



Sodankylän raviradan asuntoalueen ilmastovaikutukset

Irmeli Wahlgren, Kimmo Kuismanen & Lasse Makkonen



Tiivistelmä

Raportissa esitellään Sodankylän raviradan asuntoalueen ilmastovaikutusten arviointi. Työssä laadittiin ennuste paikallisesta ilmastomuutoksesta ääri-ilmiöiden ja eräiden keskimääräis-suureiden muutosten osalta seuraavan noin sadan vuoden aikana. Arvion mukaan vuoden keskilämpötila nousee 4 °C, maksimilämpötila nousee 3 °C, minimilämpötila nousee 5 °C, sulamis-jäätymissyklit lisääntyvät 15 %, vuoden keskituulennopeus kasvaa 2 %, maksimituulennopeus kasvaa 9 %, vuoden sademäärä kasvaa 15 %, 6 tunnin sademaksimi kasvaa 35 %, 5 vuorokauden sademaksimi kasvaa 55 %, 6 tunnin lumisademaksimi kasvaa 19 %, lumipeitteen maksimivesiarvo vähenee 3 % ja lumipeitteen kesto aika lyhenee 40 vrk.

Alueen suunnittelun kehittäminen voi lähteä seuraavista periaatteista: olevan kasvillisuuden säilyttäminen; matala-tiivis pienimittakaavainen rakennuskanta; mahdollisimman kapeat kadut; lumensäilytystilat huomioitava; asteittain nousevat suhteellisen tasaiset rakennuskorkeudet, tiivis aluerakenne; tuulen nostaminen kattojen yläpuolelle, ja pitäminen siellä; tuulen vaimentaminen katutilassa ja piholla istutuksin ja rakentein; mahdollisesti pienoismallien tuulitestausta 1:500 yhteismallilla tai 1:200 malleilla myös rakennussuunnitteluvaiheessa. Suosituksia pohjoisosan tuulisten reunakortteleiden suunnittelun lähtökohdiksi: rakennusten lämmöneristyksen ja tiiviyn on ylitettävä 20 % normien vaatimustaso; katto- ja piharakenteiden mitoitustuulikuormien on ylitettävä 20 % normien vaatimustaso.

Alueelle on tehty makro- ja mikroilmastoanalyysit ja niiden pohjalta pienoismallien tuulitestaukset sekä annettu ohjeita kaavoitukselle ja rakentamiselle. Alueelle on laadittu osaluokohtaiset istutusohjeet. Suunnittelussa suositellaan käytettäväksi tuulitestausta ja korttelikohtaisten ympäristöohjeiden laatimista.

Sodankylän raviradan alueen ekologista tasetta koskeneen tutkimuksen mukaan koko elinkaaren aikana aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ja muut vaikutukset ovat pienemmät kuin tyyppillisen suomalaisen pientaloalueen. Raviradan alueen vaikutukset ovat keskimäärin noin 20 % vertailualueita pienemmät. Kasvihuonekaasupäästöt ovat asukasta kohden laskien 24 % ja kerrosneliometriä kohden laskettuna 28 % pienemmät kuin vertailualueilla. Raviradan alueen käyttövaiheessa rakennuksista, verkostoista ja liikenteestä aiheutuu vuosittain kasvihuonekaasupäästöjä kaikkiaan 1 600 CO₂-ekvivalenttitonnia. Asukasta kohden päästöjä aiheutuu 2,7 CO₂-ekvivalenttitonnia/asukas ja kerrosneliometriä kohden 74 CO₂-ekvivalentti-kg/k-m² vuosittain.

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

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

Alkusanat

Raportissa esitellään Sodankylän raviradan asuntoalueen kaavasuunnitelmien toteuttamisen vaikutusten arviointi ilmastonmuutokseen sopeutumisen ja sen hillitsemisen kannalta.

Työ on osa Ympäristöklusterin tutkimusohjelman neljännen vaiheen 2006 – 2009: Ekotehokas yhteiskunta tutkimushanketta nro 23 ”Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa”. Tutkimus kuuluu myös ilmastonmuutoksen sopeutumistutkimusohjelmaan (ISTO). Työstä on vastannut VTT:ssä erikoistutkija Irmeli Wahlgren. Ilmastomallin soveltamisesta on vastannut erikoistutkija Lasse Makkonen. Tutkimusharjoittelija Maria Tikanmäki on osallistunut ilmastomallin datan analysointiin. Alueellisen ilmastomallin datan on toimittanut SMHI, Ruotsi ja sen analysointiin on osallistunut Leena Ruokolainen Helsingin yliopiston fysikaalisten tieteiden laitokselta. Arkkitehti Kimmo Kuismanen on osallistunut suunnitelmien arviointiin ja suositusten laadintaan.

Sodankylän kunnan yhteyshenkilönä on toiminut toimialajohtaja Jouni Kovanen. Työssä on hyödynnetty aikaisemmin alueen kaavasuunnittelun yhteydessä laadittuja selvityksiä ja tutkimuksia (Harmaajärvi 1998, Kuismanen 1996).

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Alkusanat	4
Sisällysluettelo	5
1 Johdanto	6
2 Tavoite	7
3 Raviradan asuntoalueen asemakaava	8
4 Ilmastonmuutoksen simuloinnit rakentamisen ja maankäytön sovellutuksiin	13
4.1 Yleistä taustaa	13
4.2 Ilmastosimuloinnit	13
4.3 Ääriarvoanalyysi	14
5 Ennakoitu ilmastonmuutos Sodankylässä	15
6 Ilmaston ja sen muuttumisen vaikutus kaavasuunnitteluun	16
6.1 Suomen ilmasto	16
6.2 Sodankylän ilmasto kaavasuunnittelun kannalta	16
6.3 Raviradan alueen mikroilmasto	19
6.4 Rakennettujen alueiden mikroilmaston laadun kriteerit	21
6.5 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus Sodankylässä	22
6.6 Kaava-alueen analyysi	22
6.7 Suunnitteluohjeita	24
6.7.1 Aluetaso	24
6.7.2 Korttelitaso	25
6.7.3 Rakennukset kaavoituksessa	26
6.7.4 Tuulensuojakasvillisuuden suunnittelu	30
6.7.5 Raviradan alueen istutukset	31
6.7.6 Tuulitestauksen käyttäminen	37
6.7.7 Kaavojen ja rakennusten suunnittelu	37
7 Raviradan asuntoalueen kasvihuonekaasupäästöt	38
8 Epävarmuustekijät	41
9 Johtopäätökset ja suositukset	42
Lähteet	43

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 Sodankylän kunnan kanssa yhteistyössä tehty tutkimushanke koskee Sodankylän ravidan asuntoalueen ilmastovaikutusten arviointia.

2 Tavoite

Työn tavoitteena on arvioida Sodankylän raviradan asuntoalueen suunnitelmia 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.

Sodankylän raviradan alueen kaavasunnitelmia analysoidaan pienilmaston kannalta ottaen huomioon arvioidut ilmastonmuutoksen vaikutukset.

Lisäksi arvioidaan alueen suunnitelmien toteuttamisesta aiheutuvat vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin eli ilmastonmuutoksen hillitsemiseen.

Arvioinnin perusteella laaditaan suosituksia ja ohjeita alueen jatkosuunnittelua varten.

3 Raviradan asuntoalueen asemakaava

Tutkimuksen kohteena on Sodankylän raviradan asuntoalue. Tutkimuksessa tarkastellaan ilmastomuutokseen sopeutumista alueen asemakaavan ja sen laadintaan liittyneiden suunnitelmien ja selvitysten avulla. Arvioinnissa on hyödynnetty myös alueen suunnittelun yhteydessä tehtyjä ilmasto- ym. analyysyjä (Kuismanen 1996). Ilmastomuutoksen hillitsemistä tarkastellaan arvioimalla kaavan toteuttamisesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen kautta. Kasvihuonekaasupäästöt arvioitiin alun perin asemakaavoitusprosessin yhteydessä tehdystä tutkimuksesta alueen ekologisesta taseesta (Harmaajärvi 1998). Tätä tarkastelua varten tutkimusaineistoa on hyödynnetty ja muokattu soveltuvin osin. Kuvassa 1 esitetään raviradan alueen asemakaavakartta.



Kuva 1. Sodankylän raviradan asuntoalueen asemakaava. (Sodankylän kunta)



Kuva 2. Sodankylän entisen raviradan toiminta päättyi vuonna 1996 (Harmaajärvi 1998).



Kuva 3. Sodankylän raviradan aluetta ennen asuntojen rakentamista (Harmaajärvi 1998).



Kuva 4. Raviradan alue oli enimmäkseen hiekkakenttää (Harmaajärvi 1998).



Kuva 5. Raviradan alueella oleva noin kahden hehtaarin kokoinen metsikkö säilyy rakentamattomana (Harmaajärvi 1998).



Kuva 6. Raviradan alueen ensimmäinen kortteli Pilotti I. (Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen. Harmaajärvi 1998)



Kuva 7. Pilotti I korttelia. (Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen. Harmaajärvi 1998)



Kuva 8. Pilotti I - korttelin pihaa. (Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen. Harmaajärvi 1998)



Kuva 9. Pilotti I - korttelia. (Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen. Harmaajärvi 1998)

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 kestämään kohtuullisen usein esiintyvät luonnonilmiöt, mutta hyvin harvinaisiin ääritapauksiin vauriutuminen ei ole taloudellisesti järkevää, elleivät tapauksen vahingolliset seuraukset ole erityisen suuret (padot, voimalat, sähkönjakeluverkko, jne.). Infrastruktuurin suunnittelu perustuukin osaltaan siihen, että arvioidaan kullakin paikalla tarkasteltavalle kohteelle valitun turvallisuusrajan ylittävän ilmiön esiintymistodennäköisyys. Mitoituksessa käytettävä ääri-ilmiön arvo saadaan käänteisesti: Määritetään se ilmiön arvo, joka ylittyy tietyllä todennäköisyydellä eli toistuvuusajalla (normeissa yleensä 50 vuotta).

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

Tulevaisuudessa globaali ilmastonmuutos aiheuttaa muutoksia myös ääri-ilmiöiden toistuvuudessa. Kun rakennettu ympäristö suunnitellaan yleensä ainakin 50 vuoden käyttöikä ajatellen, ja mitoituksen perusteena on mittausaineisto esim. 30 edeltävän vuoden ajalta, on hyvin kyseenalaista ovatko suunnitteluperusteet oikeat, jos ilmastossa tapahtuu merkittäviä muutoksia. EXTREMES-hankkeessa tutkittiinkin globaalien ilmastonmuutoskenaarioiden ja alueellisen ilmastomallin avulla sitä, miten ilmastonmuutos vaikuttaa ääri-ilmiöiden esiintymiseen Suomessa ja muissa pohjoismaissa (Makkonen et al. 2007).

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

4.2 Ilmastosimuloinnit

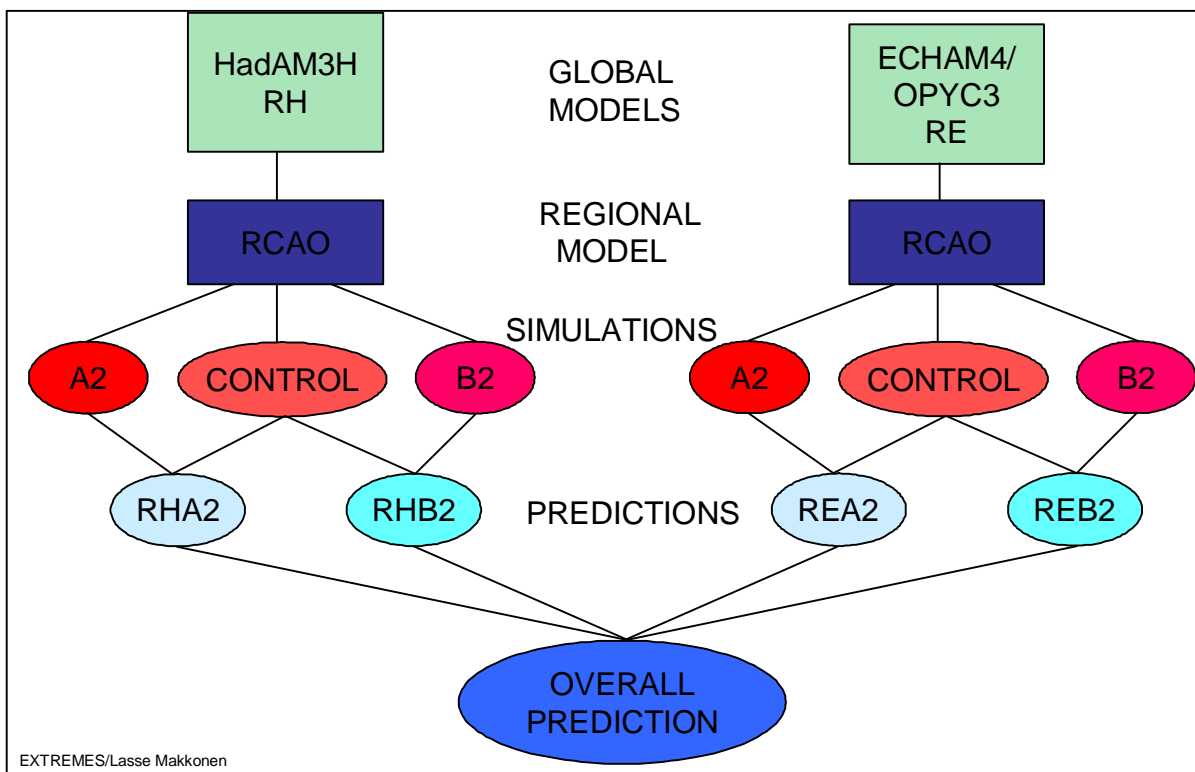
Tässä esitettävät ilmastosimulointien tulokset perustuvat mallisysteemiin, joka koostuu koko maapallon kattavasta globaalista ilmakehä/meri laskentamallista ja Pohjoismaiden aluetta kuvaavasta Ruotsin ilmatieteen laitoksen (SMHI) laskentahilaltaan tarkemmasta alueellisesta ilmastomallista RCAO (Rummukainen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

Tutkittava mallisysteemillä tuotettu data käsittää useita 30-vuotisia malliajoja 49 km erotuskyvällä 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 ääri-

päiden välissä. Alueelliset RCAO-ajot käyttävät hyväkseen reunaehtona kahden eri globaalimallin (Hadley Centre ja Max Planck Institute) tuloksia. Näin on saatu neljä erillistä mallienustetulosta, joiden keskiarvoa voidaan tarkastella ”parhaana ennusteena”. (Makkonen et al. 2007, kuva 10)

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



Kuva 10. Periaatekuva mallisimuloinneista ilmastonmuutokseen liittyvien ääri-ilmiöiden esiintymisen muutoksen ennakoimiseksi.

4.3 Ääriarvoanalyysi

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.

5 Ennakoitu ilmastonmuutos Sodankylässä

Tulokset perustuvat Ruotsin ilmatieteen laitoksen Rossby Centre:n maa-meri alueilmastomallin RCAO simulointeihin. Extreemien osalta analyysit on tehty Helsingin yliopiston ja VTT:n yhteistyönä. Simuloinnit on tehty kahden globaalimallin reunaehdoilla ja kahta eri Kansainvälisen Ilmastopaneelin IPCC määrittelemää päästöskenaariota A2 ja B2 käyttäen. Tulokset muutosten osalta kuvaavat näistä saadun neljän simuloinnin keskiarvoa Sodankylän kohdalla sijaitsevassa laskentapisteessä, joka vastaa mallissa 50 km x 50 km aluetta.

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

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

Arvioidut muutokset:

Vuoden keskilämpötila	+ 4 °C
Maksimilämpötila	+ 3 °C
Minimilämpötila	+ 5 °C
Sulamis-jäätymissyklit	+ 15 %
Vuoden keskituulennopeus	+ 2 %
Maximituulennopeus	+ 9 %
Vuoden sademäärä	+ 15 %
6 tunnin sademaksimi	+ 35 %
5 vuorokauden sademaksimi	+ 55 %
6 tunnin lumisademaksimi	+ 19 %
Lumipeitteen maksimivesiarvo	- 3 %
Lumipeitteen kesto aika	- 40 vrk

6 Ilmaston ja sen muuttumisen vaikutus kaava-suunnitteluun

6.1 Suomen ilmasto

Ilmastoa voidaan tarkastella kolmella eri tasolla: suurilmasto, keski-ilmasto ja itse alueella vallitseva pienilmasto. (Mattson 1979)

Suomen suurilmasto on lounaasta vuorotellen tulevien atlantisten matalapaine- ja korkeapainejärjestelmien 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°C ... -45°C , kesäisin auringossa $+50^{\circ}\text{C}$... $+80^{\circ}\text{C}$, mikä tarkoittaa yli 100 asteen lämpötilaeron rasiutusta julkisivumateriaaleille. (Mattson 1979, Tilastoja)

6.2 Sodankylän ilmasto kaavasuunnittelun kannalta

Sodankylän alueen ilmastoa on havainnoitu lähellä olevalla Tähtelän meteorologisella asemalla. Riittävän pitkäaikaisen havaintoaineiston saamiseksi ilmastollisina lähtökohtatietoina on käytetty Ilmatieteen laitoksen ilmastotilastoja vuosilta 1961 - 1990. Koska tavanomaiset ilmastotilastot eivät sisällä riittävää informaatiota suunnittelun pohjaksi, on tuulisuus jaettu neljälle vuodenajalle, ja tältä pohjalta on laadittu kuvaus Sodankylän ilmastosta kaavoituksen ja arkkitehtisuunnittelun kannalta. Ilmastonmuutoksen ennuste perustuu luvuissa 4 ja 5 kuvattuun alueellisen ilmastomallin simulointiin ja sen tuloksiin. (Tilastoja)

Eri vuodenaikoina esiintyvät tuulensuunnat ja niiden keskimääräinen nopeus sääasemalla on esitetty kuvan 14 kaavioissa ja muut säätiedot kuvissa 15 – 17.

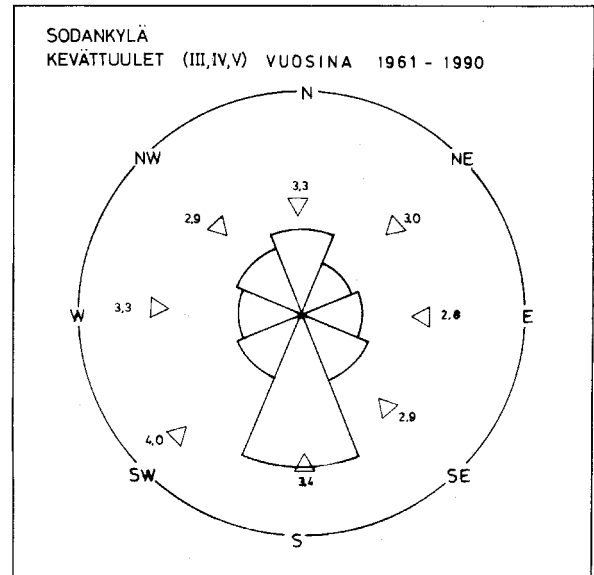
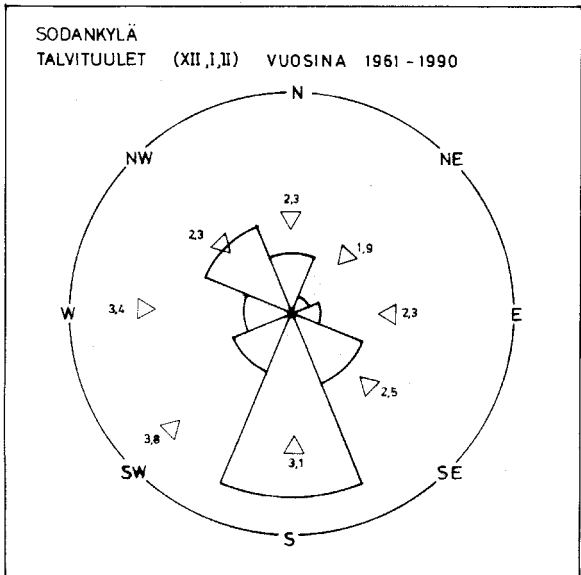
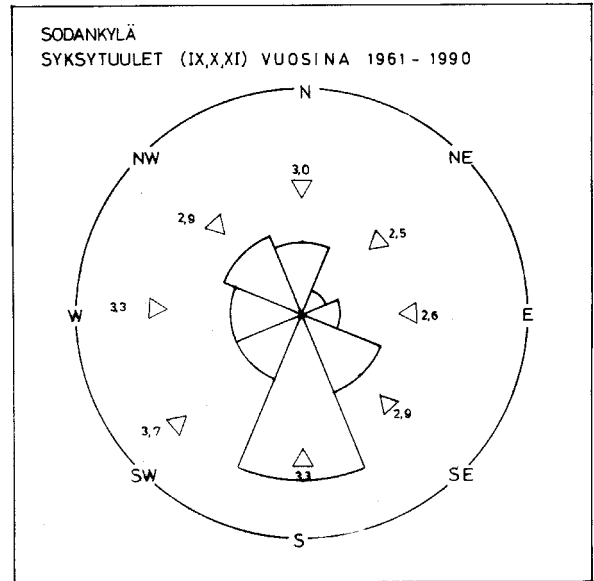
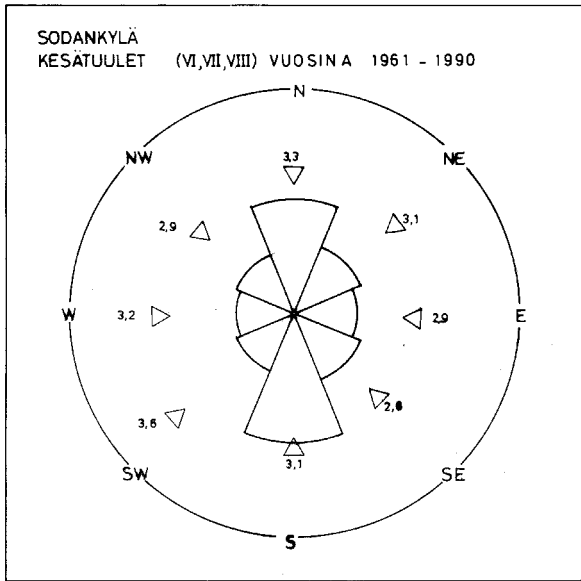
Sodankylän ilmasto on luonteeltaan mantereinen ja sille ovat tyypillisiä suuret lämpötilaerot ja erittäin kylmät talvet. Lumi on maassa yli puoli vuotta, sitä on runsaasti ja keväällä suhteellisen nopeasti sulaessaan se tuottaa runsaasti sulamisvesiä.

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

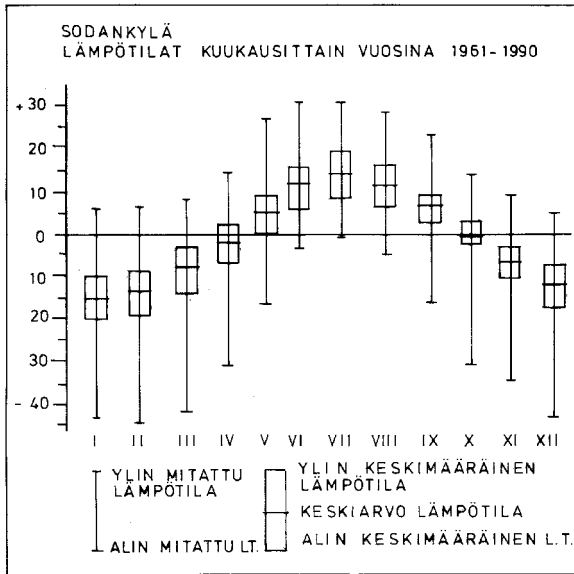
Sodankylässä esiintyy kaikkina vuodenaikoina keskituulennopeuksia, jotka edellyttävät suunnittelun kannalta huomioimista:

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

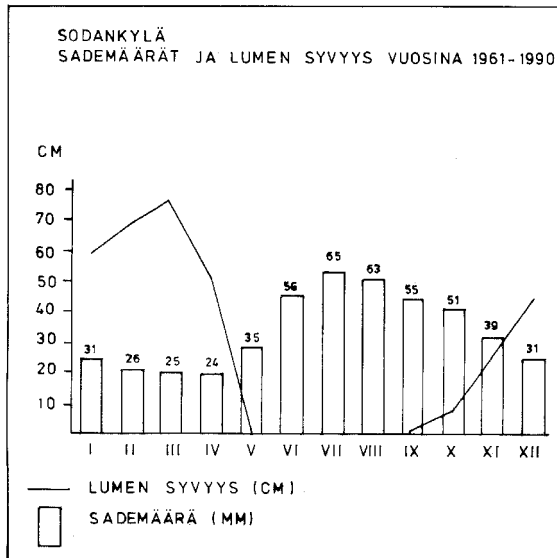
Yleisesti ottaen pihojen ja oleskelualueiden suojauksen kannalta tärkeimmät tuulensuunnat ovat etelä ja pohjoinen sekä energiansäästön puolesta luode-pohjoinen -sektori. (Mattson 1979, Tilastoja)



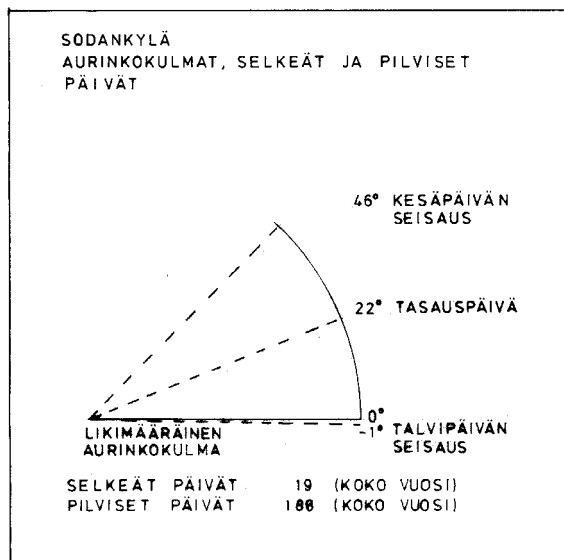
Kuva 14. Sodankylässä eri vuodenaikoina esiintyvät tuulensunnat ja niiden keskimääräinen nopeus Tähtelän sääasemalla.



Kuva 15. Sodankylän lämpötilat vuosina 1961-1990.



Kuva 16. Sodankylän sademäärät ja lumen syvyys vuosina 1961-1990.



Kuva 17. Sodankylän aurinkoisuus vuosina 1961-1990.

6.3 Raviradan alueen mikroilmasto

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

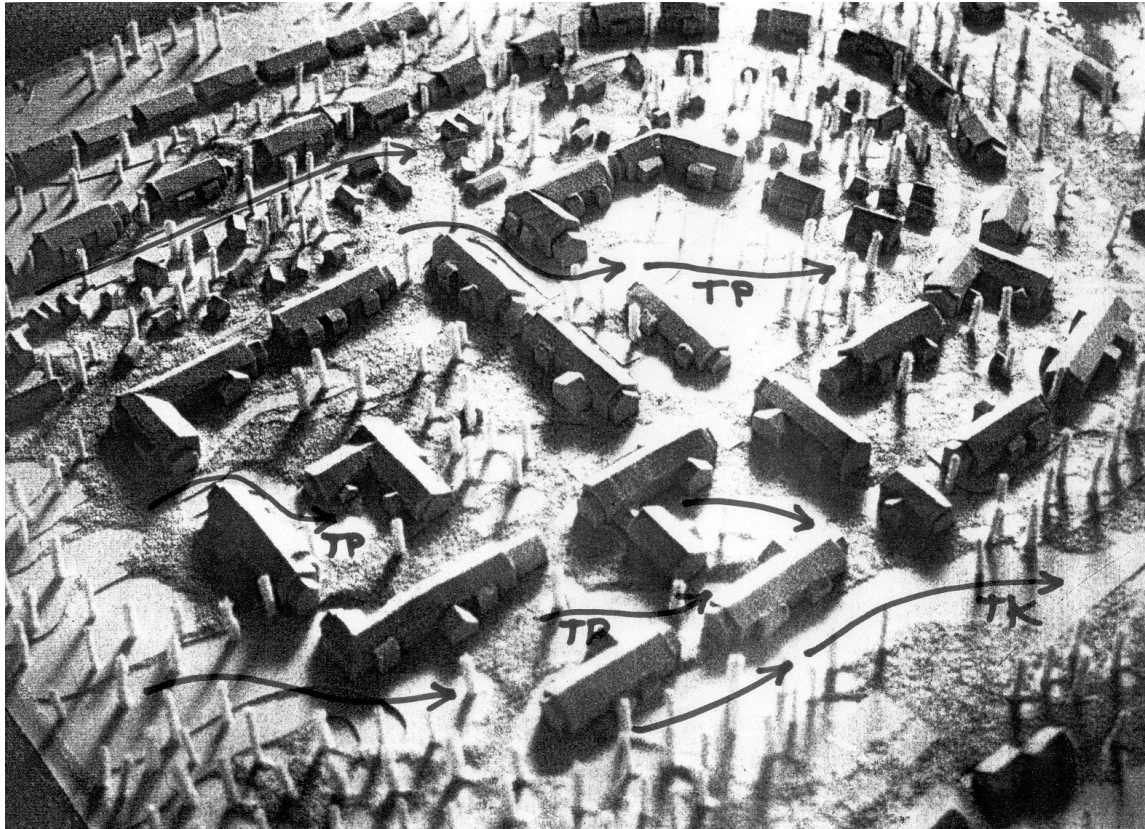
Voimakkaat ilmavirtaukset tekevät ulkona olemisen kylmäksi, kadulla kulkemisen vaaralliseksi, aiheuttavat vaurioita kylmänaroille kasveille ja lisäävät energiankulutusta. Toisaalta tuulet ovat sikäli hyödyksi, että ne tuulettavat pois pakokaasut ja muut ilmansaasteet, joita tosin on hyvin vähän Sodankylässä.

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

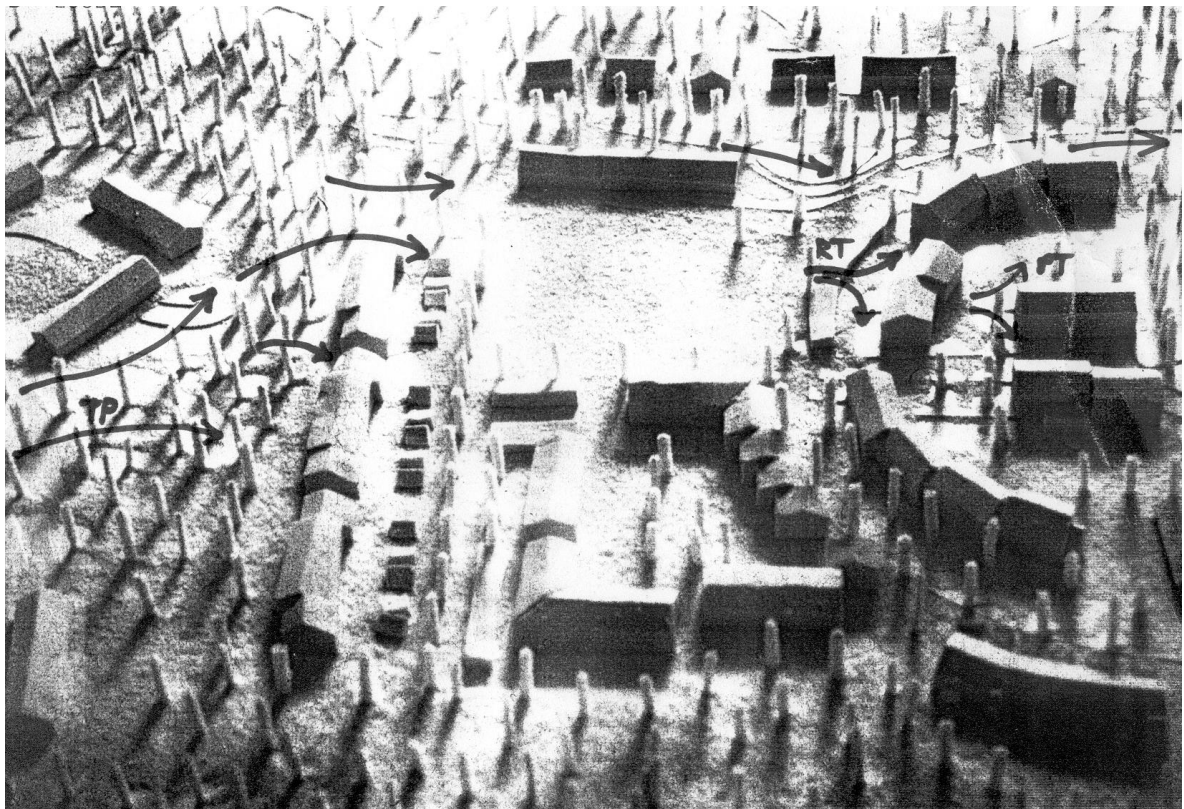
Olevaa rakentamista, tulevia kaava-alueita ja mikroilmastoa on seuraavissa luvuissa arvioitu TkL Kimmo Kuismanen kehittämällä CASE-menetelmällä.

Alueelle on tehty makro- ja mikroilmastoanalyysit, ja niiden pohjalta on tehty pienoismallien tuulitestaukset sekä annettu ohjeita kaavoitukselle ja rakentamiselle. Raviradan alueesta tehtiin maastomalli 1:500, johon asennettiin kaavavaihtoehtojen A ja B rakennukset. Eri vaihtoehtojen mikroilmaston ominaisuudet tutkittiin tuulitestaustilanteilla. Saatujen tulosten perusteella kehitettiin vaihtoehto C, jossa ulkoalueiden tuulisuusolosuhteita, suojaistutuksia, kortteleiden energiankulutusta ja lumen kasautumista on parannettu. Työn suorittivat Kimmo Kuismanen, Juho Rajaniemi ja Timo Tamminen.

Kortteliin on tehty kasvillisuus- ja eläimistöselvitys sekä kasvutapaluokitus, ja niiden pohjalta annettiin suositukset vihertöistä ja suojaistutuksista. Työn suorittivat Peter Brusila Oulun Yliopistosta ja vertailevan alustavan analyysin Marita Kuismanen.



Kuva 18. Vaihtoehdon A rivi- ja pienkerrostalokortteleiden pienoismallin tuulitestaus, pohjoistuuli. (Kuismanen, Rajaniemi)



Kuva 19. Vaihtoehdon B rivitalokortteleiden pienoismallin tuulitestaus, pohjoistuuli. (Kuismanen, Rajaniemi)

6.4 Rakennettujen alueiden mikroilmaston laadun kriteerit

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 1). (Daniels, Glaumann & Westerberg 1988)

Vapaan ilmavirtauksen keskinopeus Sodankylässä ei ylitä 5 metriä sekunnissa. Kuitenkin Keski-Lapin kylmä mantereinen ilmasto aiheuttaa sen, että pienemmätkin tuulennopeudet ovat jopa vaarallisia ulkona oleville ihmisille, kuten taulukon 2 tuulen ja lämpötilan yhteisvaikutusta esittävä luokitus näyttää. Näiden kahden kriteerin perusteella alueella voidaan edellyttää erityisiä suojaustoimenpiteitä.

Taulukko 1. Ulkoalueiden tuulisuuskriteerit (Glaumann & Westerberg 1988, suom. Kimmo Kuismannen)

Ulkoalueiden tuulisuuskriteerit ajallisena vallitsevuutena (%) ja koettuna tuulennopeutena. Kriteerit pätevät sekä kenttä- että tuulitunnelimittauksien tuloksiin.		
	Vaihtoehtoiset raja-arvot	
Ulkoalueet	Sen ajanjakson osuus vuodesta, jolloin tuulennopeutta 5 m/s ei saa ylittää	Tuulen vuotuinen keskiarvo m/s, jota ei saa ylittää
Kävely- ja pyörätiet - henkilövahinkojen riski	50 %	5
Lyhyen oleskelun ulkotila, esim. tori, bussipysäkki - raja hyväksyttävälle olosuhteille	20 %	3
Pitkäaikaisen ulkona olemisen alue, esim. oleskelu- ja leikkipaikat - tavoitteellinen olosuhteiden raja	0,5 %	1,5

Taulukko 2. Tuulen ja ilman lämpötilan yhteisvaikutus (Lehmuskallio 2000).

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

Cold
Freezing cold
Risk of injury of uncovered skin
Risk of injury of uncovered skin less than 30 seconds

6.5 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus Sodankylässä

Alueellisen ilmastomallin simuloinnin perusteella (luku 5) Sodankylän ilmastossa tulee tapahtumaan useita muutoksia:

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

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

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

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

6.6 Kaava-alueen analyysi

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

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

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

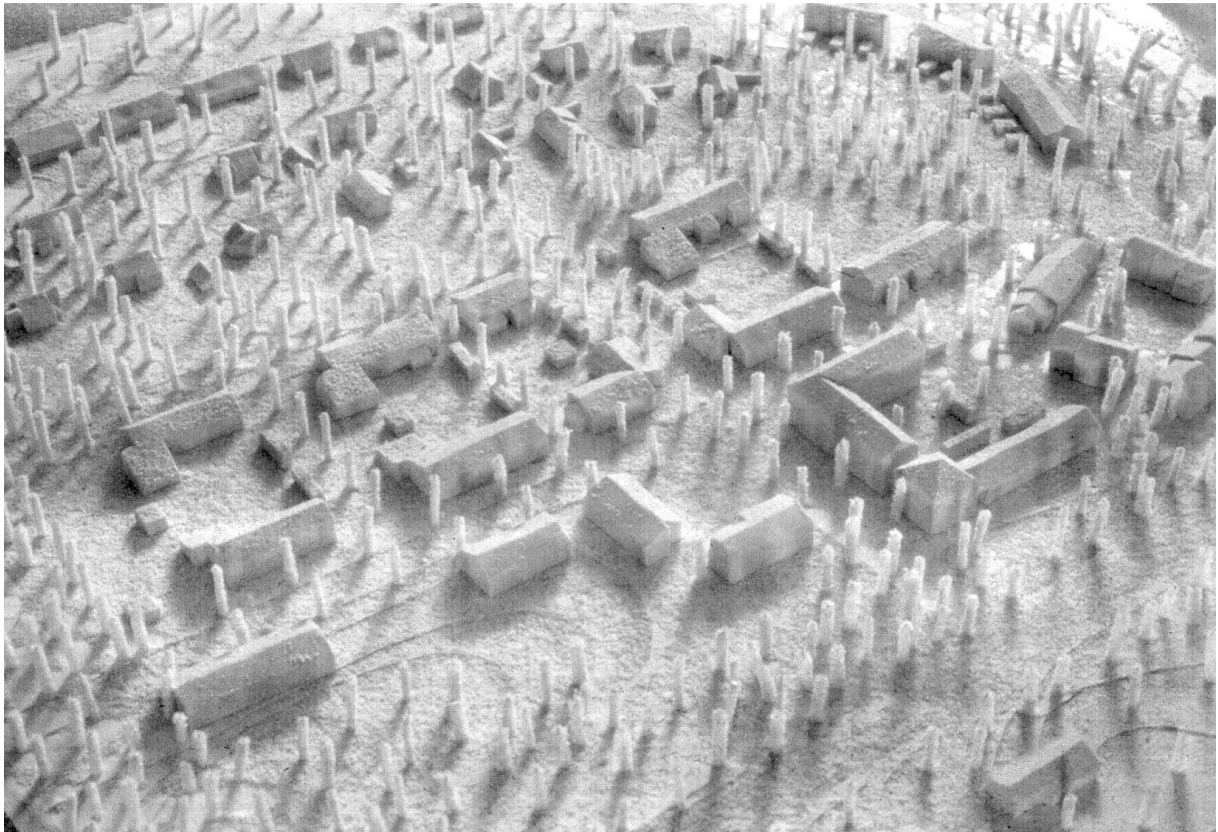
Ehdotetut suorat pääliikenneväylät mahdollistavat suuret ilmavirtausten nopeudet, mutta luonnoksessa esitetyt kaarevat katulinjaukset vaimentavat tuulisuutta. Suunnitellut istutukset parantavat mikroilmastoa ja vähentävät lämmön kulutusta, mutta vasta vuosien kuluttua.

Alueen suunnittelun kehittäminen voi lähteä seuraavista periaatteista:

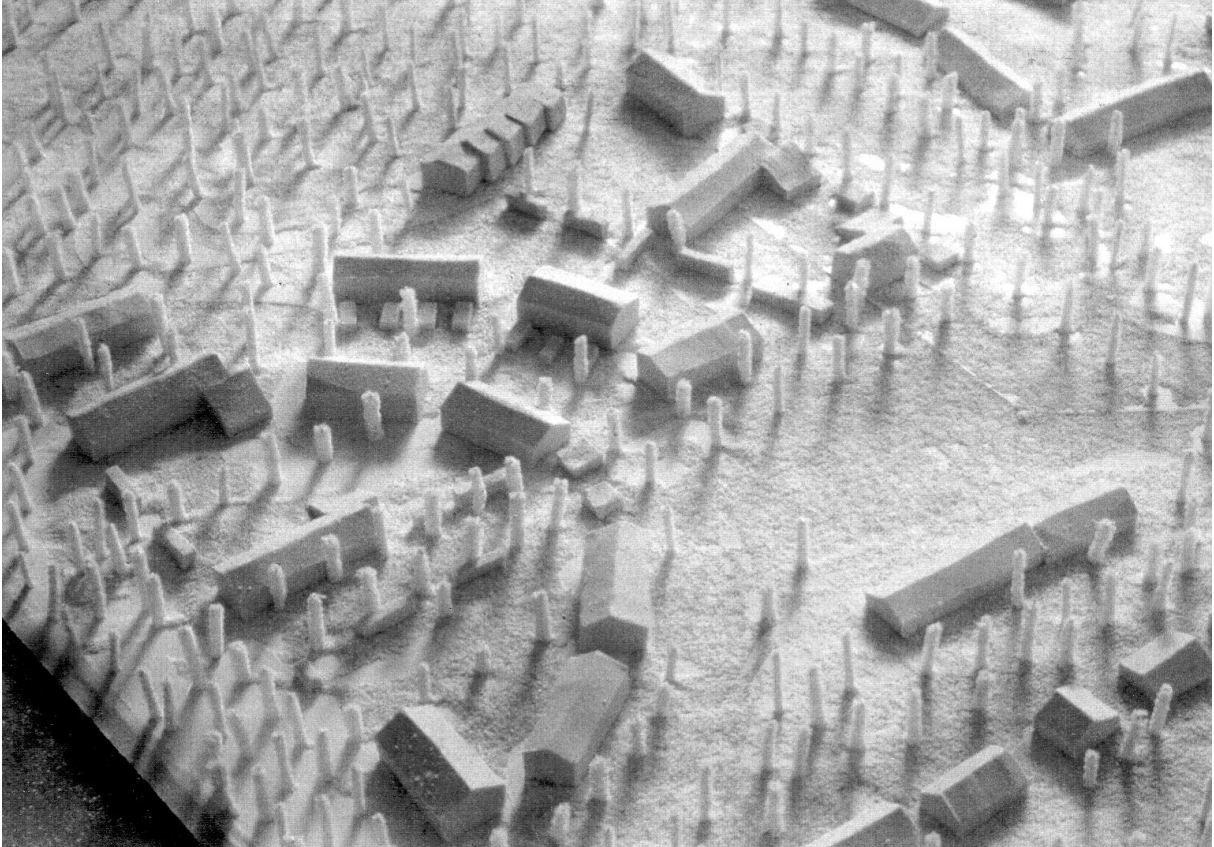
- olevan kasvillisuuden säilyttäminen
- matala-tiivis pienimittakaavainen rakennuskanta
- mahdollisimman kapeat kadut; lumensäilytystilat huomioitava
- asteittain nousevat suhteellisen tasaiset rakennuskorkeudet, tiivis aluerakenne
- tuulen nostaminen kattojen yläpuolelle, ja pitäminen siellä
- tuulen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

Suosituksia pohjoisosan tuulisten reunakortteleiden suunnittelun lähtökohdiksi:

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



Kuva 20. Sodankylän Raviradan alueen hyväksytty vaihtoehto C, eteläosan rivi- ja pienkerrostalokorttelit.



Kuva 21. Sodankylän Raviradan alueen hyväksytty vaihtoehto C, pohjoisosan rivi- ja pientalokorttelit sekä säilytettävä talli.

6.7 Suunnitteluohjeita

6.7.1 Aluetaso

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

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

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

Etäsuojana useat yhdensuuntaiset esteet toistensa vaikutusalueella antavat yhdessä paremman tuloksen kuin erilliset. Tehokkain yhdistelmä saadaan etäisyydeltään 8-10 kertaa esteen korkeuden verran sijaitsevilla läpäisyltään 20 %:n suoilla. Tiheydellä 15-20 % suoja-alue muo-

dostuu lähelle suojarakennetta. Suurin suoja-alue kohtuullisella virtausnopeudella saadaan käytettäessä 50 % avointa rakennetta. Suoran suojan vaikutus jää aina huonommaksi verrattuna polveilevaan suojaan, koska tuulen suunta käytännössä vaihtelee jonkin verran. Luonnossa ei saavuteta samaa tehokkuutta kuin tuulitesteissä, koska testissä virtauksen suunta on vakio. (Glaumann & Westerberg, Kuismanen 1993)

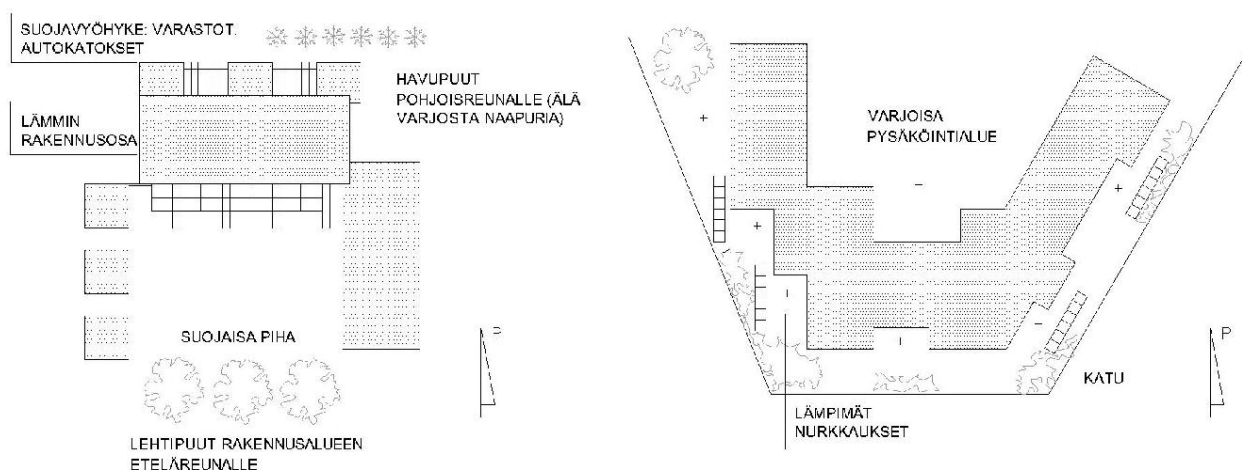
6.7.2 Korttelitaso

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

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

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

Kuvassa 22 esitetään ohje rakennuksen suuntauksesta auringon suhteen.



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

Kuva 22. Rakennusten suuntaus auringon suhteen (Kuismanen 2008).

Tuulen vaimentamiseksi pihat jaotellaan tarvittaessa piharakennuksin, aidoin ja istutuksin. Autopaikat tulisi sijoittaa tontin varjoisalle osalle tai kadunvarsipaikoille.

Vanhoissa kaupungeissa ja kylissä on runsaasti vajoja, liiterteitä, katoksia ja aitauksia, joiden suojassa myös lapset löytävät loputtomasti tekemistä sekä yksin että yhdessä aikuisten kanssa. Uusilla asuntoalueilla tällaista mahdollisuutta ei yleensä ole, työ on erotettu asumisesta, ja siksi tarvitaan erityisiä leikkialueita lapsille. Monella kerrostalopihalla ei aikuisillekaan löydy mielekästä tekemistä tai oleskelupaikkaa. Voidaan sanoa, että Pikku Pietarin piha tai maalais-talon pihapiiri ovat edelleenkin toimivia rakentamisen malleja, joissa myös mikroilmasto on kunnossa.

Leikkipaikoille asetetaan monipuolisia vaatimuksia:

- suojattu tuulilta, melulta ja liikenteeltä
- aurinkoisuus; auringon paistettava yli viisi tuntia tasauspäivänä
- vaihtelevia luontotyyppisiä ja materiaaleja; kiviä, hiekkaa, vettä, kasveja...
- rakennelmissa käytettävä terveellisiä luonnonmateriaaleja.

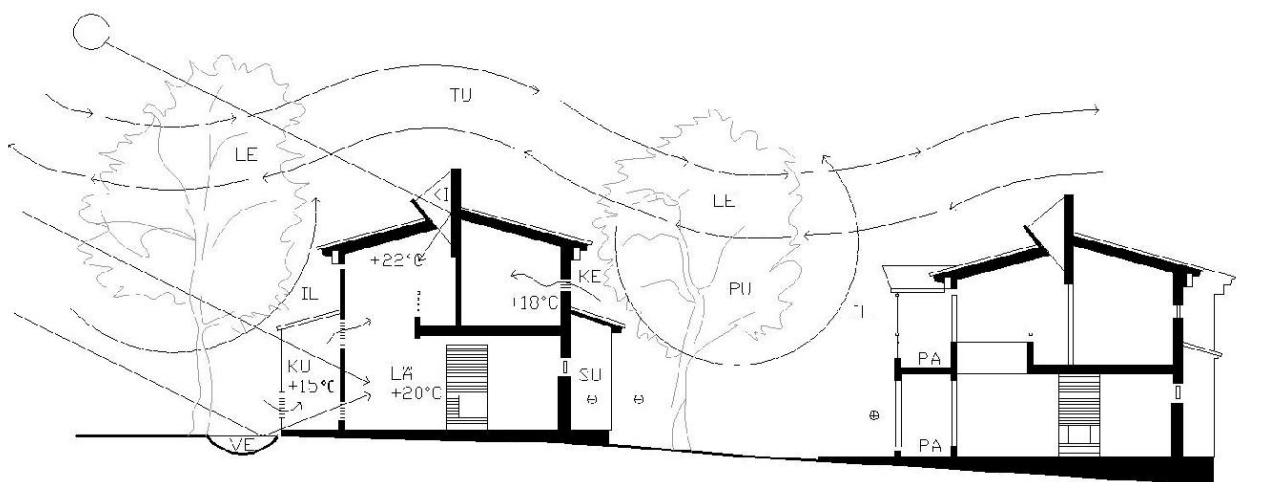
Myös aikuisille olisi suunniteltava oleskelutiloja leikkipaikkojen läheisyyteen. Kerrostalopihoillakin olisi oltava mahdollisuus oikeaan tekemiseen, kuten kasvimaan hoito, kompostointi, auton korjaus, leikkimökkien rakentelu, grillaus, liikunta jne. Nämä rakennelmat myös parantavat osaltaan mikroilmastoa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

Kaavallinen sijoittelu:

- suositaan matala-tiivis-rakennetta
- vältetään suoria päätuulien suuntaisia katutiloja
- korttelien suuntaaminen aurinkoon
- pihojen suojaaminen tuulelta rakennusmassoin
- määräykset tuulensuojaistutuksista ja -rakenteista kaavoihin. (Kuismanen 2007)

6.7.3 Rakennukset kaavoituksessa

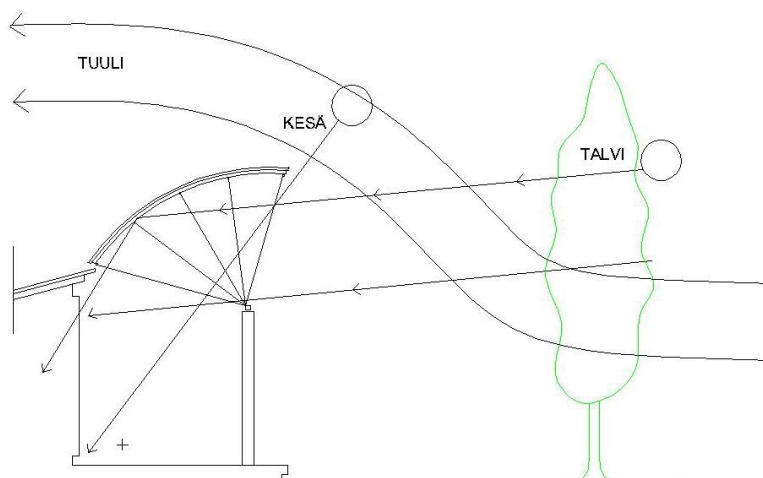
Pienilmaston kokonaisvaikutus koostuu tuulesta, aurinkoisuudesta ja rakennuspaikan lämpimyydestä. ASTA II tutkimuksen mukaan maksimi- ja minimitapausten välinen suhteellisen lämmönkulutuksen erotus on omakotitaloilla 40 kWh/k-m² (28 %), lamellitalolla runsaat 37 kWh/k-m² (27 %) ja pistetalolla 35 kWh/k-m² (28 %) vuodessa. Voidaan kuitenkin arvioida, että todellisissa tilanteissa päästään korkeintaan ehkä 20 %:n lisäykseen minimistä maksimiin. Glauermannin ja Westerbergin mukaan rakennusten lämmitystarvetta voidaan vähentää n. 10 %, kun tuuliolosuhteet otetaan huomioon rakenteiden ja rakennusmuodon valinnassa. (Glauermann & Westerberg, Kivistö Raportti 2)



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

Kuva 23. Rakennusten sisä- ja ulkotilojen välinen vuorovaikutus

Usein esiintyvä ongelma on kylmän tuulen puhaltaminen samalta suunnalta auringon kanssa. Tällöin pyritään tuuli ohjaamaan pihan yli ja luomaan suojaisa poukama esimerkiksi tuulen suuntaan avautuvan auran muotoisella pohjapiirroksella tai katoksella tuulen puolella (kovera muoto). Toisaalta suora tai kupera seinä tuulen puolella aiheuttaa turbulenssin, joka vähentää lumen kinostumista. Loiva pitkä katto suojan puolella vähentää suojaisaa aluetta ja lumen keräytymistä. Mahdollisuuksien mukaan talon ja rakennusryhmän selkä käännetään päätuulen-suuntaan. Kolonnadit ja katetut jalkakäytävät suojaavat sateelta, liukkaudelta ja auringolta. (Kuva 24)



Kuva 24. Lounaistuulen puolelle rakennettu lippa, joka muodostaa tyynen oleskelualueen, varjostaa kesällä ja päästää auringon sisään talvella.

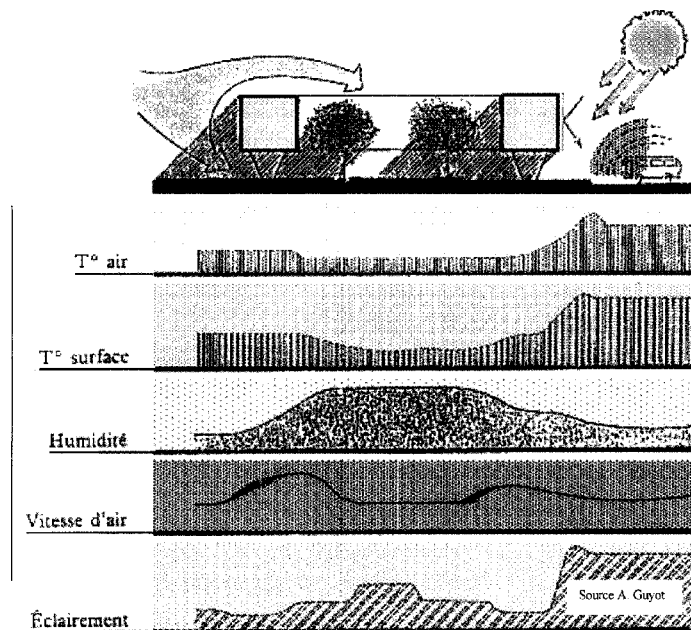
Rakennusmassat kannattaa yleensä jaotella pihan muodostamisen helpottamiseksi, ja aputilat voi usein sijoittaa omiin rakennuksiinsa tontin reunoille. Taloja ei saisi sijoittaa keskelle tonttia, ettei piha pirstoonnu. Rivitalot tulisi toteuttaa lyhyinä massoina, jotka muodostavat piha- piirin. Autotallia ei pitäisi rakentaa asuinrakennuksen runkoon, vaan erilliseksi talous- tai porttirakennukseksi. Elinkeinojen harjoittamiseen liittyvät ulko- ja varastotilat tulisi sijoittaa erilleen ja suojattava lauta-aidalla.

Rakennukset olisi suunniteltava muodostuvan vyöhykkeistä rakennuspaikan tuuli- ja valaisuolosuhteiden mukaisesti. Pohjoiseen ja tuulisiin ilmansuuntiin päin tehdään suojavyöhykkeet kylmistä taloustiloista, luhtikäytävistä, säleiköistä, lasikoista jne. Näitä kylmiä ja puolilämpimiä tiloja ei tulisi laskea varsinaiseen rakennusoikeuteen.

Mikäli talojen suuntaus on oikea, auringon passiivinen hyödyntäminen on mahdollista. Rakennus on monilla muillakin tavoin yhteydessä ulkona tapahtuviin luonnonprosesseihin ja vaikuttaa ympäristönsä mikroilmastoon. (Kuva 25)



Kuva 25. Rakennuksen muotoilulla ja yksityiskohdilla voidaan vaikuttaa lähiympäristön tuulusuuteen ja vähentää tuulen jäädyttävää vaikutusta. (Kuismanen 2008)



Kuva 26. Monimuotoiset rakennukset vaikuttavat rakennuspaikan ilman lämpötilaan, maanpinnan lämpötilaan, kosteuteen, ilmavirran nopeuteen ja valaisun voimakkuuteen (Ecole).

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

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

Rakennussuunnittelu

- tiivis, matala ja pienimittakaavainen rakentaminen helpottaa hyvän mikroilmaston luomista
- korkeat, pulpettikaton edellyttämät julkisivut ohjaavat ilmavirtauksia maantasoon
- 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
- suojautuminen tuulilta parvekkeilla tai kaksinkertaisella julkisivulla
- parvekkeet, lipat ja luhtikäytävät vähentävät alas suuntautuvia ilmavirtauksia, samoin rakennuksen viereiset kasvit, köynnössäleiköt, katokset yms.
- suositeltava kattokulma tuulen kannalta on 15° - 21°
- aerodynaamisesti oikein muotoiltu räystäs vähentää turbulensseja
- rakennusten suuntaaminen aurinkoon
- autopaikat varjoon
- lehtipuut eteläpuolelle, havupuut pohjoiseen. (Kuismanen 2000)

6.7.4 Tuulensuojakasvillisuuden suunnittelu

Tontin ja sen ympäristön luonteenomaiset kasvupaikkatyypit muodostavat lähtökohdan kasvilajeja ja kasviyhdyksuntia suunniteltaessa. Pieneliöstön ja -kasvuston on pystyttävä vaihtamaan geenejä ympäröivän luonnon kanssa viherkäytävien kautta. Ilmaston muuttuessa nämä viherkäytävät tulevat entistäkin tärkeämmiksi.

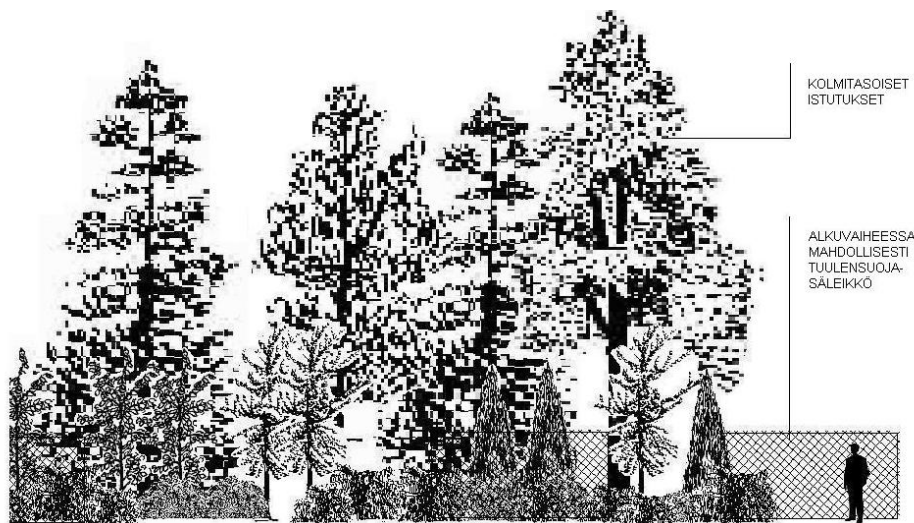
Luonnonmukaisten helppohoitoisten tuulensuojaistutusten lähtökohtana ovat maaperän ja ilmaston mukaiset kasvustot. Perusta puutarhasuunnitelmalle saadaan luontoanalyysistä, jossa määritellään mm. rakennuspaikan luontotyyppi. Tämä antaa jo suunnan tuleville vihertöille ja kasvivalinnoille. Selkeän lähtökohdan suunnittelulle antaa Alangon ja Kahilan esittämä jako:

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

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

Parkkialueilla ja kaduilla voidaan ilman laatua parantaa kierrättämällä ilmaa termisesti puuston lävitse (kuva 23, kohdat IL ja PU).

Monissa kohdissa oikein tehty vihersuunnittelu on hyvä keino aktiivisesti parantaa mikroilmastoa. Tehokkaimmat tuulensuojat syntyvät kolmitasoisista istutuksista, ja Istutuksissa on käytettävä samalta tai pohjoisemmalla kasvuvyöhykkeeltä peräisin olevia taimia. (Kuva 27)



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

Kuva 27. Kolmitasoiset istutukset. (Kuismanen 2008)

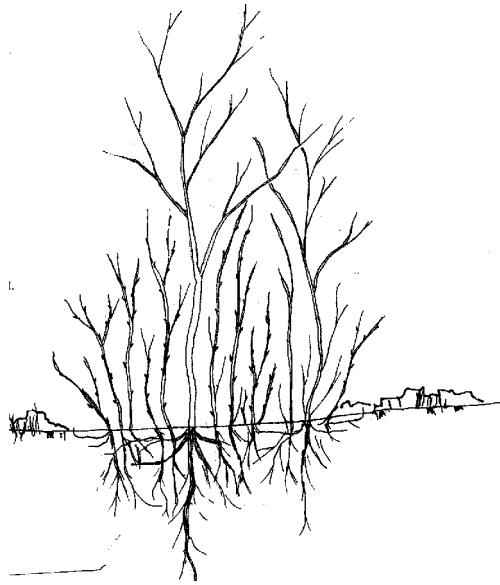
6.7.5 Raviradan alueen istutukset

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

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

Sodankylässä harjupuutarha voi olla luonteeltaan:

- sammalpuutarha
- aropuutarha tai
- sorapuutarha.



Kuva 28. Eri lajeja voidaan istuttaa sekaisin tiiviiksi ”perhepensaiksi”, jotka suojaavat tuulelta ja kestävät paremmin kylmää.(Alanko)

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

Yleisiä suunnitteluohjeita:

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

Luonnonmukaisuus näkyy myös vihertöiden kokonaisilmeessä, ja yleensä puutarhan näkymät ovat monikerroksisia, kuten luonnonmaisemakin. Puiden alla on varjossa viihtyviä pensaita, peittokasveja, varjoperennoja ja keväisin sipulikasveja. Pensasistutukset ja maanpeitekasvustot ovat tiheitä ja monilajisia. Kukat ja ravintokasvit eivät ole erillisissä penkeissä, vaan lomittuvat muihin istutuksiin. Rikkakasveja torjutaan tiheillä maanpeittokasvustoilla, avomaan

välttämällä, katteilla ja varjostuksella. Edellä olevasta kuvauksestakin voi päätellä, että luonnonmukainen puutarha ei sovi aivan joka paikkaan, vaan on tilanteita, joissa muotopuutarha (*parterre*), hoidetut ruusuistutukset tai vastaavat ovat paikallaan.

Tavallisen nurmikon perustaminen tällaiseen maaperään vaatii yleensä maaperän vaihtoa ja jatkuvaa hoitoa, ja siksi luonnonmukainen keto on suositeltavampi.

Hyväksytty kaavoituksen esisuunnitelma toteaa vihertöistä mm. seuraavaa:

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

...

- tuulisuuden vähentäminen rakennusten ryhmittelyllä, muotoilulla ja suojaistutuksilla

...

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

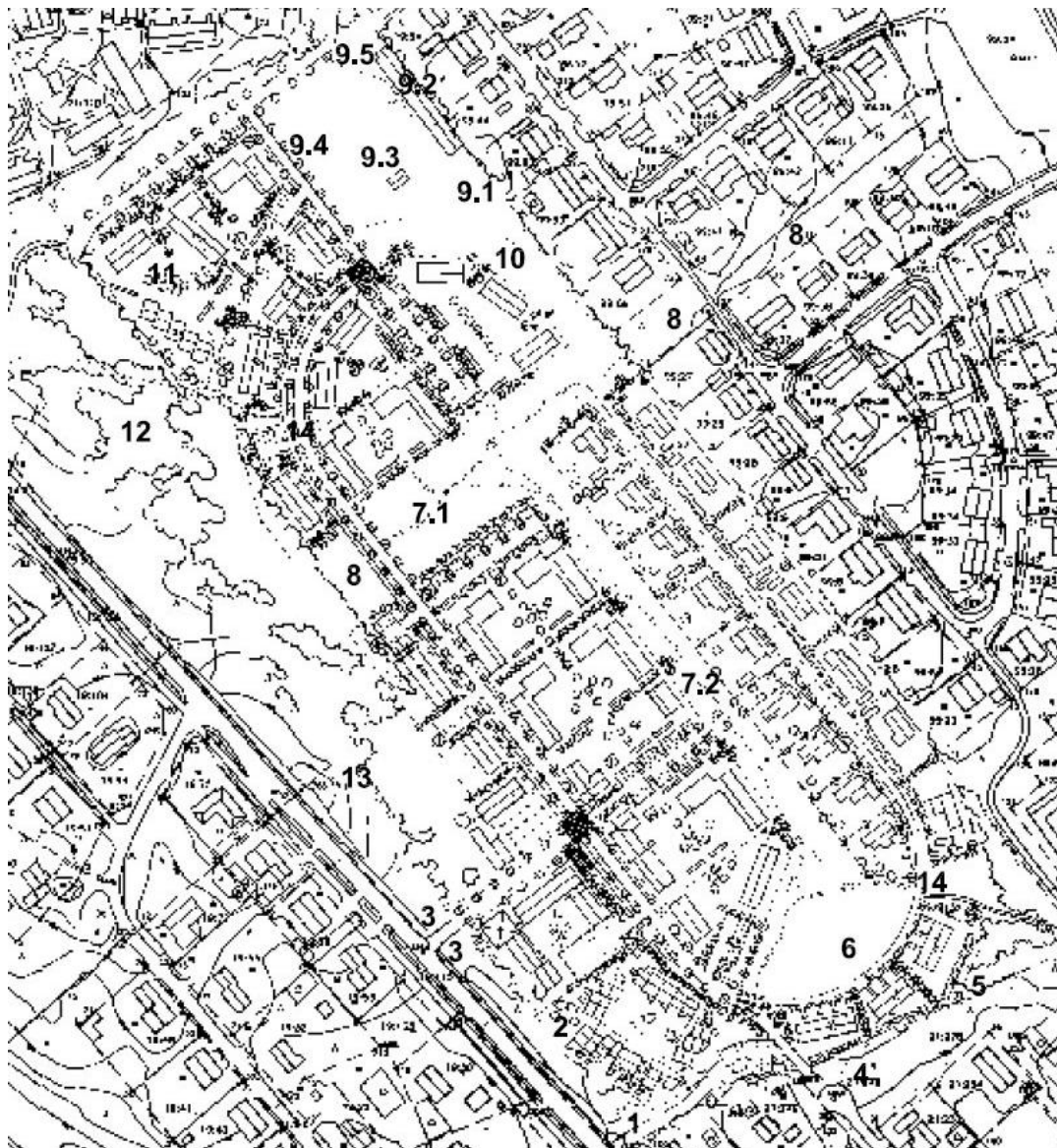
Esisuunnitelmassa edellytetään myös ekologisten vihertöiden mallin kehittämistä.

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

6.7.5.1 Osa-aluekohtaiset istutusohjeet

Nämä ohjeet liittyvät karttapohjaan, jossa on esitetty alueiden sijainti (kuva 29, Anttila, Kuismanen). Sateiden lisääntyessä ilmaston muutoksen myötä, joudutaan alavilla tontin osilla painottamaan kosteuden sietäviä lajeja, esimerkiksi seuraavissa kohdissa esitetyllä tavalla:

1. b) sammal, 5. oja ja 11. oja.



Kuva 29. Osa-aluekohtaiset istutusohjeet.

1. Kasarmintien reuna, Pilotti I:n alue

- alue säilytetään luonnontilassa
- aita Kasarmintien varressa korjattava
- mahdollisesti istutetaan mäntyjä
- rikkoutuneen maapeitteen korjaaminen (tehdään koealat):
 - a) siirretään turvetta, johon kylvetään heinäsiementä tai metsälauhan siementä
 - b) ellei edellinen onnistu, yritetään sammaleen lisäämistä hapanmaitotuotteilla: hapanmaitotuotteita kaadetaan turpeen päälle

2. Pilotti I:n pihan liittyminen metsikköön

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

3. Pihakadun luiskat

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

4. Raviradan eteläpäätty

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

5. Raviradan kaakkoiskulma

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

6. Niitty

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

7. Puistoalue keskellä (omakotitalojen ja rivitalojen välissä)

7.1

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

7.2

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

8. Viherkäytävä

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

9. Tallin ympäristö

9.1 tallin eteläpuolella oleva nurmikko ja puusto säilytetään

9.2 talli säilytetään: moottorikelkkojen säilytys, pieneläinsuoja

9.3 haka: leikkipuistoksi

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

9.4 tien ympäristö: tie säilyy lähes samalla paikalla

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

10. Säilytettävä raviradan osa

- alueella ei sallita muutostöitä

11. Pysäköintialueet ja väestönsuoja-alue (vaihtoehtoinen maankäyttö)

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

12. Metsäalue väestönsuojan ja Kasarmintien välissä

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

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

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

14. Uudet katualueet

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

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

Katualueille tuleviin kiviryhmiin ei kylvetä eikä istuteta kasveja, vaan annetaan luonnon valita tuleva kasvisto. Kasarmintien varteen kylvetään heinäksi metsälauha ja lampaannata.

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

6.7.6 Tuulitestauksen käyttäminen

Sisämaassa tuulennopeudet ovat yleensä kohtuullisia. Tuulen kanavoitumisen vuoksi Saaris-tokaupungin alueen tuulennopeudet ylittävät joissain paikoissa kynnyksen, jonka jälkeen tutkimusten mukaan olisi kaava- ja rakennussuunnittelua tehtäessä suoritettava mikroilmasto-analyysit ja käytettävä tuulitestausta (taulukko 3).

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

Taulukko 3. Tuulen keskinopeuden luonnehdinta ja tarvittavat suunnittelutoimenpiteet. Sodankylä-sä on syytä noudattaa tiukempia kriteerejä. (Glaumann & Westerberg 1980, suom. Kimmo Kuismannen)

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

6.7.7 Kaavojen ja rakennusten suunnittelu

Asemakaavoja ja rakennussuunnitelmia tehdessä suositellaan käytettäväksi esitettyjä ohjeita sekä mahdollisen tuulitestauksen tuomia lisätietoja. Lisäksi ehdotetaan laadittaviksi kortteli-kohtaiset rakennus- ja ympäristöohjeet. Työmailta tulisi vaatia suunnitelmat, jossa esitetään suojattavat ja aidattavat alueet, työmaarakennusten sijoittelu, liikenneväylät sekä maamassojen kasaus ja läjitys.

7 Raviradan asuntoalueen kasvihuonekaasupäästöt

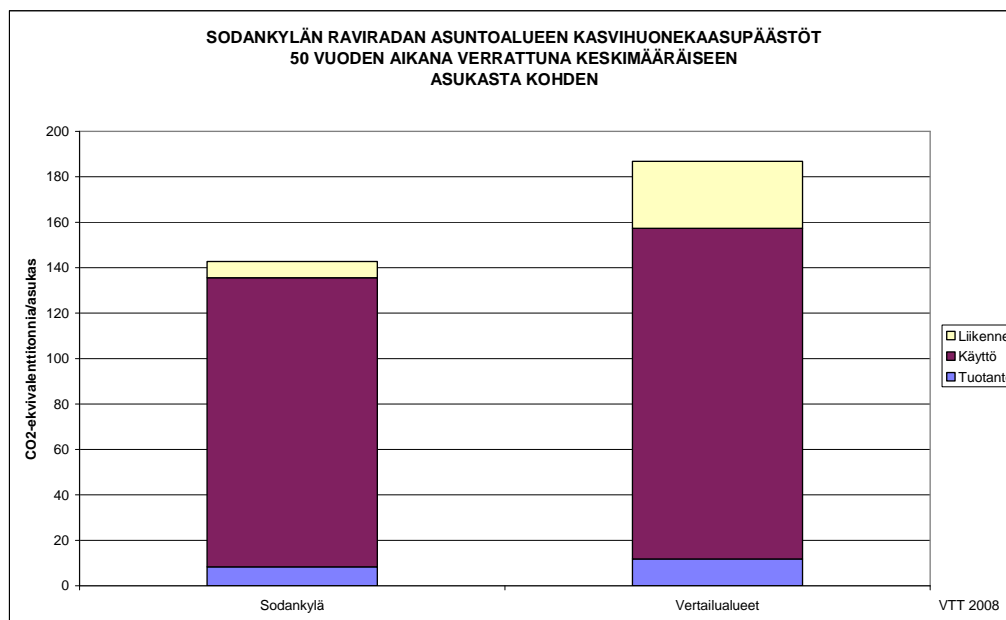
Sodankylän raviradan alueen ekologinen tase laadittiin vuonna 1998 (Harmaajärvi 1998). Tutkimuksessa arvioitiin elinkaaritarkasteluna VTT:n EcoBalance-mallilla (Harmaajärvi, Wahlgren) alueen asemakaavan toteuttamisesta aiheutuvat energian ja raaka-aineiden kulutus, kasvihuonekaasupäästöt ja muut päästöt,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

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

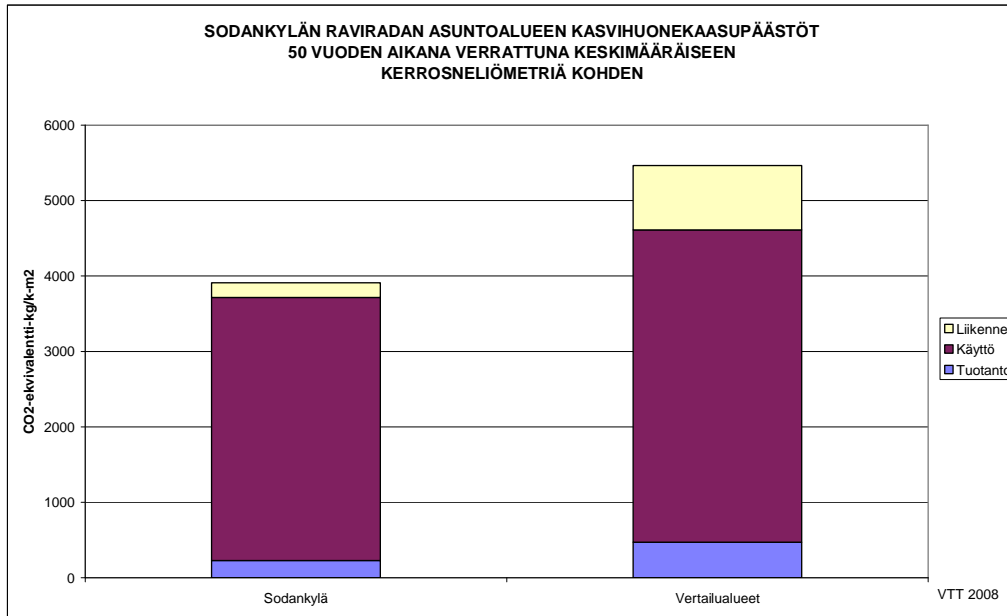
Alue on kaukolämmön piirissä. Lämmöntuotannossa käytetään suurelta osin turvetta, jonka kasvihuonekaasupäästöt ovat suuret. Sähköntuotannon päästöt on arvioitu paikallisen vesivoiman perusteella.

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

Kuvassa 30 esitetään koko elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden ja kuvassa 31 kerrosneliometriä kohden raviradan alueella verrattuna keskimääräiseen vertailualueeseen. Raviradan alue osoittautui erittäin hyväksi alueeksi ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta, samoin kaikkien muidenkin tutkittujen vaikutusten kannalta.

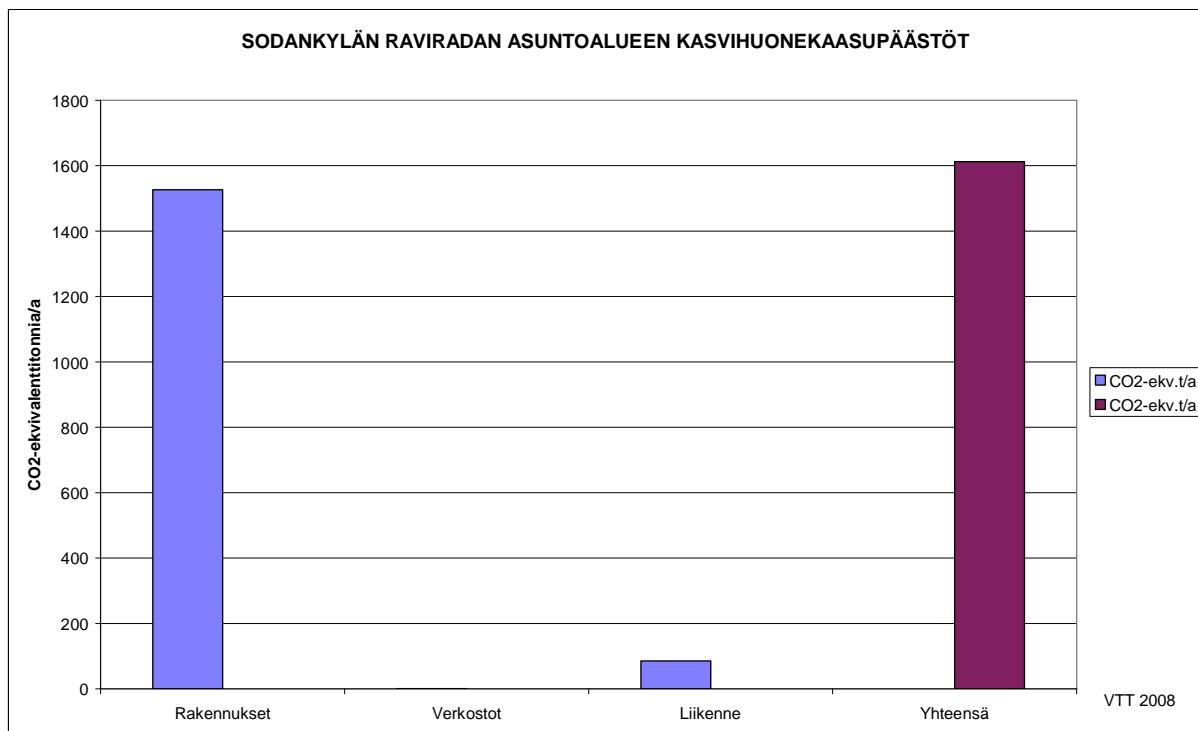


Kuva 30. Raviradan asuntoalueen elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden (Harmaajärvi 1998).

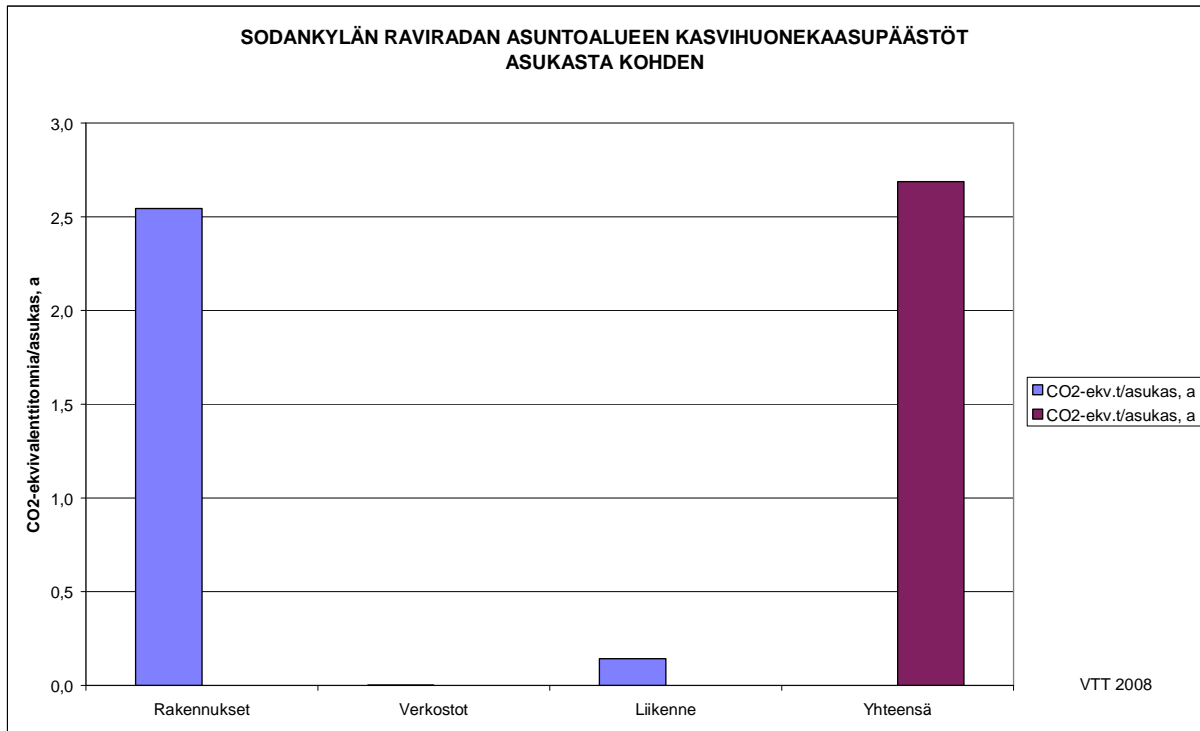


Kuva 31. Raviradan asuntoalueen elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt kerrosneliometriä kohden (Harmaajärvi 1998).

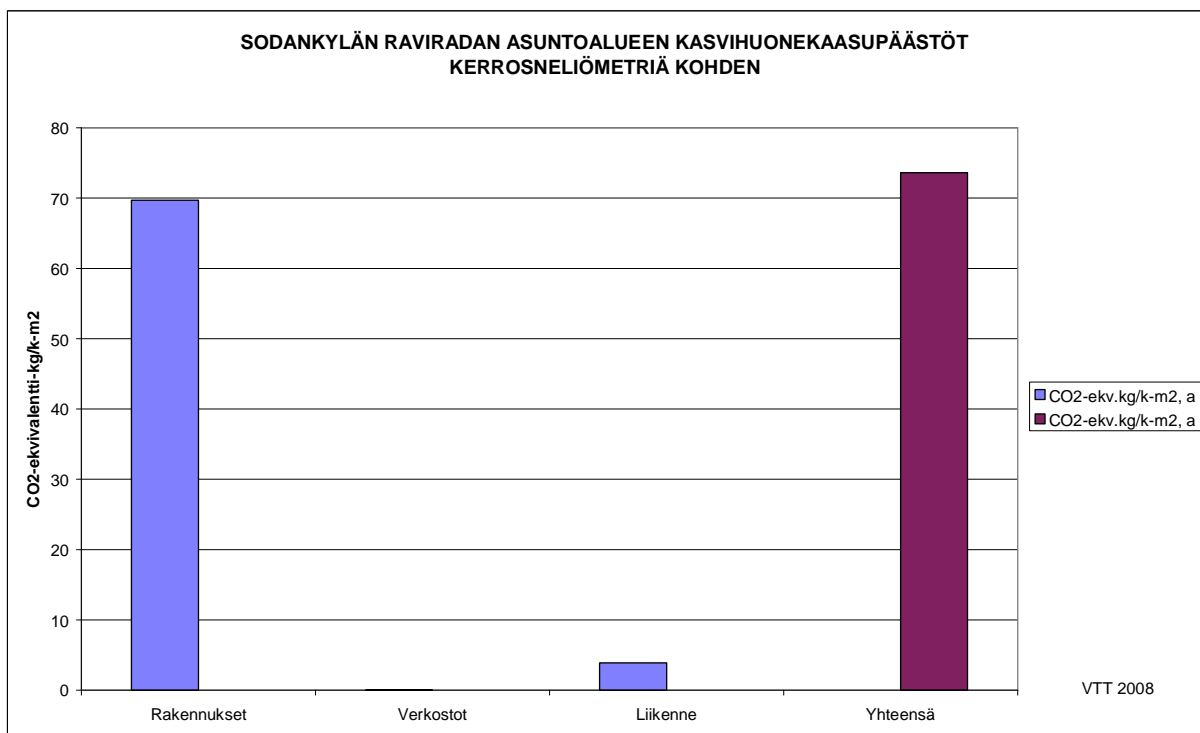
Tässä tutkimuksessa tarkastellaan alueen käyttövaiheen ja liikenteen vuotuisia kasvihuonekaasupäästöjä. Raviradan alueen rakennuksista, verkostoista ja asukkaiden liikenteestä aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä vuosittain 1 600 CO₂-ekvivalenttitonnia (kuva 32). Asukasta kohden päästöjä aiheutuu vuosittain 2,7 CO₂-ekvivalenttitonnia/asukas (kuva 33) ja kerrosneliometriä kohden 74 CO₂-ekvivalentti-kg/k-m² (kuva 34).



Kuva 32. Raviradan asuntoalueen vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt.



Kuva 33. Raviradan asuntoalueen vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden.



Kuva 34. Raviradan asuntoalueen vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt kerrosneliometriä kohden.

8 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.

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

9 Johtopäätökset ja suositukset

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

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

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

Suunnittelussa suositellaan käytettäväksi tuulitestausta ja korttelikohtaisten ympäristöohjeiden laatimista.

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.

Amidon J. 2001. Le Jardin radical. Thames & Hudson, Paris.

Anttila, I., Brusila, P. 1996. Sodankylän taajaman raviradan alueen luonnon monimuotoisuus, raportti, Lapin yliopisto muotoilu- ja yrityspalveluyksikkö, Kemi.

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

Daniels K. 1994. Simulationen im Windkanal und im Klimalabor, kirjassa Oswald, P. (toim.) Wohltemperierte Architektur, Verlag C. F. Müller, Heidelberg.

Ecole d'Architecture Marseille Luminy. Mécanisme microclimatique à propos d'une cour urbaine. [www-sivut 2.11.2006]

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

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

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

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

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

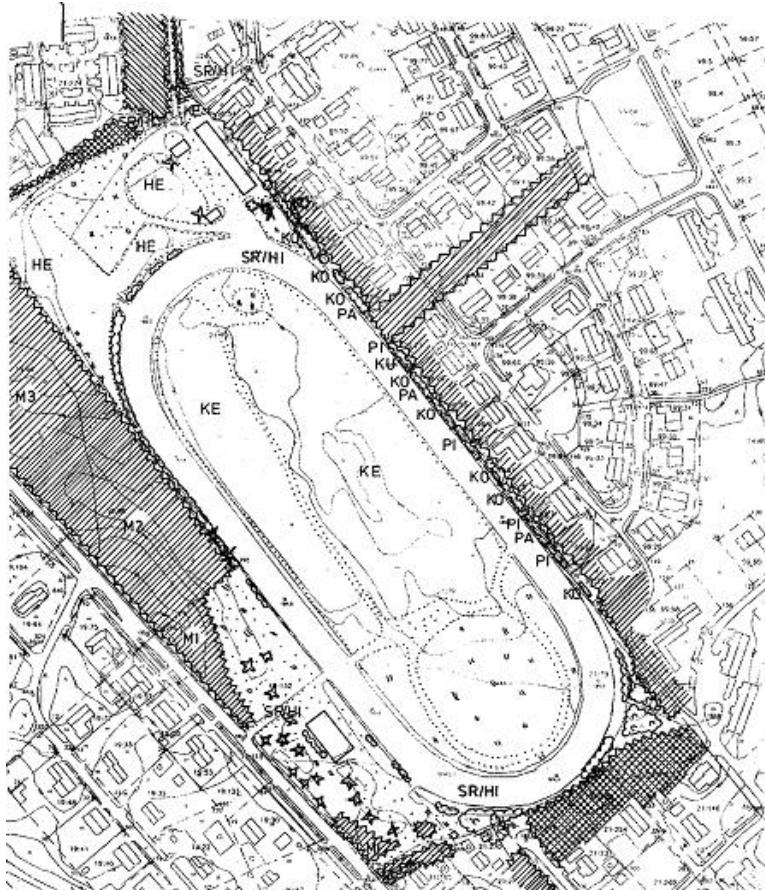
Ilmasto- ja energiastrategian päivitys 2003 - 2004 (2005). Ympäristöministeriön sektoriraportti. Ympäristöministeriön moniste 144.

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


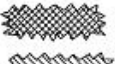

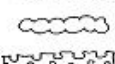
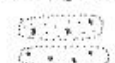


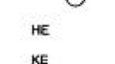

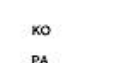
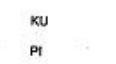


- IPCC, 2007. Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli. Neljäs arviointiraportti. Useita osaraportteja: Luonnontieteellinen perusta, vaikutukset, hillitseminen.
- Jensen, M., Frank N. Model-Scale Tests in Turbulent Wind, Part I and II, København, 1964 & 1965.
- Kuismanen, K. 2008. Climate conscious architecture - Design and wind testing method for changing climates, University of Oulu.
- Kuismanen K. (toim.) 2007. Eco House North – Ecological Wooden House Handbook, Oulu.
- Kuismanen K. 2000. Ilmastotietoinen suunnittelu ja pienoismallien tuulitestauslaite, Oulun Yliopiston Arkkitehtuurin osaston julkaisu A28, Oulu.
- Kuismanen, K. 1996. Sodankylä Ravirata, ympäristöanalyysi ja kaava-suunnitelmat.
- Kuismanen K. 1993. Tervolan koetalon suunnitelmat ja mallitestauksen tutkimusraportti, Oulu.
- Maaninen, A. Kylmän ilmanalan rakentaminen, raportti, s.a.
- Makkonen, L. 2005. A new approach to estimating return periods of extreme events. IABSE Report “Structures and Extreme Events”, Vol. 90, 382-383 & CD Rom.
- Makkonen, L. 2006. Plotting positions in extreme value analysis. Journal of Applied Meteorology and Climatology 45(2), 334-340.
- Makkonen, L., 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.
- Makkonen, L., Ruokolainen, L., Räisänen, J. & Tikanmäki, M., 2007: Regional Climate model estimates for changes in Nordic extreme event. Geophysica 43 (1-2): 19-42.
- Mattson J. O. 1979. Mikro- och lokalklimatologin. Malmö.
- Miller, F., Reite, A. 1993. Levende hus - om miljø- og ressursvennlig bygging, Oslo.
- Palmer, T.N. & Räisänen, J. 2002. Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate. Nature, 415, 512-514.
- 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

- 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.
- Wahlgren, I. 2006. Ilmastonmuutoksen haasteet kaavoitukselle. *Maankäyttö* (2006) No: 2, s. 6 – 10.
- Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa – tapauskohtaisia tarkasteluja. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03986-08. Espoo. 173 s.
- Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Kokkolan Vanhansatamanlahden yleiskaavan ilmastovaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03981-08. Espoo. 61 s.
- Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Kuopion Saaristokaupungin ilmastovaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03983-08. Espoo. 54 s.
- Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Nilsian Tahkon kehittämissuunnitelmien ilmastovaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03984-08. Espoo. 42 s.
- Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2007. Sörnäistenranta-Hermanninranta-osayleiskaava. Ilmastonmuutoksen huomioonottaminen. VTT Tutkimusraportti VTT-R-00471-07. Espoo. 57 s.
- Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen ilmastovaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03982-08. Espoo. 89 s.

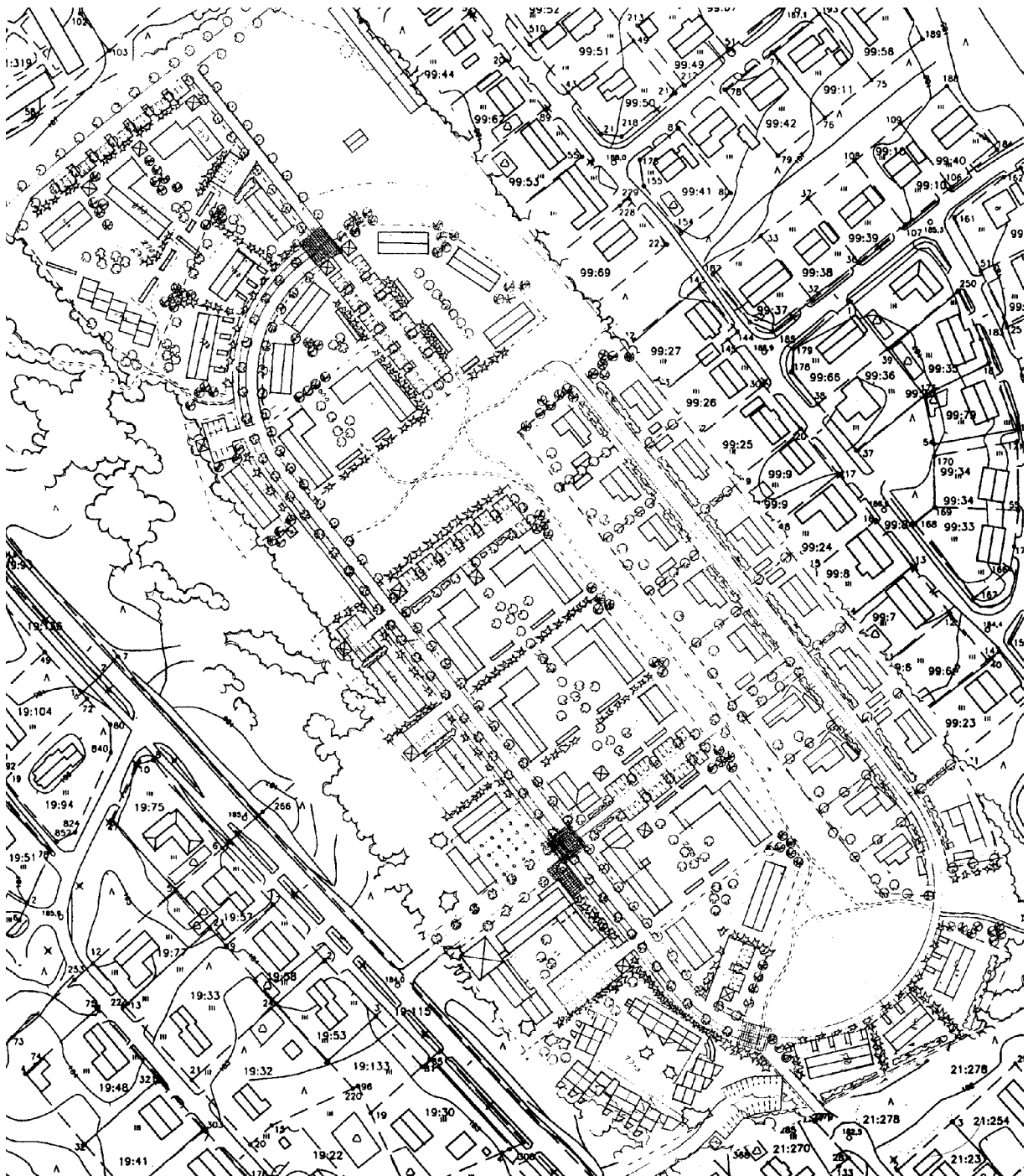
Liite 1. Raviradan alueen luontoanalyysin yhteenvetokartta



KASVILLISUUSTYYPIT

	MÄNTYKANGAS M1 ei aluskasvillisuutta M2 puokkakatyyppinen M3 puokka-mustikkatyyppinen
	MÄNTY-KUUSIMETSÄ mustikkatyyppinen
	MÄNTY-KOIVUMETSÄ aluskasvillisuus varikko-ruohovartiset
	MATALA LEHTIMETSÄ aluskasvillisuus ruohovartiset
	PENSAIKKO paju, leppä, pieni koku
	ISTUTETTU AITA
	NURMI-HIEKKA
	NURMI
	HIEKKA
	MÄNTY
	KUUSI
	KOIVU
	HAAPA
HE	HEVOSHAKA
KE	HIEKKAPOHJAINEN KETO, osittain horsman valtaama, männynmäisiä
SR/HI	SORA-HIEKKAPINTAINEN KULKUALUE
KO	KOIVU
PA	PAJU
KU	KUUSI
PI	PIHLAJA

Liite 2. Raviradan alueen kaavan illustraatio



(Kimmo Kuismanen, Sodankylän kunta)