



ILMATIETEEN LAITOS

**Tilaaja: Helsingin kaupungin maa- ja kallioperäyksikkö**  
Työnumero GEO 8007

**Helsingin ajantasa-aallocko**  
Vuosisiraportti 2018

Jan-Victor Björkqvist ja Milla Johansson

29.1.2019, Ilmatieteen laitos

Ilmatieteen laitos  
Erik Palménin aukio 1, PL 503  
00101 Helsinki  
[www.fmi.fi](http://www.fmi.fi)

## **Tämän tutkimushankkeen aikaisemmat julkaisut**

### **2017 tutkimustulokset ja vuosiraportti**

Arkistoitu Helsingin kaupungin sisäiseen arkistoon:

\\helsinki1.hki.local\kymp\Maankäyttö\Geotekniikka\Arkisto\8007.zip

Vuosiraportin voi tilata maksutta Helsingin kaupungin asiakaspalvelusta:

kaupunkiymparisto@hel.fi

### **2016 tutkimustulokset ja vuosiraportti (Klk 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

### Maailman toimivin kaupunki – Helsingin kaupunkistrategia 2017–2021 mukaisesti Helsinki vahvistaa saariston vetovoimaa, saavutettavuutta ja palveluita.

Tämä *Merellisen Helsingin vesiliikenteen turvaamiseen* tähtäävä Helsingin ajantasa-aallokko -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 turvaamista. Vuoden 2016 tutkimustulokset ja vuosiraportti esiteltiin Kiinteistölautakunnalle 20.4.2017 (§ 182). Vuonna 2017 tehdyn kehitystyön tulokset on raportoitu Merellinen Helsinki vuosiraportissa GEO 8007, 16.1.2018.

Helsingin kaupungin maa- ja kallioperäyksikön tilaama ja Ilmatieteen laitoksen toteuttama tutkimushanke perustuu laajaan data-aineistoon, jonka perusteella on mallinnettu Helsingin lähivesien käyttäytymistä. Reaaliaikaiset tiedot ja ennusteet aallokosta, tuulesta ja lämpötiloista, kuten myös kamerakuva aallokosta sekä termistön kuvaukset on koottu käyttäjille havainnolliseen graafiseen muotoon [meri.hel.fi](http://meri.hel.fi) -palvelussa.

Vuonna 2018 Helsingin ajantasa-aallokko -projektin ohjauksesta vastasi työryhmä, johon kuuluivat

Ilkka Vähäaho, pj.	Kaupunkiympäristö, Maa- ja kallioperäyksikkö
Paavo Lahdenperä, siht.	Kaupunkiympäristö, Maa- ja kallioperäyksikkö (30.6.2018 asti)
Minttu Perttula	Kaupunginkanslia, Merellinen Helsinki strategian projektipäällikkö
Henrik Ahola	Kaupunkiympäristö, Asemakaavoitus
Markku Granholm	Kaupunkiympäristö, Liikenne- ja katusuunnittelu
Kimmo Suomalainen	Kaupunkiympäristö, Rakennusvalvonta
Mirja Impola	Kaupunkiympäristö, Rakennusvalvonta
Emil Vahtera	Kaupunkiympäristö, Ympäristöpalvelut
Hannu Airola	Kulttuurin ja vapaa-ajan toimiala, Tilapalvelut
Mikko Piipponen	Rajavartiolaitos
Tero Sievänen	Helsingin Satama Oy

Työn toteutuksesta vastasivat:

Jan-Victor Björkqvist	Ilmatieteen laitos
Milla Johansson, siht. (12.9.2018 alkaen)	Ilmatieteen laitos
Tuomo Roine	Ilmatieteen laitos
Sami Kielosto	Ilmatieteen laitos
Lauri Laakso	Ilmatieteen laitos
Kimmo Kahma	Akateemiset konsultit Oy

Meri.hel.fi -sivujen tuottamisesta ja koodauksesta vastasivat Jonni Takala ja Aimo Karvinen Kaupunkiympäristön maaomaisuuden kehittäminen ja tontit palvelusta sekä Milla Johansson Ilmatieteen laitokselta.

Ilkka Vähäaho

Maa- ja kallioperäyksikkö GEO, Helsingin kaupunki, Kaupunkiympäristön toimiala, Maankäyttö ja kaupunkirakenne, Maaomaisuuden kehittäminen ja tontit

# Sisältö

<b>Tiivistelmä</b>	<b>5</b>
<b>1 Vuoden aikana tapahtunutta</b>	<b>6</b>
1.1 Neljänviitankarin sääasema . . . . .	6
1.2 Suomenlinnan aaltoennuste . . . . .	6
1.3 Yhteenvetosivuston kehitystyö . . . . .	6
1.4 Aallokkokuvat kamerasta . . . . .	8
1.5 Tekstiviestisovellus . . . . .	8
1.6 Meri.hel.fi -sivuston käytön raportointi . . . . .	8
<b>2 Tutkimusprojektin havaintotoiminta</b>	<b>10</b>
2.1 Pysyvät aaltohavainnot . . . . .	10
2.2 Täydentävät aaltohavainnot . . . . .	10
2.3 Länsisataman Ahdinallas . . . . .	13
2.4 Tuulihavainnot . . . . .	13
2.5 Neljänviitankarin lämpötilaprofiilimittaukset . . . . .	14
<b>3 Esitelmät, julkaisut ja näkyminen mediassa</b>	<b>17</b>
<b>4 Projektin jatko</b>	<b>17</b>

## Tiivistelmä

Suomenlinnan poijulle laskettu aaltoennuste on nyt ollut toiminnassa kaksi avovesikautta ja vertailutulosten mukaan sen tarkkuus on vakio koko kahden vuorokauden ennustepituudelta. Tästä syystä Helsingin rannikkoalueen ennustetta on nyt pidennetty kahteen ja puoleen vuorokauteen. Kruunuvuorenselän Neljänviitankarille on hankittu uusi sääasema vanhan rikkoontuneen tilalle. Samalla asemalla veteen asennetut viisi lämpötila-anturia ovat keränneet dataa nyt jo yli kaksi vuotta. Tämä havaintoaineisto on osoittautunut hyödylliseksi kun suunnitellaan mereen asennettavia lämpöpumppuja. Uusia mittauksia on tehty Melkin ja Vattuniemen edustalla. Näillä aaltomittauksilla pystytään tarkentamaan vuoden 2016 raportin (Turvalliset rakentamiskorkeudet Helsingin rannoilla vuosina 2020, 2050 ja 2100) tuloksia. Jätkäsaaren Ahdinaltaalla tehtävät muutostyöt ovat myös synnyttänyt tarvetta mitata aallokon heijastumista altaassa. Tätä tarkoitusta varten suoritettiin Ahdinaltaalla aallokon heijastusmittauksia viidessä eri pisteessä kovan lounaistuulen aikana. Projektissa tehtävän havaintotoiminnan pohjalta tehdään myös jatkuvasti tieteellistä tutkimustyötä, jonka tuloksia esitetään kansainvälisissä tieteellisissä kokouksissa ja tieteellisissä aikakausjulkaisuissa. Projektista ja sen tuloksista tiedotetaan myös aktiivisesti sidosryhmätapahtumissa sekä mediatiedotteissa.

# 1 Vuoden aikana tapahtunutta

## 1.1 Neljänviitankarin sääasema

Neljänviitankarin sääaseman tuulianturi rikkoontui 9.4.2018. Koska Vaisala ei enää huolla tämän vanhan mallisia antureita, vaihdettiin sääasema kokonaan uuteen (Vaisala WXT530). Aseman vaihdon yhteydessä uusittiin myös joitain kytkentöjä vastaamaan uuden sääasema-tyyppin standardia mm. lämmityksen osalta. Uusi asema on toiminut odotetusti 6.9.2018 lähtien. Tiedonsiirto on kuitenkin ollut kunnossa koko kesän, mikä tarkoittaa, että veteen asennettujen lämpötila-antureiden data saatiin talteen koko vuodelta.

## 1.2 Suomenlinnan aaltoennuste

Huhtikuusta 2017 lähtien on Suomenlinnan poijun kohdalle tuotettu myös aaltoennuste, jonka ennustepituus on ollut kaksi vuorokautta. Ennuste toteutetaan erikseen ajettavalla Helsingin alueen hienohilaisella mallilla, joka saa syötteenä tuulen lisäksi Itämeren operatiivisen mallin laskemat tiedot avomeren aallokosta.

Koska Itämeren operatiivinen ennuste on pidennetty 12 tunnilla, pidennettiin myös Helsingin edustan ennusteita kahteen ja puoleen vuorokauteen joulukuussa 2018 (kuva 1). Tämä pidentäminen on perusteltua, sillä ennustetarkkuus Suomenlinnan poijulla on ollut vuonna 2017 käytännössä vakio koko ennustepituuden ajalla (Björkqvist *et al.*, 2018). Ennusteen harha on ollut noin 0.05 m ja hajonta (root-mean-square-error) hieman päälle 0.30 m (kuva 2).

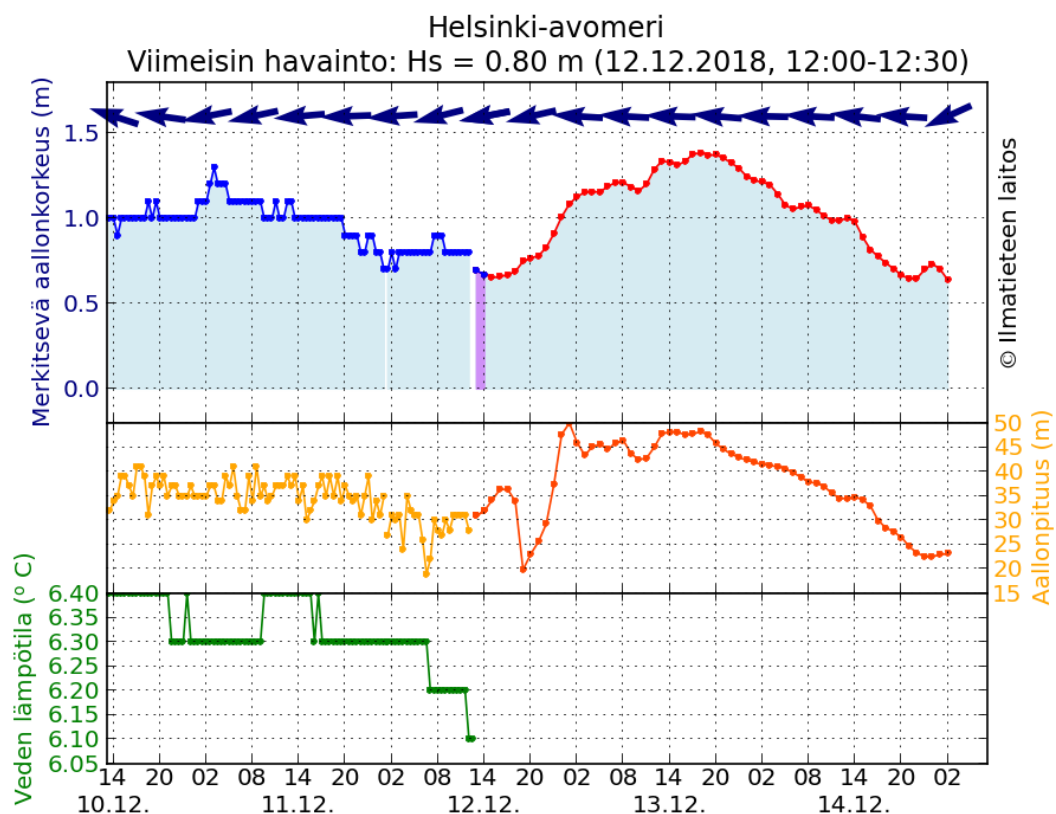
Talvella 2017–2018 Helsingin rannikon malli ei vielä käyttänyt Ilmatieteen laitoksen jääkarttaa syötteenä. Tämä ei vaikuttanut ennusteeseen Suomenlinnan kohdalla leudon jäätälven takia. Talvelle 2018–2019 myös tämä toiminnallisuus lisätään Helsingin alueen aaltomalliin.

## 1.3 Yhteenvetosivuston kehitystyö

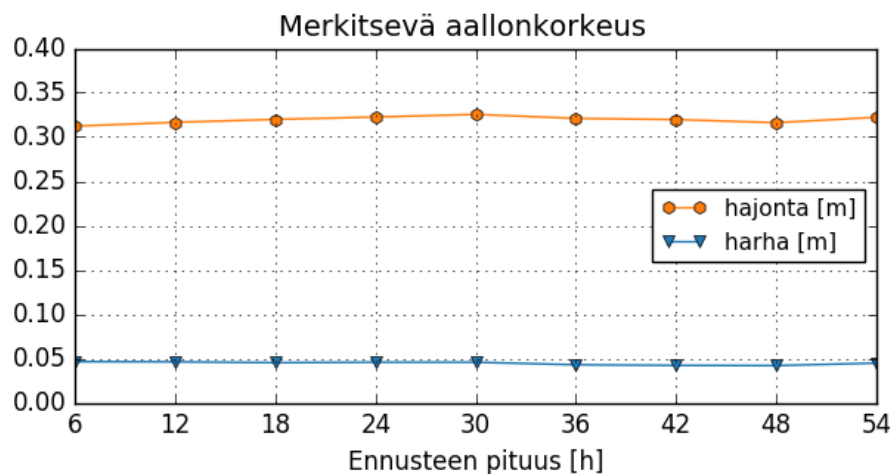
Mittausaineisto kerätään reaaliajassa julkiselle yhteenvetosivustolle. Sivusto avattiin jo vuonna 2016 ja siihen pääsee käsiksi osoitteista [meri.hel.fi](http://meri.hel.fi) tai [marinehelsinki.fi](http://marinehelsinki.fi).

Sivustolta on poistettu Vartiokylänlahden data, sillä sääaseman toiminta loppui 13.12.2017. Tämän sijaan sivustolle päivittyvät Länsisataman tuulitiedot. Tämä data on peräisin Helsingin sataman tekemistä mittauksista, mutta satama on antanut luvan käyttää niitä myös tämän projektin yhteenvetosivustolla. Alkuperäinen data päivittyy Helsingin sataman sivulle ([linkki](#)).

Yhteenvetosivulle on myös kerätty jonkin verran linkkejä ulkopuolisiin merellisiin palveluihin, mm. Ilmatieteen laitoksen vedenkorkeussivuille ja Helsingin kaupungin merialueen tilaa käsittelevälle sivustolle.



Kuva 1: Suomenlahden avomeren poijun aallokko. Aallonkorkeuden ja aallonpituuden ennuste näkyy punaisella. Ennustepituutta on pidennetty kahteen ja puoleen vuorokauteen.



Kuva 2: Vuoden 2017 Suomenlinnan aaltoennusteen tarkkuus ennustepituuden mukaan laskettuna. Sekä harha (bias) että hajonta (root-mean-square-error, RMSE) ovat käytännössä vakioita koko ennustepituuden ajalla.



Kuva 3: Harmajalta pohjoiseen osoittava kamera kuvaa Suomenlinnan poijun kohdalla esiintyvää aallokkoa. Kuvaan on lisätty Suomenlinnan poijun mittaama (tai mallin tuottama) merkitsevä aallonkorkeus.

#### **1.4 Aallokkokuvat kamerasta**

Viime vuonna yhteenvetosivustolle lisättiin Harmajalta otettu kamerakuva joka kuvaa Suomenlinnan poijun mittaamaa aallokkoa. Tänä vuonna tähän kuvaan on lisätty myös tieto poijun mittaamasta aallokosta, jolloin pystytään yhdistämään visuaalinen kuva aallokosta mittalaitteen tuottamaan tarkkaan tietoon. Mikäli poiju ei ole meressä lisätään kuvaan aaltomallin laskema aallonkorkeus (kuva 3).

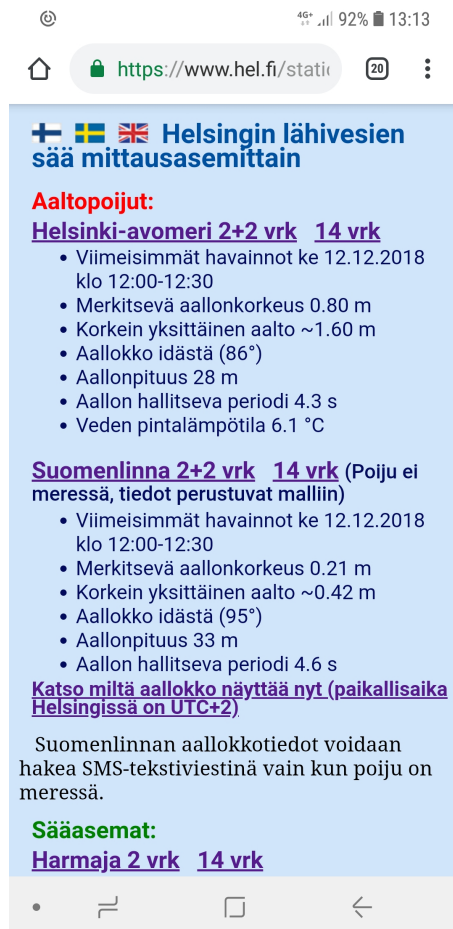
#### **1.5 Tekstiviestisovellus**

Toukokuusta 2017 lähtien Suomenlinnan aaltopoijun tietoja on pystynyt tiedustelemaan lähettämällä tekstiviestin "Poiju Suomenlinna" numeroon 16161 (0,85€/kysely). Palvelu toimii myös muille aaltopoijuille, esim. Suomenlahden avomeren poijuille. Palvelun käyttö on kuitenkin ollut vähäistä.

#### **1.6 Meri.hel.fi -sivuston käytön raportointi**

Yhteenvetosivustolla on kuitenkin ollut liikennettä, mikä kertoo kiinnostuksesta havaintoja kohtaan. Esimerkiksi marraskuussa 2018 sivuilla oli noin 1800 katselukertaa. Vierailuista lähemmäs puolet tapahtuu mobiililaitteilla. Sivuston hyvä käytettävyys puhelimella selittänee osaksi tekstiviestipalvelun suosion puutetta (kuva 4).





Kuva 4: Aloitus sivulta [meri.hel.fi](https://www.hel.fi/statistika) näkyvät heti tärkeimmät aallokkoa koskevat tiedot myös mobiililaitteilla

## **2 Tutkimusprojektin havaintotoiminta**

### **2.1 Pysyvät aaltohavainnot**

Vuonna 2016 hankittu aaltopoiju Buli on vuonna 2018 mitannut aallokkoa nyt jo kolmatta vuotta. Avovesikaudella 2018 Buli ankkuroitiin 3.5.2018 ja nostettiin merestä 26.11.2018. Yhteenveto poijun mittaamasta aallokosta on esitetty kuvassa 5. Poijun kaksinkertaisen datalähetyksen ansiosta (GSM ja radio) tieto on päivittynyt reaaliaikaisesti koko vuoden ajan pieniä yksittäisiä katkoksia lukuun ottamatta.

Toimitusvaikeuksien vuoksi poijuun ei alun perin saatu hankittua aurinkopaneelia. Aurinkopaneeli asennettiin tammikuussa 2018 ja se on toiminut moitteettomasti.

Vuosina 2016 ja 2017 poijun nostossa oli esiintynyt hienoisia ongelmia. Tästä syystä tilattiin Meritaito Oy:ltä ankkurointipaikalle viistokaikuluotaus, joka suoritettiin huhtikuun lopulla. Luotauksessa ei löytynyt pohjasta mitään isompaa (esim. hylkyjä), mutta suosituksena oli, että ankkurointipaikkaa voisi hieman siirtää. Vuonna 2018 uusi ankkurointipaikka oli joitain kymmeniä metrejä vanhasta. Tämä matka on niin lyhyt, että se ei vaikuta tuloksiin tai niiden tulkintaan, joten poijulla kerättyä aikasarjaa voidaan siten edelleen pitää yhtäjaksoisena.

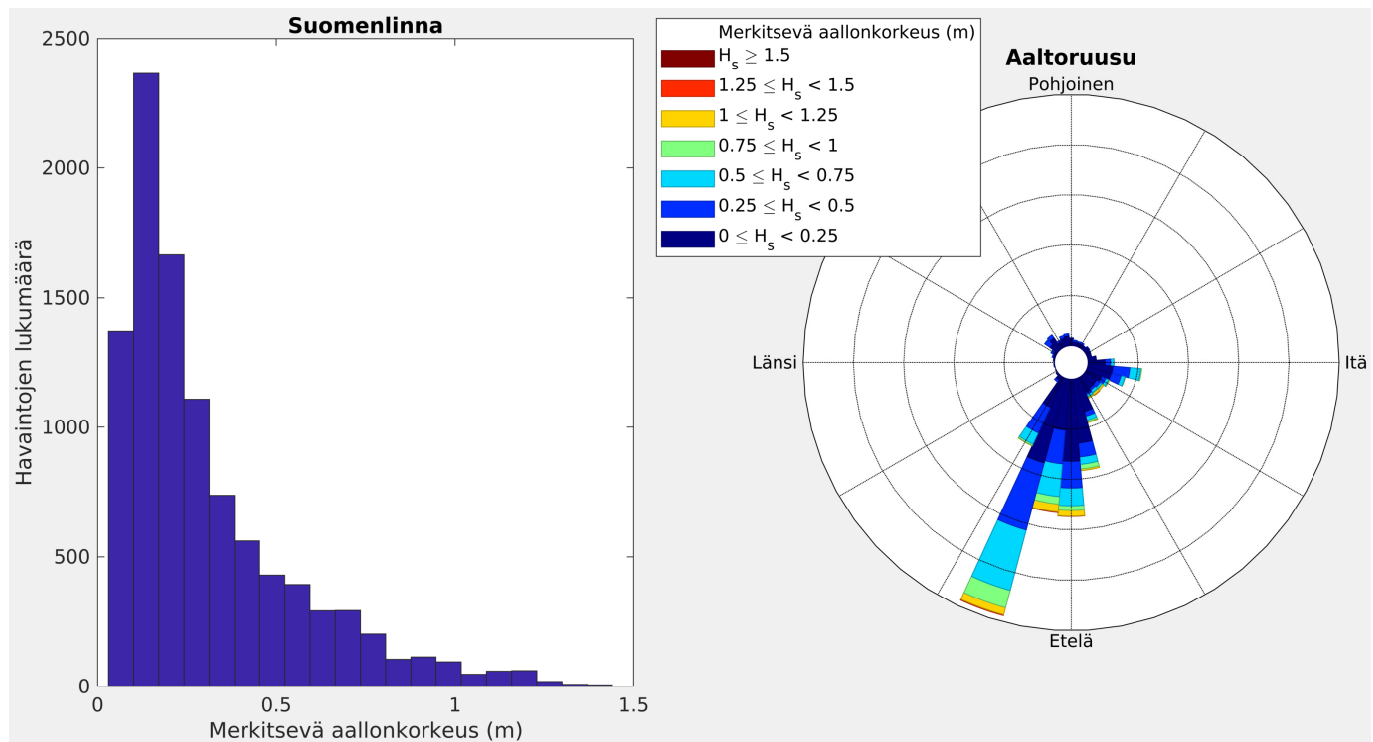
Paikan vaihdosta huolimatta ankkuria ja ankkuriköyhtä ei satu vuonna 2018 nostettua, sillä Haavi3-aluksen vinssi ei saanut jäisestä köydestä tarpeeksi hyvää otetta. Ankkuri köysineen on nyt upotettuna merenpohjaan, mutta ne ovat nostettavissa keväällä mukaan laitetun kaukolaukaistavan ankkuroinnin avulla. Haavi3:n varustukseen on suunnitteilla parannuksia joilla nämä tilanteet saataisiin jatkossa vältettyä.

Suomenlahden operatiivinen avomerien aallokkoa mittaava poiju on tänäkin vuonna toiminut osana Ilmatieteen laitoksen normaalia havaintoverkostoa. Poiju oli tänä vuonna meressä ensimmäisen jakson 29.1.2018 saakka. Toinen jakso alkoi keväällä 14.4.2018, jolloin mereen laskettiin uuden mallinen, myös virtauksia mittaava, poiju (DWR4). Poijun tuottamat virtausmittaukset tullaan validoimaan Ilmatieteen laitokselle tehtävässä Pro Gradu -tutkielmassa. Poiju on raportin kirjoittamishetkellä vielä meressä. Yhteenveto poijun mittaamasta aallokosta on esitetty kuvassa 6.

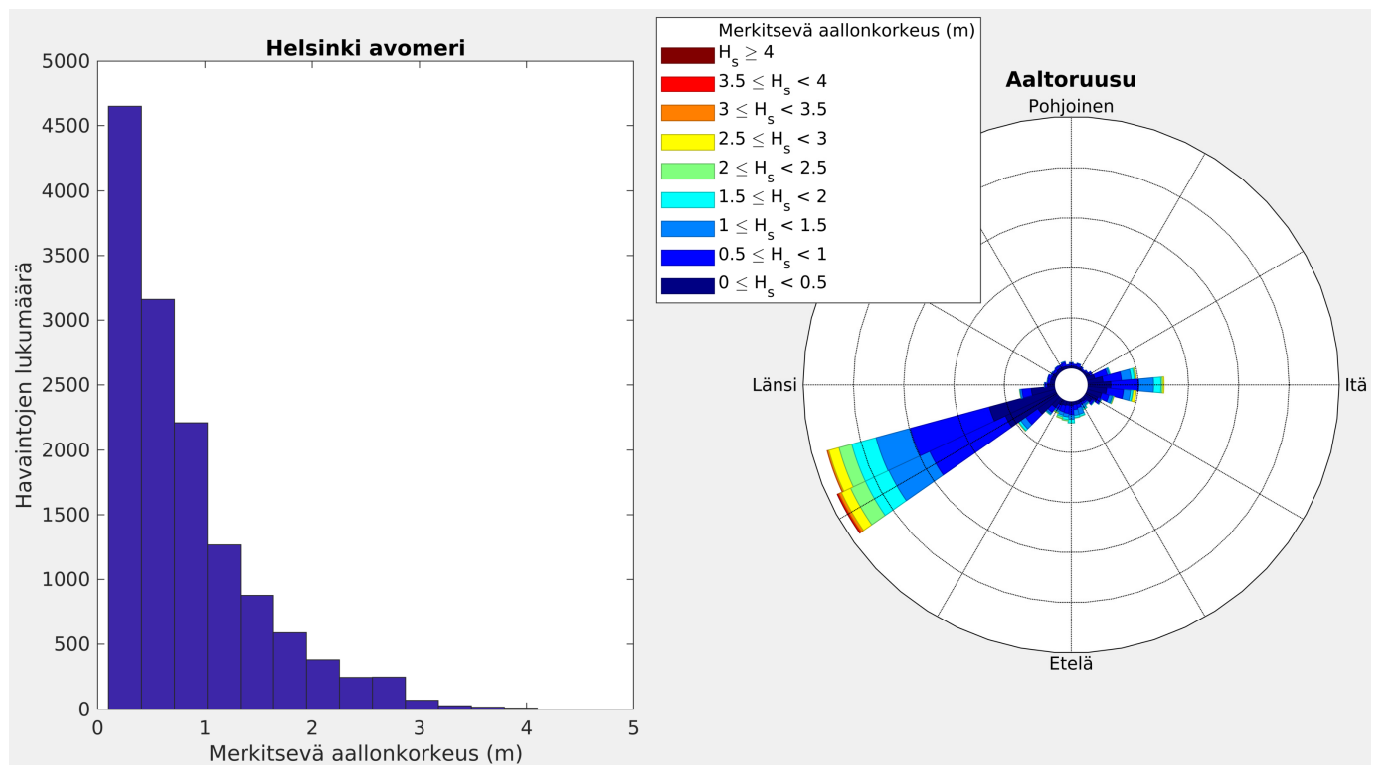
### **2.2 Täydentävät aaltohavainnot**

Vuosina 2012–2014 tehtyjä aaltomittauksia päätettiin täydentää Helsingin kaupungin omistamilla pienillä tutkimuspoijuilla. Mittauksia suoritettiin kahdessa paikassa. Toinen poiju ankkuroitiin Melkin edustalle, kun toinen asennettiin Lauttasaaren länsipuolelle Vattunien edustalle. Molemmat poijut ankkuroitiin 25.10.2018 ja ne mittasivat 21.11.2018 saakka, kunnes paristot loppuivat. Poijut haettiin merestä samaan aikaan Suomenlinnan poijun kanssa 26.11.2018. Poijujen sijainnit ovat nähtävissä kuvassa 7.

Näiden mittausten merkitsevän aallonkorkeuden aikasarja on näkyvissä Kuvassa 8. Mittauksista kirjoitetaan vuonna 2019 oma raportti, eikä niitä siksi käsitellä tarkemmin tässä.



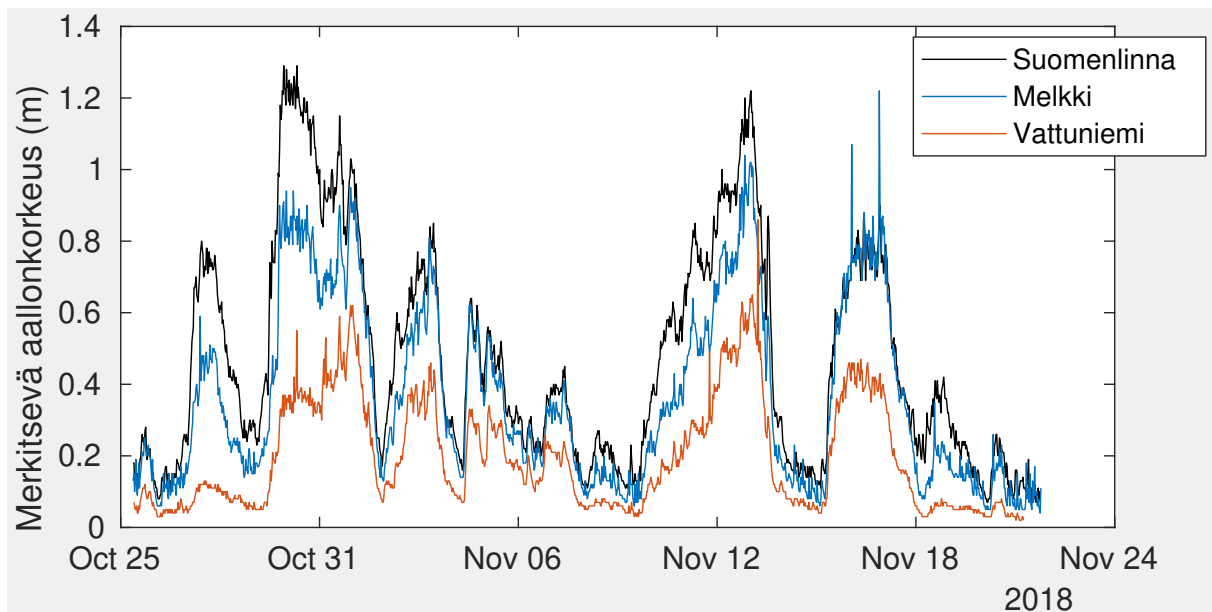
Kuva 5: Suomenlinnan edustalla mitatun merkitsevän aallonkorkeuden histogrammi (vasen) ja aallokon huipun suunnan aaltoruusu (oikea). Lehtien pituudet kuvaavat suunnan yleisyyttä.



Kuva 6: Suomenlahdella tehtyjen avomerimittausten merkitsevän aallonkorkeuden histogrammi (vasen) ja aallokon huipun suunnan aaltoruusu (oikea). Lehtien pituudet kuvaavat suunnan yleisyyttä.



12



Kuva 8: Merkitsevän aallonkorkeuden aikasarja Melkin, Vattuniemen ja Suomenlinnan poijuilta. Melkin ja Vattuniemen aineistolle ei ole vielä tehty lopullista laaduntarkistusta.

## 2.3 Länsisataman Ahdinallas

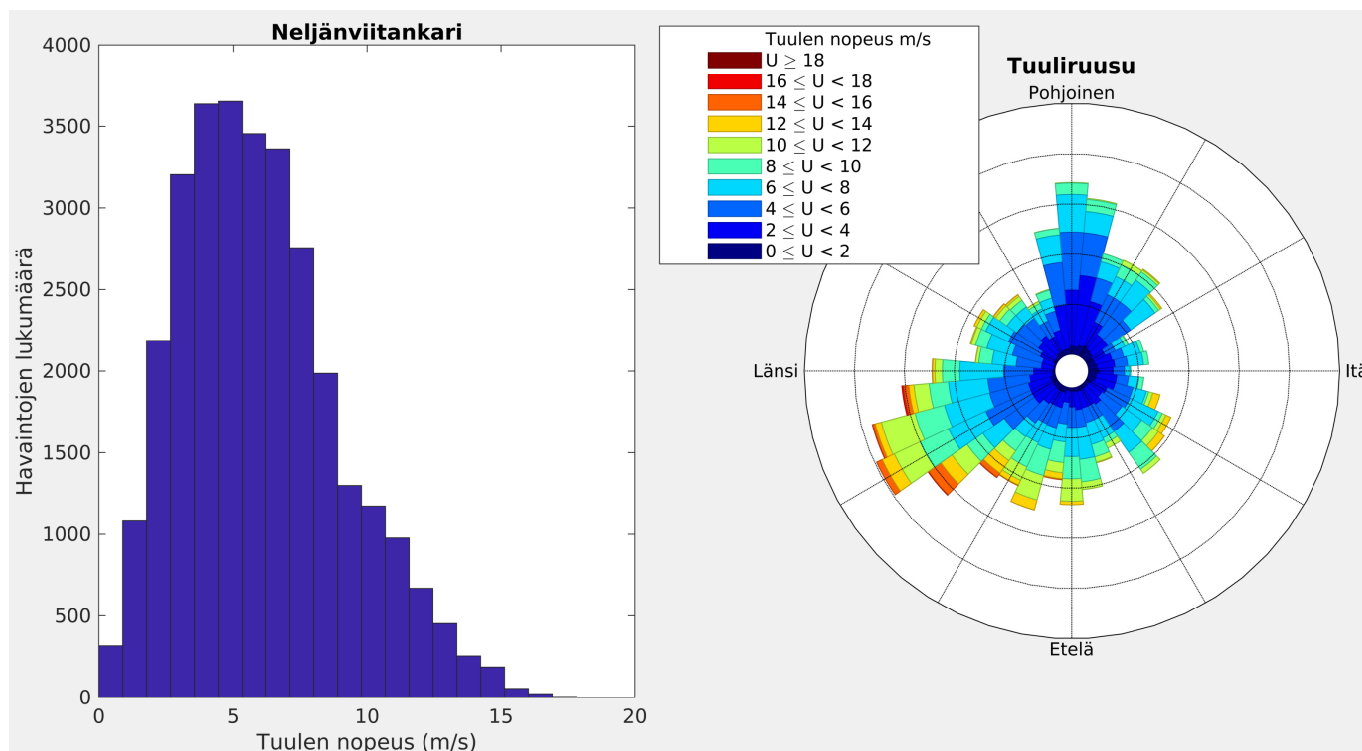
Ahdinaltaan muutostöistä johtuen alueella tarvittiin lisätietoa aallokon käyttäytymisestä al-  
taassa. Tästä syystä suoritettiin Ahdinaltaan laiturilta mittauksia viidessä eri pisteessä (kuva  
7). Mittaukset suoritettiin ohuella langalla, jonka avulla saadaan paremmin mitattua myös ly-  
hyitä aaltoja. Koska aaltojen heijastuksen määrittelemistä varten tarvitaan myös tieto sisään  
tulevasta aallokosta, ankkuroitiin Jätkäsaaren edustalle aaltopoiju 25.10.2018. Tämä mit-  
tausjärjestely on samantapainen kuin tämän projektin puitteissa tehdyt heijastusmittaukset  
Melkin laiturin kärjessä.

Koska säätila ei marraskuussa ollut otollinen mittauksille, jatkettiin aaltopoijumittauksia  
vaihtamalla laitteeseen paristot 26.11.2018. Muutama päivä myöhemmin, 29.11.2018, lan-  
kamittaukset Ahdinaltaalla pystytettiin suorittamaan kovassa lounaistuulella. Jätkäsaaren  
edustalla oleva poiju haettiin pois 10.12.2018. Mittaukset on käsitelty ja todettu onnistu-  
neiksi. Lopulliset tulokset, missä lankamittauksia on verrattu poijun tietoihin, käydään läpi  
tammikuun erillisessä Länsisataman Ahdinaltaan projektikokouksessa.

## 2.4 Tuulihavainnot

Vuoden 2018 aikana tehdyt tuulimittaukset Kruunuvuorenselän Neljänviitankarilla on ha-  
vainnollistettu kuvassa 9. Aineistosta puuttuu aika 9.4.-5.9.2018, sillä sääasema ei tuolloin  
ollut toimintakunnossa.

Yhteenvetosivustolle päivitetään myös Ilmatieteen laitoksen Harmajalla tehtävät tuuliha-  
vainnot. Kaaviot Harmajan vuoden 2018 mittauksista löytyvät kuvasta 10.

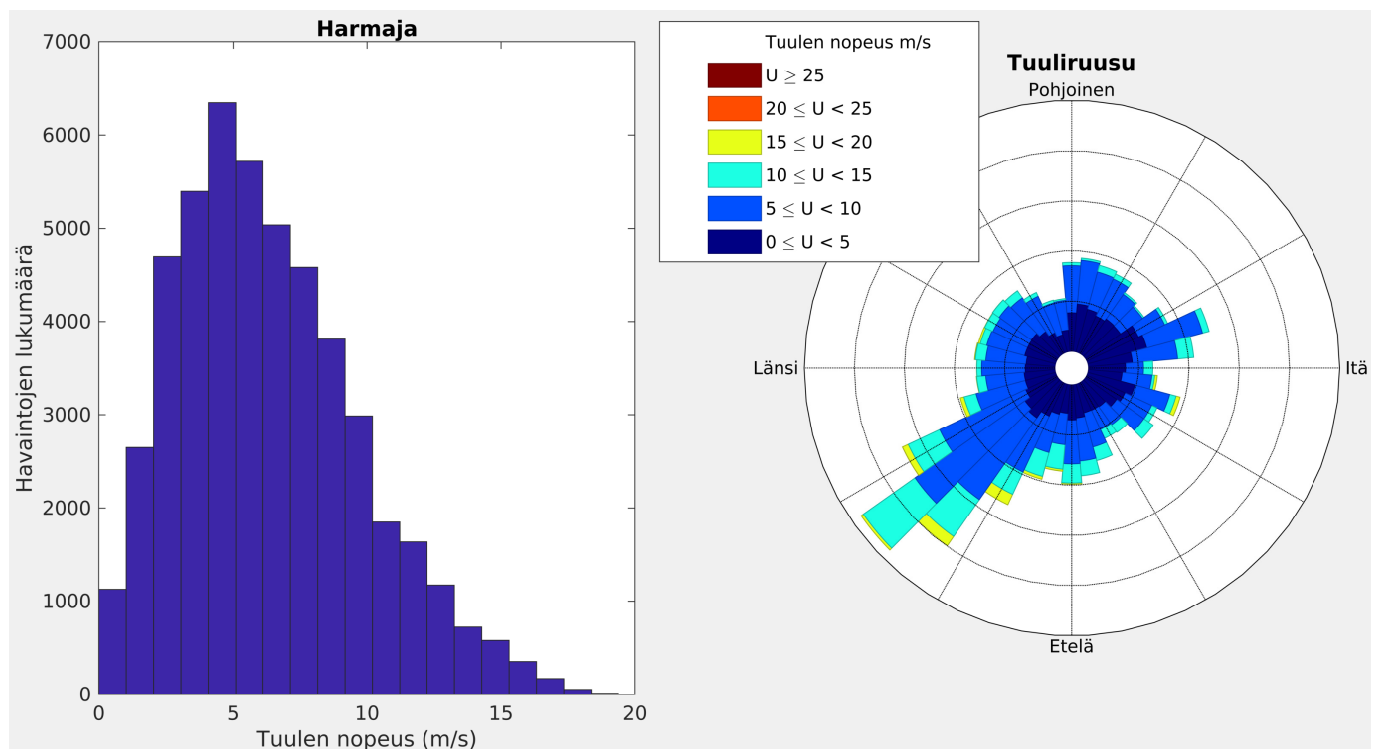


Kuva 9: Neljänviitankarilla tehtyjen tuulimittausten histogrammi (vasen) ja tuuliruusu (oikea). Tuuliruusun lehtien pituudet kuvaavat suunnan yleisyyttä.

Uutena lisäyksenä aineistoon on Helsingin sataman suorittamat tuulimittaukset Länsisatamalla. Nämä mittaukset päivittyvät reaaliaikaisesti sataman sivustolle (kuva 11, [linkki](#)). Samat tiedot haetaan myös tämän projektin yhteenvetosivustolle. Helsingin satama ei julkaise sivuillaan historiatietoja, mutta olemme saaneet luvan kerätä tuulihavainnot talteen tämän projektin tarpeita varten (kuva 12). Mittaukset olivat tärkeitä mm. Ahdinaltaan aaltohavaintoja käsiteltäessä.

## 2.5 Neljänviitankarin lämpötilaprofilimittaukset

Vuonna 2016 Neljänviitankarille asennetut lämpötilamittarit ovat toimineet nyt noin kaksi vuotta. Anturit tuottavat meriveden lämpötiladataa viideltä eri syvyydeltä. Viimeisten 12 kuukauden data näkyy kuvassa 13. Lämpötilamittauksia on käytetty mm. validoimaan pääkaupunkiseudun merialueen kattavaa kolmiulotteista veden hydrofysikaalista mallia. Tätä mallia käytetään mm. pääkaupunkiseudun merialueen yhteistarkkailussa. Mittaukset ovat myös osoittautuneet erittäin hyödyllisiksi mahdollisten mereen asennettavien lämpöpumppujen suunnittelussa. Tätä tarkoitusta varten meriveden lämpötilan vaihteluista Helsingin edustan merialueella valmisteltiin raportti jossa hyödynnettiin Neljänviitankarin lämpötilamittauksia meriveden lämpöenergian hyötykäytön arvioimiseksi (Vahtera, 2018).

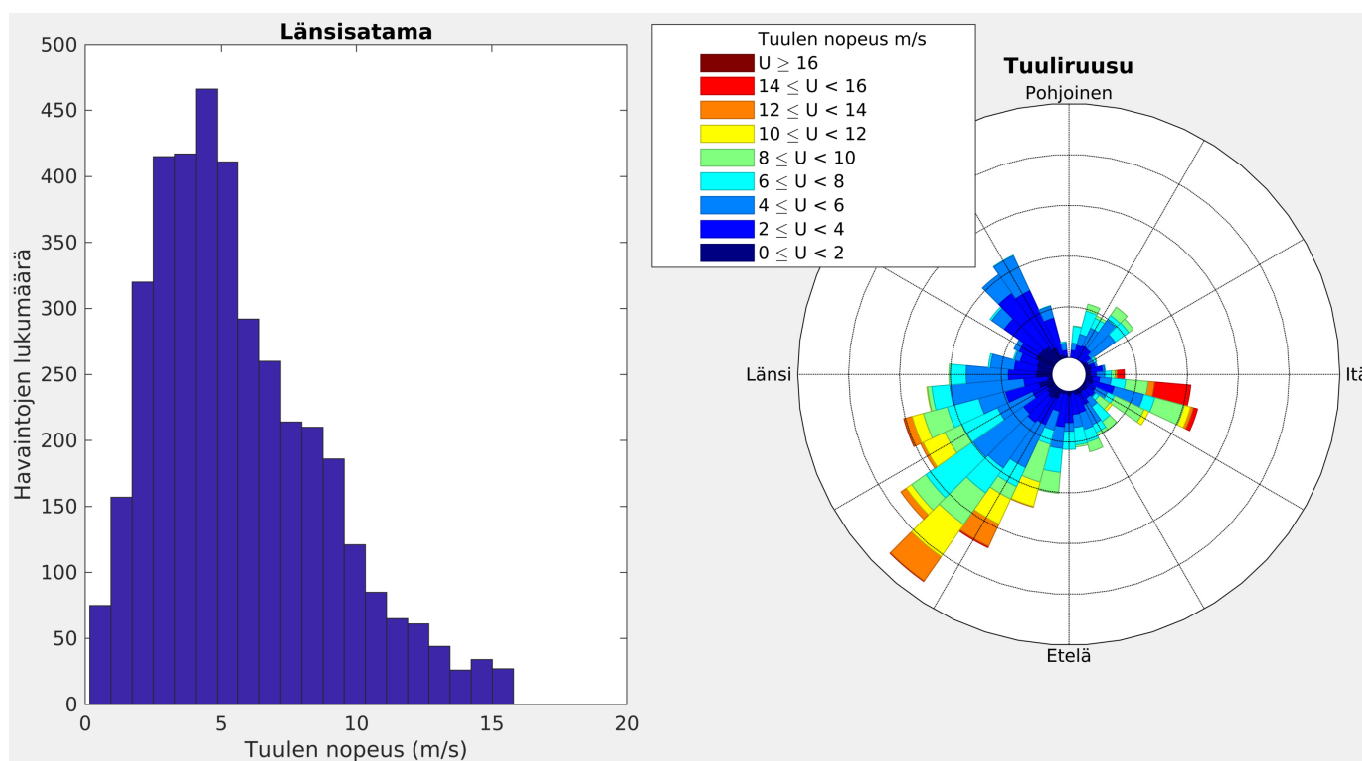


Kuva 10: Harmajalla tehtyjen tuulimittausten histogrammi (vasen) ja tuuliruusu (oikea). Tuuliruusun lehtien pituudet kuvaavat suunnan yleisyyttä.

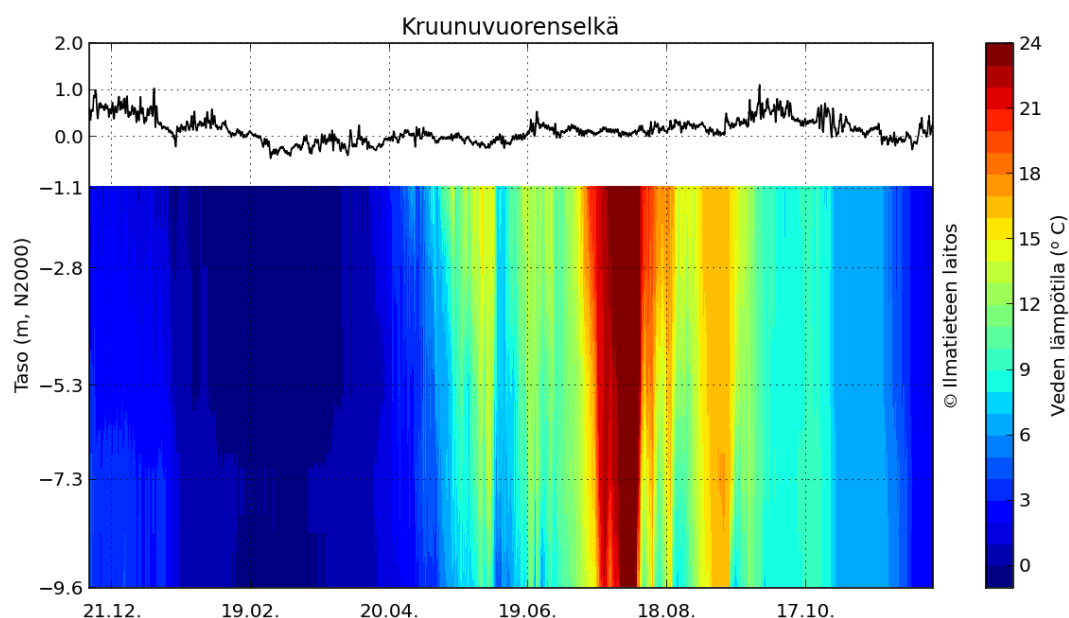


Kuva 11: Osittainen kuvankaappaus Längsätaman sivulta missä näkyvät tuulitiedot ([linkki](#))





Kuva 12: Länsisataman syksyn 2018 tuulimittausten histogrammi (vasen) ja tuuliruusu (oikea). Tuuliruusun lehtien pituudet kuvaavat suunnan yleisyyttä. Tämä tuuliaineisto on Helsingin sataman mittaama ja havainnot päivittyvät reaaliajassa sataman sivulle ([linkki](#)). Tältä sivulta ne kerätään talteen aikasarjaksi Helsingin sataman suostumuksella.



Kuva 13: Neljänviitankarilla tehtyjen lämpötilamittausten avulla saadaan kuva Kruunuvuorenselän veden lämpötilaprofilista. Kuvassa näkyy vuoden aikana kerätty mittausaineisto.



### 3 Esitelmät, julkaisut ja näkyminen mediassa

Mediatiedote ”Buli polskahti mittaamaan meren aallonkorkeutta” julkaistiin 3.5.2018 ([linkki](#)).

Neljänviitankarin lämpötilahavainnoista saatu data on koostettu raportiksi Helsingin kaupunkiympäristön julkaisusarjaan (Vahtera, 2018).

Jan-Victor Björkqvist esitteli projektia ja sen tuloksia luotseille kun Finnpiilot vieraili Ilmatieteen laitoksella 23.10.2018. Projektin havainnot olivat esillä myös kun Björkqvist esitteli uusia mallinnustuloksia Tallinnan teknillisen korkeakoulun merentutkijoille Virossa 15.8.2018.

Projektia ja sen tuloksia on myös esitelty kansainvälisessä konferenssissa IEEE/OES Baltic Symposium (12.-15.6.2018, Klaipeda, Liettua). Kokouksen yhteydessä laadittiin tieteellinen kokousjulkaisu Suomenlinnan aaltoennusteen tarkkuudesta (Björkqvist *et al.*, 2018).

Viime vuonna lähetetty vertaisarvioitu artikkeli vuoden 2016 raportissa käytetystä menetelmästä on hyväksytty ja julkaistu lehdessä *Natural Hazards and Earth System Sciences* (Leijala *et al.*, 2018).

Vuoden 2017 lopussa lähetettiin myös toinen vertaisarvioitu artikkeli, joka koski rannikon läheistä mallinnusta (Björkqvist *et al.*, 2017). Tämä artikkeli nojaa vahvasti tässä projektissa käytettyyn dataan Suomenlinnasta ja Kruunuvuorenselältä. Tutkimuksessa verrattiin myös kolmen eri mallin tuloksia vuosina 2012–2014 pienimmillä poijuilla kerättyyn aaltodataan.

### 4 Projektin jatko

Vuonna 2019 kaikki tässä raportissa kuvatut mittaukset tulevat jatkumaan. Alkuperäisenä tarkoituksena oli asentaa Vartiokylänlahden anturi uudelleen Länsisatamaan. Tälle ei kuitenkaan ollut tarvetta, sillä Helsingin satama mittaa jo tuulta Länsisatamassa. On selvitelty mahdollisuutta asentaa sääasema Koivusaaren venesatamalle. Koivusaaren pursiseuran vastaanotto on lähtökohtaisesti ollut positiivista, mutta tekninen asennus ei aikataulullisista syistä onnistunut syksyllä 2018. Haasteena on myös, että Vaisala ei enää huolla sitä sääasemamallia joka oli käytössä Vartiokylänlahdella.

Suomenlinnan operatiivisen mallin erottelukykyä pyritään korottamaan vajaasta kilometristä noin 500 metriin jos se on laskennallisesti mahdollista. Tämän pitäisi parantaa ennusteiden tarkkuutta entisestään, varsinkin itätuulilla, jotka ovat olleet mallille haastavia.

Kruunuvuorenselällä tehtävät meriveden lämpötilahavainnot ovat osoittautuneet hyödyllisiksi ja niitä tullaan tietenkin jatkamaan. Jo asennettujen antureiden lisäksi voisi olla hyödyllistä suorittaa vuoden aikana muutama vertikaalinen luotaus Neljänviitankarin lähellä. Luotaukset tehtäisiin esim. CTD-laitteella, joka mittaa vesipatsaan lämpötila- ja suolaisuusprofiilin. Nämä tulokset toimisivat lisäverifikaatiota pysyville lämpötilamittauksille.

Melkin ja Vattuniemen edustalla suoritettavat mittaukset tullaan analysoimaan vuonna 2019 ja vuonna 2016 tehtyä raporttia (Turvalliset rakentamiskorkeudet Helsingin rannoilla vuosina 2020, 2050 ja 2100) voidaan siten päivittää näiden tulosten pohjalta.

## Viitteet

- BJÖRKQVIST, J.-V., O. VÄHÄ-PIIKKIÖ, V. ALARI, A. KUZNETSOVA ja L. TUOMI, 2017. WAM, SWAN and WAVEWATCH III™ in the Finnish archipelago — The effect of spectral performance on bulk wave parameters. *Journal of Operational Oceanography* (Arvioitavana).
- BJÖRKQVIST, J.-V., H. KANARIK, M. M. JOHANSSON ja L. TUOMI, 2018. A Wave Forecast for the Helsinki Archipelago in the Gulf of Finland. *IEEE Xplore* (Hyväksytty julkaistavaksi).
- LEIJALA, U., J.-V. BJÖRKQVIST, M. M. JOHANSSON, H. PELLIKKA, L. LAAKSO ja K. K. KAHMA, 2018. Combining probability distributions of sea level variations and wave run-up to evaluate coastal flooding risks. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 18, 2785–2799.
- VAHTERA, E., 2018. Meriveden lämpötila Helsingin edustalla. Meriveden tyypillinen lämpötila pinta- ja pohjanläheisessä vedessä Helsingin edustan merialueella. *Helsingin kaupunkiympäristön julkaisuja* 25. URL <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-25-18.pdf>.