

MARTIN LODENIUS

## OJITUSTEN VAIKUTUKSISTA KALOJEN ELOHOPEAPITOISUUKSIIN

### THE EFFECTS OF PEATLAND DRAINAGE ON THE MERCURY CONTENTS OF FISH

Lodenius, M. 1983: Ojitusten vaikutuksista kalojen elohopeapitoisuuksiin. (The effects of peatland drainage on the mercury contents of fish.) — Suo 34: 21—24. Helsinki.

The reasons for elevated mercury contents in lakes without any known mercury pollution are discussed and preliminary results about the effects of peatland drainage are presented. Measures increasing the humus content or the acidity of the lakes are assumed to increase the mercury contents of fish. Such measures are water regulation, ditching and drainage operations.

*M. Lodenius, Department of Environmental Science, University of Helsinki, Viikki, SF-00710 Helsinki 17, Finland.*

#### JOHDANTO

Ihmisen tärkein elohopealähde on kala ja sen vuoksi on luonnollista, että kalojen elohopeapitoisuudet ovat kiinnostaneet ei vain tutkijoita, vaan myös suurta yleisöä. Kalojen korkeiden pitoisuuksien katsottiin aikaisemmin johtuneen pelkästään elohopeapäästöistä. Korkeita elohopeapitoisuuksia on kuitenkin myöhemmin löytynyt kaloista myös saastumattomina pidetyistä vesistöistä. Suomen puunjalostusteollisuus lopetti elohopean käytön vuonna 1967 mutta kala-elohopeaongelma ei siihen loppunut. Päinvastoin viime ja tällä vuosikymmenellä on löytynyt runsaasti vesistöjä, joiden petokaloissa on epäterveellisiä määriä elohopeaa.

#### ELOHOPEAPITOISUUKSIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Tutkittaessa, mitkä vedenlaatutekijät vaikuttavat kalojen elohopeapitoisuuksiin ruotsalainen tutkija Hultberg (1978) päätyi siihen, että pitoisuudet ovat korkeimmillaan jos — pH on alhainen,

- humuspitoisuus on korkea,
- suolapitoisuus on alhainen.

Korrelaatiot happamuuden ja humuksen kanssa olivat erittäin merkitseviä (kuva 1); suolapitoisuuden vaikutusta on selitetty elohopean laimenemisena rehevien vesistöjen runsaaseen partikkelimäärään. Lisäksi on todettu, että elohopea poistuu eliöistä sitä hitaammin mitä alhaisempi lämpötila on (Ribeyre ym. 1980). Suomen kylmät, karut ja ruskeat vedet omaavat siis hyvät edellytykset korkeiden kala-elohopeapitoisuuksien muodostumiselle.

Niistä vesistöistä, joihin ei ole suoranaista elohopeapäästöjä, korkeimmat pitoisuudet on mitattu tekojärivistä. Näiden vesistöjen pitoisuuksiin näyttää vaikuttavan altaan ikä ja säännöstelyn voimakkuus sekä veden pH ja orgaanisen aineksen määrä (COD, väri, O<sub>2</sub>). Elohopeapitoisuuksien puoliintumisaikaksi on näissä tekojärvissä saatu noin 15 vuotta. pH-arvon lasku yhdellä yksiköllä tai väriarvon nousu 170 mg Pt/l nostaisi laskelmien mukaan 1 kg:n hauen elohopeapitoisuuden 0.55 mg/kg (Verta 1981, Alftan ym. 1982). Suomen tekoaltaiden petokalat ovatkin elohopean takia usein ihmisravinnoksi kelpaamattomia.

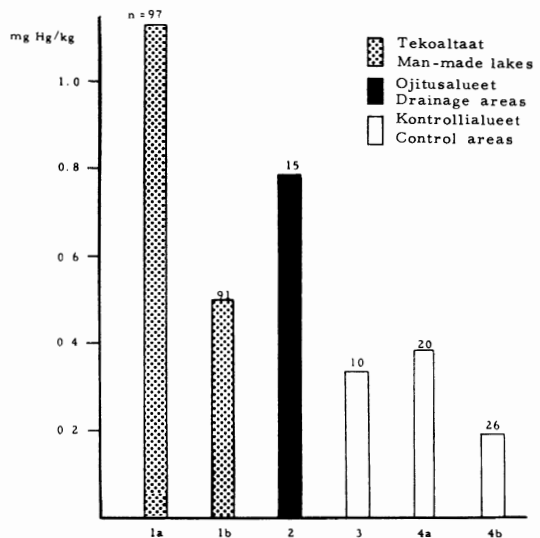
## HUMUKSEN OSUUS

Ympäristönsuojelututkimuksissa on kiinnitetty varsin vähän huomiota muihin orgaanisiin elohopeayhdisteisiin kuin metyylielohopeaan. Tiedetään kuitenkin, että elohopea hyvin herkästi liittyy orgaanisiin aineisiin sekä maaperässä että vedessä. Elohopea muodostaa kompleksiyhdisteitä humushappojen kanssa (Benes ym. 1976) ja humuksen onkin todettu lisäävän elohopean liukoisuutta (Miller 1975), Schnitzer & Kerndorff 1981). Humuksen molempien pääfraktioiden, humushappojen ja fulvohappojen, on jopa todettu aiheuttavan elohopean ei-biologista metyloitumista (Rogers 1977, Nagase ym. 1982). Humus saattaa siis monellakin tapaa vaikuttaa elohopean mobilisoitumiseen.

## OJITUSTEN VAIKUTUKSET

Suomen pinta-alasta noin 15 % on ojitettuja soita tai soistuneita kankaita. Ensimmäisten vuosien aikana ojitukset aiheuttavat voimakkaan humuskuormituksen vesistöissä (Kenttämies 1980). Lisäksi valumavedet ovat happamia vaikka pH-arvo ojituksen jälkeen nouseekin (Ramberg 1981, Sallantaus 1982). Erityisen happamia vesiä on odotettavissa jos ojitus suoritetaan alunomailla.

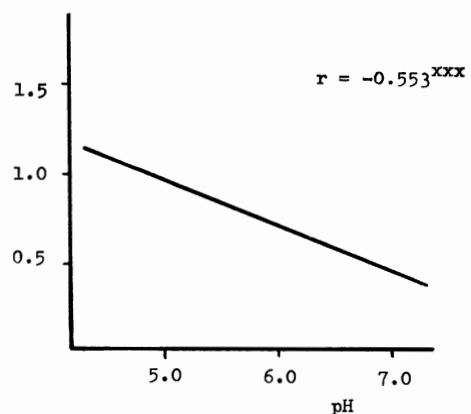
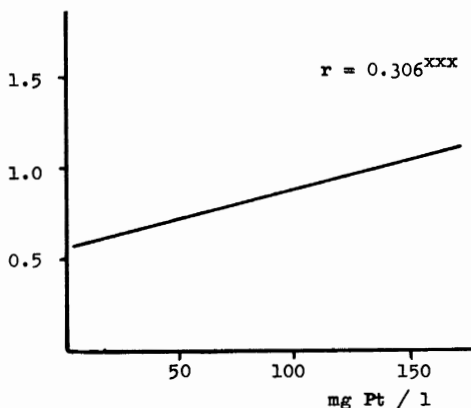
Näiden tietojen perusteella ruvettiin epäilemään, että ojitukset saattaisivat humuskuormituksen myötä kohottaa vesistöjen



Kuva 2. 1 kg:n hauen elohopeapitoisuus eri alueilla (Lodenius 1982): 1a. Etelä- ja Keski-Pohjanmaa (Verta 1981). 1 b. Pohjois-Pohjanmaa ja Lappi (Verta 1981). 2. Juupajoki, Ilomantsi ja Pielavesi (julkaisematon). 3. Uurainen, Keski-Suomi (Paasivirta ym. 1982). 4a. Ahvenanmaa, järvet (Aho 1968). 4 b. Ahvenanmaa, meri (Aho 1968).

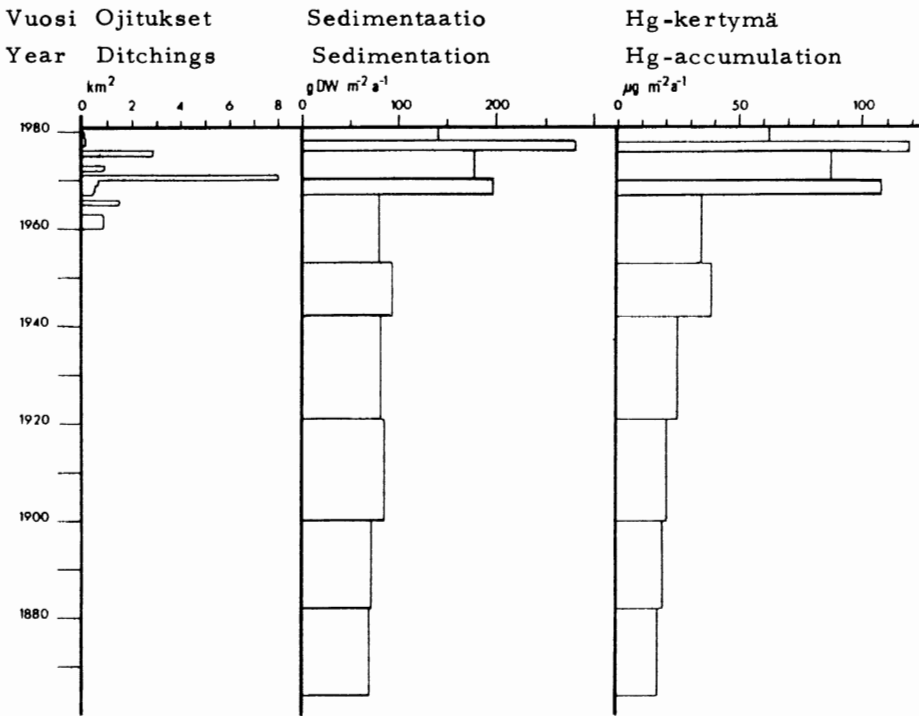
Fig. 2. Mercury content of a 1 kg pike in different areas (Lodenius 1982): 1a. South and Central Ostrobothnia (Verta 1981). 1b. North Ostrobothnia and Lapland (Verta 1981). 2. Juupajoki, Ilomantsi and Pielavesi (unpublished). 3. Lake Uurainen, Central Finland (Paasivirta et al. 1982). 4a. Åland, lakes (Aho 1968). 4b. Åland, sea (Aho 1968).

mg Hg / kg  
(1 kg *Esox lucius*)



Kuva 1. Veden värin ja happamuuden vaikutus 1 kg hauen elohopeapitoisuuteen (Hultbergin (1978) mukaan).

Fig. 1. The effect of colour and pH of the water on the mercury content of a 1 kg pike (according to Hultberg 1978).



Kuva 3. Polvijärven valuma-alueella suoritettavat ojitukset, järvisyvänteen kokonaissedimentaatio ja elohopeakertymä vuodesta 1864 vuoteen 1980 (Simola & Lodenius 1982).

Fig. 3. Ditching operations in the drainage area of Lake Polvijärvi, total sedimentation and mercury accumulation in the lake during the period 1864—1980 (Simola & Lodenius 1982).

elohopeapitoisuuksia, vaikka turpeessa onkin elohopeaa vain noin 0.1 mg/kg (Bysiek ym. 1972). Alustava vertailu 1 kg:n hauen elohopeapitoisuuksista eri alueilla vahvistaa tätä hypoteesia (kuva 2). Riittävän laajan ja vertailukelpoisen kala-aineiston saaminen on kuitenkin vaikeaa.

Pohjois-Karjalassa sijaitsevan Polvijärven valuma-alueella on suoritettu laajoja ojituksia (28 % valuma-alueen pinta-alasta), joiden vaikutuksia järveen on tutkittu sedimenttien valossa. Alueella ei ole teollisuutta ja vain vähän maataloutta. Sedimenttien kokonaiskertymässä ja elohopean sedimentaatiossa näkyy selvästi ojitusten vaikutus. Elohopeakertymän maksimi sattuu 1970-luvulle niin kuin ojitusten määräkin (kuva 3). Sedimentin elohopeapitoisuus on noin kaksinkertaistunut. Lammin Pääjärvellä, missä ojitukset järven kokoon nähden ovat olleet paljon vähäisempiä, tällaista elohopeakertymän

kasvua ei näy (Simola & Lodenius 1982). Samankaltaista nousua sen sijaan löytyy happamoituneista järivistä (Tolonen 1982, painossa).

## JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Näyttää siltä, että kaikki tekijät, jotka vapauttavat maaperän humusta vesistöihin tai lisäävät veden happamuutta tai alentavat sen trofiatasoa, voivat nostaa kalojen elohopeapitoisuuksia. Tällaisia toimenpiteitä ovat vesien säännöstely, ojitukset, perkaukset ja happamien aineiden päästöt luontoon. Näiden vaikutusten laajuudesta ei kuitenkaan ole tarkkaa kuvaa. Lisää tutkimuksia tarvitaan, jotta saataisiin tarkempi kuva elohopean liikkeistä ja mobilisoitumisesta.

- Aho, I. 1968. Förekomst av kvicksilver i åländsk gädda. *Med Håstö biol. stn* 13: 5—13.
- Alfthan, G., Järvinen, O., Pikkarainen, J. & Verta, M. 1982. Mercury and artificial water reservoirs in northern Finland. Possible ecological and health consequences. *Nordic Council Arctic Med. Res., Rep., painossa.*
- Beneš, P., Gjessing, E. T. & Steinnes, E. 1976. Interactions between humus and trace elements in fresh water. *Water Res.* 10: 711—716.
- Bysiek, M., Oertli, R., Salonen, L. & Miettinen, J. K. 1972. Combustion of peat as a source of atmospheric mercury and <sup>137</sup>Cs in Finland. *Proc. Internat. Peat Conf.* 1972, Helsinki.
- Hultberg, H. 1978. Betydelsen av pH, humus- och saltinnehåll i sjövattnen för kvicksilverförekomst i gädda. *Inst. vatten- luftvårdsforsk., dupl.* 9s.
- Kenttämies, K. 1980. Tekojärvien ominaisuuksista Suomessa. *Vesientutkimuslaitoksen julk.* 39: 13—30.
- Lodenius, M. 1982. Mobilisering och sedimentation av kvicksilver i sjöar. *Tekn. korkeakoulu, vesitekn. laitos, julk.* 26: 106—113.
- Miller, R. W. 1975. The role of humic acids in the uptake and release of mercury by freshwater sediments. *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 19: 2082—2086.
- Nagase, H., Ose, Y., Sato, T. & Ishikawa, T. 1982. Methylation of mercury by humic substances in an aquatic environment. *Sci. Total Environm.* 24: 133—142.
- Paasivirta, J., Särkkä, J., Surma-Aho, K., Humppi, T. & Marttinen, M. 1982. Organoklooriyhdisteet ja elohopea Keski-Suomen vesistöjen ravintoketjuissa 1981. *Jyväskylän yliopisto, tutkimusrap., moniste* 16 s.
- Ramberg, L. 1981. Increase in stream pH after a forest drainage. *Ambio* 10: 34—35.
- Ribeyre, F., Delarche, A. & Boudou, A. 1980. Transfer of methylmercury in a experimental freshwater trophic chain — temperature effects. *Environ. Pollut. B1:* 259—268.
- Rogers, R. D. 1977. Abiological methylation of mercury in soil. *J. Environm. Qual.* 6:463—467.
- Sallantausta, T. 1982. Turvetuotannon vaikutukset jokivesistöjen veden laatuun. *Vesihallitus, monistesarja* 112, 9 s.
- Schnitzer, M. & Kerndorff, H. 1981. Reactions of fulvic acid with metal ions. *Water, Air, Soil Pollut.* 15:97—108.
- Simola, H. & Lodenius, M. 1982. Recent increase in mercury sedimentation in a forest lake attributable to peatland drainage. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* 29: 298—305.
- Tolonen, K. & Jaakkola, T. 1983. History of lake acidification and air pollution studied from sediments in South Finland. *Ann. Bot. Fennici* 20:57—78.
- Verta, M. 1981. Tekoaltaiden kalojen elohopeapitoisuusdet v. 1980 ja arvio pitoisuuksien kehittymisestä. *Vesihallitus, tiedotus* 212: 45—73.

## SUMMARY:

## THE EFFECTS OF PEATLAND DRAINAGE ON THE MERCURY CONTENTS OF FISH

High mercury contents have been recorded in fish from lakes without any known mercury discharge. The highest concentrations have been found in man-made lakes. Low pH-value, high humus content, low bio-production and low temperature are factors enhancing the formation of high mercury contents in predatory fish. Accordingly, it may be assumed that measures influencing these water quality parameters also influence the mercury content of fish. The mean mer-

cury content in pike seems to be higher in lakes receiving waters from drained peatlands.

In the small forest lake Polvijärvi in North Karelia the sedimentation of mercury increased as a result of extensive peatland drainage. The mercury content of the sediments was doubled from the period before 1920 to late 1960's. In a control lake no increase was observed.