



# WÄRTSILÄN KONEPAJA-ALUEEN YLEIS- SUUNNITELMA

Tuulisuusselvityksen lisätarkastelu

7.5.2024

---

# Laadunhallinta

Versio/muutokset	Versio 1	Muutos 1	Muutos 2	Muutos 3
Huomautukset				
Päiväys	7.5.2024			
Laatija	Risto Kiviluoma			
Allekirjoitus				
Tarkastanut				
Allekirjoitus				
Hyväksynyt				
Allekirjoitus				
Raportin numero				
Tiedostotunnus				

---

# Wärtsilän konepaja-alueen yleissuunnitelma

## Tuulisuusselvityksen lisätarkastelu

7.5.2024

### Tilaaaja

Wärtsilä Finland Oy – Marine Solutions  
Järvikatu 2-4  
PL 244  
651001 Vaasa

Yhdyshenkilö: Thomas Hollfast

### Konsultti

WSP  
Pasilan asema-aukio 1  
00520 Helsinki

Puh. 0207 864 11  
[www.wsp.com/FI-fi](http://www.wsp.com/FI-fi)

### Rekisteröity osoite

WSP Finland Oy  
FI08754165  
Pasilan asema-aukio 1  
00520 Helsinki

### Konsultin yhdyshenkilö

Risto Kiviluoma

---

# Sisällys

1 Johdanto .....	5
2 Määrittelyt ja tuulisuuden tarkastelupisteet.....	6
3 Tulokset.....	9
3.1 Virtauslaskenta.....	9
3.2 Tuulisuus tarkastelupisteissä .....	11
4 Tulosten ohjeellinen tulkinta .....	19
Lähdeluettelo .....	22
Liite 1: Virtauslaskennan tulokartat.....	23

# 1 Johdanto

Tässä raportissa esitetään lisätarkastelu Vaasassa sijaitsevan Wärtsilän konepaja-alueen tuulisuuselvitykseen [1]. Tarkastelu on tehty ehdotusvaiheen viitesuunnitelmalle "VE4-G" (kuva 1). Käytetty menetelmä tuulitilastoineen, numeerisine virtauslaskentoineen ja tuulisuuskriteereineen vastaa tuulisuusselvitystä [1]. Tässä raportissa esitetään ainoastaan viitesuunnitelmaan liittyvät lisätulokset ja niiden ohjeellinen tulkinta.



Kuva 1: Tarkasteltava viitesuunnitelma (kuva muokattu Arkkitehtitoimisto Helamaa & Heiskanen Oy aineistosta).

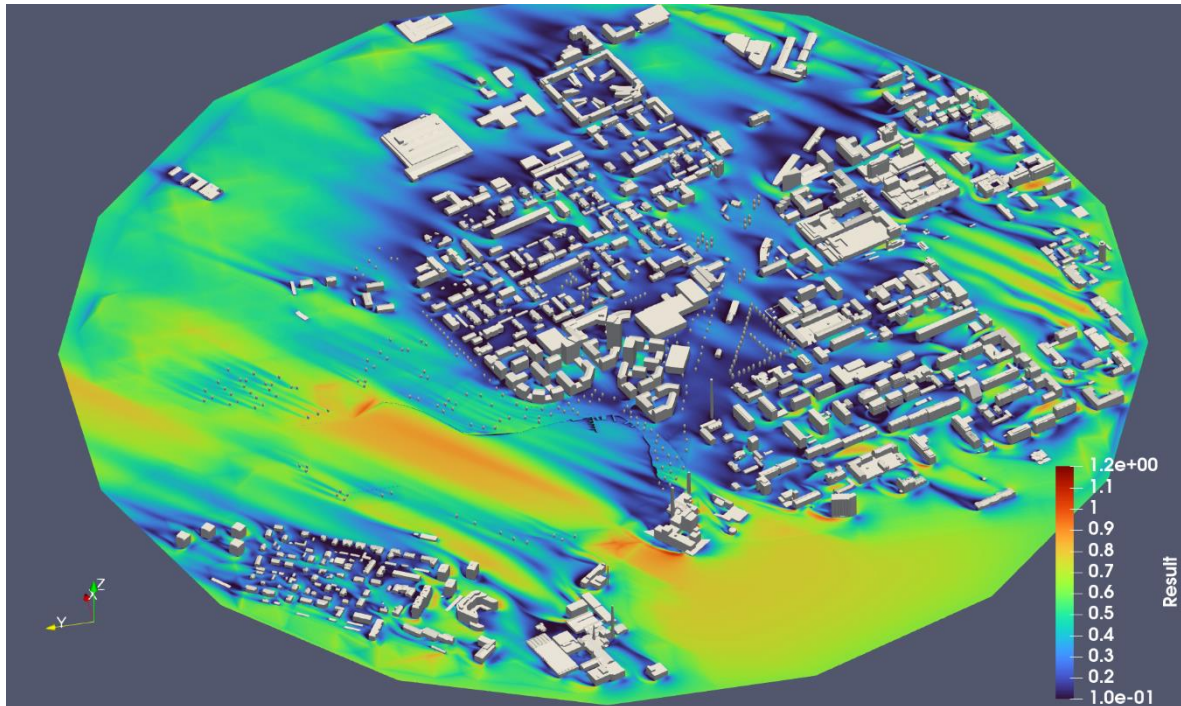
## 2 Määrittelyt ja tuulisuuden tarkastelupisteet

Tuulensunnan sektorit ja tuulisuuden numeroarvojen tarkastelupisteet on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2: Tuulensuuntien koordinaatisto ja tuulisuuden numeroarvojen tarkastelupisteet (kuva muokattu Arkkitehtitoimisto Helamaa & Heiskanen Oy ja Maanmittauslaitoksen aineistoista).

Numeerinen virtauslaskenta on tehty kuvan 3 mukaisella lähialuemallilla, ja se kattaa halkaisijaltaan 2,0 km alueen. Laskentatilavuus on sylinterin muotoinen, halkaisija 5,0 km ja korkeus 500 m.



Kuva 3: Lähialuemalli ja esimerkki tuloksesta suhteelliselle tuulen keskinopeudelle ( $k_m$ ), tuulen suuntakulma  $225^\circ$ .

Laskentakoppien määrä on n. 405 miljoonaa. Pintojen viereisten laskentakopin seinämän mitta on maksimissaan 0,25 m (alimpaan 1,5 m mahtuu vähintään 6 kopperrosta).

Laskenta on tehty OpenFOAM version 11 ([www.openfoam.org](http://www.openfoam.org)) *incompressibleFluid* ratkaisijalla, joka on uudempi versio tuulisuuselvityksessä [1] käytetystä *simpleFoam* ratkaisijasta. Analyysityyppi on kokoonpuristumattoman turbulentin virtauksen vakaan tilan ratkaisu; eli paineen, tuulen keskinopeuden ja turbulenssimallin parametrien  $k$  ja  $\epsilon$  ratkaisu RANS-yhtälöistä. Käytetyt turbulenssimallit ja seinäfunktiot vastaavat tuulisuuselvityksessä [1] käytettyjä.

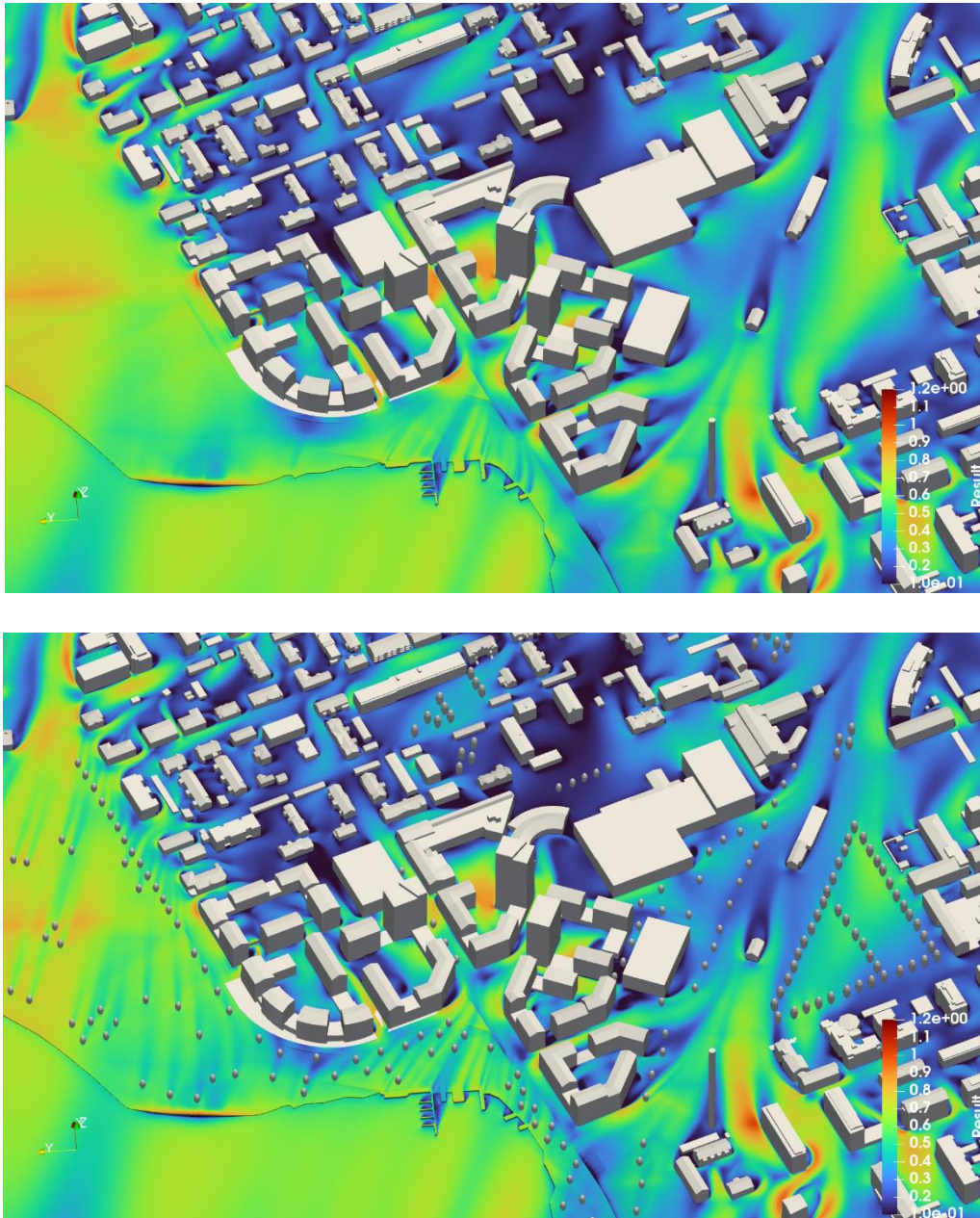
Tulovirtauksen turbulenssi ja tuulennopeuden profiili on oletettu tuulensuunnan sektoreittain samaksi, kuin tuulisuuselvityksessä [1] käytetyt. Vastaavat simulointiparametrit on esitetty Taulukossa 1.

Taulukko 1: Tulovirtauksen parametrit simuloinneissa

CFD tulovirtaus	Tuulen suuntakulma [ $^\circ$ ]															
	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5
U10 [m/s]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$z_0$ [m]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.03	0.03	0.03	0.1	0.1	0.3
$u^*$ [m/s]	1.159	1.159	1.159	1.159	1.159	1.159	1.159	1.159	1.159	0.888	0.705	0.705	0.705	0.888	0.888	1.159
U15 [m/s]	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	10.9	10.7	10.7	10.7	10.9	10.9	11.1
$k15$ [m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ]	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	2.6	1.7	1.7	1.7	2.6	2.6	4.5
$v_{ref}$ [m/s]	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.1	10.8	10.8	10.8	11.1	11.1	11.5

Tuulisuusselvityksen [1] simuloinneista poiketen lähialuemallissa on otettu huomioon suunnitelmaan kuuluvia uusia ja olemassa olevia yksittäisiä puita. Tämä on tehty laskennallisesti otaksumalla *Darcy-Forchheimer*-mallia noudattava huokoinen aine puita kuvaavan geometriaobjektin alueelle (puita ei ole verkotettu erikseen laskentakopeilla). Mallissa huokoinen aine aiheuttaa virtaukseen painehäviön, jonka suuruus voidaan asettaa vastaamaan puun oletettua tuulikuormaa.

Simuloinnissa on tyydytty valitsemaan parametrit keskimääräisinä ja vaikutukset vähäisinä siten, että yksittäinen puu aiheuttaa kovien virtausten alueella jättöpuolelleen noin -10 % muutoksen suhteelliseen tuulen keskinopeuteen jalankulkijan tasossa (kuva 4).



Kuva 4: Esimerkki mallinnettujen puiden vaikutuksesta suhteelliseen keskinopeuteen ( $k_m$ ), tuulen suuntakulma  $292.5^\circ$  (ylempi kuva ilma puita).



---

## 3 Tulokset

### 3.1 Virtauslaskenta

Virtauslaskennan päätulokset, eli suhteelliset tuulennopeudet on esitetty Taulukossa 2:

- $k_m$  (jalankulkijan tason tuulen keskinopeuden suhde tulovirtauksen keskinopeuteen 15 m korkeudessa)
- $k_g$  (jalankulkijan tason tuulen puuskanopeuden suhde tulovirtauksen keskinopeuteen 15 m korkeudessa)

Tulosten värikartat on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 2: Suhteelliset tuulennopeudet (kertoimet  $k_m$  ja  $k_g$ ) tarkastelupisteissä

Suhteellinen tuulen keskiepeus  $k_m$

Piste	Tuulen suuntakulma [°]																keskim.	maks.
	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5		
1	0.77	0.62	0.75	0.74	0.60	0.31	0.21	0.30	0.41	0.49	0.45	0.70	0.48	0.48	0.55	0.73	0.54	0.77
2	0.54	0.43	0.45	0.36	0.51	0.56	0.47	0.38	0.15	0.64	0.17	0.46	0.57	0.64	0.62	0.68	0.48	0.68
3	0.75	0.79	0.66	0.45	0.18	0.20	0.19	0.17	0.23	0.26	0.57	0.66	0.52	0.25	0.27	0.61	0.42	0.79
4	0.15	0.29	0.17	0.19	0.27	0.18	0.17	0.26	0.27	0.39	0.35	0.25	0.27	0.38	0.26	0.30	0.26	0.39
5	0.21	0.21	0.26	0.18	0.16	0.12	0.13	0.17	0.20	0.54	0.35	0.43	0.54	0.55	0.61	0.53	0.32	0.61
6	0.27	0.35	0.60	0.36	0.45	0.35	0.52	0.11	0.12	0.28	0.11	0.19	0.27	0.28	0.27	0.38	0.31	0.60
7	0.50	0.46	0.18	0.23	0.35	0.39	0.49	0.50	0.59	0.43	0.23	0.11	0.15	0.33	0.33	0.31	0.35	0.59
8	0.37	0.43	0.18	0.58	0.34	0.59	0.46	0.27	0.14	0.35	0.35	0.55	0.38	0.38	0.49	0.40	0.39	0.59
9	0.31	0.41	0.34	0.29	0.33	0.23	0.19	0.44	0.38	0.55	0.16	0.41	0.52	0.54	0.55	0.57	0.39	0.57
10	0.51	0.26	0.19	0.18	0.31	0.31	0.27	0.19	0.24	0.52	0.33	0.22	0.20	0.52	0.59	0.68	0.35	0.68
11	0.41	0.24	0.40	0.43	0.44	0.63	0.49	0.30	0.35	0.60	0.27	0.40	0.47	0.61	0.51	0.37	0.43	0.63
12	0.54	0.40	0.58	0.76	0.72	0.48	0.46	0.68	0.72	0.50	0.19	0.24	0.30	0.54	0.41	0.43	0.50	0.76
13	0.55	0.40	0.61	0.83	0.93	0.65	0.61	0.63	0.72	0.56	0.33	0.38	0.35	0.56	0.67	0.67	0.59	0.93
14	0.41	0.66	0.50	0.57	0.61	0.49	0.31	0.37	0.44	0.64	0.34	0.49	0.57	0.63	0.69	0.67	0.53	0.69
15	0.24	0.27	0.16	0.17	0.20	0.17	0.17	0.35	0.28	0.18	0.22	0.26	0.29	0.19	0.48	0.32	0.25	0.48
16	0.27	0.18	0.25	0.17	0.29	0.30	0.39	0.27	0.38	0.19	0.18	0.19	0.22	0.20	0.34	0.27	0.26	0.39
17	0.98	0.36	0.17	0.09	0.15	0.62	0.51	0.63	0.64	0.48	0.34	0.06	0.17	0.44	0.75	1.08	0.47	1.08
18	0.89	0.44	0.17	0.18	0.26	0.20	0.27	0.70	0.65	0.44	0.20	0.24	0.26	0.45	0.71	1.03	0.44	1.03
19	0.56	0.44	0.41	0.23	0.36	0.28	0.15	0.33	0.45	0.21	0.31	0.38	0.30	0.21	0.26	0.52	0.34	0.56
20	0.32	0.12	0.26	0.13	0.48	0.25	0.14	0.20	0.44	0.39	0.18	0.28	0.40	0.39	0.26	0.38	0.29	0.48
21	0.50	0.10	0.16	0.19	0.20	0.33	0.31	0.48	0.24	0.22	0.24	0.29	0.15	0.30	0.38	0.38	0.28	0.50
22	0.18	0.19	0.25	0.28	0.18	0.39	0.36	0.24	0.34	0.63	0.44	0.43	0.52	0.64	0.80	0.77	0.42	0.80
23	0.39	0.40	0.61	0.64	0.68	0.35	0.44	0.43	0.48	0.49	0.38	0.50	0.45	0.46	0.33	0.33	0.46	0.68
24	0.19	0.18	0.41	0.42	0.41	0.39	0.34	0.31	0.31	0.35	0.24	0.39	0.59	0.34	0.32	0.29	0.34	0.59
25	0.35	0.39	0.31	0.26	0.25	0.49	0.49	0.35	0.34	0.38	0.19	0.17	0.16	0.37	0.32	0.43	0.33	0.49
26	0.36	0.33	0.15	0.39	0.23	0.36	0.34	0.40	0.52	0.09	0.37	0.37	0.19	0.10	0.26	0.33	0.30	0.52
27	0.30	0.79	0.56	0.59	0.71	0.68	0.76	0.33	0.24	0.61	0.22	0.43	0.49	0.61	0.66	0.56	0.53	0.79
28	0.23	0.77	0.70	0.69	0.34	0.33	0.56	0.54	0.16	0.61	0.33	0.34	0.36	0.52	0.64	0.59	0.48	0.77

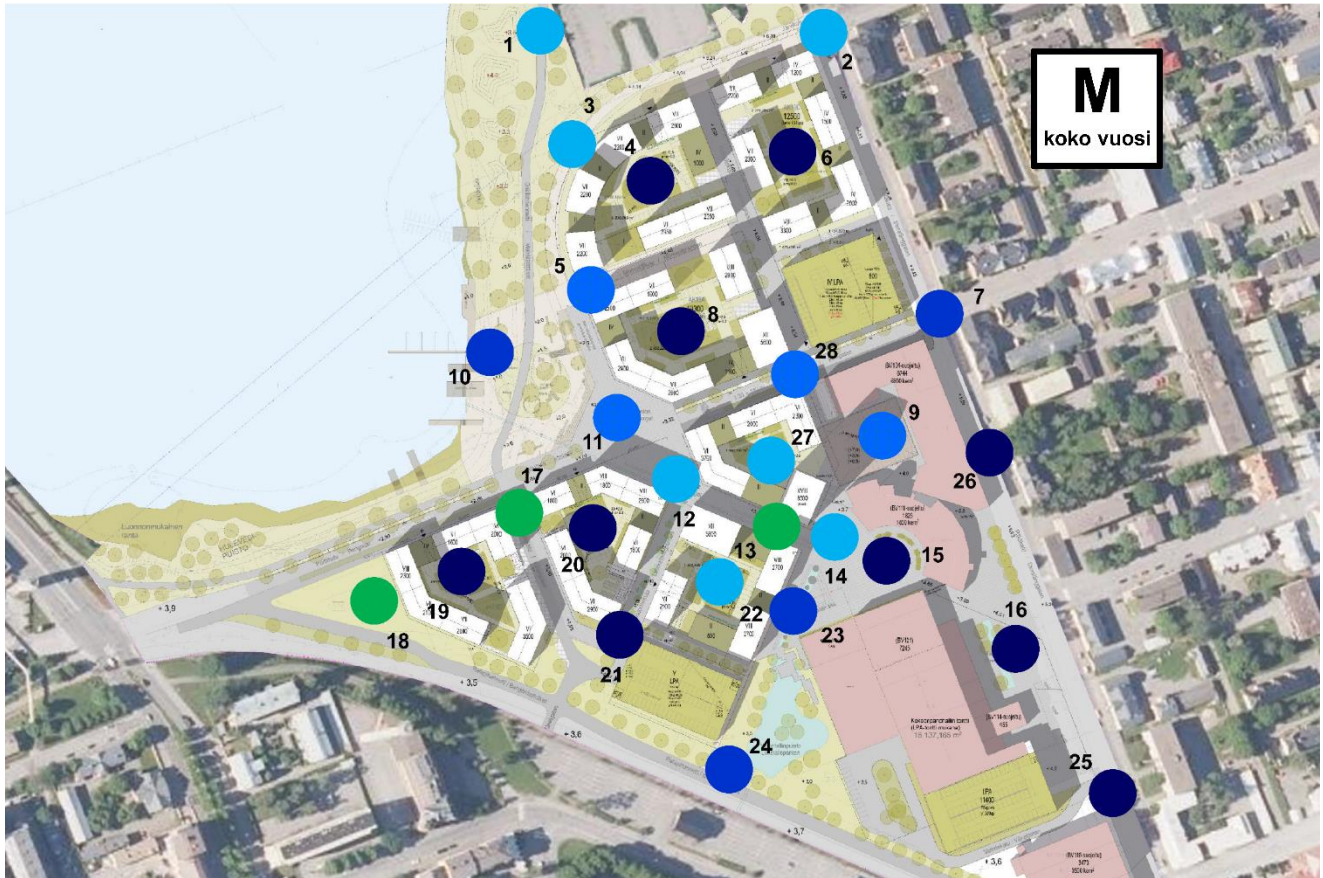
Suhteellinen tuulen puuskanopeus  $k_g$   $g = 3.5$

piste	Tuulen suuntakulma [°]																keskim.	maks.
	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5		
1	1.15	1.00	1.15	1.14	1.01	0.75	0.62	0.72	0.77	0.82	0.69	1.02	0.81	0.81	0.88	1.12	0.90	1.15
2	0.92	0.82	0.87	0.77	0.89	0.90	0.73	0.65	0.39	0.88	0.42	0.74	0.82	0.93	0.93	1.06	0.79	1.06
3	1.15	1.13	0.93	0.71	0.51	0.53	0.47	0.47	0.62	0.55	0.81	0.96	0.80	0.52	0.60	1.03	0.74	1.15
4	0.47	0.55	0.49	0.50	0.68	0.49	0.48	0.62	0.54	0.85	0.71	0.58	0.68	0.83	0.66	0.76	0.62	0.85
5	0.40	0.41	0.52	0.36	0.34	0.31	0.30	0.36	0.55	0.88	0.70	0.78	0.91	0.88	0.88	0.86	0.59	0.91
6	0.63	0.73	1.02	0.77	0.82	0.76	1.00	0.29	0.30	0.47	0.27	0.28	0.41	0.47	0.56	0.65	0.59	1.02
7	0.82	0.82	0.46	0.60	0.61	0.64	0.77	0.81	0.85	0.70	0.37	0.26	0.38	0.58	0.65	0.66	0.62	0.85
8	0.68	0.81	0.45	0.85	0.78	1.07	1.00	0.53	0.35	0.70	0.66	0.94	0.65	0.74	0.94	0.67	0.74	1.07
9	0.59	0.75	0.76	0.64	0.70	0.62	0.46	0.88	0.75	1.05	0.43	0.85	1.05	1.01	1.01	0.93	0.78	1.05
10	0.90	0.58	0.55	0.54	0.73	0.70	0.66	0.57	0.58	0.83	0.60	0.44	0.43	0.83	0.83	1.03	0.68	1.03
11	0.79	0.52	0.63	0.79	0.83	0.89	0.66	0.80	0.79	0.84	0.69	0.72	0.71	0.89	0.80	0.77	0.76	0.89
12	0.85	0.88	1.09	1.05	1.06	0.75	0.81	1.16	1.17	0.83	0.41	0.43	0.77	0.87	0.69	0.80	0.85	1.17
13	0.78	0.73	0.86	1.31	1.49	1.12	1.04	0.97	1.33	0.92	0.75	0.61	0.60	0.90	1.15	0.99	0.97	1.49
14	0.98	1.16	0.95	1.14	1.28	1.08	0.75	0.73	0.69	1.00	0.70	0.77	0.96	0.99	1.14	1.08	0.96	1.28
15	0.64	0.72	0.47	0.50	0.58	0.48	0.47	0.71	0.60	0.50	0.55	0.57	0.60	0.56	0.89	0.86	0.61	0.89
16	0.61	0.52	0.66	0.49	0.67	0.68	0.76	0.70	0.82	0.54	0.50	0.52	0.59	0.57	0.74	0.62	0.62	0.82
17	1.54	0.74	0.40	0.25	0.32	0.84	0.81	1.02	1.10	0.72	0.52	0.14	0.37	0.69	1.05	1.63	0.76	1.63
18	1.37	0.80	0.43	0.47	0.54	0.49	0.61	1.08	1.06	0.70	0.58	0.57	0.47	0.72	1.01	1.42	0.77	1.42
19	0.98	0.81	0.69	0.52	0.65	0.48	0.39	0.68	0.68	0.38	0.52	0.56	0.45	0.38	0.59	0.70	0.59	0.98
20	0.50	0.22	0.46	0.30	0.78	0.47	0.38	0.47	0.70	0.80	0.31	0.56	0.85	0.79	0.46	0.67	0.55	0.85
21	0.82	0.27	0.40	0.46	0.51	0.62	0.63	0.93	0.49	0.45	0.60	0.62	0.41	0.62	0.65	0.73	0.58	0.93
22	0.33	0.42	0.60	0.63	0.46	0.83	0.80	0.58	0.75	1.09	0.93	0.72	0.84	1.10	1.17	1.25	0.78	1.25
23	0.78	0.85	0.98	1.04	1.12	0.67	0.78	0.78	0.81	0.68	0.70	0.77	0.66	0.70	0.65	0.80	0.80	1.12
24	0.53	0.52	0.78	0.88	0.90	0.80	0.69	0.72	0.71	0.70	0.50	0.67	0.87	0.70	0.64	0.63	0.70	0.90
25	0.76	0.77	0.62	0.64	0.57	0.88	0.87	0.71	0.77	0.80	0.37	0.40	0.46	0.78	0.60	0.80	0.67	0.88
26	0.61	0.56	0.39	0.71	0.65	0.73	0.64	0.69	0.82	0.25	0.64	0.58	0.43	0.28	0.50	0.61	0.57	0.82
27	0.76	1.47	1.17	1.27	1.21	1.15	1.26	1.00	0.58	1.21	0.57	0.92	0.98	1.22	1.32	1.01	1.07	1.47
28	0.47	1.43	1.39	1.31	0.64	0.62	0.91	0.94	0.45	1.14	0.61	0.68	0.68	1.02	0.87	0.83	0.87	1.43

---

## 3.2 Tuulisuus tarkastelupisteissä

Tuulisuuden numeroarvot on esitetty kuvissa 5...9 (Konsultin kriteerit) ja 10...11 (Lawson LDDC -kriteerit).

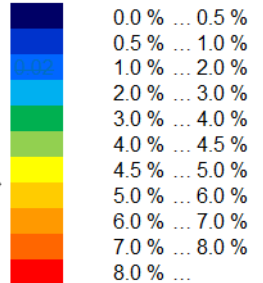


Tunnin keskituuli > 5 m/s

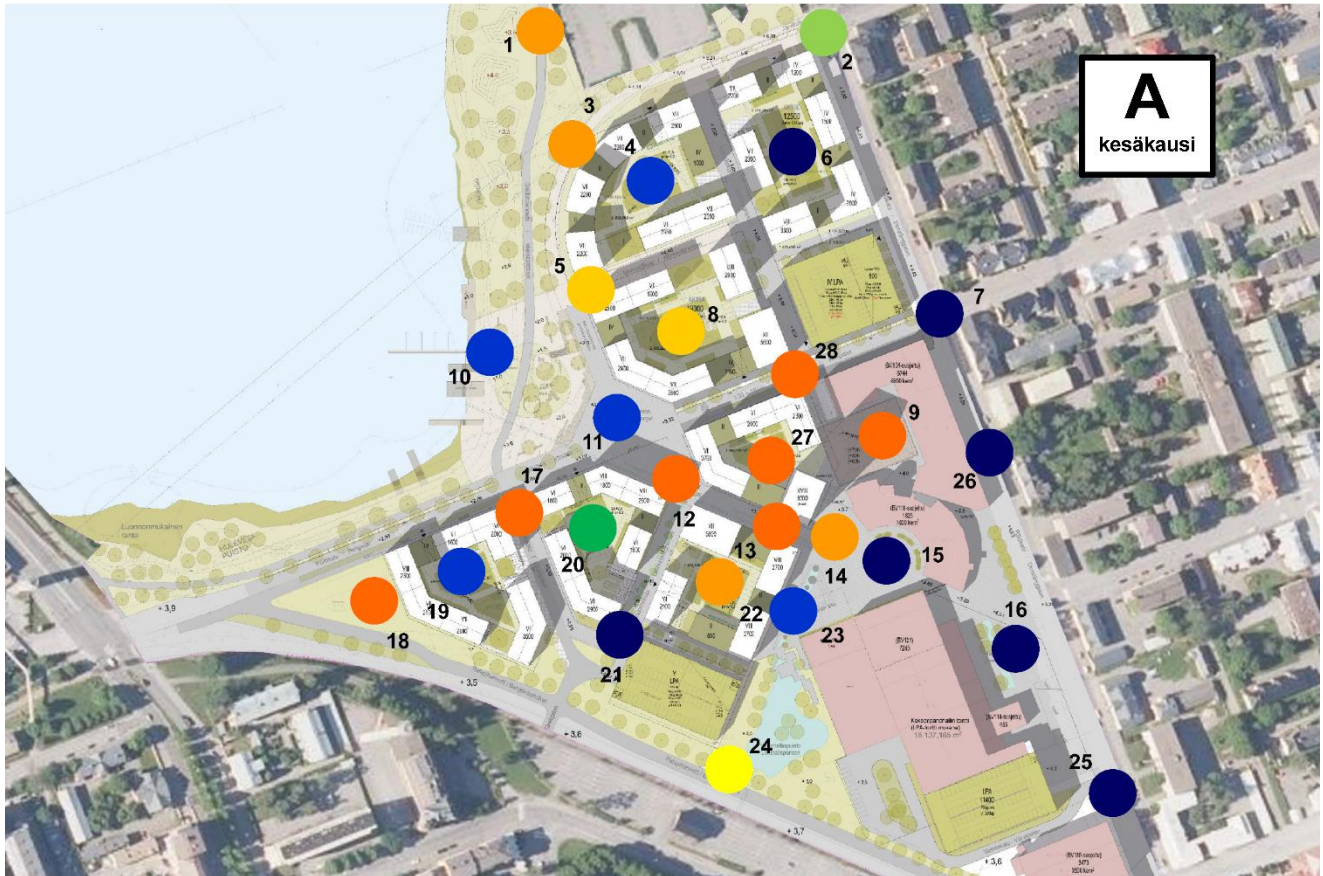
Piste	M Koko vuosi				Kesäkausi			
	% ajasta	h/vuosi	h/kk	h/vk	% ajasta*	h	h/kk	h/vk
1	2.7 %	236	20	5	1.7 %	72.9	12.1	2.8
2	2.4 %	208	17	4	1.2 %	53.1	8.9	2.0
3	2.4 %	208	17	4	1.7 %	73.7	12.3	2.8
4	0.0 %	2	0	0	0.0 %	0.0	0.0	0.0
5	1.1 %	94	8	2	0.5 %	20.1	3.4	0.8
6	0.1 %	5	0	0	0.0 %	1.1	0.2	0.0
7	0.7 %	57	5	1	0.3 %	13.6	2.3	0.5
8	0.3 %	29	2	1	0.2 %	8.9	1.5	0.3
9	1.1 %	95	8	2	0.4 %	19.5	3.3	0.8
10	0.6 %	53	4	1	0.2 %	7.3	1.2	0.3
11	1.2 %	109	9	2	0.5 %	22.0	3.7	0.8
12	2.4 %	212	18	4	1.3 %	58.4	9.7	2.2
13	3.2 %	282	23	5	1.7 %	73.7	12.3	2.8
14	2.5 %	220	18	4	1.3 %	57.0	9.5	2.2
15	0.0 %	0	0	0	0.0 %	0.0	0.0	0.0
16	0.0 %	0	0	0	0.0 %	0.0	0.0	0.0
17	3.6 %	317	26	6	2.6 %	111.8	18.6	4.3
18	3.1 %	275	23	5	2.1 %	90.6	15.1	3.5
19	0.1 %	11	1	0	0.1 %	2.4	0.4	0.1
20	0.1 %	8	1	0	0.0 %	1.2	0.2	0.0
21	0.0 %	3	0	0	0.0 %	0.5	0.1	0.0
22	2.2 %	194	16	4	1.1 %	46.6	7.8	1.8
23	0.7 %	63	5	1	0.3 %	11.4	1.9	0.4
24	0.7 %	62	5	1	0.5 %	21.2	3.5	0.8
25	0.0 %	1	0	0	0.0 %	0.0	0.0	0.0
26	0.2 %	18	2	0	0.1 %	3.9	0.6	0.1
27	2.1 %	183	15	4	1.1 %	47.8	8.0	1.8
28	1.8 %	159	13	3	0.9 %	41.5	6.9	1.6

\* kesäkauden tunnit = 100 %

Väriasteikko



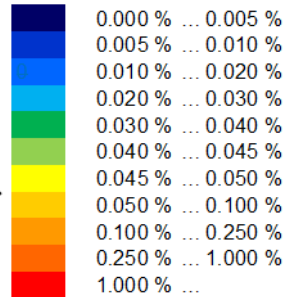
Kuva 5: Tunnin keskituulien (> 5 m/s) esiintyminen tarkastelupisteissä (M-kriteeri).



Puuskatuuli > 10 m/s

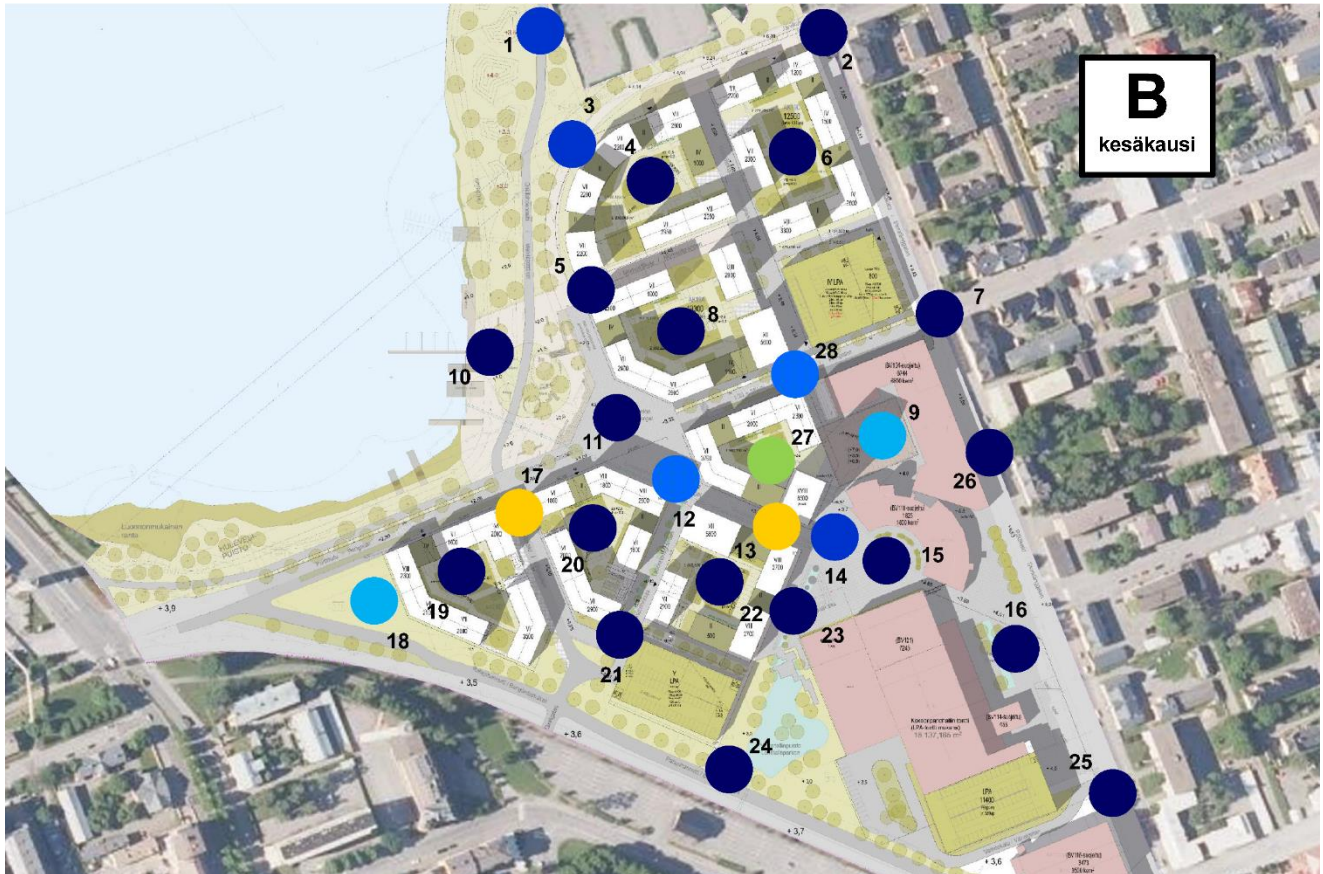
Piste	Koko vuosi				A Kesäkausi			
	% ajasta	h/vuosi	h/kk	h/vk	% ajasta*	h	h/kk	h/vk
1	0.4 %	37	3.1	0.7	0.21 %	9.0	1.5	0.3
2	0.2 %	15	1.2	0.3	0.04 %	1.9	0.3	0.1
3	0.3 %	23	1.9	0.4	0.15 %	6.5	1.1	0.3
4	0.1 %	6	0.5	0.1	0.01 %	0.2	0.0	0.0
5	0.2 %	21	1.7	0.4	0.09 %	4.0	0.7	0.2
6	0.0 %	1	0.1	0.0	0.00 %	0.1	0.0	0.0
7	0.0 %	2	0.2	0.0	0.00 %	0.2	0.0	0.0
8	0.1 %	8	0.6	0.1	0.06 %	2.4	0.4	0.1
9	0.8 %	74	6.1	1.4	0.35 %	15.4	2.6	0.6
10	0.1 %	6	0.5	0.1	0.01 %	0.3	0.0	0.0
11	0.1 %	6	0.5	0.1	0.01 %	0.4	0.1	0.0
12	0.6 %	57	4.7	1.1	0.29 %	12.8	2.1	0.5
13	1.4 %	120	10.0	2.3	0.76 %	33.3	5.6	1.3
14	0.6 %	52	4.4	1.0	0.21 %	9.3	1.5	0.4
15	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
16	0.0 %	1	0.1	0.0	0.00 %	0.1	0.0	0.0
17	1.2 %	108	9.0	2.1	0.76 %	33.3	5.5	1.3
18	0.7 %	62	5.2	1.2	0.37 %	16.3	2.7	0.6
19	0.0 %	2	0.2	0.0	0.01 %	0.3	0.1	0.0
20	0.1 %	9	0.7	0.2	0.04 %	1.7	0.3	0.1
21	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
22	0.8 %	66	5.5	1.3	0.23 %	9.9	1.6	0.4
23	0.0 %	3	0.2	0.1	0.01 %	0.4	0.1	0.0
24	0.1 %	8	0.7	0.2	0.05 %	2.1	0.4	0.1
25	0.0 %	3	0.3	0.1	0.00 %	0.1	0.0	0.0
26	0.0 %	1	0.1	0.0	0.00 %	0.1	0.0	0.0
27	1.8 %	162	13.5	3.1	0.91 %	40.0	6.7	1.5
28	1.2 %	105	8.8	2.0	0.55 %	24.2	4.0	0.9

Väriasteikko



\* kesäkauden tunnit = 100 %

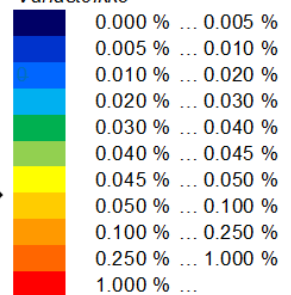
Kuva 6: Puuskatuulien > 10 m/s esiintymisen tarkastelupisteissä (A-kriteeri).



Puuskatuuli > 13 m/s

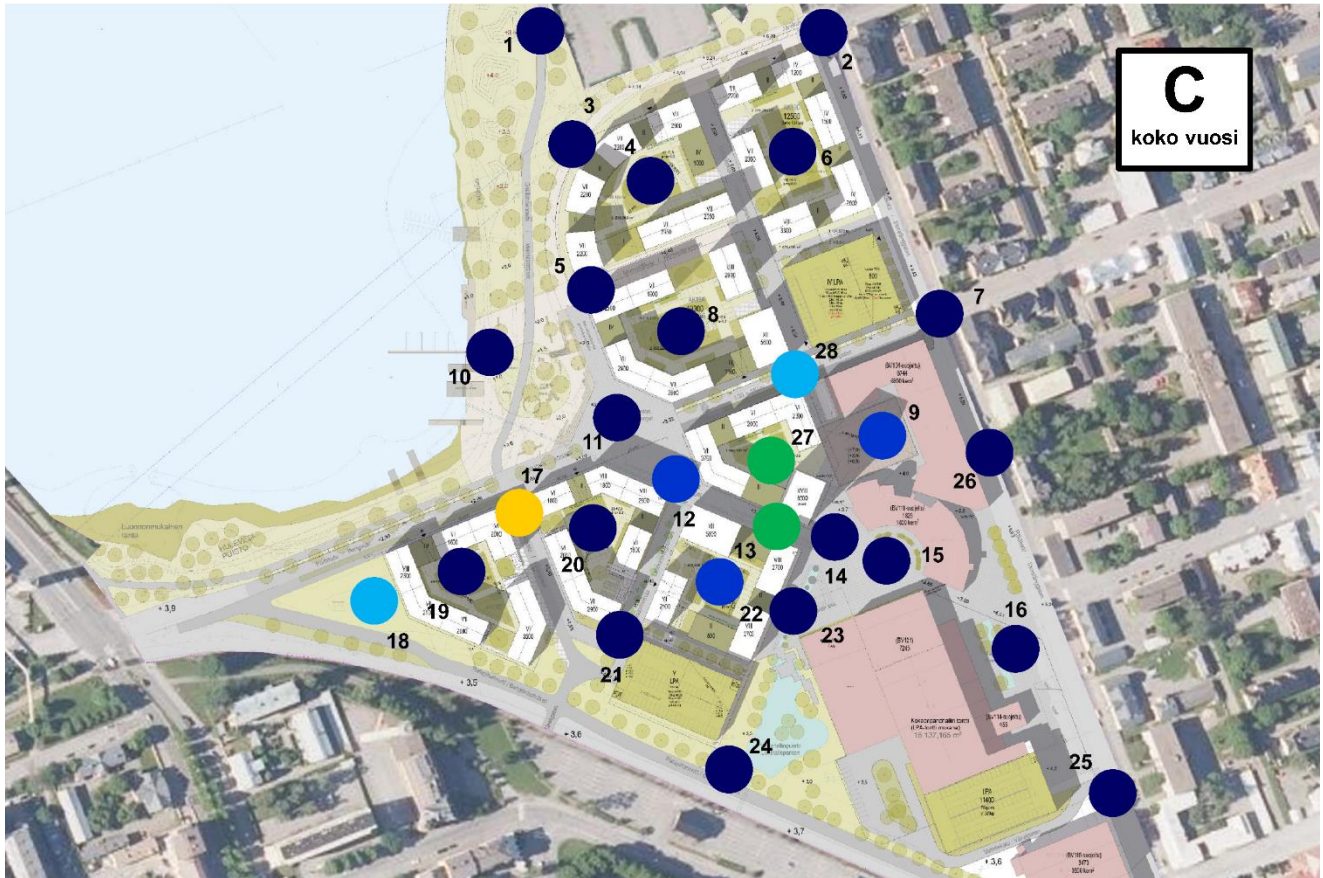
Piste	Koko vuosi				B Kesäkausi			
	% ajasta	h/vuosi	h/kk	h/vk	% ajasta*	h	h/kk	h/vk
1	0.0 %	2	0.1	0.0	0.01 %	0.4	0.1	0.0
2	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
3	0.0 %	1	0.1	0.0	0.01 %	0.2	0.0	0.0
4	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
5	0.0 %	1	0.1	0.0	0.00 %	0.1	0.0	0.0
6	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
7	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
8	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.1	0.0	0.0
9	0.1 %	6	0.5	0.1	0.02 %	0.9	0.2	0.0
10	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
11	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
12	0.0 %	4	0.3	0.1	0.01 %	0.5	0.1	0.0
13	0.2 %	16	1.3	0.3	0.07 %	3.0	0.5	0.1
14	0.0 %	3	0.2	0.1	0.01 %	0.3	0.1	0.0
15	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
16	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
17	0.2 %	17	1.5	0.3	0.09 %	4.0	0.7	0.2
18	0.1 %	6	0.5	0.1	0.02 %	1.1	0.2	0.0
19	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
20	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
21	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
22	0.1 %	5	0.4	0.1	0.00 %	0.2	0.0	0.0
23	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
24	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.1	0.0	0.0
25	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
26	0.0 %	0	0.0	0.0	0.00 %	0.0	0.0	0.0
27	0.2 %	18	1.5	0.4	0.04 %	1.9	0.3	0.1
28	0.1 %	10	0.9	0.2	0.02 %	0.8	0.1	0.0

Väriasteikko



\* kesäkauden tunnit = 100 %

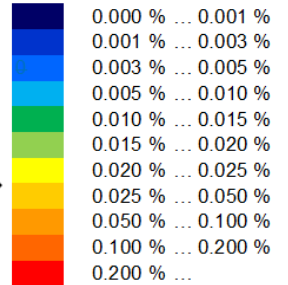
Kuva 7: Puuskatuulien > 13 m/s esiintymisen tarkastelupisteissä (B-kriteeri).



Puuskatuuli > 16 m/s

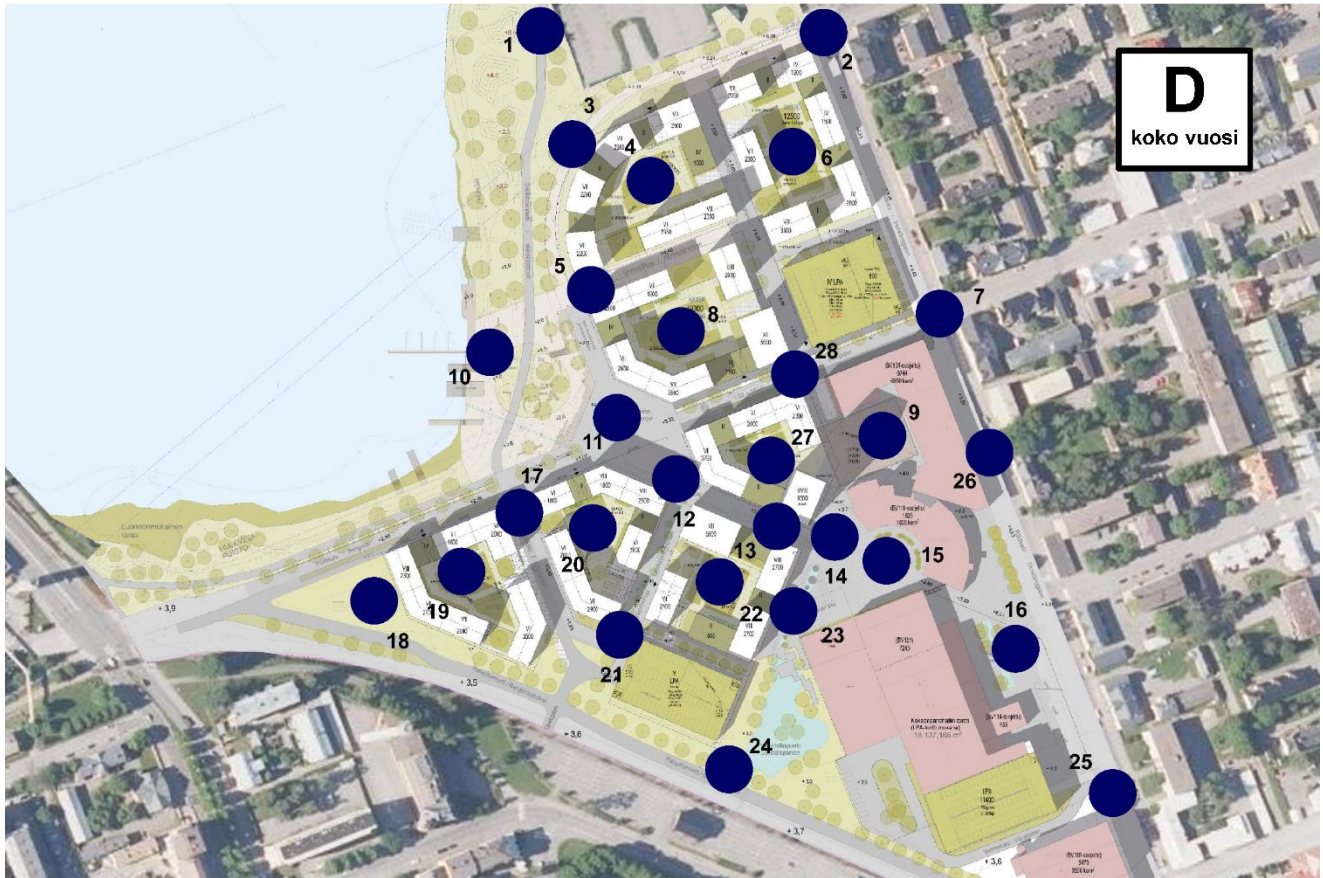
Piste	C Koko vuosi				Kesäkausi			
	% ajasta	h/vuosi	h/kk	h/vk	% ajasta*	h	h/kk	h/vk
1	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
2	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
3	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
4	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
5	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
6	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
7	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
8	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
9	0.003 %	0.2	0.0	0.0	0.001 %	0.0	0.01	0.00
10	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
11	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
12	0.002 %	0.1	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
13	0.015 %	1.3	0.1	0.0	0.003 %	0.1	0.02	0.00
14	0.001 %	0.1	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
15	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
16	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
17	0.026 %	2.3	0.2	0.0	0.008 %	0.4	0.06	0.01
18	0.005 %	0.5	0.0	0.0	0.001 %	0.0	0.01	0.00
19	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
20	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
21	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
22	0.002 %	0.2	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
23	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
24	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
25	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
26	0.000 %	0.0	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00
27	0.015 %	1.3	0.1	0.0	0.001 %	0.0	0.01	0.00
28	0.006 %	0.5	0.0	0.0	0.000 %	0.0	0.00	0.00

Väriasteikko



\* kesäkauden tunnit = 100 %

Kuva 8: Puuskatuulien > 16 m/s esiintymisen tarkastelupisteissä (C-kriteeri).

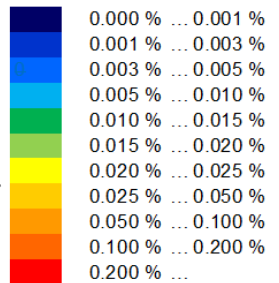


Puuskatuuli > 23 m/s

Piste	D Koko vuosi				Kesäkausi			
	% ajasta	h/vuosi	h/kk	h/vk	% ajasta*	h	h/kk	h/vk
1	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
2	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
3	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
4	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
5	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
6	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
7	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
8	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
9	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
10	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
11	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
12	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
13	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
14	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
15	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
16	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
17	0.0001 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
18	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
19	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
20	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
21	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
22	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
23	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
24	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
25	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
26	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
27	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0
28	0.0000 %	0.0	0.0	0.0	0.0000 %	0.0	0.0	0.0

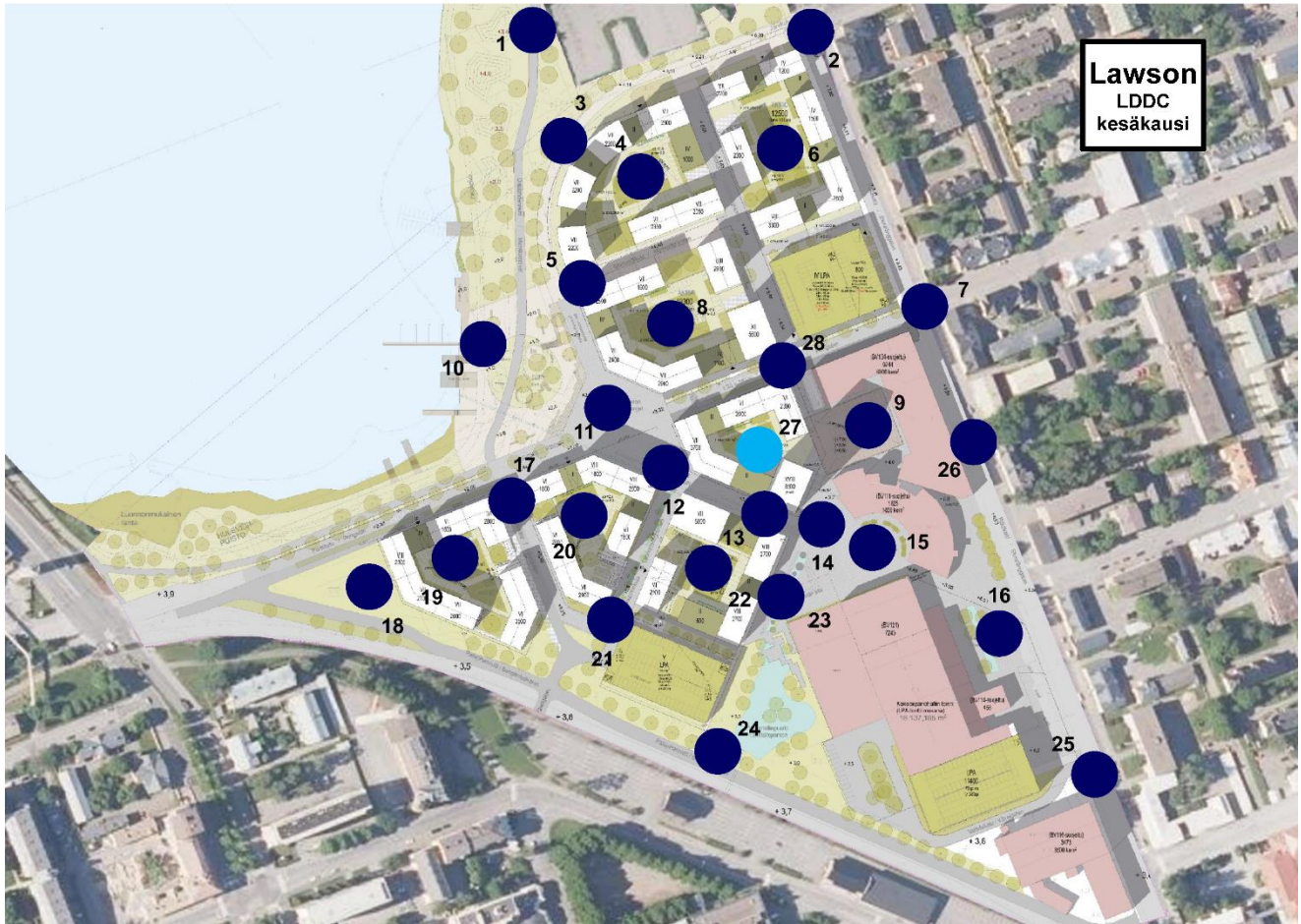
\* kesäkauden tunnit = 100 %

Väriasteikko



Kuva 9: Puuskatuulien > 23 m/s esiintyminen tarkastelupisteissä (D-kriteeri).

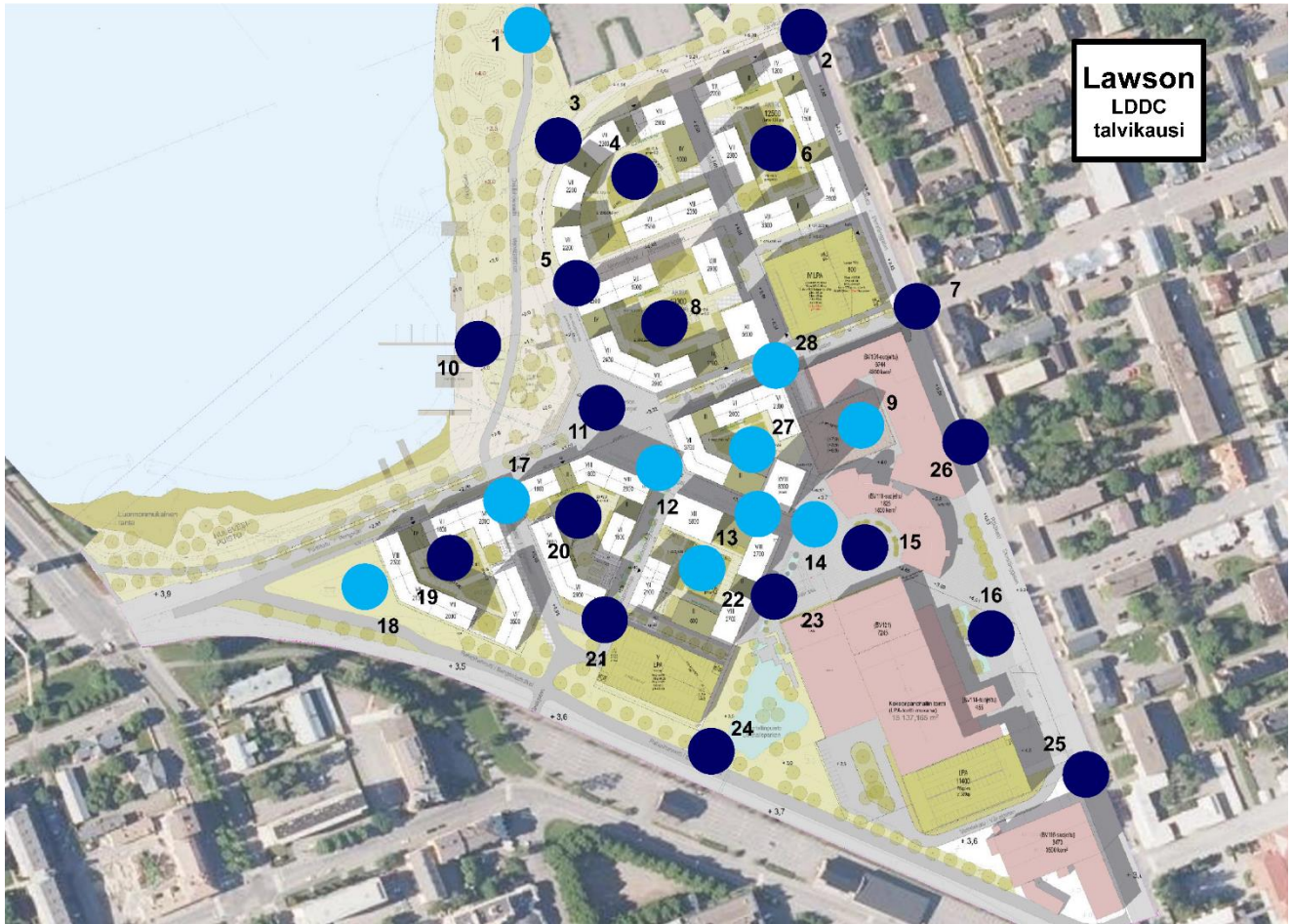











*Tarkastelupisteen soveltuvuus tuulisuuden kannalta*

	GEM < 4 m/s < 5 % Istuminen pitkiä aikoja
	GEM < 6 m/s < 5 % Lyhytaikainen paikoillaan olo
	GEM < 8 m/s < 5 % Kävely
	GEM < 10 m/s < 5 % Tavoitteellinen kävely
	GEM > 10 m/s > 5 % Useimmat jalankulkijan toiminnot epävihtyisiä
	GEM > 15 m/s > 0,025 % ei hyväksyttävä turvallisuuden kannalta yleisillä alueilla
	GEM > 20 m/s > 0,025 % ei hyväksyttävä turvallisuuden kannalta.

*Kuva 10: Lawson LDDC -kriteeri, kesäkausi.*



Tarkastelupisteen soveltuvuus tuulisuuden kannalta	
	GEM < 4 m/s < 5 % Istuminen pitkiä aikoja
	GEM < 6 m/s < 5 % Lyhytaikainen paikoillaan olo
	GEM < 8 m/s < 5 % Kävely
	GEM < 10 m/s < 5 % Tavoitteellinen kävely
	GEM > 10 m/s > 5 % Useimmat jalankulkijan toiminnot epävihtyisiä
	GEM > 15 m/s > 0,025 % ei hyväksyttävä turvallisuuden kannalta yleisillä alueilla
	GEM > 20 m/s > 0,025 % ei hyväksyttävä turvallisuuden kannalta.

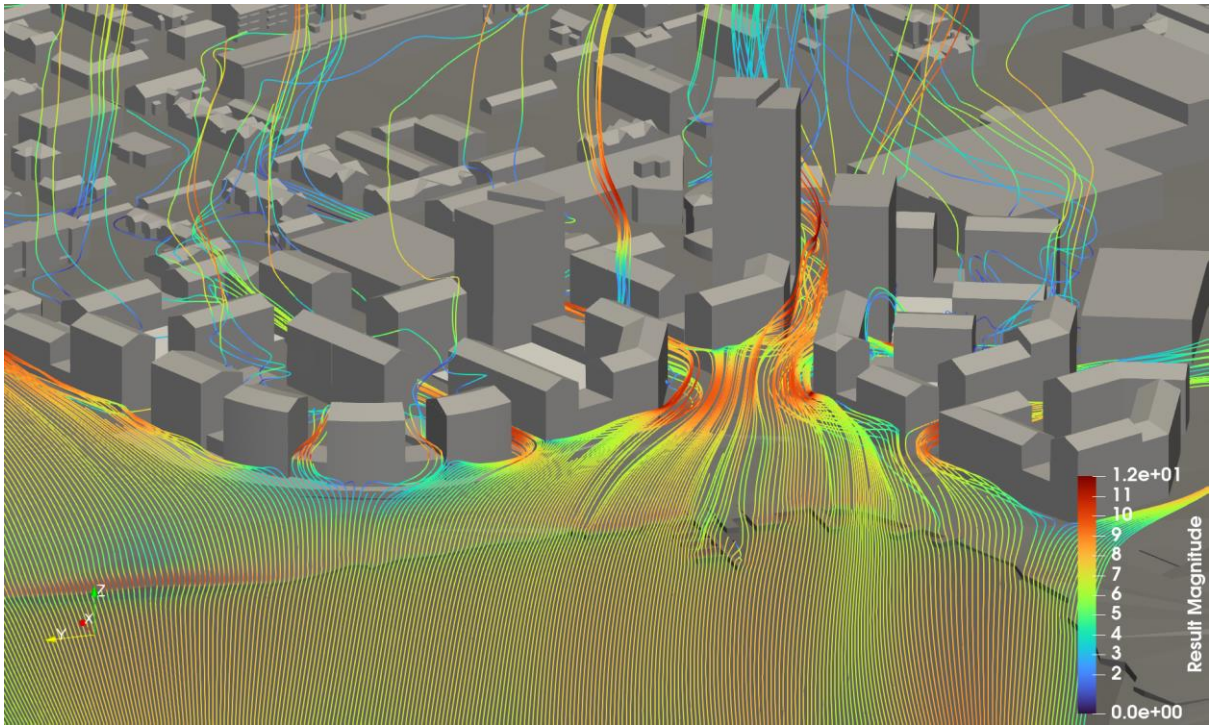
Kuva 11: Lawson LDDC -kriteeri, talvikausi.

---

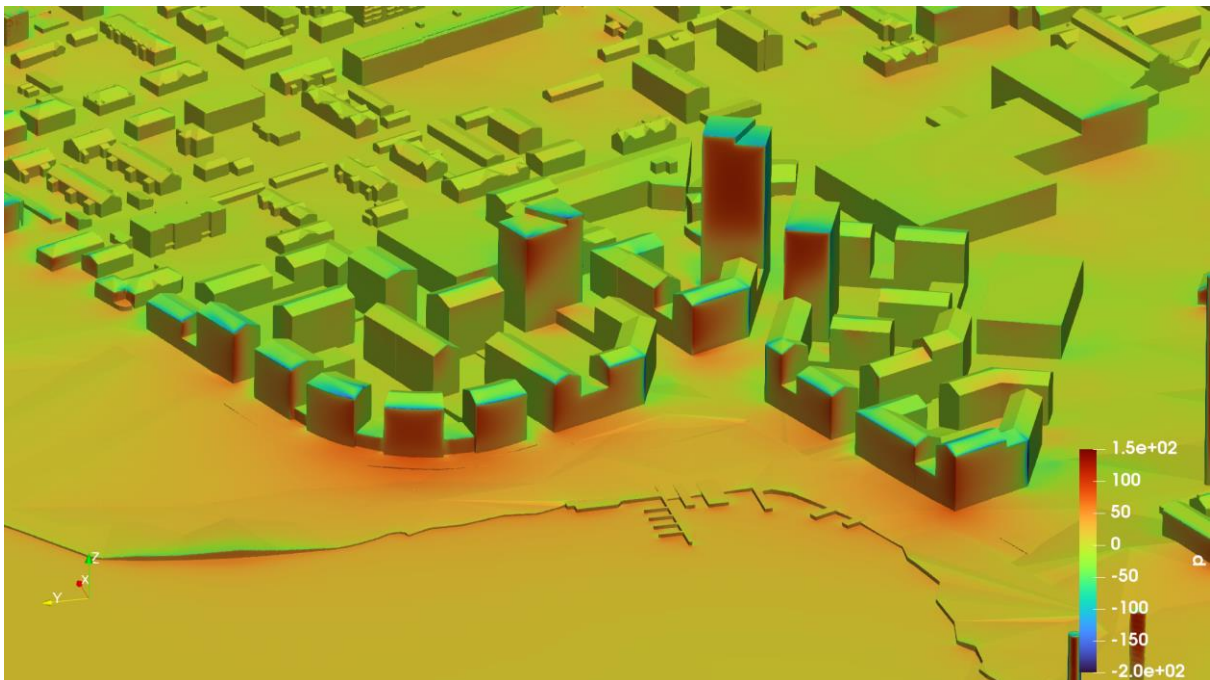
## 4 Tulosten ohjeellinen tulkinta

- Viitesuunnitelmassa merenlahden puoleiset korttelien reunimmaisat rakennukset toimivat aikaisemmin tutkittuihin viitesuunnitelmiin [1] nähden selkeämmin tuulensuojana korttelien sisäpihoille, ja sisäpihat jäävät vähätuulisiksi. Virtaukset voivat kanavoitua reunimmaisten rakennusten (2. kerroksen) kattopihojen yli. Virtausten kääntyminen kattopiholle voidaan oletettavasti estää kaiteilla
- rantarakentamista on karsittu, jolloin puuston vaikutus katujen tuulikanavointiin ja rannan tuulisuuteen korostuu. Yksittäisten puiden vaikutuksen voidaan rannan avoimilla alueilla arvioida olevan enimmillään suuruusluokaltaan -15 % katutaso tuulenopeuksissa. Vaikutus on merkittävä kovimpien tuulien toistuvuuksien osalta. Osittainkin tuulensuoja helpottaa esimerkiksi ulko-ovien käyttöä myrskyissä ja pienentää jalankulkijan kaatumisriskiä liukkaalla kelillä
- kuvassa 12 on havainnollistettu virtauksen kulkua ja rakennusten painekuormia tuulensuunnalla 292,5°. Virtaus pääsee kanavoitumaan merenlahden suuntaan avautuviin katuaukioihin. Tuulen suunta tästä sektorista on kuitenkin vain n. 5 % ajasta. Yleisesti viitesuunnitelman rakennukset suojaavat vierustan nykyisiä asuinrakennuksia
- kovien puuskatuulien (> 16 m/s) toistuvuus on suurin tarkastelupisteessä 17. Tänä johtuu merenlahden yli pohjoisesta puhaltavien tuulien kanavoitumisesta (kuva 13). Piste on tavanomainen rantarakentamisen katuaukio. Kovien puuskatuulien toistuvuus on samaa suuruusluokkaa korkeimman rakennuksen vieressä
- tuulisuuden kannalta viitesuunnitelma ei sisällä kolmen korkeimman rakennuksen osalta kattopihoja, jolloin niiden omat piha-alueet on mahdollista suunnitella vähätuulisemmiksi. Kattopihojen poiston myötä julkisivua alaspäin kulkeva virtaus pääsee ohjautumaan esteettömästi katutasoon, ja korkeimman rakennuksen sisäänkäynnit on suositeltavaa suojata katoksella tai sisennyksellä korkeiden rakennusten tavanomaisten suunnittelukäytäntöjen mukaisesti.
- kahden korkeimman rakennuksen mahdolliset kattoterassit voidaan oletettavasti suunnitella tuulisuuden suhteen suhteellisen viihtyisiksi sopivalla tuulensuojaseinän (kaiteen) korkeuden valinnalla. Nämä ovat selvästi ympäristön rakennusten kattojen tasoa korkeammalla, jolloin seinät ohjaavat virtauksia ylöspäin kattoterassien kohdalla
- viitesuunnitelman tuulisuusvaikutukset vastaavat tuulisuusselvityksessä esitettyjä vaikutuksia, ja tuulisuusselvityksen johtopäätökset ovat voimassa sellaisenaan.

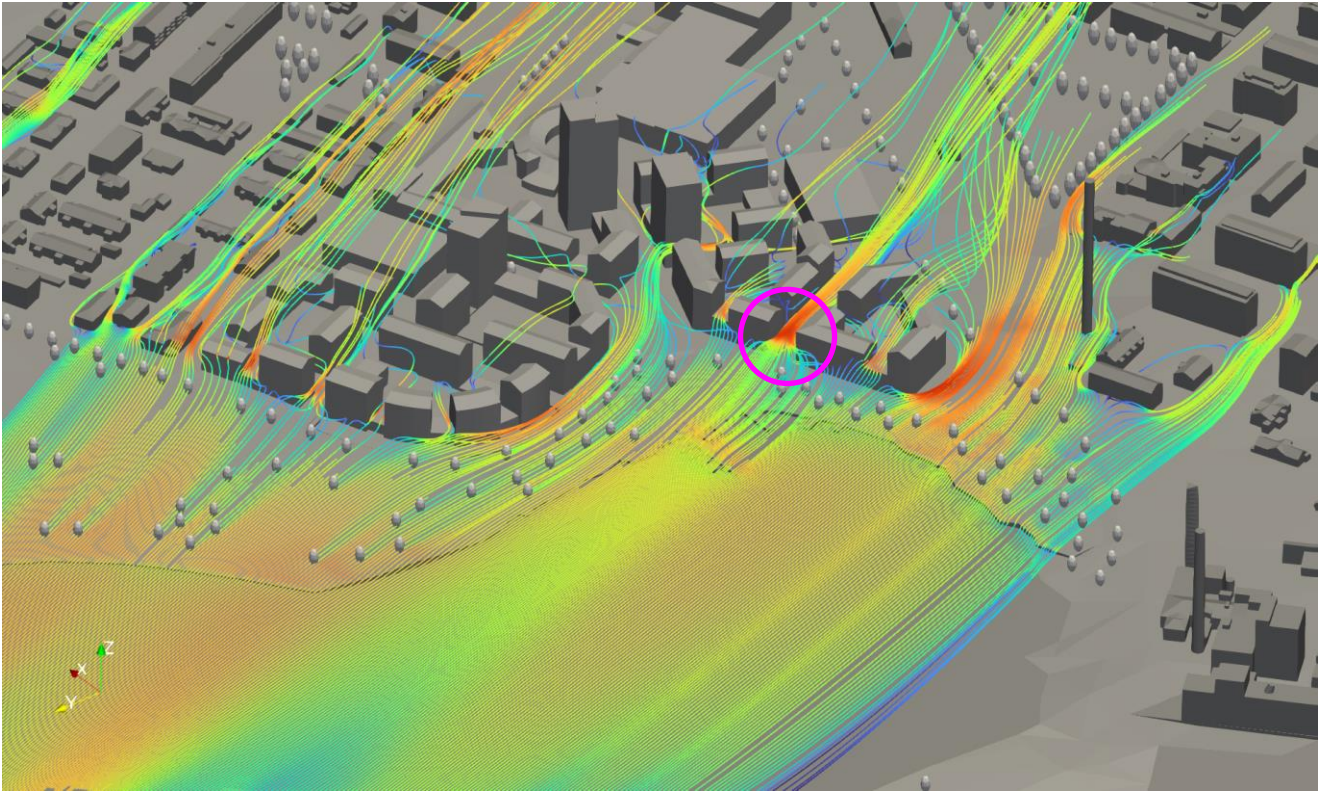
a)



b)



Kuva 12: Esimerkki a) tuulen keskinopeuden kulusta ja b) pintojen painekuormasta merenlahden yli puhaltavassa tuulessa, tuulen suunta 292.5 astetta. Virtaviivojen lähtöpiste on 1.5 m korkeudella vedenpinnan yläpuolella. Kuvan laskentatuloksissa ei ole puiden vaikutusta mukana.



Kuva 13: Pohjoisen puoleisten tuulien kanavoituminen tarkastelupisteeseen 17. Virtaviivojen lähtöpiste on 3 m merenpinnan yläpuolella, tuulen suuntakulma  $337,5^\circ$ .

---

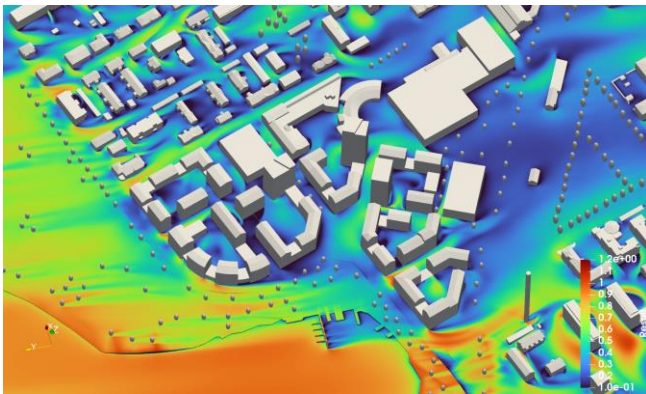
## Lähdeluettelo

1. Wärtsilä Finland Oy – Marine Solutions. Wärtsilän konepaja-alueen yleissuunnitelma. Tuulisuusselvitys. WSP Finland Oy 31.3.2023. 70 s.

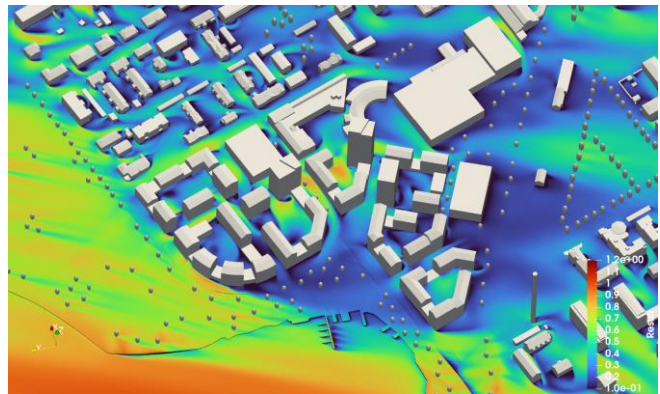
# Liite 1: Virtauslaskennan tuloskartat

Suhteellinen keskituuli  $k_m$  (tuulen keskinopeus 1,5 m korkeudella alla olevasta pinnasta suhteessa 15 m korkeudella vaikuttavaan tulovirtauksen keskinopeuteen). Väriasteikko sinisestä punansiseen = 0,1...1,2.

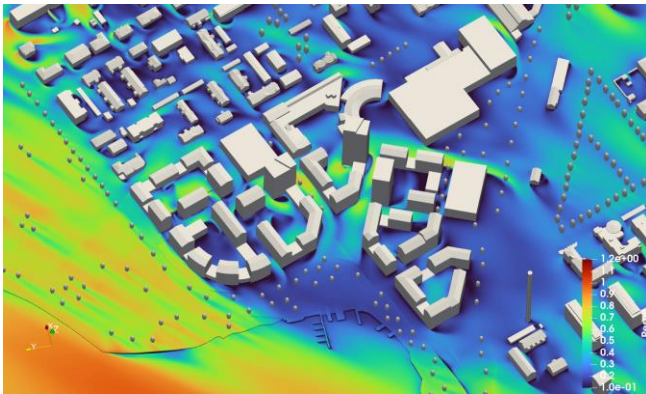
0°



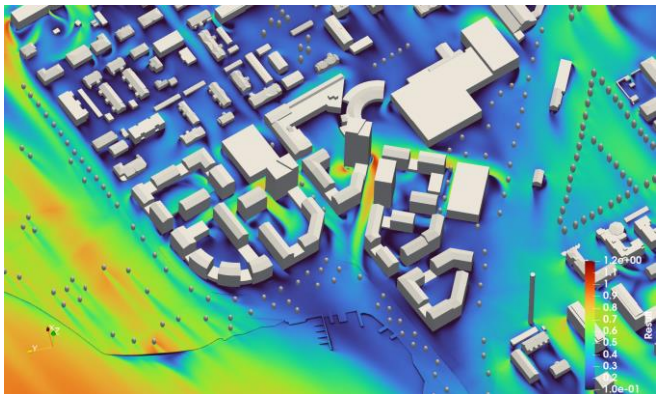
22,5°



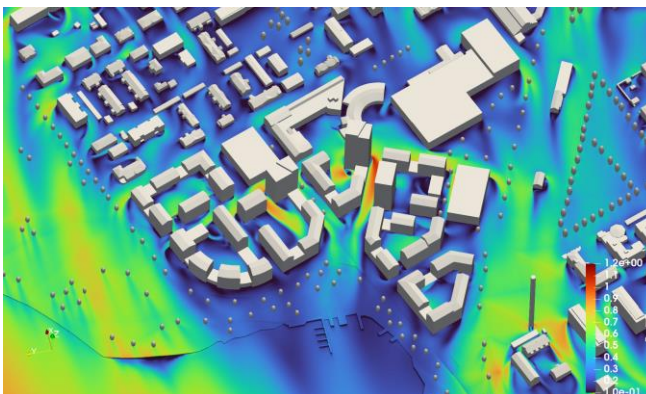
45°



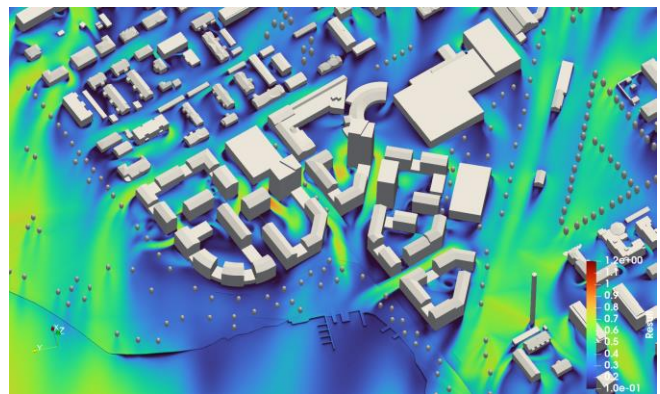
67,5°



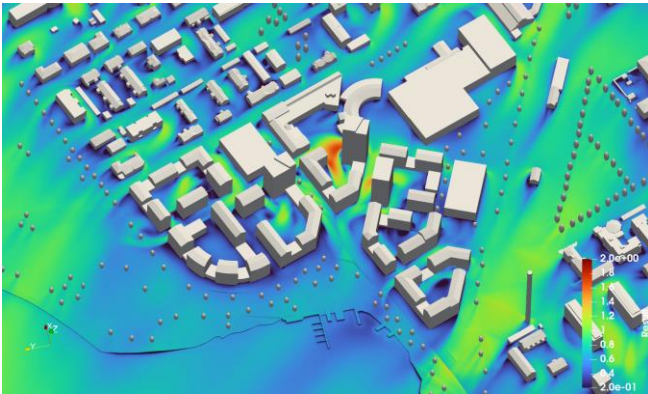
90°



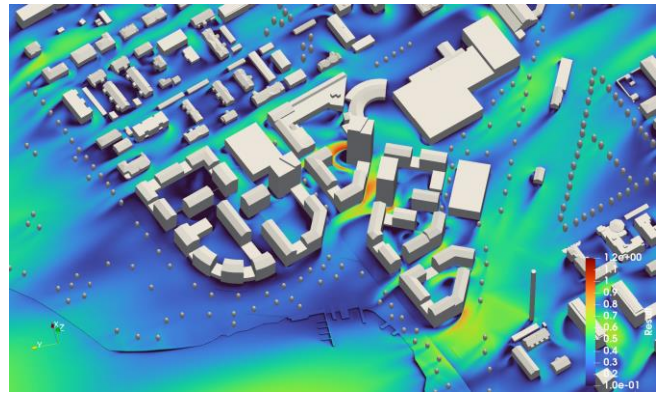
112,5°



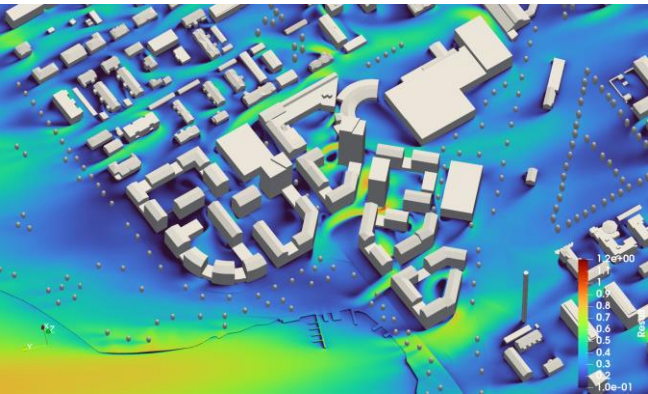
135°



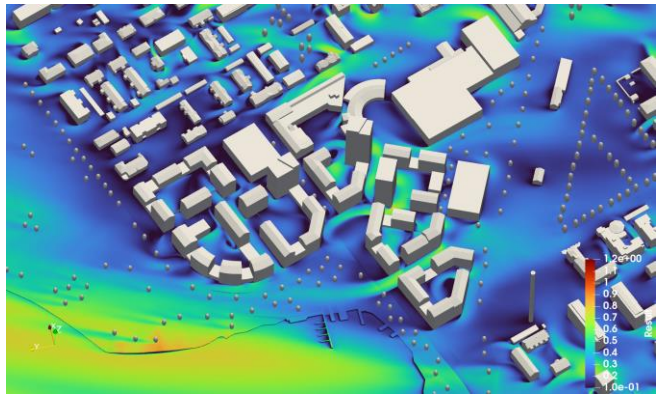
157,5°



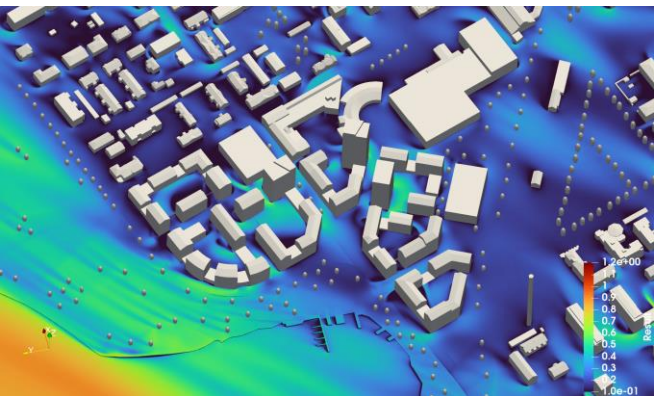
180°



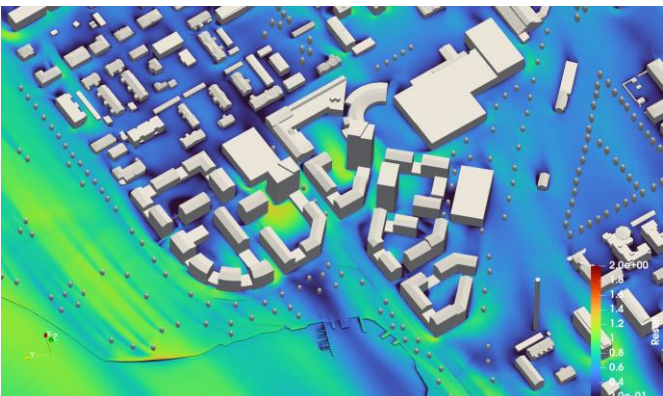
202,5°



225°

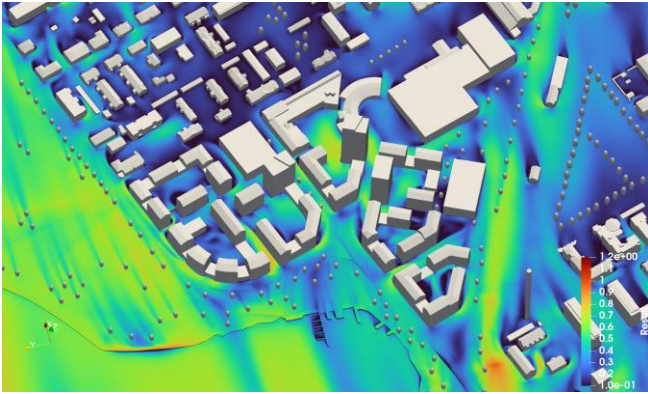


247,5°

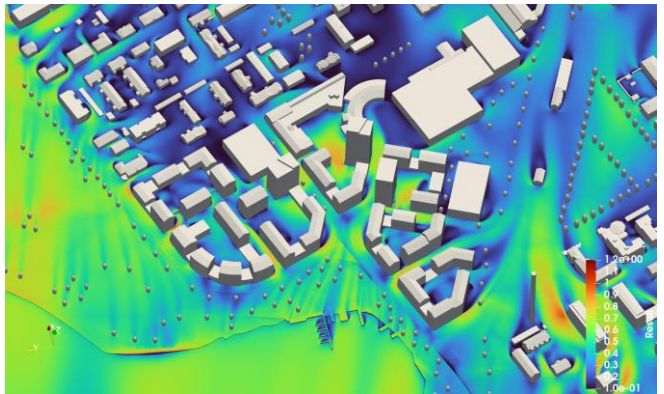




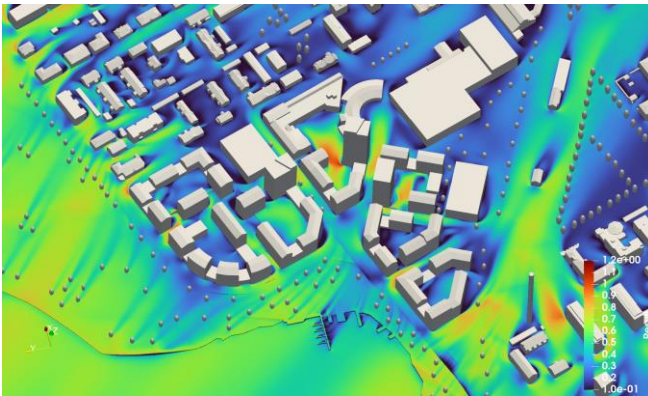
270°



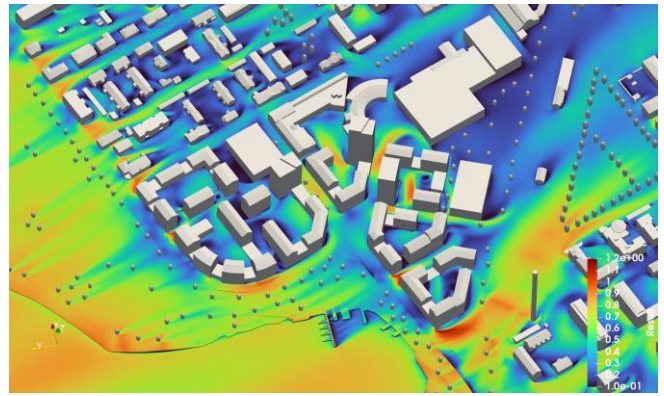
292,5°



315°

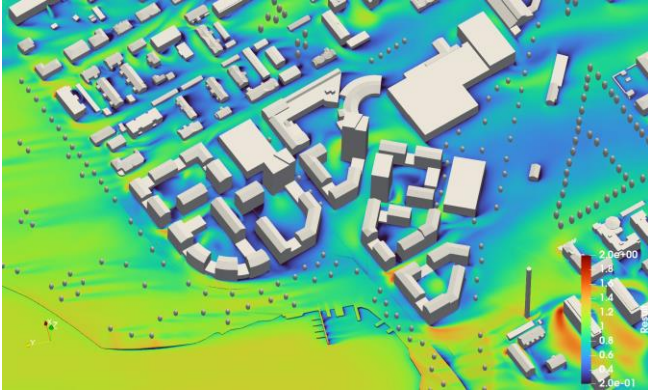


337,5°

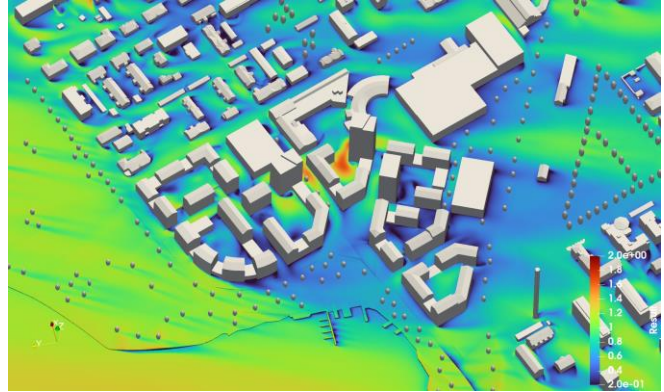


Suhteellinen tuulen puuskanopeus  $k_g$  (tuulen puuskanopeus 1,5 m korkeudella alla olevasta pinnasta suhteessa 15 m korkeudella vaikuttavaan tulovirtauksen keskinopeuteen; arvioituna turbulenssin kiineettisen energian avulla). Väriasteikko (sininen...punainen) = 0,2...2,2:

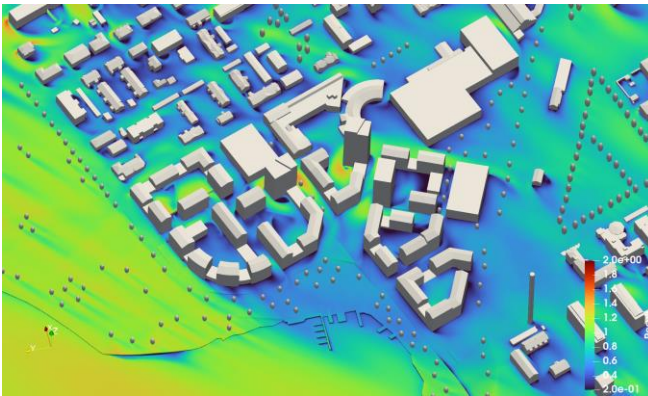
0°



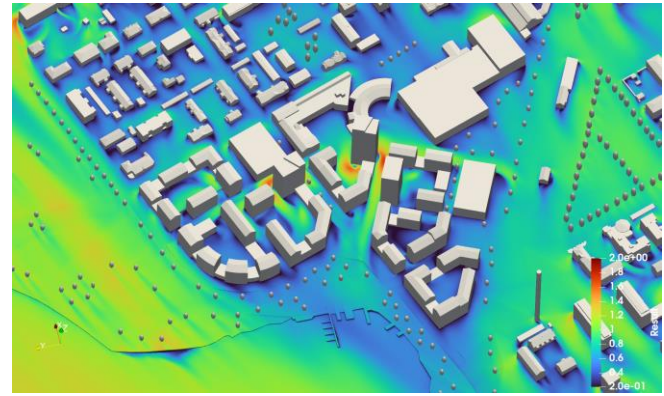
22,5°



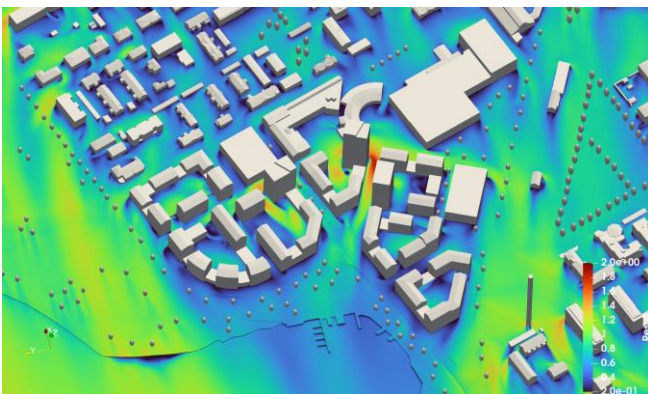
45°



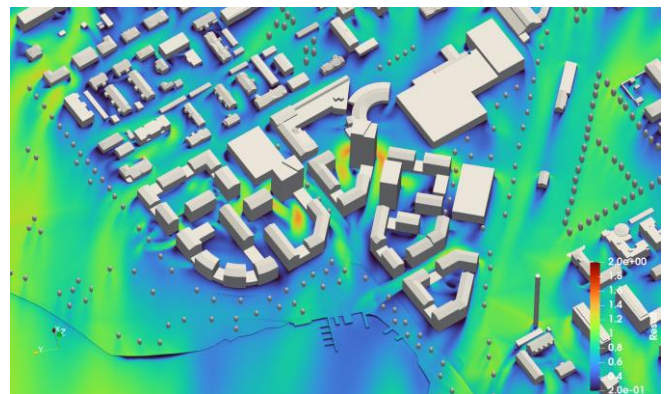
67,5°



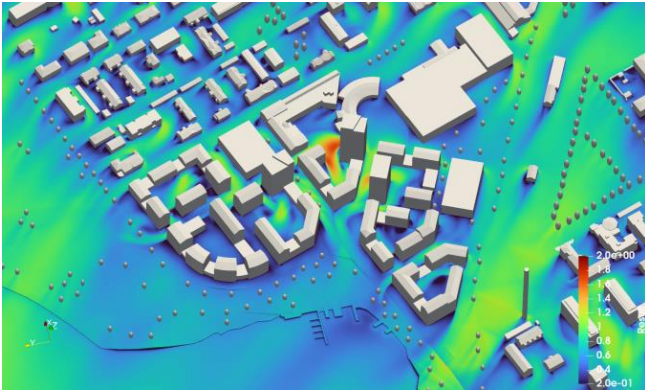
90°



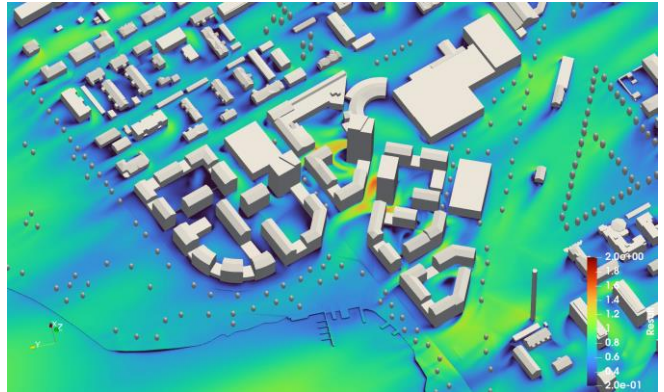
112,5°



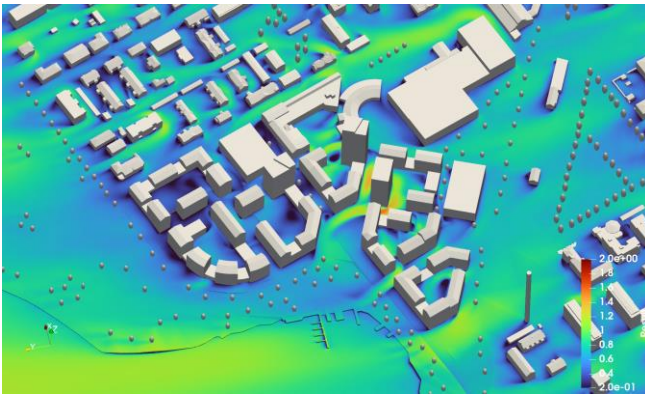
135°



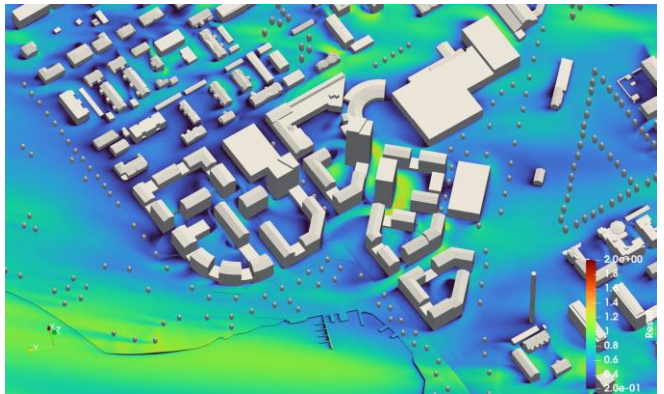
157,5°



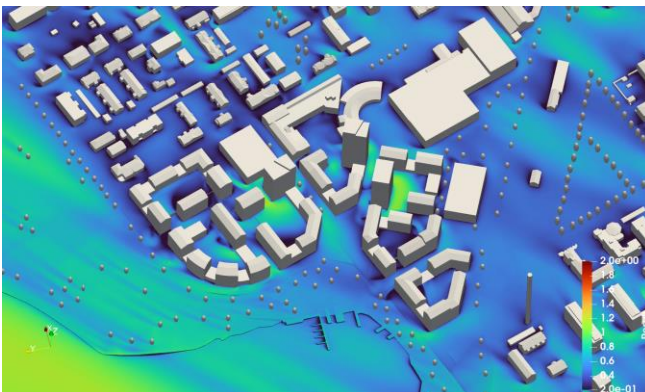
180°



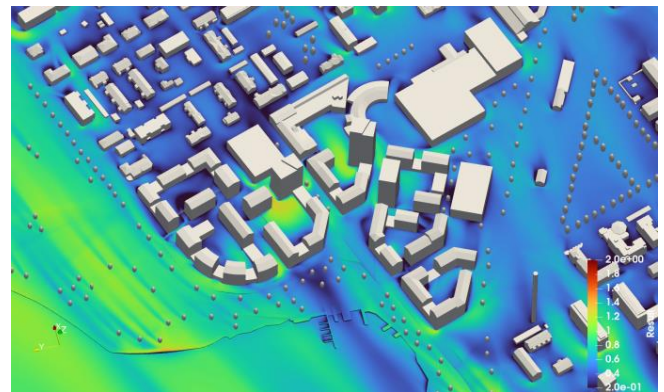
202,5°



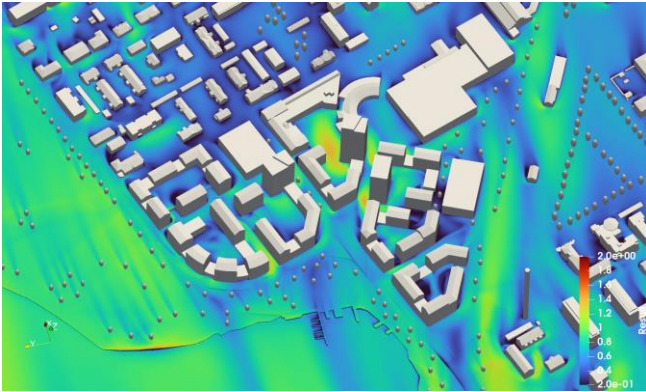
225°



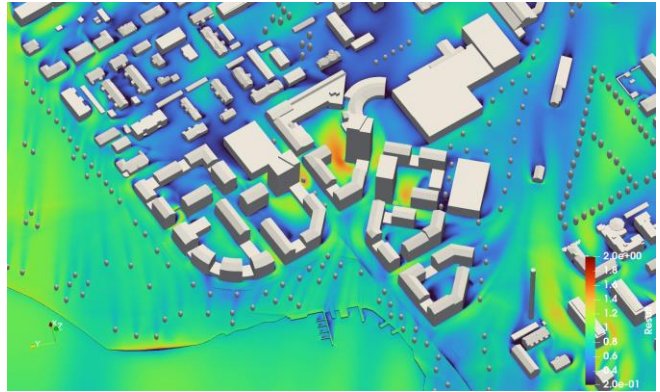
247,5°



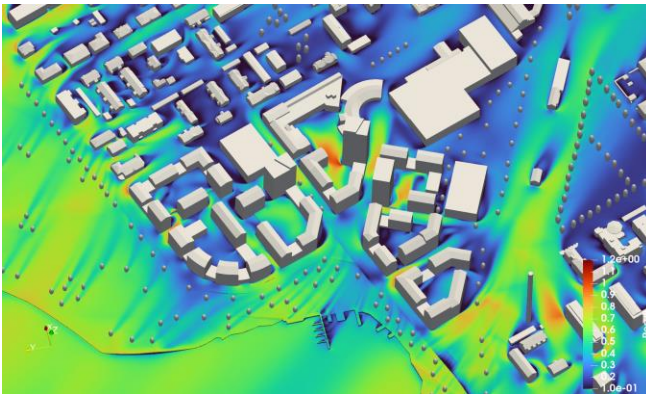
270°



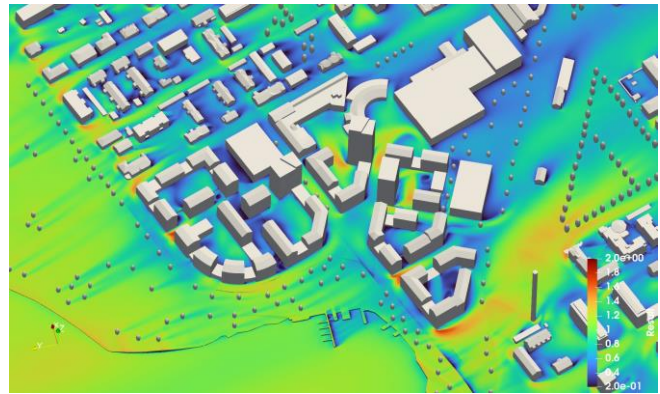
292,5°



315°



337,5°



**WSP Finland Oy**  
WSP  
Pasilan asema-aukio 1  
00520 Helsinki  
Puh: 0207 864 11  
[www.wsp.com/FI-fi](http://www.wsp.com/FI-fi)

The logo consists of the lowercase letters 'w', 's', and 'p' in a red, sans-serif font. The 'w' and 's' are connected at the top, and the 'p' is positioned to the right of the 's'. The letters are centered within a light blue rectangular background.