

*Riitta Rabkonen Seija-Sisko Kilpelä
Marja Pasternack*

Lohikalojen paisetauti ja sen torjunta

Kirjallisuuskatsaus



RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 94

1995

Lohikalojen paisetauti ja sen torjunta
Kirjallisuuskatsaus

Riitta Rahkonen, Seija-Sisko Kilpelä ja Marja Pasternack

Helsinki 1995

Vastaava toimittaja: Lauri Urho

Kansi: Nuketettujen nieriöiden rokotus ASA-tautia vastaan RKTL:n Sarmijärven kalanviljelylaitoksella (Kuva: Ari Kauttu)

Kirjoittajat ovat vastuussa kirjoituksensa sisällöstä, eikä se välttämättä edusta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen virallista kantaa.

ISBN 951-776-011-6

ISSN 0787-8478

Painatuskeskus Oy

Helsinki 1995

Rahkonen, R.; Kilpelä, S.-S.; Pasternack, M.

Lohikalojen paisetauti ja sen torjunta. Kirjallisuuskatsaus.

Kirjallisuuskatsaus

Paisetaudin torjuntastrategiat (313150)

Kirjallisuuskatsaukseen on koottu keskeistä tietoa paisetaudista ja sen aiheuttajasta, *Aeromonas salmonicida* ssp. *salmonicida* -bakteerista sekä taudin torjunnasta. Paisetautia esiintyy kaikkialla maailmassa, missä lohikaloja viljellään. Sairastumiseen vaikuttavat mm. bakteerien määrä ja tyyppi, veden lämpötila ja stressitekijät. Suomessa paisetautia on esiintynyt vuodesta 1986 lähtien. Sairaot ja kuolleet kalat tuottavat suunnattomia määriä bakteeria veteen, jossa bakteeri kykenee selviämään pitkiä aikoja, kuten myös pohjamudassa, kalanviljelyvälineissä ja mm. eläinplanktonissa. Tauti on levinnyt pääasiassa oireettomien, bakteeria kantavien kalojen mukana. Paisetaudin torjunnassa ovat viljelyolosuhteet keskeisessä asemassa. Tehokkaita öljypohjaisia immunoisoivia rokotteita on otettu käyttöön Norjassa 1990-luvulla, ja tulokset ovat olleet hyvin lupaavia. Suomessa ensimmäiset kokeilut aloitettiin 1993. Myös puolustusjärjestelmää aktivoivat immunostimulantit sekä vastustuskyvyn parantaminen jalostuksen keinoin ovat tutkimuksen kohteina. Puhjennutta tautia hoidetaan yleensä lääkkeillä. *A. salmonicida* kehittää kuitenkin nopeasti lääkeaineille resistenttejä kantoja, ja lääkinnässä on muitakin ongelmia, mm. huono imeytyvyys kalaan. Toimivan ennaltaehkäisyn myötä lääkkeiden tarve tulee vähenemään, mikä auttaa kalanviljelyä myönteisemmän imagon rakentamisessa.

Paisetauti, *Aeromonas salmonicida*, leviäminen, ennaltaehkäisy, hoito

Kalantutkimuksia - Fiskundersökningar 94

951-776-011-6

0787-8478

47 s.

suomi

50 mk

Julkinen

Painatuskeskus Oy

Riista- ja Kalatalouden tutkimuslaitos

Valtikka

PL 202

Annankatu 44

00151 Helsinki

00100 Helsinki

Puh. (90) 566 0566 Fax (90) 566 0570

Puh. (90) 228 811 Fax (90) 631 513

Rahkonen, R.; Kilpelä, S.-S.; Pasternack, M.

Furunkulos hos laxfiskar och bekämpning av den. Litteraturoversikt.

Litteraturoversikt

Bekämpningsstrategier för furunkulos (313150)

I litteraturoversikten sammanställs den viktigaste kunskapen om furunkulos och dess orsak, bakterien *Aeromonas salmonicida* ssp. *salmonicida*, samt om bekämpningen av sjukdomen. Furunkulos förekommer i laxfiskodlingar över hela världen. Angreppens styrka beror på bl.a. bakteriernas antal och typ, vattentemperaturen och på olika stressfaktorer. I Finland har furunkulosen förekommit sedan 1986. Sjuka och döende fiskar avger enorma mängder bakterier i vattnet där bakterierna kan leva vidare under långa tider. Bakterierna överlever också i bottendyn, på odlingsredskapen och t.ex. på djurplankton. Sjukdomen sprider sig huvudsakligen med symptomfria bakteriebärande fiskar. Odlingsförhållandena är av central betydelse för bekämpningen. Under 1990-talet har man i Norge tagit ibruk effektiva oljebaserade immuniserande vacciner, och resultaten har varit mycket lovande. De första finländska försöken började 1993. Man undersöker även immunostimulanter som aktiverar kroppens försvarssystem, samt möjligheterna att förädlingsvägen förbättra motståndskraften. Då sjukdomen brutit ut behandlas den i allmänhet med mediciner. *A. salmonicida* utvecklar dock snabbt stammar som är resistenta mot läkemedlen och medicineringen är också förknippad med andra problem, bl.a. svårigheten att få fisken att ta upp medicinerna. I och med att man får till stånd en fungerande preventiv vård kommer behovet av mediciner att minska och fiskodlingens image förbättras.

Furunkulos, *Aeromonas salmonicida*, spridning, prevention, vård

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 94

951-776-011-6

0787-8478

47 s.

Finska

FM 50

Offentlig

Tryckericentralen Ab

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

Valtikka

PB 202

Annegatan 44

00151 Helsinki

00100 Helsingfors

Tel. (90) 566 0566 Fax (90) 566 0570

Tel. (90) 228 811 Fax (90) 631 513

Published by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Date of Publication

June 1995

Author(s)

Rahkonen, R.; Kilpelä, S.-S.; Pasternack, M.

Title of Publication

Furunculosis of salmonids and its prevention. A review of the literature.

Type of Publication

A review of the literature

Commissioned by

Date of Research Contract

Title and Number of Project

Prevention strategies against furunculosis (313150)

Abstract

A review of the literature refers to the main information on furunculosis and its causative agent, *Aeromonas salmonicida* ssp. *salmonicida* as well as prevention of the disease. Furunculosis occurs all over the world where salmonids are cultivated. The outbreak of the disease is connected to the type and amount of bacteria, water temperature and stress factors. Furunculosis has been observed in Finland since 1986. Diseased and dead fish produce enormous amounts of bacteria in the water, in which they are able to survive for long periods of time, as well as in bottom sediment, farm equipment and even zooplankton. The disease has spread primarily with latent carrier fish. Hatchery management has a key role to play in the prevention of furunculosis. Effective, oil-based vaccines have been in use in Norway in the 1990s with very good results. The first experiments were carried out in Finland in 1994. Research has also been directed towards the immune system activating immuno stimulants as well as to the improvement of fish defence systems. Clinical diseases are normally treated with drugs, although *A. salmonicida* produces resistant strains against drugs quickly, and other difficulties in drug therapy, such as insufficient absorption, remain. With successful methods of prevention, the need for drugs should decrease, which should create a more positive image for fish culture.

Key words

Furunculosis, *Aeromonas salmonicida*, spreading, prevention, therapy

Series (key title and no.)

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 94

ISBN

951-776-011-6

ISSN

0787-8478

Pages

47 p.

Language

Finnish

Price

FIM 50

Confidentiality

Public

Distributed by

Painatuskeskus Oy
Valtikka
Annankatu 44
FIN-00100 Helsinki, Finland

Phone +358 0 566 0566 Fax +358 566 0570

Publisher

Finnish Game and Fisheries Research Institute
P.O.Box 202
FIN-00151 Helsinki, Finland

Phone +358 0 228 811 Fax +358 0 631 513

SISÄLTÖ

YHTEENVETO	1
SAMMANDRAG	4
1. JOHDANTO	7
2. SAIRASTUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	8
2.1. Suuri bakteerikuorma, sopiva lämpötila ja stressi altistavat kalat paisetaudille.....	8
2.2. Paisetautibakteerin erittämät myrkylliset aineet ovat kaloille hyvin haitallisia	9
2.2.1. A-proteiinikuori	9
2.2.2. <i>A. salmonicida</i> -bakteerin erittämät myrkylliset tuotteet.....	9
2.3. Bakteerin aiheuttamat oireet kalassa vaihtelevat.....	9
3. <i>Aeromonas salmonicida</i> -BAKTEERIN MÄÄRITYS, LUOKITTELU JA LEVINNEISYYS	11
3.1. Määrittymenetelmiä on useita	11
3.1.1. Sairas kala.....	11
3.1.2. Oireeton kala.....	11
3.2. Tyypilliset <i>A. salmonicida</i> -kannat samankaltaisia - epätyypillisten kantojen luokittelu kiistanalainen.....	12
3.2.1. Tyypillisten ja epätyypillisten <i>A. salmonicida</i> -kantojen erot	12
3.2.2. Tyypilliset <i>A. salmonicida</i> -kannat samankaltaisia	13
3.2.3. Epätyypillisten <i>A. salmonicida</i> -kantojen luokitteluperusteet ovat vakiintumattomat	13
3.3. Paisetauti on levinnyt ympäri maailmaa	13
4. PAISETAUTIBAKTEERIN ERI MUODOT OVAT YLEISIÄ MYÖS SUOMEN KALANVILJELYSSÄ.....	14
4.1. Tyypillinen paisetauti on levinnyt nopeasti.....	14
4.2. Epätyypillisiä kantoja on useita ja niiden haitallisuus vaihtelee	15
5. <i>A. salmonicida</i> -BAKTEERIN ESIINTYMINEN JA PATOGEENISUUS ERI KALALAJEILLA	16
5.1. Lohikalat herkimpiä sairastumaan	16
5.2. Muut kuin lohikalat saattavat myös sairastua	16
6. PAISETAUTIBAKTEERIN LEVIÄMISTAVAT JA ELINKYKY YMPÄRISTÖSSÄ	18
6.1. Sairaat ja kuolleet kalat erittävät valtavia määriä bakteeria	18
6.2. Bakteeri leviää oireettomien paisetaudin kantajakalojen mukana.....	18
6.3. Bakteeri selviää vedessä viikkoja	19
6.3.1. <i>A. salmonicida</i> -bakteerin osoitusmenetelmät vedestä	20
6.4. Pohjamuta ja sedimentti säilövät bakteerin	20
6.5. Muut eläimet saattavat myös siirtää bakteeria.....	20
6.6. Kalanviljelyvälineiden desinfiointi on välttämätöntä.....	21
6.7. Mädin desinfektio on todettu tehokkaaksi toimeksi taudin leviämisen ehkäisyssä	21
6.8. Bakteeri saattaa muodostaa kestäviä lepomuotoja.....	21
6.9. Viljelylaitosten henkilökunta voi levittää bakteeria	22
6.10. Bakteeri voi siirtyä kalaan myös ravinnon kautta.....	22
7. PAISETAUDIN PUHKEAMISEN ENNALTAEHKÄISY	23
7.1. Viljelyolosuhteet tärkeässä asemassa	23
7.2. Kalojen puolustusjärjestelmä suojaa kalaa	24

7.2.1. Epäspesifiset eli luontaiset puolustusmekanismit eivät tunnista taudinaiheuttajaa.....	25
7.2.2. Spesifiset puolustusmekanismit tuottavat vasta-aineita ja syövät tunkeilijoita.....	25
7.3. Rokotus auttaa puolustusjärjestelmää tuottamaan vasta-aineita.....	25
7.3.1. <i>A. salmonicida</i> -bakteeri saa aikaan vain heikon immuunivasteen	26
7.3.2. Tehokkaissa rokotteissa on apuaineena öljy.....	27
7.3.3. Injektio eli piikitys on tehokkain rokotustapa	28
7.3.4. Kalojen koko ja veden lämpötila ovat keskeisiä rokotustulokseen vaikuttavia tekijöitä	28
7.3.5. Tulevaisuudessa tehokkaat rokotteet vähentävät lääkinnän tarvetta	29
7.4. Immunostimulantit aktivoivat kalojen puolustusjärjestelmää	29
7.4.1. Paisetaudin vastustamisessa kokeellisesti käytetyt immunostimulantit	30
7.5. Ei lääkkeitä ennaltaehkäisevästi	31
7.6. Jalostuksella vastustuskykyisempiä kalakantoja.....	31
8. PAISETAUDIN HOITO	33
8.1. Apua viljelyolosuhteita parantamalla	33
8.2. Lääkintä on usein välttämätöntä	33
8.2.1. Lääkeaineresistenssi lisääntyy nopeasti.....	33
8.2.2. Muita lääkinnän ongelmia	34
9. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ JA TULEVAISUUDENNÄKYMIÄ KALANVILJELYN KANNALTA.....	36
KIITOKSET	37
KIRJALLISUUS	38

YHTEENVETO

Lohikalojen paisetauti eli furunkuloosi, jonka aiheuttaja on *Aeromonas salmonicida* -bakteeri, on tunnettu jo vuodesta 1894. Tauti on levinnyt kaikkialle maailmassa ja bakteeri pystyy suotuisissa oloissa infektoimaan lähes kaikki kalalajit, vaikka paisetauti onkin pääasiassa lohikalojen sairaus. Kalanviljelylle aiheuttamiensa taloudellisten tappioiden vuoksi sitä pidetään yhtenä vahingollisimmista kalataudeista. Taistelua paisetautibakteeria vastaan hankaloittaa taudinaiheuttajan erittäin nopea kyky muodostaa lääkkeille vastustuskykyisiä kantoja. Taudin torjunnassa onkin yhä enemmän alettu keskittyä sopivan rokotteen löytämiseen ja kehittämiseen.

A. salmonicida on Gram-negatiivinen, liikkumaton sauvabakteeri, joka voidaan määrittää kalasta paitsi perinteisellä viljelytekniikalla, myös immunologisin menetelmin ja tutkimalla bakteerin perimän rakennetta.

Olosuhteet vaikuttavat oleellisesti kalojen sairastumisherkkyyteen, mutta ympäristön bakteerimäärän kasvaessa myös sairastuvuus lisääntyy. Keskeinen tekijä taudin puhkeamisessa on veden lämpötila. Kalojen sairastumisalttiuteen vaikuttavat lisäksi mm. kalan fysiologinen ja ravitsemuksellinen tila, stressin määrä, kasvatusolosuhteet sekä kalankäsittelytekniikka.

Paisetautibakteeri voi siirtyä kalaan mm. ihon, siinä oleva haavan, kidusten ja ruuansulatuskanavan kautta. Kalaan päässeen bakteerin taudinaiheuttamiskyky, virulenssi, riippuu sen pintaosien rakenteesta. Varsinkin ne paisetautibakteerit, joilla on ns. A-proteiinikuori, ovat virulentteja. Tällainen bakteeri pystyy mm. hajottamaan kalan punasoluja ja käyttämään niiden rautaa. Bakteeri tuottaa myös kalalle myrkyllisiä proteiineja (ECP).

Akuuttiin paisetautiin sairastuneet kalat kuolevat nopeasti verenmyrkytykseen, eikä ulkoisia oireita useinkaan ehdi kehittyä. Kroonisessa paisetaudissa esiintyy yksi tai useampia seuraavista oireista: tummuminen, apatia, ruokahaluttomuus, vertymiä evien tyvellä ja joskus verestäviä ns. paiseita varsinkin selkähahassa.

A. salmonicida -kantojen vertailulla on pyritty selvittämään bakteerin alkuperää ja leviämistä. On todettu, että tyypillisen *A. salmonicida* -paisetautibakteerin eri kannat ovat sekä perimältään että myös biokemiallisesti, fysiologisesti ja serologisesti hyvin samantaisia eri puolilla maailmaa. Sen sijaan epätyypilliseksi määritetyt kannat eroavat tyypillisistä kannoista monessa suhteessa. Epätyypillisten *A. salmonicida* -kantojen luokittelu on yhä vakiintumaton.

Paisetautibakteeri lienee alunperin kirjolohelle tyypillinen taudinaiheuttaja, joka on levinnyt Eurooppaan kirjolohen istukkaiden mukana. Tätä oletusta tukee kirjolohen hyvä vastustuskyky paisetaudille. Herkin taudille on taimen, sitten lohi ja vastustuskykyisin on kirjolohi. Kirjolohen seerumin on todettu estävän bakteerin entsyymimyrkkyjen (ECP:t) tuotantoa.

Paisetauti levisi 1920 -luvulla Euroopassa villoihin ja viljeltyihin kaloihin. Pohjoismaihin tauti levisi 1950-luvulla ja Suomeen tietävästi vasta 1986. Nykyisin paisetautibakteerin levinneisyyttä pidetään maailmanlaajuisena.

Paisetautibakteeri eristettiin Suomessa ensimmäiseksi Perämeren lohesta, myöhemmin taimenesta ja kirjolohesta. Kalalajeista meritaimen ja sen 1+ ikäluokan poikaset ovat olleet herkimpiä sairastumaan paisetautiin. Kuolleisuus on vaihdellut 0-53 %:n välillä

sekä merilaitoksissa että sisämaassa. Vuosina 1989-1991 tauti levisi voimakkaasti Saaristomeren kirjolohilaitoksiin ja vuonna 1992 sisämaan poikaslaitoksiin. Vuonna 1993 paisetauti eristettiin 40 laitokselta, joista puolet sijaitsi Turun ja Porin läänissä ja Ahvenanmaalla. Tauti puhkeaa meillä yleensä silloin, kun veden lämpötila on noussut +15 °C:een, mutta tiedetään myös talvella esiintyneitä tapauksia.

Suomessa esiintyy myös epätyypillisiä kantoja kuten ASA-taudin aiheuttaja *Aeromonas salmonicida* subsp. *achromogenes* ja "ASX" -taudin aiheuttaja *A. salmonicida* -kanta. ASX-kanta tuottaa ruskeaa pigmenttiä kasvualustalleen, kuten tyypillistä paisetautia aiheuttava *A. salmonicida* spp. *salmonicida*.

Paisetauti leviää vesistössä pääasiassa sairaiden ja oireettomien kantajakalojen ja veden välityksellä. Bakteri selviää useita kuukausia pohjamudassa ja viikkoja myös kalastusvälineissä, kasvatusalaiden seinämillä ja pakastetuissa perkuujätteissä. Se voi myös siirtyä vedessä lepomuotoon. Tauti voi levitä myös mädin ja ihmisten välityksellä laitokselta toiselle.

Oireettomat kantajakalat ovat tärkeimmät paisetaudin levittäjät laitosten välillä. Bakteeria on kantajakalan munuaisissa, suolessa, iholimassa tai niissä kaikissa. Bakteri voi myös hävitä kantajakalasta tietyn ajan kuluessa. Kantajien määrässä on todettu vuodenaikaisvaihtelua, mikä vaikeuttaa taudinaiheuttajan toteamista ja edellyttää, että stressitestin ajoitus on oikea.

Paisetaudin torjunnassa on ensiksi yritettävä estää taudin pääsy kalanviljelylaitokselle. Mikäli tässä epäonnistutaan, on yritettävä minimoida taudinaiheuttajien vaikutukset.

Viljelyolosuhteilla on paisetaudin torjunnassa keskeinen merkitys. Hyvä kasvatushygienia, johon kuuluu kuolleiden kalojen mahdollisimman pikainen poisto sekä stressaavien olosuhteiden minimoiminen, vähentävät paisetaudin puhkeamisen mahdollisuutta. Suuret kasvatustiheydet stressaavat kaloja, huonontavat veden laatua ja lisäävät evä- ja ihovaurioita ja edesauttavat täten kalojen sairastumista.

Kun paisetautibakteeri infektoi kalan, käynnistyvät kalan sisäiset puolustusjärjestelmät. Epäspesifisinä eli luontaisina puolustusjärjestelminä toimivat iholimman entsyymit, veriseerumin erilaiset immuuniaineet ja tietyt valkosolut, ns. syöjäsolut. Spesifiset eli hankitut puolustusmekanismit ovat joko humoraalisia tai soluvälitteisiä. Kaloilla vasta-ainetta syntyy vain yhtä perustyyppiä ja sen muodostumisaika on pitkä (7-14 vrk). Lämpötila vaikuttaa ratkaisevasti vasta-ainetuotantoon, koska kala on vaihtolämpöinen eläin.

Rokotus käynnistää kalan spesifiset puolustusreaktiot. Paisetautirokotetta on kehitelty 1940-luvulta lähtien. Tehokkaan rokotteen aikaansaamiseksi on jouduttu tutkimaan erityisesti paisetauti-bakteerin rakennetta ja toimintaa. On todettu, että paisetautibakteerin erittämät myrkyt, ECP-antigeenit, ovat huonosti tai ei lainkaan immunogeenisiä, eli ne eivät saa aikaan vasta-ainetuotantoa kalassa. Nykytietämyksen mukaan rokotteen antama suoja on riippuvainen sekä itse solu- että ECP-antigeeneista, jolloin rokotuksessa pitää olla molempia komponentteja.

Yksinkertaisin rokote sisältää tapettuja kokonaisia bakteerisoluja. Kun bakteerisolut suspensoidaan johonkin apuaineeseen eli adjuvanttiin, kalan spesifiset ja epäspesifiset puolustusmekanismit aktivoituvat tehokkaammin. Paisetautirokotteissa käytettyjä adjuvantteja ovat mm. alumiinisulfaatti, alumiinihydroksidi sekä erilaiset öljyt. Tällaisten rokotteiden käyttö antaa pitempiaikaisen suojan paisetautia vastaan. Useimmilla käytössä olevilla adjuvanteilla on kuitenkin myös sivuvaikutuksia.

Rokotus voidaan antaa injektiona, kylvettämällä tai suun kautta. Injektio on näistä kolmesta tehokkain, työläin ja kallein. Suun kautta annettu rokote vahvistaa injektiorokotteen vaikutuksia.

Rokotustulokseen vaikuttaa paitsi rokotteen laatu myös rokotustapa, annos, rokotettavan kalan koko ja kunto, rokotuslämpötila, vuodenaika ja rokotuksen jälkeinen vastustuskyvyn muodostumisaika.

Viime vuosina käyttöön otetut öljypohjaiset paisetautirokotteet ovat osoittautuneet tehokkaiksi ja niiden laajamittainen käyttö esim. Norjassa on laskenut lääkkeiden kulu- tusta merkittävästi. Mikrobilääkkeitä käytettiin Norjassa vuonna 1992 vielä 28 000 kg puhdasta lääkeainetta kalantuotannon ollessa 140 000 tn. Vuonna 1993 lääkkeitä käytettiin enää noin 5 000 kg samalla kun tuotantomäärä oli noussut 170 000 tn:iin. Samanaikaisesti panostettiin myös yleiseen hygieniaan laitoksilla eläinlääkäreiden avustuksella. Suomessa aloitettiin öljypohjaisen paisetautirokotteen soveltuvuustutkimukset vuonna 1993.

Kalan puolustusmekanismien yleiseen aktivoimiseen käytetään jonkin verran myös ns. immunostimulantteja. Niitä annetaan rehuun sekoitettuna rokotuksen ohessa. Jos immunostimulantteja annetaan kalalle pelkästään ilman rokotusta, ne vahvistavat epäspesifisiä puolustusmekanismeja. Immunostimulantteina on käytetty synteettisiä peptidejä, levamisoli-yhdistettä, glukoania ja erityisesti E- ja C-vitamiineja.

Kalojen luontaista vastustuskykyä voidaan parantaa myös valintajalostuksen keinoin. Geenitekniikka saattaa olla tulevaisuuden menetelmä vastustuskykyisten kalakantojen kehittämisessä.

Kun paisetauti on puhjennut viljelylaitoksella, kalojen hoito on aloitettava välittömästi. Kuolleiden ja vakavasti sairaiden kalojen poisto on tärkeä viljelytekniinen hoitotoimenpide. Parven harventaminen taudin jo puhjettua voi lisätä stressiä ja kuolleisuutta. Useimmiten joudutaan turvautumaan rehun mukana annettavaan lääkintään. Lääkitys on aloitettava ennen kuin kalat menettävät kokonaan ruokahalunsa. Oikean lääkkeen valinta, sen riittävä pitoisuus rehussa ja tarpeeksi pitkä hoitokuuri pienentävät vastustuskykyisten bakteerien muodostumista. Lääkkeille vastustuskykyisten bakteerien muodostuminen on vaarana, jos kaloja joudutaan toistuvasti lääkitsemään. Suomessa käytettävät paisetautilääkkeet ovat oksitetrasykliini, oksoliinihappo ja trimetopriimisulfa. Vuonna 1992 oli 60 % paisetautibakteeri kannoista resistenttejä jollekin näistä lääkkeitä. Vuonna 1993 tutkituista kannoista oli kolme kantaa resistenttejä jo kaikille kolmelle lääkkeelle ja kuusi kantaa oli resistenttejä kahdelle lääkkeelle.

Lisääntyvän resistenttiyden ohella lääkkeiden käyttöön liittyy muitakin ongelmia. Varoajan riittämättömyys teuraskokoisella kalalla vesien viilentyessä voi johtaa lääkeainejäämiin kulutukseen menevässä kalassa. Luonnonkalojen lääkkeiden saanti on mahdollista välittömästi kassin läheisyydessä, koska vain osa lääkkeitä imeytyy, ja rehua voi kulkeutua virtauksien mukana ulos kassista. Lisäksi läikehoidolla tiedetään olevan heikentävä vaikutus kalojen puolustusjärjestelmän toimintaan.

Paisetaudista on vaikea päästä kokonaan eroon, mutta sen aiheuttamat haitat voidaan minimoida. Pääpaino on toimivassa ennaltaehkäisyssä.

SAMMANDRAG

Furunkulos hos laxfiskar som förorsakas av bakterien *Aeromonas salmonicida* är känd sedan år 1894. Sjukdomen har spritt sig över hela världen och bakterien kan under gynnsamma förhållanden infektera nästan alla fiskarter, fastän den i huvudsak drabbar laxfiskar. På grund av de stora ekonomiska förluster den förorsakar fiskodlingen anses furunkulosen vara en av de skadligaste fisksjukdomarna. Bekämpningen försvåras av bakteriens förmåga att snabbt bilda läkemedelsresistenta stammar. Man har därför allt mera gått in för att försöka finna och utveckla ett lämpligt vaccin.

A. salmonicida är en Gram-negativ, orörlig stavbakterie som förutom med hjälp av traditionell odlingsteknik även kan bestämmas via immunologiska tekniker, samt genom undersökning av bakteriens genetiska uppbyggnad.

Risken för insjuknande beror i hög grad på de yttre förhållandena, men då bakteriemängden i omgivningen växer ökar även risken. Vattentemperaturen är en central faktor. Risken för sjukdomsangrepp påverkas dessutom av bl.a. fiskens fysiologiska och näringsmässiga tillstånd, graden av stress, odlingsförhållandena samt tekniken för hantering av fisken.

Furunkulosbakterien överförs bl.a. via fiskens hud, sår på huden, gälarna och matsmältningskanalen. Bakteriens förmåga att förorsaka sjukdom, dess virulens, beror på de yttre delarnas struktur. Furunkulosbakterier med ett s.k. A-proteinskal är särskilt virulenta. Denna bakterie kan t.ex. bryta ned fiskens röda blodkroppar och använda deras järn. Bakterien producerar också proteiner som är giftiga för fisken (ECP).

Fiskar som insjuknat i akut furunkulos dör snabbt i blodförgiftning utan att yttre symptom hinner utvecklas. Kronisk furunkulos kännetecknas av ett eller flera av följande symptom: mörknande färg, apati, apatitlöshet, blodsutgjutelse vid fenbaserna och ibland blodsprängda s.k. furunkler särskilt i ryggmusklerna.

Man har försökt utreda bakteriens ursprung och spridning genom jämförelse av olika *A. salmonicida* -stammar. Det är bekant att olika stammar av typisk *A. salmonicida* såväl genetiskt som biokemiskt, fysiologiskt och serologiskt är mycket likartade i olika delar av världen. Atypiska stammar skiljer sig i många avseenden från de typiska. Det finns ännu ingen vedertagen klassificering av de atypiska stammarna.

Furunkulosbakterien torde ursprungligen ha varit typisk för regnbågen och överförs till Europa via utplanteringar här. Detta antagande stöds av att regnbågen har en god motståndskraft mot furunkulos. Öringen är mest utsatt, därefter laxen och regnbågen är den mest resistenta arten. Regnbågs serum har konstaterats inhibera produktionen av bakteriens enzymgifter (ECP:er).

På 1920-talet spred sig sjukdomen till vilda och odlade fiskar i Europa. I de skandinaviska länderna uppenbarade den sig på 1950-talet, men i Finland veterligen först 1986. Numera anses den vara spridd över hela världen.

I Finland isolerades furunkulosbakterien först på bottenvikslax, senare på öring och regnbåge. Havsöringen och dess yngel av åldersklassen 1+ är den av alla fiskarter som känsligast insjuknar i furunkulos. Dödligheten varierar mellan 0 och 53 % både i havsanläggningar och i inlandet. Åren 1989-1991 spred sig sjukdomen snabbt i Skärgårdshavets regnbågsodlingar och år 1992 till yngelodlingarna i inlandet. År 1993 isolerades den i 40 anläggningar, av vilka hälften ligger i Åbo och Björneborgs län och

på Åland. Hos oss bryter sjukdomen i allmänhet ut då vattentemperaturen stigit till +15 °C, men man känner också till fall under vintern.

I Finland förekommer också atypiska stammar, som tex. *Aeromonas salmonicida* subsp. *achromogenes* som förorsakar ASA-sjukdomen och en annan *A. salmonicida* -stam som ger upphov till sjukdomen "ASX". ASX-stammen producerar brunt pigment på underlaget, på samma sätt som den typiska stammen *A. salmonicida* ssp. *salmonicida*.

I vattendragen sprids furunkulosen främst via vattnet och via sjuka och symptomfria bärare. Bakterien överlever i bottendyn i flera månader och kan också i veckotal leva kvar på fiskeredskap, bassängväggar och i djupfryst rensavfall. I vattnet kan den övergå i vilotillstånd. Från en odling till en annan sprids den också via rom och människor.

Lättast sprids sjukdomen mellan odlingarna via symptomfria bakteriebärande fiskar. Bakterierna kan finnas i njurarna, tarmen, hudslimmet eller på alla dessa ställen. Den kan försvinna från sin bärare efter en viss tid. Antalet bärare varierar med årstiderna, vilket försvårar diagnosen och förutsätter att stresstesten sätts in vid rätt tidpunkt.

Vid furunkulosbekämpning bör man allra först förhindra sjukdomen att sprida sig till nya anläggningar. Om detta misslyckas blir man tvungen att minimera effekterna.

Odlingsförhållandena är av central betydelse. En god odlingshygien, vari ingår ett möjligast snabbt avlägsnande av döda fiskar och en minimering av den stress fisken utsätts för, minskar risken för furunkulosutbrott. En hög odlingsstäthet ökar stressen, samt hud- och fenskadorna och försämrar vattenkvaliteten. Alla dessa faktorer ökar sannolikheten för furunkulos.

Då en fisk infekteras av furunkulosbakterien sätts dess inre försvarssystem i beredskap. Enzymerna i hudslimmet, diverse immuns substanser i blodrumet och vissa vita blodkroppar, sk. fager, fungerar som ospecifika eller naturliga försvarsmekanismer. Specifika försvarsmekanismer är däremot antingen humoral eller cellförmedlade. Fiskar producerar endast en typ av antikroppar och processen är långsam (7-14 dygn). Eftersom fisken är växelvarm påverkas antikroppsproduktionen också kraftigt av temperaturen.

Vaccinering sätter igång fiskens specifika försvarsreaktioner. Furunkulosvacciner har varit under utveckling sedan 1940-talet. För att åstadkomma ett effektivt vaccin har man blivit tvungen att särskilt undersöka furunkulosbakteriens struktur och funktion. Man har upptäckt att bakteriens gifter, ECP-antigenerna, är endast svagt eller inte alls immunogena - de sätter inte igång någon antikroppsproduktion i fisken. Enligt vad man nu vet, beror vaccinets effekt både på cell- och ECP-antigener och båda dessa måste alltså ingå i ett vaccin.

Det enklaste vaccinet innehåller hela döda bakterieceller. Då bakterieceller suspenderas i ett hjälpmedium eller adjuvant, aktiveras fiskens specifika och ospecifika försvarsmekanismer effektivare. I furunkulosvacciner används bl.a. aluminiumsulfat, aluminiumhydroxid och olika oljor som adjuvanter. Användning av detta slags vaccin ger ett långvarigt skydd mot furunkulos. De flesta av de prövade adjuvanterna har dock även bieffekter.

Vaccinet kan ges som injektion, i bad eller oralt. Injektionen är den effektivaste, arbetsdrygaste och dyraste metoden. Ett oralt vaccin förstärker injektionens effekt.

Vaccinresultatet påverkas förutom av vaccinets kvalitet också av den använda metoden, dosen, den vaccinerade fiskens storlek och kondition, vaccineringstemperaturen, årstiden och den tid det tar för uppnåendet av resistens.

De oljebaserade furunkulosvacciner man tagit i bruk under de senaste åren har visat sig effektiva, och en omfattande användning av dem har t.ex. i Norge kraftigt minskat konsumtionen av läkemedel. I Norge använde man år 1992 ännu 28 000 rent läkemedel

för en fiskproduktion på 140 000 t. År 1993 användes endast ca 5 000 kg läkemedel trots att produktionen ökat till 170 000 t. Samtidigt har man med hjälp av veterinärer också satsat på en förbättrad allmänhygien i fiskodlingarna. I Finland inleddes forskningen kring de oljebaserade vaccinernas lämplighet 1993.

För en allmän stimulans av fiskens egna försvarsmekanismer använder man också i någon mån s.k. immunostimulanter. Dessa blandas i fodret vid sidan av vaccinet. Om immunostimulanter ges utan vaccinering förstärker de de ospecifika försvarsmekanismerna. Som immunostimulanter har man utnyttjat syntetiska peptider, en levamisol-förening, glucan samt särskilt E- och C-vitaminer.

Fiskarnas naturliga motståndskraft kan förbättras också via urvalsförädling. I framtiden kan det hända att man utnyttjar genteknik för att utveckla motståndskraftiga fiskar.

Då furunkulos brutit ut i en odling måste vården inledas omedelbart. Avlägsnandet av döda och sjuka fiskar är en viktig odlingsteknisk åtgärd. En gallring av flocken då sjukdomen redan brutit ut kan öka stressen och dödligheten. Oftast blir man tvungen att gå in för mediciner som ges med fodret. Medicineringen måste påbörjas innan fiskarna helt tappar aptiten. Rätt val av medicin, en tillräckligt hög halt i fodret och en tillräckligt lång kur minskar bildandet av resistenta bakterier. Upprepade kurer ökar risken för resistenta bakterier. I Finland behandlas furunkulos med oxytetracyklin, oxolinsyra och trimetoprimsulfa. År 1992 var 60 % av furunkulosstammarna resistenta mot något av dessa preparat. År 1993 fann man redan tre stammar som var resistenta mot alla tre preparat och sex stammar resistenta mot två preparat.

Förutom ökande resistens är medicineringen även förknippad med andra problem. Om tiden mellan kuren och slakten blir för kort och vattentemperaturen svalnar kan läkemedelsrester finnas kvar i den fisk som levereras för konsumtion. Hela läkemedelsmängden tas inte upp av fiskarna i odlingskassen och resterna kan sprida sig med vattenströmmarna till vild fisk utanför. Man vet också att medicineringen försvagar fiskarnas egna försvarssystem.

Det är svårt att helt bli kvitt furunkulosen, men de skador den förorsakar kan minimeras. Huvudvikten ligger vid preventiva åtgärder.

1. JOHDANTO

Aeromonas salmonicida -paisetautibakteeri on eräs vanhimpia tunnettuja ja kirjallisuudessa kuvailtuja kalapatogeeneja. Ensimmäinen raportti on vuodelta 1894 (Emmerich ja Weibel), jolloin bakteeri eristettiin taimenesta saksalaisella hautomolaitoksella (McCarthy ja Roberts 1980).

Aeromonas bakteerisukuun kuuluu monia bakteerilajeja. Yksi tunnetuimmista lajeista on *Aeromonas salmonicida* ssp. *salmonicida*, joka aiheuttaa lohikalojen paisetaudin eli furunkuloosin. Tautia voi esiintyä joko akuutissa tai kroonisessa muodossa käytännössä kaikilla lohikaloilla ja myös monilla muilla kalalajeilla. Siihen sairastuvat kaiken ikäiset kalat. Se on yksi vahingollisimmista kalapatogeeneista laajan levinneisyytensä ja isäntälajistonsa monipuolisuuden ja kalanviljelylle aiheuttamien taloudellisten haittojen vuoksi.

Suomeen paisetauti levisi varsin myöhään, vasta 1980-luvun lopulla. Tauti on kuitenkin levinnyt vajaassa kymmenessä vuodessa nopeasti sekä rannikon ruokakalalaitoksilla että sisämaan poikaslaitoksilla. Tappiot vaihtelevat tapauksen mukaan. Nopeasti havaituna ja lääkittynä kuolleisuus on vähäistä. Mitä laajemmalle tauti kalaparvessa etenee, sitä suuremmat ovat tappiot. Paisetaudin lääkintä on johtanut kuitenkin ongelmiin. Bakteeri on hyvin nopea kehittämään lääkille vastustuskykyisiä kantoja, ja ns. multi-resistantit bakteerikannat ovat yleistymässä, myös Suomessa. Havaitut lääkejäämät kaloissa ja kasvatustilosten ympäristössä saattavat vähentää kalan kulutusta ja kasvatustulpien saantimahdollisuuksia.

Tehokkaan suojaavan rokotteen kehittämisessä on edistytty vasta aivan viime vuosina. Tiedot mm. Norjan onnistuneesta rokotusohjelmasta öljypohjaisilla rokotteilla ovat hyvin rohkaisevia. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen, Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitoksen Kuopion aluelaboratorion ja Helsingin yliopiston yhteistyönä toteutettiin vuonna 1994 esitutkimus kenttäkokeineen yhdellä öljypohjaisella rokotteella (Pohjanvirta ym. 1994) sekä kirjallisuusselvitys paisetaudista.

Paisetaudin ja sen aiheuttajan tutkimuksissa on edistytty nopeasti viimeisen viiden vuoden aikana. Kirjallisuusselvityksessä keskitytäänkin uusimpiin julkaisuihin, ja vanhemmista otetaan esille vain keskeisimmät. Selvityksessä pääpaino on tyypillistä paisetautia käsittelevässä kirjallisuudessa, mutta sen ohella sivutaan myös epätyypillisten kantojen aiheuttamia ongelmia.

Kirjallisuusselvityksen tarkoituksena on koota luettavaan ja ymmärrettävään muotoon hyvin laaja paisetautia käsittelevä kirjallisuus mm. *A. salmonicida* -bakteerin ominaisuuksista ja taudinaiheuttamiskykyvyydestä, leviämisestä ja ennaltaehkäisystä. Kohderyhmänä ovat kaikki kalanviljelyn parissa tavalla tai toisella työskentelevät henkilöt.

2. SAIRASTUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

2.1. Suuri bakteerikuorma, sopiva lämpötila ja stressi altistavat kalat paisetaudille

Kalat sairastuvat, kun bakteerikuorma sopivissa ympäristöolosuhteissa kasvaa riittävän suureksi ja altistusta kestää tarpeeksi kauan. Keskeinen altistava ympäristötekijä on veden lämpötilan nousu. Sakain (1986) ja Rosen ym. (1989) tutkimusten mukaan suun kautta annettuna tarvitaan noin 100 000 elävää paisetautibakteeria aikaansaamaan taudin. Altistuskokeissa kalojen vatsaonteloon ruiskutettava bakteerimäärä on yleensä 1000-10 000 elävää bakteeria, ja tämä annos saa tavallisesti aikaan vähintään 50 % kuolleisuuden tutkituissa kaloissa.

Yksittäiset bakteerit eivät siten yleensä kykene aiheuttamaan paisetautia. Se, mikä määrä bakteereja kulloinkin saa taudin puhkeamaan, on riippuvainen myös kalojen fysiologisesta tilasta ja kyvystä torjua tauti. Kalojen normaalia suurempi sairastumisherkkyys voi johtua niiden jo alunperin heikosta taudinvastustuskyvystä tai vastustuskyvyn tilapäisestä heikkenemisestä. Tervekään kala ei kykene kuitenkaan suojautumaan pitkään kestävästä isosta bakteerialtistuksesta.

Kalanviljelyssä kalojen puolustusjärjestelmää horjuttavat ehkä eniten erilaiset stressitekijät. Stressin kalassa aikaansaaman reaktion tarkoituksena on suojata kalaa lyhytaikaisilta poikkeustilanteilta. Stressi ei saa olla jatkuvaa tai liian voimakasta. Jo pitkään on tiedostettu ja myös kokeellisesti osoitettu stressin ja sairastumisalttiuden välinen yhteys. Esim. Angelidis ym. (1987) tartuttivat paisetautibakteerilla sekä häiriintymättömiä että äkillisesti stressattuja kirjolohia ja havaitsivat kuolleisuuden olevan stressatussa ryhmässä 20 % korkeampi. Usein puhutaankin ns. stressitaudeista, joihin myös paisetauti voidaan katsoa kuuluvaksi.

Kalanviljelyssä pääasialliset stressiä aiheuttavat tekijät ovat lämpötilan nousu, erilaiset käsittelyt (lajittelu, punnitukset, siirrot ja kuljetukset) sekä suuri kalatiheys, joka pitää yllä jatkuvaa häiriötilaa. Em. käsittelyt ovat kuitenkin välttämättömiä, ja toisaalta esim. lajittelulla voidaan vähentää ns. "sosiaalista stressiä", josta parven alisteisessa asemassa olevat kalat kärsivät.

Kanadassa ja USA:ssa on selvitetty niitä tekijöitä, jotka liittyvät kalojen sairastumisherkkyteen paisetautiin. Näitä riskitekijöitä (altistavat tekijät) ovat: kalojen laatu, veden lämpötila, kasvatustiheys, bakteerien määrä, rokotusaste, käsittelytekniikka ja parven tasalaatuisuus (Mitchell 1992).

Kalojen laatuun liittyviä tärkeitä tekijöitä ovat Mitchellin (1992) mukaan:

- mädin alkuperä (emokalaston historia, jalostus, mätimunän koko, elinkyky ym.)
- viljelyolosuhteet (henkilökunnan kokemus, tulovesi ja sen määrä, kalojen kunto ja viljelykäytäntö)
- kalojen kuljetus (smoltifikaatio, sopeutus, lastaus ja kuljetus, purku, kalojen koko ja kunto)

- Kasvatus meressä (ensimmäiset 8 viikkoa tai kun veden lämpötila nousee 10 °C:en, syömisestä nopeus, ruokintamenetelmät, alkukuoletuus, tiheys, ennaltaehkäisevä lääkitys)

2.2. Paisetautibakteerin erittämät myrkylliset aineet ovat kaloille hyvin haitallisia

On edelleen epäselvää, mitä kautta paisetautibakteeri pääsee kalaan. Infektioireittejä on todennäköisesti useampia. Tavallisesti esitetyt tartuntatiet ovat iho, ihossa oleva haava, kidukset, ruuansulatuskanava, sieraimet tai peräaukko. Bakteeri siirtyy verenkiertoon ja sitä kautta kaikkialle kalan kudoksiin (esim. Inglis ym. 1993).

2.2.1. A-proteiinikuori

Virulentin eli paisetautia herkästi aiheuttavan kannan merkinä pidetään yleensä bakteerisolun pinnalla olevaa "ylimääräistä" proteiinikuorta, ns. A-kuorta (mm. Munro ja Hastings 1993, Dalsgaard ym. 1994). Useat tutkijat ovat osoittaneet *A. salmonicida* taudinaiheutuskyvyn ja A-proteiinin yhteyden (Ishiguro ym. 1981, Kay ym. 1981, Evenberg ym. 1982, McCarthy ym. 1983), mutta myös A-kuorettomia, virulenteja kantoja on todettu (Johnson ym. 1985). Tämä lisäkuori suojaa bakteerisolua mm. kalan veressä olevilta hajottavilta aineilta (esim. lysosyymi) ja selittää osaksi sen, miksi *A. salmonicida* on erityisen virulentti (Munn ym. 1982). Hirst ym. (1994) ovat todenneet tutkimuksissaan, että A-proteiinikuorella on todennäköisesti tärkeä merkitys mm. isäntäeläimen rautavarastojen, kuten hemin, saamisessa bakteerin käyttöön. Vain A-proteiinikuoren omaavat paisetautibakteerikannat olivat kykeneviä käyttämään hemiä.

2.2.2. *A. salmonicida* -bakteerin erittämät myrkylliset tuotteet

Kasvatettaessa *A. salmonicida* nestemäisessä elatusaineessa on havaittu, että bakteerit tuottavat 15-20 erilaista proteiinia, jotka vapautuvat bakteerisolujen ulkopuolelle. Näistä proteiineista voidaan käyttää yhteisesti lyhennettä ECP (extracellular proteins). Ne ovat kaloille erittäin myrkyllisiä ja niitä pidetään tärkeimpinä oireita ja kuoleisuutta aiheuttavina tekijöinä (mm. Ellis ym. 1981, Ellis ja Stapleton 1988, Kawahara ym. 1990, Ellis 1991). ECP sisältää kalan kudoksia hajottavia proteaaseja (Fyfe ym. 1986), punasoluja hajottavia hemolysiineja (Fyfe ym. 1987, Lee ja Ellis 1989) ja valkosoluja hajottavia leukosytolysiineja (Fuller ym. 1977).

2.3. Bakteerin aiheuttamat oireet kalassa vaihtelevat

Akuutisti sairailta ja kuolevilla kaloilla näkyy yleensä vain vähän ulkoisia oireita. Kalat kuolevat tällöin nopeasti verenmyrkytykseen. Kroonisesti sairailta kaloilla esiintyy yleensä yksi tai useampia seuraavista oireista: tummuminen, apatia, ruokahaluttomuus, vertymiä evien tyvellä ja joskus ns. paiseita varsinkin selkähassassa. Sisäisiä oireita ovat mm. pistemäiset verenvuodot elinten ja ruumiinontelon kalvojen pinnalla, suurentunut perna, tulehtunut suolen loppuosa ja verinen neste ruumiinontelossa. Sairaana kalan kidukset ja maksa ovat yleensä epätavallisen vaaleat, mikä johtuu punasolujen hajoamisesta (mm. Munro ja Hastings 1993).

Edellämainitut ECPT, varsinkin proteaasi ja hemolysiini aiheuttavat lihaksen "hajoamisen", jolloin syntyy tyypillisiä vertymiä ja kudostuolioita eli ns. paiseita (Fyfe ym. 1986, 1988, Lee ja Ellis 1989, Kawahara ym. 1990).

3. *Aeromonas salmonicida* -BAKTEERIN MÄÄRITYS, LUOKITTELU JA LEVINNEISYYS

3.1. Määrittämissuomenetelmiä on useita

Taksonomisesti *Aeromonas* -ryhmän patogeenit jaetaan kahteen ryhmään: liikkuvat ja ei-liikkuvat lajit. *A. salmonicida* on Gram-negatiivinen, aerobinen, liikkumaton sauva kooltaan 1,3-2,0 x 0,8-1,3 µm.

3.1.1. Sairas kala

Sairaalla kalalla bakteeria esiintyy valtavia määriä. Bakteerin määrittästä varten tehdään yleensä viljely, jossa otetaan steriilisti pieni määrä kalan munuaista ja suolta ja levitetään elatusainemaljalalle (esim. TSA, BHIA). Bakteeri kasvaa parhaiten 22 °C lämpötilassa. Lajinmäärittäminen tapahtuu tutkimalla bakteerin ominaisuuksia, mm. liikkuvuutta, oksidatiivisuutta, oksidaatio-fermentaatiokykyä, Gram-värijäätävyyttä, sokereiden käyttöä ja ruskean väriaineen muodostusta. Tähän on olemassa kaupallisia testisarjoja, mm. API-20E ja API ZYM. Tuloksen saaminen kestää yleensä kaksi päivää.

Tarkempia ja nopeampia paistetautibakteerin määrittämissuomenetelmiä kehitetään jatkuvasti. Serologisissa menetelmissä käytetään hyväksi paistetautibakteeria tai sen osia vastaan syntyneitä vasta-aineita. Näitä ovat mm. ELISA-menetelmä (enzyme-linked immunosorbent assay) sekä immunofluoresenssi värijäätys, jossa tunnistettavat bakteerit saadaan fluoresoimaan. Bakteerin perimän eri tekijöitä tunnistavia määrittämissuomenetelmiä ovat mm. PCR (polymeraasiketjureaktio) ja DNA-tunnistin. Päämääränä on myös löytää menetelmiä, joissa näyte voidaan ottaa kalaa tappamatta.

Viime vuosina on tutkittu erään sinisen väriaineen käyttökelppoisuutta TSA-maljalla, jolloin virulentit, A-proteiinikuoren omaavat *A. salmonicida* -bakteerit värijäätävät sinisiksi ja muut jäävät valkoisiksi. Tutkimustulokset väriaineen käyttökelppoisuudessa paistetautin määrittäksessä ovat olleet kuitenkin ristiriitaisia (Markwardt ym. 1989, Teska ja Cipriano 1993).

3.1.2. Oireeton kala

Oireettomissa, bakteeria kantavissa kaloissa bakteereita on vain vähän. Kantajakalojen osoittamiseen käytetään useita menetelmiä: viljely munuaisesta, viljely kaikista sisäelimistä, pintalimasta, munuaisen rikastusviljely, fluoresoivat vasta-aineet suolesta, stressitesti, ELISA suolesta ja/tai munuaisesta, DNA-tunnistin ja PCR. Pisimmällä ollaan todennäköisesti ELISA-tekniikoissa (esim. Austin ym. 1986, Adams ja Thompson 1990).

Luotettavana, joskaan ei 100%:n varmana pidetään Bullockin ja Stuckeyn (1975) kehittämää stressitestiä. Testattavien kalojen vastustuskykyä alennetaan kortisoli-injektioilla, ja veden lämpötila nostetaan hitaasti noin 18 °C:een. Aiheutettu stressi laukaisee piile-

vän taudin, ja bakteeri voidaan osoittaa viljelyllä. Stressitestin käytöstä mereen jatko- kasvatukseen siirrettävien lohismolttien testaamisessa on saatu hyviä kokemuksia Kanadassa, Irlannissa ja Skotlannissa (Smith 1993). Sen luotettavuuteen vaikuttaa mm. vuodenaika (kts. 6.2.).

Cipriano ym. (1992) ovat tutkineet kalan pintaliman käyttökelpoisuutta sekä sairaan että paisetautia kantavan kalan määrittämisessä verrattuna munuaisnäytteeseen ja tulokset ovat olleet lupaavia. Suolaliuoksella laimennettua pintalimaa viljeltiin CBB-elatusainemaljalla, jossa paisetautipesäkkeet värjäytyvät sinisiksi.

Hiney ym. (1994) ovat tutkimuksissaan todenneet, että yhtä tehokkaita kantajakalojen osoitusmenetelmiä ovat a) kantajakalojen suolen tutkiminen ELISA-menetelmällä, b) kidusten, evien ja iholiman tutkiminen rikastusmenetelmällä sekä c) stressitesti. Hineyn ym. (1994) mukaan suoli on todennäköisesti tärkein elin, jossa bakteerit kantajakaloilla sijaitsevat, mutta bakteerikolonioita voi esiintyä myös kiduksissa, evillä ja iholla.

3.2. Tyypilliset *A. salmonicida* -kannat samankaltaisia - epätyypillisten kantojen luokittelu kiistanalainen

3.2.1. Tyypillisten ja epätyypillisten *A. salmonicida* -kantojen erot

Eri puolilta maailmaa löydettyjen tyypillisten ja epätyypillisten *A. salmonicida* -kantojen vertailulla on pyritty selvittämään bakteerin alkuperää ja leviämisteitä. Kaikki *A. salmonicida* -kannat eri puolilta maailmaa on todettu perimältään eli DNA rakenteeltaan hyvin samankaltaisiksi (McCarthy ja Roberts 1980, Austin ja Austin 1987, Belland ja Trust 1988, Boyd ym. 1994).

Boyd ym. (1994) vertailivat yhdeksästä maasta ja useista eri kalalajeista eristettyjä *A. salmonicida* -kantoja (53 kpl) entsyymielektroforeesilla. Tutkimuksessa löytyi vain kaksi tyyppiä, jotka erosivat toisistaan vain yhden entsyymilokuksen suhteen. Tyypilliset, lohista eristetyt *A. salmonicida* -kannat kuuluivat tyyppiin 1 ja epätyypilliset tyyppiin 2.

A. salmonicida -bakteerikantojen välisiä eroja on selvitetty myös muilla menetelmillä. Rockey ym. (1991) ovat tutkineet tyypillisten ja epätyypillisten kantojen bakteerien pinnan lipopolysakkarideja (LPS) monoklonaalisten vasta-aineiden avulla, ja pieniä eroja löytyi. *A. salmonicida* ssp. *salmonicida*- ja *A. salmonicida* ssp. *masoucida*-kannaksi määritetyt reagoivat samalla tavalla, mutta *A. salmonicida* ssp. *achromogenes* näistä poiketen.

Plasmideissa (=bakteerin kromosomin palasia, jotka voivat siirtyä bakteerista toiseen) on löydetty eroja tyypillisten ja epätyypillisten kantojen välillä (Belland ja Trust 1989).

Tyypillisten ja epätyypillisten suomalaisten *A. salmonicida* -kantojen biokemiallisia eroja ovat tutkineet Hirvelä-Koski ym. (1994). Kahden päivän päästä viljelystä alustava erottelu voitiin tehdä sakkaroosireaktion, Tween-hydrolyysin, hemolyysin ja ruskean väriaineen tuoton perusteella.

3.2.2. Tyypilliset *A. salmonicida* -kannat samankaltaisia

Dalsgaard ym. (1994) vertailivat viidestä maasta eristettyjä tyypillisiä *A. salmonicida* spp. *salmonicida* -kantoja biokemiallisesti, fysiologisesti ja serologisesti, ja kantojen todettiin olevan hyvin samankaltaisia.

Plasmidien tyypityksellä ei ole löydetty myöskään eroja *A. salmonicida* ssp. *salmonicida* -kantojen välille (Belland ja Trust 1989, Nielsen ym. 1993, Sørum ym. 1993), eikä myöskään ribotyypauksella (Nielsen ym. 1994).

3.2.3. Epätyypillisten *A. salmonicida* -kantojen luokitteluperusteet ovat vakiintumattomat

Epätyypillisten *A. salmonicida* -kantojen luokittelu on yhä auki. McCarthy ja Roberts (1980) ovat ehdottaneet seuraavaa jakoa:

A. salmonicida ssp. *achromogenes*. Tähän kuuluvat epätyypilliset kannat lohikaloista (aikaisemmat *achromogenes* ja *masoucida*).

A. salmonicida ssp. *nova*. Tähän kuuluvat epätyypilliset kannat muista kuin lohikaloista.

Tätä jakoa ovat tukeneet mm. Belland ja Trust (1989), mutta mm. Hirvelä-Koski ym. (1994) eivät löytäneet biokemiallisia eroja lohikaloista ja muista kaloista eristettyjen epätyypillisten kantojen välille.

3.3. Paisetauti on levinnyt ympäri maailmaa

A. salmonicida spp. *salmonicida* -bakteerin alkuperästä ei ole täyttä varmuutta. Koska se on todettu Euroopasta ennenkuin Pohjois-Amerikasta, on oletettu sen olevan eurooppalainen bakteerilaji. Pohjois-Amerikasta paisetautibakteeri eristettiin vuonna 1902 ja sen oletettiin tulleen eurooppalaisten taimenistukkaiden mukana (McCarthy 1975). Vaihtoehtoinen selitys on, että paisetautibakteeri tuli Eurooppaan Pohjois-Amerikasta kirjolohen (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) siirtojen mukana. Tätä olettamusta tukee kirjolohen hyvä vastustuskyky paisetaudille. Yleensä taudin alkuperäinen isäntälaji on ehtinyt kehittää luontaista immuniteettia taudinaiheuttajaa vastaan.

Paisetauti levisi nopeasti 1920-luvun alkupuolella sekä villoihin että viljeltyihin kaloihin Euroopassa. Ruotsiin tauti ilmestyi 1950-luvulla. Norjan ensimmäinen paisetautitapaus todettiin 1964, sen jälkeen kun kirjolohi oli tuotu maahan Tanskasta. Tällä hetkellä paisetautia tavataan 25 norjalaisessa lohijoessa (Håstein ja Lindstad 1991). Suomeen paisetauti tuli huomattavan myöhään, vasta vuonna 1986 (Rintamäki ja Koski 1987).

Vielä 1960-luvun loppupuolella Etelä-Amerikka, Afrikka, Australia, Uusi Seelanti ja Aasian maat, kuten Japani, olivat vapaita paisetaudista tai bakteeria ei oltu ainakaan eristetty. Nykyisin paisetautibakteeria tavataan lähes kaikkialta maailmasta, joskin sen esiintymistä Etelä-Amerikassa ja Australiassa ei ole varmennettu (Mitchell 1992). Sitä pidetään siksi maailmanlaajuisena lajina.

Epätyypillisiä *A. salmonicida* -kantoja tavataan nykyisin myös ympäri maailmaa.

4. PAISETAUTIBAKTEERIN ERI MUODOT OVAT YLEISIÄ MYÖS SUOMEN KALANVILJELYSSÄ

4.1. Tyypillinen paisetauti on levinnyt nopeasti

Paisetautia aiheuttava *A. salmonicida* ssp. *salmonicida* -bakteeri eristettiin ensimmäisen kerran kesällä 1986 Perämeren rannikon kahdelta kalanviljelylaitokselta emokaloiksi pyydystetyistä lohista (*Salmo salar* (L.)). Saman kesän ja syksyn kuluessa bakteeria löytyi useita kertoja Perämereltä ja kerran myös Selkämereltä emokaloiksi pyydystetyistä lohista. Tautia todettiin myös parissa Perämeren kirjolohilaitoksessa ja yhdessä sisämaan poikaslaitoksessa (Rintamäki ja Koski 1987, Rintamäki ja Valtonen 1991).

Rintamäen ja Kosken (1987) sekä Rintamäen ja Valtosen (1991) mukaan tauti tappoi Perämeren rannikon kahdessa laitoksessa eniten emolohia ja -taimenia, joiden kuolleisuus vaihteli altaittain 0-53 %. Paisetautia esiintyi myös lohien ja meritaimenien (*S. trutta* m. *trutta* (L.)) 1+ poikasissa. Paisetaudin esiintymistä vuosittain näissä samoissa kalanviljelylaitoksissa on selvittänyt Rintamäki (1993). Hänen tutkimustensa mukaan meritaimen on paisetaudille selvästi herkempi kuin lohi ja pääasiassa tautiin sairastuivat 1-vuotiaat poikaset ja emot. Oikea-aikaisella hoidolla on kuolleisuus saatu pysymään alhaisena. Ongelmana on ollut kuitenkin bakteerin nopea kyky muodostaa lääkkeille resistenttejä kantoja (Rintamäki ja Valtonen 1991).

Vuonna 1987 todettiin paisetautia vain Oulun- ja Lapin läänissä viidessä murtovesilaitoksessa ja kolmessa sisämaan laitoksessa (Rimaila-Pärnänen 1988). Vuonna 1988 ilmeni tautitapauksia Perämerellä kahdeksan, Saaristomerellä viisi, Suomenlahdella yksi ja sisämaan laitoksissa kolme (Keränen ja Koski 1989, Rimaila-Pärnänen 1989). Vuosina 1989-1991 paisetauti levisi erittäin voimakkaasti varsinkin Saaristomeren kirjolohilaitoksilla (Rimaila-Pärnänen 1990, 1991, 1992). Vuonna 1992 paisetaudin todettiin levinneen moneen Keski-Suomen poikaslaitokseen (Rimaila-Pärnänen 1993). Yhteensä eristyksiä tehtiin 43 laitokselta, ja vuonna 1993 40 laitokselta, joista puolet Turun- ja Porin läänissä ja Ahvenanmaalla (Rimaila-Pärnänen 1994).

Infektoituneita viljeltyjä kalalajeja ovat tähän mennessä olleet merilohi, meritaimen, järvitaimen (*S. trutta* m. *lacustris* (L.)), purotaimen (*S. trutta* m. *fario* (L.)), kirjolohi, nieriä (*Salvelinus alpinus* (L.)) harmaanieriä (*Salvelinus namaycush* Walbaum), harjus (*Thymallus thymallus* (L.)) ja siika (*Coregonus* spp.) (Koski 1987, Rintamäki ja Koski 1987, Hirvelä-Koski ym. 1994).

Luonnosta on tyypillistä paisetautibakteeria eristetty mateesta (*Lota lota* (L.)), siiasta ja seipistä (*Leuciscus leuciscus* L.) sekä myös kalaviljelylaitoksella säilytyksessä olleista nahkiaisista (*Lampetra fluviatilis* (L.)) (Koski 1987, Rintamäki ja Koski 1987, Hirvelä-Koski ym. 1994).

Paisetautia esiintyy yleensä kesäkuun ja syyskuun välisenä aikana. Ensimmäiset tautitapaukset ilmenevät, kun veden lämpötila nousee 15 °C asteeseen (mm. Rintamäki ja Valtonen 1991). Kliinistä tautia on todettu kuitenkin myös kylmän veden aikaan, marraskuussa ja maaliskuussa (T. Pohjanvirta, suull.ilm.).

Lähes kaikki Suomessa eristetyt paisetautibakteerikannat ovat tuottaneet ruskeaa pigmenttiä kasvualustallaan. Poikkeuksena lienee Etelä-Suomesta järvitaimenesta ja meritaimenesta eristetyt kannat, jotka eivät tuottaneet pigmenttiä normaaleissa kasvatusoloissa. Kanta todettiin erittäin patogeeniksi kirjolohelle (Wiklund ym. 1993). Hirvelä-Kosken ym. (1994) mukaan 71:tä paisetautikannasta kaikki tuottivat ruskeaa pigmenttiä, neljä tosin vasta alemmissa lämpötiloissa (15 °C ja 4 °C).

4.2. Epätyypillisiä kantoja on useita ja niiden haitallisuus vaihtelee

Epätyypillisiä *A. salmonicida* -kantoja on eristetty Suomessa useita. Yleisin on *A. salmonicida* spp. *achromogenes* -kanta, joka aiheuttaa ASA-tautia eli tarttuvaa ihotulehdusta lohikalaille. Ensimmäisen kuvauksen paisetautityypisistä taudista teki Ojala (1966), jonka mukaan *A. salmonicida* muistuttava bakteeri eristettiin vuonna 1964 kuteneista (6-10 v.) järvitaimenista Etelä-Suomessa. *A. salmonicida* subsp. *achromogenes* -bakteeri esiintyy EELA:n tilastoissa vasta vuonna 1982, jolloin sitä eristettiin Selkämerelle merikasvatukseen siirrettyissä nevanlohen vaelluspoikasissa (Korhonen 1983). Samana vuonna tautitapauksia ilmeni useissa laitoksissa (esim. Rintamäki ja Valtonen 1991). Suurimmillaan kuolleisuus oli makeanveden laitoksissa 30-50 %.

Rintamäen ja Valtosen (1991) ja Rintamäen (1993) mukaan ASA-tartuntaan sairastuvat useimmiten 0-vuotiaat kalat. Kuolleisuus ASA-tautiin voi olla samaa luokkaa kuin paisetautitapauksissa (Rintamäki ja Valtonen 1991, Rintamäki 1993). Paisetaudin tavoin meritaimen on ASA-taudille lohta herkempi. Harjus on osoittautunut olevan erityisen herkkä ASA-taudille (Rintamäki 1993, Pylkkö 1993), samoin nieriä (Pylkkö 1993). ASA-tauti ei ole levinnyt yhtä räjähdysmäisesti kuin paisetauti, vaan ASA on enemminkin laitoskohtainen ongelma varsinkin nieriää ja harjusta viljelevillä laitoksilla (esim. Pylkkö 1993).

Hirvelä-Kosken ym. (1994) tutkimusten mukaan 34:tä tutkitusta suomalaisesta epätyypillisestä paisetautibakteeri kannasta enemmistö tuotti ruskeaa väriainetta TSA ja/tai paisetauti-agarilla. Yksitoista kantaa ei tuottanut ruskeaa pigmenttiä kummallakaan alustalla. Näitä pidetään ASA-kantoina. Rintamäki ja Valtonen (1991) ja Rintamäki (1993) ovat eristäneet epätyypillistä, pigmenttiä tuottavaa bakteerikantaa meri- ja järvitaimenista Pohjois-Suomessa ja järvitaimenista Keski-Suomessa, ja se on aiheuttanut merkittävää kuolleisuutta. Kannan nimenä on käytetty ASX.

Luonnonkaloissa epätyypillinen paisetautibakteeri on aiheuttanut Itämeren kampelalle (*Platichthys flesus* (L.)) ihohaavaumasairauden (Wiklund ja Bylund 1993). Wiklundin (1994) mukaan kanta ei ollut patogeeninen kirjolohelle. Saaristomerellä epätyypillinen *A. salmonicida* on eristetty hauen (*Esox lucius* L.) päässä ja vartalosta olevista haavoista. Bakteerikanta oli hyvin yhteneväinen *A. salmonicida* subsp. *achromogenes* -kannan kanssa (Wiklund 1990).

5. *A. salmonicida* -BAKTEERIN ESIINTYMINEN JA PATOGEENISUUS ERI KALALAJEILLA

5.1. Lohikalat herkimpiä sairastumaan

Käytännössä kaikki lohikalat voivat sairastua paisetautiin, mutta sairastumisherkkydessä on eroja lajien välillä. Ellisin ja Stapletonin (1988) mukaan herkin on taimen, sitten lohi ja vastustuskykyisin on kirjolohi.

Suomessa paisetautia esiintyy runsaasti myös kirjolohella ruokakalalaitoksissa. Tärkeimpänä syynä tähän pidetään epäedullisia kasvatusoloja eli korkeata veden lämpötilaa ja liian suuria tiheyksiä suhteessa veden vaihtuvuuteen.

Suomessakin saatujen kokemusten mukaan taimen on huomattavasti herkempi paisetaudille kuin lohi (esim. Rintamäki ja Valtonen 1991, Rintamäki 1993). Myös epätyypilliset *A. salmonicida* -kannat ovat vaarallisempia meritaimenelle kuin lohelle (mm. Rintamäki ja Valtonen 1991, Rintamäki 1993). ASA-taudille herkimpiä kalalajeja ovat eri nieriälajit ja harjus (Wichardt ym. 1989, Pylkkö 1993).

Ellis ja Stapleton (1988) ovat selvittelleet herkkyyserojen syitä tutkimalla taimenen, lohien ja kirjolohien seerumin kykyä estää bakteerisolua tuottamasta entsyymimyrkkyjä (ECP). Tutkimuksen mukaan taimenen seerumi edisti selvästi bakteerien proteiineja pilkkovan proteaasin tuotantoa, lohien seerumilla oli vain vähän vaikutusta ja kirjolohien seerumi esti 50 %:sti proteaasin tuotannon. Tällä saattaa olla merkitystä kalalajien välisissä herkkyyseroissa paisetaudille. Myös Ellis ym. (1981) ovat todenneet kirjolohien seerumin neutraloivan ECP-tuotteita. Sakain (1984) tutkimusten mukaan myrkkujen neutraloinnista vastaa ainakin osaltaan kalan seerumin komplementtisysteemi, joka on hyvin tärkeä osatekijä kalan puolustusjärjestelmässä.

5.2. Muut kuin lohikalat saattavat myös sairastua

Kalankasvatuslaitoksen paisetautitapaukset saattavat tartuttaa lähistön luonnonkaloja, jotka voivat toimia edelleen taudin levittäjinä. Huulikaloja (Labridae) käytetään sekä Britanniassa että Norjassa puhdistamaan kasvatettavia lohia lohittäistä, joka on äyriäisiin kuuluva loinen. *A. salmonicida* ssp. *salmonicida* -bakteeri on löytynyt kolmesta huulikalalajista (kivihuulikala, *Ctenolabrus rupestris* (L.); levähuulikala, *Centrolabrus exoletus* (L.); sinihuulikala, *Labrus bimaculatus* (L.)). Huulikalojen herkkyys antibiooteille oli samaa luokkaa kuin niiden lohien, joiden kasseissa huulikalat elivät. Huulikaloilla ilmenivät krooniselle paisetaudille tyypilliset ihovauriot. Niiltä löydettiin myös suuret määrät bakteereja sisäelimestä (Treasurer ja Cox 1991). Suomesta paisetautia on todettu mm. kalankasvatuslaitoksen poistokanavasta pyydystetystä mateesta (Rintamäki ja Koski 1987).

Myös syöttinä käytetyt kalat voivat toimia paisetaudin kantajina. Eläviä syöttikaloja kasvatetaan kaupallisesti ja käytetään mm. lohienkalastuksessa. Ostland ym. (1987) tutkivat neljää Kanadassa käytettävää syöttikalalajia (*Notropis* sp., valkoimukarppi *Catostomus commersoni* (Lacepède), *Semotilus atromaculatus* (Mitchill), *Notemoginus*

crysoleucas (Mitchill)). Kaikki eri puolilta Ontariota kerätyt lajit sairastuivat paisetautiin tyypillisin oirein, ja tartuttivat koeolosuhteissa taudin myös kuningasloheen.

Muilta kuin lohikaloilta eristetyt *A. salmonicida* -kannat ovat useimmiten epätyypillisiä muotoja, jotka aiheuttavat eriasteisia ihohaavaumia sekä luonnon- että laitoskaloissa. Epätyypillistä paisetauti on todettu mm. karpista (*Cyprinus carpio* (L.)), Fijan 1972, Austin ja Austin 1987, Munro ja Hastings 1993) ja kultakaloista (*Carassius auratus* (L.)), Elliot ja Shotts 1980, Austin ja Austin 1987). Norjassa todettiin vuonna 1970 joukkokuolemia mudulla (*Phoxinus phoxinus* (L.)), Håstein ym. 1978). Ihohaavaumista eristettiin *A. salmonicida* ssp. *achromogenes* -bakteeri (ASA). Tutkijat epäilivät taudin puhkeamisen syyksi matalan veden ja kutustressin yhteisvaikutusta. Epätyypillinen paisetautibakteerikanta on infektoinut Ruotsissa mm. haukia, ahvenia (*Perca fluviatilis* (L.)) ja särkiä (*Rutilus rutilus* (L.)) (Wichardt ym. 1989).

Merikaloista epätyypillinen paisetautibakteeri on eristetty silosimpusta (*Anoplopoma fimbria* (Pallas), Evelyn 1971), turskasta (*Cadus morhua* L., Cornick ym. 1969), japaninankeriaasta (*Anquilla japonica* T.&S., Kitao ym. 1984), ankeriaasta (*Anquilla anguilla* (L.)), Kiato ym. 1985) ja viljellystä amerikanankeriaasta (*Anquilla rostrata* (Lesueur), Hayasaka ja Sullivan 1981).

Tanskassa epätyypillinen paisetautibakteeri on eristetty pikkutuulenkalasta (*Ammodytes lancea* L.) ja isotuulenkalasta (*A. lanceolatus* Le Sauvage) (Dalsgaard ja Paulsen 1986) ja myös kasvatetuista piikkikampeloista (*Psetta maxima* (L.)) (Pedersen ym. 1994). Tuulenkalojen bakteeri oli patogeeninen kirjolohelle. Piikkikampelan bakteeri ei aiheuttanut kuolleisuutta kirjolohille, eikä niistä myöskään saatu bakteeria eristetyksi.

Epätyypillistä *A. salmonicida* -kantaa on eristetty Suomesta lohikalojen lisäksi seipistä ja särjestä (Hirvelä-Koski ym. 1994), kampelasta (Wiklund ja Bylund 1991, 1993) ja hausta (Wiklund 1990). Kampelasta eristetty kanta ei ole patogeeninen kirjolohelle (Wiklund 1994).

6. PAISETAUTIBAKTEERIN LEVIÄMISTAVAT JA ELINKYKY YMPÄRISTÖSSÄ

6.1. Sairaat ja kuolleet kalat erittävät valtavia määriä bakteeria

Näkyvästi sairaat, kuolemaisillaan olevat ja kuolleet kalat ovat varsinaisia bakteerin kylväjiä. Ne levittävät ympäristöönsä 100 000 -100 miljoonaa bakteeria tunnissa. Merivedessä kuolleet kalat tuottavat suurempia määriä kuin makeassa vedessä (Rose ym.1989).

A. salmonicida selviää sairaan kalan kudoksissa 32 päivää ja kala voi koko ajan levittää bakteereja ympäristöönsä (McCarthy 1980). Sairaat kalat levittävät bakteereita myös ulosteissaan. Kokeessa, jossa tutkittiin veteen sekoitetun bakteerimassan kykyä infektoida kirjolohi, *A. salmonicida* eristettiin mm. ulosteesta jo 4 tuntia tartuttamisen jälkeen. Bakteeria voitiin viljellä ulosteesta vielä 48 tunnin kuluttua (Austin ja Austin 1987).

Ns. paise sisältää 10^{10} bakteeria (=10 000 miljoonaa) millilitrassa. Jos kala saa ravinnon mukana yhden mikrolitran paiseen sisältöä, se riittää aikaansaamaan infektion. Kala voi infektoitua suun kautta, esim. nielemällä bakteerien saastuttamaa vettä (Rose ym. 1989, Needham ja Rymes 1992).

Hyväkuntoiset kalat pystyvät yleensä tiettyyn rajaan asti torjumaan tartunnan puhkeamisen taudiksi. Tervekään kala ei kuitenkaan kykene suojautumaan massiiviselta bakteerivirralla. Kuolleiden kalojen poisto altaista on siten taudin leviämisen ehkäisyssä oleellisen tärkeätä.

6.2. Bakteeri leviää oireettomien paisetaudin kantajakalojen mukana

Kirjallisuustietojen ja Suomessakin saatujen kokemusten mukaan tärkeimpiä paisetaudin levittäjiä ovat olleet oireettomat kantajakalat. Paisetautia on siirretty maasta toiseen, laitoksilta toisille, luonnonkaloista laitoksiin jne. uskoen, että terveeltä näyttävät kalat myös ovat terveitä. Lämpötila-, kuljetus- ym. stressin jälkeen oireettomat kalat voivat sairastua akuuttiin tautiin. Paisetaudin osoittamiseksi kokeellisesti kantajakalaparvesta on olemassa hyviä, mutta ei 100 %:sen luotettavia menetelmiä. Ongelmana on tuolloin bakteerien pieni määrä kaloissa. Yhtenä luotettavimmista pidetään stressitestiä (kts. 3.1.).

Bakteerin sijainnista kantajakaloissa on kiistelty pitkään. Ehdolla ovat olleet suoli, munuainen ja iholima, ja kaikille näille paikoille löytyy myös kirjallisuudesta todisteita (mm. McCarthy 1977, Rose ym. 1989, Smith, 1993). Todennäköisesti pieniä määriä bakteeria voi esiintyä kussakin näistä paikoista. Hineyn ym. (1994) mukaan suoli näyttäisi olevan tärkein elin, jossa bakteerit kantajakaloilla sijaitsevat, mutta bakteereja voi esiintyä myös kiduksissa, evillä ja iholla.

Esim. Irlannin sisämaassa kasvatettavat lohenpoikaset ovat useimmiten paisetaudin kantajia, ja ongelmana on ollut poikasten sairastuminen mereen jatkokasvatukseen siirron jälkeen (Smith 1991, Scallan ja Smith 1993). Tämä on voitu estää syöttämällä tai kylvettämällä poikasia mikrobilääkkeillä (mm. O'Grady ja Smith 1992, Cazabon ym. 1994, Pursell ja Smith 1994). Vaarana tässä ennaltaehkäisevässä toiminnassa on antibiooteille resistenttien kantojen syntyminen.

Paisetautibakteerin esiintyminen kantajakalassa ei ole muuttumaton ja yksiselitteinen tila. Mm. Andrews (1981) teki kokeen, jossa siirrettiin ylävirtaan 200 kpl toisen kesän taimenia, joista tiedettiin olevan noin puolet paisetaudin kantajia. Myöhemmin samana vuonna joki sähkökoekalastettiin, eikä yhtään paisetaudin kantajakalaa löytynyt. Kirjoittaja piti mahdollisena, että kalat olisivat "puhdistuneet" bakteerista istutuksen jälkeen. Tätä teoriaa tukee mm. Scallanin ym. (1993) steriilissä vedessä tekemä kokeellinen työ, jossa stressitestein todettiin oireettoman infektion säilyvän 20 kalan parvessa ainakin 28 päivää, mutta ei kyetty eristämään enää 42 päivän jälkeen. Yksittäin pidetyistä kaloista bakteeria ei saatu esiin 28 eikä 42 päivän jälkeen.

Kalanviljelylaitosten samoissa poikasparvissa on stressitestein todettu myös oireettomien kantajien määrissä vuodenaikaisvaihtelua (Scallan ja Smith 1993). Kantajien määrä oli selvästi suurimmillaan maaliskuussa, jolloin poikaset smolttiutuivat. Esimerkiksi yhdestä ryhmästä ei todettu kantajia kesä-tammikuussa yhtään kappaletta. Helmikuussa todettiin 1/20 ja maaliskuussa 12/20. Stressitestin oikea ajoitus on siten erittäin tärkeitä. Irlannissa suositellaankin kolmen testin tekemistä kolmen kuukauden aikana ennen poikasen siirtoa mereen. Käytännössä suositusta lienee vaikea noudattaa.

6.3. Bakteeri selviää vedessä viikkoja

Paisetautibakteeri voi selvitä vapaana vedessä jopa kuukauden elävänä. Eri tutkijat ovat todenneet eripituisia aikoja, johtuen ilmeisesti vaihtelevista osoitusmenetelmistä ja olosuhteista.

Johnsen ja Jensen (1994) tutkivat Norjassa paisetaudin leviämisreittejä. Heidän laatimansa leviämismallit todistavat, että sairaus on levinnyt kalankasvatuslaitoksilta jokiin useimmissa maakunnissa.

McCarthy (1980) mukaan *A. salmonicida* säilyi pisimpään murtovedessä (26 vrk) ja vähiten aikaa merivedessä (10 vrk) lämpötilan vaihdellessa 11-13 °C välillä. Makeassa vedessä *A. salmonicida* säilyi elävänä 17 päivää. Paisetautibakteerin kyky tartuttaa kala on samanlainen suolaisessa ja makeassa vedessä (Needham ja Rymes 1992).

Fernandezin ym. (1992) tutkimusten mukaan paisetautibakteeri säilyy suodatetussa merivedessä 14 vrk, jos veden lämpötila on 20 °C. Jos meriveden lämpötila on 10 °C, paisetautibakteeri häviää vedestä 1 kk kuluessa.

Nomura (1993) puolestaan totesi paisetautibakteerien säilyvän elävinä steriloidussa makeassa vedessä 60 vrk. Steriloimattomasta vedestä paisetautibakteeri katosi 4 päivässä. Steriilissä suolaisessa vedessä paisetautibakteeri säilyi Nomuran (1993) kokeessa vain 8 vrk. Lämpötila kokeissa oli 10 °C.

Sakai (1986) tutki vedessä olevan humushapon, ligniinin ja tanniinihapon vaikutusta paisetautibakteerin elinkykyyn tislatussa 20 °C vedessä. Koepulloissa oli lisäksi hiekkaa ja tryptonia. Ilman humushappoa bakteerisolujen määrä väheni 10^7 solusta/ml tasolle 10^3 solua/ml jo yhdessä vuorokaudessa. Humushapon lisäys (10 µg/ml) ylläpiti bakteerikantaa siten, että bakteerisolujen määrä väheni tasolle 10^3 - 10^4 solua/ml kymmenessä viikossa. Ligniinin tai tanniinihapon lisäys aiheutti nopeamman bakteerien vähenemisen. Viiden viikon kuluttua bakteerisoluja oli alle 10^2 solua/ml.

Effendi ja Austin (1994) ovat tehneet laajan tutkimuksen useilla menetelmillä *A. salmonicida* -bakteerisolujen elinkyvystä meriympäristössä jäljittelevässä laboratoriosysteemissä. Heidän mukaansa bakteeri selviää hengissä steriloimattomassa 6-20 ‰:n merivedessä 15-20 päivää, 25 ‰:n merivedessä yli 20 päivää ja 35 ‰:ssa vain 4 päivää. Steriilissä ympäristössä lämpötilalla (5-25 °C) ei ollut juurikaan vaikutusta bakteerin elinkykyyn.

6.3.1. *A. salmonicida* -bakteerin osoitusmenetelmät vedestä

Paisetautibakteerin toteamiseen vedestä on käytetty usein samoja menetelmiä kuin sen osoittamiseen kaloista. Muita tapoja on mm. suodatus, jossa vesi johdetaan erilaisten filttereiden läpi. Esim. Ford (1994) on käyttänyt 45 µ:n selluloosa-asetaatti- ja nitraatitilfilteriä. Suodattamisen jälkeen filteri siirretään tietylle kasvatusalustalle (Coomassie Brilliant Blue, CBB), jossa paisetautipesäkkeet värjäytyvät sinisiksi. Sen jälkeen voidaan laskea bakteerien määrä vesitilavuutta kohti. Tällä testillä saatiin todennäköinen varmuus 72 tunnissa ja täydellinen bakteerimääritys 96 tunnissa. Paisetautibakteeri havaittiin joissakin tapauksissa vedestä jo ennenkuin sairaus alkoi näkyä kaloissa. Metodi on helppo ja kustannuksiltaan edullinen. Fordin (1994) mukaan menetelmällä voidaan määrittää *A. salmonicidan* ja myös muiden bakteerien lukumäärät vesinäytteenä ja valvoa veden käsittelyn kuten UV-säteilytyksen ja kemiallisen desinfektion tehoa.

Effendi ja Austin (1993) kehittivät nopean menetelmän *A. salmonicidan* elinkyvyn määrittämiseksi merivedestä. Effendi ja Austin (1993) huomasivat, että hengitysaktiivisuuden mittaaminen on hyödyllinen määrittäessä elävien bakteerien esiintymistä. Hengitysaktiivisuus todennetaan mm. bakteerisolujen sisällä ja ympärillä tapahtuvalla värin kehittymisellä. Effendin ja Austinin (1993) mukaan menetelmällä saadaan helposti esiin elävät *A. salmonicida* bakteerit.

6.4. Pohjamuta ja sedimentti säilövät bakteerin

McCarthy (1980) tutki paisetautibakteerin kykyä selvitä pohjamudassa. Hän keräsi mutaa dialyysipussiin ja lisäsi siihen 10^9 elävää paisetautibakteeria/ml. Nämä pussit haudattiin mutaan maapohjaisessa kalaaltaassa. Dialyysipussit otettiin pois 10 päivän kuluttua, jolloin mudasta todettiin 10^6 elävää bakteeria/ml. Effendi ja Austin (1994) tutkivat useilla menetelmillä *A. salmonicida* bakteerisolun elinkykyä puussa, hiekassa, mudassa ja vesikasveissa laboratorioon rakennetussa meriympäristössä. Steriloimattomissa meriolosuhteissa bakteeri hävisi vesikasveista alle 10 päivässä, mudasta ja hiekasta 11 päivässä, mutta puussa bakteeria oli osoitettavissa huomattavia määriä vielä 15. koepäivänä. Husevåg ja Lunestad (1995) tutkivat *A. salmonicida* spp. *salmonicida* -bakteerin esiintymistä sekä lopetettujen että toimivien kassilaitosten sedimentistä. Kaikilla laitoksilla oli esiintynyt paisetautia ja jokaisen laitoksen sedimentistä löytyi bakteeria. Kaksi näistä laitoksista oli ollut tyhjillään 18 kuukautta!

6.5. Muut eläimet saattavat myös siirtää bakteeria

Paisetautibakteeria on kyetty eristämään vain harvoin muista eläimistä kuin kaloista. Esim. Cornick ym. (1969) tutkivat 2954 eläinyksilöä paiseaudin saastuttamista kalalammikosta, eivätkä löytäneet yhdestäkään *A. salmonicida* -bakteeria. Tutkitut eläinlajit olivat sammakoita, hämähäkkejä, äyriäisiä, etanoita, juotikkaita ja erilaisia hyönteisiä.

Äyriäisloisiin kuuluva *Lepeophtheirus salmonis* -lohitäi aiheuttaa suurta vahinkoa mm. Norjan ja Skotlannin lohenkasvatukselle. Kun lohi kuolee, tää jättää sen, ja siirtyä välit-

tömästi joko veteen tai toisen kalaan. Lohitain toimimisen *A. salmonicidan* siirtäjänä varmistivat Nese ja Engler (1993) norjalaisilla lohenviljelylaitoksilla. Paisetaudin puhkeamisen jälkeen tutkijat keräsivät täi- ja planktonnäytteitä, joista molemmista löytyi suuria määriä *A. salmonicida* spp. *salmonicida* -bakteeria.

Effendi ja Austin (1994) tutkivat bakteerin elinkykyä kokeellisesti eri merieliöillä: kotilo, sammakko, hummeri ja meritähti. Bakteerit hävisivät 7 päivässä kaikista näistä eliöistä.

6.6. Kalanviljelyvälineiden desinfiointi on välttämätöntä

McCarthy (1980) tutki paisetautibakteerin kykyä säilyä verkoissa. Hän upotti nailon-verkon kappaleita 30 minuutiksi seokseen, jossa oli kalan limaa, ulostetta ja mutaa sisältäen noin 10^8 elävää bakteerisolua/ml. Puolet näin saastutetuista verkoista kuivatettiin $10\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa 24 tunnin ajan ja puolet testattiin märkinä. Osa verkoista käsiteltiin lisäksi kolmella desinfektioaineella: 1% hypokloriittiliuos, 1:4000 akriflaviini ja 1% NaOH (+0.1% Teepol). Sekä kuivat että märät saastutetut verkot kastettiin kuhunkin desinfektioaineeseen useiksi sekunneiksi, ja sen jälkeen testattiin *A. salmonicidan* esiintymistä päivittäin kuuden päivän ajan. *A. salmonicida* -bakteeria kyettiin eristämään sekä kuivista että märistä desinfiointimattomista verkoista koko kuuden päivän koejakson ajan. Akriflaviini ja Teepol-NaOH liuos desinfioidivat sekä kuivat että märät verkot. Hypokloriitti desinfioidi märät verkot mutta ei kuivia.

McCarthy (1980) on myös todennut, että paisetautibakteeri voi selvitä elävänä 40 vrk kalankasvatusaltaan seinämällä.

6.7. Mädin desinfektio on todettu tehokkaaksi toimeksi taudin leviämisen ehkäisyssä

Mädin välityksellä tapahtuvaa paisetaudin leviämistä on tutkittu paljon. Luotettavien osoitusmenetelmien löytäminen on ollut ongelma, koska mädin pinnan peittää normaalisti runsas ja monilajinen bakteerikasvusto. McCarthy (1980) ei löytänyt *A. salmonicidaa* kalojen sukutuotteista, mutta oletti, että tutkimusmenetelmät eivät riitä bakteerien havaitsemiseen. Käytännössä, myös Suomessa, on mädin desinfektio todettu tehokkaaksi toimeksi taudin leviämisen ehkäisyssä. Yousif ym. (1994) ovat tutkineet hopealohen mätimunia, ja niistä löytyi bakteereja tappavaa lysotsyymi-entsyymiä. Kokeissa todettiin entsyymin tuhoavan nopeasti mm. *A. salmonicida* -bakteerin. Tutkijat olettivat, että lysotsyymi estää bakteerien siirtymisen mätimununan sisään.

6.8. Bakteeri saattaa muodostaa kestäviä lepomuotoja

Lepomuodoksi kutsutaan sellaista bakteerin vaihetta, jossa se ei esim. kasvatusalustalla muodosta kasvustoja (ei lisäännä), mutta on kuitenkin elossa. Eloissa voidaan todeta esimerkiksi hengitysaktiivisuuden mittauksilla. Tämä fysiologinen tila tunnetaan monilta Gram-negatiivisilta bakteereilta. On epäilty, että myös paisetautibakteeri pystyisi muodostamaan lepomuodon ja pysyttelemään siinä pitkiäkin aikoja vedessä elävänä. Lepomuoto purkautuu, kun bakteerilla on jälleen ravintoa saatavilla (Allen-Austin ym. 1984). Tutkimukset lepomuodon olemassaolosta ovat kuitenkin ristiriitaisia. Esim. Rosen ym. (1990) mukaan *A. salmonicida* ei tällaista lepomuotoa muodosta, vaan säilyy vedessä bakteerimuodossa. Toisaalta Morgan ym. (1993) ovat laboratoriotutki-

muksissaan todenneet, että *A. salmonicida* -bakteeri siirtyy lepotilaan järvivedessä 21 vrk:n jälkeen.

6.9. Viljelylaitosten henkilökunta voi levittää bakteeria

Ihmiset ovat osatekijä paisetaudin leviämisessä. Norjalaisen riskikartoituksen mukaan henkilökunnan siirtyminen laitokselta toiselle oli yksi tärkeimmistä tekijöistä paisetaudin leviämisessä makean veden laitokseen (Jarp ym. 1993).

Koska bakteereja esiintyy sekä sairaiden että kantajakalojen iholimassa (Needham ja Rymes 1992, Hiney ym. 1994), voi kalojen käsittelijä siirtää bakteerin muihin kaloihin esim. ruokinnan yhteydessä.

6.10. Bakteeri voi siirtyä kalaan myös ravinnon kautta

Monissa kokeissa paisetautibakteerilla infektointua ruokaa on syötetty kaloille taudin silti puhkeamatta (Kranz ym. 1964, McCarthy 1977). Toisaalta on kokeita, joissa ravinto on toiminut tartunnanlähteenä (kts. esim. Rose ym. 1989). Rose ym. (1989) ruiskuttivat kalan vatsaan paiseen sisältöä ruokatorven kautta ja totesivat, että tarvitaan yli 100 000 elävää bakteeria aiheuttamaan kuolleisuuden tai kantajainfektion.

Kalanrehuna käytettävät kalan perkuujätteet ovat mahdollinen ravinnon kautta tapahtuva infektiolähde. McCarthyn (1980) mukaan *A. salmonicida* voi säilyä kuolleen taimenen kudoksissa 28 päivää +4 °C lämpötilassa. Cornickin ym. (1969) suorittamassa kokeessa *A. salmonicida* säilyi elinkykyisenä -10°C lämpötilassa 49 päivää.

Pakastaminen ei siten tuhoa paisetautibakteeria rehun raaka-aineena käytettävistä kaloista. Bylund ja Lönnström (1993) totesivat kokeellisesti paisetautibakteerien säilyttävän elinkykynsä kirjolohessa -20 °C ja -70 °C pakkasessa 13 viikkoa.

Suomessa käytetään tuorerehun raaka-aineina lähinnä silakkaa ja jonkin verran kilohailia. Kummastakaan lajista ei ole todettu paisetautia. Whipple ja Rohovec (1994) tutkivat mm. *A. salmonicidan* kykyä selvitä lämpö- ja pH-käsittelystä. *A. salmonicida* selvisi vain kaksi minuuttia +50 °C:ssa. Alhainen pH lisäsi *A. salmonicidan* herkkyyttä korkealle lämpötilalle. Happosäilötyssä kalajätteessä paisetautibakteerit kuolevat hyvin nopeasti.

7. PAISETAUDIN PUHKEAMISEN ENNALTAEHKÄISY

Paisetaudin torjunta laitoksella voi olla kaksivaiheinen:

A. Estetään taudinaiheuttajan pääsy laitokseen

Avainasemassa ovat kalan ja mädin tuonnit, ympäröivien laitosten tautitilanne, yläpuolinen vesistö sekä laitosten välinen tavaraliikenne.

Käytännön toimenpiteitä tautien leviämisen ehkäisemiseksi on kerätty mm. Kalanviljelijän kalatautioppaaseen (Rahkonen 1991).

Norjassa kartoitettiin suurimmat riskitekijät, jotka aiheuttavat paisetaudin leviämistä makean veden laitosten kaloihin (Jarp ym. 1993). Pääasiallisia riskitekijöitä löytyi kolme.

1. Vaelluskalojen pääsy laitoksen vedenottamoon.
2. Henkilökunnan siirtyminen laitokselta toiselle.
3. Hautomon lähellä on paljon kalanviljelylaitoksia, joissa esiintyy paisetautia.

Norjassa on muodostunut käytännöksi ikäluokkien pitäminen erillään lohien kassikasvatuksessa meressä. Suositeltava välimatka on yksi kilometri. Eri laitosten välimatkaksi suositellaan viittä kilometriä (Rudi ja Dragsund 1993).

B. Minimoidaan laitokselle levinneen taudinaiheuttajan vaikutukset

Avainasemassa ovat hyvä hygienia, kalojen hyvä hoito (ravinto, ruokinta, veden laatu, tiheys) ja laitoksen sisäinen järjestys sekä kalan ja mädin siirrot.

Mitchellin (1992) mukaan lohien paisetautiherkkyyteen vaikuttavat eniten seuraavat tekijät: smolttien laatu, veden lämpötila, kasvatustiheys, bakteerien määrä, rokotusaste, käsittelytekniikka ja parven tasalaatuisuus. Smolttien laadun käsite oli hyvin laaja, ja sitä käsiteltiin kohdassa 2.1.

7.1. Viljelyolosuhteet tärkeässä asemassa

Paisetaudin torjunnassa ja ennaltaehkäisyssä on viljely-ympäristöllä ja käytetyillä menetelmillä keskeinen merkitys. Erilaisin käytännön toimenpitein on estettävä bakteerikuorman kasvaminen liian suureksi. Toisaalta on huolehdittava siitä, että vallitsevat viljelyolosuhteet eivät heikennä kalojen kuntoa.

Bakteerin määrä pysyy vähäisenä, mikäli altaat ja työvälineet pidetään puhtaina. Sairaata ja kuolleita kalat tulee poistaa mahdollisimman pian ja hävittää asianmukaisesti.

Stressi on paisetaudin puhkeamista edistävä tekijä. Viljelyn eri vaiheisiin kuuluvat kalojen käsittelyt kuten lajittelut, punnitukset ja siirrot tulisi minimoida. Käsittelyt tulisi ajoittaa alle 10 °C lämpötilaan, sillä sen noustessa kalan stressiherkkyys kasvaa. Toisaalta häirintää kylmässä vedessä tulisi myös välttää, koska toipumisaika tällöin

pitenee huomattavasti. Kalojen stressiherkkyys vaihtelee myös sen mukaan, missä fysiologisessa kehitysvaiheessa ne ovat. Esim. smolttitunut eli vaellusvalmis kala häiriintyy huomattavasti herkemmin kuin jokipoikasvaiheessa oleva yksilö.

Vaikka lajittelu aiheuttaa kaloille hetkellistä stressiä, sillä voidaan mahdollisesti estää jatkuvaa, ns. sosiaalista stressiä pienentämällä kokoeroja parven sisällä. Mitchell (1992) on havainnut, että useimmiten paisetautiin sairastuvat parvet, joissa kokohajonta on suuri. Myös Peters ym. (1988) osoittivat kokeellisesti, että kirjolohiparven alisteiset yksilöt saivat mm. *A. hydrophila*-tartunnan huomattavasti herkemmin kuin dominoivat kalat.

Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että suurissa viljelytiheyksissä kalat herkistyvät paisetaudille. Paitsi, että "elintilan" puute sinänsä aiheuttaa stressiä, saattaa kalojen hapensaanti vaikeutua. Liuenneen hapen määrän väheneminen edesauttaa kokemusten mukaan selvästi paisetaudin puhkeamista (Mitchell 1992). Tiheyksien kasvattaminen edellyttää joko tehokkaampaa veden virtausta tai hapetusta. Myös lämpötilan nousun myötä liuenneen hapen määrä vähenee.

Usein myös ulkoiset vauriot, kuten eväkulumat ja ihovauriot, lisääntyvät suurissa tiheyksissä, jolloin bakteerien pääsy kalaan helpottuu. Needhamin ja Rymesin (1992) mukaan evävaurioiset jokipoikaset ja smoltit ovat selvästi herkempiä paisetaudille. Heidän mukaansa ne smoltit, joilla oli vakava selkäevävaurio kuolivat ensin. Infektion välttäneillä kaloilla oli lähes poikkeuksetta ehjät evät.

Ohjearvoja sopivasta viljelytiheydestä on vaikea antaa. Optimaalinen tiheys on riippuvainen vallitsevista olosuhteista, esim. veden virtausnopeudesta, mutta myös viljeltävästä kalalajista. Lisäksi on huomioitava, että kynnys, jossa vallitseva tiheys muuttuu kalaa stressaavaksi, saattaa vaihdella kalan fysiologisen tilan mukaan. Esim. smolttitumiskehityksen läpi käyvät kalat sietävät jokipoikasvaiheessa suurempia tiheyksiä kuin ollessaan smolttivaiheessa.

Kalatiheyden vaikutusta smolttituvan lohen alttiuteen sairastua paisetautiin tutkittiin 2-vuotiailla lijoen kantaa olevilla lohilla siirtämällä poikaset presmolttivaiheessa eli n. 2 kk ennen istutusaikaa kolmeen eri tiheyteen: $9,3 \text{ kg/m}^3$, $7,7 \text{ kg/m}^3$ ja $5,1 \text{ kg/m}^3$ (Muona 1991). Toukokuun lopussa, poikasten ollessa smolttivaiheessa, ne siirrettiin toiselle laitokselle, jossa aiemmin oli todettu paisetautia. Erot tiheyksissä säilytettiin. Noin kolme viikkoa siirron jälkeen tiheimmässä parvessa alkoi ilmetä paisetaudin oireita ja kuolleisuutta. Seuranta lopetettiin 4 viikon kuluttua, jolloin kokonaiskuolleisuus suurimmassa tiheydessä oli 53 %, keskitiheydessä 10 % ja pienimmässä tiheydessä 0,6 %. Kaloja ei lääkitty kokeen aikana.

Mitchellin (1992) mukaan optimaalinen viljelytiheys markkinakokoiselle atlantinlohelle Amerikan itärannikolla vaihtelee 10 ja 20 kg/m^3 :n välillä. Jos kannan tiheys on yli 20 kg/m^3 , virtauksen tulee olla ainakin yksi kalan pituus/sekunti. Needhamin ja Rymesin (1992) mukaan suositeltava tiheys lohelle yli $10 \text{ }^\circ\text{C}$ vedessä on noin 10 kg/m^3 .

Mäkinen ja Ruohonen (1990) suosittelivat kirjolohelle maksimissaan 50 kg/m^3 tiheyttä. Zoccarton ym. (1994) mukaan optimitiheys kirjolohelle on 40 kg/m^3 .

7.2. Kalojen puolustusjärjestelmä suojaa kalaa

Puolustus eli immuunijärjestelmän tehtävänä on poistaa tai tehdä toimintakyvyttömäksi elimistölle vieraat organismit, hiukkaset tai yhdisteet, myös tauteja aiheuttavat mikroorganismit ja niiden erittämät aineet. Nämä vieraat aineet ja partikkelit eli antigeenit käynnistävät kalan puolustusreaktiot. Kalan puolustusmekanismi on perusrakenteeltaan samankaltainen kuin maaselkärangkaisilla, ja se voidaan jakaa kahteen ryhmään:

- luontainen eli epäspesifinen puolustusjärjestelmä, ei tunnista taudinaiheuttajaa
- spesifinen eli taudinaiheuttajan tunnistava puolustusjärjestelmä

Mitä kehittyneemmästä eläimestä on kyse, sitä paremmin spesifinen puolustusjärjestelmä on kehittynyt (Ellis 1982).

7.2.1. Epäspesifiset eli luontaiset puolustusmekanismit eivät tunnista taudinaiheuttajaa

Luontaiselle immuunijärjestelmälle on ominaista se, että taudinaiheuttajia ei tunnisteta, vaan puolustusreaktiot ovat samanlaisia riippumatta siitä, mikä mikro-organismi on kyseessä. Puolustusreaktiot käynnistyvät heti, kun kala on saanut tartunnan ja ne huolehtivat ensi vaiheen puolustautumisesta taudinaiheuttajaa vastaan. Tällöin jää aikaa hitaampien spesifisten puolustusreaktioiden käynnistymiseen. Näitä luontaisia eli epäspesifisiä keinoja ovat:

- ihon ja limakalvojen toimiminen mekaanisena ja kemiallisena esteenä (ihon liman sisältämät entsyymit)
- veren seerumissa luontaisesti olevat "immuuniaineet" mm. lysosyymi, komplementti, C-reaktiivinen proteiini ja interferoni (Ingram 1980)
- tiettyjen valkosolujen kyky "syödä" eli fagosytoida mikrobeja ja vieraita partikkeleja

Luontainen puolustusjärjestelmä on kalalle oleellisen tärkeä varsinkin kylmän veden aikaan. Alhaisissa lämpötiloissa kalan vasta-ainetuotanto on hidasta, tai se ei käynnisty lainkaan. On olemassa eräitä kylmän veden tauteja, jotka saattavat muodostua kohta-lokkaiksi, ellei kalalla ole käytettävissä spesifisten puolustusmekanismien lisäksi myös muita keinoja. Myös aivan pienillä poikasilla luontaiset puolustusmekanismit ovat ainoa keino ennen kuin spesifinen immuunijärjestelmä on täysin kehittynyt.

7.2.2. Spesifiset puolustusmekanismit tuottavat vasta-aineita ja syövät tunkeilijoita

Spesifisen immuunijärjestelmän perustana ovat vasta-aineet (immunoglobuliinit) ja valkosolut (lymfosyytit). Vieraan aineen tai partikkelin aikaansaama immuunivaste voi olla humoraalinen, jolloin verenkiertoon alkaa muodostua vasta-ainetta juuri tätä ainetta tai partikkelia vastaan, tai vaste voi olla soluvälitteinen, jolloin valkosolut hävittävät vieraan aineen tai partikkelin.

Kaloilla spesifiset puolustusmekanismit eivät ole kehittyneet yhtä pitkälle kuin maaselkäränsäisillä. Huomattavin ero on siinä, että kaloilla vasta-aineet ovat rakenteeltaan yhtä perustyyppiä, kun taas nisäkkäillä tyyppisiä on viisi. Lisäksi kalan tarvitsema aika spesifisen immuunivasteen kehittymiseen on pitkä, 7-14 vrk. Nisäkkäillä vaste voidaan usein havaita jo 2 vrk:n kuluttua. Koska kalat ovat vaihtolämpöisiä, vasta-ainetuotanto on myös lämpötilasta riippuvaista. Optimilämpötila sekä alin lämpötila, jossa vasta-aineita vielä muodostuu, vaihtelee kalalajin mukaan.

7.3. Rokotus auttaa puolustusjärjestelmää tuottamaan vasta-aineita

Rokotuksen tarkoituksena on käynnistää spesifiset puolustusreaktiot eli saada aikaan vasta-aineiden tuotanto tiettyä bakteeria tai muuta mikro-organismia vastaan. Jotta syntyvä suoja olisi pitkäkestoinen ja rokottamisesta olisi käytännön hyötyä, vasta-aineiden

pitäisi pysyä veressä mahdollisimman kauan. Lisäksi rokotteen pitää "virittää" ns. immunologinen muisti, jolloin myöhemmin puolustusreaktiot ko. bakteeria vastaan käynnistyvät aiempaa nopeammin ja tehokkaammin. Edellytyksenä immuunivasteen syntymiselle tiettyä bakteeria vastaan on se, että käytetyssä rokotteessa on sellaisia bakteerin osasia (antigeeneja), jotka saavat suojaavat reaktiot aikaan (ovat immuno-geenisia).

Joidenkin kalatautien, esim. vibrioosin ennaltaehkäisy on onnistunut kohtuullisen hyvin rokottamalla. Tehokkaan rokotteen kehittäminen paisetautia vastaan on sen sijaan osoittautunut hankalaksi. Tätä kuvaa mm. se, että ensimmäiset yritykset rokotteen kehittämiseksi on tehty jo 1940-luvulla. 1980-luvulla ja sen jälkeen tutkimus kalan puolustusmekanismien selvittämiseksi on ollut intensiivistä, mikä on myös edesauttanut rokotteiden kehittämistyötä.

7.3.1. *A. salmonicida* -bakteeri saa aikaan vain heikon immuunivasteen

Tehokkaan paisetautirokotteen löytämiseksi on tehty runsaasti tutkimuksia siitä, mitkä *A. salmonicida* -bakteerin rakenteelliset osat ovat ns. suojaavia antigeeneja, ja minkälainen on niiden aikaansaama immuunivaste. On löydetty joukko sekä itse bakteerisolussa olevia proteiineja (soluantigeenit, kuten A-proteiinikuori ja lipopolysakkaridi) että bakteerista ulkopuolelle erittyviä ns. ekstrasellulaarisia proteiineja (ECP-antigeenit) (kts. 2.2.), jotka ovat kalalle myrkyllisiä ja saavat aikaan paisetaudille tyypilliset oireet. Näitä proteiineja on pystytty eristämään ja puhdistamaan, jolloin on voitu tutkia yhden tai useamman bakteeriproteiinin aikaansaamaa immuunivastetta ja suojaa *A. salmonicidaa* vastaan.

Tutkimukset ovat osoittaneet, että *A. salmonicidan* virulentisuus perustuu suurelta osin bakteeria suojaavaan A-proteiiniin sekä bakteerin erittämiin toksisiin aineisiin (ECPT), lähinnä proteaasiin ja hemolysiiniin (Ellis ym. 1981). Tästä johtuen rokotteita on pyritty kehittämään siten, että kalassa syntyisi vasta-aineita näitä antigeeneja vastaan ja sitä kautta suoja paisetautia vastaan.

On todettu, että useimmat ECP-antigeenit, näiden joukossa taudinaiheutuskyvyn kannalta tärkeät proteaasi ja hemolysiini, ovat huonosti tai ei lainkaan immunogeenisia kirjolohessa. Kalojen spesifinen puolustusjärjestelmä ei siten käynnisty tehokkaasti. Tämä havainto selittää osaksi sen, miksi tehokkaan rokotteen löytyminen *A. salmonicidaa* vastaan on ollut erityisen vaikeaa (Hastings ja Ellis 1988). Vielä ei tiedetä, mikä tai mitkä bakteerin osat aiheuttavat kalassa parhaimman vasteen ja tautisuojan.

Erialaisten paisetautirokotteiden ja niiden sisältämien bakteeriantigeenien kalassa aikaansaamaa immuunivastetta voidaan tutkia paitsi altistamalla kalat elävälle bakteerille, myös mittaamalla verestä vasta-ainemäärät tietyn ajan kuluttua rokotuksesta. Vasta-aineiden nousu ei kuitenkaan aina takaa sitä, että rokote suojaaa taudilta. On havaittu, että yksittäisillä kaloilla esim. A-proteiinin aikaansaama korkea vasta-ainetaso ei altistuskokeissa aina korreloikaan eloonjäännin kanssa (Munn ym. 1982, Thuvander ym. 1993).

Paisetautirokotteen kehittelytutkimuksissa on käytetty myös ns. passiivista immunisointia, eli on kehitetty vasta-aineita *A. salmonicidan* ECP-antigeeneja vastaan muissa eläimissä esim. kanissa, ja näin saatua immuuniseerumia on ruiskutettu kalaan. Tällöin on havaittu, että paisetautia vastaan syntynyt suoja on parempi, kuin jos vasta-aineet olisivat syntyneet kalassa (Hastings ja Ellis 1988). Tutkimukset osoittivat, että kaniin ruiskutettu ECP-preparaatti sai aikaan vasta-aineiden muodostumisen ainakin 14 erilaista ECP-antigeenia vastaan, kun taas kirjolohessa havaittiin vasta-aineita vain neljää ECP-antigeenia vastaan (Hastings ja Ellis 1988).

Vaikka vasta-aineiden tuotannolla on oleellinen merkitys taudin vastustuksessa, on kuitenkin ilmeistä, että myös epäspesifiset puolustusmekanismit, lähinnä makrofagien toiminta, ovat tärkeitä riittävän immunitetin kehittymiselle. Tätä teoriaa tukee mm. McCarthy'n ym. (1983) tutkimus, jossa punalohta (*Onchorynchus nerka* (Walbaum)) immunisoitiin erilaisilla *A. salmonicida*-preparaateilla. He havaitsivat, että suoja paise- tautia vastaan kehittyi jo yhden viikon kuluessa, ja ennen kuin agglutinoivia vasta- aineita oli mitattavassa määrin ilmestynyt vereen.

7.3.2. Tehokkaissa rokotteissa on apuaineena öljy

Paisetautirokotteiden koostumusta on muutettu sitä mukaa, kun tietämys *A. salmonicida*-bakteerissa olevien ja bakteerin ulkopuolelle erittyvien proteiinien immunogeenisuudesta sekä merkityksestä taudin puhkeamisessa on lisääntynyt. Yksinker- taisimmillaan rokote on liuos, joka sisältää pelkästään tapettuja, kokonaisia bakteeri- soluja. Pian huomattiin, että emulgoimalla tapetut solut mineraaliöljyyn, rokotteen teho lisääntyi huomattavasti (Kranz ym. 1963, Paterson 1981, Olivier ym. 1985). Näitä apuaineita, joihin bakteeriantigeneja sekoitetaan rokotteen tehon lisäämiseksi, kutsu- taan adjuvantteiksi. Adjuvanttien on havaittu vahvistavan paitsi spesifistä immuunivas- tetta eli vasta-ainetuotantoa myös epäspesifisiä puolustusmekanismeja, lähinnä aktivoi- van makrofageja. Paisetautirokotteissa pääasiallisesti käytettyjä adjuvantteja ovat alumiinisulfaatti, alumiinihydroksidi sekä Freundin adjuvantit (FCA, FIA), joissa pää- komponenttina on mineraaliöljy.

Immuunivastetta vahvistavan vaikutuksensa vuoksi adjuvanttien käyttö mahdollistaa pienempien rokoteannosten käytön. Lisäksi emulgoitujen bakteeriantigeenien vapau- tuminen kalan kudoksissa on hitaampaa kuin esim. suolaliuoksesta, ja immunostimu- laatio on siksi pidempiaikainen. Oletetaan myös, että antigeenin hitaasta vapautumisesta johtuen kalojen rokottaminen on mahdollista siinä vaiheessa, kun vesi on vielä kylmää, mutta lämpenemässä. Monilla adjuvantteilla on kuitenkin haitallisia sivuvaiku- tuksia. FCA, FIA ja alumiinisulfaatti voivat aiheuttaa tulehdusreaktioita vatsaonteloon ja sen seurauksena kiinnikkeiden muodostumista sisäelimiin, sekä pigmentin muodos- tusta injektiokohtaan (Lillehaug ym. 1992). Em. reaktioista on esteettistä haittaa, lisäksi kiinnikkeet voivat emokaloilla haitata mädin kehitystä ja ulostuloa.

On tutkittu myös rokotteita, joissa kokonaisten solujen sijaan on käytetty *A. salmonicidan* tuottamia entsyymejä (ECP), jotka on ensin inaktivoitu formaliinilla. ECP-antigeenien huonosta immunogeenisuudesta johtuen (Hastings ja Ellis 1988) näi- den antama suoja on ollut heikko, tai sitä ei ole syntynyt lainkaan (Adams ym. 1988, Lund ym. 1991). On havaittu kuitenkin, että liukoisten ECP-antigeenien sitominen ns. kantaja-aineisiin tehostaa huomattavasti rokotteen antamaa suojaa. Tällaisia kantaja- aineita ovat mm. polystyreenihiukkaset, bentoniitti ja liposomit (Adams ym. 1988, Rodgers 1990). Tutkijat uskovat, että rokotteen antama suoja on riippuvainen sekä solu- että ECP-antigeneista, jolloin rokotteessa pitää olla molempia komponentteja (Arnesen ym. 1993).

A. salmonicida voidaan tietyissä kasvatusolosuhteissa muuntaa siten, että se menettää taudinaiheutuskykynsä. Viime vuosina onkin perinteisten rokotteiden ohella tutkittu myös tällaisten heikennettyjen, mutta elävien paisetautibakteerien käyttöä rokotteena (Vaughan ym. 1993, Thornton ym. 1994). Thornton ym. (1994) kylvettivät kirjolohia heikennetyillä *A. salmonicida*-bakteereilla ja havaitsivat, että paise- tautia vastaan syn- tynyt suoja oli yhtä hyvä tai jopa parempi kuin tapetuilla bakteereilla saatu suoja. Tutkijoiden mukaan tämä saattaa selittyä sillä, että elävät bakteerit käynnistävät solu- välitteiset puolustusmekanismit paremmin kuin tapetut bakteerit tai että suojaavat anti- geenit ovat elävissä bakteereissa erilaiset. Vaikka tutkimustulokset elävän rokotteen

suojaavasta vaikutuksesta ovatkin lupaavia, saattaa niiden käyttöön liittyä vaaratekijänä bakteerien mahdollinen muuntuminen takaisin virulenttiin muotoon.

7.3.3. Injektio eli piikitys on tehokkain rokotustapa

Käytössä olevia rokotustapoja ovat rokotteen pistäminen eli injektio, kylvetys eli immersio sekä suun kautta annettu rokote rehuun yhdistettynä. Tähän mennessä tehdyissä tutkimuksissa injektiorokotus on osoittautunut tehokkaimmaksi. Rokote ruiskutetaan yleensä vatsaonteloon. Injektion haittapuolina ovat työn määrä, kalleus ja kalan kokovaatimukset. Rokotettavien kalojen tulisi olla mieluiten vähintään 20 gramman painoisia, jotta ne kestäisivät hyvin sekä nukutuksen että injektioita. Myöskin injektio aiheuttamat kudosuutokset saattavat rajoittaa sen käyttöä esim. ruokakalan- ja mädin tuotannossa.

Tulokset paisetautirokotteen tehosta suun kautta annettuna tai kylvetyksenä ovat jossain määrin ristiriitaisia. Austin ja Rodgers (1981) antoivat taimenille rokoterehua kuu-kauden ajan alkaen 45 vrk kuoriutumisen jälkeen ja havaitsivat, että paisetaudin puhjet-tua 65% rokotetuista kaloista jäi henkiin, kun taas rokottamattomista vain 13% selviy-tyi. Cipriano ja Starliper (1982) käyttivät puolestaan kylvetyksrokotusta ja rokotteenä elävää *A. salmonicidan* heikennettyä, ei-virulenttia muotoa. Näin rokotetuilla lohilla ja taimenilla havaittiin sekä vasta-aineiden merkittävä nousu että huomattavasti pienempi kuolleisuus ei-rokotettuihin verrattuna (14%/92%). Tutkimuksista ei kuitenkaan käy ilmi, miten pitkäkestoinen em. rokotteilla aikaan saatu suoja oli. Toisaalta Antipa ja Amend (1977) ja Adams ym. (1988) eivät havainneet vasta-ainemuodostusta rokotetta-essa kylvetyksellä tai suun kautta. Tuoreessa tutkimuksessa Davidson ym. (1994) an-toivat kirjolohelle injektioita lisäksi rokotetta myös suun kautta ja havaitsivat, että pien-nä annoksena suun kautta annettu rokote vahvisti injektioita vaikutusta.

7.3.4. Kalojen koko ja veden lämpötila ovat keskeisiä rokotustulokseen vaikuttavia tekijöitä

Rokotuksen suojaavan vaikutuksen saavuttamisen edellytyksenä on ensisijaisesti se, että käytössä on toimiva, hyvän ja pitkäkestoisen suojan antava rokote. Tulokseen vai-kuttavat kuitenkin myös monet muut tekijät: rokotustapa (kts. 7.3.3.), annos, kalan koko ja kunto, rokotuslämpötila, vuodenaika sekä rokotuksen jälkeinen toipumisaika.

Kalan koko ja kunto

Rokotuksella saadaan aikaan hyvä suoja vasta sitten, kun spesifinen puolustusjärjestelmä on täysin kehittynyt. Tarkkaa tutkimustietoa ei ole siitä, mihin kokoon tai ikään mennessä eri kalalajien puolustusmekanismit ovat kehittyneet toimintavalmiiksi.

Thornburn ja Jansson (1988) tutkivat vibriosirokotteen antamaa suojaa kirjolohilla, joiden keskipainot olivat 6,3 ja 4,1 g. Ryhmässä, jossa keskipaino oli 4,1 g, kuolleisuus oli 62 %, sen sijaan isompien kirjolohien kuolleisuus oli vain 17 %. Tutkimustulos tukee Horne'n ym. (1984) antamaa suositusta, jonka mukaan rokotettavien kalojen keskipainon tulisi olla vähintään 5 g. Paitsi syntyvien vasta-aineiden määrä, myös rokot-teen antaman suojan kesto on todennäköisesti koosta riippuvainen.

Rokotettavan kalan koko määrää osin rokotustavan. Kylvetyksrokotusta voidaan käyttää jo hyvin pienille kaloille (5 g), sen sijaan injektiorokotusta ei suositella alle 10 g:n kaloille. Norjassa kaikki meressä olevat lohi-ikäluokat on nykyään rokotettu ennen mereen jatkokasvatukseen siirtoa yli 30 g:n painoisina.

Rokotettavien kalojen tulisi olla hyväkuntoisia ja mahdollisimman häiriintymättömiä, sillä nukutuksen ja injektion aiheuttama lisästressi saattaa laukaista piilevän taudin puhkeamisen.

Rokotuslämpötila ja vuodenaika

Vasta-aineiden muodostuminen kalassa on sidoksissa veden lämpötilaan, vaikka lohikaloilla vasta-ainemuodostusta on havaittu vielä veden lämpötilan ollessa 4°C. Aikaisemmin ei ole kuitenkaan suositeltu rokotusta alle 8°C:ssa. Rokotuksen onnistumista on pidetty epävarmana myös silloin, kun veden lämpötila laskee nopeasti rokotuksen jälkeen, vaikka rokotushetkellä lämpötila olisikin suositelluissa rajoissa. Tämä johtuu siitä, että puolustusreaktioiden käynnistyminen vie jonkin aikaa, ja myös tämä ns. induktiovaihe on lämpötilasta riippuvainen. Alustavien tietojen mukaan uusien öljypohjaisten rokotteiden on kuitenkin todettu toimivan myös siten, että rokotus tapahtuu kylmässä (noin 4 °C) joko talvea vasten tai aikaisin keväällä (mm. Pohjanvirta ym. 1995). Syynä tähän saattaa olla mm. se, että antigeenit leviävät rokotteesta hitaasti ja myös poistuvat kalan elimistöstä hitaasti, jolloin antigeenia on vielä runsaasti jäljellä kunnes veden lämpötila nousee ja kalan spesifinen puolustusjärjestelmä herää.

Rokotteen kalassa aikaansaamaan vasteeseen (vasta-aineiden määrä ja muodostumisnopeus) vaikuttavat myös kalan fysiologisessa tilassa tapahtuvat vuodenaikaismuutokset. Joihinkin näihin muutoksiin, kuten smolttiutumiseen ja sukukypsymiseen, on havaittu liittyvän puolustusmekanismien toiminnan heikkenemistä (Maule ym. 1987, Slater ja Schreck 1993). Rokotusten ajoittamista tällaisiin kehitysvaiheisiin, joissa puolustusjärjestelmä toimii "vajaatehoisesti", tulisi välttää.

7.3.5. Tulevaisuudessa tehokkaat rokotteet vähentävät lääkkinnän tarvetta

1990-luvun alussa käyttöön otetut uudentyyppiset öljypohjaiset rokotteet ovat osoittautuneet aikaisempia rokotteita tehokkaammiksi. Näitä rokotteita on parin viimeisen vuoden aikana käytetty runsaasti Norjassa. Vuonna 1993 ja 1994 kaikki merilaitoksille viedyt lohismoltit oli rokotettu paisetautia vastaan. Samalla myös yleiseen hygieniaan laitoksilla on panostettu mm. eläinlääkäreiden avustuksella. Mikrobilääkkeitä käytettiin vuonna 1992 vielä 28 000 kg puhdasta lääkeainetta kalantuotannon ollessa 140 000 tn. Vuonna 1993 lääkkeitä käytettiin enää noin 5 000 kg, ja samalla tuotantomäärä oli noussut 170 000 tn:iin. (Thorarinsson 1994). Rokotusten ansiosta myös kuolleisuus on pysynyt alhaisena (0,5-2 %).

Suomessa ei ole vielä saatavilla tarkkoja mikrobilääkkeiden käyttömääriä, mutta arvio liikkuu välillä 500-700 kg (Rimaila-Pärnänen, suull.ilm.). Kirjolohen tuotanto on noin 17 000 tn. Suomessa tutkimus uuden paisetautirokotteen soveltuvuudesta eri lohikalalajeille käynnistettiin syksyllä 1993, ja alustavat tulokset ovat olleet lupaavia (Pohjanvirta ym. 1995). Tutkimusta jatketaan mahdollisuuksien mukaan siten, että siinä huomioidaan suomalaisen kalanviljelyn erityispiirteet, kuten pitkä kylmän veden ajanjakso ja viljeltävien kalojen tuotantokierto. Erityinen ongelma on kirjolohen tuotantokierto, jossa poikaset viedään mereen niin pieninä, että niiden rokottaminen injeksiolla ei liene mahdollista.

7.4. Immunostimulantit aktivoivat kalojen puolustusjärjestelmää

Immunostimulantti on aine tai yhdiste, jota käytetään aktivoimaan puolustusmekanismeja ja vahvistamaan suojaa erilaisia tauteja vastaan. Tutkimus tällaisten aineiden käy-

töstä kalanviljelyssä on viime vuosina käynnistynyt mm. lääkinnällisten ongelmien vuoksi (antibioottiresistentit bakteerikannat). Immunostimulantteja voidaan käyttää vahvistamaan spesifistä immuunivastetta eli lisäämään vasta-ainetuotantoa, jolloin ne annetaan välittömästi ennen rokotusta, rokotuksen yhteydessä tai heti sen jälkeen. Immunostimulantteja voidaan käyttää myös yksinään, jolloin niiden vaikutus kohdistuu luontaisiin (epäspesifisiin) puolustusmekanismeihin. Ennakoivilla "stimulanttihoidoilla" saattaa olla mahdollista vähentää kuolleisuutta, mikäli taudin puhkeaminen on syklistä ja ennustettavissa.

7.4.1. Paisetaudin vastustamisessa kokeellisesti käytetyt immuno- stimulantit

FK-565

Japanilaiset tutkijat Kitao ja Yoshida (1986) havaitsivat, että synteettinen peptidi, josta käytetään lyhennettä FK-565, lisäsi kirjolohen selviytymistä paisetautialtistuksesta. FK-565:n todettiin olevan hyvin nopeavaikutteinen, sillä injektioituna päivää ennen bakteerialtistusta kuolleisuus altistuksessa oli 40%, kun sen sijaan kontrolliryhmän kaikki kalat kuolivat. Vastustuskyvyn havaittiin olevan yhteydessä syöjäsolujen lisääntyneeseen aktiivisuuteen. Myöhemmät tutkimukset (Kitao ym. 1987) osoittivat, että FK-565 yhdistettynä *A. salmonicida* -antigeeniin paransi merkittävästi myös kirjolohen vasta-ainetuotantoa.

Levamisoli

Levamisoli on yhdiste, jota voidaan käyttää kuten peptidiä FK-565, joko yksin tai yhdistettynä rokotteeseen (Anderson ja Jeney 1992). Anderson ja Jeney havaitsivat, että injektioitaessa levamisolia kirjolohiin yhdessä *A. salmonicida* -antigeenin kanssa ennen kokeellista paisetautialtistusta, kuolleisuutta alkoi ilmetä vasta runsas 2 viikkoa myöhemmin kuin kaloissa, jotka saivat pelkkää antigeenia. Kokonaiskuolleisuudessa ei kuitenkaan ollut eroa. Tutkimusten mukaan levamisoliannos, joka tarvitaan kirjolohen epäspesifisten sekä spesifisten puolustusreaktioiden vahvistamiseen on hyvin pieni, vain 5 µg/kala (paino 20-30 g). Toisaalta suurten annosten on havaittu heikentävän vastustuskykyä. Suurin ongelma levamisolin käytön soveltamisessa kalanviljelyyn onkin sopivan annostuksen löytäminen, koska viljeltävissä parvissa kokohajonta voi olla suuri.

Glukaanit

Glukaanien tiedetään olevan immunostimulantteja monilla eliöryhmillä. Esim. nisäkkäillä glukaani aktivoi immuunijärjestelmän T-soluja. Glukaanit näyttävät olevan hyviä immunostimulantteja kaloille, joilla glukaaneja on käytetty stimuloimaan epäspesifistä vasta-ainetuotantoa vibrioosia, *Yersinia*-bakteeria ja paisetautia vastaan (mm. Robertsen ym. 1990, Nikl ym. 1991). Erään teorian mukaan kala tunnistaa glukaanit (polysakkaridi) vierasaineiksi, koska ne muistuttavat sienieläinten soluseinien ja bakteerien seinämien Gram-negatiivisia polysakkarideja (Anderson ym. 1994). Esim. vibrioositartunnasta selvisi eräässä kokeessa kontrolliryhmästä 4% ja glukaania saaneesta ryhmästä 70% (Robertsen ym. 1990). Tavallisesti ravinnon mukana annetaan *Saccharomucetes cerevisiae* tai *Schizophyllum commune* -hiivasta peräisin olevaa β-1,3 glukaania (mm. Nikl ym. 1991, Nikl ym. 1993, Siwicki ym. 1994). Glukaani voi olla peräisin myös kaurasta. Glukaani voidaan antaa kalalle injektiona, immersiona tai ravinnon mukana. Immersio (kylvetys) ei useinkaan tuota tehokasta suojaa. Glukaaniliuosta voidaan käyttää myös rokotteessa adjuvanttina (Anderson ym. 1994).

Vitamiinit

Nisäkkäillä tehdyissä tutkimuksissa joillakin vitamiineilla on osoitettu olevan vaikutusta taudinvastustuskykyyn. Kaloilla vitamiinien vaikutus kasvuun tunnetaan melko hyvin, mutta niiden yhteyttä puolustusreaktioihin ja vastustuskykyyn on alettu laajemmin tutkia vasta viime vuosina. Eniten on tutkittu E- ja C-vitamiinin yhteyttä sairastumisherkkyyteen, sekä niiden vaikutuksia kalan puolustusjärjestelmän eri osatekijöihin.

Hardie ym. (1991) ruokkivat Atlantin lohia rehulla, josta C-vitamiini oli lähes kokonaan poistettu. Altistettaessa kalat paisetautibakteerille kuolleisuus oli tässä ryhmässä huomattavasti suurempi (noin 80%) kuin normaalirehua tai C-vitamiinilisää saaneissa ryhmissä (alle 10%). C-vitamiinipitoisuudet, joilla tutkimuksissa on havaittu olevan vastustuskykyä lisäävä vaikutus, ovat olleet huomattavan korkeita (4000-5000 mg/kg, Waagbø ym. 1992) verrattuna kaupallisten rehujen sisältämään C-vitamiinin määrään. Esim. Suomessa käytetyissä rehuissa C-vitamiinin määrä on luokkaa 200 mg/kg. Paitsi vahvistamalla tiettyjä puolustusreaktioita C-vitamiini saattaa vaikuttaa myös välillisesti taudinvastustuskykyyn estämällä stressin aiheuttamia hormonaalisia muutoksia.

7.5. Ei lääkkeitä ennaltaehkäisevästi

Lääkkeiden käytöstä ennaltaehkäisevänä keinona eli ennen taudin puhkeamista ei juuri ole julkaistua tietoa. Ennaltaehkäisevänä toimenpiteenä on joskus käytetty kantajakalojen lääkitsemistä estämään kalojen sairastumista esim. stressitilanteissa. Hyviä tuloksia on aikanaan saatu mm. tetrasykliinillä (McCarthy 1977), erytromysiinilla (Roberts 1980) ja flumequinella (Scallan ja Smith 1985). Lääkkeiden käytön vähentäminen on kuitenkin yleinen suuntaus kaikessa eläintuotannossa, johtuen mm. antibioottiresistenttien bakteerikantojen voimakkaasta lisääntymisestä. Myös muiden lääkintään mahdollisesti liittyvien haittavaikutusten vuoksi (kts. 8.2.) ei lääkkeiden käyttö ennaltaehkäisyä ole tarkoituksenmukaista.

7.6. Jalostuksella vastustuskykyisempiä kalakantoja

Tutkimus kalojen vastustuskyvyn parantamiseksi valintajalostuksen kautta on lisääntynyt voimakkaasti 1990-luvulla etenkin Norjassa. Jalostuksen päämääränä voi olla joko tietyille taudille vastustuskykyisen kannan tai populaation löytäminen tai yleisen vastustuskyvyn parantaminen.

Gjedrem ym. (1991) tutkivat useita kymmeniä lohiperheitä (atlantinlohi) altistaen ne paisetautibakteerille. He havaitsivat, että perheiden väliset erot kuolleisuudessa johtuivat erilaisesta perimästä. Tällöin jatkoon voitiin valita ne perheet, jotka olivat vastustuskykyisimpiä paisetaudille. Tämän suuntaista jalostusta hankaloittaa kuitenkin se, että jollekin taudille vastustuskykyinen kanta saattaa olla herkkä jollekin toiselle taudille (Ehlinger 1977, Winter ym. 1980). Tämän ovat todenneet myös Fjalestad ym. (1994). Jatkoon valittujen, paisetaudille vastustuskykyisten perheiden jälkeläiset selvisivät hyvin paisetaudista, mutta sairastuivat kontrolleja herkemmin kylmän veden vibriosiin.

Tämänhetkisen tietämyksen perusteella yleisen vastustuskyvyn parantaminen voi olla järkevämpää kuin esim. vain yhdelle taudille vastustuskykyisten kalojen jalostaminen. Tällöin puolustusjärjestelmästä pyritään löytämään sellaisia osatekijöitä, jotka korreloivat positiivisesti taudinvastustuskykyyn ja jotka ovat geneettisesti säädelyjä. Tällaisia markkereita saattavat olla mm. lysotsyymi ja hemolyttinen aktiivisuus (Røed

ym. 1993a, 1993b). Lundin ym. (1994) mukaan näyttäisi siltä, että monen osatekijän muodostama yhdistelmä (mm. vasta-aineiden kokonaisuus sekä vasta-aineet A-proteiineja vastaan immunisoinnin jälkeen ja lysotsyymiin aktiivisuus ennen ja jälkeen immunisoinnin) voisi olla mielenkiintoinen valintakriteeri taudinvastustuskyvyn jalostuksessa.

Eräs häiriövaste on veren ns. stressihormonin eli kortisolin määrän nousu, jonka puolestaan on havaittu olevan yhteydessä taudinvastustuskyvyn alenemiseen. Kortisolin kalan vastustuskykyä heikentävää mekanismia ei tarkkaan tunneta, mutta tiedetään sen vähentävän veren lymfosyyttien määrää sekä heikentävän niiden toimintaa (Ellsaesser ja Clem 1986, Tripp ym. 1987). On myös havaittu, että stressin aikaansaaman kortisolerityksen voimakkuus on geneettisesti säädelty (Fevolden ym. 1993). Koska kortisolipitoisuuden nousun on osoitettu olevan yhteydessä taudinvastustuskyvyn heikkenemiseen, voidaan ko. stressivastetta käyttää eräänä valinnan mittarina.

Vaikka tällä hetkellä taudinvastustuskykyyn liittyviä geenejä ei kaloilta ole juurikaan identifioitu, saattaa geenisiirto olla eräs tulevaisuuden keino vahvistaa kalojen taudinkestävyyttä. Eräs keino saattaisi myös olla eri lajeille vastustuskykyisten kantojen risteytys keskenään.

8. PAISETAUDIN HOITO

8.1. Apua viljelyolosuhteita parantamalla

Hyvin tärkeitä viljelytekniisiä toimenpiteitä puhjenneen paisetaudin hoidossa ovat ruokinnan vähentäminen, virtauksen lisäys mikäli vain mahdollista sekä sairaiden ja kuolleiden kalojen mahdollisimman pikainen poistaminen ja asiallinen hävittäminen. Parven harventaminen taudin jo puhjettua voi lisätä stressiä ja kuolleisuutta. Paisetauti ei iske kerralla koko kalaparveen, vaan aluksi oirehtii vain muutama kala. Näiden välitön tunnistaminen ja poistaminen yhdessä parven harvennuksen ja/tai virtauksen lisäyksen kanssa saattaa pysäyttää taudin etenemisen. Bakterikuorma pysyy tällöin mahdollisimman pienenä. Kuten kohdassa 2. todettiin, terve kala kykenee torjumaan isonkin hetkellisen bakteerimäärän, mutta ei kykene suojautumaan massiiviselta jatkuvalta bakteerivirralla.

Kokemusten mukaan tehokas keino taudista eroon pääsemiseksi on laitoksen tyhjäys ja desinfiointi, vaikka osa kerrallan. Myös verkkokassilaitosten kesannoinnilla on saatu hyviä kokemuksia.

8.2. Lääkintä on usein välttämätöntä

Paisetautibakteerin ärhäkkyden vuoksi joudutaan tautitapauksissa useimmiten turvautumaan lääköntään. Sen tulokseen vaikuttaa oleellisesti se, miten suuri osa parvesta on jo ehtinyt sairastua. Sairaavat kalat syövät huonosti, joten ne eivät todennäköisesti saa riittävää lääkennosta. Lääkitys on aloitettava ennen kuin kalat menettävät kokonaan ruokahalunsa. Mitä vähemmän parvessa on sairastuneita yksilöitä, sitä parempi on lääkinnän tulos.

Kalanviljelyssä yleisimmin käytettävät mikrobilääkkeet ovat olleet oksitetrasykliini ja oksoliinihappo. Trimetopriimisulfa ja amoksisilliini ovat olleet käytössä kalanviljelyssä muutaman vuoden. Florfenikoli on käytössä Norjassa, Japanissa ja Taiwanissa.

Lääke annetaan yleensä rehun mukana. Esim. oksitetrasykliiniä voidaan antaa myös pistoksina, mikä soveltuu pienille kalaerille, kuten emokaloille.

8.2.1. Lääkeaineresistenssi lisääntyy nopeasti

Jos bakteeri on resistentti jollekin lääkeaineelle, se tarkoittaa sitä, että lääkeaine ei tapa bakteeria, eikä estä sen lisääntymistä. Resistenssi voi olla plasmidivälitteistä tai syntyä mutaation tuloksena. Plasmidi on pieni pätkä bakteerin kromosomia, joka voi irrota, kulkeutua toiseen bakteeriin ja kiinnittyä sen kromosomiin.

1970- ja 1980-luvuilla paisetautibakteerin antibioottiresistenssistä on kirjallisuudessa vain muutamia mainintoja esim. Skotlannista (Munro ja Hastings 1993). *A. salmonicida* -kannat olivat tavallisesti resistenttejä yhdelle valmisteelle, tavallisesti oksitetrasykliinille, mutta tilanne voitiin korjata käyttämällä toista lääkettä. 1980-luvun puolivälissä lohen kassikasvatus meressä kasvoi nopeasti sekä Norjassa että Skotlannissa. Paisetautitapaukset lisääntyivät ja sen myötä myös lääkkeiden, lähinnä oksitetrasykliinin käyttö. Oksitetrasykliinille resistenttien kantojen määrä yleistyi, ja ensimmäiset oksoliinihapolle resistentit kannat löytyivät 1985 (Hastings ja McKay 1987). Seu-

raavina vuosina resistenssi lääkkeitä kohtaan laajeni. Nykyään multiresistentit bakteerikannat ovat nopeasti lisääntymässä esim. Skotlannissa, Norjassa ja Kanadassa eli bakteerikanta on resistentti usealle tai kaikille käytössä oleville lääkkeille (Richards ym. 1992, Olivier 1993). Amoksisilliiniresistenssi on kuitenkin esim. Skotlannissa vielä vähäistä (Inglis ym. 1993, Munro ja Hastings 1993), mutta lisääntymässä (Barnes ym. 1994). Uusimmalle lääkkeelle, florfenokolille, ei ole raportoitu vielä resistenttejä kantoja.

Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitoksen vuosina 1989-1993 tekemien tutkimusten mukaan Etelä-Suomen rannikkoalueen ja sisävesialueen kalanviljelylaitoksissa oksitetrasykliinille resistenttejä kantoja oli vuonna 1991 jo yli 60 %, mutta oksoliinihapolle ja sulfayhdisteille olivat herkkiä kaikki kannat. Vuonna 1992 oli 60 % kannoista resistenttejä jollekin kolmesta lääkkeestä. Vuonna 1993 tutkituista kannoista oli kolme kantaa resistenttejä kaikille kolmelle lääkkeelle ja kuusi kantaa oli resistenttejä kahdelle lääkkeelle (Rimaila-Pärnänen 1994, Rimaila-Pärnänen ja Seppänen 1994). Kehitys on hyvin huolestuttavaa, ja EELA seuraa tilannetta laitospohjaisesti. Vibrioosin aiheuttaja-bakteerin kohdalla resistenssi on hyvin harvinaista.

Lääkkeille vastustuskykyisten bakteerien muodostuminen on vaarana, jos kaloja joudutaan toistuvasti lääkitsemään. Oikean lääkkeen valinta, sen riittävä pitoisuus rehussa ja tarpeeksi pitkä hoitokuuri pienentävät vastustuskykyisten bakteerien muodostumisen mahdollisuutta.

Viime aikoina on havaittu, että kun oksitetrasykliinilääkinnässä on pidetty tauko, bakteerikannan herkkyys lääkkeelle palautuu. Plasmidivälitteisessä resistenssissä tämä on mahdollista, joskin resistenssi todennäköisesti palautuu nopeasti (V. Hirvelä-Koski, suull. ilm.).

8.2.2. Muita lääkinnän ongelmia

Lääkintään liittyy resistenssin lisäksi myös muita ongelmia. Näitä ovat mahdolliset lääkejäämät kulutukseen menevässä kalassa, varoaikojen riittävyyden varmistaminen, luonnonkalojen lääkkeiden saanti, kalan puolustusjärjestelmän heikentyminen ja lääkkeiden heikko imeytyminen kalaan. Oksitetrasykliinistä imeytyy vain alle 10 % ja oksoliinihaposta korkeintaan 40 %. Loppu kulkeutuu kalan läpi. Florfenikolin on todettu imeytyvän kalaan lähes täydellisesti (G. Bylund, suull. ilm.). Lisäksi sairaas kala syö yleensä heikosti, jolloin osa lääkerehusta esim. verkkoallaslaitoksella painuu pohjaan ja kulkeutuu kassin ulkopuolelle. Kassia ympäröivät villit kalat syövät rehua ja saavat näin lääkettä.

Björklund ym. (1990) ovat tutkineet Suomessa oksoliinihappojäämiä verkkoallaslaitosta ympäröivissä villoissa kaloissa ja pohjasedimentissä lääkinnän jälkeen. Villeissä kaloissa jäämiä todettiin 13 päivää lääkinnän lopettamisen jälkeen. Oksitetrasykliinin puoliintumisaika oli yhden laitoksen sedimentissä 9 päivää ja toisella jopa 419 päivää. Suurin ero laitosten välillä oli virtauksissa. Jälkimmäisellä laitoksella virtaus oli vähäistä. Oksitetrasykliinille resistenttejä bakteereja todettiin villien kalojen suolesta.

Verkkokassien alla olevan pohjasedimentin mikroflooran (bakteereja ym.) on todettu olevan resistentti oksitetrasykliinille (Husevåg ym. 1991) sekä oksoliinihapolle ja furazolidonille (Nygaard ym. 1992).

Oksoliinihappojäämiä eri luonnonkalalajeissa ovat tutkineet myös Niemi ja Hirvi (1993). Näytteet pyydettiin kalanviljelylaitosten läheisyydestä lääkityksen aikana tai sen jälkeen. Näytteeksi saadut ja tutkitut lajit olivat ahven, silakka, kampela, siika, kuha, särki, lahnan sukuinen kalalaji sekä kasseista karanneet kirjolohet. Tutkituista ahvenista ei lääkejäämiä löytynyt. Sen sijaan jokaisesta muusta luonnonkalalajista

todettiin jäämiä ja suurimmat pitoisuudet olivat lahnan sukuisissa kaloissa. Tämän selittää ehkä se, että ahven on petokala ja lahnan sukuiset kalat etsivät ruokansa pohjamudasta. Kaikkein suurimpia pitoisuuksia löytyi kassien ulkopuolella parveilevista kirjolohista, jotka ovat tottuneet syömään rehua.

Myös Norjassa on tutkittu oksoliinihappojäämiä kasseja ympäröivissä kaloissa ja lisäksi sinisimpukoissa (Samuelson ym. 1992). Samoissa kaloissa todettiin sekä lääkejäämiä että *A. salmonicida* -bakteeria. Tämä saattaa johtaa resistenttien bakteerien syntymiseen ja leviämiseen. Yhdeltä laitosalueelta pyydystetyissä sinisimpukoissa todettiin pieniä määriä oksoliinihapolle resistenttejä bakteereita.

Lääkkeiden kaloille aiheuttamista haitallisista sivuvaikutuksista on olemassa melko vähän tietoa. Kuitenkin karpilla ja kirjolohilla tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että oksitetrasykliini sekä rehussa että pistoksena annettuna heikentää puolustusreaktioita (Rijkers ym. 1980, van Muiswinkel ym. 1985). Oksitetrasykliinin on havaittu mm. häiritsevän solujen jakautumista (Grondel ja Boesten 1982), jolloin myös vasta-aineita muodostavien valkosolujen (lymfosyyttien) erilaistuminen saattaa estyä.

Lääkkeiden hajoaminen kalassa on riippuvainen lämpötilasta (esim. Björklund ym. 1992). Suomessa lääkittyä kalaa ei saa myydä tai luovuttaa kulutukseen 40 päivään lääkinnän lopettamisesta, jos veden lämpötila on yli 9 °C. Varoaika pitenee 80 vuorokautteen, jos veden lämpötila on 9 °C tai alempi (asetus N:o 925). Varoajojen noudattaminen on hyvin tärkeätä, koska osa kuluttajista saattaa saada allergisen reaktion lääkeainejäämistä.

9. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ JA TULEVAISUUDEN- NÄKYMIÄ KALANVILJELYN KANNALTA

Tulevaisuudessa on kalankasvatuksessa tasapainoitava kohtuullisen patogeenikuorman ja kannattavan kasvatusmäärän välillä. Norjassa saatujen kokemusten perusteella rokotus paisetautia vastaan yhdistettynä kohentuneeseen hygieniaan tulee olemaan keskeinen keino taudin vastustuksessa. Tietämys kalan vastustuskyvyn parantamisesta ravitsemuksellisin keinoin (vitamiinit, immunostimulantit) ja jalostuksella on lisääntynyt nopeasti 1990-luvulla, ja todennäköisesti käytännön sovellutuksiin päästään jo muutamman vuoden sisällä. Kalojen lääkinnässä on vielä hyvin paljon ongelmia. Tutkimusta sekä koetoimintaa tarvitaan paljon mm. paremmin imeytyvien lääkkeiden löytämiseksi, jolloin lääkkeitä kulkeutuu vähemmän ympäröivään vesistöön. Toimivan ennaltaehkäisyn myötä tarvittavien lääkkeiden määrät tulevat todennäköisesti vähenemään, mikä tulee edesauttamaan kalanviljelyä myönteisemmän imagon rakentamisessa.

KIITOKSET

Kirjoittajat haluavat kiittää ELL Eija Rimaila-Pärnätä, FL Päivi Rintamäkeä, ELL Tarja Pohjanvirtaa ja FL Lauri Urhoa arvokkaista kommentteista ja parannusehdotuksista käsikirjoitukseen

KIRJALLISUUS

- Adams, A. & Thompson, K. 1990. Development of an Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) for the detection of *Aeromonas salmonicida* in fish tissue. J. Aquat. Anim. Health, 2, p. 281-288.
- Adams, A., Auchinachie, N., Bundy, A., Tatner, M. & Horne, M.T. 1988. The potency of adjuvanted injected vaccines in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) and bath vaccines in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) against furunculosis. Aquaculture 69, p. 15-26.
- Anderson, D.P. & Jeney, G. 1992. Immunostimulants added to injected *Aeromonas salmonicida* bacterin enhance the defense mechanisms and protection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Vet. Immunol. Immunopath. 34, p. 379-389.
- Anderson, D.P. & Siwicki, A.K. 1994. Duration of protection against *Aeromonas salmonicida* in brook trout immunostimulated with glucan or chitosan by injection or immersion. The Progressive Fish-Culturist 56, p. 258-261.
- Andrews, C. 1981. Latent infections with *Aeromonas salmonicida*. Bull. Eur. Ass. Fish. Path. 1, p. 25.
- Angelidis, P., Baudin-Laurencin, F. & Youinou, P. 1987. Stress in rainbow trout, *Salmo gairdneri*: Effects upon phagocyte chemiluminescence, circulating leucocytes and susceptibility to *Aeromonas salmonicida*. J. Fish Biol. 31 (Suppl. A), p. 113-122.
- Antipa, R. & Amend, D.F. 1977. Immunization of Pacific salmon: comparison of intraperitoneal injection and hyperosmotic infiltration of *Vibrio anguillarum* and *Aeromonas salmonicida* bacterins. J. Fish. Res. Bd. Can. 34, p. 203-208.
- Arnesen, J.A., Bjørnsdottir, R., Jørgensen T.Ø. & Eggset, G. 1993. Immunological responses in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) against purified serine protease and haemolysins from *Aeromonas salmonicida*. J. Fish Dis. 16(5), p. 409-423.
- Austin, B. & Austin, D.A. 1987. Bacterial fish pathogens. Disease in Farmed and Wild fish. pp.364. Ellis Horwood series in Aquaculture and fisheries support. Ellis - Horwood Ltd, Chichester. ISBN 0-85312-844-8.
- Austin, B. & Rodgers, C.J. 1981. Evaluation of *Aeromonas salmonicida* vaccines. Develop. Biol. Standard. 49, p. 387-393.
- Austin, B., Bishop, C., Gray, C., Watt, B. & Dawes, J. 1986. Monoclonal antibody-based enzyme-linked immunosorbent assays for the rapid diagnosis of clinical cases of enteric red mouth and furunculosis in fish farms. J. Fish Dis. 9, p. 469-474.
- Barnes, A.C., Hastings, T.S. & Amyes, S.G.B. 1994. Amoxycillin resistance in Scottish isolates of *Aeromonas salmonicida*. J. Fish Dis. 17, p. 357-363.
- Belland, R. & Trust, T.J. 1988. DNA:DNA reassociation analysis of *Aeromonas salmonicida*. J. gen. Microbiol. 134, p. 307-315.
- Belland, R. & Trust, T.J. 1989. *Aeromonas salmonicida* plasmids: Plasmid-directed synthesis of proteins *in vitro* and in *Escherichia coli* minicells. J. Gen. Microbiol. 135, p. 513-524.
- Björklund, H., Bondestam, J. & Bylund, G. 1990. Residues of oxytetracycline in wild fish and sediments from fish farms. Aquaculture 86, p. 359-367.

- Björklund, H.V., Eriksson, A. & Bylund, G. 1992. Temperature-related absorption and excretion of oxolinic acid in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 102, p. 17-27.
- Boyd, E.F., Hiney, M.P., Peden, J.F. & Smith, P.R. 1994. Assessment of genetic diversity among *Aeromonas salmonicida* isolates by multilocus enzyme electrophoresis. *J. Fish Dis.* 17, p. 97-98.
- Bullock, G.L. & Stuckey, H.M. 1975. *Aeromonas salmonicida*: Detection of asymptotically infected trout. *Prog. Fish-Cult.* 37, p. 237-239.
- Bylund, G. & Lönnström, L.-G. 1993. Lisääkö silakan käyttö rehun raaka-aineena kalatautiriskiä? Raportissa Silakan käyttö kirjolohen rehuna. Vuosiraportti 1992. RKTL. Evon kalastuskoeasema ja kalanviljelylaitos. p. 65-76.
- Cazabon, D., O'Grady, P.O., Moloney, M. & Smith, P. 1994. Factors affecting the efficiency of bath administration of Flumequine. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.* 14 (6), p. 197-199.
- Cipriano, R.C. & Starliper, C.E. 1982. Immersion and injection vaccination of salmonids against furunculosis with an avirulent strain of *Aeromonas salmonicida*. *Prog. Fish-Cult.* 44, p. 167-169.
- Cipriano, R.C., Ford, L.A., Teska, J.D. & Hale, L.E. 1992. Detection of *Aeromonas salmonicida* in the mucus of salmonid fishes. *J. Aquat. Anim. Health* 4, p. 114-118.
- Cornic, J.W., Chudyk, R.V. & McDermott, L.A. 1969. Habitat and viability studies on *Aeromonas salmonicida*, causative agent of furunculosis. *Prog. Fish-Cult.* 31, p. 90-93
- Dalsgaard, I. & Paulsen, H. 1986. Atypical *Aeromonas salmonicida* isolated from sand-eels *Ammodytes lancea* (Cuvier) and *Hyperoplus lanceolatus* (Lesauvage). *J. Fish Dis.* 9, p. 361-364.
- Dalsgaard, I., Nielsen, B. & Larsen, J.L. 1994. Characterization of *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*: a comparative study of strains of different geographic origin. *J. Appl. Bact.* 77 (1), p. 21-30.
- Davidson, G.A., Ellis, A.E. & Secombes, C.J. 1994. A preliminary investigation into the phenomenon of oral tolerance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792). *Fish & Shellfish Immunol.* 4, p. 141-151.
- Effendi, I. & Austin, B. 1993. A rapid method for the determination of viability of *Aeromonas salmonicida* in seawater. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.* 13(5), p.171-173.
- Effendi, I. & Austin, B. 1994. Survival of the fish pathogen *Aeromonas salmonicida* in the marine environment. *J. Fish Dis.* 17, p. 375-358.
- Ehlinger, N.F. 1977. Selective breeding of trout for resistance to furunculosis. *N.Y. Fish Game J.* 24, p. 25-36.
- Elliot, D.G. & Shotts, E.B. Jr. 1980. Aetiology of an ulcerative disease in goldfish *Carassius auratus* (L.): microbiological examination of diseased fish from seven locations. *J. Fish Dis.* 3, p. 133-143.
- Ellis, A.E. & Stapleton, K.J. 1988. Differential susceptibility of salmonid fishes to furunculosis correlates with serum enhancement of *Aeromonas salmonicida* extracellular protease activity. *Microb. Pathog.* 4, p. 299-304.
- Ellis, A.E. 1982. Differences between the immune mechanisms of fish and higher vertebrates. Teoksessa "Microbial Diseases of Fish". R.J. Roberts (ed.). Academic Press, Lontoo, p. 1-29.

- Ellis, A.E. 1991. An appraisal of the extracellular toxins of *Aeromonas salmonicida* ssp. *salmonicida*. J. Fish Dis. 14, p. 265-278.
- Ellis, A.E., Hastings, T.S. & Munro, A.L.S. 1981. The role of *Aeromonas salmonicida* extracellular products in the pathology of furunculosis. J. Fish Dis. 4, p. 41-51.
- Ellsaesser, C.F. & Clem, L.W. 1986. Haematological and immunological changes in channel catfish stressed by handling and transport. J. Fish Biol. 28, p. 511-521
- Emmerich, R., Weibel, E. 1894. Ueber eine durch Bakterien erzeugte Seuche unter den Forellen. Archves für hygienie und bakteriologie 21, p. 1-21. Ref.
- Eriksson, L-O. & Lundqvist, H. 1982. Cirannual rhythms and photoperiod regulation of growth and smolting in Baltic salmon, *Salmo salar* L. Aquaculture 28(1-2), p. 113-121.
- Evelyn, T.P.T. 1971. An aberrant strain of bacterial fish pathogen *Aeromonas salmonicida* isolated from a marine host, the sablefish (*Anoplopoma fimbria*), and from two species of cultured Pacific salmon. J. of Fish. Res. Bd. Canada 28, p. 1629-1634.
- Evenberg, D., Van Boxtel, R., Lugtenberg, B., Schurer, F., Blommaert, J. & Bootsma, R. 1982. Cell surface of the fish pathogenic bacterium *Aeromonas salmonicida*. I. Relationship between autoagglutination and the presence of a major cell-envelope protein. Biochim. Biophys. Acta 684, p. 249-254.
- Fernandez, A.I.G., Rodriguez, L.A. & Nieto, T.P. 1992. Survival of bacterial fish pathogens in sea water. Aquaculture 107, p. 271-276.
- Fevolden, S.E., Nordmo, R., Refstie, T. & Røed, K.H. 1993. Disease resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) selected for high or low responses to stress. Aquaculture 109, p. 215-224.
- Fijan, N.N. 1972. Infectious dropsy of carp - a disease complex. Proceedings of the Symposia of the Zoological Society of London 30, p. 39-57. Ref.
- Fjalestad, K.T., Gjedrem, T. & Refstie, T. 1994. Seleksjon for auka sjukdomsresistens. Norsk Fiskeoppdrett 3/94, p. 25-27.
- Ford, L.A. 1994. Detection of *Aeromonas salonicida* from water using a filtration method. Aquaculture 122, p. 1-7.
- Fuller, D.W., Pilcher, K.S. & Fryer, J.L. 1977. A leukocytolytic factor isolated from cultures of *Aeromonas salmonicida*. J. Fish. Res. Bd. Can. 34, p. 1118-1125.
- Fyfe, L., Coleman, G. & Munro, A.L.S. 1987. Identification of common extracellular proteins secreted by *Aeromonas salmonicida* strains isolated from diseased fish. Appl. Environment. Microbiol. 53, p. 722-726.
- Fyfe, L., Coleman, G. & Munro, A.L.S. 1988. The combined effect of isolated *Aeromonas salmonicida* protease and haemolysin on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) compared with that of a total extracellular products preparation. J. Fish Dis. 11, p. 101-104.
- Fyfe, L., Finley, A., Coleman, G. & Munro, A.L.S. 1986. A study of the pathological effect of isolated *Aeromonas salmonicida* extracellular protease on Atlantic salmon *Salmo salar* L. J. Fish Dis. 9, p. 403-409.
- Gjedrem, T., Salte, R. & GjØen, H.M. 1991. Genetic variation in susceptibility of Atlantic salmon to furunculosis. Aquaculture 97, p. 1-6.
- Grondel, J.L. & Boesten, H.J.A.M. 1982. The influence of antibiotics on the immune system I. Inhibition of the mitogenic leukocyte response *in vitro* by oxytetracycline. Dev. Comp. Immunol. Suppl. 2, p. 211-216.

- Hardie, L.J.T., Fletcher, C. & Secombes, C.J. 1991. The effect of dietary vitamin C on the immune response of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) *Aquaculture* 95, p. 201-214.
- Hastings T.S. & Ellis, A.E. 1988. The humoral immune response of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, and rabbits to *Aeromonas salmonicida* extracellular products. *J. Fish Dis.* 11, p. 147-160
- Hastings, T.S. & McKay, A. 1987. Resistance of *Aeromonas salmonicida* to oxolinic acid. *Aquaculture* 61, p. 165-171.
- Hayasaka, S.S. & Sullivan, J. 1981. Furunculosis in cultured American eel *Anguilla rostrata* (Le Sueur). *J. Fish. Biol.* 18, p. 655-659.
- Hiney, M.P., Kilmartin, J.J. & Smith, P.R. 1994. Detection of *Aeromonas salmonicida* in Atlantic salmon with asymptomatic furunculosis infections. *Dis. Aquat. Org.* 19, p. 161-167.
- Hirst, I.D., Hastings, T.S. & Ellis, A.E. 1994. Utilization of haem compounds by *Aeromonas salmonicida*. *J. Fish Dis.* 17, p. 365-374.
- Hirvelä-Koski, V., Koski, P. & Niiranen, H. 1994. Biochemical properties and drug resistance of *Aeromonas salmonicida* in Finland. *Dis. aquat. Org.* 20, p. 191-196.
- Husevåg, B. & Lunestad, T.B. 1995. Presence of the fish pathogen *Aeromonas salmonicida* and bacteria resistant to antimicrobial agents in sediments from Norwegian fish farms. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.* 15 (1), p. 17-18.
- Husevåg, B., Lunestad, B.T., Johannsen, P.J., Enger, O. & Samuelsen, O.B. 1991. Simultaneous occurrence of *Vibrio salmonicida* and antibiotic resistant bacteria in sediments at abandoned aquaculture sites. *J.Fish.Dis.* 14, p. 631-640.
- Håstein, T. & Lindstad, T. 1991. Diseases in wild and cultured salmon: Possible interaction. *Aquaculture* 98, p. 277-288.
- Håstein, T., Saltveit, S.J. & Roberts, R.J. 1978. Mass mortality among minnows *Phoxinus phoxinus* (L.) in lake Tveitevatn, Norway, due to an aberrant strain of *Aeromonas salmonicida*. *J. Fish Dis.* 1, p. 241-249.
- Inglis, V., Millar, S.D. & Richards, R.H. 1993. Resistance of *Aeromonas salmonicida* to amoxicillin. *J. Fish Dis.* 16, p. 389-395.
- Ingram, G.A. 1980. Substances involved in the natural resistance of fish to infection - a review. *J. Fish Biol.* 16, p. 23-60.
- Ishiguro, E.E., Ainsworth, T., Chamberlain, J.B., Buckley, J.T. & Trust, T.J. 1981. Loss of virulence during culture of *Aeromonas salmonicida* at high temperature. *J. Bacteriol.* 148, p. 333-340.
- Jarp, J., Tangen, K., Willumsen, F.V., Djupvik, H.O. & Tveit, A.M. 1993. Risk factors for infection with *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* in Norwegian freshwater hatcheries. *Dis. Aquat. Org.* November. p. 81-86.
- Johnsen, B.O. & Jensen, A.J. 1994. The spread of furunculosis in salmonids in Norwegian rivers. *J. Fish Biol.* 45, p. 47-55.
- Johnson, C.M., Tatner, M.F. & Home, M.T. 1985. Comparison of the surface properties of seven strains of a fish pathogen, *Aeromonas salmonicida*. *J. Fish Biol.* 27, p. 445-458.
- Kawahara, E., Oshima, S. & Nomura, S. 1990. Toxicity and immunogenicity of *Aeromonas salmonicida* extracellular products to salmonids. *J. Fish Dis.* 13, p. 495-503.

- Kay, W.W., Buckley, J.T., Ishiguro, E.E., Phipps, B.M., Monette, J.P.L. & Trust, T.J. 1981. Purification and disposition of a surface protein associated with virulence of *Aeromonas salmonicida*. J. Bacteriol. 147, p. 1077-1084.
- Keränen, A.-L. & Koski, P. 1989. Tarttuvien kalatauti esiintymisestä Pohjois-Suomen kalanviljelylaitoksilla 1988. Tarttuvat kalataudit Pohjois-Suomessa - tutkimusprojekti, Valtion eläinlääketieteellinen laitos, Oulun aluelaboratorio. Moniste, 53 s.
- Kioto, T., Yoshida, T., Aoki, T. & Fukudome, M. 1985. Characterisation of an atypical *Aeromonas salmonicida* strain causing epizootic ulcer disease in cultured eel. Fish Pathol. 20, p. 107-114.
- Kitao, T. & Yoshida, T. 1986. Effect of an immunopotentiator on *Aeromonas salmonicida* infection in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Vet. Immunol. Immunopathol. 12, p. 287-296.
- Kitao, T., Yoshida, T., Aoki, T. & Fukudome, M. 1984. Atypical *Aeromonas salmonicida*, the causative agent of an ulcer disease of eel occurrence in Kagoshima prefecture. Fish Pathol. 19, p. 113-117.
- Kitao, T., Yoshida, T., Anderson, D.P., Dixon, O.W. & Blanch, A. 1987. Immunostimulation of antibody-producing cells and humoral antibody to fish bacterins by a biological response modifier. J. Fish Biol. 37 (Suppl. A), p. 87-91.
- Korhonen, K. 1983. Vibrioosi ja ASA, merkitys ja ehkäisy. Esitelmä Kalaterveyspäivillä Jyväskylässä 9.-10.2.1983. Moniste.
- Koski, P. 1987. Kotimaisten furunkuloositapausten epidemiologiasta. Esitelmä Kalaterveyspäivillä Savonlinnassa 13.2.1987. Moniste, s. 4-9.
- Kranz, G.E., Reddecliff, J.M. & Heist, C.E. 1963. Development of antibodies against *Aeromonas salmonicida* in trout. J. Immunol. 91, p. 757-760.
- Kranz, G.E., Reddecliff, J.M. & Heist, C.E. 1964. Immune response of trout to *Aeromonas salmonicida*. Part 2.:evaluation of feeding technique. Prog. Fish-Cult. 26, p. 59-65. Ref.
- Lee, K.-K. & Ellis, A.E. 1989. The quantitative relationship of lethality between extracellular protease and extracellular haemolysin of *Aeromonas salmonicida* in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). FEMS Microbiol. Lett. 61, p. 127-132.
- Lund, T., Larsen, H.J.S. & Røed, K. 1994. Genetisk sammenheng mellom immunparametre og overlevelse ved fiske sykdommer. Norsk Fiskeoppdrett 3/94, p. 72-73.
- Lund, V., Jørgensen, T., Holm, K.O. & Eggset, G. 1991. Humoral immune response in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., to cellular and extracellular antigens of *Aeromonas salmonicida*. J. Fish Dis. 14, p. 443-452.
- Markwardt, N.M., Gocha, Y.M. & Klontz, G.W. 1989. A new application for Coomassie Brilliant Blue agar: detection of *Aeromonas salmonicida* in clinical samples. Dis. Aquat. Org. 6, p. 231-233.
- Maule, A.G., Schreck, C.B. & Kaattari, S.L. 1987. Changes in immune system of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) during the parr-to-smolt transformation and after implantation of cortisol. Can. J. Aquat. Sci. 44, p. 161-166.
- McCarthy, D.H. 1975. Fish furunculosis. Journal of the Institute of Fisheries Management 6, p. 13-18.

- McCarthy, D.H. 1977. Some ecological aspects of the bacterial fish pathogen *Aeromonas salmonicida*. Aquatic Microbiol. SAB Symp. 6, p. 299-324.
- McCarthy, D.H. 1980. Some ecological aspects of the bacterial fish pathogen-*Aeromonas salmonicida*. Teoksessa Aquatic Microbiology. Symposium of the Society of Applied Bacteriology 6, p. 299-324.
- McCarthy, D.H., Amend, D.F., Johnson, K.A. & Bloom, J.V. 1983. *Aeromonas salmonicida*: determination of an antigen associated with protective immunity and evaluation of an experimental bacterin. J. Fish Dis. 6, p. 155-174.
- McCarthy, D.W. & Roberts, R.J. 1980. Furunculosis of fish - the present state of our knowledge. p. 293-341. Teoksessa Droop, M.R. ja Jannasch, H.W. (toim.) Advances in aquatic microbiology. Vol 2. Academic Press, London.
- Mitchell, H.M. 1992. Experiences with furunculosis in salmon culture in the Bay of Fundy. Bull. aquacult.assoc.Can. Bull. Assoc. Aquac. Can 92-1, p. 22-28.
- Morgan, J.A.W., Cranwell, P.A. & Pickup, R.W. 1993. Survival of nonculturable *Aeromonas salmonicida* in lake water. Appl. Environ. Microbiol. 3 (59), p. 874-880.
- Munn, C.B., Ishiguro, E.E., Kay, W.W. & Trust, T.J. 1982. Role of surface components in serum resistance of virulent *Aeromonas salmonicida*. Infect. Immun. 36, p. 1069-1075.
- Munro, A.L.S. & Hastings, T.S. 1993. Furunculosis. Teoksessa: Inglis, V., Roberts, R.J. & Bromage, N.R. (toim.) Bacterial diseases of fish. Blackwell Scientific Publications, Oxford. p. 122-142.
- Muona, M. 1991. Effects of crowding stress on the susceptibility of smolting salmon (*Salmo salar* L.) to furunculosis. Research for Aquaculture: Fundamental and Applied Aspects. Eur. Soc. Comp. Physiol. Biochem. 13th conference, Antibes-Juan les Pins, 6-8 Oct. 1991.
- Mäkinen, T. & Ruohonen, K. 1990. The effect of rearing density on the growth of finnish rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792). J. Appl. Ichthyol. 6, p. 193-203.
- Needham, T. & Rymes, C. 1992. Husbandry Techniques to reduce the impact of furunculosis in seawater salmon culture. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 1, p. 40 - 46.
- Nese, L. & Engler, Ø. 1993. Isolation of *Aeromonas salmonicida* from salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* and marine plankton. Dis. Aquat. Org. 16, p. 79-81.
- Nielsen, B., Olsen, J.E. & Larsen, J.L. 1993. Plasmid profiling as an epidemiological marker within *Aeromonas salmonicida*. Dis. Aquat. Org. 15, p. 129-135.
- Nielsen, B., Olsen, J.E. & Larsen, J.L. 1994. Ribotyping of *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*. Dis. Aquat. Org. 18, p. 155-158.
- Niemi, A. & Hirvi, T. 1993. Oksoliinihappotutkimus luonnonkaloista. Suomen eläinlääkärilehti 99(10), s. 609-612.
- Nikl, L., Albright, L.J. & Evelyn, T.P.T. 1991. Influence of seven immunostimulants on the immune response of coho salmon to *Aeromonas salmonicida*. Dis. Aquat. Org. 12, p. 7-12.
- Nikl, L., Evelyn, T.P.T. & Albright, L.J. 1993. Trials with an orally and immersion-administered β -1,3 glucan as an immunoprophylactic against *Aeromonas salmonicida* in juvenile chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. Dis. Aquat. Org. 17, p. 191-196.
- Nomura, T. 1993. The epidemiological study of furunculosis in salmon propagation. Scientific reports of the Hokkaido salmon hatchery 47, p. 1-99.

- Nygaard, K., Lunestad, B.T., Hektoen, H., Berge, J.A. & Hormazabal, V. 1992. Resistance to oxytetracycline, oxolinic acid and furazolidone in bacteria from marine sediments. *Aquaculture* 104, p. 31-36.
- O'Grady, P. & Smith, P. 1992. Use of flumisol bath treatments to eliminate stress inducible furunculosis in salmon smolts. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.* 12(6), p. 201-203
- Ojala, O. 1966. Isolation of an anaerogenic bacterium resembling *Aeromonas salmonicida* in spawning lake trouts. *Bull. Off. Int. Epiz.* 65 (5-6), p. 793-804.
- Olivier, G. 1993. Antibiotic resistance profiles of fish pathogens: an emerging problem. *ICES C.M.* 1993/F:5, Annex 7, p. 54-67.
- Olivier, G., Evelyn, T.P. & Lallier, R. 1985. Immunity to *Aeromonas salmonicida* in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) induced by modified Freund's complete adjuvant: its non-specific nature and the probable role of macrophage. *Developmental and Comparative Immunology* 9, p. 419-432.
- Ostland, V.E., Hicks, B.D. & Daly, J.G. 1987. Furunculosis in baitfish and its transmission to salmonids. *Dis. Aquat. Org.* July, p. 163-166.
- Paterson, W.D. 1981. *Aeromonas salmonicida* as an immunogen. *Dev. Biol. Standard.* 49, p. 375.
- Pedersen, K., Kofod, H., Dalsgaard, I. & Larsen, J.L. 1994. Isolation of oxidase-negative *Aeromonas salmonicida* from diseased turbot *Scophthalmus maximus*. *Dis. Aquat. Org.*, February, p. 149-154.
- Peters, G., Faisal, M., Lang, T. & Ahmed, I. 1988. Stress caused by social interaction and its effect on susceptibility to *Aeromonas hydrophila* infection in rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Dis. Aquat. Org.* 4, p. 83-89.
- Pohjanvirta, T., Pasternack, M. & Rahkonen, R. 1995. Kenttäkokeet Apoject 1-Fural paisetautirokotteella. *Suomen kalankasvattaja* 1/1995, s. 36-38.
- Pursell, L. & Smith, P. 1994. *In vitro* experiments of the bioactivity of flumequine in the matrix of the intestinal content of Atlantic salmon. *Bull. Eur. Ass. Fish Soc.* 14 (4), p. 139-140.
- Pylkkö, P. 1993. Ruokinnan ja kasvatustiheyden vaikutus harjuksen ja nieriän ASA-tautiherkkyyteen. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalantutkimuksia - Fiskundersökningar 74, 19 s.
- Rahkonen, R (kokoaja) 1991. Kalanviljelijän kalatautiopas. RKTL, kalanviljelyosasto. Kansio.
- Richards, R.H., Inglis, V., Frerich, G.N. & Miller, S.D. 1992. Variation in antibiotic resistance patterns of *Aeromonas salmonicida* isolated from Atlantic salmon *Salmo salar* L. in Scotland. In: *Chemotherapy in Aquaculture; from theory to reality* (ed. OIE) Paris, France. p. 276-284.
- Rijkers, G.T., Teunissen, A.G., van Oosterom, R. & van Muiswinkel, W.B. 1980. The immune system of cyprinid fish. The immunosuppressive effect of the antibiotic oxytetracycline in carp. *Aquaculture* 19, p. 177-189.
- Rimaila-Pärnänen, E. 1988. Artikkelissa: Lisää eläinlääkäreitä, biologeja, tutkimuksia, rahaa. *Suomen kalankasvattaja* 2/1988, s. 7.
- Rimaila-Pärnänen, E. 1989. Ajankohtaista kalatautitilanteesta vuonna 1988. *Suomen Kalankasvattaja* 3/1989, s. 13-14.
- Rimaila-Pärnänen, E. 1990. Kalatautitilanne 1989. *Suomen Kalankasvattaja* 3/1990, s. 12-13.

- Rimaila-Pärnänen, E. 1991. Kalatautilanne 1990. Suomen Kalankasvattaja 2/1991, s. 14.
- Rimaila-Pärnänen, E. 1992. Paisetaudin (furunkuloosin) leviäminen maassamme. Esitelmä kalaterveyspäivänä 25.3.1992. Moniste, VELL, s. 17-19.
- Rimaila-Pärnänen, E. 1993. Ajankohtaista kalatautialalta. Esitelmä kalaterveyspäivänä 18.2.1993, Oulu. Moniste, VELL, s. 1-5.
- Rimaila-Pärnänen, E. 1994. Kalatautilastoa vuodelta 1993. Suomen kalankasvattaja 2/1994, s. 16-17.
- Rimaila-Pärnänen, E. & Seppänen, J. 1994. *Vibrio anguillarum* ja *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* -kantojen mikrobilääkeresistenssi. Suomen eläinlääkärilehti 100 (12), s. 704-708.
- Rintamäki, P. 1990. Ovatko ASA, ASS, ERM vakavaksi vaaraksi pohjoiselle velvoiteviljelylle? Suomen kalankasvattaja 2, p. 7-9.
- Rintamäki, P. 1993. Montan, Raassakan, Ossauskosken ja Keminmaan kalanviljelylaitosten kalaloiset ja -taudit vuosina 1984-1991. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 58, 44 s.
- Rintamäki, P. & Koski, P. 1987. Outbreaks of furunculosis in northern Finland. In: Stenmark, A. ja Malmberg, G.(eds.), Parasites and diseases in natural waters and aquaculture in nordic countries. Naturhistoriska riksmuseet, Stockholm. p. 121-128.
- Rintamäki, P. & Valtonen, E.T. 1991. *Aeromonas salmonicida* in Finland: pathological problems associated with atypical and typical strains. J. Fish Dis. 14, p. 323-331.
- Roberts, S.D. 1980. "A Method of Reducing the Carrier State of *Aeromonas salmonicida* in Juvenile Pacific Salmon." Ph.D. Thesis, University of Idaho.
- Robertsen, B., Rorwstad, G., Engstad, R. & Raa, J. 1990. Enhancement of non-specific disease resistance in Atlantic salmon *Salmo salar* (L). by glucan from *Saccharomyces cerevisiae* cell walls. J. Fish: Dis.13, p 391-400.
- Rockey, D.D., Dungan, C.F., Lunder, T. & Rohovec, J.S. 1991. Monoclonal antibodies against *Aeromonas salmonicida* lipopolysaccharide identify differences among strains. Dis. Aquat. Org. 10, p. 115-120.
- Rodgers, C.J. 1990. Immersion vaccination for control of fish furunculosis. Dis. Aquat. Org. 8, p. 69-72.
- Rose, A.S., Ellis, A.E. & Munro, A.L.S. 1989. The infectivity by different routes of exposure and shedding rates of *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., held in sea water. J. Fish Dis. 12, p. 573-578.
- Rose, A.S., Ellis, A.E. & Munro, A.L.S. 1990. Evidence against dormancy in the bacterial fish pathogen *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*. FEMS Microbiol. Lett. 68, p. 105-108.
- Rudi, H. & Dragsund, E. 1993. Localization strategies. In: Fish Farming Technology, eds. Reinertsen, Dahle, Jørgensen, Tvinnereim. Balkema, Rotterdam. ISBN 90 5410 326 4. p. 169-175.
- Røed, K.H., Larsen, H.J.S., Linder, R.D. & Refstie, T. 1993a. Genetic variation in lysozyme activity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 109, p. 237-244.
- Røed, K.H., Fjalestad, K.T. & Strømsheim, A. 1993b. Genetic variation in lysozyme activity and spontaneous haemolytic activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 114, p. 19-31.

- Sakai, D. K. 1986. Electrostatic mechanism of survival of virulent *Aeromonas salmonicida* strains in river water. *Applied and Environmental Microbiology* 6 (51), p. 1343-1349.
- Sakai, D.K. 1984. The non-specific activation of rainbowtrout, *Salmo gairdneri* Richardson, complement by *Aeromonas salmonicida* extracellular products and the correlation of the complement activity with the inactivation of lethal toxicity products. *J. Fish Dis.* 7, p. 329-338.
- Samuelsen, O.B., Lunestad, B.T., Husevåg, B., Holleland, T. & Ervik, A. 1992. Residues of oxolinic acid in wild fauna following medication in fish farms. *Dis. Aquat. Org.* 12, p. 111-119.
- Scallan, A. & Smith, P. 1993. Importance of sampling time in detecting stress inducible furunculosis in atlantic salmon smolts. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.* 13 (3), p. 77-78.
- Scallan, A. & Smith, P.R. 1985. Control of symptomatic carriage of *Aeromonas salmonicida* in Atlantic salmon smolts with flumequine. Teoksessa "Fish and Shellfish Pathology" (Ellis, A.E., ed.) Academic Press Inc., Lontoo.
- Siwicki, A.K., Anderson, D.O. & Rumsey, G.L. 1994. Dietary intake of immunostimulants by rainbow trout affects non-specific immunity and protection against furunculosis. *Veterinary immunology and immunopathology* 41, p. 125-139.
- Slater, C.H. & Schreck, C.B. 1993. Testosterone alters the immune response of chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 89, p. 291-298.
- Smith, P. 1991. Stress test picks up furunculosis carriers. *Fish Farmer* 14(3), p. 18.
- Smith, P. 1993. Paisetaudin vastustus Irlannissa. EAFP:n Suomen osaston kokous 23.3.1993 Turussa. Luento.
- Sørum, H., Kvello, J.H. & Håstein, T. 1993. Occurrence and stability of plasmids in *Aeromonas salmonicida* ss *salmonicida* isolated from salmonids with furunculosis. *Dis. Aquat. Org.* 16, p. 199-206.
- Teska, J.D. & Cipriano, R.C. 1993. Nonselective nature of Coomassie Brilliant Blue agar for the presumptive identification of *Aeromonas salmonicida* in clinical specimens. *Dis. Aquat. Org.* 16, p. 239-242.
- Thorarinnsson, R. 1994. Biojec-dokumentasjon av tre smoltgenerasjoner. *Norsk Fiskeoppdrett* 3/94, p. 42-43.
- Thorburn, M.A. & Jansson, E.L.K. 1988. The effects of booster vaccination and fish size on survival and antibody production following *Vibrio* infection of bath-vaccinated rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Aquaculture* 71, p. 285-291.
- Thornton, J.C., Garduno, R.A. & Kay, W.W. 1994. The development of live vaccines for furunculosis lacking the A-layer and O-antigen of *Aeromonas salmonicida*. *J. Fish Dis.* 17, p. 195-204.
- Thuvander, A., Wichardt, U.P. & Reitan, L.J. 1993. Humoral antibody response of brown trout *Salmo trutta* vaccinated against furunculosis. *Dis. Aquat. Org.* 17 (October) p. 17-23.
- Treasurer, J. & Cox, D. 1991. The occurrence of *Aeromonas salmonicida* in wrasse (*Labridae*) and implications for Atlantic salmon farming. *Bull. Eur. Ass. Fish pathol.* 11(6), p. 208-210.
- Tripp, R.A., Maule, A.G., Schreck, C.B. & Kaattari, S.L. 1987. Cortisol mediated suppression of salmonid lymphocyte responses *in vitro*. *Dev. Comp. Immunol.* 11, p. 565-576.

- Van Muiswinkel, W.B., Anderson, D.P., Lamers, C.H.J., Egberts, E., van Loon J.J.A. & Ijssel, J.P. 1985. Fish immunology and fish health. p 1-8. Teoksessa Fish immunology (Manning, M.J. & Tatner, M.F. eds). 374 p. Academic Press.
- Vaughan, L.M., Smith, P.R. & Foster, T.J. 1993. An aromatic-dependent mutant of the fish pathogen *Aeromonas salmonicida* is attenuated in fish and is effective as a live vaccine against the salmonid disease furunculosis. *Infect. Immun.* 61(5), p. 2172-2181.
- Waagbø, R., Glette, J., Raa-Nilsen, E. & Sandnes, K. 1992. Dietary vitamin C, immunity and disease resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish Physiol. Biochem.* 12(1), p. 61-73.
- Whipple, M.J., & Rohovec, J.S. 1994. The effect of heat and low pH on selected viral and bacterial fish pathogens. *Aquaculture* 123, p. 179-189.
- Wichardt, U-F., Johansson, N. & Ljunberg, O. 1989. Occurrence and distribution of *Aeromonas salmonicida* infections on Swedish fish farms 1951-1987. *J. Aquat. Anim. Health* 1, p. 187-196.
- Wiklund, T. 1990. Atypical *Aeromonas salmonicida* isolated from ulcers of pike, *Esox lucius* L. *J. Fish Dis.* 13, p. 541-544.
- Wiklund, T. 1994. Skin ulcer disease of flounder (*Platichthys flesus*): disease patterns and characterization of an etiological agent. Thesis. Department of Biology, Åbo Akademi University, Åbo, Finland. p. 1-42.
- Wiklund, T. & Bylund, G. 1991. A cytochrome oxidase negative bacterium (presumptively an atypical *Aeromonas salmonicida*) isolated from ulcerated flounders (*Platichthys flesus* L.) in the northern Baltic Sea. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.* 11, p. 74-76.
- Wiklund, T. & Bylund, G. 1993. Skin ulcer disease of flounder *Platichthys flesus* in the northern Baltic Sea. *Dis. Aquat. Org.* 17, p. 165-174.
- Winter, G.W., Schreck, C.B. & McIntyre, J.D. 1980. Resistance of different stocks and tarnsferrin genotypes of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, and steelhead trout, *Salmo gairdneri*, to bacterial kidney disease and vibriosis. *Fish. Bull.* 77(4), p. 795-802.
- Yousif, A.N., Albright, L.J. & Evelyn, T.P.T. 1994. In vitro evidence for the antibacterial role of lysozyme in salmonid eggs. *Dis. Aquat. Org.* 19, p. 15-19.
- Zoccarto, I., Benatti, G., Bianchini, M.L., Boccignone, M., Conti, A., Napolitano, R. & Palmegiano, G.B. 1994. Differences in performance, flesh composition and water quality in relation to density and feeding levels in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, farming. *Aquaculture and fisheries management* 25, p. 639-647.

KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR – SARJASSA ILMESTYNEET NITEET

1

SARVALA, J. Kalantutkimus puntarissa: Suomalainen kalantutkimus 1980-luvulla. Sammandrag: Fiskeriforskningen i Finland under 1980-talet — en analys baserat på publikationer. (Fisheries research in Finland during the 1980s — an analysis based on published papers). s. 1–19.

VEHANEN, T. ja NIEMITALO, V. Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen siianpoikasten viljelyyn käytettyjen luonnonravintolammikoiden tuotosta ja tuottoon vaikuttavista tekijöistä. (Produktion som inverkar på produktionen av sikyngel i naturfoderdammar vid Norra Finlands Centralfiskodlingsanstalt). (Production of natural food rearing ponds and the factors affecting it in whitefish culture at the Central Fish Culture Station for Northern Finland). s. 21–99. Helsinki 1990.

2

HEIKINHEIMO-SCHMID, O., RAHKONEN, R., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P. Country report of Finland for the intersessional period of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) 1988–1989. (Suomen kansallinen raportti Euroopan sisävesikalastuskomission (EIFAC) istuntojen väliseltä ajalta 1988–1989). (Finlands nationella rapport gällande perioden mellan Europeiska sötvattensfiskekommissionens (EIFAC) sessioner 1988–1989). 33 s. Helsinki 1990.

3

Status of crayfish stocks, fisheries, diseases and culture in Europe. Report of the FAO European Inland Fishery Advisory Commission (EIFAC) Working Party on Crayfish. (Rapukannat, ravustus, taudit ja viljely Euroopassa. Euroopan sisävesikalastuskomission (EIFAC) raputyöryhmän raportti). (Kräftstammar, kräftfiske, sjukdomar och odling i Europa. Rapport från Europeiska sötvattensfiskekommissionens (EIFAC) kräftarbetsgrupp). Edited by (toim.) Westman, K., Pursiainen, M. and Westman, P. 206 p. Helsinki 1990.

4

KALLIO-NYBERG, I ja KOLJONEN, M-L. Kalakantarekisteri: siika, muikku ja harjus. (Sammandrag: Fiskstamregister: sik, siklöja och harr). (Abstract: The Finnish fish stock register: whitefish, vendace and grayling). 54 s. Helsinki 1990.

5

ERKAMO, E. Ravun (*Astacus astacus* L.) biologiasta, kannanarvioinnista ja istutuksen kannattavuudesta pienessä hapanvetisessä metsäjärvessä. (Sammandrag: Kräftan (*Astacus astacus* L.) i ett litet surt träsk: Biologi, uppskattning av populationsstorleken och lönsamheten av utplanteringenarna). (Summary: Crayfish, *Astacus astacus* L., in a small, acidic forest lake: Biology, stock assessment and profitability of stocking). 97 s. Helsinki 1990.

6

LEHTONEN, H. Vuorikemian tehtaiden jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista Porin edustan merialueella. (Sammandrag: Fiskeriekonomiska effekter av avloppsvattnen från Vuorikemias fabriker i havsområdet utanför Björneborg) (Summary: Effect of effluent from the Vuorikemia titanium dioxide factory on fish stocks and fisheries off Pori, the Bothnian Sea). s. 1–10.

PARMANNE, R. ja SALMI, J. Silakoiden vaellukset Selkämerellä keväällä 1982 suoritettujen merkintöjen perusteella. (Strömmingens vandringar i Bottenhavet enligt märkningarna utförda våren 1982) (Migration of Baltic herring in the Bothnian Sea revealed by tagging experiments in spring 1982). s. 11–24.

PARMANNE, R. ja SALMI, J. Silakan troolipyyntin kehittyminen Porin edustan merialueella syksyllä 1976–1985 ja silakoiden kasvu, kuntokerroin ja poikasten määrä Selkämerellä. (Utvecklingen av strömmingsfisket med trål i på höstarna i havsområdet utanför Björneborg under perioden 1976–1985 samt strömmingens tillväxt, kondition och yngelmängd i Bottenhavet) (Development of the Baltic herring trawl fishery off Pori in the autums of 1976–1985 and the growth, condition factor and larval abundance of Baltic herring in the Bothnian Sea). s. 25–35.

LEHTONEN, H. ja JÄRVINEN, A. Kalastajien havaintoja pyydyksissä tapahtuneista kalakuolemista Selkämerellä 1980-luvulla. (Fiskarobservationer av fiskdöd i fångstredskapen i Bottenhavet under 1980-talet) (Observations of fishermen on fish deaths in fishing gear in the Bothnian Sea in the 1980s). s. 37–47.

JÄRVINEN, A. ja LEHTONEN, H. Siian mädin sumputuskoheet Porin edustalla 1985. (Sumpförsök med sikrom i vattnen utanför Björneborg år 1985) (Cage incubation experiments with whitefish eggs off Pori in 1985). s. 49–58.

JÄRVINEN, A., LEHTONEN, H. ja BYLUND, G. Kalojen sumputuskoheet Porin edustalla 1985. (Sumpförsök med fisk i vattnen utanför Björneborg år 1985) (Fish cage experiments off Pori in 1985). s. 59–73.

OULASVIRTA, P. ja RISSANEN, J. Vuorikemian tehtaiden jätevesien vaikutuksista silakan alkionkehitykseen ja poikasten elinkykyyn. (Effekterna av avloppsvattnen från Vuorikemias fabriker på embryonalutvecklingen och ynglens livskraft hos strömming) (Effect of effluent from the Vuorikemia titanium dioxide factory on the embryonal development and larval fitness of Baltic herring). s. 75–108. Helsinki 1990.

7

MIKKOLA, J., SAURA, A., IKONEN, E. ja POIKOLA, K. Kymijoen kalaportaiden rakentamiseen liittyvät kalataloudelliset selvitykset 1987–1988. (Fiskeriutredning 1987–1988 för konstruktion av fisktrappor i Kymmene älv) (Fisheries investigation related to construction of fish ladders in the Kymijoki River in 1987–1988). 37 s. Helsinki 199.

8

TUUNAINEN, P., VUORINEN, P. J., RASK, M., JÄRVENPÄÄ, T., VUORINEN, M. ja NIEMELÄ, E. Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin ja rapuihin. Raportti vuodelta 1989. (Sammandrag: Effekterna av asurt nedfall på fish och kräftor. Rapport för år 1989) (Summary: Effects of acidic deposition on fish and crayfish. Report 1989). 97 s. Helsinki 1990.

9

HYVÄRINEN, P. Yksikkösaaliin vaihtelu ja siihen vaikuttavat tekijät Oulujärvellä. (Sammandrag: Enhetsfångsternas variation i Ule träsk och de faktorer som påverkar dem). (The variation of catch per unit effort in Lake Oulujärvi and the factors influencing it). 72 s. Helsinki 1990.

10

ROMAKKANIEMI, A. Tornion-Muonionjoen harjus ja harjuksen kalastus. (Sammandrag: Harr och harrfiske i Torne- och Muonioälv). (Grayling stocks and fisheries in the River Tornion-Muonionjoki). 111 s. Helsinki 1990.

11

RAHKONEN, R. ja WESTMAN, K. Tarttuvat kalataudit. Tilanne Suomessa, tautien leviäminen ja torjunta. (Sammandrag: Smittsamma fisksjukdomar. Sjukdomsläge i Finland, spridning av sjukdomar och bekämpningsmetoder). (Infectious diseases of fish. The situation in Finland, spread of the diseases and their prevention). 88 s. Helsinki 1990.

12

LEHTONEN, H. Kalanimistö: suomi, latina, ruotsi, norja, englanti, saksa ja ranska. (Lista över fisknamn på finska, latin, svenska, norska, engelska, tyska och franska) (Multilingual list of fish names in Finnish, Latin, Swedish, Norwegian, English, German and French). 27 s. Helsinki 1990.

13

HUUSKO, A. Kirjallisuusselvitys kalojen mäti- ja poikasvaiheiden ekologiasta. (Sammandrag: Litteraturutredning angående fiskars rom- och yngelstadiers ekologi) (Ecology of eggs and larvae of freshwater fish – a review of literature). 58 s. Helsinki 1990.

14

HUUSKO, A. Kuusinkijoen vesistöalueen kalatalousselvitys. (Sammandrag: Utredning av fiskeri och fiskbestånd inom Kuusinkijoki vattendragsområde) (Fisheries and fish stocks in the Kuusinkijoki river system, Northern Finland, with remarks on the adverse effects of a small hydropower station located on the upper reach of the river). 238 s. Helsinki 1990.

15

TOIVONEN, J., KOKKO, U., AUVINEN, S. ja AUVINEN, H. Tulokset merkittyjen järvitaimenpoikasten istutuksista Suomessa vuosina 1970–1979. (Utsättningsresultaten av märkta insjööringyngel i Finland åren 1970–1979) (Summary: Results of stocking with tagged brown trout (*Salmo trutta m. lacustris*) young in Finland in 1970–1979). 31 s. Helsinki 1991.

16

BÖHLING, P., HUDD, R., LEHTONEN, H. och PARMANNE, R. Fiskevården i havsområdet utanför Jakobstad. (Tiivistelmä: Kalakannat ja kalakantojen hoito Pietarsaaren edustan merialueella) (Fish stocks and their management in the sea area off Jakobstad, northern Finland). 82 s. Helsinki 1991.

17

NYBERG, K. Vastakuoriutuneiden hauenpoikasten istutusten tuloksellisuus. (Sammandrag: Resultaten av utplantering av nyläckta gäddyngel) (Success of stocking with newlyhatched pike fry). 88 s. Helsinki 1991.

18

Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1990. (Plan för fiskeriforskningsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1990) (Programme for the Fisheries Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1990). s. 1–39.

Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelyosaston toiminnaksi vuodelle 1990. (Plan för fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1990) (Programme for the Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1990). s. 41–65. Helsinki 1991.

19

Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1991. (Plan för fiskeriforskningsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1991) (Programme for the Fisheries Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1991). s. 1–43.

Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelyosaston toiminnaksi vuodelle 1991. (Plan för fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1991) (Programme for the Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1991). s. 45–78. Helsinki 1991.

20

SALMI, P., SIKANEN, A., TOIVONEN, P. Ammattikalastus Vuoksen vesistön eteläosissa vuonna 1988. (Sammandrag: Yrkesfisket i södra delen av Vuoksens insjösystem år 1988) (Professional fishing in the southern parts of the Vuoksi lake area in 1988). 36 s. Helsinki 1991.

21

HONKASALO, L., PENNANEN, J., LAPPALAINEN, A. Kalakannoille aiheutuneet vahingot ja niiden kompensointi Kokemäenjoen vesistössä Nokian alapuolella. (Fiskebeståndsskador och kompensationen av dessa i Kumo vattendrag nedanför Nokia) (Damage caused to the fish stocks and its compensation in the Kokemäenjoki watercourse downstream of the town of Nokia). 125 s. Helsinki 1991.

22

MUTENIA, A., SALONEN, E. Järvitaimenen ja järvilohen velvoiteistutukset, kalastus ja saaliit sekä istutustulokset Inarijärven vuosina 1976–1988. (Sammandrag: Ålagda utplanteringar, fiske, fångster och utplanteringsresultat för insjööring och insjölox i Enare träsk åren 1976–1988) (Brown trout (*Salmo trutta* m. *lacustris* (L.)) and landlocked salmon (*Salmo salar* L.) in Lake Inari, northern Finland: statutory stocking, its results, and the fishery and catches in 1976–1988). s. 1–70.

MUTENIA, A., AHVONEN, A. Inarijärven verkkosarjakoekalastukset vuosina 1968–1986. (Sammandrag: Provfiske med nätserier i Enare träsk 1968–1987) (Test fishing with gill net series in Lake Inari, northern Finland, in 1968–1986). s. 71–98. Helsinki 1991.

23

HONKANEN, A., KUMMUNSALO, J., PARTANEN, H., HILDÉN, M. Kotitalouksien ja suurtalouksien kalankäyttö vuonna 1988. (Sammandrag: Hushållens och storkökens fiskkonsumtion år 1988) (Fish consumption in private households and in institutes, restaurants, etc., in Finland in 1988). 32 s. Helsinki 1991.

24

Inarijärvi-symposium. Toim. Erno Salonen. 158 s. Helsinki 1991.

25

KANGASPUNTA, M. Valtion kalanistutusten kannattavuuden arviointi (Evaluation of the profitability of the state fish stocking) (Uppskattning av de statliga fiskutsättningarnas lönsamhet). 106 s. Helsinki 1991.

26

WESTMAN, K. Kalakantarekisteri ja uhanalaisten arvokalakantojen säilyttäminen (The Finnish fish stock register and the conservation of valuable and threatened fish stocks) s.1–14

KALLIO-NYBERG, I ja KOLJONEN, M.-L. Kalakantarekisteri: lohi, taimen ja nieriä (The Finnish fish stock register: salmon (*Salmo salar*), trout (*Salmo trutta*) and char (*Salvelinus alpinus*)). s. 15–115. Helsinki 1991.

27

TOIVONEN, A.-L., HUDD, R. ja HEIKKILÄ, P. Siika- ja lohiloukkurakenteet eteläisen Perämeren alueella (Construction of trap nets for whitefish (*Coregonus lavaretus*) and salmon (*Salmo salar*) in the southern Bothnian Bay). Helsinki 1991. 43 s.

28

KARTTUNEN, VESA. Tornion-Muonionjoen siika ja siian kalastus (Whitefish stocks and fisheries in the River Tornion-Muonionjoki). Helsinki 1991. 72 s.

29

HILDÉN, M., MICKWITZ, P., PAANANEN, T., PARTANEN, H., SETÄLÄ, I., SÖDERKULTALAHTI, P. ja VIHERVUORI, A. Merialueen ammattikalastuksen ja kalan jalostuksen kapasiteetti Suomessa (The capacity of marine professional fishing and fish processing in Finland). Helsinki 1991. 72 s.

30

SALMI, J. ja SALMI, P. Silakan kalastuksesta monilajikalastukseen. Pohjois-Satakunnan rannikon

ammattikalastuksen muutokset (Transformation of the Baltic herring fishery to a multispecies fishery of the Finnish coast of the Bothnian Sea). Helsinki 1991. 140 s.

31

Valtion kalanviljelyn XIII neuvottelupäivät. Uhanalaisten arvokalalajien ja -kantojen säilyttäminen: tavoitteet ja keinot (State fish culture conference, No. XIII. Conservation of valuable and threatened fish species and stocks: objectives and methods) (Statens XIII fishodlings konferens. Bevarande av värdefulla och utrotningshotade fiskarter och fiskstammar: målsättningar och metoder). 5–6.4.1989, Jyväskylä. U. Eskelinen, M. Pursiainen ja R. Rahkonen (toim.). 74 s. Helsinki 1991.

32

JUNTUNEN, K., MUJE, P. Isokoskeloiden (Mergus merganser) saalistuksen vaikutus Inarin Juutuanjoen taimenistutusten tuloksellisuuteen (Predation by mergansers (Mergus merganser) on planted brown trout smolts in the River Juutuanjoki) (Sammandrag: Predationen av skräken (Mergus merganser) på nyuttsatt odlad öring i Älven Juutuanjoki). 58 s. Helsinki 1991.

33

SALMINIITTY, J. Merialueen kalanviljely-yritysten taloudellisen kehityksen arviointi perinteisen tilinpäätösanalyysin avulla (Economic development of marine fish farms evaluated from analysis of account) (Sammandrag: Utvärdering av den ekonomiska utvecklingen hos havsområdenas fiskodlingsföretag med hjälp av traditionell bokslutsanalys). 70 s. Helsinki 1991.

34

VALKEAJÄRVI, P., BAGGE, P., HAKKARI, L., JANHONEN, I. ja OLKIO, K. Konneveden nuotta-apajat (Seining sites in Lake Konnevesi) (Sammandrag: Notdragsställen i sjön Konnevesi). 28 s. + 22 karttaa. Helsinki 1991.

35

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston toimintakertomus vuodelta 1989 (Report on the activities of the Fisheries Division and Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1989) (Berättelse över fiskeriforskningsavdelningens och fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1989). s. 1–70.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston toimintakertomus vuodelta 1990 (Report on the activities of the Fisheries Division and Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1990) (Berättelse över fiskeriforskningsavdelningens och fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1990). s. 71–148. Helsinki 1991.

36

NYLANDER, E., AHVONEN, A. ja PRUUKI, V. Kalastustilastoja Tornionjoen vesistöstä vuosilta 1987–1989 (Statistics on fishing in the Tornionjoki River basin in 1987–1989) (Sammandrag: Fiskeristatistik för Torneälvsvattendrag åren 1987–1989). s. 1–48.

KARTTUNEN, V., ROMAkkANIEMI, A. ja PRUUKI, V. Kalastustilastoja Tornionjoen vesistöstä vuodelta 1990 (Statistics on fishing in the Tornionjoki River basin in 1990) (Sammandrag: Fiskeristatistik för Torneälvsvattendrag åren 1990). s. 49–78.

AHVONEN, A. Kalastuskirjanpidon käyttökelpoisuus Tornion-Muonionjoen kalakantojen seurannassa (The value of fishermen's book-keeping data in monitoring fish stocks in the Rivers Tornionjoki and Muonionjoki) (Sammandrag: Fångstbokföringens användbarhet vid uppföljningen av Torne-Muonioälvs fiskebestånd). s. 79–113. Helsinki 1991.

37

MUTENIA, A. ja SALONEN, E. Lokan ja Porttipahdan peled- ja vaellussiikakantojen tila vuosina 1982–1989 (The state of peled (Coregonus peled (Gmelin)) and migratory whitefish (Coregonus lavaretus L.) in the Lokka and Porttipahta reservoirs, Northern Finland, in 1982–1989) (Sammandrag: Tillståndet hos stammarna av peled- och vandringsik i de konstgjorda sjöarna Lokka och Porttipahta 1982–1989). 68 s. Helsinki 1991.

38

AHONEN, M., JÄÄSKÖ, O., HEINIMAA, P., PASANEN, P. ja SIMOLA, O. Inarijärveen vuosina 1972–1985 tehtyjen harmaanierian Carlin-merkintöjen tulokset (Results of Carlin tagging experiments with lake trout (Salvelinus namaycush (Walbaum)) in Lake Inari in 1972–1985) (Sammandrag: Resultat av Carlin-märkning av kanadaröding i Enare Träsk 1972–1985) (Oohtankeásu: Aanaarjáávrán ivij 1972–1985 tohhum ränsrávdui Carlin-meárkkumij poatuseh). 53 s. Helsinki 1991.

39

LEHTONEN, H. Suomen ja Japanin välisen elintarvikealan tutkimusyhteistyön ja tutkijavaihdon kehittämisen arviointivaltuuskunnan matka Japanniin (Report of the visit of Finnish group to Japan for

evaluating targets for advancement of scientific collaboration and exchange of scientist in food research between Finland and Japan). s. 1–12.

TUUNAINEN, P., WESTMAN, K. ja PARMANNE, R. Suomen ja Japanin kalatalouden tieteellisen ja teknisen yhteistyön kehittäminen (Possibilities to develop scientific cooperation in fisheries between Finland and Japan). s. 13–48.

RUOHONEN, K. Japanin vesiviljelystä ja sen tutkimuksesta (Aquaculture and its research in Japan). s. 49–104.

SUURONEN, P. Pyyntitekniikasta ja sen tutkimuksesta Japanissa (Fishing technology in Japan). s. 105–157. Helsinki 1991.

40

Rapu-Kräft-Symposium (Symposium on Crayfish). 23.–24.8.1990, Hämeenlinna. Wallin, I. ja Westman, K. (toim.). 116 s. Helsinki 1991.

41

HEIKINHEIMO-SCHMID, O., RAHKONEN, R., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P. Country report of Finland for the intersessional period of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) 1990–1991 (Suomen kansallinen raportti Euroopan sisävesikalastuskomission (EIFAC) istuntojen väliseltä ajalta 1990–1991) (Finlands nationella rapport gällande perioden mellan Europeiska sötvattensfiskekommissionens (EIFAC) sessioner 1990–1991). 29 p. Helsinki 1992.

42

Valtion kalanviljelyn XI neuvottelupäivät. Kalatautien torjunta. Valtion kalanviljelylaitosten suunnittelun ja rakentamisen nykytila. (State fish culture conference, No. XI. Prevention of fish diseases. The present situation in the planning and building of the state fish culture stations) (Statens XI fiskodlings konferens. Bekämpning av fisksjukdomar. Nyläge inom planeringen och konstruktionen av statens fiskodlingsanstalter). 31.3–1.4.1987, Polvijärvi. Lavikainen, R. ja Rahkonen, R. (toim.) 68 s. Helsinki 1992.

43

AHONEN, M. Inarijärveen vuosina 1965–1986 tehtyjen nieriän Carlin-merkintöjen tulokset (Results of Carlin tagging experiments with arctic char (*Salvelinus alpinus* (L.)) in the Lake Inari in 1965–1986) (Sammandrag: Resultat av Carlin-märkning av röding i Enare Träsk åren 1965–1986) (Oohtankeäsu: Aanaarjáávrán ivij 1965–1986 tohhum rávdui Carlin-meárrkkumij poatuseh). 38 s. Helsinki 1992.

44

SETÄLÄ, J. ja KLEMOLA, O. Siian kalastajahinnanmuodostus Merenkurkussa (Factors affecting the price in the whitefish fishery in the northern Quark, the Baltic Sea) (Sammandrag: Sikens fiskarprisbildning i Kvarkenområdet). s. 1–46.

SETÄLÄ, J. ja AHLFORS, A. Siian fileoinnin kannatavuus (Profitability of filleting whitefish (*Coregonus lavaretus* s.l.l.)) (Sammandrag: Sikfilerings lönsamhet). s. 47–77. Helsinki 1992.

45

AHVONEN, A., JUTILA, E., JÄRVENPÄÄ, T., LAPPALAINEN, A., RASK, M. ja VUORINEN, P. Metsätalouden vaikutukset kaloihin, rapuihin ja kalatalouteen. Kirjallisuusselvitys (Effects of forestry on fish, crayfish and fishery. A review of the literature) (Sammandrag: Litteraturutredning angående skogsbrukets effekter på fisk, kräftor och fiskeri). 69 s. Helsinki 1992.

46

LECKLIN, T. Nukutusaineiden toissijaiset fysiologiset vaikutukset järvitaimenessa (The secondary physiological effects of some anesthetics on brown trout (*Salmo trutta* m. *lacustris* (L.)) (Sammandrag: De sekundära fysiologiska effekterna av några bedövningsmedel på insjööring). 38 s. Helsinki 1992.

47

LEHTONEN, H., LAPPALAINEN, J., FORSMAN, L., SOIVIO, A., URHO, L., VUORINEN, P. J. ja TIGERSTEDT, C. Ilmaston muutosten vaikutukset kaloihin, kalanviljelyyn, kalakantoihin ja kalastukseen. Kirjallisuusselvitys (The effects of climate change on fishes, aquaculture, fish stocks and fishing. A review of the literature) (Sammandrag: Litteraturutredning angående klimatförändringarnas effekter på fisk, fiskodling, fiskbestånd och fiske). 119 s. Helsinki 1992.

48

Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1992 (Plan för fiskeriforskningsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1992) (Programme for the Fisheries Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1992) s. 1–56.

Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelyosaston toiminnaksi vuodelle 1992 (Plan för fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1992) (Programme for the Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1992). s. 57–86. Helsinki 1992.

49

KARTTUNEN, V. ja PRUUKI, V. Torninjoen lohi ja lohien kalastus. (Status of the salmon stock and fisheries in the River Tornionjoki) (Sammandrag: Laxen och laxfisket i Torneälv). 57 s. Helsinki 1992.

50

SALONEN, E. Inarijärven kalataloudellinen käyttö- ja hoitosuunnitelma. Nykytila (A plan for the fisheries use and management of Lake Inari. The present stage) (Sammandrag: Bruks- och skötselplan för fiskerihushållningen för Enare träsk. Nutillstånd). 157 s. Helsinki 1992.

51

TOIVONEN, A-L., HUDD, R. ja SVANBÄCK, G. Pohjanlahden siikaloukkujen lajivalikoivuuden kehittäminen (Reduction of salmon bycatch in whitefish trap nets in the Gulf of Bothnia (Baltic)) (Sammandrag: Förbättring av artselektivitet hos sikfällor i Bottniska viken). 46 s. Helsinki 1992.

52

SAURA, A., MIKKOLA, J. ja IKONEN, E. Kymijoen vaelluskalatutkimukset 1989–1991 (Report on the studies of migratory fish species in River Kymijoki in 1989–1991) (Sammandrag: Resultaten av forskningsprojektet om vandrande fiskarter i Kymmene älv åren 1989–1991). s. 1–79.

LEINONEN, K. ja LEHTONEN, H. Virkistyskalastuksen motiivit (Motives for recreational fishing) (Sammandrag: Motiven för fritidsfisket). s. 81–101. Helsinki 1992.

53

RUNEBERG, J. Behandling av spillvattnen på Östra Finlands Centralfiskodlingsanstalt (Summary: Treatment of the effluent on Central Fish Culture and Fisheries Research Station for Eastern Finland) (Tiivistelmä: Itä-Suomen keskusalanviljelylaitoksen poistoveden käsittely). 81 s. Helsinki 1992.

54

JÄRVINEN, A., RASK, M., NIEMELÄ, E., RAITANIEMI, J. ja TURUNEN, T. Yhdenntyn ympäristöseurannan järvien koekalastukset (The results of test fishings in the lakes of integrated monitoring) (Sammandrag: Provfiske i de sjöar som ingår i programmet för integrerad monitoring 1988–1990). s. 1–10.

ERKINARO, J., NIEMELÄ, E. ja RASK, M. Lapin happamoitumistutkimus – taimenen poikastutkimukset Lutto- ja Paatsjoen vesistöalueilla (Acidification survey in Lapland – studies on brown trout (*Salmo trutta* L.) juveniles in Luttojoki and Paatsjoki river systems) (Sammandrag: Försurningsundersökning i Lappland – yngelforskning hos öring inom Luttojokis och Pasviksälvs insjösystem). s. 11–34.

JÄRVINEN, M., RASK, M., KUOPPAMÄKI, K., MAKKONEN, E., RUUHIJÄRVI, J. ja ARVOLA, L. Iso Valökjärven kalkituskokeilun vesikemialliset ja biologiset tutkimukset (Hydrochemical and biological studies of the liming experiment in Lake Iso Valkjärvi) (Sammandrag: Vattenkemiska och biologiska undersökningar av kalkningsprov i Iso Valkjärvi). s. 35–60.

VUORINEN, P., PEURANEN, S., VUORINEN, M. ja RASK, M. Kalkituksen akuutit vaikutukset ahvenen ja pitkäaikaiset vaikutukset siian elintoimintoihin Isossa Valkjärvässä (The Iso Valkjärvi liming experiment: acute effects on perch (*Perca fluviatilis* L.) and long-term effects on whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) (Sammandrag: Kalkningens akuta effekter på abborrens och långvariga på sikens livsfunktioner i Iso Valkjärvi). s. 61–84.

RAITANIEMI, J., RASK, M., JÄRVINEN, A. ja NYBERG, K. Kalakantojen kehitys Etelä-Suomen pienissä happamoituneissa järvissä kalkituksen jälkeisinä vuosina (Observations on the development of fish populations in small acidified lakes in southern Finland during a few year's period after liming) (Sammandrag: Fiskebeståndens utveckling i södra Finlands små försurade sjöar under åren efter kalkningen). s. 85–102.

LAPPALAINEN, A. Suomalaisten suhtautuminen vesistöjen happamoitumisen torjuntatoimenpiteisiin (The attitudes towards emission control and liming of the acidified lakes in Finland) (Sammandrag: Finländarnas åsikter angående bekämpningsåtgärder av insjösystemens försurning). s. 103–126. Helsinki 1992.

55

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen toimintakertomus vuodelta 1991 (Report on the activities of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1991) (Berättelse över verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1991). 159 s. Helsinki 1992.

56

Valtion kalanviljelyn XIV neuvottelupäivät. Kalanviljely, vesiensuojelu ja valvonta (State fish culture conference, No. XIV. Fish culture, protection of waters and inspection) (Statens XIV fiskodlings konferens. Fiskodling, vattenskydd och övervakning). 10.–11.4.1990, Sotkamo. Toim. Pursiainen, M. ja Rahkonen, R. 121 s. Helsinki 1992.

57

Valtion kalanviljelyn XV neuvottelupäivät. Tulosjohtaminen ja valtion kalanviljelyn tavoitteet. Kalanviljelyn rakenteet ja tekniikka (State fish culture conference, No. XV. Result oriented management and objectives of State

fish culture. Constructions and technique of fish culture) (Statens XV fiskodlings- konferens. Resultatstyrning och Statens fiskodlings målprogram. Fiskodlingens anläggningar och teknik). 9.–10.4.1991, Pudasjärvi. H. Simola ja R. Rahkonen (toim.). 121 s. Helsinki 1992.

58

RINTAMÄKI, P. Montan, Raasakan, Ossauskosken ja Keminmaan kalanviljelylaitosten kalaloiset ja -taudit vuosina 1984–1991 (Fish parasites and diseases at the fish farms of Montta, Raasakka, Ossauskoski and Keminmaa, Northern Finland in 1984–1991) (Sammandrag: Fiskparasiter och -sjukdomar vid Montta, Raasakka, Ossauskoski och Keminmaa fiskodlingsanstalter åren 1984–1991). 44 s. Helsinki 1993.

59

Valtion kalanviljelyn XVI neuvottelupäivät. Luonnonravintolammikkoviljely, uudet lajit ja rodunjalostus (State fish culture conference, No. XVI. Natural food pond culture, new fish species and selective breeding) (Statens XVI fiskodlings konferens. Naturfoderdamm odling, nya arter och djursförädling). 1.–2.4.1992, Kuopio. R. Lavikainen ja R. Rahkonen (toim.). 103 s. Helsinki 1993.

60

Valtion kalanviljelyn XVII neuvottelupäivät. Mädituotanto ja emokalojen viljely (State fish culture conference, No. XVII. Fish egg production and brood fish breeding) (Statens XVII fiskodlings konferens, Romproduktion och avelsfiskodling). 31.3.–1.4.1993, Tampere. K. Ruohonen ja J. Ruuhijärvi (toim.). 109 s. Helsinki 1993.

61

AHONEN, M. Vastakuoriutuneiden ja yksivuotiaiden taimenten istutustulokset Ylä-Menesjoella vuosina 1989–1991. (Results of newly hatched and one-year-old brown trout (*Salmo truttam. lacustris*) stockings on River Ylä-Menesjoki in 1989–1991) (Sammandrag: Utplanteringsresultat för nykläckta och ettåriga öringar i Ylä-Menesjoki under åren 1989–1991). s. 1–30.

AHONEN, M. Inarijärveen laskevien vesien järvitäminen vuosien 1971–1989 Carlin-merkintöjen tulokset. (Results of Carlin tagging experiments with brown trout (*Salmo trutta m. lacustris*) in Lake Inari tributaries in 1971–1989) (Sammandrag: Resultat för Carlin-märkningar gjorda under åren 1971–1989 på öringar i vattendrag som utmynnar i Enare träsk). s. 31–58. Helsinki 1993.

62

VEHANEN, T., PASANEN, P., LEHTINEN, E. ja SIMOLA, O. Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen lohi-istutusten (*Salmo salar* L.) Carlin-merkintätulokset vuosilta 1973–1988 (Report on salmon (*Salmo salar* L.) tagging experiments performed by Taivalkoski State Aquaculture in 1973–1988) (Sammandrag: Resultat av Carlin-märkningar av lax (*Salmo salar* L.) som utfördes Norra Finlands centralfiskodlingsanstalt åren 1973–1988). 75 s. Helsinki 1993.

63

SAURA, A. Polttomerkinnän soveltuvuus yksikesäisten kalanpoikasten merkintään (The use of hot branding in the marking of one-summer-old juvenile fish) (Sammandrag: Brännmärkningsmetoden som gruppmarkeringsmetod för ensamriga fiskyngel). 38 s. Helsinki 1993.

64

JOKIKOKKO, E. ja JUTILA, E. Simojoen ylimmän osan ja sivujokien kalastus selvitys ja koskikartoitukset (Utredning av fiskbestånd och kartläggning av forsar i Simojokis övre lopp och biflöden) (A Study of the Fish Fauna and Rapid Areas of the Uppermost Reaches and Tributaries of the Simojoki River). s. 1–39.

KARTTUNEN, V. ja JUTILA, E. Kalastustilatoja Simon ja Ranuan kunnista vuosilta 1986 ja 1990. (Fiskeristatistik för kommunerna Simo och Ranua åren 1986 och 1990) (Fishery Statistics from the Municipalities of Simo and Ranua in 1986 and 1990). s. 43–77. Helsinki 1993.

65

VUORINEN, P. J., PAASIVIRTA, J., VUORINEN, M., PEURANEN, S. ja HOIKKA, J. Lohen ja meritaimenen ympäristömyrkkypitoisuudet ja lohen alkio- ja poikaskuolleisuus (Laxens och havsöringens halter utav miljögifter och laxens embryo- och yngeldödlighet) (Organochlorines in Salmon and Sea Trout and the Mortality of the Eggs and Yolk sac Fry of Salmon). 71 s. Helsinki 1993.

66

Lohen ja meritaimenen sopimuskasvatus ja istutukset. Sopimusviljelytyöryhmän muistio. (Kontraktuppfödning och utplantering av lax och havsöring. Kontraktodlingsarbetsgruppens memorandum.) (State-subsidized Rearing and Releasing of Salmonids. Memorandum of the Working Group on the State-subsidized Rearing and Releasing of Salmonids). 76 s. + 41 liites. Helsinki 1993.

67

SALONEN, E. ja MUTENIA, A. Inarijärven kalataloudellinen käyttö- ja hoitosuunnitelma. Osa

2.Suunnitelma. (Fiskeriekonomisk användnings- och skötselplan för Enare träsk. Del 2. Plan.) (The Fisheries' Use and Management Plan for Lake Inari. Part 2. Plan.). 73 s. + 7 liites. Helsinki 1993.

68

RAHKONEN, R. Kuhanpoikasten loiset kahdessa erityyppisessä luonnonravintolammikossa. (Parasiter på gösyngel i två naturfoderdammar av olika typ.) (Parasites of Pike-perch Fry Reared in Two Different Types of Natural Food Ponds in Finland). 22 s. Helsinki 1993.

69

Metsätalouden vaikutukset kaloihin ja kalatalouteen. Osahankkeiden raportit vuosien 1990–1992 tuloksista. (Skogsbrukets effekter på fisk och fiske. Delprojektens rapporter över resultaten 1990–1992.) (Effects of Forestry On Fish and Fisheries. The Sub-project Reports of the Results between 1990–1992.) Toim. A. Lappalainen ja M. Rask. 137 s. Helsinki 1993.

70

KORHONEN, P. ja HEIKINHEIMO-SCHMID, O. Suurten petokalojen ravinto Ontojärvessä ja Lentuassa ja ravinnonkulutuksen arviointi. (Näring för stora rovfiskar i Ontojärvi och Lentua samt uppskattning av näringsförbrukningen.) (The Food of Large Predator Fishes in Lakes Ontojärvi and Lentua and the Estimation of Food Consumption.). 52 s. Helsinki 1993.

71

RAHIKAINEN, E. Hinnoittelun käyttökelpoisuus virkistyskalastuksen arvioinnissa. (Användbarheten av prissättning vid uppskattningen av rekreativfiskets värde) (The Appropriateness of Pricing in the Assessment of the Benefits of Recreational Fishing). 20 s. Helsinki 1993.

72

Sisävesi- ja rannikkokalastaja muutospaineiden alla. Arkipäivän ongelmat ammattikalastajien kertomana. (Förändringstryck imon insjö- och kustfisket. Fiskarna berättar om sina vardagsproblem.) (The Attitudes, Problems and Everyday Life of Professional Fishers: A Report on Fisheries in the Bothnian Sea and Freshwater Trawl Fishing.). Toim. P. Salmi ja J. Salmi. 117 s. Helsinki 1993.

73

SALONEN, E. ja MUTENIA, A. Luontaisen lisääntymisen vaikutukset Lokan ja Porttipahdan siikakantoihin ja kalastukseen. (Effekterna av naturlig förökning på sikbestånden och fisket i Lokka och Porttipahta) (The Effects of the Natural Reproduction of Whitefishes on Stocks and Fisheries in the Lokka and Porttipahta Reservoirs). 22 s. + liitt. Helsinki 1993.

74

PYLKKÖ, PÄIVI. Ruokinnan ja kasvatustiheyden vaikutus harjuksen ja nieriän ASA-tautiherkkyyteen. (Effekterna av utfodring och uppfödningstäthet på mottagligheten för ASA-sjuka hos harr och röding.) (The Effect of Feeding and Rearing Density on the Susceptibility to ASA Disease of Grayling (*Thymallus thymallus* L.) and Arctic Char (*Salvelinus alpinus* L.)). 19 s. Helsinki 1993.

75

NYLANDER, E. ja PRUUKI, V. Tornionjoen vesistön kalastustilastot vuosilta 1991 ja 1992. (Fiskestatistik för Torne älvs vattensystem, åren 1991–1992.) (The Fishery Statistics of the Tornionjoki River Basin in 1991 and 1992). 26 s. + 10 liites. Helsinki 1994.

76

AALTO, J. ja RAHKONEN, R. *Gyrodactylus salaris* -loisen esiintyminen, haitallisuus ja torjunta. (Förekomst, skadlighet och bekämpning av parasiten (*Gyrodactylus salaris*.) (The Distribution, Adverse Effects and Prevention of the Parasite (*Gyrodactylus salaris*)). 50 s. + 2 liitettä. Helsinki 1994.

77

VEHANEN, T. Järvitaimenistutusten tuloksellisuus Pohjois-Suomessa. (Resultat av utplantering av insjööring i norra Finland.) (Importance of Environment and Stocking Density for the Efficiency of Brown Trout Stocking in Northern Finland.) 50 s. + 2 liitettä. Helsinki 1994.

78

TAMMI, J. ja KUIKKA, S. Hauen ravinnonkäytön ajallinen ja alueellinen vaihtelu kutuaikana. (Gäddans näringsanvändning -temporära och spatiella variationer under lektiden) (The Spatial and Temporal Variation in the Food and Food Consumption of Northern Pike (*Esox lucius* L.) during the Spawning Period). 43 s. Helsinki 1994.

79

KEMPPAINEN, S. Kiiminkijoen vapakalastuksen kehitys vuosina 1989–1992. (Utvecklandet av spöfisket i Kiminge älv åren 1989–1992.) (The Development of Rod Fishing in the River Kiiminkijoki from 1989–1992). 39 s. + 7 liitettä. Helsinki 1994.

80

MÄKI-PETÄYS, A., MUOTKA, T., TIKKANEN, P., HUUSKO, A., KREIVI, P. ja KUUSELA, K. Kokoluokkien väliset erot taimenen poikasten mikrohabitaattien käytössä. (Forellnyngels utnyttjande av mikrohabitat: skillnader mellan olika storleksklasser.) (Size-Class Differences in Microhabitat Use by Juvenile Brown Trout.) 38 s. + 6 liitettä. Helsinki 1994.

81

HUUSKO, A., VEHANEN, T. ja KORHONEN, P. Järvitaimenistutusten tuloksellisuus Kuusamon alueella vuosina 1972–1988 Carlin-merkkipalautuksiin perustuen. (Resultaten av utplanteringar med insjööring i Kuusamo med hjälp av Carlin-märkningar åren 1972–1988.) (Results of Stocking with Carlin-Tagged Brown Trout (*Salmo trutta* L.) in the Kuusamo Area in 1972–1988.) 41 s. Helsinki 1994.

82

SALMI, P., JUVONEN, L., LAAMANEN, K., PIIPPONEN, M. ja PITKÄNEN, M. Kenen ehdoilla kalavaroja hyödynnetään? Onkamojärven kalastuskiistan taustoja. (På vems villkor utnyttjas fiskresurserna? Bakgrundsfaktorer angående fiskekonflikten kring sjön Onkamojärvi.) (On whose terms will the fish resources be harvested? Some background of the Lake Onkamo fishery conflict.) 33 s. Helsinki 1994.

83

SALMI, J., SALMI, P. ja SETÄLÄ, J. Ammattikalastajien kalan markkinointi. Ongelmat ja kehittämisedellytykset Pohjois-Satakunnan rannikolla. (Yrkesfiskarnas marknadsföring av fisk. Problem och utvecklingsförutsättningar längs kusten i norra Satakunda.) (The marketing of fish products by professional fishermen. Problems and advancement in the Bothnian Sea.) 96 s. Helsinki 1994.

84

MIKKOLA, J. ja SAURA, A. Viemäristä lohijoeksi –Vantaanjoen vaelluskalatutkimuksia vuosilta 1987–1993. (Från kloak till laxälv –Vandringsfiskundersökningar i Vanda åren 1987–1993) (From sewer to salmon river – studies on migratory fish in the River Vantaanjoki from 1987–1993). 103 s. Helsinki 1994.

85

Valtion kalanviljelyn XVIII neuvottelupäivät. (Statens XVIII fiskodlingskonferens) (State fish culture conference, No. XVIII). Yrjö Lankinen ja Juhani Pirhonen (toim.). 102 s. Helsinki 1994.

86

LAAMANEN, M., AHVONEN, A. ja JUTILA, E. Metsätalouden toimenpiteiden vaikutus Isojoen vesistön kalastukseen ja vesistön tilaan –tiedustelututkimus. (Effekter av skogsbruksåtgärder på fisket och på vattendragets tillstånd i Isojoki-Lappfjärds å — gallupundersökning) (Effects of forestry on fish and fishing in the river Isojoki watercourse – questionnaire survey). 49 s. + liite. Helsinki 1994.

87

JUTILA, E., KARTTUNEN, V. ja NIEMITALO, V. Parempi kivi koskessa kuin kymmenen rannalla — Erilaisten kunnostusmenetelmien vaikutus taimenen poikasmääriin Iijoen sivujokien koskissa. (Bättre en sten i forsen än tio på stranden — Olika restaureringsmetoders inverkan på öringssyngel i forsarna i Ijo älvs biflöden) (Better one stone in the rapid than ten on the bank — Influence of various restoring methods on the parr densities of brown trout in the rapids of the tributaries flowing into the Iijoki River). 29 s. + liite. 29 s. Helsinki 1994.

88

MAKKONEN, J., TOIVONEN, J., PIIRONEN, J., PURSIAINEN, M. JA MÄKINEN, K. Järvilohen (*Salmo salar* m. *sebag* Girard) säilyttäminen ja kalastus Vuoksen vesistössä Carlin-merkkintöjen perusteella. (Bevarande och fiske av insjölox (*Salmo salar* m. *sebag* Girard) i Vuoksens insjösystem, undersökning med hjälp av Carlin-märkningar) Maintenance and fishing of landlocked salmon (*Salmo salar* m. *sebag* Girard) on the basis of Carlin-taggings in the Vuoksi watercourse) 65 s. + liitt. Helsinki 1995.

89

NYLANDER, E. JA ROMAkkANIEMI, A. Tornionjoen meritaimen ja sen kalastus (Havsöringen i Torne älv och havsöringsfisket) (Sea trout and fishing in the Tornionjoki River) 63 s. + liitt. Helsinki 1995.

90

URHO, L., KAUKORANTA, M., KOLJONEN, M.-L., LEHTONEN, H., LEINONEN, K., PASANEN, P., RAHKONEN, R. JA TOLONEN, J. Uusien kalalajien ja -kantojen tuonnin mahdollisuudet (Möjligheter till import av nya fiskarter och -bestånd) (Possibilities for importing new fish species and stocks) 74 s. Helsinki 1995.

91

VEHANEN, T. Rakennettujen jokien kalataloudelliset edellytykset. I. Kalakannat ja kalastus. II. Kehittämistiedustelut (Fiskeriekonomiska förutsättningar i utbyggda älvar. I. Fiskbestånd och fiske. II. Utvecklingsgallupar) (Fish stocks and fisheries in large regulated rivers in northern Finland. I. The current state and fish stocks and fisheries. II: Development enquiries) 39 s. + liitt. + 28 s. + liitt. Helsinki 1995

92

SALMI, P., HUUSKO, A. Muikun talvinuottaus ja muikkukannat Kuusamossa (Vinternotfångst av siklöja (*Coregonus albula L.*) och siklöjebestånden i Kuusamo) (Winter seine fishing of the vendace (*Coregonus albula L.*) in the Kuusamo area, northern Finland with implications on stock dynamics) 42 s. + liite. Helsinki 1995

93

URHO, L. Kalatäit kalojen terveystoriskinä. (Fisklus som hälsorisk för fisken). Fish lice as a health risk for fish). 19 s. Helsinki 1995.