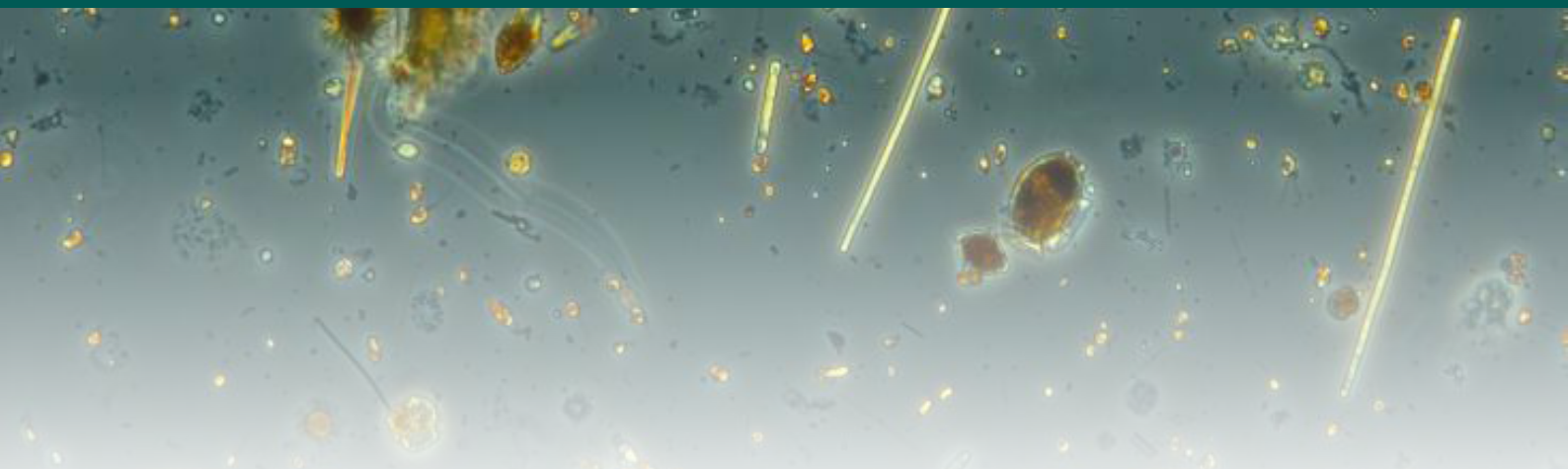




Kasviplanktonin a-klorofylli ja kokonaisbiomassa

Meren tilan indikaattorit

Yhteyshenkilöt: Vivi Fleming ja Laura Hoikkala (Syke)

Taittaja: Meri Back (Syke)

© Sirpa Lehtinen

Kasviplanktonin tuotanto on edellytys meriekosysteemin ulappa-alueiden ravintoverkkojen toiminnalle. Vesiympäristön rehevöityminen ravinnekuormituksen seurauksena aiheuttaa kuitenkin liiallista kasviplanktonin biomassan ja tuotannon kasvua. Kasviplanktonin biomassaa rannikkovesissä ja avomerialueilla arvioidaan yleisesti a-klorofyllin eli lehtivihreän pitoisuudesta. Tila-arviossa huomioidaan klorofyllin kesäaikainen pitoisuus sekä avomerialueilta että rannikkovesistä ja lisäksi kasviplanktonin kevätkukinnan aikainen klorofyllikertymä rannikkovesistä. Ulommilla rannikkovesillä käytetään indikaattorina myös kasviplanktonin kokonaisbiomassaa. Kasviplanktonin indikaattorit olivat alle hyvän tilan kaikilla avomerialueilla ja rannikkovesityypeissä.

Indikaattorin yleinen kuvaus

Kasviplankton muodostaa ulappaekosysteemien ravintoverkon perustan toimien eläinplanktonin ravinnonlähteenä. Kasviplanktontuotanto kasvaa luonnollisesti keväällä ja kesällä valon ja lämpötilan noustessa, jos ravinteita on saatavilla. Ihmistoiminnan aiheuttama ravinnekuormituksen lisääntyminen johtaa kasviplanktontuotannon ja kasviplanktonbiomassan kasvuun, jolloin vesiympäristö rehevöityy.

Kasviplanktonbiomassan mittaaminen on työlästä, joten kattavampien tilanarvioiden mahdollistamiseksi kasviplanktonin lehtivihreän eli a-klorofyllin pitoisuutta käytetään yleisesti myös kasviplanktonbiomassan estimaattina.

Kaikille avomerialueille ja rannikkovesityypeille arvioitiin kesän aikainen a-klorofyllipitoisuus.

Avomerialueilla kesän klorofyllipitoisuuden laskenta perustuu kolmenlaiseen aineistoon: seurannan vesinäytteisiin, kauppalaivoilla tehtyihin jatkuvatoimisiin mittauksiin ja kaukokartoituksen satelliittihavaintoihin. Rannikkovesien osalta kesän klorofylli-indikaattorin laskenta perustuu toistaiseksi ainoastaan vesinäytteisiin.

Kesäaikaisen kasviplanktonin kokonaisbiomassa arvioitiin ainoastaan ulommille rannikkovesille. Kokonaisbiomassa määritettiin vesinäytteistä mikroskopoitujen leväsolujen lukumäärän ja lajityypillisen biomassan tuotteena.

Rannikkovesille arvioitiin lisäksi kevätkukinnan aikainen klorofyllin kertymä, kevätkukintaindeksi, muille vesityypeille lukuun ottamatta Merenkurkun ja Perämeren rannikkovesiä, joilla indikaattori ei sellaisenaan

toimi. Kevätkukinnan arviointi perustuu kaukokartoitusaineistoon.

Tulokset

a-klorofyllin kesäpitoisuus

Suomen kaikkien rannikkovesien ja avomerialueiden tila on heikko kesän a-klorofyllipitoisuuden suhteen (Taulukko 1). Tila on pysynyt samalla tasolla kuin edellisellä tilanarviokaudella Pohjois-Itämerellä ja Selkämerellä (muutos < 15 %) ja heikentynyt Ahvenanmerellä, Merenkurkussaja Perämerellä (arvo laskenut ≥ 15 %). Suomenlahdella tila näyttäisi myös pysyneen keskimäärin edellisen arviointikauden tasolla, mutta on huomattava, että Suomenlahden aluejakoa on muutettu uuteen tilanarvioon. Alue on nyt jaettu itä-länsi suunnassa kahteen alueeseen ja idän puoleista rajausta on muutettu.

Avomerellä klorofyllipitoisuudet nousivat Pohjois-Itämerellä ja Suomenlahdella yli 150 % 1970-luvulta 2000-luvun alkupuolelle ja Selkämerellä 180 % 1970-luvulta 1990-luvun loppupuolelle (Fleming-Lehtinen ym. 2008). Pitoisuuksien nousu on 2000-luvulla taittunut, ja klorofyllipitoisuudet eivät ole merkittävästi muuttuneet vuodesta 1990 vuoteen 2021 millään alueista paitsi Perämerellä, missä

pitoisuudet ovat hieman nousseet (Kuva 1, Taulukko 1). Fosforiravinteen lisääntyminen pintavedessä on todennäköisesti lisännyt tyypeä sitovien sinilevien kasvua, hidastaen ravinnekuormituksen vähenemisen vaikutusta kesän klorofyllipitoisuuksiin. Liuenneen epäorgaanisen fosforin talvipitoisuudet ovat nousseet kaikilla muilla Suomen avomerialueilla paitsi Perämerellä.

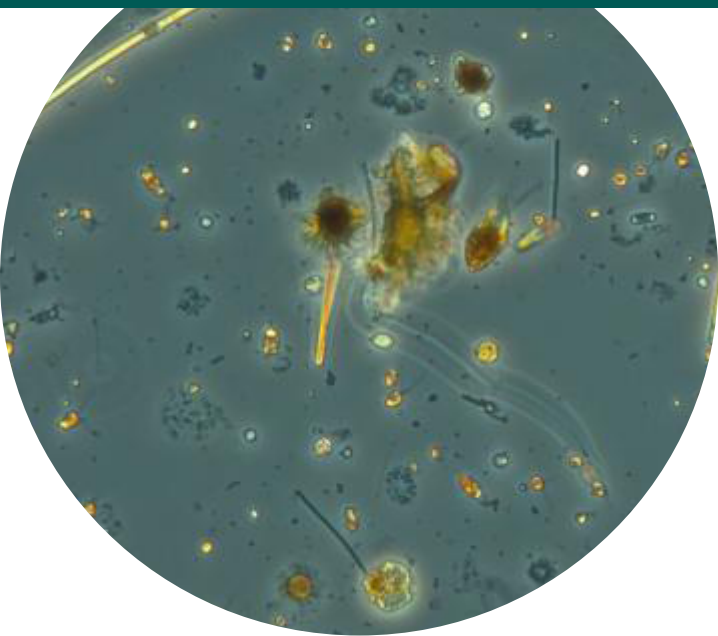
Rannikkovesissä klorofyllin tilanluokka on pysynyt muuttumattomana edelliseltä tilanarviokaudelta nykyiselle kaudelle kaikissa vesityypeissä (Taulukko 2). Klorofyllipitoisuuden on havaittu pysyneen suhteellisen muuttumattomana vuodesta 1985 vuoteen 2011, mutta nousseen merkitsevästi osalla Lounaisen väli- ja ulkosaariston intensiiviasemista ja laskeneen yhdellä Perämeren ja yhdellä Suomenlahden intensiiviasemista (Fleming-Lehtinen ym. 2014). Vuodesta 2011 vuoteen 2021 klorofyllipitoisuudessa ei ole havaittavissa selkeää muutosta missään rannikkovesityypissä. Klorofyllipitoisuuksien pysyminen suhteellisen muuttumattomana on odotettavaa, sillä Suomen kokonaisravinnekuormitus Itämereen on vähentynyt vain hieman viimeisten 20 vuoden aikana.

Taulukko 1. Suomen avomerialueiden kesän a-klorofyllipitoisuuden kynnysarvot, arvot ja tilaluokat kaudella 2016–2021 sekä trendit vuosina 1990–2021.

Avomerialue	Arvo	Kynnysarvo	Tilaluokka	Trendi	Trendin vuosiväli
Pohjois-Itämeri	3,78	1,65	Huono	Pysynyt samana	1990-2021
Länsi-Suomenlahden avomeri	4,20	1,90	Huono	Pysynyt samana	1990-2021
Ahvenanmeren avomeri	2,74	1,50	Huono	Pysynyt samana	1990-2021
Selkämeren avomeri	2,47	1,50	Huono	Pysynyt samana	1990-2021
Merenkurkun avomeri	3,17	2,00	Huono	Pysynyt samana	1990-2021
Perämeren avomeri	3,25	2,00	Huono	Heikentynyt	1990-2021
Itä-Suomenlahden avomeri	4,37	2,30	Huono	Pysynyt samana	1990-2021



Kuva 1. Klorofyllin kesäpitoisuus avomerialueilla 1970-2021. Trendin tilastollista merkitsevyyttä välillä 1990-2021 testattiin epäparametrisella Mann-Kendall testillä. Tilastollisesti merkitsevät nousevat ($p \leq 0.05$) trendit on korostettu oranssilla. Merkitsevää laskevaa trendiä ei havaittu millään alueista (HELCOM 2023).



Taulukko 2. Suomen rannikkovesityyppien kesän a-klorofyllipitoisuuden kynnysarvot sekä arvot ja tilaluokat kaudella 2017–2022 ja trendit vuosina 2011–2022.

Rannikkoalue	Arvo	Kynnysarvo	Tilaluokka	Trendi	Trendin vuosiväli
Suomenlahden sisemmät rannikkovedet	8,88	3,50	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Suomenlahden ulommat rannikkovedet	6,11	2,50	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Lounainen sisäsaaristo	9,44	3,00	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Lounainen välisaaristo	4,79	2,50	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Lounainen ulkosaaristo	4,79	2,30	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	5,73	2,70	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Selkämeren ulommat rannikkovedet	2,85	2,10	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Merenkurkun sisäsaaristo	6,11	3,30	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Merenkurkun ulkosaaristo	2,60	2,20	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Perämeren sisemmät rannikkovedet	5,42	3,30	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Perämeren ulommat rannikkovedet	2,76	2,20	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Ahvenanmaan sisäsaaristo	5,71	3,00	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Ahvenanmaan välisaaristo	3,17	2,40	Huono	Pysynyt samana	2011-2022
Ahvenanmaan ulkosaaristo	2,79	2,00	Huono	Pysynyt samana	2011-2022

Kasviplanktonin kokonaisbiomassa kesällä

Tila kasviplanktonin kokonaisbiomassan suhteen on toistaiseksi määritetty vain ulommille rannikkovesille. Kaikki ulommat rannikkovedet olivat heikossa tilassa myös kasviplanktonin

kokonaisbiomassan suhteen (Taulukko 3). Tila on pysynyt muuttumattomana edelliseltä kaudelta. Kasviplanktonbiomassassa ei myöskään ole tapahtunut merkittävää muutosta 2012–2022 yhdelläkään ulommista rannikkovesityypeistä. Vuosien välinen vaihtelu on ollut voimakasta.

Taulukko 3. Suomen ulompien rannikkovesityyppien kasviplanktonin kokonaisbiomassa -indikaattorin kynnysarvot, arvot ja tilaluokat kaudella 2017–2022 sekä trendit vuosina 2012–2022. Kasviplanktonin kokonaisbiomassan tilaa ei ole määritetty sisemmille rannikkovesityypeille.

Rannikkoalue	Arvo	Kynnysarvo	Tilaluokka	Trendi	Trendin vuosiväli
Suomenlahden sisemmät rannikkovedet					
Suomenlahden ulommat rannikkovedet	1,12	0,46	Huono	Pysynyt samana	2012-2022
Lounainen sisäsaaristo					
Lounainen välisaaristo	0,85	0,40	Huono	Pysynyt samana	2012-2022
Lounainen ulkosaaristo	1,07	0,38	Huono	Pysynyt samana	2012-2022
Selkämeren sisemmät rannikkovedet					
Selkämeren ulommat rannikkovedet	0,56	0,34	Huono	Pysynyt samana	2012-2022
Merenkurkun sisäsaaristo					
Merenkurkun ulkosaaristo	0,35	0,27	Huono	Pysynyt samana	2012-2022
Perämeren sisemmät rannikkovedet					
Perämeren ulommat rannikkovedet	0,46	0,33	Huono	Pysynyt samana	2012-2022
Ahvenanmaan sisäsaaristo	1,20	0,42	Huono	Ei määritetty	2012-2022
Ahvenanmaan välisaaristo	0,49	0,32	Huono	Ei määritetty	2012-2022
Ahvenanmaan ulkosaaristo	0,36	0,27	Huono	Ei määritetty	2012-2022

Kevätkukinta

Kasviplanktonbiomassa on monilla alueilla suurimmillaan kevätkukinnan aikana. Suomen rannikkovesien tila kevätkukinnan suhteen arvioitiin ensimmäistä kertaa, käyttäen indikaattorina a-klorofyllin kertymää kukinnan aikana. Tila oli heikko kaikissa rannikkovesityypeissä, joille indikaattori on käytettävissä (muut merialueet lukuun ottamatta Perämeren ja Merenkurkkua, joilla indikaattori vaatii jatkokehitystä) (Taulukko 4). Huonoin tilanne oli Lounaisessa sisä- ja

välisaaristossa ja Suomenlahden sisä- ja ulkosaaristossa. Kevätkukinta on voimistunut 2000-luvun alkupuolelta avomeren voimakkaassa vaikutuspiirissä olevissa rannikkovesityypeissä. Erityisesti kasvua on tapahtunut Suomenlahden ulommissa rannikkovesissä sekä Selkämeren sisemmissä ja ulommissa rannikkovesissä, mutta myös Lounaisessa väli- ja ulkosaaristossa. Kevätkukinnan merkittävää heikkenemistä ei ole samalla aikavälillä havaittavissa missään rannikkovesityypeistä.

Taulukko 4. Suomen rannikkovesityyppien kevätkukintaindeksin kynnysarvot, arvot ja tilaluokat kaudella 2017–2022 sekä trendit vuosina 2004–2023.

Rannikkoalue	Arvo	Kynnysarvo	Tilaluokka	Trendi	Trendin vuosiväli
Suomenlahden sisemmät rannikkovedet	1368,39	430,00	Huono	Pysynyt samana	2004-2023
Suomenlahden ulommat rannikkovedet	836,62	270,00	Huono	Heikentynyt	2004-2023
Lounainen sisäsaaristo	471,66	190,00	Huono	Pysynyt samana	2004-2023
Lounainen välisaaristo	2,45615	125,00	Huono	Heikentynyt	2004-2023
Lounainen ulkosaaristo	155,96	60,00	Huono	Heikentynyt	2004-2023
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	906,61	325,00	Huono	Heikentynyt	2004-2023
Selkämeren ulommat rannikkovedet	428,33	180,00	Huono	Heikentynyt	2004-2023
Merenkurkun sisäsaaristo			Ei määritetty		
Merenkurkun ulkosaaristo			Ei määritetty		
Perämeren sisemmät rannikkovedet			Ei määritetty		
Perämeren ulommat rannikkovedet			Ei määritetty		
Ahvenanmaan sisäsaaristo			Ei määritetty		
Ahvenanmaan välisaaristo			Ei määritetty		
Ahvenanmaan ulkosaaristo			Ei määritetty		

Ihmistoiminnan vaikutukset

Ihmistoiminnan kuten maatalouden, metsätalouden ja yhdyskuntien jätevesien aiheuttama ravinnekuormitus aiheuttaa veden rehevöitymistä, mikä ilmenee kasviplanktonin kohonneena tuotantona ja biomassana. Toisaalta ihmistoiminta, kuten soiden ojitukset, metsähakkuut ja ruoppaukset aiheuttavat myös veden tummumista ja samentumista, minkä seurauksena valon määrä vesipatsaassa vähenee, mikä voi rajoittaa kasviplanktonin tuotantoa syvemmällä vesipatsaassa.

Valuma-alueen ravinnekuormitukseen kohdistuvien toimenpiteiden vaikutukset heijastuvat valumien myötä rannikkovesiin voimakkaimmin ja nopeimmin keväällä, kun taas vaikutukset kesän kasviplanktonkukintoihin tapahtuvat epäsuorasti ja viiveellä (Fleming ym. 2021). Kevätkukinta on pääsääntöisesti typpirajoitteinen lukuun ottamatta Perämerta ja joitain sisimmistä vesimuodostumista, mikä korostaa myös typpikuormituksen vähentämisen merkitystä.

Viimeisimpien tarkastelujen perusteella on todennäköistä, että kansallisten vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutukset näkyvät lyhyemmällä aikavälillä lähinnä sisemmissä rannikkovesimuodostumissa, kun taas avomereltä tulevan kuormituksen vaikutus on väli- ja ulkosaaristossa merkittävin (Fleming ym. 2023).

Suomen kokonaisravinnekuormitus Itämereen on hieman vähentynyt viimeisten 20 vuoden aikana, mutta kuormitus on edelleen huomattavasti liian suurta.

Indikaattori osana lainsäädäntöä

Indikaattorin avulla toteutetaan Suomen vesienhoidon ja merenhoidon lakia vesipuitedirektiivin (VPD, 2000/60/EEC) ja meristrategiadirektiivin (MSD, 2008/56/EC) toimeenpanoa varten. Meristrategiadirektiivi kattaa sekä rannikkovedet että avomerialueet ja vesipuitedirektiivi rannikkovedet. Komission Päätöksen (2010/477/EC) mukaan meriveden rehevöitymisestä raportoidessa rannikkovesien rehevyytila tulee ottaa huomioon vesipuitedirektiivin ja siihen liittyvien ohjeistusten mukaisesti tavalla, joka

mahdollistaa vertailukelpoisuuden.

Aineisto

Avomerialueiden osalta tila-arviossa käytetään Itämeren suojelukomission (HELCOM) klorofylli-indikaattorin tuloksia, jotka perustuvat kansainvälisessä yhteistyössä tuotettuun aineistoon (2016–2021, HELCOM 2023). Klorofylli-indikaattorin laskentaan käytetään kolmen tyyppistä aineistoa: HELCOM-maiden toimittama vesinäytteisiin perustuva aineisto (0–10 m), FerryBox-läpivirtausaineisto (3–5 m) ja kaukokartoituksen satelliittihavaintoihin perustuva aineisto. Laskennassa käytetyt seurannan vesinäytteisiin ja FerryBox-läpivirtausnäytteisiin perustuvat aineistot ovat saatavilla ICESin (The International Council for the Exploration of the Sea) avoimesta tietokannasta: [ICES Marine Data](#). Aineisto kerätään noudattaen HELCOMin a-klorofyllin monitorointi ohjeistusta ([HELCOM guidelines for monitoring chlorophyll-a. pdf](#)). Satelliittihavaintoihin perustuva aineisto lasketaan Sykessä. Avomeren indikaattorissa huomioidaan kesä–syyskuun havainnot.

Rannikkovesien osalta käytetään Syken HERTTA-tietokantaan tallennettua klorofylli- ja kasviplanktonin kokonaisbiomassa-aineistoa (2017–2022, lisätietoa [Syken ympäristötietojärjestelmästä](#)), joka perustuu ELY-keskusten toteuttamaan kansalliseen vedenlaadun seurantaan ja toiminnanharjoittajien velvoitetarkkailuun. Rannikkovesien a-klorofyllin kesäpitoisuuden ja kasviplanktonin kokonaisbiomassan osalta huomioidaan havainnot 1.7.–7.9., paitsi Perämerellä 7.7.–7.9 (Aroviita ym. 2019). Kokoomanäytteen alasyvyys määräytyy pääsääntöisesti näkösyvyyden perusteella siten, että näytteenoton alaraja on enintään 10 m. Kevätkukintaindeksissä huomioidaan kevään ja alkukesän aikaiset kaukokartoitukseen perustuvat klorofyllihavainnot aikavälillä, jolla vesityyppikohtaiset kukinnan raja-arvot ylittyvät.

Hyvä tilan määrittäminen [D5C2]

Kasviplanktonin a-klorofyllin pitoisuus kullakin arviointialueella on tasolla, mikä vastaa luonnollista rehevyyden tasoa ja ylläpitää monimuotoista planktonyhteisöä.

HELCOM on asettanut avomeren kynnsarvot koko Itämerelle merialuekohtaisesti perustuen historialliseen aineistoon, mallinnukseen sekä kansainväliseen asiantuntija-arvioon (HELCOM 2023). Hyvän tilan saavuttamiseksi a-klorofyllin kesäpitoisuuden tulee alittaa asetetut kynnsarvot (Taulukko 1). Avomeren tulokset raportoidaan HELCOMin rehevöitymistilantarviossa käytetyille alueille. Avomeren indikaattorien laskenta on kuvattu HELCOMin klorofylli-indikaattoriraportissa ([HELCOM 2023](#)).

Rannikkovesien arvioinnissa käytetään vesienhoidossa asetettuja vesityyppikohtaisia vertailuarvoja ja hyvän tilan luokkarajoja eli kynnsarvoja. Niiden määrittämisessä on riittävän pitkien aikasarjojen puuttuessa hyödynnetty kesän a-klorofyllipitoisuudelle mm. a-klorofyllin ja näkösyvyyden suhdetta sekä varhaisia näkösyvyydestietoja ja sisemmällä rannikkovesillä seuranta-aineiston 5. prosenttipistettä ja ulompien rannikkovesien vertailuarvoja, ja lisäksi luokkarajoja on harmonisoitu Ruotsin ja Viron kanssa EU:n interkalibroinnin yhteydessä (Aroviita ym. 2019). Kasviplanktonbiomassan luokkarajoissa on hyödynnetty biomassan ja klorofyllipitoisuuden funktioita (Aroviita ym. 2019). Kevätkukintaindikaattorien vertailuarvot ja kynnsarvot määritettiin perustuen rannikon kokonaiskuormitusmallilla (Finnish coastal nutrient load model, FICOS; Lignell ym. 2018) tehtyihin luonnontilaa kuvaaviin simulaatioihin. Hyvän tilan saavuttamiseksi rannikkovesien kasviplanktonindikaattorien tulee alittaa asetetut kynnsarvot (Taulukot 2–4).

Rannikkovesien tulokset raportoidaan vesityypeittäin vesimuodostumakohtaisten tulosten pinta-ala painotettuina keskiarvoina. Klorofyllin kesäpitoisuuden ja kasviplanktonin kokonaisbiomassan laskenta on kuvattu vesienhoidon kolmannen kauden luokitusoppaassa (Aroviita ym. 2019). Kevätkukintaindeksi, joka arvioi kevätkukinnan aikaista a-klorofyllin kertymistä, määritettiin ensimmäistä kertaa. Indeksiperustuu alun perin FerryBox-läpivirtausaineistolle kehitettyyn menetelmään (Fleming & Kaitala 2006). Indeksimäärittäminen satelliittihavainnoista vesimuodostuman päivittäisten mediaanipitoisuuksien 7-päivän liukuvan keskiarvon integraalina kevätkukinnan keston ajalta (Väkevä ym. 2024). Kevätkukinnan kesto

määritettiin ajalta, jolloin klorofyllipitoisuus ylittää kevään ja alkukesän aikana tyyppikohtaisesti asetetut raja-arvot (5–15 µg L⁻¹). Kevätkukintaindeksi ei ole käytössä Perämerellä ja Merenkurkussa, joiden osalta indeksin käyttöönotto vaatisi jatkokehitystä.

Indikaattorien luotettavuus

HELCOMin rehevöitymisindikaattoreille, ml. a-klorofyllin kesäpitoisuus, arvioitiin aluekohtaisesti luotettavuus perustuen havaintojen alueelliseen ja ajalliseen kattavuuteen sekä oikean luokitustuloksen todennäköisyyteen (HELCOM 2023). Luotettavuus laskettiin ensin erikseen jokaiselle aineistotyyppille, ja indikaattorien luotettavuus laskettiin aineistokohtaisten tulosten keskiarvona. Luotettavuus oli erinomainen läntisellä Suomenlahdella, hyvä Pohjois-Itämerellä ja Selkämerellä ja kohtalainen muilla avomerialueilla. Luotettavuutta heikensi erityisesti vesinäytteiden heikko alueellinen kattavuus. Satelliittiaineisto kuitenkin paransi indikaattorien alueellista ja ajallista luotettavuutta.

Rannikkovesien kasviplanktonindikaattoreille ei ole määritetty luotettavuutta. Rannikkovesien a-klorofylliaineistot ovat kuitenkin alueellisesti ja ajallisesti suhteellisen kattavia, sillä näytteitä otetaan yleensä vuosittain ja lähes kaikilta vesimuodostumilta. Keski- ja loppukesän luokittelujaksolla klorofyllinäytteiden frekvenssi vaihtelee yleensä yhden ja neljän välillä. Kaukokartoitusaineistoon perustuvan kevätkukintaindeksin alueellinen kattavuus on myös korkea.

Kehittämistarpeet

Avomerialueilla ja Perämeren ja Merenkurkun rannikkovesissä kasviplanktonin tila-arvio perustuu vain kesätilanteeseen. Tila-arvion vuodenaikaista kattavuutta parantaisikin huomattavasti, että kevätkukintaindeksi otettaisiin käyttöön myös näillä alueilla. Kevätkukintaindeksi on jo HELCOM-yhteistyössä kehitetty myös avomerialueille, mutta vertailuolujen ja kynnsarvojen määrittäminen vaatii vielä jatkokehitystä.

Lisäksi rannikkovesien kesän klorofyllipitoisuus-indikaattorien ajallista ja alueellista kattavuutta voitaisiin huomattavasti parantaa huomioimalla

laskennassa kaukokartoitusaineistot. Kaukokartoitusaineistot ovat jo käytössä vesienhoidon tila-arviossa luokittelua tukevana aineistona. Kasviplanktonin kokonaisbiomassaindikaattorille olisi myös

hyvä kehittää vertailuarvot ja luokkarajat myös sisemmille rannikkovesille. Tämä on aiemmin todettu haastavaksi sisempien rannikkovesien heterogeenisyyden ja vähäisen soveltuvan aineiston vuoksi.

Lähteet

1. Aroviita J., Mitikka S. ja Vienonen S. (toim.) 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. SYKE raporteja 37/2019.
2. Fleming V, Berninger Kati, Aikola T, Huttunen Markus, Iho A, Kuosa H, Niskanen L, Piiparinen J, Räike A, Salo M, Sarkkola S, Valve H 2023. Rannikkovesien ravinteiden kuormituskatot ja kuormituksen vähentämisen keinoja. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2023:45.
3. Fleming V, Kaitala S. 2006. Phytoplankton spring bloom intensity index for the Baltic Sea estimated for the years 1992 to 2004. *Hydrobiologia* 554:57–65. DOI:10.1007/s10750-005-1006-7
4. Fleming V, Kuosa H, Hoikkala L, Räike A, Huttunen M, Miettunen E, Virtanen E, Tuomi L, Nygård H, Kauppila P 2021. Rannikkovesiemme vedenlaadun ja rehevöitymistilan tulevaisuus ja sen arvioiminen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:14.
5. Fleming-Lehtinen V, Laamanen M, Kuosa H, Hahti H, Olsonen R 2008. Long-term Development of Inorganic Nutrients and Chlorophyll a in the Open Northern Baltic Sea. *Ambio* 37: 86-92.
6. Fleming-Lehtinen V, Räike A, Kortelainen P, Kauppila P, Thomas D N 2014. Organic Carbon Concentration in the Northern Coastal Baltic Sea between 1975 and 2011. *Estuaries and Coasts* 38:466-481. DOI: 10.1007/s12237-014-9829-y
7. HELCOM 2023. Chlorophyll-a. HELCOM core indicator report. Online. 4.11.2024, <https://indicators.helcom.fi/indicator/chlorophyll/>.
8. Lignell R, Miettunen E, Tuomi L, Ropponen J, Kuosa H, Attila J, Puttonen I, Lukkari K, Pelttonen 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, Siirä S-M, 2018. Rannikon kokonaiskuormitusmalli: ravinnepäästöjen vaikutus veden tilaan – Kehityshankkeen loppuraportti (XI 2015 – VI 2018).
9. Väkevä S, Hoikkala L, Miettunen E, Attila J, Fleming V, Kuosa H 2024. Integrating Earth Observation and Modeling for Monitoring the Vernal Diatom–Dinoflagellate Bloom in Finnish coastal waterbodies. Konferenssi abstrakti, 5th Baltic Earth Conference s. 27–28. https://baltic.earth/imperia/md/assets/baltic_earth/baltic_earth/baltic_earth/5bec_proceedings.pdf