

Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa – tapauskohtaisia tarkasteluja

Irmeli Wahlgren, Kimmo Kuismanen & Lasse Makkonen



Tiivistelmä

Tutkimuksessa tarkastellaan ilmastonmuutoksen huomioimista kaavoituksessa sekä sopeutumisen että hillitsemisen kannalta. Tutkimuskohteina olivat Helsingin Kalasataman osayleiskaava, Kokkolan Vanhansatamanlahden yleiskaava, Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehdot, Nilsin Tahkon kehittämissuunnitelmat, Kuopion Saaristokaupunki ja Sodankylän raviradan asuntoalue. Suunnitelmia analysoitiin paikallisten ilmasto-olosuhteiden ja muodostuvan mikroilmaston perusteella. Ilmastonmuutoksen hillitsemistä tarkasteltiin arvioimalla suunnitelmien toteuttamisesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt.

Kullekin tutkimuspaikkakunnalle laadittiin ennusteet paikallisesta ilmastonmuutoksesta ääri-ilmiöiden ja eräiden keskimääräisyyksien muutosten osalta seuraavan noin sadan vuoden aikana. Arvioituja tekijöitä olivat vuoden keskilämpötila, maksimilämpötila, minimilämpötila, sulamis-jäätymissyklit, vuoden keskituulennopeus, maksimituulennopeus, vuoden sademäärä, 6 tunnin sademaksimi, 5 vuorokauden sademaksimi, 6 tunnin lumisademaksimi, lumipeitteen maksimivesiarvo, lumipeitteen kesto-aika ja meren jääpeitteen kesto-aika. Ennusteiden mukaan muutokset ovat monien tekijöiden osalta merkittäviä ja paikkakuntien välillä on suuria eroja. Rannikolla arvioitiin lisäksi merenpinnan korkeuden muutokset ja tulvavaara-alueet.

Ilmastonmuutokseen sopeutumisen kannalta yleispiirteisessä suunnittelussa tärkeäksi osoitettiin tulvavaara-alueiden kartoitus ja huomioon ottaminen toimintoja sijoitettaessa. Tuulisuus ja sateiden lisääntyminen asettavat haasteita yksityiskohtaiselle suunnittelulle. Hyvän mikroilmaston muodostamiseen vaikutetaan kortteli-, tontti- ja rakennustason suunnittelulla. Rannikkoalueilla merenpinnan nousu sekä aallokon roiskeet meren ollessa avoin entistä suuremman osan vuodesta asettavat erityishaasteita.

Ilmastonmuutoksen hillitsemisen kannalta hyviä ovat alueet, jotka sijaitsevat liikenteellisesti edullisesti ja joilla voidaan hyödyntää kaukolämpöä tai käytetään uusiutuvia energialähteitä talokohtaisessa lämmityksessä. Helsingin, Kokkolan, Kuopion ja Sodankylän tutkimuskohteet sijaitsevat keskeisesti yhdyskuntarakenteessa. Uudenmaan kehityskuvavaihtoehdoista on mahdollista muodostaa ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta edullinen kehityskuva. Tahkon matkailukohteen raideliikenneyhteyden edellytyksiä kannattaa selvittää. Selkeät taajama-alueet mahdollistavat yhtenäisten luonnonalueiden ja virkistysalueiden sekä ekologisten käytävien ja verkostojen muodostamisen. Haja-asutus pirstoo luonnonalueita. Uudet alueet olisi sijoitettava olemassa olevan rakenteen yhteyteen. Toiminnot olisi sijoitettava lähelle toisiaan ja toimintojen sekoittumista olisi suosittava eriytymisen sijasta.

Tutkimus osoittaa, että ilmastonmuutoksen hillitsemistä ja siihen sopeutumista voidaan tarkastella samanaikaisesti. Tutkimuskohteissa ei ilmennyt ristiriitoja näiden tavoitteiden suhteen. Raportissa esitetään suunnitteluohjeita ja suosituksia ilmaston ja sen muuttumisen huomioon ottamiseksi kaavoituksessa ja rakentamisessa eri suunnittelutasoille. ”Kaavoittajan kultaissa säännöissä” korostetaan paikallisten olosuhteiden huomioonottamista, tulvavaara-alueiden selvittämistä, yhdyskuntarakenteen täydentämistä ja hajautumisen välttämistä, hyvän mikroilmaston muodostamista, sadevesien ohjausta, suhteellisen tiivistä rakennetta, kauko- tai aluelämmitystä ja uusiutuvia energialähteitä, joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn edellytyksiä, toimintojen sekoittumista ja vaikutusten arviointia.

Ilmastonmuutoksen kiihtyminen edellyttää tehokkaita keinoja siihen varautumiseen. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen tulee kansainvälisten velvoitteiden tiukentuessa yhä tärkeämmäksi. Siksi jokainen toimenpide päästöjen vähentämiseksi on tärkeä.

Sammandrag

Motverkandet av och anpassningen till klimatförändringen bör vara en integrerad del av planeringen av markanvändningen och byggandet. Inom undersökningen gjordes klimatförändringsprognoser för sex olika objekt, och konsekvenserna för planeringen av områdena bedömdes.

Undersökningen omfattade delgeneralplanen för Fiskehamnen i Helsingfors stad, generalplanen för Gamla hamnsviken i Karleby stad, alternativ till utvecklingsbilder för markanvändningen i Nyland, utvecklingsplanerna för Tahko i Nilsjä, skärgårdsstaden Kuopio och bostadsområdet vid Sodankylä travbana. Planerna för områdena analyserades utgående från de lokala klimatförhållandena och mikroklimatet. Motverkandet av klimatförändringen analyserades genom att bedöma växthusutsläppen som uppstår om planerna genomförs.

Viktigt med tanke på anpassningen till klimatförändringen var att kartlägga områden med översvämningsrisk och att beakta dessa vid lokaliseringen av olika funktioner. Blåst och ökad nederbörd ställer också krav på den detaljerade planeringen. Genom planering av kvarter, tomter och byggnad bidrar man till att skapa ett gott mikroklimat. Höjningen av havsytan och vågbildningen - då havet kommer att vara isfritt en allt större del av året - kommer att medföra särskilda utmaningar för planeringen i kustområdena.

Områden som ur samhällsstrukturens synpunkt bidrar till att dämpa klimatförändringen är sådana som lätt kan nås till fots, med cykel eller med kollektivtrafik, och där man kan utnyttja fjärrvärme eller förnybara energikällor vid uppvärmningen av enskilda hus. Tydliga tätortsområden ger möjligheter att skapa enhetliga natur- och rekreationsområden samt ekologiska korridorer och nätverk, medan glesbebyggelse däremot splittrar naturområden. De nya områdena bör placeras i anslutning till den befintliga strukturen.

Undersökningen visar att det är möjligt att parallellt granska motverkandet av och anpassningen till klimatförändringen. För de objekt som undersöktes framkom inga motsättningar när det gäller att sammanjämka dessa mål.

Klimatförändringen som accelererar snabbare än vad som tidigare förutspåts kräver kraftiga anpassningsåtgärder. De skärpta internationella åtagandena innebär att det är allt viktigare att kunna minska växthusgasutsläppen.

I rapporten presenteras planeringsavisningar och rekommendationer för hur klimatet och klimatförändringarna kan beaktas på olika planeringsnivåer inom planläggningen och byggandet. I "planerarens gyllene regler" betonas också de lokala förhållandena, avledning av regnvatten, uppblandning av olika typer av funktioner, konsekvensbedömningar samt förbättrandet av förutsättningarna för kollektivtrafiken, gång och cykling.

Abstract

This study considers how climate change has been taken into account in land use planning from both adaptation and mitigation points of view. The study areas and plans were the Kalasatama master plan in Helsinki, the Vanhansatamanlahti master plan in Kokkola, the urban structure alternatives of Uusimaa region, the development plans of Tahko tourist centre in Nilsjä, the City of Islands in Kuopio and the new dwelling area of the former race track in Sodankylä. Plans were considered on the basis of local climate conditions and of the microclimate they will form. Mitigation of climate change was considered by assessing greenhouse gas emissions from realizing the plans.

Predictions of climate change as regards extremes and certain average changes in the next hundred years were made for all the study localities. The predicted variables were average temperature of a year, maximum temperature, minimum temperature, melting freezing cycles, average wind speed of a year, maximum wind speed, average precipitation of a year, 6 hours precipitation maximum, 5 days precipitation maximum, 6 hours snow maximum, snow cover maximum, duration of snow cover and duration of sea ice cover. Changes in many variables are significant and differences between localities are great. On shore also changes of sea level and flood risk areas were estimated.

As regards adaptation to climate change in plans of general levels important issues are mapping of flood risk areas and avoiding location of functions there. Wind conditions and increasing precipitation form challenges to detailed planning. Good micro climate can be formed by planning of quarters, plots and houses. On shore areas sea level rise and splash of waves, as sea will be open longer, form special challenges.

Regarding climate change mitigation advantageous areas are those which are located favourable traffic-related and can use district heating or use renewables in separate heating. Study areas in Helsinki, Kokkola, Kuopio and Sodankylä are located favourable in urban structure. The urban structure alternatives on Uusimaa region make it possible to form an advantageous structure. The prerequisites of forming a railway connection to Tahko are worth defining. Well-defined urban areas make it possible to form continuous nature and recreational areas and ecological corridors and networks. Rural building scatters natural areas. New areas should be located in connection to existing urban structure. Functions should be located near each other and mixing of functions should be promoted instead of differentiating.

The research shows that mitigation of and adaptation to climate change can be considered at the same time. There were no conflicts between these targets in the study areas. The report introduces planning directions and recommendations for taking climate and its changes into account in spatial planning and building on different planning levels. "The golden rules for planner" emphasize local conditions, determining flood risk areas, completing of urban form and avoiding urban sprawl, forming good microclimate, control of storm water, relatively compact structure, district heating and renewable energy sources, prerequisites of public transport, walking and cycling, mixing functions and impact assessment.

Accelerating climate change demands effective means to provide for. Reducing greenhouse gas emissions will be more important as international commitments will be tighter. Thus every action to reduce emissions is important.

Alkusanat

Raportissa esitellään Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa – tutkimushankkeen keskeiset tulokset. Tutkimuskohteina olivat Kalasataman osayleiskaava Helsingin kaupungissa, Vanhansatamanlahden yleiskaava Kokkolan kaupungissa, Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehdot, Nilsiän Tahkon kehittämissuunnitelmat, Kuopion Saaristokaupunki ja Sodankylän raviradan asuntoalue. Tutkimuksessa tarkastellaan ilmastonmuutoksen huomioimista sekä sopeutumisen että hillinnän kannalta.

Tutkimus on osa Ympäristöklusterin tutkimusohjelman neljättä vaihetta 2006 - 2009: Ekotehokas yhteiskunta. Tutkimus kuuluu myös ilmastonmuutoksen sopeutumistutkimusohjelmaan (ISTO). Tutkimusta ovat rahoittaneet ympäristöministeriö (ympäristöklusteri), VTT, Helsingin kaupunki, Kokkolan kaupunki, Uudenmaan liitto, Pohjois-Savon liitto ja Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen.

Tutkimus on tehty valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa (VTT). Työstä on vastannut erikoistutkija Irmeli Wahlgren. Ilmastomallin soveltamisesta on vastannut erikoistutkija Lasse Makkonen. Tutkimusharjoittelija Maria Tikanmäki on osallistunut ilmastomallin datan analysointiin. Alueellisen ilmastomallin datan on toimittanut SMHI, Ruotsi ja sen analysointiin on osallistunut Leena Ruokolainen Helsingin yliopiston fysikaalisten tieteiden laitokselta. Arkkitehti Kimmo Kuismanen on osallistunut suunnitelmien arviointiin ja suositusten laadintaan.

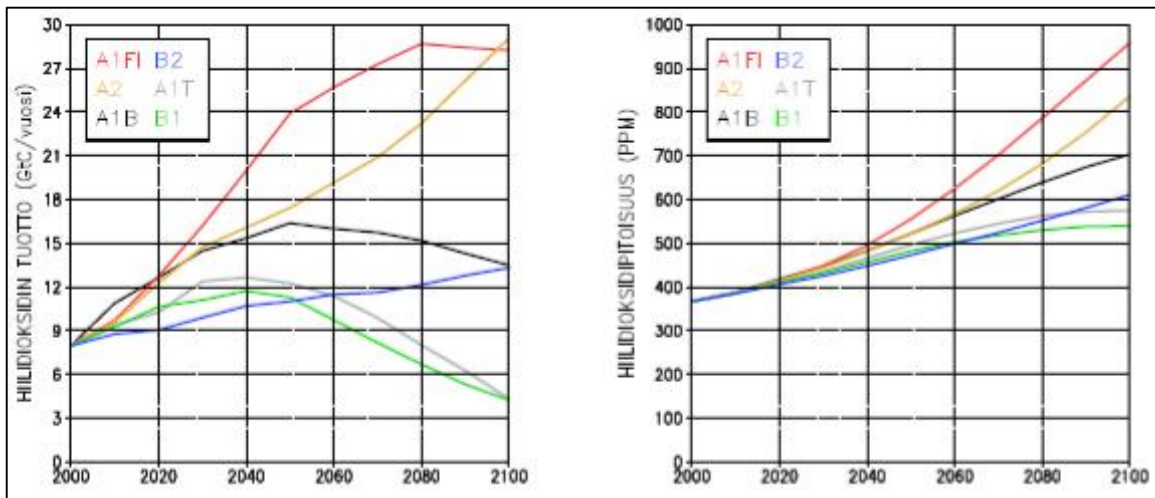
Tutkimuksen valvojina ovat toimineet yliarkkitehti Aulis Tynkkynen, joka toimi myös ohjausryhmän puheenjohtajana, ja yli-insinööri Jorma Kaloinen ympäristöministeriöstä. Tutkimuksen ohjausryhmään ovat kuuluneet lisäksi yli-insinööri Leena Silfverberg ja ylitarkastaja Silja Aalto ympäristöministeriöstä ja teknologiapäällikkö Jouko Törnqvist VTT:sta sekä yhteistyökumppanien edustajina diplomi-insinööri Kaarina Laakso Helsingin kaupunkisuunnitteluvirastosta, johtaja Riitta Murto-Laitinen Uudenmaan liitosta, kaavoituspäällikkö Veli-Pekka Koivu Kokkolan kaupungista ja suunnittelujohtaja Paula Qvick Pohjois-Savon liitosta. Lähtötietoja tutkimukseen ovat lisäksi toimittaneet diplomi-insinööri Jouni Kilpinen Helsingin kaupungista, maakuntainsinööri Sanna Jylhä, liikennesuunnittelija Maija Stenvall, maakuntainsinööri Carina Ölander ja suunnittelija Jarkko Hintsala Uudenmaan liitosta, ympäristösihteeri Juhani Hannila Kokkolan kaupungista, suunnitteluavustaja Mikko Rummukainen Pohjois-Savon liitosta, elinkeinoasiamies Mikko Lehto ja maanmittausteknikko Jukka Räsänen Nilsiän kaupungista, kaavoituspäällikkö Leo Kosonen, suunnittelija Mikko Savastola ja toimistoinsinööri Jaana Kostiainen Kuopion kaupungista. Sodankylän kunnan yhteyshenkilönä on toiminut toimialajohtaja Jouni Kovanen.

5.4.2	Ilmastonmuutokseen sopeutuminen	88
5.4.3	Kasvihuonekaasupäästöt	93
5.4.4	Johtopäätökset ja suositukset	97
5.5	Nilsin Tahkon kehittämissuunnitelmat	98
5.5.1	Kehittämissuunnitelmat	98
5.5.2	Ilmaston ja sen muuttumisen vaikutus kaavasuunnitteluun	99
5.5.3	Kasvihuonekaasupäästöt	106
5.5.4	Johtopäätökset ja suositukset	109
5.6	Sodankylän raviradan asuntoalue	110
5.6.1	Suunnitelmat	110
5.6.2	Ilmastonmuutokseen sopeutuminen	112
5.6.3	Kasvihuonekaasupäästöt	121
5.6.4	Johtopäätökset ja suositukset	124
5.7	Yhteenveto	125
6	Ilmasto-olosuhteiden huomioon ottaminen suunnittelussa	126
6.1	Tavoitteet	126
6.2	Ilmastonmuutos ja suunnittelu	127
6.2.1	Ilmasto-olosuhteiden aiheuttamia ongelmia	127
6.2.2	Nykyiset suunnittelumetodit ja pienoismallien tuulitestausten menetelmät	134
6.3	Rakennetun ympäristön tuulisuuden kriteerit	138
7	Ilmastonmuutoksen hillintä suunnittelussa	140
7.1	Arviointiperiaatteet	140
7.1.1	Rakennukset	140
7.1.2	Liikenne	140
7.2	Yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt	141
8	Johtopäätökset ja suositukset	142
9	Kymmenen kultaista sääntöä kaavoittajalle	144
	Lähteet	145
	Liite 1. Suunnitteluohjeita	
	Liite 2. Esimerkkejä ilmastomalliajojen analyysistä ääritapausten määrittämiseksi	
	Liite 3. Esimerkki vuodenaikojen tuuliruusuista	
	Liite 4. Kehittämistarpeita	

1 Johdanto

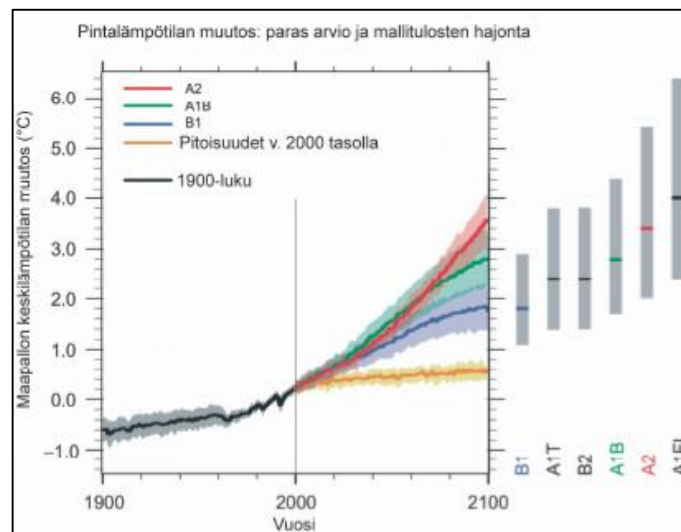
1.1 Ilmastonmuutos

Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin neljännessä arviointiraportissa on kuvattu viime vuosien aikana tehtyjen tutkimusten mukaan arvioitu ilmastonmuutos, sen vaikutukset ja hiltsemismahdollisuuksia (IPCC 2007). Kuvassa 1 esitetään hiilidioksidipäästöjen ja pitoisuuden arvioitu kehitys vuoteen 2100 asti.



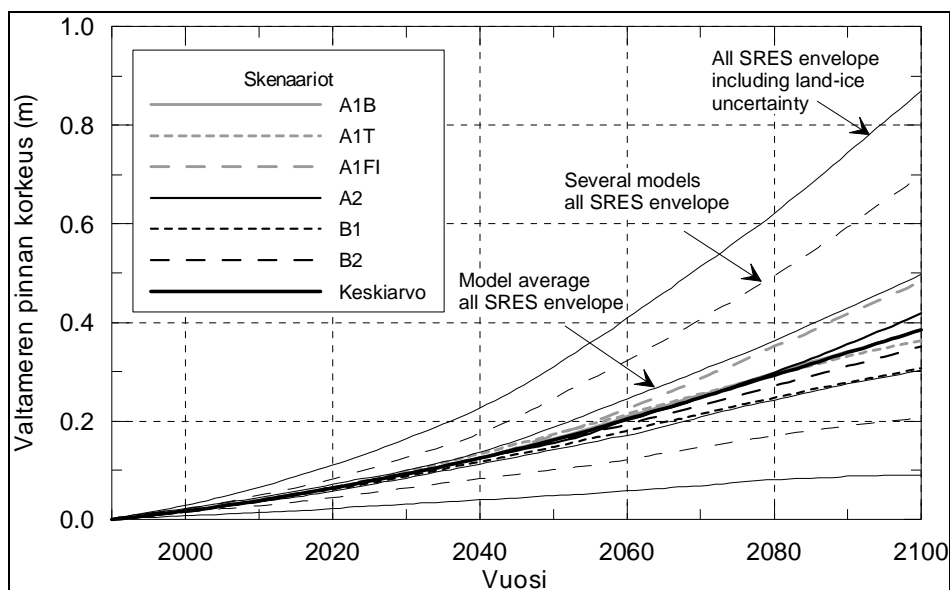
Kuva 1. Hiilidioksidin päästöjen (vasen kuva) ja pitoisuuden (oikea kuva) arvioitu ajallinen kehitys kuuden SRES-skenaarion mukaan. Eri skenaariot poikkeavat toisistaan mm. väestökasvun, tekniikan kehityksen ja ympäristönsuojeluun panostamisen suhteen. (IPCC 2007).

Kuvassa 2 esitetään maapallon keskilämpötilan tähänastinen ja ennustettu muutos eri skenaarioiden mukaan. Tässä tutkimuksessa arvioiden perusteena on käytetty skenaarioita A2 ja B2. A-skenaariot ovat kulutusyhteiskuntaskenaarioita ja B-skenaariot tähtäävät kestävään kehitykseen. Tässä käytettävät A2- ja B2-skenaariot ovat ääripäiden välissä.



Kuva 2. Malleilla simuloitu maapallon keskilämpötilan tähänastinen muutos (1900 – 2000; musta käyrä) ja ennustettuja muutoksia vuosille 2000 – 2100. Varjostukset kuvaavat epävarmuusastetta. Kuvan oikeassa reunassa olevat harmaat pylväät kertovat parhaan arvon ja epävarmuusvälin ennustetulle lämpenemiselle v. 2100. (IPCC 2007).

Kuvassa 3 esitetään IPCC:n kolmannen arviointiraportin ennuste valtameren pinnan noususta eri skenaarioiden mukaan.



Kuva 3. Valtameren pinnan nousu, skenaariot IPCC:n mukaan. Käyrät edustavat erilaisia päästöskenaarioita (Church et al. 2001). (Kahma & Johansson 2002)

Taulukossa 1 esitetään IPCC:n neljännen arviointiraportin ennuste lämpötilan muutoksesta ja merenpinnan noususta.

Taulukko 1. Ennustettu maapallon keskilämpötilan nousu ja merenpinnan kohoaminen siirryttäessä jaksosta 1980-1999 jaksoon 2090-2099 eri skenaarioiden perusteella. Merenpinnan korkeuden ennusteissa ei ole otettu huomioon Grönlannin ja Etelämantereen jäätiköiden virtausten mahdollisia nopeita muutoksia. (IPCC 2007)

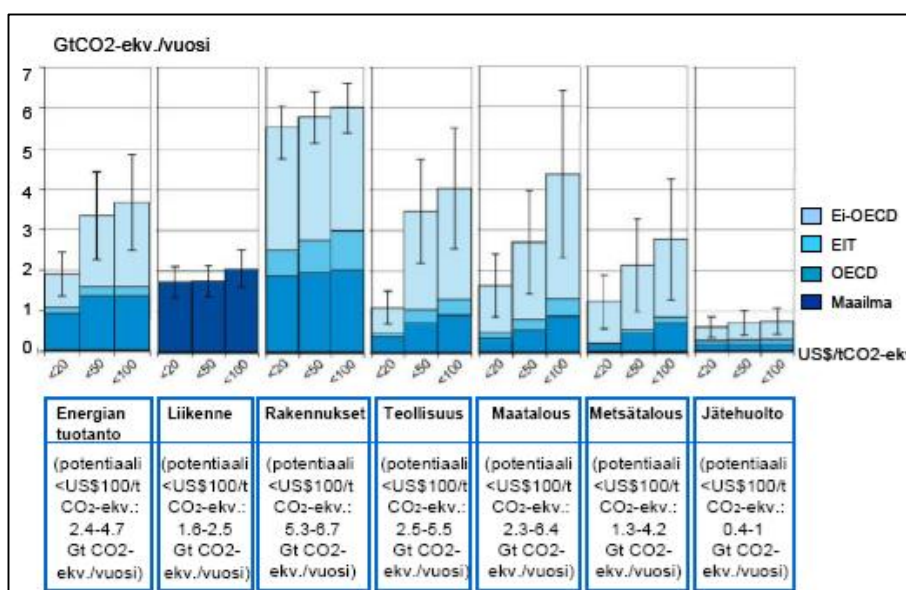
Pitoisuusskenaario	Lämpötilan nousu ($^{\circ}\text{C}$)		Meripinnan nousu (m)
	Paras arvio	Epävarmuusväli	Epävarmuusväli
Pitoisuudet v. 2000 tasolla	0,6	0,3-0,9	-
B1-skenaario	1,8	1,1-2,9	0,18-0,38
A1T-skenaario	2,4	1,4-3,8	0,20-0,45
B2-skenaario	2,4	1,4-3,8	0,20-0,45
A1B-skenaario	2,8	1,7-4,4	0,21-0,48
A2-skenaario	3,4	2,0-5,4	0,23-0,51
A1F1-skenaario	4,0	2,4-6,4	0,26-0,59

Uusimmat mannerjäätiköiden sulamista koskevat seurantatiedot voivat muuttaa merkittävästi ennusteita valtameren pinnannoususta ja sen vaikutuksista Suomenlahdenkin pinnannousuun (Silfverberg 2008). IPCC:n globaalitason ilmastomuutostarkasteluissa ja ennusteissa valtamerien pinnannousua koskevat arviot perustuvat pääosin vain merien lämpölaajenemista koskeviin laskelmiin. Mannerjäätiköiden sulamisesta johtuvaa merennousua ei ole IPCC:n raporteissa tähän mennessä kyetty ennustamaan luotettavien mittaustietojen puuttumisen vuoksi. Vasta aivan viime aikoina eri maiden jäätikkötutkijat ovat alkaneet julkaista mannerjäätiköiden sulamista koskevia seurantatietoja ja niihin nojaavia pitkän aikavälin ennusteita. Tällä hetkellä suurten mannerjäätikköjen käyttäytymistä koskevat seurantatutkimukset näyttävät antavan aihetta huoleen (Silfverberg 2008). Tämä voi merkitä suuria muutoksia aikaisemmin tehtyihin ennusteisiin.

IPCC vahvistaa maailman kasvihuonekaasupäästöjen kasvaneen esiteollisesta ajasta 70 % vuosien 1970 - 2004 välillä. Mikäli ilmastonmuutosta ei hillitä eri toimenpiteillä ja kestävä kehityksen politiikan keinoin, jatkavat päästöt kasvamistaan arviolta 25 - 90 % aikavälillä 2000 - 2030. Hiilidioksidi on määrällisesti merkittävin kasvihuonekaasu. Hiilidioksidipäästöt lisääntyivät vuosien 1970 ja 2004 välisenä aikana 80 % (vuosien 1990 ja 2004 välisenä aikana 28 %). Nykyisillä toimenpiteillä globaalit kasvihuonekaasujen päästöt jatkavat kasvamistaan seuraavien vuosikymmenten ajan. (IPCC 2007)

IPCC:n mukaan ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi tarvitaan lukuisia eri päästöjenrajoituskeinoja yhdessä. Kaikilla sektoreilla on merkittävä taloudellinen potentiaali vähentää päästöjä. Jos tavoite on rajoittaa maapallon keskilämpötilan nousu alhaiselle tasolle (2–3 astetta) esiteolliseen aikaan verrattuna, tarvitaan päästöjen rajoittamista hyvin nopeasti ja voimakkaasti. Tärkeää on kytkeä kasvihuonekaasujen päästöjen rajoittaminen kaikkien sektorien kehittämiseen. Kestävä kehityksen edistäminen lisää sopeutumis- ja hillintämahdollisuuksia sekä vähentää päästötasoja ja alttiutta ilmastonmuutoksen haitoille. Kasvihuonekaasupäästöjen vähennysten toteuttamiseen tarvitaan useita erilaisia ohjauskeinoja.

Kuvassa 4 esitetään IPCC:n arvioima eri sektoreiden taloudellinen hillintäpotentiaali. Maankäytön suunnittelulla vaikutetaan erityisesti liikenteen ja rakennusten päästöihin. (Kuva 4).



Kuva 4. Eri sektorien arvioitu taloudellinen globaali hillintäpotentiaali eri alueilla esitettynä päästöyksikön hinnan suhteen vuonna 2030. Lähtötasona on perusura eri sektoreilla. (IPCC 2007)

Seuraavassa on esitetty eräiden kaavoitukseen ja maankäytön suunnitteluun liittyvien sektorien lyhyen ja keskipitkän aikavälin hillintäteknologioita, joilla on IPCC:n raportin mukaan merkittävä taloudellinen potentiaali:

Energiantuotanto: tuotannon ja jakelun tehokkuuden lisääminen, kivihiilen korvaaminen maakaasulla, ydinvoima, uusiutuvaan energiaan perustuva sähkö ja lämpö (vesivoima, aurinkoenergia, tuulivoima, geoterminen energia, bioenergia), yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto sekä hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin (Carbon Capture and Storage, CCS) varhaiset sovellukset, CCS, kehittynyt ydinvoima

Liikenne: polttoainetehokkaat autot, hybridiautot, biopolttoaineet, julkisen liikenteen kehitys, kevyt liikenne (pyöräily, kävely), toisen sukupolven biopolttoaineet, tehokkaampi lentoliikenne, kehittyneet sähkö- ja hybridiajoneuvot

Rakennukset: tehokas valaistus ja päivänvalon hyödyntäminen, tehokkaammat sähkölaitteet sekä lämmitys- ja jäähdytyslaitteet, tehokkaampi eristys, passiivinen ja aktiivinen auringon hyödyntäminen lämmitykseen ja jäähdytykseen, älykkäät mittausjärjestelmät

IPCC:n raportin mukaan ilmastonmuutosta voidaan hillitä kaupunkisuunnittelulla vähentämällä liikkumisen tarvetta ja mahdollistamalla kulkutavan valinnan kautta liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. (IPCC 2007)

Ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuuksien nousun ja lämpenemisen pysäyttäminen vaatii voimakkaita toimia. Päästöjen rajoittamisesta seuraa myös muita hyötyjä kuin kasvihuoneilmiön hillitseminen. Tällaisia ovat mm. kielteisten terveysvaikutusten vähentyminen ilmanlaadun parantuessa, energiansäästö, energiavarmuuden ja työllisyyden lisääntyminen sekä maatalouden tuoton parantuminen. Ilmansuojelun ja ilmastopolitiikan yhdistäminen tarjoaa mahdollisuuden kustannusten vähentymiseen verrattuna erillisiin toimenpiteisiin.

Maailmanlaajuisten päästöjen tulee kääntyä laskuun, jos halutaan vakauttaa ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuudet. Mitä alhaisemmalle tasolle pitoisuudet vakautetaan, sitä nopeammin päästöjen tulee kääntyä laskuun. Seuraavien 20–30 vuoden aikana toteutettavat päästörajoitukset vaikuttavat suurelta osin siihen, kuinka paljon maapallon keskilämpötila nousee pitkällä aikavälillä ja mitkä ilmastonmuutoksen vaikutukset voidaan välttää. (IPCC 2007)

1.2 Maankäytön suunnittelujärjestelmä

Maankäytön suunnittelulla ohjataan alueiden käyttöä ja rakentamista. Suunnittelujärjestelmään kuuluvat valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet, maakuntakaava, yleiskaava ja asemakaava. Kunnat voivat myös laatia yhteisen yleiskaavan. Pääasiassa loma-asutuksen järjestämiseksi ranta-alueelle laadittavaa asemakaavaa kutsutaan ranta-asemakaavaksi.

Maakuntakaava ja yleiskaava ovat yleispiirteisiä kaavoja, jotka ohjaavat yksityiskohtaisempien kaavojen laatimista. Ne voivat ohjata myös suoraan rakentamista ja muuta maankäyttöä.

Maakunnan liitto laatii ja hyväksyy maakuntakaavan. Kunnat laativat ja hyväksyvät yleis- ja asemakaavat. Ranta-asemakaavan laatimisesta voi huolehtia myös maanomistaja. Ranta-asemakaavankin käsittely ja hyväksyminen kuuluu kunnalle. Maakuntakaavan ja kuntien yhteisen oikeusvaikutteisen yleiskaavan vahvistaa ympäristöministeriö.

Ympäristöhallinto vastaa maakunta-, yleis- ja asemakaavoituksen ohjauksesta ja kehittämisestä. Kaavoituksen ohjauksen tarkoituksena on tukea sitä, että kaavoituksessa toteutetaan lainsäädännössä määritellyt tavoitteet ja sisältövaatimuksia. Kaavoituksen ohjausvälineiden kehittäminen kuuluu ympäristöministeriölle. Alueelliset ympäristökeskukset ohjaavat ja valvovat kuntien kaavoitusta ja neuvovat maankäytön suunnitteluun liittyvissä kysymyksissä. (www.ymparisto.fi)

Valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden tehtävänä on varmistaa valtakunnallisesti merkittävien seikkojen huomioon ottaminen maakuntien ja kuntien kaavoituksessa sekä valtion viranomaisten toiminnassa, auttaa saavuttamaan maankäyttö- ja rakennuslain ja alueidenkäytön suunnittelun tavoitteet, joista tärkeimmät ovat hyvä elinympäristö ja kestävä kehitys, toimia kaavoituksen ennako-ohjauksen välineenä valtakunnallisesti merkittävissä alueidenkäy-

tön kysymyksissä ja edistää ennako-ohjauksen johdonmukaisuutta ja yhtenäisyyttä, edistää kansainvälisten sopimusten täytäntöönpanoa Suomessa sekä luoda alueidenkäyttöä edellytyksiä valtakunnallisten hankkeiden toteuttamiselle. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan tavoitteet on otettava huomioon ja niiden toteuttamista on edistettävä maakunnan suunnittelussa, kuntien kaavoituksessa ja valtion viranomaisten toiminnassa.

Maakuntakaava on yleispiirteinen suunnitelma alueiden käytöstä maakunnassa tai sen osa-alueella. Siinä esitetään alueiden käytön ja yhdyskuntarakenteen periaatteet sekä osoitetaan maakunnan kehittämisen kannalta tarpeellisia alueita. Maakuntakaavan tehtävänä on ratkaista valtakunnalliset, maakunnalliset ja seudulliset alueiden käytön kysymykset. Maakuntakaava ohjaa kuntien kaavoitusta ja viranomaisten muuta alueiden käyttöä koskevaa suunnittelua.

Yleiskaava on kunnan yleispiirteinen maankäytön suunnitelma. Sen tehtävänä on yhdyskunnan eri toimintojen, kuten asutuksen, palvelujen ja työpaikkojen sekä virkistysalueiden sijoittaminen ja niiden välisten yhteyksien järjestäminen. Yleiskaavoituksella ratkaistaan tavoitellun kehityksen periaatteet, ja yleiskaava ohjaa alueen asemakaavojen laatimista. Yleiskaava voi koskea koko kuntaa tai sen tiettyä osa-aluetta, jolloin sitä kutsutaan osayleiskaavaksi. Kunnat voivat laatia myös yhteisen yleiskaavan.

Asemakaavassa määritellään alueen tuleva käyttö: mitä säilytetään, mitä saa rakentaa, mihin ja millä tavalla. Kaavassa osoitetaan esimerkiksi rakennusten sijainti, koko ja käyttötarkoitus. Asemakaava voi koskea kokonaista asuntoaluetta asuin-, työ- ja virkistysalueineen tai joskus jopa vain yhtä tonttia. Asemakaavan laatii kunta. Ranta-alueiden rakentamista voidaan ohjata ranta-asemakaavalla, jonka laatii maanomistaja. (www.ymparisto.fi)

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan suomalaisia esimerkkejä ilmastonmuutoksen huomioimisesta maankäytön suunnittelussa maakunnan tasolta asemakaava- ja osittain rakennustasolle asti. Raportissa kuvataan lyhyesti ilmastonmuutoksen merkitystä ja alueidenkäytön suunnittelua (luku 1), esitellään tutkimuksen tavoitteet (luku 2), kuvaillaan ilmastonmuutoksen simulointimenetelmä (luku 3) ja ennakoitua muutokset tutkimuspaikkakunnilla (luku 4), esitellään tutkimuskohteiden keskeiset tulokset (luku 5) sekä tarkastellaan ilmastonmuutokseen sopeutumista (luku 6) ja hillitsemistä (luku 7) suunnittelussa. Tutkimuksen perusteella on laadittu johtopäätökset ja suositukset suunnitteluun ja vaikutusten arviointiin (luku 8) ja kiteytetty kymmenen kultaista sääntöä kaavoittajille (luku 9). Liitteissä esitetään ilmastotietoisen suunnittelun ohjeita (liite 1), esimerkkejä ilmastomalliajojen tuloksista (liite 2), esimerkkejä tuuliruusuista (liite 3) ja esitetään kehittämis- ja jatkotutkimustarpeita (liite 4).

2 Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on edistää ilmastonmuutokseen sopeutumista ja sen hillitsemistä kaavoituksessa ja siten mm. vähentää tulva- ja myrskytuhoja sekä kasvihuonekaasupäästöjä. Yhdyskuntien suunnitteluperiaatteita tulisi kehittää niin, että samaan aikaan voidaan ottaa huomioon sekä ilmastonmuutoksen hillitsemiseen että sopeutumiseen liittyvät tavoitteet. Hankkeessa tarkastellaan suunnitteluperiaatteita kummankin tavoitteen kannalta.

Tutkimuksessa tarkastellaan suunnittelua eri tasoilla käytännön esimerkkien kautta. Arvioinnin pohjaksi laaditaan arviot ilmastonmuutoksen keskeisistä vaikutuksista tutkimuspaikkakunnilla. Tuloksena saadaan suosituksia ilmastonmuutoksen vaikutusten arviointiin ja hillintä- ja sopeutumistoimiin alueidenkäytön ja yhdyskuntien suunnittelussa.

Tutkimus tehdään yhteistyössä kuntien ja maakunnan liittojen kanssa. Tutkimuskohteina ovat Kalasataman osayleiskaava Helsingin kaupungissa, Vanhansatamanlahden yleiskaava Kokkolan kaupungissa, Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehdot, Nilsiän Tahkon kehittämissuunnitelmat, Kuopion Saaristokaupunki ja Sodankylän raviradan asuntoalue.

3 Ilmastonmuutoksen simuloinnit rakentamisen ja maankäytön sovellutuksiin

3.1 Yleistä taustaa

Meteorologiset ja geofysikaaliset ääri-ilmiöt, kuten myrskytuulet, tulvat ja ankarat lumimyrskyt voivat aiheuttaa tuhoja rakennetulle ympäristölle. Yhdyskunnat on suunniteltava kestämään kohtuullisen usein esiintyvät luonnonilmiöt, mutta hyvin harvinaisiin ääritapauksiin vauriutuminen ei ole taloudellisesti järkevää, elleivät tapauksen vahingolliset seuraukset ole erityisen suuret (padot, voimalat, sähkönjakeluverkko, jne.). Infrastruktuurin suunnittelu perustuukin osaltaan siihen, että arvioidaan kullakin paikalla tarkasteltavalle kohteelle valitun turvallisuusrajan ylittävän ilmiön esiintymistodennäköisyys. Mitoituksessa käytettävä ääri-ilmiön arvo saadaan käänteisesti: Määritetään se ilmiön arvo, joka ylittyy tietyllä todennäköisyydellä eli toistuvuusajalla (normeissa yleensä 50 vuotta).

Toistuvuusanalyysyjä tehdään yleensä luonnonilmiöistä tehtyjen havaintojen avulla, mutta niitä voidaan tehdä myös numeerisilla ilmastomalleilla simuloidun datan avulla. Uusia menetelmiä tähän kehitettiin VTT:ssä Ympäristöklusterin rahoittamassa EXTREMES projektissa v. 2004 - 2008 (Makkonen 2005, 2006, 2008a, 2008b).

Tulevaisuudessa globaali ilmastonmuutos aiheuttaa muutoksia myös ääri-ilmiöiden toistuvuudessa. Kun rakennettu ympäristö suunnitellaan yleensä ainakin 50 vuoden käyttöikä ajatellen, ja mitoituksen perusteena on mittausaineisto esim. 30 edeltävän vuoden ajalta, on hyvin kyseenalaista ovatko suunnitteluperusteet oikeat, jos ilmastossa tapahtuu merkittäviä muutoksia. EXTREMES-hankkeessa tutkittiinkin globaalien ilmastonmuutoskenaarioiden ja alueellisen ilmastomallin avulla sitä, miten ilmastonmuutos vaikuttaa ääri-ilmiöiden esiintymiseen Suomessa ja muissa pohjoismaissa.

Näitä laskentatuloksia voidaan tarkastella erikseen tutkimuspaikkakuntien osalta, jolloin saadaan keskeistä perustietoa paikallisesti ilmastonmuutokseen sopeutumistoimia varten erityisesti olemassa olevan rakennuskannan riskiarvioiden ja korjaustarpeiden, rakennusnormien uusimisen ja maankäytön suunnittelun kannalta (Ala-Outinen et al., 2004).

3.2 Ilmastosimuloinnit

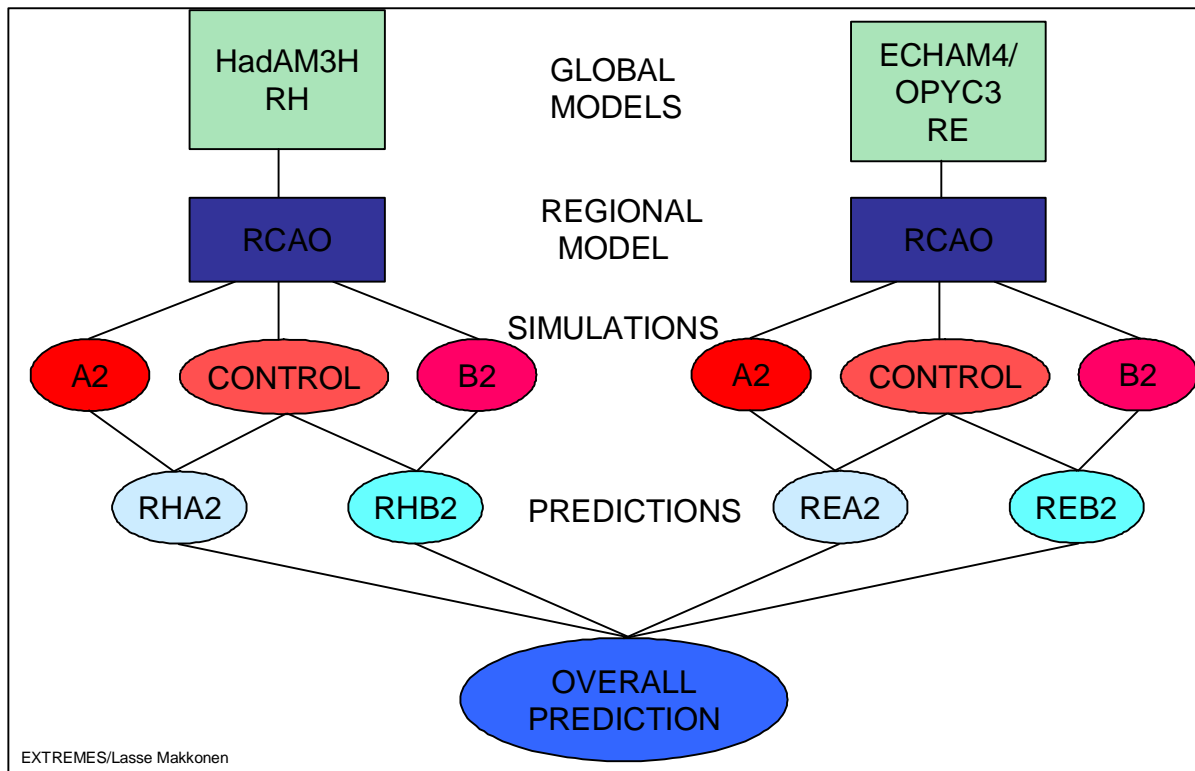
Tässä esitettävät ilmastosimulointien tulokset perustuvat mallisysteemiin, joka koostuu koko maapallon kattavasta globaalista ilmakehä/meri laskentamallista ja Pohjoismaiden aluetta kuvaavasta Ruotsin ilmatieteen laitoksen (SMHI) laskentahilaltaan tarkemmasta alueellisesta ilmastomallista RCAO (Rummukainen et al., 2001, Räisänen et al., 2004). Siinä on mukana erillinen Itämeren lämpötila- ja jääoloja simuloiva malli.

Tutkittava mallisysteemillä tuotettu data käsittää useita 30-vuotisia malliajoja 49 km erotuskyvyltä ja kuuden tunnin aikaresoluutiolla Pohjolan alueelle. Näistä malliajodatoista on poimittu ääritapauksia ja tehty niistä tilastollista ääriarvoanalyysia.

Tulevaisuutta simuloivat ajot pohjautuvat hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) A2- ja B2-skenaarioihin, jotka antavat kaksi vaihtoehtoista arviota kasvihuonekaasujen päästöistä tulevien 100 vuoden aikana. Alueelliset RCAO-ajot käyttävät hyväkseen reunaehtona kahden eri globaalimallin (Hadley Centre ja Max Planck Institute) tuloksia. Näin on saatu

neljä erillistä malliennustetulosta, joiden keskiarvoa voidaan tarkastella ”parhaana ennusteenä”. (Makkonen et al. 2007) (Kuva 5)

Vertailuajojen 1961-1990 tuloksia on verrattu ennusteajon 2071-2100 tuloksiin ja näistä laskettu muutokset kerran 50 vuodessa ylittyville arvoille. Muista julkaistuista tuloksista (Rummukainen & Räisänen, 2001, Palmer & Räisänen, 2002, Räisänen et al., 2004) on etsitty vertailtavaksi myös tarkasteltavien suureiden keskiarvoissa samalla mallisysteemillä lasketut ennakoitavat muutokset.



Kuva 5. Periaatekuva mallisimuloinneista ilmastonmuutokseen liittyvien ääri-ilmiöiden esiintymisen muutoksen ennakoimiseksi.

3.3 Ääriarvoanalyysi

Viidenkymmenen vuoden toistuvuusaikaa vastaavat arvot on analysoitu EXTREMES-projektissa kehitetyllä menetelmällä (Makkonen 2005, 2006, 2008a, 2008b). Tulokset perustuvat simulointijakson 15 suurimman (minimilämpötilan tapauksessa pienimmän) arvon analyysiin sovittamalla niihin GEV-jakauma siten, että sen parametrit määräytyvät empiirisesti jokaisessa tapauksessa erikseen. Sovitus on tehty minimoimalla tarkasteltavan muuttujan varianssi pienimmän neliösumman menetelmällä.

Esimerkkejä analyyseistä esitetään liitteessä 2.

4 Ennakoitu ilmastonmuutos tutkimuspaikkakunnilla

Tulokset perustuvat Ruotsin ilmatieteen laitoksen Rossby Centre:n maa-meri alueilmastomallin RCAO simulointeihin. Extreemien osalta analyysit on tehty Helsingin yliopiston ja VTT:n yhteistyönä. Simuloinnit on tehty kahden globaalimallin reunaehdoilla ja kahta eri Kansainvälisen Ilmastopaneelin IPCC määrittelemää päästöskenaariota käyttäen. Tulokset muutosten osalta kuvaavat näistä saadun neljän simuloinnin keskiarvoa kullakin tutkimuspaikkakunnalla sijaitsevassa laskentapisteessä, joka vastaa mallissa 50km*50 km aluetta. (Kuva 2)

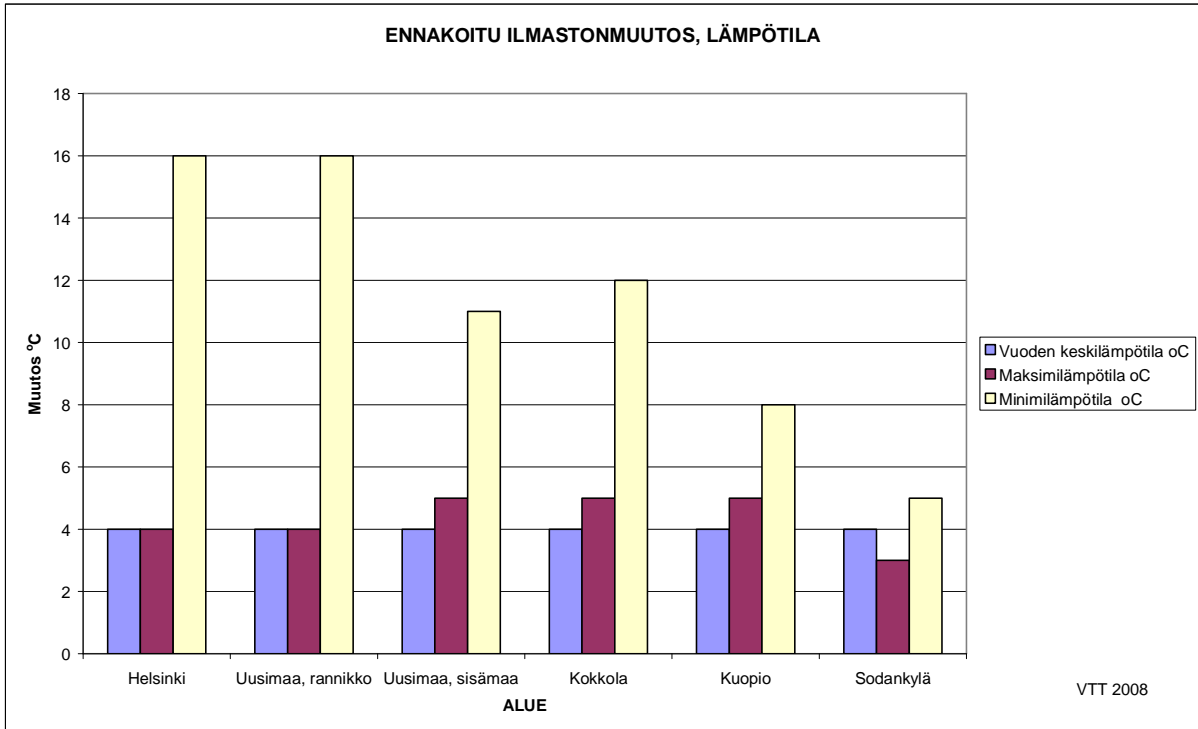
Vertailujaksona ("nykytila") on simulointijakso 1961-1990 ja skenaariojaksona ("ennuste") on simulointijakso 2071-2100.

Extreemit eli maksimit ja minimi kuvaavat keskimäärin kerran 50 vuodessa ylittyvää (alittavaa) arvoa.

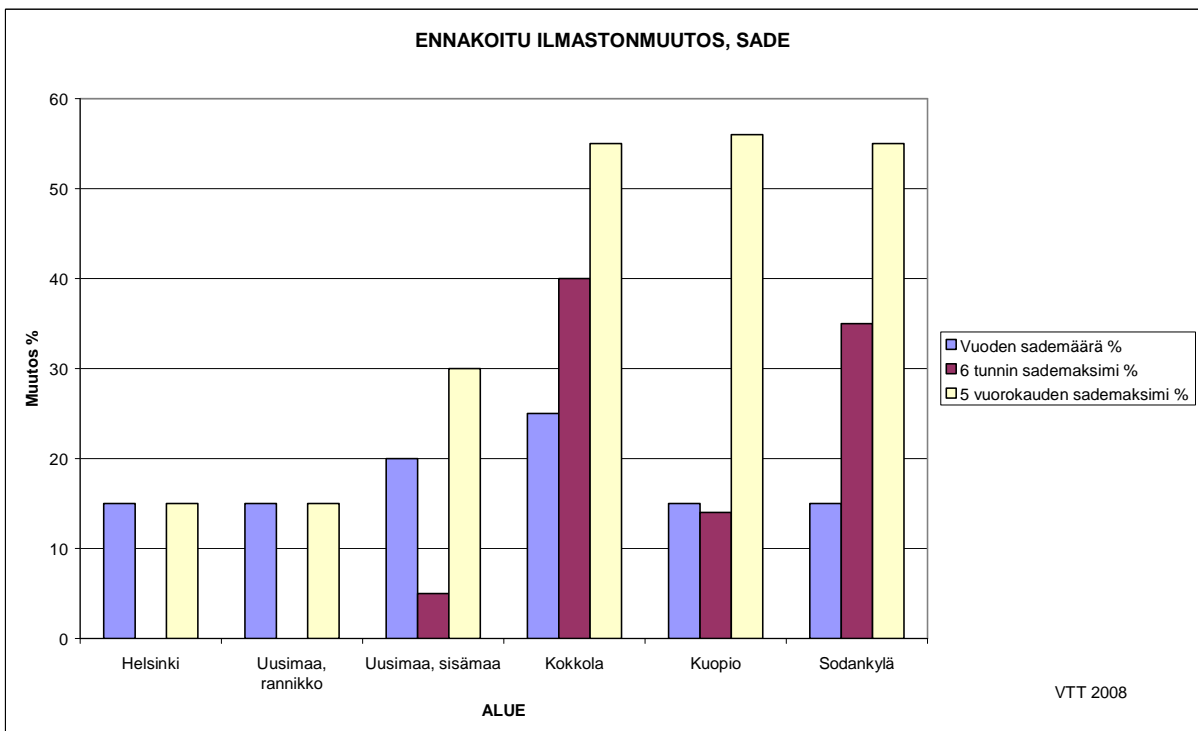
Arvioidut muutokset tutkimuspaikkakunnilla esitetään taulukossa 2 ja kuvissa 6 – 11.

Taulukko 2. Arvioitu ilmastonmuutos tutkimuspaikkakunnilla.

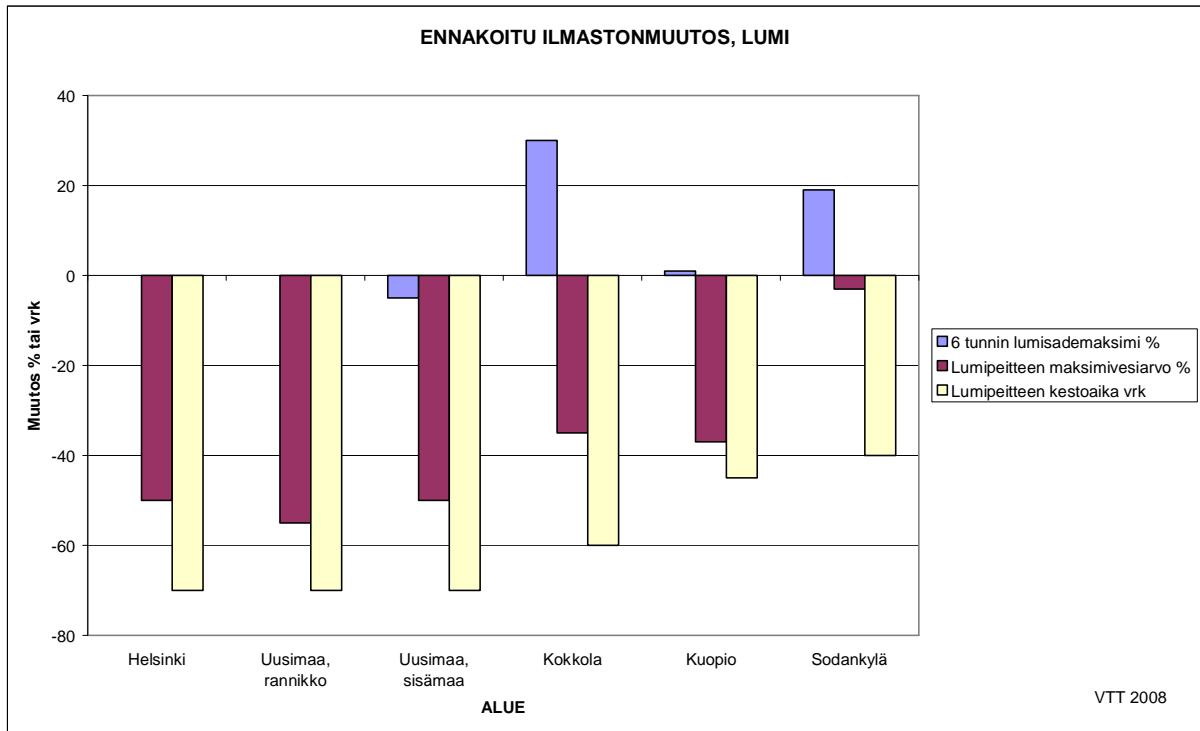
	Helsinki	Uusimaa, rannikko	Uusimaa, sisämaa	Kokkola	Kuopio	Sodankylä
Vuoden keskilämpötila °C	4	4	4	4	4	4
Maksimilämpötila °C	4	4	5	5	5	3
Minimilämpötila °C	16	16	11	12	8	5
Sulamis-jäätymissyklit %	-40	-40	-30	-25	0	15
Vuoden keskituulenoisuus %	2	2	0	0	3	2
Maksimituulenoisuus %	15	15	5	-5	-10	9
Vuoden sademäärä %	15	15	20	25	15	15
6 tunnin sademaksimi %	0	0	5	40	14	35
5 vuorokauden sademaksimi %	15	15	30	55	56	55
6 tunnin lumisademaksimi %	0	0	-5	30	1	19
Lumipeitteen maksimivesiarvo %	-50	-55	-50	-35	-37	-3
Lumipeitteen kestoaika vrk	-70	-70	-70	-60	-45	-40
Meren jääpeitteen kestoaika vrk	-120	-120		-80		



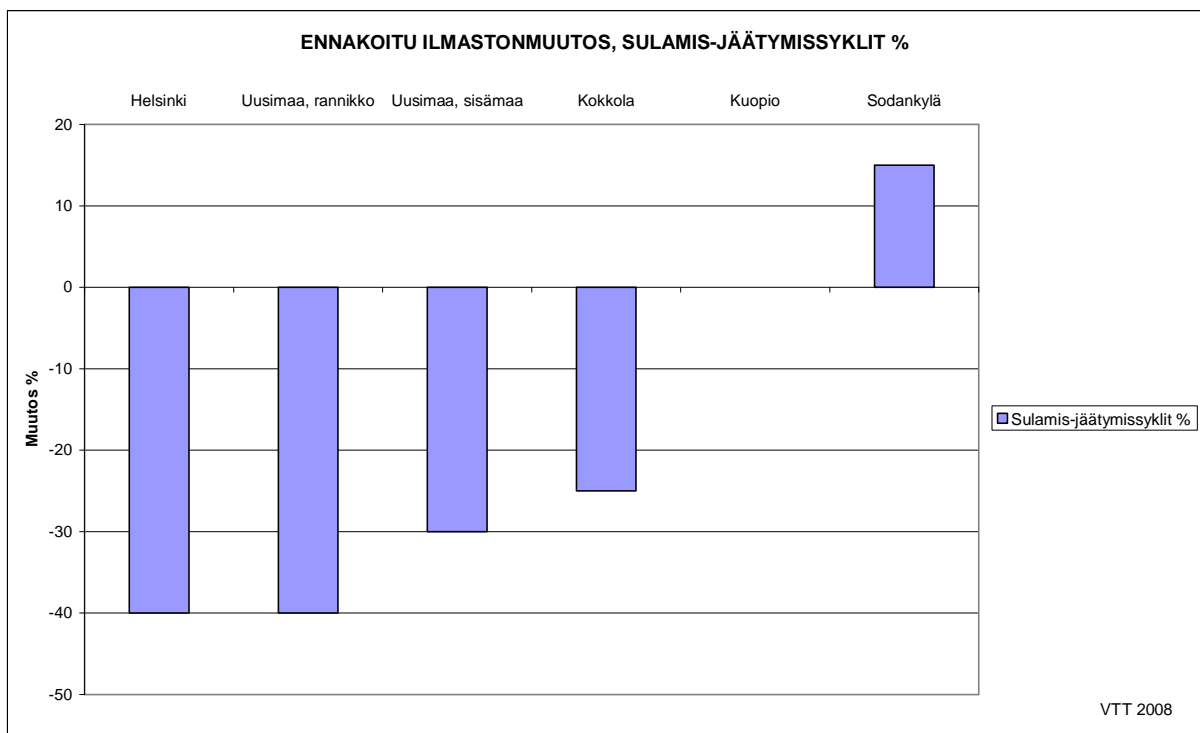
Kuva 6. Ennakoidut muutokset lämpötilassa tutkimuspaikkakunnilla.



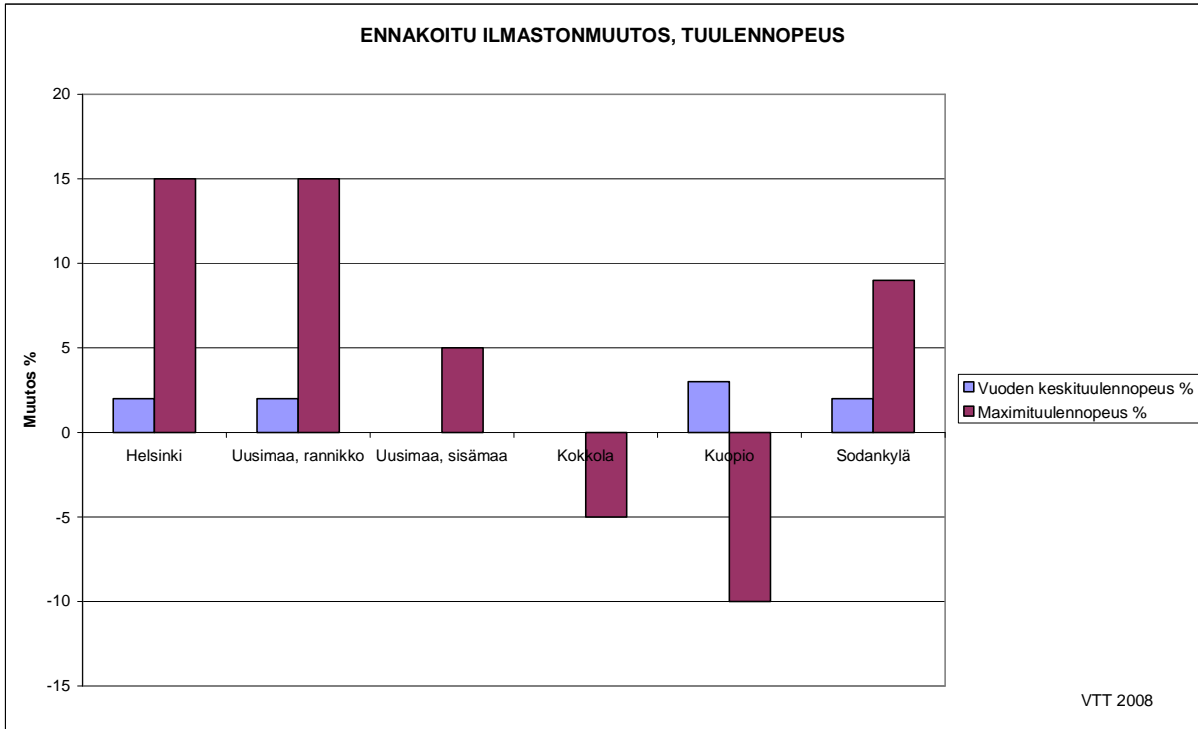
Kuva 7. Ennakoidut muutokset sademäärissä tutkimuspaikkakunnilla.



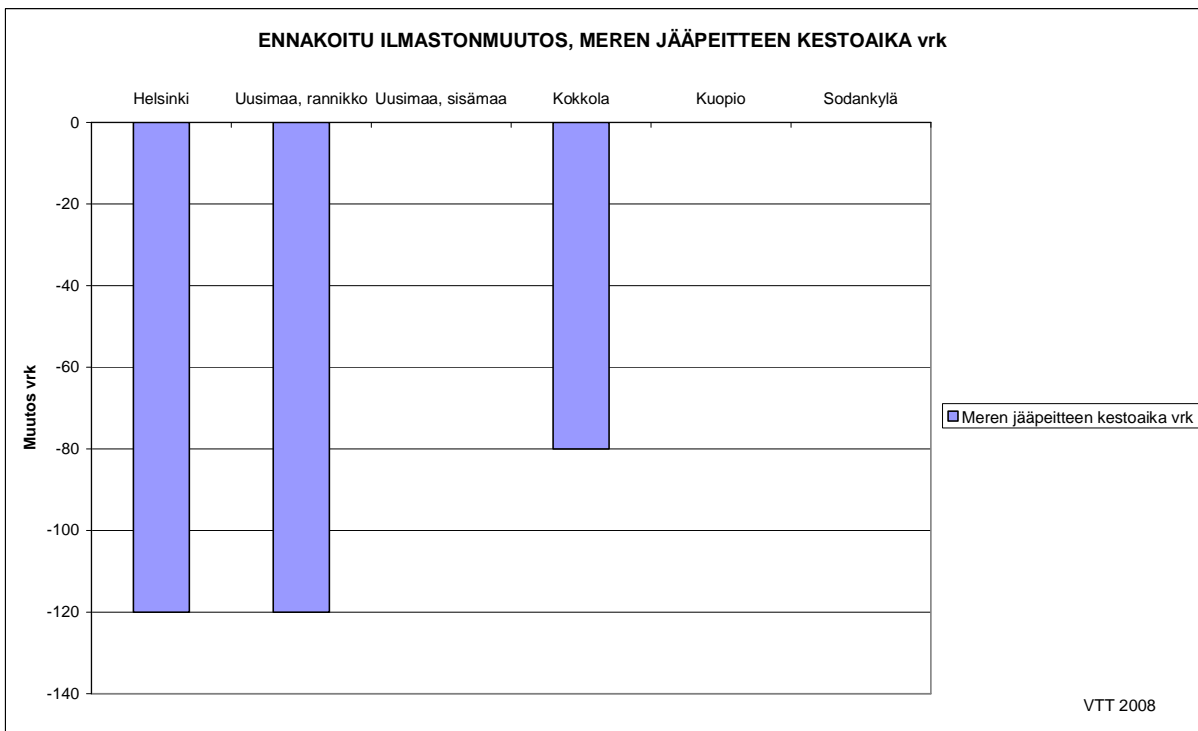
Kuva 8. Ennakoidut muutokset lumessa tutkimuspaikkakunnilla.



Kuva 9. Ennakoidut sulamis-jäätymissykliä muutokset tutkimuspaikkakunnilla.



Kuva 10. Ennakoidut tuulisuuden muutokset tutkimuspaikkakunnilla.



Kuva 11. Ennakoidut muutokset meren jääpiteen kestoajoissa tutkimuspaikkakunnilla.

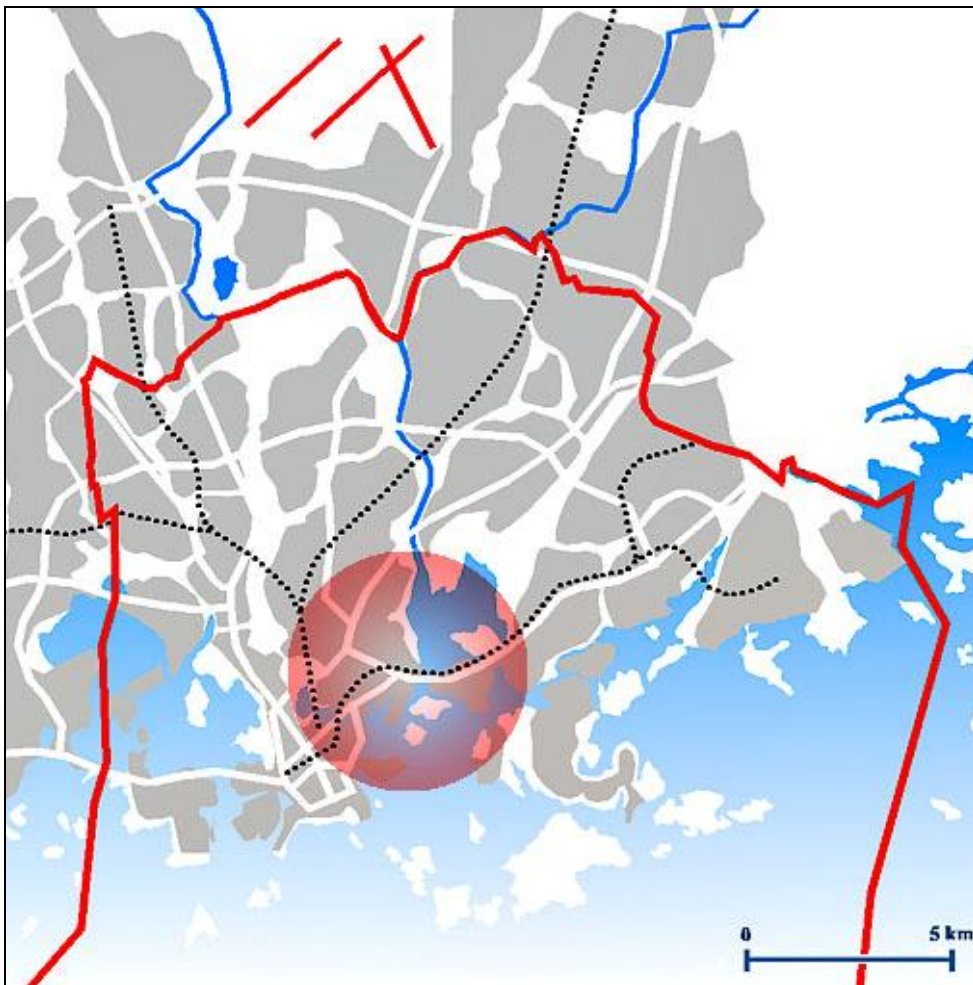
Ennakoidut muutokset ovat useiden tekijöiden osalta merkittäviä. Erot paikkakuntien välillä ovat suuret. Tämän perusteella suunnittelussa tulisi laatia ja hyödyntää ennusteet tulevista muutoksista ja ottaa niiden vaikutus huomioon.

5 Tutkimuskohteiden yhteenvedot

5.1 Helsingin Kalasatama

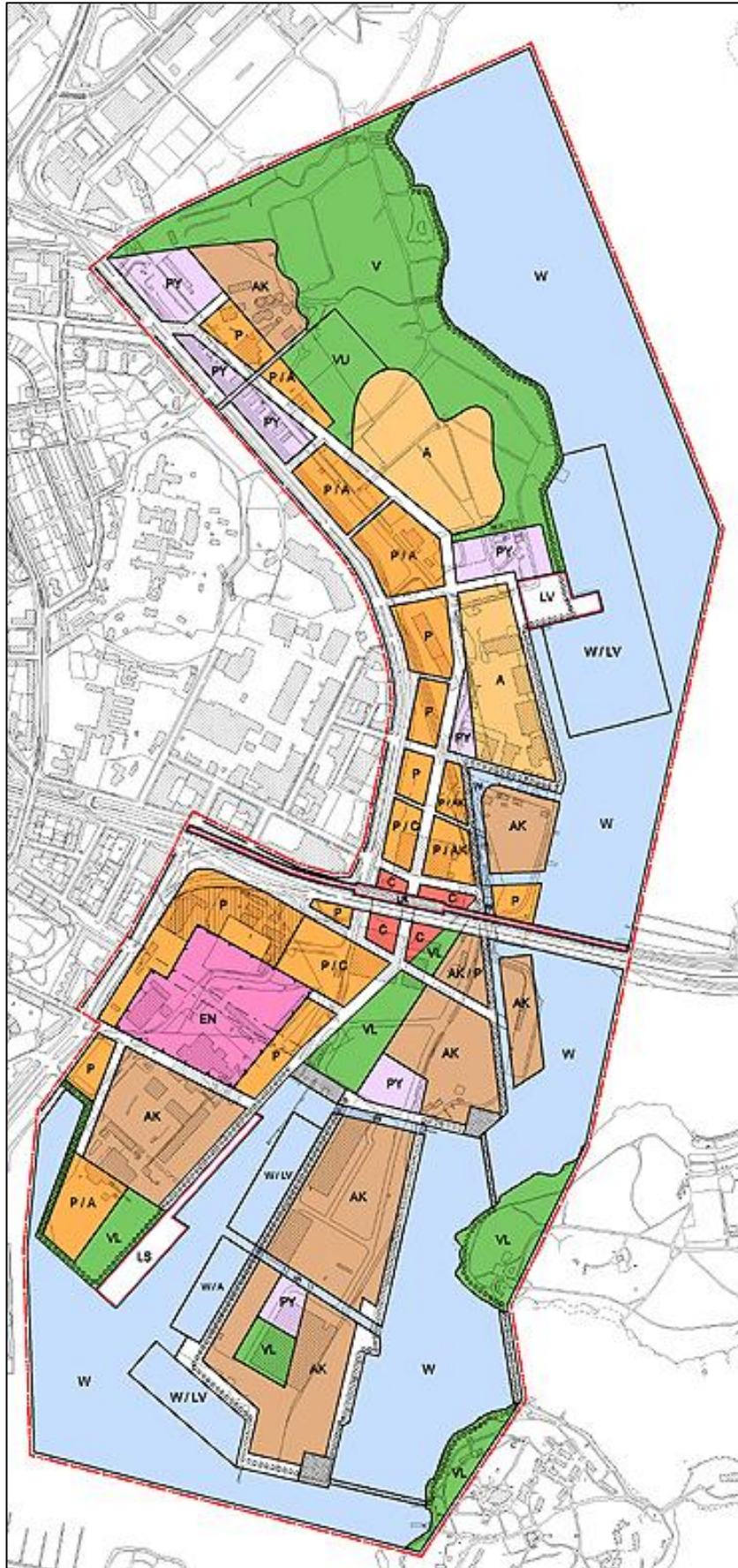
5.1.1 Sörnäistenrannan-Hermanninrannan (Kalasataman) osayleiskaava- valuunnos

Kalasataman aluetta suunnitellaan noin 15 000 asukkaalle, mikä tarkoittaa 5 000 - 7 000 asuntoa. Työpaikkoja alueelle tulee 6 000 - 7 000. Osayleiskaava-alue sijaitsee keskeisesti yhdyskuntarakenteessa Helsingin itäisessä kantakaupungissa (kuva 12).



Kuva 12. Sörnäistenrannan-Hermanninrannan (Kalasataman) osayleiskaava-alueen yleispiirteinen sijainti (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto).

Osayleiskaava-alueen suunnittelusta analysoidaan ilmastonmuutoksen kannalta sekä hillitsemisen että sopeutumisen osalta. Tutkimusaineistona on käytetty osayleiskaava-alueen karttaa (kuva 13), illustraatiota (kuvat 14 ja 15), kortteli- ym. suunnitelmia, vaikutusten arviointeja ja muuta käytettävissä olevaa aineistoa.



Kuva 13. Sörnäistenrannan-Hermanninrannan (Kalasataman) osayleiskaava-aluekartta (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto)



Kuva 14. Sörnäistenrannan-Hermanninrannan (Kalasataman) osayleiskaava-alueen suunnittelun kuvaus (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto)



Kuva 15. Illustraatio Kalasataman osayleiskaava-alueesta (Kuva: Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto).

5.1.2 Merenpinnan muutokset

Kalasataman merenpinnan korkeuden kehityksen arviointi perustuu merentutkimuslaitoksen raporttiin ”Perusselvitys Kruunuvuorenrannan kaavoituksen merenpinnan suunnitteluohjetta varten” (Kahma & Johansson 2002).

Helsingin edustalla maankohoamisen arvoksi on laskettu n. 3,5 mm vuodessa. Keskimääräisen vedenkorkeuden pitkäaikaisen muutoksen suunta määräytyy maankohoamisen ja valtameren pinnan nousun erosta. Tulevaisuudessa valtameren pinnan nousun ennustetaan kiihtyvän, jolloin keskimääräinen vedenkorkeus saattaa lähteä nousuun joillakin osilla rannikkoa.

Suomen rannikon vedenkorkeuden pitkäaikaiseen käyttäytymiseen vaikuttaa myös Itämeren kokonaisvesimäärä. Sitä säätelee pääasiassa veden vaihto Tanskan salmien läpi. Tanskan salmien ahtaudesta johtuen veden vaihto on hidasta, eivätkä nopeat vedenkorkeusvaihtelut tasoi tu salmien läpi. Vesimäärän vaihtelut ovat sidoksissa länsivirtauksen voimakkuuteen.

Vedenkorkeuden pitkäaikaiset vaihtelut ovat samantapaisia koko Itämerellä. Lyhytaikaisten vaihteluiden kannalta tärkeimmät tekijät ovat tuuli ja ilmanpaine. Niiden vaikutus voi olla hyvinkin paikallinen.

Ilmanpaine vaikuttaa vedenkorkeuteen ns. käänteisen barometriefektin kautta. Korkea ilmanpaine painaa vettä alaspäin, kun taas matalapaine nostaa vedenpinnan tasoa. Teoriassa yhden millibaarin ilmanpainemuutos aiheuttaa yhden senttimetrin vedenkorkeusmuutoksen - käytännössä muutos on pienempi.

Itämeri on lähes suljettu allas, jossa esiintyy vedenkorkeuden heilahtelua altaan päästä toiseen. Vuorovesi on amplitudiltaan vain joidenkin senttimetrin luokkaa Suomen rannikolla.

Kruunuvuorenrannan paikalliset olosuhteet aiheuttavat vedenkorkeuden poikkeamisen Helsingin edustan yleisestä arvosta. Näistä tärkein on tuulen aiheuttama vedenpinnan kallistuminen Kruunuvuorenselällä. Tähän tilanteeseen aina liittyy myös aallokkoa, jonka vaikutus on selvästi suurempi.

Tulevaisuudessa vedenkorkeuden käyttäytymisen voidaan ennustaa muuttuvan ilmastollisten tekijöiden muutosten vaikutuksesta. Maapallon ilmaston ennustetaan muuttuvan tulevien vuosikymmenien aikana mm. kasvihuoneilmiön vuoksi. Erityisesti maapallon keskilämpötilan ennustetaan kasvavan.

Maapallon keskilämpötilan muutos vaikuttaa valtamerien pinnankorkeuteen välillisesti useamman mekanismin kautta. Meriveden lämpölaajeneminen ja mannerjäätiköiden sekä pienempien vuoristo- ja maajäätiköiden sulaminen nostavat vedenpintaa. Toisaalta lämpötilan noususta aiheutuva lisääntynyt sademäärä saattaa myös kasvattaa Etelämantereen jäätikköä. (Kahma & Johansson 2002)

Kalasadaman alueella on noudatettu Helsingissä käytössä olevaa suositusta rakennusten alimaksi lattiatasoksi +3 m keskivedenpinnasta. Tämän on arvioitu olevan riittävä ilmastomuutoksen vaikutusten huomioon ottamiseksi. Helsingin kaupunki seuraa uusimpia arvioita merenpinnan noususta ja selvittää aluekohtaisesti tarvittavat toimenpiteet.

5.1.3 Ilmastomuutokseen sopeutuminen

5.1.3.1 Helsingin ilmasto kaava-suunnittelun kannalta

Helsinkiä ympäröivät idässä, etelässä ja lounaassa suuret vesialueet, joiden ansiosta tuulet pääsevät kaupunkiin näistä suunnista suurella voimalla. Eri vuodenaikoina esiintyvät tuulensuunnat ja niiden keskimääräinen nopeus Kaisaniemen sääasemalla on esitetty kaavioina liitteessä 3. Varsinkin etelä- ja lounaistuulen ympäristöä kuormittava voima on nähtävissä sekä rakennuksissa että maastosta.

Keski-ilmastoa muokkaa voimakkaasti rannikosta johtuva vuorokautinen tuulijärjestelmä, jossa esiintyy päiväsaikaan lounainen/eteläinen merituuli ja yöaikaan pohjoinen maatuuli. Tämä rannikkotuuli on yleinen erityisesti keväisin ja kesäisin aurinkoisina päivinä.

Pihojen ja oleskelualueiden suojauksen kannalta tärkeimmät tuulensuunnat Helsingin kanta-kaupungissa ovat meren suunta sekä pohjoinen.

5.1.3.2 Kalasadaman alueen mikroilmasto

Vallitsevia etelä- ja lounaistuulia vastaan alue on suojaton. Kaupunginosan mikroilmastoa muokkaavat vesialueet ja tulevaisuudessa rakennettavat suuret rakennusmassat, joiden ympärillä esiintyy voimakkaita tuulikanavia sekä ylös- ja alaspäin suuntautuvia turbulenseja. Myös avoimet katutilat ja viheralueet sekä suuret paikoitusalueet ovat varsin tuulisia. Suunnittelualueen länsipuolella on tiivistä kerrostalorakennetta, joka ”sokkeloisuutensa” ansiosta on mikroilmastollisesti hyvä, ja suojaa Kalasatamaa länsituulilta.

Voimakkaat ilmavirtaukset tekevät ulkona olemisen kylmäksi, kadulla kulkemisen vaaralliseksi, aiheuttavat vaurioita kylmänaroille kasveille ja lisäävät energiankulutusta. Toisaalta tuulet ovat sikäli hyödyksi, että ne tuulettavat pois pakokaasut ja muut ilmansaasteet.

Pihojen, leikkikenttien, kevyenliikenteenväylien ja linja-autopysäkkien viihtyisyyden kannalta Kalasataman eteläisellä osalla on tärkeintä suojautuminen eteläisiä, lounaisia ja kaakkoistuu- lia vastaan. Energian säästämiseksi rakennusten julkisivuja tulisi suojata erityisesti pohjoises- ta ja idästä kohdistuvilta viimoilta. Harvahkoilla lehtipuukujilla ei mikroilmaston kannalta ole paljoa vaikutusta.

5.1.3.3 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus Kalasatamassa

Alueellisen ilmastomallin simuloinnin perusteella (luku 4) Helsingin ilmastossa tulee tapah- tumaan useita muutoksia:

- lämpötilat tulevat nousemaan
- tuulisuus ja myrskyt lisääntyvät
- vesisateet lisääntyvät
- lumimäärät vähenevät, mutta lumimyrskyt voivat olla ankaria
- meri on jäässä vain lyhyen ajan; aallokko lisääntyy.

Lämpötilan nousu tulee vähentämään kylmyydestä johtuvaa lämmönkulutusta, mutta kasvava tuulisuus toisaalta lisää rakennusten jäähtymistä. Koska Kalasataman alueella tuulen jäähdyt- tävä voima on merkittävä, ei energiansäästötoimenpiteistä voida tinkiä.

Maksimituulennopeuksien kasvaminen 15 prosentilla rasittaa sekä rakennuksia että vaikeuttaa kävelyä ja pyöräilyä. Rantalaitureilla ja silloilla kulkeminen tulee entistä vaikeammaksi ja toi- sinaan mahdollisesti vaaralliseksi. Kattorakenteisiin, julkisivuihin, katoksiin ja parvekelasi- tuksiin tulee kohdistumaan nykyistä suurempia tuulikuormia.

Sateiden lisääntyminen on huomioitava sadevesiviemäreiden mitoituksessa.

Meren pysyminen sulana lähes läpi vuoden, yhdessä tuulen lisääntymisen kanssa, pidentää kosteaa tuulista välivuodenaikaa. Kosteuden lisääntyminen nollalämpötilan molemmiin puolin lisää liukkautta. Koska meri ei jäädy, kohdistuu rantoihin myös talvella terävä aallokko, joka rantaa tullessaan heittää pisaroita rantakaduille ja niiden varrella olevien rakennusten jul- kisivuihin.

5.1.3.4 Osayleiskaavaaluonnos

Suunniteltu uusi rakentaminen sijoittuu Kruunuvuorenselän ja Vanhankaupunginlahden väli- seen saaristoiseen vyöhykkeeseen, johon tuulet pääsevät suhteellisen voimakkaina etelästä ja koillisesta. Osayleiskaava-alueen eteläisen puoliskon rakennusmassat halkaisee lounaaseen merelle avautuva ja meren suuntaan levenevä avoin alue, jolla lounais- ja länsituulen nopeus pääsee nousemaan huomattavan korkeaksi. Rakennusten nurkkiin, korkeiden rakennusten suojanpuolelle ja katukanjoneihin syntyy pyörteisiä ilmavirtauksia.

Kaakkois- ja itätuulella ilmavirtaukset liikkuvat itä-länsi suuntaisilla kaduilla, mutta lähellä sijaitsevat saaret heikentävät jonkin verran tuulen voimakkuutta.

Kantakaupunki suojaa Kalasatamaa suorilta länsi ja pohjoistuulilta, mutta ympäristöönsä kor- keammat rakennukset ohjaavat tällöinkin voimakkaita ilmavirtauksia alas katutasoon aiheut- taen paikallisia ongelmakohtia. Osayleiskaavan pohjoinen puolisko on altis Vanhankaupun- ginlahdelta tuleville pohjois- ja koillistuulille, jotka ovat kylmiä kaikkina vuodenaikoina.

Illustraatiossa esitettyjen umpikortteleiden pihojen mikroilmasto on hyvä, mutta rakennusrivistöihin jätetyt aukot aiheuttavat paikallisesti voimakkaita ilmavirtauksia. (Kuva 16)

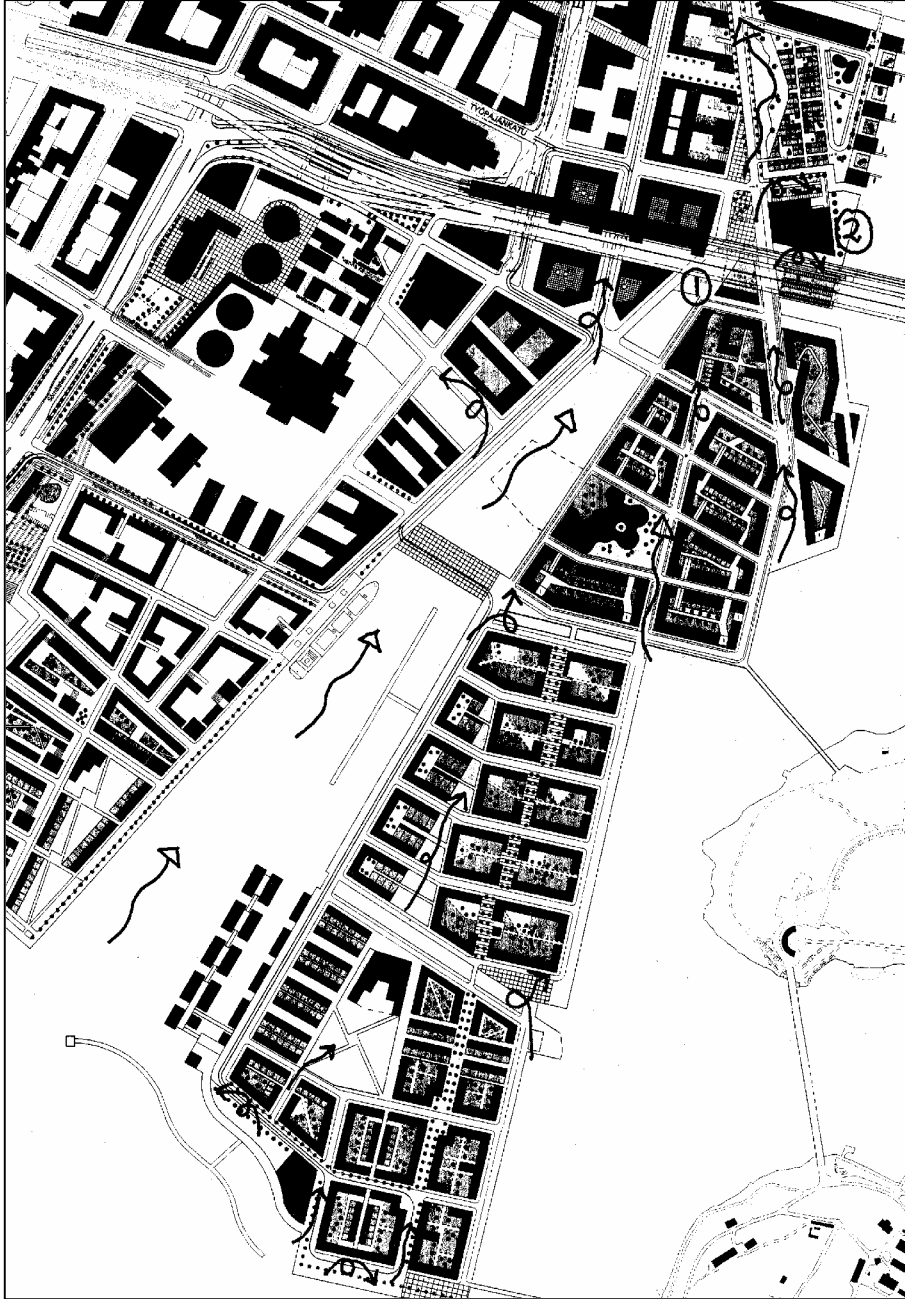
5.1.3.5 Kalasataman alueen korttelisuunnitelmat

Aloituskortteli ”Paja” sijaitsee Kulosaarensillan pohjoispuolella, suhteellisen hyvin suojassa etelätuulilta, mutta avoimena pohjoiseen. Sillan eteläpuolella oleva avoin alue ohjaa voimakkaan etelätuulen kohti kortteliä. Asuntokortteli on kuitenkin suojauksilla helposti hoidettavissa, mutta katualue jäänee tuuliseksi. Pohjoistuulilta aluetta suojaa pitkä rakennusmassa, mutta rakennusrivissä olevasta aukosta ilmavirtaus pääsee katutilaan. Korttelin itälaidassa olevat korkeat pistetalot yhdessä ”Kraanan” kanssa ohjaavat voimakkaita ilmavirtauksia katutasolle.

Arkkitehtonisesti monimuotoinen ”Kraana” yhdessä Kulosaarensillan kanssa on vaikeasti hallittava kokonaisuus mikroilmastollisesti (sillan kohta on suunnitelmista vaikeasti luettavissa, mikä tekee mikroilmastoanalyysin tässä vaiheessa näiltä osin epävarmaksi). ”Kraanan” rakennusmassa ohjaa katutasoon, mahdollisille kattotasanteille ja naapurikortteliin asti ilmavirtauksia, jotka paikoin ovat vaarallisen voimakkaita.

Kortteli ”Telakka” aukeaa etelään, altistaen sisäpihat vallitseville tuulille ja aallokon lennättämille vesipisaroille. Suunnitellut pitkät julkisivut ja siltamaiset rakenteet osaltaan vielä lisäävät tuulen voimakkuutta, ellei tuulienergiaa sidota riittävästi.

Esitetyt harvat puurivit lisäävät kohdallaan hieman katutason tuulisuutta erityisesti kesäisin ja alkusyksystä. Suunnitelmien mukaiset matala-tiivis-korttelit ovat mikroilmastoltaan positiivisia. (Kuva 17)



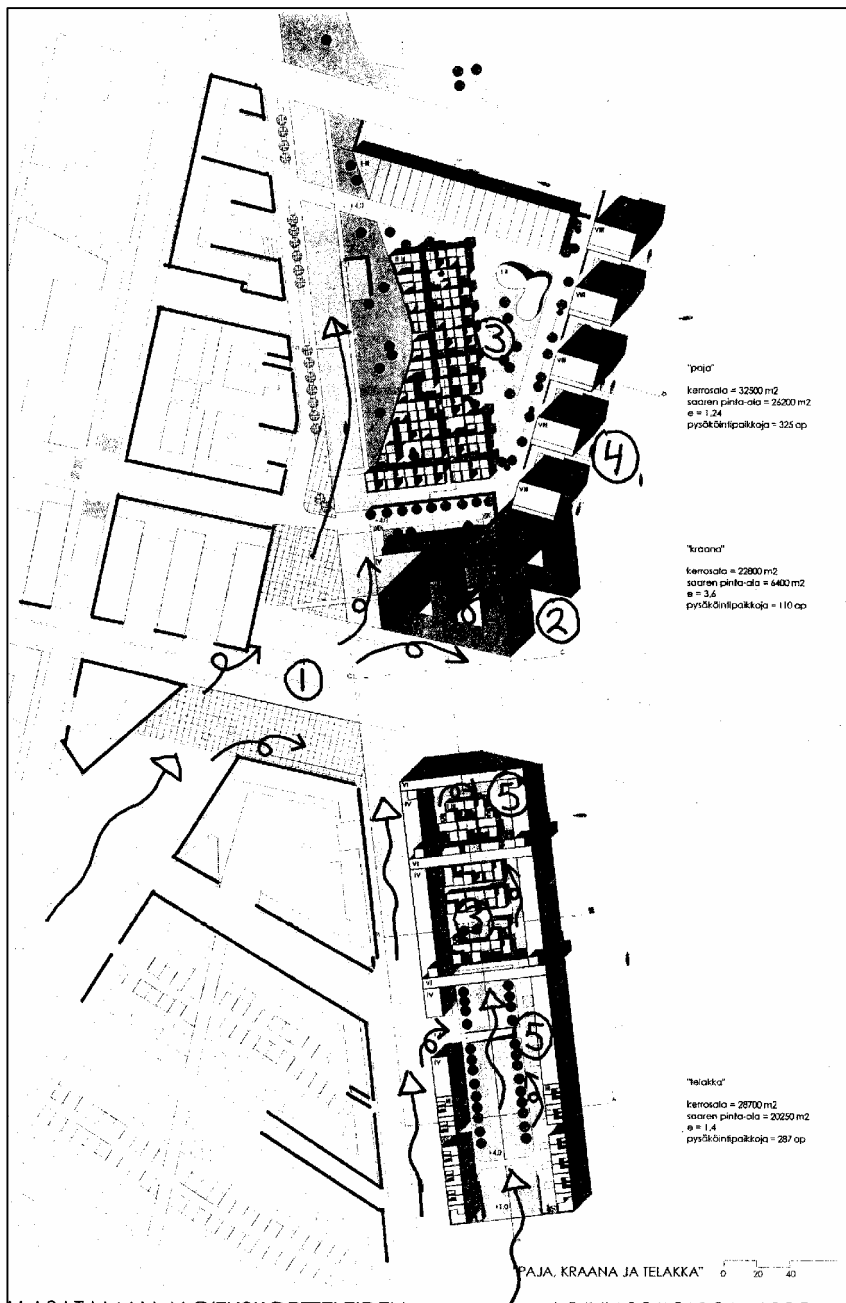
Voimakas tuuli



Pyörteinen tuuli

- 1) Merelle aukeava kapeneva laaja suppilomainen aukea kiihdyttää tuulennopeuden huomattavasti perustuulennopeutta suuremmaksi. Sillan alla tuuli voi olla vaarallisen voimakas.
- 2) Korkea rakennus ja siinä olevat solat aiheuttavat vaikeasti ennakoitavia ilmavirtauksia ja turbulensseja, jotka voivat edellyttää erityistoimia jalankulun turvallisuuden varmistamiseksi.

Kuva 16. Kalasataman osayleiskaavan eteläisen puoliskon tuulisuus lounaistuulella. Etelätuulella tilanne on lähes samanlainen.



 Voimakas tuuli

 Pyörteinen tuuli

- 1) Tuuli voi olla vaarallisen voimakas
- 2) Vaikeasti ennakoitavia ilmavirtauksia ja turbulensseja
- 3) Suhteellisen matalaa ja pienimittakaavaista rakentamista, millä alueella ilmavirtaukset pysyvät kattojen yläpuolella.
- 4) Korkeat rakennusmassat aiheuttavat voimakkaita alaspäin suuntautuvia ilmavirtauksia ja pyörteisyyttä katutasoon.
- 5) Pitkät ja korkeat seinämät tuulelle avoimessa tilassa aiheuttavat julkisivun suuntaisen pyörretuulen.

Kuva 17. Kalasataman aloituskorttelien tuulisuus etelätuulella. Lounaistuulella tilanne on lähes samanlainen.

5.1.3.6 Suunnitteluohjeita

Aluetaso

Kalasadaman osayleiskaavan rakennuskortteleiden päälinjat määräytyvät rannanmuotojen ja tehtyjen täyttöjen mukaan, eikä niiden muuttaminen juurikaan ole mahdollista. Perusmuodosta johtuen alueelle kohdistuu useita tuulikanavia, jotka toisaalta huonontavat mikroilmastoa, mutta toisaalta tuovat merellisiä maisemia asutuksen keskelle.

Aluetasolla ei mikroilmastolle tai ilmaston muutoksen tuomille ongelmille voida tässä tapauksessa tehdä paljoakaan. Katujen tuulisuutta voitaisiin jonkun verran vähentää kaavoittamalla Camillo Sitten oppien mukaisesti vaihteleva katuverkosto, kuten Etu-Töölössä ja osittain Kattajanokalla on tehty.

Korttelitaso

Tuulisuutta ajatellen katualueet, rakennukset ja pihat muodostavat yhdessä toimivan kokonaisuuden. Sulkemalla kortteleita ja rakentamalla suhteellisen tiheää tasakorkeaa struktuuria voidaan ilmavirtauksia vaimentaa huomattavasti varsinkin pihoilla.

Pitkät suorat kadut ovat helposti tuulisia, ja viisto tuuli aiheuttaa tällaisessa katukanjonissa pitkän pyörteisen virtauksen. Yli 30 metrin mittaisilla aukeilla tuuli laskee alas maantasoon ja pääsee puhaltamaan jo voimakkaasti. Yli kolmekerrosiset ja 20 metriä pitkät rakennukset sekä tornit tai muut ympäristöään korkeammat rakennukset aiheuttavat voimakkaita turbulensseja ympärilleen (Alberts 1982, Børve 1987, Evans 1991).

Tuulen vaimentamiseksi pihat jaotellaan tarvittaessa rakennuksin ja istutuksin.

5.1.4 Kasvihuonekaasupäästöt

Kalasadaman osayleiskaava-alueen toteuttamisesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu yleispiirteisesti alueen valmistuttua vuoden 2025 tilanteessa rakennusten energiankäytön ja sen edellyttämän energiantuotannon sekä liikenteen osalta. Arviointi perustuu osayleiskaava-aineistoon ja Helsingin yleiskaavan 2002 ilmastovaikutusten arvioinnissa käytettyihin lähtöoletuksiin (Harmaajärvi 2002).

5.1.4.1 Rakennukset

Osayleiskaavan kokonaismitoitus on:

Asuminen	600 000 k-m ²
Toimitilat	485 000 k-m ²
Alueelliset palvelut	30 000 k-m ²
Seudulliset palvelut	30 000 k-m ²

Yhteensä 1 145 000 k-m²

Rakennusten lämmitykseen arvioidaan kuluvan energiaa vuoden 2025 tilanteessa asuinrakennuksissa 132 kWh kerrosneliometriä kohden ja toimitiloissa 198 kWh kerrosneliometriä kohden. Sähkön ominaiskulutuksen arvioidaan olevan asuinrakennuksissa 52 kWh kerrosne-

liömetriä kohden ja toimitiloissa keskimäärin 163 kWh kerrosneliömetriä kohden. Energiantuotannon kasvihuonekaasujen ominaispäästön arvioidaan olevan 260 CO₂-ekv. g/kWh.

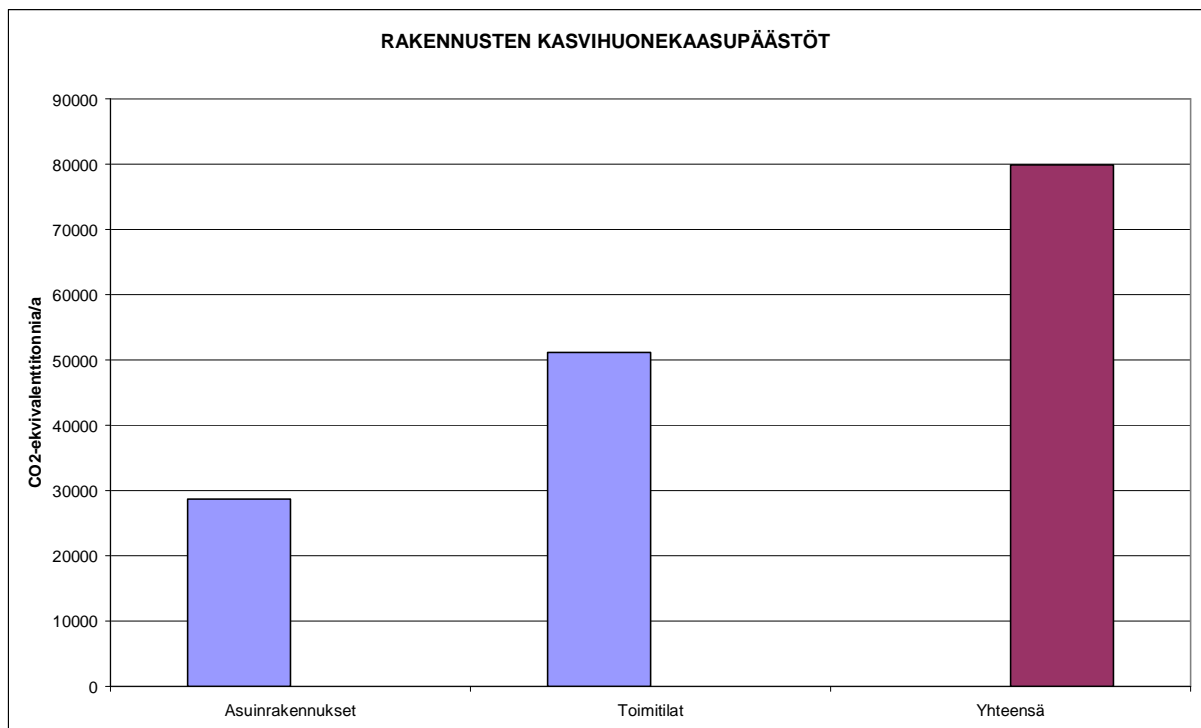
Kalasadaman rakennusten energiankäytöstä arvioidaan aiheutuvan kasvihuonekaasupäästöjä kaikkiaan 79 900 CO₂-ekv.tonnia vuodessa. Asuinrakennusten osuus päästöistä on 28 700 CO₂-ekv.tonnia ja toimitilojen osuus 51 200 CO₂-ekv.tonnia (kuva 18).

Kalasadaman kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 10 % Helsingin yleiskaavan 2002 uusien rakennusten energiankulutuksesta aiheutuvista päästöistä vuoden 2025 tilanteessa (Harmaajärvi 2002).

Kalasadaman arvioidut kasvihuonekaasupäästöt ovat rakennusten osalta 5,3 tonnia/asukas.

Pääkaupunkiseudun lämmityksestä ja sähkönkulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2003 Uudenmaan liiton ja YTV:n tekemän arvion mukaan 6 573 900 tonnia (Huuska 2006). Aukasta kohden laskettuna päästöt olivat 6,7 tonnia/asukas. Uudenmaan lämmityksestä ja sähkönkulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2003 saman arvion mukaan 8 636 000 tonnia, mikä vastaa 6,5 tonnia/asukas.

Aukasta kohden lasketut päästöt riippuvat mm. rakennuskannan ominaisuuksista, asuinrakennusten ja toimitilojen keskinäisestä suhteesta ja asumisväljyydestä sekä energiantuotantotavasta.



Kuva 18. Kalasadaman rakennusten energiankäytöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt.

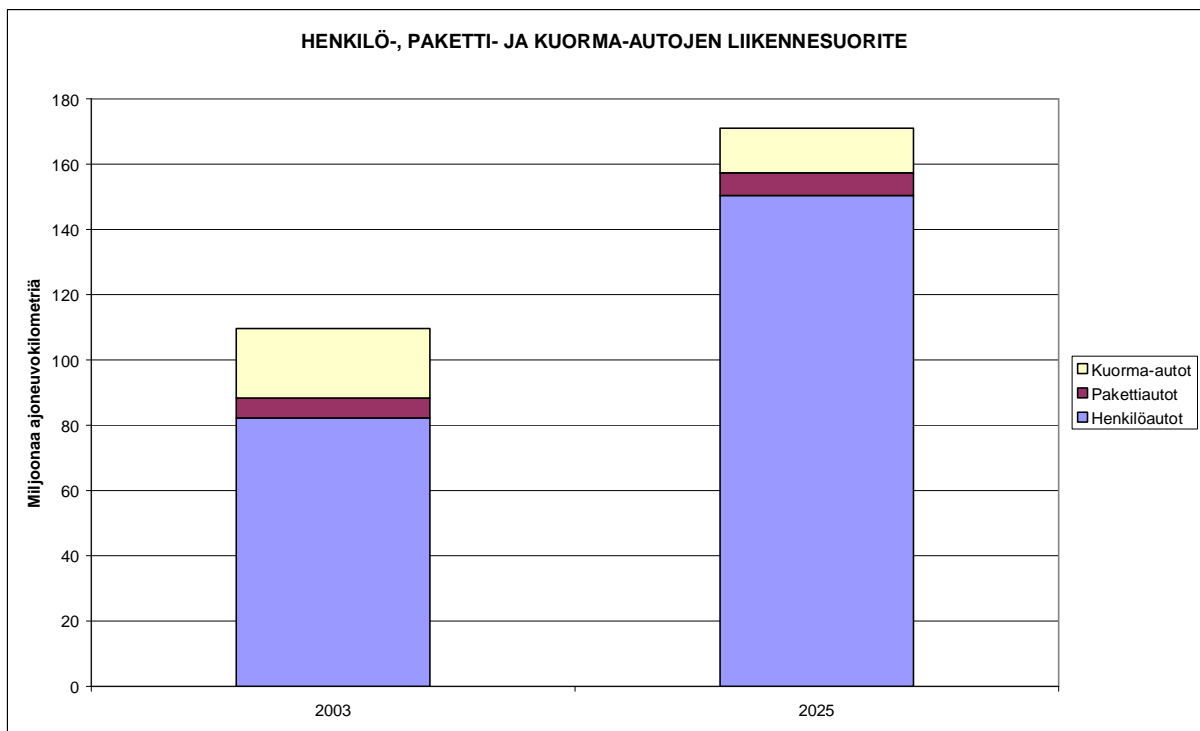
5.1.4.2 Liikenne

Kalasadaman synnyttämän ulkoisen liikenteen arvioidaan olevan vuonna 2025 32 000 autoa vuorokaudessa eli 36 000 henkilöautoyksikköä (raskaan liikenteen osuus 7 %). Kalasadaman metroaseman päivittäinen matkustajamäärä on vuonna 2007 noin 6 000 matkustajaa ja sen

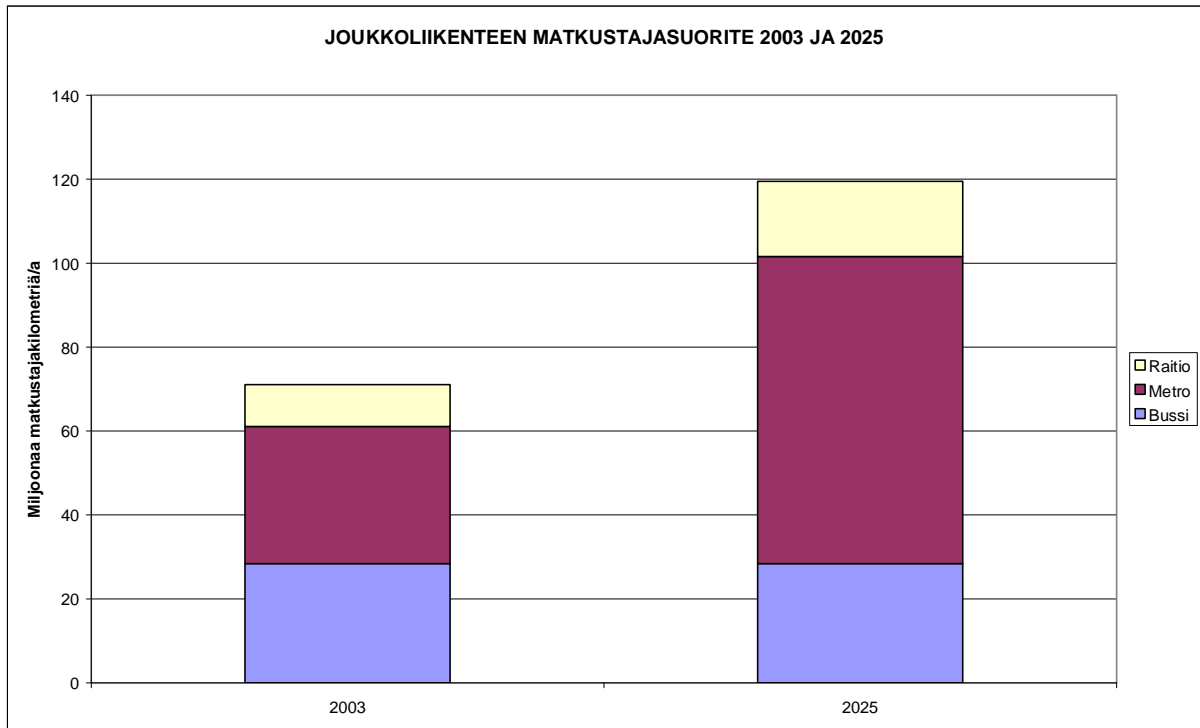
ennustetaan kasvavan noin 25 000 matkustajaan vuonna 2025. Osayleiskaava-alueen läpi metroaseman vieritse suunnitellaan kulkevaksi uusi raitiolinja. Kävely ja pyöräily perusliikku-
mismuotona ovat tärkeässä asemassa aluetta suunniteltaessa. Alueelle rakennetaan myös ve-
nesatamia.

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu alueelta alkavien ja alueelle päättyvien matko-
jen arkivuorokauden suoritteiden perusteella (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, liikenne-
suunnitteluosasto). Arkivuorokauden suoritteet on muutettu vuotuisiksi suoritteiksi kertomalla
ne luvulla 315 (Harmaajärvi & Huhdanmäki 1999). Suoritteita on tarkasteltu henkilö- paketti-
ja kuorma-autojen osalta ajoneuvokilometreinä ja joukkoliikenteen osalta matkustajakilomet-
reinä. Joukkoliikenteen matkustajakilometrisuoritteiden jakautuminen eri joukkoliikennemu-
otoihin on arvioitu HKL:n nykyisen jakautuman ja Helsingin yleiskaavan 2002 arvioiden pe-
rusteella (Harmaajärvi 2002).

Kalasadaman vaikutusta liikenteeseen kuvataan suoritteiden muutoksena henkilö-, paketti- ja
kuorma-autojen osalta kuvassa 19 ja joukkoliikenteen osalta kuvassa 20.



Kuva 19. Kalasadaman henkilö-, paketti- ja kuorma-autojen liikennesuorite vuonna 2003 ja 2025.



Kuva 20. Joukkoliikenteen suorite, matkustajakilometriä vuodessa.

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen arvioinnissa on käytetty seuraavia yksikköpäästöjä (CO₂-ekvivalenttitonnia):

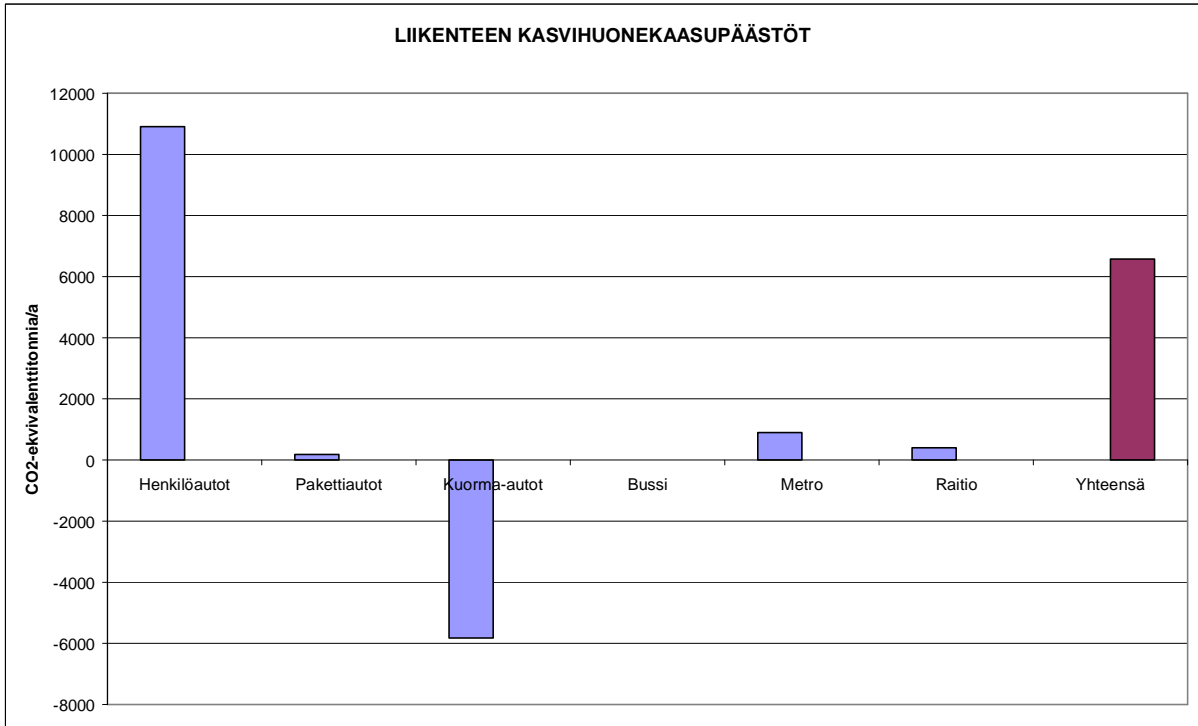
Henkilöauto	160 g/ajon.km
Pakettiauto	240 g/ajon.km
Kuorma-auto	770 g/ajon.km
Bussi	54 g/matkustajakm
Metro	22 g/matkustajakm
Raitio	51 g/matkustajakm

Yksikköpäästöt ovat henkilö-, paketti- ja kuorma-autojen osalta noin 17 % pienemmät kuin vuoden 2000 tilanteessa ja joukkoliikenteen osalta noin 14 % pienemmät kuin vuoden 2005 tilanteessa.

Kalasadaman osayleiskaavan toteuttamisesta arvioidaan vuonna 2025 aiheutuvan liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä kaikkiaan 6 600 CO₂-ekvivalenttitonnia vuosittain (kuva 21). Päästöjä aiheutuu uutta asukasta kohden laskettuna 0,4 tonnia/asukas.

Kalasadaman liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 7 % Helsingin yleiskaavan 2002 arvioiduista liikenteen päästöistä.

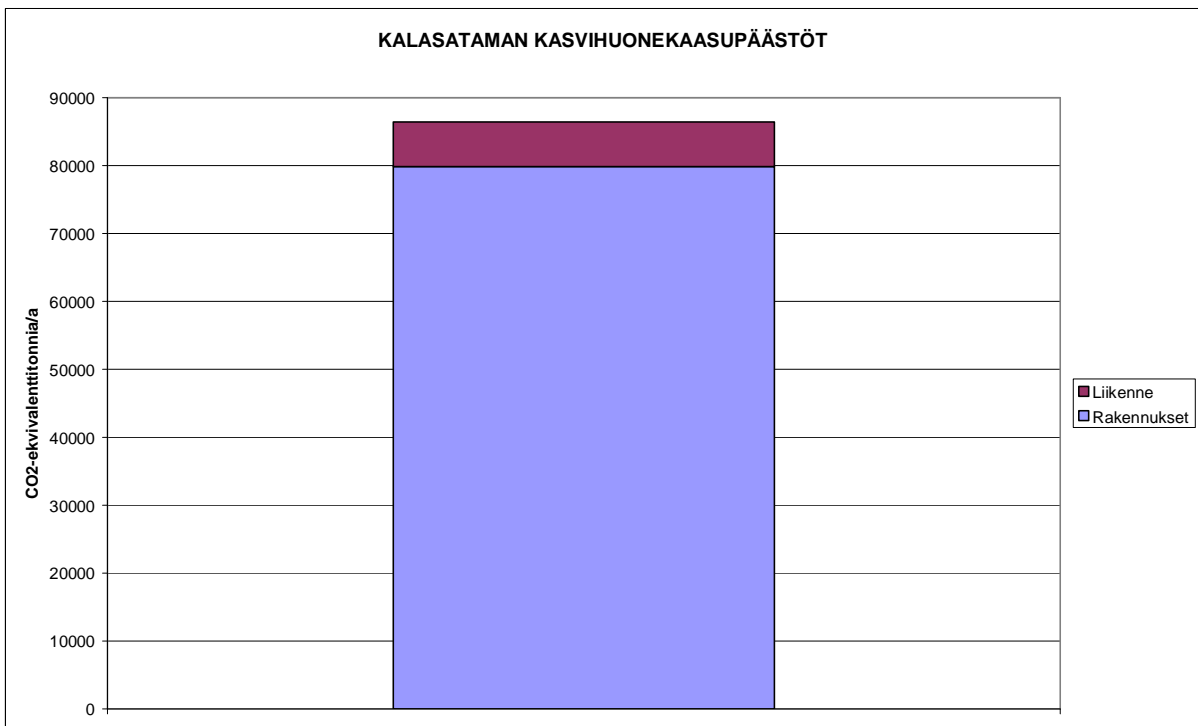
Uudenmaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2003 2 548 000 tonnia eli 1,9 tonnia/asukas ja pääkaupunkiseudun liikenteen päästöt 1 488 800 tonnia eli 1,5 tonnia/asukas (Huuska 2006).



Kuva 21. Kalasataman osayleiskaavan toteuttamisesta aiheutuvat liikenteen kasvihuonekaasupäästöt.

5.1.4.3 Kalasataman kasvihuonekaasupäästöt yhteensä

Kalasataman osayleiskaavan toteuttamisesta aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä vuonna 2025 kaikkiaan 86 500 CO₂-ekvivalenttitonnia (kuva 22). Rakennuksista aiheutuu päästöjä 79 900 tonnia ja liikenteestä 6 600 tonnia. Asukasta kohden lasketut päästöt ovat 5,8 CO₂-ekv.tonnia, josta rakennusten osuus on 5,3 CO₂-ekv.tonnia ja liikenteen osuus 0,4 CO₂-ekv.tonnia. Rakennusten suhteellisen suuret asukasta kohden lasketut päästöt johtuvat toimitilojen suuresta osuudesta. Liikenteen päästöt ovat erittäin pienet.



Kuva 22. Kalasataman toteuttamisesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2025.

5.1.5 Johtopäätökset ja suositukset

Ilmastomalliajojen perusteella arvioidut muutokset ekstreemeissä ovat suhteellisen suuret erityisesti minimilämpötilan nousun, sulamis-jäätymissykliä vähentymisen, maksimituulnopeuden kasvun, vuoden sademäärän kasvun, 5 vuorokauden sademaksimin kasvun, vuoden lumisateen vesiaron pienenemisen, lumipeitteen maksimivesiarvon pienenemisen, lumipeitteen kestoajan lyhenemisen ja meren jääpeitteen kestoajan lyhenemisen osalta. Arvioiduilla muutoksilla on merkitystä aluesuunnittelussa kaavoituksesta toteutukseen. Toteutussuunnittelun mitoitusperusteita jouduttaneen osin uudistamaan nykyisestä.

Tehdyn arvion mukaan Kalasataman osayleiskaavaluonnoksen ratkaisut voivat yleisesti ottaen vastata ilmastonmuutoksen aiheuttamia tulevia muutoksia olosuhteissa. Erityisen haastavia ovat tuuliolosuhteiden muutokset. Osayleiskaavaa kehitettäessä ja asemakaavoituksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota tuulisuuden lisääntymiseen. Raportissa on esitetty suosituksia alueen jatkosuunnitteluun.

Kalasataman osayleiskaavasta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu rakennusten ja liikenteen osalta. Rakennusten ominaisenergiakulutuksen on arvioitu olevan samanlaista kuin keskimäärin Helsingissä. Lämmön ominaiskulutuksen arvioidaan yleensä laskevan energiatehokkuuden kasvaessa, kun taas sähkön ominaiskulutuksen arvioidaan kasvavan ilman energiansäästötoimenpiteitä. Ilmastonmuutoksesta aiheutuva lämpötilan nousu vähentää lämmönkulutusta, mutta Kalasataman kasvava tuulisuus lisää rakennusten jäähtymistä. Energiantuotanto on Helsingissä tehokasta sähkön ja lämmön yhteistuotantoa, jonka vaikutukset riippuvat mm. käytetyistä polttoaineista. Maakaasu on kasvihuonekaasupäästöjen kannalta edullisin fossiilinen polttoaine. Osayleiskaava osoittaa Hanasaaren voimalan nykyisestä siirtyvän ja pienentyvän laitosaluevarauksen, mutta ei ota kantaa polttoainevalintaan. Kalasataman alue sijaitsee keskeisesti yhdyskuntarakenteessa ja mahdollistaa kaukolämmön hyödyntämisen.

Kalasatama sijaitsee liikenteellisesti hyvin edullisesti. Alueen toteuttaminen edistää joukko liikenteen hyödyntämistä erityisesti raideliikenteen osalta. Alueella on hyvät mahdollisuudet kävelyyn ja pyöräilyyn.

Osayleiskaava edistää ilmastonmuutoksen hillitsemistä sekä rakennusten että liikenteen osalta.

Ilmastonmuutokseen sopeutuminen edellyttää kaavoituksessa ilmastotietoisuuden suunnittelun periaatteiden korostamista. Ilmastonmuutoksen hillitsemisen kannalta on oleellista arvioida suunnitelman toteuttamisesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ja muuttaa suunnitelmia tarvittaessa.

Tutkimus osoittaa, että ilmastonmuutos voidaan ottaa huomioon kaavoituksessa sekä sopeutumisen että hillitsemisen kannalta. Arviointi edellyttää riittäviä lähtötietoja. Ilmastomalliajojen tulokset toimivat hyvänä lähtökohtana arvioinnille. Osayleiskaavaluonnoksen aineistot ovat riittävät arvioinnin tekemiselle. Tehty arviointi toimii esimerkkinä osayleiskaavatason arvioinnista.

Tehdyn arvion mukaan Kalasatama on yhdyskuntarakenteelliselta sijainniltaan edullinen, se mahdollistaa kaukolämmityksen ja tehokkaan lämmön ja sähkön yhteistuotannon hyödyntämisellä ja raideliikennettä painottavalla liikennejärjestelmällä kasvihuonekaasupäästöjen suhteellisen pienen määrän. Kalasataman osayleiskaava tukee ilmastonmuutoksen hillitsemistä edistäviä yhdyskuntarakenteen kehittämisen periaatteita.

Kaavojen ja rakennussuunnitelmien kehittämisen päälinjat ovat seuraavat:

- eteläisellä osayleiskaavan osalla ulkoalueiden suojaus tuulilta meren suunnalta
- pohjoisella osayleiskaavan alueella ulkoalueiden suojaus tuulilta pohjoisesta ja idästä
- rakennusten suojaus pohjoistuulilta
- energiansäästötoimenpiteiden tehostaminen erityisesti tuulen jäähdyttävää vaikutusta vastaan
- rakenteiden kestävyuden lisääminen tuulta vastaan
- rantarakennusten suojaus roiskeilta ja kosteudelta
- tärkeimpien katutilojen suojaus tuulelta
- monitasoisten tuulensuojaistutusten toteuttaminen.

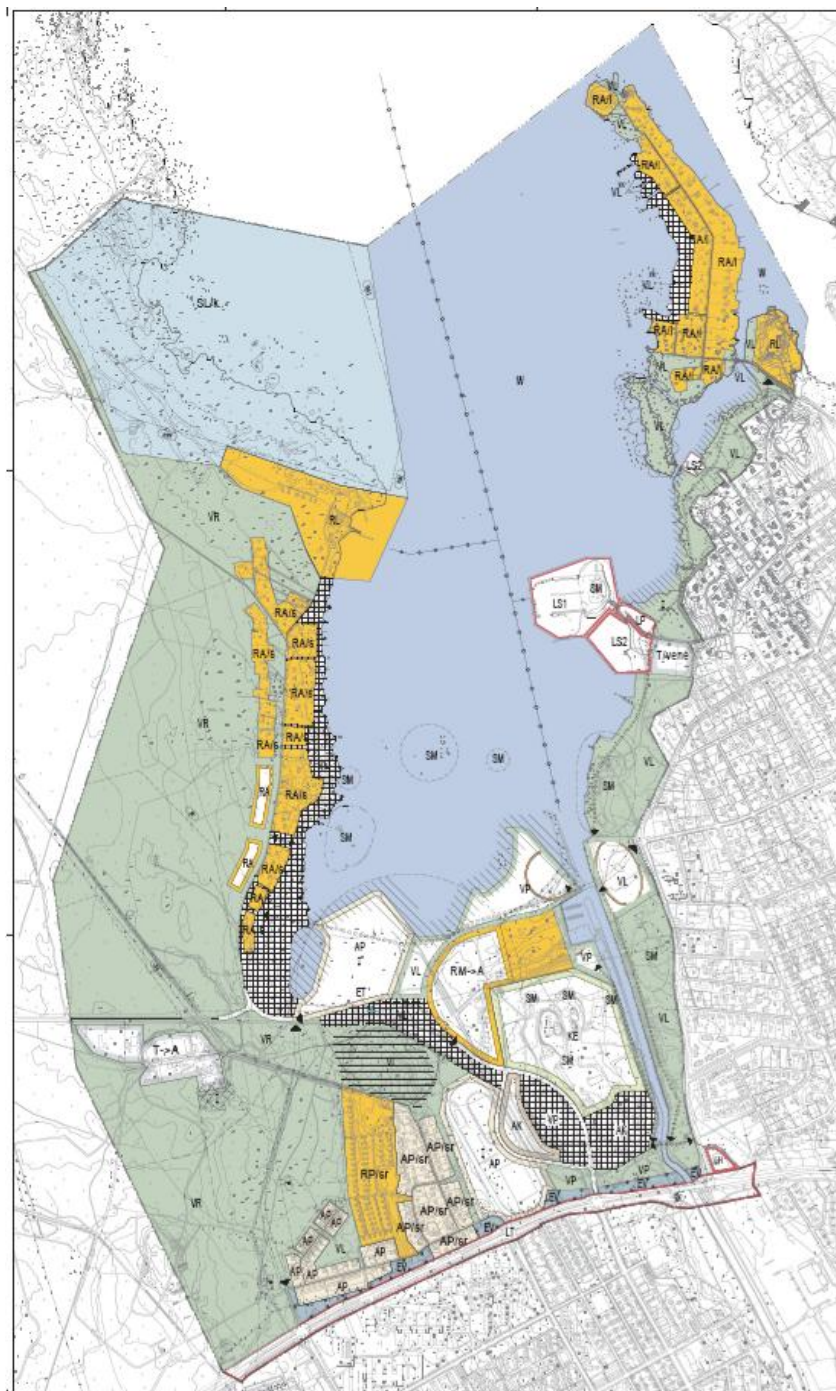
Lisäksi suositellaan:

- osayleiskaavan tuulitestausta
- eräiden rantarakennusten tuulitestausta
- vihreän kadun koerakennushanketta.

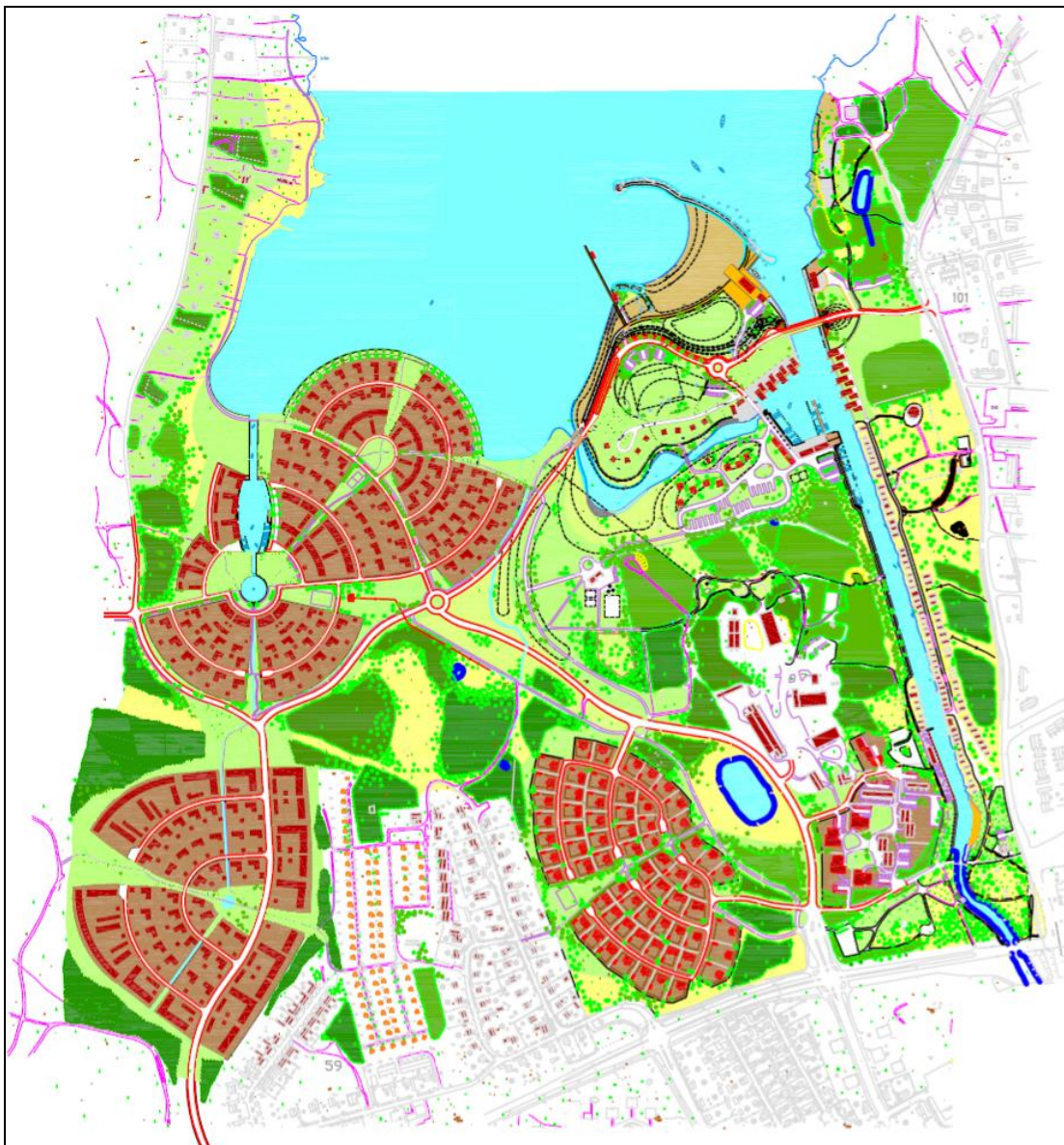
5.2 Kokkolan Vanhansatamanlahti

5.2.1 Vanhansatamanlahden yleiskaava

Tutkimuksen kohteena on Vanhansatamanlahden yleiskaava. Tutkimusaineistona on käytetty yleiskaavakarttaa (kuva 23) ja alueelta laadittuja yksityiskohtaisempia suunnitelmia, Meri-Kokkolan luonnosta (kuva 24) ja muuta aineistoa. Alue sijaitsee aivan Kokkolan keskustan tuntumassa.



Kuva 23. Vanhansatamanlahden yleiskaava. (Kokkolan kaupunki 2000)



Kuva 24. Meri-Kokkola. Luonnos. (Kokkolan kaupunki 2007)



Kuva 25. Kokkolan Vanhansatamanlahti. Tuleva vuoden 2011 asuntomessualue on merkitty punaisella ympyrällä. (Kuva: Kokkolan kaupunki)

5.2.2 Merenpinnan muutokset

5.2.2.1 Muutokset ASTRA-projektin skenaarioiden mukaan

Geologian tutkimuskeskus GTK on laatinut ASTRA-projektin yhteydessä Kokkolan kaupungin antamasta korkeusaineistosta tehtyjä malleja merenpinnan vaihtelusta eri skenaarioissa. Merenpinnan skenaariot on laskenut SMHI Swedish Meteorological and Hydrological Institute. (Ks. Sea Level Change Affecting the Spatial Development in the Baltic Sea Region, Geological Survey of Finland, Special Paper 41)

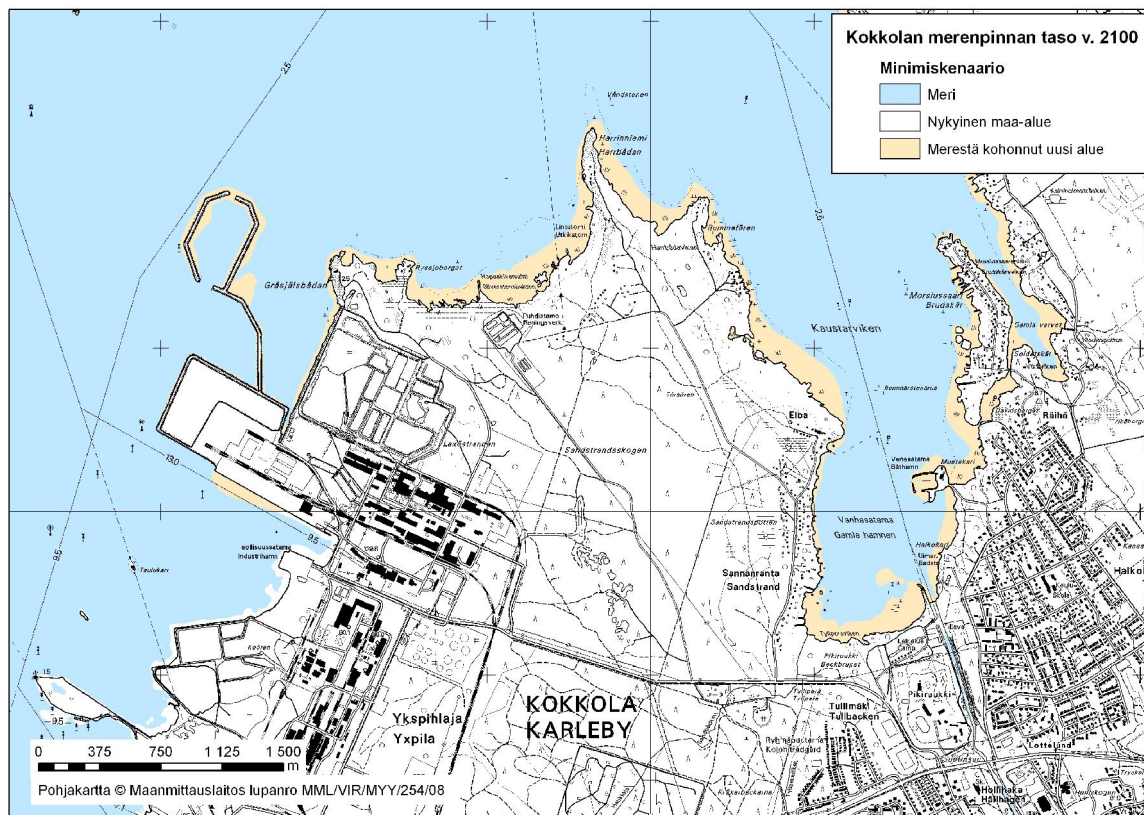
Minimiskenaario/Low case = Merenpinnan taso -87 cm (NH60) ja -139 cm (NN) Kokkolan seudulla.

Keskiarvoskenaario/Ensemble case = Merenpinnan taso on -42 cm (NH60) ja -94 cm (NN) Kokkolan seudulla.

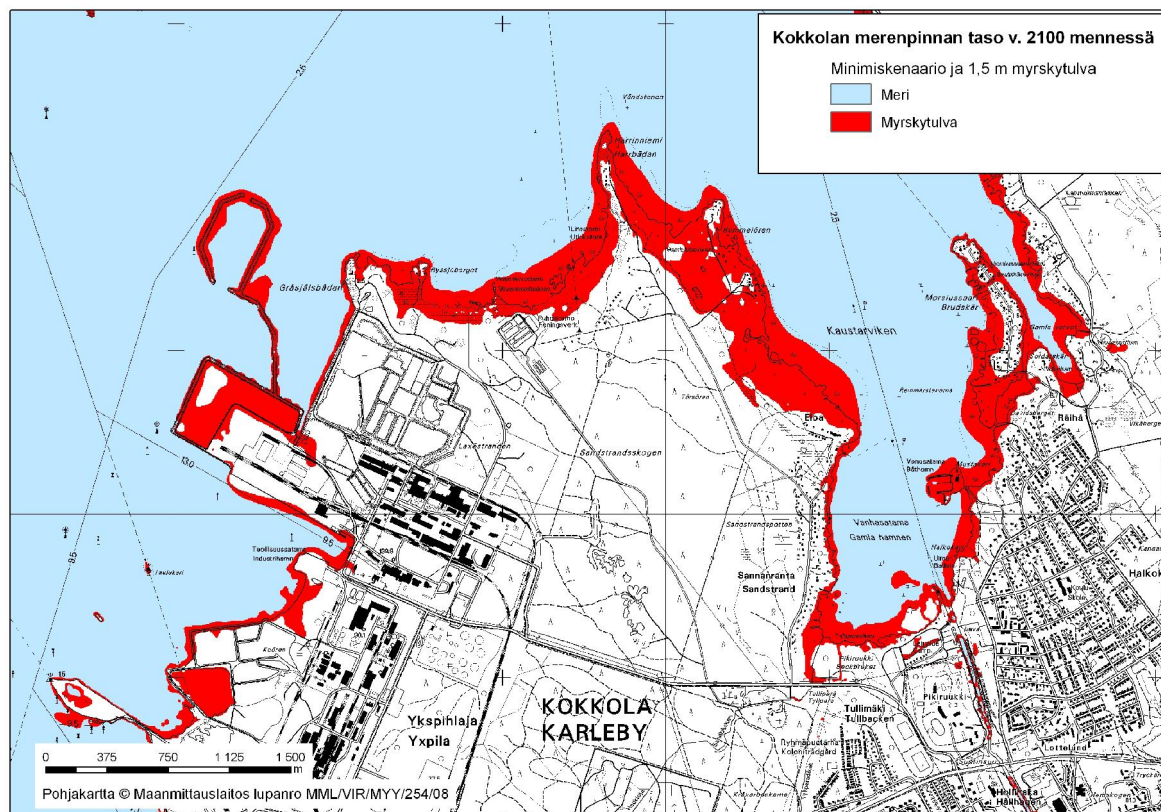
Maksimiskenaario/High case = Merenpinnan taso on NH60 järjestelmässä 10 cm ja NN järjestelmässä -42 cm Kokkolan seudulla.

Minimi- ja keskiarvoskenaarioissa Kokkolan alueella maankohoaminen olisi voimakkaampaa kuin merenpinnannousu eli uutta maata merestä syntyisi vaikkakin hitaammin kuin tähän asti. Maksimi(HC) - skenaariossa merenpinnan taso olisi kutakuinkin samassa kuin nykyään. (GTK)

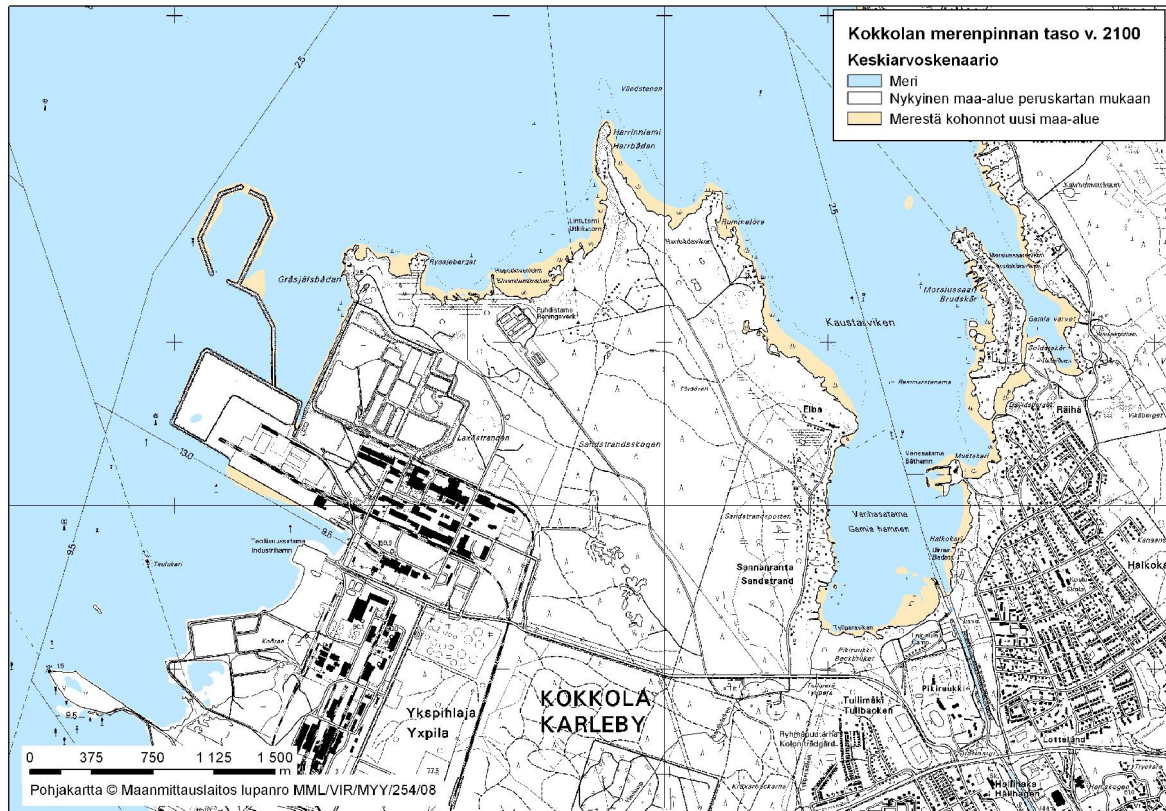
Kuvissa 26 – 31 esitetään arvioitu merenpinnan taso Kokkolassa eri skenaarioiden mukaan ja 1,5 metrin myrskytulva huomioiden. Yleiskaavaa arvioitaessa ilmastonmuutokseen varautumisen kannalta pohjana on käytetty maksimiskenaariota ja 1,5 metrin myrskytulvaa (kuva 31).



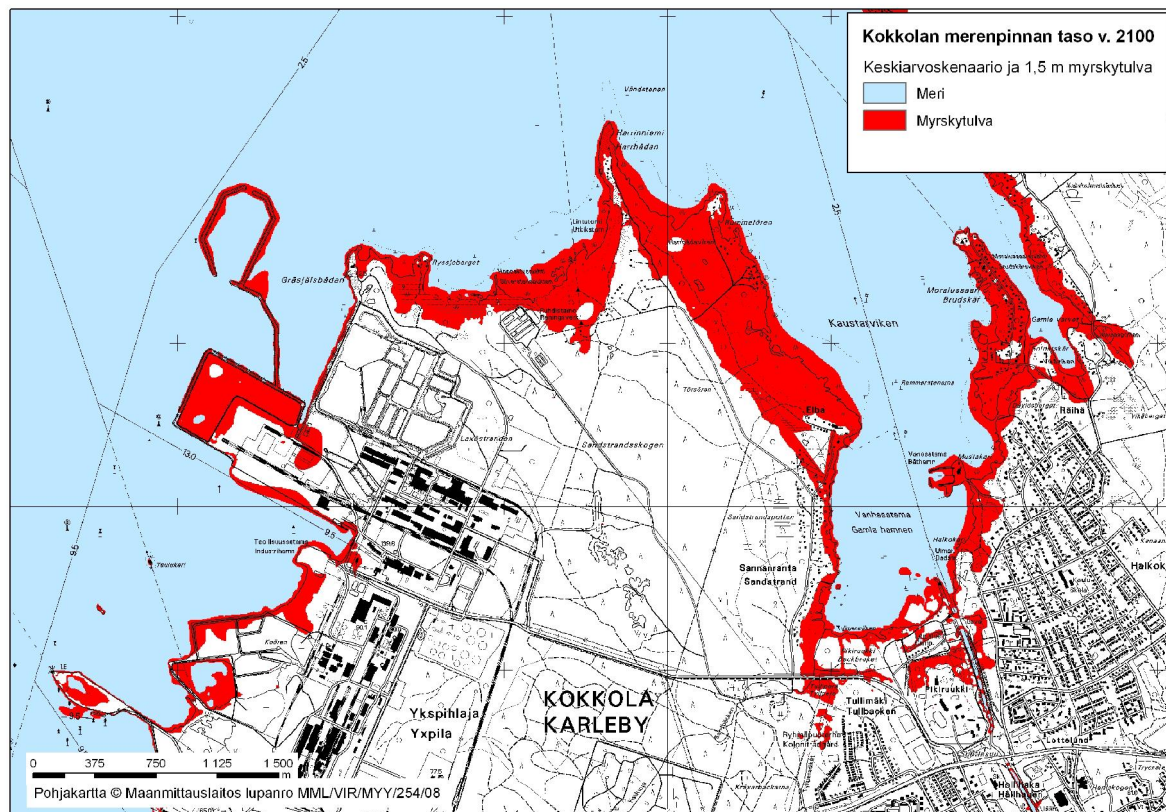
Kuva 26. Kokkolan merenpinnan taso vuonna 2100 minimiskenaarion mukaan (ASTRA).



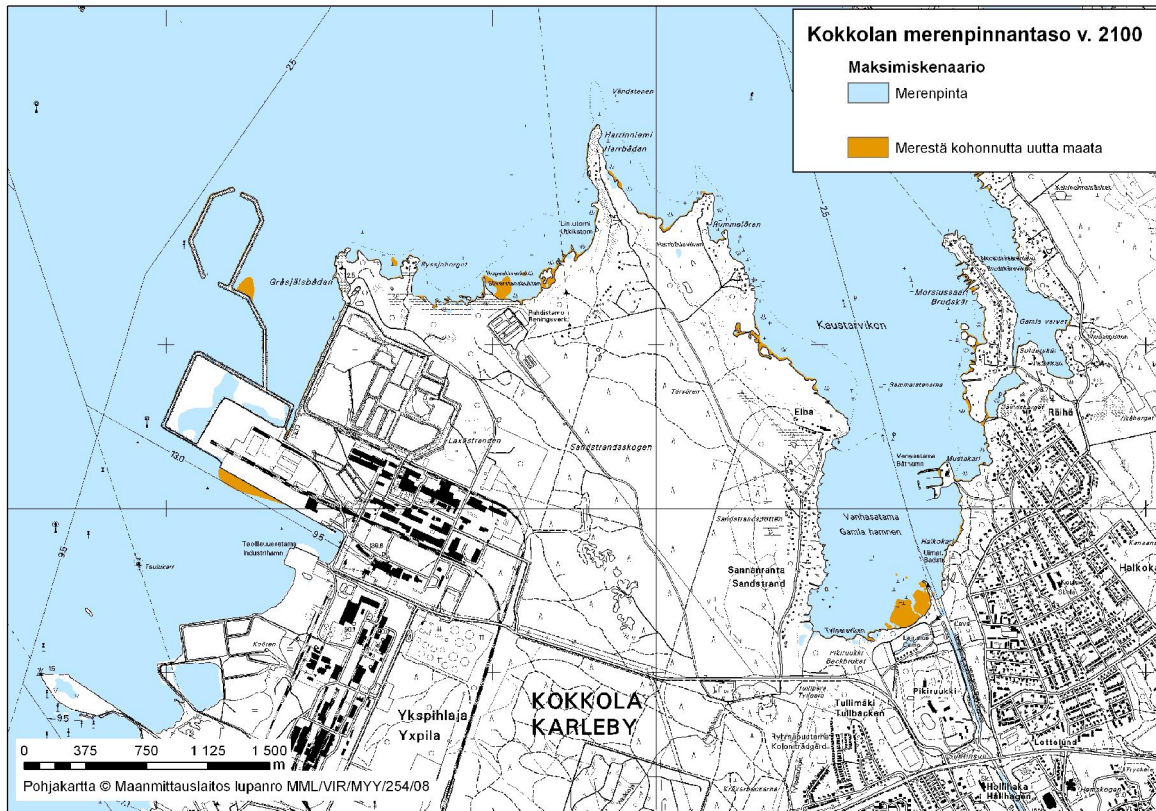
Kuva 27. Kokkolan merenpinnan taso vuonna 2100 minimiskenaarion ja 1,5 metrin myrskytulvan mukaan (ASTRA).



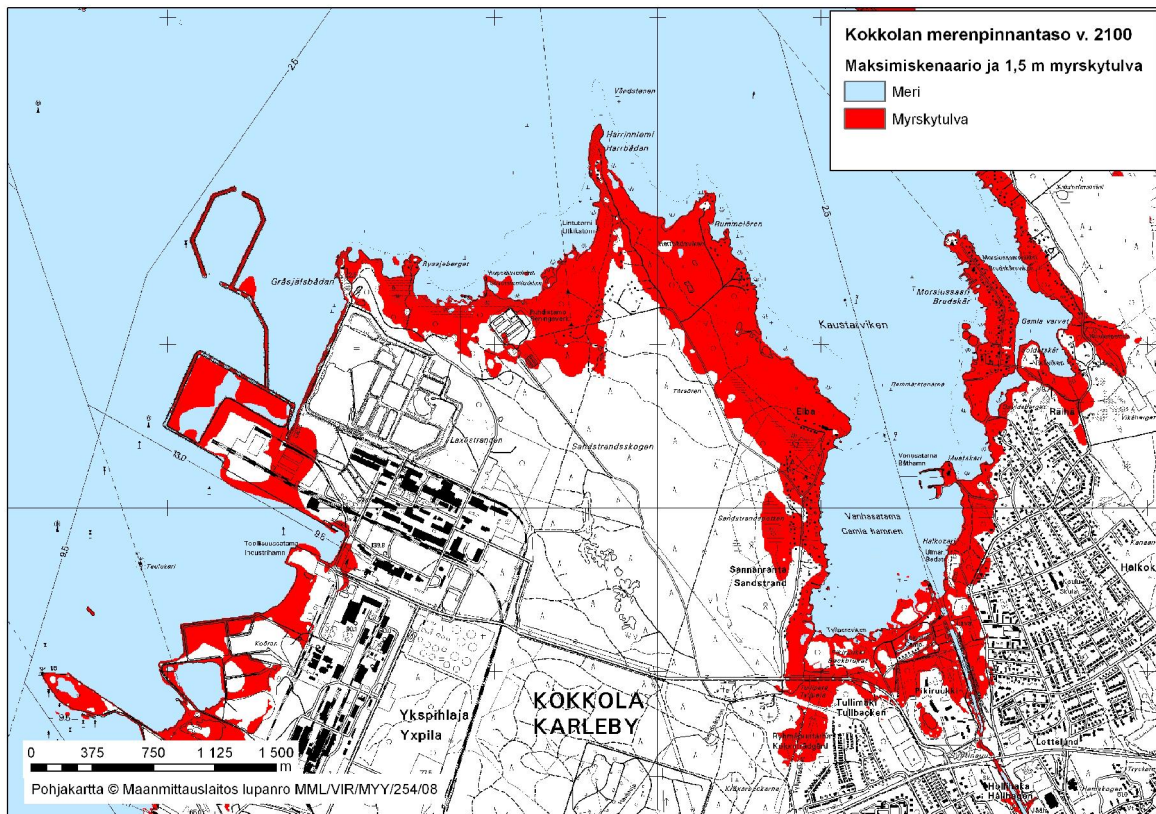
Kuva 28. Kokkolan merenpinnan taso vuonna 2100 keskiarvoskenaarion mukaan (ASTRA).



Kuva 29. Kokkolan merenpinnan taso vuonna 2100 keskiarvoskenaarion ja 1,5 metrin myrskytulvan mukaan (ASTRA).



Kuva 30. Kokkolan merenpinnan taso vuonna 2100 maksimiskenaarion mukaan (ASTRA).



Kuva 31. Kokkolan merenpinnan taso vuonna 2100 maksimiskenaarion ja 1,5 metrin myrskytulvan mukaan (ASTRA).

5.2.2.2 Ilmastoskenaariot ja niiden vaikutus vedenkorkeuteen Kokkolassa

Kokkolan edustalla maankohoamisen arvoksi on laskettu n. 8 mm vuodessa. Keskimääräisen vedenkorkeuden pitkäaikaisen muutoksen suunta määräytyy maankohoamisen ja valtameren pinnan nousun erosta. Tulevaisuudessa valtameren pinnan nousun ennustetaan kiihtyvän, jolloin keskimääräinen vedenkorkeus saattaa lähteä nousuun erityisesti Perämerellä.

Vanhansataman lahdella paikalliset olosuhteet aiheuttavat vedenkorkeuden poikkeamisen Kokkolan edustan yleisestä arvosta. Näistä tärkein on luoteis- ja pohjoistuulen aiheuttama veden pakkautuminen lahden pohjukkaan. Tähän tilanteeseen aina liittyy myös aallokkoa. (Kahma & Johansson)

5.2.2.3 Alimman korkeusaseman laskenta ja aallonkorkeus

Merentutkimuslaitoksen tutkimuksen “Alimmat suositeltavat rakennuskorkeudet Pohjanlahden, Saaristomeren ja Suomenlahden rannikoilla” (Kahma et al. 1998) mukaan alin suositeltava rakennuskorkeus Kokkolan alueella on 1,55 m N60-järjestelmän nollakohdan yläpuolella. Tämä on keskimäärin kerran vuoteen 2200 mennessä saavutettava vedenkorkeus, ja siihen sisältyy minimiaaltoiluvara 30 cm.

Rantaan kohdistuvan aallokon korkeuteen vaikuttavat saaristo, rannan muoto ja rantaveden mataluus. Vanhansatamanlahdella korkeampaa aallokkoa voi syntyä luoteismyrskyillä, jolloin se kohdistuu Morsiussaareen, sekä pohjoismyrskyillä, jolloin hyrskyt vyöryvät lahden pohjukkaan saakka.

Rannan mataluus Vanhansatamanlahdella hillitsee aaltojen korkeutta. Keskituulennopeudella 25 m/s aallokko suunnittelualueella on seuraavan asetelman mukainen (Ollila):

Kohde	Aallon nousukorkeus
Morsiussaari	100 cm
Lahden pohjukka	50 cm

Lisäksi tulevat pärskeet.

5.2.3 Ilmastomuutokseen sopeutuminen

5.2.3.1 Kokkolan ilmasto kaavasunnittelun kannalta

Kokkola rajoittuu lännessä mereen, mistä syystä tuulet pääsevät kaupunkiin lännessä ja luoteesta suurella voimalla. Eri mittausasemat antavat toisistaan huomattavasti poikkeavat tuuliruusut, mikä hieman vaikeuttaa kokonaiskuvan luomista tilanteesta.

Kokkolassa rannikolla esiintyy kaikkina vuodenaikoina suuria keskituulennopeuksia, jotka edellyttävät suunnittelun kannalta erityistoimenpiteitä:

- Kevät: pohjoinen, etelä, lounas
- Kesä: pohjoinen
- Syksy: pohjoinen, etelä, lounas, länsi, luode
- Talvi: pohjoinen, etelä, lounas, länsi, luode

Keski-ilmastoa muokkaa voimakkaasti rannikosta johtuva vuorokautinen tuulijärjestelmä, jossa esiintyy päiväsaikaan läntinen merituuli ja yöaikaan heikko maatuuli. Tämä rannikkotuuli

on yleinen erityisesti keväisin ja kesäisin aurinkoisina päivinä. Merituulen ympäristöä kuormittava voima on nähtävissä sekä rakennuksissa että maastosta. Yleisesti ottaen pihojen ja oleskelualueiden suojauksen kannalta tärkeimmät tuulensuunnat Kokkolassa ovat meren suunta sekä pohjoinen. (Mattson, Tilastoja)

5.2.3.2 Vanhansataman alueen mikroilmasto

Kaupunginosan mikroilmastoa muokkaavat vesistöt, yhtenäiset metsät ja tulevaisuudessa rakennettavat kerrostalomassat, joiden ympärillä esiintyy tuulikanavia sekä ylös- ja alaspäin suuntautuvia turbulensseja. Myös avoimet katutilat ja viheriöt sekä suuret paikoituskentät ovat varsin tuulisia. Voimakkaat ilmavirtaukset tekevät ulkona olemisen kylmäksi, kadulla kulkemisen vaaralliseksi, aiheuttavat vaurioita kylmänaroille kasveille ja lisäävät energiankulutusta.

Suunnittelualueen länsipuolella kasvaa metsää, joka suojaa suurinta osaa alueesta länsituulilta. Lahden pohjoinen ja itäinen ranta ovat erityisen avoimia kylmille merituulille. Maatuuli ja muut itäiset virtaukset eivät Elbaa lukuun ottamatta vaikuta kovin voimakkaasti. Etelätuulia vastaan alue on suhteellisen hyvin suojattu.

Pihojen, leikkikenttien, kevyenliikenteenväylien ja linja-autopysäkkien viihtyisyyden kannalta tärkeintä on suojautuminen länsi-, luoteis- ja pohjoistuulia vastaan. Energian säästämiseksi rakennusten julkisivuja tulisi suojata kaakko-lounas sektorista sekä pohjoisesta kohdistuvilta viimoilta.

5.2.3.3 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus Kokkolassa

Alueellisen ilmastomallin simuloinnin perusteella Kokkolan ilmastossa tulee tapahtumaan useita muutoksia:

- lämpötilat tulevat nousemaan
- vesisateet ja sateen rajuus lisääntyvät
- lumimäärät vähenevät, mutta lumimyrskyt voivat olla ankaria
- meri on jäässä nykyistä lyhyemmän ajan, jolloin aallokko, kosteus ja roiskeet lisääntyvät.

Lämpötilan nousu tulee vähentämään kylmyydestä johtuvaa lämmönkulutusta. Toisaalta Vanhansataman alueella tuulen jäähdyttävä voima on merkittävä, eikä energiansäästötoimenpiteitä voida tinkiä.

Vaikka tuulisuus ei tulevaisuudessa Kokkolassa nykyisestä lisäännä keskituulennopeuden ja maksimituulennopeuden ääriarvojen (kerran 50 vuodessa ylittyvien maksimien) osalta, kovat tuulet lisääntyvät ja niitä on useammin. Tuuli rasittaa rakennuksia ja vaikeuttaa kävelyä ja pyöräilyä. Rantalaitureilla ja silloilla kulkeminen on vaikeaa, ja kattorakenteisiin, julkisivuihin, katoksiin sekä parvekelasituksiin kohdistuu suuria tuulikuormia. Sateiden lisääntyminen on huomioitava sadevesiviemäreiden mitoituksessa.

Meren pysyminen sulana kauemmin, yhdessä tuulen lisääntymisen kanssa, pidentää kosteaa tuulista välivuodenaikaa. Kosteuden lisääntyminen nollalämpötilan molemmin puolin lisää liukkautta. Rantoihin kohdistuu pidempään terävä aallokko, joka rantaa tullessaan heittää pirsaroita rantakaduille ja niiden varrella olevien rakennusten julkisivuihin. Kuvassa 32 esitetään Vanhansatamanlahden alueen tuulisuuskartta.



VOIMAKAS KYLMÄ POHJOIS- TAI LUOTEISTUULI.



VOIMAKAS LÄNSI- TAI LOUNAISTUULI.



SUOJAMETSÄ.

- 1) ALAVA, TUULILLE JA MYRSKYTULVILLE ALTIS RANTAKAISTA.
- 2) RANNALLA MYRSKYTUULIA JA LENTÄVIÄ PISAROITA.
- 3) ASUNTOALUE TÄYTTÖMAALLA.
- 4) RUNSAASTI LIIKENTEEN PÄÄSTÖJÄ.

Kuva 32. Vanhansatamanlahden tuulisuuskartta.

5.2.4 Vanhansatamanlahden kasvihuonekaasupäästöt

5.2.4.1 Rakennukset

Tarkasteltavalle yleiskaava-alueelle arvioidaan sijoittuvan rakennuksia ja asukkaita seuraavasti:

Asuinkerrostaloja AK	42 000 k-m ²	800 asukasta
Omakotitaloja AO	35 700 k-m ²	487 asukasta
Rivi- ja paritaloja AR, AP	46 600 k-m ²	910 asukasta
Asuinrakennukset yhteensä	124 300 k-m ²	2198 asukasta
Toimitiloja	16 800 k-m ²	210 työpaikkaa
Lomarakennuksia	2 880 k-m ²	

Lukuihin sisältyvät uusien rakennusten lisäksi Tullimäen vanhalla asuntoalueella olevat 78 omakotitaloa ja 46 rivi- tai paritaloasuntoa ja toimitila ja lomarakennuksiin lisätyt siirtolapuutarhan 84 pikkumökkiä.

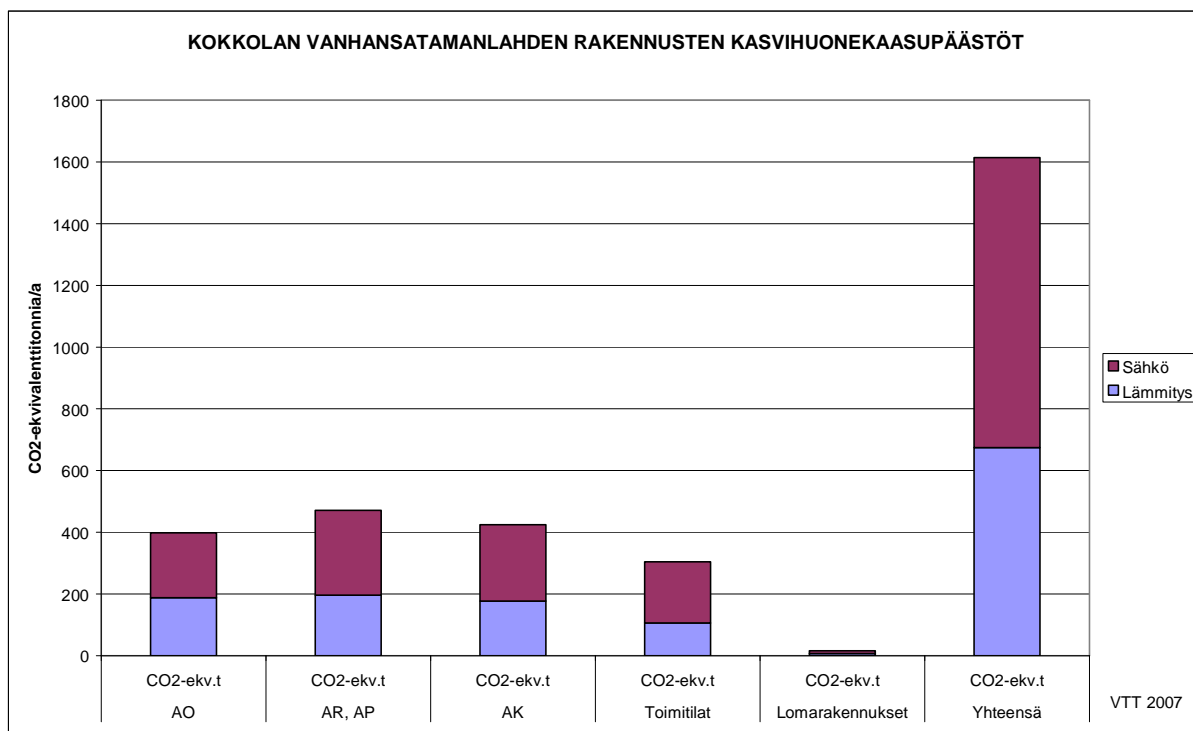
Rakennusten lämmitykseen arvioidaan kuluvan energiaa vuoden 2030 tilanteessa omakotitaloissa 100 kWh, rivi- ja kerrostaloissa 80 kWh ja toimitiloissa 120 kWh kerrosneliometriä kohden. Lomarakennuksissa lämmitysenergian kulutuksen arvioidaan olevan keskimäärin 75 kWh ja siirtolapuutarhamökeissä 25 kWh kerrosneliometriä kohden. Sähkön ominaiskulutuksen arvioidaan olevan asuinrakennuksissa 50 kWh kerrosneliometriä kohden ja toimitiloissa keskimäärin 100 kWh kerrosneliometriä kohden. Lomarakennusten sähkönkulutuksen arvioidaan olevan 37,5 kWh ja siirtolapuutarhamökkien 20 kWh kerrosneliometriä kohden.

Lämmitysenergian arvioitu ominaiskulutus on nykyistä pienempi olettaen, että matalaenergiarakentaminen lisääntyy. Arvioitu sähkön ominaiskulutus on suunnilleen nykytasoa ja arvio on siten tavoitteellinen, koska sähkön ominaiskulutuksessa on jatkuva kasvava suuntaus.

Kokkolan energiantuotanto on tehokasta kaukolämmön ja sähkön yhteistuotantoa. Polttoaineina käytetään puuta, turvetta ja prosessilämpöä. Arvion mukaan puupolttoaineen käyttöä lisätään vuoteen 2030 mennessä, jolloin polttoainejakauma olisi seuraava: puu 61 %, turve 20 % ja prosessilämpö 24 %. Arvion mukaan vuoden 2030 tilanteessa tuotettaisiin 400 GWh kaukolämpöä ja 200 GWh sähköä.

Energiantuotannon kasvihuonekaasujen ominaispäästön arvioidaan olevan hyödynjakomennelmällä arvioiden kaukolämmön osalta 53 CO₂-ekv.g/kWh (rakennuksissa kulutettu energia) ja sähkön osalta 118 CO₂-ekv.g/kWh. Ominaispäästöt ovat erittäin pienet.

Vanhansatamanlahden rakennusten energiankäytöstä arvioidaan aiheutuvan kasvihuonekaasupäästöjä kaikkiaan 1 600 CO₂-ekv.tonnia vuodessa. Asuinrakennusten osuus päästöistä on 1 300 CO₂-ekv.tonnia, toimitilojen osuus 300 CO₂-ekv.tonnia ja lomarakennusten osuus 20 CO₂-ekv.tonnia (kuva 33).



Kuva 33. Vanhansatamanlahden rakennusten energiankäytöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt.

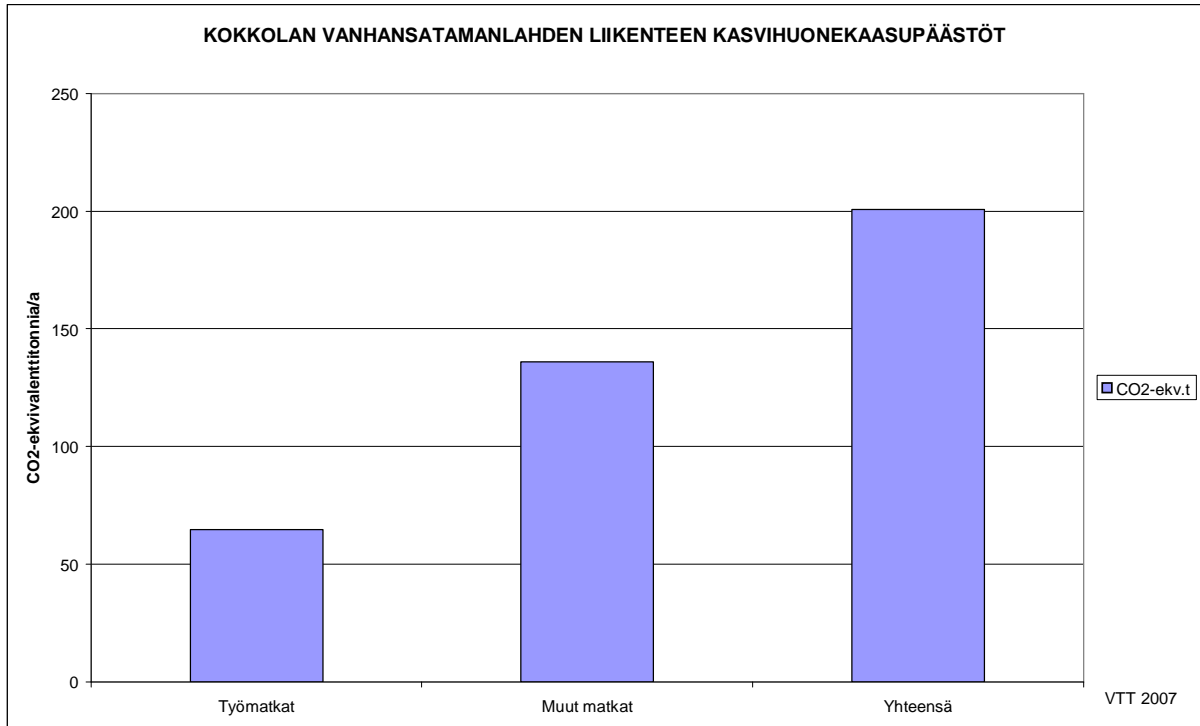
5.2.4.2 Liikenne

Liikenteestä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu Vanhansataman alueen asukkaiden päivittäisliikenteen osalta. Arviossa ovat mukana työmatkat ja muut matkat.

Työssäkävijien osuudeksi on arvioitu 45 % asukkaista ja työmatkan pituudeksi keskimäärin 2,5 km. Muiden matkojen määräksi on arvioitu 2,28 matkaa/vrk 6 vuotta täyttäneiltä asukkaista kohden ja niiden pituudeksi 1,7 – 1,9 km asuntoalueilta. Loma-asukkaiden ja siirtolapuutarhausukkaiden matkat Kokkolassa on arvioitu yleispiirteisesti.

Matkoista on arvioitu 50 % tehtävän henkilöautolla ja 1 % linja-autolla (loma-asukkaiden osalta 80 % ja siirtolapuutarhausukkaiden osalta 25 % henkilöautolla). Muut matkat tehdään kävellen ja pyöräillen. Henkilöauton kuormituksena on käytetty 1,15 työmatkoilla ja 1,5 muilla matkoilla. Linja-autojen kuormituksena on käytetty työmatkoilla 25 ja muilla matkoilla 15. Henkilöauton ominaispäästönä on käytetty 130 CO₂-ekv.g/ajoneuvo-km ja linja-auton ominaispäästönä 950 CO₂-ekv.g/ajoneuvo-km. Ominaispäästöt ovat noin 25 % nykyistä pienemmät olettaen ajoneuvoteknologian ja ajoneuvokannan kehittyvän myönteisesti.

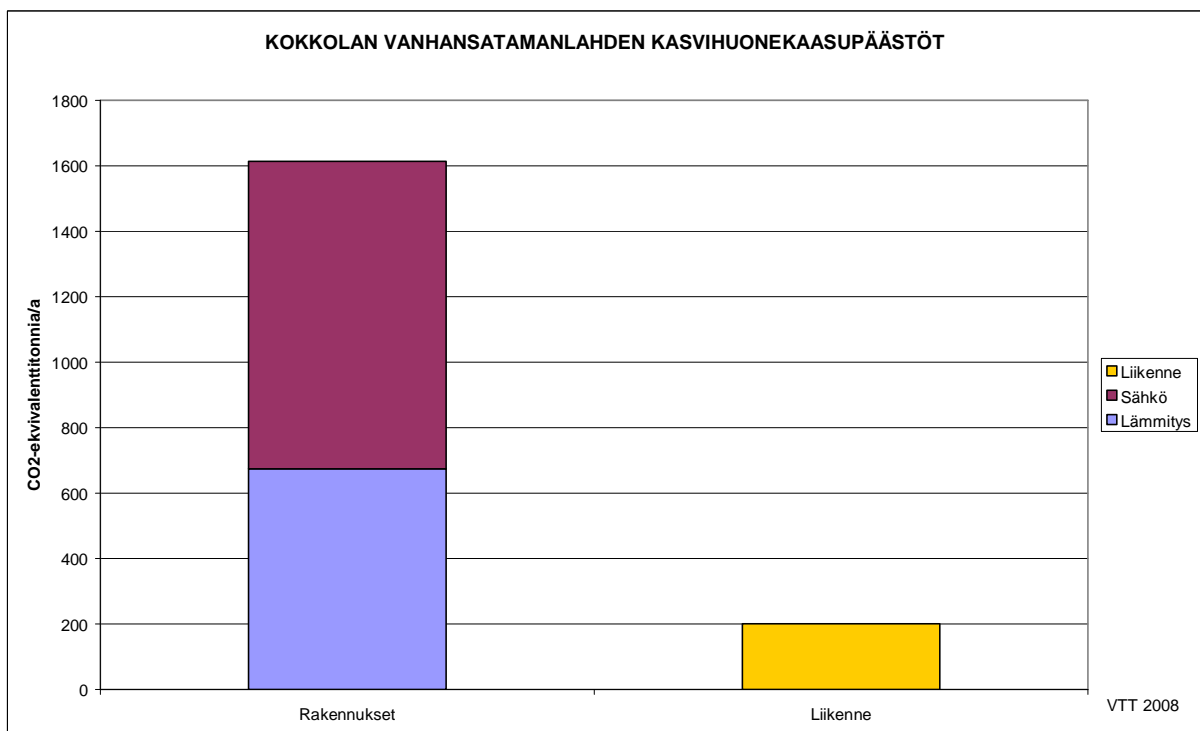
Vanhansatamanlahden liikenteestä aiheutuu päästöjä vuoden 2030 tilanteessa kaikkiaan 200 CO₂-ekvivalenttitonnia (kuva 34).



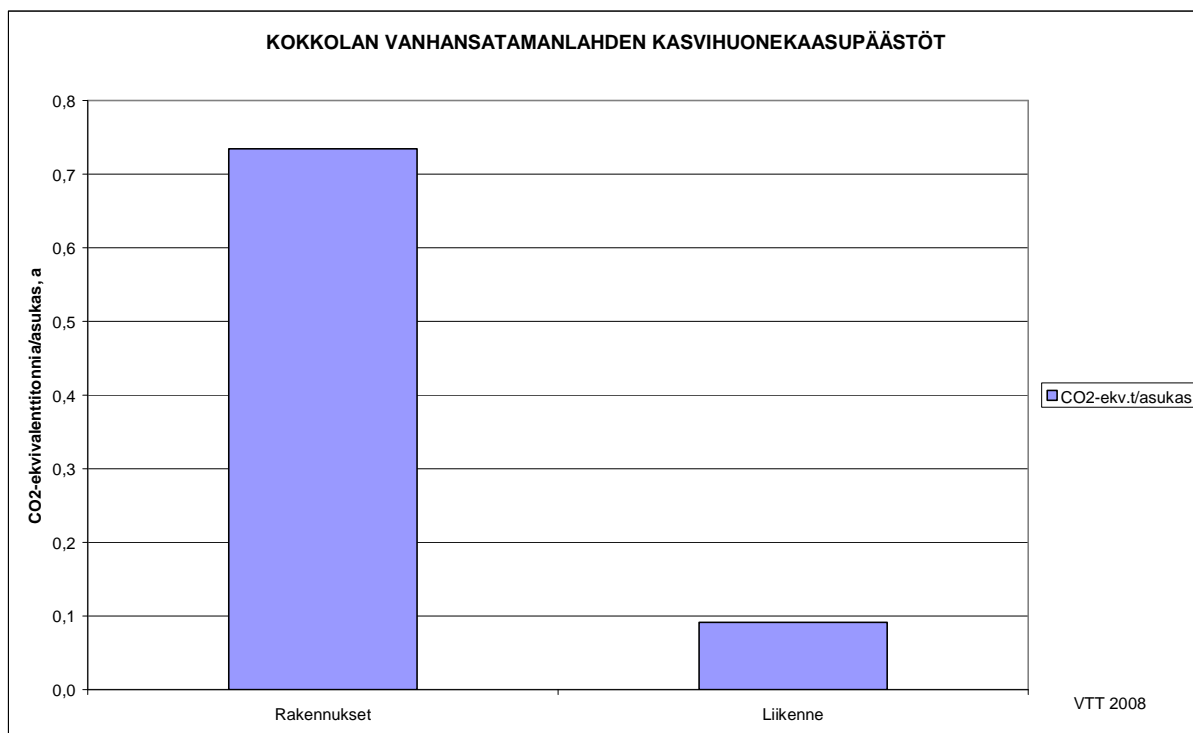
Kuva 34. Vanhansatamanlahden asukkaiden päivittäisliikenteestä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2030. Päästöt ovat suhteellisen pienet johtuen alueen keskeisestä sijainnista Kokkolassa.

5.2.4.3 Vanhansatamanlahden kasvihuonekaasupäästöt yhteensä

Vanhansatamanlahden yleiskaavan toteuttamisesta aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä vuonna 2030 kaikkiaan 1 800 CO₂-ekvivalenttonnia (kuva 35). Rakennuksista aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä 1 600 tonnia ja liikenteestä 200 tonnia. Asukasta kohden lasketut päästöt ovat yhteensä 0,8 CO₂-ekv.tonnia/asukas, josta rakennusten osuus on 0,7 CO₂-ekv.t/asukas ja liikenteen osuus 0,1 CO₂-ekv.tonnia/asukas (kuva 36).



Kuva 35. Vanhansatamanlahden kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2030.



Kuva 36. Vanhansatamanlahden kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2030 asukasta kohden laskettuna.

Vanhansatamanlahden yleiskaavan toteuttamisesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat erittäin pienet sekä rakennusten että liikenteen osalta. Rakennusten ominaisenergiankulutuksen arvioidaan lämmityksen osalta pienenevän merkittävästi nykyisestä johtuen lisääntyvästä matalaenergiarakentamisesta ja sähkön osalta pysyvän nykyisellään, mikä merkitsee sähkönkulutuksen nykykehityksen mukaisen kasvun pysähtymistä. Kokkolan energiantuotanto on tehokasta lämmön ja sähkön yhteistuotantoa, jonka arvioidaan tehostuvan entisestään ja uusiutuvan polttoaineen (puu) osuuden lisääntyvän.

Koska Vanhansatamanlahti sijaitsee lähellä Kokkolan keskustaa, työpaikkoja ja palveluja, matkat ovat lyhyet ja jalankulun ja pyöräilyn osuus suhteellisen suuri. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ovat siten suhteellisen pienet.

5.2.5 Johtopäätökset ja suositukset

Ilmastomalliajajojen perusteella arvioidut muutokset ekstreemeissä ovat suhteellisen suuret. Arvioiduilla muutoksilla on merkitystä alueen suunnittelussa kaavoituksesta toteutukseen. Toteutus suunnittelun mitoitusperusteita jouduttaneen osin uudistamaan nykyisestä.

Alueen pienilmastoanalyysin perusteella esitetään suunnitteluohjeita ja suosituksia jatkotyöhön. Kaavojen kehittämisen päälinjat ovat seuraavat:

- suositetaan matala-tiivis-rakennetta
- vältetään suorja päätuulien suuntaisia katutiloja
- korttelien suuntaaminen aurinkoon
- pihojen suojaaminen tuulelta rakennusmassoin
- määräykset tuulensuojaistutuksista ja -rakenteista kaavoihin.

Rakennussuunnittelussa:

- tiivis, matala ja pienimittakaavainen rakentaminen helpottaa hyvän mikroilmaston luomista
- korkeat rakennukset ohjaavat ilmavirtauksia maantasoon

- rakennuksen suunnittelu vyöhykkeittäin siten, että pohjoisen tai tuulten puolella on kylmien rakennelmien muodostama puskurivyöhyke, keskellä lämmin sydän, ja aurin-gon puolella oleskeluun tarkoitettuja sisä- ja ulkotiloja
- suojautuminen tuulilta parvekkeilla tai kaksinkertaisella julkisivulla
- parvekkeet, lipat ja luhtikäytävät vähentävät alas suuntautuvia ilmavirtauksia, samoin rakennuksen viereiset kasvit, köynnössäleiköt, katokset yms.
- suositeltava kattokulma tuulen kannalta on 15°-21°
- aerodynaamisesti oikein muotoiltu räystäs vähentää turbulensseja
- rakennusten suuntaaminen aurinkoon
- autopaikat varjoon
- lehtipuut eteläpuolelle, havupuut pohjoiseen.

Maksimitulvan ja maksimiallokon yhtäaikaisen esiintymisen perusteella rakennusten alin sallittu lattiakorko on Asuntomessualueella seuraava: pilariperusteisen rakennuksen alapohjan alapinta noin + 2,2 m, matalaperusteisen rakennuksen lattiakorko noin + 2,7 m. Vastaavasti rakennusten alin sallittu lattiakorko on Morsiussaassa pilariperusteisen rakennuksen alapohjan alapinta noin + 2,5 m ja matalaperusteisen rakennuksen lattiakorko noin + 3,0 m.

Vanhansatamanlahden kasvihuonekaasupäästöt ovat suhteellisen pienet sekä rakennusten että liikenteen osalta. Yleiskaavan toteuttaminen arvioiduilla kehittämistoimenpiteillä voi edistää ilmastonmuutoksen hillintää.

Tehdyn arvion mukaan Vanhansataman yleiskaavan ratkaisut voivat yleisesti ottaen vastata ilmastonmuutoksen aiheuttamia tulevia muutoksia olosuhteissa. Erityisen haastavia ovat rannoille ja alaville alueille rakentaminen, sadannan merkittävän lisääntymisen huomioiminen sekä tuuliolosuhteet. Raportissa on esitetty suosituksia alueen jatkosuunnitteluun.

Tutkimuksen mukaan Kokkolan Vanhansatamanlahti on ilmastonmuutoksen hillitsemisen kannalta hyvin edullinen alue ja sen suunnittelussa voidaan varautua ilmastonmuutokseen. Ilmastonmuutokseen sopeutumisessa suurimmat haasteet liittyvät rantojen ja alavien alueiden rakentamiseen, tuulisuuden huomioon ottamiseen sekä sadannan lisääntymiseen.

5.3 Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehdot

5.3.1 Kehityskuvavaihtoehdot

Tutkimuksen kohteena ovat Uudenmaan maankäytön, asumisen ja liikenteen vaihtoehtoiset yhdyskuntarakenteen mallit. Valtakunnallisten alueidenkäytön tavoitteiden mukaan maakuntakaavassa tulee olla perusteltu arvio väestönkehityksestä, sekä vaihtoehtoisia tarkasteluja väestön sijoittelusta taajama- ja maaseutualueilla. Uudenmaan vaihtoehtotarkastelulla halutaan tutkia olemassa olevaan rakenteeseen tukeutuvan monikeskitetyn aluerakennemallin erilaisten kehityssuuntien vaikutuksia.

Vaikutusten arvioinnin tavoitteena on tutkia vaihtoehtoja maankäytön keskeisimpien aihealueiden kannalta sekä selvittää mitkä muuttujien oletukset ohjaavat kehitystä tavoiteltavaan suuntaan. Vaihtoehtojen arvioinnin tavoitteena on myös tavoitteiden muodostaminen vuoden 2050 kehityskuvan muotoiluun. Uudenmaan maakuntahallitus on päättänyt seuraavan maakuntakaavakerroksen käynnistämisestä. Kehityskuva ja sen vaihtoehtotarkastelut ovat osa tätä maakuntakaavatyötä. Kehityskuva antaa maakuntakaavan lisäksi lähtökohtia maakuntasuunnitelmalle sekä kuntien välisille yleiskaavatasoisille tarkasteluille.

5.3.1.1 Vaihtoehtojen muodostamisperiaatteet

Tarkasteltavat kolme vaihtoehtoa ovat: A Toimivat kaupungit, B Ratavaihtoehto ja C Trendivaihtoehto. Kahdessa ensimmäisessä vaihtoehdossa tarkoituksena on eri painotuksilla arvioida kahta kestävän kehityksen toimintalinjaa: liikkumistarpeen vähentämistä (vaihtoehdossa A) ja sen suuntaamista raideliikenteeseen (vaihtoehdossa B). Vaihtoehdoissa uuden väestön ja työpaikkojen sijaintia painotetaan eri perustein. Toimivat kaupungit -vaihtoehdossa (A) rakenne painottuu osaan maakuntakaavan seutu- ja kuntakeskuksista sekä niiden läheisyyteen. Ratavaihtoehdossa (B) painotetaan raideliikenteen asemien läheisyyteen sijoitettavaa rakennetta.

Kahta nykyrakenteeseen pohjautuvaa vaihtoehtoa verrataan menneestä kehityksestä johdetun trendin mukaiseen rakenteeseen, joka on kolmantena vaihtoehtona (C). Trendivaihtoehtoa käytetään nykyisen kehityssuunnan seurausten hahmottamiseen sekä kahden muun tiettyyn suuntaan ohjattavan kehityskulun vertailupohjana. Trendivaihtoehdossa väestö ja työpaikat painottuvat vahvasti pääkaupunkiseudulle sekä kehyskuntiin ja haja-asutuksen osuus on muita vaihtoehtoja suurempi.

Uusi väestö ja työpaikat sijoitetaan keskittymiin, jotka vaihtoehdoissa muodostuvat eri perustein. Keskittymillä tarkoitetaan tässä työssä tiivistymiä joissa asutuksen ja työpaikkojen oletetaan lisääntyvän. Pääkaupunkiseudun alue on jokaisessa vaihtoehdossa rajattu samalla tavalla. Rajaus ei seuraa kuntarajoja vaan on määritelty nykyisen ja tulevan rakenteen perusteella. Alueesta käytetään nimeä kehityskuvan pääkaupunkialue.

Kaikissa vaihtoehdoissa väestömäärä on 1,75 miljoonaa asukasta vuonna 2035 ja väestömäärän lisäys 2005 – 2035 on 300 000 asukasta. Vaihtoehtojen tarkasteltavilla alueilla nykyväestön määrä on noin 1,3 miljoonaa asukasta. Työpaikkamäärä on 835 000 vuonna 2035 ja työpaikkamäärän lisäys 2005 - 2035 on 132 000 työpaikkaa..

Liikenneverkko kehittyy kaikissa vaihtoehdoissa niin, että kehärata, länsimetro Kivenlahteen, Kerava-Nikkilä-yhteys ja kehä 4 toteutetaan.

Vaihtoehtojen sisältöä kuvataan taulukoissa 3 (vakiot) ja 4 (muuttuvat tekijät).

Taulukko 3. Vaihtoehtojen vakiot 2035, pääpiirteet

	A: Toimivat kaupungit	B: Rata	C: Trendi
VAKIOT			
väestömäärä (uusi asutus 2006-2035)	1,75 miljoonaa (300 000)		
työpaikkamäärä (uudet työpaikat 2006-2035)	835 000 (132 000)		
liikenneverkko	nykyinen + todennäköiset: - kehärata - länsimetro Kivenlahteen - Kerava-Nikkilä -yhteys		
viherrjestelmä	keskittymien ulkopuolella oleva maakunnallinen ja seudullinen viherrjestelmä		
nykyinen rakenne	- nykyiset taajamat - seutu- ja kuntakeskukset - asemakaava-alueet		

Taulukko 4. Vaihtoehtojen muuttujat 2035, pääpiirteet

MUUTTUJAT						
	A: Toimivat kaupungit	B: Rata			C: Trendi	
väestön sijainti	painottuu seutu- ja kuntakeskuksiin	painottuu uusiin ja nykyisiin asemiin			painottuu kehityskuvan pääkaupunkialueelle ja kehyskuntiin menneeseen kehitykseen perustuen. hajautumisen osuus suuri	
työpaikkojen sijainti	painottuu seutu- ja kuntakeskuksiin	painottuu uusiin ja nykyisiin asemiin			painottuu kehityskuvan pääkaupunkialueelle	
aluetehokkuus	vaihtelee alueittain, pysyy keskittymien sisällä pitkälti nykyisenkaltaisena, haja-asutuksen osuus nykyistä pienempi	tavoitteellinen, vaihtelee alueittain, haja-asutuksen osuus nykyistä pienempi, kerrostalovaltaisuus painottuu			menneen kehityksen mukaan alueelliset arviot, haja-asutuksesta trendin mukaan arvio, painottuu pientaloasumiseen	
liikenneverkko	VAKIO	b0: nykyiset radat ja niiden uudet asemapaikat	b1: itämetro ja länsimetro Kirkkonummelle	b2: ELVI	b3: Klauskala	VAKIO

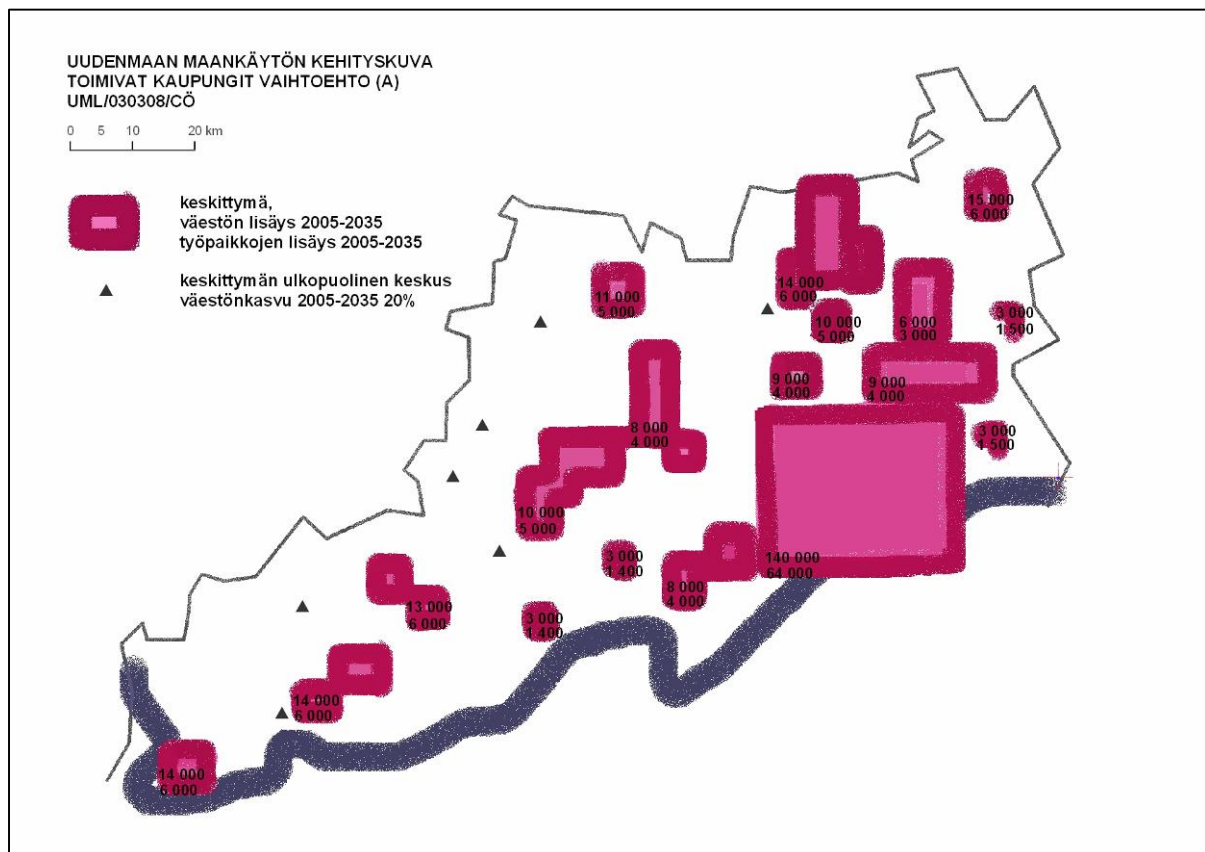
5.3.1.2 Toimivat kaupungit - A

Vaihtoehdon tarkoituksena on tutkia liikkumistarpeen vähentämistä kestävä kehityksen toimintalinjana. Vaihtoehdossa painotetaan kasvua osaan maakuntakaavan seutu- ja kuntakeskuksista sekä niiden läheisyyteen monikeskittyneen mallin mukaisesti. Keskittymät kehityskuvan pääkaupunkialueen ja kehyskuntien ulkopuolella korostuvat kasvun suhteen, tehden eroa trendivaihtoehtoon.

Tavoitteena on ollut että keskittymät muodostavat vaihtoehdon nimen mukaisia toimivia kaupunkeja. Nimellä viitataan kaupunkimaiseen keskittymään jossa on riittävästi asukkaita jotta

se voisi toimia mahdollisimman omavaraisena palveluiden ja työpaikkojen suhteen, vähentäen samalla liikkumistarvetta. Kaikkien keskittymien ei kuitenkaan ole voitu olettaa kasvavan näin suuriksi. (Kuva 37)

Ajatusta siitä, minkälaista asuminen voi olla tässä vaihtoehdossa: Pienkaupunkimainen rakenne mahdollistaa monipuolisen aluerakenteen jossa on sekä tiiviimmin kaupunkimaisesti rakennettuja alueita että väljemmin rakennettuja alueita. Asumisessa löytyy valinnanvaraa niin lapsiperheille keskittymän reunamien pientaloista ja kytketyistä pientaloista kun yksinasuville keskittymän keskustan tuntumasta. Viheralueille ja erilaisille virkistystoiminnoille kuten urheilupuistoille jää tilaa myös keskittymien sisään. Keskittymien keskustoissa ja niiden läheisyydessä palvelurakenne on monipuolista, sen sijaan keskittymien reunoilta voi olla pitkätkin etäisyydet palveluiden luo ja työpaikoille. Ajatuksena on, että asukkaat käyvät töissä samassa keskittymässä jossa asuvat, jolloin koulu- ja työmatkat eivät muodostu kohtuuttomiksi. Suurissa keskittymissä on mahdollista järjestää tehokas joukkoliikenne esimerkiksi bussien varaan, ja ihannetilanteessa asukkaat käyttävät joukkoliikennettä tai kevyttä liikennettä työmatkoihin. Todennäköistä kuitenkin on että osa asukkaista varsinkin keskittymän laidoilta joutuisi turvautumaan myös auton käyttöön.



Kuva 37. Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehto A – Toimivat kaupungit.

Keskittymiksi on valittu seutu- ja kuntakeskukset joissa nykyisellään on tai todennäköisesti vuoteen 2035 mennessä muodostuu riittävä asukas- sekä työpaikkapohja. Liikenneverkon parannusten tuomat vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen on otettu huomioon niin että mukaan on otettu myös nykyhetkellä pieniä keskuksia joiden kasvaminen on todennäköistä tiedossa olevien infrastruktuurihankkeiden tai tehostettujen liikenneyhteyksien takia. Aluerajauksen määrittelyssä on suurpiirteisesti huomioitu nykyisen rakenteen lisäksi todennäköinen tuleva rakenne. Aluerajaukset on tehty kuntarajoihin katsomatta ja keskittymät voivat yhdistää useita kuntakeskuksia. Vaihtoehtokartoissa keskittymät on piirretty suurpiirteisesti. Ohjeena keskittymien määrittelyssä on pidetty liikkumistarvetta vähentävien ratkaisujen mahdollisuutta.

Keskittymien on lisäksi oletettu kasvavan kokoon, joka palveluiden ja työpaikkojen suhteen mahdollistaa itsenäisen toiminnan. Toimivan kaupungin asukasmäärän rajana on pidetty 50 000 asukasta. Kaikkien keskittymien jotka 3 % vuosikasvulla voivat kasvaa tähän kokoluokkaan on oletettu tekevän niin. PARAS-hankeessa on määritelty 20 000 asukasta määräksi, joka palveluiden kannalta voi muodostaa toimivan kokonaisuuden. Pienempien keskittymien on oletettu kasvavan ainakin 20 000 asukkaan kokoluokkaan, kuitenkin niin että mikään keskittymä ei kasva yli 3 % vuodessa.

Haja-asutukseen ei ole osoitettu uutta väestöä. Keskittymien ulkopuolisille kartassa esitetyille keskuksille on kuitenkin oletettu 20 % kasvu. Tässä vaihtoehdossa ajatuksena on näiden keskusten kasvu haja-asutuksen kasvun sijaan.

Uusien työpaikkojen määrittely keskittymiin on laskettu samassa suhteessa väestönkasvun kanssa, käyttäen keskittymän suhteellista osuutta koko väestönkasvusta.

Talotyyppijakauma keskittymissä pysyy pääsääntöisesti nykytilanteen mukaisena. Kaikissa keskittymissä keskimäärin on pientaloja 27 %, rivitaloja 16 % ja kerrostaloja 57 %. Kun keskittymien aluerajausten ulkopuolelle jää pääosin pientalovaltaisia alueita, talotyyppijakauma keskittymissä on hieman koko suunnittelualueella kerrostalovaltaisempi. Aluetehokkuus keskittymissä on hieman nykyistä tiiviimpi.

5.3.1.3 Ratavaihtoehto - B

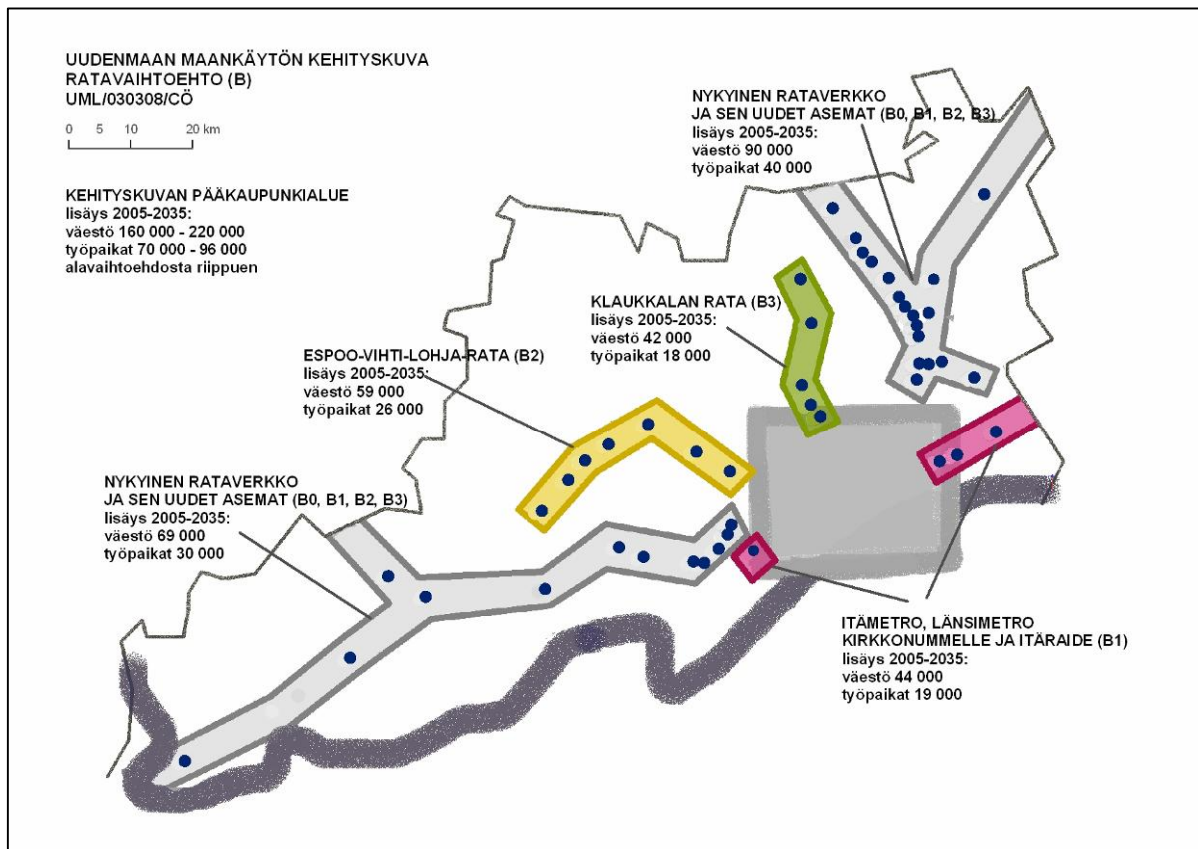
Vaihtoehdon tarkoituksena on tutkia kestävän kehityksen toimintalinjaa, jossa henkilöliikenne suunnitetaan vahvasti raideliikenteeseen. Vaihtoehdon perusrakenne pohjautuu sekä nykyiseen rakenteeseen että uusien rataosuuksien varaan ja keskittymät sijoittuvat ratoihin painottuen sekä nykyisille että uusille asemille. (Kuva 38)

Keskittymät ovat pienehköjä ja tiiviisti rakennettuja. Ajatuksena on että liikkuminen varsinkin uusille asemille tapahtuisi pääsääntöisesti jalan tai pyörällä. Asemalle voisi kulkea myös kauempaa joko joukkoliikennettä käyttäen missä sen järjestäminen on mahdollista tai autolla liityntäpysäköintiä hyödyntäen. Varsinkin jo olemassa olevien asemien seuduilla asuu myös kauempana asemista väestöä, joka joutuu turvautumaan auton käyttöön. Nykyisiä väestömääriä laskettaessa on keskittymän kooksi valittu 1 km säde, mutta myös 3 km säteellä asemasta asuvien määrää on tutkittu. Käytännössä uuden rakentamisen tarkempi sijoittuminen ratkeaa yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa.

Ratavaihtoehdolla halutaan tuoda esille muita vaihtoehtoja radikaalimpi ote väestön ja työpaikkojen sijoittamisessa. Aluetehokkuus keskittymissä on muita vaihtoehtoja selkeästi korkeampi. Ratavaihtoehdossa ei ole tarkastettu kehityskuvan pääkaupunkialueen sisäisiä asemia. Oletuksena on, että tällä alueella joukkoliikenteen saavutettavuus ja vuorovälit ovat pääsääntöisesti hyvät.

Ajatusta siitä, minkälaista asuminen voi olla tässä vaihtoehdossa: Keskittymän pienestä koosta johtuen toiminnot ovat lähellä toisiaan ja liikkuminen keskittymän sisällä on vaivatonta. Erilaiset kerrostalot sekä tiivis matalan rakennusmuodot korostuvat maisemassa, ja rakennusten arkkitehtuurilla on suuri merkitys alueen viihtyvyyteen. Virkistuminen keskittymän sisällä toteutuu kaupunkimaisilla tori- ja puistoalueilla joiden lisäksi keskittymän ulkopuolella ja sen reunoilla on laajempia virkistysalueita. Keskittymän pienestä koosta johtuen nämäkään eivät ole kaukana asumisesta. Ihannetilassa asukkaat käyvät töissä samassa keskittymässä jossa asuvat, tai vaihtoehtoisesti toisessa keskittymässä johon pääsee junalla. Työ- ja koulumatkat tapahtuvat tyypillisesti keskittymän sisällä jalan tai pyörällä ja keskittymien välillä junalla. Palvelut ovat asutuksen keskellä ja niiden taso on monipuolinen. Tiivis rakentaminen tuo yhteisöllisyyden tuntua, naapurit ovat lähellä ja syrjäytyminen ei ole suuri ongelma.

Liikkuminen keskittymästä toiseen junalla on arkipäiväistä ja nopeaa (Hollannin malli?), mutta vaihtoehdossa on mahdollista myös elämä, jossa juurikaan ei ole tarvetta liikkua keskittymän ulkopuolella.



Kuva 38. Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehto B – Ratavaihtoehto.

Ratavaihtoehto jaetaan **alavaihtoehtoihin** nykyisen rataverkon ja uusien raideyhteyksien mukaan. Kaikissa alavaihtoehdossa ovat mukana nykyiset asemat ja niiden uudet asemapaikat:

- b0** nykyiset radat ja niiden uudet asemapaikat
- b1** lisäksi itämetro ja länsimetro Kirkkonummelle
- b2** lisäksi Espoo-Vihti-Lohja -rata
- b3** lisäksi Klaukkalan rata

Alavaihtoehtojen asemanpaikat:

- b1** itämetro ja länsimetro Kirkkonummelle: Itäsalmi (metro), Landbo (metro), Söderkulla (Heli-rata), Kirkkonummi (metro)
- b2** Espoo-Vihti-Lohja -rata: Hista, Veikkola, Nummela, Muijala, Lohjan asema, Lohjan keskusta, Virkkala
- b3** Klaukkalan rata: Keimola, Kongo ja Klaukkala, Nurmijärvi, Rajamäki

Vuoteen 2035 mennessä toteutuu todennäköisesti vain yksi uusista radoista. Uusia ratavaihtoehtoja halutaan myös verrata nykyisen rataverkon riittävyteen.

Vaihtoehdossa on nykyisten rataosuuksien asemien ympäristöön osoitettu noin 7500 asukasta ja uusien ratojen asemien ympäristöön noin 10000 asukasta. Pääradan kaupunkeihin ja metroasemille on osoitettu noin 12 000 asukasta. Kehityskuvan pääkaupunkialueelle jää alavaihtoehdosta riippuen noin 80 000 - 140 000 asukasta. Jos asemien läheisyyteen sijoitetaan

enemmän asutusta, ei 300 000 asukkaan väestönkasvu riitä edes yhden uuden ratakäytävän avaamiseen niin, että myös pääkaupunkialueelle voidaan osoittaa kasvua.

Pohjana väestön sijoittamisessa on ollut ajatus siitä että väestömäärä keskittymissä aseman läheisyydessä voi olla vähintään 5 000 asukasta ja enintään 15 000 asukasta. Aseman läheisyydelle ei aseteta tarkkaa määritelmää, rakentamisen etäisyys asemasta voi vaihdella asemittain. 5000 henkeä oletetaan olevan suurpiirteinen vaadittava asukasmäärä aseman välittömässä läheisyydessä, jotta ruuhka-aikana 30 minuutin välein kulkeva paikallisjuna olisi realistinen kun asemia on lähekkäin. 15 000 henkeä oletetaan olevan enimmäismäärä henkilöitä, jotka voivat asua noin 1 km säteellä asemasta. Koko suunnittelualueella ainoastaan Helsingin keskustassa on kilometrin säteellä tätä enemmän asukkaita (noin 20 000 asukasta).

Uusien työpaikkojen määrittely keskittymiin on laskettu samassa suhteessa väestönkasvun kanssa, käyttäen keskittymän suhteellista osuutta koko väestönkasvusta.

Talotyypijakaumassa korostuu asemien ympäristön tiiviin rakentamisen takia kerrostaloasumisen ja tiivismatala-asumisen muodot. Uuden asutuksen oletetaan muodostuvan 80 % kerrostalo- ja tiivismatala-asumisesta sekä 20 % rivitaloasumiseen verrattavasta asumisesta. Vuonna 2035 on kaikissa keskittymissä keskimäärin pientaloja 20 %, rivitaloja 13 % ja kerrostaloja 67 %.

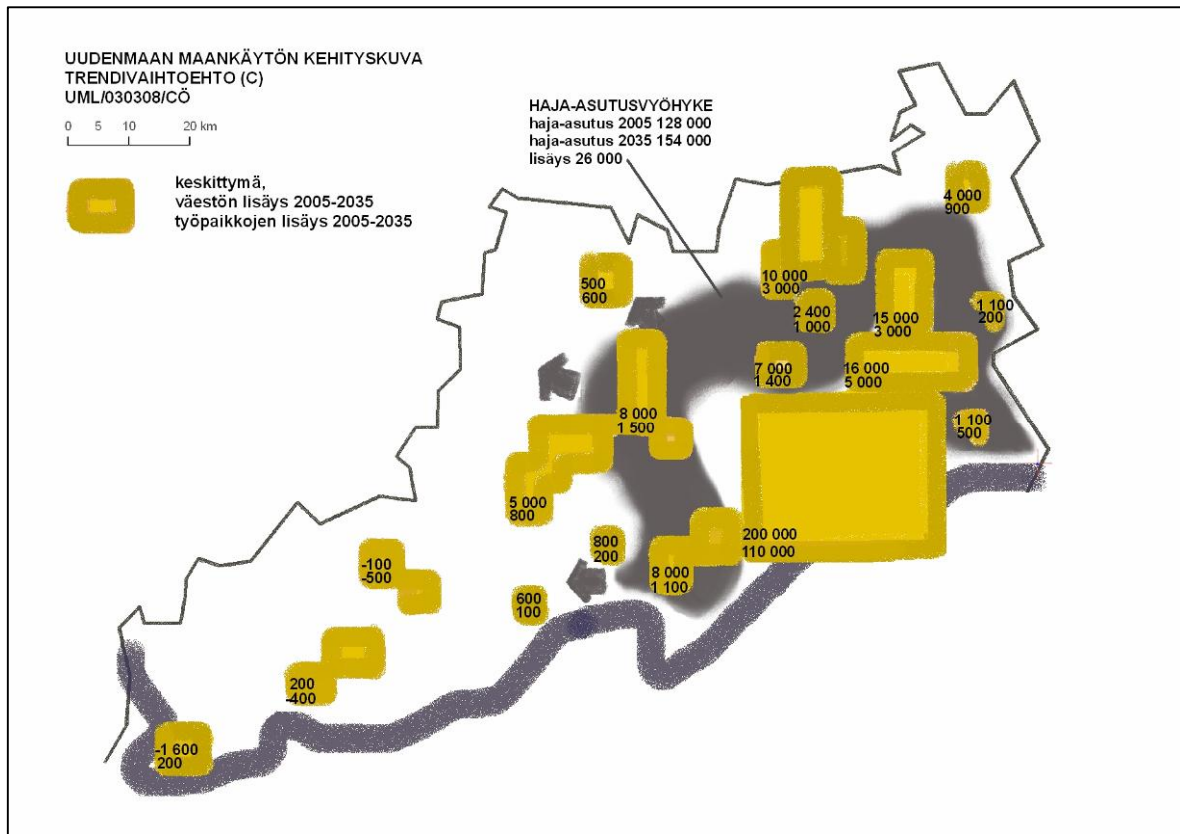
5.3.1.4 Trendivaihtoehto - C

Trendivaihtoehdossa pyritään kuvaamaan, miten väestö ja työpaikat sijoittuisivat mennyttä kehitystä vastaavalla tavalla. Oletuksena on jatkumo menneestä ja ilman suuria muutoksia nykypäivästä vuoteen 2035 jatkuva kehitys. Vaihtoehdon on tarkoitus toimia vertailukohtana muille vaihtoehdoille ja mahdollisesti myös tietynlaisena uhkakuvana siitä, miten kehitys saattaisi jatkua. Vaihtoehto on laskennallisesti aikaansaatu eikä ole tarkoitettu ennusteeksi.

Vaihtoehdossa on käytetty samoja keskittymiä kun A-vaihtoehdossa, jotta vaihtoehdot olisivat keskenään vertailukelpoisia. Erot tulevat esille väestönkasvun ja uusien työpaikkojen suhteissa (kuva 39).

Trendivaihtoehdossa on haluttu tarttua **haja-asutukseen** ilmiönä. A-vaihtoehdon keskittymien lisäksi trendivaihtoehtoon on lisätty haja-asutusvyöhyke, joka kuvaa haja-asutuksen leviämistä menneen kehityksen mukaan. Haja-asutuksen kasvua on tutkittu sekä viimeisen viiden vuoden että viimeisen kahdenkymmenen vuoden ajanjaksosta. Nuolilla on pyritty osoittamaan suuntaa, johon haja-asutus vuoteen 2035 on leviämässä.

Väestönkasvu ja työpaikkojen muutokset on laskettu menneen kehityksen mukaan käyttäen YKR-aineistoja vuosilta 1980 ja 2005. Väestön ja työpaikkojen on vuodelle 2035 keskittymissä oletettu kasvavan tässä samassa suhteessa. YKR-aineistoja käyttäen on laskettu myös se osuus väestöstä, joka on sijoittunut haja-asutusalueille vuosina 1980 - 2005. Haja-asutusalueiksi on oletettu asemakaavojen ulkopuolisia alueita. Haja-asutuksen osuuden on oletettu kasvavan vuoteen 2035 tässä suhteessa.



Kuva 39. Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehto C – Trendivaihtoehto.

Talotyypijakauma on laskettu menneen kehityksen mukaan käyttäen YKR-aineistoja vuosilta 1980 ja 2005. Talotyypijakauman on vuodelle 2035 oletettu kasvavan tässä samassa suhteessa. Vuonna 2035 kaikissa keskittymissä on keskimäärin pientaloja 34 %, rivitaloja 14 % ja kerrostaloja 52 %. Uuden asutuksen vaatima rakentaminen ja nykyisen väestön väljyyskasvun vaatima lisätila on vaihtoehdossa laskettu yhteen ja käsitelty samalla tavalla. Väestönkasvun suuntautuessa kehityskuvan pääkaupunkialueelle, kehyskuntiin ja haja-asutukseen menneen kehityksen mukaan vaihtoehto on muita vaihtoehtoja pientalovaltaisempi.

5.3.2 Ennakoitu ilmastonmuutos Uudellamaalla

Uudellamaalla laadittiin ilmastomallisimuloinnit usealla paikkakunnalla: Helsinki, Karkkila, Kirkkonummi, Mäntsälä, Porvoon edusta ja Tammisaari. Malliajojen perusteella arvioitiin ennusteet erikseen rannikolle ja sisämaahan. Arvioidut muutokset on esitetty luvussa 4.

5.3.3 Tulva-alueiden kartoitus

Ilmastonmuutoksen myötä merenpinnan noususta ja sademäärien kasvusta aiheutuu tulvavaaran lisääntymistä. Maakuntatason suunnittelussa tulvavaara voidaan huomioida rajaamalla tulvavaara-alueet rakentamisalueiden ulkopuolelle.

Uudenmaan liitto on laatinut selvityksen meriveden nousun vaikutuksista Uudenmaan rannikolla ja Uudenmaan yleispiirteisen tulvavaarakartan (Uudenmaan liitto 2007). Tulvavaaraselvitys on tehty osana ASTRA-projektia. Selvitykseen kuuluu koko Uudenmaan rannikkoalueen

kattava yleispiirteinen tulvavaarakartta, jonka pohjalta voidaan arvioida tarkempien tulvavaara-analysien tarvetta.

Kartoituksessa käytettiin korkeusaineistona Maanmittauslaitoksen numeerista korkeusmallia 25. Tulvavaara-alueet määritettiin puolen metrin välein 50 - 300 cm korkeustasolle meren pinnasta. Lisäksi tutkittavalta alueelta määritettiin veden alle jäävien rakennusten määrä eri vedenkorkeuksilla.

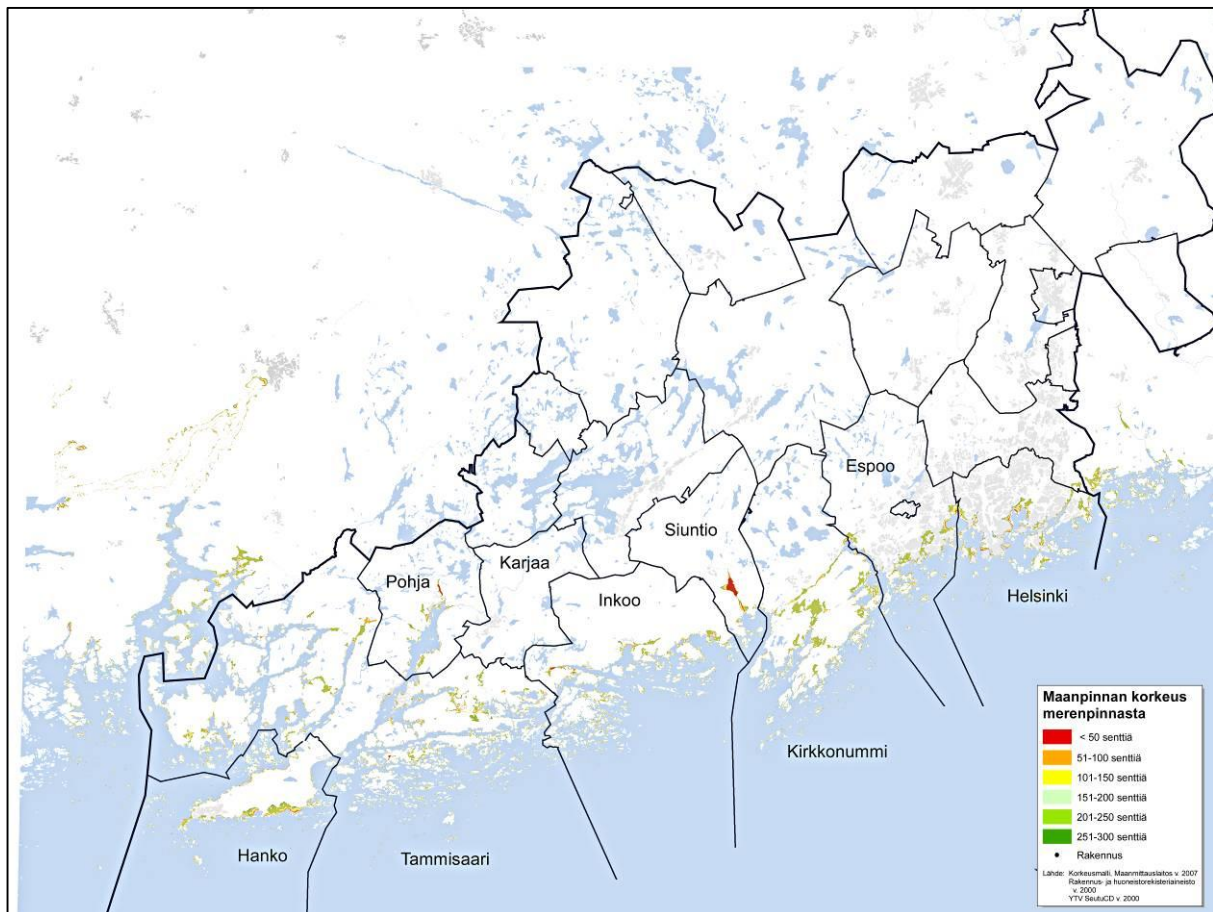
Uudenmaan rannikon yleispiirteisellä tulvavaarakartoituksella saatiin kohtalaisen helposti ja nopeasti selvitettyä alueita, jotka ovat kaikkein alttiimpia meriveden nousulle. Vaikka karttojen mittakaava on pieni, on niiden avulla mahdollista osoittaa sellaisia riskialueita, joilla kannattaa tehdä tarkempia tulvavaarakartoituksia. Kartat osoittavat, että Espoossa ja Helsingissä käynnissä olevaa tulvavaarakartoitusta ei tehdä turhan takia ja että muillakin alueilla, ja etenkin Tammisaarella, Hangossa, Inkoossa ja Kirkkonummella, kannattaisi riskialueiden tarkempi tulvavaarakartoitus käynnistää mitä pikimmin.

Karttoja tutkittaessa on kuitenkin erittäin tärkeää huomioida niiden yleispiirteisyys ja niihin sisältyvät puutteet ja epätarkkuudet. Karttojen antamaan tietoon kannattaakin suhtautua suuntaantavasti, ja tarkempia alueellisia ja paikallisia johtopäätöksiä kannattaa tehdä vasta tarkempien tulvavaarakartoitusten jälkeen. (Uudenmaan liitto 2007)

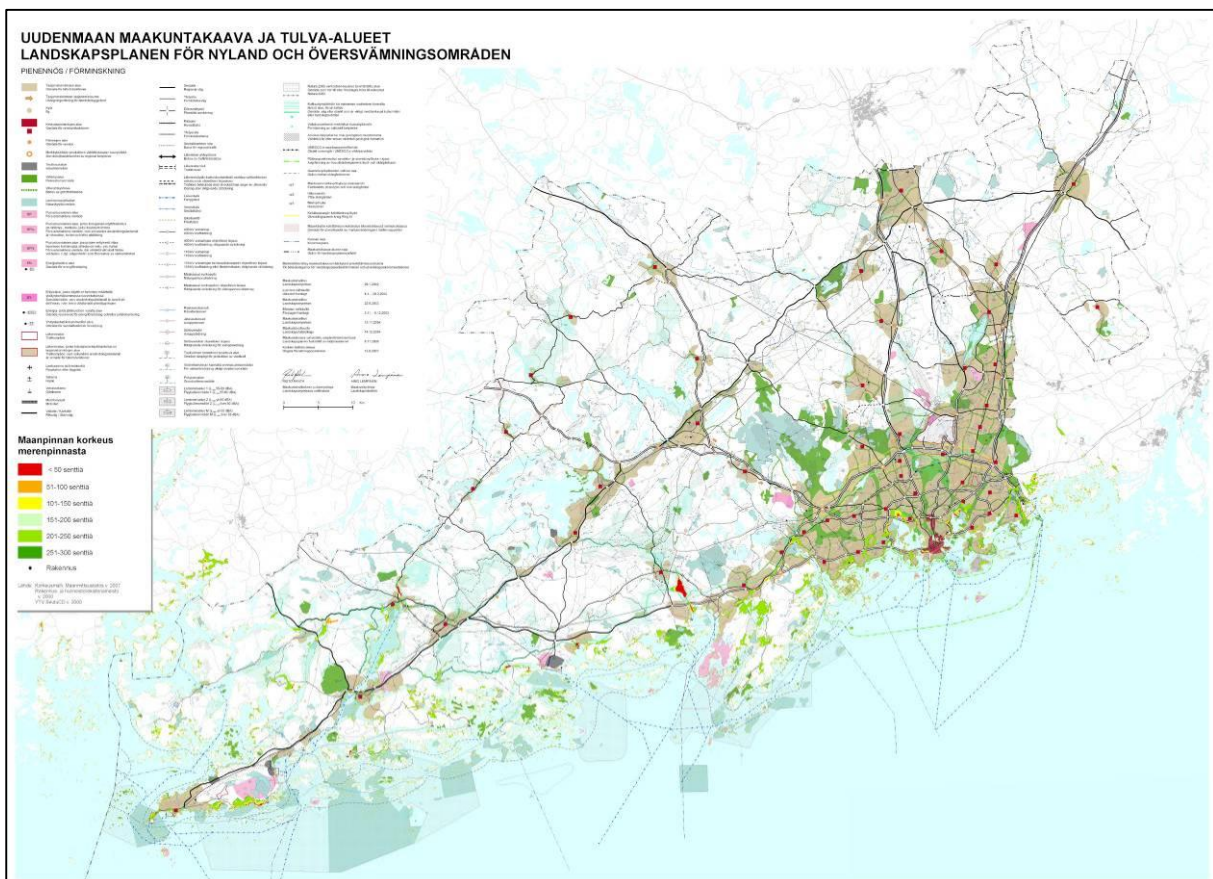
Kuvissa 40 esitetään Uudenmaan tulvakartta ja kuvassa 41 Uudenmaan maakuntakaava ja tulva-alueet. Esimerkkeinä tarkemmasta alueiden kuvauksesta kuvassa 42 esitetään tulvavaara-alueet Helsingissä ja kuvassa 43 Hangossa.

Maakuntatason suunnittelussa tulva-alueiden tarkastelu on yleispiirteistä. Koska maakuntakaava ja maankäytön kehityskuvavaihtoehdot on laadittu yleispiirteisellä tasolla, ei rakentamisen mahdollista sijoittumista tulvavaara-alueille voida määrittää. Yleispiirteinen tarkastelu antaa kuitenkin mahdollisuuden varmistaa, että maakuntakaavan toteutuksessa ja yksityiskohdaisemmassa suunnittelussa voidaan ottaa huomioon tulvavaara-alueet.

Uudenmaan maakuntakaavan taajamatoimintojen suunnittelumääräyksen mukaan rakentamattomat rannat on yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa varattava yleiseen virkistykseen, jollei erityinen tarve edellytä alueen osoittamista muuhun käyttöön. Vaikka määräyksen tavoitteena on säilyttää rantoja vapaana yleisen virkistyksen kannalta, määräys voi edistää myös tulvavaaran huomioon ottamista.



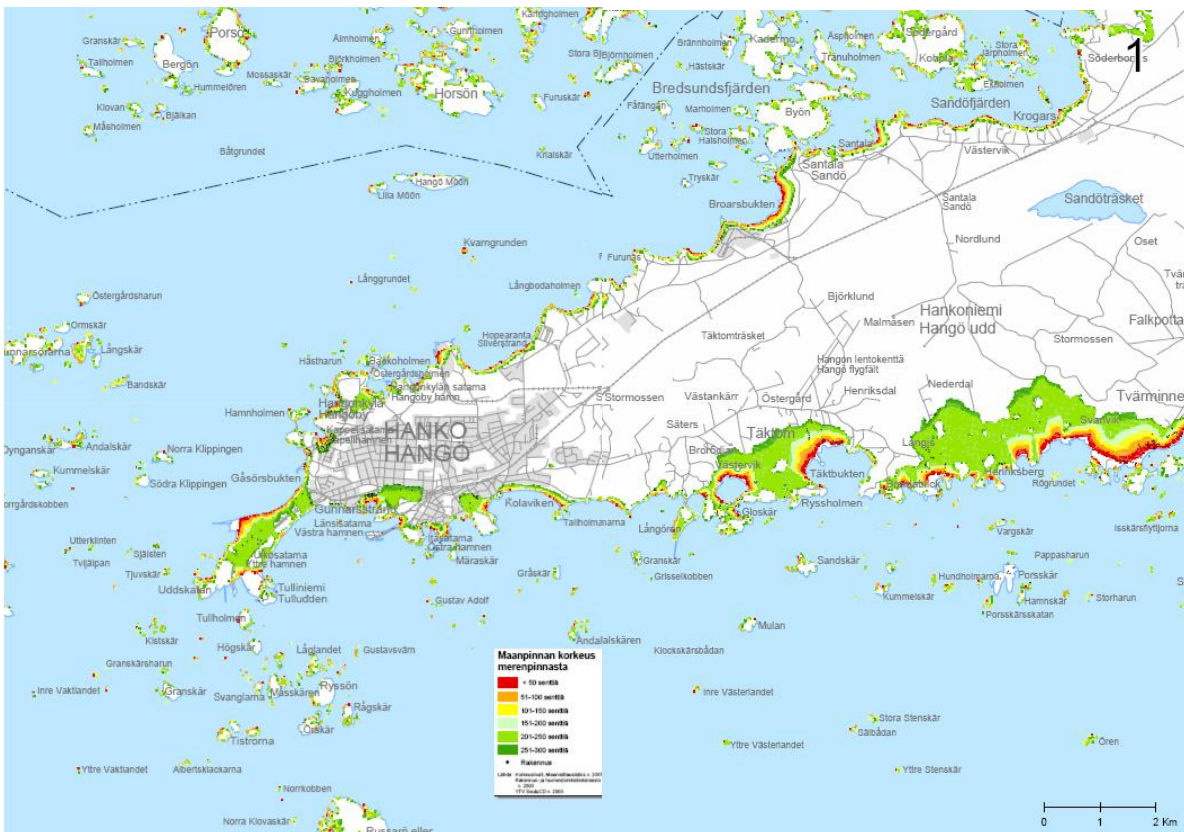
Kuva 40. Uudenmaan tulvavaarakartta. Maanpinnan korkeus merenpinnasta. (Uudenmaan liitto 2007)



Kuva 41. Uudenmaan maakuntakaava ja tulva-alueet. Maanpinnan korkeus merenpinnasta. (Uudenmaan liitto 2007)



Kuva 42. Esimerkki tulvavaarakartasta, Helsinki (Uudenmaan liitto 2007)



Kuva 43. Esimerkki tulvavaarakartasta, Hangö (Uudenmaan liitto 2007).

5.3.4 Ilmastomuutokseen sopeutuminen

5.3.4.1 Taustaa

Tehtävänä oli Uudenmaan maakuntakaavan luonnoksen tarkastelu ilmastomuutoksen kannalta, ja laaditut ohjeet käsittelevät ilmaston muutosta ja sen vaikutusta laajasta näkökulmasta. Osa ehdotuksista on vaihtelevassa määrin toteutunut maakuntakaavassa. Tehty selvitys ei kuitenkaan käy läpi koko kaavaa yksityiskohtaisesti.

Monesti on vaikeaa vetää rajaa maakuntakaavassa, seutukuntien suunnitelmissa ja yleiskaavoissa käsiteltävien asioiden, ja niiden käsittelytarkkuuden välille. Siksi selvityksessä oli paikoin mukana myös yksityiskohtaisia ohjeita ja kommentteja, vaikka ne ehkä toteutuvatkin vasta yleis- tai asemakaavatasoilla.

5.3.4.2 Yleiskuvaus Uudenmaan mikroilmastosta

Uusimaa rajoittuu etelässä mereen, mistä syystä tuulet pääsevät alueelle etelästä ja lounaasta suurella voimalla. Toisinaan esiintyy itäisiä mantereisia virtauksia, jotka kesällä ovat lämpimiä ja talvella kylmiä. Lännestä tulee kosteita lämpimiä tuulia, ja pohjoisesta kuivia kylmiä polaari-ilman purkauksia. Mittausasemat eri puolilla maakuntaa antavat toisistaan huomattavasti poikkeavat tuuliruusut.

Uusimaa on suhteellisen tasainen alue, ja siksi suurilmasto pääsee vaikuttamaan lähes muuttumattomana. Vallitsevia etelä- ja lounaistuulia vastaan rannikkoalue on suojaton. Sisämaassa mikroilmastoa muokkaavat vesialueet sekä suuremmat mäet ja laaksot, joiden ympärillä esiintyy voimakkaita tuulikanavia. Myös aukeat kaupunki- ja katutilat, avoimet kerrostalokorttelit, peltoalueet sekä suuret paikoitusalueet ovat varsin tuulisia. Monissa taajamissa on tiivistä piene- tai kerrostalorakennetta, joka ”sokkeloisuutensa” ansiosta on mikroilmastollisesti hyvää. Metsät suojaavat tehokkaasti tuulilta, mutta harvahkoilla lehtipuukujilla ei mikroilmaston kannalta ole paljoa vaikutusta.

Rannikon keski-ilmastoa muokkaa voimakkaasti merestä johtuva vuorokautinen tuulijärjestelmä, jossa esiintyy päiväsaikaan lounainen/eteläinen merituuli ja yöaikaan pohjoinen maatuuli. Tämä rannikotuuli on yleinen erityisesti keväisin ja kesäisin aurinkoisina päivinä. Etelä- ja lounaistuulen ympäristöä kuormittava vaikutus on nähtävissä sekä rakennuksissa että maastosta rannikolla.

Keskimäärin Uudellamaalla esiintyy kaikkina vuodenaikoina suuria keskituulenopeuksia, jotka tulisi huomioida suunnittelussa:

- Kevät: itä, lounas.
- Kesä: lounas, länsi, luode, pohjoinen.
- Syksy: länsi, lounas, luode, etelä.
- Talvi: länsi, lounas, etelä.

Yleisesti ottaen pihojen ja oleskelualueiden suojauksen kannalta tärkeimmät tuulensuunnat ovat meren suunta sekä pohjoinen. (Mattson, Tilastoja)

Pihojen, leikkikenttien, kevyenliikenteenväylien ja linja-autopysäkkien viihtyisyyden kannalta on tärkeintä suojautuminen eteläisiä, lounaisia ja pohjoistuulia vastaan. Energian säästämiseksi rakennusten julkisivuja tulisi suojata erityisesti pohjoisesta ja idästä kohdistuvilta viimoilta.

5.3.4.3 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus Uudellamaalla

Alueellisen ilmastomallin simuloinnin perusteella Uudenmaan ilmastossa tulee tapahtumaan useita muutoksia:

- lämpötilat tulevat nousemaan
- tuulisuus ja myrskyt lisääntyvät
- vesisateet lisääntyvät
- lumimäärät vähenevät, mutta lumimyrskyjä on tulevaisuudessakin
- meri ja suuret järvet ovat jäässä vain lyhyen ajan; aallokko lisääntyy.

Lämpötilan nousu tulee vähentämään kylmyydestä johtuvaa lämmönkulutusta, mutta kasvava tuulisuus toisaalta lisää rakennusten jäähtymistä etenkin rannikolla. Meren pysyminen sulana lähes läpi vuoden, yhdessä tuulen lisääntymisen kanssa, pidentää kosteaa tuulista välivuoden-aikaa.

Maksimituulennopeuksien kasvaminen paikasta riippuen 5-20 prosentilla rasittaa sekä rakennuksia että vaikeuttaa kevytliikennettä. Rantalaitureilla ja silloilla kulkeminen tulee entistä vaikeammaksi ja toisinaan mahdollisesti vaaralliseksi. Rakenteisiin tulee kohdistumaan nykyistä suurempia tuulikuormia, mikä lisää esimerkiksi sähkökatkosten todennäköisyyttä. (Christensen)

5.3.4.4 Luonnonympäristöjen merkitys

Luontoalueet ovat tärkeitä monista eri syistä, ja niillä on vaikutusta myös taajamien ilmasto-olosuhteisiin. Ne auttavat ilmastomuutoksen haittavaikutusten torjumisessa lieventämällä myrskytuulia, tasaamalla lämpötiloja ja kosteutta sekä hidastamalla pintaveden joutumista vesistöihin, mikä auttaa tulvien torjunnassa. Luonnon kestävyysrajat on ylitetty monin paikoin, jonka seurauksena ympäristö köyhtyy ja lajeja kuolee sukupuuttoon. Aluesuunnittelussa on luotava edellytykset biodiversiteetin ja biotooppien suojelulle, sekä yksilöiden lukumäärän säilymiselle myös muuttuvan ilmaston olosuhteissa.

Edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi voidaan käyttää seuraavia toimenpiteitä:

- riittävän suurien tukialueiden säilyttäminen
- erillisten viheralueiden yhdistäminen toimivaksi verkostoksi
- lajeille mahdollisuus muuttaa (pohjoiseen päin) ilmaston muutoksen myötä
- lajistoltaan köyhien alueiden parantaminen
- rakentamisen rajaaminen mahdollisuuksien mukaan jo rakennetuille alueille.

Suomenlahden erityispiirteenä rannikolla on lukuisia matalia merenlahtia, fladoja, ja sellaisiin syntyneitä kuroumajärviä, glo-järviä, jotka ovat tärkeitä sekä kasvistolle että eläimistöille, erityisesti linnustolle. Maa on tähän asti kohonnut tuhansia vuosia, uusia flo-järviä on syntynyt, ja asutus ja maatalous levinnyt vastaavasti perässä. Nyt prosessi uhkaa kääntyä päinvastaiseksi, mikä edellyttäisi merenlahtien pohjukoiden varaamista biotooppien siirtymäalueiksi. Tämä on usein konfliktissa muun jo vakiintuneen maankäytön kanssa.

5.3.4.5 Kestävän kehityksen mukainen kaavoitus

Ilmastotietoinen suunnittelu edesauttaa paremman ympäristön aikaansaamisessa. Hyvin suunniteltu laadukas rakentaminen alentaa asumiskuluja pienemmän energiankulutuksen, helpomman kiinteistön hoidon ja vähäisemmän korjaustarpeen ansiosta. Täydennysrakentamisella parannetaan kaavataloutta, tehostetaan jo olevien teknisten verkostojen ja tiestön käyttöä sekä voidaan parantaa mikroilmastoja. Tehokkaampi yhdyskuntarakenne vähentää rakentamisen haittavaikutuksia ja CO₂-päästöjä.

Rakentamisen tavoitteena on sosiaalisesti tasapainoinen yhdyskuntarakenne. Tähän voidaan päästä toteuttamalla toiminnoiltaan sekoitettuja ja väestöltään monipuolisia alueita. Toiminnat olisi sijoitettava kävelymatkan päähän toisistaan, jotta turhalta päivittäiseltä liikenteeltä välttyttäisiin. Varsinkaan lapsia ja vanhuksia ei pitäisi erottaa muusta elämästä ja työnteosta. Myös liikennesuunnittelu on tehtävä näiden heikompien väestöosien ehdoilla. Ilmastonmuutos lisää Uudellamaalla tuulisuutta, sateita ja liukkaita mikä on huomioitava varsinkin kevyenliikenteen väylien suunnittelussa ja ylläpitojärjestelmissä. Asumista ei saa sijoittaa terveydelle haitallisille melu- tai saastealueille eikä sähkömagneettisten kenttien läheisyyteen.

Kaavoituksen on perustuttava mikroilmastoanalyysin ja tarvittaessa pienoismallitestausten antamiin lähtökohtiin. Rakennukset ryhmitetään tuulelta suojaaviksi ryhmiksi. Pohjavesien suojelemiseksi, turhan sadevesiviemäröinnin välttämiseksi ja tulvien estämiseksi pintavesien kulkuun ja hyödyntämiseen on usein syytä paneutua jo maankäytönsuunnittelussa. Rakennukset suunnataan siten, että aurinkoenergian passiivinen hyödyntäminen on mahdollista.

Kaavoituksen tavoitteena on luoda uusia viihtyisiä alueita, eheyttää kaupunkirakennetta ja parantaa rakennetun ympäristön yleisilmettä. Lähtökohtia ovat:

- eri aluetasoilla helposti hahmotettava kokonaisrakenne
- asumisen kehittäminen (asumistapa, sosiaaliset struktuurit, yhteys työhön)
- kaupunkikortteleiden mittakaavallinen ja typologinen kehittäminen
- kaavatalous ja infrastruktuurin hoitokulujen hallitseminen.
- rakentamisen selvä rajaaminen ja suuret yhtenäiset viheralueet, jotka tukevat olevia biotooppeja
- tehokas uusiutuviin luonnonvaroihin perustuva energiantuotanto
- säästävä infrastruktuuri (liikennealueiden minimointi, tekniset verkostot kevyellä tekniikalla jne.)
- ympäristön sopeutuvat liikennealueet
- uusiutuviin luonnonmukaisiin materiaaleihin perustuva ja kestävä rakennustapa
- tuulisuuden vähentäminen rakennusten ryhmittelyllä, muotoilulla ja suojaistutuksilla
- toteutetaan materiaalien kiertoon perustuva jätehuolto.

Kaikilla tasoilla ilmastotietoisessa suunnittelussa toteutetaan kestävän kehityksen teemat:

- mikroilmasto ja ilmanlaatu
- neljä vuodenaikaa
- energiatalous (rakennukset, tuulen vaikutus)
- ekologiset viheralueet
- ilmastonmuutokseen varautuminen.

Asemakaavan tasolla tulisi antaa rakennussuunnittelulle mahdollisuudet hyödyntää luonnonolosuhteita:

- rakennusten suuntaus aurinkoon
- tuulilta suojaava rakennusten ryhmittely
- rakennusoikeudet tulisi määrittellä siten, että niillä rohkaistaan rakentamaan auringon hyödyntämiseen tarvittavia tiloja. (Grimme, Yeang)

5.3.4.6 Maakunta- ja yleiskaavataso

Nykyisille kaupunkimalleille on tyypillistä toimintojen erottelu, mikä johtaa suureen liikennetarpeeseen. Toimintojen erottelu yhdessä puutarhakaupunkimallin kanssa johtaa harvaan hajanaiseen asutukseen ja tekee julkisen liikenteen toteuttamisen vaikeaksi. Kaupungit leviävät laajalle alueelle peittäen luonnon- ja maatalousalueita. Monet viheralueet ovat pieniä kaistaleita, jotka eivät kykene ylläpitämään monipuolisia eloyhteisöjä, ja ovat kelpaamattomia virkistytymiseen liikenteen melun vuoksi.

Kaupunkisuunnittelun lähtökohdaksi suositellaan toimintojen sekoittamista siten, että syntyy ehjiä toimivia kokonaisuuksia, joiden liikennetarve on mahdollisimman pieni. Rakentaminen on keskitettävä suhteellisen tiiviiksi kokonaisuuksiksi, joista on lähiyhteys viheralueisiin.

Parhaat luonnonalueet tulisi säilyttää luonnontilaisina. Viheralueiden on oltava suuria kokonaisuuksia, jotka riittävät monipuolisen elämän ja lajiston ylläpitämiseen. Viherrakentamisessa tulisi suosia luonnonmukaisia puistoja, jotka tarvitsevat mahdollisimman vähän hoitoa. Viheralueita ei saa pirstoa liikenneväylillä.

Kaupunkien kokonaisrakenteessa olisi suosittava sekoitettuja nauhamaisia yhdyskuntarakenteita, jotka mahdollistavat tehokkaan julkisen liikenteen. Maakunnan osien välisessä liikenteessä olisi suosittava raideliikennettä. Julkisen liikenteen tulee muodostaa yhtenäinen verkosto, jossa siirtyminen liikennevälineestä toiseen on helppoa.

Kansainvälisissä tutkimuksissa suositellaan seuraavien tehokkuustavoitteiden noudattamista (Espil, Higuera, Zahn):

- omakotialueet, enemmän kuin 20 taloa hehtaarilla
- matala-tiivis-alueet, enemmän kuin 35 asuntoa hehtaarilla
- kerrostaloalueet, enemmän kuin 50 asuntoa hehtaarilla
- raideliikenteen asemien ympäristössä, 500 – 1 000 asuntoa hehtaarilla.

Kaupunkisuunnittelun on taattava lähipalveluiden saatavuus jalankulkuetäisyydellä. Erikoiskauppa ja suuret myymäläyksiköt on sijoitettava julkisen liikenteen terminaalien yhteyteen.

Kaavoituksessa on suosittava täydennysrakentamista sekä olemassa olevan rakennuskannan ja infrastruktuurin hyödyntämistä.

Edellä mainittujen tavoitteiden saavuttaminen edellyttää myös yleiskaavaselostusten sisällön kehittämistä. On tehtävä varsin seikkaperäiset selvitykset alueen biotoopeista ja niiden toiminnasta sekä keskeisistä vuorovaikutussuhteista. Selvitys alueen suurilmastosta ja mikroilmastosta tulee laatia siten, että se palvelee maankäytön- ja rakennussuunnittelua myös käytännön tasolla. Eri suunnittelualueet pitäisi jakaa ilmastollisen rasituksen mukaan luokkiin ja määrittellä suojaustarve ja tarvittavat suojavyöhykkeet ja näille vyöhykkeille annettava tarpeelliset erityisohjeet. Samalla olisi laadittava kattavat selvitykset ilman, veden ja maaperän

suojelusta sekä luonnonresurssien ja jätteiden hyötykäytöstä. Eri maankäyttömalleja ja niiden aiheuttamia liikennemääriä olisi käsiteltävä yhtenä kokonaisuutena. Kaavataloudellisten laskelmien lisäksi olisi laskettava ekologinen tase, jossa käsitellään eri ratkaisujen aiheuttamia liikennemääriä, energian kulutusta, ympäristön rasiutusta, ympäristön laatua jne.

Yleiskaavamerkintöjä olisi kehitettävä siten, että toiminnallisesti monipuolisten kortteleiden ja alueiden esittäminen jo yleiskaavatasolla olisi nykyistä helpompaa. Piirtämistekniikka olisi kehitettävä niin tarkaksi, että vältettäisiin epätarkoista merkinnöistä johtuva joutomaan muodostuminen.

5.3.4.7 Asemakaavoitus

Nykyinen kaavoituskäytäntö sijoittaa usein asumisen, työpaikat, palvelut, koulut, päiväkodit yms. niin etäälle toisistaan, että ne eivät ole tavoitettavissa jalan. Hajanainen yhdyskuntarakenne vaikeuttaa myös julkisen liikenteen käyttöä arkirutiinien hoitamisessa. Yleisimmin päivittäin tarvittavat toiminnot olisi pyrittävä sijoittamaan kävelyetäisyydelle toisistaan. Kävelyetäisyys olisi otettava kaavoituksen lähtökohdaksi. Mikäli tämä ei ole mahdollista, on toiminnot sijoitettava julkisen liikenteen väylästä varten.

Korttelien sijoittelussa ja rakennusten suuntauksessa on otettava mikroilmaston vaikutus ja sen parantaminen lähtökohdaksi. Auringon energian ainakin passiivinen hyödyntäminen on tehtävä mahdolliseksi. On minimoitava tuulen vaikutus rakennuksiin ja piha-alueisiin.

Edellä mainittuihin tavoitteisiin päästään ympäristötietoisella suunnittelulla. Asemakaavoituksen yhteydessä olisi tehtävä selvitys julkisesta liikenteestä, alueen suurilmastosta ja mikroilmastosta, luonnonympäristöstä ja ekologisesta taseesta, ellei näitä ole jo tehty yleiskaavoituksen yhteydessä. Kaavakartoissa voisi olla mukana tuuliruusu, johon on merkitty tuulen suunnat sekä mahdollinen tuulisuojuuksen tarve rakentamisen yhteydessä.

Kaavaillustraation yhteydessä olisi esitettävä, miten alueen mikroilmasto rakentamisen myötä muuttuu. Ulko- oleskelualueiden ja kevyenliikenteen väylien suojaus tuulelta olisi esitettävä. Ankarissa olosuhteissa olisi perustettava erillisiä ilmastosuojavyöhykkeitä, jotka voivat muodostua rakennuksista tai istutuksista, ja ne voivat tarvittaessa sijaita myös yksityisillä tonteilla. Ilmastokaaviossa pitäisi myös esittää pakokaasujen ja muiden ilmansaasteitten tuulettaminen pois asuntoalueilta sekä tuulisilla että tyynillä ilmoilla. Erittäin tuulisilla ja ankaran ilmaston alueilla olisi kaavat vaadittava testattavaksi pienoismallien tuulitestaustilanteilla.

5.3.4.8 Maankäytön kehityskuvavaihtoehdot ilmaston kannalta

Tuulisuus

Asuinalueiden tuulisuus riippuu oleellisesti käytetyistä talotyypeistä ja suojaustusta. Suuret rakennustehokkuudet johtavat helposti korkeiden vapaasti seisovien rakennusten käyttöön, mikä yleensä tuo mukanaan tuulisen jalankulkuympäristön, ja lisää tuulen rakennuksia jäädyttävää vaikutusta. Tehokas rakentaminen voidaan kuitenkin toteuttaa myös umpikortteleilla ja matala-tiivis-rakenteella, jolloin alueiden mikroilmasto saadaan helpommin hyväksi.

Vaihtoehtojen A ja B vaikutus mikroilmaston riippuu oleellisesti detaljikaavojen toteutuksesta. VE C on pientalovaltaisempi ja mikroilmastoltaan helpommin hallittavissa. Ranta-alueet ja harjujen yläosat vaativat tarkkaa mikroilmastollista harkintaa.

Viherväylät

Pääkaupunkiseudulle on viherväylien tarve merkitty maakuntakaavassa aivan oikein. Ongelmana on väylien riittävä mitoitus. Pääliikenneväylien suojavyöhykkeiden hyödyntämistä nykyistä paremmin luonnollisina viherväylinä kannattaisi selvittää Tämä voi tosin edellyttää riista-aitojen tekemistä aivan väylän viereen, mikä edellyttäisi asian perusteellista tutkimista ensin.

Viheralueiden kannalta sekä vaihtoehto A että B ovat hyviä, koska ne jättävät selvät eheät alueet rakentamisen ulkopuolelle. Suurten liikenneväylien suunnittelussa on huomioitava väylän yli tai ali kulkevat viher- ja eläinyhteudet.

Vaihtoehto C (Trendivaihtoehto) tulee vähitellen käytännössä syömään suuren osan luonnon-tilaisista viheralueista, ja hajautuva asutus ja tieverkosto katkovat biotooppien välisiä yhteyksiä.

Rantarakentaminen

Pääkaupunkiseudulla sekä Kirkkonummella ja Siuntiossa on matalarantaisia merenlahtia, joiden rantarakentamisen korkeuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Lahtien pohjukoihin sijoitettu rakentaminen voi vaikeuttaa biotooppien sopeutumista nousevan merenpinnan olosuhteissa.

Tulvat

Tutkimusten mukaan laajalle levinnyt pientalorakentaminen lisää ja nopeuttaa sadeveden valuntaa vesistöihin, ja täten lisää tulvariskiä sekä syöpymistä jokien ja järvien rannoilla (Euroopan). Tältä kannalta vaihtoehto C on kaikkein huonoin. Johtuen vaihtoehdon C suuntautumisesta, tulvariski ja rantasortumien mahdollisuus kasvaa erityisesti Vantaanjoella, Keravanjoella, Luhtajoella ja Lepsämäjoella.

5.3.5 Kasvihuonekaasupäästöt

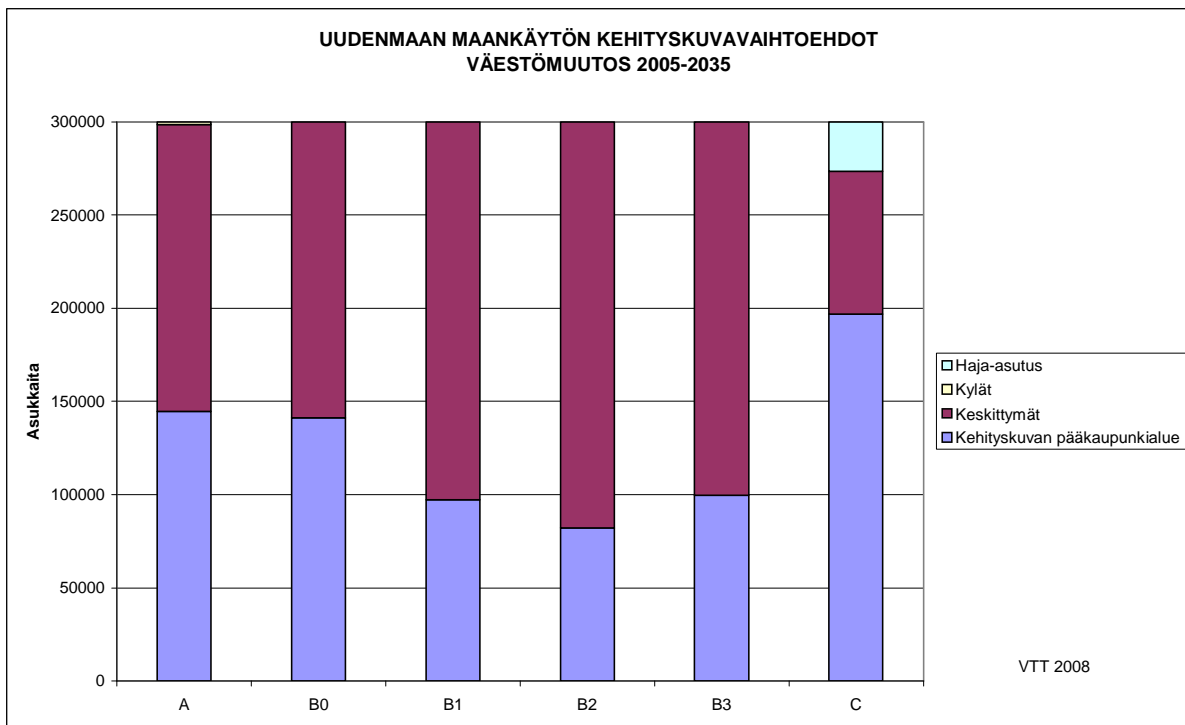
5.3.5.1 Arvioitavat kasvihuonekaasupäästöt

Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu yleispiirteisesti noin vuoden 2035 tilanteessa rakennusten energiankäytön ja sen edellyttämän energiantuotannon sekä asukkaiden päivittäisen liikenteen osalta. Vuosittaiset päästöt on arvioitu päästöjen muutoksen osalta vuodesta 2005 vuoteen 2035. Nykyisiä kokonaispäästöjä ja kokonaispäästöjä vuoden 2035 tilanteessa ei siis tarkastella.

5.3.5.2 Rakennukset

Rakennuskannan kehitys

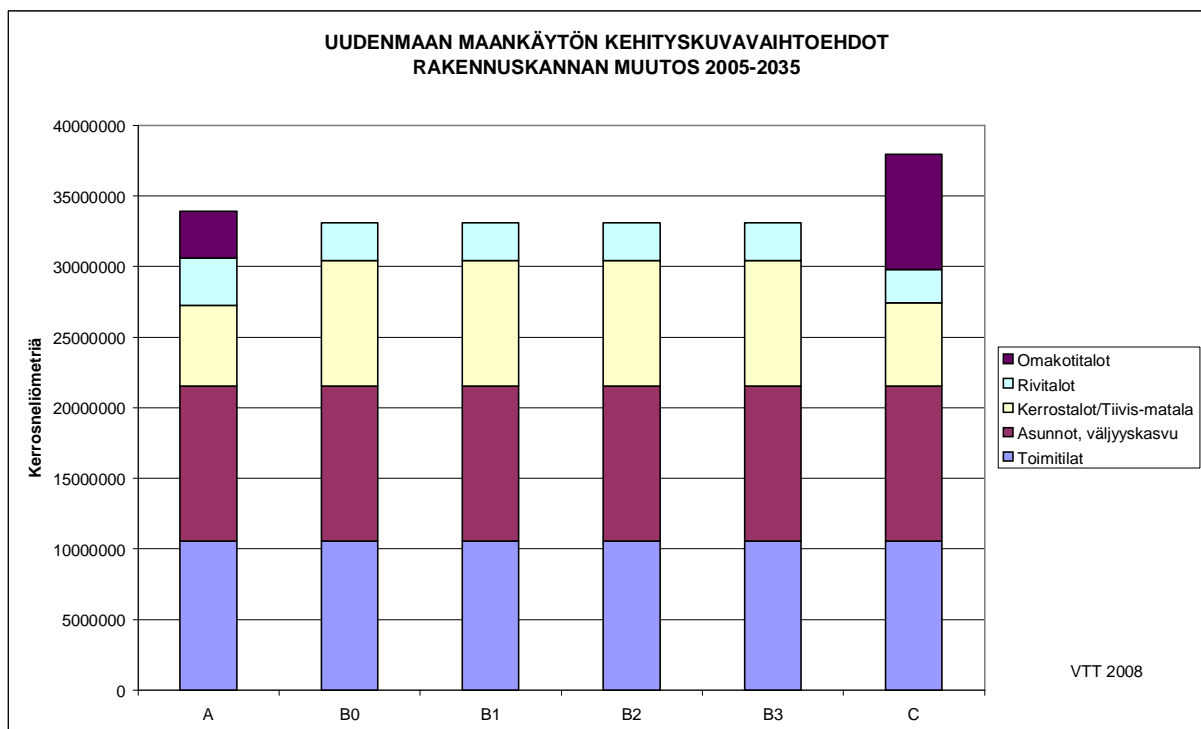
Rakennuskannan kehitys on arvioitu uuden väestön asuntojen ja nykyväestön asumisväljyyden kasvun sekä toimitilojen kehityksen perusteella. Kuvassa 44 esitetään Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen väestönlisäyksen 2005 - 2035 jakaantuminen osa-alueille.



Kuva 44. Väestömuutos kehityskuvavaihtoehtojen osa-alueilla.

Osa-alueet ovat kehityskuvan pääkaupunkialue, keskittymät, kylät ja haja-asutus. Huomattakoon, että kehityskuvan pääkaupunkialue ei ole sama kuin pääkaupunkiseutu, vaan siihen on rajattu pääkaupunkiseudun nykyinen keskeinen rakenne.

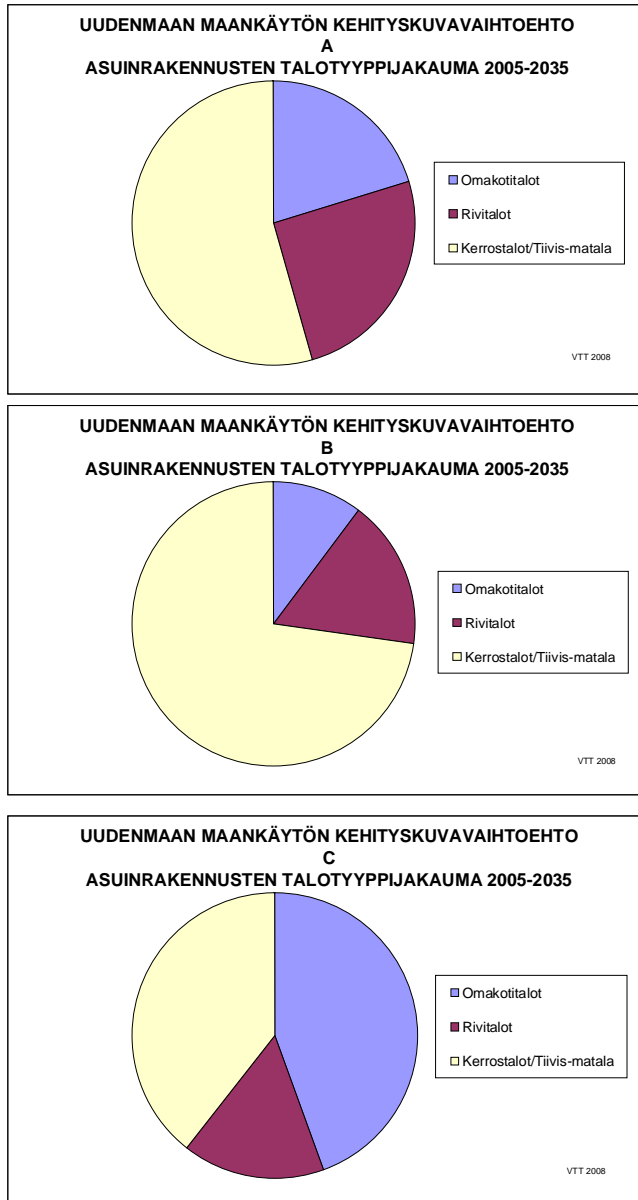
Kuvassa 45 esitetään kehityskuvavaihtoehtojen rakennuskannan kehitys uuden väestön asuntojen (omakotitalot, rivitalot ja kerrostalot/tiivis-matala-ratkaisut), nykyväestön asumisväljyyden kasvun ja toimitilojen kerrosalan kasvun osalta.



Kuva 45. Rakennuskannan muutos 2005 - 2035.

Noin kolmasosa rakennuskannan muutoksesta aiheutuu toimitiloista, noin kolmasosa asuntojen väljyyskasvusta ja noin kolmasosa uuden väestön asunnoista. Noin kaksi kolmasosaa rakennuskannan muutoksista on siten samanlainen kaikissa vaihtoehdoissa.

Kuvassa 46 esitetään asuinrakennusten talotyyppijakauma rakennuskannan muutoksen eli vuosina 2005 – 2035 rakennettavien rakennusten kerrosalan osalta.



Kuva 46. Rakennuskannan muutoksen 2005 - 2035 kerrosalan jakautuminen talotyypeihin.

Vaihtoehto B sisältää eniten kerrostalo- tai tiivis-matala - asuinkerrosalaa ja vaihtoehto C eniten omakotitalokerrosalaa.

Asumisväljyydelle ja sen kasvulle on käytetty koko suunnittelualuetta kattavia lukuja. Nykyisen asutokannan asumisväljyys on vuonna 2005 35,4 k-m²/henkilö ja arvio vuodelle 2035 44,1 k-m²/henkilö. Uuden asutokannan asumisväljyydelle on arvioitu talotyyppikohtaiset koko suunnittelualuetta koskevat luvut vuodelle 2035. Työssä käytetyt luvut ovat pientalojen osalta 67 k-m², rivitalojen osalta 44 k-m² ja kerrostalojen osalta 39 k-m²/henkilö. Toimitiloja arvioidaan rakennettavan keskimäärin 80 k-m² uutta työpaikkaa kohden.

Energiankulutus

Rakennusten lämmitysenergian ominaiskulutus on arvioitu tavoitteellisena niin, että kulutus pienenee selvästi nykyisestä. Ominaislämmönkulutuksen arvioidaan olevan asuinrakennuksilla 60 kWh/k-m² ja toimitiloilla 80 kWh/k-m² vuodessa. Arvion mukainen lämmitysenergian tarve on noin 35 % nykyisen uudisrakentamisen energiantarpeesta.

Pääkaupunkiseudun ilmastostrategian tavoitteiden mukaan sähkönkulutuksen kasvu asukasta ja työpaikkaa kohden pysähtyy vuoteen 2030 mennessä. Tämä edellyttää kerrosneliometriä kohden lasketun kulutuksen tätä voimakkaampaa hidastumista, koska asumis- ja työpaikkaväljyys kasvavat. Tässä arviossa rakennusten sähkön (muun kuin lämmityksen) ominaiskulutuksena käytetään asuinrakennuksissa 50 kWh/k-m² ja toimitiloissa 130 kWh/k-m². Arvion mukainen sähkön ominaiskulutus on noin 10 % nykyrakentamista suurempi.

Rakennusten energiankulutusluvut mahdollistavat niiden kuuluminen ympäristöministeriön asetuksen (765/2007) mukaiseen energiatehokkuusluokkaan A.

Uusien rakennusten lämmitystavaksi on arvioitu tavoitteellisesti pääosin kaukolämpö tai uusiutuvat energialähteet talokohtaisessa lämmityksessä. Toimitilat, kerrostalot ja rivitalot arvioidaan lämmitettäväksi kaukolämmöllä. Omakotitaloista taajamissa arvioidaan lämmitettävän kaukolämmöllä 50 %, maalämmöllä tai vastaavalla 35 % ja sähköllä 15 %. Haja-asutuksen omakotitaloista arvioidaan 70 % lämmitettävän maalämmöllä tai vastaavalla ja 30 % sähköllä.

Energiantuotanto

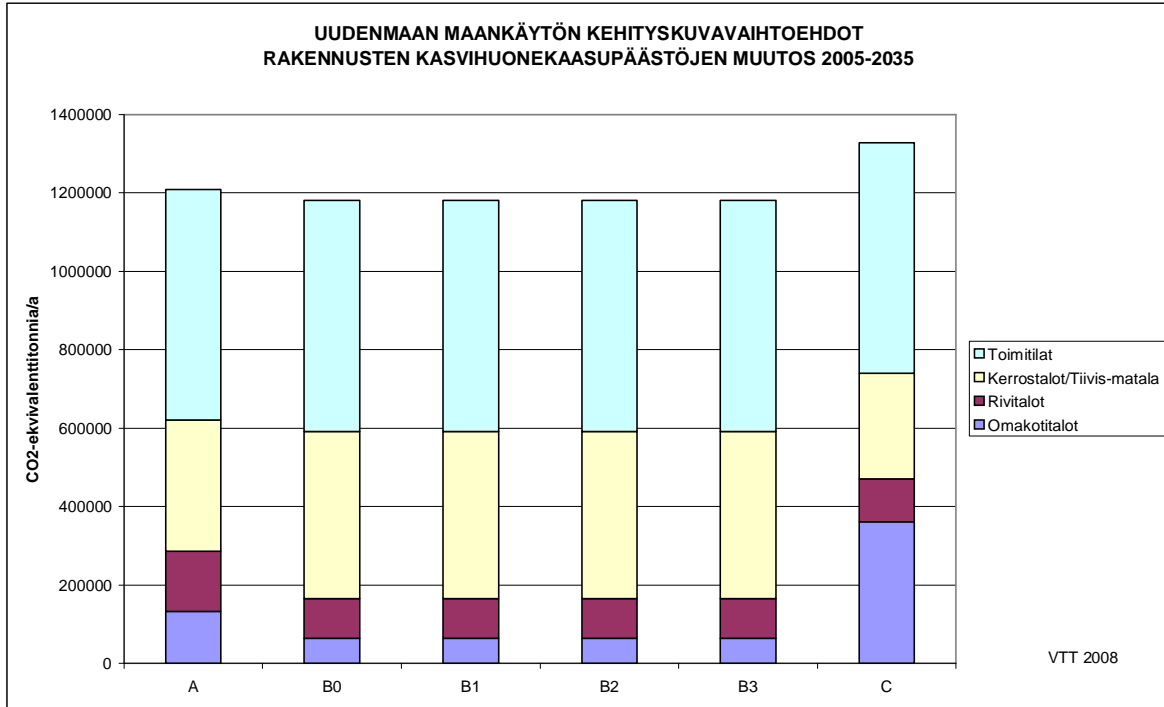
Energiantuotannon kehitys on arvioitu tavoitteellisena. Pääkaupunkiseudun ilmastostrategian tavoitteiden mukaan kaukolämmön tuotannon ominaispäästöt alenevat 15 % vuosina 2004 – 2010 ja 30 % vuosina 2002 – 2030. Kaukolämmön ominaispäästöt vähenevät kivihiilen käytön vähentyessä tuotantolaitoksilla. Tässä arviossa kaukolämpö arvioidaan tuotettavan maakaasulla (90 %) ja biokaasulla (8 %) sekä öljyllä (2 %).

Pääkaupunkiseudun ilmastostrategian tavoitteiden mukaan sähkön valtakunnalliset ominaispäästöt alenevat 15 % vuosina 2004 – 2010 ja 30 % vuosina 2002 – 2030. Tässä arviossa sähköstä arvioidaan tuotettavan 30 % paikallisesti ja 70 % valtakunnallisen sähköntuotannon mukaan. Arvion mukaan valtakunnallinen sähköntuotanto jakaantuu niin, että vesi- ja tuuli-voiman osuus on 17 %, ydinvoiman 33 %, yhteistuotannon 37 % ja lauhdevoiman 13 %. Sähköntuotannon polttoaineiden jakauma muun kuin oman tuotannon osalta on arvioitu kauppa- ja teollisuusministeriön vuoden 2010 energiaskenaarion jakauman suhteessa. Energiantuotannon polttoaineet ja päästöt on arvioitu sähkön ja lämmön yhteistuotannon osalta *hyödynjakomenetelmällä*. Yhteistuotannon polttoaineet ja päästöt jaetaan vaihtoehtoisten hankintamuotojen polttoainekulutusten suhteessa. Vaihtoehtoina käytetään sähkölle lauhdetuotantoa (hyötysuhde 39 %) ja lämmölle vesikattilatuotantoa (hyötysuhde 90 %). Energiantuotannon polttoaineiden päästökertoimet on määritelty Suomen ympäristökeskuksen tietojen perusteella.

Tässä arviossa käytetään seuraavia ominaispäästökertoimia eri lämmitystavoilta ja sähköntuotannolle: kaukolämpö 160 CO₂-ekv.g/kWh, muut lämmitystavat taajamissa keskimäärin 190 CO₂-ekv.g/kWh ja haja-asutusalueilla keskimäärin 220 CO₂-ekv.g/kWh ja sähkönkäyttö 330 CO₂-ekv.g/kWh.

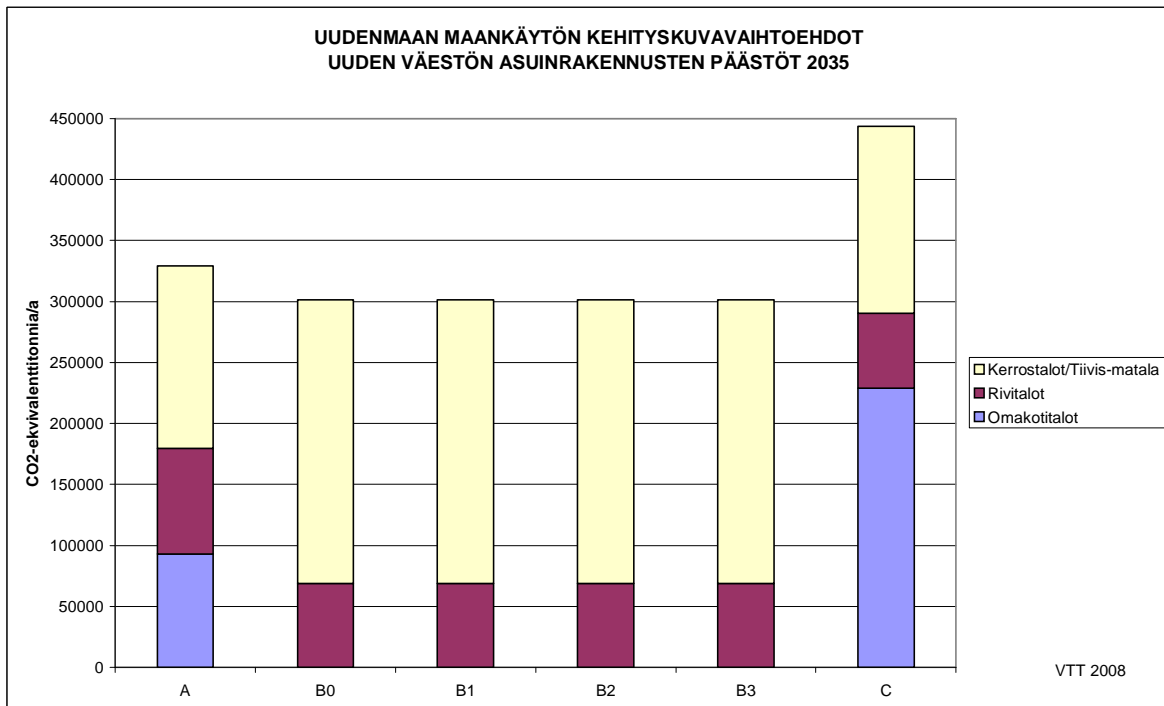
Kasvihuonekaasupäästöt

Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuu rakennusten osalta kasvihuonekaasupäästöjä vuosittain kaikkiaan 1,18 – 1,33 miljoonaa CO₂-ekv.tonnia (kuva 47).



Kuva 47. Rakennusten energiankäytön kasvihuonekaasupäästöjen muutos 2005 – 2035.

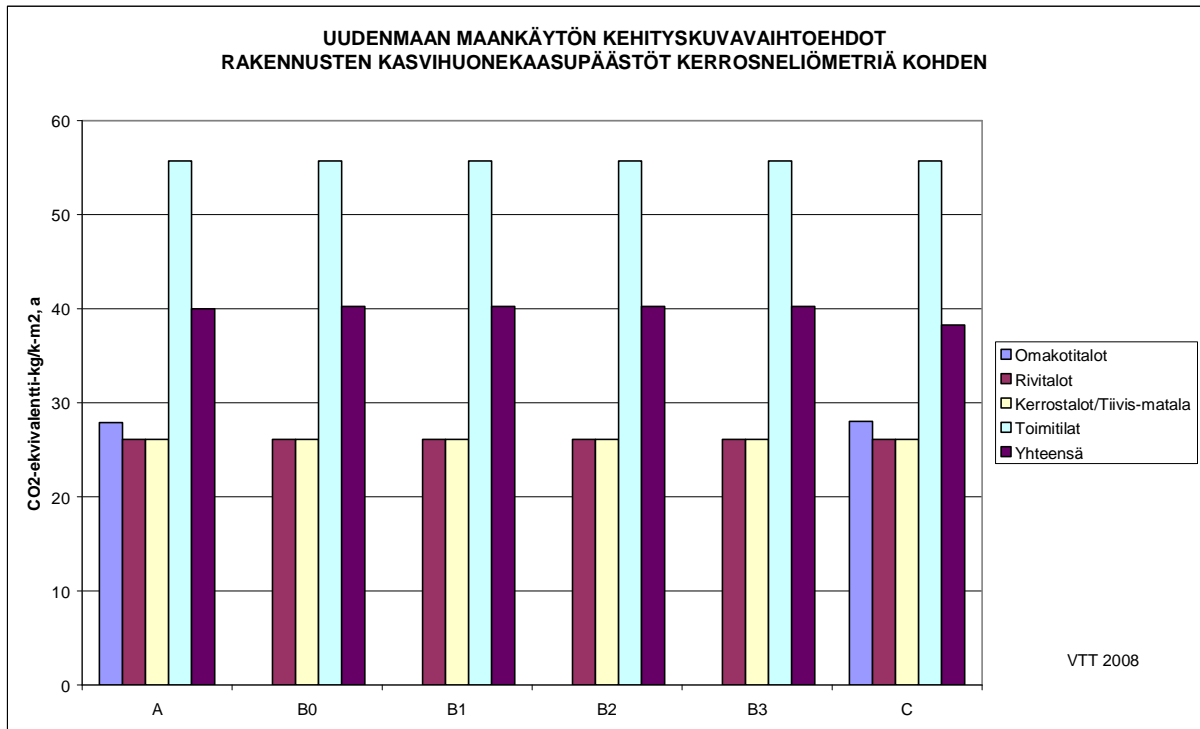
Noin puolet päästöistä aiheutuu asunnoista ja puolet toimitiloista. Uuden väestön asuinrakennusten energiankäytöstä aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä kaikkiaan 0,30 – 0,44 miljoonaa CO₂-ekv.tonnia (kuva 48).



Kuva 48. Uuden väestön asuntojen energiankäytöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt.

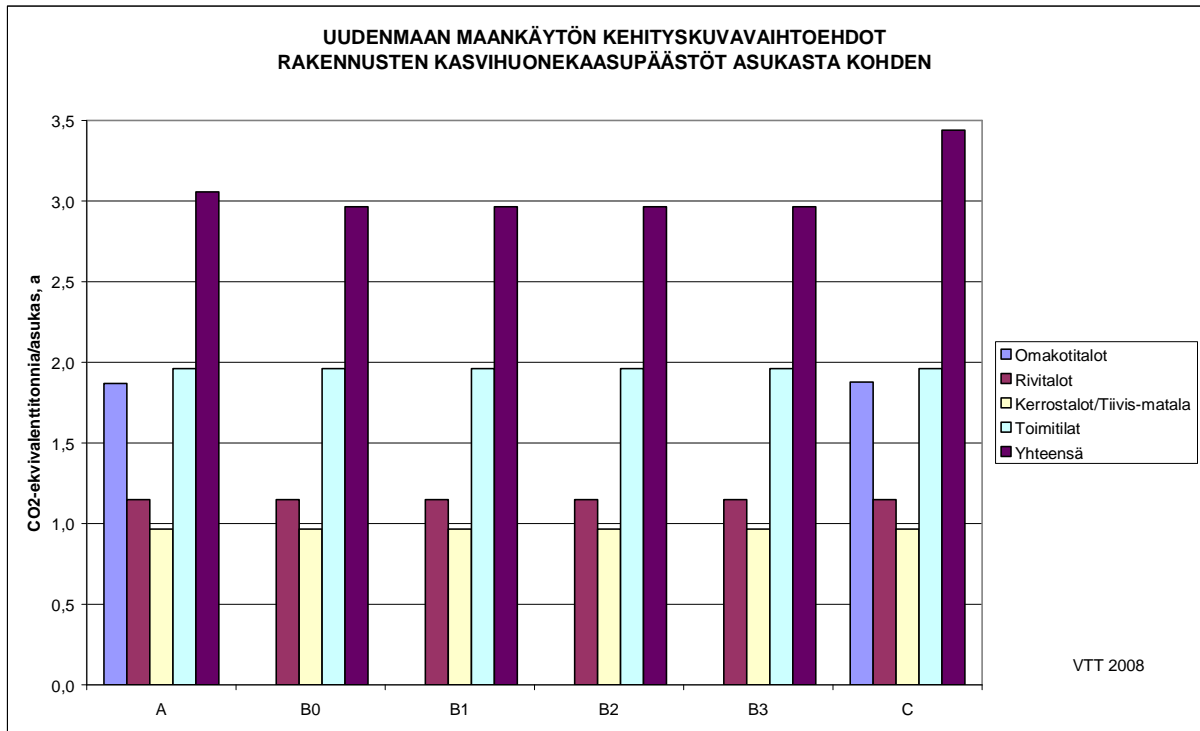
Vaihtoehdossa C päästöt ovat suurimmat johtuen muista suuremmasta asumisväljyydestä ja asutuksen sijoittumisesta muista enemmän omakotitaloihin ja haja-asutusalueelle.

Kuvassa 49 esitetään rakennusten kasvihuonekaasupäästöt kerrosneliometriä kohden ja kuvassa 50 asukasta kohden. Asuinrakennuksista aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä 26 – 28 CO₂-ekv.kg/k-m² ja toimitiloista 56 CO₂-ekv.kg/k-m². Asuinrakennuksista omakotitalojen päästöt ovat muista suuremmat johtuen kaukolämmityksen pienemmästä osuudesta. Toimitilojen asuinrakennuksia suuremmat päästöt johtuvat suuremmasta ominaisenergiankulutuksesta. Rakennusten päästöt ovat keskimäärin 38 - 40 CO₂-ekv.kg/k-m².



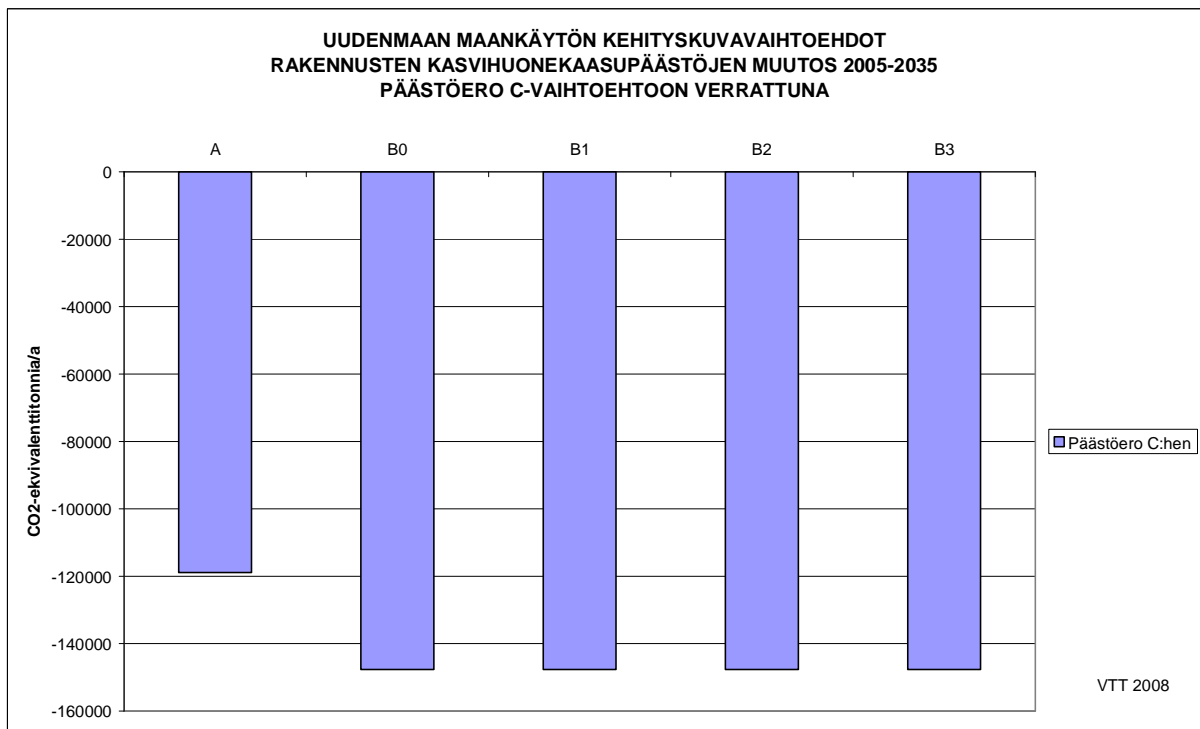
Kuva 49. Rakennusten kasvihuonekaasupäästöt kerrosneliometriä kohden..

Asukasta kohden lasketut päästöt ovat omakotitaloissa (1,9 CO₂-ekv.t/asukas) selvästi muita asuinrakennuksia (1-1,2 CO₂-ekv.t/asukas) suuremmat johtuen suuremmasta asumisväljyydestä ja pienemmästä kaukolämmityksen osuudesta. Toimitiloista aiheutuu päästöjä 2 tonnia/asukas ja kaikista rakennuksista keskimäärin 2 – 3,4 CO₂-ekv.t/asukas.



Kuva 50. Rakennusten kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden.

Kuvassa 51 esitetään kehityskuvavaihtoehtojen rakennusten kasvihuonekaasupäästöjen ero verrattuna vaihtoehtoon C.



Kuva 51. Kehityskuvavaihtoehtojen rakennusten kasvihuonekaasupäästöjen ero vaihtoehtoon C verrattuna.

Rakennusten energiankäytöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat vaihtoehdossa A 119 000 CO₂-ekv.tonnia (9 %) pienemmät ja vaihtoehdoissa B 148 000 CO₂-ekv.tonnia (11 %) pienemmät kuin vaihtoehdossa C. Erot johtuvat eroista uuden asutuksen talotyyppijakoumassa ja lämmitystapaeroista.

5.3.5.3 Liikenne

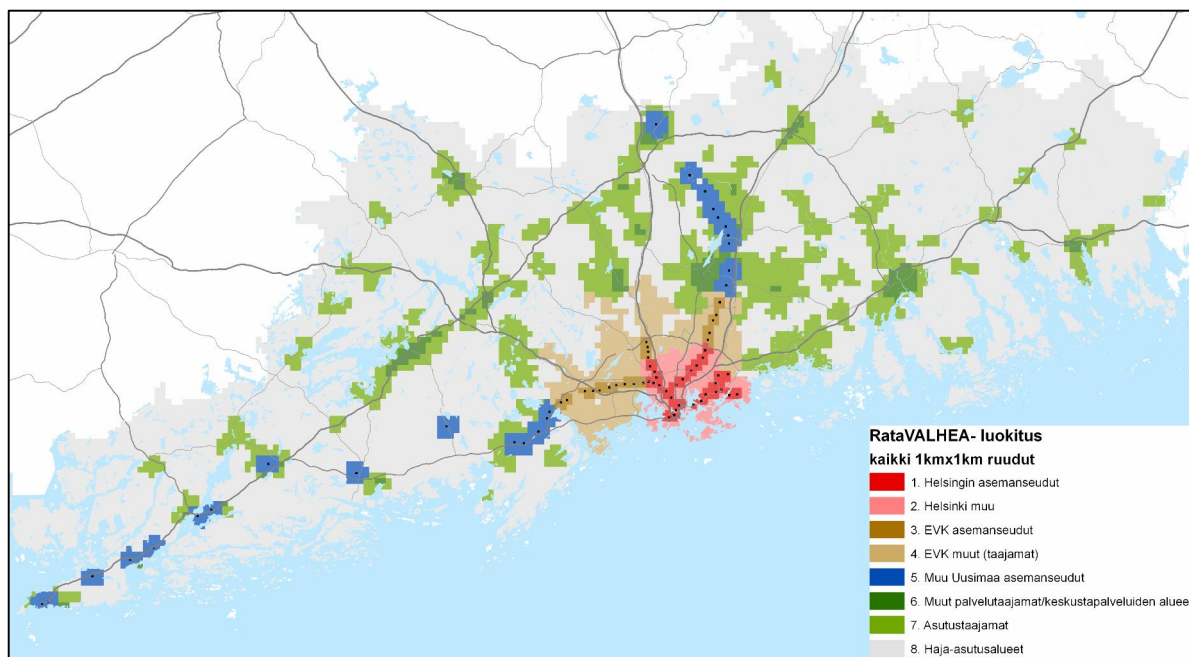
Arviointiperiaatteet

Liikenteellisten vaikutusten arvioinnin pohjana on käytetty Tiehallinnon selvityksestä ”Asuinalueen tyyppin ja sijainnin vaikutus ihmisten liikkumiseen” 2007 syntynyttä aineistoa. Selvityksessä on käytetty seuraavia aineistoja:

- Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus (HLT)
- Rakennus ja huoneistorekisteri (RHR)
- Tilastolliset taajamat
- Tierekisteri
- Valtakunnan tason kaukojunaliikenteen malli
- matka.fi -palvelu

Aineistosta laadittiin tätä työtä varten lisäselvitys (”RataVALHEA”), koska valmis aineisto ei ollut riittävä kehityskuvavaihtoehtojen alueluokituksen määrittelyyn erityisesti raideliikenteen lähialueiden osalta (Uudenmaan liitto ja Tiehallinto 2008). Lisäselvityksen tuloksena määriteltiin alueluokat, jotka sisältävät oletuksia liikenteellisistä tunnusluvuista (kuva 52). Alueluokat ovat seuraavat:

1. Helsinki, asemanseudut
2. Helsinki, muut alueet
3. Espoo-Vantaa-Kauniainen, asemanseudut
4. Espoo-Vantaa-Kauniainen, muut alueet
5. Muu Uusimaa, asemanseudut
6. Muu Uusimaa, muut palvelutaajama-alueet
7. Muu Uusimaa, asutustaajama-alueet
8. Muu uusimaa, haja-asutusalueet



Kuva 52. Liikenteellisten vaikutusten alueluokitus (Uudenmaan liitto ja Tiehallinto 2008).

Kullekin alueluokalle määriteltiin kulkutapakohtaiset liikennesuoritteet asukasta kohden. Vaikutusten arvioinnissa tarkasteltiin henkilö- ja pakettiautojen, bussien ja raideliikenteen (metro,

raitiovaunu, lähijuna) suoritteita (taulukko 5). Tarkastelu koskee asukkaiden päivittäisliikennettä.

Taulukko 5. Alueluokkien liikennesuoritteet (Uudenmaan liitto ja Tiehallinto 2008).

ha/pa = henkilöauto/pakettiauto							
keskimääräinen matkasuorite (km/hlö/vrk), kaikki matkat							
Luokka	Kävely	Pyöräily	Bussi	Raide- liikenne	HA/PA	Muu	Yhteensä
1. Helsinki, asemat	1,1	0,7	3,5	6,3	23,8	0,2	35,6
2. Helsinki, muut	1,3	0,6	3,8	4,0	21,7	0,5	31,8
2.1 Helsinki yhteensä	1,2	0,7	3,6	5,3	22,9	0,3	34,0
3. EVK, asemat	1,0	0,5	2,3	6,3	31,8	0,7	42,5
4. EVK, muut alueet	0,9	0,5	4,6	3,0	31,5	1,2	41,7
4.1 EVK yhteensä	0,9	0,5	3,9	4,0	31,6	1,1	42,0
5. Muu Uusimaa, a:	1,2	0,9	1,7	6,8	28,1	1,6	40,3
6. Muu Uusimaa, m	1,0	0,7	3,6	0,3	38,5	3,0	47,0
6.1 Muu Uusimaa ase	1,1	0,8	2,6	3,6	33,3	2,3	43,7
7. Muu Uusimaa, a:	1,1	0,6	3,5	0,8	47,8	1,8	55,5
8. Muu uusimaa, h:	0,6	0,3	2,8	0,8	48,0	4,6	57,2
8.1 Muu Uusimaa asu	0,9	0,5	3,3	0,8	47,8	2,7	56,0
PKS yhteensä	1,1	0,6	3,7	4,7	26,7	0,7	37,5
Muu Uusimaa yhteis	1,0	0,7	2,9	2,3	40,0	2,5	49,3
Koko Uusimaa yhteis	1,0	0,6	3,4	3,9	31,4	1,3	41,7
Koko maa	1,0	0,7	2,9	2,2	33,2	1,4	41,5

Kehityskuvavaihtoehtojen jokaiselle keskittymälle määriteltiin alueluokat nykytilanteessa ja vuoden 2035 tilanteessa. Minkään alueen luokitusta ei ole muutettu alempaan luokkaan. Suurin osa keskittymistä sisältää useita alueluokkia.

Kasvihuonekaasupäästöt arvioitiin uuden väestön henkilöliikenteen osalta. Lisäksi arvioitiin liikenteellisten olosuhteiden paranemisesta aiheutuvien alueluokkien muutosten vaikutus nykyväestön liikenteen päästöihin. Keskittymissä, joiden liikenneolosuhteet, erityisesti joukko-
liikenteen tarjonta, paranevat, myös nykyväestön liikenteestä aiheutuvat päästöt vähenevät.

Liikenteen ominaispäästöinä käytettiin seuraavia oletuksia: henkilöautot 114 CO₂-ekv.g/henkilö-km, bussit 60 CO₂-ekv.g/henkilö-km, lähijuna 30 CO₂-ekv.g/henkilö-km, pääkaupunkialueen raideliikenne keskimäärin 22 CO₂-ekv.g/henkilö-km, Helsingin raideliikenne keskimäärin 20 CO₂-ekv.g/henkilö-km ja metro 18 CO₂-ekv.g/henkilö-km. Ominaispäästöt on arvioitu tavoitteellisesti nykyistä alhaisemmiksi.

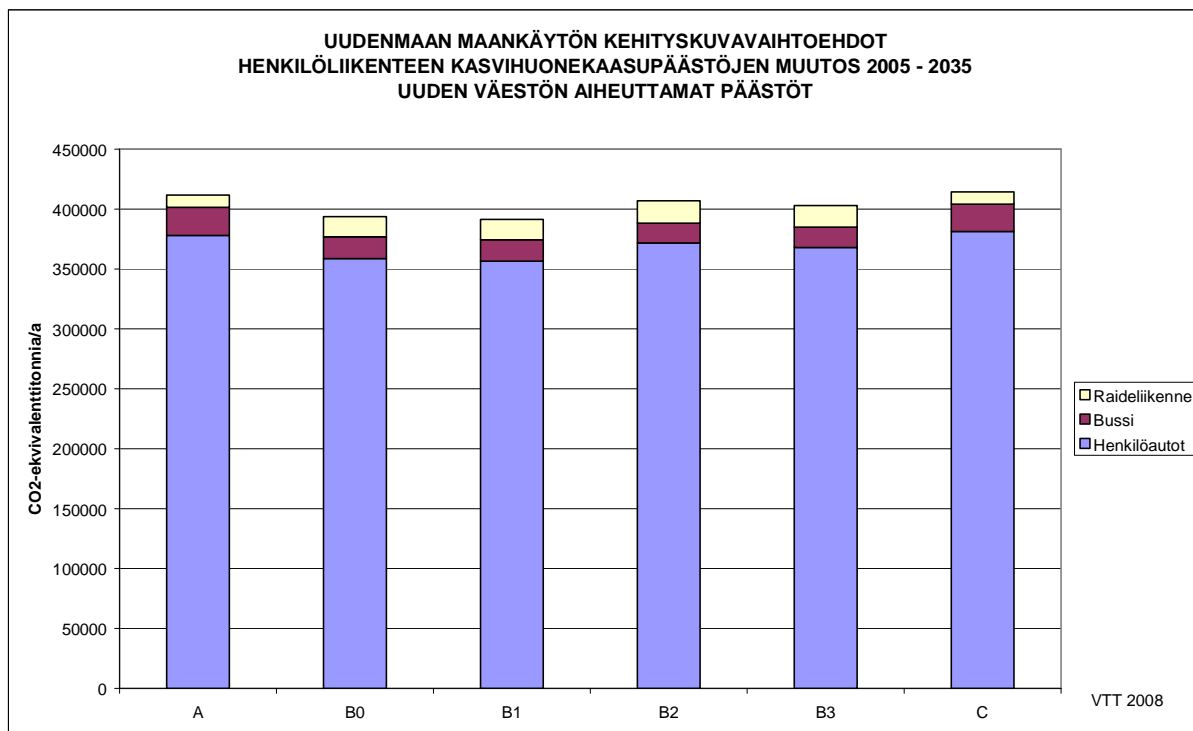
Kasvihuonekaasupäästöt

Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuu henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjä uuden väestön osalta kaikkiaan 391 000 – 414 000 CO₂-ekv.tonnia (kuva 53). Päästöt ovat pienimmät vaihtoehdossa B1 ja suurimmat vaihtoehdossa C. Vaihtoehdossa B1 sijoittuu eniten asukkaita liikenteellisesti edullisimmille alueille metron varrelle ja pääkaupunkialueelle. Vaihtoehdon B0 päästöt ovat lähes yhtä pienet kuin vaihtoehdon B1. Valtaosa päästöistä aiheutuu henkilöautoliikenteestä.

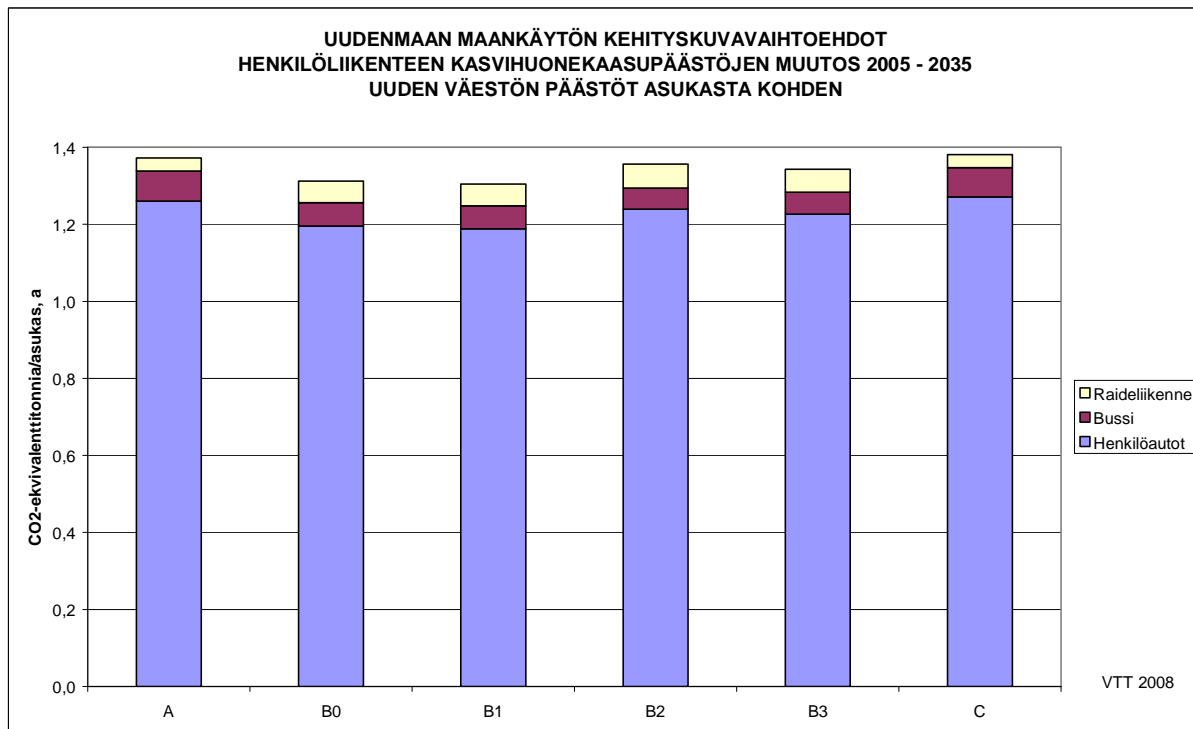
Uuden väestön liikenteestä aiheutuvat päästöt asukasta kohden ovat 1,31 – 1,38 CO₂-ekv.tonnia/asukas (kuva 54). Päästöt ovat pienimmät vaihtoehdossa B1 ja suurimmat vaihtoehdossa C. Vaihtoehdossa B1 väestöä sijoittuu muita enemmän ja vaihtoehdossa C muita vähemmän liikenteellisesti edullisimmille alueille.

Nykyväestön liikenteen päästöt vähenevät liikenteellisten olosuhteiden parantuessa 31 000 - 74 000 CO₂-ekv.tonnia (kuva 55). Päästöt vähenevät eniten vaihtoehdossa A ja vähiten rata-

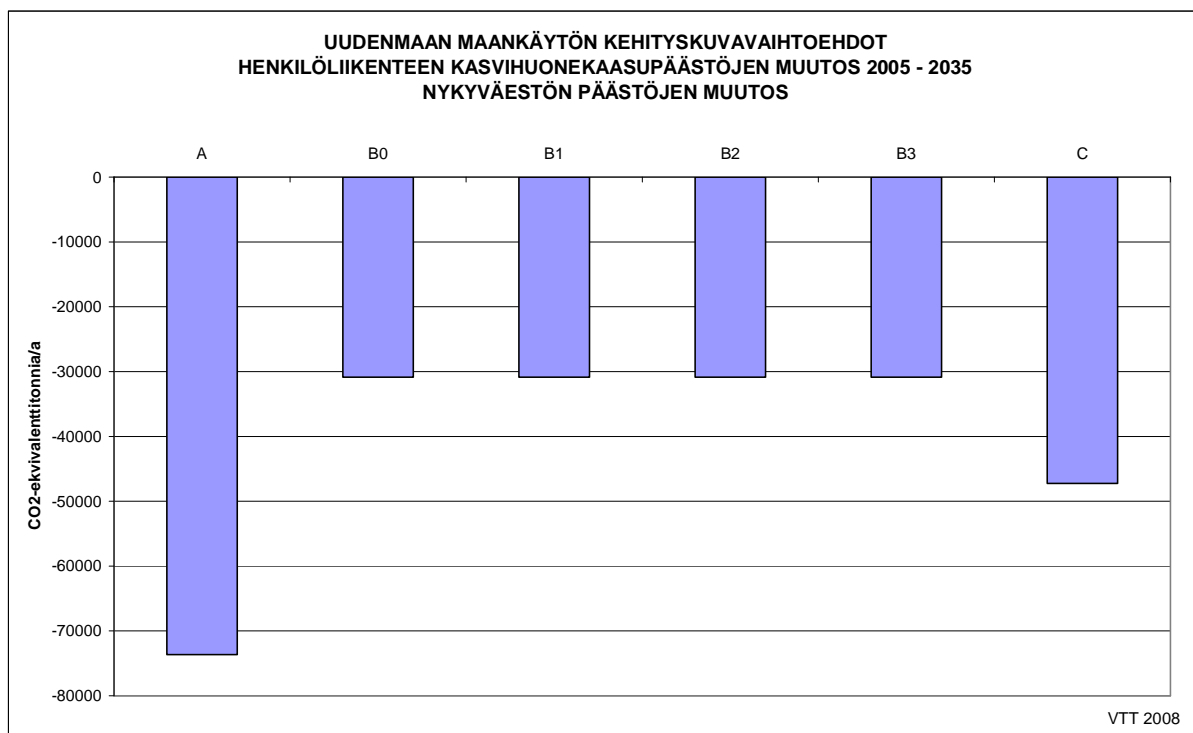
vaihtoehtoissa B. Vaihtoehdon A keskittymissä, joiden liikenteelliset olosuhteet paranevat, on muita vaihtoehtoja enemmän nykyväestöä.



Kuva 53. Uuden väestön aiheuttama liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen muutos.

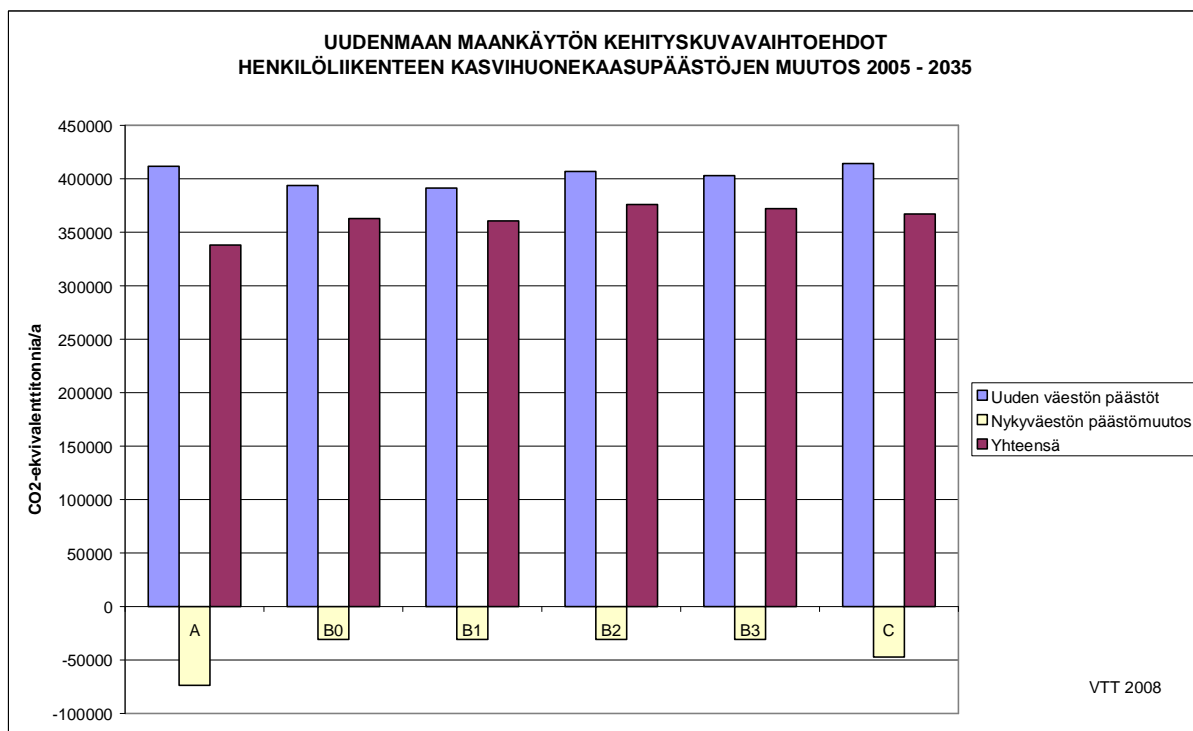


Kuva 54. Uuden väestön aiheuttama liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen muutos.

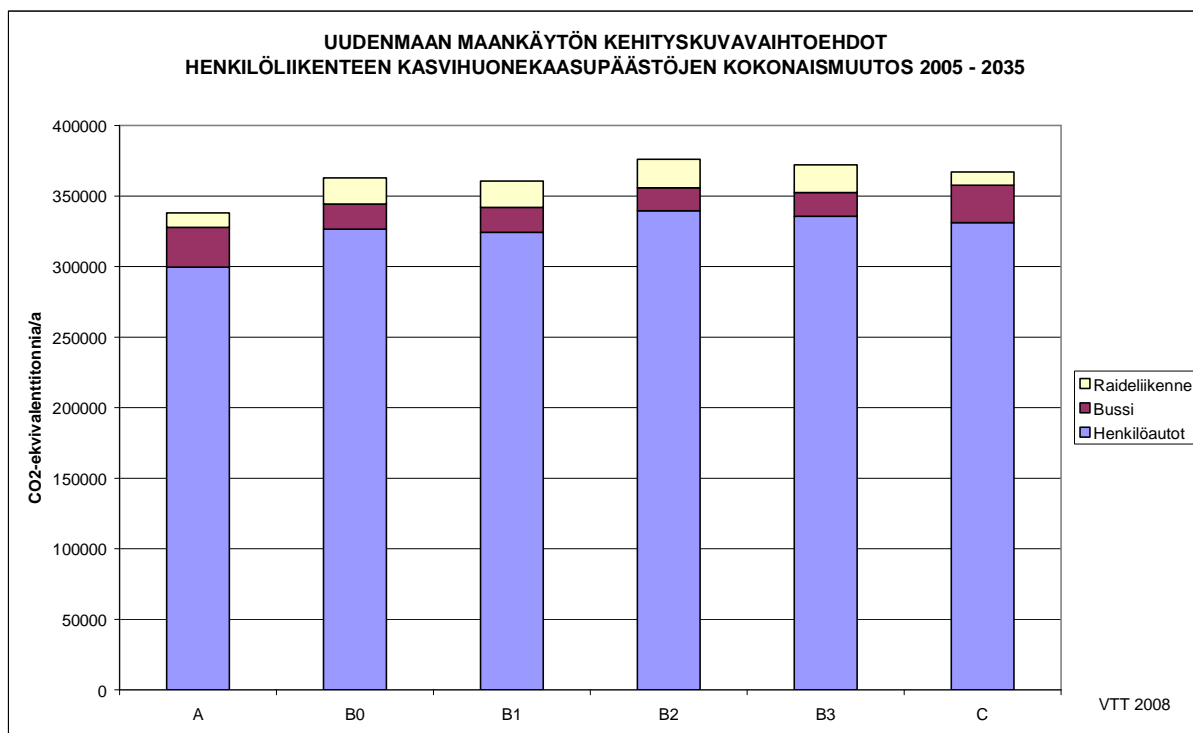


Kuva 55. Nykyväestön liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen muutos.

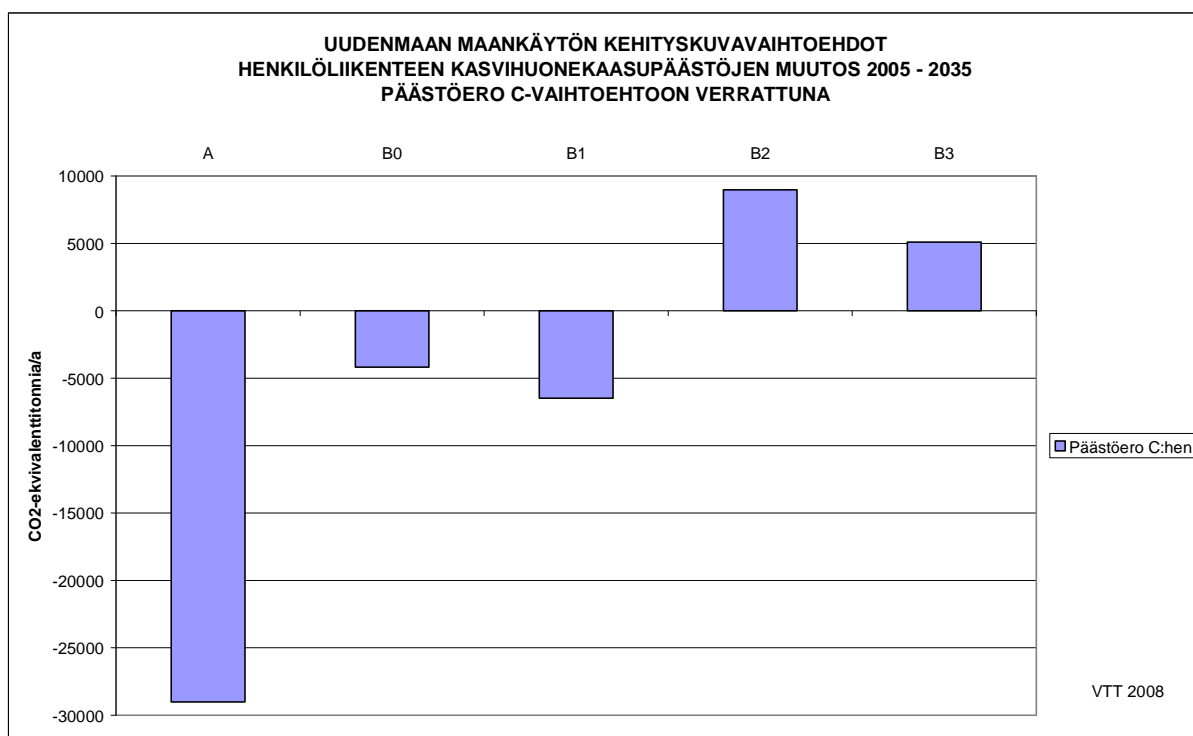
Henkilöliikenteestä aiheutuvien vuotuisten kasvihuonekaasupäästöjen muutos 2005 – 2035 on kaikkiaan 338 000 – 376 000 CO₂-ekv. tonnia (kuva 56 ja 57). Vähiten päästöjä aiheutuu vaihtoehdossa A ja eniten vaihtoehdossa B2. Vaihtoehdossa A nykyväestön päästöt vähenevät muita vaihtoehtoja enemmän. Vaihtoehdossa B2 uutta väestöä sijoittuu muita vähemmän liikenteellisesti edulliselle pääkaupunkialueelle.



Kuva 56. Henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen muutos uuden ja nykyväestön osalta.



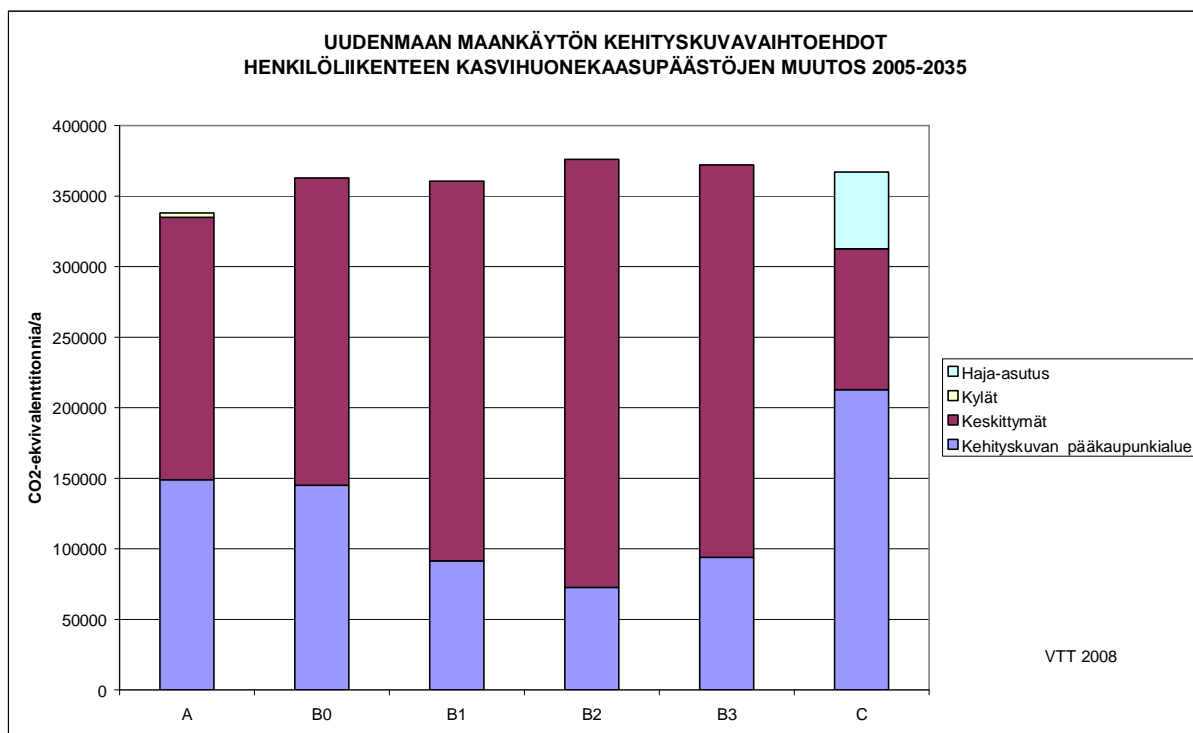
Kuva 57. Henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismuutos.



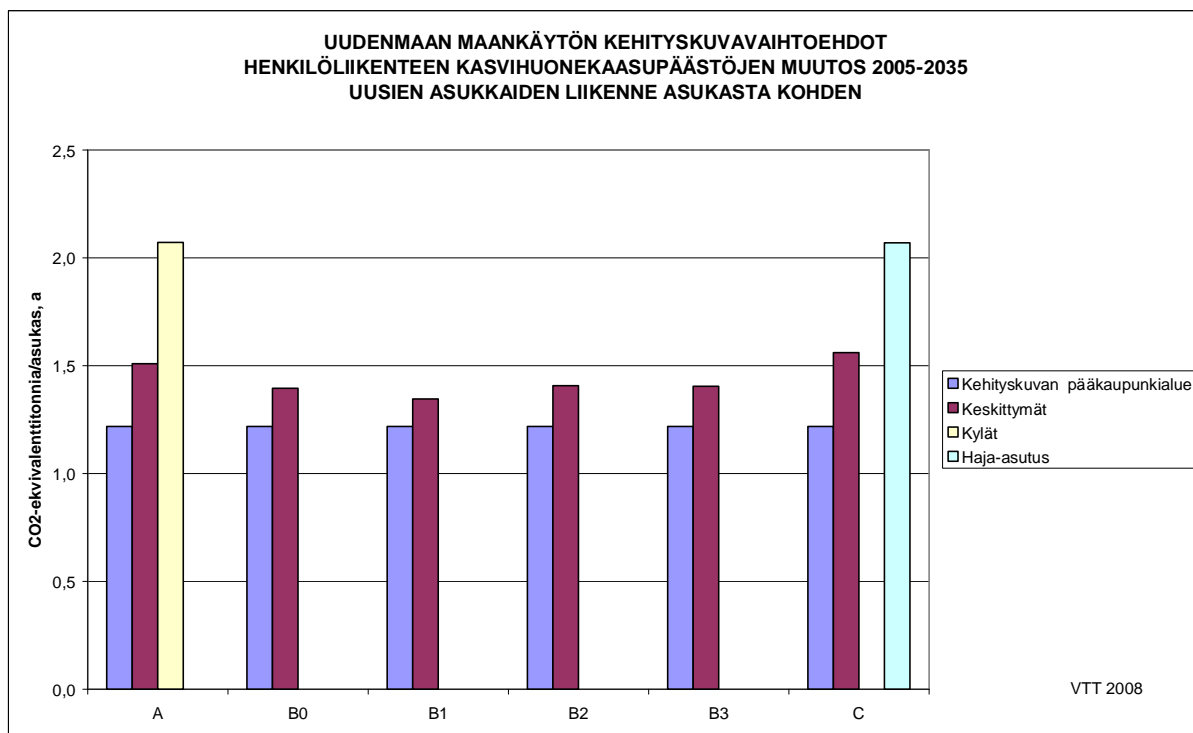
Kuva 58. Kehityskuvavaihtoehdoista aiheutuvien henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen ero C-vaihtoehtoon verrattuna.

Vaihtoehdossa A henkilöliikenteen päästöjä aiheutuu 29 000 CO₂-ekv.tonnia (8 %) vähemmän, vaihtoehdossa B1 6 500 CO₂-ekv.tonnia (2 %) vähemmän ja vaihtoehdossa B0 4 200 CO₂-ekv.tonnia (1 %) vähemmän kuin vaihtoehdossa C. Vaihtoehdossa B2 aiheutuu päästöjä 9 000 CO₂-ekv.tonnia (2 %) enemmän ja vaihtoehdossa B3 5 100 CO₂-ekv.tonnia (1 %) enemmän kuin vaihtoehdossa C.

Kuvassa 59 esitetään henkilöliikenteen päästöt osa-alueittain. Kehityskuvan pääkaupunkialueella aiheutuu asukasta kohden vähiten ja kylissä ja haja-asutusalueella eniten päästöjä (kuva 60).



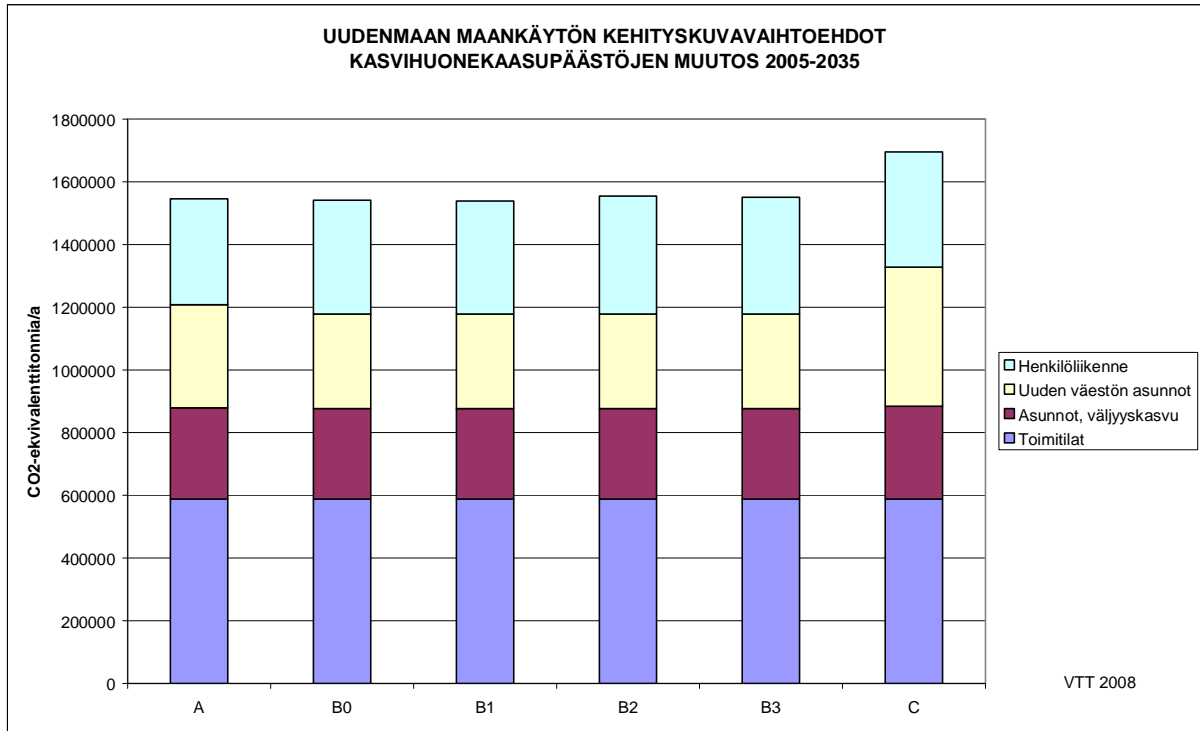
Kuva 59. Henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen muutos osa-alueittain.



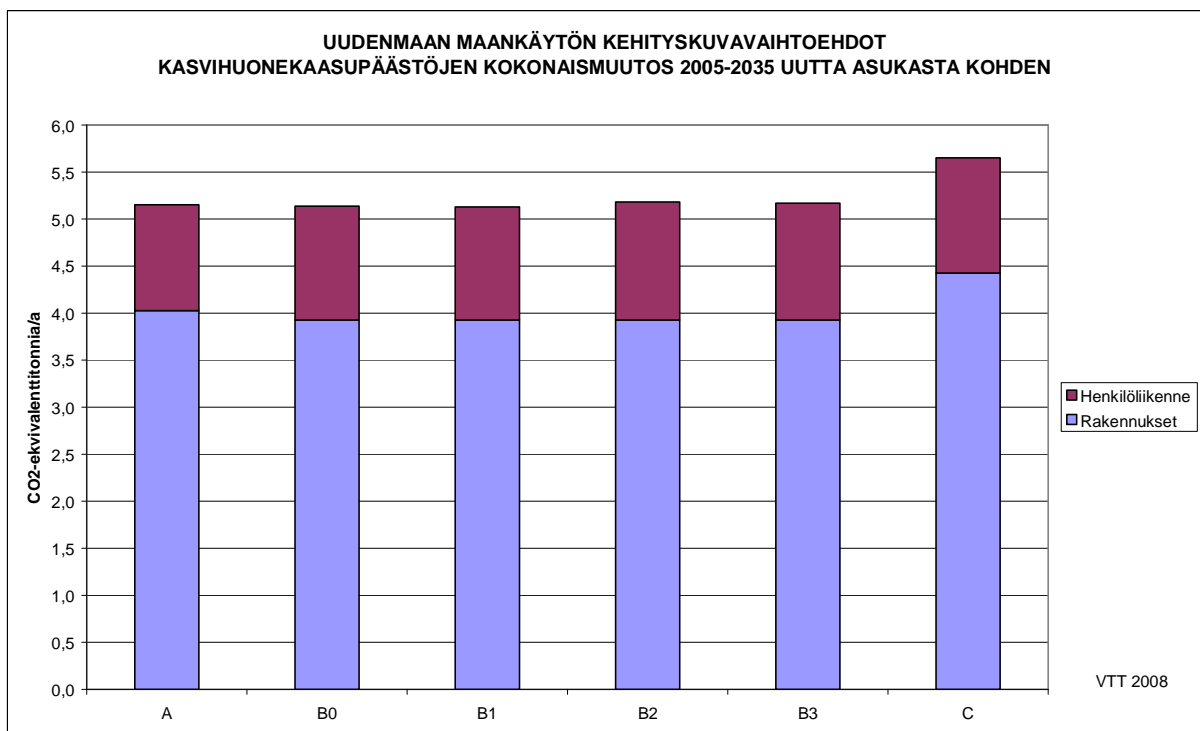
Kuva 60. Uusien asukkaiden henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen muutos asukasta kohden osa-alueittain.

5.3.5.4 Kasvihuonekaasupäästöt yhteensä

Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä kaikkiaan 1,54 – 1,70 miljoonaa CO₂-ekvivalenttitonnia (kuva 61). Rakennusten osuus kasvihuonekaasupäästöjen muutoksesta on 1,18 – 1,33 miljoonaa CO₂-ekvivalenttitonnia ja liikenteen osuus 0,36 – 0,38 miljoonaa CO₂-ekvivalenttitonnia. Vähiten päästöjä aiheutuu vaihtoehdosta B1 ja eniten vaihtoehdosta C.



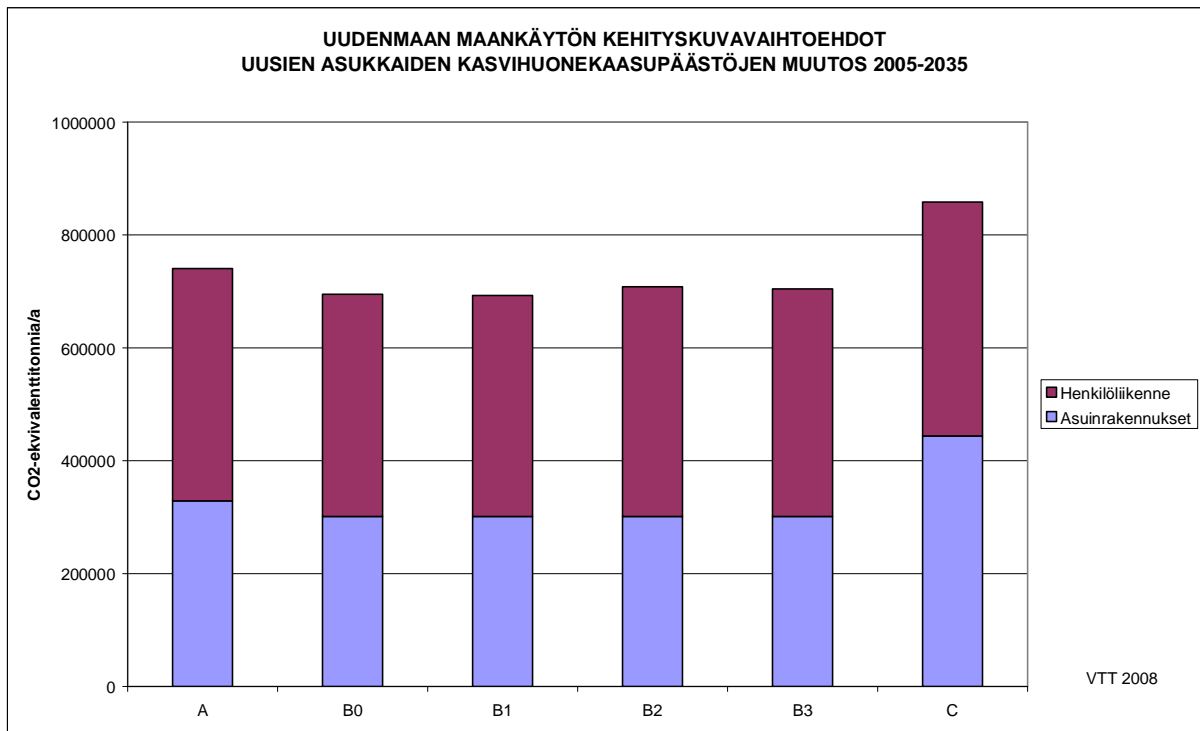
Kuva 61. Kehityskuvavaihtoehtojen kasvihuonekaasupäästöjen muutos.



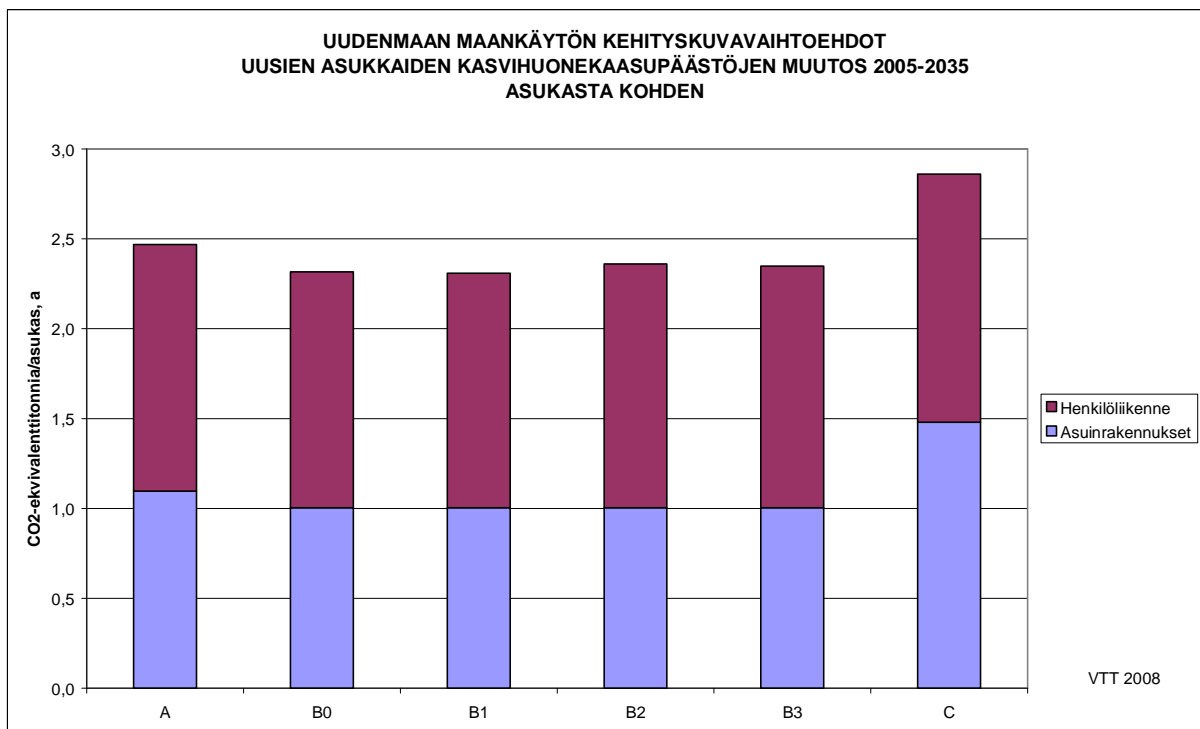
Kuva 62. Kehityskuvavaihtoehtojen kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismuutos uutta asukasta kohden.

Kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismuutos asukasta kohden on 5,13 – 5,65 CO₂-ekv.tonnia /asukas, josta rakennusten osuus on 3,93 – 4,43 CO₂-ekv.tonnia /asukas ja liikenteen osuus 1,20 – 1,25 CO₂-ekv.tonnia /asukas (kuva 62).

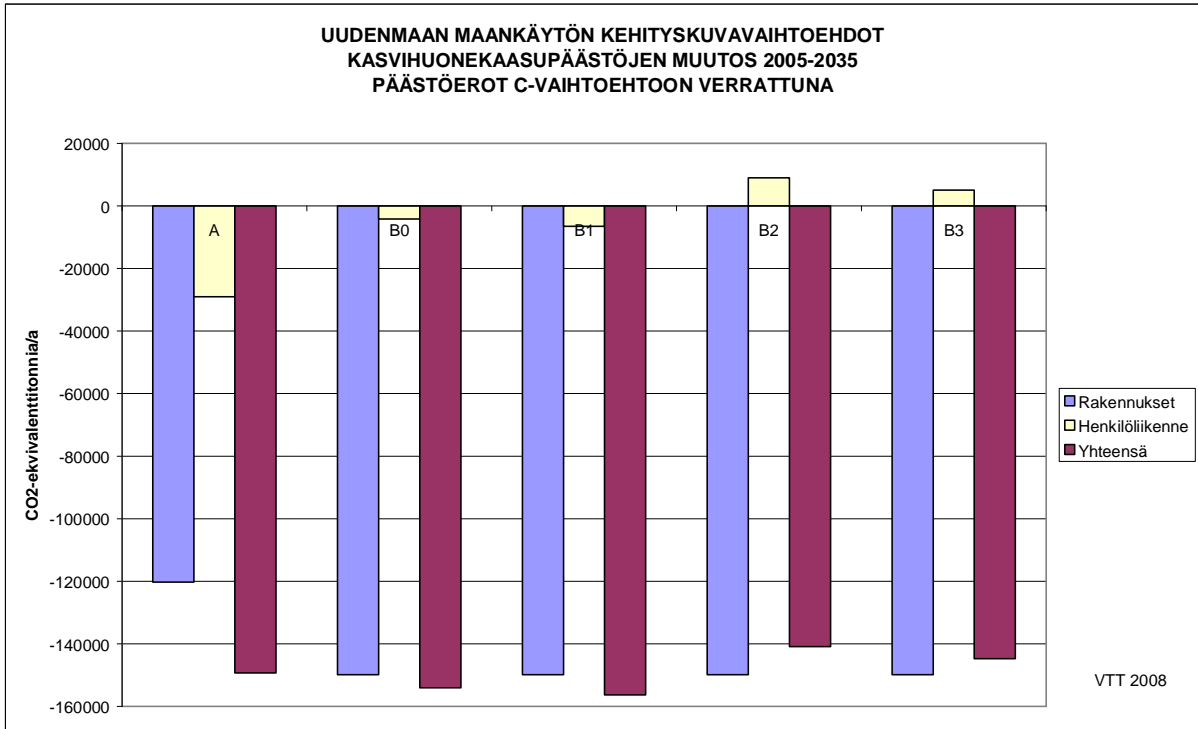
Uusien asukkaiden asuntojen ja liikenteen päästöt vaihtelevat 693 000 – 858 000 CO₂-ekv.tonnia (kuva 63) ja asukasta kohden laskettuna 2,31 – 2,86 CO₂-ekv.tonnia/asukas (kuva 64). Vähiten päästöjä aiheutuu vaihtoehdossa B1 ja eniten vaihtoehdossa C.



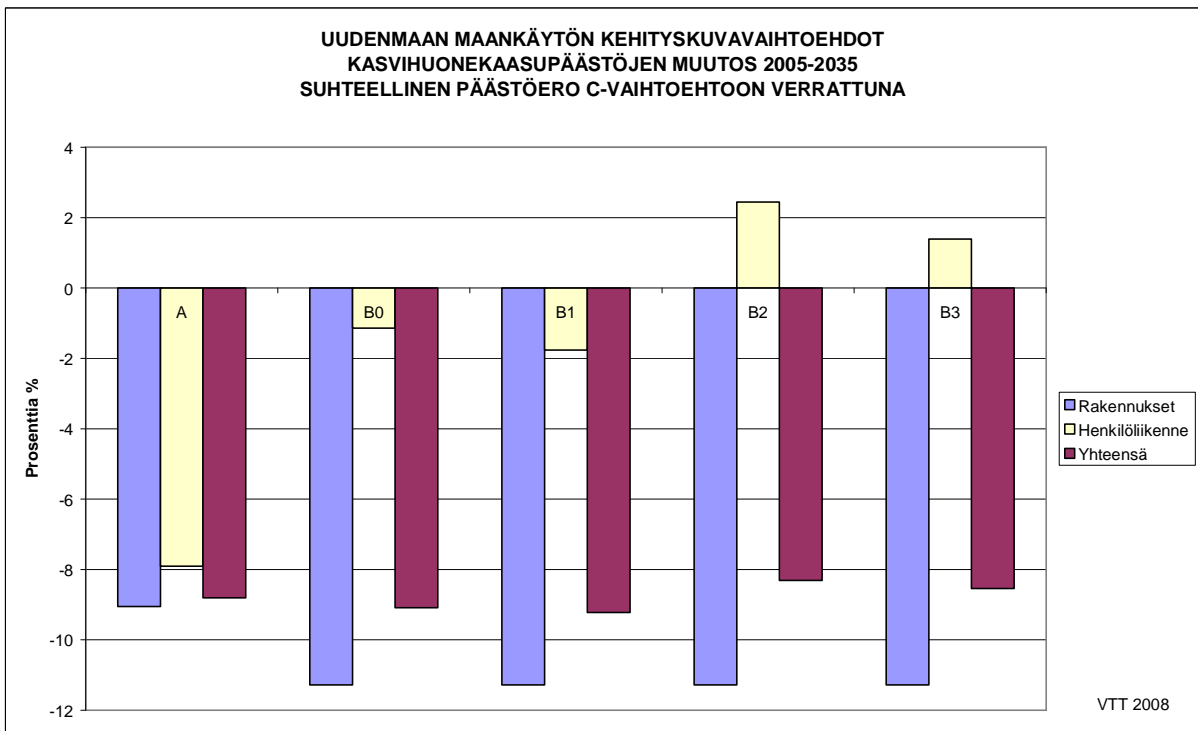
Kuva 63. Uusien asukkaiden kasvihuonekaasupäästöt.



Kuva 64. Uusien asukkaiden kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden.



Kuva 65. Kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen ero vaihtoehtoon C verrattuna.



Kuva 66. Kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen suhteellinen ero (%) vaihtoehtoon C verrattuna.

Vaihtoehtojen A ja B päästöt ovat 156 000 – 141 000 CO₂-ekv.tonnia (9,2 – 8,3 %) pienemmät kuin vaihtoehdossa C. Pienimmät kokonaispäästöt ovat vaihtoehdossa B1. (Kuvat 65 ja 66).

5.3.6 Johtopäätökset ja suositukset

Maakuntatasolla suunnittelu on yleispiirteistä ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen arviointi siksi yleisellä tasolla. Suunnitteluohjeissa suositellaan mm. rakentamisen rajaamista ja maatalousmaan ja luonnonympäristön säilyttämistä sekä mikroilmastoa parantavia toimenpiteitä erityisesti tuulisuuden hallintaan liittyen. Hyvä mikroilmasto rakennettuun ympäristöön olisi luotava kaavoituksella ja rakennusten suunnittelulla sekä säilyttämällä oleva puusto. Kaavoitettavien rakennusalueiden tulisi olla mahdollisimman tehokkaita ja tiiviitä, jotta vastaavasti voidaan jättää laajoja yhtenäisiä metsäalueita luonnontilaan.

Rannikolla mikroilmastoon vaikutetaan yhdyskuntarakennetta ja rakennuksia muotoilemalla ja tarvittaessa tuulensuojauksella. Myrskyihin varautumisessa on harkittava rakenteiden lujuuden lisäämistä tuulikuormaa vastaan. Rakennusten alimmasta lattiakorosta on annettu suosituksia eri osissa Uttamaata.

Sisämaassa puusto suojaa monia alueita, mutta vesistöjen ja peltoaukeiden tuntumassa taajamat altistuvat tuulille. Suunnittelulla voidaan parantaa taajamien mikroilmastoa. Tutkimuksessa suositellaan mm. olevan kasvillisuuden säilyttämistä, yhdyskuntien tiivistämistä ja pienimuotoista täydennysrakentamista, korttelien rajaamista rakentamisella ja suuntaamista auringon suuntaan.

Tulvasuojelu liittyy meren rannoilla rakennusten perustamiskorkeuteen ja rantarakenteisiin. Sisämaassa ja jokisuilla tulisi mm. säilyttää maastossa olevat vesien luonnolliset poistumisväylät, kerätä rankkasateiden aikana vettä lampiin, säiliöihin ja maaston painanteisiin, lisätä maaperän absorptiota kaupungeissa läpäisevin pinnoittein ja sopivin istutusaluein, vähentää pintaveden johtamista sadevesiviemäriin ja sitä kautta vesistöihin, vähentää ojituksia ja lisätä maaston kykyä pidätellä sade- ja sulamisvesiä.

Vaihtoehtojen A ja B arvioidaan olevan viherväylien ja tulvasuojelun kannalta parempia kuin vaihtoehto C. Vaihtoehdossa C mikroilmasto on pientalovaltaisempina helpommin hallittavissa, kun se vaihtoehdoissa A ja B riippuu oleellisesti detaljikaavojen toteutuksesta.

Kasvihuonekaasupäästöt kasvavat vähiten vaihtoehdossa B1 ja eniten vaihtoehdossa C. Vaihtoehtojen paremmuusjärjestys kokonaispäästömuutoksen suhteen on seuraava: I B1, II B0, III A, IV B3, V B2, VI C.

Osa-alueista paras kasvihuonekaasupäästöjen kannalta on pääkaupunkialue. Metroverkkoa kannattaa laajentaa. Nykyisten ratojen varret kannattaa rakentaa. Pääkaupunkialueelle kannattaa rakentaa. Keskuksia kannattaa kehittää. Haja-asutuksen laajentamista pitää välttää. Uusista ratavaihtoehdoista paras on metron laajennus. Ratavaihtoehdoista B2 (Espoo-Vihti-Lohja) on vähiten edullinen.

Tässä tutkimuksessa arvioitu rakennusten energiankäytön ja henkilöliikenteen päästöjen muutos 2005 – 2035 on 1,5 – 1,7 miljoonaa CO₂-ekv.tonnia, uutta asukasta kohden laskettuna 5,1 – 5,7 CO₂-ekv.tonnia/asukas. Uudenmaan lämmityksestä ja sähkönkulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt olivat 8,6 miljoonaa CO₂-ekv.tonnia, asukasta kohden laskien 6,5 CO₂-ekv.tonnia/asukas vuonna 2003. Uudenmaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt olivat 2,5 miljoonaa CO₂-ekv.tonnia, asukasta kohden laskien 1,9 CO₂-ekv.tonnia/asukas vuonna 2003 (Huuska 2006). Lämmityksestä, sähkönkäytöstä ja liikenteestä aiheutuvat päästöt olivat Uudellamaalla vuonna 2003 yhteensä siten 11,2 miljoonaa CO₂-ekv.tonnia, asukasta kohden laskien 8,4 CO₂-ekv.tonnia/asukas.

Kehityskuvavaihtoehtojen toteuttaminen lisäisi siten rakennusten ja liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä Uudellamaalla noin 13,8 – 15,2 %, kun väestön lisäys on 20,7 prosenttia. Arvio on kuitenkin epävarma, koska arviointiperusteet voivat olla erilaiset. Päästöt lisääntyvät todennäköisesti tässä arvioitua enemmän, koska mukana eivät ole esimerkiksi tavaraliikenteen päästöt. Arvioinnissa on käytetty tavoitteellisia oletuksia, joten aiheutuvat päästöt riippuvat niiden toteutumisesta. Arvion mukaisten rakennusten päästöjen saavuttaminen edellyttää matalaenergiarakentamisen ja energiatehokkuuden lisäämistä sekä energiantuotannon kehittämistä entisestään.

Kehityskuvavaihtoehtojen laadinnan ja niiden ilmastovaikutusten arvioinnin avulla voidaan edistää ilmastonmuutoksen hillitsemistä ja siihen sopeutumista jatkotyössä varsinaista kehityskuvaa ja seuraavaa maakuntakaavaa laadittaessa.

5.4 Kuopion Saaristokaupunki

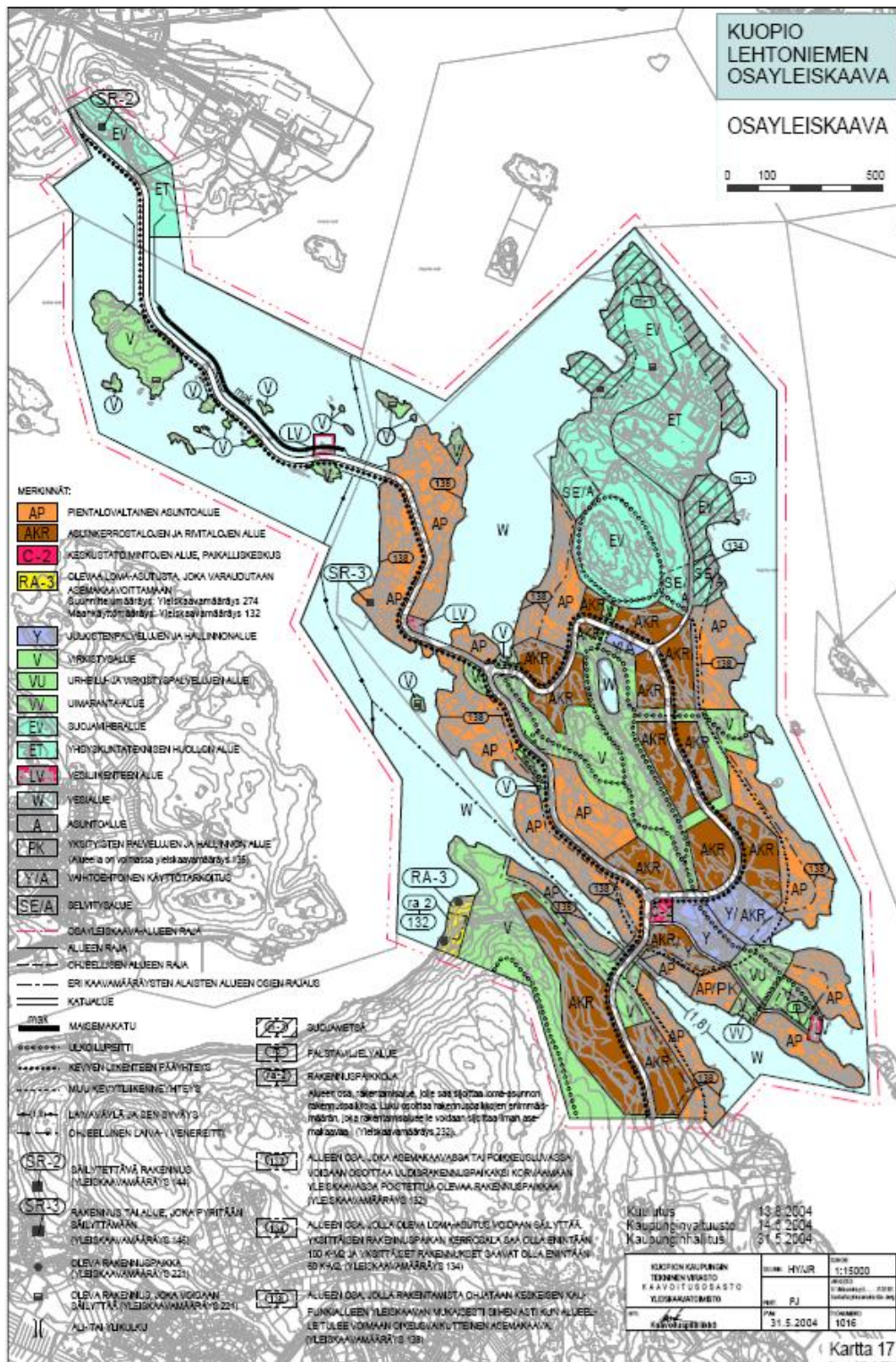
5.4.1 Tarkasteltavat suunnitelmat

Tutkimuksen kohteena on Kuopion Saaristokaupunki. Tutkimuksessa tarkastellaan ilmastonmuutokseen sopeutumista Lehtoniemen ja Rautaniemen alueiden osayleiskaavojen avulla. Ilmastonmuutoksen hillitsemistä tarkastellaan Kuopion eteläisten osien kaupunkirakennevaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen kautta. Kasvihuonekaasupäästöt arvioitiin alun perin vuonna 2003 tehdyssä tutkimuksessa (Halme & Harmaajärvi 2003). Tätä tarkastelua varten tutkimusaineistoa on hyödynnetty ja muokattu soveltuvin osin. Kuvassa 67 esitetään illustraatio Saaristokadusta, joka yhdistää Saaristokaupungin Kuopion keskusta.

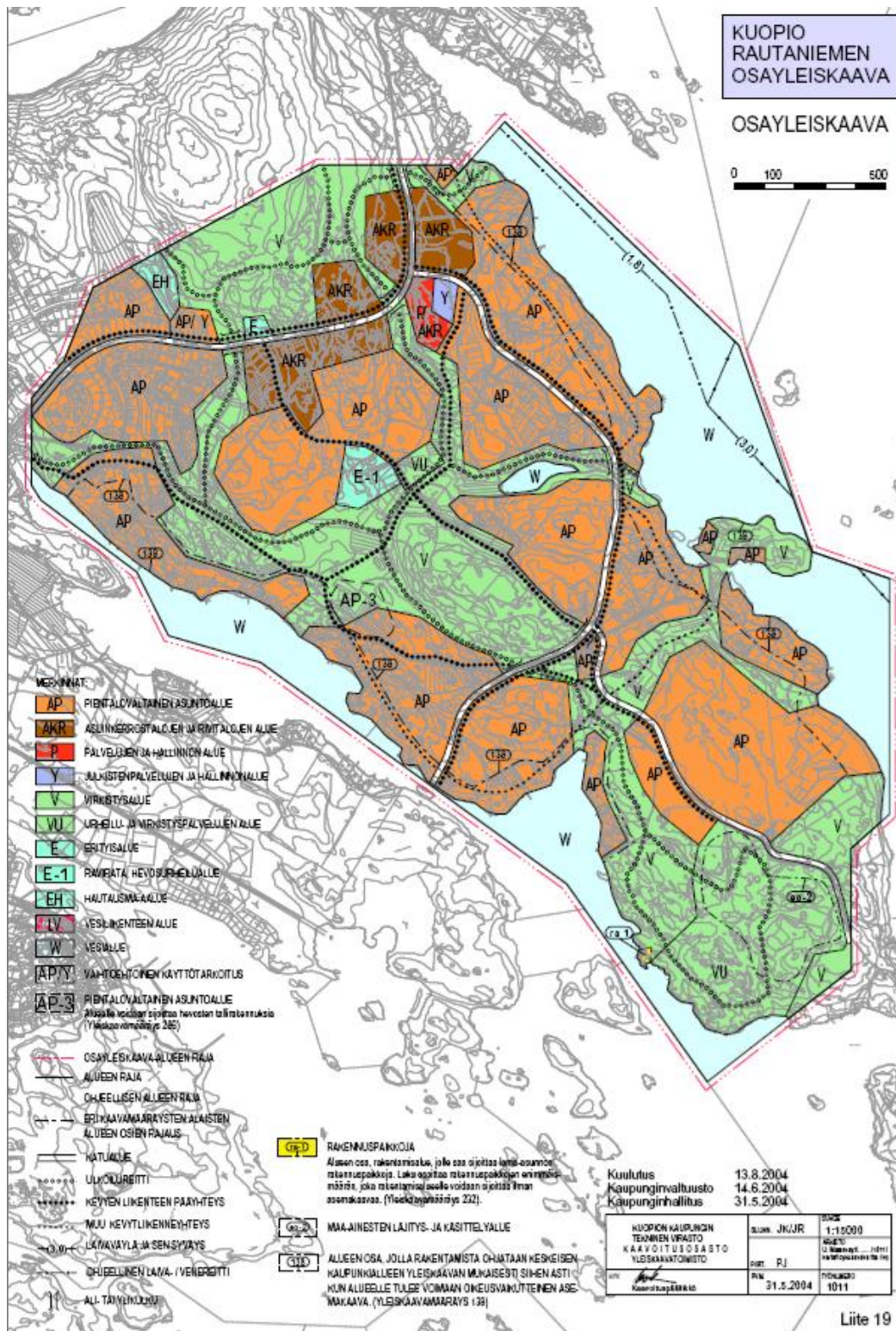


Kuva 67. Kuopion Saaristokatu. Illustraatio. (Kuva: Kuopion kaupunki).

Kuvassa 68 esitetään Lehtoniemen ja kuvassa 69 Rautaniemen osayleiskaavakartta.

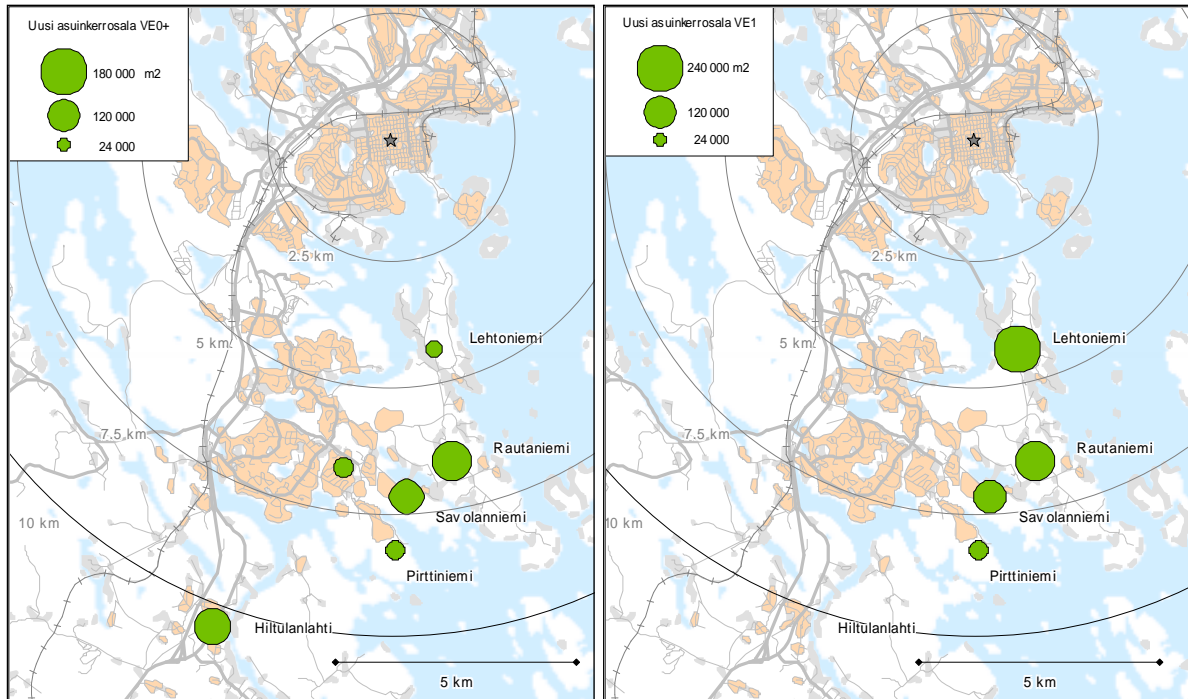


Kuva 68. Lehtoniemen osayleiskaava (Kuopion kaupunki).



Kuva 69. Lehtoniemen osayleiskaava (Kuopion kaupunki).

Kuvassa 70 esitetään Kuopion eteläisten osien kaupunkirakennevaihtoehtojen VE 0+ ja VE 1 uusien alueiden asuinkerrosala ja sijoittuminen olemassa olevaan yhdyskuntarakenteeseen. Vaihtoehdossa 0+ uusi asutus painottuu etelään Hiltulanlahden suuntaan ja vaihtoehdossa VE 1 Saaristokaupunkiin.



Kuva 70. Kuopion eteläisten osien kaupunkirakennevaihtoehdot: Asutuksen sijoittuminen (Halme & Harmaajärvi 2003).

Vaihtoehtojen väliset erot ovat aluekohtaisesti seuraavat (Halme & Harmaajärvi 2003):

Lehtoniemi

- Vaihtoehto Ve0+:ssa Lehtoniemessä asuu vuonna 2020 noin 1 200 uutta asukasta.
- Vaihtoehto Ve1:ssä Lehtoniemessä asuu vuonna 2020 noin 4 600 asukasta ja Keilankannassa 1400 asukasta kerros-, pienkerros- ja rivitaloissa.

Rautaniemi

- Vaihtoehto Ve0+:ssa ja Ve1:ssä Rautaniemessä asuu noin 4 000 asukasta pääosin rivija omakotitaloissa.

Savolanniemi

- Vaihtoehto Ve0+:ssa ja Ve1:ssä Savolanniemessä asuu vuonna 2020 noin 3 300 asukasta pääosin rivitaloissa (myös pienkerros- ja ok-taloissa).

Pirttiniemi

- Vaihtoehto Ve0+:ssa ja Ve1:ssä Pirttiniemessä asuu vuonna 2020 noin 1 100 asukasta pääosin rivija omakotitaloissa.

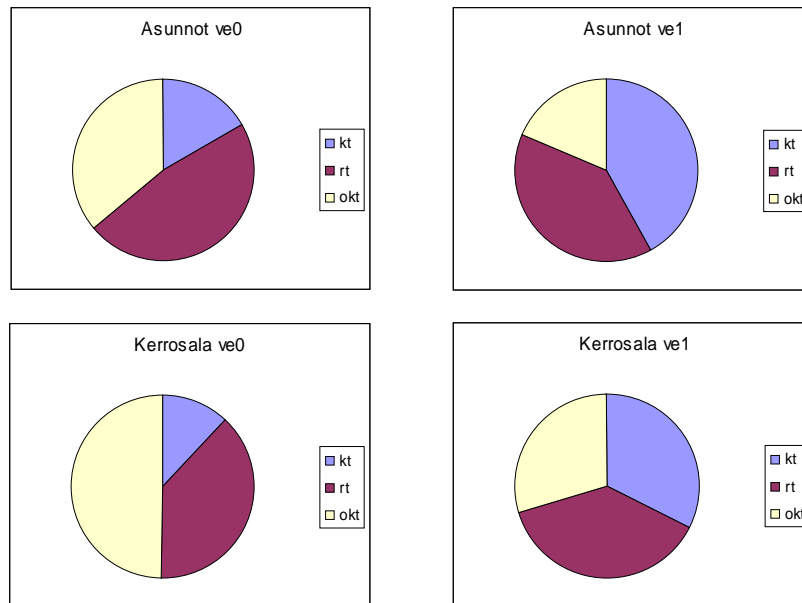
Pirtti

- Vaihtoehto Ve0+:ssa Pirtin uusissa täydennysrakentamiskohteissa asuu vuonna 2020 noin 1 300 asukasta.
- Vaihtoehto Ve1:ssä Pirttiin ei sijoiteta uutta asutusta täydennysrakentamisena.

Hiltulanlahti

- Vaihtoehto Ve0+:ssa Hiltulanlahden asukasmäärä on vuonna 2020 noin 3 600 asukasta pientalomaisena asutuksena.
- Vaihtoehto Ve1:ssä Hiltulanlahteen ei sijoiteta uutta asutusta.

Kuvassa 71 esitetään vaihtoehtojen talotyyppijakauma asuntojen ja kerrosalan suhteessa.



Kuva 71. Vaihtoehtojen Ve0+ ja Ve1 sisältämä asuntotuotannon asunto- ja kerrosalajakauma talotyyppiittäin. (Halme & Harmaajärvi 2003)

5.4.2 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen

5.4.2.1 Kuopion ilmasto kaavasuunnittelun kannalta

Kuopion alueen ilmastoa on havainnointu lähellä kaupunkia lentoasemalla olevalla mittausasemalla, jonka lisäksi mittaustuloksia on saatu Puijonlaaksossa olleelta mittausasemalta.

Kuopio rajoittuu idässä vesistöön, mistä syystä tuulet pääsevät kaupunkiin sieltä päin suuremmalla voimalla kuin muista suunnista.

Kuopiossa esiintyy kaikkina vuodenaikoina keskituulenopeuksia, jotka edellyttävät suunnittelun kannalta huomioimista:

- Kevät: itä-etelä sektori ja länsi.
- Kesä: etelä, itä sekä länsi-luode sektori.
- Syksy: etelä-länsi sektori sekä kaakko ja luode.
- Talvi: etelä, länsi-luode sektori ja kaakko.

Yleisesti ottaen pihojen ja oleskelualueiden suojauksen kannalta tärkeimmät tuulensuunnat Kuopiossa ovat etelä-itä ja länsi-lounas sektorit sekä energiansäästön puolesta etelä-kaakko ja länsi-luode sektorit. (Mattson, Tilastoja)

5.4.2.2 Saaristokaupungin mikroilmasto

Kaupunginosan mikroilmastoa muokkaavat vesistöt, maaston muodot, yhtenäiset metsät ja tulevaisuudessa rakennettavat kerrostalomassat. Vuoret, jyrkät rinteet, laaksot ja monimuotoiset vesistöt ohjaavat tuulta paikallisesti, ja aiheuttavat paikallisia voimakkaita tuulikanavia ja toisaalta suojaisia vyöhykkeitä. Rakennettavat suuret kerrostalomassat muokkaavat lähiympäristönsä olosuhteita, sillä niiden ympärillä esiintyy tuulikanavia sekä ylös- ja alaspäin suuntautuvia ilmavirtauksia ja turbulensseja. Myös avoimet katutilat ja viheriöt sekä suuret paikoituskentät ovat varsin tuulisia.

Suunnittelualueella kasvaa sankkaa metsää, joka suojaa paikallisesti tuulilta. Rakentaessa tämä suojametsä yleensä käytännössä häviää, ja ainoastaan suuremmat yhtenäiset metsiköt voidaan huomioida tuulensuojina.

Lehtoniemessä ja Rautaniemessä on pihojen, leikkikenttien, kevyenliikenteenväylien ja linja-autopysäkkien viihtyisyyden kannalta tärkeintä suojautuminen länsi-, luoteis- ja kaakkoistuu- lia vastaan. Energian säästämiseksi rakennusten julkisivuja tulisi suojata luoteesta ja itä- kaakko sektorista kohdistuvilta viimoilta. Osayleiskaava-alueiden itäisen rannat ovat erityisen avoimia kylmille tuulille, jotka tulevat koko koillinen-kaakko -sektorilta.

5.4.2.3 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus Kuopiossa

Alueellisen ilmastomallin simuloinnin perusteella Kuopion ilmastossa tulee tapahtumaan useita muutoksia:

- lämpötilat tulevat nousemaan
- keskituulennopeus nousee hieman, mutta maksiminopeudet laskevat
- vesisateet ja sateen rajuus lisääntyvät
- lumimäärät vähenevät, mutta lumimyrskyt voivat olla ankaria
- järvi on jäässä nykyistä lyhyemmän ajan, jolloin aallokko, kosteus ja roiskeet lisääntyvät.

Lämpötilan nousu tulee vähentämään kylmyydestä johtuvaa lämmönkulutusta. Toisaalta koska Saaristokaupungin alueella tuulen jäähdyttävä voima on merkittävä, ei energian säästötoimenpiteistä voida tinkiä.

Vaikka tuulisuus ei tulevaisuudessa Kuopiossa nykyisestä lisäännä, rasittaa tuuli ja kosteus yhdessä nykyistä enemmän rakennuksia. Rantalaitureilla ja silloilla kulkeminen on kovalla tuulella vaikeaa, ja kattorakenteisiin, julkisivuihin, katoksiin sekä parvekelasitukseen kohdistuu paikallisesti (asemakaavoista ja suunnitteluratkaisuista riippuen) ilmavirtausten kanavoitumisesta johtuen suuria tuulikuormia. Järven pysyminen sulana kauemmin, yhdessä tuulen lievän lisääntymisen kanssa, pidentää kosteaa tuulista välivuodenaikaa. Kosteuden lisääntyminen nollalämpötilan molemmiin puolin lisää liukkautta.

Sateiden lisääntyminen on huomioitava sadevesiviemäreiden mitoituksessa.

Kuvassa 72 esitetään Kuopion tulvavaarakartta.

Kuopion kaupunkialueen yleispiirteinen tulvavaarakartta HW 1/250 (osa B)



Vesisyvyys, HW 1/250

0...0,5 m	taajama	tulvavaarakartoitetun alueen rajaus
0,5...1 m	teollisuus	korkeuskäyrä, käyräväli 10 m
1...2 m	loma-asunnot	
2...3 m	pelto	
3... m	lentokenttä / satama	
vesistö		



Sijainti:	Kuopio, kaupunkialue (Vuoksen vesistöalue)	Vedenkorkeus:	N60+83,03 m NN+82,80 m
Tulvakarttatyyppi:	Yleispiirteinen tulvavaarakartta (määritetty tulva-alue)	Vedenkorkeus-havaintoasema:	0407920 Kallavesi, Itkonniemi
Toistuvuus aika, skenaario:	HW 1/250, vesistötulva	Vedenkorkeuksien määrittäminen:	Vesistömallilla laskettu ja toistuvuusanalyysi (Gumbel-jakauma)
Esitysmittakaava (max.):	1:50 000		
Korkeusaineiston kuvaus:	Kunnan kantakartta (korkeustarkkuus ±50cm)		
Päivämäärä:	28.3.2007	Laatija:	PSA/AH

Kuva 72. Kuopion tulvavaarakartta (Pohjois-Savon ympäristökeskus, www.ymparisto.fi/tulvakartat).

5.4.2.4 Yleiskaavan tavoitteita

Kuopion kehittämisen tavoitteisiin (Kaupunkirakenne 2010) kuuluu kaupunkirakenteen eheyttäminen ja rakentaminen maisemaa hyödyntäen vesistöiden läheisyyteen. Satamanlahti ja Saari-ristokaupunki ovat kaupunkirakenteen ja järven kohtausvyöhykettä. Rannat on pääsääntöisesti tarkoitettu säilyttää yleisessä käytössä, mutta paikoin rakennuspaikat on kaavoitettu vesistöihin asti.

5.4.2.5 Lehtoniemi

Alue on vesistöiden ympäröimä, maastoltaan erittäin voimakkaasti vaihteleva ja suhteellisen hyvin metsitty riikkonainen niemi. Lehtoniemen pohjoispää säilyy viheralueena, mikä antaa hyvän tuulensuojan pohjoiseen. Vallitseviin tuulensuuntiin nähden alue on kuitenkin avoin ja suoja puusto tulee pääasiassa häviämään, mikä asettaa hyvin korkeat vaatimukset detaljikaavoitukselle ja rakennussuunnittelulle viihtyisän mikroilmaston, kevyenliikenteen turvallisuuden, rakenteiden kestävyuden ja energiankulutuksen hallinnan kannalta.

Käytännössä rakentamisen ja istutustenkin jälkeen pihat ovat vuosia avoimia tuulille, koska kookasta olevaa puustoa ei jää tuulensuojauksen kannalta riittävästi. Asuntopihat ovat suoja-uksilla hoidettavissa, mutta suorat katutilat ja avoimet kentät jäävät ilman erityistoimenpiteitä tuuliseksi. Mahdolliset muita korkeammat talot ohjaavat voimakkaita ilmavirtauksia katutasolle. Rantakorttelit aukeavat ulapalle, altistaen rakennukset ja pihat vallitseville tuulille ja aallokon lennättämille vesipisaroille. Ehdotetut matala-tiivis korttelit saadaan oikein suunnittele-teleamalla helposti mikroilmastoltaan miellyttäväksi.

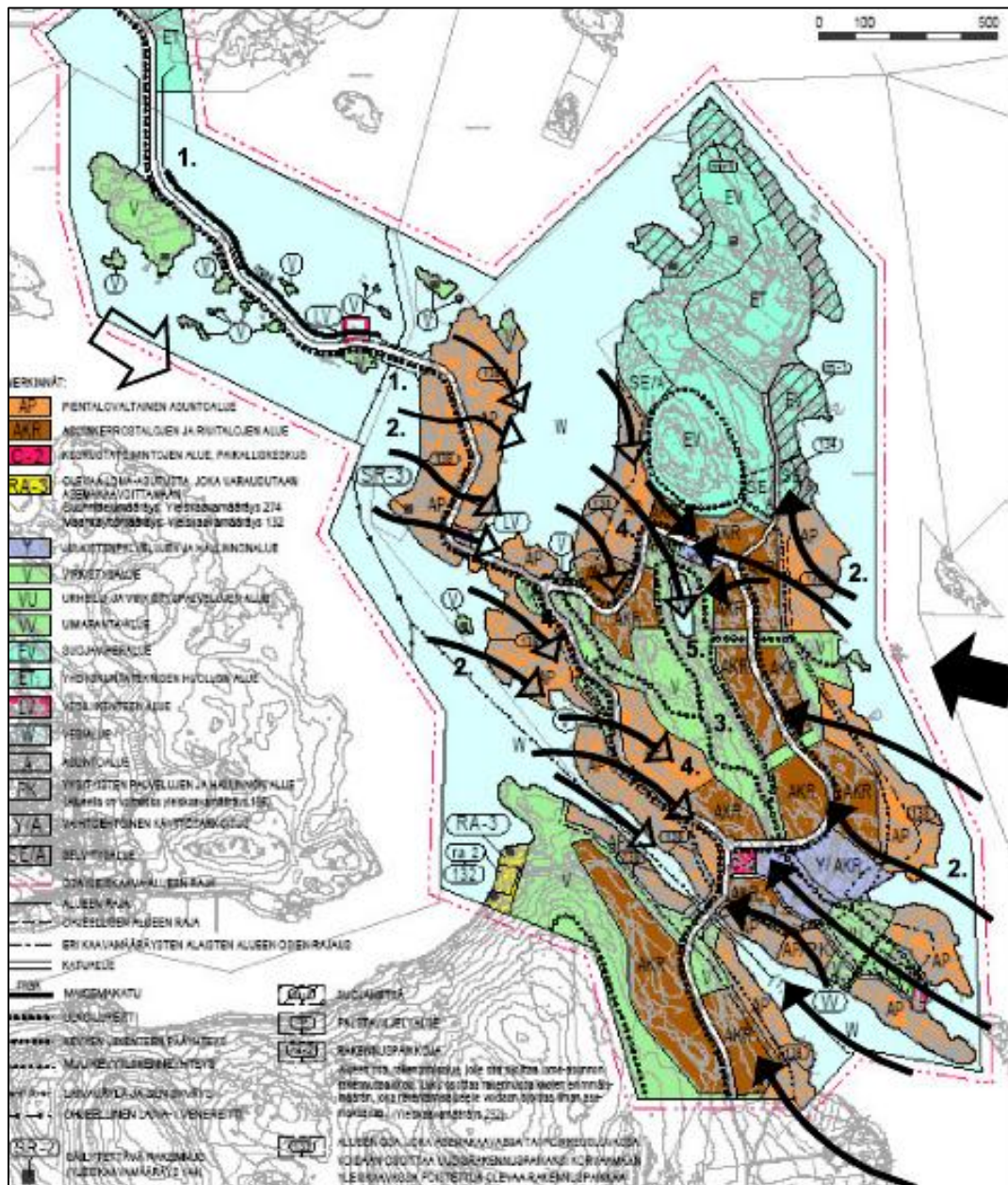
Osa mäkimaastoon tulevasta rakennuskannasta sijoittuu erittäin ankkariin ilmasto-olosuhteisiin. Rakennusten nurkkiin, korkeiden rakennusten suojanpuolelle ja talojen sivustoille syntyy pyörteisiä ilmavirtauksia, joiden jäädyttävä vaikutus on huomattava. On odotetavissa, että lämmönkulutus ylittää jopa useilla kymmenillä prosenteilla ”normaalitason”.

Ehdotetut suorat pääliikenneväylät mahdollistavat suuret ilmavirtausten nopeudet, mutta luonnoksessa paikoin esitetyt kaarevat katulinjaukset vaimentavat tuulisuutta. (Kuva 73)

5.4.2.6 Rautaniemi

Alue on lähes vesistöiden ympäröimä, maastoltaan vaihteleva ja puoliksi metsän peittämä niemi. Rautaniemen eteläpäässä kasvaa säilyvää tuuhea metsää, joka suhteellisen hyvin suo-ja kaakkoistuulilta. Myös luoteis- ja länsipuolella mäki ja metsiköt toimivat tuulensuojina, mutta varjostavat ilta-auringon lähitaloilta. Itäsuunta jää täysin suojattomaksi järvi- tuulilta. Lukuisat avoimet kentät ja vesialueet päästävät vallitsevat tuulet monin paikoin keskelle tule-va asutusta..

Itäranta altistuu järveltä tuleville pohjois- ja itätuulille, jotka ovat kylmiä talvisin, ja pohjois- tuulet kesäisinkin. Ulkoalueiden viihtyisyyden ja energiansäästön kannalta edellä esitetty merkitsee, että rakennusalueet rannikkokaistalla olisi suojattava tuulilta. Lounais- ja kaakkois- tuulilla lumi sataa usein suhteellisen suurten nopeuksien vallitessa, mikä vaikuttaa kinostumi- seen. Pientalojen pihojen mikroilmasto on suojaavan kasvillisuuden, piharakennusten ja aito- jen ansiosta kuitenkin yleensä melko hyvä.



VOIMAKAS KYLMÄ KOILLIS- TAI ITÄTUULI.



VOIMAKAS LÄNSI- TAI LOUNAISTUULI.



SÄILYVÄ SUOJAMETSÄ.

- 1) TUULILLE JA MYRSKYTULVILLE ALTIS KEVYEN LIIKENTEEN PÄÄVÄYLÄ.
- 2) RANNALLA MYRSKYTUULIA JA LENTÄVIÄ PISAROITA.
- 3) ASUNTOALUEELE KANAVOITUU VOIMAKKAITA ILMAVIRTAUKSIA.
- 4) LAAKSOON SIOITTUVA TUULIKANAVA.
- 5) TUULINEN RINNE.
- 6) KYLMÄNILMANPAINANNE
- 7) RUNSASTI LIIKENTEEN PÄÄSTÖJÄ.

Kuva 73. Lehtoniemen ilmasto.

Molempien osayleiskaava-alueiden suunnittelun kehittäminen voi lähteä seuraavista periaatteista:

- suojametsiköt säästetään, tonteilla oleva kasvillisuus säilytetään mahdollisimman laajasti ja uusissa istutuksissa huomioidaan tuulensuojan muodostaminen.
- matala-tiivis pienimittakaavainen rakennuskanta
- mahdollisimman kapeat kadut, joilla ei ole pitkiä päätuulensuuntien suuntaisia suoria
- asteittain nousevat suhteellisen tasaiset rakennuskorkeudet, tiivis aluerakenne
- tuulen nostaminen kattojen yläpuolelle, ja pitäminen siellä
- tuulen vaimentaminen katutilassa ja pihoilla istutuksin ja rakentein
- mahdollisesti pienoismallien tuulitestausta 1.500 yhteismallilla rakennussuunnitteluvaiheessa.

Suosituksia erittäin tuulisten kortteleiden suunnittelun lähtökohdiksi:

- rakennusten lämmöneristyksen ja tiiviyn on ylitettävä 20 %:lla normien vaatimustaso
- katto- ja piharakenteiden mitoitustuulikuormien on ylitettävä 20 %:lla normien vaatimustaso
- rannanpuoleisten julkisivujen kosteudenkestosta on annettava selvitys
- kaavoitus ja rakennussuunnittelu tehtävä pienoismallin tuulitestausta hyväksikäyttäen.

5.4.3 Kasvihuonekaasupäästöt

5.4.3.1 Arviointiperiaatteet

Kasvihuonekaasupäästöjen arviointi perustuu Kuopion eteläisten osien kaupunkirakennevaihtoehtoja koskevaan tutkimukseen (Halme & Harmaajärvi 2003).

Taulukossa 6 esitetään asuntotuotanto vaihtoehdoissa. Vaihtoehdossa 1 voidaan hyödyntää olemassa olevia palveluja paremmin ja uusia palvelurakennuksia tarvitaan vähemmän kuin vaihtoehdossa 0+.

Taulukko 6. Asuntotuotanto Ve0+ ja Ve1:ssä (asumisväljyys laskettu kerrosalaa kohti vain uusilta alueilta). (Halme & Harmaajärvi 2003)

VE0+		Yht	kt	rt	okt
Yhteensä	k-m2	597220	67200	231700	298320
	asunnot	4969	840	2317	1812
	asukkaat	14532	1670	6352	6510
As.kuntakoko v 2020		2.92	1.99	2.74	3.59
As.väljyysv. 2020		41.39	40.24	36.48	45.82
VE1		Yht	kt	rt	okt
Yhteensä	k-m2	588340	190800	223300	174240
	asunnot	5674	2385	2233	1056
	asukkaat	14598	4757	6094	3746
As.kuntakoko v 2020		2.57	1.99	2.73	3.55
As.väljyysv. 2020		40.30	40.11	36.64	46.51

Työmatkojen ja muiden matkojen keskimääräinen pituus on arvioitu mittaamalla matkapituu-
det liikenneväyliä pitkin osa-alueittain Kuopion keskustaan kummassakin vaihtoehdossa ja
painottamalla se asukasmäärillä. Vaihtoehdossa Ve0+ keskimääräisenä matkapituutena käyte-
tään 11,8 km ja vaihtoehdossa Ve1 7,2 km. Saaristokadun toteuttaminen lyhentää huomatta-
vasti keskustaan suuntautuvia matkoja.

Aikaisemmassa tutkimuksessa arvioitiin vaihtoehtojen yhdyskuntataloudelliset ja ekologiset
vaikutukset elinkaaritarkasteluna (elinkaaren pituus 50 vuotta) käyttämällä VTT:n EcoBal-
ance-arviointimallia (Harmaajärvi, Wahlgren). Vaikutukset arvioitiin maanhankinnan, asuinra-
kennusten, koulujen ja päiväkotien, liikenneverkon, vesihuollon, energiahuollon, televerkon,
puistojen ja kenttien sekä asukkaiden liikenteen osalta. Arvioituja vaikutuksia olivat yhdys-
kuntakustannukset, energiankulutus, raaka-aineiden kulutus, kasvihuonekaasupäästöt ja muut
päästöt.

Tässä tutkimuksessa aineistosta hyödynnettiin kasvihuonekaasupäästöjä koskevia tietoja ja
muokattiin niistä muuta tutkimusaineistoa vastaavasti käytönaikaisten vuotuisten vaikutusten
arviointiaineisto.

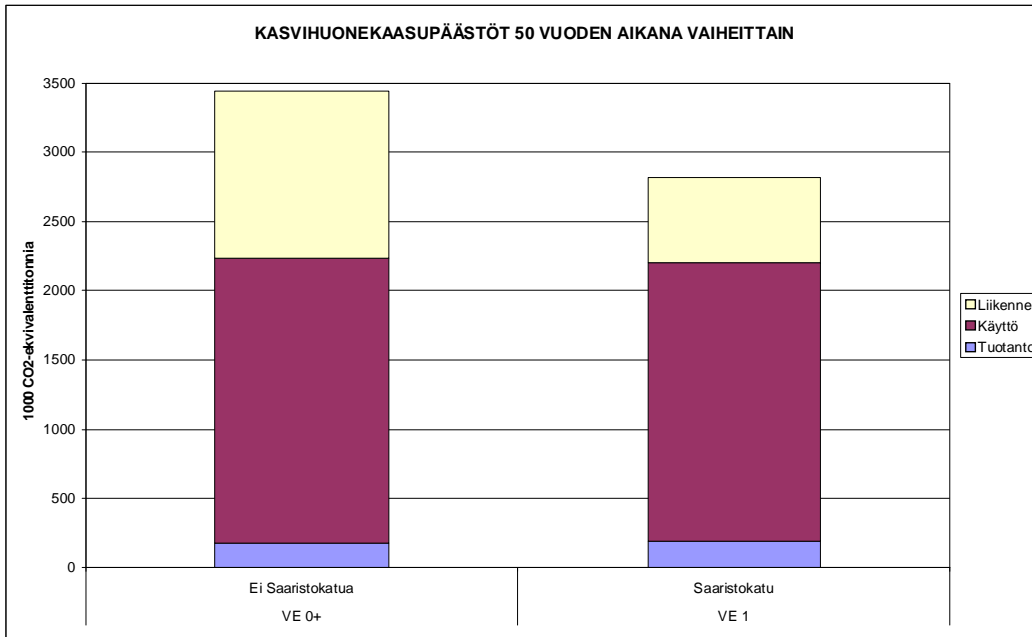
Rakennusten lämmityksen ja sähkönkäytön energiankulutus on arvioitu keskimääräisen kulu-
tuksen perusteella olettaen kuitenkin, että lämmön ominaiskulutus on nykyistä keskimääräistä
tasoa alempi ja että sähkön ominaiskulutus on pienempi kuin arvioitu kulutus tulevassa ra-
kennuskannassa. Lämmitysenergian kulutukseksi on arvioitu asuinrakennuksissa 130 kWh ja
palvelurakennuksissa 200 kWh kerrosneliometriä kohden vuodessa ja taloussähkön kulutuk-
seksi asuinrakennuksissa 42 kWh ja palvelurakennuksissa 100 kWh kerrosneliometriä kohden
vuodessa. Kaikki rakennukset on oletettu lämmitettäväksi kaukolämmöllä.

Energiantuotanto perustuu Kuopion Energian lämmön ja sähkön tehokkaaseen yh-
teistuotantoon. Energiantuotannon polttoainejakaumaksi on oletettu seuraava: turve 77 %,
puuaines 17 % ja öljy 6 %. Sähkön osalta on oletettu, että 70 % on omaa tuotantoa ja 30 %
ostosähköä. Energiantuotannon päästöissä on otettu huomioon myös alkupään vaikutus eli
energialähteiden tuotannon, jalostuksen ja jakelun vaikutukset. Nämä on arvioitu Imatran
Voima Oy:ssä 1990-luvun alussa laaditun selvityksen perusteella. Alkupään osuus primää-
rienergiasta on sähkön osalta 19 %, kaukolämmön osalta 8 % ja öljylämmityksen osalta 12 %.

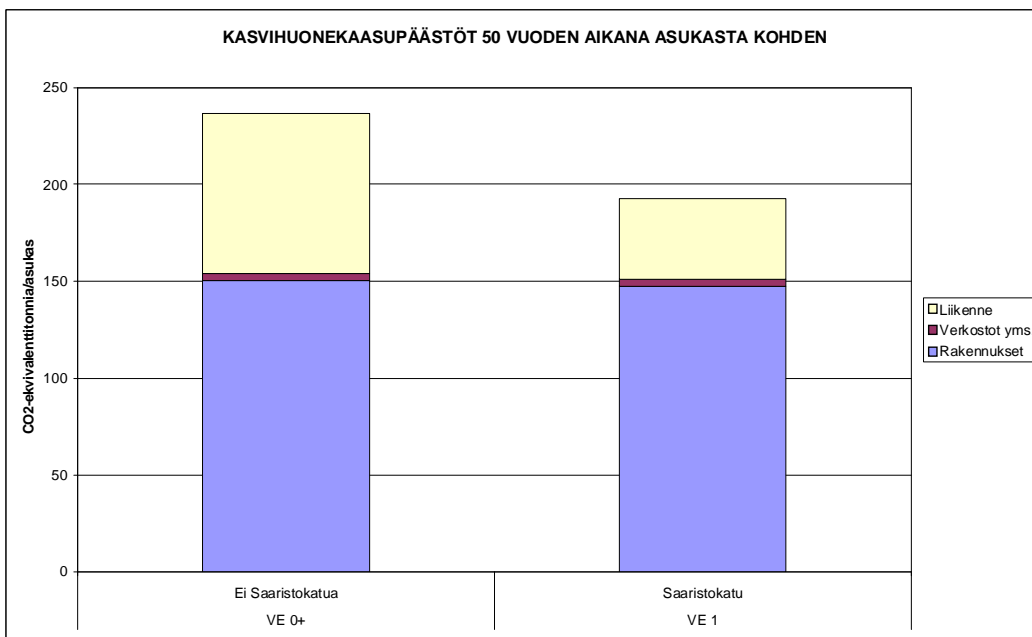
5.4.3.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Kuvassa 74 esitetään koko elinkaaren aikaiset, 50 vuoden aikana aiheutuvat kasvihuonekaa-
supäästöt jaettuna tuotantovaiheeseen, käyttöön ja liikenteeseen ja kuvassa 75 elinkaaren ai-
kaiset päästöt asukasta kohden laskettuna.

Rakenteiden tuottamisesta, käytöstä ja liikenteestä aiheutuu kasvihuonekaasujen päästöjä
vaihtoehdossa Ve0+ kaikkiaan 3,4 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia ja vaihtoehdossa
Ve1 selvästi vähemmän eli 2,8 miljoonaa tonnia. Suurin ero aiheutuu liikenteestä. (Kuvat 74
ja 75)



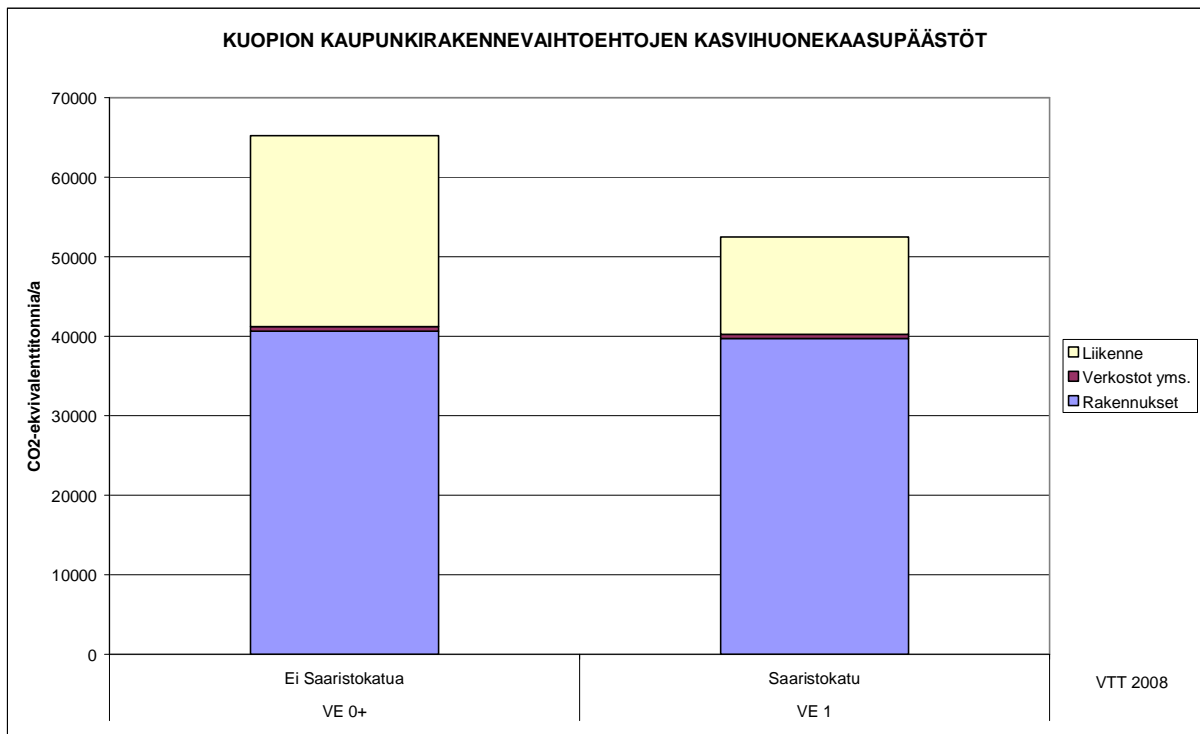
Kuva 74. Kasvihuonekaasupäästöt vaiheittain. (Halme & Harmaajärvi 2003)



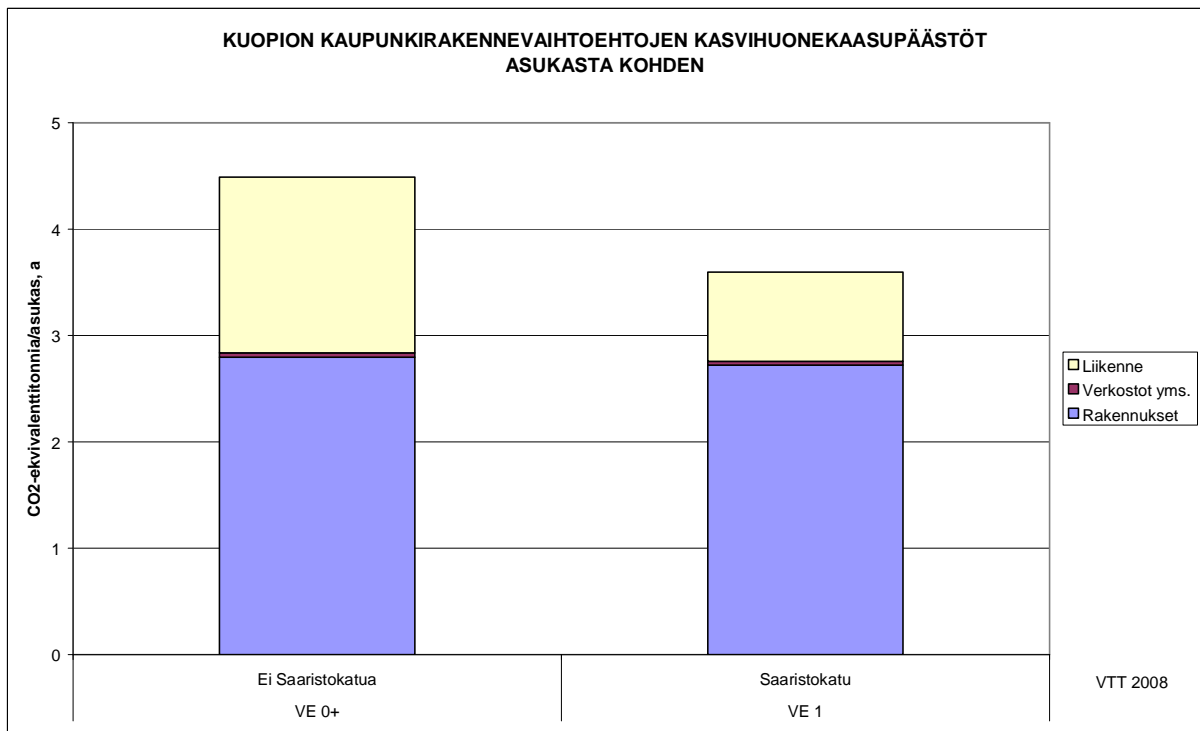
Kuva 75. Kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden. (Halme & Harmaajärvi 2003)

Kuvassa 76 esitetään rakennusten energiankäytöstä ja liikenteestä vuosittain aiheutuvat päästöt ja kuvassa 77 asukasta kohden lasketut vuosittaiset päästöt. Päästöjä aiheutuu vaihtoehdossa 0+ kaikkiaan 65,2 miljoonaa CO₂-ekvivalenttitonnia ja vaihtoehdossa 1 52,5 miljoonaa CO₂-ekvivalenttitonnia. Vaihtoehdossa 0+ rakennusten osuus vuotuisista päästöistä on 62 %, verkostojen osuus 1 % ja liikenteen osuus 37 %. Vaihtoehdossa 1 rakennusten osuus on 76 %, verkostojen osuus 1 % ja liikenteen osuus 23 %. Vaihtoehdossa 1 liikenteen päästöt ovat puolet vaihtoehdon 0+ liikenteen päästöistä.

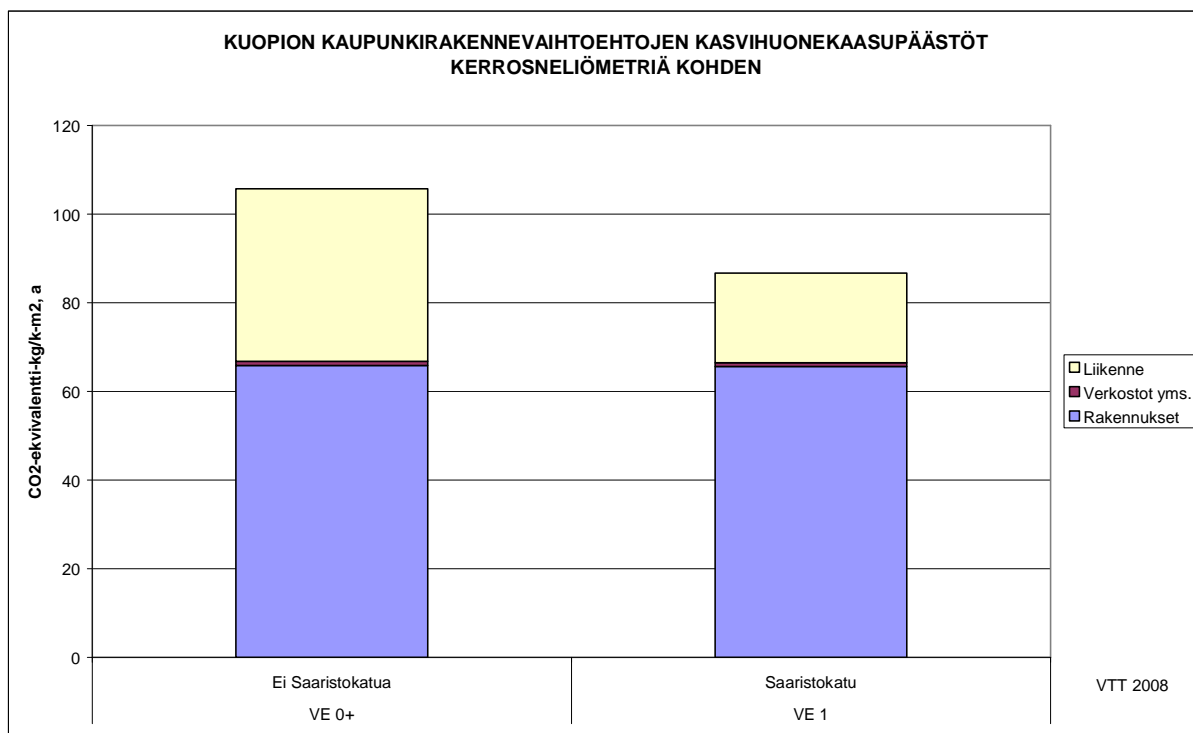
Asukasta kohden laskettuna kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu vaihtoehdossa 0+ 4,5 CO₂-ekvivalenttitonnia/asukas ja vaihtoehdossa 1 3,6 CO₂-ekvivalenttitonnia/asukas (kuva 77). Kerrosneliometriä kohden lasketut kasvihuonekaasupäästöt ovat 106 kg/k-m² vaihtoehdossa 0+ ja 87 kg/k-m² vaihtoehdossa 1 (kuva 78). Päästöt ovat liikenteen osalta vaihtoehdossa 1 noin puolet vaihtoehdon 0+ päästöistä.



Kuva 76. Vuosittaiset kasvihuonekaasupäästöt.



Kuva 77. Vuosittaiset kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden.



Kuva 78. Vuosittaiset kasvihuonekaasupäästöt kerrosneliometriä kohden.

5.4.4 Johtopäätökset ja suositukset

Saaristokadun ja siihen liittyvän kaupunkirakenteen toteuttaminen todettiin aikaisemmassa tutkimuksessa (Halme & Harmaajärvi 2003) edulliseksi sekä rakennusten että verkostojen ja liikenteen suhteen kaikkien vaikutusten osalta. Vaihtoehto Ve1 on arvion perusteella edullisempi kuin vaihtoehto Ve0+. Saaristokadun ja siihen liittyvän kaupunkirakenteen toteuttaminen on edullista sekä talouden että ympäristön kannalta. Saaristokadun toteuttaminen todettiin perustelluksi sekä yhdyskuntatalouden että ympäristövaikutusten kannalta.

Saaristokadun toteuduttua tässä tutkimuksessa täydennetty tarkastelu osoittaa, että Saaristokaupunkia tulisi kehittää edelleen ja rakentamista tulisi painottaa Saaristokaupungin alueelle kauempana sijaitsevien eteläisten alueiden sijasta. Näin voidaan vähentää huomattavasti kasvihuonekaasupäästöjä.

Kaavoituksessa suositellaan mm. säästämään kasvillisuutta niiltä osin kuin mahdollista, matala-tiivis-rakennetta, kapeita katuja, tiivistä rakennetta sekä tuulen haitallisten vaikutusten minimoimista.

Tahkon alueen kehittämissuunnitelmat vuoteen 2030 saakka ulottuvina ovat valmisteluvaiheessa. Kokonaisvuodepaikkamäärä on tavoitetaso, joka tulee ottaa huomioon valmisteilla olevassa maakuntakaavassa ja jonka mukaan aluevaraukset tehdään vuonna 2009 käynnistävissä osayleiskaavan uudistamistyössä. Tässä tarkasteltavat suunnitelmat ovat vielä keskenäisiä ja ne voivat muuttua paljonkin.

Vuonna 2007 alueen kokonaisvuodepaikkamäärä oli 8000 kpl, joista hotelleissa noin 400 kpl, huoneistohotelleissa noin 400 kpl, vuokrattavissa loma-asunnoissa noin 4000 kpl ja muuta kapasiteettia 3200 vuodepaikkaa. Vuokrattavien loma-asuntojen suhteen on huomattava, etteivät läheskään kaikki ole koko ajan vuokrauskäytössä. Kaupallisten yöpymisten määrä oli noin 302 000 yövuorokautta. Asuntojen omistajien omakäyttö saattaa olla luokkaa 150 000 yövuorokautta edellisten lisäksi. Tärkeimmät matkailijoiden tulosuunnat ovat Etelä-Suomen lääni yli 50 %, Venäjä (Pietari) 17 % ja Baltian maat.

Määrällinen arvio vuoteen 2030 mennessä toteutettavista investoinneista on rakennusoikeutena noin 360 000 k-m², lomahuoneistojen ja hotellihuoneiden määränä 3100 kpl ja vuodepaikkoina 28 000 – 30 000 vuodepaikkaa. Talojen lukumäärää on vaikea arvioida ilman kaavataarkastelua, vähintään niitä on noin 500 kpl. Osa alueista on jo toteutusvaiheessa, osa suunnitelu/asemakaava-vaiheessa ja osa vaatii osayleiskaavan tarkistaminen ja aluelaajennuksen.

Vuodepaikkatavoitteen täyttäminen edellyttää varsin tiivistä ja tehokasta rakentamista. Yksittäisinä mökkeinä ja paritaloina tavoite ei toteudu. Kahden kolmen viime vuoden aikana on pääosa kapasiteetin lisäyksestä toteutettu pienkerrostaloissa ja myös suurissa yksiköissä. Tämän kehityksen arvioidaan jatkuvan edelleenkin. Toinen kehityssuunta on hotellien ja huoneistohotellien määrän kasvaminen. Hotellihankkeita on jo suunnitteilla.

Majoitusrakennusten lisäksi kasvu edellyttää palvelurakentamista, kuten kauppoja, ravintoloita, kokoustiloja, liikuntatilojen laajennuksia, mahdollisesti uuden kylpylöitä, huoltorakennuksia. Osa näistä palveluista tulee sijoittumaan majoitusrakennusten yhteyteen.

Vuonna 2030 arvioidaan yöpymisvuorokausien määrän olevan 1 300 000 yö-vrk. Mikäli keskiviipymä on 3,5 vrk, on yksittäisten henkilöiden määrä noin 370 000 henkilöä.

Hotellien ja huoneistohotellien lisääntyminen tulee vaikuttamaan käyttöasteen kasvuun, joten mahdollista on myös 1,3 miljoonaa yöpymistä selvästi suuremmatkin arvot. Toinen näkökulma on ns. kakkosasuntojen ja eläkeasuntojen määrän lisääntyminen ja näissä ryhmissä puolestaan keskiviipymät ovat erittäin korkeita. Ilmastokuormituksen ja erityisesti liikennekuorman näkökulmasta kysymys on ääriarvoista.

Ulkomaalaisten osuus kasvaa noin 35 prosenttiin kokonaiskäynneistä. Lähtösuuntana Venäjä on edelleen suurin, mahdollisesti Lähi- ja Kaukoidän maiden asukkaiden osuus tulee kasvaamaan merkittävästi. (Nilsin kaupunki)

5.5.2 Ilmaston ja sen muuttumisen vaikutus kaavasunnitteluun

5.5.2.1 Nilsin ilmasto kaavasunnittelun kannalta

Riittävän pitkäaikaisen havaintoaineiston saamiseksi ilmastollisina lähtökohtatietoina on käytetty Ilmatieteen laitoksen ilmastotilastoja vuosilta 1961 - 1990. Koska tavanomaiset ilmastotilastot eivät sisällä riittävää informaatiota suunnittelun pohjaksi, on tuulisuus jaettu neljälle vuodelajalle, ja tältä pohjalta on laadittu kuvaus ilmastosta kaavoituksen ja arkkitehtisuunnit-

telun kannalta. Ilmastonmuutoksen ennuste perustuu luvuissa 4 kuvattuun alueellisen ilmastomallin simulointiin ja sen tuloksiin. (Tilastoja)

Alueen ilmastoa on havainnointu lähellä kaupunkia lentoasemalla olevalla mittausasemalla. Tahkovuoren alue rajoittuu pohjoisesta ja osittain idässä vesistöön, mistä syystä tuulet pääsevät sieltä päin suuremmalla voimalla kuin muista suunnista.

Tahkon alueella esiintyy kaikkina vuodenaikoina keskituulennopeuksia, jotka edellyttävät suunnittelun kannalta huomioimista:

- Kevät: itä-etelä sektori ja länsi.
- Kesä: etelä, itä sekä länsi-luode sektori.
- Syksy: etelä-länsi sektori sekä kaakko ja luode.
- Talvi: etelä, länsi-luode sektori ja kaakko.

Yleisesti ottaen pihojen ja oleskelualueiden suojauksen kannalta tärkeimmät tuulensuunnat Tahkon alueella ovat kaakko-itä ja pohjoinen. Laskettelon kannalta tuulille alttiimmat ovat etelään ja länteen avautuvat rinteet. (Mattson, Tilastoja)

5.5.2.2 Mikroilmasto

Alueen mikroilmastoa muokkaavat vesistöt, maaston muodot, yhtenäiset metsät ja tulevaisuudessa rakennettavat suuremmat rakennusmassat. Vuoret, jyrkät rinteet, laaksot ja monimuotoiset vesistöt ohjaavat tuulta paikallisesti, ja aiheuttavat paikallisia voimakkaita tuulikanavia ja toisaalta suojaisia vyöhykkeitä. Rakennettavat suuret kerrostalomassat muokkaavat lähiympäristönsä olosuhteita, sillä niiden ympärillä esiintyy tuulikanavia sekä ylös- ja alaspäin suuntautuvia ilmavirtauksia ja turbulensseja. Myös avoimet katutilat ja viheriöt sekä suuret paikoituskentät ovat varsin tuulisia.

Voimakkaat ilmavirtaukset tekevät ulkona olemisen kylmäksi, kulkemisen vaaralliseksi, aiheuttavat vaurioita kylmänarville kasveille ja lisäävät energiankulutusta. Toisaalta tuulet ovat sikäli hyödyksi, että ne tuulettavat pois pakokaasut ja muut ilmansaasteet.

Suunnittelualueella kasvaa sankkaa metsää, joka suojaa paikallisesti tuulilta. Rakentaessa tämä suojametsä yleensä käytännössä häviää, ja ainoastaan suuremmat yhtenäiset metsiköt voidaan huomioida tuulensuojina.

Pihojen, leikkikenttien, kevyenliikenteenväylien ja linja-autopysäkkien viihtyisyyden kannalta tärkeintä on suojautuminen länsi-, luoteis- ja kaakkoistuulia vastaan. Energian säästämiseksi rakennusten julkisivuja tulisi suojata luode-pohjoinen ja itä-kaakko sektoreista kohdistuvilta viimoilta. Osayleiskaava-alueiden itäisen rannat ovat monin paikoin erityisen avoimia kylmille tuulille, jotka tulevat koko koillinen-kaakko -sektorilta.

Olevaa rakentamista, tulevia kaava-alueita ja mikroilmastoa on arvioitu TkL Kimmo Kuismanen kehittämällä CASE-menetelmällä. (Kuismanen 2008)

5.5.2.3 Rakennettujen alueiden mikroilmaston laadun kriteerit

Useilla tuulensuunnilla vapaan ilmavirtauksen keskinopeus Tahkon alueella ylittää 5 metriä sekunnissa. Eräillä rantakaistoilla, rinteillä ja korkeiden talojen ympärillä on odotettavissa jopa 6-7 m sekunnissa keskinopeuksia ja myrskyjen aikaan vaarallisia puuskia. Tällaiset nopeudet edellyttävät tutkimusten ja kriteerien mukaan erityisiä suojaustoimenpiteitä. Tuulisuuskriteereitä tarkastellaan luvussa 6.

5.5.2.4 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus Tahkon alueella

Alueellisen ilmastomallin simuloinnin perusteella (luku 4) alueen ilmastossa tulee tapahtumaan useita muutoksia:

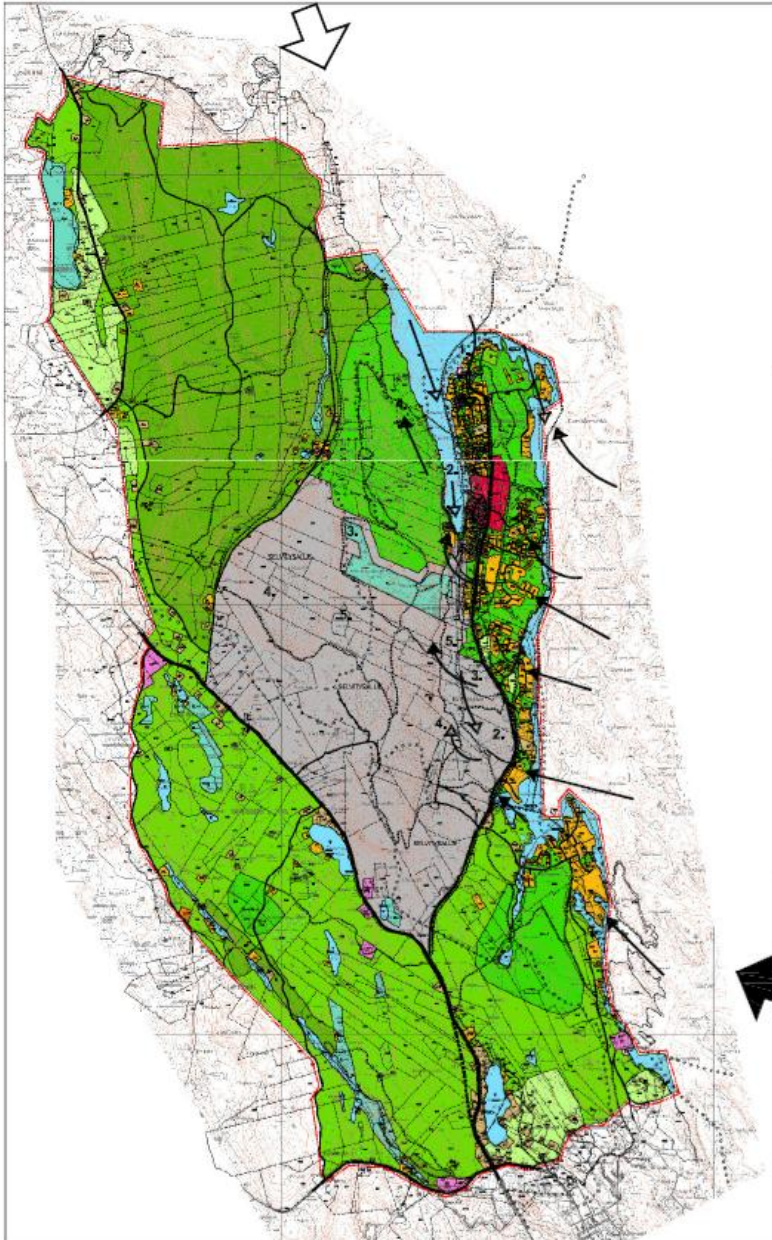
- lämpötilat tulevat nousemaan
- keskituulennopeus nousee hieman, mutta maksiminopeudet laskevat
- vesisateet ja sateen rajuus lisääntyvät
- lumimäärät vähenevät, mutta lumimyrskyt voivat olla ankaria
- järvi on jäässä nykyistä lyhyemmän ajan, jolloin aallokko, kosteus ja roiskeet lisääntyvät.

Lämpötilan nousu tulee vähentämään kylmyydestä johtuvaa lämmönkulutusta. Toisaalta koska paikoin alueella tuulen jäähdyttävä voima on merkittävä, ei energian säästötoimenpiteistä voida tinkiä.

Vaikka tuulisuus ei tulevaisuudessa nykyisestä lisäännä, rasittaa tuuli ja kosteus yhdessä nykyistä enemmän rakennuksia. Rantalaitureilla ja silloilla kulkeminen on kovalla tuulella vaikeaa, ja kattorakenteisiin, julkisivuihin, katoksiin sekä parvekelasitukseen kohdistuu paikallisesti (asemakaavoista ja suunnitteluratkaisuista riippuen) ilmavirtausten kanavoitumisesta johtuen suuria tuulikuormia. Järven pysyminen sulana kauemmin, yhdessä tuulen lievän lisääntymisen kanssa, pidentää kosteaa tuulista välivuodenaikaa. Kosteuden lisääntyminen nollalämpötilan molemmin puolin lisää liukkautta. Rantoihin kohdistuu pidempään terävä aallokko, joka rantaa tullessaan heittää pisaroita rantarakenteille ja vesistöiden lähellä olevien rakennusten julkisivuihin.

Sateiden lisääntyminen on huomioitava sadevesiviemäreiden mitoituksessa.

Kuvassa 80 esitetään Tahkon nykyisen osayleiskaavan pohjalta laadittu ilmastoanalyysi.



VALLITSEVA TUULENSUUNTA



VOIMAKAS KYLMÄ LUOTEIS- TAI POHJOISTUULI



VOIMAKAS KAAKKOIS- TAI ETELÄTUULI

- 5) RANNALLA MYRSKYTUULIA JA LENTÄVIÄ PISAROITA
- 6) ASUNTOALUEELE KANAVOITUU VOIMAKKAITA ILMAVIRTAUKSIA
- 7) LAAKSOON SIOITTUVA TUULIKANAVA
- 8) TUULINEN RINNE.
- 9) KYLMÄNILMANPAINANNE

Kuva 80. Tahkon ilmasto.

5.5.2.5 Osayleiskaava-alueen analyysi

Tahkon kehittämisen tavoitteisiin kuuluu kaavarakenteen eheyttäminen ja rakentaminen maisemaa hyödyntäen vesistöiden läheisyyteen ja maisemallisiin rinteisiin. Monin paikoin rakennuspaikat on kaavoitettu vesistöihin asti.

Alue on vesistöiden ympäröimä, maastoltaan erittäin voimakkaasti vaihteleva ja suhteellisen hyvin metsittynyt rikkonainen niemi. Niemen pohjoispää ja suurin osa mäkimaastosta säilyvät viheralueena, mikä antaa hyvän tuulensuojan. Vallitseviin tuulensuuntiin nähden alue on kuitenkin paikoitellen avoin ja suojapuusto tulee rakentamisen myötä osin häviämään, mikä asettaa hyvin korkeat vaatimukset detaljikaavoitukselle ja rakennussuunnittelulle viihtyisän mikroilmaston, kevyenliikenteen turvallisuuden, rakenteiden kestävyuden ja energiankulutuksen hallinnan kannalta.

Käytännössä rakentamisen ja istutustenkin jälkeen pihat ovat vuosia avoimia tuulille, koska kookasta olevaa puustoa ei usein jää tuulensuojauksen kannalta riittävästi. Asuntopihat ovat suojauksilla hoidettavissa, mutta suorat katutilat ja avoimet kentät jäävät ilman erityistoimenpiteitä tuuliseksi. Mahdolliset muita korkeammat talot ohjaavat voimakkaita ilmavirtauksia katutasolle. Ulapalle aukeavat rantakorttelit altistavat rakennukset ja pihat vallitseville tuulille ja aallokon lennättämille vesipisaraille. Ehdotetut pienimuotoiset korttelit saadaan oikein suunnittelemalla helposti mikroilmastoltaan miellyttäväksi.

Ehdotetut suorat pääliikenneväylät mahdollistavat suuret ilmavirtausten nopeudet, mutta luonnoksessa paikoin esitetyt kaarevat katulinjaukset vaimentavat tuulisuutta

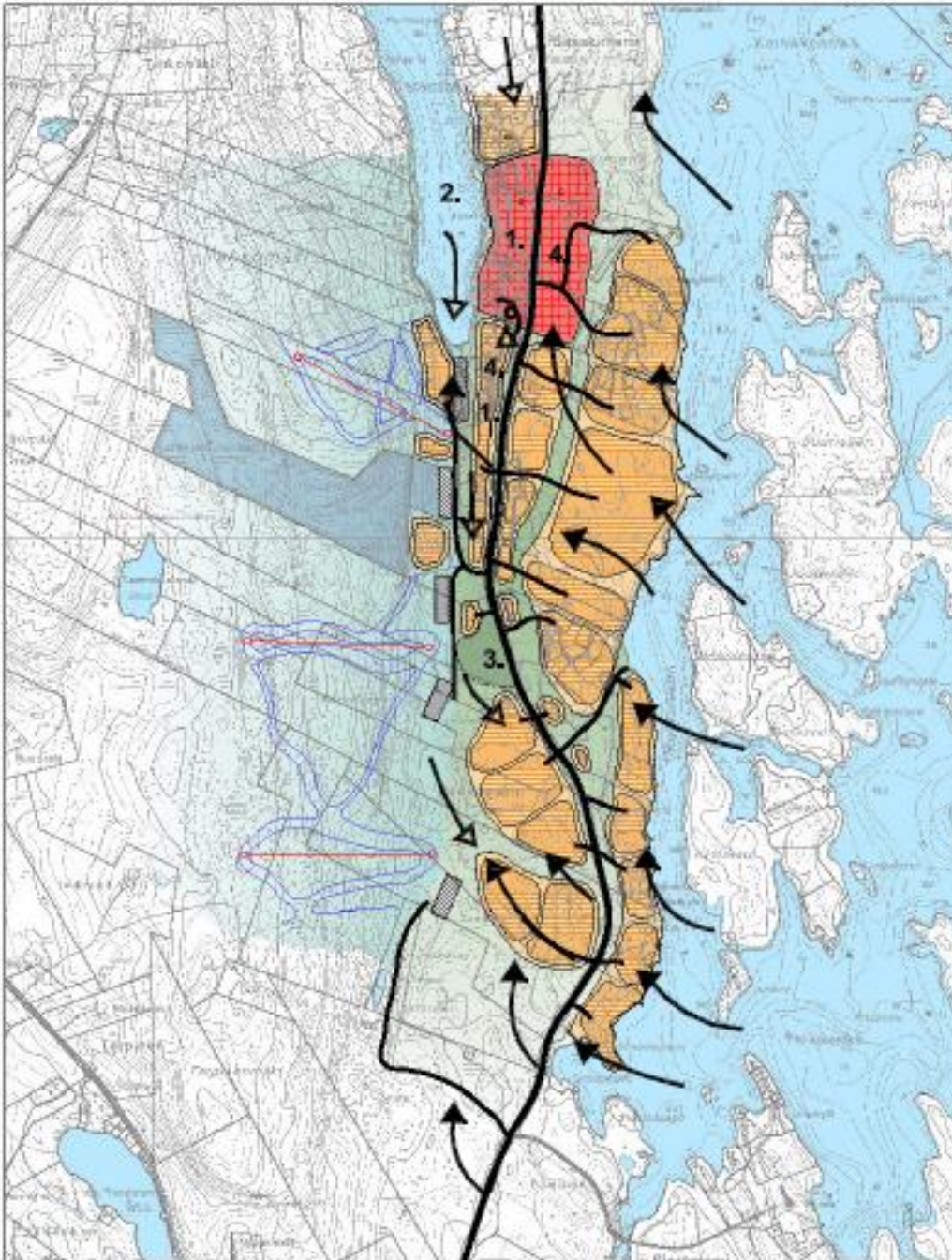
Kaava-alueiden suunnittelun kehittäminen voi lähteä seuraavista periaatteista:

- suojametsiköt säästetään, tonteilla oleva kasvillisuus säilytetään mahdollisimman laajasti ja uusissa istutuksissa huomioidaan tuulensuojan muodostaminen
- matala-tiivis pienimittakaavainen rakennuskanta
- mahdollisimman kapeat kadut, joilla ei ole pitkiä päätuulensuuntien suuntaisia suoria
- asteittain nousevat suhteellisen tasaiset rakennuskorkeudet, tiivis aluerakenne
- tuulen nostaminen kattojen yläpuolelle, ja pitäminen siellä
- tuulen vaimentaminen katutilassa ja pihalla istutuksiin ja rakentein
- mahdollisesti pienoismallien tuulitestausta 1.500 yhteismallilla rakennussuunnitteluvaiheessa.

Suosituksia erittäin tuulisten kortteleiden suunnittelun lähtökohdiksi:

- rakennusten lämmöneristyksen ja tiiviyden on ylitettävä 20 %:a normien vaatimustaso
- katto- ja piharakenteiden mitoitustuulikuormien on ylitettävä 20 %:a normien vaatimustaso
- lähellä rantaa olevien rakennusten julkisivujen kosteudenkestosta on annettava selvitys
- kaavoitus ja rakennussuunnittelu tehtävä pienoismallin tuulitestausta hyväksikäyttäen.

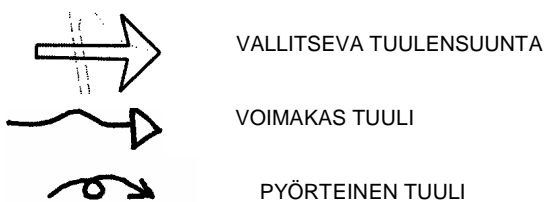
Kuvassa 81 esitetään Tahkon maankäyttöluonnoksen tuulisuusanalyysi.



Luoteistuuli. Länsituulella tilanne on lähes samanlainen.

Kaakkoistuuli. Etelä- ja itätuulilla tilanne on lähes samanlainen.

- 1) Ilmavirtauksia ja turbulensseja.
- 2) Alueelle suuntautuva tuulikanava.
- 3) Tuulinen katu.
- 4) Mahdolliset korkeat rakennusmassat aiheuttavat voimakkaita alaspäin suuntautuvia ilmavirtauksia ja pyörteisyyttä maantasoon.



Kuva 81. Tahkon tuulisuuskartta.



Kuva 82. Näkymä Tahkolta (kuva: Irmeli Wahlgren).



Kuva 83. Tahkon rakennuksia (kuva: Irmeli Wahlgren).

5.5.3 Kasvihuonekaasupäästöt

5.5.3.1 Arviointiperiaatteet

Tahkon kehittämissuunnitelmien toteuttamisesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu uusien matkailu- ja vapaa-ajan rakennusten energiankäytön ja matkailijoiden henkilöliikenteen osalta vuoden 2030 tilanteessa muutoksena nykytilanteeseen verrattuna.

Uuden rakennuskannan kerrosala on kaikkiaan 360 000 k-m². Rakennukset ovat hyvin erityyppisiä: hotelleja, huoneistohotelleja, kerrostalo-, pienkerrostalo- ja rivitalo- sekä pientalotyyppisiä majoitusrakennuksia ja vapaa-ajan asuntoja. Rakennusten keskimääräiseksi lämmitysenergian ominaiskulutukseksi on arvioitu 120 kWh/k-m² ja sähkön keskimääräiseksi ominaiskulutukseksi 85 kWh/k-m². Ominaiskulutukset on arvioitu tavoitteellisesti niin, että lämmön ominaiskulutuksen arvioidaan pienenevän 20 % nykyisestä ja sähkön ominaiskulutuksen kasvun arvioidaan pysähtyvän.

Uudesta rakennuskannasta arvioidaan 85 % sijoittuvan kauko- tai aluelämmityksen piiriin ja 15 % lämmitettävän sähköllä. Aluelämmitys perustuu biopohjaisiin energialähteisiin. Sähköstä arvioidaan 70 % tuotettavan paikallisella sähkön ja lämmön yhteistuotannolla ja 30 % valtakunnallisen arvioidun tulevan jakauman mukaan. Lämmitysenergian tuotannon päästöiksi arvioidaan keskimäärin 12 CO₂-ekv.g/kWh ja sähköntuotannon päästökseksi keksimäärin 420 CO₂-ekv.g/kWh. Päästöissä on mukana ns. alkupään osuus.

Yöpymisvuorokausia arvioidaan olevan 1,3 miljoonaa vuodessa ja matkailijamäärän kaikkiaan 370 000 matkailijaa. Matkailijoiden lähtöalueena arvioidaan olevan 45 % Uusimaa tai vastaava etäisyys, 20 % Pohjois-Savo (keskimäärin 100 km) ja 35 % Pietari tai vastaava etäisyys.

Tutkimuksessa tarkastellaan henkilöliikenteen kannalta kahta vaihtoehtoa: vaihtoehdossa 1 liikenne Kuopion ja Tahkon välillä tapahtuu henkilöautolla tai linja-autolla, ja vaihtoehdossa 2 Tahkolle rakennetaan uusi raideyhteys. Vaihtoehdossa 1 valtaosa matkoista tehdään henkilöautolla (95 %) ja loput lähtöalueesta riippuen bussilla, junalla tai lentokoneella. Vaihtoehdossa 2 osa henkilöautolla ja lentokoneella kulkevista siirtyy käyttämään junaa. Henkilöauton osuus on lähtöalueesta riippuen 82 – 90 %, junan 5 – 16 % ja loput matkat tehdään bussilla tai lentokoneella.

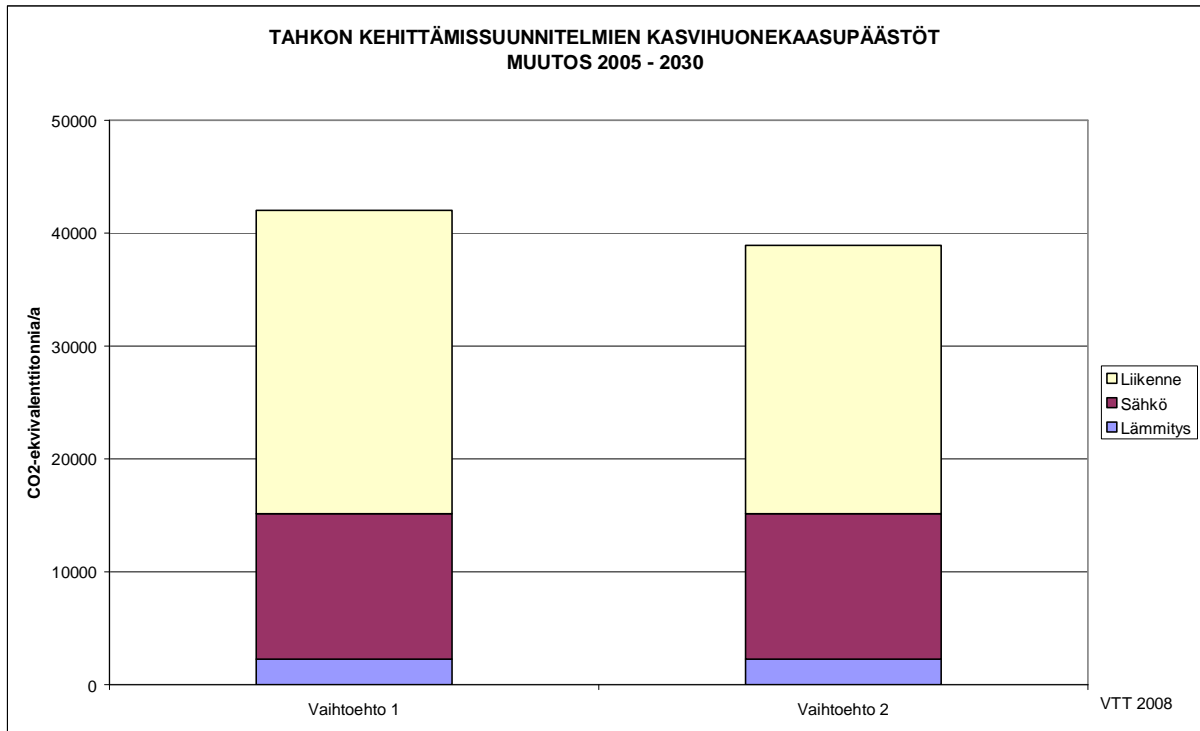
Ominaispäästönä on käytetty henkilöauton osalta 92, linja-auton osalta 50, junan osalta 20 ja lentokoneen osalta 163 – 192 CO₂-ekv.g/henkilö-km. (LIPASTO). Päästöjen arvioidaan tavoitteellisesti pienenevän noin 5 % nykyisestä tasosta.

Kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu kertomalla vuotuinen matkailijamäärä kahdella (edestäkainen matka), määrittelemällä etäisyydestä (lähtöalueesta) riippuen kulutapajakauma, lasquemalla sen perusteella henkilöliikennesuorite kulkutavoittain ja kertomalla suorite ominaispäästöllä.

Arvio on erittäin yleispiirteinen.

5.5.3.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Tahkon kehittämissuunnitelmien toteuttamisesta aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä vuosittain kaikkiaan 42 000 CO₂-ekvivalenttitonnia vaihtoehdossa 1 ja 39 000 CO₂-ekvivalenttitonniavaihtoehdossa 2. Rakennusten energiankäytöstä aiheutuu kummassakin vaihtoehdossa 15 000 CO₂-ekvivalenttitonnia. Liikenteestä aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä 27 000 CO₂-ekvivalenttitonnia ja 24 000 CO₂-ekvivalenttitonniavaihtoehdossa 2. (Kuva 84).

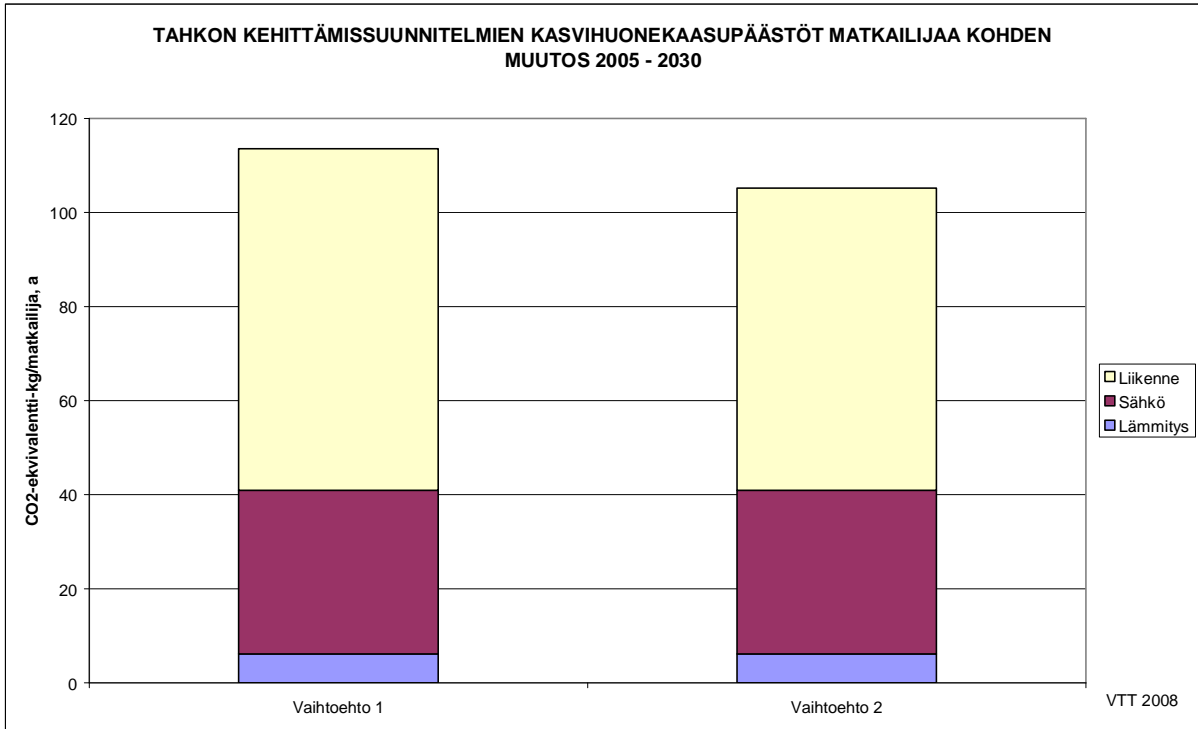


Kuva 84. Tahkon kehittämissuunnitelmien kasvihuonekaasupäästöt.

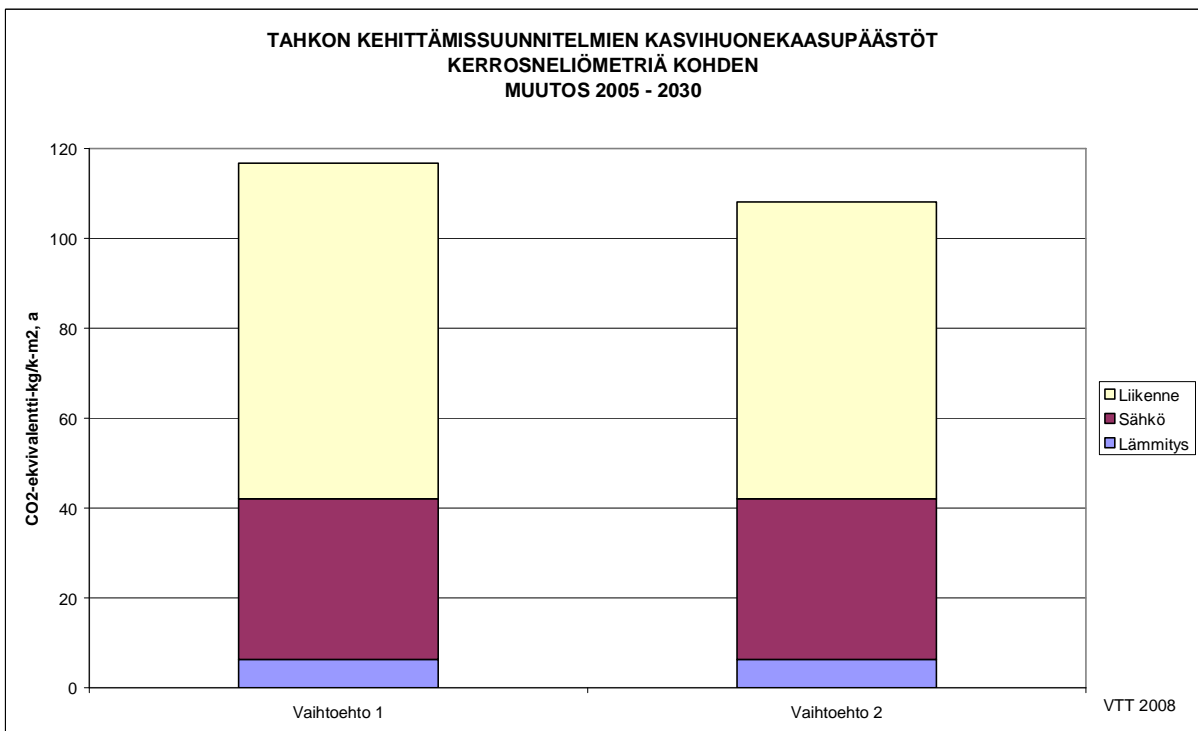
Matkailijaa kohden laskettuna vuotuisia kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu 114 CO₂-ekvivalenttitonnia/matkailija vaihtoehdossa 1 ja 105 CO₂-ekvivalenttitonnia/matkailija vaihtoehdossa 2 (kuva 85).

Kerrosneliometriä kohden laskettuna vuotuisia kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu 117 CO₂-ekvivalentti-kg/k-m² vaihtoehdossa 1 ja 108 CO₂-ekvivalentti-kg/k-m² vaihtoehdossa 2 (kuva 86).

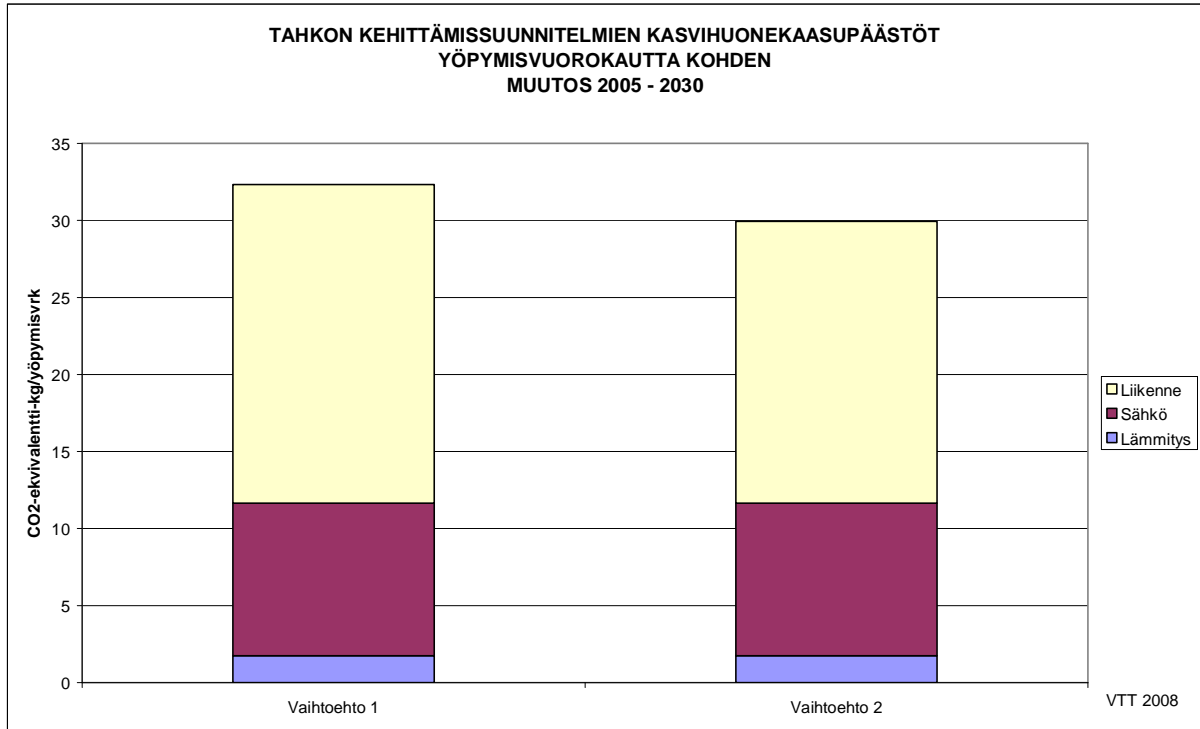
Yöpymisvuorokautta kohden laskettuna vuotuisia kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu 32 CO₂-ekvivalentti-kg/yö-vrk vaihtoehdossa 1 ja 30 CO₂-ekvivalentti-kg/yö-vrk vaihtoehdossa 2 (kuva 87).



Kuva 85. Tahkon kehittämissuunnitelmien kasvihuonekaasupäästöt matkailijaa kohden



Kuva 86. Tahkon kehittämissuunnitelmien kasvihuonekaasupäästöt kerrosneliometriä kohden.



Kuva 87. Tahkon kehittämissuunnitelmien kasvihuonekaasupäästöt yöpymisvuorokautta kohden.

Lämmityksestä aiheutuvat päästöt ovat pienet johtuen biopohjaisista energialähteistä. Vaihtoehtoon 2 päästöt 7 % ja liikenteen osalta 12 % pienemmät kuin vaihtoehdossa 1.

5.5.4 Johtopäätökset ja suositukset

Alueen suunnittelussa suositellaan mm. kasvillisuuden säilyttämistä siltä osin kuin mahdollista, matala-tiivis-pienimittakaavaista rakennuskantaa, tiivistä rakennetta, kapeita liikenneväyliä ja erityisesti tuulen huomioon ottamista.

Suunniteltu biopohjainen aluelämmitys on kasvihuonekaasupäästöjen kannalta edullista. Sähkönkulutusta tulisi voida vähentää. Rakentamisessa tulisi pyrkiä matalaenergiaratkaisuihin ja uusiutuvien energialähteiden käyttöön.

Rautatieyhteyden toteuttamisen edellytyksiä Tahkolle kannattaa selvittää. Jos pidetään mahdollisena suhteellisen suurta kulkutavan muuttamista henkilöautosta junaan, yhteyden toteuttaminen on ilmastonmuutoksen hillitsemisen kannalta edullista.

5.6 Sodankylän raviradan asuntoalue

5.6.1 Suunnitelmat

Arviointi perustuu kasvihuonekaasupäästöjen osalta alueen asemakaavaa laadittaessa tehtyyn tutkimukseen alueen ekologisesta taseesta (Harmaajärvi 1998). Tässä tutkimuksessa on hyödynnetty ja muokattu tutkimuksen aineistoja kasvihuonekaasupäästöjen osalta

Ilmastonmuutokseen sopeutumisen kannalta arvioinnissa on hyödynnetty myös alueen suunnittelun yhteydessä tehtyjä ilmasto- ym. analyyskejä (Kimmo Kuismanen).

Kuvassa 88 esitetään tutkimusalueen asemakaava.



Kuva 88. Sodankylän raviradan asuntoalueen asemakaava.



Kuva 89. Pilotti I - korttelin pihaa. Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen. (Kuva: Irmeli Wahlgren)



Kuva 90. Pilotti I - korttelia. Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen. (Kuva: Irmeli Wahlgren)

5.6.2 Ilmastomuutokseen sopeutuminen

5.6.2.1 Sodankylän ilmasto kaavasuunnittelun kannalta

Sodankylän alueen ilmastoa on havainnoitu lähellä olevalla Tähtelän meteorologisella asemalla. Riittävän pitkäaikaisen havaintoaineiston saamiseksi ilmastollisina lähtökohtatietoina on käytetty Ilmatieteen laitoksen ilmastotilastoja vuosilta 1961 - 1990. Koska tavanomaiset ilmastotilastot eivät sisällä riittävää informaatiota suunnittelun pohjaksi, on tuulisuus jaettu neljälle vuodenajalle, ja tältä pohjalta on laadittu kuvaus Sodankylän ilmastosta kaavoituksen ja arkkitehtisuunnittelun kannalta. Ilmastomuutoksen ennuste perustuu luvuissa 3 ja 4 kuvattuun alueellisen ilmastomallin simulointiin ja sen tuloksiin. (Tilastoja)

Sodankylän ilmasto on luonteeltaan mantereinen ja sille ovat tyypillisiä suuret lämpötilaerot ja erittäin kylmät talvet. Lumi on maassa yli puoli vuotta, sitä on runsaasti ja keväällä suhteellisen nopeasti sulaessaan se tuottaa runsaasti sulamisvesiä.

Vallitsevat tuulet tulevat etelästä. Usein esiintyy myös kylmiä pohjoisia tuulia. Koska alue on avoin, ovat tuulen voimakkuudet hyvin suuret.

Sodankylässä esiintyy kaikkina vuodenaikoina keskituulennopeuksia, jotka edellyttävät suunnittelun kannalta huomioimista:

- Kevät: etelä ja pohjoinen-luode sektori.
- Kesä: etelä ja pohjoinen.
- Syksy: etelä-kaakko sektori ja luode.
- Talvi: etelä ja luode.

Yleisesti ottaen pihojen ja oleskelualueiden suojauksen kannalta tärkeimmät tuulensuunnat ovat etelä ja pohjoinen sekä energiansäästön puolesta luode-pohjoinen sektori. (Mattson, Tilastoja)

5.6.2.2 Raviradan alueen mikroilmasto

Alueen mikroilmastoa muokkaavat maaston muodot, yhtenäiset metsät ja tulevaisuudessa rakennettavat rakennusmassat. Mäet ja metsiköt ohjaavat tuulta paikallisesti, ja aiheuttavat paikallisia tuulikanavia ja toisaalta suojaisia vyöhykkeitä. Myös avoimet katutilat ja viheriöt sekä suuret paikoituskentät ovat varsin tuulisia.

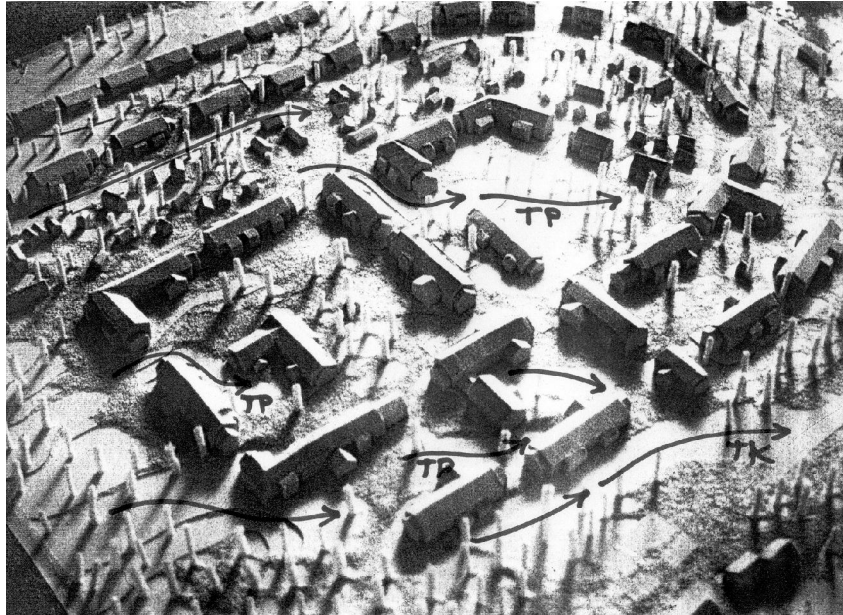
Voimakkaat ilmavirtaukset tekevät ulkona olemisen kylmäksi, kadulla kulkemisen vaaralliseksi, aiheuttavat vaurioita kylmänaroille kasveille ja lisäävät energiankulutusta. Toisaalta tuulet ovat sikäli hyödyksi, että ne tuulettavat pois pakokaasut ja muut ilmansaasteet, joita tosin on hyvin vähän Sodankylässä.

Pihojen, leikkikenttien, kevyenliikenteenväylien ja linja-autopysäkkien viihtyisyyden kannalta tärkeintä suojautuminen etelä ja pohjoistuulia vastaan. Energian säästämiseksi rakennusten julkisivuja tulisi suojata pohjoinen-luode sektorista kohdistuvilta viimoilta. Kaava-alueen pohjoisosa on erityisen avoin kylmille tuulille, jotka tulevat koko luode-koillinen sektorilta.

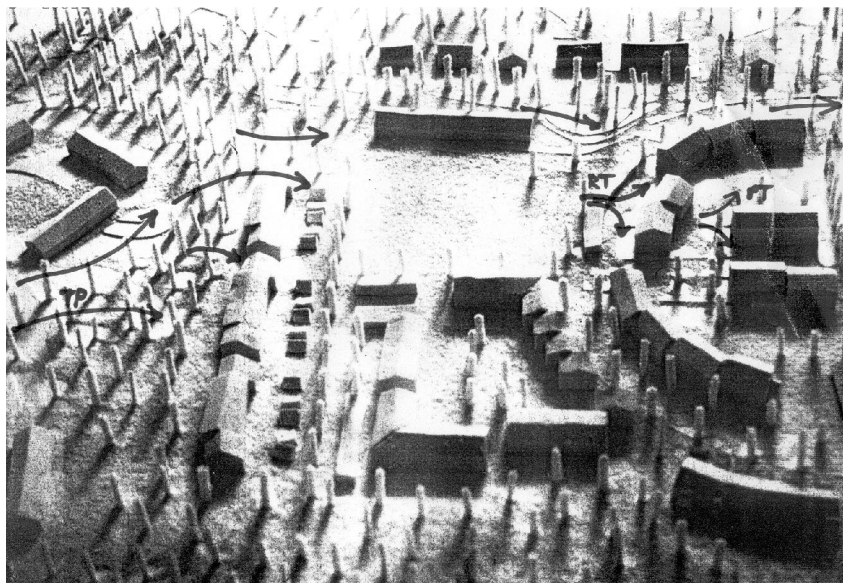
Alueelle on tehty makro- ja mikroilmastoanalyysit, ja niiden pohjalta on tehty pienoismallien tuulitestaukset sekä annettu ohjeita kaavoitukselle ja rakentamiselle. Raviradan alueesta tehtiin maastomalli 1:500, johon asennettiin kaavavaihtoehtojen A ja B rakennukset (kuvat 91 ja

92). Eri vaihtoehtojen mikroilmaston ominaisuudet tutkittiin tuulitestauslaitteistolla. Saatujen tulosten perusteella kehitettiin vaihtoehto C, jossa ulkoalueiden tuulisuusolosuhteita, suojaistutuksia, kortteleiden energiankulutusta ja lumen kasautumista on parannettu (kuvat 93 ja 94).

Kortteliin on tehty kasvillisuus- ja eläimistöselvitys sekä kasvutapaluokitus, ja niiden pohjalta annettiin suositukset vihertöistä ja suojaistutuksista.



Kuva 91. Vaihtoehdon A rivi- ja pienkerrostalokortteleiden pienoismallin tuulitestaus, pohjoistuuli. (Kuismanen, Rajaniemi)



Kuva 92. Vaihtoehdon B rivitalokortteleiden pienoismallin tuulitestaus, pohjoistuuli. (Kuismanen, Rajaniemi)

5.6.2.3 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus Sodankylässä

Alueellisen ilmastomallin simuloinnin perusteella (luku 4) Sodankylän ilmastossa tulee tapahtumaan useita muutoksia:

- lämpötilat tulevat nousemaan
- keskituulennopeus nousee hieman, mutta maksiminopeudet nousevat huomattavasti
- vesisateet ja sateen rajuus lisääntyvät
- lumipeite on huomattavasti lyhyemmän ajan maassa
- lumimäärät vähenevät, mutta lumimyrskyt ovat entistä ankarampia
- vesistöt ovat jäässä nykyistä lyhyemmän ajan.

Lämpötilan nousu tulee vähentämään kylmyydestä johtuvaa lämmönkulutusta. Toisaalta koska Sodankylässä tuulen jäähdyttävä voima lisääytyy, ei energian säästötoimenpiteistä voida tinkiä.

Koska tuulisuus ja sateet tulevaisuudessa lisääntyvät, rasittaa tuuli ja kosteus yhdessä nykyistä enemmän rakennuksia. Kattorakenteisiin, julkisivuihin, katoksiin sekä parvekelasituksiin kohdistuu paikallisesti (asemakaavoista ja suunnitteluratkaisuista riippuen) ilmavirtausten kana-voitumisesta johtuen entistä suurempia tuulikuormia. Kosteuden lisääntyminen nollalämpötilan molemmin puolin lisää liukkautta.

Myrskyjen koveneminen edellyttää kattorakenteiden vahvistamista, ja sateiden lisääntyminen on huomioitava sadevesiviemäreiden mitoituksessa ja julkisivujen kuivumismahdollisuuksia suunniteltaessa.

5.6.2.4 Kaava-alueen analyysi

Alue on metsien ja pientaloasutuksen ympäröimä, maastoltaan tasainen ja pääosin avoin entinen ravirata. Suurkorttelin länsireuna säilyy viheralueena, mikä antaa hyvän tuulensuojan länsituulille. Vallitseviin tuulensuuntiin nähden alue on kuitenkin avoin ja suojapuuston kasvamisen kestää vuosikymmeniä, mikä on huomioitu detaljikaavoituksessa, mutta asettaa korkeat vaatimukset myös rakennussuunnittelulle viihtyisän mikroilmaston, kevyenliikenteen turvallisuuden, rakenteiden kestävyuden ja energiankulutuksen hallinnan kannalta.

Käytännössä rakentamisen ja istutustenkin jälkeen pihat ovat vuosia avoimia tuulille, koska kookasta olevaa puustoa ei rakennuskortteleissa ole. Asuntopihat ovat suojauksilla hoidettavissa, mutta suorat katutilat ja avoimet kentät jäävät ilman erityistoimenpiteitä tuuliseksi. Ehdotetut matala-tiivis korttelit saadaan oikein suunnitteleamalla helposti mikroilmastoltaan miellyttäväksi.

Osa tulevasta rakennuskannasta sijoittuu erittäin ankariin tuuliolosuhteisiin. Rakennusten nurkkiin, korkeiden rakennusten suojanpuolelle ja talojen sivustoille syntyy pyörteisiä ilmavirtauksia, joiden jäähdyttävä vaikutus on huomattava. On odotettavissa, että lämmönkulutus ylittää jopa useilla kymmenillä prosenteilla ”normaalitason”.

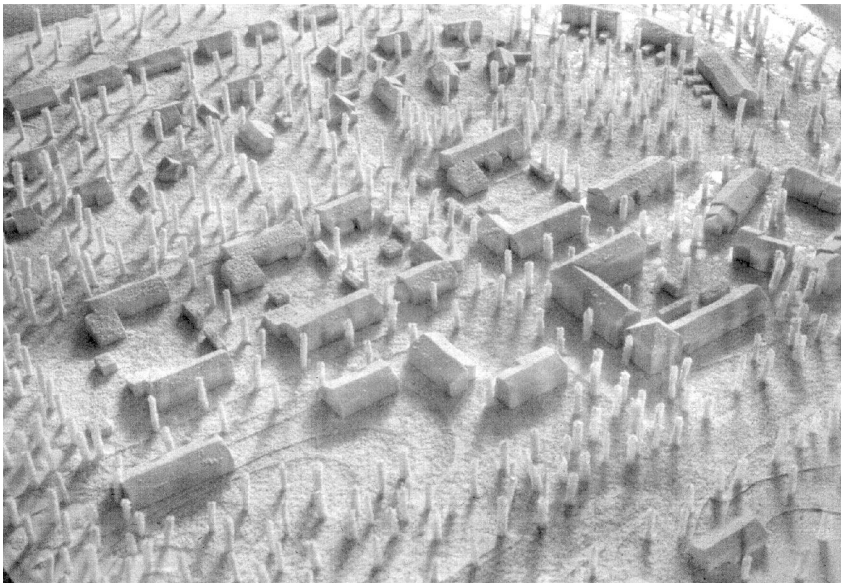
Ehdotetut suorat pääliikenneväylät mahdollistavat suuret ilmavirtausten nopeudet, mutta luonnoksessa esitetyt kaarevat katulinjaukset vaimentavat tuulisuutta. Suunnitellut istutukset parantavat mikroilmastoa ja vähentävät lämmön kulutusta, mutta vasta vuosien kuluttua.

Alueen suunnittelun kehittäminen voi lähteä seuraavista periaatteista:

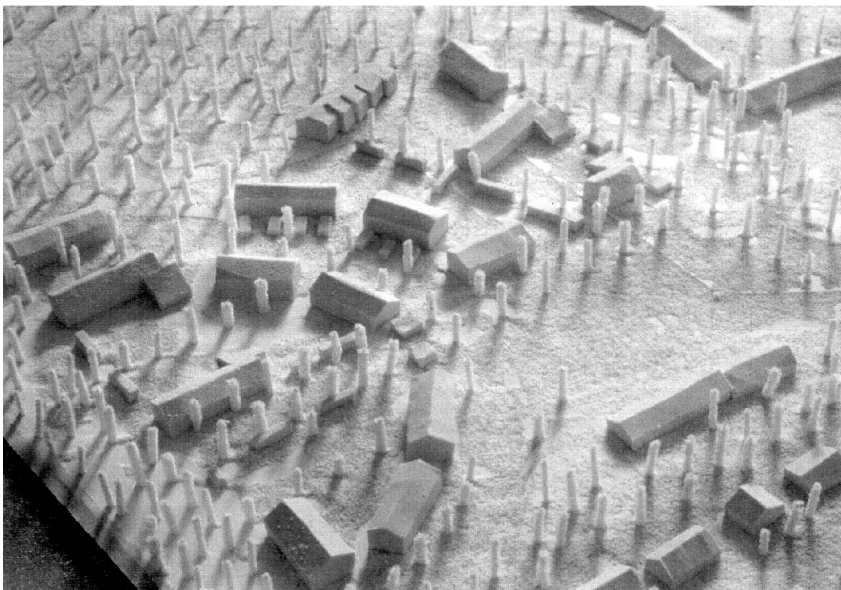
- olevan kasvillisuuden säilyttäminen
- matala-tiivis pienimittakaavainen rakennuskanta
- mahdollisimman kapeat kadut; lumensäilytystilat huomioitava
- asteittain nousevat suhteellisen tasaiset rakennuskorkeudet, tiivis aluerakenne
- tuulen nostaminen kattojen yläpuolelle, ja pitäminen siellä
- tuulen vaimentaminen katutilassa ja pihoilla istutuksin ja rakentein
- mahdollisesti pienoismallien tuulitestausta 1:500 yhteismallilla tai 1:200 malleilla myös rakennussuunnitteluvaiheessa.

Suosituksia pohjoisosan tuulisten reunakortteleiden suunnittelun lähtökohdiksi:

- rakennusten lämmöneristyksen ja tiiviyden on ylitettävä 20 % normien vaatimustaso
- katto- ja piharakenteiden mitoitustuulikuormien on ylitettävä 20 % normien vaatimustaso.



Kuva 93. Sodankylän Raviradan alueen hyväksytty vaihtoehto C, eteläosan rivi- ja pienkerrostalokorttelit.



Kuva 94. Sodankylän Raviradan alueen hyväksytty vaihtoehto C, pohjoisosan rivi- ja pientalokorttelit sekä säilytettävä talli.

5.6.2.5 Suunnitteluohjeita

Aluetaso

Alueen rakennuskortteleiden päälinjat määräytyvät maastonmuotojen, tiestön, olevan rakennuskannan ja säilytettävän puuston mukaan, eikä niiden muuttaminen oleellisesti ole mahdollista. Maaston perusmuodoista johtuen alueelle kohdistuu useita tuulikanavia. Aluetasolla ei mikroilmastolle tai ilmaston muutoksen tuomille ongelmille voida tässä tapauksessa tehdä paljoakaan.

Hyvä mikroilmasto rakennettuun ympäristöön olisi ensisijaisesti luotava korttelitason ja rakennusten suunnittelulla sekä säilyttämällä oleva puusto.

Olosuhteita voidaan parantaa tuulensuojauksella. Toimenpiteet voidaan jakaa etäsuojaukseen (fjærrskydd) ja lähisuojaukseen (nærskydd). Suojaistutuskaistat, jotka vähentävät tuulisuutta koko alueella ovat esimerkki etäsuojauksesta, ja ne ovat yleensä muodoltaan korkeita ja rakenteeltaan harvoja. Lähisuojat ovat matalia ja tiiviimpiä, usein rakennusaineisia tai tiheää kasvustoa. Lähisuojat suunnitellaan suojaamaan pienehköjä ulko-oleskelualueita ja kulkuväyliä.

Etäsuojana useat yhdensuuntaiset esteet toistensa vaikutusalueella antavat yhdessä paremman tuloksen kuin erilliset. Tehokkain yhdistelmä saadaan etäisyydeltään 8-10 kertaa esteen korkeuden verran sijaitsevilla läpäisyiltään 20 %:n suojilla. Tiheydellä 15-20 % suoja-alue muodostuu lähelle suojarakennetta. Suurin suoja-alue kohtuullisella virtausnopeudella saadaan käytettäessä 50 % avointa rakennetta. Suoran suojan vaikutus jää aina huonommaksi verrattuna polveilevaan suojaan, koska tuulen suunta käytännössä vaihtelee jonkin verran. Luonnossa ei saavuteta samaa tehokkuutta kuin tuulitesteissä, koska testissä virtauksen suunta on vakio. (Glaumann & Westerberg, Kuismanen 1993)

Korttelitaso

Tuulisuutta ajatellen maaston muodot, suojakasvillisuus, katualueet, rakennukset ja pihat muodostavat yhdessä toimivan kokonaisuuden. Sulkemalla kortteleita ja rakentamalla suhteellisen tiheää tasakorkeaa struktuuria voidaan ilmavirtauksia vaimentaa huomattavasti varsinkin pihoilla.

Yleensä matala rakentaminen, aidat ja kasvillisuus vähentävät tuulten vaikutusta, ja korkeat rakennukset voimistavat. Rakennusten nurkissa ovat ilmavirtaukset vaikeimmin hallittavissa. Suurten rakennusten aiheuttamaa turbulenssia voidaan vähentää porrastamalla korkeutta nurkissa tai liittämällä matalampia huoltorakennuksia kulmiin. Paras suojaus maanpinnan tasoon saadaan rakentamalla rakennukset umpipiinan muotoon. Kulmanmuotoisilla rakennuksilla on helpompi muodostaa positiivinen mikroilmasto kuin suorakaidemassoilla. Pyöreät ja pyramidimaiset massat aiheuttavat vähemmän pyörteitä ympäristöönsä, mutta niiden suojavaikutus on myös pieni.

Pitkät suorat kadut ovat helposti tuulisia, ja viisto tuuli aiheuttaa tällaisessa katukanjonissa pitkän pyörteisen virtauksen. Yli 30 metrin mittaisilla aukeilla tuuli laskee alas maantasoon ja pääsee puhaltamaan jo voimakkaasti. Yli kolmekerrosiset ja 20 metriä pitkät rakennukset sekä tornit tai muut ympäristöään korkeammat rakennukset aiheuttavat voimakkaita turbulensseja ympärilleen. (Alberts, Børve, Evans)

Raviradan alueen istutukset

Alun perin koko alue on ollut hiekkapohjaista suhteellisen tasaista mäntykangasta, jota on jäljellä pieni metsikkö raviradan länsipuolella. Aluskasvillisuus on puolukka-mustikkavarvikkoa sekä jäkälää, mitkä kestävät hyvin huonosti kulutusta. Itse radan varrella on pajukkoa ja muuta sekalaista puustoa. Radan keskiosa on heinikon peittämä. Pohjoisreunalta löytyy hakamaita ja sekametsää. (Anttila) Aluetasolla tuulisuudeltaan ongelmallinen on tarkastelualueen pohjoisreuna. Tuulisuuden lisääntymisen aiheuttamaa tilannetta voidaan helpottaa voimakkaiden, oikein muotoiltujen istutusmassojen avulla.

Vaikka sateisuus tulevaisuudessa tulee lisääntymään, maaperästä johtuen alueelle tyypiltään tulevaisuudessakin sopii parhaiten HARJUPUUTARHA, maaperältään karu, hiekkaa, moreenia tai someroa oleva, kuivan ja läpäisevän, usein aurinkoisen, kasvupaikan kasvivyhdyskunta. Skandinaavinen harjupuutarha muistuttaa perusidealtaan kuivaa kangasmetsää, jossa maanpinta on ainavihantien varpujen peitossa, joiden keskellä kasvaa heinätuppaita ja avoimilla paikoilla kukkivia ruohokasveja. Brittein saarilla ja Keski-Euroopassa (Saksa Heidegarten) ikivireiden määrä ja lajivalikoimat ovat huomattavasti suuremmat, ja tämä puutarhatyyppi on suosittu myös julkisissa puistoissa. (Alanko, Amidon)

Sodankylässä harjupuutarha voi olla luonteeltaan:

- sammalpuutarha
- aropuutarha tai
- sorapuutarha.

Hyväksytty kaavoituksen esisuunnitelma toteaa vihertöistä mm. seuraavaa:

”Alueella on poikkeuksellisen vähän kasvillisuutta ja siksi maisema- ja ekologinen suunnitelu tulevat olemaan erityisen tärkeitä tämän kaava-alueen yhteydessä.

...

- tuulisuuden vähentäminen rakennusten ryhmittelyllä, muotoilulla ja suojaistutuksilla

...

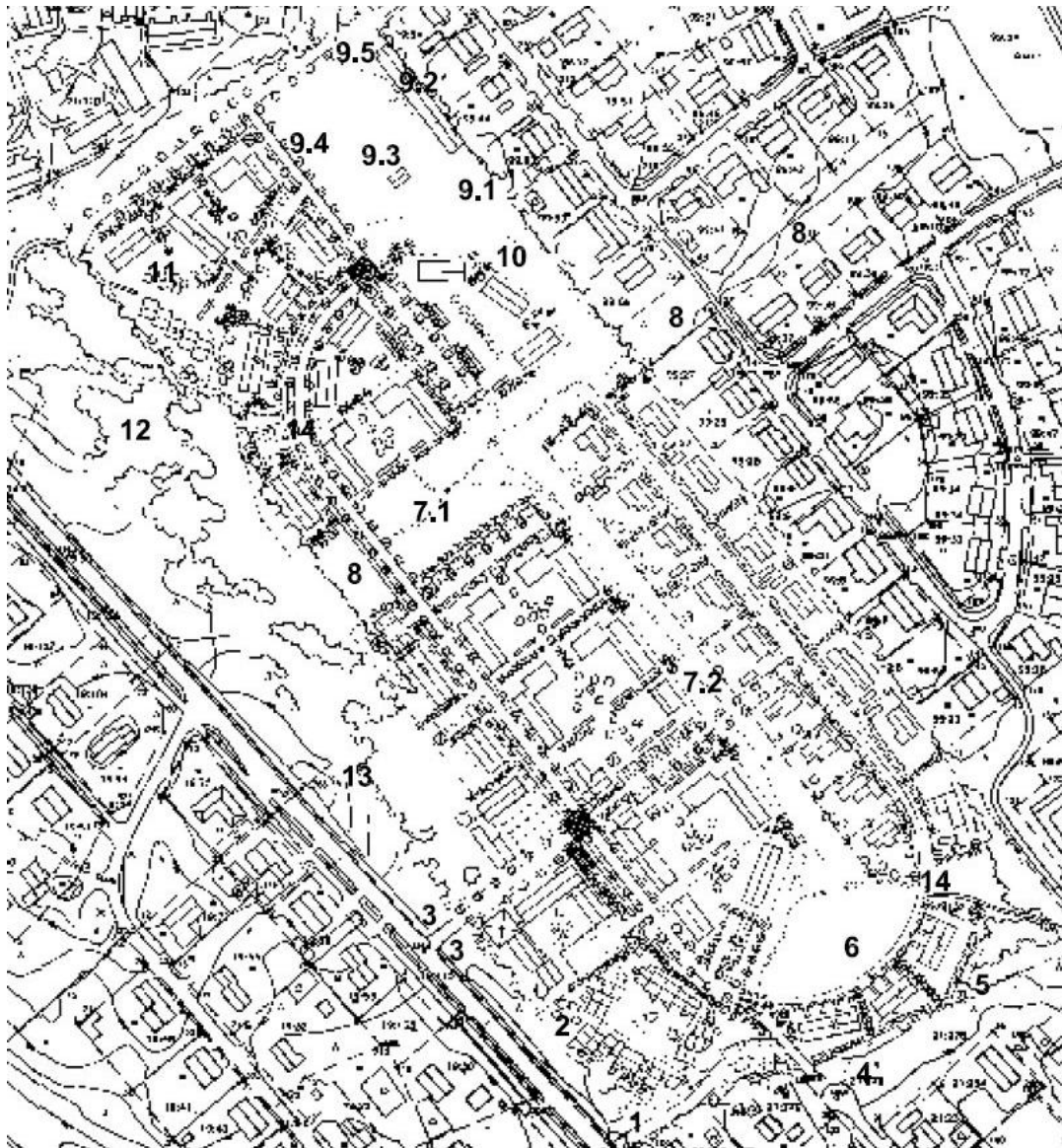
Koska suunnittelukohte on pääosin tasaista hiekkakenttää on vihertöiden toteuttaminen poikkeuksellisen vaativa tehtävä. Viheriöt toteutetaan mahdollisimman vähän hoitoa vaativiksi ekologisen puiston periaatteita noudattaen. Ankarista maaperä- ja tuuliolosuhteista johtuen alueelle toteutetaan mahdollisimman nopeasti ensimmäiset suojaistutukset kestävästä lajeista.”

Esisuunnitelmassa edellytetään myös ekologisten vihertöiden mallin kehittämistä.

Luonnonmukaisista ja palauttavan ekologian edellyttämistä vihertöistä on näin pohjoisissa olosuhteissa vain vähän tietoa ja kokemusta, eikä täysin osaavia viherurakoitsijoita löydy helposti.

Osa-aluekohtaiset istutusohjeet

Nämä ohjeet liittyvät karttapohjaan, jossa on esitetty alueiden sijainti, kuva 95 (Anttila, Kuismanen). Sateiden lisääntyessä ilmastonmuutoksen myötä joudutaan alavilla tontin osilla painottamaan kosteuden sietäviä lajeja, esimerkiksi seuraavissa kohdissa esitetyllä tavalla: 1. b) sammal, 5. oja ja 11. oja.



Kuva 95. Istutusohjeet. Kohteiden sijainti.

1. Kasarmintien reuna, Pilotti I:n alue

- alue säilytetään luonnontilassa
- aita Kasarmintien varressa korjattava
- mahdollisesti istutetaan mäntyjä
- rikkoutuneen maapeitteen korjaaminen (tehdään koealat):

a) siirretään turvetta, johon kylvetään heinänsiementä tai metsälauhan siementä

b) ellei edellinen onnistu, yritetään sammaleen lisäämistä hapanmaitotuotteilla: hapanmaitotuotteita kaadetaan turpeen päälle

2. Pilotti I:n pihan liittyminen metsikköön

- rakennusten Kasarmintien puoleinen sivu: ruohikko, siemenseoksena käytetään pallokenttäreosta
- metsän ja nurmikon reuna tehdään epätasaiseksi ja multaus ohenevaksi
- rinne ruohikon ja metsän välissä: istutetaan esim. Pihlaja-angervoa sitomaan rinnettä, väri-läiskäksi esim. metsäruusua

3. Pihakadun luiskat

- pohjoispuoli: kanerva, taimiväli 25 cm, hiekan joukkoon ohut turvelisäys (jyrsitään), joka parantaa humuspitoisuutta ja happamoittaa, pintaan karikekerros kosteuden ja happamuuden lisäämiseksi ja pidättämiseksi
- eteläpuoli: laiha niittyseos, jossa puna-apila, kissankäpälä, siankärsämä; istutus mieluummin taimina, koska paikka näkyvä ja pienialainen (siemenkylvö olisi halvempi mahdollisuus), taimitarve kissankäpälä 16 kpl/m², puna-apila 16 kpl/m², siankärsämä 12 kpl/m², kasvualustojen parantaminen turvelisäyksellä (viljavuuspalvelun ohjeiden mukaan)

4. Raviradan eteläpääty

- metsikkö säilyy sellaisenaan
- penkka tasoitetaan ja ylimääräinen hiekka käytetään muualla täyttöihin

5. Raviradan kaakkoiskulma

- alue nykyisin sekametsää: haapa, koivu, paju, mänty ja kuusi
- rinne tasoitetaan ja kuoppa täytetään
- hyväkuntoinen reunapuusto säilytetään
- puusto täydennetään entisillä lajeilla
- oja: kasveina käytetään mm. seuraavia kasveja: hiirenporrassaniainen, kivikkoalvejuuri, erilaisia imarteita, väinönputki
- pensaina esim. metsäruusu ja erilaiset pajulajit
- aluskasvillisuus: metsäkurjenpolvi, metsätähti

6. Niitty

- niitty säilytetään, niitto elokuussa ja haravointi 2 päivän kuluttua
- hevosura: kokeillaan niityn siirtoa
- alue aidataan tontin rajoja myöten

7. Puistoalue keskellä (omakotitalojen ja rivitalojen välissä)

7.1

- alueella nykyisin ketoa ja ajouria
- puut: haapa ja pihlaja
- pensasryhmät: kapealehtipaju, kangaspaju, kalliotuhkapensas, villapaju, sinikuusama
- aluskasvillisuus: hoidettu niitty

7.2

- alue nykyisin karu, ruohottunut
- puut: pihlajaryhmiä, mustakuusiryhmiä, haapaa
- pensasryhmiä: sinikuusama, pihlaja-angervo, kangaspaju, kataja
- aluskasvillisuus: variksenmarja, metsälauha
- kivialueita

8. Viherkäytävä

- alueella nykyisin ruohoa ja puun taimia
- istutettavat puut: mänty, mustakuusi, siperianlehtikuusi, isoja koivuja, haavikko
- pensasryhmä: kataja
- aluskasvillisuus: varvikkoa, avoimilla kohdilla keto
- maansiirtotöiden yhteydessä löydettävistä luonnonkivistä tehdään kiviryhmiä

9. Tallin ympäristö

9.1 tallin eteläpuolella oleva nurmikko ja puusto säilytetään

9.2 talli säilytetään: moottorikelkkojen säilytys, pieneläinsuoja

9.3 haka: leikkipuistoksi

- alueella tehdään huomattavia maantäyttöjä
- puut: pihlaja, isotuomipihlaja, mustakuusi
- pensaat: puna- ja mustaherukka, pihlaja-argervo, villapaju, aaprotti, kaljupajuangervo
- aluskasvillisuus: nurmikko, pallokenttäseos

9.4 tien ympäristö: tie säilyy lähes samalla paikalla

9.5 moottorikelkkaura rivitalotontin reunaan metsässä olevaan avoimeen linjaan (vaihtoehtoisesti tien pientareelle)

10. Säilytettävä raviradan osa

- alueella ei sallita muutostöitä

11. Pysäköintialueet ja väestönsuoja-alue (vaihtoehtoinen maankäyttö)

- väestönsuojan päälle kummut, jotka maisemoidaan
- puut: mänty, tuomi
- pensaat: eri ruusulajeja
- aluskasvillisuus: kanerva, puolukka, taimia 12-16 kpl/m², sianpuolukka, taimia 8-12 kpl/m²
- kasvit happaman maan kasveja, joten maasta tehtävä viljavuusanalyysi
- ojan yhteyteen tehdään kosteikko, jonka rannalle istutetaan pajuja, saniaisia, kurjenmiekköjä yms.
- alue liittyy läheiseen metsään

12. Metsäalue väestönsuojan ja Kasarmintien välissä

- alue säilytetään luonnontilaisena
- tonttien metsään rajoittuvat osat säilytetään aitaamatta luonnontilaisina
- kulutus kanavoidaan rakentamalla väyliä ja tekemällä suoja-aita sekä -istutuksia Kasarmintien varteen
- pyörätiet: rakennetaan kestopäällysteisenä tallilta
- Kasarmintielle ja sorapintaisena raviradalta Kasarmintielle
- suojatien paikka muuttuu

13. Raviradan ja Kasarmintien välissä olevat niitty ja kame-kumpu

- niitty säilytetään, hiekkapaikat mullataan ja niityn annetaan levitä itsestään
- rinteessä olevat kulumisjäljet korjataan ja tuodaan maata paljaiden juurien peitteeksi
- heinikko saa nousta luonnostaan kummulle
- kummun laelle lisätään varpuja
- variksenmarja ja sianpuolukka, taimia 16 kpl/m²
- sammaleen lisääminen kuten kohdassa 1
- kulutuksen estämiseksi polku katkaistaan aidalla ja istutetaan metsäruusuja
- tehdään (väliaikainen) aita Kasarmintien varteen
- Kasarmintien varressa oleva rinne: tuodaan maata paljastuneille puiden juurille, istutetaan Tenon ajuruohoa

14. Uudet katualueet

Pientareille perustetaan kukkaniitty, joka niitetään elokuussa. Niittokarikkeen annetaan olla 2 päivää paikallaan, sen jälkeen karike kompostoidaan. Niittyseoksessa on heinä esim. lam-

paannata, jäykkänata, punanata ja rönsyrölli sekä niittykukkia. Näkyvimmillä paikoilla kasvit istutetaan taimina, ja vähemmän tärkeät alueet kylvetään.

Katualueille tuleviin kiviryhmiin ei kylvetä eikä istuteta kasveja, vaan annetaan luonnon valita tuleva kasvisto.

Kasarmintien varteen kylvetään heinäksi metsälauha ja lampaannata.

Piennaralueilla voidaan käyttää myös seuraavia tallauksen kestäviä lajeja: pihatatar, piharataamo, pihasaunio, syysmaitiainen, ketohanhikki, kylänurmikka, voikukka, siankärsämö, valkopila ja maahumala. Kosteilla ojamaisilla pientareilla ja painanteissa sovelletaan kohtien 5. ja 11. ohjeita.

5.6.2.6 Ehdotukset

Tuulitestauksen käyttäminen

Sisämaassa tuulennopeudet ovat yleensä kohtuullisia. Kylmyyden vuoksi Raviradan alueen tuulennopeudet ylittävät joissain paikoissa kynnyksen, jonka jälkeen tutkimusten mukaan olisi kaava- ja rakennussuunnittelua tehtäessä suoritettava mikroilmastoanalyysit ja käytettävä tuulitestausta.

Tässä raportissa on tehty mikroilmastoanalyysi ja laadittu koko alueen pienoismallin testaukseen perustuvat suunnitteluohjeet. Mikäli halutaan suurempi varmuus tulevan rakentamisen mikroilmaston hyvästä laadusta, olisi tehtävä tärkeimmistä rakennuskortteleista pienoismallit, jotka tuulitestataan. Testauksen perusteella voidaan antaa tarkempia suosituksia arkkitehtuurin kehittämiseksi.

Kaavojen ja rakennusten suunnittelu

Asemakaavoja ja rakennussuunnitelmia tehdessä suositellaan käytettäväksi esitettyjä ohjeita sekä mahdollisen tuulitestauksen tuomia lisätietoja.

Lisäksi ehdotetaan laadittaviksi korttelikohtaiset rakennus- ja ympäristöohjeet. Työmailta tulisi vaatia suunnitelmat, jossa esitetään suojattavat ja aidattavat alueet, työmaarakennusten sijoittelu, liikenneväylät sekä maamassojen kasaus ja läjitys.

5.6.3 Kasvihuonekaasupäästöt

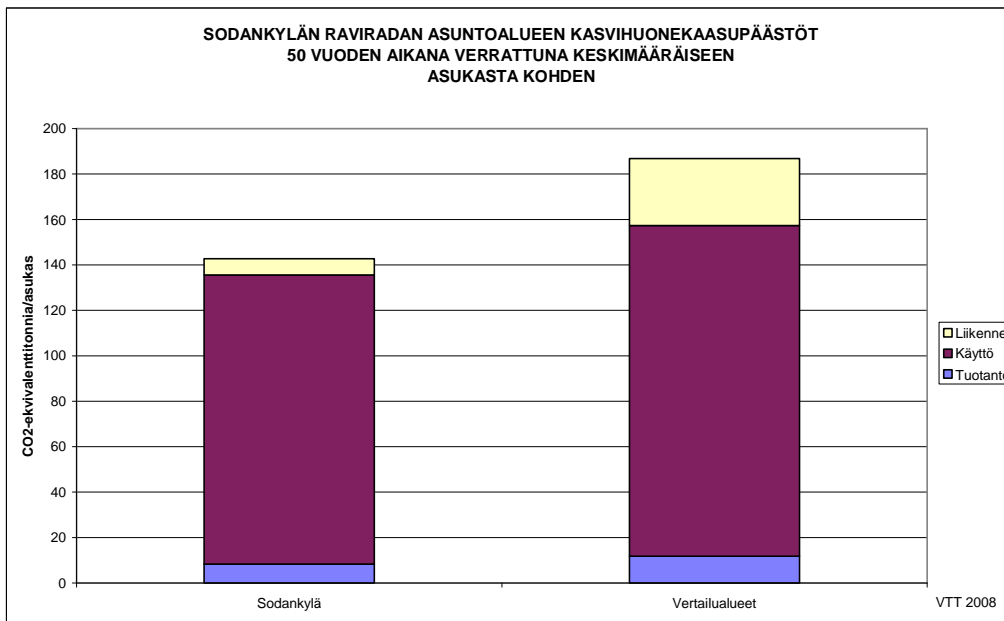
Sodankylän raviradan alueen ekologinen tase laadittiin vuonna 1998 (Harmaajärvi 1998). Tutkimuksessa arvioitiin elinkaaritarkasteluna VTT:n EcoBalance-mallilla (Harmaajärvi, Wahlgren) alueen asemakaavan toteuttamisesta aiheutuvat energian ja raaka-aineiden kulutus, kasvihuonekaasupäästöt ja muut päästöt, veden kulutus ja jätevedet, jätteet ja kustannukset. Elinkaaren pituutena käytettiin 50 vuotta. Tässä tutkimuksessa aineistosta on poimittu ja muokattu kasvihuonekaasupäästöjä koskevia tietoja.

Alueelle sijoittuu suunnitelmien mukaan kaikkiaan 600 asukasta. Uutta rakennuskantaa rakennetaan kaikkiaan 21 900 k-m², josta 21 300 k-m² on asuin- ja 600 k-m² palvelurakennuksia. Rakennukset ovat pienkerrostaloja, rivitaloja ja pientaloja.

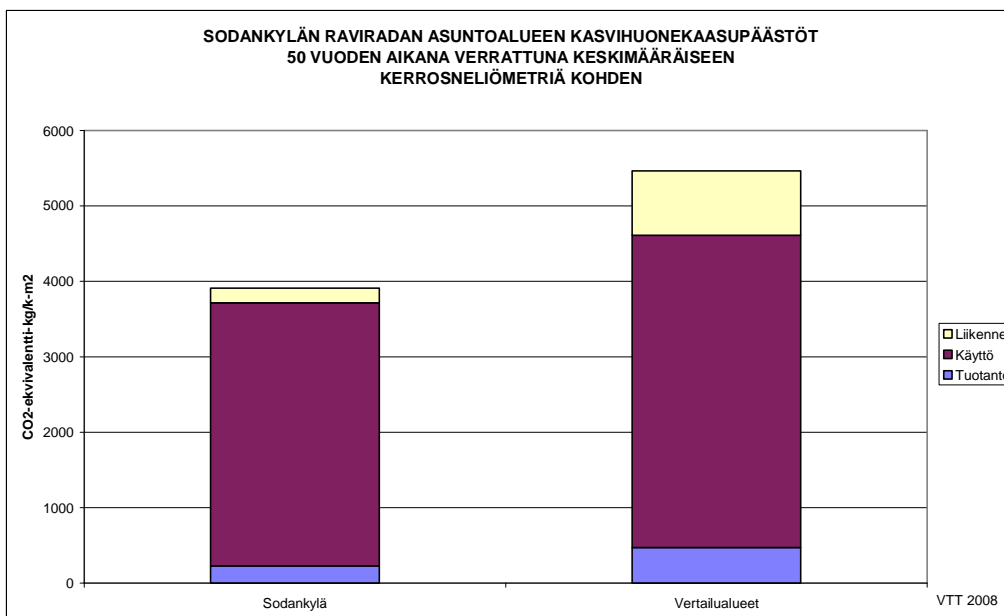
Alue on kaukolämmön piirissä. Lämmöntuotannossa käytetään suurelta osin turvetta, jonka kasvihuonekaasupäästöt ovat suuret. Sähköntuotannon päästöt on arvioitu paikallisen vesivoiman perusteella.

Raviradan alue sijaitsee keskeisesti yhdyskuntarakenteessa. Sodankylän keskusta on kävely-
matkan (alle 1 km) päässä. Liikenteestä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat siten erittäin
pienet.

Kuvassa 96 esitetään koko elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden ja
kuvassa 97 kerrosneliometriä kohden raviradan alueella verrattuna keskimääräiseen vertailu-
alueeseen. Raviradan alue osoittautui erittäin hyväksi alueeksi ilmastonmuutoksen hillinnän
kannalta, samoin kaikkien muidenkin tutkittujen vaikutusten kannalta.

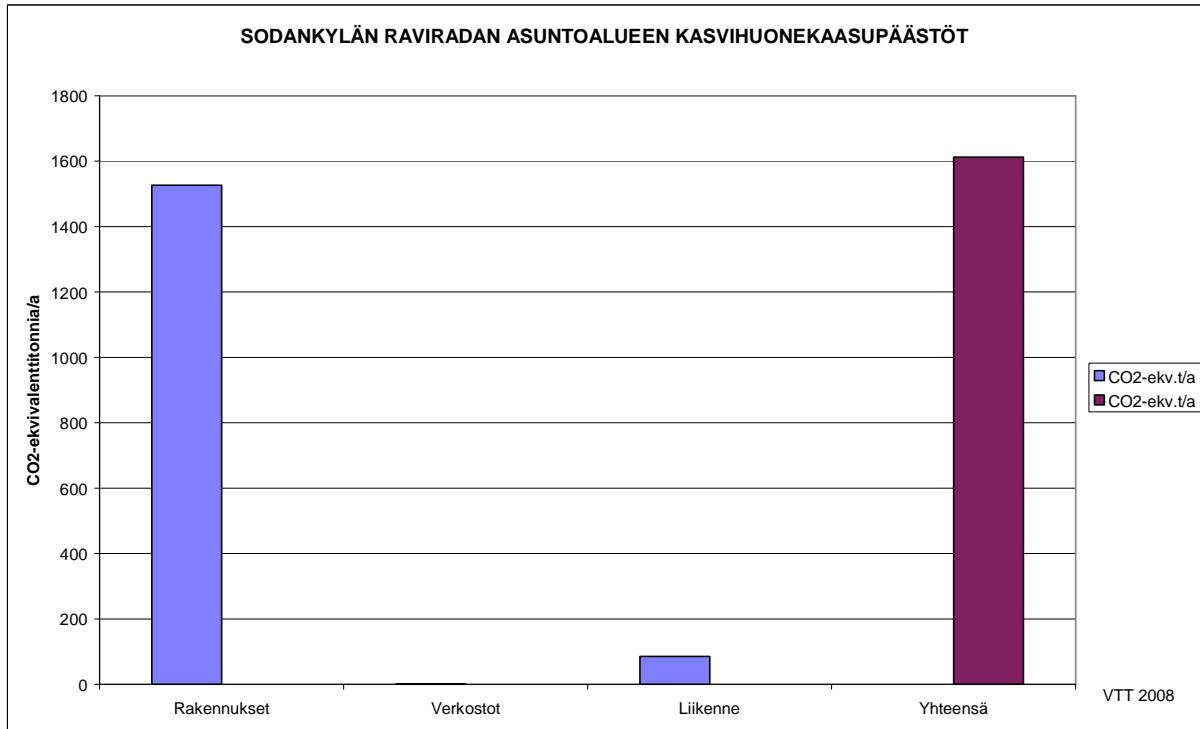


Kuva 96. Raviradan asuntoalueen elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden (Harmaajärvi 1998).

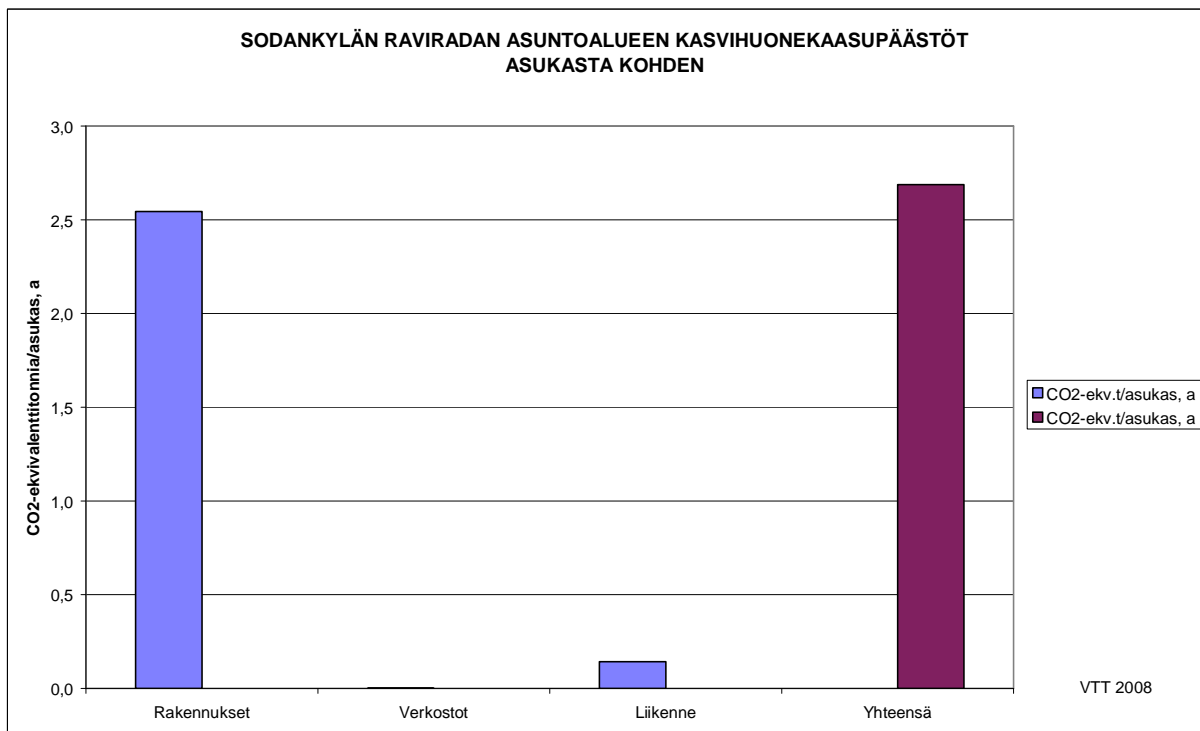


Kuva 97. Raviradan asuntoalueen elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt kerrosneliometriä kohden (Harmaajärvi 1998).

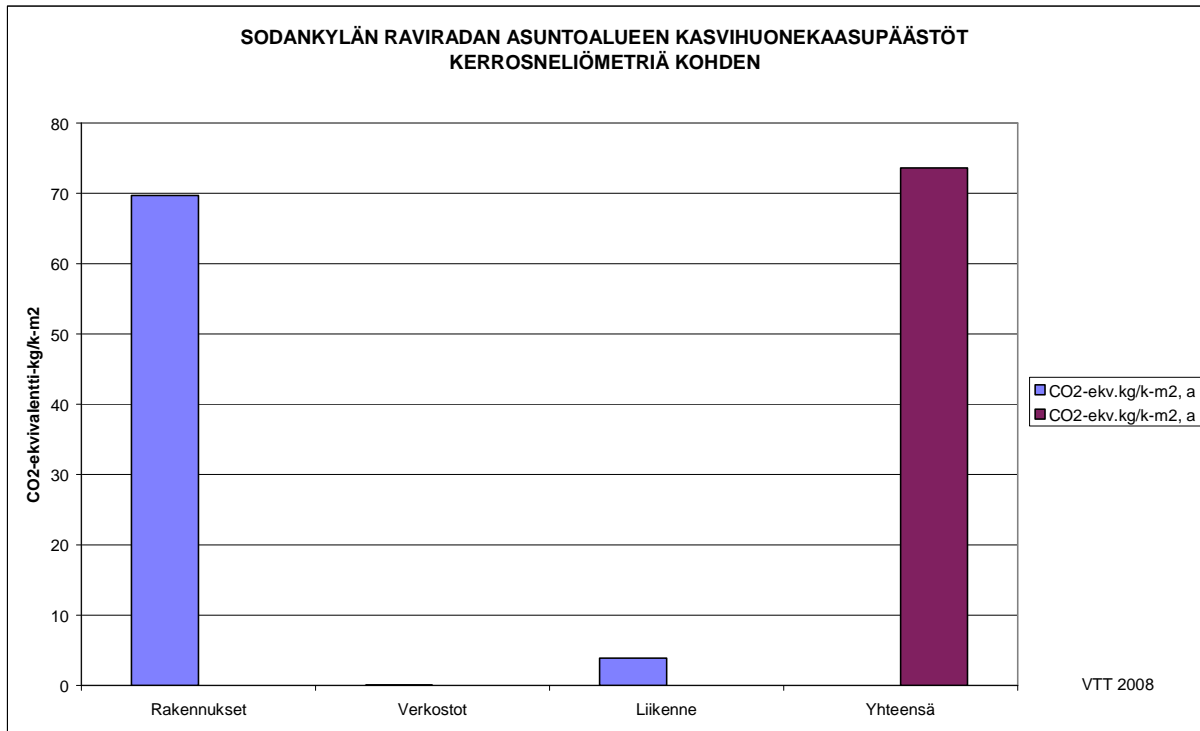
Tässä tutkimuksessa tarkastellaan alueen käyttövaiheen ja liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä. Raviradan alueen toteuttamisesta aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä kaikkiaan 1 600 CO₂-ekvivalenttitonnia (kuva 98). Asukasta kohden päästöjä aiheutuu 2,7 CO₂-ekvivalenttitonnia/asukas (kuva 99) ja kerrosneliometriä kohden 74 CO₂-ekvivalentti-kg/k-m² (kuva 100).



Kuva 98. Raviradan asuntoalueen vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt.



Kuva 99. Raviradan asuntoalueen vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden.



Kuva 100. Raviradan asuntoalueen vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt kerrosneliometriä kohden.

5.6.4 Johtopäätökset ja suositukset

Sodankylän raviradan alueen ekologista tasetta koskeneen tutkimuksen mukaan vaikutukset ovat kaikkien tekijöiden osalta pienemmät kuin tyypillisen suomalaisen pientaloalueen. Raviradan alueen vaikutukset ovat keskimäärin noin 20 % vertailualueita pienemmät. Kasvihuonekaasupäästöt ovat asukasta kohden laskien 24 % ja kerrosneliometriä kohden laskettuna 28 % pienemmät kuin vertailualueilla.

Merkittävimpiä syitä ekologisesti ja taloudellisesti edullisen alueen muodostumiseen on raviradan alueen keskeinen sijainti yhdyskuntarakenteessa. Alue on suunniteltu rakennettavaksi suhteellisen tehokkaasti, mutta kuitenkin ympäröivään rakennuskantaan sopivaksi, ja liikenne- ja teknisen huollon verkkojen määrä on suhteellisen vähäinen. Alueelle ei myöskään tarvitse rakentaa kytkentäverkkoja. Lämmitys perustuu kaukolämpöön. Alueen suunnittelussa on otettu huomioon pienilmasto. Raviradan alueella oleva metsikkö säilytetään rakentamattomana. Alueella käytetään puuta pääasiallisena rakennusmateriaalina. Myös asukkaiden ympäristöä säästävät kulutustottumukset edistävät alueen ekologista ja taloudellista edullisuutta.

Sodankylän raviradan asuntoalueella on arvion perusteella hyvät edellytykset muodostua pohjoisen ekologisen rakentamisen mallialueeksi.

Suunnittelussa suositellaan mm. tuulitestausta ja korttelikohtaisten ympäristöohjeiden laatimista.

5.7 Yhteenveto

Helsingin Kalasatama sijaitsee erinomaisesti yhdyskuntarakenteessa. Liikenteen päästöt ovat erittäin pienet. Lämpötilan nousu ja tiivis rakentaminen vähentävät lämmitysenergiankulutusta, mutta tuulisuuden kasvu kompensoi vaikutusta. Tuulisuus ja merenpinnan nousu sekä aallokon roiskeet meren ollessa avoin entistä suuremman osan vuodesta asettavat haasteita suunnittelulle. Alueella on varauduttu merenpinnan ja aallokon nousuun kolmen metrin minimirakennuskorkeudella.

Kokkolan Vanhansatamanlahti sijaitsee myös keskeisesti yhdyskuntarakenteessa ja liikenteen päästöt ovat pienet. Alue on merestä noussutta ja edelleen nousevaa maata, jonka suhteen on kartoitettu tulvavaara-alueet vuosisadan lopun tilanteessa. Tulvavaaraa pyritään välttämään korottamalla maan pintaa täyttömaan avulla. Tuulisuus ja sateiden lisääntyminen asettavat haasteita suunnittelulle.

Kuopion Saaristokaupunki sijaitsee edullisesti yhdyskuntarakenteessa ja aiheuttaa selvästi vähemmän liikenteen päästöjä kuin kauempana sijaitsevat kaupunkirakenteen laajenemisaalueet. Tulvavaara-alueet on kartoitettu. Haasteina ovat tuulisuus ja sateiden lisääntyminen.

Uudellamaalla ilmasto ja sen muutos ovat erilaisia rannikolla ja sisämaassa. Tulvavaarakartoituksen perusteella tarkempia selvityksiä tulee tehdä ja on tehtykin useilla paikkakunnilla. Yhdyskuntarakenteen eheyttäminen ja rakentamisen selkeä rajaaminen taajamiin olemassa olevan rakenteen yhteyteen on edullista sekä ilmastonmuutokseen sopeutumisen että sen hillinnan kannalta. Kehityskuvavaihtojen välillä on selkeitä eroja kasvihuonekaasupäästöissä. Edullisin vaihtoehto on B1, jossa uutta asutusta ja työpaikkoja sijoittuu keskeiselle pääkaupunkialueelle ja raideliikenneverkkoa täydennetään metroverkkoa laajentamalla itää ja länteen.

Sodankylän raviradan asuntoalue sijaitsee keskeisesti yhdyskuntarakenteessa ja liikenteen päästöt ovat suhteellisen pienet. Haasteita tuovat tuulisuus ja sateen ja lumisateen lisääntyminen.

Nilsin Tahko on matkailukeskus ja poikkeaa siten muista tutkimuskohteista. Kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu matkailurakennusten energiankäytön ja matkailijoiden liikenteen perusteella. Vaihtoehto 2, jossa toteutetaan raideyhteys Kuopiosta, aiheuttaa vähemmän päästöjä kuin vaihtoehto 1, jossa liikenne perustuu henkilö- ja linja-autoyhteyteen. Haasteina ovat tuulisuus ja sateiden lisääntyminen. Lumen väheneminen kannattaa ottaa huomioon laskettelurakenteiden suunnittelussa.

6 Ilmasto-olosuhteiden huomioon ottaminen suunnittelussa

6.1 Tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena on esimerkkien avulla kehittää ohjeet rakennusten ja eri tason kaavojen ympäristön, mikroilmaston ja energiatalouden parantamiseksi muuttuvassa ilmastossa. Lähtökohdaksi otettiin jokapäiväistä suunnittelutyötä täydentävien ja helpottavien käytäntöjen aikaansaaminen, joilta ei edellytetty "laboratoriotarkkuutta". Työ jakautuu kahteen osaan:

- A. Ilmastonmuutoksen vaikutusten analysoiminen
- B. Suunnitteluohjeiden laatiminen

Suunnitteluohjeilla halutaan saavuttaa mm. seuraavanlaisia parannuksia muuttuvan ilmaston olosuhteissa:

- Parantaa mikroilmastoa rakennusten ympäristössä, mikä tekee ulkona olemisen ja kulkeamisen miellyttävämmäksi rakennetulla alueella, vaikuttaen myös asukkaiden terveyteen.
- Vähentää tuulen jäähdyttävää vaikutusta rakenteisiin, mikä parantaa energiataloutta.
- Parantaa kevyenliikenteen väylien tuuli- ja lumisuojausta sekä vähentää liukkaita.
- Antaa ohjeita merenpinnan nousun ja tulvavaaran varalta.
- Parantaa rakenteiden kestävyyttä muuttuvissa olosuhteissa.

Laadittavalta ohjeistolta edellytettiin helppokäyttöisyyttä. Saatavilta tuloksilta edellytettiin riittävää tarkkuutta tavanomaisissa kaava- ja rakennussuunnittelutehtävissä.

Pohjois-Euroopassa tapahtuva rakentaminen ja siihen liittyvä kehitystyö voidaan ryhmitellä kahteen päälinjaan (Kuismanen 1989 ja 2008):

1. Raskaaseen teknologiaan, runsaaseen energiankäyttöön ja pääomavaltaisiin investointeihin perustuva malli, kuten esim. Pohjois-Amerikan talvikaupungit.
2. Ekoteknologiaan, ympäristötutkimukseen ja tavanomaiseen rakennustapaan perustuva malli.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on antaa välineitä jälkimmäisen vaihtoehdon toteuttavalle suunnittelukäytännölle.

Ilmastollisina lähtökohtatietoina on käytetty Ilmatieteen laitoksen ilmastotilastoja vuosilta 1961-1990. Koska tavanomaiset ilmastotilastot eivät sisällä riittävää informaatiota suunnittelun pohjaksi, on Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismasella laadittu em. tilastoiden pohjalta kuvaus tutkittujen paikkakuntien ilmastosta kaavoituksen ja arkkitehtisuunnittelun kannalta. Ilmastonmuutoksen ennuste perustuu kappaleessa 4 esitettyihin alueellisen ilmastomallin simulointitulosten analyysiin.

Tehtyjä suunnitelmia on arvioitu kaavaluonnosten ja niiden illustraatioiden pohjalta. Arvioinnissa on käytetty TkL Kimmo Kuismasen kehittämää CASE-menetelmää. Sodankylän kohteen arvioinnissa on käytetty pienoismallin tuulitestausta. (Kuismanen 2000 ja 2008)

6.2 Ilmastonmuutos ja suunnittelu

6.2.1 Ilmasto-olosuhteiden aiheuttamia ongelmia

6.2.1.1 Ihmisen sopeutuminen ilmasto-olosuhteisiin

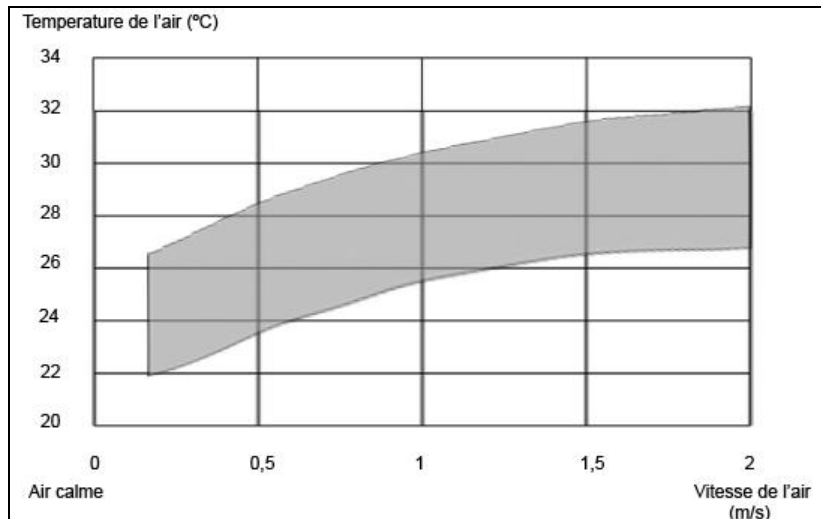
Ihminen kykenee sopeutumaan olosuhteisiin vain rajoitetusti; liian kuumaan hikoilemalla ja kylmyyteen pintaverenkiertoa supistamalla. Kylmyys, erityisesti yhdistyneenä tuuleen, voi muodostua jopa hengenvaaralliseksi (taulukko 7). Esimerkiksi 10 m sekunnissa puhaltavan tuulen ja -10° pakkasen yhteisvaikutuksen iholla arvioidaan vastaavan -22° tyyntä pakkasta. Lämpötilan epätasainen jakautuminen tuulen ja auringon säteilyn vaikutuksesta voidaan kokea epämiellyttävänä. Myös ilman kosteus vaikuttaa suuresti ihmisen kokemaan ns. mukavuusalueeseen. (Kuva 101) (Terhaag 1994; Lehmuskallio 2000)

Taulukko 7. Tuulen ja lämpötilan yhteisvaikutus ihmisen iholla. (Lehmuskallio 2000)

Wind m/s	Airtemperature, °C									
	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
no wind	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
2	9	4	-1	-6	-11	-16	-21	-26	-31	-37
4	5	-1	-7	-13	-18	-24	-30	-37	-43	-49
6	3	-4	-10	-17	-24	-30	-37	-43	-50	-56
8	1	-6	-13	-20	-27	-34	-41	-48	-55	-62
10	0	-8	-15	-22	-30	-37	-44	-52	-59	-66
12	-2	-9	-17	-24	-32	-39	-47	-54	-62	-69
14	-2	-10	-18	-26	-33	-41	-49	-56	-64	-72
16	-3	-11	-19	-27	-34	-42	-50	-58	-65	-73
18	-3	-11	-19	-27	-35	-43	-51	-59	-67	-75
20	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68	-76
			Cold	Freezing cold	Risk of injury of uncovered skin			Risk of injury of uncovered skin less than 30 seconds		

Tuulisuuden kokeminen on yksilöllistä. Yleensä liiallinen tuulisuus pohjoisessa ilmastossa koetaan ulkona oleskellessa haitaksi. Poikkeuksen muodostavat kesäisin Pohjolan sääskialueet, joilla tuulisuutta ihmisten ja kotieläinten lähiympäristössä on voitava aktiivisesti säädellä.

Tuulen jäähdyttävä vaikutus aistitaan helposti jo alhaisissa tuulennopeuksissa. Lämmön poistuminen iholta tapahtuu pääasiassa haihtumisen, konvektion ja säteilyn avulla. Vaatetus muodostaa iholle eristävän ilmakerroksen.



Kuva 101. Tuulen vaikutus mukavuusalueeseen ulkona. Pystyakselilla ilmanlämpö ja vaaka-akselilla tuulen nopeus m/s. Mukavuusalue tummennettu. (Confort s. 9)

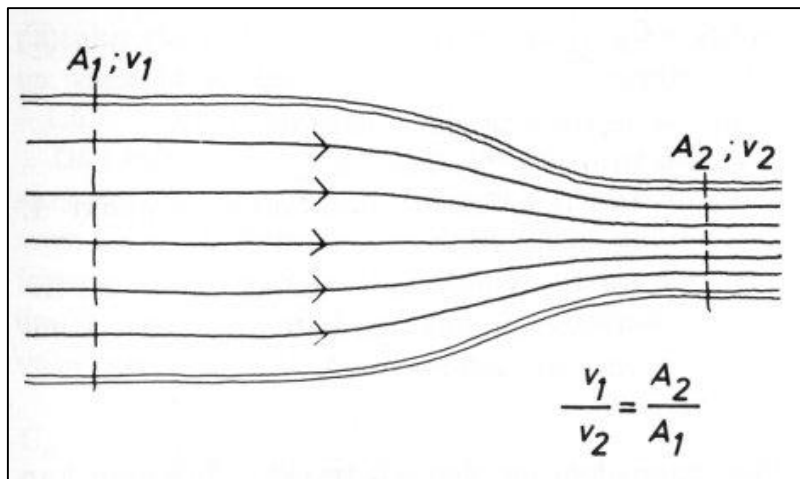
Muutaman sekuntimetrin muutos tuulennopeudessa koetaan jopa viiden asteen lämpötilaeronä. Yli 5 m/s suuremmissa tuulennopeuksissa myös tuulenpaine aletaan kokea kiusallisena, etenkin jos tuuli on puuskittaista. Ihmiseen vaikuttavat tuulivoimat kasvavat eksponenttikäyrän mukaisesti tuulennopeuden kasvun mukaisesti, esimerkiksi tuulennopeuden muuttuessa arvosta 10 m/s arvoon 15 m/s aiheutuu viisinkertainen voima verrattuna nopeudenmuutokseen arvosta 0 m/s arvoon 5 m/s. Puuskittaisessa tuulessa, jossa on suuria virtausnopeuden muutoksia, tuulenpaine aiheuttaa hetkellisiä, sivulta suuntautuvia työntövoimia.

Puuskittaisessa kovassa tuulessa kaatumis- ja loukkaantumisriski on suuri varsinkin talviolosuhteissa. Käveleminen puuskittaisessa tuulessa on hyvin vaikeaa, jos kulkuväylällä tuulennopeudet vaihtelevat voimakkaasti ja hallitsemattomasti. Esimerkiksi rakennusten nurkissa on usein voimakkaita pyörrevirtauksia. Erityisesti parvekkeet ja leikkipaikat tarvitsevat suojausta, koska jo muutaman sekuntimetrin virtaus aiheuttaa lämpöaistimuksena 5-10 asteen alenemisen. Keskituulennopeudessa 5 m/s tuulenpaine on jo niin suuri, että on mahdotonta istua ulkona lehteä lukemassa. Keskinopeudella 10 m/s on vaikeaa pysytellä pystyssä tuulenpuuskissa, joissa nopeus voi olla enemmän kuin kaksi kertaa keskituulennopeus. Tuulennopeuden ylittäessä puuskissa arvon 20 m/s puut voivat kaatua ja pyöräily ja jalankulku on mahdotonta tai erittäin hankalaa.

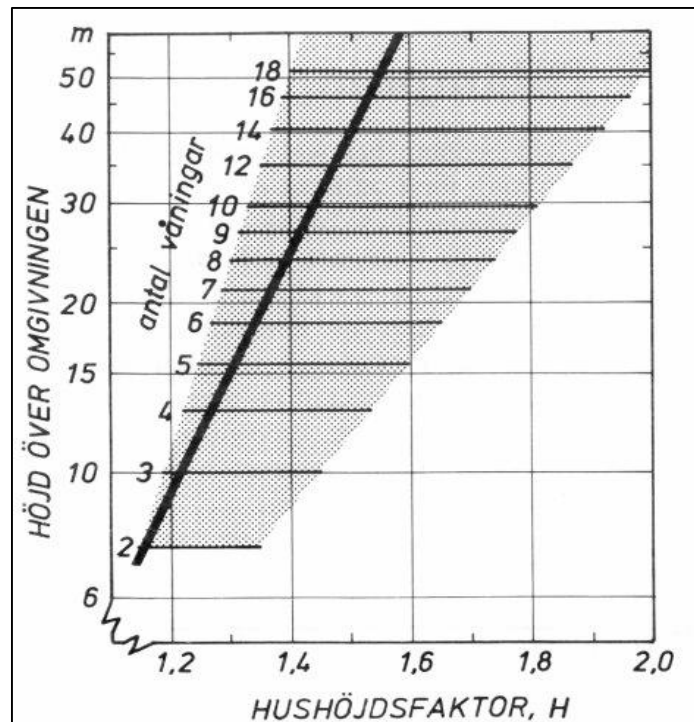
Hallitsemattomat ilmavirtaukset asuinympäristössä koetaan usein alueen viihtyvyyttä heikentävänä tekijänä. Tuuli kuljettaa mukanaan lunta keskimäärin 3-5 m/s tuulennopeudessa, ja myös hiekka ja pöly liikkuvat tuulen mukana. Teollisuuden ja liikenteen saasteet pääsevät asuinalueille tuulten mukana, mutta toisaalta ne myös voidaan tuulettaa pois. (Børve, Glauermann & Westerberg, Terhaag; Izard)

6.2.1.2 Rakennuksille aiheutuvia ongelmia

Tuulisuus aiheuttaa monia ongelmia myös taloille. Rakennukset jäähtyvät tuulen vaikutuksesta, koska konvektion aiheuttamat lämpöhäviöt kasvavat ja hallitsematon ilmanvaihto lisääntyy ilmanpaineen vaihdellessa rakennuksen eri osissa. Tuulen ja piiskasateen vaikutuksesta syntyy kosteusvaurioita kosteuden tunkeutuessa rakenteisiin. Pysäköintialueiden ja liikenneväylien epäpuhtaudet kulkeutuvat rakennuksiin ilmavirtausten mukana. (Kivistö)



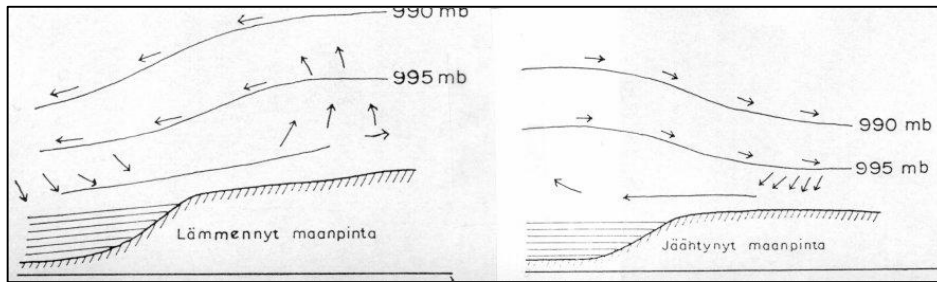
Kuva 102. Bernoullin laki kuvaa sitä, miten suppenevassa tilassa tuulen nopeus kasvaa (Glaumann & Westerberg 1988).



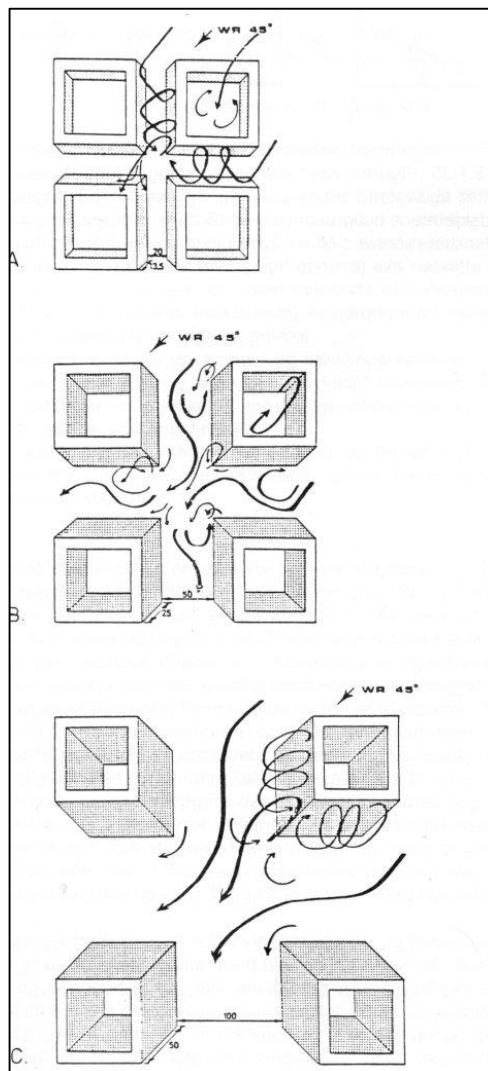
Kuva 103. Ympäristöään korkeamman rakennuksen vaikutus suhteelliseen tuulisuuteen 2 m korkeudella. Pystyakselilla ilmoitetaan rakennuksen korkeus yli ympäristönsä. Luvut alhaalla ilmaisevat paljonko rakennus lisää tuulen suhteellista nopeutta. Yleensä rakennukset sijoittuvat rasteroidulle alueelle. (Glaumann & Westerberg 1988).

Auringonvalon merkitys kaupunkirakentamisessa oivallettiin uudelleen 1900-luvun alussa, jolloin alettiin kritisoida suurkaupunkien pimeitä ja ahtaita kerrostalomiljöitä. Kivikaupungin kritiikki johti funktionalismin myötä toiseen äärimmäisyyteen, jossa aurinkoisuusvaatimuksella perusteltu avoin kaupunkitila otettiin kaikkialla tyyllilliseksi ihanteeksi. Nykyisin yhä suurempi osa väestöstä, kuten eläkeläiset, oleskelee pääosan vuorokaudesta asuinympäristönsään, mikä jälleen lisää aurinkoisuuden merkitystä asunosuunnittelussa. (Higueras; Solklart)

Tuuli toisaalta sekoittaa ilmastointia, mutta toisaalta luonnonmukaisen ilmastoinnin toimintaa voidaan parantaa mikroilmastoanalyysin ja pienoismallityön avulla tehostamalla ylipainetta korvausilman tulokohdissa ja alipainetta poistoilmaelimissä. Painovoimainen ilmastointi on edullisempi ja pitkäikäisempi kuin koneellinen. Luonnonmukaisen ja/tai aurinkoenergialla toimivan ilmastoinnin kehittämisen tärkeys korostuu niissä kehitysmaissa, jotka ovat riippuvaisia tuontien energiasta. Usein ilmastointi kuluttaa yli 70 %:a rakennuksien käyttämästä energiasta. Mikäli koneellista ilmastointia käytetään, on rakennukset eristettävä riittävästi ja torjuttava ylimääräinen lämpökuorma tilojen suuntauksella ja varjostuksella, mikä edellyttää aurinkoisuusanalyysin tekemistä. (Coulibaly, Matilainen)



Kuva 104. Merituuli syntyy aurinkoisina päivinä maan lämmitessä ja maatuuli yöllä meren säilyttäessä lämpönsä. (Venho)



Kuva 105. Albertsin pienoismallitestaukset tuulen käyttäytymisestä umpikorttelirakenteessa. (Alberts 1982)

Voimakkaat ilmavirtaukset tekevät ulkona olemisen kylmäksi, kadulla kulkemisen vaaralliseksi, aiheuttavat vaurioita kylmänaroille kasveille ja lisäävät energiankulutusta. Toisaalta tuulet ovat sikäli hyödyksi, että ne tuulettavat pois pakokaasut ja muut ilmansaasteet.

Tanskalainen tutkija Jan Gehl on todennut tuulen ja kylmyyden vähentävän oleellisesti sosiaalisia kontakteja ulkona. Ruotsissa on todettu olosuhteet tärkeimmäksi selitykseksi ulko-oleskelun määrälle. Myös Suomen ilmasto-olosuhteet ovat suurimman osan vuodesta eri tutkijoiden määrittämien viihtyisyysalueiden ulkopuolella. Varsinkin ei-välttämättömään ulko-oleskeluun ilmaston ja mikroilmaston vaikutus on ratkaisevan suuri. Mikroilmaston parantamisen on todettu lisäävän ulkona olemista, millä puolestaan on positiivisia terveydellisiä ja sosiaalisia seurauksia.

Varsinkin vanhuksilla ja liikuntavammaisilla on ongelmia talvisin ankarassa ilmastossa. Liukkaus yhdessä tuulen kanssa on kävelyä vaikeuttava ja vaarantava yhdistelmä, joka vuosittain tekee lukuisia vanhuksia liikuntakyvyttömäksi. Ulkona liukastumiset aiheuttavat Suomessa lehtitietojen mukaan 100 miljoonan euron vuosittaiset kustannukset. Kuitenkin arkkitehtuurimme on viime vuosikymmeninä yhä enemmän unohtanut ilmastomme asettamat vaatimukset. Meillä on ympäristöä koskevaa tietoa, mutta ei sen mukaista suunnittelumetodia, minkä vuoksi tutkimus olisi tarpeen. (Gehl, Glaumann & Westerberg)

Perinteiset skandinaaviset puukaupungit olivat matalia ja rakennuksista muodostettiin yleensä pihapiirejä. Asuinrakennukset olivat piharakennusten ympäröimiä ja sisäänkäyntien edessä oli kuisteja, jotka muodostivat suojatun tilan pihan ja sisätilan välillä. Asemakaavoituksessa yleistyi 1800-luvulla säännöllinen ruutukaava, mutta mittakaava oli aluksi mikroilmastollisesti hyvä. Vähitellen talot nousivat puunlatvojen yläpuolelle ja kadut ja aukiot rakennettiin leveiksi. Myös suojaavien piharakennusten määrä alkoi vähetä. Funktionalismi toi Suomeen ilmastomme huonosti sopivat vapaasti seisovat suuret erilliskrakennukset. Kaupunkiemme mikroilmasto on huonontunut oleellisesti viimeisen sadan vuoden kuluessa.

Vanhoissa kaupungeissa on runsaasti vajoja, liiterteitä, katoksia ja aitauksia, joiden suojassa myös lapset löytävät loputtomasti tekemistä sekä yksin että yhdessä aikuisten kanssa. Uusilla asuntoalueilla tällaista mahdollisuutta ei yleensä ole, työ on erotettu asumisesta, ja siksi tarvitaan erityisiä leikkialueita lapsille. Monella kerrostalopihalla ei aikuisillekaan löydy mielekäs-tä tekemistä tai oleskelupaikkaa.

Leikkipaikoille asetetaan monipuolisia vaatimuksia:

- Suojattu tuulilta, melulta ja liikenteeltä.
- Aurinkoisuus; auringon paistettava yli viisi tuntia tasauspäivänä.
- Lämmin maaperälaji (ei savea tms.).
- Vaihtelevia luontotyyppisiä ja materiaaleja; kiviä, hiekkaa, vettä, kasveja...
- Rakennelmissa käytettävä terveellisiä luonnonmateriaaleja (ei esim. arsenikilla tai raskasmetalleilla painekyllästettyä puuta); täytettävä EU-normit.

Myös aikuisille olisi suunniteltava oleskelutiloja leikkipaikkojen läheisyyteen. Kerrostalopihoillakin olisi oltava mahdollisuus oikeaan tekemiseen, kuten kasvimaan hoito, kompostointi, auton korjaus, leikkimökkien rakentelu, grillaus, liikunta jne. Nämä rakennelmat parantavat osaltaan mikroilmastoa jalankulkijan tasossa.

Ilmastoskenaariot ja niiden vaikutus vedenkorkeuteen

Merentutkimuslaitoksen raportin mukaan Suomen rannikon vedenkorkeuksien pitkä- ja lyhytaikaisiin muutoksiin vaikuttavat seuraavat tekijät: maankohoaminen, valtameren pinnan nousu, Itämeren kokonaisvesibalanssi, tuuli, ilmanpaine, Itämeren ominaisheilahtelu eli seiche sekä vuorovesi.

Suomessa maa kohoaa rannikoilla useita millimetrejä vuodessa. Keskimääräisen vedenkorkeuden pitkäaikaisen muutoksen suunta määräytyy maankohoamisen ja valtameren pinnan nousun erosta. Tulevaisuudessa valtameren pinnan nousun ennustetaan kiihtyvän, jolloin keskimääräinen vedenkorkeus saattaa lähteä nousuun.

Suomen rannikon vedenkorkeuden pitkäaikaiseen käyttäytymiseen vaikuttaa myös Itämeren kokonaisvesimäärä. Sitä säätelee pääasiassa veden vaihto Tanskan salmien läpi. Tanskan salmien ahtaudesta johtuen veden vaihto on hidasta, eivätkä nopeat vedenkorkeusvaihtelut tasoi- tu salmien läpi. Vesimäärän vaihtelut ovat sidoksissa länsivirtauksen voimakkuuteen. Vedenkorkeuden pitkäaikaiset vaihtelut ovat samantapaisia koko Itämerellä. Lyhytaikaisten vaihteluiden kannalta tärkeimmät tekijät ovat tuuli ja ilmanpaine. Niiden vaikutus voi olla hyvinkin paikallinen.

Ilmanpaine vaikuttaa vedenkorkeuteen ns. käänteisen barometriefektin kautta. Korkea ilmanpaine painaa vettä alaspäin, kun taas matalapaine nostaa vedenpinnan tasoa. Teoriassa yhden millibaarin ilmanpainemuutos aiheuttaa yhden senttimetrin vedenkorkeusmuutoksen käytännössä muutos on pienempi. Itämeri on lähes suljettu allas, jossa esiintyy vedenkorkeuden heilahtelua altaan päästä toiseen. Vuorovesi on amplitudiltaan vain joidenkin senttimetrin luokkaa Suomen rannikolla.

Meren lahdilla paikalliset olosuhteet aiheuttavat vedenkorkeuden poikkeamisen yleisistä arvoista. Näistä tärkein on tuulen aiheuttama veden pakkautuminen lahtien pohjukkaan. Tähän tilanteeseen aina liittyy myös aallokkoa. (Kahma & Johansson)

Sisävesistöissä tulvia esiintyy viidestä eri syystä (Ollila):

1. Lumensulamistulvat.
2. Rankkojen sateiden aiheuttamat tulvat.
3. Järvialueiden suuret vedenkorkeudet sateisten kesien jälkeen.
4. Jää- ja suppopatotulvat.
5. Rankkasateiden aiheuttama tulviminen taajamissa.

Ilmastonmuutoksen myötä tulevat keväiset tyyppien 1. ja 4. aiheuttamat tulvat yleensä vähenevät tai siirtymään talveksi. Myrskyjen ja sateiden lisääntyminen tulee lisäämään tyyppien 2., 3. ja 5. tulvimista, ja niihin on varauduttava jo maakuntakaavoituksen tasolta alkaen. Uutena ilmiönä tulevat jo lähi vuosikymmeninä talvitulvat ja talviset suppotulvat. Lisääntyvä haihdunta kesällä aiheuttaa sen, että kuivina kesinä voi vedenpuute kohdata entistä useampaa vesistöä.

Rakentaminen lisää tulvia monista syistä:

- Sade- ja sulamisvesi, joka ei ehdi absorboitua maahan.
- Liikennealueiden kestopäällysteille ja katoille satava vesi.
- Sadevesiviemäriin johdettu vesi.
- Metsä- ja suo-ojitus nopeuttaa pintaveden joutumista vesistöihin.

Rakennusalueiden laajeneminen lisää vesistöihin joutuvan veden määrää ja lyhentää tulvahipun saapumista. Eurooppalaisten tutkimusten mukaan suhteellisesti eniten tulvimista lisää omakotiasutus.

Alimman korkeusaseman laskentaan vaikuttavia tekijöitä

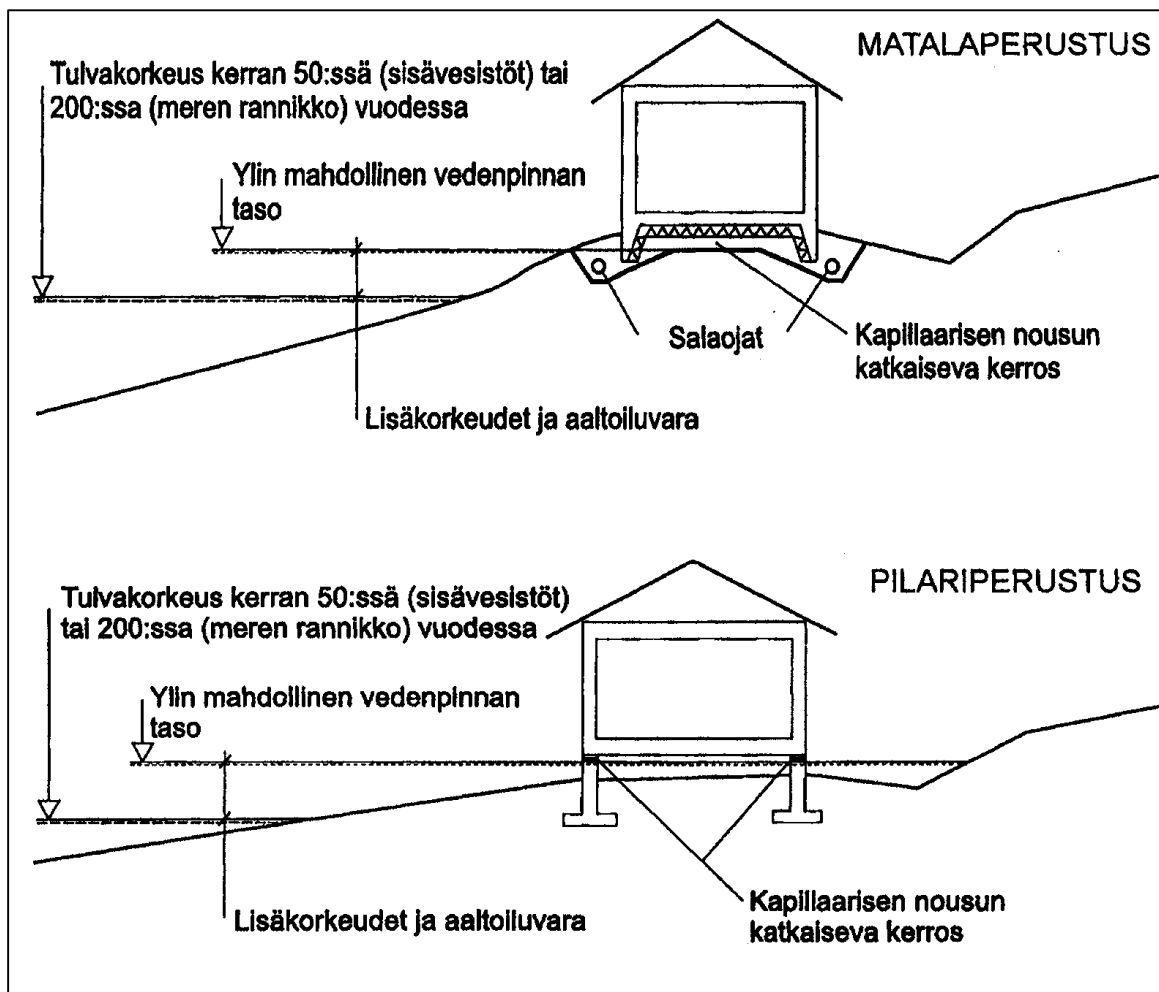
Merentutkimuslaitoksen tutkimuksen “Alimmat suositeltavat rakennuskorkeudet Pohjanlahden, Saaristomeren ja Suomenlahden rannikoilla” (Kahma et al. 1998) mukaan alin suositeltava rakennuskorkeus vaihtelee eri osilla Suomen rannikkoa.

Alimman rakennuskorkeuden määrittelyyn vaikuttavat:

- Aallokko ja roiskeet
- Hyväksyttävä ylityksen todennäköisyys, joka riippuu tulvimisen aiheuttaman vahingon laadusta ja laajuudesta
- Rakennuskorkeuden noston kustannukset ja korkeudesta riippuva käyttöarvo
- Käyttöikä. (Kahma & Johansson)

Aallonkorkeus

Rantaan kohdistuvan aallokon korkeuteen vaikuttavat saaristo, rannan muoto ja rantaveden mataluus. Korkeinta aallokkoa voi syntyä yleensä lounaismyrskyillä.



Kuva 108. Rakennuksen alimman korkeusaseman määrittäminen rannassa (Ollila).

Taulukko 8. Aallon nousukorkeus Itämerellä tasapohjaisella rannalla, jonka kaltevuus on 1:10 sekä jyrkällä rannalla (Ollila).

Ulapan pituus	Aallon nousukorkeus	
	Loiva ranta, 1:10	Jyrkkä ranta
1 km	30 cm	90 cm
5 km	60 cm	180 cm
10 km	100 cm	290 cm (lisäksi pärskeet)

Edellä olevan mukaan rakennusten perustamiskorkeuteen vaikuttaa oleellisesti rannan jyrkkyys. Pystysuorille rantarakenteille jyrkän rantaviivan tuntumassa aaltoiluvara on kaksi kertaa paikallisen aallon korkeus. Tällaisessa tapauksessa pärskeet voivat lentää jopa kymmenen metrin korkeuteen. Mikäli pohja muodostuu kivikosta tai rannikolla on kasvillisuutta, on aaltoiluvara pienempi.

Korkeus määritellään kuvan 108 esittämien periaatteiden mukaisesti. Rannan muotoilu vaikuttaa oleellisesti roiskeiden määrään, eikä yllä olevissa korkeusasemissa ole huomioitu aaltojen aiheuttamia roiskeita, joten rakennusten etäisyys rannasta on oltava riittävä, tai taloihin on rakennettava muunlaisia suojarakenteita. Alapohjan täytön pitää estää kapillaarinen veden nousu rakenteisiin.

6.2.2 Nykyiset suunnittelumetodit ja pienoismallien tuulitestaustmenetelmät

6.2.2.1 Tuulitunnelit

Viime vuosina on tuulitunnelitestauksia käytetty eri puolilla maailmaa yhä enemmän suurten rakennusprojektien ja korkeiden rakennusten sekä siltojen suunnittelun yhteydessä. Kokeilla selvitetään staattisten ja dynaamisten tuulikuormien vaikutusta rakenteiden käyttäytymiseen. Tätä tarvitaan erikoisissa rakenteissa, joissa valmiita taulukoita ei voida käyttää. Myös merenrannalla sijaitsevien suurten kaavoituskohteiden osana ovat toisinaan tuulisuusselvitykset pienoismalleilla.

Rakenteisiin kohdistuvat tuulikuormat mitataan tuulitunneliin asetetuista pienoismalleista. Rakennuksissa voidaan käyttää mittauslaitteina esimerkiksi mallin sisälle asennettavaa aerodynaamisten kuormien voimavaakaa. Ristikkorakenteiden ja varsinkin siltojen tutkimiseen tarvitaan aeroelastisia malleja, joilla voidaan simuloida kohteen värähtelyominaisuuksia. Myös jään kertymisen vaikutusta rakenteisiin voidaan tutkia. Savupiippujen ja tuulimyllyjen suunnittelussa joudutaan selvittämään rakennelman aiheuttaman pyörteisyyden vaikutusta muihin lähellä oleviin rakennelmiin. Kaikkiin edellä mainittuihin tehtäviin tarvitaan erittäin tarkkaa rajakerrostuulitunnelia, eli laitetta, jossa voidaan simuloida tuulen nopeusprofiilia eri korkeuksissa. (Daniels)

Suomessa on käytössä useita erilaisia tuulitunneleita, joista kaava- ja rakennussuunnittelun apuna käytetään yleensä TKK:n aerodynamiikan laitteistoa. Kyseessä on suljetun kierron rajakerrostuulitunneli, jonka mittatilan pituus on 12 m, korkeus 1,5 m ja leveys 2,5 m. Nopeusalueeltaan 0,2-30 m/s oleva ilmavirtaus saatetaan vastaamaan tuulta nopeusjakaumaltaan ja pyörteisyydeltään käyttämällä mittatilan alkupäässä kolmion muotoisia keiloja ja 9 m matkal-

la 5-25 mm karheutuselementtejä. Virtauksen suunta, nopeus ja turbulenssi mitataan kuuma-lanka-anemometreillä, joista saadut tulokset kootaan tietokoneen tiedonkeruukortille. (Broas)

Tuulitunnelimittauksista saadaan hyvin tarkat ja luotettavat tiedot mitattavien pisteiden tuulisuusolosuhteista. Ongelma on, että käytännön syistä ei mittapisteitä voida yleensä sijoittaa niin tiheään, kuin kaavan tai rakennuksen aktiivisen parantamisen kannalta olisi tarpeellista. Suunnitelman parantaminen korjaamalla mallia ja järjestämällä peräkkäisiä mittauksia on myös hankalaa ja kallista. Mikroilmaston analysoinnin kattavuutta voidaan parantaa käyttämällä testauksen yhteydessä savua indikaattorina ja videoimalla tulokset. Savun luettavuus rakennus- tai kaavamallien yhteydessä on sekoittumisen vuoksi kuitenkin huono. Savu sopiikin paremmin virtaviivaisten objektien, kuten autojen, mallityöhön. Puiden suojaavaa vaikutusta yliarvioidaan helposti pienoismallikokeissa, ehkä johtuen käytettävästä pienoismallitekniikasta. (Børve, Daniels, Oulun)

6.2.2.2 CASE analyysit ja tuulitestausmenetelmä

CASE-metodiin kuuluvat ympäristöanalyysin tekemisen ja havaintojen tulkitsemisen tekniikat, pienoismallien tuulitestaus sekä menetelmät käytännön ratkaisujen tekemiseksi yhdyskunta- ja rakennussuunnittelussa; menetelmästä enemmän, ks. www.kuismanen.fi/tutkimus. (Kuismanen 2000 ja 2008)

Ympäristöanalyysit

Analyysivaiheessa tehdään ympäristön kuvaus, jonka avulla saadaan normaaleissa suunnitellutehtävissä riittävä tieto kohdealueen rakennetusta ja luonnonympäristöstä, ilmastosta ja ympäristörasituksista sekä kaupunkikuvasta. Kenttätyöllä on tässä tärkeä osuus. Vertaileva arvio voidaan tehdä ilmastomuutoksen vaikutuksista olosuhteisiin, ja tältä pohjalta laatia suunnitelmia mahdollisten ongelmien torjumiseksi.

Tulosteena ovat biotooppien kuvaukset, rakennus- ja viheralueiden määrittely, toimenpidesuosituksat ja suunnitteluohjeet. Kaupunkikuva-analyysin pohjalta voidaan johtaa ympäristön laatutavoitteet sekä tarvittaessa tehdä suunnittelun ja toteutuksen ohjausjärjestelmä.

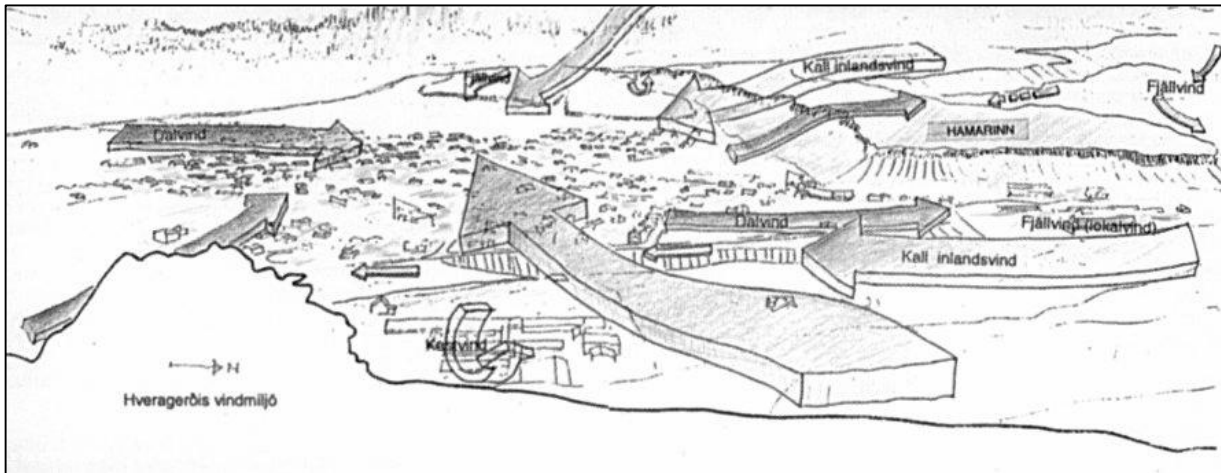
Ilmastoanalyysit

Valmiiden tuulitilastojen tarkastelu ei usein anna riittävää kuvaa todellisista olosuhteista. Esimerkiksi Suomen länsirannikon tilastot näyttävät päätuulensuunniksi idän/kaakon, luoteen ja pohjoisen. Suunnittelun kannalta tämä tieto ei riitä. Yksityiskohtaiset mittaukset osoittavat, että jakaumaan vaikuttaa keväisin ja kesäisin merituuli-maatuuli järjestelmä, joka usein suuntaa tuulen paikallisesti päivällä lounaasta, yöllä idästä. Kylmät pohjoistuulet voivat esiintyä minä vuodenaikana tahansa. Suunnittelun kannalta edellä esitetty merkitsee, että ulko-oleskelualueet rannikkokaistalla olisi suojattava pohjois- ja lounaistuulilta. Energiansäästön vuoksi taas suojautuminen pohjoista ja itää vastaan on tarpeellista. Pakokaasujen tuulettamisen vuoksi päälliikenneväylät tulisi avata lounaisille ja pohjoisille virtauksille. Lounaistuulella lumi sataa usein suhteellisen suurten nopeuksien vallitessa, mikä vaikuttaa kinostumiseen. Oulusta etelään lumimäärät rannikolla ovat kuitenkin suhteellisen vähäiset. (Kuismanen Oulun, Raahen, Tilastoja Suomen)

Vuotuiset keskimääräiset tuulen nopeudet eivät aina ole kovin onnistuneita parametrejä tuuliolojen ja tuulen vaikutuksen kuvaamiseen suunnittelun kannalta, vaan vuosi olisi jaettava ainakin neljään jaksoon, kevät, kesä, syksy ja talvi. Yleensä tuulen nopeuden kuukausikeskiarvot ovat suurempia talvella kuin kesällä. Nopeuden vuorokausivaihtelu puolestaan on ke-

sällä selvästi suurempi kuin talvella. Lämmityskaudella yleisimmät tuulen nopeudet havainto-
asemilla ovat välillä 3...6 m/s, keskinopeuden ollessa suuruusluokkaa 4,8 m/s. (Kivistö liite
3/12, Oulun)

Sääasemilta saatu tieto sovitetaan paikallisiin olosuhteisiin arvioimalla mikroilmaston muo-
toutuminen topografiaan karttojen perusteella. Analyysi on tehtävä riittävän suurelta alueelta
varsinaisen suunnittelualueen ulkopuoleltakin, jotta kaikki kohteeseen vaikuttavat voimat tu-
levat huomioiduiksi. Rakennetussa ympäristössä työtä voidaan täydentää tarkemmassa mitta-
kaavassa käyttäen pohjana kaavaillustraatiota.



Kuva 109. Maisema-aksonometria, johon on merkitty tuulisuuden pääpiirteitä. (Sterten 1995, s. 79, piirros Gunnarsdottir & Hardarson)

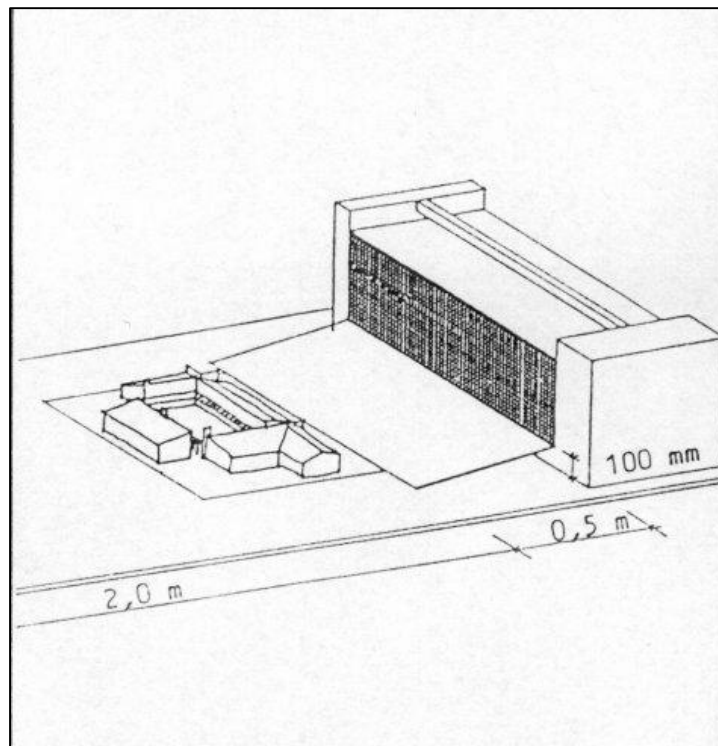
Seuraavassa yhteenveto analyysissä tehtävistä toimenpiteistä:

1. Ilmastokartta. Vedenjakajat ja harjanteet yleensä myös rajaavat paikallisia ilmastoalueita, ja siksi ilmastokartan tekeminen aloitetaan vedenjakajien ja paikallisilmastoalueiden määrittelyllä karttapohjalle. Ilmastoanalyysin perusteella, asukkaita haastatteleamalla ja havainnoinnilla arvioidaan tuulikanaalit, kylmän ilman virrat, kylmän ilman järvet tai rinteissä jonkin esteen muodostamat kylmän ilman taskut, eli alueet, joissa kylmä ilma seisoo. Aurinkoanalyysin ja vuoristoisessa maastossa tai suurten rakennusmassojen tuntumassa varjojen konstruoinnin perusteella voidaan myös merkitä eri maastokohtien aurinkoisuus tai varjoisuus. Karttaan merkitään myös erityiset havainnot, kuten eroosio, vesistöt, kosteikot, havaintoja tuulensuojaisista vyöhykkeistä ja paikallisista tuulijärjestelmistä jne. (Halvorsen, Sterten)
2. Havainnollisuuden vuoksi on usein syytä piirtää suunnittelualueesta aksonometria tai lintu-perspektiivikuva, johon merkitään alueen tärkeimmät ilmastolliset tapahtumat sekä rakennetun- ja luonnonympäristön pääpiirteet ja erilaiset vyöhykkeet.
3. Varjoanalyysi. Mäkisessä maastossa ja suurissa laaksoissa on alueiden rakennettavuuden yhtenä osaselvityksenä tehtävä varjoisuusanalyysi, jossa tarkistetaan rakennuspaikkojen auringonsaanti tasauspäivänä. Analyysi voidaan tehdä CAD mallinnuksena, varjopiirroksina tai pienoismallilla aurinkokelloa käyttäen. (Børve & Sterten)
4. Rakennettu ympäristö. Mikäli suunnittelukohteesta ei ole tehty pienoismallia, voidaan tulevaa mikroilmastoa ennakoida sijoittamalla muiden kohteiden tuulitunnelikokeista saatuja virtausmalleja kyseisen kohteen kaavaluonnoksen illustraatioon mittakaavoissa 1:500-1:200. Tulos ei tarkkuudeltaan ja luotettavuudeltaan kuitenkaan ole lähelläkään pienoismallin testauksesta saatavaa.

Pienoismallien tuulitestaus

Rakennetun ympäristön mikroilmaston parantaminen edellyttää usein pienoismallien tuulitunnelitestausta, joka nykyisin on kallista ja hankalaa. CASE:n tuulitestaustaite on liikuteltava ja helppokäyttöinen, ja sen käyttäminen on kustannuksiltaan edullista.

Pienoismallien testaaminen voidaan tehdä lattialla tai tavallisella pöydällä ilman kalliita kiinteitä asennuksia. Malliin kohdistetaan ilmavirta, joka puhaltaa indikaattorina toimivan aineen. Indikaattorin liikkeistä voidaan lukea tuuliset ja tyynet alueet, turbulenssit, lumen tai hiekan kasautuminen jne. Tulokset voidaan tallentaa valokuvoin tai videoimalla. Tuulitestausta perustuu pienoismallien käyttöön ja täten tukee arkkitehdin työskentelyä, joka perusluonteeltaan on kolmiulotteista.



Kuva 110. CASE tuulitestaustaiteistolla voidaan testata noin 900x900 mm mittaisia, 400 mm korkeita pienoismalleja. (Kuismanen 2000)

CASE tuulitestaustaiteiden hyväksikäyttö ja merkitys

Menetelmää voidaan käyttää sekä yhdyskunta- että rakennussuunnittelussa. Testauksessa voidaan myös simuloida ilmastonmuutoksen mukanaan tuomia uusia tuuliolosuhteita, ja torjua mahdollisia ongelmia jo etukäteen.

Kaupunkisuunnittelutehtävissä menetelmä mahdollistaa kaupunginosien ja kortteleiden muotoilun positiivisen mikroilmaston aikaansaamiseksi. Tuulikanavia suunnittelemalla voidaan edistää pakokaasujen ja muiden ilmansaasteiden tuulettumista. Lumen ja hiekan kasautumisen ohjaaminen pois kulkuväyliltä vähentää puhdistustöitä. Matkailu-rakentamisessa on monia kohteita, joissa tuulisuuden ja mikroilmaston hallinta ovat tarpeellisia, kuten laskettelurinteet, ulkoallasalueet, aurinkoterassit ja pienvensatamat. Ilmastonmuutos tulee muuttamaan monien matkailukeskusten kilpailutilannetta oleellisesti etenkin talvikautena.

Menetelmällä voidaan tehostaa rakennusten luonnonmukaista tuulettumista ja tukea painovoimaisen ilmastoinnin toimintaa. Ilmaston lämpeneminen lisää tarvetta tuuletukseen, jäähdy-

tykseen ja liikalämmöltä suojaukseen, mikä voi tapahtua myös luonnonmukaisesti, mikäli mikroilmaston prosessit hallitaan. Trooppisessa ilmastossa on mahdollista mm. suunnitella kerroksellinen julkisivu, joka päästää ilmavirtaukset läpi, mutta pysäyttää sisään tunkeutuvan hiekan ja sääsket.

Tuulitestauslaitteiston käyttäminen helpottaa sellaisten räystäs-, ikkuna- ja seinädetaljien kehittämistä, joihin lumi, hiekka ja viistosade eivät pääse tunkeutumaan. Paremmiin toimivat rakenteet vähentävät rakennusvaurioita ja korjauskuluja sekä pidentävät rakenteiden ikää.

Tuulelta suojaavien kortteleiden ja rakennusmuotojen avulla voidaan talojen energiankulutusta vähentää 5-10 prosenttia. Aurinkoisuuden huomioiminen mahdollistaa lisäksi 5-10 prosentin energiansäästön. (Glaumann, Kivistö, Kuismanen 2008)

6.3 Rakennetun ympäristön tuulisuuden kriteerit

Ilmasto siinä mielessä kun se vaikuttaa rakentamiseen ja ihmisten elämiseen muodostuu lämpötilasta, ilman kosteudesta, sateesta, ilman liikkeistä ja auringon säteilystä. Ilmastomuutokseen varautumisen edellytys on, että sekä muuttuvalle ilmastolle että tärkeimmille suunnittelun osatekijöille annetaan numeerisesti ilmaistut tavoitetasot, ja tältä pohjalta laaditaan käytännön suunnitteluohjeet.

Ruotsalaisen Statens Institut för Bygghforskning:n (SIB) tutkijat ovat selvittäneet tuulen kokemista ja tehneet ehdotuksen oleskelualueiden tuulisuuskriteereiksi, ks. taulukko 9. Kriteerit koskevat tuulta 2 m korkeudessa, kun taas meteorologiset tilastot mitataan 10 m korkeudesta, mistä syystä niistä on vähennettävä 1/4 oikean arvon saamiseksi. Taulukon oikeanpuoleiset suositukset ovat käytännössä yleensä helpommat käyttää. (Glaumann & Westerberg)

Tuulimittausten ja haastattelujen perusteella ovat SIB:n tutkijat antaneet taulukossa 10 esitetyt suositukset tuulen edellyttämistä suunnittelutoimenpiteistä. VTT:n Oulun Meritullin tutkimusraportissa viitataan Huntin tekemiin tuulitunnelikokeisiin, joissa mitattiin tuulen kokemista. Tulokset olivat lähellä edellä esitettyjä. (Glaumann & Westerberg, Oulun)

Yhteenvedona eri tutkimuksista voidaan suositella seuraavien tuuliolosuhdekriteerien noudattamista (Lapissa olisi syytä talvella noudattaa jopa tiukempia kriteereitä):

- Kevyenliikenteen väylillä ei keskimääräinen tuulen nopeus saisi ylittää 5 m/s.
- Yleisillä ulko-oleskelualueilla ei keskimääräinen tuulen nopeus saisi ylittää 3 m/s.
- Pihdoilla, bussipysäkeillä ja leikkialueilla ei keskimääräinen tuulen nopeus saisi ylittää 1,5 m/s.

Taulukko 9. Ulkoalueiden tuulisuuskriteerit (Glaumann & Westerberg 1980, suom. KK)

Ulkoalueiden tuulisuuskriteerit ajallisena vallitsevuutena (%) ja koettuna tuulennopeutena. Kriteerit pätevät sekä kenttä- että tuulitunnelimittauksien tuloksiin.		
	VAIHTOEHTOISET RAJA-ARVOT	
ULKOALUEET	SEN AJANJAKSON OSUUS VUODESTA, JOLLOIN TUULENNOPEUTTA 5 M/S EI SAA YLITTÄÄ	TUULEN VUOTUINEN KESKIVARVO M/S, JOTA EI SAA YLITTÄÄ
Kävely- ja pyörätiet - henkilövahinkojen riski	50 %	5
Lyhyen oleskelun ulkotila, esim. tori, bussipysäkki - raja hyväksyttävälle olosuhteille	20 %	3
Pitkäaikaisen ulkona olemisen alue, esim. oleskelu- ja leikkipaikat - tavoitteellinen olosuhteiden raja	0,5 %	1,5

Taulukko 10. Tuulen keskinopeuden luonnehdinta ja tarvittavat suunnittelutoimenpiteet (Glaumann/Westerberg 1980, suom. KK)

KESKINOPEUS 2 M KORKEUDESSA M/S	TUULISUUDEN LUONNEHDINTA	SUUNNITTELUTOIMENPITEITÄ
yli 5,5	Hyvin tuulinen	Rakennukset ja alueet vaativat suojaamista. Tuulitunnelitestausta voidaan edellyttää.
4,0 - 5,5	Tuulinen	Oleskelu- ja kevyen liikenteen väylät sijoitettava suojaan ja varustettava tuulen suojauksella
2,5 - 4,0	Hieman tuulinen	Pihat ja parvekkeet tarvitsevat suojausta
alle 2,5	Suojaisa	Tuuli ei ole ongelma, ja suojausta tarvitaan vain joissain erikoistapauksissa

Suunnitteluohjeita esitetään liitteessä 1.

7 Ilmastomuutoksen hillintä suunnittelussa

7.1 Arviointiperiaatteet

Tutkimuksessa on arvioitu suunnitelmien toteuttamisen vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin rakennusten energiankäytön ja liikenteen osalta. Tapauksesta ja käytettävissä olevista lähtötiedoista riippuen arvioinnissa ovat mukana asuinrakennukset, toimitilat, henkilöliikenne ja tavaraliikenne.

Kasvihuonekaasupäästöt ilmaistaan hiilidioksidiekvivalenttina (CO₂-ekv.) Kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu hiilidioksidin (CO₂), metaanin (CH₄) ja typpioksiduulin (N₂O) osalta. Metaanipäästöt on muunnettu hiilidioksidiekvivalentiksi kertomalla ne luvulla 21 ja typpioksiduulipäästöt kertomalla ne luvulla 310.

Kuopion Saaristokaupungin ja Sodankylän raviradan alueen kohteiden koko elinkaaren aikaiset vaikutukset, ns. ekologinen tase, on arvioitu aikaisemmissa tutkimuksissa. Arvioinnin perusteella voidaan todeta, että kasvihuonekaasupäästöt ja muut vaikutukset ovat samansuuntaisia. Näin ollen pyrittäessä yhdyskuntarakennevalintoihin, joilla hillitään ilmastomuutosta, voidaan saavuttaa myös muita etuja, kuten luonnonvarojen käytön vähenemistä, muiden, terveydelle haitallisten, päästöjen vähenemistä ja yhdyskuntakustannusten vähenemistä.

7.1.1 Rakennukset

Suunnitelmien perusteella on arvioitu uusien rakennusten tai rakennuskannan muutoksen kerrosalamäärä (k-m²) talotyypeittäin (omakotitalot, rivitalot, kerrostalot, tiivis-matalaratkaisut, erityyppiset toimitilat jne.).

Rakennusten ominaisenergiankulutus (kWh/k-m², a) lämmityksessä ja muussa sähkön käytössä arvioidaan ottaen huomioon suunnitelman tavoiteajankohdasta riippuen tuleva kehitys rakentamismenetelmissä, laitteissa ym. Lämmitystapajakauma arvioidaan myös tulevassa tilanteessa. Arvioissa on yleensä käytetty tavoitteellisia lähtöoletuksia.

Energiantuotantotapa ja tuotannon ominaispäästöt (CO₂-ekv.g/kWh) arvioidaan nykytilanteen ja tulevan kehityksen perusteella. Lämmityksen ominaispäästöt arvioidaan yleensä paikallisen tuotannon tai talokohtaisten ratkaisujen perusteella. Sähköntuotannon päästöt arvioidaan tapauskohtaisesti paikallisen ja valtakunnallisen sähköntuotannon ominaispäästöjen tai niiden yhdistelmän perusteella. Tutkituissa kohteissa on kaukolämmön ja sähkön yhteistuotantoa, jonka päästöt on arvioitu hyödynjakomenetelmällä.

Tämän tutkimuksen esimerkkikohteissa on käytetty energian ominaiskulutuksen, lämmitystapojen ja energiantuotantotapojen osalta pääosin tavoitteellisia lähtöoletuksia. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisvaatimusten tiukentuminen edellyttää vielä tätäkin voimakkaampia tavoitteita ja niiden toteuttamisen varmistamista.

7.1.2 Liikenne

Suunnitelmien toteuttamisesta aiheutuva vuotuinen liikennesuorite (henkilökilometriä tai ajoneuvokilometriä) kulkutavoittain arvioidaan tulevassa tilanteessa. Arviointimenetelmä määrittyy käytettävissä olevien lähtötietojen perusteella. Suorite saatetaan saada suoraan liiken-

nemalliarvioinnin avulla, jos sellainen on käytettävissä. Suorite voidaan myös laskea asukasmäärän, asuntojen, työpaikkojen ja palvelujen sijainnin perusteella käyttäen valtakunnallisten henkilöliikennetutkimusten tai vastaavien keskimääräisiä tietoja.

Liikenteen ominaispäästöt ajoneuvotyypeittäin (CO₂-ekv.g/ajoneuvokilometri tai henkilökilometri) arvioidaan nykytilanteen ja tulevan kehityksen perusteella. Arvioinnissa voidaan hyödyntää esim. VTT:n LIPASTO -tietojärjestelmää (<http://lipasto.vtt.fi>). Esimerkkitutkimuksissa on pääosin käytetty tavoitteellisia ominaispäästöoletuksia.

Tutkimuksessa arvioiduissa kohteissa on tarkasteltu pääasiassa henkilöliikenteen vaikutuksia. Helsingin tutkimuskohteessa mukana on myös tavaraliikenne. Tahkon matkailukohteessa arvioitiin matkailijoiden liikenteen päästöt yleispiirteisesti lähtöalueelta lähtien.

7.2 Yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt

Tutkimuksen esimerkkialueet Helsingissä, Kokkolassa, Kuopiossa ja Sodankylässä sijaitsevat edullisesti yhdyskuntarakenteessa. Uudenmaan kehityskuvavaihtoehdoista on mahdollista muodostaa ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta edullinen kehityskuva. Tahkon matkailukohteeseen kannattaa selvittää raideliikenneyhteyden edellytykset.

Keskeisiä kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavia tekijöitä, joihin yhdyskuntasuunnittelulla voidaan vaikuttaa, ovat:

- alueiden sijainti
- aluetehokkuus
- talotyyppijakauma
- asumisväljyys
- haja-asutuksen osuus
- täydennysrakentamisen osuus
- rakennusten energiankulutus
- lämmitystavat
- energiantuotantotavat
- liikennetarve
- liikennejärjestelmä
- kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edellytykset
- henkilöautoriippuvuus
- kulikutapajakauma.

Liikenteeseen liittyvät tekijät määräytyvät pääosin yleispiirteisessä suunnittelussa, kun rakennusten energiankäyttöön vaikutetaan myös yksityiskohtaisessa suunnittelussa mm. pienilmaston ja passiivisen aurinkoenergian hyödyntämisen kautta.

8 Johtopäätökset ja suositukset

Tutkimuksessa laaditut ennusteet ilmastonmuutoksesta ääri-ilmiöiden ja eräiden keskimääräissuureiden muutosten osalta osoittautuivat erilaisiksi eri tutkimuspaikkakunnilla. Tämän perusteella suunnittelussa tulisi tarkastella paikallisia ilmasto-olosuhteita ja mahdollisuuksien mukaan hyödyntää ennusteita niiden muutoksista pitkällä aikavälillä. Paikkakuntien välillä on suuria eroja ennakoituissa muutoksissa. Minimilämpötila nousee eniten etelässä ja rannikolla ja vähiten pohjoisessa. Sulamis-jäätymissyklit vähenevät etelässä ja rannikolla ja lisääntyvät pohjoisessa. 5 vuorokauden sademaksimi kasvaa eniten Keski- ja Pohjois-Suomessa. Lumi-peatteen maksimiviesiarvo vähenee eniten etelässä. Lumipeitteen kesto aika vähenee kaikilla tutkimuspaikkakunnilla, eniten etelässä.

Ilmastonmuutokseen sopeutumisen kannalta yleispiirteisessä suunnittelussa tärkeäksi osoitettiin tulvavaara-alueiden kartoitus ja huomioon ottaminen toimintoja sijoitettaessa. Rannikolla merenpinnan nousu ja myrskytulvat sekä sisävesistöjen varrella lisääntyvien sademäärien aiheuttama vedenpinnan nousu ja tulvavaara voidaan ottaa huomioon alimman korkeus-aseman määrittelyllä. Tarvittaessa maanpintaa voidaan nostaa täyttömaalla. Yhdyskuntarakenteen eheyttäminen ja suhteellisen tiivis ja keskitetty rakenne edistävät luonnonalueiden säilymistä ja vesien ohjausmahdollisuuksia.

Tuulisuuden osalta tärkeää on muodostaa hyvää mikroilmastoa. Tähän vaikutetaan kortteli-, tontti- ja rakennustason suunnittelulla. Rannikolla tuulen vaikutus lisääntyy meren ollessa suuremman osan vuodesta avoin ja aallokon roiskeiden vaikuttaessa lähes ympäri vuoden. Viherrakenteilla voidaan suojata tuulilta ja muodostaa varjostusta kuumuutta ja auringonpaistetta vastaan.

Sadevedet, joiden määrä lisääntyy ilmastonmuutoksen edetessä, on ohjattava kaavasuunnittelulla viemäreihin, joiden kapasiteettia pitää mahdollisesti lisätä, ja ojiin ja muille sopiville alueille. Lämpäiseviä pinnoitteita voidaan käyttää tie- ja katurakenteissa taajamatulvien välttämiseksi.

Kasvihuonekaasupäästöjä vähentämällä voidaan hillitä ilmastonmuutosta pitkällä tähtäimellä. Kaavoituksella ja rakentamisen ohjauksella voidaan vaikuttaa erityisesti liikennetarpeeseen, kulkutapoihin, kaukolämmön hyödyntämismahdollisuuksiin ja rakennusten energiankäyttöön.

Rakennusten energiankulutuksen vähentäminen on erityisen tärkeää. Asumisväljyyden kasvuun tulisi kiinnittää huomiota. Kaavoituksella vaikutetaan talotyypin jakaumaan, ja rivi- ja kerrostalojen erilaiset yhdistelmät ovatkin selvästi parempia kuin suuret omakotitalot. Haja-asutuksen lisääntymistä tulisi välttää. Kauko- tai aluelämmityksen ominaispäästöt ovat yleensä selkeästi pienemmät kuin talokohtaisen lämmityksen päästöt. Talokohtaisessa lämmityksessä tulisi lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä.

Selkeät taajama-alueet mahdollistavat yhtenäisten luonnonalueiden ja virkistysalueiden sekä ekologisten käytävien ja verkostojen muodostamisen. Haja-asutus pirstoo luonnonalueita. Uudet alueet olisi sijoitettava olevan rakenteen yhteyteen. Toiminnot olisi sijoitettava lähelle toisiaan ja toimintojen sekoittumista suosittava eriytymisen sijasta.

Yleispiirteisessä suunnittelussa liikennejärjestelmällä on suuri merkitys. Uudet alueet tulisi sijoittaa tukemaan joukkoliikennereittejä. Erityisesti raideliikenteen varrella olevat alueet tulisi rakentaa ensisijaisesti. Kaavoituksella vaikutetaan merkittävästi mahdollisuuksiin kävelyyn,

pyöräilyyn ja joukkoliikenteen käyttöön. Alueiden sijainnilla on keskeinen merkitys kasvi-
huonekaasupäästöjen aiheutumisessa.

Ilmastonmuutoksen hillitsemisen kannalta edullisiksi osoittautuvat alueet, jotka sijaitsevat lii-
kenteellisesti edullisesti ja joilla voidaan hyödyntää kaukolämpöä tai käytetään uusiutuvia
energialähteitä talokohtaisessa lämmityksessä. Matalaenergiarakentaminen ja rakennusten
energiankäytön vähentäminen ovat tärkeitä. Erityisesti sähkölämmityksestä pitäisi luopua.
Sähkön käytön kasvu tulisi saada loppumaan ja sähkönkulutus pieneneään.

Kaavoituksen, suunnittelun ja rakentamisen ohjauksen lisäksi tarvitaan muita toimenpiteitä
kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Toimenpiteet liittyvät esimerkiksi asunto-, tontti-,
liikenne- ja veropolitiikkaan sekä kuntien maapolitiikkaan.

Tutkimus osoittaa, että ilmastonmuutoksen hillitsemistä ja siihen sopeutumista voidaan tar-
kastella samanaikaisesti. Tutkimuskohteissa ei ilmennyt ristiriitoja näiden tavoitteiden suh-
teen. Tutkituissa kohteissa voidaan ottaa huomioon muuttuva ilmasto ja sään ääri-ilmiöiden
muutokset. Niissä on myös mahdollista edistää ilmastonmuutoksen hillitsemistä. Raportissa
esitetään suunnitteluohjeita ja suosituksia ilmaston ja sen muuttumisen huomioon ottamiseksi
kaavoituksessa ja rakentamisessa eri suunnittelutasoille.

Tutkimuksessa muodostettiin esimerkkejä arviointitavoista. Tutkimus oli pilottityyppinen.
Kehittämistarpeet liittyvät mm. tuulisuus- ja aurinkoisuusselvityksiin, meteorologiseen aineis-
toon, kaavoituksen ja rakentamisen ohjaukseen, hallinnon kehittämiseen ja koulutukseen. Il-
mastonmuutoksen ennakointi ja siihen sopeutumisen ja varautumisen sekä hillitsemisen arvi-
ointi tulisi tuoda vakiintuneeksi osaksi kaavasuunnittelua. Ilmastonmuutoksen huomioimista
tulee kehittää suunnittelussa ja muodostaa siitä yksi keskeinen arviointitekijä suunnitelma-
vaihtoehtojen edullisuutta tarkasteltaessa. Kasvihuonekaasupäästöjen seuranta olisi tärkeää
niiden vähentämisen kannalta. Energiatohokkuus- tai kasvihuonekaasupäästöluokitus voitai-
siin muodostaa myös aluetasolle.

Ilmastonmuutoksen kiihtyminen aikaisempaa arvioitua nopeammin edellyttää arvioitua voi-
makkaampia keinoja siihen varautumiseen. Myös kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen
tulee kansainvälisten velvoitteiden tiukentuessa yhä tärkeämmäksi. Siksi jokainen toimenpide
päästöjen vähentämiseksi on tärkeä.

9 Kymmenen kultaista sääntöä kaavoittajalle

1. Selvitä paikalliset ilmasto-olosuhteet ja niiden muutosennusteet, erityisesti ääri-ilmiöiden osalta
2. Selvitä mahdolliset tulvavaara-alueet. Älä sijoita niille rakentamista, jos se ei ole turvallista ja järkevää. Selvitä myös turvalliset alimmat rakennuskorkeudet.
3. Täydennä olevaa yhdyskuntarakennetta. Älä sijoita uusia alueita irralleen olevasta rakenteesta. Vältä uuden haja-asutuksen muodostamista.
4. Suunnittele rakentamisalueet ja viheralueet ja –verkot samanaikaisesti.
5. Muodosta hyvää mikroilmastoa ottamalla huomioon erityisesti tuulisuuden vaikutukset.
6. Suunnittele ja varmista sadevesien ohjaus myös sademäärien lisääntyessä voimakkaasti. Vähennä pintavesien valumaa vesistöihin.
7. Muodosta mieluummin rivi-, pienkerros- ja kerrostalojen yhdistelmiä sisältäviä kuin väljien suurten omakotitalojen alueita. Pyri suhteellisen tiiviiseen rakenteeseen. Edistä kauko- tai aluelämmitystä ja uusiutuvien energialähteiden käyttöä.
8. Tarkista alueen joukkoliikenteen edellytykset. Muodosta alue tai rakenne niin, että se tukee joukkoliikenteen kehittämistä. Luo hyvä kävely- ja pyöräily-ympäristö.
9. Sijoita erilaiset toiminnot lähelle toisiaan. Sekoita toimintoja, älä erottele.
10. Arvioi vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin, valitse vaikutuksiltaan parhaat vaihtoehdot ja ratkaisut. Ota huomioon myös muut kestävän kehityksen näkökulmat.

Lähteet

ACCLIM-tutkimushanke. Ilmatieteen laitos. www.ilmatieteenlaitos.fi.

Alanko P., Kahila P., 2004. Luonnonmukainen puutarha. Tammi, Helsinki.

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

Alberts, W., 1982. Modelling the wind in the town planning process, Delft 1981, in Bitan A. (ed), 1982. The impact of climate on planning and building, Elsevier Sequoia.

ASTRA-projektin aineistoa. www.astra-project.org

van Beeck, J. (ed.), 2004. Impact of Wind and Storm on City Life and Built Environment, COST ACTION C14, von Karman Institute, Rhode-Saint-Genèse.

Broas P., 1992. Liikekeskuksen tuulisuuskokeet, osa 1. tornitalon ympäristö, VTT Laivatekniikan laboratorio, Espoo 30. 9. 1992

Børve A. B., Sterten A. 1981. Husbygging under krevende naturbetingelser. Trondheim. Norges Byggforskningsinstitutt, arbeidsrapport 26.

Børve, A. B., 1987. Hus og husgrupper i klimautsatte, kalde strøk. Utforming og virkemåte. Bodø. Arkitektthøgskolen i Oslo.

Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C.G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr and P. Whetton, 2007. Regional Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M.)

Church J.A., Gregory J.M., Huybrechts P., Kuhn M., Lambeck K., Nhuan M.T., Qin D., Woodworth P.L., 2001. Changes in Sea Level. In: Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C.A. (Eds.), Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

Confort thermique et economie d'energie, Dakar les 23 et 24 Avril 1996, seminaarijulkaisu.

Coulibaly Arona. Problematique de l'efficacite energetique dans les batiments au Mali, in Confort thermique et economie d'energie

Daniels, K. Simulationen im Windkanal und im Klimalabor, kirjassa Oswald, Wohltemperierte Architektur.

Ecole d'Architecture Marseille Luminy, 2006. Mécanisme microclimatique à propos d'une cour urbaine. (www.sivut 2.11.2006.)

Espil, E., 2006. Hacer ciudad – La construcción de las metrópolis, Universidad de Buenos Aires, nobuko, Buenos Aires.

European Environment Agency. Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe, Copenhagen, 2003. 8.4.2008. <<http://www.eea.europa.eu/>>

Evans B. H., 1991. Natural Air Flow around Buildings. Artikkelit 1972, Working 1991.

Gehl, J., 1987. Life Between Buildings. Using Public Space. Van Nostrand Reinhold Company, New York.

Givoni, B., 1998. Climate Consideration in Building and Urban design, New York.

Glaumann, M. & Westerberg, U., 1988. Klimatplanering, vind, AB Svensk Byggtjänst, Åkersberga.

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

Halvorsen Thorén A-K., Jonassen H., 1995. Vurdering av lokalklima og luftkvalitet på Forneby, tutkimusraportti, Sandvika.

Harmaajärvi, I., 2000. EcoBalance model for assessing sustainability in residential areas and relevant case studies in Finland. Environmental Impact Assessment Review 20 (2000) 373-380. Elsevier Science Inc. UK.

Harmaajärvi, I., 2002. Helsingin yleiskaava 2002, vaikutusten arviointi. Luonnoksen ilmasto-vaikutukset. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2002:13, 19.12.2002.

Harmaajärvi, I., 2005. Ilmastonmuutoksen haasteet yhdyskuntasuunnittelulle. Teoksessa Epävarma maailma. Toimittaneet Paula Ahonen-Rainio ja Ulla Huhtinen. Maanmittaustieteiden päivät 17.-18.11.2005, Teknillinen korkeakoulu, Espoo. Maanmittaustieteiden seuran julkaisu n:o 42. Espoo 2005. ss. 35-45.

Harmaajärvi, I., 2002. Pääkaupunkiseudun kasvihuonekaasupäästöihin merkittävästi vaikuttavat hankkeet – Päästöjen vähentämismahdollisuudet. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 2002:6. Helsinki.

Harmaajärvi, I., 2005. Rokua Life - Matkailuympäristön ekologinen kehittäminen. Ekologisuuden huomioiminen kaavoituksessa ja suunnittelussa. VTT Tutkimusraportti RTE 2073/05. Espoo.

Harmaajärvi, I., 2005. Rokua Life - Matkailuympäristön ekologinen kehittäminen. Ekologisen matkailuympäristön ja rakentamisen kehittäminen. VTT Tutkimusraportti RTE 2074/05. Espoo.

Harmaajärvi, I., 2005. Rokua Life - Matkailuympäristön ekologinen kehittäminen. Ympäristöä säästävä yhdyskuntatekniikka. VTT Tutkimusraportti RTE 2075/05. Espoo.

Harmaajärvi, I., 1998. Sodankylän raviradan asuntoalueen ekologinen tase. Sodankylän kunta, VTT Yhdyskuntatekniikka, Tutkimusraportti 454. Espoo.

Harmaajärvi, I., Heinonen, S. & Lahti, P., 2004. Urban form, transportation and greenhouse gas emissions - Experiences in the Nordic Countries. Pohjoismaiden ministerineuvosto. TemaNord 2004: 540. 90 p. <http://www.norden.org/pub/miljo/transport/sk/TN2004540.asp>.

Harmaajärvi, I., Huhdanmäki, A., Lahti, P., Mäkelä, K., Niskanen, S., Rosenberg, M., Räsänen, J. & Tuominen, H.T., 2002. Maankäytön ja liikenteen suunnittelun keinoja ilmansuojelun ja meluntorjunnan edistämiseksi. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2002:9, Helsinki.

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

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

Harmaajärvi, I., 2004. Urban Form and Greenhouse Gas Emissions in the Nordic Countries. Sustainable Urban Infrastructure, Zanon, Bruno (ed.), Approaches - Solutions - Methods, COSTC8, Best Practice in Sustainable Urban Infrastructure. International Conference, Trento, Italy, 6-8 November 2003. Università degli studi di Trento, COST Programme. Trento, Italy. pp. 178-192.

Higueras, E., 2006. Urbanismo bioclimático, Gustavo Gili, Barcelona.

Husbankhus for hardt klima. 1987. Husbankens avd. kontor Hammerfest, paper DEN NORSKE STATS HUSBANK/ VEDLEGG 2.2.4.

Huuska, P., 2006. Uudenmaan kasvihuonekaasupäästöt 1990 ja 2003. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV, Uudenmaan liitto. Uudenmaan liiton julkaisuja C 53 -2006.

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

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

IPCC, 2007. Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli. Neljäs arviointiraportti. Useita osaraportteja: Luonnontieteellinen perusta, vaikutukset, hillitseminen.

Izard, J-L., 1993. Architectures d'été, construire pour le confort d'été, Édisud, Aix-en-Provence.

Kahma, K. & Johansson, M. Perusselvitys Kruunuvuorenrannan kaavoituksen merenpinnan suunnitteluohjetta varten. Merentutkimuslaitos.

Kahma K., Pettersson H., Boman H., Seinä A., 1998: Alimmat suositeltavat rakennuskorkeudet Pohjanlahden, Saaristomeren ja Suomenlahden rannikoilla. Merentutkimuslaitos.

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

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

Kaupunkirakenne 2010, Kuopion kaupunki, 2003.

Kivistö T. & Rauhala K., 1982, 1987. Asuntoalueiden kaavoitus- ja käyttökustannukset (ASTA II), Raportti I ja Raportti 2: Aluekohtaiset tulokset ja johtopäätökset, YM Kaavoitus- ja rakennusosasto, 7/1982 ja 2/1987.

Kokkolan kaupunki. Tuulimittaustilastoja, tietokonetulosteita 2007.

Kosonen, L., 2007. Kuopio 2015. Jalankulku-, joukkoliikenne- ja autokaupunki. Ympäristöministeriö. Suomen Ympäristö 36/2007. Helsinki.

Kuismanen, K., 2008. Climate conscious architecture - design and wind testing method for changing climates, Oulun Yliopisto, Arkkitehtiosasto, Oulu .

Kuismanen, K. (ed.), 2007. Eco-House North – Ecological Wooden House Handbook. Pohjois-Pohjanmaan liiton julkaisusarja B:44. Oulu.

Kuismanen K., 2000. Ilmastotietoinen suunnittelu ja pienoismallien tuulitestauslaite, Oulun Yliopiston Arkkitehtuurin osaston julkaisu A28. Oulu.

Kuismanen K., 1992. Jyväskylän Kekkolan ilmasto- ja ympäristöanalyysi, loppuraportti. Oulu.

Kuismanen K., 1989. Nordic Countries Prefer "Soft" Alternatives in Choosing Winter Cities Solutions, artikkeli Winter Cities News volume 7, number 2/3 April/June 1989.

Kuismanen K., 1991. Pohjoiset ilmastolliset olosuhteet yhdyskunta- ja rakennussuunnittelussa. Oulu 30.10.1991. (Ympäristöministeriölle tehdyn tutkimuksen loppuraportti)

Kuismanen K. 1993. Tervolan koetalon suunnitelmat ja mallitestauksen tutkimusraportti. Oulu.

LIPASTO. Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. VTT. <http://lipasto.vtt.fi>

Maaninen, A. Kylmän ilmanalan rakentaminen, paper, s.a.

Makkonen, L. 2005. A new approach to estimating return periods of extreme events. IABSE Report "Structures and Extreme Events", Vol. 90, 382-383 & CD Rom.

Makkonen, L. 2006. Plotting positions in extreme value analysis. Journal of Applied Meteorology and Climatology 45(2), 334-340.

Makkonen, L., 2008. Problems in the extreme value analysis. Structural Safety (painossa).

Makkonen, L., 2008b. Bringing closure to the plotting position controversy, Communications in Statistics – Theory and Methods 37(3), 460-467.

Makkonen, L., Ruokolainen, L., Räisänen, J. & Tikanmäki, M., 2007: Regional Climate model estimates for changes in Nordic extreme event. Geophysica 43 (1-2): 19-42.

Matilainen V., 1997. Parempi poistoilmanvaihto, Enertek Oy paper, Helsinki 9.12.1997.

- Mattson J. O., 1979. Mikro- och lokalklimatologin. Malmö.
- Miller, F., Reite, A., 1993. Levende hus - om miljø- og ressursvennlig bygging, Oslo.
- Nilsian kaupunki, 2008. Tietoja Tahkon kehittämisestä.
- Ollila M. (toim.), 2002. Ylimmät vedenkorkeudet ja sortumariskit ranta-alueille rakennettaessa, Suomen Ympäristökeskus, Ympäristöopas 52, Helsinki.
- Oswalt Philipp ed. Wohltemperierte Architektur, Verlag C. F. Müller, Heidelberg 1994
- Oulun Meritullin alueen tuulisuustutkimus pienoismallilla tuulitunnelissa. VTT Valmistustekniikka, tutkimusraportti VAL314-5018 1994.
- Palmer, T.N. & Räisänen, J., 2002. Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate. *Nature*, 415, 512-514.
- Raahen torinrannan tuulisuus. Paloaseman tornissa tehdyt tuulisuusmittaukset 1989 - 1991, Wind measurement daybook of Raahe 1989 - 1991.
- Rummukainen, M. & Räisänen, J., 2001. A regional climate model for northern Europe: model description and results from the downscaling of two GCM control simulations. *Climate Dynamics*, 17, 339-359
- Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Döscher, R., Graham, L.P., Jones, C., Meier, H.E.M., Samuelsson, P. & Willén, U., 2004: European climate in the late 21st century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Climate Dynamics*, 22, 13-31.
- Sea Level Change Affecting the Spatial Development in the Baltic Sea Region, Geological Survey of Finland, Special Paper 41
- Silfverberg, K., 2008. Ilmastomuutos ja Helsingin suuret rantarakentamishankkeet. *Arkkitehti-lehti*, maaliskuu 2008.
- Solklart. 1991. Boverket, Karlshamn.
- Stedsanalyse - innhold og gjennomføring, 1993. Miljøverndepartementet, Oslo.
- Sterten A. K., Børve A. B., 1995. Nordisk forsøksprosjekt 1991: Videreutdanning i Biofysisk Miljøplanlegging og Bygningsformgiving, Valdres.
- Sterten A. K., 2001. Med naturen som lærer i miljøets tjeneste, Valdres.
- Swedish Meteorological and Hydrological Institute. Sea Level Change Affecting the Spatial Development in the Baltic Sea Region, Geological Survey of Finland, Special Paper 41.
- Sörnäistenranta-Hermanninranta (Kalasatama) osayleiskaavaluonnos. Aineistot 2006.
- Terhaag L. Thermische Behaglichkeit, in Oswalt. Wohltemperierte Architektur
- Tilastoja Suomen ilmastosta 1961-1990. Ilmatieteen laitos, Helsinki 1990.

Uudenmaan liitto ja tiehallinto, 2008. RataVALHEA.

Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus 2004-2005. Liikenne- ja viestintäministeriö.
www.hlt.fi.

Wahlgren, I., 2007. Eco Efficiency of Urban Form and Transportation. ECEEE 2007 Summer Study, Saving Energy - Just do it! 4-9 June 2007, La Colle sur Loup, France, Conference proceedings, cd-rom. ECEEE. La Colle sur Loup, France (2007), 1679-1690.

Wahlgren, I. & Halonen, M. 2008. Espoon maankäytön kehittämissuunnitelmien ilmastovai-
kutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-00250-08.

Wahlgren, I., 2007. Haja-asutus – ongelma ilmastonmuutoksen hillinnässä. Maankäyttö
(2007) No: 2, s. 10 – 13.

Wahlgren, I., 2006. Ilmastonmuutoksen haasteet kaavoitukselle. Maankäyttö (2006) No: 2, s.
6 – 10.

Wahlgren, I., 2006. Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa. Ympäristöklusterin
tutkimushanke 23. Tutkimussuunnitelma 20.1.2006, 14.6.2006.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Kokkolan Vanhansatamanlahden yleis-
kaavan ilmastovaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03981-08. Espoo.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Kuopion Saaristokaupungin ilmastovai-
kutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03983-08. Espoo.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Nilsiä Tahkon kehittämissuunnitelmien
ilmastovaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03984-08. Espoo.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Sodankylän raviradan asuntoalueen il-
mastovaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03985-08. Espoo.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2007. Sörnäistenranta-Hermanninranta-
osayleiskaava. Ilmastonmuutoksen huomioonottaminen. VTT Tutkimusraportti VTT-R-
00471-07. Espoo. 57 s.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Uudenmaan maankäytön kehityskuva-
vaihtoehtojen ilmastovaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03982-08. Espoo. 90 s.

Wahlgren, I. 2008. Sipoon yleiskaava 2025. Yleiskaavaehdotuksen vaikutusten arviointi. VTT
Tutkimusraportti VTT-R-02114-08. Espoo. 53 s.

Wind Effects Bulletin. Wind Engineering Research Center, Graduate School of Engineering,
Tokyo Polytechnic University, volumes 4 - 8, 2005 - 2007

Zahn, K., 2006. Nachhaltige Stadtentwicklung, Kompakte Stadt oder ”ökologisierte Subur-
bia”?, Wohnung + Gesundheit, nr. 118, Frühjahr, 2006.

Yeang, K., 1999. The Green Skyscraper, Prestel, Landshut.

LIITTEET

Liite 1. Suunnitteluohjeita

Viihtyvyys ja ekologisuus suunnittelukriteereinä

Rakentamiselle asetettu vaatimus kestävän kehityksen mukaisesta rakennustavasta ja viihtyisyyden parantamisesta edellyttävät ilmastotietoisien suunnittelumetodin käyttämistä. Tällaiseen suunnitteluun kuuluvat ympäristöanalyysin tekeminen, havaintojen tulkitseminen, pienoismallien tuulitestausta sekä menetelmät käytännön ratkaisujen tekemiseksi kaava- ja arkkitehtisuunnittelussa.

Ympäristötietoisien aluesuunnittelun tavoitteena on integroida yhdyskuntien rakentamisen, liikenteen ja energiankäytön tarpeet luonnonympäristöön (ilmasto, geomorfologia, veden kierto, kasvillisuus, eläimistö) siten, että ihmisen toiminnan ekologinen jalanjälki minimoituu. Fyysisesti tämä tarkoittaa rakentamisen rajaamista, ja maatalousmaan sekä luonnonympäristön säilyttämistä.

Tuuli ja lämpö ovat tärkeimmät rakennettuun ympäristöön vaikuttavat säätökijät. Lämpötilalle emme juuri mahda mitään, mutta rakennetun ympäristön tuulisuuteen voimme sen sijaan vaikuttaa suurestikin. Mikroilmastoa parantavia toimenpiteitä voidaan tehdä sekä yhdyskunta-että rakennussuunnittelun yhteydessä.

Kaavasuunnittelutehtävissä tavoitteena on kaupunginosien ja kortteleiden muotoilu positiivisen mikroilmaston aikaansaamiseksi. Tuulikanavia suunnittelemalla voidaan edistää pakokaasujen ja muiden ilmansaasteiden tuulettumista. Lumen kasautumisen ohjaaminen pois kulkuväyliltä vähentää puhdistustöitä. Matkailurakentamisessa on monia kohteita, joissa tuulisuuden ja mikroilmaston hallinta ovat tarpeellisia, kuten laskettelurinteet, ulkoallasalueet, aurinkoterassit ja pienvenesatamat.

Tuuli jäädyttää rakenteita, ja tuulelta suojaavien kortteli- ja rakennusmuotojen avulla voidaan talojen energiankulutusta vähentää Suomen ilmastossa 5-10 prosenttia. Auringon hyödyntäminen mahdollistaa lisäksi 5-10 prosentin energiansäästön.

Kylmässä ilmastossa tuulisuus koetaan yleensä kiusalliseksi, ja siksi tuulelta suojattujen ulkotilojen toteuttaminen lisää viihtyisyyttä ja etenkin liikuntavammaisilla myös kävelemisen turvallisuutta. Varsinkin bussipysäkit, leikki-pihat, ulko-oleskelualueet ja rakennusten sisäänkäynnit tulisi suojata voimakkailta ilmavirtauksilta. (Higuera, Kivistö)

Aluesuunnittelu ja ilmasto

Aluesuunnittelu edellyttää ilmaston ja sen muuttumisen huomioimista suunnittelussa. Olosuhteita voidaan aktiivisesti parantaa, riskejä pienentää ja monesti luonnonvoimia voidaan myös hyödyntää. Maakunnan tasolla ilmastomuutoksen huomioimisen pääkohdat ovat:

- myrskyjen ja sateiden vaikutusten huomiointi
- tulvasuojelu
- tuulen vaikutus energiankulutukseen
- vaikutukset tuulienergian tuotantoon
- varoitus- ja pelastusjärjestelmien kehittäminen
- ohjeet rakennusjärjestysten ja kaavamääräysten kehittämiseksi.

Myrskyjen ja tuulen voimakkuuksien lisääntyminen edellyttää rakennuspaikkojen tuulisuuden analysointia ja tarvittaessa rakenteiden vahvistamista. Tulvasuojelu edellyttää rakennusten sijoittumisen hallintaa ja vedenpinnan tulvakorkeuksien torjuntaa. Rakennusten energiankulutukseen vaikuttavat tekijät ovat tärkeysjärjestyksessä: auringon säteily, paikalliset lämpötilaerot ja tuulisuus. Rannikolla ja korkeilla paikoilla tuulisuuden merkitys kuitenkin korostuu. Esimerkiksi Helsingin Pihlajistossa energiakustannukset ovat noin 50 %:a korkeammat kuin keskikaupungilla. Tuulipuistojen sijoitteluun vaikuttavat ennusteet eri rannikonosien tuulisuuden muuttumisesta.

Koska kaavoitus on pitkäjänteistä toimintaa, on muutosten ennakointi tärkeää.

Yhdyskuntasuunnittelun tehtäviä ovat kestävä kaupunkikehityksen edellytysten selvittäminen, täydennysrakentaminen, viherstruktuurit ja kulttuurimaisema, liikenneverkot sekä esteettiset laadut ja rakennustapa. Ilmaston merkitys tulisi huomioida näissä kaikissa. Viimeaikainen kaupunkitutkimus on painottanut toimivien biotooppien merkitystä, jotta kaupungit pitkälläkin tähtäimellä saisivat tarvitsemansa ilman, veden, ruuan ja energian. (Yeang)

Toimivan rakennetun ympäristön analyysin tulisi kattaa neljä pääteemaa, jotka ovat:

- Yhdyskunnan historiallinen kehitys.
- Luonto ja maisema.
- Rakennettu struktuuri ja rakennukset.
- Paikalliset erityispiirteet. (Stedsanalyse)

Rakennetun ympäristön mikroilmastoa muokkaa suurelta osalta kaupunkirakenne, jonka analysointi siksin on elimellinen osa ilmaston huomioivaa suunnitteluprosessia. Käyttökelpoisia analyysimenetelmiä on useita, tässä tutkimuksessa on käytetty CASE-menetelmää.

Osatekijöiden analysointi ei useinkaan riitä kuvaamaan kokonaisuutta eikä erikoisen paikan kokemista. Esimerkiksi kävely pohjoisafrikkalaisessa kaupungissa pakenee numeerista kuvausta; aukkojen ja kangaskatosten läpi siilautuva vaihteleva valo, askelten kaiku, kuuman ja viileän aallot, auringon paahtamien tiilten ja mausteiden tuoksu. Kaikki tämä täydentää ilmaston ja visuaalisen ympäristön kokemusta.

Kaavoitus

Aluetaso

Hyvä mikroilmasto rakennettuun ympäristöön olisi ensisijaisesti luotava kaavoituksella ja rakennusten suunnittelulla sekä säilyttämällä oleva puusto. Kaavoitettavien rakennusalueiden tulisi olla mahdollisimmat tehokkaita ja tiiviitä, jotta vastaavasti voitaisiin jättää laajoja yhtenäisiä metsäalueita luonnontilaan ("tiivistä suojellaksesi"). Varsinkin saneerausten yhteydessä toteutetaan tarvittaessa myös erityisiä tuulensuojarakenteita. Viiman estämisellä voidaan parantaa myös rakennusten lämpötaloutta. Katujen tuulisuutta voitaisiin jonkun verran vähentää kaavoittamalla vaihteleva, polveileva katuverkosto.

Mikäli yhdyskuntarakennetta ja rakennuksia muotoilemalla ei saavuteta hyväksyttävää mikroilmaston tasoa, parannetaan olosuhteita tuulensuojauksella. Toimenpiteet voidaan jakaa etäsuojaukseen (fjärrskydd) ja lähisuojaukseen (närskydd). Suojaistutuskaistat, jotka vähentävät tuulisuutta koko alueella ovat esimerkki etäsuojauksesta, ja ne ovat yleensä muodoltaan korkeita ja rakenteeltaan harvoja. Lähisuojat ovat matalia ja tiiviimpiä, usein rakennusaineisia

tai tiheää kasvustoa. Lähisuoijat suunnitellaan suojaamaan pienehköjä ulko-oleskelualueita ja kulkuväyliä. (Glaumann & Westerberg)

Etäsuojana useat yhdensuuntaiset esteet toistensa vaikutusalueella antavat yhdessä paremman tuloksen kuin erilliset. Tehokkain yhdistelmä saadaan etäisyydeltään 8-10 kertaa esteen korkeuden verran sijaitsevilla läpäisyltään 20 %:n suojilla. Tiheydellä 15-20 %:a suoja-alue muodostuu lähelle suojarakennetta. Suurin suoja-alue kohtuullisella virtausnopeudella saadaan käytettäessä 50 %:n rakennetta. Suoran suojan vaikutus jää aina huonommaksi verrattuna polveilevaan suojaan, koska tuulen suunta käytännössä vaihtelee jonkin verran. Luonnossa ei saavuteta samaa tehokkuutta kuin tuulitesteissä, koska testissä virtauksen suunta on vakio. (Glaumann & Westerberg, Kuismanen 1993)

Eräissä pohjoismaisissa kaavaprojekteissa on kehitelty uusia kaavamääräyksiä, jotka soveltuvat ympäristötietoiseen kaavoitukseen. Nämä kaavamääräykset koskettavat mm. seuraavia asioita:

- rakennuksen suojasivu ja sitä koskevat erityismääräykset
- vaadittavat aerodynaamiset kattomuodot
- asuntojen eri osien aurinkoisuus, joka ilmoitetaan aurinkotunteina tasauspäivänä
- ohjeet rakennusmassojen muotoilusta, siten että ne eivät aiheuta varjoja tai tuuliolosuhteitten huononemista naapurin tontilla
- vaatimukset korttelien tai tonttien toiminnallisesta monipuolisuudesta
- aikavaatimukset: esim. suojaistutukset ja palvelut toteutettava ennen muuta rakentamista
- lumen varastointi- ja poistamissuunnitelmat sekä enimmäisetäisyys lumenvarastointipaikalle (esim. 75 m)
- määräykset suojavyöhykkeistä: esim. puiden lukumäärä pinta-alayksikköä kohden
- aukoiden ja maksimikoko (esim. 30 m x 30 m).

Asemakaavan yhteydessä olisi myös esitettävä selvitys kyseisen kaavan liittymisestä kaupunkikokonaisuuteen ja julkiseen liikenteeseen. Ilmastollisessa mielessä olisi selvitettävä kaavan vaikutus naapurialueitten mikroilmastoon ja ilman laatuun. Kaavaan voisi myös liittyä selittäviä leikkauksia ja aksonometrioita, joissa annetaan ohjeita rakennussuunnittelijoille miljööön ja mikroilmaston muodostamisesta, passiivisesta aurinkoenergian hyödyntämisestä, katutilan luonteesta jne.

Yhteenvetona eri tutkimuksista voidaan suositella seuraavien tuuliolosuhdekriteerien noudattamista:

- kevyenliikenteen väylillä ei keskimääräinen tuulen nopeus saisi ylittää 5 m/s
- yleisillä ulko-oleskelualueilla ei keskimääräinen tuulen nopeus saisi ylittää 3 m/s
- pihoiden ja leikkialueilla ei keskimääräinen tuulen nopeus saisi ylittää 1,5 m/s.

Korttelitaso

Tuulisuutta ajatellen maaston muodot, suojakasvillisuus, katualueet, rakennukset ja pihat muodostavat yhdessä toimivan kokonaisuuden. Sulkemalla kortteleita ja rakentamalla suhteellisen tiheää tasakorkeaa struktuuria voidaan ilmavirtauksia vaimentaa huomattavasti varsinkin pihoiden. Matala-tiivis-rakennustapa parantaa myös katutilojen mikroilmastoa.

Yleensä matala rakentaminen ja kasvillisuus vähentävät tuulten vaikutusta, ja korkeat rakennukset voimistavat. Rakennusten nurkissa ovat ilmavirtaukset vaikeimmin hallittavissa. Suurten rakennusten aiheuttamaa turbulenssia voidaan vähentää porrastamalla korkeutta nurkissa tai liittämällä matalampia huoltorakennuksia kulmiin. Paras suojaus maanpinnan tasoon saadaan rakentamalla rakennukset umpipihan muotoon. Kulmanmuotoisilla rakennuksilla on helpompi muodostaa positiivinen mikroilmasto kuin suorakaidemassoilla. Pyöreät ja pyramidimaiset massat aiheuttavat vähemmän pyörteitä ympäristöönsä, mutta niiden suojavaikutus on myös pieni.

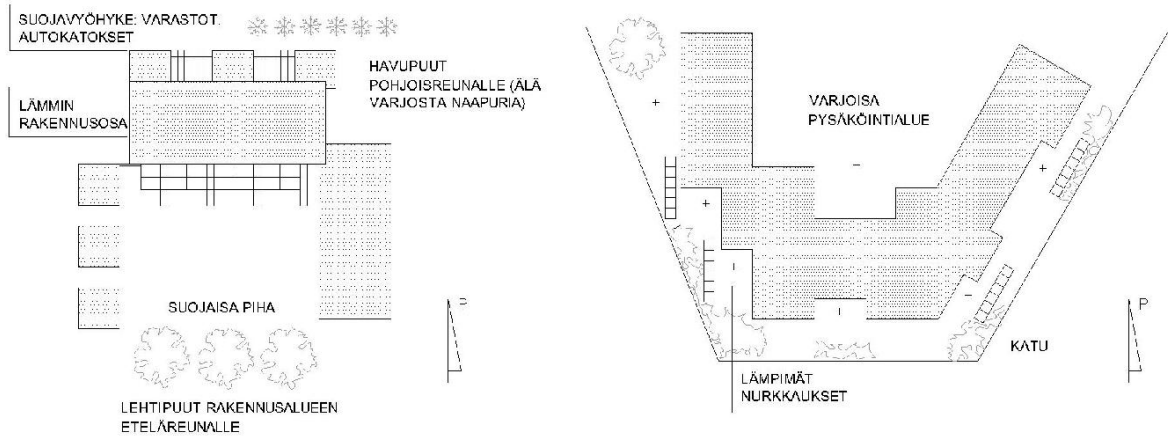
Pitkät suorat kadut ovat helposti tuulisia, ja viisto tuuli aiheuttaa tällaisessa katukanjonissa pitkän pyörteisen virtauksen. Yli 30 metrin mittaisilla aukeilla tuuli laskee alas maantasoon ja pääsee puhaltamaan jo voimakkaasti. Yli kolmekerroksiset ja 20 metriä pitkät rakennukset sekä tornit tai muut ympäristöään korkeammat rakennukset aiheuttavat voimakkaita turbulensseja ympärilleen. (Alberts, Børve, Evans, Kuismanen 2008)

Rakennussuunnittelu

Ilmaston muuttuminen asettaa rakennussuunnittelulle sekä mukavuuteen että fyysiseen kestävyteen liittyviä vaatimuksia:

- Lämpötilojen nouseminen edellyttää parempaa auringonsuojausta, kesäaikaista tuule- tusta ja toisinaan jäähdytystä.
- Tuulten ja myrskyjen lisääntyminen koettelee katto- ja julkisivurakenteita, edellyttää rakennuksilta hyvää tiiveyttä sekä vaatii myös ulkopuolisten rakenteiden vahvistamis- ta.
- Rankat vesisateet edellyttävät vedenpoistojärjestelmien mitoitusten tarkistamista.
- Pitkiin kuivuusjaksoihin voidaan varautua varastoimalla sadevettä käytettäväksi puu- tarhojen kasteluun.
- Lumimyrskyt voivat olla ankaria ja liukkaat kelit jopa lisääntyvät, mikä on huomioita- va jalankulkuväylien suojaus- ja sulattamistarvetta arvioitaessa.
- Rantarakenteisiin kohdistuu entistä kovempia aalto- ja kosteusrasituksia.

Sekä passiivisesti että aktiivisesti aurinkoenergiaa käyttävien talojen toteuttaminen on jo ny- kytekniikalla realistista. Rakennukset tulisi suunnitella ainakin passiivisen aurinkotalon peri- aatteilla, mikä edellyttää kaavoitusvaiheessa aurinkoisuusanalyysien tekemistä. Rakennus on monilla muillakin tavoin yhteydessä ulkona tapahtuviin luonnonprosesseihin ja vaikuttaa ym- päristönsä mikroilmastoon.

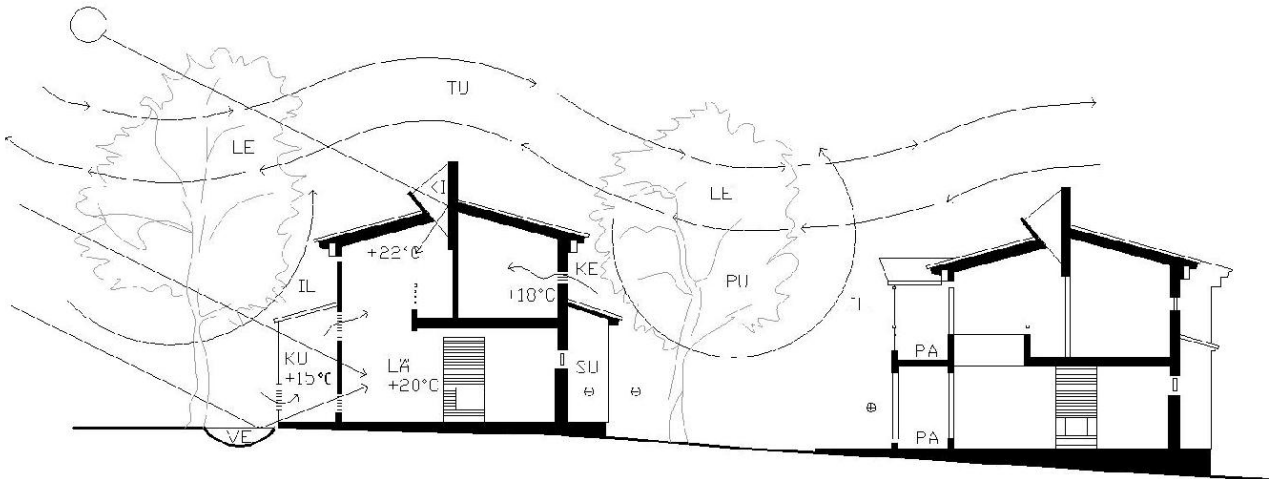


Kuva 1. Rakennusten suuntaus auringon suhteen. (Kuismanen 2008)

- PASSIIVISEN AURINKOTALON PERIAATE:
 - SUUNTAUS KAAKON JA LOUNAAAN VÄLILLE
 - AURINGONHEIJASTAJAT KERÄÄVÄT MATALALLA PAISTAVAN TALVIAURINGON JA HEIJASTAVAT SEN SISÄTILOIHIN (VARJOSTAVAT KESÄLLÄ)
 - TUMMAT PUURAKENTEET OLESKELUPIHALLA KERÄÄVÄT LÄMPÖÄ
 - LEHTIPUUT VARJOSTAVAT KESÄLLÄ, MUTTA EIVÄT VARJOSTA TALVELLA
 - RAKENNUKSEN AVOIN SIVU KAAKON JA LOUNAAAN VÄLILLE
 - RAKENNUKSEN SULJETTU SIVU LUOTEN JA KOILLISEN VÄLILLE.
- AUTOPAIKAT TONTIN VARJOISALLA OSALLA TAI KADUN VARRELLA.
- RAKENNA TONTIN HUONOIMMALLE PAIKALLE, SÄILYTÄ PARHAAT OSAT LUONNONTILAISINA.
- ÄLÄ SIJOITA RAKENNUSTA KESKELLE TONTTIA (PIHA-ALUE PIRSTOUTUU).



Kuva 2. Rakennuksen muotoilulla ja yksityiskohdilla voidaan vaikuttaa lähiympäristön tuulisuuteen ja vähentää tuulen jäähdyttävää vaikutusta. (Kuismanen 2008)

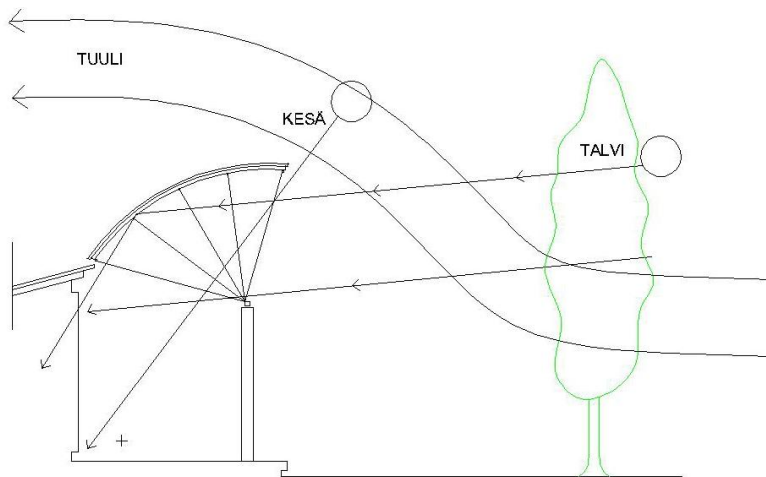


Kuva 3. Rakennusten sisä- ja ulkotilojen välinen vuorovaikutus. (Kuismanen 2008)

IL	VARJON JA AURINGON AIHEUTTAMA TERMINEN ILMAVIRTAUS PIHALLA
KE	KESÄLLÄ KORVAUSILMA VARJON PUOLELTA
KI	KATTOIKKUNA TUULETUSREITTINÄ KESÄLLÄ
KU	LÄMMITTÄMÄTTÖMÄLTÄ AURINKOISELTA KUISTILTA KORVAUSILMA LÄMMITYSKAUTENA
LE	LEHTIPUUT SUOJAAVAT AURINGOLTA KESÄLLÄ
LÄ	LÄMPÖÄ TUOTTAVAT TOIMINNAT KESKELLE
PA	PARVEKETTA VOI KÄYTTÄÄ KORVAUSILMAN ESILÄMMITYKSEEN
PU	PUUT PUHDISTAVAT ILMAA
SU	LÄMMITTÄMÄTTÖMIEN RAKENNELMIEN MUODOSTAMA SUOJAVYÖHYKE
TU	PIENIMITTAKAAVAVINEN RAKENTAMINEN PITÄÄ TUULET KATTOJEN YLÄPUOLELLA
VE	VESILAMMIKKO HEIJASTAA VALOA JA TOIMII LUMENKERÄYSPAIKKANA TALVELLA

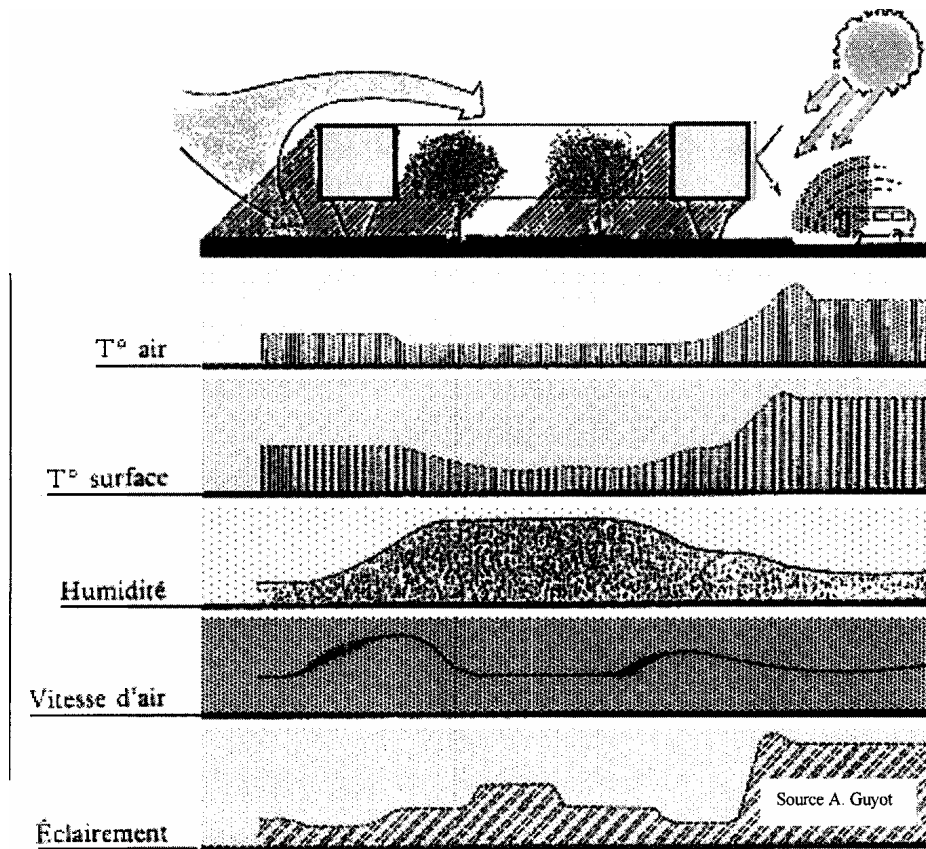
Usein esiintyvä ongelma etenkin etelä- ja länsirannikoilla on kylmän tuulen puhaltaminen samalta suunnalta auringon kanssa. Tällöin pyritään tuuli ohjaamaan pihan yli ja luomaan suojaisa poukama esimerkiksi tuulen suuntaan avautuvan auran muotoisella pohjapiirroksella tai katoksella tuulen puolella (kovera muoto). Toisaalta suora tai kupera seinä tuulen puolella aiheuttaa turbulenssin, joka vähentää lumen kinostumista. Loiva pitkä katto suojan puolella vähentää suojaisaa aluetta ja lumen keräytymistä. Mahdollisuuksien mukaan talon ja rakennusryhmän selkä käännetään päätuulensuuntaan. Arkadit ja katetut jalkakäytävät suojaavat sateelta, liukkaudelta ja auringolta.

Rakennusmassat kannattaa yleensä jaotella pihan muodostamisen helpottamiseksi, ja aputilat voi usein sijoittaa omiin rakennuksiinsa tontin reunoille. Taloja ei saisi sijoittaa keskelle tonttia, ettei piha pirstoonnu. Rivitalot tulisi toteuttaa lyhyinä massoina, jotka muodostavat piha-piirin. Elinkeinojen harjoittamiseen liittyvät ulko- ja varastotilat tulisi sijoittaa erilleen ja suojattava lauta-aidalla. Tuulen vaimentamiseksi pihat jaotellaan tarvittaessa piharakennuksien, aidoin ja istutuksien. Autopaikat tulisi sijoittaa tontin varjoisalle osalle tai kadunvarsipaikoille.



Kuva 4. Lounaistuulen puolelle rakennettu lippa, joka muodostaa tyynen oleskelualueen, varjostaa kesällä ja päästää auringon sisään talvella.

Rakennukset olisi suunniteltava muodostuvan vyöhykkeistä rakennuspaikan tuuli- ja valaisuo-
losuhteiden mukaisesti. Pohjoiseen ja tuulisiin ilmansuuntiin päin tehdään suojavyöhykkeet
kylmistä taloustiloista, luhtikäytävistä, säleiköistä jne. Kaavamääräykset ja rakennusalat on
muotoiltava siten, etteivät nämä kylmät ja puolilämpimät tilat vie varsinaista rakennusoikeut-
ta, vaan tulevat normaalitehokkuuksien lisäksi.



Kuva 5. Monimuotoiset rakennukset vaikuttavat rakennuspaikan ilman lämpötilaan, maanpinnan läm-
pötilaan, kosteuteen, ilmavirran nopeuteen ja valaisun voimakkuuteen (Ecole)

Rakennuksen kattopintojen reuna-alueet ja nurkat noin 0,5 m leveydeltä ovat erityisen alttiita tuulen painevaikutuksille. Tasakatolla vallitsee yleensä alipaine ja esiintyy erilaisia turbulensseja. Tuulenpaine muuttuu alipaineisesta ylipaineiseksi kattokulman kasvaessa. Välillä 14°-21° voi esiintyä sekä positiivista että negatiivista kuormitusta. Harjakaton kulman ollessa vajaa 30° ovat painevaikutukset pienimmillään. Pulpettikattoa vetää alipaine kaltevuuskulmalla 0-15°. Yli 15°:n kallistus aiheuttaa hieman ylipainetta katon keskelle, ja noin 25°:n asennossa yli- ja alipainevoimat jakautuvat säännönmukaisesti. Kattokaltevuuksia koskevia tarkkoja sääntöjä ei voida esittää, koska tuulivoimien jakaantumiseen ja syntymiseen vaikuttavat monet tekijät, kuten vesikaton alapuolisen rakennusosan korkeus ja yksityiskohdat, pinnankarkeuden vaihtelut, naapurien aiheuttamat ilmavirrat jne. (Jensen, Mattson)

Myrskytuhojen välttämiseksi räystäiden, kattojen, julkisivujen, kiinnitysten ja lasitusten lujuutta tuulikuormia vastaan on parannettava tuulisilla tonteilla nykyisiin normeihin ja käytäntöihin verrattuna arviolta 20-30 %.

Rakennussuunnittelu:

- tiivis, matala ja pienimittakaavainen rakentaminen helpottaa hyvän mikroilmaston luomista
- korkeat rakennukset ohjaavat ilmavirtauksia maantasoon
- rakennuksen suunnittelu vyöhykkeittäin siten, että pohjoisen tai tuulten puolella on kylmien rakennelmien muodostama puskurivyöhyke, keskellä lämmin sydän, ja aurinگون puolella oleskeluun tarkoitettuja sisä- ja ulkotiloja
- suojautuminen tuulilta parvekkeilla tai kaksinkertaisella julkisivulla
- parvekkeet, lipat ja luhtikäytävät vähentävät alas suuntautuvia ilmavirtauksia, samoin rakennuksen viereiset kasvit, köynnössäleiköt, katokset yms.
- suositeltava kattokulma tuulen kannalta on 15°-21°
- aerodynaamisesti oikein muotoiltu räystäas vähentää turbulensseja
- rakennusten suuntaaminen aurinkoon
- autopaikat varjoon
- lehtipuut eteläpuolelle, havupuut pohjoiseen. (Kuismanen 2000)

Rantarakentamisen vaihtoehtoiset ratkaisut

Periaatteessa rakennetuilla alueilla rantarakenteet voidaan tehdä kolmella eri tavalla:

- 1) Luiskaamalla.
- 2) Pystysuoralla seinämällä.
- 3) Kelluvalla tai kiinteällä laiturirakenteella.

Kaupunkiolosuhteissa todennäköisin ratkaisu on 2), pystysuoran seinämän käyttäminen. Aaltojen kohdatessa rantarakenteen aiheuttaa pystymuuri korkean aallon ja useiden metrien korkeiset roiskeet, jotka tuuli puolestaan lennättää rantakaduille ja niiden varrella olevien rakennusten seiniin. Äärimmäisissä tilanteissa voi aallokko ja tuuli yhdessä lyödä vesipatjan rantarakennuksiin saakka. Tällainen vesipatja voi huuhtoa rantakadulla kulkijan mereen ja vahingoittaa rakenteita ja rakennuksia.

Maaailmanlaajuisesti merenpinta on kohoamassa, mutta Suomessa tämä osittain kompensoituu maanpinnan kohoamisella. Merenpinnan mahdollinen kohoaminen yhdessä tuulen voimistu-

misen kanssa tulee lisäämään aallokon vaikutusta rantarakenteisiin ja rannikolla sijaitseviin taloihin.

Tuulensuojakasvillisuuden suunnittelu

Tontin ja sen ympäristön luonteenomaiset kasvupaikkatyypit muodostavat lähtökohdan kasvilajeja ja kasviyhdyksuntia suunniteltaessa. Pieneliöstön ja -kasvuston on pystyttävä vaihtamaan geenejä ympäröivän luonnon kanssa viherkäytävien kautta.

Luonnonmukaisten helppohoitoisten tuulensuojaistutusten lähtökohtana ovat maaperän ja ilmaston mukaiset kasvustot. Perusta puutarhasuunnitelmalle saadaan luontoanalyysistä, jossa määritellään mm. rakennuspaikan luontotyyppi. Tämä antaa jo suunnan tuleville vihertöille ja kasvivalinnoille.

Selkeän lähtökohdan suunnittelulle antaa Alangon ja Kahilan esittämä jako:

- 1) Harjupuutarha.
- 2) Kallio- ja kivikkopuutarha.
- 3) Metsäpuutarha.
- 4) Rodo- eli alppiruusu puutarha.(Alanko)

Lehtipuiden vaikutus tuulennopeuteen vaihtelee vuodenajoittain lehvästön vähentäessä tuulisuutta 20 - 30 %. Korkeat puut rakennusryhmän keskellä vähentävät tuulisuutta tehokkaasti. Puuston suojaava vaikutus ulottuu aivan latvuston tasalle, ja siksi on tärkeää, että tuulisella seudulla rakennuksia ei uloteta latvuksien yläpuolelle. Suojattavat alueet mieluummin ympäröidään suojaistutuksin ja vältetään istutuslinjojen säännönmukaisuutta, koska tuulensuunta voi usein vaihdella jopa 90°, vaikka keskisuunta säilyisikin samana. Puuston valmistelu ja harventaminen kestävyuden lisäämiseksi olisi tehtävä viitisen vuotta ennen rakentamista. Harvahkoilla lehtipuukujilla ei mikroilmaston kannalta ole paljoa vaikutusta. (Maaninen, Miller)

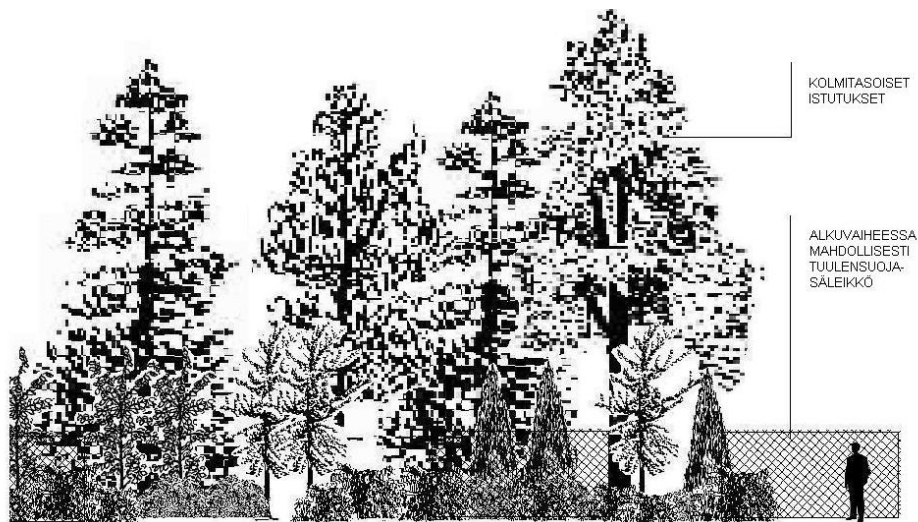
Parkkialueilla ja kaduilla voidaan ilman laatua parantaa kierrättämällä ilmaa termisesti puuston lävitse (kuva 3, kohdat IL ja PU).

Monilla alueilla oikein tehty vihersuunnittelu on hyvä keino aktiivisesti parantaa mikroilmastoa. Tehokkaimmat tuulensuojat syntyvät kolmitasoisista istutuksista, ja Istutuksissa on käytettävä samalta tai pohjoisemmalla kasvuvyöhykkeeltä peräisin olevia taimia.

Tuulelta suojaavien, luonnonmukaisten istutusten rungon muodostavat useimmiten ikivihreät puut ja pensaat, joiden välit täyttävät maanpeitekasvit, pensaat, koristeheinät ja perennat. Nämä eivät kestä talleamista, joten liikkumista varten tarvitaan kivi- tai sorapintaisia polkuja; sateisuuden lisääntyessä tällaisia vettä läpäiseviä alueita tarvitaan entistä enemmän. Eroosion välttämiseksi säilytettävässä kangasmetsikössä tulee kulkemista kanavoida polkujen, pitkospuiden ja portaiden avulla.

Luonnonmukaisuus näkyy myös vihertöiden kokonaisilmeessä, ja yleensä puutarhan näkymät ovat monikerroksisia, kuten luonnonmaisemakin. Puiden alla on varjossa viihtyviä pensaita, peittokasveja, varjoperennoja ja keväisin sipulikasveja. Pensasistutukset ja maanpeitekasvustot ovat tiheitä ja monilajisia. Kukat ja ravintokasvit eivät ole erillisissä penkeissä, vaan lomituvat muihin istutuksiin. Rikkakasveja torjutaan tiheillä maanpeittokasvustoilla, avomaan välttämällä, katteilla ja varjostuksella. Edellä olevasta kuvauksesta voi päätellä, että

luonnonmukainen puutarha ei sovi aivan joka paikkaan, vaan on tilanteita, joissa muotopuutarha (*parterre*), hoidetut ruusuistutukset tai vastaavat ovat paikallaan.



Kuva.6. Kolmitasoiset istutukset.

- ISTUTUSTEN PERIAATE:
 - MAANTASSOISSA 0,5-1,5 M KORKEAT TIHEÄT PENSAIKOT
 - VÄLITASOSSA 1,5-3 M KORKEAT PENSAAT JA PUUT, JOTKA OVAT LÄPÄISEVYYDELTÄÄN 30-50 %:A
 - YLÄTASSOSSA PUUSTO; LÄPÄISEVYYDELTÄÄN YLI 50 %:A.
- ERIKORKUISET ISTUTUKSET SEKOITETTUINA ANTAVAT PARHAAN SUOJAN TUULTA VASTAAN.
- HAVUPUUT SUOJAAVAT TALVELLA PARHAITEN.
- VARSINKIN ALKUVUOSINA ISTUTUKSIA ON HYVÄ TÄYDENTÄÄ TUULENSUOJASÄLEIKÖIN (LÄPÄISY 30%-60%).
- IKIVIHREITÄ KASVEJA TULISI SUOSIA.

Suunnitteluohjeita:

- valitse puutarhan peruslinja ja kasvilajit rakennuspaikan maaperän ja luontotyypin mukaan
- vältä turhaa tasaamista ja käytä maamassat tontin muotoiluun
- käytä tiheitä monilajisia istutuksia
- suosi kosteikkoja ja vesiaihteita
- säilytä kalliot mahdollisuuksien mukaan koskemattomina.
- suosi paikalla luonnostaan kasvavia lajeja
- vältä suuria ruohikoita, ellet tarvitse pallokenttää tms.
- käytä luonnollisia maanpeitekasveja
- keto puhdistaa ilmaa monikymmenkertaisesti verrattuna leikattuun nurmikkoon
- suosi ikivihreitä kasveja; täydennä istutuksia kukkivilla lajeilla
- vältä suuria asfalttipintoja; käytä materiaaleja, jotka eivät estä sadeveden imeytymistä maahan
- kerää pintaturve rakennuspaikalta, varastoi se ja käytä tontin viherrakentamiseen.
- itsehoitavat istutusryhmät (ekologinen puutarha) vähentävät kiinteistön hoitokuluja.
- eri vuodenaikojen kukat ja värit sommitelmina. (Kuismanen 2007)

Tulvasuojelu

Meren rannoilla tulvasuojelun päätoimenpiteet liittyvät rakennusten perustamiskorkeuksiin ja rantarakenteisiin.

Sisämaassa ja jokisuilla tulvien estäminen jakautuu itse suunnittelualueella tapahtuviin toimenpiteisiin ja yläpuolisella sadanta-alueella tehtävään sadeveden virtaaman hidastamiseen. Keskeisimmät toimenpiteet ovat:

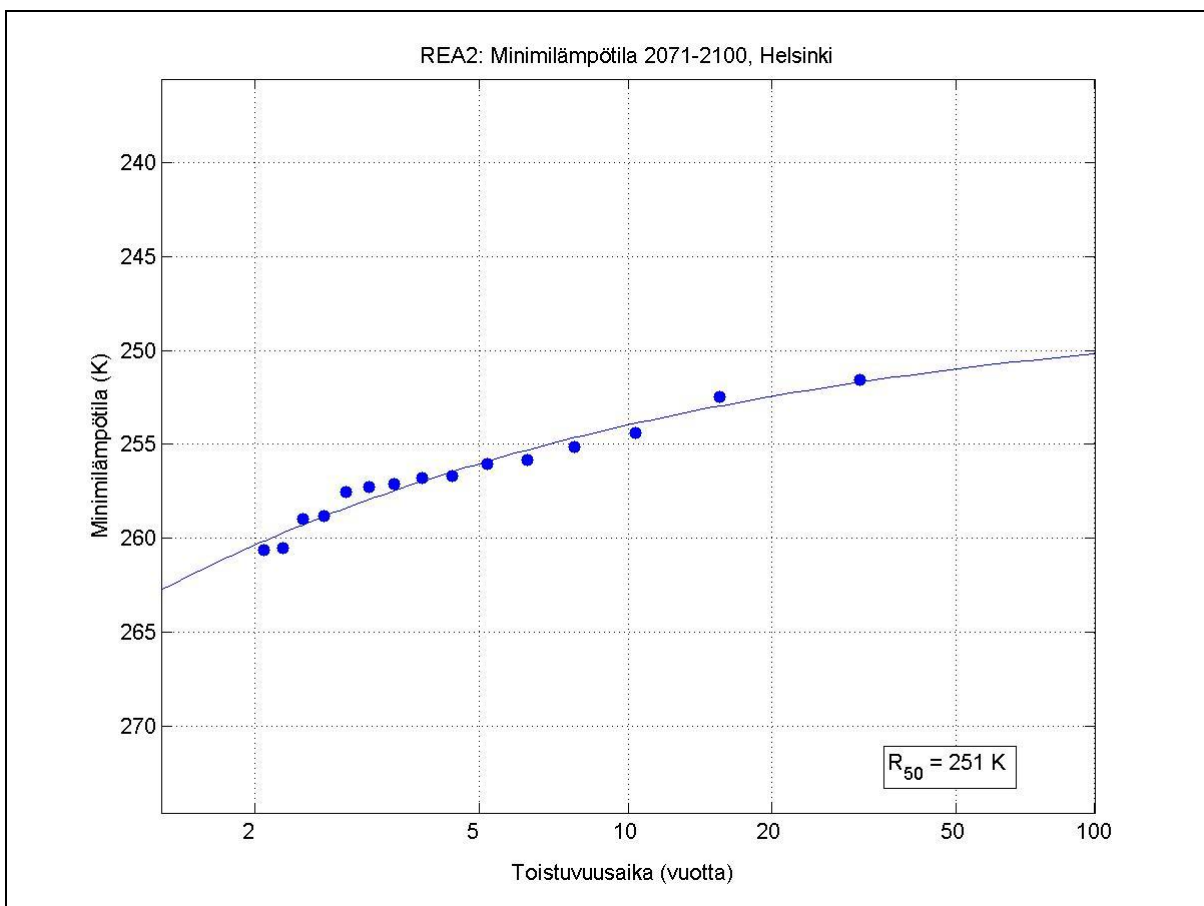
- säilyttää maastossa olevat veden luonnolliset poistumisväylät (ojat, laaksot)
- kerätä rankkasateiden aikana vettä lampiin, säiliöihin ja maaston painanteisiin
- lisätä maaperän absorptiota kaupungeissa läpäisevin pinnoittein ja sopivin istutusaluein
- vähentää pintaveden johtamista kiinteistöistä ja liikennealueilta sadevesiviemäriin ja sitä kautta vesistöihin
- vähentää metsä- ja suo-ojituksia, sekä lisäämällä maaston kykyä pidättää sade- ja sulamisvesiä.

Tulvien torjunnassa kosteikot ja suot ovat tärkeitä. Jokainen prosentin lisäys kosteikkoalueissa vähentää tulvien voimakkuutta alajuoksulla 2 - 4 prosenttia. (Givoni, Higuera, Kuismanen 2008)

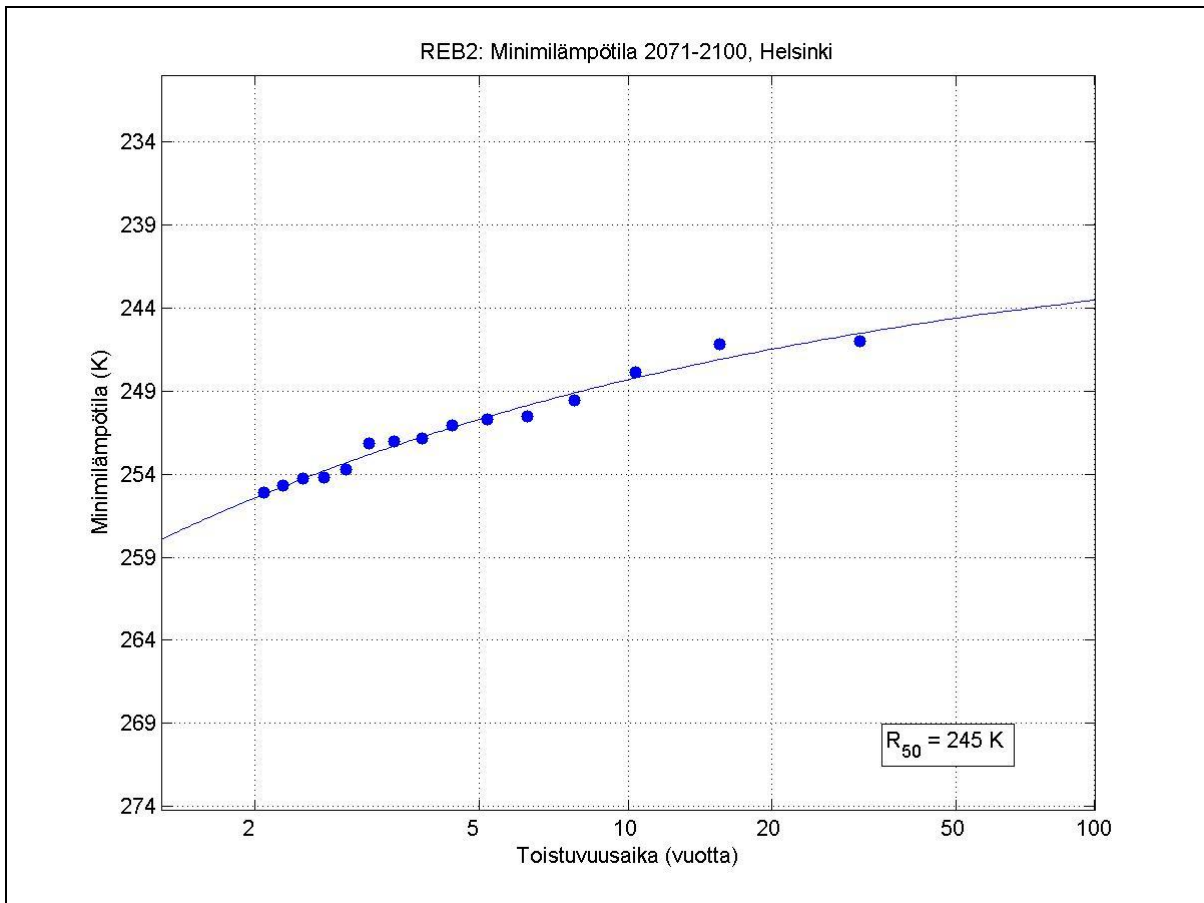
Liite 2. Esimerkkejä ilmastomalliajojen analyysistä ääritapausten määrittämiseksi

Seuraavassa esitetään esimerkkejä ilmastomalliajojen tuloksista, esimerkkinä minimilämpötilaa koskevat malliajot Helsingin kohdalla sijaitsevassa laskentapisteessä (Wahlgren, Kuismänen & Makkonen 2007). Tutkimuksessa muodostetut ennusteet ovat eri globaalimalleihin ja päästöskenaarioihin perustuvien malliajojen tulosten keskiarvoja.

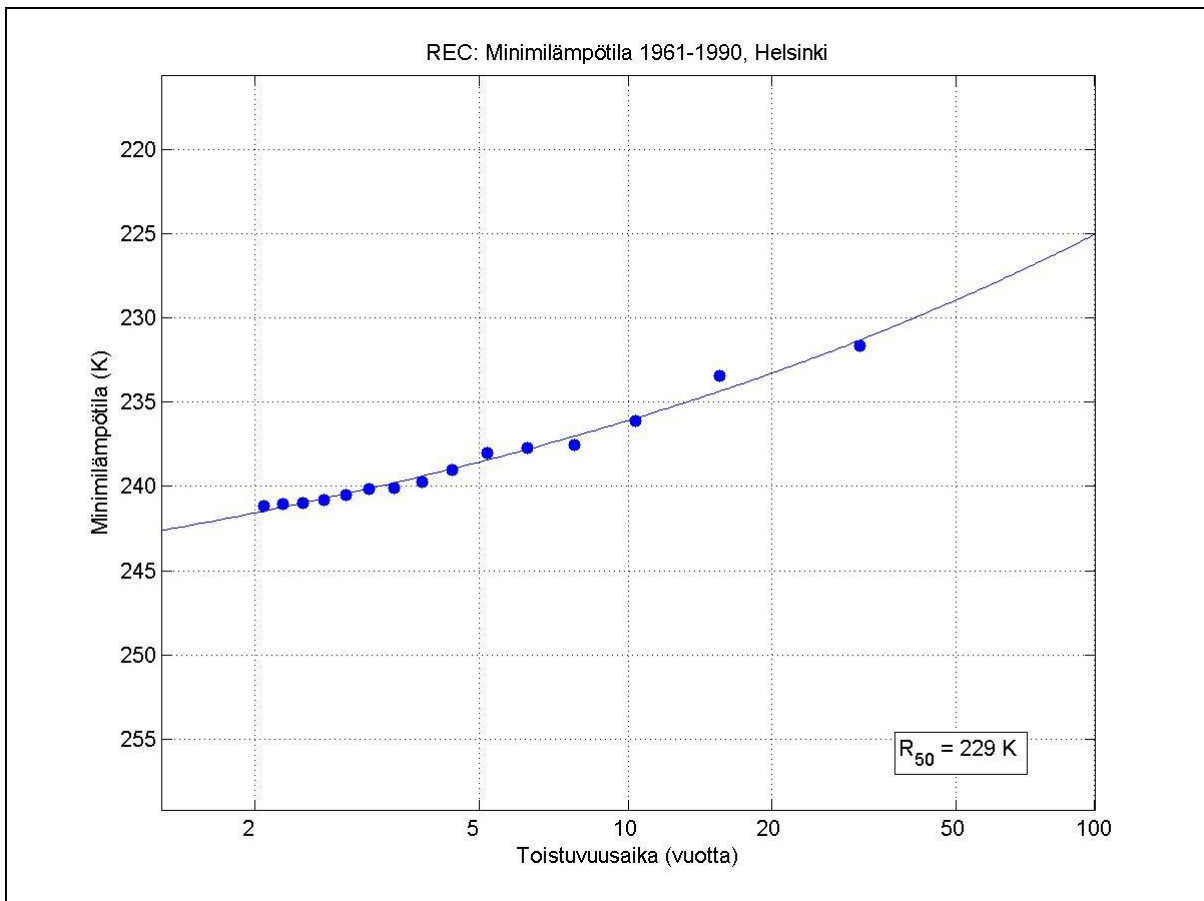
Kuvissa 50 vuoden toistuvuusajaa vastaava säämuuttujan arvo on pystyakselilla se, millä kohtaa pisteitä approksimoiva käyrä ohittaa vaakasteikolla 50 vuotta. Esimerkiksi kuvassa 1 (Minimilämpötila REA2) 50 vuoden toistuvuusajaa vastaava minimilämpötila on 251 K (-22 astetta C).



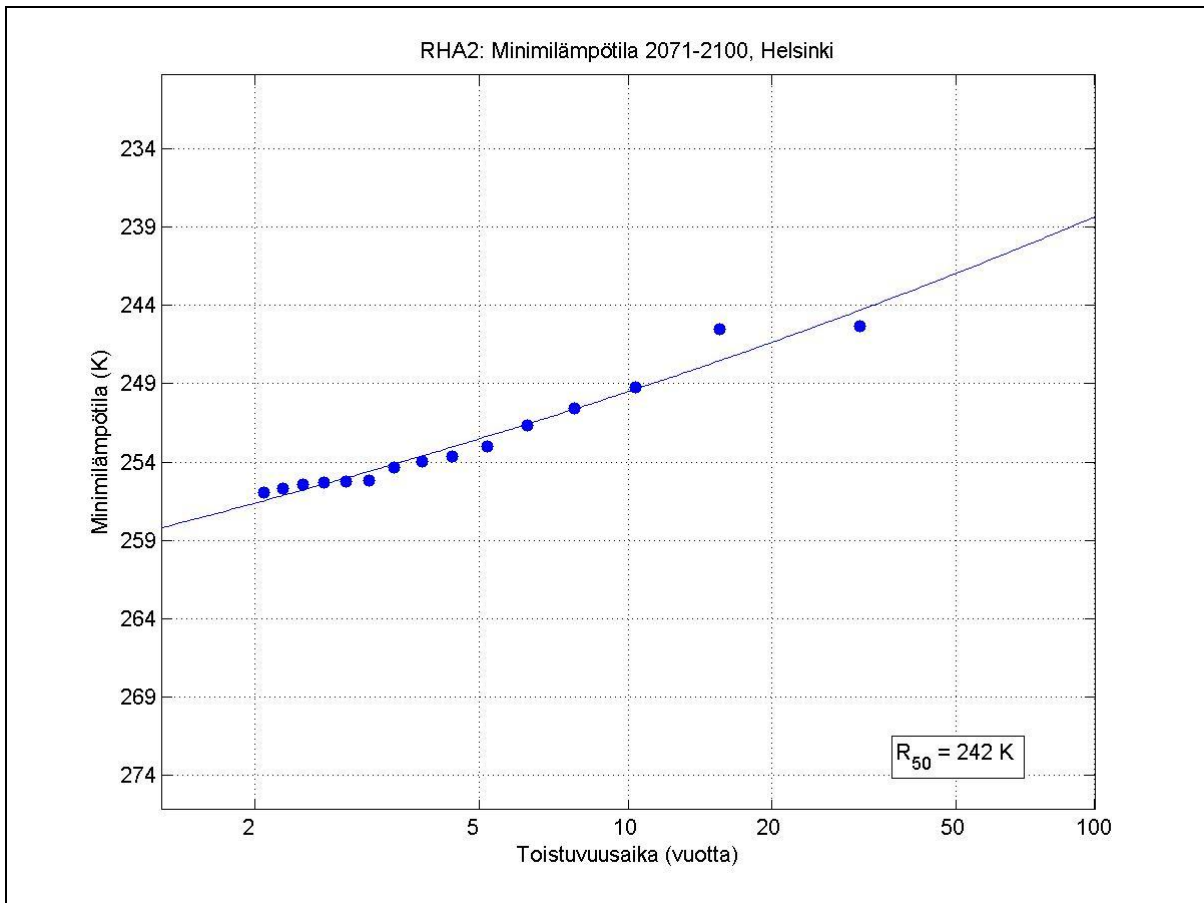
Kuva 1. Minimilämpötila (K) skenaariossa REA2.



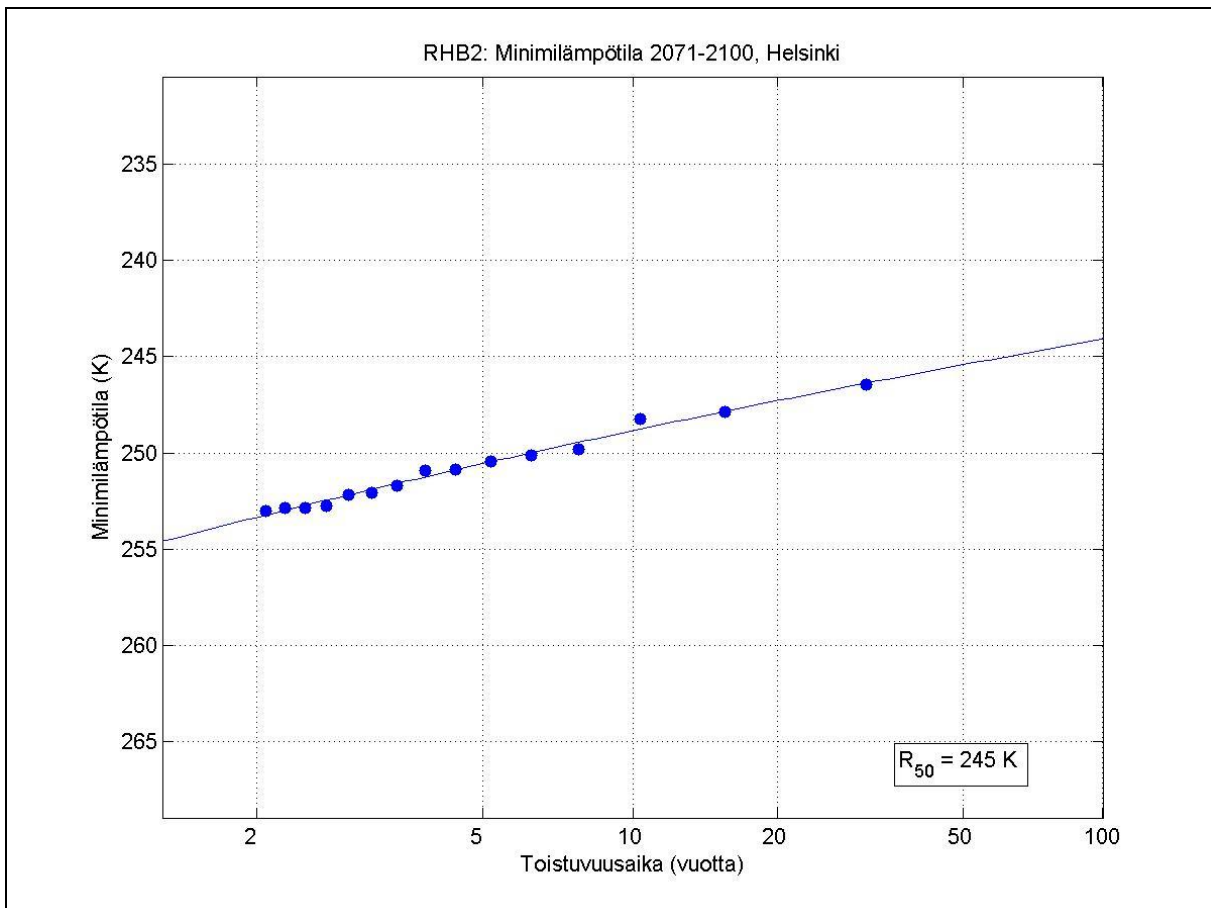
Kuva 2. Minimilämpötila (K) skenaariossa REB2.



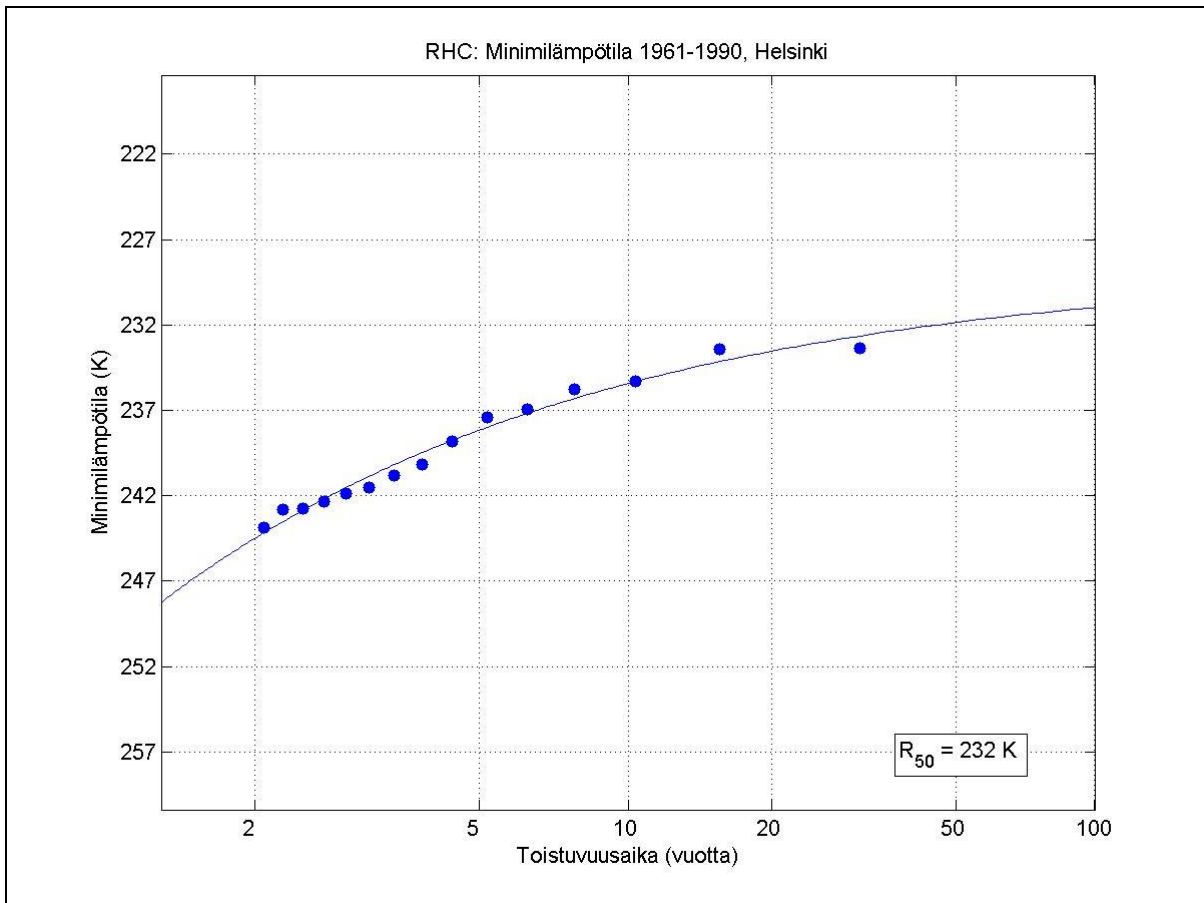
Kuva 3. Minimilämpötila (K) vertailujaksossa REC.



Kuva 4. Minimilämpötila (K) skenaariossa RHA2.

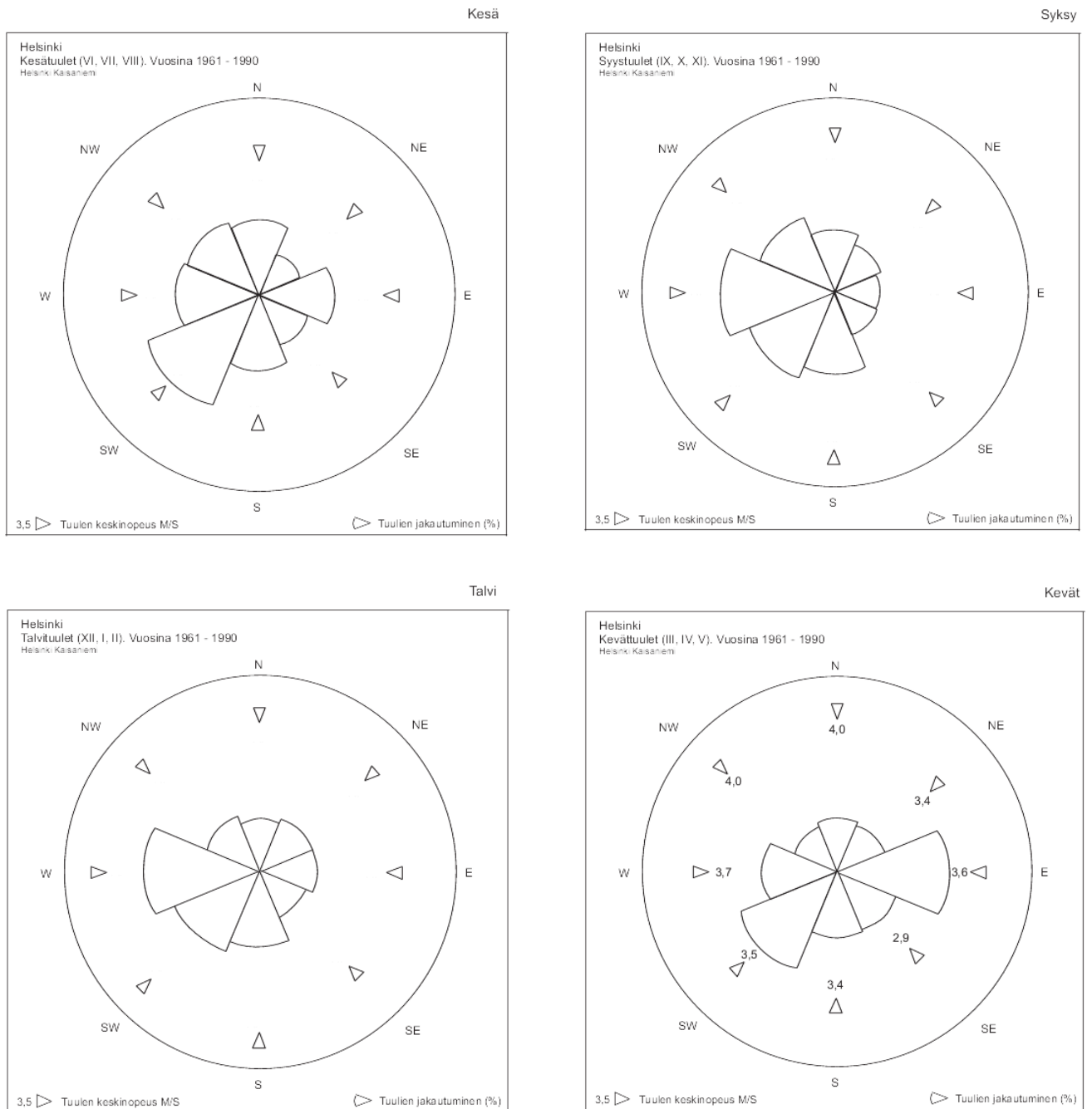


Kuva 5. Minimilämpötila (K) skenaariossa RHB2.



Kuva 6. Minimilämpötila (K) vertailujaksossa RHC.

Liite 3. Esimerkki vuodenaikojen tuuliruusuista



Tuulen keskinopeus ja jakautuminen eri vuodenaikoina Helsingissä 1961-1990 (Wahlgren, Kuismanen & Makkonen 2007).

Liite 4. Kehittämistarpeita

Työn aikana syntyi suunnitteluun, rakentamiseen, hallintoon ja koulutukseen liittyviä jatkotutkimus- ja kehitysajatuksia.

Tuulisuusselvitykset

Suomessa tuulennopeudet ylittävät useissa paikoissa kynnyksen, jonka jälkeen tutkimusten mukaan olisi kaava- ja rakennussuunnittelua tehtäessä suoritettava mikroilmastoanalyysit ja käytettävä tuulitestausta. Nämä toimenpiteet tulisi vaatia, mikäli tuuliolosuhteet ylittävät taulukoissa 8 ja 9 ja luvussa 6.3 esitetyt kynnyksarvot.

Tässä raportissa on tehty suuntaa antava mikroilmastoanalyysi ja laadittu kokemukseen perustuvat suunnitteluohjeet. Mikäli halutaan suurempi varmuus tulevan kaupunginosan mikroilmaston hyvästä laadusta, olisi tehtävä tärkeimmistä osa-alueista pienoismallit, jotka tuulitestaataan. Testauksen perusteella voidaan antaa tarkempia suosituksia kaavoituksen kehittämiseksi. Myös suurempien rantarakennusten ja korkeiden kerrostalojen tuulitestausta rakennussuunnittelun yhteydessä on syytä harkita.

Aurinkoisuusselvitykset

Rakennuslaki ja rakentamismääräykset edellyttävät riittävää aurinkoisuutta asunnoille ja pihalle, mutta käytännössä tämän toteutumista ei yleensä varmisteta. Kaavoja ja asunosuunnitelmia laadittaessa tulisi asuntojen ja oleskelualueiden aurinkoisuus varmistaa vaatimalla selvitys aurinkoisuudesta. Samassa yhteydessä olisi suositeltavaa esittää selvitys auringon passiivisesta ja/tai aktiivisesta hyödyntämisestä.

Ilmastotilastoinnin kehittäminen

Ilmastotietoja tilastoidaan kansainvälisen järjestelmän mukaisesti kautta maapallon. Sekä tämän tutkimuksen, että muiden vastaavien tutkimusten aikana saatujen kokemusten mukaan saatavilla oleva tuulitilastoaineisto soveltuu huonosti kaavoittajien ja arkkitehtien tarpeisiin (Børve, Glaumann & Westerberg). Siksi tilastointia ja paikallisen ilmaston esitystapaa olisi kehitettävä nykyisestä. Tilastot ja tuuliruusut olisi hyvä saada ainakin keskeisimmiltä paikkakunnilta esitettyinä neljännesvuosittain vuodenaikojen mukaan.

Ilmastotilastoihin perustuvaa kuvaa tuuliolosuhteista tulisi täydentää kenttämittauksilla. Tärkeimmistä paikallisista sääilmiöistä, kuten merituuli-maatuuli tai laaksotuulet olisi tehtävä mittaukset ja kirjoitettava kuvaus ilmiöstä ja sen vaikutuksesta kaava- ja rakennussuunnitteluun.

Ilmastonmuutoksen edellyttämä meteorologinen aineisto

Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa ja rakennussuunnittelussa edellyttää asianmukaisten suunnitteluohjeiden laatimista, mikä puolestaan edellyttää aivan uudenlaisen ilmastoaineiston tuottamista. Paikkakuntaakohtaisesti laadittavien suunnitteluohjeiden kannalta tärkeitä ovat eri sääilmiöiden ääri-ilmiöt numeraalisesti ilmaistuina. Normien ja lujuuslaskentakaavojen kehitystarpeen tarkemmaksi arvioimiseksi olisi myös pystyttävä vertailemaan ny-

kyisiä maksimi-arvoja tuleviin arvoihin vuonna 2100. Tästä syystä tarvitaan seuraavat tiedot kohdealueilta (nykyinen arvo ja arvioitu 2100):

- keskimääräiset tuulennopeudet
- myrskytuulen maksiminopeus
- tuulenpuuskien maksiminopeus myrskyissä (gust winds)
- minimilämpötila
- maksimilämpötila
- hellejaksojen pituus ja keskimääräinen lämpötila
- vuotuiset sademäärät
- sadekuurojen maksimivesimäärät (esim. puolen tunnin aikana)
- ilman suhteellinen kosteus
- kuivuusjaksot
- lumimäärät, lumisen kauden kesto
- jääpeitteen kesto
- meriveden korkein tulvakorkeus.

Rakentamismääräykset ja -säädet on kehitettävä vastaamaan muuttuvia ilmasto-olosuhteita Suomen eri osissa. Normien kehittäminen edellyttää em. ilmastoaineiston tuottamista kattavasti siten, että maamme tärkeimmät ilmastoalueet, ja niillä tapahtuvat muutokset on esitetty eriteltyinä.

Myös kaavoitus- ja rakentamisharjojen laatiminen edellyttää vertailevien ilmastotietojen tekemistä paikkakunta-kohtaisesti tai ainakin tärkeimmistä ilmastovyöhykkeistä. Liitteessä 2 on esimerkkinä tietoja Helsingin ilmastomuutumisesta. Tosin liitteessä oleva esitystapa ei täysin vastaa tässä luvussa esitettyjä vaatimuksia, vaan suunnittelijoiden ja meteorologien on jatkossa vielä kehitettävä vuotta 2100 koskevan aineiston laskenta- ja esitystapoja.

Vuotuiset keskiarvot ovat sinänsä jo suuntaa antavia, ja antavat hyvän pohjan suunnitteluohjeille. Normien kehittämisen ja suunnittelun kannalta olisi huomattavasti arvokkaampaa, mikäli tiedot saataisiin vielä jaettua neljälle vuodelle.

Rakennusnormien kehittäminen

Rakennusten turvallisuus

YK:n alaisen ilmastopaneelin mukaan näyttää vallitsevan laaja yksimielisyys siitä, että myrskyt ja sään ääri-ilmiöt lisääntyvät ilmastomuutoksen myötä. Viime vuosien laajojen myrskytuhojen seurauksena on eri maissa käynnistetty selvityksiä syistä, jotka johtivat kattojen ja muiden rakenteiden vakaviin vaurioihin (van Beeck 2004; Wind Effects Bulletins 2005-2007). Tämä on tärkeää jo turvallisuuden vuoksi, mutta kiinnostaa myös vakuutusyhtiöitä.

Eri puolilla maailmaa tapahtuneet kävelysiltojen, piippujen, kattorakenteiden jne. vaurioitumiset ovat selvitysten mukaan usein johtuneet osittain tuulen ja ilmaston aiheuttamasta materiaalin väsymisestä ja korroosiosta. Siksi tarvitaan lisätutkimusta näiden väsymisilmiöiden luonteesta. Rakenteiden todellisen kunnan ja turvallisuusriskien arvioimiseksi olisi luotava toimivat kriteerit ja tarkastusrutiinit. (van Beech)

Jalankulun turvallisuus ja mukavuus

Erityisesti kylmissä ja kuumissa olosuhteissa on tarpeen suojata jalankulkijat sään aiheuttamilta epä mukavuuksilta, kuten tuulet, sade, lumi, liukkaus, auringon paahde, kosteus, tuulen kuljettama hiekka ja pöly, sumu sekä ilmansaasteet. Suomessa kuolee vuosittain kymmeniä henkilöitä ulkona liukastumisiin, ja liukastumiset aiheuttavat satojen miljoonien eurojen kulut. Ensiaskel kussakin ilmastovyöhykkeessä on määritellä jalankulun ja muun kevyenliikenteen mukavuuskriteerit (turvallisuuskriteerit), ja kehittää tämän jälkeen alueelliset tai kaupunkikohtaiset ratkaisut näiden kriteerien saavuttamiseksi myös käytännössä.

Lähellä nolla astetta olevien liukkaiden keliä lisääntymisen myötä on kevyenliikenteenväylien liukkaudentorjuntaan kiinnitettävä entistä enemmän huomiota, ja uusia menetelmiä kehitettävä.

Sisäilman laatu

Ulkoilman ja rakennusten sisäilman välillä on jatkuva vuorovaikutus, ja tämä on erityisen tärkeä tekijä painovoimaisesti tuuletetuissa rakennuksissa.

Suomen Rakentamismääräyksissä on sisäilma jaoteltu eri laatuluokkiin, mutta nämä on laadittu yksipuolisesti koneellista ilmanvaihtoa ajatellen. Sisäilmaluokituksen mukainen hyväksyttävä ilman lämpötilavyöhyke on kapea, eikä juuri ota huomioon ilman liikkumisen vaikutusta. Tällainen normitus johtaa helposti turhan raskaaseen koneelliseen ilmanvaihtoon ja jäähdyttämiseen, mikä puolestaan lisää energian ja erityisesti sähkön kulutusta. Kuitenkin monet tutkimukset ja testit osoittavat, että ilman virtauksella voidaan mukavuusalueita laajentaa huomattavasti (2 m/s jopa +30 ° C). Sisäilman laadun kriteereitä tulisikin muokata näiden tutkimusten perusteella, sillä ilmaston muuttuessa vanhoista normeista kiinnipitäminen muuttuu entistä raskaammaksi energiataloudellisesti. (Givoni, Izard)

Lisärahoitus ilmastotietoiseen rakentamiseen

Käytännössä hyväksi havaittu tapa tuoda uusia ajatuksia ja osaamista rakentamisen kenttään ovat pilottihankkeet, joissa eri osapuolet käytännössä tekemällä oppivat uusia ratkaisuita ja niiden toteuttamista. Tällaisten kohteiden avulla tieto paremmista ratkaisuista, ja niiden uskottavuudesta, saavuttaa nopeimmin laajemman hyväksynnän.

Ympäristön laadun parantamiseksi ja energian säästämiseksi tulisi rakennushankkeisiin myöntää tukea, mikäli rakennushankkeen yhteydessä on tehty perusteellinen alueen paikallisen ilmaston ja aurinkoisuusolosuhteiden arviointi, ja mikäli rakennukset on sopeutettu paikallisiin ilmasto-olosuhteisiin siten, että saavutetaan huomattavaa energian säästöä, ja kohde kestää myös muuttuvan ilmaston olosuhteet. Erityisen tärkeää olisi kehittää (rahoitus) käytäntöjä, joilla olevan rakennuskannan sopeutumista ilmastomuutoksen mukanaan tuomiin olosuhteisiin saataisiin nopeutettua ja tehostettua. Suomessa tulisi selvittää mahdollisuudet soveltaa Norjan mallin mukaista ARA-lisälainoitusta ilmaston muutokseen sopeutuvien ja energiaa säästävien rakennussuunnitelmien rahoituksessa. (Husbankhus)

Koulutus ja koulutusmateriaali

Kokemuksen mukaan ilmastollisesti vaativissa olosuhteissa asemakaavojen puutteellinen soveltaminen ja useat epäonnistuneet rakennushankkeet osoittavat, ettei suunnittelijoille tai rakennustarkastukselle ole ollut helppoa oivaltaa ilmastotietoisuuden suunnittelun ja ilmastomuut-

toksen asettamia vaatimuksia. Ankarammaksi käyvän ilmaston olosuhteissa sitoutuminen ja tiedon oikea soveltaminen ovat entistä tärkeämpiä.

Tässä tutkimuksessa kehitetyt suunnitteluohjeet ovat osa kestävästä kehityksestä mukaista yhdyskunta- ja rakennussuunnittelua. Ohjeiden soveltaminen edellyttää myös jonkin asteista työtapojen uudistamista. Oikeiden tulosten saamiseksi on järjestettävä ilmaston mukaisen suunnittelun ja ilmastonmuutoksen käytännön seurausten koulutusta. Eräänä tämän tutkimuksen jatkokyönä voisi olla koulutusaineiston laadinta.

Arkkitehtien ja insinöörien koulutukseen olisi lisättävä ympäristö- ja ilmastoanalyysin perusteet ja arkkitehtikouluihin hankittava tuulitestauslaitteistot ja perustettava opetuslaboratoriot. Myös mahdollisuudet jo työelämässä toimivien jatkokoulutukseen olisi luotava.

Hallinnon kehittäminen

Laaja-alaisten ongelmakenttien selvittäminen ja pitkälle tulevaisuuteen vaikuttavien rakennusprojektien toteuttaminen edellyttää asioiden kokonaisvaltaista valmistelua organisaatioiden eri tasoilla, mistä syystä osallistujien on kaikilla tasoilla sitouduttava projektin päämääriin ja tarvittaviin keinoihin. Ennen päätöksentekoa olisi järjestettävä keskustelua hankkeista ja riittävä koulutus. Pelkkä julkistaminen ei vielä takaa tiedon perillemenoaa. Erityisesti koerakennuskohteissa on huolehdittava siitä, että rakentava organisaatio ymmärtää työn tavoitteet ja työmenetelmät, ja että kaikki päätökset tukevat päätavoitteita.

Kuntien rakennusvalvonnassa ei vielä ole kriteereitä suunnitelmien arvioimiseksi ilmastonmuutoksen edellyttämällä tavalla. Rakennustarkastajilta puuttuvat myös käytännön ohjeistot ja muut työvälineet, joilla suunnitelmia voisi rakennuslupavaiheessa ohjata.

Laadunohjaus

Kaava- ja rakennussuunnitelmien laatua voitaisiin nostaa kehittämällä suunnittelun ja toteutuksen ohjausjärjestelmiä.

Hyvien normien laatiminen ei auta paljoakaan, ellei niiden vaatimuksia saada vietyä läpi kaikilla toteutuksen tasoilla. Käytännössä kaava- ja rakennussuunnitelmien laatua voitaisiin nostaa kehittämällä suunnittelun ja toteutuksen ohjausjärjestelmiä hallinnossa, suunnittelussa ja itse toteutuksessa. Tarvittavat ohjeet laatuohjausjärjestelmien ja -käsikirjojen kehittämiseksi tulisi laatia.

Kaavoituksen ohjauksen kehittäminen

Kaavoituksen ohjausta tulisi kehittää ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Yhdyskuntarakenteen hajautuminen jatkuu Suomessa edelleen. Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteista ja valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista huolimatta suunnitellaan mm. yhdyskuntarakenteesta irrallisia alueita ja kaupan suuryksiköjä. Kasvuseutujen reuna-alueiden hajarakentaminen on laajaa. Hajautumisen estämistä vaikeuttaa mm. kuntien keskinäinen kilpailu, jolloin laajempi näkökulma yhdyskuntarakenteen kehittämisestä puuttuu. Kaavoituksen ylikunnallista ohjausta tarvittaisiin. Myös maakuntien suunnittelun ohjaavaa otetta ja ylimaakunnallista suunnittelun ohjausta tulisi vahvistaa.

Ilmastovaikutusten arvioinnin kehittäminen

Kaavasuunnitelmien ilmastovaikutusten arvioinnista tulisi tehdä vakiintunut osa suunnittelua ja vaikutusten arviointia.

Jatkotutkimusten kohteita

Ilmaston vaikutus rakennusten ja alueiden energiankulutukseen ja ilmanvaihtoon

Mikroilmaston vaikutusta aluetasolla rakennusten lämmönkulutukseen on tutkittu mm. VTT:n ASTA II projektissa, joka perustui tietokonemallinnukseen ja tuulitunnelikokeisiin. Jatkotyönä tulisi selvittää, miten muuttuva ilmasto vaikuttaa eri kaavatyyppien ja rakennusten lämmönkulutukseen. (Kivistö)

Perusselvitysten jälkeen tarvittaisiin eri ilmastoihin sopivien rakennustyyppien kehittäminen integroituina ratkaisuin, joissa arkkitehtuuria ja LVI-tekniikkaa tarkastellaan yhtenä toimivana konseptina. Mikroilmastotarkastelut on tässä yhteydessä syytä viedä myös rakennusryhmien ja kortteleiden tasolle, ja testata erilaisten kaavaratkaisuiden vaikutusta ulkotilojen mikroilmastoon, rakennusten energiankulutukseen sekä ilmanvaihto- ja tuuletusmahdollisuuksiin. Tällaisten mallisuunnitelmien ja/tai koerakentamiskohteiden laatiminen palvelisi hyvin myös kansainvälistä suunnittelua ja rakennusvientä.

Painovoimainen ilmanvaihto on viime vuosina noussut monissa maissa uudelleen kiinnostuksen ja kehitystyön kohteeksi, ja monet tutkimuslaitokset ovat ottaneet sen kehittämisen ohjelmiinsa. Mutta joissain maissa, kuten Suomessa, painovoimaisen ilmanvaihdon käyttäminen on viranomais määräyksin tehty käytännössä lähes mahdottomaksi. Eri ilmastoihin sopivan luonnollisen ilmanvaihdon ja jäähdytystekniikan kehittämiseen on ohjattava lisää tutkimusresursseja. Tehtyjen selvitysten perusteella tulee rakennussäädöksiä muuttaa vastaavasti. Tämä tutkimusosa palvelee myös rakennus- ja suunnitteluvientiä.

Matkailurakentaminen

Ilmastonmuutos tulee muuttamaan monien matkailukeskusten toimintaedellytyksiä, ja erityisen suuri muutos kohdistuu hiihtokeskuksiin ja talvimatkailun yleensäkin. Lumisen kauden lyheneminen ja eräillä alueilla lumen katoaminen lähes kokonaan poistaa käytännössä eteläisempiä hiihtokeskuksia toiminnasta, ja siirtää talvimatkailun sekä autotestauksen painopistettä pohjoiseen. Mutta myös pohjoisessa ja idässä ilmasto muuttuu eri kunnissa eri tavalla; jossain talviurheilun edellytykset huononevat, jossain jopa paranevat.

Matkailun kehittämisen tueksi tarvitaan selvitys siitä, miten erilaisen lomailun ja erityisesti luontoon liittyvän harrastamisen edellytykset muuttuvat maan eri osissa ilmaston muutoksen myötä. Kotimaan tilanteen lisäksi olisi tutkittava muutosta myös ulkomaisissa matkailukeskuksissa, jotta saataisiin kokonaiskuva kansainvälisestä matkailuelinkeinon kilpailutilanteen kehittymisestä ja matkailuinvestointien kannattavuudesta tulevaisuudessa.

Alueiden päästöluokituksen ja seurannan kehittäminen

Suunniteltujen alueiden energiatehokkuus- tai kasvihuonekaasupäästötasosta tulisi kehittää kodinkoneiden ja rakennusten energiatehokkuusluokitusta vastaavaa luokitusta. Kasvihuonekaasupäästöjen seuranta toteutettujen alueiden osalta tulisi kehittää.

RT-korttien kehittäminen

Eri maissa on olemassa vaihtelevan tasoisia käytännön ohjeistoja ja käsikirjoja suunnittelijoiden avuksi. Suomessa käytännön ohjeita ja normeja jakaa RT-kortisto, jonka sisältö viime vuosina tosin on muuttunut entistä yleisluontoisemmaksi. Ilmastotietoisen suunnittelun tarvitsemää käytännön suunnittelua tai ilmastonmuutokseen varautumista palvelevaa aineistoa on hyvin vähän, ja sen tuottamiseen tulisi paneutua.

Koulutusaineisto

Ilmastonmuutoksesta ja sen edellyttämistä suunnitteluratkaisuista tulisi tehdä koulutusaineistoa. Käytännössä tarvitaan useamman tasoista materiaalia lähtien peruskursseista aina kokeneiden ammattilaisten täsmäkoulutukseen.