Helsingin kaupunki
Kaupunkisuunnitteluvirasto

27.10.2011

9

Kalasataman keskuksen tuulisuusselvitys

KALASATAMAN KESKUS
Asemakaavan muutoksen nro 12070 selvitys

9

Kalasataman keskuksen tuulisuusselvitys

UNITED BY OUR DIFFERENCE

WSP

Kalasataman keskuksen suunnittelu

Tuulisuuskartoitus

Lokakuu 2011

Laadunhallinta

Versio/muutokset	Versio 1	Muutos 1	Muutos 2	Muutos 3
Huomautukset				
Päiväys	20.10.2011			
Laatija Allekirjoitus	Risto Kiviluoma			
Tarkastanut Allekirjoitus				
Hyväksynyt Allekirjoitus				
Projektinumero	303411			
Tiedosto				

KONSULTTI

WSP Finland Oy
Heikkiläntie 7D
00210 HELSINKI
Puh. +358 207 864 11
Faksi +358 207 864 800
www.wspgroup.fi

Yhdyshenkilö
Risto Kiviluoma

TILAAJA

Helsingin Kaupunki, Kaupunki-
suunnitteluvirasto

PL 2100
00099 HELSINGIN KAUPUNKI
puh. +358 9 310 1673
faksi +358 9 310 37409

www.hel.fi/ksv

Yhdyshenkilö
Pekka Saarinen

Sisällys

Tiivistelmä **4**
1 Johdanto **5**
1.1 Kohde 5
1.2 Tämä raportti 6
1.3 Menetelmän yleiskuvaus 6
2 Lähtötiedot **9**
2.1 Pienoismalli 9
2.2 Alueiden suunniteltu käyttö ja rakennusdetaljit 10
2.3 Tuulitilasto 10
2.4 Tuulen suuntakulman koordinaatisto 10
3 Tuulitunnelikoe **12**
3.1 Koejärjestely 12
3.2 Mittauspisteet 15
3.3 Tuulitunnelikokeen tulokset 17
3.4 Tuulitunnelikokeen virhetarkastelu 23
4 Tuulisuuskartoitus **24**
4.1 Tulosten vertailukriteerit 26
4.1.1 Vertailukriteerien käyttökelpoisuus Suomen oloissa 26
4.2 Tuulisuuskartoituksen tulokset 27
4.3 Tuulisuuskartoituksen virhetarkastelu 34
5 Tuulennopeuden ääriarvot **35**
6 Tulosten ohjeellinen tulkinta **38**
6.1 Tuulen puuskanopeuteen perustuvat kriteerit 38
6.2 Tuulen keskinopeuteen perustuvat kriteerit 40
6.3 Tornien kattoterassit 40
7 Yhteenveto ja johtopäätökset **41**
Lähdeluettelo **42**
Liite 1 Tuulitunnelikokeen numeeriset tulokset **43**
Liite 2 Muunnoskertoimet tuulitilastolle **46**
Liite 3 Tuulisuuskartoituksen numeeriset tulokset **47**

Tiivistelmä

Kalasataman keskuksen suunnitelmalle on tehty tuulisuuskartoitus tuulitunnelikokeen ja tuulitilaston avulla. Keskus sijaitsee meren ranta-alueella siten, että alueelle tuulee n. 180 asteen sektorista merenlahtien kautta. Keskukseen on suunniteltu kahdeksan ympäristöään selvästi korkeampaa rakennusta. Korkeimman tornin korkeus on 126 m. Tornit on suunniteltu pääosin asuinkäyttöön, ja niiden väliin jää itäväylän kattava yläpiha. Yläpiha on likimain ympäröivien rakennusten kattojen tasolla n. 30 m korkeudessa. Kalasataman keskus poikkeaa muista Suomen korkean rakentamisen kohteista siinä, että asuinkäyttöön suunniteltuja torneja sijaitsee meren rannikolla.

Tuulisuuskartoituksen tavoitteena on selvittää suunnitelmaan liittyvät tuulisuuskysymykset jatkosuunnittelun tueksi. Selvitettäviä kysymyksiä ovat mm.:

- miten suunnitellut korkeat tornit ja korotettu yläpihan taso vaikuttavat tuulisuuteen
- kuinka useasti epämukavuutta tai vaaraa aiheuttavia tuulia esiintyy.

Lisäksi on määritetty tuulennopeuden ääriarvoja myöhempien suunnitteluvaiheiden tarpeita varten.

Tuulisuuskartoituksen tulokset on tiivistetty neljään tuulisuuskriteeriin ja niitä esittävään karttaan. Kriteereiden vertailuarvoina ovat 10 m/s, 13 m/s, 16 m/s ja 23 m/s ylittävien puuskatuulien esiintyminen katutasossa. Lisäksi on tarkasteltu tuulen keskinopeuteen > 5 m/s perustuvia kriteereitä.

Tarkastellut tuulisuuskriteerit ennakoivat että tuulisuus vaikuttaa sekä viihtyvyystekijään ja turvallisuustekijään.

Tulosten mukaan alueen perustuulisuuden taso, ilman tornien ja yläpihan vaikutusta, on samaa suuruusluokkaa aiemmin tutkitun Jätkäsaaren kanssa.

Tornit lisäävät puuskaisuutta siten, että 16 m/s puuskatuulia esiintyy katujen tasolla nelinkertaisesti Jätkäsaaren ja Keski-Pasilan viitesuunnitelmiin nähden.

Tornialueen kulmiin, yläpihalle, syntyy kanavointivaikutus kulmatornien vaikutuksessa. Näissä pisteissä puuskanopeuksia > 23 m/s esiintyy keskimäärin useammin kuin kerran vuodessa. Sovelletussa kriteerissä nämä pisteet kuuluvat luokkaan ”ei hyväksyttävä/vaarallinen” ja näiden osalta tuulisuuskysymyksen korjaamiseen tulisikin kiinnittää huomiota jatkosuunnittelussa.

1 Johdanto

Korkean rakentamisen ja merenrantakaupunginosien suunnittelun myötä tuulisuuden huomioon ottamisen on muodostunut ajankohtaiseksi Helsingissä. Yleisesti rakennetun ympäristön katutason tuulisuus on yksi korkealaatuisessa kaavoituksessa ja suunnittelussa huomioon otettava ympäristökysymys. Tuulisuus vaikuttaa mm. ihmisten viihtyvyyteen ja turvallisuuteen.

Tuulisuus voidaan esittää numeroarvoina periaatteella raja-arvon ylittävien tuulien kesimääräinen esiintyminen. Esim. tuulen keskinopeus > 5 m/s katutasossa ≥ 5 % ajasta on toisinaan käytetty nyrkkisääntö olosuhteelle, jossa tulisuudella on merkitystä. Katutason tuulisuus riippuu alueen perustuulisuuden tasosta (joka Suomessa on suhteellisen alhainen verrattuna moneen muuhun maahan) sekä rakennusten yms. paikallisten tekijöiden vaikutuksesta.

Tuulisuuskysymystä voidaan tutkia luotettavasti kokeellisilla menetelmillä, käyttäen apuna tuulitunnelia, kohdealueen pienoismallia ja paikallisia tuulitilastoja. Tutkimuksessa määritetään tuulisuus alueen eri pisteissä. Vastaavasta tutkimuksesta käytetään nimitystä tuulisuuskartoitus.

Tuulisuuskartoitusten laatiminen on kansainvälisesti muodostunut standardiksi tavaksi tuulisuuskysymysten selvittämiseen. Alueen käyttäjiä, omistajatahoja ja viranomaisia varten selvitetään aiheuttavatko suunnitteluratkaisut viihtyisän, hyväksyttävissä olevan vai liiallisen katutason tuulisuuden. Liiallista tuulisuutta esiintyy tyypillisesti tietyissä ongelmapisteissä korkeiden rakennusten vieressä. Näille voidaan etsiä korjaavia suunnitteluratkaisuja.

Tuulisuuden hyväksytylle tasolle ei toistaiseksi Suomessa ole olemassa viranomaisohjeita. Kansainvälisesti käytetään alan tutkijoiden esittämiä suosituksia. Suunnittelukäyttöön vakiintuneet suositukset voivat vaihdella maittain. Suomen oloissa esim. tuulen ja pakkasen yhteisvaikutus on oma kysymyksensä.

1.1 Kohde

Tämän tutkimuksen kohteena on Kalastaman keskuksen suunnitelma (kuva 1). Kalasataman keskus on osa Kalasatamaa, joka on laaja uudelleen kehitettävä alue Helsingin kantakaupungin itärannalla.

Kalasataman keskuksen suunnitelma on toteutettu kilpailun kautta siten, että sekä suunnittelu ja rakentaminen kuuluvat toteuttajan toimeksiantoon. Toteutusta varten laaditaan asemakaavan muutos.

Suunnitelmassa Kalasataman keskus muodostuu Kalasataman metroaseman viereen toteutettavasta kaupallisesta keskuksesta ja siihen liittyvästä hotellitornista, toimistotornista ja kuudesta asuintornista. Korkeimman tornin korkeus on 126 metriä. Itäväylä ja metro katetaan laajalla viherkannella; yläpihalla.

Suunnitelmassa tornit sekä korotettu yläpihan taso lisäävät oletettavasti katutason tuulisuutta. Tornien katoille on suunniteltu terasseja.

Tuulisuuden kannalta kalasataman keskus poikkeaa muista Suomen korkean rakentamisen kohteista siinä, että asuinkäyttöön suunniteltuja torneja si-

jaitsee lähellä meren rantaviivaa. Kalasataman alue on alttiina meren lahtien kautta puhaltaville tuulille n. 180° sektorilla.

Tornien etäisyys rantaviivasta on 200…400 m, mistä seuraa että mereltä puhaltava tuulet pääsevät vaimentumattomina torneihin n. 16…32 m korkeudelta ylöspäin, ja voivat siten kääntyä osittain myös katutasoon lisäten katutason tuulisuutta.

Yläpiha tulee olemaan korkealla maanpinnasta (n. 30 m) johtuen metroradan ja itäväylän korosta sekä tarvittavasta vapaasta alikulkukorkeudesta. Yläpiha jää suunnitelleen ympäröivien rakennusten kattojen tasolle.

HELIN&CO ARKKITEHDIT

Kuva 1: Kalasataman keskuksen havainnekuva.

1.2 Tämä raportti

Tässä raportissa esitetään Kalastaman keskukselle laadittu tuulisuuskartoitus, sen tulokset ja tulosten ohjeellinen tulkinta. Tuulisuuskartoitus perustuu Kalastaman suunnitelmaan (suunnitelman versio kevät 2011), suunnitelmaa varten suoritettuun tuulitunnelikokeeseen sekä lähialueen tuulitilastoihin.

1.3 Menetelmän yleiskuvaus

Käytetty menetelmä tuulisuuskriteereineen vastaa Konsultin Keski-Pasilan [1,2,3] ja Jätkäsaaren [4] tutkimuksissa käyttämää.

Tuulitunnelina on käytetty rajakerros-tuulitunnelia, joka on suunniteltu luonnon tuulien simulointiin. Tuulitilastona on käytetty paikallisia tuulitilastoja, jotka kattavat jatkuvat mittaukset vähintään 10 v ajalta. Tuulilastojen lukemat on muunnettu maaston karheusluokan muutos-analyysin avulla kohdealueen lukemiksi.

Analyysi kattaa tarkasti tuulen suuntien vaikutukset ja tuulisuuden muutokset eri kuukausina.

Menetelmässä tuulisuus määritetään valituissa katutason pisteissä. Tuulisuuden määrityspisteet (mittauspisteet) on sijoitettu tarkasteltavan suunnitelman kannalta kuvaaviin ja merkityksellisiin pisteisiin (mm. kulkureittien ja torien varrelle, rakennusten sisäänkäyntien läheisyyteen, jne).

Keskeisiä kysymyksiä ovat mm:

- miten ympäristöään selvästi korkeammat rakennukset ja korotettu yläpihan taso vaikuttavat katutason tuulisuuteen
- kuinka useasti epämukavuutta tai vaaraa aiheuttavia tuulia esiintyy.

Arvioitaessa tuulisuuden merkitystä tuloksia on verrattu useampaan kirjallisuudessa esitettyyn tuulisuuden kriteeriin. Näitä on sovellettu Suomen oloihin ottaen huomion talvikauden vaikutus.

Tuulisuuskriteerit koostuvat yleisesti kahdesta osasta [5]:

- rajatuulennopeus V_C: tuulennopeuden raja-arvo jolla jokin toiminto muuttuu epämukavaksi tai vaaralliseksi
- todennäköisyys P_E: kuinka pitkän ajan raja-tuulennopeus ylittyy tarkastelujaksolla. Esim. vuotuinen ylitystodennäköisyys P_E = 0,001 (= 0,1%) tarkoittaa että raja-tuulennopeus ylittyy keskimäärin 8,75 tuntia vuodessa.

Rajatuulennopeus määritellään yleisesti keskinopeuden vaikutuksen perusteella (esim. bofori-asteikko) tai paikalliset vaikutukset tarkemmin kuvaavan puuskanopeuden perusteella. Rajatuulennopeus on yleisesti jokin seuraavista:

- Vc ~ V_h = tuulen keskinopeus (10 min tai 1 h keskiarvo)
- Vc ~ V_{ekv} = tuulen puuskanopeuden perusteella laskettu ekvivalentti keskinopeus
- Vc ~ V = tuulen todellinen puuskanopeus esim. 1 s tai 3 s keskiarvo
- Vc ~ V_g = puuskatuulen vertailunopeus, joka lasketaan muodossa

$$V_g = V_h + gu = V_h(1 + gI)$$

missä

g = kriteeristä riippuva kerroin g = 1…3,5

u = nopeuden keskihajonta (kirjallisuudessa yleensä r.m.s. nopeus)

I = turbulenssiaste tai turbulenssin intensiteetti laskettuna kaavalla $I = u/U_h$

Tuulisuuskriteerit soveltuvat pääasiassa tuulisuuden arvioinnin tueksi osana muita tekijöitä. Viimekädessä jokainen henkilö, esimerkiksi katukahvilan pitäjä, voi itse harkita onko esimerkiksi 1 h kuukaudessa esiintyvä ongelmatuuli hyväksyttävä, voi voiko raja olla esim. 10 h kuukaudessa.

Tässä tutkimuksessa on käytetty rajatuulennopeuskriteereitä:

- V_h = tunnin aika-keskiarvo
- V_g = puuskatuulen vertailunopeus, g = 3,5.

Tällöin puuskatuulen vertailupuuskanopeus vastaa likimain todellista puuskanopeutta luonnossa ($V_g \approx V$). Turbulenssiaste vastaa likimain luonnon tuulen pituussuuntaista turbulenssin intensiteettiä ($I \approx I_v$).

Tässä raportissa on käytetty puuskatuulen vertailunopeudesta yleisesti nimityksiä ”puuskanopeus” ja ”puuskatuuli”.

Tuulisuuskriteerin tulokset on esitetty tiettyä toimintoa vastaavalla V_C:n arvolla siten että P_E arvo on esitetty alueittain karttoina. Tämä esitystapa on matemaattisesti eksakti. Johtopäätösten tekemiseksi käytetään kriteerikohtaista ”subjektiivista” tulkintaa siitä, mikä on hyväksyttävä tai ei hyväksyttävä arvo.

2 Lähtötiedot

2.1 Pienoismalli

Tuulitunnelikokeiden pienoismallina on käytetty tilaajan toimittamaa pienoismallia 1:500. Pienoismallissa (kuva 2) on mallinnettu tarkasti sekä kohdealue että sen vierusta. Pienoismallissa ei ole mallinnettu puita tai pensaita.

Kuva 2: Pienoismallin yksityiskohtia.

2.2 Alueiden suunniteltu käyttö ja rakennusdetaljit

Tässä tutkimuksessa huomioon otetut rakennusdetaljit, tärkeimmät kulkureitit, rakennusten sisääntulot, kattoterassit sekä alueiden suunniteltu käyttö perustuvat kohteen ”arkkitehtuurivihossa” (kevät 2011) esitettyihin. Ne tulevat olettavasti tarkentumaan myöhemmissä suunnitteluvaiheissa.

2.3 Tuulitilasto

Tuulitilastona on käytetty Ilmatieteenlaitoksen Harmajan mittaustuloksia 10 v. ajalta. Vertailevat analyysit on tehty Ilmatieteenlaitoksen Kaisaniemen tuulitilastosta (10 v) ja Lapinlahden sillan tiesääaseman mittaustuloksista (13 v).

Tuulitilastojen mittauspisteiden ja kohdealueen sijaintiero on 2…6 km. Sijainnin vaikutus on otettu huomioon laskennallisesti luvun 4 mukaisesti.

2.4 Tuulen suuntakulman koordinaatisto

Tuulen suuntakulmien koordinaatisto ja tuulitunnelikokeessa (luku 3) käytetyt tuulen sunnat on esitetty kuvassa 3.

Kuva 3: Tuulensuuntien koordinaatisto: tuulitunnelikokeessa käytetyt tuulensuunnat (tuulensuunnat 30° välein) on esitetty nuolilla ja numeroilla.

3 Tuulitunnelikoe

3.1 Koejärjestely

Kokeet on suoritettu Tanskassa FORCE Technologyn tuulitunnelissa. Yleisjärjestely kokeesta on esitetty kuvassa 4. Tuulitunneli on tyypiltään rajakerros-tuulitunneli ja suunniteltu luonnon tuulien simuloitiin. Kokeen kannalta tärkeät ominaisuudet ovat:

- mittatila 2,6 x 1,8 m^2
- rajakerroksen simulointiin käytettävissä oleva matka 15...20 m.

Kuva 4: Yleiskuva koejärjestelystä.

Rajakerroksen simuloinnilla tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että pienoismallin kohtaava virtaus vastaa nopeuden korkeusprofiililtaan ja turbulenssiltaan kohteessa esiintyvää luonnon tuulta.

Koetyypissä tarkasti pienoismallilla mallinnettu osa simuloi kiinnostuksen kohteena olevan paikallisen turbulenssin. Pienoismallin (1:500) reunalle on lisätty sovituspalat siten, että pienoismallin reunat eivät aiheuta häiriötä virtaukseen. Lisäksi on lisätty karhennuspalikkoja kuvaamaan lähialueen rakennuskantaa.

Tuulitunnelimalli sovituspaloineen on tasossa kiekon muotoinen, halkaisijaltaan 2,5 m, ja sijoitettu mittatilan kääntöpöydälle.

Tuulimittaukset on suoritettu kuumalanka-anemometrilla mallin yläpuolelta käsin (kuva 5). Mittauskorkeus on 4 mm alapuolisen pinnan yläpuolelta, mikä vastaa täydessä mittakaavassa suoraan tulosten tarkastelutasoa 2,0 m.

Kuva 5: Kuumalanka-anemometri (ympyröity kuvassa).

Näytteenottotaajuus = 1,25 kHz (1250 mittausta sekunnissa) ja mittausaika yhtä pistettä ja tuulen kulmaa kohden = 60 s. Käytetty suuri näytteenottotaajuus takaa sen, että turbulenssin pienet pyörteet tulevat mitatuksi ja tulokset vastaavat tältä osin luonnon tuulta.

Ennen varsinaisia mittauksia tulovirtauksen rajakerros on säädetty halutuksi lattian ja virtauksen sisääntulon karhennuselementeillä. Tuulen turbulenssiolosuhteet tarkastelu-alueen reunoilla on oletettu noudattavan standardimaastokuokan z_0 = 0,01 m olosuhteita, missä z_0 = maaston karheusparametri (SFS-EN1991-1-4:2005 maastoluokka I). Maastoluokan määritelmä on ”järvet ja avoimet alueet mitättömällä kasvillisuudella ja ilman esteitä” ja se vastaa erityisesti analyysin kannalta tärkeitä meren suunnalta puhaltavia tuulia. Muista tuulensuunnista puhaltavien tuulien vaikutus on otettu huomioon laskennallisesti luvun 4 mukaisesti.

Tarkastelun kannalta tärkeät parametrit ovat:

- keskinopeuden korkeusjakauma; suhteellinen nopeusjakauma V_h/V_G,, missä V_G = rajakerroksen korkeudella (korkealla maasta) mitattu, ”kitkaton”, tuulennopeus
- turbulenssin pituussuuntainen intensiteetti I_v.

Tulovirtauksen mitatut ja tavoitteelliset turbulenssiparametrit on esitetty kuvassa 6. Suhteelliset tuulennopeudet on esitetty suhteessa 15 m korkeudessa mitattuun tuulen keskinopeuteen $V_{h,ref}$.

Kuva 6: Tulovirtauksen korkeusprofiili ja turbulenssi tuulitunnelikokeessa.

3.2 Mittauspisteet

Mittauspisteet on esitetty kuvassa 7. Mittauspisteet on valittu suunnitelmien kannalta mielenkiintoisiin pisteisiin korkeiden rakennusten lähelle, rakennusten sisääntuloihin, yläpihalle ja kulkureiteille.

Kuva 7: Mittauspisteet ja niiden numerointi. Punaisella estetyt pisteet sijaitsevat maan tasossa, oranssit yläpihalla ja keltaiset kattoterasseilla.

3.3 Tuulitunnelikokeen tulokset

Suhteelliset virtausnopeudet on laskettu mittaustuloksen ja referenssipisteen virtausnopeuden suhteena. Referenssipisteenä on käytetty 15 m korkeudessa täydessä mittakaavassa sijaitsevaa avoimen maaston pistettä.

Pistekohtaiset tulokset on esitetty numeerisessa muodossa liitteessä 1.

Kuvissa 8 ja 9 on havainnollistettu suhteellisen keskinopeuden ja suhteellisen puuskanopeuden maksimeita ja minimeitä, kun tarkasteluun on otettu kaikki tuulensuunnat. Kuvien esitystavassa tulos on tarkka mittauspisteessä (mittauspisteet on merkitty ympyräsymboleilla). Mittauspisteiden ulkopuoliset tulokset ovat interpoloituja tulosten havainnollistamiseksi, ja ne eivät ole tarkkoja.

Kuvassa 10 on havainnollistettu tuulen suunnan merkitystä yksittäisissä mittauspisteissä.

Kuva 8a: Tuulitunnelikokeiden tulosten havainnollistaminen: suhteellisen keskituulen maksimi, kaikki tuulen suunnat.

Kuva 8b: Tuulitunnelikokeiden tulosten havainnollistaminen: suhteellisen keskituulen minimi, kaikki tuulen suunnat.

Kuva 9a: Tuulitunnelikokeiden tulosten havainnollistaminen: suhteellisen puuskatuulen maksimi, kaikki tuulen suunnat.

Kuva 9b: Tuulitunnelikokeiden tulosten havainnollistaminen: suhteellisen puuskatuulen minimi, kaikki tuulen suunnat.

Kuva 10: Esimerkki tuulen suunnan vaikutuksesta.

3.4 Tuulitunnelikokeen virhetarkastelu

Tuulitunnelikoe on tehty samoilla standardeilla menetelmillä, joilla tuulisuuskriteereitä ja tuulisuutta on ylipäätään laadittu ja tutkittu. Erityisiä virhemahdollisuuksia ei ole tarvetta ottaa huomioon käytetyn menetelmän johdosta.

Yksittäisissä tuloksissa vaikuttaa se, että puita ja pensaita ei ole mallinnettu pienoismallissa. Samoin ei ole mallinnettu esim. yläpihan aita-rakennetta. Nämä yleisesti pienentävät tuulisuutta.

Tulosten luotettavuuteen vaikuttaa tarkasti mallinnetun pienoismallin osan kattavuus suhteessa tukittavaan alueeseen. Tarkasteltavassa tapauksessa tarkasti mallinnettua osaa on mittauspisteiden ympärillä pienimmillään n. 100 m täydessä mittakaavassa. Koska alueen ympärillä ei ole merkittäviä muita korkeita rakennuksia yms., tätä virhemahdollisuutta ei ole tarpeen ottaa huomion.

Verrattuna lähteissä [1,2,4] käytettyyn tuulitunnelikokeeseen mittauspiste sijaitsee suoraan 2,0 m korkeudessa täydessä mittakaavassa, jolloin erillisiä korjauskertoimia ei ole tarpeen käyttää mittauspisteen korkeuden johdosta.

Rakennusten vieressä tuulisuus vaihtelee voimakkaasti pisteestä toiseen. Em. syistä johtuen esim. rakennusten vierustan detaljien ja kaiteiden tarkastelu tulee suorittaa suuremmilla pienoismalleilla. Ongelmallisimmat kohdat voidaan joutua tarkastamaan myös hienommalla tuulen suuntakulman jaolla kuin nyt käytetty 30° jako.

Kuvan 6 mukaisesti tulovirtauksen nopeuden korkeusjakaumassa on luonnollista hajontaa ja ei se vastaa täysin teoreettista yhteyttä. Koska tulokset on esitetty suhteessa referenssipisteeseen, heijastuu sama hajonta tuloksiin.

Suuntaa antava virhemarginaali tuulitunnelikokeen tuloksille on ± 10 %.

Yksittäisissä pisteissä, jossa todellisessa kohteessa puut, pensaat, aidat yms. vaikuttavat tuloksiin, voivat tuulitunnelikokeen tulokset olla kertaluokkaa liian suuria. Tämä epävarmuus ei välttämättä heijastu tuulisuuskriteereihin, koska niiden kalibroinnissa tehdyissä tuulitunnelikokeissa ei yleensä ole mallinnettu kasvillisuutta.

4 Tuulisuuskartoitus

Tuulisuuskartoitusta varten Harmajan tuulitilastot lukemat on muunnettu laskennallisesti Kalasataman keskuksen arvoiksi. Laskenta ja käytetyt muunnoskertoimet on esitetty liitteessä 2.

Yhteenveto kalasataman tuulista on esitetty kuvassa 11. Kuvassa kesäkausi tarkoittaa kuukausia huhtikuusta syyskuuhun. Vastaavasti talvikausi tarkoittaa kuukausia lokakuusta maaliskuuhun.

Kesäkausi: 10 min keskituulien esiintyminen Kalasatamassa (% ajasta; 15 m korkeus)

Talvikausi: 10 min keskituulien esiintyminen Kalasatamassa (% ajasta; 15 m korkeus)

Koko vuosi: 10 min keskituulien esiintyminen Kalasatamassa (% ajasta; 15 m korkeus)

Kuva 11: Keskituulien esiintyminen Kalasataman alueella (Harmajan tuulitilastosta laskennallisesti muunnettuna).

4.1 Tulosten vertailukriteerit

Vertailukriteereinä on käytetty toiminnallisia luokkia [5]:

A istuminen pitkiä aikoja; makaaminen; terassit ja kahvilat; ulkoilmateatterit; uima-altaat. Kesäkausi (huhtikuu-syyskuu)

B seisominen/istuminen paikoillaan lyhyitä aikoja; puistot; kauppakeskukset. Kesäkausi (huhtikuu-syyskuu)

C kävely yleisesti; rakennuksiin sisälle meno ja niistä poistuminen. Koko vuosi

D vaarallisen tuulen kriteeri; tavoitteellinen kävely; nopea kävely; parkkipaikat. Koko vuosi.

Näihin liittyviä hyväksymisluokkia ovat esim.:

- hyväksyttävä
- epäviihtyisä
- siedettävä
- sietämätön/vaarallinen, ei hyväksyttävä.

Tässä tutkimuksessa käytetyt raja-arvot perustuvat Melbournen esittämään malliin, joka perustuu kerran vuodessa esiintyvään puuskatuuleen. Tämä voidaan esittää vertailupuuskanopeuden kertoimen g arvolla 3,5 ja käyttäen keskituulena tunnin aikakeskiarvoa. Mallissa todennäköisyyden raja-arvo kerran vuodessa vastaan likimain vuotuista ylitystodennäköisyyttä

P_E = 0,025 % (= 2,2 tuntia vuodessa).

Tuulisuuskriteerit ovat:

A: V_g > 10 m/s; P_E ≥ 0,025 % (epäviihtyisä)

B: V_g > 13 m/s; P_E ≥ 0,025 % (epäviihtyisä)

C: V_g > 16 m/s; P_E ≥ 0,025 % (epäviihtyisä)

D: V_g > 23 m/s; P_E ≥ 0,025 % (vaarallinen)

Kun kriteeri ”ei täyty”, tarkoittaa se että tuulisuutta esiintyy siinä määrin (”liian monta tuntia tarkastelujaksolla”), että kriteerin mukainen toiminto on epäviihtyisää (luokat A, B, C), tai vaarallista (luokka D) tarkastelupisteessä.

Sovellettavissa olevia keskituuleen perustuvia malleja on esim. FORCE Technologyn malli [5], joka perustuu 1 h keskituuleen:

A: V_h > 5 m/s; P_E ≤ 0,1 % (hyväksyttävä)

B: V_h > 5 m/s; P_E ≤ 6 % (hyväksyttävä)

C: V_h > 5 m/s; P_E ≤ 23 % (hyväksyttävä)

D: V_h > 5 m/s; P_E ≤ 43 % (hyväksyttävä).

4.1.1 Vertailukriteerien käyttökelpoisuus Suomen oloissa

Yksittäisiä kysymyksiä, joita ei toistaiseksi oteta yleisesti huomioon tarkemman tutkimustiedon puuttuessa ovat esim.

- yksilöllisten ominaisuuksien vaikutus (vanhuus, sairaudet, puuskien odottamaton esiintyminen eli ”yllättävyys”)
- ongelmatuulien ajoittuminen liukkaan kelin yhteyteen

– lämpötilan, sateen ja tuulen yhteisvaikutus yleisesti.

Tuulen ja pakkasen yhteisvaikutusta on tarkasteltu Jätkäsaaren tuulisuuskartoituksen yhteydessä [4]. Kovat tuulet voivat yhdessä pakkasen kanssa aiheuttaa mm. nopeasti syntyviä paleltumisvammoja. Kovimmat tuulet ja kovimmat pakkaset eivät kuitenkaan tilastojen mukaan esiinny samanaikaisesti.

4.2 Tuulisuuskartoituksen tulokset

Tuulisuuskartoituksen tulokset on esitetty karttamuodossa kuvissa 12…17 ja numeerisessa muodossa liitteessä 3.

Kuvien esitystavassa tulos on tarkka mittauspisteessä (mittauspisteet on merkitty ympyräsymboleilla). Mittauspisteiden ulkopuoliset tulokset ovat interpoloituja tulosten havainnollistamiseksi, ja ne eivät ole tarkkoja.

Tuulisuus tornien kattojen päällä on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1: Tuulisuus tornien kattoterasseilla

Tunnin keskituulen kriteeri > 4,1 m/s*				*P_E*	*Kesäkausi*		*P_E*
Piste	*hh/vuosi*	*hh/kk*	*hh/vk*	*todennäk.*	*Piste*	*hh/kk*	*todennäk.*
53	2408	201	46	27 %	53	136	19 %
54	2108	176	41	24 %	54	103	14 %
55	1749	146	34	20 %	55	87	12 %
56	2472	206	48	28 %	56	137	19 %
59	1824	152	35	21 %	59	99	14 %
60	941	78	18	11 %	60	47	6 %

* ei hyväksyttävä istumiselle jos P_E > 6 %

Kuva 12: Tuulisuus pitkäaikaisen oleskelun suhteen (A-kriteeri). Kriteeri täyttyy kun $P_E \leq 0,4$ hh/kk.

Kuva 13: Tuulisuus lyhytaikaisen oleskelun suhteen (B-kriteeri). Kriteeri täyttyy kun $P_E \leq 0,4$ hh/kk.

Kuva 14: Tuulisuuskriteeri kävelyn suhteen (C-kriteeri). Kriteeri täyttyy kun $P_E \leq 2{,}2$ hh/vv.

Kuva 15: Tuulisuuskriteeri vaarallisen kovien tuulien suhteen (D-kriteeri). Kriteeri täyttyy kun $P_E \leq 2{,}2$ hh/vv.

Kuva 16: Tunnin keskituulien esiintymien katutasossa: koko vuosi.

Kuva 17: Tunnin keskituulien esiintymien katutasossa: kesäkausi.

4.3 Tuulisuuskartoituksen virhetarkastelu

Käytettävä tuulitilaston vaikutusta tuloksiin on tarkasteltu erikseen suorittamalla analyysi myös Kaisaniemen ja Lapinlahden sillan tuulitilastojen perusteella.

Käytetyssä Harmajan tilastossa voi periaatteessa näkyä merituulien vaikutus (maa-merituuli ja merituuli-maatuuli) sekä rantaviivan tuulia kääntävä vaikutus. Kuvan 12 mukaisesti hallitseva tuulensuunta on kesäkaudella lounas, mutta talvikaudella etelätuulten osuus kasvaa. Merituuleen liittyvät virtaukset eivät ole erityisen voimakkaita, ja ne eivät oletettavasti vaikuta C ja D kriteereihin.

Kaisaniemen mittauspiste sijaitsee n. 2 km kohdealueesta, mutta on rakennuksen katolla, ja sen tuloksissa näkyy katvealueita paikallisista rakennuksista johtuen, jotka on korjattava laskennallisesti. Lapinlahden sillan tulitilaston mittauspiste sijaitsee n. 5 km kohdealueesta. Se tuloksissa näkyy katveita Lauttasaaren yli puhaltavissa tuulissa. Tulosten mukaan tilastolla on vaikutusta yksittäisiin numeroarvoihin n. ± 30 %, ja vaikutus riippuu siitä kuinka tarkasti muunnoskertoimet määritetään. Tämä epävarmuus ei kuitenkaan vaikuta oleellisesti tulosten tulkintaan, erityisesti D-kriteerin (23 m/s puuskatuuli) tulokset ovat riippumattomia käytetystä tuulitilastosta.

Toisen virhelähteen muodostaa liitteen 2 muunnoskertoimien määritys. Koska tuulitilaston korkeusprofiili poikkeaa kalasataman ympäristön korkeusprofiileista tuulen suunnittain, ja koska koe on tehty käyttäen yhtä tulovirtauksen profiilia, tuloksiin vaikuttaa mille korkeudelle maan pinnasta muunnoskertoimet määritetään. Käytetty tuulitunnelikokeen referenssipiste 15 m vastaa Harmajan tuulitilaston mittauspisteen korkeutta. Kuvan 6 mukaisesti korkeusprofiili vastaa hyvin tulosten kannalta keskeisten mereltä puhaltavien tuulien profiilia vähintään korkeudelle 0,6H, missä H on tornin korkeus. Likimain korkeudelta 0,6H lähtien virtaukset voivat kääntyä tornin julkisivua pitkin alaspäin, ja vaikuttaa katutason tuulisuuteen.

Tuulisuuskartoitukselle voidaan kokonaisuutena ehdottaa saman suuruusluokan virhemarginaalia kuten aikaisemmissakin [1,2,3,4] tutkimuksissa eli n. ± 40%. Virhemarginaalilla ei ole oleellista merkitystä tulosten tulkintaan.

5 Tuulennopeuden ääriarvot

Tuulennopeuden ääriarvojen tarkastelu on tehty samalla periaatteella kuin lähteessä [2].

Rakenteiden turvallisuus ja asukkaiden viihtyvyys rakennuksen huojunnan suhteen määritetään yleisesti eri toistumisvälin maksimituulille. Näitä ovat esim.

- 2…50 v, rakentamisen aikainen tuulikuorma, rakentamisen kestosta riippuen
- 5 v, korkeiden rakennusten rakennusrungon värähtelyjen tarkastelu viihtyvyystekijän suhteen
- 50 v, rakennukset yleisesti
- 100...120 v, merkittäväksi luokitellut rakennukset ja suuret sillat.

Maksimituulet ns. hyvin käyttäytyvässä ilmakehässä ”noudattavat” hyvin tuulikuormille kehitettyjä matemaattisia ääriarvojakaumia. Ääriarvojakaumat määritetään meteorologisten tuulimittausten avulla; vuotuisten maksimituulien perusteella. Tarkastelussa on otettava huomioon mittausten systemaattiset virheet ja tilastointiajan rajallisuudesta johtuva epävarmuus.

Luotettavien mittausten tilastointiajan rajallisuudesta (Suomessa enimmillään n. 50 v.) sekä matalapaineista johtuvien myrskyjen ”pyörimisestä” seuraa että esim. 50 v toistumisvälin maksimituulien suuntaa ei voida arvioida tilastollisesti luotettavasti. Suomessa maksimituulennopeuden perusarvo oletetaan samaksi kaikille ilmansuunnille.

Ilmastomuutoksen on yleisesti ennustettu vaikuttavan sääilmiöiden ääri-ilmiöiden, mukaan lukien myrskyt, yleistymiseen.

Helsingin aikaisempien korkeiden rakennusten rakennuskäytäntöjen mukaisesti em. kysymysten huomioon otettavaksi on edellytetty erillisen lausunnon hankkimista maksimituulista.

Pitkän toistumisvälin, yleensä 50 v, tuulia on esitetty välillisesti rakennesuunnittelun kuormanormeissa. Suomen aikaisemmat kuormanormit ovat aliarvioineet tulennopeuksia rannikolla ja ulkosaaristossa tuulitilastoihin nähden. SFS-EN1991-1-4:2005 kansallinen liite osittain paikkaa tämän puutteen. Sen mukaan meri-maastoluokan (”Maastoluokka 0”) tuulet lasketaan eri menetelmällä kuin muut maastoluokat. Koska Kalasatama ei sijaitse välittömästi avomeren rannalla, maastoluokka saatettaisiin käytännössä valita muuksi, ja rannikon kovemman tuulet jäisivät ottamatta huomioon. Luotettava analyysi voidaan tehdä maaston karheusluokan muutosanalyysin avulla siten, että tuulennopeuden perusarvoksi otetaan meri-maastoluokan tuuli ja/tai rannikon tuulitilastot.

Rannikon sääasemien tuulitilastojen (vuotuisten maksimituulien) perusteella ehdotetaan Kalasatamaan käytettäväksi seuraavia perustuulennopeuksia [2]:

- v_m = 32 m/s keskituuli, 10 min, 10 m korkeus, meri-maastoluokka, z_0 = 0,003 m, 100 v toistumisväli
- v_m = 24 m/s keskituuli, 10 min, 10 m korkeus, meri-maastoluokka, z_0 = 0,003 m, 5 v toistumisväli.

Arvoissa on mukana:

- 90% luotettavuusväli-tarkastelu tilastointiajan rajallisuuden suhteen
- 5% lisä tuulilastojen systemaattisten virheiden (mittareiden jäätyminen ja ei-jatkuva rekisteröinti) suhteen
- 5% lisä ilmaston muuttumisesta aiheutuvien ääri-ilmiöiden kasvun huomioon ottamiseksi.

Maaston karheusluokan muutosanalyysillä lasketetut tuulennopeuksien ja tuulenpaineiden ääriarvot on esitetty kuvassa 18. Tulokset koskevat Kalastamaa ilman tornien tai paikallisten maastonmuotojen vaikutusta. Tornit lisäävät matalampien rakennusten tuulenpaineita (ja tuulikuormaa) alueella, joka ulottuu n. 2 kertaa tornin korkeuden päähän tornista. Tornit aiheuttavat myös paikallisia virtauksia ja turbulenssia toisiinsa, jotka voivat merkittävästi kasvattaa hetkellisiä tuulenpaineita. Em. ilmiöt tulevat otetuksi huomioon tuulitunnelikokeiden kautta rakennesuunnitteluvaiheessa.

Kuva 18: Tuulennopeuksien ja tuulenpaineiden ääriarvot Kalasatamassa (ilman korkeiden tornien yms paikallisia vaikutuksia).

6 Tulosten ohjeellinen tulkinta

6.1 Tuulen puuskanopeuteen perustuvat kriteerit

A kriteeri (V_g > 10 m/s)

Tuulisuuden perustaso ilman korkeuden tornien tai yläpihan koron vaikutusta on samaa tasoa Jätkäsaaren [4] kanssa. Jätkäsaaressa V_g > 10 m/s enimmillään 40 hh/kk kun se Kalasataman keskuksen rantaviivassa on n. 20 hh/kk. Tornien ja yläpihan koron vaikutus enimmillään kolminkertaistaa tuulisuuden arvon.

Mikään tarkastelluista pisteistä ei täytä kriteeriä, eli olisi sellaisenaan viihtyisä pitkäaikaiselle paikoillaan oleskelulle. Puistojen yms. vastaavien alueiden viihtyisyys voitaisiinkin varmistaa esim. vihersuunnittelulla (puut ja pensaat).

B-kriteeri (V_g > 13 m/s)

Tulkinta on ohjeellisesti sama kuin A-kriteerissäkin. Ilman korjaavia rakenteita Englantilaisaukio (piste 43) ja satama-altaan vierusta (pisteet 19 ja 21) eivät ole erityisen viihtyisiä esim. katukahvilakäytössä. Näissä pisteissä V_g > 13 m/s likimain 3 hh/kk (ja V_g > 10 m/s likimain 20 hh/kk).

Yläpihan keskusalue ei ole sen tuulisempi kuin rantaviivan pisteetkään. Yläpihan keskusalue soveltuu siten tuulisuuden suhteen paremmin esim. puistokäyttöön verrattuna yläpihan reuna-alueeseen.

C-kriteeri (V_g > 16 m/s)

Kävelyä ja rakennusten sisääntuloja koskevan kriteerin C suhteen Kalasatamassa esiintyy katujen tasolla epäviihtyvyyttä aiheuttavaa tuulisuutta n.

- 10 päivänä vuodessa kauempana korkeista rakennuksista
- 20 päivänä vuodessa korkeiden rakennusten läheisyydessä.

Englantilaisaukio (piste 43) on keskeinen kulkureitti, ja sen tuulisuuteen olisi edullista kiinnittää huomiota jatkosuunnittelussa. Tulosten mukaan tämän pisteen tuulisuus kertyy tuulen suunnista 180°…210° jolloin syynä voi olla itäväylän päältä alaspäin suuntautuva virtaus.

Jatkosuunnittelussa voitaisiin tutkia miten yläpihan kaiteet ja metroradan ylittävien siltojen kaiteet voisivat pienentää vastaavien jalankulkuväylien tuulisuutta.

Yläpihan kulmien puuskatuulet ovat kertaluokkaa suurempia kuin Jätkäsaaressa [4] tai Keski-Pasilassa [1,2]. Tornien sijoittelu aiheuttaa ilmeisimmin kanavointivaikutuksen (kuva 19), mikä lisää virtausnopeutta tornien välissä. Jätkäsaaressa ja Keski-Pasilassa V_g > 16 m/s suurimmillaan noin 20 hh/vv kun se Kalasataman yläpihan ongelmakohdissa on 100…160 hh/kk.

Vaikka yläpihan kulkureittejä ei olisi kovan tuulen vallitessa pakko käyttää, voivat kovat virtaukset tulla jalankulkijoille yllätyksenä ja siten aiheuttaa tapaturmia. Ongelmakohtien korjaamiseen olisikin suositeltavaa kiinnittää huomiota jatkosuunnittelussa.

Kuva 19: Tunnelointivaikutus kulmatornien välissä.

D-kriteeri (V_g > 23 m/s)

D-kriteeriä on Keski-Pasilan [1,2,3] ja Jätkäsaaren [4] kaavoitukseen liittyvissä tutkimuksissa ehdotettu käytettäväksi kriteerinä sille, onko suunnitelma kaavoitusmielessä hyväksyttävä tuulisuuden suhteen. Kriteerin mukaan, mikäli 23 m/s puuskatuulia esiintyy katutasossa kerran vuodessa tai useammin, olisivat korjaavat toimenpiteet tarpeellisia jalankulkijoiden turvallisuuden takaamiseksi.

Tulosten mukaan D-kriteeri ei täyty yläpihan ongelmakohdissa (kuva 19, pisteet 2, 8 ja 13). Näissä pisteissä V_g > 23 m/s keskimäärin kahdesta neljään kertaan vuodessa.

Vaikka tuulisuuskriteereitä ei olekaan vahvistettu Suomessa käyttöön, on perusteltua edellyttää em. ongelmakohtien tuulisuuden huomioon ottamista jatkosuunnittelussa.

D-kriteerin tuloksissa erottuu myös yksittäinen tulos rantaviivan korkean rakennuksen vieressä, jossa meren suunnalta puhaltavan tuulessa kulman kiertävä virtaus voi aiheuttaa vaarallisen kovan virtauksen n. kerran vuodessa (kuva 20).

Kuva 20: Kulman kiertävä virtaus rantaviivan korkean rakennuksen vieressä (tuulen suuntakuoma 150°).

6.2 Tuulen keskinopeuteen perustuvat kriteerit

Keskinopeuteen perustuvat kriteerit tukevat puuskanopeuksista saatuja tuloksia. Esim. Englantilaisaukiolla (piste 43) kesäkaudella tunnin keskituuli > 5 m/s noin 6 % ajasta. Vastaavat lukemat Keski-Pasilassa [2] ja Jätkäsaaressa [4] ovat suurimmillaan, vastaavasti 4 % ja 3 %.

Tulosten mukaan kohdassa 4.1 esitetty FORCE Technologyn kriteeri on lievempi kuin Melbournen puuskatuulta soveltava malli (kriteerit A, B, C ja D tässä tutkimuksessa). Esimerkiksi D-kriteerin osalta V_h > 5 m/s suurimmillaan 16 % ajasta, eli tulos olisi vielä hyväksyttävä koska $P_E \leq 43$ %. Tämä osaltaan osoittaa, että kaavoituskäytössä sovellettava ”hyväksyttävä” ja ”ei-hyväksyttävä” kriteeri voitaisiin tutkia tarkemmin Suomen olosuhteisiin soveltuen. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa on konsulttitöissä vakiintunut paikallisiin olosuhteisiin n. 30 vuoden ajalla kehitetty Lawson-kriteeri. Tämä kriteeri soveltaa bofori-asteikkoa, eli tunnin keskituulta. Puuskatuulien osalta määritetään ekvivalentti keskituuli kaavalla $V_{ekv} = V_g/1{,}85$. Tällöin esimerkiksi V_g = 16 m/s kuuluisi bofori-asteikko 5:teen. Kalastaman tulosten mukaan suurimmillaan V_g > 16 m/s esiintyy 2 % ajasta, jolloin ko. pisteessä tuulisuus olisi ”*business walking*” -kategorian suhteen ei-hyväksyttävän rajalla.

6.3 Tornien kattoterassit

Tuulisuus tornien katolla on oletetusti suuri, tunnin keskinopeus ylittää 4,1 m/s kesäkaudella 6…19 % ajasta. Tulosta voidaan verrata Keski-Pasilan korkeimman tornin (160 m) vastaavaan tulokseen, joka on 11 %. Tuulisuus Kala-sataman matalimman tornin terassilla (piste 60) on selvästi pienempi kuin korkeammissa torneissa. Tuulisuus tulisi ottaa huomioon kattoterassien jatkosuunnittelussa.

Keski-Pasilan tutkimuksen [3] perusteella esim. korkealla suojaavalla seinällä saataisiin kattoterassista tuulisuuden suhteen hyväksyttävä, toisin sanoen kattoterassin vuotuista käyttöaikaa voitaisiin lisätä.

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

- Raportissa on esitetty yksityiskohtainen tuulisuuskartoitus Kalasataman keskuksen suunnitelmalle
- suunnitelmaan kuuluu kahdeksan ympäristöään selvästi korkeampaa rakennusta, korkeimman tornin korkeuden ollessa 126 m. Tornit sijaitsevat 200…400 m meren rantaviivasta, jolloin mereltä puhaltavat tuulet pääsevät vaimentumattoman tornien yläosaan
- Kalasataman keskus poikkeaa muista Suomen korkean rakentamisen kohteista siinä, että asuinkäyttöön suunniteltuja torneja sijaitsee meren rannikolla ja tornien väliin jää korkealla sijaitseva yläpiha
- yläpiha on suunnilleen ympäröivien rakennusten kattojen tasolla, jolloin rakennuksista ei synny tuulensuojaa
- tarkastellut tuulisuuskriteerit ennakoivat että tuulisuus vaikuttaa sekä viihtyvyystekijään että turvallisuustekijään
- tuulisuuden perustaso rantaviivalla, ilman korkeiden rakennusten ja korkealla sijaitsevan yläpihan vaikutusta, on samaa suuruusluokkaa aikaisemmin tutkitun Jätkäsaaren viitesuunnitelman [4] kanssa. Tulokseen vaikuttaa se, että Kalasatama on alttiina merenlahtien kautta puhaltaville tuulille n. 180° sektorista
- korkeat rakennuksen aiheuttavat katutasoon tuulenpuuskia siten, että 16 m/s puuskatuulia esiintyy katujen tasolla nelinkertainen määrä Jätkäsaaren ja Keski-Pasilan vastaaviin alueisiin nähden. Jätkäsaari sijaitsee välittömästi meren rannalla mutta ei sisällä korkeaa rakentamista. Keski-Pasila sisältää korkeaa rakentamista, mutta on kauempana rantaviivasta
- Englantilaisaukio on keskeinen kulkuväylä ja tulosten mukaan tuulinen. Sen viihtyvyyteen tuulisuuden suhteen voitaisiin kiinnittää huomiota jatkosuunnittelussa
- tornialueen kulmiin, yläpihalle, syntyy kanavointivaikutus kulmatornien vaikutuksesta. Tulos näkyy erityisen selvästi kovimpien puuskien kriteereissä (> 16 m/s ja > 23 m/s). Näiden puuskien esiintyminen on kertaluokkaa suurempi kuin aikaisemmin tutkituissa Jätkäsaaren ja Keski-Pasilan viitesuunnitelmissa
- em. pisteissä yleisesti vaarallisen koviksi puuskanopeuksiksi luokiteltuja > 23 m/s tuulia esiintyy keskimäärin useammin kuin kerran vuodessa. Sovelletussa kriteerissä nämä pisteet kuuluvat luokkaan ”ei hyväksyttävä/vaarallinen” ja näiden osalta tuulisuuskysymyksen korjaamiseen tulisikin kiinnittää huomiota jatkosuunnittelussa
- yhteenvetona Kalasataman keskuksen suunnitelma tuo esiin Helsingin oloissa uuden tyyppisen kysymyksen tuulen vaikutuksesta jalankulkuväylien turvallisuuteen vuotuisten kovimpien tuulien yhteydessä.

Lähdeluettelo

1. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto: Keski-Pasilan tuulisuuskartoitus, Viitesuunnitelmavaiheen tuulitunnelikokeet ja analyysi, Tutkimusraportti versio B, Ins.tsto Sormunen & Uuttu Oy, 2004, s. 63.
2. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto: Keski-Pasilan asemakaavoitus, tuulisuuskartoitus, WSP Finland Oy, 2010, s. 53.
3. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto: Keski-Pasilan asemakaavoitus, täydentävät tuulitunnelikokeet, WSP Finland Oy, 2010, s. 30..
4. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto: Jätkäsaaren kaavoitus, tuulisuuden sekä pakkasen ja tuulen yhteisvaikutuksen kartoitus, tutkimusraportti versio C, WSP Finland Oy, 2007, s. 79.
5. COST Action C14 Impact on Wind and Storm on City Life and Built Environment: Impact on Wind and Storm on City Life and Built Environment. Proc. of the International Conference on Urban Wind Engineering and Building Aerodynamics, Belgium, 2004, Ed. van Beeck, J.P.A.J.,von karman Institute for Fluid Dynamics, Belgium 2004. Artikkelit:

   Baker C. J. Assessment of urban wind problems and synthesis of results, s. A.1.1-A.1.6

   Koss H. On differences and similarities of applied wind comfort criteria. s. B.2.1-B.2.12
6. SFS-EN 1991-1-4:2005 Eurocode1: Rakenteiden kuormat. Yleiset kuormat. Osa 1-4: tuulikuormat. 255 s. & Kansallinen liite NA SFS-EN1991-1-4 (15.10.2007).
7. Simiu, E & Scanlan, R. H., Wind effects on structures: Fundamentals and application to design, 3rd Edit., John Wiley & Sons, NewYork 1986, 688 p.

Liite 1 Tuulitunnelikokeen numeeriset tulokset

Tuulitunnelikokeen tulokset on esitetty oheisissa taulukoissa.

Suhteellinen keskituuli ($V_h/V_{h,ref}$)

	Tuulen suuntakulma (°)											
Piste	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
1	0,61	0,76	0,79	0,74	0,33	0,33	0,34	0,69	1,01	1,07	0,60	0,46
2	0,98	0,94	0,87	0,50	0,29	0,95	0,98	0,82	0,83	0,74	0,28	1,02
3	0,29	0,20	0,44	0,67	0,32	0,46	0,54	0,53	0,60	0,60	0,38	0,41
4	0,58	0,42	0,58	0,76	0,74	0,61	0,76	0,43	0,49	0,71	0,91	0,75
5	0,45	0,50	0,46	0,83	0,93	0,90	0,49	0,37	0,57	0,75	0,93	0,53
6	0,28	0,46	0,84	0,78	0,65	0,57	0,43	0,35	0,57	0,66	0,86	0,61
7	0,48	0,57	0,63	0,28	0,44	0,50	0,57	0,23	0,23	0,44	0,46	0,29
8	0,59	0,45	0,35	0,69	0,95	0,97	1,01	0,50	0,36	0,52	0,81	0,52
9	0,46	0,40	0,31	0,72	0,54	0,33	0,37	0,87	0,52	0,31	0,46	0,39
10	0,45	0,35	0,59	0,78	0,62	0,58	0,40	0,58	0,59	0,74	0,84	0,63
11	0,47	0,33	0,36	0,30	0,38	0,33	0,30	0,46	0,60	0,63	0,28	0,47
12	0,30	0,29	0,19	0,52	0,38	0,35	0,28	0,33	0,46	0,29	0,58	0,43
13	1,11	0,77	0,26	0,51	0,60	0,44	0,30	0,65	0,77	0,35	0,67	1,11
14	0,50	0,41	0,34	0,76	0,66	0,50	0,31	0,37	0,83	0,69	0,69	0,54
15	0,22	0,33	0,45	0,23	0,19	0,44	0,38	0,34	0,40	0,47	0,86	0,38
16	0,53	0,67	0,75	0,56	0,38	0,21	0,27	0,23	0,57	1,05	0,63	0,29
17	0,50	0,70	0,64	0,79	1,00	0,58	0,37	0,26	0,13	0,19	0,22	0,24
18	0,55	0,61	0,36	0,30	0,46	0,71	0,71	0,50	0,23	0,16	0,16	0,22
19	0,46	0,47	0,55	0,48	0,59	0,80	0,91	0,41	0,24	0,34	0,27	0,48
20	0,44	0,42	0,23	0,30	0,70	0,78	0,44	0,41	0,31	0,31	0,76	0,35
21	0,63	0,39	0,56	0,87	0,95	0,90	0,29	0,18	0,16	0,14	0,45	0,64
22	0,54	0,37	0,60	0,78	0,77	0,66	0,58	0,41	0,21	0,27	0,48	0,64
23	0,36	0,97	0,56	0,82	0,64	0,56	0,61	0,60	0,38	0,48	0,17	0,40
24	0,79	0,31	0,56	0,69	0,90	0,81	0,76	0,71	0,33	0,45	0,86	0,95
25	0,44	0,37	0,22	0,27	0,47	0,66	0,64	0,52	0,72	0,69	0,52	0,47
26	0,26	0,23	0,28	0,18	0,58	0,65	0,64	0,37	0,29	0,37	0,59	0,37
27	0,44	0,60	0,86	0,79	0,73	0,53	0,28	0,39	0,30	0,45	0,58	0,60
28	0,42	0,22	0,42	0,32	0,42	0,38	0,15	0,15	0,16	0,21	0,29	0,42
29	0,20	0,37	0,33	0,61	0,64	0,53	0,53	0,26	0,27	0,49	0,55	0,18
30	0,47	0,67	0,93	0,86	0,66	0,48	0,65	0,80	0,68	0,68	0,37	0,22
31	0,23	0,27	0,38	0,52	0,35	0,56	0,33	0,47	0,47	0,36	0,25	0,33
32	0,19	0,20	0,44	0,55	0,21	0,32	0,48	0,43	0,45	0,62	0,34	0,33
33	0,65	0,29	0,56	0,72	0,32	0,23	0,25	0,21	0,31	0,44	0,81	0,82
34	0,38	0,50	0,72	0,73	0,38	0,46	0,44	0,39	0,36	0,48	0,72	0,54
35	0,45	0,30	0,52	0,77	0,43	0,19	0,25	0,25	0,49	0,76	0,77	0,65
36	0,61	0,70	0,72	0,63	0,26	0,25	0,22	0,61	0,77	0,91	0,44	0,36
37	0,33	0,33	0,60	0,51	0,34	0,26	0,19	0,61	0,53	0,47	0,35	0,43
38	0,41	0,63	0,66	0,51	0,23	0,53	0,29	0,73	0,45	0,56	0,49	0,22
39	0,50	0,33	0,28	0,22	0,21	0,26	0,38	0,46	0,56	0,60	0,40	0,32
40	0,51	0,56	0,38	0,27	0,51	0,48	0,52	0,35	0,37	0,51	0,54	0,43
41	0,35	0,76	0,93	0,77	0,65	0,61	0,68	0,66	0,62	0,51	0,23	0,22
42	0,70	0,47	0,30	0,45	0,97	0,76	0,47	0,37	0,38	0,55	0,83	0,95
43	0,94	0,67	0,72	0,29	0,43	0,51	0,82	0,93	0,86	0,56	0,47	1,04
44	0,90	0,57	0,56	0,58	0,50	0,36	0,48	0,73	0,97	0,61	0,49	0,43
45	0,36	0,63	0,44	0,42	0,46	0,34	0,40	0,67	0,64	0,38	0,64	0,80
46	0,54	0,49	0,44	0,31	0,54	0,51	0,72	0,66	0,53	0,23	0,48	0,60
47	0,65	0,50	0,72	0,54	0,58	0,40	0,58	0,96	0,79	0,42	0,70	0,65
48	0,61	0,33	0,24	0,51	0,64	0,39	0,38	0,49	0,47	0,74	0,70	0,80
49	0,63	0,50	0,62	0,45	0,28	0,32	0,38	0,72	0,65	0,58	0,38	0,44
50	0,23	0,49	0,76	0,69	0,62	0,29	0,35	0,56	0,61	0,44	0,40	0,35
51	0,25	0,42	0,51	0,34	0,38	0,39	0,30	0,61	0,54	0,48	0,44	0,41
52	0,54	0,37	0,55	0,57	0,46	0,33	0,36	0,65	0,71	0,52	0,45	0,34
53	0,78	0,50	0,61	0,85	1,07	0,97	0,41	1,04	1,31	0,57	1,02	0,78
54	0,37	0,69	0,75	0,66	1,12	1,19	0,49	0,71	0,94	1,11	0,62	0,30
55	0,47	0,28	0,32	1,05	0,81	1,17	0,70	0,32	0,70	0,78	1,17	0,38
56	0,57	0,63	1,04	0,66	0,70	1,21	0,58	0,63	1,20	0,88	1,03	0,83
57	0,17	0,54	0,42	0,38	0,32	0,42	0,31	0,39	0,71	0,45	0,38	0,22
58	0,48	0,20	0,31	0,69	0,70	0,66	0,36	0,39	0,69	0,64	0,60	0,50
59	0,49	0,34	0,32	0,40	0,56	0,35	0,86	0,83	1,09	0,92	0,45	0,91
60	0,36	0,55	0,37	0,35	0,28	0,44	0,62	0,44	1,09	0,58	0,63	0,61

Suhteellinen puuskatuuli ($V_g/V_{h,ref}$)

Piste	Tuulen suuntakulma (°)											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
1	1,29	1,42	1,55	1,36	0,92	0,85	0,95	1,46	1,58	1,98	1,48	1,17
2	1,55	1,53	1,55	1,40	0,86	1,89	1,85	1,49	1,78	1,85	0,78	1,98
3	0,78	0,54	1,28	1,60	0,90	1,13	1,41	1,04	1,23	1,19	1,04	0,99
4	1,42	1,09	1,53	1,33	1,36	1,16	1,55	1,24	1,06	1,42	1,58	1,60
5	1,20	1,34	1,28	1,39	1,56	1,61	1,39	0,96	1,15	1,40	1,62	1,17
6	0,78	1,21	1,75	1,43	1,53	1,40	1,28	0,91	1,23	1,33	1,60	1,39
7	1,19	1,33	1,48	0,76	1,16	1,30	1,40	0,68	0,63	1,15	1,09	0,79
8	1,25	1,08	1,09	1,72	1,65	1,66	1,65	1,49	0,97	1,13	1,50	0,96
9	1,24	0,97	1,03	1,45	1,26	0,91	0,91	1,63	1,22	0,88	1,26	1,08
10	1,19	1,00	1,34	1,48	1,40	1,32	1,11	1,37	1,38	1,36	1,54	1,49
11	1,28	0,87	0,91	0,84	1,10	0,94	0,87	1,27	1,57	1,55	0,79	1,37
12	0,72	0,77	0,46	1,40	0,86	0,93	0,74	0,85	1,08	0,87	1,42	1,17
13	2,19	2,21	0,76	1,33	1,29	1,18	0,85	1,67	1,85	0,99	1,88	2,03
14	1,42	1,13	1,01	1,49	1,22	1,14	0,83	1,07	1,61	1,28	1,35	1,29
15	0,67	0,99	1,19	0,67	0,56	1,33	1,12	0,92	0,99	1,08	1,80	1,14
16	1,16	1,39	1,72	1,52	1,05	0,60	0,75	0,70	1,51	1,95	1,36	0,80
17	1,19	1,32	1,08	1,38	1,73	1,44	0,81	0,66	0,27	0,53	0,53	0,59
18	1,18	1,27	0,94	0,85	1,06	1,34	1,40	1,12	0,69	0,41	0,42	0,57
19	1,16	0,94	1,20	1,28	1,15	1,40	1,57	1,02	0,67	0,94	0,70	0,95
20	1,00	1,01	0,58	0,75	1,23	1,50	1,08	1,04	0,88	0,90	1,55	0,96
21	1,30	1,02	1,07	1,50	1,63	1,74	0,73	0,48	0,39	0,36	1,04	1,23
22	1,11	1,05	1,34	1,25	1,33	1,18	0,93	0,95	0,52	0,72	0,99	1,23
23	0,74	1,68	1,39	1,41	1,18	1,03	1,10	1,49	0,92	1,09	0,45	0,92
24	1,39	0,85	1,34	1,33	1,66	1,36	1,28	1,32	0,90	1,01	1,41	1,55
25	0,91	0,99	0,61	0,74	1,25	1,44	1,11	1,18	1,32	1,36	1,11	0,90
26	0,69	0,68	0,82	0,47	1,06	1,20	1,13	1,04	0,85	1,00	1,13	0,81
27	1,10	1,22	1,56	1,45	1,44	1,29	0,74	1,07	0,80	1,09	1,12	1,06
28	1,00	0,61	1,18	0,89	1,04	1,05	0,39	0,36	0,40	0,60	0,79	0,98
29	0,55	0,91	0,96	1,19	1,13	0,98	1,07	0,73	0,69	1,18	1,29	0,50
30	0,99	1,33	1,45	1,42	1,22	1,02	1,26	1,44	1,32	1,40	0,92	0,63
31	0,67	0,72	0,91	1,30	0,81	0,99	0,64	1,13	1,12	0,89	0,53	0,78
32	0,53	0,52	0,95	1,13	0,61	0,79	0,93	1,00	0,96	1,36	0,99	0,86
33	1,17	0,75	1,34	1,55	0,85	0,68	0,78	0,56	0,81	0,97	1,36	1,47
34	0,84	1,12	1,26	1,23	0,93	1,23	1,15	1,01	0,89	1,34	1,28	1,14
35	1,03	0,79	1,08	1,19	0,94	0,58	0,70	0,78	1,42	1,62	1,35	1,25
36	1,19	1,30	1,27	1,11	0,69	0,68	0,65	1,27	1,53	1,62	1,08	0,87
37	0,86	0,93	1,35	1,51	0,98	0,67	0,51	1,24	1,30	1,24	0,69	1,07
38	0,83	1,20	1,20	1,07	0,62	1,05	0,86	1,59	1,10	1,21	1,08	0,61
39	1,30	1,00	0,81	0,62	0,51	0,66	0,86	0,99	1,27	1,40	1,07	0,81
40	1,24	1,48	1,02	0,72	1,03	1,05	1,26	0,97	0,99	1,14	1,15	1,25
41	1,02	1,46	1,40	1,31	1,34	1,24	1,33	1,34	1,25	1,09	0,63	0,59
42	1,35	1,36	0,89	1,26	1,52	1,33	1,04	0,93	1,12	1,10	1,54	1,56
43	1,67	1,20	1,32	0,84	1,05	1,11	1,38	1,41	1,38	1,16	1,03	1,75
44	1,77	1,23	1,40	1,26	1,22	0,92	1,24	1,44	1,63	1,25	1,03	1,27
45	0,90	1,36	1,13	1,05	1,22	0,91	1,08	1,31	1,38	0,95	1,31	1,33
46	1,42	1,04	0,85	0,79	1,13	1,21	1,34	1,29	1,20	0,63	1,10	1,40
47	1,41	0,97	1,33	1,17	1,29	1,02	1,12	1,50	1,47	1,07	1,53	1,27
48	1,08	0,84	0,67	1,45	1,58	1,00	0,84	1,11	1,23	1,54	1,35	1,32
49	1,31	1,03	1,18	1,15	0,78	0,92	0,90	1,21	1,22	1,27	0,96	1,05
50	0,64	0,96	1,29	1,37	1,36	0,84	0,91	1,05	1,27	1,06	1,09	0,89
51	0,65	0,87	1,14	0,85	0,98	0,95	0,80	1,10	1,22	0,97	0,99	1,05
52	1,20	0,82	1,05	1,16	1,11	0,93	0,95	1,17	1,32	1,08	1,02	0,98
53	1,90	1,56	1,61	2,19	2,46	2,82	0,96	2,61	1,87	1,56	2,31	1,85
54	1,04	1,75	2,09	1,76	2,35	2,56	1,44	1,93	2,18	2,46	1,38	0,85
55	1,34	0,79	1,13	2,45	2,32	2,41	2,04	0,95	2,27	2,16	2,27	1,06
56	1,57	1,62	2,11	1,80	1,90	2,35	1,65	1,82	2,46	2,38	2,34	1,79
57	0,43	1,34	1,11	0,99	0,72	0,86	0,73	0,95	1,49	1,06	0,86	0,59
58	1,09	0,54	0,83	1,41	1,37	1,31	0,93	1,01	1,49	1,23	1,07	1,04
59	1,38	0,92	0,81	1,17	1,68	1,08	1,83	2,10	2,28	2,13	1,30	1,96
60	0,97	1,38	1,06	1,14	0,86	1,25	1,84	1,30	2,14	1,73	1,60	1,66

Heilahtelunopeuden vaakakomponentin turbulenssin intensiteetti σ_H/V_h

	Tuulen suuntakulma (°)											
Piste	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
1	0,31	0,25	0,27	0,24	0,51	0,46	0,50	0,32	0,16	0,24	0,42	0,45
2	0,17	0,18	0,22	0,52	0,55	0,28	0,25	0,24	0,33	0,43	0,51	0,27
3	0,47	0,48	0,55	0,40	0,52	0,42	0,47	0,27	0,30	0,29	0,50	0,40
4	0,41	0,45	0,47	0,22	0,24	0,26	0,30	0,53	0,33	0,28	0,21	0,33
5	0,47	0,49	0,52	0,19	0,19	0,22	0,53	0,45	0,29	0,25	0,21	0,34
6	0,50	0,46	0,31	0,24	0,39	0,42	0,56	0,46	0,33	0,29	0,24	0,37
7	0,43	0,39	0,39	0,49	0,47	0,46	0,41	0,55	0,50	0,45	0,39	0,49
8	0,33	0,40	0,60	0,43	0,21	0,20	0,18	0,57	0,49	0,34	0,24	0,24
9	0,48	0,41	0,68	0,29	0,38	0,51	0,42	0,25	0,39	0,53	0,49	0,52
10	0,48	0,52	0,36	0,25	0,36	0,36	0,51	0,39	0,39	0,24	0,24	0,39
11	0,49	0,46	0,43	0,50	0,54	0,52	0,55	0,51	0,46	0,42	0,53	0,54
12	0,41	0,48	0,39	0,49	0,36	0,47	0,47	0,45	0,38	0,58	0,41	0,48
13	0,28	0,54	0,56	0,46	0,33	0,48	0,51	0,45	0,40	0,52	0,52	0,24
14	0,52	0,49	0,56	0,28	0,25	0,37	0,48	0,54	0,27	0,24	0,27	0,39
15	0,60	0,57	0,47	0,54	0,56	0,57	0,56	0,49	0,43	0,38	0,31	0,57
16	0,35	0,30	0,37	0,49	0,51	0,52	0,52	0,58	0,47	0,25	0,33	0,49
17	0,39	0,25	0,20	0,21	0,21	0,43	0,35	0,45	0,33	0,50	0,41	0,41
18	0,32	0,31	0,47	0,53	0,38	0,25	0,28	0,35	0,56	0,45	0,45	0,47
19	0,44	0,28	0,34	0,48	0,27	0,21	0,20	0,43	0,53	0,51	0,47	0,29
20	0,36	0,40	0,42	0,43	0,21	0,27	0,42	0,45	0,53	0,53	0,30	0,49
21	0,30	0,46	0,26	0,21	0,21	0,27	0,43	0,48	0,43	0,43	0,38	0,26
22	0,30	0,53	0,35	0,17	0,21	0,22	0,17	0,38	0,41	0,48	0,30	0,26
23	0,31	0,21	0,43	0,20	0,24	0,24	0,23	0,43	0,41	0,37	0,46	0,38
24	0,22	0,49	0,40	0,27	0,24	0,19	0,19	0,25	0,49	0,36	0,18	0,18
25	0,30	0,47	0,51	0,50	0,47	0,34	0,21	0,36	0,23	0,27	0,33	0,26
26	0,47	0,55	0,54	0,44	0,23	0,25	0,22	0,53	0,55	0,50	0,26	0,34
27	0,43	0,29	0,24	0,24	0,28	0,40	0,46	0,49	0,48	0,40	0,27	0,22
28	0,39	0,53	0,53	0,52	0,42	0,51	0,43	0,42	0,43	0,54	0,50	0,39
29	0,50	0,42	0,54	0,27	0,21	0,24	0,29	0,53	0,45	0,40	0,38	0,52
30	0,32	0,28	0,16	0,19	0,25	0,32	0,27	0,22	0,27	0,30	0,42	0,53
31	0,54	0,47	0,39	0,43	0,39	0,22	0,27	0,41	0,39	0,41	0,34	0,38
32	0,52	0,46	0,34	0,31	0,56	0,43	0,27	0,38	0,33	0,34	0,56	0,46
33	0,23	0,45	0,40	0,33	0,47	0,55	0,61	0,46	0,48	0,34	0,20	0,23
34	0,35	0,35	0,22	0,20	0,41	0,48	0,46	0,45	0,43	0,51	0,22	0,32
35	0,37	0,47	0,31	0,16	0,35	0,57	0,52	0,60	0,55	0,32	0,22	0,26
36	0,27	0,25	0,22	0,22	0,48	0,49	0,54	0,31	0,28	0,23	0,41	0,41
37	0,46	0,53	0,35	0,55	0,54	0,46	0,47	0,29	0,41	0,47	0,28	0,42
38	0,28	0,26	0,23	0,32	0,48	0,28	0,56	0,34	0,41	0,33	0,34	0,52
39	0,46	0,58	0,55	0,51	0,40	0,43	0,36	0,33	0,36	0,39	0,47	0,44
40	0,42	0,47	0,47	0,47	0,29	0,33	0,40	0,50	0,47	0,36	0,32	0,54
41	0,54	0,26	0,14	0,20	0,30	0,29	0,27	0,29	0,29	0,33	0,50	0,50
42	0,27	0,53	0,57	0,52	0,16	0,22	0,35	0,43	0,55	0,29	0,24	0,18
43	0,22	0,23	0,24	0,54	0,41	0,34	0,19	0,15	0,17	0,30	0,34	0,19
44	0,27	0,34	0,43	0,33	0,42	0,45	0,46	0,28	0,19	0,30	0,31	0,56
45	0,42	0,33	0,45	0,43	0,47	0,48	0,48	0,27	0,33	0,44	0,30	0,19
46	0,46	0,32	0,27	0,44	0,31	0,39	0,24	0,27	0,37	0,49	0,37	0,38
47	0,34	0,27	0,24	0,34	0,35	0,45	0,27	0,16	0,25	0,43	0,34	0,28
48	0,22	0,45	0,50	0,52	0,42	0,45	0,34	0,36	0,46	0,31	0,27	0,18
49	0,31	0,31	0,25	0,44	0,51	0,53	0,40	0,20	0,25	0,34	0,43	0,40
50	0,52	0,27	0,20	0,28	0,34	0,54	0,45	0,25	0,31	0,40	0,49	0,44
51	0,45	0,31	0,35	0,43	0,44	0,41	0,48	0,23	0,36	0,30	0,37	0,44
52	0,35	0,34	0,26	0,29	0,40	0,52	0,47	0,23	0,24	0,31	0,36	0,54
53	0,41	0,60	0,47	0,45	0,37	0,55	0,39	0,43	0,12	0,50	0,36	0,39
54	0,51	0,44	0,51	0,47	0,31	0,33	0,56	0,49	0,38	0,35	0,36	0,53
55	0,53	0,51	0,71	0,38	0,53	0,31	0,55	0,58	0,64	0,51	0,27	0,52
56	0,50	0,45	0,29	0,49	0,50	0,27	0,52	0,54	0,30	0,48	0,37	0,33
57	0,45	0,42	0,47	0,46	0,36	0,30	0,40	0,41	0,32	0,39	0,36	0,49
58	0,37	0,48	0,48	0,30	0,28	0,28	0,44	0,45	0,33	0,26	0,22	0,31
59	0,52	0,50	0,45	0,54	0,57	0,59	0,32	0,44	0,31	0,38	0,53	0,33
60	0,48	0,43	0,53	0,63	0,57	0,52	0,57	0,56	0,28	0,57	0,44	0,49

Liite 2 Muunnoskertoimet tuulitilastolle

Tuulitilaston lukemien muuntamiseksi Harmajan tuulitilastosta Kalasataman lukemiksi tarvitaan muunnoskertoimia, joiden laskenta on tarkemmin esitetty oheisessa taulukossa.

Merkinnät:

- k_1 = maaston karheusluokan erot kompensoiva kerroin; tuulitilaston mittauspistettä (ja tuulitunnelikokeen referenssipistettä) vastaavalla korkeudella (= 15 m)
- k_h = tunnin keskituulien suhde 10 min keskituuliin tuulitunnelikokeen referenssipistettä vastaavalla korkeudella (= 15 m).

		Tuulen suuntakulma													
Symboli	*Yksikkö*	**0**	**30**	**60**	**90**	**120**	**150**	**180**	**210**	**240**	**270**	**300**	**330**	*Kommentti*	*Viite*
U_r	m/s	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	reference mean wind (10 min, 10 m, 50 yrs, z_{0r})	Tuulitilastot
k		1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	Statistical factor	Eurocode-1
U_{ref}	m/s	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	100 yrs return period	-
u^*_r	m/s	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	friction velocity z_{0r}	
z_{0r}	m	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	roughness length (sea wind)	Eurocode-1
z_{01}	m	0,1	0,05	0,05	0,05	0,01	0,003	0,003	0,01	0,05	0,05	0,1	0,1	base roughness length at upwind side	Eurocode-1
z_{01}/z_{0r}		100,0	50,0	50,0	50,0	10,0	3,0	3,0	10,0	50,0	50,0	100,0	100,0		
$(z_{01}/z_0r)^{0.0706}$	m/s	1,384	1,318	1,318	1,318	1,177	1,081	1,081	1,177	1,318	1,318	1,384	1,384		
u^*_1	m/s	1,938	1,846	1,846	1,846	1,647	1,513	1,513	1,647	1,846	1,846	1,938	1,938	friction velocity	Simiu & Scanlan
$U_1(z = 10\ m)$	m/s	22,3	24,4	24,4	24,4	28,4	30,7	30,7	28,4	24,4	24,4	22,3	22,3	mean wind, 10 min, 10 m, for rougness legth z_{01}	
z_{02}	m	0,05	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,01	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	Terrain roughness at the site	ESDU
x_1	m	5000	2000	2000	5000	6000	6000	6000	3500	4000	3500	5000	5000	distance from rougness change	
z_{equ}	m	400	160	160	400	480	480	480	280	320	280	400	400	equivalent height, for which mean wind speed is equal at z_{01} and z_{02}	Simiu & Scanlan
$U_1(z = z_{equ})$	m/s	40,2	37,2	37,2	41,5	44,4	45,3	45,3	42,2	40,4	39,8	40,2	40,2		
u*	m/s	1,79	1,54	1,54	2,00	2,09	1,68	1,68	2,13	2,32	2,33	2,23	2,23		
Iu,r		0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
Iu(z =10 m)		0,19	0,14	0,14	0,22	0,22	0,14	0,14	0,22	0,29	0,29	0,29	0,29		
Iu(z =15 m)		0,18	0,14	0,14	0,20	0,20	0,14	0,14	0,20	0,26	0,26	0,26	0,26		
Iu(z =50 m)		0,14	0,12	0,12	0,16	0,16	0,12	0,12	0,16	0,20	0,20	0,20	0,20		
Iu(z =125 m)		0,13	0,11	0,11	0,14	0,12	0,11	0,11	0,12	0,17	0,17	0,15	0,15		
$Iu(z = z_{equ})$		0,12	0,12	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12		
10 min keskituuli															
vm(z =10 m)	m/s	23,7	26,6	26,6	23,0	24,1	29,0	29,0	24,5	20,3	20,4	19,6	19,6		
vm(z =15 m)	m/s	25,5	28,1	28,1	25,1	26,2	30,8	30,8	26,6	22,7	22,8	21,8	21,8		
vm(z =50 m)	m/s	30,9	32,8	32,8	31,1	32,5	35,8	35,8	33,0	29,7	29,8	28,6	28,6		
vm(z =125 m)	m/s	35,0	36,3	36,3	35,7	37,3	39,7	39,7	37,9	35,0	35,1	33,7	33,7		
$vm(v = z_{equ})$	m/s	40,2	37,2	37,2	41,5	44,4	45,3	45,3	42,2	40,4	39,8	40,2	40,2		
Tunnin keskituuli															
vm(z =10 m)	m/s	22,2	25,3	25,3	21,4	22,4	27,6	27,6	22,7	18,4	18,5	17,8	17,8		
vm(z =15 m)	m/s	24,0	26,8	26,8	23,4	24,5	29,3	29,3	24,8	20,8	20,9	20,0	20,0		
vm(z =50 m)	m/s	29,4	31,4	31,4	29,4	30,8	34,4	34,4	31,2	27,7	27,8	26,7	26,7		
vm(z =125 m)	m/s	33,4	35,0	35,0	33,9	35,8	38,2	38,2	36,3	33,0	33,1	32,0	32,0		
vm(v = zequ)	m/s	38,5	35,6	35,6	39,9	43,0	44,0	44,0	40,7	38,8	38,2	38,5	38,5		

vm,r (z=15 m)	m/s	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	Harmaja, 10 min keskituuli	
vm (z=15 m)	m/s	25,5	28,1	28,1	25,1	26,2	30,8	30,8	26,6	22,7	22,8	21,8	21,8	Kalasatama, 10 min keskituuli	
k1		0,76	0,84	0,84	0,74	0,78	0,91	0,91	0,79	0,67	0,68	0,65	0,65	= vm/vm,r	
kh		0,94	0,95	0,95	0,93	0,93	0,95	0,95	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	= vm,h/vm,r	

Liite 3 Tuulisuuskartoituksen numeeriset tulokset

Keskituuli > 5 m/s

numerojärjestys		*P_E*	*kesä*	*P_E*
Piste	*hh/kk*	*todennäk.*	*hh/kk*	*todennäk.*
1	65.9	9.0 %	35.0	4.8 %
2	121.3	16.6 %	62.9	8.6 %
3	16.0	2.2 %	3.3	0.4 %
4	49.4	6.8 %	19.0	2.6 %
5	50.6	6.9 %	20.3	2.8 %
6	33.0	4.5 %	16.5	2.3 %
7	10.7	1.5 %	3.3	0.5 %
8	84.5	11.6 %	40.8	5.6 %
9	38.7	5.3 %	18.1	2.5 %
10	22.0	3.0 %	6.7	0.9 %
11	2.6	0.4 %	0.1	0.0 %
12	1.7	0.2 %	0.2	0.0 %
13	54.2	7.4 %	26.9	3.7 %
14	23.8	3.3 %	7.3	1.0 %
15	4.0	0.5 %	1.9	0.3 %
16	20.1	2.7 %	10.5	1.4 %
17	29.6	4.1 %	11.0	1.5 %
18	30.5	4.2 %	9.9	1.4 %
19	50.9	7.0 %	23.1	3.2 %
20	23.8	3.3 %	8.1	1.1 %
21	50.2	6.9 %	21.8	3.0 %
22	33.5	4.6 %	10.8	1.5 %
23	33.9	4.6 %	12.2	1.7 %
24	80.2	11.0 %	30.9	4.2 %
25	40.1	5.5 %	12.9	1.8 %
26	27.9	3.8 %	9.8	1.3 %
27	31.2	4.3 %	15.9	2.2 %
28	0.6	0.1 %	0.1	0.0 %
29	16.6	2.3 %	3.9	0.5 %
30	70.4	9.6 %	31.2	4.3 %
31	5.9	0.8 %	1.2	0.2 %
32	4.4	0.6 %	0.4	0.1 %
33	11.1	1.5 %	4.2	0.6 %
34	16.6	2.3 %	7.9	1.1 %
35	10.6	1.4 %	3.8	0.5 %
36	29.0	4.0 %	10.7	1.5 %
37	7.1	1.0 %	0.6	0.1 %
38	28.4	3.9 %	10.2	1.4 %
39	2.4	0.3 %	0.1	0.0 %
40	9.1	1.2 %	2.0	0.3 %
41	59.5	8.1 %	25.0	3.4 %
42	40.1	5.5 %	15.5	2.1 %
43	98.4	13.5 %	50.2	6.9 %
44	48.9	6.7 %	20.6	2.8 %
45	20.8	2.9 %	4.7	0.6 %
46	41.9	5.7 %	14.5	2.0 %
47	56.3	7.7 %	24.5	3.4 %
48	11.7	1.6 %	2.3	0.3 %
49	27.2	3.7 %	8.6	1.2 %
50	17.0	2.3 %	5.9	0.8 %
51	5.9	0.8 %	0.5	0.1 %
52	19.9	2.7 %	4.1	0.6 %
57	6.5	0.9 %	1.2	0.2 %
58	25.6	3.5 %	7.1	1.0 %
53	151.9	20.8 %	94.7	13.0 %
54	102.5	14.0 %	46.8	6.4 %
55	85.4	11.7 %	42.2	5.8 %
56	121.2	16.6 %	68.0	9.3 %
59	88.9	12.2 %	45.1	6.2 %
60	36.6	5.0 %	19.6	2.7 %

Suuruusjärjestys				*P_E*	*Kesäkausi*		*P_E*
Piste	*hh/vuosi*	*hh/kk*	*hh/vk*	*todennäk.*	*Piste*	*hh/kk*	*todennäk.*
2	1456	121.3	28.0	16.6 %	2	62.9	8.6 %
43	1181	98.4	22.7	13.5 %	43	50.2	6.9 %
8	1013	84.5	19.5	11.6 %	8	40.8	5.6 %
24	962	80.2	18.5	11.0 %	1	35.0	4.8 %
30	845	70.4	16.2	9.6 %	30	31.2	4.3 %
1	791	65.9	15.2	9.0 %	24	30.9	4.2 %
41	714	59.5	13.7	8.1 %	13	26.9	3.7 %
47	676	56.3	13.0	7.7 %	41	25.0	3.4 %
13	651	54.2	12.5	7.4 %	47	24.5	3.4 %
19	610	50.9	11.7	7.0 %	19	23.1	3.2 %
5	607	50.6	11.7	6.9 %	21	21.8	3.0 %
21	602	50.2	11.6	6.9 %	44	20.6	2.8 %
4	592	49.4	11.4	6.8 %	5	20.3	2.8 %
44	587	48.9	11.3	6.7 %	4	19.0	2.6 %
46	503	41.9	9.7	5.7 %	9	18.1	2.5 %
25	482	40.1	9.3	5.5 %	6	16.5	2.3 %
42	481	40.1	9.3	5.5 %	27	15.9	2.2 %
9	465	38.7	8.9	5.3 %	42	15.5	2.1 %
23	406	33.9	7.8	4.6 %	46	14.5	2.0 %
22	402	33.5	7.7	4.6 %	25	12.9	1.8 %
6	396	33.0	7.6	4.5 %	23	12.2	1.7 %
27	375	31.2	7.2	4.3 %	17	11.0	1.5 %
18	366	30.5	7.0	4.2 %	22	10.8	1.5 %
17	355	29.6	6.8	4.1 %	36	10.7	1.5 %
36	348	29.0	6.7	4.0 %	16	10.5	1.4 %
38	341	28.4	6.6	3.9 %	38	10.2	1.4 %
26	335	27.9	6.4	3.8 %	18	9.9	1.4 %
49	326	27.2	6.3	3.7 %	26	9.8	1.3 %
58	308	25.6	5.9	3.5 %	49	8.6	1.2 %
14	286	23.8	5.5	3.3 %	20	8.1	1.1 %
20	285	23.8	5.5	3.3 %	34	7.9	1.1 %
10	264	22.0	5.1	3.0 %	14	7.3	1.0 %
45	250	20.8	4.8	2.9 %	58	7.1	1.0 %
16	241	20.1	4.6	2.7 %	10	6.7	0.9 %
52	238	19.9	4.6	2.7 %	50	5.9	0.8 %
50	203	17.0	3.9	2.3 %	45	4.7	0.6 %
34	199	16.6	3.8	2.3 %	33	4.2	0.6 %
29	199	16.6	3.8	2.3 %	52	4.1	0.6 %
3	192	16.0	3.7	2.2 %	29	3.9	0.5 %
48	141	11.7	2.7	1.6 %	35	3.8	0.5 %
33	134	11.1	2.6	1.5 %	7	3.3	0.5 %
7	128	10.7	2.5	1.5 %	3	3.3	0.4 %
35	127	10.6	2.4	1.4 %	48	2.3	0.3 %
40	109	9.1	2.1	1.2 %	40	2.0	0.3 %
37	85	7.1	1.6	1.0 %	15	1.9	0.3 %
57	78	6.5	1.5	0.9 %	31	1.2	0.2 %
51	71	5.9	1.4	0.8 %	57	1.2	0.2 %
31	71	5.9	1.4	0.8 %	37	0.6	0.1 %
32	52	4.4	1.0	0.6 %	51	0.5	0.1 %
15	48	4.0	0.9	0.5 %	32	0.4	0.1 %
11	32	2.6	0.6	0.4 %	12	0.2	0.0 %
39	29	2.4	0.6	0.3 %	11	0.1	0.0 %
12	20	1.7	0.4	0.2 %	39	0.1	0.0 %
28	8	0.6	0.1	0.1 %	28	0.1	0.0 %
53	1823	151.9	35.1	20.8 %	60	20	2.7 %
56	1455	121.2	28.0	16.6 %	59	45.1	6.2 %
54	1230	102.5	23.7	14.0 %	56	68.0	9.3 %
59	1067	88.9	20.5	12.2 %	55	42.2	5.8 %
55	1025	85.4	19.7	11.7 %	54	47	6.4 %
60	439	36.6	8.4	5.0 %	53	94.7	13.0 %

Numerojärjestys

g-kriteeri	10 m/s			kesä	P_E
Piste	hh/vuosi	hh/kk	hh/vk	hh/kk	todennäk.
1	591.5	49.3	11.4	18.7	2.6 %
2	1391.9	116.0	26.8	53.8	7.4 %
3	415.2	34.6	8.0	11.8	1.6 %
4	625.1	52.1	12.0	19.5	2.7 %
5	636.4	53.0	12.2	18.4	2.5 %
6	687.7	57.3	13.2	25.0	3.4 %
7	429.0	35.7	8.2	14.4	2.0 %
8	978.4	81.5	18.8	33.1	4.5 %
9	433.9	36.2	8.3	11.8	1.6 %
10	611.1	50.9	11.8	15.3	2.1 %
11	352.9	29.4	6.8	7.4	1.0 %
12	94.2	7.8	1.8	1.6	0.2 %
13	1242.4	103.5	23.9	59.7	8.2 %
14	346.2	28.9	6.7	8.1	1.1 %
15	246.2	20.5	4.7	6.9	0.9 %
16	423.9	35.3	8.2	17.6	2.4 %
17	438.9	36.6	8.4	13.1	1.8 %
18	404.1	33.7	7.8	10.5	1.4 %
19	528.4	44.0	10.2	15.8	2.2 %
20	338.0	28.2	6.5	8.6	1.2 %
21	495.0	41.3	9.5	16.2	2.2 %
22	199.7	16.6	3.8	4.3	0.6 %
23	540.5	45.0	10.4	17.8	2.4 %
24	692.5	57.7	13.3	18.6	2.6 %
25	389.6	32.5	7.5	9.2	1.3 %
26	181.3	15.1	3.5	3.1	0.4 %
27	440.7	36.7	8.5	13.6	1.9 %
28	78.6	6.6	1.5	1.5	0.2 %
29	128.0	10.7	2.5	2.2	0.3 %
30	686.0	57.2	13.2	21.0	2.9 %
31	120.0	10.0	2.3	1.8	0.2 %
32	92.6	7.7	1.8	0.8	0.1 %
33	147.0	12.3	2.8	4.9	0.7 %
34	229.5	19.1	4.4	4.7	0.6 %
35	115.6	9.6	2.2	1.7	0.2 %
36	345.4	28.8	6.6	8.2	1.1 %
37	229.3	19.1	4.4	5.6	0.8 %
38	328.4	27.4	6.3	8.7	1.2 %
39	116.6	9.7	2.2	1.7	0.2 %
40	325.9	27.2	6.3	9.1	1.2 %
41	633.3	52.8	12.2	16.4	2.2 %
42	440.6	36.7	8.5	10.6	1.5 %
43	591.5	49.3	11.4	16.1	2.2 %
44	640.6	53.4	12.3	19.9	2.7 %
45	352.8	29.4	6.8	6.5	0.9 %
46	437.2	36.4	8.4	10.6	1.5 %
47	613.2	51.1	11.8	16.3	2.2 %
48	306.4	25.5	5.9	6.7	0.9 %
49	141.6	11.8	2.7	1.7	0.2 %
50	291.6	24.3	5.6	5.7	0.8 %
51	92.0	7.7	1.8	0.8	0.1 %
52	185.2	15.4	3.6	2.2	0.3 %
57	171.3	14.3	3.3	3.8	0.5 %
58	419.3	34.9	8.1	9.5	1.3 %
53	2155.1	179.6	41.4	112.2	15.4 %
54	2249.0	187.4	43.3	109.1	14.9 %
55	1884.7	157.1	36.2	89.6	12.3 %
56	2192.0	182.7	42.2	104.5	14.3 %
59	1635.7	136.3	31.5	75.9	10.4 %
60	1025.8	85.5	19.7	41.3	5.7 %

Suuruusjärjestys

g-kriteeri	10 m/s			P_E	Kesäkausi		P_E
Piste	hh/vuosi	hh/kk	hh/vk	todennäk.	Piste	hh/kk	todennäk.
2	1391.9	116.0	26.8	15.9 %	13	59.7	8.2 %
13	1242.4	103.5	23.9	14.2 %	2	53.8	7.4 %
8	978.4	81.5	18.8	11.2 %	8	33.1	4.5 %
24	692.5	57.7	13.3	7.9 %	6	25.0	3.4 %
6	687.7	57.3	13.2	7.9 %	30	21.0	2.9 %
30	686.0	57.2	13.2	7.8 %	44	19.9	2.7 %
44	640.6	53.4	12.3	7.3 %	4	19.5	2.7 %
5	636.4	53.0	12.2	7.3 %	1	18.7	2.6 %
41	633.3	52.8	12.2	7.2 %	24	18.6	2.6 %
4	625.1	52.1	12.0	7.1 %	5	18.4	2.5 %
47	613.2	51.1	11.8	7.0 %	23	17.8	2.4 %
10	611.1	50.9	11.8	7.0 %	16	17.6	2.4 %
43	591.5	49.3	11.4	6.8 %	41	16.4	2.2 %
1	591.5	49.3	11.4	6.8 %	47	16.3	2.2 %
23	540.5	45.0	10.4	6.2 %	21	16.2	2.2 %
19	528.4	44.0	10.2	6.0 %	43	16.1	2.2 %
21	495.0	41.3	9.5	5.7 %	19	15.8	2.2 %
27	440.7	36.7	8.5	5.0 %	10	15.3	2.1 %
42	440.6	36.7	8.5	5.0 %	7	14.4	2.0 %
17	438.9	36.6	8.4	5.0 %	27	13.6	1.9 %
46	437.2	36.4	8.4	5.0 %	17	13.1	1.8 %
9	433.9	36.2	8.3	5.0 %	9	11.8	1.6 %
7	429.0	35.7	8.2	4.9 %	3	11.8	1.6 %
16	423.9	35.3	8.2	4.8 %	46	10.6	1.5 %
58	419.3	34.9	8.1	4.8 %	42	10.6	1.5 %
3	415.2	34.6	8.0	4.7 %	18	10.5	1.4 %
18	404.1	33.7	7.8	4.6 %	58	9.5	1.3 %
25	389.6	32.5	7.5	4.4 %	25	9.2	1.3 %
11	352.9	29.4	6.8	4.0 %	40	9.1	1.2 %
45	352.8	29.4	6.8	4.0 %	38	8.7	1.2 %
14	346.2	28.9	6.7	4.0 %	20	8.6	1.2 %
36	345.4	28.8	6.6	3.9 %	36	8.2	1.1 %
20	338.0	28.2	6.5	3.9 %	14	8.1	1.1 %
38	328.4	27.4	6.3	3.7 %	11	7.4	1.0 %
40	325.9	27.2	6.3	3.7 %	15	6.9	0.9 %
48	306.4	25.5	5.9	3.5 %	48	6.7	0.9 %
50	291.6	24.3	5.6	3.3 %	45	6.5	0.9 %
15	246.2	20.5	4.7	2.8 %	50	5.7	0.8 %
34	229.5	19.1	4.4	2.6 %	37	5.6	0.8 %
37	229.3	19.1	4.4	2.6 %	33	4.9	0.7 %
22	199.7	16.6	3.8	2.3 %	34	4.7	0.6 %
52	185.2	15.4	3.6	2.1 %	22	4.3	0.6 %
26	181.3	15.1	3.5	2.1 %	57	3.8	0.5 %
57	171.3	14.3	3.3	2.0 %	26	3.1	0.4 %
33	147.0	12.3	2.8	1.7 %	52	2.2	0.3 %
49	141.6	11.8	2.7	1.6 %	29	2.2	0.3 %
29	128.0	10.7	2.5	1.5 %	31	1.8	0.2 %
31	120.0	10.0	2.3	1.4 %	39	1.7	0.2 %
39	116.6	9.7	2.2	1.3 %	35	1.7	0.2 %
35	115.6	9.6	2.2	1.3 %	49	1.7	0.2 %
12	94.2	7.8	1.8	1.1 %	12	1.6	0.2 %
32	92.6	7.7	1.8	1.1 %	28	1.5	0.2 %
51	92.0	7.7	1.8	1.1 %	32	0.8	0.1 %
28	78.6	6.6	1.5	0.9 %	51	0.8	0.1 %
54	2249.0	187.4	43.3	25.7 %	53	112.2	15.4 %
56	2192.0	182.7	42.2	25.0 %	54	109.1	14.9 %
53	2155.1	179.6	41.4	24.6 %	56	104.5	14.3 %
55	1884.7	157.1	36.2	21.5 %	55	89.6	12.3 %
59	1635.7	136.3	31.5	18.7 %	59	75.9	10.4 %
60	1025.8	85.5	19.7	11.7 %	60	41.3	5.7 %

Numerojärjestys

g-kriteeri	13 m/s			kesä	P_E
Piste	hh/vuosi	hh/kk	hh/vk	hh/kk	todennäk.
1	106.7	8.9	2.1	1.0	0.1 %
2	532.5	44.4	10.2	14.2	1.9 %
3	105.8	8.8	2.0	1.9	0.3 %
4	144.5	12.0	2.8	2.3	0.3 %
5	159.2	13.3	3.1	3.0	0.4 %
6	139.1	11.6	2.7	3.3	0.4 %
7	98.7	8.2	1.9	1.9	0.3 %
8	477.6	39.8	9.2	12.3	1.7 %
9	165.0	13.8	3.2	3.0	0.4 %
10	166.1	13.8	3.2	2.2	0.3 %
11	32.3	2.7	0.6	0.1	0.0 %
12	17.5	1.5	0.3	0.2	0.0 %
13	449.4	37.4	8.6	15.3	2.1 %
14	50.7	4.2	1.0	0.5	0.1 %
15	64.8	5.4	1.2	1.4	0.2 %
16	88.3	7.4	1.7	2.1	0.3 %
17	128.6	10.7	2.5	2.4	0.3 %
18	125.1	10.4	2.4	2.6	0.4 %
19	127.2	10.6	2.4	2.6	0.4 %
20	50.3	4.2	1.0	1.1	0.2 %
21	205.7	17.1	4.0	5.0	0.7 %
22	51.8	4.3	1.0	0.7	0.1 %
23	113.3	9.4	2.2	1.3	0.2 %
24	202.9	16.9	3.9	3.1	0.4 %
25	89.0	7.4	1.7	1.4	0.2 %
26	32.2	2.7	0.6	0.5	0.1 %
27	59.8	5.0	1.2	0.8	0.1 %
28	5.3	0.4	0.1	0.1	0.0 %
29	16.4	1.4	0.3	0.1	0.0 %
30	113.1	9.4	2.2	1.0	0.1 %
31	20.4	1.7	0.4	0.1	0.0 %
32	12.3	1.0	0.2	0.1	0.0 %
33	27.3	2.3	0.5	0.3	0.0 %
34	39.7	3.3	0.8	0.5	0.1 %
35	23.0	1.9	0.4	0.1	0.0 %
36	34.7	2.9	0.7	0.1	0.0 %
37	52.1	4.3	1.0	0.4	0.0 %
38	53.0	4.4	1.0	0.3	0.0 %
39	7.3	0.6	0.1	0.0	0.0 %
40	26.8	2.2	0.5	0.3	0.0 %
41	178.5	14.9	3.4	2.5	0.3 %
42	78.6	6.5	1.5	1.4	0.2 %
43	175.1	14.6	3.4	2.7	0.4 %
44	164.6	13.7	3.2	2.1	0.3 %
45	88.8	7.4	1.7	0.6	0.1 %
46	103.3	8.6	2.0	1.8	0.2 %
47	102.4	8.5	2.0	0.8	0.1 %
48	53.7	4.5	1.0	0.4	0.1 %
49	24.0	2.0	0.5	0.1	0.0 %
50	44.9	3.7	0.9	0.4	0.1 %
51	18.6	1.5	0.4	0.1	0.0 %
52	39.4	3.3	0.8	0.2	0.0 %
57	21.3	1.8	0.4	0.1	0.0 %
58	93.7	7.8	1.8	1.5	0.2 %
53	1373.8	114.5	26.4	60.2	8.3 %
54	1131.3	94.3	21.8	39.0	5.3 %
55	1111.1	92.6	21.4	41.3	5.7 %
56	1128.1	94.0	21.7	38.0	5.2 %
59	734.6	61.2	14.1	22.9	3.1 %
60	345.6	28.8	6.6	9.3	1.3 %

Suuruusjärjestys

g-kriteeri	13 m/s			P_E	Kesäkausi		P_E
Piste	hh/vuosi	hh/kk	hh/vk	todennäk.	Piste	hh/kk	todennäk.
2	532.5	44.4	10.2	6.079 %	13	15.3	2.091 %
8	477.6	39.8	9.2	5.452 %	2	14.2	1.939 %
13	449.4	37.4	8.6	5.130 %	8	12.3	1.681 %
21	205.7	17.1	4.0	2.349 %	21	5.0	0.688 %
24	202.9	16.9	3.9	2.316 %	6	3.3	0.447 %
41	178.5	14.9	3.4	2.038 %	24	3.1	0.427 %
43	175.1	14.6	3.4	1.998 %	9	3.0	0.413 %
10	166.1	13.8	3.2	1.896 %	5	3.0	0.407 %
9	165.0	13.8	3.2	1.884 %	43	2.7	0.372 %
44	164.6	13.7	3.2	1.879 %	19	2.6	0.359 %
5	159.2	13.3	3.1	1.817 %	18	2.6	0.354 %
4	144.5	12.0	2.8	1.649 %	41	2.5	0.348 %
6	139.1	11.6	2.7	1.588 %	17	2.4	0.335 %
17	128.6	10.7	2.5	1.468 %	4	2.3	0.313 %
19	127.2	10.6	2.4	1.452 %	10	2.2	0.298 %
18	125.1	10.4	2.4	1.428 %	16	2.1	0.293 %
23	113.3	9.4	2.2	1.293 %	44	2.1	0.286 %
30	113.1	9.4	2.2	1.291 %	7	1.9	0.262 %
1	106.7	8.9	2.1	1.218 %	3	1.9	0.261 %
3	105.8	8.8	2.0	1.208 %	46	1.8	0.248 %
46	103.3	8.6	2.0	1.179 %	58	1.5	0.207 %
47	102.4	8.5	2.0	1.169 %	25	1.4	0.197 %
7	98.7	8.2	1.9	1.126 %	15	1.4	0.190 %
58	93.7	7.8	1.8	1.069 %	42	1.4	0.189 %
25	89.0	7.4	1.7	1.016 %	23	1.3	0.182 %
45	88.8	7.4	1.7	1.013 %	20	1.1	0.156 %
16	88.3	7.4	1.7	1.008 %	1	1.0	0.141 %
42	78.6	6.5	1.5	0.897 %	30	1.0	0.132 %
15	64.8	5.4	1.2	0.740 %	47	0.8	0.114 %
27	59.8	5.0	1.2	0.683 %	27	0.8	0.104 %
48	53.7	4.5	1.0	0.613 %	22	0.7	0.089 %
38	53.0	4.4	1.0	0.605 %	45	0.6	0.089 %
37	52.1	4.3	1.0	0.594 %	34	0.5	0.073 %
22	51.8	4.3	1.0	0.592 %	26	0.5	0.071 %
14	50.7	4.2	1.0	0.579 %	14	0.5	0.070 %
20	50.3	4.2	1.0	0.575 %	48	0.4	0.061 %
50	44.9	3.7	0.9	0.513 %	50	0.4	0.054 %
34	39.7	3.3	0.8	0.453 %	37	0.4	0.048 %
52	39.4	3.3	0.8	0.450 %	38	0.3	0.045 %
36	34.7	2.9	0.7	0.396 %	40	0.3	0.044 %
11	32.3	2.7	0.6	0.369 %	33	0.3	0.039 %
26	32.2	2.7	0.6	0.367 %	12	0.2	0.022 %
33	27.3	2.3	0.5	0.312 %	52	0.2	0.021 %
40	26.8	2.2	0.5	0.306 %	11	0.1	0.020 %
49	24.0	2.0	0.5	0.274 %	29	0.1	0.018 %
35	23.0	1.9	0.4	0.263 %	36	0.1	0.013 %
57	21.3	1.8	0.4	0.243 %	35	0.1	0.010 %
31	20.4	1.7	0.4	0.233 %	31	0.1	0.010 %
51	18.6	1.5	0.4	0.212 %	51	0.1	0.010 %
12	17.5	1.5	0.3	0.200 %	57	0.1	0.010 %
29	16.4	1.4	0.3	0.187 %	49	0.1	0.007 %
32	12.3	1.0	0.2	0.141 %	28	0.1	0.007 %
39	7.3	0.6	0.1	0.084 %	32	0.1	0.007 %
28	5.3	0.4	0.1	0.061 %	39	0.0	0.003 %
53	1373.8	114.5	26.4	15.7 %	53	60.2	8.3 %
54	1131.3	94.3	21.8	12.9 %	55	41.3	5.7 %
56	1128.1	94.0	21.7	12.9 %	54	39.0	5.3 %
55	1111.1	92.6	21.4	12.7 %	56	38.0	5.2 %
59	734.6	61.2	14.1	8.4 %	59	22.9	3.1 %
60	345.6	28.8	6.6	3.9 %	60	9.3	1.3 %

Numerojärjestys

g-kriteeri	*16 m/s*			P_E
Piste	*hh/vuosi*	*hh/kk*	*hh/vk*	*todennäk.*
1	21.72	1.81	0.4	0.248 %
2	145.41	12.12	2.8	1.660 %
3	37.42	3.12	0.7	0.427 %
4	32.47	2.71	0.6	0.371 %
5	70.76	5.90	1.4	0.808 %
6	33.68	2.81	0.6	0.384 %
7	24.62	2.05	0.5	0.281 %
8	161.20	13.43	3.1	1.840 %
9	51.44	4.29	1.0	0.587 %
10	27.92	2.33	0.5	0.319 %
11	4.26	0.35	0.1	0.049 %
12	5.50	0.46	0.1	0.063 %
13	102.08	8.51	2.0	1.165 %
14	20.37	1.70	0.4	0.233 %
15	2.61	0.22	0.1	0.030 %
16	17.90	1.49	0.3	0.204 %
17	36.43	3.04	0.7	0.416 %
18	29.44	2.45	0.6	0.336 %
19	32.45	2.70	0.6	0.370 %
20	10.84	0.90	0.2	0.124 %
21	66.36	5.53	1.3	0.758 %
22	6.81	0.57	0.1	0.078 %
23	21.63	1.80	0.4	0.247 %
24	40.76	3.40	0.8	0.465 %
25	12.97	1.08	0.2	0.148 %
26	1.97	0.16	0.0	0.022 %
27	14.71	1.23	0.3	0.168 %
28	0.76	0.06	0.0	0.009 %
29	1.91	0.16	0.0	0.022 %
30	23.74	1.98	0.5	0.271 %
31	1.77	0.15	0.0	0.020 %
32	0.38	0.03	0.0	0.004 %
33	8.00	0.67	0.2	0.091 %
34	7.63	0.64	0.1	0.087 %
35	4.28	0.36	0.1	0.049 %
36	5.37	0.45	0.1	0.061 %
37	10.23	0.85	0.2	0.117 %
38	11.86	0.99	0.2	0.135 %
39	0.34	0.03	0.0	0.004 %
40	3.94	0.33	0.1	0.045 %
41	25.61	2.13	0.5	0.292 %
42	8.71	0.73	0.2	0.099 %
43	36.13	3.01	0.7	0.412 %
44	35.71	2.98	0.7	0.408 %
45	5.54	0.46	0.1	0.063 %
46	23.67	1.97	0.5	0.270 %
47	16.69	1.39	0.3	0.191 %
48	10.81	0.90	0.2	0.123 %
49	4.44	0.37	0.1	0.051 %
50	11.35	0.95	0.2	0.130 %
51	0.50	0.04	0.0	0.006 %
52	4.05	0.34	0.1	0.046 %
57	2.62	0.22	0.1	0.030 %
58	14.39	1.20	0.3	0.164 %
53	692.1	57.7	13.3	7.9 %
54	495.8	41.3	9.5	5.7 %
55	639.0	53.3	12.3	7.3 %
56	521.0	43.4	10.0	5.9 %
59	300.8	25.1	5.8	3.4 %
60	137.3	11.4	2.6	1.6 %

Suuruusjärjestys

g-kriteeri	*16 m/s*			P_E
Piste	*hh/vuosi*	*hh/kk*	*hh/vk*	*todennäk.*
8	161.20	13.43	3.10	1.840 %
2	145.41	12.12	2.80	1.660 %
13	102.08	8.51	1.96	1.165 %
5	70.76	5.90	1.36	0.808 %
21	66.36	5.53	1.28	0.758 %
9	51.44	4.29	0.99	0.587 %
24	40.76	3.40	0.78	0.465 %
3	37.42	3.12	0.72	0.427 %
17	36.43	3.04	0.70	0.416 %
43	36.13	3.01	0.69	0.412 %
44	35.71	2.98	0.69	0.408 %
6	33.68	2.81	0.65	0.384 %
4	32.47	2.71	0.62	0.371 %
19	32.45	2.70	0.62	0.370 %
18	29.44	2.45	0.57	0.336 %
10	27.92	2.33	0.54	0.319 %
41	25.61	2.13	0.49	0.292 %
7	24.62	2.05	0.47	0.281 %
30	23.74	1.98	0.46	0.271 %
46	23.67	1.97	0.46	0.270 %
1	21.72	1.81	0.42	0.248 %
23	21.63	1.80	0.42	0.247 %
14	20.37	1.70	0.39	0.233 %
16	17.90	1.49	0.34	0.204 %
47	16.69	1.39	0.32	0.191 %
27	14.71	1.23	0.28	0.168 %
58	14.39	1.20	0.28	0.164 %
25	12.97	1.08	0.25	0.148 %
38	11.86	0.99	0.23	0.135 %
50	11.35	0.95	0.22	0.130 %
20	10.84	0.90	0.21	0.124 %
48	10.81	0.90	0.21	0.123 %
37	10.23	0.85	0.20	0.117 %
42	8.71	0.73	0.17	0.099 %
33	8.00	0.67	0.15	0.091 %
34	7.63	0.64	0.15	0.087 %
22	6.81	0.57	0.13	0.078 %
45	5.54	0.46	0.11	0.063 %
12	5.50	0.46	0.11	0.063 %
36	5.37	0.45	0.10	0.061 %
49	4.44	0.37	0.09	0.051 %
35	4.28	0.36	0.08	0.049 %
11	4.26	0.35	0.08	0.049 %
52	4.05	0.34	0.08	0.046 %
40	3.94	0.33	0.08	0.045 %
57	2.62	0.22	0.05	0.030 %
15	2.61	0.22	0.05	0.030 %
26	1.97	0.16	0.04	0.022 %
29	1.91	0.16	0.04	0.022 %
31	1.77	0.15	0.03	0.020 %
28	0.76	0.06	0.01	0.009 %
51	0.50	0.04	0.01	0.006 %
32	0.38	0.03	0.01	0.004 %
39	0.34	0.03	0.01	0.004 %
53	692.1	57.7	13.3	7.9 %
55	639.0	53.3	12.3	7.3 %
56	521.0	43.4	10.0	5.9 %
54	495.8	41.3	9.5	5.7 %
59	300.8	25.1	5.8	3.4 %
60	137.3	11.4	2.6	1.6 %

Numerojärjestys

g-kriteeri	*23 m/s*			*P_E*
Piste	*hh/vuosi*	*hh/kk*	*hh/vk*	*todennäk.*
1	0.38	0.03	0.01	0.004 %
2	5.88	0.49	0.11	0.067 %
3	0.34	0.03	0.01	0.004 %
4	0.26	0.02	0.00	0.003 %
5	0.46	0.04	0.01	0.005 %
6	0.95	0.08	0.02	0.011 %
7	0.19	0.02	0.00	0.002 %
8	7.89	0.66	0.15	0.090 %
9	0.30	0.02	0.01	0.003 %
10	0.35	0.03	0.01	0.004 %
11	0.00	0.00	0.00	0.000 %
12	0.21	0.02	0.00	0.002 %
13	2.54	0.21	0.05	0.029 %
14	0.22	0.02	0.00	0.002 %
15	0.01	0.00	0.00	0.000 %
16	0.86	0.07	0.02	0.010 %
17	1.18	0.10	0.02	0.013 %
18	0.13	0.01	0.00	0.001 %
19	0.22	0.02	0.00	0.003 %
20	0.07	0.01	0.00	0.001 %
21	1.98	0.16	0.04	0.023 %
22	0.03	0.00	0.00	0.000 %
23	0.36	0.03	0.01	0.004 %
24	1.00	0.08	0.02	0.011 %
25	0.07	0.01	0.00	0.001 %
26	0.00	0.00	0.00	0.000 %
27	0.32	0.03	0.01	0.004 %
28	0.00	0.00	0.00	0.000 %
29	0.02	0.00	0.00	0.000 %
30	0.36	0.03	0.01	0.004 %
31	0.02	0.00	0.00	0.000 %
32	0.00	0.00	0.00	0.000 %
33	0.22	0.02	0.00	0.002 %
34	0.03	0.00	0.00	0.000 %
35	0.03	0.00	0.00	0.000 %
36	0.01	0.00	0.00	0.000 %
37	0.22	0.02	0.00	0.003 %
38	0.08	0.01	0.00	0.001 %
39	0.00	0.00	0.00	0.000 %
40	0.00	0.00	0.00	0.000 %
41	0.09	0.01	0.00	0.001 %
42	0.07	0.01	0.00	0.001 %
43	0.22	0.02	0.00	0.003 %
44	0.18	0.02	0.00	0.002 %
45	0.01	0.00	0.00	0.000 %
46	0.00	0.00	0.00	0.000 %
47	0.11	0.01	0.00	0.001 %
48	0.26	0.02	0.01	0.003 %
49	0.01	0.00	0.00	0.000 %
50	0.27	0.02	0.01	0.003 %
51	0.00	0.00	0.00	0.000 %
52	0.02	0.00	0.00	0.000 %
57	0.00	0.00	0.00	0.000 %
58	0.27	0.02	0.01	0.003 %
53	111.48	9.29	2.14	1.273 %
54	78.55	6.55	1.51	0.897 %
55	99.43	8.29	1.91	1.135 %
56	64.30	5.36	1.24	0.734 %
59	17.66	1.47	0.34	0.202 %
60	5.76	0.48	0.11	0.066 %

Suuruusjärjestys

g-kriteeri	*23 m/s*			*P_E*
Piste	*hh/vuosi*	*hh/kk*	*hh/vk*	*todennäk.*
8	7.89	0.66	0.15	0.090 %
2	5.88	0.49	0.11	0.067 %
13	2.54	0.21	0.05	0.029 %
21	1.98	0.16	0.04	0.023 %
17	1.18	0.10	0.02	0.013 %
24	1.00	0.08	0.02	0.011 %
6	0.95	0.08	0.02	0.011 %
16	0.86	0.07	0.02	0.010 %
5	0.46	0.04	0.01	0.005 %
1	0.38	0.03	0.01	0.004 %
23	0.36	0.03	0.01	0.004 %
30	0.36	0.03	0.01	0.004 %
10	0.35	0.03	0.01	0.004 %
3	0.34	0.03	0.01	0.004 %
27	0.32	0.03	0.01	0.004 %
9	0.30	0.02	0.01	0.003 %
50	0.27	0.02	0.01	0.003 %
58	0.27	0.02	0.01	0.003 %
48	0.26	0.02	0.01	0.003 %
4	0.26	0.02	0.00	0.003 %
43	0.22	0.02	0.00	0.003 %
19	0.22	0.02	0.00	0.003 %
37	0.22	0.02	0.00	0.003 %
14	0.22	0.02	0.00	0.002 %
33	0.22	0.02	0.00	0.002 %
12	0.21	0.02	0.00	0.002 %
7	0.19	0.02	0.00	0.002 %
44	0.18	0.02	0.00	0.002 %
18	0.13	0.01	0.00	0.001 %
47	0.11	0.01	0.00	0.001 %
41	0.09	0.01	0.00	0.001 %
38	0.08	0.01	0.00	0.001 %
42	0.07	0.01	0.00	0.001 %
25	0.07	0.01	0.00	0.001 %
20	0.07	0.01	0.00	0.001 %
22	0.03	0.00	0.00	0.000 %
34	0.03	0.00	0.00	0.000 %
35	0.03	0.00	0.00	0.000 %
52	0.02	0.00	0.00	0.000 %
29	0.02	0.00	0.00	0.000 %
31	0.02	0.00	0.00	0.000 %
36	0.01	0.00	0.00	0.000 %
45	0.01	0.00	0.00	0.000 %
49	0.01	0.00	0.00	0.000 %
15	0.01	0.00	0.00	0.000 %
28	0.00	0.00	0.00	0.000 %
11	0.00	0.00	0.00	0.000 %
46	0.00	0.00	0.00	0.000 %
57	0.00	0.00	0.00	0.000 %
40	0.00	0.00	0.00	0.000 %
26	0.00	0.00	0.00	0.000 %
39	0.00	0.00	0.00	0.000 %
51	0.00	0.00	0.00	0.000 %
32	0.00	0.00	0.00	0.000 %
53	111.48	9.29	2.14	1.273 %
55	99.43	8.29	1.91	1.135 %
54	78.55	6.55	1.51	0.897 %
56	64.30	5.36	1.24	0.734 %
59	17.66	1.47	0.34	0.202 %
60	5.76	0.48	0.11	0.066 %

KALASATAMAN KESKUS, ASEMAKAAVAN nro 12070 SELVITYKSET:

1 Kalasataman keskuksen toteutussopimus

2 Kalasataman keskuksen kaupallinen selvitys

3 Korkea rakentaminen Helsingissä

4 Kalasataman keskuksen vaikutukset kaupunkikuvaan, maisemaan ja kulttuuriympäristöön

5 Kalasataman keskuksen varjostusselvitys

6 Kalasataman joukkoliikenneselvitys 2011

7 Kalasataman korkeiden rakennusten vaikutukset lintuihin, erityisesti Vanhankaupunginlahden Natura-alueen linnustoon

8 Kalasataman keskuksen palotekninen suunnitelma kaavoituksen tarpeisiin

9 Kalasataman keskuksen tuulisuusselvitys

10 Kalasataman keskuksen sosiaali- ja terveysaseman tärinä- ja runkomeluselvitys

11 Kalasataman keskuksen asemakaavan meluselvitys

12 Kalasataman kaava-alueelle suunnitellun viherkannen ympäristön liikenteen ja pysäköintilaitoksen ilmanlaatuvaikutukset

13 Helsingin Energian Hanasaaren B-voimalaitoksen ja huippulämpökeskuksen päästöjen leviämismalliselvitys

14 Kalasataman keskuksen toteutuksen kestävä kehittäminen

15 Kalasataman keskus - Ekotehokkuuden arviointi

16 Kalasataman keskus, Maaperän kunnostuksen yleissuunnitelma

17 Kalasataman keskus, Maaperän kunnostussuunnitelman täydennys

18 Kalasataman keskus, Pohjaveden tila, raportti 1