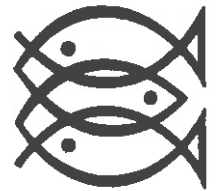
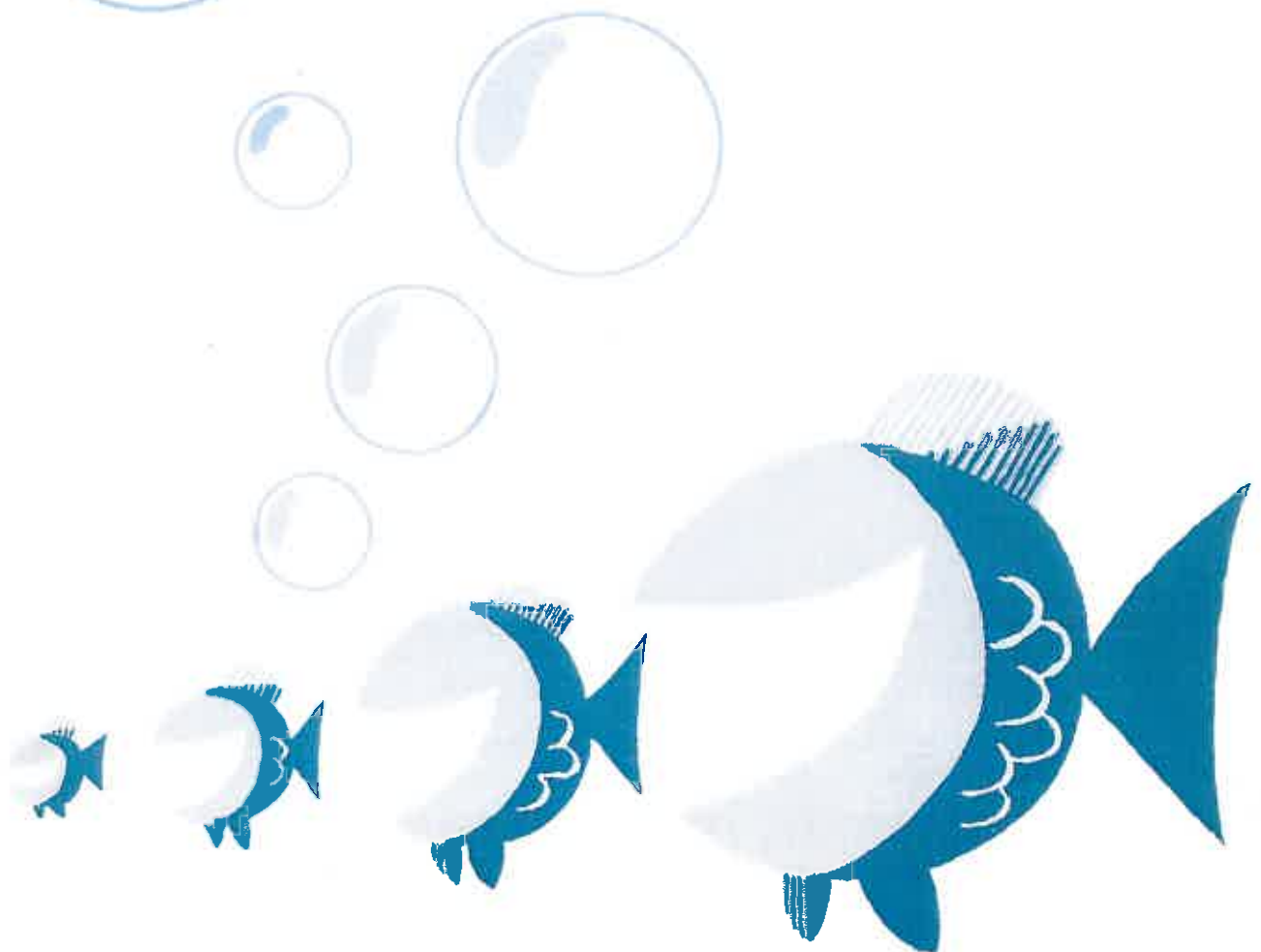


RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

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. Julkaisukielenä 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. Publikationsspråken 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**

**Siian 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

Kalojen sumputuskokeet Porin edustalla 1985

Aimo Järvinen, Hannu Lehtonen ja Göran Bylund¹

1) Åbo Akademi, Parasitologian laitos, Porthaninkatu 3, 20500 Turku

1. JOHDANTO

Kemira Oy:n Vuorikemian tehtaiden kalataloudellisia vaikutuksia Porin edustalla koskevia tutkimuksia on tehty 1970- ja 1980-luvuilla useaan otteeseen, ja niiden perusteella on voitu määrittää alue, jolla haitallisia vaikutuksia esiintyy säännöllisesti. Yksi selvimmin havaittavista vaikutuksista on kalojen kuoleminen ja hajoaminen vedessä oleviin pyydyksiin. "Keittyneen" kalan esiintyminen pyydyksessä on merkinä väkevästä jätevedestä.

Vesinäytteenotolla ei tietoja kaloille haitallisista jätevesipitoisuuksista saada kovinkaan todennäköisesti, koska jäteveden esiintyminen tietyllä paikalla on riippuvainen vallitsevista virtauksista, ja tilanne saattaa olla hyvinkin nopeasti ohimenevä. Kalojen kannalta kuitenkin ääriarvoilla on oleellisin merkitys, ja nopeasti ohimenevä haitallinen jätevesipitoisuus jättää merkkinsä kaloihin ja pyydyksiin, vaikka vesinäytteissä ei poikkeuksellisia pitoisuuksia havaittaisikaan.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, esiintyykö aluevesirajan läheisyydessä ja sen ulkopuolella sumputetuissa kaloissa jäteveden aiheuttamia haittoja. Aikaisemmat sumputuskokeet on tehty lähempänä jätevesien purkupaikkaa.

2. MENETELMÄT

Sumputuksessa käytettyjen pyöreiden sumppujen halkaisija oli n. 80 cm ja suurin korkeus n. 130 cm. Havaksen solmuväli oli 9 mm. Sumput ankkuroitiin pohjaan kivellä ja 7 kg painoisella rauta-ankkurilla, siten että sumputettavat kalat saattoivat liikkua n. 10 - 140 cm korkeudella pohjasta. Sumppua kannatti styroxista tai PVC-muovista valmistettu koho.

Sumputus tehtiin kolmeen kertaan 19.6. - 11.11.1985 välisenä aikana. Sumputuspaikat on merkitty kartalle kuvissa 2 - 4.

Ensimmäisellä kerralla sumput laskettiin 19.6., tarkastettiin 25.6. ja nostettiin pois 12.7. Kuhunkin sumppuun sijoitettiin 10 kpl 2-vuotiaita kirjolohen poikasia, pituudeltaan 15 - 25 cm. Kalat tuotiin kuljetusautolla Köyliön kalanviljelylaitoksesta sumputuspäivän aamuna. Sumput vietiin paikoilleen troolarilla, jossa kalat olivat hapetetussa kuljetusastiassa. 25.6. sumppuja tarkastettaessa kuolleena löydetyt kalat säilöttiin alkoholiin. Sumputuksen päättyessä elossa olleet kalat säilöttiin puskuroituun formaliiniin, ja kuolleet alkoholiin.

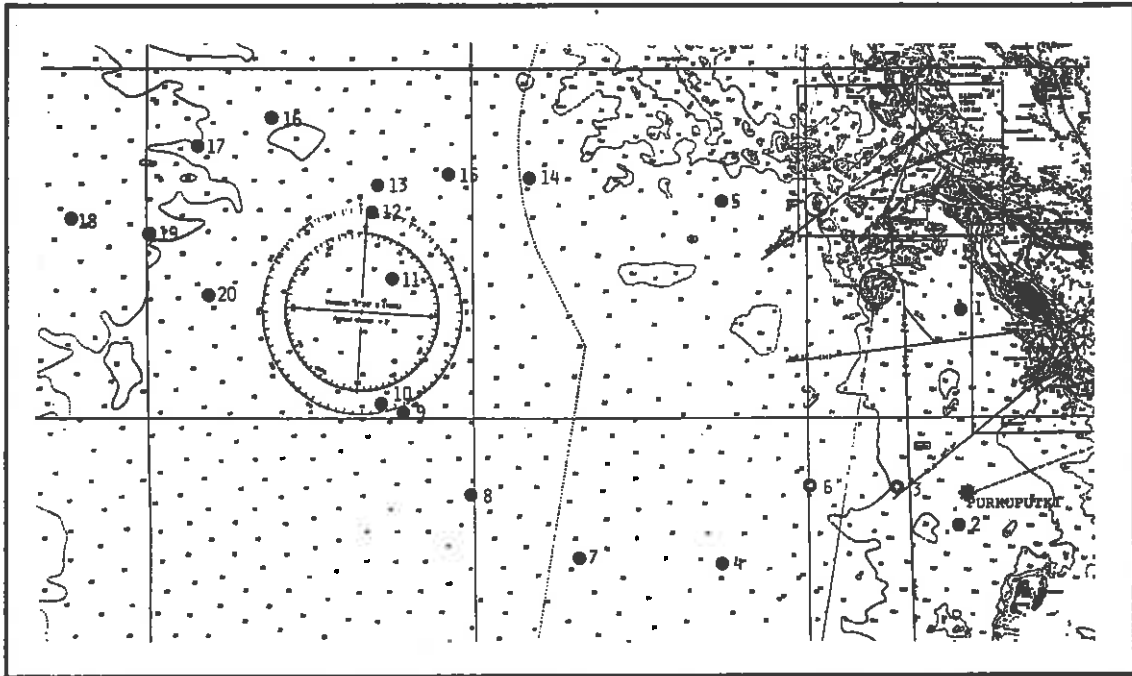
Toisella kerralla sumput laskettiin 28.8., tarkastettiin 6.9. ja nostettiin pois 12.9. Kuhunkin sumppuun laitettiin 5 kirjolohta ja 5 kampelaa. Kirjoloheet noudettiin Köyliön kvl:stä sumputuspäivän aamuna muovipusseissa ja sijoitettiin troolarissa hapetettuun kuljetusastiaan. Veteen lisättiin suolaa. Kampelat oli pyydetty muutamaa päivää aiemmin Viasvedenlahdelta ja niiden pituus oli 12 - 30 cm. Näytteiden kenttäkäsittely tehtiin kuten edellä.

Kolmannella kerralla sumput laskettiin 15.10 ja nostettiin 11.11. Sumputuksessa käytettiin vain kirjolohia, 10 kpl sumppua kohden. Kalat olivat koko kuljetusajan muovipusseissa, jonka veteen oli lisätty suolaa. Näytteiden kenttäkäsittely tehtiin kuten edellä.

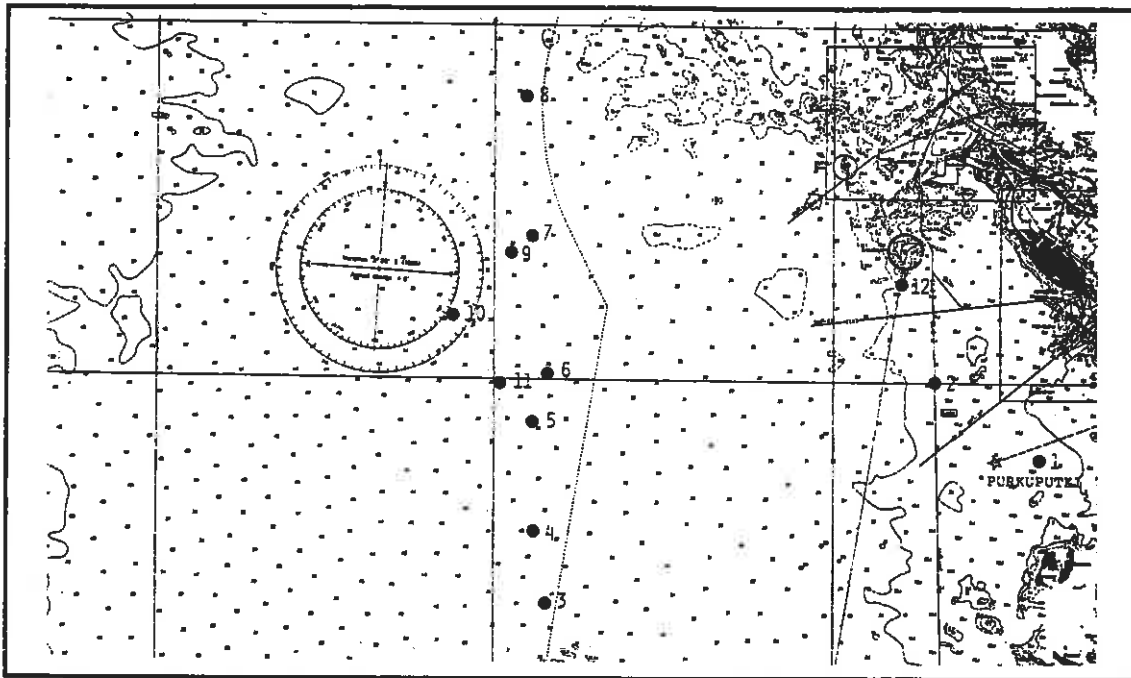
Säilöttyjä näytteitä tarkasteltiin ja valokuvattiin binokulaari-mikroskoopilla. Kudokspaleita värjättiin kaliumferrosyanidilla

3-arvoisen raudan osoittamiseksi (1-% liuos 1 N HCL:ssa). Vertailuna värjättiin näytteitä Tahkoluodossa verkkokasseissa kasvatetuista lohismolteista.

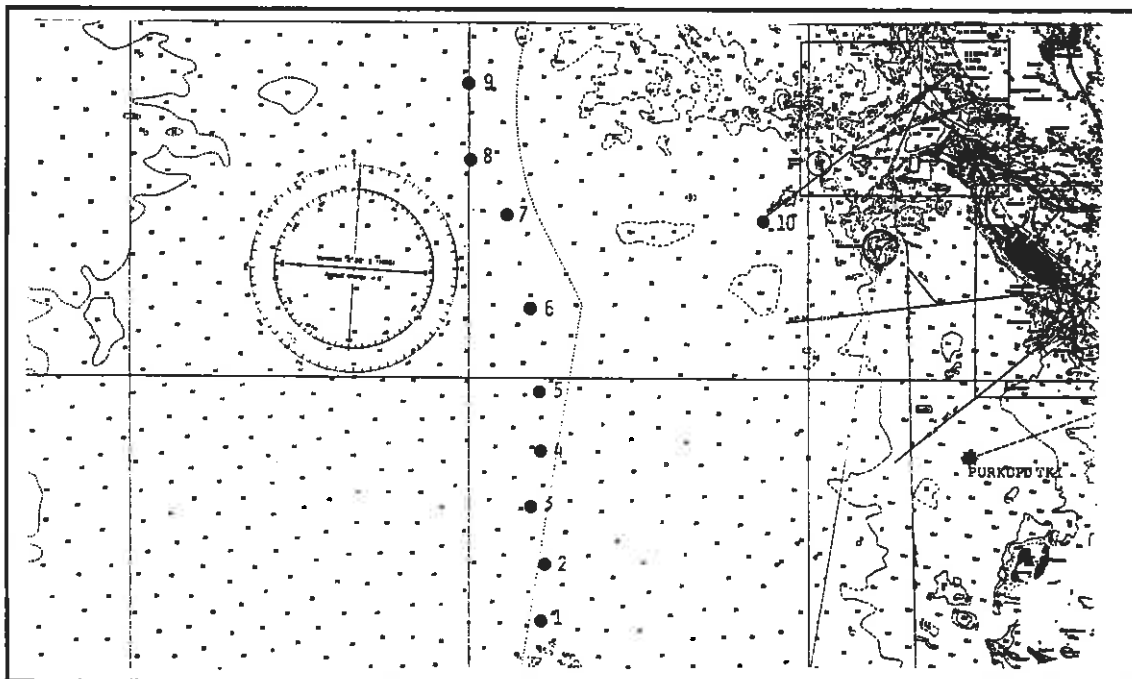
Kalojen kudoksista valmistettiin myös histologisia leikkeitä käyttäen rutiinimenetelmiä.



Kuva 1. Sumputuspaikat 19.6. - 10.7.1986. Mittakaava 1:200 000.



Kuva 2. Sumputus pisteet 28.8. - 12.9.1986. Mittakaava 1:200 000.



Kuva 3. Sumputus pisteet 15.10 - 11.11.1986. Mittakaava 1:200 000.

3. TULOKSET

Taulukoista 1 - 3 ilmenee kalojen kuolleisuus sumputuskerroittain sekä sumputuspaikkojen syvyys, taulukossa 1 lisäksi veden lämpötila ja pH.

Kalojen kuolinsyyn määrittäminen oli useimmissa tapauksissa mahdotonta pitkien kokemisvälien vuoksi. Kauan kuolleena ollutta kalaa oli vaikea erottaa jäteveden "keittämästä" kalasta. Ensimmäisellä sumputuskerralla kalat sumpuissa 3 ja 6 (2 ja 4 km purkuputken suusta) olivat kuitenkin siinä määrin hajonneita, että ne mitä ilmeisimmin olivat kuolleet väkevään jätevetteen 25.6. - 10.7. välisenä aikana.

Käytännöllisesti katsoen kaikista sumputuskaloista voitiin värjäämällä osoittaa 3-arvoista rautaa ihon pinnalla. Elävänä säilyneet kalat värjäytyivät intensiivisemmin kuin samaan sumpuun kuolleet kalat. Pisteessä 1 (5 km purkuputkesta) 19.6.-10.7. sumputetut kirjolohet värjäytyivät intensiivisesti varsinkin evistään, ja paikoista, joissa iho oli hankautunut rikki. Pisteessä 3 (2 km purkuputkesta) vastaavana aikana sumputetuilla (ja kuolleilla) kirjolohilla myös kylkiviivan alue värjäytyi selvästi. Kalojen kiduksissa rautaa oli näihin verrattuna varsin niukasti. Noin 10 km säteellä purkuputkesta kalojen iho ja evät värjäytyivät selvästi. Sitä kauempana värjäytyminen oli niukempaa, mutta vielä etäisimmälläkin sumputuspistellä (25 km purkuputken suusta länteen) oli merkkejä raudasta havaittavissa sumputuksen aikana kuolleiden kalojen evissä. Verrokkeina käytetyistä Tahkoluodon lohismolteissa ei rautaa käytetyllä menetelmällä ollut ihon pinnalla osoitettavissa.

Histologisia leikkeitä valmistettiin kahdesta kirjolohesta (2. sumputuskerta, piste 1 lähellä purkuputkea) sekä kahdesta kirjolohesta ja kahdesta kampelasta (2. sumputuskerta, pisteet 4 ja 5 aluevesirajan ulkopuolella).

Taulukko 1. Tulokset 1. sumputuksesta 19.6. - 10.7.1985. Numero viittaa sumputuspisteeseen kuvassa 1. Lämpötila ja pH mitattu 19.6.

nro	syvyys m	lämpö- tila °C	pH	kuolleita 25.6.	kuolleita 10.7.	elossa 10.7.
1	16	2,1	7,06	1	4	5
2	-	-	-	kadonnut		
3	18	2,1	7,05	0	10	0
4	28	2,3	7,57	0	8	2
5	34	1,9	7,36	2	8	0
6	25	2,0	5,36	0	10	0
7	35	2,0	7,60	2	7	1
8	41	1,6	7,47	2	8	0
9	45	1,5	7,50	4	6	0
10	38	1,4	7,53	9	1	0
11	-	-	-	10	0	0
12	46	2,0	7,78	5	5	0
13	47	2,0	7,75	3	7	0
14	38	2,4	7,82	3	7	0
15	43	1,4	7,60	5	5	0
16	48	1,4	7,54	9	1	0
17	-	-	-	10	0	0
18	-	-	-	8	kadonnut	
19	52	1,3	7,59	10	0	0
20	-	-	-	10	0	0

Taulukko 2. Tulokset 2. sumputuksesta 28.8. - 12.9.1985. Numero viittaa sumputuspisteeseen kuvassa 2.

nro	syvyys m	kuolleita 6.9.		kuolleita 12.9.		elossa 12.9.	
		kirjo- lohi	kam- pela	kirjo- lohi	kam- pela	kirjo- lohi	kam- pela
1	15	0	0	2	0	3	5
2	10	0	0	0	0	5	5
3	40	0	1	3	1	2	3
4	38	0	0	0	1	5	4
5	36	0	0	0	0	5	5
6	37	0	0	0	0	5	5
7	27	0	5	1	0	4	0
8	41	0	3	1	0	4	2
9	28	1	1	0	2	4	2
10	38	1	3	0	0	4	2
11	37	1	4	0	0	4	1
12	16	1	4	2	0	2	1

Taulukko 3. Tulokset 3. sumputuksesta 15.10. - 11.11.1985.
Numero viittaa sumputuspisteeseen kuvassa 3.

nro	syvyys m	kuolleita 11.11.	elossa 11.11.
1	35	kadonnut	
2	40	kadonnut	
3	38	10	0
4	36	9	1
5	34	10	0
6	34	8	2
7	29	kadonnut	
8	36	9	1
9	27	kadonnut	
10	29	kadonnut	

Pisteellä 1 oli kummankin kalan kidusepiteeli lievästi turvonnut, mutta hyperplasiaa ei todettu. Kummallakin kalalla todettiin haimakudoksen atrofia, normaalia runsaammin melanomakrofageja munuaisissa ja melaniinikertymiä maksassa. Viimeksimainitut muutokset johtunevat paaston aiheuttamasta kudostataboliasta. 3-arvoista rautaa ei löydetty kiduksista eikä muistakaan kudoksista.

Pisteillä 4 ja 5 sumputetuista kirjolohista olivat toisella sekä kidukset että sisäelimet (sydän, perna) voimakkaasti vertyneet. Toisessa kalassa todettiin munuais- ja pernamuutoksia, jotka viittaavat häiriytyneeseen punasolujen muodostumiseen.

Pisteillä 4 ja 5 sumputetuista kampeloista toisella todettiin munuaismuutoksia (tubuli-epiteelin irtoaminen), jotka johtunevat paineenmuutoksesta sumpun laskun tai noston yhteydessä.

Pisteillä 4 ja 5 sumputettujen kalojen kudoksista ei voitu osoittaa 3-arvoista rautaa.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Porin edustalla tehdyistä kalojen sumputuskokeista ovat raportoineet Lehtonen (1976) ja Vuorinen (1979).

Lehtonen (1976) sumputti kirjolohia kesällä 1974, toukokuusta lokakuuhun 7 kertaa 1 viikon jaksoissa. Sumput tarkastettiin joka toinen päivä. Kuolleisuus (sumpun kaikki kalat kuolivat ainakin kerran sumputusten aikana) rajoittui n. 5 km säteelle purkupuutkesta lounaaseen - luoteeseen. Myös sumputusten rinnalla tehdyn koekalastuksen yhteydessä todettiin jäteveden vaurioittamia kaloja. Läntisin piste, jossa jätevesi oli tappanut ja hajottanut kalan, sijaitsi 12,5 km päässä purkupuutken suusta länteen, hieman aluevesirajan ulkopuolella. Kuitenkin esim. Outoorin pisteellä, n. 2 kilometriä purkupuutkesta kaakkoon, ei kaloja kuollut sumputukseen.

Vuorisen (1979) raporttoimassa tutkimuksessa sumputettiin taimeita. Elokuussa ja marraskuussa 1976 suoritetuissa sumputuksissa kaloja kuoli yhdessä sumpussa 9:stä, kilometrin päässä purkupuutken suusta länteen.

Knutzen (1983) on referoinut tutkimuksia titaanidioksiditeollisuuden jätevesien vaikutuksista kaloihin. ERCO ja ECO Research (1980) ovat raportoineet jäteveden LC50 -arvoista (96 h) kirjolohelle: ne vaihtelivat 1:600 - 1:70 (rautapitoisuus 2 - 8 mg/l), laimentamattoman jäteveden väkevyydestä riippuen. Falk ja Philips (1977) ovat mitanneet kirjolohelle turvallisesti laimennokseksi (EPC, environmentally protective concentration) 4 800 tunnin altistuksessa 1:80 000, mikä vastasi rautapitoisuutta < 0,5 mg/l.

Lehtinen (1983) on tutkinut Vuorikemian jäteveden subletaaleja vaikutuksia mm. salakalla, kampelalla, ahvenella ja kirjolohella. Neljän vuorokauden altistus laimennokselle 1:800 vaikutti vielä 24 vuorokauden kuluttua salakan tasapainokykyyn kiertovirtaustestauksessa (rotatory flow technique), mikä johtui ilmeisesti

kiduksiin adsorboituneesta sakasta. Altistus n. 1:2 700 laimennokselle aiheutti kampelalle tyypillisiä stressioireita hiilihydraattimetaboliassa ja veriarvoissa. Veden lämpötilalla todettiin olevan vaikutus kidussakan muodostumiseen ahvenella (laimennos 1:3 330): 15 °C:ssa muodostuminen oli selvästi voimakkaampaa kuin 5 °C:ssa. 5 °C:ssa kidusten limasoluihin kertyi rautaa, titaania ja kuparia, mutta 10 - 15 °C:ssa vain kuparia. Aluminiin, kromin, sinkin ja vanadiinin ei havaittu kertyvän kiduksiin, vaikka niiden pitoisuus jätevedessä on huomattavasti korkeampi kuin kuparin. Altistus laimennokselle 1:3 850 aiheutti kirjolohelle 13-15 °C:ssa tyypillisiä stressioireita, mutta 7 - 8 °C:ssa havaittiin ALA-D -entsyymiaktiivisuuden laskua, mitä voidaan pitää myrkytysvasteena.

Tässä tutkimuksessa kuolleisuus oli selvästi suurempi kuin aikaisemmissa tutkimuksissa. Syynä saattaa olla se, että sumput olivat lähempänä pohjaa kuin aiemmissa tutkimuksissa, joten kaloilla on ollut heikommat mahdollisuudet väistää pohjanläheistä jätevesikerrosta.

On kuitenkin ilmeistä, että sumputuksen käytännön toteutuksessa ilmenneet ongelmat, mm. tutkimusalukseen käyttöön liittyneet, ovat lisänneet kuolleisuutta. Tämän lisäksi mm. lämpötilan muutokset, joille kalat altistuivat kuljetuksen ja sumputuksen aikana, olivat kaikilla kerroilla suositeltua 1 °C/h) selvästi suuremmat.

Ensimmäisellä sumputuskerralla puristuivat varsinkin yli 30 metrin syvyiseen veteen sijoitettujen sumppujen styrox-valmisteiset kannatinkohot kasaan, joten pienentyneen nosteen vuoksi nämä sumput olivat todennäköisesti painuneet kasaan pohjalle. Tähän viittaa se, että kilkit olivat yleensä syöneet kuolleet kalat. Sumputusjakson päätyttyä vain kolmella, aluevesirajan sisäpuolisella pisteellä (syvyys alle 35 m) oli kaloja hengissä. Kuitenkin vain pisteillä 3 ja 6 (2 ja 4 km purkuputkesta) kalat olivat mitä ilmeisimmin kuolleet väkevään jäteveteen.

28.8. sumppuja vietäessä vallitsi ajoittain 14 m/s tuuli, jonka vuoksi kalat stressautuivat heittelehtiessään kuljetusastiassa. Tämä ilmenee taulukosta 2, jossa sumputuspisteet ovat sumppujen laskujärjestyksessä: erityisesti kampeloiden kuolleisuus 6.9. koettaessa oli sitä suurempi, mitä kauemmin kalat joutuivat odottamaan sumputusta aluksella. Kampelat olivat tosin apaattisia jo säilytyssumpussa. Kalojen kuolleisuus oli kuitenkin keskimäärin huomattavasti pienempi verrattuna edelliseen sumputuskertaan: missään pisteessä kaikki kalat eivät olleet kuolleet.

Kolmannella sumputuskerralla kalat olivat tuulisen syksyn vuoksi lähes kuukauden ajan sumpuissa tarkastamatta. Kirjolohi tosin kestää kuukauden mittaisen paaston varsin hyvin etenkin viilleän veden aikaan (Schäperclaus 1979). Sumput olivat ajelehtineet syysmyrskyjen takia jopa meripeninkulman verran alkuperäisiltä sijoituspaikoiltaan, mikä on saattanut stressata kirjolohtia.

Suolan lisääminen kuljetusveteen on pienentänyt kalojen kuljetusstressiä kahdella jälkimmäisellä kerralla. Paineenmuutoksen aiheuttamaa stressiä vähennettiin laskemalla ja nostamalla sumput hitaasti: syvimmillä pisteillä aikaa käytettiin n. 15 minuuttia. Nopea paineenmuutos osoittautui tappavaksi: sumppuun, joka jouduttiin nostamaan nopeasti ylös heti laskun jälkeen, jätettiin kolme paineenmuutokselle altistettua, evämerkittyä kirjolohta. Sumpua uudelleen koettaessa näiden havaittiin kuolleen, mutta kaikki tilalle laitettut uudet kalat olivat hengissä.

Sumputusta vertailualueella ei suoritettu, mikä luonnollisesti vaikeuttaa johtopäätösten tekoa.

Histologisessa tutkimuksessa ei todettu toksisista vaikutuksista johtuvia kudosuutoksia eikä raudan kertymistä kalojen sisäelimiin. Havaitut kudosuutokset johtunevat itse sumputuksesta ja paastosta.

Veden sisältämän raudan on yleensä - ainakin luonnonmukaisemmissa oloissa - havaittu saostuvan kiduksien emäksiselle pinnalle,

mutta tässä tutkimuksessa raudan todettiin kertyvän lähinnä eviin ja iholle. Ero saattaa johtua raudan olomuodosta, lämpötilasta ja pH:sta (vrt. edellä Lehtinen 1983).

Raudan todettiin varsinkin purkuputken lähipisteillä kertyvän myös kylkiviivan alueelle. Tämä antaa aiheutta pohtia mahdollisia sensoriepiteelin häiriöitä, joita mm. Gardner ja LaRoche (1973) ja Gardner (1975) ovat kuvanneet raskasmetallialtistusten yhteydessä. He havaitsivat esimerkiksi, että veden 0,5 mg/l kuparipitoisuus, joka ei vielä aiheuta kidus-, maksa- tai munuaisvaurioita, aiheuttaa selviä muutoksia Atlantin hopeakyljen (*Menidia menidia*) kylkiviivassa ja tuhoaa hajuepiteelin 6 tunnissa. Yleisesti haitallisina pidetyt raskasmetallit, kuten sinkki ja kadmium, eivät tässä suhteessa olleet läheskään yhtä vahingollisia. Ogilvie ja Anderson (1965) ovat puolestaan havainneet subletaalien DDT-altistuksen aiheuttavan kylkiviivahäiriöiden kautta muutoksen lohen lämpötilahakuisuudessa: useissa tapauksissa kalat kartoivat paniikinomaisesti alle 4 °C:sta vettä. Esiintyykö Vuorikemian jätevesien vaikutusalueella mahdollisesti vastaava ilmiö, mikä selittäisi sen, että silakat karkottuvat pohjanläheisestä vesikerroksesta varsinkin syksyllä? Lehtinen (1983) olettaa, että Vuorikemian jätevedet leviävät kylmän veden aikana laajalle alueelle (yli 20 km päähän) ilman että raskasmetallit saostuvat, mikä johtuu hidastuneesta reaktionopeudesta ja kasvaneesta viskositeetista alhaisessa lämpötilassa.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Väkevän jäteveden aiheuttamia kalakuolemia todettiin 4 km päässä purkuputken suusta länteen. Aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna suuresta kuolleisuudesta koko tutkimusalueella suurin osa jöh-tunee itse sumputuksen aiheuttamasta stressistä. Koko sumputus-alueella havaittu raudan kertyminen kalojen iholle, etenkin kylkiviivaan, sen sijaan antaa aihetta pohtia mahdollisesti huomattavan laajalla alueella pohjanläheisessä vesikerroksessa ilmeneviä subletaaleja haittoja, sekä fysiologisesti osoitettavia häiriöitä (Lehtinen 1983) että käyttäytymishäiriöitä, joiden osoittamiseen tässä tutkimuksessa käytetyt menetelmät eivät sovellu. Edelleen on pohdittava raudan osuutta infektiosairauk-sien puhkeamisessa (mm. Weinberg 1974), johon viitaten Dethlef-sen ja Tiews (1985) katsovat, että raudan merkitystä kalojen infektiosairauksien puhkeamisessa titaanidioksiditeollisuuden jätteiden dumpausalueella Pohjanmerellä on aliarvioitu.

Tässä tutkimuksessa ei havaittu olennaisia muutoksia jäteveden akuutisti haitallisen (tappavan) vaikutusalueen laajuudessa verrattuna aikaisempiin tutkimuksiin. Rautavärjäyksen avulla sen sijaan saatettiin osoittaa, että merkkejä Vuorikemian jätevesistä on kaloissa löydettävissä myös aluevesirajan ulkopuolella.

KIRJALLISUUS

- Dethlefsen, V. & Tiews, K. 1985. Review on the effects of pollution on marine fish life and fisheries in the North Sea. *Z. angew. Ichthyol.* 1(3), s. 97-118.
- ERCO ja ECO-Research, Ltd. 1980. Aquatic hazards evaluation for acid-iron waste waters discharged from titanium-dioxide manufacturing plants located at Varennes and Tracy, Quebec, to the St. Lawrence River. Report prepared for Canadian Titanium Pigments, Ltd. and Tioxide Canada Inc. 96 s. + liitteet. (ref. Knutzen 1983).
- Falk, L.L. & Philips, F.X. 1977. The determination of release time for ocean disposal of waste waters from manufacture of titanium dioxide. Report submitted to the Environmental Protection Agency by E.I. Du Pont de Nemours and Company, Edge Moor, Delaware. (ref. Knutzen 1983).
- Gardner, G.R. 1975. Chemically induced lesions in estuarine or marine teleosts. In: *The Pathology of Fishes*, toim. Ribelin, W.E. & Mikagi, G. Wisconsin. p. 657-693.
- Gardner, G.R. & LaRoche, G. 1973. Copper induced lesions in estuarine teleosts. *J. Fish. Res. Board Can.* 30, p. 363-368.
- Knutzen, J. 1983. A review of the effects on aquatic ecosystems of acid iron waste from the production of titanium dioxide by the sulphate process. Oslo. Norwegian Institute for Water Research. Report No. 0-82012. 72 p.
- Lehtinen, K.-J. 1983. Behaviour and biological effects of acid, industrial waste water containing heavy metals. *Acta Univ. Ups.* Abstracts of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science 693. Uppsala.
- Lehtonen, H. 1976. Tutkimus Kemira Oy:n Porin tehtaiden jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista sekä kalataloudellinen tarkkailu- ja hoitosuunnitelma. Helsinki. RKTL, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 6. 292 s.
- Ogilvie, D.M. & Anderson, J.M. 1965. Effect of DDT on temperature selection by young Atlantic salmon, *Salmo salar*. *J. Fish. Res. Board Can* 22, p. 503-512.
- Schäperclaus, W. 1979. *Fischkrankheiten*. Berlin. 1089 S.
- Weinberg, E.D. 1974. Iron and susceptibility to infectious disease. *Science* 184, p. 952-956.