

## Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen ilmastovaikutukset

Irmeli Wahlgren, Kimmo Kuismanen & Lasse Makkonen



Uudenmaan liitto  
Nylands förbund





## Tiivistelmä

Raportissa esitellään Uudenmaan maankäytön, asumisen ja liikenteen kehityskuvavaihtoehtojen ilmastovaikutusten arviointi. Ilmastonmuutoksen huomioimista suunnitelmissa tarkasteltiin sekä sopeutumisen että hillitsemisen kannalta.

Työssä laadittiin ennuste paikallisesta ilmastonmuutoksesta ääri-ilmiöiden ja eräiden keskimääräisuuksien muutosten osalta seuraavan noin sadan vuoden aikana. Arvio laadittiin erikseen rannikon ja sisämaan osalta. Arvion mukaan vuoden keskilämpötila nousee 4 °C, maksimilämpötila nousee rannikolla 4 °C ja sisämaassa 5 °C, minimilämpötila nousee rannikolla 16 °C ja sisämaassa 11 °C, sulamis-jäätymissyklit vähenevät rannikolla 40 % ja sisämaassa 30 %, vuoden keskituulennopeus pysyy lähes ennallaan, maksimituulennopeus kasvaa rannikolla 15 % ja sisämaassa 5 %, vuoden sademäärä kasvaa rannikolla 15 % ja sisämaassa 20 %, 6 tunnin sademaksimi pysyy rannikolla ennallaan ja kasvaa sisämaassa 5 %, 5 vuorokauden sademaksimi kasvaa rannikolla 15 % ja sisämaassa 30 %, vuoden lumisateen vesi-arvo vähenee noin 50 %, 6 tunnin lumisademaksimi pysyy lähes ennallaan, lumipeitteen maksimivesiarvo vähenee noin 50 %, lumipeitteen kesto-aika lyhenee 70 vrk ja meren jääpeitteen kesto-aika lyhenee 120 vrk.

Tulvavaara-alueita tarkasteltiin yleispiirteisen tulvakartan avulla. Tarkempaa riskialueiden tulvavaarakartoitusta tulisi tehdä Espoon ja Helsingin lisäksi ainakin Tammisaarella, Hangossa, Inkoossa ja Kirkkonummella.

Maakuntatasolla suunnittelu on yleispiirteistä ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen arviointi siksi yleisellä tasolla. Raportissa esitetään suunnitteluohjeita ja suosituksia ilmaston ja sen muuttumisen huomioon ottamiseksi kaavoituksessa ja rakentamisessa eri suunnittelutasoille. 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 pientalovaltaisempana helpommin hallittavissa, kun se vaihtoehdoissa A ja B riippuu oleellisesti detaljikaavojen toteutuksesta.

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseen liittyen arvioitiin suunnitelmien toteuttamisesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt. Nämä arvioitiin rakennusten energiankäytön ja liikenteen osalta. Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä kaikkiaan 1,54 – 1,70 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekvivalenttitonnia. Rakennusten osuus kasvihuonekaasupäästöjen muutoksesta on 1,18 – 1,33 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekvivalenttitonnia ja liikenteen osuus 0,36 – 0,38 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekvivalenttitonnia. Kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismuutos uutta asukasta kohden on 5,13 – 5,65 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia /asukas, josta rakennusten osuus on 3,93 – 4,43 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia /asukas ja liikenteen osuus 1,20 – 1,25 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia /asukas. Erot johtuvat eroista talotyypeissä, kaukolämmön hyödyntämisessä, asutuksen liikenteellisessä sijainnissa ja haja-asutuksen osuudessa.

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. Tulosten perusteella 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.

Kehityskuvavaihtoehtojen toteuttaminen lisäisi rakennusten ja liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä Uudellamaalla noin 13,8 – 15,2 %.

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

# Alkusanat

Raportissa esitellään Uudenmaan maankäytön, asumisen ja liikenteen kehityskuvavaihtoehtojen ilmastovaikutusten arviointi.

Työ on osa Ympäristöklusterin tutkimusohjelman neljännen vaiheen 2006 – 2009: Ekotehokas yhteiskunta tutkimushanketta nro 23 ”Ilmastomuutoksen huomioiminen kaavoituksessa”. Työ on tehty VTT:ssä ympäristöklusterin tutkimusohjelman osana yhteistyössä Uudenmaan liiton kanssa. 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 kehityskuvavaihtoehtojen arviointiin ja suositusten laadintaan.

Tutkimusta ovat ohjanneet Uudenmaan liiton puolesta johtaja Riitta Murto-Laitinen, johtaja Seija Vanhanen ja kaavoituspäällikkö Olavi Veltheim. Työhön ovat osallistuneet ja lähtötietoja toimittaneet lisäksi maakuntainsinööri Sanna Jylhä, liikennesuunnittelija Maija Stenvall, maakuntainsinööri Carina Ölander ja suunnittelija Jarkko Hintsala.

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Alkusanat	5
Sisällysluettelo	6
1 Johdanto	8
2 Tavoite	9
3 Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehdot	10
3.1 Tavoite	10
3.2 Vaihtoehtojen muodostamisperiaatteet	10
3.2.1 Vakiot	11
3.2.2 Muuttujat	13
3.3 Vaihtoehtojen kuvailu	15
3.3.1 Toimivat kaupungit - A	15
3.3.2 Ratavaihtoehto - B	17
3.3.3 Trendivaihtoehto - C	19
4 Ilmastonmuutoksen simuloinnit rakentamisen ja maankäytön sovellutuksiin	21
4.1 Yleistä taustaa	21
4.2 Ilmastosimuloinnit	21
5 Ennakoitu ilmastonmuutos Uudellamaalla	23
6 Tulvavaara-alueet	24
6.1 Uudenmaan rannikon tulvakartoitus	24
7 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen	28
7.1 Taustaa	28
7.2 Ilmasto ja ilmaston muutos	28
7.2.1 Ilmastotietojen käyttäminen	28
7.2.2 Ilmastoanalyysi	29
7.2.3 Paikallisilmasto	30
7.2.4 Yleiskuvaus Uudenmaan mikroilmastosta	31
7.2.5 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus Uudellamaalla	31
7.2.6 Ilmastoskenaariot ja niiden vaikutus vedenkorkeuteen	32
7.2.7 Aluesuunnittelu ja ilmasto	33
7.3 Ilmasto ja rakentaminen	33
7.3.1 Paikallisilmaston vaikutus rakentamiseen	33
7.3.2 Ilmasto ja energiankulutus	34
7.3.3 Rakennettujen alueiden mikroilmaston laatukriteerit	35
7.3.4 Rakennetulle ympäristölle aiheutuvia ongelmia	36
7.4 Luonnonympäristö	37
7.4.1 Luonnonympäristöjen merkitys	37
7.5 Ympäristötietoinen aluesuunnittelu	39

7.5.1	Lähtökohtia	39
7.5.2	Uudenmaan ilmasto kaavasuunnittelun kannalta	40
7.5.3	Kestävän kehityksen mukainen kaavoitus	40
7.5.4	Tuulienergia	42
7.5.5	Tulvat ja rakennusten alimman korkeusaseman laskenta	42
7.6	Suunnitteluohjeita	44
7.6.1	Viihtyvyyys ja ekologisuus suunnittelukriteereinä	44
7.6.2	Aluetaso	45
7.7	Ehdotukset	51
7.7.1	Maakunta- ja yleiskaavataso	51
7.7.2	Asemakaavoitus	52
7.7.3	Tuulitestauksen käyttäminen	53
7.8	Kehityskuvavaihtoehdot ilmaston kannalta	54
8	Kasvihuonekaasupäästöt	55
8.1	Arvioitavat kasvihuonekaasupäästöt	55
8.2	Rakennukset	55
8.2.1	Rakennuskannan kehitys	55
8.2.2	Energiankulutus	58
8.2.3	Energiantuotanto	58
8.2.4	Kasvihuonekaasupäästöt	59
8.3	Liikenne	62
8.3.1	Arviointiperiaatteet	62
8.3.2	Kasvihuonekaasupäästöt	66
8.4	Kasvihuonekaasupäästöt yhteensä	71
9	Epävarmuustekijät	74
10	Johtopäätökset ja suositukset	75
	Lähteet	77

# 1 Johdanto

Ilmastonmuutoksen huomioonottaminen on tärkeä kansainvälinen ja kansallinen tavoite. Ilmastonmuutoksen sopeutumistutkimusohjelmassa 2006 - 2010 todetaan tärkeäksi ilmastonmuutoksen vaikutusten huomiointi jo nyt suunniteltaessa alueiden käyttöä ja yhdyskuntien rakennetta. Ilmastonmuutos on tärkeää huomioida aikaisin myös siksi, että yhdyskunnat uudistuvat hitaasti ja uusien suunnitteluperiaatteiden seuraukset näkyvät yhdyskuntien kehityksessä vasta vuosikymmenten kuluttua. Tietoa tarvitaan siitä, miten yhdyskuntien eri rakenteita voidaan muuttaa kestävämmiksi uusiin ilmasto-oloihin. Ohjelman mukaan tarvitaan selvitystä siitä, miten ilmastonmuutoksen vaikutusten arviointi ja sopeutumistoimet sisällytetään alueidenkäytön ja yhdyskuntien suunnitteluun käytännössä.

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

Ilmasto- ja energiastrategian päivityksen 2003 - 2004 ympäristöministeriön sektoriraportissa todetaan, että ilmastonmuutoksen huomioon ottaminen saattaa edellyttää suunnitteluperiaatteiden tarkistamista. Erityisen tarpeellista olisi selvittää ilmastonmuutoksen alueellisia ja paikallisia vaikutuksia. Ilmastonmuutoksen vaikutusten arviointi sisällytetään alue- ja yhdyskuntarakenteen pitkän aikavälin suunnitteluun. Kaavoitusprosessiin liitetään ilmastonmuutokseen sopeutumisen lisäselvitysvaatimus erityisesti haavoittuville alueille. Selvitetään alueellisia ja paikallisia vaikutuksia ja sopeutumiskeinoja.

VTT osallistuu Ympäristöklusterin tutkimusohjelman neljänteen vaiheeseen 2006 - 2009: Ekotehokas yhteiskunta hankkeella nro 23 ”Ilmastonmuutoksen huomioonottaminen kaavoituksessa”. Tutkimushankkeen 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 ja arvioidaan mahdollisten ristiriitojen ratkaisukeinoja. Tutkimuksessa tarkastellaan suunnittelua maakunta- ja yleiskaava- ja asemakaavatasoilla käytännön esimerkkien kautta. Arvioinnin pohjaksi laaditaan arviot ilmastonmuutoksen keskeisistä vaikutuksista ao. paikkakunnilla. Tuloksena saadaan suositukset ilmastonmuutoksen vaikutusten arviointiin ja sopeutumistoimiin alueidenkäytön ja yhdyskuntien suunnitteluun käytännössä. Tutkimus tehdään yhteistyössä kuntien ja maakunnan liittojen kanssa.

Tämä Uudenmaan liiton kanssa yhteistyössä tehty tutkimushanke koskee Uudenmaan maankäytön, asumisen ja liikenteen kehityskuvavaihtoehtojen ilmastovaikutusten arviointia.



## 2 Tavoite

Työn tavoitteena on arvioida Uudenmaan maankäytön, asumisen ja liikenteen kehityskuvavaihtoehtojen vaikutukset ilmastonmuutokseen sopeutumisen ja sen hillitsemisen kannalta.

Työssä arvioidaan ilmastonmuutoksesta tulevaisuudessa aiheutuvat keskeiset vaikutukset alueella. Arvio tehdään Ruotsin ilmatieteen laitoksen (SMHI) Rossby Centressä kehitetyillä alueilmastomallilla ja EXTREMES projekteissa VTT:ssä kehitetyillä analyysimenetelmillä. Se painottuu ääri-ilmiöiden muutoksiin noin 100 vuoden aikana.

Uudenmaan maakuntakaavaa ja soveltuvien osien maankäytön kehityskuvavaihtoehtoja analysoidaan pienilmaston kannalta ottaen huomioon arvioidut ilmastonmuutoksen vaikutukset.

Lisäksi arvioidaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin eli ilmastonmuutoksen hillitsemiseen.

Arvioinnin perusteella annetaan suosituksia jatkosuunnitteluun.

## 3 Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehdot

### 3.1 Tavoite

Tutkimuksen kohteena ovat Uudenmaan maankäytön, asumisen ja liikenteen vaihtoehtoiset yhdyskuntarakennemallit. Valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden 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 maakuntakaavakierroksen käynnistämisestä. Kehityskuva ja sen vaihtoehtotarkastelut ovat osaa tätä maakuntakaavatyötä. Kehityskuva antaa maakuntakaavan lisäksi lähtökohtia maakuntasuunnitelmalle sekä kuntien välisille yleiskaavatasoisille tarkasteluille.

### 3.2 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 se on määritelty nykyisen ja tulevan rakenteen perusteella. Alueesta käytetään nimeä kehityskuvan pääkaupunkialue.

Vaihtoehtojen muodostamisessa tavoitteena ei ole ollut, että niistä yksi valittaisiin vuoden 2050 tavoiteltavan kehityskuvan pohjaksi. Vaihtoehdoilla on sen sijaan pyritty tuomaan esille mahdollisimman suura eroja kehityssuuntien välillä ja niitä on voitu jopa hieman kärjistää. Vaihtoehdoissa on keskitytty osaan aihealueista, joita uudessa maakuntakaavakierroksessa tullaan tarkistamaan, eikä niissä ole käsitelty kaikkia tavoitteelliseen kehityskuvaan mukaan

otettavia aihealueita. Vaihtoehtoissa ei käsitellä isoja politiikkamuuttujia, jotka voivat muuttaa yhdyskuntarakennetta huomattavastikin. Käsitelyyn ulkopuolelle jäävät esimerkiksi kunta-rajojen vaikutus sekä BKT:n muutokset. Vaihtoehtoissa esitetään poikkileikkaustilanne vuodelle 2035, muutosten tarkempaa ajankohtaa ei määritellä. Vaihtoehtoissa ei oteta kantaa siihen, kuinka paljon kaavoitettua aluetta tarvitaan asumiselle ja elinkeinoille.

Vaihtoehtojen vakioita ja muuttuvia tekijöitä tarkastellaan taulukoissa 1 ja 2.

### 3.2.1 Vakiot

**Taulukko 1.** 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		
viherjärjestelmä	keskittymien ulkopuolella oleva maakunnallinen ja seudullinen viherjärjestelmä		
nykyinen rakenne	- nykyiset taajamat - seutu- ja kuntakeskukset - asemakaava-alueet		

Vakioilla tarkoitetaan oletuksia, jotka pysyvät samoina kaikissa vaihtoehtoissa. Joillekin vakiona käsiteltäville aiheille on määriteltä tarkat luvut ja toisia aiheita on käsitelty yleispiirteisemmin. Vakioissa otetaan huomioon vain maakunnallisesti merkittävät asiat. Esimerkiksi lentomelualue ja tulva-alueet, jotka ohjaavat taajamarakenteen sisäisiä ratkaisuja, jäävät pois käsittelystä. Vakioita tässä työssä ovat väestö- ja työpaikkamäärät, nykyisen väestön ja työpaikkojen sijainti, liikenneverkko tietyiltä osin, keskittymien ulkopuolinen viherjärjestelmä, alueen nykyinen rakenne sekä asumisväljyys.

#### Väestö

Kaikissa vaihtoehtoissa käytetään samaa kokonaisväestömäärää, joka sijoitetaan eri tavoin. Uudenmaan ja Sipoon alueella arvioidaan olevan yhteensä noin 1,75 milj. asukasta vuonna 2035. Lisäyksen määrä on vuodesta 2006 300 000 asukasta. Väestöarviot ovat maakuntien ennusteita tulevaisuudesta (lähteet: Uudenmaan maakuntaohjelma 2006, Itä-Uudenmaan maakuntakaavaehdotus). Vaihtoehtojen tarkasteltavilla alueilla nykyväestön määrä on noin 1,3 miljoonaa asukasta.

Ikärakenteesta seuraava asuntokuntien keskikoko käsitellään vakiona. Kaikissa vaihtoehtoissa nykyinen väestön sijainti muodostaa lähtökohdan.

#### Työpaikkamäärä

Kaikissa vaihtoehtoissa käytetään samaa kokonaistyöpaikkamäärää. Uudenmaan ja Sipoon alueella arvioidaan olevan yhteensä pyöristettynä 835 000 työpaikkaa vuonna 2035. Lisäyk-

sen määrä on vuodesta 2006 132 000 työpaikkaa. Luku sisältää kaikkien toimialojen työpaikat. Kaikissa vaihtoehdoissa nykyisten työpaikkojen sijainti muodostaa lähtökohdan.

## Liikenneverkko

Liikenneverkon osalta on tehty valintoja oletetun, kaikkiin vaihtoehtoihin sisällytettävän uuden liikenneverkon suhteen. Vakioitu liikenneverkko muodostetaan olemassa olevan liikenneverkon lisäksi Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan liikennestrategian perusteella yhdyskuntarakenteellisesti merkittävimpien väylien linjauksista. Vaihtoehtotarkasteluissa otetaan liikenneväylien osalta huomioon valtatie, kantatiet sekä koko henkilöliikenteen rataverkko. Kaikkiin vaihtoehtoihin sisältyy oletus liikenneverkon kehittämisestä tarpeellisilta osin.

Kaikissa vaihtoehdoissa oletuksena on Vantaan Kehäradan rakentaminen välille Martinlaakson rata - päärata sekä metron jatkaminen Espoon Kivenlahteen saakka vuoteen 2035 mennessä. Oletuksena on myös Kerava-Nikkilä välin henkilöliikenteen aloittaminen nykyisessä ratakäytävässä.

Kehityskuvan pääkaupunkialueen sisään jäävien nykyisten ja tulevien asemapaikkojen ympärille ei sijoiteta asutusta samalla tavalla kuin muun Uudenmaan asemien läheisyyteen, koska koko pääkaupunkialue käsitellään kokonaisuudessaan hyvän joukkoliikennesaavutettavuuden alueena.

Liikenneverkon vakioksi on kehityskuvan pääkaupunkialueen ulkopuolella määritelty Kerava-Nikkilä-yhteys ja siihen liittyvät 3 uutta asemapaikkaa; Ahjo (Kerava), Talma (Sipoo) sekä Nikkilä (Sipoo). Näiden asemapaikkojen vaikutuspiiriin tulee kaikissa vaihtoehdoissa lisää asutusta, tarkemmin asutuksen vyöhykkeisyyttä juuri asemien läheisyydessä on määritelty ratavaihtoehdossa.

Kaikissa vaihtoehdoissa nykyiselle henkilöliikenteen rataverkolle on osoitettu muutama uusi/uudelleen käyttöön otettava asemapaikka. Rantaradalla uusi asemapaikka on osoitettu Inkoossa, jossa nykyisen aseman oletetaan siirtyvän Tähtelään. Mahdollisia uudelleen henkilöliikenteen käyttöön otettavia asemapaikkoja voivat olla myös Siuntion Kela sekä Pohjan Pohjankuru. Pääradan uusia/uudelleen henkilöliikenteen käyttöön otettavia asemapaikkoja ovat Ristikytö (Järvenpää ja Tuusulan alueella) sekä Hyvinkään Palopuro ja Takoja. Oikoradalla uusi asema on Mäntsälän eteläinen asema. Vantaalla uusi asema on Urpia, mutta se jää kehityskuvan pääkaupunkialueen sisään.

Kaikissa vaihtoehdoissa on oletuksena, että etenkin pääkaupunkiseudun ulkopuolinen joukkoliikenne saadaan tukeutumaan yhä enemmän liityntäliikenteeseen. Joukkoliikenteen käyttöosuutta vuonna 2035 arvioidaan yhdyskuntarakenteen tehokkuuden kautta. Pääkaupunkiseudun osalta hyödynnetään PLJ 2007 -suunnitelman vaikutusten arviointia (vuodelle 2030), jossa on käytetty Uudenmaan väestö- ja työpaikka-arvioita. YTV -alue käsitellään vaikutusten arvioinnissa liikenteen osalta yhtenä kokonaisuutena, kokonaisuudessaan hyvän joukkoliikennesaavutettavuuden alueena.

## Viherjärjestelmä

Keskittymien ulkopuolinen maakunnallinen ja seudullinen viherjärjestelmä käsitellään vakiona kaikissa vaihtoehdoissa.

## Nykyinen rakenne

Vaihtoehtojen muodostamisessa on käytetty vakiona nykyistä rakennetta, joka muodostuu maakuntakaavan pohjana olevista taajamista, asemakaava-alueista sekä maakuntakaavan seutu- ja kuntakeskuksista. Rakennus- ja huoneistorekisterin (RHR) rakennuskohtaista aineistoa on myös hyödynnetty muodostamisessa.

## Asumisväljyys ja sen kasvu

Asumisväljyydelle ja sen kasvulle on käytetty koko suunnittelualuetta kattavia lukuja. Nykyisen asuntokannan asumisväljyys on vuonna 2005 35,4 k-m<sup>2</sup>/henkilö ja arvio vuodelle 2035 44,1 k-m<sup>2</sup>/henkilö. Luku perustuu Uudenmaan liiton tekemään arvioon ja se on keskiarvo koko alueen kuntien asumisväljyysluvuista.

Uuden asuntokannan asumisväljyydelle on arvioitu talotyyppikohtaiset koko suunnittelualuetta koskevat luvut vuodelle 2035. Työssä käytetyt luvut ovat pientalojen osalta 67 k-m<sup>2</sup>, rivitalojen osalta 44 k-m<sup>2</sup> ja kerrostalojen osalta 39 k-m<sup>2</sup>/henkilö. Luvut perustuvat Uudenmaan liiton tekemään arvioon. Asumisväljyyttä on työssä käytetty talotyyppijakauman arvioimiseen.

## Muita perusoletuksia

Asumisen ja liikkumisen energiamuodoista ja rakentamisen tavasta (esimerkiksi matalaenergiatalojen osuus) oletukset tehdään painotettuina tavoiteltavan kehityksen suuntaan. Esimerkiksi kaukolämpö on kannatettava lämmitysmuoto siellä, missä aluetehokkuus on riittävän suuri. BKT käsitellään ilman tiettyä lukuarvoa. BKT:n tason oletetaan olevan riittävä kansallisten päästövähennystavoitteiden täyttämiseen.

### 3.2.2 Muuttujat

**Taulukko 2.** 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: Klauk-kala	VAKIO

Muuttujilla tarkoitetaan oletuksia, jotka erottavat vaihtoehdot ja niiden vaikutukset toisistaan. Muuttujina tässä työssä on uuden väestön ja työpaikkojen sijoittaminen, keskittymien talotyyppijakauma ja aluetehokkuus sekä liikenneverkon osalta rataverkko. Muuttujat käsitellään vaihtoehtojen yhteydessä tarkemmin.

## Uuden väestön ja työpaikkojen sijainti

Keskittymien väestö- ja työpaikkamäärien sijainnissa pyritään saamaan esiin eroja vaihtoehtojen välille. Väestö- ja työpaikkamäärät jaetaan keskittymille kokonaismääristä kunkin vaihtoehdon painotusten mukaisesti. Myös keskittymien sijainnit eroavat vaihtoehdoissa toisistaan. Oletuksena on uuden väestön ja uusien työpaikkojen sijainti pääasiassa samoilla alueilla, koska elinkeinokehityksen sijaintia ei voida ennustaa näin pitkällä aikavälillä. Uudet työpaikat on keskittymien välille jaettu samoin perustein uuden väestön kanssa.

Haja-asutuksen osuudella on erityisesti merkitystä ilmastovaikutusten arvioinnissa, sillä sen vaikutus liikkumisen määrään on suuri. Uutta haja-asutusta osoitetaan vain trendivaihtoehdossa.

Väestön ja työpaikkojen sijaintia määritettäessä otetaan lähtökohdaksi pitkän ajanjakson epävarmuuksien sekä maakunnallisen tarkastelutason vaatima suurpiirteisyys. Sijaintitarkkuus esitetään väestön ja työpaikkojen keskittyminä ja esitetyt väestö- ja työpaikkaluvut ovat pyöristettyjä.

Vaihtoehdoissa esitetään keskittymien lisäksi keskittymien ulkopuoliset maakuntakaavan kylät, joihin A-vaihtoehdossa osoitetaan uutta väestöä.

## Aluetehokkuus

Vaihtoehtojen kuvaamista varten niille on määritelty suurpiirteiset aluetehokkuudet. Aluetehokkuudet eivät ole numeerisia, vaan keskittymien rakennetta kuvaavia.

## Talotyyppijakauma

Keskittymille on määritelty osuus talotyypeistä vuosille 2005 ja 2035. Nykytilanteen talotyyppijakauma on laskettu vuoden 2005 YKR -aineistojen pohjalta. Vuodelle 2035 on tehty suurpiirteiset arviot talotyyppijakaumista, jotka ovat realistiset mutta kuitenkin tavoitteelliset.

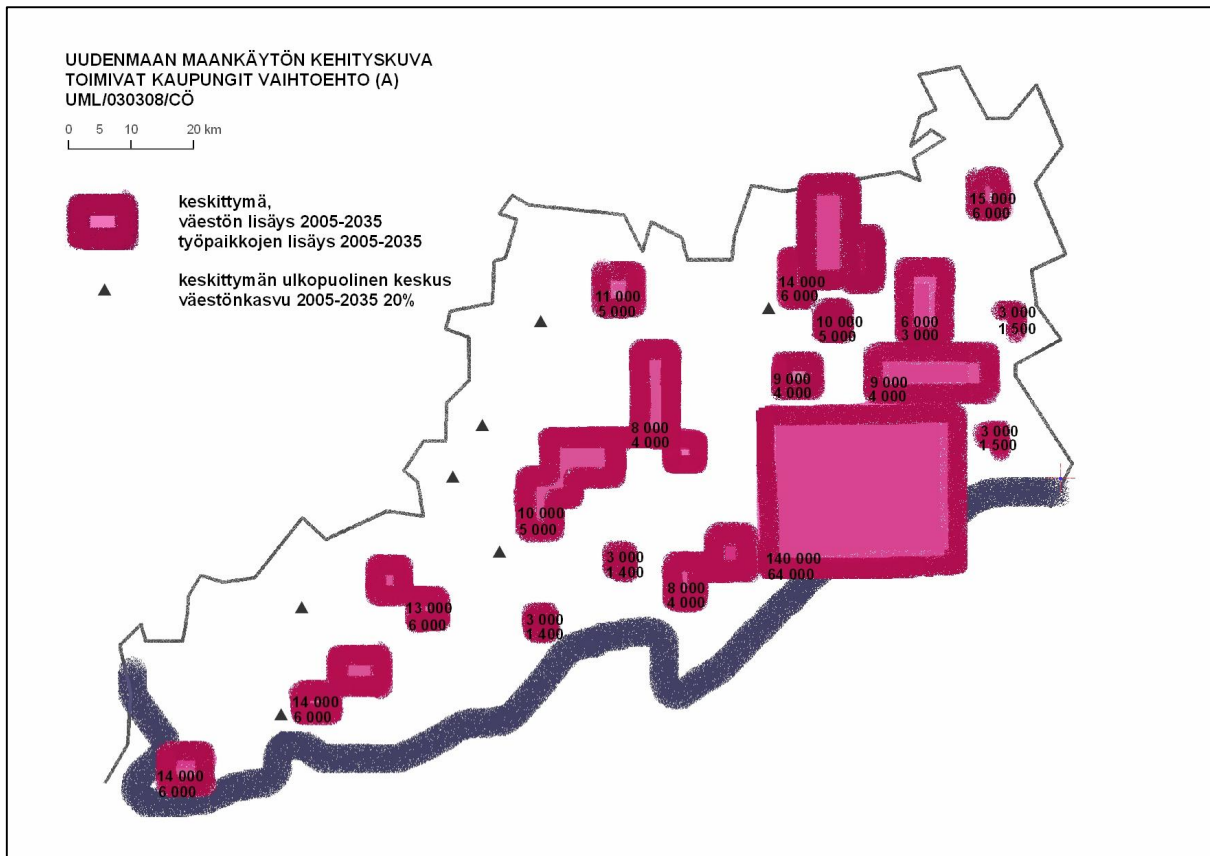
## Liikenneverkko

Liikenneyhteyksiä käytetään muuttujina vain vaihtoehdossa B, jossa tarkastellaan erikseen raideliikenteen ratkaisuja. Kokonaan uusia suunniteltuja väyliä, joilla on merkittävää yhdyskuntarakenteellista vaikutusta, ovat Espoo-Vihti-Lohja -rata, Etelä-Sipoon metro ja uusi met-roasema Kirkkonummella sekä Klaukkalan rata. Uusien rataosuuksien asemapaikkoja on kehityskuvan pääkaupunkialueen ulkopuolella yhteensä 16 kappaletta.

### 3.3 Vaihtoehtojen kuvailu

#### 3.3.1 Toimivat kaupungit - A

Vaihtoehdon tarkoituksena on tutkia liikkumistarpeen vähentämistä kestävän 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. (Kuva 1)



**Kuva 1.** Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehto A – Toimivat kaupungit.

Tavoitteena on ollut, että keskittymät muodostavat vaihtoehdon nimen mukaisia toimivia kaupunkia. 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.

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.

## Keskittymien muodostuminen

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.

## Väestönkasvu

Vakiona jokaisessa vaihtoehdossa on väestönkasvu 300 000 asukkaalla vuoteen 2035. Laskettuna 30 vuodelle tämä vastaa noin 20 % keskimääräistä kasvua. Lähtökohtana on ollut jokaisen keskittymän väestönkasvu ainakin tämän verran. Poikkeuksena ovat kehityskuvan pääkaupunkialue ja pääradan kehyskunnat, joita keskittymiä on painotettu muita vähemmän ja kasvun näissä ollessa 15 %.

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-hankkeessa on määriteltä 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.

## Uudet työpaikat

Vakiona jokaisessa vaihtoehdossa on noin 132 000 uutta työpaikkaa vuoteen 2035 mennessä. Uusien työpaikkojen määrittely keskittymiin on laskettu samassa suhteessa väestönkasvun kanssa, käyttäen keskittymän suhteellista osuutta koko väestönkasvusta.

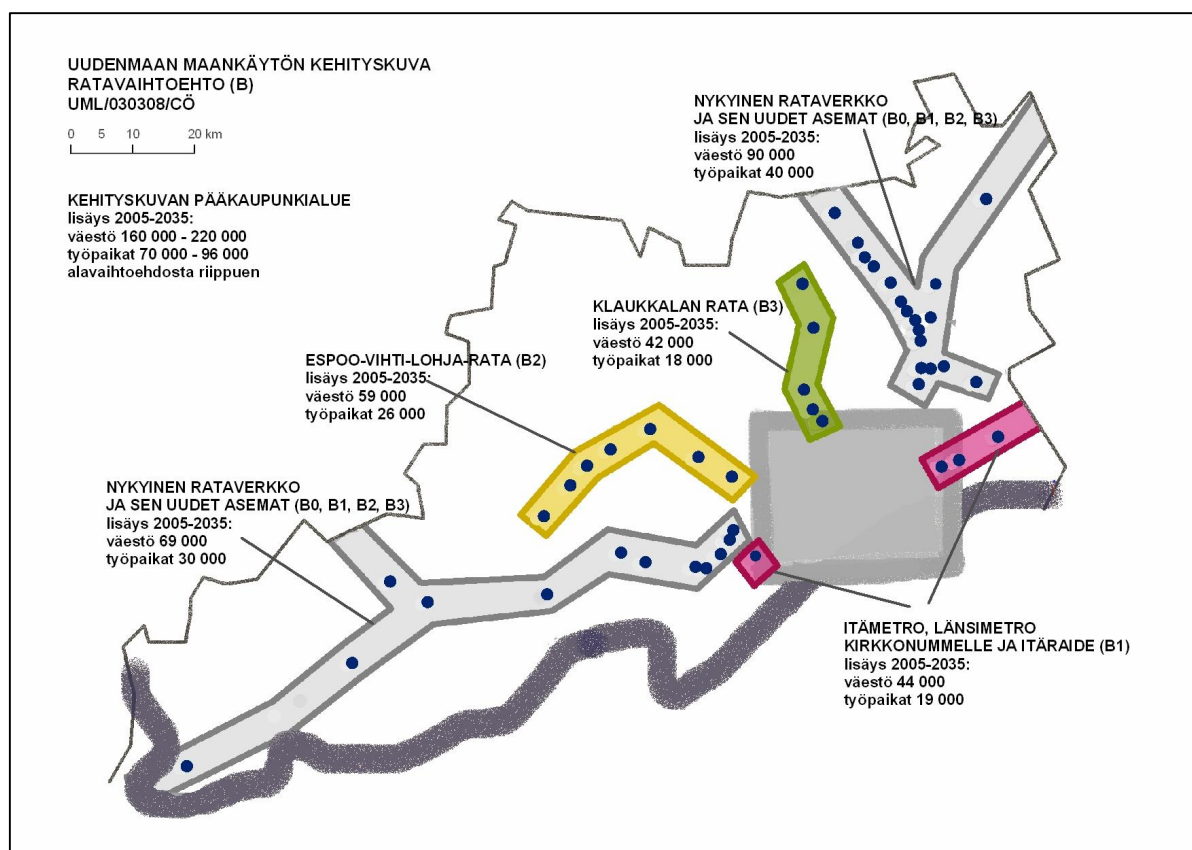
## Talotyyppijakauma ja aluetehokkuus

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



### 3.3.2 Ratavaihtoehto - B

Vaihtoehdon tarkoituksena on tutkia kestävän kehityksen toimintalinjaa, jossa henkilöliikenne suunnataan vahvasti raideliikenteeseen. Vaihtoehdon perusrakenne pohjautuu sekä nykyiseen rakenteeseen että uusien rataosuuksien varaan ja keskittymät sijoittuvat ratoihin painottuen sekä nykyisille että uusille asemille. (Kuva 2)



**Kuva 2.** Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehto B – Ratavaihtoehto.

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 keskittymän kooksi on 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 tiivismatalan rakennusmuodot korostuvat maisemassa, ja rakennusten arkkitehtuurilla on suuri merkitys alueen viihtyvyyteen. Virkistymisen 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.

## Alavaihtoehdot

Ratavaihtoehdot 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.

## Väestönkasvu

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

Perusteluna nykyisten ja uusien ratojen erolle on se, että lisäämällä väestöä uusille rataosuuksille vaihtoehtojen välille saadaan enemmän eroja. Lisäksi uusien rataosuuksien toteuttaminen vaatii suurempaa väestöpohjaa kun olemassa olevien ratojen lisäasemat. Myös nykyisten asemien ympärillä oleva nykyinen rakenne asettaa rajoituksia sen suhteen, minkä verran uutta asutusta asemien välittömään läheisyyteen voidaan osoittaa.

Pohjana väestön sijoittamisessa on ollut ajatus siitä että väestömäärä keskittymissä aseman läheisyydessä voi olla vähintään 5000 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 lähellä. 15 000 henkeä oletetaan olevan enimmäismäärä henkilöitä, jot-

ka voivat asua noin 1 km säteellä asemasta. Koko suunnittelualueella ainoastaan Helsingin keskustassa on kilometrin säteellä tätä enemmän asukkaita (noin 20 000 asukasta).

### Uudet työpaikat

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

### Talotyyppijakauma ja aluetehokkuus

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

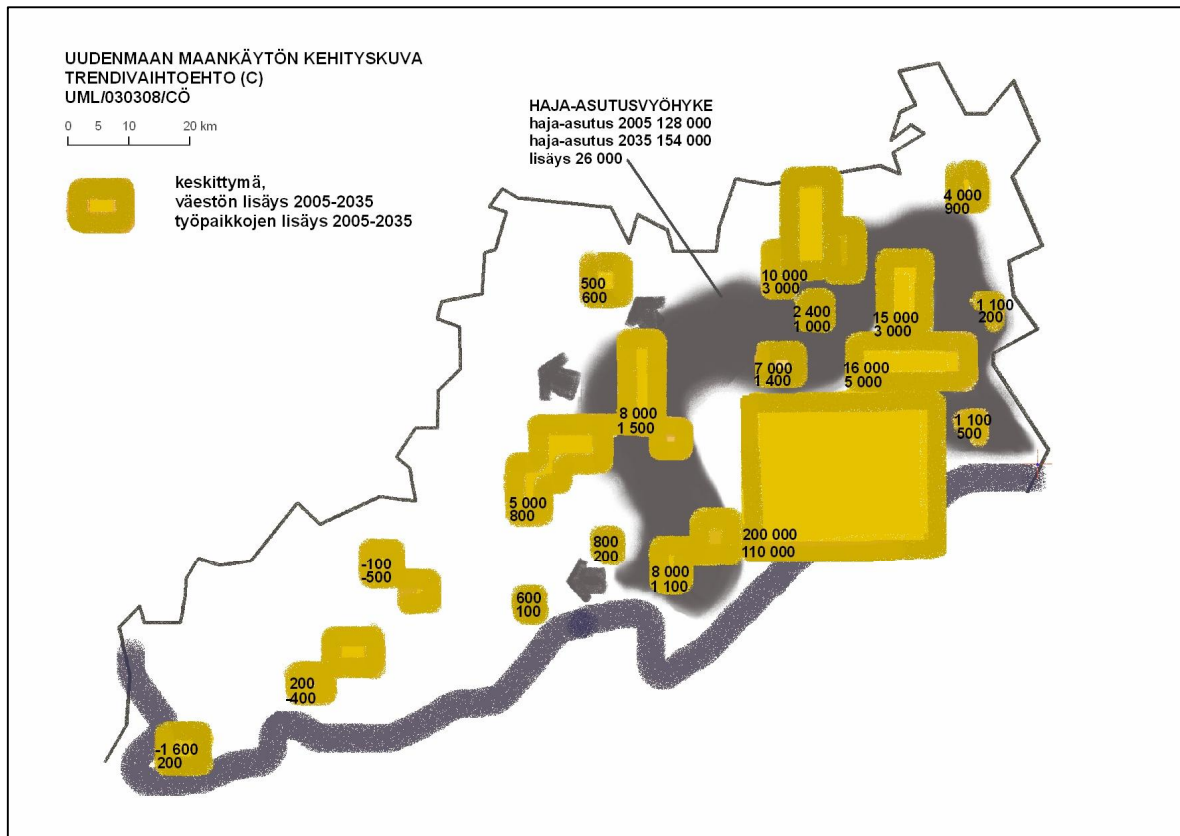
#### 3.3.3 Trendivaihtoehto - C

Trendivaihtoehdossa pyritään kuvaamaan, miten väestö ja työpaikat sijoittuisivat menneittä 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. (Kuva 3)

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

### Haja-asutus

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.



**Kuva 3.** Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehto C – Trendivaihtoehto.

### Väestönkasvu ja uudet työpaikat

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 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.

### Talotyyppijakauma ja aluetehokkuus

Talotyyppijakauma on laskettu menneen kehityksen mukaan käyttäen YKR-aineistoja vuosilta 1980 ja 2005. Talotyyppijakauman 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 väljyyksikasvun 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.

## 4 Ilmastonmuutoksen simuloinnit rakentamisen ja maankäytön sovellutuksiin

### 4.1 Yleistä taustaa

Meteorologiset ja geofysikaaliset ääri-ilmiöt, kuten myrskytuulet, tulvat ja ankarat lumimyrskyt voivat aiheuttaa tuhoja rakennetulle ympäristölle. Yhdyskunnat on suunniteltava kestävästi 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).

EXTREMES-hankkeessa tutkittiinkin globaalien ilmastonmuutoskenaarioiden ja alueellisen ilmastomallin avulla sitä, miten ilmastonmuutos vaikuttaa ääri-ilmiöiden esiintymiseen Suomessa ja muissa pohjoismaissa (Makkonen et al. 2007).

Näitä laskentatuloksia voidaan tarkastella erikseen paikallisesti, 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).

### 4.2 Ilmastosimuloinnit

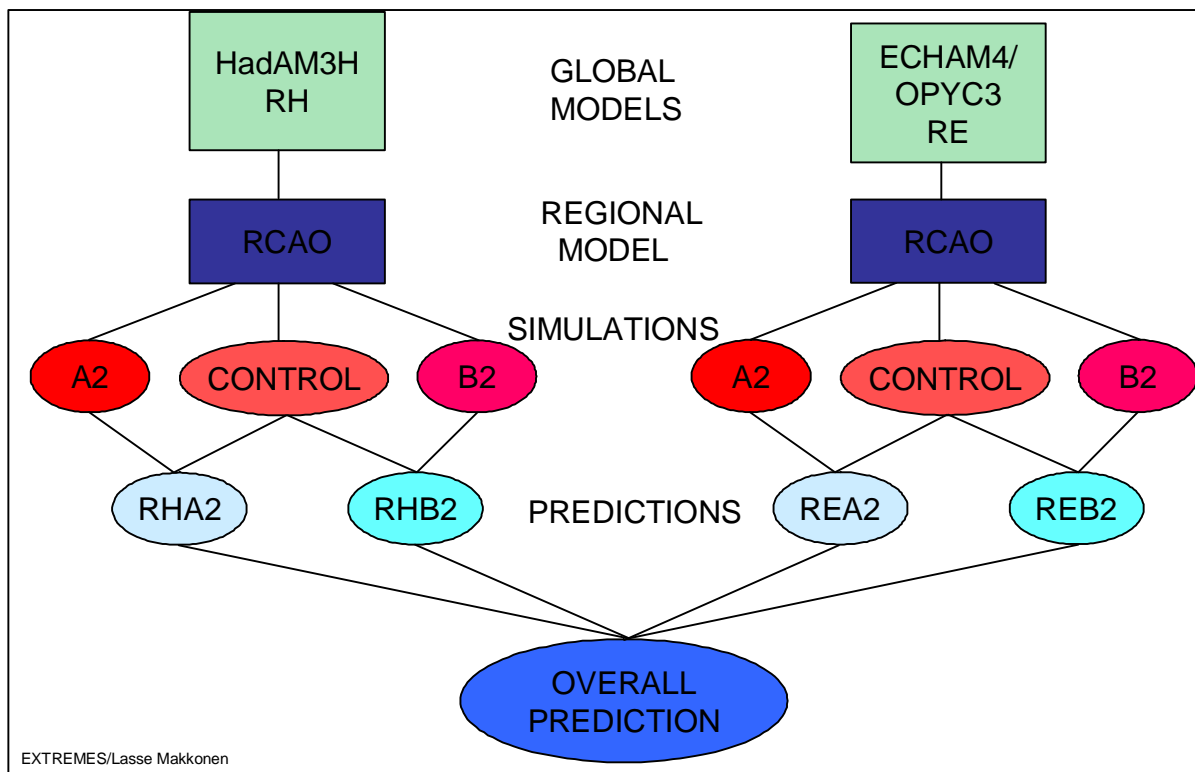
Tässä esitettävät ilmastosimulointien tulokset perustuvat mallisysteemiin, joka koostuu koko maapallon kattavasta globaalista ilmaceh/meri laskentamallista ja Pohjoismaiden aluetta kuvaavasta Ruotsin ilmatieteen laitoksen laskentahilaltaan tarkemmasta alueellisesta ilmastomallista RCAO (Rummukainen et 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 erotuskyyvällä 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. A-skenaariot ovat kulutusyhteiskuntaskenaarioita ja B-skenaariot tähtäävät kestävään kehitykseen. Tässä käytettävät A2- ja B2-skenaariot ovat ääripäiden välissä. Alueelliset RCAO-ajot käyttävät hyväkseen reunaehtona kahden eri globaalimallin (Hadley Centre ja Max Planck Institute) tuloksia. Näin on saatu neljä erillistä mallienustetusta, joiden keskiarvoa voidaan tarkastella ”parhaana ennusteena” (Makkonen et al. 2007, Kuva 4). Viidenkymmenen vuoden toistuvuusajaa 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.

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 sekä Merentutkimuslaitoksen jäättilastot) on etsitty vertailtavaksi myös tarkasteltavien suureiden keskiarvoissa samalla mallisysteemillä lasketut ennakoitavat muutokset.



**Kuva 4.** Periaatekuva mallisimuloinneista ilmastonmuutokseen liittyvien ääri-ilmiöiden esiintymisen muutoksen ennakoimiseksi.

## 5 Ennakoitu ilmastonmuutos Uudellamaalla

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

Uudellamaalla laadittiin ilmastomallisimuloinnit usealla paikkakunnalla: Helsinki, Karkkila, Kirkkonummi, Mäntsälä, Porvoon edusta ja Tammisaari. Malliajojen perusteella arvioitiin ennusteet erikseen rannikolle ja sisämaahan. Uudenmaan laskentapisteet sijaitsevat suunnilleen seuraavasti:

Rannikko: Kirkkonummi, Helsinki  
Sisämaa: Karkkila, Mäntsälä

Annetut rannikon ja sisämaan arviot edustavat näiden kahden laskentapisteen keskiarvoa.

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

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

<b>Arvioidut muutokset (Uusimaa)</b>	<b>Rannikko</b>	<b>Sisämaa</b>
Vuoden keskilämpötila	+4 °C	+4 °C
Maksimilämpötila	+4 °C	+5 °C
Minimilämpötila	+16 °C	+11 °C
Sulamis-jäätymissyklit	-40 %	-30 %
Vuoden keskituulennopeus	+2 %	0 %
Maximituulennopeus	+15 %	+5 %
Vuotuinen sademäärä	+15 %	+20 %
6 tunnin sademaksimi	0 %	+5 %
5 vuorokauden sademaksimi	+15 %	+30 %
Vuoden lumisateen vesi-arvo	-60 %	-50 %
6 tunnin lumisademaksimi	0 %	-5 %
Lumipeitteen maksimivesiarvo	-55 %	-50 %
Lumipeitteen kesto-aika	-70 vrk	-70 vrk
Meren jääpeitteen kesto-aika	-120 vrk	

## 6 Tulvavaara-alueet

### 6.1 Uudenmaan rannikon tulvakartoitus

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. Tämän luvun teksti perustuu tähän selvitykseen.

Syytä tulvien voimistumiselle ja tulvavahinkojen kasvulle on mahdollista hakea ainakin kahdelta suunnalta. Yhtäältä on hyvin todennäköistä, että globaali ilmastonmuutos on jo nyt lisännyt monien alueiden tulva-alttiutta sekä tulvien määriä ja voimakkuuksia. Toisaalta on vielä todennäköisempää, että tulviin on vaikutettu myös monilla ihmisten tekemillä paikallisilla toimilla. Esim. maankäyttöön ja rakentamiseen liittyvillä ratkaisuilla on lisätty tulvavaaraa. Lisääntynyt rantarakentaminen on lisännyt tulville alttiiden kohteiden määrää. Lisäksi uusien alueiden rakentaminen on lisännyt vettä läpäisemättömien alueiden pinta-alaa ja huonontanut siten veden imeytymistä maaperään. Tulvaongelmia on pahennettu monin paikoin myös ympäristöön ja valuma-alueisiin kohdistuvilla rasituksilla, kuten esim. metsien hakkuilla ja maaperän ja vesistöjen muokkauksilla.

Tulevaisuudessa on hyvin todennäköistä, että ilmastolliset seikat tulevat voimistamaan tulvaongelmia entisestään. Tämän hetkisten arvioiden mukaan meren pinta tulee nousemaan globaalisti noin 18 - 59 cm seuraavan sadan vuoden aikana. Myös sademäärän ennustetaan lisääntyvän etenkin pohjoisella pallonpuoliskolla. Vaikka lisäyksen ennustetaan olevan kohdullista seuraavan 50 vuoden aikana, on hyvin todennäköistä, että sadannan ajallisen vaihtelun muutokset ja rankkasateiden lisääntyminen tulevat voimistamaan tulvia ja vahvistamaan niiden negatiivisia vaikutuksia.

Uudenmaan rannikolle laaditussa yleispiirteisessä tulvavaarakartoituksessa 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 Tammisaaressa, 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 suun-

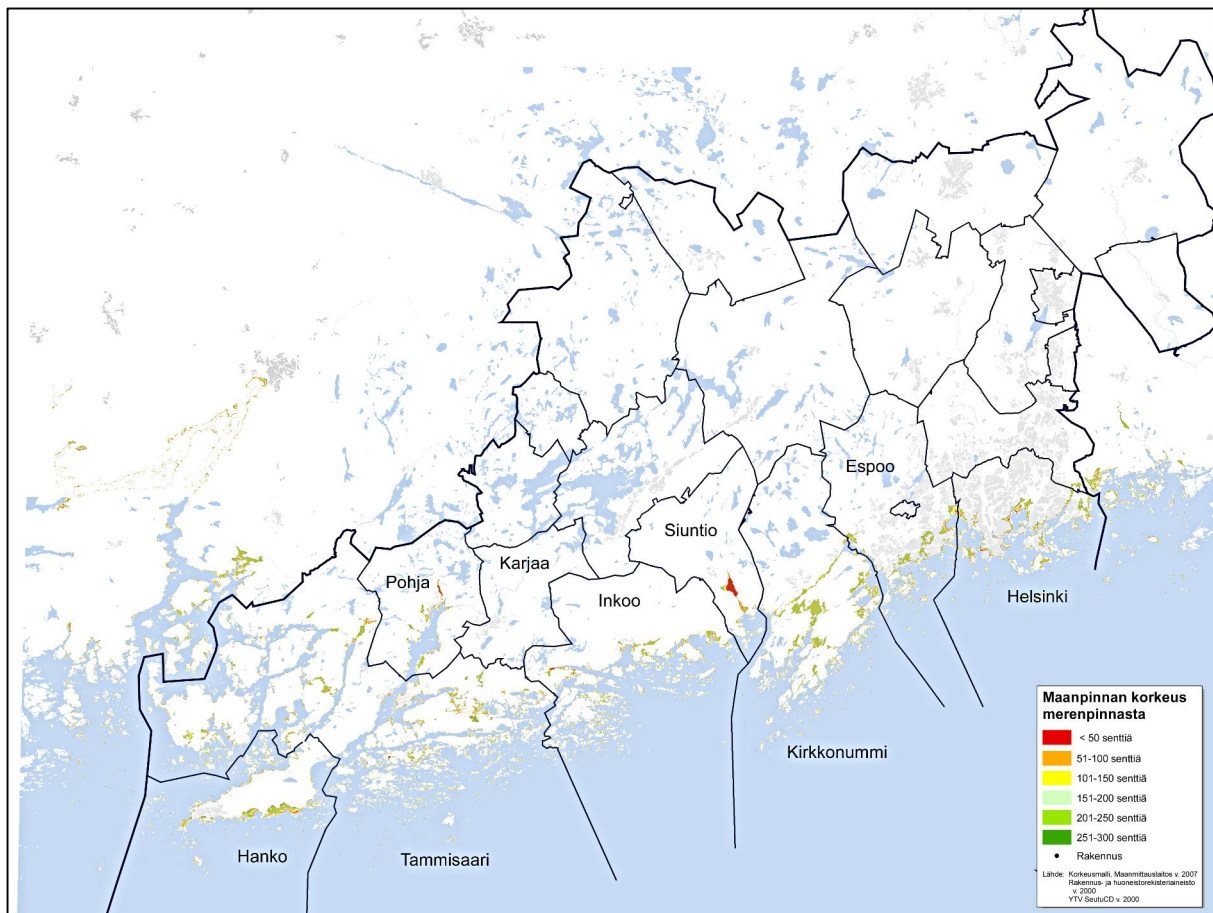


taa antavasti, ja tarkempia alueellisia ja paikallisia johtopäätöksiä kannattaa tehdä vasta tarkempien tulvavaarakartoitusten jälkeen.

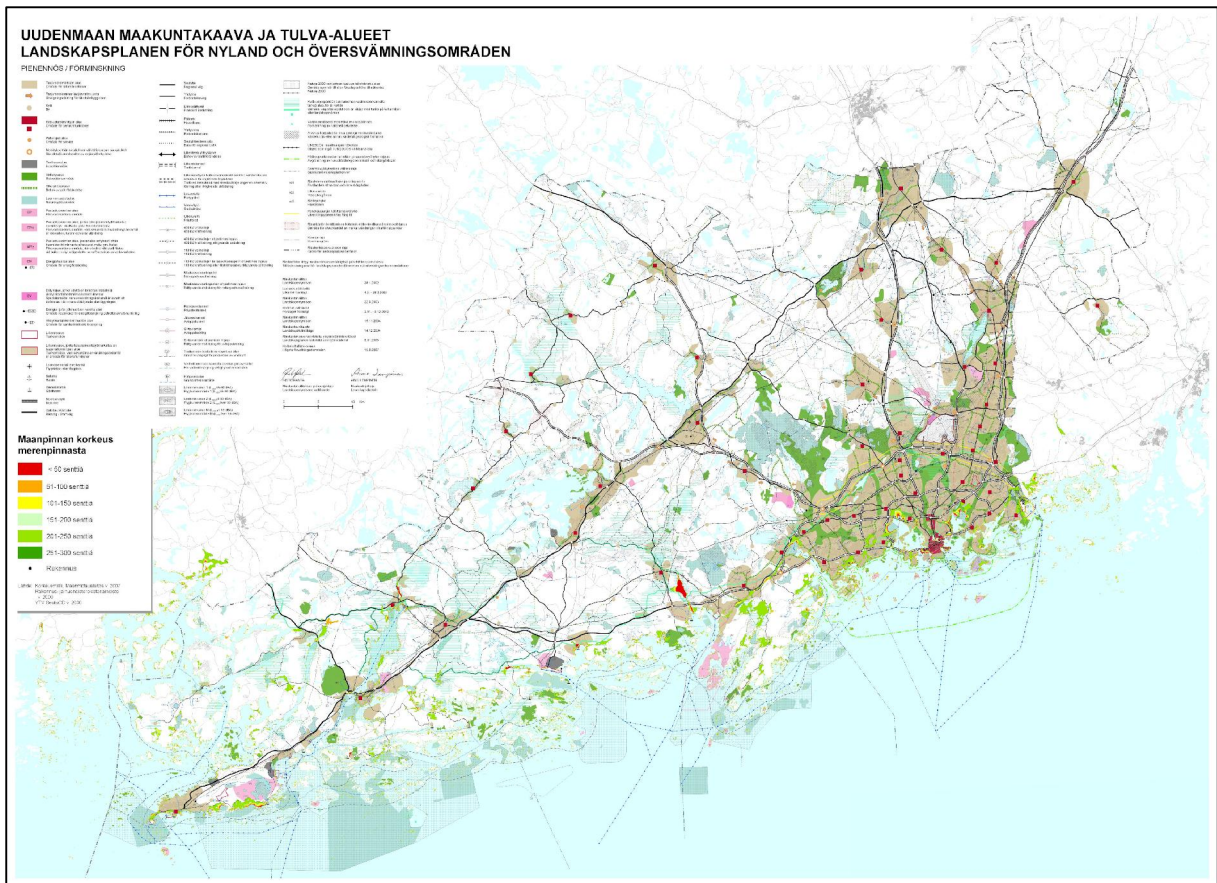
Kuvissa 5 esitetään Uudenmaan tulvakartta ja kuvassa 6 Uudenmaan maakuntakaava ja tulva-alueet. Esimerkkeinä tarkemmasta alueiden kuvauksesta kuvassa 7 esitetään tulvavaara-alueet Helsingissä ja kuvassa 8 Hangossa.

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

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



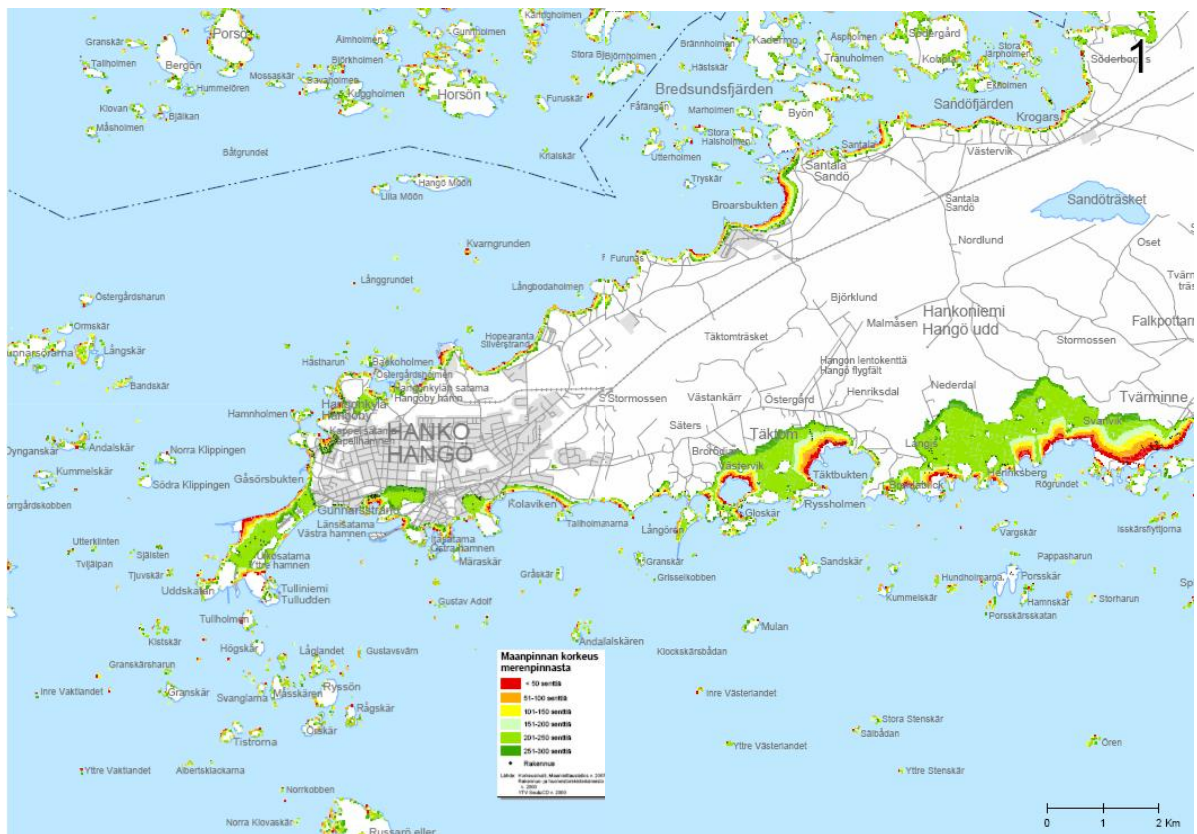
**Kuva 5.** Uudenmaan tulvavaarakartta. Maanpinnan korkeus merenpinnasta. (Uudenmaan liitto 2007)



**Kuva 6.** Uudenmaan maakuntakaava ja tulva-alueet. Maanpinnan korkeus merenpinnasta. (Uudenmaan liitto 2007)



**Kuva 7.** Esimerkki tulvavaarakartasta, Helsinki (Uudenmaan liitto 2007)



**Kuva 8.** Esimerkki tulvavaarakartasta, Hanko (Uudenmaan liitto 2007).

# 7 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen

## 7.1 Taustaa

Nämä ohjeet käsittelevät ilmaston muutosta ja sen vaikutusta laajasta näkökulmasta. Osa ehdotuksista on vaihtelevassa määrin toteutunut maakuntakaavassa. Nyt käsillä oleva työ ei käy läpi koko kaavaa yksityiskohtaisesti.

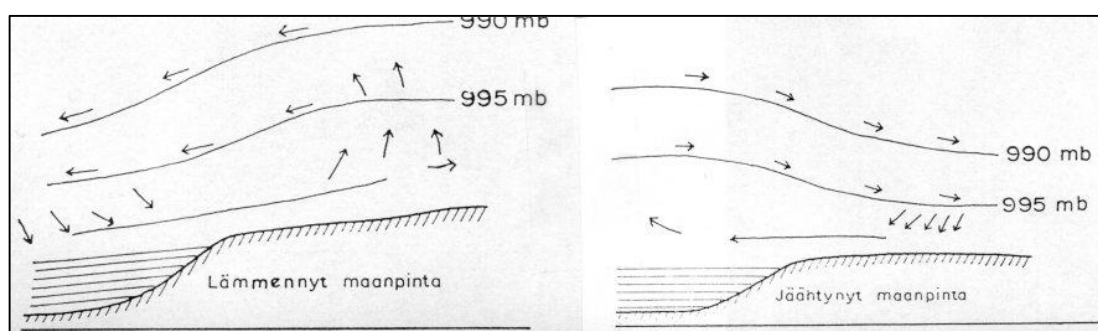
Monesti on vaikeaa vetää rajaa maakuntakaavassa, seutukuntien suunnitelmissa ja yleiskaavoissa käsiteltävien asioiden, ja niiden käsittelytarkkuuden välille. Siksi tässä selvityksessä on paikoittain mukana myös yksityiskohtaisia ohjeita ja kommentteja, vaikka ne ehkä toteutuvatkin vasta yleis- tai asemakaavatasoilla.

## 7.2 Ilmasto ja ilmaston muutos

### 7.2.1 Ilmastotietojen käyttäminen

Suunnittelijoille lähtökohtatiedoiksi sopivia ilmastotilastoja on julkaistu sekä maakohtaisesti että kansainvälisesti. Usein havaintoasemat eivät kuitenkaan sijoitu suunnittelukohteen lähelle, jolloin on laskettava keskiarvoja lähellä sijaitsevien ilmastollisesti edustavien asemien tiedoista. Joskus yhdenkin ilmastollisesti vastaavan aseman tiedot riittävät lähtöaineistoksi. Ilmasto-olojen kartoittamisessa voidaan käyttää joskus myös Ilmatieteen laitoksen julkaisemia tutkimusraportteja, joissa ilmastotekijöiden jakaumissa on huomioitu myös maaston vaikutus.

Valmiiden tuulitilastojen tarkastelu ei usein anna riittävää kuvaa todellisista olosuhteista. Esimerkiksi Suomen etelärannikon tilastot näyttävät päätuulensuunniksi hyvin vastakkaisia ilmansuuntia. Suunnittelun kannalta tämä tieto ei riitä. Yksityiskohtaiset mittaukset osoittavat, että jakaumaan vaikuttaa keväisin ja kesäisin merituuli-maatuuli järjestelmä, joka usein suuntaa tuulen paikallisesti päivällä mereltä, yöllä mantereelta. Kylmät luode-koillinen-tuulet esiintyvät erityisesti kesäisin ja syksyisin. (Tilastoja)



**Kuva 9.** Merituuli syntyy aurinkoisina päivinä maan lämmitessä ja maatuuli yöllä meren säilyttäessä lämpönsä. (Venho)

Keskimääräiset tuulen nopeudet eivät aina ole kovin onnistuneita parametreja tuuliolojen ja tuulen vaikutuksen kuvaamiseen suunnittelun kannalta, vaan vuosi olisi jaettava ainakin neljään jaksoon, kevät, kesä, syksy ja talvi (liite 5). Yleensä tuulen nopeuden kuukausikeskiarvot ovat suurempia talvella kuin kesällä. Nopeuden vuorokausivaihtelu puolestaan on kesällä selvästi suurempi kuin talvella. Lämmityskaudella yleisimmät tuulen nopeudet havainto-

asemilla ovat välillä 3...6 m/s, keskinopeuden ollessa suuruusluokkaa 4,8 m/s. (Kivistö, Tilastoja)

## 7.2.2 Ilmastoanalyysi

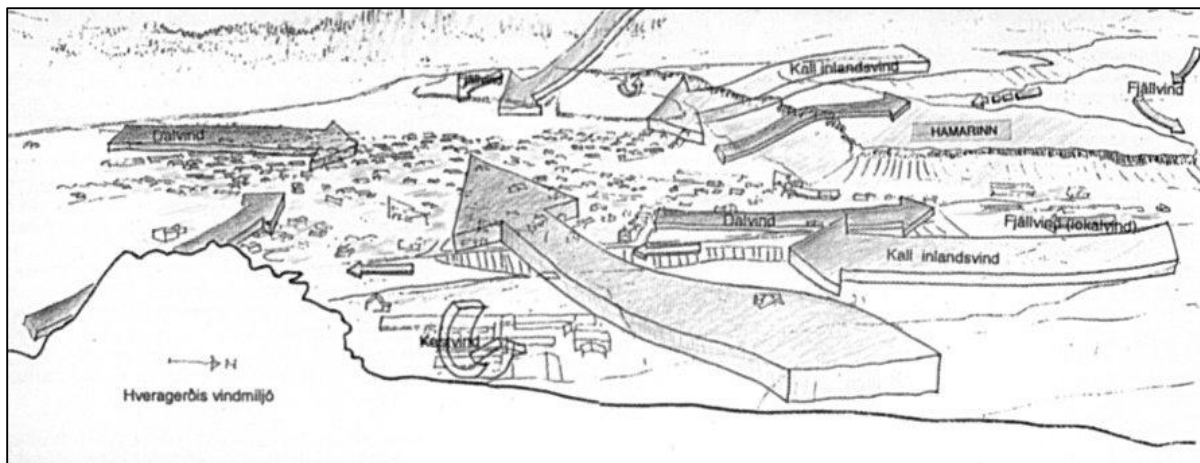
Sääasemilta saatu tieto sovitetaan paikallisiin olosuhteisiin arvioimalla mikroilmaston muotoutuminen topografiaan karttojen perusteella. Analyysi on tehtävä riittävän suurelta alueelta varsinaisen suunnittelualueen ulkopuoleltakin, jotta kaikki kohteeseen vaikuttavat voimat tulevat huomioiduiksi. Rakennetussa ympäristössä työtä voidaan täydentää tarkemmassa mittakaavassa käyttäen pohjana kaavailustraatiota.

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 s. 30 - 33, Sterten s. 36)

2. Havainnollisuuden vuoksi on usein syytä piirtää suunnittelualueesta aksonometria tai lintuperspektiivikuva, 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. Eräs käyttökelpoinen menetelmä löytyy Børven ja Stertenin julkaisusta Arbeidsrapport 26. (Børve & Sterten s. 15-17)

4. Rakennettu ympäristö. Mikäli suunnittelukohteesta ei ole tehty pienoismallia, voidaan tulevaa mikroilmastoa ennakoida sijoittamalla muiden kohteiden tuulitunnelikokeista saatuja virtausmalleja kyseisen kohteen kaavaluonnoksen illustraatioon mittakaavoissa 1:1000 - 1:500. Tulos ei tarkkuudeltaan ja luotettavuudeltaan kuitenkaan ole lähelläkään pienoismallin testauksesta saatavaa.



**Kuva 10.** Maisema-aksonometria, johon on merkitty tuulisuuden pääpiirteitä. (Sterten Nordisk s. 79, piirros Gunnarsdottir & Hardarson)



**Kuva 11.** Alueen jakautuminen paikallisilmastoihin. Katkoviivat kuvaavat vedenjakajia, jotka rajoittavat paikallisilmastoja. Nuolet esittävät kylmän ilman valumisen. (Børve Klima- og luftmiljøanalyse)

### 7.2.3 Paikallisilmasto

Ilmastoa voidaan tarkastella kolmella eri tasolla: suurilmasto, keski-ilmastto ja itse alueella vallitseva mikroilmasto, pienilmasto. (Mattson)

Suomen suurilmasto on lounaasta vuorotellen tulevien atlanttisten matalapaine- ja korkeapainjärjestelmien hallitsema. Säännöllisesti esiintyy myös muutaman vuorokauden pituisia kylmiä pohjoistuulia, lämpimiä etelätuulia sekä ajoittain mantereisia kaakkoistuulia, jotka yleensä ovat kesäisin lämpimiä, talvisin kylmiä, ja joiden mukana monesti tulee runsaita sateita.

Vuotuisten maksimi ja minimilämpötilojen ero on Suomessa suuri. Rakennuksen julkisivun lämpötila voi talvella olla  $-25^{\circ}\text{C}$ ... $-45^{\circ}\text{C}$ , kesäisin auringossa  $+50^{\circ}\text{C}$ ... $+80^{\circ}\text{C}$ , mikä tarkoittaa yli 100 asteen lämpötilaeron räsitusä julkisivumateriaaleille. (Tilastoja)

Mikroilmaston komponentit ovat (Kossak s. 46):

- korkeus merenpinnasta
- avoimuus tuulille
- sumun muodostus
- auringon säteilyn saanti
- topografia.

Kaupungit muuttavat mikroilmastoa kolmella tavalla (Givoni):

1. Lämmön tuottaminen, joka aiheuttaa lämpösaari-ilmion (tyynellä säällä).
2. Pinnamuotojen muutokset ja rakennukset, jotka suuntaavat ilmavirtauksia ja muuttavat tuulen nopeuksia.
3. Atmosfäärin muutokset, jotka johtuvat ilmansaasteista, ja jotka vähentävät auringon säteilyn saantia, lisäävät savusumu ilmiötä sekä vaikuttavat negatiivisesti terveyteen.

#### 7.2.4 Yleiskuvaus Uudenmaan mikroilmastosta

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.

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.

#### 7.2.5 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. Tästä syystä ei energiansäästötoimenpiteistä voida tinkiä.

Maksimituulennopeuksien kasvaminen paikasta riippuen 5-20 prosentilla rasittaa sekä rakennuksia että vaikeuttaa kevytliikennettä. Rantalaitureilla ja silloilla kulkeminen tulee entistä vaikeammaksi ja toisinaan mahdollisesti vaaralliseksi. Kattorakenteisiin, julkisivuihin, katoksiin ja parvekelasitukseen 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 molemmin puolin lisää liukkautta. Koska meri ei jäädy, kohdistuu rantoihin myös talvella terävä aallokko, joka rantaa tullessaan heittää pisaroita rantakaduille ja niiden varrella olevien rakennusten julkisivuihin. (Christensen)

### 7.2.6 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.

Etelä-Suomen rannikolla maankohoamisen arvoksi on laskettu noin 2 - 3 mm vuodessa, 20 - 30 cm sadassa vuodessa. Keskimääräisen vedenkorkeuden pitkäaikaisen muutoksen suunta määräytyy maankohoamisen ja valtameren pinnan nousun erosta. Tulevaisuudessa valtameren pinnan nousun ennustetaan kiihtyvän, jolloin keskimääräinen vedenkorkeus lähtee Suomenlahdella todennäköisesti 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 Uudellamaalla vähenemään 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.

### 7.2.7 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 ilmastonmuutoksen 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.

## 7.3 Ilmasto ja rakentaminen

### 7.3.1 Paikallisilmaston vaikutus rakentamiseen

Ilmastotietoinen suunnittelu edellyttää paikallisilmaston huomioimista suunnittelussa. Olosuhteita voidaan aktiivisesti parantaa ja monesti luonnonvoimia voidaan myös hyödyntää. Seuraavassa on luettelo yleensä suositeltavista toimenpiteistä.

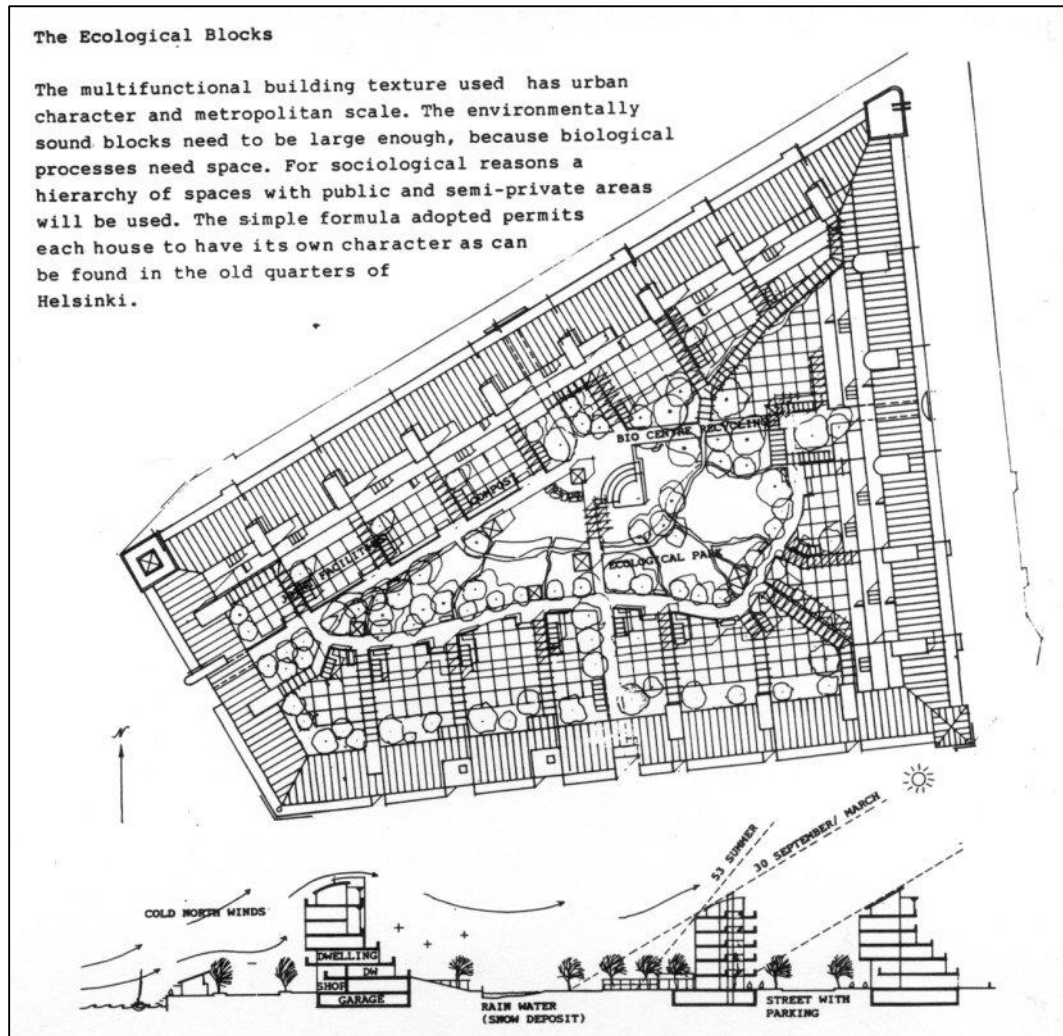
#### Kaavallinen sijoittelu

- korttelien suuntaaminen aurinkoon
- pihojen suojaaminen tuulelta
- rakennusten porrastaminen rinteeseen ja pitkien korkeuskäyrien suuntaisten massojen välttäminen.

#### Rakennussuunnittelu

- rakennuksen suunnittelu vyöhykkeittäin siten, että pohjoisen tai tuulten puolella on kylmien rakennelmien muodostama puskurivyöhyke, keskellä lämmin sydän, ja auringon puolella oleskeluun tarkoitettuja sisä- ja ulkotiloja
- rakennusten suuntaaminen aurinkoon

- autopaikat varjoon
- suojautuminen tuulilta parvekkeilla tai kaksinkertaisella julkisivulla
- parvekkeet ja lipat estävät julkisivuilla alaspäin suuntautuvia virtauksia
- lehtipuut eteläpuolelle, havupuut pohjoiseen.



**Kuva 12.** Tuulten ja auringon mukaan muotoiltu ja mitoitettu kortteli, ehdotus Helsingin Länsisatamaan. (CASE Helsinki, piirros Eckhardt & Kuismanen)

### 7.3.2 Ilmasto ja energiankulutus

Rakennuksen sijoittelulla, suuntauksella ja tuulensuojauksella on huomattava vaikutus energian kulutukseen Suomen olosuhteissa. Tuulella ja kylmän ilmanaltailla on suurin vaikutus paikallisiin lämpötilaeroihin, jotka voivat ajoittain olla yli 10 °C, ja keskimäärin 1-2 °C. Ilmatieteen laitoksessa on arvioitu, että kylmän ilman järvet lisäävät kohdealueilla joidenkin rakennusten astepäivälukua 90-225 Kd/a vuodessa. Tämä merkitsee talotyypistä ja tapauksesta riippuen 1,6-7,9 kWh:n lisäystä lämmönkulutukseen kerrosneliometriä kohti vuodessa. Lämpimien etelärinteiden on puolestaan arvioitu vähentävän eräissä tapauksissa vuotuista astepäivälukua normaaliin verrattuna noin 90 Kd. Tämä vastaa rakennuksesta riippuen kerrosneliometriä kohti 1,6-3,2 kWh:n vähennystä vuotuisessa lämmönkulutuksessa.

Tuulet synnyttävät rakennuksen eri puolille paine-eroja, jotka yleensä pyrkivät lisäämään ilmanvaihtoa ja vastaavasti lämmönkulutusta. ASTA II tutkimuksen mukaan tasapainotettu (sisään- ja ulospuhallus) sekä painovoimainen (luonnollinen) ilmanvaihto ovat huomattavasti

herkempiä tuulille kuin pelkällä poistolla toimiva. Toisaalta tuulta taas voidaan käyttää hyväksi painovoimaisen ilmaston toiminnassa. (Climatic, Kivistö)

Auringonsäteilyn saanti vaikuttaa rakennusten ilmaisenergioiden määrään, vaikkei tätä seikkaa olisikaan otettu suunnittelussa erikseen huomioon. Kun ikkuna-ala pääjulkisivulla kasvaa, myös suuntauksen vaikutus lämmönkulutukseen selvästi voimistuu. 25 %:n ikkunaosuudella, jolloin ikkuna-ala kattaa lähes koko julkisivun, on ero parhaan ja huonoimman suuntauksen välillä jo noin 12 kWh/k-m<sup>2</sup> eli vajaat 8 %.

Pienilmaston kokonaisvaikutus koostuu tuulesta, aurinkoisuudesta ja rakennuspaikan lämpimyydestä. ASTA II tutkimuksen mukaan maksimi- ja minimitapausten välinen suhteellisen lämmönkulutuksen erotus on omakotitaloilla 40 kWh/k-m<sup>2</sup> (28 %), lamellitalolla runsaat 37 kWh/k-m<sup>2</sup> (27 %) ja pistetalolla 35 kWh/k-m<sup>2</sup> (28 %) vuodessa. Voidaan kuitenkin arvioida, että todellisissa tilanteissa päästään korkeintaan ehkä 20 %:n lisäykseen minimistä maksimiin. (Kivistö (2) s. 36-40)

ASTA II tutkimuksen mukaan pienilmastotekijät huomioonottavalla suunnittelulla pitäisi olla mahdollista alentaa asuntoalueiden keskimääräistä lämmönkulutusta 2,5-5 %:a. Enimmillään voidaan tutkimuksen perusteella arvioida pienilmaston voivan Suomessa yhden alueen puitteissa aiheuttaa noin 20 %:n vaihteluvälin yksittäisten rakennusten lämmönkulutukseen. Glaumannin ja Westerbergin mukaan rakennusten lämmitystarvetta voidaan vähentää n. 10 %:a, kun tuuliolosuhteet otetaan huomioon rakenteiden ja rakennusmuodon valinnassa (Glaumann & Westerberg, Kivistö)

### 7.3.3 Rakennettujen alueiden mikroilmaston laatuksiteerit

Ihmisen kokemaa tuulisuutta on tutkittu kokeellisesti useissa maissa, ja näiden selvitysten perusteella on laadittu tuulisuuden raja-arvoja jalankulun ja erilaisten ulkotoimintojen kannalta. Alla olevassa taulukossa on esitetty mikroilmaston laatuksiteerit, jotka on useiden tutkimusten perusteella sovellettu Skandinavian ilmasto-olosuhteisiin (taulukko 3).

Useilla tuulensuunnilla vapaan ilmavirtauksen keskinopeus monissa taajamissa ylittää 4 m sekunnissa. Eräissä kaavaehdotuksen katutiloissa ja korkeiden rakennusten ympärillä on odotettavissa jopa 6-7 m sekunnissa keskinopeuksia ja myrskyjen aikaan vaarallisia puuskia, jotka aiheuttavat henkilövahinkojen riskin. Tällaiset nopeudet edellyttävät tutkimusten ja em. kriteerien mukaan erityisiä suojaustoimenpiteitä.

**Taulukko 3.** Ulkoalueiden tuulisuusksiteerit (Glaumann & Westerberg 1980, suom. KK)

Ulkoalueiden tuulisuusksiteerit 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

### 7.3.4 Rakennetulle ympäristölle aiheutuvia ongelmia

Kaupunki- ja lähiörakentamisen ympäristöongelmat ovat tulleet viime vuosikymmeninä esille. Huonolaatuinen rakentaminen ja kaupunkirakenteen pirstoutuminen ovat tuoneet mukanaan asumisolojen eriarvoistumista. Vaikka keskustojen tyhjenemisen ja lähiöiden epäviihtyisyyteen on monia muitakin syitä, on näiden alueiden tuulisuus, vetoisuus ja kylmyys yksi merkittävä tekijä. Ulkoalueiden viihtyisyydelle voidaan myös laskea taloudellisia arvoja vertaamalla epäviihtyisien alueiden asunoneliöiden hintoja viihtyisiin kaupunginosiin. Rakennuskantaan investoidun pääoman tuotto on aliarvostetuissa kohteissa alhainen. Monet merikaupungit käyttävät rannikon aurinkoisuutta matkailuvalttinaan. Rannalle rakennetut turistikohdeet ovat kuitenkin usein vajaakäytössä, koska kylmä merituuli keväällä ja alkukesästä tekevät ulkona olemisen epämukavaksi aurinkoisuudesta huolimatta. Myös näissä tapauksissa saadaan matkailuun investoiduille pääomalle alhainen tuotto.

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 ilmapvirtausten mukana.

Voimakkaat ilmapvirtaukset 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 Reima Pietilän mukaan 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, Pietilä)

VTT:n tekemässä ASTA II tutkimuksessa todetaan, että tuulisilla alueilla tuulianalysien ja tuulitunnelitestausten tekemistä suunnittelun yhteydessä voidaan pitää välttämättömänä. (Kivistö)

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.

Rannikolla tuulen vaikutukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota rakennusten sijoittelulla ja tuulisuojauksella. Tuulen viilentävä vaikutus voi usein olla huomattavasti suurempi kuin lämpötilaerojen. Toisaalta rannikkoalueiden vähäisempää pilvisyyttä ja aurinkoisuutta voidaan käyttää hyväksi talojen energiataloudessa ja alueiden viihtyvyydessä.

## 7.4 Luonnonympäristö

### 7.4.1 Luonnonympäristöjen merkitys

Luontoalueet ovat tärkeitä monista eri syistä, ja niillä on vaikutusta myös taajamien ilmasto-olosuhteisiin. Ne auttavat ilmastonmuutoksen 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.

Elolliselle maailmalle on tyypillistä materiaalin kiertokulku, mikä on rikkoutunut asutuskeskuksissa ja monokulttuurisilla viljelyalueilla. Biotooppien kartoitus, säilyttäminen ja rikastaminen on aluesuunnittelun tärkeä tehtävä. Kaavoituksessa on erityistä huomiota kiinnitettävä rajapintoihin, kuten metsän raja tai ranta, jotka ovat rikkaita luontonsa puolesta. Kosteikoiden kartoitus on erityisen tärkeää.

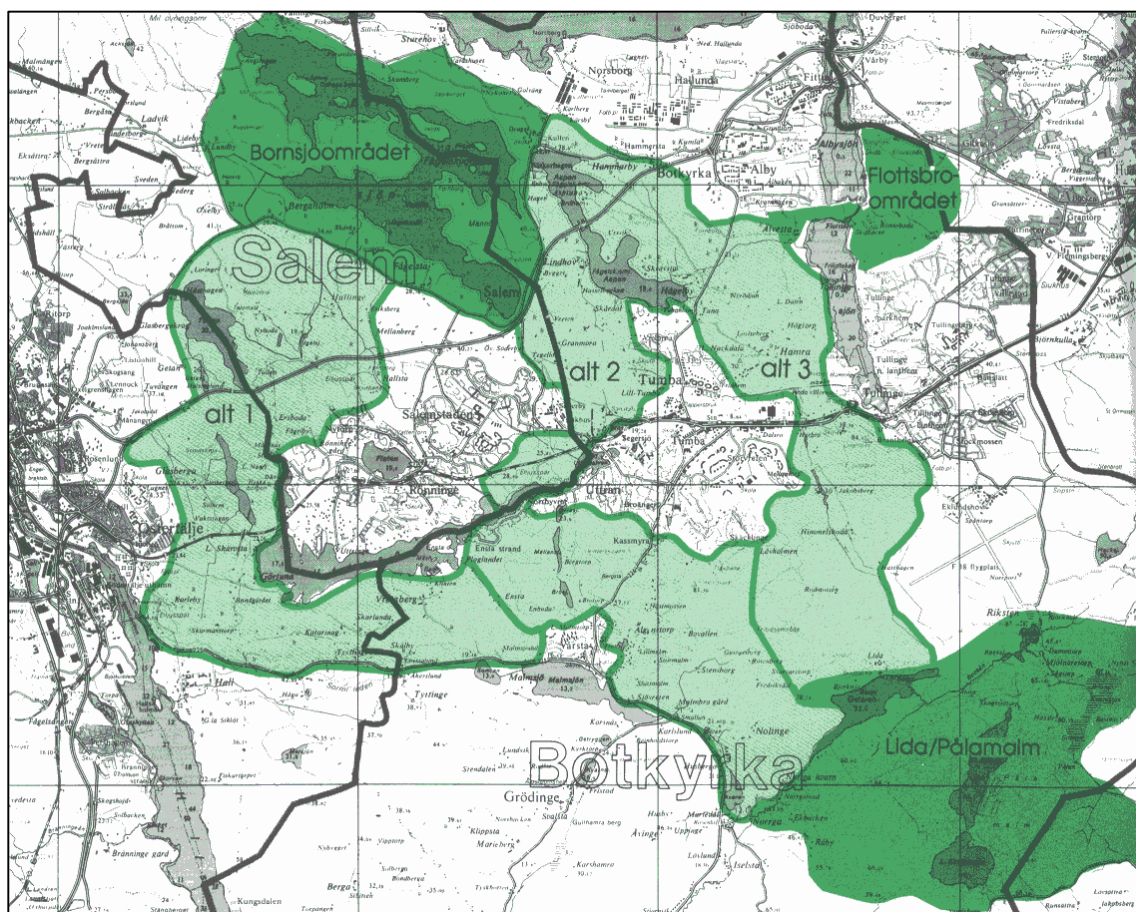
Luonnonalueita voidaan käyttää moniin tarkoituksiin tuhoamatta niiden kasvistoa ja eläimistöä. Esimerkiksi retkeily, luontokoulut, matkailu ja sopeutettu metsätalous ovat mahdollisia. Jotkin luontotyypit, kuten kedot ja haat, ovat jopa riippuvaisia ihmisen taloudellisesta toiminnasta. (Miller, Storstockholms, Yeang)

Aluesuunnittelun yhteydessä varattavat luontoalueet muodostavat tukialueen monille kasvi ja eläinlajeille, ja nämä alueet tukevat biodiversiteetin säilymistä asemakaava-alueiden pienemmillä viheralueilla. Mahdollisuus geeniaineiston vaihtoon alueelta toiselle on taattava. Ilmastonmuutos edellyttää, että yhteydet mahdollisille uusille elinalueille ovat olemassa. Skandinavian ilmastossa tukialueen minimikoko on vähintään 3 km<sup>2</sup>, mutta koska niillä todellisuudessa aina on häiritseviä tekijöitä, on vasta 4-5 km<sup>2</sup> käytännössä riittävä koko (liitteet ...).

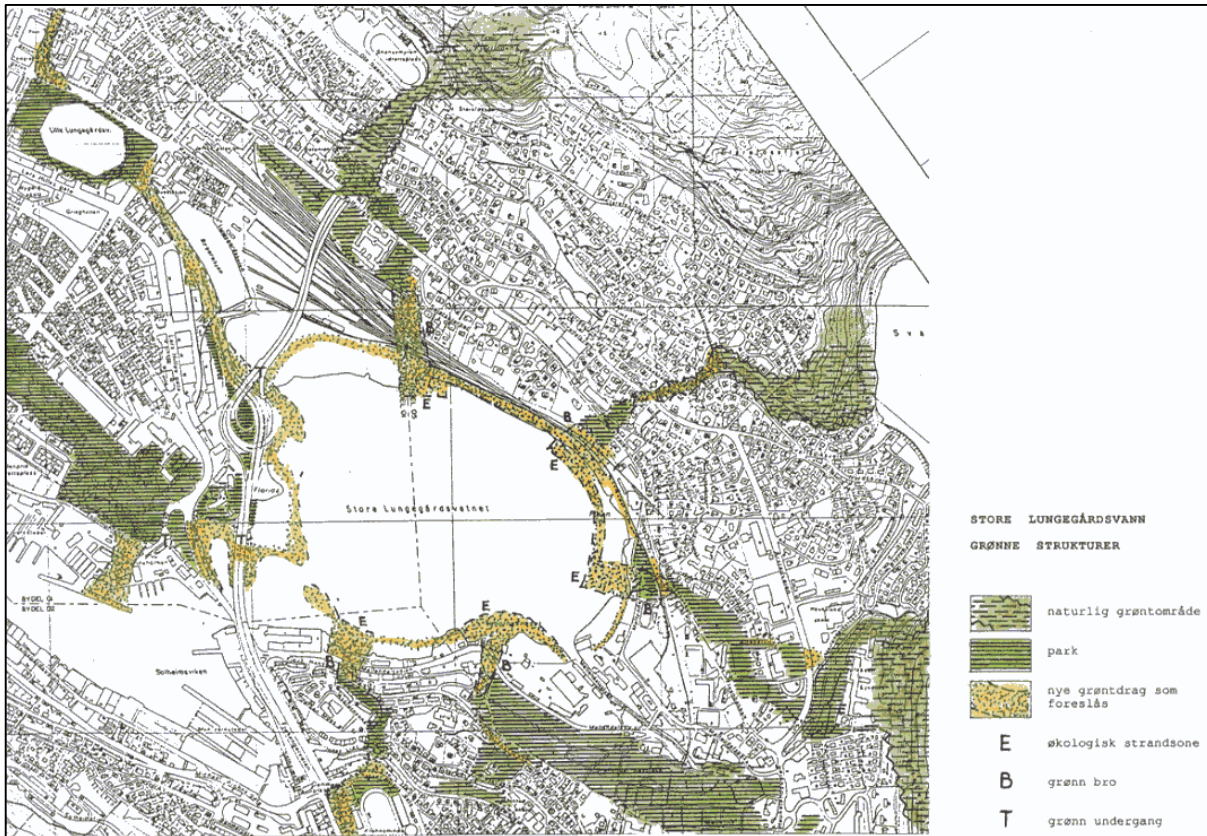
Tukialueen ei tarvitse olla täysin neitseellistä luontoa, vaan siellä voi olla vähän liikennöityjä teitä (alle 2.000 ajoneuvoa vuorokaudessa), joitain rakennuksia voimalinjoja jne. Peltoja, golfkenttiä ja vastaavia sen sijaan ei lasketa luonnoksi. Tukialueet liitetään toisiinsa viherkäytävien avulla, joiden leveys tulisi olla vähintään useita satoja metrejä. (Storstockholms, Yeang)

Ainakin seuraava informaatio kustakin tukialueesta ja käytävästä tulisi antaa:

- sijainti
- pinta-ala
- kuvaus maisemasta, luonnosta, ongelmista, uhkista jne.
- arvio lajistosta, biodiversiteetista ja luonnon alkuperäisyydestä
- arvio kasviston ja eläimistön kyvystä selvitä ilmastonmuutoksesta
- mahdolliset suojelualueet ja niiden säännöt
- maankäyttösuunnitelmat
- historialliset suojelukohteet
- virkistys- ja talouskäyttö.



**Kuva 13.** Kolmen luontokäytävävaihtoehdon vertailu Tukholman alueen yleiskaavan laatimisen yhteydessä. (Storstockholm)



**Kuva 14.** Bergenin kaupunkiin suunniteltu viherverkosto. Uudet käytävät merkitty keltaisella. E = ekologinen rantakaista, B = vihreä silta, T = vihreä tunneli tai alikulku. (Kuismanen, Bjørge, Børve)

Suomenlahden 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.

## 7.5 Ympäristötietoinen aluesuunnittelu

### 7.5.1 Lähtökohtia

Yhdyskuntasuunnittelun tehtäviä ovat kestävän 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 siksi on elimellinen osa ilmaston huomioivaa suunnitteluprosessia. Käyttökelpoisia analyysimenetelmiä on useita. CASE consultin kehittämä analyysimetodi on eräs vaihtoehto, ja se löytyy ECONO-projektin kotisivuilta, [www.econo.fi](http://www.econo.fi) / tutkimukset.(Kuismanen Eco-house)

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, kuumen ja viileän aallot, auringon paahtamien tiilten ja mausteiden tuoksu. Kaikki tämä täydentää ilmaston ja visuaalisen ympäristön kokemusta.

### 7.5.2 Uudenmaan ilmasto kaavasuunnittelun kannalta

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.

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)

### 7.5.3 Kestävän kehityksen mukainen kaavoitus

Rakentamisella on moninaiset taloudelliset vaikutukset, ja ilmastotietoinen suunnittelu edesauttaa parempien tulosten 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 mikroilmastoa. Tehokkaampi yhdyskuntarakenne vähentää rakentamisen haittavaikutuksia ja CO<sub>2</sub>-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 väestönosien ehdoilla. Ilmastonmuutos lisää Uudellamaalla tuulisuutta, sateita ja liukkautta 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. Työn 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 työn aikana toteutetaan läpäisyperiaatteella kestävän kehityksen teemat:

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

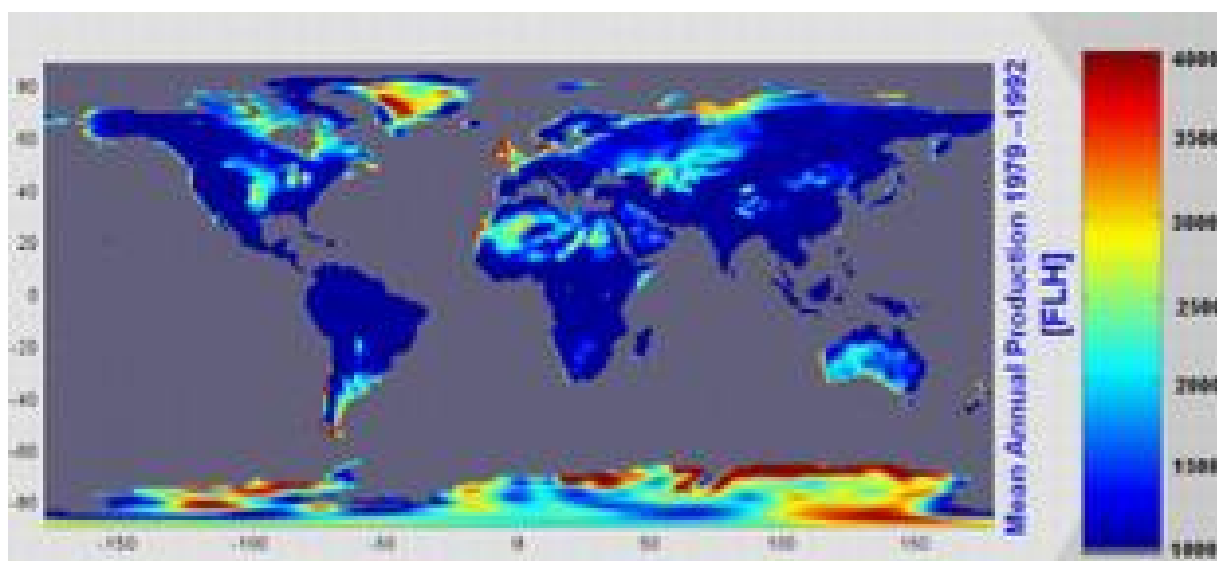
Asemakaavan tasolla tulisi antaa rakennussuunnittelulle mahdollisuudet hyödyntää luonnonolosuhteita:

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

## 7.5.4 Tuulienergia

Tuulienergian tuotanto tulee olemaan yksi osa siirryttäessä uusiutuvien energiamuotojen käyttöön. Suomen rannikot ja tunturialueet ovat suhteellisen hyviä alueita tuulienergian tuotantoon, ja ilmastonmuutoksen myötä tilanne vielä paranee.

Tuulisuus on tuulienergiamylllyjen sijaintipaikkojen valinnassa ensisijainen kriteeri, sillä esimerkiksi 7 m/s keskituulennopeudella saadaan 40 kertaa enemmän energiaa kuin 2 m/s olosuhteissa. European Wind Atlas esittää kartoilla tuulienergian tuotantomahdollisuudet jaoteltuina viiteen luokkaan.(European)



**Kuva 15.** Tuulienergian vuotuinen tuotanto tunneissa 1,5 MW tuuliturbiinilla.(Czich)

## 7.5.5 Tulvat ja rakennusten alimman korkeusaseman laskenta

Sisämaassa ja jokisuilla tulviin on monia syitä:

- sadevesi, 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 tulvahuipun saapumista. Eurooppalaisten tutkimusten mukaan suhteellisesti eniten tulvimista lisää omakotiasutus.

Meren rannalla tulvat liittyvät merenpinnan korkeuden vaihteluihin ja koviin tuuliin.

Merentutkimuslaitoksen tutkimuksen “Alimmat suositeltavat rakennuskorkeudet Pohjanlahden, Saaristomeren ja Suomenlahden rannikoilla” (Kahma et al. 1998) mukaan alin suositeltava rakennuskorkeus Hangossa on 235 cm ja Helsingissä 260 cm N60-järjestelmän nollakohdan yläpuolella. Tämä on keskimäärin kerran vuoteen 2200 mennessä saavutettava vedenkorkeus, ja siihen sisältyy minimiaaltoiluvара 30 cm. Suositus perustuu seuraaviin rakennuksia koskeviin olettamuksiin:

- Rakennuskorkeuden enintään metrin luokkaa oleva nosto ei mainittavasti muuta rakennuskustannuksia tai vähennä rakennuksen käyttöarvoa.
- Tulvimisen aiheuttamat vauriot ja esimerkiksi homevaurioiden korjaus aiheuttavat merkittäviä kustannuksia rakennuksen kokonaiskustannuksiin verrattuna.
- Merivesi saa saavuttaa alimman suositeltavan tason rakennuksen käyttöaikana todennäköisimmin vain kerran ja korkeintaan muutamia kertoja, mutta ei toistuvasti.
- Rakennuspaikan edessä olevalle rannalle ei pääse aaltoja.

Nämä oletukset vaikuttavat suositukseen koska Itämeren rannoilla meriveden tulvariskit ovat hyvin paljon riippuvia siitä, miten pitkälle tulevaisuuteen riskiä katsotaan. Esimerkiksi vuoden 2008 aikana riski saavuttaa vedenkorkeus 1,55 m N60-tason yläpuolella on noin 1/200. Vaikka seuraavan kahden sadan vuoden aikana korkeus 1,55 m saavutetaan todennäköisesti kerran, se ei tarkoita, että riski saavuttaa 1,55 m olisi yhden vuoden aikana 1/200. Meriveden vaihteluiden luonne Itämerellä on sellainen, että tulvariskin epäsuhtainen kasvu ajan mukana koskee sekä vuosikymmenien, vuosien että kuukausien pituisia ajanjaksoja.

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)

Rantaan kohdistuvan aallokon korkeuteen vaikuttavat saaristo, rannan muoto ja rantaveden mataluus. Korkeampaa aallokkoa voi syntyä etelä- ja lounaismyrskyillä. Rannan mataluus voi paikallisesti hillitä aaltojen korkeutta. Keskituulennopeudella 25 m/s aallokko on seuraavan asetelman mukainen (Ollila):

**Taulukko 4.** Aallon nousukorkeus Itämerellä tasapohjaisella rannalla, jonka kaltevuus on 1:10 sekä jyrkällä rannalla (Ollila).

Ulahan 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.

Keskimääräinen kerran seuraavan 200 vuoden aikana saavutettava vedenkorkeus Hangossa on 204 cm ja Helsingissä 260 cm. Näissä luvuissa ei ole huomioitu aaltoiluvaraa eikä pärskeitä, mitkä on huomioitava vielä erikseen.

Jokien virtaaman muuttuminen ja suppotulvat voivat aiheuttaa niiden rannoilla syöpymistä ja sortumavaaran. Uudenmaan ympäristökeskus ei ole sortumauhan perusteella ole antanut rajoituksia alueiden rakennuskelpoisuudelle. Rantasortumia on tapahtunut mm. Keravanjoella

(Hyvinkää, Kellokoski), Luhtajoella (Nurmijärvi), Lepsämäjoella (Vantaa) ja Siuntionjoella (Siuntio).

Etelä-Suomessa voivat suurempien vesistöiden keskusjärvien vuotuiset tulvakorkeudet kasvaa, ja yllättävät talvitulvat yleistyä. Sisävesistöiden ylimmät tulvakorkeudet vaihtelevat vesistöittäin, ja ne on selvitettävä tapauskohtaisesti. Esimerkiksi Vantaanjoen ylin tulvakorkeus 50 vuoden jaksossa Oulunkylän kohdalla on noin 3.5 m. Lisääntyvien kesäsateiden vaikutusta tulviin Suomessa on vaikea arvioida, mutta Ruotsissa entistä pahempia kesätulvia sateiden seurauksena on jo sattunut.(Ollila)

## 7.6 Suunnitteluohjeita

### 7.6.1 Viihtyvyys ja ekologisuus suunnittelukriteereinä

Rakentamiselle asetettu vaatimus kestävän kehityksen mukaisesta rakennustavasta ja viihtyisyyden parantamisesta edellyttävät ilmastotietoisien suunnittelumethodin käyttämistä. Tällaiseen suunnitteluun kuuluvat ympäristöanalyysin tekeminen, havaintojen tulkitseminen, pienoismallien tuulitestaus 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 yhdyskuntaetta 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 jäähdyttää 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, leikkipihat, ulko-oleskelualueet ja rakennusten sisäänkäynnit tulisi suojata voimakkailla ilmapirtauksilta. (Higuera, Kivistö)

## 7.6.2 Aluetaso

Tulevaisuuden taajamista ja rakennuskannasta suurin on jo olemassa. Alueen kokonaisrakenteen ja detaljikaavojen päälinjat määräytyvät usein rannanmuotojen, kulkuväylien, elinkeinon ja olevan rakennuskannan mukaan, eikä niiden muuttaminen oleellisesti ole mahdollista. Täydennysrakentaminen ja uudet yhdyskunnat voidaan kuitenkin toteuttaa ympäristötietoisten periaatteiden mukaisesti.

Maakunnan kokonaisrakenne ja kuntien yleiskaavaratkaisut vaikuttavat ratkaisevasti liikennesuorituksen määrään, ja näin ollen energiankulutukseen, päästöihin, ja täten myös ilman laatuun ja ilmastomuutokseen. 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 lämpötiloutta. Katujen tuulisuutta voitaisiin jonkun verran vähentää kaavoittamalla Camillo Sitten oppien mukaisesti vaihteleva katuverkosto.

Maanviljely ja puutarhanhoito asettavat omat vaatimuksensa mikroilmastolle ja suojauksille eri ilmastovyöhykkeissä. Pohjoisessa pääasioita ovat lämmön saanti sekä tuulien ja kylmän ilmanaltaiden välttäminen. Passiivisia suojakeinoja ovat suojaistutukset, sillä puusto estää kylmän ilman syntymistä ja torjuu kylmävirtauksia. Japanissa on rannan suuntaisilla havupuustutuksilla pyritty vähentämään usvan tuleamista kylmältä mereltä. Aktiivisia suojauskeinoja ovat esimerkiksi keinotekoisien sumun tai savun muodostaminen, viljelyalueiden suojaaminen virtaavalla vedellä ja ilman puhaltaminen lämpimämmistä kerroksista maastoon aukaistuja tuulikanavia pitkin. (Mattsson)

### Rannikko

Koko suunnittelualueella rannikko on hyvin rikkonainen ja saaristoinen ja siksi mikroilmastolliset tilanteet vaihtelevat. Paikoin merelle avautuu lahtia, joilla etelä- ja lounaistuulen nopeus pääsee nousemaan huomattavan korkeaksi, ja jonka johtavat ilmavirtaukset sisämaahan. Missä metsää on, se suojaa suhteellisen hyvin. Kaupungeissa ilmavirtaukset liikkuvat rantaa kohti suuntautuvilla kaduilla, mutta täälläkin vahva puusto voi heikentää jonkin verran tuulen voimakkuutta.

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. Lähisuojat 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 läpäisyiltään 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 Tervolan)

Rakentaminen avoimella rantavyöhykkeellä sijoittuu erittäin ankarammiksi muuttuviin ilmastolosuhteisiin. Rakennusten nurkkiin, korkeiden rakennusten suojanpuolelle ja talojen sivustoille syntyy pyörteisiä ilmavirtauksia, joiden jäähdyttävä ja liikkumista vaikeuttava vaikutus on huomattava. On odotettavissa, että lämmönkulutus ylittää jopa useilla kymmenillä prosenteilla ”normaalitason”. Rannalla sijaitsevat rakennukset ovat alttiita aaltojen roiskeille, kosteudelle ja tuulen kuljettamille pisaroille. On hyvin mahdollista, että tulevaisuudessa myrskytulvat peittävät nykyisin suojaisina pidettyjä kohtia.

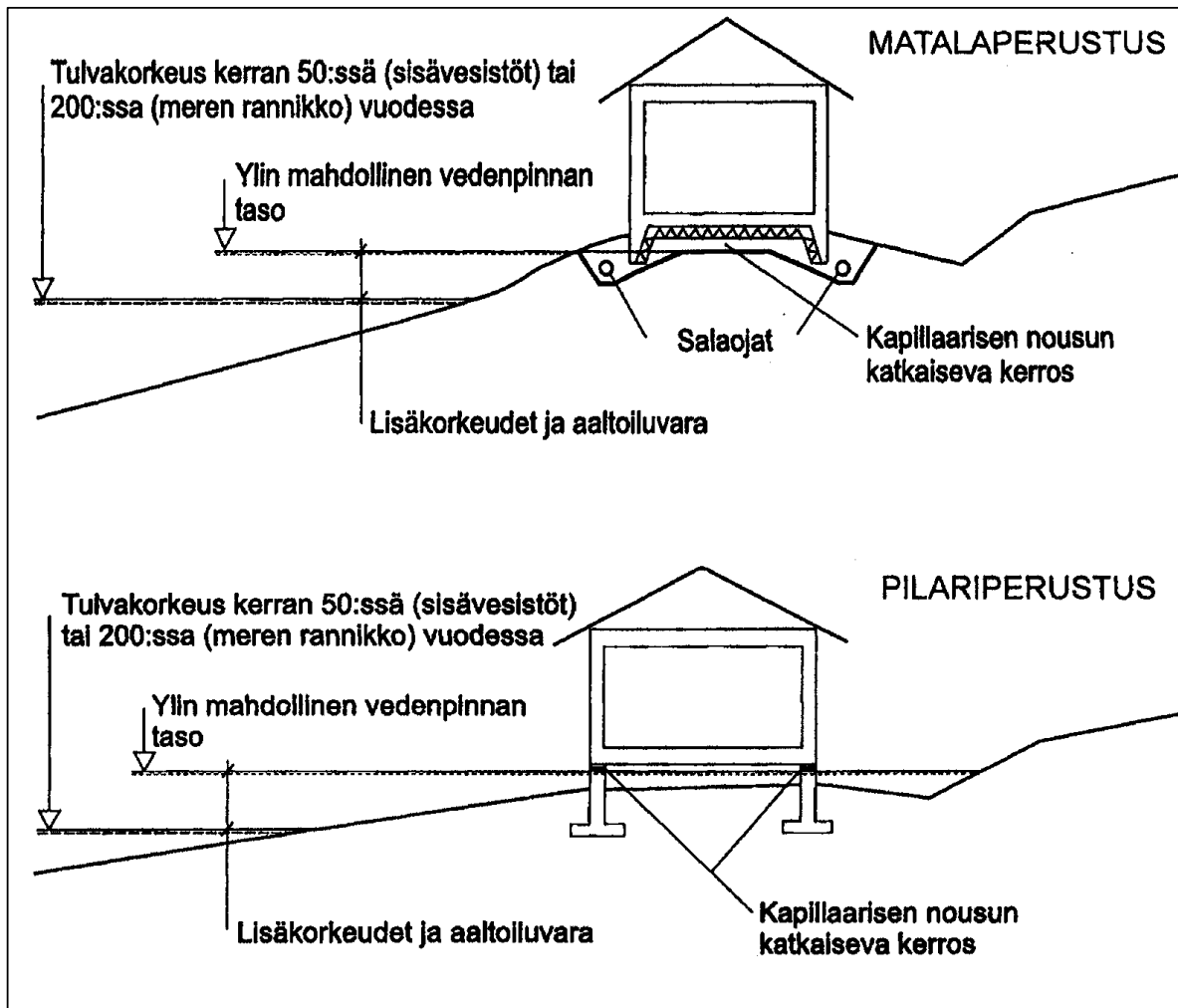
Usein esiintyvä ongelma etenkin etelä- ja länsirannikoilla on kylmän tuulen puhaltaminen samalta suunnalta auringon kanssa. Tällöin pyritään tuuli ohjaamaan pihan yli ja luomaan suojaisia poukama esimerkiksi tuulen suuntaan avautuvan auran muotoisella pohjapiirroksella tai katoksella tuulen puolella (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 sekä sateelta ja liukkaudelta että auringolta.

Kovenevien myrskyjen vuoksi on harkittava, että räystäiden, kattojen, julkisivujen ja lasituslujuutta tuulikuormia vastaan parannetaan nykyisiin normeihin ja käytäntöihin verrattuna arviolta 20 %. Viime vuosina tutkituissa hirmumyrskyissä ovat suurinta tuhoa aiheuttaneet tuulen mukana lentävät esineet, kuten tasakattojen singeli, kattotiilet, pergolarakenteet, liikennemerkki ja muut kadunkalusteet. Myös nämä täydentävät rakenteet tulisi suunnitella kestävästi myrskyn aiheuttamia dynaamisia kuormia, ja erityisesti huomioida kiinnitysten ja liitosten pitkäaikaiskestävyys.

Rannalle rakennettaessa rakennusten alin sallittu lattiakorko lasketaan tapauskohtaisesti olosuhteiden mukaan maksimitulvan ja maksimiaallokun yhtäaikaisen esiintymisen perusteella. Seuraavassa esimerkkejä joistain ääriolosuhteista; käytännössä korkeudet yleensä sijoittuvat näiden väliin:

- Hankoniemellä suojassa aallokolta sijaitsevan pilariperusteisen rakennuksen alapohjan alapinta noin + 2,7 m, matalaperusteisen noin + 3,2 m.
- Helsingin seudulla, suojassa aallokolta, pilariperusteisen rakennuksen alapohjan alapinta noin + 2,9 m, matalaperusteisen noin + 3,4.
- Hankoniemellä, korkealle aallokolle alttiina syvällä rannalla, matalaperusteisen rakennuksen lattiakorko noin + 5,5 m.
- Helsingin seudulla, korkealle aallokolle alttiina syvällä rannalla, matalaperusteisen rakennuksen lattiakorko noin + 6 m.

Korkeus määritellään kuvan 16 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. Suojaisissa kohdissa voidaan näistä koroista hieman tinkiä.



Kuva 16. Rakennuksen alimman korkeusaseman määrittäminen rannassa (Ollila).

Ranta-alueiden suunnittelun kehittäminen voi lähteä seuraavista periaatteista:

- matala-tiivis pienimittakaavainen rakennuskanta
- asteittain nousevat suhteellisen tasaiset rakennuskorkeudet
- tuulen nostaminen kattojen yläpuolelle, ja pitäminen siellä
- tuulen vaimentaminen katutilassa ja pihilla istutuksin ja rakentein
- rakennusten lämmöneristyksen ja tiiviyyden on ylitettävä 20 % normien vaatimustaso
- katto- ja piharakenteiden mitoitustuulikuormien on ylitettävä 20 % normien vaatimustaso
- rannanpuoleisten julkisivujen kosteudenkestosta on annettava selvitys
- rantojen virtausdynaaminen muotoilu tuulen ja aallokon haittojen minimoimiseksi
- pienoismallin 1:500 - 1:1000 tuulitestausta kaavoitusvaiheessa
- mahdollisesti pienoismallien 1:200 - 1:500 tuulitestausta yhteismallilla rakennussuunnitteluvaiheessa.

## Sisämaa

Puusto suojaa monia alueita, mutta vesistöiden ja peltoaukeiden tuntumassa taajamat altistuvat tuulille. Pitkät suorat kadut ja suuret korkeat rakennukset ohjaavat voimakkaita ilmavirtauksia alas katutasoon aiheuttaen paikallisia ongelmakohtia. Ulkoalueiden viihtyisyyden ja energiansäästön kannalta ulko-oleskelualueet tulisi suojata lounais-, länsi- ja pohjoistuulilla. Nykyisin useimpien pientaloalueiden mikroilmasto on suojaavan kasvillisuuden ansiosta melko hyvä. Tuulet ovat sikäli hyödyksi, että ne tuulettavat pois pakokaasut ja muut ilmansaasteet.

Useimmat kylät ja taajamat ovat aikoinaan olleet suhteellisen tiiviitä pääraitin varrella. Osa perinteisestä rakennuskannasta on kuulunut suomalaiseen puutalokaupunkitraditioon. Tämä rakentaminen oli tiivistä, pääasiassa kaksikerroksista ja tyyliään ajanmukaista. Asukkaat ovat varsin laajamittaisesti itse osallistuneet kaupungin rakentamiseen, ja sosiaaliset suhteet ovat olleet monipuoliset ja kiinteät. Tällainen ympäristö on ollut myös lapsille varsin monipuolinen ja opettavainen. Huomattava osa tästä rakennuskannasta on purettu viime vuosikymmenien aikana. Puutalokaupungeissa mikroilmasto on oivallinen. Tiheä kaksikerroksinen rakennustapa muodostaa lämpimiä pihoja ja pitää kylmät tuulet kattojen yläpuolella. Aidat eheyttävät katutilaa.

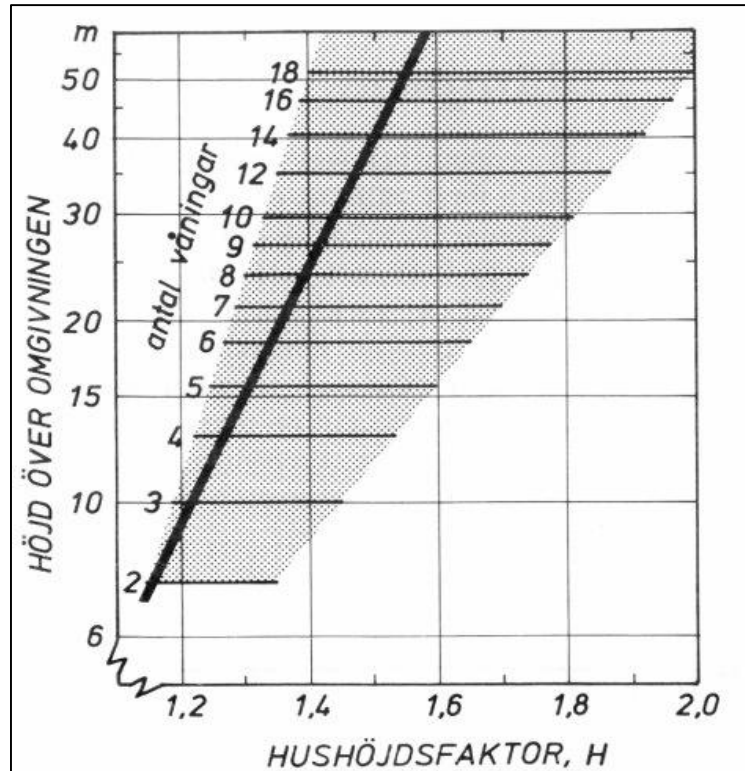
Seuraavassa ympäristöongelmia, joita esiintyy koko maakunnan alueella:

- rakennukset eivät rajaa ehjää katutilaa
- parkkipaikat ovat liian hallitsevat
- näkymät ohikulkuteille ovat sekavat ja epäsiistit
- jalankulkijan miljöö on tuulinen ja sateilta suojaamaton
- löyhä kaavoitus, joutomaat ja toimintojen erottelu lisäävät kunnallistekniikan kustannuksia ja aiheuttavat turhaa liikennettä.

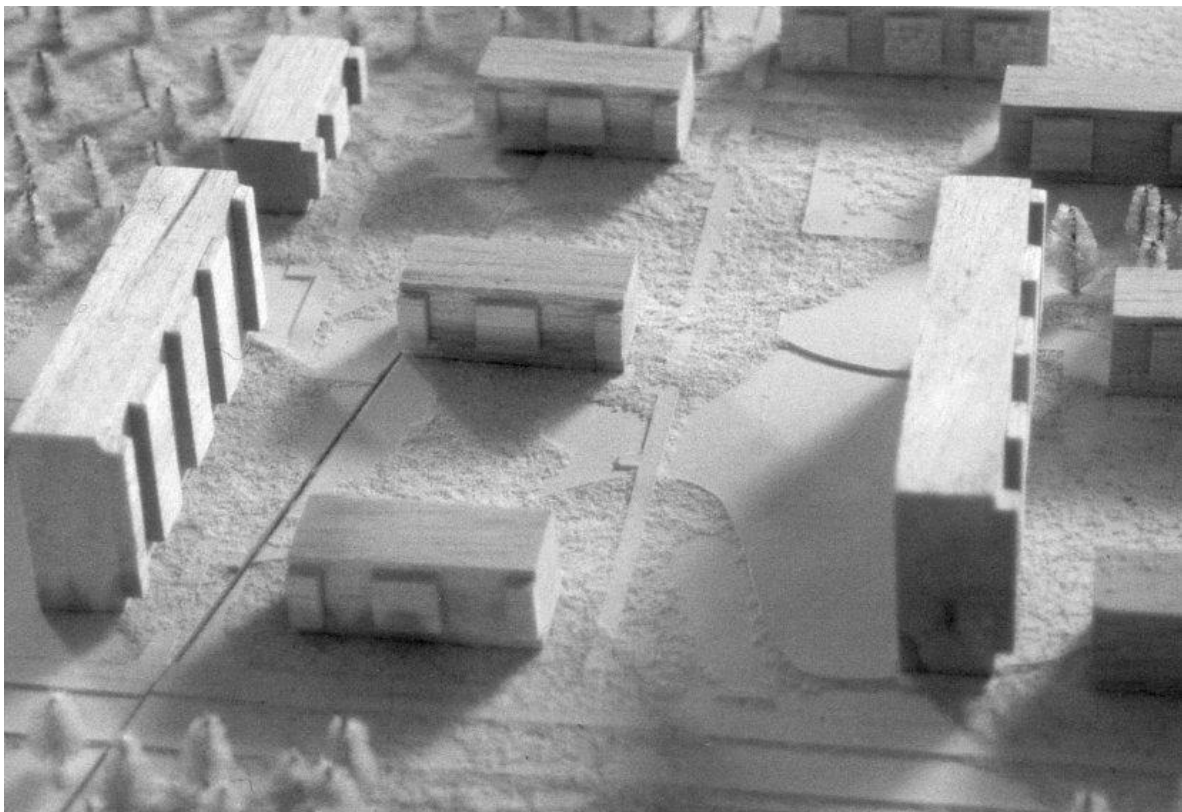
Hajonnut kaupunkirakenne lisää energian kulutusta, koska se lisää liikennettä ja vaikeuttaa kaukolämmön järjestämistä. Myös joukkoliikenteen järjestäminen on vaikeaa, mikä aiheuttaa autottomien väestöryhmien eriarvoisuutta. Avoimen rakennustavan alueilla tuulet pääsevät vapaasti jäädyttämään rakennuksia.

Ympäristöään korkeammat rakennukset ohjaavat tuulta maantasoon, mikä vahvistaa virtauksia lähellä maan pintaa. Mitä suurempi rakennus, sitä suuremmat paine-erot tuulenpuoleisen ja tyvenen sivun välillä, ja sitä suuremmiksi tuulennopeuden vaihtelut rakennuksen ympärillä kasvavat, jopa kaksinkertaisiksi. Myös rakennuksen suojanpuolella voi syntyä voimakkaita tuulenpuuskia, vaikka tuulen keskinopeus olisikin alhainen. Kulkuaukot suurten rakennusten välissä tai lävitse aiheuttavat erityisen suuria ongelmia, koska paine-erot tuulisen ja tyvenen sivun välillä ovat suurimmillaan rakennuksen keskivaiheilla. (Kuvat 17 ja 18) (Broas, Glauermann & Westerberg)





**Kuva 17.** 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).



**Kuva 18.** Pienoismaallien tuulitestauksessa korkean rakennuksen aiheuttamat tuulikanavat näkyvät selvästi paljaina kohtina. Kuvassa tuuli tulee vasemmalta. Oulu Rajakylä.(Kuismanen)

Myös joidenkin sisävesistöiden rannoilla on varauduttava tulvimiseen. Rakennusten lattiakorkeo määritellään kuvan 16 esittämien periaatteiden mukaisesti. Maksimitulvan ja maksimiallokun yhtäaikaisten esiintymisen perusteella rakennusten alin sallittu lattiakorkeo määritellään tapauskohtaisesti.

Etenkin savikkoisilla alueilla tulee asemakaavaan sisällytettävän ranta-alueen rakentamiskelpoisuus selvittää riittäväällä hydrologisella ja geoteknisellä asiantuntemuksella. Keski-Uudenmaan jokien virtaamien muuttamista, talvi- ja suppotulvia sekä mahdollista rantojen syöpymistä tulee ilmastomuutoksen myötä seurata.

#### Suunnittelun lähtökohdat

- olevan kasvillisuuden säilyttäminen
- yhdyskuntien tiivistäminen ja pienimuotoinen täydennysrakentaminen.
- korttelien rajaaminen rakennuksilla ja suuntaaminen aurinkoon
- rakentaminen ohjattava tontin tai kaava-alueen huonoimmille osille, säästettävä kauneimmat kohdat luonnontilassa
- tuulisissa olosuhteissa kaavoitus tehtävä pienoismallin tuulitestausta hyväksikäyttäen.

#### Tulvasuojelu

Meren rannoilla tulvasuojelun päätoimenpiteet liittyvät rakennusten perustamiskorkeuksiin ja rantarakenteisiin (ks. kohta 7.5.5).

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 absorbiota 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)

Liitteenä 4 on Uudenmaan Ympäristökeskuksen ehdotus alimmiksi suositeltaviksi rakentamiskorkeuksiksi Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan suurimpien järvien rannoilla. Taulukossa esitettyjä korkeuksia voidaan pitää alarajoina, joita on syytä pikemminkin korottaa muuttuvan ilmaston tuomien muutosten ja tulvauhkien vuoksi.

## 7.7 Ehdotukset

### 7.7.1 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 kaistoja, jotka eivät kykene ylläpitämään monipuolisia eloyhteisöjä, ja ne sijaitsevat liikenteen melualueilla, ollen kelpaamattomia virkistytymiseen.

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.

Kaupunkialueella on mahdollistettava suljetut yhdyskuntatekniset järjestelmät. Kaavoituksessa on suosittava täydennysrakentamista sekä 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. Laaditaan selvitys alueen suurilmastosta ja mikroilmastosta siten, että se palvelee maankäytön- ja rakennussuunnittelua myös käytännön tasolla. Eri suunnittelualueet pitäisi jakaa ilmastollisen rasituksen mukaan luokkiin ja määrittellä suojaustarve ja tarvittavat suojavaiketykset 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.

### 7.7.2 Asemakaavoitus

Nykyinen kaavoituskäytäntö sijoittaa usein asumisen, työpaikat, palvelut, koulut, lastentarhat 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 varteen.

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 tuulisuojauksen tarve rakentamisen yhteydessä.

Kaavaillustraation yhteydessä olisi esitettävä mitenkä 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 tuulitestauslaitteistolla.

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 kaupunkikonaisuuteen ja julkiseen liikenteeseen. Ilmastollisessa mielessä olisi selvitettävä kaavan vaikutus naapurialueitten mikroilmastoon ja ilman laatuun. Kaavaan voisi myös liittyä selittä-

viä leikkauksia ja aksonometrioita, joissa annetaan ohjeita rakennussuunnittelijoille miljöön ja mikroilmaston muodostamisesta, passiivisesta aurinkoenergian hyödyntämisestä, katutilan luonteesta jne.

Yhteenvedona 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
- piholla ja leikkialueilla ei keskimääräinen tuulen nopeus saisi ylittää 1,5 m/s.

### 7.7.3 Tuulitestauksen käyttäminen

Alueen tuulennopeudet ylittävät useissa paikoissa kynnyksen, jonka jälkeen tutkimusten mukaan olisi kaava- ja rakennussuunnittelua tehtäessä suoritettava mikroilmastoanalyysit ja käytettävä tuulitestausta (taulukko 5).

Tässä raportissa on tehty suuntaa antava mikroilmastoanalyysi ja laadittu kokemukseen perustuvat suunnitteluohjeet. Mikäli halutaan suurempi varmuus tulevien yhdyskuntien mikroilmaston hyvästä laadusta, olisi tehtävä yksityiskohtaiset mikroilmastoanalyysit, ja tärkeimmistä osa-alueista pienoismallit, jotka tuulitestataan. Näiden perusteella voidaan antaa tarkempia suosituksia kaavoituksen kehittämiseksi. Myös rantaan tulevien kortteleiden ja korkeiden kerrostalojen tuulitestausta rakennussuunnittelun yhteydessä on syytä harkita.

**Taulukko 5.** Tuulen keskinopeuden luonnehdinta ja tarvittavat suunnittelutoimenpiteet (Glauermann/Westerberg 1980, suom. Kimmo Kuismanen)

KESKINOPEUS 2 M KORKEUDES- SA 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

## 7.8 Kehityskuvavaihtoehdot ilmaston kannalta

### Tuulisuus

Asuinalueiden tuulisuus riippuu oleellisesti käytetyistä talotyypeistä ja suojapuustosta. Suuret rakennustehokkuudet johtavat helposti korkeiden vapaasti seisovien rakennusten käyttöön, mikä yleensä tuo mukanaan tuulisen jalankulkuympäristön, ja lisää tuulen rakennuksia jäähdyttävää 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. Vaihtoehto C on pientalovaltaisempi ja mikroilmastoltaan helpommin hallittavissa.

Ranta-alueet ja harjujen yläosat vaativat tarkkaa mikroilmastollista harkintaa.

### Viherväylät

Pääkaupunkiseudulle on viherväyliä 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 eläinyhteydet.

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. Tältä kannalta on Vaihtoehto C kaikkein huonoin. Johtuen vaihtoehdon C suuntautumisesta, tulvariski ja rantasortumien mahdollisuus kasvaa erityisesti Vantaanjoella, Keravanjoella, Luhtajoella ja Lepsämäjoella.

## 8 Kasvihuonekaasupäästöt

### 8.1 Arvioitavat kasvihuonekaasupäästöt

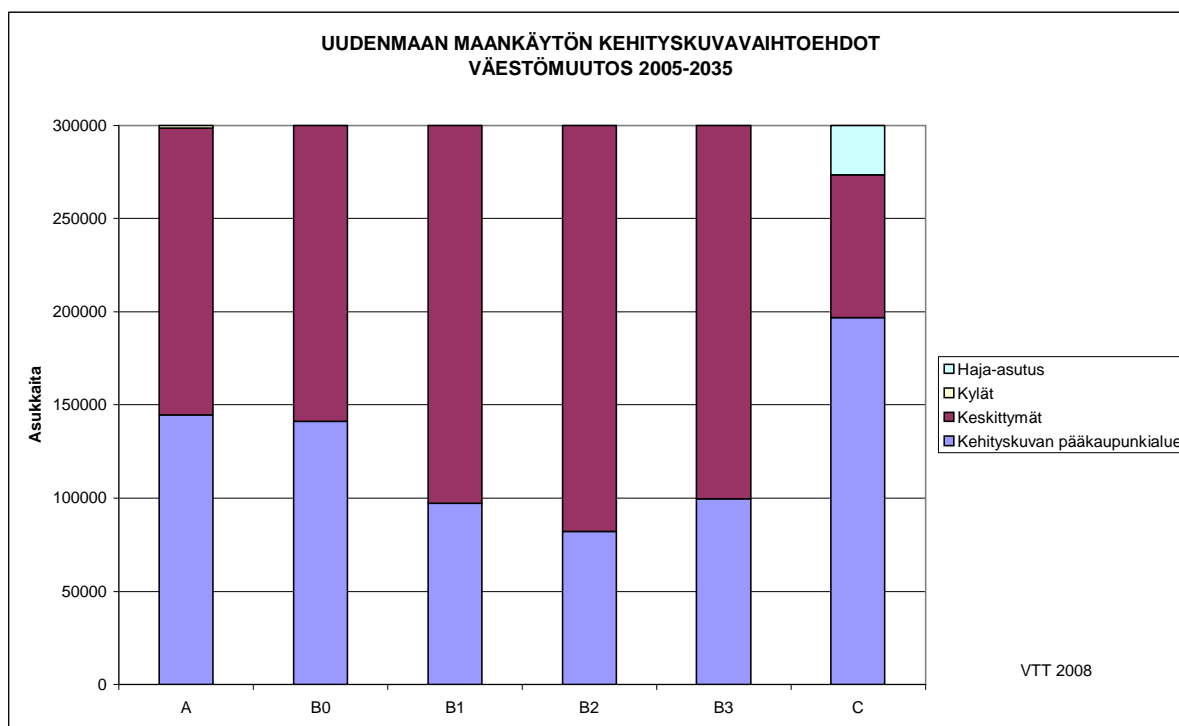
Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu yleispiirteisesti noin vuoden 2035 tilanteessa rakennusten energiankäytön ja sen edellyttämän energiantuotannon sekä asukkaiden päivittäisen liikenteen osalta. Vuosittaiset päästöt on arvioitu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

Kasvihuonekaasupäästöt ilmaistaan hiilidioksidiekvivalenttina (CO<sub>2</sub>-ekv.) Kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>), metaanin (CH<sub>4</sub>) ja typpioksiduulin (N<sub>2</sub>O) osalta. Metaanipäästöt on muunnettu hiilidioksidiekvivalentiksi kertomalla ne luvulla 21 ja typpioksiduulipäästöt kertomalla ne luvulla 310.

### 8.2 Rakennukset

#### 8.2.1 Rakennuskannan kehitys

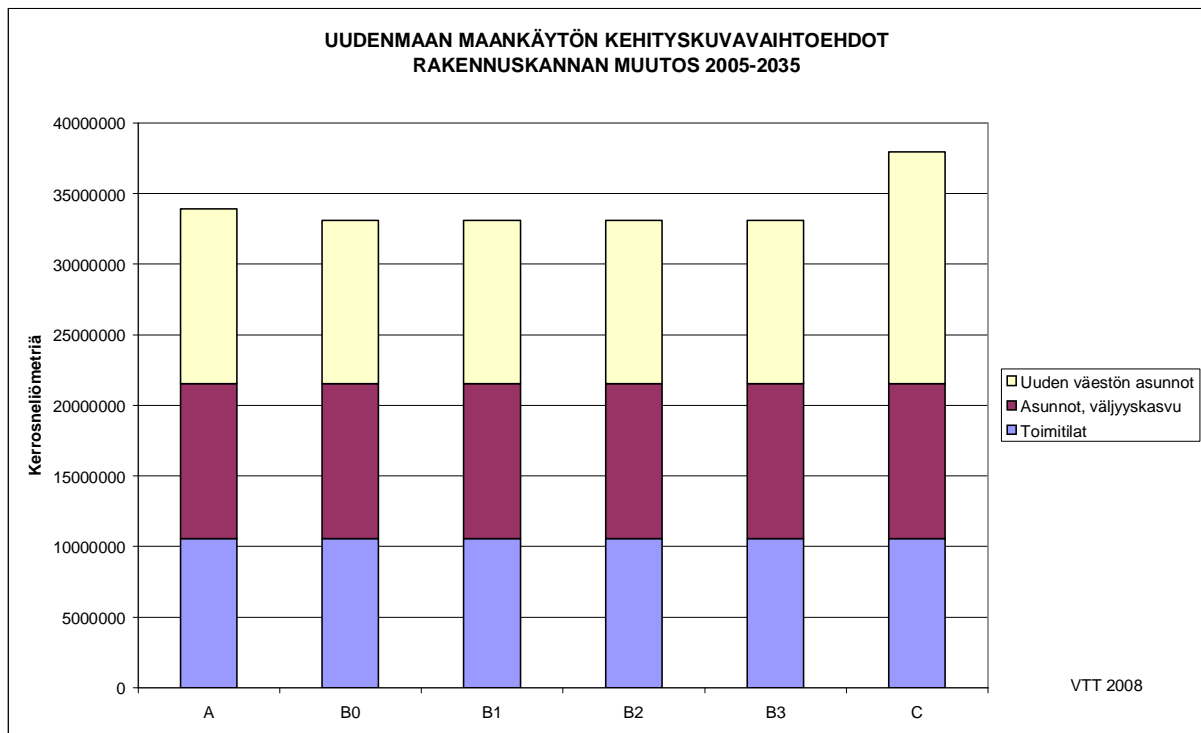
Rakennuskannan kehitys on arvioitu uuden väestön asuntojen ja nykyväestön asumisväljyyden kasvun sekä toimitilojen kehityksen perusteella. Kuvassa 19 esitetään Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen väestönlisäyksen 2005 - 2035 jakaantuminen osa-alueille.



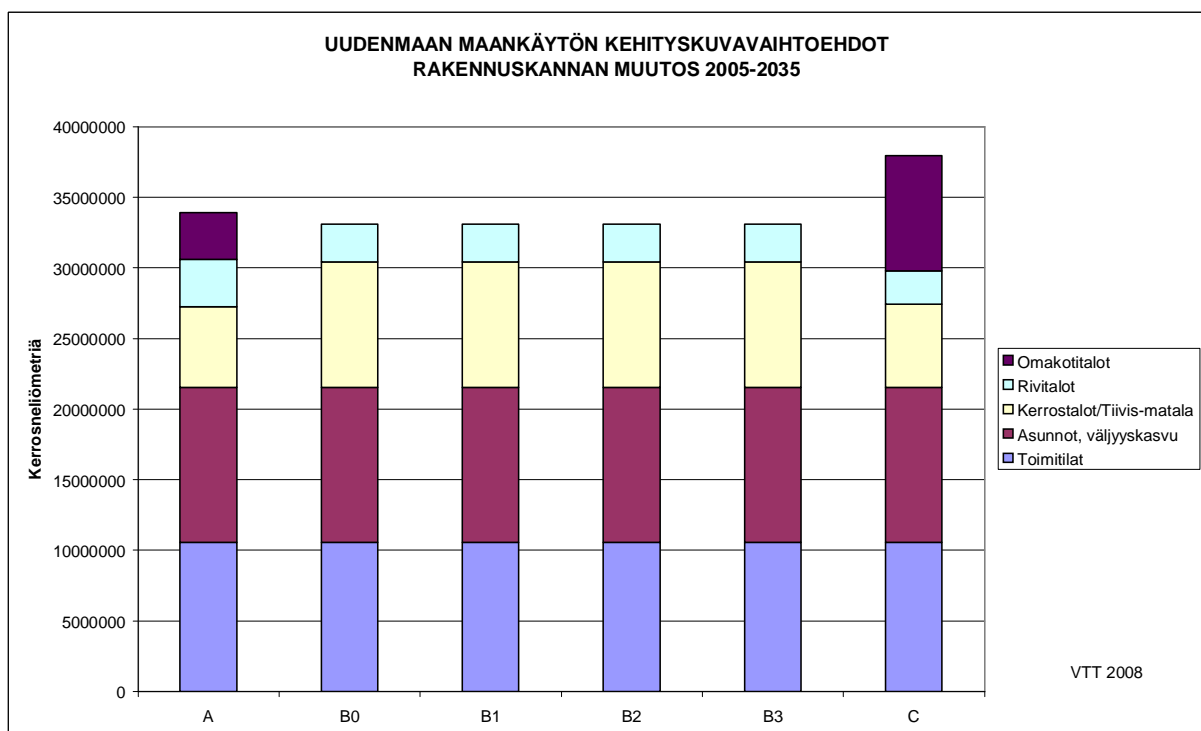
**Kuva 19.** Väestömuutos kehityskuvavaihtoehtojen osa-alueilla.

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 20 esitetään kehityskuvavaihtoehtojen rakennuskannan kehitys uuden väestön asuntojen, nykyväestön asumisväljyyden kasvun ja toimitilojen kerrosalan kasvun osalta. Kuvassa 21 on esitetty lisäksi uusien asuntojen jakautuminen eri talotyyppisiin.



**Kuva 20.** Rakennuskannan muutos 2005 - 2035.

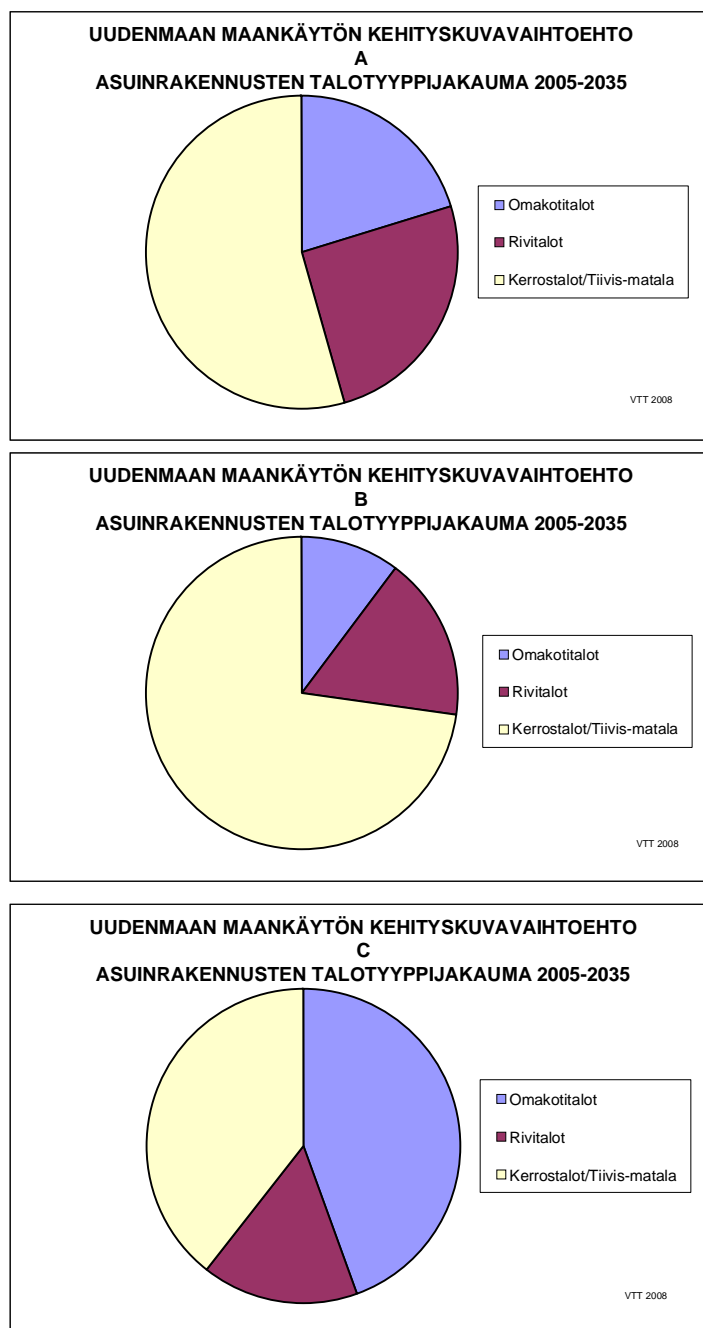


**Kuva 21.** Rakennuskannan muutos 2005 - 2035.



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.

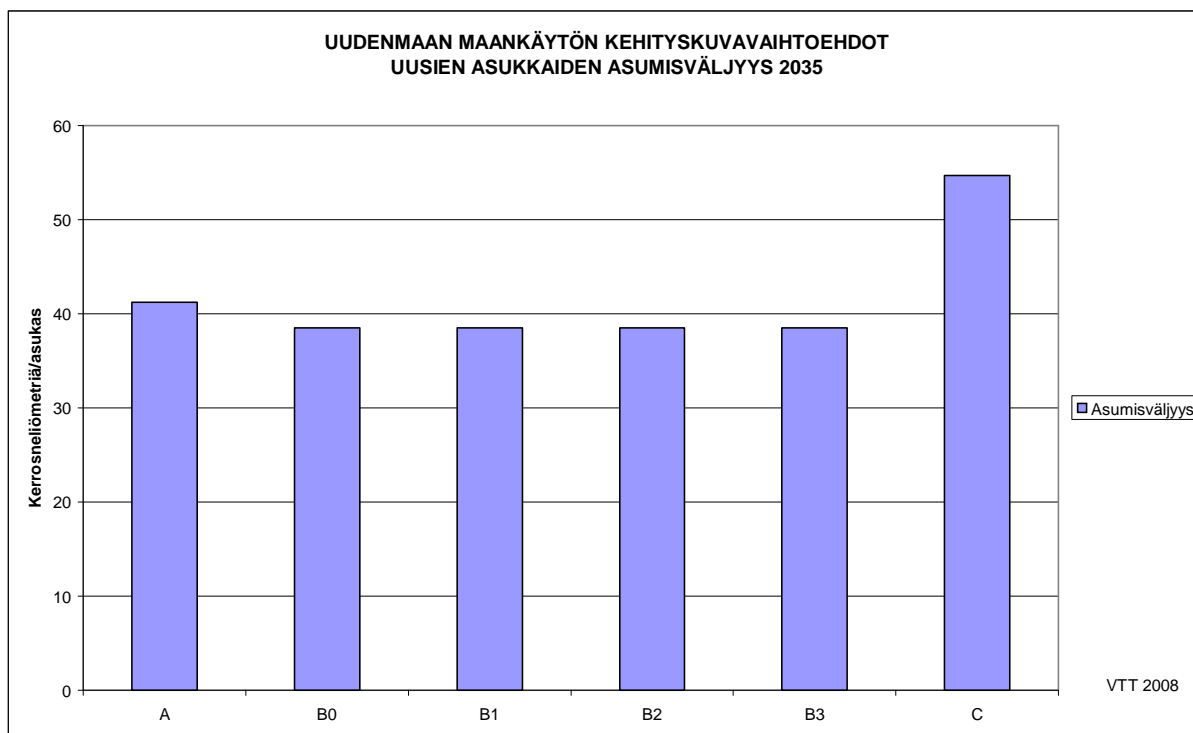
Kuvassa 22 esitetään asuinrakennusten talotyyppijakauma rakennuskannan muutoksen eli vuosina 2005 – 2035 rakennettavien rakennusten kerrosalan osalta.



**Kuva 22.** Rakennuskannan muutoksen 2005 - 2035 kerrosalan jakautuminen talotyyppeihin.

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

Kuvassa 23 esitetään uusien asukkaiden asumisväljyys eri vaihtoehdoissa.



**Kuva 23.** Uusien asukkaiden asumisväljyys vuonna 2035.

## 8.2.2 Energiankulutus

Rakennusten lämmitysenergian ominaiskulutus on arvioitu tavoitteellisena niin, että kulutus pienenee selvästi nykyisestä. Ominaislämmönkulutuksen arvioidaan olevan asuinrakennuksilla  $60 \text{ kWh/k-m}^2$  ja toimitiloilla  $80 \text{ kWh/k-m}^2$  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 arvioissa rakennusten sähkön (muun kuin lämmityksen) ominaiskulutuksena käytetään asuinrakennuksissa  $50 \text{ kWh/k-m}^2$  ja toimitiloissa  $130 \text{ kWh/k-m}^2$ . 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.

## 8.2.3 Energiantuotanto

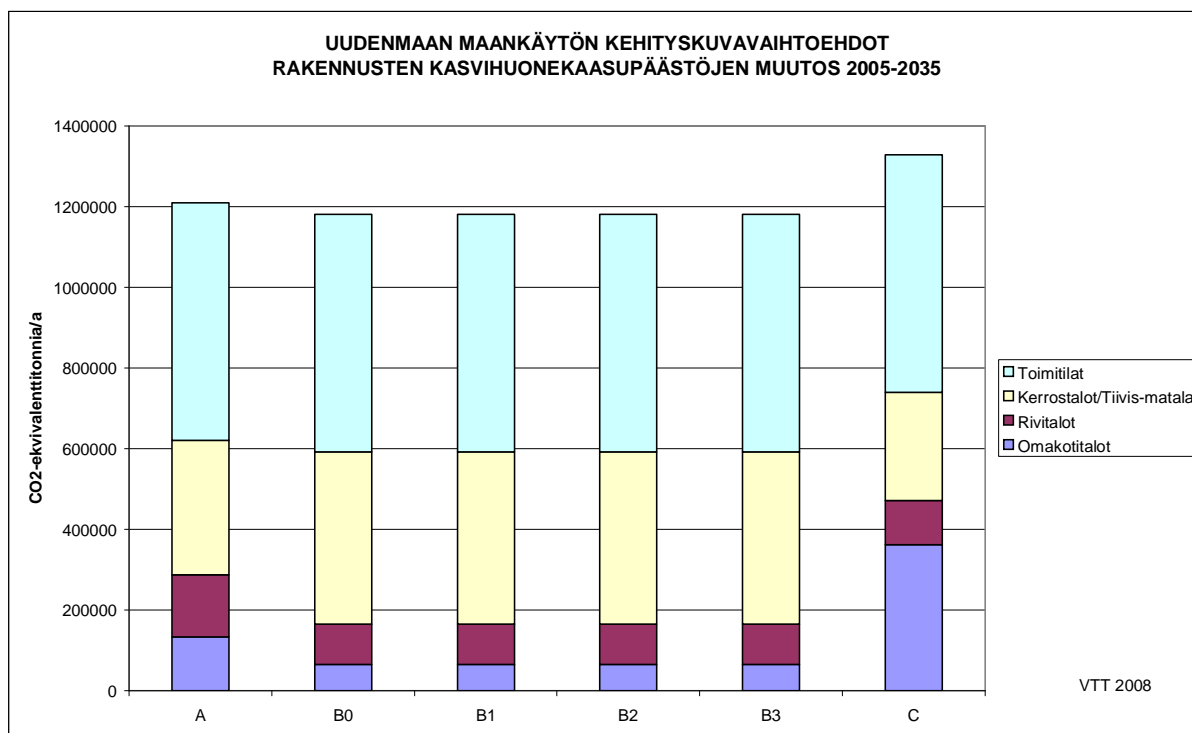
Energiantuotannon kehitys on arvioitu tavoitteellisena. Pääkaupunkiseudun ilmastostrategian tavoitteiden mukaan kaukolämmön tuotannon ominaispäästöt alenevat 15 % vuosina 2004 – 2010 ja 30 % vuosina 2002 – 2030. Kaukolämmön ominaispäästöt vähenevät kivihiilen käytön vähentyessä tuotantolaitoksilla. Tässä arvioissa 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 arvioissa 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 arvioissa käytetään seuraavia ominaispäästökertoimia eri lämmitystavoille ja sähköntuotannolle: kaukolämpö 160 CO<sub>2</sub>-ekv.g/kWh, muut lämmitystavat taajamissa keskimäärin 190 CO<sub>2</sub>-ekv.g/kWh ja haja-asutusalueilla keskimäärin 220 CO<sub>2</sub>-ekv.g/kWh ja sähkönkäyttö 330 CO<sub>2</sub>-ekv.g/kWh.

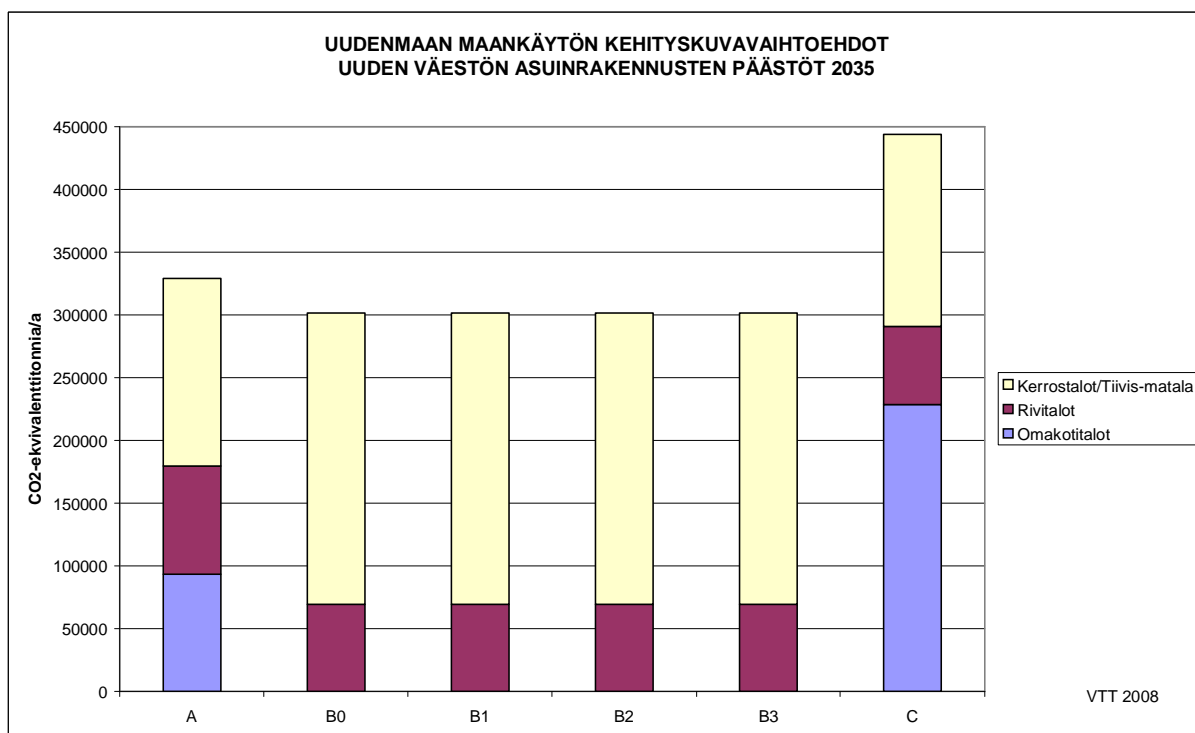
#### 8.2.4 Kasvihuonekaasupäästöt

Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuu rakennusten osalta kasvihuonekaasupäästöjä vuosittain kaikkiaan 1,18 – 1,33 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia (kuva 24).



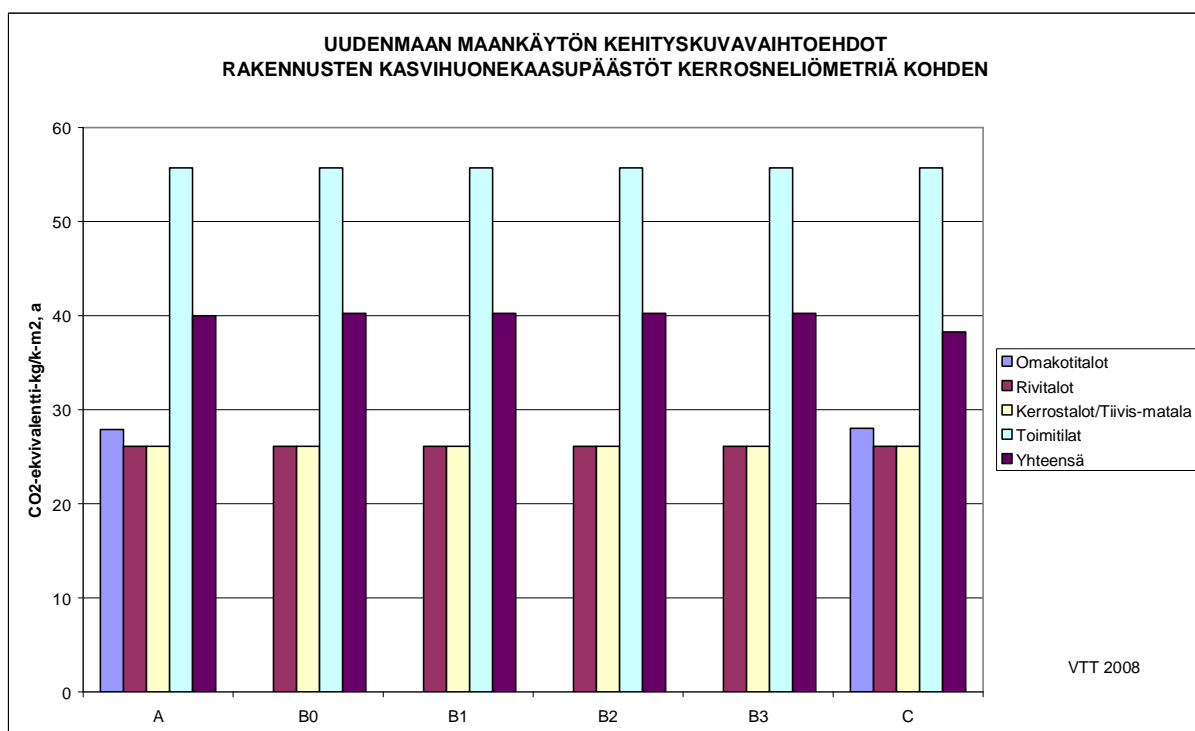
**Kuva 24.** Rakennusten energiankäytön kasvihuonekaasupäästöjen muutos 2005 – 2035.

Noin puolet päästöistä aiheutuu asunnoista ja puolet toimitiloista. Uuden väestön asuinrakennusten energiankäytöstä aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä kaikkiaan 0,30 – 0,44 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia (kuva 25). Vaihtoehdossa C päästöt ovat suurimmat johtuen muista suuremmasta asumisväljyydestä ja asutuksen sijoittumisesta muuta enemmän omakotitaloihin ja haja-asutusalueelle.

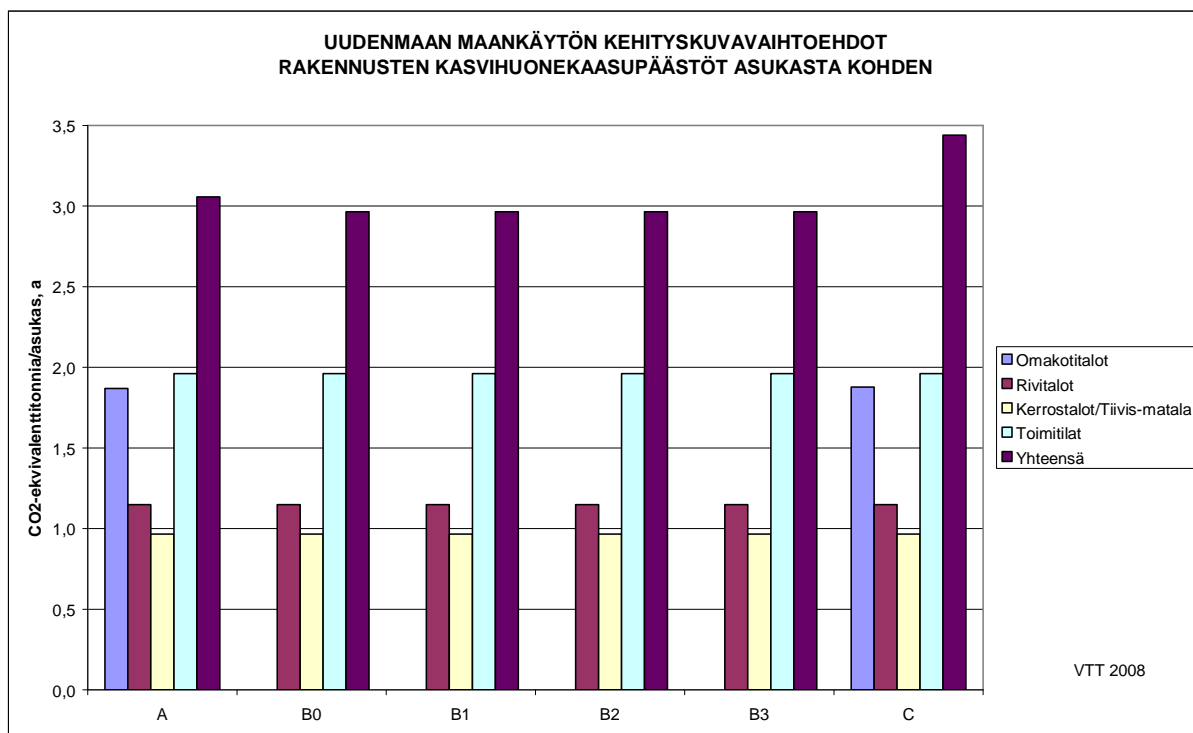


**Kuva 25.** Uuden väestön asuntojen energiankäytöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt.

Kuvassa 26 esitetään rakennusten kasvihuonekaasupäästöt kerrosneliometriä kohden ja kuvassa 27 asukasta kohden. Asuinrakennuksista aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä 26 – 28 CO<sub>2</sub>-ekv.kg/k-m<sup>2</sup> ja toimitiloista 56 CO<sub>2</sub>-ekv.kg/k-m<sup>2</sup>. Asuinrakennuksista omakotitalojen päästöt ovat muita suuremmat johtuen kaukolämmityksen pienemmästä osuudesta. Toimitilojen asuinrakennuksia suuremmat päästöt johtuvat suuremmasta ominaisenergiankulutuksesta. Rakennusten päästöt ovat keskimäärin 38 - 40 CO<sub>2</sub>-ekv.kg/k-m<sup>2</sup>.



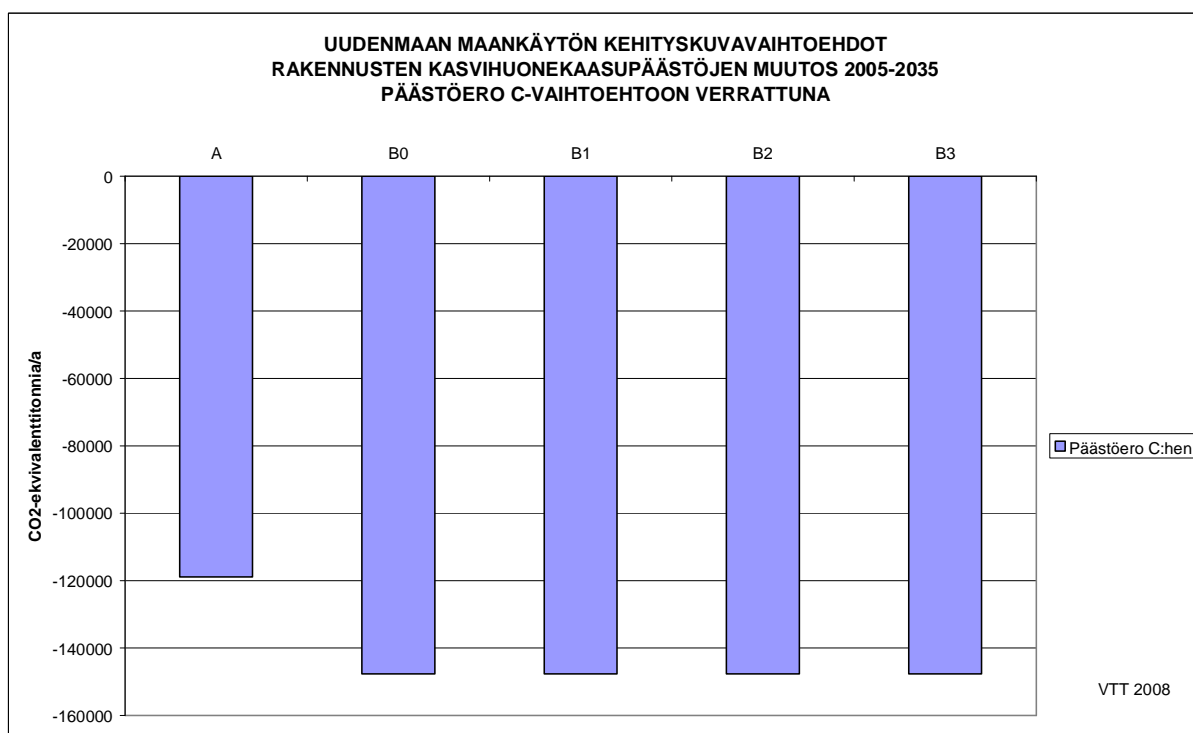
**Kuva 26.** Rakennusten kasvihuonekaasupäästöt kerrosneliometriä kohden.



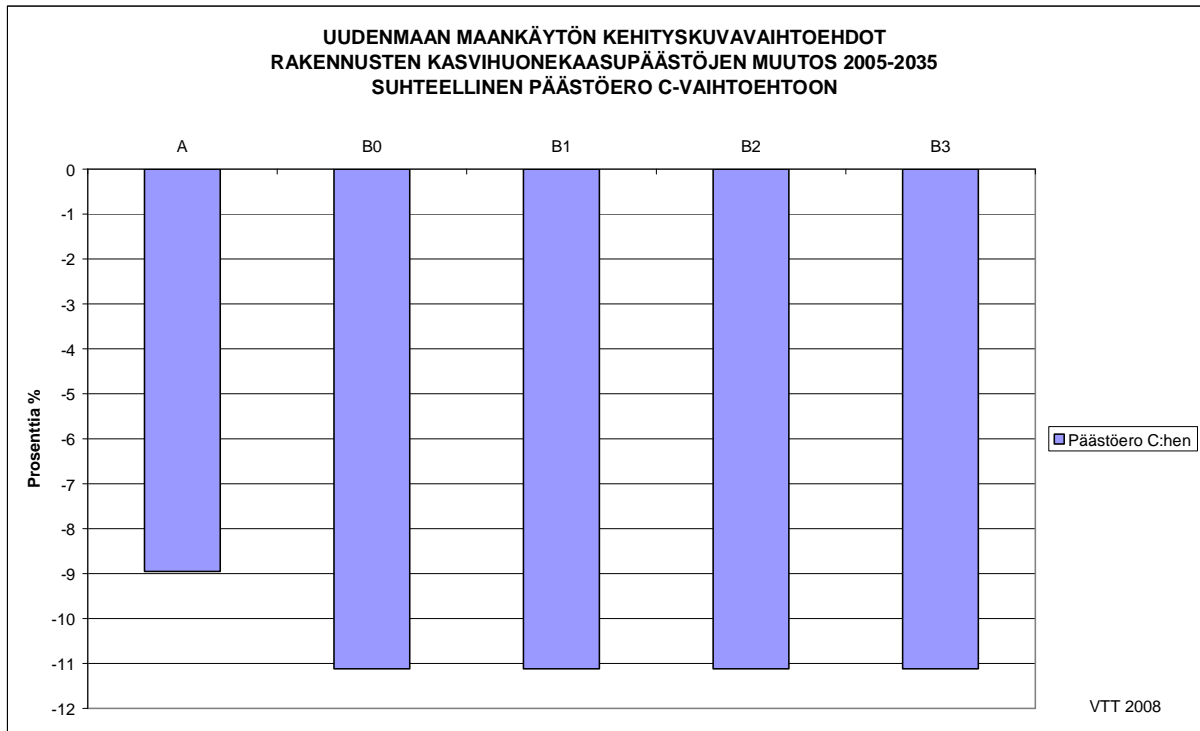
**Kuva 27.** Rakennusten kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden.

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

Kuvassa 28 esitetään kehityskuvavaihtoehtojen rakennusten kasvihuonekaasupäästöjen ero verrattuna vaihtoehtoon C. Kuvassa 29 esitetään vastaava suhteellinen ero (%).



**Kuva 28.** Kehityskuvavaihtoehtojen rakennusten kasvihuonekaasupäästöjen ero vaihtoehtoon C verrattuna.



**Kuva 29.** Kehityskuvavaihtoehtojen rakennusten kasvihuonekaasupäästöjen ero vaihtoehtoon C verrattuna.

Rakennusten energiankäytöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat vaihtoehdossa A 119 000 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia (9 %) pienemmät ja vaihtoehdoissa B 148 000 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia (11 %) pienemmät kuin vaihtoehdossa C. Erot johtuvat eroista uuden asutuksen talotyyppijakoumassa ja lämmitystapaeroista.

## 8.3 Liikenne

### 8.3.1 Arviointiperiaatteet

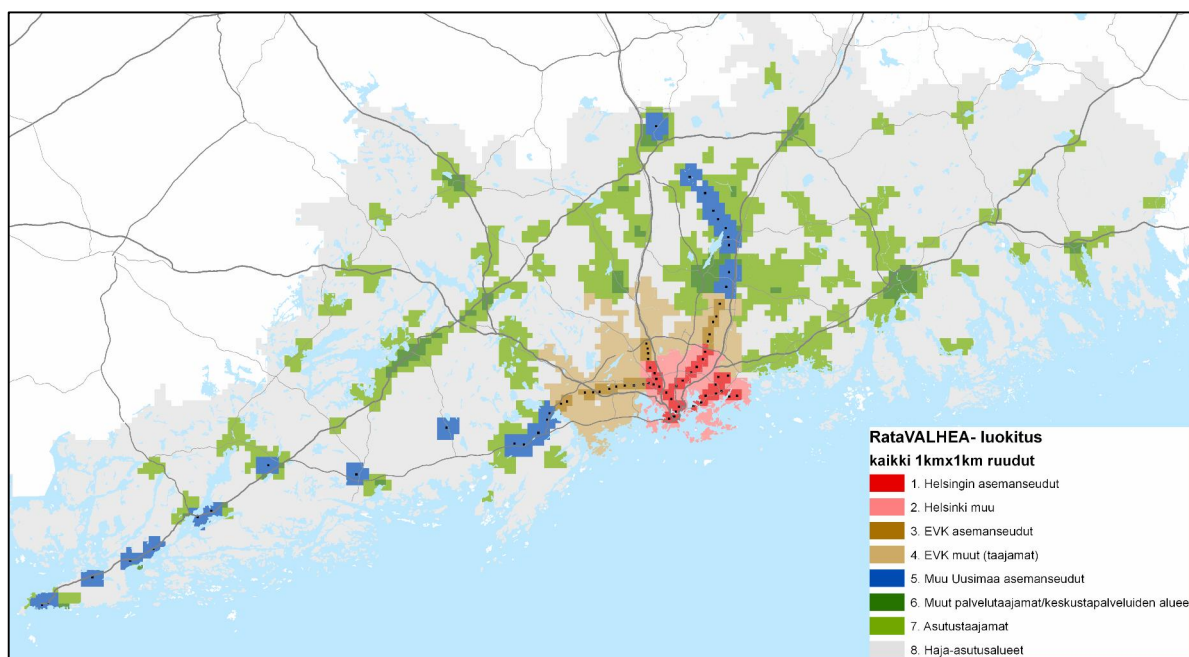
Liikenteellisten vaikutusten arvioinnin pohjana on käytetty Tiehallinnon selvityksestä ”Asuinalueen tyyppin ja sijainnin vaikutus ihmisten liikkumiseen” 2007 syntynyttä aineistoa. Selvityksessä on käytetty seuraavia aineistoja:

- 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 30).

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 palvelustaajama-alueet
7. Muu Uusimaa, asutustaajama-alueet
8. Muu uusimaa, haja-asutusalueet



**Kuva 30.** 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 6). Tarkastelu koskee asukkaiden päivittäisliikennettä.

**Taulukko 6.** Alueluokkien liikennesuoritteet (Uudenmaan liitto ja Tiehallinto 2008).

Luokka	keskimääräinen matkasuorite (km/hlö/vrk), kaikki matkat							Yhteensä
	Kävely	Pyöräily	Bussi	Raide- liikenne	HA/PA	Muu		
1. Helsinki, asemar	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, asemanset	1,0	0,5	2,3	6,3	31,8	0,7	42,5	
4. EVK, muut aluee	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 yhte	1,0	0,7	2,9	2,3	40,0	2,5	49,3	
Koko Uusimaa yhte	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. Osa keskittymistä sisältää useita alueluokkia. Alueluokat on muodostettu seuraavasti (Uudenmaan liitto ja Tiehallinto 2008):

## Alueluokat 2005

RataValhea –aineiston pohjalta jokaiselle keskittymälle on asiantuntija-arviona määritelty alueluokat nykytilanteelle sekä vuodelle 2035. Nykyinen alueluokka on keskittymän sijoituksessa yhden luokan sisälle saatu suoraan RataValhea -aineistosta. Kun keskittymä sijoittuu kahden alueluokan alueelle, on keskittymälle osoitettu kaksi väestömäärältään samansuuruista luokkaa. Pääkaupunkialueen ulkopuoliset alueet sijoittuvat nykyhetkellä alueluokkiin 5-8. Pääkaupunkialue on määritelty sijoittuvan karkeasti neljään väestömäärältään yhtä suureen alueluokkaan 1-4. Esitettävät prosentiosuuden ovat osuuksia laskennoissa käytettävistä väestömääristä.

### Pääkaupunkialue 2005:

luokka 1: 25 %

luokka 2: 25 %

luokka 3: 25 %

luokka 4: 25 %

## Vuoden 2035 alueluokat

Vuoden 2035 aluerakenneluokan määrittelyssä käytettiin apuna karttatulosteita nykyisistä alueluokista, joiden päälle oli lisätty kehityskuvan keskittymät. Keskittymien luokan muutosta arvioitiin suhteessa tehtäviin väyläinvestointeihin ja asemaverkkoon sekä keskittymien kokonaisväestömäärien muutoksiin. Periaatteena oli, että alueen luokitus muuttuu, jos rata rakennetaan tai jos väestökeskittymä kasvaa riittävästi.

Vakiot, jotka muuttavat alueluokkia kaikissa vaihtoehdoissa samalla tavalla ovat liikenneverkko eli uudet asemat, teiden parannukset ja uudet tiet (Kehärata, Länsimetro, KENI, käynnissä olevat tiehankkeet). Kaikissa vaihtoehdoissa pääkaupunkialue 2035 on alueluokiltaan sama. Eroja vaihtoehtojen välillä tulee pääkaupunkialueella sijoittuvan asutuksen määrästä.

### Pääkaupunkialue 2035:

luokka 1: 40 %

luokka 2: 20 %

luokka 3: 20 %

luokka 4: 20 %

Minkään alueen luokitusta ei muutettu ns. alempaan luokkaan. Kuitenkin myös niissä keskittymissä, joissa alueluokka pysyy nykytilanteen mukaisena, tulevat matkasuoritteet kasvamaan suuremman väestömäärän myötä. Alueluokan muutoksen perusteluna voi olla myös suuremman väestökeskittymän muodostuminen, joka itsessään antaa paremmat mahdollisuudet lyhyemmille matkoille.

## A Toimivat kaupungit, alueluokan muutokset perustelut

Väestömäärän perusteella vuonna 2035 yli 50 000 asukasta sisältävän keskittymän alueluokan oletetaan muuttuvan ja samoin yli 20 000 asukasta sisältävän keskittymän kun se on liikenteellisesti hyvällä paikalla.



Kun keskittymä on kahden luokan rajalla, sen aluerakenneluokan on oletettu muuttuvan seuraavaksi suurempaan vuodelle 2035. Kun keskittymän asukasluku jää pieneksi, se pysyy nykyisessä aluerakenneluokassa vaikka olisi hyvien liikenneyhteyksien varrella.

Paikat, joissa on juna-asema:

luokka 4: 33 %

luokka 5: 33 %

luokka 6: 33 %

Paikat, joissa ei asemaa:

luokka 4: 50 %

luokka 6: 50 %

## B Ratavaihtoehto, alueluokan muutokset perustelut

Kaikkien uusien pääkaupunkialueen ulkopuolisten asemien alueiden oletetaan vuonna 2035 olevan alueluokkaa 3. Perusteluna on uuden väestön ja tiiviin asumisen vaikutukset joukko-liikennetarjontaan ja kulkumuotojakaumaan. Myös nykyisten asemien alueluokkien oletetaan muuttuvan kun joukkoliikennetarjontaa lisätään väestömäärän kasvattaessa liikennekysyntää.

Asemanseutujen rataosilla Tammisaari-Hanko, Kerava-Lahti ja Kerava-Nikkilä rataosuuksien väestömäärä ei mahdollista luokan 3 tasoista joukkoliikennetarjontaa, vaan näistä käytetään alueluokkaa 5.

Kirkkonummen ja Sipoon metroa käsitellään luokan 1 mukaan. Söderkullan asema voidaan toteuttaa myös juna-asemana ja siellä ei oleteta olevan pääkaupunkialueen kaltaista luokan 1 metrotarjontaa, vaan Söderkullan alueen alueluokaksi on määritelty 3.

## C Trendivaihtoehto, alueluokan muutokset perustelut

Trendivaihtoehdossa kasvavien keskittymien alueluokan oletetaan muuttuvan vuoteen 2035 mennessä väestömäärän kasvusta johtuen. Huomiota on kiinnitetty myös erojen muodostamiseen suhteessa A-vaihtoehtoon. Muut keskittymät pysyvät nykyisessä luokassaan.

Suurin osa luokista ei muutu, mutta muutosta on kuudella alueella, koska niiden koko kasvaa vaihtoehdon A mukaiselle kaupunkimaiselle tasolle. Näiden kuuden alueen alueluokka muuttuu kuten vaihtoehdossa A.

Paikat, joissa on juna-asema:

luokka 4: 33 %

luokka 5: 33 %

luokka 6: 33 %

Paikat, joissa ei asemaa:

luokka 4: 50 %

luokka 6: 50 %

Haja-asutus:

luokka 7: 50 %

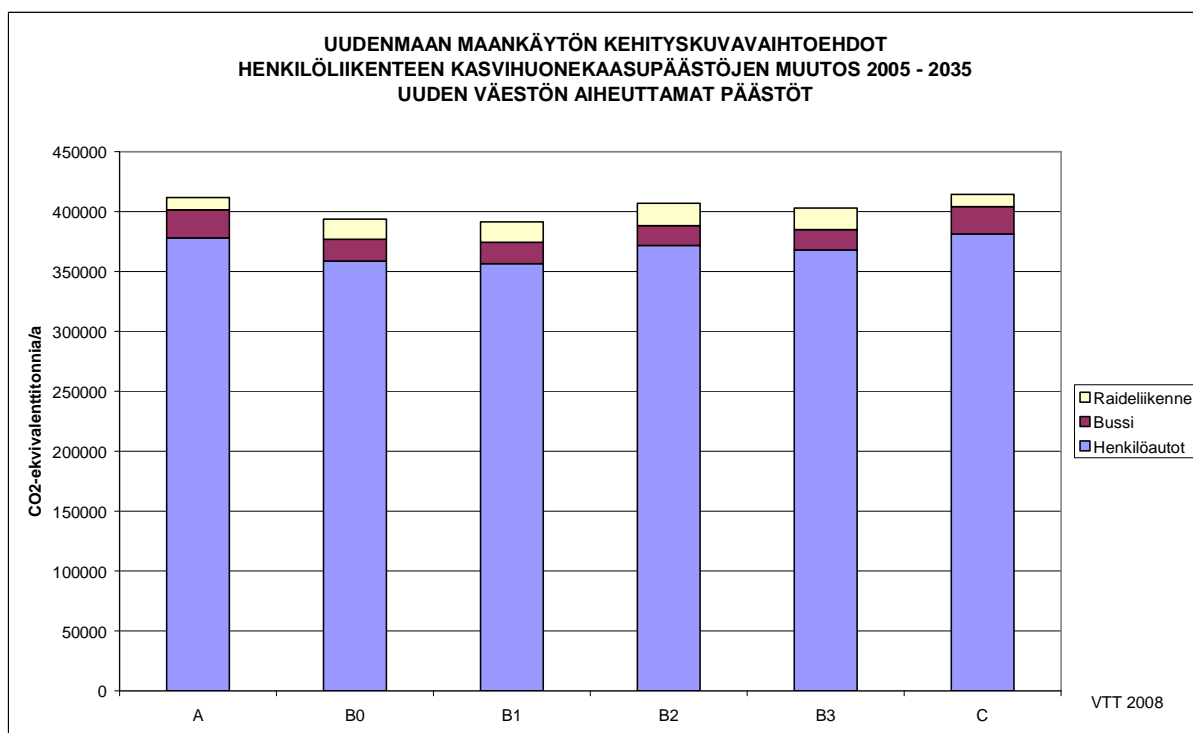
luokka 8: 50 %

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, paranee, myös nykyväestön liikenteestä aiheutuvat päästöt vähenevät.

Liikenteen ominaispäästöinä käytettiin seuraavia oletuksia: henkilöautot 114 CO<sub>2</sub>-ekv.g/henkilö-km, bussit 60 CO<sub>2</sub>-ekv.g/henkilö-km, lähijuna 30 CO<sub>2</sub>-ekv.g/henkilö-km, pääkaupunkialueen raideliikenne keskimäärin 22 CO<sub>2</sub>-ekv.g/henkilö-km, Helsingin raideliikenne keskimäärin 20 CO<sub>2</sub>-ekv.g/henkilö-km ja metro 18 CO<sub>2</sub>-ekv.g/henkilö-km. Ominaispäästöt on arvioitu aikaisempien tutkimusten (Harmaajärvi, Wahlgren), LIPASTO-tietojärjestelmän ja YTV:n ja HKL:n aineistojen perusteella olettaen ominaispäästöjen olevan nykyistä pienemmät vuonna 2035.

### 8.3.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuu henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjä uuden väestön osalta kaikkiaan 391 000 – 414 000 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia (kuva 31). 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.

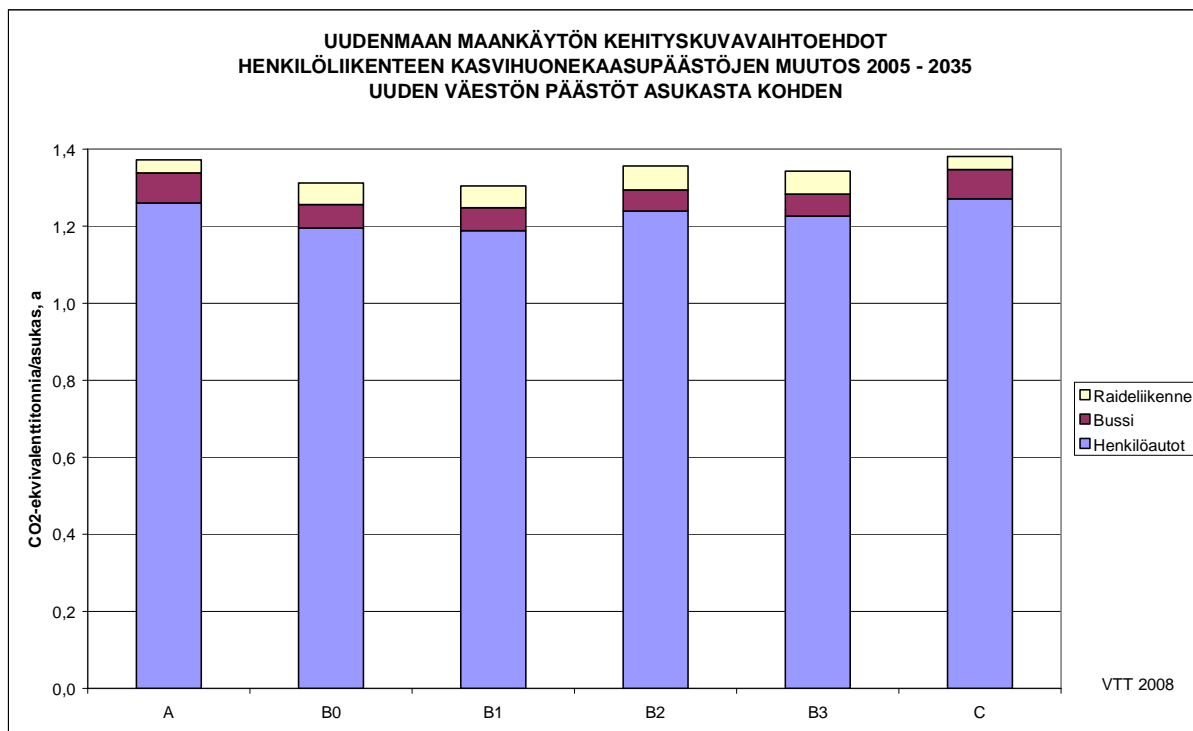


**Kuva 31.** Uuden väestön aiheuttama liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen muutos.

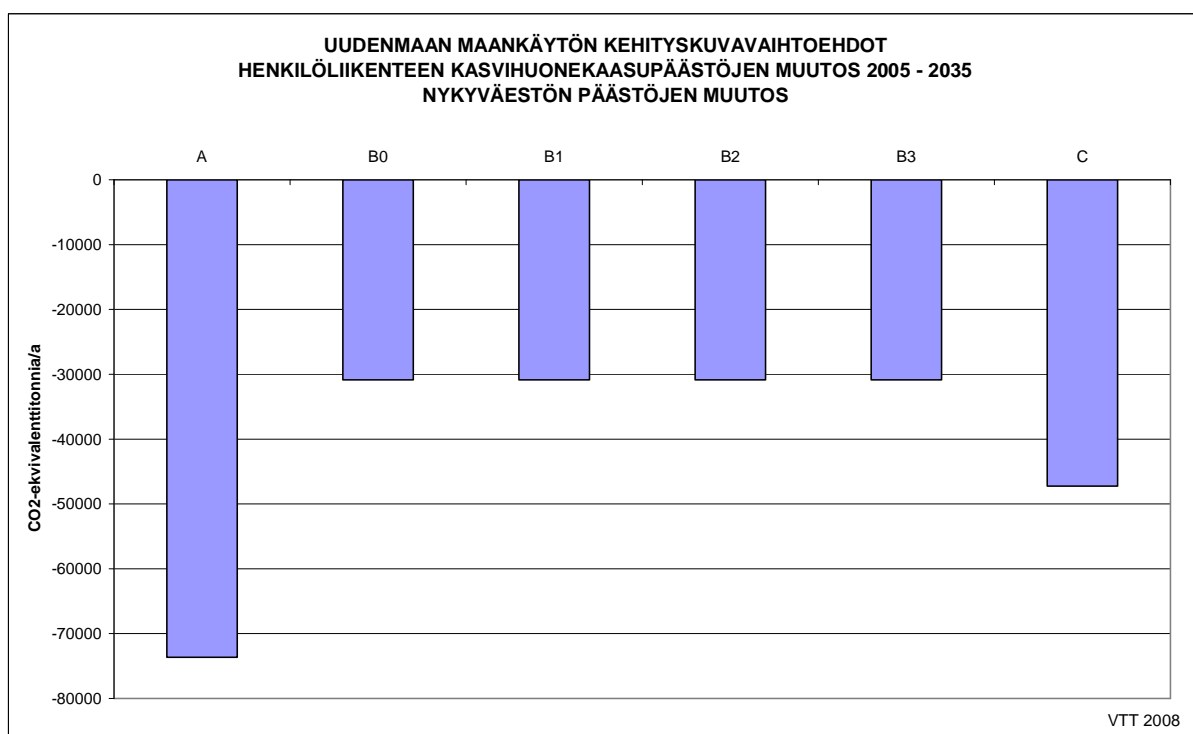
Uuden väestön liikenteestä aiheutuvat päästöt asukasta kohden ovat 1,31 – 1,38 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia/asukas (kuva 32). Päästöt ovat pienimmät vaihtoehdossa B1 ja suurimmat vaihtoehdossa C. Vaihtoehdossa B1 väestöä sijoittuu muita enemmän ja vaihtoehdossa C muita vähemmän liikenteellisesti edullisimmille alueille.

Nykyväestön liikenteen päästöt vähenevät liikenteellisten olosuhteiden parantuessa 31 000 - 74 000 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia (kuva 33). Päästöt vähenevät eniten vaihtoehdossa A ja vähiten rata-

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

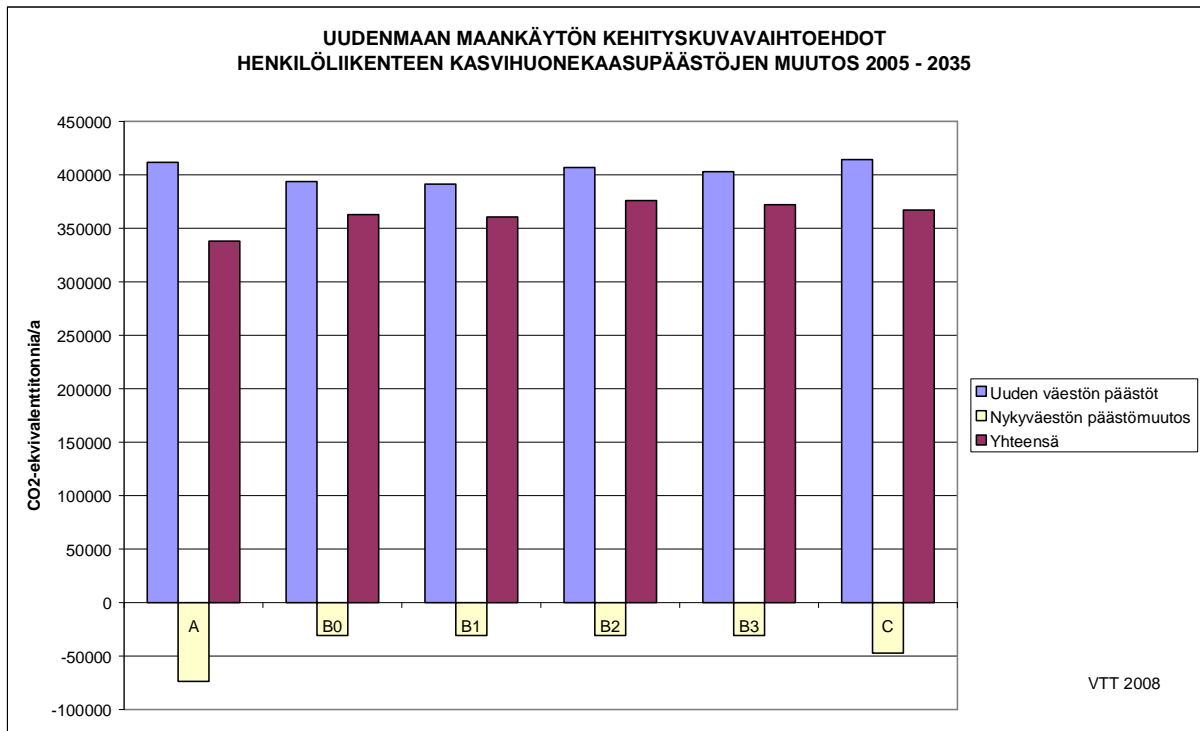


**Kuva 32.** Uuden väestön aiheuttama liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen muutos.

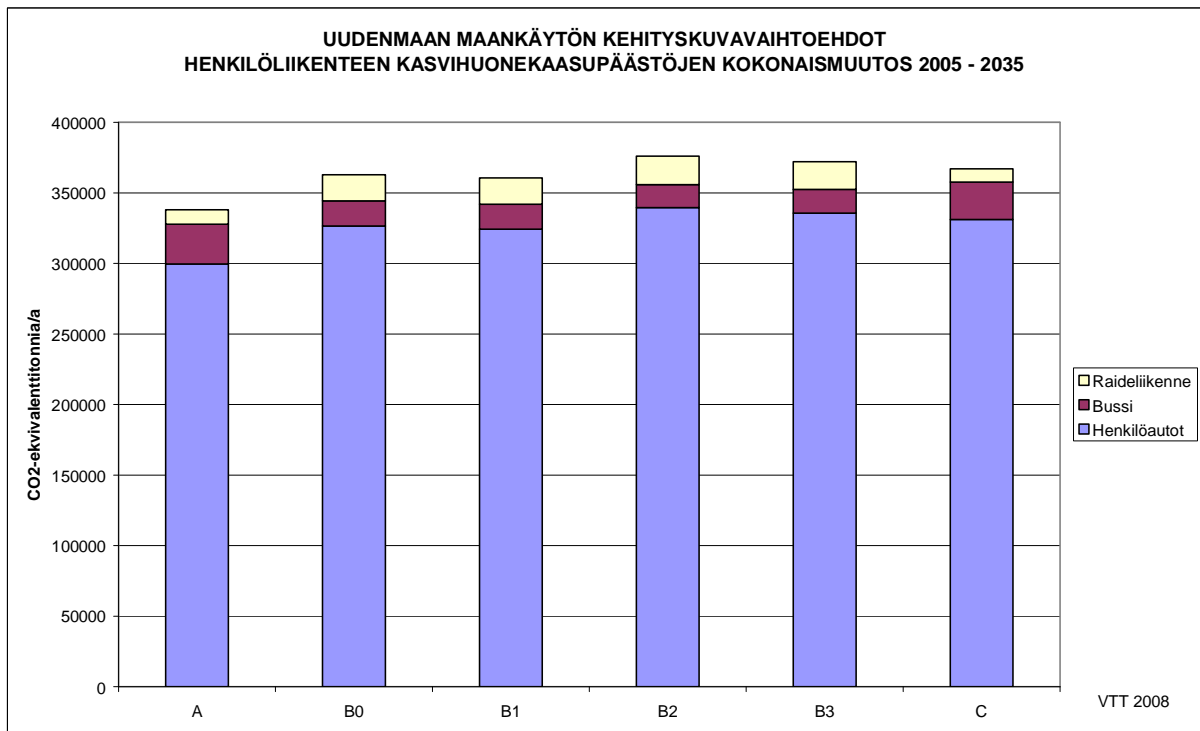


**Kuva 33.** Nykyväestön liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen muutos.

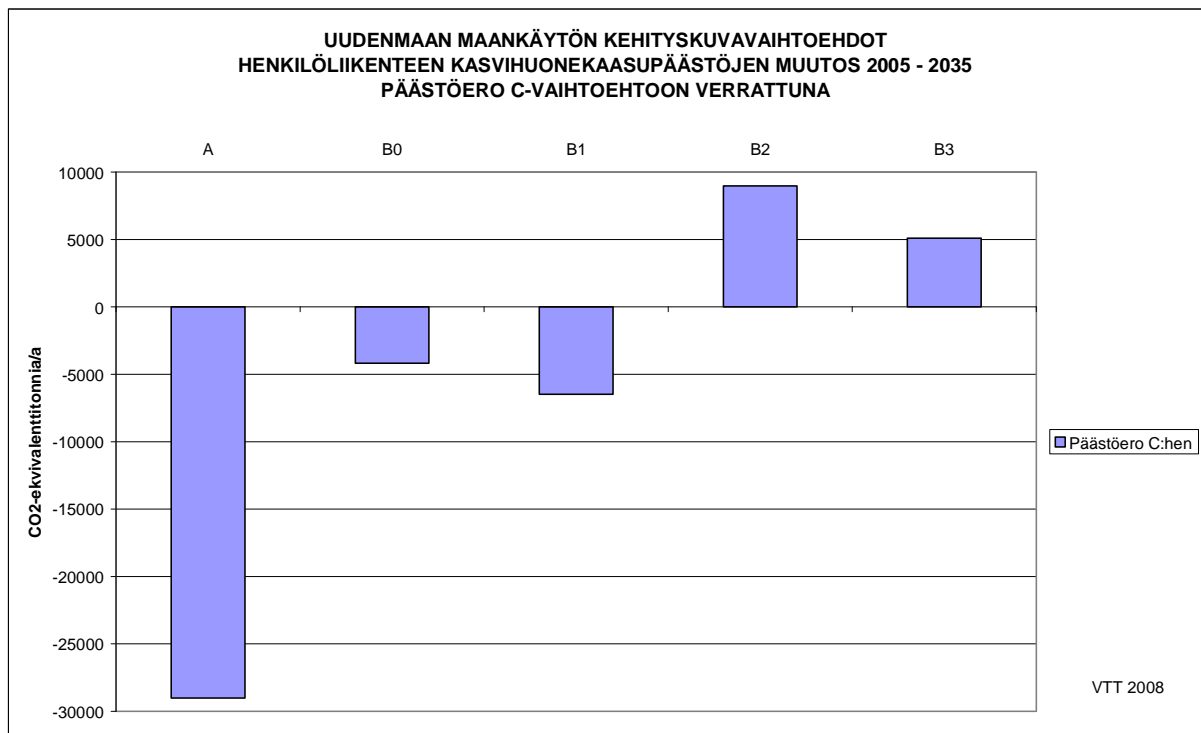
Henkilöliikenteestä aiheutuvien vuotuisten kasvihuonekaasupäästöjen muutos 2005 – 2035 on kaikkiaan 338 000 – 376 000 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia (kuva 34 ja 35). Vähiten päästöjä aiheutuu vaihtoehdossa A ja eniten vaihtoehdossa B2. Vaihtoehdossa A nykyväestön päästöt vähenevät muita vaihtoehtoja enemmän. Vaihtoehdossa B2 uutta väestöä sijoittuu muita vähemmän liikenteellisesti edulliselle pääkaupunkialueelle.



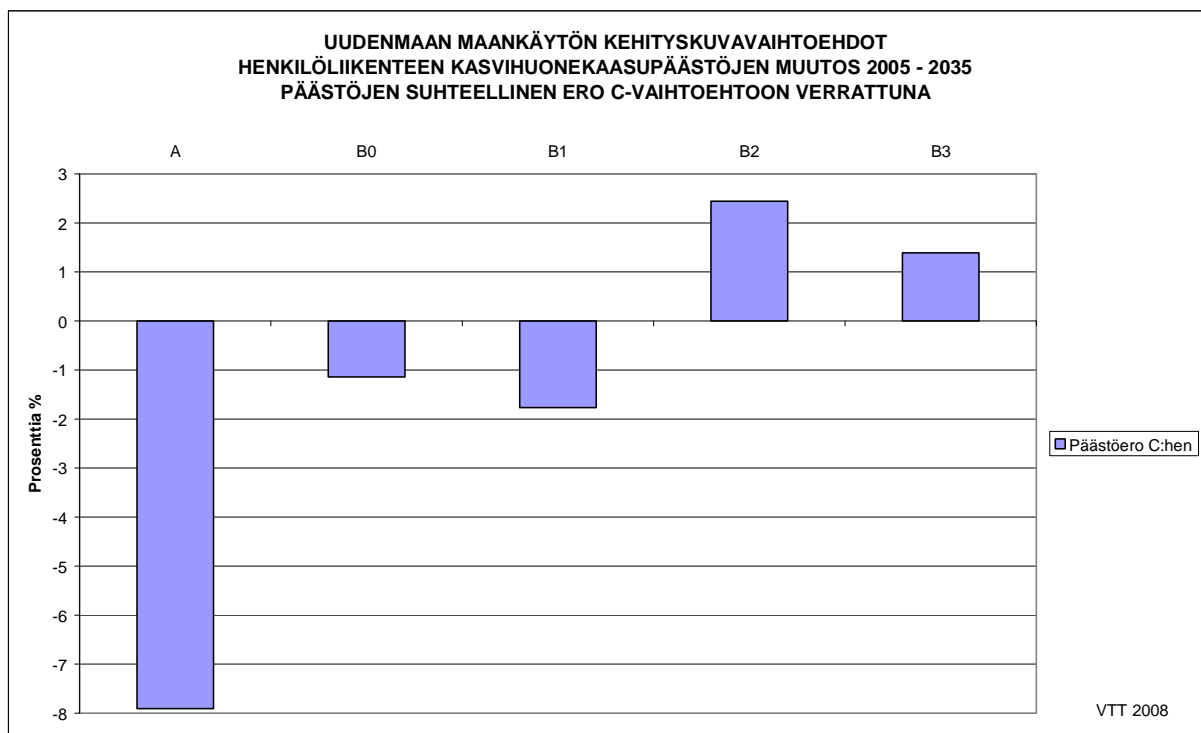
**Kuva 34.** Henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen muutos uuden ja nykyväestön osalta.



**Kuva 35.** Henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismuutos.



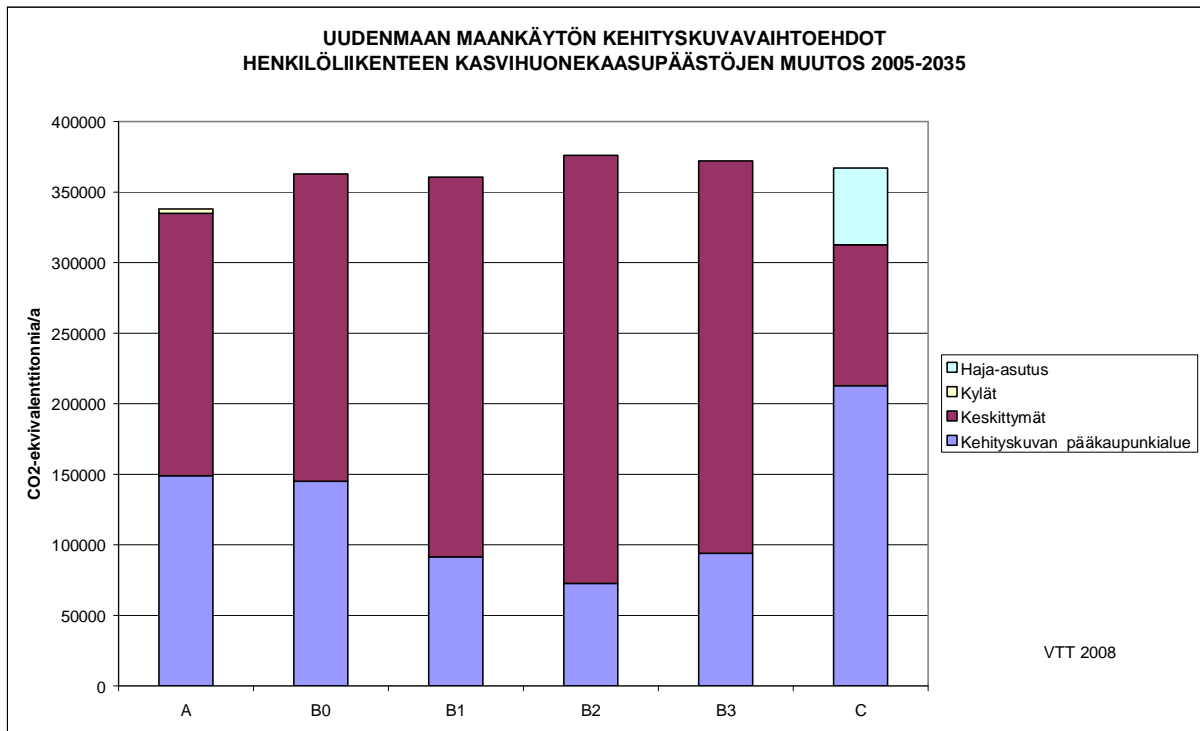
**Kuva 36.** Kehityskuvavaihtoehdoista aiheutuvien henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen ero C-vaihtoehtoon verrattuna.



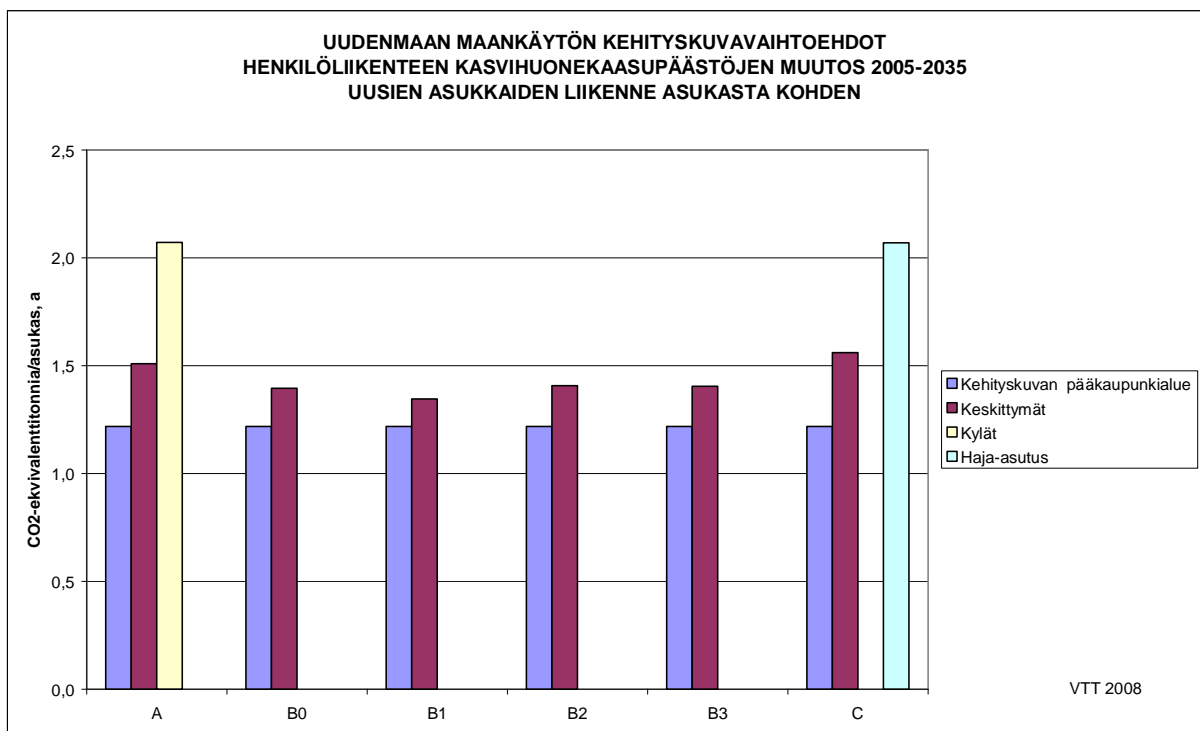
**Kuva 37.** Kehityskuvavaihtoehdoista aiheutuvien henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen suhteellinen ero (%) C-vaihtoehtoon verrattuna.

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

Kuvassa 38 esitetään henkilöliikenteen päästöt osa-alueittain. Kehityskuvan pääkaupunkialueella aiheutuu asukasta kohden vähiten ja kylissä ja haja-asutusalueella eniten päästöjä (kuva 39).



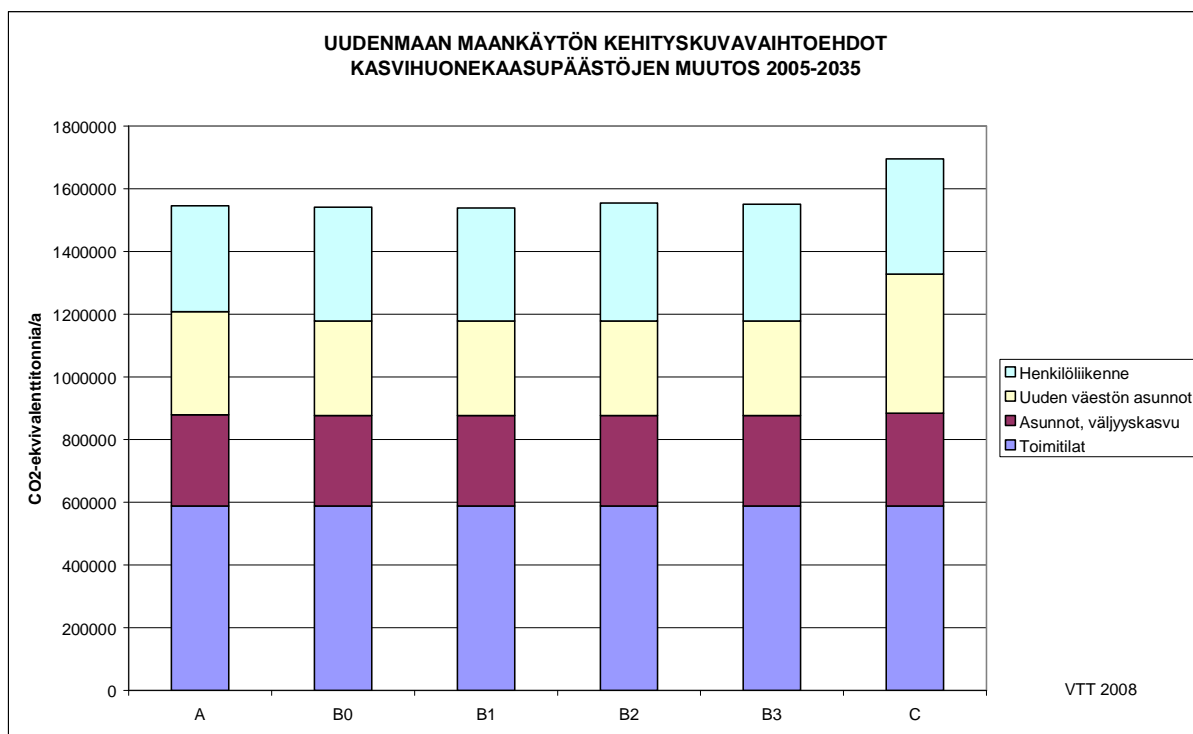
**Kuva 38.** Henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen muutos osa-alueittain.



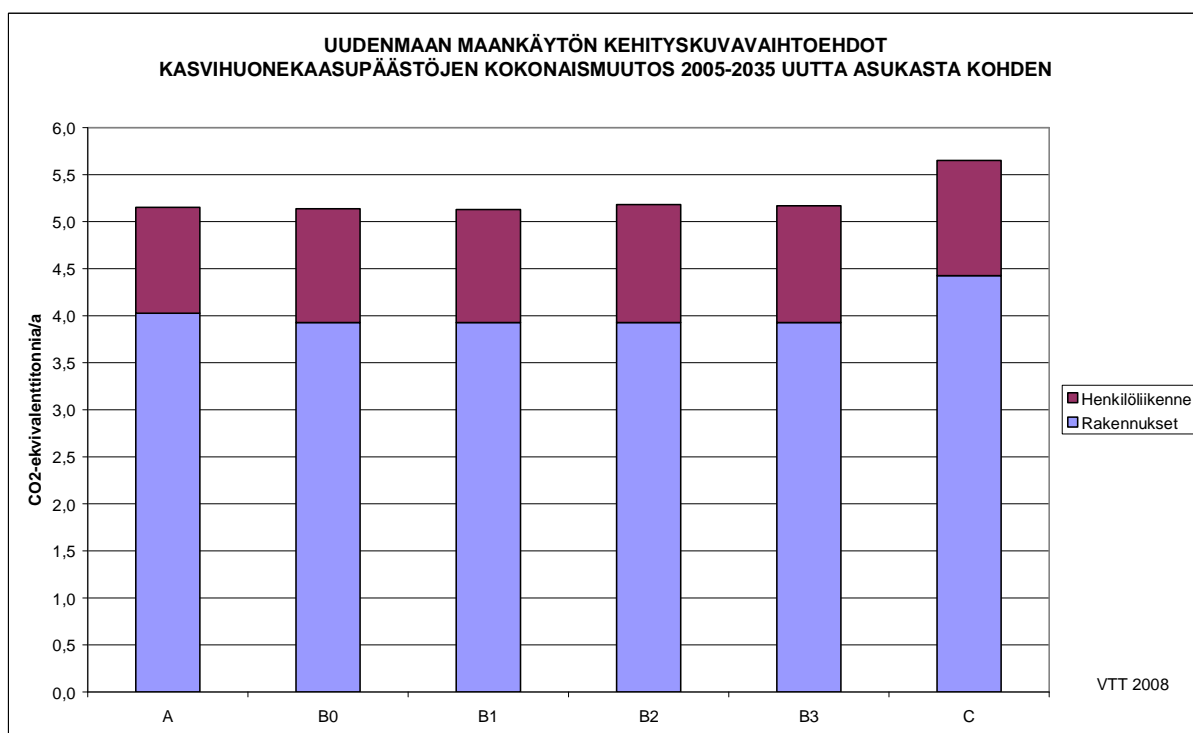
**Kuva 39.** Uusien asukkaiden henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen muutos asukasta kohden osa-alueittain.

## 8.4 Kasvihuonekaasupäästöt yhteensä

Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä kaikkiaan 1,54 – 1,70 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekvivalenttitonnia (kuva 40). Rakennusten osuus kasvihuonekaasupäästöjen muutoksesta on 1,18 – 1,33 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekvivalenttitonnia ja liikenteen osuus 0,36 – 0,38 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekvivalenttitonnia. Vähiten päästöjä aiheutuu vaihtoehdosta B1 ja eniten vaihtoehdosta C.



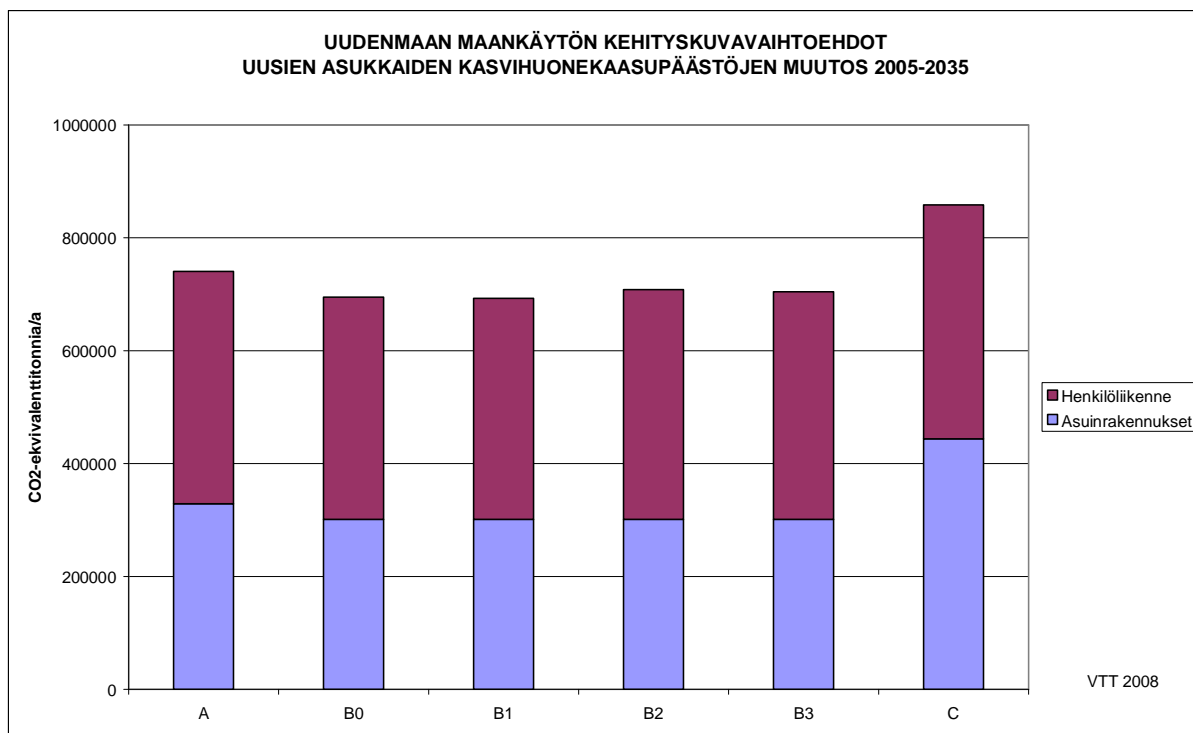
**Kuva 40.** Kehityskuvavaihtoehtojen kasvihuonekaasupäästöjen muutos.



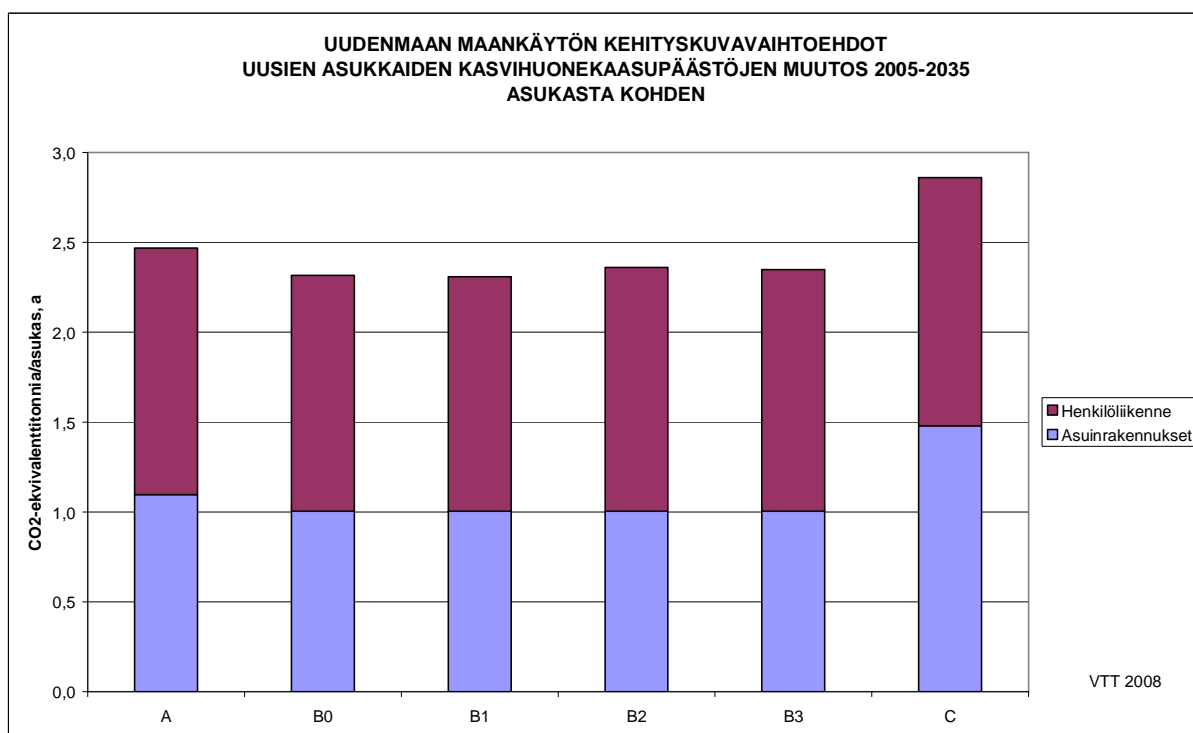
**Kuva 41.** Kehityskuvavaihtoehtojen kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismuutos uutta asukasta kohden..

Kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismuutos uutta asukasta kohden on 5,13 – 5,65 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia /asukas, josta rakennusten osuus on 3,93 – 4,43 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia /asukas ja liikenteen osuus 1,20 – 1,25 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia /asukas (kuva 41).

Uusien asukkaiden asuntojen ja liikenteen päästöt vaihtelevat 693 000 – 858 000 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia (kuva 42) ja asukasta kohden laskettuna 2,31 – 2,86 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia/asukas (kuva 43). Vähiten päästöjä aiheutuu vaihtoehdossa B1 ja eniten vaihtoehdossa C.

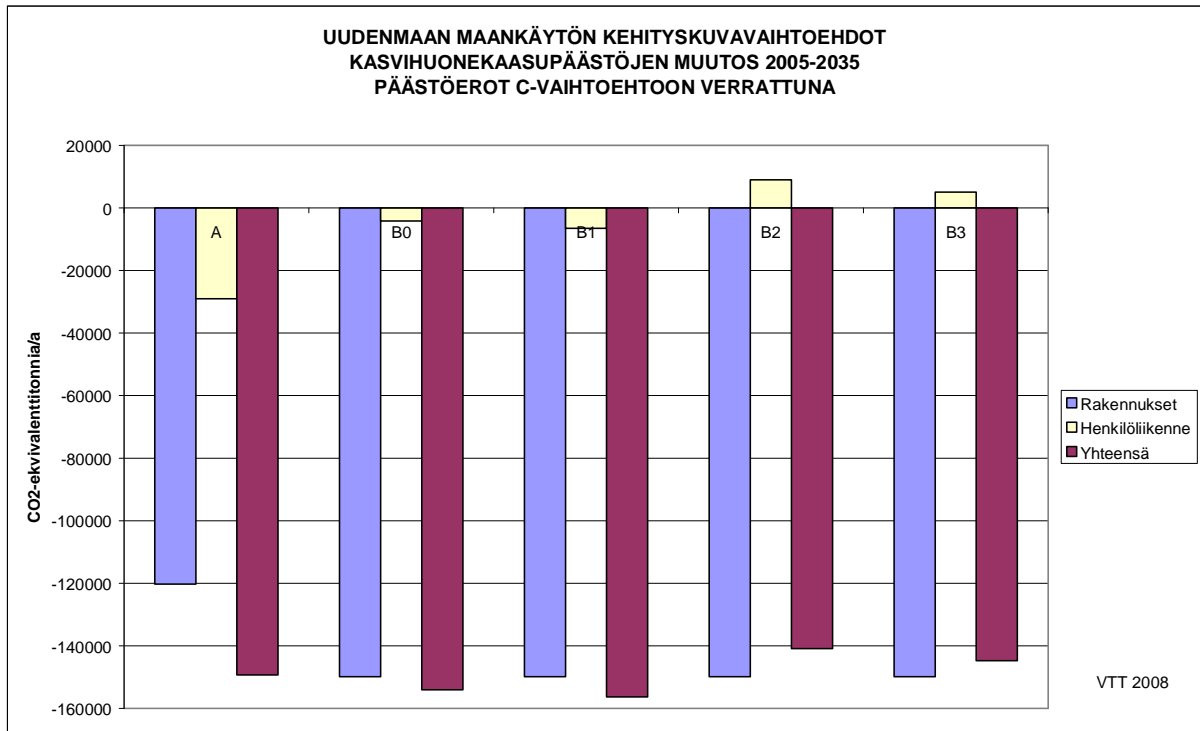


**Kuva 42.** Uusien asukkaiden kasvihuonekaasupäästöt.

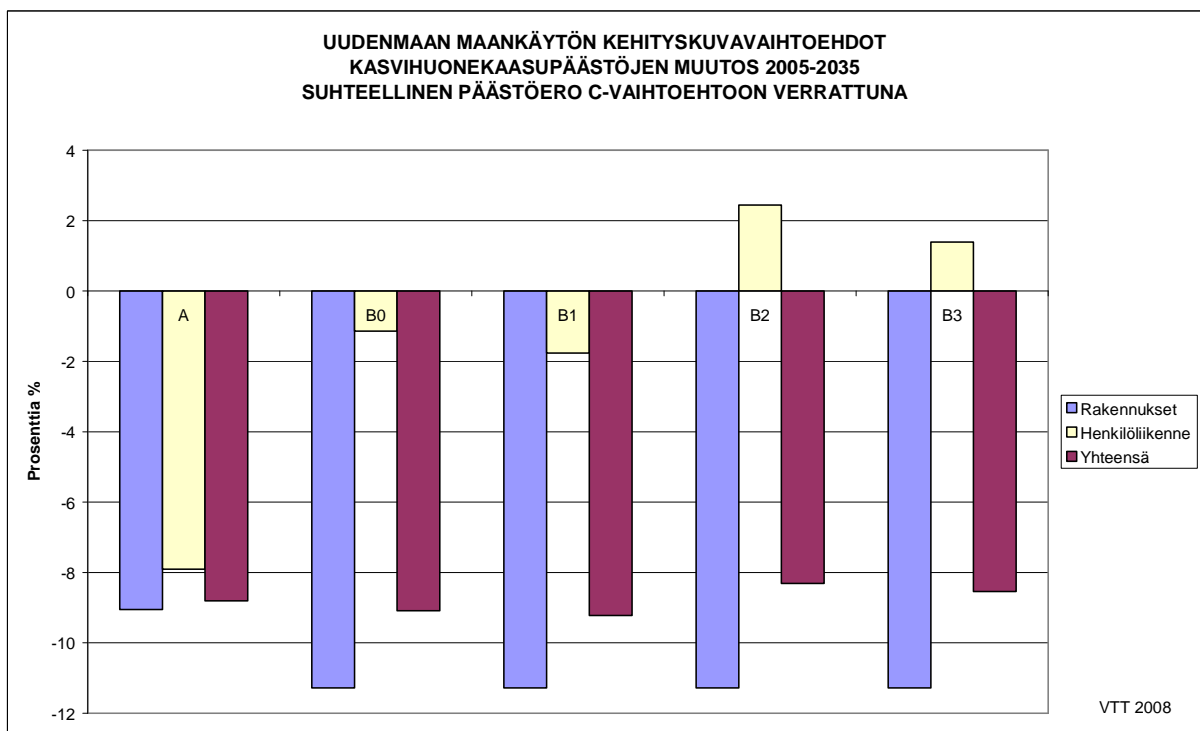


**Kuva 43.** Uusien asukkaiden kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden.





**Kuva 44.** Kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen ero vaihtoehtoon C verrattuna.



**Kuva 45.** Kehityskuvavaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen suhteellinen ero (%) vaihtoehtoon C verrattuna.

Vaihtoehtojen A ja B päästöt ovat 156 000 – 141 000 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia (9,2 – 8,3 %) pienemmät kuin vaihtoehdossa C. Pienimmät kokonaispäästöt ovat vaihtoehdossa B1.

## 9 Epävarmuustekijät

Tämä tutkimus on ensimmäisiä, jossa tarkastellaan ilmastonmuutoksen huomioon ottamista kaavoituksessa sekä sopeutumisen että hillitsemisen kannalta. Tutkimus on siten pilottityyppinen ja muodostetut arviointimenetelmät vaativat osittain edelleen kehittämistä.

Tehdyt arviot ilmastonmuutoksen vaikutuksista ovat ensimmäisiä, joissa on arvioitu paikallisia muutoksia globaalien ilmastomallien ja skenaarioiden perusteella. Arvio sisältää epävarmuuksia, jotka pienenevät tulevaisuudessa menetelmää kehitettäessä. Arvioituja muutoksia voidaan kuitenkin pitää suuntaa antavina ja suhteellisen luotettavina.

Kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu yleispiirteisesti, mutta arvio antaa riittävän kuvan niiden suuruusluokasta.

Arviointi perustuu sitä tehtäessä käytettävissä olleeseen suunnitteluaineistoon, joka kehittyy ja muuttuu.

## 10 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 jne.

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 viherväyliä 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 (B1). 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 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia, uutta asukasta kohden laskettuna 5,1 – 5,7 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia/asukas. Uudenmaan lämmityksestä ja sähkönkulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt olivat 8,6 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia, asukasta kohden laskien 6,5 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia/asukas vuonna 2003. Uudenmaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt olivat 2,5 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia, asukasta kohden laskien 1,9 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia/asukas vuonna 2003 (Huuska 2006). Lämmityksestä, sähkönkäytöstä ja liikenteestä aiheutuvat päästöt olivat

Uudellamaalla vuonna 2003 yhteensä siten 11,2 miljoonaa CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia, asukasta kohden laskien 8,4 CO<sub>2</sub>-ekv.tonnia/asukas.

Kehityskuvavaihtoehtojen toteuttaminen lisäisi siten rakennusten ja liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä Uudellamaalla noin 13,8 – 15,2 prosenttia, 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.

## Lähteet

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

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

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

ASTRA-projektin aineistoa. [www.astra-project.org](http://www.astra-project.org)

Bjørge, Børve, Kuismanen. Urban plan for Store Lungegårdsvann, Bergen centre

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

Børve A.B., 1984. Funksjonskrav for boliger i klimautsatte strok; moniste Bodo.

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.

CASE. Helsinki Western Harbour, ehdotus Helsingin Länsisataman kehittämiseksi. Published also in: 1) Helsinki-Tampere Visions, Helsinki 1993, and 2) Pressman Norman. Northern Cityscape, Kitchener, 1995.

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.

The Climatic Dwelling. 1996. Publication no. EUR 16615, European Commission, James & James Ltd, London.

Czich, G., 1999. Potentiale der regenerativen Stromerzeugung in Nordafrika, Perspektiven ihrer Nutzung zur lokalen und grossräumigen Stromversorgung, <[www.iset.un-kassel.de](http://www.iset.un-kassel.de)>.

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

Daniels K., 1995. Klima und Gebäudeform in Technologie des Ökologischen Bauens. Birkhäuser, Berlin.

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, Buenos Aires.

European wind atlas, Risø 1989

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 Considerations in Building and Urban Design, NY.

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

Grimme, F., 1984. Neue Konzepte zur Solarnutzung im Städtebau, in Solar Architektur in der Stadt, Frankfurt am Main.

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

Harmaajärvi, I., 2002a. Helsingin yleiskaava 2002, vaikutusten arviointi. Luonnoksen ilmastovaikutukset. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2002:13, 19.12.2002.

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

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.

Higuera, E., 2006. Urbanismo bioclimático, Barcelona.

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. Neljäs arviointiraportti.

Kahma, K. & Johansson, M. 2002. 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.

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

Kossak, F. Konzepte passiver Klimaregulation, in Wohltemperierte Architektur.

Kuismanen, K., Kääriäinen, H. & Tiilikainen, A., 1991. Esiselvitys talven hyödyntämisestä Tervolan kunnassa. Tervola.

Kuismanen, K., 2000. Ilmastotietoinen suunnittelu ja pienoismallien tuulitestauslaite. University of Oulu, Architecture section, publication A28, Oulu.

Kuismanen K., 1993. Tervolan koetalon suunnitelmat ja mallitestausten tutkimusraportti, Oulu.

Kuismanen K. (toim.), 2007. Eco House North – Ecological Wooden House Handbook, Oulu.

LIPASTO. Liikenteen päästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. VTT.  
<http://lipasto.vtt.fi>

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

Makkonen, L., 2008a. 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.
- Mattson J. O., 1979. Mikro- och lokalklimatologin. Malmö.
- Miller, F. & Reite, A., 1993. Levende hus - om miljø- og ressursvennlig bygging, Oslo.
- Ollila M. (toim.), 2002. Ylimmät vedenkorkeudet ja sortumariskit ranta-alueille rakennettaessa, Suomen Ympäristökeskus, Ympäristöopas 52, Helsinki.
- Palmer, T.N. & Räisänen, J., 2002. Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate. *Nature*, 415, 512-514.
- Pietilä, R., 1971. Character of local geography and climate vise versa architectural design of urban entities in Finland, paper, Lacustrine Climatology, Como, Italia, 20-23.5.1971.
- 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. Ilmastonmuutos ja Helsingin suuret rantarakentamishankkeet. *Arkkitehti-lehti*, maaliskuu 2008.
- Stedsanalyse - innhold og gjennomføring, Miljøverndepartementet, Oslo, 1993.
- Sterten, A.K. & Børve, A.B., 1995. Nordisk forsøksprosjekt 1991: Videreutdanning i Biofysisk Miljøplanlegging og Bygningsformgivning, Valdres.
- Storstockholms gröna bälte. Stockholms läns landsting, Regionplane- och trafikkontoret, Stockholm 1991.
- Swedish Meteorological and Hydrological Institute. Sea Level Change Affecting the Spatial Development in the Baltic Sea Region, Geological Survey of Finland, Special Paper 41.
- 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.
- Tilastoja Suomen ilmastosta 1961-1990. Ilmatieteen laitos, Helsinki 1990.
- Uudenmaan kasvihuonekaasupäästöt 1993 ja 2003. Päästöt kunnittain. Uudenmaan liiton julkaisuja C 53 - 2006.



Uudenmaan liitto ja Tiehallinto 2008. Henkilöliikenteen alueluokitus ja suoritteet Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan alueella.

Uudenmaan rannikkoalueiden yleispiirteinen tulvakartta. Uudenmaan liiton julkaisu E 95 – 2007.

Uudenmaan maakuntakaava.

Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus 2004-2005. Liikenne- ja viestintäministeriö. [www.hlt.fi](http://www.hlt.fi).

Venho, S N., 1971. Meteorologia, Porvoo.

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

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

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


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

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

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

# LIITE 1. Luonnon tukialueen kuvaus

Kuvaukset tehtiin osana Tukholman alueen yleiskaavatyötä.(Storstockholms p. 100-101)

<p><b>Mångsidighet</b></p> <p><b>Orördhet</b></p> <p><b>Fågelfauna</b></p>	<p>defulla lokaler, till exempel Henrikstorp med ett stort inslag av ädla lövträd. Parken vid Görvälns slott är också intressant, ur såväl botanisk som ornitologisk synvinkel. Längre norrut tar blandskogen vid. Närmast stranden finns ett område med lövskog och öppna marker kring Dikartorp. Detta är en av Görvälns-området finaste botaniska lokaler. Fuktäng omväxlar med lund, öppen granskog och torrbacke. Åtskilliga ovanliga lundväxter finns representerade i den rika och varierade floran.</p> <p>Värdena varierar mellan 3 och 5. Relativt låga värden i hela området.</p> <p>Låga - höga värden. Högst i de norra delarna. Södra och mellersta delarna har relativt mycket byggnader och vägar; större kraftledning och störande anläggningar saknas.</p> <p>Totalt häckar 12 av 34 "nyckelarter", nämligen: ormråk, bivrak, fiskgjuse, skogsduva, kattuggla, gröngöling, spillkråka, göktyta, stjärtmes, dubbeltrast, härmsångare och törnskata.</p> 
--	---

## LIITE 2. Viherkäytävän kuvaus

Käytävät valittiin Tukholman alueen yleiskaavatyön yhteydessä.(Storstockholms p. 106)

### BESKRIVNINGAR AV SPRIDNINGSKORRIDORER

#### BORNSJÖOMRÅDET — FLOTTSBROOMRÅDET

5 000 meter.

Längd

Den största delen av korridoren uppfyller inte minimikravet på 2 000 meter. Stråket begränsas av sjön Aspen i sydväst och tätorterna Hallunda och Alby i nordost. Smalaste passagen är 300 meter.

Bredd

Fyra vägar skär igenom området. E4:an och Eriksbergsvägen tillhör klass I, de båda övriga klass III. Korridoren består till stor del av åkerlandskap som längst i öster är relativt storskaligt.

Barriärer

Hela norra delen av korridoren, ner till Hamra gård ingår i ett område av riksintresse för kulturminnesvården.

Övriga bevarandeintressen

All markanvändningsförändring på Aspberget strider mot den funktion korridoren är avsedd att fylla i det gröna bältet.

Kommentar

Det är viktigt att även för framtiden slå vakt om de åkerholmar och den vegetation som ännu finns kvar i det storskaliga jordbrukslandskapet.

#### FLOTTSBROOMRÅDET — LIDA/PÅLAMALM

7 500 meter.

Längd

Korridoren håller det önskade måttet, 2 000 meter, med undantag av det avsnitt där den passerar genom Alfa-Lavals område söder om Hamra lantbruksskola. Befintlig bebyggelse begränsar bredden till cirka 600 meter.

Bredd

Huddingevägen, som är av klass I, och södra stambanan fungerar som barriärer. Området vid Hamra lantbruksskola samt söder om Alby består av relativt stora sammanhängande åkrar.

Barriärer

Hamra lantbruksskola med omgivningarna utgör en kulturmiljö av regionalt intresse.

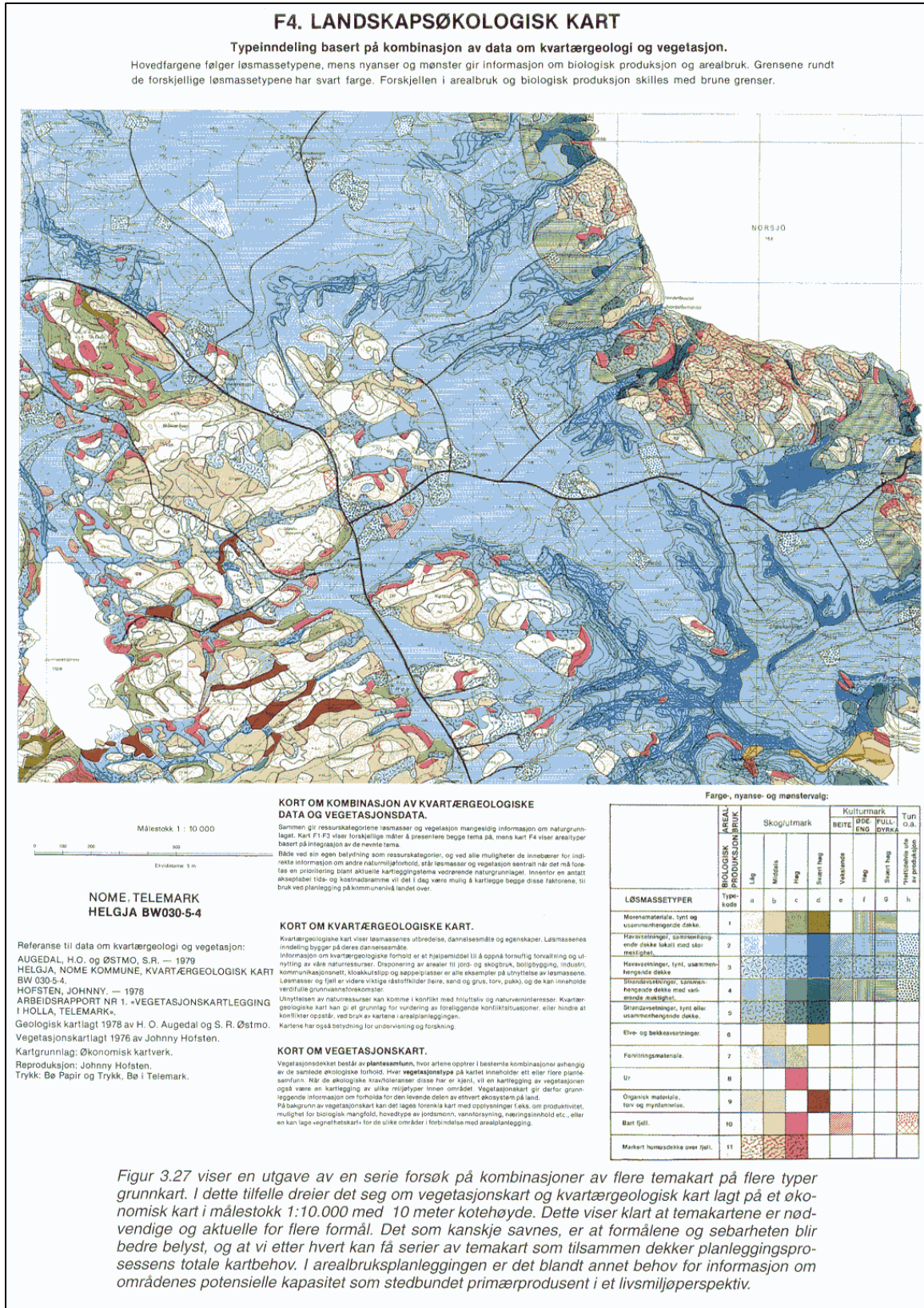
Övriga bevarandeintressen

Det är angeläget att så långt möjligt underlätta för spridning vid fortsatt planeringsarbete som berör korridorens känsligaste del - passagen av vägen, järnvägen och Alfa-Lavals område strax norr därom.

Kommentar

# LIITE 3. Topografinen kartta, johon on liitetty ekologista tietoa

Tähän norjalaiseen karttaan on liitetty tietoa kasvillisuudesta ja maaperästä mittakaava 1:10000.(Sterten 2001 p. 84)



Figur 3.27 viser en utgave av en serie forsøk på kombinasjoner av flere temakart på flere typer grunnkart. I dette tilfelle dreier det seg om vegetasjonskart og kvartærgeologisk kart lagt på et økonomisk kart i målestokk 1:10.000 med 10 meter kotehøyde. Dette viser klart at temakartene er nødvendige og aktuelle for flere formål. Det som kanskje savnes, er at formålene og sebarheten blir bedre belyst, og at vi etter hvert kan få serier av temakart som tilsammen dekker planleggingsprosessens totale kartbehov. I arealbruksplanleggingen er det blandt annet behov for informasjon om områdenes potensielle kapasitet som stedbundet primærproducent i et livsmiljøperspektiv.

## LIITE 4. Alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan suurimpien järvien rannoilla (Uudenmaan ympäristökeskus)

Taulukossa käytetyt lyhenteet:

MW: Keskivesi. Havaintojakson kaikkien havaintojen keskiarvo.

HW 1/50: Laskennallinen arvo. Keskimäärin kerran 50 vuodessa esiintyvä tulvakorkeus.

Taulukossa sekä MW:n että HW 1/50:n korkeusjärjestelmät vaihtelevat.

Määrittystavat on esitetty Uudenmaan ympäristökeskuksen julkaisussa Alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan suurimmilla järvillä (Rantakokko 2004).

Julkaisu on ladattavissa osoitteessa [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) >Vesivarojen käyttö > Tulvat.

JÄRVEN SIJAINITIEDOT					SUOSITUS
Nimi	Kunta	MW	HW 1/50	Määrittystapa	Alin suositeltava rakentamiskorkeus (N60+m)
AlaSuolijärvi	Hyvinkää	87,37	88,01	A	88,50
Averia	Vihti	36,26	37,47	C	38,20
Bodominjärvi	Espoo	22,74	23,21	A	23,80
Bruksträsket	Inkoo, Karjaa	24,20	25,18	C	25,80
Degersjön	Pohja	18,96	19,30	A	19,90
Dämman	Espoo	24,89	25,25	A	25,70
Enäjärvi	Vihti	49,92	50,40	C	51,10
Etujärvi	Askola		39,72	C	40,50
Grabbskog Storträsket	Tammisaari, Pohja			C	26,50
Hiidenvesi	Vihti, NummiPusula, Lohja	31,84	32,74	A	33,50
Hopjärvi Hopom träsk	Liljendal, Pernaja			D	19,30
Hormajärvi	Sammatti			D	33,20
Humaljärvi	Kirkkonummi	17,95	18,20	A	18,80
Hunttijärvi	Mäntsälä			D	73,60
Högbensjön	Karjaa, Inkoo			D	30,20
Isojärvi eli Onkimaanjärvi	Mäntsälä, Pornainen	58,87	59,36	C	60,30
Juusjärvi	Kirkkonummi			D	32,10
Karhujärvi	Siuntio		29,10	D	29,90
Kilpijärvi	Mäntsälä	78,13	78,70	B	79,60
Kirkkojärvi	Myrskylä	34,60	35,32	C	36,10
Kirmusjärvi	Sammatti			D	55,50
KolmperseVähävesi	NummiPusula, Karkkila			D	118,40
Koskenkylänjoki, Liljendalin keskustan kohdalla	Liljendal	13,62	14,93	C	16,00
Kotojärvi	Pornainen			D	25,70
Kovelanjärvi eli Myllyjärvi	NummiPusula	57,25	57,80	C	58,70
Kullaanjärvi Kullasjön	Pohja, Tammisaari			D	32,40
Kyrksjön	Karjaa			C	14,00
Kytäjärvi	Hyvinkää	79,58	80,61	A	81,40
Källträsket	Karjaa, Inkoo			D	19,80
Lapinjärvi Lapträsket	Lapinjärvi			D	26,00

Lapinkylänjärvi Lappböléträsket	Kirkkonummi			D	27,40
Lapoo	Vihti			D	86,70
Lappominjärvi Lappomträsket	Ruotsinpyhtää	3,14	3,30	A	4,00
Lehmijärvi	Lohja			D	59,00
Lilla Lonoks	Kirkkonummi, Siuntio			D	30,90
Lippajärvi	Espoo, Kauniainen	19,60	20,47	C	21,20
Lohjanjärvi	Lohja, Karjaa, Karjalohja, Sammatti	31,55	32,38	A	33,10
Loojärvi Låjäv	Kirkkonummi, Espoo			D	15,20
Marsjön	Inkoo, Karjaa	21,60	22,14	A	22,70
Matalajärvi	Espoo			A	23,80
Meikojärvi	Kirkkonummi	43,00	43,66	C	44,20
Myllykylänjärvi Molnbyträsket	Porvoo			D	26,90
Nummijärvi	Karjalohja			D	51,40
Nuuksion Pitkäjärvi	Espoo	27,44	28,52	A	29,30
Onkimaanjärvi	Karkkila, Loppi, Tammela			D	112,20
Ovanmalträsket	Tammisaari			D	6,20
Palojärvi eli Palajärvi	Vihti	44,09	45,05	C	45,60
Pitkäjärvi	Espoo, Vantaa			C	21,20
Pitkäjärvi	NummiPusula			D	42,80
Poikkipuoliainen	Vihti			C	50,80
Puontpyölinjärvi	Tammisaari, Perniö			D	17,00
Pusulanjärvi, Jäämäjärvi	NummiPusula	38,09	40,27	C	41,10
Puujärvi	Karjalohja	46,30	46,68	C	47,20
Pyhäjärvi	Karkkila			C	74,50
Pyhäjärvi	Lapinjärvi, Artjärvi	39,98	41,58	A	42,20
Ridasjärvi	Hyvinkää			C	83,80
Rusutjärvi	Tuusula			D	46,80
Saarijärvi	NummiPusula, Karkkila	117,35	117,79	C	118,50
Sahajärvi eli Hautjärvi	Mäntsälä			D	75,60
Salmijärvi	Vihti			C	53,10
Salovesi	NummiPusula			D	118,70
Sarvalaxträsket	Pernaja			D	5,20
Seljänalanen	Pohja, Kisko, Karjalohja			C	42,20
Siikajärvi	Espoo, Vihti, Kirkkonummi			D	58,50
Simijärvi eli IsoSimi	Pohja			D	47,30
Stora Lonoks	Kirkkonummi	28,72	30,10	C	30,90
Storträsk, Bakträsk	Kirkkonummi				31,00
Sulkavanjärvi	Myrskylä			D	28,00
Suojärvi	Mäntsälä			D	86,80
Sykäri	Hyvinkää			D	88,00
Syväjärvi	Myrskylä			C	46,30
Särkjärvi	Ruotsinpyhtää, Lapinjärvi			D	26,20
Sääksjärvi	Nurmijärvi, Hyvinkää	99,39	100,36	A	101,00
Takajärvi	Askola	39,22	39,72	C	40,50
Tampaja	Kirkkonummi			C	49,80

Tiiläänjärvi	Askola	17,08	18,48	C	<b>19,50</b>
Tjusträsk	Siuntio	3,71	5,35	A	<b>6,20</b>
Tuusulanjärvi	Tuusula, Järvenpää	37,73	38,30	A	<b>38,80</b>
Tämäkohtu	NummiPusula, Karkkila			D	<b>116,20</b>
Vahermanjärvi	NummiPusula			D	<b>111,40</b>
Vahijärvi	Askola	32,29	32,78	C	<b>33,90</b>
Valkerpyy	NummiPusula			D	<b>43,30</b>
Valkjärvi	Nurmijärvi	34,11	34,91	A	<b>35,70</b>
Vaskijärvi	Karkkila	104,63	105,10	C	<b>105,70</b>
Veckjärvi	Porvoo			D	<b>13,60</b>
Velskolan Pitkäjärvi	Espoo			D	<b>52,30</b>
Vihtijärvi, Sorvarinjoki	Vihti, Nurmijärvi	86,46	86,84	C	<b>87,70</b>
Vikträsk	Siuntio			D	<b>3,50</b>
Vitträsk	Kirkkonummi			D	<b>22,20</b>
Ylimmäinen	Vihti	97,57	98,45	C	<b>99,20</b>
YläSuolijärvi	Hyvinkää, Riihimäki	87,92	88,48	A	<b>89,10</b>

# LIITE 5. Esimerkki vuodenaikojen tuuliruusuista, Helsinki

Tuulen keskinopeus ja jakautuminen eri vuodenaikoina Helsingissä 1961-1990 (Wahlgren, Kuismanen & Makkonen 2007).

