

The KVY logo is located in the top right corner. It consists of the lowercase letters 'kvvy' in a white, sans-serif font, centered within a blue circular graphic that has a gradient from light blue to dark blue. The logo is set against a dark blue background that is part of a larger blue shape on the page.

kvvy

Kyrösjärven ja Leppäsjärven kalojen elo- hopeapitoisuudet vuonna 2023

KVY Tutkimus Oy



RAPORTTI

2024

8.5.2024

KVVY Tutkimus Oy 2024. Kyrösjärven ja Leppäsjärven kalojen elohopeapitoisuudet vuonna 2023. Tutkimusraportti 9.5.2024.

Tekijä:

Tommi Malinen, yksikön päällikkö, FT

Tilaaja:

Ikaalisten kaupunki

Kyrösjärven ja Leppäsjärven kalojen elohopeapitoisuudet vuonna 2023

1. Johdanto

Järvien ravintoketjuissa rikastuva metyylielohopea on vaarallinen ympäristömyrky ja kalaravinnosta saatavalla metyylielohopealla voi olla merkittäviä haitallisia terveysvaikutuksia ihmisille ja eläimille (EFSA 2012). Suomessa korkeita kalojen elohopeapitoisuuksia on havaittu mm. teollisuuden aikoinaan kuormittamissa järvissä, tekoaltaissa, humusjärvissä ja happamoituneissa järvissä. Valtaosa Suomen järvien elohopeakuormituksesta on peräisin kaukokulkeumasta ja seurausta lähinnä Keski-Euroopassa tapahtuneesta fossiilisten polttoaineiden poltosta. Järvien valuma-alueelle kulkeutunut ja maaperään sitoutunut elohopea huuhtoutuu vähitellen valumavesien mukana järveen. Järvessä (tai jo valuma-alueella) elohopea voi muuntua metyylielohopeaksi, joka kerääntyy eliöihin ja rikastuu ravintoverkossa. Etelä-Suomessa tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että kalojen elohopeapitoisuuden ennustaminen järven ominaisuuksien perusteella on vaikeaa ja elohopeapitoisuudet voivat vaihdella paljon jopa aivan vierekkäisissäkin järvissä (Malinen & Marttila 2018, Malinen 2022).

Huolimatta selvistä riskitekijöistä (mm. valuma-alueiden tehokas metsätalous ja turvetuotanto) Ikaalisten järvien kalojen elohopeapitoisuuksia on tutkittu yllättävän vähän. Kyrösjärven ja Hulppojärven kalojen elohopeapitoisuuksista on tietoa vuodelta 1996, jolloin haukien elohopeapitoisuudet todettiin melko korkeiksi. Tulosten perusteella kehoitettiin rajoittamaan petokalojen käyttöä ravinnoksi. Uudempaa tietoa elohopeapitoisuuksista on saatu Siuron reitin kalataloudellisessa tarkkailussa, jossa Kyrösjärvi on mukana vertailualueena. Tarkkailussa seurataan Kyrösjärven eteläosan 15-20 cm pituisten ahventen elohopeapitoisuuksia kolmen vuoden välein (KVVY Tutkimus 2022). Tämän kokoluokan ahventen pitoisuudet ovat olleet melko matalia, mutta niiden perusteella on vaikea ennustaa suurempien, ensisijaisen kalastuksen kohteena olevien kalojen elohopeapitoisuuksia.

Syksyllä 2023 Ikaalisten kaupunki tilasi KVVY Tutkimus Oy:ltä selvityksen Kyrösjärven ja Leppäsjärven kalojen elohopeapitoisuuksista. Tutkimuslajeiksi valittiin kuha, hauki ja muikku. Tässä raportissa esitetään tulokset kalojen elohopeapitoisuuksista sekä pohditaan elohopean merkitystä kalojen käytölle. Lisäksi elohopeapitoisuuksia vertaillaan muiden tutkimusten tuloksiin.

2. Aineisto ja menetelmät

Kyrösjärvellä tutkimuslajeja olivat hauki, kuha ja muikku, Leppäsjärvellä hauki ja kuha. Näytekalat saatiin vapaaehtoisilta kalastajilta. Kalat oli pyydetty syksyllä 2023. Koska elohopeapitoisuuden tiedetään kasvavan kalan koon kasvaessa, pyrittiin tutkimukseen saamaan mahdollisimman erikokoisia kaloja. Kyrösjärveltä mukaan saatiin 5 haukea, 11 kuhaa ja 10 muikkua. Leppäsjärven aineisto sisälsi 5 haukea ja yhden kuhan. Lisäksi määritettiin tutkimuskalojen iät, koska toisinaan kalan ikä selittää paremmin elohopeapitoisuutta kuin kalan pituus.

Pyynnin jälkeen kalat pakastettiin myöhempää käsittelyä varten. Sulatettujen kalojen pituus, paino ja sukupuoli kirjattiin ylös, jonka jälkeen niistä otettiin ikänäytteet ja lihaspala selkäfileen takaosasta elohopeapitoisuuden määrittämiseksi. Tämä jaettiin myöhemmin kahdeksi rinnakkaiseksi näytteeksi, jotka olivat painoltaan 0,1 - 0,2 g (tuorepaino). Näytepaloista määritettiin kokonaiselohopeapitoisuus atomiabsorptioon perustuvalla elohopea-analysaattorilla. Analysaattorin toiminta varmistettiin määrittämällä jokaisessa näyte-erässä standardimateriaalinäytteen (DORM-5) elohopeapitoisuus. Rinnakkaisista määrittämisistä laskettiin keskiarvo. KVVY Tutkimus Oy:n laboratorion elohopeamääritys on akkreditoitu.

Näytekalojen iät määritettiin haulelta hartian lukkoluusta (Cleithrum), kuhalta kuuloluusta (otoliitti) ja muikulta suomusta. Haukien iät määrittä MML Kari Nyberg, kuhien iät tutkija Mika Vinni ja muikkujen iät iktyonomi Pekka Westerling.

2. Tulokset

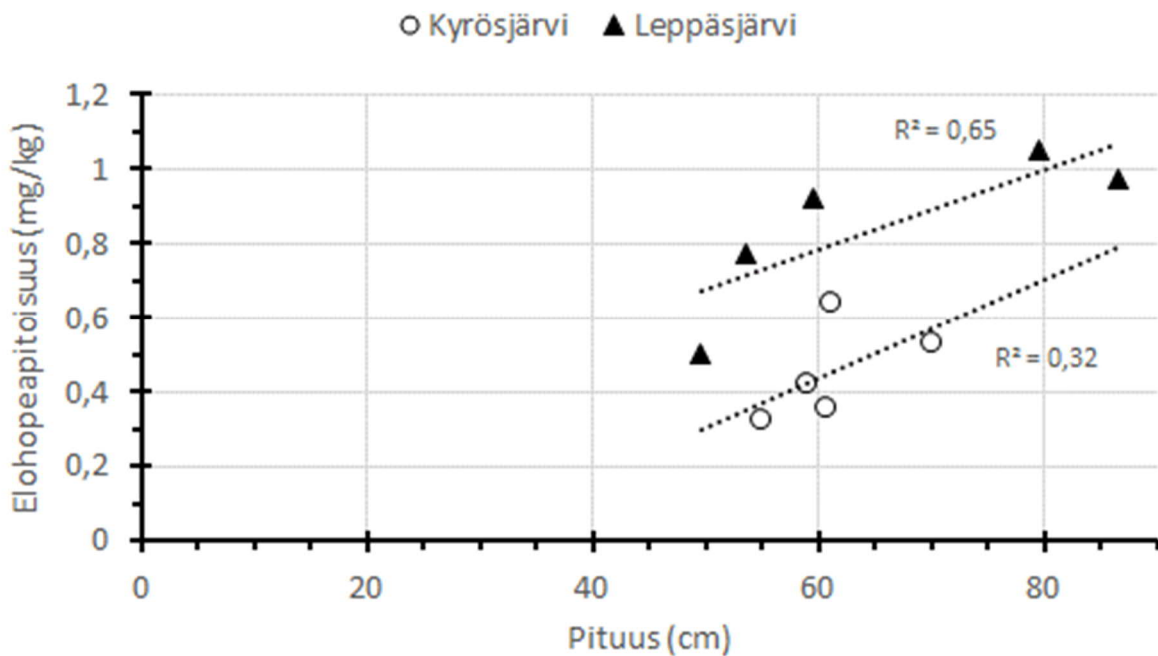
2.1 Hauki

Kyrösjärvellä tutkittujen haukien pituudet vaihtelivat 55 ja 70 cm välillä ja painot välillä 900 – 2150 g (taulukko 1). Haudet olivat iältään 7-11 -vuotiaita ja kaikki olivat naaraita. Kyrösjärven haukien keskimääräinen elohopeapitoisuus oli 0,45 mg/kg. Yhden kilon "standarihauelle" laskettu keskimääräinen pitoisuus oli 0,37 mg/kg. Suurin havaittu elohopeapitoisuus oli 0,64 mg/kg n. 61 cm:n pituisella yksilöllä. Kyrösjärven haukien elohopeapitoisuudet jäivät selvästi alle haulelle asetetun elintarvikekäytön raja-arvon 1,0 mg/kg. Elohopeapitoisuus kuitenkin kasvaa hauen koon kasvaessa (kuva 1), eikä yli 2 kg haukien elohopeapitoisuuksia voida ennustaa tämän aineiston perusteella.

Leppäsjärvellä tutkittujen haukien pituudet vaihtelivat 49,5 ja 86,5 cm välillä ja painot välillä 650 – 2700 g (taulukko 1). Haudet olivat varsin nopeakasvuisia, iältään 6 – 9 -vuotiaita ja kaikki naaraita. Leppäsjärven haukien keskimääräinen elohopeapitoisuus oli 0,84 mg/kg. Suurin elohopeapitoisuus, 1,05 mg/kg, havaittiin n. 80 cm:n pituisella ja 3900 g painoisella yksilöllä. Tätä suurinta arvoa lukuun ottamatta Leppäsjärven haukien elohopeapitoisuudet jäivät alle elintarvikekäytön raja-arvon 1,0 mg/kg. Myös Leppäsjärven haukien elohopeapitoisuus kasvaa koon kasvaessa (kuva 1), eikä aineiston perusteella voida ennustaa yli 2,5 kg haukien elohopeapitoisuuksia.

Taulukko 1. Tutkimushaukien tiedot ja elohopeapitoisuudet.

| Järvi | Pituus (cm) | Paino (g) | Sukupuoli | Ikä | Elohopeapitoisuus (mg/kg tuorepainoa kohti) |
|-------------|-------------|-----------|-----------|-----|---|
| Kyrösjärvi | 59,1 | 1222 | naaras | 7+ | 0,42 |
| Kyrösjärvi | 61,3 | 1178 | naaras | 10+ | 0,64 |
| Kyrösjärvi | 70,2 | 2142 | naaras | 7+ | 0,53 |
| Kyrösjärvi | 60,7 | 1276 | naaras | 11+ | 0,35 |
| Kyrösjärvi | 55,0 | 898 | naaras | 10+ | 0,32 |
| Leppäsjärvi | 49,6 | 650 | naaras | 7+ | 0,50 |
| Leppäsjärvi | 53,5 | 739 | naaras | 8+ | 0,77 |
| Leppäsjärvi | 59,4 | 1079 | naaras | 8+ | 0,92 |
| Leppäsjärvi | 79,4 | 2702 | naaras | 9+ | 1,05 |
| Leppäsjärvi | 86,5 | 3905 | naaras | 6+ | 0,97 |



Kuva 1. Hauen elohopeapitoisuuden kehitys kalan koon kasvaessa Kyrösjärvessä ja Leppäsjärvessä. Kuvassa on myös esitetty järviokohtaiset lineaariset regressiosuorat elohopeapitoisuuden kasvulle ja niiden selitysasteet.

2.2 Kuha

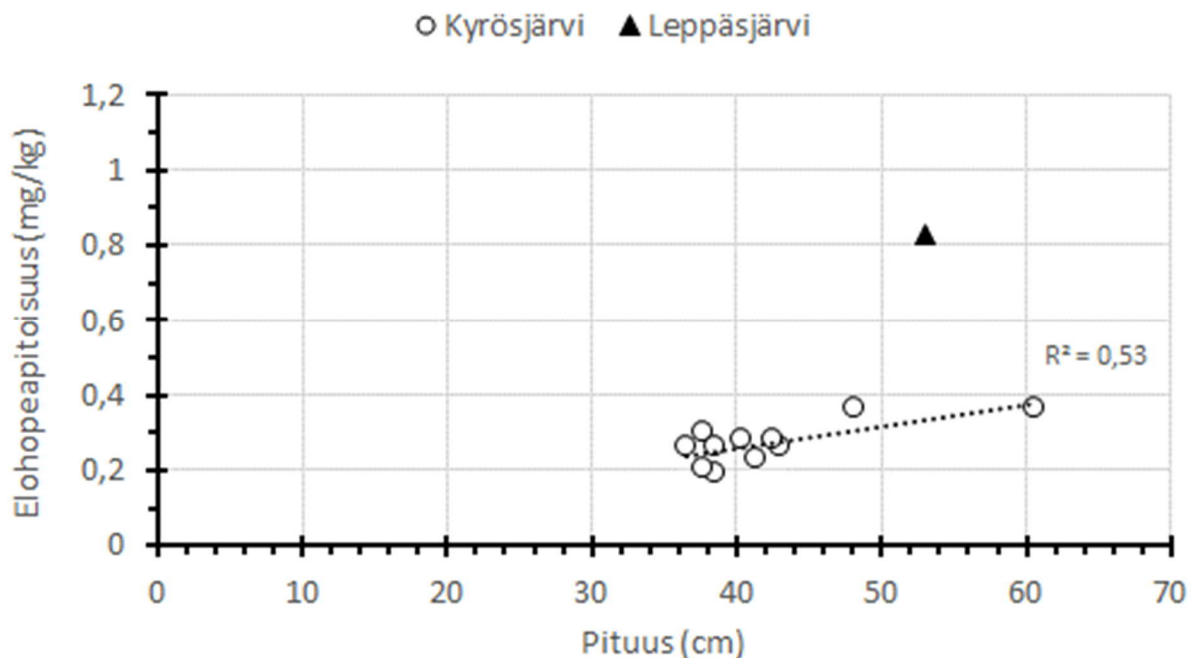
Kyrösjärven näytekuhat olivat pituudeltaan 37 – 61 cm ja painoltaan 410 – 1800 g (taulukko 1). Aineisto sisälsi neljä naarasta ja seitsemän koirasta. Kuhat olivat iältään 4 – 9 -vuotiaita. Kuhien keskimääräinen elohopeapitoisuus oli 0,27 mg/kg. Laskennallinen pitoisuus 40 cm:n pituudessa oli 0,26 mg/kg. Suurimmat elohopeapitoisuudet (0,36 mg/kg) havaittiin kahdella suurimmalla yksilöllä. Kyrösjärven kuhien elohopeapitoisuudet jäivät selvästi alle kuhan elintarvikekäytön raja-arvon 0,5 mg/kg. Kuten hauellakin, kuhan elohopeapitoisuus kasvaa kalan koon kasvaessa (kuva 2), eikä yli 2 kg kuhien elohopeapitoisuuksia voida ennustaa tämän aineiston perusteella.

Leppäsjärveltä saatiin tutkimukseen ainoastaan yksi kuha, 53 cm:n pituinen ja 1200 g painoinen koiras (taulukko 2). Tämän 8-vuotiaan yksilön elohopeapitoisuus oli 0,83 mg/kg ylittäen kuhan elintarvikekäytön raja-arvon 0,5 mg/kg. Yhden yksilön perusteella ei kuitenkaan voida tehdä luotettavia päätelmiä Leppäsjärven kuhien elohopeapitoisuuksista.

Taulukko 2. Tutkimuskuhien tiedot ja elohopeapitoisuudet.

| Järvi | Pituus (cm) | Paino (g) | Sukupuoli | Ikä | Elohopeapitoisuus (mg/kg tuorepainoa kohti) |
|-------------|-------------------|-----------|-----------|-----|---|
| Kyrösjärvi | 41,4 ¹ | 590 | koiras | 5+ | 0,23 |
| Kyrösjärvi | 43,1 ¹ | 697 | koiras | 5+ | 0,26 |
| Kyrösjärvi | 36,6 ¹ | 412 | koiras | 3+ | 0,26 |
| Kyrösjärvi | 40,4 ¹ | 496 | naaras | 5+ | 0,28 |
| Kyrösjärvi | 48,2 ¹ | 1084 | koiras | 8+ | 0,36 |
| Kyrösjärvi | 60,7 ¹ | 1794 | naaras | 9+ | 0,36 |
| Kyrösjärvi | 38,6 | 496 | koiras | 4+ | 0,19 |
| Kyrösjärvi | 42,6 | 646 | naaras | 5+ | 0,28 |
| Kyrösjärvi | 37,7 | 441 | naaras | 5+ | 0,30 |
| Kyrösjärvi | 38,6 | 439 | koiras | 5+ | 0,26 |
| Kyrösjärvi | 37,8 | 425 | koiras | 4+ | 0,20 |
| Leppäsjärvi | 53,0 | 1184 | koiras | 8+ | 0,83 |

¹ Kuudella näytekuhalla pyrstöt eivät olleet säilyneet kokonaisina. Näille kuhille kokonaispituus laskettiin ruumiinpituuden perusteella (Winkler ym. 1989).



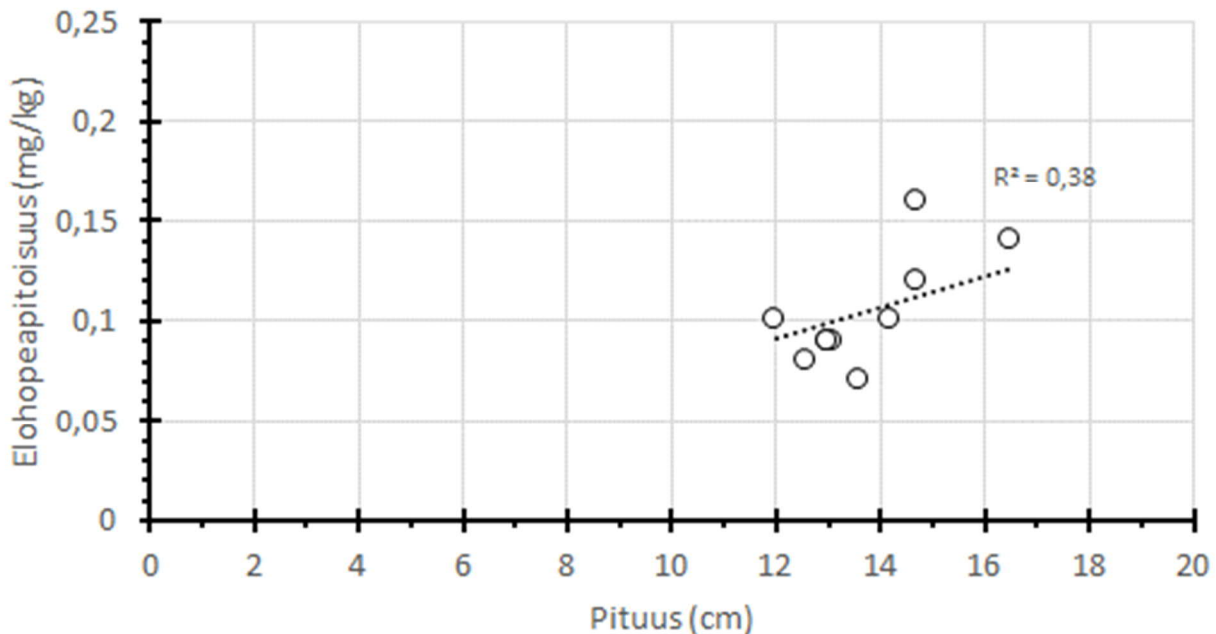
Kuva 2. Kuhan elohopeapitoisuuden kehitys kalan koon kasvaessa Kyrösjärvässä ja Leppäsjärvässä sekä Kyrösjärvelle sovitettu regressiosuora selitysasteineen.

2.3 Muikku

Kyrösjärven muikkujen pituudet vaihtelivat 12 – 16,5 cm välillä ja painot välillä 11,6 – 32,1 g (taulukko 3). Iältään suurin osa muikuista oli 1-vuotiaita kahden yksilön ollessa vuotta vanhempia, 2-vuotiaita. Muikkujen keskimääräinen elohopeapitoisuus oli 0,10 mg/kg. Suurin havaittu elohopeapitoisuus oli 0,16 mg/kg aineiston toiseksi suurimmassa, 14,7 cm pituisessa muikussa.

Taulukko 3. Näytemuikkujen tiedot ja mitatut elohopeapitoisuudet tuorepainoa kohti.

| Järvi | Pituus (cm) | Paino (g) | Sukupuoli | Ikä | Elohopeapitoisuus (mg/kg tuorepainoa kohti) |
|------------|-------------|-----------|-----------|-----|---|
| Kyrösjärvi | 12,6 | 13,2 | koiras | 1+ | 0,08 |
| Kyrösjärvi | 12,0 | 11,6 | naaras | 1+ | 0,10 |
| Kyrösjärvi | 13,0 | 14,8 | naaras | 1+ | 0,09 |
| Kyrösjärvi | 13,1 | 17,2 | naaras | 1+ | 0,09 |
| Kyrösjärvi | 14,7 | 23,8 | naaras | 1+ | 0,12 |
| Kyrösjärvi | 13,0 | 16,6 | naaras | 1+ | 0,09 |
| Kyrösjärvi | 14,7 | 23,9 | naaras | 2+ | 0,16 |
| Kyrösjärvi | 13,6 | 17,7 | koiras | 1+ | 0,07 |
| Kyrösjärvi | 14,2 | 19,4 | koiras | 1+ | 0,10 |
| Kyrösjärvi | 16,5 | 32,1 | naaras | 2+ | 0,14 |



Kuva 3. Muikun elohopeapitoisuuden kehitys kalan koon kasvaessa Kyrösjärvässä sekä aineistoon sovitettu regressiosuora selityasteineen.

3. Tulosten tarkastelu

3.1 Vertailu muihin tuloksiin

Kyrösjärven haukien elohopeapitoisuudet olivat ennakoitua pienempiä, jopa keskimääräistä alhaisempia. Esimerkiksi Keski-Suomessa tehdyssä tutkimuksessa (Mykrä ym. 2015) kilon painoiselle hauelle laskettu keskimääräinen elohopeapitoisuus oli 0,46 mg/kg, kun Kyrösjärvellä vastaava arvo oli 0,37 mg/kg. Kyrösjärven haukien elohopeapitoisuudet näyttäisivät olevan matalampia kuin 1990-luvulla, jolloin 23:n hauen aineistossa kilon hauen laskennallinen pitoisuus oli 0,58 mg/kg (Piironen ym. 1993). Toisaalta vuonna 1984 pyydetyistä näytehauista (32 yksilöä) laskettu kilon hauen elohopeapitoisuus oli 0,35 mg/kg eli suunnilleen sama kuin vuonna 2023. 1980-luvulla havaittiin hauen elohopeapitoisuuksissa melko suurta alueellista vaihtelua; järven pohjoisosassa pitoisuudet olivat korkeampia kuin eteläosassa (Mankki & Näsi 1985).

Myös Kyrösjärven kuhien elohopeapitoisuudet olivat ennakoitua pienempiä. Kuhien elohopeapitoisuuksista löytyy paljon vähemmän tietoa kuin haukien. Kyrösjärvellä kuhien elohopeapitoisuudet olivat samalla tasolla kuin Tampereen Pyhäjärvellä (Piironen 2018) mutta alhaisempia kuin Keuruun ja Multian järvissä (Ruokonen ym. 2017). Yleisesti ottaen kuhan elohopeapitoisuudet ovat Suomen järvissä alhaisempia kuin haukien.

Kyrösjärven muikun elohopeapitoisuudet vaikuttavat olevan keskimääräisellä tasolla, joskin muikusta on vain vähän ja hajanaista elohopeatietoa (Venäläinen ym. 2004, Nakari ym. 2009, Airaksinen ym. 2018). Kyrösjärven aineiston perusteella muikun elohopeapitoisuus kasvaa melko nopeasti pituuden kasvaessa ja aineistoa olisikin perusteltua täydentää muutamilla suuremmilla muikuilla (n. 20 cm).

Leppäsjärven haukien elohopeapitoisuudet olivat selvästi keskimääräistä korkeampia (keskimäärin 0,84 mg/kg ja kilon hauelle laskettu arvo 0,73 mg/kg). Pitoisuuksia ei kuitenkaan voida pitää mitenkään erityisen korkeina, Suomessa on lukuisia järviä, joissa haukien elohopeapitoisuudet ovat vielä korkeampia (esim. Malinen 2014, Mykrä ym. 2015, Malinen 2022, Rask ym. 2024).

Leppäsjärven kuhista saatiin vain yksi näyte, eikä sen perusteella voida esittää luotettavia arvioita järven kuhien pitoisuustasosta. Koska havaittu pitoisuus oli korkeampi kuin kuhan käyttöraja, olisi Leppäsjärveltä perusteltua hankkia lisää aineistoa.

3.2 Elohopean merkitys kalan käytölle

Lakisääteinen elohopeapitoisuusraja kalojen elintarvikekäytölle on hauella 1,0 mg/kg ja muilla kaloilla 0,5 mg/kg. Kyrösjärven aineistossa nämä käyttörajat eivät ylittyneet. Leppäsjärvellä hauen käyttöraja ylittyy n. 80 cm pituudessa. Käyttörajat soveltuvat kuitenkin melko huonosti elohopean saannin rajoittamiseen. Suomessa kalojen elohopeapitoisuudet eivät ole niin korkeita, että yhdellä kala-aterialla olisi haitallisia vaikutuksia terveyteen. Ratkaisevaa on metyylielohopean saanti pidemmällä aikavälillä. Sama elohopeamäärä voidaan saada syömällä harvoin korkeita elohopeapitoisuuksia sisältäviä kaloja tai syömällä usein alhaisia elohopeapitoisuuksia sisältäviä kaloja. Euroopan elintarvikeviranomaisen on esittänyt metyylielohopean saannille enimmäisrajan 1,3 µg henkilön painokiloa kohti viikossa (EFSA 2012), jonka perusteella voidaan laskea suuntaa-antavia suosituksia siitä, kuinka usein tietyn elohopeapitoisuuden omaavia kaloja voidaan syödä turvallisesti. Taulukossa 4 on esitetty tämän tutkimuksen aineistosta laskettuja esimerkkejä siitä, kuinka usein tietynlaisia ja -kokoisia kaloja

voidaan syödä turvallisesti. Turvalliset annosmäärät vaihtelevat paljon järvestä, lajista ja kalan koosta riippuen. Esimerkiksi Kyrösjärven muikkuja voidaan syödä turvallisesti 20 kertaa kuukaudessa, mutta Leppäsjärven suurehkoja haukia (2 kg) ainoastaan vajaa kolme kertaa kuukaudessa.

Taulukko 4. Metyylielohopean korkeinta turvallista saantia vastaava kala-aterioiden määrä kuukaudessa tutkimusjärvien eri lajisia ja -kokoisia kaloja syödessä. Laskelma perustuu EFSA:n (2012) esittämään metyylielohopean saantirajaan ja sen perusteena ovat seuraavat oletukset: metyylielohopean osuus kokonaiselohopeasta 90 %, henkilön paino 60 kg ja annoskoko 150 g. Laskelma pätee ainoastaan, jos henkilö ei saa elohopeaa muista lähteistä (eli käytännössä ei syö muuta kalaa).

| Järvi, kala ja koko | Elohopeapitoisuus (mg/kg) | Annoksia/kuukausi |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Kyrösjärven muikku (15 cm) | 0,12 | 20,6 |
| Kyrösjärven hauki (1 kg, 55 cm) | 0,37 | 6,7 |
| Kyrösjärven hauki (2 kg, 69 cm) | 0,56 | 4,4 |
| Kyrösjärven kuha (40 cm) | 0,26 | 9,5 |
| Kyrösjärven kuha (60 cm) | 0,38 | 6,5 |
| Leppäsjärven hauki (1 kg, 55 cm) | 0,73 | 3,4 |
| Leppäsjärven hauki (2 kg, 69 cm) | 0,88 | 2,8 |

Vaikka tutkittujen Kyrösjärven kalojen elohopeapitoisuudet eivät ylittäneet käyttörajoja, tulisi erityisesti tutkimusjärvien haukia syövien rajoittaa kala-aterioiden määrä Kyrösjärvellä noin viiteen kertaan kuukaudessa ja Leppäsjärvellä noin kolmeen kertaan kuukaudessa. Suuria haukia (yli 2 kg) kannattaa käyttää ravinnoksi vielä harvemmin. Lisäksi tulisi muistaa Ruokaviraston suositus siitä, ettei raskaana olevien ja imettävien äitien tulisi syödä haukea lainkaan (Evira 2010). Varmuuden vuoksi näitä ohjeita kannattaisi soveltaa toistaiseksi myös Leppäsjärven kuhaan.

3.3 Jatkoselvitystarpeet

Kyrösjärvellä elohopeapitoisuudet olivat ennakoitua alhaisempia. Aineisto oli kuitenkin melko suppea, ja sitä olisi perusteltua täydentää muutamilla suurikokoisilla hauilla, kuhilla ja muikuilla. Leppäsjärveltä saatiin näytteeksi ainoastaan yksi kuha, minkä perusteella ei voida tehdä luotettavia päätelmiä elohopeatasosta. Koska kuhan elohopeapitoisuus oli yli käyttörajan, Leppäsjärveltä olisi tarpeellista hankkia lisää aineistoa. Tällöin voitaisiin varmemmin selvittää, onko kuhan syöntiä tarpeen rajoittaa kuten hauella.

Todennäköisesti suurimmillaan Ikaalisten järvien kalojen elohopeapitoisuudet ovat pienissä metsäjärvissä, joissa on havaittu varsin korkeita elohopeapitoisuuksia Etelä-Suomessa (mm. Malinen 2014, Malinen 2022, Rask ym. 2024) ja myös Pirkanmaalla (Malinen 2024). Ikaalisten pikkujärvistä ei ole ajantasaista elohopeatietoa lainkaan. Kovin suurta merkitystä pienten metsäjärvien kalastuksella ei ole, mutta niiden rannoilla on kuitenkin melko runsaasti loma-asutusta ja muutkin lähialueen asukkaat harrastavat niillä virkistyskalastusta. Muutamien kartta- ja vedenlaatutietojen perusteella riskijärviksi luettavien kalojen elohopeatilanteen tutkiminen olisikin perusteltua.

KVVY Tutkimus Oy

Tekijä:



Yksikön päällikkö Tommi Malinen

Jakelu sähköisenä

Ikaalisten kaupunki

Viitteet

Airaksinen, R., Jestoi, M., Keinänen, M., Kiviranta, H., Koponen, J., Mannio, J., Myllylä, T., Nieminen, J., Raitaniemi, J., Rantakokko, P., Ruokojärvi, P., Venäläinen, E.-R. & Vuorinen, P.J. 2018. Muutokset kotimaisen luonnonkalan ympäristömyrkkypitoisuuksissa (EU-kalat III). Valtioneuvoston kanslia. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 51/2018. 71 s.

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.

KVVY Tutkimus Oy 2022. Pappilanjoen ja Siuron reitin kalataloudellinen yhteistarkkailu vuosina 2020-2021. Raportti 715/22. 57 s. + liitteet.

Malinen, T. 2014. Nuuksion ja Pohja-Kiskon järviylänköjen happamoituneiden järvien kalojen elohopeapitoisuus vuosina 2009-2013. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 24 s.

Malinen, T. 2022. Vihtijärven seudun järvien kalojen elohopeatutkimukset vuosina 2017-2021. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, Lammin biologinen asema ja KVVY Tutkimus Oy. 17 s. + liite.

Malinen, T. 2024. Neljän happamoituneen järven kalojen elohopeapitoisuudet Orivedellä vuosina 2022-2023. Tuloskooste 29.1.2024. KVVY Tutkimus Oy. 3 s.

Malinen, T. & Marttila, J. 2018. Ahventen elohopeapitoisuus Uudenmaan järvillä 2016-2018. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 53/2018. 24 s.

Mankki, J. & Näsi, S. 1984. Haukien elohopeapitoisuudet Kyrösjärven reitillä. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys r.y. Julkaisu n:o 166. 8 s. + 2 liite.

Mykrä, M., Eloranta, A., Koistinen, A. & Olkio, K. 2015. Hauen elohopeapitoisuudet Keski-Suomessa. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 17/2015. 21 s. + 9 liitettä.

Nakari, T., Pehkonen, R., Nuutinen, J. & Järvinen, O. 2009. Sisä- ja rannikkovesien ympäristömyrkköjen seuranta v. 2006-2008. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 18/2009. 11 s. + liitteet.

Piiroinen, O. 2018. Tulokset Pyhäjärven kuhien elohopea-analyyseistä vuonna 2018. KVVY Tutkimus Oy. Kirje nro 659/18.

Piiroinen, O., Krogerus, K. & Lodenius, M. 1993. Elohopea Kyrösjärven reitin hauissa ja sedimentissä 1992. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys r.y. Julkaisu n:o 277. 20 s. + 2 liitettä.

Rask, M., Malinen, T., Nyberg, K., Olin, M., Kurkilahti, M., Blauberg, T-R., Salonen, M., Vesala, S., Ruuhijärvi, J., Tiainen, J., Vuorenmaa, J., Lodenius, M., Arzel, C., Nummi, P., Kahilainen, K.K., Verta, M. & Arvola, L. 2024: Pike mercury concentration in small boreal headwater lakes during four decades of regional and local changes. *Water Air Soil Pollut.* 235:85.

Ruokonen, T., Pulkkinen, J. & Porvari, P. 2017. Ahvenen ja kuhan elohopeapitoisuus. *Suomen Kalastuslehti* 3/2017. s. 28-30.

Venäläinen, E.-R., Hallikainen, A., Parmanne, R. & Vuorinen, P.J. 2004. kotimaisen järvi- ja merikalan raskasmetallipitoisuudet. *Elintarvikeviraston julkaisuja* 3/2004. 25 s.

Winkler H.M., Klinkhardt M.B. & Buuk B. 1989. Zur Fruchtbarkeit und Reifeentwicklung am zander (*Stizostedion lucioperca* (L.)) aus Brackgewässern der südlichen Ostsee. *Wiss. Z. Universität Rostock* 38: 31-37.