

*Tapio Sutela  
Pauliina Louhi  
Aki Mäki-Petäys  
Marko Paasimaa  
Pentti Pasanen*

Kuolleiden mätimunien poistamisen ja  
haudontaveden laadun vaikutus lohen ja  
taimenen mädin kuolleisuuteen

Vastaava toimittaja: Raimo Parmanne

Kansi: Mädinhaudontakaukalo. Kuva Pauliina Louhi

ISBN 951-776-500-2

ISSN 0787-8478

Edita Prima Oy

Helsinki 2005

# Sisällys

1. JOHDANTO.....	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	2
2.1 Koeolosuhteet ja -asetelma.....	2
2.1.1 Pilottikoe 2002-2003 .....	2
2.1.2 Varsinainen koe .....	4
2.2 Tilastolliset menetelmät.....	6
3. TULOKSET .....	7
3.1 Veden laadun ja kuolleiden mätimunien poistamisen yhdysvaikutus .....	7
3.2 Kuolleiden mätimunien poistamisen vaikutus.....	8
3.3 Veden laadun vaikutus.....	8
3.4 Mädin kuolleisuuden ajoittuminen haudontakaudella .....	9
3.5 Haudontavesien laatu analyysitulosten perusteella .....	11
4. TULOSTEN TARKASTELU .....	13
4.1 Veden lämpötila ja alkioiden kehitys .....	13
4.2 Kuolleiden mätimunien poistamisen vaikutus.....	13
4.3 Veden laadun vaikutus.....	14
4.4 Mädin laadun vaikutus.....	15
KIITOKSET .....	17
KIRJALLISUUS .....	18

# 1. Johdanto

Yhtenä käytännön ongelmana kalanviljelyssä on haudottavan mädin kuolleisuutta aiheuttava vesihome. Aikaisempina vuosina vesihometta kyettiin tehokkaasti torjumaan malakiittivihreäoksalaatin avulla. Aineen käyttö kuitenkin kiellettiin 1.6. 2000 lähtien mahdollisen karsinogeenisen vaikutuksen vuoksi. Malakiittivihreän käyttökielto saattoi vaikuttaa joillakin kalanviljelylaitoksilla ja kalalajeilla vuosien 2001 ja 2002 suurehkoihin haudontatappioihin (Heinimaa ym. 2004). Vaihtoehtoja on etsitty kokeellisissa tutkimuksissa (mm. Eskelinen ym. 2003), mutta täysin malakiittivihreän veroista homeentorjuntakemikaalia ei ole löydetty. Nykyisin Suomessa käytetään vesihomeen poistoon ainakin Pyceze vet –liuosta ja formaliinia.

Vesihomeen aiheuttajana voi olla monta vedessä elävää sienisukua, joko yksittäisinä tai sekakasvustona. Niitä ovat *Achlya*, *Aphanomyces*, *Leptolegnia*, *Leptomitus*, *Pythiopsis* ja *Saprolegnia*. *Saprolegnia*-sukuun kuuluvat lajit ovat tavallisimmat vesihomeen aiheuttajat. Suurin osa vesihomeista esiintyy harmittomana vedessä ja kalan pinnalla, mutta osa niistä aiheuttaa sairastumisia sekä viljelyssä että luonnonkaloissa (Pylkkö ja Vennerström 2000). Vesihome tarttuu helposti kuolleisiin mätimuniin, joissa sienirihmat muodostavat runsaasti uusia sieni-itiöitä (Rahkonen ym. 2000). Kuolleista mätijyvistä vesihome voi tarttua myös elävään mätiin.

Mädin haudonnassa pyritään estämään vesihomeen leviämistä mm. kemikaalien avulla ja kuolleiden mätimunien säännöllisellä poistamisella. Mädin kylvetys tappaa itiöitä ja sienirihmoja, jolloin kemikaali toimii sienien torjunta-aineena (fungisidina). Kuolleiden mätimunien poistaminen vähentää homeitiöiden kiinnittymiseen sopivia alustoja (Barnes ym. 1997, Eskelinen ym. 2003). Kuolleiden mätimunien hajotessa veteen tulee merkittävä ravintolisä bakteereille ja sienille. Poistamalla kuolleet mätimunat säännöllisesti saadaan estetyksi ravintolisän syntyminen (Barker ym. 1989, Barnes ym. 1997).

Kalanviljelylaitoksillamme ehkäistään vesihomeen leviämistä tavallisesti poimimalla kuolleet mätimunat sopivin väliajoin haudontavaiheen kuluessa. Poiminnan hyödyllisyydestä on olemassa ristiriitaisia tutkimustuloksia (Barnes ym. 2000, 2002), minkä lisäksi se on aikaa vievää ja kallista käsityötä. Tästä syystä vaihtoehtoisille menetelmille olisi tarvetta.

Haudontaveden laadun vaikutusta mädin kuolleisuuteen ei ole juurikaan tutkittu Suomessa. Voidaan kuitenkin olettaa, että mädin kuolleisuus kasvaa veden laadun heiketessä. Esimerkiksi veden happamuus ja metallipitoisuudet saattavat vaikuttaa mädin kuolleisuuteen (Weatherley ym. 1990, Sayer ym. 1991). Veden mukana kulkeutuva kiintoaine saattaa kerääntyä haudonta-altaisiin hidastaen virtauksia ja vaikeuttaen alkioiden hapensaantia vastaavalla mekanismilla kuin joen kutusoraikossa (vrt. Johnson 1980). Orgaaninen kiintoaine voi toimia kasvualustana vesihomeelle ja edistää sen leviämistä (Willoughby 1999).

Tässä tutkimuksessa haettiin haudontakokeiden avulla vastauksia seuraaviin peruskysymyksiin:

1. Onko erilaisilla haudontavesillä (pintavesi, suodatettu pintavesi ja pohjavesi) vaikutusta lohen ja taimenen mädin kuolleisuuteen?
2. Miten kuolleiden mätimunien säännöllinen poimiminen vaikuttaa lohen ja taimenen mädin kuolleisuuteen?
3. Vaikuttaako poimiminen mädin kuolleisuuteen eri tavoin erilaisia haudontavesiä käytettäessä?

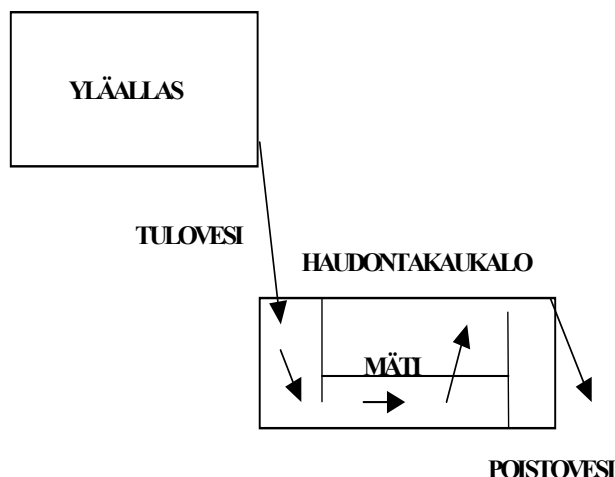
## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Koeolosuhteet ja -asetelma

#### 2.1.1 Pilottikoe 2002-2003

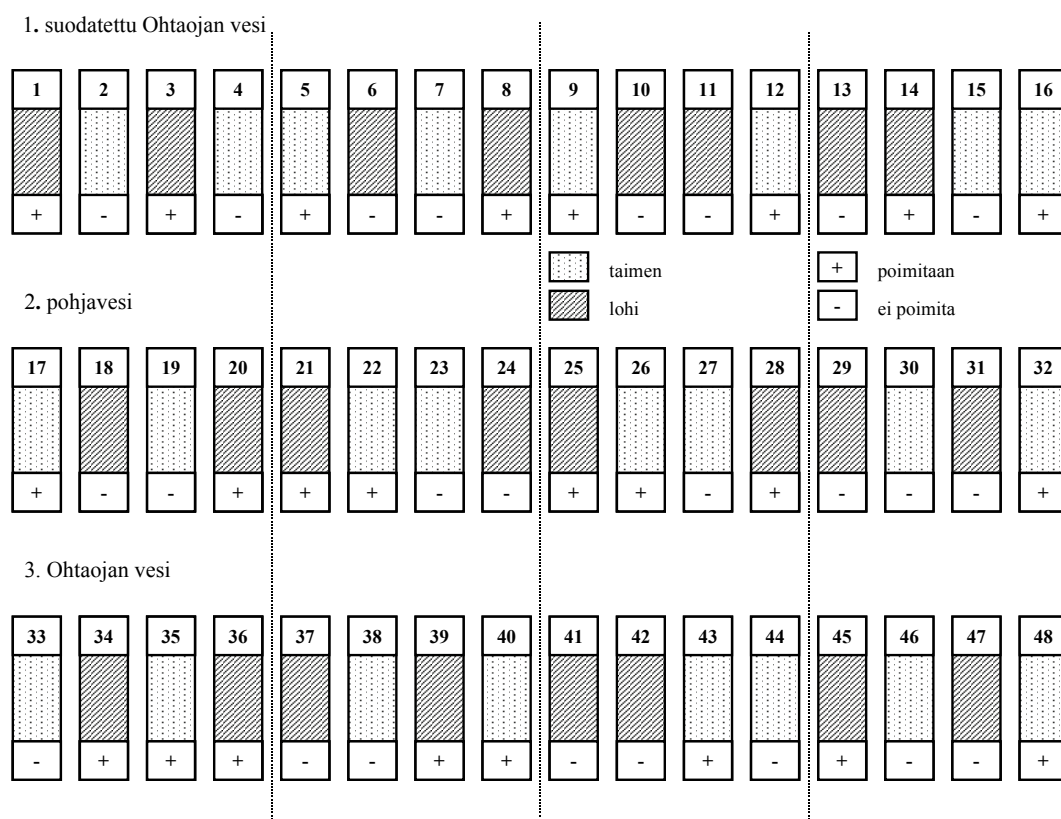
Taivalkosken riistan- ja kalantutkimuksen kalanviljelyhalliin rakennettiin syksyllä 2002 koeasetelma, jossa taimenen mädin haudonta aloitettiin 8.10.2002 ja lohen mädin haudonta 17.10.2002. Haudontaan käytettiin joko pintavettä, suodatettua pintavettä tai pohjavettä. Ohtaajasta otetun pintaveden suodatuksessa käytettiin kuutta yhteistila-vuodeltaan n. 30 m<sup>3</sup> hiekkasuodatinta. Pohjavesi tuli hautomoon läheisestä lähde-vesiottamosta.

Haudontakokeessa käytettiin yhteensä 48 läpivirtauskaukaloa (pituus 60 cm, leveys 10 cm, korkeus 10 cm), joiden virtaama oli noin 1-2 l / min. Kuhunkin haudontakaukalo-annosteltiin 2,5 dl taimenen tai lohen mätiä. Kokeen vesitysjärjestelmässä eri vesilaadut johdettiin ensin niille varattuihin 130 litran yläaltaisiin, joista kustakin vesi johdettiin 16 erilliseen haudontakaukalo-annosteluun (kuva 1). Pohjaveden ja pintaveden lämpötilaerojen tasaamiseksi pohjavesi kiersi muoviputkessa (pituus n. 20 m, läpimitta 15 mm) pintaveden yläaltaassa ennen tuloaan omaan yläaltaaseen.



**Kuva 1. Sivukuva koejärjestelystä, jossa vesi tulee yläaltaasta haudontakaukalo-annosteluun ja kulkee mädin läpi alhaalta ylöspäin.**

Koe toteutettiin erikseen lohelle ja taimenelle faktoriaalisena 2x3 -koeasetelmana, jossa käsittelyinä olivat (1) kuolleiden mätimunien säännöllinen poisto (poimitaan – ei poimita) ja (2) veden laatu (pintavesi – suodatettu pintavesi – pohjavesi). Koeasetelman kullekin vesilaadulle oli käytettävissä 16 haudontakaukalo-annostelua, joihin sijoitettiin molempien lajien ”mätimunien poiminta” -käsittely ositetun satunnaisotannan periaatteella. Tällöin koeasetelman käsittelyt voitiin toistaa neljä kertaa (kuva 2).



**Kuva 2. Koeasetelma pilottikokeessa talvikautena 2002-2003. Kunkin vesilaadun 16 haudontakaukalo on merkitty rasterilla kalalaji (taimen / lohi) ja kuolleiden mätimunien säännöllinen poistaminen (+ poimitaan / - ei poimita).**

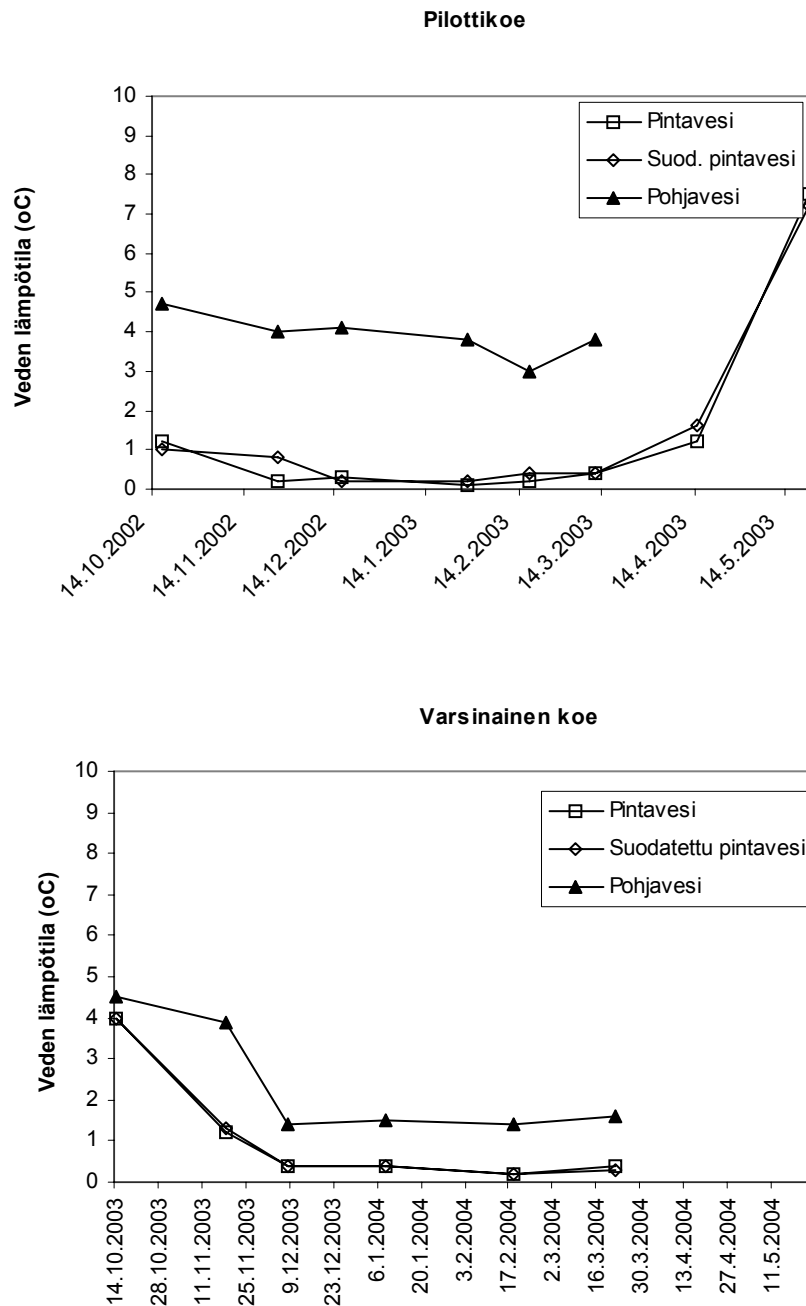
Tutkimuksessa käytettiin Iijoen kantaa olevan meritaimenen ja lohen mätiä, jotka olivat peräisin Taivalkosken riistan- ja kalatutkimuksen emokalastosta. Yhteensä 27 lohinaarasta lypsettiin ja hedelmöitettiin pareittain yhtä monen koiraan maidilla, jonka jälkeen mäti sekoitettiin yhteen saaviin. Vastaavasti toimittiin 16 taimennaaraan ja –koiraan osalta. Lypsämisen jälkeen mätiä turvotettiin yön yli ennen asettamista haudontaan.

Kaikista haudontakaukaloista poistettiin kuolleet mätimunat kahden päivän kuluttua haudonnan aloituksesta. Näitä mätimunia ei huomioitu tuloksissa, koska ne olivat todennäköisesti kuolleet hedelmöityksen yhteydessä. Tämän jälkeen kuolleita mätimunia poistettiin vain ”mätimunien poiminta”-käsittelyyn kuuluneista koeyksiköistä. Pohjavesihaudonnassa olevat mätimunat alkoivat kuoriutua jo tammikuun lopulla, kun taas selvästi kylmemmissä pintavesihaudonnoissa kuoriutuminen alkoi vasta huhtikuun lopulla. Kokeen käsittelyt lopetettiin kuoriutumisen alkaessa, minkä vuoksi säännöllinen kuolleiden mätimunien poistaminen tehtiin pohjavesiyksiköissä viisi kertaa ja pintavesiyksiköissä seitsemän kertaa.

Kokeessa käytetyistä vesilaaduista määritettiin kuukausittain alkaliniteetti, väriluku, kemiallinen hapenkulutus, sähkönjohtokyky, rauta, liukoinen rauta, happi, hapen kylästyssaste, pH, kiintoaine, kiintoaineen hehkutushäviö ja lämpötila. Määritykset tehtiin Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen laboratoriossa ympäristöhallinnon käyttämillä menetelmillä (Vesihallitus 1981). Lisäksi haudonta-altaat valokuvattiin neljä kertaa tutkimuksen kuluessa säännöllisin väliajoin ja kuvista arvioitiin silmämääräisesti vesihomekasvustojen etenemisnopeutta ja -tapaa.

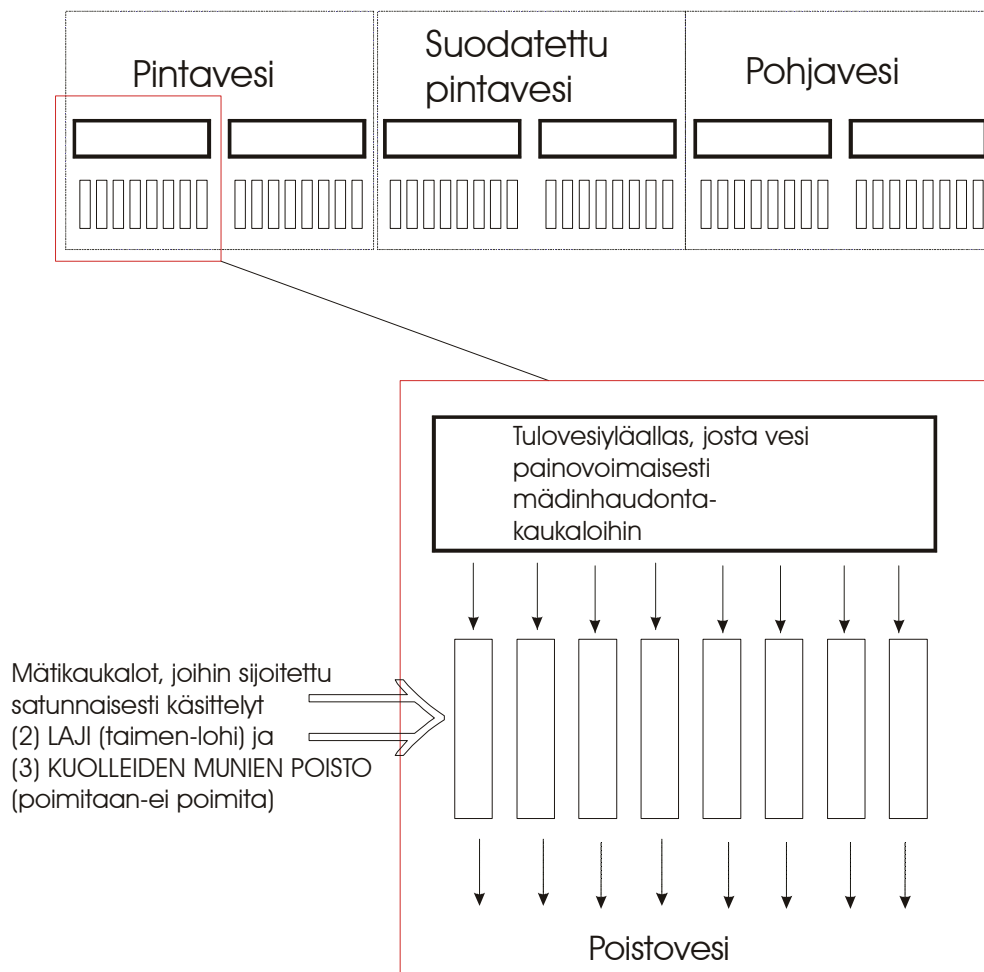
## 2.1.2 Varsinainen koe

Pilottikokeessa talvikautena 2002-2003 ei pystytty tasaamaan pohjaveden lämpötilaa pintaveden lämpötilan tasalle (kuva 3). Talvikautena 2003-2004 toteutettiin pilottikokeen kanssa identtisin menetelmin tässä varsinaiseksi kokeeksi kutsuttava koe (kuva 4), jossa pohjaveden jäädytys suoritettiin koneellisesti ja näin ollen pilottikoeita tehokkaammin (taulukko 1). Pohjaveden jäädytykseen käytettiin viiden kilowatin Lämpöässä-merkkistä lämpöpumppua. Vesi kierrätettiin niin, että haudontakaukaloiden tulovedessä oli korkeintaan noin 5 % uutta vettä. Pohjaveden alkulämpötila oli noin 3 °C, josta se pyrittiin laskemaan lähelle pintaveden lämpötilaa. Koneellisella jäädytyksellä ei päästy aivan pintaveden lämpötiloihin (kuva 3).



**Kuva 3. Mädin haudonnassa käytettyjen vesilaatujen lämpötilat pilottikokeessa ja varsinaisessa kokeessa. Veden lämpötilat on mitattu vesinäytteenoton yhteydessä.**

1. Käsittely: VEDENLAATU  
(pinta-suod.pinta-pohja)



**Kuva 4. Varsinaisen kokeen (talvikausi 2003-2004) koeasetelma, jossa kolme käsittelyä. Kullakin vesilaadulla oli kaksi tulovesiallasta, joista vesi johdettiin edelleen kahdeksaan mädinhaudontakaukaloon.**

**Taulukko 1. Menetelmälliset erot pilottikokeen ja varsinaisen kokeen välillä.**

	<i>Pilottikoe (2002-2003)</i>	<i>Varsinainen koe (2003-2004)</i>
Pohjaveden jäähdytys	Lämmönvaihdin-periaatteella, teho ei riittänyt	Koneellinen jäähdytys, toimi kohtalaisen hyvin
Pohjaveden osittainen kierrätys	Ei käytössä	Käytössä
Veden johtaminen haudontakaukaloihin	Vesi johdettiin runkoputkesta haaurautuvien letkujen avulla haudontakaukaloihin. Kuristimien avulla tehdyssä virtaamien tasaamisessa oli ongelmia	Vesi johdettiin yläaltaista erillisillä letkuilla haudontakaukaloihin ja säädettiin tynnyrihanoilla, jolloin saatiin saman suuruiset virtaamat kaikkiin haudontakaukaloihin
Kokeen lopetus	Poikasten kuoriutumisen alkaessa	Alkion silmäpistevaiheessa



Pilottikokeen tuloksista pääteltiin, että eri käsittelyjen vaikutukset ovat selvästi havaittavissa jo alkioiden silmäpistevaiheessa. Niinpä varsinainen koe lopetettiin mätimunien saavutettua silmäpisteasteen. Lämpimällä pohjavedellä haudottaessa silmäpistevaihe saavutettiin noin 5-10 vrk pintavesihaudontoja aikaisemmin (taulukko 2). Kuolleita mätimunia poimittiin viitenä kertana kaikilla vesilaaduilla. Tuloveden virtaama oli noin 4 l/min. Haudontakaukaloita valokuvattiin vain satunnaisesti varsinaisen kokeen kuluessa.

**Taulukko 2. Mädinhaudontakokeiden alkamis- ja lopettamisajankohdat sekä kestot.**

	<i>Pilottikoe</i>			<i>Varsinainen koe</i>		
	<i>Pohjavesi</i>	<i>Suod. pintavesi</i>	<i>Pintavesi</i>	<i>Pohjavesi</i>	<i>Suod. pintavesi</i>	<i>Pintavesi</i>
	Kokeen alkamisajankohta syksyllä 2002			Kokeen alkamisajankohta syksyllä 2003		
Taimen	8.10.	8.10.	8.10.	3.10.	3.10.	3.10.
Lohi	17.10.	17.10.	17.10.	14.10.	14.10.	14.10.
	Kokeen lopettamisajankohta keväällä 2003			Kokeen lopettamisajankohta keväällä 2004		
Taimen	22.1.-23.1.	2.4.	7.4.	24.2.-26.2.	1.3.-9.3.	3.3.- 8.3.
Lohi	23.1.-24.1.	15.4.-16.4.	17.4.	26.2.-1.3.	8.3.-10.3.	10.3.-11.3.
	Kokeen kesto (vrk)			Kokeen kesto (vrk)		
Taimen	105	174	181	145	151	155
Lohi	98	180	181	137	146	148

Myös varsinaisessa kokeessa käytettiin Ijoen kantaa olevien meritaimenten ja lohien mätää.

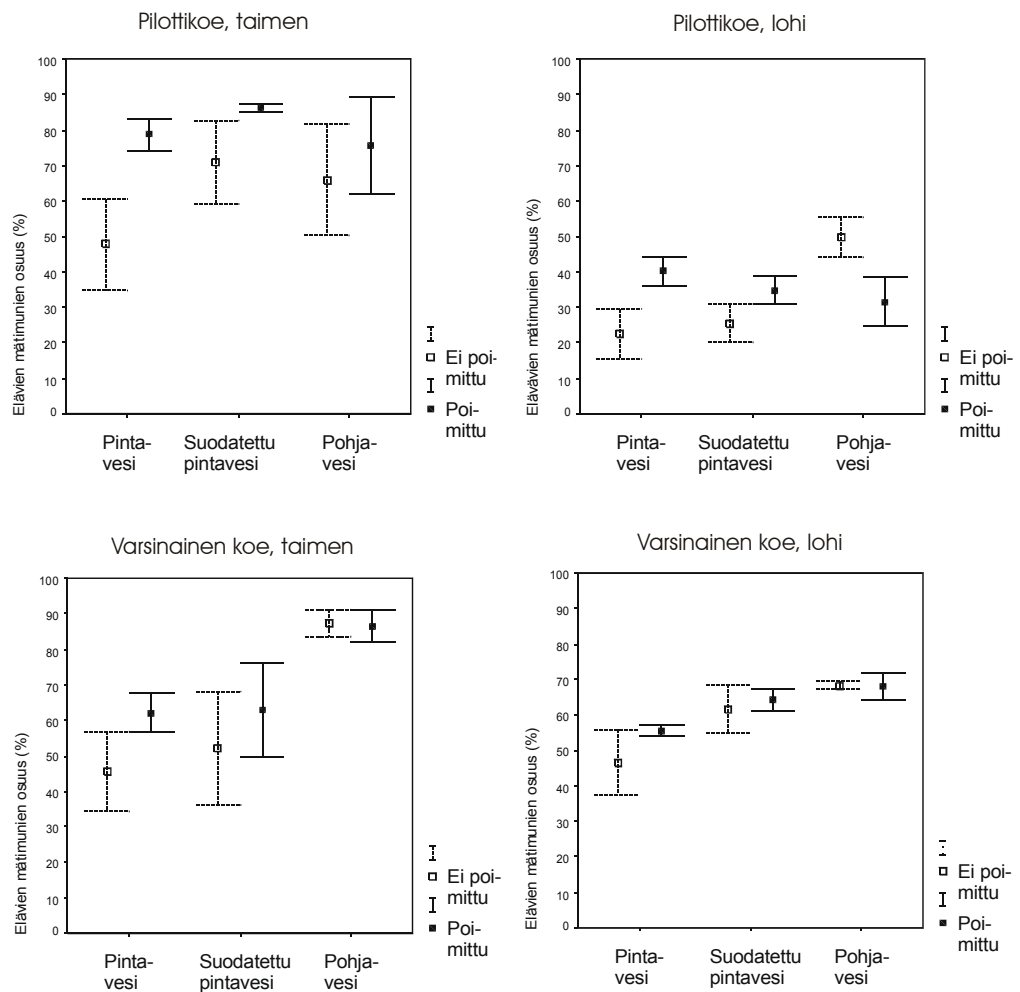
## 2.2 Tilastolliset menetelmät

Mädinhaudonnassa käytettyjen vesilaatujen ja kuolleiden mätimunien poiston vaikutusta lohen ja taimenen mätimunien haudontatulokseen (=mädin elossa säilymiseen) tutkittiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Testi mahdollistaa luokittelevien tekijöiden (tuloveden laatu ja kuolleiden mätimunien poisto) erillisvaikutusten ja yhdysvaikutuksen arvioinnin vastemuuttujana olevaan mädin elossa säilymiseen. Testin perusolettamuksena on, että ryhmien varianssit ovat homogeeniset ja jakaumat muistuttavat normaalijakaumaa. Oletusten toteuttamiseksi suoritettiin tarvittaessa arcsinmuunnos. Eri vesilaatujen pareittaisissa vertailuissa käytettiin Tukey HSD-testiä. Tilastollisen merkitsevyyden kuvaamisessa käytettiin seuraavia symboleita: \*\*\* ( $p < 0,001$ ), \*\* ( $p < 0,01$ ) ja \* ( $p < 0,05$ ).

# 3. Tulokset

## 3.1 Veden laadun ja kuolleiden mätimunien poistamisen yhdysvaikutus

Veden laadun ja mätimunien poiminnan yhdysvaikutus havaittiin vain pilottikokeessa lohien mädillä ( $p < 0,001$ , kaksisuuntainen varianssianalyysi). Yhdysvaikutus ilmenee kuvassa 5 niin, että muista vesilaaduista poiketen pohjavedellä haudottaessa kuolleiden mätimunien poistaminen näyttäisi heikentävän mädin elossa säilymistä. Kolmessa muussa osakokeessa ei havaittu viitteitä yhdysvaikutuksesta ( $0,173 < p < 0,247$ ).



**Kuva 5. Taimenen ja lohien mätimunien haudontatulos (keskiarvo  $\pm$  keskihajonta) tutkimuksessa käytetyissä vesilaaduissa kuolleet mätimunat säännöllisesti poimien tai ei poimien. Pilottikoe (2002-2003) lopetettiin mädin kuoriutumisen aikaan ja varsinainen koe (2003-2004) mädin saavuttaessa silmäpisteisten.**

## 3.2 Kuolleiden mätimunien poistamisen vaikutus

Kuolleiden mätimunien säännöllinen poistaminen paransi jäljelle jääneiden mätimuni-  
en elossa säilymisistä tilastollisesti merkitsevästi vain pilottikokeessa taimenella (kak-  
sisuuntainen varianssianalyysi, taulukko 3). Kuitenkin yleinen suuntaus kaikissa pin-  
taveden ja suodatetun pintaveden osakokeissa oli se, että poiminta paransi haudontatu-  
lostta (kuva 5). Jättämällä pohjavedellä haudotut osiot pois kaksisuuntaisen varianssi-  
analyysin aineistosta saatiin tilastollisesti merkitsevä ero poiminnan vaikutukselle  
myös varsinaisen kokeen taimenelle ( $p=0,040$ ), ja suuntaa-antava ero myös lohelle  
( $p=0,088$ ). Pohjavedellä haudotuissa mätierissä poiminnalla ei ollut selvää vaikutusta  
(kuva 5).

**Taulukko 3. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin antamat todennäköisyydet kuolleiden mätimunien säännöllisen poiston vaikutukselle haudontatulokseen.**

	<i>Pilottikoe</i>	<i>Varsinainen koe</i>
Taimen	< 0,001***	0,051
Lohi	0,206	0,104

## 3.3 Veden laadun vaikutus

Haudonnassa käytetyllä vesilaadulla (pintavesi / suodatettu pintavesi / pohjavesi) oli  
kaikissa kokeissa tilastollisesti merkitsevä vaikutus mädin elossa säilymiseen (kak-  
sisuuntainen varianssianalyysi, taulukko 4). Pilottikokeen lohen osalta tulkinta tulee  
kuitenkin tehdä ensisijaisesti havaitun yhdysvaikutuksen pohjalta. Pilottikokeessa tai-  
menen mädillä haudonta suodatetussa pintavedessä antoi parhaan tuloksen, mutta kai-  
kissa muissa osakokeissa mäti säilyi parhaiten elossa haudottaessa pohjavedellä (kuva  
5). Pareittaisissa vertailuissa selvimmät erot olivat pohjaveden ja käsittelemättömän  
pintaveden välillä (Tukey HSD-testi, taulukko 5). Pareittaiset erot olivat varsinaisessa  
kokeessa selvemmät kuin pilottikokeessa.

**Taulukko 4. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin antamat todennäköisyydet ja niiden tilastollinen merkitsevyystaso haudonnassa käytettyjen vesilaatu-  
jen (pintavesi / suodatettu pintavesi / pohjavesi) vaikutuksesta mädin elossa  
säilyminen.**

	<i>Pilottikoe</i>	<i>Varsinainen koe</i>
Taimen	< 0,001 ***	< 0,001 ***
Lohi	0,003 **	< 0,001 ***

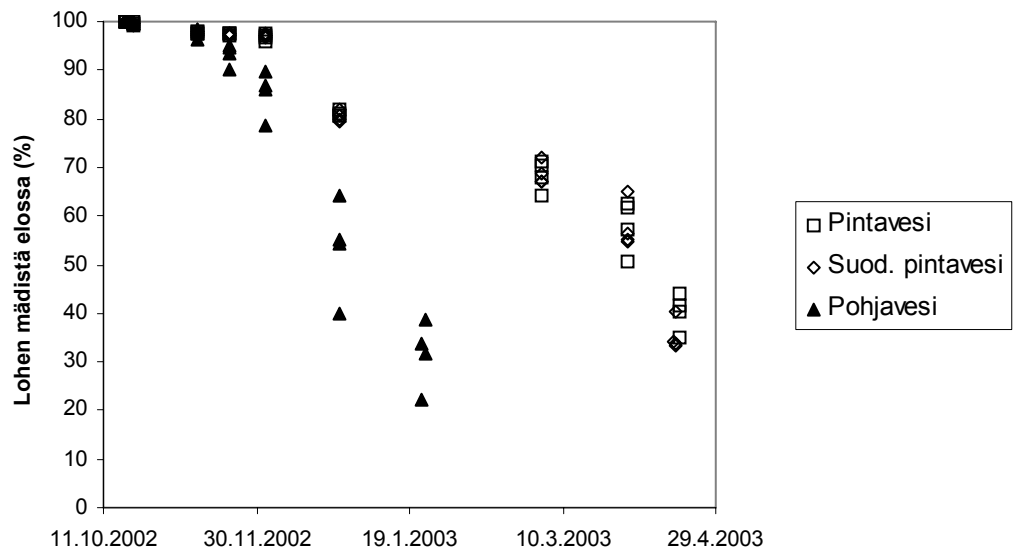
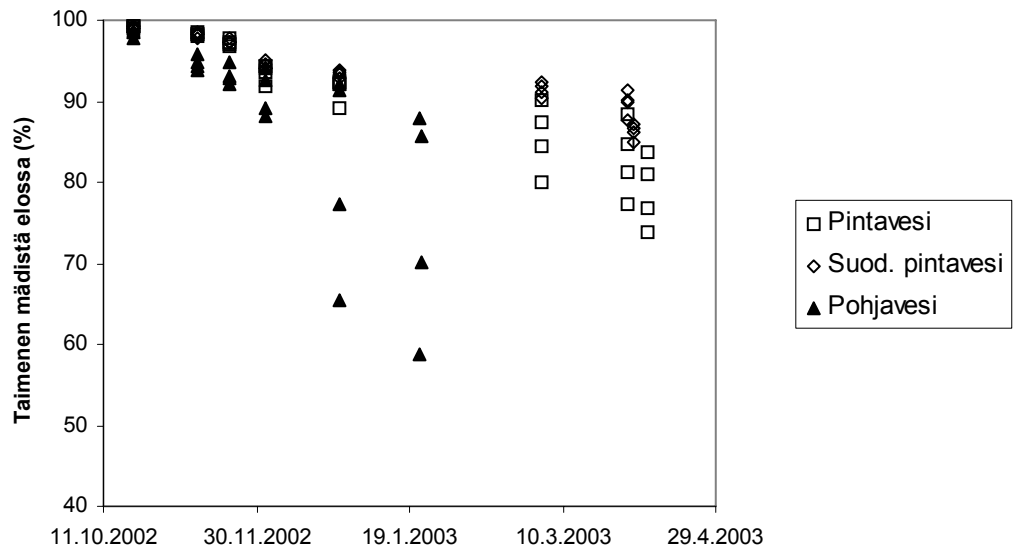
**Taulukko 5. Tukey HSD-testin antamat todennäköisyydet ja niiden tilastollinen merkitsevyystaso pareittaisissa vertailuissa kolmelle vedenlaatuparille.**

	<i>Pilottikoe / taimen</i>	<i>Pilottikoe / lohi</i>	<i>Varsinainen koe / taimen</i>	<i>Varsinainen koe / lohi</i>
Pintavesi / pohjavesi	0,358	0,010 *	<0,001 ***	<0,001 ***
Pintavesi / suod. pintavesi	0,023 *	0,911	0,742	<0,001 ***
Suod. pintavesi / pohjavesi	0,307	0,004 **	<0,001 ***	0,149

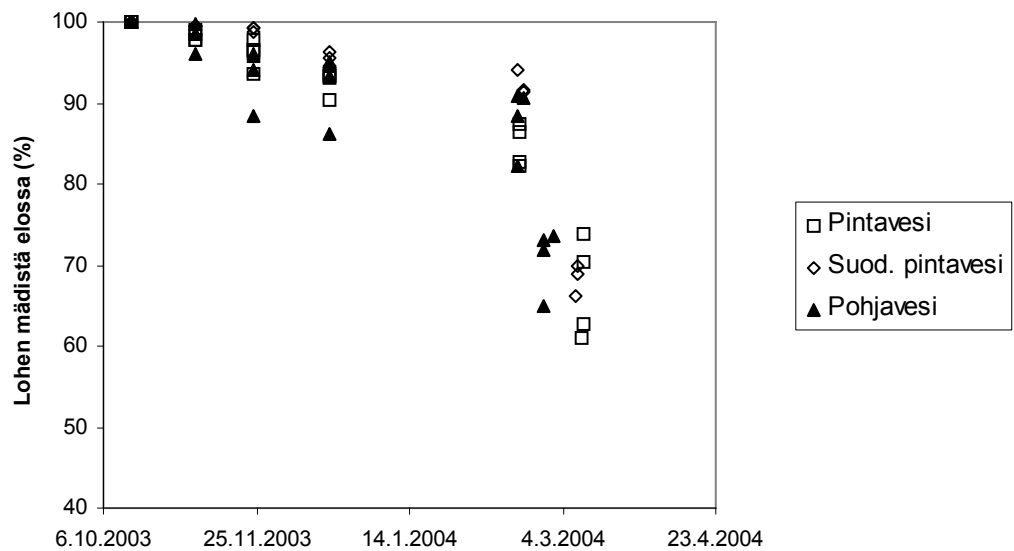
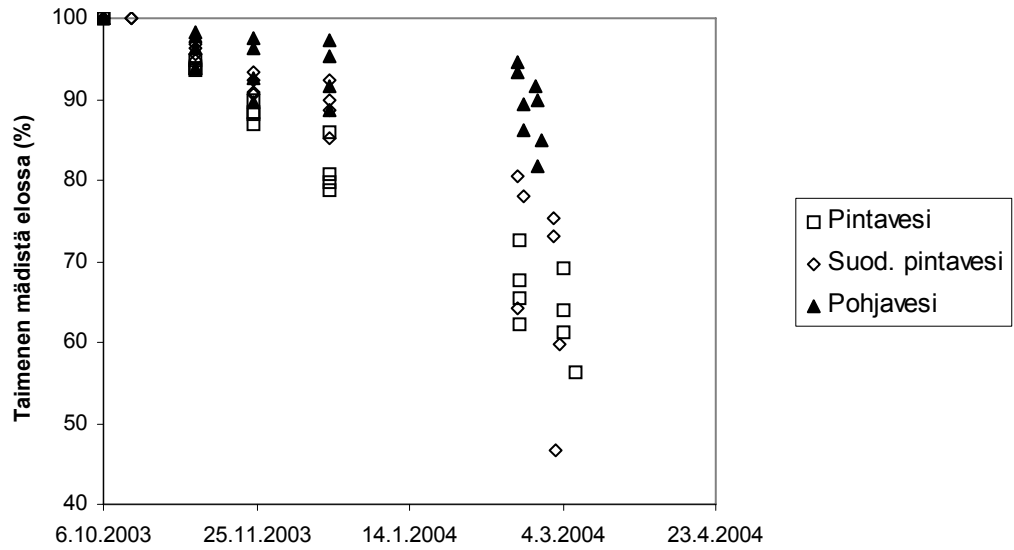
### 3.4 Mädin kuolleisuuden ajoittuminen haudontakaudella

Mädin kuolleisuuden etenemistä pystyttiin seuraamaan niissä haudontakaukaloissa, joista kuolleet mätimunat säännöllisesti poistettiin. Mädin kuolleisuus eteni yleensä kohtalaisen tasaisesti haudontajakson aikana (kuvat 6 ja 7). Pilottikokeen kahdessa taimenen mädin pohjavesikäsitelyssä kuolleisuus seurasi pintaveden haudontakauloiden kuolleisuutta, mutta kahdessa muussa kuolleisuus kohosi huomattavasti korkeammalle (kuva 6). Muiden toistojen osalta hajonnat olivat pienemmät.

Kuvat 6 ja 7 havainnollistavat myös haudontavesien lämpötilaeroista johtunutta kokeiden eriaikaista lopettamista. Pilottikoe lopetettiin hieman ennen mätimunien kuoriutumista, mikä ajoittui pohjavedellä tammikuun loppupuolelle ja pintavesillä huhtikuun alkupuolelle (kuva 6). Varsinaisessa kokeessa lämpötilojen tasaus onnistui pilottikoetta paremmin. Silmäpistevaiheeseen ajoitetussa lopettamisajankohdissa oli maksimissaan 11 vuorokauden ero (kuva 7). Varsinaisen kokeen osalta kokeiltiin myös lopettamisajankohtien erot tasaavaa ekstrapolointia. Näin saaduilla hieman muuttuneilla elossa säilymisen prosenttiosuuksilla tehdyssä kaksisuuntaisessa varianssianalysissä p-arvot muuttuivat vain yhdysvaikutuksen kolmannen desimaalin osalta, joten tulkinat säilyivät entisellään. Pilottikokeessa ero haudontalämpötiloissa ja mätierien kehitysnopeudessa nähtiin niin suurena, että vastaavaa ekstrapolointia ei ollut mielekästä toteuttaa.



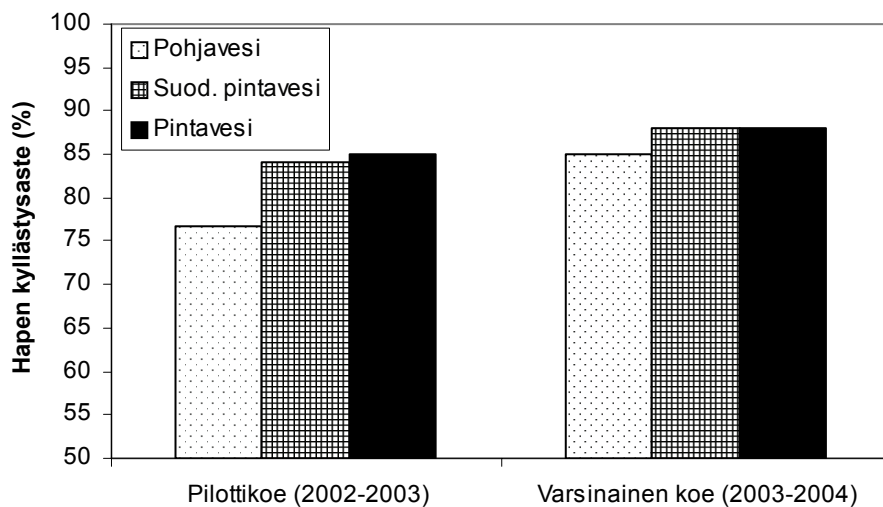
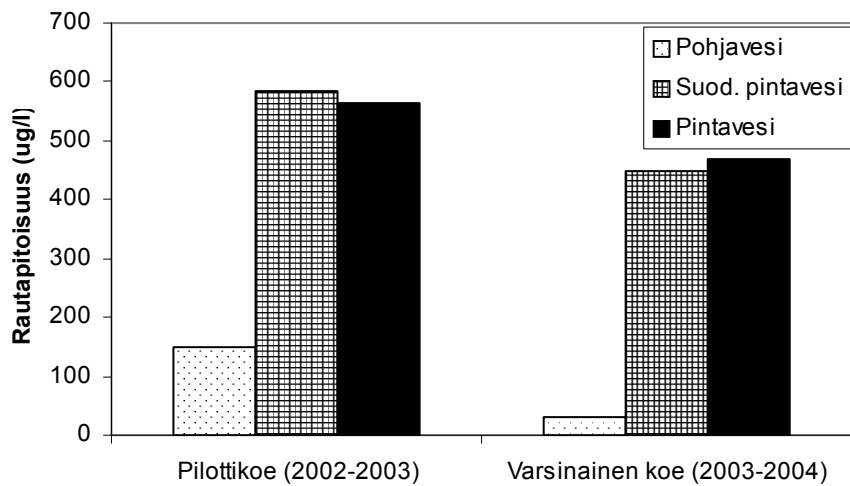
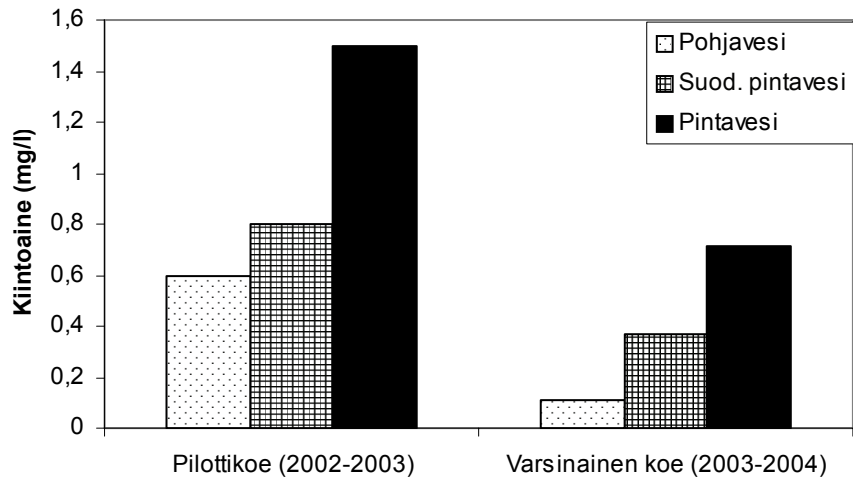
**Kuva 6. Taimenen ja lohen mädin elossa säilyminen pilottikokeen haudontakaukaloissa, joista kuolleet mätimunat poistettiin säännöllisesti.**



**Kuva 7. Taimenen ja lohen mädin elossa säilyminen varsinaisen kokeen mätikaukoissa, joista kuolleet mätimunat poistettiin säännöllisesti.**

### 3.5 Haudontavesien laatu analyysitulosten perusteella

Pohjaveden ainepitoisuudet olivat yleensä selvästi pienemmät kuin pintavesissä (kuva 8 ja liitteet 1 ja 2). Myös pohjaveden happipitoisuus oli keskimäärin pienempi kuin pintavesien. Pintaveden suodatus vähensi kiintoainepitoisuutta, mutta ei esimerkiksi rautapitoisuutta (kuva 8). Vesien laatu oli varsinaisessa kokeessa keskimäärin parempi kuin pilottikokeessa (kuva 8, liitteet 1 ja 2).



**Kuva 8. Keskimääräinen kiintoainepitoisuus, rautapitoisuus ja hapen kyllästyssaste pilottikokeen ja varsinaisen kokeen eri vesilaaduissa.**

## 4. Tulosten tarkastelu

### 4.1 Veden lämpötila ja alkioiden kehitys

Pilottikokeessa pohjaveden lämpötilan alentamiseen käytetty menetelmä osoittautui tehottomaksi. Vaikka pohjaveden tuloputki kulki kymmeniä metrejä pintaveden ympäröimänä, riittävää lämpötilojen tasaantumista ei tapahtunut. Osaltaan tämä johtui siitä, että käytetty putki oli muovia. Lämmön johtavuuden kannalta parempi materiaali olisi ollut esimerkiksi teräs.

Varsinaisessa kokeessa pohjaveden lämpötilaa saatiin lasketuksi koneellisesti lähemmäksi pintaveden lämpötilaa, mutta eroa jäi kuitenkin keskimäärin 1,3 °C. Varsinainen koe poikkesi selvästi pilottikokeesta myös lämpötilarytmiikassa. Pintaveden lämpötila oli lokakuun puolivälissä kokeiden aloitusaikana pilottikokeessa noin 1 °C, mutta varsinaisessa kokeessa vastaavasti noin 4 °C. Lämpötilojen ero tasaantui 1-2 kuukauden kuluessa.

Lämmin pohjavesi vauhditti alkioiden kehittymisnopeutta ja johti aikaiseen kuoriutumiseen pilottikokeessa. Varsinaisessa kokeessa erot vesilaatujen lämpötiloissa ja alkioiden kehityksnopeudessa jäivät selvästi pienemmiksi, joten koetta voidaan pitää tasapainoisempana.

### 4.2 Kuolleiden mätimunien poistamisen vaikutus

Kuolleiden mätimunien poiminta paransi säännönmukaisesti taimenen ja lohen mädin elossa säilymistä pintavedellä ja suodatetulla pintavedellä suoritetuissa haudonnoissa. Sen sijaan pohjavedellä haudottaessa ei poiminnasta ollut selkeää hyötyä tai haittaa. Sekä pintavedet että pohjaveden sisältävässä koeasetelmassa ei saatu tilastollisesti vakuuttavaa näyttöä poiminnan hyödyllisyydestä. Jättämällä pohjavesihaudonnat aineistosta pois tuli poiminnan hyödyllisyys pintavesissä paremmin esille.

Pilottikokeen yhteydessä otettujen valokuvien perusteella vesihome peitti lähes kaikki kuolleet mätimunat niissä haudontakaukaloissa, joista ei poimittu kuolleita mätimunia. Aluksi kuolleita mätimunia oli muutamia kappaleita. Lisää kuolleita mätimunia alkoi ilmestyä näiden ympärille muodostaen yhä laajenevia laikkuja. Lopulta pumpulimaista kasvustoa alkoi kehittyä yhä runsaammin, ja laikut levittäytyivät myös vastavirtaan. Kuitenkin on mahdotonta sanoa ensisijaista tekijää, eli kuoliko mätimuna vesihomeen takia vai tarttuiko home jälkeensä jostain muusta syystä kuolleeseen mätimunaan.

Kuolleiden mätimunien poiminta tapahtuu rutiiniviljelyssä pääasiassa pinseteillä poimien. Työ on hidasta ja kallista, koska työvoimaa tarvitaan paljon. Poiminnan vaatima valo on haitallista mätimunille. Lisäksi poimitun mätimunien läheisyydessä oleva mätimuna altistuu helposti liikuttelulle, joka voi aiheuttaa lisääntyneitä kuolleisuutta (Barnes ym. 2002). Mätimuna on herkkä mekaaniselle shokille erityisesti kehityksensä alkuvaiheessa heti hedelmöityksen jälkeen (Brown ja Gratzek 1980). Herkkyys vähennee huomattavasti silmäpistevaiheen jälkeen. Eri yksilöiden ja kantojen välillä voi tässä suhteessa olla eroavaisuuksia (Fitzsimons 1994, Krise 2001). Vesiemme talvisissa lämpötilaoloissa lohen ja taimenen silmäpistevaiheen saavuttamiseen menee useita kuukausia, joten vesihomeella on aikaa levitä ja tartuttaa eläviä mätimunia ilman poimintaa tai muuta torjuntaa. Tämän tutkimuksen pohjavesihaudonnassa poiminnasta aiheutunut hyöty vesihomeen leviämisen hidastajana ehkä kompensoitui poiminnan aiheuttamalla fyysisellä häiriöllä, jolloin lopputulos mädin säilymisessä oli kutakuinkin sama poimien tai ilman poimintaa.



## 4.3 Veden laadun vaikutus

Varsinainen koe osoitti, että pohjavedellä haudottu mäti säilyi parhaiten elossa. Pilottikoe arvioitiin haudontakaukaloiden virtaamien huonon hallinnan ja vesilaatujen lämpötilaerojen perusteella sen verran tasapainottomaksi, että johtopäätökset tehtiin tukeutuen lähinnä varsinaiseen kokeeseen. Pilottikokeessa pohjaveden ja suodatetun pintaveden laadun ero oli suhteellisen pieni verrattuna varsinaiseen kokeeseen. Tällä saattoi olla lämpötilaerojen lisäksi vaikutusta siihen, että pilottikokeessa taiminen mäti säilyi suodatetulla pintavedellä haudottaessa parhaiten elossa.

Pohjaveden laatu oli parempi kuin pintavesien. Varsinkin kiintoaine-, kemiallinen hapenkulutus-, rauta- ja väriarvot olivat pohjavedellä pienempiä. Suodatus vähensi selvästi vain veden kiintoainepitoisuutta.

Kiintoaineen yhteyttä mätimunien kuolleisuuteen puoltaa se, että koesarjassa haudontatulokset oli lähes säännönmukaisesti parempi suodatetussa pintavedessä kuin pintavedessä. Luonnon oloissa ja niitä jäljittelevissä koeasetelmissä on usein havaittu veden kiintoaineen haitallinen vaikutus lohikalojen mätimunien elossa säilymiseen (Olsson ja Persson 1986, O'Connor ja Andrew 1998, Argent ja Flebbe 1999, Kondolf 2000). Kiintoaineen kerääntyminen saattaa olla voimakkaampaa haudontakaukaloihin kuin joen kutusoraikkoihin, joista mahdollisesti kovempi virtaus vie tehokkaammin myös kiintoainesta pois. Pintavedellä haudotuissa kaukaloissa oli nähtävissä kiintoaineen kerääntymistä mätimunien pinnalle jopa siinä määrin, että mätimunat peittyivät näkyvistä. Pintaveden kiintoainepitoisuuksia voidaan pitää liian suurina hautomoille jo siitäkin syystä, että haudonnan tarkkailu ja mädin käsittely vaikeutui. Myös suodatetun pintaveden haudonta-altaissa näkyi kiintoaineen kerääntymistä vähäisemmässä määrin. Orgaaninen kiintoaine voi toimia kasvualustana vesihomeelle ja edistää sen leviämistä (Willoughby 1999). Haudontakaukaloihin kerääntynyt kiintoaine voi myös hidastaa virtauksia ja heikentää alkioiden hapensaantia vastaavalla mekanismilla kuin joen kutusoraikossa (vrt. Johnson 1980). Ainoana huonona ominaisuutena pohjavedessä oli jonkin verran pienempi happipitoisuus verrattuna pintavesiin. Veteen liunneen hapen turvallisuusrajaksi hautomoille Needham (1988) esittää 6 mg/l, joka ylittyi selvästi myös tämän tutkimuksen pohjavedessä.

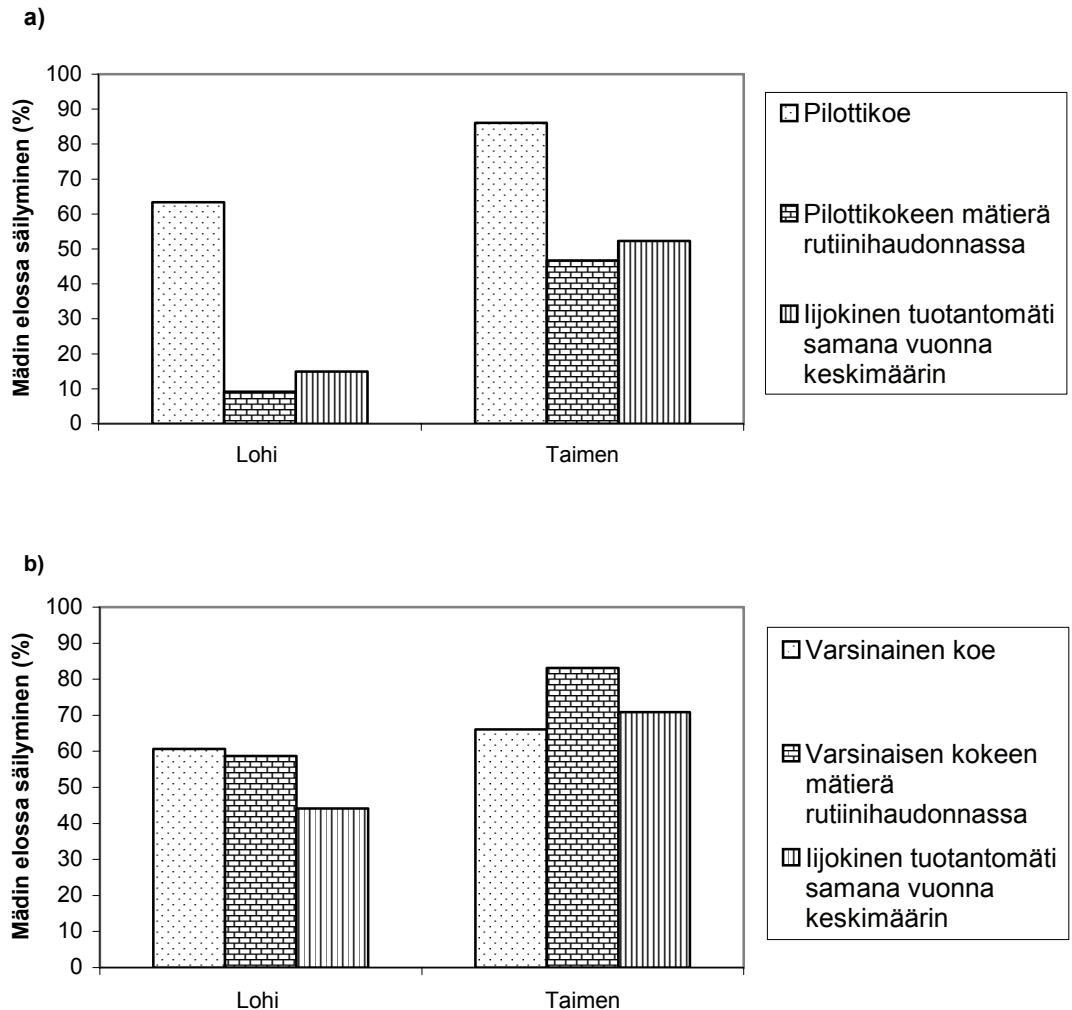
Haudontavesien pH vaihteli välillä 6,4-7,0 eri mittauskerroilla, joten happamuus ei ollut ongelma missään vesilaadussa. Lohikalojen mädille ja poikasille on todettu haitalliseksi pH-arvot <5,0 (Alabaster ja Lloyd 1982). Raudan pitoisuudet eivät olleet tämän tutkimuksen pintavesissäkään vahingollisen suuria (vrt. Vuori 1995). Lisäksi tämän tutkimuksen vesien vähäinen happamuus vaikuttaa ehkäisevästi raudan ja mahdollisten muiden metallien myrkyllisyyteen (vrt. Dave 1985, Gerhardt 1992).

Varsinkin pohjaveden, mutta myös molempien pintavesien, laatu oli varsinaisessa kokeessa keskimäärin parempi kuin pilottikokeessa. Laatueroon on todennäköisesti vaikuttanut pohjaveden ottopaikan sijainti luonnon lähteessä, jolloin vuosien välisillä eroilla vedenkorkeudessa ja pintavalunnassa saattaa olla vaikutusta. Suuret näytteenotokertojen väliset vaihtelut pohjaveden laadussa tukevat pintavalunnan vaikutusta. Pintaveden laadussa havaitut ajalliset vaihtelut selittyvät jokivesien luontaisella vaihtelulla. Kahtena vuotena tehtyjä kokeita keskenään verrattaessa on muistettava, että pilottikoe kesti mätimunien kuoriutumiseen asti, mutta varsinainen koe lopetettiin jo silmäpistevaiheessa. Pilottikokeen pintavesien taiminen ja lohen poimittujen mätierien haudontatulokset olivat silmäpistevaiheessa kutakuinkin samalla tasolla kuin varsinaisen kokeen silmäpistevaiheeseen päättäneet haudontatulokset (kuva 9).

Varsinaisessa kokeessa valtaosa haudontakaukaloista poistuvasta vedestä kierrätettiin takaisin tuloveteen. Menettelyllä saattoi olla tuloveden vesihomeitiötä lisäävä vaikutus. Hyvät haudontatulokset varsinaisen kokeen pohjavesikaukaloissa kuitenkin viittaavat siihen, että veden kierrätys ei lisännyt merkittävästi altistusta vesihomeelle.

## 4.4 Mädin laadun vaikutus

Tuotantomädin haudontatulokset viittaavat siihen, että pilottikokeessa käytetty lohen mätierä oli laadultaan keskimääräistä heikompi. Iijokisen lohen tuotantomädin haudontatulos hedelmöityksestä silmäpisteasteeseen oli talvikaudella 2002-2003 Taivalkosken kalanviljelylaitoksella keskimäärin 14,9 %. Mätierässä, josta pilottikokeen mätä oli peräisin, haudontatulos oli vain 9,2 % (kuva 9a). Seuraavana vuonna lohen mädin elossa säilyminen rutiinihaudonnoissa oli selvästi parempi (kuva 9b). Pilottikokeessa varsinkin lohen mädin haudontatulos silmäpisteasteeseen oli selvästi parempi kuin rutiinihaudonnoissa (kuva 9a).



**Kuva 9. a) Lohen ja taimenen mädin keskimääräiset haudontatulokset hedelmöityksestä silmäpisteasteeseen pilottikokeen poimituilla mätierillä ja saman vuoden rutiinihaudonnoissa. b) Lohen ja taimenen mädin haudontatulokset hedelmöityksestä silmäpisteasteeseen varsinaisessa kokeessa ja saman tuotantokauden rutiinihaudonnoissa.**

Varsinaiseen kokeeseen valitut lohen ja taimenen mätierät olivat rutiinihaudontojen perusteella hyvälaatuisia verrattuna saman vuoden Iijokiseen tuotantomätiin keskimäärin (kuva 9b). Mädin säilyminen elossa silmäpisteelle asti oli varsinaisessa kokeessa selvästi lähempänä rutiinihaudonnoissa olleiden mätierien tasoa (kuva 9b), toisin kuin pilottikoevuotena (kuva 9a).

Haudontatulokset oli kokeissamme ja vertailuksi otetuissa rutiinihaudonnoissa säännönmukaisesti parempi taimenella kuin lohella. Kalanviljelylaitoksillamme on havaittu selkeä samansuuntainen ero (Heinimaa ym. 2004). Täsmällisiä syitä eroon ei ole tiedossa.

Barnes ym. (2001) pitivät mädin laatua erittäin tärkeänä tekijänä vesihomeen vastustamisessa. Heidän mukaansa mädin laadusta kertoi paljon kuolleisuus ennen silmäpisteastetta. Hyväkuntoiset emokalat tuottavat korkealaatuista mätiä, joka on kestävämpää vastustamaan vesihometta. Tämä voi johtua siitä, että hyvälaatuisien mätimunien kuori voi olla kestävämpi bakteerien ja sienien hajotukselle (Barnes ym. 2000).

Pilottikokeessa lohen mädillä havaitulle veden laadun ja poimimisen yhdysvaikutukselle ei löydetty luontevaa selitystä. Ehkä lämpimässä vedessä nopeasti kehittyvät ja alkuperältään heikkolaatuiset lohen mätimunat olivat erityisen herkkiä poiminnan aiheuttamalle mekaaniselle ärsytykselle. Joka tapauksessa mädin huono laatu todennäköisesti vaikutti osaltaan pilottikokeen lohen mädin suureen kuolleisuuteen.

# Kiitokset

Parhaimmat kiitokset Petri Kreiville avusta koejärjestelyn suunnittelussa, Pentti Lindströmille ja Arto Juntuselle koejärjestelyn teknisestä toteutuksesta sekä Vesa Määtälle, Matti Karjalaiselle, Anne Peltoniemelle ja Taivalkosken laitoksen kalanviljelijöille avusta kokeen käytännön toteutuksessa. Kiitämme myös Päivi Eskelistä ja Arto Huh-  
taa rakentavista kommentteista käsikirjoitukseen.

# Kirjallisuus

- Alabaster, J. S. & Lloyd, R. (eds) 1982. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Butterworths. London. 361 p.
- Argent, D. G. & Flebbe, P. A. 1999. Fine sediment effects on brook trout eggs in laboratory streams. *Fisheries Research* 39: 253-262.
- Barker, G. A., Smith, S. N. & Bromage, N. R. 1989. The bacterial flora of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, and brown trout, *Salmo trutta* L., eggs and its relationship to developmental success. *Journal of Fish Diseases* 12: 281-293.
- Barnes, M. E., Cordes, R. J. & Sayler, W. A. 1997. Use of formalin during incubation of eyed eggs of inland fall chinook salmon. *The Progressive Fish-Culturist* 59: 303-307.
- Barnes, M. E., Wintersteen, K., Sayler, W. A. & Cordes, R. J. 2000. Use of formalin during incubation of eyed rainbow trout eggs. *North American Journal of Aquaculture* 62: 54-59.
- Barnes, M., Sayler, W. & Cordes, R. 2001. Use of formalin treatments during incubation of eyed eggs of brown trout. *North American Journal of Aquaculture* 63: 333-337.
- Barnes, M., Sayler, W. & Cordes, R. 2002. Survival of rainbow trout sac fry subjected to various formalin and hand-picking regimes during rearing in vertical-flow tray incubators. *North American Journal of Aquaculture* 64: 129-135.
- Brown, E. E. & Gratzek, J. B. (ed.) 1980. Fish Farming Handbook. Avi. Connecticut. 391 p.
- Dave, G. 1985. The influence of pH on the toxicity of aluminium, cadmium and iron to eggs and larvae of the zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 10: 253-267.
- Eskelinen, P., Pylkkö, P. & Konttinen, E. 2003. Malakiittivihreän vaihtoehdot haudonnassa. Teoksessa: Eskelinen, P. (toim.) Vesihome kalanviljelyn vaivana. Onko taudin torjuntaan menetelmiä? *Kalatutkimuksia* 188: 14-33.
- Fitzsimons, J. 1994. Survival of lake trout embryos after receiving physical shock. *The Progressive Fish-Culturist* 56: 149-151.
- Gerhardt, A. 1992. Effects of subacute doses of iron (Fe) on *Leptophlebia marginata* (Insecta: Ephemeroptera). *Freshwater Biology* 27: 79-84.
- Heinimaa, S., Eskelinen, P., Eskelinen, U., Makkonen, J., Pasanen, P., Piironen, J. & Vielma, J. 2004. Mädituotantoon vaikuttavat tekijät. Kala- ja riistaraportteja nro 322. 48 s.
- Johnson, R. A. 1980. Oxygen transport in salmon spawning gravels. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 155-162.
- Kondolf, G. M. 2000. Assessing salmonid spawning gravel quality. *Transactions of the American Fisheries Society* 129: 262-281.
- Krise, W. 2001. Sensitivity of Atlantic salmon eggs to mechanical shock during the first hours after fertilization. *North American Journal of Aquaculture* 63: 34-37.
- Needham, T. 1988. Salmon smolt production. In: Laird, L. & Needham, T. (eds), *Salmon and trout farming: 87-116*. Ellis Horwood Limited. Chichester. 271 p.
- O'Connor, W. C. K. & Andrew, T. E. 1998. The effect of siltation on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., embryos in the River Bush. *Fisheries Management and Ecology* 5: 393-401.

- Olsson, T. I. & Persson, B.-G. 1986. Effects of gravel size and peat material concentrations on embryo survival and alevin emergence of brown trout, *Salmo trutta* L. *Hydrobiologia* 135: 9-14.
- Pylkkö, P. & Vennerström, P. (toim.) 2000. Vesihomeutiöiden lukumäärät ja –tartunnat Laukaan, Kainuun ja Taivalkosken kalanviljelylaitoksissa. Kala- ja riistaraportteja nro 194. 50 s.
- Rahkonen, R., Vennerström, P., Rintamäki-Kinnunen, P. & Kannel, R. 2000. Terve kala – Tautien ennaltaehkäisy, tunnistus ja hoito. Nykypaino. Helsinki. 140 s.
- Sayer, M. D. J., Reader, J. P. & Morris, R. 1991. Embryonic and larval development of brown trout, *Salmo trutta* L.: Exposure to aluminium, copper, lead or zinc in soft, acid water. *Journal of Fish Biology* 38: 431-455.
- Vesihallitus 1981. Vesihallinnon analyysimenetelmät. Vesihallitus. Tiedotus 213. Helsinki. 136 s.
- Weatherley, N. S., Rogers, A. P., Goenaga, X., Ormerod, S. J. 1990. The survival of early life stages of brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to aluminium speciation in upland Welsh streams. *Aquatic Toxicology* 17: 213-230.
- Willoughby, S. 1999. Manual of salmonid farming. Blackwell. Cornwall. 329 p.
- Vuori, K.-M. 1995. Direct and indirect effects of iron on river ecosystems. *Annales Zoologici Fennici* 32: 317-329.

## LIITE 1

### Liite 1. Mädin haudonnassa käytetyn pohjaveden, pintaveden ja suodatetun pintaveden laatu pilottikokeessa talvella 2002-2003.

#### pohjavesi

Määrittäminen	pvm yksikkö	17.10.	25.11.	16.12.	27.1.	17.2.	11.3.	k.a.
alkaliniteetti	mmol/l	0,326	0,325	0,331	0,334	0,282	0,335	0,322
väriluku	mg Pt/l	5	<5	5	5	<5	<5	<5
Kem.hapen kulutus	mg/l	<1	1,8	<1	<1	<1	1,2	<1
sähkönjohtokyky	mS/m	4,6	4,6	4,7	4,7	3,9	5,0	4,6
rauta	µg/l	33	39	74	240	470	30	148
rauta GF/C	µg/l	27	250	24	21	47	23	65
happi	mg/l	10,0	10,2	9,8	9,8	10,7	10,0	10,1
hapen kyllästysaste	kyll.%	78	78	75	74	79	76	76,7
pH		6,5	6,5	6,4	6,5	6,6	6,5	6,5
kiintoaine	mg/l	0,1	<0,1	<0,1	0,3	1,2	1,9	0,6
kiintoa.hehk.häviö.	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	1,0	1,7	0,5
lämpötila	°C	4,7	4,0	4,1	3,8	3,0	3,8	3,9

#### pintavesi

Määrittäminen	pvm yksikkö	17.10.	25.11.	16.12.	27.1.	17.2.	11.3.	14.4.	22.5.	k.a.
alkaliniteetti	mmol/l	0,219	0,268	0,268	0,305	0,317	0,325	0,345		0,292
väriluku	mg Pt/l	40	30	40	150	35	35	50	100	60
Kem.hapen kulutus	mg/l	6,0	4,8	4,8	4,8	4,0	3,8	4,1	17	6,2
sähkönjohtokyky	mS/m	3,2	3,8	3,9	4,1	4,3	4,4	4,5	1,9	3,8
rauta	µg/l	250	260	290	590	660	820	1200	430	563
rauta GF/C	µg/l	200	230	250	500	580	700	1100	360	490
happi	mg/l	11,9	12,8	12,8	11,6	11,9	13,6	11,7	9,7	12
hapen kyllästysaste	kyll.%	84	88	88	80	82	94	83	80	85
pH		6,9	6,8	6,8	6,7	6,8	6,9	7,0	6,1	6,8
kiintoaine	mg/l	0,6	0,4	0,2	2,8	3,7	0,8	0,9	2,7	1,5
kiintoa.hehk.häviö	mg/l	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	2,4	0,4	0,5	1,6	0,7
lämpötila	°C	1,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,4	1,2	7,4	1,4

#### suodatettu pintavesi

Määrittäminen	pvm yksikkö	17.10.	25.11.	16.12.	27.1.	17.2.	11.3.	14.4.	22.5.	k.a.
alkaliniteetti	mmol/l	0,221	0,268	0,280	0,310	0,319	0,326	0,343		0,295
väriluku	mg Pt/l	35	30	35	35	40	35	50	100	45
Kem.hapen kulutus	mg/l	6,1	5,4	4,7	4,9	4,5	3,7	3,9	12	5,7
sähkönjohtokyky	mS/m	3,1	3,8	3,9	4,2	4,3	4,4	4,5	1,9	3,8
rauta	µg/l	230	260	300	540	1000	800	1100	430	583
rauta GF/C	µg/l	200	220	250	480	580	690	1100	370	486
happi	mg/l	12,5	12,9	12,4	11,6	12,0	11,9	11,7	9,4	11,8
hapen kyllästysaste	kyll.%	88	90	85	80	83	82	84	78	84
pH		6,8	6,8	6,7	6,8	6,8	6,9	6,9	6,1	6,7
kiintoaine	mg/l	0,4	0,3	0,3	0,7	1,2	0,6	0,6	2,4	0,8
kiintoa.hehk.häviö	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	0,7	0,4	0,3	1,5	0,5
lämpötila	°C	1,0	0,8	0,2	0,2	0,4	0,4	1,6	7,2	1,5

**Liite 2. Mädin haudonnassa käytetyn pohjaveden, pintaveden ja suodatetun pintaveden laatu varsinaisessa kokeessa talvella 2003-2004.**

**Pohjavesi**

	PVM Yksikkö	14.10.2003	18.11.2003	8.12.2003	8.1.2004	18.2.2004	22.3.2004	keski- arvo
alkaliniteetti	mmol/l	0,33	0,33	0,34	0,33	0,35	0,34	0,34
väriluku	mg Pt/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
kem. hapen kulutus	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
sähkönjohtokyky	mS/m	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,7
rauta	µg/l	35	31	14	28	26	39	29
liukoinen rauta	µg/l	29	17	9	24	23	24	21
happi	mg/l	10,0	9,7	12,0	12,7	12,4	12,9	11,6
hapen kyllästysaste	kyll.%	77	74	85	91	88	92	85
pH		6,6	6,5	6,8	6,8	6,8	6,9	6,7
kiintoaine	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	<0,1	0,1
kiintoa.hehk.häviö.	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
lämpötila	°C	4,5	3,9	1,4	1,5	1,4	1,6	2,4

**Pintavesi**

	PVM Yksikkö	14.10.2003	18.11.2003	8.12.2003	8.1.2004	18.2.2004	22.3.2004	keski- arvo
alkaliniteetti	mmol/l	0,13	0,19	0,17	0,12	0,29	0,30	0,20
väriluku	mg Pt/l	80	70	80	40	50	45	61
kem. hapen kulutus	mg/l	13,0	9,7	11	6	6,3	5,6	8,6
sähkönjohtokyky	mS/m	2,5	2,8	2,9	3,7	4	4,6	3,4
rauta	µg/l	420	330	390	340	590	740	468
liukoinen rauta	µg/l	360	250	310	280	460	650	385
happi	mg/l	11,4	12,9	12,1	12,7	12,7	13	12,5
hapen kyllästysaste	kyll.%	87	91	84	88	87	90	88
pH		6,7	6,8	6,6	6,6	6,7	6,9	6,7
kiintoaine	mg/l	0,8	0,4	0,2	<0,1	1,4	0,8	0,7
kiintoa.hehk.häviö.	mg/l	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,6	0,5	0,2
lämpötila	°C	4,0	1,2	0,4	0,4	0,2	0,4	1,1

**Suodatettu pintavesi**

	PVM Yksikkö	14.10.2003	18.11.2003	8.12.2003	8.1.2004	18.2.2004	22.3.2004	keski- arvo
alkaliniteetti	mmol/l	0,13	0,18	0,17	0,26	0,29	0,30	0,22
väriluku	mg Pt/l	100	70	80	35	50	45	63
kem. hapen kulutus	mg/l	13	9,5	11	6,1	6	5,6	8,5
sähkönjohtokyky	mS/m	2,5	3	3	3,8	4	4,1	3,4
rauta	µg/l	410	300	370	320	530	750	447
liukoinen rauta	µg/l	360	250	310	280	460	570	372
happi	mg/l	11,5	12,7	12,1	12,5	12,5	13	12,4
hapen kyllästysaste	kyll.%	88	90	84	87	86	90	88
pH		6,6	6,8	6,7	6,7	6,7	6,9	6,7
kiintoaine	mg/l	0,5	0,2	<0,1	0,5	0,3	0,4	0,37
kiintoa.hehk.häviö.	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
lämpötila	°C	4,0	1,3	0,4	0,4	0,2	0,3	1,1



Tapio Sutela, Pauliina Louhi, Aki Mäki-Petäys, Marko Paasimaa ja Pentti Pasanen

**Kuolleiden mätimunien poistamisen ja haudontaveden laadun vaikutus lohen ja taimenen mädin kuolleisuuteen**

Tutkimusraportti

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

1.1. 2003

Mätikuolleisuuden syiden selvittäminen

Taivalkosken riistan- ja kalantutkimuksen kalanviljelyhallissa tehtiin talvella 2002–2003 pilottikoe ja talvella 2003–2004 varsinainen koe, joissa tutkittiin eri vesilaatujen ja kuolleiden mätimunien poistamisen vaikutusta lohen ja taimenen mädin kuolleisuuteen. Tulokset osoittivat, että pohjavedellä saavutetaan paras taimenen ja lohen mädin haudontatulokset. Kuolleiden mätimunien poistaminen ilmeisesti paransi taimenen ja lohen mädin elossa säilymistä pintavedellä ja suodatetulla pintavedellä tehdyissä haudonnoissa. Sen sijaan pohjavedellä haudottaessa ei poiminnasta ollut selkeää hyötyä. Kolmessa neljästä osakokeesta paras haudontatulokset saavutettiin, kun vetenä oli pohjavesi ja kuolleita mätimunia ei poimittu. Tulokset kannustavat jatkotutkimuksiin edellä mainitun yhdistelmän käytöstä myös rutiiniviljelyssä.

Mäti, kuolleisuus, lohi, taimen, haudonta, veden laatu

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 195

951-776-500-2

0787-8478

19 s. + 2 liitettä

Suomi

8 €

Julkinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
Asiakaspalvelu ja myynti  
Viikinkaari 4, PL 2  
00791 Helsinki  
Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201  
[julkaisumyynti@rktl.fi](mailto:julkaisumyynti@rktl.fi)  
[www.rktl.fi](http://www.rktl.fi)

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
PL 2  
00791 Helsinki  
Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201

---

*Utgivare*

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

*Utgivningsdatum*Juni 2005

---

*Författare*Tapio Sutela, Pauliina Louhi, Aki Mäki-Petäys, Marko Paasimaa och Pentti Pasanen

---

*Publikationens namn***Inverkan av vattenkvaliteten och verkan av att döda romkorn avlägsnas på rommens dödlighet vid inkubering av lax- och öringsrom**

---

*Typ av publikation*

Forskningsrapport

*Uppdragsgivare*

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

*Datum för uppdragsgivandet*1.1.2003

---

*Projektnamn och -nummer*Utredning av orsakerna till romdödlighet

---

*Referat*

I fiskodlingshallen vid Taivalkoski vilt- och fiskeriforskningsstation gjordes vintern 2002–2003 ett pilotförsök och vintern 2003-2004 ett egentligt försök, i vilka man undersökte effekten av olika vattenkvalitet på lax- och öringsrommens dödlighet samt vilken inverkan bortplockning av döda romkorn hade för dödligheten. Det bästa resultatet vid inkubering av lax- och öringsrom erhöles med grundvatten. Vid inkubering med ytvatten och filtrerat ytvatten förbättrades överlevnaden för lax- och öringsrommen klart, då döda romkorn plockades bort. Någon tydlig nytta av att plocka bort död rom kunde däremot inte konstateras vid inkubering med grundvatten. I tre av fyra delförsök erhöles det bästa inkubationsresultatet då grundvatten användes och döda romkorn inte plockades bort. Resultatet sporrar till fortsatt undersökning av hur nämnda kombination också kan användas vid rutinmässig odling.

---

*Nyckelord*

Rom, dödlighet, lax, öring, inkubering, vattenkvalitet

---

*Seriens namn och nummer*

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 195

*ISBN*

951-776-500-2

*ISSN*0787-8478

---

*Sidoantal*

19 s. + 2 bilagor

*Språk*

Finska

*Pris*

8 €

*Sekretessgrad*Offentlig

---

*Försäljning*

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet  
Kundtjänst och försäljning  
Viksbågen 4, PB 2  
00791 Helsingfors  
Tel. 0205 7511 Fax 0205 751 201  
[julkaisumyynnti@rktl.fi](mailto:julkaisumyynnti@rktl.fi)  
[www.rktl.fi](http://www.rktl.fi)

*Förlag*

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet  
PB 6  
00721 Helsinki  
Tel. 0205 7511 Fax 0205 751 201

---

*Published by*

Finnish Game and Fisheries Research Institute

*Date of Publication*Juni 2005

---

*Author(s)*Tapio Sutela, Pauliina Louhi, Aki Mäki-Petäys, Marko Paasimaa and Pentti Pasanen

---

*Title of Publication***Effects of water quality and hand picking of dead eggs on survival of brown trout and Atlantic salmon eggs**

---

*Type of Publication*

Research report

*Commissioned by*

Finnish Game and Fisheries Research Institute

*Date of Research Contract*

---

*Title and Number of Project*

---

*Abstract*

The effects of water quality and hand picking of dead eggs on the survival of brown trout and Atlantic salmon eggs were studied experimentally. The trials were conducted in the winters of 2002-2003 and 2003-2004 in the hatchery of Taivalkoski Game and Fisheries Research. Incubations in ground water yielded higher egg survival than in surface water or filtered surface water. Hand picking tended to enhance egg survival in surface water and filtered surface water incubations, but not in ground water incubations. In three trials of four, the best combination for enhancing egg survival for both species was ground water with no hand picking. The results encourage further research into the above-mentioned combination in fish farming.

---

*Key words*Egg mortality, hand picking, *Salmo*, hatching success

---

*Series (key title and no.)*

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 195

*ISBN*

951-776-500-2

*ISSN*0787-8478

---

*Pages*

19 p. + 2 appendices

*Language*

Finnish

*Price*

€ 8

*Confidentiality*Public

---

*Distributed by*

Finnish Game and Fisheries Research Institute  
Customer Service  
P.O. Box 2  
FIN-00791 Helsinki, Finland  
Phone +358 205 7511 Fax +358 205 751 201  
www.rktl.fi

*Publisher*

Finnish Game and Fisheries Research Institute  
P.O.Box 2  
FIN-00791 Helsinki, Finland  
Phone +358 205 7511 Fax +358 205 751 201

---

# KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

## Aiemmin ilmestyneitä julkaisuja

### 194. KEKÄLÄINEN, J.

Haukien (*Esox lucius* L.) saalistuksen vaikutus istutettujen lohen (*Salmo salar* L.) vaelluspoikasten kuolleisuuteen Pyhäjoella) (Inverkan av predation från gädda (*Esox lucius* L.) på dödlighet hos laxsmolt (*Salmo salar* L.) som satts ut i Pyhäjoki älv) (Effects of predation by northern pike (*Esox lucius* L.) on the mortality of introduced salmon (*Salmo salar* L.) smolts in the River Pyhäjoki). 33 s. Helsinki 2005.

### 193. HEINIMAA, S., SALONEN, E.

Lokkilapamadon esiintyminen Inarijärven taimenissa ja nieriöissä vuosina 1994–2003. (Måsbinnikemask hos öring och röding i Enare träsk åren 1994–2003). (Occurrence of gull tapeworm in brown trout and arctic char in the Lake Inari in years 1994–2003). 22 s. Helsinki 2005.

### 192. KERÄNEN, P.

Alitsariinipunainen S (ARS) -väriaineella merkittyjen kalojen otoliittien tulkinta fluoresenssimikroskopiolla. (Analys, med hjälp av fluorescensmikroskopi, av otoliter från fisk, som märkts med alizarinrött S (ARS)). The interpretation of alizarin red S (ARS) labelled fish otoliths with fluorescence microscopy). 34 s. Helsinki 2004.

### 191. LOUHI, P., MÄKI-PETÄYS, A.

Elämää soraikon ulkopuolella ja sisällä – lohen ja taimenen kutupaikan valinta sekä mädin elinympäristövaatimukset (Livet utanför och inne i grusbädden – laxens och öringens val av lekplats och rommens krav på miljö) (Living outside and inside the gravel – the spawning habitat selection of Atlantic salmon and brown trout and the habitat requirements of intragravel embryos). 23 s. Helsinki 2003.

### 190. MIKKOLA, J., YRJÖLÄ, R.

Suomalainen vapaa-ajankalastaja ja -kalastus vuosituhannen vaihtuessa. (Fritidsfiskaren och fritidsfisket i millennieskiftets Finland) (Finnish recreational fishermen and fishery at the turn of the century). 35 s. Helsinki 2003.

### 189. LAUTALA, T.

Hybridisaatio taimenkantojen hoidossa – uhka vai oljenkorsi taimenen monimuotoisuudelle? (Hybridisering av öringstammarna - hot eller halmstrå för diversiteten?) (Hybridization in trout stock management – a threat, or an opportunity for trout diversity?). 21 s. Helsinki 2003.

### 187. TOIVONEN, A.-L., MIKKOLA, J., SALMI, P., SALMI, J.

Vapaa-ajankalastuksen monet merkitykset. (Det mångfacetterade fritidsfisket) (Multiple dimensions of recreational fisheries). 30 s. Helsinki 2003.

### 186. ERKINARO, J., MÄKI-PETÄYS, A., JUNTUNEN, K., ROMA-KANIEMI, A., JOKIKOKKO, E., IKONEN, E., HUHMARNIEMI, A.

Itämeren lohikantojen elvytysohjelma SAP vuosina 1997 – 2002. (Vitaliseringsprogrammet för laxstammarna i Östersjön SAP åren 1997-2002) (The Baltic Salmon Action Plan in Finland, 1997-2002). 31 s. Helsinki 2003.

### 185. KREIVI, P., SIIRA, A., IKONEN, E., SUURONEN, P., HELLE, E., RIIKONEN, R., LEHTONEN, E.

Hylkeen aiheuttamat saalistappiot ja pyydysvahingot lohirsäkalastuksessa vuonna 2001. (Fångstförluster och redskapsskador förorsakade av säl i fisket med laxryssjor år 2001) (Seal-induced damage to salmon trap net fishery in the year 2001). 20 s. Helsinki 2002.

### 184. SIIRA, A., IKONEN, E., SUURONEN, P., RIIKONEN, R., LEHTONEN, E.

Lohen eloonjäänti rysästä vapauttamisen jälkeen. (Laxarnas överlevnad sedan de släppts ur ryssjan) (Survival of trap net-caught and live-released salmon in the Gulf of Bothnia in Baltic Sea). 24 s. Helsinki 2002.

### 183.

Vesialueiden omistus ja alueellinen hallinnointi. Muje, K., Tonder, M. (toim.). (Vattenägande och regional förvaltning) (Ownership of water and regional management). 119 s. Helsinki 2002.

### 182.

Meritaimenen tila ja kalastus Pohjanlahden alueella. Kallio-Nyberg, I., Jutila, E. & Saura, A. (toim.). (Havsöringens tillstånd och havsöringsfisket i Bottniska viken) (The status and fishing of sea trout in the Gulf of Bothnia area). 69 s. Helsinki 2002.

### 181. ESKELINEN, P., PIIRONEN, J., PRIMMER, C.

Selviävätkö kaikki lohiperheet yhtä hyvin alkukasvatuksen aikana? (Klarar sig alla laxfamiljer lika bra i början av uppfödningen?) (Do all salmon families manage equally during the early culture stages?). 32 s. Helsinki 2002.

**180.** *HUHMARNIEMI, A., ARONSUU, K.*

Kalajoen vaellussiika – lisääntymisongelmia ja istukkaiden liikapyyntiä. (Vandringssiken i Kalajoki – reproduktionsproblem och en alltför intensivt fångst av utplanterad fisk) (Whitefish of the River Kalajoki – Problems with natural production and with overfishing of stocked fish). 32 s. Helsinki 2001.

**179.** *NIVA T.*

Perämeren ja sen jokien lohi-istutusten tuloksellisuus vuosina 1959-1999. (Utbytet av laxutsättningarna i Bottenviken och dess älvar åren 1959-1999) (Results of salmon smolt releases in the Bothnian Bay from 1959-1999). 67 s. Helsinki 2001.

**178.** *PENNANEN, J. T.*

Toutaimen istutukset ja niiden tulokset. (Utsättningar av asp och deras resultat) (Releases of asp and their results). 55 s. Helsinki 2001.

**177.** Paikallinen tieto, asiantuntijuus ja vuorovaikutus kalavesien hallinnassa. Salmi, P. (toim.)

(Lokal kunskap, sakkunskap och samverkan vid administration av fiskevatten) (Local knowledge, expert knowledge and communication in fisheries governance). 115 s. Helsinki 2001.

**176.** *NIEMELÄ, E., ERKINARO, J., KYLMÄÄHO, M., JULKUNEN, M., MOEN, K.*

Näätämöjien lohien poikastiheys ja kasvu. (Yngeltäthet och tillväxt hos laxen i Näätämöjoki) (The density and growth of juvenile salmon in the River Näätämöjoki). 27 s. Helsinki 2001.

**175.** *SAURA, A.*

Taimenkantojen tila Suomenlahden pohjoisrannikon joissa. (Öringsbeståndens tillstånd i år och älvar längs Finska vikens norra kust) (Sea trout stocks in the rivers flowing from the northern coast into the Gulf of Finland). 48 s. Helsinki 2001.

**174.** *KOIVURINTA, M., VÄHÄNÄKKI, P., SAURA, A.*

Meritaimen ja sen kalastus itäisellä Suomenlahdella 1990-luvulla. (Havsöring och havsöringsfiske i östra Finska viken på 1990-talet) (Stocking results of sea trout in the eastern Gulf of Finland). 24 s. Helsinki 2001.

**173.** *KALLIO-NYBERG, I., KOLJONEN, M.-L., JUTILA, E.*

Taimenatlas. (Öringsatlas) (Atlas of brown trout stocks). 57 s. Helsinki 2001.

**172.** *LÖNNSTRÖM, L.-G., RAHKONEN, R., GRÖNDAHL, A., PASTERNAK, M., LUNDÉN, T., KOSKELA, J., BYLUND, G.*

Siian rokotus paistautia ja vibrioosia vastaan. (Vaccinering av sik mot furunkulos och vibrios) (Vaccination against vibriosis and furunculosis in whitefish, *Coregonus lavaretus* (L.)). 15 s. Helsinki 2001

**171.** *KOSKELA, J., RAHKONEN, R., FORSMAN, L., NORRDAHL, O., LÖNNSTRÖM, L.-G.*

Siika ruokakalanviljelyssä – kahden siikakannan ja kantaristeytymän vertailu. (Sik i matfiskodling – en jämförelse mellan två sikstammar och deras hybrider) (Whitefish in aquaculture: comparison of two stocks and their hybrids). 24 s. Helsinki 2001.

**170.** *PARMANNE, R.*

Silakan poikasten runsaus Suomen rannikolla vuosina 1974-1996. (Tätheten av strömmingsyngel vid Finlands kuster åren 1974-1996) (Abundance of Baltic herring larvae off the coast of Finland in 1974 – 1996). 44 s. Helsinki 2001.

**169.** *MIKKOLA, J., LAAMANEN, M., JUTILA, E.*

Kymijoen vaelluskalat ja kalastus 1990-luvulla. (Kymmene älvs vandringssikar och fisket under 1990-talet) (Migratory fish of the Kymijoki river and their fishing in the 1990s). 44 s. Helsinki 2000.

**168.** *LAPPAINEN, A.*

Sisävesikalastus muuttuvassa yhteiskunnassa. (Insjöfisket i ett föränderligt samhälle) (Inland Fishing in a Changing Society). 38 s. Helsinki 2000.

**167.** *KOLARI, I., AUVINEN, H., HIRVONEN, E.*

Kalastus Puruvedellä vuosina 1979-1995. (Fisket i Puruvesi åren 1979-1995) (Fishing in Lake Puruvesi in 1979-1995). 25 s. Helsinki 2000.

**166.** *MÄKI-PETÄYS, A., HUUSKO, A., KREIVI, P.*

Järvilohen poikasten elinympäristövaatimukset kesällä ja syksyllä. (Insjölaxynglens krav på sin livsmiljö under sommar och höst) (Summer and autumn habitat requirements and the habitat use of young landlocked salmon (*Salmo salar m. lacustris*)). 15 s. Helsinki 2000.

**165.** *KEINÄNEN, M., TOLONEN, T., IKONEN, E., PARMANNE, R., TIGERSTEDT, C., RYTI LAHTI, J., SOIVIO, A., VUORINEN P.J.*

Itämeren lohien lisääntymishäiriö – M74. (Östersjölaxens reproduktionsstörning – M74) (Reproduction disorder of Baltic salmon – M74). 38 s. Helsinki 2000.

**164.** KOIVURINTA, M., SYDÄNOJA, A., MARJOMÄKI, T., HELMINEN, H., VALKEAJÄRVI, P.

Taimenen ja järvilohen ravinto ja kasvu Puulassa, Päijänteessä, Konnevedessä ja Säkylän Pyhäjärvässä vuosina 1995-1996. (Öringens och insjöloxens föda och tillväxt i Puula, Päijänne, Konnevesi och Säkylä Pyhäjärvi åren 1995-1996) (Diet and growth of brown trout and landlocked salmon in lakes Puula, Päijänne, Konnevesi (central Finland) and Pyhäjärvi (SW Finland) from 1995-1996). 32 s. Helsinki 2000.

**163.** KOLARI, I., HIRVONEN, E., FRIMAN, T.

Nieriäistutusten tuloksellisuus Puruvedessä. (Utbytet av rödingsutsättningarna i Puruvesi) (The stocking results of Arctic charr in Lake Puruvesi). 42 s. Helsinki 1999.

**162.** Ahvenen ravinto Puruvedessä. Vuorimies, O. (toim.). (Abborrens föda i Puruvesi) (The food of perch in Lake Puruvesi). 44s. Helsinki 1999.

**161.** VALKEAJÄRVI, P.

Päijänteen säännöstelyn vaikutus siikakantaan. (Inverkan av Päijännes reglering på sikbeståndet) (Effect of water level regulation on the whitefish stock in Lake Päijänne). 34 s. Helsinki 1999.

**160.** SIIRA, A., HUUSKO, A., KORHONEN, P.

Taimenistutusten vaikutus vaikutus Kitkajärvien muikkukantaan ja kalansaaliiseen. (Inverkan av öringutsättningarna på beståndet av siklöja och på fiskfångsterna i Kitkajärvi-sjöarna) (Affects of stocking of Brown Trout on Vendace population and total catch of fish in Lake Kitkajärvi). 27 s. Helsinki 1999.

**159.** PARMANNE, R.

Silakan kudun ajoittuminen ja kutuparviin koostumus rysäkalastuksen perusteella. (Strömmingens lektider och de lekande stimmens sammansättning enligt ryssjefångster) (The spawning time and composition of spawning shoals according to trapnet fishing of Baltic herring). 41 s. Helsinki 1999.

**158.** MUTENIA, A., SALONEN, E., KOTAJÄRVI, M.

Lokan ja Porttipahdan vaellussiika – tekojärvien paikallinen arvokala. (Älvsiken i Lokka och Porttipahta - vattenmagasinens lokala värdefisk) (Whitefish: a Local Fish of Value in the Lokka and Porttipahta Reservoirs) 29. s. Helsinki 1999.

**157.** SAURA, A.

Taimenen säilyttäminen Gumbölenjoessa. (Åtgärder för att bevara öringen i Gumbölean) (Maintenance of the trout in the Gumbölenjoki River in Espoo). 19. s. Helsinki 1999.

**156.** NYKÄNEN, M., HUUSKO, A.

Harjuksen elinympäristövaatimukset virtavesissä - kirjallisuusselvitys. (Harrens miljökrav i rinnande vatten - litteraturundersökning) (Habitat requirements and habitat use of riverine European grayling (Thymallus thymallus (L.)) — a review). 23 s. Helsinki 1999.

**155.** Saimaan järvilohen elinolosuhteiden parantaminen. Makkonen, J. (toim.). (Hur kan förhållandena för insjöloxen i Saimen förbättras?) (Improving the living conditions for Saimaa landlocked salmon). 97 s. Helsinki 1999.

**154.** JUTILA, E., JOKIKOKKO, E., SALO, P.

Viehekalastuksen kehitys Simojoella - kalastus Simossa ja Ranualla 1994 -1997

(Utvecklingen av spöfisket i Simojoki - fisket i Simo och Ranua åren 1994 - 97) (Development of rod fishing in the Simojoki River: fishing in the municipalities of Simo and Ranua, 1994-1997). Helsinki 1999.

**153.** HEIKINHEIMO, O.

Siian kalastuksen säätely sisävesissä.

(Reglering av sikfisket i insjöområdet) (Management of the whitefish (Coregonus lavaretus (L.)) fishery in inland waters). 26 s. Helsinki 1999.