

**SITOWISE**

# **Keilalahdenkaarre – tuulisuusselvitys**

**5.9.2023**

**EERO PUURUNEN & LEONARDO SORIA HERNANDEZ**

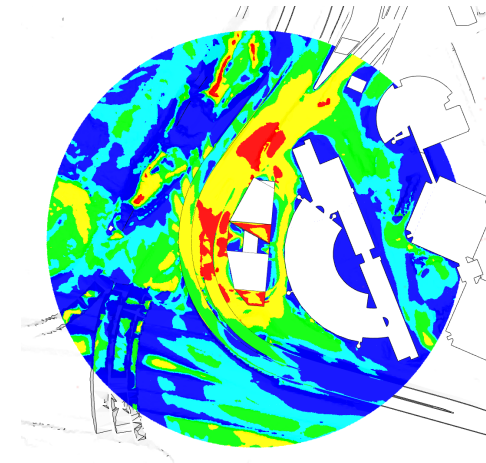
# Tiivistelmä mallinnuksen tuloksista

Meren läheisyys näkyy tuulimallinnuksen tuloksissa. Vallitsevat tuulet saapuvat alueelle melko esteettä, aiheuttaen sisämaata voimakkaampaa tuulisuutta.

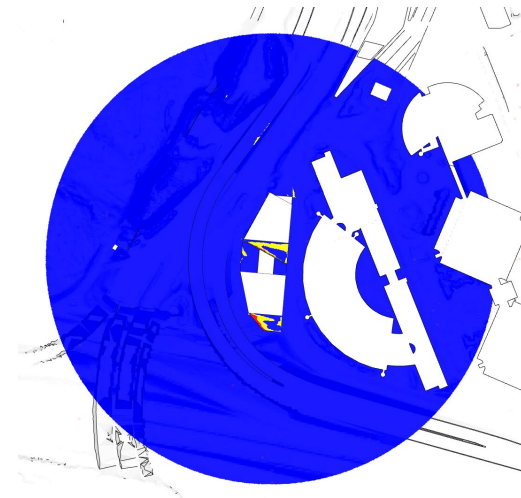
Suunnittelualueella ja sen lähiympäristössä ilmenee katutasossa tuulisuuden kannalta epämiellyttäviä alueita (punaiset ja keltaiset alueet ylemmässä kuvassa). Tuulisuutta on onnistuttu kuitenkin minimoimaan rakennusmassoittelulla. Tuulisimmat alueet eivät sijoitu kaavailuille oleskelualueille, tai muuten tuulisuuden kannalta kriittisimmille alueille. Tästä poikkeuksen muodostavat kattopihat, jotka tulevat vaatimaan tuulelta suojaamista (esimerkiksi lasiseinät).

Alueella ei ole merkittävää riskiä vaarallisten tuuliolosuhteiden syntymiselle, lukuun ottamatta edellä mainittuja kattopihoja (keltaiset ja punaiset alueet alemmassa kuvassa). Tämä raportti sisältää kuitenkin ehdotuksia siihen, miten tuuliolosuhteita voitaisiin edelleen parantaa.

Mallinnus ei sisältänyt puustoa, mikä on tyypillinen oletus tuulimallinuksissa. Mallinnus antaa näin ollen konservatiivisen arvion, joka ei huomioi ympäristön kasvillisuuden vaikutusta.



*Tuuliviihtyvyyys*



*Tuuliturvallisuus*

# Sisällysluettelo

1 Johdanto	4
2 Selvityksen tulokset	5
3 Selvityksen toteutustapa ja lähtötiedot	13
4 Simulaatioiden tulokset eri tuulensuunnilla	19

# 1 Johdanto

Tämä tuulisuusselvitys toteutettiin elo-syyskuussa 2023. Tuulisuusselvityksen tavoitteena oli arvioida ja kehittää alueen katutason tuuliolosuhteita ulkotiloissa oleskelevan ihmisen näkökulmasta. Työ tehtiin vuorovaikutuksessa kohteen suunnitteluryhmän kanssa. Myös Espoon kaupunki osallistui selvityksen kommentointiin.

Yleisenä tuuliolosuhteiden minimi-vaatimuksena voidaan pitää sitä, että ulkotilojen tuuliolosuhteet eivät muodostu tyypillisillä tuulen nopeuksilla vaarallisiksi. Pyrkimyksenä oli tämän ohella varmistaa, että erityisesti tuulisuudelle alttiille toiminnoille (pitkäaikainen ulko-oleilu ja pyöräily) pystytään tarjoamaan hyvät tuuliolosuhteet.

Analyysi toteutettiin numeerisen virtausmallinnuksen, eli "virtuaalisen tuulitunnelin" avulla. Katutason tuulisuuden arviointiin ei Suomessa ole kansallista

standardia. Tässä selvityksessä simulaatioiden tuloksia tulkittiin pääasiassa Alankomaiden NEN 8100 standardin pohjalta.

Työn tilasi SRV Rakennus Oy. Tilaajan edustajana toimi Juha Karttunen.

## 2 Selvityksen tulokset



# Tulosten tulkitsemistavasta

Seuraavilla sivulla esitetyt tulokset perustuvat tuuliviihtyvyyden luokitteluun erilaisten standardien pohjalta. Tuulisuusluokat (esimerkki oheisessa kuvassa) pohjautuvat pitkän aikavälin tuulisuustietoon ja tämän yhdistämiseen eri ilmansuuntien simulaatioiden tuloksiin. Tuulisuusluokat perustuvat tietyn tuulennopeuden raja-arvon ylittymisen todennäköisyyteen.

Tuloksia tulee tulkita siten, että kunkin alueen tuuliluokitusta arvioidaan suhteessa alueen toimintoihin. Rauhalliseen oleiluun tarkoitetut alueet ja rakennusten sisäänkäynnit vaativat vähätuulisia olosuhteita. Myös pyöräilyn reitit voivat olla alttiita tuulisuudelle.

## Tuulisuuden mukavuusluokitukset Alankomaiden ohjeistuksen NEN 8100 mukaan

P (U>5 m/s)* [%]	Viihtyisyys- luokka	Soveltuvuus ei aktiviteetteihin		
		Juokse- minen	kävely	istuminen
< 2,5	<b>A</b>	hyvä	hyvä	hyvä
2,5 - 5	<b>B</b>	hyvä	hyvä	välttävä
5 - 10	<b>C</b>	hyvä	välttävä	huono
10 - 20	<b>D</b>	välttävä	huono	huono
> 20	<b>E</b>	huono	huono	huono

\*todennäköisyys, että annettu raja-arvo ylittyy

# Tulosten tulkintaa

Seuraaville sivulle on koostettu tuloksia alueen simuloituista tuuliolosuhteista standardin NEN 8100 pohjautuen.

Kuvassa 1 esitetään suunnitelman tuuliviihtyvyysolosuhteita katutasossa ja kattopihoilla. Samat tulokset esitetään kuvassa 2 asetettuna rakennuksen maantason pohjapiirroksen päälle.

Meren läheisyys näkyy tuulimallinnuksen tuloksissa. Vallitsevat tuulet saapuvat alueelle melko esteettä, aiheuttaen sisämaata voimakkaampaa tuulisuutta. Tuulisuuden voidaan ajatella olevan yksi alueen keskeinen luonteenpiirre, jolla on sekä huonoja että hyviä puolia. Kesäaikaan tuulenvire voi viilentää mukavasti. Talvella tuulisuus lisää kylmän tunnetta. Tässä raportissa ei kuitenkaan kommentoida tuulen ja muiden sääolojen yhteisvaikutuksia. Tarkastelutavan voisi mieltää niin, että lämpö- ja kosteusolosuhteiden oletetaan olevan miellyttävät kaikkina vuodenaikoina. Mallinnus auttaa arvioimaan ennen kaikkea sitä, voiko tuulisuuden myötä syntyä vaarallisia olosuhteita.

Suunnittelualueella ja sen lähiympäristössä ilmenee

katutasossa tuulisuuden kannalta epämiellyttäviä alueita (punaiset ja keltaiset alueet kuvissa 1 ja 2). Erityisesti vallitsevat lounaistuulet aiheuttavat alueella voimakasta tuulisuutta.

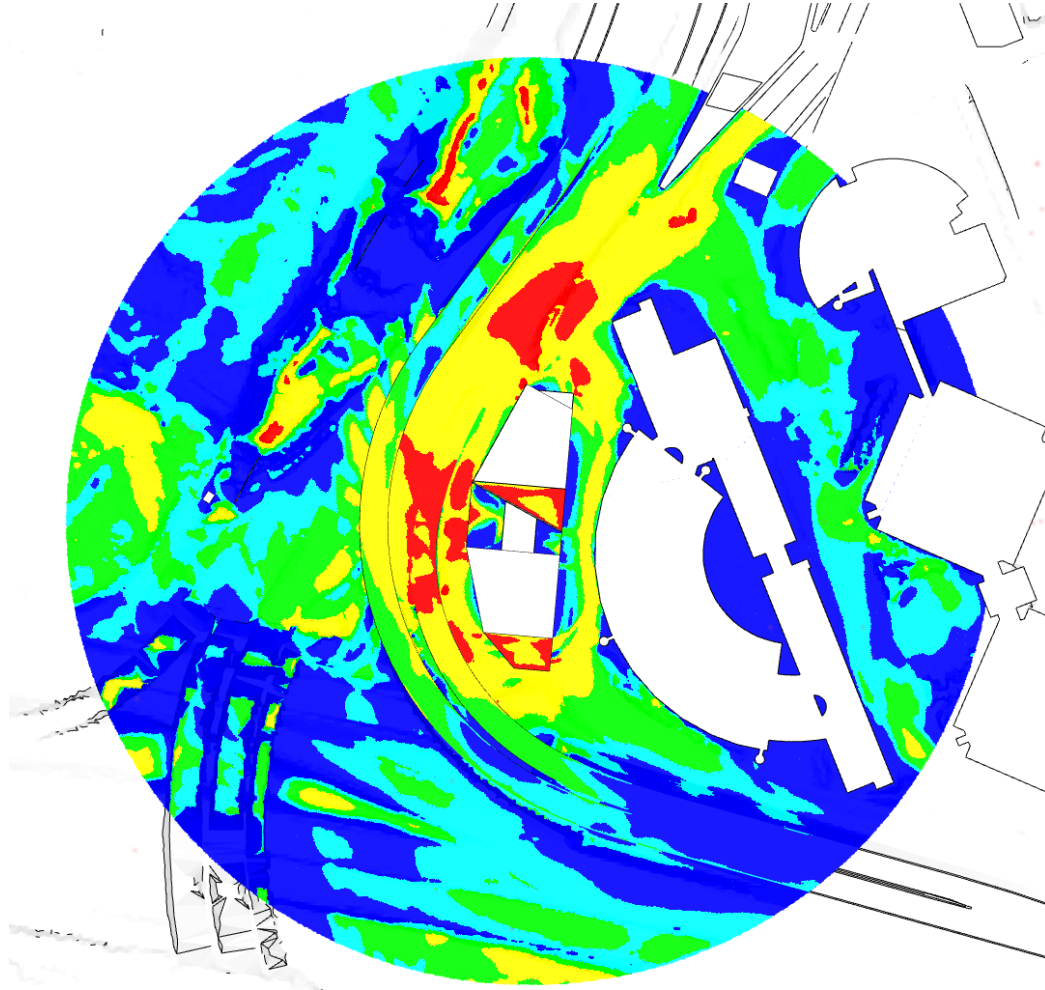
Tuulisimmat alueet eivät kuitenkaan sijoitu kaavailluille oleskelualueille, tai muuten tuulisuuden kannalta kriittisimmille alueille. Tästä poikkeuksen muodostavat kattopihat, jotka tulevat vaatimaan tuulelta suojaamista (esimerkiksi lasiseinät).

Alueella ei ole merkittävää riskiä vaarallisten tuuliolosuhteiden syntymiselle (punaiset ja keltaiset alueet kuvassa 3), lukuun ottamatta edellä mainittuja kattopihoja.

Mallinnus ei sisältänyt puustoa, mikä on tyyppinen oletus tuulimallinuksissa. Mallinnus antaa konservatiivisen arvion, joka ei huomioi alueelle tulevan viherrakenteen vaikutusta. Puiden ja pensaiden lisääminen on kuitenkin tehokkaimpia tapoja vähentää katutason tuulisuutta.

Katutason tuuliolosuhteita on kommentoitu tarkemmin kuvan 2 yhteydessä.

# Kuva 1: tuuliviihtyvyys (NEN 8100)



Tuulisuuden mukavuusluokitukset Alankomaiden ohjeistuksen NEN 8100 mukaan

P (U>5 m/s)*	Viihtyisyys- luokka	Soveltuvuus ei aktiviteetteihin		
		Juokse- minen	kävely	istuminen
< 2,5	<b>A</b>	hyvä	hyvä	hyvä
2,5 - 5	<b>B</b>	hyvä	hyvä	välttävä
5 -10	<b>C</b>	hyvä	välttävä	huono
10 - 20	<b>D</b>	välttävä	huono	huono
> 20	<b>E</b>	huono	huono	huono

\*todennäköisyys, että annettu raja-arvo ylittyy

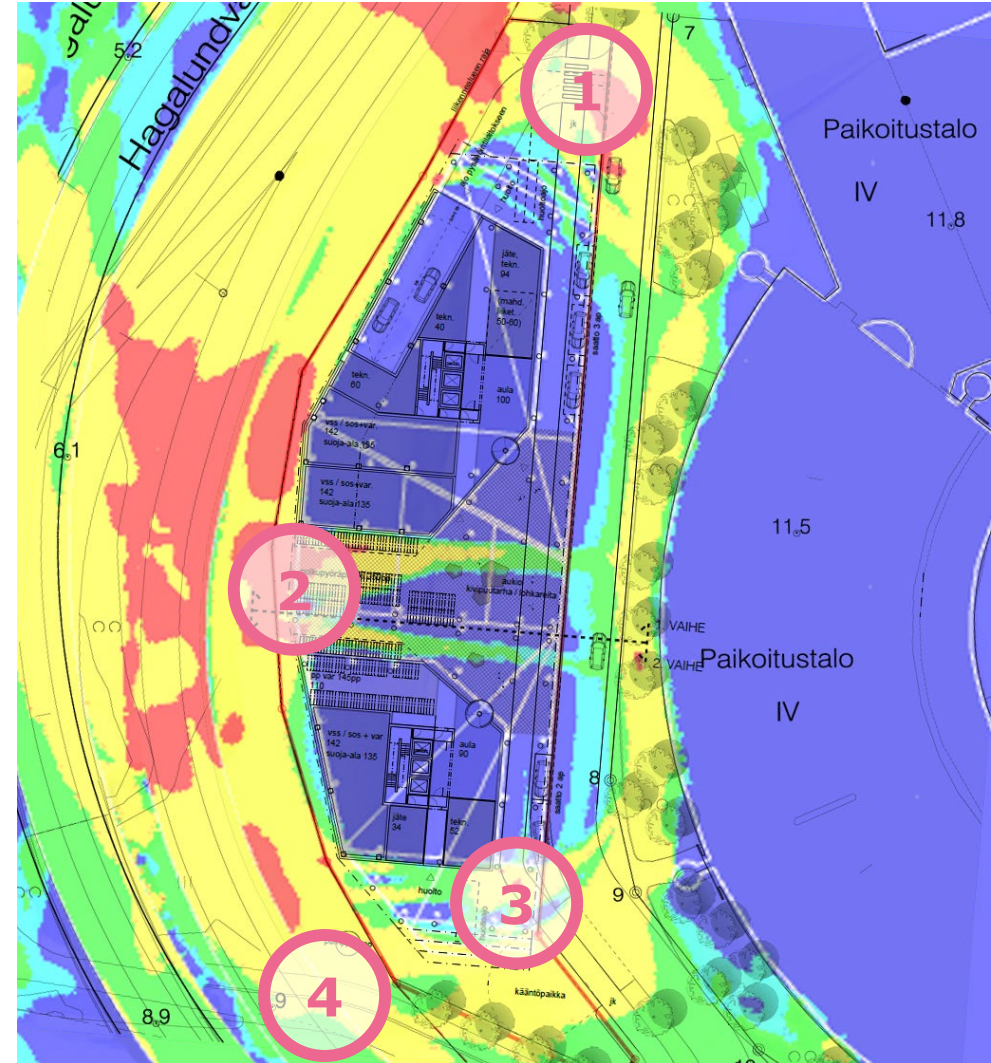


# Kuva 2: tuuliviihtyvyys (NEN 8100) - detalji

Kuten edellä on todettu, alueella katutasossa ilmenevä tuulisuus ei kohdistu ulkona oleilemisen ja liikkumisen kannalta kriittisimmille alueille. Seuraavassa on kuitenkin ehdotuksia siihen, miten olosuhteita voitaisiin edelleen kehittää.

Kaava-alueen pohjoispäässä (kohde 1. oheisessa kuvassa) ilmenee voimakkaampaa tuulisuutta suojatien läheisyydessä. Tämän alueen tuulisuuteen vaikuttavat ennen kaikkea itä-kaakko -sektorin tuulet, joiden ohjautumista katutasoon voitaisiin vähentää esimerkiksi vaakasuuntaisilla ulokkeilla itäjulkisivussa. Myös etelätuulet ohjautuvat suppilovaikutuksen myötä tälle alueelle. Etelätuulten vaikutusta vähentäisi esimerkiksi se, että rakennuksen eteläpää porrastuisi siten, että alapää on yläpäästä enemmän ulkona. Tämä estäisi tuulten siirtymistä katutasoon.

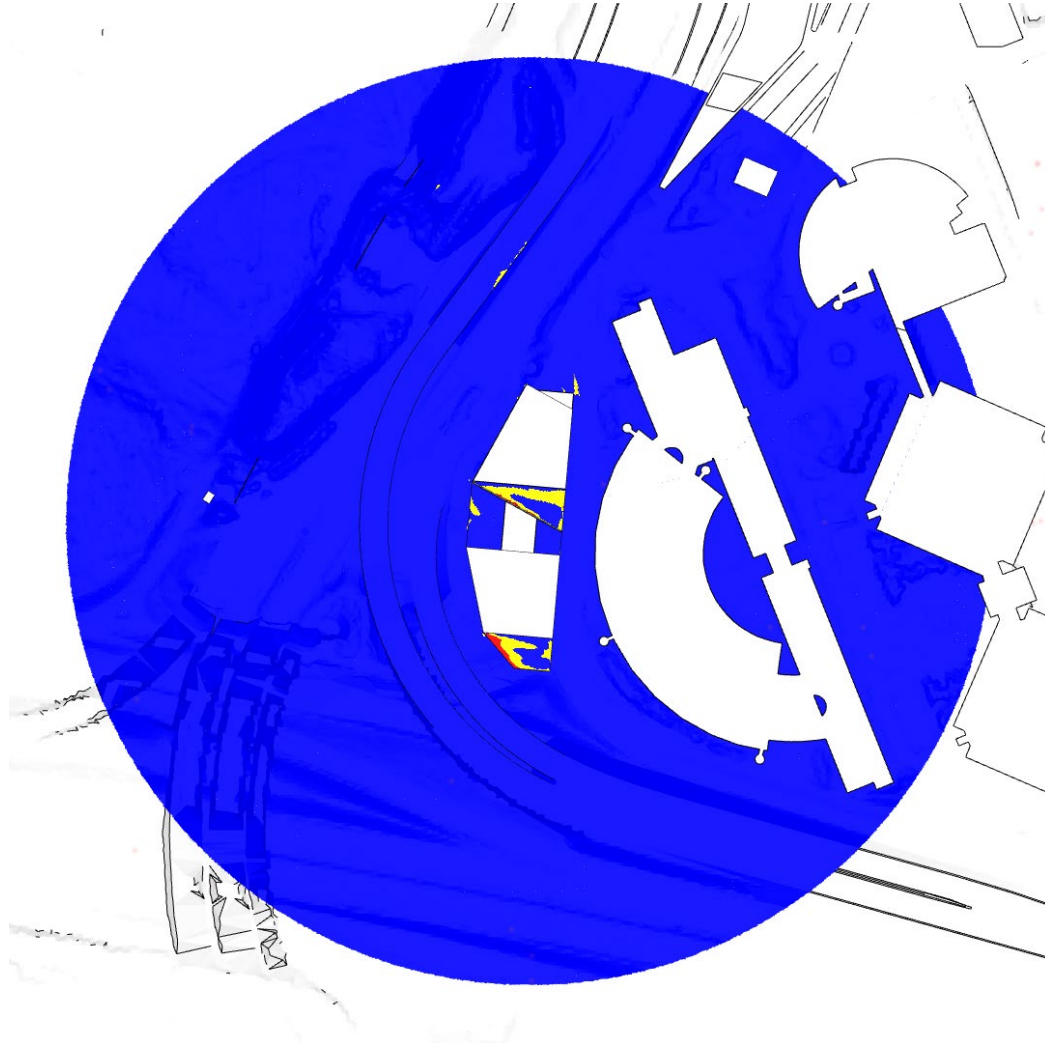
Rakennuksen läpi, itä-länsisuunnassa, maantasossa kulkevan aukon länsipäässä ilmenee voimakasta tuulisuutta (kohde 2). Tähän voitaisiin vaikuttaa esimerkiksi katutason pensasistutuksilla tai säleiköillä, sekä esimerkiksi vaakasuuntaisilla ulokkeilla, jotka estävät länsituulten siirtymistä katutasoon.



Jalkakäytävä rakennuksen eteläpäässä (kohde 3) on myös tuulinen. Tähän alueeseen vaikuttavat ennen kaikkea lounais-länsi –sektorin tuulet. Vaikutusta voitaisiin vähentää katutasoin istutuksilla tai säleiköillä, sekä julkisivuun lisättävillä vaakasuuntaisilla ulokkeilla, jotka estävät tuulen siirtymistä katutasoon.

Kaava-alueen eteläpuolella oleva pyöräilyseudullinen reitti on tuulinen. Tällä alueella ei kuitenkaan todennäköisesti ole poikkeuksellisen suhteessa reitin varrella lähialueilla eri paikoissa ilmenevään tuulisuuteen. Edellä mainitut, suunnitellun rakennuksen eteläpäähän kohdistuvat muutokset vähentäisivät tuulisuutta myös tällä alueella.

# Kuva 3: tuuliturvallisuus (NEN 8100)



Tuulisuuden turvallisuusluokitukset  
Alankomaiden ohjeistuksen NEN 8100 mukaan

P ( $U > 15$ m/s)*	Viihtyisyys- luokka	Vaarallisten olosuhteiden riski
[%]		
< 2,5	A	Ei riskiä
10 - 20	B	Kohtalainen riski
> 20	C	Suuri riski

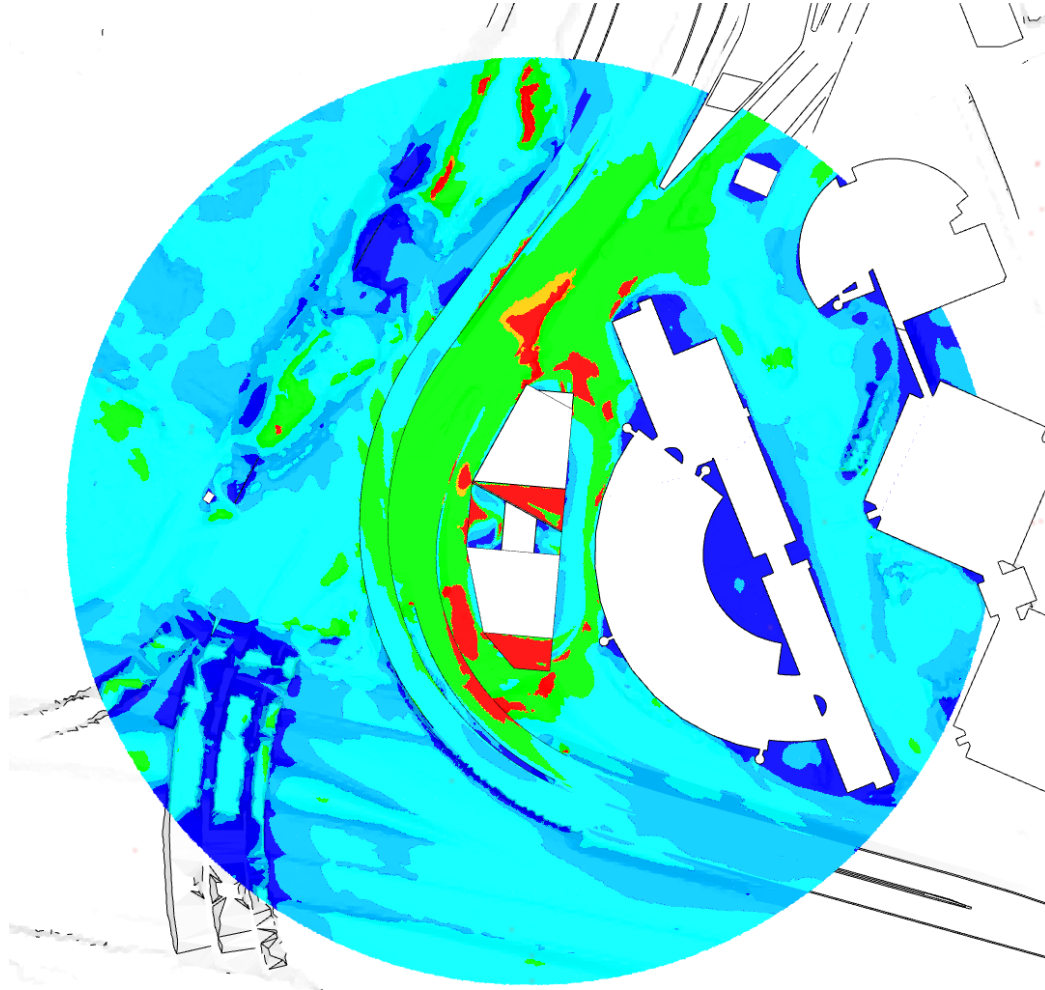
\*todennäköisyys, että annettu raja-arvo ylittyy

# Vertailu toiseen tuulisuuskriteeristöön

Seuraavan sivun kuvassa (kuva 4) tuulisuutta on arvioitu Davenport-kriteerien pohjalta, joissa vaarallisten tuuliolosuhteiden raja-arvo perustuu voimakkaiden, yli 15.5 m/s tuulien esiintymisen todennäköisyyteen. Tämä kuva täydentää edellisillä sivuilla esitetty NEN 8100 mukaista arviota. Suomessa ei ole käytössä vakiintunutta tuulisuuden arviointitapaa tai raja-arvoja.

Davenport-kriteerien pohjalta ulkoalueilla ja terasseilla esiintyy enemmän potentiaalisesti vaarallisia olosuhteita (punaiset alueet seuraavan sivun kuvassa). Rakennuksen etelä- ja pohjoispäissä ilmeneviä tuulisia alueita ja näiden olosuhteiden kohentamista on kommentoitu edellä.

# Kuva 4: tuuliviihtyvyyys (Davenport)



Toisella tuuliviihtyvyyysstandardilla tarkasteltuna alueella ilmenee enemmän vaaralliseksi luokiteltuja alueita.

## Tuulisuuden mukavuusluokitukset Davenport ohjeistuksen mukaan

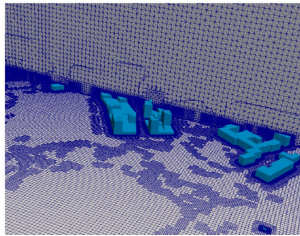
		Viihtyvyyss- luokka	Luokitus
3,6m/s	< 1,5%	<b>A</b>	Pitkäaikainen istuminen
5,3 m/s	< 1,5%	<b>B</b>	Lyhytaikainen istuminen
7,6 m/s	< 1,5%	<b>C</b>	Rento kävely
9,8 m/s	< 1,5%	<b>D</b>	Nopea kävely
9.8 m/s	> 1,5%	<b>E</b>	Epämiellyttävä
15.1 m/s	> 0,01%	<b>S</b>	Vaarallinen

# 3 Selvityksen toteutustapa ja lähtötiedot

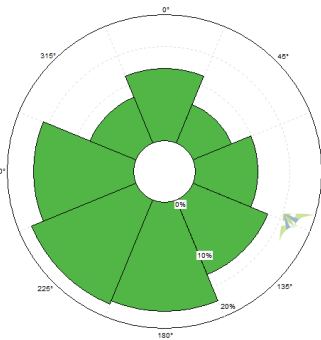


# Analyysin toteutustapa

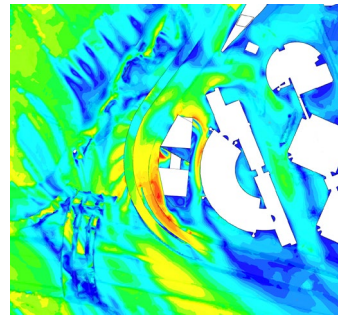
Oheinen kaavio esittää analyysin toteutustavan pääperiaatteet.



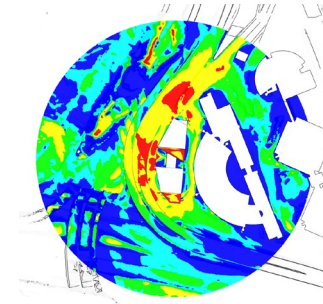
3D mallista tehdään hilamalli, joka jakaa ilmatilan mallinnukseen sopivan kokoiisiin "palikoihin"



Pitkän aikavälin tuulisuustieto mukautettuna kohteen sijaintiin



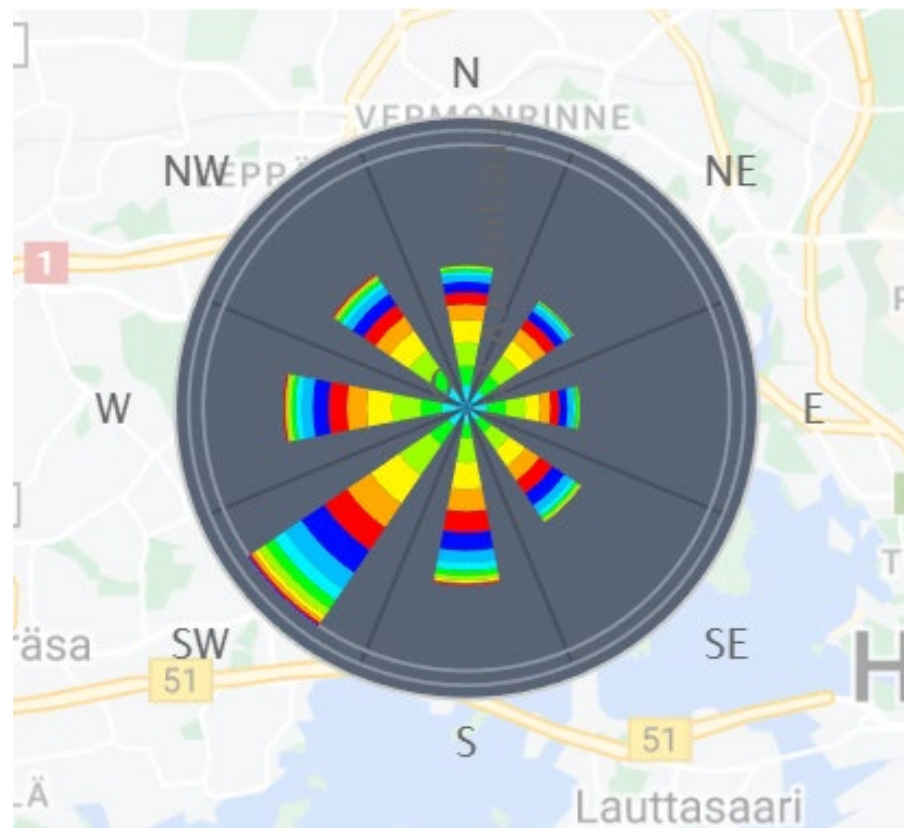
8 ilmansuunnan simulaatiot "virtuaalisessa tuulitunnelissa"



Tilastolliseen analyysiin perustuvat tuulisuusluokat, jotka kertovat alueiden soveltumisesta erilaisiin käyttötarkoituksiin

# Paikallisen tuulisuuden lähtötiedot

Tuulisuuden lähtötietona käytettiin Helsinki-Vantaan sääaseman pitkän aikavälin tietoa, joka sopeutettiin paikallisiin olosuhteisiin käyttäen erilaisia maan pinnan karkeuksia eri ilmansuunnissa. Vallitseva tuulensuunta on lounas.





# Kaava-alueen ympäristö

Meri ympäröi kaava-aluetta joka puolelta, pohjoista lukuun ottamatta. Tämä lisää alueen tuulisuutta verrattuna sisämaassa sijaitsevaan kohteeseen.

Kaava-alue sijaitsee Länsiväylän ja Kehä I:n liittymien koillispuolella. Liittymärampit ja näihin yhtyvät sillat suojaavat kaava-aluetta jonkin verran etelä-lounas -sektorin tuulilta. Tämä vaikutus saattaa hieman ylikorostua tuulimallinnuksessa, koska olemassa olevat sillat on esitetty lähtötietomallissa penkereinä.

Kaava-alueesta etelä-kaakkoon, Länsiväylän eteläpuolella, Karhusaarenpuistossa sijaitseva mäki kohoaa n. 10m kaava-alueen maan tasoa korkeammalle. Mäki suojaa kaava-aluetta jonkin verran etelä-kaakko -sektorin tuulilta.

Kaava-alueesta länteen ja etelään sijaitsevat metsät suojaavat aluetta tuulelta, mutta tätä vaikutusta ei ole huomioita mallinnuksessa.

Kaava-alueelta koilliseen sijaitsevat toimisto- ja pysäköintirakennukset suojaavat aluetta tämän sektorin tuulilta.



*Kohteen sijainti ja lähialueet rinnevarjostettuna.*

*Lähde: Maanmittauslaitos*



*Kohteen sijainti ja lähialueiden ilmakuva.*

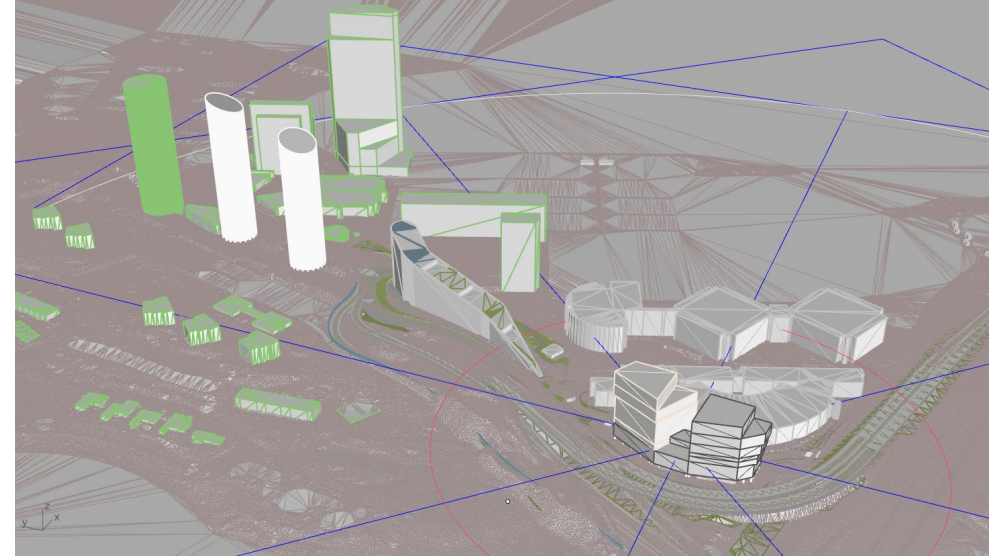
*Lähde: Maanmittauslaitos*

# 3D -mallin valmistelu

Mallinnukset pohjautuivat alueen arkkitehtien tuottamaan 3D-malliin, johon yhdistettiin Maanmittauslaitoksen maastotietoa (harmaa alue oheisessa kuvassa).

Suunnittelualueen malli sisältää kaksi uutta, Länsiväylältä Kehä I:lle johtavaa rampia siltoineen.

Ympäröivät rakennukset huomioidaan 500 m etäisyydeltä kaava-alueesta. Osa rakennuksista pohjautuu käynnissä oleviin kaavahankkeisiin, joita ei ole vielä toteutettu.



# Numeerisesta virtausmallinnuksesta

Keskeisiä tietoja numeeristen virtausmallinnusten toteutuksesta:

- Simuloinnit suoritettiin ajasta riippuvana simulointina hila-Boltzmann menetelmällä
- Kohdealueen ympärille muodostetaan virtuaalinen tuulitunneli, joka asetetaan tuulen suunnan mukaisesti
- Simulointia jatketaan kunnes virtaus on läpäissyt tunnelin kolme kertaa
- Keskimääräiset tuuliolosuhteet määritetään simuloinnin viimeisin 20 % ajalta
- Simuloinnin sisäänvirtausprofiilit määritettiin Eurokoodin mukaisesti eri suunnissa vallitsevien maastotyyppien mukaisesti

# Kasvillisuuden huomioiminen

Mallinnuksessa ei huomioitu puustoa tai muuta kasvillisuutta. Tämä on tyypillinen oletus tuulimallinnuksissa, joka perustuu seuraaviin näkökulmiin:

- Lehtipuiden tuulta hidastava vaikutus on talviaikaan huomattavasti kesäaikaa pienempi
- Uudet puut kasvavat täyteen mittaansa hitaasti. Alueen rakentuessa ne eivät tarjoa vielä merkittävää suojaa.

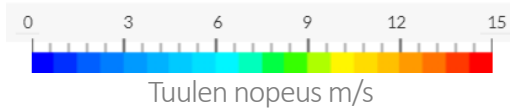
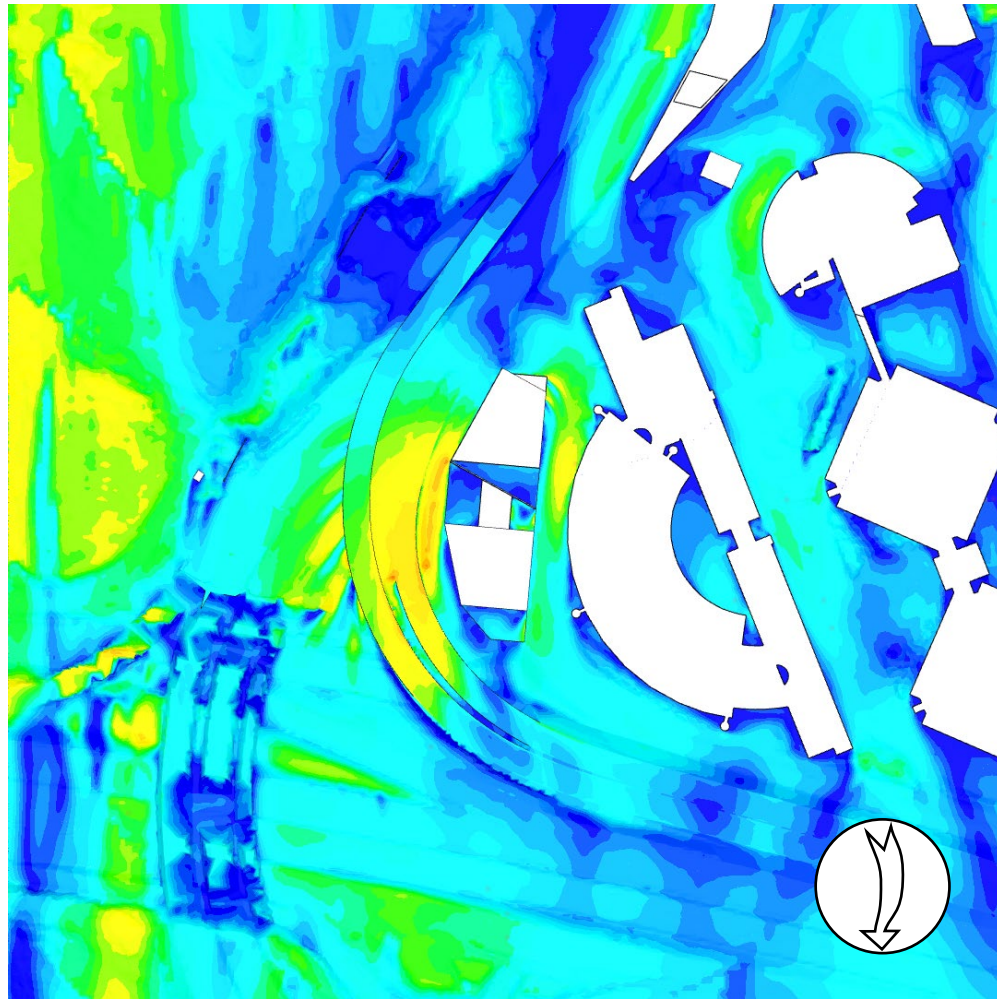
Mallinnus antaa tästä näkökulmasta konservatiivisen arvion, joka ei huomioi alueelle tulevan viherrakenteen vaikutusta.

# 4 Simulaatioiden tulokset eri tuulensuunnilla

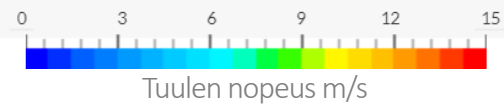
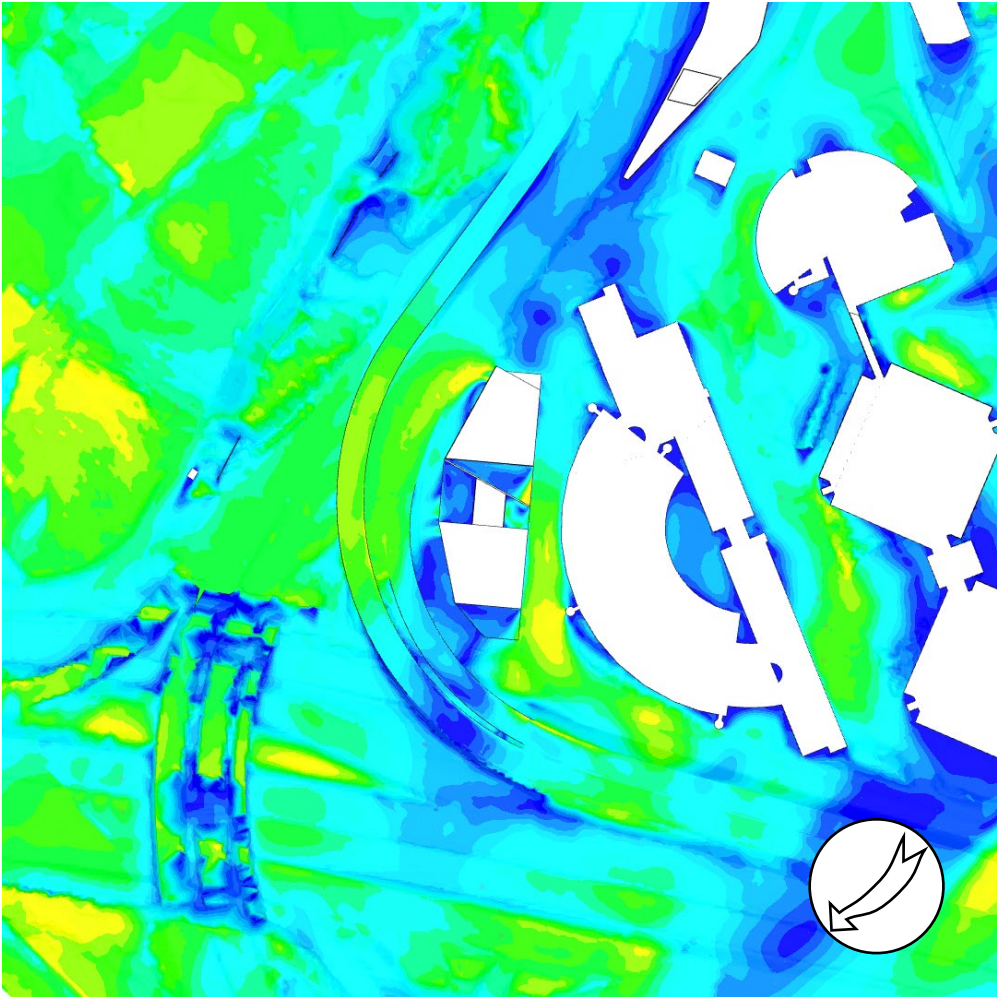
Seuraavilla sivuilla esitetyjä kuvia voidaan hyödyntää eri suuntien tuulen vaikutusten arvioinnissa



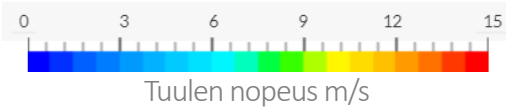
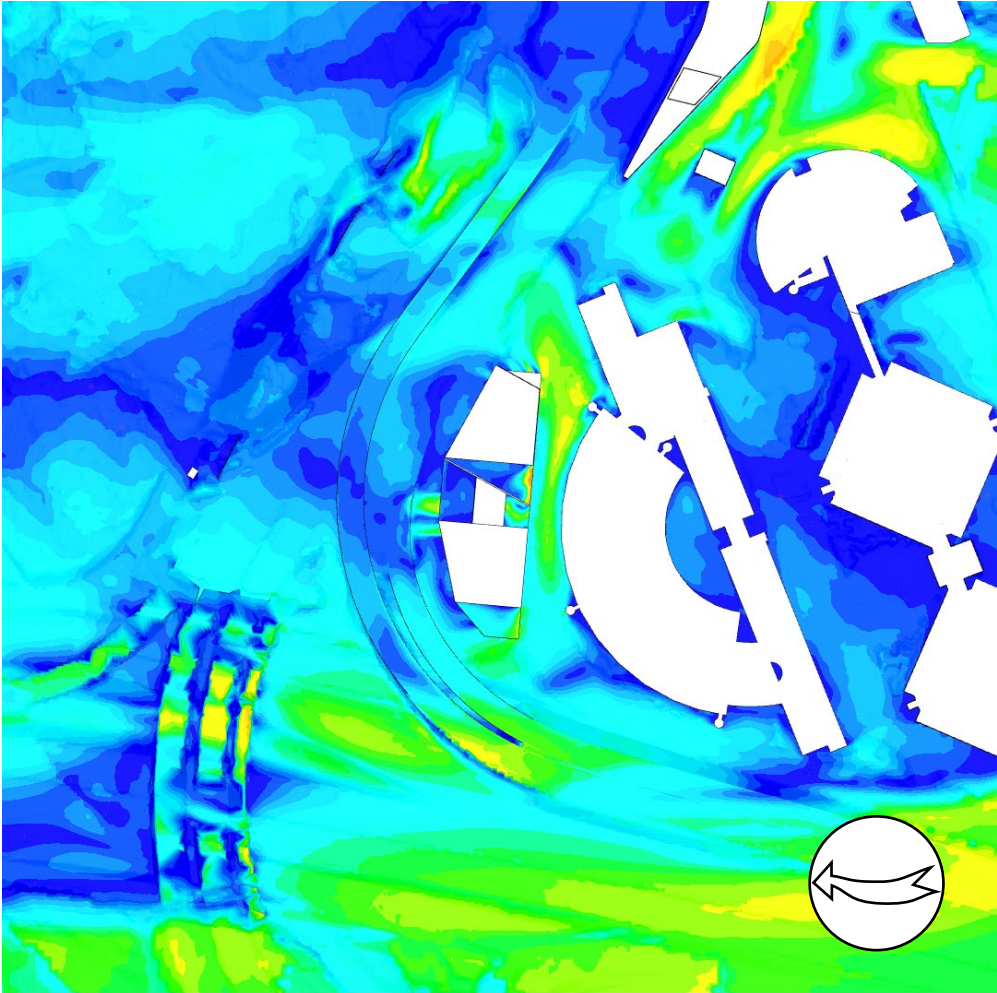
# Simulaation tulokset pohjoistuulilla



# Simulaation tulokset koillistuulilla

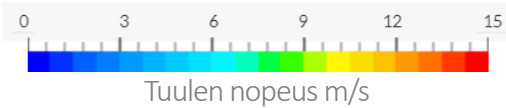
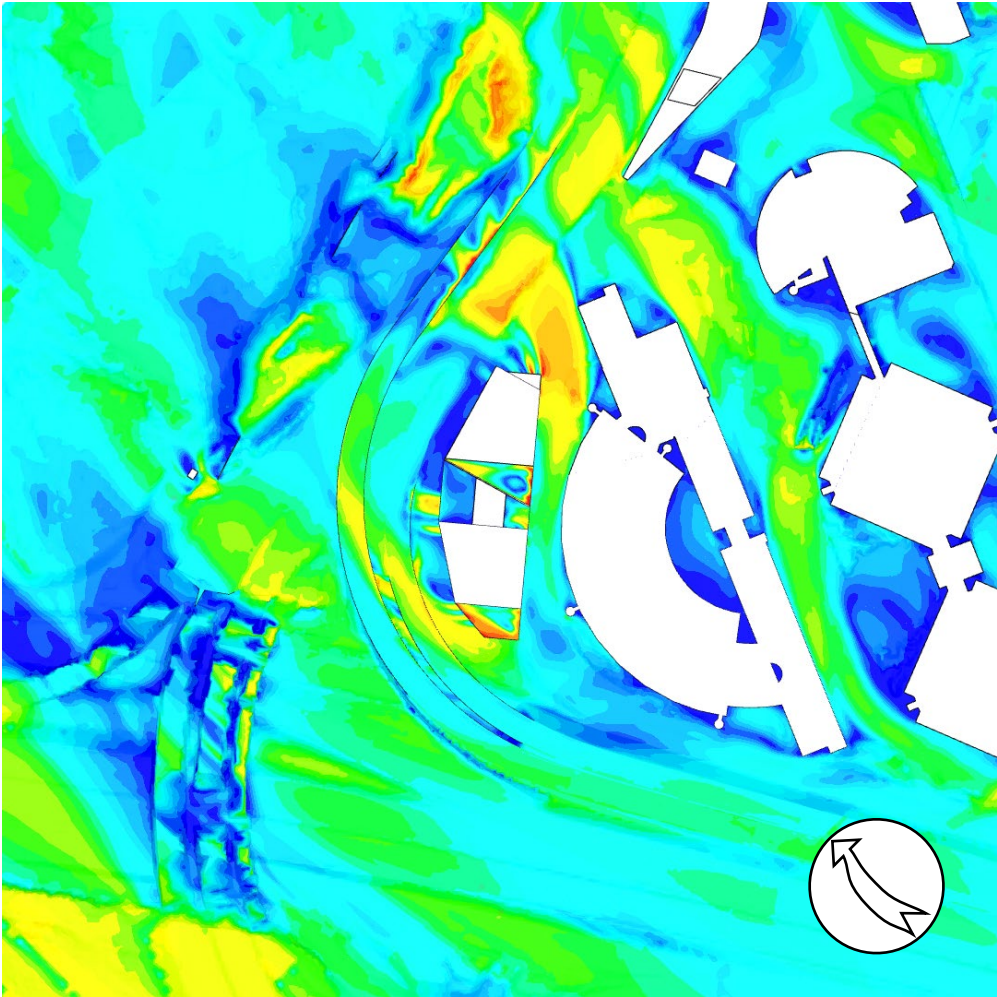


# Simulaation tulokset itätuulilla

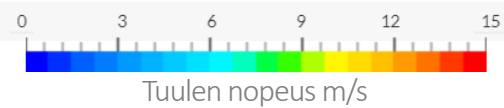
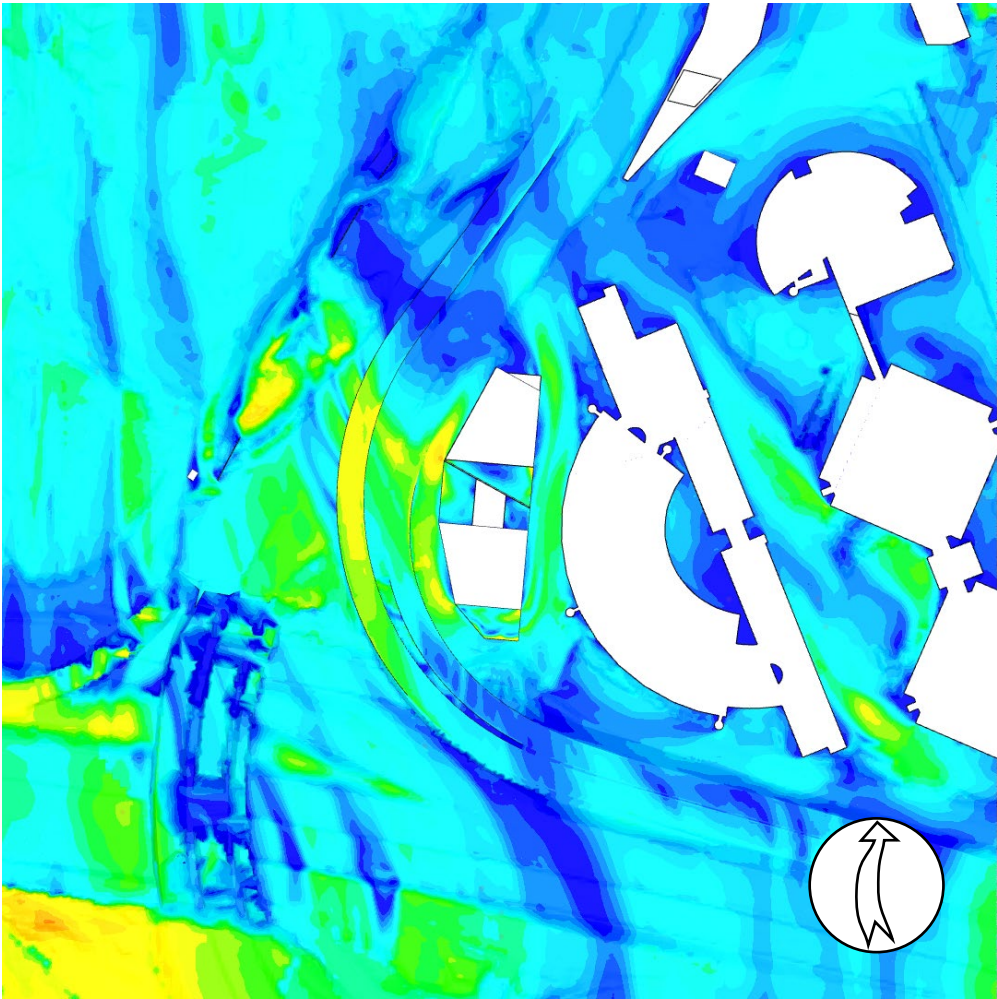




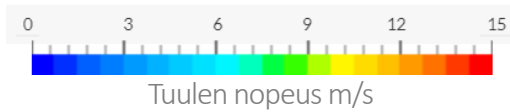
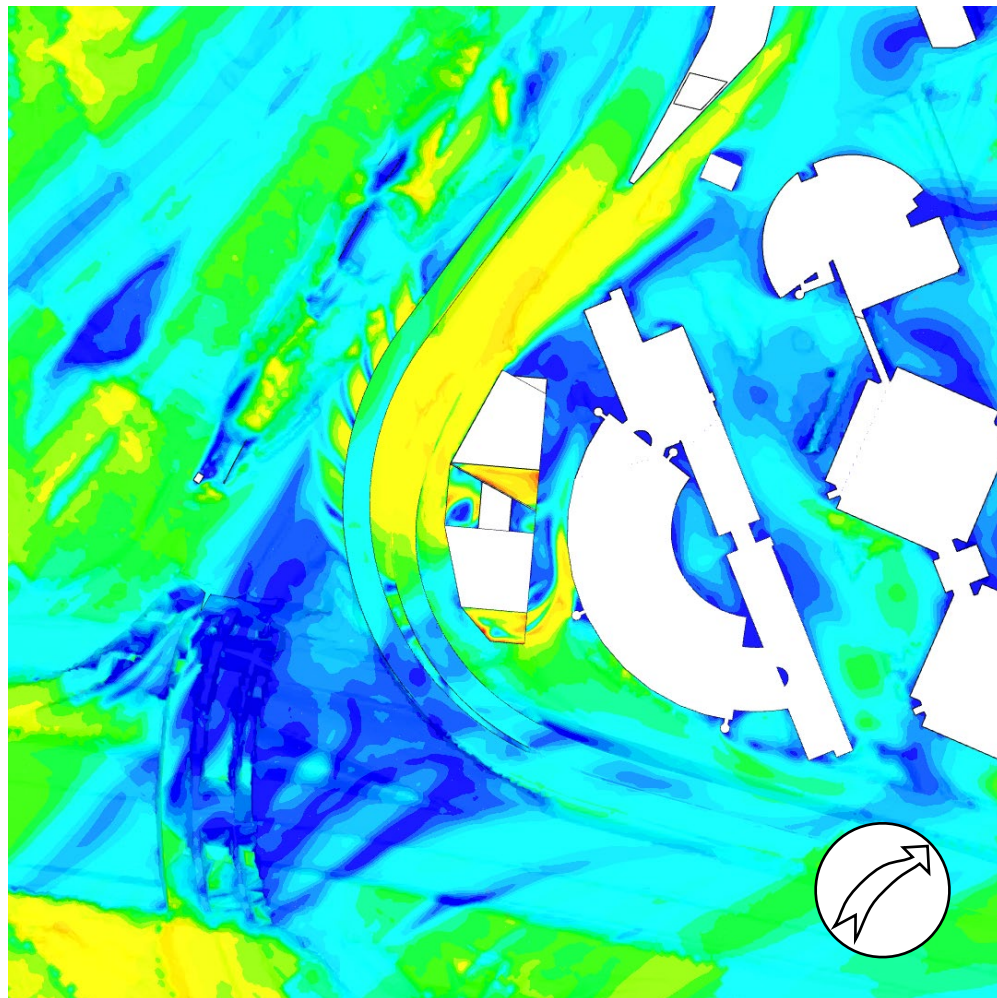
# Simulaation tulokset kaakkoistuulilla



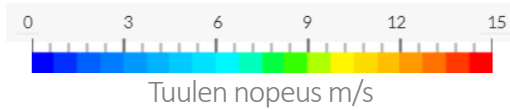
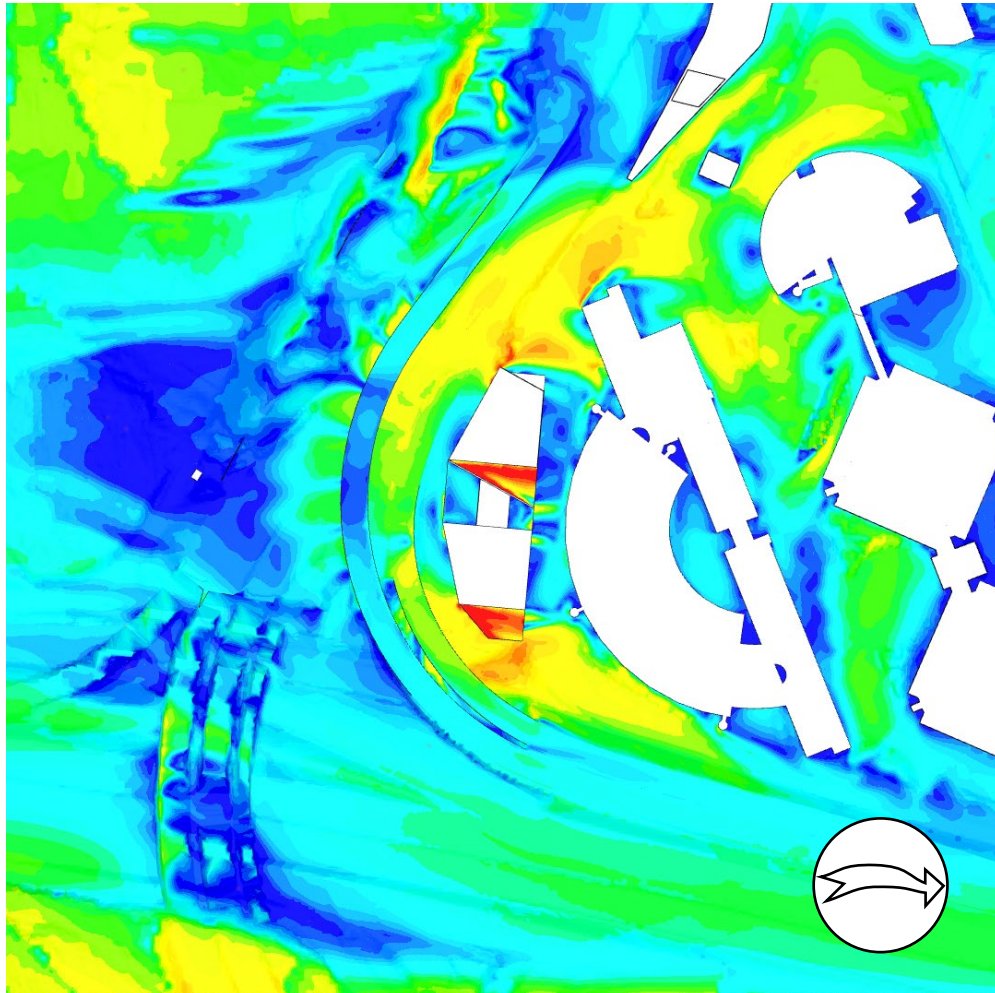
# Simulaation tulokset etelätuulilla



# Simulaation tulokset lounaistuulilla



# Simulaation tulokset länsituulilla



# Simulaation tulokset luoteistuulilla

