

RANTA-TOPPILA, OULU

ALUEEN MIKROILMASTO JA SEN VAIKUTUS KAAVOITUKSEEN



ARKKITEHTITOIMISTO KIMMO KUISMANEN

SISÄLLYS

1 TAUSTA	3
TEHTÄVÄ	3
TAVOITTEET	3
TYÖTAPA	3
2 ILMASTO JA SEN MUUTTUMINEN RAKENNUSSUUNNITTELUN KANNALTA	4
SUOMEN ILMASTO	4
OULUN ILMASTO RAKENNUSSUUNNITTELUN KANNALTA	4
TARKASTELUALUEEN NYKYINEN MIKROILMASTO	5
RAKENNETTUJEN ALUEIDEN MIKROILMASTON LAADUN KRITERIT	7
ILMASTONMUUTOS JA SEN VAIKUTUS OULUSSA	8
3 MERENPINTA JA AALLOKKO	9
MERENPINNAN KORKEUS OULUSSA	9
AALLONKORKEUS TOPPILANSALMESSA	9
RAKENTAMISEN KORKEUSASEMA RANTA-TOPPILASSA	10
4 TEHTYJEN SUUNNITELMIEN ANALYYSI	11
KAAVA-ALUE KOKONAISUUTENA	11
ANALYYSIKAAVIOT	13
5 SUUNNITTELUOHJEITA	17
ALUETASO	17
KORTTELITASO	17
RAKENNUKSET KAAVOITUKSESSA	17
VIHERSUUNNITTELU	19
6 SUOSITUKSET	21
TUULITESTAUKSEN KÄYTTÄMINEN	21

Kansi: lintuperspektiivikuva alueesta.

1 TAUSTA

TEHTÄVÄ

Oulun Ranta-Toppilaan rakennettavan asuntoalueen ja rantatoimintojen asemakaavan laatija on Oulun kaupunki, yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut / asemakaavoitus / kaavoitusarkkitehti Timo Lajunen. Asemakaavaluonnokseen perustuvan havainnemateriaalin / mallinnusten tekijä on Arkkitehdit m3 Oy.

Tässä selvityksessä tarkastellaan kaupunginosan mikroilmaston vaikutusta esitettyyn kaavaluonnokseen ja ranta-alueisiin. Lisäksi arvioidaan rakennusten vaikutusta ympäristöönsä sekä merenpinnan nousun vaikutusta rakentamiskorkeuksiin.

TAVOITTEET

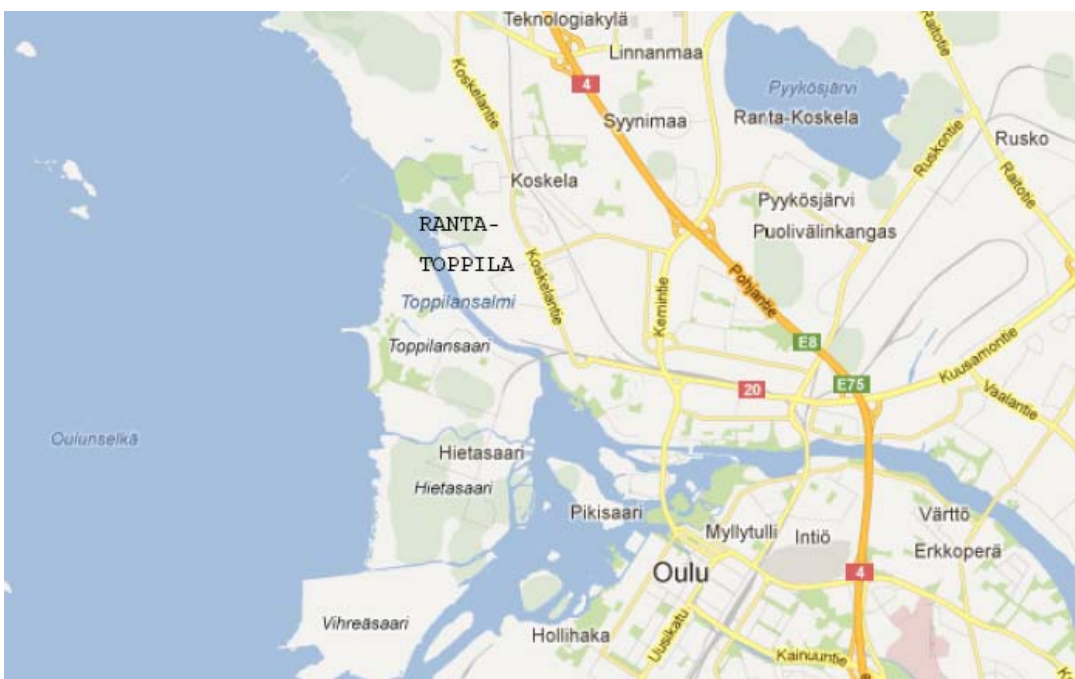
Tämän analyysin tavoitteena on selvittää tehdyn luonnoksen mikroilmastollisia ominaisuuksia ja analysoida mahdollisia ongelmakohtia lähinnä kaavoituksen ja ympäristösuunnittelun vaatimalla tarkkuudella. Tuulikuormatarkastelut, rakennusten detaljit tai vastaavat eivät kuulu tämän työn piiriin.

TYÖTAPA

Työ aloitettiin alueen ilmaston analysoinnilla, jossa ilmastollisina lähtökohdatietoina on käytetty Ilmatieteen laitoksen ilmastotilastoja vuosilta 1961 - 1990. Koska tavanomaiset ilmastotilastot eivät sisällä riittävää informaatiota suunnittelun pohjaksi, on Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismasella laadittu em. tilastoiden pohjalta kuvaus Oulun ilmastosta kaavoituksen ja arkkitehtisuunnittelun kannalta. Ilmastomuutoksen ennuste perustuu Lasse Makkosen VTT:ssä Extremes-hankkeessa tekemään alueellisen ilmastomallin simulointiin sekä Kimmo Kuismasen Oulun Yliopistolle tekemään väitöskirjaan ”*Climate-conscious architecture - design and wind testing method for climates in change*”, 2008.

Tehtyjä suunnitelmia on arvioitu kaavaluonnosten ja niiden illustraatioiden pohjalta. Laajemman ympäristön analyysissa on käytetty apuna alueen asemakaavaa ja karttoja. Arvioinnissa on käytetty Kimmo Kuismasen kehittämää CASE-menetelmää aineistoarviontina. Pienoismallin tuulitestausta ei ole tehty.

Kuva. Ranta-Toppilan sijainti, Oulu.



2 ILMASTO JA SEN MUUTTUMINEN RAKENNUSSUUNNITTELUN KANNALTA

SUOMEN ILMASTO

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

Suomen suurilmasto on lounaasta vuorotellen tulevien atlantisten matalapaine- ja korkeapainejärjestelmien hallitsema. Säännöllisesti esiintyy myös muutaman vuorokauden pituisia kylmiä pohjoistuulia, lämpimiä etelätuulia sekä ajoittain mantereisiä 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 $-25^{\circ}\dots-30^{\circ}$, kesäisin auringossa $+50^{\circ}\dots+80^{\circ}$, mikä tarkoittaa yli 100 asteen lämpötilaeron rasiutusta julkisivumateriaaleille. (Tilastoja)

OULUN ILMASTO RAKENNUSSUUNNITTELUN KANNALTA

Oulun ilmasto voi kuvata kahdella sanalla; tuulinen ja aurinkoinen.

Riittävän pitkäaikaisen havaintoaineiston saamiseksi ilmastollisina lähtökohtatietoina on käytetty Ilmatieteen laitoksen ilmastotilastoja vuosilta 1961 - 1990. Oulun rannikon keskimääräisen suurilmaston tuulisuutta kuvaava tieto perustuu Oulunsalon lentoaseman mittauksiin (Tilastoja). Koska tavanomaiset ilmastotilastot eivät sisällä riittävää informaatiota suunnittelun pohjaksi, on tuulisuus jaettu neljälle vuodenajalle, ja tältä pohjalta on laadittu kuvaus Oulun ilmastosta kaavoituksen ja arkkitehtisuunnittelun kannalta. Ilmastonmuutoksen ennuste perustuu luvussa 2 kuvattuun alueellisen ilmastomallin simulointiin ja sen tuloksiin.

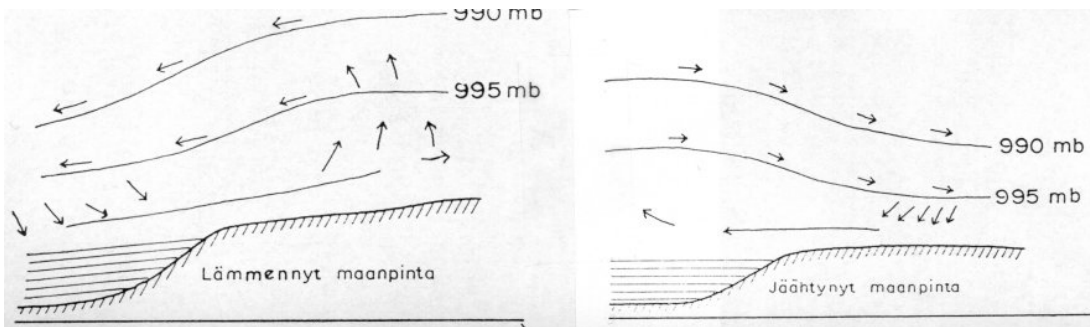
Oulu rajoittuu lännessä mereen, mistä syystä tuulet pääsevät kaupunkiin lännestä ja luoteesta suurella voimalla. Eri vuodenaikoina esiintyvät tuulensuunnat ja niiden keskimääräinen nopeus on esitetty kaavioissa (kuva). Merituulen ympäristöä kuormittava voima on nähtävissä sekä rakennuksissa että maastosta.

Ranta-Toppilassa esiintyy kaikkina vuodenaikoina suuria keskituulennopeuksia, jotka edellyttävät suunnittelun kannalta erityistoimenpiteitä:

- Kevät: Yleisimmät tuulensuunnat ovat kaakko etelä ja länsi. Länsituuli on usein kylmä merituuli ja kaakkoistuuli lämmin mannertuuli tai öinen maatuuli. Suojauksen kannalta tärkein on lounas-luode sektori. Merituulen keskinopeus on korkea.
- Kesä: Vallitsevat tuulet tulevat lännestä, luoteesta ja pohjoisesta. Länsituuli on usein merituuli. Oleskelualueet olisi suojattava länsi-pohjoinen sektorin ilmavirtauksilta. Merituulen keskinopeus on huomattavan korkea.
- Syksy: Yleisimmät tuulensuunnat ovat etelä, kaakko sekä pohjoinen, ja niiden keskinopeus on suuri. Suojauksen kannalta tärkein on meren suunta.
- Talvi: Vallitsevat tuulet tulevat kaakosta ja etelästä, ja niiden keskinopeus on melko korkea.

Keski-ilmasto muokkaa voimakkaasti rannikosta johtuva vuorokautinen tuulijärjestelmä, jossa esiintyy päiväsaikaan navakka läntinen merituuli ja yöaikaan heikko maatuuli. Tämä rannikkotuuli on yleinen erityisesti keväisin ja kesäisin aurinkoisina päivinä. Merituulen ympäristöä kuormittava voima on nähtävissä sekä rakennuksissa että maastosta. Varsinkin kylminä talvipäivinä voi Oulujokilaaksossa havaita kylmän kaakkoisen laaksotuulen.(Mattson, Tilastoja)

Yleisesti ottaen pihojen ja oleskelualueiden suojauksen kannalta tärkeimmät tuulensuunnat Ranta-Toppilassa ovat lounas sekä länsi-luode sektori. Paikalliset olosuhteet saattavat kuitenkin muuttaa tuulisuutta, kuten seuraavissa kappaleissa osoitetaan.



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

TARKASTELUALUEEN NYKYINEN MIKROILMASTO

Kaupunginosan mikroilmastoa muokkaavat vesistöt, yhtenäiset metsät sekä olevat ja tulevaisuudessa rakennettavat kerrostalomassat, joiden ympärillä esiintyy tuulikanavia sekä ylös- ja alaspäin suuntautuvia turbulensseja. Myös avoimet katutilat ja viheriöt sekä suuret paikoituskentät ovat varsin tuulisia. Voimakkaat ilmavirtaukset tekevät ulkona olemisen kylmäksi, kadulla kulkemisen vaaralliseksi, aiheuttavat vaurioita kylmänaraille kasveille ja lisäävät energiankulutusta. Toisaalta tuulet ovat sikäli hyödyksi, että ne tuulettavat pois pakokaasut ja muut ilmansaasteet.

Suunnittelualueen pohjoispuolella kasvaa metsää, joka suojaavat suurinta osaa alueesta pohjoistuulilta. Sen sijaan salmen ranta altistuu kylmille merituulille. Maatuuli ja muut itäiset virtaukset eivät vaikuta kovin voimakkaasti. Etelätuulien suuntaan alue on puoliavoin.

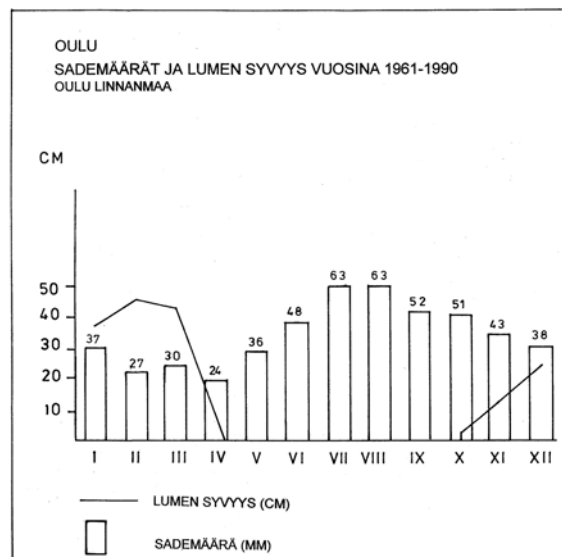
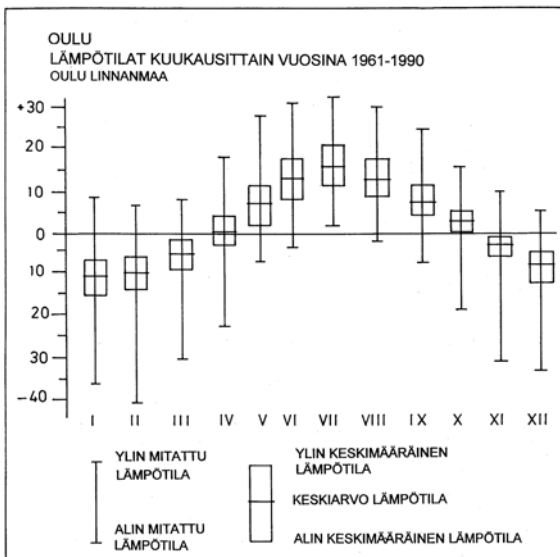
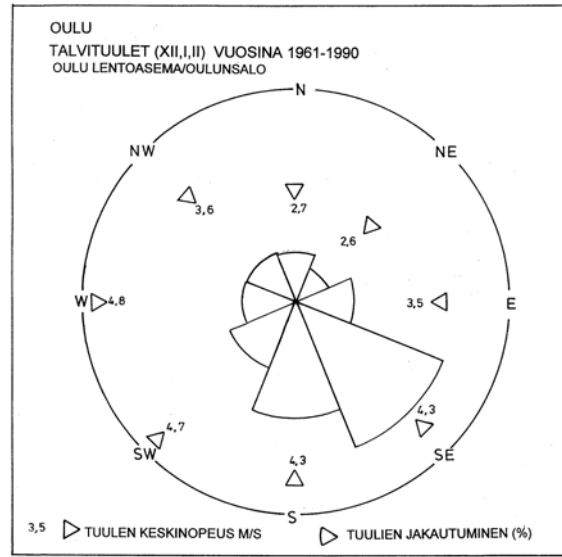
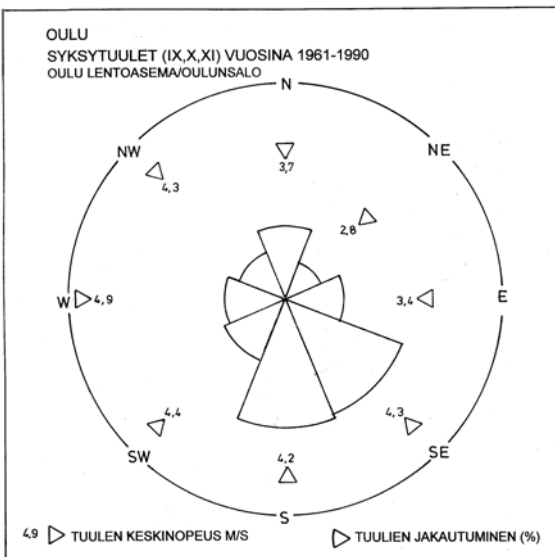
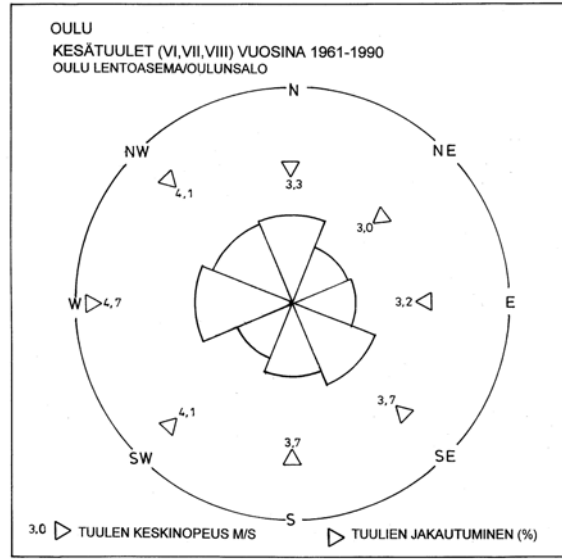
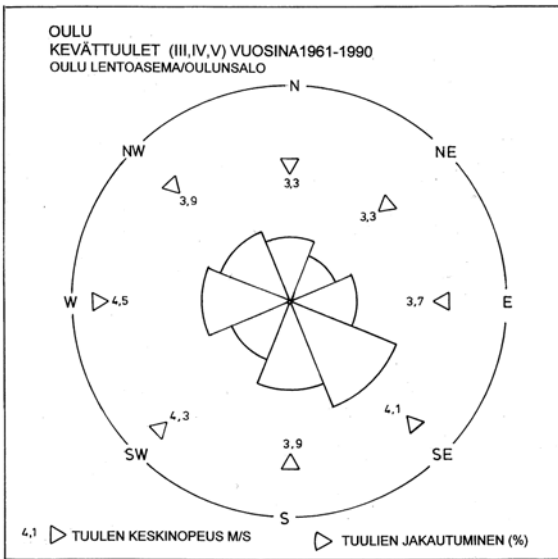
Pihojen, leikkikenttien, kevyenliikenteenväylien ja linja-autopysäkkien viihtyisyyden kannalta tärkeintä on suojautuminen lounas-luode sektorilta kohdistuvia tuulia vastaan. Energian säästämiseksi rakennusten julkisivuja tulisi suojata lounas-pohjoinen sektorista sekä kaakosta kohdistuvilta viimoilta. Salmen rantakortteleissa on huomioitava länsi- ja luoteismyrskyjen aiheuttama tuulen ja aallokon yhteisvaikutus.

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

Kuva. Alue nähtynä pohjoisesta, valokuvauspotus. (Arkkitehdit m3)



Kuva. Oulun tuuliruusuut vuodenajoittain sekä lämpötilat ja sateisuus. (Kuismanen)





Kuva. Suunnitelman illustrationin ilmakuvaopetus. Parhaiten alue on suojattu pohjoisia, läntisiä ja kaakkoisia tuulia vastaan. Avoimia suuntia ovat sektori lounaasta luoteeseen ja pieni avoin alue koilliseen.

RAKENNETTUJEN ALUEIDEN MIKROILMASTON LAADUN KRITTEERIT

Ihmisen kokema tuulisuutta on tutkittu kokeellisesti useissa maissa, ja näiden selvitysten perusteella on laadittu tuulisuuden raja-arvoja jalankulun ja erilaisten ulkotoimintojen kannalta. Liitteessä I, taulukossa 1. on esitetty Ruotsissa yleisesti käytetyt tuulisuuskriteerit. Liitteessä II olevassa taulukossa 2. on esitetty mikroilmaston laatukriteerit eri toiminnoille, jotka tekijä on useiden tutkimusten perusteella soveltanut Pohjois-Euroopan ilmasto-olosuhteisiin. Tätä eri toimintaluokkiin perustuvaa keskituulisuuskriteeristöä voidaan soveltaa sekä kaavoituksessa että tarkemmassa ympäristösuunnittelussa Ranta-Toppilassa.

Useilla tuulensuunnilla vapaan ilmavirtauksen keskinopeus Ranta-Toppilassa ylittää 4 m sekunnissa. Eräissä katutiloissa ja korkeiden rakennusten ympärillä on odotettavissa jopa 6 - 7 m sekunnissa keskinopeuksia ja myrskyjen aikaan vaarallisia puuskia ja hyökyaaltoja, jotka aiheuttavat henkilövahinkojen riskin. Tällaiset nopeudet edellyttävät tutkimusten ja em. kriteerien mukaan erityisiä suojaustoimenpiteitä, jotka tässä tapauksessa voidaan tehdä rakennussuunnittelun yhteydessä.

ILMASTONMUUTOS JA SEN VAIKUTUS OULUSSA

Alueellisen ilmastomallin simuloinnin perusteella Oulun ilmastossa tulee tapahtumaan useita muutoksia:

Vuoden keskilämpötila	+4 °C
Maksimilämpötila	+4 °C
Minimilämpötila	+11 °C
Sulamis-jäätymissyklit	- 20 %
Vuoden keskituulennopeus	0 %
Maksimituulennopeus	+5 %
Vuotuinen sademäärä	+20 %
6 tunnin sademaksimi	+45 %
5 vuorokauden sademaksimi	+30 %
6 tunnin lumisademaksimi	+50 %
Lumipeitteen maksimivesiarvo	-10 %
Lumipeitteen kesto aika	-60 vrk
Meren jääpeitteen kesto aika	-30 vrk

Lämpötilan nousu lyhentää talvea ja tulee vähentämään kylmyydestä johtuvaa lämmönkulutusta. Toisaalta koska Toppilan alueella tuulen jäähdyttävä voima on merkittävä, ei energiansäästötoimenpiteistä voida tinkiä. Kesällä on varauduttava nykyistä suurempiin lämpökuormiin.

Vaikka keskimääräinen tuulisuus ei tulevaisuudessa Oulussa nykyisestä lisääny, rasittavat myrskyt, viistosade ja lumimyrskyt entistä pahemmin rakennuksia ja vaikeuttavat kevytliikennettä. Rantalaitureilla ja silloilla kulkeminen on vaikeaa, ja kattorakenteisiin, julkisivuihin, katoksiin sekä parvekelasituksiin kohdistuu suuria tuulikuormia ja kosteusriskejä. Korroosiovaurioiden vaara kasvaa.

Sateen lisääntyminen 20 % ja erityisesti rankkasateiden lisääntyminen 45 % on huomioitava sadevesiviemäreiden ja hulevesialueiden mitoituksessa. Rakennusten julkisivujen ja kattojen kannalta uusia kestävyysongelmia aiheuttaa se, että viistosateiden määrä lisääntyy 50 % ja korroosioaika 40 %. Myös maaperän kosteus lisääntyy, ja lisääntyvän haihtumisen myötä ajoittain myös ilmankosteus. (IPCC 2007, Makkonen & Tikanmäki 2009)

Lumien aika lyhenee, mutta lumimyrskyissä kerralla satavan lumen määrä voi lisäytyä peräti 50 %, mikä tuo aivan uusia ongelmia puhtaanapidolle sekä väylien ja sisäänkäyntien suojaukselle.

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

3 MERENPINTA JA AALLOKKO

MERENPINNAN KORKEUS OULUSSA

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.

Oulun edustalla maankohoamisen arvoksi on laskettu noin 7 mm vuodessa. Keskimääräisen vedenkorkeuden pitkäaikaisen muutoksen suunta määräytyy maankohoamisen ja valtameren pinnan nousun erosta. Tulevaisuudessa valtameren pinnan nousun ennustetaan kiihtyvän, jolloin keskimääräinen vedenkorkeus saattaa lähteä nousuun Perämerellä.

Toppilansalmessa paikalliset olosuhteet aiheuttavat vedenkorkeuden poikkeamisen Oulun edustan yleisestä arvosta. Näistä tärkein on luoteistuulen aiheuttama veden pakkautuminen salmen pohjukkaan. Tähän tilanteeseen aina liittyy myös aallokkoa.

Maanpinnan nousu huomion ottaen merenpinnan voidaan Oulussa arvioida nousevan ainakin 0,3 m vuoteen 2100 mennessä, ja mikäli kasvihuonekaasuja ei saada kuriin, voi nousu jatkua edelleen.

AALLONKORKEUS TOPPILANSALMESSA

Rantaan kohdistuvan aallokon korkeuteen vaikuttavat saaristo, rannan muoto ja rantaveden mataluus. Toppilansalmessa voi luoteismyrskyllä syntyä korkeampaa aallokkoa, jota salmensuulla oleva aallonmurtaja kuitenkin tehokkaasti hillitsee.

Matala ranta hillitsee aaltojen korkeutta, mutta syvemmissä kohdissa laineet lyövät täydellä voimalla rantaan. Pystysuurille rakenteille aaltoiluvara on peräti kaksi kertaa paikallisen aallokon korkeus. Tällaisessa tapauksessa pärskeet voivat lentää jopa kymmenen metrin korkeuteen. (Ollila) Toppilansalmeen muodostuu ristiaallokko, ja luoteismyrskyllä keskituulenopeudella 25 m/s aallonkorkeuden suunnittelualueella arvioidaan nousevan seuraavan asetelman mukaiseksi:

KOHDE	AALLON NOUSUKORKEUS
Salmen suu, matala ranta	60 cm
Rantalaiturit, maksimi	90 cm
Salmen pohjukka	50 - 80 cm

Näiden korkeuksien lisäksi tulevat pärskeet.

RAKENTAMISEN KORKEUSASEMA RANTA-TOPPILASSA

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)

Länsi-Toppilan alinta rakentamiskorkeutta määriteltäessä on lähdetty seuraavista oletuksista (Kahma, Kuismanen 2008):

- Maksimi tulvankorkeus on 1,8 m.
- Valtameren pinta nousee 1 m.
- Oulussa merenpinta nousee 0,3 m.
- Tarvittava aaltoiluvara Ranta-Toppilassa on 0,9 m.
- Alapohjarakenteen paksuus on noin 0,4 m.

Koska tulvahuippu on lyhytaikainen ja rakennukset eivät sijaitse aivan vesirajan läheisyydessä, ei alapohjan alla olevaa kapillaarisen vedennousun estävää kerrosta tarvitse laskea alapohjan rakennepaksuuteen.

Rantaan kohdistuvan aallokon korkeuteen vaikuttavat saaristo, rannan muoto ja rantaveden mataluus. Toppilansalmessa voi luoteismyrskyllä syntyä korkeampaa aallokkoa, jota salmensuulla oleva aallonmurtaja kuitenkin tehokkaasti hillitsee.

Matala ranta hillitsee aaltojen korkeutta, mutta syvemmissä kohdissa laineet lyövät täydellä voimalla rantaan. Pystysuurille rakenteille aaltoiluvara on peräti kaksi kertaa paikallisen aallokon korkeus. Tällaisessa tapauksessa pärskeet voivat lentää jopa kymmenen metrin korkeuteen. (Ollila) Toppilansalmeen muodostuu ristiaallokko, ja luoteismyrskyllä keskituulenopeudella 25 m/s aallonkorkeuden suunnittelualueella arvioidaan nousevan seuraavan asetelman mukaiseksi:

KOHDE	AALLON NOUSUKORKEUS
Salmen suu, matala ranta	60 cm
Rantalaiturit, maksimi	90 cm
Salmen pohjukka	50 - 80 cm

Näiden korkeuksien lisäksi tulevat pärskeet.

Rannan puoleiset rakennukset voivat tulevaisuudessa joskus joutua myrskytulvan uhkaamiksi, ellei riittäviä perustamiskorkeuksia noudateta, tai mikäli rantalaitureita mataloitetaan. Maksimitulvan ja maksimiaallokon yhtäaikaisten esiintymisen perusteella rakennusten alin sallittu lattiakorko on Länsi-Toppilassa seuraava (N2000):

- Pilariperusteisen rakennuksen alapohjan alapinta noin + 3,5 m.
- Matalaperusteisen rakennuksen lattiakorko noin + 4,0 m.

4 TEHTYJEN SUUNNITELMIEN ANALYYSI

KAAVA-ALUE KOKONAISUUTENA

Kaavassa Ranta-Toppilan alue on pääasiassa varattu matala-tiivis rakentamiselle, jonka tehokkuus ja korkeus kasvavat sisämaahan mentäessä. Kaavassa on myös kerrostaloja. Korttelit sijaitsevat Toppilansalmen lähellä, josta ne erottaa yhteisten rantatoimintojen kaista. Rakennuspaikka on entistä satamaa ja osittain rämettyä metsää.

Kaava-alueen *pohjoispuolella* salmen suussa on matala ranta-alue ja metsikköä, jotka säilyvät rakentamattomana vihervyöhykkeenä. Tuulensuojavaikutukseltaan tuo matalahko sekakasvusto ei varsinkaan talvella ole paras mahdollinen, ja kasvillisuuden lisäämistä pohjoispuolella on syytä harkita. Kaavaehdotuksen pohjoisrajan rakennusten poikittainen sijoittelu suojaa pihvoja ja aukioita suhteellisen hyvin luode-koillinen sektorin tuulilta. Pohjois-etelä suuntaiset kadut muodostuvat melko tuulisiksi. Ranta-alueet jäävät käytännössä täysin suojattomiksi.

Koillinen-kaakko sektorin suunnalla on sekalaista puustoa ja rakennuskantaa, jotka antavat suojan sieltä päin kohdistuvia tuulia vastaan. Suorien katujen sekä laajojen paikoitusalueiden ja aukoiden kohdalla esiintyy paikallisia tuulikanavia.

Kaava-alueen *eteläpuolella* on mittakaavaltaan vaihtelevaa rakentamista sekä kasvillisuutta, joka suojelee kohtuullisesti. Tuulensuojakasvillisuus tällä suunnalla lisääntyy vielä oleellisesti Toppilan lämpövoimalan ympärille istutettavaksi suunniteltujen suojametsiköiden myötä

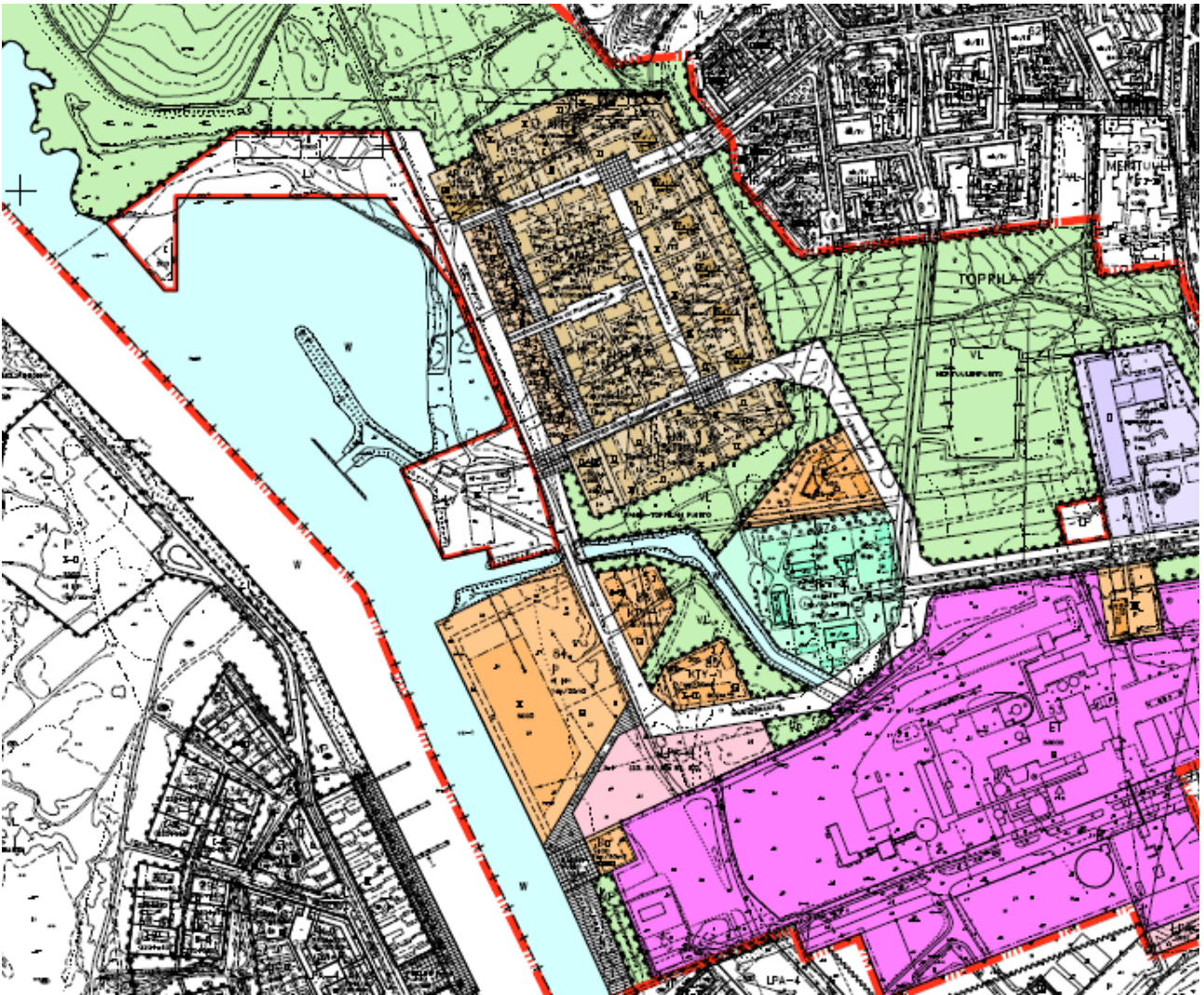
Suunnittelualueen *länsi-luodipuolella* on Toppilansalmi ja sen toisella puolella Toppilansaaren alue. Vaikka Toppilansaari ja Hietasaari suojaavatkin Toppilaa pahimmilta merimyrskyiltä ja aallokolta, pääsee noilta suunnilta tuleva tuuli laskeutumaan salmen kohdalla veden ja maan tasoon, ja kohdistumaan tarkasteltavalle alueelle suurella voimalla. Merelle aukeava suunta jää täysin suojattomaksi merituulille ja aallokolle.

Rantakorttelit aukeavat merelle. Rakentamisen ja istutustenkin jälkeen valtaosa rantakortteleista on avoimia tuulille, koska kookasta olevaa puustoa ei ole, ja merimaisemaa tuskin halutaan tiheillä suojaistutuksilla kätkeä. Kaavaluonnoksen mukaiset matala-tiivis korttelit saadaan oikein suunnitteleamalla mikroilmastoltaan miellyttäväiksi. Salmelta kohtisuoraan sisämaahan suuntautuvat kadut ohjaavat tuulen suunnittelualueen sisäosiin. Asuntopihat ovat suojauksilla hoidettavissa, mutta suorat katutilat ja avoimet kentät jäävät ilman erityistoimenpiteitä tuuliseksi. Muita korkeammat talot ohjaavat voimakkaita ilmavirtauksia maantasolle.

Pihasuunnittelussa on varauduttava nykyistä suurempiin sadevesimääriin. Vaikka lumen määrä vähenee, kerralla satavat lumimäärät kasvavat. Ankarammat viistosateet rasittavat julkisivuja ja kattoja entistä enemmän, ja lisäävät myös korroosiota. Talot tulisi avata kaakko-lounas sektorille hyödyntämään ainakin passiivisesti auringon energiaa, mutta toisaalta kesäisin on torjuttava asuntojen liiallinen kuumeneminen.

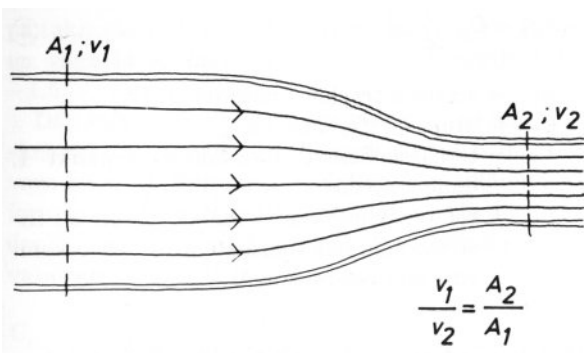
Rantakortteleiden suunnittelun kehittäminen voi lähteä seuraavista periaatteista:

- matala-tiivis pienimittakaavainen rakennuskanta
- asteittain nousevat suhteellisen tasaiset rakennuskorkeudet
- tuulen nostaminen kattojen yläpuolelle, ja pitäminen siellä
- tuulen vaimentaminen katutilassa ja piholla istutuksin ja rakentein
- rantojen virtausdynaaminen muotoilu tuulen ja aallokon haittojen minimoimiseksi.



Kuva. Ranta-Toppilan asemakaava-alue ja yhdistelmä ympäristön kaavoista. Oikealla ylhäällä Meri-Toppilan kaupunginosa, alhaalla violetilla lämpövoimalaitos ja vasemmalla alhaalla salmen takana Toppilansaari. (Oulun kaupunki / Lajunen)

Eräs ongelma kaavassa ovat vapaastiseisovat rakennukset, joiden väleissä ilmavirtauksen nopeus nousee huomattavasti. Alla oleva kaavio kuvaa ilmavirtauksen voimistumista rakennusten välisissä aukoissa.



Kuva. Bernollin yhtälö kuvaa sitä, miten suppenevassa tilassa tuulen nopeus kasvaa (Glaumann).

Suunniteltujen kerrostalojen lähistöllä ulkoalueiden mikroilmasto on ilman erityistoimenpiteitä ongelmallinen, mutta pahimmat kohdat rakennusten tuntumassa voidaan rakennus- ja ympäristösuunnittelun keinoin saada tyydyttävälle tasolle. Rakennusten nurkissa ja joidenkin sisäänkäyntien kohdalla ilmavirtaukset ovat vaikeimmin hallittavissa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että esitetty maankäytön luonnos on mikroilmaston kannalta hyvä kaavoituksen pohjaksi. Tässä raportissa esitetyt ongelmat voidaan hyvin ratkaista rakennussuunnittelussa kaavaa muuttamatta. Rakennussuunnittelussa tulee kiinnittää huomiota seuraavissa analyysikuvissa esitettyihin tuulisiin kohtiin. Luvussa 4 on esitetty jatkosuunnittelussa mahdollisia toimenpiteitä.

ANALYYSIKAAVIOT

Seuraavilla sivuilla olevissa kaaviokuvissa on esitetty kaava-alueen tuulisuus Toppilan alueella vallitsevien ja ongelmallisimpien etelä-lounas- sekä länsi-luoteistuulten aikana. Tuulensuunta on merkitty isolla nuolella, tärkeimmät maanpinnan tuulet pienillä nuolilla ja turbulenssit kierteisellä kuviolla. Nuolen pituus on summittaisesti suhteessa ilmavirtauksen nopeuteen; pidempi nuoli tarkoittaa suurempaa virtausnopeutta.

Merkintä RF 0,00 tarkoittaa CASE metodiin kehitettyä ympäristön tuulta hidastavaa kerrointa (RF *roughness factor*, *Kuismanen 2008*). Mitä pienempi luku, sitä enemmän rakennusstruktuuri tai kasvillisuus pienentää keskimäärin tuulen voimaa. Paikallisissa tuulikanavissa ja korkeiden rakennusten ympäristössä ilmavirtaus voi olla kuitenkin paikallisesti huomattavasti nopeampi ja voimakkaampi kuin mitä RF-kerroin osoittaa.

Nykyiseen tilanteeseen verrattuna uusi rakentaminen aiheuttaa aina muutoksia. Oikein suunniteltuna uusi rakentaminen vähentää tuulisuutta suunnittelualueen eri puolilla. Toisaalta kaikkein leveimmät pääliikenneväylät ovat tuuliset joka tapauksessa, eikä suojaaminen oleellisesti muuta niiden olosuhteita.

Ympäristön vaikutusta suunnittelualueen tuulisuuteen on tarkasteltu kahdella tärkeimmällä tuulensuunnalla:

- I. **Etelä-lounas**. Kohtalaisen yleinen syksyllä ja talvella. Kiusallinen keväällä.
- II. **Länsi-luode**. Vallitseva kesällä, jolloin merituuli koetaan kiusalliseksi. Häiritsevä myös muina vuodenaikoina.

Vaikka tuuliruusujen mukaan eri vuodenaikoina Toppilan suuralueella on voimakkaita tuulia muiltakin suunnilta, ovat yllämainitut kaksi tapausta rakennussuunnittelun ja viihtyisyyden kannalta tärkeimmät. Muista suunnista Ranta-Toppila on suhteellisen hyvin suojattu suorilta ilmavirtauksilta. RF-kerroin (länsituulikaaviossa) näyttää tuulen suhteellisen nopeuden suuruusluokan verrattuna gradienttituuleen (vapaan ilmakehän tuulennopeuteen). Mitä suurempi kerroin, sitä tuulisempi alue keskimäärin on. RF 0,80 ja sitä pienempi arvo suojaa jo kohtalaisesti tuulelta. RF 0,65 ja sitä pienempi on jo melko hyvä suojaus.

Seuraavien sivujen tuulikaaviossa olevien numeroiden selitykset:

- 1) Tuulikanava. Tuulinen katutila tuo voimakkaan ilmavirtauksen alueelle..
- 2) Tuulikenttä. Leveä liikennealue, jolla tuuli puhaltaa esteettä.
- 3) Puurivi. Harvahko lehtipuurivi yleensä lisää kesätuulta katutasossa.
- 4) Tuulensuoja. Matalampi rakennusosa suojaa piha-aluetta, vaikka ylempänä tulee.
- 5) Jälkivirtaus. Suunnittelualueelta kohdistuu voimakas pyörteinen ilmavirta kevytliikenteen väylälle.
- 6) Tuulinen sisäänkäynti. Tuuli voi hankaloittaa ovien aukaisemista.
- 7) Suojattu kortteli. Tiheärakenteinen rakennusstruktuuri suojaa tuulelta melko hyvin, huolimatta paikallisista tuulikanavista.

Kuva. Etelä-lounatuuli.

Satamarannan aukiot ovat hyvin tuulisia, ja rakennusten tuntumassa esiintyy voimakkaita pyörteisiä virtauksia. Näillä kohdin sisäänkäyntien ovet ovat hankalasti käytettävissä kovalla tuulella. Muiden rakennusten välisillä ulkoalueilla tuulee paikoitellen kohtuullisesti.

Pisimpien nuolten osoittamissa kohdissa ilman virtausnopeutta voidaan pitää häiritsevänä (ilman toimenpiteitä).



VOIMAKAS TUULI.



PYÖRTEINEN TUULI.



Kuva. Länsi-luodetuuli.

Satamarannan alueet ovat hyvin tuuliset. Näillä kohdin sisäänkäyntien ovet ovat hankalasti käytettävissä kovalla tuulella. Kohtuullisia virtauksia esiintyy myös pienemmillä kujilla ja aukiolla.

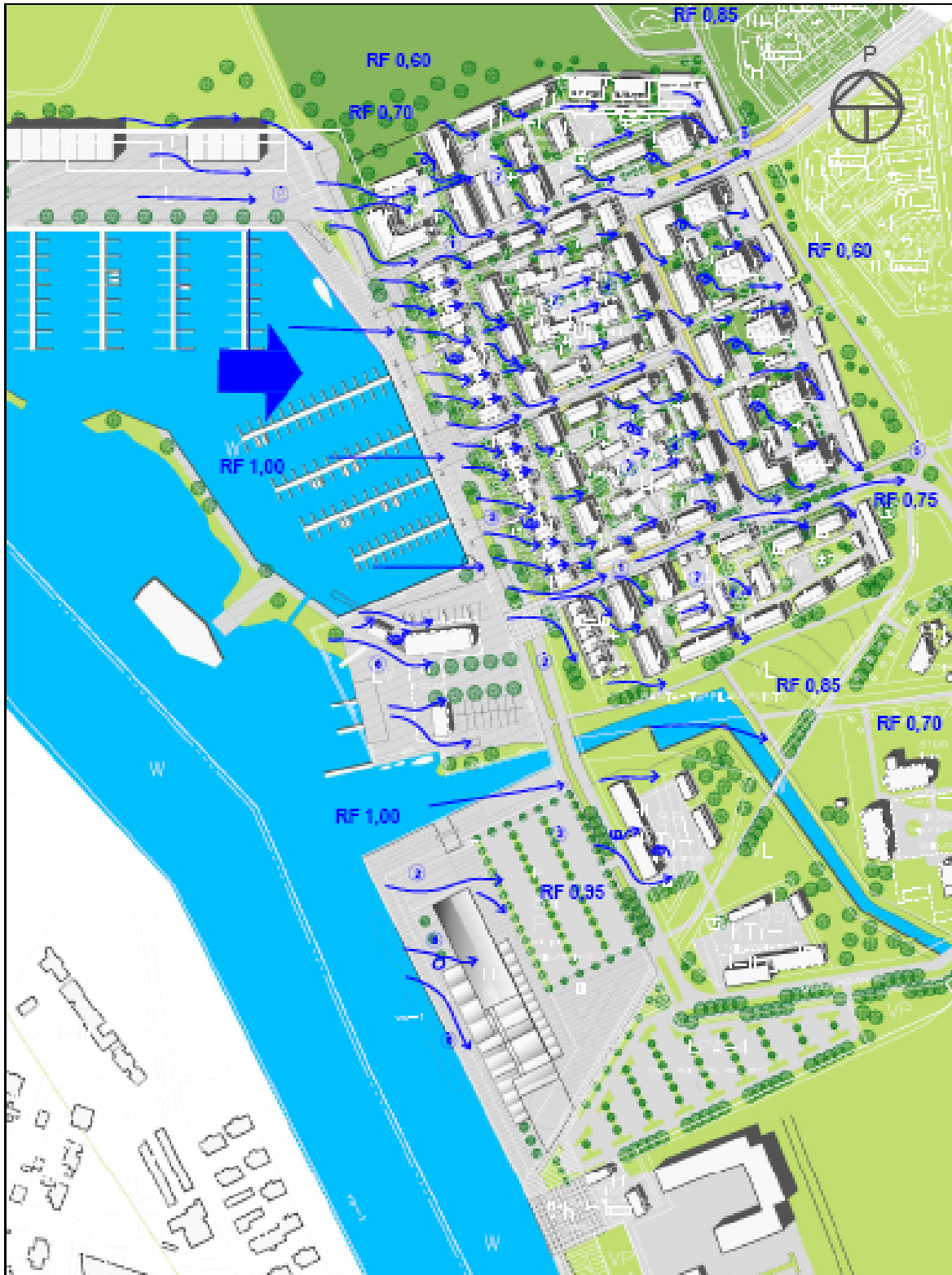
Pisimpien nuolten osoittamissa kohdissa ilman virtausnopeutta voidaan pitää häiritsevänä (ilman toimenpiteitä).



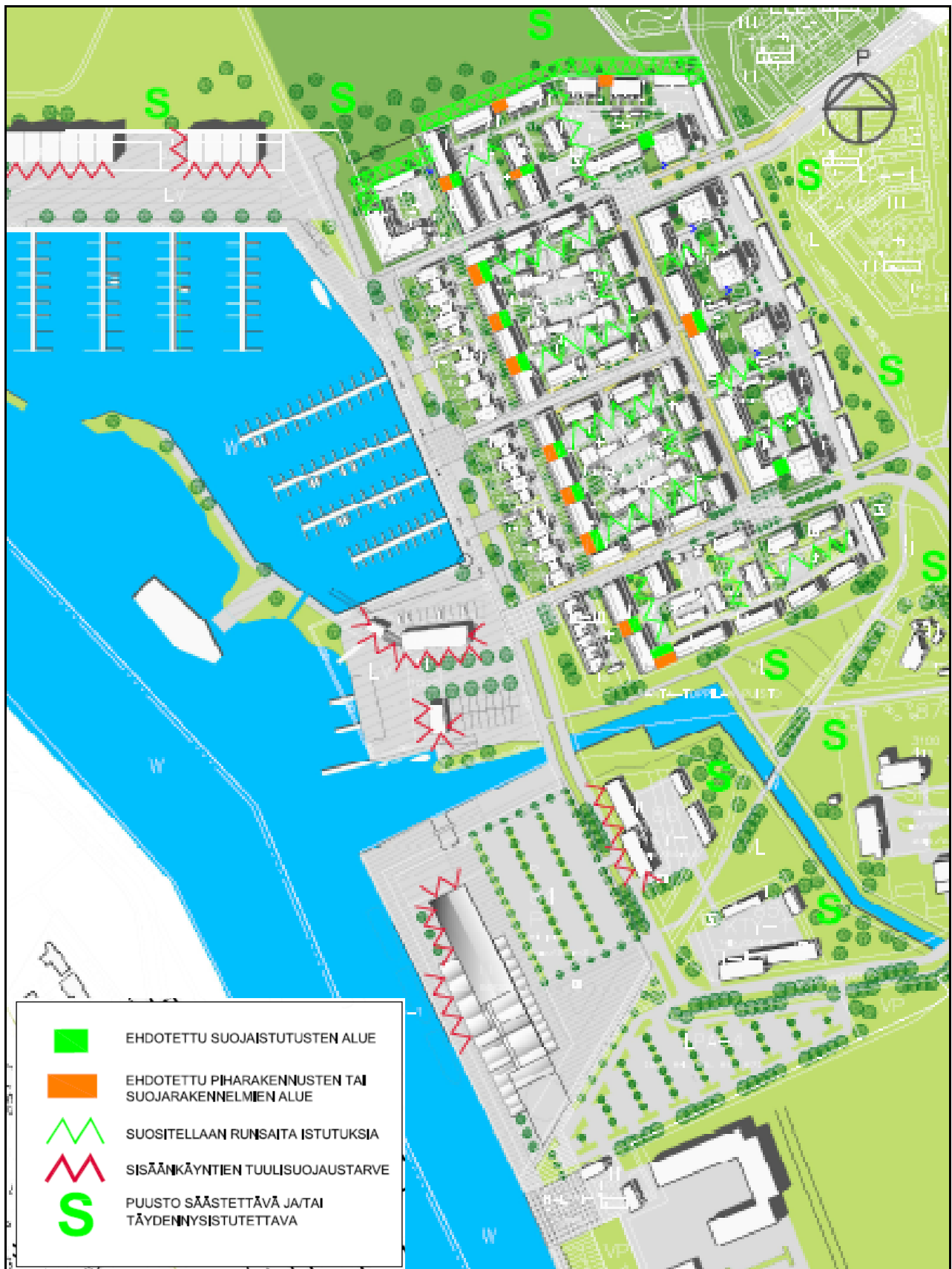
VOIMAKAS TUULI.



PYÖRTEINEN TUULI.



Kuva. Ehdotuksia tuulensuojiksi.
 Ehdotetut tuulensuojaistutukset merkitty summittaisesti (vihreä). Niiden läpi voidaan johtaa kulkureittejä. Ympäristön metsiköihin suositellaan täydennysistutuksia.
 Ehdotetut tuulensuojarakenteet (okra) voivat olla rakennuksia, säleikköjä tai aitoja. Myös niiden läpi voidaan johtaa kulkuväyliä. Osa rantavyöhykkeen sisäänkäynneistä vaatii tuulensuojaa.



5 SUUNNITTELUOHJEITA

ALUETASO

Ympäristön mikroilmastolliset päälinjat määräytyvät ympäristön mukaan, eikä niiden muuttamiseen mikroilmastollisista syistä ole mahdollisuutta. Mereltä alueelle kohdistuu useita tuulikanavia, jotka toisaalta huonontavat mikroilmastoa, mutta toisaalta tuulettavat liikenteen päästöt pois.

Aluetasolla ei mikroilmastolle tai ilmaston muutoksen tuomille ongelmille voida tässä tapauksessa tehdä mitään.

KORTTELITASO

Tuulisuutta ajatellen katualueet, pihat, rakennukset, rakennelmat ja istutukset muodostavat yhdessä toimivan kokonaisuuden. Erilaisia toimenpiteitä yhdistelemällä tuulisuutta voidaan vähentää tai tarvittaessa myös lisätä. Osa suunnitelluista julkisista aukioista ja liikennealueista on hyvin tuulisia, mutta myös niillä tuulienergiaa voidaan sitoa sopivilla rakenteilla ja istutuksilla.

Rannassa avoimilla kentillä sijaitsevat rakennukset aiheuttavat voimakkaita ilmavirtauksia ja turbulensseja ympärilleen, ja ilman toimenpiteitä huonontavat jalankulun olosuhteita huomattavasti. Osa näiden tilojen sisäänkäynneistä tulee tuulisella ilmalla olemaan hyvin vaikeakäyttöisiä varsinkin lapsille ja senioreille, ja siksi niille on syytä tehdä rakennussuunnittelun yhteydessä seuraavassa luvussa ehdotettuja lisärakenteita.

Katutasolla voidaan ilmavirtauksia vaimentaa huomattavasti sulkemalla avoimia kenttiä ja rakentamalla suhteellisen tiheää tasakorkeaa piharakenteiden ja kadunkalusteiden struktuuria, jota täydennetään istutuksin ja aidoin. Huomiota tulee kiinnittää erityisesti niihin kohtiin, joissa tuulikaavioihin on piirretty pitkiä nuolia tai turbulenssin merkkejä.

Kaavaehdotuksen matala yhtenäinen korttelialue on mikroilmastoltaan hyvä, vaikka sielläkin rakennusten väliin jätetyt aukot muodostavat paikallisia tuulikanavia. Nämä kanavat ovat kuitenkin suhteellisen helposti suljettavissa rakennusosilla tai aidoilla sekä tiiviillä istutuksilla.

Suunnittelun lähtökohtia:

- olevan kasvillisuuden säilyttäminen
- tuulikanavien sulkeminen
- varsinkin korkeiden rakennusten täydentäminen lipoilla, suojakatoksilla, aitauksilla jne.

Leikkialueiden tuulensuojausta suositellaan. Leikkipaikoille asetetaan monipuolisia vaatimuksia:

- suojattu tuulilta, melulta ja liikenteeltä
- aurinkoisuus; auringon paistettava yli viisi tuntia tasauspäivänä
- myös varjoisia paikkoja tulee löytyä
- vaihtelevia istutuksia ja materiaaleja; kiviä, hiekkaa, vettä, kasveja jne.
- vältettävä kylmiä maalajeja tai materiaaleja alustana.

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.

RAKENNUKSET KAAVOITUKSESSA

Kerrostalojen seinät johtavat ilmavirtauksia alaspäin, ja nämä olisi katkaistava julkisivun vaakarakenteilla ja sisäänkäyntien katoksilla. Lisäksi voidaan rakentaa suojaseinämiä ja –säleikköjä, piharakennuksia sekä istuttaa kasvillisuutta.

Satama-alueella olevien suurten rakennusten aiheuttamaa turbulenssia voidaan vähentää porrastamalla korkeutta nurkissa tai liittämällä matalampia rakennuksia tai rakenteita kulmiin. Sisäänkäyntien tuulisuutta tulisi vähentää rakennussuunnittelun keinoin, kuten lipat ja 30-50 %:a läpäisevät seinämät. Näiden säleikköjen tai seinämien korkeuden tulisi olla vähintään 2-3 metriä. Kaiteita käyttämällä voidaan lisätä jalankulun turvallisuutta turbulentsisimmilla katualueilla ja sisäänkäynneissä.

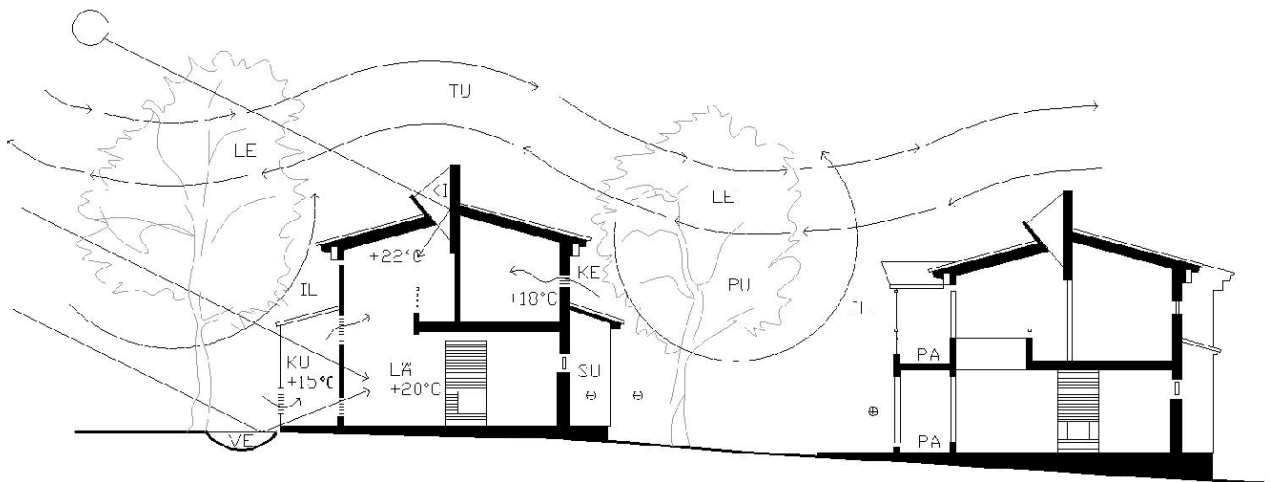
Rakennuksien välisiä aukkojen tuulisuutta tulisi hillitä rakenteilla ja/tai istutuksilla. Näiden suojarakenteiden läpi voidaan johtaa kevytliikenteen väyliä, joiden mitoitus tulisi kuitenkin olla intiimi ja suuntaus mieluummin polveileva kuin suora.

Rakennuksiin tehtävien kulkuaukkojen (porttien ja porttikongien) läpi virtaavan ilmavirran nopeutta voidaan vähentää aukon viereisillä istutuksilla ja säleiköillä, aukon yläpuolisilla lipoilla sekä aukon ympäri tehtävällä yli metrin ulkonevalla kauluksella, joka voi olla umpinainen tai 10-35 %:a läpäisevä.

Räystäiden, kattojen, julkisivujen ja lasitusten kestävyyttä viistosateita, tuulikuormia ja korroosiota vastaan on parannettava nykyisiin normeihin ja käytäntöihin verrattuna. Huoltokirjaan on syytä kirjata julkisivujen, parvekkeiden, kattojen ja piharakenteiden tarkastusmenettely.

Rakennuksen vyöhykkeisyys

Useimmiten rakennukset on syytä suunnitella vähintään aurinkoenergiaa passiivisesti hyödyntäviksi. Tuulen jäähdyttävää vaikutusta voidaan vähentää suunnittelemalla rakennus muodostumaan vyöhykkeistä rakennuspaikan tuuli- ja valaisuolosuhteiden mukaisesti. Pohjoiseen ja tuulisiin ilmansuuntiin päin tehdään suojavyöhykkeet kylmistä taloustoiloista, luhtikäytävistä, parvekkeista, säleiköistä jne. Eteläpuolelle voidaan suunnitella ilmastovyöhyke, joka hyödyntää aurinkoa talvisin, mutta torjuu auringon säteilyä kesäisin. Mikäli kyseessä on kaksoisjulkisivu, voidaan se suunnitella toimimaan luonnonmukaisesti olosuhteiden mukaisesti eri vuodenaikoina.

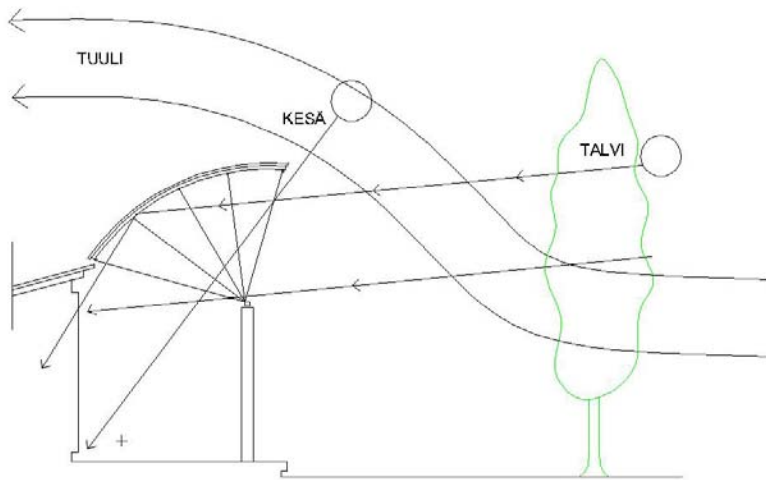


Kuva. Rakennusten sisä- ja ulkotilojen välinen vuorovaikutus.

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

Usein esiintyvä ongelma etenkin etelä- ja länsirannikoilla on kylmän tuulen puhaltaminen samalta suunnalta auringon kanssa. Tällöin pyritään tuuli ohjaamaan pihan yli ja luomaan suojaisia poukama esimerkiksi tuulen

suuntaan avautuvan auran muotoisella pohjapiirroksella tai katoksella tuulen puolella (kovera muoto, kuva). Suora tai kupera seinä tuulen puolella aiheuttaa turbulenssin, joka vähentää lumen kinostumista. Loiva pitkä katto suojan puolella vähentää suojaisaa aluetta ja lumen keräytymistä. Mahdollisuuksien mukaan talon ja rakennusryhmän selkä käännetään päätuulensuuntaan. Arkadit ja katetut jalkakäytävät suojaavat sateelta, liukkaudelta ja auringolta.



Kuva. Lounaistuulen puolelle rakennettu lipa, joka muodostaa tyyneen oleskelualueen, varjostaa kesällä ja päästää auringon sisään talvella.

Rakennussuunnittelun keinoja:

- tiivis, matala ja pienimittakaavainen rakentaminen helpottaa hyvän mikroilmaston luomista
- korkeat rakennukset ohjaavat ilmavirtauksia maantasoon
- 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
- 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
- lehtipuut eteläpuolelle, havupuut pohjoiseen.

VIHERSUUNNITTELU

Monissa kohdissa on oikein tehty vihersuunnittelu hyvä keino aktiivisesti parantaa mikroilmastoa. Tehokkaimmat tuulensuojat syntyvät kolmitasoisista istutuksista (kuva).

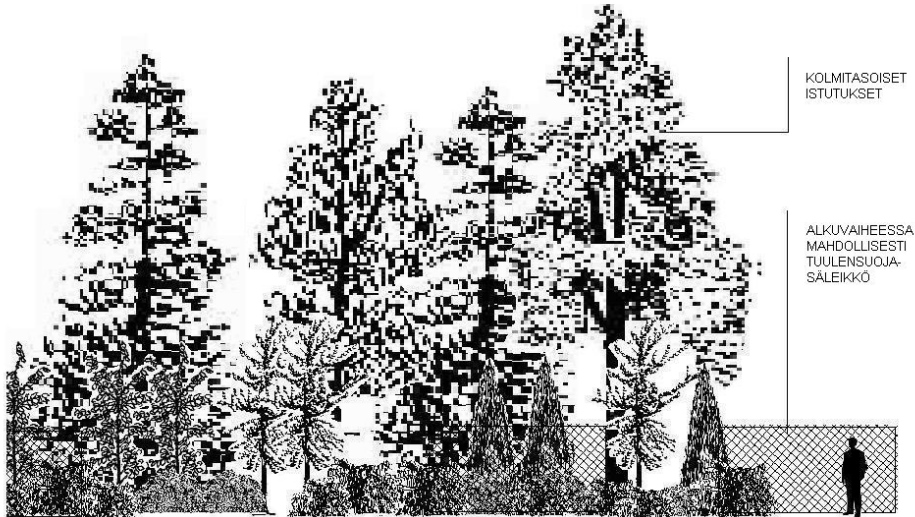
Aluetasolla tuulisuudeltaan ongelmallisia ovat avoimet liikennetilat ja ranta-aukiot. Katutilan ilmavirtauksia voidaan hillitä istutuksilla. Suomessa tavallisilla harvahkoilla lehtipuukujilla ei kuitenkaan ole juuri vaikutusta tuulisuuteen. Päinvastoin, tuuhea latvusto voi ohjata ilmavirtauksen paljaan rungon kohdalle maantasoon.

Kasvillisuutta voidaan myös käyttää liikennealueiden ilman epäpuhtauksien suodattamiseen.

Pitkät suorat kevytliikenteenväylät muodostuvat ilman toimenpiteitä ajoittain häiritsevän tuuliseksi. Tässä tapauksessa istutukset ovat ainoa keino virtauksia vastaan.

Pihoilla tuulisuus on hallittavissa voimakkaiden oikein muotoiltujen istutusmassojen avulla. Istutusten tehoa voidaan lisätä maaston muotoilulla ja säleiköillä.

Kuva. Kolmikerroksisten tuulensuojaistutusten periaate.



- 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.

6 SUOSITUKSET

TUULITESTAUKSEN KÄYTTÄMINEN

Tämä raportti käsittää kaavatason mikroilmastoanalyysin tekemisen ja kokemukseen perustuvat suunnitteluohjeet.

Suunnittelualueen tuulennopeudet vaihtelevat 4 – 5,5 m/s välillä. Paikallisesti esiintyy suurempiakin nopeuksia kerrostalojen ympäristössä tai missä mereltä suuntautuu tuulikanava. Tuulennopeudet ylittävät useissa paikoissa kynnyksen, jonka jälkeen tutkimusten mukaan olisi kaava- ja rakennussuunnittelua tehtäessä suoritettava mikroilmastoanalyysit, mikä on tehty tässä selvityksessä, ja mahdollisesti käytettävä tuulitestausta (taulukko 3.). Tässä selvityksessä on pystytty kuitenkin antamaan sen verran tarkat kohdistetut ohjeet jatkosuunnittelulle, ettei pienoismallin tuulitestausta tarvitse tehdä asuntokortteleissa. Mikäli halutaan suurempi varmuus laitureilla sijaitsevien rakennusten ympäristön mikroilmaston hyvästä laadusta ja tuulen käyttäytymisestä rakennusosissa, olisi rakennussuunnitteluvaiheessa tehtävä pienoismalli, joka tuulitestataan.

Oulussa 12.12.2012

Kimmo Kuismanen
TkT, arkkitehti-SAFA

HUOM. Perustamiskorkeuksia täsmennetty N2000 järjestelmän mukaisiksi 7.1.2013.

LIITE I

TAULUKKO 1

ULKOALUEIDEN TUULISUUSKRITEERIT

ULKOALUEIDEN TUULISUUSKRITEERIT AJALLISENA VALLITSEVUUTENA (%) JA KOETTUNA TUULENNOPEUTENA. KRITEERIT PÄTEVÄT SEKÄ KENTTÄ- ETTÄ TUULITUNNELIMITTAUKSIEN TULOKSIIN.

ULKOALUEET	VAIHTOEHTOISET RAJA-ARVOT	
	SEN AJANJAKSON OSUUS VUODESTA, JOLLOIN TUULEN- NOPEUTTA 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

(Glaumann 1980, suom. KK)

LIITE II

TAULUKKO 2

HYVÄKSYTTÄVÄN VUOTUISEN TUULEN KESKINOPEUDEN RAJA-ARVOT (M/S) JALANKULKIJAN ERI ULKOTOIMINTOJEN LUOKILLE.

PAC	KYLMÄ JA LAUHKEA ILMASTO	
	HYVÄ	SIEDETTÄVÄ
A	1.5 m/s	2.0 m/s
B	3.0	3.5
C	4.0	4.5
D	4.5	5.0

- A ISTUMINEN. Katukahvila, terassi, allasalue, lastentarhan piha.
B SEISOMINEN. Bussipysäkki, pelikenttä, kävelykatu, koulun piha.
C KÄVELY. Kävelyreitit, rakennusten sisäänkäynnit.
D REIPAS KÄVELY. Kevyenliikenteenväylät, paikoitusalueet.

PAC, *pedestrian activity category* = jalankulkijan toiminnan luokka.

(Kuismanen 2008)

LIITE III

TAULUKKO 3

TUULEN KESKINOPEUDEN LUONNEHDINTA JA TARVITTAVAT SUUNNITTELUTOIMENPITEET.

KESKINOPEUS 2 M KORKEUDESSA M/S	TUULISUUDEN LUONNEHDINTA	SUUNNITTELU-TOIMENPITEITÄ
yli 5,5	Hyvin tuulinen	Rakennukset ja alueet vaativat suojaamista. Tuulitunnelitestausta voidaan edellyttää
4,0 - 5,5	Tuulinen	Oleskelu- ja kevyenliikenteen 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

(Glaumann 1980, suom. KK)