



HARTAANSELÄNRANTA

ALUEELLINEN TUULISUUDEN JA LÄMPÖVIHITYVYYDEN TARKASTELU

08/07/2021

Mats Bök

DI

Asiantuntija, Virtausmallit, 3D-mallinnus

1512898 - HVAC 3 Espoo

M +358 (40) 8257927

mats.book@ramboll.fi

RAMBOLL

Bright Ideas. Sustainable change.

Tiivistelmä

Oulun Hartaanselänrannan paikallista tuulisuutta sekä alueen käyttäjien kokemaa ennakoitua lämpöviihtyvyyttä tarkasteltiin numeerisiin mallinnuksiin ja tilastotietoihin pohjautuen. Mallinnusten lähtötietoina käytettiin

- Alueen yleissuunnitelmaa
- Arkkitehtonista 3D-mallia joka sisältää maaston pinnan muodot sekä rakennusmassan
- Ilmatieteen laitoksen julkaisemaa säähavaintodataa kohdealueelle läheisiltä säähavaintoasemilta, Vihreäsaari ja Oulun lentokenttä

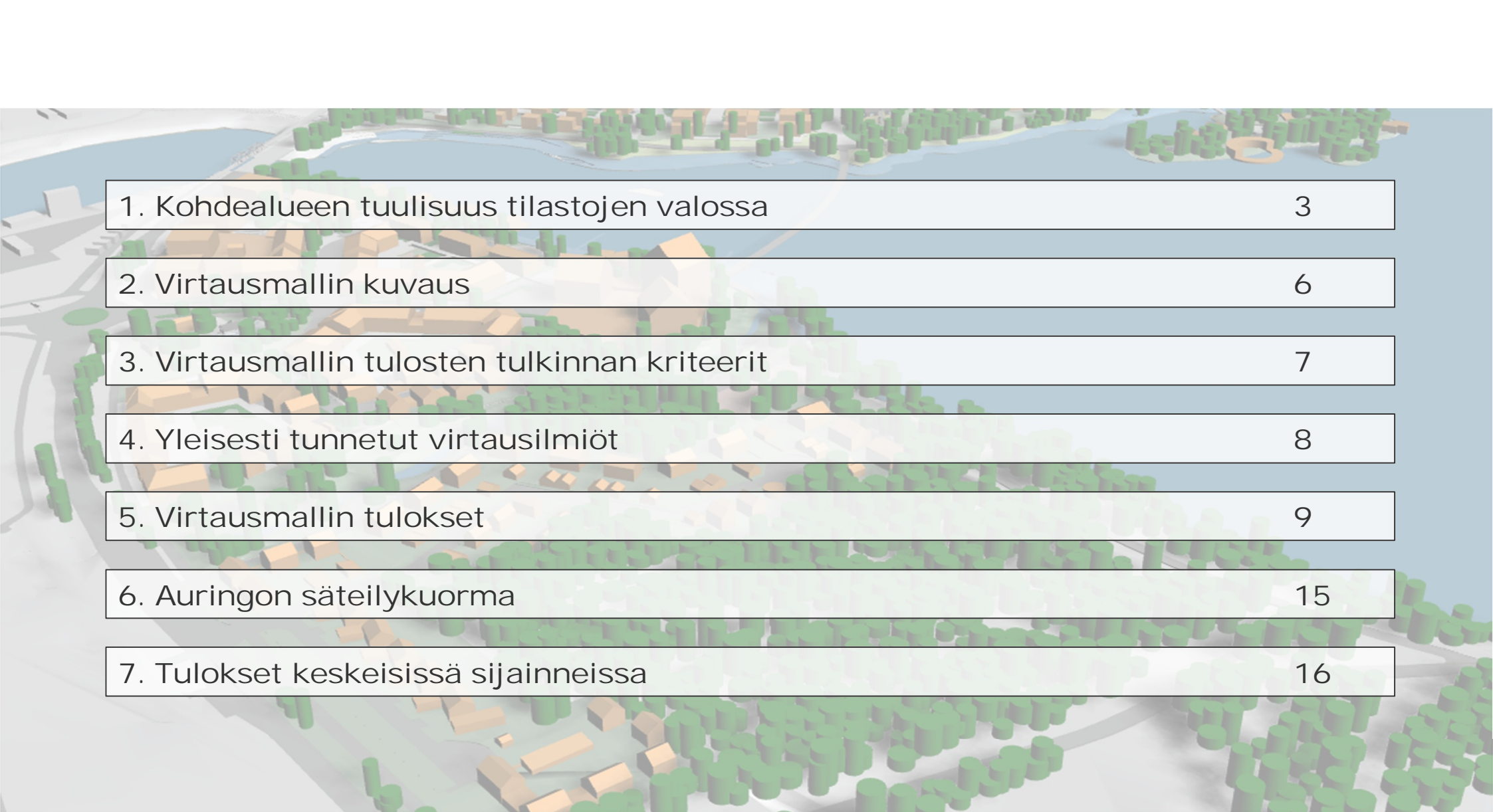
Mallinnusten pääasiallisina tuloksina alueesta tuotettiin värikartat, jotka kuvaavat

- paikallisia tuulen nopeuden pysyvyyksiä
- tuntuvaa lämpötilaa kesä- ja talvitilanteen ääriolosuhteissa (lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien mitoitustilanteet)
- vuotuista auringon säteilykuormaa alueen rakennusten ja maaston pinoilla.

Värikartoista on esitetty koko alueen kattavat yleiskuvat lintuperspektiivistä sekä tarkemmat kuvat alueen keskeisistä sijainneista. Värikarttojen lisäksi tuotettiin tuuliruusut yhteenedoksi tuulisuutta koskevasta mittausdatasta kohdealuetta lähimmältä säähavaintoasemalta Vihreäsaaresta.

Päällimmäisiä johtopäätöksiä ja huomioita tarkastelun tuloksista ovat

- Sturenpolun tornirakennuksen itä- ja länsipuolelle muodostuu vallitsevista kaakkoistuulista alueet, joissa tuulen nopeus kiihtyy usein ympäröivää tuulta voimakkaammaksi. Tornin pääsisäänkäynti suositellaan sijoittamaan kaakkoon suuntautuvalla julkisivulle, jonka edustalla tuulen paikallinen nopeus on usein matala. Sisäänkäynnille suositellaan tuulikaappia. Alimpien kerrosten sisäänveto kaakkoisjulkisivussa suositellaan säilytettäväksi tornin jatkokehityksessä.
- Hartaanselän länsirannalla sijaitsevan kolmen harjakattoisen rakennuksen sisäänkäynnit suositellaan sijoitettaviksi luoteeseen suuntautuville julkisivuille, erityisesti kaksi etelänpuoleista rakennusta.
- Varikonaukio näyttäytyy tehtyjen mallinnusten perusteella erinomaisena alueena tapahtumanjärjestämiselle sekä kahvila- ja ravintolatoiminnalle, johon kuuluu ulkotarjoilu. Tuulen nopeus on suuressa osassa aukiota 0-2.5 m/s 95 % ajasta, mikä soveltuu hyvin pitkäaikaiseen istumiseen ja oleskeluun.
- Castreninaukio on samoin suurelta osin suojaisa, tuulen nopeudet matalia erityisesti katuosuuksilla rakennusten edustalla sekä aukion keskivaiheilla sijaitsevan yksikerroksisen rakennuksen osan katolla.



1. Kohdealueen tuulisuus tilastojen valossa

3

2. Virtausmallin kuvaus

6

3. Virtausmallin tulosten tulkinnan kriteerit

7

4. Yleisesti tunnetut virtausilmiöt

8

5. Virtausmallin tulokset

9

6. Auringon säteilykuorma

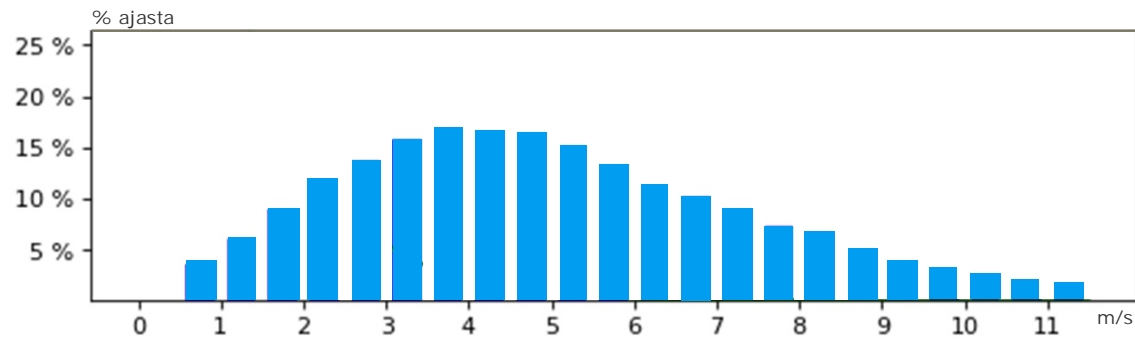
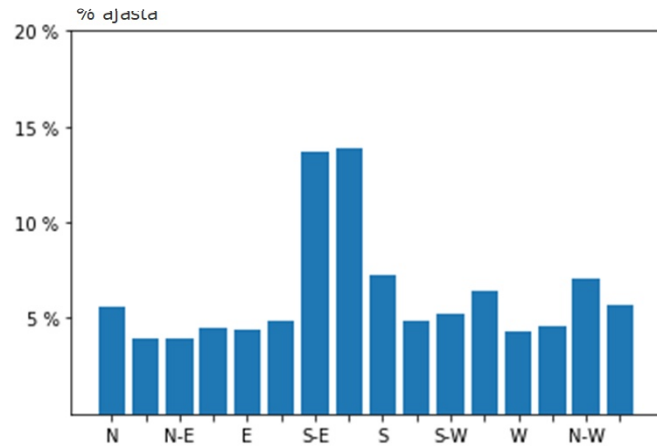
15

7. Tulokset keskeisissä sijainneissa

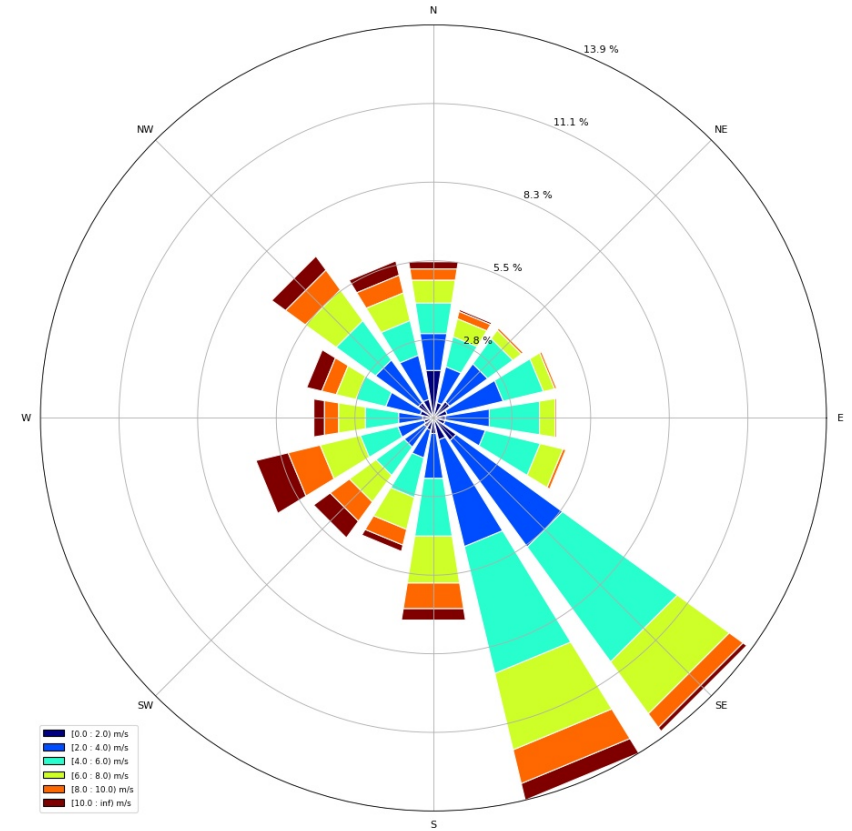
16

1. KOHDEALUEEN TUULI SUUS TILASTOJEN VALOSSA

- Tuulen nopeus- ja suuntatiedot havaintojaksolta 01.01.2011-31.12.2020 kohdealueesta noin 2.5 km lounaaseen sijaitsevalla Vihreäsaaren havaintoasemalla.
- Tuulitietojen lähde: Ilmatieteen laitos.



OULU VIHREÄSAARI 01.01.2011-31.12.2020



Keskinopeus havaintojaksolta 5.11 m/s
Tyyntä / ei havaintoja 1.08 %

1. Kohdealueen tuulisuus tilastojen valossa

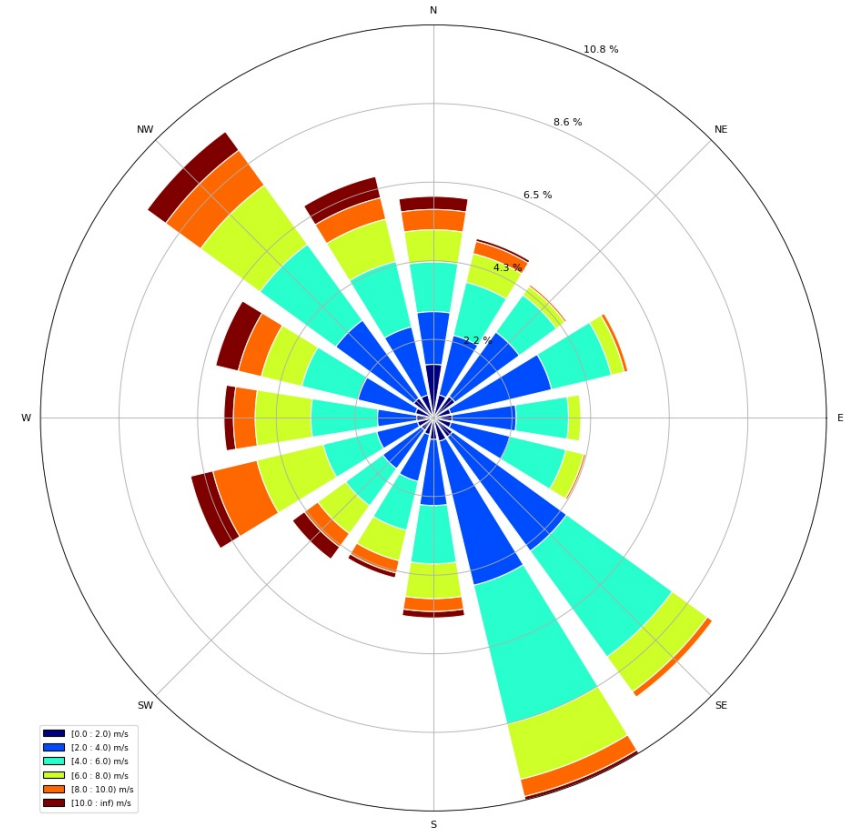
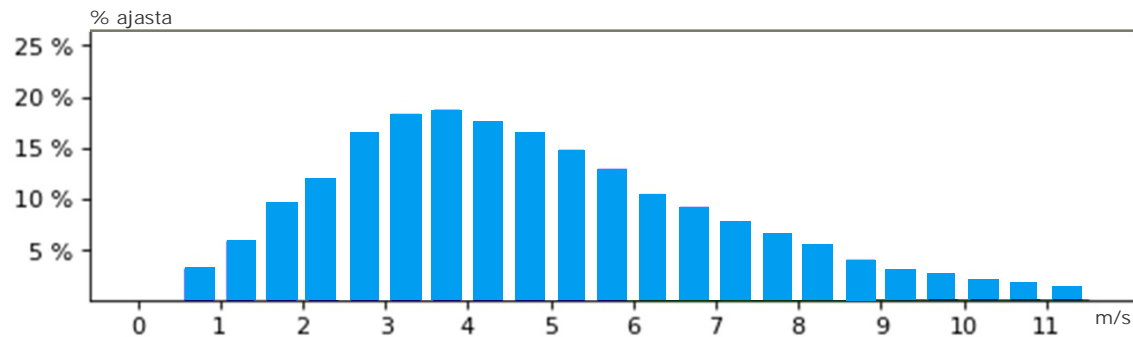
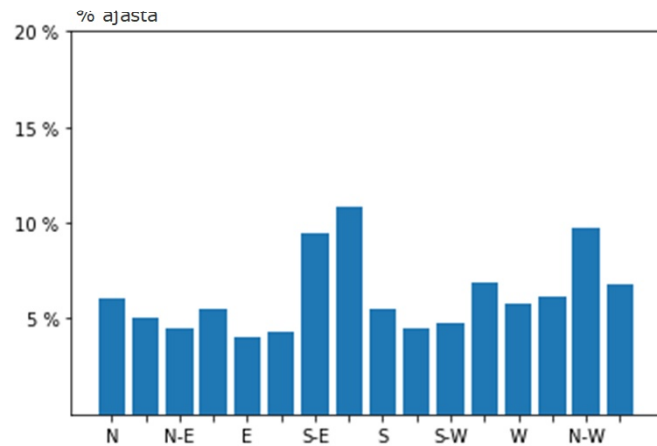
8/7/2021

3

1. KOHDEALUEEN TUULISUUS TILASTOJEN VALOSSA - KESÄKUUKAUDET

- Tuulen nopeus- ja suuntatiedot havaintojaksolta 01.01.2011-31.12.2020 kesä-, heinä- ja elokuiden osalta kohdealueesta noin 2.5 km lounaaseen sijaitsevalla Vihreäsaaren havaintoasemalla.
- Tuulitietojen lähde: Ilmatieteen laitos.

OULU VIHREÄSAARI 01.01.2011-31.12.2020 KESÄ-, HEINÄ-, ELOKUU



Keskinopeus havaintojaksolta 4.81 m/s
Tyyntä / ei havaintoja 0.83 %

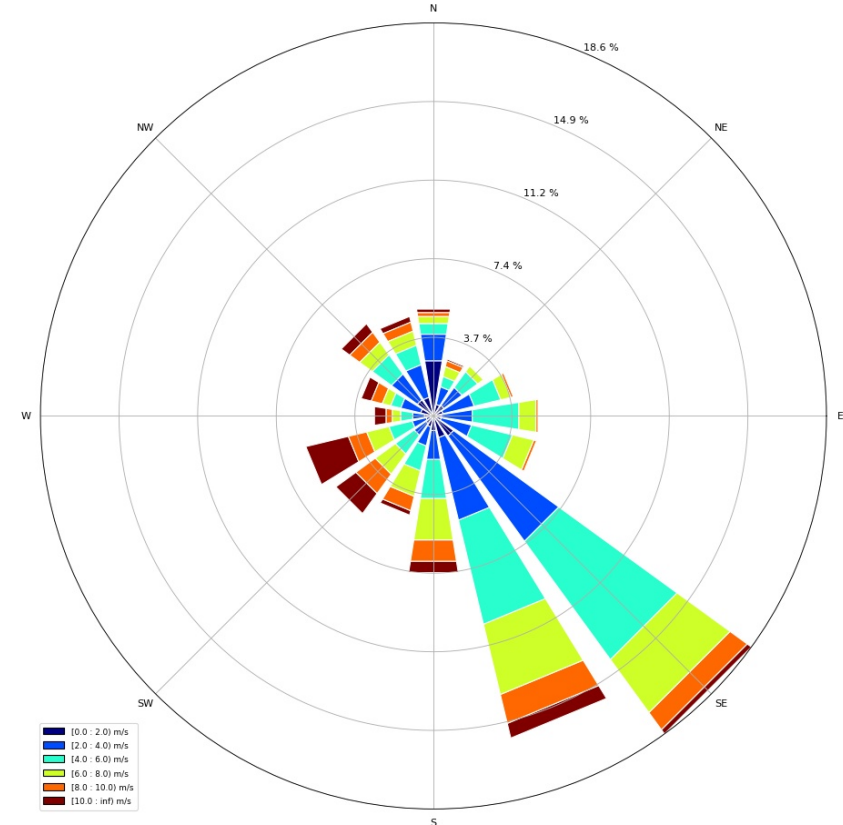
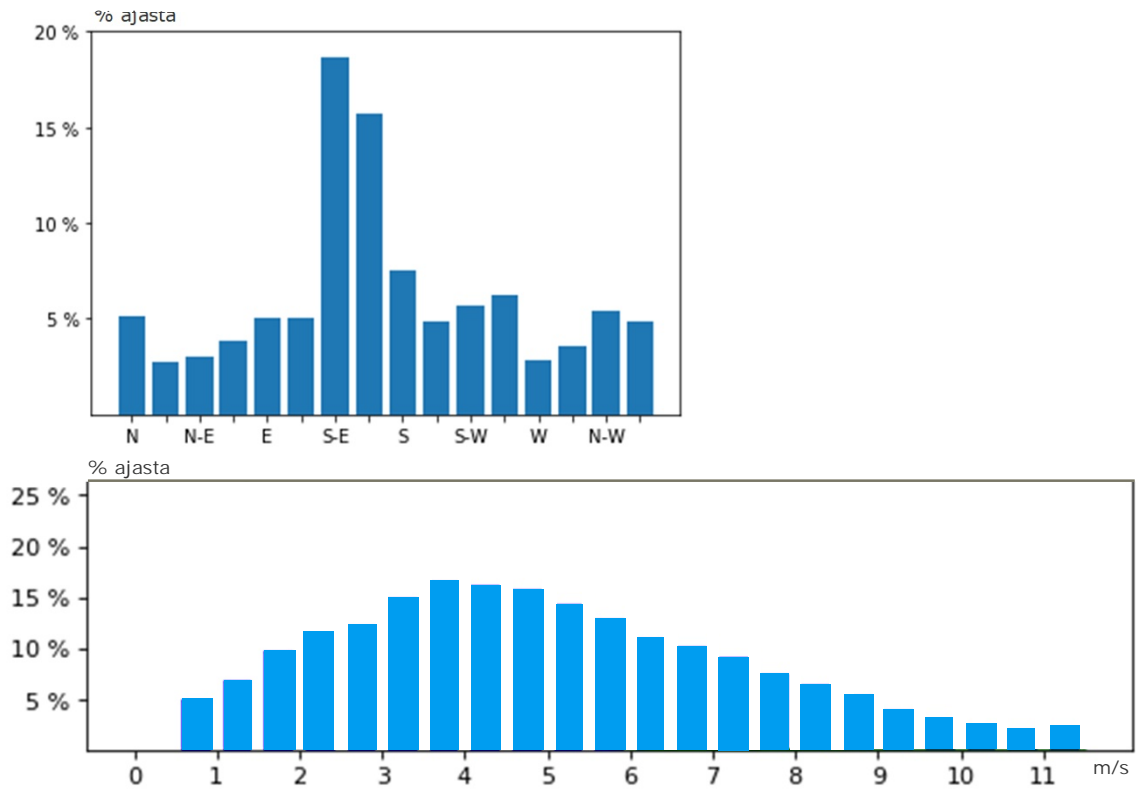


1. KOHDEALUEEN TUULISUUS TILASTOJEN VALOSSA - TALVIKUUKAUDET

- Tuulen nopeus- ja suuntatiedot havaintojaksolta 01.01.2011-31.12.2020 tammi-, helmi- ja maaliskuiden osalta kohdealueesta noin 2.5 km lounaaseen sijaitsevalla Vihreäsaaren havaintoasemalla.
- Tuulitietojen lähde: Ilmatieteen laitos.

OULU VIHREÄSAARI

01.01.2011-31.12.2020 TAMMI-, HELMI-, MAALISKUU

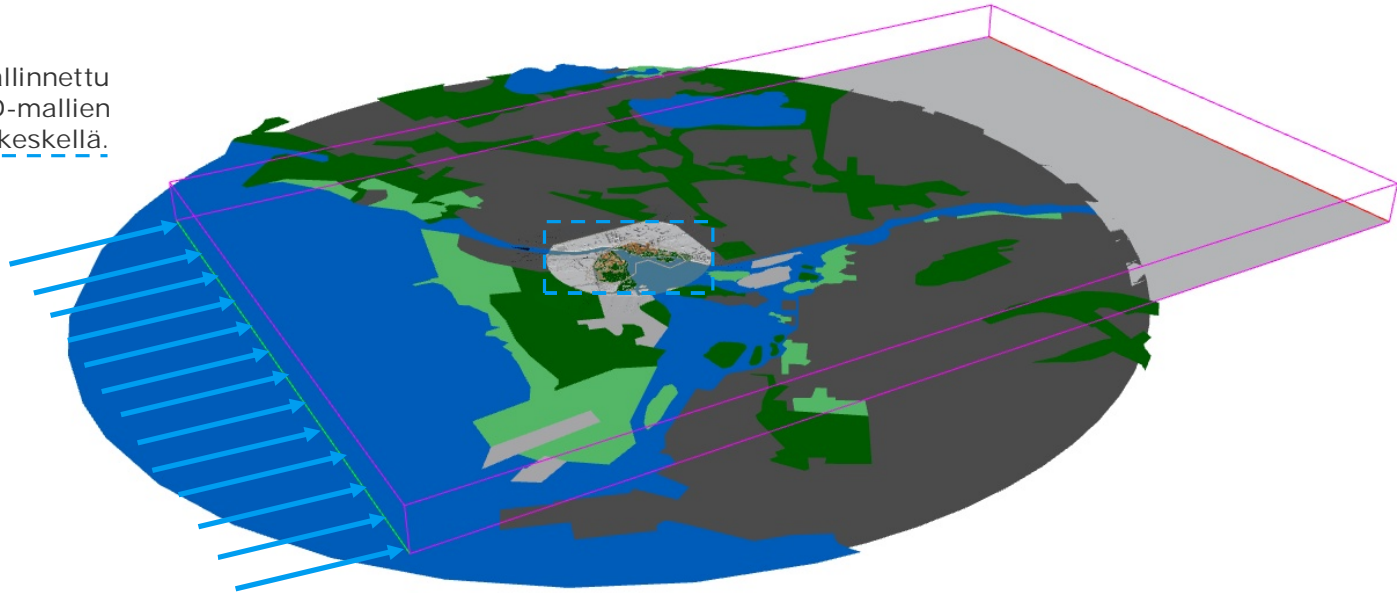


Keskinopeus havaintojaksolta 5.11 m/s
Tyyntä / ei havaintoja 1.08 %

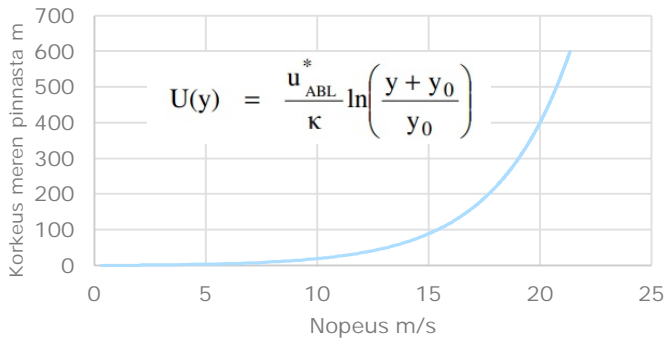


2. VIRTAUSMALLIN KUVAUS

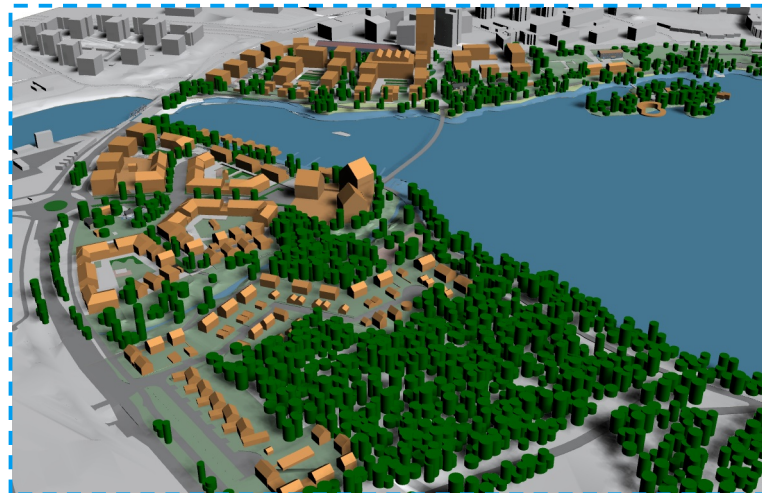
- Kohdealueen rakennukset ja niiden lähiympäristö on mallinnettu eksplisiittisesti alueen rakennusmassaa esittävien 3D-mallien perusteella. Oikeanpuoleisessa kuvassa rajattu alue keskellä.
- Eksplisiittisesti mallinnetun alueen ulkopuolella tuuli on mallinnettu todenmukaisen logaritmisen vertikaalisen profiilin sekä maaston ja rakennetun ympäristön pinnan karheuden arvojen avulla (tasomaiset värilliset pinnat). Alueen puusto on huomioitu virtausvastuksena.
- Virtausalue on verkotettu kuutiovoittoisella laskentahilalla, jonka solumäärä on n. 27 miljoonaa solua



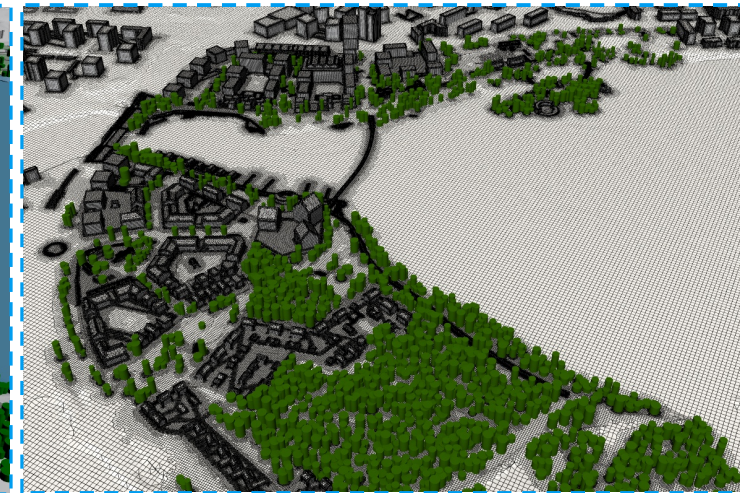
Tuulen logaritminen nopeusprofiili



CFD modelling software	Engys Helyx 3.3.0
Simulation type	Steady-state RANS
Solution algorithm	SIMPLE
Turbulence model	k-epsilon Realizable
Buoyancy model	Boussinesq approximation
Wall functions	Spalding
Wind profile (velocity, k , ϵ)	Richards & Hoxey log profile
Radiation model	Discrete ordinate method



Virtausmallin geometria







Virtausmallin laskentahilaa havainnollistettuna pintojen osalta

3. VIRTAUSMALLIN TULOSTEN TULKINNAN KRITTEERIT

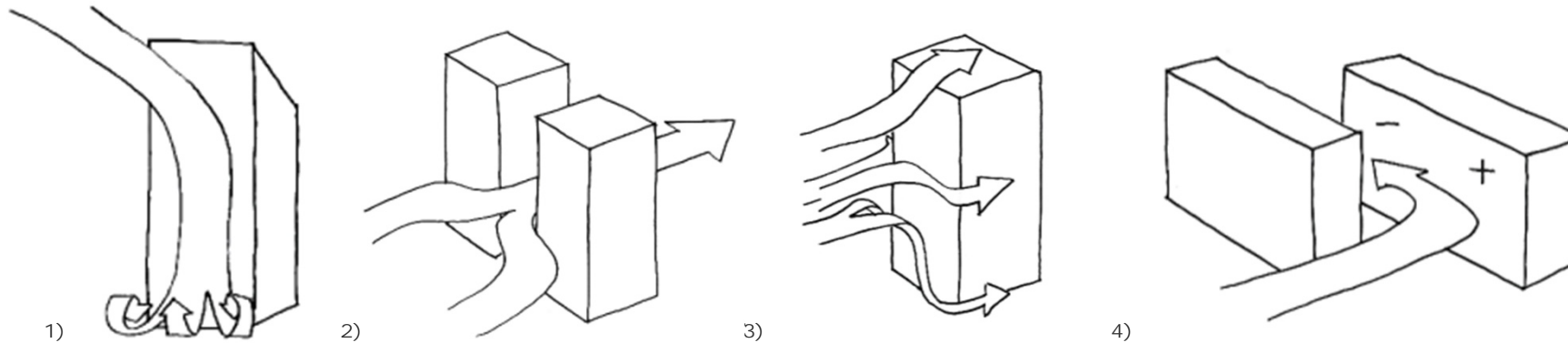
Tilastollinen tuuliolosuhde

- Rakennetun ympäristön paikallisten tuuliolosuhteiden arvottamiseen ei toistaiseksi ole annettu ohjeistusta Suomen Rakentamismääräyskokoelmassa tai vastaavissa virallisissa julkaisuissa.
 - Paikallisten tuuliolosuhteiden ja alueen käyttäjien kokeman tuuliolosuhteen arvottamiseen on kehitetty useita vaihtoehtoisia kriteereitä. Useimmille niistä on yhteistä, että kriteerit perustuvat tuulen ns. kynnysnopeuksiin sekä todennäköisyyksiin ylittää nämä kynnysnopeudet.
 - Tässä raportissa on valittu käytettäväksi mm. Lontoon kaupungin soveltama ja maailmalla yleisesti tunnettu Lawson LDDC kriteeri. Kriteerin määrittely löytyy oikeanpuoleisesta taulukosta. Kriteeri määrittelee viisi alueen käyttäjien aktiviteetin kategorialle ja niihin soveltuvat tuuliolosuhteet. Tuuliolosuhteet määritellään tuulen kynnysnopeuksien avulla niin, että kullekin tuuliolosuhteelle ominaisen kynnysnopeuden ylittymisen todennäköisyys on 5 %. Esimerkiksi kategorialle "Seisominen" tuulen kynnysnopeus on 6 m/s ja tilastollisen tuuliolosuhteen tuloksia kuvaavissa värikartoissa vihreällä merkityillä alueilla tuulen nopeus on siis 0-6 m/s 95 % ajasta; yli 6 m/s 5 % ajasta.
 - Tilastollisten paikallisten tuuliolosuhteiden selvittämiseksi tuulen virtaus Hartaanselän alueen läpi ratkaistiin virtausmallin avulla 16:sta tuulen suunnan osalta (360 ° jaettuna 22.5 ° välein). Näistä simulointituloksista mitattiin tuulen nopeus maan muotoja mukailevalla leikkauspinnalla, joka on kaikkialla 1.5 m korkeudella maan pinnasta. Tietoon simuloidusta paikallisesta tuulen nopeusjakaumasta leikkauspinnalla yhdistettiin tieto mitatusta tuulen suunta- ja nopeusjakaumasta läheiseltä säähavaintoasemalta kymmenen vuoden havaintojaksolta, sekä Lawson LDDC kriteeri. Lopputulemana syntyneet tilastollista paikallista tuuliolosuhdetta kuvaavat värikartat on esitetty jäljempänä. Mitattua säädettä hyödynnettiin sekä Vihreäsaaren että Oulun lentokentän säähavaintoasemilta.
- Tuntuva lämpötila, Universal Thermal Climate Index UTCI
- Hetkellistä kesä- ja talviolosuhdetta kuvaavien simulointien tuloksien keskeinen tarkasteltava suure on UTCI -laskentakaavalla määritetty paikallinen tuntuva lämpötila. Laskentakaava huomioi paikallisen ilman lämpötilan, ilman kosteuden, tuulen nopeuden ja pyörteisyyden, sekä ympäröivän lämpösäteilyn ja muodostaa näistä alueella liikkuvan jalankulkijan tunteman lämpötilan.

Kategoria	Tuulen nopeus (ylittymisen todennäköisyys 5%)	Kuvaus	Väri
Jatkuva istuminen	2.5 m/s	Soveltuu hyvin jatkuvaan ulkona istumiseen, esim. ravintolat, kahvilat	
Ajoittainen istuminen	4 m/s	Soveltuu hyvin ajoittaiseen ulkona istumiseen, esim. julkiset ulkotilat, parvekkeet ja terassit satunnaiskäytössä	
Seisominen	6 m/s	Hyväksyttävä rakennusten sisäänkäynneille, bussipysäkeille, katetut kulkutiet tai alikulkutunnelit	
Kävely	8 m/s	Hyväksyttävä kaduille ja kävelyteille	
Epämukava	> 8 m/s	Mielletään epämukavaksi jalankulkijoille	

4. YLEISESTI TUNNETUT VIRTAUSILMIÖT

Virtausmallin tulosten tulkinnan helpottamiseksi on alla esitetty periaatekuvien avulla yleisesti tunnettuja virtausilmiöitä, jotka vaikuttavat tuulen käyttäytymiseen rakennetussa ympäristössä. Näiden ilmiöiden tiedostaminen auttaa hahmottamaan syy-seuraussuhteita esim. alueen erityisen tuulisten kohtien synnystä.



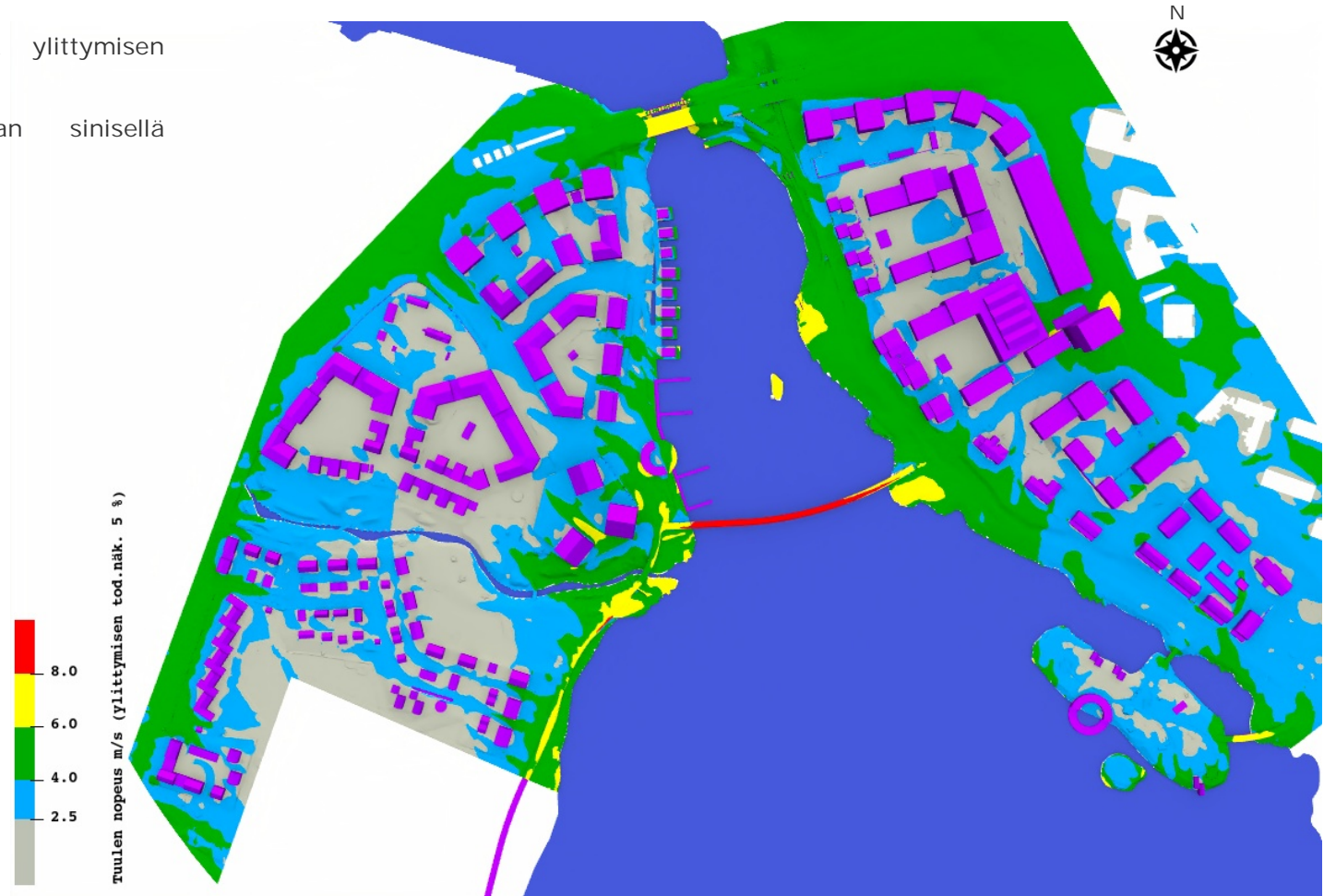
Alueen oleskelijoiden näkökulmasta olennaisia ilmiöitä tuulen käyttäytymisessä ovat

1. Tuulen ohjautuminen alas rakennuksen seinää pitkin (downwash -ilmiö), erityisesti korkeat rakennukset
2. Tuulen nopeuden kiihtyminen sen puristuessa kahden rakennuksen tai muun esteen välistä (venturi -ilmiö)
3. Tuulen nopeuden kiihtyminen sen virratessa rakennuksen nurkkien ohitse sekä rakennuksen nurkkien tuulta ohjaava vaikutus
4. Tuulen ohjautuminen vapaan tuulen kulkusuuntaan nähden portaittain sijoittuvien rakennusten väliin

5. VIRTAUSMALLIN TULOKSET – PAIKALLINEN TUULISUUS, KOKO VUOSI

- Väri kuvaa paikallista tuulen nopeutta, jonka ylittymisen todennäköisyys on 5 %
- Rakennukset kuvassa liilalla, meri tumman sinisellä

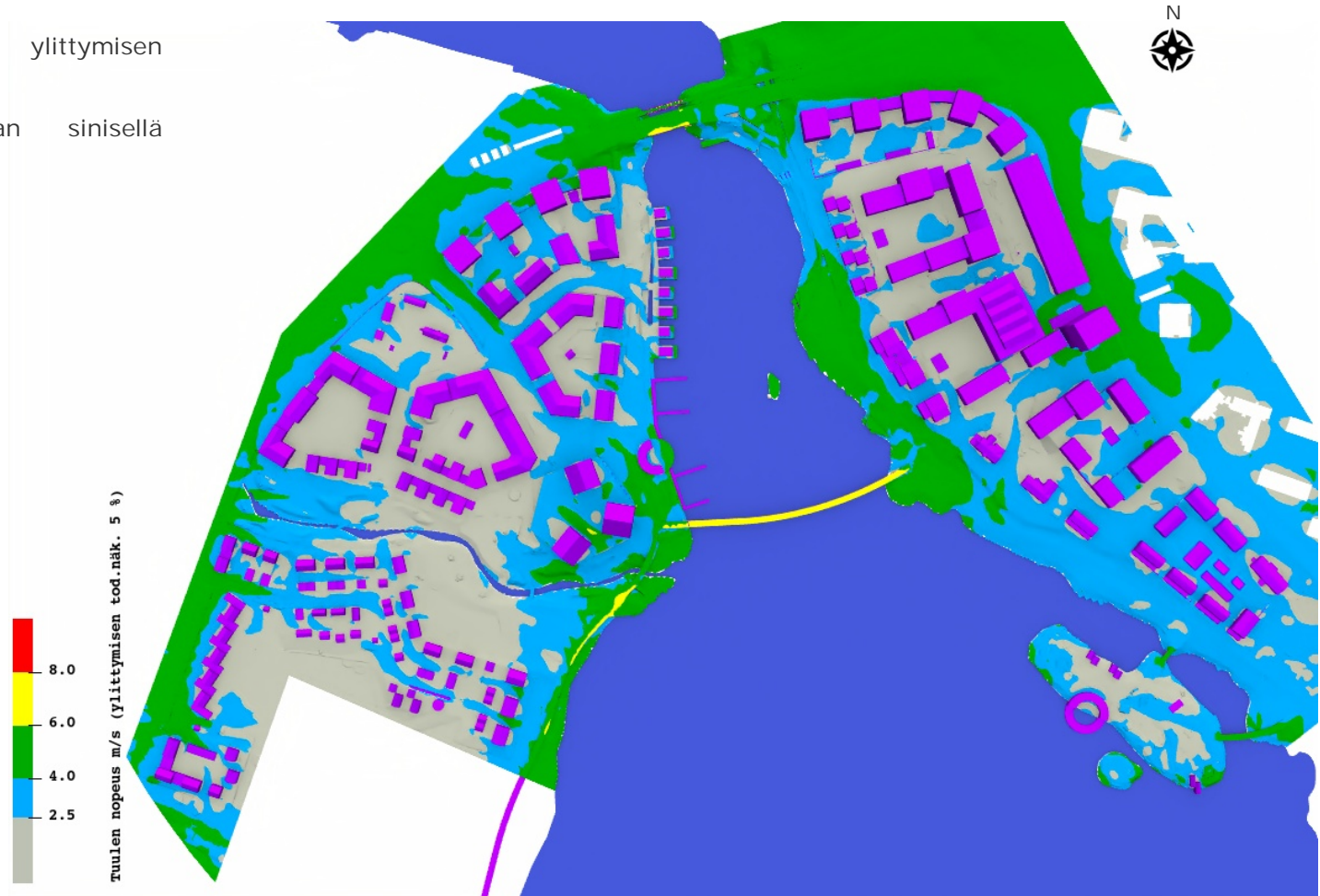
Kategoria	Tuulen nopeus (ylittymisen todennäköisyys 5%)	Kuvaus	Väri
Jatkuva istuminen	2.5 m/s	Soveltuu hyvin jatkuvaan ulkona istumiseen, esim. ravintolat, kahvilat	○
Ajoittainen istuminen	4 m/s	Soveltuu hyvin ajoittaiseen ulkona istumiseen, esim. julkiset ulkotilat, parvekkeet ja terassit satunnaiskäytössä	○
Seisominen	6 m/s	Hyväksyttävä rakennusten sisäänkäynneille, bussipysäkeille, katetut kulkutiet tai ailiikutunnelit	○
Kävely	8 m/s	Hyväksyttävä kaduille ja kävelyteille	○
Epämukava	> 8 m/s	Mielletään epämukavaksi jalankulkijoille	○



5. VIRTAUSMALLIN TULOKSET – PAIKALLINEN TUULISUUS, KESÄKUUKAUDET

- Väri kuvaa paikallista tuulen nopeutta, jonka ylittymisen todennäköisyys on 5 %
- Rakennukset kuvassa liilalla, meri tumman sinisellä

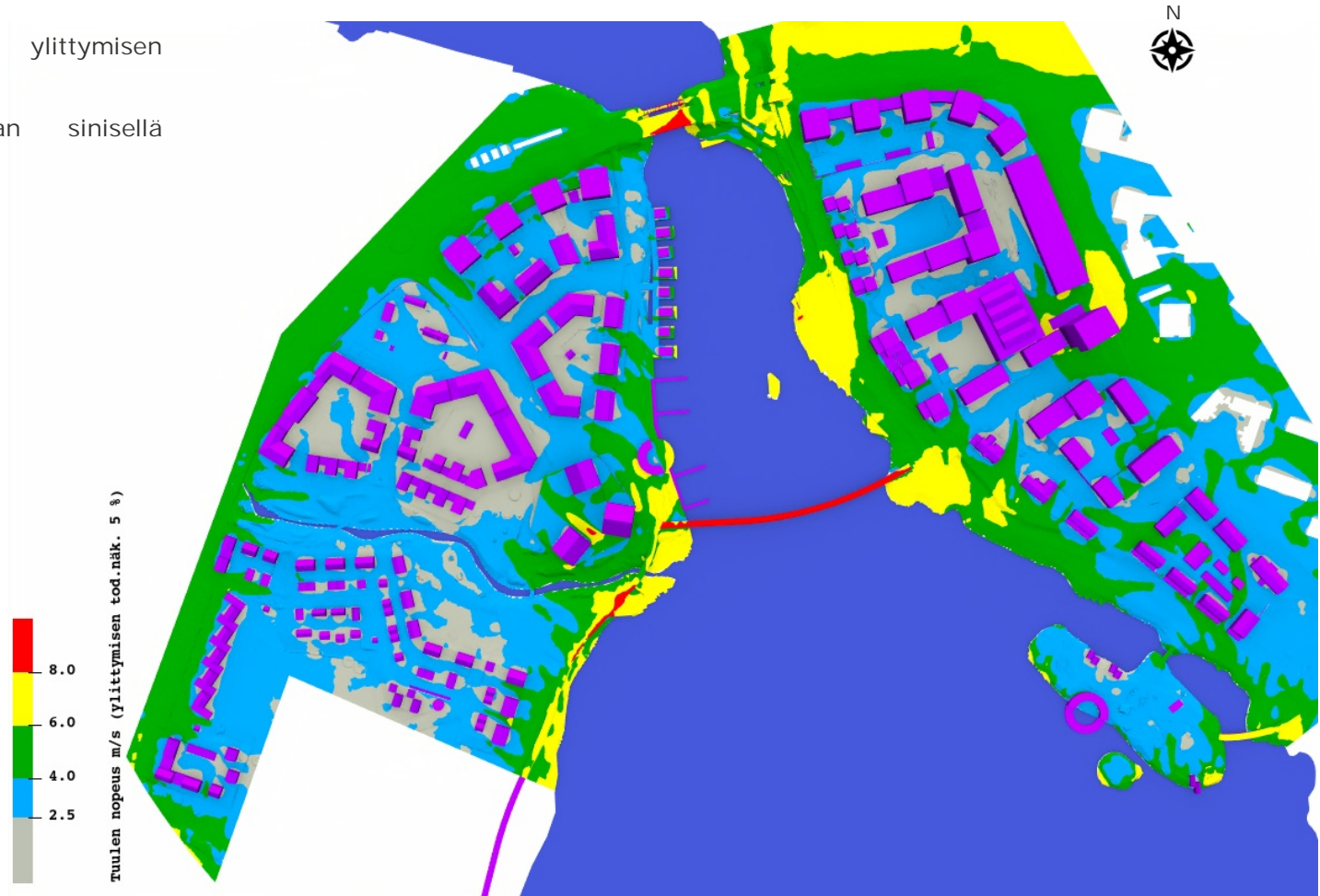
Kategoria	Tuulen nopeus (ylittymisen todennäköisyys 5%)	Kuvaus	Väri
Jatkuva istuminen	2.5 m/s	Soveltuu hyvin jatkuvaan ulkona istumiseen, esim. ravintolat, kahvilat	○
Ajoittainen istuminen	4 m/s	Soveltuu hyvin ajoittaiseen ulkona istumiseen, esim. julkiset ulkotilat, parvekkeet ja terassit satunnaiskäytössä	○
Seisominen	6 m/s	Hyväksyttävä rakennusten sisäänkäynneille, bussipysäkeille, katetut kulkutiet tai ailiikutunnelit	○
Kävely	8 m/s	Hyväksyttävä kaduille ja kävelyteille	○
Epämukava	> 8 m/s	Mielletään epämukavaksi jalankulkijoille	○



5. VIRTAUSMALLIN TULOKSET – PAIKALLINEN TUULISUUS, TALVIKUUKAUDET

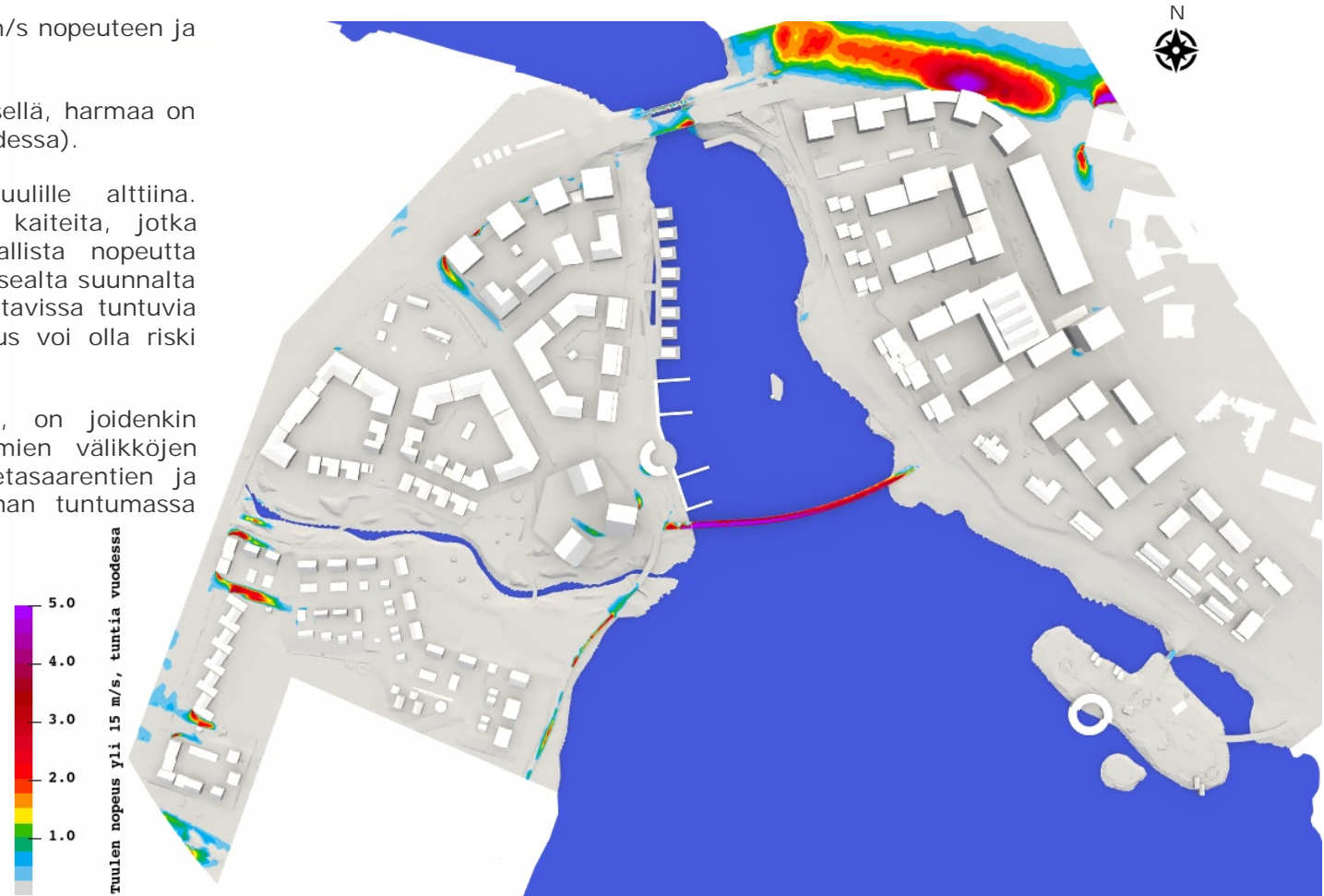
- Väri kuvaa paikallista tuulen nopeutta, jonka ylittymisen todennäköisyys on 5 %
- Rakennukset kuvassa liilalla, meri tumman sinisellä

Kategoria	Tuulen nopeus (ylittymisen todennäköisyys 5%)	Kuvaus	Väri
Jatkuva istuminen	2.5 m/s	Soveltuu hyvin jatkuvaan ulkona istumiseen, esim. ravintolat, kahvilat	○
Ajoittainen istuminen	4 m/s	Soveltuu hyvin ajoittaiseen ulkona istumiseen, esim. julkiset ulkotilat, parvekkeet ja terassit satunnaiskäytössä	○
Seisominen	6 m/s	Hyväksyttävä rakennusten sisäänkäynnelle, bussipysäkeille, katetut kulkutiet tai ailiikutunnelit	●
Kävely	8 m/s	Hyväksyttävä kaduille ja kävelyteille	●
Epämukava	> 8 m/s	Mielletään epämukavaksi jalankulkijoille	●



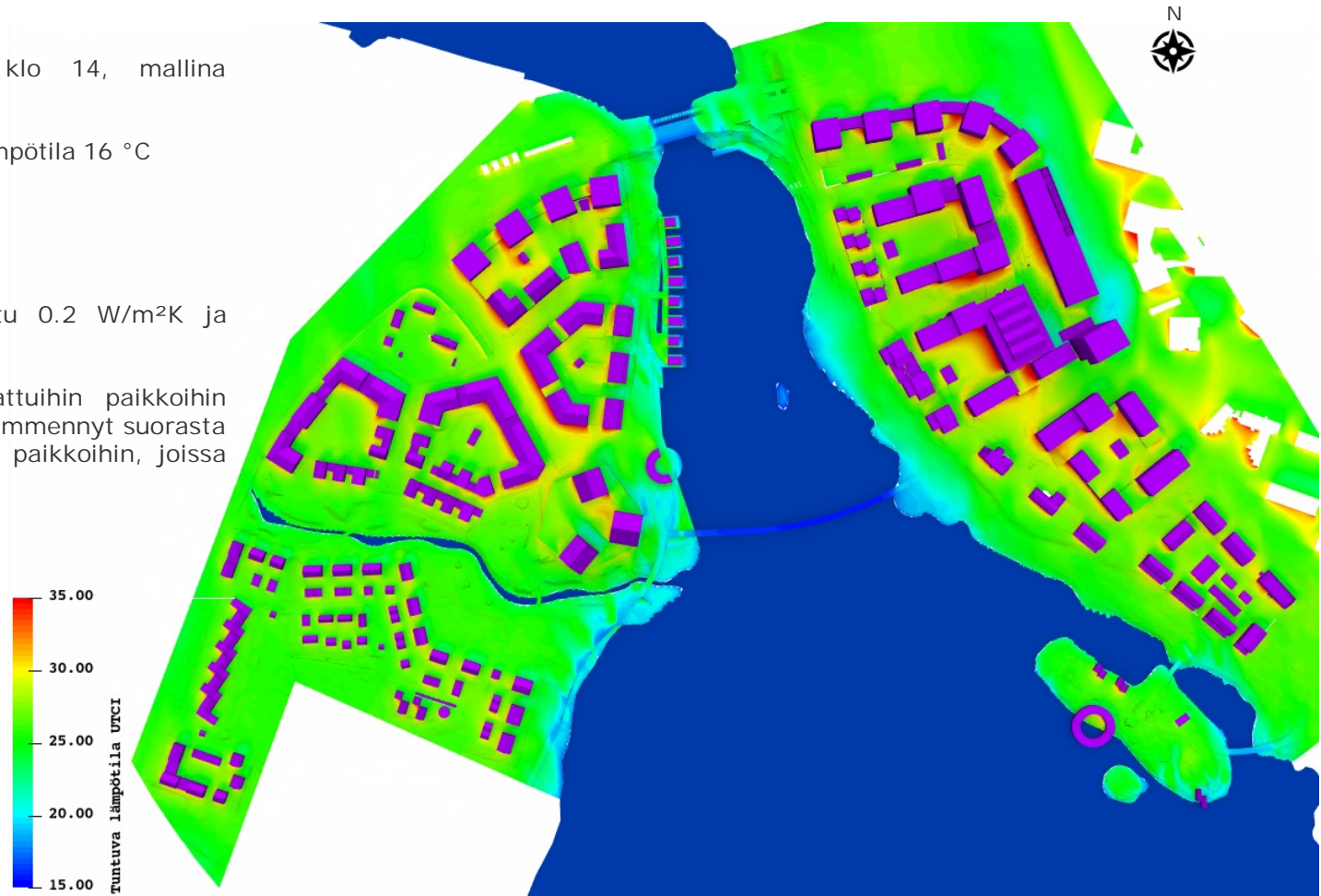
5. VIRTAUSMALLIN TULOKSET – TURVALLISUUS

- Värikartta näyttää missä kohdissa tuuli yltyy yli 15 m/s nopeuteen ja kuinka usein keskimäärin, yksikkönä tuntia/vuosi.
- Rakennukset kuvassa valkoisella, meri tumman sinisellä, harmaa on asteikon matalimman arvon väri (0-15 minuuttia vuodessa).
- Jalankulkusilta näyttäytyy tuloksissa koville tuulille alttiina. Huomioitavaa on, että silta mallinnettiin ilman kaiteita, jotka todellisuudessa osaltaan madaltavat tuulen paikallista nopeutta jalankulkijan tasossa. Kuitenkin tuulen puhaltaessa usealta suunnalta esteettömästi meren yli, on jalankulkusillalla odotettavissa tuntevia tuulen nopeuksia usein, ajoittain tuulen voimakkuus voi olla riski liikkumisrajoitteisille tai ikäihmisille.
- Muita kohtia, joissa esiintyy voimakkaita tuulia, on joidenkin rakennusten nurkkien ja rakennusten muodostamien välikköjen kohdalla; laajahko alue kuvan koillisnurkassa Hietasaarentien ja Koskelantien risteyksen kohdalla; kävelytiellä rannan tuntumassa kuvan alalaidassa keskellä.



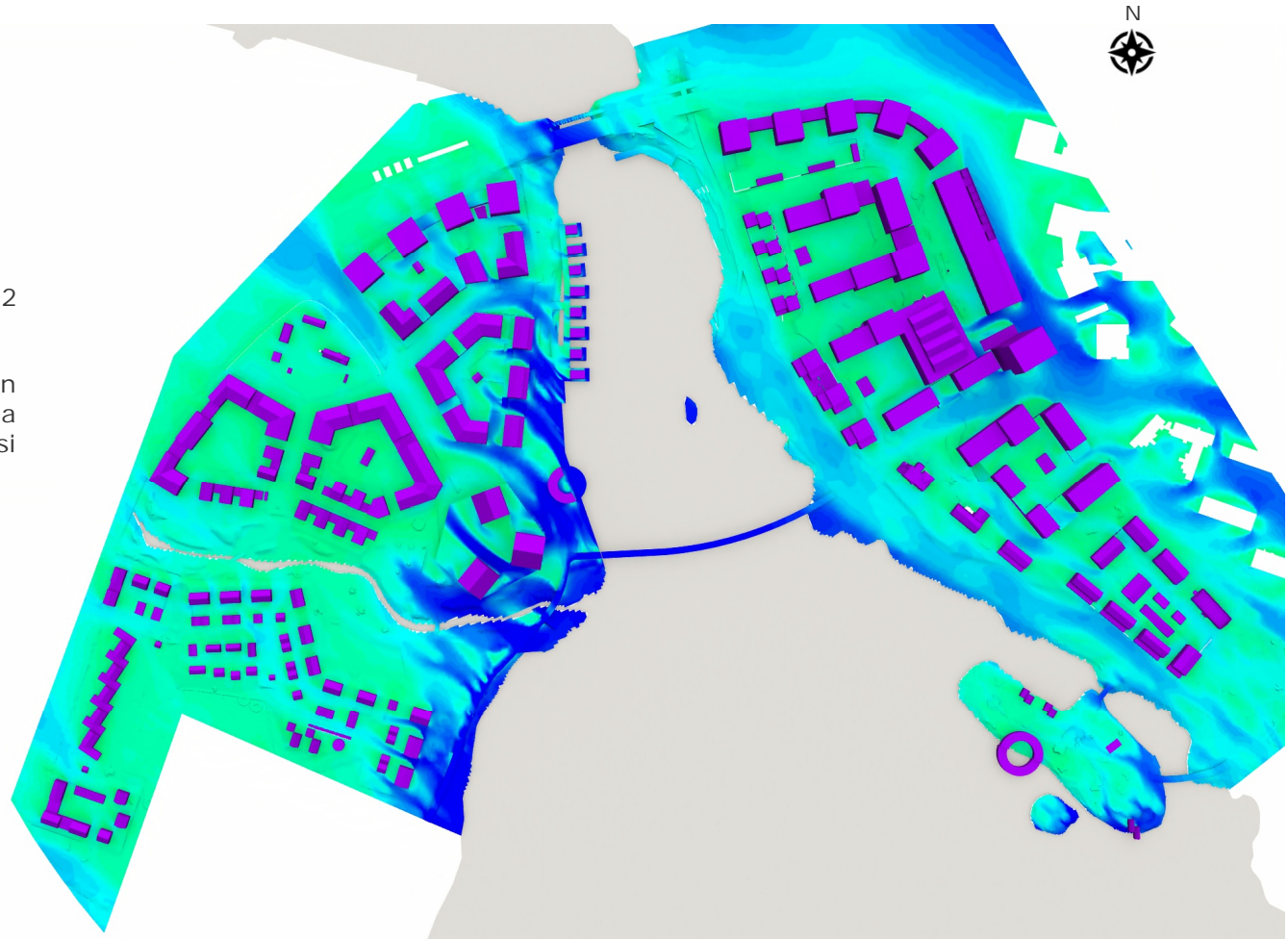
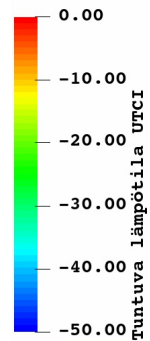
5. VIRTAUSMALLIN TULOKSET - KESÄOLOSUHDE

- Värikartta kuvaa olosuhdetta 14. heinäkuuta klo 14, mallina jäädytysjärjestelmien mitoitus tilanne
- Ulkoilman lämpötila 27 °C, aurinkoista, meriveden lämpötila 16 °C
- Suhteellinen kosteus 43 %
- Tuulen perusnopeus 10 m korkeudessa 5 m/s
- Rakennusten ulkovaipan keskim. U-arvoksi oletettu 0.2 W/m²K ja sisälämpötilaksi 21.5 °C
- Lämpimimmät kohdat muodostuvat tuulelta suojattuihin paikkoihin ja/tai kohtiin, joissa läheinen rakennuksen seinä on lämmennyt suorasta auringonpaisteesta. Vileimmät kohdat muodostuvat paikkoihin, joissa tuulee tuntuvalta voimakkuudella.



5. VIRTAUSMALLIN TULOKSET - TALVIOLOSUHDE

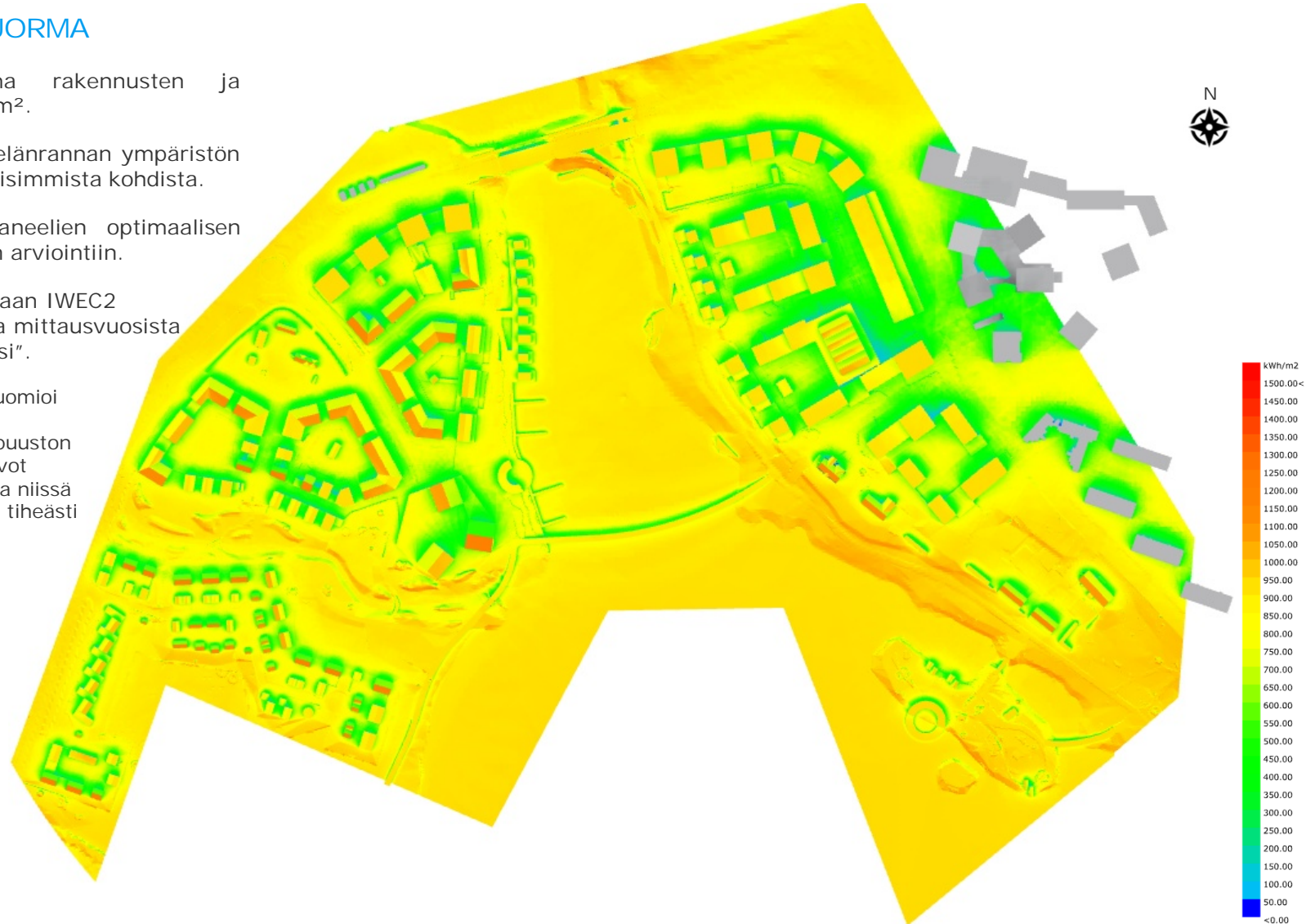
- Mallina lämmitysjärjestelmien mitoitustilanne
- Ulkoilman lämpötila $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$, tilanne auringonlaskun jälkeen
- Suhteellinen kosteus 80 %
- Tuulen perusnopeus 10 m korkeudessa 5 m/s
- Rakennusten ulkovaipan keskim. U-arvoksi oletettu $0.2\text{ W/m}^2\text{K}$ ja sisälämpötilaksi $21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tuntuva lämpötila reagoi herkästi tuulen paikalliseen nopeuteen ja pyörteisyyteen: kohdissa joissa tuulee tuntuvalta voimakkuudella, tuntuva lämpötila menee hyvin matalaksi ilman lämpötilan ollessa mallinnetussa tilanteessa $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$



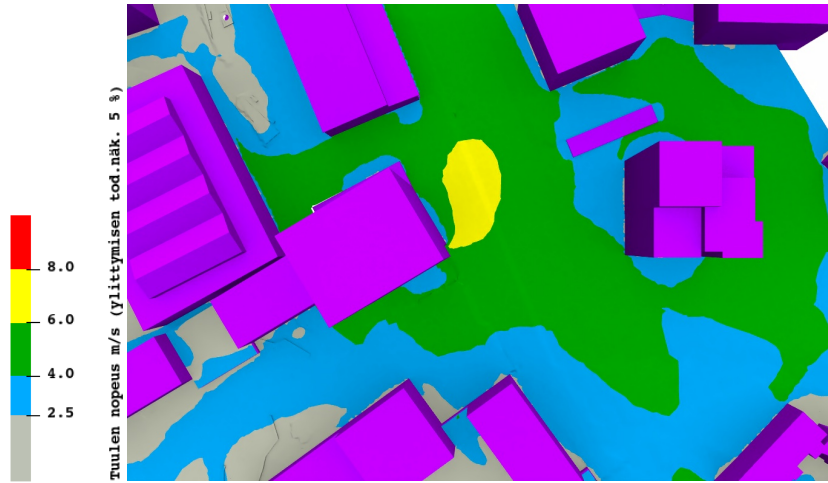
6. AURINGON SÄTEILYKUORMA

- Vuotuinen auringon säteilykuorma rakennusten ja ympäristön pinnoilla, yksikkönä kWh/m².
- Värikartta antaa käsityksen Hartaanselänrannan ympäristön keskimäärin aurinkoisimmista ja varjoisimmista kohdista.
- Värikartta soveltuu myös aurinkopaneelien optimaalisen sijoittelun ja suuntaamisen alustavaan arviointiin.
- Laskenta perustuu ASHRAE:n tuottamaan IWEC2 säädataan Oulusta. Säädata on useista mittausvuosista koostuva synteettinen "tyypillinen vuosi".

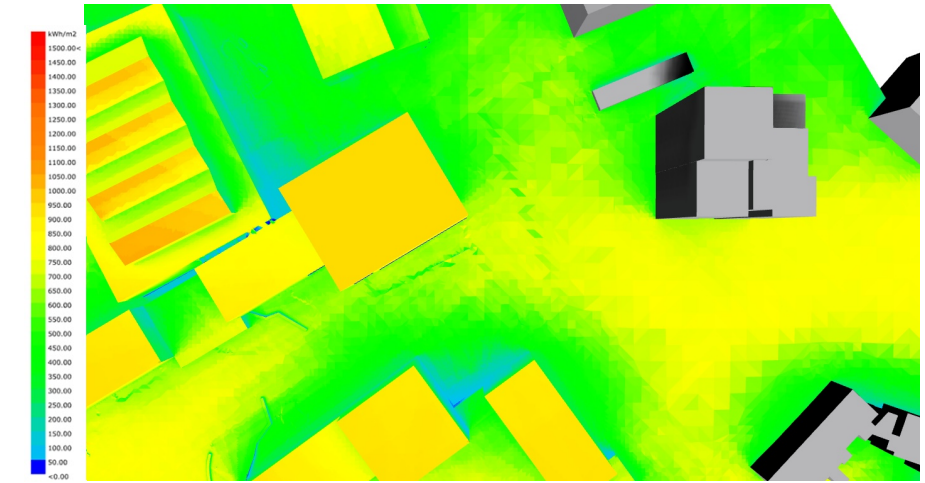
Huom. Auringon säteilykuorman laskenta huomioi rakennusten ja maaston pinnan muotojen aiheuttaman varjostuksen, mutta ei alueen puuston aiheuttamaa varjostusta. Säteilykuorman arvot pinnoilla ovat siis todellisuudessa matalampia niissä värikartan kohdissa, joiden ympärillä kasvaa tiheästi puita.



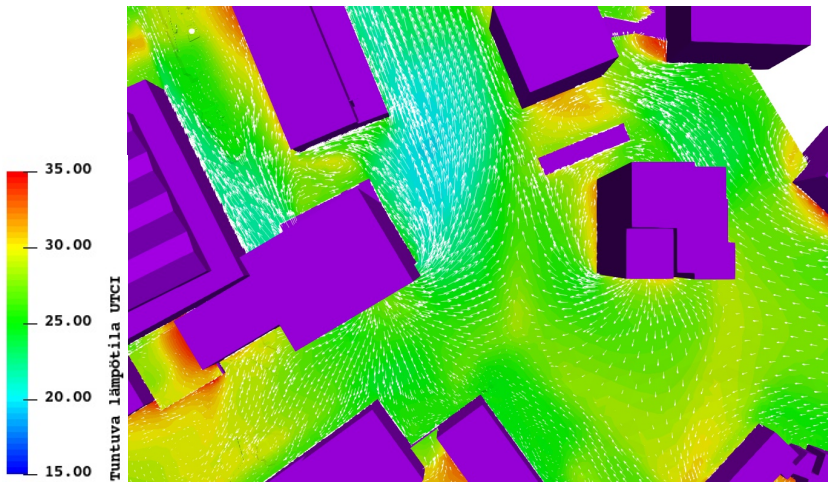
7. TULOKSET KESKEISISSÄ SIJAINNEISSA – STURENPOLKU TORNIEN YMPÄRISTÖ



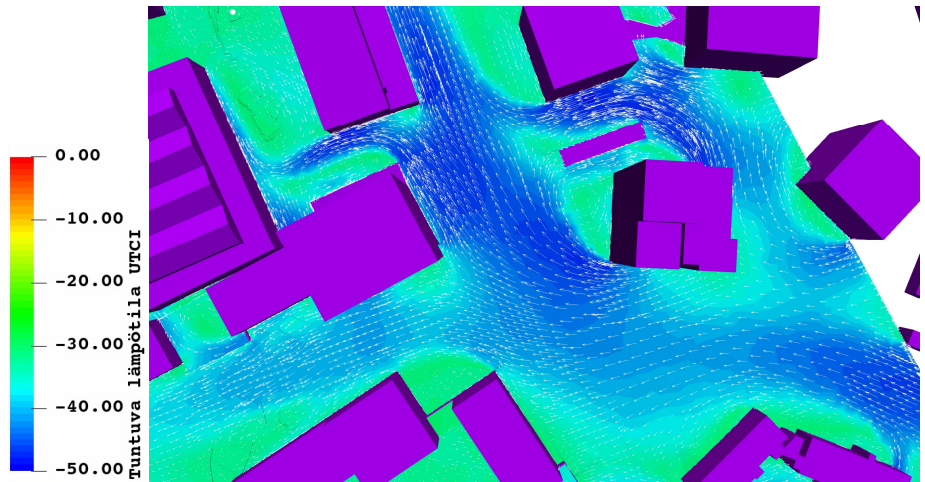
Vuotuinen tilastollinen tuuliolosuhde, tuulen nopeus, jolle yliittymisen todennäköisyys 5 %



Vuotuinen auringon säteilykuorma

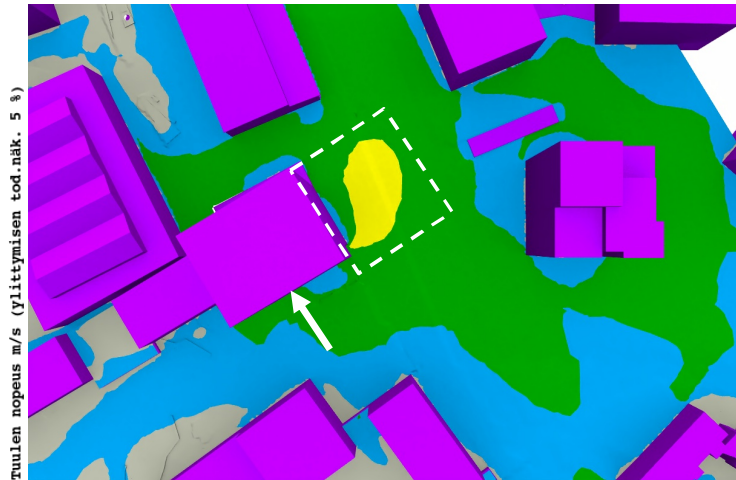


Kesäolosuhde, värikartta tuntuvan lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

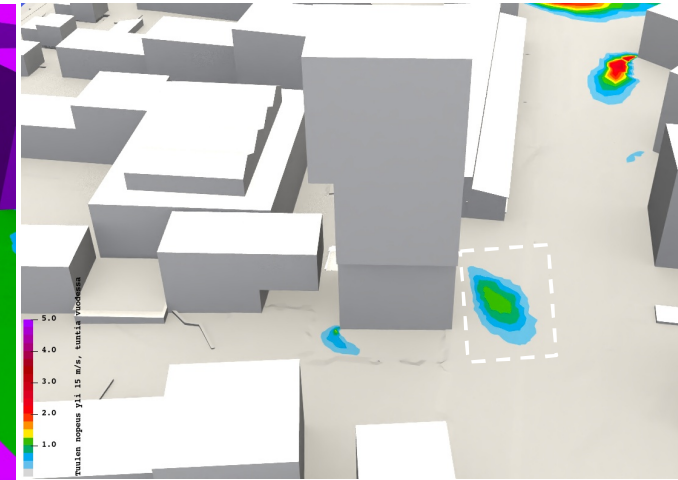
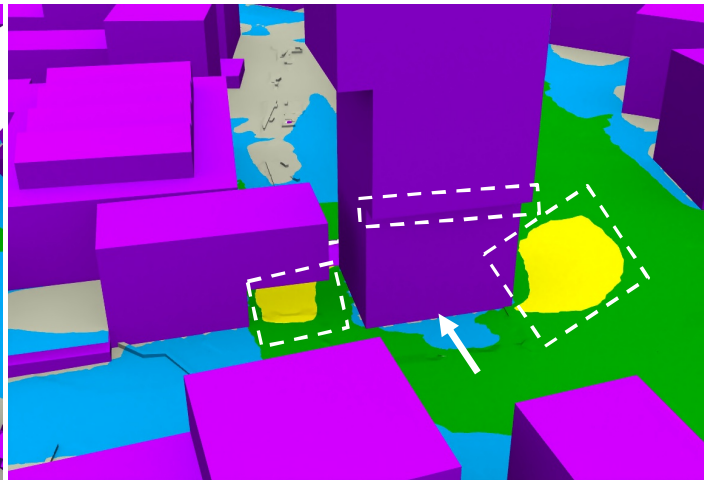


Talviolosuhde, värikartta tuntuvan lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

7. TULOKSET KESKEI SISSÄ SIJAINNEISSA – STURENPOLKU TORNI EN YMPÄRISTÖ

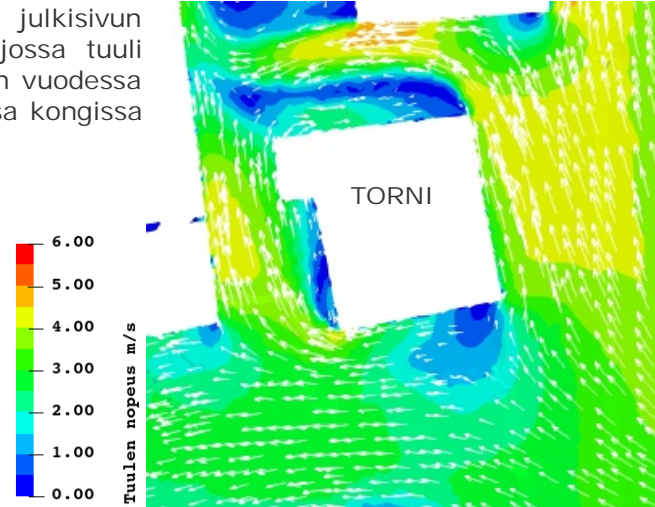


Vuotuinen tilastollinen tuuliolosuhde, tuulen nopeus, jolle ylittymisen todennäköisyys 5 %

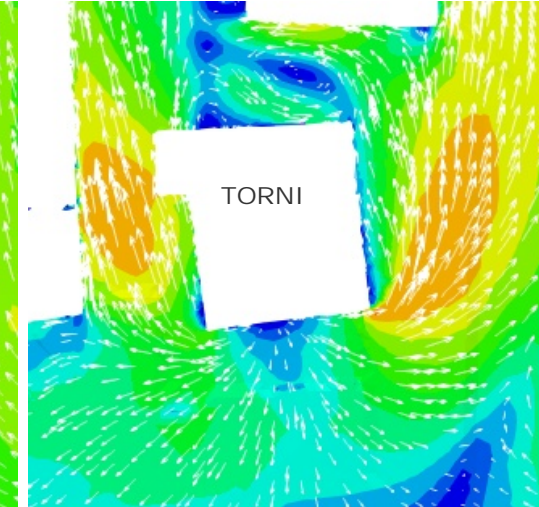


Tuulen nopeus yli 15 m/s, tuntia vuodessa

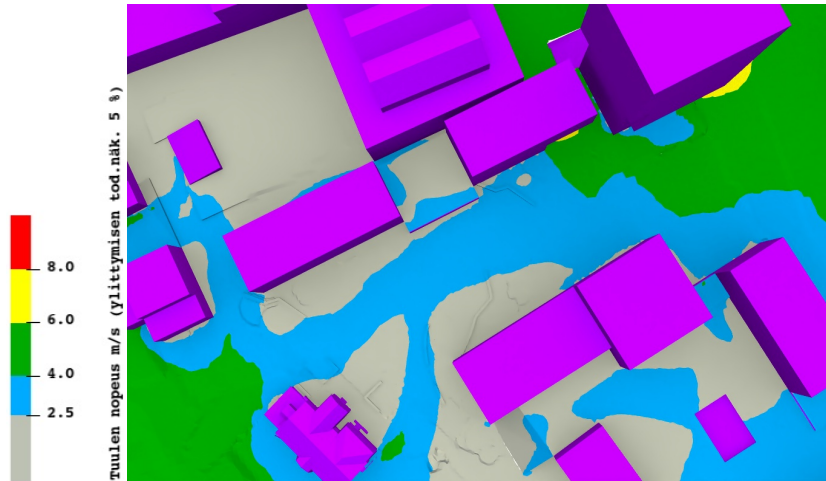
- Tornirakennuksen itään osoittavalla nurkalla ja koilliseen suuntautuvan julkisivun edustalla havaitaan tilastollisen tuulen nopeuden tuloksista kaistale, jossa tuuli kiihtyy usein ympäröivää tuulta voimakkaammaksi (keltaisella), n. tunnin vuodessa myös yli 15 m/s. Myös tornin länsipuolella, rakennusten välissä katetussa kongissa tuuli kiihtyy usein ympäröivää tuulta voimakkaammaksi.
- Nämä kohdat syntyvät kaakosta (vallitseva tuulensuunta) puhaltavien tuulien painautuessa tornirakennuksen lomitse ja kongin muodostamasta tunnelista.
- Edellä mainitut seikat suositellaan huomioitavaksi tornirakennuksen pääsisäänkäynnin sijoituksessa ja suunnittelussa: Rakennuksen käyttömukavuuden kannalta kaakkoon suuntautuva julkisivu on otollinen sisäänkäynnille – tuulen paikallinen nopeus on sen edustalla usein matala. Toisaalta tuulen paine julkisivua vasten on useimmiten suurin kaakon puolella, joten sisäänkäyntiin suositellaan tuulikaappia. Uloke rakennuksen alimman kolmanneksen kohdalla (kuvassa) on hyödyksi, se ohjaa kaakkoisjulkisivua pitkin alas painuvaa tuulta kauemmaksi rakennuksesta katutasossa.



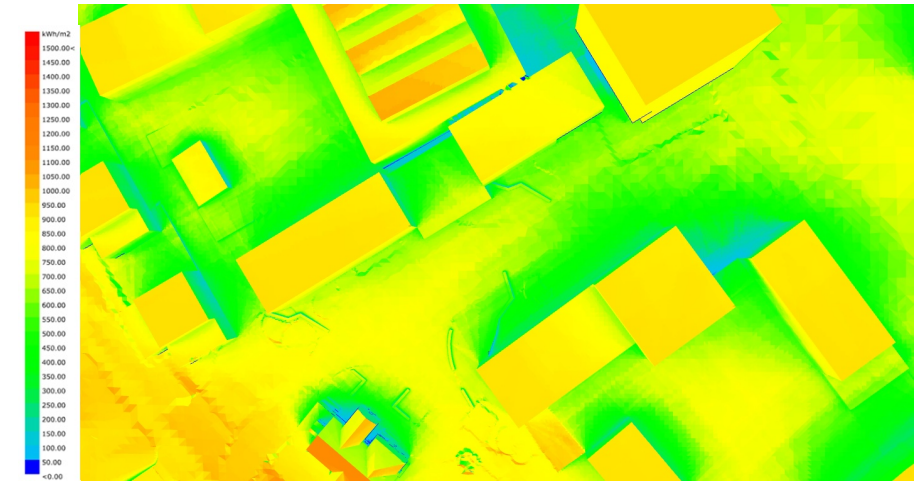
Tuulen paikallinen nopeusjakauma kaakkois- ja etelä-kaakkoistuulilla tuulen perusnopeuden ollessa 5 m/s



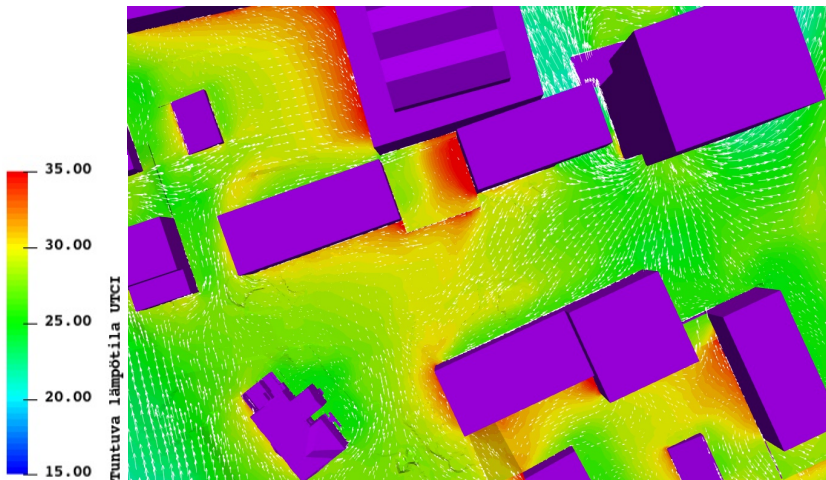
7. TULOKSET KESKEISISSÄ SIJAINNEISSA – CASTRENIINAUKIO



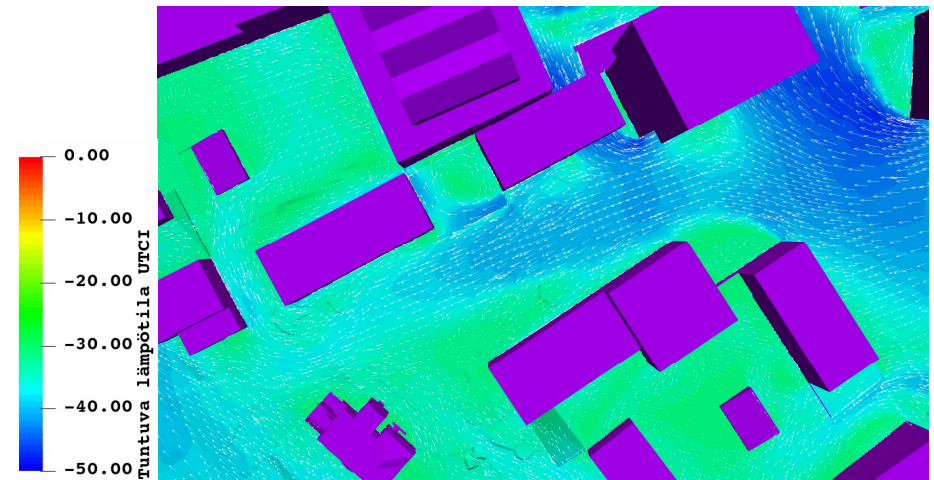
Vuotuinen tilastollinen tuuliolosuhde, tuulen nopeus, jolle ylittymisen todennäköisyys 5 %



Vuotuinen auringon säteilykuorma

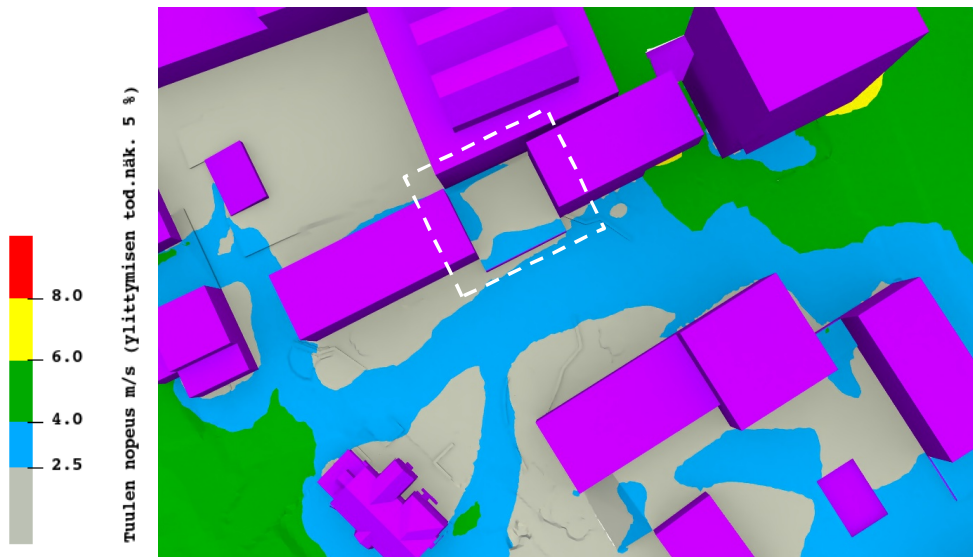


Kesäolosuhde, värikartta tuntuva lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

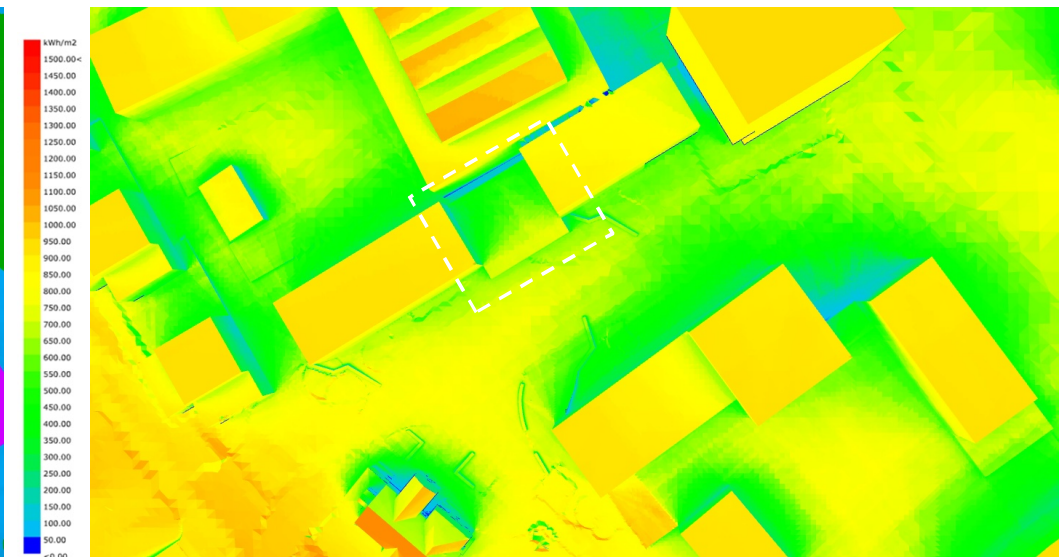


Talviolosuhde, värikartta tuntuva lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

7. TULOKSET KESKEISISSÄ SIJAINNEISSA – CASTRENI NAUKIO



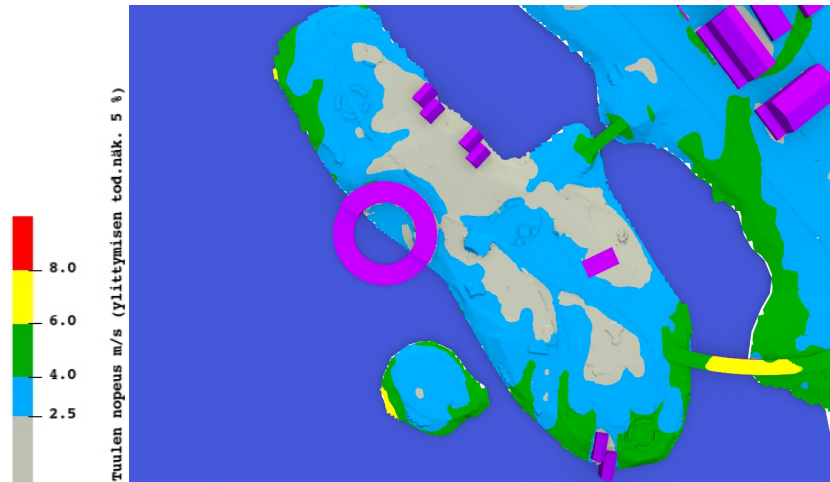
Vuotuinen tilastollinen tuuliolosuhde: tuulen nopeus, jolle ylittymisen todennäköisyys 5 %



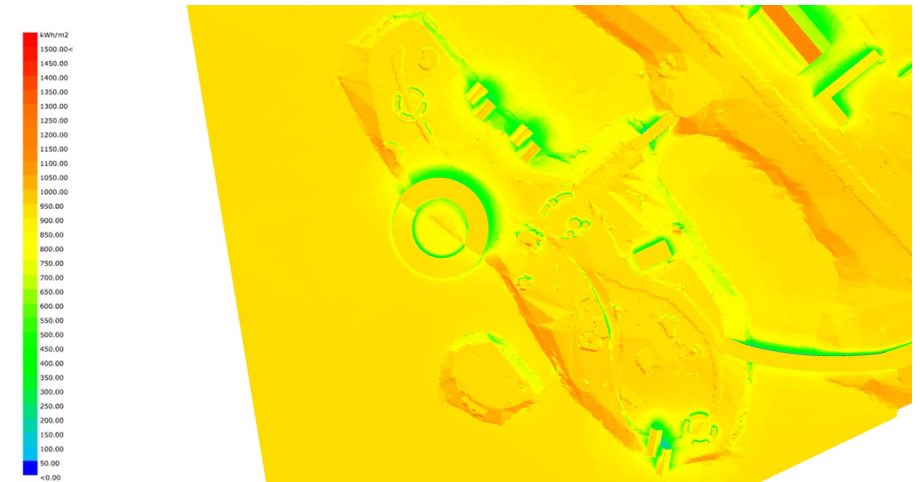
Vuotuinen auringon säteilykuorma

- Castreninaukio on suureksi osaksi melko suojaisa, eritoten katuosuudet rakennusten edustalla.
- Yksityiskohtana kuvaan on merkitty rakennusten väliin jäävä tila, jossa yhden kerroksen korkuisen rakennuksen osan katto näyttäytyy tuloksissa suotuisana paikkana kattoterassille – paikka on tuulen osalta suojaisa ja sisältää suuren osan ajasta sekä aurinkoisen että varjoisan alueen.

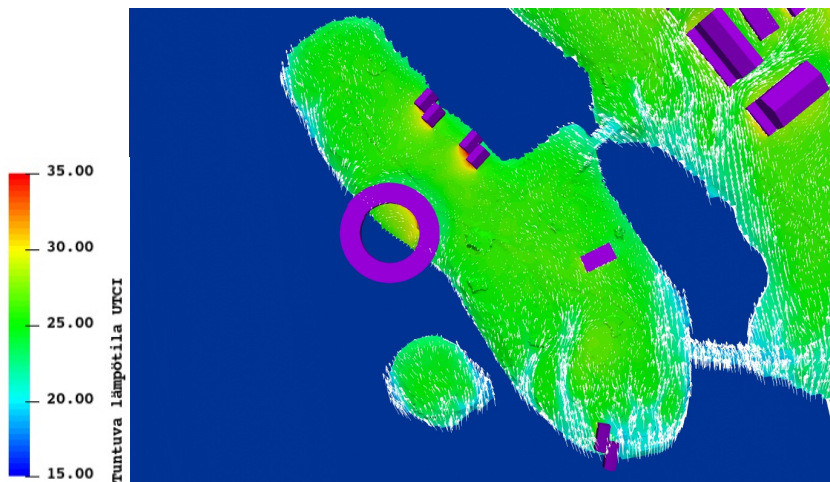
7. TULOKSET KESKEISISSÄ SIJAINNEISSA – MELONTA- JA KALASTUSKESKUS



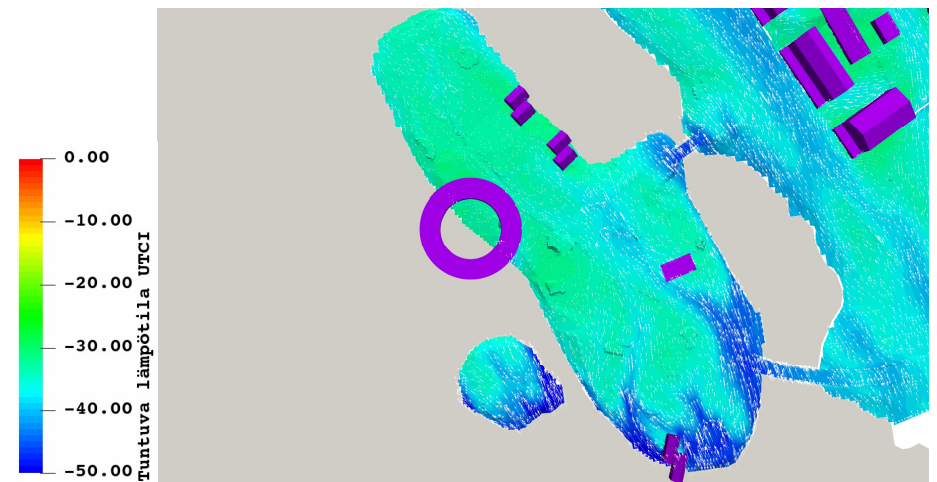
Vuotuinen tilastollinen tuuliolosuhde: tuulen nopeus, jolle ylittymisen todennäköisyys 5 %



Vuotuinen auringon säteilykuorma

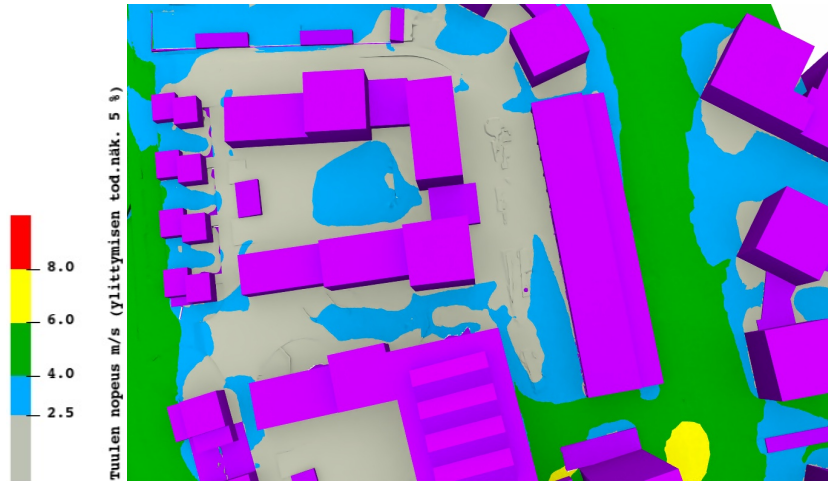


Kesäolosuhde, värikartta tuntuvan lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

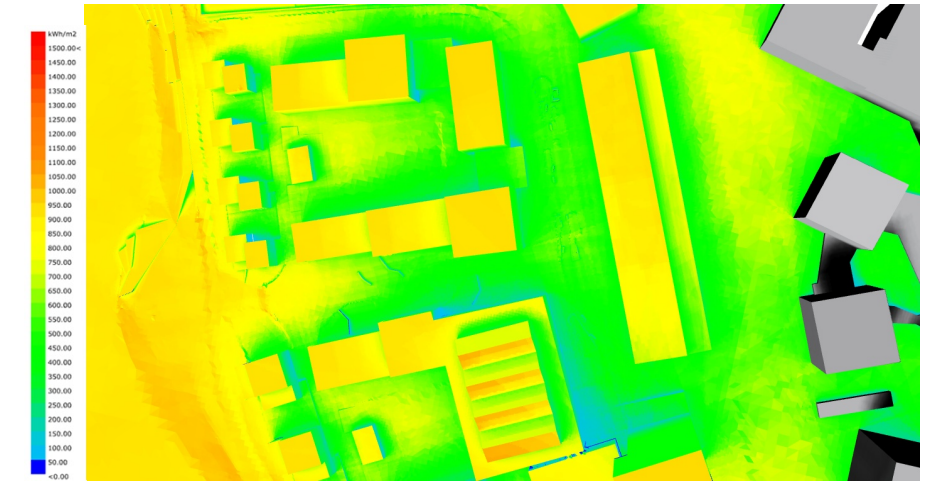


Talviolosuhde, värikartta tuntuvan lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

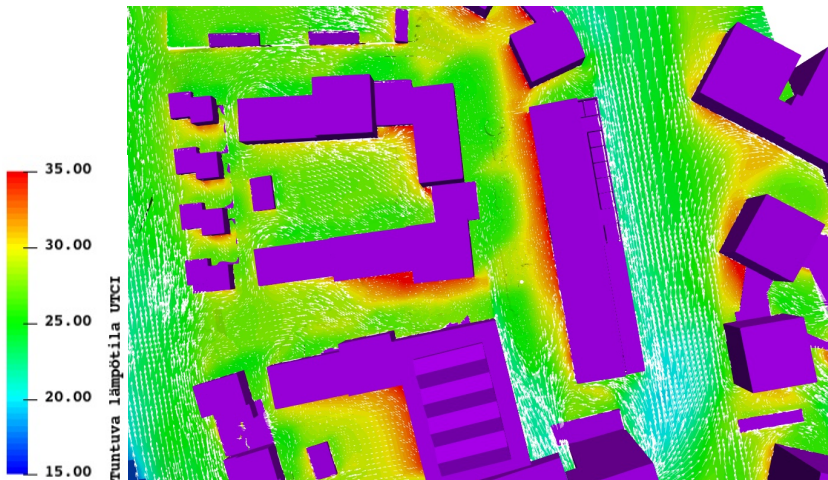
7. TULOKSET KESKEISSÄ SIJAINNEISSA – VARIKONAUKIO



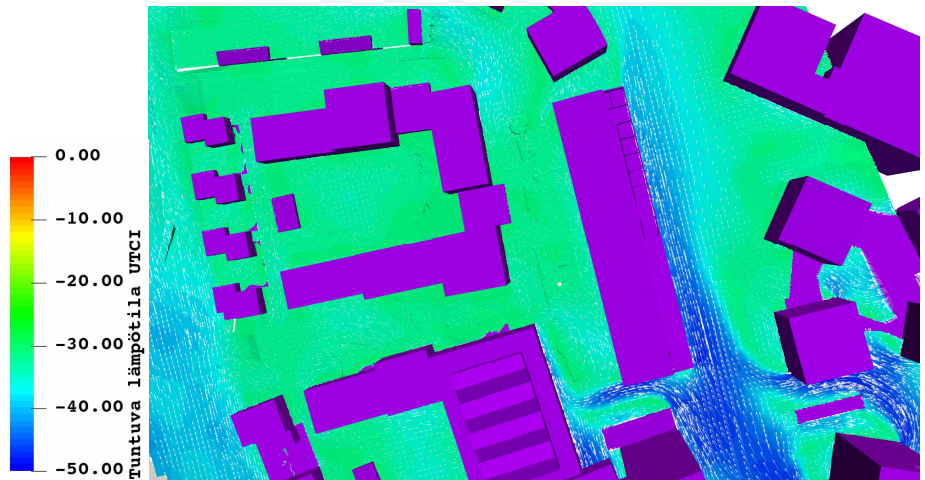
Vuotuinen tilastollinen tuuliolosuhde: tuulen nopeus, jolle ylittymisen todennäköisyys 5 %



Vuotuinen auringon säteilykuorma

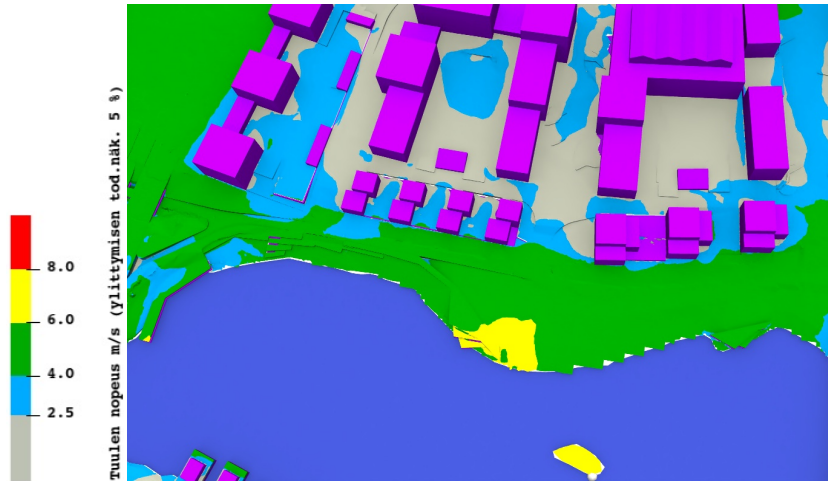


Kesäolosuhde, värikartta tuntuvan lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

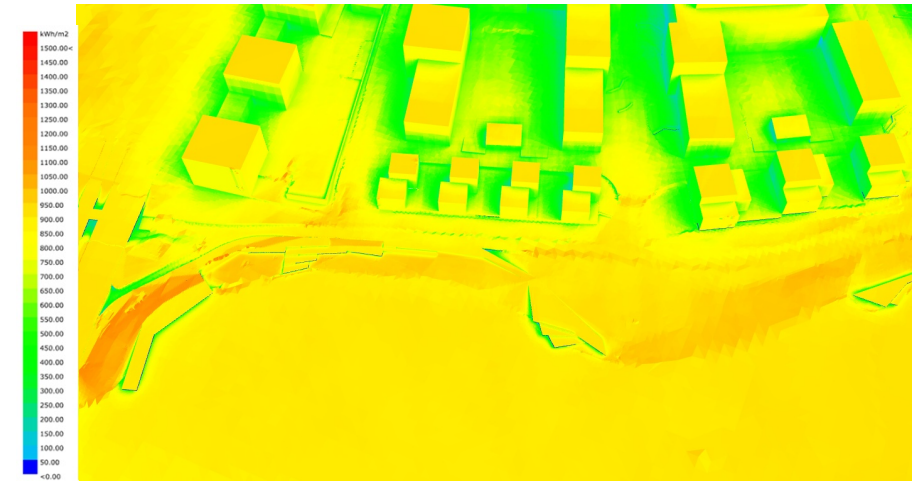


Talviolosuhde, värikartta tuntuvan lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

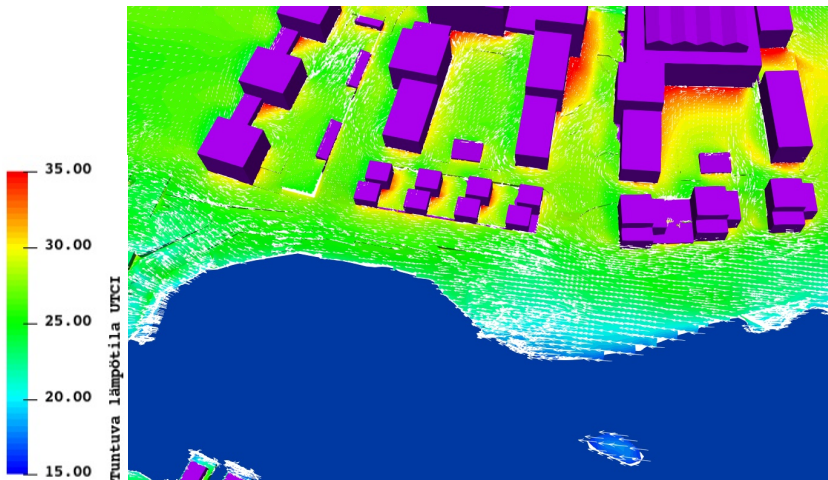
7. TULOKSET KESKEISISSÄ SIJAINNEISSA – VARIKONRANTA



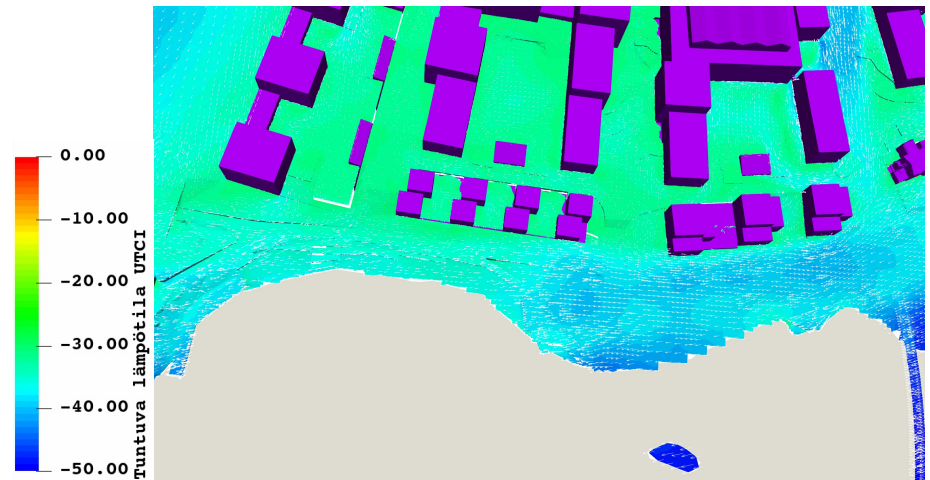
Vuotuinen tilastollinen tuuliolosuhde: tuulen nopeus, jolle ylittymisen todennäköisyys 5 %



Vuotuinen auringon säteilykuorma

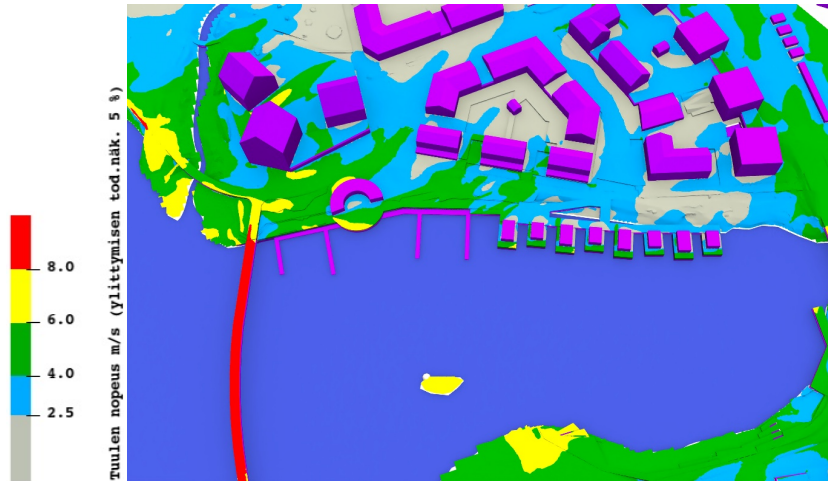


Kesäolosuhde, värikartta tuntuvan lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

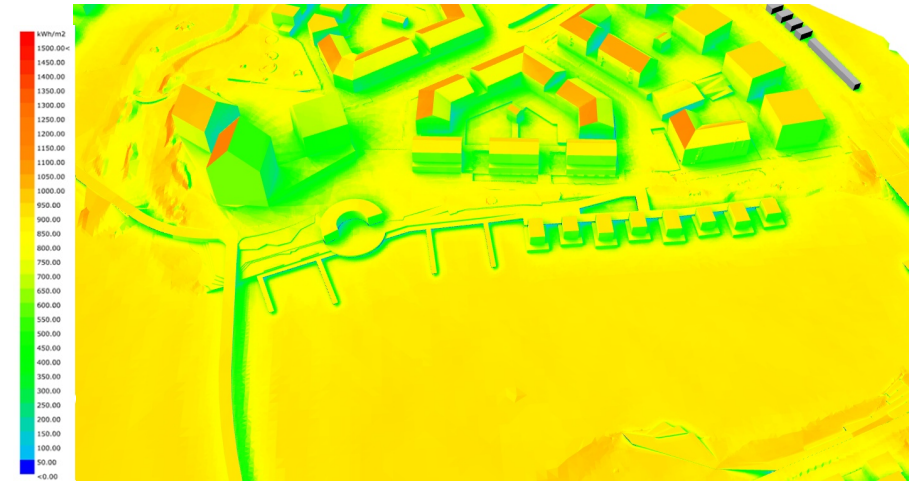


Talviolosuhde, värikartta tuntuvan lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

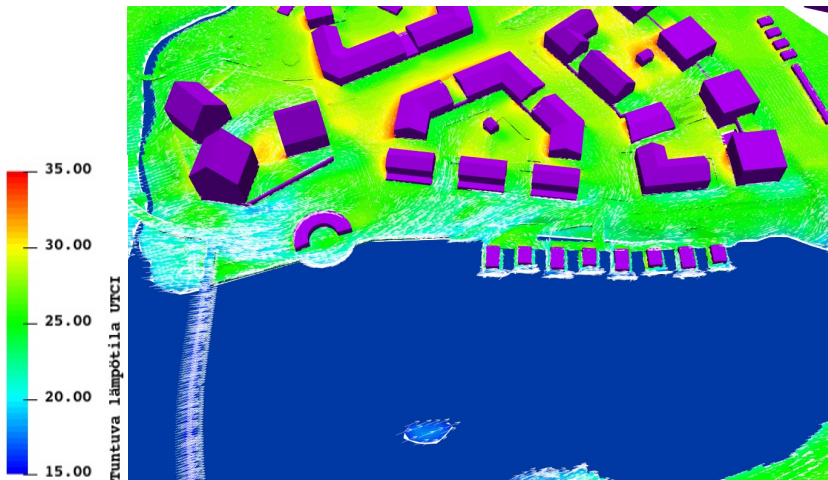
7. TULOKSET KESKEISISSÄ SIJAINNEISSA – LÄNSIRANTA



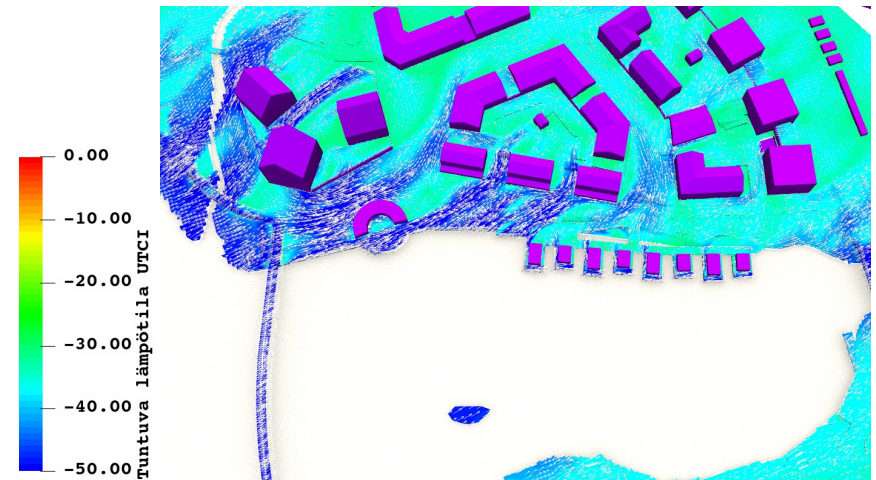
Vuotuinen tilastollinen tuuliolosuhde: tuulen nopeus, jolle ylittymisen todennäköisyys 5 %



Vuotuinen auringon säteilykuorma

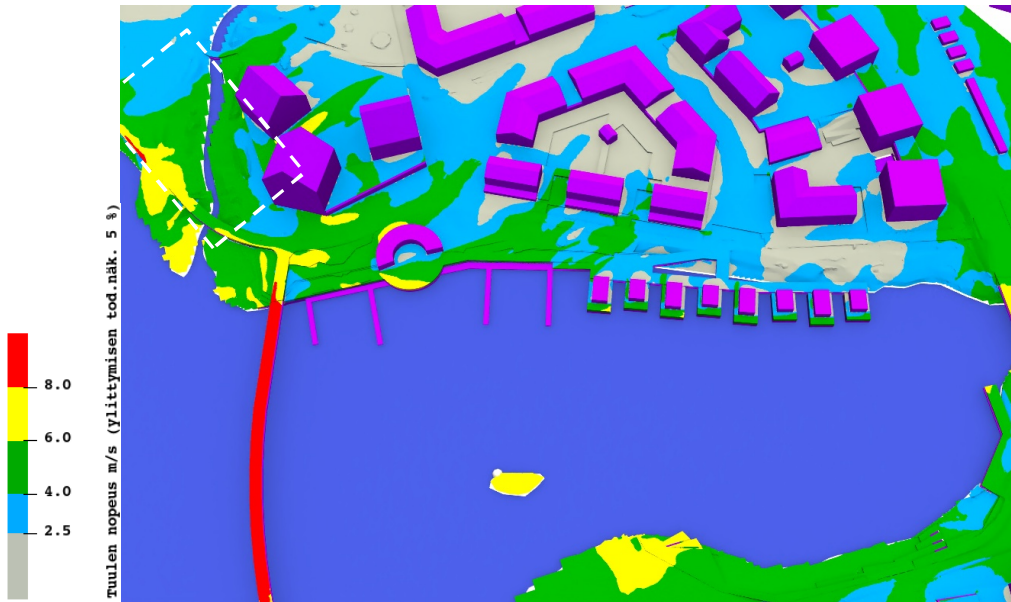


Kesäolosuhde, värikartta tuntuva lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

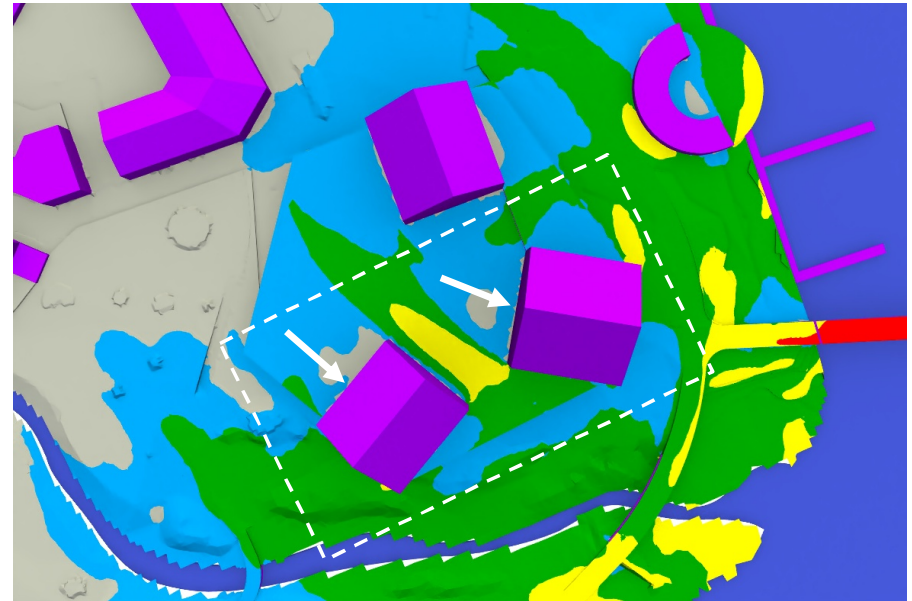


Talviolosuhte, värikartta tuntuva lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

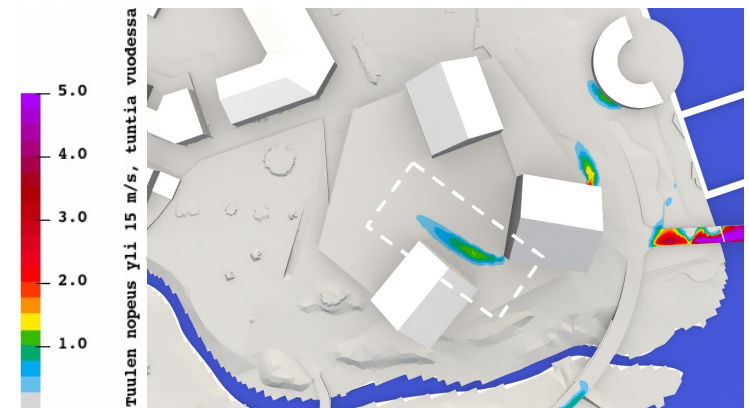
7. TULOKSET KESKEI SSISSÄ SIJAINNEISSA – LÄNSIRANTA



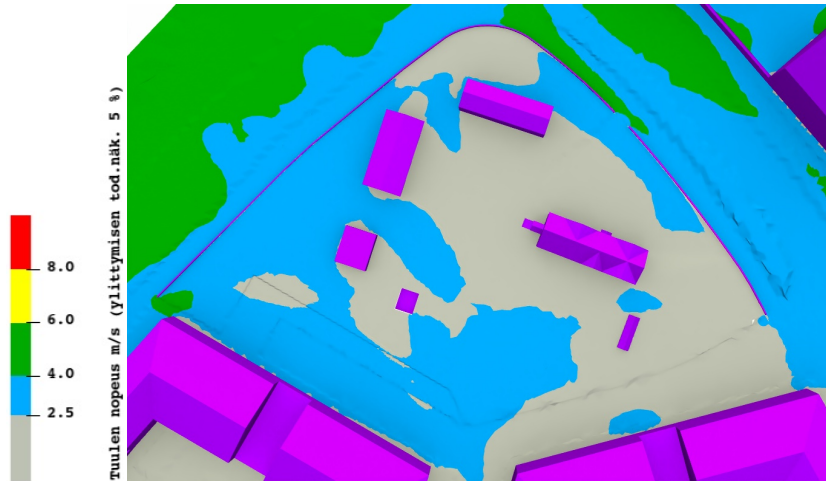
Vuotuinen tilastollinen tuuliolosuhde: tuulen nopeus, jolle ylittymisen todennäköisyys 5 %



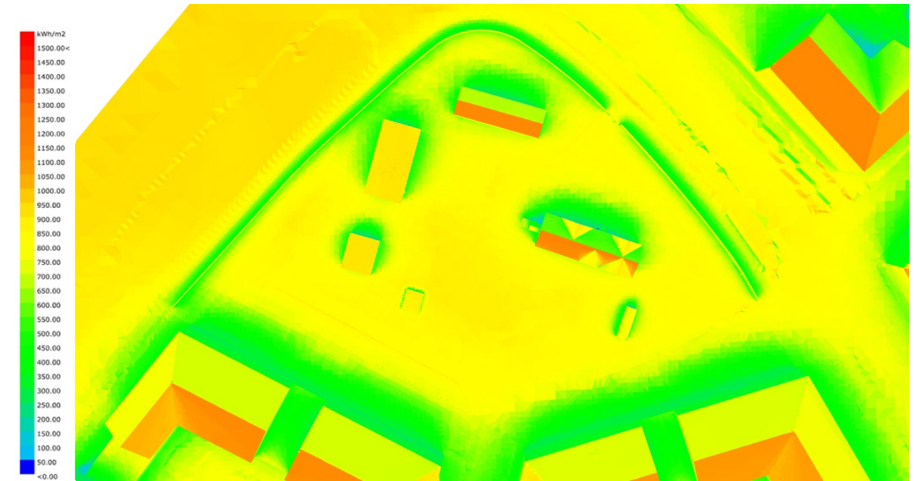
- Merkittyjen rakennusten välissä kaistale, jossa tuuli usein ympäröivää tuulta voimakkaampaa, ajoittain myös yli 15 m/s.
- Merkittyjen rakennusten sisäänkäynnit suositellaan sijoitettavaksi luoteeseen suuntautuville julkisivuille, jotka ovat suojassa meren yli esteettömästi puhaltavilta kaakkoistuulilta (vallitseva tuulensuunta).



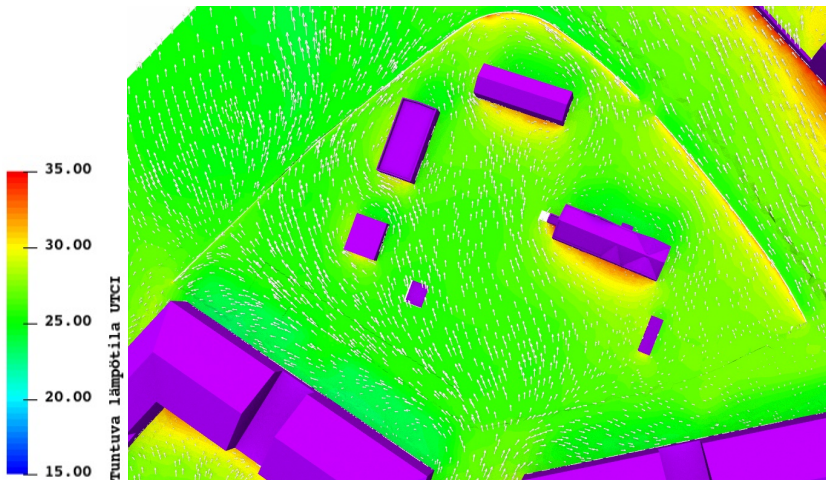
7. TULOKSET KESKEISISSÄ SIJAINNEISSA – RAVANDERIN HUVILA



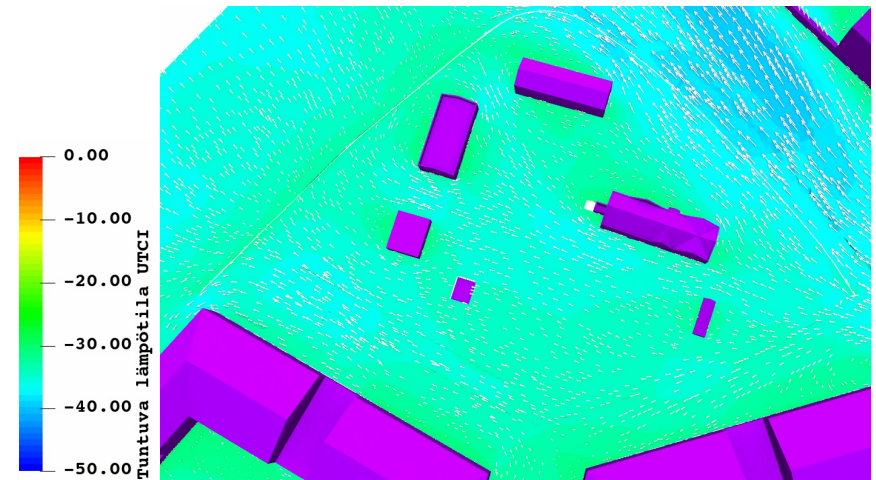
Vuotuinen tilastollinen tuuliolosuhde: tuulen nopeus, jolle ylittymisen todennäköisyys 5 %



Vuotuinen auringon säteilykuorma



Kesäolosuhde, värikartta tuntuvan lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit



Talviolosuhde, värikartta tuntuvan lämpötilan mukaan sekä tuulen nopeuden vektorit

Bright ideas. Sustainable change.

