

Pekka Siltanen

# Meritaito Oy:n merenmittausprojektien aineis- tonkäsittelytyömäärien seuranta- ja arviointi- menetelmät ja niiden kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

1.12.2017

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Pekka Siltanen Meritaito Oy:n merenmittausprojektien aineistonkäsittelytyömäärien seuranta- ja arviointimenetelmät ja niiden kehittäminen 40 sivua + 1 liite 1.12.2017
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	työpäällikkö Hanno Kurtti lehtori Ilkka Partonen
<p>Tarkoitus oli tutkia Meritaidon työmääräseuranta-aineistoa ja etsiä siellä olevista tiedoista mahdollisia johdonmukaisuuksia, seurannan pitoon liittyviä puutteita tai muita asioita, joista olisi hyötyä tulevaisuuden työmääräarvioissa. Työssä esitellään Meritaito Oy, pintapuolisesti merenmittausta ja merenmittausmenetelmiä sekä projektisuunnittelua ja työmäärien suunnittelua yleisesti. Lisäksi esitellään merenmittausprojektit, joista tutkittu työmääräseuranta-aineisto on tehty.</p> <p>Tutkimus rajattiin kolmeentoista monikeilausprojektiin, jotka on mitattu vuosina 2013–2017. Työmääriä oli seurattu mm. keräämällä mittaukseen ja aineistonkäsittelyyn liittyvää tietoa Excel-taulukoihin. Aineistot yhdistettiin samankaltaisten mittausprojektien ryhmiin, niistä rajattiin tarpeetonta tietoa pois ja tehtiin laskutoimituksia. Lopuksi aineistosta tehtiin viiva-kuvaajia, jotka kuvaavat aineistoa visuaalisemmin, kuin pelkät taulukot. Kuvaajista tehtiin havaintoja.</p> <p>Työssä kehitettiin työmäärien arvioinnin avuksi kolme työkalua: merenmittausluokat, linjakilometri- ja pinta-alakertoimet sekä arviointilaskurit. Merenmittausluokkia on kuusi kappaletta ja mittausalueiden jako niihin tehtiin samankaltaisuuden perusteella. Jokaiselle merenmittausluokalle laskettiin omat linjakilometri- ja pinta-alakertoimet työmäärien arviointia varten. Arviointilaskurit perustuvat kehitettyjen kertoimien käyttämiseen ja niillä voidaan laskea arviot aineistonkäsittelyajasta ja käsittelykertoimesta.</p> <p>Tämä työ antaa viitteitä siitä, että kehitettyjen työkalujen käyttäminen tarkoittaa aineistonkäsittelyn työmäärien arvioita tulevaisuudessa. Myös kehitettyjen työkalujen ja työmääräseurantamenetelmien kehittämiseen kannattaa panostaa tulevaisuudessa.</p>	
Avainsanat	Meritaito Oy, merenmittaus, monikeilaus, aineistonkäsittely, työmäärä, seuranta, arviointi

Author Title Number of Pages Date	Pekka Siltanen Monitoring and estimating data processing workload of hydrographic survey projects 40 pages + 1 appendix 1 December 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Hanno Kurtti, Foreman Ilkka Partonen, Senior Lecturer
<p>The main purpose of the project was to study workload monitoring materials of hydrographic survey projects, and try to find consistencies or problems in the ways of monitoring in order to facilitate the workload estimations of future hydrographic surveys.</p> <p>The project material was collected from thirteen multibeam survey projects done between the years 2013-2017, with the monitoring information recorded in an Excel file. Before the material was visualized in graphs and used in calculations, it was sorted and redundant information was removed.</p> <p>The project resulted in three tools to use in workload estimation: a categorization for hydrographic surveys, line kilometer and surface area indexes, and an estimation calculator. Hydrographic surveys were divided in six categories, based on the similarities between the survey areas. For the workload estimation, line kilometer and surface area indexes were calculated for every one of the hydrographic survey categories. The estimation calculator uses the indexes that were developed in the thesis. The calculator can be used to calculate estimated workloads.</p> <p>The use of the estimation tools leads to more accurate estimations of future workloads. However, further development of the estimation tools is recommendable.</p>	
Keywords	hydrographic surveys, multibeam echo sounding, workload, estimations

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Meritaito Oy	2
2.1	Meritaidon esittely	2
2.2	Merenmittaus	3
2.3	Monikeilaus	5
2.4	Monikeilainaineiston jälkikäsittely	6
3	Projektisuunnittelu ja työmäärien arviointi ja seuranta	8
3.1	Projektisuunnittelu ja työmäärien arviointi yleisesti	8
3.2	Merenmittausprojektien työmäärien arviointi Meritaito Oy:ssä	9
3.3	Aineistonkäsittelyn työmääräseurantamenetelmät Meritaito Oy:ssä	10
3.4	Työmääräseurannan tavoitteet Meritaito Oy:ssä	11
3.5	Työmääräseurannan haasteet ja luotettavuus Meritaito Oy:ssä	11
4	Meritaidon suorittamat merikartoitushankkeet	15
4.1	Avomeriprojektit	16
4.1.1	ASBS2013	17
4.1.2	BBHK2013	18
4.1.3	BBKR2014	19
4.1.4	BSRK2014	20
4.1.5	BSEEZ2015	21
4.2	Sisävesiprojektit	22
4.2.1	JJKJ2013	22
4.2.2	SSMI2014	23
4.2.3	SSSU2015	24
4.3	Meriväyläprojektit	25
4.3.1	APUN2016	25
4.3.2	BBPI2016	27
4.3.3	GFRS2016	28
4.4	Suomenlahden projektit SULA2013 ja SULA2016	28
5	Meritaito Oy:n merenmittausprojektien työmääräseuranta-aineiston tutkimisen menetelmät, tulokset ja havainnot	29

5.1	Työmääräseuranta-aineiston tutkimismenetelmät	29
5.2	Työmääräseuranta-aineiston tutkimisen tulokset	31
5.2.1	Merenmittausluokkakohtaiset linjakilometri- ja pinta-alakertoimet	31
5.2.2	Aineistonkäsittelyaikojen ja -kertoimien arviointilaskurit	32
5.3	Työmääräseuranta-aineistosta tehdyt havainnot	32
5.3.1	Merenmittausprojektien toteutuneet käsittelykertoimet	33
5.3.2	Mittausalueen koon vaikutus LK:n ja PK:n käyttökelpoisuuteen	33
5.3.3	LK:lla ja PK:lla tehtyjen arvioiden toimivuus	34
5.3.4	SULA2016-projektin käsittelykerroinarviot	34
5.3.5	LK- ja PK-perusteisesti laskettujen arvioiden välinen korrelaatio	35
6	Meritaidon työmääräseurannan kehittäminen	36
	Lähteet	38
	Liitteet	
	Liite 1. Tutkimusluvut. Liite vain Meritaito Oy:n käyttöön.	

## Lyhenteet ja käsitteet

downtime	Merenmittauksessa aika, jona mittausalus ei ole tehnyt mitaustyötä.
harppauskerros	Kerros meressä tai järvessä, jossa jokin veden ominaisuus muuttuu nopeasti syvyyssuunnassa.
hydrografia	Vedenalaisen topografian ominaisuuksien kuvaus.
ilmalaserkeilaus	Ilma-aluksesta suoritettava laserkeilaus.
käsittelykerroin	Mittausaineiston mittaukseen ja käsittelyyn käytettyjen aikojen suhdetta kuvaava kerroin.
linjaväli	Merenmittausaluksen mittauslinjojen välinen etäisyys toisistaan.
LK	Linjakilometrikerroin. Aineistonkäsittelyn työmäärälaskentaa varten kehitetty kerroin.
mea	Lyhenne sanasta merenmittausalus.
mv	Lyhenne sanasta mittausvene.
Order 1a	IHO:n S-44-standardin määrittelemä kaikuluotauksen pisteaineiston syvyyspätarkkuusvaatimuksen luokka.
PFM	Pisteaineistosta tehty pinta, jota voidaan muokata Fledermaus-ohjelmistolla.
PK	Pinta-alakerroin. Aineistonkäsittelyn työmäärälaskentaa varten kehitetty kerroin.
Special order	IHO:n S-44-standardin määrittelemä kaikuluotauksen pisteaineiston syvyyspätarkkuusvaatimuksen luokka.

S-44	International Hydrographic Organizationin laatima standardi hydrografisten kartoitusten tekemisestä.
topografia	Maanpinnan muotojen ja ominaisuuksien kuvaus.
äänennopeusmittari	Merenmittauksessa käytettävä veden äänennopeuden mittaava laite.
äänennopeusprofiili	Merenmittauksessa väliaineena olevan veden äänennopeuden muutoksia havainnollistava kuvaaja.

## 1 Johdanto

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia Meritaito Oy:n tekemää merenmittausprojektien työmääräseuranta-aineistoa, jota oli tehty vuodesta 2012 lähtien. Työ rajattiin vuosina 2013–2017 Suomen aluevesillä mitattuihin Liikenneviraston kilpailuttamiin ja Meritaidon suorittamiin kolmeentoista merenmittaustyöhön ja ainoastaan monikeilausmenetelmällä tehtyihin mittauksiin. Projektien työmäärästä oli pidetty mm. mittausaluekohtaista seuranta Microsoft Excel -taulukoihin. Taulukoiden ominaisuuksista tähän työhön käytettiin mittausvuotta, mittausaluetta, mittauksen tarkkuusvaatimusluokkaa, mittausaikaa, aineistonkäsittelyaikaa sekä mitattuja linjakilometrejä ja pinta-aloja.

Työssä tutkittiin samankaltaisten mittausten työmääräseuranta-aineistoa suurempina, usean projektiin kokonaisuuksina. Työn edetessä niistä kokonaisuuksista muodostuivat kuusi seurannan kannalta hyödyllistä merenmittausluokkaa. Tutkittavaan aineistoon jätettiin ainoastaan tämän työn kannalta tarpeelliset tiedot. Näistä rajatuista ja karsituista aineistoista oli tavoitteena tehdä laskelmia ja kuvaajia, joista voisi tehdä havaintoja esimerkiksi mahdollisista johdonmukaisuuksista tai ongelmakohtista seurannassa. Tavoitteena oli myös, että työn tuloksia ja havaintoja voisi käyttää apuna kehittämään työmääräseuranta, jolloin pystyisi laskemaan todenmukaisemman arvion tulevaisuuden merenmittausprojektien työmäärästä ja sitä kautta kustannuksista.

Tähän mennessä työmäärälaskennassa oli käytetty hyväksi aineistonkäsittelyyn ja mittaukseen käytettyjen aikojen suhdelukua – käsittelykerrointa. Työn aikana kehitettiin työmäärälaskennan avuksi kuusi merenmittausluokkaa ja jokaiselle niistä linjakilometri- ja pinta-alakertoimet sekä niiden käyttämiseen perustuvat arviointilaskurit. Kertoimien toimivuutta tarkasteltiin laskemalla niillä jokaisen mittausalueen arvioidut käsittelyajat, joita sen jälkeen verrattiin toteutuneisiin arvoihin niistä piirrettyjen viivakuvaajien avulla.

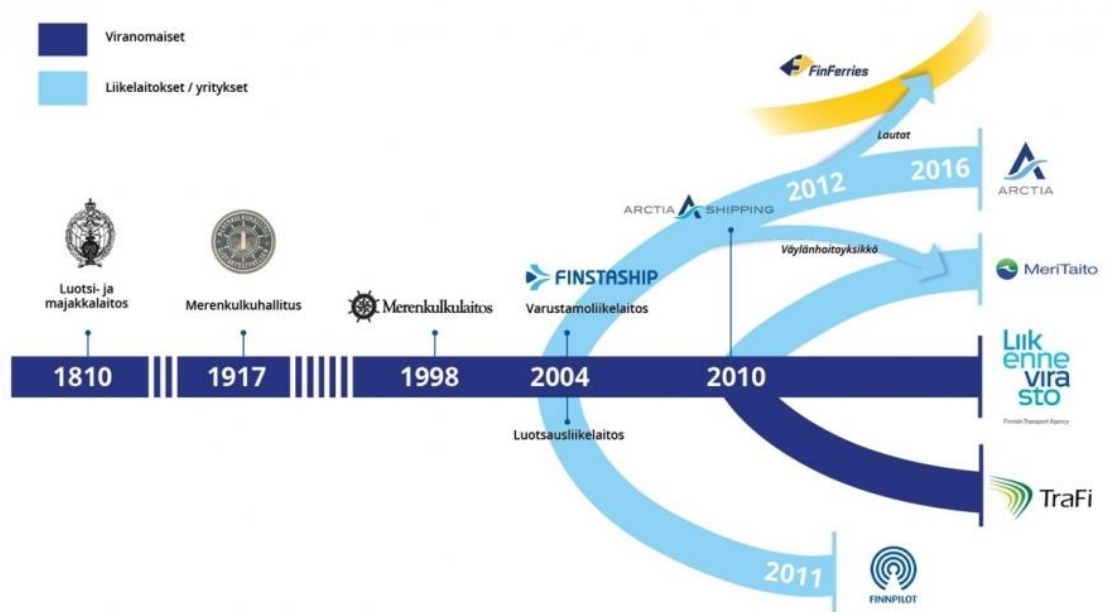
Lisäksi työssä esitellään Meritaito Oy, käydään merenmittausta ja mittausmenetelmiä pintapuolisesti läpi, tuodaan esille yleisesti projektisuunnitteluun ja työmäärien arviointiin liittyviä asioita, käsitellään Meritaidon työmääräarvioinnin ja -seurannan menetelmiä, haasteita, tavoitteita ja luotettavuutta, esitellään mittausprojektit, joista tutkittu aineisto on kerätty sekä pohditaan Meritaidon työmääräseurannan kehittämistä.



## 2 Meritaito Oy

### 2.1 Meritaidon esittely

Meritaidon muodostumishistoria ja muu viranomaistoiminnan jakautuminen liikelaitoksiin ja -yrityksiin on esitetty kuvassa 1. Vuonna 2010 Merenkululaitoksen tuotannollinen toiminta ja Varustamoliikelaitoksen väylälustoiminta yhtiöitettiin. Näin sai alkunsa Meritaito, joka on valtion täysin (100 %) omistama osakeyhtiö, jolla on monipuolista vesialueiden erikoisosaamista. Sen tarjoamiin palveluihin kuuluvat merenmittaus, väyläsuunnittelu, vesirakentaminen, öljyntorjunta, väylänhoito, kanavien käyttö ja kunnossapito, viittojen ja poijujen sekä öljyntorjuntalaitteiden valmistaminen. Meritaidolla oli vuoden 2016 lopussa 232 työntekijää, ja saman vuoden liikevaihto oli noin 28 miljoonaa euroa. (1, s. 19; 2; 3.)



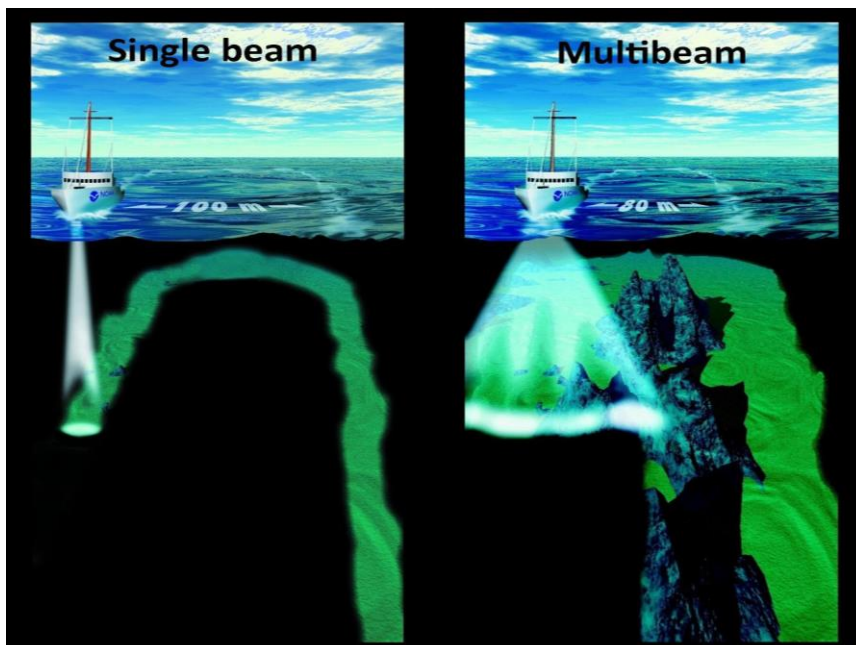
Kuva 1. Meritaidon muodostuminen osana virasto- ja liikelaitosuudistusta (2).

Meritaidon organisaatio jakaantuu kolmeen liiketoimintayksikköön ja kolmeen tukitoimintayksikköön. Liiketoimintayksiköitä ovat ylläpito ja rakentaminen, asiantuntijapalvelut ja SeaHow, joista asiantuntijapalvelut-yksikkö vastaa merenmittaustöitä. Tukitoimintoja ovat varustamotoiminnot, HR ja talous ja IT. Meritaito kilpailee tarjouskilpailuissa, kuten muutkin yritykset, eikä sillä ole enää Merenkululaitoksen aikaista valtion määräraharahoitusta palvelujen tuottamiseen. Asiantuntijapalveluiden tekemistä merenmit-

tausprojekteista valtaosa on ollut Liikenneviraston tilaamia, mutta nykyään liikevaihdosta jopa puolet on kansainvälistä liiketoimintaa. Liikennevirasto avasi tarvitsemansa merenmittausprojektit kansainväliseen kilpailuun asteittain vuosina 2010–2012, mikä on luonnollisesti asettanut Meritaidon kansainväliseen kilpailutilanteeseen. (8; 13.)

## 2.2 Merenmittaus

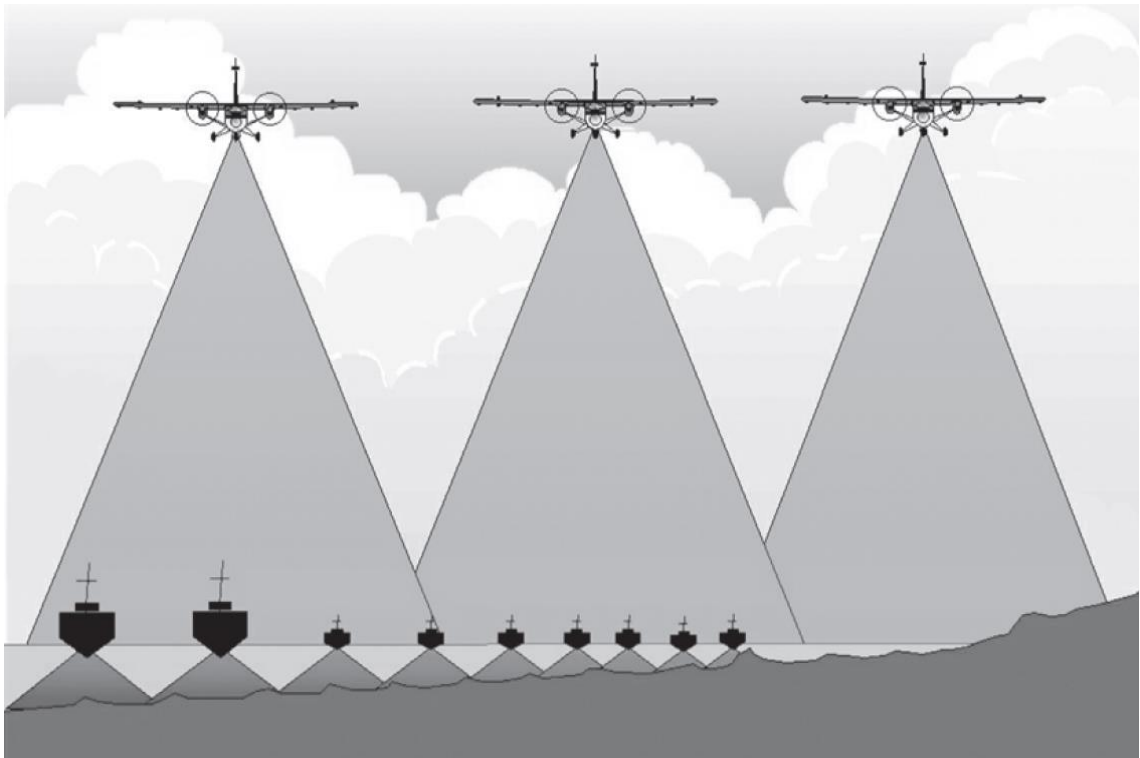
Meritaidon asiantuntijapalvelut-liiketoimintayksikkö tekee merenmittausta eli merenpohjan kartoitusta monipuolisella kalustolla. Kaikuluotausta eli akustista pohjankartoitusta voidaan tehdä joko peittäväillä mittausmenetelmillä tai pistemäistä havaintojonoa tuottavilla mittausmenetelmillä. Kuvassa 2 on havainnollistettu edellä mainittujen mittausmenetelmien tuottaman pohjankartoituksen eroja. Kaikuluotauksessa lähetetään ääntä vedenpinnan alapuolelle sijoitetulla luotaimella. Luotain lähettää akustisia pulsseja kohti vedenpohjaa, josta osittain palautuvia kaikuja kuunnellaan vastaanottimella. Äänen etenemisnopeuteen vedessä vaikuttavat sen lämpötila, suolapitoisuus ja paine, joista merkittävien muuttujien on lämpötila. Tämän takia vedenpinnan ja -pohjan välisen vesipatsaan äänennopeusprofiilin mittaaminen äänennopeusmittarilla on tärkeä osa kaikuluotausmenetelmää. (4, s. 7; 9, s. 7.)



Kuva 2. Vasemmalla yksikanavaisen ja oikealla monikanavaisen kaikuluotauksen tuottama pohjantunnistus (10).

Yksi Suomessa käytetyistä merenmittausmenetelmistä on pistemäistä havaintojonoa tuottava yksikanavainen kaikuluotaus, joka tuottaa kapean ja harvan peiton mittausalueelle. Viime vuosina sillä on lähinnä täydennetty monikeilainaineistoa matalilla alueilla. (4, s. 8.)

Matalissa vesissä mitattaessa akustisten mittausmenetelmien heikkouksia ovat hidas mittausnopeus ja alusturvallisuuden takaamisen aiheuttamat haasteet. Siksi yksikanavaista kaikuluotausta on nykyään syrjäyttämässä ilmalaserkeilaus. Ilmalaserkeilaus on optimaalinen mittautapa matalissa vesistöissä, jotka olisivat perinteisillä merenmittausmenetelmillä aikaa vieviä ja alusturvallisuuden kannalta katsottuna haastavia, kuten kuvan 3 vertailu havainnollistaa. Ilmalaserkeilaamisen etuna on, että myös vedenpinnan yläpuoliset pinnat tulevat mitatuiksi, kuten kuvasta 3 nähdään. Lasertekniikan käyttöä merenmittauksessa rajoittavat vedensyvyys ja -kirkkaus. Suomen aluevesillä tehdyissä mittauksissa ollaan pääsääntöisesti saatu peittävä pohjantunnistus 6–7 metriin asti, mutta esimerkiksi Kyproksella voidaan mitata ilmalaserkeilaamalla jopa 50 metrin syvyyteen asti. (5, s. 1–9; 9, s. 22.)



Kuva 3. Ilmalaserkeilaus- ja kaikuluotausmittauksien vertailua (6, s. 2).

### 2.3 Monikeilaus

Peittäviin mittausmenetelmiin lukeutuva monikeilaus on nykyisin yleisimmin käytetty vedenalaisen topografian mittausmenetelmä. Yksikanavaiseen kaikuluotaukseen verrattuna monikeilauksella saadaan mitattua kustannustehokkaammin tarkka ja täystiheä 3D-pistepilvi vedenalaisesta topografiasta. (9, s. 16.)

Monikeilauksessa käytettävä mittalaitteisto koostuu lähettimestä, projektorista, vastaanottimesta, signaalinkäsittely-yksiköstä ja näyttö- ja tallennusyksiköstä. Mittausaluksen liiketietoa tallennetaan liiketilasensorin avulla ja sijaintitieto saadaan nykyään satelliittipaikannuksella. Mitattu aineisto georeferoidaan eli sidotaan paikannuksen avulla ulkoiseen koordinaatistojärjestelmään. (4, s. 7–13.)

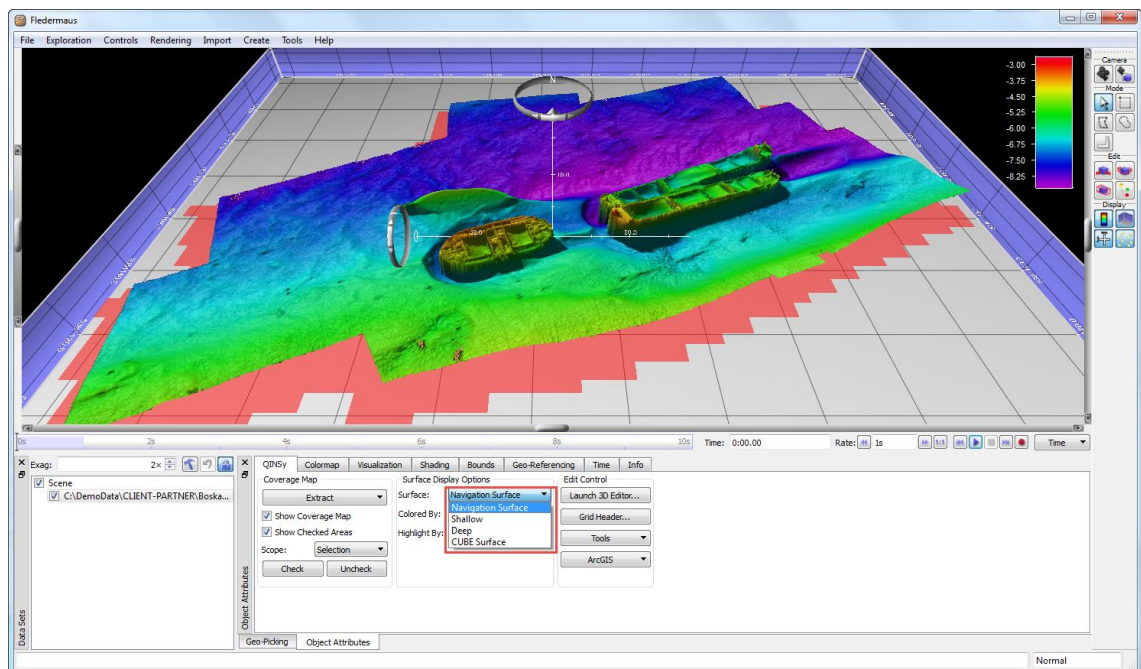
Tässä työssä tutkittujen merenmittausprojektien työmääräseuranta-aineistot ovat tehty monikeilausmittauksista, joista suurin osa on mitattu kuvan 4 kaltaisella Reson SeaBat 7125 SV2 -monikeilaimella.



Kuva 4. Reson SeaBat 7125 SV2 -monikeilain asennettuna mittausvene Keilaan (31).

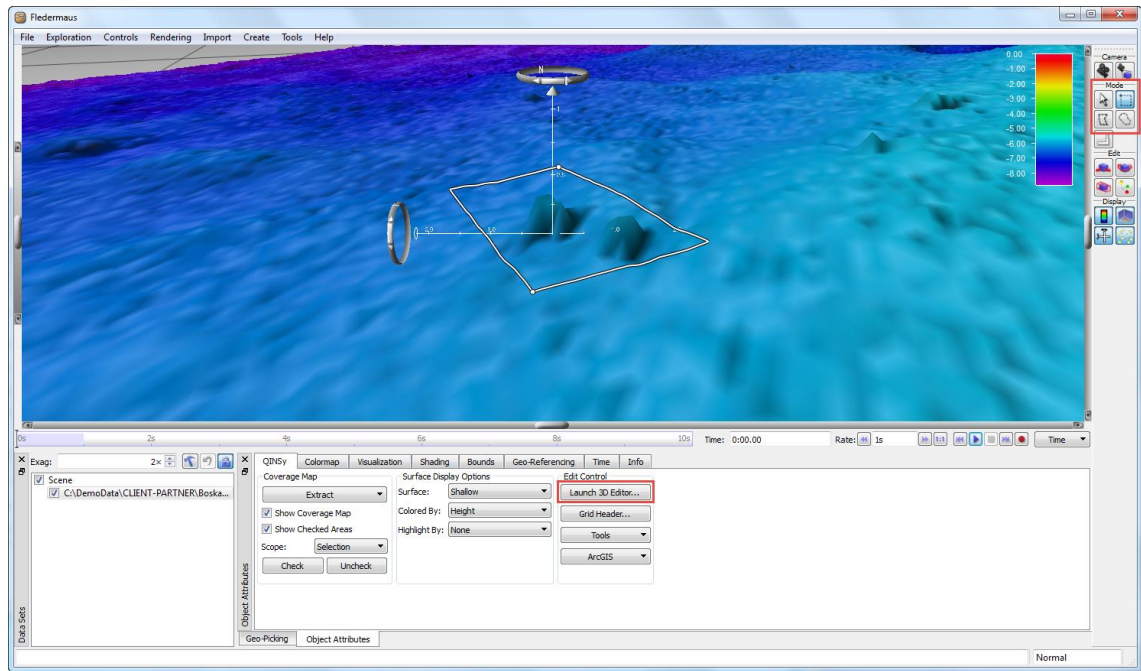
## 2.4 Monikeilainaineiston jälkikäsitely

Aineistonkäsittelyn tarkoituksena on käydä monikeilaamalla saatua pisteaineistoa läpi ja muokata siitä tilaajan asettamien vaatimuksien mukaista. Tässä työssä tutkittuja merenmittausprojektien aineistoja on käsitelty mm. QINSy- ja Fledermaus-ohjelmistoilla, jotka ohjelmistokehitysyritys QPS on tehnyt. Käsitelty aineisto koostuu useista mittauslinjoista, joihin jokaiseen päivitetään sen mittausajankohdan vedenkorkeustieto ja halutut mittausalueella mitatut äänennopeusprofiilit QINSy-ohjelmistolla. Aineistosta luodaan PFM-pinta Fledermausin DMagic-moduulilla. PFM-pinnalla tarkoitetaan sellaista pintaa, jossa aineiston rakenne on muokattavissa Fledermaus-ohjelmistolla. Kuvassa 5 on PFM-pinta avattuna Fledermausissa.

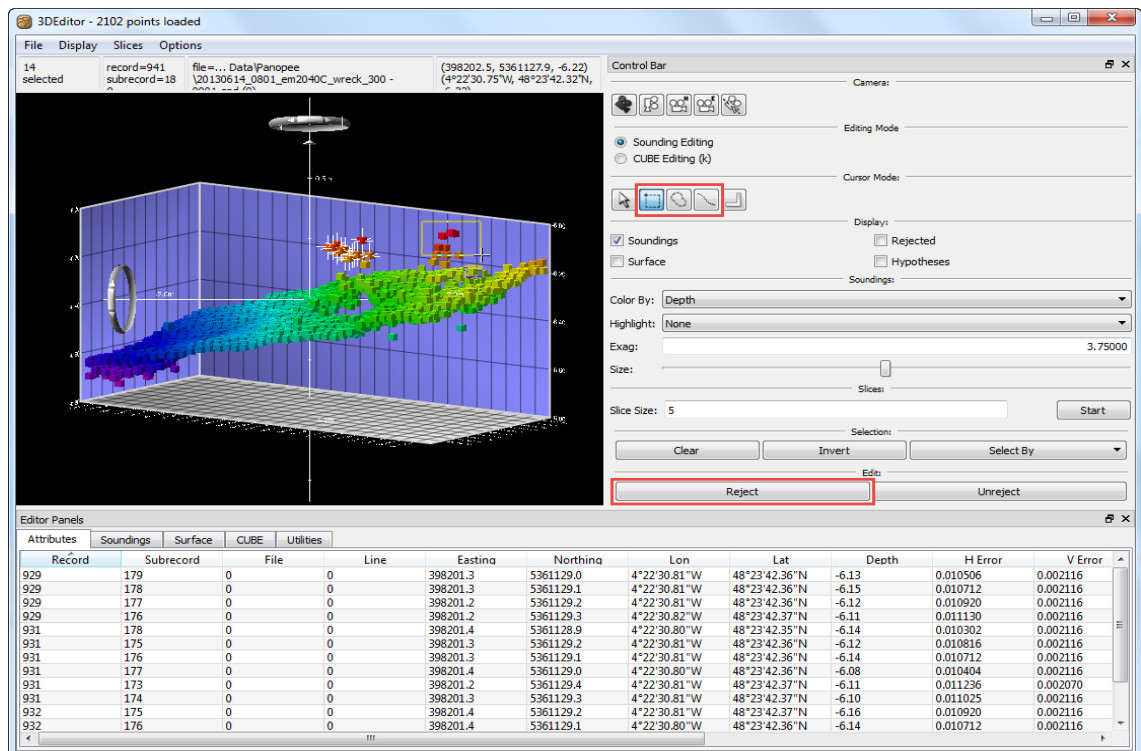


Kuva 5. PFM-pinta tuotuna Fledermausiin (33).

PFM-pintaa voi tarkastella erilaisten värikarttojen avulla. Eri värikartat voivat tuoda esiin erilaisia ongelmia aineistossa, kuten kohinan, huonot äänennopeusprofiilit tai mittauslinjojen väliset istuvuusongelmat. Kuvasta 6 nähdään, kuinka PFM-pinnasta erottuu kaksi poikkeamaa. Sama kohta on avattu 3D Editorissa (kuva 7), jossa virheelliset pisteet voidaan valita ja merkitä hyläytyiksi työkaluilla, jotka ovat laatikoitu punaisella. Tehty merkintä tallennetaan ja jatketaan PFM-pinnan läpikäymistä.



Kuva 6. Fledermausiin tuodussa PFM-pinnassa näkyvä häiriö (33).



Kuva 7. Fledermausiin tuodun PFM-pinnan häiriökohta avattuna 3D Editorissa (33).

### 3 Projektisuunnittelu ja työmäärien arviointi ja seuranta

Meritaidossa on kiinnitetty huomiota aineistonkäsittelyyn käytettävän ajan arvioinnin haasteellisuuteen. Aineistonkäsittelyajat saattavat vaihdella merkittävästi eri mittausalueiden ja erityisesti mittausprojektien välillä. Tässä luvussa tuodaan esille merkittävimpiä aineistonkäsittelyaikojen vaihtelun syitä ja työmääräarvioinnin ja -seurannan menetelmiä ja niiden tavoitteita. Työssä on keskitytty esittelemään aineistonkäsittelytyömäärien arviointia ja seurantaa, mutta sen lisäksi tässä luvussa kerrotaan myös projektisuunnitteluun ja työmäärien arviointiin liittyvistä asioista yleisellä tasolla, mitaustyöstä ja siihen vaikuttavista asioista sekä mitaustyömäärien arvioimisesta.

#### 3.1 Projektisuunnittelu ja työmäärien arviointi yleisesti

Työmäärän arvioinnissa pyritään tekemään arvio siitä, kuinka kauan henkilö A tarvitsee aikaa tehtävän B tekemiseen. Työmääriä arvioidaan henkilötyöpäivinä, -viikkoina tai -kuukausina. Projektisuunnittelun alkuvaiheessa tehdyt työmääräarviot täytyy nähdä suuntaa antavina ja olla varovainen varhaisia arvioita tehdessä, mutta niiden tulisi kuitenkin antaa yleiskuva resurssien tarpeesta. Projektin erilaisten vaiheiden tekemiselle asetettujen määräaikojen tavoitteena on sovittaa aikataulu ja käytettävissä olevat resurssit optimaalisesti yhteen. Suunnittelua täytyy tehdä jatkuvasti projektin edetessä, koska suunnitelmien tulisi heijastaa projektin senhetkistä tilannetta ja käytännön etenemistä. (27, s. 49–54; 28, s. 41.)

Aikataulun suunnittelun tärkeyttä ei voi korostaa liikaa. Täytyy muistaa, että asiakas on erityisen kiinnostunut siitä, milloin projekti valmistuu ja mitkä ovat sen välivaiheiden aikataulut. Projektisuunnittelussa sovituisissa määräajoissa pysyminen on tärkeää, koska niistä myöhästyminen kasvattaa yleensä kustannuksia. (27, s. 54–56.)

Projektin työmäärille on vaikea tehdä realistisia arvioita, koska projekteissa on aina tuntemattomia tekijöitä ja arviointiin käytetyt lähtötiedot ovat aina puutteellisia, eikä kertaluontoisille hankkeille ole standardeja. Asiat, kuten työntekijöiden ennakoimattomat poissaolot, laitteiden rikkoutumiset ja muut yllättävät tilanteet tulisi, huomioida arvioinnissa. (27, s. 49–55.)

Litken ja Kunowin Projektinhallinta-kirjassa tuodaan esille työntekijöiden tuottavuuteen liittyviä asioita. Siinä esitetään, että kuormitetuille työntekijöille tulisi myöntää luovia taukoja ja ettei kahdeksan tunnin työpäivässä ole kuin kuusi tuottavaa tuntia. Myös ihmisten kokemus, osaaminen ja ajatusmallit vaihtelevat, mikä vaikuttaa heidän työntekonsä tuottavuuteen. (27, s. 55).

### 3.2 Merenmittausprojektien työmäärien arviointi Meritaito Oy:ssä

Meritaidossa tehdään merenmittausprojektien tarjouslaskentaa varten työmääräarviointia. Työmääräarvioinnissa pyritään tekemään mahdollisimman realistinen arvio projektiin kuluva ajasta. Arviointi koostuu lähinnä kahden suurimman työvaiheen työmääräarvioista, jotka ovat mittaus- ja aineistonkäsittelytyö. Mittaustyömääräarviointi koostuu mittaustehtävään liittyvien lähtötietojen, kuten mittausalueen rajojen ja syvyystietojen sekä muiden olosuhdetietojen keräämisestä ja kerättyjen tietojen pohjalta tehdyistä laskelmista. (8).

Mittaustyömääräarvioinnissa pyritään laskemaan arviot käytettävistä linjaväleistä mittausalueen eri syvyysvyöhykkeillä, etenemisnopeudesta ja niin sanotusta downtime:sta sekä edellä mainittujen arvojen perusteella mittaustehtävän suorittamiseen kuluva kokonaisajasta. Tässä työssä *downtime* tarkoittaa aikaa, jona mittausalue ei ole tehnyt mittaustyötä, mihin syitä voivat olla mm. sääolosuhteet, siirtoajat mittausalueelta toiselle, miehistönvaihdot ja mittausalueen huoltotoimenpiteiden tekeminen. Työmäärälaskelmissa huomioon otettavia tekijöitä ovat mm. vesialueen syvyys, pohjan laatu, pohjan tasaisuus, mittausalueiden pinta-alat, muodot ja sijainnit. Tuloksena on arvio projektin työmäärästä vuorokausina. (8).

Aineistonkäsittelytyömäärien arviointiin käytetään lähtötietona arvioituja mittaustyömääriä. Täten mittaustyömääräarvion tarkkuus vaikuttaa suoraan myös aineistonkäsittelytyömääräarvion tarkkuuteen. Arvioinnit pohjautuvat suurelta osin aikaisemmista vastaavanlaisista mittausprojekteista saatuihin tietoihin ja työkokemukseen. Ennen varsinaisia mittauksia ei yleensä käydä tekemässä testimittauksia työmääräarviointia varten, koska mittausalusten ja alushenkilöstön mobilisointi vaatii paljon resursseja. (8).



### 3.3 Aineistonkäsittelyn työmääräseurantamenetelmät Meritaito Oy:ssä

Mittauksien työmääräarvioinnin tuloksia on käytetty mittausaineiston käsittelyaikojen arvioimisen perustana. Arvioitu mittausaika on kerrottu kertoimella, jolloin on saatu arvioitu aineistonkäsittelyaika. Arviointi perustuu mm. aikaisempien projektien aineistonkäsittelyajan ja mittausajan suhdelukuun, josta on käytetty nimitystä käsittelykerroin (kaava 1). Tilastotietoon pohjautuvalla käsittelykertoimella saatu aineistonkäsittelyaika-arvio on mahdollistanut realistisemman projektin aikataulu- ja henkilöstöressurssisuunnittelun verrattuna aikaisempiin arviointeihin. (7)

$$\text{Käsittelykerroin} = \frac{\text{käsittelyaika}}{\text{mittausaika}} \quad (1)$$

Aineistonkäsittelyn etenemistä on dokumentoitu mittausprojektikohtaisesti Microsoft Excel -pohjaiseen käsittelyraporttiin, jonka ajantasaisesta täyttämisestä käsittelijät ovat omalta osaltaan vastuussa. Raportissa seurataan aineistonkäsittelyn työvaiheiden etenemistä ja niihin käytettyä aikaa – käsittelyaikaa. Projektien työmääräseurannasta vastuussa oleva työpäällikkö on siirtänyt käsittelyraporttiin kirjatut käsittelyaikatiedot työmääräseuranta-excel-taulukkoon ja sitä kautta osaksi kuukausikohtaista liiketoimintakatsausta. (7)

Aineistonkäsittelyn työmääräseurantataulukointia on tehty mittausaluekohtaisesti. Taulukoituja ominaisuustietoja, joita tässä työssä on käytetty, ovat

- projektitunnus
- mittausvuosi
- mittausalueen työnumero
- tarkkuusvaatimusluokka (Order 1a tai Special order)
- linjakilometrit (arvioitu)
- pinta-ala (arvioitu)
- mittausaika (toteutunut)
- aineistonkäsittelyaika (toteutunut)
- käsittelykerroin.

Taulukon ominaisuustietoja, joita ei ole tarkasteltu tässä työssä, ovat arvioitu mittaus- ja aineistonkäsittelyaika, arvioitu mittaus- ja aineistonkäsittelyvalmiusaste, aineistonkäsittelytyömääräarvio työpäivissä ja -kuukausissa sekä tavoiteltu ja toteutunut aineistonluovutuspäivä.

### 3.4 Työmäärä seurannan tavoitteet Meritaito Oy:ssä

Työmäärä seurannan tarkoitus on tehostaa ja tavoitteellistaa työntekoa ja toimia apuna yhtiön kuukausittaisen kassavirran ennustamisessa. Työmäärien seurannalla pystytään tarkastelemaan projektien vaatiman työn määrää esimerkiksi työtunneissa tai -päivissä. Sillä voidaan siis nähdä arvioidut projektin aloitus- ja lopetusajankohdat. Toisin sanoen projektille saadaan tehtyä aikataulu. Tämä on tärkeää, koska mittausprojektien aineistonluovutuksille sovitaan tilaajan kanssa luovutuspäivämäärät, joihin mennessä aineistot tulee luovuttaa. Aineistonluovutuksien myöhästymiset rikkovat merenmittaustyön sopimusta ja voivat aiheuttaa mahdollisina viivästyssakkoina tulonmenetyksiä. (7).

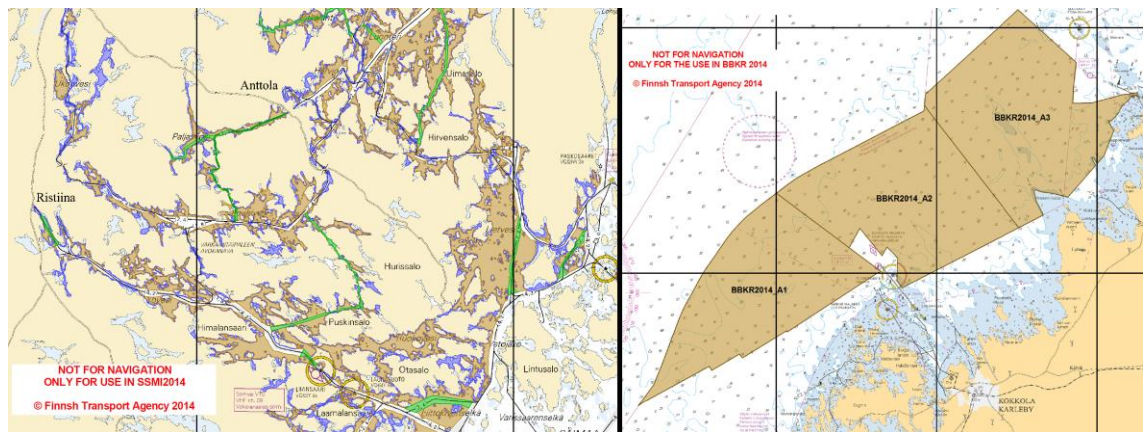
Töiden edistymistä ja aikataulussa pysymistä voidaan tarkkailla, kun tiedetään arviolta käsittelyyn kuluva aika, mitä korjataan jatkuvasti hankkeen aikana toteutuneiden työmäärätietojen avulla. Aikataulussa pysymiseksi voidaan tarvittaessa tehdä mm. töiden uudelleenpriorisointia ja -delegointia tai työvoiman rekrytoimista. Aikaisemmista projekteista kertyneen työkokemuksen perusteella pyritään asettamaan realistiset tavoitteet heti projektin alussa. Tavoitteellisuuden ja realististen aikataulujen on huomattu tehostaneen aineistonkäsittelyä. (7)

### 3.5 Työmäärä seurannan haasteet ja luotettavuus Meritaito Oy:ssä

Meritaidon aineistonkäsittelytyömäärä arvioinnin merkittävin haaste on käsittelyaikojen arviointi tarkasti. Eri aineistojen väliset erot ovat merkittäviä. Vähiten ja eniten työtä vaativien mittausalueiden toteutuneiden käsittelykertoimien erot voivat olla moninkertaisia. Vaihtelua käsittelykertoimiin aiheuttavat erityisesti käsiteltävän aineiston laatu, aineistonkäsittelyssä käytettävät ohjelmistot ja käsittelijöiden työkokemus. (7)

Merkittävimmät aineiston laatuun ja sitä kautta myös työmääriin vaikuttavat tekijät ovat mittauslaitteiston kyky tunnistaa merenpohjaa ja se, kuinka laitteistoa säädetään mit-

taushetkellä. Lisäksi mittausalueissa on eroavaisuuksia ja kukin niistä soveltuu parhaiten tietynlaisille mittausalueille. Aineistonkäsittelyajat kasvavat herkästi, kun pisteaineisto on paljon tiheämpää, kuin mitä kansainväliset merikartoitus-standardit vaativat. Pistetiheys kasvaa suhteessa mittausalueen etenemisnopeuteen eli mitä hitaampi vauhti, sitä tiheämpi pisteaineisto. Pisteaineiston laatu poikkeamat voivat kasvaa sääolosuhteiden takia, jos pienellä aluksella mitataan syviä ja avonaisia alueita tai, jos mitataan matalia ja ahtaita alueita, joissa ison aluksen navigointi vaikeutuu. Huomionarvoista on myös se, että pisteaineiston tiheys kasvaa, mitä matalampi, rikkonaisempi ja monimuotoisempi mittausalue on. Kuvasta 8 nähdään, kuinka erimuotoisia mittausalueet voivat olla. Mittalaitteiden, kuten kaikuluotaimen, paikannusjärjestelmän, liiketilasensorin ja äänennopeusmittarin käyttö optimaalisella tavalla tuottaa hyvälaatuisia aineistoa, mikä on mittauksen tavoite. Huonolaatuisen aineiston jälkikäsittely on aikaa vievää, ja työkalut siihen ovat rajalliset. (7)



Kuva 8. Erimuotoisia mittausalueita. Vasemmalla projektin SSMI2014 mittausalueita ja oikealla projektin BBKR2014 mittausalueita (16; 20).

Liikennevirasto vaatii kilpailuttamissaan ja tilaamissaan merenmittaustöissä mittausaineistolta IHO:n S-44-standardin ja siitä tehdyn FSIS-44-täytäntöönpanon asettamia vaatimuksia. S-44 on International Hydrographic Organization:n laatima standardi hydrografisten kartoitusten eli merikartoitusten tekemisestä. FSIS-44 on Suomen Liikenneviraston ja Ruotsin merenkulkuviraston yhteistyönä laatima IHO:n S-44-standardin täytäntöönpano merikartoitusten tekemisestä, jonka tarkoituksena on taata turvallinen navigointi Itämeren vesialueilla. Liikenneviraston merenmittaustöiden sisältämät vaatimukset liittyvät mm. 100-prosenttisesti peittävän mittausaineiston tuottamiseen, vedenalaisten kohteiden tunnistukseen ja mitatun pisteaineiston syvyyspätarkkuuksiin. FSIS-44-täytäntöönpanossa määritellyt tilauksien tarkkuusvaatimusluokkia ovat Ex-

clusive order, Special order, Order 1a ja Order 2. Tässä työssä tutkitut aineistot jakautuvat Special order- ja Order 1a -luokkiin. Se mihin tarkkuusvaatimusluokkaan mittausprojekti kuuluu, vaikuttaa käytännössä tehtävän työn tarkkuuteen ja sitä kautta mittaus- ja käsittelytyöhön käytettäviin aikoihin. (29; 30.)

Haasteita laadukkaan aineiston mittaamiseen aiheuttavat mittausalueiden hydrografian ominaisuudet, jotka voivat vaihdella merkittävästi, lähtien yksittäisen mittauslinjan sisäisestä vaihtelusta aina mittausalueiden väliseen vaihteluun. Vaihtelevia ominaisuuksia ovat mm. alueen syvyys, syvyysvaihteluvälin suuruus, pohjanlaatu ja -muoto. Myös paikalliset olosuhteet, kuten veden harppauskerros tai sää voivat vaihdella, mikä tekee jokaisesta mittauksesta ainutlaatuisen. Harppauskerroksella tarkoitetaan meren tai järven kerrosta, jossa jokin veden ominaisuus muuttuu nopeasti syvyys suunnassa. Suomen aluevesillä tämä tarkoittaa käytännössä veden lämpötilaa ja valtamerillä lämpötilan lisäksi myös veden suolapitoisuutta, ja ne vaihtelevat erityisesti veden virtauksien seurauksena. (7; 11.)

Aineistonkäsittelijät ovat omalta osaltaan vastuussa aineistonkäsittelyyn käytetyn ajan seuraamisesta ja kirjaamisesta käsittelyraportteihin, joissa virheiden tekeminen on mahdollista. Käsittelyyn todellisuudessa käytetty aika ja käsittelijän tekemä oma arvio käsittelyajasta voivat erota toisistaan. Todenmukainen seuranta on vaikeaa, jos työnteke on rikkonaista tai käsittelijä työskentelee usean eri mittausalueen tai -projektien parissa. Lisäksi käsittelytuntien kirjauksessa voi tulla kirjoitus- tai laskuvirheitä, ne voidaan tehdä väärään kohtaan taulukkoa tai niitä ei syystä tai toisesta kirjata ollenkaan. Nämä potentiaaliset virhelähteet voivat vaikuttaa työmääräarviointiin vääristämällä arvoja ja sitä kautta muuttaa arvioinnin tarkkuutta, mikä vaikuttaa mm. tulevien merenmittaustöiden tarjouslaskentaan. (7)

Käytännössä aina suurin osa aineistonkäsittelyyn käytetystä ajasta kertyy, kun tehdään virheellisten pisteiden ja kohinan poistamista pisteaineistosta. Tämän vaiheen kestoon vaikuttavia asioita ovat mm. aineistonkäsittelijöiden työkokemus, käsiteltävän alueen pinta-ala ja pisteaineiston tiheys. Usein kokeneempi käsittelijä on vauhdikkaampi ja käyttää vähemmän aikaa aineiston liian tarkkaan käsittelyyn. Liian tarkalla käsittelyllä tarkoitetaan työtä, jossa poistetaan ns. kohinaa, joka on tilaajan asettamien syvyys-epätarkkuusarvojen sisällä. On myös huomattu, kuinka käsiteltävän alueen koko vai-

kuttaa käsittelyaikaan. Mitä suurempi alue on pinta-alaltaan ja mitä tiheämpää pisteaineisto on, sitä enemmän aikaa vieväksi käsittely käy. (7)

Aineistonkäsittelyyn tarvittavien henkilöstöressurssien tarkka suunnitteleminen on haasteellista. Mittausprojekteissa on mittaustunteja kymmenistä jopa useisiin tuhansiin tunteihin, jolloin pienetkin virheet työmääräarvioinnissa aiheuttavat haasteita henkilöstöressurssien hallinnassa. Ero arvioitujen ja toteutuneiden aineistonkäsittelytuntien määrien välillä voi olla helposti useita henkilötyöpäiviä. Esimerkiksi kymmenyksen muutos aineistonkäsittelyn työmääräarvioon käytettävän käsittelykertoimen suuruuteen tuhannen tunnin mittauksessa merkitsisi sataa käsittelytuntia. Jos yhden työpäivän käsittelyaika olisi keskimäärin 7 tuntia, olisi 100 käsittelytuntia yli 14 henkilötyöpäivää. (7)

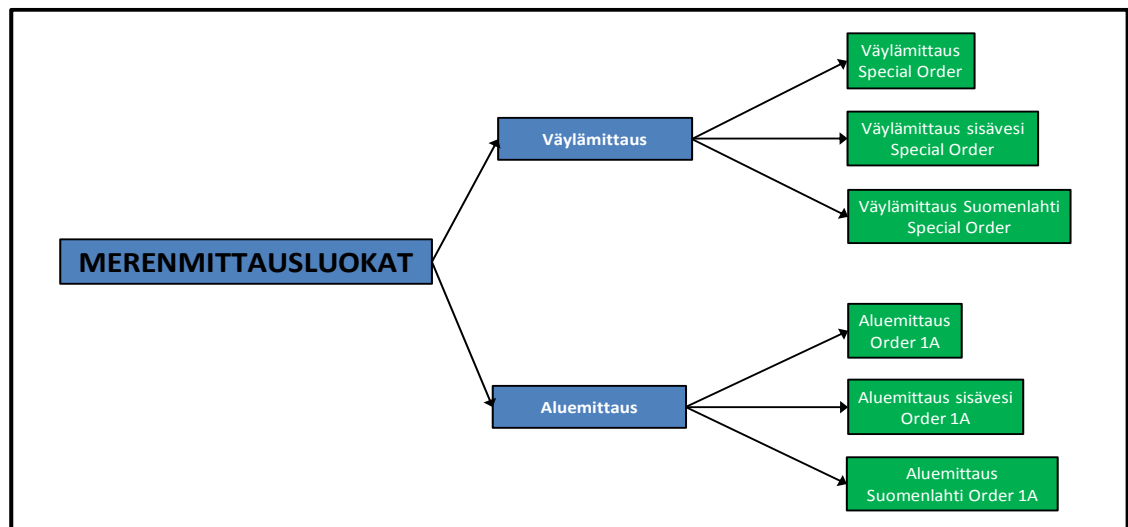
Taulukko 1. Meritaito Oy:n kaikuluotausmääriä. \*Meritaito Oy perustettiin vuonna 2010. \*\*Liikenneviraston suoratilaukanta päättyi vuonna 2012. (12, s. 2.)

Year	Offshore Multibeam km <sup>2</sup>	Near Shore Multibeam km <sup>2</sup>	Inland Multibeam km <sup>2</sup>	Near Shore Single beam km <sup>2</sup>	Total km <sup>2</sup>
<b>2004</b>	767	808	148	364	<b>2 087</b>
<b>2005</b>	813	882	193	632	<b>2 520</b>
<b>2006</b>	912	813	174	667	<b>2 566</b>
<b>2007</b>	822	982	253	501	<b>2 558</b>
<b>2008</b>	893	940	120	327	<b>2 280</b>
<b>2009</b>	369	855	188	196	<b>1 608</b>
<b>2010*</b>	1 843	367	132	124	<b>2 466</b>
<b>2011</b>	1 202	352	307	201	<b>2 062</b>
<b>2012**</b>	1 105	355	200	268	<b>1 928</b>
<b>2013</b>	3 917	748	308	159	<b>5 132</b>
<b>2014</b>	4 500	123	233	235	<b>5 091</b>
<b>2015</b>	7 372		368	287	<b>8 027</b>
<b>2016</b>	5 200	740		58	<b>5 998</b>

Taulukosta 1 nähdään, kuinka Meritaidon tekemien merenmittausten määrät ovat kasvaneet moninkertaisiksi vain parissa vuodessa. Nämä kasvavat mittausmäärät lisäävät työmääräarvioinnin realistisuuden tärkeyttä. Mitattujen pinta-alojen kasvaessa samat virheet arviointilaskuissa aiheuttavat yhä suuremman virheen arvioitujen ja toteutuneiden työtuntien määrässä. (7)

#### 4 Meritaidon suorittamat merikartoitushankkeet

Tässä työssä käytetyt työmääräseuranta-aineistot ovat Meritaidon vuosina 2013–2017 välisenä aikana suorittamista merenmittausprojekteista, jotka ovat Liikenneviraston kilpailuttamia. Tutkimusaineistoa haluttiin pilkkoa pienempiin kokonaisuuksiin (merenmittausluokkiin), koska hypoteesi oli, että silloin aineistosta olisi mahdollista tehdä yksityiskohtaisempia ja tarkempia havaintoja, mikä voisi käytännössä näkyä tarkempina aineistonkäsittelytyömääräarvioina. Ensin mittausprojektit jaettiin samankaltaisten mittauksien projektikokonaisuuksiksi, joita olivat avomeri-, sisävesi-, meriväylä- ja Suomenlahden mittausprojektit. Tämän jälkeen projektikokonaisuuksien mittausalueet jaettiin kuvan 9 mukaisesti väylä- ja aluemittauksiin, joista väylämittaukset jaettiin Väylämittaus Special Order-, Väylämittaus sisävesi Special Order- ja Väylämittaus Suomenlahti Special Order -luokkiin. Aluemittaukset jaettiin Aluemittaus Order 1A-, Aluemittaus sisävesi Order 1A- ja Aluemittaus Suomenlahti Order 1A -luokkiin. Order 1A ja Special Order ovat Liikenneviraston monikeilausmittauksien syvyysepätarkkuusvaatimusluokkia, jotka asettavat rajat monikeilauksella tuotetun pisteaineiston sallittujen virheiden suuruuksille.



Kuva 9. Työssä käytetyn monikeilausaineiston luokittelu. (Pekka Siltanen).

Mittausprojektien mittausaluksina ovat toimineet kuvan 10 merenmittausalukset Airisto ja Kaiku sekä kuvan 11 mittausveneet Keila, Keila1 ja Keila2. Mea Kaikun kaikuluotaimen asennusratkaisu vaihdettiin puomiasennuksesta runkoasennukseen keväällä 2014 ennen mittauskauden alkua ja samalla vaihdettiin myös uusi kaikuluotain Reson Sea-

Bat 7125 SV2. Projektien mittausalueiden pinta-alat ovat olleet 50–7 140 km<sup>2</sup>. Pinta-aloiltaan pienimmät mittausalueet ovat meriväyläprojekteja ja suurimmat avomeriprojekteja. Kestoltaan projektit ovat useita kuukausia, ja jotkut niistä ovat jakautuneet kahdelle mittauskaudelle.



Kuva 10. Vasemmalla merenmittausalus Airisto ja oikealla merenmittausalus Kaiku. (32).



Kuva 11. Vasemmalla mittausvene Keila ja oikealla mittausvene Keila1. (32).

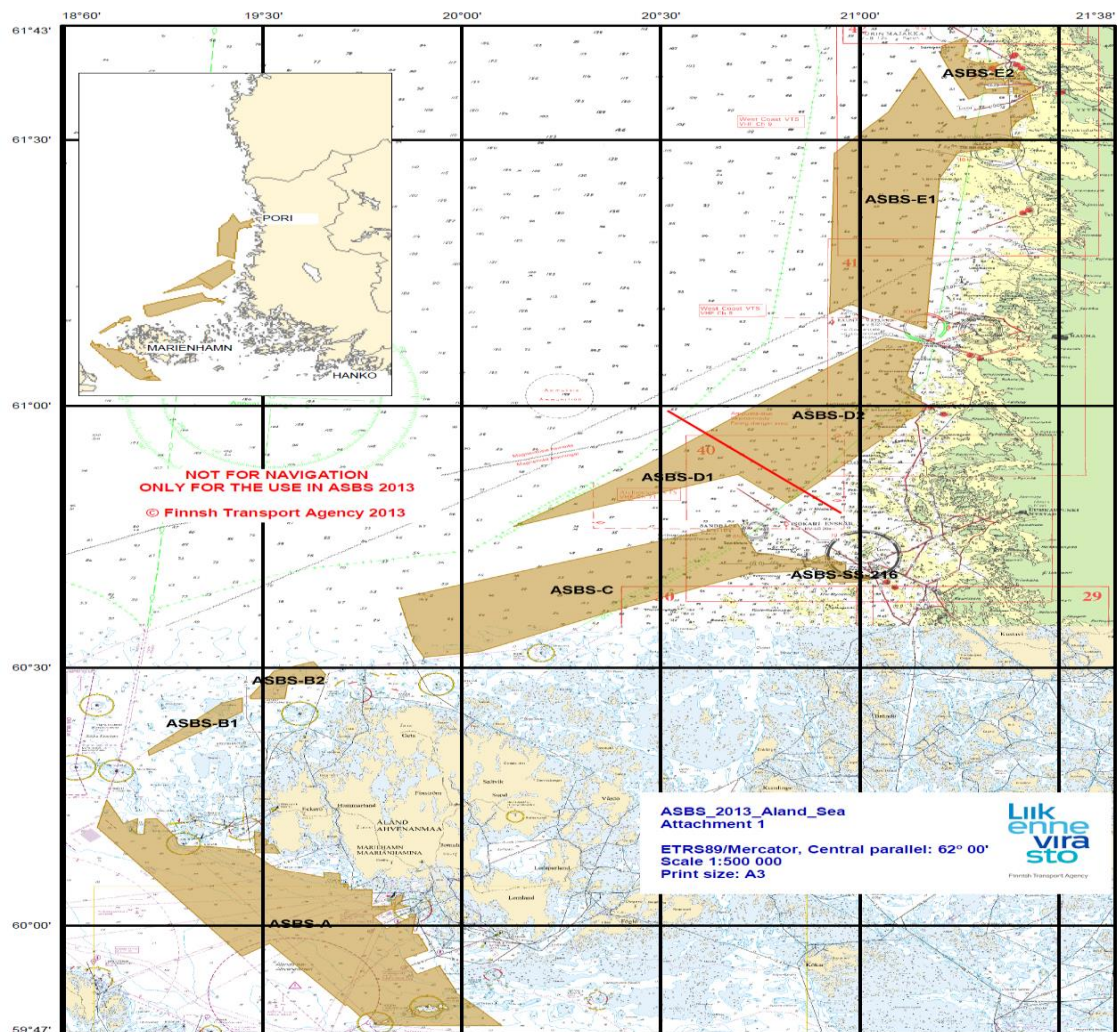
#### 4.1 Avomeriprojektit

Kotimaan mittapuun mukaan avomeriprojekteja ovat ASBS2013, BBHK2013, BBKR2014, BSRK2014 ja BSEEZ2015, joista viimeisimpänä mainittu sijaitsee uloimpana merellä ja on osa EEZ-talousvyöhykettä. Mittaukset on tehty vuosina 2013–2015, ja niiden mittausalueet sijaitsevat Ahvenanmerellä, Selkämerellä ja Perämerellä, jotka ovat avomeriä eli ominaisuuksiltaan avonaisia ja syviä vesistöjä. Mittausalueiden kes-

kivedensyvyys on useita kymmeniä metrejä. Mittausalueina projekteissa toimivat merenmittausalueet Airisto ja Kaiku.

#### 4.1.1 ASBS2013

Merenmittaustyön projektin nimi oli Aland Sea and southern Bothnian Sea Hydrographic Surveys 2013. Mittausalueet sijaittivat kuvan 12 osoittamalla tavalla Ahvenanmerellä ja eteläisellä Selkämerellä. Alueet olivat avonaisia, rajattu selkeästi ja niiden vedensyvyys oli n. 9–200 metriä. Mitattujen alueiden pinta-alat olivat yhteensä 5 503 km<sup>2</sup>, josta mea Airisto mittasi 2 701 km<sup>2</sup> ja mea Kaiku 2 802 km<sup>2</sup>. Mittaukset suoritettiin vuoden 2013 mittauskauden aikana. Tässä projektissa mea Kaikun kaikuluotain oli Reson SeaBat 7101.

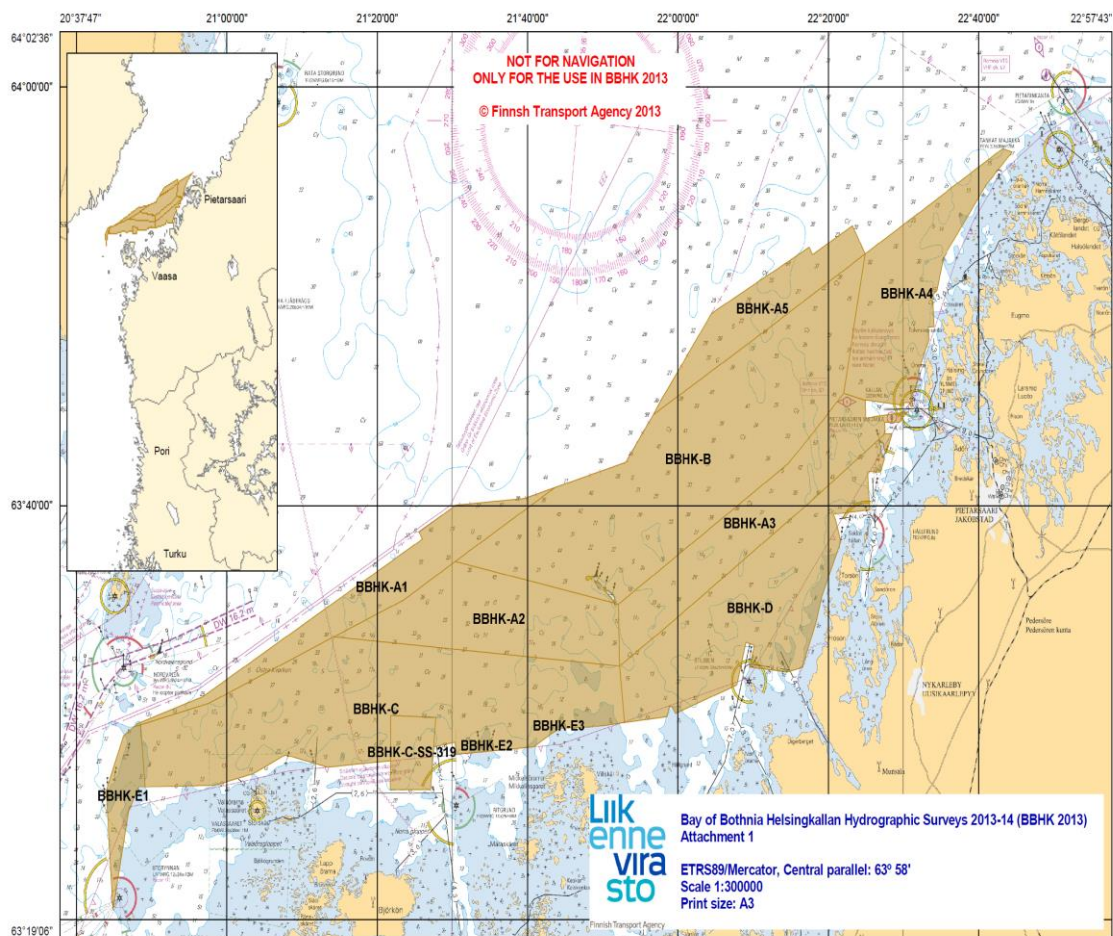


Kuva 12. Osa projektin ASBS2013 mittausalueista (14).



#### 4.1.2 BBHK2013

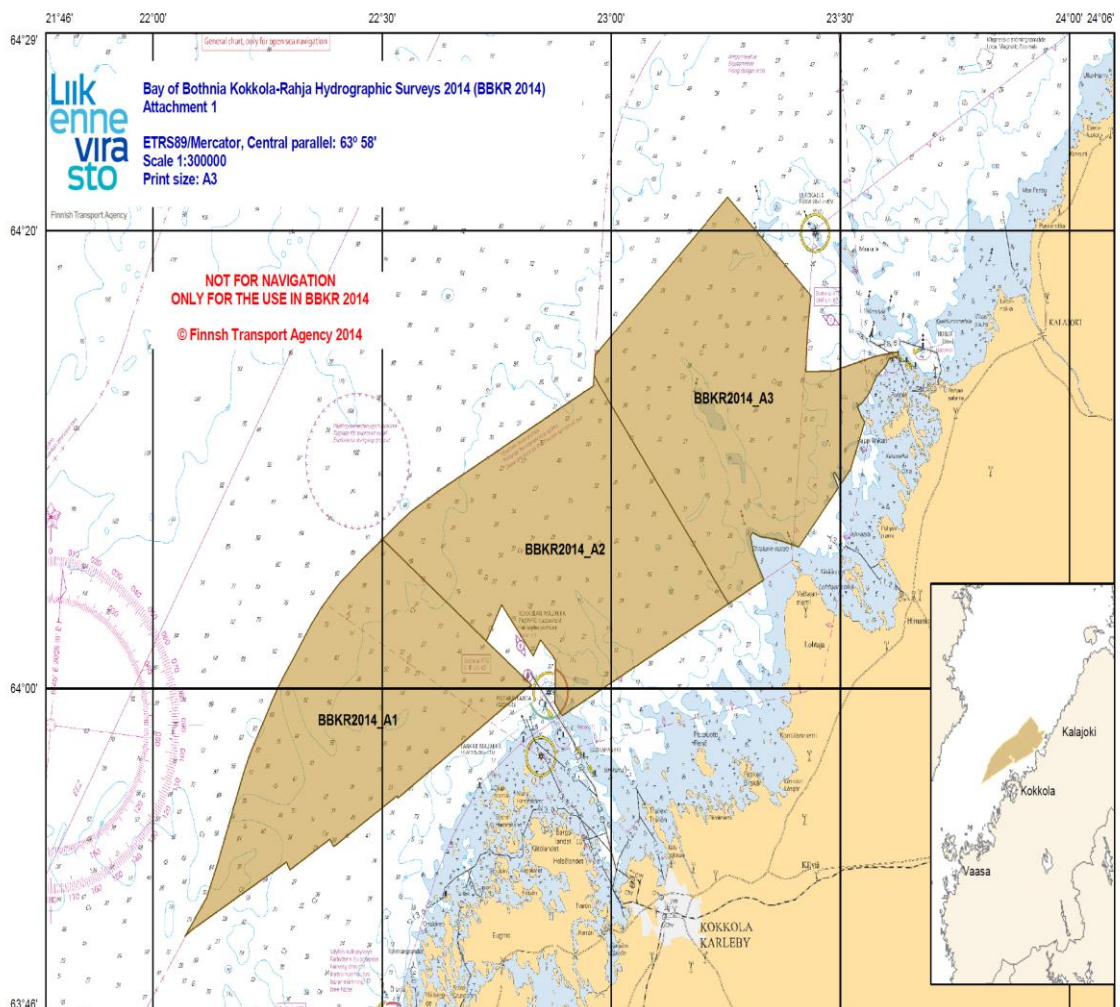
Merenmittaustyön projektinimi oli Bay of Bothnia Helsingkallan Hydrographic Surveys 2013-14. Mittausalueet sijoittuivat kuvan 13 osoittamalla tavalla Perämerelle Helsingkallan edustalle ja mittaukset suoritettiin vuosien 2013 ja 2014 aikana. Alueiden vedensyvyys oli 6–50 metriä. Mitattujen alueiden pinta-alat olivat yhteensä 1 938 km<sup>2</sup>, josta mea Airisto mittasi 721 km<sup>2</sup> ja mea Kaiku 1 217 km<sup>2</sup>. Mittauksissa oli mea Kaikun osalta ollut haasteita aineiston laatuvaatimuksien täyttymisen suhteen. Mittausalueelta poistuttaessa Kaikun kaikuluotaimen kiinnitysmekanismi todettiin vialliseksi. Mittauspuomissa, johon kaikuluotain oli kiinnitetty, huomattiin tapahtuneen mekaanista löystymistä, jonka seurauksena se pääsi liikkumaan. Tämän seurauksena mittausaineiston laatu heikkeni, mikä vaikeutti aineistonkäsittelytyötä ja johti myös käsittelyaikojen kasvamiseen. Kaikun kaikuluotain oli vielä tässä projektissa vanhempaa Reson SeaBat 7101 -mallia. (7)



Kuva 13. Osa projektin BBHK2013 mittausalueista (15).

### 4.1.3 BBKR2014

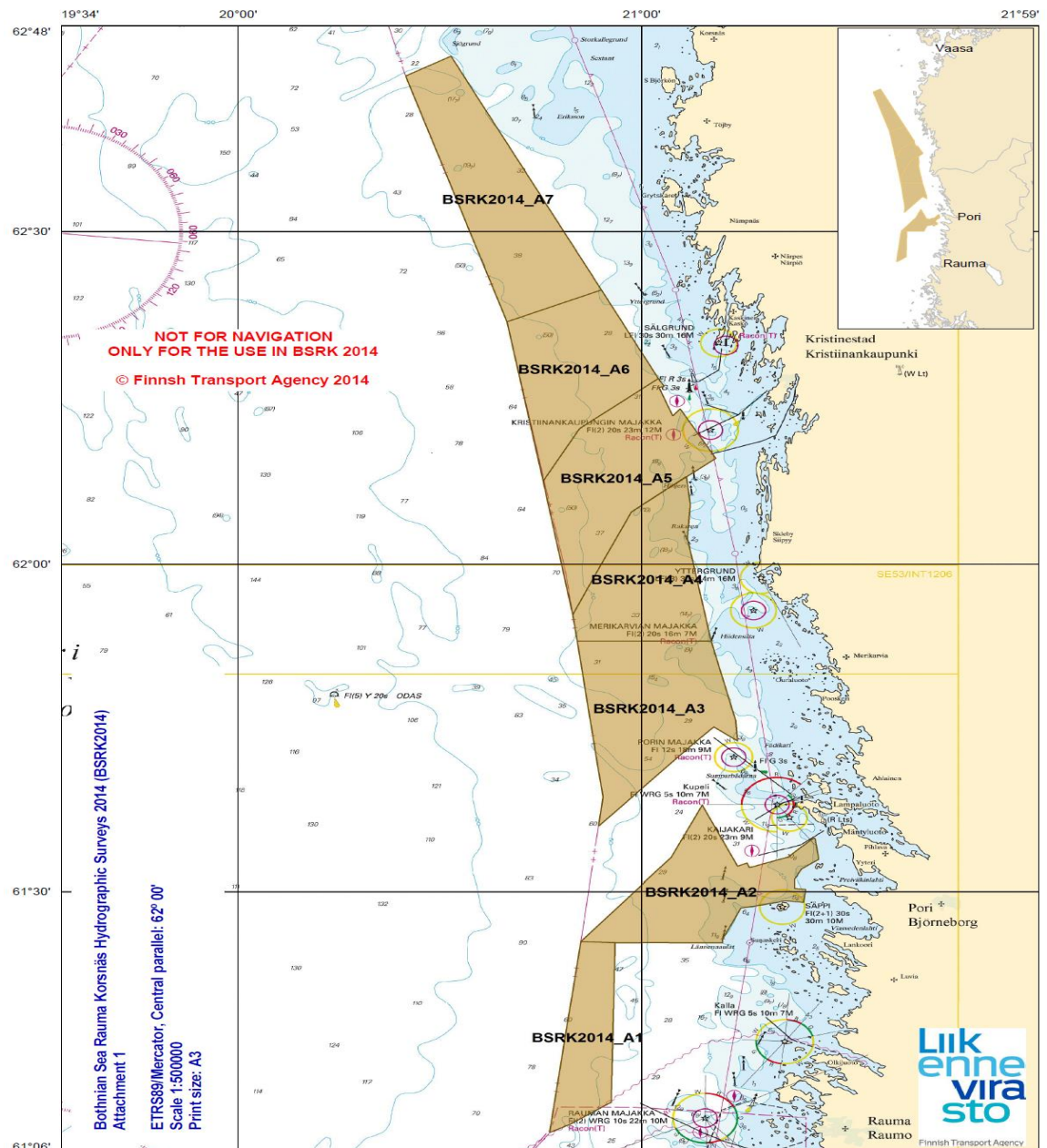
Merenmittaustyön projektinimi oli Bay of Bothnia Kokkola-Rahja Hydrographic Survey 2014. Mittausalueet sijoituivat kuvan 14 osoittamalla tavalla Perämerelle Kokkolan ja Rahjan välille. Alueiden vedensyvyys oli 8–80 metriä. Mittaukset suoritettiin vuoden 2014 mittauskauden aikana mea Kaikulla ja mitattujen alueiden pinta-alat olivat yhteensä 1 540 km<sup>2</sup>. Ennen tämän projektin aloitusta Kaikun kaikuluotain ja sen asennusratkaisu oli uusittu, mikä tehosti aineistonkäsittelyä.



Kuva 14. Projektin BBKR2014 mittausalueet (16).

## 4.1.4 BSRK2014

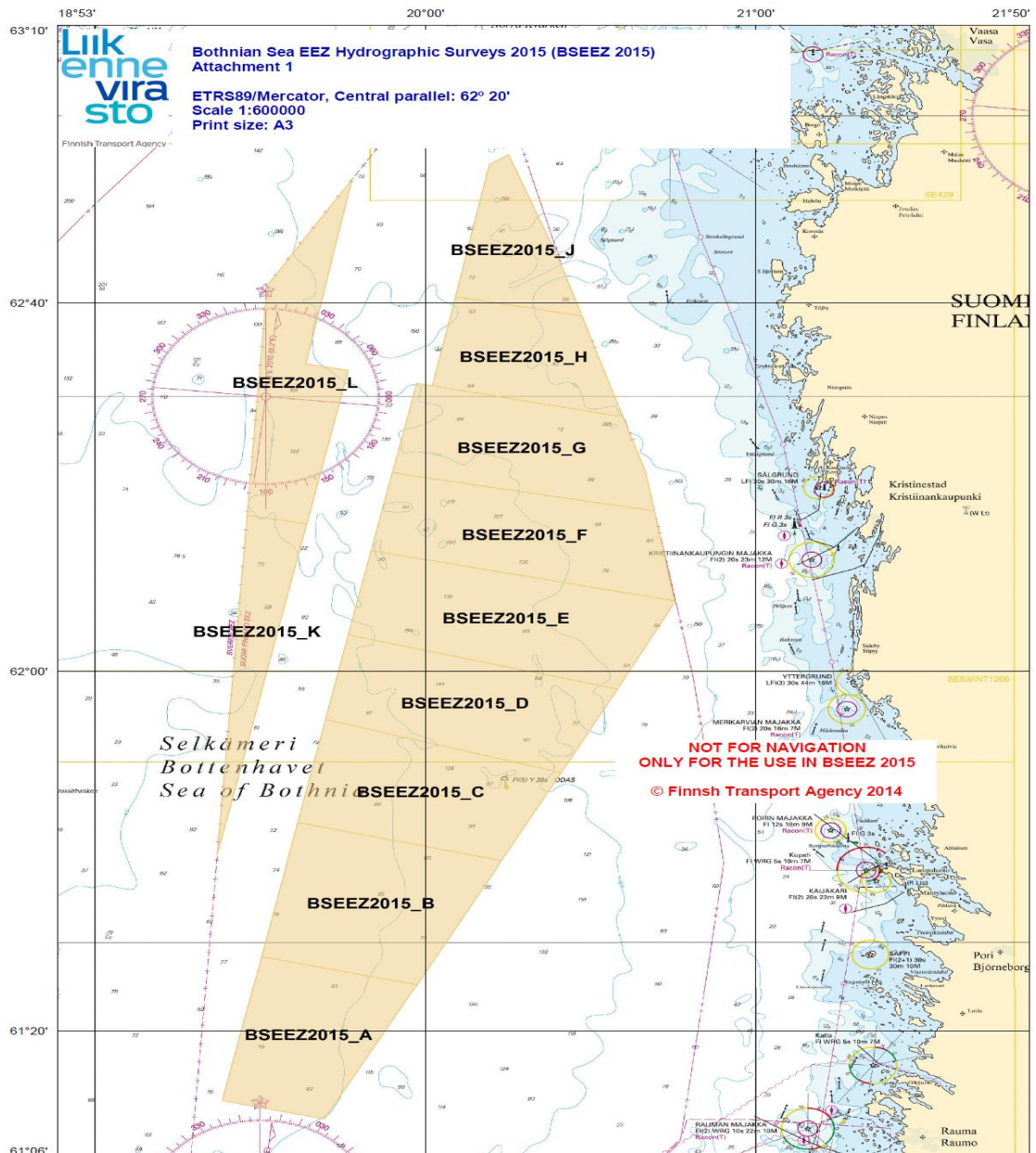
Merenmittaustyön projektinimi oli Bothnian Sea Rauma Korsnäs Hydrographic Survey 2014. Mittausalueet sijoittuivat kuvan 15 osoittamalla tavalla Selkämerelle Rauman ja Korsnäsin edustalle ja mittaukset suoritettiin vuoden 2014 mittauskauden aikana. Alueiden vedensyvyys oli 7,5–60 metriä. Mittaukset suoritettiin mea Airistolla ja mitattujen alueiden pinta-alat olivat yhteensä 2 457 km<sup>2</sup>.



Kuva 15. Projektin BSRK2014 mittausalueet (17).

#### 4.1.5 BSEEZ2015

Merenmittaustyön projektinimi oli Bothnian Sea EEZ Hydrographic Survey 2015. Mittausalueet sijoittuivat kuvan 16 osoittamalla tavalla Rauman ja Korsnäsin edustalle Selkämerelle EEZ-talousvyöhykkeelle, jossa mittaukset suoritettiin vuoden 2015 mittauskauden aikana. Alueiden vedensyvyys oli 19–144 metriä. Mitattujen alueiden pinta-alat olivat yhteensä 7 139 km<sup>2</sup>, josta mea Airisto mittasi 5 943 km<sup>2</sup> ja mea Kaiku 1 196 km<sup>2</sup>.



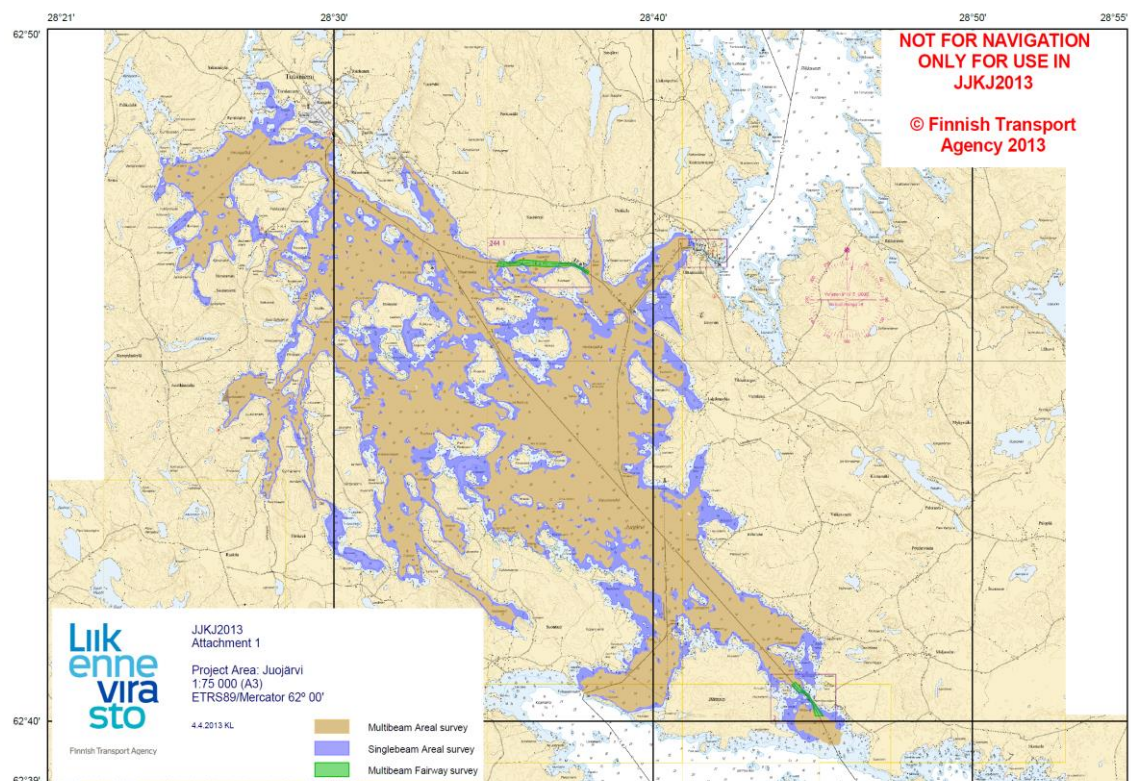
Kuva 16. Osa projektin BSEEZ2015 mittausalueista (18).

## 4.2 Sisävesiprojektit

Sisävesiprojekteihin kuuluvat JJKJ2013, SSMI2014 ja SSSU2015 ovat vuosina 2013–2015 sisävesialueilla suoritettuja merenmittausprojekteja. Mittausalueet sijaitsivat lähinnä Saimaalla, jonka lisäksi myös Juojärvellä, Kermajärvellä ja Ruokovedellä. Mittausaluksina toimivat merenmittausalus Kaiku ja mittausveneet Keila ja Keila2.

### 4.2.1 JJKJ2013

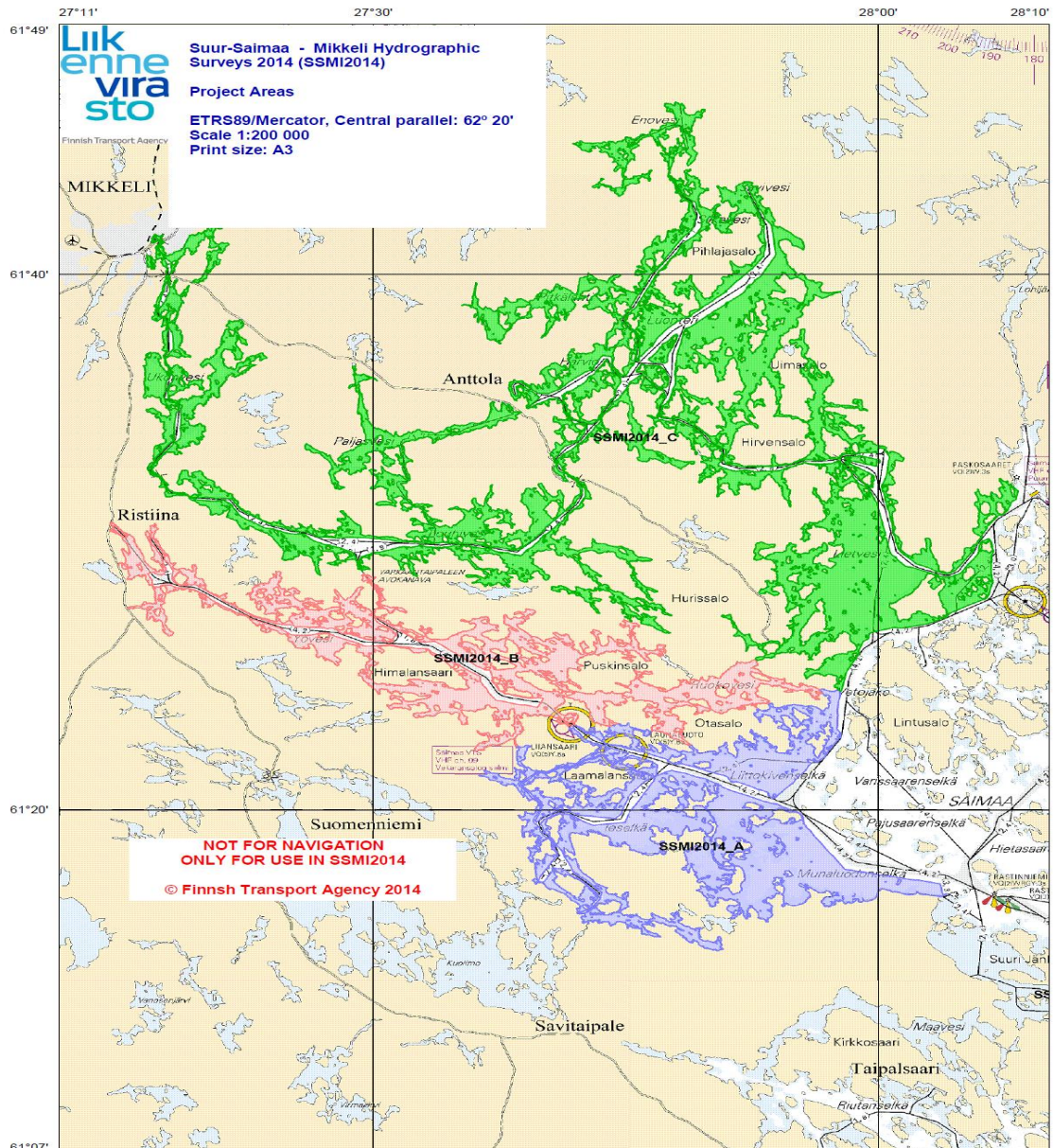
Merenmittaustyön projektinimi oli Sisävesien aluemittaukset Juojärvi pohjoinen, Kermajärvi, Ruokovesi ja eteläinen Saimaa 2013 (JJKJ2013). Mittausalueet sijoituivat Juojärven pohjoisosaan, Kermajärvelle, Ruokovedelle ja eteläiselle Saimaalle. Monikeilaukset suoritettiin vuosien 2013 ja 2014 aikana. Mitattujen alueiden pinta-alat olivat yhteensä 381 km<sup>2</sup>, josta mv Keila mittasi 337 km<sup>2</sup> ja mv Keila2 44 km<sup>2</sup>. Kuvassa 17 on Juojärven pohjoisosan mittausalue, joka on esimerkki projektin tyypillisestä rikkonaisesta mittausalueesta.



Kuva 17. Esimerkkinä projektin JJKJ2013 mittausalueista Juojärven pohjoisosaa. Monikeilaamalla mitattavat alueet on merkitty ruskealla ja vihreällä. (19)

## 4.2.2 SSMI2014

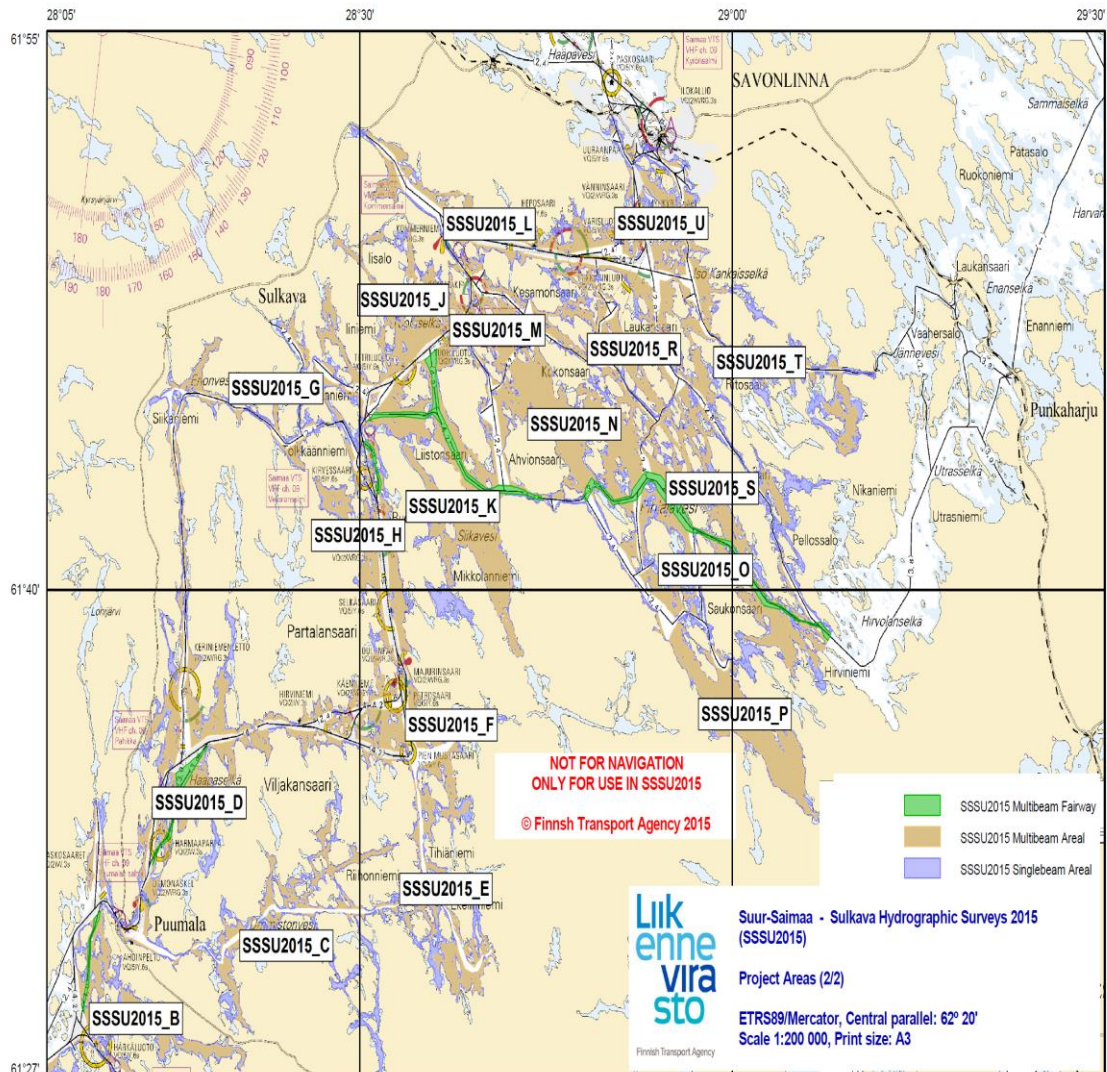
Merenmittaustyön projektinimi oli Finland inland waters Suur-Saimaa Mikkeli 2014 (SSMI2014). Mittausalueet sijoittuivat Suur-Saimaalle Mikkeliin, ja monikeilaukset suoritettiin vuoden 2014 mittauskauden aikana. Mitattujen alueiden pinta-alat olivat yhteensä 303 km<sup>2</sup>, josta mv Keila mittasi 208 km<sup>2</sup> ja mv Keila2 95 km<sup>2</sup>. Kuvassa 18 on projektin SSMI2014 tyypillisiä mittausalueita.



Kuva 18. Osa projektin SSMI2014 mittausalueista (20).

### 4.2.3 SSSU2015

Merenmittaustyön projektinimi oli Finland inland waters Suur-Saimaa to Sulkava (SSSU2015). Mittausalueet olivat pieniä ja sokkeloisia, kuten kuvasta 19 voi havainnoida. Mittausalueet sijoituivat Suur-Saimaalta Sulkavalle, ja monikeilaukset suoritettiin vuoden 2015 mittauskauden aikana. Mitattujen alueiden pinta-alat olivat yhteensä 328 km<sup>2</sup>, josta mv Keila mittasi 146 km<sup>2</sup> ja mea Kaiku 182 km<sup>2</sup>.



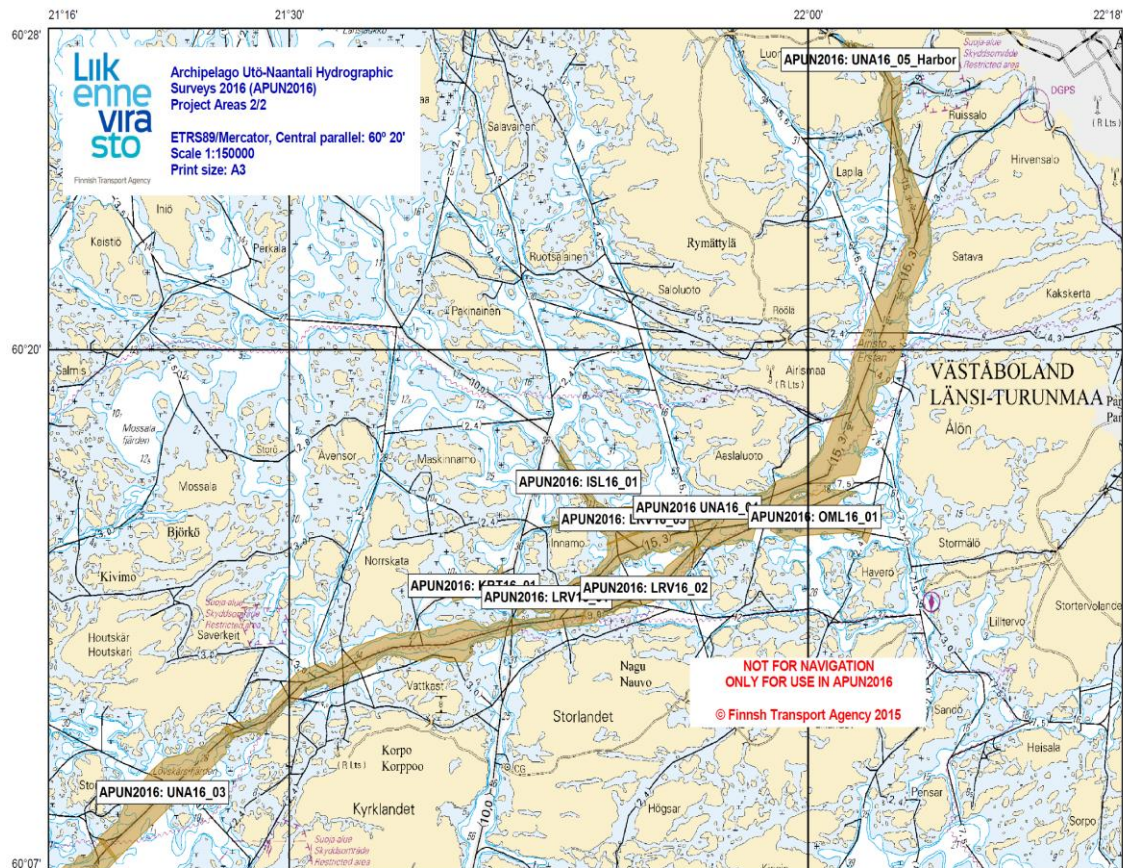
Kuva 19. Osa projektin SSSU2015 mittausalueista. Monikeilaamalla mitattavat alueet on merkitty vihreällä ja ruskealla. (21)

### 4.3 Meriväyläprojektit

Meriväyläprojekteja olivat APUN2016, BBPI2016 ja GFRS2016, joiden mittausalueet sijaitsivat Saaristomerellä, Perämerellä ja Suomenlahdella. Kaikki mittaukset suoritettiin vuoden 2016 aikana. Valtaosa mittauksista tehtiin merenmittausalus Kaikulla, jonka lisäksi mittausvene Keilalla mitattiin vain pieniä, yhteensä muutaman neliökilometrin kokoisia alueita.

#### 4.3.1 APUN2016

Merenmittaustyön projektinimi oli Archipelago Utö-Naantali Hydrographic Surveys 2016 (APUN2016). Mittausalueet sijoituivat kuvan 20 osoittamalla tavalla Saaristomerelle Utön ja Naantalin välille, ja mittaukset suoritettiin kesän 2016 aikana. Alueiden veden-syvyys oli 2,4–75 metriä. Mitattujen alueiden pinta-alat olivat yhteensä 253 km<sup>2</sup>, josta mea Kaiku mittasi 247 km<sup>2</sup> ja mv Keila 6 km<sup>2</sup>.



Kuva 20. Projektin APUN2016 mittausalueita (22).

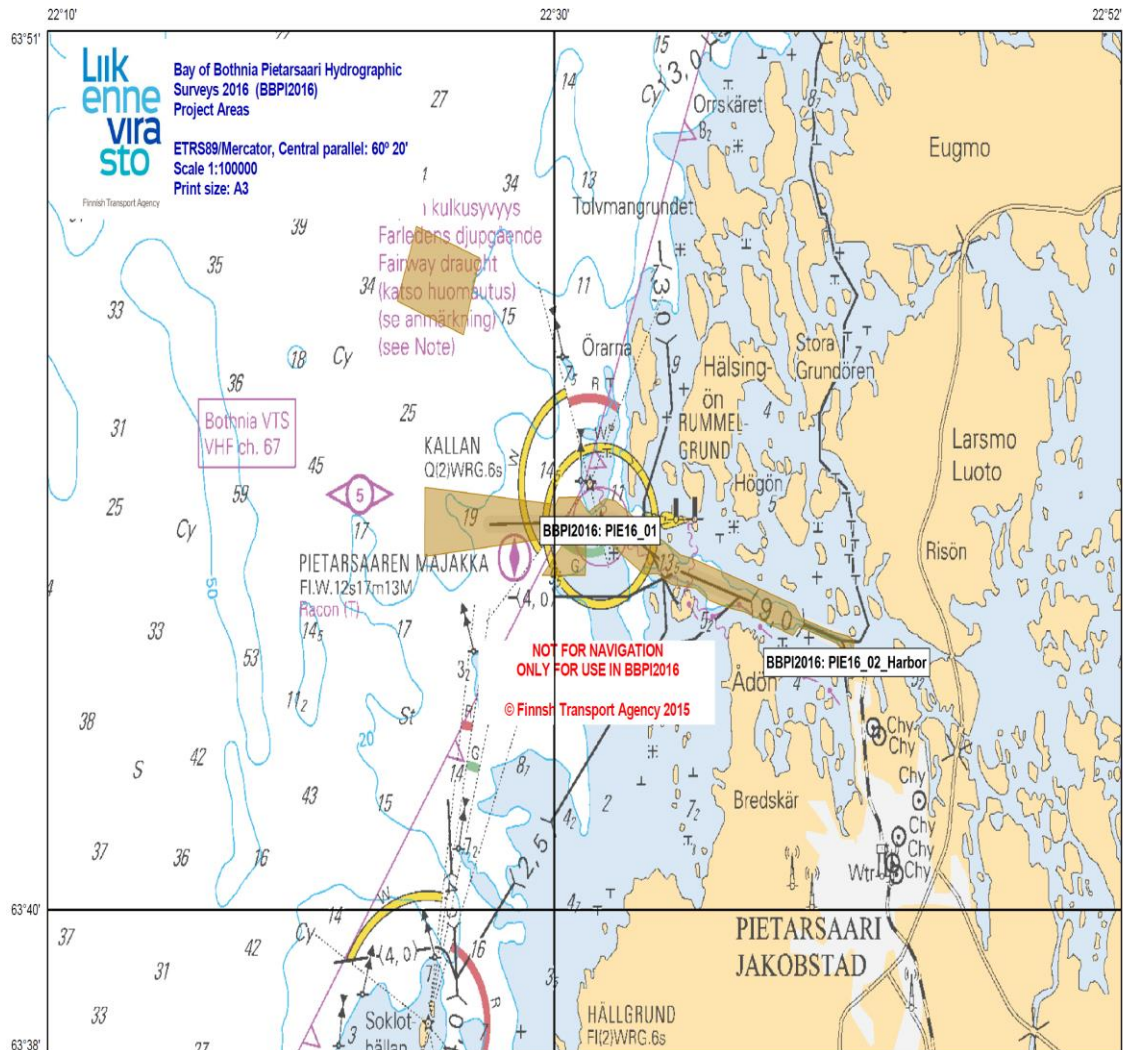




Kuva 21. Projektin APUN2016 mittausalueita (23).

#### 4.3.2 BBPI2016

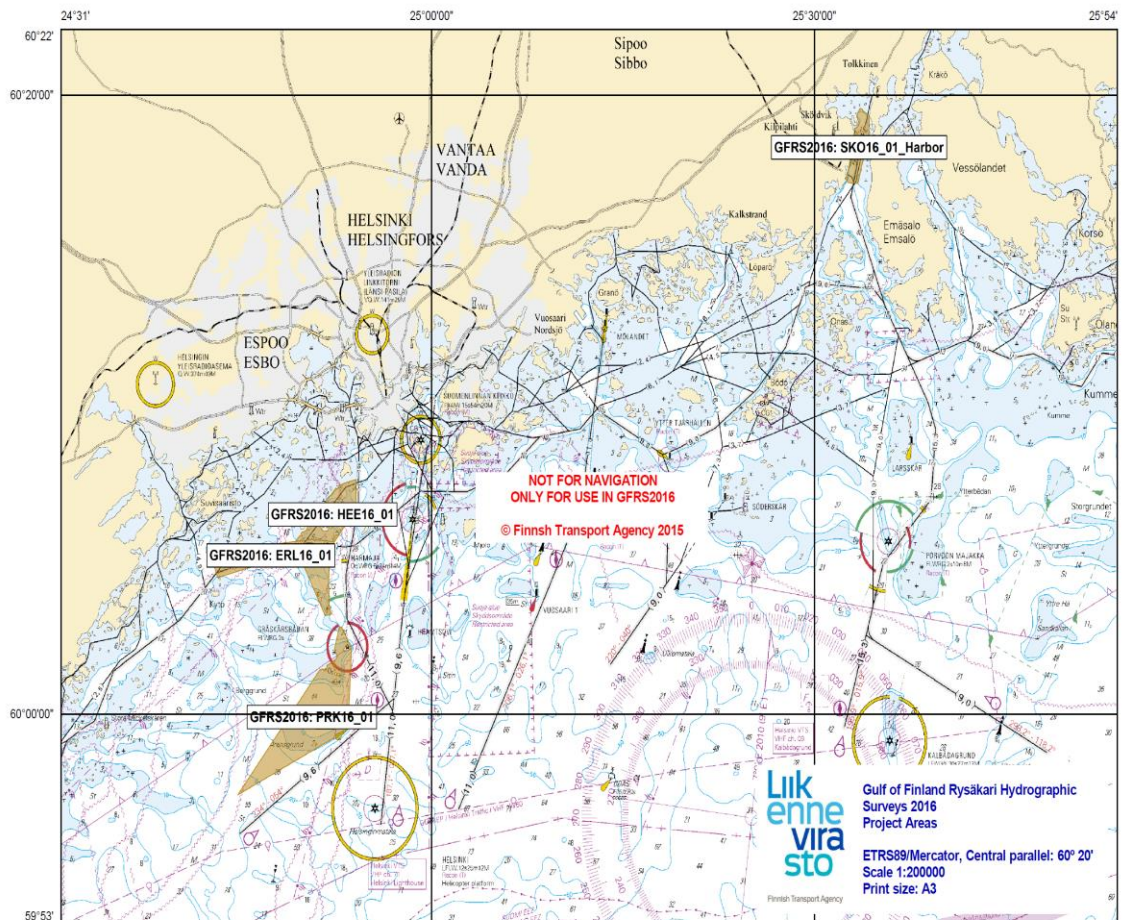
Merenmittaustyön projektinimi oli Bay of Bothnia Pietarsaari Hydrographic Surveys 2016 (BBPI2016). Mittausalueet sijoituivat kuvan 22 osoittamalla tavalla Perämerelle Pietarsaaren edustalle ja mittaukset suoritettiin kesän 2016 aikana. Alueiden vedensyvyys oli 11–35 metriä. Mitattujen alueiden pinta-alat olivat yhteensä 258,5 km<sup>2</sup>, josta mea Kaiku mittasi 258,3 km<sup>2</sup> ja mv Keila 0,2 km<sup>2</sup>.



Kuva 22. Projektin BBPI2016 mittausalueet (24).

### 4.3.3 GFRS2016

Merenmittaustyön projektinimi oli Gulf of Finland Rysäkari Hydrographic Surveys 2016 (GFRS2016). Mittausalueet sijoituivat kuvan 23 osoittamalla tavalla Suomenlahdelle Sipoon Kaunissaaresta Pellinkiin, ja mittaukset suoritettiin kesän 2016 aikana. Alueiden vedensyvyys oli 9–55 metriä. Mitattujen alueiden pinta-alat olivat yhteensä 51 km<sup>2</sup>, josta mea Kaiku mittasi 50 km<sup>2</sup> ja mv Keila 1 km<sup>2</sup>.



Kuva 23. Projektin GFRS2016 mittausalueet (25).

### 4.4 Suomenlahden projektit SULA2013 ja SULA2016

Projektien SULA2013 ja SULA2016 mittausalueet sijaitsivat Suomenlahdella. SULA2013-mittaukset suoritettiin vuonna 2013 merenmittausalus Kaikulla ja mittausvene M640:llä. SULA2016-mittaukset suoritettiin vuosien 2016 ja 2017 aikana mea Kaikulla, mv Keilalla ja mv Keila1:llä.

## 5 Meritaito Oy:n merenmittausprojektien työmääräseuranta-aineiston tutkimisen menetelmät, tulokset ja havainnot

Työssä oli tarkoitus tutkia Meritaidon työmääräseuranta-aineistoa ja etsiä siellä olevista tiedoista mahdollisia johdonmukaisuuksia, seurannan pitoon liittyviä puutteita tai muita asioita, joista voisi olla hyötyä tulevien merenmittausprojektien aineistokäsittelytyömäärien arvioinneissa. Tavoitteena oli myös kehittää työkalu, jolla voitaisiin tulevaisuudessa tehdä merenmittausprojektien aineistokäsittelytyömäärien arviointia tähänastista tarkemmin. Tässä luvussa käydään läpi tuota prosessia, sen tuloksia ja niistä tehtyjä havaintoja.

### 5.1 Työmääräseuranta-aineiston tutkimismenetelmät

Työssä tutkitut Liikenneviraston tilaamien merenmittaustöiden projektikohtaiset Excel-pohjaiset työmääräseuranta-aineistot saatiin niitä tehneeltä Meritaidon työpäälliköltä. Aineistoa rajattiin vuosien 2013–2017 aikana Suomen aluevesillä mitattuihin projekteihin. Lisäksi aineisto jaettiin kuuteen merenmittausluokkaan, jotka ovat

- Väylämittaus Special order
- Väylämittaus sisävedet Special order
- Väylämittaus Suomenlahti Special order
- Aluemittaus Order 1a
- Aluemittaus sisävedet Order 1a
- Aluemittaus Suomenlahti Special order.

Merenmittausluokkiin jakamisen jälkeen aineistosta karsittiin tutkimisen kannalta epäolennainen tieto pois. Karsimisen jälkeen mietittiin keinoja, joilla käsittelytyömääriä voisi arvioida tarkemmin. Työssä päädyttiin hyödyntämään aikaisemmin aineistokäsittelytyömäärien arvioimisen ja seuraamisen työkaluna käytettyä käsittelykerrointa (KK), joka on aineistokäsittelyyn ja mittaukseen käytettyjen aikojen suhdeluku. (7)

$$KK = \frac{\text{käsittelyaika}}{\text{mittausaika}}$$

(2)

Työssä kehitettiin työmäärien arviointia varten linjakilometri- ja pinta-alakertoimet, jotka laskettiin työmääräseuranta-aineistosta erikseen jokaiselle merenmittausluokalle. Laskemiseen käytettiin kunkin merenmittausluokan projektien yhteenlaskettuja linjakilometrimääriä, pinta-aloja, mittaus- ja käsittelyaikoja ja niistä laskettuja käsittelykertoimia. Linjakilometrikertoimien (LK) laskemisen kaava on:

$$LK = \frac{\text{käsittelykerroin}}{\frac{\text{mittausaika}}{\text{linjakilometrit}}} = \frac{\text{käsittelykerroin} * \text{linjakilometrit}}{\text{mittausaika}} \quad (3)$$

Pinta-alakertoimien (PK) laskemisen kaava on

$$PK = \frac{\text{käsittelykerroin}}{\frac{\text{mittausaika}}{\text{mitattu pinta-ala}}} = \frac{\text{käsittelykerroin} * \text{mitattu pinta-ala}}{\text{mittausaika}} \quad (4)$$

Molemmat kertoimet laskettiin kaikille kuudelle merenmittausluokalle. Saatuja kertoimia voidaan käyttää käsittelykertoimien ja -aikojen arvioimiseen.

Kaava käsittelykertoimien arviointiin linjakilometriperusteisesti:

$$\text{Arvio käsittelykertoimesta} = \frac{LK * \text{mittausaika}}{\text{linjakilometrit}} \quad (5)$$

Kaava käsittelykertoimien arviointiin pinta-alaperusteisesti:

$$\text{Arvio käsittelykertoimesta} = \frac{PK * \text{mittausaika}}{\text{mitattu pinta-ala}} \quad (6)$$

Kaava käsittelyaikojen arviointiin linjakilometriperusteisesti:

$$\text{Arvio käsittelyajasta} = \frac{LK * (\text{mittausaika})^2}{\text{linjakilometrit}} \quad (7)$$

Kaava käsittelyaikojen arviointiin pinta-alaperusteisesti:

$$\text{Arvio käsittelyajasta} = \frac{PK * (\text{mittausaika})^2}{\text{mitattu pinta-ala}} \quad (8)$$

Seuraavaksi oli tarve nähdä muokattua tutkimusaineistoa visuaalisesti kuvaajien avulla. Kuvaajista tarkasteltiin esimerkiksi, miltä linjakilometri- ja pinta-alakertoimilla laskettu-

jen käsittelyaika-arvioiden ja toteutuneiden aineistonkäsittelykertoimien välinen suhde näyttää. Työssä päätettiin käyttää viivakaavio-lajia, joka osoittautui kaikista havainnollistavimmaksi kaavio-lajiksi. Tehtyjen kaavioiden lähdetiedoiksi valittiin Exceltaulukoiden mittausaluetunnus-, käsittelykerroin-, KK-arvio LK:lla- ja KK-arvio PK:lla -sarakkeiden tiedot.

## 5.2 Työmääräseuranta-aineiston tutkimisen tulokset

Tässä luvussa esitellään työn tutkimustuloksia, joita ovat merenmittausluokat ja niille lasketut linjakilometri- ja pinta-alakertoimet sekä aineistonkäsittelykertoimien ja -aikojen arvioimista varten kehitetyt arviointilaskurit, joilla laskettavat käsittelyaika- ja käsittelykerroinarviot tehdään joko linjakilometri- tai pinta-alaperusteisesti.

### 5.2.1 Merenmittausluokkakohtaiset linjakilometri- ja pinta-alakertoimet

Merenmittausluokkien linjakilometri- ja pinta-alakertoimien tarkoituksena on toimia työkaluna aineistonkäsittelytyömäärien arvioinnissa. Kullakin luokalla on omat kertoimensa, joiden käyttö aineistonkäsittelytyömäärien arvioinnissa täytyy valita arvioitavan mittausalueen merenmittausluokan perusteella. Mittausalueen ominaisuudet määräävät mihin luokkaan mittausalue kuuluu.

Työssä esitetyn hypoteesin mukaan kullekin merenmittausluokalle erikseen lasketuilla kertoimilla mittausaineistojen käsittelyaikojen arviointi olisi tarkempaa kuin yhdellä ja samalla kertoimella, jolla laskettaisiin kaikkien projektien arviot. Kertoimet laskettiin erikseen jokaiselle merenmittausluokalle niiden taulukoitujen ominaisuuksien yhteenlasketuista arvoista kaavoilla 3 ja 4. Kertoimet kuvaavat siis mittausluokkien keskimääräistä mittausaikojen suhdetta käsittelykertoimen ja linjakilometri- tai pinta-alojen tuloon. Käytännössä tämä tarkoittaa siis erilaisia kertoimia jokaiselle merenmittausluokalle, koska mittausalueet ominaisuuksineen eroavat toisistaan. Työmääriä arvioitaessa täytyy ensin selvittää, mihin merenmittausluokkaan mittausalueet kuuluvat, minkä jälkeen valitaan käytettävät kertoimet.

Työmääräarviointia voi tehdä, joko käyttämällä kaavoja 5, 6, 7 ja 8, joihin syötetään LK:n tai PK:n tilalle halutut kertoimet tai käyttämällä arviointilaskuria, johon syötetään

tarvittavat luvut, minkä jälkeen se laskee arviot käsittelykertoimesta ja käsittelyajasta tunteina.

Merenmittausluokkakohtaisten kertoimien toimivuutta on tutkittu laskemalla LK:lla ja PK:lla mittausaluekohtaiset käsittelykerroinarviot ja vertailemalla niitä toteutuneisiin käsittelykertoimiin. Arvioiduista ja toteutuneista käsittelykertoimista on piirretty kuvaajia, joiden avulla mm. niiden korrelaatioita on voitu havainnoida visuaalisesti.

Merenmittausluokille lasketut linjakilometri- ja pinta-alakertoimet perustuvat aikaisemmista mittausprojekteista kerättyyn aineistoon. Kertoimet on laskettu samankaltaisten mittausalueitten yhteenlasketuista tiedoista. Oletamus on, että kertoimet toimivat parhaiten vastaavanlaisten mittausalueiden, kuin mistä ne on laskettu, arvioinnissa. Tämän vuoksi työmääräarvioinnissa suositellaan käytettäväksi sen merenmittausluokan kertoimia, johon arvioinnin kohteena olevat mittausalueet kuuluvat. Toisin sanoen muiden kuin tässä työssä laskettujen merenmittausluokkien kertoimien käyttäminen työmääräarvioinnissa ei ole suositeltavaa.

### 5.2.2 Aineistonkäsittelyaikojen ja -kertoimien arviointilaskurit

Työssä tehtiin aineistonkäsittelytyömäärien arvioinnin avuksi kaksi Excel-taulukkolaskuria, joilla voi laskea aineistonkäsittelyaikoja ja -kertoimia. Laskurit perustuvat tässä työssä laskettuihin merenmittausluokkien linjakilometri- ja pinta-alakertoimiin. Laskureita käytetään siten, että niihin syötetään merenmittausluokkataulukosta halutut kertoimet ja niiden lisäksi mittausajat tunteina, mitatut linjakilometrit ja mitatut pinta-alat neliökilometreinä niille osoitetuille paikoille.

### 5.3 Työmääräseuranta-aineistosta tehdyt havainnot

Tutkituista työmääräseuranta-aineiston Excel-taulukoista on tehty viivakuvaajia havainnollistamaan niiden sisältämiä tietoja visuaalisesti. Tehdyistä kuvaajista on tehty havaintoja, joita tuodaan esille tässä kappaleessa. Merkittävimmät havainnot liittyvät BBHK2013-projektin korkeisiin käsittelykertoimiin, linjakilometri- ja pinta-alakertoimen käsittelykerroinarvioiden eroavaisuuksiin, arvioinnin toimivuuteen pienissä mittausmäärissä sekä SULA2016-projektin linjakilometrikertoimella tehdyn käsittelykerroinarvioinnin lineaarisuuteen ja LK:n ja PK:n keskiarvon toimivuuteen arvioinnissa.

### 5.3.1 Merenmittausprojektien toteutuneet käsittelykertoimet

Aluemittaus Order 1a -merenmittausluokkaan kuuluvan mittausprojekti BBHK2013:n mittausalueiden BBHK-A2–BBHK-A5 toteutuneet käsittelykertoimet (KK toteutunut) erottuvat selvästi muiden luokkien kertoimista. Projektin BBHK2013 mittauksissa oli ongelmia meä Kaikun kaikuluotaimen asennuksessa, mikä aiheutti aikaisempiin mittauksiin verrattuna heikompaa aineiston laatua ja johti mahdollisesti sitä kautta käsittelykertoimien kasvuun. Myös Aluemittaus sisävesi Order 1a -luokan mittausalueiden toteutuneissa käsittelykertoimissa on suurta hajontaa. Muiden merenmittausluokkien toteutuneet käsittelykertoimet ovat oman luokkansa sisällä yhtenäisempiä kuin edellä mainittujen esimerkkien.

### 5.3.2 Mittausalueen koon vaikutus LK:n ja PK:n käyttökelpoisuuteen

Mittausalueen linjakilometriä tai pinta-alan määrä vaikuttaa linjakilometri- ja pinta-alakertoimien avulla tehdyn arvioinnin tarkkuuteen. Tutkitusta aineistosta on nähtävissä se, kuinka mitattujen linjakilometriä tai pinta-alan määrän ollessa alhainen, toteutuneen käsittelykertoimen (KK) ja LK:lla tai PK:lla arvioidun käsittelykertoimen välinen ero kasvaa huomattavasti. Tämä ilmiö on nähtävissä erityisesti Aluemittaus Order 1a -merenmittausluokassa, jossa LK:lla ja PK:lla tehdyt arviot mittausalueiden BBHK-E1, BBHK-E2, BBHK-E3 ja BBHK-E4 käsittelyajoista ovat moninkertaisia toteutuneisiin kertoimiin nähden. Erityisesti PK:lla tehdyt arviot poikkeavat toteutuneista ja ovat moninkertaisia verrattuna toteutuneisiin käsittelykertoimiin. Myös Väylämittaus Special order -merenmittausluokassa on sama ilmiö mittausalueen UNA16\_05 osalta.

Tutkimusaineistosta tehtyjen havaintojen perusteella voi todeta, ettei tarkkaa raja-arvoa edellä mainitun ilmiön esiintymiselle voi antaa, mutta merkittäviä eroja arvioiduissa ja toteutuneissa käsittelykertoimissa ei ole juurikaan nähtävissä mittausalueissa, joissa mitattu pinta-ala on yli 2 km<sup>2</sup> tai on mitattu yli 100 linjakilometriä.

Syyt siihen, että LK tai PK eivät toimi pienten mittausalueiden arvioimiseen, voivat olla mittausteknisiä. Mittaukset aloittaessa täytyy mittaajien ottaa veden äänennopeusprofiili, minkä takia mittausalue on vähintäänkin useita minutteja pysähdyksissä. Lisäksi Liikenneviraston mittaustöissä täytyy jokaisella mittausalueella, oli se kuinka pieni tahansa, ajaa vähintään kaksi muita mittauslinjoja vasten kohtisuoraan mitattua linjaa. Äänennopeusprofiilien ja mittauslinjoja vasten kohtisuoraan mitattujen linjojen mittaa-



miseen kulunut aika sisältyy mittausaikaan. Tästä seuraa se, että pienellä mittausalueella mitattujen linjakilometrien ja pinta-alan määrä suhteessa mittausaikaan on alhaisempi kuin suurella mittausalueella. (26)

### 5.3.3 LK:lla ja PK:lla tehtyjen arvioiden toimivuus

Väylämittaus sisävesi Special order -merenmittausluokan mittausalueiden toteutuneet käsittelykertoimet ja LK-perusteisesti arvioidut käsittelykertoimet vastaavat toisiaan kaikista luokista parhaiten. Vaikuttaa myös siltä, että usein linjakilometrikertoimen arvio on tarkempi kuin pinta-alakertoimen ja näin on erityisesti BBHK2013-projektin mittausalueiden osalta.

Pinta-alakertoimella laskettujen käsittelykerroinarvioiden tarkkuus verrattuna toteutuneisiin käsittelykertoihin on tarkimmillaan Aluemittaus Order 1a -luokan BSEEZ2015-projektin mittausalueissa. BSEEZ2015-projektin mittausalueiden toteutuneiden käsittelykertoimien keskiarvo ja PK-perusteisten arvioiden keskiarvo ovat lähes yhtä suuret.

### 5.3.4 SULA2016-projektin käsittelykerroinarviot

Projektin SULA2016 mittausalueiden (MA\_A – MA\_F) linjakilometrikertoimella arvioidut käsittelykertoimet piirtävät poikkeuksellisen lineaarisen viivakuvaajan. Samojen mittausalueiden pinta-alakertoimella tehdyissä arvioissa ei ole nähtävissä minkäänlaista lineaarisuutta, mutta toisaalta arviot näyttävät mukailevan toteutuneita käsittelykertoimia, mistä poikkeuksena on pieni mittausalue MA\_E. Mittausalueen koon vaikutuksia arviointiin on tuotu esille edeltävässä luvussa 5.3.2.

SULA2016-projektin mittausalueista, joissa oli mitattu yli 100 linjakilometriä, laskettiin LK- ja PK-perusteisten arvioiden lisäksi niiden keskiarvo, joka seuraa toteutunutta käsittelykerrointa varsin tarkasti. Tämän perusteella voi todeta, että jos tulevaisuudessa täytyy tehdä työmääräarviointia vastaavanlaisista mittausalueista, kuin SULA2016-projektin mittausalueet ovat, voisi arvioinnissa käyttää LK:lla ja PK:lla tehtyjen arvioiden keskiarvoa.

### 5.3.5 LK- ja PK-perusteisesti laskettujen arvioiden välinen korrelaatio

Linjakilometri- ja pinta-alakertoimilla laskettujen arvioiden välillä ei ole kaikissa määrittämisluokissa nähtävissä johdonmukaista korrelaatiota. Poikkeuksena on Aluemittaus sisävesi Order 1a -luokka, jonka LK- ja PK-perusteisesti lasketut arviot käsittelykertoimista näyttävät seuraavan toisiaan todella johdonmukaisesti.

## 6 Meritaidon työmääräseurannan kehittäminen

Tulevia työmääräarvioiteja varten tässä työssä tehtyä Excel-taulukointia ja -laskentaa kannattaisi jatkaa tai käyttää sitä uuden monipuolisemman tietokannan perustana. Tietokantaan kirjattaisiin siis merenmittausluokittain edelleen vähintään nämä ominaisuustiedot: mittausvuosi, projektitunnus, mittausalue, tarkkuusvaatimusluokka, arvioidut linjakilometrit ja pinta-alat, mittaus- ja käsittelyajat. Ehdotan taulukon täydentämistä jatkossa myös seuraavilla ominaisuustiedoilla: mittauksessa käytetyn aluksen nimi, kaikuluotaimen malli, vedensyvyyden vaihteluväli ja aineistonkäsittelyyn käytetyt ohjelmistot.

Lisäksi suosittelen taulukoimaan ainoastaan mittauksien toteutuneita linjakilometrejä ja pinta-aloja, eikä niiden arvioita. Mittauksien työmääräarvioita varten tehdyistä laskennoista saatuja linjakilometri- ja pinta-ala-arvioita voi käyttää apuna aineistonkäsittelyaikojen arvioimiseen ennen kuin mittauksista ja aineistonkäsittelyistä on saatu toteutuneita lukuja, mutta niitä ei tule tilastoida työmäärien seurantataulukkoon.

Projektien aineistot tulisi jatkossa taulukoida merenmittausluokkakohtaisesti, jotta niiden pohjalta lasketut linjakilometri- ja pinta-alakertoimet kehittyisivät toimimaan paremmin aineistonkäsittelyn työmäärien laskemisessa. Tällöin arvioidut työmäärät vastaisivat tarkemmin toteutuneita työmääriä. Uusien merenmittausluokkien perustaminen on suositeltavaa esimerkiksi, jos mittausalueet tai -kalusto muuttuvat tulevaisuudessa oleellisesti.

Jos tämän työn tuloksia, kuten merenmittausluokkia, linjakilometri- ja pinta-alakerrointa tai arviointilaskuria käytetään osana tulevia työmäärien arvioiteja, olisi hyödyllistä seurata, kuinka hyvin arviot työmääristä täsmäävät toteutuneiden työmäärien kanssa. Jatkossa kannattaisi siis seurata, ovatko arvioinnit tarkentuneet aikaisemmista tai onko kertoimien käytöstä ollut muuta hyötyä. Myös työn tuloksien käytön mahdollisia taloudellisia vaikutuksia kannattaisi arvioida.

Ehdotan myös tutkimaan, olisiko työmäärälaskennassa mahdollista käyttää mittausalueen vedensyvyydestä tai reunaviivan määrää osana laskentaa. Ajatuksena on, että niiden tietojen avulla mittausalueet voitaisiin luokitella tarkemmin, mikä taas johtaisi tarkempaan työmäärien arviointiin.

Merenmittauksen kasvujohteiset työmäärät haasteineen kannattaa jatkossa huomioida. Aineistonkäsittelyn kannalta katsottuna työmäärien kasvun aiheuttamiin haasteisiin voisi vastata mm. kehittämällä aineistonkäsittelyn eri työvaiheita vähemmän käsittelijän työaika vieviksi. Käytännössä tämä tarkoittaisi työvaiheiden automatisointia esimerkiksi siten, että ohjelmisto suorittaa virheellisten pisteiden suodatuksen aineistosta käsittelijän määrittelemällä tavalla, minkä jälkeen aineistonkäsittelijä tarkastaa tuloksen.

## Lähteet

- 1 Yhteiskuntavastuuraportti 2016. 2017. Verkkoaineisto. Meritaito Oy. <[https://www.meritaito.fi/media/liitetiedostot/meritaito\\_yhteiskuntavastuu\\_fina\\_29.3.2017.pdf](https://www.meritaito.fi/media/liitetiedostot/meritaito_yhteiskuntavastuu_fina_29.3.2017.pdf)>. 27.3.2017. Luettu 7.9.2017.
- 2 Yritys. 2017. Verkkoaineisto. Meritaito Oy. <<https://www.meritaito.fi/yritys.html>>. Luettu 7.9.2017.
- 3 Meritaito 2016. 2017. Verkkoaineisto. Valtioneuvoston kanslia. <[http://vnk.fi/omo/valtioenemmistoiset/meritaito-oyhttp://vnk.fi/documents/10616/4883588/meritaito2016\\_fi.pdf/f17281c5-a44a-4970-bda5-23529c137b9a](http://vnk.fi/omo/valtioenemmistoiset/meritaito-oyhttp://vnk.fi/documents/10616/4883588/meritaito2016_fi.pdf/f17281c5-a44a-4970-bda5-23529c137b9a)>. Luettu 2.10.2017.
- 4 Niskanen, Patrik. 2016. Merenpohjan luokittelu monikeilainkaikuluotauksen perusteella. Diplomityö. Espoo. Aalto-yliopisto.
- 5 Kuusisto, Iiro. 2016. Evaluation of the performance of two Aerial Lidar Bathymetry systems in Finnish coastal and inland waters. Diplomityö. Espoo. Aalto-yliopisto.
- 6 Guenther, G. C. 2006. Airborne lidar bathymetry. Digital elevation model technologies and applications: The DEM user's manual. Verkkoaineisto. <[http://shoals.sam.usace.army.mil/downloads/Publications/DEM\\_Chapter08.pdf](http://shoals.sam.usace.army.mil/downloads/Publications/DEM_Chapter08.pdf)>. Luettu 4.10.2017.
- 7 Kurtti, Hanno. 2017. Työpäällikkö. Meritaito Oy. Helsinki. Haastattelut 22.8.-30.10.2017.
- 8 Halonen, Timo. 2017. Projektipäällikkö. Meritaito Oy. Helsinki. Haastattelu 2.10.2017.
- 9 L-3 Communications SeaBeam Instruments. 2000. Multibeam Sonar Theory of Operation. Verkkoaineisto. <<http://www3.mbari.org/products/mbsystem/sonarfunction/SeaBeamMultibeamTheoryOperation.pdf>>. Luettu 30.9.2017.
- 10 Surveying. 2015. Verkkoaineisto. NOAA Coast Survey. <<https://noaacoastsurvey.files.wordpress.com/2015/07/surveying.jpg>>. Luettu 5.10.2017.
- 11 Harppauskerros. 2016. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/ilmakeha-abc/Harppauskerros>>. Luettu 7.9.2017.

- 12 Meritaito Survey References 2017 volume 7. 2017. Yrityksen sisäinen dokumentti. Luettu 17.8.2017.
- 13 Suonenvieri, Jukka. 2017. Liiketoimintajohtaja. Meritaito Oy. Helsinki. Sähköposti 3.10.2017.
- 14 Mittausalue. 2013. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto. <ASBS\_2013\_Attachment\_1\_Project\_Areas\_v2.pdf>. Luettu 9.9.2017.
- 15 Mittausalue. 2013. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto. <BBHK\_2013\_attachment\_1\_Chart\_Project\_Areas\_A3.pdf>. Luettu 9.9.2017.
- 16 Mittausalue. 2014. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto. <BBKR2014\_attachment\_1\_ProjectAreas\_chart.pdf>. Luettu 9.9.2017.
- 17 Mittausalue. 2014. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto. <BSRK2014\_Attachment\_1\_ProjectAreas\_chart.pdf>. Luettu 9.9.2017.
- 18 Mittausalue. 2014. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto. <BSEEZ2015\_attachment\_1\_ProjectAreas\_chart.pdf>. Luettu 9.9.2017.
- 19 Mittausalue. 2013. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto. <JJKJ2013\_ProjectAreas\_Juorjarvi.pdf>. Luettu 10.9.2017.
- 20 Mittausalue. 2014. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto. <SSMI2014\_attachment\_1a\_General Areas\_A3.pdf>. Luettu 10.9.2017.
- 21 Mittausalue. 2015. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto. <SSSU2015\_Project\_Areas\_2\_A3.pdf>. Luettu 10.9.2017.
- 22 Mittausalue. 2015. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto. <APUN2016\_attachment\_1b\_Areas\_A3.pdf>. Luettu 12.9.2017.
- 23 Mittausalue. 2015. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto. <APUN2016\_attachment\_1a\_Areas\_A3.pdf>. Luettu 12.9.2017.
- 24 Mittausalue. 2015. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto. <BBPI2016\_attachment\_1a\_Areas\_A3.pdf>. Luettu 12.9.2017.
- 25 Mittausalue. 2015. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto. <GFRS2016\_attachment\_1a\_Areas\_A3.pdf>. Luettu 12.9.2017.
- 26 BSEEZ2015. 2014. Tarjouspyyntö. Liikennevirasto. <FTA\_Invitation\_to\_tender\_BSEEZ2015\_141204.pdf>. Luettu 23.10.2017.

- 27 Litke, Hans-Dieter; Kunow, Ilonka. 2004. Projektinhallinta. Helsinki: Maskun Kirjapaino Oy.
- 28 Forsberg, Kevin; Mooz, Hal & Cotterman, Howard. 2003. Projektinhallinta. Malli kaupalliseen ja tekniseen menestykseen. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy
- 29 IHO S-44. IHO Standards for Hydrographic Surveys 5<sup>th</sup> edition. 2008. Verkkoaineisto. International Hydrographic Organization.  
<[https://www.iho.int/iho\\_pubs/standard/S-44\\_5E.pdf](https://www.iho.int/iho_pubs/standard/S-44_5E.pdf)>. Luettu 28.10.2017.
- 30 FSIS-44. 2010. Tarjouspyynnön liite. Liikennevirasto.  
<[BSEZ2015\\_attachment\\_2\\_FSIS44\\_2010\\_Dec](#)>. Luettu 28.10.2017.
- 31 SeaBat 7125. 2016. Yrityksen sisäinen dokumentti. SeaBat 7125 -monikeilaimen asennus mittausvene Keilaan.
- 32 Merenmittauskalusto. 2017. Verkkoaineisto. Meritaito Oy.  
<<https://www.meritaito.fi/palvelut/tutkimus-ja-kartoitus-2/merenmittaus-ja-tutkimuskalusto.html>>. Luettu 4.11.2017.
- 33 Basic QINSy-Fledermaus workflow. 2014. Verkkoaineisto. QPS. <<https://confluence.qps.nl/display/KBE/Basic+QINSy-Fledermaus+Workflow+Bathymetric+Data+Processing>>. Päivitetty 6.10.2014. Luettu. 5.11.2017.

