



ILMATIETEEN LAITOS

Tilaaaja: Helsingin kaupungin maa- ja kallioperäyksikkö

Merellinen Helsinki
Vuosisraportti 2017

Jan-Victor Björkqvist ja Milla Johansson

16.1.2018, Ilmatieteen laitos

Ilmatieteen laitos
Erik Palménin aukio 1, PL 503
00101 Helsinki
www.fmi.fi

Tässä tutkimushankkeessa aikaisemmin julkaistut projektit

2016 tutkimustulokset ja vuosiraportti (20.4.2017 § 182)

[Helsingin kaupungin Kiinteistölautakunnan pöytäkirja](#)

[Merellinen Helsinki, Vuosiraportti 2016](#)

[Tulokset kyselystä vesiliikenteen turvallisuusjärjestelmän kehittämiseksi](#)

**Turvalliset rakentamiskorkeudet Helsingin rannoilla vuosina 2020, 2050 ja 2100 (Klk
28.1.2016 § 23)**

[Helsingin kaupungin Kiinteistölautakunnan pöytäkirja](#)

[Turvalliset rakentamiskorkeudet, loppuraportti](#)

Alkusanat

Helsingin kaupungin tavoitteena on merellisen Helsingin kehittäminen, joka merkitsee panostamista yritystoiminnan, matkailun ja vapaa-ajan edellytyksiin saaristossa ja ranta-alueilla. Tavoitteena on myös vesiliikenteen turvallisuuden parantaminen. Helsingin saaristo herättää jatkuvasti yhä enemmän kiinnostusta ja on päivä päivältä helpommin ihmisten tavoitettavissa.

Tämä tutkimushanke on jatkoa 1.9.2011 - 13.1.2016 toteutetulle projektille ”Turvalliset rakentamiskorkeudet Helsingin rannoilla vuosina 2020, 2050 ja 2100” (Klk 28.1.2016 § 23). Vuonna 2016 tutkimushanke laajeni koskemaan myös Helsingin vesiliikenteen turvallisuutta, jolloin projektin nimeksi tuli Merellinen Helsinki. Vuoden 2016 tutkimustulokset ja vuosiraportti esiteltiin Kiinteistölautakunnalle 20.4.2017 (§ 182).

Helsingin kaupungin maa- ja kallioperäyksikön tilaamassa ja Ilmatieteen laitoksen toteuttamassa tutkimuksessa on saatu uutta aalto-, tuuli- ja vedenlämpötilamittaus-tietoa. Mittaus-tietojen perusteella on tehty tarkempaa jatkoanalyysia, josta on merkittävää hyötyä niin veneilijöille ja lauttaliikenteen käyttäjille kuin myös Ilmatieteen laitokselle ja Suomen ympäristökeskukselle. Mittaustulokset on viety käyttäjille havainnolliseen graafiseen muotoon ja ne esitetään käyttäjille Merellinen Helsinki -projektin Meri.hel.fi -palvelussa.

Merellinen Helsinki -projektin ohjauksesta vastaa työryhmä, jonka puheenjohtajana toimii Ilkka Vähäaho ja sihteerinä Paavo Lahdenperä maa- ja kallioperäyksiköstä sekä jäseninä Henrik Ahola (asemakaavoitus), Jouni Kilpinen (maankäytön yleissuunnittelu), Markku Granholm (liikenne- ja katusuunnittelu), Risto Levanto (rakennusvalvontapalvelut), Emil Vahtera (ympäristöpalvelut), Hannu Airola (kulttuurin ja vapaa-ajan tilapalvelut), Kimmo Kahma (Akateemiset konsultit), Tero Sievänen (Helsingin Satama Oy) sekä Mikko Piipponen (Rajavartiolaitos).

Ilmatieteen laitoksella työstä vastaavat Jan-Victor Björkqvist ja Milla Johansson yhdessä Lauri Laakson, Tuomo Roineen ja Sauli Majaniemen kanssa.

Meri.hel.fi -sivujen tuottamisesta ja koodauksesta vastaavat Jonni Takala ja Aimo Karvinen maa- ja kallioperäyksiköstä sekä Milla Johansson Ilmatieteen laitokselta.

Ilkka Vähäaho

yksikön päällikkö, maa- ja kallioperä

Helsingin kaupunki

Kaupunkiympäristö

Maaomaisuuden kehittäminen ja tontit

Maa- ja kallioperä

Sisältö

Tiivistelmä	5
1 Vuoden aikana tapahtunutta	5
1.1 Suomenlinnan aaltoennuste	5
1.2 Yhteenvetosivuston kehitystyö	7
1.3 Aallokkokuvat kamerasta	7
1.4 Tekstiviestisovellus	7
1.5 Rajasaaren aaltomittaukset	8
1.6 Aaltopoiijujen huolto	8
2 Tutkimusprojektin havaintotoiminta	9
2.1 Aaltohavainnot	9
2.2 Tuulihavainnot	9
2.3 Neljänviitankarin lämpötilaprofiilimittaukset	11
3 Esitelmät, julkaisut ja näkyminen mediassa	12
4 Projektin jatko	13

Tiivistelmä

Uusi Suomenlinnan poiju on nyt mitannut saariston aallokkoa kaksi avovesikautta. Vuonna 2017 poijun kohdalle saatiin myös kahden päivä aaltoennuste, ja lisäksi ajantasaista aallokko-tietoa voi nykyään kysellä myös tekstiviestillä. Lisää havainnollisuutta Suomenlinnan edustan aallokkoon tuo myös Harmajalle asennetun kameran kuvat, jotka kaiken muun tavoin päivittyvät yhteenvetosivustolle. Kruunuvuorenselän laajennetut havainnot käsittävät sekä tuulimittauksia että vuonna 2016 aloitettuja veden lämpötilamittauksia. Kaikki asennukset Kruunuvuorenselällä, mukaan lukien uusi tuuliturbiini, ovet toimineet moitteetta. Yhteenvetosivustoa on laajennettu ja selkeytetty. Kieliversiot ovat valmistuneet, ja havainnollistavat kuvat ja sanalliset selitykset selventävät sivustolla raportoitavia aaltoparametreja. Tulevaisuudessa sivustolle voidaan kerätä yhä enemmän merellistä tietoa ja dataa. Projektin puitteissa tehdyistä havainnoista ja niiden tuloksista on pidetty sekä kansantajuisia että tieteellisiä esitelmiä. Samaiset aiheet on dokumentoitu myös kirjalliseen muotoon lehtiartikkeleissa ja tieteellisissä julkaisuissa. Lisäksi Seurasaarenselällä syksyllä 2017 pienellä tutkimuspoijulla tehdyt aallokkomittaukset täydentävät vuosina 2012–2014 tehtyjä mittauksia.

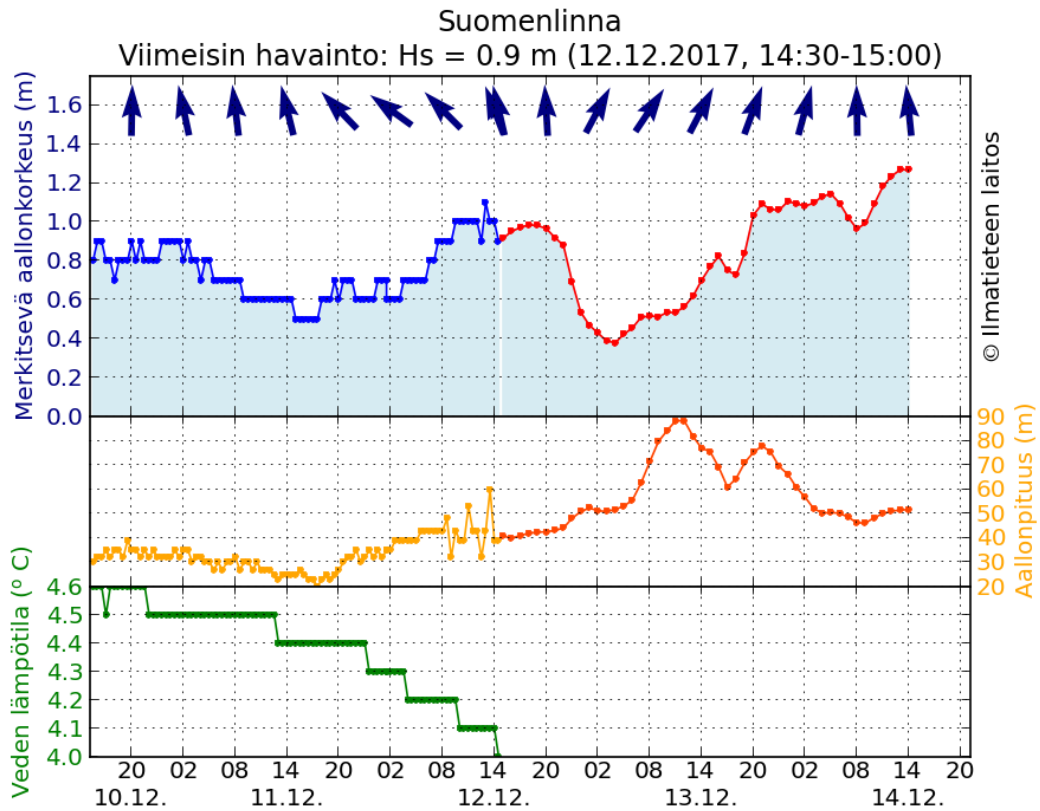
1 Vuoden aikana tapahtunutta

1.1 Suomenlinnan aaltoennuste

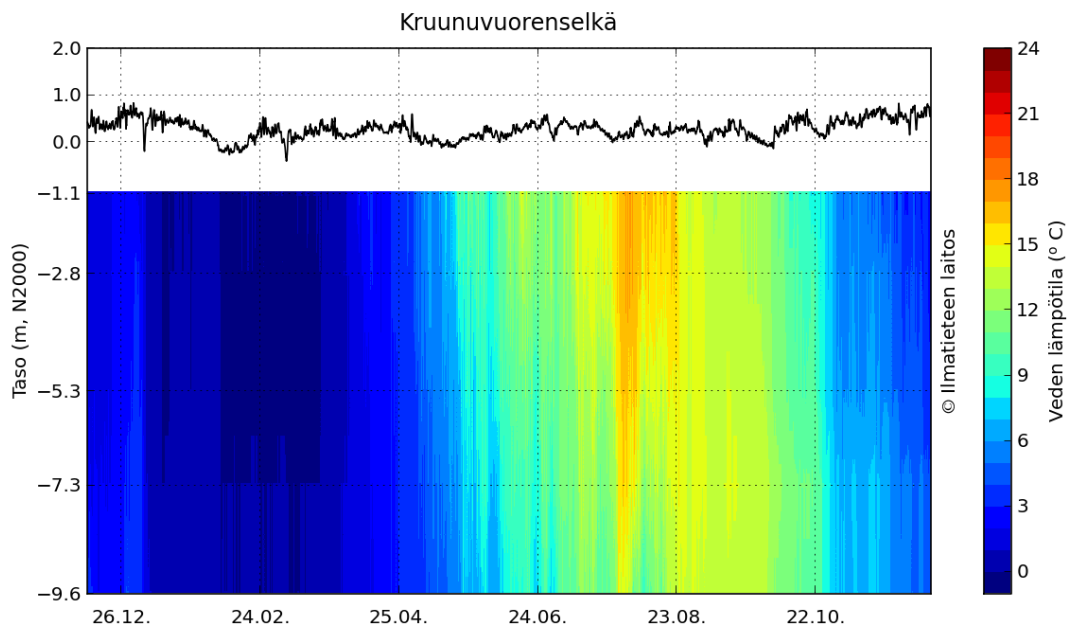
Suomenlinnan aaltopoijun ankkuroinnin yhteydessä huhtikuussa 2017 käynnistettiin myös aaltoennuste poijun kohdalle. Koska Ilmatieteen laitoksen operatiivinen Itämeren aaltomalli ei resoluutionsa puolesta pysty tuottamaan luotettavia ennusteita Helsingin saaristoon, joudutaan aaltomalli ajamaan erikseen tälle alueelle. Ennuste lasketaan siten, että koko Itämeren mallin ajosta poimitaan Helsingin edustalle reunaehdot. Tämän jälkeen implementoidaan Helsingin saaristoa varten hienohilaisempi malli, jolle syötetään tietoa avomeren aallokosta edellä mainittujen reunaehtojen avulla. Tästä hienompihilaisesta Helsingin alueen paikallismallista poimitaan ennusteaikasarjat Suomenlinnan poijun kohdalle (kuva 1). Ennustepituus on 2 vrk.

WAM-aaltomalli käyttää ennusteen laskemiseen ainoastaan tietoa tuulesta, jonka se saa Ilmatieteen laitoksen operatiivisista sääennustemalleista. Lisäksi aaltomallille syötetään talvella tietoa jään levinneisyydestä, joka perustuu Ilmatieteen laitoksen jääkarttoihin. Itse aaltomalliin ei syötetä havaintodataa, mutta sääennustejärjestelmään syötettävät suuret havaintomäärät korjaavat myös aaltomallin ennustetta jatkuvasti kohti todellisuutta.

Saariston aallokon mallintaminen numeerisilla malleilla on useissa tutkimuksissa todettu haastavaksi. Suomenlinnan poijun pitkäaikaiset havainnot saariston sisältä antavat arvokasta tietoa siitä, minkälaisissa olosuhteissa mallit toimivat ja missä on vielä kehitettävää. Ennustemallin kehitystyötä tullaan siten jatkamaan kerättyjen havaintojen pohjalta.



Kuva 1: Suomenlinnan poijun aallokkomittaukset. Aallonkorkeuden ja aallonpituuden ennuste näkyy punaisella.



Kuva 2: Neljänviitankarilla tehtyjen lämpötilamittausten avulla saadaan kuva Kruunuvuorenselän veden lämpötilaprofiilista. Kuvassa näkyy vuoden aikana kerätty mittausaineisto.

1.2 Yhteenvetosivuston kehitystyö

Mittausaineisto kerätään reaaliajassa yhteenvetosivustolle joka on kaikkien käytettävissä. Sivusto avattiin jo vuonna 2016 ja siihen pääsee käsiksi osoitteista meri.hel.fi ja marinehelsinki.fi.

Sivuston avaamisen jälkeen sitä on kehitetty ja laajennettu. Havaintoaikasarjat olivat alun perin kahden päivän mittaisia, mutta nykyään kaikista havainnoista laaditaan automaattisesti myös kahden viikon kuvat. Kruunuvuorenselän lämpötilamittauksista laadittiin myös vuoden mittainen kuva (kuva 2).

Kuvien lisäksi kahden viikon havainnot ovat ladattavissa helppolukuisessa csv-tekstiformaatissa, joka on helposti lähestyttävä tavalliselle käyttäjälle. Automaattisia hakuja varten Suomenlinnan aaltopoijun data menee reaaliajassa myös Ilmatieteen laitoksen avoimen datan portaaliin. Sieltä dataa hakee mm. aaltopoiju.fi-palvelu.

Sivustosta on myös laadittu ruotsin- ja englanninkieliset versiot. Myös aikasarjakuvista tuotetaan omat versiot kaikilla kolmella kielellä.

Epäsäännöllisen aallokon kuvaaminen ei ole suoraviivaista. Sen kuvaamiseen käytettyjen parametrien selitykset on siksi kerätty yhteenvetosivustolle havainnollistavien [kuvien](#) kera.

1.3 Aallokkokuvat kamerasta

Koska merkitsevä aallonkorkeus on suurena suhteellisen vaikea, päätettiin selvittää onko mahdollisuutta saada reaaliaikaisia kuvia Suomenlinnan poijun lähetyviltä havainnollistamaan merenkäyntiä. Hyväksi ratkaisuksi osoittautui Harmajalla jo asennettu kamera. Tämä kamera saatiin suunnattua poijua kohti, jolloin se kertoo mahdollisemman tarkasti juuri miltä mitattu aallokko näyttää. Esimerkkikuva löytyy kuvasta 3

1.4 Tekstiviestisovellus

Toukokuussa 2017 saatiin toimintaan tekstiviestipalvelu, jolla ajantasaiset aallokkotiedot saa puhelimeen suoraan tekstiviestikyselyinä. Palvelu on tarkoitettu tilanteisiin, joissa verkkopalvelun käyttö ei ole mahdollista tai tarkoituksenmukaista. Järjestelmä toteutettiin Ilmatieteen laitoksen nykyisen kyselypalvelun puitteissa, johon eivät aiemmin ole kuuluneet aaltopoijut. Samalla palveluun liitettiin myös Ilmatieteen laitoksen operatiiviset aaltopoijut, joten palvelu kattaa myös Suomenlahden avomeren poijun.

Lähtämällä tekstiviestin "Poiju Suomenlinna" numeroon 16161 (0,85€/kysely) saa ajantasaiset aaltotiedot tekstiviestillä. Viesti on muotoa

Suomenlinna 2017-12-12,10:30-11:00, Merkitsevä aallonkorkeus 1.0 m,
Aallokko kaakosta, Aallonpituus 54 m, Aallon periodi 5.9 s,
Vedenlämpö 4.1 C



Kuva 3: Harmajalta pohjoiseen osoittava kamera kuvaa Suomenlinnan poijun kohdalla esiintyvää aallokkoa.

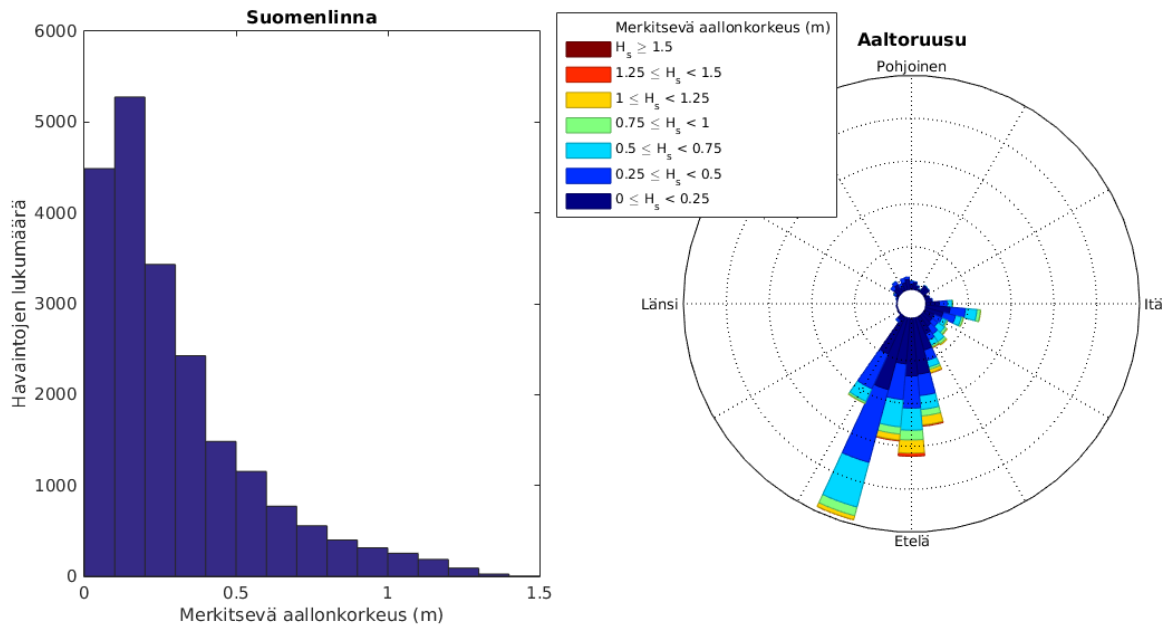
Hakuja Suomenlinnan poijulle on tehty 23.5. alkaen 92 kpl, joista suurin osa on ajoittuu kesä- ja heinäkuulle. Ruotsinkielisiä hakuja oli 6 kpl ja englanninkielisiä 5 kpl.

1.5 Rajasaaren aaltomittaukset

Vuosina 2012–2014 tehtyjä aaltomittauksia päätettiin täydentää Seurasaarenselän osalta Helsingin kaupungin omistamalla pienellä tutkimuspoijulla. Poiju ankkuroitiin 10.10.2017 Rajasaaren lähelle ja mittauksia jatkettiin paristojen keston ajan 7.11.2017 saakka. Näistä mittauksista kirjoitetaan vuonna 2018 oma raportti, eikä niitä siksi käsitellä tarkemmin tässä.

1.6 Aaltopoijujen huolto

Pienissä tutkimuspoijuissa havaittiin vika, joka aiheutti sen etteivät ne pystyneet tallentamaan päivämäärää oikein, vaikka itse mittauksissa ei ollut mitään vikaa. Kaikki poijut lähetettiin valmistajalle (Datawell) huoltoon, missä ne päivitettiin ajan tasalle ja toimivat nyt moitteetta. Helsingin kaupungin omistama *Snadi*-poiju päivitettiin samanaikaisesti Ilmatieteen laitoksen omien poijujen kanssa. Helsingin kaupungin toista pientä aaltopoijua (*Aapo*) ei ollut tarvetta päivittää. Vika ei myöskään koskenut Suomenlinnan isoa poijua (*Buli*).



Kuva 4: Suomenlinnan edustalla mitatun merkitsevän aallonkorkeuden histogrammi (vasen) ja aallokon huipun suunnan aaltoruusu (oikea). Lehtien pituudet kuvaavat suunnan yleisyyttä.

2 Tutkimusprojektin havaintotoiminta

2.1 Aaltohavainnot

Vuonna 2016 hankittu aaltopoiju Buli on mitannut aallokkoa myös vuonna 2017. Se ankuroitiin 20.4.2017 ja nostettiin 15.12.2017. Yhteenvedo poijun mittaamasta aallokosta on esitetty kuvassa 4.

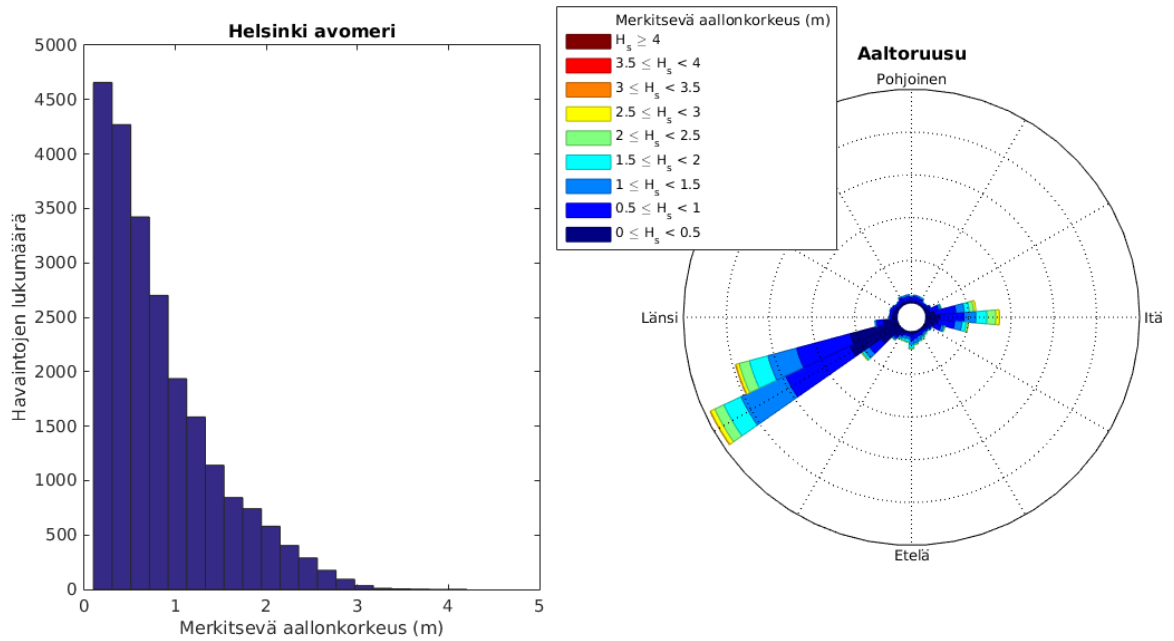
Toimitusvaikeuksien vuoksi poijuun ei alun perin saatu hankittua aurinkopaneelia. Aurinkopaneelien toimitus on nyt jatkunut, joten poijun päivitys on suunniteltu tehtäväksi avovesikausien 2017–2018 välisen jääajan aikana.

Poijun kaksinkertaisen datalähetyksen ansiosta (GSM ja radio) tieto on päivittynyt reaaliaikaisesti koko vuoden ajan pieniä yksittäisiä katkoksia lukuun ottamatta.

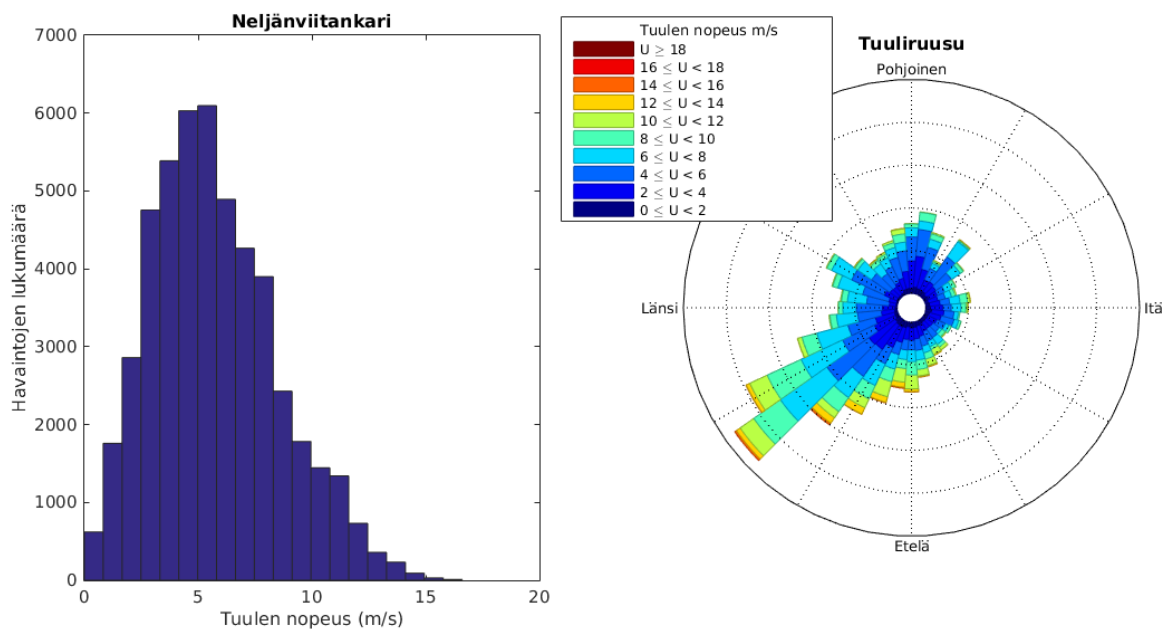
Suomenlahden operatiivinen poiju on toiminut osana Ilmatieteen laitoksen normaalia havaintoverkostoa. Yhteenvedo poijun mittaamasta aallokosta on esitetty kuvassa 5.

2.2 Tuulihavainnot

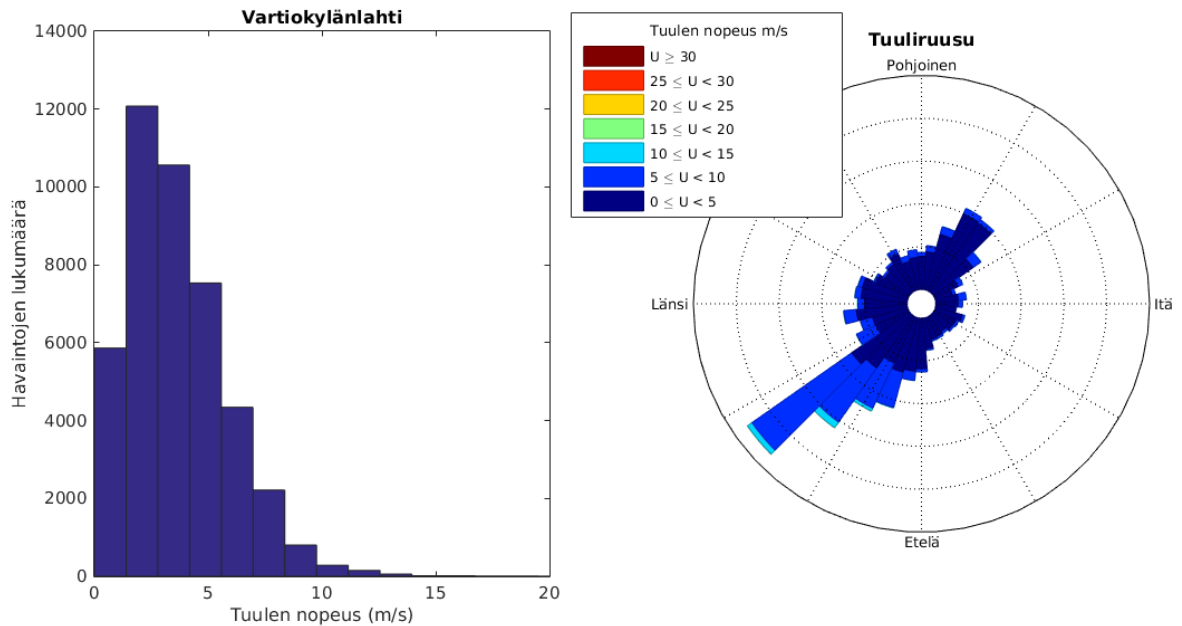
Neljänviitankarin viime vuonna uusittu asennus on toiminut läpi vuoden lyhyitä tiedonsiirtokatkoja lukuun ottamatta. Voidaan siis todeta, että aurinkopaneelin ja uuden tuuliturbiinin yhdistelmä on tuottanut tarpeeksi virtaa sekä tuuli- että lämpötilamittauksille. Vuoden 2017 aikana tehdyt tuulimittaukset on havainnollistettu kuvassa 6.



Kuva 5: Suomenlahdella tehtyjen avomerimittausten merkitsevän aallonkorkeuden histogrammi (vasen) ja aallokon huipun suunnan aaltoruusu (oikea). Lehtien pituudet kuvaavat suunnan yleisyyttä.



Kuva 6: Neljänviitankarilla tehtyjen tuulimittausten histogrammi (vasen) ja tuuliruusu (oikea). Tuuliruusun lehtien pituudet kuvaavat suunnan yleisyyttä.



Kuva 7: Vartiokylänlahdella tehtyjen tuulimittausten histogrammi (vasen) ja tuuliruusu (oikea). Tuuliruusun lehtien pituudet kuvaavat suunnan yleisyyttä. Korkeimmat mitatut arvot ovat mahdollisesti virheellisiä, sillä mittausaikasarjaa ei ole laatutarkastettu käsin.

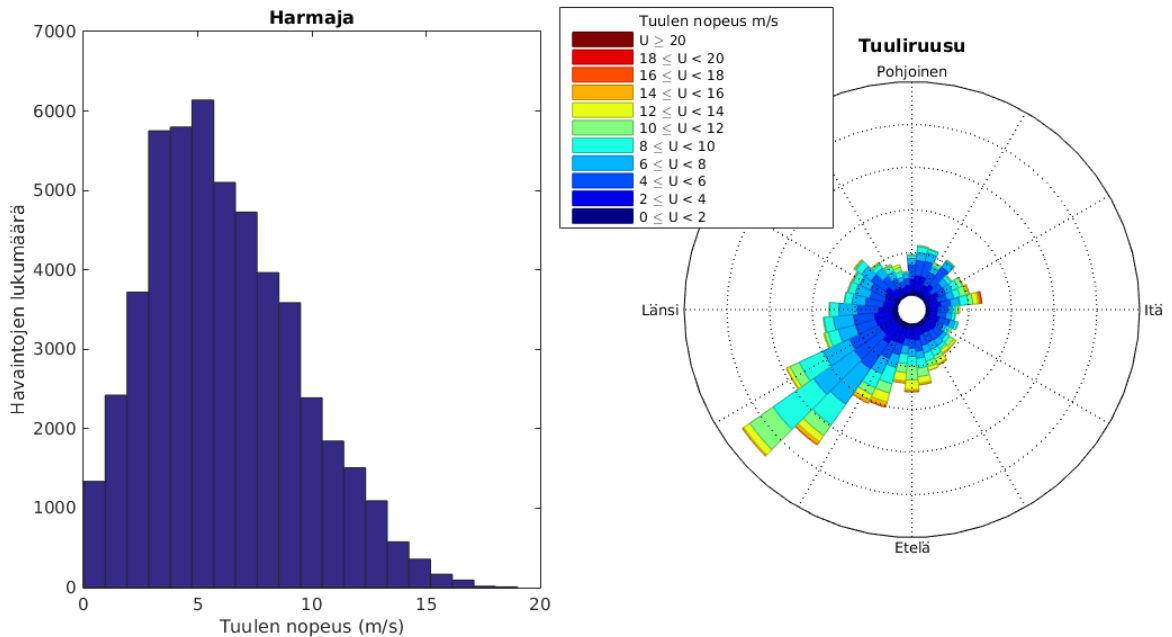
Vartiokylänlahden tuulimittaukset ovat myös pyörineet ilman ongelmia. Vuoden 2017 aikana tehdyt tuulimittaukset on havainnollistettu kuvassa 7. Suurimmat mitatut arvot ovat mahdollisesti virheellisiä sillan aiheuttaman vääristymän ja rekkaliikenteen takia. Niiden poistaminen on mahdollista huolellisella käsin tehtävällä laatutarkastuksella.

Vartiokylänlahden tuulimittaukset lopetetaan vuonna 2018 kun anturi joudutaan hakemaan pois sillan korjaustöiden takia. Anturille haetaan parhaillaan uutta sopivaa paikkaa.

Yhteenvetosivustolle päivitetään myös Ilmatieteen laitoksen Harmajalla tehtävät tuulihavainnot. Harmajan tuulimittaukset antavat yhdessä Neljänviitankarin havaintojen kanssa tärkeää tietoa sisä- ja ulkosaariston tuuliolosuhteista. Tutkimusprojektin mittausten kanssa vertailukelpoiset kaaviot löytyvät kuvasta 8.

2.3 Neljänviitankarin lämpötilaprofilimittaukset

Neljänviitankarille asennettiin vuonna 2016 laitteisto, jolla mitataan Kruunuvuorenselän veden lämpötilaa viideltä eri syvyydeltä. Tämä asennus on toiminut moitteettomasti, joten kerättyä on nyt dataa ensimmäiseltä kokonaiselta vuodelta (kuva 2). Lämpötilamittauksia käytetään mm. validoimaan pääkaupunkiseudun merialueen kattavaa kolmiulotteista veden hydrofysikaalista mallia jota käytetään pääkaupunkiseudun merialueen yhteistarkkailun puitteissa arvioitaessa eri alueella toimivien merialuetta kuormittavien toimintojen vaikutuksia.



Kuva 8: Harmajalla tehtyjen tuulimittausten histogrammi (vasen) ja tuuliruusu (oikea). Tuuliruusun lehtien pituudet kuvaavat suunnan yleisyyttä.

3 Esitelmät, julkaisut ja näkyminen mediassa

Projektin puitteissa osallistuttiin vuoden 2017 Venemessuille, missä Ilmatieteen laitoksen tutkija Jan-Victor Björkqvist piti esitelmän Helsingin edustan aallokosta. Loppuvuodesta 2017 Paavo Lahdenperä esitteli tutkimushanketta Helsingin ja Espoon kaupungin Merise-minaarissa (Lahdenperä, 2017).

Uudesta poijusta kirjoitettiin myös artikkeli messujen yhteydessä ilmestyvään Veneilyturvallisuus-lehteen (Björkqvist, 2017b). Samasta aiheesta ilmestyi artikkeli myös SGY:n jäsenlehteen Geofoor (Björkqvist, 2017a). Suomenlinnan poiju, uusi aaltoennuste ja Helsingin kaupungin ylläpitämä meri.hel.fi-sivusto olivat esillä myös Veneilijän säällässä Ilmatieteen laitoksella pidetyssä esitelmässä (Kumpula, Helsinki, 27.4.2017).

Projektia ja sen tuloksia on myös esitelty kansainvälisessä konferenssissa WIT Coastal Cities (24.-26.4.2017, Cadiz, Espanja). Kokouksen yhteydessä laadittiin tieteellinen kokousjulkaisu mittauksista, joiden avulla pystyttiin määrittelemään Jätkäsaaren heijastunut aallokko (Björkqvist *et al.*, 2017).

Vuoden 2016 alkupuolella päättyneen projektin tuloksista ja menetelmistä on myös laadittu tieteellinen artikkeli, joka on lähetetty kansainväliseen vertaisarvioituun lehteen *Natural Hazards and Earth System Sciences* (Leijala *et al.*, 2017).

Lisäksi Yle julkaisi 12.10.2017 netissä, radiossa ja TV:ssä laajahkon uutisen otsikolla ”Nyt sataa ja tulvii, mutta tulevaisuuden Suomea uhkaa suuri meritulva joka kolmas vuosi – Riski voi nostaa kotivakuutuksen hintaa” (yle.fi/uutiset/3-9876046).

4 Projektin jatko

Vuonna 2018 kaikki tässä raportissa kuvatut mittaukset tulevat jatkumaan. Projektin puitteissa on keskusteltu miten aallonpituuden esitystapaa saisi parannettua, sillä nyt käytetty hallitseva aallonpituus on saaristo-olosuhteissa suhteellisen epävakaa parametri.

Suomenlinnan operatiivisen aaltomallin tarkkuutta tullaan arvioimaan vuoden 2017 kerätyn aineiston pohjalta ja pyrkimyksenä on, että ensi vuonna voitaisiin tuottaa entistä tarkempia ennusteita.

Vartiokylänlahden tuulimittaukset ajetaan alas sillan peruskorjausten yhteydessä. Uutta paikkaa mittarille on haettu Länsisataman kohdalle, mutta viimeisten tietojen mukaan satama on asentanut oman anturin. Uuden paikan valinta tarkentuu ensi vuoden aikana.

Seurasaarenselällä syksyllä 2017 tehtyjen mittausten analysointi tullaan suorittamaan vuonna 2018 ja tulokset päivittämään vuonna 2016 julkaistuun raporttiin.

Viitteet

BJÖRKQVIST, J.-V., 2017a. Helsinki jatkaa merellisten olosuhteiden kartoituksen edelläkävijänä. *Geofoor* 47, 18–19. URL <https://sgy.fi/wp-content/uploads/2017/04/geofoor-nro-47-maaliskuu-2017.pdf>. 11.1.2018.

BJÖRKQVIST, J.-V., 2017b. On se Buli! – Suomeen ensimmäinen pysyvä rannikonläheinen aaltopoiju. *Veneilyturvallisuus* 26–27.

BJÖRKQVIST, J.-V., I. VÄHÄÄHO ja K. K. KAHMA, 2017. Spectral field measurements of wave reflection at a steep shore with wave damping chambers. *WIT Transactions on The Built Environment* 170, 185–191. URL <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/CC17/CC17018FU1.pdf>. 11.1.2018.

LAHDENPERÄ, P., 2017. Merellinen Helsinki – taustaa ja tulevaisuutta, Helsingin ja Espoon kaupunkien Meri-seminaari Espoon Hanasaassa, 4.12.2017. URL <https://helsinki.emmi.fi/l/HW5Tv2GmMP2m>. (11.1.2018).

LEIJALA, U., J.-V. BJÖRKQVIST, M. M. JOHANSSON, H. PELLIKKA, L. LAAKSO ja K. K. KAHMA, 2017. Combining probability distributions to evaluate flooding risks. *Natural Hazards and Earth System Sciences* (Submitted).