemään joitakin arviointeja ja soveltamaan lukuja muiden vuosien olemassa olevan aineiston perusteella.

Runsaan numeerisen datan käsittelyssä taulukkolaskentaohjelmassa on aina mahdollisuus inhimillisille virheille, jota Kasvener-mallin huono käytettävyys lisää entisestään. Virheiden huomaamista on kuitenkin helpottanut vertailu muihin tarkasteluvuosiin, jolloin selkeästi poikkeavat arvot on ollut mahdollista huomata paremmin.

Erityisesti energiasektorin kerroinaineiston epävarmuuksista johtuen tämän tutkimuksen tuloksia ei voida pitää kovin täsmällisinä. Toisaalta luottamusta lukujen oikeaan suuruusluokkaan lisää osin täysin erilaista laskentatapaa käyttäneen Keski-Suomen ympäristöanalyysin (Onkila ym. 2008) ilmanpäästöjen tuloksista johdetut CO<sub>2</sub>-ekvivalenttiarviot, jotka olivat varsinkin liikenteen, teollisuuden ja yhdyskuntien sekä kokonaispäästöjen osalta hyvin samansuuntaiset.



## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tulokset vahvistavat Keski-Suomen ympäristöanalyysissä saatuja tuloksia maakunnan ihmisperäisten kasvihuonekaasupäästöjen merkittävimmistä lähteistä. Valtaosa, 91 %, päästöistä syntyy alueella kulutettavan sähkön, lämmön ja teollisuuden energian tuottamisessa sekä liikenteessä. Päästölähteet ja niiden osuudet kokonaisuudesta ovat pysyneet 2000-luvun tarkastelujaksolla samoina. Vuosikymmenen alusta alkanut korkeasuhdanne kasvatti alueen energiankulutusta ja nosti kasvihuonekaasupäästöt vuosina 2004 ja 2006 noin 3,0 miljoonaan tonniin CO<sub>2</sub>-ekv., jotka vuonna 2008 alkanut taloustaantuma käänsi sitten selvään laskuun. Talouden jälleen noustessa päästöt oletettavasti kääntyvät nykyisellä tuotantorakenteella jälleen kasvuun.

Polttoaineista suurimmat kasvihuonekaasupäästöt, vuonna 2008 noin 744 tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. eli 30 %, tuottaa turpeen energiakäyttö, vaikka sen osuus maakunnan kokonaisenergiasta on vain 8 %. Turpeen käyttöä vähentämällä maakunnan päästöjä on mahdollista pienentää oleellisesti. Liikennesektori kaipaa paitsi maailmanlaajuisista murrosta fossiilisten polttoaineiden käytöstä irtaantumiseen, myös paikallisia ratkaisuja liikkumistapoihin ja -tarpeisiin sekä käytettäviin polttoaineisiin. Energiantuotannossa tarvittavien ratkaisujen lisäksi maakunnan päästöjen nopeimmat ja tehokkaimmat vähennysmahdollisuudet ovat energiansäästöissä.

Keski-Suomen ilmastoseminaarissa syyskuun alussa 2010 puhunut tiedetoimittaja Pasi Toiviainen kertoi, että häneltä kysytään usein, mitä voimme tehdä ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi. Hänen vastauksensa kysyjälle on ”tiedät mitä tehdä”. Ymmärrys ilmastonmuutoksen syistä, seurauksista ja hillinnästä on jo riittävä. Nyt on oikeiden valintojen ja todellisen toiminnan aika.

## **KIITOKSET**

Haluan kiittää Keski-Suomen liiton BalticClimate-hankkeen Hannu Koposta mahdollisuudesta tämän työn tekemiseen sekä sen aikaisista hyvistä keskusteluista ja ohjauksesta. Lämpimät kiitokset myös Keski-Suomen Energiatoimiston Lauri Penttiselle kriittisen tärkeästä yhteistyöstä tutkimuksen toteuttamisessa sekä Ekokumppanit Oy:n Marko Nurmiselle Kasvener-tuesta. Lisäksi haluan kiittää yliopiston päässä työtä ohjannutta Margareta Wihersaarta sitkeästä kannustuksesta tämän työn ja opintojeni loppuun saattamisessa. Ystäville ja rakkaille, erityisesti Mikolle, kiitokset opintojen aikaisesta tuesta, nyt se on ohi.

## LÄHTEET

- Auvinen, H. 2010: VTT, Henkilökohtainen tiedonanto raideliikenteen päästöistä 16.3.2010.
- Carbon Footprint Ltd 2010: What Is A Carbon Footprint?  
<http://www.carbonfootprint.com/carbonfootprint.html> (luettu 9.11.2010)
- Dotzauer, E. 2009: Greenhouse gas emissions from power generation and consumption in a nordic perspective. –Energy Policy 38: 701-704.
- Ekokumppanit Oy 2010: Materiaali Kasvener-koulutuksesta 17.5.2010.
- Energiateollisuus 2006: Energiavuosi 2005.  
<http://www.energia.fi/fi/ajankohtaista/lehdistotiedotteet/2006/energiavuosi2005%2cshkovoosilampimatsaatjapaperiteollisuudenpitkatyoselkkaus.html> (luettu 5.12.2010)
- Finavia 2009: Finavian ympäristöraportit ja katsaukset.  
<http://www.finavia.fi/ymparisto/ymparistojulkaisut> (luettu 18.12.2009)
- Heinonen, J & Junnila, S. 2010: Hiilikulutus ja hiilijohtamisen mahdollisuudet Tampereen alueella 23.8.2010. Saatavilla osoitteesta  
<http://www.eco2.fi/default/fi/hankkeet/hiilijalanjalki/>
- Helsingin Sanomat 2010: Hiilijalanjälkilaskuri.  
<http://hiilijalanjalki.hs.fi/calculator/main> (luettu 28.11.2010)
- IPCC 1995: IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR). –IPCC 1995.
- Kasvener 2007: Kasvener -kasvihuonekaasu- ja energiatasemalli (Microsoft Excel-tiedosto). Suomen ympäristökeskus.
- Keski-Suomen ELY-keskus 2010: Sanoista tekoihin. Keski-Suomen ympäristöohjelma 2015. –Keski-Suomen ELY-keskus 2010.
- Keski-Suomen Energiatoimisto 2010a: Energiatoimiston palveluita.  
<http://www.kesto.fi/default.asp?SivuID=14903> (luettu 8.12.2010)
- Keski-Suomen Energiatoimisto 2010b: Keski-Suomen energiataseet.  
<http://www.kesto.fi/default.asp?SivuID=26319> (luettu 21.9.2010)
- Keski-Suomen liitto 2010a: BalticClimate-hanke  
<http://www.keskisuomi.fi/fin/haku/index.php?id=310> (luettu 7.9.2010)
- Keski-Suomen liitto 2010b: Bioenergiasta elinvoimaa –hanke.  
<http://www.keskisuomi.fi/bev/?id=325> (luettu 10.12.2010)
- Keski-Suomen liitto 2010c: Keski-Suomen kunnat.  
<http://www.keskisuomi.fi/fin/etusivu/index.php?id=77> (luettu 15.9.2010)

- Keski-Suomen liitto 2010d: Keski-Suomen maakuntaohjelma 2011-2014. Keski-Suomen kasvuohjelma. –Keski-Suomen liitto A29/2010.
- Keski-Suomen liitto 2010e: Keski-Suomen maakuntaohjelman toteutussuunnitelma 2011-2012. Maakunnan yhteistyöasiakirja 2011-2012. –Keski-Suomen liitto A31/2010.
- Keski-Suomen liitto 2010f: Suunnittelu ja kehittäminen  
[http://www.keskisuomi.fi/fin/paatoksenteko/maakunnan\\_yhteistyoryhma/index.php?id=11](http://www.keskisuomi.fi/fin/paatoksenteko/maakunnan_yhteistyoryhma/index.php?id=11) (luettu 1.10.2010)
- Keski-Suomen liitto 2010g: Tietoja Keski-Suomesta.  
<http://www.keskisuomi.fi/fin/etusivu/index.php?id=56> (luettu 15.9.2010)
- Keski-Suomen liitto 2010h: Tietopalvelu.  
<http://www.keskisuomi.fi/fin/etusivu/index.php?id=15> (luettu 28.10.2010)
- Keski-Suomen liitto 2010i: Yhteistyön, yrittäjyyden ja osaamisen Keski-Suomi: Keski-Suomen maakuntasuunnitelma 2030. –Keski-Suomen liitto A28/2010.
- Keski-Suomen maakuntahallitus 2010: Maakunnallisen ilmastostrategian laadinta. Päätöspöytäkirja 17.3.2010.
- Koponen, H. 2010: Keski-Suomen liitto/BalticClimate-hanke. Henkilökohtaiset tiedonannot Keski-Suomen ilmastostrategiaan liittyen.
- Kuntaliitto 2010a: Kansainväliset ilmastoasiat. Kuntaliitto.  
[http://www.kunnat.net/k\\_perussivu.asp?path=1;29;356;1033;36691](http://www.kunnat.net/k_perussivu.asp?path=1;29;356;1033;36691)  
(luettu 24.11.2010)
- Kuntaliitto 2010b: Kunnat ja maakunnat, joissa ilmastostrategia on laadittu tai se on valmisteilla, ppt-tiedosto. Saatu henkilökohtaisena tiedonantona 30.11.2010.
- Kuitunen, E. 2010: Keski-Suomen ELY-keskus. Henkilökohtainen tiedonanto Keski-Suomen teollisuuden jätevesistä 2.7.2010.
- Lounasheimo, J. 2009: Kasvihuonekaasupäästöjen alueellisten laskentamenetelmien vertailua. –Laurea Ammattikorkeakoulu 2009.  
Saatavilla <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-200903091641>
- Luoma, K. 2010: Kuntaliitto. Henkilökohtainen tiedonanto Kasvener-mallin käytöstä ja tulevasta kehittämisestä 2.12.2010.
- MMM 2009: Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen Maatilarekisterijulkaisut. [http://www.maataloustilastot.fi/tilastojulkaisut\\_fi](http://www.maataloustilastot.fi/tilastojulkaisut_fi) (luettu 11.12.2009)
- Muttila, J. 2010: Keski-Suomen ELY-keskus. Henkilökohtainen tiedonanto yhdyskuntien jätevesitiedoista 21.6.2010.

- Mäenpää, I. & Siikavirta H. 2005: Greenhouse gases embodied in the international trade and final consumption of Finland: An input-output analysis. –Energy Policy 35: 128-143.
- Onkila, H., Tenhunen J., Korppinen, A. ja Hiekkavirta J. 2008: Keski-Suomen ympäristöanalyysi –loppuraportti. –Keski-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 6/2008.
- Penttinen, L. 2010: Keski-Suomen Energiatoimisto. Henkilökohtaiset tiedonannot Keski-Suomen energiataseista.
- Peters, G. P. 2008: From production-based to consumption-based national emission inventories. –Ecological Economics 65: 13-23.
- Petäjä, J. 2007: Kasvener -kasvihuonekaasu- ja energiatasemallin ohje (Microsoft Excel-tiedosto). Suomen ympäristökeskus.
- Savikko, R. 2010: Kuntaliiton kysely ilmastopolitiikasta Suomen kunnissa kesällä ja syksyllä 2009. Päivitetty loppuraportti 14.1.2010. –Kuntaliitto.
- Selänne, A. 2010: Keski-Suomen ELY-keskus. Henkilökohtainen tiedonanto kalankasvatuksen typpikuormista 13.8.2010.
- Tilastokeskus 2010a: Energiatilasto: vuosikirja 2009. –Tilastokeskus 2010.
- Tilastokeskus 2010b: Kansallinen järjestelmä. Tilastokeskus.  
[http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_kansallinen\\_seurantajarjestelma.html](http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_kansallinen_seurantajarjestelma.html)  
 (luettu 27.11.2010)
- Tilastokeskus 2010c: Laskennan ja raportoinnin ohjeistus. Tilastokeskus.  
[http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_inventaarion\\_laatiminen.html](http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_inventaarion_laatiminen.html)  
 (luettu 27.11.2010)
- Tilastokeskus 2010d: Suomen 2008 kasvihuonekaasupäästöt. Tilastokeskus.  
[http://www.stat.fi/til/khki/2008/khki\\_2008\\_2010-04-23\\_kat\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/khki/2008/khki_2008_2010-04-23_kat_001_fi.html)  
 (luettu 11.11.2010)
- TEM 2008: Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. –Työ- ja elinkeinoministeriö, Helsinki. 130 s.
- UNFCCC 2010: Status of Ratification of the Kyoto Protocol. United Nations Framework Convention on Climate Change.  
[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/status\\_of\\_ratification/items/2613.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/status_of_ratification/items/2613.php)  
 (luettu 2.12.2010)
- VNK 2009: Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea. –Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009.

- Viitaniemi, K. (toim.) 2010: Keski-Suomen maakunnan strateginen vesihuollon kehittämissuunnitelma vuosille 2009–2020. –Keski-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 3/2010.
- Virtanen K. & Vanne J. 2008: Selvitys todennäköisten turvepeltojen sijainnista Keski-Suomessa GTK:n gamma-aineiston perusteella. –GTK/Turvetutkimusselostus 114/2008.
- VTT 2010a: Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä LIPASTO. Valtion teknillinen tutkimuskeskus 2010.  
<http://lipasto.vtt.fi/index.htm> (luettu 4.1.2010)
- VTT 2010b: Työkoneiden päästöt ja energiankulutuksen TYKO-laskentamalli. Valtion teknillinen tutkimuskeskus 2010. <http://lipasto.vtt.fi/tyko/malli.htm> (luettu 19.4.2010)
- Wilhelms, T. 2010: Energiateollisuus ry. Henkilökohtainen tiedonanto Keski-Suomen sähkö- ja lämpötilastoista 8.9.2010.
- Yli-Kauppila, H., Helolahti A., Koivisto, K. ja Koivula, N. 2009: Keski-Suomen alueellinen jätesuunnitelma vuoteen 2016. –Keski-Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 2/2009.
- Yli-Kauppila, H. 2010: Keski-Suomen ELY-keskus. Henkilökohtainen tiedonanto Keski-Suomen jätehuollosta 29.1.2010.
- Ympäristöhallinto 2009a: EU:n ilmasto- ja energiapaketti.  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=22013&lan=fi> (luettu 1.12.2010)
- Ympäristöhallinto 2009b: Kasvihuonekaasupäästöjen seuranta ja raportointi Suomessa.  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=176374&lan=fi> (luettu 7.11.2010)
- WWF 2010: Ilmastolaskurin laskentaperusteet.  
[http://www.ilmastolaskuri.fi/fi/user/page/show/name/page\\_info\\_1](http://www.ilmastolaskuri.fi/fi/user/page/show/name/page_info_1)  
(luettu 6.12.2010)

**LIITE I**  
**MAATALOUDEN LÄHTÖTIETOJA, KOTIELÄIMET**

Kotieläimet (kpl)	Vuosi		
	2004	2006	2008
Lypsylehmät	17328	16360	15136
Emo- ja imettäjälehmät	2538	3032	3598
Hiehot	9859	9370	9093
Sonnit, yli 1 vuotta	7787	7917	6642
Vasikat, alle 1 v	20723	20060	18519
Siat	21105	23716	22981
Lampaat	6563	6483	6972
Vuohet	163	151	110
Hevoset	1989	2284	2487
Kanat	53978	68966	81830
Kananpojat	---	---	---
Kukot	42	38	21
Broileremot	-	-	-
Broilerit	---	---	---
Kalkkunat	70	47	-
Muu siipikarja (mm. ankat, hanhet)	2353	1389	1232
Porot	-	-	-
Minkit, hillerit	-	-	-
Ketut, supikoirat	-	-	-

- ei yhtään

--- ei ilmoitettuja tilastotietoja (ei tilastoida tai alueella alle 3 tuottajaa)

**LIITE II**  
**MAATALOUDEN LÄHTÖTIETOJA, MAATALOUSMAA**

Maatalousmaa (ha)	Vuosi		
	2004	2006	2008
Viljakasvit	39555	37415	38896
syysvehnä	116	---	112
keväťvehnä	1557	1738	1959
ruis	783	639	646
ohra	17074	16036	17547
kaura	19278	18178	17749
seosvilja, korsiviljat	747	824	883
seosvilja, korsiviljat+palkokasvit	---	---	---
Viljelykasvit (pelto)	81858	81608	87141
Herne (typeä sitova kasvi)	30	20	23
Apilansiemen (typeä sitova kasvi)	---	---	---
Öljykasvit	---	---	---
Peruna	278	223	169
Sokerijuurikas	---	---	---
Avomaan vihannekset	237	241	191
Suopellot	9500	9500	9500
-	ei yhtään		
---	ei ilmoitettuja tilastotietoja (tilastopuute tai alueella alle 3 tuottajaa)		



**LIITE III**  
**JÄTEHUOLLON LÄHTÖTIEDOT**

Määrä (t)	Vuosi		
	2004	2006	2008
<b>Kaatopaikat</b>			
kiinteä yhdyskuntajäte	51627	53965	55972
rakennusjäte	16805	17664	16571
teollisuuden kiinteä jäte	78968	71392	88545 <sup>a</sup>
yhdyskuntalietteet (ka.määrä)	100	100	100
teollisuuden lietteet (ka.määrä)	-	-	-
<b>Kompostointi</b>			
biojäte, yhdyskunnat, laitoskompostointi	14154	14404	15307 <sup>a</sup>
biojäte, kotikompostointi	3294	3294	3294
biojäte, teollisuus	---	---	---
yhdyskuntajätevesiliete (ka. määrä)	7187	6964 <sup>b</sup>	6964 <sup>b</sup>
jätevesiliete, teollisuus (ka. määrä)	-	-	-
<b>Yhdyskuntien jätevedet</b>			
tuleva BHK7-kuorma puhdistamolle	6960	6967	8163
vesistöön johdettu typikuorma	1042	1072	1018
jätevesilietteiden kokonaismäärä (ka. määrä)	7325	6702 <sup>b</sup>	6702 <sup>b</sup>
<b>Teollisuuden jätevedet</b>			
tuleva COD-kuorma puhdistamolle <sup>c</sup>	73563	80784	72298
vesistöön johdettu typikuorma	260	273	216
Kalankasvatuksen typikuorma vesistöön	25	25	25

- ei yhtään (loppunut lähes kokonaan)

--- tietoja ei saatu

<sup>a</sup> vuoden 2007 tieto

<sup>b</sup> vuoden 2005 tieto

<sup>c</sup> vain COD-dikromaatti, arvioitu lähtevästä kuormasta 85 % reduktion mukaan

**LIITE IV**  
**TIELIIKENTEEN LÄHTÖTIEDOT, sivu 1/2**

Tieliikenne	2004		2006		2008	
	diesel	benssiini	diesel	benssiini	diesel	benssiini
<b>Henkilöautot</b>						
Energialähteiden käyttö (GWh)	344,3	1212,9	405,6	1194,6	493,4	1128,1
Ajosuorite (milj. km)	467,4	2095,3	548,6	2109,6	681,2	2008,2
Hiilidioksidin päästöt (1000 t)	94,0	317,5	110,8	312,7	132,0	289,4
Metaanin päästöt (t)	2,0	92,0	2,0	68,7	2,0	52,4
Typpioksiduulin päästöt (t)	5,2	90,9	6,1	102,1	7,6	98,3
Hiilimonoksidin päästöt (t)	505,7	13010,0	520,6	10369,4	552,6	8420,7
Hiukkasten päästöt (t)	70,0	5,3	62,0	4,1	60,7	3,0
Rikkidioksidin päästöt (t)	0,6	2,7	0,7	1,6	0,9	1,5
Typen oksidien päästöt (t)	344,3	1465,3	351,1	1141,3	360,9	880,5
<b>Pakettiautot</b>						
Energialähteiden käyttö (GWh)	252,9	14,5	257,0	11,8	260,4	8,4
Ajosuorite (milj. km)	233,7	16,8	245,4	13,3	252,9	9,5
Hiilidioksidin päästöt (1000 t)	69,1	3,8	70,2	3,1	69,7	2,2
Metaanin päästöt (t)	1,0	2,0	0,9	1,6	0,8	1,1
Typpioksiduulin päästöt (t)	4,3	0,1	4,5	0,1	4,6	0,1
Hiilimonoksidin päästöt (t)	234,3	283,5	223,0	215,6	201,8	141,6
Hiukkasten päästöt (t)	44,2	0,1	38,8	0,1	34,6	0,1
Rikkidioksidin päästöt (t)	0,4	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
Typen oksidien päästöt (t)	240,4	19,0	226,0	14,0	200,3	9,3
<b>Linja-autot</b>						
Energialähteiden käyttö (GWh)	86,5		82,8		95,7	
Ajosuorite (milj. km)	28,1		27,3		31,3	
Hiilidioksidin päästöt (1000 t)	23,6		22,6		25,6	
Metaanin päästöt (t)	1,9		1,7		1,8	
Typpioksiduulin päästöt (t)	0,9		0,9		1,0	
Hiilimonoksidin päästöt (t)	54,3		47,4		52,8	
Hiukkasten päästöt (t)	8,8		6,6		6,6	
Rikkidioksidin päästöt (t)	0,2		0,1		0,2	
Typen oksidien päästöt (t)	207,9		177,4		184,2	

**TIELIIKENTEEN LÄHTÖTIEDOT, sivu 2/2**

Tieliikenne	2004		2006	2008
	diesel	benssiini	dieselbenssiini	dieselbenssiini
<b>Kuorma-autot</b>				
Energialähteiden käyttö (GWh)	693,2		688,8	709,9
Ajosuorite (milj. km)	193,4		198,4	207,7
Hiilidioksidin päästöt (1000 t)	189,3		188,1	190,0
Metaanin päästöt (t)	11,1		10,9	10,5
Typpioksiduulin päästöt (t)	6,1		6,2	6,6
Hiilimonoksidin päästöt (t)	305,0		293,5	292,3
Hiukkasten päästöt (t)	55,0		46,0	42,1
Rikkidioksidin päästöt (t)	1,2		1,2	1,2
Typen oksidien päästöt (t)	1335,5		1222,7	1153,5

**LIITE V**  
**RAIDELIIKENTEEN LÄHTÖTIEDOT**

Raideliikenne	2004		2006		2008	
	diesel	benssiini	diesel	benssiini	diesel	benssiini
Energialähteiden käyttö (GWh)	17,4	35,3	18,1	41,1	20,3	36,9
Ajosuorite (milj. km)						
Hiilidioksidin päästöt (1000 t)	4,6		4,8		5,4	
Metaanin päästöt (t)	0,3		0,3		0,3	
Typpioksiduulin päästöt (t)	0,1		0,1		0,1	
Hiilimonoksidin päästöt (t)	13,9		14,5		16,1	
Hiukkasten päästöt (t)	2,0		2,0		2,3	
Rikkidioksidin päästöt (t)	1,2		0,1		0,0	
Typen oksidien päästöt (t)	114,4		119,1		132,4	

**LIITE VI**  
**LENTOLIIKENTEEEN LÄHTÖTIEDOT JA LASKENTA**

Lentoliikenne	Vuosi		
	2004	2006	2008
Energialähteiden käyttö (GWh)	14,2	15,0	29,5
Ajosuorite (milj. km)			
Hiilidioksidin päästöt (1000 t)	3,6	4,1	7,6
Metaanin päästöt (t)			
Typpioksiduulin päästöt (t)			
Hiilimonoksidin päästöt (t)	59,9	43,1	79,7
Hiukkasten päästöt (t)	0,1	0,1	0,1
Rikkidioksidin päästöt (t)	1,1	1,2	2,3
Typen oksidien päästöt (t)	13,8	14,7	27,9

Sotilasliikenteen päästöjen arviointi on tehty Keski-Suomen Ympäristöanalyysin käyttämällä mallilla eli suhteuttamalla Finavian ilmoittamat sotilasliikenteen laskeutumismäärät siviililiikenteen laskeutumismääriin sekä niiden päästö- ja polttoaineenkulutustietoihin. Kalustoeroista johtuen Jyväskylän ja Hallin sotilasliikenteelle on eri laskutavat, jotka on esitetty alla.

Jyväskylä: Sotilasliikenteen kalusto vastaa siviili-ilmailun kalustoa, joten päästöt ovat vertailukelpoisia verrannon kautta:

JKL:n sotilasilmailun haluttu päästö  $X = [JKL:n \text{ siviililiikenteen ilmoitettu päästö } Y (t) * JKL:n \text{ sotilasliikenteen laskuja (kpl)}] / JKL:n \text{ siviililiikenteen laskujen yhteissumma}$

è tonnia haluttua päästöä tai polttoaineen kulutusta

Halli: Sotilasliikenteessä eri kalusto, joten päästöt arvioidaan suhteuttamalla Jyväskylän siviilipäästöt Hallin sotilasliikenteen laskeutumismääriin (kuten yllä) mutta kertomalla saatu tulos luvulla 1,5.

Hallin sotilasilmailun haluttu päästö  $X = [JKL:n \text{ siviililiikenteen ilmoitettu päästö } Y (t) * Hallin \text{ sotilasliikenteen laskuja (kpl)}] / JKL:n \text{ siviililiikenteen laskujen yhteissumma } ] * 1,5$

**LIITE VII**  
**KESKI-SUOMEN ENERGIANKULUTUKSEN LÄHTÖTIEDOT**

	Vuosi		
	2004	2006	2008
<u>Sähkönkulutus (GWh)</u>	6492	6829	6441
Yksityinen (GWh)	997	1118	1008
Maatalous (GWh)	117	134	87
Julkinen sektori (GWh)	354	380	369
Palvelusektori (GWh)	340	380	369
Edellisiin sisältyvä sähkölämmitys (GWh)	643	690	705
Teollisuus (GWh)	4684	4817	4608
<u>Kaukolämmönkulutus (GWh)</u>	1593	1665	1653
Teollisuusrakennukset (GWh)	239	250	248
Asuinrakennukset (GWh)	812	882	876
Muu kulutus (GWh)	542	533	529

**LIITE VIII**  
**KESKI-SUOMEN OMAN ENERGIAANTUOTANNON LÄHTÖTIEDOT**

	Vuosi		
	2004	2006	2008
<b>Lämpölaitokset</b>			
Lämmöntuotanto (GWh)	516	498	442
Polttoaineet yhteensä (GWh)	611	569	513
Hyötysuhde (%)	84,5	87,5	86,2
<b>Kaukolämpö- ja prosessivoimalaitokset</b>			
Lämmöntuotanto (GWh)	4993	5179	5055
Polttoaineet yhteensä (GWh)	5585	5966,6	6075,7
Hyötysuhde (%)	89,4	86,8	83,2
Sähköntuotanto (GWh)	1184	1220	1103
Polttoaineet yhteensä (GWh)	1709	1767,4	1340,3
Hyötysuhde (%)	69,3	69	82,3
Polttoaineet yhteensä (GWh)	7294	7734	7416
<b>Sähköntuotanto</b>			
Ydinvoimalaitokset (GWh)	0	0	0
Vesivoimalaitokset (GWh)	168	119	223
Tuulivoimalaitokset (GWh)	0	0	0
Alueen muu sähköntuotanto (GWh)	1184	1220	1103
Tuotanto yhteensä (GWh)	1352	1339	1326
<b>Teollisuuden energiankulutus</b>			
Hyötyenergia (GWh)	375	396	322
Polttoaineet yhteensä (GWh)	423	459	366
Hyötysuhde (%)	88,7	86,3	88
<b>Erillislämmitys</b>			
Lämmönkulutus (GWh)	1380	1406,5	1405,7
Polttoaineet yhteensä (GWh)	1934	1752	1548
Hyötysuhde (%)	71,4	80,3	90,8
<b>Lämpöpumput</b>			
Hyötyenergia (GWh)	18	24	28
Polttoaineet yhteensä (GWh)	18	24	28
Hyötysuhde (%)	100	100	100
<b>Työkoneiden polttoaineiden käyttö</b>			
Hyötyenergia (GWh)	150	150	150
Polttoaineet yhteensä (GWh)	488,5	488,9	500,2
Hyötysuhde (%)	30,7	30,7	30

# LIITE IX

## KASVENER-LASKELMIEN YHDISTETTY RAPORTTITAU LUKKO

KASVIHUONE- KAASUPÄÄSTÖT	Keski-Suomi 2004		Keski-Suomi 2006		Keski-Suomi 2008	
	1000 t CO <sub>2</sub> -ekv.	t / asukas	1000 t CO <sub>2</sub> -ekv.	t / asukas	1000 t CO <sub>2</sub> -ekv.	t / asukas
CO <sub>2</sub> (hiilidioksidi)	2620,9	9,7	2 606,4	9,7	2436,6	9,0
CH <sub>4</sub> (metaani)	114,0	0,4	111,5	0,4	111,2	0,4
N <sub>2</sub> O (typpioksiduuli)	218,1	0,8	222,3	0,8	221,2	0,8
<b>YHTEENSÄ</b>						
Kulutusperusteiset	2953,0	11,0	2 940,2	10,9	2769,0	10,2
<b>ASUKASLUKU</b>	268885		269636		271747	

PÄÄSTÖLÄHTEET (kulutusperusteiset)	Keski-Suomi 2004			Keski-Suomi 2006			Keski-Suomi 2008		
	1000 t CO <sub>2</sub> -ekv.	%	t / asukas	1000 t CO <sub>2</sub> -ekv.	%	t / asukas	1000 t CO <sub>2</sub> -ekv.	%	t / asukas
Kaukolämpö	255,3	8,6	0,9	253,2	8,6	0,9	246,8	8,9	0,9
Sähkölämmitys	60,5	2,0	0,2	62,8	2,1	0,2	61,2	2,2	0,2
Erillislämmitys	349,3	11,8	1,3	312,1	18,9	1,2	250,4	9,0	0,9
Sähkön (muu) kulutus	545,3	18,5	2,0	556,2	10,6	2,1	482,5	17,4	1,8
Teollisuus ja työkoneet	735,4	24,9	2,7	736,6	25,0	2,7	703,9	25,4	2,6
Liikenne	744,5	25,2	2,8	759,1	25,8	2,8	763,1	27,6	2,8
Jätehuolto	28,7	1,0	0,1	29,3	1,1	0,1	34,3	1,2	0,1
Maatalous	234,0	7,9	0,9	231,0	7,9	0,9	226,9	8,2	0,8
Teoll.prosessit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>YHTEENSÄ</b>	2953,0	100,0	11,0	2940,3	100,0	10,9	2769,1	100,0	10,2

RAKENNUSTEN LÄMMITYS- MUODOT	Keski-Suomi		
	2004	2006	2008
	%	%	%
Kaukolämpö	43,8	44,0	43,6
Sähkö	17,7	18,2	18,6
Lämpöpumppu	0,5	0,6	0,7
Erillislämmitys	38,0	37,2	37,1

Energiantuotannon polttoainejakauma (kunnan oma alue)	Keski-Suomi 2004		Keski-Suomi 2006		Keski-Suomi 2008	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Fossiiliset	4916,7	38,0	5337,5	38,7	5029,8	37,8
Turve	1836,0	14,2	1999,0	14,5	1832,0	13,8
Uusiutuvat	6195,0	47,8	6459,0	46,8	6450,0	48,5
Ydinenergia (ja tuonti)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>YHTEENSÄ</b>	12947,7	100,0	13795,5	100,0	13311,8	100,0

SÄHKÖ	Keski-Suomi 2004		Keski-Suomi 2006		Keski-Suomi 2008	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Kunnassa tuotettu	1184,0	18,2	1220,0	17,9	1103,0	17,1
Ostosähkö	5308,0	81,8	5609,0	82,1	5338,0	82,9
<b>Kunnassa kulutettu yht.</b>	6492,0	100,0	6829,0	100,0	6441,0	100,0