

# Ilmastonmuutoksen haasteet yhdyskuntasuunnittelulle

**Irmeli Harmaajärvi**

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, yhdyskunnat  
PL 1800, 02044 VTT  
irmeli.harmaajarvi@vtt.fi

**Tiivistelmä.** Ilmastonmuutos haastaa yhdyskuntasuunnittelun kahta kautta: suunnittelun avulla voidaan *hillitä* ilmastonmuutosta ja toisaalta *sopeutua* muutokseen. Yhdyskuntarakennetta tulee kehittää niin, että sen tuottamisen ja käytön eri prosesseista ja niiden edellyttämästä liikenteestä aiheutuisi välittömästi ja välillisesti mahdollisimman vähän ilmastonmuutosta edistäviä kasvihuonekaasupäästöjä, ja toisaalta niin, että ilmastonmuutoksesta aiheutuisi yhdyskuntarakenteelle ja sen puitteissa tapahtuville toiminnoille ja ihmisille sekä luonnonympäristölle mahdollisimman vähän haitallisia vaikutuksia ja että sen hyödylliset vaikutukset voitaisiin hyödyntää.

Yhdyskuntarakennevalinnoilla voidaan tutkimusten mukaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä seututasolla 10 prosentin suuruusluokassa ja asuntoaluetasolla jopa puoleen. Koko Suomen tasolla päästöjen vähennys voi olla 2,3 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekvivalenttitonnia vuoden 2010 tilanteessa, mikä vastaa noin 15 prosenttia Kioton pöytäkirjan mukaisesta Suomen päästövähennystavoitteesta.

Yhdyskuntasuunnittelussa tulee ilmastonmuutoksen vuoksi varautua erityisesti tulviin, tuulisuuden, rankkasateiden ja myrskyjen lisääntymiseen, sadannan kasvuun, maan kosteuden ja pohjavesiolosuhteiden muutoksiin, eroosion ja sortumariskin lisääntymiseen sekä jäätymisolosuhteiden muutoksiin. Yleispiirteisessä kaavoituksessa ratkaisevia keinoja ovat rakentamisalueiden rajaukset tulvariskialueiden ulkopuolelle ja yksityiskohtaisessa kaavoituksessa pienilmaston, maaston ja maaperän entistä korostuneempi huomioon otto.

**Avainsanat:** ilmastonmuutos, kasvihuonekaasupäästöt, yhdyskuntasuunnittelu, yhdyskuntarakenne, liikenne, ilmastonmuutoksen hillitseminen, ilmastonmuutokseen sopeutuminen

## 1 Ilmastonmuutoksen vaikutukset alueiden käyttöön Suomessa

Ilmastonmuutoksen arvioidaan kohottavan ilman keskilämpötilaa Suomessa noin neljä astetta seuraavan sadan vuoden kuluessa. Keskilämpötilan nousuun liittyy muutoksia esimerkiksi lumipeitteen ja meren jääpeitteen kestoajoissa sekä meriveden lämpötiloissa. Ennustetut sademäärän muutokset Suomessa ovat suuria, varsinkin syksyllä. Ääri-ilmiöiden, kuten myrskyjen ja rankkasateiden sekä pitkien kuivien tai kosteiden jaksojen, todennäköisyys kasvaa. (Ala-Outinen et al. 2005)

Yhdyskuntasuunnittelussa tulisi varautua ilmastonmuutoksen vuoksi erityisesti tulviin, tuulisuuden, rankkasateiden ja myrskyjen lisääntymiseen, sadannan kasvuun, maan kosteuden ja pohjavesiolosuhteiden muutoksiin, eroosion ja sortumariskin lisääntymiseen sekä jäätymisolosuhteiden muutoksiin. Yhdyskuntarakenteen muutokset vaikuttavat

kasvihuonekaasupäästöihin ja sitä kautta ilmastonmuutokseen mm. toimintojen keskinäisestä sijainnista riippuvan liikenteen sekä rakennusten ja muiden rakenteiden energiankäytön kautta.

Ilmastonmuutoksen haasteet yhdyskuntasuunnittelulle ovat: Miten yhdyskuntasuunnittelun avulla voidaan hillitä ilmastonmuutosta? Miten yhdyskuntasuunnittelun avulla voidaan sopeutua ilmastonmuutokseen?

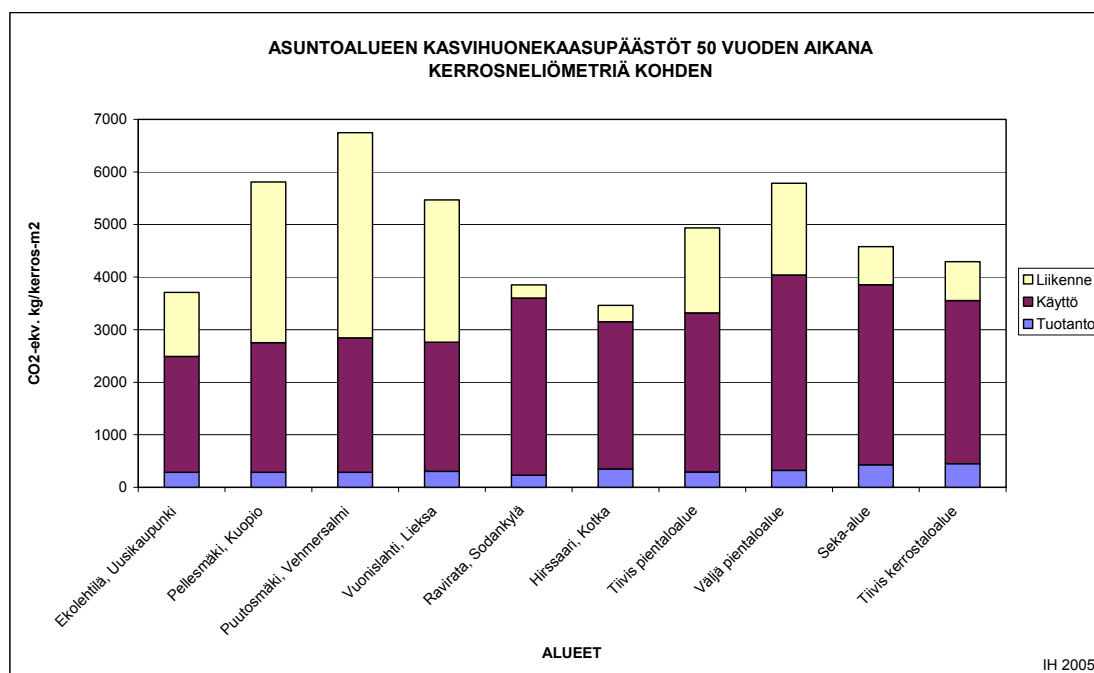
## 2 Yhdyskuntasuunnittelu ilmastonmuutoksen hillitsemisessä

Yhdyskuntarakennevalinnoilla voi tutkimusten mukaan olla merkittävä vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. Seuraavassa tarkastellaan tutkimusesimerkkien avulla yhdyskuntasuunnitteluun liittyvien ratkaisujen vaikutuksia päästöihin eri suunnittelutasoilla.

### 2.1 Asuntoaluetaso

Asuntoaluetasolla sijainti- ja rakennevalintojen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin on tehtyjen tutkimusten mukaan ollut taajamatyypisillä alueilla yli 10 % ja haja-asutusalueilla liikenteen osalta jopa 250 %. Keskeisesti kaupunkirakenteessa sijaitsevilla alueilla liikenteen päästöt kerrosneliometriä kohden laskettuna ovat pienimmät ja haja-asutusalueella jopa 13-kertaiset näihin nähden (Harmaajärvi 1992, 1998 ja 2002, Harmaajärvi & Lyytikä 1999).

Kuvassa 1 esitetään koko elinkaaren, tässä 50 vuoden aikana aiheutuvat kerrosneliometriä kohden lasketut kasvihuonekaasupäästöt erilaisilla asuntoalueilla. Neljä vasemmanpuoleista pylvästä kuvaavat haja-asutusalueella sijaitsevia ns. ”ekokyliä”, kaksi keskimmäistä melko uusia lähellä yhdyskunnan keskustaa sijaitsevia ns. seka-alueita, joissa on sekä pien- että kerrostaloja ja neljä oikeanpuoleista erilaisia talotyyppisiä alueita (tiivis ja väljä pientaloalue, seka-alue ja kerrostaloalue) edustavia taajamatyypisiä alueita.



**Kuva 1.** Kasvihuonekaasupäästöt 50 vuoden aikana kerrosneliometriä kohden erilaisilla asuntoalueilla.

*Tuotantovaiheessa* kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavat verkostojen laajuus ja käytettävät rakennusmateriaalit. Esimerkiksi puun valmistus rakennusmateriaaliksi edellyttää vähemmän energiaa kuin metallien, muovien ja betonin. Hajautunut ja väljä rakenne aiheuttavat enemmän verkostotarvetta, jonka tuottamisesta aiheutuu päästöjä.

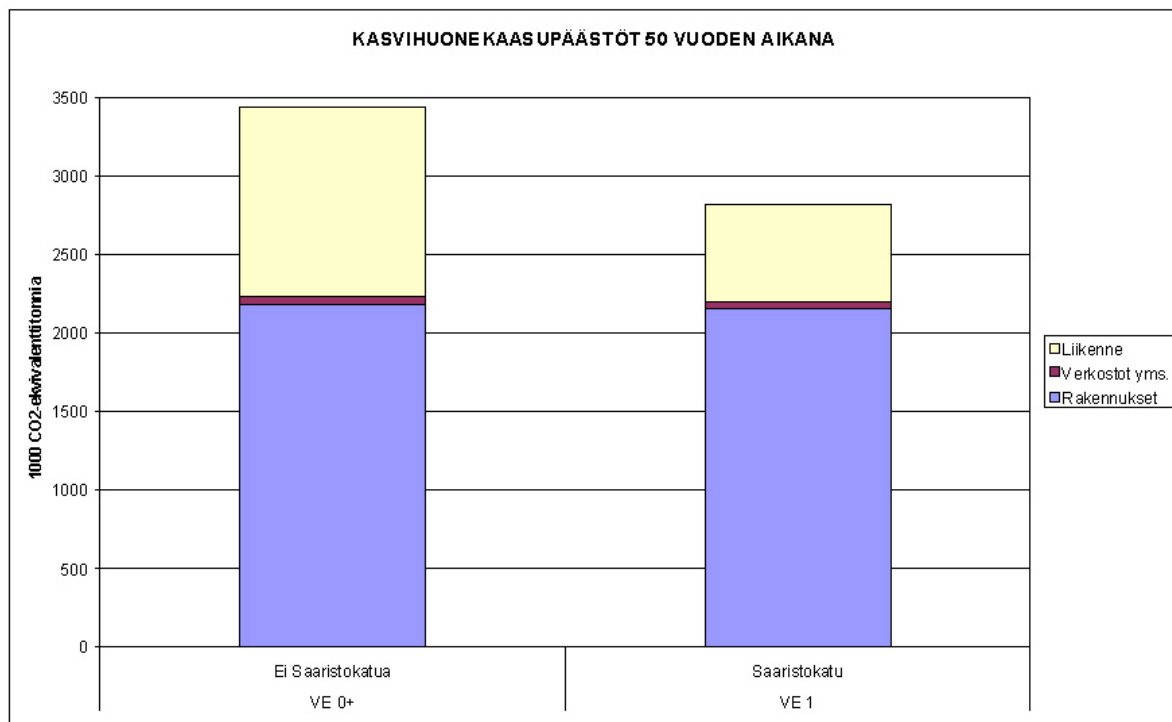
*Käyttövaiheessa* kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu rakennusten lämmityksestä ja sähkökäytöstä ja niiden edellyttämästä energiantuotannosta sekä verkostojen osalta ulkovalaistuksesta ja siirtohäviöistä. Tämä on asuntoalueen elinkaaren eniten päästöjä aiheuttava vaihe, riippuen alueen sijainnista aiheutuvasta liikennetarpeesta. Yhdyskuntasuunnittelulla voidaan vaikuttaa päästöihin luomalla edellytyksiä kaukolämmön hyödyntämiselle.

*Liikenteestä* aiheutuvat päästöt voivat ”syödä” alueiden hyvien sisäisten ratkaisujen tuomat edut. Näin tapahtuu osassa ns. ”ekokylä”, joissa puulämmityksellä saadaan alueiden sisäiset päästöt pieniksi, mutta etäisen sijainnin ja henkilöauton käyttöön perustuvan elämäntavan vuoksi päästöt nousevat selvästi suuremmiksi kuin vastaavien taajamatyyppisten alueiden.

Edullisin asuntoalue kasvihuonekaasupäästöjen kannalta on sellainen, joka sijaitsee edullisesti yhdyskuntarakenteessa; jossa pärjää ilman henkilöautoa, kävellen, pyöräillen ja joukkoliikennevälineillä; joka on rakennettu suhteellisen tehokkaasti; joka hyödyntää kaukolämpöä tai uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvia talokohtaisia lämmitysratkaisuja ja jossa on käytetty energiaa säästäviä rakenneratkaisuja ja ympäristöystävällisiä rakennusmateriaaleja. Alue on asuinympäristönä viihtyisä ja siellä on erilaisia taloja ja asuntoja, jotta ihmiset voivat asua samalla alueella elämänsä eri vaiheissa. Haja-asutusalueilla keskeiseksi muodostuvat liikennetarve ja siihen liittyvät tavat.

## 2.2 Kunnanosatasa

Kuopion eteläisten osien kaupunkirakennevaihtoehtoja koskevassa tutkimuksessa (Halme & Harmaajärvi 2003) todettiin mahdolliseksi saavuttaa 50 % pienemmät liikenteen kasvihuonekaasupäästöt valitsemalla vaihtoehto, johon sisältyy Saaristokadun rakentaminen (kuva 2). Pienemmät päästöt johtuvat asuntoalueiden edullisesta sijainnista, uuden liikenneyhteyden rakentamisesta ja olemassa olevien palvelujen hyödyntämisestä. Vaihtoehto todettiin edulliseksi sekä ympäristön että talouden kannalta.



**Kuva 2.** Kuopion eteläisten osien kaupunkirakennevaihtoehtoista aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt (Halme & Harmaajärvi 2003).

## 2.3 Seututaso

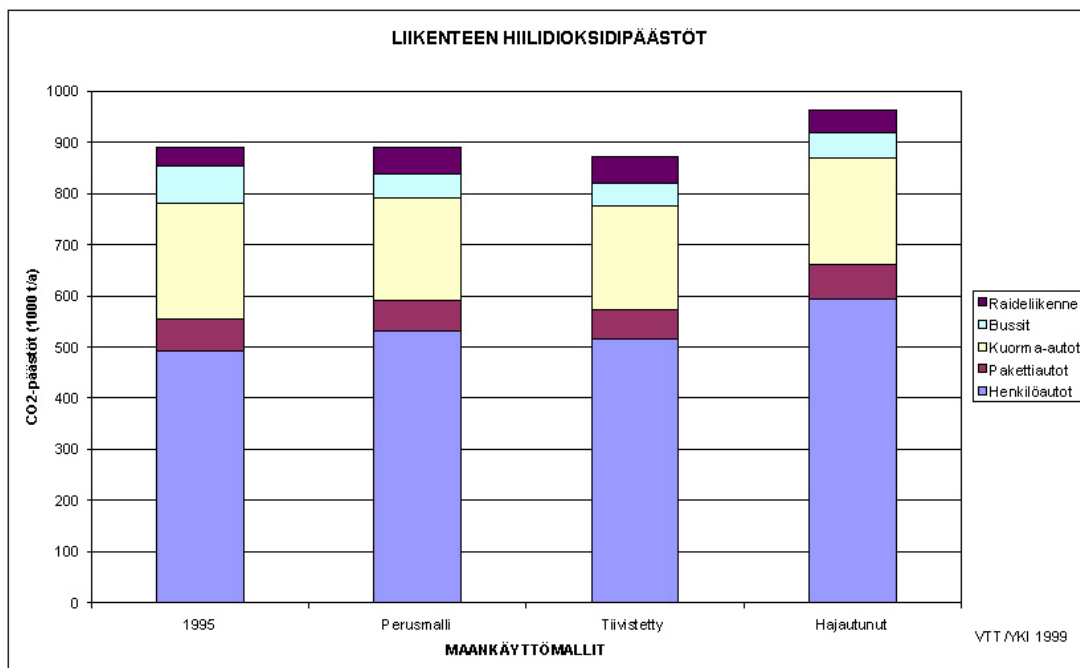
### 2.3.1 Pääkaupunkiseudun yhdyskuntarakennevaihtoehdot

Pääkaupunkiseudun yhdyskuntarakennevaihtoehtojen vaikutuksia hiilidioksidipäästöihin selvitettiin kolmen vaihtoehtoisen maankäyttömallin avulla (Harmaajärvi & Huhdanmäki 1999). Maankäyttömalleissa tarkasteltiin väestön sijoittumisen vaihtoehtoja ja niihin liittyvää liikennejärjestelmää.

Tarkastelun lähtökohtana oleva *perusmalli* on YTV:n keväällä 1999 hyväksymien Pääkaupunkiseudun tulevaisuuskuvan PKS 2020 maankäyttöarvion ja liikennejärjestelmäsuunnitelman PLJ 1998 mukainen. Perusmallissa on pyritty olemassa olevan perusrakenteen ja joukkoliikennejärjestelmän mahdollisimman suureen hyödyntämiseen sekä yhdyskuntarakenteen tarpeettoman hajautumisen välttämiseen. Tämän lisäksi on laadittu kaksi uutta maankäyttömallia. *Tiivistetyn rakenteen mallissa* on etsitty vielä perusmallia enemmän täydennysrakentamisen ja tiivistämisen mahdollisuuksia. *Hajautuneen rakenteen mallissa* yhdyskuntarakenne on YTV-alueen sisällä mahdollisimman hajautunut. Malli kuvaa samalla sellaista yhdyskuntarakennetta, johon voidaan ajautua, jos hajautumista ei suunnittelun ja päätösten avulla estetä. Mallien avulla on pyritty hahmottamaan pääkaupunkiseudulla mahdolliset yhdyskuntarakenteen ”ääripäät”. Tutkimuksen avulla pyrittiin löytämään mahdollisuuksia hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi maankäyttöön ja liikennejärjestelmään liittyvien tekijöiden osalta. Tutkimuksessa tarkasteltiin päästöjä asuinrakennusten lämmityksen ja liikenteen osalta.

*Energiantuotannosta* aiheutuvat hiilidioksidipäästöt asuinrakennusten lämmityksen osalta ovat tiivistetyssä rakenteessa 4 % pienemmät ja hajautuneessa rakenteessa 8 % suuremmat kuin perusmallissa. Erot johtuvat eroista kaukolämmön hyödyntämisessä.

Pääkaupunkiseudun *liikenteestä* aiheutuvat hiilidioksidipäästöt ovat vuonna 2020 perusmallissa suunnilleen samansuuruiset kuin vuonna 1995 johtuen mm. polttoaineen ominaiskulutuksen huomattavasta pienenemisestä. Tiivistetyssä rakenteessa liikenteen vuotuiset hiilidioksidipäästöt ovat 2 % pienemmät ja hajautuneessa rakenteessa 8 % suuremmat kuin perusmallissa (kuva 3).

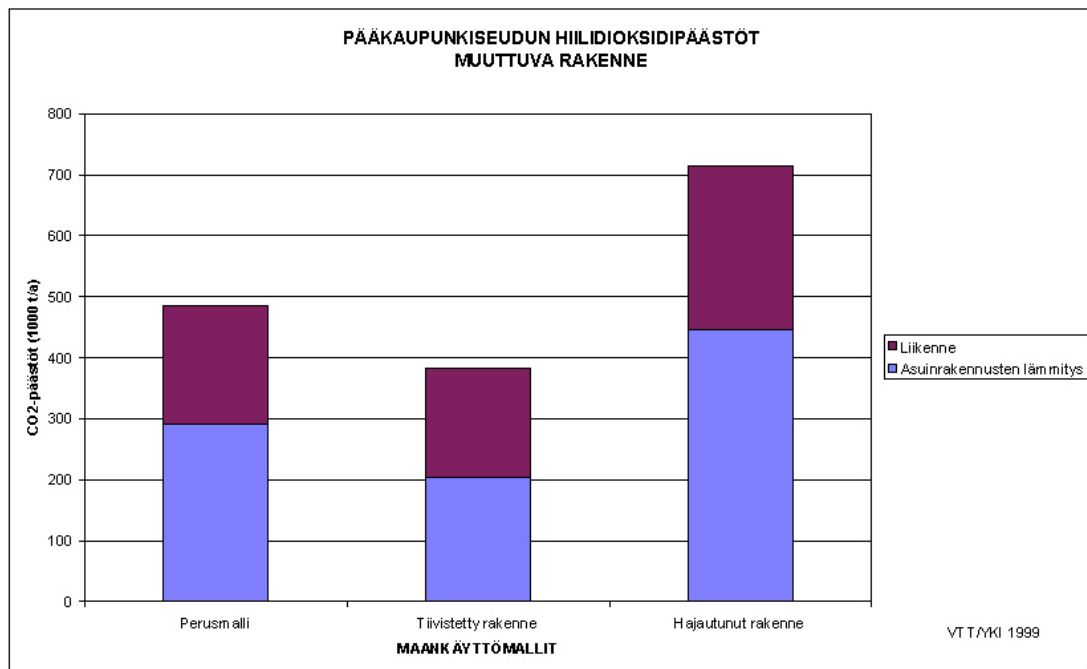


**Kuva 3.** Pääkaupunkiseudun liikenteen hiilidioksidipäästöt ajoneuvotyypeittäin vuonna 1995 ja eri maankäyttömalleissa vuonna 2020 (Harmaajärvi & Huhdanmäki 1999).

Kun tarkastellaan sitä osaa pääkaupunkiseudun tulevasta yhdyskuntarakenteesta, jonka muotoutumiseen lähivuosikymmeninä vaikutetaan, rakenteen hajautuminen lisää liikenteen hiilidioksidipäästöjä jopa 40 % tulevaisuuskuvan maankäyttöön nähden.

Yhdyskuntarakenteen lisätiivistäminen taas vähentäisi liikenteen päästöjä noin 10 %. Kun otetaan huomioon asuinrakennusten lämmityksen energiantuotannon vaikutukset, päästöjen ero korostuu: yhdyskuntarakenteen hajautuminen lisää päästöjä kaikkiaan 50 % ja lisätiivistäminen vähentäisi 20 % (kuva 4).

Tutkimuksen perusteella pääkaupunkiseudun yhdyskuntarakenteen hajautuminen tulisi estää. Mikäli pidetään mahdollisena tiivistää rakennetta vielä tulevaisuuskuvan arviota enemmän, hiilidioksidipäästöjä aiheutuu tätäkin vähemmän.

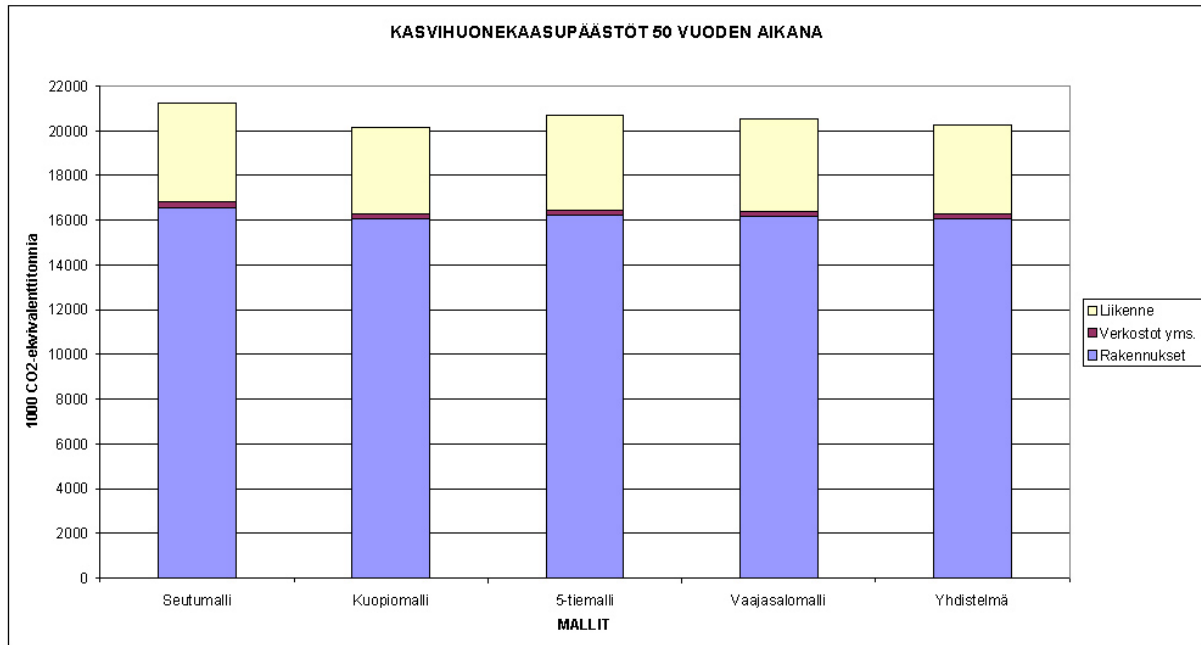


**Kuva 4.** Pääkaupunkiseudun maankäyttömallien hiilidioksidipäästöt vuonna 2020 muuttuvan rakenteen osalta (Harmaajärvi & Huhdanmäki 1999).

### 2.3.2 Kuopion seudun maakuntakaavan rakennemallit

Kuopion seudun maakuntakaavatyötä varten laadittiin neljä rakennemallia: seutumalli, Kuopiomalli, 5-tiemalli ja Vaajasalomalli, ja niiden arvioinnin pohjalta viides, yhdistelmä-rakennemalli (Harmaajärvi, Kärkkäinen & Halme 2005; Halme, Harmaajärvi & Koski 2003). Mallien vaikutusten kannalta keskeiset ominaisuudet liittyvät asuntoalueiden sijaintiin, talotyypijakaumaan, kaukolämmityksen osuuteen, asumisväljyyteen, aluetyypijakaumaan (täydennysrakentaminen, uudet alueet, haja-asutus) sekä aluetehokkuuteen.

Suurin osa kasviuonekaasupäästöistä aiheutuu rakennusten energiankäytöstä ja liikenteestä (kuva 5). Malleissa, joissa kaukolämmityksen osuus on suuri ja etäisyydet lyhimmät, aiheutuu vähiten päästöjä. Rakennemallien väliset erot ovat liikenteen kasviuonekaasupäästöjen osalta enimmillään yli 12 %. Kuopiomallissa aiheutuu vähiten ja seutumallissa eniten päästöjä.



**Kuva 5.** Kuopion seudun maakuntakaavan rakennemallien kasvihuonekaasupäästöt 50 vuoden aikana (Harmaajärvi, Halme & Kärkkäinen 2005).

## 2.4 Koko maan taso

Koko Suomen tasolla alue- ja yhdyskuntarakenteen kehitystä ja kasvihuonekaasupäästöjä tutkittiin kansallista ilmasto-ohjelmaa valmisteltaessa (Harmaajärvi, Huhdanmäki & Lahti 2001, Kansallinen ilmasto-ohjelma – Ympäristöministeriön sektoriselvitys 2001). Aikatahtäimenä on Kioton pöytäkirjan tavoitevuosi 2010, jolloin kasvihuonekaasupäästöjen tulisi olla enintään vuoden 1990 tasolla. Yhdyskuntarakenteella on merkitystä erityisesti kaupunkiseutujen liikenteeseen, kaukolämmön edellytyksiin sekä yhdyskuntateknisten verkostojen tarpeeseen.

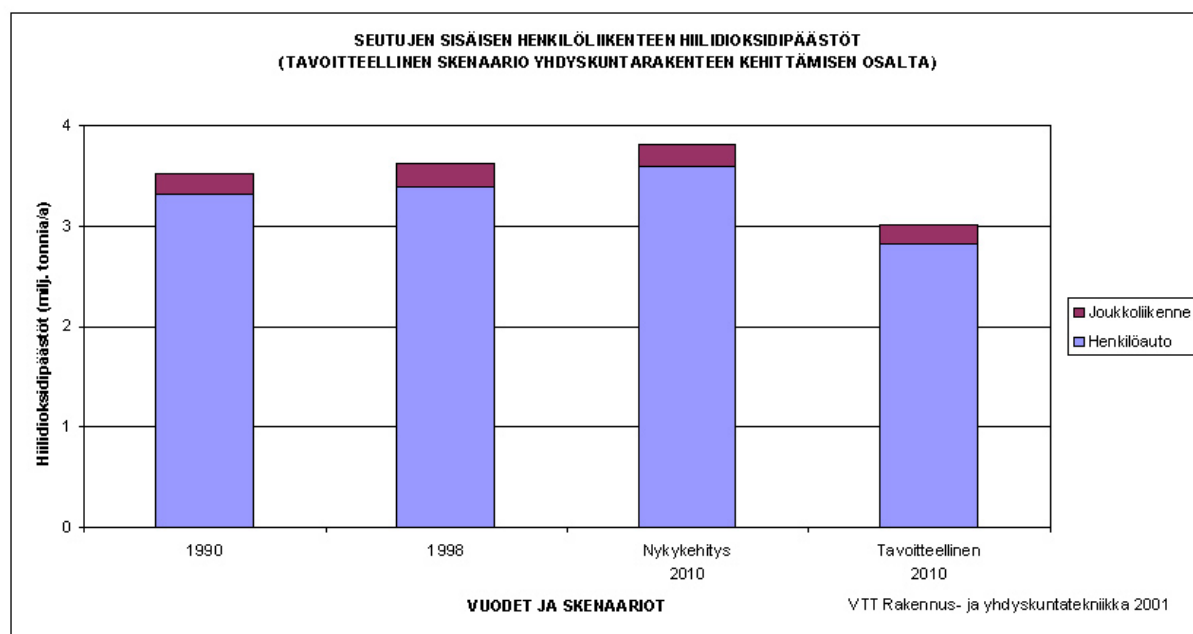
Suomen kaltaisessa, väljän rakennusperinteen ja pitkien etäisyyksien maassa, jossa lisäksi muuttoliike on edelleen voimakasta, alue- ja yhdyskuntarakenteella on olennainen merkitys ilmastonmuutoksen hallinnassa. Suomessa on vallalla kaksi erillistä mutta yhtäaikaista kehityskulkua: aluerakenne keskittyy elinkeinotoimintojen kehityksen ja muiden yhteiskunnallisten muutostekijöiden seurauksena, mutta samaan aikaan kasvavien seutujen yhdyskuntarakenteen hajautuu.

Yhdyskuntarakenteen hajautuminen merkitsee mm. toimintojen välisten etäisyyksien eli työssäkäynti- ja muiden päivittäisten matkojen pituuksien kasvua. Keskimääräinen työssäkäyntietäisyys kuvaa asuntojen sijaintia työpaikkoihin ja muihin asiointikohteisiin (palveluihin ym.) nähden ja siten yhdyskuntarakennetta. Keskimääräinen työssäkäyntietäisyys on kasvanut merkittävästi ja kasvun arvioidaan jatkuvan. Etäisyydet kasvavat huomattavasti erityisesti työssäkäyntialueiden reunoilla. Tavoitteellisessa skenaariossa työmatkat ovat työssäkäyntialueiden reunakunnissa nykykehitysskenaariota lyhemmät. (Taulukko 1)

**Taulukko 1.** Keskimääräisen työssäkäyntietäisyyden kehitys koko Suomessa (linnuntie). Linnuntietäisyys voidaan muuttaa todelliseksi matkapituudeksi kertomalla se 1,3:lla. Luku on keskimääräinen, ja todellinen kerroin vaihtelee tapauskohtaisesti.

1991	8,7 km
1997	9,6 km
2010 nykykehitysskenaario	11,4 km
2010 tavoitteellinen skenaario	9,1 km

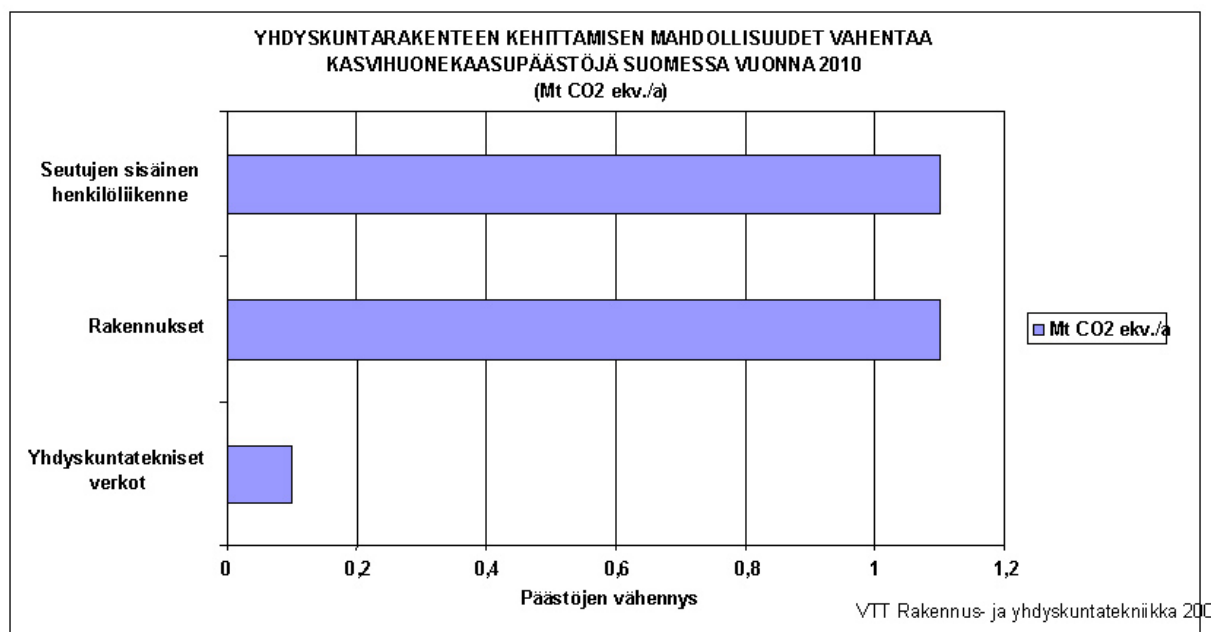
Tutkimuksessa arvioitiin seutujen sisäisen liikenteen hiilidioksidipäästöjen kehitys nykykehitysskenaarion ja tavoitteellisen skenaarion mukaan (kuva 6). Tavoitteellisen skenaarion toteuttaminen vähentäisi liikenteen päästöjä 27 % nykykehitysskenaarioon verrattuna vuoden 2010 tilanteessa, kun otetaan huomioon yhdyskuntarakenteen kehittämisen lisäksi etätöiden ja elämäntapojen kehittyminen.



**Kuva 6.** Seutujen sisäisen henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöt Suomessa (Harmaajärvi, Huhdanmäki & Lahti 2001).

Yhdyskuntarakenteen hajautumiskehityksen jatkuessa seutujen sisäisestä henkilöliikenteestä, asuin- ja palvelurakennuksista sekä yhdyskuntateknisistä verkoista aiheutuvat vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt kasvavat 5,2 miljoonaa tonnia eli neljänneksellä vuodesta 1998 vuoteen 2010 mennessä. Jos talouskasvu on voimakasta tai jos yhdyskuntarakenteen ohjaus tai ajoneuvojen ominaispäästöt eivät kehity nyt oletetulla tavalla, voi etenkin liikenteen päästöjen kasvu olla arvioitua suurempaa.

Koko Suomen tasolla voidaan tutkimuksen mukaan yhdyskuntarakennetta eheyttämällä vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 2,3 miljoonaa tonnia, mikä vastaa 15 prosenttia Suomen kansallisesta päästöjen vähentämistavoitteesta vuonna 2010. Liikenteen osuus tästä päästövähennyksestä on 1,1 miljoonaa tonnia, rakennusten energiankäytön 1,1 miljoonaa tonnia ja yhdyskuntateknisten verkostojen 0,1 miljoonaa tonnia. Jos tavoitevuoden jälkeinen kehitys jatkuu tavoitteellisen skenaarion mukaisesti, tulee päästöjen väheneminen voimistumaan entisestään. (Kuva 7)



**Kuva 7.** Yhdyskuntarakenteen kehittämisen avulla saavutettavat vähennykset kasvihuonekaasupäästöihin Suomessa vuoden 2010 tilanteessa. Vähennysmahdollisuudet ovat yhteensä jopa 2,3 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia. (Harmaajärvi, Huhdanmäki & Lahti 2001)

Tutkimuksen mukaan alue- ja yhdyskuntarakenteen muutosten vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin voivat olla hyvin merkittävät. Yhdyskuntarakenteen eheyttämiseksi tarvitaan toimenpiteitä maankäytön suunnittelussa, tontti- ja asuntopolitiikassa sekä liikenne-, talous- ja veropolitiikassa. Lisäksi on tarpeen kehittää yhteistyötä, vuorovaikutusta ja tiedotusta.

## 2.5 Yhdyskuntasuunnittelun vaikuttavuus eri tasoilla

Taulukossa 2 esitetään tehtyjen tutkimusten perusteella lasketut suhteelliset erot yhdyskuntarakennevaihtoehtojen välillä eri suunnittelutasoilla. Valintojen vaikuttavuutta kuvataan suhdeluvulla, jossa suhteellisesti eniten kasvihuonekaasupäästöjä (tässä kerrosalaa kohden laskettuna) aiheuttavan alueen tai vaihtoehtoisen rakenteen päästöjen määrä on jaettu vähiten päästöjä aiheuttavan alueen päästöjen määrällä.

Liikenteestä aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen erot erilaisten alueiden ja vaihtoehtojen välillä ovat usein selvästi suuremmat kuin koko rakenteesta johtuvat. Asuntoaluetasolla liikenteen kannalta vähiten edullinen alue aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä jopa lähes 13 kertaa niin paljon kuin edullisin alue.

Taulukossa 3 tarkastellaan yhdyskuntasuunnittelun valinnoilla saavutettavaa vuotuista kasvihuonekaasupäästöjen vähennystä kerrosalaa kohden laskettuna. Vähennysmahdollisuudet ovat suunnittelutasosta riippuen kokonaisuudessaan 5 – 66 CO<sub>2</sub>-ekv. kg/k-m<sup>2</sup> ja liikenteen osalta 1 – 72 CO<sub>2</sub>-ekv. kg/k-m<sup>2</sup>.

**Taulukko 2.** Yhdyskuntarakennevalinnoista aiheutuvat suhteelliset erot ( $\text{CO}_2\text{-ekv.kg/k-m}^2$ ) kasvihuonekaasupäästöissä eri suunnittelutasoilla. Eniten ja vähiten kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavan vaihtoehdon suhde.

Suunnittelutaso	Kokonaisvaikutus	Liikenne
Asuntoalue	1,95	12,60
Kunnanosa	1,20	1,92
Seutu A	1,09	1,07
Seutu A, muuttuva rakenne	1,82	1,46
Seutu B	1,08	1,12
Koko maa	1,08	1,27

**Taulukko 3.** Yhdyskuntarakennevalinnoilla saavutettava kasvihuonekaasujen vuotuinen vähentämismahdollisuus kerrosneliometriä kohden laskettuna eri suunnittelutasoilla ( $\text{CO}_2\text{-ekv.kg/k-m}^2\text{,a}$ ).

Suunnittelutaso	Kokonaisvaikutus	Liikenne
Asuntoalue	66	72
Kunnanosa	19	19
Seutu A	5	1
Seutu A, muuttuva rakenne	6	2
Seutu B	8	3
Koko maa	6	2

Tutkimustulosten perusteella yhdyskuntasuunnittelulla voidaan vaikuttaa merkittävästi kasvihuonekaasupäästöihin ja sitä kautta ilmastonmuutokseen. Yleisesti voidaan todeta, että mitä yksityiskohtaisempi suunnittelutaso, sitä suuremmat suhteelliset erot ovat. Vaikka yleisellä suunnittelutasolla vaihtoehtojen väliset erot olisivat suhteellisen pienet, erot käyttöön otettavien alueiden tai yksittäisten ratkaisujen osalta voivat olla huomattavat.

### 3 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen yhdyskuntasuunnittelussa

Kaavoituksessa tulisi varautua ilmastonmuutoksen vuoksi erityisesti tulviin, tuulisuuden, rankkasateiden ja myrskyjen lisääntymiseen, sadannan kasvuun, maan kosteuden ja pohjavesiolosuhteiden muutoksiin, eroosion ja sortumariskien lisääntymiseen sekä jäätymisolosuhteiden muutoksiin. Muutoksiin voidaan varautua tekemällä täydennyksiä säännöksiin kuten maankäyttö- ja rakennuslakiin ja -asetukseen sekä kuntien rakennusjärjestyksiin ja antamalla suunnittelusuosituksia eri kaavatasoille. Täydennykset voivat koskea esimerkiksi tulvariskialueiden määrittelyä, rakentamisrajoituksia riskialueille, pienilmaston, maaston ja maaperän huomioon ottamista, sade- ja pintavesien johtamista, rantarakentamista, rakennuspaikalle asetettavia vaatimuksia, rakennuksen etäisyyttä rantaviivasta ja vesistöistä ja rakennuksen korkeusasemaa ranta-alueella. (Ala-Outinen et al. 2004)

*Maakuntakaavassa* keskeinen keino ilmastonmuutokseen varautumiseen on tulvariskien huomioonottaminen määrittelemällä alueet, joille tulvariskin vuoksi on syytä rajoittaa rakentamista, joko yleisesti tai erityiskohteiden (esim. sairaalat) sijoittamista. Rakentamisen minimikorkeustaso vedenpinnasta voidaan määrätä. Yhteistyö tulvaviranomaisten kanssa on tärkeää.

*Yleiskaavassa* voidaan myös rajata alueita, joille annetaan tulvariskin vuoksi rakentamisrajoituksia. Toimintojen sijoitus olemassa olevia verkostoja (erityisesti vesijohtot ja viemärit) hyödyntäväksi on perusteltua myös ilmastonmuutokseen varauduttaessa.

*Asemakaavoituksessa* pienilmaston, maaston ja maaperän huomioonottamista koskevat periaatteet korostuvat entisestään. Rakennusten sijoittaminen, muoto ja suuntaus tuulisuuden minimoimiseksi on tärkeää. Pohjois-, koillis- ja luoteisrinteiden käyttöönottoa sekä tuulisia alueita ja mäen harjanteita tulisi välttää, ja suosia puuston suojaamia alueita sekä etelä-, kaakkois- ja lounaisrinteitä. Mahdollisimman paljon rakennusmassaa tulisi suunnata etelään ja muodostaa rakennuksista toisiaan suojaavia korttelialueita. Rakennusten sijoittelussa tulisi välttää painanteita, joihin muodostuu ”kylmän ilman järviä” alueilla, joilla vuorokautiset lämpötilavaihtelut muodostuvat suuriksi ja tuulisuus on vähäistä. Rakennusten ja verkostojen sijoittamista huonolle maaperälle tulisi välttää. Vesistöpengerten sortumavaarat tulee ottaa myös huomioon. Tuulisuutta ja maaperää koskevien selvitysten tarve lisääntyy.

Yleispiirteisessä kaavoituksessa, maakuntakaavassa ja yleiskaavassa, keskeinen ohjauskeino on tulva-, sortuma- tms. riskialueiden määrittely ja rajaaminen rakentamisen ulkopuolelle. Yksityiskohtaisessa kaavoituksessa, asemakaavassa, keskeiseksi muodostuvat tonttien ja muiden alueiden sekä rakennusalojen rajaaminen rakennusten, verkostojen ja muiden rakenteiden sijoittamisen ohjaamiseksi. Suunnitteluperiaatteissa korostuvat pienilmaston, maaston ja maaperän huomion otto. Pienilmasto ja maasto vaikuttavat tuulisuuden ja myrskyjen vaikutuksiin. Maaperästä riippuvat mm. kuivatusmahdollisuudet, sadevesien imeytyminen yms.

Kaavojen laatimisessa tulisi kehittää paikkatietopohjaisia suunnittelu- ja tietojärjestelmiä tulva- ym. riskialueiden huomioonottamiseksi. Pienilmastoa, maastoa ja maaperää koskevia kaavojen suunnittelu- ja arviointimenetelmiä tulisi kehittää edelleen.

Jotta voidaan varmistaa muutokset kaavoituksessa, tulisi ohjeiden ja suositusten lisäksi harkita säädösmuutoksia. Lisäselvityksiä ja tutkimusta tarvitaan riskien ja sopivien suojaustasojen yms. määrittelemiseksi. Ilmastonmuutoksen huomioonottaminen kaavoituksessa edistää myös turvallisen, terveellisen ja viihtyisän asuin ympäristön muodostamista ja energiatalouden ja yhdyskuntatalouden kannalta edullista sekä kestävästä rakentamisesta.

#### **4 Johtopäätökset ja suositukset**

Yhdyskuntasuunnittelun avulla voidaan vaikuttaa merkittävästi yhdyskuntarakenteesta aiheutuviin kasvihuonekaasupäästöihin. Suunnittelun avulla on tärkeää myös varautua ilmastonmuutoksesta aiheutuviin vaikutuksiin.

Kansallisissa strategioissa ja ohjelmissa edellytetään ilmastonmuutoksen huomioonottamista yhdyskuntasuunnittelussa ja niissä on hahmoteltu toimenpiteitä suunnittelun kehittämiseksi. Kansallisessa ilmastostrategiassa (2001) yhdyskuntarakenteen eheyttämiseksi ehdotetaan mm. tutkimusta, kaavoituksen ohjausta, tiedotusta sekä maankäytön ja liikennejärjestelmien yhteissuunnittelua.

Yhdyskuntarakenteen ohjauksen kehittämissuunnitelman (2004) mukaan yhdyskuntarakenteen eheyttämisessä keskeistä on kysyntää vastaavan tonttitarjonnan turvaaminen yhdyskuntarakenteellisesti edullisilta paikoilta käyttämällä kunnan maapoliittisia keinoja, kaavoituksella ja tehostamalla hajakentän ohjausta. Joukkoliikenteen saaminen hinnaltaan ja palvelutasoltaan kilpailukykyisemmäksi henkilöauton käyttöön verrattuna tukisi eheän yhdyskuntarakenteen muodostumista. Kuntien välillä on tarpeen kehittää seudullista yhteistyötä.

Kansallisen ilmasto- ja energiastrategian päivityksen ympäristöministeriön sektoriraportin (2005) mukaan yhdyskuntarakenteen osalta ehdotetut toimet keskittyvät mm. yhdyskuntarakenteellisten tekijöiden ja ilmastopolitiikan huomioon ottamiseksi maankäytön suunnittelussa, kaavoituksen ohjaukseen, eri toimintojen tarkoituksenmukaiseen sijoittamiseen sekä kaupunkiasumisen kehittämiseen. Yhdyskuntarakenteen eheyttävällä suunnittelulla ja rakentamisella voidaan pitkällä aikavälillä ehkäistä työmatka- ja

asiointiliikenteestä aiheutuvaa polttoaineen kulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen kasvua.

Ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian (2005) mukaan mahdollisia toimenpidelinjauksia alueidenkäytössä ja yhdyskuntasuunnittelussa ovat seuraavat: ilmastonmuutoksen vaikutuksen arviointi sisällytetään alue- ja yhdyskuntarakenteen pitkän aikavälin suunnitteluun; kaavoitusprosessiin liitetään ilmastonmuutokseen sopeutumisen lisäselvitysvaatimus erityisen haavoittuville alueille; tulvaherkät alueet ja rakenteet kartoitetaan; ääri-ilmiöiden ennakointi- ja varoitusjärjestelmiä kehitetään; selvitetään alueellisia ja paikallisia vaikutuksia ja sopeutumiskeinoja; sade- ja pintavesien johtamista parannetaan; selvitetään muutostarvetta maankäyttö- ja rakennuslakiin ja -asetukseen sekä kuntien rakennusjärjestyksiin; eri kaavatasoille annetaan tarvittaessa suosituksia.

### **Lähdeluettelo**

Ala-Outinen, T., Harmaajärvi, I., Kivikoski, H., Kouhia, I., Makkonen, L., Saarelainen, S., Tuhola, M. & Törnqvist, J., Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön (2004). VTT Tiedotteita 2227.

Halme, T., Harmaajärvi, I. & Koski, K. (2003). Kuopion seudun maakuntakaava. Rakennemallien vaikutukset. Pohjois-Savon liitto Sarja A:36.

Halme, T. & Harmaajärvi, I. (2003). Kuopion yhdyskuntatalousselvitys. Eteläisten osien kaupunkirakennevaihtoehdot. Kuopion kaupunki YK 2003:10.

Harmaajärvi, I. (2002). Ekologinen tase - Kotkan Hirssaari. Kustantajat Sarmala Oy / Rakennusalan kustantajat.

Harmaajärvi, I., Halme, T. & Kärkkäinen, J. (2005). Kuopion seudun maakuntakaava. Yhdistelmärakennemallin vaikutukset. Pohjois-Savon liitto Sarja A:41.

Harmaajärvi, I. & Huhdanmäki, A. (1999). Pääkaupunkiseudun yhdyskuntarakennevaihtoehtojen vaikutukset hiilidioksidipäästöihin. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1999:16.

Harmaajärvi, I., Huhdanmäki, A. & Lahti, P. (2001). Yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt. Suomen ympäristö 522.

Harmaajärvi, I. & Lyytikä, A. (1999). ”Ekokylä” ekologinen tase. Neljän suomalaisen asuntoalueen arviointi kestävän kehityksen kannalta. Suomen ympäristö 286.

Harmaajärvi, I. (1992). Kestävän kehityksen tavoitteen mukainen asuntoalue. Arvio neljästä tyypillisestä suomalaisesta asuntoalueesta kestävän kehityksen kannalta. VTT Tiedotteita 1378.

Harmaajärvi, I. (1998). Sodankylän raviradan asuntoalueen ekologinen tase. VTT Yhdyskuntatekniikka, tutkimusraportti 454.

Ilmasto- ja energiastrategian päivitys 2003 - 2004 (2005). Ympäristöministeriön sektoriraportti. Ympäristöministeriön moniste 144.

Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia (2005). MMM:n julkaisuja 1/2005.

Kansallinen ilmasto-ohjelma – Ympäristöministeriön sektoriselvitys (2001). Suomen ympäristö 473.

Kansallinen ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 27.3.2001. VNS 1/2001 vp.

Yhdyskuntarakenteen ohjauksen kehittämisohjelma (2004). Yhdyskuntarakenteen ohjauksen kehittämistyöryhmä 30.11.2004.