

Meriseurannan tiekartta

– SYKE:n ylläpitämien ja koordinoimien meren tilaseurantojen nykytila ja kehittäminen

Heikki Pitkänen, Mika Raateoja, Paula Kankaanpää,
Laura Uusitalo, Anna-Stiina Heiskanen, Juhani Kettunen,
Harri Kankaanpää ja Samuli Korpinen (toim.)



**Suomen ympäristökeskuksen raportteja
26 | 2020**

Meriseurannan tiekartta

**– SYKE:n ylläpitämien ja koordinoimien meren tilaseurantojen
nykytila ja kehittäminen**

**Heikki Pitkänen, Mika Raateoja, Paula Kankaanpää,
Laura Uusitalo, Anna-Stiina Heiskanen, Juhani Kettunen,
Harri Kankaanpää ja Samuli Korpinen (toim.)**

Helsinki 2020

Suomen ympäristökeskus



S Y K E

Suomen ympäristökeskuksen raportteja 26 | 2020
Suomen ympäristökeskus SYKE
Merikeskus

Meriseurannan tiekartta – SYKEN ylläpitäminen ja koordinoimien
meren tilaseurantojen nykytila ja kehittäminen

Kirjoittajat: Heikki Pitkänen, Mika Raateoja, Paula Kankaanpää,
Laura Uusitalo, Anna-Stiina Heiskanen, Juhani Kettunen,
Harri Kankaanpää ja Samuli Korpinen (toim.)

Vastaava erikoistoimittaja: Riitta Autio

Rahoittaja/toimeksiantaja: Suomen ympäristökeskus SYKE

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

Kansikuva: CTD-noudin iltarusko taustana. Kuva: Ilkka Lastumäki
Sisäsivujen kuvat: kuvaajatieto kuvien yhteydessä
Taitto: Marja Vierimaa

Julkaisu on saatavana internetistä: syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke
sekä ostettavissa painettuna SYKEN verkkokaupasta: syke.omapumu.com

ISBN 978-952-11-5182-8 (PDF)
ISBN 978-952-11-5181-1 (nid.)
ISSN 1796-1726 (verkkok.)
ISSN 1796-1718 (pain.)

Julkaisuvuosi: 2020

Toimituskunta

Heikki Pitkänen, Mika Raateoja, Paula Kankaanpää, Laura Uusitalo, Anna-Stiina Heiskanen, Juhani Kettunen, Harri Kankaanpää ja Samuli Korpinen

Kirjoittajat

Jenni Attila, Kim Dahlbo, Seppo Kaitala, Kari Kallio, Harri Kankaanpää, Ville Karvinen, Pirkko Kauppila, Seppo Knuuttila, Sampsa Koponen, Samuli Korpinen, Niina Kotamäki, Anke Kremp, Harri Kuosa, Sirpa Lehtinen, Maiju Lehtiniemi, Kari Lehtonen, Ahti Lepistö, Olli Malve, Jaakko Mannio, Henrik Nygård, Jukka Pajala, Hanna Piepponen, Heikki Pitkänen, Timo Pyhälä, Mika Raateoja, Antti Räike, Jukka Seppälä, Outi Setälä, Kristian Spilling, Sanna Suikkanen, Timo Tamminen, Sirkka Tattari ja Laura Uusitalo

Esipuhe

Tämän työn lähtökohtana ovat Suomen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelma sekä viime vuosina SYKEssä valmistuneet tai parhaillaan meneillään olevat seurannan kehittämishankkeet yhdessä meriseurantoihin liittyvien kehittämissuunnitelmien kanssa. Keskeisen perusaineiston tiekartalle muodostaa SYKEssä vuonna 2016 toteutettu meriseurantojen toteutusta ja niiden kehittämistarvetta koskenut kysely, joka lähetettiin noin 30 meren tilaa ja kuormitusta koskevien seurantojen ja kehittämishankkeiden vastuuhenkilölle. Nyt raportoitava versio antaa ajantasaisen kuvan SYKEN ylläpitämistä ja koordinoimista meren tilaseurannoista ja niiden kehittämisestä heinäkuussa 2020 alkaneen merenhoidon 2. seurantakauden kynnyksellä.

Raportin kirjoittamiseen ovat osallistuneet sisällysluettelossa esitetyn mukaisesti Jenni Attila, Kim Dahlbo (menehtyi marraskuussa 2016), Seppo Kaitala, Kari Kallio, Harri Kankaanpää, Ville Karvinen, Pirkko Kauppila, Seppo Knuuttila, Sampsa Koponen, Samuli Korpinen, Niina Kotamäki, Anke Kremp, Harri Kuosa, Sirpa Lehtinen, Maiju Lehtiniemi, Kari Lehtonen, Ahti Lepistö, Olli Malve, Jaakko Mannio, Henrik Nygård, Jukka Pajala, Hanna Piepponen, Heikki Pitkänen, Timo Pyhälähti, Mika Raateoja, Antti Räike Jukka Seppälä, Outi Setälä, Kristian Spilling, Sanna Suikkanen, Timo Tamminen, Sirkka Tattari ja Laura Uusitalo.

Raportti on valmisteltu SYKEN merikeskuksen johtaja Paula Kankaanpään aloitteesta. Tiekarttatyön suunnitteluun ja raportin toimittamiseen ovat osallistuneet Heikki Pitkänen, Mika Raateoja, Paula Kankaanpää, Laura Uusitalo, Anna-Stiina Heiskanen, Juhani Kettunen, Harri Kankaanpää ja Samuli Korpinen.

Riitta Autio tarkasti raportin käsikirjoituksen ja Jan-Erik Bruun käänsi tiivistelmän ruotsiksi.

Kiitokset kaikille raportin valmisteluun osallistuneille.

*Helsingissä elokuussa 2020,
Toimituskunta*

Tiivistelmä

Meriseurannan tiekartta

– SYKEN ylläpitämien ja koordinoimien meren tilaseurantojen nykytila ja kehittäminen

Raportissa kuvataan nykyiset SYKEN ylläpitämät ja koordinoimat meren kuormitus- ja tilaseurannat ja esitetään tavoitteita seurantojen kehittämiseksi ja seurantatiedon käytön tehostamiselle vuoteen 2026 mennessä. Työ perustuu vuonna 2016 tehtyyn meriseurantojen toteutusta ja niiden kehittämistarvetta koskeneeseen kyselyyn, joka lähetettiin n. 30 seurantojen ja kehittämishankkeiden vastuuhenkilölle SYKEssä. Vastausten perusteella koottiin tiekartan alustava luonnos, jota on vuosina 2018-2019 päivitetty ja tarkistettu yhteistyössä seurantojen ja kehittämishankkeiden vastuuhenkilöiden kanssa. Nyt raportoitava versio antaa ajantasaisen kuvan SYKEN ylläpitämisestä ja koordinoimisesta meren tilaseurannoista ja niiden kehittämisestä heinäkuussa 2020 alkaneen merenhoidon toisen seurantakauden kynnyksellä.

Työ jakautuu aihealueisiin, joita ovat manuaaliseen näytteenottoon perustuva seuranta, automaatio, kaukokartoitus, kansalaishavainnointi, seurannan tietojärjestelmät, mallinnus ja sen tietotarpeet, seurantojen optimointi ja aineistojen yhteiskäyttö sekä merenhoidon ja HELCOM -työn tietotarpeet. Lisäksi tarkastellaan seuranta-aineistojen käyttöä. Seurantojen kehittämiseksi esitetään välittömät tavoitteet (vastikään valmistunut tai valmistumassa oleva kehittämistyö) sekä tavoitteet vuoden 2020 aikana ja vuoteen 2026 mennessä.

Asiasanat:

Meren tilan seuranta, seurannan kehittäminen, Itämeri, rannikkovedet, merenhoito

Sammandrag

Färdplan för övervakning av havets tillstånd

– det aktuella läget och utvecklingen av marina statusövervakningar upprätthållna och samordnade av SYKE

Rapporten beskriver de nuvarande marina belastnings- och statusövervakningar som upprätthålls och samordnats av SYKE. Rapporten sätter mål för utveckling av övervakningar och förbättring av användbarheten av övervakningsdata, före utgången av 2026. Arbetet grundar sig på en förfrågan som genomfördes 2016 om genomförandet av marina övervakningar och deras utvecklingsbehov. Förfrågan skickades till cirka 30 personer med ansvar för övervakning och utvecklingsprojekt på SYKE. På basen av undersökningen sammanställdes ett preliminärt förslag till färdplan som uppdaterades och reviderades 2018–2019 i samarbete med personer som ansvarar för övervakningar och utvecklingsprojekt. Den version som ska rapporteras ger nu en aktuell bild om situationen och utvecklingen av marina statusövervakningar upprätthållna och samordnade av SYKE, inför havsförvaltningens andra övervakningsperiod som började i juli 2020.

Arbetet är indelat enligt tema i övervakning baserad på manuell provtagning, automatisering, fjärranalys, medborgarobservationer, övervakning av informationssystem, modellering och dess informationsbehov, optimering och gemensamt utnyttjande av data, samt informationsbehovet för havsförvaltningen och HELCOM-arbetet. Utöver dessa granskas användningen av övervakningsdata. Omedelbara mål för utveckling av övervakningar (nyligen avslutad eller ännu pågående utvecklingsarbete) samt mål för åren 2020 och 2026 presenteras.

Nyckelord:

Övervakning av havets tillstånd, utveckling av övervakning, Östersjön, kustvatten, havsförvaltning

Abstract

Roadmap for marine monitoring

– current state and development of marine monitoring maintained and coordinated by SYKE

This report describes the present marine state and load monitoring maintained and coordinated by SYKE. Additionally, goals for the development of monitoring, as well as for more efficient and easier utilization of monitoring data by 2026 are presented. This evaluation and development report is based on a survey made in 2016 engaging c. 30 experts for projects on marine monitoring and its development in SYKE. Based on the received feedback a preliminary report was compiled. During 2018-2019 the draft was updated and harmonized in discussions with the responsible experts. In the present form, in July 2020, the report is the up-to-date understanding of the marine state monitoring and its development plans, in the brink of the beginning of the second phase of the Monitoring Program under the Marine Strategy Framework Directive (MSFD).

The work is divided into thematic topics: monitoring based on manual sampling, automatic methods, remote sensing, citizen science monitoring, information systems, modelling and its data needs, optimization of monitoring and data fusion, and data requirements of the work stipulated by the MSFD and HELCOM. Additionally, different ways of using the monitoring data are looked at. Also, immediate targets (recently completed or ongoing development work), and development objectives to be reached in 2020 and by 2026, in the marine state monitoring, are presented.

Keywords:

Marine monitoring, development of monitoring, Baltic Sea, coastal waters, Marine Strategy

Sisälllys

Esipuhe	4
Tiivistelmä	5
Sammandrag	6
Abstract	7
I Johdanto	11
1.1 SYKEN ylläpitämä ja koordinoima meren tilaseuranta, <i>Heikki Pitkänen</i>	11
1.2 Raportin tausta ja tavoitteet, <i>Heikki Pitkänen, Mika Raateoja, Laura Uusitalo</i>	13
1.2.1 Automaatio tukee ja tehostaa perinteistä meren tilan seurantaa.....	13
1.2.2 Seurantatiedon vaikuttavuus ja laadun merkitys	14
1.2.3 Työn tavoitteet ja rakenne	14
2 SYKEN ylläpitämät ja koordinoimat meriseurannat ja niiden kehittämistarpeet	17
2.1 Manuaaliseen näytteenottoon perustuva seuranta	17
2.1.1 Avomeren seurantaohjelma, <i>Heikki Pitkänen</i>	18
2.1.2 Avomeren kemiallinen seuranta, <i>Mika Raateoja</i>	19
2.1.3 Rannikkovesien vedenlaadun seuranta, <i>Pirkko Kauppila</i>	21
2.1.4 Jokien mereen kuljettamien ainemäärien seuranta, <i>Antti Räike</i>	22
2.1.5 Meren kasviplankton, <i>Sirpa Lehtinen</i>	23
2.1.6 Sinileväkukintojen seuranta Suomen merialueilla, <i>Sirpa Lehtinen</i>	25
2.1.7 Meren eläinplankton, <i>Maiju Lehtiniemi</i>	26
2.1.8 Vieraslajiseurannan kehittäminen, <i>Maiju Lehtiniemi</i>	27
2.1.9 Meren pohjaeläimet, <i>Henrik Nygård</i>	28
2.1.10 Eteläisten rannikkovesien tilan seuranta, <i>Henrik Nygård, Seppo Knuutila</i>	28
2.1.11 Rannikon makrofytytti- ja sinisimpukkayhteisöt, <i>Samuli Korpinen</i>	30
2.1.12 Haitallisten aineiden seuranta, <i>Harri Kankaanpää, Kari Lehtonen, Jaakko Mannio</i>	31
2.1.13 Meriroskaseuranta, <i>Outi Setälä, Sanna Suikkanen</i>	33
2.2 Automaatio	34
2.2.1 Alg@line – Itämeren tosiaikainen leväseuranta, <i>Seppo Kaitala, Jukka Seppälä</i>	34
2.2.2 FINMARI, uusien reaaliaikaisten mittausten menetelmien kehitystyö, testaus ja käyttöönotto, <i>Timo Tamminen</i>	35
2.2.3 Rannikkovesien laadun automaattinen mittaaminen ei-profiloivilla poijuilla, <i>Kari Kallio, Jukka Seppälä</i>	37
2.2.4 Jokien vedenlaadun ja ravinnekuormituksen jatkuvatoiminen mittaaminen, <i>Ahti Lepistö, Sirkka Tattari</i>	37

2.2.5	Hahmontunnistusmenetelmät, pigmenttianalyysi ja DNA-sekvensointi eliöryhmien lajikoostumuksen ja haitallisten lajien seurannassa, <i>Jukka, Seppälä, Sanna Suikkanen, Anke Kremp, Maiju Lehtiniemi, Kristian Spilling, Laura Uusitalo</i>	38
2.2.6	Kaukokartoitus ja drop -kuvaus eliöyhteisöjen seurannassa, <i>Ville Karvinen, Samuli Korpinen</i>	41
2.2.7	Ihmisen tuottama vedenalainen melu, <i>Jukka Pajala, Harri Kankaanpää</i>	41
2.3	Meren tilan kaukokartoitus, <i>Jenni Attila, Kari Kallio, Sampsa Koponen, Samuli Korpinen</i>	42
2.4	Kansalaishavainnointi	45
2.4.1	ENVIBASE/ Kansalaishavainnot – osahanke, <i>Timo Pyhälä</i>	45
2.4.2	Meduusat, <i>Maiju Lehtiniemi</i>	45
2.4.3	Secchi3000/ iQwtr-mittalaite, <i>Timo Pyhälä</i>	46
2.5	Tietojärjestelmät	47
2.5.1	Tutkimusalus Arandan matkanhallinta, <i>Mika Raateoja</i>	47
2.5.2	Alg@linen tiedonhallinta, <i>Seppo Kaitala</i>	47
2.5.3	Eläinplankton – tietokanta, <i>Maiju Lehtiniemi</i>	47
2.5.4	Kvantitatiivisen paikkatiedon kokoaminen tietokannaksi ihmistoimintojen ja paineitten arvioimista varten, <i>Samuli Korpinen, Sampsa Koponen</i>	48
2.6	Mallinnus ja sen tietotarpeet	49
2.6.1	Rannikon kokonaiskuormitusmallin (FICOS) kehittäminen: seurantatiedon käyttö ja mahdollisuudet korvata seurantoja, <i>Risto Lignell</i>	49
2.6.2	Rannikkovesimuodostumien Coastal Load Response (CLR) –mallinnus seurannan tukena, <i>Olli Malve, Niina Kotamäki</i>	50
2.6.3	Sinileväkukintojen riskiennusteiden kehittäminen, <i>Harri Kuosa, Kim Dahlbo</i>	51
2.7	Seurannan optimointi ja aineistojen yhteiskäyttö	51
2.7.1	Seurannan optimitiheys ja epävarmuus, <i>Niina Kotamäki, Pirkko Kauppila</i>	51
2.7.2	Seurantatiedon yhteiskäytön kehittäminen: datafuusio, <i>Olli Malve, Kari Kallio</i>	52
2.8	Merenhoidon sekä HELCOM-työn tietotarpeet, <i>Samuli Korpinen</i>	53
2.9	Seurantatulosten saatavuus ja visualisointi, <i>Hanna Piepponen</i>	53
3	Seuranta-aineistojen käyttö, <i>Heikki Pitkänen, Mika Raateoja</i>	55
3.1	Dataraportointi	55
3.2	Tilaraportointi ja merenhoidon suunnittelu.....	55
3.3	Meren seurantatiedon käyttö tieteellisessä tutkimuksessa	56
3.4	Seurantatiedon käyttö viestinnässä.....	56
3.5	Meren seurantatiedon muu käyttö.....	56

4 Johtopäätökset	59
4.1 Eri seurantamuodot täydentävät toisiaan	59
4.2 Mallinnus ja seuranta	60
4.3 Kansalaishavainnointi	60
4.4 Tietojärjestelmät ja raportoinnit, seurantatiedon esittäminen	61
5 Tiekartan päivitys ja toteutumisen seuranta	62
6 Yhteenveto	64
Kirjallisuus	66
Liite I.	68



Vuosina 2017–2018 täysin modernisoitu SYKEN tutkimusalus Aranda.

1 Johdanto

1.1

SYKEN ylläpitämä ja koordinoima meren tilaseuranta

Heikki Pitkänen

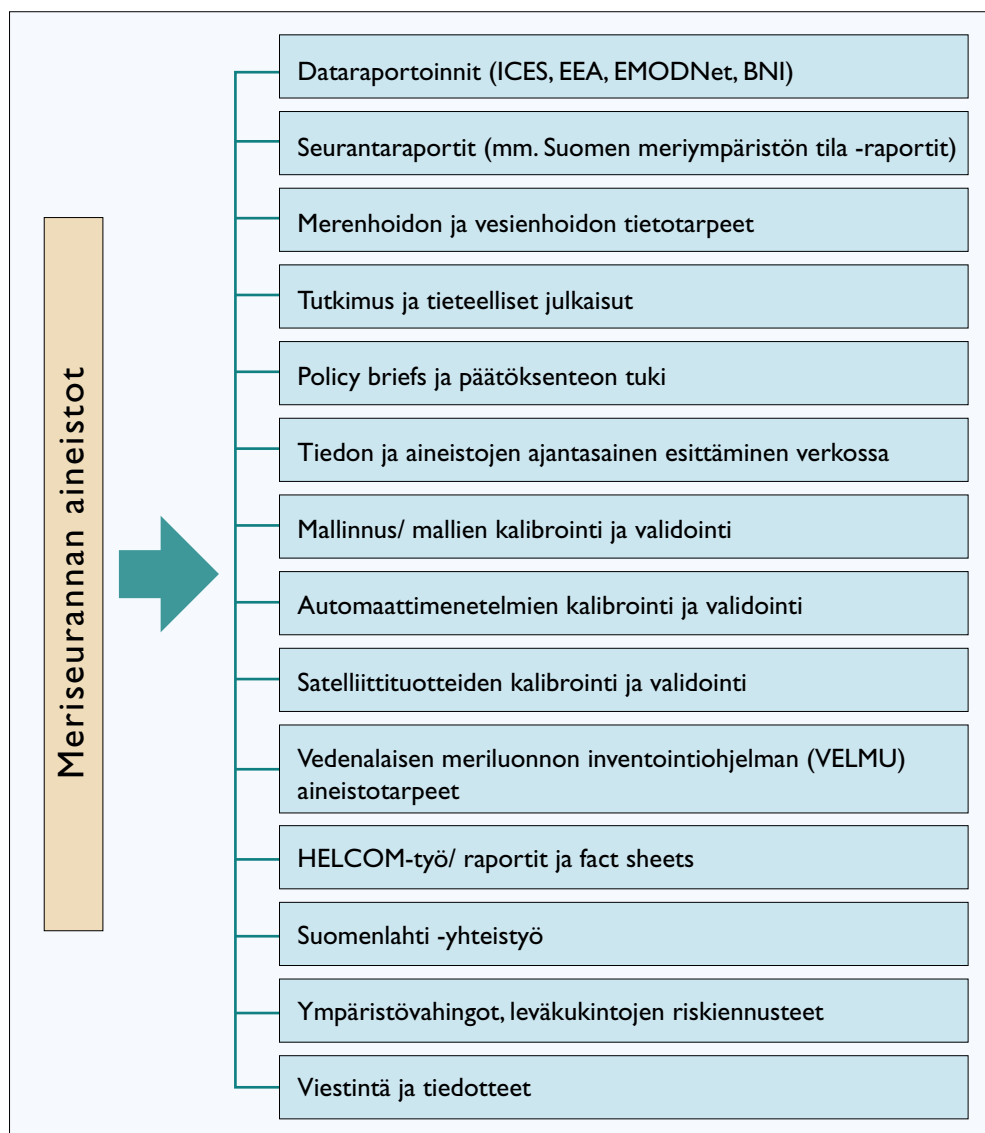
Meren tilaseurannat tuottavat tietoa Suomea ympäröivän Itämeren tilasta ja siinä tapahtuvista muutoksista Itämeren hyvän tilan saavuttamiseen tähtäävän päätöksenteon tueksi. Seurannat palvelevat erityisesti EU:n vesipuite- ja meristrategiadiirektiiveihin perustuvaa ja ympäristöministeriön koordinoimaa Suomen vesien- ja merenhoitoa sekä HELCOM-työtä. Myös Itämeren kotimainen ja kansainvälinen tieteellinen tutkimus, malliennusteet ja -skenaariot sekä viestintä suurelle yleisölle tarvitsevat meriseurannoissa tuotettuja aineistoja (Kuva 1). Mainitut tahot ovat siten myös meriseurantojen keskeisiä asiakkaita.

Meren nykyinen fysikaalis-kemiallis-biologinen tilaseuranta Suomessa pohjautuu 1960-luvulla aloitettuun Merentutkimuslaitoksen ylläpitämään avomeren seurantaan sekä vuonna 1979 aloitettuun silloisen Vesihallituksen koordinoimaan ja vesipiirien toteuttamaan rannikkovesien tilan seurantaan. Merentutkimuslaitoksen lakkauttamisen jälkeen vuonna 2009 avomeren kemiallinen ja biologinen seuranta siirtyivät Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja fysikaalinen seuranta Ilmatieteen laitoksen (IL) hoidettavaksi.

Sekä rannikkovedet että avomeren käsittävän meren yhdenmetyt seurannan toteuttaminen alkoi heinäkuussa 2014, jolloin Suomen merenhoitosuunnitelman mukainen seurantaohjelma vuosille 2014–2020 astui voimaan (Ympäristöministeriö 2014 a, b). Päivitetty seurantaohjelma vuosille 2020–2026 on tullut voimaan heinäkuussa 2020 (Rantajärvi ym. 2020, Ympäristöministeriö 2020). SYKE toteuttaa merkittävää osaa tästä ohjelmasta. Muita meriseurantaan osallistuvia laitoksia SYKEN ja IL:n lisäksi ovat mm. Luonnonvarakeskus (Luke), rannikon elinkeino, liikenne- ja ympäristö- (ELY) -keskukset, Metsähallitus ja Säteilyturvakeskus (STUK). Lisäksi kuormitetuissa rannikkovesissä toteutetaan paikallisten ELY-keskusten valvonnassa velvoitetarkkailuseurantoja.

Tässä raportissa kuvataan nykyiset SYKEN ylläpitämät ja koordinoimat meren kuormitus- ja tilaseurannat sekä esitetään tavoitteita seurannan menetelmien kehittämiseksi ja rationalisoinnille vuoteen 2026 mennessä. Lisäksi esitetään tavoitteita seurantatiedon hyödynnettävyyden parantamiselle huomioon ottaen eri käyttötärpeet ja käyttäjätahot.

Työn alkuperäisenä lähtökohtana on vuonna 2016 toteutettu meriseurantojen toteutusta ja niiden kehittämistarvetta koskenut kysely, joka lähetettiin n. 30 seuranto-



Kuva 1. SYKEN tuottaman ja koordinoiman meriseurannan tietoaineistojen käyttö ja asiakkuudet.

jen ja kehittämishankkeiden vastuuhenkilölle SYKEssä. Kyselyn perusteella koottiin alustava tiekartta, jota on vuosina 2018–2019 päivitetty ja tarkistettu yhteistyössä seurantojen ja kehittämishankkeiden vastuuhenkilöiden kanssa. Nyt raportoitava versio antaa ajantasaisen kuvan SYKEN ylläpitämistä ja koordinoimista meren tilaseurannoista ja niiden kehittämisestä heinäkuussa 2020 alkaneen merenhoidon 2. seurantakauden kynnyksellä.

1.2

Raportin tausta ja tavoitteet

Heikki Pitkänen, Mika Raateoja, Laura Uusitalo

Tämän raportin lähtökohtana ovat Suomen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelma vuosille 2014–2020 (Ympäristöministeriö 2014a,b) sekä viime vuosina SYKEssä valmistuneet tai parhaillaan meneillään olevat seurannan kehittämishankkeet yhdessä meriseurantoihin liittyvien kehittämissuunnitelmien kanssa.

Tiekartta on koottu SYKEN merikeskuksessa yhteistyössä meren tilaseurantoihin osallistuvien SYKEN keskusten sekä uudistuvan ympäristötiedon strategisen ohjelman kanssa.

Ympäristön tilan seurannan strategian 2020 (Ympäristöministeriö 2011) linjausten mukaan seurannoissa tulee:

- turvata riittävä tiedon taso päätöksenteon tueksi ja vastata lainsäädännön vaatimuksiin
- tuottaa enemmän ja laadukkaampaa tietoa mahdollisimman kustannustehokkaasti koko seurantojen tuotantoketjussa (mm. priorisoidaan ja optimoidaan seurantaverkkoja, ulotetaan laadunvarmistus kattamaan koko tuotantoketju, kehitetään ja otetaan käyttöön uuden teknologian menetelmiä, organisoidaan ja hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan kansalaishavainnointia)
- parantaa tiedon hyödynnettävyyttä (mm. seurannat linkitetään saumattomasti tietojärjestelmiin ja erilaisiin käyttötapoihin, seurantatiedon hyödynnettävyyttä eri tarpeisiin parannetaan)

1.2.1

Automaatio tukee ja tehostaa perinteistä meren tilan seurantaa

Vuonna 2009 valmistunut ympäristöministeriön tilaama selvitys Ympäristön seurannan menetelmien kehittäminen – automatisointi ja muut uudet mahdollisuudet (Huttula ym. 2009) kirjaa tavoitteenaan vuoteen 2020, että seurannan painopistettä siirretään perinteisistä menetelmistä automatisoinnin kautta kuormitusmalleihin. Kehitys on monessa suhteessa – myös meriseurantojen osalta – noudattanut tätä linjaa. Automaation toteuttaminen meriseurannoissa ja etenkin avomerellä on kuitenkin mm. sää- ja jääolojen takia paljon haasteellisempaa kuin sisävesioloissa. Toisaalta säännöllisten linjojen kauppa-alukset luovat hyvät edellytykset liikkuvan automaattisen seurannan, kuten Alg@line-järjestelmä, toteutukselle.

Kauppalaivojen säännöllisiä reittejä ja aikatauluja hyväksi käytävä Alg@line-järjestelmä muodostaa ”sillan” perinteisen alusnäytteenottoon perustuvan ja täysin automatisoitujen menetelmien välillä: suorien läpivirtausjärjestelmään kytkettyjen online – määritysten lisäksi periaatteessa kaikkia meren pintakerroksen veteen liuenneita ja sekoittuneita aineita voitaisiin seurata järjestelmään kuuluvan automaattisen näytteenoton avulla. Edellytyksenä kuitenkin on, että näin kerättyjen näytteiden edustavuus on riittävä, eikä säilytysaika ole niin pitkä, että näytteestä myöhemmin

laboratoriossa tehtävän määrittämisen luotettavuus heikkenee. Alg@line-järjestelmän kehittämistä tarkastellaan lähemmin luvuissa 2.2.1 ja 2.5.2.

Itämeren tilan seurannoissa perinteiset ja uudet menetelmät täydentävät toisiaan. Useimpien meren tilaa kuvaavien seurantamuuttujien osalta tutkimusalue Arandalla tehtävät seurannat sekä ELY-keskusten ylläpitämät rannikkovesiseurannat ovat edelleen keskeisessä asemassa vesien- ja merenhoitoa palvelevan seurantatiedon tuottamisessa. Kattava fysikaalis-kemiallis-biologinen havainnointi on myös Itämeren tilaa koskevan syiden ja seurausten tutkimuksen tärkeä perusta ja tuottaa automaattisen tilaseurannan ja kaukokartoituksen kalibrointi- ja validointiaineistoa. *Meren tilan seurannassa automaation ja kaukokartoituksen tuoma lisäarvo on erityisesti veden pintakerroksen seurantatiedon ajallisen ja spatiaalisen kattavuuden hyvin merkittävä parantuminen perinteiseen, manuaaliseen näytteenottoon perustuvaan seurantaan verrattuna. Niillä ei kuitenkaan voi korvata koko vesipatsaan ominaisuuksia kuvaavaa seurantaa, joka toistaiseksi valtaosin perustuu tutkimusalueilta tai veneistä tapahtuvaan näytteenottoon sekä laboratoriomäärityksiin joko tutkimusalueilla tai maissa sijaitsevilla laboratorioissa.*

1.2.2

Seurantatiedon vaikuttavuus ja laadun merkitys

Seurannasta saatava tieto auttaa kohdentamaan tehokkaammin hoitotoimenpiteitä ja edistää näin meren hoidon kustannusten vähentämistä ja samalla parantaa sen vaikuttavuutta. Koska merenhoidon kustannukset ovat huomattavasti suurempia kuin seurannan kulut, on myös hoitotoimien aiempaa oikeellisemmän kohdentamisen ja niiden aiheuttaman meren tilan paranemisen taloudellinen vaikutus helposti suurempi kuin seurantaan kulunut rahasumma. Tästä seuraa, että laadukas seuranta on erittäin tehokas välillinen tapa parantaa meren tilaa (Nygård ym. 2016). Hyvässä ympäristön tilassa olevan meren tuottama hyöty taas on moninkertaisesti merenhoidon kustannuksia suurempi, arviolta 2 090 miljoonaa € (Oinonen ym. 2015). Hyvään tilaan päästään vain hyvin kohdennetuilla hoitotoimenpiteillä, jotka vaativat tuekseen laadukasta seurantaa.

Seurannassa saatavan havaintotiedon laatu on monen tekijän muodostaman ketjun summa. Siihen liittyy näytteenoton, näytteen esikäsittelyn, analytiikan ja lopullisen mittaustuloksen laskentaan liittyvä laadunvarmistus. Tässä ketjussa minkä tahansa vaiheen laadunvarmistuksen pettäminen heikentää lopullisen mittaustuloksen luotettavuutta. Mikäli laatujärjestelmä toimii, laadunvarmistuksen pettäminen havaitaan. Ei ole kuitenkaan olemassa työkaluja sen arvioimiseen, kuinka paljon luotettavuuttaan tulos on menettänyt. Laatujärjestelmä voi vain auttaa tunnistamaan toiminnan häiriön, jonka jälkeen tulos tulee hylätä ja mitata mahdollisuuksien mukaan uudelleen.

Seurannan asiakas voi hyödyntää vain sellaisia mittaustuloksia, joita pidetään palvelutarjoajan laatujärjestelmän mukaan oikeina. Mittaustuloksen edustavuus tulee voida arvioida laatujärjestelmän tarjoamien työkalujen perusteella. Tällöin myös asiakkaalle voidaan luovuttaa vain laatujärjestelmän mukaan oikeina pidettäviä mittaustuloksia.

1.2.3

Työn tavoitteet ja rakenne

Tässä raportissa kartoitetaan ja arvioidaan seurantojen kehittämistarvetta i) tiedontarpeen ja käyttäjien (asiakkaiden), ii) tuotettavan tiedon luotettavuuden ja edustavuuden sekä iii) kustannustehokkuuden kannalta. Seurannan suunnittelussa ja sen kustannusten arvioimisessa tulee ottaa huomioon sekä seuranta-aineistojen kattavuus ja laatu että ne kustannukset, jotka syntyvät, jos meren tilaa ei seurattaisi.

Suomi on sitoutunut EU:n vesipuitedirektiivin ja meristrategiadirektiivin mukaisiin tavoitteisiin meren tilan parantamisesta, ja pelkästään meristrategiadirektiivin mukaisten, sovittujen hoitotoimenpiteiden hinnaksi vuosina 2016–2022 on arvioitu 136,2 miljoonaa € (Oinonen ym. 2016) siinä missä meriseurannan kustannuksiksi, Luonnonvarakeskuksen (Luke) toteuttama kalaseuranta mukaan lukien, on laskettu noin 5,9 miljoonaa € vuodessa (Nygård ym. 2016).

Tämä raportti kuvaa SYKEN ylläpitämät ja koordinoimat meren tilaseurannat ja niihin liittyvän kehitystyön mittaustoiminnasta tiedon tallentamisen ja ensi vaiheen raportointiin (dataraportointi, matkaraportointi, tulosten online-esittäminen verkossa). Lisäksi työssä kartoitetaan eri asiakkuuksien (mm. vesien- ja merenhoito, HELCOM-työ, mallinnus) tietotarpeita seurannoille. Peruseurannoissa tuotetun datan jatkojalostus ja käyttö esim. indikaattorikehityksessä eivät varsinaisesti kuulu työn sisältöön. Indikaattorien kehittäminen ja tietotarve vaikuttavat kuitenkin tiekartan suuntauksiin, koska seurannat tuottavat indikaattoreiden tarvitsemaa mittausaineistoa. Myöskään vedenalaisen luonnon monimuotoisuuden kartoitusta (VELMU) ei tässä yhteydessä varsinaisesti lueta kuuluvaksi meriseurannan piiriin vaikka ohjelmassa tehtävillä laajoilla kartoituksilla onkin yhtymäkohtia rannikko-vesien fysikaalis-kemiallisiin ja biologisiin seurantoihin.

Työ jakautuu aihealueisiin, joita ovat manuaaliseen näytteenottoon perustuva seuranta, automaatio, meren tilan kaukokartoitus, kansalaishavainnointi, tietojärjestelmät, mallinnus ja sen tietotarpeet, seurannan optimointi ja aineistojen yhteiskäyttö, merenhoidon ja HELCOM-työn tietotarpeet sekä seurantatulosten saatavuus. Seurantojen kehittämiseksi ja rationalisoinnille esitetään välittömät tavoitteet (vastikään valmistunut tai meneillään oleva kehittämistyö) sekä tavoitteet vuosille 2020 ja 2026, jolloin alkavat kuuden vuoden sykleissä toteutettavat Suomen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelman toisen ja kolmannen vaiheen kaudet. Heinäkuussa käynnistyvän uuden ohjelmakauden toteutus alkaa käytännössä täydessä laajuudessaan seuraavan vuoden alusta, eli tammikuussa 2021 ja 2027.



2 SYKEN ylläpitämät ja koordinoimat meriseurannat ja niiden kehittämistarpeet

Meren tilan seurantatietoa tuotetaan tutkimusaluksilla tehtävin mittauksin ja laboratorioanalyysin, maissa sijaitsevilla laboratorioilla sekä ns. uusilla seuranta-menettimillä, joilla tässä yhteydessä tarkoitetaan kaukokartoitusta ja erilaisiin jatkuvatomisiin mittauksiin kentällä ja laboratoriossa perustuvia seurantoja. Myös kansalaishavainnointi tuottaa meren tilaseurantaa tukevaa aineistoa.

2.1

Manuaaliseen näytteenottoon perustuva seuranta

SYKE toteuttaa perinteiseen näytteenottoon ja mittaustoimintaan perustuvaa avomeren kemiallista ja biologista tilaseurantaa sekä haitallisten aineiden seurantaa merentutkimusalue Arandalla. Näytteiden analysointi tapahtuu laivalla sekä SYKEN laboratorioissa. Pääosasta rannikkovesien tilaseurantoja vastaavat rannikkojen ELY-keskukset. Myös jokien mereen kuljettamien ainemäärien seurannan näytteenotto ja analytiikka ovat ELY-keskusten vastuulla. SYKE koordinoi ja ohjeistaa valtakunnallisesti rannikkovesien tilaseurantoja sekä vastaa jokien kautta mereen kulkeutuvien ainemäärien laskennasta ja raportoinnista.

Avomeren ja rannikkovesien seurantojen tulokset tallennetaan SYKEN ylläpitämiin HERTTA-järjestelmän eri tietokantoihin. Lisäksi tulokset viedään Kansainvälisen merentutkimusneuvoston (ICES) ylläpitämään HELCOMin tietokantaan (Baltic Sea Monitoring data) sekä Euroopan ympäristöviraston (EEA) tietokantaan. Viime vuosina aineistoa on alettu viedä myös EU:n EMODnet-tietoportaaliin.

Seurantatulosten tärkeimmät käyttäjät ovat SYKE, rannikon ELY-keskukset, ympäristöministeriö (YM), maa- ja metsätalousministeriö (MMM), Itämeren suojelukomissio (HELCOM), Kansainvälinen merentutkimusneuvosto (ICES), Euroopan ympäristövirasto (EEA), Suomenlahden kolmikantayhteistyö sekä kansallinen ja kansainvälinen tutkimusyhteisö.

Meren tilan ja kuormituksen seurannat palvelevat erityisesti EU:n vesipuite- ja meristrategiadirektiiveihin perustuvaa vesien- ja merenhoitoa. Seurannan tulokset palvelevat myös mm. EU:n nitraattidirektiiviä ja yhdyskuntajätevesidirektiiviä. Itämeren piirissä seuranta toteutetaan Itämeren suojelukomission (HELCOM) alueellisesti koordinoimana, ja siihen osallistuvat Itämeren yhdeksän ympärysvaltiota ja EU. Tuloksia käytetään mereen tilaa ja kuormitusta käsittelevissä raporteissa (esim. HELCOM 2017, 2018, Korpinen ym. 2018). Suomen merialueiden tilaseuranta on myös osa Euroopan ympäristöviraston (EEA) EIONET-seurantaverkkoa, jonka tuottamista aineistoista EEA raportoi (EEA 2015). Itämeren tilan ja sen ekosysteemin toiminnan tieteellinen tutkimus on seurantatietojen ja aineistojen suuri käyttäjä.

Avomeren seurantaohjelma

Heikki Pitkänen

Tutkimusalue Arandalla SYKEN ja IL:n yhteistyönä toteutettavat seurantamatkat muodostavat Suomen avoimen Itämeren fysikaalisen, kemiallisen, biologisen ja haitallisten aineiden seurannan perustan. Nykyisin tehdään neljä koko Itämeren pohjoisosan kattavaa matkaa vuodessa: Combine 1 -matka tammi-helmikuussa, Combine 2 -matka kesäkuussa ja Combine 3 -matka elokuussa sekä vuonna 2019 aloitettu huhtikuussa toteutettava kasviplanktonin kevätutuotannon maksimijänkohtaan tähdätty Combine 4 -matka. Kaikkien matkojen ohjelmassa on fysikaalis-kemiallinen seuranta. Erityisesti pohjaeläimistön tilaa seurataan Combine 2:lla ja kasvi- ja eläinplanktonin tilaa muilla paitsi talvimatkalla. Haitallisten aineiden seuranta kuuluu muiden paitsi Combine 4 -matkan ohjelmaan.

Arandalla tehtävän avomeriseurannan (kemian, biologian, haitalliset aineet) tärkeimmät viime vuosien kehittämistarpeet ovat liittyneet Combine -matkojen asemanverkostojen yhteensovittamiseen yhteistyössä fysikaalisesta seurannasta vastaavan Ilmatieteen laitoksen kanssa sekä alueellisen yhteistyön kehittämiseen pohjoisella Itämerellä Ruotsin, Venäjän ja Viron kanssa (Taulukko 1). Sekä sisäisellä että kansainvälisellä yhteensovittamisella parannetaan avomeriseurannan ajallista ja alueellista kattavuutta ja seurannan kustannustehokkuutta. Kaikilla Combine -matkoilla noudatetaan kiinteää asemaverkostoa (Kuva 2). Avomeriseurannan asemat sijaitsevat Suomea ympäröivällä Itämerellä. Itämeren päältä ja eteläisen Itämeren puuttumaan jäävät seuranta-aineistot saadaan käyttöön mm. SMHI:n ja HELCOMin tietokannoista.

Avomeriseurannan yhteistyö Ruotsin kanssa lisääntyi merkittävästi, kun Ruotsin meteorologian ja hydrologian laitos (SMHI) aloitti vuonna 2014 Arandalla kerän kuussa toteutettavat seurantamatkat Helsingin ja Göteborgin välillä. SYKEN ja SMHI:n välillä toteutetaan avomeriseurannan alueellisesta yhteistyötä ja tietojen vaihtoa. SMHI sai joulukuussa 2019 käyttöönsä Ruotsin uuden merentutkimusalueen eikä enää vuokraa Arandaa..

Arandalla käytössä olevat matkanhallinta- ja raportointijärjestelmät uudistetaan vuosina 2019–2020 (Taulukko 1). Matkaraportoinnissa siirrytään muodoltaan yhtenevään ja nopeasti päivitettävään formaattiin, jolloin matkojen aikana analysoidut tulokset ovat helposti ja havainnollisesti saatavilla verkosta pian matkan päätyttyä (ks. Luku 2.5.1 Tutkimusalue Arandan matkanhallinta).

Yhtenä Suomenlahti-vuoden 2014 lopputuloksena on sovittu Suomen, Venäjän ja Viron kesken Suomenlahden seurantayhteistyöstä. Eri maiden seurantamatkojen ajankohtia koordinoidaan ja osalla Arandan talvimatkoja on tehty Suomenlahden

Taulukko 1. Avomeren Combine-seurantaohjelman kehittäminen.

Seuranta	2019/meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Avomeren seurantaohjelma	Harmonisoitu avomeriseurannan havaintoverkosto ja täysin kiinteä peruseurantaohjelma käytössä	SYKE-SMHI seurantaintegraation ja työnjaon edelleen kehittäminen	
	4. vuotuisen Combine -matkan toteutuksen pilotivaihe	4. vuotuinen seurantamatka sisältyy Arandan ohjelmaan	Combine-seurantaohjelman tarkistaminen
	Arandan uuden matkanhallintajärjestelmän valinta ja vakioitun matkaraportointiformaatin kehittäminen	Arandan uuden matkanhallintajärjestelmän käyttöönotto, vakioitu matkaraportointiformaatti koekäytössä	Matkanhallintajärjestelmä ja matkaraportointiformaatti rutiinikäytössä

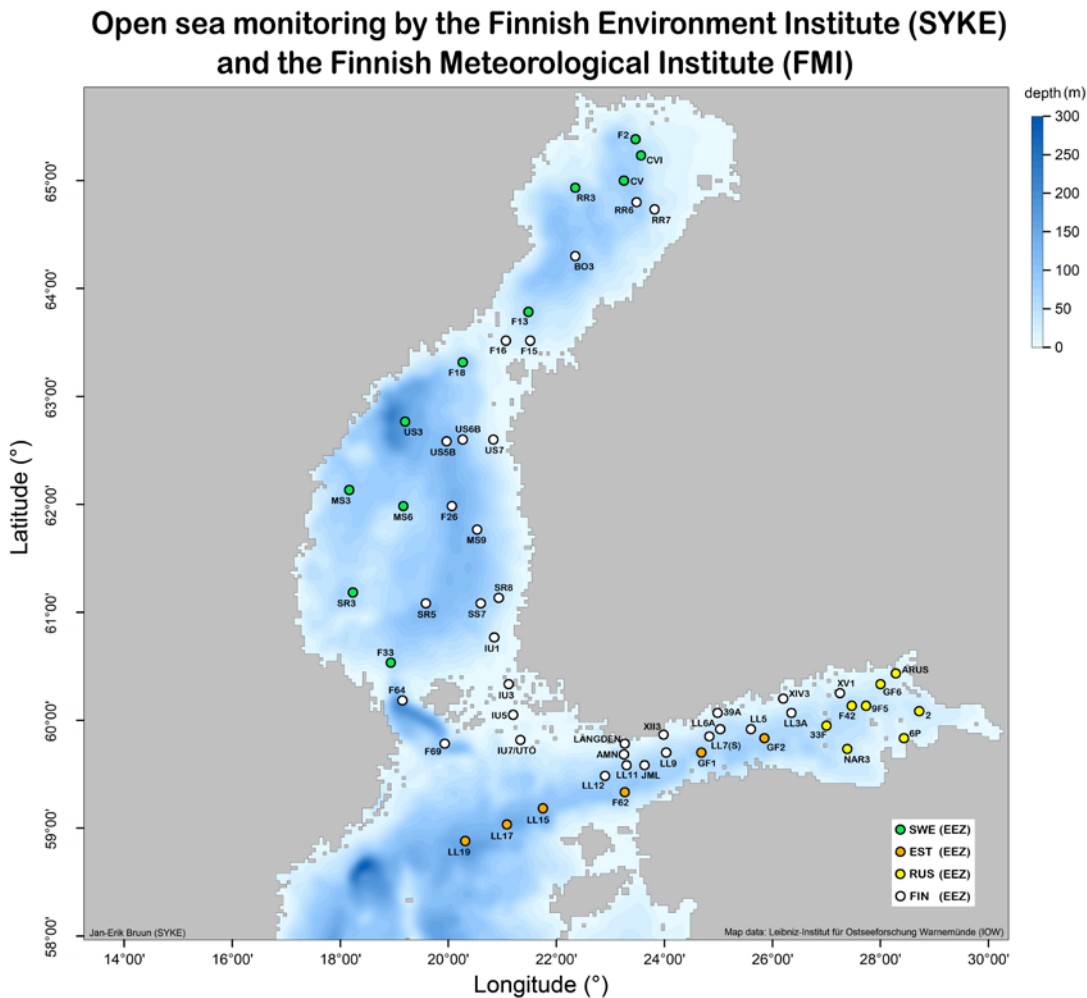
ravinne- ja rehevöitymisolojen arvioinnin kannalta tärkeää talviseurantaa myös Venäjän aluevesillä. Tämä edellyttää Venäjältä saatavaa tutkimuslupaa. Venäjällä ei ole Itämerellä käytettävissään näytteenottoon talviolosuhteissa soveltuvaa tutkimusalusta.

2.1.2

Avomeren kemiallinen seuranta

Mika Raateoja

Avomeren kemiallinen seuranta tuottaa tietoa Suomen merialueiden vedenlaadusta, mm. happi- ja ravinneoloista sekä niiden pitkäaikaisvaihtelusta. Sitä toteutetaan yhteistyössä fyysikaalisesta seurannasta vastaavan Ilmatieteen laitoksen (IL) kanssa. Laajoja Pohjanlahden, Itämeren pääaltaan pohjoisosan ja Suomenlahden kattavia Combine- seurantamatkoja toteutetaan neljästi vuodessa (talvi, kevät, alkukesä, loppukesä). Matkoilla otetaan näytteet 50 asemalta, joista osa sijaitsee Ruotsin ja Viron talousalueilla. Lisäksi tutkimuslupan ja aikataulujen sallimalla talvimatkalla otetaan näytteet 8 Venäjän aluevesillä sijaitsevalta asemalta (Kuva 2).



Kuva 2. SYKE:n ja IL:n ylläpitämän avoimen Itämeren tilan seurantaohjelman (Combine -seuranta) havaintoasemat. Fysikaalisen ja kemiallisen seurannan näytteet otetaan kaikilta ohjelman asemilta. Asemien väri viittaa sen valtion talousvyöhykkeeseen tai aluevesiin, jolla asema sijaitsee. Venäjän asemat ovat maan aluevesillä ja edellyttävät matkakohtaista lupaa. EEZ = talousvyöhyke.

Taulukko 2. Avomeren kemiallisen seurannan kehittäminen.

Seuranta	2019/meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Avomeren kemiallinen seuranta	Seurantatulosten käsittelyn ohjelmistopakettien valinta ja käyttöönotto	Seurannan tulosten havainnollinen graafinen esittäminen matkaraporteissa ja verkossa	
	Kemiallisten seurantamenetelmien interkalibrointi Ruotsin, Venäjän ja Viron kanssa	Seurantamenetelmien interkalibrointi Ruotsin, Venäjän ja Viron kanssa	Seurantamenetelmien interkalibrointi Ruotsin, Venäjän ja Viron kanssa
	Datafuusion kehittäminen ja laskennan liittäminen ympäristöhallinnon tietojärjestelmään	Datafuusio-laskenta liitetty ympäristöhallinnon tietojärjestelmään ja käytössä	Raportoinneissa hyödynnetään datafuusioita rutiinisti
		Automaattisten hydrografisten ja ravinneanturien käytön kehittäminen	Automaattiset ravinne- ja hydrografiset anturit rutiinikäytössä
	Avomeritulosten esittämisen kehittäminen Itämeri.fi-palvelussa	Avomeritulokset siirtyvät automaattisesti Itämeri.fi-palveluun	

Automaattista seuranta-analytiikkaa (mm. ravinneanturit) otetaan jatkossa yhä laajemmin käyttöön tutkimusaluksilla (Taulukko 2). Jo pitkään lämpötilan, suolaisuuden, happipitoisuuden ja fluoresenssin (a-klorofylli) vertikaalisia profiileja on tutkimusaluksilta mitattu sondein. Sondimittauksina on mahdollista tehdä laivalla myös pH, rikkivety, nitraattityppi ja fosfaattifosfori (ks. Kankaanpää ja Virtasalo 2017). Osa sondimittauksista tuottaa käytännössä jatkuvan jakauman vesipatsaan pitoisuuksista, kun taas merkäkemian perustuvat sondimittaukset (fosfaattifosfori) tuottavat tietoa vain näytesyvyyksiltä ja aikaa vievinä mittauksina lisäävät laivan asemallaoloaikaa. Kustannustehokkainta kemian automaattiseurannanlisääminen on sellaisilla muuttujilla, joiden automatisointi tuottaa tietoa laivan asema-aikaa kasvattamatta.

Pidemmällä tähtäimellä automaattista seuranta-analytiikkaa saadaan asennettua myös autonomisiin poijuihin. Kustannussäästöt ovat kuitenkin marginaalisia, koska laivamatkat joudutaan riittävän kattavan alueellisen näytteenoton, vertailunäytteiden (poijut, satelliittiaineistot) ja poijujen huollon takia tekemään joka tapauksessa. Lähestymistavan arvo onkin aineiston määrän ja kattavuuden merkittävä lisääntyminen sekä myös kustannustehokkuuden paraneminen, kun otetaan huomioon, että tutkimusaluksen käyttö palvelee sekä näytteenottoon perustuvaa että enenevässä määrin myös automaattista seuranta.

Suomenlahti-vuoden 2014 ja SMHI-yhteistyön puitteissa alkanutta kemiallisten seurantamenetelmien interkalibrointia jatketaan. Kesällä 2019 toteutettiin Suomi-Ruotsi-Venäjä-Viro-interkalibrointi, josta on tarkoitus saada säännöllisesti toistettava prosessi sekä Suomenlahtiyhteistyössä että Ruotsin SMHI:n ja Uumajan yliopiston kanssa (Taulukko 2).

Avomeren kemiallisen seurannan aineistosta kokonaisravinteet, pii ja rikkivety ovat olleet seurantaraporteissa suhteellisen vähän käytettyjä, samoin yleensäkin kesäaikainen ravinneaineisto (ei kuitenkaan rannikkovesissä), koska talviaikainen ravinnetilanne kuvaa yleistä rehevyytilan vaihtelua kesäaikaista paremmin. Aineistot ovat kuitenkin tärkeitä Itämeren tilan syy-seuraussuhteiden tutkimuksessa kuten tasetarkasteluissa (esim. Lehtoranta ym. 2017).

Avomeren kemiallisen seurannan tulosten esittämistä verkossa kehitetään Meritietoportaali/ Itämeri.fi -palvelun yhteydessä.

Rannikkovesien vedenlaadun seuranta

Pirkko Kauppila

Suomen rannikkovesialueiden fysikaalis-kemiallista tilaa ja sen pitkäaikaisvaihteluita sekä rehevöitymistilannetta seurataan noin 150 havaintoaseman vähintään kahdesti vuodessa havainnoitavalla verkostolla. Intensiivisen seurannan piirissä asemista on 15 kpl ja niiltä otetaan näytteet 10–17 kertaa vuodessa. Pääosa intensiivisen seurannan asemista sijaitsee ulkosaaristossa tai ulkomeren tuntumassa edustaen melko laajaa rannikkoaluetta ja indikoiden myös läheisen ulkomerialueen tilan vaihteluita. Rannikon ELY-keskukset vastaavat vesienhoitoalueittensa seurannan näytteenotosta ja näytteiden analysoinnista, jotka on ulkoistettu konsulteille. SYKE koordinoi rannikkovesien seurantaan valtakunnallisesti ja mm. vastaa tulosten raportoinnista kansainvälisiin tietokantoihin (ICES/ HELCOM, EEA, EU/ EMODnet).

Samalla kun rannikkovesien seuranta palvelee vesien- ja merenhoidon sekä nitraattidirektiivin mukaista seurantaan, se on myös osa Euroopan ympäristöjärjestön (EEA) seurantaverkkoa. Seuranta ei kata kaikkia Suomen monimuotoisen rannikon vesimuodostumia, vaan mallinnusta, kaukokartoitustuotteita ja vesimuodostumien ryhmittelyä käytetään arvioimaan sellaisten vesimuodostumien tilaa, joista suoriin mittauksiin perustuvat vedenlaatumittaukset puuttuvat.

Rannikkovesien tilaseurannan tärkeä kehittämiskohde on SYKEN ja rannikon ELY-keskusten välisen yhteistyön tiivistäminen seurannan käytännön koordinoinnissa ja ohjeistamisessa (Taulukko 3).

Etelärannikon vedenlaadun ja pohjien tilan seurannan pysyvä järjestäminen tutkimusalue Muikusta luopumisen jälkeen vakiinnutettiin vuonna 2019 (ks. 2.1.10 Eteläisten rannikkovesien tilan seuranta). Tässä tukeudutaan tutkimuskontteihin, jotka tilattiin ja varusteltiin Arandan telakoinnin aikaista sijaisalusta varten. Järjestelyä kokeiltiin kesällä 2017 katamaraanityyppisellä ”Miina” -aluksella ja siitä saatiin hyviä kokemuksia.

Taulukko 3. Rannikkovesien vedenlaadun seurannan kehittäminen.

Seuranta	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Rannikkovesien vedenlaadun seuranta	SYKEN ja ELY-keskusten yhteistyön tiivistäminen (säännölliset tapaamiset ja tiedonvaihto)	SYKEN ja ELY-keskusten yhteistyön tiivistäminen (säännölliset tapaamiset ja tiedonvaihto)	Yhteistyö jatkuu tiiviinä
	Eteläisten rannikkovesien seurannan (”Muikku-seuranta”) pysyvän järjestelyn suunnittelu	Eteläisten rannikkovesien seurannan alusjärjestely, resursointi ja toteutus vakiintunut ja laatujärjestelmän suunnittelu aloitetaan	Seuranta laadunvarmistuksen ja matkaraportoinnin piirissä
	Intensiiviasemien tulosten ”online” esittämisen kehittäminen (Itämeri.fi-palvelussa)	Intensiiviasemien tulokset siirtyvät automaattisesti Itämeri.fi-palveluun	
	Datafuusion kehittäminen ja laskennan liittäminen ympäristöhallinnon tietojärjestelmään	Datafuusion kehittäminen ja laskennan liittäminen ympäristöhallinnon tietojärjestelmään	Raportoinnissa hyödynnetään datafuusiota rutiinisti
	Rannikon automaattiasemaverkoston suunnittelu (osana JatkuvaLaatu-kehittämishankkeen suosituksia)	Rannikon automaattiasemaverkoston toteutus alkaa (edellyttää ulkopuolista rahoitusta)	

ELY-keskusten konsulttityönä toteuttamaan seurannan näytteenottoon ja analysointiin liittyvä kehittämistoiminta ei pääsääntöisesti vaikuta SYKEN resursointiin seurannassa. Vesien- ja merenhoidon suunnittelun mukaiseen tila-arviointiin liittyvä tietojärjestelmien kehittäminen kuitenkin helpottaa ELY-keskusten työtä ja myös SYKEN työpanosta direktiivien edellyttämässä raportoinnissa EU:lle.

Seurannan toteutumisen korkea laatu ja mahdollisimman nopea saatavuus tietokannoista ovat ensiarvoisen tärkeitä, jotta seurannan tuloksia voidaan hyödyntää tehokkaasti ja luotettavasti eri tarkoituksiin. Vesienhoidon suunnittelua varten seurannan toteutumista on mahdollista seurata HERTTA-tietokannassa.

Seurannan tulosten online-esittämistä verkossa kehitetään meneillään olevan Meritietoportaali/Itämeri.fi-hankkeen yhteydessä vuosina 2018–2020. Erityisesti intensiiviasemien tulosten mahdollisimman reaaliaikainen visualisointi ja aineistojen helppo saatavuus palvelevat sekä tutkija-/asiantuntijakäyttäjiä että suurta yleisöä.

2.1.4

Jokien mereen kuljettamien ainemäärien seuranta

Antti Räike

SYKE vastaa Suomen jokien Itämereen kuljettamien ainevirtaamien ja niissä tapahtuvien pitkäaikaismuutosten seurannasta. Havainnoinnin piirissä on 29 jokisuuta, joilta analysoidaan mm. ravinteet, raskasmetallit, kiintoaine, orgaaninen aines sekä alkali- ja maa-alkalimetallit virtaamapainotteisesti 13–22 kertaa vuodessa. Jokisuiden virtaamamittaus on jatkuva. Seurannan näytteenoton ja laboratorioanalytiikan suorittaa ELY-keskusten kilpailutuksen perusteella valitsema konsultti. ELY-keskusten vastuulla on konsulttien toiminnan laadunvalvonta. SYKE koordinoi ja ohjeistaa toimintaa valtakunnallisesti sekä laskee ainevirtaamatulokset ja toimittaa ne mm. vesien- ja merenhoidon sekä HELCOMin tarpeisiin.

Seurannan tuloksilla on tärkeä merkitys mm. Itämeren suurimman ravinnekuormittajan, maatalouden, vesiensuojelutoimien vaikutusten arvioinnissa ja HELCOMin Itämeren toimintaohjelman (BSAP) kuormituksen vähennystavoitteiden toteutumisen seurannassa. Seurannan tuloksia on myös hyödynnetty mm. ennustettaessa ravinnevirtaamien ja orgaanisen aineen muutoksia lämpenevässä ilmastossa (Mattsson ym. 2015).

Jokien mereen kuljettamat ainemäärät -hankkeen seuranta-aineistojen käyttö painottuu ravinteisiin, raskasmetalleihin, kiintoaineeseen ja orgaaniseen aineeseen. Esim. maa-alkalimetalliaineiston hyödyntäminen on ollut vähäisempää. Uusimmat tutkimustulokset kuitenkin osoittavat, että maa-alkalimetalleillakin on tärkeää tieteellistä arvoa ja niitä koskevien aineistojen käyttö on selkeästi lisääntynyt mm. rehevöitymisen prosesseja selvittävässä tutkimushankkeissa.

Jokien vedenlaadun ja ainevirtaamien seurannan automatisoinnin kehittäminen on tärkein lähiajan kehittämistavoite (Taulukko 4). Työtä on Suomessa tehty erityisesti Varsinais-Suomen ELY-keskuksen ja SYKEN yhteistyönä (Tattari ym. 2015). Seurannan puitteissa osallistuttiin myös YM -rahoitteiseen JatkuvaLaatu-hankeeseen, jossa selvitettiin automaattisen vesien laadun seurantaverkoston toteuttamismahdollistuksia ja hyötyjä. Työn loppuraportti (Lepistö ym. 2018) sisältää esityksen valtakunnalliseksi automaattiasemaverkostoksi jokiin, järviin ja merelle.

Automaation laajeneva käyttöönnotto ja mallintaminen lisäävät ainevirtaamalakelmien tarkkuutta. Kokonaisuutena seurannan kustannustehokkuus paranee, koska aineistojen määrä ja ainevirtaamalakelmien luotettavuus paranevat. Absoluuttisesti taloudellisia säästöjä ei kuitenkaan synny, koska luotettava mallintaminen (kalibrointi, validointi) vaatii myös hyvää seurantaa. Automaattiasemien avulla ei vielä tällä hetkellä voida myöskään suoraan määrittää pääosaa seurattavista muuttujista.

Taulukko 4. Jokien mereen kuljettamien ainemäärien seurannan kehittäminen.

Seuranta	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Jokien mereen kuljettamat ainemäärät	Mallintamistulosten hyödyntäminen erityisesti seurannan ulkopuolella olevien alueiden ainevirtaamien arvioinnissa	Mallintamistulosten hyödyntäminen erityisesti seurannan ulkopuolella olevien alueiden ainevirtaamien arvioinnissa	Mallintamistulosten hyödyntäminen erityisesti seurannan ulkopuolella olevien alueiden ainevirtaamien arvioinnissa
		Ainevirtaamatulokset saatavilla jokikohtaisesti verkossa (ymparisto.fi)	
	Jatkuvatoimintaisen seurannan kehittäminen jokisuille niille muuttujille, joiden arviointiin on olemassa luotettava menetelmä (JatkuvaLaatu-kehittämishanke)	Jatkuvatoimintaisen seurannan kehittämistyön jatkaminen ja automaattisten seuranta-asemien lisääminen	Kaikkien tärkeimpien jokien seuranta on automatisoitu niiden muuttujien osalta, joiden arviointiin on olemassa luotettava menetelmä
			Kaukokartoitustuotteiden linkittäminen jokien ainevirtaamiin

Tiheämmän havainnoinnin (automaatio) lisäksi eri merialueiden ainevirtaamalaselmia voidaan parantaa kehittämällä ei-seurattujen jokien ainevirtaamien arviointia valuma-alueiden maankäyttöön perustuvalla mallinnuksella nykyisen seurattujen jokien valuma-alueiden pinta-alaan ja lineaariseen ekstrapolaation perustuvan menetelmän sijaan.

2.1.5

Meren kasviplankton

Sirpa Lehtinen

Itämeren kasviplanktonyhteisöjen koostumusta ja määrää avomerellä ja rannikkovesissä seurataan noin 100 rannikon ja avomeren asemalla, joilta analysoidaan kasviplanktonin lajisto ja biomassa yleisimmin 1–2 kertaa vuodessa loppukesällä. Rannikon intensiiviasemilla seurantatiheys on 1–2 kertaa kuukaudessa avovesikaudella. Avomerellä näytteenotosta ja kasviplanktonanalytiikasta vastaa SYKE ja rannikkovesissä näytteenoton sekä kasviplanktonanalytiikan järjestämisestä vastaavat ELY -keskukset. Viiden rannikon intensiiviaseman kasviplanktonanalytiikka on kuitenkin osittain SYKEN vastuulla samoin kuin rannikkoseurannan valtakunnallinen koordinaatio.

Vesien- ja merenhoidon ja HELCOMille tapahtuvan raportoinnin lisäksi kasviplanktonin pitkäaikaisseurannan tuloksia hyödynnetään erilaisissa asiantuntijatehtävissä, kuten mm. taustatietona valtakunnallisessa leväseurannassa, johon liittyvät sinilevätiedotteet julkaistaan kesällä viikoittain, ja haitallisiin leviin liittyvissä mahdollisissa erityistilanteissa, kuten kalakuolemien yhteydessä. Kasviplanktonin pitkäaikaisseurannan tuloksia käytetään myös kasviplanktonyhteisön pitkäaikaismuutosten tutkimiseen sekä meren tilaa kuvaavien indikaattorien kehitystyössä ja olemassa olevien indikaattorien aineistona.

Kasviplanktonin avomeriseurannan asemaverkosto on keskitetty Suomen merialueille ja se on harmonisoitu muun avomeriseurannan kanssa. Havaintoverkon alueellinen edustavuus Suomen avomerialueiden osalta on hyvä, mutta ajallinen kattavuus on alhainen. Ajallista kattavuutta on parannettu vuonna 2019 siten, että avomerinäytteet otetaan nyt kerran keväällä ja kerran loppukesällä aiemmin vain loppukesällä tehdyn näytteenoton sijaan (Taulukko 5).

Taulukko 5. Meren kasviplanktonseurannan kehittäminen.

Seuranta	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Kasvi-plankton	Suunnitelma avomeren seurannan ajallisen kattavuuden parantamiseksi vastaamaan paremmin indikaattorien vaatimuksia	MHS -indikaattorien minimivaatimuksia vastaava avomeren kasviplanktonseuranta on käynnissä; yksi näytteenotto kevät-kukinnan aikaan ja yksi loppukesällä	
	1979–2008 avomeren seurantadatan valmistelu siirrettäväksi HERTTA/KPLANK -tietokantaan	1979–2008 avomeren seurantadata HERTTA/KPLANK -tietokannassa	
	Alg@linen semikvantitatiivisen aineiston (1993–2011) kokoaminen ja datan muokkaaminen avoimesti saataville	Alg@linen semikvantitatiivisen aineiston (1993–2011) kokoaminen ja datan muokkaaminen avoimesti saataville	Alg@linen semikvantitatiivinen aineisto (1993–2011) avoimesti saatavilla
	Avoimen rajapinnan kehittäminen ja HERTTA/KPLANK-tietokannan Itämeren kasviplanktonaineistojen vienti EMODnet Biology -dataportaaliiin	HERTTA/KPLANK-tietokannan Itämeren kasviplanktonaineistot saatavilla EMODnet Biology -dataportaalista	
	Uusien analysointimenetelmien (mm. hahmontunnistus) kehittäminen	Uusien analysointimenetelmien (mm. hahmontunnistus) kehittäminen	Uusia analysointimenetelmiä testataan rutiinikäytössä, tulosten hyödyntämisen testaus MHS-työssä

Rannikkovesissä alueellinen vaihtelu kasviplanktonyhteisössä on huomattavasti suurempaa kuin avomerellä, minkä vuoksi seuranta-asetuksia on rannikolla tiheämmin kuin avomerellä. Vähintään kuukausittainen näytteenotto nykyisiltä avomeren ja rannikkovesien seuranta-asetuksilta lisäisi mm. kaikkien käytössä olevien indikaattorien tulosten luotettavuutta. Näytteenottotiheyden kasvattaminen edellyttäisi kuitenkin lisäresursseja paitsi näytteenottoon, myös näytteiden analysointiin. Uusista analysointimenetelmistä saattaa olla tulevaisuudessa apua, mutta kehitysvaiheessa tämäkin edellyttää henkilö- ja laiteresurssien lisäystä.

Uusien kasviplanktonin analysointimenetelmien (hahmontunnistus, geneettiset menetelmät) testaus tähtää siihen, että tulevaisuudessa näillä menetelmillä saatuja tuloksia voidaan hyödyntää seurannassa ja tieteellisessä tutkimuksessa. Kehittämistyö vaatii lisäresursseja, joita voidaan saada osallistumalla mm. EU-rahoitteisiin hankkeisiin. Laitteistoja on jo nyt saatu hankituksi mm. Suomen Akatemian FIRI (Finnish Research Infrastructure) -rahoituksella (FINMARI, ks. Luku 2.2.2). Mikäli uusien analysointimenetelmien tulokset osoittautuvat käyttökelpoisiksi myös operatiivisessa kasviplanktonseurannassa, kehitystyön jälkeisessä tulevaisuudessa voidaan mahdollisesti joidenkin uusien kasviplanktonindikaattorien edellyttämää havainnointia toteuttaa ilman henkilöresurssien merkittäviä lisäyksiä.

Merentutkimuslaitoksen keräämän ja analysoiman vuosien 1979–2008 avomeren seuranta-aineiston siirtäminen HERTTA-tietojärjestelmään KPLANK-tietokantaan on käynnissä. Alg@linen vuosien 1993–2011 semikvantitatiivisen aineiston kokoamisen toteuttamismahdollisuuksia kartoitetaan. HERTTA-järjestelmän KPLANK-tietokannan Itämeren kasviplanktonaineistot on viety EMODnet Biology -dataportaaliiin. Kansallisten kasviplanktonaineistojen vienti EMODnet Biology -dataportaaliiin tulee toivottavasti jatkossa helpottamaan eri maiden keräämien aineistojen yhteiskäyttöä meren tilan seurannassa, kuten mm. indikaattorianalyseissa.



Van Veen -pohjaeläinnäytteenotinta tyhjenetään Arandan kannella seulontaa varten.

2.1.6

Sinileväkukintojen seuranta Suomen merialueilla

Sirpa Lehtinen

Kesäkuukausina tapahtuva sinileväkukintojen seuranta ja viikoittain toistuva sinilevätilanteesta tiedottaminen perustuvat SYKEN koordinoiman valtakunnallisen sinileväseurannan vakiopaikoilta saataviin havaintoihin, SYKEN tulkintoihin kaukokartoitusaineistoista, Alg@line –seurantaan, Rajavartioston lennoillaan tekemään havainnointiin, sekä yhteistyössä Ilmatieteen laitoksen kanssa laadittaviin levälauttojen ajelehtimisennusteisiin. Sinileväkukinnan muodostavasta lajistosta saadaan tietoa mikroskoipimalla mahdollisuuksien mukaan Alg@line-linjoilta kerättyjä vesinäytteitä ja tunnistamalla leviä FINMARIn Imaging FlowCytoBot -kuvantamislaitteen internetin kautta Utön merentutkimusasemalta lähettämistä kuvista.

Myös kansalaisten ilmoittamia havaintoja hyödynnetään. Kansalaiset voivat käyttää sinilevähavaintojensa ilmoittamiseen Havaintolähetti -sovellusta, joka toimii mm. älypuhelimissa. Havaintolähetin kautta ilmoitetut yksittäiset kansalaishavainnot tulevat myös näkyviin Järvi-meriwikin sinilevähavaintokartalle, mutta satunnaisuuden ja painotuserojen vuoksi niitä ei käytetä valtakunnallisen sinileväseurannan vakiopaikkojen viikkohavaintojen tapaan mm. leväbarometriä laskentaan.

Valtakunnallinen sinileväseuranta toteutetaan osana ympäristön tilan seurantaan yhteistyönä ELY-keskusten, kuntien ympäristö- ja terveysviranomaisten sekä Suomen ympäristökeskuksen kesken. Havainnot tallennetaan Järvi-meriwikiin. SYKESissä valtakunnallisen sinileväseurannan koordinoitavastuu on vesikeskuksella. Viestintäyksikkö huolehtii Järvi-meriwikin ylläpidosta.

Vakiohavainnoitsijoiden saaminen rannikkovesien sinileväseurantaan on ollut ongelma siitä lähtien kun ELY-keskukset joutuivat luopumaan pääosasta kesäharjoittelijoistaan. Tästä syystä rannikolta havaintoja on tullut jo useiden vuosien ajan vain 30–40 valtakunnallisen sinileväseurannan havaintopaikalta, kun alun perin asemia oli ollut n. 60. Havainnoituista asemista suurin osa sijaitsee Varsinais- ja Kaakkois-Suomen alueilla. Erityisesti läntisen ja keskisen Suomenlahden rannikolta havaintoja on ollut todella niukasti, mikä merkittävästi heikentää seurannan luotettavuutta näillä alueilla. Levätilanteen luotettava valtakunnallinen arviointi rannikon osalta ja rannikon leväbarometrin laatiminen edellyttävät säännöllisiä vakiohavaintoja kattavasti eri puolilta Suomen rannikkoalueita. SYKEN merikeskuksen, vesikeskuksen, viestinnän ja tietokeskuksen yhteistyönä onkin pyritty laajentamaan rannikon sinilevähavainnointia. Aiemmat yritykset laajentaa rannikon sinilevähavainnointia ottamalla yhteyttä mm. venekerhoihin eivät johtaneet konkreettisiin tuloksiin. Syksyllä 2019 alkanut keskustelu Rotary-järjestön kanssa on johtanut järjestön osallistumiseen vakiohavaintopaikkojen seurantaan ja seurannan laajentamiseen. Jäsenistöä koulutettiin keväällä 2020 havainnointiin ja tulosten raportointiin. Kesän 2020 aikana säännöllisiä havaintoja saatiin n. 130 rannikkovesien havaintopaikalta, joista n. 70 oli rotarien havainnoimia.

Kesäksi 2020 Itämeri.fi-palvelun Levähavainnot-sivulle tuli sinilevähavaintokartta, jolla näkyvät muutaman edellisen päivän sinilevähavainnot sekä Järvi-meriwikistä että SYKEN satelliittitulkinnosta. Tämä toivottavasti helpottaa kansalaisten ja toimittajien tiedonsaantia ja vähentää jatkossa heidän tarvettaan olla puhelimitse yhteydessä leväasiantuntijoihin.

2.1.7

Meren eläinplankton

Maiju Lehtiniemi

SYKE seuraa eläinplanktonyhteisön lajistokoostumusta ja yhteisössä tapahtuvia muutoksia avomerellä ja rannikolla. Seuranta toteutetaan avomerellä ja rannikkovesissä 29 seuranta-asemalla 1–2 kertaa vuodessa (touko-kesäkuu, elokuu). ELY-keskukset vastaavat näytteenotosta 14 rannikkoasemalla. Merenhoidon tila-arvioiden lisäksi aineistoa käytetään HELCOMin ja ICESin raporteissa. Aineistot toimitetaan NOAA:n (National Oceanographic and Atmospheric Administration) COPEPOD-tietokantaan, josta tuotetaan maailmanlaajuisia karttoja mm. eläinplanktonbiomassoista eri merialueille, mm. Itämerelle sekä pitkän ajan trendikuvia eläinplanktonin päälaajien ja –ryhmien runsauksista.

Seurannan tärkeimmät kehittämiskohteet ovat seurantaverkoston ja näytteenottoajankohtien tarkistus, laskentaohjelman uudistus sekä kansallisen tietokannan luominen HERTTA-järjestelmään (Taulukko 6). Eri avomeriseurantojen havaintoasemaverkostot ja näytteenottoajat on harmonisoitu. Tärkeimmillä seuranta-asemilla merenhoidon suunnittelun edellyttämä näytteenotto tulisi suorittaa kuukausittain kevätkukinnasta syyskuulle.

HERTTA-järjestelmään luodaan tietokanta eläinplanktonille, jolloin kansalliset aineistot ovat käytettävissä samasta tietokannasta käsin kuin muukin kansallinen seuranta-aineisto. Hankkeen toteutus on alkanut YM:n rahoituksella vuonna 2020 ja se osa vesien- ja merenhoitoa palvelevaa YM:n tietojärjestelmä uudistusta. Dataportointi HELCOM/ICESille on saatettu ajan tasalle vuonna 2019. Eläinplanktonin

Taulukko 6. Eläinplanktonseurannan kehittäminen.

Seuranta	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Eläinplankton	Avomerren seuranta-verkoston tarkistus		Huhtikuu-syyskuu havainnointi keskeisille asemille järjestetty
	Dataraportointi ICES/HELCOMiin rutiiniksi		
		Tietokannan kehittäminen HERTTA:an	HERTTA-järjestelmän Eläinplanktonitietokanta käytössä
		Hahmontunnistuksen kehittäminen	Hahmontunnistus rutiinikäytössä
		Laskentaohjelman uudistamisen suunnittelu käynnistetty	Uusi laskentaohjelma rutiinikäytössä
	Seurantatuloksia esitetään Itämeri.fi -palvelussa	Seurantadataa saatavilla Itämeri.fi -palvelussa	

Taulukko 7. Vieraslajiseurannan kehittäminen.

Seuranta	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Vieraslajiseuranta	Säännöllisen satamanäytteenoton suunnittelu	Säännöllisen satamanäytteenoton aloittaminen	Satamaseuranta rutiinia
	Rannikon matalien vesien liikkuvien vieraslajien seurannan toteutuksen suunnittelu	Rannikon matalien vesien liikkuvien vieraslajien seurannan aloittaminen	Rannikon matalien vesien liikkuvien vieraslajien seuranta rutiinia

seurantatuloksia esitetään vuonna 2020 valmistuvassa Meritietoportaali/ Itämeri.fi -palvelussa. Dataa on saatavilla palvelun kautta eläinplanktonitietokannan valmistuttua. Menetelmäpuolella keskeinen kehittämistavoite on hahmontunnistusmenetelmien edistäminen lajimäärityksessä ja vähittäinen saattaminen rutiinikäyttöön vuoteen 2026 mennessä.

2.1.8

Vieraslajiseurannan kehittäminen

Maiju Lehtiniemi

Vieraslajiseurannassa kerätään levinneisyys- ja runsaustietoja vieraslajeista merenhoitoa ja Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) painolastivesiyleissopimusta varten. Vieraslajitietoja saadaan jo nykyisin käynnissä olevista meren biologisista seurannoista (eläinplankton, kasviplankton, pohjaeläimet, jonkin verran myös VELMUNäytteenotoista). Säännöllisen seurannan ulkopuolelle ovat kuitenkin toistaiseksi jääneet rannikon vieraslajit ja erityisesti satamat, joiden näytteenotto on tärkeää, koska juuri satamiin useimmat vieraslajit ensimmäisinä saapuvat (Ljunberg ym. 2011). Satamanäytteenoton protokolla on valmis ja se on kehitetty ja hyväksytty HELCOM-yhteistyössä, mutta Suomessa säännöllistä satamanäytteenottoa ei ole käynnistetty resurssipuutteen vuoksi. Muutamia satamia on kartoitettu projektirahoitteisesti ja vuonna 2018 Helsingin sataman vieraslajit selvitettiin sataman tilaustyönä.

Säännöllisen satamanäytteenoton järjestäminen on parhaillaan suunnitteluvaiheessa ja sen toteutus on tarkoitus aloittaa vuonna 2020 (Taulukko 7). Vieraslajien satamanäytteenotto edellyttää lisäresursseja. On mahdollista, että varustamot ovat valmiita maksamaan osan näytteidenotosta ja analysoinnista, koska mahdolliset poikkeusluvut painolastivesien käsittelyyn edellyttävät tätä seurantatietoa.

Lisäksi rannikon matalien vesien liikkuvien ja kiinnittyvien vieraslajien seuranta tulisi aloittaa. Tutkimushankkeissa on selvitetty parhaita näytteenottomenetelmiä ja passiivisten elinympäristömertojen avulla seuranta voitaisiin toteuttaa pienellä

resurssipanostuksella ELY-keskusten avulla. Tämä on suunniteltu aloitettavaksi 2020–2021.

Vieraslajeille ei ole HERTTA-järjestelmässä omaa erillistä tietokantaa, vaan aineistot ovat saatavilla biologisten seurantojen tietokannoista. Lisäksi tiedot uusista vieraslajeista viedään Klaipeidan yliopiston ylläpitämään AquaNIS-tietokantaan.

2.1.9

Meren pohjaeläimet

Henrik Nygård

Seurannan tarkoituksena on havainnoida meriympäristön tilamuutoksia, tuottaa aineistoa indikaattorien laskentaan ja pitkäaikaisuutosten seurantaan, sekä ylläpitää tieteellisesti ja kansainvälisesti merkittäviä aikasarjoja. Pohjaeläinseuranta suoritetaan avomerellä 38 (SYKE) ja rannikkovesissä 180 asemalla (rannikon ELY-keskukset/ konsultit). Avomeren seurantatiheys on kerran vuodessa (touko-kesäkuu). Rannikkovesissä tiheys vaihtelee kerrasta vuodessa kertaan kuudessa vuodessa.

Pohjaeläinseurannan aineistot viedään SYKEN ylläpitämään POHJE-tietokantaan ja raportoidaan vuosittain ICESin ylläpitämään HELCOM/COMBINE-tietokantaan. Avoimen rajapinnan kautta aineistot ovat myös saatavilla kansainvälisen EMODnet -portaalin kautta. Aineistoja käytetään säännöllisesti vesien- ja merenhoidon tilaraporteissa, ICESin Working Group on Integrated Assessments (WGIAB) -työryhmän työssä, HELCOMin indikaattoriraporteissa sekä tieteellisissä tutkimuksissa. Aineistoa on käytetty taustatietona lausunnoille mm. NordStream-kaasuputkihankkeessa, Sea Lion merikaapelihankkeessa ja Harjavallan nikkeli päästön (2014) vaikutusten selvittämisessä Kokemäenjoen edustan rannikkovesialueella. Seurannan tuottama aineisto on tärkeää taustatietoa myös mahdollisissa öljyonnettomuuksissa.

Kuten muissakin avomeriseurannoissa, myös pohjaeläinten osalta asemaverkosto kattaa vain Suomen läheiset merialueet. Pääaltaan keskiosan lähes poikkeuksetta hapettomien ja pohjaeläimettömien asemien säännöllisestä seurannasta on luovuttu. Pääaltaan pohjoisosan ja läntisimmän Suomenlahden pysyvästi tai lähes pysyvästi hapettomilla alueilla pohjaeläinnäytteet otetaan jatkossa vain silloin, kun pohjaeläinten esiintymistä voidaan happiolosuhteiden perusteella pitää mahdollisena.

Avomerinäytteiden analysointia pyritään keventämään hyödyntämällä aiemmin kerättyä aineistoa biomassarunsauskertoimien laskemisessa (Taulukko 8). Lajinmäärityksessä edistetään hahmontunnistuksen ja molekulaaristen menetelmien testausta siten, että nämä olisivat operatiivisessa käytössä vuoteen 2026 mennessä. Merentutkimuslaitoksen vuoteen 2008 saakka keräämä pohjaeläinaineisto tallennetaan HERTTA-järjestelmän POHJE-tietokantaan.

Asemaverkoston, näytteenoton ja analysoinnin optimoinnilla voidaan nykyisillä resursseilla saada aiempaa kattavampaa tietoa pohjaeläimistön tilasta Suomen merialueilla.

Pohjaeläinseurannan avomeriaineistojen biomassajakauma- ja kokojakauma-aineistoja on toistaiseksi hyödynnetty vähän. Kokojakaumasta on kuitenkin kehitteillä HELCOM-indikaattori. Biomassa/ kokojakauma – analyysien määrää on jatkossa tarkoitus vähentää ja työtä automatisoida.

2.1.10

Eteläisten rannikkovesien tilan seuranta

Henrik Nygård, Seppo Knuutila

Eteläisen rannikkovesien tilan seuranta on toteutettu vuodesta 1999 alkaen, aluksi vain vedenlaatumittauksin, tavoitteena seurata Suomenlahden ja Saaristomeren syvänteiden tilamuutoksia. Vuodesta 2001 on seurattu myös pohjien hapetus-pelkisi-

Taulukko 8. Meren pohjaeläinseurannan kehittäminen.

Seuranta	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Pohja-eläimet	Avomeren seuranta-verkoston tarkistus (mm. hiekkapohjat)	Avomeriseurannan tarkistettu ohjelma käyttöön	
		Rannikkoseurannan menetelmäohjeistuksen päivitys	
		Epävarmuustekijöiden analyysi ja rannikon seurantaverkon optimointi	Rannikon optimoitu seurantaverkko käytössä
		Rannikko- ja avomeriseurannat toteutetaan koordinoitusti vertailukelpoisin menetelmin	
		Hahmontunnistukseen ja molekulaarisiin menetelmiin perustuvien lajintunnistusmenetelmien käyttöönoton testaus	Hahmontunnistukseen ja/tai molekulaarisiin menetelmiin perustuva lajintunnistus käytössä seurannassa
		Vanhan (-2008) avomeren seuranta-aineiston siirto HERTTA-järjestelmään	
			Eläinplanktonaineistot saatavilla Meritietoportaalin (Itämeri.fi) kautta

tystilaa ja pohjaeläimiä. Seurannan alue on kattanut Suomenlahden rannikkovedet ja Saaristomeren eteläosan. Seuranta tuottaa tärkeää aikasarjatietoa päästövähennyksen vaikutuksista meriympäristön tilaan sekä Suomenlahden ja Itämeren pääaltaan yleistilan heijastumisesta ulkosaariston ja merivyyhykkeen pohjien tilaan. Tietoja käytetään vesienhoidon ja merenhoidon tila-arvioissa, tutkimuksessa ja taustatietona ympäristövaikutusarvioinneissa.

Kerran kesässä (heinä-elokuussa) toteutetuilla seurantamatkoilla asemia on ollut yhteensä n. 65, joista 30 seurannan perusasemaa. Suomenlahdella näytteet on otettu joka kesä vuodesta 1999 (pohjaeläinnäytteet vuodesta 2001), pois lukien vuodet 2016 ja 2018 jolloin seurantamatkat keskeytyivät alusteknisiin ongelmiin. Perusasemista valtaosa kuuluu myös ELY-keskusten rannikkovesien seurantaohjelmiin, mutta osittain vain vedenlaadun osalta.

Vedenlaadun seuranta sisältää pääasiassa pinnan ja pohjanläheisen veden analyysit (happi, ravinteet, klorofylli) ja koko vesipatsaan CTD-tiedot. Vedenlaatuaineistot on viety VESLA-tietokantaan vuoteen 2014 asti. Pohjaeläinnäytteistä on analysoitu lajikoostumus sekä yksilötiheydet sekä satunnaisesti myös biomassa. Pohjaeläintulokset on viety POHJE-tietokantaan vuoteen 2015 asti.

Seuranta toteutettiin aiemmin tutkimusalue Muikulla. Viime vuosina seurantamatkoihin on käytetty mataliin rannikkovesiin soveltuva alusta, johon on asennettu SYKEN rannikkoseurantaa varten varustettu konttijärjestelmä. Jatkossa tulee varmistaa seurannan pitempiaikainen jatkuvuus sekä varata riittävät resurssit seurantamatkan järjestämiselle ja näytteiden analysoinnille (Taulukko 9, seuraavalla sivulla). Tavoite on, että seurantaa toteutetaan laajana sisältäen kaikki n. 65 asemaa, mutta vähintään 30 perusaseman seuranta tulisi turvata. Laajamittaisen seurannan toteuttamiseksi mahdollinen yhteistyö ja -rahoitus ELY-keskusten kanssa selvitetään. Pitempiaikainen sopimus näytteenottoaluksesta on edellytys seurannan kustannustehokkaalle toteutukselle. Seurannalle luodaan laatujärjestelmä (näytteenotto, analytiikka, tietojärjestelmät) joko itsenäisenä tai osana Arandan laatujärjestelmää.

Taulukko 9. Eteläisten rannikkovesien tilan seurannan kehittäminen.

Seuranta	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Eteläisten rannikkovesien tilan seuranta	Seurantaverkoston tarkistus	Seurannan jatkuvuus varmistettu. Seuranta osana kansallista seurantaohjelmaa	
	Resurssien varmistaminen ja pitempiaikainen sopimus näytteenottoaluksesta		
	Toistaiseksi tallentamattoman vedenlaatudatan vieminen VESLA-tietokantaan	Vedenlaatudatan rutiininomainen vieni tietokantoihin	
	Suunnitelma analysoimattomien pohjelaäinnäytteiden analysoinnista (ensisijaisesti 2017 näytteet)	Pohjelaäinnäytteiden analysointi ja vieni tietokantoihin osana pohjelaäinseurannan rutiineja	
		Laatujärjestelmän suunnittelu aloitetaan	Laatujärjestelmä käytössä vuonna 2021
			Hahmontunnistukseen ja/tai molekulaarisiin menetelmiin perustuva lajintunnistus käytössä pohjelaäinanalytiikassa

Taulukko 10. Rannikon makrofytyti- ja sinisimpukkayhteisöjen seurannan kehittäminen.

Seuranta	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Makrofytytit		Pehmeiden pohjien kasvillisuus sisällytetään seurantaohjelmaan pilot-hankkeena (toteutus 2021 alkaen)	Pehmeiden pohjien kasvillisuus mukana seurannassa
		Rakkohaurun selkärangattoman eläimistön seuranta (suunnittelu 2020, toteutus 2021 alkaen)	Rakkohaurun selkärangaton eläimistö mukana seurannassa
		Kaukokartoitusmenetelmien käyttöä kehitetään	Matalan veden kasvillisuudesta tietoa kaukokartoituksella
	Suunnitelma seurantatietojen tallentamiseksi LajiGIS-tietokantaan	Makrofytytiaineistot tallennetaan LajiGIS-tietokantaan	

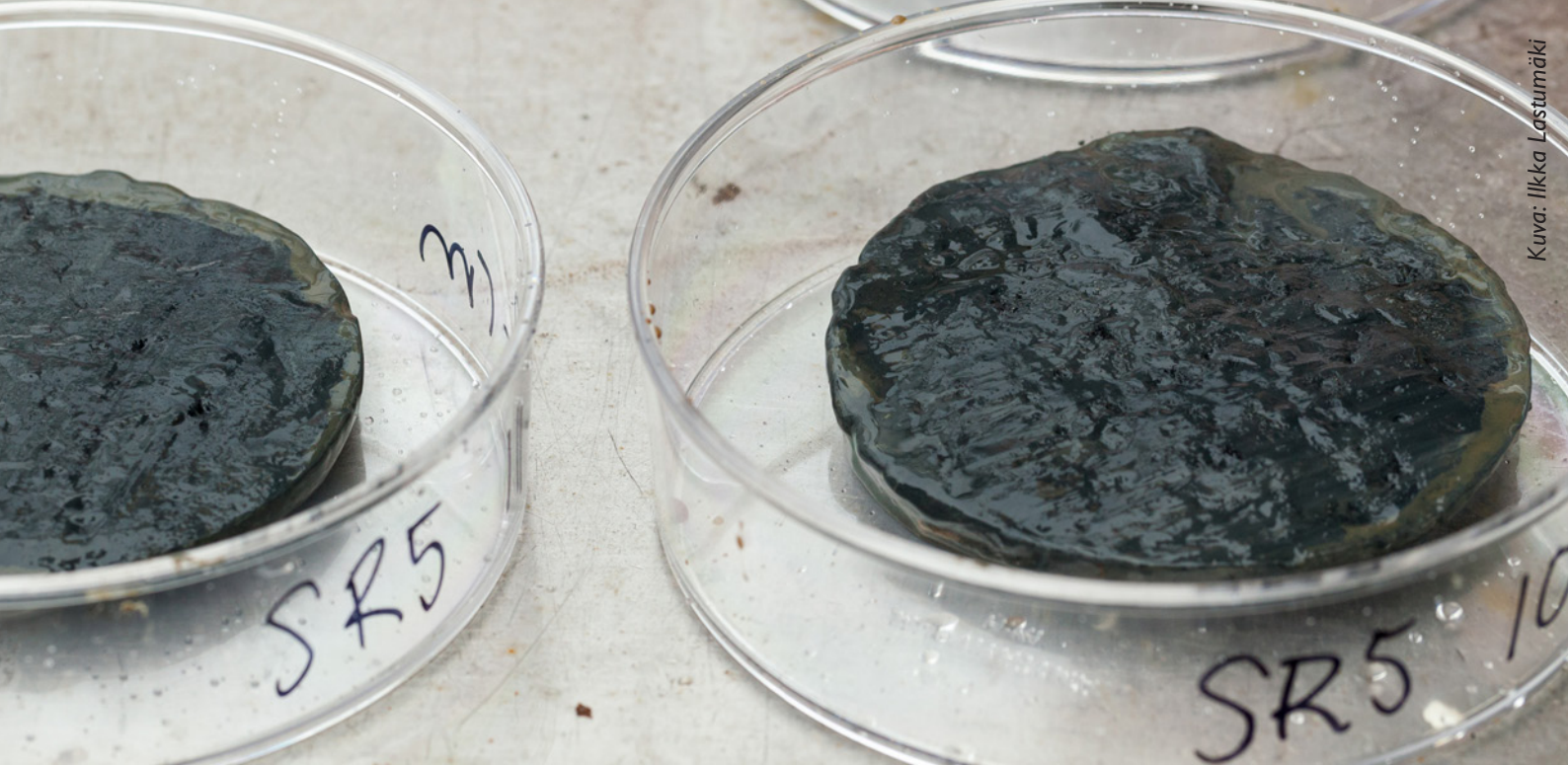
2.1.11

Rannikon makrofytyti- ja sinisimpukkayhteisöt

Samuli Korpinen

Rannikon makrofytyttiseuranta tehdään seurantaohjeistuksen mukaisesti 75 rakkohaurupaikalla ja 24 makrofytyti- ja sinisimpukkalinjalla. Seuranta palvelee ensisijaisesti vesien- ja merenhoidon tilaluokittelua. Tällä hetkellä seuranta kohdistuu kalliorannoille makrolevävyöhykkeeseen ja sisältää myös paikoittain kovien pohjien eläimistön (sinisimpukoiden) seurannan. Makrofytyttiseurannan aineistoille ei ole HERTTA-järjestelmässä omaa tietokantaa. Aineistot tullaan tallentamaan Metsähallituksen ylläpitämään LajiGIS-tietokantaan.

Seurannan kehittämisen tärkein tavoite on pehmeiden pohjien kasvillisuuden sisällyttäminen ohjelmaan vuodesta 2020 alkaen (Taulukko 10). Menetelmäkehityk-



Viipaleita putkinoutimella otetusta Selkämeren pohjasedimenttinäytteestä.

sessä tavoitteena on kaukokartoituksen käyttöönotto matalan veden kasvillisuuden seurannassa niin, että menetelmä olisi operatiivisessa käytössä vuonna 2026. Lisäksi kehitetään epäsuoria menetelmiä, joiden avulla ihmistoiminnasta aiheutuvat vaikutukset voidaan kytkeä kasvillisuudessa havaittuihin muutoksiin.

Rakkohaurun selkärangattoman eläimistön seuranta on ehdotettu pienimuotoiseksi lisäykseksi kovien pohjien seurantaan. Tämä tuo lisäresurssin tarvetta ELY-keskuksille vuodesta 2021 lähtien.

Pehmeiden pohjien kasvillisuuden seuranta tulee lisäämään seuranta toteuttavien ELY-keskusten tai Metsähallituksen Luontopalveluiden resurssitarvetta vuodesta 2021 lähtien. Satelliittipohjainen vesikasvikartoitus voisi olla menetelmäpalveluna kaupallinen sovellutus.

Toistaiseksi makrolevä- ja sinisimpukkayhteisöjen seurantaan kuuluvien rihma- maisten levien ja sinisimpukoiden tuloksia ei ole käytetty raportoinneissa. Sinisimpukka-aineistosta on kuitenkin kehitteillä kovien pohjien tilan indikaattori merenhoitoon.

2.1.12

Haitallisten aineiden seuranta

Harri Kankaanpää, Kari Lehtonen, Jaakko Mannio

Meriympäristön kannalta tärkeimpinä pidettyjä haitallisia aineita, niiden pitkäaikaismuutoksia ja vaikutuksia avomerellä ja rannikolla seurataan SYKEssä merikeskuksen ja kulutuksen ja tuotannon keskuksen hankkeissa. Näytteitä kerätään vuosittain kaloista, planktonista, vedestä ja sedimentistä. Eri aineiden seurantafrekvenssi määritellään aineryhmittäin. Tulokset tallennetaan HERTTA-järjestelmän KERTY- ja VESLA-tietokantoihin ja raportoidaan HELCOMille (ICESin tietokanta). Toistaiseksi raportointi on tehty vuoteen 2018 asti. Tuloksia käytetään mm. vesien- ja merenhoidon yhteyksissä, HELCOMin ja Suomen merialueiden tila-arvioissa sekä SYKEN tuottamissa raporteissa.

Avomeri- ja rannikkovesialueiden haitallisten aineiden seurantasuunnitelma vuosiksi 2019–2021 on esitetty tuoreessa raportissa Haitalliset aineet Suomen vesissä – Tilanne ja seurannan suuntaviivat (Siimes 2019). Raportti sisältää vesien- ja meren-

Taulukko II. Haitallisten aineiden seurannan kehittäminen.

Seuranta	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Haitalliset aineet	Seurantakohteiden päivitys ja aikataulusuunnitelma vuosille 2020–2026. Seurantasuunnitelma vuosille 2020-2022	Uudistettu haitallisten aineiden seurantaohjelma on valmis ja sen toteutus alkaa. VPD:n ja MSFD:n ainelistan mahdollisten muutosten huomioiminen seurannassa on tehty	
		Mitataan pilottina v. 2020 kerätyistä näytteistä kloorattuja naftaleeneja ja parafiineja. Päätetään näiden yhdisteiden pysyvän seurannan tarve	
		SYKE:n, YM:n ja muiden laitosten resurssien kohdennus haitallisten aineiden seurantaan on neuvoteltu ja on riittävä	
		Pysyvien ja kertyvien aineiden sedimenttiprofiilien mittaukset (historialliset trendit)	
	Kaikien KERTY:n viedyn aineiston siirtäminen kv-tietokantoihin käynnissä	KERTY:ssä olevan aiemman aineiston siirtäminen kansainvälisiin tietokantoihin on valmis.	
	Mitataan pilottina lääkeaineita.		
	Integroidun kemiallis-biologisen rannikkoseurannan (kudospitoisuuksien, passiivikeräimien ja biomarkkerien käyttö häkityksessä sinisimpukoissa) arvioinnin aloitus	Integroitu kemiallis-biologinen rannikkoseuranta sinisimpukoissa (liitettynä Arandan seurantamatkoihin) arvioitu	Integroitu kemiallis-biologinen rannikkoseuranta sinisimpukoissa (liitettynä Arandan seurantamatkoihin) arvioitu ja otetaan resurssien salliessa käyttöön (2022 mennessä)
		Passiivikeräinten käyttömahdollisuuksien arvioinnin aloitus	Passiivikeräimet on testattu ja otettu käyttöön, mikäli ne on todettu käyttökelpoisiksi ja kustannustehokkaiksi
		Öljysensorin asentamista Helsingin edustalle on selvitetty	
		Aloitettu uuden sukupolven öljysensorien käyttökelpoisuus selvitys. Selvitys sisältää nykyarvion öljysensorteknikan soveltuvuudesta seurantatyöhön ja suunnitelmat koskien uusia öljysensorien testejä ja koekäyttöä Arandalla ja AUV-laitteissa (gliderit)	Öljysensorit ovat rutiinikäytössä seurantatyössä, mikäli a.o. sensorien käyttökelpoisuus on todettu hyväksi. Muiden haitallisten aineiden seurantaan soveltuvien sensorien käyttökelpoisuutta on tarkasteltu (gliderit)
		Aloitettu tarkastelu koskien Alg@line-läpivirtausnäytteenoton, maa-aseman (Utö) ja meriankkuroinnin (FIRI-pohjalaskeutuja) tarjoamien näytteenottomahdollisuuksien hyödyntämistä haitallisten aineiden seurannassa vedestä ja planktonista	Alg@line-, maa-asema- ja vedenalaisasemat ovat käytössä näytteenotossa soveltuvien osin
		Ryhdytään selvittämään drooni- ja satelliittitekniikoiden ja -aineistojen hyödyntämistä öljyseurannassa	Satelliitti- ja droonitekniikoita hyödynnetään tukikeinona öljyseurannassa rutiininomaisesti, mikäli menettely on todettu hyödylliseksi
		Integroitua kemiallis-biologista seuranta kaloissa (ahven ja silakka) on arvioitu aikaisempien näytteiden kautta (2021 mennessä)	Integroitu kemiallis-biologinen seuranta kaloissa (ahven ja silakka) on käytössä
		Uusien vaikutusindikaattoreiden testaus käynnistetty (ulkopuolinen tutkimusrahoitus) (2021 mennessä)	Integroitua kemiallis-biologista rannikkoseuranta on kehitetty (uusien aineiden, matriiseja ja vaikutusindikaattoreita testattu, uudet arviontiprotokollat (WoE, expert systems))

Taulukko 12. Meriroskaseurannan kehittäminen.

Seuranta	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Meriroskat	Rantaroskaseurannan metodit on harmonisoitu muiden HELCOM-maiden kanssa	Rantaroskan seurannan toteutus vakiintunut	
	Mikroroskaseurannan tarvitsemat analyysimenetelmät ajettu sisään ja operatiivisia 2019 loppuun mennessä	Veden pinnan ja merenpohjan mikroroskan seurannan käynnistäminen	Veden pinnan ja merenpohjan mikroroskan seurannan toteutus vakiintunut
	Mahdollinen tarve mikroroskan erilliselle rannikkoseurannalle päästölähteiden lähistöllä selvitetään		

hoidon velvoitteet täyttävän haitallisten ja vaarallisten aineiden seurantaehdotuksen sisä- ja rannikkovesille sekä avomerelle. Rannikkovesien ja avomeren haitallisten aineiden seuranta ehdotetaan jatkuvarahoitteiseksi ja tehostettavaksi.

Haitallisten aineiden seurannan suurin ongelma on ollut pysyvän ja riittävän rahoituksen järjestyminen seurannan edellyttämään analytiikkaan. Tilanne parani YM:n myöntäessä määräaikaisen rahoituksen vuonna 2016 alkaneelle vesien- ja merenhoidon ”Uudet prioriteettiaineet” (UuPri) -hankkeelle (Siimes 2019). Rannikkoalueella toteutetaan sekä vesipuite- että meristrategiadirektiivien mukaisia, VN-asetuksissa kuvattuja seurantoja yhdessä alueellisten toimijoiden kanssa. On tärkeää, että haitallisten aineiden seurannan kustannusten jako SYKEN, YM:n ja muiden laitosten kanssa sovittaisiin jatkuvaksi (Taulukko 11). Niin ikään on tärkeää tarkentaa SYKEN henkilöstöresurssien kohdennusta haitallisten aineiden seurantaan.

Haitallisten aineiden seurannan uusina tarpeina ovat esille nousseet mm. klooratut parafiinit ja naftaleenit (arvioitava niiden seurantarve) ja pilotoinnin perusteella myös lääkeaineet (Taulukko 11).

Avomeren haitallisten aineiden seurannan asemaverkko noudattaa kavennetusti Itämeren hydrografian ja kasviplanktonin seurantaverkosta ja kalojen osalta Luonnonvarakeskuksen (Luke) kalaseurannan kalastusalueita. Tärkeimpiä lähivuosien kehittämiskohteita on testata automaattisen näytteenoton ja mittaamisen soveltuvuutta, hyödyntäen olemassa olevaa infrastruktuuria Ferrybox-läpivirtaustekniikoilla lähinnä Alg@line -seurannassa ja Utön merentutkimusasemalla (Taulukko 11). Lisäksi selvitetään passiivikeräinten ja uusien biomarkkerien käyttöä sekä kartoitetaan uusien, paremmin seurantaan sopivien öljysensorimallien ja niiden tukijärjestelmien käyttökelpoisuutta. Satelliitti- ja drooniaineistojen hyödyntämisestä öljyseurannassa selvitetään. Uusien menetelmien testaus edellyttää YM:n lisäksi muita ulkopuolisia rahoituslähteitä. Testausten perusteella rutiinikäyttöön soveltuvat uudet menetelmät otetaan käyttöön vuoteen 2026 mennessä.

Seuranta-aineistojen HELCOM/ICES-raportointi on saatettu ajan tasalle vuonna 2020.

2.1.13

Meriroskaseuranta

Outi Setälä, Sanna Suikkanen

Rantaroskan (> 2,5 cm) määrää ja laatua on seurattu rannoilla kansalaishavainnointina ja mikroskooppisen roskan (< 5 mm) määrää ja laatua meren pohjan sedimentistä ja veden pinnalta pilottiluonteisesti Arandan Combine-matkojen yhteydessä.

Avomeren mikroroskien seurannan asemaverkosto on tarkistettu osana Combine-avomeriseurannan harmonisointia. Seuranta- ja analyysimenetelmiä on ajettu sisään vuosien 2018–2019 aikana. Menetelmät harmonisoidaan muiden HELCOM-maiden kanssa. Sekä rantaroskan että vesipatsaan mikroroskan seurantojen toteutus vakiin-



Alg@line -seuranta: Finnmaid -alukselle asennetut automatisoidut laitteistot tekevät mittauksia ja ottavat vesinäytteitä Helsingin ja Travemunden välisellä linjalla.

nutetaan vuonna 2020 ennen merenhoidon seurantaohjelman uuden kauden alkua (Taulukko 12).

Rantaroskien seuranta tapahtuu Pidä saaristo siistinä (PSS) ry:n koordinoimana. PSS ry on esittänyt, että motivaation lisäämiseksi seurannasta maksettaisiin pieni palkkio seurantaa käytännössä hoitavalle organisaatiolle, esim. koululuokalle.

2.2

Automaatio

2.2.1

Alg@line – Itämeren tosiaikainen leväseuranta

Seppo Kaitala, Jukka Seppälä

Kauppalaivoilla automatisoidun läpivirtausjärjestelmän avulla toteutettu Alg@line-seuranta tuottaa reaaliaikaisia havaintoja mm. meren pintakerroksen lämpötilasta, suolaisuudesta, sameudesta, a-klorofyllin pitoisuudesta sekä sinilevien määrästä. SYKEN ylläpitämät Alg@line-linjat ovat reiteillä Helsinki-Travemünde (MS Finnmaid) ja Helsinki-Tukholma (MS Silja Serenade) (<https://www.finmari-infrastructure.fi/ferrybox/>). Automaattisten mittausantureiden havaintojen lisäksi järjestelmien automaattisilla näyttienottimilla otetaan säännöllisesti vesinäytteitä, joista analysoidaan SYKEN merikeskuksen laboratoriossa ravinteet, sameus ja a-klorofylli.

Havaintoja käytetään lähes reaaliaikaiseen tiedotukseen meriympäristön tilasta (Itämeri.fi, ymparisto.fi, Järvi-meriwiki), levätiedotteiden ja -ennusteiden laadintaan sekä meriympäristön tilan arviointeihin. Mittauksia käytetään myös satelliittihavaintojen kalibrointiin ja validointiin sekä SYKEN meriympäristön tilan kaukokartoituksessa että kansainvälisessä yhteistyössä (EU/ Copernicus Marine Monitoring Service).

Taulukko 13. Alg@line –seurannan kehittäminen.

Seuranta/ kehittämis- hanke	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Alg@line	Suunnitelma Alg@line-aineistojen tietojärjestelmän ("ALGABASE2") toteuttamiseksi SYKEN tiedonhallinta-arkkitehtuuriin	Käynnistetään hanke Alg@line-aineistojen tietojärjestelmän ("ALGABASE2") toteuttamiseksi SYKEN tiedonhallinta-arkkitehtuuriin	Alg@line aineistot ovat helposti saatavissa
	Suunnitelma Itämeren kaikkien kauppalaivamittaustoimintojen harmonisoinnista	Aloitetaan JERICO-S3 EU -hankkeessa SYKEN, IOW:n (Saksa) ja Tallinnan teknisen yliopiston (Viro) kauppalaivatoimintojen harmonisointi	Itämeren kauppalaivamittaukset on yhdenmukaistettu ja mittatiedot ovat helposti yhdistettävissä
	ODV (Ocean Data View) -ohjelmiston testaus ja käyttöönotto tulosten graafisessa kuvaamisessa	Tulosten kuvaaminen ODV:llä operatiivisessa käytössä	
	Havaintojen vieni EU:n EMODnet-dataportaaliin automatisoidaan	Automatisointi pääosin toteutettu	Alg@line oleellinen osa EMODnet-verkoston
		Automaattinen ravinteiden (nitraatti, fosfaatti) seuranta ja haitallisten aineiden näytteenotto/seuranta kokeiluvaiheessa	Automaattinen ravinteiden seuranta ja mahdollisten haitallisten aineiden näytteenotto/seuranta rutiinikäytössä
	Kasviplanktonlajistoa kuvantavien menetelmien koekäyttö	Suunnitelma, miten kuvantavia laitteita voidaan käyttää osana kauppalaivamittauksia	Kasviplanktonia kuvantavat laitteet käytössä kauppalaivoilla
	Tulosten esittäminen verkossa (Itämeri.fi -kehitystyö)	Tulokset havainnollisesti saatavilla Itämeri.fi -palvelun kautta	

Alg@linen eri aineistot eivät tällä hetkellä ole saatavilla yhden käyttöliittymän kautta. Finnmaid -laivan läpivirtaushavainnot (suolapitoisuus, lämpötila, a-klorofyllin fluoresenssi, fykosityaniinin fluoresenssi, CDOM (värillinen liuennut orgaaninen aines) -fluoresenssi ja sameus tallennetaan SYKEN ALGABASE--tietokantaan. Muiden Alg@line-järjestelmän kauppalaivojen havainnot on tallennettu SYKEN verkkolevylle samoin kuin tulokset kauppalaivoilla automaattisesti kerättävistä ja maissa analysoitavista vesinäyteanalyysistä (ravinteet, klorofylli, sameus).

Vesinäytetiedot (ravinteet, a-klorofylli) toimitetaan seuraaviin kansainvälisiin tietokantoihin: ICES/ Baltic Sea Monitoring data (HELCOM) ja EMODnet Chemistry data portal, <http://www.emodnet.eu/chemistry>. Läpivirtaushavainnot ovat saatavilla EU:n Copernicus-palvelun kautta: <http://marine.copernicus.eu/>.

Järjestelmän tuottaman suuren aineistomäärän hallinta ja helppo saatavuus pyritään saamaan osaksi SYKEN tiedonhallinta-arkkitehtuuria (Taulukko 13). Myös aineiston visualisoinnin kehittäminen on ollut tärkeä kehittämistavoite. Tämä on toteutettu osana kansallista Meritietoportaali-hanketta (Itämeri.fi).

Seurantajärjestelmää kehitetään selvittämällä uusien epäorgaanisia ravinteita ja haitallisia aineita (öljy) mittaavien antureiden käyttökelpoisuutta. Lisäksi selvitetään kasvi- ja eläinplanktonia valokuvaavien ja solumääriä laskevien virtaussytometri-laitteiden soveltuvuutta kauppalaivamittauksiin.

2.2.2

FINMARI, uusien reaaliaikaisten mittausten menetelmien kehitystyö, testaus ja käyttöönotto

Timo Tamminen

Suomen merentutkimuksen infrastruktuurin kehittämisen ja yhteisen käytön FINMARI-yhteistyössä (Finnish Marine Research Infrastructure, <http://www.finmari-infrastructure.fi/>) SYKEN merikeskus koordinoi konsortion toimintaa ja vastaa

Taulukko 14. Reaaliaikaisten mittausmenetelmien kehittäminen FINMARI-konsortiossa.

Seuranta/ kehittämis- hanke	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
FINMARI	Intensiivisten mittausaineistojen tuotanto käynnistetty ja aineistoja saatavilla verkossa		
	Alg@line -laitteistojen päivitys	Alg@line -laitteistojen päivitys	
	Kansallisen automaattisen seurantaverkoston kehittäminen rannikkovesiin ja avomerelle osana JatkuvaLaatu -hanketta	Kansallisen automaattisen seurantaverkoston toteutus rannikkovesiin ja avomerelle aloitetaan	Kansallisen automaattisen seurantaverkoston kehitystyötä jatketaan
	Uusien reaaliaikaisten mittaustekniikoiden (mm. fluoresenssiin ja kuvankäsittelyyn perustuvat) testaus	Uudet mittaustekniikat (mm. fluoresenssiin ja kuvankäsittelyyn perustuvat) rutiinikäytössä	
	Uusien autonomisten mittausalustojen ja -järjestelmien kehitystyö	Uusien autonomisten mittausalustojen ja -järjestelmien pilotointi eurooppalaisessa yhteistyössä	Uusien autonomisten mittausalustojen ja -järjestelmien integrointi rannikkomeren seurantajärjestelmiin Euroopan mittakaavassa

meren biologista toimintaa kuvaavien uusien, reaaliaikaisten mittalaitteistojen käyttöönotosta. Laitteistojen tutkimus- ja kehitystyö tapahtuu merikeskuksen merentutkimuslaboratoriossa ja niiden pääasialliset testaukset tehdään Utön ilmakehän- ja merentutkimusasemalla ja Itämerellä liikkuvien Alg@line-linjojen kauppalaivoilla. Toimintaan kuuluu oleellisena osana uusien autonomisten mittausalustojen (profiloivat poijut, pohjamittausasemat ja liikkuvat alustat, ml. glider-liitimet ja argo-pojut) kehitystyö ja testaus yhteistyössä konsortio partnereiden kanssa. FINMARI-konsortioon kuuluvat SYKEN lisäksi Ilmatieteen laitos, Geologian tutkimuskeskus, Luonnonvarakeskus (Luke), Helsingin ja Turun yliopistot, Åbo Akademi sekä valtion jäänmurtotoiminnasta vastaava Arctia Shipping Oy. FINMARI:n kehitystyö tapahtuu oleellisilta osin eurooppalaisten tutkimusverkostojen (JERICO, AQUACOSM, SeaDataCloud, European Marine Biological Resource Centre) aktiivisena osana, erityisesti Horizon2020-ohjelman infrastruktuurihankkeiden kautta. FINMARI:n toinen rakennusvaihe ajoittui vuosiin 2017–2019 (ensimmäinen rakennusvaihe 2014–2016). Käynnistysvaihe ajoittuu vuosijaksolle 2020–2024. FINMARI on kansallisella tutkimusinfrastruktuuritiekartalla 2014–2020. Hakuprosessi vuosien 2021–2024 kansalliselle infrastruktuuritiekartalle on käynnissä.

Seurantojen kehittämisen kannalta keskeistä on erityisesti Utön tutkimusaseman uusien automaattisten, jatkuvatoimisten laitteistokokonaisuuksien (mm. bio-optiset ja kuvantavat menetelmät, hiilidioksidin vaihto meren ja ilmakehän välillä) verifiointi seurantakäyttöön (Taulukko 14). Työ hyödyttää meren hydrografian, rehevöitymisen, luonnon monimuotoisuuden, ilmastonmuutoksen ja meriympäristön epäpuhtauksien seurantaa. Tärkeä kehittämiskohde on myös Alg@line-linjojen mittauslaitteistojen päivitys testaustulosten pohjalta. Työn puitteissa osallistuttiin JatkuvaLaatu -hankkeeseen, jossa tehtiin ehdotus kansallisen automaattisen vedenlaadun seurannan asemaverkon kehittämiseksi sisävesi- ja merialueille (Lepistö ym. 2018). Tärkeä tiheävälisen aineistojen käyttökohde on alueellisesti ja ajallisesti intensiivisten aineistojen integrointi meriympäristön tilan vaihteluiden selvittämiseksi sekä kaukokartoitustuotteiden ja mallinnustyökalujen kalibrointi ja validointi.

2.2.3

Rannikkovesien laadun automaattinen mittaaminen ei-profiloivilla poijuilla

Kari Kallio, Jukka Seppälä

Poijut, joissa on muutamalla kiinteällä syvyydellä mittaavia antureita, sopivat erityisesti rannikkovesialueille. Tällöin pääasiallinen kiinnostus vedenlaadun vaihteluun liittyy pintakerroksen laatuun ja dynamiikkaan sekä mahdollisesti pohjan läheiseen veden laatuun kuten happipitoisuuteen. Tähän tarkoitukseen on olemassa erilaisia poijuja kevyistä helposti siirrettävistä ratkaisuksista järeämpiin poijuihin. Eri tyyppisiä ei-profiloivia poijuja on testattu Suomenkin rannikolla. SYKE mm. osallistui vuosina 2012–2015 Meritaito Oy:n vetämään kehittämishankkeeseen, jossa testattiin Älyviittojen soveltuvuutta rannikkovesien pintakerroksen vedenlaadun jatkuvatoimiseen mittaukseen (Kallio ym. 2015). Meritaito Oy:n ja Luode Consulting Oy:n kehittämässä Älyviitassa mittaussensorit on asennettu merenkulkuviittaan. Hankkeessa mitattiin veden lämpötilaa, suolaisuutta, sameutta sekä klorofylli- ja fykosyaanifluoresenssia. Meritaidon alkuperäisenä suunnitelma oli perustaa Suomenlahden rannikolle älyviittaverkosto, joka mittaisi vedenlaadun ohella myös veden korkeutta ja virtauksia. Hankkeen lopussa ei kuitenkaan erilaisilla merellä toimivilla laitoksilla löytynyt riittävän laajaa kiinnostusta verkoston perustamiseksi.

JatkuvaLaatu -hankkeessa (Lepistö et al. 2018) ehdotettiin ei -profiloivien poijujen asentamista aluksi Kokemäenjoen ja Vantaanjoen edustoille. Nämä kohteet olisivat osa ns. ympäristöobservatorioita, joissa samalla vesistöalueella mittausasemia ketjutetaan valituissa kohteissa siten, että ne sisältävät järviä ja jokia valuma-alueineen sekä rannikkovedet jokien edustoilla. Poijut sijaitsisivat jokivesien vaikutusalueella ja lisäksi kauempana merialueella, varsinaisen vaikutusalueen ulkopuolella olisi erillinen referenssipoiju.

2.2.4

Jokien vedenlaadun ja ravinnekuormituksen jatkuvatoiminen mittaaminen

Ahti Lepistö, Sirkka Tattari

Ympäristön tilan seurannan strategian (2011) eräänä keskeisenä toimenpiteenä nostettiin uusien, kustannustehokkaiden seurantamenetelmien kehittäminen, testaus ja käyttöönotto. Menetelmäkehityksen yhdeksi painopisteeksi nousi automaattisten vedenlaadun mittausasemien käyttömahdollisuuksien tarkastelu. SYKEN ja ELY-keskusten kanssa on toteutettu pilottihankkeita ympäristöministeriön OHKE-rahoituksen turvin. Eräissä kehittämishankkeista (Tattari ym. 2015) on selvitetty jatkuvatoimisten vedenlaatumittausten etuja suhteessa perinteisiin vesinäytteisiin tarkastelemalla automaattisen mittauksen ja manuaalisen näytteenoton osuvuutta maatalouden kuormittamisissa Varsinais-Suomen joissa (ks. Vesimittari, (<http://wwwi2.ymparisto.fi/i2/vesimittari>) eri vedenlaatu- ja virtaamatilanteissa. Lisäksi tutkittiin havaintojen määrän, ajoituksen ja muuntoyhtälön vaikutusta virtavesien ainevirtaama-arvioihin. Hankkeen tulokset palvelevat mm. mereen kulkeutuvien ravinne-määrien seurantaa ja kuormitusmallien kehitystyötä.

Jatkuvatoimisten vedenlaatumittausten tuottaman aineiston etuna perinteisiin vesinäytteisiin verrattuna on se, ettei ainevirtaaman laskentamenetelmää tarvitse valita, jolloin välttyään laskentamenetelmään liittyvältä lisäepävarmuudelta. Kaikkia tarvittavia muuttujia ei voida mitata automaattisesti suoraan, mutta pääravinteiden kuormitus voidaan yleensä arvioida apumuuttujien avulla ja orgaanisen hiilen kuormitus voidaan mitata.

Taulukko 15. Jokien jatkuvatoimisen vedenlaadun mittaamisen kehittäminen.

Seuranta/kehittämishanke	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Jokien automaattinen seuranta	Kansallisen seurantaverkon suunnittelu osana YM-rahoitteista JatkuvaLaatu-hanketta (Lepistö ym. 2018)	Seurataan uusien menetelmien kehitystä ja edistetään tiedonvaihtoa osana Pro-Situ-hanketta	Tavoitteena toteuttaa jatkuva vedenlaadun ja ravinnekuormituksen seurantaverkko kaikissa tärkeimmissä mereen laskevissa joissa. Lisäksi mittausketjuja vesistöalueilla (Lepistö ym. 2018)
	Jatkuvatoimisen vedenlaatumittauksen laatukäsikirja (Tattari ym. 2019)		
	Ainevirtaamatulokset saatavilla verkossa Lounais-Suomen alueella kts.Vesimittari (http://www.i2.ymparisto.fi/i2/vesimittari)		Laajennetaan Vesimittari web-käyttöliittymää valtakunnalliseksi, ja kehitetään vastaavasti tietokantatyötä

JatkuvaLaatu-hankkeessa laadittiin sisävesi- ja merialueet kattava automaattiseurannan kehittämisen tiekartta ja suunnitelma kansalliseksi automaattisen vedenlaadun seurannan asemaverkoksi (Lepistö ym. 2018, Taulukko 15). Hanke ehdottaa ainevirtaama-asemien perustamista tärkeiden vesistöalueiden jokisuistoihin, mittausketjuja vesistöalueille, sekä automaattisia mittauspoijuja valittuihin järvi- ja rannikkovesiin. Lisäksi hankkeessa koottiin laatukäsikirja (Tattari ym. 2019), jonka avulla on tarkoitus parantaa ja yhtenäistää mittausten laatua mittaustoiminnan kaikissa vaiheissa. Laatutyö käsittää toimivan ketjun, joka koostuu vesiympäristöön sopivan laitteen valinnasta, validoinnista, asennuksesta, huollosta, kalibroinnista, laboratorioanalyseistä sekä ammattitaitoisesta mittaustietokantojen laadunvarmistuksesta.

2.2.5

Hahmontunnistusmenetelmät, pigmenttianalyysi ja DNA-sekvensointi eliöryhmien lajikoostumuksen ja haitallisten lajien seurannassa

Jukka Seppälä, Sanna Suikkanen, Anke Kremp^{)}, Maiju Lehtiniemi, Kristian Spilling, Laura Uusitalo*

^{*)} nykyinen osoite: Leibniz Institute for Baltic Sea Research Warnemünde, Saksa

Planktonin lajintunnistusta helpottamaan ja nopeuttamaan on kehitetty useita automatisoituja menetelmiä, joiden käyttöä SYKE:ssä kokeillaan ja kehitetään (Taulukko 16).

Virtaussytometreillä voidaan nesteessä olevia soluja laskea ja ryhmitellä niiden optisten ominaisuuksia mukaan (koko, rakenne, pigmentit). Planktonitutkimuksiin on kehitetty myös soluja valokuvaavia virtaussytometrejä. Isompien organismien, kuten eläinplanktonin, kuvaaminen virtaussytometreillä on teknisesti haastavaa ja niiden kuvantaminen tapahtuu yleensä joko skannaamalla otettuja haavinäytteitä tai kuvaamalla suoraan vedessä tarkoitusta varten kehitetyillä erikoiskameroilla. Yhdistettynä hahmontunnistukseen ja koneoppimiseen kuva-aineistojen avulla voidaan saada lähes reaaliaikaista tilannekuvaa planktoniyhteisön kehityksestä. Osa laitteista on kehitetty jatkuvatoimiseen mittaukseen osana läpivirtauslaitteistoja tai mittauspoijuja.

Taulukko 16. Automatisoitujen planktonin lajintunnistusmenetelmien kehittäminen.

Seuranta/ kehittämishanke	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Eliöryhmien ja lajien hahmontunnistus: pigmenttianalyysit, geneettiset menetelmät	FlowCytobot-laitteisto operatiivisessa käytössä tutkimushankkeissa, ja luokittelualgoritmien kehitystyö	FlowCytobot-laitteiston luokittelualgoritmien kehitystyö	FlowCytobotin luokittelualgoritmit operatiivisessa käytössä
	CytoSense-laitteen hankinnan suunnittelu	CytoSense-laitteen testaus ja käyttö tutkimushankkeissa	CytoSense-laite operatiivisessa käytössä, huomioiden etenkin pienikokoisen kasviplanktonin laskenta ja ryhmittely
	Eläinplanktonin automaattista tunnistamista (Zoolmage) pilotoitu. Lisst Holo2 -laitteen testaus	Eläinplanktonkuvantamislaitteistojen testaaminen jatkuu	Käytössä operatiivinen menetelmä eläinplanktonin in situ -kuvantamiseen
	Optiset pigmenttimittausmenetelmät osin operatiivisessa käytössä, osin testausvaiheessa	Optisten mittausten aineistojen laadunvarmennuksen kehitystyötä	Uusia operatiivisia ja edullisia optisia mittausten menetelmiä käytössä
	HTS testausvaiheessa	HTS testausvaiheessa	HTS käytössä täydentävänä seurantatyökaluna

FlowCam on vesinäytteen mikroskooppisia hiukkasia kuvaava laite, jolla on mahdollista analysoida yli 10 µm:n kokoinen kasvi- ja eläinplankton. Laite on ollut käytössä vuodesta 2008 lähinnä kokeellisessa laboratoriotyössä kasviplanktonnäytteen laskennassa ja sitä on käytetty myös tutkimusalus Arandalla. Laitteen kuvista voidaan tunnistaa suurikokoiset kasviplanktonin valtalajit ja se voi osaltaan vähentää perinteisen mikroskopointityön määrää. Laitetta käytetään runsaasti eri tutkimushankkeissa, mutta se ei toistaiseksi ole operatiivisessa käytössä kasvi- ja eläinplanktonseurannassa. SYKE:ssä oleva laite ei sovellu automaattiseen mittaukseen, ja näytteen analysointi vaatii, että käyttäjä vaihtaa mitattavan näytteen n. 10–60 minuutin välein.

Imaging FlowCytobot -laite valokuvaa n. 10–150 µm:n kokoista kasviplanktonia. Erona FlowCamiin on, että FlowCytobot käyttää vaipanestettä, jonka avulla näytteen hiukkaset fokusoidaan kameran ohittavan vesivanan keskiosaan. Tämä parantaa merkittävästi kuvien laatua ja siten kasviplanktonilajien tunnistamista. SYKE:n merikeskus on hankkinut laitteen vuonna 2016 ja sitä on käytetty Utön merentutkimusasemalla sekä kokeellisissa tutkimuksissa mm. merikeskuksen laboratoriossa. Laitteen ottamien kuvien tunnistus- ja luokittelualgoritmeja kehitetään FASTVISION-hankkeessa (2019–2021) yhteistyössä Lappeenrannan teknillisen yliopiston kanssa. Laite on etäohjattava ja toimii pitkiä aikoja (kuukausia) itsenäisesti ja on siten kykenevä operatiiviseen käyttöön. Arvioidaan, että useiden leväryhmien osalta luokittelualgoritmit ovat operatiivisessa käytössä vuoteen 2021 mennessä (Taulukko 16).

CytoSense-virtaussytometri on Imaging FlowCytobotin tapaan suunniteltu erityisesti planktonnäytteen analysointiin. SYKE on hankkinut laitteen vuonna 2020 (Taulukko 16). Laite eroaa muista planktonnäytteitä mittaavista virtaussytometreistä siinä, että sen avulla voidaan mitata yksittäisten leväsolujen pigmenttifluoresenssin profiileja solun sisällä. Näin voidaan saada tietoa esim. viherhiukkasten koosta, lukumäärästä ja sijainnista soluissa, sekä hyödyntää tätä tietoa luokiteltaessa soluja taksonomisiin ryhmiin. Erityisen hyödyllinen tämä ominaisuus on selvitettäessä pienten, ja usein erityisen runsaina esiintyvien, alle 10 µm:n (ja jopa alle 2 µm:n)

kokoisten solujen luokittelua. Euroopassa on useita CytoSense-virtausytometrejä operatiivisessa käytössä tutkimusaluksilla, kauppalaivoilla ja poijuissa. CytoSense-laitteita käyttävät tutkijat ovat hyvin verkostoituneita ja ensimmäisiä yrityksiä mitausdatan harmonisoimiseksi on tehty osana SeaDataCloud-hanketta.

Zoimage -menetelmä on automatisoituun kuvantunnistukseen perustuva las-kentamenetelmä eläinplanktonnäytteille. Menetelmän tarkoitus on täydentää mikroskopoimalla tehtäviä analyysyjä. Pilottitutkimus aiheesta on valmis (Uusitalo ym. 2016, Taulukko 16). Menetelmän kehitystyötä pitäisi kuitenkin vielä jatkaa, jotta se saataisiin operationaaliseen käyttöön SYKEssä. Automatisoitu menetelmä sopisi tuottamaan tietoa eräisiin merenhoidon indikaattoreihin ja se hyödyttäisi eläinplanktonseuranta sekä avomerellä että rannikovesissä. Siitä olisi potentiaalisesti hyötyä myös esim. kalanpoikasten kasvuolosuhteiden laadun määrittämisessä. Toista, holografisiin menetelmiin perustuvaa eläinplanktonin kuvantamislaitetta, Lisst Holo2, on testattu SYKEssä vuodesta 2018. Se toimii parhaiten 25–2500 µm:n kokoisille eliöille, mutta kuvien käsittely on edelleen vaikeaa. Myös muita eläinplanktonia kuvaavia menetelmiä on suunniteltu testattavaksi lähiaikoina.

Menetelmät voivat vähentää eläinplanktonseurannan laajentamisesta johtuvaa perinteisen mikroskopoinnin lisästarvetta. SYKEN avomeren seuranta-asemien (ns. HELCOM/Combine-asetat) näytteet tulee kuitenkin edelleen mikroskopoida. Arviolta vuoteen 2026 mennessä menetelmien tunnistusalgoritmit ovat parantuneet siinä määrin, että automaattisessa tunnistuksessa päästään lähelle lajitasoa.

Optisilla spektraalisilla tai selektiivisillä menetelmillä voidaan selvittää tiettyjen pigmenttien esiintymistä ja siten arvioida kasviplanktonyhteisön rakennetta ja biomassan määrää. Käytettävät anturit perustuvat joko pigmenttien absorbanssin tai fluoresenssin mittaamiseen. Yhden aallonpituuden mittaamiseen perustuvien laitteiden tulosten tulkintaa vaikeuttavat epävarmuus signaalin taustatason vaihteluista ja anturin likaantumisesta johtuva mittausvirhe. Kun nämä huomioidaan laitteiden säännöllisen kalibroinnin ja huollon avulla, voidaan esimerkiksi fykosyaniinin fluoresenssin määrän avulla melko luotettavasti seurata sinileväkukintojen dynamiikkaa. Spektraalisten laitteiden taksonominen erottelukyky on melko heikko ja niiden avulla pystytään havainnoimaan 4–6 eri tavoin pigmentoitunutta leväryhmää. Optisten laitteiden etuna on antureiden helppokäyttöisyys, nopea mittaus ja antureiden alhainen hinta. Niiden avulla voidaankin muodostaa mittausverkosto tukemaan tarkempia, muilla menetelmillä tehtäviä, mittauksia (Taulukko 16).

Chemtax-analyysillä kasviplanktonyhteisön pääryhmät tunnistetaan pigmenttien koostumuksen avulla. Jotkin pigmentit, kuten a-klorofylli, ovat yhteisiä kaikille kasviplanktonryhmille, jotkut toiset ovat tyypillisiä vain tietyille ryhmille, kuten peridiini lähinnä panssarileville. Pigmenttianalytiikka suoritetaan HPLC-laitteistolla, ja menetelmää on merikeskuksessa käytetty. Mikäli Chemtax-menetelmä haluttaisiin ottaa pysyvästi käyttöön, tulisi resursoida sekä analyysilaitteiston uusiminen että analytiikkaan perehtyneen henkilön palkkaus. Tämän lisäksi pitäisi panostaa tutkimustyöhön, jossa selvitetään Itämeren pääasiallisten leväryhmien pigmenttikoostumuksen dynamiikka, sillä ilman tätä tietoa matemaattinen Chemtax-analyysi ei tuota luotettavaa lopputulosta.

DNA-sekvensointi. Uudet, nopeasti kehittyvät High Throughput Sequencing (HTS) -menetelmät tuottavat tarkemman kokonaiskuvan kasviplanktonin monimuotoisuudesta kuin mikroskopia yksinään. Sekvensointitulosten laatu perustuu pääosin siihen, että referenssitietokannasta löytyy vastaavia, oikein allokoituja sekvenssejä. Itämeren ainutlaatuisen kasviplanktonyhteisön takia tällainen referenssitietokanta vaatii vielä kehitystyötä. HT-sekvensoinnin suurin etu on sen kyky havaita ja tunnistaa nano- ja pikoplanktonia luotettavasti, mikä ei ole mahdollista nykyisillä mikroskopointimenetelmillä.

HTS-seuranta mahdollistaa esim. harvalukuisten, pienikokoisten, kryptisten ja mahdollisesti myrkyllisten lajien havaitsemisen ja tunnistamisen lajiominaisten DNA-sekvenssien perusteella. Lopuksi DNA-näytteet voidaan tallentaa tulevaisuuden analyysejä tai uudelleen analysointia varten, mikä ei ole mahdollista nyky menetelmillä säilytyille näytteille.

Menetelmän testaus tulisi aloittaa esimerkiksi Utön merentutkimusasemalla, jossa jo on suuria kasviplanktonnäyttemääriä analysoiva Imaging FlowCytobot -laite (Taulukko 16). Tavoitteena on HTS:n käyttö täydentävänä seurantatyökaluna vuoteen 2026 mennessä. Menetelmän kehittäminen ja käyttöönotto edellyttää rahoitusta. Kun menetelmä on toiminnassa, sillä voidaan korvata osa kalliista mikroskopiointista ja seuranta tulee olemaan nykyistä kustannustehokkaampaa.

2.2.6

Kaukokartoitus ja drop -kuvaus eliöyhteisöjen seurannassa

Ville Karvinen, Samuli Korpinen

Luontotyyppien seuranta ei kuulu nykyisin toteutettavaan merenhoidon seuranta-ohjelmaan. Tämä on kuitenkin puute, koska seuranta edellytetään sekä meristrategiadirektiivissä että luontodirektiivissä. Eri luontotyypeille tulisi kehittää seurantamenetelmät, jotka pohjautuvat VELMU-aineistoihin, selvityksiin ja kaukokartoitusmenetelmien (ilmakuva- ja satelliittipohjaiset arvioinnit) tuottamaan suoraan (mm. kasvipeitteisyys) ja epäsuoraan (mm. sameus, havaitut ihmisen toiminnan jäljet) havainnointiaineistoon. Kaukokartoitusseuranta laskisi seurantakustannuksia huomattavasti, kun kenttätyöt rajoittuisivat tulosten validointiin ja mahdollisesti tietyissä luontotyypeissä tarkempien muuttujien seurantaan. Tämä tarkoittaisi käytännössä mm. drop-videoinnin käyttöä.

Luontotyyppien seurannan kehittämis- ja pilotointihankkeelle pyritään saamaan rahoitus ympäristöministeriöltä niin, että menetelmä olisi operatiivinen vuonna 2026 alkavalla merenhoitosuunnitelman seurantakaudella. Erityisesti tavoitellaan matalien hiekkapohjien tilan seuranta, joka toteutettaisiin drop-videoilla. Tämä lisäisi Metsähallituksen Luontopalveluiden resurssitarvetta.

2.2.7

Ihmisen tuottama vedenalainen melu

Jukka Pajala, Harri Kankaanpää

Merenhoidon suunnittelu edellyttää ihmisen tuottaman merikekosysteemin kanalta haitallisen vedenalaisen melun laadun ja määrän seuranta. Swedish Defence Research Agency:n vetämässä ja EU:n rahoittamassa Baltic Sea Information on the Acoustic Soundscape -hankkeessa (BIAS, 2012–2016) seurattiin matala- ja keskitaajuuksista lyhytaikaista äänenpainetasoa sekä jatkuvaa matalataajuuksista äänenpainetasoa yhteistyössä Viron ja Ruotsin kanssa yhteensä 16 Suomenlahden, Pohjanlahden ja Pohjois-Itämeren avomerialueille sijoitetulla hydrofonilla. Kansallisia yhteistyökumppaneita olivat mm. Ilmatieteen laitos ja Turun Ammattikorkeakoulu.

Hankkeessa tehtiin alustava arviointi Itämeren vedenalaisen melun tilasta ja luotiin Itämeren vedenalaisen melun mittauksen, analysoinnin ja mallinnuksen standardit. Mittausten ja mallintamisen kehittämistyötä jatketaan vuonna 2020 alkavalla merenhoidon seurantakaudella (Taulukko 17, seuraavalla sivulla). Jotta vedenalaisen melutason muutoksista päästäisiin selville, on seurantamittauksia jatkettava. HELCOM-päätöksellä (State & Conservation 7/ 2017, Regional monitoring sub-program of continuous noise) mittauksia jatketaan 14 BIAS -asemalla (Suomi 3 kpl: Perämeri, pohj. Itämeri, itäinen Suomenlahti). Koko vuoden kattava seuranta sisältää Suomen osalta kaksi mittalaitteasennusta ja -nostoa jokaista asemaa kohden.

Taulukko 17. Vedenalaisen melun seurannan kehittäminen.

Seuranta/ kehittämishanke	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Vedenalainen melu	Avomeren BIAS -seuranta 3 asemalla	BIAS -seurannan jatkaminen 3 asemalla päivitetyn menetelmin	BIAS -seurannan jatkaminen 3 asemalla päivitetyn menetelmin
	Laivamelun erottaminen melun kokonaismäärästä		
		Rannikkovesien impulsiivisen melun seurannan pilot -hanke	Meluseuranta rannikkovesissä operatiivista
		Meluseurannan tietokannan suunnittelu	Meluseurannan tietokanta käytössä

2.3

Meren tilan kaukokartoitus

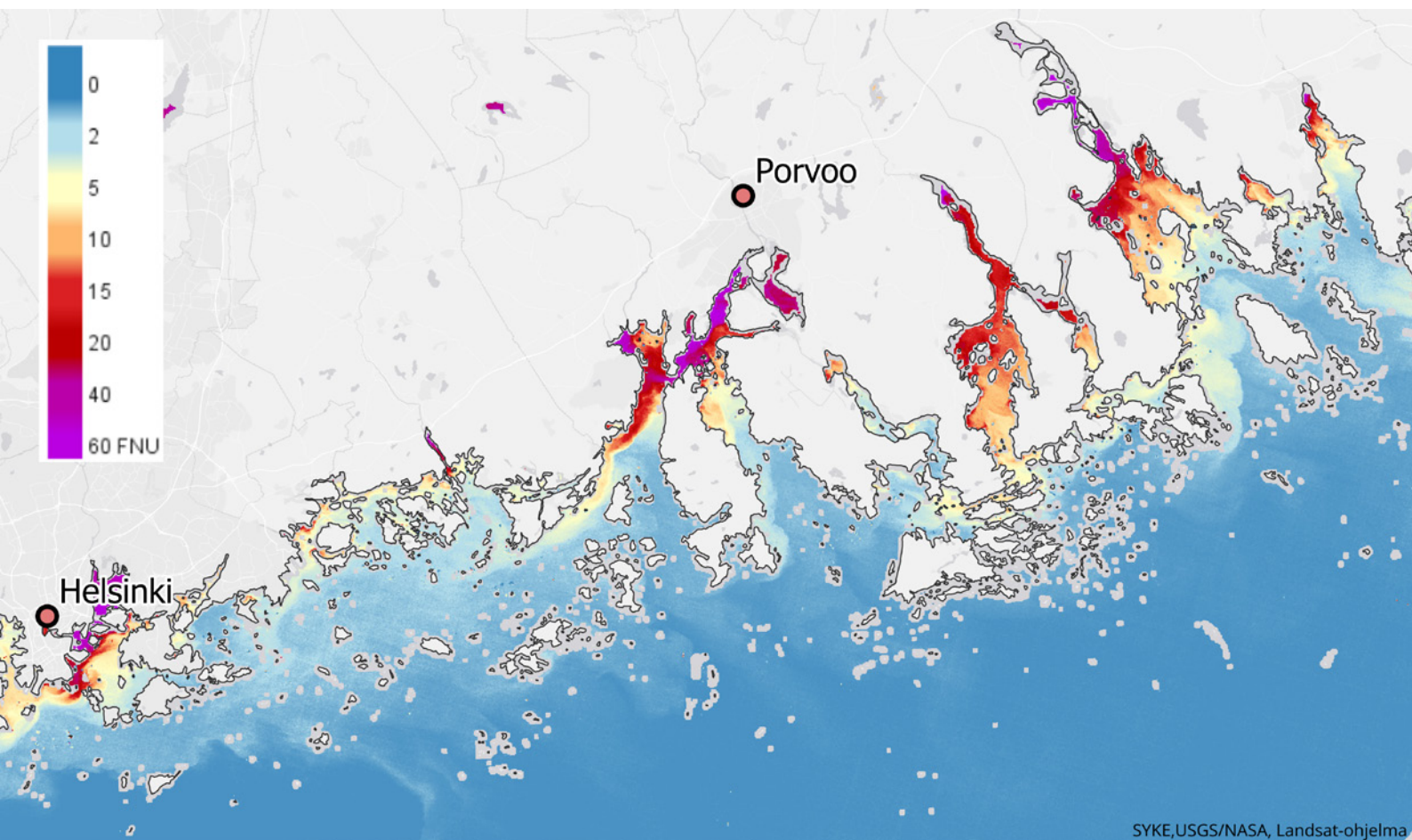
Jenni Attila, Kari Kallio, Sampsa Koponen, Samuli Korpinen

Kaukokartoitusaineistot eli satelliittihavainnot ovat kehittyneet viime vuosina EU:n (ja ESA:n, European Space Agency) Copernicus-ohjelman myötä. Sen puitteissa on käynnistetty Sentinel -satelliittisarjat, joiden on taattu jatkuvan vuoteen 2030 ja siitä eteenpäin uudistettuina. Kaukokartoitushavainnoista on hyötyä merialueiden seurannassa, ajankohtaisten hetkellisten tilanteiden ja ilmiöiden seuraamisessa ja tiedottamisessa sekä pitkän aikavälin tila-arvioiden laatimisessa. Kaukokartoitusinstrumenttien havainnoista voidaan määrittää hyvällä ajallisella ja alueellisella kattavuudella a-klorofylli, sameus, levälautat, näkösyvyys, humus ja pintalämpötila (Anttila ym. 2018, Attila ym. 2018).

Aineistoja käytetään jo nyt mm. a-klorofyllin osalta merialueiden tilaraportteihin, leväkukintojen seurantaan, jokivesien vaikutusalueiden arviointiin, ruovikkoalueiden määrittämiseen, rehevöitymisindikaattoreiden laskentaan ja erilaisten erityistilanteiden (esim. Bronkan sataman ruoppaukset, Luga-joen fosforipäästöt) vaikutusten arviointiin. HELCOMin EUTRO-OPER-projektissa (2014–2015) aloitettiin kaukokartoitukseen perustuva tila-arvioyhteistyö koko Itämeren piirissä (HELCOM 2015). Tätä on jatkettu tarvittaessa HELCOM/ IN Eutrophication -ryhmän puitteissa. HELCOM State & Conservation -kokouksessa 10/2019 satelliittihavainnot hyväksyttiin osaksi Itämeren a-klorofylliseurantaa. Klorofylliaineisto on toimitettu ICESin HELCOM-tietokantaan vuosien 2003–2011 osalta (MERIS -instrumentin tuottama aineisto).

Vedenlaadun kaukokartoitusaineistojen jakeluun on kehitetty käyttöliittymiä, joiden kautta aineistoja on saatavilla sekä päivittäisinä havaintoina että koostekuvina sekä lisäksi vesialueittaisina havainnoista koostettuina tilastoina ja aikasarjoina. Kartta-aineistot löytyvät TARKKA-käyttöliittymästä (<http://syke.fi/TARKKA>). SYKessä ja ELY-keskuksissa käytössä olevan STATUS-käyttöliittymään tallennetaan satelliitti-instrumenteilla tehdyt havainnot vesimuodostymittain tai muuten määritetyillä aluejaoilla (avomerellä 20 km ruutujaolla). STATUS -käyttöliittymässä aineistoista voi koostaa tilastollisia suureita, katsoa alueen aikasarjaa ja havaintojen jakaumaa sekä arvioida vesialueen tilaa. Satelliittihavaintoja on jatkossa saatavilla myös Itämeri.fi-portaalin kautta.

Uusien Sentinel -sarjan satelliittien instrumenttien aineistoihin perustuvat tulkinat tulivat operatiiviseen käyttöön vuonna 2018: a-klorofylli, pintalevälautat, sameus, humus, näkösyvyys ja pintalämpötila (Taulukko 18, sivulla 44). Sentinel-2 -aineistot (erotuskyky 10–30 m) mahdollistavat leväkukintojen, sameuden ja näkösyvyyden



SYKE,USGS/NASA, Landsat-ohjelma

Jokivesien aiheuttamaa sameusvaihtelua Suomenlahden rannikkovesissä 18.5.2018. Sameusaineisto: SYKE. Alkuperäinen kuva: USGS/NASA, Landsat-ohjelma.

sekä a-klorofyllin tulkinnat myös rannikkovesissä ja saaristoalueilla. Sentinel-3 satelliittisarjan OLCI -instrumenttien (Ocean and Land Colour Instrument) aineistoja on mahdollista hyödyntää nykyistä tarkemmin päivittäin avomerialueiden vedenlaadun tulkintaan. OLCI havainnoi Sentinel-2:een verrattuna enemmän vedenlaadun seurantaan olennaisia aallonpituusalueita, mutta karkeammalla maastoerotuskyvyllä (300m).

Sentinel-2 havainnoilla voidaan löytää ja seurata muutoksia alueilla, joissa ihmisen toiminta (esim. ruoppaukset, rakentaminen) on aiheuttanut muutoksia vedenlaatuun. Aineistoa tarvitaan merenhoidon seurantaohjelmassa (Merenpohjan fyysinen menetys ja vahinko), luontotyyppien seurannassa sekä meristrategiadirektiivin artikla 8 mukaisissa paineanalyysissä. Vuosina 2019–2020 haetaan rahoitusta, jolla voidaan kehittää seurantamenetelmä tärkeimmille paineenaiheuttajille tavoitteena automatisoitu paineseuranta vuoteen 2026 mennessä.

Kaukokartoitusaineistojen kalibrointiin ja laadunvarmennukseen käytetään avomeren ja rannikkovesien sekä Alg@line-seurannan tuloksia. Kaukokartoitusseurannan ongelmana on, että aineistoja ei saada pilvisiltä alueilta, mikä voi ajoittain alentaa havaintotaajuutta. Havaintoja kertyy kuitenkin tyypillisesti viikoittain ja siten vuoden aikana runsaasti rannikon vesimuodostumilta ja avomerialueilta.

Vuosina 2020–2026 selvitetään muita mahdollisia uusia tapoja hyödyntää Sentinel-sarjan satelliittihavaintoja, kuten: hiekkapohja-alueiden määrittäminen, pohjakasvilisuus (kehitetään yhdessä habitaattimallintajien kanssa), rakennettu ranta, pienet ruoppaukset, resuspensioalueiden kartoitus (Taulukko 18). Satelliittiaineistoihin pe-

Taulukko 18. Kaukokartoitukseen perustuvan meren tilan seurannan kehittämisen.

Seuranta/ kehittämis- hanke	2019/ meneillään	2020 aikana	2026 mennessä
Kauko- kartoitus	Sentinel-2- ja Sentinel-3 -satelliittien instrumenttien aineistoihin perustuva kaukokartoitusseuranta on käynnistynyt	Sentinel -sarjojen satelliittituotteet validoituna useamman vuoden aikasarjoihin perustuen	Satelliittihavaintoja hyödynnetään osana seurantatietoja, mallinnusta ja datafuusiota Hetkellisten tilanteiden seuranta meren satelliittiaineistosta on arkipäivää: kumpuamis-, ruoppaus- ja resuspensiotilanteet
	Jokivesien vaikutusalueiden (sameus) seuranta ja havainnointi uusilla Sentinel -instrumenteilla.		
		Tarkan maastoerotuskyvyn pintalämpötila-aineistoja saataville	
		Satelliittihavainnoista määritetyn fosforiaineiston tarkastelu rannikkovesissä	
		Talviajan sameus- ja pintalämpötilahavainnointi käynnistyy	
	Sentinel3/OLCI-instrumentin dataan perustuva Itämeren humustuote kehitteillä	Sentinel3/OLCI-instrumentin dataan perustuva Itämeren humustuote valmis	
	Kansallisessa meriseurannan havaintoasemaverkoston näytteenotossa otetaan optimaalisesti huomioon satelliittien ylilentoajat		
	Satelliittihavaintojen käyttö direktiiviaineistona käynnistyy (VPD ja MSFD)		
		Satelliittihavaintojen hyödyntämiseksi kehitetyt käyttöliittymät TARKKA ja STATUS ovat ympäristöhallinnossa käytössä	
		Lisätään laatukalibroidun Alg@linen läpivirtausaineiston tehokasta hyödyntämistä satelliittitulkinnan vertailuaineistona	

rustuvien tuotteiden kehittämistyö ja räätälöiminen vastaamaan käyttäjien tarpeita edellyttää kansallista tai kansainvälistä hankerahoitusta, jota haetaan mm. ympäristöministeriöltä sekä EU:n Copernicus-, Horizon2020- ja BONUS -ohjelmien kautta.

Kehittämistyöhön liittyy myös kaupallisia tuotteistamismahdollisuuksia, koska korkean resoluution kuvat mahdollistavat mm. isojen ruoppausten, satama-alueiden/laivaliikenteen ja kalankasvatuslaitosten vaikutusalueiden seurannan sekä tarkan vedenlaatutiedon (tosivärikuvat, näkösyvyys, levän määrä) työstämisen esimerkiksi kiinteistönvälitystoimintaan.

Kansalaishavainnointi

ENVIBASE/ Kansalaishavainnot – osahanke

Timo Pyhälähti

Kansalaishavainnointia laajentamalla ja tehostamalla seurantatiedon kattavuus paranee kansalaistoimintaan soveltuvan havainnoinnin osalta ilman merkittävää tarvetta omiin tai ostopalveluina hankittuihin mittauksiin. Tehokkaimmin kansalaishavainnointi voinee toimia tilanteissa, joissa kansalaiset ilmoittavat poikkeuksellisista tilanteista (esimerkiksi levien ja meduusojen massaesiintymiset) tarjolla olevalle verkkoalustalle.

ENVIBASE -projektin (2015–2017) osahankkeen (<http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Envibase/Osahankkeet/Kansalaishavainnot>) tarkoituksena oli ympäristöä koskevan kansalaishavaintotiedon yleinen toimittaminen Järvi-meriwiki -havaintolähetin yms. kautta yleisesti hallinnon käyttöön:

- kansalaishavaintojen keräysjärjestelmä vapaaehtoishavaintoille (kansalais-havainnot.fi)
- kansalaishavaintoilmoituslomakkeiden määrittelypalvelu ja havaintojen keräys- ja julkaisutietokanta CitobsDB-rajapintapalveluna sähköisiä alustoja varten
- kansalaishavaintokyselyiden kehittämisen ja kokeilun sekä nopeasti asiantuntijoiden määriteltävissä olevien havaintokyselyiden julkaisualusta ArcGIS Online -ohjeistettuna SYKEN asiantuntijoiden käyttöön
- menetelmät määritellä, kehittää ja käyttöönottaa kansalaishavaintoihin perustuvaa tiedontuotantoa SYKEssä ja ympäristöhallinnossa osana muuta seurantaa
- nelivaiheinen kehitys- ja käyttöönottoprosessi kansalaishavaintojen laajentamiseksi uusiin aiheisiin
- uusia kansalaishavaintoihin perustuvia seurannan tietolähteitä (jäätyminen/jäänlähtö, mahdolliset vesistötyö-/ruoppaushavainnot, havainnonkeräyskyselyiden kampanjamainen järjestäminen valituista aiheista)

Vaikka kansalaishavainnot ovat sinänsä ”ilmaisia”, systemaattisen ja pitkäaikaisen kansalaisseurannan järjestäminen edellyttää jatkuvia resursseja ja/tai vapaaehtoista tahoa, joka järjestää seurannan, hoitaa aktiivisen viestinnän, vastaa kysymyksiin, kokoaa aineiston ja analysoi sen sekä valvoo havaintojen laatua.

Tavoitteena on, että vuonna 2020 kansalaishavaintopalvelut ja havainnoinnin motivointiin tarkoitetut järjestelmät ovat täysin käytettävissä ja uusia kansalaishavaintoaiheita on otettu käyttöön myös meriseurannan tarpeita varten (mm. jää- ja levätilanne). Kansalaishavainnot ovat saatavilla Meritietoportaalien (Itämeri.fi) kautta.

Medusot

Maiju Lehtiniemi

Seurannan tarkoituksena on selvittää ainoan alkuperäisen Suomen vesillä esiintyvän meduusan, korvameduusan, levinneisyyteen ja runsauteen vaikuttavia tekijöitä sekä palvella voimaloita ja muita merivettä jäähdytykseen käyttäviä laitoksia ilmoittamalla tiheistä meduusalautoista, jotta ne eivät ehdi tukkia jäähdytysvesiputkia.

Kansalaishavaintoja alettiin kerätä vuonna 2010. Aiemmin nettilomakkeella kerätyt havainnot voi nyt ilmoittaa Järvi-meriwikiin kautta. Havaintoilmoitusten määrällä ja mediatiedotteella on selvä yhteys. Vuosina, joina SYKE ei lähetä tiedotetta meduusahavaintojen keräämisen jatkumisesta, havaintoja tulee vähemmän. Seuranta on jatkuvaa ja sen tulokset ovat käytettävissä Järvi-meriwikiin ja vuodesta 2020 myös Itämeri.fi -palvelun kautta.

Hankkeen toteutukseen ei suunnitella suuria muutoksia. Kuitenkin tässä, samoin kuin muissakin kansalaisseurannoissa pyritään kehittämään keinoja siihen, miten havainnointi saataisiin kansalaisille pysyvästi kiinnostavaksi niin, ettei ilmoitusten määrä ei riippuisi kesällä lähetettävästä tiedotteesta. Meduusahavaintojen ilmoittamista on kehitetty nyt myös meren eläinplanktonseurantaohjelman ohjeistuksessa, jotta entistä enemmän tietoa meduusojen tiheyksistä voidaan saada myös varsinaisen seurantaohjelman kautta.

Mahdollinen kaupallinen sovellutus voisi olla meduusojen massaesiintymien kulkeutumisarvioiden tekeminen merivettä jäähdytykseen käytettäville laitoksille.

2.4.3

Secchi3000/ iQwtr-mittalaite

Timo Pyhälähti

Secchi3000/iQwtr on edullinen ja helppokäyttöinen laite, joka on kehitetty mittaamaan veden läpinäkyvyyttä luonnonvesissä. Laite on suunnattu vesistöjen tilasta kiinnostuneiden kansalaisten käyttöön. Sillä voidaan mitata veden sameutta ja näkösyvyyttä. Mittaaminen tapahtuu ottamalla älypuhelimella kuva vesinäytteestä. Tähän on käytetty maksutonta iQwtr-sovellusta, jonka avulla otettu kuva lähetettiin analysoitavaksi. Kuvan lähettäjä sai reaaliaikaisen palautteen mittaamansa paikan vedenlaadusta. Kvantulkinnan järjestelyihin ja mittauslaitteen tekniseen toteutukseen liittyviä tuotteistamisen ongelmia ei kuitenkaan kyetty ratkaisemaan ENVIBASE-projektin puitteissa. Laitteen kehitys on aloitettu noin kahdeksan vuotta sitten. Kehitystyöhön osallistuneista hollantilaisyrityksistä toinen on lopettanut toimintansa, mutta toinen on osoittanut kiinnostusta aloittaa uudelleen noin kaksi vuotta keskeytyksissä olleen kehitystyön.

Laitteen mittaustekniikan algoritmit ja ohjelmistot, havaitsijan käyttöliittymä ja laitteen tuotannon ja mekaanisen toteutuksen järjestelyt ovat vielä kehitysvaiheessa varsinaista käyttöönottoa varten. Menetelmällä voitaisiin seurata sameutta rannikkovesissä kansalaishavainnointina jo lähivuosina, mutta tämä edellyttää rahoituksen saamista jatkokehitystyölle. Lisäksi järjestelmän käyttöönotto edellyttää seurannan organisointia ja laadunvarmistusta syntyvien aineistojen hyödyntämiseksi. Laitteen käyttöä ja siihen perustuvaa seurantajärjestelmää on testattu Saimaalla osana ENVIBASE-hanketta (http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Envibase/Lopputuotteet/iQwtr_jokaisen_vedenlaatumittari).

Secchi3000-tekniikan ja iQwtr-laitteiden kehittämiseen sekä niiden avulla toteutettavaan palveluntarjontaan liittyy kaupallisia tuotteistamismahdollisuuksia.

2.5

Tietojärjestelmät

Seuraavassa läpikäydään lyhyesti SYKEN meriseurantojen tiedonhallinnan kannalta tärkeimmät kehittämistarpeet.

2.5.1

Tutkimusalue Arandan matkanhallinta

Mika Raateoja

Arandan tietojärjestelmien siirto Ilmatieteen laitoksen hallinnasta SYKEN tietohallinta-arkkitehtuuriin on saatettu loppuun. Siirron aikana tuli esiin akuutteja uudistustarpeita, joita ei resursointisyistä itse siirron yhteydessä ollut mahdollista toteuttaa. Näistä tärkein on Arandan matkojen suunnitteluun ja raportointiin käytettävän MyCruise -ohjelman korvaaminen uudella matkanhallintaohjelmalla. MyCruise-ohjelman päivittäminen ei ole realistinen vaihtoehto, koska ohjelmaa ei ole dokumentoitu riittäväällä tarkkuudella. Sen sijaan MyCruise-ohjelmistossa on paljon piirteitä, joita voidaan hyödyntää uutta matkanhallintaohjelmaa valittaessa.

Uuden matkanhallintaohjelman toimittaja on valittu. Valinnassa otettiin huomioon mahdollisimman joustava matkaohjelman suunnittelu ja matkanaikainen käyttö.

Matkaraportin tuottaminen on lisätty uutena toiminnallisuutena nykyiseen InnoLIMS -sovellukseen. Raportointiosaa mahdollistaa sekä metatietojen että varsinaisten mittaustulosten esittämisen. Raportissa päivitetään valittujen asemien asemakohtaiset aikasarjat uusimmilla tuloksilla, jolloin raportin käyttäjä saa helposti käsityksen viimeisimmän matkan tulosaineistosta graafisesti ja pystyy myös vaivatta vertaamaan sitä aiempaan aineistoon.

Arandan uudet matkanhallinta- ja matkaraportointijärjestelmät valmistellaan ja otetaan käyttöön vuosina 2020–2021.

2.5.2

Alg@linen tiedonhallinta

Seppo Kaitala

Finnmaid -aluksen läpivirtausaineisto tallennetaan SYKEN ALGABASE-tietokantaan. Muilla Alg@line -laivoilla tuotettu aineisto on tallennettuna SYKEN ryhmälevyllä (M/galgaline). Läpivirtausaineisto ei ole vapaasti saatavilla ALGABASE-tietokannasta. Sen sijaan aineisto on käytettävissä kansainvälisen EU:n Copernicus Marine -palvelun kautta.

Alg@line -mittausten yhteydessä otetaan alusten läpivirtausjärjestelmästä automaattisesti vesinäytteet, joista maissa analysoidaan ravinteet ja a-klorofylli. Tiedot tallennetaan kansainvälisiin tietokantoihin (ICES/HELCOM ja EU/EMODnet), mutta ei SYKEN tietojärjestelmiin.

Alg@line-järjestelmän tiedonhallinnan, laadunvarmistuksen, saatavilla olon ja visualisoinin kokonaisvaltainen suunnittelu ja toteutus on muodostettu kehittämishankkeeksi, jonka toteutus alkaa vuonna 2020.

2.5.3

Eläinplanktonitietokanta

Maiju Lehtiniemi

Suomessa kerätylle eläinplanktonaineistolle ei ole ollut omaa tietokantaa, mikä on vaikeuttanut aineiston jakamista ja jatkokäsittelyä mm. merenhoidon edellyttämiin tarpeisiin. Aineisto toimitetaan nykyään NOAA:n (National Oceanographic and

Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce) tietokantaan ja EU:n EMODnet-tietokantaan.

SYKEN HERTTA-järjestelmään perustettava tietokanta on osa suunnitteilla olevan vesien- ja merenhoitoa palvelevaa tietojärjestelmäkokonaisuutta. YM on myöntänyt rahoituksen tietokannan suunnittelulle ja toteutukselle vuodelle 2020.

2.5.4

Kvantitatiivisen paikkatiedon kokoaminen tietokannaksi ihmistoimintojen ja paineitten arvioimista varten

Samuli Korpinen, Sampsa Koponen

Tiedon keruuta ja varastointia merialueilla tapahtuvasta ihmistoiminnasta tulee kehittää. Nykyisin tieto on hajallaan monessa osoitteessa ja se tulee pyrkiä yhdistämään yhteisten rajapintojen kautta. Työllä on yhtymäkohta Itämeri.fi-portaalin kehittämistyön, ympäristöhallinnon tietojärjestelmä uudistuksen sekä myös merialuesuunnittelua koskevan kehitystyön kanssa.

SYKEN nykyisten tietokantojen valmius tallentaa tiedot meristrategiadirektiivin listaamista ihmistoiminnoista ja niistä meriympäristölle syntyvistä paineista selvitetään omana pienimuotoisena hankkeenaan, joka ei vaadi ulkopuolista rahoitusta. Koottavaa tietoa käytetään ihmisperäisten paineiden arvioinneissa ja myös tukemaan tila-arvioita ja mallinnusta. Olemassa olevia tietokantoja arvioidaan ihmistoimi- ja painedatan keräämisen ohessa ja havaitut puutteet kirjataan. ELY-keskusten mukana olo on selvityksessä välttämätöntä, sillä useat aineistot tulevat ELY-keskuksista.

Jos tietokannat havaitaan puutteelliseksi, niiden kehittämiseen haetaan erityinen rahoitus YM:n tiedonhallinnan kehittämiseen tarkoitetuista varoista. Työ hyödyttää merenpohjan tilan seurantaa ja luontodirektiivin mukaisten luontotyyppien tilan seurantaa ja se mahdollistaa entistä kattavamman tiedon meriympäristössä esiintyvistä ihmistoimista ja -paineista ja palvelee HELCOM- ja EU-raportointeja sekä kansallisia vesien- ja merenhoidon että Luontodirektiivin edellyttämiä tila-arvioita (luontotyyppit, lajipopulaatiot). Työ tulisi saada valmiiksi niin, että se palvelee vuonna 2020 alkavan Suomen merenhoidon suunnittelun 2. seurantakauden toteutusta.

Painetiedon keruu ja vienti tietojärjestelmiin lisää väliaikaisesti työpanosta. Pitkällä aikavälillä saavutetaan säästöjä, koska jatkossa, kun järjestelmät toimivat, tiedon kokoamisessa ja käytössä säästetään aikaa ja painetiedon käytettävyys erilaisissa analyyseissä ja malleissa paranee.



Rosette -vedennoudin ja CTD-sondi valmiina laskuun.

2.6

Mallinnus ja sen tietotarpeet

2.6.1

Rannikon kokonaiskuormitusmallin (FICOS) kehittäminen: seurantatiedon käyttö ja mahdollisuudet korvata seurantoja

Risto Lignell

Saaristomeren alueen ravinteiden kokonaiskuormitusmallin (Lignell ym. 2016) pohjalta on tuotettu työkalu myös Suomenlahden ja Selkämeren rannikoille vesien- ja merenhoidollisten toimenpiteiden suunnitteluun, vaikutusten arviointiin ja seurantaan (Lignell ym. 2018). Mallijärjestelmä (Finnish Coastal Nutrient Load Model, FICOS) tuottaa realistisen arvion vesipatsaan kokonais- ja epäorgaanisten ravinteiden (typpi ja fosfori), leväbiomassan (tyypeä sitovat sinilevät ja muut levät) ja a-klorofyllin ajallisesta ja paikallisesta kehityksestä rannikkoalueillamme sekä ravinnekuormituksen vaikutuksesta veden tilaan. FICOS tuottaa laskentaan perustuvan kuvauksen hydrodynamiikan ja uusien ravinteiden lisäyksen merkityksestä simuloiden valuma-

alueen kuormituksen, pohjasedimentin ravinnevuon sekä Itämeren ulapalta veden vaihdon myötä kulkeutuvien ravinteiden vaikutuksia rannikkovesissä. Mallia tarvitaan viranomaistyökaluna rannikon kuormittajien (esim. kalankasvatamot) ympäristövaikutusten ja lupahakemusten arvioinnissa. Erityisesti riittävän realistista mallia tarvitaan täydentämään seurantojen tuottamaa tietoa.

Vuonna 2020 tavoitteena on, että eri seuranta-aineistoja hyödynnetään kootusti nykyistä tehokkaammin dynaamisissa merimalleissa, jotka kykenevät tuottamaan meren tilan säännöllisiä ennusteita. Malli myös ohjaa osaltaan manuaalisten ja automatisoitujen seurantojen näytteenottostrategiaa identifioimalla keskeisiä lisätiedon tarpeita ja vastavuoroisesti seuranta-aineistojen pohjalta voidaan kehittää mallin realismia (so. simulaatioiden selityskykyä ja epävarmuusarvioita).

FICOS-mallijärjestelmän simulaatioilla ja ennusteilla voidaan osin kompensoida seurantojen karsimisen vaikutuksia, mutta toisaalta mallin toiminnan laadun tarkkailuun (verifiointiin), ennusteiden päivittämiseen (data-assimilaatio) ja sen ominaisuuksien kehittämiseen tarvitaan laadukkaita havaintoaineistoja. Erityisesti seurannan ja mallinnuksen kytkennän kehittämistä ja resurssitarvetta lisää fokuoitu tiedon tarve moninaisten ihmisperäisten paineiden kohteena olevilla rannikkoalueilla, kuten esimerkiksi Kokemäenjoen suun edustalla. Mallijärjestelmällä on hyviä kaupallisia tuotteistamismahdollisuuksia mm. kalankasvatuksen ja muun rannikkovesialueiden kuormitusta aiheuttavan käytön vaikutusten arvioinnissa.

FICOS-mallijärjestelmää on menestyksellä testattu Loukeenkarin kalankasvatamon ravinnekuormituksen kulkeutumisen ja laimenemisen arvioinnissa (Kettunen ym. 2015). Tutkimuksen tulokset korostavat riittävän intensiivisen kenttätutkimuksen tarvetta mallien verifioinnissa. Toisaalta valmiilla mallilla voidaan osittain korvata manuaalista seurantaa esimerkiksi toteuttamalla seuranta vain määrävuosina ja käyttämällä pelkkää mallia kuormitusvaikutusten arviointiin seurantavuosien välillä.

2.6.2

Rannikkovesimuodostumien Coastal Load Response (CLR) -mallinnus seurannan tukena

Olli Malve, Niina Kotamäki

Vuoden 2016 lopussa päättyneessä hankkeessa kehitettiin ja sovellettiin rannikkovesimuodostumien CLR-mallia (Kotamäki ym. 2015, 2017), jonka avulla voidaan arvioida kasviplanktonin ja kokonaisravinteiden pitoisuuden perusteella vesimuodostuman tilaluokka ja laskea tavoitetilaa vastaava ravinnekuormituksen vähennystarve. Kuormitusvähennyslaskelmien avulla voidaan mitoittaa ja valita sisempien rannikkovesimuodostumien kustannustehokkaimmat kuormituksen vähennystoimenpiteet vesien- ja merenhoidon toimenpiteiden vaikuttavuuden arvioinnissa. Mallia voidaan myös käyttää luokittelun apuna niissä vesimuodostumissa, joista on vähän tai ei lainkaan seurantatietoa. Lisäksi malli tuottaa arvion sisempien rannikkovesimuodostumien ravinteiden pidättymisestä FICOS-mallikokonaisuutta varten. Mallin kehittäminen auttaa rannikkovesien tilan seurannan kohdentamista ja resursointia.

CLR-mallia sovelletaan lähivuosina uusille alueille ja tuloksien epävarmuusarvioiden perusteella arvioidaan nykyisen seurantatiedon riittävyttä yksittäisten vesimuodostumien osalta. CLR-mallin hierarkiarakenteen parantaminen tukee rannikkovesimuodostumien ryhmittelyä ja vähän havainnoitujen vesimuodostumien luokittelua.

Jatkossa rannikkomallien yhteiskäyttöä kehitetään viemällä CLR-malli Saaristomerimallin käyttöliittymän alle ja laskemalla kestävät kuormitustasot ja automaattisesti Saaristomerimallin taseiden perusteella. Epävarmuuksien perusteella voidaan arvioida mm. seurannan uudelleen kohdentamistarvetta.

2.6.3

Sinileväkukintojen riskiennusteiden kehittäminen

Harri Kuosa, Kim Dahlbo

Nykyisin sinileväkukintojen riskinarvio Suomen merialueille tehdään YVA-SYKE 3D-mallilla (Kiirikki ym. 2006) Arandan talviseurantamatkan ja Alg@linen tuottamisen talven epäorgaanisen typen ja fosforin pitoisuuksien pohjalta sekä asiantuntija-arviota hyödyntäen. Mallia ei enää kehitetä, joten on olemassa tarve korvaaviin laskennallisiin ratkaisuihin, jollainen voisi olla esimerkiksi COHERENS -pohjainen 3D-simulointimalli FICOS (ks. 2.6.1).

Toinen mahdollisuus on todennäköisyyspohjaisten mallien (esim. Bayes -pohjainen) kehittäminen. Tämä olisi käytännössä huomattavasti kevyempi vaihtoehtoinen mallinnuslähtökohta verrattuna laskennallisesti raskaiden 3D-virtaus-ekosysteemi-mallien käyttöön ja perustuisi talven ravinteiden seuranta-aineistoihin sekä erilaisiin vaihtoehtoihin tulevan kesän säätilamuuttujissa sekä asiantuntija-arvioihin.

Kehittämistyö tulisi muodostaa SYKEN ja Ilmatieteen laitoksen yhteishankkeeksi, jossa ensiksi kartoitetaan mallikehityksen tarpeet ja lähestymistapa (simulointitai todennäköisyysmallinnus). Kehitettävässä mallissa kukintojen riskiennusteissa käytettäisiin ennustejakson säätilamuuttujien jakaumia nykyisin käytössä olevan menneen vuosijakson keskiarvosään sijaan. Lisäksi käytettäisiin hyväksi kaikkea saatavilla olevaa seuranta-aineistoa (säätilamuuttujat, laivadata, satelliittidata, Alg@line, automaattiasemat ja virtaustiedot).

Mallin kehitystyö parantaisi sinileväkukintojen ennustettavuutta, tehostaisi seuranta-aineistojen käyttöä sekä auttaisi optimoimaan avoimen Itämeren seuranta- ja edistämään eri lähteistä peräisin olevien aineistojen yhteiskäyttöä.

2.7

Seurannan optimointi ja aineistojen yhteiskäyttö

2.7.1

Seurannan optimitiheys ja epävarmuus

Niina Kotamäki, Pirkko Kauppila

OPTIMI-hankkeessa selvitettiin, mikä on vesien- ja merenhoidon mukaisen tila-arvioinnin tilastollinen tarkkuus ja luotettavuus ja missä määrin nykyisiä seurantoja voitaisiin supistaa niin, etteivät niiden tilastollinen tarkkuus ja luotettavuus vaarannu (Kotamäki ym. 2019). Rannikkovesien osalta selvityksessä tarkasteltiin intensiiviasemien klorofyllipitoisuuden aineistoja.

Hankkeessa määritettiin ympäristöhallinnon ylläpitämien, tärkeimpien manuaalisesti operoitujen ja intensiivisesti mitattujen rannikkovesimuodostumien a-klorofyllin tilaluokka ja erityisesti tilaluokan luotettavuus nykyisellä ja pienennetyllä mittausfrekvenssillä. Lisäksi tunnistettiin tilaluokan luotettavuuteen vaikuttavat vaihtelun lähteet ja määritettiin näytteenoton minimifrekvenssit, jotka eri vesimuodostumissa riittävät täyttämään direktiivin vaatimukset. Mainittujen minimifrekvenssien ja näytteenoton ajoituksen suunnitteluun kehitettiin päättelysäännöt, jotka perustuvat aineistossa havaittujen ajallisten ja alueellisten vaihtelua kuvaavien tunnuslukujen eli varianssikomponenttien käyttöön. Hankkeen tulosten perusteella seurantapaikoilla, joilla laatu vaihtelut ovat pieniä ja tilaluokka on erinomainen tai huono/välttävä, näytteenottoa on mahdollista vähentää menettämättä oleellista informaatiota. Toisaalta sellaisten vesimuodostumien osalta, joilla laatu vaihtelut ovat suuria ja tilaluokka on hyvä tai tyydyttävä, on perusteita myös näytteenoton lisäyksille.

Jatkossa tulisi tarkastella myös muita aineistoja kuin klorofylliä, koska direktiivit edellyttävät kokonaisuudessaan luokittelun luotettavuuden arviota. Valmistuneen hankkeen ja mahdollisen jatkohankkeen tuloksia hyödynnetään vuonna 2020 alkavan merenhoidon 2. seurantakauden ohjelmissa, jolloin saadaan seurannan resurssit kohdennettua entistä kustannustehokkaammin.

2.7.2

Seurantatiedon yhteiskäytön kehittäminen: datafuusio

Olli Malve, Kari Kallio

Datafuusiolla luodaan kokonaiskuva vesien tilan ajallisesta ja alueellisesta vaihtelusta yhdistämällä erilaisia seuranta-aineistoja. Se vähentää myös aineistojen käsittelyn resurssitarvetta automatisoimalla eri lähteistä peräisin olevan tiedon yhdistämisen. Datafuusiolla voidaan mm. analysoida mittausten menetelmien ja otannan vaikutus yhdistetyn tiedon tarkkuuteen ja oikeellisuuteen. Sen avulla voidaan myös kohdentaa havainnointia sinne, missä tiedon tarve ja epävarmuudet ovat suurimmat, sekä vähentää tulosten tarkkuuden kannalta epäoleellista havainnointia. Tietojärjestelmien ylläpidon ja kehittämisen resurssitarve lisääntyy, mutta ei merkittävästi verrattuna saavutettavaan hyötyyn ja säästöihin seurannan muissa työvaiheissa.

Keväällä 2016 valmistuneessa pilottihankkeessa luotiin Kalman-filtterointiin perustuva datafuusioalgoritmi. Sen avulla yhdistettiin Helsingin ja Porkkalan välisen merialueen eri tietolähteistä peräisin olevat a-klorofyllihavainnot (seuranta-asemat, Alg@line, kaukokartoitus) ottaen huomioon havaintojen tila-aikaskaala, tarkkuus ja edustavuus (Laine ym. 2017).

Vuosina 2018–2019 laskenta-algoritmia paranneltiin ja nopeutettiin sekä sen ympärille tehtiin tietojärjestelmäsovellus. Järjestelmässä on Python-ajoympäristö sekä karttapohjainen OGIS-käyttöliittymä datan käsittelyyn ja visualisointiin. Ohjelmistot, dokumentaatiot, ohjeistus ja koulutusmateriaali ovat SYKEN palvelimella, ja SYKE toimii niiden ylläpitäjänä (SYKE's Data Fusion System (SDFS), <https://www.syke.fi/hankkeet/multidata>). Hanke on järjestänyt käyttäjäkoulutuksen tila-arvioiden parissa työskenteleville tutkijoille ja asiantuntijoille.

Vuosina 2020–2022 järjestelmää käytetään Saaristomeren kalankasvatuksen ja valuma-alueiden vaikutusten seurantaan. Meneillään on myös kaksi uutta EU-tutkimushankevalmistelua, joissa järjestelmää pyritään kehittämään ja soveltamaan eurooppalaisten tutkimuslaitosten ja yritysten kanssa: Evolutionary Computing Of Large Dimensionality In Managing AQUaculturE Resources (ECOLDIMA-QUER) ja Intelligent environmental data analysis for sustainable future (INTEND).

Tulevaisuuden kehittämistarpeita ovat mm.:

- Alueellisesti kattava sovellus Suomen meri- ja järvialueille
- Integrointi uudistettavaan vesien- ja merenhoidon tietojärjestelmään
- Laskenta-algoritmien nopeuttaminen
- Tulosten tarkentaminen apumuuttujien avulla
- Loppukäyttäjien koulutus ja rekrytointi
- Pilotointi:
 - Kalankasvatustieteen velvoitetarkkailu
 - Tehdaslaitoksen velvoitetarkkailu
 - Leväkukintojen seuranta
 - Ekologisen tilan luokittelu

Merenhoidon sekä HELCOM-työn tietotarpeet

Samuli Korpinen

Nykyinen merenhoitosuunnitelman (MHS) mukainen seurantaohjelma on päivitetty vuosille 2020–2026. Heinäkuussa 2020 voimaan tulleen uuden ohjelman valmistelussa huolehdittiin myös siitä, että eri seurantojen toteutuksen ohjeistukset ovat päivitetyn ohjelman ja samassa yhteydessä päivitetävän HELCOM-ohjeistuksen mukaisia. Liitteessä 1 on esitetty päivitetyn seurantaohjelman (Ympäristöministeriö 2020) mukainen arviointi MHS-seurantaohjelman muutostarpeista ottaen huomioon mm. muutokset direktiivin toimeenpanossa, kehityksen näytteenotoissa ja analytiikassa sekä muutokset uuden tiedon saatavuudessa.

Vuosien 2014–2020 ohjelmaan verrattuna noin puoleen alaohjelmista tuli vähintään jonkinasteisia tarkennuksia ja lisäksi perustettiin 6 uutta alaohjelmaa (pyöriäinen, putkilokasvit, rannikkovesien hiekka- ja sorapohjat, luonnonsuojelun tiedonkeruu, mikroskooppisen roskan määrä ja laatu, jätemäärät). Uusi seurantaohjelma koostuu 44 alaohjelmasta.

Suurimpaan osaan merenhoidon seurantaohjelman alaohjelmista ei tullut muutoksia tai muutokset olivat melko pieniä. Joissain seurannoissa automatiikan ja kaukokartoituksen osuutta lisätään. Pääosin ei kuitenkaan ole kysymys manuaalisen seurannan korvaamisesta, vaan seurannan alueellisen ja ajallisen kattavuuden parantamisesta. Esimerkiksi automaattisen lajintunnistuksen käyttöönotto voisi kuitenkin tuottaa henkilötöiden resurssisäästöjä. Jotkin merenhoidon seurantojen aiemmin vakiintumattomat osaohjelmat tulevat edellyttämään uusia resursseja (mm. roskat, melu). Ainakin haitallisten aineiden seurantojen osalta tulee selvittää SYKEN ja muiden seurantaa osallistuvien laitosten välinen työn ja kustannusten jako.

Seurantatulosten saatavuus ja visualisointi

Hanna Piepponen

Meriseurantojen tulosten esittäminen ja ajantasainen päivitys verkossa on järjestetty osanan vuonna 2020 valmistunutta Suomen Meritietoportaalia (Itämeri.fi). Aiemmin vain osa seurantojen tuloksista päivitettiin ympäristö.fi-sivuille tai Järvi-meriwikiin, eikä tiedon siirtymistä tietokannoista ollut automatisoitu. Itämeri.fi:n osana on julkaistu palvelu, jossa seurantatiedot meren tilasta ovat ajantasaisina tai lähes ajantasaisina graafisina esityksinä kansalaisten saatavilla. Samassa yhteydessä on kehitetty käyttöliittymä ja karttapalvelu, joiden kautta kuka tahansa voi hakea ja katsella avoimia paikkatieto- ja havaintoaineistoja (meriaineistot.fi-palvelu).



Kuva: Ilkka Lastumäki

3 Seuranta-aineistojen käyttö

Heikki Pitkänen, Mika Raateoja

3.1

Dataraportointi

HERTTA-järjestelmän tietokantojen lisäksi SYKEN tuottamaa tai kansallisesti koordinoimaa aineistoa toimitetaan säännöllisesti HELCOMille ICESin (kemiallinen ja biologinen vedenlaatu) ja Baltic Nest Instituten (BNI) (vedenlaatu, kuormitus) ylläpitämiin tietokantoihin. EEA saa aineistot käyttöönsä ICESin tietokannasta. Seurantatietoja on viime vuosina ryhdytty toimittamaan myös EU:n meri- ja kalastusasioiden pääosaston (DG Mare) EMODnet -tietoportaaliin. Lisäksi Alg@line-järjestelmän tuottamat läpivirtausaineistot (ks. Luku 2.2.1) ovat saatavilla EU:n Copernicus Marine -palvelun kautta (<http://marine.copernicus.eu/>).

Seurantatiedon raportointi on tarkemmin käsitelty toisessa tiekartassa ”Mereisen seurantatiedon tiedonhallinta, jakelu ja asiakkaat” (Raateoja ym. 2019).

3.2

Tilaraportointi ja merenhoidon suunnittelu

Seurantojen tuottama aineisto on perustana vesien- ja merenhoidon edellyttämälle tilaraportoinnille sekä HELCOMin piirissä tuotettavalle Itämeren kuormituksen ja tilan raportoinnille. Merenhoidon suunnittelun sykli varmistaa vuorovaikutteisen järjestelmän, jossa toisaalta suojelutoimenpiteiden valinta ja toteutus riippuvat seurannan tuloksista ja toisaalta seurannan tulokset ja niihin perustuvat indikaattorit kuvaavat toimenpiteiden vaikuttavuutta meren tilaan.

Merenhoidon suunnitteluprosessiin kuuluu 6 vuoden välein tuotettava ja koko merenhoidon kentän 11 kuvaajaa kattava raportti Suomen meriympäristön tilasta. Uusin raportti (http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vaikuta_vesiin/Merenhoito) julkaistiin vuonna 2018 (Korpinen ym. 2018).

Suomenlahtiyhteistyön puitteissa on tuotettu Suomen, Venäjän ja Viron yhteistyönä kattava tila-arvio (Raateoja ja Setälä 2016), jossa on tarkasteltu Suomenlahden tilaa osa-alueittain sekä arvioitu havaittuihin tilamuutoksiin vaikuttavia tekijöitä ja tilan parantamismahdollisuuksia.

Meren pärskäys (Rantajarvi ja Karjala 2015) on monipuolinen ja pääosin kansantajuinen katsaus Suomea ympäröivän Itämeren tilaan. Itämeri.fi-portaalin päivitetävät sisältösivut tulevat jatkossa kattamaan vastaavat tietotarpeet. Myös sivustojen ajantasaisuuden ylläpito helpottuu, kun tilatiedot päivittyvät automaattisesti tietokannoista.

Merensuranta-aineiston käyttö tieteellisessä tutkimuksessa

Seurantojen tuottamaa aineistoa käytetään runsaasti meren tilaa, ravintoverkon toimintaa sekä fysikaalisia ja biogeokemiallisia prosesseja selvittävässä tieteellisessä tutkimustyössä. On tärkeää huomata, että usein kalliina pidetty tutkimusaineistolla tapahtuva näytteenotto- ja analysointityö palvelee vesien- ja merenhoidon seurannan lisäksi tieteellistä tutkimusta sekä uusien seuranta- ja tutkimusmenetelmien kehittämistä ja laadunvalvontaa. Tällainen koko vesipatsasta edustava näytteenotto ja huonosti säilytystä kestävien näytteiden nopea analysointi aluksen laboratorioissa ei ole Itämeren allasmittakaavassa korvattavissa automaattisilla järjestelmillä. Rehevöitymiseen ja ekosysteemin ainekiertoihin liittyvässä prosessitutkimuksessa nämä havainnot – yhdistettynä automaattisiin mittaushavaintoihin – muodostavat korvaamattoman aineiston ja mahdollistavat pitkälle menevän syy-seuraussuhdeanalyysin, ilmiöiden mallinnuksen ja tätä kautta myös uudet ja tarkentuneet käsitykset Itämeren ja sen osa-alueiden tilan säätelystä.

Seurantojen tuottama tieto on perustana vesien- ja merenhoidon tila-arvioissa ja luokituksissa käytettävälle ja kehitettävälle indikaattoreille sekä näiden laskentajärjestelmille.

Seuranta-aineiston käyttö viestinnässä

SYKEN meriseurannan tuottaman aineiston käyttö viestinnässä on erityisesti avomeriseurannan tulosten osalta perustunut vakiintuneisiin käytäntöihin. Viestintää on uudistettu vuonna 2018 merikeskukseen perustetun viestintätiimin ehdotuksen pohjalta.

Viime vuosina on säännöllisesti julkaistu Arandan avomerimatkojen tärkeimmät tulokset talvimatkalta (Combine 1, [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Suomenlahden_vesimassa_on_sekoittunut_ja\(56296\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Suomenlahden_vesimassa_on_sekoittunut_ja(56296))), jolloin pääpaino on meren ravinnetilanteessa ja loppukesän matkoilta (Combine 3 ja rannikkoseurantamatka, [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Seurantatulokset_kertovat_Happikatoalue\(51560\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Seurantatulokset_kertovat_Happikatoalue(51560))), jolloin mielenkiinnon kohteena ovat erityisesti happi- ja levätilanne.

Säännöllisesti kesäkuun alussa julkistettava leväriskiennuste perustuu talvi- ja kevätseurannan (Combine 1 ja 4 sekä Alg@line) ravinnetuloksille (ks. Luku 2.6.3 ja 3.5). Kesäkuukausina julkaistaan viikoittain levätilan tiedote, joka perustuu kiinteiden levähavaintopaikkojen, Alg@linen, Arandan ja rannikon seuranta-asemien sekä kaukokartoituksen ja rajavartioston lentäjien tietoihin (ks. Luku 2.1.6, [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Valtakunnallisen_levakatsauksen_yhteenve\(58269\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Valtakunnallisen_levakatsauksen_yhteenve(58269))).

Jatkossa tärkeä seuranta-aineiston esittämiskoortti tulee olemaan vastikään julkaistu Itämeri.fi-portaali, jonka kautta ajantasaista tietoa Itämeren tilasta on saatavilla sekä suuren yleisön että ammattilaisten käyttöön (ks. Luku 2.9).

Merensuranta-aineiston muu käyttö

SYKEN tuottamaa meren tilatietoa käytetään mm. kerran vuodessa julkistettavan sinileväkukintojen riskiennusteen valmisteluun sekä ympäristöonnettomuuksien ja

muiden erityistilanteiden yhteydessä riskinarviointiin ja vaikutusten mallintamiseen sekä jälkiarviointiin.

Kesän alussa julkaistava avomeren sinileväkukintojen riskiennuste perustuu Itämeren talviaikaiseen ravinnetilanteeseen ja siitä ekosysteemimallin avulla ennustettavaan kasvukauden sinilevätilanteeseen ([https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Sinilevakukintojen_riski_on_Suomen_meria\(57552\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Sinilevakukintojen_riski_on_Suomen_meria(57552))). Tärkein lähtöaineisto on Arandan talviseurantamatkan ravinnedata. Syksyllä kukintakauden jälkeen riskinarvion toteutumista arvioidaan vertaamalla sitä kaukokartoitushavainnoista koottuun merialueiden toteutuneeseen leväkukintatilanteeseen.

Kaukokartoitusaineistoja käytetään myös yllättävien tai muuten vaikeasti havainnoitavien tilanteiden kartoittamiseen. Tällaisia ovat viime vuosina olleet Luga-jokeen lannoitetehtaalta päätyneen suuren fosforikuormituksen rehevöittävien vaikutusten arviointi itäisellä Suomenlahdella (Raateoja ym. 2016) ja Suomenlahden pohjukassa sijaitsevan Bronkan sataman ruoppaustöiden vaikutusten ja niiden laajuuden arviointi ([https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset/Bronkan_sataman_ruoppauksen_samentama_ve\(35795\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset/Bronkan_sataman_ruoppauksen_samentama_ve(35795))).



4 Johtopäätökset

4.1

Eri seurantamuodot täydentävät toisiaan

Tutkimusalusten ja veneiden käyttöön perustuva mittaustoiminta ja näytteenotto tuottavat meren tilaseurantojen perusaineiston, jota ns. uudet seurantamenetelmät täydentävät ja laajentavat. Automaattisilla mittauksilla ja kaukokartoituksella tuotettavien aineistojen lisäarvo on erityisesti niiden alueellisessa kattavuudessa ja ajallisessa tiheydessä. Perinteinen, alusnäytteenottoon perustuva seuranta ei voi millään tavoittaa muuttujien todellista vaihtelua. Toisaalta automatisoidut menetelmät tuottavat aineistoa vain osaan vesien- ja merenhoidon edellyttämästä seurannasta.

Havaintoasemaverkostojen ja havaintotiheyksien harmonisointi ja optimointi sekä avomeriseurannoissa näytteenoton koordinointi naapurimaiden kanssa auttavat kohdentamaan ja säästämään resursseja. Rannikkoseurantojen ohjelmien koordinoinnin lisäksi käytännön seurantayhteistyön kehittäminen SYKEN ja ELY-keskusten välillä koskee erityisesti avomeren tuntumassa sijaitsevia intensiiviasemia, joista osaa havainnoidaan Arandan Combine-matkoilla, sekä SYKEN ylläpitämää eteläisten rannikkovesien seurantaa, jossa kartoitetaan etelärannikon ulkosaariston ja merivyöhykkeen pohjien ja pohjaeläimistön tilaa sekä vedenlaatua.

Täysin tai lähes kokonaan automaatioon perustuvista seurannoista Alg@line (<https://www.finmari-infrastructure.fi/ferrybox/>) ja kaukokartoitus (https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Satelliittihavainnot) ovat jo pitkään olleet operatiivisessa käytössä. Järjestelmät tuottavat meren pintakerroksen fysikaalisia oloja (lämpötila, suolaisuus, sameus) ja rehevöitymisen tilaa (levämäärät ja -kukinnat) kuvaavaa tietoa alueellisesti korkealla resoluutiolla. Jatkuvien automaattisten mittausten menetelmäkehitystyötä tehdään erityisesti Utön ICOS-merentutkimusasemalla FINMARI-yhteistyön puitteissa (<http://www.finmari-infrastructure.fi/>, ks. Luku 2.2.2). Valtakunnallisesta automaattisen seurantaverkoston kehittämisestä ja käyttöönotosta järviin, jokiin ja merialueille on tehty esitys JatkuvaLaatu-hankkessa (Lepistö ym. 2018, ks. Luvut 2.2.3 ja 2.2.4).

Alg@line-järjestelmän nykyistä laajemman hyväksikäytön mahdollisuudet vesien- ja merenhoidon ja HELCOM-työtä palvelevassa seurannassa tulee selvittää (ks. Luku 2.2.1). Läpivirtaussysteemiin liitetyn automaattisen analysoinnin lisäksi ravinnepitoisuuksien seurantaan käytettävä automaattinen näytteenottojärjestelmä voisi mahdollistaa laajemminkin Itämeren avomerialueilla kustannustehokkaan tavan meren pintakerroksessa veteen liuenneiden ja sekoittuneiden yhdisteiden ja biologisen materiaalin automatisoituun näytteenottoon. Edellytyksenä on kuitenkin, että näytteenotto täyttää seurannan edustavuudelle ja luotettavuudelle asetetut vaatimukset. Tämä rajoittaa järjestelmän käyttöä etenkin biologisessa (kasvi- ja eläinplankton) näytteenotossa.

Kaukokartoituksen osalta Sentinel-2 on tuonut mukanaan huomattavan mittaus-resoluution parannuksen. Rehevyyss- (a-klorofylli, levälautat) ja sameusoloja voidaan nykyisin kartoittaa aina sisäsaaristoja myöten (ks. Luku 2.3).

Eri menetelmien tuottamien tulosten yhteiskäytöllä (datafuusio) meren tilasta on mahdollista tuottaa sekä ajallisesti että alueellisesti huomattavasti kattavampi kuva kuin automaattisilla tai manuaalisilla menetelmillä erikseen (Attila ym. 2013). Aineistojen yhteiskäyttöä koskevaa kehitystyötä (Laine ym. 2017) jatkettiin vuosina 2018–2019 YM:n ja SYKEN rahoituksella MONITOR 2020 -ohjelman puitteissa (<https://www.syke.fi/hankkeet/multidata>, ks. Luku 2.7.2).

4.2

Mallinnus ja seuranta

Meren fysikaalis-biogeokemiallisen tilamallinnuksen kehittäminen edellyttää seurannalta alueellisesti ja ajallisesti kattavia aineistoja mallien kalibrointiin ja validointiin. Rajatulle rannikkoalueelle kehitettävä/sovellettava malli saattaa edellyttää merkittävää ylimääräistä seurantapanosta, koska usein etenkin seurannan ajallinen kattavuus ei riitä alueen todellisten vaihteluiden kuvaamiseen rannikkovesien dynaamisissa olosuhteissa (ks. Luku 2.6.1).

Toisaalta valmistuttuaan hyvin toimiva malli voi säästää seurannan kustannuksia korvaamalla manuaalista näytteenottoa. Mallinnuksen ja erityisesti biologisten muuttujien ennustettavuus (esim. pohjaeläimistön tila) ei kuitenkaan riitä siihen, että näytteenottoon perustuvasta seurannasta voitaisiin luopua. Lähinnä mallinnus voi rannikkovesissä korvata manuaalista seurantaa kuormittamattomilla tai vain lievästi kuormitetuilla vesimuodostumilla, erityisesti kun nykyisin veden rehevyytilan seurannassa voidaan saaristoalueilla käyttää myös kaukokartoitustuloksia mallinnustulosten validoinnissa.

4.3

Kansalaishavainnointi

Meren ja erityisesti rannikkovesien seurannassa kansalaishavainnoinnilla kerätään tietoja sinileväkukintojen esiintymisestä ja voimakkuudesta (<http://www.jarviwiki.fi/wiki/Lev%C3%A4tilanne>, ks. Luku 2.1.6). Leväkukintojen ilmoittaminen älypuhelimella havaintolähetin avulla on hyvä esimerkki vesien tilaan liittyvästä seurannasta, jossa kansalaisten tekemillä havainnoilla on tärkeä merkitys. Se voisikin olla tulevaisuudessa vielä huomattavasti nykyistä suurempi. Rantojen roskaantumisen (ks. Luku 2.1.13) ja meduusojen (ks. Luku 2.4.2) seurannassa kansalaishavainnointi on nykyisin ainoa käytettävissä oleva seurantamuoto. Kansalaisten ja järjestöjen aktivointiin tehdä ja lähettää havaintoja tulisi kehittää kannustimia.

Luotettava vesien tilan näytteenotto ja analytiikka on monilta osiltaan hyvin vaativaa ja myös FINAS-akreditoitua tarkan laadunvalvonnan alaista työtä. Merenhoidon seurantaohjelmiin perustuvan, meren tila-arvioiden ja -luokituksen perustana olevan laadultaan korkealuokkaisen kvantitatiivisen kemiallis-biologisen mittausaineiston tuottaminen kansalaishavainnoilla ei siten ole realistinen vaihtoehto.

Tietojärjestelmät ja raportoinnit, seurantatiedon esittäminen

SYKEN ylläpitämien avomeren tilaseurantojen tuottamien aineistojen tietohallinnan järjestäminen, kehittämistyö ja -tarpeet ovat suurelta osin liittyneet aiemmin Merentutkimuslaitoksen Sumpu-järjestelmään tallennettujen tai tietojärjestelmiin tallentamattomien avomeren seuranta-aineistojen saattamiseen HERTTA-järjestelmän tietokantoihin. Vanhoja (–2009) avomeren seuranta-aineistoja on vielä viemättä HERTTA-tietokantoihin pohjaeläinten ja kasviplanktonin osalta. Tutkimusalus Arandan matkanhallintaohjelmaa ollaan parhaillaan uudistamassa. Arandan uusi matkaraportointijärjestelmä on vastikään otettu käyttöön (ks. Luku 2.5.1).

Tietokantojen kehittämistarpeet ovat koskeneet erityisesti kokonaan HERTTA-järjestelmästä puuttuvaa tietokantaa eläinplanktonille sekä Alg@line-järjestelmän tuottamien suurten datamäärien hallintaa, joustavaa käyttöä ja laadunvarmistusta helpottavaa tietojärjestelmää. Näiden tietojärjestelmähankkeiden toteutus on alkanut kuluvana vuonna (ks. Luvut 2.5.2 ja 2.5.3). Myös merialueilla tapahtuviin ihmistointoihin ja paineisiin liittyvien tietojen keruuta ja varastointia aiotaan kehittää (ks. Luku 2.5.4).

Itämeri.fi -meritietoportaalinhanke edistää ratkaisevasti meriseurantatiedon helppoa ja keskitettyä esittämistä havainnollisessa muodossa (ks. Luku 2.9). Tähän asti esimerkiksi ymparisto.fi-sivuilla esitettävä meren seurantatieto on päivitetty manuaalisesti. Tämä on työlästä ja aiheuttaa viivettä. Jotta portaalin kautta saatavilla oleva seurantatieto olisi ajantasaista, esitettävien graafien tuotanto ja päivitys on automatisoitu mahdollisimman pitkälle.

5 Tiekartan päivitys ja toteutumisen seuranta

Meriseurantaohjelmien ja kehittämishankkeiden vetäjät ovat osallistuneet tämän tiekartan kokoamiseen ja hoitavat hankkeidensa tiekartan mukaista kehittämistä käytettävissä olevien resurssien puitteissa. Merikeskuksen lisäksi meren tilaseurantoja toteutetaan Suomen ympäristökeskuksen tietokeskuksessa (kaukokartoitus) sekä kulutuksen ja tuotannon keskuksessa (haitalliset aineet). Vesiseurantojen menetelmäkehitystä tehdään edellisten lisäksi myös vesikeskuksessa. Laboratoriokeskuksella on tärkeä rooli SYKEN laboratorioiden laatutyössä sekä kansallisena vertailulaboratoriona. Tietokeskus yhteistyössä seurantoja ylläpitävien keskusten kanssa kehittää ja ylläpitää seurantojen tiedonhallintaa.

SYKEN merikeskus koordinoi merenhoitoa palvelevan seurannan valtakunnallista toteuttamista Suomessa. Kehittämis- ja koordinaatiotyö edellyttää kiinteitä yhteyksiä SYKEN muihin keskuksiin, ympäristöministeriöön ja muihin ministeriöihin, ELY-keskuksiin, EU/ DG MAREen ja HELCOMiin sekä muihin seurantatietoa tuottaviin tutkimuslaitoksiin Suomessa.

Tiekartan mukaisen seurantojen kehittämisen ja tähän liittyvän tiedonkulun varmistamiseksi on ehdotettu perustettavaksi SYKEN sisäinen meriseurantaverkko, johon osallistuvat SYKEN merikeskuksen (MK) lisäksi vesikeskus (VK, seurantamenetelmien kehittäminen, sisävesien seuranta), kulutuksen ja tuotannon keskus (KTK, haitallisten aineiden seuranta), laboratoriokeskus (LAB, menetelmäkehitys, laadunvalvonta) ja tietokeskus (TK, kaukokartoitus, tietojärjestelmät) sekä uudistuvan ympäristötiedon strateginen ohjelma (YTO).

Meriseurantaverkossa käsiteltäviä asioita ovat mm.:

- meriseurannan tiekartan päivittäminen ja toteutumisen seuranta
- automaattisten seurantamenetelmien käyttöönoton, laadunvarmistuksen ja tiedonhallinnan hankkeiden ja niiden rahoituksen edistäminen
- vesien- ja merenhoidon huomiointi SYKEN ylläpitämissä seurannoissa
- meren tilaseurantojen menetelmien ja havaintoverkoston harmonisointi
- SYKEN vastuulla olevien avomeriseurantojen kehittäminen ja yhteensovittaminen erityisesti Ruotsin, Venäjän ja Viron seurantaohjelmien kanssa
- meriseurannan aineistojen käytön ja esittämisen edistäminen (Itämeri.fi-portaaliyhteistyö)
- meriseurantojen tiedonhallinnan edistäminen osana SYKEN ja ympäristöhallinnon tietojärjestelmätyötä

Ehdotus on käytännössä toteutunut siten, että syksyllä 2019 asetettu SYKEN vesi- ja meriseurannan yhteistyöryhmä käsittelee myös meriseurantaverkolle ehdotettuja asioita.



SYKE:n ja Uumajan yliopiston välisen vedenlaadun vertailututkimuksen näytteenotto kesällä 2019 Selkämerellä.

Tiekartan mukaisen seurannan kehittämisen suurin haaste ovat riittävän rahoituksen järjestyminen sekä SYKE:n hallinnoiman tutkimusalue Arandan käytön rahoituspohjan järjestäminen.

Vesien- ja merenhoidon edellyttämät seurannat mukaan lukien niihin liittyvä laadun- ja tiedonhallinta tulee voida toiminnan jatkuvuuden ja seurannan riittävän laadun takaamiseksi hoitaa vakailla rahoitusjärjestelyillä. Vain näin on mahdollista taata merensuojelun toimenpiteiden ja niihin käytettyjen investointien vaikutusten luotettava arviointi.

6 Yhteenveto

EU:n meristrategiadirektiiviin (MSD) ja vesipuitedirektiiviin (VPD) pohjautuva ja kansallisella lainsäädännöllä toimeenpantu Suomen merenhoitosuunnitelma seurantaohjelmineen määrittelee pitkälti sen, mitä seurantatietoa merialueiltamme tulee tuottaa. Tässä meriseurannan tiekartassa esitellään SYKEN ylläpitämien tai koordinoimien seurantojen meneillään olevia kehittämistoimia sekä kehittämistarpeita vuosiksi 2020 ja 2026, jotka ovat merenhoidon seurantaohjelman 2. ja 3. kauden tarkistusajankohdat. Tiekartta rakentuu merenhoidon 1. seurantakauden (2014–2020) ohjelmalle sekä meneillään oleville ja viime vuosina valmistuneille seurannan kehittämishankkeille ja seurannan asiantuntijoiden näkemyksille tulevista kehittämistarpeista.

Merentilan seurantatietoa saadaan tutkimusaluksilla, kaukokartoituksella, erilaisin automaattisin/ jatkuvatoimisin näytteenotto- ja analyysimenetelmin sekä sukeltamalla ja sitä täydennetään kansalaishavainnoinnilla. Perinteinen aluksilla tehtävä seuranta tuottaa meren tilan perusaineiston, jota automaatioon ja kaukokartoitukseen perustuvat seurantamenetelmät täydentävät ja erityisesti meren pintakerroksen tilan osalta myös huomattavasti lisäävät.

Itämeren kaltaisessa kerrostuneessa ekosysteemissä fysikaaliset, kemialliset ja biologiset ominaisuudet vaihtelevat voimakkaasti sekä ajallisesti, alueellisesti että vertikaalisesti, minkä vuoksi näytteenottoverkostojen tulee olla riittävän kattavia. Automaatio ja kaukokartoitus voivat joiltain osin korvata alusnäytteenottoa, mutta ne eivät kuitenkaan lähivuosina ratkaisevasti vähennä alusseurannoilla tehtävien mittausten ja näytteenoton tarvetta. Toisaalta kaukokartoitus, jatkuvatoimiset kemiallis-fysikaaliset mittausasemat sekä ferrybox/ Alg@line -järjestelmät tuottavat aineistoa, jota olisi mahdotonta kerätä riittävän tiheävälisenä tutkimusaluksilta käsin.

Automaattisten antureiden ja kaukokartoituksen sekä mallinnuksen käyttö ja kehittäminen edellyttävät aluksilla tehtäviin mittauksiin perustuvaa kalibrointi- ja validointitietoa ja merellä sijaitsevien poijujen ja mittausasemien ylläpito lisäksi myös laivoilla tapahtuvaa huoltotoimintaa. Käytännössä eri seurantamuodot tukevat suuresti toisiaan, mikä parantaa myös tutkimusalusten käytön kustannustehokkuutta. Lisäksi on syytä korostaa, että alusnäytteenottoon perustuva seuranta tuottaa tärkeää lähtöaineistoa Itämeren tilan tutkimukselle.

Eri menetelmin tuotetun seurantatiedon lisäarvo on pitkälti siinä, että menetelmät täydentävät toisiaan ja aineistojen integroidulla käytöllä meren tilasta ja siinä tapahtuvista muutoksista voidaan saada paljon kattavampi kuva kuin kullakin menetelmällä erikseen.

SYKEN ja Ruotsin SMHI:n välillä toteutetaan avomeriseurannan alueellisesta yhteistyötä ja tietojen vaihtoa. Tällöin SYKEN tutkimusalusresurssia on voitu suunnata Suomen läheisille merialueille, millä säästetään laiva-aikaa. Toisaalta SYKEN suorittaman avomeriseurannan ajallista kattavuutta on parannettu lisäämällä Arandan ohjelmaan 4. vuotuinen seurantamatka, joka toteutetaan huhtikuussa levätuotannon kevätmaksimin aikoihin.

Kaukokartoituksen mahdollisuudet ovat parantuneet merkittävästi mm. rannikon saaristoalueiden rehevöitymisen tilan arvioinnissa uusien Sentinel 2 ja 3 -satelliittien käyttöönoton myötä. Kaukokartoituksella voidaan tehostaa mm. kasviplanktonin biomassaa kuvaavan a-klorofyllin seuranta. Lisäksi kaukokartoitus on korvaamaton alueellisten ja paikallisten yllättävien tilanteiden, kuten laajojen ruoppausten tai ravinnepestöjen vaikutusten havaitsemisessa ja laajuuden arvioinnissa. Biologisten seuranta-äytteiden analysoinnissa tullaan todennäköisesti seuraavien 5–10 vuoden kuluessa korvaamaan osa perinteisestä analytiikasta mm. hahmontunnistukseen perustuvilla menetelmillä. Myös pinnanalaisen videoinnin kehittämistä tarvitaan, jotta merenpohjan luontotyyppien seuranta ja tila-arviointi saadaan meristrategia-direktiivin edellyttämälle tasolle.

Itämeren kauppalaivoille asennetut läpivirtaus- ja automaattiset näytteenottojärjestelmät tarjoavat kustannustehokkaan tavan lisätä meren pintakerroksen seurannan alueellista ja ajallista kattavuutta. Alg@line on pitkään käytössä ollut online-järjestelmä mm. lämpötilan, suolaisuuden sekä fluoresenssiin perustuvan levämäärän mittauksessa Itämeren alueella. Järjestelmään liittyvä automaattinen vesinäytteenotto on mahdollistanut myös ravinteiden lähes ajantasaisen seurannan. Lähivuosien kehittämistarpeet liittyvät erityisesti data-aineistojen tiedonhallinnan järjestämiseen ja aineistojen käytettävyyden helpottamiseen. Jatkossa myös uusien mittausanturien ja -menetelmien testaus ja käyttöönotto sekä tulosten tehokas integraatio kaukokartoitustuloksiin ja kiinteisiin mittausasemiin (mm. Utö/ICOS) FINMARI-yhteistyön puitteissa ovat tärkeitä kehittämiskohteita.

Kansalaishavainnoinnilla on tärkeä rooli leväkukintojen seurannassa ja sitä tulisi pyrkiä edelleen tehostamaan. Rantojen roskaantumisen ja meduusojen seurannassa kansalaishavainnointi on ainoa käytettävissä oleva seurantatapa. Säännöllisesti tuotettavaa meren tila-arvioiden ja -luokituksen perustana olevaa laatuvaatimuksiltaan korkealuokkaista kemiallis-biologista mittausaineistoa kansalaishavainnointi ei sen sijaan korvaa.

Itämeren tilan arvioinnissa eri seurantatavat täydentävät toisiaan. Eri lähteistä peräisin olevan seurantatiedon yhdistäminen (datafuusio) ja siihen liittyvien menetelmien kehittäminen sekä seuranta-asetverkostojen alueellinen ja ajallinen optimointi tulevat olemaan lähitulevaisuudessa tärkeä osa meriseurantojen kehittämistä ja kustannusten hallintaa. Vastikään julkaistu Itämeri.fi-portaali saattaa seurantojen tuottamia aineistoja ja tuloksia aiempaa nopeammin havainnollisessa muodossa viranomaisten, tutkijoiden ja suuren yleisön ulottuville.

Kirjallisuus

Strategiat, seurantaohjelmat, tiekartat

- 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. 73 s.
- Lepistö, A., Kallio, K., Pitkänen, H., Raateoja, M., Röman, E., Seppälä, J., Suomela, J., Tarvainen, M., & Tattari, S. 2018. Jatkuvat toimien vedenlaatuasemien valtakunnallinen verkosto. Toteuttamissuunnitelma. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 32. 49 s.
- Ljungberg, R., Pikkarainen, A., Lehtiniemi, M. & Urho, L. 2011. Vieraslajien havaitseminen Suomen merialueen seurannoissa. Suomen ympäristö 10/2011. 68 s. Suomen ympäristökeskus (SYKE). <http://hdl.handle.net/10138/37026>
- Raateoja, M., Rissanen, J., Pitkänen, H., Fleming-Lehtinen, V., Korpinen, S., Seppälä, J., Pajala, J., Kankaanpää, H., Kaitala, S., Lehtiniemi, M., Setälä, O., Lehtinen, S., Attila, J., Teiniranta, R. & Laine Y. 2019. Mereisen seurantatiedon tiedonhallinta, jakelu ja asiakkaat. SYKE merikeskus, SYKE tietokeskus. 7 s.
- Rantajärvi, E., Pitkänen, H., Korpinen, S., Nurmi, M., Ekebohm, J., Liljanieni, P., Cederberg, T., Suomela, J., Paavilainen, P. & Lehtinen, T. (toim.) 2020. Seurantakäsikirja Suomen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelmaan vuosille 2020–2026. Suomen ympäristökeskus. 201 s. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Meri/Merenhoito>
- Siimes, K., Vähä, E., Juntila, V., Lehtonen, K.K. & Mannio, J. (toim.) 2019. Haitalliset aineet Suomen vesissä – Tilanne ja seurannan suuntaviivat. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8. 212 s.
- Ympäristöministeriö 2011. Ympäristön tilan seurannan strategia 2020. Ympäristöministeriön raportteja 23. 74 s.
- Ympäristöministeriö 2014a. Valtioneuvoston päätös merenhoitosuunnitelman seurantaohjelmasta vuosille 2014–2020. 39 s. <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B39CD49A1-7168-40FC-973D-8EEB831F0178%7D/102521>
- Ympäristöministeriö 2014b. Suomen merenhoidon seurantakäsikirja. Tausta-asiakirja Suomen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelmaehdotukselle. 161 s.
- Ympäristöministeriö 2020. Suomen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelma vuosille 2020–2026. 47s. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vaikuta_vesiin/Merenhoito/

Jatkuvatoimiset seuranta- ja mittausmenetelmät

- Alg@line. <https://www.finmari-infrastructure.fi/ferrybox/>
- 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.
- Kankaanpää, H. T. & Virtasalo J. 2017. Rapid fluctuations in the northern Baltic Sea H₂S layer. Journal of Marine Systems 176: 24–37. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2017.07.001
- Tarvainen, M., Kotilainen, H. & Suomela, J. 2015. Uudet menetelmät vesistöjen seurannassa – mahdollisuudet ja haasteet. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 86. 63 s.
- Tattari, S., Koskiahjo, J. & Tarvainen, M. 2015. Virtavesien vedenlaadun jatkuvatoiminen mittaaminen. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Opas 5. 24 s.
- Tattari, S., Tarvainen, M., Kallio K., Lepistö A., Näykki T., Raateoja M. & Seppälä J. 2019. Laatukäsikirja jatkuvatoimisille vedenlaadun mittauksille - Opas hyväksi käytännöiksi. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2019. 41 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/299105>
- Uusitalo, L., Fernandes, J.A., Bachiller, E., Tasala, S. & Lehtiniemi, M. 2016. Semi-automated classification method addressing marine strategy framework directive (MSFD) zooplankton indicators. Ecological Indicators 71:398–405. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.036>

Kaukokartoitus

- Anttila, S., Fleming-Lehtinen, V., Attila, J., Juntila S., Alasalmi, H., Hällfors, H., Kervinen, M. & Koponen, S. 2018. A novel earth observation based ecological indicator for cyanobacterial blooms. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 64:145-155. DOI: 10.1016/j.jag.2017.09.007.
- Attila, J., Kauppila, P., Alasalmi, H., Kallio, K., Keto, V. & Bruun, E. 2018. Applicability of Earth Observation chlorophyll-a data in assessment of water status via MERIS – with implications for the use of OLCI sensors. Remote Sensing of Environment, 212, 273–287. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.043>
- HELCOM 2015. Eutrophication Assessment Manual. <https://helcom.fi/media/publications/Eutrophication-assessment-manual.pdf>
- Raateoja, M., Pitkänen, H., Eremina, T., Lips, U., Zagrebina, T., Kauppila, P., Knuuttilla, S., Ershova, A., Lange, E., Jaanus, A. & Laine, S. 2016. Nutrients in the water. In: Raateoja, M. and Setälä, O. (eds). The Gulf of Finland assessment. Reports of the Finnish Environment Institute no. 27. p. 94–113.

Datafuusio ja mallinnus

- Attila, J., Kauppila, P., Mitikka, S., Kettunen, J., Kallio, K. & Kaitala, S. 2013. Seurantatieto tarkentuu palasia yhdistellen. *Vesitalous* 2/2013: 24–29.
- Laine, L., Haario, H., Kettunen, J. & Malve, O. 2017. Havaintojen yhdistämisellä tehoa vedenlaatu seurantaan. *Vesitalous* 2/2017: 12–15.
- Lignell, R., Miettunen, E., Ropponen, J., Huttunen, M., Korppoo, M., Kuosa, H., Lehtoranta, J., Lukkari, K., Peltonen, H., Piiparinen, J., Attila, J., Tikka, K., Tuomi, L. & Puttonen, I. 2016. Saaristomeren valuma-alueen kokonaiskuormitusmallin kehittäminen. Ympäristöministeriö, Raki-hanke 12. 14 s.
- Lignell, R., Miettunen, E., Tuomi, L., Ropponen, J., Kuosa, H., Attila, J., Puttonen, I., Lukkari, K., Peltonen, H., Lehtoranta, J., Huttunen, M., Korppoo, M., Tikka, K., Mäyrä, J., Heiskanen, A.-S., Gustafsson, B., Gustafsson, E., Hänninen, J., Thingstad, F., Kaurila, K., Vanhatalo, J., Westerlund, A. & Siiriä, S.-M. 2018. Rannikon (Suomenlahti, Saaristomeren, Selkämeri) kokonaiskuormitusmalli: ravinne-päästöjen vaikutus veden tilaan – Kehityshankkeen loppuraportti (XI 2015 – VI 2018). Ympäristöministeriö, Raki-hanke 12. 84 s.
- Kettunen, J., Lignell, R., Ropponen, J., Malve, O. & Kotamäki, N. 2015 Kalankasvatuksen ympäristö-seurantajärjestelmän kehittäminen. Suomen ympäristökeskus. 26 s. <https://www.kalankasvatus.fi/wp-content/uploads/2018/01/Kalankasvatuksen-ymparistoseurantajarjestelman-kehittaminen-Loppuraportti.pdf>
- Kiirikki, M., Lehtoranta, J., Inkala, A., Pitkänen, H., Hietanen, S., Hall, P., Tengberg, A., Koponen, J. & Sarkkula, J. 2006. A simple sediment process description suitable for 3D-ecosystem modelling – Development and testing in the Gulf of Finland. *Journal of Marine Systems* 61: 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2006.02.008>
- Kotamäki, N., Pätynen, A., Taskinen, A., Huttula, T & Malve, O. 2015. Statistical Dimensioning of Nutrient Loading Reduction – LLR Assessment Tool for Lake Managers. *Environmental Management* (2015) 56:480–491. DOI 10.1007/s00267-015-0514-0
- Kotamäki, N., Kauppila, P., Miettunen, E. & Malve, O. 2017. Rannikkovesimuodostumien ryhmittely ja kuormitusvaikutusten arviointi. CLR-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskus. 26 s.
- Kotamäki, N., Järvinen, M., Kauppila, P., Korpinen, S., Lensu, A., Malve, O., Mitikka, S., Silander, J. & Kettunen, J. 2019. A practical approach to improve statistical performance of surface water monitoring networks. *Environmental Monitoring and Assessment* 191: 318. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7475-3>

Ainetaseet ja –virtaamat

- Lehtoranta, J., Savchuk, O.P., Elken, J., Dahlbo, K., Kuosa, H., Raateoja, M. & Pitkänen, H. 2017. Atmospheric forcing controlling inter-annual nutrient dynamics in the open Gulf of Finland. *Journal of Marine Systems*: 4–20. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2017.02.001>
- Mattsson, T., Kortelainen, P., Räike, A., Lepistö, A., & Thomas, D. N. 2015. Spatial and temporal variability of organic C and N concentrations and export from 30 boreal rivers induced by land use and climate. *Science of the Total Environment*, 508, 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.11.091>

Seurannan ja merensuojelun arvo ja kustannustehokkuus

- Nygård, H., S. Oinonen, H. Hällfors, M. Lehtiniemi, E. Rantajärvi & Uusitalo, L. 2016. Price vs. Value of Marine Monitoring. *Frontiers in Marine Science* 3: 205. doi: 10.3389/fmars.2016.00205
- Oinonen, S., Hyytiäinen, K., Ahlvik, L., Salojärvi, J., Ahtiainen, H., Lehtoranta, V., Virtanen, J., Väisänen, S. & Valve, H. 2015. Merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelman valmistelun tueksi laaditut taloustieteelliset analyysit. Merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelman taustaraportti, 36. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B9DCCEE21-43EC-4B55-9765-1854B7CF9140%7D/113764>
- Oinonen, S., Hyytiäinen, K., Ahlvik, L., Laamanen, M., Lehtoranta, V., Salojärvi, J., & Virtanen, J. 2016. Cost-effective Marine protection - A pragmatic approach. *PLoS ONE* 11: e0147085. doi: 10.1371/journal.pone.0147085

Tila-arviot

- EEA 2015. State of Europe's seas. European Environment Agency. EEA Report No. 2/2015. 218 s.
- HELCOM 2017. State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011–2016. *Baltic Sea Environment Proceedings* No. 155. 156 s.
- HELCOM 2018. Sources and pathways of nutrients to the Baltic Sea. *Baltic Sea Environment Proceedings* No. 153. 48 s.
- Korpinen, S., Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T. & Ekebom, J. 2018. Suomen meriympäristön tila. SYKEn julkaisuja 4. 248 s.
- Raateoja, M. & Setälä, O. (toim.) 2016. The Gulf of Finland Assessment. Reports of the Finnish Environment Institute 27. 363 s.
- Rantajärvi, E. & Karjala, L. (toim.) 2015. Meren pärskäys. Sukellus Itämeren hoitoon ja tilaan. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 21. 140 s.

Liite I.

Suomen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelmat ja alaohjelmat 2020–2026 (Ympäristöministeriö 2020). Tärkeimmät muutokset ja lisäykset verrattuna vuosien 2014–2020 ohjelmaan. Keltaisella merkittyjen seurantojen toteutus on kokonaan tai osittain SYKEN vastuulla.

Ohjelman nimi ja koodi	Alaohjelmat ja niiden koodit	Muutokset ja lisäykset verrattuna vanhaan ohjelmaan sekä vielä avoimet kysymykset
Luonnon monimuotoisuus: merinisäkkäät (BALFI-D01,04,06mam)	Hylkeiden runsaus (BALFI-D01,04,06mam-1)	Ei merkittäviä muutoksia
	Hylkeiden terveydentila (BALFI-D01,04,06mam-2)	Ei merkittäviä muutoksia
	Pyöriäisen runsaus ja levinneisyys	Uusi alaohjelma
Luonnon monimuotoisuus: linnut, (BALFI-D01,04,06bir)	Saariston pesimälinnut (BALFI-D01,04,06bir-1)	Ei merkittäviä muutoksia
	Talvehtivat vesilinnut (BALFI-D01,04,06bir-2)	Ei merkittäviä muutoksia
	Merilintujen joukkokuolemien esiintyminen (BALFI-D01,04,06bir-3)	Ei merkittäviä muutoksia
	Merikotkan pesimämenestys (BALFI-D01,04,06bir-4)	Seurantavastuu siirtyy SYKELLE
	Metsästyssaalis (BALFI-D01,04,06bir-5)	Ei merkittäviä muutoksia
Luonnon monimuotoisuus: kalat, (BALFI-D01,04,06fis)	Vaellussiika (BALFI-D01,04,06fis-1)	Ei merkittäviä muutoksia
	Meritaimen (BALFI-D01,04,06fis-2)	Ei merkittäviä muutoksia
	Verkkokalastusseurannat (BALFI-D01,04,06fis3)	Vain Ahvenanmaalla
Luonnon monimuotoisuus: merenpohjan elinympäristöt (BALFI-D01,04,06ben)	Avomeren pehmeiden pohjien eläinyhteisöt (BALFI-D01,04,06ben-1)	Analytiikan tarkistaminen: ovatko kaikki mittaukset tarpeellisia? Selvitetään mahdolliset automatiikan lisäämiselle lajintunnistuksessa ja kokomittauksessa. Hiekkapohjat lisättiin Combine 2-matkalle.
	Rannikkovesien pehmeiden pohjien eläinyhteisöt (BALFI-D01,04,06ben-2)	Hiekkapohjat lisättiin rannikkoseurantaan.
	Rannikkovesien makrolevä- ja sinisimpukkayhteisöt (BALFI-D01,04,06ben-3)	Rakkolevän eläimistö lisättiin osaksi makroleväseurantaa.
	Rannikkovesien hiekka- ja sorapohjat	Uusi alaohjelma
	Rannikkovesien putkilokasviseuranta	Uusi alaohjelma
	Merenpohjan fyysinen menetys ja vahinko (BALFI-D01,04,06ben-4)	Selvitetään mahdolliset uudet tietolähteet ihmisen toiminnasta ja tiedon kokoaminen rajapinnoilla
Luonnon monimuotoisuus: vesipatsaan elinympäristöt (BALFI-D01,04,06pel)	Eläinplanktonin koostumus ja määrä (BALFI-D01,04,06pel-1)	Selvitetään mahdollisuudet automatiikan lisäämiselle lajintunnistuksessa ja kokomittauksessa
	Kasviplanktonin koostumus ja määrä ja leväkukintojen lajisto (BALFI-D01,04,06pel-2)	Avomeriohjelmaan lisätään kevätseurantamatka. Selvitetään mahdollisuudet automatiikan lisäämiselle lajintunnistuksessa ja kokomittauksessa. Sinileväkukinnat osin satelliittiseurannan avulla
	Uimavesien mikrobiseuranta (BALFI-D01,04,06pel-3)	Selvitetään mahdollisuudet saada jätevedenpuhdistamoilta mikrobidataa
	Vesipatsaan fyysikaalinen seuranta (BALFI-D01,04,06pel-4)	Avomerelle lisätään kevätseurantamatka
	Aallokko, vedenkorkeus ja jää (BALFI-D01,04,06pel-5)	Ei merkittäviä muutoksia

Ohjelman nimi ja koodi	Alaohjelmat ja niiden koodit	Muutokset ja lisäykset verrattuna vanhaan ohjelmaan sekä vielä avoimet kysymykset
Luonnon monimuotoisuus: luonnonsuojelu	Luonnonsuojelun tiedonkeruu	Uusi alaohjelma
Vieraslajit (BALFI-D02)	Vieraslajit (BALFI-D02-1)	Satamanäytteenotot lisätään ohjelmaan
Kaupalliset kalakannat (BALFI-D03)	Kalatalouden EU-tiedonkeruuohjelma (BALFI-D03-1)	Lisätään resurssien salliessa ankeriaan seuranta
	Kaupalliset kalakannat ja saalistilastointi (BALFI-D03-2)	Painetta sivusaalistietojen arvioimiseksi
Rehevöityminen (BALFI-D05)	Vesipatsaan kemiallinen seuranta (BALFI-D05-1)	Lisätään avomerelle kevätseurantamatka
	Ravinteiden, orgaanisen aineen ja kiintoaineen kuormitus (BALFI-D05-2)	Ehdotettu automaattisten mittausten lisäämistä
	Kasviplanktonin pigmentit (BALFI-D05-3)	Satelliittiseuranta täydentää vesinäytteistä tehtyjä määrittämiä
Hydrografian muutokset (BALFI-D07)	Merkittävät muutokset lämpötilaoloissa (BALFI-D07-1)	Ei merkittäviä muutoksia
	Merkittävät muutokset suolapitoisuusoloissa ja virtauksissa (BALFI-D07-2)	Ei merkittäviä muutoksia
Epäpuhtaudet ympäristössä (BALFI-D08)	Avomeren haitalliset aineet ja vaikutukset (BALFI-D08-1)	Sedimenttiprofiilien määritykset lisätään pitkäaikaismuutosten selvittämiseksi
	Rannikon haitalliset aineet ja niiden vaikutukset (BALFI-D08-2)	Uudet prioriteettiaineet
	Luvitetun toiminnan haitallisten ja vaarallisten aineiden päästöt rannikkovesiin (BALFI-D08-3)	Ei merkittäviä muutoksia
	Jokien kautta mereen päätyvä haitallisten ja vaarallisten aineiden virtaama (BALFI-D08-4)	Ei merkittäviä muutoksia
	Haitallisten ja vaarallisten aineiden ilmaperäinen laskeuma mereen (BALFI-D08-5)	Ei merkittäviä muutoksia
	Valvontalennoilla havaitut alusöljypäästöt (BALFI-D08-6)	Seurantavastuu siirtynyt SYKEltä Rajavartiolaitselle
	Radioaktiivisuus Itämeressä (BALFI-D08-7)	Ei merkittäviä muutoksia
	Radioaktiivisten aineiden päästöt mereen (BALFI-D08-8)	Ei merkittäviä muutoksia
Epäpuhtaudet ihmisravinnossa (BALFI-D09)	Epäpuhtaudet ihmisravinnoksi käytettävässä kalassa (BALFI-D09-1)	Ei merkittäviä muutoksia
Roskaantumisen (BALFI-D10)	Makroroskan määrä ja laatu (BALFI-D10-1)	Tarkemmat HELCOM-ohjeistukset käyttöön. Seurannan riittävyden arviointi
	Mikroskooppisen roskan määrä ja laatu (BALFI-D10-2)	Tarkemmat HELCOM-ohjeistukset. Uusi alaohjelma
	Jättemäärät	Uusi alaohjelma
Energia, mukaan lukien melu (BALFI-D11)	Itämeren vedenalainen äänenpainetaso (BALFI-D11-1)	Tarkemmat HELCOM-ohjeistukset. Rannikkovesien seurannan järjestäminen ja operatiiviseen seurantaan siirtyminen

**Meriseurannan tiekartta
SYKE:n ylläpitämien ja koordinoimien meren tilaseurantojen
nykytila ja kehittäminen**

Suomen ympäristökeskus



ISBN 978-952-11-5182-8 (PDF)

ISBN 978-952-11-5181-1 (nid.)

ISSN 1796-1726 (verkoj.)

ISSN 1796-1718 (pain.)