

**KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 322**

*Sirkka Heinimaa, Päivi Eskelinen, Unto Eskelinen, Jarmo Makkonen,  
Pentti Pasanen, Jorma Piironen ja Jouni Vielma*

**Mädintuotantoon vaikuttavat tekijät**

Helsinki 2004

Sirkka Heinimaa, Päivi Eskelinen, Unto Eskelinen, Jarmo Makkonen, Pentti Pasanen, Jorma Piironen ja Jouni Vielma

**Mädintuotantoon vaikuttavat tekijät**

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, vesiviljely

Mätikuolleisuuden syiden selvittäminen 503035

Emokalaviljely ja siihen perustuva mädintuotanto ovat RKTL:n vesiviljelyn ydintehtävät. Emokalojen viljelyolosuhteet ja toimintaympäristö ovat kehittyneet paljon 1990-luvun aikana. Haluttuun mädin tuotantovarmuuteen ja laatuun ei olla kuitenkaan päästy kaikkien lajien osalta. Mädintuotanto ja haudontatulokset ovat täysin riippuvaisia siitä kuinka hyvin kasvatusta ja haudontasuhteet laitoksissa vastaavat kalojen vaatimuksia. RKTL:n laitoksilla kaloja viljellään hyvin vaihtelevissa olosuhteissa. Niinpä mädintuotanto, emokalojen ja mätimunien koko sekä haudontatulokset vaihtelevat laitoksittain. Lajeista taimenen viljelytulokset ovat yleisesti hyvät, sen sijaan siialla, harjuksella ja Taivalkosken lohella haudontatappiot ovat korkeat vuodesta toiseen.

Viljelytulokseen vaikuttivat monet tekijät. Viljelytilojen valosykillä oli vaikutusta martokalojen määrään merilohi ja -taimenparvissa Muonion laitoksella. Kesäpäivän seisauksen jälkeinen pitkä päivä viivästytti syyskutuisten lajien lypsyajankohtaan. Kasvukauden lämpösummalla oli vaikutusta haudontatulokseen merilohella, -taimenella ja nieriällä. Kesällä alhaiset veden happipitoisuudet heikensivät lohien mädin haudontatulosta Taivalkoskella. Kolmiasteinen ja kylmempi lypsyveden lämpötilalla heikensi syyskutuisten lajien haudontatulosta Muonion laitoksella.

Jatkoselvityksiä kuitenkin tarvitaan eri viljelytekijöiden vaikutuksesta mädin laatuun erityisesti siian osalta. Emokalojen ja mädin biologinen laadun seuranta ja kehittäminen ovat tarpeen jatkossakin mädin tuotantovarmuuden ja laadun parantamiseksi RKTL:n laitoksilla.

emokalasto, mädintuotanto, mäti, haudonta

Kala- ja riistaraportteja 322

951-776-456-1

1238-3325

48 s. + 4 liitettä

suomi

julkinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
Vesiviljely  
Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus  
Ohtaojantie 19  
93400 Taivalkoski  
Puh: 0205 751 572 Faksi 0205 751 559

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
PL 6  
00721 Helsinki  
Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201

# Sisällys

1. JOHDANTO .....	1
1.1. Työn taustaa .....	1
1.2. Biologista taustaa .....	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	3
3. VILJELYOLOSUHTEET RKTL:N KALANVILJELYLAITOKSISSA .....	4
3.1. Hallien käyttöönotto 1990-luvulla .....	4
3.2. Käytössä olevat altaat.....	4
3.3. Viljelytilojen valaistus.....	4
3.4. Laitosten viljelyvesi ja veden lämpötila.....	5
3.5. Rehut ja ruokinta .....	7
4. KALOJEN TERVEYS.....	9
5. VILJELYRUTIINIT LAITOKSILLA .....	10
6. RKTL:N KALANVILJELYLAITOSTEN EMOKALASTO JA MÄDINTUOTANTO .....	12
6.1. Emokalasto ja tuotetun mädin määrä .....	12
6.2. Emokalaparvien mädintuotanto.....	12
6.3. Emokalojen ikä.....	13
6.4. Emokalojen koko.....	14
6.4.1. Taivalkosken laitoksen emokalojen koon kehitys 1970-luvulta alkaen.....	14
6.4.2. Muiden laitosten emokalojen keskipainot 1990–2002.....	15
6.5. Martojen kalojen määrä.....	18
6.6. Mätimunän koko .....	20
6.6.1. Mätimunän koko 1970-luvulta nykypäivään Taivalkosken laitoksessa.....	20
6.6.2. Mätimunän koko muilla laitoksilla vuosina 1994–2002 .....	21
7. HAUDONTATULOKSET JA NIIHIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT .....	23
7.1. Haudontatappiot .....	23
7.1.1. Haudontatappio lajeittain .....	23
7.1.2. Haudontatappiot laitoksittain .....	23
7.1.3. Haudontatappiot kannoittain .....	24
7.1.4. Haudontatappiot vuosittain.....	25
7.2. Haudontatulokseen vaikuttavia tekijöitä .....	25
7.2.1. Päivänpituus .....	25
7.2.2. Lypsyajankohta .....	26
7.2.3. Lypsyveden lämpötila .....	27
7.2.4. Viljelyveden lämpötila .....	29
7.2.5. Viljelyveden happipitoisuus .....	31
8. TULOSTEN TARKASTELU.....	33
8.1. Vesiviljelytoiminnassa tapahtuneita muutoksia .....	33
8.2. Viljelyolosuhteissa tapahtuneita muutoksia .....	33
8.2.1. Siirtyminen ulkoaltaista halleihin.....	33
8.2.2. Valon vaikutus emokaloihin ja mätiin.....	34
8.2.3. Veden lämpötila .....	34
8.2.4. Kuivarehuissa ja ruokinnassa tapahtuneita muutoksia.....	36
8.2.5. Emokalojen koko ja mädin laatu .....	37
8.2.6. Merilohen viljelyn problematiikkaa .....	38

9. SUOSITUKSIA VILJELYKÄYTÄNTÖIHIN.....	40
10. JATKOTOIMENPITEET .....	41
KIITOKSET.....	43
KIRJALLISUUS.....	44
MUUTA AIHEESEEN LIITTYVÄÄ KIRJALLISUUTTA .....	47

Liite 1. Tuottavien emokalojen lukumäärä ja biomassa RKTL:n kalanviljelylaitoksilla vuosina 1994–2003.

Liite 2. RKTL:n kalanviljelylaitosten tuottama vastalypsetyn ja silmäpisteasteelle kehittyneen mädin määrä litroina laitoksittain vuosina 1994–2003.

Liite 3. Merilohen, -taimenen, vaellussiiian ja planktonsiian ei-sukukypsien ja martojen kalojen osuus parvissa Muonion, Taivalkosken, Kainuun, Laukaan ja Saimaan kalanviljelylaitoksilla vuosina 1994–2002.

Liite 4. Mädin haudontatappio lypsystä spa-vaiheeseen RKTL:n kalanviljelylaitoksilla vuosina 1994–2002.

# 1. Johdanto

## 1.1. Työn taustaa

Emokalanviljely ja siihen perustuva mädintuotanto on RKTL:n vesiviljelyn ydintehtävä. Emokalojen ja mädin kuolleisuus vaikuttaa viljelynvaraisten uhanalaisten kantojen monimuotoisuuden säilymiseen. Lukuisat yhteiskunnalliset kalakantojen hoitohankkeet sekä suuri määrä yksityisiä kalanviljely-yrityksiä ovat riippuvaisia RKTL:n mädintuotannosta. Tuotantohäiriöt aiheuttavat jälkeenjääneisyyttä kalataloudellisissa hoitovelvoitteissa. Tuotannon varmistaminen parvikokoja kasvattamalla ja varakantaviljelyllä lisää emokalankasvatuksen kustannuksia. Mädin laatu ja tuotantovarmuus ovatkin tärkeimmät RKTL:n vesiviljelyn laatukriteerit.

Vesiviljelypäivillä 28.1.2003 Oulussa tehdyn ryhmätönn mukaan eniten ongelmia emokalojen viljelyssä ja mädin tuotannossa oli harjuksella, lohella, eri siikamuodoilla ja joillakin järvi- ja purotaimenkannoilla. Ongelmat kuitenkin vaihtelevat laitoksittain ja niitä kartoitettiin tarkemmin Oulussa 14.5.2003 pidetyssä seminaarissa. Ongelmien taustalla saattavat olla monetkin eri tekijät. Emokalojen viljelyolosuhteissa on tapahtunut muutoksia, viljely on siirtynyt ulkoaltaista halleihin. Veden lämpötilassa, rehussa ja ruokinnassa sekä myös viljelyrutiineissa ja haudonnassa tapahtuneet muutokset ovat mahdollisesti voineet lisätä haudontatappioita. Ongelmakenttä todettiin siis laajaksi ja moniulotteiseksi. Sitä pohdittiin tarkemmin Laukaassa 7.8.2003 pidetyssä asiantuntijakokouksessa, jossa päädyttiin esittämään hankkeen käynnistämistä mätikuolleisuuden syiden selvittämiseksi RKTL:n kalanviljelylaitoksilla.

Työssä selvitettiin mädintuotantoa ja haudontatuloksia, niihin vaikuttavia tekijöitä ja niissä tapahtuneita muutoksia vuosien 1990–2003 aikana RKTL:n kalanviljelylaitoksilla. Työssä keskityttiin niihin lajeihin, joilla haudontatulokset ovat olleet heikoimmat. Tulosten perusteella on koottu suosituksia kalanviljelyn kehittämiseksi ja jatkotutkimustarpeiksi. Lisäksi raportin loppuun on koottu aiheeseen liittyvää kirjallisuutta.

## 1.2. Biologista taustaa

Emokalojen sukukypsyminen on geneettisesti ohjattu tapahtuma, jonka ajoittumista säätelevät ympäristötekijät vaikuttamalla sukurauhasten kehitystä säätelevien hormonien eritykseen. Sukusolujen tuottaminen ja lisääntymiseen liittyvät tapahtumat ovat energeettisesti raskas ponnistus yksilölle. Kalat sukukypsyvätkin vasta siten kun niihin on varastoitunut tarpeeksi rasvaa kattamaan lisääntymisponnistuksen aiheuttama energian kulutus (Kadri ym. 1996). Maidin tuottaminen on energeettisesti helpompaa kuin mädin, joten koiraat tulevat sukukypsiksi aikaisemmin kuin naaraat. Toisaalta ulkoisten sukupuolintuntomerkkien kehittyminen ja kutukäyttäytyminen taas kuluttavat enemmän energiaa koirailta kuin naarailta.

Sukusolut alkavat kehittyä jo kauan ennen kutua. Aikuisilla naarailta on kahdessa kehitysvaiheessa olevia primaarisia ja sekundaarisia munasoluja. Syyskutuisten kalojen sukusolujen kehitys on talvella pysähtynyt ja sekundaarivaiheen munasolut alkavat kehittyä keväällä, jos rasvavarastot ovat riittävät. Keväällä ja alkukesästä sukurauhasten painon kehitys on vielä hidasta, mutta mätimunaa kuori alkaa kehittyä. Sukurauhasten painon kehitys on nopeinta noin kuukautta ennen kutua, vitellogeneesin aikana, jolloin maksassa kehittyneet ruskuaisen ainekset siirtyvät mätimuniin (Bon ym. 1999). Ovulaatio eli mätimunien irtoaminen munarauhasesta tapahtuu hyvin pian munasolujen kypsymisen jälkeen.

Sukurauhasten vuodenaikaista kehittymistä säätelee ensisijaisesti päivän pituus. Veden lämpötila säätelee jossain määrin sukusolujen kehityksen nopeutta, vaikuttaen varsinkin ovuloitumisajankohtaan. Syyskutuisilla lajeilla viilenevä vesi laukaisee kudun. kaloilla on myös nk. sisäinen vuosirytm, jolloin tietyn kutuajan saaminen kaloille on helpointa, kun ne kasvatetaan alusta asti haluttuun vuosisykliin.

Sukusolujen kehittymisen aikana emokalojen kunto, ravitsemustila, terveys ja stressitila vaikuttavat kehittyvien sukusolujen laatuun. Lajin ja kantojen kehityksen aikana kalat ovat sopeutuneet tiettyihin ympäristöolosuhteisiin ja sukurauhasten kehitys ja ovuloituminen tapahtuvat tiettyssä valosyklissä ja veden lämpötilassa. Oletettavaa on, että mitä paremmin ympäristöolosuhteet laitoksessa vastaavat olosuhteita luonnossa, sitä paremmin emokalat voivat, sukusolujen kehitys tapahtuu oikea-aikaisesti ja sukusolujen laatu on hyvä. Valitettavan vähän kuitenkin tiedetään eri lajien ja kantojen ympäristöolosuhteista ja niiden vuodeaikaisista muutoksista luonnossa.

Laitos- ja luonnonemokalojen välillä on selvä ero emokalojen koossa ja lisääntymiskertojen määrässä. Poikasvaiheen kasvu on yleensä laitoksessa nopeampaa kuin luonnossa ja kalat saavuttavat sukukypsyyden nuorempina ja pienempinä kuin luonnossa. Mätimunien koko riippuu pääsääntöisesti emokalan koosta, jolloin laitosemokalojen mätimunat ovat yleensä pienempiä kuin luonnonemokalojen (Määttä 2000). Luonnossa suurin osa pitkävaelteisista lohikaloista kutee vain kerran elämässään ja nekin jotka kutevat useamman kerran pitävät yleensä väli vuoden tai väli vuosia ennen seuraavaa kutua. Lajit ja muodot, jotka tulevat sukukypsiksi nuorina ja pieninä ja joiden kutu-aika on lyhyt, todennäköisesti kutevat useasti ja mahdollisesti perättäisinä vuosina luonnossakin. Laitoksessa lajista ja muodosta riippumatta suurin osa parven emokaloista kutee joka vuosi.

Lypsyn oikealla ajoittumisella, lypsytekniikalla, mätimunien käsittelyn hellävaraisuudella ja haudontaolosuhteilla voidaan vaikuttaa haudontatulokseen ainakin jossain määrin (Forsman ym. 1992, Niemitalo ym. 1992, Karjalainen 1993). Haudontatuloksissa on kuitenkin suuria vuosien välisiä eroja, joita edellä mainituilla asioilla ei voida kokonaan selittää. Tällöin ratkaisua ongelmaan joudutaan hakemaan mädin laadusta, johon vaikuttaa ratkaisevasti emokalojen hyvinvointi. Emokalojen hyvinvointiin vaikuttavat monet tekijät, kuten ravinto, veden lämpötila ja laatu, valon voimakkuus, paisteisuus, hoitomenetelmät, kalatiheys, taudit, loiset ym. Mitä huonommin olosuhteet vastaavat emokalojen vaatimuksia, sitä enemmän kalat stressaantuvat. Stressin on todettu viivästyttävän ovulaatiota, pienentävän mätimunien kokoa ja lisäävän mädin kuolleisuutta.

## 2. Aineisto ja menetelmät

Aineisto on kerätty kahdeksalta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen emokalalaitokselta Inarista, Sarmijärveltä, Muoniosta, Kuusamosta, Taivalkoskelta, Kainuusta, Laukaalta ja Saimaalla. Lisäksi Lautiosaaresta on kerätty aineistoa luonnosta pyydytyistä emokaloista. Tervon laitos on jätetty ulkopuolelle siksi, että sen rooli pääasiassa kirjolohen valintajalostuslaitoksena poikkeaa muista RKTL:n viljelylaitoksista, jotka pitävät yllä emokalastoja biodiversiteettisistä ja tuottavat mätiä poikasistukaskasvatusta varten. Aineiston keräämisessä on keskitytty syyskutuisiin lajeihin, pois lukien muikku, jota on ollut viljelyssä lyhyen aikaa Inarin ja Taivalkosken laitoksilla. Kirjolohta ja kuhaa ei ole tässä työssä käsitelty lainkaan ja harjuksen osalta viitataan vasta valmistuneeseen erillisselvitykseen (Makkonen & Pursiainen 2004).

Aineiston keräämistä varten laitosten yhdyshenkilöille lähetettiin kysely, jossa pyydettiin tietoja emokalojen viljelyolosuhteista ja viljelyrutiineista sekä pyydettiin lähettämään laitoksen veden lämpötila-, emokalasto- ja parvikohtaiset tuotantotiedot vuosilta 1990–2003. Aineiston keräämisen yhteydessä laitoksilla käytiin haastattelemassa (S. Heinimaa) viljelyhenkilökuntaa. Laukaalla P. Eskelinen ja Saimaalla J. Makkonen hoitivat tiedon keruun ja viljelyhenkilökunnan haastattelun.

Aineistoa kerättiin kalojen viljelyolosuhteista ja niissä tapahtuneista muutoksista vuosilta 1990–2003, Laukaalta vuodesta 1994 lähtien. Taivalkosken laitokselta viljelytietoja merilohesta, plankton- ja pohjasiiasta kerättiin 1970-luvulta lähtien. Selvitettäviä ympäristömuuttujia olivat kasvatuspaikka (ulkoallas/halli), allastyyppi, käytetyt valojaksot, viljelyveden käsittelymahdollisuus laitoksilla, veden lämpötila, emokaloille syötetty ravinto ja ruokinta. Lisäksi Taivalkoskelta oli käytettävissä allaskohtaisia happipitoisuusmittauksia kesiltä 2000 ja 2001. Emokalaparvista kerättiin tietoja parvikoosta (lukumäärinä ja kiloina), iästä, martokalojen määrästä parvissa, emokalojen koosta (parven keskipaino), lypsetyn ja silmäpistevaiheen (spa) mädin määrästä (litroina), haudonnan aikaisesta kuolleisuudesta (%) ja spa-mätimunaa koosta (kpl/l). Suurin osa RKTL:n laitoksilla tuotetusta mädistä myydään spa-vaiheessa, joten kuolleisuutta spa-vaiheen jälkeen ei ole tarkasteltu. Lisäksi kerättiin tietoja lypsypäivämääristä ja emokalojen terveydestä. Aineisto on hyvin heterogeeninen, sillä kaikilta laitoksilta ja kaikilta vuosilta ei ole saatavissa samoja tietoja.

Viljelyrutiineissa on kuvailtu yleisesti emokalaryhmien perustaminen, kasvatustiheys, emokalojen käsittely lypsyn yhteydessä, lypsy ja hedelmöitys, mädin käsittely ennen haudontaan laittoa sekä mädin haudonta ja hoito.

Lämpösummien laskemisessa on käytetty Inarissa, Sarmijärvellä, Muoniossa ja Kuusamossa halliin tulevan veden päivittäistä lämpötilaa, Taivalkoskella Ohtaajan veden päivittäistä lämpötilaa, Kainuussa (vv. 1992–1993 ja 1996–2002) ja Laukaalla järven pinta- ja syväneveden päivittäisiä keskiarvoja ja Saimaalla Ylä-Enonveden lämpötilaa. Aineistosta on laskettu vuosien 1994–2003 lämpösummien keskiarvo ja -hajonta laitoksittain. Kasvukauden pituus on laskettu niiltä päiviltä, jolloin veden lämpötila on  $\geq 5$  °C ja kasvukauden lämpösumma on laskettu 1.5.–30.9. väliseltä ajalta. Emokalaparven mädintuotanto on laskettu litroina 100 kalakiloa kohti, sisältäen parven kaikki kalat.

Aineiston tilastollisessa käsittelyssä on käytetty ryhmien välisten erojen testaamiseen varianssianalyysijä General Linear Model (GLM) ja ANOVA. Parittaisessa vertailussa on käytetty T-testiä. Lypsypäivämäärien keskilukuna on käytetty mediaania.

## 3. Viljelyolosuhteet RKTL:n kalanviljelylaitoksissa

### 3.1. Hallien käyttöönotto 1990-luvulla

RKTL:n kalanviljelylaitoksille on 1990-luvun aikana rakennettu eri tyyppisiä halleja. Kuusamossa ulkona olevien altaitten päälle rakennettiin halli syksyllä 1992. Muoniossa uusi emokalahalli otettiin käyttöön 1994, Inarissa 1997 ja Laukaalla 1999. Taivalkoskella hallit otettiin käyttöön vuosina 1994–1997. Inarin, Muonion, Kuusamon ja Taivalkosken laitoksilla koko kalan elinkierto tapahtuu nykyisin sisätiloissa, vaikkakin Taivalkoskella on muutamia emokalaparvia vielä pidetty ulkoaltaissa. Sarmijärvellä ja Kainuussa kaikki emokalaparvet ovat ulkoaltaissa, samoin Saimaalla nieriää ja vuodesta 2002 harjusta lukuunottamatta. Laukaalla emokaloja viljellään sekä ulkoaltaissa että hallissa.

### 3.2. Käytössä olevat altaat

Siirtyminen ulkoaltaista halleihin on aiheuttanut muutoksia monella eri tavalla viljelyolosuhteisiin. Altaat ovat vaihtuneet maa- ja betonuoma-altaista eri kokoihin teräksestä, betonista tai eri muovilajeista valmistettuihin pyöreisiin altaisiin. Inarissa, Muoniossa ja Taivalkoskella uudet emokala-altaat ovat 50 m<sup>2</sup>:n kokoisia betonipohjaisia, teräsreunaisia, itsepuhdistuvia pyöröaltaita. Lisäksi Taivalkoskella on käytössä 6 ja 13 m<sup>2</sup>:n muovialtaita. Laukaan emokalahallissa on 28 ja 50 m<sup>2</sup>:n muovialtaita. Saimaan emohallissa nieriöitä viljellään 63 m<sup>2</sup>:n altaissa ja harjuksia 28 m<sup>2</sup>:n betonialtaissa. Ainoastaan Kuusamossa on käytössä neljän muotoisia 64 m<sup>2</sup>:n betonialtaita.

Ulkoallasalueella maa-uoma-altaita on käytössä Taivalkoskella (20 m<sup>2</sup>), ja Laukaalla (useita kokoja). Betonisia ulkoaltaita on käytössä Sarmijärvellä (200 m<sup>2</sup>:n uoma-altaat), Taivalkoskella (50 ja 95 m<sup>2</sup>:n pyöröaltaita), Kainuussa (75 m<sup>2</sup>:n pyöröaltaita, joista osa on katettu telttakatoksella), Saimaalla (63 ja 113 m<sup>2</sup>:n pyöröaltaita) ja Laukaalla (muutamia erikokoisia pyöröaltaita).

### 3.3. Viljelytilojen valaistus

Emokalahalleihin tulee valoa ikkunoista muilla laitoksilla paitsi Inarissa. Inarin ja Saimaan emokalahalleissa käytetään luonnollista valorytmiä eli valojen palamis aika säädetään paikallisen leveyspiirin auringon nousu- ja laskuaikojen mukaan (taulukko 1). Inarissa keskitalvella joulutammikuun välisenä aikana, jolloin aurinko ei nouse horisontin yläpuolelle, valot ovat palaneet emokalahallissa kahdesta neljään tuntia keskipäivällä. Muonion, Kuusamon, Taivalkosken ja Laukaan emokalahalleissa valojen palamis aika on luonnollista päivänpituutta pitempi talvella. Taivalkosken D-hallissa, jossa pidetään suurin osa lohitemokalaharvista, valojen palamis aika on säädetty Itämeren valorytmille, joka palautetaan kesäkuun alusta lypsyyn asti Taivalkosken valorytmille.



**Taulukko 1. Käytetyt valorytmit RKTL:n kalanviljelylaitosten emokalahoille.**

Laitos	Valorytmi	Valorytmin käyttöaika
Inari	69°N	ympäri vuoden
Muonio	67,9°N klo 7–16	21.5.–31.7. 1.8.–20.5.
Kuusamo	20°N	lokakuu–maaliskuu 1992–1998
Taivalkoski	60°N	lokakuu–maaliskuu vuodesta 1999 lähtien
	66,2°N	huhtikuu–syyskuu
	65,4°N	maaliskuu–lokakuu hallit B ja C
	klo 9–14.50	marraskuu–helmikuu hallit B ja C
Laukaa	58°N	marraskuu–toukokuu, halli D
	65,4°N	kesäkuu–lokakuu
	satunnainen	ympäri vuoden
Saimaa	62°N	ympäri vuoden

Allaskohtaisia valorytmejä on käytetty Inarissa viljelyssä olleille Vuoksen vesistön järviolohille sekä Muoniossa Tornionjoen lohi- ja meritaimenparville. Inarissa järviolohiparvet olivat Saimaan valorytmillä (62°N) kevätpäiväntasauksesta lypsyyn asti ja Inarin valorytmillä talven. Muoniossa peitettyjen lohialtaiden valorytmi on ollut 58°N leveyspiirin ja meritaimenaltaiden 62°N leveyspiirin mukainen. Kesäkuun alusta lypsyyn nämä lohi- ja taimenparvet ovat olleet Muonion valorytmillä.

Ulkoallasalueen valot ovat palaneet keskitalvella arkisin klo 7–15 Inarissa vuoteen 1997 asti. Sarmijärvellä ulkoallasalueen valojen palamisaika on ollut talviaikana arkena klo 6–18 ja viikonloppuisin klo 8–18 aina syksyyn 1999 asti, jonka jälkeen ulkovaloja ei ole käytetty. Muilla laitoksilla allasalueilla ei ole säännönmukaisesti käytetty ulkovaloja. Pihavalaistuksen käyttö vaihtelee laitoksittain ja tarpeen mukaan. Inarissa pihavalot palavat alle 50 luksin valon voimakkuudessa, Taivalkoskella valot palavat klo 6:sta 23:een talvella.

### 3.4. Laitosten viljelyvesi ja veden lämpötila

RKTL:n kalanviljelylaitokset ottavat vetensä joko joesta tai järvestä (taulukko 2, Makkonen & Pursiainen 2004). Järvivesilaitoksilla pinta- ja syvänevettä voidaan sekoittaa lämpötilan säätelyä varten. Taivalkoskelta etelään emokalojen viljelyvettä voidaan hakea ja tämän lisäksi rajallisesti lämmittää (Kainuu) ja kierrättää (Kainuu, Saimaa).

**Taulukko 2. RKTL:n kalanviljelylaitosten vesityslähde ja viljelyveden käsittelymahdollisuudet.**

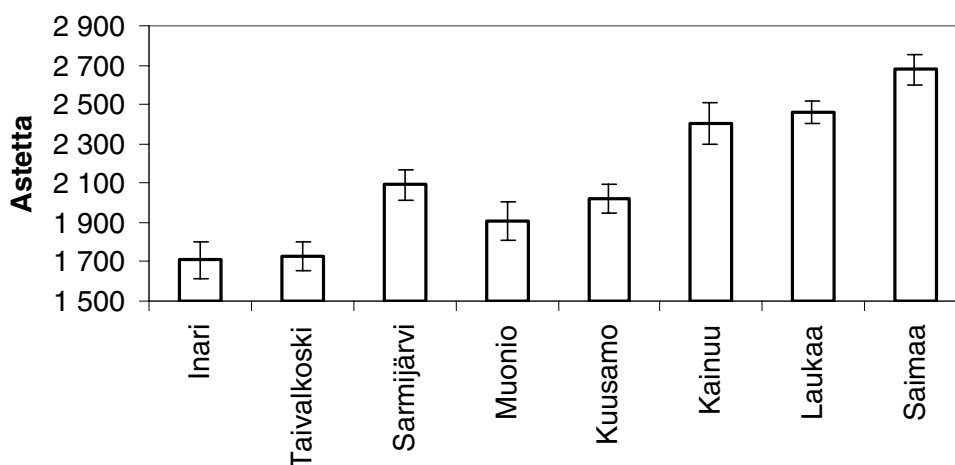
Laitos	Vesityslähde	Veden käsittelymahdollisuus
Inari	joki	
Sarmijärvi	pinta/syvänevesi järvestä	
Muonio	pinta/syvänevesi järvestä	
Kuusamo	joki	
Taivalkoski	joki	hapetus
	pohjavesi	
Kainuu	pinta/syvänevesi järvestä	hapetus, lämmitys ja kierrätys
Laukaa	pinta/syvänevesi järvestä	hapetus
Saimaa	pinta/syvänevesi järvestä	hapetus
	viileä syvänevesi järvestä	kierrätys, hapetus

Haudontavettä ei Inarin ja Sarmijärven laitoksilla käsitellä mitenkään. Muilla laitoksilla Laukaata lukuun ottamatta vedestä voidaan suodattaa kiintoainetta erilaisilla systeemeillä (taulukkoa 3). Haudontaveden lämpötilaa voidaan säädellä Kainuussa, Laukaassa ja Saimaalla. Laukaalla haudonnassa voidaan käyttää jonkin verran jokivettä.

**Taulukko 3. Haudontaveden käsittelymahdollisuudet RKTL:n kalanviljelylaitoksilla.**

Laitos	Veden käsittelymahdollisuus
Muonio	rumpusiivilä, ilmastus
Kuusamo	superlonsuodatin
Taivalkoski	hiekkasuodatin
Kainuu	rumpusiivilä, lämmitys, ilmastus, hapetus, kierrätys
Laukaa	lämmitys, jäähdytys, 2002 lähtien jäähdytys isommille vesimäärille
Saimaa	UNIK-suodatin, 2002 lähtien rumpusiivilä, lämmitys

Veden lämpötilaolosuhteisiin laitoksilla vaikuttavat laitoksen sijainti ja vesityslähde. Vuoden lämpösunnan mukaan laitokset voidaan jakaa kolmeen luokkaan (kuva 1). Pohjoiset jokilaitokset eli Inari ja Taivalkoski, joiden vuoden lämpösunta on keskimäärin hieman yli 1 700 astetta. Pohjoiset järvesilaitokset eli Sarmijärvi, Muonio ja Kuusamo, joiden lämpösunta ylittää 1 900 astetta. Vaikka Kuusamo ottaakin tulovetensä joesta, yläpuolisten järvien ja jokisyvänteen vaikutukset näkyvät selvästi veden lämpötilassa. Kolmas ryhmä on eteläiset järvelaitokset, Kainuu, Laukaa ja Saimaa, joiden vuotuinen lämpösunta on keskimäärin yli 2 400 astetta. Touko–syyskuun aikana vuoden lämpösunnasta kertyy jokivesilaitoksilla (Inari, Kuusamo ja Taivalkoski) yli 90 % ja järvesilaitoksilla 73–83 %. Ero syntyy talviajan veden lämpötiloista, jotka jokivesilaitoksilla ovat vain muutaman kymmenyksen nollan yläpuolella ja järvesilaitoksilla 1–2 astetta.

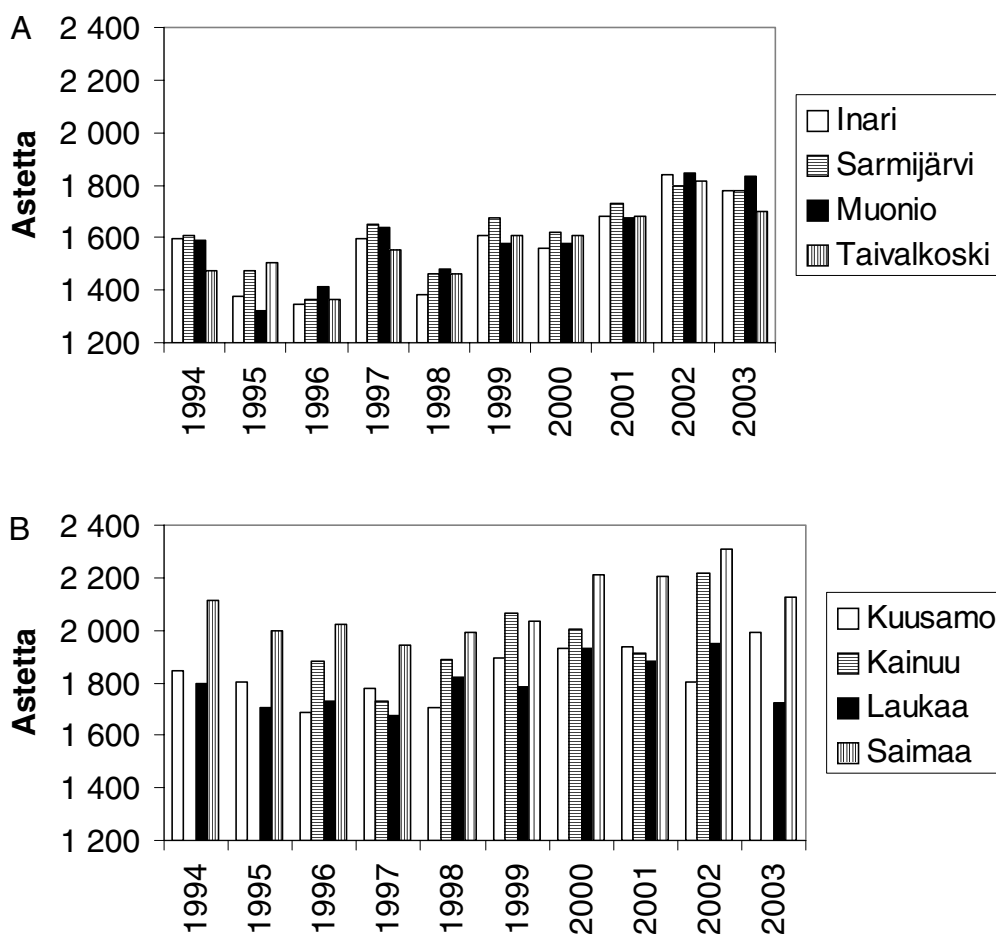


**Kuva 1. RKTL:n kalanviljelylaitosten tuloveden vuosittaisen lämpösunnan keskiarvo ja keskihajonta laskettuna vuosilta 1994–2003.**

Pohjoisen laitoksilla, Inarissa, Sarmijärvellä, Muoniossa ja Taivalkoskella veden lämpösunta touko–syyskuun aikana on yleensä eri vuosina ollut lähes saman suuruinen (kuva 2A). Kuusamon laitoksella kasvukauden lämpösunta on kuitenkin korkeampi kuin edellä mainituilla laitoksilla pohjoisesta sijainnista huolimatta. Kuusamon, Kainuun, Laukaan ja Saimaan laitosten touko–syyskuun lämpösunta vaihtelee laitosten välillä enemmän kuin pohjoisilla laitoksilla (kuva 2B). Viimeisen kymmenen vuoden aikana lämpösunnan vaihtelu on ollut pienin Laukaan laitoksella (270 astetta) ja suu-

rin Muoniossa (520 astetta). Muilla laitoksilla vaihtelu on ollut tältä väliltä. Yleissuuntaus on ollut, että vuodesta 1999 lämpösummat ovat kohonneet, mutta Taivalkoskelta etelään nousu taittui kesällä 2003.

Kasvukauden ( $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ) pituudessa on myös eroa laitosten välillä. Pohjoisen laitoksilla (Inari, Sarmijärvi ja Muonio) kasvukauden pituus on keskimäärin 130 päivää alkaen kesäkuun alusta ja päättyen lokakuun alkuun. Kuusamossa ja Taivalkoskella kasvukausi alkaa toukokuun loppupuolella. Taivalkoskella kasvukausi loppuu jo syyskuun lopulla mutta kestää Kuusamossa lokakuun alkupuolelle. Taivalkoskella keskimääräinen kasvukauden pituus on 135 päivää ja Kuusamossa 143 päivää. Kainuussa kasvukauden pituus on keskimäärin 154 päivää toukokuun puolivälistä lokakuun puoliväliin. Laukaalla ja Saimaalla kasvukauden pituus on keskimäärin 174 päivää toukokuun alkupuoliskolta lokakuun loppuun.



**Kuva 2. Veden lämpösumma laskettuna 1.5.–30.9. väliseltä ajalta A) Inarin, Sarmijärven, Muonion ja Taivalkosken laitoksilla ja B) Kuusamon, Kainuun, Laukaan ja Saimaan laitoksilla vuosina 1994–2003.**

### 3.5. Rehut ja ruokinta

Vuosina 1990–2003 RKTL:n kalanviljelylaitoksilla on käytetty emokalojen ruokintaan kaikkien Suomen markkinoilla olleiden rehuvalmistajien tuotteita (Vaasan forelli, Ewos, Rehurasio ja Biomar). Vaasan forellin ja Ewoksen rehujen käyttö loppui vuoteen 1997 ja Biomarin rehujen käyttö alkoi vuonna 1994. Nykyisin Rehuraision rehuja käytetään kaikilla laitoksilla ja niiden lisäksi käytetään Biomarin rehuja Inarin, Muo-

nion ja Taivalkosken laitoksilla. Rehujen tuotenimet ja koostumus ovat voineet vaihdella vuosittain.

Joillakin laitoksilla on tehty kokeiluja rehuilla, joita on markkinoitu ns. emorehuina; näitä rehuja on ruokittu lähinnä kuuriluonteisesti emokaloille lypsyn jälkeen Kuusamossa, Taivalkoskella, Kainuussa ja Saimaalla, mutta Laukaalla jatkuvana ruokintana. Lisäksi joillakin laitoksilla on ollut muita hajanaisia rehukokeiluja. Parvikohtaista tietoa eri tuotenimien käytöstä ei välttämättä ole saatavilla, joten tarkempia tietoja rehujen käytöstä ei tässä työssä esitetä.

Tuoretta ja pakastettua kalaa on käytetty emokalojen ruokintaan 1990-luvun puoliväliin asti muualla paitsi Kuusamossa. Sarmijärvellä ja Saimaalla rehukalan käyttö jatkui vuoteen 1998 ja Laukaalla vuoteen 2000. Rehukalana on käytetty pohjoisen laitoksilla lähinnä muikkua, Taivalkoskella lisäksi silakkaa ja Kainuun, Laukaan ja Saimaan laitoksilla kuoretta. Kalat on syötetty kokonaisina tai paloitetuna käsin emokaloille. Taivalkoskella rehukala on syötetty kaloille pääasiassa puolikuivana rehuna (jauhettu rehukala on pelletoitu kuivien raaka-aineiden avulla) vuoteen 1996 asti. Lisäksi Sarmijärven laitoksella on emokaloille syötetty poron maksaa vuoteen 1998 asti. 1990-luvulla tuorerehu on kuitenkin ollut vain lisäravintoa emokaloille, kuivarehun ollessa pääravinto.

Emokaloja ruokitaan automaatti- ja käsinruokintaa yhdistäen niin, että automaattiruokinta, erityisesti ympärivuotisena, on yleistynyt hallien myötä. Käsinruokintaa käytetään erityisesti talvisin, sekä kasvukaudella varmistamaan kalojen kylläisyys. Ruokinnassa käytetään allaskohtaisia ruokinta-automaatteja paitsi Taivalkoskella, jossa on käytössä ruokintarobotit.

Yleisin käytössä oleva ruokinta-automaatiojärjestelmä on Itumic Oy:n Salmo-ruokintajärjestelmä. Järjestelmän avulla voidaan säätää mm. ruokintamääriä ja -aikoja, mitä onkin jossain määrin käytetty hyväksi eri laitoksilla. Paikalliset sovellukset ruokinnan järjestämisessä ovat olleet niin moninaiset, että niiden huomioiminen mätikuolleisuuden syiden systemaattisessa analysoinnissa on vaikeaa. Tyypillistä sen sijaan on automaation myötä yleistynyt jokapäiväinen, rehua vähän kerrallaan annosteleva tiheävälinen ruokinta.

Emokalojen ruokinta keskeytetään lypsyajaksi, muuta paaston pituudessa on laitos- ja lajikohtaista vaihtelua. Kuusamossa ruokinta keskeytetään vain lypsyjen ajaksi, Inarissa, Taivalkoskella, Kainuussa ja Laukaalla noin kuukaudeksi. Muoniossa, Sarmijärvellä ja Saimaalla kalojen paasto voi kestää parikin kuukautta.

## 4. Kalojen terveys

Yleisesti ottaen pohjoisilla kalanviljelylaitoksilla on vähemmän tautiongelmia kuin eteläisillä laitoksilla. Inarissa ja Muoniossa emokaloilla ei ole ollut vakavia lois-, home- tai bakteeritauti-infektioita tarkkailujakson 1990–2003 välisenä aikana. Muoniossa normaalia suurempaa kuolleisuutta ovat aiheuttaneet merilohiparvella todetut kidusvauriot vuonna 2002 ja vaellussiioilla uimarakon laajeneminen vuonna 2003.

Sarmijärvellä ja Kuusamossa kalatäi on aiheuttanut kuolleisuutta emokalaparvissa kesinä 2001–2003. Pahin kalatäi-infektio tuhosi melkein kokonaan Kuusamon harjusemot kesällä 2002 ja Sarmijärven nieriäemot kesällä 2003. Molemmissa laitoksissa emokaloja on lääkitty BioMarin Slice- lääkehulla.

ASA vaivaa poikasia ja jonkin verran emokaloja Sarmijärven, Taivalkosken, Kainuun ja Laukaan laitoksilla. ASA on havaittu yksittäisistä emokalaparvista, eikä edes joka vuosi näillä laitoksilla. Saimaalla ASA-tautia esiintyy harjuksella joka kesä. Harjusemoja on lääkitty vuosina 1990–2003 lukuisilla erilaisilla antibiooteilla (mm. Teramycin, Oxovet, Orimycin) 1–3 kertaa/kesä/emoparvi (Makkonen & Pursiainen 2004). Saimaan laitoksella ASA aiheutti kesään 1999 asti suurta kuolleisuutta myös nieriällä ennen kylmän veden kierrätysjärjestelmän käyttöönottoa nieriän emokalan-kasvatuksessa.

Vuodesta 1995 lähtien vesihome on aiheuttanut ongelmia Kainuun, Laukaan ja jonkin verran Saimaan laitoksilla. Kainuussa vesihomeen aiheuttamat tappiot emokalaparvissa olivat korkeimmillaan vuosina 1995–2000 ja Laukaalla vuosina 2000–2001 (Anttonen 2004). Tämän jälkeen vesihomeinfektio-tilanne on helpottunut näissä laitoksissa.

Paisetauti on aiheuttanut emokaloille ongelmia muutamilla laitoksilla vuodesta 1986 lähtien. Taivalkosken laitoksella todettiin viimeinen paisetautitapaus vuonna 1996. Laukaalla paisetautia on esiintynyt emokaloilla 1988 lähtien. Paisetaudin hoidossa on käytetty antibiootteja ja ennaltaehkäisyssä rokotteita.

Eri laitoksilla esiintyy joskus joissakin parvissa kudun jälkeen korkeahkoa kuolleisuutta, jonka arvellaan johtuvan kuturasituksesta. Lois-infektioita on myös esiintynyt tarkkailujakson aikana, mutta niitä ei voida pitää merkittävänä, eivätkä ne ole aiheuttaneet suurta kuolleisuutta emokaloilla millään laitoksella kalatäitä lukuun ottamatta.

## 5. Viljelyrutiinit laitoksilla

Viljelyssä olevat emokalaparvet on perustettu pääsääntöisesti luonnosta pyydettyjen emokalojen mädistä ja maidista. Joitakin emokalaparvia on perustettu myös luonnosta pyydyistä poikasista. Eräiden kantojen uusia emokalaparvia on perustettu laitosemoista, koska emojen pyynti luonnosta on mahdotonta tai vaikeaa (Makkonen ym. 2000). Emokalojen perustamista koskevat ohjeet ovat tarkentuneet ja ovat osa vuoden 1999 alusta käyttöön otettua laatujärjestelmää (Makkonen ym. 2000) ja vuonna 2003 uusittua toiminta- ja ympäristöjärjestelmää.

Emokalojen kasvatustiheydet vaihtelevat suuresti, aina 1 kg:sta 26 kg:aan neliömetrillä. Eri ikäiset emokalaparvet pyritään pitämään erillään, jolloin suurissa emokalaparvissa kasvatustiheydet nousevat korkeammiksi kuin pienissä. Allastilanteen mukaan samaa emokalaparvea on voitu jakaa useampaan altaaseen, mutta myös eri ikäisiä emokalaparvia on yhdistetty samaan altaaseen.

Emokalojen käsittely ennen lypsyä on vähäistä. Ainoastaan Saimaalla järvilohen ja planktonsiian emokalal siirretään ulkoaltaista halliin lypsettäväksi. Muilla laitoksilla emot lypsetään altaissa tai nykyisin enimmäkseen altaan vieressä. Katoksia tai teltoja käytetään suojana, jos kalat lypsetään ulkona. Lypsyn jälkeen emokaloja on kylvetetty vesihometta vastaan aiemmin malakiitilla Sarmijärvellä, Kainuussa, Laukaalla ja Saimaalla. Malakiitin käyttökiellon jälkeen (1.10.2001) kylvetyksissä on käytetty vetyperoksidia Kainuussa, Laukaalla ja Saimaalla, Sarmijärvellä kylvetyksistä on luovuttu.

Emokalalajitellaan ennen lypsyä tai lypsyn yhteydessä koiraisiin, naaraisiin ja eisukukypsiin/martoihin yksilöihin, jotka laitetaan omiin sumpuihin, sektoriaitauksiin tai altaisiin. Kaloja pidetään sumpuissa lypsyn ajan, parista viikosta kuukauteen. Kalat lajitellaan ilman nukutusta Kuusamon laitoksella. Muilla laitoksilla emokalal nukutetaan trikaiinilla (MS-222), mutta puskuriliuoksen käyttö nukutusaineen yhteydessä vaihtelee laitoksittain. Emokalal kuivataan ennen lypsyä, tosin Saimaalla emokaloista kuivataan vain sukuaukon ympäristö. Kalojen käsittelyn ja lypsyn hoitavat pääosin samat vakituiset henkilöt vuodesta toiseen apuhenkilökunnan vaihdellessa.

Naaraita ja koiraita lypsetään ryhmittäin, ensin naaraita ja sitten koiraita. Aiemmin mäti voitiin hedelmöittää saman parven koiraille, mutta sukusiitoksen välttämiseksi tästä käytännöstä on siirrytty pääsääntöisesti käyttämään eri parven koiraita. Aiemmin naaraiden mäti on lypsetty sihdin läpi niin, että ovariaalineneste on valunut pois, mutta tästä käytännöstä on asteittain luovuttu eri laitoksilla. Nykyisin ainoastaan Kuusamon laitoksella mäti lypsetään harson päälle, jolloin ovariaalineneste valuu pois. Yhden tai useamman naaraan mäti on lypsetty samaan astiaan ja mädin päälle on lypsetty yhden tai useamman koiraan mäti. Vuodesta 1999 käytäntö on ollut pääsääntöisesti, että joka naaraan mäti lypsetään omaan astiaansa ja mäti hedelmöitetään yhden koiraan maidilla. Kuusamossa naaraan mäti jaetaan kolmeen osaan ja kukin erä hedelmöitetään eri koiralla. Inarissa pohjasiiialla on käytetty mädin hedelmöityksessä kahta koirasta naarasta kohden vuodesta 2001.

Hedelmöitysluosta on käytetty Saimaalla, muissa laitoksissa satunnaisesti. Hedelmöityksessä mäti lypsetään mädin päälle, sekoitetaan ja lisätään vesi. Pohjoisilla laitoksilla on jonkin verran käytetty varsinkin ulkona lypettäessä ns. märkähedelmöitystä, eli maitia on lypsetty veteen joka sen jälkeen on kaadettu mädin päälle. Maidin ja veden lisäämisen jälkeen mäti on huuhdottu muutaman minuutin kuluttua. Huuhteluvesi on otettu yleensä tulovesiputkesta tai altaasta. Huuhtelun jälkeen mätierien on annettu turvota joko hitaasti vaihtuvassa vedessä tai ilman veden vaihtoa. Mätierä on voitu yhdistää ennen turvotusta. Turvotusaika vaihtelee parista tunnista eteenpäin. Aamupäivällä lypsetty mäti laitetaan haudontaan iltapäivällä ja iltapäivällä lypsetty mäti voidaan laittaa haudontaa vasta seuraavana aamuna. Harjuksen mäti laitetaan heti he-

delmöityksen jälkeen haudotaan Taivalkoskella ja pohjasiiian mäti Kuusamossa. Ennen haudontaan laittoa mädin tilavuus mitataan litroina ja se voidaan desinfioida.

Siian ja harjuksen mäti haudotaan erikokoisissa suppiloissa, joissa mäti on alttiina joko ulkoa ja/tai lampuista tulevalle valolle. Suppiloiden pohjalla käytetään joko kiinnitettyä tai vapaasti liikkuvaa golfpalloa Kuusamossa, Lautiosaarella ja Kainuussa. Muiden lohikalajien mäti haudotaan aseteilla kaukaloissa tai saaveissa peitettyinä. Tihkuhaudontaa on myös käytetty pienessä mittakaavassa. Hedelmöittymättömät mätimunat poistetaan yleensä parin seuraavan päivän aikana haudontaan laitton jälkeen.

Haudonnan aikana mätimunia on kylvetetty malakiitilla vaihtelevan pitkiä ajanjaksoja ja kertoja viikossa eri laitoksilla. Malakiitin käyttökiellon (1.10.2001) jälkeen mätimunien kylvetyksistä on luovuttu Inarissa, Muoniossa ja Kuusamossa. Muilla laitoksilla kylvetyksessä käytetään Pycezeä ja Taivalkoskella formaliinia. Mäti pidetään puhtaana nyppimällä kuolleet mätimunat pois aseteilta tai lapolla suppiloista.

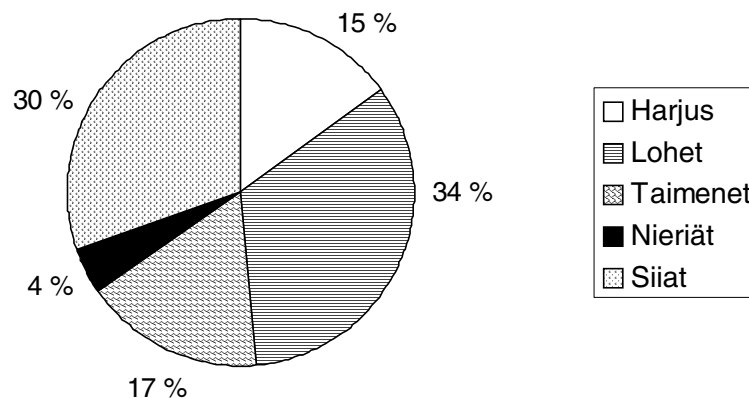
Kuolleiden mätimunien homehtuminen on erityisen ongelmallista malakiitin käyttökiellon jälkeen saavihaudonnassa. Saavihaudontaa käytetään edelleen Saimaalla, Laukaalla ja Taivalkoskella. Saimaalla on saavihaudonnassa ollut käytössä Pyceze-kylvetyksen kierrätysjärjestelmä syksystä 2001. Laukaalla haudontaveden lämpötilaa on pystytty viilentämään syksystä 2002. Taivalkoskella saavihaudonnassa on käytetty formaliinikylvetyksiä.

Saavi- ja osin asettihaudonnassakin mätimunat puhdistetaan vasta silmäpistevaiheessa täryttämällä ja/tai suolakäsittelyllä. Kuolleet mätimunat nypitään tai erotellaan mädinpuhdistuskoneella. Spa-vaiheessa mätimunien koko (kpl/l) on mitattu joko laskeamalla tiettyyn tilavuuteen menevien mätimunien lukumäärä, laskulevyllä tai mätimunien halkaisijan perusteella katsomalla taulukosta. Puhdistuksen jälkeen mädin määrä on mitattu. Silmäpistevaiheen jälkeen mätiä ei yleensä kylvetetä ja kuolleet mätimunat poistetaan nyppimällä.

## 6. RKTL:n kalanviljelylaitosten emokalasto ja mädintuotanto

### 6.1. Emokalasto ja tuotetun mädin määrä

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelylaitoksissa on emokalanviljelyssä neljä kotimaista syyskutuista lohikalalajia: lohi, taimen, nieriä ja siika sekä yksi kotimainen kevätkutuinen lohikalalaji, harjus. Viljelyssä ovat lohesta niin järvilohi kuin merilohi, taimenesta meri-, järvi- ja purotaimen ja siiosta plankton-, pohja- ja vaellussiikamuodot. Tämän lisäksi emokalanviljelyssä on kolme alkuperältään ulkomaista syyskutuista lohikalalajia: harmaanieriä, puronieriä ja peledsiika. Viljelyssä on yli 60 eri kantaa (Makkonen ym. 2000). RKTL:n laitosten tuottavien emokalojen lukumäärä on vaihdellut 40:stä 64:ään tuhanteen yksilöön ja biomassa 60:stä 88:aan tonniin vuosina 1994–2003 (liite 1). Emokalojen tuottaman vastalypsetyn mädin määrä on vaihdellut vuosittain 6,6–9,4 tuhannen litran välillä, josta vuosittain on saatu spa-mätiä 3,4–5,6 tuhatta litraa (liite 2). Kaikkea lypsettyä mätiä ei välttämättä haudota, jos spa-mädin tai poikasten kysyntää ei ole. Vuosina 2002 ja 2003 RKTL:n mädintuotanto on pienentynyt (liite 2). Tuotetun mädin määrä oli alhaisin v. 2003 johtuen ennen kaikkea Kainuun laitoksen emokalaparvien hävittämisestä BKD-taudin takia ja kahden lämpimän kesän aiheuttamista emokalatapPIOista. Eniten RKTL:n laitoksilla tuotetaan lohien ja siian mätiä, seuraavaksi eniten taimenten ja harjuksen mätiä, nieriän mädin osuuden jäädessä 4 %:iin vastalypsetystä mädistä (kuva 3).



**Kuva 3. Vastalypsetyn mädin määrän (mitattu litroissa) prosentuaalinen jakauma lajeittain RKTL:n kalanviljelylaitoksilla vuosina 1994–2002.**

### 6.2. Emokalaparvien mädintuotanto

Mädintuotanto vaihtelee laitoksittain ja lajeittain 5 litrasta 18 litraan sataa emoparviki-  
loa kohti muilla lajeilla paitsi nieriällä, jolla vaihtelu on 1–4 l/100 kg kalaa (taulukko 4). Taulukosta puuttuu Muoniossa viljeltävä nieriä, joka on tuottanut erittäin heikosti mätiä koko viljelyhistorian ajalta. Harjuksella mädintuotanto on vaihdellut 8–15 l/100 kg kalaa vuosina 1998–2002 (Makkonen & Pursiainen 2004). Parven vanhetessa mädintuotanto kasvaa, koska naaraan koon kasvaessa sen tuottaman mädin määrä kasvaa tiettyyn pisteeseen (Turkka & Arkko 2004) ja samalla parven koiraiden määrä vähe-



nee. Toisaalta myös mädin tarve vaikuttaa tuotantolukuihin. Jos mätiä on tulossa liikaa kysyntään nähden, emoja ei lypsetä yhtä tarkkaan kuin jos kysyntää on paljon.

**Taulukko 4. Keskimääräinen mädintuotto (ja keskihajonta = SD) 100:a emokalakiloa (sisältää kaikki parven kalat) kohden laskettuna vuosien 1994–2002 tuotannosta lajeittain ja laitoksittain. Taulukkoon on lihavoitu suurimmat tuotantoluvut ja neliöity pienimmät. (JT = järvitaimen, MT = meritaimen, PT = purotaimen, ML = merilohi, VS = vaellussiika, MS = planktonsiika, NN = nieriä, PS = pohjasiika, JL = järvilohi, HN = harmaanieriä, PN = puronieriä ja DS = peledsiika).**

Laji		Taivalkoski	Kainuu	Laukaa	Saimaa	Sarmijärvi	Muonio	Inari	Kuusamo
JT	Keskiarvo	6.3	9.6	12.9	7.8	<b>14.0</b>		6.8	<b>6.1</b>
	SD	4.0	5.9	6.2	5.8	5.2		4.4	4.5
MT	Keskiarvo	8.4	<b>4.6</b>	<b>11.2</b>			8.2		
	SD	4.6	3.1	5.3			4.1		
PT	Keskiarvo	<b>6.0</b>	<b>9.9</b>	8.1					
	SD	3.0	3.4	4.4					
ML	Keskiarvo	14.3	9.6	<b>17.6</b>	17.3		<b>7.2</b>		
	SD	9.1	3.7	8.8	5.8		4.5		
VS	Keskiarvo	<b>16.7</b>	10.6	9.4			<b>7.3</b>		13.2
	SD	10.3	10.4	6.6			4.8		5.1
MS	Keskiarvo	14.7	<b>8.6</b>	15.2	<b>16.5</b>				
	SD	15.6	6.0	7.5	10.3				
NN	Keskiarvo	1.3	<b>0.8</b>		2.7	<b>4.9</b>			
	SD	1.2	0.9		2.6	1.4			
PS	Keskiarvo					5.8		<b>8.5</b>	<b>5.7</b>
	SD					2.7		3.0	3.3
JL	Keskiarvo				<b>18.2</b>			<b>5.5</b>	
	SD				10.2			2.9	
HN	Keskiarvo					5.6			
	SD					2.7			
PN	Keskiarvo	5.2							
	SD	3.0							
DS	Keskiarvo	13.4							
	SD	6.5							

Mädintuotanto suhteutettuna parven kalamassaan antaa parhaan tuloksen järvitaimenella ja nieriällä Sarmijärven laitoksessa (taulukko 4). Meritaimenella ja -lohella paras tuotanto on Laukaan laitoksella ja purotaimenella Kainuun laitoksessa. Siioista pohjasiian mädintuotanto on paras Inarissa, vaellussiian Taivalkoskella ja planktonsiian Saimaalla. Pienimmät tuotantoluvut ovat Muoniossa merilohella ja vaellussiialla, Kainuussa meritaimenella, planktonsiialla ja nieriällä, Kuusamossa järvitaimenella ja pohjasiialla ja Taivalkoskella purotaimenella (taulukko 4).

### 6.3. Emokalojen ikä

Emokalaparvet alkavat tuottamaan mätiä pohjoisen laitoksilla 4–5-vuotiaina ja etelän laitoksilla keskimäärin 3-vuotiaina (taulukko 5). Siikaemokalaparvia on lypsetty ensimmäisen kerran jo 2-vuotiaina etelän laitoksilla (taulukko 5). Emokalaparvien käyttöikä vaihtelee mädintuotantarpeen, parvien uusimismahdollisuuksien ja terveystilanteen mukaan. Vanhimmat emokalaparvet ovat olleet käytössä pitkälti toistakymmentä vuotta pohjoisilla laitoksilla (taulukko 5).

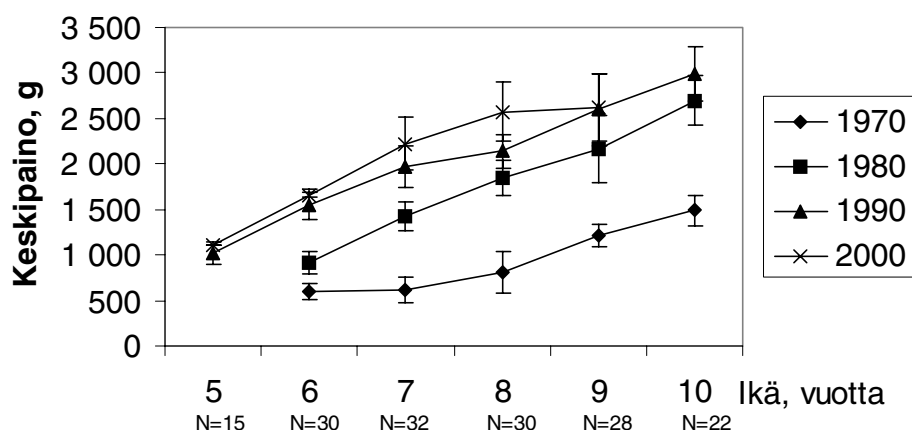
**Taulukko 5. RKTL:n kalanviljelylaitoksilla vuosina 1990–2002 tuotannossa olleiden emokalaparvien ikä lajeittain. Lajien lyhenteet samat kuin taulukossa 4.**

Laji	Inari	Sarmijärvi	Muonio	Kuusamo	Taivalkoski	Kainuu	Laukaa	Saimaa
JT	5-12	5-15		4-18	5-12	3-11	3-10	3-9
MT			4-12		4-15	3-7	3-10	
PT					5-13	3-7	3-6	
ML			4-12		4-16	3-7	3-10	
VS			4-12	3-13	4-15	2-7	2-8	
MS					4-21	2-8	4-13	2-13
NN		4-12			4-9	3-7		3-13
PS	4-14	4-21		3-9				
JL	5-10							3-10
HN		6-25						
PN					2-5			
DS					4-12			

## 6.4. Emokalojen koko

### 6.4.1. Taivalkosken laitoksen emokalojen koon kehitys 1970-luvulta alkaen

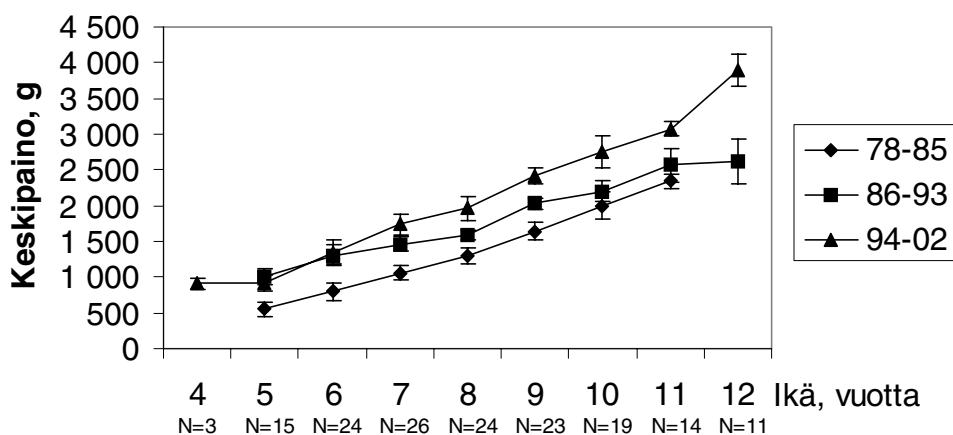
Emolohien keskipaino on kasvanut 1970-luvulta 1990-luvulle Taivalkosken laitoksella (kuva 4). Halleihin siirtymisen jälkeen, 2000-luvulla, emolohien keskipainoissa ei ole tapahtunut enää niin suurta kasvua kuin 1990-luvulle tultaessa (kuva 4). 1970- ja 1980-luvuilta emolohien sukukypsyysikä on alentunut 6 vuodesta 5 vuoteen (kuva 4).



**Kuva 4. Eri ikäisten li-, Tornion- ja Simojoen lohien parvien keskipainojen keskiarvot ja -hajonnat 1970- 1980-, 1990- ja 2000-luvuilla Taivalkosken kalanviljelylaitoksella. N = emokalaparvien lukumäärä.**

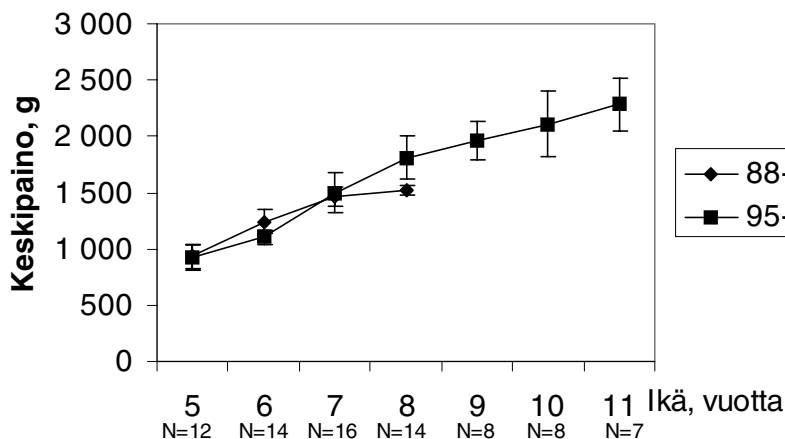
Planktonsiikaemokalaparvien keskipainot ovat myös nousseet 1970-luvun lopulta alkaen Taivalkosken laitoksella (kuva 5). Hallissa eli 1990-luvun puolivälin jälkeen vanhempien ikäluokkien kasvu on ollut parempaa kuin aikaisemmin (kuva 5). Plank-

tonsiikaparvet tulivat sukukypsiksi 5-vuotiaina 1970–1980 luvuilla, mutta 1990-luvun lopulta lähtien 4-vuotiaina (kuva 6).



**Kuva 5.** Eri ikäisten Koita- ja Pielisjoen planktonsiikaemoparvien keskipainojen keskiarvot ja –hajonnat vuosien 1977–1985 ja 1986–1993 välisenä aikana ulkoaltaissa ja vuosina 1994–2002 hallissa Taivalkosken kalanviljelylaitoksella. N = emokalaparvien lukumäärä.

Vaellussiikaemokalaparvien keskipainossa ei ole eroja ennen hallia (vv. 1988–1994) ja halliin siirtymisen jälkeen (vv. 1995–2002) Taivalkosken laitoksella (kuva 6). Planktonsiikojen tapaan vaellussiian emokalojen kasvu näyttää hallissa jatkuvan 8-vuotta vanhemmissa parvissa (kuva 6). Vaellussiikaparvet ovat tulleet sukukypsiksi 4–5-vuotiaina vuosien 1988–2002 välisenä aikana.

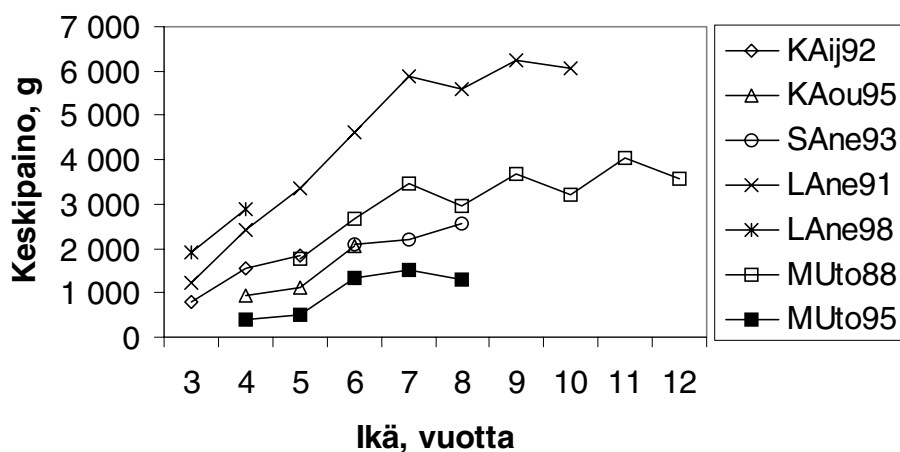


**Kuva 6.** Eri ikäisten Ii-, Kala-, Kemi- ja Livojoen vaellussiikaemoparvien keskipainojen keskiarvot ja –hajonnat vuosina 1988–1994 ennen emokalalahallia ja vuosina 1995–2002 emokalalahallissa Taivalkosken laitoksella. N = emokalaparvien lukumäärä.

#### 6.4.2. Muiden laitosten emokalojen keskipainot 1990–2002

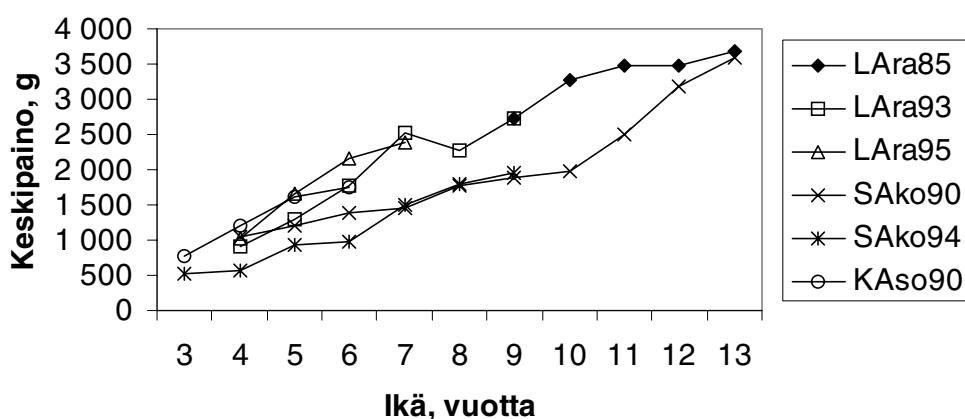
Kookkaimmat merilohiemot ovat Laukaan laitoksella Nevajoen kannalla (kuva 7). Muoniossa Tornionjoen kannan emolohien keskipaino on ollut vuosiluokalla 1988,

suurempi kuin vuosiluokalla 1995 (kuva 7). Vaikka emokalojen kasvu on parantunut Taivalkosken laitoksella, ovat Iijoen kannan lohiet Laukaalla ja Tornionjoen kannan vuosiluokan 1988 lohiet Muoniossa olleet painavampia kuin Taivalkoskella vielä 1990-luvulla. Kainuun ja Saimaan laitoksilla kasvaneiden emolohien keskipainoissa ei ole juuri eroa (kuva 7).



**Kuva 7. Merilohien emokalaparvien keskipainot Kainuun Iijoen kannan 1992 (KAij92) ja Oulujoen kannan 1995 vuosiluokilla (KAou95), Saimaan Nevajoen kannan 1993 vuosiluokalla (SAne93) ja Laukaan Nevajoen kannan 1991 (LAne91) ja 1998 vuosiluokilla (LAne98) ja Muonion Tornionjoen kannan 1988 (MUto88) ja 1995 vuosiluokilla (MUto95).**

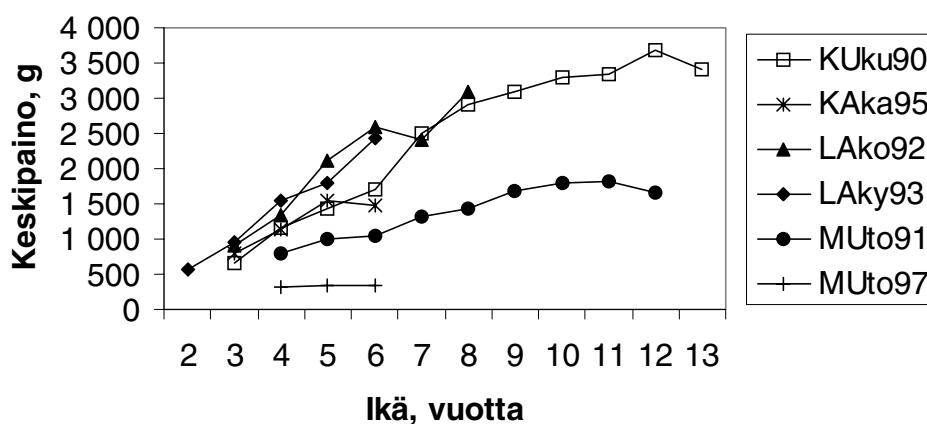
Laukaan ja Kainuun laitosten planktonsiikaemokalojen keskipainot eivät eroa merkittävästi toisistaan, mutta Saimaalla planktonsiikaemokalojen kasvu on ollut hieman heikompaa (kuva 8). Taivalkosken planktonsiikaemokalojen keskipainon kehitys on ollut keskimäärin samanlaista kuin Saimaan laitoksessa 1990-luvun puolivälin jälkeen (kuvat 5 ja 8).



**Kuva 8. Planktonsiikan emokalaparvien keskipainot Laukaan laitoksen Rautalammin reitin 1985 (LAra85), 1993 (LAra93) ja 1995 vuosiluokilla (LAra95), Saimaan Koitajoen 1990 (SAko90) ja 1994 vuosiluokilla (SAko94) ja Kainuun Sotkamon reitin 1990 vuosiluokalla (KAso90).**

Eri vaellussiikakantojen emoparvien keskipainossa ei ole suuria eroja Kuusamon, Kainuun ja Laukaan laitosten välillä (kuva 9). Muonion laitoksen Tornionjoen kannan vaellussiikat ovat selvästi muita pienempiä ja niiden keskipaino on vielä pienentynyt

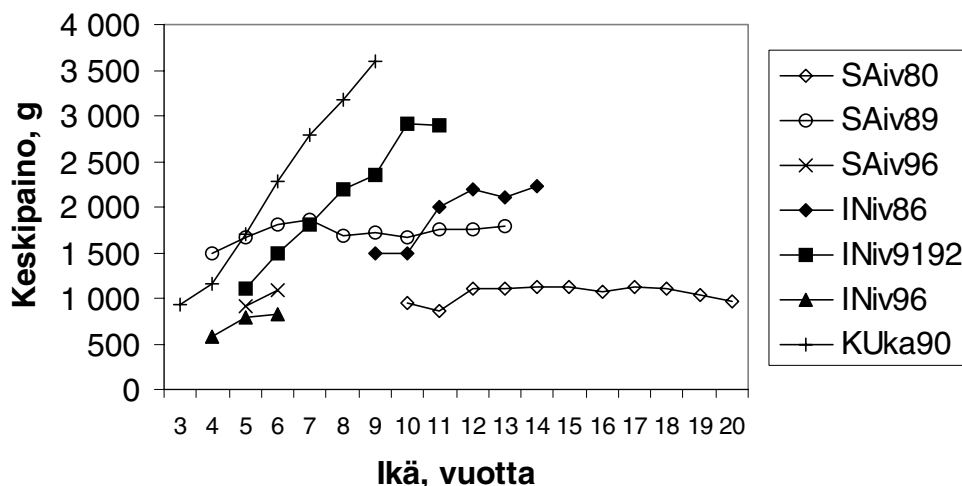
nuorimmassa ikäluokassa (kuva 9). Taivalkosken vaellussiikojen keskipaino asettuu Muonion ja muiden laitosten väliin (kuvat 6 ja 9).



**Kuva 9. Vaellussiian emokalaparvien keskipainot Kuusamon laitoksen Kuusinkijoen kannan 1990 vuosiluokalla (KUku90), Kainuun Kalajoen kannan 1995 vuosiluokalla (KAka95), Laukaan Kokemäenjoen kannan 1992 (LAko92) ja Kymijoen kannan 1993 vuosiluokilla (LAky93) ja Muonion Tornionjoen kannan 1991 (MUto91) ja 1997 vuosiluokilla (MUto97).**

Muonion laitoksella vastaavanlainen emokalojen keskikoon pieneneminen on tapahtunut myös meritaimenen nuoremmissa vuosiluokissa. Muonion laitoksen fosforikuorituslupa tiukentui vuonna 1995, jonka jälkeen kalojen ruokintaa on jouduttu säätelemään lupaehtojen eikä kalojen ruokahalun mukaan.

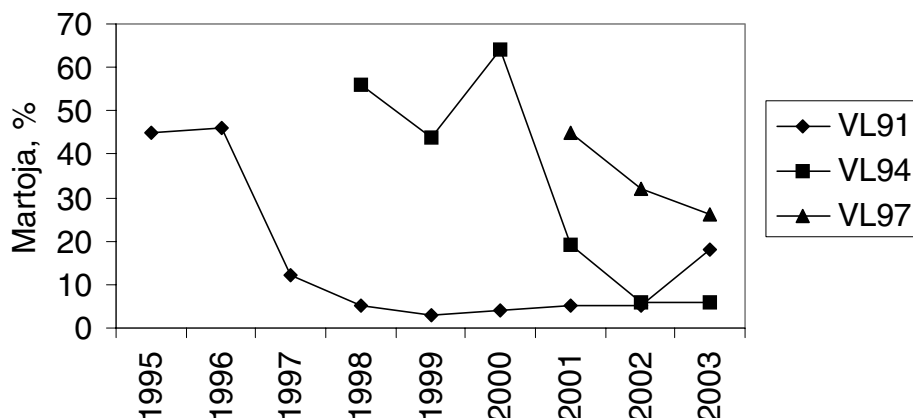
Pohjasiikaemoista parhaiten ovat kasvaneet Kuusamon laitoksen Kallunkijärven kannan 1990-vuosiluokan kalat (kuva 10). Ivalojoen pohjasiian emokalojen kasvu ulkoalasalueella on ollut parempaa Sarmijärven kuin Inarin laitoksella (kuva 10). Halliin siirtymisen jälkeen vuosiluokkien 1986 ja 1991-1992 parvet ovat Inarissa jatkaneet kasvuaan, kun taas Sarmijärvellä sukukypsyysien saavuttamisen jälkeen vuosiluokkien 1980 ja 1989 emot eivät käytännössä enää ole kasvaneet (kuva 10). Emokalaparvet on Sarmijärvellä koko ajan ruokittu käsin, Kuusamossa automaateilla ja Inarissa parvet siirrettiin ympärivuotiseen automaattiruokintaan kesällä 1997 halliin siirron yhteydessä. Vuosiluokan 1996 kasvu on ollut sekä Inarissa että Sarmijärvellä heikompaan kuin vanhempien ikäluokkien, mutta tämä voi johtua suuremmasta kasvatustiheydestäkin.



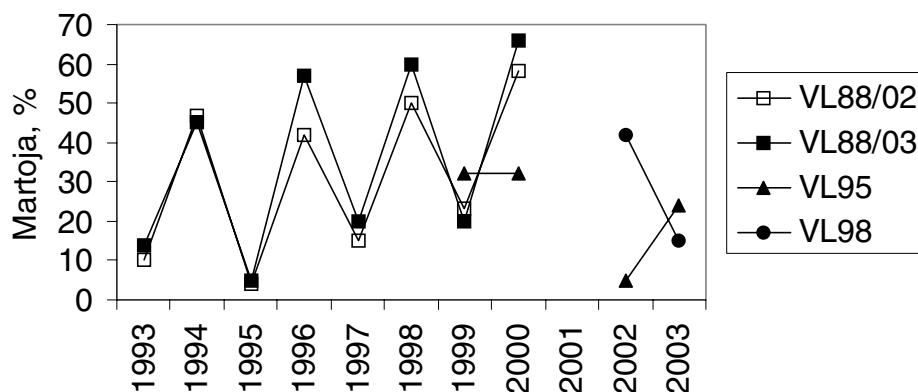
Kuva 10. Pohjasiiian emokalparvien keskipainot Ivalojoen kannan 1980, -89 ja -90 vuosiluokilla Sarmijärven (SAiv80, -89 ja -96) ja 1986, -91-92 ja -96 vuosiluokilla Inarin (INiv86, -9192 ja -96) laitoksilla sekä Kallunkijärven kannan 1990 vuosiluokalla Kuusamon kalanviljelylaitoksella (KUka90).

## 6.5. Martojen kalojen määrä

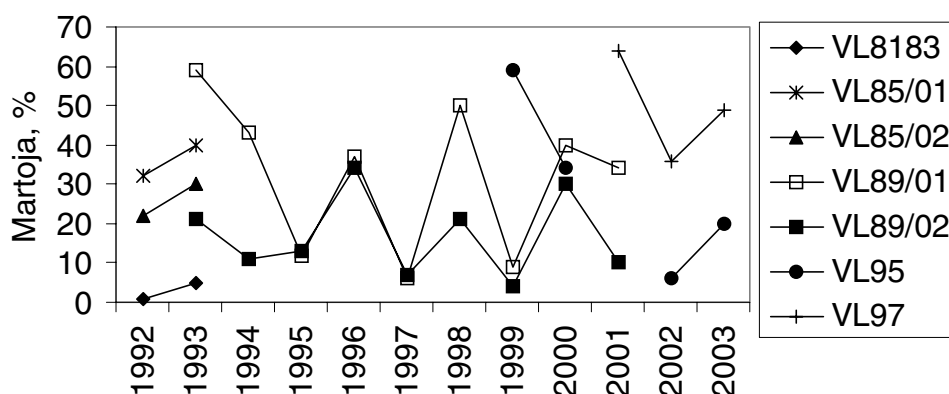
Martojen kalojen osuus merilohi-, -taimen- ja vaellussiikaparvissa on Muonion kalanviljelylaitoksella korkeampi kuin Taivalkosken, Kainuun ja Laukaan laitoksilla (liite 3). Meritaimenella martojen kalojen osuus on ollut korkea myös Kainuun laitoksella, mutta tilanne on parantunut 2000-luvun puolella uusien emokalparvien myötä (liite 3). Ei-sukukypsien kalojen osuus ensilypsyssä voi olla korkea, mutta parvikohtainen vaihtelu on suuri (liite 3). Plankton- ja vaellussiialla ei-sukukypsien kalojen osuus pienenee yleensä iän myötä (liite 3, kuva 11). Saimaan laitoksella planktonsiikaparvissa martojen kalojen osuus on kuitenkin noussut viimeisen viiden vuoden aikana 1990-luvun alkuun verrattuna (liite 3). Muonion merilohi ja -taimenparvissa on selvä vuorovuosisykli martokalojen määrässä (kuvat 12 ja 13).



Kuva 11. Martokalojen osuus (%) parven yksilöistä Tornionjoen vuosiluokien 1991, -94 ja -97 vaellussiikaparvissa Muonion kalanviljelylaitoksella. Parvia on kasvatettu laitosvalorytmisissä.

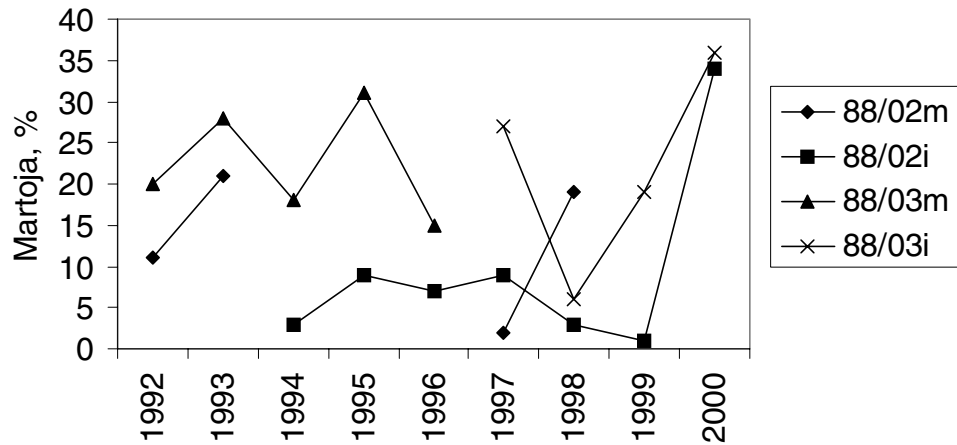


**Kuva 12. Martokalojen osuus (%) parven yksilöistä Tornionjoen merilohiparvissa Muonion kalanviljelylaitoksella. Vuosiluokan 1988 parvet on kasvatettu laitosisvalorytmissä, vuosiluokan 1995 parvi vuodesta 1997 ja vuosiluokan 1998 parvi vuodesta 2002 Itämeren valorytmillä.**



**Kuva 13. Martokalojen osuus (%) parven yksilöistä Tornionjoen meritaimenparvissa Muonion kalanviljelylaitoksella. Vuosiluokkien 1981–89 ja 1997 parvet on kasvatettu laitosisvalorytmissä ja vuosiluokan 1995 parvi vuodesta 2000 lähtien Itämeren valorytmillä.**

Vuorovuosittainen sykli martokalojen osuudessa merilohi- ja -taimenparvissa on erityisen selvä niillä parvilla, joita on pidetty talvella Muonion laitosisvalorytmissä ja kesällä Muonion luonnollisessa valorytmissä (kuvat 12 ja 13). Martokaloja on vähemmän niissä parvissa, jotka ovat olleet Itämeren valorytmillä (58°N lohella ja 62°N taimenella) kudusta kesäkuun alkuun (kuvat 12 ja 13). Tornionjoen kalanviljelylaitoksen merilohiparvilla on ollut myös vastaavanlainen vuorovuosisykli martokalojen osuudessa, vaikkakaan niiden osuus ei vuosiluokan 1988 parvissa noussut yhtä korkealle kuin Muonion laitoksella (kuva 14). Tornionjoen laitoksessa martokalojen osuus parvissa on myös ollut pienempi Itämeren valorytmillä, paitsi viimeisenä viljelyvuonna (kuva 14).

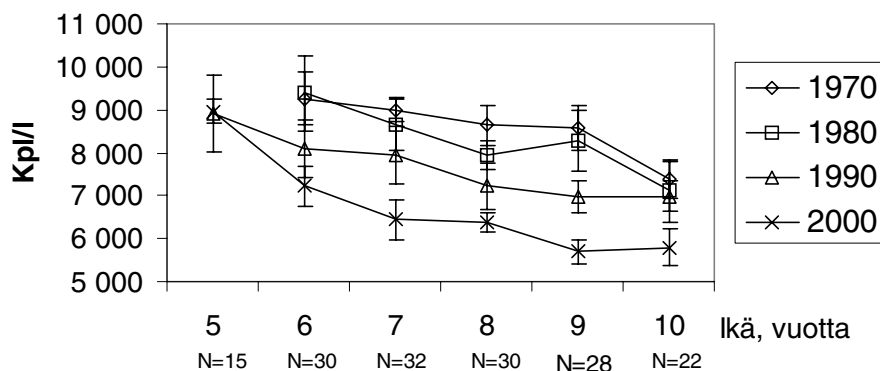


Kuva 14. Martokalojen osuus (%) parven yksilöistä Tornionjoen meritaimenparvissa Tornionjoen kalanviljelylaitoksella vuosina 1992–2000. M = Muonion ja I = Itämeren valorytmi.

## 6.6. Mätimunän koko

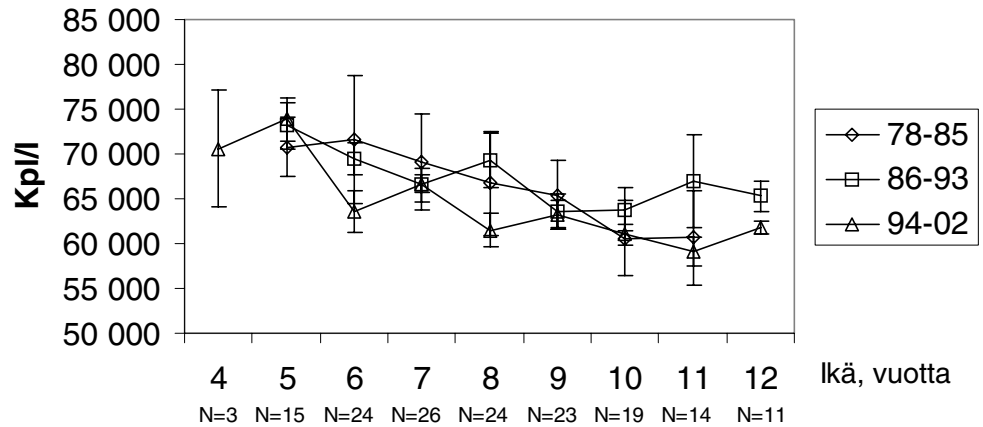
### 6.6.1. Mätimunän koko 1970-luvulta nykypäivään Taivalkosken laitoksessa

Taivalkoskella merilohiemojen keskikoon kasvu näkyy myös mätimunän koon kasvuna. Spa-mätimunien koko, mitattuna kappaleina litrassa, on kasvanut 1970-luvulta 2000-luvulle (kuva 15). Sen sijaan plankton- ja vaellussiian mätimunän koossa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia vuosien 1980–2002 välisenä aikana (kuvat 16 ja 17). Siian spa-mätimunän koon mittaaminen kappaleina litroissa voi olla vaikeaa mätimunän pienestä koosta johtuen ja hajonta lukumäärissä litrassa mätiä onkin sioilla suuri.

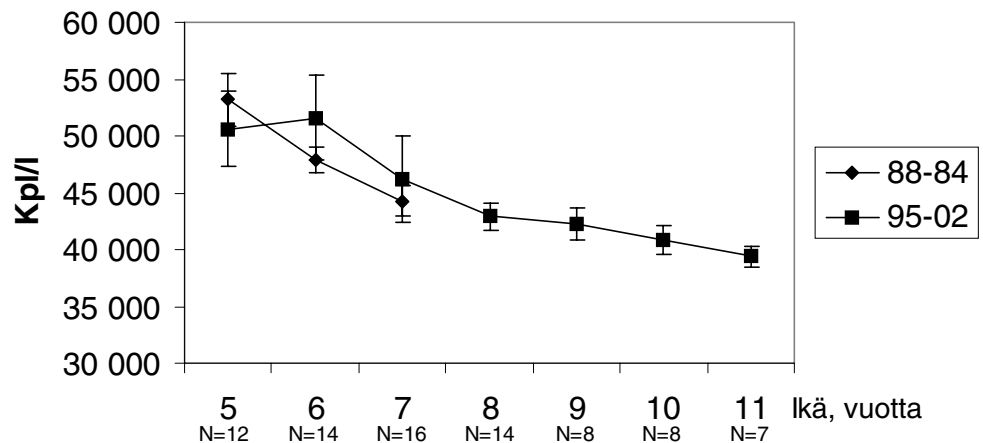


Kuva 15. Eri ikäisten li-, Tornion- ja Simojoen lohiepöparvien spa-mätimunän koko (kpl/l) keskiarvot ja -hajonnat 1970- 1980-, 1990- ja 2000-luvuilla Taivalkosken kalanviljelylaitoksella. N = emokalaparvien lukumäärä.





**Kuva 16.** Eri ikäisten Koita- ja Pielisjoen planktonsiikaemoparvien spa-mätimunan koko (kpl/l) keskiarvot ja -hajonnat vuosien 1977–1985 ja 1986–1993 välisenä aikana ulkoaltaissa ja vuosina 1994–2002 hallissa Taivalkosken kalanviljelylaitoksella. N = emokalaparvien lukumäärä.



**Kuva 17.** Eri ikäisten li-, Kala-, Kemi- ja Livojoen vaellussiikaparvien spa-mätimunan koko (kpl/l) keskiarvot ja -hajonnat vuosina 1988–1994 ulkoaltaissa ja vuosina 1995–2002 emokalalahallissa Taivalkosken laitoksella. N = emokalaparvien lukumäärä.

### 6.6.2. Mätimunan koko muilla laitoksilla vuosina 1994–2002

Vaikka lohien koon kasvu on kasvanut 2000-luvulle tultaessa Taivalkosken laitoksella, on 6-vuotiaiden lohien keskimääräinen spa-mätimunan koko ollut pienin Taivalkosken laitoksilla tarkkailujakson 1994–2002 aikana (taulukko 6). Muoniossa emokalojen koon pieneneminen nuorimmissa vuosiluokissa on pienentänyt mätimunan keskikokoa vuosina 1994–2002. Kainuun, Laukaan ja Saimaan laitosten 6-vuotiaiden lohien mätimunan koot eivät merkittävästi eroa toisistaan (taulukko 6). Vaellussiian spa-mätimunan koko on odotetusti pienin Muonion ja Taivalkosken laitoksilla, mutta yllättävää kyllä isompaa Kainuun kuin Laukaan laitoksella (taulukko 6). Planktonsiialla spa-mätimunan ovat pienimpiä Kainuun ja Taivalkosken laitoksilla ja suurimpia Saimaan laitoksella (taulukko 6). Pohjasiian mädin kokoero Inarin ja Sarmijärven laitosten välillä ei ole merkittävä (taulukko 6).

Taulukko 6. Kuusivuotiaiden merilohen, plankton-, vaellus- ja pohjasiikojen emokalojen spa-mätimunien koon (kpl/l) keskiarvo ja -hajonta vuosina 1994–2002 kasvatuksessa olleissa parvissa. Taulukkoon on lihavoitu suurimmat ja neliöity pienimmät mätimunien koot. Lajilyhenteet samat kuin taulukossa 4.

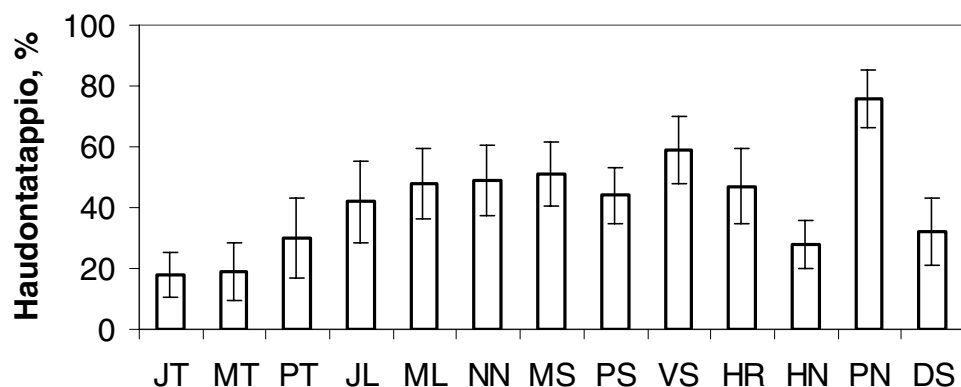
Laji	Taivalkoski	Kainuu	Laukaa	Saimaa	Muonio	Inari	Sarmijärvi
ML keskiarvo	7 951	4 675	4 779	4 724	6 516		
SD	1 293		496		248		
MS keskiarvo	66 270	77 500	55 320	52 044			
SD	1 861		1 301	1 818			
VS keskiarvo	50 073	37 000	45 600		51 228		
SD	6 718				972		
PS keskiarvo						66 397	68 800
SD						5 082	

## 7. Haudontatulokset ja niihin vaikuttavat tekijät

### 7.1. Haudontatappiot

#### 7.1.1. Haudontatappio lajeittain

Yleisesti haudonnan aikainen tappio lypsystä spa-vaiheeseen on pienin eri taimenmuodoilla (kuva 18). Muilla kotimaisilla lajeilla keskimääräinen haudontatappio on 40–50 %, paitsi vaellussiialla 60 %. Tuontilajeista harmaanierian ja peledsiian haudontatulokset on hyvä (tappio alle 30 %), mutta puronierillä heikko (tappio yli 70 %) (kuva 18). Harmaanieriää viljellään Sarmijärven kalanviljelylaitoksella käytettäväksi Inarinjärven velvoiteistutuksiin. Peledsiikaa viljellään ainoastaan Taivalkoskella ja sitä istutetaan pääasiassa Sodankylän tekojärviin. Puronieriää viljellään myös vain Taivalkoskella ja sen mädin kysyntä on vähäistä. Näiden kolmen tuontilajin haudontatuloksiin ei tässä työssä perehdytä tarkemmin. Niinikään harjuksen osalta viitataan Makkosen & Pursiaisen (2004) tekemään raporttiin, jossa on käsitelty harjuksen mädintuotantongelmia.



**Kuva 18.** RKTL:n kalanviljelylaitoksilla viljeltävien eri lajien keskimääräinen haudontatappio ja keskiahajonta (%) lypsystä spa-vaiheeseen laskettuna vv. 1994–2002 haudontatuloksista. Lajilyhenteet samat kuin taulukossa 4.

#### 7.1.2. Haudontatappiot laitoksittain

Eri lajien haudontatappiot erosivat merkittävästi laitosten välillä (taulukko 7). Samalla laitoksellakin eri lajien haudontamenestys vaihtelee. Kuusamossa järvitaimenen haudontatulokset on erinomainen, muuta pohjasiian heikko. Taivalkosken laitoksella haudontatappiot ovat suurimmat monella lajilla, kun taas Laukaalla monen lajin haudontatulokset on paras. Vaellussiika on ollut selvästi ongelmallisempi laji Laukaalla ja Kainuussa. Sen haudontatulokset on paras Muonion laitoksella. Saimaalla planktonsiian haudontatulokset on paras, mutta nierillä selvästi huonompi kuin Sarmijärven laitoksella. Sarmijärvellä kasvatettujen pohjasiikojen mäti haudotaan Inarissa, koska järvi on liian lämmin pohjasiian mädin haudontaan Sarmijärvellä. Pohjasiian haudontatulokset ei merkittävästi eroa Sarmijärven ja Inarin emokalojen mädin suhteen (GLM,  $P=0,896$ ). Inarissa järvi-

lohta viljeltiin käytettäväksi Inarinjärven velvoiteistutuksiin vuoteen 2000 asti, huomommin tuloksin kuin Saimaalla.

**Taulukko 7. Mädin haudontatappiot (%) lypsystä spa-vaiheeseen lajeittain ja laitoksittain. Taulukossa annettu GLM-testin P arvot ja vuodet, joilta arvot on laskettu. Alhaisin haudontatulos on lihavoitu ja suurin neliöity.**

Laji	Taivalkoski	Kainuu	Laukaa	Saimaa	Inari	Sarmijärvi	Kuusamo	P	Vuodet
JT keskiarvo	23	13	20	13	19	21	3	<0.001	1994-2002
SD	19	9	20	10	13	12	3		
MS keskiarvo	63	47	44	33				<0.001	1994-2002
SD	17	17	17	15					
PT keskiarvo	44	12	5					<0.001	1998-2002
SD	23	8	4						
	<b>Taivalkoski</b>	<b>Laukaa</b>	<b>Muonio</b>	<b>Kainuu</b>					
MT keskiarvo	25	11	20	21				<0.001	1995-2002
SD	23	12	18	17					
VS keskiarvo	58	74	34	76				<0.001	1995-2002
SD	19	20	16	18					
ML keskiarvo	54	21	32					<0.001	1995-2002
SD	21	17	16						
	<b>Taivalkoski</b>	<b>Sarmijärvi</b>	<b>Saimaa</b>						
NN keskiarvo	48	24	54					0.001	1997-2002
SD	24	16	21						
	<b>Sarmijärvi</b>	<b>Inari</b>	<b>Kuusamo</b>						
PS keskiarvo	39	45	63					0.032	1997-2002
SD	19	16	14						
JL keskiarvo	<b>Saimaa</b>	<b>Inari</b>						<0.001	1994-2000
SD	40	56							
	28	17							

### 7.1.3. Haudontatappiot kannoittain

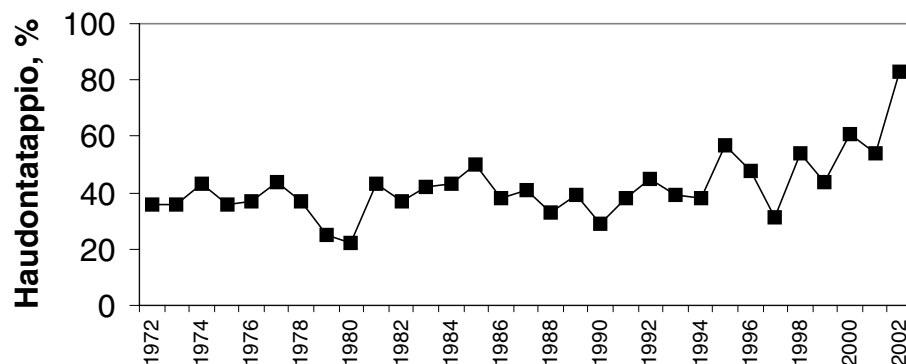
Koska haudontatappiot laitosten välillä olivat merkitseviä, testattiin kantojen väliset haudontatappiot laitoksittain. Taivalkoskella kasvatuksessa olevien lohikantojen välillä (Ii-, Tornion- ja Simojoki) ei havaittu eroja haudontatappioissa. Myöskään eri planktonsiikakantojen (Koita- ja Pielisjoki) ja vaellussiikakantojen (Ii-, Kala-, Livo- ja Kemijoen ylä- ja alajuoksun) välillä ei ollut merkitseviä eroja haudontatappioissa Taivalkosken laitoksella. Eroja ei myöskään ollut Laukaalla viljelyssä olevien vaellussiikakantojen (Kokemäen- ja Kymijoki), eikä meritaimenkantojen (Iso-, Lesti- ja Ingarskilajokien) välillä.

Inarissa viljelyssä olevien kolmen paikallisen järvitaimenkannan (Juutuan-, Kiella- ja Tsiuttajoen) haudontatulokset erosivat toisistaan (GLM,  $P=0,003$ ). Juutuanjoen taimenilla haudontatappiot ( $14 \pm 11$  %) olivat pienemmät kuin Kiella- ja Tsiuttajoen taimenilla ( $25 \pm 18$  %). Juutuanjoen taimenia viljellään kotijoen vedessä ja sen emokalaparvien perustajamäärät ovat suuremmat kuin Kiella- ja Tsiuttajoen taimenilla. Kiella- ja Tsiuttajoen vanhemmat emokalaparvet on kasvatettu joesta pyydetyistä poikasista. Juutuan- ( $13 \pm 10$  %) ja Ivalojoen taimenkantojen ( $19 \pm 8$  %) haudontatappioissa ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa Sarmijärven laitoksella (GLM,  $P=0,088$ ). Juutuanjoen taimen näyttää pärjävän yhtä hyvin joki- kuin järvivesilaitoksessa.

#### 7.1.4. Haudontatappiot vuosittain

Haudontatulokset vaihtelevat vuosittain kaikilla lajeilla ja laitoksilla (liite 4). Vuosien välisiin eroihin vaikuttavat monet eri tekijät ja siksi yksittäisten tekijöiden vaikutusten erottelu on vaikeaa. Vuonna 1999 useilla laitoksilla siirtyminen parittaiseen hedelmöitykseen ei ole yleisesti nostanut haudontatappioita (liite 4). Eri siikamuotojen huonoihin haudontatuloksiin vuosien 1999–2002 aikana parittaisella hedelmöityksessä arvellaan olleen vaikutusta, mutta sitä ei tästä aineistosta voida todistaa. Malakiitin käyttökielto on voinut joillakin lajeilla ja laitoksilla vaikuttaa vuosien 2001 ja 2002 korkeahkoihin haudontatappioihin (liite 4).

Taivalkosken laitoksella on haudottu merilohen mätää yli 30 vuoden ajan. Haudontatappiot ovat koko ajan olleet suurehkoja. Vuodesta 1997 lähtien haudontatappiot ovat entisestään kasvaneet ja niissä on selvä vuorovuosisykli (kuva 19).

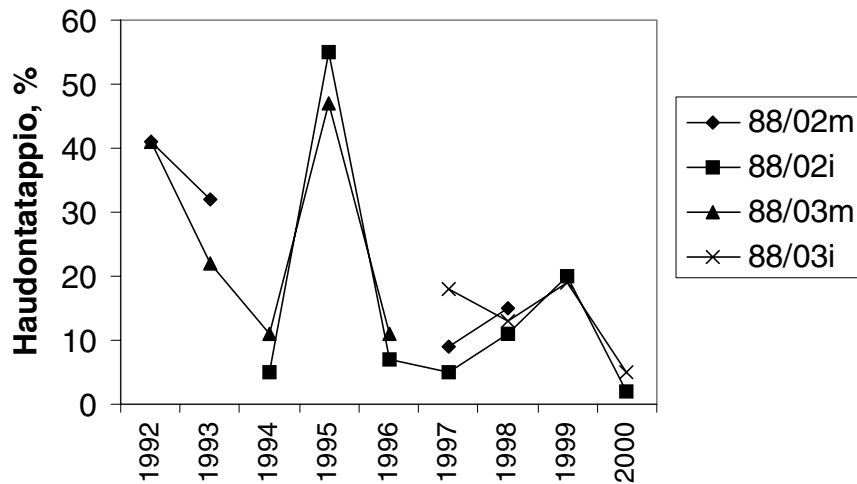


**Kuva 19. Merilohen haudontatappio (%) lypsystä spa-vaiheeseen Taivalkosken kalanviljelylaitoksella vuosina 1972–2002.**

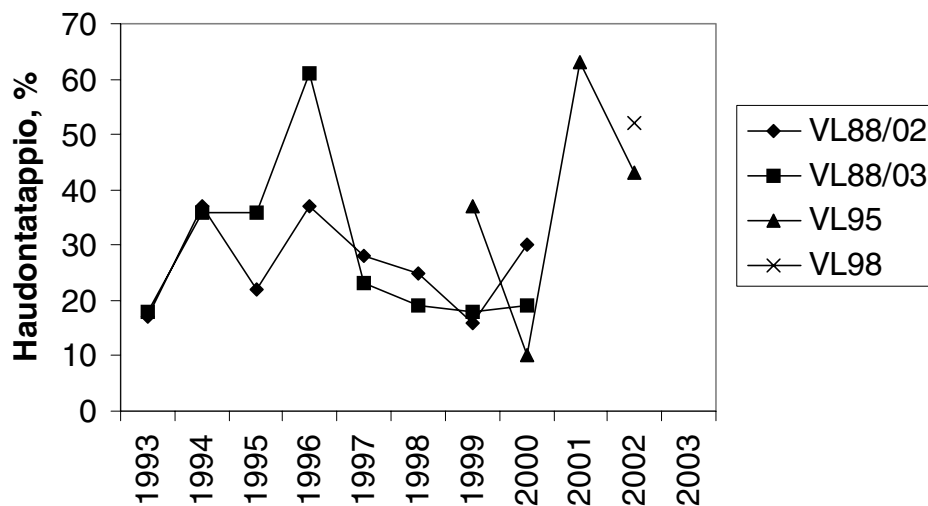
## 7.2. Haudontatulokseen vaikuttavia tekijöitä

### 7.2.1. Päivänpituus

Itämeren valorytmin käyttö ei vaikuttanut mätimunien haudontatulokseen eri parvien välillä Tornionjoen ja Muonion laitoksilla (kuvat 20 ja 21). Varsinkin Tornionjoen laitoksella eri parvien haudontatulokset olivat samat vuosittain, mutta Muonion laitoksella parvien välillä on enemmän satunnaista vaihtelua (kuvat 20 ja 21). Inarin laitoksessa järvilohiemoilla Inarista Saimaan valorytmiin muuttaminen alensi haudontatappio  $65 \pm 17$  %:sta  $47 \pm 15$  %:iin, joskaan ero ei ole tilastollisesti merkitsevää (T-testi,  $P=0,150$ ).



Kuva 20. Tornionjoen kannan vuosiluokan 1988 merilohen mädin haudontatappio (%) lypsystä spa-vaiheeseen Tornionjoen laitoksella vuosina 1992–2000. M = Muonion ja I = Itämeren valorytmi.

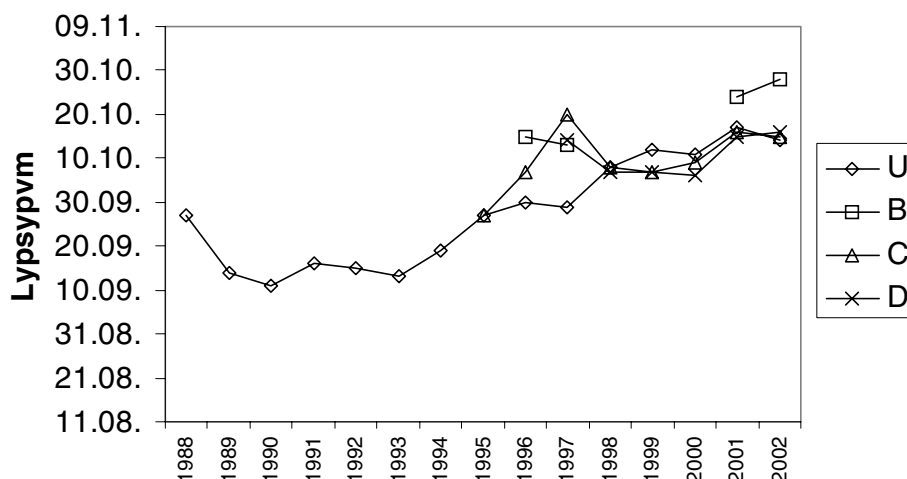


Kuva 21. Tornionjoen kannan merilohen haudontatappio (%) lypsystä spa-vaiheeseen Muonion laitoksella vuosina 1993–2002. Vuosiluokan 1988 parvet ovat olleet laitosvalorytmissä, vuosiluokan 1995 parvi Itämeren valorytmissä vuodesta 1997 ja vuosiluokan 1998 parvi vuodesta 2002.

## 7.2.2 Lypsyajankohta

Syyskutuisten kalojen lypsy alkaa järvitaimenilla syyskuun lopussa pohjoisessa ja viimeiset siikaemot lypsetään marraskuun puolivälissä etelän laitoksilla. Lypsyajankohta on lajispesifinen, mutta vaihtelee kuitenkin jonkin verran luonnostaan eri vuosina. Kuukauden viivästymistä lypsyn aloittamisessa merilohilla Taivalkosken laitoksella ei voida pitää enää luontaisena vaihteluna (kuva 22). Erityisesti lypsyajankohta on viivästynyt 1990-luvun puolivälin eli hallien käyttöönoton jälkeen (kuva 22). Huomattavaa kuitenkin on, että myös ulkoaltaissa olevien lohivarvien lypsyajankohta on siir-

tynyt vastaavasti (kuva 22). Samanaikaisesti myös lypsyruutiinit ovat muuttuneet. 1970–1980 luvuilla emokalaparvea lypsettiin joka syksy keskimäärin neljä kertaa, 1990-luvulla 2–3 kertaa ja vuodesta 1998 lähtien pääsääntöisesti vain yhden kerran ja vuonna 2002 jälleen kaksi kertaa. Ensimmäisellä kerralla lypsettyjen naaraiden osuus oli vuosina 1990–1994 20–50 %, vuodesta 1995 lähtien 70–80 % ja vuonna 2002 50 %. Ainakin osittain lypsyajankohdan siirtyminen johtuu siis lypsyruutiineissa tapahtuneista muutoksista.



**Kuva 22. Merilohen lypsyn aloituspäivä vuosina 1988–2002 Taivalkosken kalanviljelylaitoksella. U = ulkoallasalue, B, C, ja D ovat emokalalleja.**

Laukaalla merilohien lypsyn aloituspäivän mediaani on ollut ulkoaltaissa 20.10. vuosina 1994–1998, mutta hallissa 31.10. vuosina 1999–2003 eli myös Laukaalla lohien lypsyn aloittaminen on viivästynyt keskimäärin 11 päivällä halliin siirtymisen jälkeen. Myös muilla lajeilla ja kannoilla, joita on pidetty hallissa vuosina 1999–2003 lypsyn aloituspäivä on viivästynyt ulkoallasaikaan verrattuna. Niillä parvilla, jotka ovat olleet koko ajan ulkoaltaissa, kuten Lestijoen meritaimen, Luutajoen purotaimen ja Kokemäenjoen vaellussiika lypsyn aloituspäivissä ei ole tapahtunut muutosta vuosien 1994–2003 aikana. Laukaan emokalalahallissa käytettävän valojakson pituus on luontaista pitempi.

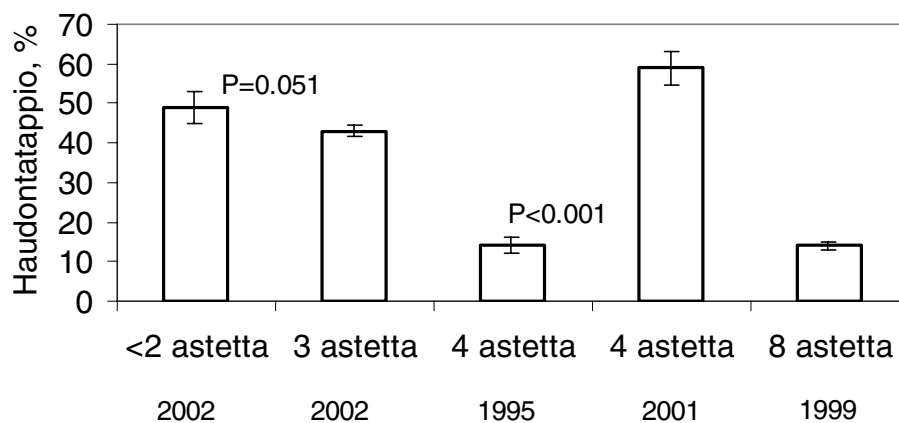
Kuusamon laitoksella emokalat ovat paikallista päivänpituutta pitemmässä valojaksossa lokakuun alusta maaliskuun loppuun, mutta tämän ei ole havaittu siirtävän lypsyn aloittamista. Tornionjoen laitoksella, jossa oli rinnakkain Muonion ja Itämeren valorytmillä olevia lohitemokalarparvia, ei ollut eroa näiden kahden ryhmän lypsyajoissa. Nämäkin parvet olivat samassa Muonion valorytmisissä kesäkuun alusta alkaen.

Inarin hallissa, jossa käytetään paikkakunnan luonnollista päivänpituutta, lypsyjen aloituspäivät järvitaimenella ja pohjasiiialla eivät ole muuttuneet. Sen sijaan järvilohen lypsyn aloituspäivän mediaani siirtyi lokakuun 10 päivästä 15–18 päivään kun ne hallissa laitettiin Saimaan valorytmille. Samalla kuitenkin järvilohien lypsy aika tiivistyi niin, että ne voitiin lypsää kerralla, kun ulkoallasalueella viimeisiä emoja lypsettiin vielä loka–marraskuun vaihteessa.

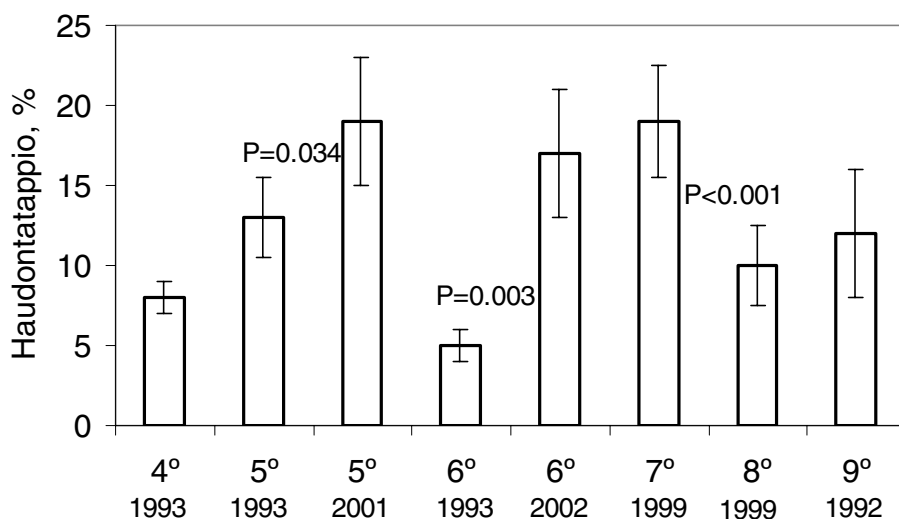
### 7.2.3 Lypsyveden lämpötila

Lypsyeräkohtaisista haudontatuloksista, joita on ollut saatavana Muonion ja Taivalkosken laitoksilta, on testattu lypsyveden lämpötilan vaikutusta haudontatulokseen. Muonion laitoksella lypsyveden lämpötilalla oli vaikutusta haudonnan aikaiseen kuol-

leisuuteen lypsystä spa-vaiheeseen (kuvat 23 ja 24). Yleensä haudontatulokset olivat sitä parempia mitä lämpimämmässä vedessä mätä oli lypsetty. Merilohilla vuonna 2002 haudontatulokset olivat parempia 3 kuin 2 asteisessa vedessä tehdyssä lypsystä (kuva 23). Vastaavasti meritaimenella haudontatulokset olivat parempia 6 asteisessa kuin 5 ja 4 asteisessa lypsyvedessä vuonna 1993 ja vuonna 1999 parempia 8 kuin 7 asteisessa vedessä (kuva 24). Muonion järvitaimenella tulokset olivat saman suuntaiset vuonna 1992, jolloin haudontatappio 8 asteisessa lypsyvedessä oli  $46 \pm 8 \%$  ja 9 asteisessa  $34 \pm 6 \%$  (ANOVA,  $P=0,003$ ). Vastaavasti Muonion vaellussiialla vuonna 2002 haudontatappio oli merkitsevästi korkeampi 2–3 asteisessa lypsyvedessä ( $34 \pm 5 \%$ ) kuin 4 asteisessa lypsyvedessä ( $10 \pm 6 \%$ ) (ANOVA,  $P<0,001$ ).



**Kuva 23. Merilohen mädin haudontatappio (%) lypsystä spa-vaiheeseen (keskiarvo ja -hajonta) lypsylämpötiloissa  $\leq 2, 3, 4$  ja  $8 \text{ }^\circ\text{C}$  vuosina 1995, 1999, 2001 ja 2002 Muonion kalanviljelylaitoksella.**



**Kuva 24. Meritaimenen mädin haudontatappio (%) lypsystä spa-vaiheeseen (keskiarvo ja -hajonta) lypsylämpötiloissa  $4\text{--}9 \text{ }^\circ\text{C}$  vuosina 1992, 1993, 1999, 2001 ja 2002 Muonion kalanviljelylaitoksella. Vuoden 1993 lypsystä haudontatappio eri lämpötilojen välillä oli merkitsevä (ANOVA,  $P=0,001$ ).**

Taivalkosken merilohella lypsyveden lämpötila on vaihdellut välillä  $0\text{--}8 \text{ }^\circ\text{C}$  vuosina 1990–2002 (taulukko 8). Ainoastaan vuonna 1999 haudontatulokset olivat merkitsevästi parempia  $4\text{--}5 \text{ }^\circ\text{C}$ :ssa kuin  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ :ssa vedessä (taulukko 8). Muina vuosina haudontatulokset ovat vaihdellut lypsyveden lämpötilasta riippumatta. Myös vaellussiialla haudontatulokset ei



ole merkitsevästi eronnut lypsyveden lämpötiloissa 0–7 °C (ANOVA,  $P=0,481$ ) vuosina 1990–1996. Joku tai jotkut muut tekijät nostavat Taivalkoskella merilohen ja vaellussiian haudontatappion niin ylös, että Muonion laitoksella havaittu lypsyveden lämpötilan vaikutus peittyi.

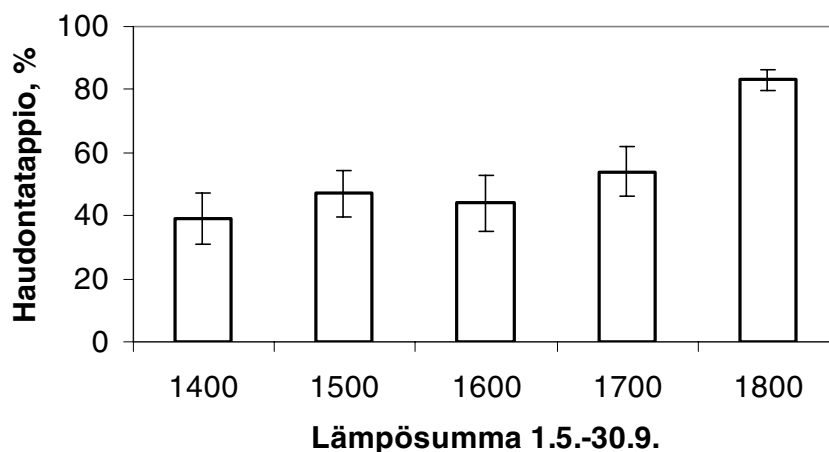
**Taulukko 8. Merilohen mädin haudontatappiot (%) lypsystä spa-vaiheeseen, keskiarvo ja -hajonta, lypsyveden lämpötiloissa 0–8 °C:ssa Taivalkosken laitoksella.**

Vuosi	Veden lämpötila lypsypäivänä									P	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8		
1990		34±17	19±12		12±3						
1991						44±13	40±19				NS
1992								54±21	44±14		NS
1993				43±19	40±16						NS
1994					41±17	39±16					NS
1995						51±23	50±17				NS
1996			47±17		49±19	50±15					NS
1997	29±6	30±13									NS
1998		39±11		51±10	54±20						NS
1999			62±25		38±6	36±7					0.007
2000						74±24	63±7	75±1	57±16		
2001		59±17			63±18						NS
2002	84±7	84±8									NS
K.arvo	57	49	43	47	42	49	51	65	51		

#### 7.2.4. Viljelyveden lämpötila

Lypsyveden lämpötilan lisäksi myös viljelyveden lämpötila kasvukauden aikana vaikutti haudontatulokseen Muonion laitoksella. Saman lämpöisessä lypsyvedessä merilohen ja –taimenen haudontatulokset erosivat merkitsevästi eri vuosina (kuvat 23 ja 24). Niinä vuosina, jolloin kasvukauden aikainen (1.5.–30.9.) lämpösумmaa oli 1 677 (vuonna 2001) ja 1 843 astetta (vuonna 2002) haudontatappiot olivat korkeammat kuin alhaisemmissa lämpösумmissa samasta lypsyveden lämpötilasta huolimatta.

Taivalkosken laitoksella kasvukauden aikaisella (1.5.–30.9.) lämpösумman kertymällä oli vaikutusta merilohen mädin haudontatulokseen (ANOVA,  $P<0,001$ ). Samoin kuin Muoniossa, haudontatulos heikkeni 1700 asteen lämpösумmassa, mutta oli merkitsevästi korkeampi vasta 1 800 asteen lämpösумmassa (kuva 25). Tosin alemmissakin lämpösумmissa Taivalkosken lohien haudontatulos on huonompi kuin Muonion laitoksella. Laukaalla kasvukauden aikaisella lämpösумmalla oli vaikutusta merilohen haudontatulokseen (ANOVA,  $P=0,003$ ). Siellä haudontatappio nousi 1900 asteen lämpösумmassa 32 % ± 19 %:iin kun se 1 700–1 800 asteen lämpösумmissa oli 12 % ± 10 %.



**Kuva 25. Merilohen mädin haudontatappio (%) lypsystä spa-vaiheeseen, keskiarvo ja -hajonta, eri kasvukauden (1.5.–30.9.) aikaisissa lämpösummissa Taivalkosken laitoksella.**

Kasvukauden (1.5.–30.9.) aikaisen lämpösumman vaikutuksesta vaellussiian haudontatulokseen on hyvin vaikea sanoa mitään vuosien 1990–2002 aineiston perusteella (taulukko 9). Muoniassa haudontatulokseksi oli parempi 1 500–1 800 asteen kuin 1 300–1 400 asteen lämpösummissa (ANOVA,  $P=0,017$ ). Myös Taivalkoskella kasvukauden lämpösumma vaikutti haudontatulokseen (ANOVA,  $P=0,002$ ), mutta toisin kuin Muoniassa heikoin haudontatulokseksi oli 1 800 asteessa vuonna 2002 (taulukko 9). Laukaalla haudontatulokset eivät merkitsevästi eronneet 1 700–1 900 asteen lämpösummien välillä (ANOVA,  $P=0,901$ , taulukko 9). Kuusamon ja Kainuun aineistoa ei voitu testata pienen näytemäärän vuoksi, mutta Kuusamossa paras haudontatulokseksi oli 2 000 asteessa ja Kainuussa heikoin 2 200 asteessa (taulukko 9).

**Taulukko 9. Vaellussiian mädin haudontatappio (%) lypsystä spa-vaiheeseen, keskiarvo  $\pm$  -hajonta, kasvukauden (1.5.–30.9.) eri lämpösummissa Muonion, Taivalkosken, Kuusamon, Kainuun ja Laukaan laitoksilla.**

Lpsum	Muonio	Taivalkoski	Kuusamo	Kainuu	Laukaa
1300	46				
1400	58 $\pm$ 6	52 $\pm$ 24			
1500	31 $\pm$ 5	47 $\pm$ 19			
1600	34 $\pm$ 8	57 $\pm$ 18			
1700	15 $\pm$ 5	51 $\pm$ 22	29		76 $\pm$ 13
1800	31 $\pm$ 1	70 $\pm$ 16	45		69 $\pm$ 21
1900			22 $\pm$ 20	78 $\pm$ 15	74 $\pm$ 26
2000			11	60 $\pm$ 25	
2200				81 $\pm$ 21	

Planktonsiialla haudontatulokseksi oli merkitsevästi huonompi 1 700–1 800 asteen kuin 1 400–1 600 asteen lämpösummissa vuosina 2001–2002 Taivalkosken laitoksella (ANOVA  $P<0,001$ , taulukko 10). Laukaan (ANOVA,  $P=0,529$ ) ja Saimaan laitoksilla (ANOVA,  $P=0,145$ ) kasvukauden lämpösummalla ei ollut vaikutusta haudontatulokseen (taulukko 10). Sama voidaan havaita myös Kainuun laitoksella, vaikkakin aineistoa ei voitu testata pienen näytemäärän vuoksi (taulukko 10).

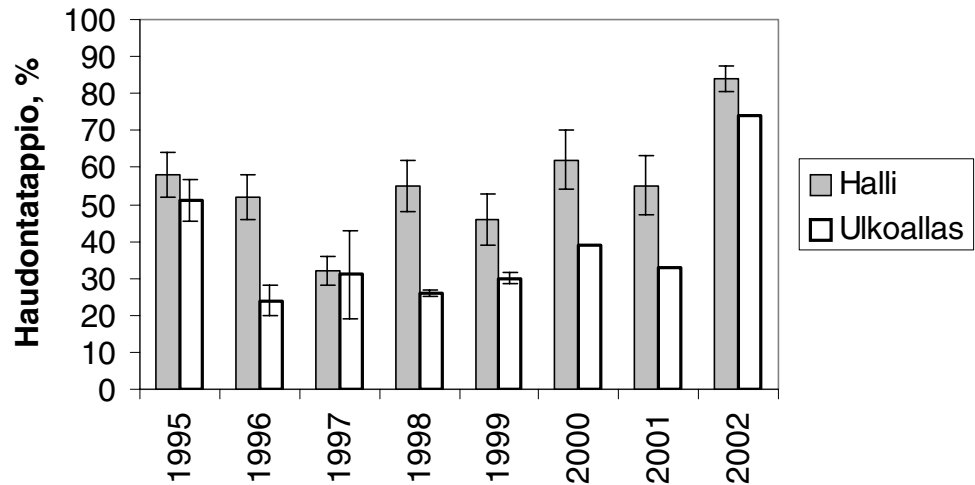
**Taulukko 10. Planktonsiian mädin haudontatappio (%) lypsystä spavaiheeseen, keskiarvo  $\pm$  -hajonta, kasvukauden (1.5.–30.9.) eri lämpösummissa Taivalkosken, Kainuun, Laukaan ja Saimaan laitoksilla.**

Lpsum	Taivalkoski	Kainuu	Laukaa	Saimaa
1400	53 $\pm$ 26			
1500	54 $\pm$ 21			
1600	50 $\pm$ 12			
1700	78 $\pm$ 10	41	41 $\pm$ 11	
1800	99 $\pm$ 1		43 $\pm$ 8	
1900		56 $\pm$ 17	51 $\pm$ 20	36 $\pm$ 18
2000		20		27 $\pm$ 14
2100		36 $\pm$ 1		40 $\pm$ 13
2200		53 $\pm$ 5		33 $\pm$ 18
2300				34 $\pm$ 7

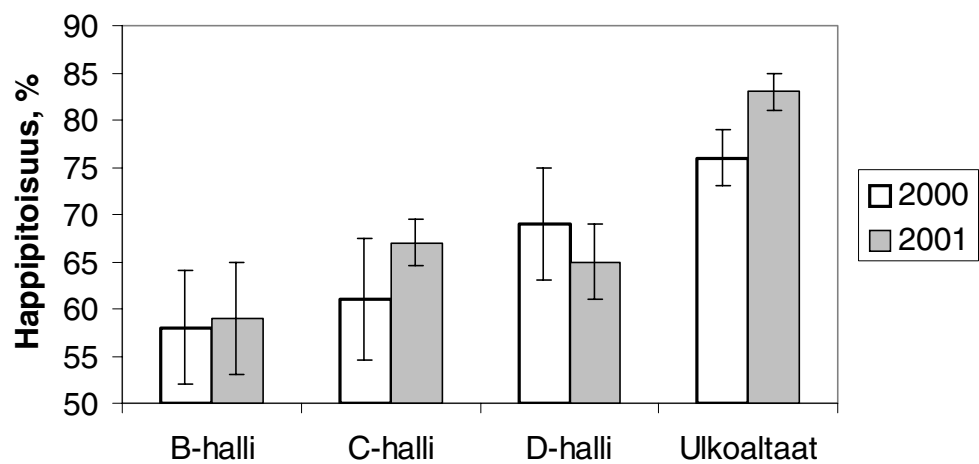
Saimaan laitoksessa viileävesikasvatuksen käyttöönoton jälkeen nieriän emoparvissa martokalojen osuus on alentunut keskimäärin 59  $\pm$  24 %:sta 41  $\pm$  21 %:iin, emokalojen ikä noussut 5  $\pm$  2 vuodesta 7  $\pm$  2 vuoteen, keskipaino 2 288  $\pm$  892 grammasta 3 072  $\pm$  818 grammaan, spa-mätimunän koko 7 458  $\pm$  1 578 kpl/l:sta 6 170  $\pm$  617 kpl/l:een ja lypsetty mätimäärä 1,6  $\pm$  1,6 litrasta/100 kg kalaa 3,5  $\pm$  2,9 litraan/100 kg kalaa sekä haudontatappio on pudonnut 58 %:sta 43 %:iin. Kasvukauden aikainen (1.5.–30.9.) lämpösumma on ollut viileävesisysteemissä 1 700–1 900 astetta, kun se normaalilla Ylä-Enonveden lämpötilalla on yli 1 900 astetta.

#### 7.2.5. Viljelyveden happipitoisuus

Taivalkosken ulkoaltaissa kasvatettujen merilohiemoparvien mädin kuolleisuus on ollut pienempi kuin hallissa kasvatettujen (ANOVA,  $P < 0,001$ ) vuosina 1995–2002 (kuva 26). Kasvuolosuhteet poikkeavat ulko- ja sisäaltaissa tiheyden ja kesäajan happipitoisuuden suhteen. Tiheys ulkoaltaissa on ollut keskimäärin 6 kg/m<sup>2</sup> ja sisäaltaissa 9 kg/m<sup>2</sup>. Happipitoisuus on ollut merkitsevästi (ANOVA,  $P < 0,001$ ) korkeampi ulkoaltaissa kuin halleissa kesän 2000 ja 2001 mittauksissa (kuva 27). Suurin osa lohioemparvista kasvatetaan D-hallissa.



**Kuva 26. Merilohon mädin haudontatappio (%) lypsystä spa-vaiheeseen, keskiarvo ja -hajonta, hallissa ja ulkoaltaissa Taivalkosken laitoksella vuosina 1995–2002.**



**Kuva 27. Allaskohtainen happipitoisuus (%), keskiarvo ja -hajonta, Taivalkosken B-, C- ja D- halleissa sekä ulkoaltaissa kesän 2000 ja 2001 mittauksissa.**

## 8. Tulosten tarkastelu

### 8.1. Vesiviljelytoiminnassa tapahtuneita muutoksia

RKTL:n kalanviljelykulttuuri on muuttunut 1970- ja 1980-luvuilta 1990-luvulle tultaessa. 1990-luvulle asti mädintuotanto kasvoi RKTL:n laitoksilla. 1990-luvulta lähtien on kuitenkin pyritty pienentämään emokalaston määrää ja välttämään mädin ylituotantoa. Tämä on lisännyt painetta mädin eloonjääntiin haudonnan aikana ja pienentänyt toleranssia vuosittaiselle vaihtelulle mädin tuotannossa. Mädin tuotantovarmuuden parantaminen onkin tärkeää RKTL:n laitoksilla. RKTL:n vesiviljelyn tehtävä ylläpitää emokalastoja luonnossa heikentyneistä kannoista ja tuottaa mätiä istutuspoikaskasvatukseen asettaa korkeat vaatimukset emokalastojen geneettiselle laadulle ja jälkeläisten elinkyvyille luonnossa (Thorpe 1999).

Emokaloja kasvatetaan RKTL:n laitoksissa hyvin vaihtelevissa olosuhteissa: ulko- ja sisäaltaissa, järvi- ja jokivedessä, erilaisissa ilmasto- ja veden lämpötilaolosuhteissa, eri tyyppisissä altaissa, erilaisilla rehuilla ja ruokintamenetelmillä. Työnjako laitosten välillä on koskenut lähinnä viljeltäviä kantoja, muuten laitokset ovat järjestäneet toimintansa itsenäisesti. Laatu- ja toimintajärjestelmien sekä kalaston hallintajärjestelmän (KATISKA) käyttöönotot ovat yhtenäistäneet toimintatapoja ja tietojen kirjaamiskäytäntöjä laitosten välillä. Yhtenäinen biologinen laadunseuranta RKTL:n kalanviljelylaitoksilta kuitenkin puuttuu.

### 8.2. Viljelyolosuhteissa tapahtuneita muutoksia

#### 8.2.1. Siirtyminen ulkoaltaista halleihin

Emokalalahallien käyttöönotto 1990-luvun aikana on antanut mahdollisuuden kontrolloidumpaan ja tehokkaampaan emokalanviljelyyn useilla RKTL:n laitoksilla. Veden virtausnopeudeltaan hitaasti virtaavista ja paljon pinta-alaa vaativista uoma-altaista on siirrytty veden virtaukseltaan nopeampiin pyöröaltaisiin. Tällöin myöskin parvitiheyksiä on voitu kasvattaa uoma-altaista pyöröaltaisiin siirryttäessä. Parvitiheyden kasvu on voinut kuitenkin lisätä parven hierarkian aiheuttamaa stressiä eri kalayksilöille. Kalamassan kasvaessa myös lämpimän veden aikainen hapen puutteen riski on kasvanut altaissa, joissa on veden happipitoisuuden suhteen erilaisia alueita. Halleissa emokalojen hoito ja ruokinta on kuitenkin helpompaa ja kontrolloidumpaa kuin ulkoaltaissa ympäri vuoden (Mustonen 1995). Samoin petojen aiheuttamasta hävikistä emokalaparvissa on päästy eroon. Kesäaikainen stressi on pienentynyt halleissa ja katetuissa altaissa, kun kalat ovat suojassa suoranaiselta auringon paisteelta, jolloin myös leväkasvu ja altaiden puhdistustarve on vähentynyt (Leinonen ym. 1998). Toisaalta liikuminen ja työskentely voi aiheuttaa enemmän kalojen tahatonta häirintä hallissa kuin ulkoallasalueella. Lisäksi valoisan ajan pituus halleissa voi olla erilainen kuin ulkoaltaissa. Valon voimakkuus, varsinkin sulan veden aikana, on myös katetuissa altaissa ja halleissa alhaisempi kuin ulkoaltaissa (Leinonen ym. 1998, Heinimaa 2002).

## 8.2.2. Valon vaikutus emokaloihin ja mätiin

Halleissa päivänpituutta voidaan säädellä helpommin kuin ulkoaltaissa, ja RKTL:n laitoksilla onkin käytetty luonnollisesta poikkeavia päivänpituuksia. Pitkävaelteisilla lajeilla ja kannoilla kuten merilohella ja -taimenella talviaikainen päivänpituuden säätäminen syönnösalueen mukaiseksi on antanut positiivisia tuloksia Muonion ja Tornionjoen laitoksilla. Erityisesti sillä on voitu vaikuttaa martokalojen osuuteen parvissa. Vaikutusmekanismia ei täysin tunneta. Lyhenevän päivänpituuden tiedetään kuitenkin vähentävän kalojen ruokahalua, erityisesti parviahierarkian alemmilla yksilöillä (Skilbrei ym. 1997). Tällöin pitemmässä päivässä kalaparvessa on vähemmän niitä yksilöitä, jotka lopettavat ruokailun kuin lyhyemmässä päivässä. Muonion korkeudella talviaikainen päivänpituus on lyhyt merilohen ja -taimenen Itämeren syönnösalueeseen verrattuna. Eteläisten laitosten pitempi talvipäivä voi selittää sitä, että eteläisimmillä laitoksilla martokalojen määrä merilohi- ja -taimenparvissa on pienempi kuin Muoniossa, eikä martokalojen määrässä ole vuorovuosisykliä.

Päivänpituudessa tapahtuvat muutokset säätelevät myös kutuajankohtaa ja syyskutuisilla lajeilla vuosikierto kudusta seuraavaan kutuun kulkee lyhyestä päivästä pitkään päivään ja takaisin lyhyeen päivään. Talviaikainen absoluuttinen päivänpituus ei niinkään vaikuta kutuajankohtaan, kunhan se on selvästi lyhyempi kuin kesäaikainen päivänpituus. Itämerelläkin eri jokien lohikannat ruokailevat samoilla alueilla, mutta kutevat eri aikaan kotijoissaan. Niinpä Muonion, Tornionjoen ja Kuusamon laitoksilla paikallista pidempi päivä talvella ei ole vaikuttanut kutuajankohtiin. Kutuajankohdan kannalta ratkaisevampaa on päivänpituuden kehitys kesäpäivän seisauksen jälkeen. Normaalia pitempi päivä kesäpäivän seisauksen jälkeen viivästyttää kutua syyskutuisilla lajeilla (Gillet 1994). Niinpä Laukaan laitoksella luontaista päivänpituutta pitempi valojen palamisaika loppukesällä ja syksyllä emohallissa on voinut aiheuttaa lypsyajankohdan viivästymistä emokalahallin parvilla. Sen sijaan Taivalkoskella, jossa merilohiemojen lypsyajankohta on viivästynyt eniten, valojen palamisaika halleissa ei ole tiettävästi paikallista päivänpituutta pitempi kesällä ja syksyllä. Taivalkoskella pihavalot palavat kuitenkin pimeällä klo 23 asti, jolloin hajavaloa voi päästä ikkunoiden kautta halleihin kun lumi ei vielä peitä ikkunoita syksyllä.

Muonion ja Tornionjoen laitoksilla paikallisen ja Itämeren valorytmillä kasvatettujen emokalojen mädin haudontatuloksissa ei ollut eroja. Tämä johtunee siitä, etteivät lypsyajankohdat näiden ryhmien välillä eronneet. Kalojen vuosisyklin tahalliset tai tahattomat muutokset voivat kuitenkin vaikuttaa mädin laatuun ja haudontatulokseen, silloin kun niillä vaikutetaan mädin kehitysnopeuteen ja kutuajankohtaan. Muuttamalla valorytmiä luonnollisemmaksi voidaan viljelytulosta parantaa (esim. järvilohet Inarissa), mutta luonnollisesta poikkeavalla valorytmillä voidaan viljelytulosta myös heikentää.

Mädin haudonnassa valaistusolosuhteet tulee myös huomioida. Luonnossa syyskutuisien kalojen mäti hautoutuu soran sisällä pimeässä. Mätimunien altistuminen näkyvälle valolle (400–850 nm) lisää kuolleisuutta, joka kasvaa valon voimistuessa (Eisler 1957, Kwain 1975, Flamarique & Harrower 1999). Altistuminen valolle myös nopeuttaa alkion kehitystä ja aikaistaa kuoriutumista (Kwain 1975, Flamarique & Harrower 1999). Peitetyillä haudonta-aseteilla ja saaveissa mätimunat ovat valolta suojattuna, mutta suppilohaudonnassa ne ovat valolle alttiina.

## 8.2.3. Veden lämpötila

Kasvatusveden lämpötilalla on merkitystä emokalojen hyvinvoinnille. Yleistäen voidaan sanoa, että jos emokalarparvien tuotanto ja mädin haudontatulokset ovat yleisesti hyvät, niin veden lämpötilaolosuhteet laitoksella ovat sopivat lajille/kannalle. Veden lämpötilan noustessa yli kalojen optimilämpötilan seurauksena on kalojen stressaantuminen, ruokahalun heikkeneminen ja sairastuvuuden lisääntyminen. Tämä heikentää

kalojen lisääntymistä, lisää martojen kalojen määrää parvissa ja heikentää mädin laatua.

Muonion ja Taivalkosken laitoksilla merilohien ja -taimenien haudontatulos heikkeni kasvukauden lämpösumman noustessa 1 700–1 800 asteeseen ja Laukaalla 1 900 asteeseen. Tarkastelujakson aikana näin lämpimiä kesiä oli vain pari, joten laajempaa materiaalia tarvittaisiin luotettavien optimilämpösummien selvittämiseen. Saimaalla emonieriöiden viljelytulokset ovat parantuneet kun kasvukauden lämpösumma on laskenut alle 1 900 asteen kylmävesikasvatuksessa. Sarmijärvellä, jossa emonieriöiden mädintuotanto ja haudontatulokset ovat parhaat, kasvukauden lämpösumma on alle 1 800 astetta. Optimilämpötiloissa on myös kantakohtaisia eroja, joten tuloksia ei voi yleistää.

Niemitalo ym. (1993) eivät myöskään havainneet  $\leq 1\,650$  kasvukauden ( $\geq 5$  °C) lämpösummilla olevan vaikutusta lohen mädin haudontatuloksiin Taivalkosken laitoksella. Se sijaan he havaitsivat kasvukauden lämpösumman (1 150–1 650 astetta) nousun positiivisesti vaikuttavan kutevien lohinaaraiden osuuteen parvessa, naaraista lypsettyyn mätimäärään (l/naaraskilo) ja mätimunun kokoon (kpl/l). Sukurauhasten kehittyminen alkaa jo keväällä, jolloin edellisen kasvukauden aikaisilla veden lämpötilaolosuhteilla on todennäköisesti myös vaikutusta kutevien emokalojen määrään syksyllä.

Samoissa kasvukauden lämpösummissa Tornionjoen merilohien haudontatulos oli kuitenkin parempi Muonion kuin Taivalkosken laitoksella. Vuoden aikainen lämpösumma on Taivalkosken laitoksella (n. 1 700 astetta) pienempi kuin Muonion laitoksella (n. 1 900 astetta). Keskimääräinen kasvukauden pituus (veden lämpötila  $\geq 5$  °C) näillä laitoksilla eroaa vain viidellä päivällä, mutta talvella veden lämpötila on Muonion järvesilaitoksella 1–2 °C kun se Taivalkosken jokivesilaitoksessa on alle 1 °C. Lohikalat ovat erinomaisesti sopeutuneet kylmään veteen, mutta järvesilaitoksilla talvella veden lämpötila on kuitenkin lähempänä lohen syönnösalueen lämpötilaa kuin jokivesilaitoksessa. Mätimunat ovat talvella lepovaiheessa, joten kylmän veden ei suoranaisesti pitäisi vaikuttaa mädin laatuun. Talviaikaisella veden lämpötilalla voi kuitenkin olla vaikutusta emokalojen hyvinvointiin ja siten välillisesti mädin laatuun.

Vaellus- ja planktonsiialla kasvukauden lämpösummat eivät selittäneet haudontatuloksia. Periaatteessa siika menestyy paremmin korkeimmissa veden lämpötiloissa kuin moni muu lohikalalaji. Laukaalla vaellussiian mädin haudontakuolleisuus lasi 80 %:sta 40 %:iin kun kesän lämpösumma nousi 2 100 asteesta 2 380 asteeseen (Latikka 2000). Voi olla, että kasvukauden lämpösumma ei olekaan siioilla se tekijä, joka vaikuttaa eniten mädin haudontatuloksiin.

Veden lämpötilalla lypsyvaiheessa on myös vaikutusta merilohen, -taimen, vaellussiian ja järvitaimenen haudontatulokseen. Muonion laitoksella näiden lajien mädin haudontatulos oli  $\leq 3$  °C huonompi kuin 4–9 °C lypsyveden lämpötilassa. Tällöin lypsyajankohdan viivästyminen Taivalkosken laitoksella on voinut heikentää lohen mädin haudontatulosta kun lypsy tapahtuu kylmässä vedessä. Toisaalta Laukaan laitoksella merilohen haudontatappio nousi lypsyveden lämpötilan noustessa 4 asteesta 8 asteeseen ja planktonsiialla 2 asteesta 5 asteeseen (Latikka 2000).

Ei ainoastaan lypsyhetken veden lämpötilalla, mutta myös sen kehittymisellä hedelmöityksen jälkeen, alkion kehityksen aikana, on vaikutusta haudontatulokseen. Vaikka lohen mätimunun lämpötilatoleranssi onkin laaja 0–16 °C, alkion kehityksen eri vaiheiden lämpötilaherkkyys vaihtelee (Peterson ym. 1977, Ojanguren ym. 1999). Lohella mätimunien kuolleisuus heti hedelmöityksen jälkeen on korkeampaa alle kuin ylineliasteisessa vedessä optimilämpötilan ollessa hedelmöityksestä spa-vaiheeseen noin 6 °C (Peterson ym. 1977). Kantakohtaiset erot optimivedenlämpötiloissa lienevät mahdollisia myös mätivaiheessa. Haudontaveden lämpötilalla on myös vaikutusta alkion kehitysnopeuteen ja kuoriutuvien ruskuaispussipoikasten kokoon (Peterson ym. 1977, Ojanguren ym. 1999). Haudonnan aikana kertynyt lämpösumma ei välttä-

mättä ole kovin tarkka mittari arvioitaessa alkioiden kehitysnopeutta ja kuoriutumisaikaa. Inarissa samaan alkion kehitysvaiheeseen kertyy lämpösummaa merkittävästi vähemmän kuin eteläisimmissä laitoksissa. Laskettaessa mm. mädin kuoriutumispäivää logaritmiset veden lämpötilaan perustavat laskentamallit antavatkin tarkemman tuloksen kuin lämpösummien laskeminen (Crisp 1981).

Viljelyveden lämpötilaan ei useimmilla laitoksilla voida vaikuttaa mitenkään tai hyvin rajallisesti. Ilmaston lämpeneminen voi vaikuttaa kalanviljelylaitosten tuotantopotentiaaliin sitä alentavasti (Koskela & Pirhonen 1994). Veden hapettamisella voidaan lieventää korkean lämpötilan haittoja. Mahdollista on myös kesän maksimilämpötilojen leikkaaminen kuten Saimaan laitoksella on tehty emonieria kasvatuksessa. Ilmaston lämpeneminen lisää tarvetta myös tarkastella eri lajien sijoittelua viljelylaitoksiin kalojen lämpötilavaatimusten perusteella. Esimerkiksi Iijoen lohen emokalaviljelyssä tulokset ovat olleet paremmat Laukaan kuin Taivalkosken laitoksella. Kalojen viljelypaikkaa harkittaessa tulee kuitenkin huomioida päivänpituuden merkitys kalojen ensisijaisena vuosirytmien säätelijänä varsinkin paikallisilla kannoilla. Esimerkiksi Vuoksen vesistön järvilohen emokalaviljelyssä päivän pituuden ja veden lämpötilan kehitys poikkesivat Inarissa liian paljon Saimaan olosuhteista heikentäen viljelytulosta Inarin laitoksella.

#### 8.2.4. Kuivarehuissa ja ruokinnassa tapahtuneita muutoksia

Emokalanviljelyn alkuaikoina emoja on ruokittu tuoreella ja pakastetulla kalalla tai muiden raaka-aineiden kanssa pelleteituna. Kuivarehujen kehittymisen myötä emokaloja on ruokittu RKTL:n laitoksilla pääasiassa tavallisilla kasvatusrehuilla. Taivalkoskella 1980-luvulla kuivarehuilla ruokituissa lohien emokalaparvissa kutevien naaraiden osuus, mätimäärä (l/naaraskilo) ja mätimunana koko (kpl/l) oli suurempi kuin tuorehulla ruokituissa parvissa (Niemitalo ym. 1993). Kalojen ravintovaatimukset kuitenkin kohoavat lisääntymisvaiheessa. Tutkimuksen ja tuotekehityksen perusteella lohikalalojen ns. emorehujä on muokattu hieman kasvatusrehuista poikkeavaksi, mm. niiden vitamiini- ja hivenainepitoisuudet ovat kasvatusrehuja suuremmat. Näiden emokaloille suunnattujen rehujen valmistus alkoi 1990-luvun loppupuolella.

Kuivarehujen pääravintoaineiden määrät ovat muuttuneet paljon muutaman vuosikymmenen aikana (Ruuhonen ja Vielma 1998). Suurin muutos on ollut rehujen rasvapitoisuuden lähes kymmenkertaistuminen ja hiilihydraattipitoisuuden pienentyminen 1960-lukuun nähden (taulukko 11). Muutokset jatkuivat myös 1990-luvulla; vuosikymmenen alun valkuaisaine- ja rasvapitoisuudet muuttuivat noin 44 ja 20 %:sta vuosituhannen taitteeseen mennessä noin 38 ja 34 %:iin. Koostumuksen muutoksen syinä ovat olleet havainnot kalojen nopeammasta kasvusta ja pienemmästä rehukertoimesta kun rehujen energiapitoisuutta, erityisesti rasvapitoisuutta, on voitu nostaa pelletointiteknologian kehittyessä. Hiilihydraatteja ei käytetä enempää kuin hyvä pelletin fyysinen rakenne, erityisesti öljyn imemiskapasiteetti, vaatii.

**Taulukko 11. Kasvatusrehujen pääravintoaineiden koostumuksen muutokset 1960–1990 luvuilla (Ruuhonen ja Vielma 1998).**

	60-luku	70-luku	80-luku	90-luvun loppu
Valkuaisaine, %	40	38	42	38
Rasva, %	4	7	17	34
Hiilihydraatit, %	32	36	23	12

Eri raaka-aineiden määrät vaihtelevat vuosittain ja tuotemerkeittäin, mutta keskeisin muutos on ollut kala- ja vehnäjauhon määrän vähentyminen ja kalaöljyn määrän lisääntyminen. Raaka-aineiden laatu on hiljalleen parantunut. Rehujen valmistekniikas-



sa on tapahtunut jatkuvaa kehitystä niin, että valmistus on kuitenkin perustunut ns. ekstrudointiin 1980-luvulta alkaen.

Kuivarehujen valkuaisainepitoisuus on emokalojen luontaista ravintoa pienempi. Liian matala valkuaisainepitoisuus, erityisesti yhdistettynä sen huonoon laatuun, heikentää kalojen kasvua ja vaikuttaa myös mädin määrään ja/tai laatuun (Izquierdo ym. 2001). 1990-luvulla jatkuneen rehujen valkuaisainepitoisuuden laskun vaikutusta emokalojen mädintuottokykyyn ja mädin laatuun ei tunneta, mutta kasvatusrehujen valkuaisainepitoisuuden lasku on voitu toteuttaa ainakin kirjolohen kasvun heikentymättä. Yleinen trendi on ollut, että valkuaisaineen laatu, ts. lähinnä rehun aminohappokoostumus, on valkuaisainemäärän pienentyessä kuitenkin samaan aikaan parantunut joko raaka-aineiden laadun parantumisen myötä tai aminohappolisäysten avulla.

Kuivarehun koostumusta voidaan verrata aikuisten lohikalojen luonnolliseen ravintoon, esimerkiksi merilohen pääravintokohteeseen silakkaan (taulukko 12). Silakan, kuten muikun ja kuoreenkin, rasvapitoisuus vaihtelee voimakkaasti vuodenaajoittain sekä myös kokoluokittain ja alueittain, mutta yksinkertaistettua vuodenaikaista tietoa voidaan käyttää karkeassa vertailussa.

**Taulukko 12. Silakan vuodenaikainen valkuaisaine- ja rasvapitoisuus kuivarehun kosteuteen muutettuna. (Suomen turkiseläinkasvattajien liitto, rehuoptimoitiohjelma)**

	<b>syksy</b>	<b>Silakka talvi</b>	<b>kevät</b>
Proteiini, %	52	64	67
Rasva, %	36	22	17

Modernien kasvatusrehujen rasvapitoisuus vastaa syyssilakan rasvapitoisuutta, mutta lienee muina vuodenaikoina luontaista ravintoa rasvaisempaa. Rasvan määrän lisäksi erityisesti rasvan laadulla on merkitystä monille fysiologisille toiminnoille kuten mädin ja alkion kehittymiselle. Kuivarehut perustuvat runsaasti n-3 rasvahappoja sisältäviin kalaöljyihin, ja niiden rasvahappokoostumus on todennäköisesti varsin sopiva myös emokalojen kasvatukseen. Rehuissa käytetään nykyisin myös kasviperäisiä öljyjä, mutta niiden käyttöä emorehuissa olisi syytä välttää luontaisesta ravinnosta poikkeavan rasvahappokoostumuksen vuoksi.

Ruokinta on muuttunut yhä enenevässä määrin käsinruokinnasta automaattiruokintaan. Samalla annosruokinnasta on siirrytty tiheään pienissä erissä tapahtuvaan ruokintaan. Siialle automaattiruokinta pieninä annoksina ja tiheään on sopinut hyvin, koska se pienimahaisena luontaisestikin syö siten. Petomaiset lohikalat ovat luontaisesti annosruokailijoita, joten niille nykyinen ruokintasysteemi ei välttämättä ole paras mahdollinen. Jatkuva rehun antaminen altaaseen saa aikaan levotonta liikehtimistä ja voi lisätä stressiä parvessa. Parven kalat eivät ole kaikki samanarvoisessa asemassa. Ruokintaannoksen ollessa kerralla pieni parven heikoimmat yksilöt eivät välttämättä ehdi saada ravintoa tarpeeksi. Petomaisten lohikalojen syöntikerrat vuorokaudessa vähenevät kalan koon kasvaessa.

### 8.2.5. Emokalojen koko ja mädin laatu

Emokalojen kasvu on parantunut 1970-luvulta siirryttäessä käyttämään kuivarehuja 1980-luvulla ja 1990-luvulla rehujen kehittymisen myötä. Etelän laitoksilla siikojen sukukypsyysikä on alentunut jo 2-vuoteen ja lohilla suurin osa parven koiraista on sukukypsiä jo 2-vuotiaina ja naaraista 3-vuotiaina. Pohjoisen laitoksilla sukukypsyysikä saavutetaan vuotta tai kahta myöhemmin lyhyen kasvukauden vuoksi.

Merilohen mädin haudontatulokset on yleensä parempi luonnon- kuin laitostuotoksella (Iivari 1993, Ryttilähti 1993). Kasvuolosuhteiden ollessa hyvät kalat tuottavat paljon pienikokoisia mätimunia (Einum & Fleming 1999). Laitosemokalajien mätimunien koko onkin pienempi kuin luonnonemokalajien (Määttä 2000), jopa saman kokoisilla emokaloilla (Srivastava & Brown 1991). Mätimunien kokoa on pidetty ainakin lohella yhtenä positiivisena laatutekijänä (Brännäs ym. 1985, Einum ym. 2002). Muiltakin laatuolosuhteiltään kuten rasva-, proteiini- ja energiapitoisuuden suhteen lohien laitosemojen mätimiä on todettu huonommaksi kuin luonnonemojen (Srivastava & Brown 1991). Mitä korkeampi on mätimunien ravintoaine- ja siten myös kuiva-ainepitoisuus, sitä enemmän ne imevät itseensä vettä hedelmöityksen jälkeen turvotusvaiheessa (Lahnsteiner ym. 1999, Heinimaa & Heinimaa 2004). Tätä on pidetty mätimunien yhtenä positiivisena laatukriteerinä (Lahnsteiner ym. 1999). Mätimunien koko on positiivisesti riippuvainen naaraan koosta (Kallio 1986, Kazakov 1981) samoin kuin mätimunien energiapitoisuus (Heinimaa & Heinimaa 2004). Tällöin emokalajien ja mätimunien keskimääräinen nouseminen mätimunien laatu olisi pitänyt kehittyä positiiviseen suuntaan laitosviljelyssä. Merilohella kokoero luonnon- ja laitosemojen välillä voi olla kuitenkin suurempi kuin muilla lajeilla. RKTL:n laitoksista merilohiemojen keskimääräinen koon suuruus Laukaan laitoksessa, jossa myös mädintuotto ja haudontatulokset ovat parhaat. Muonion laitoksella merilohiemojen keskimääräinen koon pienentyminen ja haudontatappio on noussut viime vuosina. Mitään selvää suoraa riippuvuutta emokalajien koon ja mädin kuolleisuuden välillä haudonnan aikana ei kuitenkaan havaittu Laukaan emokaloilla (Latikka 2000).

Mädin laatuun ja haudontatulokseen vaikuttavat monet muutkin asiat emokalan koon lisäksi. Taivalkoskella kutevien lohinaaraiden osuudella parvessa ja lypsetyn mädin määrällä (l/naaraskilo) oli positiivinen yhteys mädin elossa säilymiseen haudonnan aikana (Niemitalo ym. 1993). Silloin siis kun lohinaaraat antoivat hyvin mätimiä, myös mädin laatu oli parempi kuin niukkoina mätivuosina.

Siit ovat kasvaneet hyvin nykyisillä rehuilla ja ruokintamenetelmillä, mutta siikojen mädin laadussa tämä ei ole näkynyt positiivisesti. Siian mädin laatuun vaikuttavista tekijöistä tiedetään valittavan vähän. Vaellussiialla paras haudontatulokset on ollut Muonion laitoksella ja planktonsiialla Saimaan laitoksella, joissa emokalajien koot ovat olleet pienimmät kuin muissa RKTL:n laitoksissa. Taivalkoskella altaista kerätyn vaellussiian mädin haudontatulokset on ollut parempi kuin lypsetyn. Lautiossaessa luonnosta pyydettyjen vaellussiikojen keskimääräinen haudontatappio on ollut 15 % eli alempi kuin laitosemoilla. Näistä tiedonjyväsistä voisi päätellä, ettei siikaemojen tarvitse olla välttämättä kookkaita tuottaakseen hyvänlaatuista mätimiä, lypsyaikainen käsittely voi heikentää mädin laatua ja laitosolosuhteet eivät yleensä ole sopivat siioille. Siian tiedetään olevan käsittelylle herkempi kuin muiden lohikalajien. Siioille myös lypsyaikainen emokalajien säilyttäminen sektoriaidoissa tai sumpuissa voi olla stressaavampaa kuin muille lajeille, kun lajityypillinen uintikäyttäytyminen estyy.

## 8.2.6. Merilohen viljelyn problematiikkaa

Taivalkosken korkeisiin lohien haudontatappioihin ei ole yhtä syytä, vaan todennäköisesti niihin vaikuttaa samanaikaisesti monta asiaa. Vuosien 1998–2002 korkeisiin haudontatappioihin ovat varmaankin vaikuttaneet lämpimät kesät ja siten myös altaiden heikentynyt happitilanne, viivästynyt kutu ja alhaiset lypsylämpötilat sekä malakiitin käyttökielto, jolloin mätimiä on jouduttu puhdistamaan nyppimällä. Heikentyneet kasvuolosuhteet kesällä ovat heikentäneet mädin laatua. Emokalaparvet on lypsetty vain keran, jolloin riski mätimunien ylikypsytymiseen osalla naaraista on kasvanut. Emot on lypsetty matalassa veden lämpötilassa, jolloin alkion alkukehitys on voinut epäonnistua. Haudonnan aikana mätimunia on voitu liikuttaa herkässä kehitysvaiheessa puhdistuksen yhteydessä ja mätimunia ei ehkä ole ehditty puhdistamaan niin usein kuin olisi ollut tarvetta.

Lypsyajankohdan viivästymiseen on voinut vaikuttaa Taivalkoskella myös kalojen sisäinen vuosirytm. Jos se ajoittuu kudusta, niin silloin lypsyt viivästyminen vaikuttaa myös seuraavien vuosien kutuajankohtaan ja muutos takaisin aikaisempaan lypsyajankohtaan on vaikea vanhoilla emokalaparvilla.

## 9. Suosituksia viljelykäytäntöihin

Vesiviljelyn toiminta- ja ympäristöjärjestelmät ohjaavat RKTL:n viljelylaitosten toimintaa. Lisäksi Kala- ja riistaraportteja nro 253 (Aho ym.) emokalaparvien perustamisesta, mädin ja maidin käsittelystä, lyhytkestoisesta säilytyksestä, maidin (siittiöiden) laadun arvioinnista sekä mädin hedelmöityksestä on esitetty käytännön toimintaohjeet. Tässä työssä tulleiden asioiden pohjalta on kuitenkin tarpeen antaa suosituksia seuraaviin viljelykäytäntöihin.

- Emokalat tulisi kasvattaa niiden luonnollisessa valorytmissä, jossa päivänpituus on paikallinen auringon nousu- ja laskuajan välinen aika lisättynä 1 tunti aamulla ja illalla eli yhteiskunnalliset hämäräajat. Vaelluskaloilla, merilohen ja -taimen poikaset kasvatetaan paikallisessa luonnollisessa valorytmissä ja smolttiutumisen jälkeen Itämeren syönnösalueen valorytmissä keväästä seuraavaan vuoden kesäkuun alkuun ja sen jälkeen syönnösalueen valorytmissä kudusta kesäkuun alkuun. Kesäkuun alusta kuluu emokaloja pidetään paikallisessa luonnollisessa valorytmissä. Valorytmin pitää pysyä samana vuodesta toiseen.
- Mätimunat tulee olla valolta suojattuja haudonnan ajan, myös suppilohaudonnassa. Tämän pitäisi positiivisesti vaikuttaa mätimunien säilyvyyteen haudonnan aikana ja parantaa kuoriutumisajankohdan ennakoitavuutta.
- Emokalojen ruokintasuosituksia ovat ruokia kaloja niiden luontaisen vuorokautisen ruokahalun mukaan eli lohella, taimenella ja nieriällä annosruokinta kasvukaudella aamulla ja illalla kylläiseksi asti. Talvella, kylmässä vedessä, suositellaan ruokintaa joka toinen päivä päivällä (Johnson 1995). Kalojen ruokinnan aikana hallissa ei saisi olla kaloja häiritsevää toimintaa. Annosruokinnalla pyritään parantamaan parven eri yksilöiden ravinnonsaantia ja välttämään hukkarehua, joka on niin taloudellinen kuin kuormituksellinenkin etu. Annosruokinnan käytännön toteuttamista varten eri laitteistoilla ja eri laitoksilla tulee aloittaa kehittämishanke (kts. kohta 10).
- Emokalojen nukuttamisessa trikaiinilla (MS-222) tulee noudattaa annettuja ohjeita ja käyttää puskuriliuosta (ruokasoodaa). Käytettäessä MS-222:ta kalojen veren pH alenee ja ionitasapaino häiriintyy (Leclin 1992). Puskuriliuosta käyttämällä voidaan näitä haittavaikutuksia pienentää ja nukutusaineen määrää vedessä vähentää, mikä on hyväksi niin kaloille kuin työntekijöillekin.
- Ruumiinonteloon jääneet mätimunat voivat heikentää emokalan hyvinvointia ja mädin hedelmöitystulosta seuraavana syksynä. Tämän vuoksi tulee hellävaraisesti lypsää tyhjäksi myös ne parven yksilöt, joiden mätiä ei tarvita. Siiat kutevat myös altaissa, joten niillä tyhjennyslypsäminen ei ole tarpeen.
- Mädin huuhtelussa ja turvotusvaiheessa, jolloin mätimuna imee itseensä vettä, tulee käyttää puhdasta vettä. Lypsy- ja hedelmöitysvaiheessa käytetty aika ja huolellisuus vähentävät huonojen hedelmöityserien osuutta ja tämä helpottaa haudontavaihetta ja säästää työaikaa myöhemmin.

## 10. Jatkotoimenpiteet

RKTL:n mädintuotannon ja laadun takaamiseksi on tehtävä pitkäjännitteistä työtä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että emokalanviljelyn biologinen laadun seuranta ja kehittämien on otettava osaksi käytännön viljelytoimintaa. RKTL:n laitoksilla kirjaetaan ylös jo nykyisin monia asioita emokaloista ja mädistä, mutta näiden tietojen hyödynnettävyyttä tulisi parantaa. Parvikohtaisten viljelyolosuhteiden yksiselitteinen tallentaminen on välttämätöntä, jotta tietoja voidaan hyödyntää tulevaisuudessa. Lisäksi tarvitaan erillishankkeita ongelmakohtien ratkaisemiseksi.

Biologisen laadunseurannan toteuttamiseksi tulisi tiedon keruuta parantaa ja yhdenmukaistaa seuraavasti:

- Päivitetään kalastokirjanpitoon (KATISKA) ne tiedot, joita emokalaparvista halutaan tallettaa.

- Varmistetaan tietojen käytettävyys myös tilastollisissa ohjelmissa.

- Laaditaan työohje muuttujien mittaamisesta ja tallentamisesta samalla tavalla eri laitoksissa.

- Tallennettavat tiedot emokalaparvista ovat seuraavat:

- a) parvikoodi
- b) emokalaparvien perustamistiedot
- c) parven keskipaino ja -pituus
- d) linkit kasvumittaustietoihin koko viljelyhistorian ajalta
- e) parven kalojen lukumäärä, biomassa ja kasvatustiheys
- f) kuolleiden kalojen lukumäärä
- g) parvesta todetut taudit ja loiset
- h) naaraiden, koiraiden ja martojen kalojen määrä parvessa lypsytietokellä
- i) lypsypäivämäärät ja veden lämpötilat
- j) lypsettyjen emokalojen lukumäärä
- k) lypsetty mätimäärä, l ja kpl
- l) spa-mätimäärä, l ja kpl
- m) spa-mätimunien koko kpl/l
- n) kertoimet lypsystä spa- ja ruskuaispussipoikasvaiheeseen

- Tallennettavat tiedot kasvatusolosuhteista ovat seuraavat:

- a) allas
- b) linkit laitoksen viljelyveden lämpötilatietoihin
- c) käytetty rehu ja raekoko
- d) kalojen ruokintaohjelma ja siihen tehdyt muunnokset
- e) kalojen käsittelyt

Yleisen parvikohtaisen seurantatiedon keruun lisäksi järjestetään laitoksilla erilliskoh- teita ja seurantoja seuraavasti:

1. Lypsyeräkohtaisen tiedon keruu

Mädin haudonta järjestetään laitoksilla niin, että valittujen parvien eri lypsykertojen tai altaasta kerätyn mädin haudonta voidaan järjestää erikseen. Lypsyeräkohtaiset tiedot; emokalojen lukumäärä, lämpötila, mätimäärä, haudontatulokset ja mätimunien koko tal- lennetaan erikseen.

2. Suunnitellaan yksilömerkittyjen emokalojen seuranta

Jo yksilömerkittyjen emokalojen mädin haudonta järjestetään niin, että mahdollisim- man monen parin mäti voidaan haudata erikseen. Emokalojen yksilö- ja mätitiedot sekä haudontatulokset talletetaan erikseen. Uusia emokalaparvia otetaan yksilöseurantaan.

3. Taivalkosken laitoksessa tehtävä valomittaus

Taivalkosken laitoksella mitataan vuoden aikana vuorokautisen valon voimakkuutta eri viljelytiloissa ja ulkona.

4. Lohi, taimen- ja nieriäemöjen ruokinnan kehittämisen annosruokinnan suuntaan

Suunnitellaan koeohjelma ruokinnan tehostamiseksi. Selvitetään, miten nykyisillä au- tomaateilla annosruokinta olisi parhaiten toteutettavissa siten, että veden lämpötila, päivän pituus ja ruokintanopeus tulee huomioiduksi.

Ehdotukset tutkimusaiheiksi

Hankkeet, jotka voidaan toteuttaa viljelyrutiinien yhteydessä tutkimussuunnitelman teon jälkeen hyväksikäyttäen edellä mainittuja tiedonkeruujärjestelmiä.

1. Emokalojen kasvunopeuden ja koon vaikutus mädin kokoon ja laatuun. Tutkittavat lajit ensisijaisesti lohi ja siika.
2. Perättäisinä vuosina toistuvan kudun vaikutus mädin laatuun yksilömerkityillä ka- loilla. Tutkittavat lajit ensisijaisesti lohi ja siika.
3. Veden lämpötilan vaikutus emokalojen hyvinvointiin, mädin laatuun ja haudontatu- lokseen. Tutkittavat lajit ensisijaisesti lohi, siika ja harjus.

Hankkeet, joita varten tarvitaan lisäksi erillisiä koejärjestelyjä:

1. Siikaemöjen energiavarastojen vaikutus mädin tuotantoon ja laatuun.
2. Siikaemokalojen lypsykäsittelyn vaikutus mädin haudontatulokseen

Yhteistyössä ulkopuolisten tahojen kanssa tehtävät hankkeet:

1. Emokalarehun tai -rehujen jatkokehittäminen.

# Kiitokset

Kiitokset kaikille niille RKTL:n vesiviljelyn henkilöille, jotka toimittivat aineistoa työtä varten. Kiitokset myös monista mielenkiintoisista keskusteluista laitoksissa vierailujen aikana. Erityisesti haluamme kiittää Hilkka Simolaa, Matti Karjalaista, Vesa Määttä, Juha Iivaria, Risto Kannelta, Päivi Anttosta, Esko Anttosta, Raimo Määttä, Juha-Pekka Turkkaa, Pasi Arkkoa, Veikko Linnaa ja Timo Rauhalaa aineiston keräämisestä.

# Kirjallisuus

- Aho, T., Piironen, J. & Pursiainen, M. 2002. Avain viljeltävien taimen-, harjus- ja siikaemokalastojen geneettiseen tietokantaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen vesiviljelyssä. Kala- ja riistaraportteja nro 253, s. 23.
- Anttonen, P. 2004. Emokalojen vesihomeen esiintyminen ja torjunta Laukaan toimipaikassa. Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely. Käsikirjoitus, s. 15.
- Bon, E., Breton, B., Govoroun, M. S. & Menn, F. Le. 1999. Effects of accelerated photoperiod regimes on the reproductive cycle of the female rainbow trout: II Seasonal variations of plasma gonatropins (GTH I and GTH II) levels correlated with ovarian follicle growth and egg size. *Fish Physiology and Biochemistry* 20: 143–154.
- Brännäs, E., Brännäs, K. & Eriksson, L.-O. 1985. Egg characteristic and hatchery survival in a Baltic salmon, *Salmo salar* L., population. Rept. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 62: 5–11.
- Crisp, D. T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for the eggs of five species of salmonid fishes. *Freshwater Biology* 11: 361–368.
- Einum, S. & Fleming, I. A. 1999. Maternal effects of egg size in brown trout (*Salmo trutta*): norms of reaction to environmental quality. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 266: 2095–2100.
- Einum, S., Hendry, A. P. & Fleming, I. A. 2002. Egg-size evolution in aquatic environments: does oxygen availability constrain size? *Proc. R. Soc. Lond. B.* 269: 2325–2330.
- Eisler, R. 1957. Some effects of artificial light on salmon eggs and larvae. *Trans. Am. Fish. Soc.* 87: 151–162.
- Flamarique, I. N. & Harrower, W. L. 1999. Mortality of sockeye salmon raised under light backgrounds of different spectral composition. *Environ. Biol. Fishes* 55: 279–293.
- Forsman, L., Krzysztof, R. & Soivio, A. 1992. Lohen haudontaan vaikuttavista tekijöistä. *Suomen Kalankasvattaja* 3: 22–24.
- Gillet, C. 1994. Egg production in arctic char (*Salvelinus alpinus* L.) broodstock: effects of photoperiod on the timing of ovulation and egg quality. *Can. J. Zool.* 72: 334–338.
- Heinimaa, S. 2002. Valo ja sen vaikutus kalanviljelyssä. Kala- ja riistaraportteja nro 245, s. 40.
- Heinimaa, S. & Heinimaa, P. 2004. Effect of the female size on egg quality and fecundity of the wild Atlantic salmon in the sub-arctic River Teno. *Boreal Environment Research* 9: 55–62.
- Iivari, J. 1993. Kokemuksia Tornionjoen lohen luonnonmädistä ja laitostmädistä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 60: 43–49.
- Izquierdo, M. S., Fernandez-Palacios, H. & Tacon, A. G. J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture* 197: 25–42.
- Johnson, C. 1995. Cold water feeding of trout. *Northern Aquaculture* January/February: 25–26.
- Kadri, S., Mitchell, D. F., Metcalfe, N. B., Huntingford, F. A. & Thorpe, J. E. 1996. Differential patterns of feeding and resource accumulation in maturing and immature Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture* 142: 245–257.



- Kallio, I. 1986. Istutettujen ja luonnonkudusta peräisin olevien emolohien (*Salmo salar* L.) fekunditeetti ja mätimunnan koko. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalatutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 44: 53–74.
- Karjalainen, M. 1993. Emokalojen ja mädin käsittelyn sekä haudonnan vaikutus mädin laatuun. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 60: 37–42.
- Kazakov, R. V. 1981. The effect of the size of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., eggs on embryos and alevins. J. Fish Biol. 19: 353–360.
- Koskela, J. & Pirhonen, J. 1994. Pienentääkö ilmaston lämpeneminen viljelylaitosten tuotantopotentiaalia? Suomen Kalankasvattaja 3: 32–33.
- Kwain, W.-H. 1975: Embryonic development, early growth, and meristic variation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) exposed to combinations of light intensity and temperature. J. Fish. Res. Board Can. 32: 397–402.
- Lahnsteiner, F., Weismann, T. & Patzner, R. A. 1999. Physiological and biochemical parameters for egg quality determination in lake trout, *Salmo trutta lacustris*. Fish Physiology and Biochemistry 20: 375–388.
- Latikka, P. 2000. Emokoon, lypsylämpötilan ja lämpösumman vaikutus syksyku- tuisten lohikalojen mätikuolleisuuteen Laukaan kalantutkimus ja vesiviljelyssä. Opinnäytetyö. Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutti. Moniste s. 25.
- Leclin, T. 1992. Millä nukuttaisin kalan? Suomen Kalankasvattaja 1: 24–26.
- Leinonen, T., Korhonen, P. & Säkki, S. 1998. Altaiden kattamisen ja vedenlaadun vai- kutus vesihomeen esiintymiseen ja kalojen kuolleisuuteen. Kalatutkimuksia 142, s. 24.
- Määttä, V. 2000. Kalanviljelylaitoksessa ja luonnossa sukukypsäksi kasvaneiden Tornionjoen lohien (*Salmo salar* L.) sukukypsyysskoko, mädintuotanto ja mädin hedelmöittyminen. Hydrobiologian ja limnologian pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, s. 39.
- Niemitalo, V., Karjalainen, M. & Määttä, V. 1992. Lohen haudontatappioiden pienentäminen. Suomen Kalankasvattaja 3: 16–18.
- Niemitalo, V., Karjalainen, M., Pasanen, P. & Määttä, V. 1993. Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen Iijoen kannan lohien mädin haudontatappioihin vaikuttavia tekijöitä rutiiniviljelyaineiston ATK-käsittelyn perusteella. Taivalkosken keskus- kalanviljelylaitos. Moniste, s. 36.
- Makkonen, J. & Pursiainen, M. 2004. Harjuksen mädintuotannossa ongelmia kalanvil- jelylaitoksilla. Kala- ja riistaraportteja nro 301, s. 30.
- Makkonen, J., Westman, K., Pursiainen, M., Heinimaa, P., Eskelinen, U., Pasanen, P. & Kumm, P. 2000. Viljelykantarekisteri. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelylaitoksissa ja maitipankissa säilytyksessä olevat kalalajit ja –kannat. Kala- ja riistaraportteja nro 200.
- Mustonen, S. 1995. Talven ongelmat kuriin altaiden kattamisella. Suomen Kalankasvattaja 1: 44–46.
- Ojanguren, A. F., Reyes-Gavilán F. G. & Muñoz, R. R. 1999. Effects of temperature on growth and efficiency of yolk utilisation in eggs and pre-feeding larval stages of Atlantic salmon. Aquaculture International 7: 81–87.
- Peterson, R. H., Spinney, H. C. E. & Sreedharan, A. 1977. Development of Atlantic salmon (*Salmo salar*) eggs and alevins under varied temperature regimes. J. Fish. Res. Board Can. 34: 31–43.
- Ruohonen, K. & Vielma, J. 1998. Kalojen ravitsemustutkimus tukee kalanviljelyn ympäristökuormituksen alentamista. Vesitalous 5: 27–30.

- Rytilahti, J. 1993. Kokemuksia Simojoen lohen luonnonmädistä ja laitosmädistä. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 60: 50–51.
- Skilbrei, O. T., Hansen, T. & Stefansson, S. O. 1997. Effects of decreases in photoperiod on growth and bimodality in Atlantic salmon *Salmo salar* L. – Aquacult. Res. 28: 43–49.
- Srivastava, R. K. & Brown, J. A. 1991. The biochemical characteristics and hatching performance of cultured and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) eggs. Can. J. Zool. 69: 2436–2441.
- Thorpe, J. E. 1999. Evaluation of fish cultivation methods in the northern aquaculture stations of Finnish Game and Fisheries Research Institute. Kala- ja riistaraportteja 164, s. 44.
- Turkka, J.-P. & Arkko, P. 2004. Järvilohen ja järvitaimenen mädintuotannon ennustaminen. Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely. Käsikirjoitus, s. 18.

## Muuta aiheeseen liittyvää kirjallisuutta

- Björnsson, B. Th. 1997. The biology of salmon growth hormone: from daylight to dominance. *Fish Physiology and Biochemistry* 17: 9–24.
- Bromage, N. & Roberts, R. J. 1995. Broodstock management and egg and larval quality. Blackwell Scientific Publications. Oxford, s. 424.
- Bromage, N., Porter, M. & Randall, C. 2001. The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture* 197: 63–98.
- Brooks, S., Tyler, C. R. & Sumpter, J. P. 1997. Egg quality in fish: what makes a good egg? *Rev. Fish. Biol. Fish.* 7: 387–416.
- Eskelinen, P. 1988. Miksi on vaikeaa desinfioida lohikalojen mäti heti hedelmöityksen jälkeen? *Suomen Kalankasvattaja* 5: 10–11.
- Eskelinen, P. 1995. Mistä vaihtoehto malakiittivihreälle? *Suomen Kalankasvattaja* 5: 55.
- Eskelinen, P. (toim.) 1996. Mädin desinfiointi. Laadun hallintaa käytännössä. *Kalaturkimuksia – Fiskundersökningar* 117, s. 71.
- Eskelinen, P. 1997. Mädin laatuun vaikuttavat viljelytekijät. *Kala- ja riistaraportteja* 103: 54–58.
- Eskelinen, P. (toim.) 2003. Vesihome kalanviljelyn vaivana. Onko taudin torjuntaan menetelmiä? *Kalaturkimuksia – Fiskundersökningar* 188, s. 56.
- Eskelinen, P. & Pasanen, P. 1991. Miten emokalastojen hoidolla voidaan vaikuttaa mädin laatuun ja määrään? *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalaturkimuksia - Fiskundersökningar* 31: 47–50.
- Eskelinen, P. & Pylkkö, P. 2000. Malakiittivihreälle on vaihtoehtoja. *Suomen Kalankasvattaja* 5: 41.
- Eskelinen, U. & Ruohonen, K. 1989. Reproduction parameters of hatchery-reared Atlantic salmon broodstocks and a model to optimize the rearing cycle. Teoksessa De Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H. & Wilkins, N. (toim.), *Aquaculture - a biotechnology in progress*, European Aquaculture Society, Brendene, Belgium, ss. 507–516.
- Hardy, R. W. 1999. Problems and opportunities in fish feed formulation. *Aquaculture Magazine* July/August: 56–60.
- Kaukoranta, M. 1993. Hormonien käyttö mädintuotannossa. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalaturkimuksia - Fiskundersökningar* 60: 22–29.
- Kilpelä, S.-S. 1995. Stressi voi olla kalalle kuolemaksi. *Suomen Kalankasvattaja* 2: 55–56.
- Koskela, J. 1987. Harjuksen mädin käsittelyn kestävyys haudonnan alkuvaiheessa. *Suomen Kalankasvattaja* 5: 18–19.
- Koskela, J. 1990. Ruokintamalli siialle. *Suomen Kalankasvattaja* 2: 16–18.
- Koskela, J., Määttä, V., Vielma, J., Rahkonen, R., Forsman, L., Setälä, J. & Honkanen, A. 2002. Siian kasvatus ruokakalaksi. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos*, s. 48.
- Lyytikäinen, T., Koskela, J. & Rissanen, I. 1989. Nieriän lämpötilansieto. *Suomen Kalankasvattaja* 5: 48–50.
- Lyytikäinen, T. & Ruohonen, K. 1992. Nieriän ravinnonotto eli paljonko pitää ruokkia. *Suomen Kalankasvattaja* 2: 32–33.

- Lyytikäinen, T. & Ruohonen, K. 2000. Stressi ja sen vaikutus kirjolohituotannossa. Loppuraportti projektista 'Ympäristötekijöiden vaihtelun vaikutukset kirjolohituotannossa. Kala- ja riistaraportteja nro 204, s. 36.
- Makkonen, J. & Pursiainen, M. 2004. Malakiittivihreän jälkeen kalanviljelylaitoksien hautomoissa laitteiden ja menetelmien testit vertailussa. Kala- ja riistaraportteja nro 300, s. 19.
- Mäkinen, T., Ruohonen, K. & Eskelinen, P. 1985. Lohikalojen ravitsemuksen perusteista. Suomen Kalankasvattaja 2: 22–26.
- Mäkinen, T., Pasanen, P. & Eskelinen, P. 1986. Emokalojen ravitsemuksesta ja ruokinnasta. Suomen Kalankasvattaja 3: 34–35.
- Määttä, R. 1996. Mitä ja miten Itu Salmo- järjestelmä tekee? Kuusamon kalanviljelylaitos. Moniste, s. 8.
- Määttä, V. 1997. Kalojen sukukypsyyden säätely. Kala- ja riistaraportteja nro 103: 45–53.
- Niemistö, M. 1988. Ravinnon rasvahappokoostumuksen vaikutus kalaan. Suomen Kalankasvattaja 1: 23–24.
- Nikinmaa, M., Soivio, A., Tuurala, H. & Virtanen, E. 1983. Ympäristömuutosten vaikutukset kalojen hengitykseen ja kasvuun. Suomen Kalankasvattaja 3: 23–25.
- Nikinmaa, M., Soivio, A. & Railo, E. 1986. Hapen ylikyllästeisyyden vaikutukset kalojen hapensaantiin ja kasvuun. Suomen Kalankasvattaja 2: 14–15.
- Muje, P. 1988. Rasvojen merkitys kirjolohen ravitsemuksessa. Suomen Kalankasvattaja 2: 37–38.
- Orenius, H. & Andreansen, A. 1996. Happi - elinehto kalankasvatuksessa. Suomen Kalankasvattaja 2: 42–43.
- Piironen, J. 1997. Emojen yksilöseuranta. Kala- ja riistaraportteja 103: 45–53.
- Pylkkö, P. & Eskelinen, P. 2001. Mädin haudonta ilman malakiittia? Kalankasvattaja 4: 35–36.
- Rahkonen, R. 2000. Mistä uusia aineita malakiitin tilalle? Suomen Kalankasvattaja 3:29–30.
- Rahkonen, R., Kilpelä, S.-S. & Pasternack, M. 1995. Lohien paisetauti ja sen torjunta, kirjallisuuskatsaus. Kalatutkimuksia 94, s. 47.
- Rahkonen, R., Vennerström, P., Rintamäki-Kinnunen, P. & Kannel, R. 2000. Terve kala. Tautien ennaltaehkäisy, tunnistus ja hoito. Riistan- ja kalantutkimus, s. 140.
- Soivio, A. 1988. Vitamiinit, kivennäiset ja lisäaineet. Suomen Kalankasvattaja 4: 30–33.
- Soivio, A. 1991. Onko kala sitä, mitä se syö? Suomen Kalankasvattaja 2: 16–17.
- Soivio, A. 1993. Emokalojen ja mädintuotannon säätely ympäristötekijöiden avulla. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalantutkimuksia - Fiskundersökningar 60: 16–21.
- Soivio, A. 1997. Ympäristön säätely viljelyssä. Kala- ja riistaraportteja nro 103: 64–67.
- Tuurala, H. 1988. Lohikalojen hiilihydraattiaineenvaihdunnasta. Suomen Kalankasvattaja 1: 24.
- Torvela, T. 2003. Kahden valorytmin vaikutus planktonsiikaparven (*Coregonus pallasii*) kudun kestoon. Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus. Käsikirjoitus, s. 25.
- Virtanen, E. 1991. Mädin käsittelyn kriittiset vaiheet. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalantutkimuksia - Fiskundersökningar 31: 55–58.
- Urho, L. 1995: Kalatäit kalojen terveysriskinä. Kalantutkimuksia 93, s. 19.

# Liite 1.

## Tuottavien emokalojen A) lukumäärä ja B) biomassa kiloina RKTL:n kalanviljelylaitoksilla vuosina 1994–2003.

Taulukko A

Laitos	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Inari	2 017	988	3 032	3 045	3 377	5 316	6 375	4 268	4 994	3 385
Sarmijärvi	5 750	5 067	4 083	4 662	4 357	3 930	4 053	4 598	3 612	4 019
Muonio	1 245	1 923	1 694	1 225	2 609	3 185	2 878	5 624	6 681	12 115
Kuusamo	1 292	1 112	913	2 098	2 171	1 543	1 129	845	372	244
Taivalkoski	17 330	13 969	23 463	20 967	26 625	24 568	26 705	20 623	20 982	21 276
Kainuu	2 807	5 581	2 983	1 837	3 477	2 845	3 282	4 302	3 161	1 047
Laukaa	5 414	5 400	4 377	6 235	4 678	4 556	5 438	6 345	5 386	8 713
Saimaa	9 161	6 336	7 087	12 790	15 686	12 785	14 575	12 015	13 023	9 859
<b>Yhteensä</b>	<b>45 016</b>	<b>40 376</b>	<b>47 632</b>	<b>52 859</b>	<b>62 980</b>	<b>58 728</b>	<b>64 435</b>	<b>58 620</b>	<b>58 211</b>	<b>60 658</b>

Taulukko B

Laitos	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Inari	3 055	1 922	4 799	4 384	5 231	4 695	5 887	5 944	6 833	5 438
Sarmijärvi	9 305	8 980	8 896	10 516	9 400	9 297	8 836	9 674	8 087	5 570
Muonio	2 499	3 490	3 299	2 337	2 708	3 012	2 663	3 881	4 976	5 126
Kuusamo	1 932	2 226	1 794	2 368	3 160	2 786	2 273	1 645	960	625
Taivalkoski	22 426	17 957	30 088	30 815	38 669	37 787	42 614	36 639	35 949	30 184
Kainuu	3 807	6 764	4 525	3 178	3 012	3 621	5 101	4 146	6 817	565
Laukaa	8 889	10 240	9 544	10 463	6 910	7 223	8 098	8 229	9 118	13 196
Saimaa	12 685	8 534	8 979	15 511	17 276	12 215	12 905	15 410	15 385	14 480
<b>Yhteensä</b>	<b>64 598</b>	<b>60 113</b>	<b>71 924</b>	<b>79 572</b>	<b>86 366</b>	<b>80 636</b>	<b>88 377</b>	<b>85 568</b>	<b>88 125</b>	<b>75 184</b>

## Liite 2.

**RKTL:n kalanviljelylaitosten tuottama A) vastalypsetyn ja B) silmäpisteasteelle kehittyneen mädin määrä litroina laitoksittain vuosina 1994–2003. Kaikkea lypsettyä mätiä ei välttämättä haudota, jos mädin kysyntää ei ole.**

Taulukko A

Laitos	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Inari	214	145	351	391	385	313	267	333	336	203
Sarmijärvi	607	700	740	799	567	661	402	646	513	424
Muonio	249	484	306	270	247	397	322	386	375	198
Kuusamo	241	259	283	337	326	312	274	182	96	21
Taivalkoski	3 864	3 610	3 550	3 708	3 614	4 066	4 371	4 869	4 799	3 589
Kainuu	315	511	243	95	155	259	373	502	560	117
Laukaa	1 117	1 468	1 377	1 151	1 064	1 036	1 076	1 122	909	1 000
Saimaa	1 268	1 269	1 268	1 367	1 494	1 345	1 116	1 357	1 025	1 085
<b>Yhteensä</b>	<b>7 875</b>	<b>8 446</b>	<b>8 118</b>	<b>8 118</b>	<b>7 852</b>	<b>8 389</b>	<b>8 201</b>	<b>9 397</b>	<b>8 613</b>	<b>6 637</b>

Taulukko B

Laitos	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Inari	139	140	273	270	294	215	138	113	127	117
Sarmijärvi	471	543	589	642	432	537	279	276	253	352
Muonio	226	323	187	323	194	334	160	293	247	155
Kuusamo*	205	5	65	150	198	229	148	103	31	7
Taivalkoski	2 330	1 471	2 185	2 359	2 342	2 268	1 893	2 265	1 571	1 256
Kainuu	227	347	180	71	157	168	215	296	237	22
Laukaa	831	1 079	984	874	747	783	603	570	594	747
Saimaa	832	781	1 008	960	1 000	1 009	802	607	668	732
<b>Yhteensä</b>	<b>5 261</b>	<b>4 689</b>	<b>5 471</b>	<b>5 649</b>	<b>5 364</b>	<b>5 543</b>	<b>4 238</b>	<b>4 523</b>	<b>3 728</b>	<b>3 388</b>

\*Kuusamon laitoksen spa-mätimäärä tiedot ovat puutteelliset.

## Liite 3.

**Merilohen, -taimenen, vaellussiian ja planktonsiian ei-sukukypsien ja martojen kalojen osuus parvissa (keskiarvo ja -hajonta = SD) Muonion, Taivalkosken, Kainuun, Laukaan ja Saimaan kalanviljelylaitoksilla vuosina 1994–2002. \* merkitty uusien parvien käyttöönotto.**

<b>Merilohi</b>		<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
Muonio	Keskiarvo	46	4	50	17	55	25*	52	24	20*
	SD	1	1	11	3	7	6	18	27	7
Taivalkoski	Keskiarvo	7	6	17*	20*	14	9*	15*	6*	12*
	SD	11	5	12	14	10	6	10	5	10
Kainuu	Keskiarvo		8*	11	7		1*	27	0	0
Laukaa	Keskiarvo	9*	3	2	2	11*	6*	1	12*	5
	SD	17	3	2		15	6	1	19	5

<b>Meritaimen</b>		<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
Muonio	Keskiarvo	27	12	35	7	36	24*	35	36	21*
	SD	23	1	2	1	20	31	6	27	21
Kainuu	Keskiarvo		41*	16	44	57*	88	34*	8	
	SD		15	10	10	17				
Laukaa	Keskiarvo	3*	2	1	1*	3*	14*	10	10*	9
	SD	4	3	1	1	5	23	16	15	14

<b>Vaellussiika</b>		<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
Muonio	Keskiarvo		45	46	12	30*	24	34	23*	15
	SD					36	29	43	20	15
Taivalkoski	Keskiarvo	2	4*	12*	3	10	11*	3*	2	1*
	SD	1	4	7	3		12			
Laukaa	Keskiarvo		54*	10	12	2	1	12*	7	29
	SD			14		1	1	15	1	16

<b>Planktonsiika</b>		<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
Taivalkoski	Keskiarvo	29	16	54*	34	22	15	12	9	8
	SD	8	6		8	9	4	5	1	1
Kainuu	Keskiarvo	29*	15	16	4	47	4*	32*	18*	
	SD	4	5	1			4	20	25	
Laukaa	Keskiarvo	0	0.1	0	2*	3	4*	6	6	9
	SD					5	2	4	3	7
Saimaa	Keskiarvo	4	14	0*	0*	34*	31	30	8	32
	SD	4	14	0	0	24	16	21	7	42

## Liite 4.

Mädin haudontatappion (%) lypsystä spa-vaiheeseen, keskiarvo ja -hajonta (=SD), vuosina 1994–2002 A) Inarin, Sarmijärven, Muonion ja Kuusamon laitoksilla, B) Taivalkosken ja Kainuu laitoksilla ja C) Laukaan ja Saimaan laitoksilla. Lajien lyhenteet samat kuin taulukossa 4.

Taulukko A

Laji	Inari	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
JT	Keskiarvo	18	25	21	27	12	16	9	20	24
	SD	8	22	14	32	4	5	11	7	8
PS	Keskiarvo	36	12	20	26	41	45	51	59	33
	SD			11	13	6	11	20	10	4
JL	Keskiarvo	88	55	50	68	69	40	37		
	SD						3			

Laji	Sarmijärvi	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
JT	Keskiarvo	14	17	16	20	22	15	17	20	20
	SD	7	9	6	7	15	6	14	22	6
NN	Keskiarvo	36	34	21	31	28	32	49	31	55
	SD	1	16	1				14	5	6
PS	Keskiarvo	32	33	29	21	19	31	62	49	43
	SD		1	19	1	17	5	20	14	6

Laji	Muonio	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
ML	Keskiarvo	36	29	49	25	22	24	19	63	47
	SD	1	10	17	3	4	11	10		7
MT	Keskiarvo	7	31	9	8	1	21	32	22	10
	SD	3	25	6	1	1	9	27	21	5
VS	Keskiarvo		35	68	31	31	10	30	15	31
	SD		16	6		5	9	5	5	1

Laji	Kuusamo	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
JT	Keskiarvo	7	9	0	2	0	1	6	4	0
PS	Keskiarvo				69	72	43	70	47	77
VS	Keskiarvo	12				29	6	45	16	45





Taulukko C

<b>Laji</b>	<b>Laukaa</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
JT	Keskiarvo	22	23	2	13	4	10	15	15	37
	<i>SD</i>		25	1	9			1	19	30
ML	Keskiarvo	10	21	13	5	6	15	26	25	27
	<i>SD</i>	5	10	13	1	4	14	14	20	19
MS	Keskiarvo	38	27	52	43	54	30	70	50	25
	<i>SD</i>				3		17			
MT	Keskiarvo	7	31	19	5	8	11	10	6	5
	<i>SD</i>	4	19	19	3	5	11	3	9	1
PT	Keskiarvo					3	4	12	3	5
	<i>SD</i>								3	4
VS	Keskiarvo		85	62	80	83	62	73	85	68
	<i>SD</i>			18			20	40	8	16

<b>Laji</b>	<b>Saimaa</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
JT	Keskiarvo	9	14	4	14	13	6	17	29	15
	<i>SD</i>	8	12	2	16	12	2	2	11	5
JL	Keskiarvo	44	84	11	12	70	24	34	83	37
	<i>SD</i>	16	9	8	9	13	9	14	3	15
MS	Keskiarvo	40	25	21	48	33	24	38	30	33
	<i>SD</i>	15	11	14	5	19	15	21	17	7
NN	Keskiarvo	50		52	72	60	55	41	36	45
	<i>SD</i>	29		13	21	13	9	20	20	20