

Hyvinkään järvien kalojen elohopeapitoisuus vuosina 2017-2021

Tommi Malinen

Helsingin yliopisto, Lammin Biologinen asema

KVVY Tutkimus Oy, Tampere

Tutkimusraportti 15.1.2022

1. Johdanto

Elohopea on myrkyllinen raskasmetalli, jota esiintyy luontaisesti maaperässä ainoastaan hyvin pieniä määriä. Viime vuosikymmeninä maaperän elohopeapitoisuus on kuitenkin kasvanut huomattavasti ihmistoiminnan, mm. fossiilisten polttoaineiden käytön seurauksena. Lisäksi maaperään sitoutuneen elohopean siirtymistä vesistöihin on lisätty maanpintaa rikkovilla toimilla esimerkiksi hakkuiden yhteydessä. Valtaosa Suomen maaperän elohopeasta on peräisin kaukokulkeumasta maamme rajojen ulkopuolelta. Vaikka viime vuosina elohopean ilmalaskeuma on pienentynyt, säilyy elohopea maaperässä vielä pitkään. Tämä on merkittävä ongelma, koska metsätalouden vaikutusten voidaan olettaa lähitulevaisuudessa jopa voimistuvan.

Ravintoketjussa rikastuvalla metyylielohopealla on merkittäviä haitallisia terveysvaikutuksia (EFSA 2012). Ihmisille sen ylivoimaisesti suurin lähde Suomessa on kala (Hallikainen 2009). Etenkin petokalojen elohopeapitoisuus ylittää lakisääteiset raja-arvot monilla alueilla Suomessa. Elintarvikekäytössä elohopean enimmäispitoisuusraja on ahvenelle 0,5 mg/kg tuorepainoa kohti. Korkeiden pitoisuuksien takia Ruokavirasto (ent. Evira) on antanut kalankäyttösuositukset siitä, kuinka usein petokaloja tulisi enimmillään syödä (Evira 2010).

Ahvenen elohopeapitoisuus on myös ollut yhtenä kriteerinä mukana järvien kemiallisen tilan luokittelussa, jossa vesienhoidon suunnittelun piiriin kuuluvat järvet luokitellaan haitta-aineiden pitoisuuksien avulla (Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle haitallisista ja vaarallisista aineista, 1022/2006). Ahvenen elohopeapitoisuuden ympäristönlaatunormi eli pitoisuus, johon mittaustuloksia verrataan, on järven humuspitoisuudesta riippuen ainoastaan 0,20-0,25 mg/kg (15-20 cm pituisessa ahvenessa, Verta ym. 2010, Karvonen ym. 2012). Jos tämä pitoisuus alittuu, järven kemiallinen tila luokitellaan elohopean perusteella ”hyväksi”. Jos se ylittyy, luokitellaan järven kemiallinen tila ”hyvää huonommaksi”. Toisaalta koska yhdenkin seurattavan aineen ympäristönlaatunormin ylittyminen johtaa automaattisesti huonompaan luokkaan, voi järven kemiallinen tila olla ”hyvää huonompi” jonkin muun aineen kuin elohopean (esimerkiksi bromattujen difenyylieteereiden) takia. Mahdollista järven elohopeaongelmaa muiden haitta-aineiden pitoisuudet eivät tietenkään lievennä.

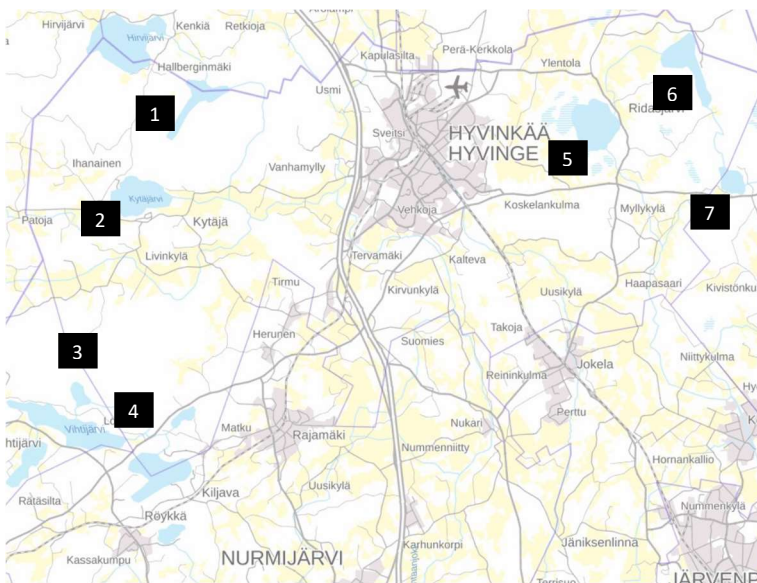
Teollisuuden elohopeapäästöjen ja tekoaltaiden rakentamisen loputtua suurimmat elohopeariskit on ajateltu sisältyvän humusjärvien ja happamoituneiden järvien kaloihin. Kemiallisen tilan luokittelua varten alueelliset Ely-keskukset ovat selvittäneet ahvenen elohopeapitoisuuksia monissa järvissä, mutta toistaiseksi mittaustuloksia on kuitenkin vain hyvin pienestä joukosta Suomen järviä. Uudellamaalla viime vuosina tehtyjen selvitysten perusteella elohopealle asetetut raja-arvot ylittyvät monissa järvissä (Malinen 2014, Marttila & Roikonen 2016, Malinen & Marttila 2018, Malinen 2020). Lisäksi Uudenmaan järvien kala-aineisto on paljastanut,

että elohopeaongelmaa ei esiinny läheskään kaikissa humusjärvissä ja toisaalta kohonneita pitoisuuksia esiintyy myös järvissä, jotka eivät kuulu näihin riskiryhmiin eli humuspitoisiin tai happamoituneisiin järviin.

Vaikka Uudellamaalla järvikalojen elohopeapitoisuuksia on tutkittu selvästi intensiivisemmin kuin muualla Suomessa, Hyvinkään järvilta tiedot ovat vähissä. Lähimpänä Hyvinkäätä elohopeapitoisuuksia on tutkittu Vihtijärven seudulla (Malinen 2020), jossa havaittiin järvien välillä suurta vaihtelua. Joissakin järvissä ahvenen ja hauen elohopeapitoisuudet olivat alhaisia, mutta joissakin niin korkeita, että syöntisuosituksille oli tarvetta. Vihtiärven seudulla on parhailaan menossa haukiin keskittyvä, edellistä täydentävä tutkimus.

Tämä selvitys keskittyy seitsemään, ainakin osittain Hyvinkään alueella sijaitsevaan järveen (kuva 1). Tutkimus tehtiin Hyvinkään kaupungin Ympäristökeskuksen ja Uudenmaan Ely-keskuksen rahoituksella. Viisi suurinta järveä (Suolijärvi, Kytäjärvi, Ridasjärvi, Sykäri ja Keravanjärvi) ovat mukana vesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokittelussa. Nämä kaikki ovat humusjärviä, ja ne on luokiteltu järvityyppinsä perusteella elohopean suhteen kemiallisen tilan luokkaan ”hyvää huonompi”. Kaksi pienintä tutkimusjärveä, Valkealammi ja Löytlammi edustavat pieniä metsäjärviä, joissa on havaittu Uudellamaalla korkeita elohopeapitoisuuksia humuspitoisuudesta riippumatta.

Tutkimuksen päämääränä oli selvittää tutkimusjärvien ahventen elohopeapitoisuutta kalojen syömäkelpoisuuden arviointia ja vesien kemiallisen tilan luokittelua varten. Lisäksi tutkittiin elohopeapitoisuuden kehitystä kalan koon kasvaessa, jotta voitaisiin antaa tarkempia suosituksia kalojen käytölle.



Kuva 1. Hyvinkään tutkimusjärvien sijainti ja lähiympäristö. 1) Suolijärvi, 2) Kytäjärvi, 3) Valkealammi, 4) Löytlammi, 5) Ridasjärvi, 6) Suolijärvi ja 7) Keravanjärvi. Pienimmät tutkimusjärvet (3 ja 4) jäävät näkymättömiin numeron alle (© Maanmittauslaitos).

2. Aineisto ja menetelmät

Hyvinkään tutkimusjärvet ovat pientä Valkealammiä lukuun ottamatta humusjärviä (taulukko 1). Sykäri ja Löytlammilla humuspitoisuutta kuvaava väriluku on n. 200 sekä Ridasjärvessä ja Keravanjärvessä n. 100. Kytäjärven ja Suolijärven humuspitoisuudet ovat selvästi alhaisempia. Kytäjärvi, Ridasjärvi, Sykäri ja Keravanjärvi ovat veden fosforipitoisuuden perusteella melko reheviä, kun taas Suolijärvi ja Valkealammi ovat selvästi muita karumpia. Järvien valuma-alueiden koko vaihtelee suuresti, Kytäjärven ja Ridasjärven valuma-alueet ovat erityisen suuret, mutta erityisesti Keravanjärven valuma-alue on varsin pieni. Sykäri, Keravanjärvi ja Löytlammi ovat hieman happamia (pH < 7), mutta Suoli-, Kytä- ja Ridasjärvi ovat humuspitoisuuden huomiioon ottaen yllättävän neutraaleja (pH 7). Ekologiselta tilaltaan ainoastaan Kytäjärvi on luokassa ”tyydyttävä”, muut luokiteltavat järvet ovat luokassa ”hyvä”. Kemialliselta tilaltaan kaikki ovat luokassa ”hyvää huonompi” (elohopean ja bromattujen difenyyliettereiden asiantuntija-arvioiden perusteella).

Taulukko 1. Tutkimusjärvet ja niiden tärkeimmät ominaisuudet tämän tutkimuksen kannalta. Vedenlaatu-tiedot on laskettu keskiarvoina viime vuosien havainnoista (Hertta-tietokanta).

	Nuomero kartassa	Pinta-ala (ha)	Valuma-alue (km ²)	Järvi-tyyppi ¹	Ekologinen tila (2019)*	Kemiallinen tila (2019)*	Kok. fosfori (µg/l)	Väriluku	pH-arvo	Vedenlaatu-tietojen ajankohta ja lkm
Suolijärvi	1	197	47	Ph	hyvä	hyvää huonompi	9	56	7,1	2021 (4 krt)
Kytäjärvi	2	270	139	Ph	tydyttävä	hyvää huonompi	29	81	7,4	2017-18 (5 krt)
Valkealammi	3	26	0,68	-	-	-	6	29	6,7	2017-20 (3 krt)
Löytlammi	4	17	2,5	-	-	-	19	245	6,4	2017 (2 krt)
Ridasjärvi	5	286	88	Mh	hyvä	hyvää huonompi	39	99	7,3	2020-21 (6 krt)
Sykäri	6	199	20	MRh	hyvä	hyvää huonompi	32	198	6,4	2020 (4 krt)
Keravanjärvi	7	81	6,2	MRh	hyvä	hyvää huonompi	29	101	6,3	2017-20 (4 krt)

¹Ph=pieni humusjärvi, Mh=matala humusjärvi, MRh=matala runsashumuksinen järvi

*Alustava luokitus, ei vielä vahvistettu

Näytekalat pyydettiin eri menetelmillä vuosina 2017-2021 (taulukko 2). Kaikilta järviltä pyrittiin saamaan vähintään 20 ahvenen otos. Ainoastaan Ridasjärvellä tavoitteesta jäätin niukasti. Ahvenen koon ja elohopeapitoisuuden välisen riippuvuuden selvittämiseksi pyrittiin näytekaloja saamaan kaikista kokoluokista aina 30 cm pituuteen asti. Tässäkin onnistuttiin kohtuullisesti, joskin etenkin Suolijärven ja Löytlammin aineisto painottui voimakkaasti pieniin ahveniin.

Taulukko 2. Tutkimusjärviltä analysoidut näytekalat. Kalakohtaiset tiedot on esitetty liitteessä 1.

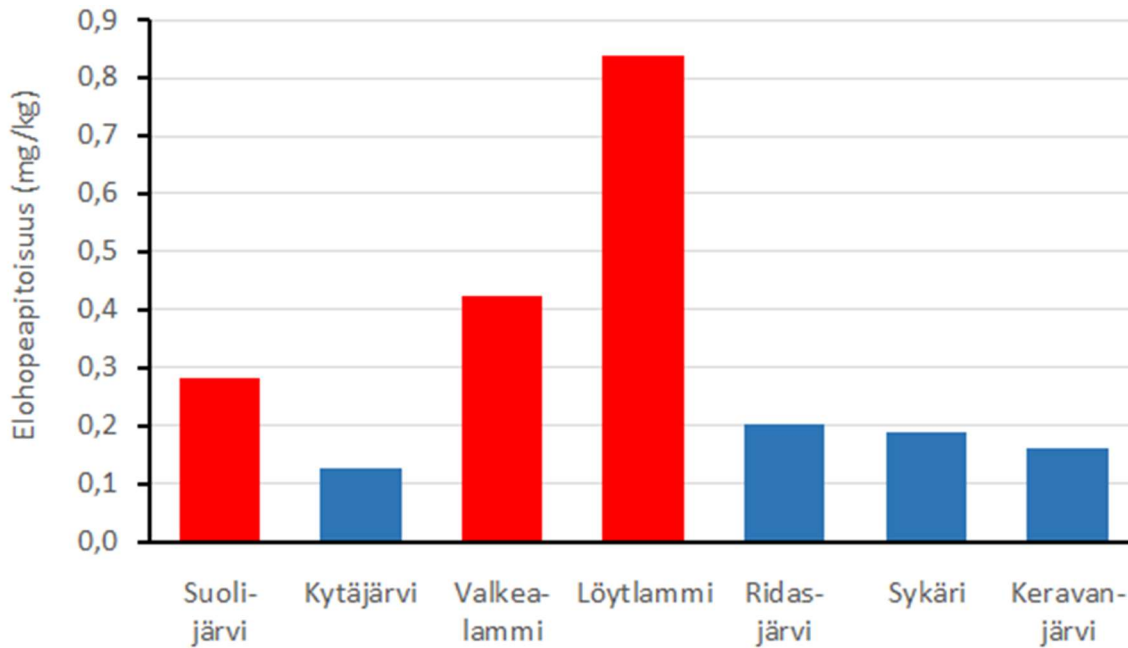
	Lukumäärä	Pituuden vaihteluväli (cm)	Pyyntiajankohta (kk/v)	Pyyntiväline
Suolijärvi	24	12,1-25,1	3/17 ja 6/20	pilkki ja katiska
Kytäjärvi	25	6,5-31,2	8/19 ja 8/20	verkko ja nuotta
Valkealammi	26	11,5-27,0	8/18 ja 3/19	uistin ja pilkki
Löytlammi	22	10,0-27,0	7/19 ja 6/20	uistin
Ridasjärvi	18	5,8-29,5	9-10/21	verkko
Sykäri	27	7,0-29,9	8-9/20 ja 9-10/21	verkko
Keravanjärvi	24	7,1-32,5	12/17, 9/20 ja 9/21	pilkki ja verkko

Näytekalat säilytettiin pakastettuna ja käsiteltiin myöhemmin laboratoriossa. Ennen näytteenottoa kalojen annettiin sulaa. Kalojen pituus, paino ja sukupuoli kirjattiin ylös, jonka jälkeen kaloista otettiin lihaspala selkäfileen takaosasta elohopeapitoisuuden määrittämiseksi. Tämä jaettiin myöhemmin kahdeksi rinnakkaiseksi näytteeksi, joista määritettiin kokonaiselohopeapitoisuus. Elohopeapitoisuus määritettiin siis jokaiselle näytekalalle. Määriykset tehtiin atomiabsorptioon perustuvalla elohopea-analysaattorilla (Milestone DMA). Analysaattorin toiminta varmistettiin kaikilla määrityskerroilla mittaamalla standardimateriaalinäytteen (DORM-4) tai elohopealiuksen elohopeapitoisuus.

Koska elohopeapitoisuuden tiedetään yleensä kasvavan voimakkaasti kalan koon kasvaessa, pyrittiin tässä tutkimuksessa määrittämään elohopeapitoisuuden kasvu kalan pituuden suhteen kaikilla tutkimusjärvillä. Tällöin tulosten tulkinta on paljon helpompaa kuin esimerkiksi käytettäessä kaikkien kalojen keskiarvoa. Vertailukelpoisten arvojen saamiseksi sovitettiin pituuden ja elohopeapitoisuuden välille lineaarinen regressioyhtälö ja laskettiin tällä keskimääräinen elohopeapitoisuus 17,5 cm, 20 cm, 25 cm ja 30 cm ahvenessa. Lisäksi laskettiin vertailun vuoksi keskimääräinen elohopeapitoisuus 15-20 cm ahvenissa, johon kemiallisen tilan luokittelu on toistaiseksi perustunut. Laskennallinen pitoisuus 17,5 cm kalassa saattaa kuitenkin tuottaa tarkemman tuloksen, jos juuri kyseisen kokoluokan ahvenia on vähän (Malinen & Marttila 2018).

3. Tulokset

Hyvinkään suurimpien tutkimusjärvien ahventen keskimääräiset elohopeapitoisuudet (17,5 cm pituudessa) olivat Suolijärveä lukuun ottamatta alhaisia ja jäivät alle ympäristölaatunormin (0,20-0,25 mg/kg, kuva 2 ja taulukko 3). Sen sijaan Suolijärvellä ja etenkin kahdella pienimmällä järvellä, Valkealammilla ja Löytlammilla, ympäristölaatunormi ylittyi selvästi. Nämä kolme järveä ovat siis elohopean perusteella kemialliselta tilaltaan luokassa ”hyvää huonompi”, mutta muut tutkimusjärvet luokassa ”hyvä”. Valkealammi ja Löytlammi eivät kuitenkaan kuulu vesienhoidon suunnittelun piiriin, joten niiden tilaa ei käytännössä luokitella.

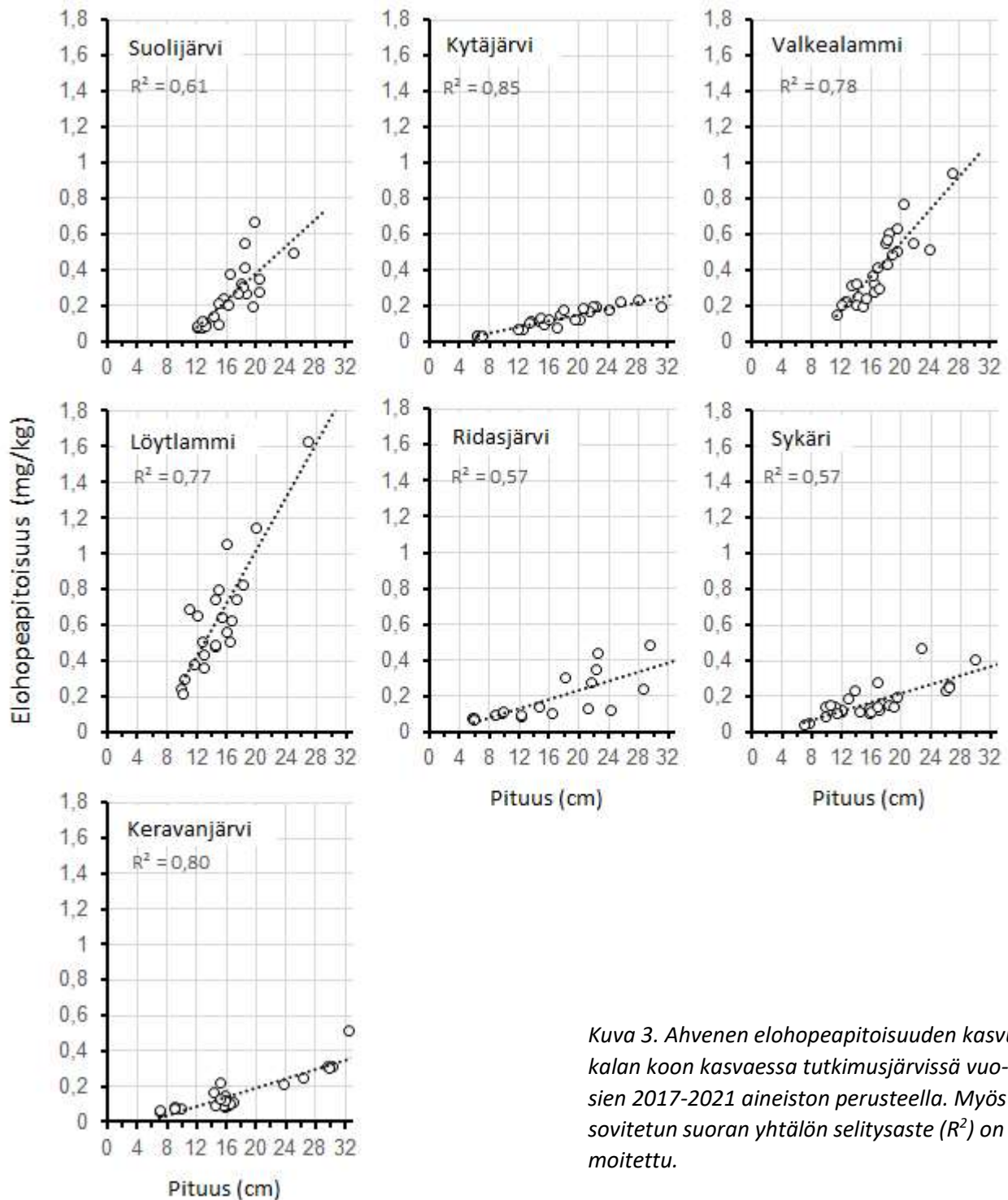


Kuva 2. Tutkimusjärvien ahventen keskimääräinen elohopeapitoisuus 17,5 cm pituudessa. Värit kuvaavat sitä, ylittyykö ympäristölaatunormi (0,20-0,25 mg/kg). Sininen = ympäristölaatunormi ei ylity eli järven kemiallinen tila on elohopean perusteella ”hyvä”, punainen = ympäristölaatunormi ylittyy eli järven kemiallinen tila on elohopean perusteella ”hyvää huonompi”.

Taulukko 3. Tutkimusjärvien ahventen laskennallinen elohopeapitoisuus 17,5, 20, 25 ja 30 cm:n pituudessa, keskimääräinen (ka) elohopeapitoisuus 15- 20 cm kaloissa näytemäärineen (lkm) sekä huomioita aineiston edustavuudesta.

	Hg-pitoisuus (mg/kg) tietyn pituisessa ahvenessa				15-20 cm pituiset ahvenet		Huomioita
	17,5 cm	20 cm	25 cm	30 cm	ka	lkm	
Suolijärvi	0,28	0,38	0,57	0,76	0,31	14	vain 3 yli 20 cm kalaa
Kytäjärvi	0,13	0,15	0,19	0,23	0,12	7	-
Valkealammi	0,42	0,54	0,78	1,01	0,42	14	-
Löytlammi	0,84	1,02	1,39	1,76	0,77	9	vain 2 yli 20 cm kalaa
Ridasjärvi	0,20	0,23	0,30	0,36	0,21	2	vain 18 kalaa
Sykäri	0,19	0,22	0,28	0,34	0,15	10	-
Keravanjärvi	0,16	0,19	0,26	0,32	0,12	11	-

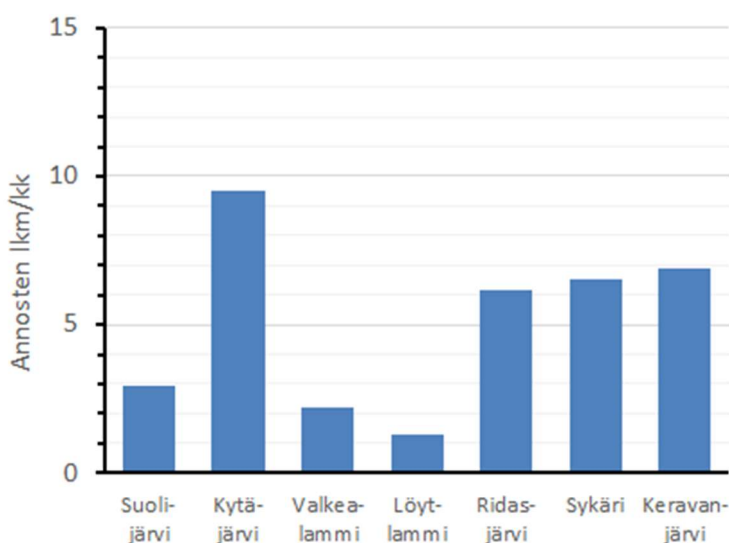
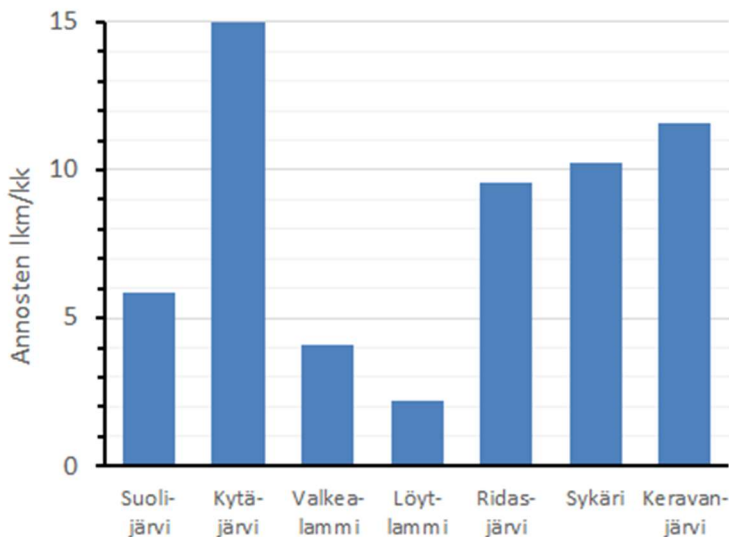
Kaikissa tutkimusjärvissä ahvenen elohopeapitoisuus kasvoi selvästi kalan pituuden kasvaessa (kuva 3). Kytäjärvellä, Ridasjärvellä, Sykärissä ja Keravanjärvellä kasvu oli melko hidasta, eikä käyttöraja 0,50 mg/kg ylittynyt vielä 30 cm pituudessakaan. Suolijärvellä, Valkealammilla ja Löytlammilla kasvu oli nopeaa ja suurten ahventen pitoisuudet ylittivät käyttörajan (taulukko 3). Suolijärvellä tämä tapahtui keskimäärin n. 23 cm, Valkealammilla 19 cm ja Löytlammilla jo 13 cm pituudessa. Elohopeapitoisuuden vaihtelu ahvenyksilöiden välillä oli joillakin järvillä (Suolijärvi, Ridasjärvi, Sykäri) melko suurta, mikä on ahvenelle tyypillistä (Malinen 2014 ja 2020).



Kuva 3. Ahvenen elohopeapitoisuuden kasvu kalan koon kasvaessa tutkimusjärvissä vuosien 2017-2021 aineiston perusteella. Myös sovitetun suoran yhtälön selitysaste (R^2) on ilmoitettu.

Elohopeapitoisuudelle asetetut käyttörajat sopivat kuitenkin huonosti elohopean saannin rajoittamiseen. Suomessa kalojen elohopeapitoisuudet eivät ole niin korkeita, että ne aiheuttaisivat akuutteja myrkytysoireita, vaan ongelmana on metyylielohopean kerääntyminen elimistöön sen hitaan poistumisen takia. Tällöin merkityksellistä on se, paljonko elohopeaa kalaravinnosta saadaan pidemmällä aikavälillä. Sama elohopean saanti voidaan saavuttaa syömällä usein alhaisia pitoisuuksia sisältäviä kaloja tai syömällä harvoin korkeita pitoisuuksia sisältäviä kaloja. Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen antama metyylielohopean saantisuositus on 1,3 µg ruumiinpainokiloa kohti viikossa (EFSA 2012). Tähän perustuen on mahdollista esittää suuntaa-antavia laskelmia siitä, kuinka usein tutkimusjärvien kaloja voidaan syödä.

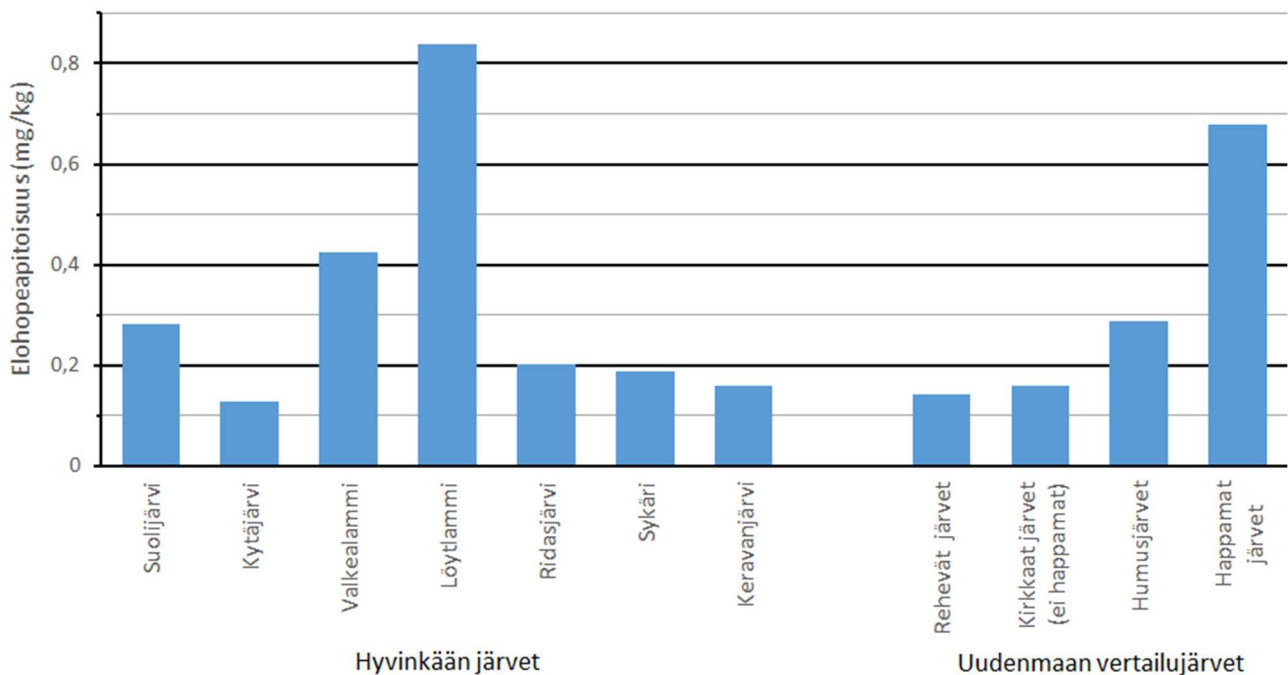
Kytäjärven, Ridasjärven, Sykäri ja Keravanjärven keskikokoisia (20 cm) ahvenia voidaan syödä huoletta 9-15 kertaa kuussa eli ainakin kaksi kertaa viikossa (kuva 4). Vastaavasti Suolijärvellä 20 cm:n ahvenia voidaan syödä huoletta hieman harvemmin, noin viisi kertaa kuussa. Suolijärvellä elohopeapitoisuuden kasvu oli nopeampaa kuin muilla Hyvinkään suurilla järvilla ja esimerkiksi 30 cm ahvenia voi turvallisesti syödä vain kaksi kertaa kuussa. Valkealammin ja Löytlammin keskikokoisia (20 cm) ahvenia voidaan turvallisesti syödä järvestä riippuen 2-4 kertaa kuukaudessa. Näiden pikkujärvien suuria ahvenia kannattaa syödä vain satunnaisesti.



Kuva 4. Metyylielohopean korkeinta siedettävää saantia vastaava kala-aterioiden määrä kuukaudessa tutkimusjärvien ahvenia ravinnoksi käytettäessä. Laskelma perustuu EFSA:n (2012) esittämään metyylielohopean saantirajaan ja sen perusteena ovat seuraavat oletukset: henkilön paino 60 kg, annoskoko 150 g cm, syötävien ahventen pituus 20 cm (yläkuva) tai 30 cm (alakuva). Lisäksi henkilön elohopean saanti muista lähteistä on oletettu merkityksettömäksi.

4. Tulosten tarkastelu

Uudellamaalla viime vuosina tehdyt tutkimukset (Marttila & Roikonen 2016, Malinen & Marttila 2018, Malinen 2020) tarjoavat hyvän vertailukohdan Hyvinkään järvien elohopeatuloksille. Kytäjärven, Ridasjärven, Sykäriin ja Keravanjärven ahventen keskimääräiset elohopeapitoisuudet (17,5 cm pituudessa) ovat selvästi alhaisempia kuin Uudenmaan humusjärvissä keskimäärin (kuva 5). Suolijärven ahventen elohopeapitoisuus 17,5 cm pituudessa on juuri keskimääräinen humusjärville. Kahden pienen metsäjärven, Valkealammin ja Löytlammin ahventen elohopeapitoisuudet ovat puolestaan selvästi korkeampia. Toisaalta etenkin Valkealammin elohopeapitoisuus ei ole erityisen korkea muihin Uudenmaan pikkujärviin verrattuna (Malinen 2014 ja 2020). Aikaisempaa aineistoa Hyvinkäältä oli ainoastaan Sääksjärveltä, jossa ahvenen elohopeapitoisuudet olivat poikkeuksellisen alhaisia, keskimäärin 0,05 mg/kg (Marttila & Roikonen 2016). Sääksjärvi on voimakkaasti pohjavesivaikutteinen ja siksi hyvin erityyppinen kuin useimmat Hyvinkään järvet.



Kuva 5. Tutkimusjärvien ahvenen keskimääräinen elohopeapitoisuus verrattuna muihin Uudenmaan järvien tuloksiin (Marttila & Roikonen 2016). Tässä "Rehevät järvet" vastaavat järviyyppejä runsasravinteiset järvet (Rr) sekä "Kirkkaat järvet" järviyyppejä vähähumuksiset järvet (Vh) ja matalat vähähumuksiset järvet (MVh).

Hyvinkään suurimpien järvien ahventen elohopeapitoisuudet olivat yllättävän alhaisia. Kemiallisen tilan luokittelussa ainakin tähän asti käytetty menettely (jossa kaikkien humusjärvien kemiallinen tila on luokiteltu elohopean perusteella luokkaan "hyvää huonompi") olisi johtanut todellista heikompaan luokkaan neljällä järvellä viidestä. Mittausten perusteella Kytäjärvi, Ridasjärvi, Sykäri ja Keravanjärvi ovat selkeästi elohopean perusteella luokassa "hyvä". Ainoastaan Suolijärvellä elohopeaan perustuva luokka todella on "hyvää huonompi". Hyvinkään tulokset yhdessä muiden Uudenmaan tutkimusten kanssa (Malinen & Marttila 2018, Malinen 2020) korostavat siitä, ettei humusjärviä kannata luokitella elohopean perusteella automaattisesti hyvää huonompaan luokkaan. Humusjärviyypit, Hyvinkään järvillä "pienet humusjärvet", "matalat humusjärvet" ja "matalat runsasumuksiset järvet" ovat aivan liian laajoja sisältäen hyvin erityyppisiä järviä toimiakseen merkittävänä apuna luokittelussa. Todellisille mittaustuloksille on siis tarvetta.

Ridasjärven, Sykärin ja Keravanjärven melko alhaiset ahventen elohopeapitoisuudet saattavat ainakin osittain johtua järvien mataluudesta ja avoimuudesta. Kesäaikaista kerrostuneisuutta ei näillä järvillä käytännössä tavata, eikä elohopean metyloitumista suosivaa vähähappista alusvettä esiinny kesällä. Eräiden muidenkin Uudenmaan matalien ja avoimien humusjärvien (Mänsälän Suojärvi ja Karkkilan Vaskijärvi) kalojen elohopeapitoisuudet ovat osoittautuneet odotettua pienemmiksi (Malinen & Marttila 2018). Selvästi syvemmän Kytäjärven, joka kuuluu luokkaan pienet humusjärvet, ahventen alhaiset elohopeapitoisuudet eivät oikeastaan olleet yllättäviä. Järvi nimittäin on nykyisellään olemukseltaan pikemminkin runsasravinteinen järvi (Vahtera ym. 2019) kuin humusjärvi. Uudenmaan runsasravinteisissa järvissä kalojen korkeat elohopeapitoisuudet ovat melko harvinaisia (Malinen & Marttila 2018).

Kahden tutkimuksessa mukana olleen pienen metsäjärven kalojen kohonneet elohopeapitoisuudet ovat linjassa muiden Uudenmaan tulosten kanssa. Monissa alueen pikkujärvissä on havaittu korkeita elohopeapitoisuuksia (Malinen 2014, Malinen & Marttila 2018, Malinen 2020). Toisaalta järvien välinen vaihtelu saattaa olla hyvin suurta pienelläkin alueella (Malinen 2020). Mahdollinen happamoitumishistoria, suuri valuma-alue ja valuma-alueen tehokas metsätalous ojituksineen ovat selviä riskitekijöitä elohopean suhteen (Porvari 2003, Bishop ym. 2009, Rask ym. 2021). Löytlammin valuma-alueella on tehty runsaasti ojituksia ja hakkuita (Pöytäniemi ym. 2018), mikä on todennäköisesti pahentanut järven elohopeatilannetta. Sen sijaan Valkealammin tapauksessa syytä korkeille elohopeapitoisuuksille on vaikeampi löytää. Järven pH on pysynyt melko neutraalina, valuma-alue on pieni eikä erityisen ojitettu, eikä metyloitumista tehostavaa vähähappista vettä pitäisi esiintyä kesäkerrostuneisuuskaudella. Valkealammi onkin yksi hyvä esimerkki siitä, että syyt järvien välisen elohopeapitoisuuksien vaihtelun tunnetaan vieläkin heikosti. Vaihtelua on myös toiseen suuntaan - lähistöltä löytyy pikkujärviä, joissa elohopeapitoisuudet ovat hyvin alhaisia (Malinen 2020).

Kytäjärvellä, Ridasjärvellä, Sykärillä ja Keravanjärvellä ahventen elohopeapitoisuudet olivat melko alhaisia ja keskikokoisia (20 cm) ahvenia voidaan syödä huoletta kaksi kertaa viikossa. Tässä tutkimuksessa selvitettiin ainoastaan ahventen elohopeapitoisuuksia. Suurten petokalojen, etenkin haukien elohopeapitoisuudet ovat keskimäärin selvästi korkeampia (Malinen 2014 ja 2020), mutta järvikohtainen vaihtelu on suurta. Koska tämän tutkimuksen perusteella ei voida päätellä haukien elohopeapitoisuuksista juuri mitään, kannattaa varovaisuusperiaatteen perusteella näiden järvien haukia syödä Ruokaviraston suositusten mukaisesti (vain 1-2 kertaa kuukaudessa eikä raskaana olevien tai imettävien äitien ollenkaan, Evira 2010). Näiden järvien haukien elohopeapitoisuuksien selvittäminen olisi sikäli hyödyllistä, että tulosten perusteella olisi luultavasti mahdollista laatia tätä yleisohjetta lievempiä suosituksia.

Suolijärvellä keskikokoisia ahvenia (20 cm) voidaan syödä huoletta viisi kertaa kuukaudessa. Suurempien ahventen aineisto oli valitettavan suppea, eikä yli 20 cm ahventen elohopeapitoisuudesta saatu kunnollista arviota. Koska aineiston perusteella elohopeapitoisuuden kasvu kalan koon kasvaessa vaikuttaa melko nopealta, kannattaa Suolijärven suuria ahvenia syödä vain satunnaisesti. Haukien osalta kannattaa noudattaa edellä mainittua ruokaviraston suositusta. Suolijärven haukien elohopeapitoisuuksien selvittäminen olisi hyödyllistä. Määrittämällä haukien elohopeapitoisuuden kasvu kalan koon kasvaessa voitaisiin antaa suosituksia siitä, kuinka usein tietynkokoisia haukia voisi turvallisesti syödä.

Korkeimmat elohopeapitoisuudet havaittiin kahdella pienellä metsäjärvellä, Löytlammin ja Valkealammin. Kalastus ja kalojen käyttö ravinnoksi lienee näillä pikkujärvillä kuitenkin hyvin vähäistä. Etenkään Löytlammin kaloja ei voida suositella ravinnoksi kuin satunnaisesti käytettynä ja ilman mittaustuloksia näiden järvien haukia ei voida suositella ravinnoksi. Löytlammin ja Valkealammin tulosten perusteella olisi hyödyllistä selvittää ahventen elohopeapitoisuuksia muutamassa sellaisessa Hyvinkään pikkujärvessä, joissa kalastetaan muutenkin kuin aivan satunnaisesti. Tällaisia järviä saattaisivat olla runsaan kesämökkiasutuksen takia esimerkiksi Usminjärvi ja Vihtilampi. On nimittäin mahdollista, että Valkealammi ja Löytlammi eivät edusta kovin hyvin Hyvinkään pikkujärviä ja lampia. Monissa kalojen elohopeatilanne saattaa olla paljonkin parempi.

5. Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa selvitettiin ahvenen elohopeapitoisuuksia seitsemällä Hyvinkään järvellä vesien kemiallisen tilan luokittelua ja kalojen käyttökelpoisuuden arviointia varten. Aineiston perusteella määritettiin elohopeapitoisuuden kasvu kalan koon kasvaessa. Elohopeatulosten ja elohopean enimmäissaantisuosituksen perusteella arvioitiin, kuinka usein eri kokoisia ahvenia on turvallista syödä.

Useimmissa Hyvinkään suurissa tutkimusjärvisä (Kytäjärvi, Ridasjärvi, Sykäri, Keravanjärvi) ahvenen elohopeapitoisuudet olivat alhaisia. Näiden järvien kemiallinen tila onkin elohopean perusteella luokassa ”hyvä”. Suolijärven ahvenen elohopeapitoisuudet olivat hieman koholla vastaten keskimääräistä humusjärvien ahventen elohopeatasoa ja kemiallisen tilan luokkaa ”hyvää huonompi”. Nykyinen luokittelumenettely (kaikki humusjärvet elohopean perusteella luokkaan ”hyvää huonompi”) olisi johtanut Hyvinkään järvillä todellista heikompaan luokkaan peräti neljällä järvellä viidestä. Kahdella pienellä metsäjärvellä, joissa kalastus on vähäistä, ahvenen elohopeapitoisuudet olivat korkeampia. Tämä on Uudenmaan pikkujärvisä varsin yleistä.

Kytäjärven, Ridasjärven, Sykäriin ja Keravanjärven keskikokoisia (20 cm) ahvenia voidaan syödä huoletta kaksi kertaa viikossa. Vastaavasti Suolijärven keskikokoisia (20 cm) ahvenia voidaan syödä huoletta viisi kertaa kuussa. Elohoapeapitoisuus nousi ahvenen koon kasvaessa kaikilla järvillä. Suolijärvellä pitoisuuden kasvu oli nopeampaa kuin muilla Hyvinkään suurilla järvillä ja esimerkiksi 30 cm ahvenia voi turvallisesti syödä vain kaksi kertaa kuussa. Haukien suhteen kannattaa toistaiseksi noudattaa Ruokaviraston valtakunnallisia suosituksia, koska mittaustuloksia ei Hyvinkään järviltä ole.

Suolijärven haukien elohopeapitoisuuksien tutkiminen olisi perusteltua, samaten ahventen elohopeapitoisuuksien selvittäminen sellaisissa pikkujärvisä, joissa kalastusta harjoitetaan useammin kuin satunnaisesti esimerkiksi kesämökkiasutuksen ansiosta. Tässä tutkimuksessa mukana olleet pikkujärvet eivät nimittäin välttämättä edusta yleisemmin Hyvinkään pikkujärviä ja lampia.

Kiitokset

Näytekalojen pyytämisestä suurkiitokset seuraaville henkilöille: Mika Haapalahti, Veli-Matti Kuisma, Miska Etholen, Joni Tiainen ja Antti Jukkala. Lisäksi kiitokset Suolijärven kalastuskerholle ja Ridasjärven yhteisten vesialueiden osakaskunnalle.

Lähdeluettelo

- Bishop K., Allan C., Bringmark, L., Garcia, E., Hellsten, S., Högbom, L., Johansson, K., Lomander, A., Meili, M., Munthe, J., Nilsson, M., Porvari, P., Skyllberg, U., Sørensen, R., Zetterberg, T. & Åkerblom, S. 2009: The effects of forestry on Hg bioaccumulation in Nemoral/Boreal Waters and recommendations for good silvicultural practice. *Ambio* 38: 373-380.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) 2012; Scientific opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal* 10(12): 2985. 241 s.
- Evira 2010: Kalaa vaihdellen kaksi kertaa viikossa. Esite. 2 s.
- Hallikainen, A. 2009: Elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat. *Eviran julkaisu* 13/2009. 152 s.
- Karvonen, A., Taina, T., Gustafsson, J., Mannio, J., Mehtonen, J., Nysten, T., Ruoppa, M., Sainio, P., Siimes, K., Silvo, K., Tuominen, S., Verta, M., Vuori, K.-M. & Äystö, L. 2012: Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen säädösten soveltaminen. *Ympäristöministeriön raportteja* 15/2012. 77 s.
- Malinen, T. 2014: Nuuksion ja Pohjan-Kiskon järviylänköjen happamoituneiden järvien kalojen elohopeapitoisuus vuosina 2009-2013. *Tutkimusraportti*. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 24 s.

- Malinen, T. & Marttila, J. 2018: Ahvenen elohopeapitoisuus Uudenmaan järvillä 2016-2018. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 53/2018. 24 s.
- Marttila, J. & Roikonen, T. 2016: Ahventen elohopeapitoisuuden seuranta Uudellamaalla 2010-2014. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 79/2016. 11 s + liitteet.
- Malinen, T. 2020: Vihtijärven seudun kalojen elohopeapitoisuus vuosina 2017-2020. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, Ekosysteemit ja ympäristö -tutkimusohjelma. 16 s.
- Porvari, P. 2003: Sources and fate of mercury in aquatic ecosystems. Väitöskirja, Helsingin yliopisto, Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos sekä Suomen ympäristökeskus. 52 s.
- Pöytäniemi, S., Vähä, J.-P. & Ikonen, E. 2018: Vihtijärven kuormitus selvitys. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Raportti 673/2018. 39 s. ja 2 liitettä.
- Rask, M., Malinen, T., Olin, M., Nyberg, K., Ruuhijärvi, J., Kahilainen, K., Verta, M., Vuorenmaa, J., Blauberg, T.-R. & Arvola, L. 2021: High mercury concentrations of European perch (*Perca fluviatilis*) in boreal headwater lakes with variable history of acidification and recovery. *Water Air. Soil Pollut.* 232: 382.
- Vahtera, H., Luodeslampi, P., Kujansuu, M., Valkama, P., Särkelä, A. & Männynsalo, J. 2019: Kytäjärven tila ja kuormitus. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Raportti 3/2019. 31 s. + liitteet.
- Verta, M., Kauppila, T., Londesborough, S., Mannio, J., Porvari, P., Rask, M., Vuori, K.-M. & Vuorinen, P. 2010: Metallien taustapitoisuudet ja haitallisten aineiden seuranta Suomen pintavesissä – ehdotus laatunormi-direktiivin toimeenpanosta. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 12/2010. 45 s.

Liite 1. Kalakohtaiset elohopeatulokset.

	Pituus (cm)	Paino (g)	Suku- puoli	Hg-pitoisuus (mg/kg)
Suolijärvi	12,1	19,2	naaras	0,07
Suolijärvi	12,2	18,5	koiras	0,09
Suolijärvi	12,8	23,3	koiras	0,11
Suolijärvi	12,9	22,7	naaras	0,08
Suolijärvi	13,3	24,1	naaras	0,09
Suolijärvi	13,3	25,8	naaras	0,09
Suolijärvi	14,3	27,0	naaras	0,14
Suolijärvi	15,0	35,7	naaras	0,21
Suolijärvi	15,1	37,4	naaras	0,09
Suolijärvi	15,7	41,4	koiras	0,24
Suolijärvi	15,8	39,7	naaras	0,21
Suolijärvi	16,4	44,8	koiras	0,20
Suolijärvi	16,6	35,2	koiras	0,37
Suolijärvi	17,6	51,6	naaras	0,27
Suolijärvi	18,0	56,6	naaras	0,32
Suolijärvi	18,2	64,1	naaras	0,30
Suolijärvi	18,6	74,2	naaras	0,55
Suolijärvi	18,6	62,7	naaras	0,41
Suolijärvi	18,8	82,1	naaras	0,26
Suolijärvi	19,6	89,1	naaras	0,20
Suolijärvi	19,9	80,7	naaras	0,67
Suolijärvi	20,5	108,3	naaras	0,35
Suolijärvi	20,5	98,2	naaras	0,27
Suolijärvi	25,1	180,7	naaras	0,50

	Pituus (cm)	Paino (g)	Suku- puoli	Hg-pitoisuus (mg/kg)
Kytäjärvi	6,5	2,7	?	0,03
Kytäjärvi	6,5	2,8	?	0,03
Kytäjärvi	6,8	3,4	?	0,02
Kytäjärvi	7,1	3,5	?	0,03
Kytäjärvi	12,0	15,9	naaras	0,07
Kytäjärvi	12,5	20,1	koiras	0,06
Kytäjärvi	13,5	24,6	naaras	0,10
Kytäjärvi	13,6	22,2	koiras	0,11
Kytäjärvi	14,8	30,9	koiras	0,12
Kytäjärvi	15,1	30,5	koiras	0,13
Kytäjärvi	15,5	35,6	naaras	0,09
Kytäjärvi	16,0	40,2	naaras	0,12
Kytäjärvi	17,1	58,6	naaras	0,08
Kytäjärvi	17,6	58,2	naaras	0,15
Kytäjärvi	18,1	61,4	naaras	0,17
Kytäjärvi	19,7	81,6	naaras	0,13
Kytäjärvi	20,2	93,4	naaras	0,12
Kytäjärvi	20,6	92,9	koiras	0,19
Kytäjärvi	21,5	115,3	naaras	0,17
Kytäjärvi	22,1	143,9	naaras	0,20
Kytäjärvi	22,5	141,9	koiras	0,19
Kytäjärvi	24,3	180,0	naaras	0,18
Kytäjärvi	25,8	229,2	naaras	0,22
Kytäjärvi	28,2	282,3	naaras	0,23
Kytäjärvi	31,2	441,6	naaras	0,19

	Pituus (cm)	Paino (g)	Suku- puoli	Hg-pitoisuus (mg/kg)
Valkealammi	11,5	17,5	koiras	0,14
Valkealammi	12,2	20,4	naaras	0,20
Valkealammi	12,6	21,5	koiras	0,22
Valkealammi	12,9	22,1	koiras	0,22
Valkealammi	13,4	23,5	koiras	0,31
Valkealammi	14,1	27,3	naaras	0,20
Valkealammi	14,1	28,8	naaras	0,32
Valkealammi	14,4	27,2	koiras	0,25
Valkealammi	15,1	38,5	koiras	0,19
Valkealammi	15,5	37,8	koiras	0,24
Valkealammi	16,4	49,7	naaras	0,36
Valkealammi	16,5	47,6	naaras	0,28
Valkealammi	16,6	51,3	koiras	0,32
Valkealammi	17,0	50,7	koiras	0,41
Valkealammi	17,1	52,1	koiras	0,30
Valkealammi	18,1	59,4	naaras	0,54
Valkealammi	18,3	73,0	naaras	0,57
Valkealammi	18,4	77,1	naaras	0,43
Valkealammi	18,5	61,9	koiras	0,60
Valkealammi	19,0	71,5	naaras	0,48
Valkealammi	19,6	88,5	naaras	0,51
Valkealammi	19,6	90,7	naaras	0,63
Valkealammi	20,5	97,4	naaras	0,77
Valkealammi	21,7	110,2	naaras	0,55
Valkealammi	24,0	163,5	naaras	0,51
Valkealammi	27,0	247,4	naaras	0,94

	Pituus (cm)	Paino (g)	Suku- puoli	Hg-pitoisuus (mg/kg)
Löytlammi	10,0	10,3	naaras	0,24
Löytlammi	10,2	12,2	naaras	0,21
Löytlammi	10,4	11,3	koiras	0,30
Löytlammi	11,0	12,8	koiras	0,69
Löytlammi	11,6	16,4	koiras	0,38
Löytlammi	12,0	15,7	naaras	0,65
Löytlammi	12,8	20,6	naaras	0,51
Löytlammi	12,9	24,3	naaras	0,36
Löytlammi	13,0	22,5	naaras	0,43
Löytlammi	14,4	32,7	koiras	0,75
Löytlammi	14,5	32,5	naaras	0,49
Löytlammi	14,6	36,1	naaras	0,48
Löytlammi	15,0	38,0	koiras	0,80
Löytlammi	15,4	41,7	naaras	0,64
Löytlammi	16,0	43,1	naaras	0,56
Löytlammi	16,0	41,6	koiras	1,05
Löytlammi	16,4	46,0	naaras	0,51
Löytlammi	16,6	49,2	naaras	0,63
Löytlammi	17,4	56,2	naaras	0,74
Löytlammi	18,2	63,4	naaras	0,83
Löytlammi	20,0	90,5	naaras	1,14
Löytlammi	27,0	230,7	naaras	1,63

	Pituus (cm)	Paino (g)	Suku- puoli	Hg-pitoisuus (mg/kg)
Ridasjärvi	5,8	1,6	?	0,08
Ridasjärvi	6,0	1,7	?	0,08
Ridasjärvi	6,0	1,5	?	0,06
Ridasjärvi	8,8	6,6	koiras	0,09
Ridasjärvi	9,8	8,3	naaras	0,11
Ridasjärvi	9,9	9,5	koiras	0,11
Ridasjärvi	12,4	17,8	koiras	0,09
Ridasjärvi	12,4	18,6	koiras	0,09
Ridasjärvi	14,8	33,6	koiras	0,14
Ridasjärvi	16,5	50,9	koiras	0,11
Ridasjärvi	18,2	56,8	naaras	0,31
Ridasjärvi	21,2	100,4	naaras	0,14
Ridasjärvi	21,8	105,9	koiras	0,28
Ridasjärvi	22,4	124,6	naaras	0,35
Ridasjärvi	22,6	114,6	naaras	0,44
Ridasjärvi	24,4	153,5	naaras	0,12
Ridasjärvi	28,7	266,6	naaras	0,24
Ridasjärvi	29,5	331,4	naaras	0,48

	Pituus (cm)	Paino (g)	Suku- puoli	Hg-pitoisuus (mg/kg)
Sykäri	7,0	3,2	?	0,04
Sykäri	7,7	4,0	?	0,05
Sykäri	9,8	8,8	koiras	0,14
Sykäri	9,9	9,1	naaras	0,08
Sykäri	10,6	12,8	koiras	0,15
Sykäri	11,1	12,5	koiras	0,14
Sykäri	11,5	13,9	naaras	0,11
Sykäri	12,0	17,5	naaras	0,11
Sykäri	12,1	17,0	naaras	0,12
Sykäri	13,0	23,9	naaras	0,18
Sykäri	13,9	28,4	koiras	0,23
Sykäri	14,4	30,5	naaras	0,11
Sykäri	15,7	38,8	naaras	0,11
Sykäri	15,8	35,1	naaras	0,13
Sykäri	15,9	40,3	naaras	0,12
Sykäri	16,8	48,5	naaras	0,28
Sykäri	16,9	50,1	naaras	0,14
Sykäri	17,0	52,4	naaras	0,12
Sykäri	17,4	51,0	naaras	0,16
Sykäri	18,5	66,5	naaras	0,15
Sykäri	19,0	71,9	naaras	0,14
Sykäri	19,6	82,5	naaras	0,19
Sykäri	22,8	107,8	naaras	0,47
Sykäri	26,0	220,2	naaras	0,23
Sykäri	26,4	223,7	naaras	0,25
Sykäri	26,6	225,8	naaras	0,26
Sykäri	29,9	341,1	naaras	0,41

	Pituus (cm)	Paino (g)	Suku- puoli	Hg-pitoisuus (mg/kg)
Keravanjärvi	7,1	3,1	?	0,06
Keravanjärvi	7,2	3,2	?	0,05
Keravanjärvi	9,0	6,4	koiras	0,08
Keravanjärvi	9,1	7,0	naaras	0,07
Keravanjärvi	10,0	9,5	naaras	0,07
Keravanjärvi	14,4	33,0	naaras	0,17
Keravanjärvi	14,5	29,2	naaras	0,09
Keravanjärvi	15,2	36,7	koiras	0,22
Keravanjärvi	15,3	37,3	naaras	0,12
Keravanjärvi	15,3	29,6	naaras	0,13
Keravanjärvi	15,6	40,2	naaras	0,10
Keravanjärvi	15,8	42,3	naaras	0,15
Keravanjärvi	15,8	40,5	naaras	0,08
Keravanjärvi	15,8	39,8	naaras	0,12
Keravanjärvi	16,1	52,5	naaras	0,10
Keravanjärvi	16,4	45,7	koiras	0,09
Keravanjärvi	16,6	50,2	naaras	0,10
Keravanjärvi	16,9	54,8	naaras	0,11
Keravanjärvi	23,8	161,0	koiras	0,21
Keravanjärvi	26,5	233,0	koiras	0,24
Keravanjärvi	29,8	324,3	koiras	0,31
Keravanjärvi	29,9	334,5	koiras	0,30
Keravanjärvi	30,3	330,0	naaras	0,31
Keravanjärvi	32,5	427,9	koiras	0,51