

# Yhdyskuntarakenne, elämäntavat ja ilmastonmuutos

Jukka Heinonen, Seppo Junnila





# Yhdyskuntarakenne, elämäntavat ja ilmastonmuutos

**Jukka Heinonen, Seppo Junnila**

Aalto-yliopiston julkaisusarja  
**TIEDE + TEKNOLOGIA** 19/2012

© Jukka Heinonen, Seppo Junnila

ISBN 978-952-60-4911-3 (pdf)

ISSN-L 1799-487X

ISSN 1799-487X (printed)

ISSN 1799-4888 (pdf)

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-4911-3>

Unigrafia Oy  
Helsinki 2012

# Tiivistelmä

Keskustelua aluekehityksen vaikutusmahdollisuuksista ilmastonmuutoksen hillinnässä on käyty vilkkaasti jo pitkään. Päähuomio on kohdistunut perinteisesti liikkumisen ja rakennusten energiankulutuksen päästöihin. Useissa tutkimuksissa löydetty aluerakenteen tiiveyden ja matalien kasvihuonekaasupäästöjen yhteys on johtanut tiiviiden aluerakenteiden suosimiseen ja esimerkiksi Suomessa kiteytynyt yhdyskuntarakenteen eheyttämisen tavoitteeksi koko maamme ilmastopolitiikassa. Merkittävästi vähemmän huomiota on kiinnitetty polttoaineenkulutuksen ja rakennusten energiankulutuksen ulkopuolelle jääviin päästöihin, ja erityisesti näiden päästöjen ja aluerakenteiden välisiin yhteyksiin. Nämä niin sanotut epäsuorat päästöt saattavat kuitenkin muodostaa erittäin merkittävän osan kokonaispäästöistämme. Useat tuoreet tutkimukset esittävät lisäksi suhteellisen vahvoja näyttöjä siitä, että epäsuoratkin päästöt riippuvat merkittävässä määrin aluerakenteesta. Lisäksi jopa liikkuminen ja rakennusten energiankulutus sisältävät päästöihin merkittävästi vaikuttavia tekijöitä, jotka saatetaan helposti rajata tutkimusten ulkopuolelle. Mikäli nämä tekijät jätetään huomioimatta, saatetaan saada hyvin vinoutunut kuva erilaisten yhdyskuntien aiheuttamista päästöistä ja maankäytön tai aluesuunnittelun vaikutusmahdollisuuksista.

Tässä artikkelissa esitetään, miten sekä suorat että epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt kertyvät erilaisten yhdyskuntien toiminnan seurauksena, ja arvioidaan aluerakenteen ja päästöjen välisiä yhteyksiä. Näkökulmana on kulutus ja sen heijastuminen kasvihuonekaasupäästöihin. Kulutusnäkökulman avulla pystytään tarkastelemaan päästöjen aiheutumista kokonaisvaltaisesti ilman sattumanvaraisia alueellisia rajauksia. Artikkelissa nostetaan esiin viisi kasvihuonekaasupäästöjen aiheutumisen ymmärtämisen kannalta tärkeää näkökulmaa:

## **1. Yksityisautoilun päästöt alenevat merkittävästi vähemmän kuin ajosuoritteet aluerakenteiden tiivistyessä**

Polttoaineen kulutus on ajosuoritetta parempi indikaattori liikkumisen kasvihuonekaasupäästöille. Vaikka matkat lyhenevät tiiviimmissä rakenteissa, mikä näkyy keskimääräisissä ajosuoritteissa, nousevat kasvihuonekaasupäästöt per ajettu kilometri kaupunkiajossa merkittävästi maantieajoa korkeammiksi. Lisäksi ajoneuvoja omistetaan suhteellisen paljon myös kaupungeissa, ja korkeamman varallisuuden seurauksena niissä jopa ostetaan enemmän uusia autoja kuin maaseutumaisemilla alueilla. Kaupungit asuinympäristöinä saattavat myös maaseutumaisempien alueiden tapaan tukea kulutuskäyttäytymistä, joka vaatii autojen omistamista ja käyttöä. Esimerkiksi kesämökkejä, joille kuljetaan pääsääntöisesti omilla autoilla, omistetaan enemmän kaupungeissa.

## **2. Liikkumisen kokonaispäästöt (auto-, juna-, laiva- ja lentoliikkuminen huomioiden) eivät välttämättä laske kaupungistumisasteen noustessa**

Tarkasteltaessa kaiken liikkumisen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä Suomessa, havaitaan yhteenlaskettujen päästöjen olevan suhteellisen tasaisia erityyppisillä alueilla johtuen erityisesti kasvavasta lentomatkailemisen määrästä pääkaupunkiseudulla.

**3. Asumisen energiankulutuksesta aiheutuvat kokonaispäästöt kasvavat kaupunkimaisemilla alueilla ja vähenevät maaseutumaisilla alueilla, kun uusiutuvan energian käyttö lämmityksessä ja toisaalta kerrostalojen piiloenergiankulutus huomioidaan arvioinneissa.**

Energiamuotojen näkökulmasta uusiutuvan energian käyttö lämmityksessä näyttäisi kasvavan kaupungistumisasteen laskiessa. Lisäksi kerrostaloissa merkittävä osa energiankulutuksesta tapahtuu yhteisenä ”piilokulutuksena”, joka ei kohdennu suoraan yksittäiselle asukkaalle. Kerrostaloissa on esimerkiksi paljon yhteisiä tiloja, joita lämmitetään ja valaistaan taloyhtiön kirjanpitoon kohdistuvilla energiakustannuksilla, hissejä operoidaan samoin ainoastaan taloyhtiön kulutuksena näkyvällä sähköllä. Lisäksi kiinteistön hoito ja ylläpito vaatii energiaa, mikä ei sekään näy yksittäisten huoneistojen sähkölaskuilla. Kun nämä energiat ja niiden tuotantotavat huomioidaan samoin kuin yhtiövastikkeissa ja vuokrissa tavanomaisesti maksettava lämpöenergia, näyttää energiankulutus kaupunkimaisessa asumisessa aiheuttavan maaseutumaista asumista korkeammat päästöt.

**4. Muun kulutuksen aiheuttamat päästöt ovat korkeimpia kaupunkimaisimmilla alueilla**

Korkeampi tulotaso ja tarjolla olevat kulutusmahdollisuudet näyttävät johtavan korkeampaan kulutukseen ja aiheutettuihin kasvihuonekaasupäästöihin kaupungeissa suhteessa maaseutumaisempiin alueisiin. Suomessa pääkaupunkiseudulla on erityisen korkea tulotaso, joka näkyy korkeana kulutuksena ja korkeina kasvihuonekaasupäästöinä.

**5. Aluerakenteen tiiveys ei ole tehokas indikaattori aluerakenteen ja kasvihuonekaasujen yhteyksien arvioimisessa**

Edellä esitetyt kohdat 1-4 näyttävät, että yhteys aluerakenteen ja kasvihuonekaasupäästöjen välillä on niin monimutkainen, ettei tiiveyden avulla voida tehdä arvioita päästöistä suuntaan tai toiseen. Lisäksi esimerkiksi alueella käytettävät energiaratkaisut vaikuttavat lopputulokseen niin oleellisesti, että muut tekijät peittyvät helposti energiaratkaisujen alle.

# Sisällys

Tiivistelmä.....	1
Sisällys.....	3
1. Johdanto .....	4
2. Yhdyskuntien kasvihuonekaasupäästöjen mittaamisen kaksi näkökulmaa .....	6
2.1 Esimerkkejä mittausnäkökulman vaikutuksista .....	7
3. Suomalaisten hiilijalanjäljet .....	9
3.1 Asumisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt .....	9
3.1.1 Asumisen energiankulutus ja kasvihuonekaasupäästöt erilaisilla alueilla ...	9
3.1.2 Muut suoraan asumiseen ja asuinrakennukseen liittyvät päästöt .....	12
3.2 Liikkumisen vaikutus päästöihin .....	12
3.2.1 Autoilun polttoainekulutuksen aiheuttamat päästöt .....	12
3.2.2 Autoilun muut kasvihuonekaasuvaikutukset .....	14
3.2.3 Muiden liikkumismuotojen aiheuttamat päästöt .....	14
3.3 Muun kulutuksen aiheuttamat päästöt .....	15
3.4 Case-tutkimuksia hiilijalanjäljistä Suomessa.....	17
3.4.1 Helsinki ja Porvoo .....	17
3.4.2 Helsinki ja Tampere lähiympäristöineen.....	18
3.4.3 Eri aluetyypit Suomessa.....	19
4. Arvioita esitettyjen tulosten luotettavuudesta .....	20
5. Yhteenveto ja keskustelua .....	21
6. Lähteet .....	24

# 1. Johdanto

Yhä harvempi asettuu enää kiistämään ilmastonmuutoksen olemassa oloa tai edes sen ja ihmisen toiminnan välistä yhteyttä. Tämän suhteellisen korkean yksimielisyyden tason saavuttaminen näyttää kuitenkin kestäneen ilmiön ehkäisemisen etenemisen kannalta haitallisen pitkään. Ilmastonmuutoksen täysimääräisen torjunnan keinoista onkin jo siirrytty keskustelemaan siitä, kuinka lämpeneminen voitaisiin rajata 2,0 celsiusasteen tasolle sekä kuinka muutokseen parhaiten sopeuduttaisiin. Tämäkin on valtava haaste, sillä IPCC:n (2007) mukaan tavoitteen saavuttaminen vaatisi kokonaisuudessaan aiheuttamiemme kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä 50–85 prosenttia vuoteen 2050 vuoden 2000 tasosta. Koska ilmastonmuutoksen aiheuttaa kasvihuonekaasujen kertyminen ilmakehään, pitäisi radikaaleja päästövähennyksiä saada aikaiseksi jo lähivuosina 2050 päästötason tavoittamisen lisäksi. Esimerkiksi 2000-luvun päästötasoja tarkastellessa nähdään, että olemme huikean haasteen edessä.

Koska ihmisen toiminnalla näyttäisi olevan merkittävä rooli ilmastonmuutoksen aiheuttajana, löytyvät myös ratkaisut muutoksista toiminnassamme. Yhden merkittävimmistä vaikutuskanavista tarjoavat maankäyttö ja aluesuunnittelu, sillä yli puolet kaikista kasvihuonekaasupäästöistämme aiheutuu asumisesta ja liikenteestä (Hertwich ja Peters, 2009; Heinonen, 2012; Seppälä ym. 2009).

Asumisen ja liikenteen päästövähennyspotentiaalin hyödyntämisen yhdeksi yleisesti suositelluksi toimintatavaksi on vähitellen vakiintunut tiiviiden aluerakenteiden kehittäminen ja haja-asutuksen leviämisen ehkäiseminen. Nämä tavoitteet yhdistyvät yhdyskuntarakenteen eheyttämisen valtakunnalliseksi päämääräksi (Ilmastopolitiikka 2008). Taustalla on vahvoja perusteluja. Laajoissa tutkimuksissa on toistuvasti raportoitu kaupunkien aiheuttavan pienempiä kasvihuonekaasupäästöjä kuin niitä ympäröivien maaseutumaisempien alueiden (esim. Sovacool ja Brown, 2010; Hoornweg ym., 2011; Dodman, 2009). Lisäksi erityisesti haja-asutuksen leviämisen on raportoitu merkittävästi lisäävän kasvihuonekaasupäästöjä autoilun lisääntyessä ja rakennusten energiankulutuksen kasvaessa siirryttäessä asumaan kerrostaloasunnoista väljempiin omakotitaloihin (mm. VandeWeghe ja Kennedy, 2007; Jenks ja Burgess, 2000; Ewing ja Cervero, 2010; Glaeser ja Kahn, 2010; Fuller ja Crawford, 2011). Suomessa mm. Ristimäki ym. (2011) ja Kivari ym. (2007) ovat osoittaneet, miten rakenne vaikuttaa merkittävästi yksityisautoilun määrään ja päästöihin.

Tiiveyden ja alhaisten kasvihuonekaasupäästöjen oletettu yhteys on kuitenkin myös kyseenalaistettu (Heinonen, 2012; Sovacool ja Brown, 2010; Lenzen ym. 2004). Perusta kritiikille nousee jo pitkään vallinneesta yleisesti hyväksytyistä käsityksestä, että kaupungit toimivat myös varallisuuden luonnin vetureina. Ne ovat kaupan ja kulutuksen keskuksia, joissa todellisuudessa vaihdetaan ja kulutetaan suurelta osin muualla tuotettuja hyödykkeitä (Ramaswami, 2008; Schulz, 2010; Satterthwaite, 2008). Vaikka tiiviimmät rakenteet toisivatkin edellä mainittuja liikkumiseen ja energiatehokkuuteen liittyviä hyötyjä, saatetaan hyödyt helposti menettää esimerkiksi korkeamman kulutustason seurauksena. Keskusteluissa aluerakenteista ja päästöistä usein unohdetaan se, että kaikki kulutus aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä ja korkeampi kulutus usein keskittyy tiiviimpiin urbaaneihin rakenteisiin. Korkeampi varallisuus johtaa yleensä korkeampaan kulutukseen ja monipuolisten kulutusmahdollisuuksien helppo



saavutettavuus myös helposti kulutuskeskeisempään elämään. Toinen tekijä, mikä usein on jäänyt vähälle huomiolle, on paikallinen infrastruktuuri ja erityisesti paikallisen energiantuotannon suuri merkitys alueen kasvihuonekaasupäästöissä. Mikäli nämä tekijät jätetään huomioimatta, saatetaan saada hyvin vinoutunut kuva erilaisten yhdyskuntien aiheuttamista päästöistä ja maankäytön tai aluesuunnittelun vaikutusmahdollisuuksista.

Tässä artikkelissa keskitymme erityisesti suomalaisten yhdyskuntien kasvihuonekaasupäästöjen tarkasteluun ja päästöjen vähentämismahdollisuuksien pohdintaan. Käymme läpi sekä suorien päästöjen syntyä erilaisissa yhdyskunnissa että epäsuorien päästöjen merkitystä ja mahdollisia liitoksia rakenteeseen. Pyrimme erityisesti tunnistamaan, mitkä toiminnot ovat keskeisiä hiilipäästöjen aiheuttajia erilaisissa olemassa olevissa yhdyskuntarakenteissa. Esimerkkien avulla havainnollistamme merkittäviä vaikuttavia tekijöitä sekä arvioimme mahdollisuuksia vähentää päästöjä erilaisissa yhdyskuntarakenteissa niin aluesuunnittelun kuin teknologioiden muutosten kautta.

Vertailuja tehtäessä on kuitenkin erittäin tärkeä muistaa, että yhdyskuntamme ovat rakenteesta riippumatta ilmastonmuutoksen näkökulmasta vielä kaukana kestävästä tasosta, ja merkittäviä päästövähennyksiä tarvitaan kaikilla alueilla. Erilaisille aluetyypeille tarvittaisiin kuitenkin alueen erityispiirteet huomioon ottavia matalahiilistrategioita, kuten jatkossa näytämme. Ennen tulosten ja johtopäätösten esittämistä avaamme kuitenkin kasvihuonekaasupäästöjen mittaamisen eri näkökulmia sekä mittaustavan vaikutuksia lopputuloksiin ja johtopäätöksiin.

## 2. Yhdyskuntien kasviuonekaasupäästöjen mittaamisen kaksi näkökulmaa

Päästöjä on perinteisesti tarkasteltu tuotannon näkökulmasta, eli yksinkertaisesti mitaten ja laskien yhteen tietyn rajatun alueen sisällä syntyvät päästöt. Tämä näkökulma voi parhaimmillaan auttaa tehokkaasti tärkeimpien esimerkiksi tietyn hallinnollisen alueen, maan tai kunnan, rajojen sisällä kasviuonekaasupäästöjä aiheuttavien tuotannonalojen ja tuotantolaitosten tunnistamisessa ja edesauttaa sopivien ohjauskeinojen käyttöönotossa päästöjen alentamiseksi.

Tuotantopohjainen mittaustapa on kuitenkin globaalien ympäristövaikutusten, kuten ilmastonmuutoksen, näkökulmasta riittämätön pohja tehokkaiden päästövähennyskeinojen suunnittelulle ja käyttöönotolle. Pelkkä tuotantopohjainen mittaaminen johtaa helposti harhaanjohtaviin tulkintoihin päästöjen kehittymisestä. Käynnissä oleva rakennemuutos esimerkiksi siirtää raskasta teollisuutta jatkuvasti teollistuneista maista, kuten Suomesta, halvempien tuotannontekijäkustannusten maihin. Tehtaiden mukana siirtyvät niiden aiheuttamat päästöt ja maan päästöinventaari saattaa näyttää väheneviä päästöjä, vaikka tosiasiallisesti muutos saattaa olla jopa negatiivinen globaalissa mittakaavassa. Näin voi käydä, jos kohdemaan ympäristölainsäädäntö on väljempi tai esimerkiksi tehtaan käyttämä energia enemmän päästöjä aiheuttavaa. Näkökulma on tärkeä, koska ilmastonmuutos on kuitenkin puhtaasti globaali ilmiö, eikä päästöjen siirtyminen paikasta toiseen tuo edes paikallisia hyötyjä.

Toinen tuotantopohjaiseen mittaamiseen liittyvä ongelma aiheutuu alihankintaketjujen huomioinnista. Lähes kaikkeen tuotantoon liittyvät alihankintaketjut ovat pitkiä ja ulottuvat ainakin joiltain osin hyvin usein minkä tahansa rajatun alueen ulkopuolelle. Usein jopa valtaosa päästöistä saattaa syntyä muualla kuin lopputuotantolaitoksessa. Näistä eri hyödykkeisiin liittyvien tuotanto- ja toimitusketjujen päästöistä huomioon ottaen osana tuotannon päästöjä käytetään nimitystä hyödykkeen elinkaariset kasviuonekaasupäästöt.

Ongelmista johtuen tuotantopohjaista mittaamista täydentämään on noussut kulutus pohjaisen mittaamisen näkökulma. Kulutus pohjainen mittaaminen lähestyy päästöjä tausta-ajatuksena, että kaikki tuotanto tapahtuu jollain tavalla kysynnän seurauksena, ja siten päästöt tulee kohdentaa hyödykkeen kuluttajalle. Kulutusnäkökulman avulla voidaan myös korostaa sitä satunnaisesti unohtuvaa faktaa, että kaikki kulutus, myös palveluiden, aiheuttaa päästöjä joko suoraan tai välillisesti.

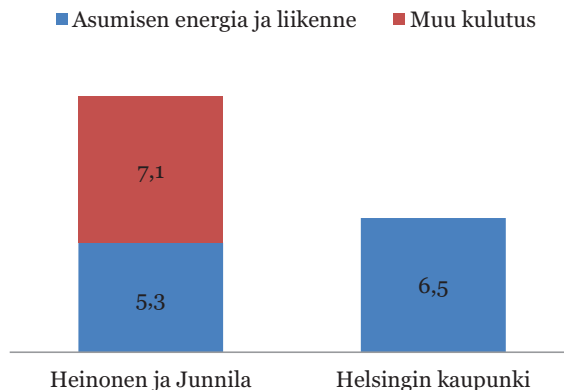
Kulutuksen aiheuttamia päästöjä mitattaessa pyritään huomioimaan juuri edellä mainitut elinkaariset kasviuonekaasuvaikutukset ja kohdentamaan päästöt kuluttajalle riippumatta siitä, missä päästöt maantieteellisesti syntyvät. Yksittäisen kuluttajan näkökulmasta kulutus pohjaisen laskennan lopputuloksena saadaan kuluttajan hiilijalanjälki, kun kaikki hänen kulutuksensa aiheuttamat kasviuonekaasupäästöt lasketaan yhteen.

## 2.1 Esimerkkejä mittausnäkökulman vaikutuksista

Edellä kuvatut kaksi näkökulmaa kasviuonekaasupäästöjen mittaamiseen antavat hyvän pohjan tarkastella sitä, miksi kaupunkien kasviuonekaasupäästöjen usein raportoidaan olevan pienempiä kuin maiden keskimäärin tai kaupungeja ympäröivien maaseutumaisempien alueiden. Tuotantonäkökulmasta erityisesti teollistuneiden maiden kaupungit varmasti tuottavatkin vähemmän päästöjä. Samoin kuin rakennemuutos siirtää raskasta teollisuutta halvempien kustannusten maihin, on kaupungeista usein siirtynyt pois suuri osa teollisuudesta. Tämä tarkoittaa kuitenkin vain ”päästöjen ulkoistamista” ja valtaosa kaikesta kulutuksesta tapahtuu yhä kaupungeissa. Näin ollen päästöjen kohdentaminen kulutuksen näkökulmasta saattaakin luoda hyvin erilaisen kuvan kaupunkien ja niitä ympäröivien alueiden päästöistä.

Hyvän kansainvälisen esimerkin tarjoaa Schulz (2010), jonka tutkimuskohde, kaupunkivaltio Singapore, on vahvasti tuontiriippuvainen korkean elintason maa. Schulzin arvion mukaan keskimääräisen singaporelaisen hiilijalanjälki yli puolitoistakertaistuu, kun tuotantopohjaisesta mittaamisesta vaihdetaan kulutuksen aiheuttamien päästöjen mittaamiseen. Suomi kokonaisuudessaan on myös vahvasti globaalisti verkottunut maa kasviuonekaasujen näkökulmasta. Kulutuksemme aiheuttamista päästöistä runsas kolmannes kohdentuu muualle kuin Suomeen (Hertwich ja Peters, 2009; Seppälä ym., 2009). Suomesta kuitenkin myös viedään paljon kasviuonekaasuintensiivisiä hyödykkeitä, joten kulutus muualla vastaavasti aiheuttaa tuotannon päästöjä Suomessa (Seppälä ym., 2009).

Kaupungeistamme Helsinki voidaan ottaa hyväksi esimerkiksi korkean elintason alueesta, jolla kulutetaan paljon, mutta johon suuri osa hyödykkeistä tuodaan kaupungin ulkopuolelta. Heinosen ja Junnilan (2011b) vuoden 2006 tilannetta tarkastelleessa tutkimuksessa arvioitiin kaupunkilaisen vuotuiseksi hiilijalanjäljeksi noin 12,5 tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. Kaupunki itse on raportoinut keskimääräisen kaupunkilaisen hiilijalanjäljen suuruudeksi vastaavana vuonna noin 6,5 tonnia (Helsingin kaupunki, 2007). Kuviossa 1 havainnollistettu ero heijastaa osin tuotanto- ja kulutusnäkökulmien eroa, mutta liittyy myös toiseen eri mittausten vertailuun liittyvään epävarmuustekijään, eli huomioitujen päästöjen laajuuteen. Helsingin raportoima luku on kulutusperusteinen sikäli, että mukana on kotitalouksien energiankulutus, mutta ei kulutuksen ylittäviä tuotannon päästöjä. Vastaavasti liikenne on huomioitu Helsingissä tapahtuvan liikkumisen osalta, mikä ei tarkoita pelkästään kaupunkilaisten liikkumista. Kaupunkilaisen päästöjä kaupungin omassa raportoinnissa nostaakin mm. suuri työpaikkojen määrä kaupungissa, mikä näkyy kaupungin energiankulutuksessa sekä liikenteessä. Toisaalta kaupunkilaisten liikkuminen ja energiankulutus kaupunkialueen ulkopuolella jäävät pois laskelmista. Näitä ovat esimerkiksi matkat kesämökeille ja mökkien käyttö.



Kuvio 1 Eri laskentatavoilla saatavien päästöjen vertailua (t CO<sub>2</sub>e/a).

Heinosen ja Junnilan tutkimuksen arvio taas perustuu kokonaan kulutuksen aiheuttamiin päästöihin. Mukana on keskimääräisen helsinkiläisen koko yksityisen kulutuksen aiheuttamat päästöt riippumatta tuotantopaikasta ja hänen liikkumisensa aiheuttamat päästöt riippumatta siitä, missä hän autoilee tai käyttää julkista liikennettä. Kuten Kuvio 1 näyttää, ovat arviot hiilijalanjäljistä suhteellisen lähellä toisiaan, kun Heinosen ja Junnilan kokonaishiilijalanjäljestä erotetaan vain asumisen energiankulutus ja liikenne. Muusta kulutuksesta syntyvä loppuosa havainnollistaa hyvin, kuinka merkittävä vaikutus arvioinnin laajuudella on tuloksiin.

Edellinen esimerkki osoittaa itse asiassa kaksi eri alueiden päästöjen vertailuun liittyvää haastetta. Puhtaasti tuotantopohjainen mittaaminen tietyn maantieteellisesti rajatun alueen puitteissa on hyvin vahvasti riippuvainen alueen tuotantorakenteesta. Kaupungit kulutuksen keskuksina, mutta vahvasti tuontiriippuvaisina, saattavat saada epärealistisen hiiliystävällisen leiman. Toisen ääriesimerkin tarjoavat pienehköt kaupungit, joissa sijaitsee suuri energiaintensiivisen teollisuuden tuotantolaitos, kuten terästehdas. Tuotanto menee valtaosin muualla tapahtuvaan käyttöön, mutta kaupungin päästöt näyttävät tuotantoperusteisesti erittäin suurilta. Vastaavaa problematiikkaa liittyy näkökulman laajuuteen. Edellä esimerkissä näytetty Helsingin raportoinnin laajuus on suhteellisen yleinen tapa mitata ja raportoida päästöjä. Koska nimenomaan liikkumisen ja asumisen energiankulutuksen päästöjen on useissa tutkimuksissa osoitettu alenevan kohti tiiviimpiä aluerakenteita, näkyvät kaupungeista näissä raporteissa erityisesti niiden parhaat ominaisuudet.

Johdannossa kuvattujen päästövähennystasojen saavuttamiseksi molemmat mittaustäkökulmat ovat kuitenkin tärkeitä ja täydentävät toisiaan. Tuotantovaiheen päästöihin vaikuttamalla vähennetään kulutusnäkökulmasta eri hyödykkeisiin sitoutuneita päästöjä. Kulutusnäkökulmasta puolestaan voidaan helposti tarkastella kokonaispäästöjen vähentämistä eri keinoin, jolloin nähdään esim. kulutuksen kasvun tai erilaisen kohdentumisen vaikutukset päästöihin. Eri kohteiden päästöjä vertailtaessa on kuitenkin tärkeää tuntea taustaa riittävästi, jotta tulokset voidaan asettaa oikeaan kontekstiinsa ja tehdä niistä luotettavia aluekehityspolitiikkaa koskevia johtopäätöksiä.

## 3. Suomalaisten hiilijalanjäljet

Kuluttajan hiilijalanjälki muodostuu siis suoraan asuinpaikkaan liittyvistä kasvihuonekaasupäästöistä, eli asumisen energiankulutuksesta ja liikkumisen polttoaineen kulutuksesta sekä toisaalta niin sanotuista epäsuorista päästöistä, eli kaikista kulutushyödykkeisiin sitoutuneista päästöistä. Näin ollen on selvää, että hiilijalanjälkeemme vaikuttaa merkittävästi se, miten ja missä elämme. Toisaalta on selvää, että kulutusmahdollisuutemme vaikuttavat päätöksiiimme merkittävästi. Kulutusvalinnat taas ovat tulos käytettävissämme olevasta rahamäärästä, tarjolla olevista kulutuskohteista ja preferensseistämme. Eli asuinympäristömme vaikuttaa myös tätä kautta hiilijalanjälkeemme. Seuraavissa luvuissa tarkastellaan tarkemmin sitä, mistä hiilijalanjälkeemme koostuu ja millaisia vaikutuksia edellä mainituilla tekijöillä näyttäisi olevan.

### 3.1 Asumisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt

Asumisen päästöt muodostavat merkittävimmän yksittäisen päästökategorian. Rakennusten energiankulutus pelkästään muodostaa noin kolmanneksen kaikista ihmisen toiminnan aiheuttamista päästöistä globaalisti (Huovila ym., 2007). Asuminen on myös mukana lähes kaikissa aluerakenteiden ja kasvihuonekaasupäästöjen yhteyksiä tarkastelevissa tutkimuksissa. Perinteinen näkökulma useiden aiempien tutkimusten pohjalta on ollut, että kerrostalovaltaisissa kaupungeissa asuminen on energiatehokkaampaa ja vastaavasti myös hiilitehokkaampaa (mm. VandeWeghe ja Kennedy, 2007; Norman ym., 2006; Glaeser ja Kahn, 2010; Parshall ym., 2010). Asian tarkastelu asukkaiden hiilijalanjälkien kautta paljastaa kuitenkin tekijöitä, jotka kaventavat eron erilaisten alueiden ja asuntotyyppien välillä ainakin suomalaisessa kontekstissa lopulta suhteellisen vähäiseksi.

#### 3.1.1 Asumisen energiankulutus ja kasvihuonekaasupäästöt erilaisilla alueilla

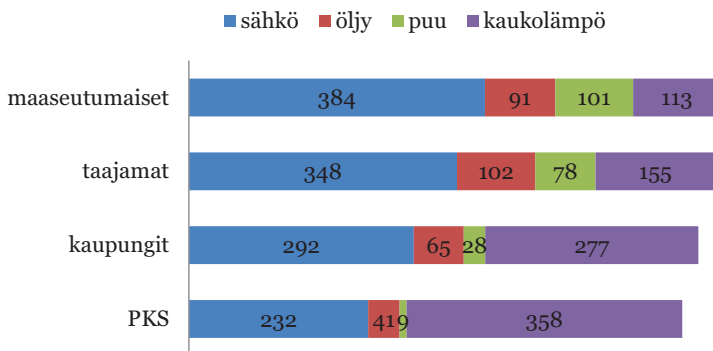
Kerrostaloissa asuinpinta-alaa on vähemmän huoneistoa kohti kuin omakotitaloissa keskimäärin. Pienemmän ulkoseinien määrän pitäisi myös parantaa energiatehokkuutta. Toisaalta kerrostaloissa perhekoot ovat merkittävästi pienempiä kuin omakotitaloissa. Koko Suomessa keskimääräinen perhekoko on omakotitaloissa noin puolitoistakertainen verrattuna kerrostaloihin. Tämä tasoittaa eroja energiankulutuksessa, kun tarkasteluyksiköksi valitaan usein käytetyn asuinneliötason sijaan keskimääräinen asukas. Kenties vielä merkittävämpi vaikutus on kuitenkin sillä, että kerrostaloissa huoneistossa kuluva energia saattaa poiketa merkittävästi koko talon operoinnin vaatimasta energiasta (esim. Kyrö ym., 2011). Yksittäisen huoneiston kulutuksessa eivät näy yhteisten tilojen, kuten porraskäytävien ja varastojen valaistus ja lämmitys, rakennuksen ylläpito tai hissien operointi. Ja vaikka sauna saattaa olla taloyhtiön yhteinen, syntyy siitäkin helposti huomattava energiakuorma kaikille taloyhtiön asukkaille. Lisäksi omakotitaloissa energiaa vaativat talon ylläpito- ja hoitotoimenpiteet näkyvät pääsääntöisesti suoraan energialaskulla, kun taas kerrostaloissa nämä palvelut ostetaan isännöinti- ja huoltopalveluina ja maksetaan osana yhtiövastikkeita. Erityisesti kaukolämpöalueilla osana yhtiövastikkeita maksetaan myös oman asunnon lämmitys ja vuokra-asunnoissa vastaavasti osana vuokraa. Vasta, kun nämä kaikki huomioidaan ja

kohdennetaan yhteinen energiankulutus kaikille asukkaille, saadaan vertailukelpoinen lopputulos eri asumismuotojen ja energiankulutuksen suhteesta.

Tilastokeskuksen Kotitalouksien kulutus 2006 -tutkimuksen tietoja sekä tilastoja asunto-osakeyhtiöiden taloudesta (Tilastokeskus, 2009) hyödyntäen voidaan laskea energiankulutuksen Suomessa kasvavan hiukan kerrostalovaltaisilta alueilta kohti omakotitalovaltaisempia alueita, mutta erojen jäävän varsin pieniksi. Keskimääräinen asukas näyttäisi käyttävän energian hankkimiseen Tilastokeskuksen taajama-astejakoa (PKS erotettuna) hyödyntäen pääkaupunkiseudulla 590 euroa vuodessa, Suomen muissa kaupungeissa 630 euroa, taajama-alueilla 650 euroa ja maaseutumaisissa kunnissa 660 euroa vuodessa. Kaupunkimaisuus siis näyttäisi tuovan jonkin verran etua rahassa mitattuna.

Asumisen kokonaisenergiankulutuksen vertailemiseksi on kuitenkin otettava huomioon vielä mökkien ja kakkosasuntojen lämmittämiseen ja operointiin tarvittava energia. Näitä omistaa Kulutustutkimuksen mukaan (Tilastokeskus) pääkaupunkiseudulla joka neljäs talous ja maaseutumaisissa kunnissa joka viides. Tämän energiankulutuksen huomioiminen osana asumisen kokonaisenergiankulutusta kaventaa euroissa mitattua eroa hieman, pääkaupunkiseudun 640 eurosta maaseutumaisien kuntien 690 euroon.

Käytetyt energiamuodot kuitenkin vaihtelevat merkittävästi alueiden välillä. Kuten ostettujen energioiden jakauma Kuviossa 2 näyttää, pääkaupunkiseudulla vallitseva lämmitysmuoto on kaukolämpö, jonka osuus rahassa mitatusta kulutuksesta on yli 50 prosenttia ja muissa kaupungeissakin runsaat 40 prosenttia, kun taas maaseutumaisissa kunnissa lämmitetään huomattavasti enemmän sähköllä. Koska kaukolämpö oli vastaavana viitevuonna 2006 merkittävästi sähköä halvempaa (Energieateollisuus), tarkoittaa tämä myös sitä, että kilowattitunneissa mitattuna energiaa käytetään huomattavasti enemmän kaupungeissa. Toinen oleellinen ero koskee puun käyttöä lämmityksessä. Maaseutumaisien kuntien alueella 690 euron kokonaisenergiakulusta puun osuus on noin 100 euroa ja taajama-alueillakin 80 euroa, mutta kaupungeissa enää 30 euroa ja pääkaupunkiseudulla alle 10 euroa kokonaiskulutuksesta huomioiden sekä ykkös- että kakkosasuntojen ja kesämökkien kulutus. Luvut saattavat myös aliarvioida puun käyttöä, sillä oman puun osalta arvo on käyttäjän arvio (tarkemmin arviointimenetelmästä ks. Tilastokeskus).



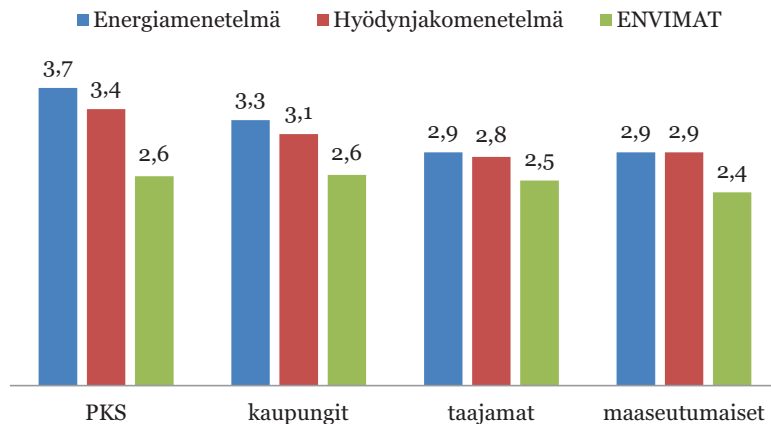
Kuvio 2 Vuotuisten energiakustannusten jakautuminen eri aluetyypeissä (€/a).

Pientä eroa eri asuinmuotojen välillä saattavat osaltaan selittää myös erilaiset energiansäästämisen kannustimet eri asumismuodoissa. Kaiken käyttämänsä energian erillisellä energialaskulla maksavalla omakotitaloasukkaalla on paljon parempi kannustin säästää energiaa kuin valtaosan kaikesta kulutuksestaan vastikemaksuissa ja vuokrissa maksavalla kerrostaloasukkaalla. Erityisesti mittarointipohjaisen aktiivisen laskutuksen piirissä olevat asukkaat näkevät energiansäästöön tähtäävien toimenpiteiden vaikutuksen suoraan säästettyinä rahasummana, kun taas vastikemaksut reagoivat hitaasti muutoksiin

kulutuksessa ja yksittäisen asukkaan käyttäytymisen vaikutus on pieni. Aiheesta on tehty tutkimusta tämänsuuntaisin tuloksin, mutta tarkkaa vaikutusta on vaikeaa arvioida.

Elämäntavat vaikuttavat myös oleellisesti erityisesti kotitaloussähkön kulutukseen. Kaupungeissa esimerkiksi syödään enemmän ulkona mikä saattaa vähentää kotitaloussähkön käyttöä, mutta vastaavasti lisää välillisesti aiheutettuja päästöjä muualla. Erilaisilla alueilla asuvien kuluttajien ajankäyttöä tarkasteltaessa nähdään lisäksi toisensuuntainen ilmiö kotitaloussähkön osalta. Vaikka kaupungeissa vietetään vähemmän aikaa kotona, kulutetaan aikaa enemmän erilaisten viihde-elektronikka- ja kommunikaatiolaitteiden äärellä (Tilastokeskus). Kotona tai kotipiirissä vietetyn ajan hiili-intensiivisyys saattaa siis myös vaihdella oleellisesti eri aluetyyppien välillä, vaikka tämä esimerkki ei vielä annakaan riittävää pohjaa kovin vahvoille johtopäätöksille.

Kulutustilustien muuttamisessa kasvihuonekaasupäästöiksi voidaan käyttää useita eri menetelmiä, joilla tulokset näyttävät hieman erilaisilta. Heinonen ja Junnila (2011c) arvioivat pääkaupunkiseudun keskimääräisen kuluttajan aiheuttavan energiankulutuksellaan jopa hieman suuremman kasvihuonekaasukuorman kuin maaseutumaisten kuntien asukkaan, noin 3,7 tonnia verrattuna maaseutumaisten kuntien asukkaan vajaan kolmeen tonniin. Heidän tutkimuksensa toteutettiin energiamenetelmää käyttäen, eli suoraan kunkin energiamuodon käytetyn määrän ja sitä vastaavan Suomen keskimääräisen kasvihuonekaasuintensiteetin tulona täydennettynä tuotannon elinkaarisilla päästöillä. Samaa Heinosen ja Junnilan mallia käyttäen, mutta hyödynjakomenetelmän mukaisilla päästöintensiteeteillä erot kapenevat jonkin verran järjestyksen säilyessä kuitenkin samana. Suomalaisen ENVIMAT panos-tuotos mallin (Seppälä ym., 2009) päästöintensiteetit antavat hiukan pienemmät kokonaispäästöt energiankulutukselle. Näitä kertoimia käyttäen saadaan päästöiksi 2,4-2,6 tonnia kaikilta alueilta asukasta kohti. Laskelmassa omat halot on huomioitu nollapäästöisinä polttovaiheen osalta. Kuvio 3 havainnollistaa kasvihuonekaasupäästöjä eri alueiden energiankulutuksesta eri menetelmillä arvioituina.



Kuvio 3 Energiankulutuksen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt eri aluetyypeissä (t CO<sub>2</sub>e/a)

Kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta näyttäisi siis, ettei kaupunkimaisesta tiiviimmästä kerrostalovaltaisesta asumisesta seuraa merkittäviä hyötyjä Suomessa ainakaan nykytilanteessa. Kansainvälisissäkin tutkimuksissa on löydetty tuloksia, joissa tiivis keskusta saattaa olla kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta suhteellisen hiili-intensiivistä aluetta johtuen mm. korkeiden rakennusten operointienergiasta. Esim. Torontosta (VandeWeghe ja Kennedy, 2007) sekä Sydneystä (Myors ym., 2005) on raportoitu tuloksia, joissa pienimmät energiatarpeet löytyvät tiiviin ja korkean ydinkeskustan ympäriltä. Myös näissä tutkimuksissa on huomioitu nimenomaan rakennusten kokonaisenergiankulutus ja vertailtu sitä käyttäjätasolla. Fuller ja Crawford

(2011) puolestaan arvioivat Melbournea koskevassa tutkimuksessaan samoin tiiviin keskustan korkeiden kerrostalojen olevan energiatehotonta suhteessa matalampaan esikaupunkialueeseen, kun kaupunkia täydennysrakennetaan. He arvioivat energiankulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen kuitenkin nousevan edelleen merkittävästi, kun asutus hajaantuu yhä kauemmas keskustasta. Selittävänä tekijänä toimii heidän tutkimuksessaan kuitenkin erityisesti asuintilan huomattavan nopea kasvu etäännyttäessä yhä kauemmas ja entistä väljemmille alueille.

### **3.1.2 Muut suoraan asumiseen ja asuinrakennukseen liittyvät päästöt**

Energiatehokkuuden ja kasvihuonekaasupäästöjen arvioinneissa voidaan tehdä erilaisia rajauksia. Useimmissa edelläkin esitetyissä tutkimuksissa tarkasteltiin pelkkiä rakennusten energiankulutukseen liittyviä päästöjä. Ylläpitoon ja korjauksiin liittyvät toiminnot saattavat kuitenkin aiheuttaa merkittäviä hiilikuormia. Esimerkiksi Suomen asunto-osakeyhtiöissä 40 prosenttia kustannuksista kuluu siivoukseen, ylläpitoihin ja korjauksiin (Tilastokeskus, 2009) aiheuttaen huomattavan hiilikuorman, joka ei näy asukkaiden asuntokohtaisissa päästöarvioinneissa.

Näkökulmaa voidaan laajentaa edelleen tästäkin. Suoraan asuntoon liittyviä asukkaan hiilijalanjälkeä kasvattavia kulutuskohteita ovat esimerkiksi kodinkoneet ja -tekniikka, huonekalut, kodintekstiilit, astiat ja keittiövälineet. Näiden osalta, ehkä huonekaluja lukuun ottamatta, asuintilavuuden pieneneminen tiiviimmillä alueilla ei johda ainakaan merkittävään laitteiden hankkimisen tai käytön vähenemiseen. Esimerkiksi suhteellisen energiantensiivisiä kuivausrumpuja saatetaan hankkia nimenomaan pienempiin asuntoihin säästämään tilaa pyykkien kuivaukselta, mihin viittaa hienoinen nousu laitehankintoihin käytetyssä rahamäärässä kohti tiiviimpiä alueita (Tilastokeskus). ENVIMAT-tutkimuksen kasvihuonekaasuintensiteettejä hyödyntämällä saadaan arvioksi kaikkien näiden suoraan asuntoon liittyvien kulutuskohteiden aiheuttamiksi vuotuisiksi epäsuoriksi päästöiksi noin 380 kilogrammaa pääkaupunkiseudulla ja 270 kilogrammaa maaseutumaisissa kunnissa. Kaupungit ja taajamat sijoittuvat jälleen näiden ääripäiden väliin.

## **3.2 Liikkumisen vaikutus päästöihin**

Toisen merkittävän ja vahvasti aluerakenteisiin kytkeytyvän päästökategorian muodostavat liikkumisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Liikkumisen yhteenlasketut päästöt ovat Suomessa noin 20 prosentin tasoa keskimääräisen kuluttajan hiilijalanjäljestä useiden eri tutkimusten mukaan (mm. Hertwich ja Peters 2009; Seppälä ym. 2009; Heinonen 2012). Tätä osuutta dominoi yksityisautoilu, jonka vähentäminen on nostettu keskeiseksi ilmastonmuutoksen hillinnän keinoksi, kiteytettyinä yhdyskuntarakenteen eheyttämisen tavoitteeksi (Ympäristöministeriö, 2008).

Tiiveyden ja yksityisautoilun suhdetta on tutkittu paljon. Tiiveyden on havaittu vähentävän sekä ajoneuvojen omistamista (esim. Ewing ym., 2003) että liikkumisen määrää (Fuller ja Crawford, 2011; Ewing ja Cervero 2010). Suomessa mm. Kivari ym. (2007) ja Ristimäki ym. (2011) ovat osoittaneet miten yksityisautoilu seuraa aluerakennetta. Tiiveys näyttää Kulustutkimuksenkin tietojen perusteella vähentävän autojen omistusta ajettujen kilometrien lisäksi. Pääkaupunkiseudulla autoja omistetaan 0,6 kappaletta kotitaloutta kohden, kaupungeissa pääkaupunkiseudun ulkopuolella 0,9 ja taajama-alueilla sekä maaseutumaisissa kunnissa 1,2. Autoilun ilmastonmuutosmerkityksen tarkastelemiseksi näistä luvuista on siirryttävä kuitenkin syvemmälle, sillä myös autoiluun liittyy kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta tekijöitä, jotka monimutkaistavat kilometrien ja päästöjen yhteyttä.

### **3.2.1 Autoilun polttoaineenkulutuksen aiheuttamat päästöt**

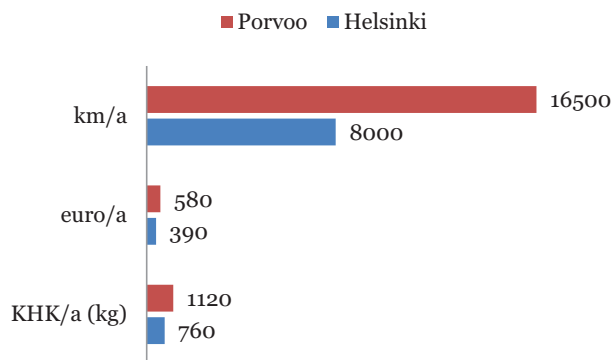
Autoilun suorat päästöt syntyvät polttoaineiden kulutuksesta. Motivan mukaan 95 oktaanisen bensiinin polttamisesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt ovat 2,35 kg/L ja



dieselin 2,66 kg/L. Päästöt ajettua kilometriä kohden voivat kuitenkin vaihdella merkittävästi. Näihin liittyen huomionarvoinen asia on lyhyitä matkoja, tyhjäkäyntiä, liikkeellelähtöjä ja mahdollisesti merkittäviäkin ruuhkia sisältävän kaupunkiajamisen ero maantieajoon verrattuna. VTT:n LIPASTO-tutkimuksen (2012) mukaan kasvihuonekaasupäästöt ajettua kilometriä kohden ovat katuajossa 211 grammaa ja maantieajossa 140 grammaa. Ero on siis merkittävä. LIPASTO:n mukaiset päästöt per henkilökilometri (hkm) ovat vielä radikaalimmin toisistaan poikkeavia. Katuajossa laskennassa käytetyllä 1,3 henkilön keskimääräisellä ajoneuvokuormituksella päästöt ovat 163 g/hkm ja maantieajossa arvioinnissa käytetyllä keskimäärin 1,9 henkilön kuormituksella 74 g/hkm. Vaikka väljemmillä alueilla autoillaan enemmän, kapenevat erot huomattavasti kasvihuonekaasupäästöissä mitattuna.

Hyvä esimerkki vaikutuksesta saadaan Heinosen ja Junnilan (2011a) tutkimuksesta, jossa verrattiin Helsingin ja Porvoon asukkaiden aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä. Vertailupari on liikkumisen kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta erittäin kiinnostava. Helsinki on Suomen mittakaavassa ylivoimaisesti paras esimerkki hyvien joukkoliikennetyhteyksien tiivistä kaupungista. Porvoo taas on esimerkki suhteellisen väljästä kaupungista, jossa joukkoliikenteen vaihtoehdot ovat selvästi heikompia ja liikkuminen perustuu valtaosin yksityisautoiluun. Porvoolaisten kuluttajien autoilua lisää vielä merkittävästi työssäkäynti pääkaupunkiseudulla.

Liikenne- ja viestintäministeriön (WSP Finland Oy, 2005) Liikkumistutkimuksessa kerätyn aineiston perusteella keskimääräinen porvoolainen ajaa henkilöautolla reilusti yli 15 000 kilometriä vuodessa, keskimääräinen helsinkiläinen noin puolet vähemmän. Kulutustutkimuksen (Tilastokeskus) mukaan porvoolainen kuluttaja ostaa polttoaineita vuosittain noin 580 eurolla ja helsinkiläinen 390 eurolla. Muutettuina kasvihuonekaasupäästöiksi kaupunkien keskimääräisten asukkaiden aiheuttamiksi päästöiksi tulee Helsingissä vajaat 0,8 tonnia ja Porvoossa noin 1,1 tonnia. Kaupunkien väliseksi eroksi jää siis vain vajaat 0,4 tonnia, kuten Kuvio 4 näyttää. Siten tämä väljemmän rakenteen aiheuttama lisä jää noin neljään prosenttiin keskimääräisen porvoolaisen hiilijalanjäljestä (Heinonen ja Junnila, 2011a).



Kuvio 4 Yksityisautoilun vuotuiset ajosuoritteet, polttoaineostot ja ajamisen suorat kasvihuonekaasupäästöt Helsingissä ja Porvoossa.

Koko Suomen tasollakaan vaihtelut eri aluetyyppien välillä eivät nouse juuri suuremmiksi. Ero pääkaupunkiseudun pienimmistä keskimääräisistä polttoaineen kulutuksen päästöistä taajama-alueiden ja maaseutumaisten kuntien korkeimpiin lukuihin on hiukan runsaat 500 kilogrammaa vuotuisen polttoaineostojen pohjalta arvioituina. Määrä voi toki muodostaa tärkeän vähennyksen, mutta vastaa kuitenkin vain noin viiden prosentin osuutta maaseutumaisten kuntien keskimääräisestä hiilijalanjäljestä (Heinonen ja Junnila, 2011c).

On kuitenkin mahdollista, että jo Helsinki tai erityisesti pääkaupunkiseutu on aluetasona liian karkea antamaan riittävää kuvaa tiiveyden ja autoilun päästöjen yhteyksistä. Esimerkiksi Ristimäen ym. (2011) arvion mukaan autoilun päästöjen erot tietyn alueen sisällä ovat huomattavia. He käyttävät arvioissaan vyöhykemallia, joka huomioi Heinosen ja Junnilan käyttämää kaupunkitasoa oleellisesti tarkemmin valitun alueen sisältä löytyvät erilaiset palvelualueet.

### 3.2.2 Autoilun muut kasvihuonekaasuvaikutukset

Myös autoiluun liittyy paljon sellaisia epäsuoria kasvihuonekaasuvaikutuksia, jotka eivät suoraan seuraa matkasuoritetta. Merkittävin näistä muodostuu autojen valmistuksen ja kuljetusten päästöistä. Tiiviskään kaupunkirakenne ei tuo riittävän lähelle kaikkia tarvitsemiamme palveluita ja siksi autoja omistetaan melko runsaasti myös kaupungeissa, kuten luvun johdannossa näytettiin. Hyvän esimerkin tarjoaa suomalaisen elämäntapaan vahvasti liittyvä mökkeily. Mökit eivät pääsääntöisesti sijaitse aivan kodin välittömässä läheisyydessä ja joukkoliikenteen yhteydet ovat heikkoja monille mökkialueille. Ajoneuvon omistamisen tarpeen lisäksi mökkimatkustaminen näyttäisi vaikuttavan tasaavasti myös erilaisilla alueilla syntyviin ajosuoritteisiin. Pääkaupunkiseudulla joka neljäs kotitalous omistaa mökin tai vapaa-ajan asunnon, kaupungeissa ja taajamissa runsas viidennes ja maaseutumaisissa kunnissa tasan 20 % kotitalouksista.

Myös varallisuuden kasvu lisää ajoneuvojen omistusta. Kaupungeissamme asuu keskimäärin maan keskiarvoa varakkaampaa väestöä keskittyen erityisesti pääkaupunkiseudulle. Tämä näkyy kasvuna ajoneuvojen hankinnan kautta aiheutetuissa päästöissä. Vaihtelut tulotasossa näyttäisivät lisäksi vaikuttavan myös ajoneuvojen kysynnän rakenteeseen. Varakkaammilla alueilla suurempi osa käytetystä rahasummasta kohdistuu uusien ajoneuvojen hankintaan, joiden tuotannosta aiheutuvat päästöt ovat myös merkittäviä.

Toinen epäsuora päästökategoria, joka kuitenkin liittyy suhteellisen vahvasti matkasuoritteeseen, on ajoneuvojen huolto, korjaus ja ylläpito. Nämä lisäävät hienokseltaan autoilun kokonaiskuormaa painottuen ajosuoritteiden mukaisesti.

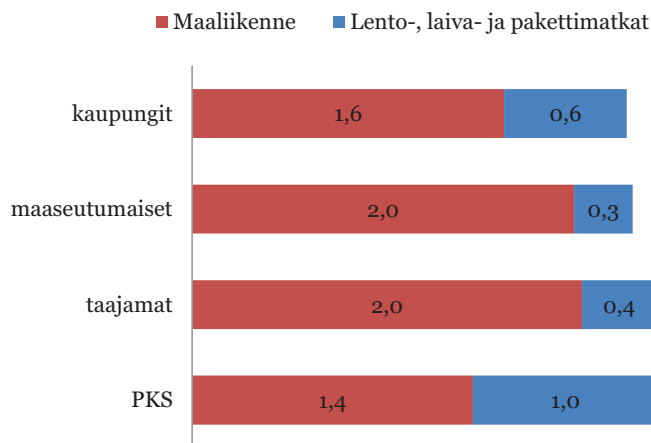
### 3.2.3 Muiden liikkumismuotojen aiheuttamat päästöt

Joukkoliikenteen käytöstäkin aiheutuu päästöjä, mutta merkittävästi vähemmän kuin yksityisautoilusta. Joukkoliikenne on myös substituutti yksityisautoilulle, joten nousu joukkoliikenteen käytöstä aiheutuissa päästöissä viittaa yleensä päästöjen vähennykseen yksityisautoilusta. LIPASTO-tutkimuksen mukaan linja-autoilusta aiheutuu suoria päästöjä 58 g/hkm ja junalla liikkumisesta 22 g/hkm (suorat päästöt keskimääräisillä täyttöasteilla dieselkäyttöiselle linja-autolle sekä sähkökäyttöiselle lähijunalle, VTT, 2012). Joukkoliikenteen päästöt ovat kuitenkin pieniä verrattuna yksityisautoilun aiheuttamiin päästöihin, muun maan muutamista prosenteista pääkaupunkiseudun reiluun 10 prosenttiin (Heinonen ja Junnila, 2011c).

Lento- ja laivaliikenne taas ovat molemmat korkean päästöintensiteetin liikkumismuotoja, jotka yksityisen kulutuksen kohteina ovat enemmän komplementteja kuin substituutteja muille liikkumismuodoille. Täysin irrallista muista liikkumismuodoista ja laajemmin yhdyskuntarakenteesta niiden käyttö ei kuitenkaan ole. Kulutustottumuksia tarkastelemalla vaikuttaisi siltä, että saavutettavuus ja tulotaso vaikuttavat molemmat merkittävästi erityisesti lentomatkailuun sekä lentämiseen oleellisesti liittyvien pakettimatkojen hankintaan. Heinosen ja Junnilan (2011c) arvion mukaan pääkaupunkiseudun keskimääräinen asukas aiheuttaa tällä matkustamisellaan lähes tonnin vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt, kun lukema kaupungeissa keskimäärin on 0,6 tonnia, taajamissa 0,4 tonnia ja maaseutumaisissa kunnissa 0,3 tonnia. Indikaatiota saavutettavuuden merkityksestä antaa jälleen Helsinki-Porvoo -vertailu. Kaupunkien keskimääräinen tulotaso on lähes identtinen. Pakettimatkoja ostetaan

molemmissa kaupungeissa saman verran, mutta erillisiä lentomatkoja Helsingissä kolminkertaisella rahamäärällä. Porvoossakin näihin kuitenkin kulutetaan vuodessa kaksinkertainen määrä, 60 euroa/asukas, suhteessa Suomen maaseutumaisiin kuntiin. Vaikka lentäminen ei olekaan suora substituutti autoilulle, esittävät Ornetzeder ym. (2008) lentämisen lisääntyvän auton omistamisesta luovuttaessa ja päästöjen korvaavan autoilusta luopumisen hyödyt, mikä tukee hyvin esitettyjä havaintoja Suomesta.

Edellä kuvattujen syiden seurauksena kaiken liikkumisen suoraan ja epäsuorasti aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat lopulta melko tasaiset erityyppisillä alueilla vaihdellen kaupunkien 2,2 tonnista vuodessa taajamien ja pääkaupunkiseudun 2,4 tonniin ja pääkaupunkiseudun 2,6 tonniin (Kuvio 5). Kaikkia liikkumisen aiheuttamia päästöjä kokonaisuutena tarkasteltaessa tiiveyden hyödyt näyttäisivät siis katoavan.



Kuvio 5 Keskimääräisen asukkaan liikkumisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt eri aluetyypeissä (t CO<sub>2</sub>e/a)

### 3.3 Muun kulutuksen aiheuttamat päästöt

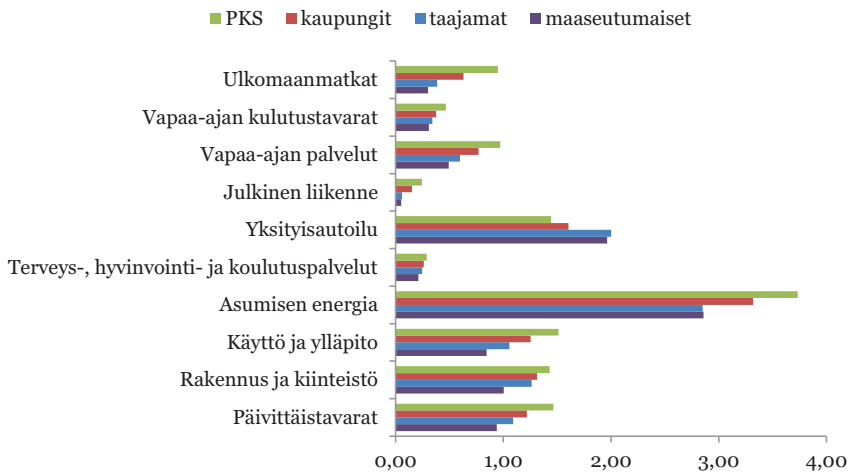
Liikkumisen ja asumisen ulkopuoliset päästöt on perinteisesti jätetty pois tarkasteluista etsittäessä ratkaisuja vähähiilisten tai laajemmin ekologisten aluerakenteiden ongelmaan, koska niiden ei ole nähty riippuvan ratkaisevasti rakenteesta. Toisaalta kulutuksen aiheuttamia ympäristökuormia on tutkittu paljon ja nostettu esiin nykyisten kulutustottumustemme kestävämmä. Näissä tutkimuksissa taas ei juuri käsitellä aluerakenteen vaikutuksia.

On kuitenkin ilmeistä, että aluerakenne vaikuttaa kulutustottumuksiimme ja sitä kautta aiheuttamiimme ympäristökuormiin paljon laajemmin kuin asumisen ja liikkumisen osalta. Jo edellä kuvatuissa esimerkeissä viitattiin helpon saavutettavuuden vaikutukseen kulutusvalinnoissamme. Tällä on väistämättä merkitystä, erityisesti esimerkiksi erilaisten vapaa-ajan palveluiden ja harrastepaikkojen suhteen. Elokuviin, uimahalliin, teatteriin tai ravintolaan mennään useammin, jos mahdollisuus on tarjolla lähellä omaa asuinpaikkaa. Tuoreen tutkimuksen mukaan jopa alkoholin käyttö saattaa lisääntyä, jos baari sijaitsee lähellä (Halonen em., 2012). Vaikka monien palveluiden kulutuksen lisääntyminen voi olla myönteinenkin ilmiö, on kulutus ongelmallista, jos korkeampi elintaso ainoastaan lisää kulutusta koko kulutuksen rakenteen muuttumisen sijaan.

Aluerakenteella saattaa kuitenkin olla vielä paljon voimakkaampi vaikutus aiheuttamiimme ympäristökuormiin. Tiivistämistä perustellaan päästövähennyksen lisäksi kasautumisen taloudellisilla hyödyillä. Näillä tarkoitetaan mm. tutkimustuloksia, joissa on esitetty tiiviiden kaupunkien kykenevän tuottamaan korkeampaa taloudellista kasvua kuin väljempien alueiden (e.g. Ciccione and Hall, 1996; Broersma and Oosterhaven, 2009). Mikäli näin olisi, korkeampi taloudellinen kasvu heijastuisi

luultavasti korkeampana elintasona näillä alueilla. Riippumatta tällaisen kausaaliyhteyden olemassa olostä nähdään tilastoista esimerkiksi Suomessa selvästi, että kaupungeissa keskimääräinen (tulotasona mitattu) elintaso on maaseutumaisempia alueita korkeampi, ja pääkaupunkiseudulla vielä selvästi muita kaupunkeja korkeampi (Tilastokeskus). Korkeampi tulotaso johtaa hyvin todennäköisesti korkeampaan kulutukseen ja siten helposti korkeampaan ympäristökuormaan, mikäli kulutus ei suurelta osin kohdennu hiilineutraaleihin tai vähintäänkin erittäin matalan hiili-intensiteettien kohteisiin.

Pohdittaessa ekologisten, matalahiilisten aluerakenteiden kehittämistä näyttäisi siltä, että meillä on vielä merkittäviä puutteita ymmärryksessämme rakenteiden ja päästöjen välisistä yhteyksistä. Vaikka päähuomion perinteisesti vieneet liikkuminen ja asuminen aiheuttavatkin yli 50 prosenttia kaikista kasvihuonekaasupäästöistämme Suomessa, löytyvät merkittävimmät erot päästöissä usein erilaisten alueiden välillä nimenomaan muun kulutuksen aiheuttamasta osuudesta (Heinonen, 2012). Kun Heinonen ja Junnila (2011c) tutkimuksessaan hiilijalanjäljistä erilaisilla alueilla Suomessa jakoivat kulutuksen 10 kategoriaan päästörakenteiden tarkastelemiseksi, pääkaupunkiseudun keskimääräinen kuluttaja näytti aiheuttavan suuremman hiilikuorman kaikissa muissa kategorioissa kuin yksityisautoilussa ja asumisen energiankulutuksessa. Ja kun erot liikkumisessa ja asumisessa kokonaisuudessaan edellisissä luvuissa kuvatus mukaisesti näyttäisivät jäävän vähäisiksi, ovat muun kulutuksen päästöt lopulta avainasemassa.



Kuvio 6 Kulutuksen aiheuttamat päästöt 10 kategoriaan jaettuina Suomessa eri aluetyypeissä (t CO<sub>2</sub>e/a).

Poimimalla muutamia oleellisia eroja kulutuskäyttäytymisessä erityyppisillä alueilla saadaan syvempää indikaatiota siitä, miten aluerakenne vaikuttaa kulutukseen ja sitä kautta kasvihuonekaasupäästöihin. Elintarvikkeiden ja juomien välttämättömyshyödykeluonne heijastuu hyvin tasaisena kulutuksena kaikissa aluetyypeissä. Merkittävimmän eron synnyttää viinien kulutus, joka keskittyy kaupunkeihin. Vaatteet ja jalkineet puolestaan sisältävät välttämättömyyskomponentin lisäksi vahvan elämäntapakomponentin. Keskimääräinen kulutus asukasta kohden heijastaa kaupunkimaista kulutuskeskeisempää elämää; pääkaupunkiseudulla 840 euroa vuodessa, muissa kaupungeissa 560 euroa, taajamissa 460 euroa ja maaseutumaisissa kunnissa 360 euroa. Erilaisten viihde- ja kulttuuripalveluiden sekä kahvila-, ravintola- ja hotellipalveluiden kulutus on toinen hyvä esimerkki, joka antaa indikaatiota korkean elintason ja helpon saavutettavuuden vaikutuksista valintoihimme. Pääkaupunkiseudulla näihin käytetään kaksinkertainen rahasumma verrattuna maaseutumaisien kuntien

asukkaihin ja myös merkittävästi enemmän kuin muissa kaupungeissa ja taajamissa. Nämä elämäntapojen erot heijastuvat myös ajankäytön valintoihin; neljästä aluetypistä pääkaupunkiseudulla kodin ulkopuolella vietetyn vapaa-ajan osuus on selvästi suurin ja muiden kaupunkien seuraavaksi suurin ennen taajamia ja kotikeskeisimmän elämän maaseutumaisia kuntia (Tilastokeskus).

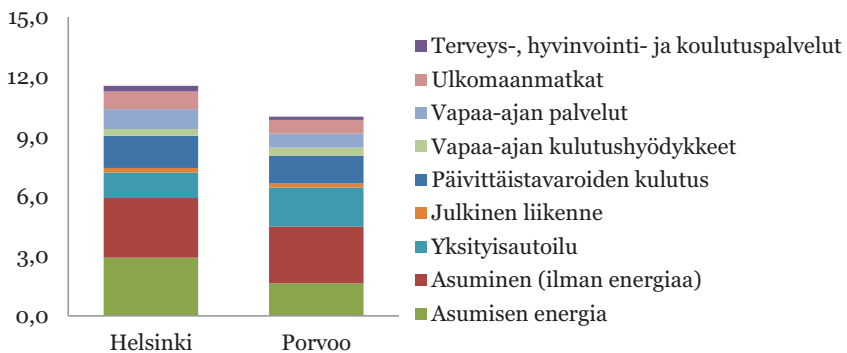
### 3.4 Case-tutkimuksia hiilijalanjäljistä Suomessa

Hiilijalanjälkemme muodostuvat siis edellisten kolmen päätason, liikkumisen, asumisen ja muun kulutuksen, aiheuttamien päästöjen summana. Edellä kutakin osiota tarkasteltiin erikseen ja analysoitiin päästöjen muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä. Nyt nämä laitetaan yhteen ja esitetään kuluttajien kokonaishiilijalanjälkiä erilaisilla alueilla sekä nostetaan esiin pohdintoja tuloksista.

#### 3.4.1 Helsinki ja Porvoo

Helsingin ja Porvoon kuluttajien hiilijalanjälkien vertailu on kiinnostava rakenteen vaikutusten arvioinnin näkökulmasta. Helsinki on Suomen mittakaavassa tiiviin yhdyskuntarakenteen aluetta hyvillä joukkoliikenneyhteyksillä. Porvoo taas on esimerkki suhteellisen väljästä kaupungista, jossa pientaloasuminen on hallitseva asumismuoto ja joukkoliikenneyhteydet heikkoja Helsinkiin verrattuna. Autoilua lisää myös työpaikkojen sijoittuminen pääkaupunkiseudulle. Molempien kaupunkien keskimääräisillä asukkailla on myös noin 22 000 euron vuotuisten käytettävissä olevien tulojen näkökulmasta täysin samat kulutusmahdollisuudet.

Hiilijalanjäljet eivät kuitenkaan näyttäisi noudattavan rakenteen mukaisia odotusarvoja tai odotettua järjestystä. Heinonen ja Junnila (2011a) arvioivat keskimääräisen kuluttajan hiilijalanjäljeksi Helsingissä 13,2 tonnia ja Porvoossa 10,3 tonnia. Osan erosta selittää se, että samasta käytettävissä olevasta rahasummasta helsinkiläinen kuluttaja päätyy käyttämään suuremman osan, 17 400 euroa, kuin porvoalainen, 15 900 euroa. Ylivoimaisesti tärkein tekijä on kuitenkin vähähiilisempi energiantuotanto Porvoossa. Porvoalaiset nauttivat valtaosin biopohjaisilla polttoaineilla tuotetusta energiasta, jonka päästöt kuluttajan käyttämää kilowattituntia kohden jäävät murto-osaan Helsingin paikallisen tuotannon pääsääntöisesti kivihiileen ja maakaasuun perustuvan tuotannon päästöistä. Kuvio 7 esittää keskimääräisten kaupunkilaisten hiilijalanjäljet ja näiden jakaumat 10 kulutus kategorian tasolla.



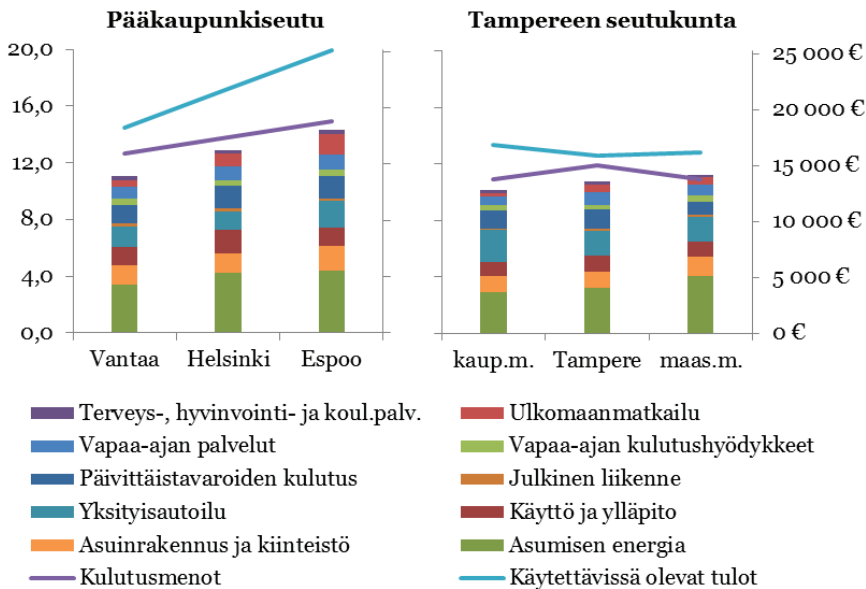
Kuvio 7 Keskimääräisten asukkaiden vuotuiset hiilijalanjäljet Helsingissä ja Porvoossa.

Kuten Kuvio 7 näyttää, vähähiilisemmän energian hyödyt kompensoivat mahdollisen korkeamman energiankulutuksen ja ylittävät myös helposti autoilun päästöistä Helsingin hyväksi syntyvän eron. Kuvioista nähdään myös, että edellä esitetyt elämäntapaerot vaikuttaisivat näkyvän helsinkiläisen kuluttajan korkeampina aiheuttamina päästöinä palveluiden kulutuksesta sekä ulkomaanmatkailusta.

### 3.4.2 Helsinki ja Tampere lähiympäristöineen

Helsinki ja Tampere ovat keskuskaupunkeja niitä ympäröiville laajemmille talousalueille. Ympäröivissä väljemmissä kaupungeissa pientaloasumisen määrä lisääntyy, etäisyydet kasvavat ja joukkoliikenneyhteydet heikkenevät. Keskuskaupungit ovat myös työssäkäynnin sekä erilaisten palveluiden tarjonnan keskuksia koko talousalueelleen.

Heinonen ja Junnila (2011b) tutkivat näiden alueiden kuluttajien hiilijalanjälkiä verraten Helsinkiä ympäröiviin kaupunkeihinsa Espooseen ja Vantaaseen sekä Tamperetta sen ympäryskuntiin. Tamperetta ympäröivät kunnat jaettiin tutkimuksessa kahteen kokonaisuuteen, kaupunkimaisempiin ja maalaismaisempiin ympäryskuntiin. Kuviossa 8 esitetyt tulokset tarjoavat kiinnostavia näkökulmia päästöjen syntyyn erilaisilla alueilla. Vaikka kummankaan metropolialueen sisällä ei vallitse edellisen Helsinki-Porvoo esimerkin kaltaista merkittävää eroa energiantuotannon päästöprofiileissa, ei keskuskaupungin tiiveys toimi indikaattorina pienemmästä kasvihuonekaasupäästökuormasta. Pääkaupunkiseudun kaupungeista Helsingissä syntyy pienin päästökuorma yksityisautoilusta, mutta Vantaalla on alhaisemmasta kulutustasosta johtuen huomattavasti pienempi keskimääräinen hiilijalanjälki. Espoossa hiilijalanjälki on alueen suurin seuraten korkeaa elintasoja. Espoossa myös yksityisautoilun päästöt ovat korkeat, joten kaupungissa vaikuttaisi yhdistyvän useita edellä kuvattuja päästöjen kannalta kielteisiä kehityskulkuja.



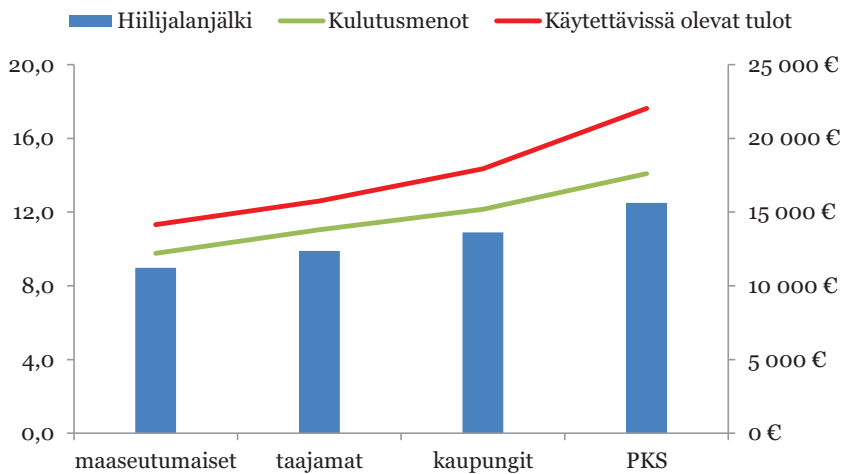
Kuvio 8 Keskimääräiset vuotuiset hiilijalanjäljet (t CO<sub>2</sub>e/a) pääkaupunkiseudulla ja Tampereen seutukunnassa (kaup.m. = kaupunkimaisemmat ympäryskunnat Lempäälä, Nokia, Pirkkala; maas.m. = maaseutumaisemmat ympäryskunnat Kangasala, Orivesi, Vesilahti, Ylöjärvi).

Tampereen talousalueella hiukan yllättäen kaupunkimaisten ympäryskuntien, Nokian, Pirkkalan ja Lempäälän, muodostama kokonaisuus näyttyy hiilitehokkaimpana. Vaikka erot alueiden välillä ovat pieniä, näyttää selvältä, ettei kaupungin tiiveydestä voida tehdä luotettavia johtopäätöksiä kasvihuonekaasujen suhteen. Tampereen keskuskaupungin alueella on myös korkein kulutustaso suhteessa melko tasaisesti tuloihin kaikilla alueilla. Tämä viittaa kulutuskeskeisempään elämäntapaan tiiviimmässä kaupungissa, jossa kulutusmahdollisuuksia on enemmän tarjolla. Pelkkiä liikkumisen ja asumisen päästöjä tarkasteltaessa pientalovaltaiset maaseutumaisemmat kunnat Tampereen ympärillä, Orivesi, Vesilahti, Ylöjärvi ja Kangasala, muodostavat joukon heikoimman kokonaisuuden, mikä viittaisi tiiveyden tuomaan hyötyyn näiltä osin. Ero

Tampereeseen kuitenkin lähes tasoittuu seurauksena Tampereen korkeammasta kulutustasosta. Hiukan yllättäen autoilun päästöt ovat korkeimmat kaupunkimaisissa ympäryskunnissa, mistä johtuen liikkumisen ja asumisen yhteenlasketut päästöt ovat hyvin lähellä toisiaan kaikilla kolmella alueella.

### 3.4.3 Eri aluetyypit Suomessa

Useaan otteeseen jo aiemmin esillä olleessa tutkimuksessa Heinonen ja Junnila (2011c) vertasivat hiilijalanjälkien muodostumista rakenteeltaan erilaisilla alueilla. He käyttivät Tilastokeskuksen taajama-astejakoja kaupunkeihin, taajaan asuttuihin kuntiin ja maaseutumaisiin kuntiin erotteluperusteena tarkastellen pääkaupunkiseutua vielä omana kokonaisuutenaan. Kuviossa 6 edellä jo näytettiin, miten ainoastaan yksityisautoilun päästöt näyttivät alenevan väljemmiltä ja pientalovaltaisemmilta alueilta kohti tiiviimpiä kaupunkialueita. Kokonaistilanne seurauksena korkeammasta kulutuksesta tiiviimmillä alueilla on esitetty Kuviossa 9. Näin karkealla aluejaolla tiiveyden hyötyjä suoraan aluerakenteeseen liittyvissä päästöissä ei juuri enää näy, ja erot hiilijalanjäljissä seuraavat voimakkaasti kulutuksen kasvun vaikutusta epäsuoriin päästöihin.



Kuvio 9 Keskimääräisten asukkaiden vuotuiset hiilijalanjäljet (t CO<sub>2</sub>e/a) Suomessa eri aluetyypeissä.

## 4. Arvioita esitettyjen tulosten luotettavuudesta

Edellä esitetyt tulokset on laskettu hyödyntäen panos-tuotos -pohjaista hybridielinkaarimallia. Artikkeleissa Heinonen ja Junnila (2011a-c) sekä teoksessa Heinonen (2012) on esitetty syvällisempiä arvioita laskentamenetelmän vaikutuksista tuloksiin, mutta alla käydään lyhyesti läpi tärkeimpiä näistä.

Panos-tuotos -pohjaisen lähestymisen yksi heikkous on sen puutteellinen kyky erotella saman kategorian tuotteita toisistaan. Yksittäisten kuluttajien kulutusvalinnat saattavat poiketa merkittävästi toisistaan silloinkin, kun puhutaan tietyn hyödykekatégorian tuotteista. Näillä valinnoilla saattaa olla merkittäviä kasvihuonekaasuvaikutuksia. Samantyyppinen virhepotentiaali liittyy menetelmän sisältämään oletukseen, että suurempi rahamäärä tarkoittaa lineaarisesti suurempia päästöjä.

Energiankulutuksesta ja polttoaineiden polttamisesta aiheutuvien päästöjen osalta käytetty laskentamalli on kuitenkin kehittyneempi hybridimalli (tarkemmin hybridielinkaarimalleista esim. Suh ym. 2004), joka hyödyntää paikallisia prosessipäästöjä laskennassa. Näin ollen suorien päästöjen osalta ongelma on ainakin merkittävästi vähäisempi. Muusta kulutuksesta aiheutuvien epäsuorien päästöjen osalta malli on karkeampi, ja tulokset siksi epävarmempia. Mitä suurempien otosten keskiarvoista on kyse, sitä paremmin malli toimii, koska keskimääräinen kuluttaja kuluttaa keskimääräisiä hyödykkeitä. Tältä pohjalta mallin pitäisi antaa oikeansuuntaisia tuloksia. Pienet erot peittyvät virhemarginaaleihin, mutta yleisten johtopäätösten pitäisi olla suhteellisen luotettavia.

Myös laskennassa tehdyt oletukset vaikuttavat tuloksiin. Eri kaupunkien tapausstudiumuksissa on oletettu asumisen energian tulevan paikallisesta tuotantolaitoksesta sekä sähkön että lämmön osalta. Erityisesti sähkön osalta toisenlaisiakin valintoja voitaisiin tehdä, mutta esitetyissä tapauksissa Porvoota lukuun ottamatta paikallisten yhteistuotantolaitosten päästöt ovat suhteellisen lähellä Suomen keskiarvoja (Energiateollisuus). Mikäli kuitenkin käytettäisiin pohjoismaisen sähköntuotannon päästökeskiarvoa, näyttäytyisi sähkön käyttö huomattavasti parempana vaihtoehtona.

Toinen tärkeä valinta laskennassa on ollut energiamenetelmän käyttö energiantuotannon päästöjen allokoinnissa sähkölle ja lämmölle. Valinta vaikuttaa tuloksiin, mutta luvussa 2.1 näytettiin johtopäätösten säilyvän pitkälti samoina, vaikka käytettäisiin hyödynjakomenetelmää allokointitapana.



## 5. Yhteenvedo ja keskustelua

Olemme tässä artikkelissa pyrkineet avaamaan kasvihuonekaasupäästöjen muodostumista kulutuksen seurauksena sekä yhdyskuntarakenteen vaikutusta asukkaiden aiheuttamiin päästöihin ja päästöjen rakenteeseen. Tavoitteena on tuoda keskusteluun uutta laajempaa näkökulmaa yhdyskuntarakenteen ja kasvihuonekaasupäästöjen yhteyksistä sekä näkökulman huomioimisen vaikutuksista ymmärrykseemme vähähiilisten alueiden kehittämisestä. Esitetyt tulokset perustuvat lähiaikoina useissa tieteellisissä lähteissä julkaistuihin tutkimuksiin.

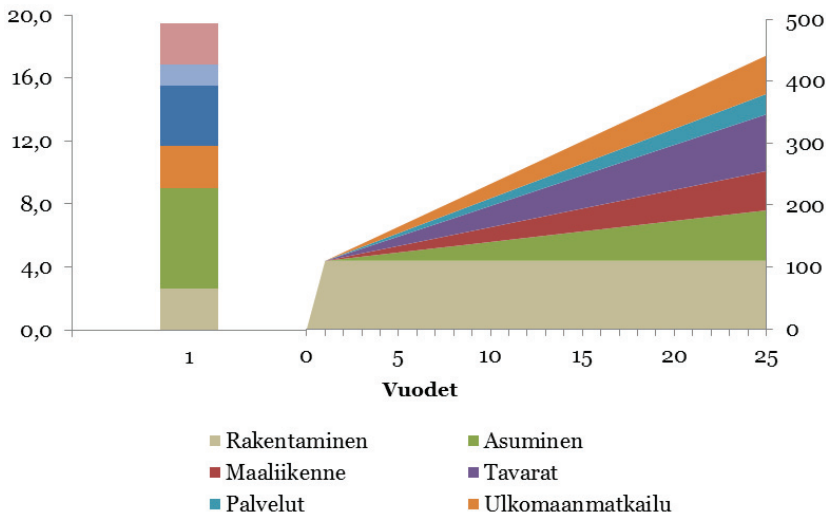
Tärkeimpänä keskustelunavauksena voidaan pitää tiiveyden tai yhdyskuntarakenteen eheyttämisen yhteyttä kasvihuonekaasupäästöjen alenemiseen. Esitettyjen tulosten perusteella näyttäisi selvältä, ettei aluerakenteen tiiveyttä voida käyttää indikaattorina kasvihuonekaasupäästöjen kehityksestä eikä sen avulla voida tehokkaasti johtaa ilmastonmuutoksen hillintään tähtäävää toimintaa. Tämä tulos näyttäisi pätevän molempiin suuntiin tarkoittaen sitä, että tiiveys on eri alueiden vertailussa suhteellisen epärelevantti tekijä matalia kasvihuonekaasupäästöjä tavoiteltaessa. Voidaan helposti niin luoda teoreettisia skenaarioita kuin löytää käytännön esimerkkejä tilanteista, joissa yhdyskuntarakenteen tiivistäminen johtaa päästöjen alenemiseen sekä tilanteista, joissa päästöt alenevat luotaessa mahdollisuuksia matalahiilisellem pientaloasumiselle.

Kaksi merkittävää syytä nostettiin esille tuloksen taustalta. Ensinnäkin vahvasti yhdyskuntarakenteeseen liittyvien, asumisesta ja liikkumisesta aiheutuvien, päästöjen näytettiin lopulta poikkeavan laajan mittakaavan tarkasteluissa melko vähän erityyppisten alueiden välillä. Tätä selittää paljolti kokonaisvaltainen näkökulma, joka huomioi suorien energiankulutusten lisäksi erilaisen epäsuorasti päästöjä aiheuttavan kulutuksen. Toiseksi näytettiin, miten merkittävä rooli näiden kahden kategorian ulkopuolisen kulutuksen aiheuttamilla päästöillä saattaa olla hiilijalanjälkien muodostumisessa. Näiden epäsuorien päästöjen osalta nostettiin keskusteluun niiden yhteys yhdyskuntarakenteeseen, mikä näyttäisi olevan paljon voimakkaampaa kuin usein esitetään. Mikäli tulokset pitävät paikkansa, vaatii matalahiilisen aluekehityksen tehokas johtaminen tulevaisuudessa väistämättä tässä artikkelissa esitetyn kaltaista asukkaiden elämäntavan laajaa huomiointia ja kulutukseen liittyvien päästöjen ymmärtämistä.

Matalahiilisen aluekehityksen johtaminen tulee olemaan erittäin haastava tehtävä. Jo tässä artikkelissa esitetyt tulokset näyttävät päästöjen hajautuvan suureen määrään eri lähteitä, joista mihinkään yksittäiseen vaikuttamalla ei saavuteta riittävän suuria tuloksia suhteessa artikkelin alussa esitettyihin merkittäviin leikkaustavoitteisiin.

Tavoitteet ovat myös vahvasti sidoksissa aikaan. Aikaperspektiivin lisääminen tuo tarkasteluihin uuden mielenkiintoisen elementin, koska muutokset ovat usein hitaita ja vaativat investointeja. Hyvä esimerkki on rakentaminen. Laajempien alueiden hiilijalanjälkilaskelmissa rakentamisen päästöt eivät nouse merkittävästi esiin, koska rakennuskanta uusiutuu hitaasti ja rakentamisen päästöt suhteessa koko kannan käyttövaiheen päästöihin jäävät suhteellisen pieniksi. Tilanne kuitenkin muuttuu, kun keskitytään pelkästään uudistuotannon vaikutuksiin. Heinonen ym. (2012) esittivät tuoreessa artikkelissaan arvion, jonka mukaan uuden asuinalueen rakentamisen päästöt saattavat olla niin suuret, että energiatehokkuuden paranemisen aiheuttama käyttövaiheen päästöjen väheneminen rupeaa alentamaan kumulatiivisia päästöjä vasta

kymmenien vuosien päästä, paljon nykyisten päästövähennystavoitteiden määrävuosien jälkeen. Kuvio 10 havainnollistaa tilannetta.



Kuvio 10 Havainnollistus keskimääräisen asukkaan hiilijalanjäljen ja uuden asuinalueen asukkaan aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen eroista erityisesti rakentamisen päästöjen merkityksen osalta (t CO<sub>2e</sub>).

Selitys löytyy osaltaan ilmiön peittymisestä laajemman aluetason tarkasteluissa, mutta osaltaan myös siitä, että energiatehokkuuden paraneminen vähentää käyttövaiheen päästöjä ja lisää rakentamisvaiheen suhteellista osuutta automaattisesti. Matalahiilisten yhdyskuntien kehittämisen näkökulmasta tulos viittaa siihen, että huomiota päästöjen ohjauksessa tulisi kiinnittää myös rakentamisvaiheen päästöihin ja erityisesti materiaaleihin sitoutuneisiin päästöihin. Olemassa olevan rakennuskannan hyödyntäminen näyttäytyisi tässä valossa myös ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta tärkeänä alueena.

Aikaperspektiivin huomioiminen antaa myös mahdollisuuden tarkastella tulevaisuuden muutostrendejä, jotka vaikuttavat nykyisiin päästöprofiileihin. Tärkein näistä on energiantuotannon hiili-intensiteetin kehitys. Porvoon esimerkki osoitti, miten vähähiilinen energiantuotanto pienentää vuotuisia päästöjä oleellisesti. Toisaalta hyöty pienenee energiatehokkuuden paranemisen myötä ja vastaavasti nyt aiheutettujen päästöjen suhteellinen merkitys nousee. Esimerkiksi Porvoon tapauksessa rakennusten energiatehokkuuden paraneminen tuo enää marginaalisia hyötyjä. Näin rakentamisvaiheen päästöjen hiilitakaisinmaksuaika materiaaleihin sitoutuneet päästöt huomioiden nousee helposti niin pitkäksi, ettei kasvihuonekaasupäästövaikutuksella voida perustella uudistuotantoa energiatehokkuudesta riippumatta. Globaalilla tasolla on esitetty useita skenaarioita, joiden mukaan tuotannon hiili-intensiteetit tulisivat alenemaan merkittävästi tulevina vuosikymmeninä. Tämä kehitys laskisi vähitellen kaikkien hyödykkeiden kuluttamisen aiheuttamaa hiilikuormaa ja voisi pitkällä tähtäimellä mahdollistaa merkittävän kasvihuonekaasupäästöjen vähenemisen.

Toinen huomionarvoinen käynnissä oleva kehitystrendi on ajoneuvojen polttoainetehtokkuuden paraneminen ja uusia käyttöenergiamuotoja hyödyntävien ajoneuvojen tulo markkinoille. Esimerkiksi Porvoon tilanteessa asumisen energiankulutukseen liittyvien päästöjen karsimisen hyötyjä suurempia päästövähennyksiä saataisiin aikaiseksi edistämällä vähähiilisempien kulkumuotojen laajamittaista käyttöönottoa. Laajemmassa mittakaavassa tämä käynnissä oleva kehitys

vähentää yhdyskuntarakenteen eheyttämisen tuomaa autoilun päästöjen vähenemiseen liittyvää hyötyä.

Merkittävin yksittäinen johtopäätös edellä esitettyjen nykytilanteen tarkastelujen ja kehitystrendien huomioinnin pohjalta on tarve kehittää uusia matalahiilisen kehityksen ohjauskeinoja sekä indikaattoreita. Yleisten ohjausmittareiden sijasta keskeistä olisi pyrkiä löytämään erityyppisten alueiden kokonaisvaltaista matalahiilistä kehitystä tukevia paikkasensitiivisiä aluekehityksen ohjauskeinoja ja näitä tukevia indikaattoreita. Oikeassa kontekstissa alueen tiivistäminen voi olla oikea ohjauskeino, mutta monilla alueilla muilla ohjauskeinolla voitaisiin saavuttaa parempia tuloksia. Etenkin, kun ihmisten preferenssit johtavat pientaloasumisen suhteellisen korkeaan kysyntään tulevaisuudessakin.

## 6. Lähteet

- Broersma, L.; Oosterhaven, J. (2009): Regional labour productivity in The Netherlands, evidence of agglomeration and congestion, *Journal of Regional Science*, 49 (3), 483-511.
- Ciccone, A.; Hall, R. (1996): Productivity and the density of economic activity, *American Economic Review*, 86, 55-70.
- Dodman, D. (2009): Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories, *Environment and Urbanization*, 21, 185-201.
- Energiateollisuus, energia.fi.
- Ewing R.; Cervero R. (2010): Travel and the Built Environment, *Journal of the American Planning Association*, 76, 265-294.
- Ewing, R.; Pendall, R.; Chen, D. (2003): Measuring Sprawl and Its Transportation Impacts, *Transportation Research Record*, *Journal of the Transportation Research Board*, 1831, 175-183.
- Glaeser, E.; Kahn, M. (2010): The greenness of cities: Carbon dioxide emissions and urban development, *Journal of Urban Economics*, 67, 404-418.
- Fuller, R.; Crawford, R. (2011): Impact of past and future residential housing development patterns on energy demand and related emissions, *Journal of Housing and the Built Environment*, 26, 165-183.
- Halonen, J.; Kivimäki, M.; Virtanen, M.; Pentti, J.; Subramanian, SV; Kawachi, I.; Vahtera, J. (2012): Living in proximity of a bar and risky alcohol behaviours: A longitudinal study, *Addiction*, Aug 16.
- Heinonen, J. (2012): The Impacts of Urban Structure and the Related Consumption Patterns on the Carbon Emissions of an Average Consumer, Ph.D. Thesis, Aalto University, Helsinki, Finland, 2012.
- Heinonen, J.; Junnila, S. (2011a): Case study on the carbon consumption of two metropolitan cities, *International Journal of Life Cycle Assessment*, 16, 569-579.
- Heinonen, J.; Junnila, S. (2011b): Implications of urban structure on carbon consumption in metropolitan areas, *Environmental Research Letters*, 6, 014018.
- Heinonen, J.; Junnila, S. (2011c): Carbon Consumption Comparison of Rural and Urban Lifestyles, *Sustainability*, 3 (8), 1234-1249.
- Heinonen, J.; Säynäjoki, A-J; Kuronen, M.; Junnila, S. (2012): Are the Greenhouse Gas Implications of New Residential Developments Understood Wrongly?, *Energies*, 5, 2874-2893.
- Helsingin kaupunki (2007): Ympäristöraportti 2006, Helsinki, Finland, 2007.
- Hertwich, E.; Peters, G. (2009): Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis, *Environmental Science & Technology*, 43, 6414-6420.
- Hoorweg, D.; Sugar, L; Trejos Gomez, C. (2011): Cities and greenhouse gas emissions: moving forward, *Environment and Urbanization*, 23, 207-227.
- Huovila, P; Ala-Juusela, M.; Melchert, L.; Pouffary, S. (2007): Buildings and Climate Change Status, Challenges and Opportunities, United Nations Environment Programme, Paris, France.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate, IPCC: Geneva, Switzerland, 2007.

- Jenks M.; Burgess, R. (Eds.) (2000): Compact cities: sustainable urban forms for developing countries, Spon Press, London, UK.
- Kivari, M.; Voltti, V.; Heltimo, J.; Moilanen, P. (2007): Asuinalueen tyyppin ja sijainnin vaikutus ihmisten Liikkumiseen, Tiehallinnon selvityksiä 28/2007, Helsinki 2007.
- Kyrö, R.; Heinonen, J.; Junnila, S. (2011): Occupants have little influence on the overall energy consumption in district heated apartment buildings. *Energy & Buildings*, 43, 3484–3490.
- Lenzen, M.; Dey, C.; Foran, B. (2004): Energy requirements of Sydney households, *Ecological Economics*, 49, 375–399.
- Myors, P.; O’Leary, R.; Helstroom, R. (2005): Multi Unit Residential Buildings Energy & Peak Demand Study, *Energy News* 23, 113 –116.
- Norman, J.; MacLean, H.; Kennedy, C. (2006): Comparing High and Low Residential Density: Life-Cycle Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions, *Journal of Urban Planning and Development*, March 2006, 10–21.
- Ornetzeder, M.; Hertwich, E.; Hubacek, K.; Korytarova, K.; Haas, W. (2008): The environmental effect of car-free housing: A case in Vienna, *Ecological Economics*, 65(3): 516–530.
- Parshall, L.; Gurney, K.; Hammera, S.; Mendoza, D.; Zhou, Y.; Geethakumar, S. (2010): Modeling energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions at the urban scale: Methodological challenges and insights from the United States, *Energy Policy*, 38, 4765–4782.
- Ramaswami, A.; Hillman, T.; Janson, B.; Reiner, M.; Thomas G. (2008): A Demand-Centered, Hybrid Life-Cycle Methodology for City-Scale Greenhouse Gas Inventories, *Environmental Science & Technology*, 42 (17), 6455–6461.
- Ristimäki, M.; Kalenoja, H.; Tiitu, M. (2011): Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet. Vyöhykkeiden kriteerit, alueprofiilit ja liikkumistottumukset, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 15/2011.
- Satterthwaite, D. (2008): Cities' contribution to global warming: notes on the allocation of greenhouse gas emissions, *Environment and Urbanization*, 20, 539–549.
- Schulz, N. B. (2010): Delving into the carbon footprints of Singapore — comparing direct and indirect greenhouse gas emissions of a small and open economic system, *Energy Policy*, 38, 4848–4855.
- Seppälä, J.; Mäenpää, I.; Koskela, S.; Mattila, T.; Nissinen, A.; Katajajuuri, J.-M.; Härmä, T.; Korhonen, M.-R.; Saarinen, M.; Virtanen, Y. (2009): Suomen Kansantalouden Materiaalivirtojen Ympäristövaikutusten Arviointi ENVIMAT-Mallilla, Suomen ympäristökeskus 20/2009, Edita Prima Oy: Helsinki, 2009.
- Sovacool, B. K.; Brown, M. A. (2010): Twelve metropolitan carbon footprints: A preliminary comparative global assessment, *Energy Policy*, 38 (9), 4856–4869.
- Tilastokeskus (2009): Asuntoyhteisöjen talustilasto 2008, Suomen virallinen tilasto, Helsinki 2009.
- Tilastokeskus: Suomen virallinen tilasto (SVT): Kotitalouksien kulutus [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-3533. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 17.10.2012]. Saantitapa: <http://stat.fi/til/ktutk/index.html>. Tiedot vain osittain julkisesti saatavilla.
- Tilastokeskus: Suomen virallinen tilasto (SVT): Ajankäyttötutkimus [verkkojulkaisu]. ISSN=1799-5639. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 17.10.2012]. Saantitapa: <http://stat.fi/til/akay/index.html>. Tiedot vain osittain julkisesti saatavilla.
- VandeWeghe, J.; Kennedy C. (2007): A Spatial Analysis of Residential Greenhouse Gas Emissions in the Toronto Census Metropolitan Area, *Journal of Industrial Ecology*, 11 (2), 133–144.
- VTT, LIPASTO liikenteen päästöt, [www.lipasto.fi](http://www.lipasto.fi).
- WSP Finland Oy (2005): Liikkumistutkimus 2004–2005, aineisto saatavissa pyynnöstä tutkimuskäyttöön, Liikenne- ja viestintäministeriö.
- Ympäristöministeriö (2008): Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastратегия, Ympäristöministeriön sektoriselvitys, Ympäristöministeriön raportteja 19/2008, Helsinki.





Keskustelu aluekehityksen vaikutusmahdollisuuksista ilmastonmuutoksen hillinnässä on perinteisesti keskittynyt liikkumisen ja rakennusten energiankulutuksen päästöihin. Useissa tutkimuksissa on löydetty yhteys aluerakenteen tiiveyden ja matalien kasvihuonekaasupäästöjen välillä. Merkittävästi vähemmän huomiota on kiinnitetty polttoaineenkulutuksen ja rakennusten energiankulutuksen ulkopuolelle jääviin päästöihin. Nämä niin sanotut epäsuorat päästöt saattavat kuitenkin muodostaa merkittävän osan kokonaispäästöistämme, ja riippua vahvasti aluerakenteesta. Tässä raportissa esitetään, miten sekä suorat että epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt kertyvät erilaisten yhdyskuntien toiminnan seurauksena, ja arvioidaan aluerakenteen ja päästöjen välisiä yhteyksiä. Raportissa näytetään, että jopa liikkuminen ja rakennusten energiankulutus sisältävät päästöihin merkittävästi vaikuttavia tekijöitä, jotka saatetaan helposti rajata tutkimusten ulkopuolelle.

ISBN 978-952-60-4911-3 (pdf)  
ISSN-L 1799-487X  
ISSN 1799-487X  
ISSN 1799-4888 (pdf)

**Aalto-yliopisto**  
**Insinöritieteiden korkeakoulu**  
**Maankäyttötieteiden laitos**  
**[www.aalto.fi](http://www.aalto.fi)**

**KAUPPA +  
TALOUS**

**TAIDE +  
MUOTOILU +  
ARKKITEHTUURI**

**TIEDE +  
TEKNOLOGIA**

**CROSSOVER**

**DOCTORAL  
DISSERTATIONS**