



© Antero Aaltonen

Kaavoituksen avulla voidaan hillitä ilmastonmuutosta ja toisaalta sopeutua muutokseen. Hyvällä suunnittelulla voidaan vähentää yhdyskuntarakenteesta ja liikenteestä aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä ja toisaalta vähentää ilmastonmuutoksen haitallisia, esimerkiksi tulvien ja myrskyjen aiheuttamia vaikutuksia.

Ilmastonmuutos lisää tulvariskiä.

Ilmastonmuutoksen haasteet kaavoitukselle

Irmeli Wahlgren

Kaavoitus ilmastonmuutoksen hillinnässä

Asuntoaluetasolla sijainti- ja rakennusvalintojen 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.

Kuvassa 1 esitetään koko elinkaaren, tässä 50 vuoden, aikana aiheutuvat kerrosneliometriä kohden lasketut kasvihuonekaasupäästöt erilaisilla asuntoalueilla. Neljä vasemmanpuoleista pylvästä kuvaavat haja-asutusalueella sijaitsevia ns. "ekokylä", kaksi keskimmäistä melko uusia lähellä yhdyskunnan keskustaa sijaitsevia ns. seka-alueita, joissa on sekä

pieni- että kerrostaloja ja neljä oikeanpuoleista erilaisia talotyyppisiä (tiivis ja väljä pientaloalue, seka-alue ja kerrostaloalue) edustavia taajamatyyppejä alueita.

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

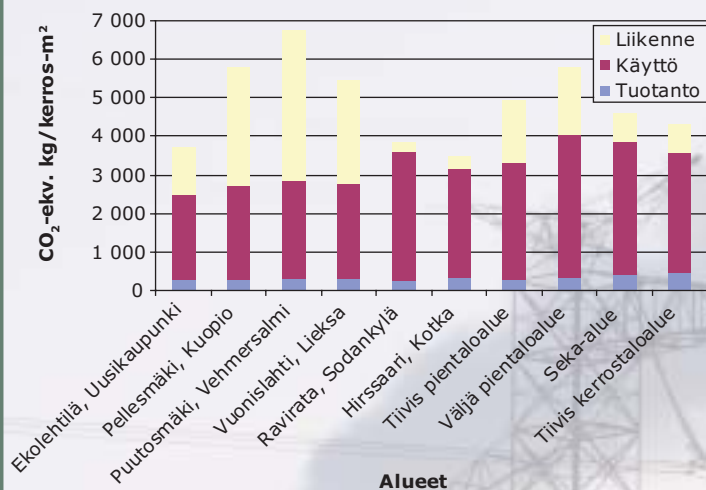
enemmän verkostotarvetta, jonka tuottamisesta aiheutuu päästöjä. Käyttövaiheessa kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttaa rakennusten lämmityksestä ja sähkökäytöstä ja niiden edellyttämästä energiantuotannosta sekä verkostojen osalta ulkovalaistuksesta ja siirtohäviöistä. Tämä on asuntoalueen elinkaaren eniten 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 taajamatyypisten 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 rakennusratkaisuja ja ympäristöystävällisiä rakennusmateriaaleja. Alue on asuin ympäristönä 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.

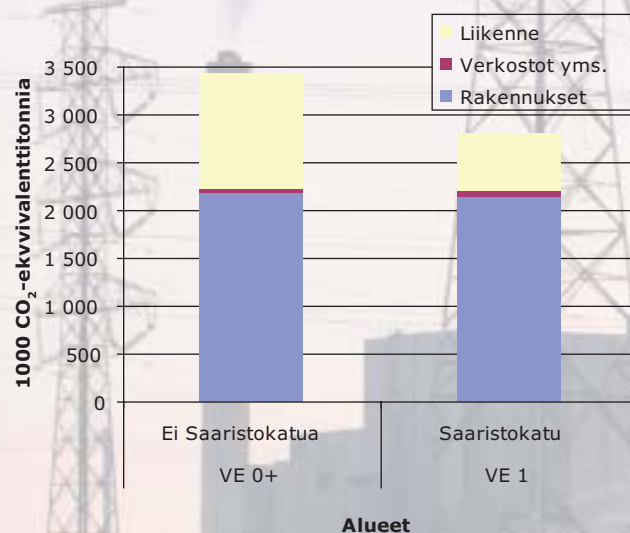
Kuntatasolla Kuopion eteläisten osien kaupunkirakennevaihtoehtoja koskevassa tutkimuksessa todettiin mahdolliseksi saavuttaa 50 % pienemmät liikenteen kasvihuonekaasupäästöt valitsemalla vaihtoehto, johon sisältyy Saaristokadun rakentaminen (kuva 2). Pienemmät päästöt johtuvat asuntoalueiden edullisesta sijainnista, uuden liikenneyhteyden rakentamisesta ja olemassa olevien palvelujen hyödyntämisestä.

Sipoon yleiskaavan 2025 yhdyskuntarakennemallien vaikutusten arvioinnin mukaan suurimmat erot vaihtoehtojen välillä aiheutuvat liikenteestä, rakennusten lämmityksestä ja sähkökäytöstä sekä yhdyskuntateknisten verkostojen laajuudesta (kuva 3). Liikenteen päästöihin vaikuttavat asutuksen sijoittuminen, joukkoliikennemahdollisuudet, raideliikennehankkeiden toteuttaminen, matkapituudet ja kulkutavat. Rakennusten osalta eroja on talotyyppijakaumassa ja asumisväljyydessä. Hajanaisempi rakenne edellyttää laajempia verkostoja. Valitsemalla vähiten kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttava malli päästöjä voidaan vähentää 39 % ja liikenteen osalta jopa 56 % verrattuna eniten päästöjä aiheuttavaan malliin.

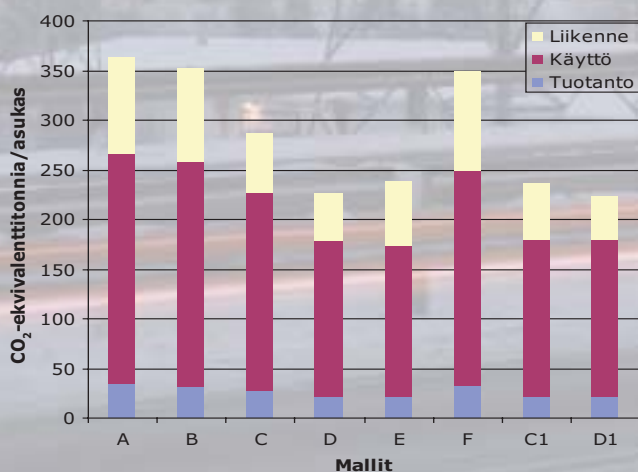
Seututason valintoja tarkastellaan pääkaupunkiseudun ja Kuopion seudun esimerkkien avulla. Pääkaupunkiseudun yhdyskuntarakennevaihtoehtojen vaikutuksia hiilidioksidipäästöihin selvitettiin kolmen vaihtoehtoisen maankäyttömallin avulla. *Perusmallissa* on pyritty olemassa olevan perusrakenteen ja joukkoliikennejärjestelmän mahdollisimman suureen hyödyntämiseen sekä yhdyskuntarakenteen tarpeettoman hajautumisen välttämiseen. *Tiivistetyn rakenteen mallissa* on etsitty vielä perusmallia enemmän täydennysrakentamisen ja tiivistämisen mahdollisuuksia. *Hajautuneen rakenteen*



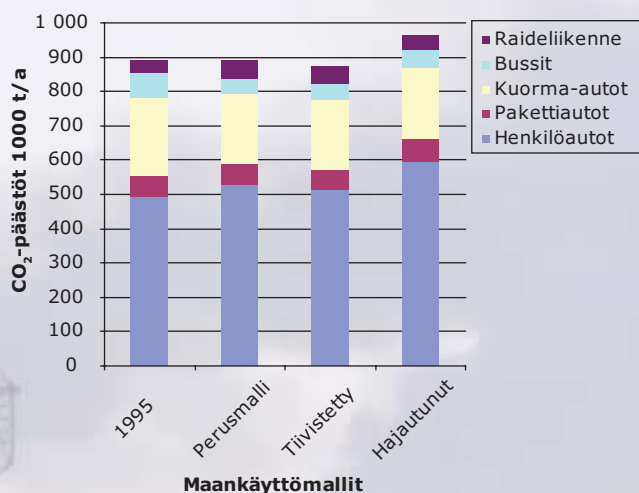
Kuva 1. Kasvihuonekaasupäästöt 50 vuoden aikana kerrosneliömetriä kohden erilaisilla asuntoalueilla (Harmaajärvi 1992, 1998, 2002, Harmaajärvi & Lyytikä 1999).



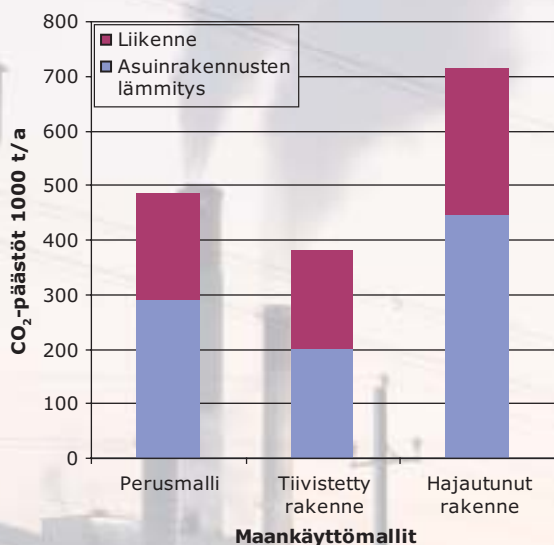
Kuva 2. Kuopion eteläisten osien kaupunkirakennevaihtoehtoista aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt (Halme & Harmaajärvi 2003).



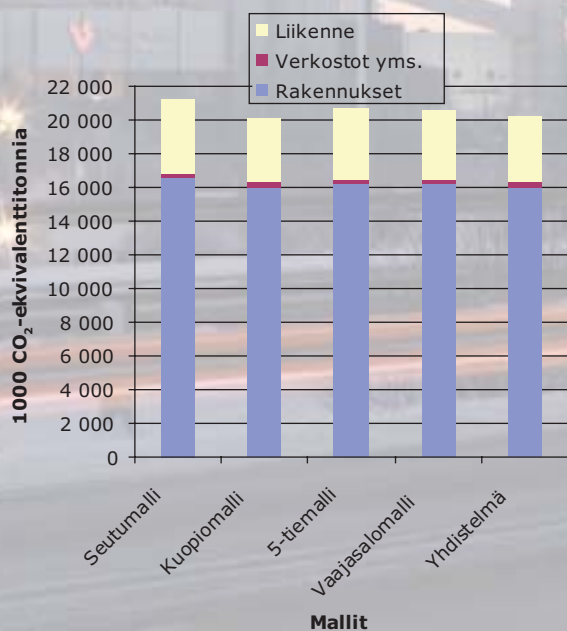
Kuva 3. Sipoon yleiskaavan 2025 yhdyskuntarakennemallien kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden (Wahlgren & Halonen 2006).



Kuva 4. Pääkaupunkiseudun liikenteen hiilidioksidipäästöt ajoneuvotyyppittäin vuonna 1995 ja eri maankäyttömalleissa vuonna 2020 (Harmaajärvi & Huhdanmäki 1999).



Kuva 5. Pääkaupunkiseudun maankäyttömallien hiilidioksidipäästöt vuonna 2020 muuttuvan rakenteen osalta (Harmaajärvi & Huhdanmäki 1999).



Kuva 6. Kuopion seudun maakuntakaavan rakennemallien kasvihuonekaasupäästöt 50 vuoden aikana (Harmaajärvi, Halme & Kärkkäinen 2005).

mallissa yhdyskuntarakenne on YTV-alueen sisällä mahdollisimman hajautunut. Malli kuvaa samalla sellaista yhdyskuntarakennetta, johon voidaan ajautua, jos hajautumista ei suunnittelun ja päätösten avulla estetä.

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 suunnitellun samansuuruiset kuin vuonna 1995 johtuen mm. polttoaineen ominaiskulutuksen huomattavasta pienemisestä. Tiivistetyssä rakenteessa liikenteen vuotuiset hiilidioksidipäästöt ovat 2 % pienemmät ja hajautuneessa rakenteessa 8 % suuremmat kuin perusmallissa (kuva 4).

Kun tarkastellaan sitä osaa pääkaupunkiseudun tulevasta yhdyskuntarakenteesta, jonka muotoutumiseen lähivuosisikymmeninä vaikutetaan, rakenteen hajautuminen lisäisi liikenteen hiilidioksidipäästöjä jopa 40 % perusmallin maankäyttöön nähden. Yhdyskuntarakenteen lisätiivistäminen taas vähentäisi liikenteen päästöjä noin 10 %. Kun otetaan huomioon asuinrakennusten lämmityksen energiantuotannon vaikutukset, päästöjen ero korostuu: yhdyskuntarakenteen hajautuminen lisäisi päästöjä kaikkiaan 50 % ja lisätiivistäminen vähentäisi 20 % (kuva 5).

Kuopion seudun maakuntakaavatyötä varten laadittiin neljä rakennemallia: seutumalli, Kuopio-malli, 5-tiemalli ja Vaajasalo-malli, ja niiden arvioinnin pohjalta viides, yhdistelmämalli. Mallien vaikutusten kannalta keskeiset ominaisuudet liittyvät asuntoalueiden sijaintiin, talotyyppijakaumaan, kaukolämmityksen osuuteen, asumisväljyyteen, aluetyyppijakaumaan (täydennysrakentaminen, uudet alueet, haja-asutus) sekä aluetehokkuuteen. Suurin osa kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu rakennusten energiankäytöstä ja liikenteestä (kuva 6). Malleissa, joissa kaukolämmityksen osuus on suuri ja etäisyydet lyhimät, aiheutuu vähiten päästöjä. Rakennemallien väliset erot ovat liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen osalta enimmillään yli 12 %. Kuopio-mallissa aiheutuu vähiten ja seutumallissa eniten päästöjä.

Koko Suomen tasolla alue- ja yhdyskuntarakenteen kehitystä ja kasvihuonekaasupäästöjä tutkittiin kansallista ilmasto-ohjelmaa valmisteltaessa. Aikatahtaimena oli 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 ilmastomuutoksen hallinnassa. Suomessa on vallalla kaksi erillistä mutta yhtäaikaista kehityskulkua: aluerakenne keskittyy elinkeinotoimintojen kehityksen ja muiden yhteiskunnallisten muutostekijöiden seurauksena, mutta samaan aikaan kasvavien seutujen yhdyskuntarakenne hajautuu. Yhdyskuntarakenteen hajautuminen merkitsee mm. toimintojen välisten etäisyyksien eli työssäkäynti- ja muiden päivittäisten matkojen pituuksien kasvua.

Keskimääräinen työssäkäyntietäisyys on kasvanut



merkittävästi ja kasvun arvioidaan jatkuvan. Tutkimuksen mukaan myös muiden matkojen liikennesuorite kasvaa kunnan keskimääräisen työssäkäyntietäisyyden kasvaessa. Etäisyydet kasvavat huomattavasti erityisesti työssäkäyntialueiden reunoilla. Tavoitteellisessa skenaariossa matkat ovat työssäkäyntialueiden reunakunnissa nykykehitysskenaariota lyhemmät.

Tutkimuksessa arvioitiin seutujen sisäisen liikenteen hiilidioksidipäästöjen kehitys nykykehitysskenaarion ja tavoitteellisen skenaarion mukaan (kuva 7). Tavoitteellisen skenaarion toteuttaminen vähentäisi liikenteen päästöjä 27 % nykykehitysskenaarioon verrattuna vuoden 2010 tilanteessa, kun otetaan huomioon yhdyskuntarakenteen kehittämisen lisäksi etätyön ja elämäntapojen kehittyminen.

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 ehdyttämällä 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 8). Yhdyskuntarakenteen ehdyttämiseksi tarvitaan toimenpiteitä maankäytön suunnittelussa, tontti- ja asuntopoliittisissa sekä liikenne-, talous- ja veropolitiikassa. Lisäksi on tarpeen kehittää yhteistyötä, vuorovaikutusta ja tiedotusta.

Ilmastomuutokseen sopeutuminen kaavoituksessa

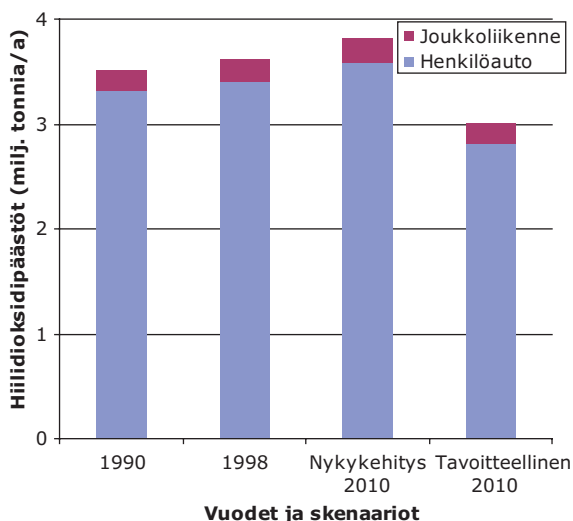
Ilmastomuutoksen arvioidaan kohottavan ilman keskilämpötilaa Suomessa noin neljä astetta seuraavan sadan vuoden kuluessa. Keskilämpötilan nousuun liittyy muutoksia esimerkiksi lumipeitteen ja meren jääpeitteen kestoajoissa sekä meriveden lämpötiloissa. Ennustetut

Energiantuotannosta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt asuinrakennusten lämmityksen osalta ovat tiivistetyssä rakenteessa 4 % pienemmät ja hajautuneessa rakenteessa 8 % suuremmat kuin perusmallissa.

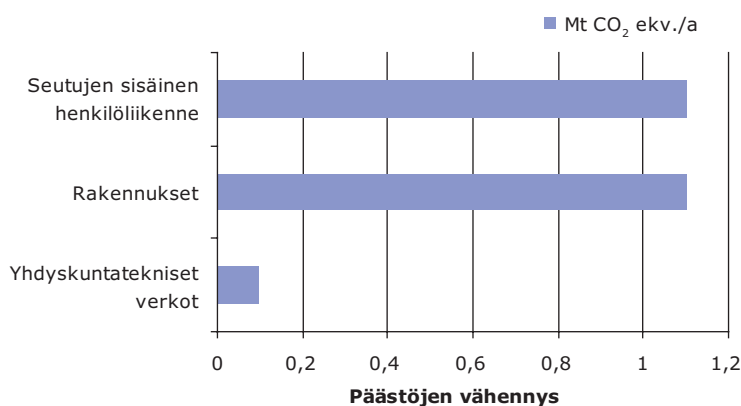
sademäärän muutokset Suomessa ovat suuria, varsinkin syksyllä. Ääri-ilmiöiden, kuten myrskyjen ja rankkasateiden sekä pitkien kuivien tai kosteiden jaksojen, todennäköisyys kasvaa.

Kaavoituksessa tulisi varautua ilmastomuutoksen vuoksi erityisesti tulviin, tuulisuuden, rankkasateiden ja myrskyjen lisääntymiseen, sadannan kasvuun, maan kosteuden ja pohjavesiolosuhteiden muutoksiin, eroosion ja sortumariskin lisääntymiseen sekä jäätymisolosuhteiden muutoksiin.

Yleispiirteisillä suunnittelutasoilla, maakuntakaavassa ja yleiskaavassa, keskeinen toimenpide ilmastomuutokseen varautumiseksi on tulva-, sortuma- ja muiden riskialueiden määrittely ja niiden rajaaminen rakentamisen ulkopuolelle tai rakentamisen rajoittaminen niillä.



Kuva 7. Seutujen sisäisen henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöt Suomessa (Harmaajärvi, Huhdanmäki & Lahti 2001).



Kuva 8. Yhdyskuntarakenteen kehittämisen avulla saavutettavat vähennykset kasvihuonekaasupäästöihin Suomessa vuoden 2010 tilanteessa (Harmaajärvi, Huhdanmäki & Lahti 2001).

piteiden toteuttaminen edellyttää monilta osin suunnittelunormien, ohjeiden ja määrrysten laatimista tai uusimista.

Haasteet

Kaavoituksella voidaan vaikuttaa merkittävästi kasvihuonekaasupäästöihin. Yhdyskuntarakennevalinnoilla voidaan tutkimusten mukaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä seututasolla 10 prosentin suuruusluokassa ja asuntoaluetasolla jopa puoleen. Koko Suomen tasolla päästöjen vähennys voi olla 2,3 miljoonaa CO₂-ekvivalenttitonnia vuoden 2010 tilanteessa, mikä vastaa noin 15 prosenttia Kioton pöytäkirjan mukaisesta Suomen päästövähennystavoitteesta.

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

Yhdyskuntien suunnitteluperiaatteita tulisi kehittää niin, että samaan aikaan voidaan ottaa huomioon sekä ilmastonmuutoksen hillitsemiseen että sopeutumiseen liittyvät tavoitteet.

Ilmastonmuutoksen huomioonottamisen kaavoituksessa edistää myös turvallisen, terveellisen ja viihtyisän asuin ympäristön muodostamista ja energiatalouden ja yhdyskuntatalouden kannalta edullista sekä kestävää rakentamista.

Erityiskohteiden, kuten sairaaloiden, vaarallisia aineita käsittelevien laitosten, veden- ja jätevedenkäsittelylaitosten, kaatopaikkojen ja sähköjakelukohteiden, sijoittamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Yksityiskohtaisessa kaavoituksessa, asemakaavassa, pienilmaston, maaston ja maaperän huomioon ottaminen rakennuksia, verkostoja ja muita rakenteita sijoitettaessa korostuu entisestään. Rakentamista ei pidä osoittaa alueille, joilla on tulvan vaara tai joka on maaperältään rakentamiseen soveltumaton. Sadannan ja tulvariskien lisääntyminen lisää kuivatuksen suunnittelun merkitystä. Maaperä vaikuttaa kuivatuksen järjestämiseen mm. sadevesien imeytymisen

osalta. Pienilmasto ja maasto vaikuttavat tuulisuuden ja myrskyjen vaikutuksiin. Erilaisia kortteliratkaisuja ja rakennusten sijaintia ja ominaisuuksia valittaessa on otettava huomioon lisääntyvien tuulten ja myrskyjen vaikutukset.

Kaavojen laatimisessa tulisi kehittää paikkatietopohjaisia suunnittelu- ja tietojärjestelmiä tulva- ym. riskialueiden huomioonottamiseksi. Pienilmastoa, maastoa ja maaperää koskevia kaavojen suunnittelu- ja arviointimenetelmiä tulisi kehittää edelleen. Lisäselvityksiä ja tutkimusta tarvitaan riskien ja sopivien suojaustasojen yms. määrittelemiseksi. Alueellisia ja paikallisia vaikutuksia ja sopeutumiskeinoja on selvitettävä. Yhteistyö eri tahojen kesken on tärkeää. Toimen-



Kirjoittaja toimii erikoistutkijana VTT:ssä. Sähköposti irmeli.wahlgren@vtt.fi.