



Juha Tikka/ Savolab Oy

# LYLYJÄRVEN, KANGASJÄRVEN JA KYYYVEDEN HAUKIEN ELOHOPEAPITOISUUS VUONNA 2002



Mikkelin kaupungin julkaisu 9/2003  
Kannen piirros: Riikka Kaakkurivaara

ISBN 952-9861-75-3  
ISSN 1459 -1790

Tilaukset:  
Mikkelin kaupunki, ympäristöpalvelut  
Jääkärintie 14  
50100 Mikkelä  
Puh. 015 – 194 4700

## **SISÄLLYSLUETTELO**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>4</b>
<b>2 VUOSIEN 1993 JA 1995 KALOJEN ELOHOPEAPITOISUUSKARTOITUKSET</b>	<b>5</b>
<b>3 VUODEN 2002 TUTKIMUS</b>	<b>6</b>
3.1 TUTKIMUSALUEET	6
3.2 TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT	6
3.3 TUTKIMUSJÄRVIEN KUVAUS	7
<b>4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU</b>	<b>8</b>
4.1 HAUKIEN ELOHOPEAPITOISUUSTASO	8
4.2 HAUKIEN ELOHOPEAPITOISUUDEN KEHITYS	9
4.21 Yleistä	9
4.22 Tutkimusjärvien haukien elohopeatilanne	10
<b>5 KALAN ELOHOPEAN TERVEYDELLISET VAIKUTUKSET</b>	<b>11</b>
<b>6 YHTEENVETO</b>	<b>12</b>
<b>KIRJALLISUUS</b>	<b>14</b>

## **LIITTEET**

### **Haukinäytteet**

**Lylyjärven haukien elohopeapitoisuudet**

**Kyyveden Pullialanlahden haukien elohopeapitoisuudet**

**Kangasjärven haukien elohopeapitoisuudet**

**Savolab Oy**  
**Julkisen valvonnan alainen vesitutkimuslaitos**  
**Graanintie 7**  
**50190 MIKKELI**

## **1 JOHDANTO**

Savolab Oy teki Mikkelin kaupungin ympäristöpalvelujen toimeksiannosta Kangasjärven, Lylyjärven ja Kyyveden Pullialanlahden vuoden 2002 haukien elohopeapitoisuustutkimuksen. Haukien elohopeapitoisuus-seuranta osa Mikkelin seutu 21-ohjelmaa. Kalojen elohopeapitoisuuden selvittäminen antaa tärkeää tietoa ympäristöviranomaisista lisäksi kalastajille, kalakaupalle ja valvovalle elintarvikeviranomaiselle.

Mikkelin seudun järvien kalojen elohopeapitoisuuksia kartoitettiin ensimmäisen kerran vuonna 1993 silloisen Mikkelin seudun ympäristökeskuksen toimesta. Vuonna 1995 seurantajärviä valittiin em. kartoituksen perusteella Kangasjärvi, Lylyjärvi, Kyyveden Pullialanlahti ja Loukeinen. (Mikkelin seudun ympäristökeskus 1993 ja 1996).

Tyypillinen ruskeavetinen metsäjärvi saa suurimman osan elohopeakuormasta valuma-alueensa kautta ollen suurelta osin ilmaperäistä. Verran (1990) mukaan valuma-alueeltaan lähes luonnontilaisen metsäjärven elohopeakuormasta on 70 - 89 % ihmisen toiminnasta peräisin. Ilmakehään elohopea on voinut joutua höyrymäisessä muodossa kaukaisillakin päästöalueilla ollen useimmiten lähtöisin kloorialkaliteollisuudesta, fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja rautateollisuudesta. Ilmakehään elohopea sitoutuu tehokkaasti metsämaan humuskerrokseen, josta sitä kulkeutuu orgaanisen aineen mukana vesistöihin.

Suomen omat elohopeapäästöt ilmaan vähentyivät 1990-luvulla noin kolmanneksen vuosikymmenen alun tilanteesta ollen nykyisin noin 0,6 tonnia vuodessa. Päästöjen merkittävän vähentymisen ovat mahdollistaneet teollisuuden tehokkaampien erotinlaitteiden ja polttotekniikoiden sekä parantuneen prosessiautomaation käyttöönotto. Huolimatta omien elohopean ja muiden raskasmetallien päästöjen merkittävästä vähentymisestä ovat Suomen lähialueiden suuret raskasmetallipäästöt edelleen ongelma. Lisäksi elohopeaa sisältävät tuotteet aiheuttavat hajapäästöjä ympäristöön.

Kalojen elohopeapitoisuuksiin vaikuttavat elohopeakuormituksen lisäksi valuma-alueen ominaisuudet, kalan hidas kasvunopeus ja veden laatu. Vedenlaatutekijöistä orgaanisen aineksen, lähinnä humuksen määrällä on tärkeä osa veden eliöstön elohopeapitoisuustason määräytymisessä. Ruskeissa vesissä humusaineet toimivat elohopean kuljettajina osallistuen myös metyloitumisprosessiin. Myös eräissä kirkkaissa happamoituneissa järvissä on tavattu korkeita elohopeapitoisuuksia.

Luonnossa tärkeänä elohopean kierron osana on epäorgaanisten elohopeayhdisteiden muuttuminen eri ympäristöissä orgaanisiksi elohopeayhdisteiksi eli metyloituminen. Metyloituminen on tiettävästi tehokkainta vesiympäristössä hapettoman ja hapellisen pohjasedimentin rajapinnoilla sekä hapellisissa oloissa turvemaissa (Verta ym. 1995).

## 2 **VUOSIEN 1993 JA 1995 KALOJEN ELOHOPEAPITOISUUS-KARTOITUKSET**

Mikkelin seudun ympäristökeskus kartoitti vuonna 1993 Mikkelin seudun yhteensä 31 eri järvestä tai suurten vesistöjen osa-alueilta pyydettyjen haukien, ahventen ja mateiden elohopeapitoisuuksia. Vuonna 1995 tehtiin jatkotutkimukset Loukeisesta, Lylyjärvestä, Kangasjärvestä ja Kyyveden Pullialanlahdesta pyydettyistä yhteensä 43 haukinäytteestä.

Vuonna 1993 tutkittujen kirkasvetisten reittivesistöjen kuten Saimaan ja Puulaveden kaloissa ei todettu syöntirajoituksia aiheuttavia elohopeapitoisuuksia. Sen sijaan etenkin suoalueiden ympäröimien ruskeavetisten pienten metsäjärvien kaloissa oli kohonneita elohopeapitoisuuksia. Humusjärvissä haukien keskimääräinen elohopeapitoisuus oli 0,43 mg/kg ja kirkasvetisissä järvissä 0,25 mg/kg.

Vuoden 1995 tutkimusjärvien vakiopainoisille (1 kg) hauille saatiin logaritmisen regressioanalyysin avulla laskettua seuraavat elohopeapitoisuudet:

Vesistö	mg Hg/kg
Loukeinen	0,72
Lylyjärvi	0,89
Kangasjärvi	(0,40)
Kyyvesi, Pullialanlahti	0,50

Elohopeapitoisuuden suhde painoon oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,01$ ) vain Lylyjärvessä, kun se oli Loukeisessa ja Kyyvedellä melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ). Kangasjärvessä elohopeapitoisuuden suhde painoon ei ollut edes suuntaa-antavasti merkitsevä.

Terveysviranomaisten antamien yleisten suositusten perusteella syöntirajoituksia aiheuttavia elohopeapitoisuuksia (0,5 – 1,0 mg/kg) todettiin Lylyjärven pyyntikokoisilla alle 1,5 kg:n hauilla (ravintosuositus: korkeintaan puoli kiloa viikossa). Kookkaampien yli 1,5 kg:n haukien elohopeapitoisuus ylitti enimmäismäärän 1,0 mg/kg. Loukeisen hauilla logaritmisen regressioanalyysin avulla laskettuna enimmäismäärä 1,0 mg/kg ylittyi yli 3,5 kg hauilla, joskin lineaarisen regression avulla laskettuna jo 1,5 kg hauilla.

Kangasjärven ja Kyyveden Pullialanlahden haukien elohopeatilanne ei ollut tutkimusten mukaan kovin hälyttävä. Koska vuoden 1995 aineistossa

elohopeapitoisuuden suhde painoon, ikään tai pituuteen ei ollut tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,01$ ), eivät ennusteet varsinkaan suurempien haukien osalta olleet kovin luotettavia. Tutkimukseen saatujen haukien elohopeapitoisuuksien ja logaritmisien regressioanalyysin perusteella syöntirajoituksia aiheuttavia elohopeapitoisuuksia voitiin arvioida Kyyvedellä saavutettavan vasta yli 1 kilon painoisilla hauilla ja Kangasjärvellä ilmeisesti vielä kookkaammilla hauilla.

### **3 VUODEN 2002 TUTKIMUS**

#### **3.1 TUTKIMUSALUEET**

Vuoden 2002 tutkimusjärvet Kangasjärvi, Lylyjärvi ja eteläinen Kyyvesi (lähinnä Pullialanlahti) kuuluivat Mikkelin seutu 21-ohjelman joka neljäs vuosi seurattaviin haukien elohopeapitoisuusseurantoihin.

#### **3.2 TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT**

Mikkelin kaupungin ympäristöpalvelut hankki jokaiselta kohdealueelta kalastajat (ks. liite 1), jotka lupautuivat kalastamaan tutkimusta varten riittävän määrän haukia. Näytehauet toimitettiin laboratorioon vuoden 2002 aikana. Lylyjärven ja Kyyveden hauet pyydettiin toukokuun sekä Kangasjärven hauet joulukuun aikana.

Jotta kalaston elohopeapitoisuustaso voitiin selvittää luotettavasti, oli tavoitteena saada erikokoisia näytehaukia vähintään 8–10 kpl jokaisesta tutkimusjärvestä. Kangasjärven seitsemän näytehauen paino vaihteli 1,0–1,8 kg, Kyyveden kahdeksan hauen 0,5–6,0 kg ja Lylyjärven yhdeksän hauen 0,5–3,0 kg.

Laboratoriossa jokaisesta hauesta mitattiin pituus ja tuorepaino, määritettiin sukupuoli sekä otettiin suomunäytteet selkäevän ja kylkiviivan väliseltä alueelta, joista määritettiin ikä. Elohopeamäärityksen lihaspalanäyte otettiin samalta alueelta kuin suomunäytteet. Näytteiden elohopeamääritykset tehtiin Savolab Oy:n ympäristölaboratoriossa kylmähöyryatomiabsorptiometrisesti (SFS 5229). Savolab Oy osallistui vuonna 2002 VTT:n biotekniikan järjestämään kalaelohopean vertailututkimukseen ja saatujen tulosten keskiarvot olivat hyvin lähellä kaikkien 19 tutkimuslaboratorioiden tulosten keskiarvoa: Savolab Oy:n tulos erosi haukinäytteen osalta vain 0,2 % ja tonnikalänäytteen osalta 6,2 % kaikkien tulosten keskiarvosta. Haukien yksilökohtaiset tiedot ja elohopeapitoisuustulokset liitteessä 1.

Mikäli haukien kokojakauma oli riittävä, tutkittiin kalan elohopeapitoisuuden yhteyttä kalan painoon, pituuteen ja ikään regressio- ja korrelaatioanalyysien avulla. Regressioyhtälön avulla hauille laskettiin tutkimusalueittain vakiopainoisen, yhden kilon kalan elohopeapitoisuus, mikäli

elohopeapitoisuuden suhde painoon oli tilastollisesti ainakin melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ). Menettelyn avulla järvien välinen vertailu mahdollistuu näytekalojen painojen vaihdellessa suurestikin. Vakiopainoisen hauen elohopeapitoisuuden arviointiin käytettiin regressioyhtälöä seuraavasti:

$$y = a + b \log(x),$$

jossa  $y$  = kalan elohopeapitoisuus (mg/kg)  
 $X$  = kalan tuorepaino (g)  
 $a$  ja  $b$  = vakioita

### 3.3 TUTKIMUSJÄRVIEN KUVAUS

#### Lylyjärvi

Matalan Lylyjärven pinta-ala on noin 2.5 km<sup>2</sup> ja valuma-alueen kokonaispinta-ala noin 46 km<sup>2</sup>. Valuma-alueesta on metsämaata noin 60%, suota 24 % ja peltoa noin 12 %. Runsaista soista johtuen vedessä on runsaasti humusta ja veden pH on ollut keskimäärin alle pH 6. Veden väriarvot ovat olleet usein luokkaa 150 - 250 mg Pt/l. Ravinnepitoisuudet ovat olleet suhteellisen korkeita. Veden puskurikyky happamoitumisen suhteen on ollut välttävä tai korkeintaan tyydyttävä. Talvisin on Lylyjärvessä ilmennyt voimakasta hapenvajausta. Etelä-Savon ympäristökeskuksen vuosina 1998 – 2002 tekemien tutkimusten perusteella Lylyjärven virkistyskäyttökelpoisuus on ollut tyydyttävä.

1990-luvulla Lylyjärven kalastoa hallitsivat särki, hauki ja ahven, kun taas kiiskan ja mateen kannat olivat pienehköt (Lähteenmäki 1996).

#### Kangasjärvi

Kangasjärven vesi on valuma-alueen runsaista soista johtuen ruskeaa ja runsashumuksista. Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen vuosina 1998 – 2002 tekemien velvoitetarkkailututkimusten mukaan päällysveden väriarvot ovat vaihdelleet 100 – 200 mg Pt/l välillä. Veden pH on ollut pienimmillään kevättalvella: luokkaa pH 5 ja päällysveden keskimääräinen pH oli 6,0. Happitilanne on ollut heikoimmillaan kevättalvisin, jolloin on ajoittain ilmentynyt voimakasta hapenvajausta. Fosforipitoisuudet ovat olleet suhteellisen korkeita (päällysveden keskiarvo lähes 40 µg/l). Vuosina 1998 – 2002 Kangasjärven virkistyskäyttökelpoisuus on ollut tyydyttävä.

#### Kyyvesi, Pullialanlahti

Pullialanlahden tulokset ovat yli 10 vuotta vanhoja. Vuoden 1992 maaliskuun alun tutkimusten mukaan Pullialanlahti oli runsashumuksinen (väriluku 90 mg Pt/l), ravinnepitoisuudet suhteellisen pieniä ja hygieeninen

tila erinomainen. Päälyysveden pH oli 6,2 ja puskurikyky melko hyvä (alkaliteetti 0,14 mmol/l). Pullialanlahdessa oli voimakas happivajaus: metrissä happikykyisyys oli 64 % ja kahdessa metrissä 41 %. Pullialanlahden vesi soveltui tulosten perusteella hyvin normaaliin vesistön virkistyskäyttöön.

## 4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

### 4.1 HAUKIEN ELOHOPEAPITOISUUSTASO

Tutkimusjärvien haukien havaitut sekä Lylyjärven haukien ennustetut (= logaritminen regressiosuora) ikä-, pituus- ja painokohtaiset elohopeapitoisuudet on esitetty liitekuviissa 2 - 4.

Kangasjärven ja Kyyveden hauet edustivat pienehkön näytemäärän lisäksi liian suppeata koko- ja ikäryhmää, jotta niiden regressioyhtälön avulla olisi voinut laatia luotettavia ennusteita. Elohopea korreloi yleensä positiivisesti kalan koon kanssa, mikäli kalojen määrä on riittävä ja edustavat eri kokoluokkia. Edellä esitetystä johtuen merkittävämmät haukien elohopeapitoisuuden korrelaatiot olivatkin vain Lylyjärven hauilla (ks. taulukko1). Lylyjärnessäkin haukien kylkilihaksen elohopea korreloi tilastollisesti merkitsevästi vain painon suhteen, tosin lähes merkitsevästi pituuden suhteen.

Kyyveden suurinta haukea ei otettu mukaan regressio- ja korrelaatioanalyysiin, sillä se poikkesi kooltaan (101 cm ja 6,0 kg) huomattavasti muista hauista (43 - 52 cm ja 0,5 – 1,0 kg). Tämä olisi yliarvioinut voimakkaasti kertoimia. Esimerkiksi tällöin pituuden ja painon suhteen elohopeapitoisuuden korrelaatiokertoimet olisivat olleet 0,97 ja 0,96 eli selvästi suuremmat kuin edellä olevassa taulukossa olevat kertoimet (alle 0,4).

**Taulukko 1.** Tutkimusjärvien haukien elohopeapitoisuuksien korrelaatiot iän, pituuden ja painon suhteen sekä korrelaatiokertoimien tilastolliset merkitsevyydet ja selityskertoimet ( $r^2$ ).

Vesistö	Ikä		Pituus		Paino	
	r	$r^2$	r	$r^2$	r	$r^2$
Lylyjärvi	0,42	0,18	0,80**	0,64	0,69*	0,47
Kangasjärvi	-0,18	0,034	-0,11	0,01	-0,39	0,16
Kyyvesi,	0,36	0,13	0,37	0,14	0,29	0,08
Pullialanlahti *						

\* poikkeuksellisen kookas hauki (101 cm ja 6 kg) ei mukana

Kun korrelaatiokerroin on merkitty kahdella tai kolmella tähdellä, on se

tilastollisesti merkitsevä riskitasoilla 1 ja 0,1 %. Yhdellä tähdellä merkittynä kerroin on melkein tilastollisesti merkitsevä 5 % riskillä.

Regressioanalyysin avulla saatiin laskettua Lylyjärven ns. vakiopainoisen (1 kg) hauen elohopeapitoisuudeksi 1,1 mg Hg/kg. Kyyveden haukien elohopeapitoisuuden ja painon välillä ei ollut edes suuntaa-antavaa ( $p < 0,10$ ) regressiokulmankertoimen tilastollista merkitsevyyttä, joten regressioyhtälöllä saatua vakiohauen elohopeapitoisuusarviota 0,43 mg Hg/kg ei voida pitää luotettavana.

Lylyjärven regressioyhtälön avulla voidaan ennustaa, että hauet saavuttavat 0,5 mg Hg/kg lihaksen elohopeapitoisuuden jo noin 0,3 kg painoisina ja 1,0 mg Hg/kg pitoisuuden hieman alle kiloisin.

Kuten edellä kävi ilmi edustivat Kangasjärven ja Kyyveden hauet liian suppeata koko- ja ikäryhmää, jotta niiden regressioyhtälön avulla olisi voinut laatia luotettavia ennusteita. Saatujen näytehaukien pitoisuuksien ja laadittujen regressioyhtälöjen avulla voidaan hyvin suuntaa-antavasti arvioida sekä Kyyveden että Kangasjärven haukien saavuttavan 0,5 mg elohopeapitoisuuden keskimäärin noin 1-2 kiloisin.

## **4.2 HAUKIEN ELOHOPEAPITOISUUDEN KEHITYS**

### **4.21 Yleistä**

Etelä- ja Keski-Suomen haukien elohopeapitoisuuksien arvioidaan olevan nykyisin noin kaksin - kolminkertaiset luonnontilaan verrattuna. Suomessa hauen lihaksen luonnontilaiseksi elohopeapitoisuudeksi on arvioitu vesistöistä riippuen 0,05 - 0,45 mg/kg keskimääräisen tason ollessa todennäköisesti välillä 0,2 - 0,3 mg/kg (Verta ja Rekolainen 1985). Plankton- ja pohjaeläinravintoa käyttävien kalalajien elohopeamäärät ovat olleet yleensä alhaisemmat kuin petokaloissa. Planktonsyöjien, kuten muikun ja siian, elohopeapitoisuudet kohoavat harvoin liian korkeiksi.

Huolimatta Suomen omien elohopeapäästöjen merkittävästä vähentymisestä riittää kalojen elohopeaongelmaa todennäköisesti vielä pitkälle tulevaisuuteen johtuen aiemmasta maaperään varastoituneesta elohopealaskelmasta. Elohopeakuormituksen vähentämisessä tulisikin kiinnittää erityishuomio metsän hakkuiden sekä metsä- ja suo-ojitusten vesiensuojelutoimiin, sillä ko. ojitusten on arvioitu lisäävän paikoin merkittävästikin järviin tulevaa elohopeakuormitusta.

### **4.22 Tutkimusjärvien haukien elohopeatilanne**

## Lylyjärvi

Lylyjärven haukien elohopeapitoisuudet näyttävät pysyneen korkealla tasolla runsaan 20 vuoden ajan ja vuodesta 1995 pitoisuus näyttää hieman jopa nousseen (ks. taulukko 2). Vuoden 1981 tutkimustulos ei ole yhtä luotettava kuin muut pienemmän aineistonsa johdosta. Lylyjärven hauen luonnontilainen elohopeapitoisuus lienee lähempänä em. arvion ylärajaa eli nykyinen taso olisi siinä tapauksessa yli kaksinkertainen luonnontilaan nähden.

## Kangasjärvi

Kangasjärven vuoden 2002 hauille ei voitu suppean kokojakauman johdosta laskea ns. vakiohauen elohopeapitoisuutta. Kangasjärven seitsemän hauen keskipaino oli 1,4 kg (painojakauma 1,0 – 1,8 kg) ja niiden keskimääräinen elohopeapitoisuus 0,57 mg Hg/kg. Verrattuna vuoden 1995 tuloksiin esim. painoltaan noin kilon luokkaa olevien haukien osalta näyttäisi siltä, että pitoisuudet olisivat nyt hieman suurempia. Vuonna 1995 neljän 0,9 – 1,2 kg hauen keskipitoisuus oli 0,40 mg Hg/kg, kun se vuonna 2002 oli neljällä 1,0 -1,4 kg hauella keskimäärin 0,59 mg Hg/kg. Vuonna 1995 saatiin myös kilon vakiohauen elohopeapitoisuudeksi samat 0,40 mg Hg/kg, vaikkakaan painon ja elohopeapitoisuuden suhde ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Suurimmillaan elohopeapitoisuudet ovat olleet vuonna 1981, jolloin Mannisen (1992) mukaan kilon vakiohauen pitoisuus oli 0,86 mg Hg/kg ja tällöin tutkittujen neljän keskipainoltaan 0,7 kg hauen elohopeapitoisuudet vaihtelivat 0,53 - 0,87 mg/kg.

## Kyyvesi

Kyyveden haukien elohopeapitoisuudet näyttävät olevan vuosien 1983 - 2002 tulosten mukaan lievässä laskussa, joskin pitoisuuden väheneminen on ollut melko hidasta. Taulukossa 2 esitetty vuoden 1983 tulos on keskiarvopitoisuus Marjoniemen – Ritoniemen alueelta pyydetyistä hauista.

**Taulukko 2.** Tutkimusjärvien ns. vakiohauen (1 kg) elohopeapitoisuus

vuosina 1981 – 2002. (Suluissa esitetyt eivät perustu tilastollisesti merkitsevään aineistoon. 1980-luvun aineiston tilastollisesta tarkastelusta ei ole tietoa)

	mg Hg/kg					
Vesistö	1981 <sup>(1)</sup>	n kpl	1995	n kpl	2002	n kpl
Lylyjärvi	1,3	5	0,89	12	1,1	9
Kangasjärvi	0,86	4	(0,40)	9	-	7
Kyyvesi	(0,52) <sup>(2)</sup>	4	0,50	10	(0,43)	7

<sup>(1)</sup> 1980-luvun tiedot: Manninen1992

<sup>(2)</sup> vuosi 1983: neljän keskipainoltaan 1,0 kg hauen keskimääräinen elohopeapitoisuus

## 5 KALAN ELOHOPEAN TERVEYDELLISET VAIKUTUKSET

Tärkein elohopean altistuslähde ihmiselle on ravinto. Elohopean kokonaissaannista pääosa tulee kalasta. Orgaaninen elohopea kertyy ihmisen elimistössä keskushermostoon ja aivoihin ja epäorgaaninen elohopea munuaisiin. Kalan elohopea on suurelta osin metyyli muodossa, jonka imeytymiskyky ruuansulatuskanavasta on rasvaliukoisuuden johdosta miltei täydellinen. Metyylielohopea rikastuu eliöstöön muita metalleja tehokkaammin ravinnon kautta ja syy erityisesti petokalojen korkeisiin elohopeapitoisuuksiin on juuri vesiekosysteemin pitkissä ravintoketjuissa. Metyylielohopean määrä kasvaa kalassa koko sen elinajan rikastumisominaisuuksista johtuen. Metyylielohopean puoliintumisaika kalassa on noin kaksi vuotta eli se poistuu siitä hyvin hitaasti.

Elintarvikkeeksi käytettävän hauen ja ankeriaan elohopealle on annettu enimmäismääräksi 1,0 mg/kg sekä muille kaloille 0,5 mg/kg tuorepainoa kohden (EY:n asetus n:o 466/2001 ja KTM:n päätös 169/93). Maailman terveysjärjestö (WHO 1990) on suositannut aikuisten viikkoannosrajaksi 0,2 mg metyylielohopeaa (0,3 mg kokonaiselohopeana) henkilöä kohti. Tämä vastaa noin puolta kiloa kalaa, jonka elohopeapitoisuus on 0,5 mg/kg. Pitkäkestoisessa altistuksessa enimmäisviikko-annoksen ylittäminen jatkuvana kymmenkertaisesti aiheuttaa 5 %:lla herkimmistä aikuisista kliinisesti havaittavia myrkytysoireita (WHO 1990). WHO on antanut raskaana oleville ja imettäville naisille erillisen suosituksen enimmäissaannista, joka on lähes viisi kertaa tiukempi kuin em. raja-arvo. Raskaana olevat naiset ja sikiöt kuuluvat riskiryhmään, koska elohopea pystyy läpäisemään istukan ja kulkeutumaan sikiön aivoihin.

Elintarvikkeiden vierasainevalvonnan päävastuu kuuluu ensisijaisesti kunnallisille elintarvikeviranomaisille. Mikkelin seudun järvien kalojen elohopeapitoisuus selvitykset ovat tärkeää tausta-aineistoa, kun elintarvikeviranomaiset tarkastelevat kalan käyttörajoitusten ja –suositusten antamista.

## 6 YHTEENVETO

Savolab Oy teki vuonna 2002 Mikkelin kaupungin ympäristöpalvelujen toimeksiannosta Kangasjärven, Lylyjärven ja Kyyveden Pullialanlahden haukien elohopeapitoisuustutkimuksen. Varsinkin Lylyjärvi ja Kangasjärvi ovat valuma-alueiden runsaista soista johtuen runsashumuksisia ja niiden pH on ollut keskimäärin alle tai luokkaa pH 6. Kyyveden Pullialanlahdessa veden humuspitoisuus on ollut jonkin verran pienempi.

Haukien elohopeapitoisuus-seuranta on osa Mikkelin seutu 21-ohjelmaa. Mikkelin kaupungin ympäristöpalvelut hankki jokaiselta kohdealueelta kalastajat, jotka toimittivat näytehauet laboratorioon. Kangasjärven seitsemän näytehauen paino vaihteli 1,0 – 1,8 kg, Kyyveden kahdeksan hauen 0,5 – 6,0 kg ja Lylyjärven yhdeksän hauen 0,5 – 3,0 kg. Haukien ikä määritettiin suomunäytteistä. Elohopeamääritys tehtiin Savolab Oy:n ympäristölaboratoriossa kylmähöyryatomiabsorptiometrisesti (SFS 5229) selkäevän ja kylkiviivan väliseltä alueelta otetusta lihaspalanäytteestä.

Tutkimusaineiston ollessa riittävä arvioitiin ns. vakiopainoisen hauen elohopeapitoisuus regressioyhtälön avulla seuraavasti:

$$y = a + b \log(x),$$

jossa  $y$  = kalan elohopeapitoisuus (mg/kg)  
 $X$  = kalan tuorepaino (g)  
 $a$  ja  $b$  = vakioita

### Tulokset

Merkittävämmät haukien elohopeapitoisuuden korrelaatiot koon tai iän suhteen olivat Lylyjärven hauilla. Lylyjärvessä haukien kylkilihaksen elohopeapitoisuus korreloi tilastollisesti merkitsevästi painon suhteen ja lähes merkitsevästi pituuden suhteen.

Kangasjärvien haukien negatiiviset korrelaatiot johtuivat liian suppeasta ikä- ja kokojakaumasta eikä niiden regressioyhtälöiden avulla voitu näin ollen laatia ennusteita. Myös Kyyveden näytehauet edustivat pienen näytemäärän lisäksi sen verran pientä ikä- ja kokojakaumaa, että regressio- ja korrelaatiokertoimet eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kyyveden suurinta haukea ei voitu ottaa mukaan regressio- ja korrelaatioanalyysiin sen ollessa huomattavasti muita haukia kookkaampi.

Regressioanalyysin avulla saatiin laskettua Lylyjärven ns. vakiopainoisen (1 kg) hauen elohopeapitoisuudeksi 1,0 mg Hg/kg. Kyyveden kilon painoisen hauen elohopeapitoisuudeksi arvioitiin suuntaa-antavasti 0,43 mg Hg/kg. Kangasjärven seitsemän keskipainoltaan 1,4 kg hauen keskimääräinen elohopeapitoisuus oli 0,57 mg Hg/kg.

Regressioyhtälöjen avulla voidaan suuntaa-antavasti ennustaa, että

Lylyjärvessä hauet saavuttavat kylkilihaksensa 0,5 mg Hg/kg pitoisuuden noin 0,3 kg painoisina ja 1 mg Hg/kg elohopeapitoisuuden noin 1 kg painoisina. Kangasjärven ja Kyyveden näytehaukien elohopeapitoisuuksien ja laadittujen regressioyhtälöjen avulla arvioitiin vain suuntaa-antavasti näiden vesistöjen haukien saavuttavan 0,5 mg elohopeapitoisuuden keskimäärin noin 1-2 kilon painoisina.

**Lylyjärven** haukien elohopeapitoisuudet näyttävät pysyneen korkealla tasolla runsaan 20 vuoden ajan ja vuodesta 1995 pitoisuus näyttää hieman jopa nousseen. Lylyjärven haukien nykyinen elohopeapitoisuustaso lienee runsaat kaksinkertainen arvioituun luonnontilaan nähden. Verta ja Rekolainen (1985) ovat arvioineet hauen lihaksen luonnontilaiseksi elohopeapitoisuudeksi Suomessa vesistöistä riippuen 0,05 - 0,45 mg/kg keskimääräisen tason ollessa todennäköisesti välillä 0,2 - 0,3 mg/kg.

Vuonna 2002 **Kangasjärven** seitsemän keskipainoltaan 1,4 kg näytehauen keskimääräinen elohopeapitoisuus oli 0,57 mg Hg/kg. Vuosina 1995 ja 2002 ei ns. vakiohauen pitoisuutta voitu liian suppean aineiston johdosta luotettavasti laskea. Verrattuna edellisiin vuoden 1995 tuloksiin näyttäisi siltä, että noin kilon painoisilla hauilla elohopeapitoisuus olisi hieman kasvussa: vuonna 1995 neljän 0,9 – 1,2 kg hauen keskipitoisuus oli 0,40 mg Hg/kg ja vuonna 2002 neljän 1,0 -1,4 kg hauen 0,59 mg Hg/kg. Suurimmillaan elohopeapitoisuudet ovat olleet vuonna 1981, jolloin vakiohauen pitoisuus oli 0,86 mg Hg/kg.

**Kyyveden** haukien elohopeapitoisuudet näyttävät olevan vuosien 1983 - 2002 tutkimustulosten mukaan hitaassa laskussa.

Mikkelissä 27.1.2003

Juha Tikka  
Limnologi

**KIRJALLISUUS**

- Lähteenmäki R. (toim.)1996: Hanhijärven Lylynlahteen laskevien vesireittien vesiensuojelusuunnitelma. Etelä-Savon ympäristökeskus (moniste).
- Manninen P. 1992: Järven eliöstön, lähinnä kalojen kohonneet elohopeapitoisuudet sekä pitoisuuksiin vaikuttavat tekijät (kirjallisuuskatsaus). - Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 376.
- Mikkelin seudun ympäristökeskus 1993: Kalojen elohopeapitoisuudet Mikkelin seudun vesistöissä 1993. - Mikkelin seudun ympäristökeskuksen julkaisut 4/1993.
- Mikkelin seudun ympäristökeskus 1996: Loukeisen, Lylyjärven, Kangasjärven ja Kyyveden Pullialanlahden haukien elohopeapitoisuus vuonna 1995. Mikkelin seudun ympäristökeskuksen julkaisut 5/1996.
- Verta M. 1990: Mercury in Finnish forest lakes and reservoirs: Anthropogenic contribution to the load and accumulation in fish. Publications of the Water and Environment Research Institute. National Board of Water and Environment, Finland, No 6.
- Verta M. Ja Rekolainen S. 1985: Ilmaperäisen elohopean, metsäojituksen ja tekojärvien rakentamisen vaikutus kalojen elohopeapitoisuuteen.- Vesihallituksen monistesarja Nro 320.
- Verta M., Porvari P. ja Matilainen T. 1995: Elohopean metyloituminen ja kierto boreaalisessa ekosysteemissä; valuma-alueen merkitys metyylielohopean tuottajana. - Teoksessa Saukkonen S. Ja Kenttämies K. (toim.): Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE -projektin loppuraportti.
- WHO 1990: World Health Organization. Environmental Health Criteria 101. Methylmercury. Geneva.

**Haukielohopeatutkimuksen tulokset vuonna 2002****LIITE 1**

Elohopean analyysimenetelmä SFS 5229 / 1986

**Kangasjärvi**

Haukinäytteet kalastanut Kalevi Jakonen Kangasjärvestä 12.12.2002 (erä 8) ja 17.12.2002 (erä 9)

	paino	pituus	ikä	sukupuoli	mg Hg/kg
8-1	1035	53	4+	naaras	0,64
8-2	1374	59	5+	naaras	0,53
8-3	1434	57	5+	naaras	0,43
8-4	1840	63	6+	naaras	0,57
9-1	1617	62	5+	naaras	0,56
9-2	1319	60	5+	naaras	0,5
9-3	1185	59	5+	naaras	0,77

Kalojen elohopeapitoisuus ei ylittänyt sallittua enimmäisrajaa (1 mg/kg; EY N:o 466/2001)

**Kyyvesi**

Haukinäytteet kalastanut Esko Hänninen Kyyveden Pullialanlahdesta 8.5.2002 (erä 6473) ja Kyyveden Mustikkaselältä 28.5.2002 (6481-1)

Erä 6473	paino	pituus	ikä	mg Hg/kg
6473-1	5990	101	11	1,9
6473-2	704	47	6	0,37
6473-3	687	44	5	0,35
6473-4	999	52	7	0,36
6473-5	697	48	6	0,28
6473-6	891	52	7	0,5
6473-7	456	43	5	0,34
6481-1	720	48	6	0,56

Kalanäytteen 6473-1 elohopeapitoisuus on korkea ja ylittää sallitun enimmäisrajan (1 mg/kg; EY N:o 466/2001).

**Lylyjärvi**

Haukinäytteet kalastanut Esko Marttinen Lylyjärvestä 17.5.2002 (erä 6480)

	paino	pituus	ikä	mg Hg/kg
6480-1	3050	74	10	2
6480-2	762	47	7	0,96
6480-3	852	52	7	1,4
6480-4	1180	53	7	0,84
6480-5	1707	62	8	1,1

6480-6	610	44	5	0,8
6480-7	1220	51	8	0,72
6480-8	543	43	6	0,8
6480-9	1194	56	8	1,5

Kalanäytteiden 6480-1, -3, -5 ja -9 elohopeapitoisuus on korkea ja ylittää sallitun enimmäisrajan (1 mg/kg; EY N:o 466/2001).





