



# Kiehtova, haasta

Murtovetisen Itämeren valuma-alue on noin neljä kertaa meren itsensä laajuinen, ja alueella asuu lähes 85 miljoonaa ihmistä. Teollisuutta on paljon ja maataloutta harjoitetaan kaikissa rantavaltioissa, millä on ollut vaikutuksensa vesiluontoon; onhan meri melko pieni ja matala, ja sen vesi vaihtuu kapeiden, matalien Tanskan salmien kautta hyvin hitaasti.

Professori Markku Viitasalo, Merentutkimuslaitoksen biologian osaston johtaja, pitää rehevöitymistä Itämeren vakavimpana ongelmana, mutta mainitsee myös öljykuljetukset, myrkyt ja tulokaslajit.

- Meren ekosysteemi on nyt olennaisesti erilainen kuin vaikkapa 1950-luvulla: perustuotanto on kasvanut, vedet ovat samentuneet, sinileväkukinnat ovat mitä ilmeisimmin lisääntyneet, planktoniyhteisö on muuttunut, kalakannoissa on tapahtunut suuria vaihteluita, 1990-luvulta alkaen mereen tulevien ravinteiden määrä on vähentynyt, mutta rehevöitymisketjitys ei ole pysähtynyt, Viitasalo luettelee selvimpiä ilmiöitä.

Taloudellisesti arvokkaiden kalojen, ku-

ten silakan, kilohailin ja turskan, runsaus on Viitasalon mukaan vaihdellut pikemminkin Itämeren suolapitoisuuden kuin rehevyyden vaihteluita seuraten. Suolapitoisuus oli huipussaan 1970-luvun loppupuolella, ja on sen jälkeen selvästi laskeutunut.

- Suolan vähenemisen ja ylikalastuksen myötä turskakannat romahtivat ja kilohailikanta puolestaan kasvoi ennätysmäiseksi. Samoihin aikoihin Suomenlahden lohisaaliit alkoivat heiketä. Silakoiden kasvussakin tapahtui suuria muutoksia: 1970-luvun alusta lukien kasvu ensin nopeutui ja sitten hidastui melkein puoleen.

## CYBER – mikrobeista kaloihin

Sinileväongelma yhdessä silakan "kasvuanomalian" kanssa oli alkusysäys tutkimukselle, jota on tehty CYBER-konsortion kahdessa hankkeessa, Viitasalo kertoo.

- Oletimme, että nämä ilmiöt liittyvät toisiinsa tavalla, jota ei vielä kyllin hyvin tunneta.

Viitasalon ryhmä selvittää ekosysteemitason vaikutuksia, kun taas Helsingin yliopiston soveltavan kemian ja mikrobiologian laitoksella työskentelevä akateemiaprofessori Kaarina Sivonen ryhmineen keskittyy syanobakteerien biologiaan.

Hankkeita yhdistävinä tekijöinä ovat syanobakteerit ja tutkimusalue, Suomalaiti. Keskeisimpiä tutkimuskysymyksiä ovat: Miksi syanobakteerit ovat myrkyllisiä? Miten niiden myrkyt vaikuttavat ekosysteemeissä? Miten syanobakteerit vaikuttavat kalakantoihin? Mitkä tekijät säätelevät kalojen kasvua?

Tutkimusyhteistyöhön osallistuvat Merentutkimuslaitoksen ja Helsingin yliopiston lisäksi Suomen ympäristökeskus, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos sekä useita kansainvälisiä yhteistyökumppaneita.

## Sinilevä hidastaa kalanpoikasten kasvua

Markku Viitasalon ryhmä lähestyy tutkimusongelmia neljällä tavalla: pitkä-

Akatemiaprofessori Kaarina Sivosen vetämässä hankkeessa tutkitaan syanobakteeri- ja mikrobiyhteisöjen monimuotoisuutta ja rehevöitymisen vaikutuksia siihen.

*BIREME-tutkimusohjelma kokosi Itämeri-tutkijat laajaan, monitieteiseen ja tieteidenväliseen yhteistyöhön. Akatemiaprofessori Kaarina Sivosen ja professori Markku Viitasalon hankkeiden yhteisenä nimittäjänä ovat "sinilevät", syanobakteerit - ja tutkimuskohteena ensimmäistä kertaa koko ulapan ekosysteemi mikrobeista kaloihin. Johtolangat ovat nyt käsissä, uskoo Viitasalo, CYBER-konsortion vetäjä.*

TEKSTI: PAULA BÖHLING  
KUVAT: TAPIO VANHATALO

# ava Itämeri

aikaisanalyysien, kokeellisen tutkimuksen, kenttätutkimusten ja mallintamisen avulla.

Kokeellisissa tutkimuksissa selvitettiin, miten veden samentuminen ja erityisesti sinilevät vaikuttavat kalanpoikasten ravinnonsaantiin, kuntoon ja kasvuun.

Viitasalo esittelee valokuvaa vesinäytteestä, joka on nostettu avomereltä viiden metrin syvyydeltä. Läpinäkyvässä putkinoutimessa oleva vesi on sinileväkockareista vihreää.

- Tässä on eräs keskeisimpiä tutkimusideoitamme. Kun silakat etsivät ravinnokseen millimetrin mittaisia läpinäkyviä ravintoeläimiä, kuinka niiden ruokailu onnistuu, jos vesi on täynnä tällaista roskaa?

Laboratoriokokeet osoittivatkin, että sinilevä hidastaa kalojen kasvua.

- Kasvu hidastui leväisessä vedessä, kuten saatoimme olettaa. Monet kalalajit saalistavat näön avulla, joten visuaalinen ympäristö on niille on tärkeä; varsinkin poikasille, jotka vasta opettelevat saalistamaan. Saaliseläimet eivät videokuvaus-

ten perusteella ole passiivisia ajalehtijöitä, vaan ne pakenevat erittäin vilkkaasti. Jos vedessä on levää, jahtaaminen vaikeutuu.

Kokeissa käytettiin muun muassa hauen ja kolmipiikin poikasia, jotka silakan tavoin saalistavat näön avulla.

- Uskoisin, että vaikutukset ovat vastaavia kuin silakalla. Näitä lajeja on käytetty, koska silakka on vaikea kasvatettava, poikaset kuolevat melkein heti ruskauspussivaiheesta päästyään.

Yllättävä havainto Viitasalon mielestä oli se, että kalanpoikasten kasvu hidastui myös silloin, kun niille syötettiin planktoneläimiä, jotka olivat eläneet leväisessä vedessä, mutta olivat ruokailuhetkellä kirkkaassa vedessä.

- Tämä viittaa siihen, että kasvun hidastuminen ei johdu pelkästään ravinnonsaannin heikentymisestä, "visuaalisesta häirinnästä", vaan sen taustalla on myös jotain fysiologista, sinilevämyrky nodulariini tai jokin muu syanobakteereissa oleva bioaktiivinen aine. Tämä aine tai nämä aineet kulkeutuvat plank-

toneläimiin ja niistä edelleen kaloihin aiheuttaen niille jonkinlaisen "metabolisen kustannuksen".

## Pioneerityötä kentällä

Kenttätutkimusten tukikohtina olivat Merentutkimuslaitoksen tutkimusalue Aranda ja ympäristöhallinnon tutkimusalue Muikku.

- Kiersimme Suomenlahtea kolmena vuonna peräkkäin, tarkoituksena selvittää, miten planktoneläimet ja kalat reagoivat syanobakteerikukintoihin kentällä. Tämä oli ensimmäinen pohjoisen Itämeren hanke, jossa on tutkittu koko ulappaekosysteemiä mikrobeista kaloihin asti. Sitten saksalaiset ovat tehneet vastaavaa tutkimusta myös eteläisellä Itämerellä, Viitasalo kertoo.

Kenttätutkimusten – kaikuluotausten ja troolausten – perusteella ei ole vielä saatu näyttöä siitä, että kalat osaisivat välttää alueita, joilla sinileväkukinta on voimakas. Aineistojen tarkempi analyysit osin on vasta alullaan.

- Sen sijaan hankkeessa tehty kyselytutkimus osoitti, että sinileväkukinnoista on ammattikalastajille haittaa. Saaliit vähenevät, ja verkkojen ja rysien limoittuminen aiheuttaa lisätyötä. Monet kyselyyn vastanneet kalastajat pitivätkin tulevaisuuttaan lohduttomana.

### Monta vaikuttavaa tekijää

Kuten kokeet osoittivat, sinilevät ovat todennäköisesti yksi syy silakan kasvun hidastumiseen, mutta pitkäaikaisaineistojen perusteella kalojen kasvulla on

myös selvä yhteys suolapitoisuuteen.

- Tärkein kasvuun vaikuttanut tekijä lieneekin ravinnon laadun huonontuminen. Planktoniyhteisö on suolapitoisuuden pienennyttyä yksipuolistunut, ja tarjolla on aikaisempaa vähemmän suuria, mereisiä hankajalkaisia – jotka olisivat hyviä ruokapaketteja. Tilalle on tullut pienempiä lajeja, Viitasalo tiivistää tutkimustuloksia.

Myös kilohaililla näyttää olevan vaikutusta. Silakan kasvu on ollut sitä hitaampaa, mitä enemmän meressä on ollut kilohailia. Laji lisäsi runsastuessaan ravintokilpailua.

- Kun kaloilla on huonot ajat esimerkiksi ravintokilpailun takia, ravinnon laadun merkitys kasvaa ja myös sinilevien kasvua heikentävä vaikutus todennäköisesti voimistuu. Kaikki vaikutukset kasaantuvat, kuten nyt on tapahtunut Suomenlahdella.

### Tietämys syano- bakteereista ja mikrobeista syvenee

Syanobakteereja on esiintynyt Itämeressä koko sen murtovesikauden ajan eli 7 000 vuotta, mutta niiden on havaittu lisääntyneen ainakin viimeisen 40 vuoden aikana. Massaesiintyvät, sinileväkukinnat, ovat nykyisin jokakesäinen ilmiö.

Akatemiaprofessori Kaarina Sivosen vetämässä hankkeessa tutkitaan syanobakteeri- ja mikrobiyhteisöjen monimuotoisuutta ja rehevöitymisen vaikutuksia siihen.

- Jotta ymmärtäisimme paremmin rehevöitymisen vaikutuksia, pyrimme myös saamaan lisää tietoa yhteisöjen välisestä vuorovaikutuksesta ja aineenvaihduntaprosesseista, kuten typensidonnasta ja myrkkujen eli toksiinien tuotannosta.

Tutkijat ovat keränneet vesi-, plankton- ja sedimenttinäytteitä kolmena kesänä kaikkiaan kahdeksalla Arandan tutkimusmatkalla. On tehty kasvatuskokeita ja molekyylibiologista tutkimusta.

- Suomenlahdella syanobakteerikukinnat näyttävät olevan aina myrkyllisiä. Kukinnoissa esiintyy tavallisimmin *Nodularia*-, *Aphanizomenon*- ja *Anabaena*-lajeja, joista *Nodularia* on yleensä myrkyllinen.

Myrkyllinen *Nodularia* viihtyy hyvin



- *Kunpa vanhana papparaisena voisin muistella, kuinka nuoruudessani Itämeren tilasta puhuttiin ja sitä tutkittiin ja kuinka päästöjä lopulta leikattiin radikaalisti – ja saisin myös nähdä, että toimilla oli vaikutusta, professori Markku Viitasalo toivoo.*

Suomenlahdella, jossa suolapitoisuus on sille suotuisa, kun taas vähäsuolaisella Perämerellä sitä ei tavata.

*Aphanizomenon*-syanobakteeria esiintyy tutkimusten mukaan yleisesti siellä, missä Nodulariaakin, mutta se viihtyy viileämmässä vedessä eikä kestä yhtä paljon suolaa kuin Nodularia. Mahdollinen ilmaston lämpeneminen suosisi siis Nodulariaa, Sivonen arvioi.

*Anabaena* on usein sisävesissä myrkyllinen, ja nyt tukijat selvittävät, onko se sitä myös Itämeressä. Myös tähän kysymykseen saadaan Sivosen mukaan pian vastaus.

*Syanobakteerit* esiintyvät aina yhdessä mikrobien kanssa. Mikrobit vastaavat monista Itämeren biologisista prosesseista, kuten aineiden kierrosta, mutta niistä tiedetään vain vähän.

- Nyt uudet molekyylibiologian menetelmät avaavat meille tämän maailman ja alamme saada selville, keitä nämä meren prosessien pyörittäjät ovat.

Uutena asiana mukaan ovat tulleet myös pinnoilla kasvavat, "benthiset" syanobakteerit ja mikrobiyhteisöt – ne, jotka limoittavat rantoja ja tekevät kivet liukkaiksi. Pinnoilla kasvavista syanobakteereista on löytynyt uudentyypisiä toksiineja.

## Miten eteenpäin?

BIREME-ohjelma on ollut Itämeri-tutkimuksessa pitkä harppaus eteenpäin, vakuuttavat Kaarina Sivonen ja Markku Viitasalo.

Ohjelman ansiosta tutkijat ovat tavanneet toisiaan aikaisempaa enemmän. Sekä konsortioiden sisällä että niiden välillä on syntynyt uutta yhteistyötä, josta on ollut hyötyä sekä näytteiden keruussa että tulosten tulkinnassa. Kokonaisuuden hahmottuminen auttaa myös näkemään, missä ovat isoimmat tietoaumat.

- Tässä on iso vyyhti vaikuttavia tekijöitä. Johtolangat on kolmen BIREME-vuoden aikana saatu käsiin, ja nyt ne pitäisi vielä saada yhdistetyksi. Jatkossa läpimurto voi löytyä yhdistämällä molekyylibiologinen, fysiologinen ja ekologinen tutkimus, Viitasalo visioi.

- Vastaavaa työtä on tehty maaekosysteemien osalta esimerkiksi akatemiaprofessori **Ilkka Hanskin** johtamissa tutkimuksissa. Niissä on onnistuttu luomaan

suoria yhteyksiä huippututkimuksen, luonnonsuojelubiologian ja käytännön päätöksenteon välille.

Viitasalo uskoo, että Itämerellä on mahdollista päästä samaan, jos tutkijat pureutuvat laaja-alaisesti rehevöitymisen mekanismeihin ja vaikutuksiin, eivät pelkästään yksittäisiin ilmiöihin.

## Päästöjen leikkaaminen on paras keino vähentää rehevöitymistä

Itämeren tilan parantamiseksi on aikaan esitetty voimakkaitakin toimia, kuten Tanskan salmien syventämistä ja veden pumppaamista syväveden ja pintaveden välillä.

Viitasalo ja Sivonen suhtautuvat suoraan meren ekosysteemiin kohdistuviin toimiin epäilevästi, pitäen niitä jopa vaarallisina. Vesiensuojelu, toisin sanoen päästöjen tuntuva vähentäminen on heidän mielestään nykytietämyksen valossa ainoa keino, jota tutkijat voivat suositella Itämeren rehevöitymisen torjuntaan.

- Tilanne ei toki korjaantuisi heti, vaikka päästöt lopetettaisiin kertaheitolla kokonaan, sillä meren pohjasedimenteistä vapautuisi edelleen sinne vuosikymmenien aikana kertyneitä ravinteita – ja valtamerestä sisään valuva vesi työntäisi niitä Itämeren päältäalta Suomenlahdelle.

Tuloksia voitaisiin odottaa esimerkiksi kolmenkymmenen vuoden kuluessa, professorit arvelevat, mutta muistuttavat, että myös ilmaston lämpeneminen vaikuttaa kehitykseen.

- Jos lämpötila nousee, edellytykset syanobakteerikukinnoille paranevat. Samaa suuntaan vaikuttaisi myös sademäärän kasvu, jonka myötä valunta mereen lisääntyisi, mahdollisesti voimistaen veden kerrostumista ja heikentäen entistään pohjan happitilannetta. Ilmaston lämpenemisen kokonaisvaikutusta Itämeren ekosysteemiin on vielä mahdollista ennakoita.



# Miksi...

## Miten hakemus allekirjoitetaan sähköisessä asiointissa?

Akatemian tammikuun haussa sähköisessä asiointissa tehtyjä hakemuksia ei enää tarvinnut allekirjoittaa eikä lähettää Akatemiaan. Muitakin uudistuksia otettiin käyttöön sähköisessä asiointissa. Esimerkiksi suorituspaikan sitoumuksen pystyi antamaan sähköisesti ja liitteiden määrä väheni, kun loppuraportteja ei tarvitse enää liittää hakemukseen. Käynnissä olevista Akatemian hankkeista tehdään nyt vain lyhyt edistymisraportti.

- Sähköiseen asiointiin kirjaututaan henkilökohtaisella käyttäjätunnuksella ja salasananalla. Akatemia luottaa siihen, että juuri hakija käyttää henkilökohtaisia tunnuksiaan. Tästä syystä sähköisesti jätetty hakemusta ei tarvitse täydentää allekirjoituksin, kertoo järjestelmäpäällikkö **Reino Viita** tietohallintoyksiköstä.

Suorituspaikan sitoumus sähköisesti tapahtuu nyt siten, että ensin hakija tallettaa sitoumuksen antajan tiedot hakemuksensa yhteydessä ja sen jälkeen hakijan nimeämä sitoumuksen antaja hyväksyy sähköpostilla saamansa sitoumuspyynnön. Sitoumuksen antaja siis saa sähköpostiinsa viestin, josta hän pääsee katsomaan hakemuksen yhteenvedon ja sen jälkeen hyväksymään sitoumuspyynnön.

Aiesuunnitelmia ja akatemiaprofessorin virkaan ilmoittautumista varten sitoumusta ei tarvita. Eli näissä tapauksissa tietoja ei vain tarvitse tallettaa hakemukseen. Kaikissa muissa hakemuksissa tutkimustyön suorituspaikan sitoumus on pakollinen eikä hakemusta voi jättää ennen kuin sitoumuspyyntö on lähetetty sitoumuksen antajalle.

- Suorituspaikan sitoumus voidaan jättää sähköisesti vielä 30 päivää hakuajan päättymisen jälkeenkin. Sen jälkeen sitoumuksen voi jättää kirjallisesti esimerkiksi allekirjoittamalla ao. asiointista tulostettavissa oleva hakemuslomake ja postittamalla se Akatemiaan. Hakemuksen vastuuhenkilö ei kuitenkaan voi antaa suorituspaikan sitoumusta omalle hakemukselleen, selvittää Reino Viita.

*Suomen Akatemia otti käyttöön sähköisen asiointin järjestelmän vuonna 2000. Palvelu on jatkuvan kehittämisen kohteena. Vuoden 2006 loppuun mennessä tavoitteena on, että käytännöllisesti katsoen kaikki hakemukset ja raportit tehdään sähköisesti.*

*Akatemian sähköiseen asiointiin liittyviä kysymyksiä voit lähettää Akatemian verkkosivuilla olevaan helpdesk-palveluun osoitteessa [www.aka.fi](http://www.aka.fi) > Kysymykset ja palaute. Lisätietoja antaa myös järjestelmäpäällikkö Reino Viita, etunimi.sukunimi@aka.fi.*