

Elohopea – feeniks lintu ja väliin putoaja



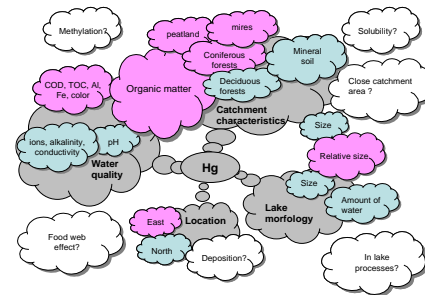
Jaakko Mannio

SYKE Kulutuksen ja tuotannon keskus

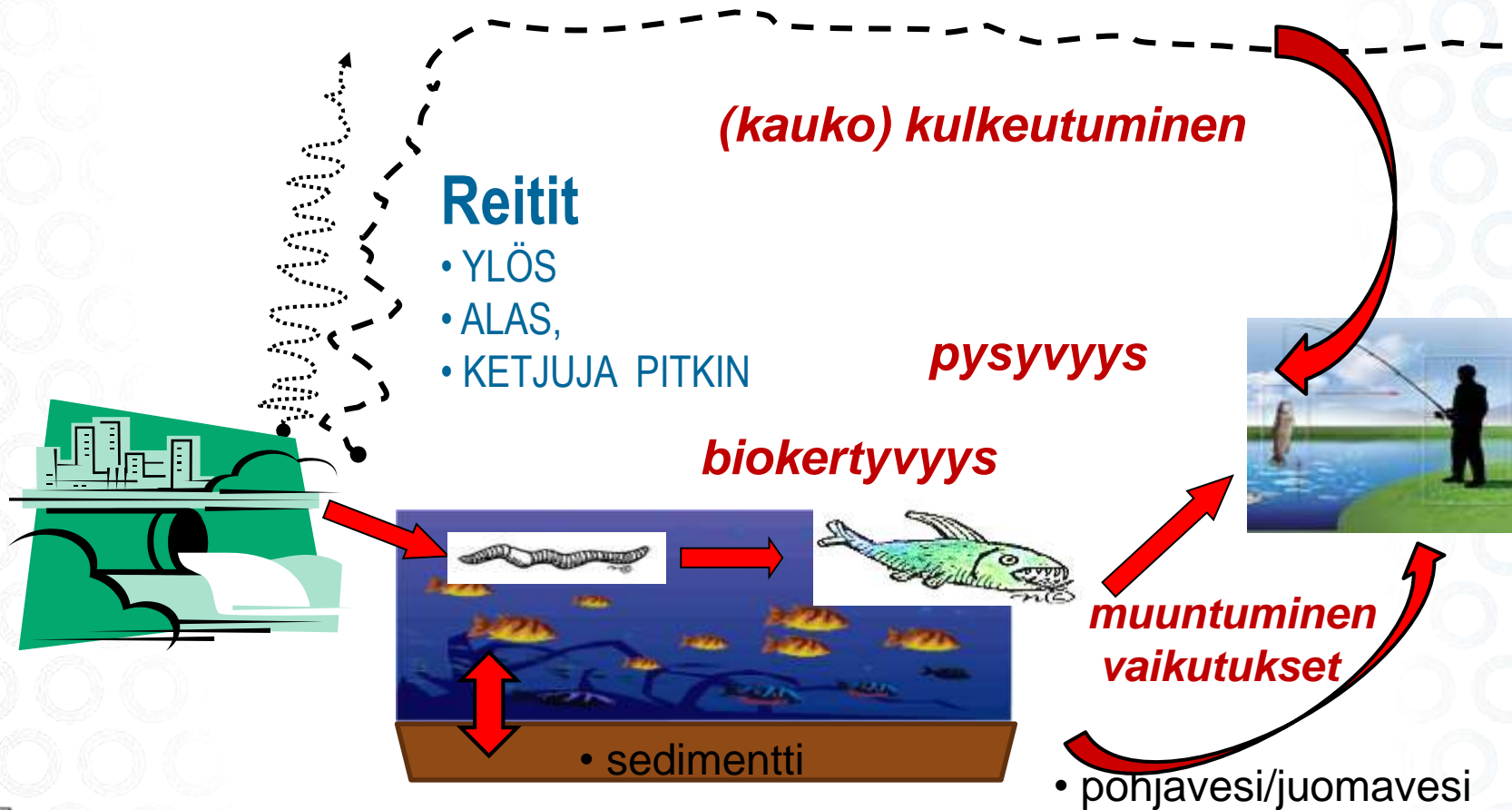
Haitalliset aineet

Tässä esityksessä

- ELOHOPEA – mistä se tulee ja minne se menee?
- Mitä se merkitsee meidän vesiluonnossa?
– ja meille itsellemme?
- Mitä pitäisi ja voidaan tehdä?



Mihin vaaralliset aineet karkaavat?



Vesiympäristössä ihmisiä ravinnon kautta altistavat vaaralliset aineet

... ovat eri asia kuin puhuttavimmat !

"NOUSEVAT" AINEET

Mikromuovit?

Nanomateriaalit?

Pintakäsittelyaineet (PFAS),

Uudet palonestoaineet ja pehmentimet,
lääkeaineet, kosmetiikka, antibakteeriset aineet

KONTROLLOIDUT AINEET

Esim. **PBDE, PFOS,** HBCD, DEHP, TBT,

raskasmetallit (**Hg, Cd, Ni**)

nykyiset kasvinsuojeluaineet,

klooriparafiinit, bisfenolit, siloksaanit,

liuottimet, alkyylifenolit (NP/OP),

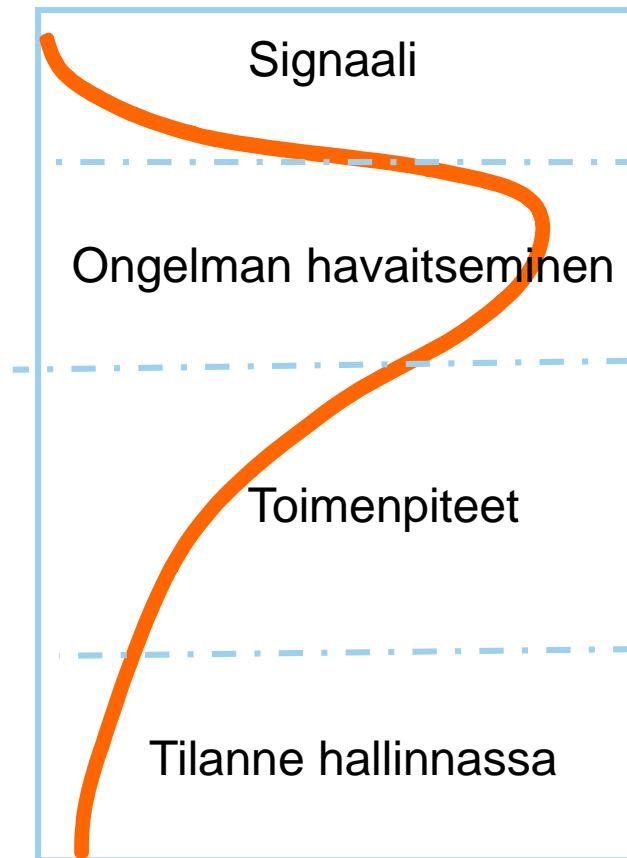
dioksiinit, PCB, PAH-yhdisteet

"LASKEVAT AINEET"

Pb, DDT, Lindaani (HCH),

muut vanhat torjunta-aineet

Yleinen mielenkiinto



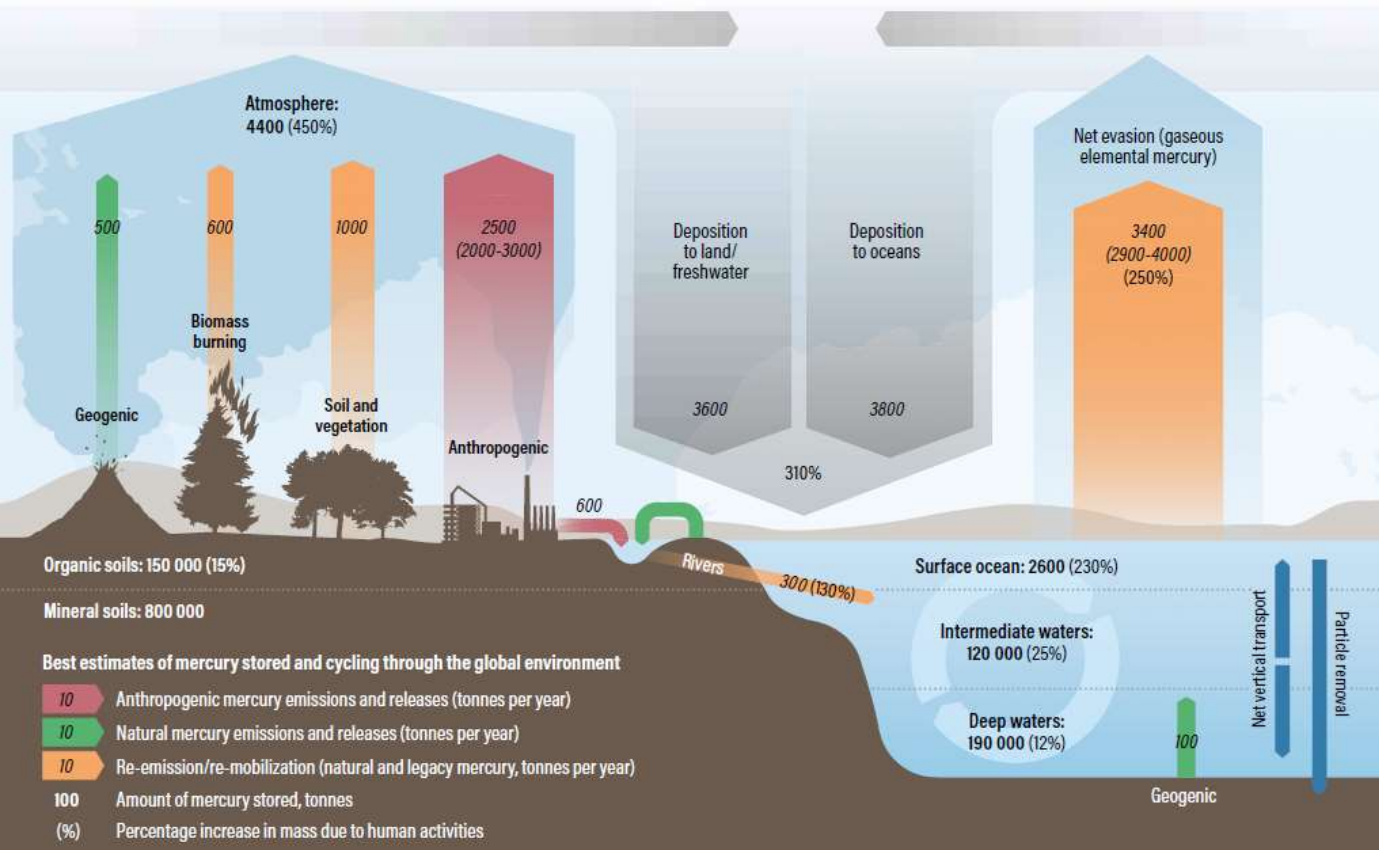
Elohopea – ympäristömme feenix-lintu nousee tuhkasta uudelleen ja uudelleen



A phoenix in a book by FJ Bertuch (1747–1822)
From Wikimedia Commons, the free media repository

Elohopean kiertokulku

- **Kuormitus: ihmistoiminta > luonto (mutta Hg kiertää jatkuvasti)**
- **Meillä maaperän varasto on suuri ja säätelee me-Hg enemmän kuin laskeuma**
- **Mikrobit tuottavat myrkyllistä metyylielohopeaa valuma-alueella ja vesiympäristössä**

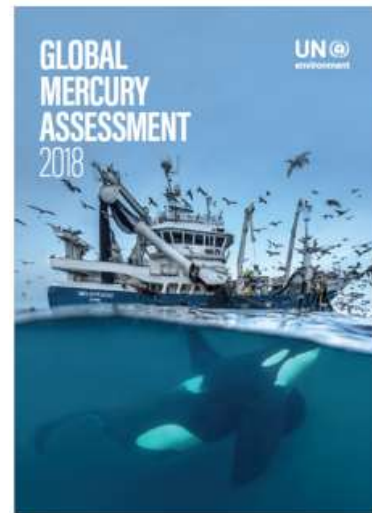
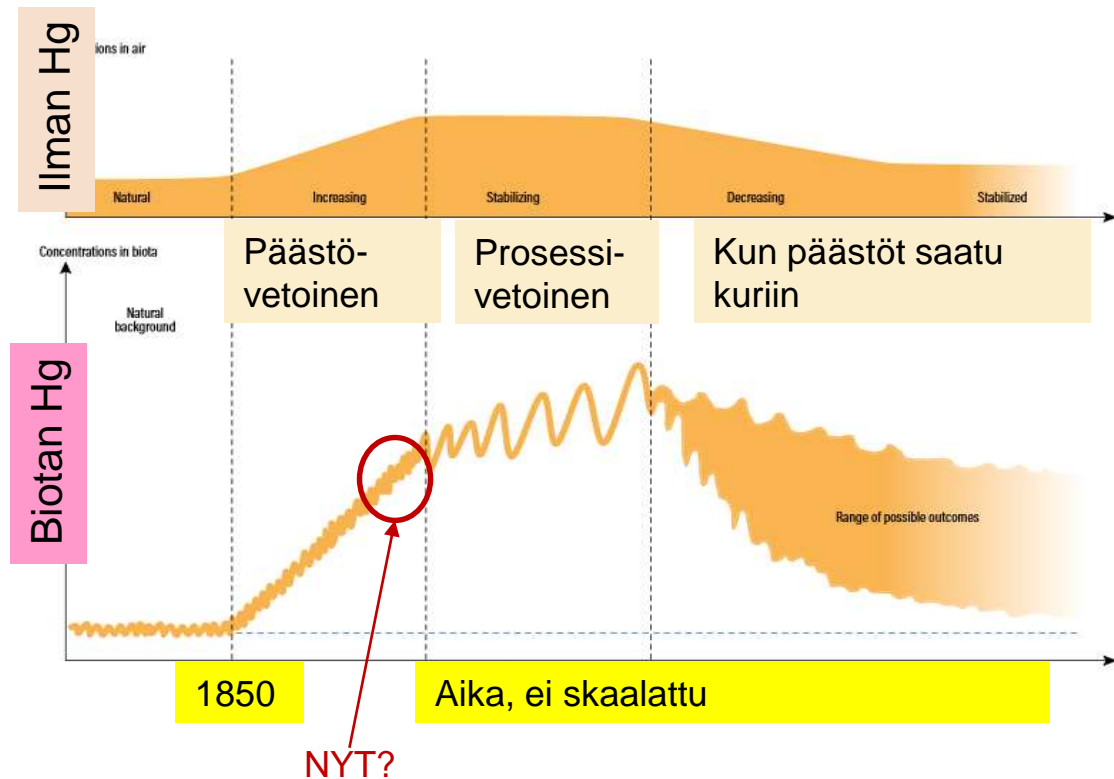


UNEP
Global Mercury
Assessment
Report 2018

<https://www.unenvironment.org/resources/publication/global-mercury-assessment-2018>

YK:n globaalien elohopea-arvion mukaan:

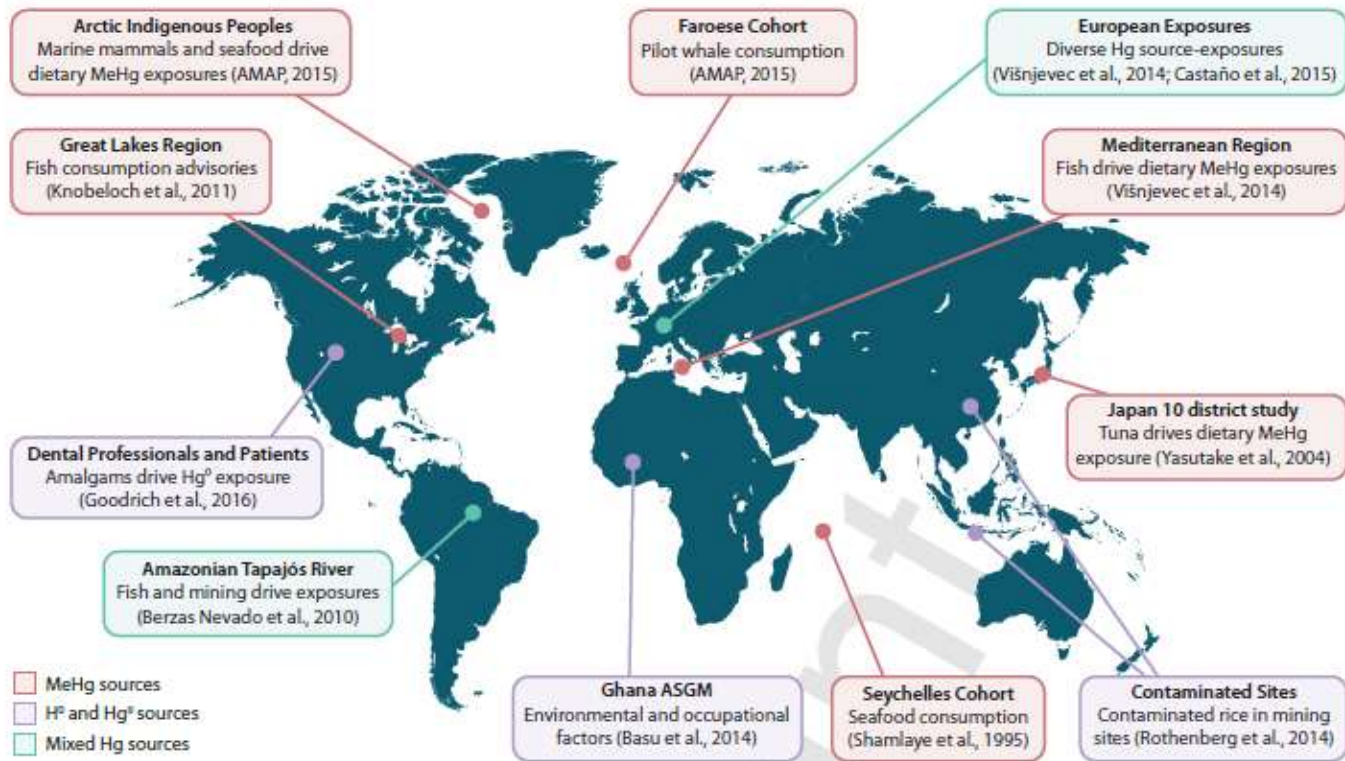
- maailmanlaajuiset Hg-päästöt kasvoivat 2010-2015
- päästöjen loppumisen jälkeenkin vie aikaa ennen kuin vaikutuksia havaitaan biotassa
- prosesseja ei edelleenkään tunneta tarpeeksi



Elohopean lähteillä ja ihmisen altistuksella on todistettu yhteys eri puolilla maailmaa

Technical Background Report to the Global Mercury Assessment 2018

9-2



UNEP
Global Mercury
Assessment
Report 2018

Figure 9.1 Selected studies worldwide depicting strong and representative evidence of Hg source-exposure relationships.

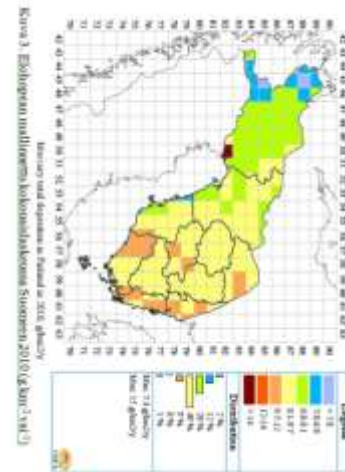
Mistä elohopea tulee meille ja päättyy kaloihin?

Yli 90 % ilmaperäisestä Hg-laskeumasta tulee Suomeen muualta

- **MUTTA maaperään on kertynyt suuri varasto, joka vuotaa**
- **Mikrobit metyloivat elohopeaa, joka kulkeutuu ja kertyy kaloihin**
- Elohopeaa huuhtoutuu turvemailta vesistöihin myös luonnontilassa
- Korkeita pitoisuuksia kaloissa myös karuissa latvajärvisissä - muuttunut eliö rakenne?

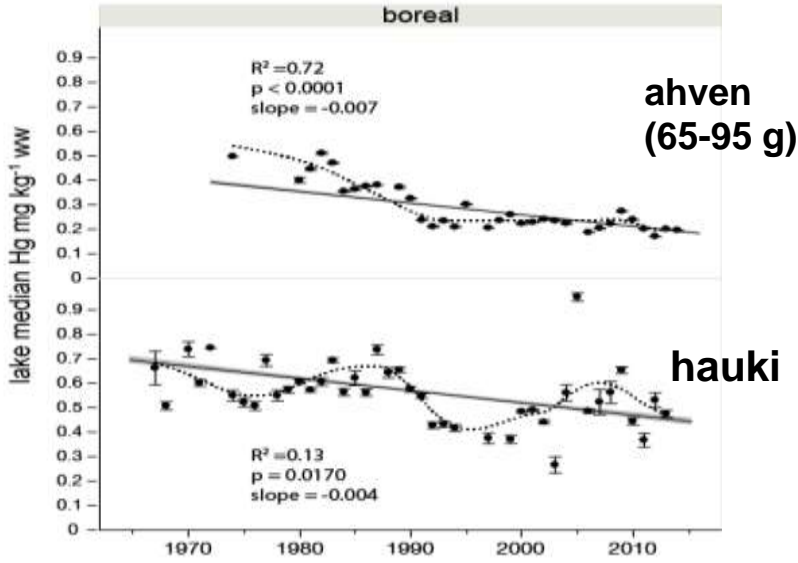
MUUT SYYT

- **Teollisuuden** 1900-luvulla aiheuttama kuormitus
 - Puunjalostus- ja kloorialkaliteollisuuden alapuolella – nyt monin paikoin vähentynyt kaloissa
- **Tekoaltaiden rakentaminen**
 - Kalojen elohopeapitoisuuden nousu altaassa ja/tai sen vaikutuspiirissä (maaperän varastot) – nyt myös vähentynyt
- **Metsänkäsittely?**
 - Avohakkuu ja maan muokkaus on joissakin tutkimuksissa edistänyt elohopean metyloitumista
➔ pohjaveden pinnan nousu, kosteammat olosuhteet ➔ metyloituminen

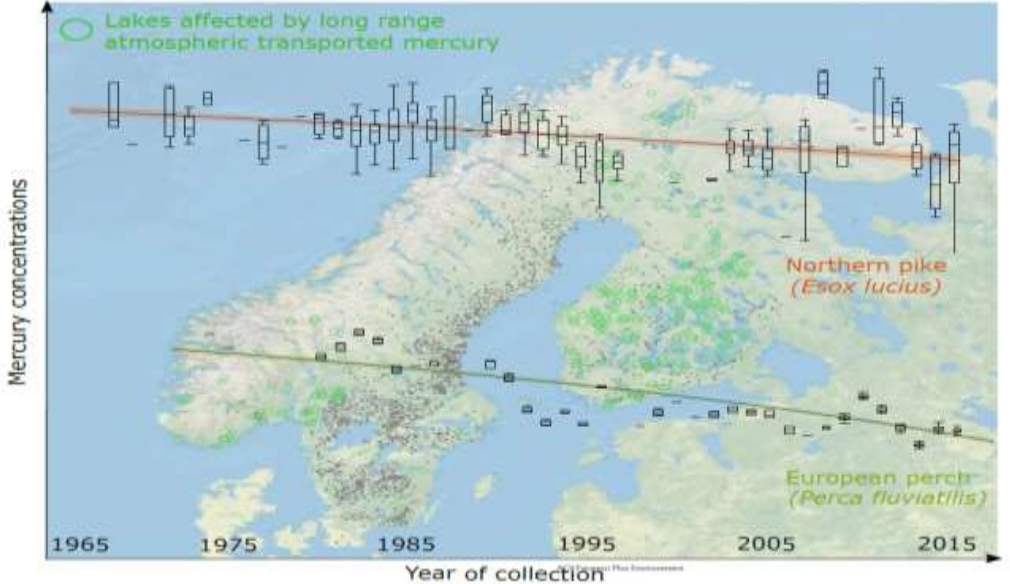


Kalojen elohopeapitoisuus on vähentynyt 50 vuoden aikana Fennoskandiassa – ainakin keskimäärin

- 3132 järveä (54560 havaintoa)



Ilmaperäisen kuormituksen järvissä vuosittainen vähenemä 3-7 %



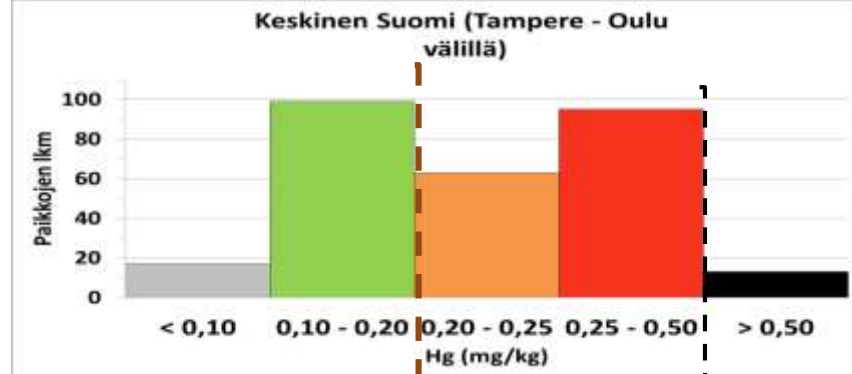
Braaten et al.
Environ. Sci. Technol. 53: 2019

Elohopea ahvenissa 2010-2016

Elohopeapitoisuus ylittää usein
ympäristölaatunormin

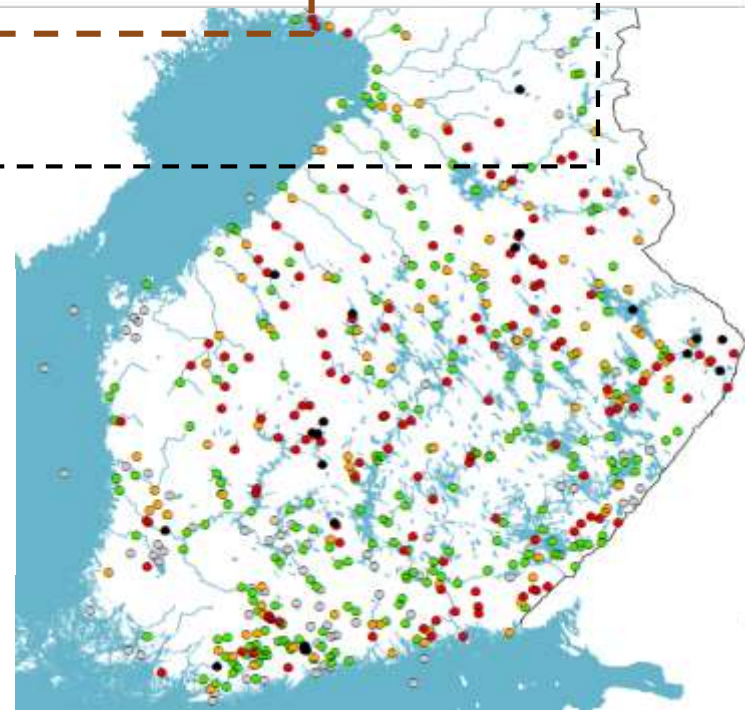
0,20-0,25 mg/kg

Mutta harvoin elintarvikkeiden
raja-arvoa **0,50 mg/kg**



Hg (mg/kg ww)

- < 0,10
- 0,10 - 0,20
- 0,20 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- > 0,50



Pintavesien kemiallinen tila 2020

Elohopean luokittelu Ympäristölaatu normi EQS

-  EQS ylittyy mittausten perusteella
-  EQS ylittyy asiantuntija-arviona
-  EQS alittuu, silmäläpidettävä
-  EQS alittuu mittausten perusteella
-  EQS alittuu asiantuntija-arviona
-  Luokittelu puuttuu



Arvio perustuu vuosien 2012-2018 aineistoihin
© SYKE, ELY-keskukset

Pintavesien kemiallinen tila 2020

Kadmiumin, nikkelin, PAH:n, TBT:n ja PFOS:n ympäristölaatu normin (EQS) ylitykset

-  Kadmium ja/tai nikkeli
-  PAH
-  TBT
-  PFOS
-  TBT ja PFOS
-  Muut vesimuodostumat



Arvio perustuu vuosien 2012-2018 aineistoihin
© SYKE, ELY-keskukset

➤ Tyypittelyyn (humus) perustuva mallinnus on liian epätarkka, kun pitoisuudet "heiluvat" laatu normin ympärillä

Vesiympäristön seuranta ja kalat elintarvikkeena

Oletettava skenaario (kalojen elintarvikekäyttö)

- **Kotimaisen kalan käyttö lisääntyy – NYT HALLITUSOHJELMASSA**
 - ravitsemuksellisuus, lähiruoka & ympäristösyyt (ilmasto, rehevöityminen/kunnostukset)
 - toivottavasti myös luonnonkalan, ei vain viljellyn...
- **Monien vaarallisten aineiden pitoisuudet vähenemässä – mutta elohopea ei kaikkialla**
 - ➔ **Informaatio-ohjaus korostuu**
 - Syöntisuositukset /herkät ryhmät
 - paikkojen ja lajien valinta (mm. särkikalat!)
- **Meridirektiivissä sekä ”ympäristön puhtaus” (kuvaaja 8) että ”kalojen syötävyys” (kuvaaja 9)**
 - ➔ harmonisointia, yhteistyötä, työnjakoa on tehty Suomessa enemmän kuin muualla
 - MSFD D8/D9 työryhmä perustettu – me mukana
 - ➔ **VPDn tultava perässä, koska monien aineiden laatumnormi perustuu ihmisaltistukseen! (dioksiinit, PBDE, PFOS)**

Kala on tulevaisuuden ruokaa

Tulevaisuuden ruokalautasen ennustetaan sisältävän enemmän kalaa ja kasvikunnan tuotteita ja kohtuullisesti lihaa ja maitotuotteita. Näillä ruokailutottumusten muutoksilla olisi merkittävä vaikutus ruokavalion terveellisyyteen sekä sen ilmasto- ja ympäristövaikutuksiin. Tutkimusten mukaan runsaasti kalaa sisältävä ruokavalio olisi ravitsemuksellisesti optimaalisin ja sen ilmastovaikutukset olisivat lähes kolmanneksen alhaisemmat kuin suomalaisen nykyisen ruokavalion*.



VISIO 2027:
Tuplataan kotimaisen kalan kulutus

* Ruokahävikin vähentämisen ja ravitsemussuosituksen mukaisen syömisestä ilmasto- ja ympäristövaikutukset vuoteen 2030 mennessä –tutkimushanke (RuokaMinimi-hanke).

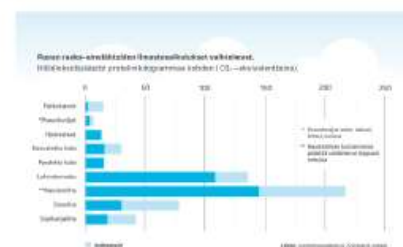
Kotimaisen kalan edistämishjelma 2027

Kalan syönnillä on myös myönteisiä ympäristövaikutuksia, koska kalastus poistaa tehokkaasti jo vesistöihin joutuneita ravinteita ja vähentää siten vesistöjen rehevöitymistä. Kalankasvatus on puolestaan tehokas tapa tuottaa eläinproteiinia ihmisravinnoksi, sillä kasvatetun kalan rehutehokkuus on huomattavasti parempi kuin maan päällä kasvatettavien eläinten.

Kalankasvatus on tehokas tapa tuottaa ruokaa



Kalaruoka on ilmastoystävällinen valinta



Kalan syöminen pidentää suomalaisten elinikää ja parantaa elämänlaatua vähentämällä tautitaakkaa. Tautitaakka on erilaisten riskitekijöiden tai sairauksien aiheuttama kokonaisterveyshaitta, jota mitataan haittapainotettuina elinvuosina. Terveysten ja hyvinvoinninlaitoksen (THL) mukaan suomalaisten kalan syönnin vähänsi 96 000 haittapainotettua elinvuotta vuonna 2017. Arvioiden perusteella kalan syönnistä syntyvien terveyshyötyjen rahallinen arvo olisi noin 2 – 5 miljardia euroa.



**Riskinarviointi suomalaisten aikuisten
altistumisesta elintarvikkeiden ja talousveden
raskasmetalleille sekä alumiinille**

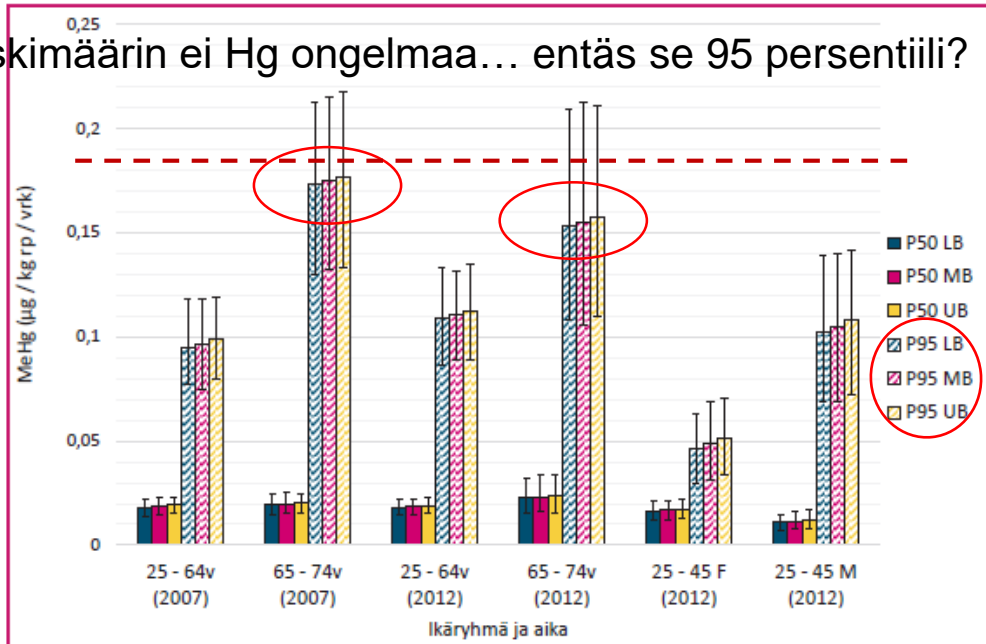


<https://www.ruokavirasto.fi/tietoa-meista/julkaisut/julkaisut/riskiraportit/>

LI-5 Metyylihoopean lähteet (vain ryhmästä Kala ja meren antimet)

TUOTERYHMÄ	2007 25-64V	2007 65-74V	2012 25-64V	2012 65-74V	2012 MIEHET	2012 NAISET
AHVEN	17%	8.1%	5.8%	4.2%	2.4%	0.0%
HAUKI	15.7%	17.3%	14.5%	5.3%	8.9%	0.0%
KIRJLOHI	13.0%	10.8%	13.7%	13.8%	16.7%	23.1%
LOHI	3.2%	3.2%	6.8%	5.8%	5.8%	10.4%
KESKIARVOKALA	37.3%	44.7%	28.6%	50.9%	28.3%	15.8%
MOIKKU	3.5%	5.5%	7.7%	4.8%	9.4%	2.9%
SEITI	4.9%	2.5%	4.7%	2.4%	6.6%	8.6%
TONNIKALA	14.1%	1.9%	9.8%	6.1%	13.0%	27.3%
MUUT	4.1%	5.7%	6.1%	5.4%	4.9%	7.3%
MÄTI	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%
NILVIÄISET	0.2%	0.0%	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%
ÄYRIÄISET	2.0%	0.3%	2.0%	0.8%	3.8%	4.0%

...keskimäärin ei Hg ongelmaa... entäs se 95 prosenttiili?



Kuva 10. Altistus metyylihoopealle eri kuluttajaryhmissä. Altistuksen mediaani (P50) ja 95. prosenttipiste (P95) on esitetty 95%:n luottamusväleineen lower bound, middle bound ja upper bound -arvioina. 25-45-vuotiaiden arvo on erikseen miehille (M) ja naisille (F). Metyylihoopean siedettävää viikkosaantia vastaava päivakohtainen arvo on 0,186 µg/kg rp/vrk.

Vähäisellä osalla suomalaista aikuisväestöä, lähinnä vanhemmilla ikäryhmillä, metyylihoopea-altistus saattaa ylittää aineelle määritetyn siedettävän viikkosaannin. Tuoreemman ruoankäyttötutkimuksen mukaan hedelmällisessä iässä olevien naisten metyylihoopea-altistus ei ylittänyt siedettävän viikkosaannin enimmäismääräraja. Suomen väkilukuun suhteuttamalla arvioitiin, että enimmäismääräraja saattaisi ylittyä enintään viideltä hedelmällisessä iässä olevalta suomalaisnaiselta.

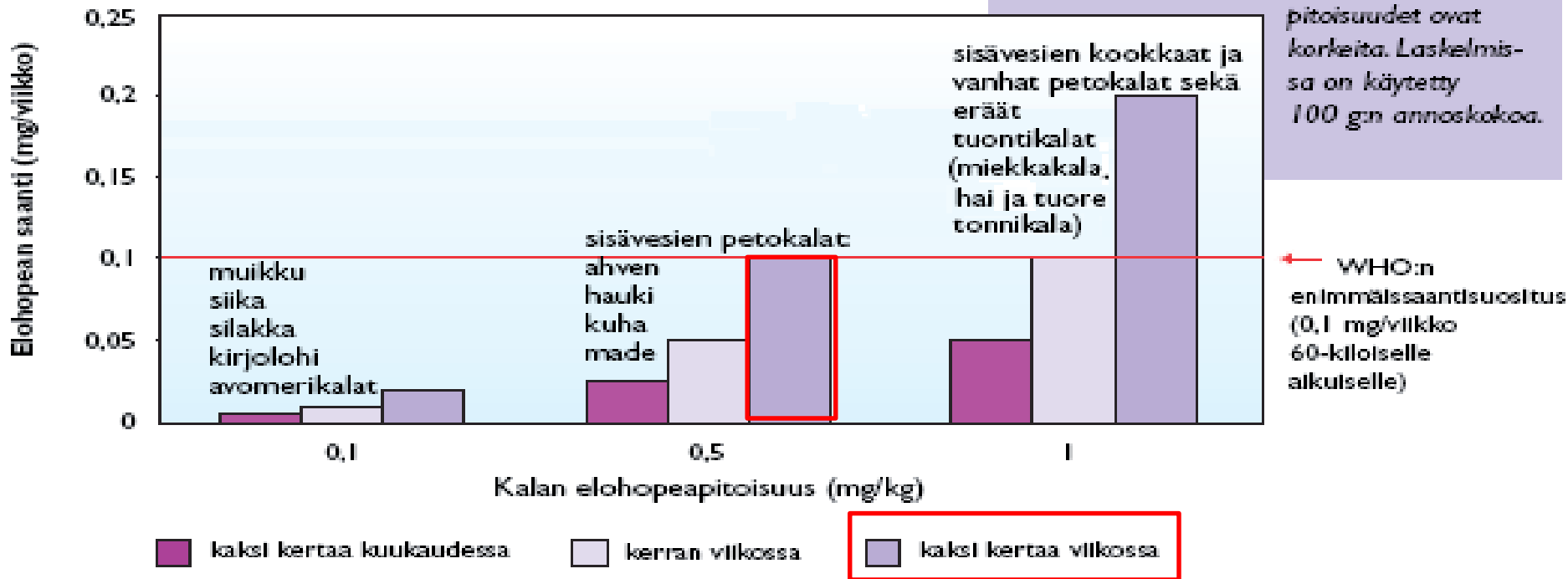
Elohopean saanti kalasta viikossa

(mg/vko, 100g annos)

Elintarvikkeiden ja talousveden
kemialliset vaarat (Eviran julkaisuja 2/2013)

Kuvio osoittaa, että eniten elohopeaa viikossa saisi henkilö, joka söisi sisävesien kookkaita ja vanhoja petokalvoja tai eräitä tuontikalvoja, koska näissä elohopean

pitoisuudet ovat korkeita. Laskelmis-
sa on käytetty 100 g:n annoskokoa.



Kalaa vaihdellen kaksi kertaa viikossa



Kalaa on hyvä syödä ainakin kaksi kertaa viikossa. Suosituksen antanut Valtion ravitsemusneuvottelukunta kehottaa käyttämään eri kalalajeja vaihdellen.

Edellä olevaan yleiseen kalan syöntisuositukseen Elintarviketurvallisuusvirasto Evira (nyk. Ruokavirasto) on antanut seuraavat poikkeukset:

- Terveydelle haitallisten ympäristömyrkköjen vuoksi lapset, nuoret ja hedelmällisessä iässä olevat voivat syödä vain 1–2 kertaa kuukaudessa isoa, yli 17 cm:n silakkaa tai vaihtoehtoisesti Itämerestä pyydettyä lohta sekä merestä ja järvestä pyydettyä haukea.
- Raskaana olevien ja imettävien äitien ei pitäisi syödä haukea ollenkaan, koska se kerää elohopeaa.
- Sisävesialueiden kalaa päivittäin syöviä suositellaan vähentämään muidenkin elohopeaa keräävien petokalojen käyttöä. Näitä kaloja ovat hauen lisäksi isot ahvenet, kuhat ja mateet.

Eviran poikkeuksessa on otettu huomioon kalaan kertyneet dioksiinit, PCB-yhdisteet, metyylielohopea ja cesium-137. Vierasainealtistuksen arvioinnissa kalan annoskokona on käytetty 100 grammaa raakana punnittua ja fileoitua kalaa.

Paikallisella tasolla mietittävä

(muitakin vaarallisia aineita)

- Vaarallisten aineiden tunnistaminen kun **alueiden käyttö muuttuu:**
 - suot, metsät; kaupungeissa satamat, lahdet, rannat
 - riskit arvioitava uudelleen - tai sen ensimmäisen kerran....
- Kuntien rooli ja velvollisuudet (esim. yhteistarkkailuissa)
 - ei välttämättä jatkuvaa seurantaa
 - vaan vaarallisten aineiden **kartoituksia**
 - (kunnalla/yhtymällä velvoite toimiin, jos ihmisaltistuksen riski)
- Kuntalaisilla oikeus olla tietoisia riskeistä - esimerkiksi kaloissa !
 - **...mutta aina löytyy myös puhtaita alueita ja puhtaita lajeja!**

Mitä SYKE voisi tehdä?

- Vaikka rajoitamme päästöjä, emme pääse elohopeasta eroon, siis on sopeuduttava:
- suojelemalla ihmistä, suojelemme muitakin petoja 😊 luonnossa

➔ **RATKAISU: Alueellista ja ajallista dataa ja mallinnusta**

➔ **Jota on tehty aiemminkin.... 19852005...**



Haukien elohopean yhteyttä vedenlaatuun, morfometriaan ja valuma-alueen ominaisuuksiin on selvitetty jo 1980-luvulla

Haukien elohopeapitoisuus oli selvästi vedenlaadusta riippuvaista. Korkeimmat pitoisuudet olivat hyvin ruskeavetisissä latvajärvissä ja niiden alapuolisissa, lyhytviipymäisissä läpikulkujärvissä, joiden humuskuormitus oli suurin. Tätä kuvasi aineistossa toisaalta suurimolekyylisen humusaineksen, toisaalta valuma-alueen maapinta-alan ja järven tilavuuden suhteen selvä yhteys elohopeapitoisuuksiin. Kuitenkin myös kaikilla muilla humukseen pitoisuutta ja laatua kuvaavilla muuttujilla oli merkitsevä yhteys elohopeapitoisuuksiin.

Humuspitoisuuden lisäksi järven keskisyvyys selitti korkeita elohopeapitoisuuksia. Syvässä järvessä hajotustoimintaa ja siten mahdollisesti metyylielohopean tuottoa on suhteellisesti enemmän kuin matalassa, perustuotantovaltaisessa järvessä. Keskisyvyys voi selittää myös rikkautumista, sillä karussa järvessä elohopean kertyminen eliöihin on tehokkaampaa ja hauen kasvu voi olla hitaampaa.

Alhaisimmat hauen elohopeapitoisuudet todettiin järvissä, joilla on pieni valuma-alue suhteessa niiden omaan pinta-alaan (kirjkaat latvajärvet) tai jotka sijaitsevat vesireitillä alempana, jolloin suuri osa maalta huuhtoutuvasta humuksesta ja elohopeasta on ehtinyt laskeutua ylempiin altaisiin. Tulokset viittaavat siihen, että sedimentissä tapahtuvan metylaation lisäksi elohopeaa metyloituu jo valuma-alueella ja vesifaasissa.

Koska hauki saa suurimman osan elohopeastaan ravinnon mukana, voidaan olettaa järven perus- ja sekundaarituotannolla sekä eliöstön rakenteella olevan suuri merkitys elohopean akkumuloitumisessa. Tässä tutkimuksessa kuitenkin vedenlaatu ja järven morfometria selittivät jopa 61 % hauen elohopeapitoisuuden vaihtelusta. Siten on mahdollista, että eliöjärjestön rakenne ja eliöiden ravintokäyttäytyminen ei ollut näissä järvissä kovin vaihtelevaa.

THE EFFECT OF WATER QUALITY ON THE MERCURY CONCENTRATION OF NORTHERN PIKE (*ESOX LUCIUS*, L.) IN FINNISH FOREST LAKES AND RESERVOIRS

Jaakko Mannio, Matti Verta, Pirkko Kortelainen & Seppo Rekolainen

MANNIO, J., VERTA, M., KORTELAINEN, P. & REKOLAINEN, S. 1986. The effect of water quality on the mercury concentration of northern pike (*Esox lucius* L.) in Finnish forest lakes and reservoirs. Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters, Finland, No. 65.

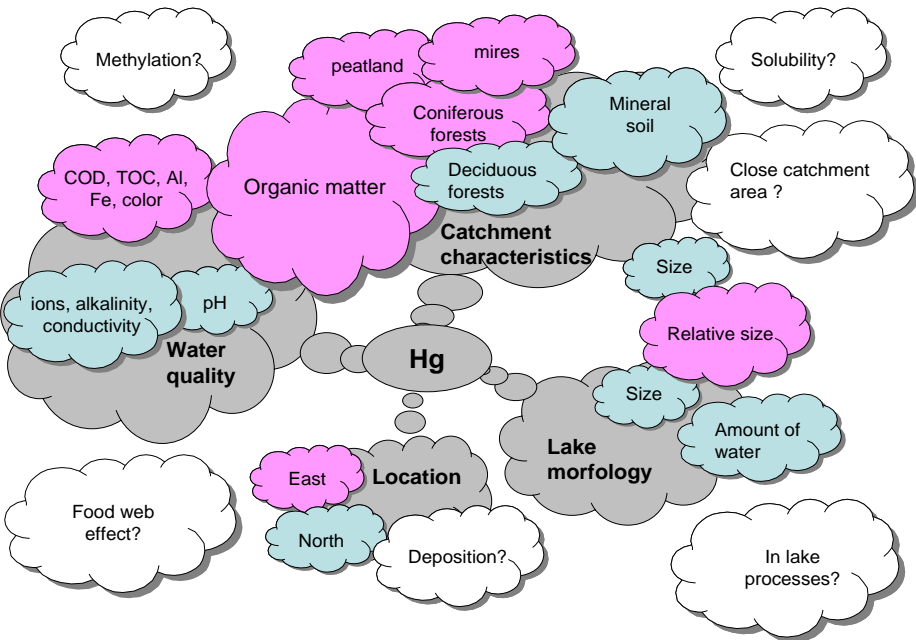
Correlations between water quality parameters and the total mercury concentration in northern pike (*Esox lucius* L.) were studied in 35 forest lakes and 10 reservoirs located mainly in Central Finland and Ostrobothnia. The concentrations of mercury in pike (750 g) varied from 0.21 to 1.02 mg kg⁻¹ in lakes and from 0.42 to 1.80 mg kg⁻¹ in reservoirs. All estimates of the content of humic matter in water correlated positively ($P < 0.001$) with the mercury content in pike. Water pH and nutrients were related to the humic matter. In multiple regression analysis other water quality parameters could not explain essentially more the variation of mercury contents in pike. The results support observations that the total input of humic matter from the drainage area appears to contribute to the high concentrations of mercury in pike in headwater lakes. In young reservoirs the dissolved organic matter from inundated soil seems to be the main source of mercury.

Index words: Mercury, water quality, aquatic humus, forest lake, reservoir.

Vaikuttaako valuma-alueen ominaisuudet kalojen elohopeapitoisuuteen ja sen muutoksiin?

Anna Paloheimo
pro gradu 2005

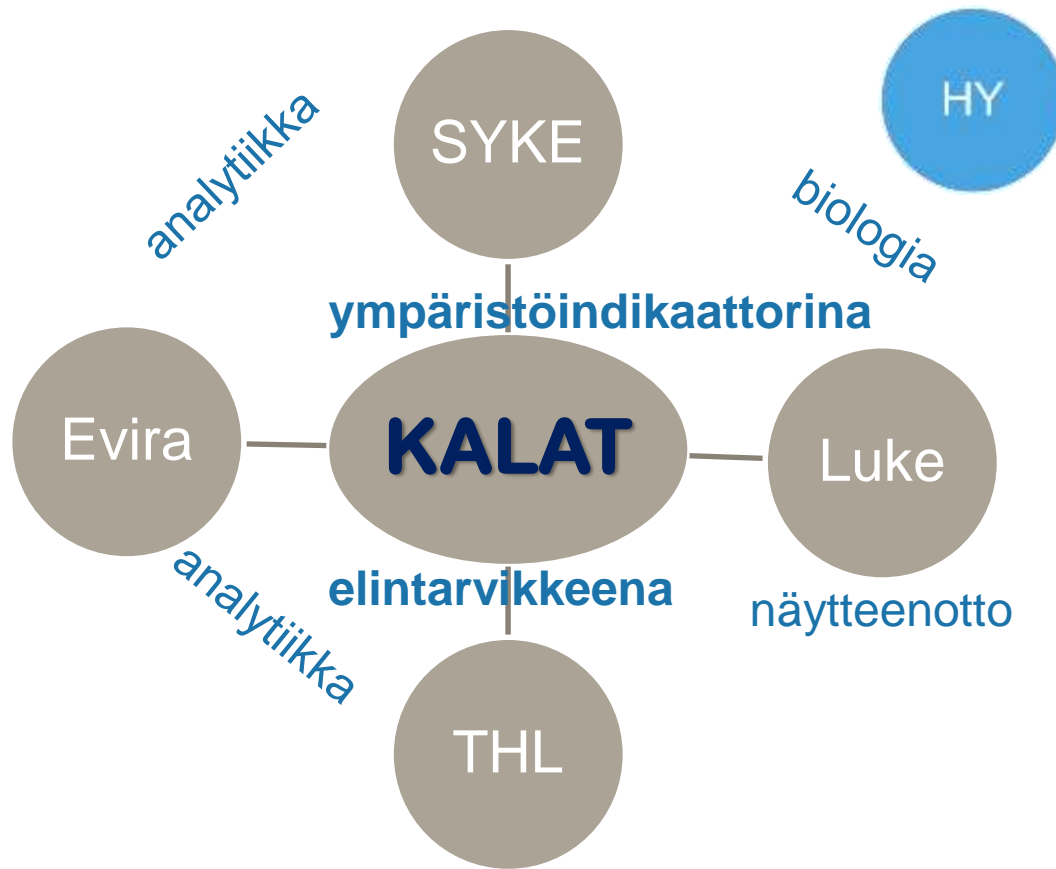
- Humusjärvissä havaittiin korkeita pitoisuuksia ja pitoisuuden nousua edelleen
- Suurissa järvissä pitoisuudet olivat verrattain alhaisia ja pitoisuuden muutos laskeva



- Valuma-alueella tapahtuvat Hg mobilisoitumiseen vaikuttavat prosessit ovat erittäin merkittäviä tekijöitä haussa havaittavaan Hg pitoisuuden muutokseen
- Tulevaisuudessa muutoksen arvioinnin tueksi on todennäköisesti saatavilla paikkatietojärjestelmiin tallennettua tietoa maankäytössä tapahtuneista muutoksista.
- Nämä tiedot voisivat vahvistaa käsityksiä maan muokkauksen, hakkuiden ja metsäojitusten vaikutuksista kalojen elohopeapitoisuuden nousuun.

Kalat verkossa, kontaminantit hallinnassa

Lisää:
mallinnusta,
riskinarvioita !



MAINOS: Elohoepa Suomen pohjoisilla alueilla – webinaari tulossa 26.5.2021

Useat tutkimuslaitokset (SYKE, THL, IL, Luke, HY ja OY) osallistuvat Arktisen ympäristön seuranta- ja arviointiohjelman (AMAP) meneillään olevaan elohoepa-arvioon <https://mercury.amap.no/>. Arvioinnin päätulokset julkaistaan toukokuussa 2021 Arktisen neuvoston ministerikokouksen yhteydessä.

Ministerikokouksen jälkeen, **26.5. järjestetään kansallinen webinaari**, jossa käsitellään elohoepan merkitystä enemmän kotimaisesta näkökulmasta:

- **Millaisia havaintoja elohoepan kiertokulusta on Suomessa, erityisesti Lapissa?**
- **Kuinka tämä eroaa muista pohjoisista alueista?**
- **Millaiset prosessit vaikuttavat ilmakehässä, maaperässä ja sedimenteissä?**
- **Kuinka tämä heijastuu ravintoketjuissa – erityisesti kaloissa?**
- **Mitä tämä merkitsee ihmisten altistumiselle?**
- **Mitä tietoja meiltä puuttuu tulevaisuuden hahmottamiseksi?**

*Mercy, mercy me
Things ain't what they used to be, no no
Oil wasted on the ocean and upon our seas
Fish full of mercury*

(The Ecology, Marvin Gaye 1971)



Kiitos!

Kiitokset myös:
Ville Junntila, Katri Siimes
Emmi Vähä, Jussi Vuorenmaa

jaakko.mannio@syke.fi

*Minusta pääsette kohta eroon,
mutta elohopeasta ette!*

Kirjallisuutta

AMAP (2011). AMAP Assessment 2011: Mercury in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xiv + 193 pp.

Braaten H.F.V., Åkerblom S., Kahilainen K., Rask M., Vuorenmaa J., Mannio J., Malinen T., Lydersen E., et al. (2019). Improved Environmental Status: 50 Years of Declining Fish Mercury Levels in Boreal and Subarctic Fennoscandia. *Environmental Science & Technology* 53 (4), 1834-1843 DOI: 10.1021/acs.est.8b06399.

European waters : Assessment of status and pressures , EEA Report 7/2018 <https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-water>

Kyllönen K. (2020) Fluxes, trends and source characterisation of atmospheric trace elements. Finnish Meteorological Institute Contributions No. 164. Väitöskirja. ISBN 978-952-336-104-1 (pdf). <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/319807>

LAPCON (VN TEAS hanke) Lapin (ja muunkin Suomen) POP-yhdisteiden ja elohopean tilanteesta <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=13402>

Siimes K ja Mannio J. Pintavesien kemiallisen tila – Qua vadis? *Vesitalous* 4/2020: 40 - 45
<https://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2020/08/Vesitalous-04-2020-lowres.pdf>

Siimes K, Vähä E, Junttila V, Lehtonen K, Mannio J (toim.) 2019 Haitalliset aineet Suomen vesissä: tilanne ja seurannan suuntaviivat SYKE:n raportteja 8/2019 <http://hdl.handle.net/10138/301460>

THL:n kontaminanttisivusto: <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt>

UN Environment, 2019. Global Mercury Assessment 2018.

Vesistöjen kemiallinen tila Suomessa 2020: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Meri/Vesistojen_kemiallinen_tila_on_edelleen_\(58390\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Meri/Vesistojen_kemiallinen_tila_on_edelleen_(58390))