



# TÄYTYYKÖ TOSIAAN SILAKOITAKIN LASKEA?

SAKARI KUIKKA

Vastaus tämän kirjoituksen otsikkoon on, että "Täytyy". Onneksi niitä ei kuitenkaan tarvitse kaikkia laskea käsin, sillä Suomen tehokkaan puoleinen silakan kalastuslaivasto pyytää vuodessa yli 3 miljardia silakkaa. Suomella on vuosittain noin 100 000 tonnin kokonaissaalis, joka on sama kuin kaksi jalkapallokenttää rinnakkain ja niiden päällä on 18 metriä paksu silakkakerros. Kun tämä massa jaetaan 30 grammalla, joka on kutakuinkin silakoiden keskipaino saaliissa, saadaan 3,3 miljardia silakkaa. Tämän kokoiset kalat ovat jo kerran kuteneita, sillä silakka tulee sukukypsäksi noin 20 gramman painoisena.

**S**aaliiksi tulevista kaloista iso osa on siis joteuttanut silakkakannan tulevaisuuden kannalta minimivaatimuksen. Kun saaliista otetaan näytteitä, saadaan keskipaino, jolla saadaan kappalesaaliksi, ja kalojen iänmäärityksen jälkeen voidaan katsoa minä vuonna eri silakat ovat syntyneet. Nämä luvut luovat kalakantojen arvioinnin perustan.

Mutta kysymys kuuluu, riittääkö tämä yhden kerran kuteminen? Jos naiset synnyttäisivät keskimäärin vain yhden lapsen, ihmiskannan pieneni nopeasti. Yhden naisen on keskimäärin synnyttävä enemmän kuin yhden tyttölapsen ja yhden poikalapsen, jotta lapsuus- ja nuoruus ajan kuolleisuus huomioiden saataisiin yksi lisääntymisikänsä pääsevä pariskunta.

Kun ihmiskanta on kokoon yritetään vaikuttaa, se tehdään syntyvyyden kautta. Esimerkiksi lapsilisillä voi ajatella olevan vaikutusta nuorten parien lasten hankkimisajatuksiin, ja tällä hetkellä myös ilmastopolitiikan katsotaan vaikuttavan siihen, kuinka mielellään lapsia hankitaan.

Kalapopulaatioiden tuottavuuteen vaikutetaan kuitenkin kuolevuuden kautta. Mitä tehokkaampi laji lisääntymisessä on, sitä vähemmän tarvitaan emokaloja, ja sitä enemmän voidaan kalastaa nuoria yksilöitä, jotka eivät ole lisääntymisikäisiä. Kun Itämeren lohikanta oli 1990–2000-luvuilla vahvassa nousussa, yksi naaras tuotti jopa kaksikymmentä aikuiseksi selviävää lohta, jolloin kanta todellakin elpyi. Toisaalta aiemman voimakkaan kalastuksen aikana Itämeren jäljellä olevat luonnon lohikannat pystyivät sinnittelemään hengissä juuri voimakkaan lisääntymistehonsa ansiosta.

Tilanteessa, jossa Tornionjoessa kuteva lohpari tuottaa 20 aikuiseksi selviävää jälkeläistä, niistä voidaan kalastaa 90 % ja kanta pysyy vakaana: kuteva pari tuottaa kutevan parin, tai hauskemmin ilmaistuna yksi mätijyvä tuottaa kalan elinkierron lopputuloksena yhden mätijyvän. Tätä kannan vakaana pysymistä, ainakin keskimäärin, voidaan pitää myös kestävästä käytöstä. Jos mätijyvä tuottaisi yksilön eliniän aikana vain 0,9 mätijyvää, populaatio olisi laskusuunnassa. Yleensä tällöin yritetään pienentää kuolevuutta ja näin lisätä kalojen kutukertoja niiden elämän aikana, tai toisin sanoen niiden kalojen määrää, jotka ehtivät kutuikään.

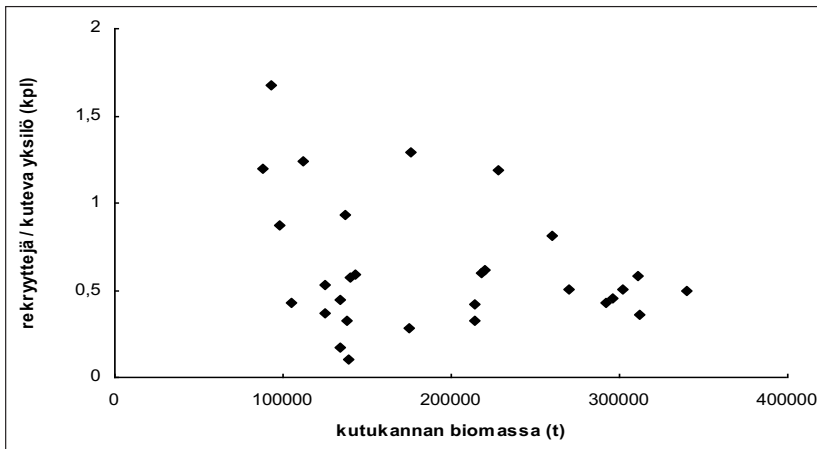
## Kalakantojen arviointi: kuinka monta kalaa meressä on?

Kuinka helppoa on sitten määrittellä se, kuinka monta yksilöä yksi kuteva pari saa aikaiseksi? Se on vaikeaa ja tieteellinen epävarmuus on väistämättä suurta, sillä kutevan kannan ja siitä syntyvän jälkeläismäärän suhde vaihtelee paljon erilaisen ympäristötekijöiden mukaan. Tätä suhdetta varten täytyy yrittää arvioida kalojen lukumääriä historiallisesti. Kalojen lukumäärän arviointikin on varsin epävarmaa, joten kalastuksen säätelyyn sopivien sääntöjen kehittäminen on haasteellista.

Kannan kokoa lasketaan periaatteessa yksinkertaisesti. Jos kappalesaaliksi on miljoona kalaa ja ikäjakama (kolme-, neljä- jne.-ikäisten kalojen suhteelliset osuudet saalisnäytteissä) osoittaa, että keskimäärin kalaja häviää 20 % kustakin ikäryhmästä kalojen vanhetessa, niin kalaja täytyy olla viisi miljoonaa, jotta saaliiksi saataisiin miljoona kalaa. Lisäksi täytyy ottaa huomioon se, kuinka paljon luonnollinen kuolevuus, esim. pedot ja taudit, yksilöitä populaatiosta poistaa. Esimerkiksi Itämeren turskakannan ollessa 1980-luvulla vahva sen vaikutus silakkakantaan oli selvästi suurempi kuin kalastuksen.

Käytännössä laskenta ei ole niin yksinkertaista kuin yllä oleva havainnollistaminen ehdottaa. Kalakantoja arvioivat biologit ja tilastotieteilijät käyttävät hyvinkin monimutkaisia populaatiomalleja, joihin syötetään tietoja saaliista, kaiku- luotauksista, mahdollisista poikaspynnneistä, petokalannoista ja erilaisista ympäristötekijöistä. Esimerkiksi lämpötila on monelle lajille merkittävä vuosiluokkien kokoon vaikuttava tekijä, jolloin lämpömittauksista voi olla hyvä lähteä liikkeelle, kun aletaan haarukoida tiettyä vuotta syntyneen vuosiluokan kokoa. Tätä voi helpottaa aiemmin mainittu kesänvanhojen poikasten seuranta lajille sopivalla tekniikalla sekä käyttämällä hyväksi arviota kyseisen vuoden emokannan koosta.

Nämä mallit tuottavat kokonaiskannan koon yksilöinä ja jakavat kokonaiskannan vuosiluokkiin eri ikäryhmien tietojen avulla. Kun tunnetaan tietynä vuotena syntyneiden yksilöiden määrä ja kyseisenä vuotena kuteneiden yksilöiden lukumäärä, saadaan arvio niin sanotusta emokanta-rekryytisuhteesta. Tämä auttaa määrittelemään sitä, kuinka iso kutevan kannan tulisi jatkossa olla, jotta



KUVA 1. Vuosien 1973–2002 kutukanta-rekryyttiaineistosta laskettu yhden kutevan yksilön keskimäärin tuottamien 1-vuotiaiden rekryyttien määrä suhteessa kutukannan biomassaan. Keskiarvo on 0,6 rekryyttiä. Aineisto ICES 2003.

syntyvät vuosiluokat olisivat turvallisella tasolla, eli kalakannan käyttö olisi biologisesti kestävä. Lisäksi voidaan tarkastella taloudellista ja sosiaalista kestävyyttä, joihin ei tässä kirjoituksessa juurikaan mennä.

Kun esimerkiksi viime keväänä, eli vuonna 2020, laskettiin Itämeren pääaltaan silakalle kiintiötä, eli suurinta sallittavaa kokonaissaalista (*total allowable catch*, TAC), malleihin syötettiin tiedot vuoden 2019 kokonaissaaliista, kaikuluotaustuloksista, saaliin ikärakenteesta ja mahdollisista poikastutkimuksista. Näillä laskettiin kannan koko sillä hetkellä, jolloin tiedot saatiin, ja tämän avulla ennustettiin kannan kehitystä eteenpäin ja laskettiin, millaisella kiintiöllä kuteva kanta olisi turvallisella tasolla takaamaan kannan pysymisen tuottavalla tasolla.

Lisääntymistehon vaihtelu on kuitenkin suurta. Parhaimmillaan (kuva 1) yksi kuteva silakka on tuottanut noin 1,8 jälkeläistä (naaraan mätijyvässtä 3,6 yksilöä). Varsin monena vuonna tämä luku on ollut selvästi alle puolen, mikä tietysti tarkoittaa sitä, että silakoiden on keskimäärin elämänsä aikana kudettava enemmän kuin kerran, jotta populaatio ei lähde kutistumisen tielle. Koska kuva näyttää vaaka-akselilla kutukannan biomassan, näemme että suurilla biomassoilla ei ole juuri lainkaan tehokkaita lisääntymisvuosia, joissa yksi kuteva silakka olisi tuottanut yli 0,5 rekryyttiä. Tämä johtunee yksilöiden välisestä kilpailusta.

Tämä on valtava ero edellä mainittuun loheen, jolla vain 10 % kehittyneestä aikuispopulaatiosta tarvittiin kannan ylläpitoon. Tällä hetkellä

yksi Tornionjoessa kuteva lohpari ei enää tuota yhtä paljon kuin vuosituhaten vaihteessa, sillä populaatio on menestyksellisen kalastuksen säätelyn avulla noussut sellaiselle tasolle, että tiheydestä riippuvat mekanismit rajoittavat kannan kokoa: kaikille poikasille ei enää joessa riitä parhaita elinympäristöjä. Tämä on erittäin terve tilanne, tiheydestä riippuva tuotanto luo tavallaan puskurin, eikä jokainen ympäristöhäiriö (esim. hylkeet) johda heti kannan huomattavaan heikkenemiseen.

### Kasvu: yksilötason tuotantoa

Kannan kyky tuottaa jälkeläisiä on ehkä kannan tärkein ominaisuus, kun mietitään kannan kykyä kestää kalastuspainetta. Toinen tärkeä tekijä on kuitenkin yksilön kasvunopeus. Itämeren silakan kasvunopeus on vaihdellut paljon, ja sitä selittää paljon lajien väliset suhteet. Itämeren turskpopulaation valtaisa kasvu ja invaasio rannikoille tapahtui 1980-luvun alkuvuosina. Pohjanmeri pölyläytti vuosina 1976–77 suolaista ja hapekasta vettä Itämereen, missä tämä vesi liukui pohjaa pitkin pohjoiseen työntäen edeltään vähäsuolaisemman ja hapettoman syvänveden. Tällöin turskaa oli kutevassa kannassa jo valmiiksi kohtalaisesti, ja uudessa hyvälaatuisessa vedessä lisääntyminen onnistui tavattoman hyvin: sekä mätijyvien että poikasten eloonjäänti oli poikkeuksellisen korkea. Merivesihuuhtelun lopputuloksena turskakanta levisi pitkin pohjoisempaan Itämeren, saatiinpa turskia Pohjanlahden perukastakin eli lähes suolattomasta vedestä, mihin merikalalla ei olisi pitä-

nyt olla mitään asiaa.

Tämä leviäminen ei tapahtunut seurauksitta. Turskaparvet imuroivat mennessään esimerkiksi kilkit ja kivinilkat, ja myös silakka- ja kilohailikannat saivat tuta. Turskan suora saalispaine silakkaan vähensi näiden määrää, ja samalla monet suolaisen veden lajit, silakalle sopivat saaliskohteet, runsastuivat. Ravintoa per yksilö oli paljon, ja silakan kasvu nousi 1980-luvulla ennätystasolle. Esimerkiksi fileeraus koneeseen kelpaavat 36 gramman silakat olivat vain 4-vuotiaita, kun vuonna 2012 tarvittiin jo 8-vuotias silakka samaan tehtävään. Itämeren kyky silakkafileiden tuottajana siis heikentyi huippuvuosien jälkeen merkittävästi. Fileitä kuitenkin riittää nytkin, joskin tietyn fileiden määrän saamiseksi täytyy kalastaa enemmän, koska isojen kalojen osuus saaliista on pienempi.

Turskakannan kasvu oli paitsi biologisesti, niin erityisesti kalastuksellisesti merkittävä tapahtuma. Itämeren turskan kalastus oli äkisti eräs maailman tuottavimmista. Suomenlahden ja Saaristomerren rannikkovesistä tuli turskaa pilkillä ja käsisiimalla käsittämättömiä määriä, saalis laskettiin lähinnä jätessäkin eikä yksilöinä.

Selkämerelle tuli puolestaan Portugalista asti turskan kalastusalueita, sillä todella kookkaista kaloista tuli hyvä tuntisaalis, parempi kuin Atlantin puolelta. Bacalao, kuivattu ja suolattu turska, on Portugalissa arvokas tuote ja erityisesti kookkaista kaloista maksettiin hyvin. Selkämerellä kalat ehtivät kasvaa vanhoiksi ja kookkaiksi, sillä muuta turskaan kohdennettua kalastusta ei juurikaan ollut.

Tällaisen turskahduksen kaikki seuraukset eivät olleet miellyttäviä. Kaikkea turskaa ei osattu käyttää eikä viedä ulkomaisille markkinoille, ja niitä kalastettiin ja tapettiin vain huvin vuoksi. Silloin ei ollut yhtä kansainvälisiä kalamarkkinoita kuin nykyään EU:n aikana, jolloin hyvälaatuisesta turskasta maksetaan korkeaa kilohintaa.

Useimpien muiden lajien kasvu on vakaampi kuin silakan. Monilla lajeilla koiraan kasvu on hitaampaa kuin naaraan, esimerkiksi ahvenella ja mateella. Hauen kohdalla ero on todella suuri: suurin Loviisan edustalta koekalastuksissa saamista ni noin 1 500 koirashauesta oli 2,7 kg painava ja 18 vuotta vanha. Jos se olisi ollut naaras, sen paino olisi hyvinkin ollut 13–15 kg:n välillä. Naaraan täytyy olla iso tuottaakseen mätiä, mutta pienikin

koiras tuottaa riittävästi maitia. Evoluutio on tuottanut tällaiset suhteelliset kasvunopeudet. Itse tutupahtumassa koiraat puikkelehtivat kookkaan naaraan ympärillä päästäkseen sujauttamaan maitia, kun mätiä naaraalta tulee: olisiko pieni koko jopa eduksi, toisin kuin vaikkapa kamppailevien hirvisonnien kohdalla?

## Lohikannat ja niiden arviointi: tiedosta muuntuu lohia

Itämerellä on vielä olemassa lukuisa joukko luonnontilaisia lohikantoja. Itämerelle on aina istutettu runsas määrä lohi-istukkaita, myös padottujen jokien vahinkoja kompensoivina velvoiteistutuksina. 1990-luvulla istutusten määrä oli yli 5 miljoonaa, ja suurin osa kaloista oli viljeltyä alkuperää. On ilmeistä, että Norjan nopeasti edennyt viljeltyjen lohien suuri tuotanto auttoi Itämeren lohta. Lohen hinnat alkoivat pudota, jolloin Itämeren lohen kokonaissaaliin arvo laski, eivätkä kalastajat pystyneet taloudellisesti kalastamaan kantaa vuositain niin pieneksi kuin aiemmin. Myös poliittinen intressi kalastukseen tuntui heikkenevän.

Samalla kalakantojen arviointimenetelmät kehittyivät Itämeren lohien suhteen huomattavasti. Kansainvälisen merentutkimusneuvoston Itämeren lohien ja taimenen kanta-arvioinnista vastaava työryhmä otti riskin ja panosti uudenlaiseen kanta-arviointiin, joka perustui niin sanottuun Bayes-laskentaan. Sen sijaan, että tässäkin mallituksessa saataisiin yksi ainoa luku, johon kalastuksen säätelyssä olisi pakko uskoa, mallit tuottavatkin todennäköisyysjakauman. Eli jos aiemmat mallit tuottivat arvion, että seuraava vuonna on meressä 1,5 miljoonaa lohta, Bayes-mallit saattoivat tuottaa arvion että 90 % todennäköisyydellä meressä on 1,3–1,8 miljoonaa lohta.

Näin päättäjien on ymmärrettävä, että luonnonresurssien käyttöön liittyvät tieteelliset arviot ovat epävarmoja, mikä tosin pätee monella muullakin tieteenalalla. Sen päättäminen, mitä epävarmuus tarkoittaa päätöksen teon kannalta on päättäjän eikä tutkijan tehtävä. Uuden mahdollisen tiedon kykyä pienentää epävarmuutta, eli supistaa yllä olevaa haarukkaa, voidaan arvioida, ennen kuin mahdollisesti kallista lisätietoa oikeasti ryhdytään hankkimaan.

Bayes-mallit ovat tavattoman joustavia eri-

laisissa päättelytehtävissä, ne laskevat syystä seuraukseen, kuten tavallisetkin tieteen mallit, mutta myös nähdyistä seurauksista takaisin mahdollisiin syihin. Tällä on merkitystä, kun yritetään päätellä kannan tilaa yhdistämällä useiden niin sanottujen heikkojen signaalien tietosisältöä. Periaatteessa lääkäri tekee samoin kysellessään potilaalta oireita, eli mahdollisten sairauksien seurauksia, ja päättelee näistä eri sairauksien, tai virustartunnan, mahdollisuutta. Bayeslaskennassa tärkeä niin sanottu prioritietämys voisi virusdiagnoosin kohdalla olla virustartuntojen määrä juuri kyseisellä viikolla, jonka lisäksi sitten saataisiin potilaskohtaisia tietoja oireista.

Lohen elinkiertoa voisi kutsua ”informatiiviseksi” siinä mielessä, että esim. Tornionjoen lohi viettää elämänsä 3–5 ensimmäistä vuotta joessa, ja tällöin jokaisena vuonna se voi tulla osaksi havaintoaineistoa ja kertoa omalta osaltaan synnyinvuotensa vuosiluokan koosta. Kun se puolestaan tulee vaelluskalaksi eli smoltiksi ja lähtee joesta, se voi tulla mukaan yhtenä näytekalanana ”merkin-tä-takaisin pyynti” -tutkimukseen, jolloin vuosiluokan koon arvio tarkentuu lisää, kun tiedetään, mikä merkittyjen osuus on kaikista pyydyistä smolteista. Kalan mentyä mereen tulee aikajakso, jossa ei merkittävää aineistoa kerry ennen kuin se on tarpeeksi iso jäädäkseen pitkään siimaan avomerellä, jolloin saalis päivää ja koukua kohti heijastelee lohikannan kokoa syönnösalueella. Lähdettyään kutuvaelluksellaan kohti Tornionjokea lohia pyydetään rannikolla, jolloin päivää ja rysää kohti saatu saalis, niin sanottu yksikkösaalis, antaa tietoa palaavan kannan koosta. Viimeinen tiedon pala, ja itseasiassa tärkeä sellainen, saadaan kutukannan koosta jokeen asennetuista kaikuluotaimista. Niiden paikka on valittu niin, että huomattava osuus jokea ylös pyrkivistä kaloista saadaan havaittua. Tämä, ja sitä seuraava kutu, sulkevat elinkierron ja myös sitä kuvaavan matemaattisen mallin. Jokaisesta ylläkuvatusta tavasta saatu tieto parantaa tietämystä, ja epävarmuutta kuvaavat arviohaarukat supistuvat: tiedämme enemmän lohesta.

Vaikka tämän kaltainen malli tuottaakin monenlaista mielenkiintoista ja biologisestikin uutta tietoa, sen tehtävä on kuitenkin tukea toimintaa, tässä tapauksessa kalastuksen säätelyä. Sen voimat

punnitaan joka vuosi, kun tehtävänä on ennustaa lohikannan kehitystä ja erilaisten toimintavaihtoehtojen vaikutusta siihen. Sitä voisi verrata sääennusteisiin: jos säästä kiinnostunut tiedon käyttäjä vertailee eri toimijoiden antamia ennusteita toteutuneisiin säihin, hän alkaa luontevasti uskomaan enemmän niihin, jotka osuvat oikeaan. Tässä mielessä olisi hyvä, että nämä sääennusteiden ”osumistulokset” saataisiin julkisiksi, koska säätietojen epävarmuuksillakin on merkitystä vaikkapa talonmaalaajalle.

Aiemmin mainitulla Bayes-mallien joustavuudella on lohen tapauksessa erityistä merkitystä, sillä myös kalastuksen säätely on monimuotoista. On pakko saada vaikuttavuusarvioita eri elinkiertoon kohdistuvista säätelytoimenpiteistä ja niiden yhdistelmistä, ja sen jälkeen ihmisen mahdollisuuksista havaita ja laskea toteutettujen säätelytoimenpiteiden oikeaa vaikutusta. Väitän, että viimeksi mainittua pohditaan lähes aina liian vähän, jos lainkaan.

Lohikannan säätelymahdollisuuksia arvioivan mallin on oltava monipuolinen, sillä lohikantoja suojellaan avomerellä (kokonaiskiintiö, pyydysmääräykset), rannikolla (kiintiö, päivämäärärajoitukset, pyydyksen määräykset) ja joissa (kalastuskausi, pyydyssäädökset, päivä- ja kausikohtaiset kiintiöt). Lohen todennäköisyys päästä takaisin syntymäsoraikoilleen on kaikkien näiden säätelyyhdistelmien lopputulos, joten mallille ja sen käyttäjälle annettavat tehtävät ovat väkisininkin vaativia.

### **Rannikkolajit: kipeää tiedon tarvetta**

Edellä kuvattu lohen kalastuksen säätely erilaisine yksityiskohtineen on osaksi syy tarvittavien mallien monimutkaisuudelle, mutta jossain määrin myös seurausta. Jos mallit taipuvat monenlaisiin laskentatehtäviin, on helpompaa arvioida uusien säätelyvaihtoehtojen vaikutuksia ja lähteä niitä toteuttamaan tiedepohjaisessa päätöksenteossa. Jos säätelypäätökset ovat yksinkertaisia, ei välttämättä tarvita monimutkaista laskentaa, tai ainakaan ei uskota tarvittavan.

Suomessa silakan kanta-arviointi tulee monipuolisuudessaan lohen perässä. Merialueen kannoista silakan takana puolestaan ovat erilaiset alun perin makean veden kalakannat. Näitä ovat esim. kuha, siika, ahven, hauki, muikku, made ja lahna.

Ne ovat ainutlaatuisia kantoja siinä mielessä, ettei niitä esiinny käytännössä missään muualla maailmassa, murtoveden suolaisuus asettaa niistä monelle haasteita ja ne ovat perinnöllisesti sopeutuneet juuri näihin ainutlaatuisiin olosuhteisiin. Itämeren maiden, ja erityisesti Suomen ja Ruotsin, vastuu niiden ylläpidosta on suuri, ja tämän pitäisi näkyä myös kalakantojen arvioinnissa.

Näiden rannikkolajien kohdalla ei ole vastavia tieteellisten seurantojen aikasarjoja kuin lohella, silakalla, kilohaililla ja turskalla. Monista eteläisen Itämeren kampelakannoistakin tiedetään enemmän. Ei ole emokanta-rekryytisuhteita, ei vuosittaisia kalastuskuolevuusarvoja eikä käsitystä mihin suuntaan biomassassa kehittyisi.

Miten sitten pitäisi tieteellisesti arvioida näiden kantojen hyödyntämistä, onko se kestävä? Saalis yksinään kertoo jotain. Jos saalis pysyy yllä tai kasvaa, niin on melko todennäköistä, ettei kanta ole lisääntymisen suhteen ylikalastettu, ainakaan voimakkaasti. Kanta kestää kalastuksen ja ympäristökijöiden yhdistelmän, mätimuna tuottaa mätimunat. Jos saalis kuitenkin lähtee putoamaan, vaikka saaliille olisi kysyntää, jää helposti jossain määrin avoimeksi, johtuuko se liiallisesta kalastuksesta vai epäedullisesti kehittyvistä ympäristökijöistä, vaelluskalojen kohdalla esimerkiksi jokien kesän lämpötilamaksimeista ja/tai virtausminimeistä.

Nyt kuitenkin astuu esiin säädettävyyden käsite. Yleensä ympäristökijät ovat sellaisia, ettei niihin nopeasti ja halvalla pysty vaikuttamaan, eli niitä ei voi ihmisen voimin säätää. Jos kantaa halutaan suojella, on tällaisessa tilanteessa kalastuksen säätelyn oltava aina ensimmäinen askel. Jos mädin eloonjäätymiä ei voi parantaa, on lisättävä mädin määrää, ja käytännössä tämä onnistuu vain kalastuksen säätelyn kautta. Jos verkon solmukoa kasvatetaan, kalat ehtivät kutea keskimääräistä useamman kerran ennen kuin joutuvat saaliiksi. Jos pyydysten kokonaismäärää vähennetään, kalastuskuolevuus pienenee, jolloin yksi naaras ehtii keskimääräisesti kutemaan useamman kerran elämänsänsä kuin aiemmin, eli naaraan elämänsä aikana tuottama mätimäärä kasvaa. Jos puolestaan asetetaan päiväkohtainen saaliskiintiö vapakalastukselle, kalastuskuolevuus pienenee.

Jos vaelluskalakannan tuottamaa mätimäärää

halutaan kasvattaa, on kalastuksen asteittainen kieltäminen, suhteessa jokisuun läheisyyteen, yksi tehokkaimmista toimenpiteistä. Erityisesti kapeikoissa kalastusta on tällöin säädeltävä, sillä kalaparvet tihentyvät helpommin pyydettaviksi. Jos kalakanta on todella harvinainen ja uhanalainen, kuten merialueen harjus, on täydellinen kalastuksen sulkeminen varmin vaihtoehto. Vasta sitten kun kanta alkaa elpymään, voidaan kieltä kalakannan seurannan pohjalta vähitellen purkaa. Tällaisessa tilanteessa ei pidä jäädä odottamaan uusia tieteellisiä tuloksia, vaan toimia, pelkkä tietäminen ei kaloja ja niistä riippuvia kalastajia auta.

Se, ettei rannikkokalakannoistamme ole pitkiä aikasarjoja, ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö näiden kalastuksen säätelyä saataisi tiedepohjaiseksi. Kyseessä on vain erilainen laskentateknikka. Keskeiseen rooliin pitäisi nostaa niin sanottu meta-analyysi, mikä tarkoittaa sitä, että uusien havaintoaineiston sijaan tietoa kerätäänkin olemassa olevista julkaisuista. Tässä tapauksessa esimerkiksi emokanta-rekryytisuhte on sellainen kalastuksen säätelyn kannalta oleellinen tietopala, mikä voidaan muuntaa helpommin ymmärrettäväksi ”tarvittavia kutukertoja per naaras” -suhteeksi. Jos tällainen suhde on asiantuntijalle intuitiivisesti helpompi hahmottaa, voi ajatella, että asiantuntijoilta saatavalla tiedolla täydennetään, Bayeslaskentaa hyödyntäen, havaintoaineistojen pohjalta syntyvää tietämystä. Se pohjautuu kaikkeen siihen kalabiologiseen tietoon, mitä he ovat uransa aikana oppineet.

On osoitettu, että näitä kalojen elinkiertoön liittyviä muuttujia voidaan edistyneellä laskennalla oppia myös lajien välillä. Mielestäni olisi todennäköistä, että esimerkiksi kuhan ja ahvenen välillä voisi olla hyödyllistä vaihtaa tietoa, samoin kuin siian ja muikun. Tämän kaltainen tietämyksen kerääminen laajalti on huomattavasti halvempaa kuin uusien aineistojen hankkiminen, ja toistaiseksi tehtyjen laskelmien pohjalta tuntuu, että se olisi laadukkaampaa kuin yhden, suurta satunnaisvaihtelua sisältävän havaintoaineiston käyttäminen. Bayes-laskennan niin sanottu prioritietämys voidaan hankkia meta-analyysillä ja sitten yhdistää uuteen aineistoon. Priorin pitäisi tällöin pitää sisällään se tietämys mitä muualta kuin uudesta aineistosta on saatavilla. Uusi yhdistetty tietämys,

eli posteriori, voi taas toimia priorina seuraavassa analyysissä, jolloin tieteen oppiminen on tehokasta ja systemaattista. Julkaisuharha, eli se että ne tutkimustulokset, joiden niin sanottu p-arvo on pieni, julkaistaan todennäköisemmin kuin isomman p-arvon saaneet analyysit, voi kuitenkin luoda vaikeasti korjattavaa harhaa meta-analyyseissä.

### Kommunikointi ja tieteeseen uskominen

Edellä ylistettiin Bayes-laskennan kykyä ongelman ratkaisussa ja sen tuottaman epävarmuusarvion merkitystä. Tilanteesta voi joissakin tilanteissa kuitenkin tulla haastava, jos pyritään varovaisuusperiaatteen noudattamiseen. Varovaisuusperiaatteen voi tiivistää siihen, että mitä epävarmempia kannan tilasta ollaan, sitä vähemmän saisi kalastaa. Asiaa kalastajalle perusteltaessa hän voi ruveta ihmettelemään, miksi hänen pitäisi kalastaa vähemmän sen takia, että tutkija malleineen on epävarma. Olisi sitten varmempi! Miksi hän luopuisi osasta seuraavan vuoden tulojaan moisen laskentatavan takia?

Kysymys ei olekaan helppo. Kalastajan pitkän tähtäimen etu olisi varmastikin malliin uskominen, mutta kalastus on luonteeltaan lyhytjänteistä yritystoimintaa kalakantojen ja kalastuksen sääätelypäätösten vaihdellessa. Jos minä säästän kalaa tänään täällä, ottaako joku muu säästämäni kalat huomenna tuolla? Entä auttaako kalojen säästäminen kutua varten, tutkijathan aina puhuvat, miten vuosiluokat määräytyvät ympäristötekijöiden mukaan?

Voi ajatella, että kalastajan omistajuus kantaan on heikko: ei ole suojelelutarvetta, koska siitä ei koe hyötyvänsä. Kalastuksen säätelystä on hyvin laajasti otettu käyttöön niin sanottu vaihdettavissa oleva toimijakohtainen kiintiö (*Individual Transferable Quota*, ITQ). Tämä tarkoittaa, että kalastaja saa pysyvästi haltuunsa tietyn prosenttiosuuden kokonaiskiintiöstä. Tavallaan tilanne on samankaltainen kuin omistettaessa yrityksen osakkeita.

On paljon tutkimusnäyttöä siitä, että ITQ vaikuttaa kalastajien suhtautumiseen kalastuksen sääätelypäätöksiin ja epävarmuuteen. Koska kannan tuottavuudesta on nyt tullut kalastajan pääomaa, kannan heikkeneminen nähdään riskinä ja kalojen säästäminen lisääntymiseen on tapa pienentää tätä riskiä. Säätelypäätöksiä voi jopa nähdä investoin-

tipäätöksinä: jos kalastamattomien kalojen keskipaino nousee vuoden aikana tämän verran ja ne tuottavat tuon verran enemmän jälkeläisiä, olisiko pääoman, eli mahdollisen saaliin, korkotuotto parempi vedessä kuin pankin lähes nollakorkoisella tilillä ja riski pienempi kuin osakkeilla? Tällaisessa tilanteessa syntyykin tieteelliselle epävarmuudelle merkitystä ja sen laskentaa ruvetaan vaatimaan eikä vähätteleämään.

Tällöin voidaan ajatella, että varovaisuusperiaate alkaa toimia niin kuin sen pitääkin: epävarmuutta halutaan pienentää toimenpiteillä tai hankkimalla parempaa tietoa eli investoimalla tieteeseen. Australiassa ja Uudessa Seelannissa onkin luonteavaa, että ITQ-kiintiötä omistava teollisuus maksaa kalakantojen arviointikulut, kun ne meillä tulee valtion, eli veronmaksajien, kukkarosta. Sääteletapa siis vaikuttaa siihen, mitä halutaan tietää ja mikä tieteen rooli on.

Suomessa on otettu käyttöön vastaavan kaltainen järjestelmä. Siitä ei kuitenkaan tehty pysyvää, vaan määräaikainen. Tämä tarkoittaa sitä, että kiintiötä hankkiva ei voi olla omistusoikeudestaan varma, vaan tilanteeseen liittyy poliittista epävarmuutta. Ne, jotka uskovat, ettei järjestelmästä ole enää paluuta, uskaltavat maksaa enemmän kalastusmahdollisuudesta. Järjestelmä on ollut Virossa pitkään käytössä, ja heillä on vahva käsitys sen dynamiikasta. Nyt kiintiöosuuksia onkin siirtynyt virolaistaustaisille aluksille ja yrityksille. Tilanne synnyttää samanlaisia kaikuja kuin kaivos-teollisuus.

Silakan lisäksi lohella on vastaava ITQ-järjestelmä. Siihen tuli valmistelun viime hetkillä sellainen piirre, ettei merialueen kiintiötä voida ostaa jokialueelle. Tämä on vahinko, sillä on todennäköistä, että olisi muodostunut ”Suomen lohijokien kalastus Oy”, joka olisi ostanut merialueen kiintiöt pois saadakseen lohettajalle, sekä kalastukseen että lisääntymiseen. Voi ajatella myöskin niin, että koska kaupat olisivat olleet vapaaehtoisia, niin merialueen kalastajat eivät ole saaneet sellaisia tuloja kuin mitä kaupoista olisi voinut syntyä.

Sofistikoituneinkin laskenta voi olla kalastuksen säätelyn kannalta hyödyttömiä, jos tiedon käyttäjät eivät siihen usko tai sitä ymmärrä. Kuten monilla muillakin aloilla, myös kalakantojen arvioinnissa on tendenssi nähdä tieteen ete-

neminen yhä monimutkaisempina laskentana, ja tämä valitettavasti koskee myös edellä mainittua Bayes-laskentaa. Tekoälyyn liittyvät laskentamenetelmät ovat jo ylittäneet monimutkaisuudessaan sen tason, mikä olisi esimerkiksi muille tutkijoille ymmärrettävissä, puhumattakaan suuresta yleisöstä, joiden etuja uudet sovellukset voivat koskettaa. Nähdäkseni laskennallisten, soveltavien tutkimusalojen yksi isoista haasteista onkin ymmärrettävyyden ja ennustekyvyn perustellun tasapainon löytäminen. Tämä vaikuttaa myös metodiikan omaksumiseen uusille tutkimusalueille, ja tässä tieteellä on vielä paljon parannettavaa.

### Kirjallisuutta

- Glenn, H., Tingley, D., Maroño, S., Holm, D., Kell, L., Padda, G., Edvardsson, I., Asmundsson, J., Conides, A., Kapiris, K., Beza-bih, M., Wattage, P., Kuikka, S. 2011. Trust in the Fisheries Scientific Community. *Marine Policy* 36: 54–72. Doi:10.1016/j.marpol.2011.03.008.
- Haapasaaari, P., Kulmala, S. ja Kuikka, S. 2012. Growing into Interdisciplinarity: How to Converge Biology, Economics, and Social Science in Fisheries Research? *Ecology and Society* 17 (1): 6. [www.ecologyandsociety.org/vol17/iss1/art6/](http://www.ecologyandsociety.org/vol17/iss1/art6/)
- Kuikka, S. 2008. Pitäisikö maailman kalakannat yksityistää? *Vesitalous* 1/2008.
- Kuikka, S., Hildén, M., Gislason, H., Hansson, S., Sparholt, H. ja Varis, O. 1999. Modelling Environmentally Driven Uncertainties in Baltic Cod Management by Bayesian Influence Diagrams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 629–641.
- Kuikka, S., Vanhatalo, J., Pulkkinen, H., Mäntyniemi, S., Corander, J. 2014. Experiences in Bayesian Inference in Baltic Sea management. *Statistical Science*. 29(1): 42–49.
- Maeda, E. Haapasaaari, P., Helle, I., Lehikoinen, A., Voinov, A. ja Kuikka, S. 2021. Black boxes and the role of modelling in environmental policy making. *Front. Environ. Sci.* Doi: 10.3389/fenvs.2021.629336.
- Mäntyniemi, S., Haapasaaari, P., Kuikka, S., Parmanne, R., Lehtiniemi, M., Kaitaranta, J. 2013. Incorporating stakeholders' knowledge to stock assessment: Central Baltic herring. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 70:591–599.
- Pulkkinen, H., Mäntyniemi, S., Kuikka, S. ja Levontin, P. 2011. More knowledge with the same amount of data: advantage of accounting for parameter correlations in hierarchical meta-analyses. *Marine Ecology Progress Series*, 443:29–37. Doi:10.3354/meps0968.
- Uusitalo, L., Kuikka, S. ja Romakkaniemi A. 2005. Estimation of Atlantic salmon smolt carrying capacity of rivers using expert knowledge. *ICES Journal of Marine Science* 62 (4): 708–722.

Kirjoittaja on Helsingin yliopiston kalastusbiologian professori. Artikkelin perustuu luentoon Tieteen päivillä 17.1.2021.

## AIKAMATKA SUOMEN GEOLOGIAAN

Geologian tutkimuskeskuksen Espoon geonäyttelyn keskeinen digisisältö, *Muuttuva maa*, on julkaistu verkkopalveluna kaikkien saataville. Muuttuva maa -esitys kattaa pääkohdat Suomen kallioperän vaiheista 3,5 miljardin vuoden takaa aina nykypäivään. Yli 140-sivuinen materiaali on kokonaisuus, jollaista ei ole aiemmin ollut saatavilla Suomen geologiasta. Esityksen toivotaan löytävän tiensä eri oppilaitoksiin ja herättävän itse kunkin katselemaan ympäröivää luontoa, karttoja ja ilmakuvia hieman uudella tavalla.

## UUSI FUUSIOTUTKIMUKSEN TEKÖÄLYTUEN KESKUS

Helsingin yliopisto alkaa johtaa uutta fuusiotutkimuksen tekoälyn ja mallinnuksen keskusta, joka valjastaa Helsingin seudun vahvan tekoölyosaamisen tulevaisuuden energiantuotantoon. Eurooppalaista fuusiotutkimusta organisoiva EUROfusion-konsortio on myöntänyt merkittävän rahoituksen Suomessa tehtävälle fuusioenergian ja sitä edistävän tekoälyn tutkimukselle. Uusi fuusiotutkimuksen tekoälytuen keskus (E-TASC Helsinki Advanced Computing Hub) tähtää erityisesti fuusioenergian laskennallisten edellytysten parantamiseen. Vuosille 2021–2025 myönnetyllä kolmen miljoonan euron rahoituksella uudesta keskukselta tulee suurin yksittäinen EUROfusion-projekti, joka Suomeen on koskaan saatu. Helsingin yliopiston johtamassa yhteishankkeessa ovat mukana myös VTT, Aalto-yliopisto, Tieteen tietotekniikan keskus CSC ja Åbo Akademi.

Euroopan unionin tavoitteena on saada fuusioenergiasta sähköä viimeistään vuonna 2050. EUROfusion-konsortio tähtää demovoimalan käyttöönottoon jo vuonna 2040. Fuusiotutkimuksen tekoälytuen keskus aloittaa toimintansa heinäkuussa 2021. Keskuksen sijainniksi tulee Helsingin yliopiston Kumpulan kampus.