SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 32 | 2018

Jatkuvatoimisten vedenlaatu-asemien valtakunnallinen verkosto

Toteuttamissuunnitelma

Ahti Lepistö, Kari Kallio, Heikki Pitkänen, Mika Raateoja, Elina Röman, Jukka Seppälä, Janne Suomela, Marjo Tarvainen ja Sirkka Tattari



Suomen ympäristökeskus

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 32 | 2018

Jatkuvatoimisten vedenlaatu-asemien valtakunnallinen verkosto

Toteuttamissuunnitelma

Ahti Lepistö, Kari Kallio, Heikki Pitkänen, Mika Raateoja, Elina Röman, Jukka Seppälä, Janne Suomela, Marjo Tarvainen ja Sirkka Tattari

Helsinki 2018

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 32 | 2018
Suomen ympäristökeskus SYKE
Vesikeskus

Julkaisun nimi: Jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien valtakunnallinen verkosto
- toteuttamissuunnitelma

Kirjoittajat: Ahti Lepistö[1], Kari Kallio[2], Heikki Pitkänen[2], Mika Raateoja[2], Elina Röman[1], Jukka Seppälä[2], Janne Suomela[3], Marjo Tarvainen[3], Sirkka Tattari[1]

[1] Suomen ympäristökeskus, Vesikeskus
[2] Suomen ympäristökeskus, Merikeskus
[3] Varsinais-Suomen ELY-keskus

Vastaava erikoistoimittaja: Riitta Autio

Rahoittaja: Ympäristöministeriö

Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus SYKE
Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki, puh. 0295 251 000, syke.fi

Kansikuva: Jonna Kuha

Taitto: Pirjo Lehtovaara

Julkaisu on saatavana internetistä: syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke
sekä ostettavissa painettuna SYKEn verkkokaupasta: syke.juvenesprint.fi

ISBN 978-952-11-4987-0 (nid.)
ISBN 978-952-11-4988-7 (PDF)
ISSN 1796-1718 (pain.)
ISSN 1796-1726 (verkkoj.)

Julkaisuvuosi: 2018

TIIVISTELMÄ

Jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien valtakunnallinen verkosto - toteuttamissuunnitelma

Perinteinen, näytteenottoon ja laboratorioanalyyseihin perustuva seuranta ei pysty kaikilta osin tuottamaan kokonaisvaltaista tietoa vedenlaadun vaihteluista. Sitä täydentämään tarvitaan intensiiviasemia: automaattisia jatkuvatoimisia mittausjärjestelmiä sekä yhdistettyä ympäristödataa monesta eri lähteestä. Automaattisilla mittausjärjestelmillä saadaan luotettavaa ja reaaliaikaista tietoa vedenlaadusta, jos laadunvarmistuksesta on huolehdittu.

Tässä JatkuvaLaatu -hankkeen loppuraportissa hahmoteltavan vedenlaadun jatkuvatoimisten mittausten verkoston tavoitteena on täyttää sekä ympäristönseurannan että -tutkimuksen tarpeita. Lisäksi tavoitteena on parantaa kansalaisten ympäristötiedon saantia, edistää MONITOR2020 –kehitystyötä, sekä uuden ympäristötiedon tuottamista ja hyödyntämistä. Verkoston tavoitteena on tuottaa laatutarkastettuja ja yhdisteltäviä aineistoja, joita voidaan käyttää useisiin eri tarkoituksiin.

Raportissa tarkastellaan kriteerejä mittausasemien valinnaksi joki-, järvi- ja meriympäristössä. Ehdotetaan ainevirtaama-asemia tärkeiden vesistöalueiden jokisysteemeihin, sekä automaattisia mittauspoijuja (ns. älypoijuja) sijoitettuna valittuihin järvikohteisiin ja rannikkovesiin. Lisäksi ehdotetaan mittausketjuja Kokemäenjoen, Eurajoen ja Vantaanjoen vesistöalueille. Ketjuissa olevista mittausasemista saadaan tarkennettua tietämystä ravinteiden huuhtoutumis- ja pidättymisprosesseista, ainevirroista, sekä valuma-alue – järvi -vuorovaikutuksesta, ja edelleen ravinteiden ja orgaanisen hiilen kuormituksesta ja vaikutuksista rannikkovesiin.

Ehdotettava uusi ympäristöhallinnon koordinoima havaintoverkko pohjautuu olemassa olevaan, laajaan kokemukseen eri toimijoiden T&K -hankkeissa. Tavoitteena on hyvä tiedonkulku projekteista ja infrahankkeista uuteen havaintoverkkoon. Laadunvarmennusasioita tarkastellaan lähemmin samaan aikaan julkaistavassa laatukäsikirjassa (Tattari ym. 2019).

Lisäksi tarkastellaan tiedon saatavuutta ja sen edistämistä sekä tiedon käyttömahdollisuuksia. Yhtenä esimerkkinä on web-pohjainen käyttöliittymä, Vesimittari, jota ehdotetaan laajennettavaksi. Samoin hankeryhmä ehdottaa luvussa 5 konkreettisia jatkotoimenpiteitä uuden havaintoverkon perustamiseksi.

Asiasanat: ympäristönseuranta, vesistöt, jatkuvatoimiset vedenlaadun mittaukset, ainevirtaama, älypoiju, kansallinen mittausverkosto, tiedon saatavuus ja käytettävyys, avoin ympäristötieto

SAMMANDRAG

Det nya observationsnätverket av oavbrutna mätningar av vattenkvaliteten i Finland – realiseringsplan

En sedvanlig uppföljning som grundar sig på provtagning och laboratorieanalyser kan inte i till alla delar generera övergripande information om variationen i vattenkvaliteten. För att komplettera denna information behövs intensivstationer: automatiska mätsystem som oavbrutet är i funktion och också kombinering av miljödata från flera olika källor. Med automatiska mätsystem fås tillförlitlig och realtida data om vattenkvaliteten, så länge som kvalitetssäkringen är i ordning.

Det nätverk av oavbrutna mätningar av vattenkvaliteten, vilket skissas i denna slutrapport, har som mål att tillfredsställa behoven inom såväl miljöuppföljningen som miljöforskningen. Ett ytterligare mål är att förbättra medborgarnas tillgång till miljödata, främja MONITOR2020-utvecklingsarbetet och att producera och dra nytta av ny miljödata. Nätverkets mål är att producera kvalitetsgranskat material som kan kombineras och användas för flera olika ändamål.

I rapporten av JatkuvaLaatu projekt, granskas kriterierna för valet av mätstationer i älvs-, sjö- och havsmiljöer. Det föreslås att ämnesflödesstationer inrättas i älvsystemen i viktiga vattendragsområden och att automatiska mätbojar (s.k. smarta bojar) placeras i utvalda sjöobjekt och kustvatten. Därtill föreslås det att mätningskedjor placeras i vattendragsområdena Kumo älv, Eura å och Vanda å . Från mätstationerna i kedjorna fås preciserad data om sköljnings- och adsorptionsprocesserna för olika näringar, ämnesflödena och växelverkan mellan avrinningsområden och sjöar, och i förlängningen om belastningen av näringar och organiskt kol och konsekvenserna för kustvattnet.

Det föreslagna nya observationsnätverket, som koordineras av miljöförvaltningen, grundar sig på den befintliga, breda erfarenheten från olika aktörers T&K-projekt. Målet är ett bra informationsflöde från olika projekt och infraprojekt till det nya observationsnätverket. Kvalitetssäkringsärenden granskas mer ingående i den kvalitetshandbok (Tattari m.fl. 2019), som ges ut på samma gång.

Därtill granskas tillgång till data och främjande av denna och möjligheterna att använda data. Ett exempel på detta är ett webbaserad gränssnitt, Vesimittari, som föreslås att utvidgas. Projektgruppen föreslår också i kapitel 5 konkreta fortsatta åtgärder för att inrätta det nya observationsnätverket.

Nyckelord: miljöuppföljning, vattendrag, oavbrutna mätningar av vattenkvaliteten, ämnesflöde, smart boj, nationellt mätnätverk, informationstillgång och -användbarhet, öppen miljödata

ABSTRACT

Network for continuous water quality measurement stations in Finland – implementation plan

Monitoring based on traditional sampling and laboratory analysis is not able to provide comprehensive information on the variability in the water quality. The supplement is needed from intensive stations: automated, continuous measuring systems as well as use of combined environmental data provided by many different sources. Automatic measuring systems will provide reliable real-time data on the quality of water, if the quality assurance is taken care of.

This report proposes network for continuous water quality measurement stations, in order to fulfill needs of both environmental monitoring and research. In addition, the aim is to improve citizens' access to information on the environment, to promote the digitalization strategies and the MONITOR2020 -development work, as well as new production and use of environmental information. The aim of the network is to produce quality assured and combinable data sets that can be used for a variety of purposes.

The JatkuvaLaatu project report examines the criteria for the selection of the measuring stations in River, Lake and sea environments. Nutrient flux stations are proposed to the rivers of the major watersheds, as well as automatic buoys (the so-called intelligent buoys) to be placed at selected locations at inland and coastal waters. In addition, it is proposed to set up chains of measuring stations to the Kokemäenjoki, Eurajoki and the Vantaa river basins. These chained measurement stations provide improved knowledge of nutrient leaching and retention processes, fluxes, as well as catchment-lake interactions, and on nutrient and organic carbon loading and its impact on coastal waters.

This proposed new observation network, coordinated by environmental governance, is based on the existing, wide experience by the different actors in R&D projects. The goal is a continuum and a better flow of information from varying projects and infrastructure to the new observation network. The quality assurance criteria of data are taken into consideration in the data quality manual to be published simultaneously (Tattari et al. 2019).

In addition, promotion of both access to data and usability of data are discussed. One example is a web-based user interface, Vesimittari, which it is proposed to be expanded. As well, the project group proposes concrete follow-up measures in Chapter 5 for the establishment of the new observation network.

Keywords: environmental monitoring, water systems, continuous measurements of water quality, nutrient flux, intelligent measuring buoy, national measurement network, data availability and accessibility, open data

ALKUSANAT

Raportti on ”Jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien valtakunnallisen verkoston toteuttamissuunnitelma - JatkuvaLaatu” –hankkeen loppuraportti. Hankkeen toteutuksesta vastasi Suomen ympäristökeskus (SYKE) yhdessä Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kanssa. Hanketta rahoitti ympäristöministeriö. Hankkeen kotisivut: http://www.syke.fi/hankkeet/jatkuvalaatu.

Ympäristöhallinnossa hahmoteltiin vuonna 2011 Ympäristön tilan seurannan strategia vuoteen 2020. Strategiassa keskeisenä toimenpiteenä esiin nostettiin uusien, kustannustehokkaiden seurantamenetelmien kehittäminen, testaus ja käyttöönotto. Menetelmäkehityksen yhtenä ”keihäänkärkenä” esiin nousi automaattisten vedenlaadun mittausasemien käyttömahdollisuuksien tarkastelu, josta SYKEssä jo oli kokemusta. ELY-keskusten kanssa toteutettiin muutamia pilottihankkeita ympäristöministeriön Ohjaus- ja Kehitysrahoituksen (OHKE) turvin. Näiden pilottien tuloksena julkaistiin käyttöopas asemien perustamiseen, sekä tuotettiin runsaasti aineistoa laadunvarmistuksen pohjaksi. Lupaavien tulosten rohkaisemana rahoitettiin JatkuvaLaatu -hanke, jonka puitteissa laadittiin oheinen suunnitelma menetelmän hyödyntämisestä kansallisessa vesien tilan seurantaohjelmassa.

Hankkeen kick-off työpajassa 5.4.2018 SYKEssä Helsingissä mietittiin pienryhmätyöskentelynä jatkuvatoimisten mittausten nykytilaa ja visioita tulevaisuuteen, sekä virtavesissä, järvissä että merialueella. Mittausketjujen kehittäminen sai laajaa kannatusta, samoin laatuasioiden huomioiminen ja mahdollisimman laaja aineistojen hyödyntäminen. Työpajaan osallistui jatkuvatoimisten mittausten parissa työskenteleviä asiantuntijoita eri puolilta Suomea. Työpajassa ja sen jälkeen palautetta ja kommentteja saatiin mm. Lauri Arvolalta (HY), Sanni Manninen Johansenilta (Vanajavesisäätiö), Riikka Hietalalta (IL), Jari Hänniseltä (TY), Liisa Maria Rautiolta ja Risto Mäkiseltä (EPOELY), Jaana Marttilalta (UUDELY), Jouni Törröseltä (KASELY), Mirja Heikkiseltä (POPELY), Annukka Puro-Tahvanaiselta (LAPELY), Anne-Mari Ventelältä (PJI), Pasi Valkamalta ja Anu Oksaselta (VHVSY), Jonna Kuhalta (JY), sekä SYKEstä Juhani Kettuselta, Sampsa Koposelta, Antti Räikkeeltä, Hannu Sirviöltä, Jukka Aroviidalta ja Jarkko Koskelalta. Virtavesissä olevista ainevirtaama-asemista järjestettiin erillinen hankkeen sisäinen työpaja Suomen ympäristökeskuksessa 6.9.2018, ja kaikkiaan hankeryhmä kokoontui 7 kertaa.

Petri Liljaniemi,
Ympäristöministeriö

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ 3

SAMMANDRAG 4

ABSTRACT 5

ALKUSANAT 6

1 Johdanto 9

2 Kriteerit asemien valinnaksi 12

2.1 Jokiasemat 12

2.1.1 Nykytilanne 12

2.1.2 Kriteerit asemien valintaan - ympäristöpaineet maan eri osissa 14

2.2 Järviasemat 15

2.2.1 Nykytilanne 15

2.2.2 Kriteerit järviasemien valintaan 18

2.3 Rannikko- ja merialueet 19

2.3.1 Nykytilanne 19

2.3.2 Kriteerit rannikko – ja meriasemien valintaan 21

2.3.3 Kriteerejä mittausasemien sijoittamiseen vesialueilla 22

2.4 Kriteerit aineistojen laadunvarmennukseen 23

3 Ehdotus havaintoverkoksi 24

3.1 Jokiasemat 24

3.2 Järviasemat 24

3.3 Rannikko- ja meriasemat 28

3.3.1 Mittaukset laivoilta, poijuilta tai liikkuvilta alustoilta 28

3.3.2 Ehdotukset mittausten kehittämiseksi merialueilla 29

3.4 Mittausasemien ketjutus 29

3.5 Investointikustannukset 32

3.5.1 Jokiasemat 32

3.5.2 Järvi-, meri- ja rannikkoasemat 33

3.5.3 Yhteenveto ehdotetuista mittausasemista 33

3.6 Julkisen sektorin ja yritysten rooli ylläpidossa 33

4 Tiedon saatavuus ja käyttö 36

4.1 Web-karttapohjainen käyttöliittymä 36

4.2 Tiedon saatavuus seurantaan ja tutkimukseen 37

4.3 Tiedon tarjonta ja saatavuus suurelle yleisölle 38

5 Suositukset jatkotoimenpiteiksi 39

6 Yhteenveto 41

LIITTEET 42

KIRJALLISUUSVIITTEET 48

1 Johdanto

Perinteinen, näytteenottoon ja laboratorioanalyyseihin perustuva seuranta ei pysty kaikilta osin tuottamaan kokonaisvaltaista tietoa vedenlaadun vaihteluista. Sitä täydentämään tarvitaan intensiivisesti seurattavia asemia: automaattisia jatkuvatoimisia mittausjärjestelmiä sekä yhdistettyä ympäristödataa monesta eri lähteestä. Automaattisilla mittausjärjestelmillä saadaan luotettavaa ja reaaliaikaista tietoa vedenlaadusta, jos laadunvarmistuksesta on huolehdittu. Jatkuvatoimisista mittareista on todettu olevan hyötyä etenkin silloin kun vedenlaadussa on suurta ja nopeaa vaihtelua, johon harvoilla yksittäisillä vesinäytteillä ei ole mahdollista päästä kiinni.

Tässä loppuraportissa hahmoteltavan vedenlaadun jatkuvatoimisten mittausten verkoston tavoitteena on täyttää sekä ympäristönseurannan että -tutkimuksen tarpeita. Lisäksi tavoitteena on parantaa kansalaisten ympäristötiedonsaantia, edistää digitalisaatio –kärkihanketta ja MONITOR2020 (Ympäristöseurannoista informaation yhdistämiseen: laatua, palvelukykyä ja vaikuttavuutta) –kehitystyötä, sekä uuden ympäristötiedon tuottamista ja hyödyntämistä. Verkosto siis palvelee osaltaan ympäristön tilan seurannan strategian 2020 tavoitteita (Liljaniemi & Kettunen, 2018). Verkoston tavoitteena on tuottaa laatutarkastettuja ja yhdisteltäviä aineistoja, joita voidaan käyttää useisiin eri tarkoituksiin.

Joet ja sisävedet. Automaattisten mittausasemien tuottaman aineiston avulla on mm. tarkennettu jokien ravinnekuormituslaskelmia (Vartiainen ym. 2014, Koskiaho ym. 2010, Tarvainen ym. 2017) ja arvioitu vesiensuojelutoimenpiteiden tehokkuutta (Valkama & Salminen 2014, Valkama 2018, Tarvainen ym. 2015b). Jatkuvatoimisia vedenlaadun mittauksia on käytetty menestyksekkäästi myös virtavesien vedenlaadun seuraamisessa esimerkiksi kaivostoiminnan ja ruoppausten yhteydessä. Tietoa on saatu myös poikkeuksellisista päästöistä kuten jätevesien, teollisuuden tai rakentamisen vaikutuksista, sekä osana yhteistarkkailua.

Valtakunnallisesta verkostosta saatavia keskeisiä hyötyjä ovat lisäksi mm. tarkempi valtakunnallinen kuormituksen mallinnus (Huttunen ym. 2016), käyttö prosessipohjaisten järvimallien vertailuaineistona, uusimpien satelliittikuvatuotteiden kehitystyön tuki (SYKEn VESISEN –hanke), sekä kytkennät datafuusiohankkeisiin, joissa kehitetään menetelmiä eri lähteistä peräisin olevien havaintotietojen yhdistämiseksi ja tietoon liittyvän epävarmuuden arvioimiseksi. Lisäksi keskeisiä hyötyjä ovat levämäärien ja –kukintojen entistä tarkempi seuranta, sekä ajantasainen, vertailukelpoinen ja monilähteinen mittaustieto vesiympäristön tilan vasteista erilaisiin ympäristöpaineisiin.

Itämeri ja rannikkovedet. Itämerellä Alg@line –järjestelmä, eli kauppalaivoihin asennetut automaattiset mittaus- ja näytteenottolaitteistot, on tuottanut alueellisesti kattavaa pintakerroksen vedenlaatutietoa yli 20 vuoden ajan (Kaitala ym. 2014). Alg@line -aineisto on keskeinen seurattaessa Itämeren tilan vuosisukkessiota. Mittausten avulla on selvitetty muunmuassa sinilevien esiintymistä Itämerellä (esim. Seppälä ym. 2007), levien kevätkukinnan ajoittumista, kestoa ja lajistoa (esim. Godhe

ym. 2016) sekä levien perustuotantokyvyn vaihtelua (Houliez ym. 2017). Lisäksi mittausten avulla on tutkittu Itämeren vedenvaihtoa ja kasvihuonekaasujen voita (flux) (Schneider ym. 2015). Poijujen käyttö Itämeren vedenlaadun seurannassa on viime vuosina lisääntynyt, myös uudentyyppisiä itsenäisesti liikkuvia mittausalustoja (Argo-poijut, gliderit) on otettu käyttöön Ilmatieteen laitoksella. Suomen merentutkimuksen FINMARI -konsortio pyrkii koordinoimaan viranomaisten ja yliopistojen jatkuvatoimisia vedenlaatumittauksia, joita tehdään Alg@line -laivojen lisäksi poijuilla Seilissä (Turun yliopisto ja AMK), Husössä (Åbo Akademi), Utössä (SYKE, IL), Tvärminnessä (Helsingin yliopisto), sekä liittyen kalanviljelyyn (LUKE) (https://www.finmari-infrastructure.fi/).

Vedenlaatumuuttujat – mitä nykyään ja mitä jatkossa?

Nykyään on käytössä jo aika laaja - ja laajeneva - valikoima automaattisesti mitattavia vedenlaatumuuttujia, esim. sameus, nitraattityppi, orgaaninen hiili, happipitoisuus, sähkönjohtavuus, pH, lämpötila, klorofylli-a, sinileväpigmentit. Kokonaistyppi ja –fosfori pystytään johtamaan nitraattityppi- ja sameusmittauksista muuntoyhtälöiden avulla savisameissa jokivesissä. Muuttujien joukko laajenee ja uusia mittauslaitteita on tulossa käyttöön, esimerkiksi avovesikaudella 2017 testattiin automaattista fosfaatin mittauslaitteistoa Käldön syvänteellä, Saaristomerellä, VARELYn ja Turun AMK:n toimesta (Lepistö ym. 2018). Vastaavaa laitteistoa on hyödynnetty myös jokiympäristössä Lepsämänjoen pitkäaikaisella mittausasemalla vuosien 2015-2017 aikana. Verkoston suunnittelussa tulisikin sekä hyödyntää paras mahdollinen nykytekniikka että katsoa tulevaisuuteen. Merialueella etenkin veden epäorgaanisen hiilen eri komponenttien mittaaminen ilmastonmuutoksen vaikutusten seuraamiseksi, kuvantavien laitteiden käyttö avoveden planktonlajien mittaamiseksi, sekä mittaus- ja näytteenottomenetelmien kehittäminen kontaminaatioiden seuraamiseksi ovat keskeisiä eurooppalaisen rannikkomeren tutkimuksen kehityskohteita.

Palaute ja kytkennät. Valtakunnallisen suunnitelman rakentumisen yhteydessä on kuultu mittaustiedon loppukäyttäjien näkemyksiä ja tarpeita. Palautteissa on erityisesti kannustettu laaja-alaisuuteen mittausketjuissa, aineistojen hyvän laadun tärkeyteen ja aineistojen laajaan käytettävyyteen. Järviasemien suhteen otetaan huomioon synergiahyödyt yliopistojen ja muiden toimijoiden ylläpitämien järviasemien kanssa (Kuha ym. 2016) sekä mm. kansainvälinen GLEON (Global Lake Ecological Observatory Network) -yhteistyö. Lisäksi huomioidaan synergia Suomen Akatemian rahoittamiin laajoihin tutkimusinfrahankkeisiin (INAR RI -infran Pallas-tutkimus ja FINMARI -infra). Kehitystyössä on keskeistä toimia yhdessä muiden Itämeren rannikkovaltioiden kanssa ja seurata eurooppalaista kehitystä (mm. HELCOM, EEA), liittyen paitsi itse mittaamiseen, myös tiedonsiirtoon, -tallennukseen ja -jakeluun. Tärkeänä nähdään myös lisääntyvä tiedonvaihto merkittävien tutkimusinfra-hankkeiden ja perusseurantaverkon välillä.

Huolellisesti tehty laadunvarmistustyö on luotettavan seurannan ja tutkimuksen perusedellytys. Se on ratkaisevan tärkeää, mahdollistaen mittausten hyödyntämisen laajalti myös vuosien kuluttua. Mittaustiedon käyttökelpoisuus erilaisiin tarkoituksiin, kuten vaikkapa mallinnukseen tai satelliittidatan validointiin, on keskeistä suunniteltaessa mittausverkostoa. Eri toimijoiden tarpeet muuttujien ja mittausten tarkkuuden suhteen tulee huomioida. Myös tiedon reaaliaikaisuus on edellytys monelle aineiston käytölle.

Vesillämme on monia merkittäviä, olemassa olevia ja nousevia paineita, kuten:

1) Ilmastonmuutoksen eteneminen
2) Ravinnekuormituksen vaikutus rehevöitymiseen ja vaikutusten kytkeytyminen muuttuvaan ilmastoon

3) Maatalouden ravinnekuormitus ja kiertotalousmuutosten merkitys
4) Lannankäytön liialliset keskittymät ja ravinnekuormituksen hot-spot – alueet
5) Voimistuva vihreä biotalous metsissä ja sen vaikutukset vesiin
6) Happamien sulfaattimaiden problematiikka
7) Orgaanisen kuormituksen kasvu, monipaineet (esim. turvepellot ja niiden lisäraivaaminen lannan sijoittamiseksi, sekä vanhat metsäojitusalueet ja pitkittynyt typpikuormitus)
8) Haitalliset aineet, öljyt, metallit ja pestisidit, lääkeaineet, muovien partikkelit ja niiden kertyminen ravintoketjuissa
9) Lisääntyvät ja vastakkaiset paineet vesialueiden käytölle, kuten virkistyskäyttö, suojelu, energiantuotanto, vesiviljely, liikenne, kalastus
10) Hapettomat pohjat ja sisäisen kuormituksen kasvu
11) Useiden paineiden yhteisvaikutukset vesiekosysteemien toimintaan ja biodiversiteettiin

Tavoitteena on, että verkoston mittausten avulla voitaisiin vastata näihin haasteisiin entistä paremmin.

Verkostossa tarvitaan **sekä perusmittausasemia että paremmin varustettuja tutkimuksellisia ns. 'flagship' -kohteita**, joissa on enemmän mitattavia muuttujia, mittauslaitteistoa, sekä mittausten ketjutus vesistöalueen latvoilta erityiskohteista joki- ja järviketjun kautta rannikkovesiin. Ketjutusta suunniteltaessa tulee varmistaa, että mittausasemien keskinäinen sijainti on optimoitu, ja että mittauksia tehdään vertailukelpoisilla laitteistoilla.

Win-win. Integrointimahdollisuudet hydrologisen verkon kanssa.
Aluehallinnon uudistuksessa vesien- ja merenhoidon tehtävät, mukaan lukien ympäristön tilan seuranta (poislukien avomeren seuranta) on suunniteltu siirrettäväksi maakuntien vastuulle (Liljaniemi & Kettunen, 2018). Integrointi olemassa olevan kansallisen hydrologisten automaattiasemien (virtaama) verkoston kanssa nähdään tärkeänä. Hydrologinen verkko on siirtynyt EPOELYn hallintaan, joka vastaa hydrologisen tiedon tuottamisesta (asemat, laitehankinnat asemille, kilpailutukset yms.). SYKE tilaa EPOELYltä havainnot ja vastaa osaltaan datan laadusta ja korjaamisesta. Mittauskohteissa on tyypillisesti valmiina dataloggeri ja infraa mittausjärjestelmien ylläpitoa varten. Aluehallinnon uudistukseen varaudutaan hydrologisen seurannan uudelleen järjestämisessä.

Kustannustehokkuus ja toimintamallit. Erilaisiin uusiin teknologioihin ja menetelmiin kohdistuu paljon toiveita ja odotuksia. Perinteisen näytteenoton korvaaminen kokonaan automaattisilla mittareilla ei ole tällä hetkellä näköpiirissä, mutta näytteenoton ja laboratorioanalytiikan vähentäminen ja täydentäminen jatkuvatoimisilla mittauksilla on jossain tapauksissa mahdollista ja voi tuoda merkittäviä hyötyjä. Kustannustehokkuutta voidaan parantaa toimijoiden välisen yhteistyön lisäämisen kautta, samoin ympäristön tilaa seuraavien automaattiasemien käytön ja toiminnan tehostamiseen mietitään uusia toimintamalleja, joiden avulla voidaan saada kustannushyötyjä (Tarvainen ym. 2015). Monissa hankkeissa hyvä työnjako julkisen ja yksityisen sektorin välillä on johtanut hyvään lopputulokseen.

Tässä raportissa tarkastellaan kriteerejä asemien valinnaksi (luku 2), tehdään ehdotus havaintoverkoksi (luku 3), sekä tarkastellaan tiedon saatavuuteen ja käyttöön liittyviä kysymyksiä (luku 4). Laatuasioiden suhteen viitataan uuteen, valmistumassa olevaan laatukäsikirjaan jatkuvatoimisille vedenlaadun mittauksille (Tattari ym. 2019).

2 Kriteerit asemien valinnaksi

2.1 Jokiasemat

2.1.1 Nykytilanne

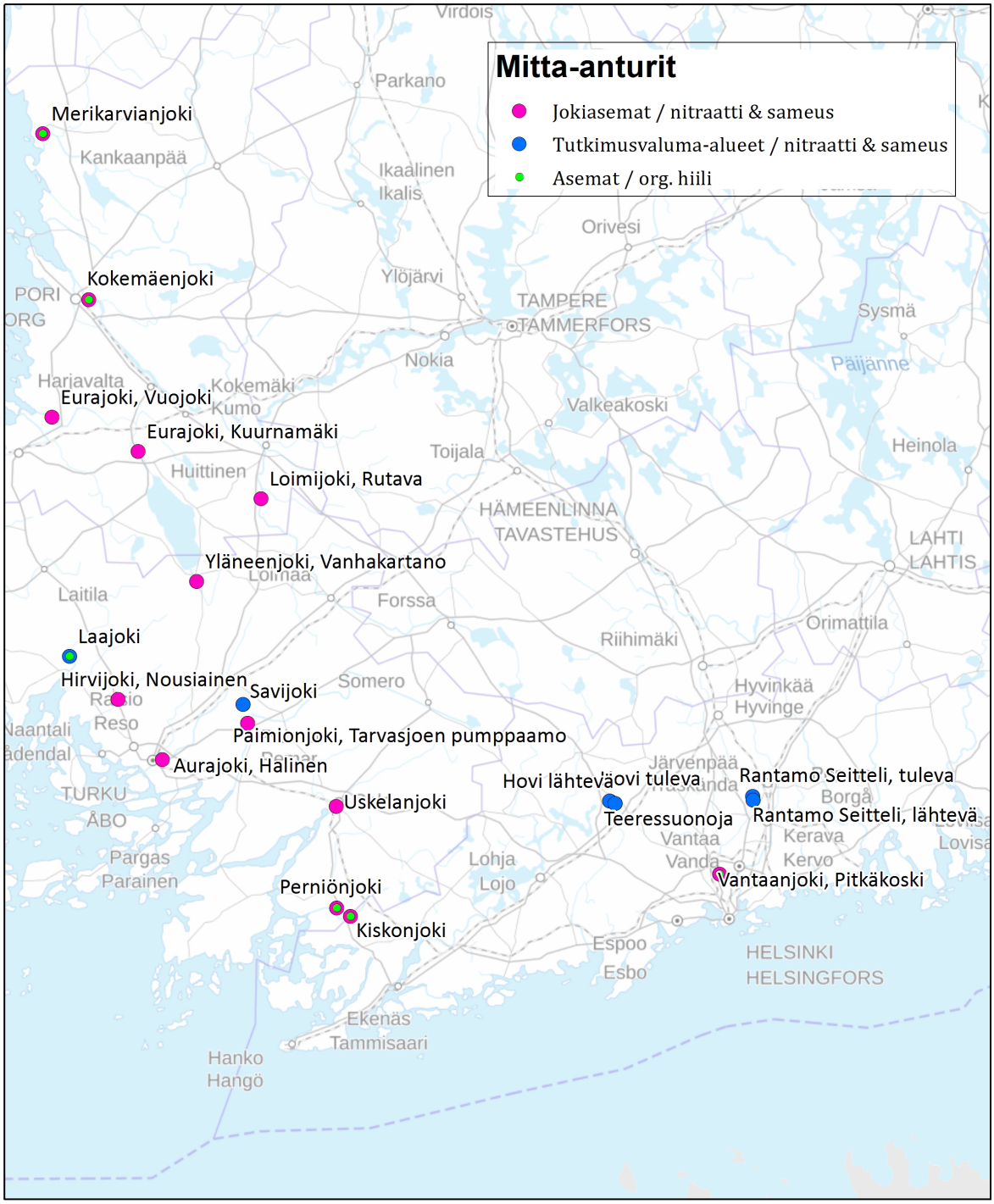
Jokien virtaamat ja veden laatu voivat vaihdella nopeasti mm. rankkasateiden vaikutuksesta. Jatkuvatoimiset mittausasemat mittaavat veden laatua käytännössä jatkuvasti, joten niiden avulla saadaan huomattavasti tarkempaa ja edustavampaa tietoa jokien veden laadun ja kuormituksen vaihteluista kuin perinteisillä vesinäytteenottoon ja laboratorioanalyyseihin perustuvilla menetelmillä. Jatkuvatoiminen mittaus tuo eniten hyötyä ympäristöissä, joissa veden laatu vaihtelee paljon ja nopeasti.

Tällä hetkellä jatkuvatoimisia veden laadun ja ainevirtaamien mittausasemia on Suomenlahden, Saaristomeren ja Selkämeren valuma-alueiden jokivesistöissä. Ne sijaitsevat pääasiassa Varsinais-Suomen ja Uudenmaan ELY-keskuksien alueella. Merkittävimmät ylläpitäjät ovat VARELY ja SYKE (Kuva 1, liite 1), joiden lisäksi Uudenmaan ELY-keskuksen hallinnassa on ollut kaksi asemaa (Taasianjoki ja Sipoonjoki). Kohteista seitsemän kuuluu sekä MaaMet-verkostoon että HELCOMin seuraamiin jokiin (perinteinen näytteenotto).

Asemat mittaavat esim. puolen tunnin välein veden sameutta ja nitraattityppipitoisuutta, osa myös orgaanisen hiilen määrää tai happipitoisuutta. Sameudesta lasketaan muuntoyhtälöiden avulla kokonaisfosforin ja kiintoaineen pitoisuudet, nitraattitypen pitoisuudesta puolestaan kokonaistypen pitoisuus. Fosforin ja typen ainevirtaamat ja kiintoaineen kuormitus saadaan yhdistämällä veden laatu- ja virtaamatiedot keskenään. Virtaamatiedot kerätään jokikohtaisesti lähimmiltä virtaaman mittausasemilta. Edellä mainittujen kohteiden lisäksi Suomessa on käynnissä useita hankkeita, joissa hyödynnetään automaattiantureita (esimerkiksi Savijoen ja Vantaanjoen kipsihankkeet). Kaikki mittausdata ei kuitenkaan löydy hallinnon rekistereistä, koska data on osittain kalibroimatonta ja/tai hankittu vain hankkeen käyttöön.

Myös monilla muilla toimijoilla (esimerkiksi korkeakoulut, Luke, vesiensuojeluyhdistykset, vesilaitokset, VAPO, eräät kaupungit) on käytössään jatkuvatoimisia vedenlaadun mittauslaitteita.

Uuden havaintoverkon suunnittelussa on tavoitteena, että verkkoon hyväksyttyjen kohteiden data on avointa. Tavoitteena on, että perustettavaa verkkoa voidaan täydentää myös myöhemmin avainkohteilla, pyrkimyksenä win-win -tilanteet kohteiden ylläpidon, datan tuottamisen ja sen hyödyntämisen suhteen.



Kuva 1. VARELYn ja SYKEn ylläpitämät ainevirtaama-asemat. Teeressuonojan mittaukset SYKEn ja UUDELYn yhteisiä.



Vedenlaadun mittausanturin asennus pieneen uomaan Yläneenjoen valuma-alueella.
Kuva: Sauli Jaakkola

2.1.2 Kriteerit asemien valintaan - ympäristöpaineet maan eri osissa

Uuden seurantaverkon asemien suunnittelussa on vaikea nostaa yhtä kriteeriä selkeästi yli muiden. Vesistöjä päädyttiinkin tarkastelemaan useammasta näkökulmasta ja ottamalla huomioon nykyisiä ja nousevia ympäristöpaineita: Ilmastonmuutos ja kuormituksen kytkeytyminen muuttuvaan ilmastoon, maatalouden ravinnekuormitus ja kiertotalousmuutosten merkitys, lannankäytön liialliset keskittymät ja ravinnekuormituksen hot-spot –alueet, voimistuva vihreä biotalous metsissä ja sen vaikutukset vesiin, happamat sulfaattimaat, turvemaat ja orgaaninen kuormitus.

Näiden tekijöiden kautta haettiin eri muuttujien suhteen nykyisiä tai nousevia ympäristöriskialueita. Lähtökohdaksi valittiin Suomen päävesistöalueet (Huttunen ym. 2016; VEMALA mallinnus) ja aineistoa täydennettiin lisäämällä taulukkoon myös muut HELCOMin seurannassa olevat joet. Liitteessä 2 esitetään vesistöalueiden taustatiedot ja lähteet, joista tiedot ovat peräisin.

Pääravinteiden ja orgaanisen kuormituksen vaihtelu vesistöalueittain Suomen eri merialueiden valuma-alueilla nähdään kuvassa 2. Typen ja fosforin suurin kuormitus on Suomenlahteen ja Saaristomereen laskevilla vesistöalueilla. Kokonaistypen suhteen myös Selkämeren valuma-alueen vesistöt nousevat lähes samalle tasolle. Liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) kuormitus (tonnia/km^2/v) on luonnollisesti suurin Perämereen laskevilla, turvemaavaltaisilla vesistöalueilla.

Liitteissä 3a, 3b ja 3c on esitetty vastaavasti muiden tarkasteltavien muuttujien vaihtelu vesistöalueittain. Happamien sulfaattimaiden osuus pinta-alasta on suurin

(yli 6%) neljällä vesistöalueella (34 Eurajoki, 39 Närpiönjoki, 42 Kyrönjoki ja 44 Lapuanjoki) Selkämeren ja Perämeren valuma-aluilla (liite 3b).

Perämeren vesistöalueilla turvemaita on tunnetusti paljon (liite 3b). Mutta myös lannankäyttö on merkittävän suurta (>1200 t / km^2 peltoa), erityisesti vesistöalueilla 49 (Perhonjoki) ja 51 (Lestijoki). Näillä alueilla pellon osuus (%) on tyypillisesti aika pieni, eli alueita lannan levitykseen on vähemmän.

Vesistöalueet järjestettiin paineita kuvaavien eri ominaisuuksien perusteella suuruusjärjestykseen (taulukko 1), eli valittiin ”top 3” –vesistöalueet Suomessa. Osassa näistä vesistöalueista on jo jatkuvatoiminen ainevirtaaman mittausasema.

Pääsääntöisesti uusia asemia suositellaan sijoitettavaksi joko vesistöaluiden alajuoksulle (ainevirtaamat rannikkovesiin), tai valittuisiin kohteisiin laajoissa mittausketjuissa (luku 3.4).

Jokiasemien tarkemman sijoittamisen suhteen viitataan laatukäsikirjan ohjeisiin (Tattari ym. 2019).

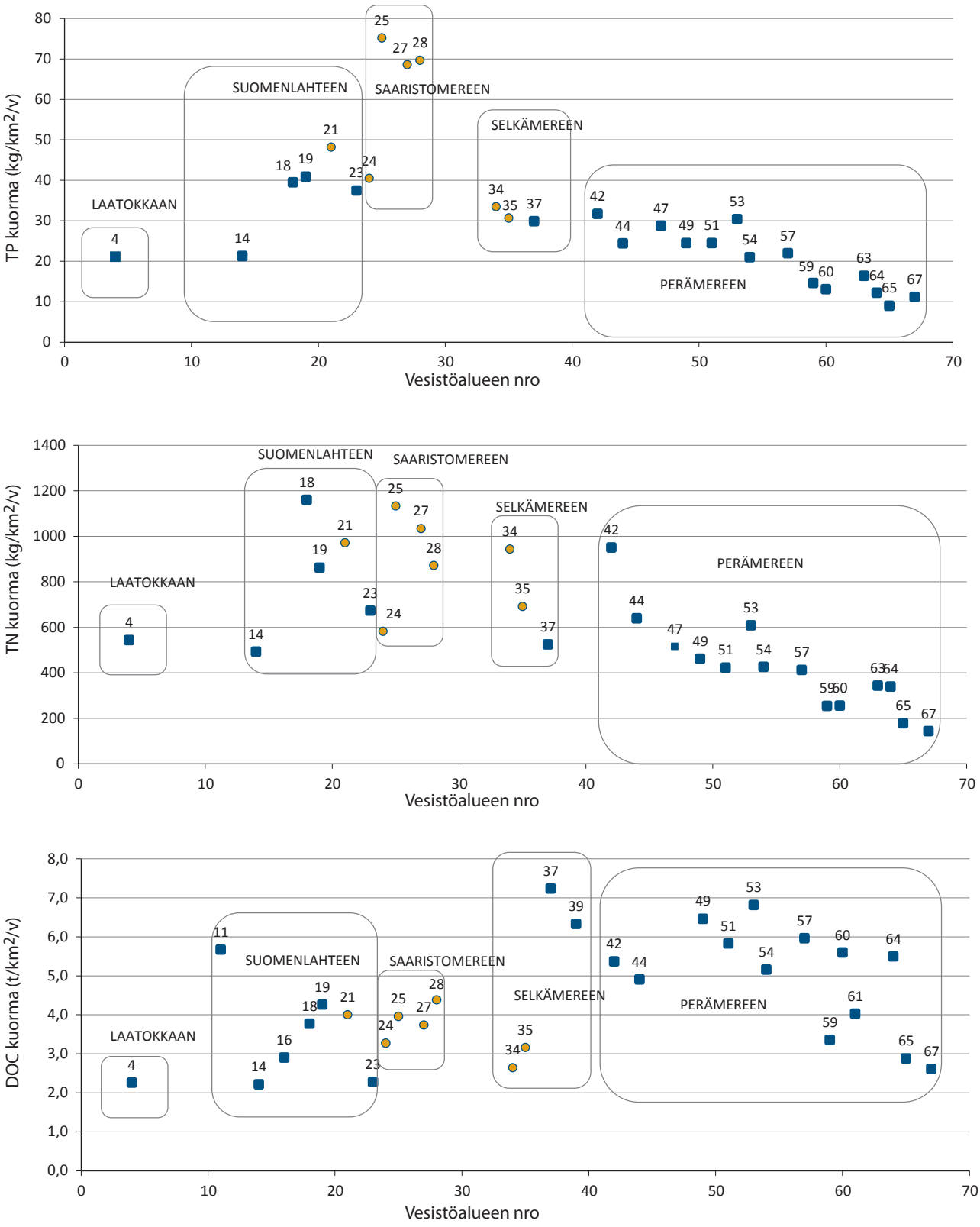
Taulukko 1. Vesistöalueet Suomessa, kun aineistoa tarkasteltiin eri muuttujien/paineiden suuruuden näkökulmasta (1-3). Oranssilla merkityissä jokikohteissa on jo jatkuvatoiminen ainevirtaaman mittausasema. HS = happamat sulfaattimaat

Kriteeri	Vesistöalueet järjestyksessä tarkasteltavan muuttujan mukaan (1-3)		
	1	**2**	**3**
Pelto-%	25 Uskelanjoki	27 Paimionjoki	28 Aurajoki
Savipeltojen osuus (%)	16 Koskenkylänjoki	25 Uskelanjoki	27 Paimionjoki
Turvepeltojen osuus (%)	61 Iijoki	60 Kiiminkijoki	64 Simojoki
Turve-%	63 Kuivajoki	57 Siikajoki	64 Simojoki
HS (kaikki luokat) -%	39 Närpiönjoki	42 Kyrönjoki	34 Eurajoki
N-kuorma	18 Porvoonjoki	25 Uskelanjoki	27 Paimionjoki
P-kuorma	25 Uskelanjoki	28 Aurajoki	27 Paimionjoki
P-pistekuorman osuus (%)	4 Vuoksi	18 Porvoonjoki	14 Kymijoki
N-pistekuorman osuus (%)	18 Porvoonjoki	35 Kokemäenjoki	23 Karjaanjoki
Lantabiomassa /pelto-km^2	49 Perhonjoki	51 Lestijoki	53 Kalajoki
Eläinyksikköä / pelto-km^2	49 Perhonjoki	51 Lestijoki	61 Iijoki
DOC-kuorma (t/km^2)	37 Lapväärtinjoki	53 Kalajoki	49 Perhonjoki

2.2 Järviasemat

2.2.1 Nykytilanne

Vedenlaadun järviasemien nykytilannetta kartoitettiin lähettämällä kysely niille tahoille, joilla tiedettiin olevan jatkuvatoimista mittaustoimintaa järvillä. Kysymykset liittyivät mittausten tavoitteisiin, mitattaviin muuttujiin, antureihin, mittaussyvyyksiin, laadunvarmennukseen, tulosten säilyttämiseen, datan avoimuuteen, julkaisuihin ja tulevaisuuden suunnitelmiin. Tähän tarkasteluun otimme mukaan asemat, joilla mitataan vähintään yhtä vedenlaatumuuttujaa. Pelkästään veden lämpötilaa mittaavia asemia ei ole mukana. Tällaisia lämpötila-asemia on ainakin Pallasjärvellä, jossa mitataan lämpötilaprofiilia. Lisäksi SYKEllä on automaattisia, pääasiassa lähellä rantaa sijaitsevia lämpötilan mittausasemia osana valtakunnallista hydrologista seurantaverkkoa.



Kuva 2. Pääravinteiden sekä liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) kuormituksen vaihtelu vesistöalueittain Suomen eri merialueilla. Oranssilla merkityillä vesistöalueilla on jo jatkuvatoiminen vedenlaadun jokimittausasema. Kts. vesistöalueiden numerointi ja nimet (liite 2).

Vuonna 2017 jatkuvatoimisia mittauksia tehtiin kahdeksalla järvellä (taulukko 2), joista Vesijärvellä on 4-5 asemaa ja Vanajavedellä kolme asemaa. Kaivostoiminnan vesistövaikutuksien tarkkailussa on myös käytössä kaksi järviasemaa (Nuasjärvi ja Jormasjärvi).

Kuivajärvellä Hyytiälässä on tutkimuslautta, jonka avulla selvitetään järvi-valuma-alue ja järvi-ilmakehä -vuorovaikutuksia osana SMEAR II asemaa (Station for Measuring Forests – Atmosphere Relations, https://www.atm.helsinki.fi/SMEAR/index.php). Pääasiallisena tutkimuskohteena on järven ja ilmakehän välinen kaasun- ja lämmönvaihto, ja niiden vaikutus järven fysiikkaan ja biologiaan (https://wiki.helsinki.fi/display/micrometeorology/Lakes). Vesimittauksiin kuuluvat mm. lämpötila- ja CO_2-profiilit.

2010-luvulla käytössä olleita jatkuvatoimisia asemia, jotka on sittemmin lopetettu, on ollut ainakin Päijänteen Ristiselällä (SYKE), Vanajaveden ulapalla (HY) ja Lahden Vesijärven pohjoisosassa (HY).

Asemien ylläpitäjiä ovat yliopistot, kaupungit ja tutkimuslaitokset (taulukko 2). Jyväsjärvellä ja Konnevedellä jatkuvatoimiset mittaukset tehdään profiilimittauksina 0,5 m tai 1m välein. Muilla asemilla on 1-3 mittaussyvyyttä. Mittausalustana on pääasiassa lautta. Yli-Kitkassa on käytössä mittauspoiju ja Vesijärvellä on testattu profiloivaa mittauspoijua. Päijänteellä oli muutaman vuoden ajan käytössä mittauspoiju (ns. älypoiju) joka on asennettu merenkulkuviittaan. Vanajavedellä mittausanturit on asennettu niemellä sijaitsevan laiturin päähän.

Yleisin järvityyppi, jossa on jatkuvatoimisia järviasemia, on SVh (Suuret vähähumuksiset). Niitä on viisi kahdeksan seuratun järven joukossa (kuva 4), mutta SVh järvityyppejä on vain noin 2 % kaikista Suomen järvivesimuodostumista. Muut edustetut järvityypit, joissa on mittausasema, ovat Ph (Pienet humusjärvet, 14 % vesimuodostumista), MVh (Matalat vähähumuksiset, 6 %) ja Sh (Suuret humusjärvet, 1 %).

Humusjärvet ovat siis selvästi aliedustettuina mittausten suhteen. Lukumääräisesti suurimmat vesimuodostumatyypit Suomessa ovat Mh (Matalat humusjärvet, 21 %) ja MRh (matalat runsashumuksiset, 18 %), jotka ovat yleensä pieniä. On myös huomattava, että korkea humuspitoisuus voi olla haastavaa joidenkin mittausten kannalta, esim. pigmenttipitoisuuksien arviointi fluorometreillä (Kuha 2016).

Taulukko 2. Vuonna 2017 toiminnassa olleita vedenlaadun järvimittausasemia. Lyhenteiden selitykset: SVh= suuri vähähumuksinen, Ph = pieni humusjärvi, MVh = matala vähähumuksinen, Sh = suuri humusjärvi, T = lämpötila, Chl-a = a-klorofylli, Turb =sameus, PC = fykosyaniini, DO = happi, NO_3 =nitraatti, DOM = liuennut orgaaninen aine.

Nimi	Järvityyppi	Toimija	Syvyydet/muuttujat	Huom.
Jyväsjärvi	Ph	Jyväskylän yliopisto	Profiili/ T, DO, Chl-a, PC, DOM, pH, Cond	
Konnevesi, Näreselkä	SVh	Jyväskylän yliopisto	Profiili/ T, DO, Chl-a, PC , DOM, pH	Säämuuttujat
Vesijärvi	SVh	Lahden kaupunki ja Vesijärvisäätiö	1 m/ T, Turb, Chl-a, PC	Testattu noin 5 profiloivaa asemaa
Kymijärvi, Lahti	MVh	Lahden kaupunki	1 m/ T, Turb, Chl-a, PC	
Pien-Saimaa	SVh	Lappeenrannan ympäristötoimi	2-3 syvyyttä/T, DO, Turb, Chl-a, PC	
Vanajavesi, Ruskeenkärki	Sh	Helsingin yliopisto, Vanajavesikeskus	1 m/T, Turb, Chl-a, PC	Asema sijaitsee laiturin päässä, säämuuttujat.
Vanajavesi, Hakalanniemi	Sh	Helsingin yliopisto, Vanajavesikeskus	1 m / T, Turb, NO_3, DOM	Sijaitsee Aulangolla
Vanajavesi, Sääksmäki	Sh	Helsingin yliopisto, Vanajavesikeskus	1 m / T, Turb, NO_3, DOM	Salmessa
Pyhäjärvi, Säkylä	SVh	SYKE	1 m/T, Turb, Chl-a, PC, NO_3	Säämuuttujat
Yli-Kitka, Vasikkaselkä	SVh	Oulun yliopisto	1 m ja 30 m/ T, Turb, DO, Chl-a	Säämuuttujat

2.2.2 Kriteerit järviasemien valintaan

Järvien jatkuvatoimisia mittauksia voidaan hyödyntää mm. kaukokartoitusmittausten validoinnissa, mallien kehittämisessä, tutkimuksessa (esim. kasviplanktondynamiikka), osana jokivesistöalueiden kokonaistarkastelua ja seurannan kehittämisessä (mm. vaadittava näytteenottotiheys, datafuusio).

Jatkuvatoimisten järvimittausasemien verkoston lähtökohtana ovat olemassa olevat asemat ja niiden kehittäminen. Järvityyppien kirjoa voidaan laajentaa ympäristöhallinnon lisäasemilla. Uudet asemat tulisi sijoittaa järville, joilta tarvitaan tarkennettua tietoa järven dynamiikasta ja vedenlaadun ajallisesta vaihtelusta. Järviasemien ylläpito on infran kannalta vaativampaa kuin jokiasemien, koska huoltokäynneillä tarvitaan sekä vene ja pätevä veneenkuljettaja että suotuisat sääolosuhteet. Asemalle pääsyä voi joutua odottamaan, koska monessa tapauksessa aseman huoltaminen onnistuu vain heikossa tuulessa.

Jatkossa pitää pyrkiä siihen, että jatkuvatoimisten järviasemien mittaustulokset olisivat laatuvarmennettuja (ks. laatukäsikirja, Tattari ym. 2019), ja että ne tallennettaisiin avoimeen tietokantaan (open data). Tämä lisää huomattavasti tulosten hyödyntämismahdollisuuksia. Monella nykyisellä asemalla mittausten laatukontrolli on osittain puutteellista. Taulukon 2 asemista yksi huolellisesti 10 vuotta (2008-2017) hoidettu asema on Säkylän Pyhäjärvi (Lepistö ym. 2010), jossa vertailunäytteet otetaan kahdesti kuussa, antureita puhdistetaan 1-2 viikon välein, mittaustulokset korjataan jokaisen mittauskauden jälkeen ja korjatut tulokset (1 mittausarvo/vrk) ovat vapaasti saatavilla ympäristöhallinnon VESLA-tietokannasta.

Laadukas automaattidata Suomen järvistä mahdollistaa myös osallistumisen globaaleihin tarkasteluihin. Tästä hyvänä esimerkkinä on lämmönvaihtoa järven ja ilmakehän välillä selvittänyt julkaisu (Woolway ym. 2018), jossa 45 järven joukossa

Järvimittauslautan huolto Säkylän Pyhäjärvellä. Kuva: Pia Mattila-Lonka



olivat mukana Jyväsjärvi, Konnevesi ja Säkylän Pyhäjärvi. Järviasemiin liittyvä merkittävin kansainvälinen yhteistyötaho on GLEON (Global Lake Ecological Observatory Network) verkosto, jossa monet suomalaiset asemat ja tutkijat ovat mukana. GLEONin kautta tulee pyyntöjä osallistumisesta laajoihin jatkuvatoimisiin asemiin perustuviin järvitutkimuksiin. Suomalaisten jatkuvatoimisten asemien tuloksia kahdeksalta järveltä on esitetty Kuhan ym. (2016) julkaisussa, joka oli osa GLEON -teemanumeroa. GLEONin vastine Euroopassa oli vuosina 2012-2016 NETLAKE (Networking Lake Observatories in Europe, EU-COST) verkostoitumishanke, jossa oli mukana myös suomalaisia asemia.

2.3 Rannikko- ja merialueet

2.3.1 Nykytilanne

Itämerellä kauppalaivojen avulla tapahtuvalla läpivirtausjärjestelmään perustuvalla Alg@line-seurannalla (liite 4) on 25 vuoden historia. Tällä hetkellä SYKE hallinnoi linjoja Helsinki-Travemünde (M/S Finnmaid) ja Helsinki-Tukholma (M/S Silja Serenade). Lisäksi tutkimusalus Arandalla ja vartiolaiva Turvalla on vastaavat SYKEn ylläpitämät mittausasemat. Laivoille asennetut pintaveden mittausasemat mittaavat puolen minuutin väliajoin laivan kulkureitillä lämpötilaa, saliniteettia, sameutta, sekä a-klorofyllin ja sinileväpigmenttien (fykosyaniini ja fykoerytriini) sekä humusaineiden fluoresenssia. Yhteistyössä Ilmatieteen laitoksen ja saksalaisen IOW-tutkimuslaitoksen kanssa mitattavia muuttujia ovat happi, pH ja pCO_2. Laivojen mittaustoiminta kattaa koko vuoden pahinta jäätalvea lukuun ottamatta. Alg@line -yhteistyöhön kuuluvat myös virolaisten mittauslinjat Tallinna-Helsinki ja Tallinna-Tukholma, sekä ruotsalaisten operoima Kemi-Oulu-Lübeck linja. Näiden yhteistyökumppaneiden kanssa pyritään tekemään vuosittaisia laitteiden interkalibrointeja aineistojen yhteismitallisuuden turvaamiseksi.

Utön ilmakehän- ja merentutkimusasema on toiminut vuodesta 2014 alkaen Utön saarella, yhteistyönä Ilmatieteen laitoksen ja SYKEn välillä. Asemaan kuuluu vedenalaista mittaustoimintaa virtauksista (ADCP), veden fysiikasta (CTD ja termistoriketjut), vedenpäällistä mittausta vesi-ilmakehä kaasunvaihdosta (CO_2) sekä monipuolinen mittausvalikoima käyttäen Alg@line -tyyppistä läpivirtausjärjestelmää, johon vesi pumpataan n. 250 m päästä rannasta. Näytepaikan syvyys on n. 23 metriä ja näyteletku sijaitsee n. 5 m syvyydessä. Toiminta on ympärivuotista ja normaalien Alg@line -muuttujien lisäksi mittauksia tehdään etenkin liittyen veden karbonaattisysteemiin, kasviplanktonin diversiteettiin sekä levätuotantoon. Asemalla testataan useita uudentyyppisiä mittauslaitteita, viimeisimpänä kuvantavaa mikroskooppirobottia.

Suomen rannikkoalueella on tällä hetkellä kolme FINMARI -konsortion profiloivaa poijua, jotka mittaavat säännöllisin väliajoin vesipatsaan lämpötilaa, saliniteettia, happipitoisuutta ja a-klorofyllin sekä fykosyaniinin fluoresenssia. Saaristomerellä on toiminnassa Turun yliopiston Saaristomeren tutkimuslaitoksen ja Turun ammattikorkeakoulun ylläpitämä poiju. Ahvenanmaan pohjoispuolella toimii Åbo Akademin Husön biologisen aseman poiju. Eteläisellä Saaristomerellä toimii Ilmatieteen laitoksen poiju Utössä. Näiden lisäksi Suomenlahdelle on tulossa poiju, jota hallinnoi Helsingin yliopiston Tvärminnen eläintieteellinen asema. Poijut tuottavat tietoa avovesikaudelta, paitsi Utön poiju, jonka on tarkoitus toimia ympärivuotisesti: se on kaapeloitu Utön saarelle pohjaa pitkin ja poiju lepää profilointimittausten välissä merenpohjassa.

Merellä mittauksia suoritetaan myös itsenäisesti liikkuvilla mittalaitteilla. Ilmatieteen laitos operoi neljää Argo –poijua (taulukko 3). Nämä virtausten mukana liikkuvat poijut suorittavat itsenäisesti profilointeja lämpötilasta ja suolaisuudesta ja lähettävät tietonsa satelliittiyhteyden kautta. Poijujen avulla voidaan selvittää meren hydrografiaa ja virtauksia, sekä jossain määrin myös biogeokemiaa, koska osassa Argo -poijuista on myös anturit happea, sameutta ja klorofylliä varten. Argo -poijut ovat osa maailmanlaajuista mittauskampanjaa, jossa eri merialueilla on yli 3500 vastaavaa poijua tekemässä mittauksia. Liidin, eli glider, on miehittämätön sukelluslaite, joka etenee ohjelmoitua reittiä sukelluksen aikana horisontaalisesti ”liitämällä”. Ilmatieteen laitoksen glider on varustettu antureilla veden lämpötilan, suolaisuuden, sameuden, hapen, klorofyllin ja värillisen humusaineen (CDOM) mittaamiseen.

Paikallaan olevia mittauslaitteita on merellä käytetty paljon (taulukko 3). Ilmatieteen laitoksella on Itämerellä neljä aaltopoijua ja useita pintalämpötilapoijuja. Ilmatieteen laitos mittaa meriveden korkeutta Suomen rannikolla 12 asemalla eli mareografilla. Ilmatieteenlaitoksen reaaliaikaiset mittaukset merialueilla on koottu taulukkoon 3.

Luonnonvarakeskuksella on mittauspoijuja (vuonna 2018 kolme poijua saariston ulko-osissa, Saaristomerellä ja Perämerellä), liittyen kalankasvatuksen olosuhteiden seurantaan. Helsingin yliopiston Tvärminnen eläintieteellisen aseman edustalla on mittauspoijuverkosto (MONICOAST), jolla selvitetään rannikkoalueiden monimuotoisuutta ja toimintaa. Mittauspoijuja käytetään rannikolla myös ruoppausten ja rakennustöiden vaikutusten arvioinnissa.

Älyviitoissa yhdistyvät merenkulkuviitta ja siihen integroitu mittausjärjestelmä, jota voidaan käyttää monipuolisesti vedenlaadun havainnointiin. Meritaito Oy:n vetämässä hankkeessa, johon myös SYKE osallistui, tehtiin vuosina 2012-15 selvitys älyviittojen soveltuvuudesta rannikkovesien pintakerroksen vedenlaadun seurantaan (Kallio ym. 2015). Huolimatta lupaavista tuloksista riittävää laajaa halukkuutta älyviittaverkoston perustamiseen ei hankkeen yhteydessä syntynyt. Toisaalta on tehty uusia avauksia öljyn yhdisteiden mittaukseen: SYKEn GRACE hankkeen toimesta asennettiin vuonna 2018 öljysensorilla varustettu älypoiju avomeriolosuhteisiin Suomenlahdelle, Helsingin eteläpuolelle.

Taulukko 3. Ilmatieteen laitoksen reaaliajassa havaintoja lähettävät laitteet. Lähde: Riikka Hietala (IL).

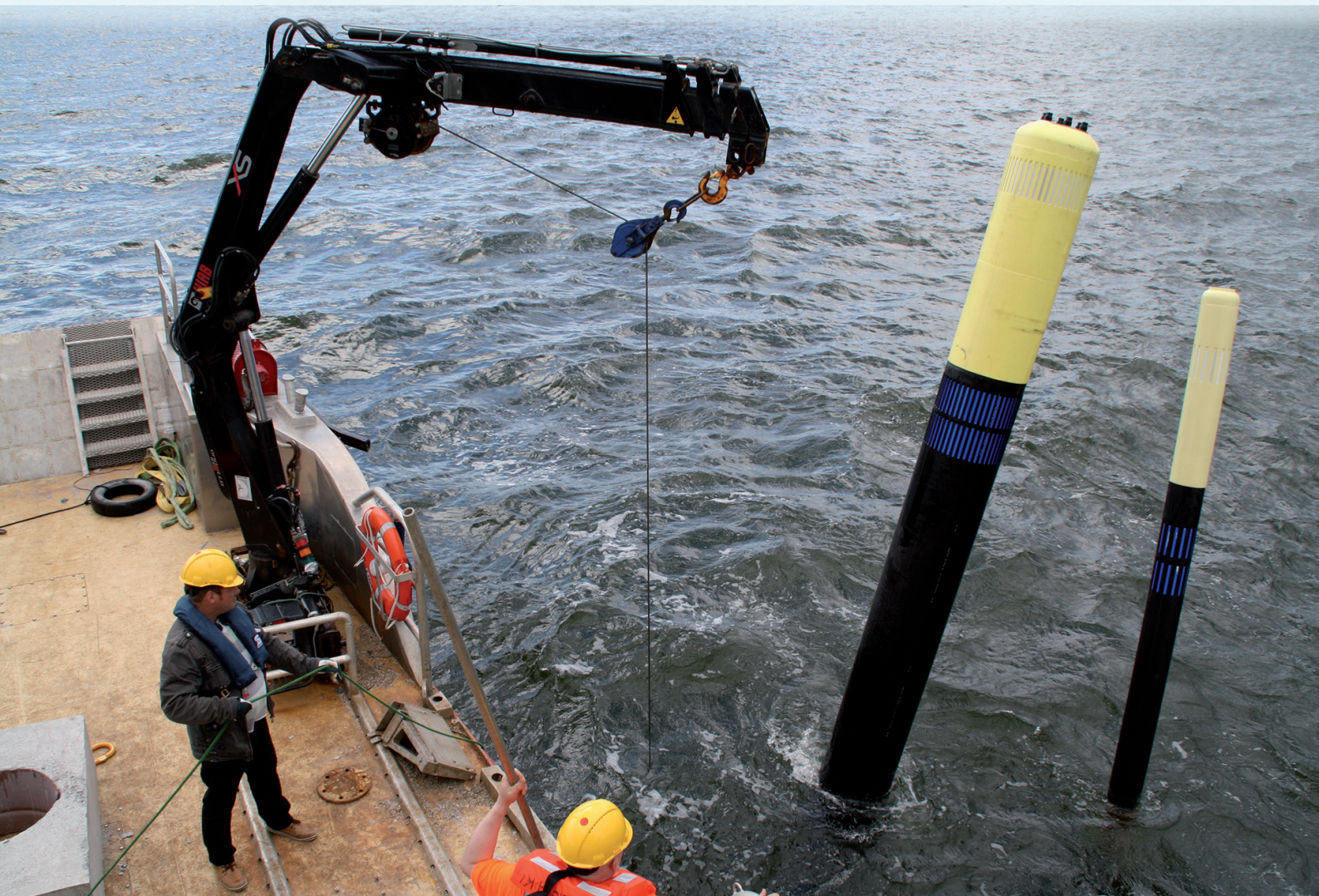
Tyyppi	Lukumäärä	Mitattavat muuttujat	Huom.
Aaltopoiju	5	Aaltoparametrit, veden pintalämpötila, uusimmissa myös pintavirtaus	Avomerellä päämerialueilla. Yksi poijuista Suomenlinnassa yhteistyössä Helsingin kaupungin kanssa
Pintalämpötilapoiju	8	Veden pintalämpötila, ilmanpaine	Ulkosaaristossa
Mareografi	12	Vedenkorkeus, veden pintalämpötila	
Ajelehtivat Argo-poijut	3-4	Lämpötila-suolaisuusprofiili, osassa myös geokemiallisia parametreja	Ajelehtivat syvällä virtausten mukana ja nousevat viikon välein pintaan. Selkämerellä 1-2 poijua, Perämerellä 1 poiju, Gotlannin altaalla 1 poiju.
Glider, FINMARI	1	Lämpötila, suolaisuus, happipitoisuus, sameus, CDOM	Noin kuukauden mittauskampanjat mahdollisia

2.3.2 Kriteerit rannikko – ja meriasemien valintaan

Kuten järviasemienkin sijoittelussa, myös merialueen viranomaistahojen mittauspaikat ja –reitit tulee sijoittaa siten, että ne hyödyttävät mahdollisimman monipuolista käyttäjäkuntaa. Erityisesti on huomioitava seurannan, mallinnuksen ja kaukokartoituksen tarpeet, mutta painoarvoa on myöskin meriturvallisuuden ja –liikenteen tarpeilla. Mitattavista suureista riippuen myös suuren yleisön kiinnostus (esim. levätilanne) ja sinisen biotalouden (vesiviljely, energia) tarpeet tulee huomioida. Myös koulutuksella voi olla omia tarpeitaan.

Edellä kuvattu mittausaseman monikäyttö on huomioitava jo aseman suunnittelusta / perustamisesta lähtien ja koordinoitava eri tahojen kesken. Esimerkkinä FINMARI -konsortio koordinoi SYKEn, IL:n, GTK:n, LUKEn, sekä yliopistojen (Helsingin yliopisto, Turun yliopisto, Åbo Akademi) kenttäasemien isompia jatkuvatoimisia mittausasemia ja laitteistoja. Tavoitteena on sovitella niiden sijoitus ja käyttö kokonaisuuden kannalta optimaaliseksi ja huomioida synergia osaamisessa, liittyen esimerkiksi laitehankintoihin, asennuksiin, kalibrointeihin ja aineistojen käsittelyyn. Muutkin toimijat FINMARIn koordinoiman verkoston aineiston käyttäjinä tulisi huomioida, kuten myös muiden toimijoiden mittausten sopivuus FINMARIssa rakennettavan verkoston yhteyteen.

Älypoijun asennus Helsingin edustalla. Kuva: Seppo Virtanen



Tulosten pääasiallinen käyttötarkoitus muodostaa usein tärkeimmän kriteerin laitteiston valinnalle ja mittauspaikan sijoitukselle. Instituutti- ja sektorirajat ylittävä tarkastelu voisi kuitenkin tuoda kustannustehokkaampia ratkaisuja ja niiden kokeiluun tulisi kohdentaa resursseja. Esimerkiksi kalanviljelylaitoksen läheisyydessä oleva mittausasema voisi olla logistisesti helppo ylläpitää yksityisen toimijan taholta, tuottaen toimijalle samalla arvokasta tietoa olosuhteista, ja mahdollistaen vaikkapa aaltomallin tarkennuksen laitoksen toiminta-alueella. Vastaavasti yksityisten toimijoiden mittaustulosten saaminen viranomaiskäyttöön voisi joissakin oloissa tulla kyseeseen, mikäli laadunvarmistus on hoidettu luotettavasti.

Nykyisten ja perustettavien uusien asemien jatkuvuuden tulee olla turvattu ja niiden ylläpidosta pitää olla pitkäjänteinen suunnitelma. Samoin resursseja tulee olla varattuna mittalaiteiden huoltoon ja kalibrointiin, vertailunäytteiden analysointiin, sekä tulosten laadunvarmistukseen. Onkin huomioitava, että automaattinen mittalaite vaatii tuekseen ihmistyövoimaa, joka luonteeltaan voi olla hyvin erilaista kuin mitä vaaditaan perinteisessä näytteenotossa ja laboratorioanalytiikassa.

Merellä olevan mittausaseman soveltuvuus ns. mittausasemaketjun päätepisteeksi on haastavaa ja vaatii erityistä tarkkuutta mittauspisteiden valinnassa. Asemien sijainnissa tulee huomioida alueelliset ominaispiirteet virtauksissa ja sekoittumisoloissa. Ennakkoselvityksin tulee varmistaa, että maalta tulevan kuormituksen vaikutukset voidaan erottaa alueen sisäisen dynamiikan aiheuttamista vaihteluista. Ketjussa tulisi olla mielellään ainakin 2 meriasemaa, joista yhden tulee olla kuormituksen vaikutuspiirissä ja yhden pitää toimia vertailuasemana kauempana vaikutusalueelta. Samalla tavoin alueen sopivuus erilaisten rajapintaprosessien (meri-ilma, vesi-sedimentti) tutkimukseen on tarkoin harkittava.

Mittausasemien hierarkia ja mittausstrategiat tulee miettiä tarkoin, mitä eri asemilla kannattaa mitata ja millä tavoin. Merialueella asemien sijoittelu on teknisesti haastavaa ja logistiset reunaehdot rajaavat mahdottomina pois useita mielenkiintoisia kohteita. Joitakin mittauksia voidaan tehdä pienimuotoisesti kevyemmillä ratkaisuilla tai käyttäen itsenäisesti liikkuvia alustoja. On oleellista pyrkiä optimoimaan mittaukset teknisesti ja taloudellisesti, ja siten että eri mittausalustojen aineistot ovat mahdollisimman paljon keskenään yhteensopivia. Asemahierakia voi koostua esimerkiksi yhden tai muutaman keskeisen kiinteän mittauspaikan ympärille rakentuvasta verkostosta kevyempiä ja liikkuvia asemia. Tälläisiä verkostoja rakentaessa on syytä etsiä eri toimijoiden synergioita.

Merialueen viranomaisasemien tulisi pystyä täyttämään eurooppalaisille rannikko-observatorioille asetetut vaatimukset mittauksille, tiedonsiirrolle ja laadunvarmistukselle, sekä tietojen toimittamiselle eurooppalaisiin tietokantoihin (EMODnet, SeaDataNet). Tämä mahdollistaa aseman pääsemisen mukaan osaksi yhteiseurooppalaista merentutkimusinfrastruktuuria ja siten kerättyjen tietojen laajamittaisen hyödyntämisen. Lisäksi sitoutuminen ja resurssien hankkiminen on yleensä helpompaa asemille, jotka ovat osa suurempaa kokonaisuutta.

2.3.3 Kriteerejä mittausasemien sijoittamiseen vesialueilla

Ohessa on listattu kriteereitä, jotka on syytä huomioida havaintoverkoston sijoittelussa:

- Järvissä ja rannikkovesissä luontainen paikka asemalle on syvänne. Muita mittausaseman paikkaa ohjaavia tekijöitä ovat esimerkiksi kuormituslähteiden tai tulouomien sijainti sekä virtausolosuhteet.
- Kaikissa paikan valinnoissa kannattaa huomioida huoltotoimien järjestettävyys. Sekä järvillä että merialueilla tuulille alttiilla paikalla korkeampi

aallokko voi merkittävästi haitata huoltotoimenpiteitä, eikä säännöllisestä huolto-ohjelmasta voida siksi aina pitää kiinni.
- Mittauspaikka tulee olla kohtuullisesti saavutettavissa.
- Mittauspaikka tulisi olla mahdollisimman esteetön työturvallisuuden suhteen äärimmäisissä tapahtumissa (mm. voimakkaat tuulet).
- Ankkurointiin, virransyöttöön ja GSM -tietoverkkoihin liittyvät asiat tulee huomioida.
- Laitteiden asennus avouomiin tai järviin/merialueille ei kuulu jokamiehen oikeuksiin, vaan siihen tarvitaan yleensä viranomaisen lupa. Rannikkovesissä ja järvillä laitteiden asentaminen vaatii myös vesialueen omistajan luvan.
- Järvelle tai merelle asennettavan mittausaseman suunnitteluvaiheessa tulee aina olla yhteydessä Liikennevirastoon. Yleensä asema pitää merkitä vesiliikenteen varalle (esim. erikoismerkit, valo, heijastava pinta). Pääsääntöisesti asemaa ei saa sijoittaa väyläalueelle. Joissain tapauksissa asema voi vaatia väyläpäätöksen tapaisen hallinnollisen päätöksen.
- Mittalaitteita voidaan asentaa myös laivaan tai veneeseen, tällöin valintakriteereinä ovat asennuksen ja huollon asettamat vaatimukset sekä aluksen reitti. Profiloivien mittausjärjestelmien sijoittamiseen vaikuttavat oleellisesti logistiset vaatimukset.

2.4 Kriteerit aineistojen laadunvarmennukseen

Aihealueeseen on perehdytty JatkuvaLaatu-hankkeen tuottamassa uudessa ohjeessa ”Laatukäsikirja jatkuvatoimisille vedenlaadun mittauksille - Opas hyviksi käytännöiksi” (Tattari ym. 2019). Lyhyesti, kerätyn aineiston laatu koostuu näytteenottopaikan valinnasta, laitteiston valinnasta, laitteiston huollosta ja puhdistuksesta, mittalaitteiden kalibroinnista ja paikalliskalibroinnista, sekä aineiston numeerisesta laadunvarmennuksesta.

3 Ehdotus havaintoverkoksi

3.1 Jokiasemat

Jokivesistöjä tarkasteltiin useammasta näkökulmasta ja ottamalla huomioon nykyisiä ja nousevia ympäristöpaineita (luku 2.1.2, kuva 2, taulukko 1 ja liitteet 3a-c).

Ehdotetaan, että uusi ympäristöhallinnon havaintoverkko painottuu mereen laskevien jokien alajuoksuille, kohteisiin jotka ovat tärkeitä sekä kansallisesti (vesien- ja merenhoito, pitkät seuranta-aikasarjat ja niiden laaja hyödyntäminen) että kansainvälisesti (HELCOM, EEA ym. tietotarpeet). Toteutus kannattaa tehdä yhteistyössä alueellisten toimijoiden kanssa. Kuvassa 3 esitetään sekä toiminnassa olevat että ehdotetut uudet asemat. Kolme ehdotettua vaihtoehtoa ovat: minimi, keskitie ja maksimi. Minimi tarkoittaa pientä panostusta (6 uutta asemaa), maksimi tarkoittaa mittausasemaa käytännössä kaikkiin ns. HELCOM –jokiin (22 uutta asemaa). HELCOM –joet kuljettavat mereen noin 70 % Suomesta Itämereen tulevasta hajakuormituksesta ja luonnonhuuhtoumasta peräisin olevasta fosforista ja vastaavasti vajaat 80 % typestä. Näin ollen niiden mahdollisimman edustava ja luotettava seuranta on tärkeää sekä kuormituksen kokonaismäärän arvioinnin että vesiensuojelutoimenpiteiden vaikuttavuuden arvioinnin kannalta.

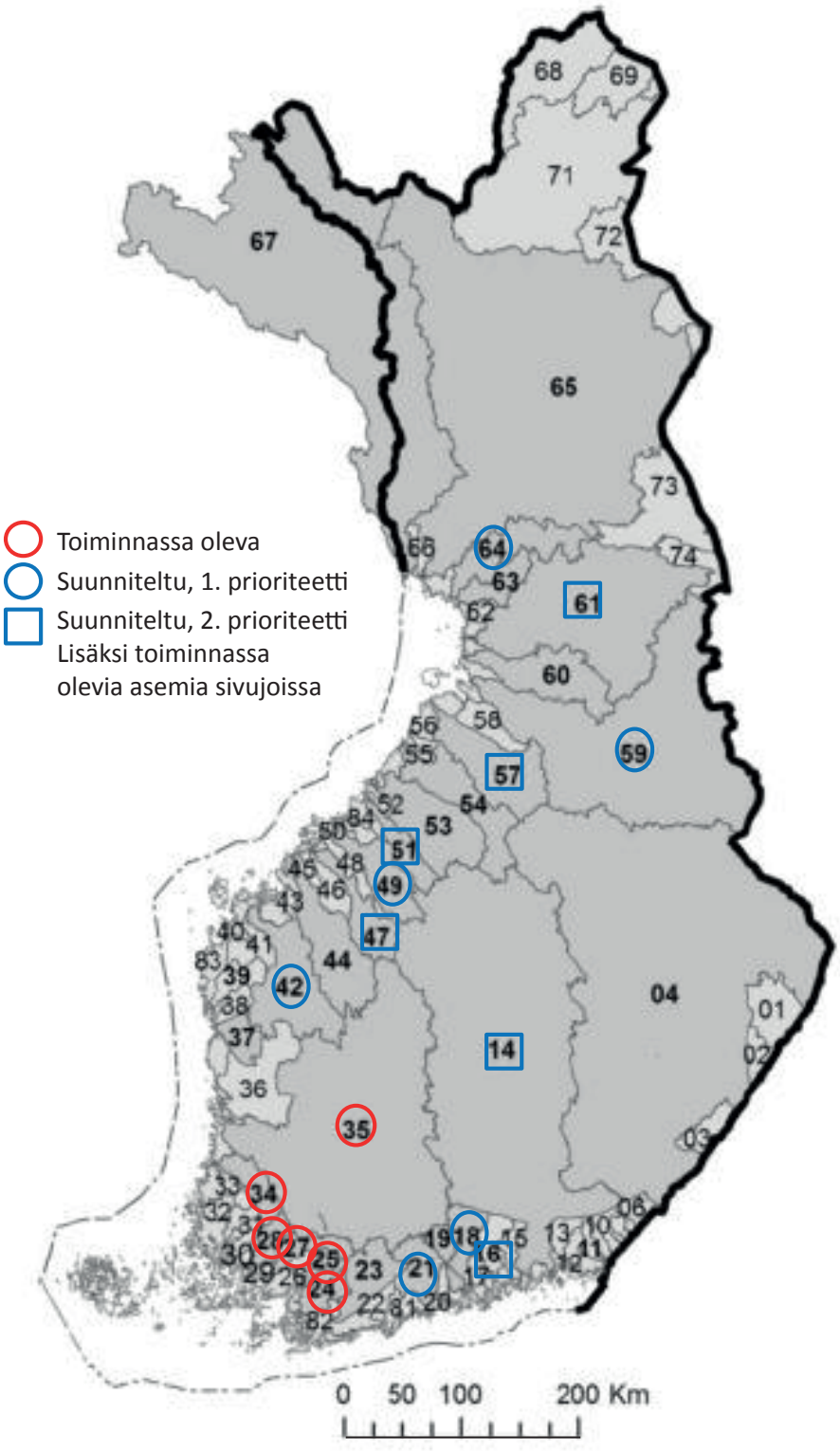
Lisäksi asemia on jo tällä hetkellä myös sivujoissa sekä erityiskohteissa. Erityiskohteiden mittauksia kehitetään uusien mittausketjujen yhteydessä (luku 3.4). Esim. Lepsämänjoki (mittausketju 3) ja vastaavat kohteet kannattaa kytkeä mukaan havaintoverkkoon. Toisaalta on tärkeää, että hankkeissa saatava uusi tietämys mittauksista hyödyttää valtakunnallisen verkon jatkosuunnittelua.

Ehdotetun havaintoverkon tarkemmassa suunnittelussa ja toteuttamisvaiheessa kannattaa huomioida integrointi hydrologisen, automaattisen virtaamanmittausverkoston olemassa olevaan infraan (mittauspisteet, dataloggerit, hydrologisten asemien ylläpito). Tämä tarkoittaa kustannustehokasta vedenlaadun ja kuormituksen mittaamisen verkkoa, jossa huomioidaan olemassa oleva virtaaman mittauskapasiteetti, jota tarvitaan joka tapauksessa ainevirtaamien laskennassa.

3.2 Järviasemat

Järvien osalta jatkotarkasteluun otettiin mukaan kaikki taulukossa 2 esitetyt järvet, lukuun ottamatta Pien-Saimaata, jossa ei ole yliopistoa tai tutkimuslaitosta mukana. Valittuja asemia tulisi kehittää niin, että niiltä saataisiin nykyistä enemmän laatuvarmennettua dataa.

Jatkotarkasteluun valituilla järvillä (kuva 4) päätetään yhteistyössä toimijoiden kanssa ne kohteet, joista neuvotellaan tarkemmin, ja jotka mahdollisesti hyväksytään osaksi valtakunnallista verkostoa. Järvet ovat: Jyväsjärvi, Konnevesi, Vanajavesi, Vesijärvi, Kymijärvi, Säkylän Pyhäjärvi ja Yli-Kitka. Verkostoon kuuluminen tarkoittaa



Kuva 3. Toiminnassa olevat ja eri prioriteeteilla ehdotettavat uudet jokien ainevirtaama-asemat.



Kuva 4. Jatkotarkasteluun mukaan otettavat eri toimijoiden järviasemat. Säkylän Pyhäjärvelle (vuonna 2018 tuhoutuneen aseman paikalle) ja Vanajaveden ulapalle ehdotetaan perustettavaksi ympäristöhallinnon asemat.

sitä, että on sovittu asemien ylläpidosta, vertailunäytteiden otosta ja käsittelystä sekä datan tarkastamisesta (Tattari ym. 2019).

Kehittämiskohteet liittyvät nimenomaan mittausten laatukontrolliin (kontrollinäytteet, vuosittaiset korjaukset, datan vienti tietokantoihin).

Ympäristöhallinnon lisäasemia esitetään perustettavaksi aluksi kahdelle järvelle (Vanajaveden ulappa ja Säkylän Pyhäjärvi), jotka ovat myös osa mittausketjuja (mittausketjutus, luku 3.4). Vanajaveden ulappa-alue täydentää olemassa olevia jatkuvatoimisten asemien edustamia järvityyppejä ja se soveltuu mm. erilaisia alueellisia tarkkuuksia omaavien satelliittikuvien validointiin. Pyhäjärvellä on usean mittausvuoden aikana saatu luotua mittaussysteemi, jolla saadaan laadukkaita ja laajasti käytettyjä mittaustuloksia.

Myöhemmässä vaiheessa, jos asemia perustetaan enemmän, järvien valinta pitää tehdä yhteistyössä ELYjen kanssa. Tällöin voidaan varmistaa, että käyttökelpoisen datan edellyttämä laadunvarmistus pystytään järjestämään. Valinnassa on huomioitava:

- Sopiva järvityyppi, mm. riittävä edustavuus humusjärvien suhteen
- Riittävä dynamiikka vedenlaadussa
- Paikallinen kiinnostus ajallisesti tiheän datan hyödyntämiseen
- Kontrollinäytteenotto ja huollot helppo järjestää (mm. vene, veneen kuljettaja)
- Lautan ylläpidolle, kontrollinäytteisiin ja datan käsittelyyn on oltava riittävät resurssit

Ympäristöhallinnon lisäasemat kannattaa sijoittaa rutiiniseurannan intensiiviasemien yhteyteen, koska niiden tuloksia voidaan mahdollisesti käyttää kontrollinäytteinä. Aluksi on kuitenkin muutaman vuoden ajan verrattava anturituloksia kontrollinäytteisiin ja rutiiniaseman tuloksiin, jotta saadaan arvioitua saavutetaanko pelkän rutiiniaseman tulosten käytöllä riittävä laatutaso. Kontrollinäytteet tulee ensisijaisesti ottaa samalta anturisyvyydeltä aivan anturin vierestä, mielellään yhtä aikaa anturimittauksen kanssa. Säkylän Pyhäjärvellä on todettu kaksi näytettä per kuukausi riittäväksi kontrollinäytetiheydeksi. Ympäristöhallinnon rutiiniseurannan intensiiviasemilla näytteenottotiheys on yleensä tätä alhaisempi.

Ympäristöhallinnon asemat voisivat perustua joko keskikoon poijuihin, joilla on mahdollista mitata pintaveden lisäksi esim. pohjan läheistä vesikerrosta, tai pieniin poijuihin, jotka ovat asennettavissa ja siirrettävissä ilman nosturia (Taulukko 4).

Taulukko 4. Jatkuvatoimisten rannikko- ja järviasemien luokittelu ja esimerkkejä

Asematyyppi	Syvyydet	Anturien määrä	Asennus	Sääasema	Esimerkki
Lautta	kaikki kombinaatiot	Ei rajoituksia	Nosturi	Asennettavissa	Jyväsjärvi
Profiloiva poiju	profiili	Rajallinen	Nosturi	Asennettavissa	Husö (Flydog profiling buoy Mona)
Keskikoon poiju	1 tai 2 syvyyttä	Rajallinen	Nosturi	Asennettavissa	Ympäristöpoiju
Pieni poiju	1 syvyys	Rajallinen	Ei vaadi	Ei	Monitor OMC-7006 poiju

3.3 Rannikko- ja meriasemat

3.3.1 Mittaukset laivoilta, poijuilta tai liikkuvilta alustoilta

Meriasemien osalta tarkastelu voidaan aloittaa mittausten alueellisesta jakaumasta. Nykyiset asemat ja laivalinjat keskittyvät Suomenlahdelle, Helsingistä länteen, ja Itämeren pääaltaan pohjoisosaan, yhden laivalinjan (Finnmaid) jatkaessa Itämeren pääaltaan halki eteläiselle Itämerelle. Alueellisesti on selvää, että Itäinen Suomenlahti, Saaristomeri, Selkämeri ja Perämeri ansaitsevat lisähuomiota.

Mittaukset laivoilta

SYKEllä on ollut aikaisemmin useampia automaattiasemia kauppalaivalinjoilla, mutta teknisistä ja taloudellisista syistä ne on nyt rajoitettu kahteen päälinjaan. On toki huomioitava, että virolaiset ja ruotsalaiset kauppalaivamittaukset kattavat myös osan Suomen merialueista. Yhteistyön lisääminen olisikin ensimmäinen askel kauppalaivalinjaston lisäämiseksi. Esimerkiksi suunnitelmat yhteistyöstä Helsingin ja Tallinnan välisten mittausten ja kyseisen laivan laitteiston kehittämisen osalta ovat meneillään ja pienelläkin lisäpanostuksella pystyttäisiin kyseiseltä linjalta tekemään mittauksia ja ottamaan näytteitä myös suomalaisten tarpeisiin. Vastaavasti Kemi-Oulu-Lübeck linjalla on ollut yhteistyötä SYKEn ja SMHI:n välillä, mutta nyt SMHI toimii tällä linjalla yksin. Suomenlahden itäosaa (Helsinki-Pietari) on useasti yritetty kattaa kauppalaivamittauksilla, mutta logistiset ongelmat laivojen reittien tai viranomaislupien kanssa ovat estäneet pitempien mittaussarjojen saamisen.

Oleellisena ongelmana kauppalaivamittausten kehittämisessä on tällä hetkellä tulosten laadunvarmistuksen järjestäminen ja tulosten saattaminen tietokantoihin. Työtä tehdään pääasiassa ulkopuolisella rahoituksella. Peruskorjatulla Arandalla on valmiuksia tehdä entistä enemmän automaattisia mittauksia sekä laivan kulkiessa että havaintoasemilla. Nykyisten CTD-luotausten (ml. happi, klorofylli, sameus) lisäksi muun muassa automaattisia ravinnemittauksia tulisi kehittää.

Profiloivat mittauspoijut

Profiloivien poijujen verkosto on kasvanut viime vuosina ja ensimmäinen varsinainen avomeripoiju asennettiin Utön edustalle 2018. Vastaava poiju on myös Viron rannikolla Kerin saaren edustalla. Suomenlahden dynamiikan tutkimisen kannalta olisi oleellista saada profiloivien poijujen verkostoa laajennettua Helsingin edustalle tai Suomenlahden suulle. Poijun asentaminen avomerelle on kuitenkin hyvin haastavaa ja kallista, joten sopivaa sijoituspaikkaa ja -tapaa tulee harkita tarkoin.

Yhden syvyyden mittauspoijut

Yhdellä syvyydellä mittaavien poijujen käyttö sopii rannikkoalueille, missä pääasiallinen kiinnostus vedenlaadun vaihteluun liittyy pintakerroksen laatuun ja dynamiikkaan. Poijujen tulisi olla helposti paikalleen asennettavia, huollettavia ja siirreltäviä. Kokemukset vastaavista järjestelmistä pitäisi jakaa eri toimijoiden kesken ja kuunnella myös kansainvälisiä kokemuksia.

Profililoivien mittauspoijujen sijaan yksinkertaisempien, monelta syvyydeltä mittaavien mittausten käyttöä tulisi harkita kohteissa, joissa syvyyssuuntaiset vaihtelut fysikaalisten, biologisten ja kemiallisten muuttujien suhteen ovat oletettavasti merkittäviä. Uudentyyppiset ratkaisut esimerkiksi happimittauksille mahdollistavat maalta tulevan kuormituksen vaikutusten seurannan. Myös paikallisen levätilanteen seurantaan pystytään melko kevyelläkin ratkaisulla.

Liikkuvat mittausalustat
Automaattisten itsenäisesti liikkuvien mittausalustojen määrä tulee kasvamaan lähivuosina. Samoin otetaan käyttöön uusia tekniikoita mittaamaan muuttujia, joiden seuranta ei tällä hetkellä ole automaattisesti mahdollista tai kustannustehokasta. Tulevaisuudessa näillä voi olla keskeinen rooli automaattiseurannassa, mutta eteneminen operatiivisten mittausten lisäämisessä pitää olla maltillista.

3.3.2 Ehdotukset mittausten kehittämiseksi merialueilla

Mittaukset laivoilta
Panostetaan tulosten laadunvarmistukseen ja tietokantatyöhön, sekä Helsingin ja Tallinnan välisten mittausten yhteistyöhön ja laivalle vaadittavan uuden laitteiston asennuksiin. Lisäksi selvitetään mahdollisuuksia yhteistyöhön Pohjanlahden mittauksissa ja mahdollisuuksia uusiin avauksiin Itäisen Suomenlahden mittauksissa.

Profiloivat mittauspoijut
Selvitetään vaihtoehtoja Suomenlahdelle (Helsinki-Hanko) asennettavan profiloivan poijun sijainniksi.

Yhden syvyyden mittauspoijut
Perustetaan koordinoidusti lisäasemia yhdeltä syvyydeltä mittaavien poijujen ja mittausketjujen osalta. Ehdotetaan uusia mittauspoijuja estuaareihin mittausketjujen yhteyteen (kts tarkemmin luku 3.4).

Liikkuvat mittausalustat
Seurataan uusien menetelmien kehitystä aktiivisesti ja varataan tähän resursseja. Eteneminen tulee olla tutkimuslähtöistä, varmistaen kuitenkin mekanismit, joilla tutkimustieto saadaan seurannasta vastaavien tietoon.

3.4 Mittausasemien ketjutus

Mittausasemia kannattaa ketjuttaa valituissa kohteissa ns. ympäristöobservatorioiksi (esim. Huttula ym. 2009), monitieteiseen ja laaja-alaiseen ympäristön seurantaan ja tutkimukseen. Mittausketjujen tulisi kattaa erilaisia vesistöjä maan eri osissa ja pohjautua aktiivisen seurannan ja tutkimustoiminnan piirissä oleviin vesistöihin. Ketjun tulee sisältää sekä järviä että jokia valuma-alueineen, mukaanlukien rannikkovedet. Maantieteellisesti kattavat mittausketjut toimivat sekä seurannan että mallien ja kaukokartoitusmenetelmien kehittämisen kohteina. Alueille voidaan suunnata tutkimushankkeita ulkopuolisella rahoituksella. Ympäristöhallinnon kannattaakin keskittää synergiaetujen takia valittuihin kohteisiin mittaustoimintaa (automaattiasemat, tiheät näytteenotot ja erikoismittaukset) yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa.

Vesistöalueiden latvoilla olevista pienistä valuma-alueista saadaan laajennettua tietopohjaa esim. eri viljelytoimenpiteiden ja ilmaston vaikutuksesta ravinnevirtoihin. Ketjuissa olevista mittausasemista saadaan tarkennettua tietämystä ravinteiden huuhtoutumis- ja pidättymisprosesseista, sekä valuma-alue – järvi –vuorovaikutuksista. Ja edelleen ravinteiden ja orgaanisen hiilen kuormituksesta ja vaikutuksista jokien kautta rannikkovesiin.

Hankeryhmän ja sidosrymien keskusteluissa on ollut esillä neljä mittausketjua. Näistä priorisoidaan ensimmäiseksi Kokemäenjoen alueen ketju (1), toiseksi Satakunnan-Selkämeren ketju (2), ja kolmanneksi Uudenmaan-Suomenlahden ketju (3). Mutta myös Simojoen-Perämeren ketju (4) nähdään kehittämiskohteena jatkossa.

1 Kokemäenjoen vesistöalueen ketju: Pääjärvi – Puujoki – Vanajavesi – Loimijoki - Kokemäenjoki

Kokemäenjoen vesistöalue on laaja ja monipaineinen ja moniongelmainen: vesistöjä kuormittavat sekä hajakuormitus että asutuksen ja teollisuuden jätevedet ja haitalliset aineet. Yksi tutkimuskeskittymä on Lammin Pääjärvi valuma-alueineen. Helsingin yliopiston Lammin biologinen asema ja Vanajavesisäätiö ovat rakentaneet yhteisen Vanajaveden vesistön automaattisen vedenlaadun mittausasemaverkoston, jonka perustana ovat nimenomaan jatkuvatoimiset mittaukset. Varsinais-Suomen ELY-keskuksella on jatkuvatoimiset mittausasemat Kokemäenjoen ja Loimijoen alajuoksuilla ja Turun Seudun Vedellä ylempänä Kokemäenjoessa. Lisäksi Varsinais-Suomen ELY-keskus suunnittelee Kokemäenjoella raskasmetallien jatkuvatoimisten mittausten pilotointia. Kokemäenjoen vesistöalue kuormittaa laajalti eteläisen Selkämeren rannikkovesiä. Maatalouden ohella typen pistekuormituksen osuus Kokemäenjoessa on yhä merkittävä. Mittausketjulla saadaan tarkennettua tietoa ison vesistöalueen ainevirroista, kuormituksen lähteistä, pidättymisestä isoihin järvialtaisiin sekä kuormituksesta ja vaikutuksesta rannikkovesiin.

- Toimijat: ympäristöhallinto, Vanajavesisäätiö ja HY
- Olemassa olevat mittausasemat Pääjärven valuma-alueella, Pääjärvellä, Teuronjoessa, Puujoessa ja Vanajavedellä, sekä Loimijoessa ja Kokemäenjoessa
- Täydennys: kahden syvyyden mittauspoiju Vanajanselälle (ulappa) sekä mittauspoiju Kokemäenjoen estuaariin vaikutusalueelle sekä toinen mittauspoiju referenssialueelle
- Täydennys: uusi ainevirtaama-asema Nokialle

2 Satakunnan-Selkämeren ketju

Satakunnassa on laajapohjaista yhteistyötä kestävän elintarviketuotannon ja vesiensuojelun toimijoiden välillä. Säkylän Pyhäjärvi on Suomen tutkituimpia järviä: sekä valuma-alueesta että järvestä on huomattava määrä kansallisia ja kansainvälisiä tutkimuksia (mm. ravintoketjut, levien dynamiikka, kalaston muutokset), mallisovelluksia sekä ilmastonmuutoksen ja maankäytön muutosten tutkimuksia. Koko Eurajoen vesistöalue on yritysten, kuntien ja yhdistysten rahoittaman pitkäkestoisen vesiensuojelun piirissä – Pyhäjärven suojeluohjelma on toiminut vuodesta 1995 Pyhäjärven, Yläneenjoen ja Pyhäjoen alueella ja JOKIohjelma perustettiin 2017 turvaamaan Pyhäjärven alapuolisen vesistöalueen tilaa. Ohjelmat ovat vahvoja hanketoimijoita, jotka tukevat vahvasti omalla toiminnallaan mittausketjun toimintaa ja ylläpitoa. Jatkuvatoimisia mittausasemia on mm. Yläneenjoella, ja kaksi asemaa Eurajoella. Lisäksi Pyhäjärven valuma-alueella on paljon erityiskohteita, joissa tutkitaan pääasiassa maatalouden aiheuttaman ravinnekuormituksen hallintaa ja pidättämistä. Mittausketjun laajentamisella saadaan merkittävää uutta tietoa perusseurannan lisäksi ravinteiden huuhtoutumisen dynamiikasta, vesistöalueella toteutettujen vesiensuojelutoimien vaikuttavuudesta, ainevirroista sekä Pyhäjärveen pidättymisestä ja kuormituksesta edelleen estuaarin alueelle.

- Toimijat: ympäristöhallinto SYKE ja VARELY, Pyhäjärvi-instituutti ja korkeakoulut
- Olemassa olevat mittausasemat, ainevirtaama-asema Yläneenjoella sekä kaksi asemaa Eurajoella
- Täydennys: järviasema Säkylän Pyhäjärvelle (vanhan aseman korvaaminen)
- Täydennys: ainevirtaama-asema Pyhäjoelle (maatalouden kuormituksen muutokset)

3 Uudenmaan-Suomenlahden ketju

Vantaanjoen valuma-alueella tärkeimpänä painopisteenä on ollut maatalouden vesistökuormituksen vähentäminen (mm. kipsi, talviaikainen kasvipeitteisyys, vesitalous, peltomaan orgaaninen aines). Lisäksi maankäytön muuttuessa rakennetun alueen lisääntymisen suuntaan, hulevesien osuus kuormituksesta on kasvussa. Miljoonan ihmisen kotivesistö on kansalaisten erityistarkkailun kohteena vesistön virkistyskäytön kasvaessa. Avoimen, reaaliaikaisen vedenlaatutiedon tuottaminen eri puolilla vesistöä palvelee siten myös vesistöä käyttäviä kansalaisia.

Lepsämänjoen yläosan valuma-alueella sijaitsee Suomen pitkäaikaisin automaatti-mittausasema, joka on ollut yhtäjaksoisesti toiminnassa vuoden 2006 huhtikuusta alkaen. Aseman pitkää yhtenäistä aikasarjaa on hyödynnetty muun muassa VEMALA / ICE-CREAM -mallin kehitystyössä sekä vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutusten seuraamisessa. Tällä hetkellä asema toimii osana Vantaanjoen kipsihanketta, kipsin vaikutusten todentamisessa. Valuma-alueen peltojen ominaisuuksista ja pelloilla tehdyistä toimenpiteistä on kerätty tarkkaa tietoa muun muassa viljelijähaastattelujen avulla. Vantaanjoen valuma-alueella on tehty automaattimittauksia vuosien 2005-2018 välisenä aikana yli 20 eri pisteessä, alle 1 km^2 kokoisesta valuma-alueesta aina koko Vantaanjoen valuma-alueen (1680 km^2) kattaviin mittauksiin.

- Toimijat: ympäristöhallinto, Ilmatieteen laitos, Helsingin kaupunki ja VHVSY
- Olemassa olevat mittausasemat: Lepsämänjoki –yli 20 kohdetta Vantaanjoen vesistöalueella, Vantaanjoki (Keravanjoen tulouoman yläpuolella, Bonus-hanke), Kruunuvuorenselän lämpötilaprofiilin mittaukset, Suomenlinnan aalto-mittaukset, kauppalaivamittaukset Helsingin merialueella
- Painopisteenä maatalouden vesistökuormituksen vähentäminen ja kuormitusta kuvaavien vedenlaatumallien kehittäminen ja validointi (pääkaupunkiseudun merialueiden vedenlaatumalli)
- Täydennys: uusi ainevirtaama-asema Vantaanjoen alajuoksulle
- Täydennys: vedenlaadun mittauspoiju Vantaanjoen estuaariin ja ulommas merialueelle Vantaanjoen vaikutusalueelle
- Myöhemmässä vaiheessa kolmas poiju myös vaikutusalueen ulkopuolelle

4 Simojoen–Perämeren ketju

Simojoen vesi on runsaan humuksen värjäämää. Vesistöalueella tärkeimpänä painopisteenä on orgaanisen hiilen ja ravinteiden kuormitus turvemaiden ojituksesta, yleensä metsätaloudesta sekä turvetuotantoalueilta. Muuttuva ilmasto vaikuttaa voimakkaasti, orgaanisen hiilen kuormituksessa rannikkovesiin on voimakas vaihtelu vuosien välillä ja jatkuvaa kasvua 40-50 vuoden mittausjaksolla. Simojoen vedenlaatu on kokonaisuudessaan erinomainen ja sivujokien vedenlaatu on yleisesti hyvä. Simojoessa on jäljellä joen oma, luontaisesti lisääntyvä lohikanta, mutta etenkin ajoittaiset korkeat humusyhdisteiden ja raudan pitoisuudet voivat osoittautua riskiksi lohelle. Simojoen vesistöalueelle on tehty prosessipohjainen typen ja orgaanisen aineksen mallisovellus (INCA-N ja INCA- C). Alueella on ollut paljon tutkimusaktiviteettia ja myös erityisaineistoja on käytössä. Työ jatkuu pohjoismaisessa Biowater-hankkeessa biotalouden vesistövaikutuksista, alue on yhtenä hankkeen erityiskohteena.

- Ympäristöhallinto ja Oulun yliopisto
- Paljon vesinäytteenottoon perustuvia mittauskohteita ja pitkiä aikasarjoja Simojoen pääuoman eri osissa ja sivujoissa
- Painopisteenä vihreän biotalouden, turvemaiden ojitusten ja ilmaston vaikutus orgaanisen aineksen kasvavaan kuormitukseen
- Hankeryhmä ehdottaa aluksi ainevirtaama-asemaa Simojoen alajuoksulle (taulukko 6)

3.5 Investointikustannukset

3.5.1 Jokiasemat

Asemien investointikustannuksiin vaikuttavat monet tekijät kuten mitattavat muuttujat, hankinnan tyyppi (esim. vuokraus/hankinta omaksi), asennustapa, sijainti, sekä tiedonsiirto- ja datapalveluratkaisut. Seuraavassa on esitetty kustannukset jokiasemille, jotka mittaavat sameutta, nitraattityppeä ja orgaanisen kokonaishiilen määrää. Sameudesta saadaan laskennallisesti kiintoaineen ja kokonaisfosforin pitoisuudet savialueiden jokivesissä, nitraattitypestä kokonaistypen pitoisuus.

Laskelma perustuu Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kokemuksiin ja kustannuksiin mittausasemien hankinnasta, asentamisesta ja ylläpidosta. Investointikustannukset perustuvat kilpailutettuihin hankintoihin. Kustannukset antavat käsityksen kustannustasosta ja eri kustannustekijöiden osuuksista, vaikka kussakin tapauksessa kustannukset riippuvat mm. hankittavista mittausantureista ja paikallisista olosuhteista. Seuraavassa on esitetty kustannukset kolmelle eri vaihtoehdolle, joissa uusia asemia perustetaan 6, 12 tai 22 ainevirtaamajokeen (taulukko 5). Lisäksi mukaan on laskettava olemassa olevien asemien ylläpitokustannukset. Tällä hetkellä asemia on Varsinais-Suomessa ja Satakunnassa yhteensä 11, joista 8 sijaitsee jokien alajuoksuilla.

Mittausasemien hankinta- ja käyttö- sekä ylläpitokulujen lisäksi syntyy myös muita kuluja. Näitä ovat mm.

- asemien perustamisvaiheessa tarvittava suunnitteluasiantuntemus
- laitteiden tehdashuollot ja rikkoutumiset sekä muut ennalta arvaamattomat kulut
- asemaverkoston ylläpidon henkilöstökulut (mm. koordinointi, ongelmien hoito ym.)

Kustannustehokkuutta voidaan parantaa toimijoiden välisen yhteistyön lisäämisen kautta, samoin ympäristön tilaa seuraavien automaattiasemien käytön ja toiminnan tehostamiseen mietitään uusia toimintamalleja, joiden avulla voidaan saada kustannushyötyjä (Tarvainen & Suomela 2017). Monissa hankkeissa toimiva työnjako julkisen ja yksityisen sektorin välillä on johtanut hyvään lopputulokseen.

Kustannustehokkuus perustuu huolellisesti hoidettuihin mittausasemiin, joiden tuottamia edustavia aineistoja hyödynnetään laajalti. Jatkuvatoimiset mittaukset eivät välttämättä tuo merkittäviä suoria säästöjä euroissa, lyhyellä aikavälillä. Hankeryhmä ehdottaa maltillista keskittämistä seurannan tehostamiseksi: uusien mittausasemien vastapainoksi hyvin vähän hyödynnettyjä seuranta-asemia voidaan lakkauttaa. Perinteisen näytteenoton korvaaminen kokonaan automaattisilla mittareilla ei ole tällä hetkellä näköpiirissä, mutta näytteenoton ja laboratorioanalytiikan

Taulukko 5. Ainevirtaama-aseman arvioidut investointi- ja käyttökustannukset, sekä kustannukset kolmella eri vaihtoehdolla riippuen hankittavien uusien asemien määrästä.

Asemien määrä	Investointikustannukset (euroa)	Käyttö ja ylläpito (euroa)			
	Hankinta- ja aseman rakennuskustannukset yhteensä	Huolto	Tiedonsiirto, datapalvelu, vesinäytteet	Muu työpanos	Käyttö ja ylläpito yhteensä/vuosi
1	20 000	2 000	2 500	1 500	6 000
6	120 000	12 000	15 000	9 000	36 000
12	240 000	24 000	30 000	18 000	72 000
22	440 000	44 000	55 000	33 000	132 000

vähentäminen ja täydentäminen jatkuvatoimisilla mittauksilla on mahdollista ja se tuo merkittäviä hyötyjä parantaen erityisesti seurannan ajallista kattavuutta.

3.5.2 Järvi-, meri- ja rannikkoasemat

Hankeryhmä ehdottaa priorisointia tässä vaiheessa yhden tai kahden syvyyden automaattisiin mittauspoijuihin, luvussa 3.4 esitettyjen mittausketjujen yhteyteen. Ne ovat kompakteja, ja kohtuullisen helposti siirrettäviä. Myös ylläpito ja huolto voidaan järjestää, mutta ne vaativat selkeätä panosta: sekä rahallista että työpanosta ympäristöhallinnon asiantuntijoilta.

Uusia automaattipoijuja ehdotetaan mittausketjuihin (luku 3.4) Kokemäenjoen estuaariin (2 poijua) ja Vantaanjoen estuaariin (2 poijua). Vanajaveden ulappa-alueelle ehdotetaan ns. keskikoon poijua, jossa kaksi mittaussyvyyttä + säämuuttujat (Taulukko 6). Säkylän Pyhäjärven mittauslauttaa esitetään korvattavaksi mittauspoijulla.

Myöhemmässä vaiheessa ehdotetaan hankittavaksi mittauspoijuja kahdelle taulukosta 2 valittavalle järvelle, ulommas Vantaanjoen vaikutusaluelle, sekä Simojoen estuaarin alueelle (Taulukko 6).

Kauppalaivoilta tehtävien mittausten kehittäminen kannattaa keskittää Uudenmaan-Suomenlahden ketjua palveleviin mittauksiin, lähinnä koskien Helsinki-Tallinna linjaa. Profiloivien mittauspoijujen suhteen kehitystyö kytketään FINMARI-infran kehitykseen.

3.5.3 Yhteenveto ehdotetuista mittausasemista

Taulukossa 6 on yhteenveto ehdotettavista mittausasemista, sisältäen sekä ainevirtaama-asemat että mittauspoijut järvi- ja rannikkovesiin. Taulukossa on arvioitu hankintakustannukset sekä vuotuiset ylläpitokustannukset.

Verkostoon kuuluminen tarkoittaa sitä, että on sovittu asemien ylläpidosta, vertailunäytteiden otosta ja käsittelystä sekä datan tarkastamisesta (ref: laatukäsikirjan vaatimukset, Tattari ym. 2019).

Verkoston luomisessa liikkeelle päästään keskitien investoinnilla (12 ainevirtaama-asemaa, 3 uutta mittauspoijua sisävesiin ja 4 poijua mittausketjuihin estuaareihin, yhteensä noin 700 k€ + ylläpitoon noin 220 k€ vuodessa. (Taulukko 6). Kattavampi vaihtoehto (ainevirtaama-asemat kaikkiin HELCOM-jokiin ja mittauspoijuja usempiin järviin ja estuaareihin) olisi ympäristönseurannan kannalta paras vaihtoehto, mutta maksaa enemmän. Verkostoa on luonnollisesti mahdollista kehittää asteittain.

3.6 Julkisen sektorin ja yritysten rooli ylläpidossa

Mittausaseman ylläpitoon ja tulosten saattamiseen kaikkien nähtäville sisältyy monia työvaiheita kuten antureiden säännöllinen puhdistus, mittaustulosten siirto palvelimelle, tulosten laadunvarmistus ja julkaisu verkkosivuilla, laitteiston korjaukset sekä kalibrointinäytteiden oton ja analysoinnin järjestäminen. Kun mittausasemien määrä kasvaa, yhä tärkeämmäksi muodostuu mittausverkoston ylläpidon koordinointi, mukaan lukien tarvittavien korjausten järjestäminen, sekä tulosten seuranta ja mahdollisten virheiden havainnointi.

Antureiden puhdistus

Mittausanturit likaantuvat useimmissa ympäristöissä ja vaikka monissa laitteissa on automaattinen ilmanpaine- tai harjapuhdistus, on niitä käytävä puhdistamassa säännöllisesti erityisesti kasvukaudella lämpimän veden aikaan. Puhdistuksen toteutuksen vaihtoehtoina ovat oma työ tai hankinta ostopalveluna konsulttiyrityksiltä,

Taulukko 6. Yhteenveto ehdotettavista mittausasemista. Nykyiset ainevirtaamaasemat ja ehdotetut uudet asemat kolmella prioriteetilla. Ehdotettavat mittauspoijut järvi- ja rannikkovesiin. Taulukossa on arvioitu hankintakustannukset sekä vuotuiset ylläpitokustannukset.

	Hankinta €	Ylläpito €/ vuosi
Ainevirtaama-asemat päävesistöalueilla		
Nykyiset		**36 000**
24 Kiskonjoki	0	
25 Uskelanjoki	0	
27 Paimionjoki	0	
28 Aurajoki	0	
34 Eurajoki	0	
35 Kokemäenjoki	0	
6 uutta asemaa	**120 000**	**36 000**
18 Porvoonjoki		
21 Vantaanjoki		
42 Kyrönjoki		
49 Perhonjoki		
59 Oulujoki		
64 Simojoki		
12 uutta asemaa (6+6 asemaa)	**240 000**	**72 000**
14 Kymijoki		
16 Koskenkylänjoki		
47 Ähtävänjoki		
51 Lestijoki		
57 Siikajoki		
61 Iijoki		
22 uutta, eli asemat kaikkiin pääjokiin (6+6+10)	**440 000**	**132 000**
19 Mustijoki, 23 Karjaanjoki, 37 Lapväärtinjoki, 39 Närpiönjoki, 44 Lapuanjoki, 53 Kalajoki, 54 Pyhäjoki, 60 Kiiminkijoki, 65 Kemijoki, 67 Tornionjoki		
Uudet ainevirtaama-asemat mittausketjuihin:		
1. mittausketju, asema Nokialle	20 000	6 000
2.mittausketju, asema Pyhäjoelle	20 000	6 000
Yhteensä	**40 000**	**12 000**
Sisävedet		
Mittauspoiju (pieni tai keskikokoinen)		
Vanajavesi ulappa (2 syvyyttä), 1. mittausketju	60 000	10 000
Säkylän Pyhäjärvi, 2. mittausketju	60 000	10 000
Valittava kolmas järvi	60 000	10 000
Olemassa olevien järviasemien ylläpitoon (2)		20 000
Yhteensä	**180 000**	**50 000**
Meri- ja rannikkovedet		
Mittauspoiju (pieni tai keskikokoinen)		
Kokemäenjoen estuaari, 1 mittausketju, 2 poijua	120 000	20 000
Vantaanjoen estuaari, 3. mittausketju, 2 poijua	120 000	20 000
Mittauspoijun xx ylläpito	0	10 000
Yhteensä	**240 000**	**50 000**
myöhemmin: 4. mittausketju, poiju Simojoen estuaariin	60 000	10 000
myöhemmin: 3. mittausketjun täyd. kolmannella poijulla	60 000	10 000

tai jokiasemien suhteen myös esim. mittausaseman lähellä asuvilta. Puhdistus kannattaa mahdollisuuksien mukaan yhdistää esim. kalibrointinäytteiden ottoon, mutta aina tämä ei ole mahdollista. Varsinais-Suomen ELY-keskus on toistaiseksi hoitanut jokien vedenlaatumittareiden puhdistuksen osittain omana työnä ja osittain ostopalveluna. Puhdistusmenetelmien kehittäminen niin, että ihmiskäsin toteutettava puhdistus vähenisi, on tärkeä tavoite resurssien säästämiseksi.

Antureiden kalibrointi ja datan siirto

Mittausantureiden kalibroinnissa tarvittavien vesinäytteiden otto kannattaa pääsääntöisesti tilata samalta palveluntuottajalta, joka hoitaa seurantaohjelman mukaisen näytteenoton ja analysoinnin alueella. Mittaustulosten reaaliaikaiseen siirtoon mittausasemalta palvelimelle tarvittavat laitteet sisältyvät yleensä hankintakokonaisuuteen. Datan siirto palvelimelle edellyttää dataliittymää.

Laadunvarmistuksen toteuttaminen ja tulosten esittäminen

Tulosten laadunvarmistukseen on olemassa automaattisia järjestelmiä, mutta toistaiseksi reaaliaikaisena julkaistavien tulosten laadunvarmistus edellyttää säännöllistä henkilötyöpanosta jokaisena viikonpäivänä. Ainakin osa konsulteista tarjoaa tällaista palvelua, mikä on hyvä ja todennäköisesti edullinenkin vaihtoehto. Monet laitetoimittajat tarjoavat mahdollisuutta tulosten esittämiseen verkkosivuillaan, mutta ympäristöhallinnossa on selvä tarve myös koostesivuille, joille kootaan tietoa eri lähteistä (Vesimittarin kehitys, luku 4.2)

Mittausantureiden huolto ja korjaukset

Mittausantureissa ja niiden oheislaitteissa ilmenee säännöllisesti korjaustarpeita. Vaikka tieto esim. laitevioista tulee usein palvelun ylläpitäjältä (kun laadunvarmistus hankitaan ostopalveluna), tekee ratkaisun tehtävistä korjauksista ja muista toimenpiteistä palvelun tilaaja. Verkoston laajentuessa valtakunnalliseksi, voisi tehokkain toimintatapa olla se, että hallinnossa olisi yksi henkilö tai tietyt henkilöt, jotka vastaavat asemien ylläpidosta. Yhteydenpito ja yhteistyö paikallisten ELYjen/maakuntien kanssa on tietysti olennaista. Joki-, järvi- ja meriasemilla voisi tarpeen vaatiessa olla eri vastuuhenkilöt. Nämä henkilöt voisivat hoitaa myös tulosten seurantaa ja virheiden havainnointia.

Mittaustoiminta ostopalveluna vai oman organisaation työnä?

Mittaustoiminta voidaan kaikkine vaiheineen hankkia ostopalveluna ulkopuolisilta tahoilta tai se voi olla joko kokonaan tai osittain oman organisaation käsissä. Laitetoimittajat ovat lähes aina yksityisiä yrityksiä, joilta ostetaan vaihtelevia palvelukokonaisuuksia. Laitetoimittajalta voidaan minimissään ostaa tai vuokrata laitteisto, jonka jälkeen tilaaja hoitaa kaiken muun mittaustoimintaan liittyvän työn joko omana työnä tai alihankintoina muilta toimijoilta. Mikäli laitetoimittajilta ostetaan koko mittaustoiminta, on tilaajan varmistuttava siitä, että kaikki vaiheet tehdään asianmukaisesti noudattaen laatukäsikirjassa kuvattuja vaatimuksia.

Kilpailuttaminen ja hankinnat

Jatkuvatoimisten mittausasemien hankinta ja/tai mittauspalvelut toteutetaan useimmiten kilpailuttamalla. Huolella laadittu tarjouspyyntö helpottaa tarjousten vertailua ja varmistaa laadukkaan mittarin/mittauspalvelun hankinnan. Opastusta tarjouspyynnön laadintaan ovat esittäneet mm. Huotari & Ketola (2014), Tattari ym. (2015), Tarvainen & Suomela (2017). Hankintatavasta riippumatta mittauksen laadun pitäisi olla yhtenäistä ja noudattaa laatukäsikirjan ohjeistusta.

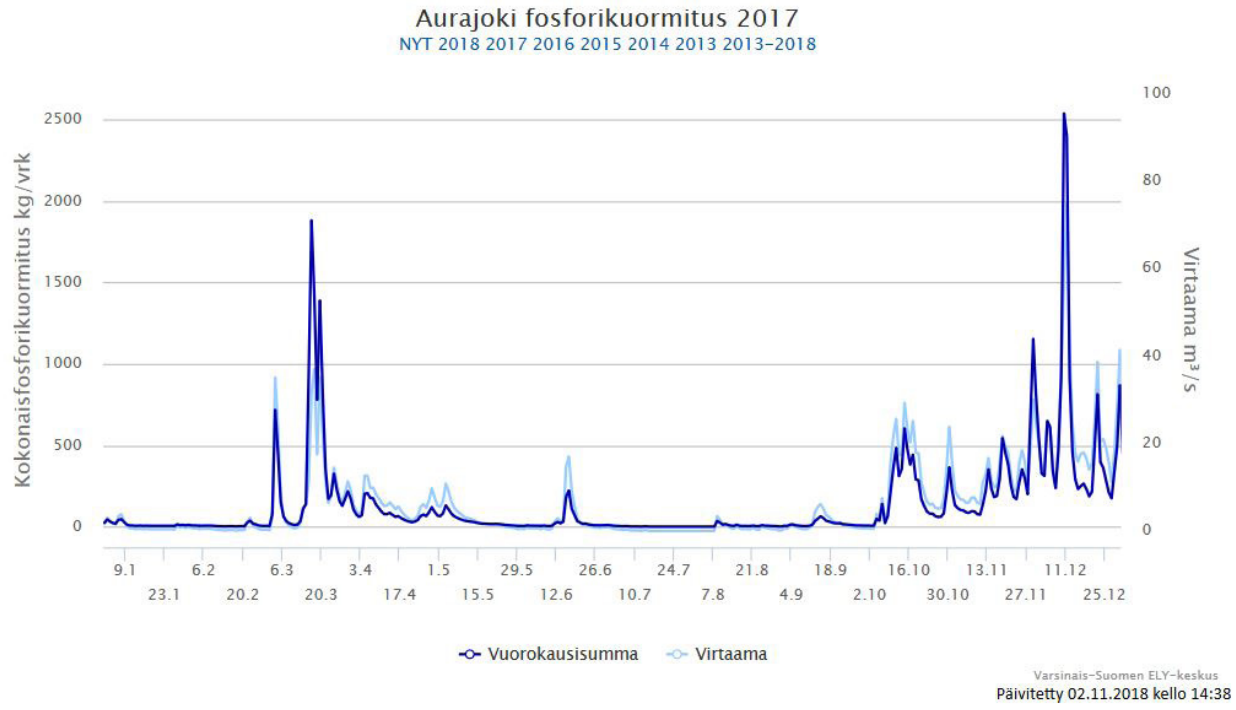
4 Tiedon saatavuus ja käyttö

4.1 Web-karttapohjainen käyttöliittymä

Jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien valtakunnallisen verkoston asemien aineistojen esittämiseen voidaan käyttää olemassa olevaa **VESIMITTARI** Vedenlaatu Nyt -sivustoa (www.ymparisto.fi/vesimittari) (Tarvainen & Suomela 2018). Sivusto on toteutettu Varsinais-Suomen ELY-keskuksen ja Suomen ympäristökeskuksen yhteistyönä, SYKEllä on ollut päävastuu sivuston teknisestä toteutuksesta.

Sivustolla on tällä hetkellä Varsinais-Suomen ELY-keskuksen vedenlaatuasemien tuloksia, mutta alusta alkaen on ollut tarkoituksena, että sivustolle voidaan tulevaisuudessa lisätä myös muiden toimijoiden tuottamaa laadukasta reaaliaikaista vedenlaatutietoa eri puolilta Suomea. Mittausasemat voivat olla eri ympäristöistä, esim. joki-, järvi-, rannikko- tai meriympäristöistä.

Sivustolla voi nyt seurata jokien vedenlaatutietoja sekä niiden mereen kuljettamien ravinteiden ja kiintoaineen määriä. Palvelussa olevat tiedot tarkastetaan alustavasti ennen kuin ne siirtyvät palveluun, mutta ne voivat muuttua lopullisen laaduntarkastuksen myötä.



Kuva 5. Esimerkki VESIMITTARIn käyttöliittymästä.

VESIMITTARIn etusivulta voi valita tulokset havaintopaikoittain joko suoraan kartalta tai vasemmassa reunassa olevasta asemalistasta. Etusivulla voi valita myös tulokset muuttujittain sekä esitystavan. Sivulla esitetään laatutarkastettujen muuttujien aineistot omina kaavioinaan. Kuormituskuvissa esitetään myös lähimmän aseman virtaamatiedot vuorokausikeskiarvoina. Kaavioissa on oletuksena ns. ”Nyt” tilanne, jolloin näytetään viimeisen kuukauden tulokset. Kuvan otsikon alla olevista linkeistä saa vuosikohtaiset tulokset tai vielä pidemmän jakson tulokset kerralla esitettäväksi.

VESIMITTARIssa näytettävä tieto kulkee tällä hetkellä asemien datapalvelun tarjoavan palveluntuottajan tietokannasta ympäristöhallinnon **HYDROTEMPO**on (kts. luku 4.2), jonne siirtyy alustavasti laatutarkastettu tieto. Tiedot päivittyvät kaksi kertaa vuorokaudessa, jolloin päivitetään edeltävän kuukauden tiedot. Tällä huomioidaan jatkuvatoimiselle mittaustiedolle tyypillinen dynaamisuus eli tietojen tietyissä tilanteissa tapahtuva päivittyminen takautuvasti. Kuukautta vanhemmat tiedot eivät päivity ilman erillistä päivitystä. HYDROTEMPOsta tieto kulkee VESIMITTARI -sivustolle. Tietojen päivitysrytmejä on tarvittaessa mahdollista muuttaa.

Sivuston kehittämiseen tarvitaan vielä lisäresursseja, etenkin sen tekniseen kehittämiseen, jotta uusien asemien lisääminen olisi sujuvaa. Lisäksi sivustosta olisi hyvä tuottaa eri kieliversioita. Sivuston visuaalista ulkoasua voidaan myös kehittää sekä lisätä tulosten tulkintaa ja ymmärrettävyyttä lisäävää materiaalia. Sivuston ylläpito edellyttää pysyviä resursseja sekä tiedon tuottajien vastuuta tuotettujen tietojen laadukkuudesta.



Sivuston osoite: www.ymparisto.fi/vesimittari

4.2 Tiedon saatavuus seurantaan ja tutkimukseen

Ympäristöhallinnon tietojärjestelmien edellytyksistä vastaanottaa eri palveluntuottajien aineistoja on tarpeen tehdä erillinen ohjeistus. Edellytyksenä on, että tiedon tuottajien tulee noudattaa laatukäsikirjaa (Tattari ym. 2019), jolloin tiedot voidaan ottaa ympäristöhallinnon tietokantoihin.

Alkuperäinen mittausaineisto, josta käytetään usein termiä raakadata, tulee aina säilyttää. Mittausaineiston määrän lisääntyessä mittauspaikalta, parannetaan usein kalibrointiyhtälöitä ja laskenta suoritetaan uusilla yhtälöillä taannehtivasti myös vanhemmalle aineistolle. Tällöin laskenta lähtee raakadatasta. Raakadata ja korjattu data tulee säilyttää siten, että ne ovat erotettavissa toisistaan. Mittausaineistosta kannattaa tehdä ainakin kaksi kopiota, joita päivitetään jatkuvasti.

SYKEssä on automaattiasemien datan säilyttämiseen käytössä kaksi tietokantaa, HYDROTEMPO ja **LIMNOTEMPO** (Kuva 6). HYDROTEMPOssa säilytetään suoraan mittausasemalta tulevaa raakadataa tai alustavasti korjattua dataa. Tietokantaan voidaan laittaa SYKEn palvelimen vastaanottamaa dataa mittausasemalta tai siirtää dataa ulkopuolisista tietokannoista esim. laitetoimittajilta. SYKEn työntekijöiden lisäksi ELYillä on käyttöoikeudet HYDROTEMPOon.

LIMNOTEMPO on laatuvarmistetun datan tietokanta, jonne tuodaan HYDROTEMPOn data lopullisesti korjattuna, ja jonne voidaan myös siirtää laatuvarmistettua dataa SYKEn ulkopuolisista tietokannoista. Molemmista tietokannoista voidaan viedä dataa Internetiin.



Kuva 6 Jatkuvatoimiseen vedenlaatudataan liittyvät tietokannat SYKEssä.

LIMNOTEMPOsta dataa voidaan siirtää ympäristöhallinnon **VESLA** -tietokantaan (pintavesien tila), jolloin data tulee vapaasti kaikkien saataville. Veslaan viedään yksi edustava arvo kullekin vuorokaudelle. Tämä arvo voi olla esimerkiksi vuorokauden keskiarvo tai mediaani, tai tietyn kellonajan arvo. Jälkimmäinen vaihtoehto tulee kysymykseen esimerkiksi fluoresenssin perusteella arvioidun a-klorofyllin kohdalla. Fluoresenssiin vaikuttaa myös auringon säteily, jolloin edustava arvo voi olla aamulla tai yöllä tehty mittaus. Mahdollisuus automaattidatan vientiin VESLAan valmistui syksyllä 2018, jolloin sinne tuli saataville pilottina joidenkin SYKEn mittausasemien tulokset. VESLAan voidaan viedä myös mm. mittausepävarmuus sekä tiedot anturin valmistajasta ja anturityypistä.

Automaattiasemien datan vieminen LIMNOTEMPO- ja VESLA -tietokantoihin edellyttää sitä, että datan laatu täyttää tietyt kriteerit. Laatuvaatimuksia ei ole kuitenkaan vielä määritelty. Lisäksi pitää päättää, mitä ympäristöhallinnon ulkopuolisia mittauksia viedään SYKEn tietokantoihin. Jatkuvatoimisten mittausten tietokantojen ylläpito vaatii uusia, riittäviä resursseja.

Alg@line –laivaseurannan laadunvarmistus ja tiedonhallinta tulee järjestää. Toistaiseksi Finnmaid -aluksen läpivirtausaineisto (raakadata) on tallennettu SYKEn ALGABASE –tietokantaan, joka ei ole vapaasti käytettävissä. Aineisto on kuitenkin saatavilla kansainvälisen EU:n Copernicus Marine -palvelun kautta. Muilla Alg@line -laivoilla tuotettu aineisto on tallennettuna SYKEn ryhmälevyllä (M/galgaline). Läpivirtausjärjestelmästä otetuista vesinäytteistä maissa analysoidut tiedot on tallennettu kansainvälisiin tietokantoihin (ICES/HELCOM ja EU/ EMODnet), mutta ei SYKEn tietojärjestelmiin.

VESLAan voidaan tallentaa Alg@line laivojen vesinäytteiden tuloksia, mutta ongelmana on, että mittauspisteiden sijainti vaihtelee laivan reitin mukaan ja se ei myöskään sovellu Alg@line sensoridatan tallentamiseen. Alg@linen laadunvarmistuksen ja tiedonhallinnan järjestämisestä on tehty YM:lle hanke-esitys.

4.3 Tiedon tarjonta ja saatavuus suurelle yleisölle

Mittausasemista kannattaa tuottaa web-sivuja reaaliaikaisten vedenlaatu-, kuormitus- ja säätietojen demostrointiin myös suurelle yleisölle, aina kun mahdollista. Yksi esimerkki on tänä vuonna 2018 avatut VESIMITTARI – palvelun sivut (luku 4.1).

VESIMITTARI -palvelun keskeisenä tavoitteena on tuoda mittaritulokset kaikkien nähtäville havainnollisessa ja helposti ymmärrettävässä muodossa. Sivuston toteuttamisessa onkin panostettu erityisesti tulosten visuaalisuuteen ja interaktiivisuuteen. Tavoitteena on myös lisätä ihmisten tietämystä ja kiinnostusta jokivesien tilasta sekä parantaa ympäristöhallinnon keräämän seurantatiedon hyödyntämistä ja käytettävyyttä.

On monesti havaittu, että avoin ympäristötieto kiinnostaa selvästi kansalaisia. Esim. tuoreessa selvityksessä (Harju ja Korhonen, 2018) havaittiin, että yksityishenkilöt olivat kolmenneksi suurin käyttäjäryhmä (20 %) SYKEn Avoin tieto –palvelussa (www.syke.fi/avointieto) .

5 Suositukset jatkotoimenpiteiksi

Jatkuva Laatu –työryhmä esittää seuraavassa toimenpiteet valtakunnallisen jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien verkoston toteuttamiseksi, sekä eräitä muita suosituksia ja näkökohtia.

Verkostoon kuulumisen edellytykset:

- toimijat noudattavat laatukäsikirjan ohjeita
- mittausdata tullaan viemään ympäristöhallinnon avoimiin tietokantoihin (VESLA)
- toimijat sitoutuvat pitkäjänteiseen toimintaan

Verkostoon kuulumisen edut:

- mahdollisuus saada aineistot avoimiksi ja laajempaan käyttöön
- mahdollisuus olla mukana valtakunnallisessa, reaaliaikaisessa web-järjestelmässä (VESIMITTARI)
- mahdollisuus saada asiantuntija-apua ja taloudellista tukea mittausasemien hankintaan ja ylläpitoon

Verkoston käytännön toteutus:

- verkostoon tarvitaan pitkäjänteistä rahoitusta
- palkataan henkilö vastaamaan verkoston yksityiskohtaisesta suunnittelusta, hankinnoista, käynnistämisestä ja ylläpidosta, eli verkon pääkoordinaattori
- perustetaan asiantuntijaryhmä tukemaan pääkoordinaattorin työtä
- ympäristöhallinnon henkilöiden työaikaa kohdistetaan verkoston tarkempaan suunnitteluun ja ylläpitoon (esim. tietokannat, VESIMITTARI)
- laaditaan tarkennettu toimeenpanosuunnitelma, jossa kuvataan tarkemmin mm. toteutustavat, toimijat, tarvittavat kilpailutukset, hyväksyttävä tekninen toteutus, sekä aineistojen käsittelyyn ja hallintaan liittyvät kysymykset
- JatkuvaLaatu –työryhmä esittää, että joki- ja järviasemien osalta VESIMITTARI –palvelu laajennetaan koko valtakunnallisen mittausasemaverkoston reaaliaikaisten tulosten julkaisufoorumiksi. Rannikko- ja meriasemien osalta julkaisufoorumina toimii 2020 käyttöön otettava Meritietoportaali.

Lisäksi verkon toteuttamisessa tulee huomioida:

- uudet mittausasemat kannattanee pääsääntöisesti ostaa ympäristöhallinnolle, normaalisti kilpailuttamalla
- datapalvelua ja ylläpitoa kannattaa pohtia, hankitaanko myös se alan yritykseltä vai onko hallinnossa henkilöstöä datan laadunvarmistuksesta huolehtimiseen?

Toteutetaanko verkosto keskitetysti vai hajautetusti?

- hankeryhmä ehdottaa keskittämistä tietokantojen, pelisääntöjen ja koordinoinnin suhteen, mutta hajautettua ratkaisua asemien ylläpidon suhteen
- hajautettu toteutus erityisesti järviasemien suhteen suosii yhteistyötä toimijoiden välillä, mutta tarvitaan yhteisiä sääntöjä (laatukäsikirjan noudattaminen, ympäristöhallinon avoimet tietokannat, pitkäjänteisyys)

Verkoston tavoitteena on hyvä tiedon ja kokemusten vaihto toimijoiden välillä, sekä strategian pohdinta: miten Suomessa kannattaa edetä näiden kysymysten osalta? Miten kannattaa edetä ajatellen kansainvälisiä tiedontarpeita (mm. HELCOM, EEA) ja yhteistyötä?

6 Yhteenveto

Perinteinen, näytteenottoon ja laboratorioanalyyseihin perustuva seuranta ei pysty kaikilta osin tuottamaan kokonaisvaltaista tietoa vedenlaadun vaihteluista. Sitä täydentämään tarvitaan intensiivisesti seurattavia asemia: automaattisia jatkuvatoimisia mittausjärjestelmiä sekä yhdistettyä ympäristödataa monesta eri lähteestä. Automaattisilla mittausjärjestelmillä saadaan luotettavaa ja reaaliaikaista tietoa vedenlaadusta, jos laadunvarmistuksesta on huolehdittu. Jatkuvatoimisista mittareista on todettu olevan hyötyä etenkin silloin kun vedenlaadussa on suurta ja nopeaa vaihtelua, johon harvoilla yksittäisillä vesinäytteillä ei ole mahdollista päästä kiinni.

Tässä loppuraportissa hahmoteltavan vedenlaadun jatkuvatoimisten mittausten verkoston tavoitteena on täyttää sekä ympäristönseurannan että -tutkimuksen tarpeita. Lisäksi tavoitteena on parantaa kansalaisten ympäristötiedonsaantia, edistää digitalisaatio –kärkihanketta ja MONITOR2020 (Ympäristöseurannoista informaation yhdistämiseen: laatua, palvelukykyä ja vaikuttavuutta) –kehitystyötä, sekä uuden ympäristötiedon tuottamista ja hyödyntämistä. Verkoston tavoitteena on tuottaa laatutarkastettuja ja yhdisteltäviä aineistoja, joita voidaan käyttää useisiin eri tarkoituksiin.

Raportissa tarkastellaan kriteerejä mittausasemien valinnaksi joki-, järvi- ja meriympäristössä. Ehdotetaan valtakunnallista verkkoa, jossa on ainevirtaama-asemia tärkeiden vesistöalueiden jokisysteemeissä, sekä mittauspoijuja sijoitettuna valittuihin järvikohteisiin ja rannikkovesiin. Lisäksi ehdotetaan mittausketjuja Kokemäenjoen, Eurajoen ja Vantaanjoen vesistöalueille. Ketjuissa olevista mittausasemista saadaan tarkennettua tietämystä ravinteiden huuhtoutumis- ja pidättymisprosesseista, ainevirroista, sekä valuma-alue – järvi –vuorovaikutuksista. Ja edelleen ravinteiden ja orgaanisen hiilen kuormituksesta ja vaikutuksista rannikkovesiin.

Tässä raportissa ehdotetaan uutta havaintoverkkoa, joka pohjautuu mahdollisimman hyvin olemassa olevaan, laajaan kokemukseen eri toimijoiden T&K hankkeissa. Tavoitteena on jatkumo ja parempi tiedonkulku projekteista ja infrahankkeista ehdotettavaan, ympäristöhallinnon koordinoimaan uuteen havaintoverkkoon. Laadunvarmennusasioita tarkastellaan lähemmin samaan aikaan julkaistavassa laatukäsikirjassa.

Lisäksi tarkastellaan tiedon saatavuuden edistämistä ja tiedon käyttömahdollisuuksia. Yhtenä esimerkkinä on web-pohjainen käyttöliittymä, VESIMITTARI, jota ehdotetaan laajennettavaksi. Samoin hankeryhmä ehdottaa luvussa 5 konkreettisia jatkotoimenpiteitä uuden havaintoverkon perustamiseksi.

On syytä korostaa että mittausketjujen avulla kerätään kokemuksia ja seurantasekä tutkimustietoa erityypisten valuma-alueiden ainevirroista, aineiden kulkeutumisesta ja vaikutuksista, sekä automaattiseurannan hyödyistä ja kustannustehokkuudesta. Aineistojen käyttöä mallinnuksessa ja kaukokartoitusseurannan kehittämisessä tulee selvittää kehityshankkeissa. Verkostojen mahdollinen laajentamistarve riippuu näiden koealueiden ja hankkeiden tuloksista.

LIITTEET

Liite 1. Vedenlaadun automaattisen seurannan piiriin kuuluvat joet ja tutkimusvaluma-alueet.

Merialue	Joki	HELCOM	Verkosto	Autom. aseman muuttujat	Ylläpito
Suomenlahti	Taasianjoki			Sameus & Johtokyky	UUDELY
Suomenlahti	Sipoonjoki			Nitraatti & Sameus & Johtokyky	UUDELY
Suomenlahti	Vantaanjoki	x	MaaMet	Nitraatti & Sameus & Org. Hiili	SYKE
Selkämeri	Eurajoki	x	MaaMet	Nitraatti & Sameus	VARELY
Selkämeri	Kokemäenjoki	x	MaaMet	Nitraatti & Sameus & Org. Hiili	VARELY
Selkämeri	Loimijoki			Nitraatti & Sameus	VARELY
Selkämeri	Yläneenjoki			Nitraatti & Sameus	VARELY
Saaristomeri	Kiskonjoki	x	MaaMet	Nitraatti & Sameus & Org. Hiili	VARELY
Saaristomeri	Uskelanjoki	x	MaaMet	Nitraatti & Sameus	VARELY
Saaristomeri	Paimionjoki	x	MaaMet	Nitraatti & Sameus	VARELY
Saaristomeri	Aurajoki	x	MaaMet	Nitraatti & Sameus	VARELY
Saaristomeri	Hirvijoki			Nitraatti & Sameus	SYKE
Saaristomeri	Perniönjoki			Nitraatti & Sameus & Org. Hiili	VARELY
Selkämeri	Merikarvianjoki		MaaMet	Nitraatti & Sameus & Org. Hiili	VARELY
Suomenlahti	Hovi			Nitraatti & Sameus	SYKE
Saaristomeri	Savijoki			Nitraatti & Sameus	SYKE
Suomenlahti	Teeressuonoja			Nitraatti & Sameus	SYKE
Suomenlahti	Rantamo-Seitteli			Nitraatti & Sameus	SYKE
Saaristomeri	Laajoki			Nitraatti & Sameus & Org. Hiili	SYKE

Liite 2. Päävesistöalueita kuvaavat tärkeimmät taustatiedot, jokien tyyppi ja ekologinen tila, alueiden maankäyttö ja maalajien osuudet, NPC-kokonais- ja pistekuormitus, lannan käyttö ja eläinyksiköt alueilla.

						Pinta-ala		%-osuudet			Peltojen maalaji		[4]VEMALA kokonaiskuormitus		[5]Happamat sulfaattimaat		[6]Pistekuorma		Lanta ja eläintiheydet		Org. C
Nro	Joki	Tyyppi	Ekologinen tila	VEMALA -arviointi	HELCOM -joki	Koko (km^2)	Maa-ala (km^2)	Järvi-%	Pelto-%	[1]Turve-%	[2]Savi-maa-%	[3]Turve-maa-%	P ($kg\ km^{-2}\ yr^{-1}$)	N ($kg\ km^{-2}\ yr^{-1}$)	Suuri tod.näk.(%)	Jokin tod.näk. (%)	P (% kok. kuormasta)	N (% kok. kuormasta)	[7]Lanta-biomassa (t/v/pelto-km^2)	[8]EY (lkm/ pelto-km^2)	[9]DOC (t/km^2)
4	Vuoksi	ESk	Hyvä	x		52696	42262	19,8	7,5	23	19	7	21,1	544	0,0	0,0	5,2	6,1	727,7	36,9	2,3
11	Virojoki	Kk	Tyyd.		x	357		3,6	12,8	10	36	4			0,0	3,2			384,7	21,7	5,7
14	Kymijoki	Esk	Tyyd.	x	x	37158	30358	18,3	8,8	17	25	6	21,3	493	0,1	1,3	3,2	3,2		26,2	2,2
16	Koskenkylänj.	Ksa	Tyyd.		x	895		4,5	31,3	4	87	3			0,4	13,8			290,0	19,3	2,9
18	Porvoonjoki	Ssa	Tyyd.	x	x	1273	1256	1,3	32,1	7	75	2	39,5	1160	1,6	4,5	3,8	8,9	278,5	14,1	3,8
19	Mustijoki	Ksa	Tyyd.	x	x	783	771	1,5	31,2	11	70	3	40,9	863	2,5	15,3	0,7	2,5	215,6	10,9	4,3
21	Vantaanjoki	Ssa	Tyyd.	x	x	1686	1647	2,3	24,3	9	62	3	48,2	972	0,6	6,7	2,0	5,5	208,5	8,3	4,0
23	Karjaanjoki	Ssa	Tyyd.	x	x	2046	1796	12,2	20,8	8	49	2	37,5	674	0,6	15,6	2,9	6,4	236,5	14,3	2,3
24	Kiskonjoki	Kk	Vältt.	x	x	1047	987	5,7	24,7	9	74	2	40,5	583	0,2	39,5	0,1	0,5	340,1	11,8	3,3
25	Uskelanjoki	Ksa	Vältt.	x	x	566	563	0,6	44,1	7	83	1	75,2	1134	0,8	17,7	0,5	0,7	288,0	32,0	4,0
27	Paimionjoki	Ssa	Vältt.	x	x	1088	1071	1,6	43,9	8	81	1	68,6	1034	0,7	12,4	0,0	0,0	412,0	28,4	3,7
28	Aurajoki	Ksa	Vältt.	x	x	874	871	0,3	37,1	11	75	1	69,7	872	0,0	48,2	0,0	0,0	383,6	26,2	4,3
34	Eurajoki	Ssa	Tyyd.	x	x	1336	1164	12,9	27,1	17	25	4	33,5	944	6,5	83,5	1,3	1,6	352,8	28,6	2,6
35	Kokemäenj.	ESk	Vältt.	x	x	27046	24071	11,0	17,6	16	49	5	30,7	692	0,7	8,7	1,3	6,8	461,7	25,9	3,2
37	Lapväärtinj.	St	Tyyd.	x	x	1098	1096	0,2	13,2	34	3	6	29,9	525	3,4	45,2	0,0	0,3	597,9	22,8	7,2
39	Närpiönjoki	Kt	Vältt.		x	992		0,8	20,3	23	16	4			11,4	88,9			519,8	22,8	6,3
42	Kyrönjoki	St	Vältt.	x	x	4922	4863	1,2	25,5	30	14	12	31,7	951	9,4	47,1	1,5	2,8	786,4	39,8	5,4
44	Lapuanjoki	St	Vältt.	x	x	4122	4002	2,9	22,9	31	3	17	24,4	640	6,1	56,0	0,6	2,4	785,6	38,6	4,9
47	Ähtävänjoki	St	Vältt.	x		2053	1852	9,8	16,6	33	1	18	28,8	516	1,7	57,1	0,3	1,0	759,3	40,7	
49	Perhonjoki	St	Vältt.	x	x	2523	2437	3,4	11,9	43	0	32	24,5	462	1,9	33,5	0,4	2,7	1550,4	72,1	6,5
51	Lestijoki	St	Hyvä	x	x	1373	1288	6,2	11,9	40	3	13	24,5	423	1,8	28,9	0,2	0,4	1256,9	63,9	5,8
53	Kalajoki	St	Vältt.	x	x	4247	4171	1,8	16,7	36	6	27	30,4	609	0,4	44,7	0,5	1,9	1073,7	53,3	6,8
54	Pyhäjoki	Pt	Tyyd.	x	x	3712	3519	5,2	11,5	40	3	27	21,0	426	0,7	42,2	0,2	0,3	706,0	37,4	5,2
57	Siikajoki	St	Tyyd.	x	x	4318	4223	2,2	9,7	56	1	29	22,0	413	2,6	52,1	0,0	0,3	776,8	39,3	6,0
59	Oulujoki	ESk	Tyyd.	x		22841	20214	11,5	2,3	41	4	18	14,6	255	0,6	7,0	0,3	2,3	714,4	35,9	3,4
60	Kiiminkijoki	St	Hyvä	x	x	3814	3726	2,3	1,7	56	0	40	13,1	256	0,4	25,4	0,0	0,2	1029,7	34,1	5,6
61	Iijoki	Est	Tyyd.		x	14191		5,7	1,1	38	0	42			0,0	7,1			1001,8	59,1	4,0
63	Kuivajoki	St	Hyvä	x	x	1356	1319	2,7	1,6	60	0	35	16,4	344	0,0	38,6	0,0	0,2	944,1	36,4	
64	Simojoki	St	Erinom.	x	x	3160	2980	5,7	1,5	56	1	36	12,2	340	0,7	19,4	0,0	0,0	820,7	43,0	5,5
65	Kemijoki			x		51127	48929	4,3	0,6	38	2	21	9,0	178	0,8	4,3	0,2	2,6	719,9	42,1	2,9
67	Tornionjoki	ESt	Hyvä	x	x	40131	38285	4,6	1,4	34	1	6	11,2	144	0,8	3,8	0,0	0,0	227,2	12,5	2,6

1) Turvemaat laskettu alueille Antti Räikkeen (SYKE) koostamasta GIS-aineistosta, jossa yhdistetty MAVin peltolohkoaineisto v. 2016 ja GTK:n turvemaat (Maaperäkartta 1:200 000:Turvemaan määritelmänä pintamaan luokat soistuma (0-0,3 m turvetta), ohut turve (0,3 – 0,6 m turvetta) ja paksu turve (yli 0,6 m turvetta).

2) VEMALAssa jokaiselle pellolle on määritelty maalaji niin, että joko se on viljavuusanalyysistä tai jos sitä ei ole niin maannostietokannasta.

3) VEMALA-artikkeliin tiedot koottu CLC2006:sta (luokat cl3112_ha cl3122_ha cl3132_ha cl3243_ha cl4121_ha cl4122_ha) sekä pellot turvemailla.

4) Huttunen, I., Huttunen, M., Piirainen, V. et al. Environ Model Assess (2016) 21: 83.

5) Happamat sulfaattimaat: GTK:n ennakkotulkinta-aineisto, http://kkgeoportal.env.fi:8080/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7Ba35864db-7cf6-4f30-bf82-b1a52825dc6c%7D.

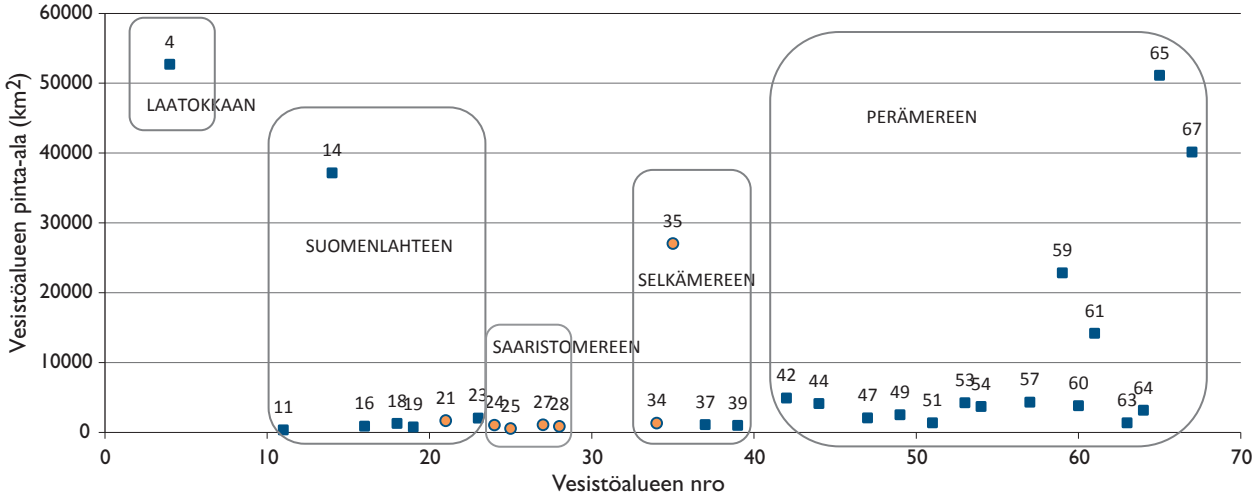
6) Pistekuormatiedot VAHTI-järjestelmästä, vuosi 2007.

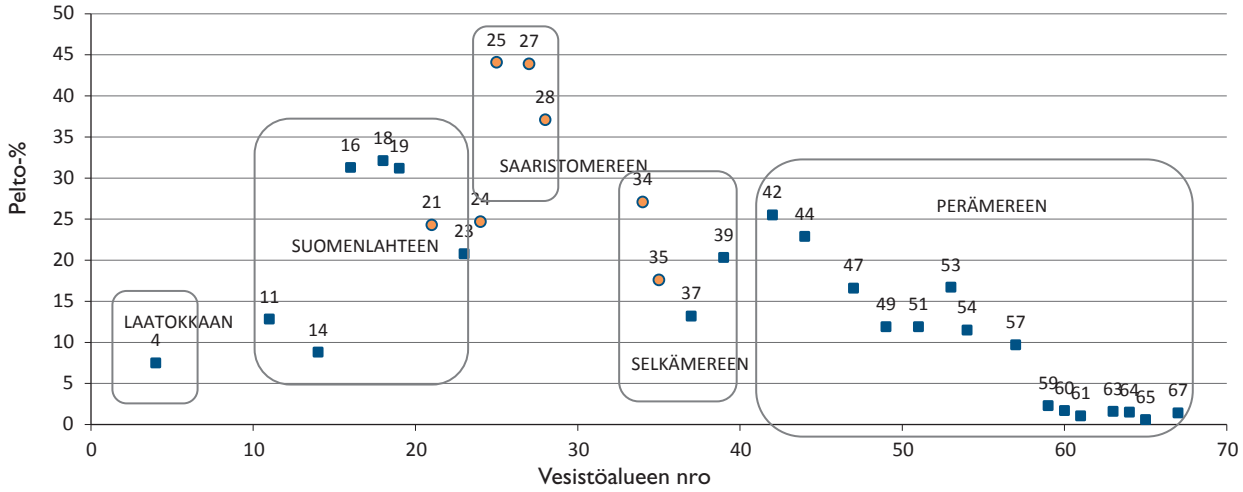
7) Lähde: https://biomassa-atlas.luke.fi/ ->tähän valittu lanta varastosta ja summattu kaikki eri lähteet yhteen (eri eläinlajit sekä lietelanta, kuivalanta ja virtsa). Jaettu valuma-alueen peltopinta-alalla.

8) E. Röman et al. / River Res Applic. 2018;1–9.

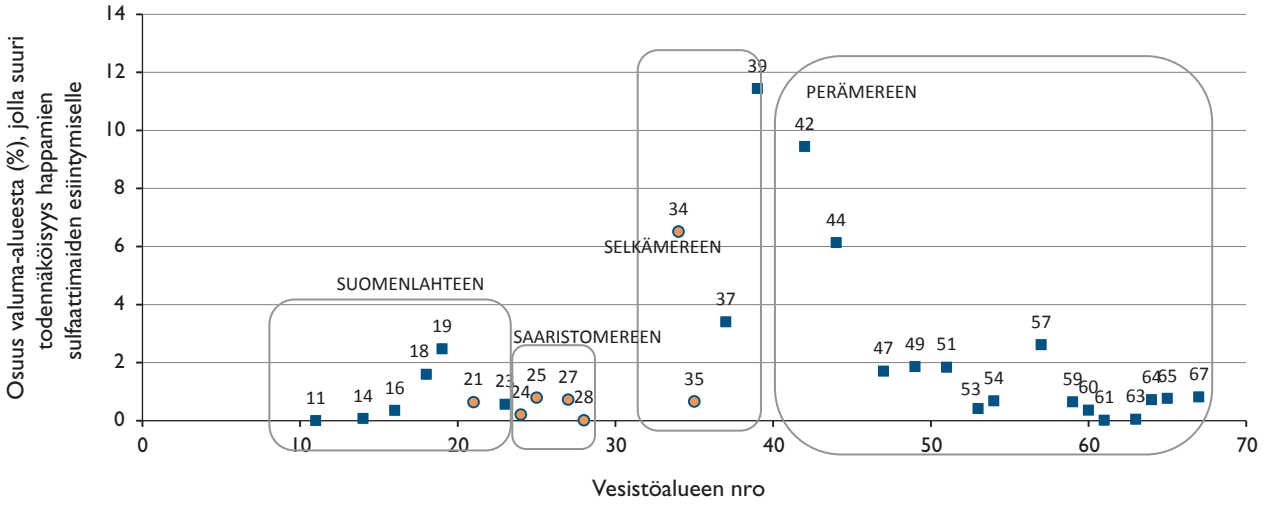
9) A. Räike et al. / Science of the Total Environment 435–436 (2012) 188–201.

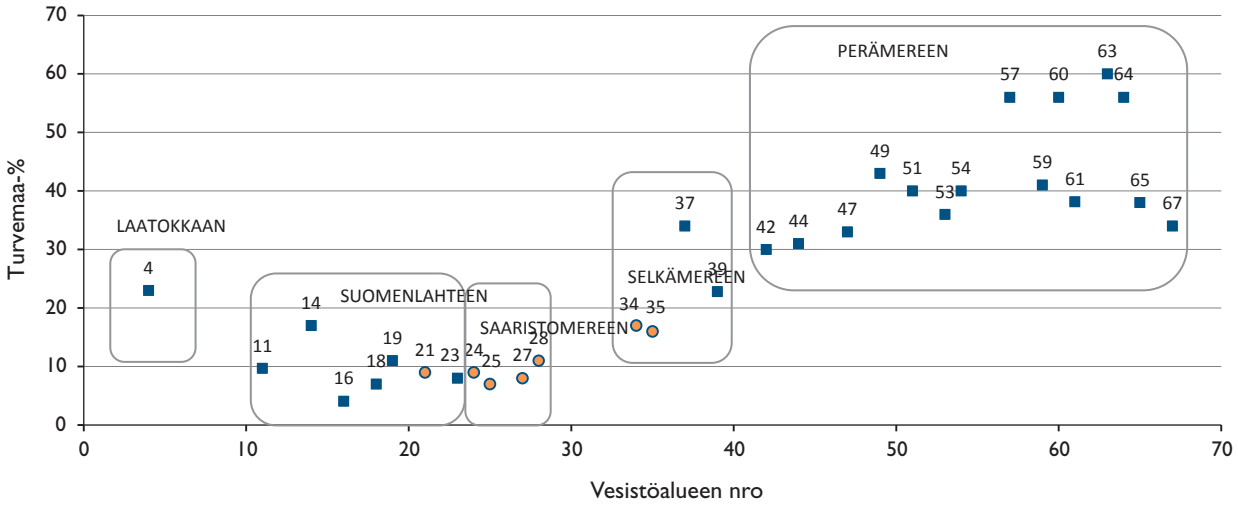
Liite 3a. Vesistöalueiden pinta-alat ja peltoprosentin vaihtelu alueilla. Numerointi ja nimet (kts. Liite 2). Oranssilla merkityissä jokikohteissa on jo jatkuvatoiminen vedenlaadun mittausasema.

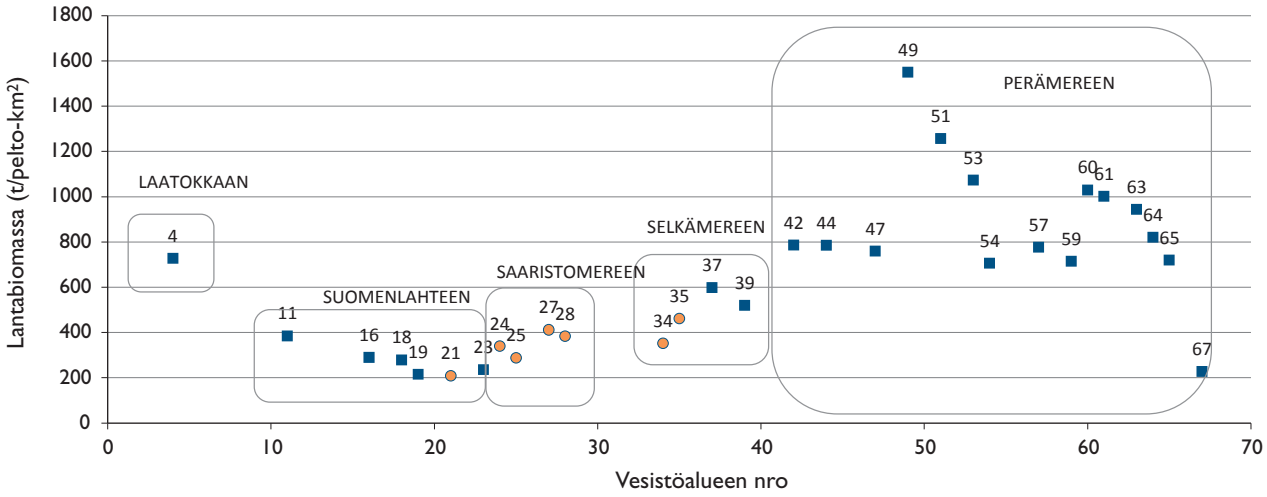




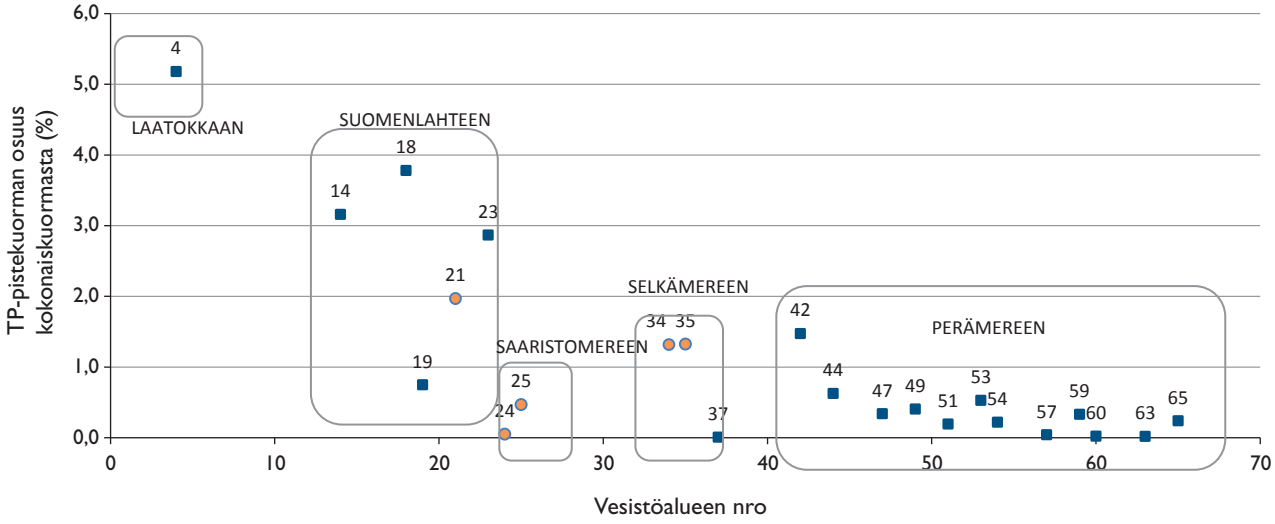
Liite 3b. Happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys (%) vesistöalueilla (numerointi ja nimet kts. liite 2), sekä turvemaiden osuus (%) ja pelloille lisätty lantabiomassa (tonnia / pelto-km^2). Oranssilla merkityissä jokikohteissa on jo jatkuvatoiminen vedenlaadun mittausasema.

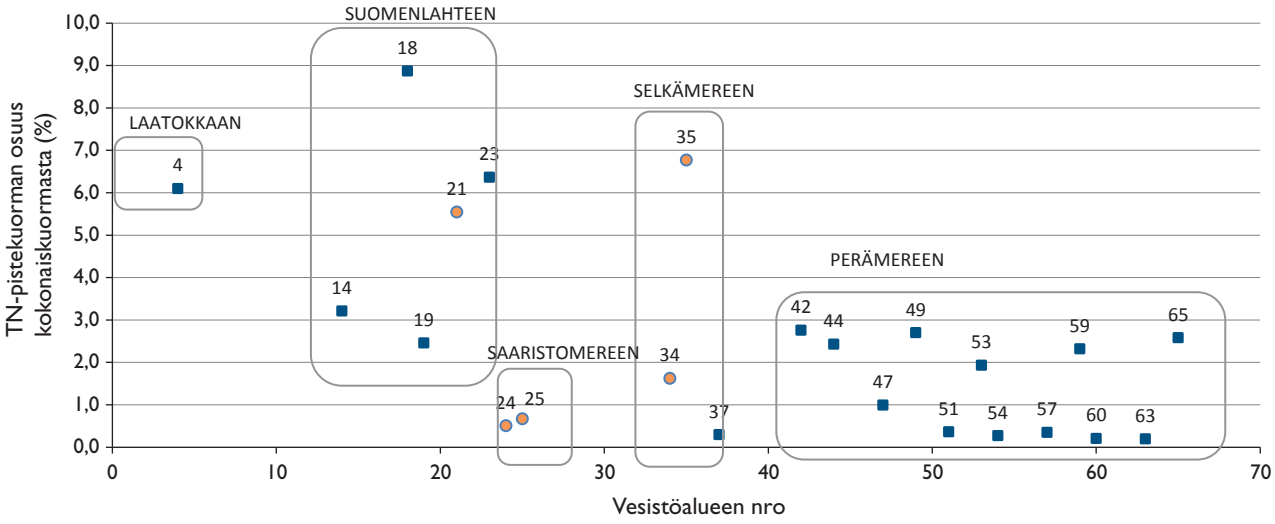




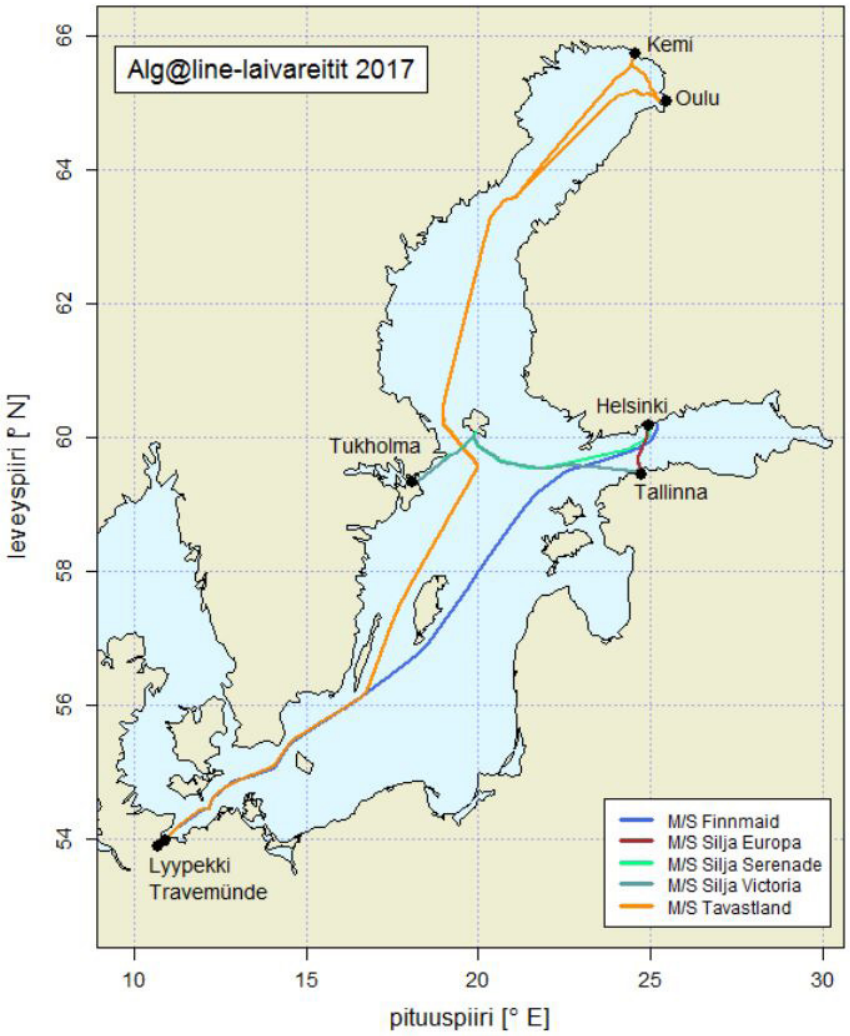


Liite 3c. Pistekuormituksen osuus kokonaisfosfori- ja kokonaistyppikuormasta vesistöalueittain, numerointi ja nimet (kts. liite 2). Oranssilla merkityissä jokikohteissa on jo jatkuvatoiminen vedenlaadun mittausasema.





Liite 4. Alg@line -seurantaan osallistuvien alusten reitit vuonna 2017.



KIRJALLISUUSVIITTEET

Godhe, Sjöqvist, Sildever ym. 2016. Physical barriers and environmental gradients cause spatial and temporal genetic differentiation of an extensive algal bloom. Journal of Biogeography 43, 1130–1142. doi:10.1111/jbi.12722

Harju K & Korhonen P. 2018. Avoin ympäristötieto – ketkä sitä käyttävät ja millaista tietoa? Vesitalous 4/2018, p 13-14

Houliez E, Simis S, Nenonen S, Ylöstalo P & Seppälä J. 2017. Basin-scale spatio-temporal variability and control of phytoplankton photosynthesis in the Baltic Sea: The first multiwavelength fast repetition rate fluorescence study operated on a ship-of-opportunity, Journal of Marine Systems, Volume 169: 40-51, https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2017.01.007.

Huotari, J. & Ketola, M. (toim.) 2014. Jatkuvatoiminen levämäärien mittaus. Hyvät mittauskäytännöt ja aineistojen käsittely. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöhallinnon ohjeita 5, 66 s.

Huttula T, Bilaletdin E, Härmä P, Kallio K, Linjama J, Lehtinen K, Luotonen H, Malve O, Vehviläinen B & Villa L. 2009. Ympäristön seurannan menetelmien kehittäminen - automatisointi ja muut uudet mahdollisuudet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 13/2009. 73 s.

Huttunen I, Huttunen M, Piirainen V, Korppoo M, Lepistö A, Räike A, Tattari S, & Vehviläinen B. 2016. A national-scale nutrient loading model for Finnish watersheds – VEMALA. Environmental Modeling and Assessment 21 (1): 83-109.

Kaitala, S., Kettunen, J. & Seppälä, J. 2014. Introduction to Special Issue: 5th ferrybox workshop – celebrating 20 years of the Alg@line. Journal of Marine Systems 140: 1-3.

Kallio, K., Lindfors, A., Virtanen, S., Vahtera, E., & Alasalmi, H. 2015. Continuous measurement of water quality using smart navigation buoys – a pilot study in the Gulf of Finland.19 p.

Koskiaho, J., Lepistö, A., Tattari, S. & Kirkkala, T. 2010. On-line measurements provide more accurate estimates of nutrient loading: a case of the Yläneenjoki river basin, southwest Finland. Water science and technology 62 (1): 115-122. http://www.iwaponline.com/wst/06201/wst062010115.htm

Kuha J. 2016. Automated water quality monitoring of humic lakes by using the optical properties of water. PhD dissertation. University of Jyväskylä.

Kuha, J., Arvola, L., Hanson, Huotari, J., Huttula, T., Juntunen, J., Järvinen, M., Kallio, K., Ketola, M., Kuoppamäki, K., Lepistö, A., Lohila, A., Paavola, R., Vuorenmaa, J., Winslow, L. & Karjalainen, J. 2016. Response of boreal lakes to episodic weather-induced events. Inland Waters 6 (4): 523-534. http://dx.doi.org/10.5268/IW-6.4.886

Lepistö, A., Huttula, T., Granlund, K., Kallio, K., Kiirikki, M., Kirkkala, T., Koponen, S., Koskiaho, J., Liukko, N., Malve, O., Pyhälahti, T., Rasmus, K & Tattari, S. 2010. Uudet menetelmät ympäristöntutkimuksessa ja seurannassa – pilottina Säkylän Pyhäjärvi. Suomen ympäristö 9/2010, Ympäristönsuojelu. Suomen ympäristökeskus. 46 p. http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=358428&lan=fi&clan=fi

Lepistö A, Tattari S, Kallio K & Tarvainen M. 2018. Jatkuvaa ympäristötietoa joki-, järvi- ja merikohteista. Vesitalous 4/2018. p 32-35.

Liljaniemi P & Kettunen J. 2018. Ympäristötieto tänään, huomenna. Vesitalous 4/2018, p 5-7.

Schneider B, Buecker S, Kaitala S, Maunula P &Wasmund N. 2015 Characteristics of the spring/summer production in the Mecklenburg Bight (Baltic Sea) as revealed by long-term pCO data, Oceanologia, Volume 57, Issue 4, Pages 375-385, dx.doi.org/10.1016/j.oceano.2015.07.001

Seppälä, J., Ylöstalo, P., Kaitala, S., Hällfors, S., Raateoja, M. & Maunula, P. 2007. Ship-of-opportunity based phycocyanin fluorescence monitoring of the filamentous cyanobacteria bloom dynamics in the Baltic Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 73, 489-500.

Tarvainen M, Kotilainen H & Suomela J. 2015a. Uudet menetelmät vesistöjen seurannassa – mahdollisuudet ja haasteet. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. RAPORTTEJA 86 | 2015. 63 s.

Tarvainen, M., Mikkilä, E. & Kirkkala, T. 2015b. Luotettavat tulokset vesistöjen kuormituksen vähentämisessä ja seurannassa (MITTARI -hanke). Loppuraportti. Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja, Sarja B nro 29. 60 s.

Tarvainen M & Suomela J. 2017. Toimintamallitarkastelu – jatkuvatoimiset vedenlaatuasemat. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen raportteja 12, 22 s. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-561-0.

Tarvainen, M., Kotamäki, N., Tattari, S. 2017. Vesinäytteenoton ajoitus tärkeää vedenlaatumittarin käytössä ja ravinnekuormituksen tarkentamisessa. Vesitalous 1/2017: 28-34.

Tarvainen M & Suomela J. 2018: VESIMITTARI - reaaliaikaista tietoa jokien vedenlaadusta ja kuormituksesta. Vesitalous 4. p 25-27.

Tattari, S., Koskiaho, J. & Tarvainen, M. 2015. Virtavesien vedenlaadun jatkuvatoiminen mittaaminen - käytännön opas. Opas 5. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 24 s.

Tattari, S., Tarvainen, M., Kallio, K., Lepistö, A., Näykki, T., Raateoja, M. & Seppälä, J. 2019. Laatukäsikirja jatkuvatoimisille vedenlaadun mittauksille - Opas hyviksi käytännöiksi. SYKEn Raportteja (painossa).

Valkama, P. & Salminen O. 2014. Kosteikko puhdistaa hulevesiä Enäjärvellä. Aquarius 1: 12–13.

Valkama, P. 2018. Impacts of agricultural water protection measures on erosion, phosphorus and nitrogen loading based on high-frequency on-line water quality monitoring. PhD Thesis. Department of Geosciences and Geography A64.

Vartiainen, E., Yli-Renko, M., Laamanen, L., Elo, R. & Koskinen, J. 2014. Jatkuvatoimiset vedenlaatumittarit vesistökuormituksen arvioinnissa. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen raportteja 31, 47 s.

Woolway, R.I.,Verburg, P., Lenters, J.D., Merchant, C.J., Hamilton, D.P., Brookes, J., de Eyto, E., Kelly, S., Healey, N.C., Hook, S., Laas, A., Pierson, D., Rusak, J.A. ,Kuha,J., Karjalainen, J., Kallio, K., Lepistö, A. & Jones, I.D. 2018. A global analysis of surface heat loss processes in lakes. Limnology and Oceanography. doi: 10.1002/lno.10950. https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/lno.10950

JATKUVATOIMISTEN VEDENLAATUASEMIEN VALTAKUNNALLINEN VERKOSTO - TOTEUTTAMISSUUNNITELMA

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS

SYKE

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ISBN 978-952-11-4987-0 (nid.)
ISBN 978-952-11-4988-7 (PDF)
ISSN 1796-1718 (pain.)
ISSN 1796-1726 (verkkoj.)