

Sinileväkukintojen tuottamien haitallisten aineiden (nodulariini-R) pitoisuudet avomeren vedessä, planktonissa ja silakassa



Meren tilan indikaattori Yhteyshenkilö: Harri Kankaanpää (SYKE)

Tiivistelmä

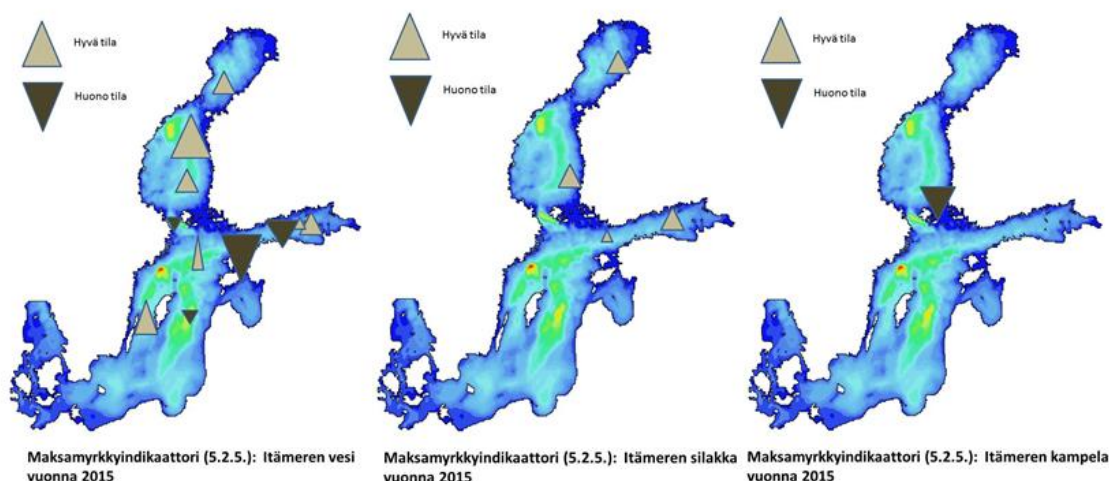
Sinilevämyrkyt heijastelevat kasviplanktonissa syntyvien haitallisten aineiden aiheuttamaa painetta Itämeren ekosysteemissä (esim. Kankaanpää, 2011). Näitä runsaasti esiintyviä ja haitallisia vaikutuksia aiheuttavia yhdisteitä ei ole aiemmin ollut mukana Itämeren seurantaohjelmassa. Seurantaan tähtäävässä lähestymisvaiheessa on maksamyrkkypitoisuuksia viranomaistyönä jo mitattu kasviplanktonista, merivedestä, silakoista ja kampeloista vuodesta 2010 lähtien.

Maksamyrkkujen pitoisuudet merivedessä ja erityisesti planktonissa vaihtelevat voimakkaasti eri vuosien välillä. Tärkein syy tähän on planktonmassan tuotannon vaihtelut eri säätilanteissa. Merivedessä maksamyrkkujen kokonaispitoisuus aiheutuu lähes ainoastaan nodulariinista ja vuosina 2009–2016 se on vaihdellut välillä $< 0,1$ –noin $1,3 \mu\text{g NOD-R L}^{-1}$. WHO:n määrittämä laatu normi on raja-arvo juomavedelle ($1,0 \mu\text{g NOD-R L}^{-1}$). Mikrokystiini-LR:a esiintyi ensi kertaa seurantanäytteessä elokuussa 2016.

Silakan maksassa kokonaismaksamyrkkujen pitoisuudet vuosina 2014–2016 vaihtelivat välillä 50 – $200 \mu\text{g kg}^{-1}$ (kuivapaino). Lihaksessa pitoisuudet olivat alempia 2 – $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ (kuivapaino). Merialueiden välillä ei ollut merkittäviä eroja pitoisuuksissa.

Pitoisuuksien vaihteluvälit ovat tyypillisesti (julkaistut ja julkaisemattomat tulokset): $0,1$ – $10\,000 \text{ mg kg}^{-1}$ (plankton), $0,1$ – $10 \mu\text{g/l}$ (merivesi), 10 – $1000 \mu\text{g kg}^{-1}$ (kampelan maksa), 1 – $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ kp (silakan lihas) ja 30 – $500 \mu\text{g kg}^{-1}$ (silakan maksa).

Ajallisia muutoksia kuvaavia aikasarjoja varten ei toistaiseksi ole riittävä aineistoa.



Kuva 1
Maksamyrkkujen tila Suomen merialueilla merivedessä, silakassa ja kampelassa.

Indikaattorin yleinen kuvaus

Itämeren seurantaan kuuluu kaksi sinilevien (syanobakteerien eli sinibakteerien) tuottamaa levämyrkyä: nodulariini (nodulariini-R; NOD) ja mikrokystiini-LR (MC-LR). Yhdisteet kertyvät eliöstöön, etenkin simpukoihin ja kalojen maksaan. Yhdisteitä on todettu myös merilinnuissa. Perämerellä, Merenkurkussa ja itäisimmällä Suomenlahdella maksamyrkyjä ei ole todettu. Muualla ne ovat yleisiä.

Indikaattori seuraa kasviplanktonin tuottamien maksamyrkyllisten yhdisteiden pitoisuuksia valikoiduissa väliaineissa ja mittaa siten meriveden laatua ja elintarvikkeiden turvallisuutta (meriveden ja eliöstön puhtaus). Tarkastellaan tavoitetilaa, jossa pitoisuudet pysyvät seurannan alkuketken tasolla tai alenevat.

Planktonista, merivedestä ja kaloista mitataan levien tuottamien maksamyrkyllisten haitta-aineiden pitoisuudet. Pitoisuudet suhteutetaan olemassa oleviin tai jatkossa kehitettäviin raja-arvoihin.

Indikaattorin tuloksena saadaan tietoa siitä, kuinka suuri maksamyrkyjen osuus on Itämeren eliöiden kokemassa kemiallisessa paineessa.

Muuttuja on maksamyrkyypitoisuus normalisoituna massaan tai syanobakteerien lukumäärään.

Vesipatsaan materiaali kerätään Arandalla kasviplanktonseurannassa rutiiniksi muodostuneella näytteenottotekniikalla, jossa on mukana planktonyhteisöä ympäröivä vesi. Silakat kerätään joko vakiintuneella tavalla (pyynti Arandalla, LUKE:n tekemä iänmääritys, SYKE:n tekemä preparointi).

Indikaattori osana lainsäädäntöä

- Suomen valtioneuvoston päätös merenhoidosta sisältää sinilevien tuottaman myrkyän seuraamisen ja arvion.
- Indikaattorin on kansallisesti katsottu kuuluvan Euroopan Unionin meristrategiadirektiivin piiriin.
- HELCOM-suositukset ja ekologiset tavoitteet: liittyä velvoitteisiin seurata haitallisia aineita ja rehevöitymiskehitystä.

Miten indikaattori kuvaa ekosysteemiä?

Sinilevät ja niiden myrkyt ovat Itämeren ominaispiirteistä johtuva ilmiö, joka on samalla globaali. Ekosysteemin eliöihin kohdistuva kemiallinen stressi syntyy näiden yhdisteiden ja seurantaohjelmassa mitattavien muiden haitallisten aineiden (kuten halogenoitujen orgaanisten yhdisteiden) yhteisvaikutuksesta. Indikaattori kuvaa ekosysteemissä esiintyvien haitallisten levien, eritoten sinilevien (joista eritoten *Nodularia spumigenan*) osuutta sekä ao. levien tuottamien haitallisten yhdisteiden aiheuttamaa riskiä ekosysteemille ml. ihmiset.

Mitattavien yhdisteiden lähteenä toimivilla myrkyllisillä syanobakteereilla on tärkeä rooli myös eliöiden energian lähteenä. Muutokset ravinnetasoissa ja meren fysikaalisissa ominaisuuksissa voivat muuttaa syanobakteerien määriä, esiintymisjaksoja ja syntyvien myrkyllisten yhdisteiden pitoisuuksia.

Valitut muuttajat kuvaavat sitä ryhmää maksatoksiineista, jotka nykytietämyksen valossa ovat selvästi runsaimmin esiintyviä Itämeressä. Pitoisuudet heijastelevat *Nodularia spumigenan* ja mahdollisesti myös *Anabaena* sp.:n osuutta kasviplanktonyhteisössä.

Miten ihmisen toiminta vaikuttaa indikaattoriin?

Kasviplanktonkukintojen pinta-alaan, biomassaan, lajistorakenteeseen ja kukintojen kestoon vaikuttavat a) rehevöityminen (ravinnekuormituksen, erityisesti fosfaattikuormituksen muutokset), b) meriveden lämpötila (kasvihuonekaasut → ilmastonmuutos), c) meriveden suolaisuuden lasku (ilmastonmuutos → sadannan lisääntyminen). Nämä tekijät ovat dynaamisessa vuorovaikutuksessa kasviplanktonissa syntyvien haitallisten aineiden pitoisuuteen, kokonaismäärään ja kertymiseen eliöstöön.

Tekninen kuvaus

1. Lähdemateriaali / aineisto

Julkaisemattomat kasviplankton-, vesi-, silakka- ja kampela-aineistot vuosilta 2010–2015 (osin KERTY- ja PIVET-rekistereissä). Uuden aineiston lähteenä toimii yllä kuvattu Itämerestä kerättävä kenttämateriaali. Tukena toimii kasviplanktonseurannassa tuotettava kvantitatiivinen lajistotieto. Menetelmäohje, jossa on menetelmän tekninen kuvaus on siirretty SYKE:n LAMS-järjestelmään (keskustelukannassa) vuonna 2015. Muiden yksityiskohtien osalta kts. lähdeluettelo.

Seuranta tuottaa mittaustuloksia, joista selviää maksamyrkyllisten fykotoksiinien pitoisuudet ravintoketjun alkupäässä (plankton, vesifaasi) sekä ravintoketjussa (silakka). Erona aiempaan (vuosien 2010–2013) tilanteeseen nykyisessä seurannassa

tarkastellaan pintaveden sijasta 0-10 m perustuotantokerrosta ja lisäksi maksamyrkkipitoisuudet voidaan suhteuttaa kasviplanktonlajien vesipatsaan kvantitatiivisiin tuloksiin.

Tutkimustietoa ja tuloksia koskien fykotoksiinien esiintymistä Itämeressä on julkaistu kymmenissä julkaisuissa 1980-luvun puolivälistä alkaen (mm. Sivonen ym., 1989; Kankaanpää ym. 2001a, b, 2009, 2014; Sipiä ym., 2001, 2002a, b). WHO on määrittänyt juomaveden raja-arvo maksamyrkyille (WHO, 1996).

2. Indikaattorin edustavuus eri merialueilla

Kattaa pääasiassa Suomen talousalueen sisällä olevat merialueet sekä muutamia Keskisellä Itämerellä olevia alueita.

3. Ajallinen edustavuus

Kasviplankton ja merivesi kerätään vuosittain elokuussa HELCOM Combine 3 -seurantamatkan yhteydessä. Kampelat ja silakka kerätään vuosittain keväällä tai syksyllä saatavasta saaliista.

Aineiston kartuttua tehdään kuvaajat aika-akselille. Tarkastellaan aineistoa tilastollisesti ja päätellään, onko meren tila muuttumassa. Suhteutusta vallitseviin sääoloihin ja ravinnetilanteeseen tulee harkita.

4. Aineiston keruun ja analyysin menetelmät

Kerääminen kuten yllä kuvattu. Analysointi LAMS-ohjeen mukaisesti. Aineiston tilastollinen tarkastelu (kun riittävästi aineistoa kertynyt): Excel ja mahdollisesti R2 tai muu erikseen sovittava tilastoanalyysiin soveltuva ohjelmisto. Trendianalyysit tehdään SYKE:ssä keskitetysti toimintatavoilla, jotka ovat myös muiden indikaattorien käytössä. Tarkastellaan trendejä ja tehdään johtopäätökset. Julkaistaan yhteenvetoja erikseen sovittavalla raportointitavalla.

5. Hyvän tilan raja-arvon määrittäminen

WHO on määrittänyt juomaveden raja-arvo maksamyrkyille (WHO, 1996): merivedessä liukoisten maksamyrkkyllisten yhdisteiden pitoisuus alittaa WHO:n juomavesiraja-arvon $1,0 \mu\text{g l}^{-1}$. GES-raja voidaan arvioida Itämerellä erikseen, kun aineistoa on kertynyt enemmän.

Maksamyrkkyllisten yhdisteiden pitoisuus pysyy kaloissa ja merivedessä vuoden 2014 tasolla huomioiden tilastolliset virherajat tai alenee. Arvioidaan GES-rajat, kun aineistoa on kertynyt enemmän.

Maksamyrkkyllisten yhdisteiden pitoisuus pintameriveden planktonissa pysyy vuoden 2014 tasolla huomioiden tilastolliset virherajat tai alenee. Arvioidaan GES-rajat, kun aineistoa on kertynyt enemmän.

6. Tila-arvion maantieteellinen yksikkö

Vesipatsaaseen liittyviä havaintopisteitä ei ole yhdellä merialueella kovin runsaasti. Tästä syystä niitä koskeva maantieteellinen arvio tulee kohdistua lähinnä kuhunkin avomereren havaintoasemaan tai niiden välittömässä läheisyydessä olevaan ympäristöön mittaushetkellä. Silakoiden osalta voidaan niiden suuremman liikkuvuuden takia ajatella aineiston edustavan kyseistä merialuetta.

7. Indikaattorin luotettavuus

Eri väliaineista saatavien tulosten hajonta riippuu vuositasolla analyttisten protokollien poikkeamista ja toistettavuudesta. Koska vertailututkimuksia ei ole järjestetty eikä vertailuaineita ole saatavilla, mittaustulosten laatua voidaan arvioida itse tehtävien tavanomaisten kalibrointien ja rinnakkaismittausten toistettavuuden avulla. Silakkayksiöiden välillä pitoisuushajonta on kohtuullisen pientä, mutta kampeloissa yksilöiden väliset erot ovat tyypillisesti varsin suuria. Kasviplanktonin ja meriveden osalta eri vuosina saatavien tulosten väliset erot voivat olla huomattavan suuria. Tämä johtuu siitä tosiseikasta, että kukintojen voimakkuus ja täten vesipatsaaseen syntyvä maksamyrkky määrä vaihtelevat vuosittain. Mta Arandalta tehtävä näytteenotto on altis rajausvirheille (frame error): näytteitä saatetaan kerätä selvästi kukintahuipun (ajallinen kysymys) tai fyysisten pintalautojen (alueellinen kysymys) ulkopuolella.

Aineisto on niin luotettavaa ja laadukasta kuin on mahdollista tuottaa käytettävissä olevien tekniikoiden ja resurssien puitteissa.

GES-rajoja ei toistaiseksi ole määritelty kaloille ja kasviplanktonille.

8. Kehittämistarpeet

- henkilöstön koulutus ja resursointi.
- vertailuaineet ja – tutkimukset.
- käytettävän menetelmän akkreditointi.
- valistus.

LÄHDELUETTELO

- Ieva Barda, Harri Kankaanpää, Ingrida Purina, Maija Balode, Olli Sjövall, Jussi Meriluoto. 2014. Bioaccumulation of hepatotoxins – A considerable risk in the Latvian environment. *Environmental Pollution* 196: 313-320.
- Harri T Kankaanpää, Vesa O Sipiä, Jorma S Kuparinen, Jennifer L Ott, Wayne W Carmichael. 2001b. Nodularin analyses and toxicity of a *Nodularia spumigena* (Nostocales, Cyanobacteria) water-bloom in the western Gulf of Finland, Baltic Sea, in August 1999. *Phycologia* 40(3), 268-274.
- Harri T Kankaanpää, Olli Sjövall, Maija Huttunen, Miikka Olin, Krister Karlsson, Kirsi Hyvärinen, Laura Sneitz, Janne Härkönen, Vesa O Sipiä, Jussi AO Meriluoto. 2009. Production and sedimentation of peptide toxins nodularin-R and microcystin-LR in the northern Baltic Sea. *Environmental Pollution* 157(4), 1301-1309.
- Harri T Kankaanpää. 2011. Haitalliset levät ja terveys. *Duodecim; lääketieteellinen aikakauskirja*. 127(13), 1335-40.
- Vesa O Sipiä, Harri T Kankaanpää, Juha Flinkman, Kirsti Lahti, Jussi AO Meriluoto. 2001a. Time-dependent accumulation of cyanobacterial hepatotoxins in flounders (*Platichthys flesus*) and Mussels (*Mytilus edulis*) from the Northern Baltic Sea. *Environmental toxicology* 16 (4), 330-336.
- Vesa O Sipiä, Kirsti Lahti, Harri T Kankaanpää, Pekka J Vuorinen, Jussi AO Meriluoto. 2002a. Screening for cyanobacterial hepatotoxins in herring and salmon from the Baltic Sea. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 5(4), 451-456.
- Vesa Sipiä, Harri Kankaanpää, Stephan Pflugmacher, Juha Flinkman, Ambrose Furey. 2002b. Bioaccumulation and detoxication of nodularin in tissues of flounder (*Platichthys flesus*), mussels (*Mytilus edulis*, *Dreissena polymorpha*) and clams (*Macoma balthica*) from the northern Baltic Sea. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 53(2), 305-311.
- Sivonen K, Kononen K, Esala AL, Niemelä SI. 1989. Toxicity and isolation of the cyanobacterium *Nodularia spumigena* from the southern Baltic Sea in 1986. *Hydrobiologia* 185, 3–8.
- WHO, 1996. Guidelines for drinking-water quality. Health Criteria and Other Supporting Information, vol. 2, 2nd ed. World Health Organisation, Geneva.
- World Health Organisation, 1999. Toxic cyanobacteria in Water. Chorus, I. and Bartram J (Eds). W&FN Spon. London, 416 pp.