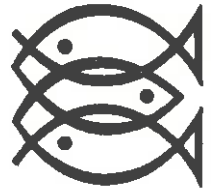
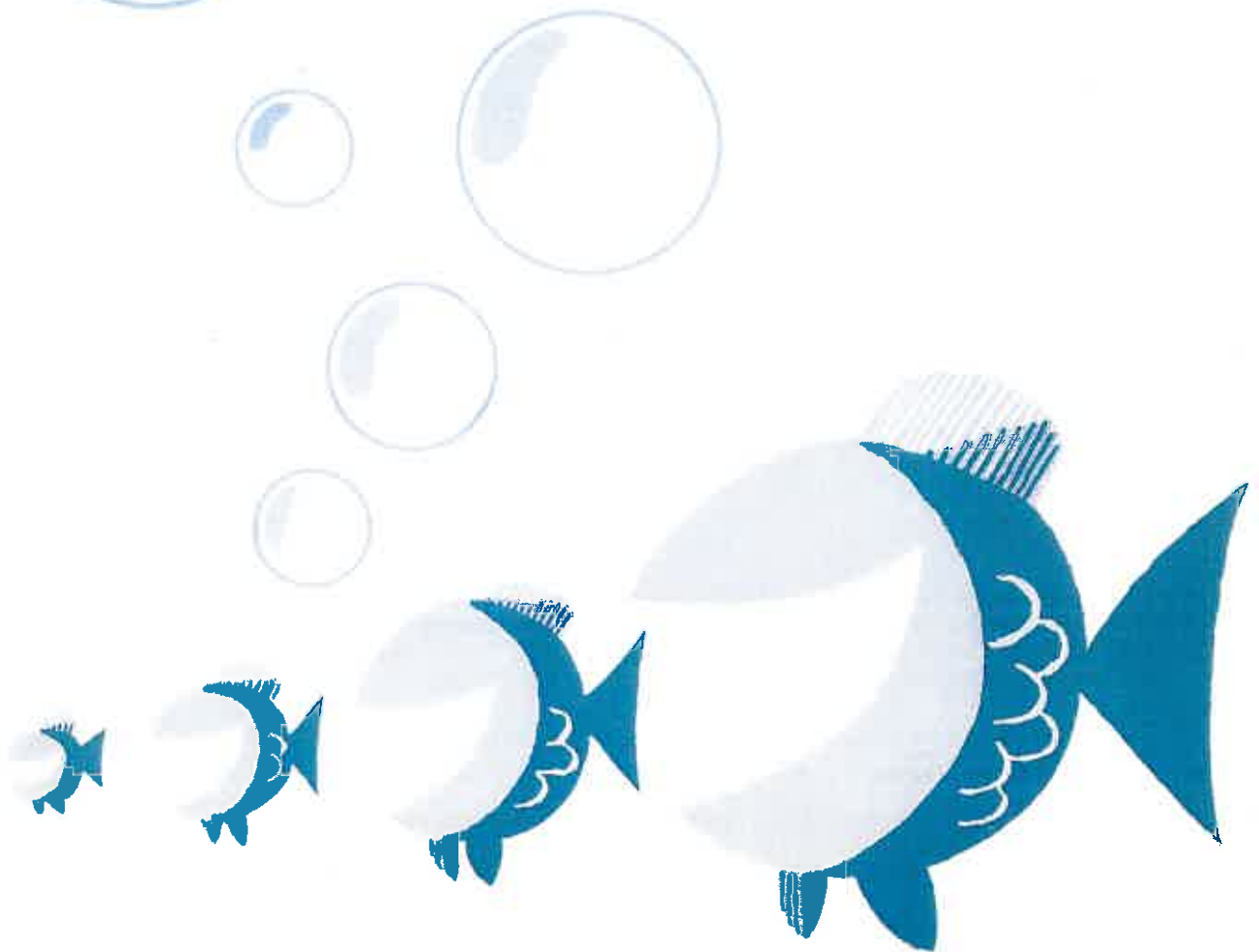


RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA- FISKUNDERSÖKNINGAR



6
1990



RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA - FISKUNDERSÖKNINGAR



Vastaava toimittaja: Eero Aro

Toimittajat: Mikael Hildén, Aimo Järvinen, Marja-Liisa Koljonen, Finn Löf, Eija Nylander, Riitta Rahkonen, Petri Suuronen, Lauri Urho ja Aune Vihervuori

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Kalantutkimusosasto
Kalanviljelyosasto
PL 202
00151 Helsinki

puh. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar sarjassa julkaistaan kalatalouteen liittyviä tutkimuksia, suunnitelmia, raportteja, selvityksiä, lausuntoja, esitelmiä sekä tutkimusten aineistoja tai muita vastaavia kirjoituksia. Julkaisukieliä ovat pääsääntöisesti suomi ja ruotsi. Kirjoitusohjeita on saatavilla Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tietopalvelussa (PL 202, 00151 Helsinki).

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen. Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan tietopalveluun.

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar on jatkoa sarjoille: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1–42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1–97), "Tiedonantoja" (no:t 1–24) ja "Meddelanden" (no:t 1–21).

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research" ja "Suomen Kalatalous".

Ansvarig redaktör: Eero Aro

Redaktörer: Mikael Hildén, Aimo Järvinen, Marja-Liisa Koljonen, Finn Löf, Eija Nylander, Riitta Rahkonen, Petri Suuronen, Lauri Urho ja Aune Vihervuori

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
Fiskeriforskningsavdelningen
Fiskodlingsavdelningen
PB 202
00151 Helsingfors

tel. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

I serien Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar publiceras undersökningar, planer, rapporter, utredningar, utlåtanden, föredrag samt forskningsmaterial eller motsvarande artiklar som behandlar fiskerihushållningen. Publikationsspråket är i huvudsak finska och svenska. Skrivinstruktioner kan erhållas från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets informationstjänst (PB 202, 00151 Helsingfors).

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer. Förfrågningar angående tidskriften bör riktas till informationstjänsten.

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar är en fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1–42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1–97), "Tiedonantoja" (nr 1–24) och "Meddelanden" (nr 1–21).

Övriga publikationsserier från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets fiskeriforskningsavdelning och fiskodlingsavdelning är "Finnish Fisheries Research" och "Suomen Kalatalous".

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 6

1990

**Vuorikemian tehtaiden jätevesien kalataloudellisista
vaikutuksista Porin edustan merialueella**
Hannu Lehtonen

**Silakoiden vaellukset Selkämerellä keväällä 1982 suoritettujen merkintöjen
perusteella**
Raimo Parmanne ja Juhani Salmi

**Silakan troolipyynnin kehittyminen Porin edustan merialueella syksyllä 1976–85
ja silakoiden kasvu, kuntokerroin ja poikasten määrä Selkämerellä**
Raimo Parmanne

**Kalastajien havaintoja pyydyksissä tapahtuneista
kalakuolemista Selkämerellä 1980-luvulla**
Hannu Lehtonen ja Aimo Järvinen

Siiian mädin sumputuskokeet Porin edustalla 1985
Aimo Järvinen ja Hannu Lehtonen

Kalojen sumputuskokeet Porin edustalla 1985
Aimo Järvinen, Hannu Lehtonen ja Göran Bylund

**Vuorikemian tehtaiden jätevesien vaikutuksista silakan
alkionkehitykseen ja poikasten elinkykyyn**
Panu Oulasvirta ja Jouko Rissanen

Helsinki 1990

ISSN 0787-8478

Helsinki 1990

Yliopistopaino

Siian mädin sumputuskokeet Porin edustalla 1985

Aimo Järvinen ja Hannu Lehtonen

1. JOHDANTO

Yhdeksi syyksi kalansaaliiden muutoksiin Porin edustalla on arveltu lisääntymisololoissa tapahtuneita haitallisia muutoksia. Alueella tavataan sekä joki- että merikutuista siikaa. Siika on silakan ja lohen ohella taloudellisesti merkittävin saalislaji alueella. Mainituista lajeista Vuorikemian jätevesien vaikutus-alueella lisääntyvät silakka ja siika. Lohen lisääntymisalueet ovat joissa, vaikka nykyisin suurin osa saaliista onkin peräisin istutetuista kaloista. Suurin osa siikasaaliista koostuu perinteisesti Perämeren jokien vaellussiioista. Merikutuinen siika on tutkimusalueella kutenut mm. Kuuminaisten niemen molemmin puolin, Outoorin tienoilla, Munakarissa, Enskerissä sekä Ahlaisten saaristossa (Lehtonen 1976).

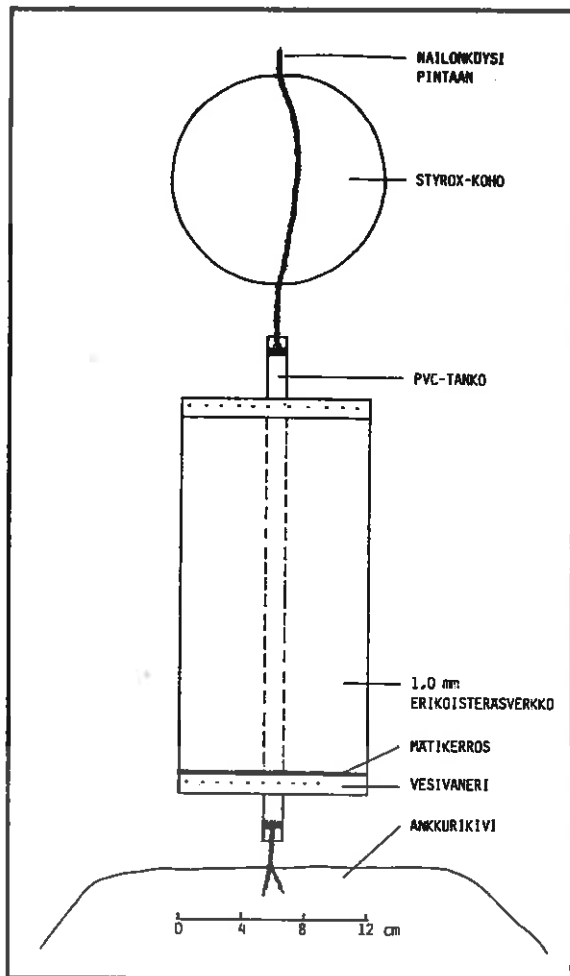
Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, kuinka suurella alueella Porin Vuorikemian titaanidioksiditehtaiden jätevedet saattavat vaikuttaa siian mädin kehittymiseen ja poikasten elinkelpoisuuteen.

2. MENETELMÄT

Mädin sumputusta varten valmistettiin haponkestävästä teräsverkosta (silmäharvuus 1,0 mm), vesivanerista ja PVC-putkesta kuvan 1 mukaisia sumppuja, sisätilavuudeltaan 120 x 120 x 230 mm.

Koska merialueen siikojen mätiä ei ollut saatavissa, noudettiin sumputukseen tarvittava mäti Köyliön kalanviljelylaitokselta sumputusta edeltävänä päivänä. Mäti oli muutamaa vuorokautta aikaisemmin lypsetty ja hedelmöitetty Säskylän Pyhäjärvestä pyydyistä siioista. Mäti (n. 1 l) kuljetettiin muovipussissa (kuljetusaika n. 2 h) ja kaadettiin happikuplitettuun, merivettä sisältävään saaviin sumputusta odottamaan.

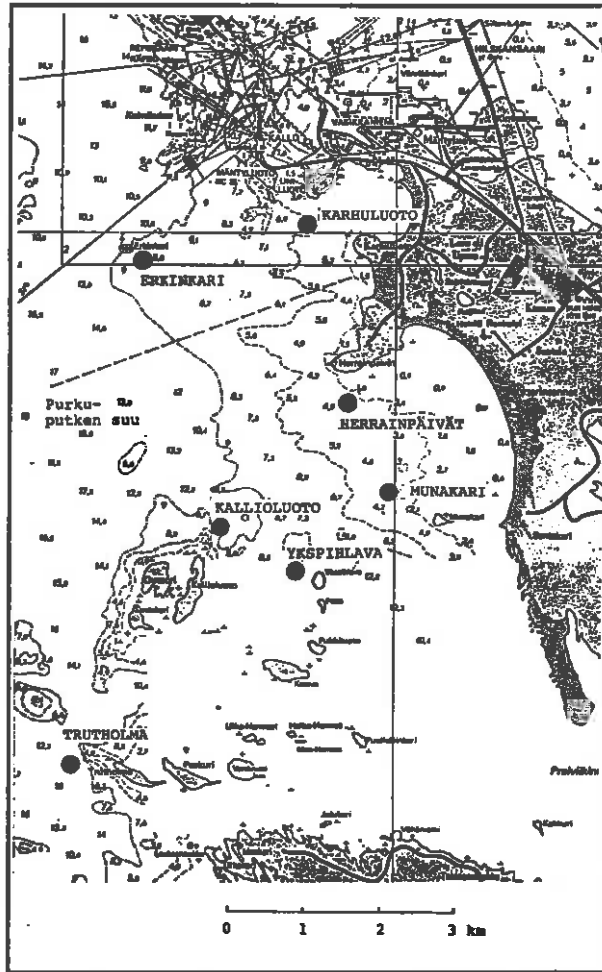
Mätiä mitattiin kuhunkin sumppuun n. 70 ml. Sumput sijoitettiin veneessä happikuplitettuun kuljetusastiaan.



Kuva 1. Mätisumpun rakenne.

Sumppuja laskettiin 1.11.1985 mereen 13 kpl, 5 - 10 m syvyiseen veteen. Sumput ankkuroitiin kivellä siten, että sumpun pohja asettui n. 10 - 20 cm korkeudelle merenpohjasta. Löydettyjen sumppujen sijainti on merkitty kuvaan 2.

Sumpuista löydettiin 3.12. 7 kpl. Ne laitettiin merivedellä täytettyihin saaveihin, josta ne maissa siirrettiin happikupli-tettuun kuljetusastiaan. Sumput vietiin Harjavallan voimalaitok-sen yhteydessä olevaan hautomoon, jossa kustakin sumpusta otet-tiin n. 300 400 mätimunaa näyte. Näytteet fiksoitiin etikkahappo-formaliiniliuoksella Braumin (1978) ohjeen mukaisesti ja säilöt-tiin puskuroituun formaliiniin. Vastaavalla tavalla otettiin mädistä näyte sumputuspäivänä. Hautoutuvasta mädistä otettiin uudet näytteet hautomossa 16.1.1986.



Kuva 2. Mäntymäen sumputuspaikat. Mittakaava 1:100 000.

Mäntymäen näytteet tutkittiin binokulaarimikroskoopilla. Sumpunkoh-
taiset 300 - 400 munan näytteet laskettiin ja luokiteltiin
toisistaan erottuviin ryhmiin. Mäntymäen värjätettiin kaliumfer-
rosyanidilla (1-% liuos 1 N HCl:ssä) niihin mahdollisesti ker-
tyneen III-arvoisen raudan osoittamiseksi.

3. TULOKSET

Alueella harjoitettu siian ajoverkkopyynti ja aikainen jäiden
tulo aiheuttivat sen, että sumpusta löydettiin 3.12. vain
puolet. Tällöin Kallioluodon sumpu (piste 6) oli kauttaaltaan
ruosteen ruskea. Karhuluodon (piste 2) ja Ykspihlajan (piste 5)

sumppuihin ruostetta oli kertynyt jonkin verran.

4.12. otetussa näytteessä havaittiin mädin kehittyneen silmäpisteasteelle. Munat erottuivat laskettaessa kolmeen ryhmään: 1) kirkkaat, morfologisesti virheettömät; 2) opaakit 1. sameat, kuitenkin elävät; ja 3) hedelmöitymättömät, selvästi kuolleet, osa homeen peitossa. Erot ryhmien välillä olivat varsin selvät. Taulukossa 1 esitetään näytteiden jakautuminen eri ryhmiin sumputuspisteittäin.

Taulukko 1. Mätimunien jakautuminen ryhmiin 1 - 3 (ks. teksti).
4.12.1985 otetuissa sumputusnäytteissä sekä 1.11.1985 otetussa
sumputtamattoman mädin näytteessä.

nro	sumputuspiste	%osuus eri ryhmissä		
		1	2	3
0	mäti sumputus- päivänä 1.11.	97,0	0	3,0
1	Erkinkari	20,3	53,9	25,8
2	Karhuluoto	16,2	80,2	3,6
3	Herrainpäivät	45,4	51,7	2,9
4	Munakari	61,7	17,2	21,1
5	Ykspihlava	81,0	3,3	15,7
6	Kallioluoto	81,2	14,0	4,8
7	Trutholma	78,1	5,3	16,6

Mätimunien preparointi sekä värjäys kaliumferrosyanidilla osoitti selvän eron ryhmien 1 ja 2 välillä. Morfologisesti virheettömissä munissa (ryhmä 1) vain ruskuainen värjäytyi lievästi rautaposiitiivisesti, mutta opaakeissa munissa (ryhmä 2) kuoren ja ruskuaisen välissä oleva valkuaisneste oli muuttunut vahvasti rautaposiitiiviseksi hyytelöksi. Alkiot olivat keskimäärin pienipäisempiä ja lyhyempiä, eivätkä ympäröineet ruskuaista yhtä säännöllisesti kuin 1-ryhmän alkiot.

1- ja 2-ryhmän mätimunien rautavärjäytymisen intensiivisyydessä ei havaittu mainittavia eroja sumputuspisteittäin.

16.1. otetut näytteet eivät olleet enää kvantitatiivisesti

tulkittavissa, koska malakiittivihreäkylvetyksistä huolimatta vesihome oli päässyt pahasti pesiytymään mätiin. Kuitenkin ilmeni selvästi, että 2-ryhmään laskettuja opaakkeja munia ei ollut lainkaan hengissä. 1-ryhmän munissa sekä itse alkio että munan kuori värjäytyivät nyt rautaposiitivisesti, mutta kuori oli säilynyt kirkkaana.

Sumppujen laskun yhteydessä otetusta mätinäytteestä ei rautaa ollut käytetyllä menetelmällä osoitettavissa. 16.1. otettu muutaman munan näyte Harjavallassa hedelmöityksestä asti haudotusta siian mädistä värjäytyi erittäin lievästi rautaposiitivisesti, ilmeisesti Kokemäenjoen veden sisältämän raudan vaikutuksesta. Kaikki sumputusmätinäytteet värjäytyivät tätä selvästi intensiivisemmin.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Siian mädin sumputuskokeista Porin edustalla ovat aiemmin raportoineet mm. Lehtonen (1976) ja Vuorinen (1979). Lehtonen (1976) havaitsi vuonna 1974 mädin värissä selvän gradientin etäisyyden mukaan (purkuputken suu: erittäin ruskea - Outoorista 2 km lounaaseen: vaalean ruskea - Enskeri: hyvin vaalea).

Vuorisen (1979) raportoimassa tutkimuksessa mätiä sumputettiin joulukuussa 1977. Kontrollisumputusta (Kuivalahti, n. 30 km Vuorikemian purkuputkesta etelään) suurempia kuolleisuuksia (yli 30 %) esiintyi purkuputkesta 8 km etäisyydellä pohjoisessa ja 3 km etäisyydellä etelässä. Sumpuissa oli rautasakkaa pohjoisessa yhden, etelässä 3 km etäisyydellä.

Tässä tutkimuksessa (taulukko 1) kuolleisuus oli suurin (ryhmät 2 ja 3) Erkinkarin ja Karhuluodon pisteissä. Kuolleisuus oli pienempi Herrainpäivillä ja Munakarilla, ja asettui 20 % tasolle Ykspihlajassa, Kallioluodossa ja Trutholmassa, 3 - 5 km päässä purkuputkesta eteläkaakkoon. Kuolleisuus vastasi Vuorisen (1979) ilmoittamaa kontrollikuolleisuutta.

Titaanidioksiditeollisuuden jätevesien vaikutuksesta kalojen mätiin ovat tuloksia julkaisseet Kinne ja Rosenthal (1967). He altistivat sillin mätiä jätevedelle, jonka rikkihappopitoisuus on noin 5-kertainen ja rautasulfaattipitoisuus noin 3-kertainen Vuorikemian jäteveteen verrattuna. Jätevesi oli mädille ja poikasille vaarallista laimennokseen 1:32 000 saakka. Vaurioille herkimvät vaiheet olivat hedelmöityminen, kuoriutumisen ja varhainen toukkavaihe. Kun vastakuoriutuneita, terveitä poikasia siirrettiin jäteveden eri laimennoksiin, haittavaikutuksia havaittiin pitoisuuteen 1:16 000 asti.

Rosenthal (1971) on tutkinut alumiiniteollisuuden jätteen, ferrihydroksidipitoisen 'punaisen mudan' vaikutusta sillin alkioihin ja poikasiin. Ferrihydroksidipartikkelien todettiin tarttuvan munan pintaan, muodostaen lähes säännöllisen kerroksen, joka mahdollisesti vaikutti kaasujen ja muiden aineiden vaihtoon munan ja ympäristön välillä. Konsentraation kasvaessa alkionkehitys hidastui ja kuoriutuvan poikasen pituus aleni. Ruuansulatuskanavaan joutuneet partikkelit haittasivat ravinnonottoa.

Smith ja Sykora (1976) tutkivat kalkilla neutraloidun rautahydroksidisuspension (pH 8,0 - 8,1) vaikutusta puronieriän ja hopealohen mätiin ja poikasiin. Pitoisuudella 12 mg Fe/l ei ollut vaikutusta kuoriutumisen onnistumiseen, mutta myöhemmät kehitysvaiheet olivat herkempiä. Hopealohen poikasille todennäköisesti haitattomaksi pitoisuudeksi arvioitiin alle 1,0 mg/l. Munien kuoreen kehittyi havaittavasti opaakki kalvo, minkä tekijät arvelivat johtuvan adsorboituneesta ferrihydroksidista.

Kalan mädille aiheutuu haittaa, kun pH-arvo laskee alle 4,0 - 5,0:n, lajista riippuen, ja raudan on todettu lisäävän alhaisen pH:n haittavaikutusta (EIFAC 1968). Beamishin ym. (1975) mukaan amerikanmuikun mäti tuhoutuu pH:n laskiessa arvoon 4,7. Schäperclausin (1954) mukaan taimenen mädin letaaliraja on pH 4,8, mutta veden korkea rautapitoisuus saattaa kuitenkin nostaa sen pH 5,5:en.

Koko tutkimusalueella, joka kattaa sumputuspisteet 1-7, ovat suurimmat havaitut pohjanläheisen vesikerroksen rautapitoisuudet olleet vähintään 2 mg/l ja alhaisimmat pH-arvot alle 6,8 vuosina 1970 - 1978 (Häkkiä 1981).

Tässä tutkimuksessa sumputuspisteissä vallinnut rautapitoisuus ei selittäne mädin kuolleisuudessa ja eri ryhmiin jakautumisessa havaittuja eroja, koska esimerkiksi Kallioluodossa olleessa sumpussa, joka oli ainoa selvästi ruosteinen, todettiin pienin kuolleisuus. Onkin mahdollista, että jokin muu tekijä, esimerkiksi alhaisen pH:n tai raskasmetallien vaikutus, on aiheuttanut muutoksen mätimunän kuoren raudan läpäisevyydessä, koska ero kirkkaiden ja opaakkien munien rautapitoisuudessa ja rakenteessa on varsin jyrkkä. Opaakkien munien osuus pienenee selvästi etäisyyden purkupuutkesta kasvaessa.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan olettaa erityisesti 2-ryhmään laskettujen, opaakkien ja runsaasti rautaa sisältävien mätimunien indikoivan Vuorikemian jätevesien vaikutusta. Trutholmassa näiden osuus oli jo varsin pieni (5,3 %), joten tämä piste sijainnee mädille selvästi toksisen vaikutusalueen eteläisillä rajoilla (5 km purkupuutkesta). Mm. Kaijakariin ja Enskeriin sijoitettujen sumppujen katoamisen vuoksi toksisen vaikutusalueen raja pohjoisessa jäi selvittämättä, mutta aikaisemmat tutkimukset (Vuorinen 1979) viittaavat siihen, että jäteveden vaikutus mätiin ulottuu pohjoisessa kauemmaksi kuin etelässä.

Verrattuna aikaisempiin tutkimuksiin ei mädille haitallisen alueen laajuudessa voida havaita muutoksia. Luonnossa siian mäti on kuitenkin jäteveden vaikutukselle alttiina huomattavasti pidemmän ajan kuin sumputuskokeissa. Koska tässä tutkimuksessa myös 1-ryhmään laskettuihin, morfologisesti normaaleihin mätimuniin oli selvästi kertynyt rautaa (ja todennäköisesti muita raskasmetalleja) myös kaukaisimmassa pisteessä (Trutholma), on

siian mädin ja poikasten kehityksen häiriintyminen todennäköistä edellämainittua aluetta laajemmalla alueella eli yli 5 km päässä purkupuutkesta etelään ja tätä kauempana pohjoisessa.

KIRJALLISUUS

- Beamish, R. ym. 1975. Long-term acidification of a lake and resulting effects on fishes. *Ambio* 4(2), p. 98-102.
- Braum, E. 1978. The eggs and larval phase. In: *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. IBP Handbook No. 3. Ed. T. Bagenal. 3 ed. Bristol. 365 p.
- EIFAC 1968. Water quality criteria for European freshwater fish. Report for extreme pH values and inland fisheries. Roma. EIFAC Technical Paper 4.
- Häkkilä, K. 1981. Vuorikemian titaanidioksiditehtaiden jätevedet Porin edustan merialueella. Turun vesipiirin vesitoimisto. Vesihallituksen monistesarja 1981:84. 65 s. + 4 liitettä.
- Kinne, O. & Rosenthal, H. 1967. Effects of sulfuric water pollutants on fertilization, embryonic development and larvae of the herring, *Clupea harengus*. *Mar. Biol.* 1(1), p. 65-83.
- Lehtonen, H. 1976. Tutkimus Kemira Oy:n Porin tehtaiden kalataloudellisista vaikutuksista sekä kalataloudellinen tarkkailu- ja hoitosuunnitelma. Helsinki. RKTL, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 6. 292 s.
- Rosenthal, H. 1971. Wirkungen von "Rotschlamm" auf Embryonen und Larven des Herings *Clupea harengus*. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 22, S. 366-376.
- Schäperclaus, W. 1954. *Fischkrankheiten*. 3. Ed. Berlin.
- Smith, E.J & Sykora, J.L. 1976. Early developmental effects of lime-neutralized iron hydroxide suspensions on brook trout and coho salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.* 105, p. 308-312.
- Vuorinen, I. 1979. Kemira Oy:n Vuorikemian tehtaiden sekä Länsirannikon Voima Oy:n kalataloudellinen yhteistarkkailu 1977 ja 1979. Tampere. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys r.y., julkaisu n:o 106. 49 s. + 4 liitettä.