

LAPTI – TUULIVIIHTYISYYSSELVITYS

RAPORTTI

10.5.2021

ANTTI MIKKONEN – CFD-INSINÖÖRI

KIMMO HENTINEN – CFD-INSINÖÖRI

EERO KOKKONEN – OSASTOPÄÄLLIKKÖ, JOHTAVA CFD-INSINÖÖRI

Tehtävä

Työn tavoitteena oli analysoida Alppilanbulevardin alueen jalankulkijoiden tasolla (1,5 m korkeudella) esiintyvää tuuliviihtyisyyttä kevennettynä tarkasteluna. Työn oli luonteeltaan suppea esiselvitys, koska kaikki alueen suunnitelmat ovat alustavia ja tulevat muuttumaan vielä.

Tuuliviihtyisyys selvityksessä tarkastellaan rakennetun ympäristön ja maaston muotojen yhteisvaikutusta alueelliseen tuuliviihtyisyyteen. Tuuliviihtyisyys perustuu 1,5 m korkeudella maanpinnasta esiintyviin tuulen nopeuksiin, joiden perusteella tuuliviihtyisyys evaluoidaan kirjallisuudessa esiintyvien tuuliviihtyisyyskriteerien avulla.

Tehtävä sisälsi virtauslaskenta-menetelmällä suoritettavan analyysin tuuliviihtyisyydestä. Analyysissä huomioitiin 4 tuulen suuntaa (90 asteen välein), 3D-maastomalli ja rakennettu ympäristö vähintään 500 m säteellä tarkastelualueesta.

Työn tuloksena saatiin suuntaa-antava tuuliviihtyisyys koko Alppilanbulevardin alueesta. Myöhemmässä vaiheessa suositellaan luotettavan tuuliviihtyisyyden määrittämiseksi tuuliviihtyisyyden analysointia alan best practice guidelines –ohjeiden mukaisesti tässä työssä suoritettuna kevennettynä analyysinä sijasta.

Työkalut ja menetelmät

Pacefish

Virtausta kuvaavien Lattice Boltzmann –
yhtälöiden numeerinen ratkaisu.

- Ajasta riippuva (transient) formalismi
- SST–DDES –turbulenssimalli

Paraview, Python ja Blender

Datan jälkikäsittely kuviksi.

Pacefish

Laskentahilan luonti (55 miljoonaa hilapistettä)

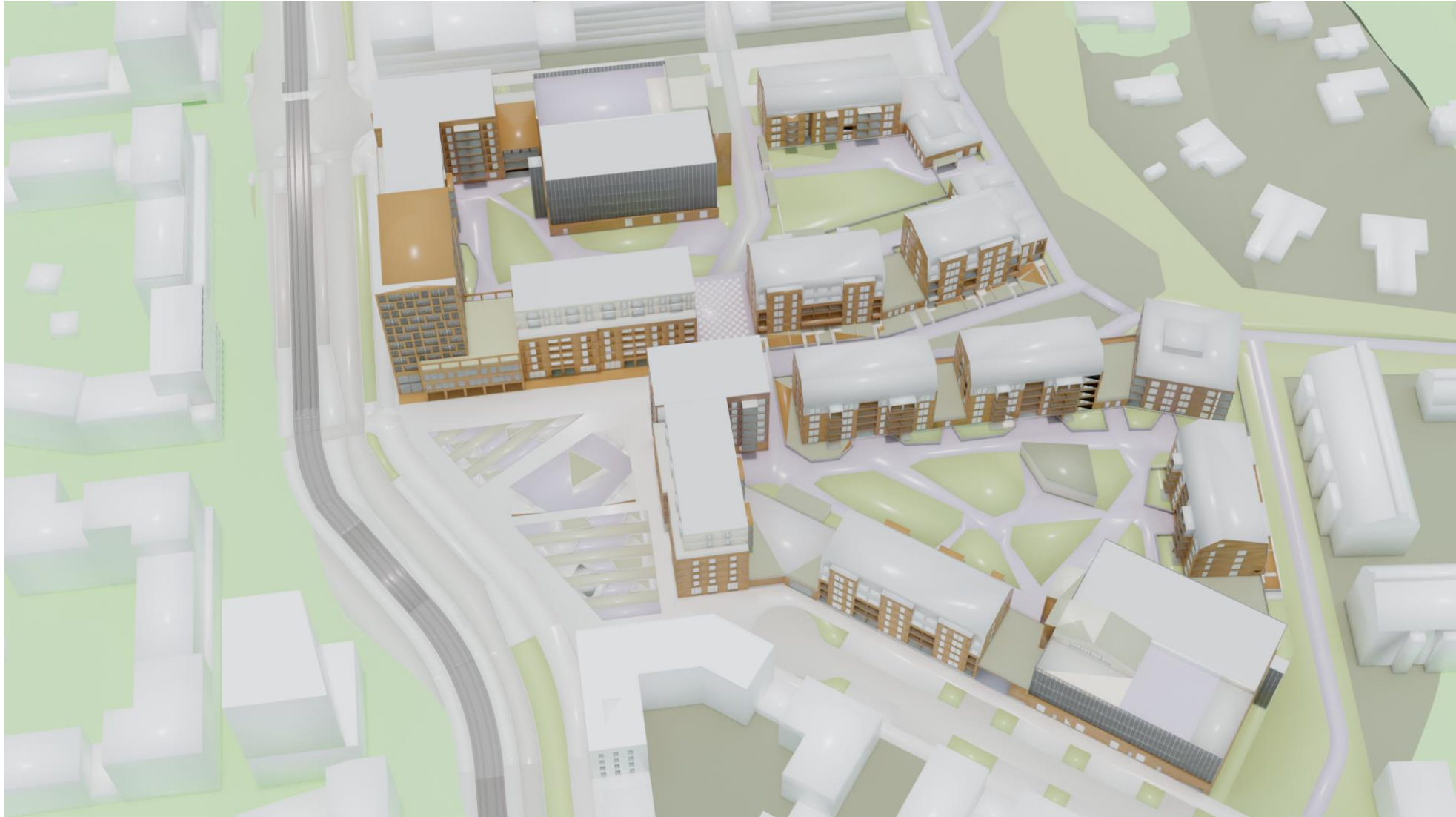
Blender

Geometrian luonti.

1. CFD-MALLI JA REUNAEHDOT

Tämän työn analyysissä käytettiin ajasta riippuvaa hila-Boltzmann menetelmää (Lattice Boltzmann method) yhdistettynä DDES-turbulenssimalliin. Hila-Boltzmann menetelmässä Navier-Stokes -yhtälöitä ei ratkaista suoraan, vaan ratkaistavat yhtälöt muodostetaan kaasumolekyylien tilastollisien jakaumien perusteella. Menetelmän keskeinen lähtökohta on, että yksittäisten atomien ja molekyylien sijaan tarkastellaan näiden muodostamia tilastollisia jakaumafunktioita (distribution function). Näin voidaan pienentää tarkasteltavien partikkelien lukumäärä valtavan suuresta mielekkääksi. Hila-Boltzmann -menetelmän yhtälöistä on mahdollista johtaa Navier-Stokes -yhtälöt.

Alppilanbulevardin alue arkkitehdin mallin mukaisesti



1

Ympäröivät mallinnettavat rakennukset ja maasto:

- Kohderakennuksen korkeuden H huomiointi, joka vaikuttaa kuinka suurelta alueelta ympäröivät rakennukset ja 3D-maastomalli tulee ottaa huomioon
 - Tässä työssä maastomalli ja ympäröivät rakennukset huomioitiin 500 m säteeltä kohderakennuksesta.

2

Laskenta-alueen koko:

- Kohde ja ympäröivien rakennusten korkeuden H huomiointi, joka vaikuttaa kuinka laskenta-alueen kokonaisuudessaan tulee olla, jotta laskenta-alue ei vaikuta virtaukseen
 - Tässä työssä simulointialueen dimensiot olivat 5900 m × 2700 m × 700 m (pituus × leveys × korkeus).

3

Laskentaverkon/laskentahilan koko:

- Minivaatimukset laskennassa käytettävälle laskentaverkolle, jotta numeerisen laskennan on mahdollista tuottaa luotettavia tuloksia
 - Tässä työssä laskentahilan koko oli 55 miljoonaa hilapistettä

4

Tuulidata, tuulen suuntien lukumäärä ja reunaehdot:

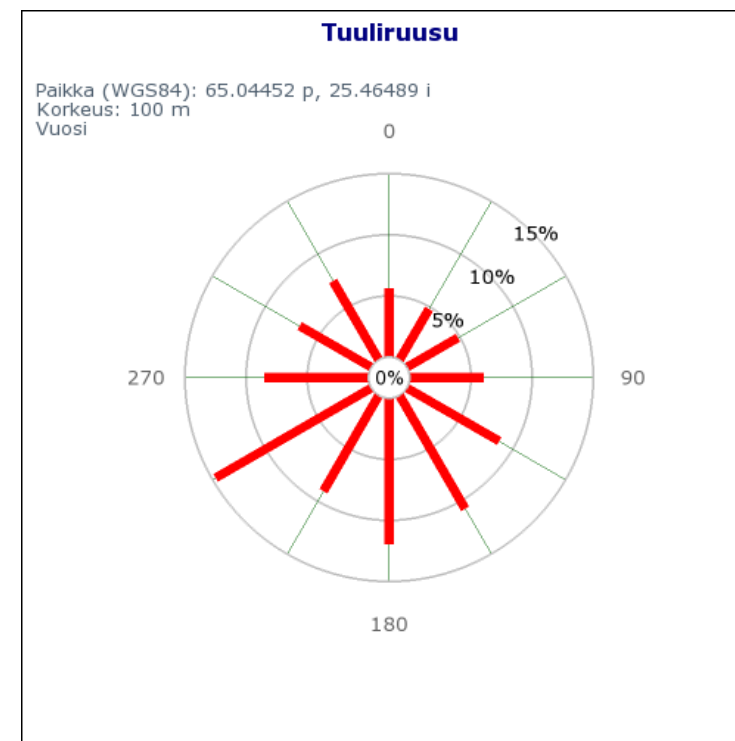
- Laskennan reunaehdot
- Tuulidatan käyttö, jotta virtauslaskenta ja käytetty tuulitilastodata tuottavat luotettavia tuloksia juuri kohderakennuksen alueella
 - Tässä työssä tuulen suuntien lukumäärän ja tuulidatan käytön poikettiin best practice guidelines -ohjeista, ja näiden parametrien suhteen suoritettiin kevennetty analyysi työn luonteen vuoksi



Tyypillisesti tuuliviihtyisyys-analyysi perustuu läheisen mittausaseman tuulidatasta määritettyihin todennäköisyysjakaumiin tämän edustaessa parasta mahdollista käytettävissä olevaa dataa.

Tässä työssä ei käytetty mitattua tuulidataa työn luonteen vuoksi, vaan tuulidata generoitiin Tuuliatlaksen [1] avulla. Tämän työn analyysi perustui vain neljän tuulen suunnan analysointiin, joten myös tuulidata generoitiin neljälle tuulen suunnalle. Tästä luonnollisesti aiheutuu virhettä todennäköisyyksiin, ja sitä kautta tuuliviihtyisyys-tuloksiin.

Tuuliruususta nähdään lisäksi lounaan olevan vallitsevin tuulen suunta. Myös etelä on merkittävä tuulen suunta, ja lisäksi lounaan ja etelän viereisissä suunnissa nähdään suhteellisesti suuria todennäköisyyksiä.



Tuuliviihtyisyys-kriteeri

Tuuliviihtyisyyden arviointi perustuu osittain ihmisen kokemuksiin, mikä tekee tuuliviihtyisyyden luotettavasti arvioinnista haastavaa. Kirjallisuudessa esiintyy useita tuuliviihtyisyyden arvioinneissa käytettyjä kriteereitä. Yhtä oikeaa kriteeriä ole olemassa. Tästä syystä yleisesti ottaen tuuliviihtyisyyden analysoinnissa on hyvä soveltaa useampaa kuin yhtä yleisesti käytettyä kriteeriä. Tuuliviihtyisyyselvityksille tyypilliseen tapaan tämän työn analyseissa puustoa ja kasvillisuutta ei otettu huomioon. Tältä osin saadut tulokset kuvaavat tuuliviihtyisyyden kannalta pahinta mahdollista tilannetta.

Tässä työssä käytettiin työn luonteen vuoksi vain yhtä kriteeriä. Kriteeriksi valittiin alkuperäiseen Lawson LDDC -kriteeriin [2] perustuva hieman muokattu kriteeri (josta tässä työssä käytetään nimeä 'muokattu Lawson LDDC -kriteeri'), joka on laajalti käytössä esimerkiksi Lontoon ja Leedsin kaupunkien alueella suoritettavissa tuuliviihtyisyyselvityksissä.

Tuuliviihtyisyyden arvioinnissa käytetty muokattu Lawson LDDC -kriteeri.

Kategoria	Tuulen keskinopeus (5% ylitystodennäköisyys)	Kuvaus
Toistuva istuminen	2.5 m/s	Ulkona istuminen, esim. ravintolat, kahvilat, jne.
Satunnainen istuminen	4 m/s	Satunnainen istuminen, esim. yleiset ulkotilat, satunnaiseen käyttöön tarkoitetut parvekkeet ja terassit, jne.
Seisominen	6 m/s	Sisäänkäynnit, linja-autopysäkit, katetut jalkakäytävät tai läpikulkukäytävät
Kävely	8 m/s	Ulkotilojen jalkakäytävät tai kävelytiet
Epämukava	> 8 m/s	Epämukava tavanomaiselle jalankulkijalle

Tuulen vaarallisuuden arvioinnissa käytetty muokattu Lawson LDDC -kriteeri.

Kategoria	Tuulen keskinopeus (0.022% ylitystodennäköisyys)	Kuvaus
Vaarallinen	15 m/s	Turvallisuusriski erityisesti haavoittuvassa asemassa oleville jalankulkijoille ja pyöräilijöille

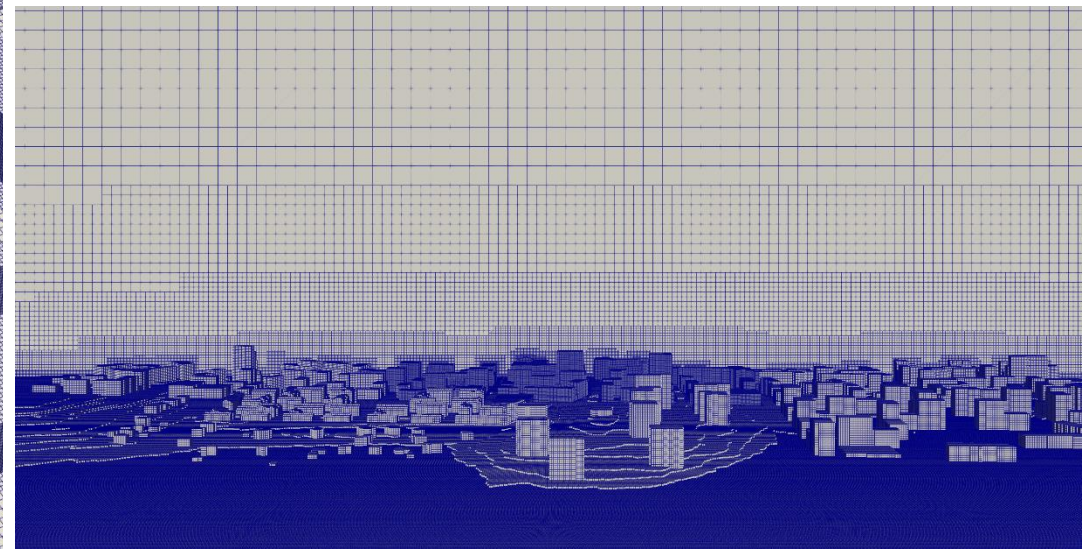
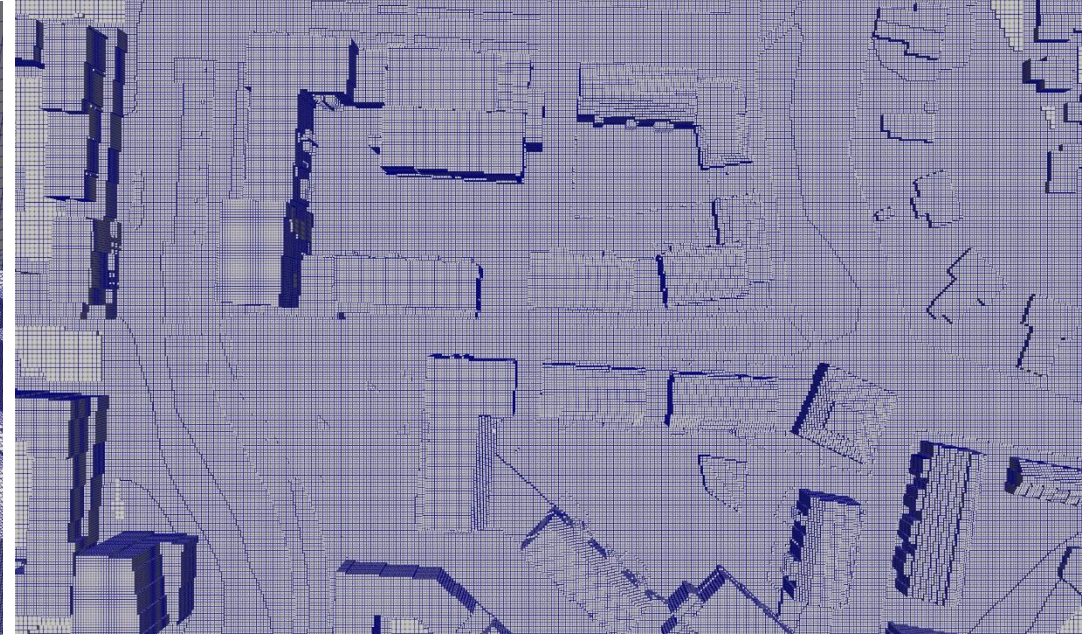
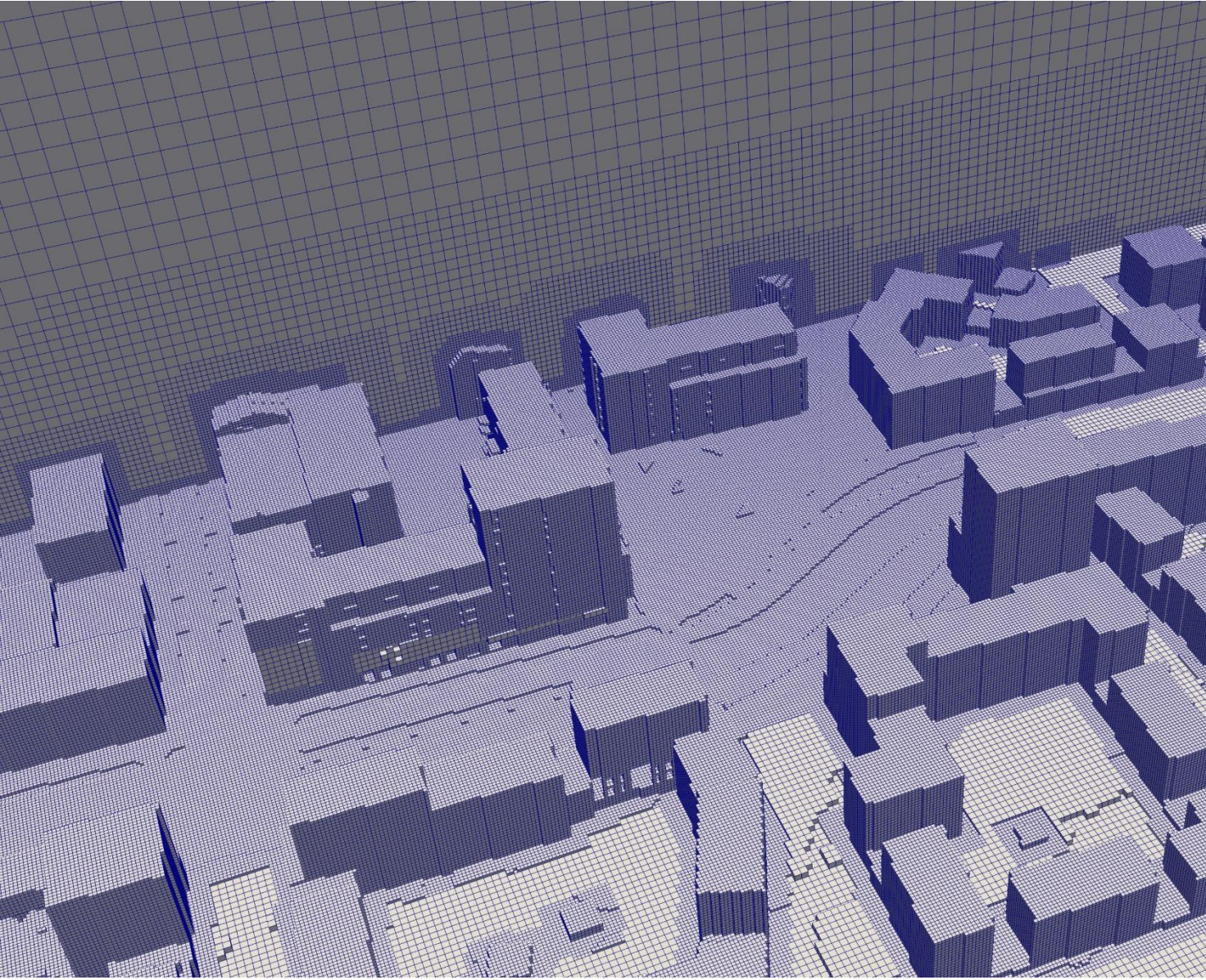
[2] T.V. Lawson: The determination of the wind environment of a building complex before construction. Tekninen raportti, University of Bristol, Department of Aeronautical Engineering, 1990.

2. LASKENTAHILA

Hila–Boltzmann -menetelmässä tarkasteltava alue jaetaan pieniin paloihin, hilaan, ja laskenta suoritetaan tarkastelemalla hilapisteiden keskenäisiä vuorovaikutuksia. Laskennan tarkkuus paranee hilan tihentyessä (hilapisteiden lukumäärän kasvaessa). Vastaavasti kuin kontrollitilavuus- ja muissa numeerisissa menetelmissä, hilan tihentäminen tekee laskennan raskaammaksi.

Laskentahila

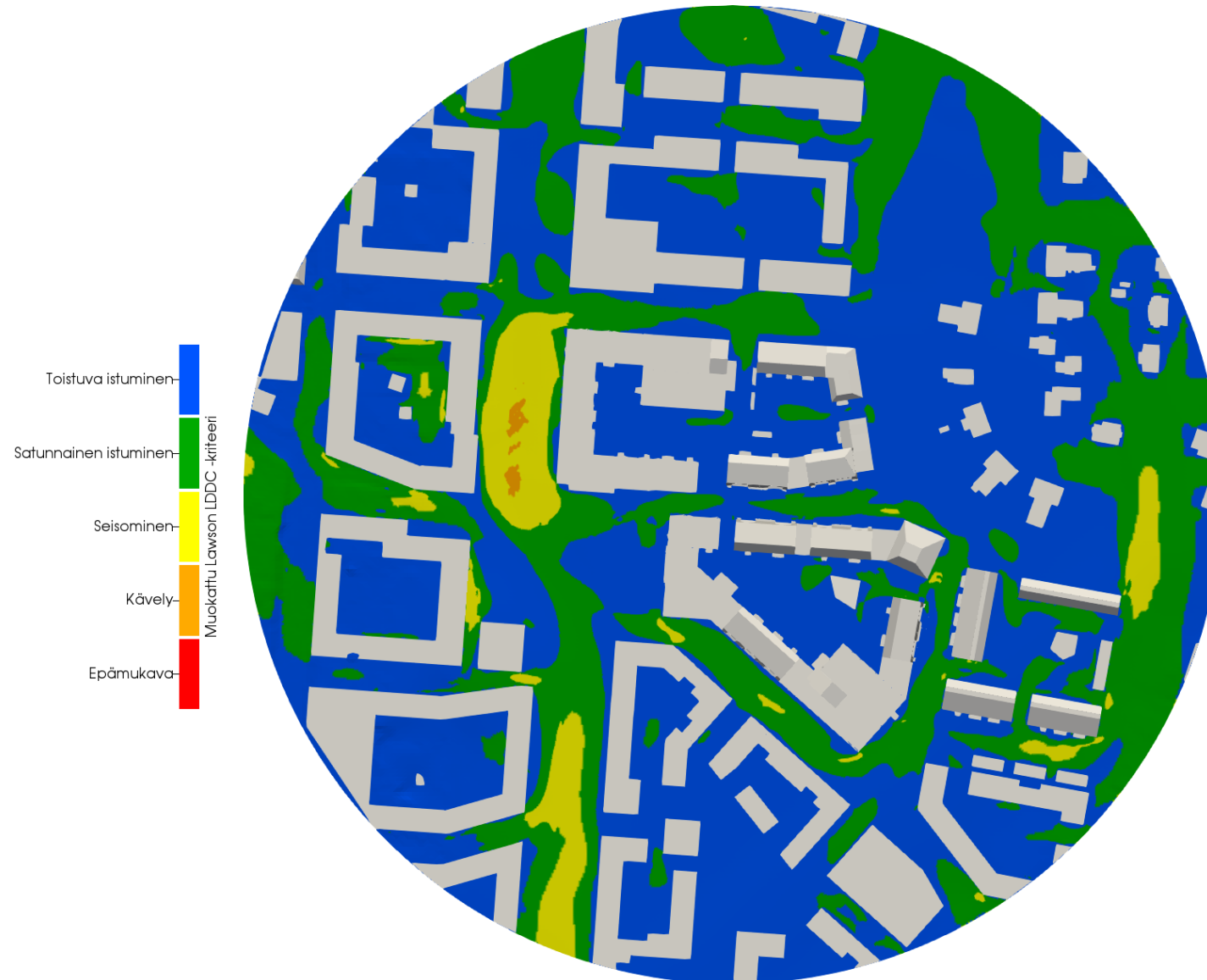
Laskennassa käytetty hila oli tyypiltään D3Q19. Laskentahila koostui yhteensä noin 55 miljoonasta hilapisteestä.



3. TULOKSET

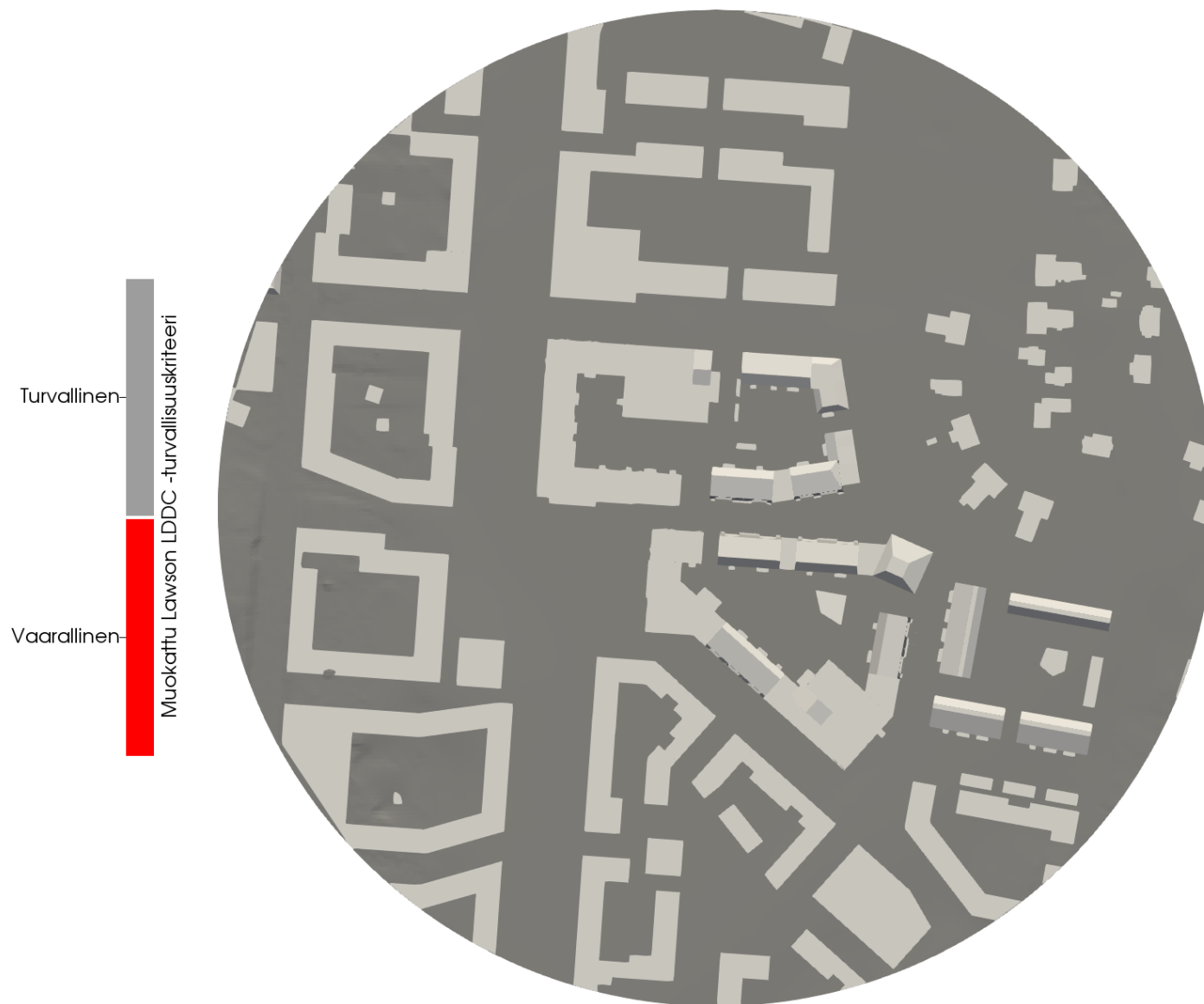
Tuuliviihtyisyys

Tuuliviihtyisyys muokatun Lawson LDDC -kriteerin mukaisesti koko vuoden tarkastelujaksolle



Tuulen vaarallisuus

Tuulen vaarallisuus muokatun Lawson LDDC -kriteerin mukaisesti koko vuoden tarkastelujaksolle

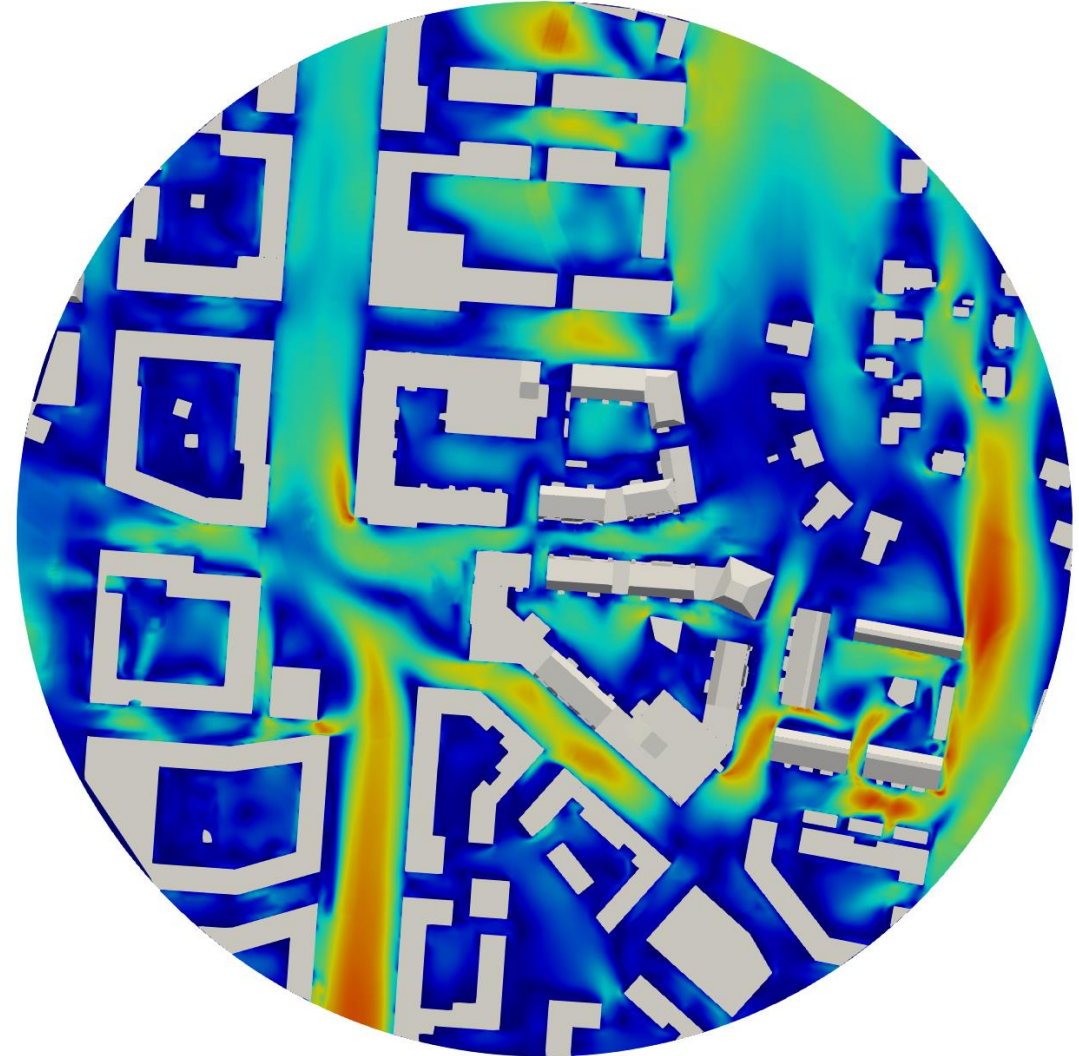
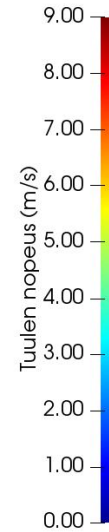
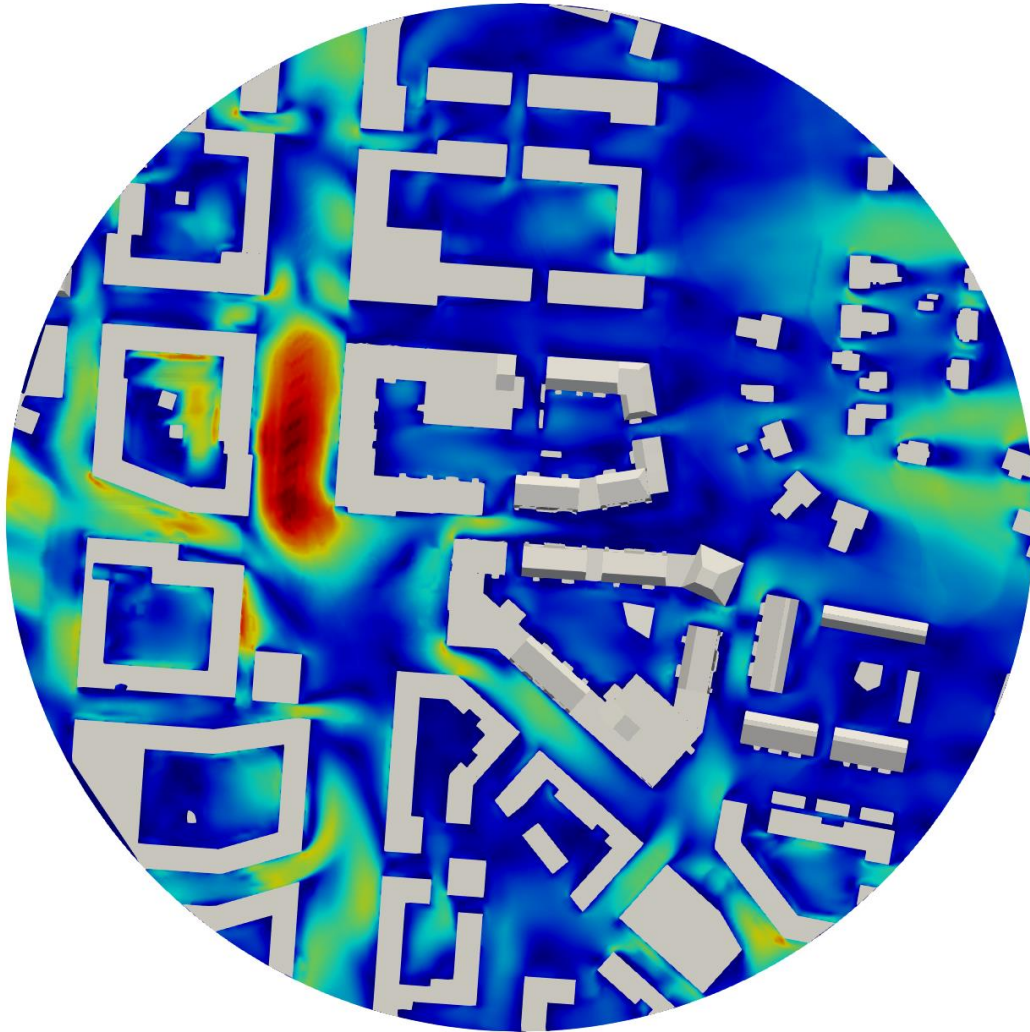
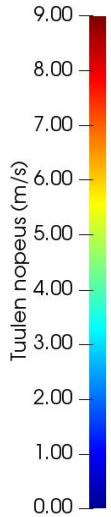


Tuulen nopeuskenttä 1,5 m korkeudella

Länsituuli

Sisäänvirtausreunaehtona käytettiin tuulen nopeudelle 10 m/s arvoa 10 m korkeudella

Etelätuuli



4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Johtopäätökset

1

Tuulen vaarallisuuden suhteen alue sijoittui turvalliseen luokkaan

2

Tuuliviihtyisyyden suhteen tarkastelualue sijoittui pääasiassa istumiseen soveltuviin luokkiin.

3

Seisomiseen ja kävelyyn sijoittuvia alueita sijaitsi tie-alueilla

4

Myöhemmässä vaiheessa suositellaan luotettavan tuuliviihtyisyyden määrittämiseksi tuuliviihtyisyyden analysointia alan best practice guidelines –ohjeiden mukaisesti tässä työssä suoritettua kevennetyn analyysin sijaan.

A wide-angle photograph of a long, multi-lane bridge stretching across a body of water towards the horizon. The sky is filled with soft, orange and yellow clouds, indicating a sunset or sunrise. The bridge's structure, including its supports and railings, is visible on the left side of the frame.

SWECO

