

# Kasvatettujen lohien vaelluspoikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2007–2009

Marja Pasternack, Matti Salminen ja Petri Heinimaa



RIISTA - JA KALATALOUS — SELVITYKSIÄ

16/2010

# RIISTA- JA KALATALOUS

S E L V I T Y K S I Ä

1 6 / 2 0 1 0

## Kasvatettujen lohen vaelluspoikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2007–2009

Marja Pasternack, Matti Salminen ja Petri Heinimaa



Julkaisija:  
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
Helsinki 2010

Kannen kuvat: Petri Heinimaa ja Ville Vähä

Julkaisujen myynti:  
[www.rktl.fi/julkaisut](http://www.rktl.fi/julkaisut)  
[www.juvenes.fi/verkkokauppa](http://www.juvenes.fi/verkkokauppa)

Pdf-julkaisu verkossa:  
[www.rktl.fi/julkaisut/](http://www.rktl.fi/julkaisut/)

ISBN 978-951-776-787-3 (painettu)  
ISBN 978-951-776-788-0 (verkkojulkaisu)

ISSN 1796-8887 (painettu)  
ISSN 1796-8895 (verkkojulkaisu)

Painopaikka: Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print

# Sisällys

Tiivistelmä .....	4
Sammandrag .....	5
Abstract .....	6
1. Lohi-istukas eroaa luonnon vaelluspoikasesta.....	7
2. Lohi-istukkaiden yleiskunto ja vaellusvalmius arvioitiin kuudella kalanviljelylaitoksella .....	8
2.1. Istukasryhmät ja näytteenotto.....	8
2.2. Tutkitut muuttajat.....	9
2.3. Määrittymenetelmät.....	9
3. Poikasten ulkoisessa kunnossa, ravitsemustilassa ja vaellusvalmiudessa eroja laitosten välillä .....	10
3.1. Ulkoinen kunto.....	10
Koko .....	10
Kuntokerroin .....	11
Evävauriot .....	13
Sukukypsien koiraiden osuus.....	15
3.2. Ravitsemustila .....	15
Plasman proteiinipitoisuus.....	15
Maksan glykogeenipitoisuus .....	18
Kalan kokonaisrasvapitoisuus.....	20
3.3. Vaellusvalmius .....	22
Ulkoiset smolttimerkit.....	22
Suola- ja vesitasapainon säätelykyky.....	22
4. Poikasten laadussa vähäisiä muutoksia parempaan verrattuna vuosijaksoon 2004–2006 .....	25
4.1. Ulkoinen kunto.....	25
Kuntokerroin .....	25
Evävauriot .....	26
4.2. Ravitsemustila .....	27
4.3. Vaellusvalmius.....	27
5. Yhteenveto.....	28
6. Suosituksia .....	29
6.1. Selkäevän kunto.....	29
6.2. Kuntokerroin ja rasvapitoisuus .....	29
6.3. Vaellusvalmius .....	30
7. Kirjallisuus.....	30

## Tiivistelmä

Työssä tutkittiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen sopimuskasvatuksessa tuotettujen nevanlohen vaelluspoikasten ulkoista kuntoa, ravitsemustilaa ja vaellusvalmiutta istutusaikaan keväällä 2007–2009. Istukkaita tutkittiin vuonna 2007 neljällä, vuonna 2008 viidellä ja vuonna 2009 neljällä kalanviljelylaitoksella. Työn tarkoituksena oli arvioida, ovatko lohen vaelluspoikaset laadultaan suositusten mukaisia, ja onko istukkaiden laadussa tapahtunut muutoksia vuosiin 2004–2006 verrattuna.

Ulkoisen kunnan indikaattoreista selkävän kunto oli suurimmalla osalla istukkaita edelleen heikko. Niiden yksilöiden osuus, joilla evän kuluneisuus oli suositellun enimmäisarvon suuruinen tai sitä suurempi, oli eri istukasryhmissä 27–100 %.

Istukkaiden ravitsemustilassa ei havaittu muutoksia vuosiin 2004–2006 verrattuna. Vararavinnon, etenkin rasvan määrä oli suurimmalla osalla istukasryhmiä edelleen suuri suositeltuihin vähimmäisarvoihin tai luonnon vaelluspoikasiin verrattuna. Myös kuntokerroin oli korkea ja yksittäisiä ryhmiä lukuun ottamatta korkeampi kuin 1980- tai 1990-luvuilla tutkituilla nevanlohilla keskimäärin. Muutosten keskeinen selittäjä lienee rehujen energiapitoisuuden kasvu, joskin poikasten ravitsemustilaan vaikuttavat myös mm. laitoskohtaiset ruokintakäytännöt.

Vaellusvalmiutta kuvaavien suolatestien perusteella istukkaiden istutusaikainen vaellusvalmius oli keskimäärin parempi kuin vuosina 2004–2006, mutta eroja todettiin sekä laitosten välillä että samalla laitoksella eri vuosina tutkittujen istukasryhmien välillä. Istutusajankohdista laitosella vallinneen veden lämpötilan ja poikasten suolansietokyvyn välillä havaittu yhteys viittaa siihen, että erot johtuvat pääosin istutusten ajoittumisesta suhteessa vaellusvalmiuden kehittymiseen. Kevätsäiden vaihdellessa istutuskuljetuksia ei ole aina onnistuttu ajoittamaan parhaan vaellusvalmiuden hetkeen.

Tulosten perusteella annetut suositukset viljely- ja istutuskäytännöistä ja poikasten laadun arvioinnin kriteereistä vastaavat pääosin niitä suosituksia, jotka annettiin jo vuosien 2004–2006 tutkimusten perusteella. Kuitenkin selkävän kunnan arvioinnissa käytettyä asteikkoa ja suositusarvoa ehdotetaan muutettavaksi siten, että siinä otetaan huomioon kuluman lisäksi mahdollinen evässä havaittu tulehdus.

**Asiasanat:** istutukset, kunto, lohi, ravitsemustila, vaelluspoikanen, vaellusvalmius

Pasternack, M., Salminen, M. & Heinimaa, P. 2010. Kasvatettujen lohen vaelluspoikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2007–2009. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 16/2010*. 31 s.

## Sammandrag

I studien undersöktes det yttre skicket, nutritionstillståndet och vandringsbenägenheten hos Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets kontraktsodlade laxsmolt av Nevastam vid tiden för utplantering våarna 2007–2009. Sättfiskerna undersöktes vid fyra fiskodlingsanstalter år 2007, fem år 2008 och fyra år 2009. Avsikten var att bedöma om laxsmolten höll den rekommenderade kvalitetsnivån och om kvaliteten hade förändrats jämfört med åren 2004–2006.

Av de indikatorer som visar det yttre skicket var ryggenans skick fortfarande dåligt hos de flesta av sättfiskarna. Andelen individer vars fenskor uppgick till det rekommenderade maximivärdet eller högre varierade mellan 27 och 100 procent mellan olika grupper av sättfisk.

Inga förändringar observerades i sättfiskens nutritionstillstånd jämfört med åren 2004–2006. Mängden reservnäring, särskilt mängden fett, var hos de flesta grupper av sättfisk fortfarande hög jämfört med de rekommenderade minimimängderna eller i jämförelse med naturligt förekommande smolt. Konditionsfaktorn var också hög, och med undantag för enskilda grupper i genomsnitt högre än hos de Nevalaxar som undersöktes på 1980- och 1990-talen. Den viktigaste förklaringen till förändringarna är sannolikt ett ökat energiinnehåll i fodret, men ynglens nutritionstillstånd påverkas också bland annat av utfodringspraxis vid de enskilda odlingsanstalterna.

Salttester som beskriver vandringsbenägenheten visade att sättfiskens vandringsbenägenhet i genomsnitt var bättre än under åren 2004–2006. Vandringsbenägenheten varierade dock både mellan odlingsanstalterna och mellan grupper av sättfisk från samma anstalt under olika år. Korrelationen mellan vattentemperaturen vid odlingsanstalten vid tidpunkten för utsättning och smoltens förmåga att anpassa sig till saltvatten tyder på att variationen delvis kan förklaras med olika tidpunkt för utsättningen i förhållande till vandringsbenägenhetens utveckling. På grund av vårvädrets växlingar har man inte alltid lyckats pricka in transporterna av sättfisk till de tidpunkter då vandringsbenägenheten har varit som störst.

De rekommendationer om odlings- och utsättningspraxis och de kriterier för bedömning av ynglens kvalitet som har utfärdats på basis av resultaten motsvarar till största delen de rekommendationer som utfärdades utifrån de undersökningar som genomfördes åren 2004–2006. Den skala och det rekommenderade värde som används för att bedöma fenornas skick föreslås dock justeras så att de förutom fenskor beaktar eventuella inflammationer i fenorna.

**Nyckelord:** kondition, lax, nutritionstillstånd, smolt, utsättning, vandringsbenägenhet

Pasternack, M., Salminen, M. & Heinimaa, P. 2010. Odlade laxynglens kondition och vandringsbenägenhet åren 2007–2009. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 16/2010*. 31 s.

## Abstract

The external condition, nutritional status and migratory readiness of Neva River stock salmon smolts was evaluated annually prior to release in 2007–2009 at fish farms (four in 2007, five in 2008 and four in 2009) producing young salmon under contract rearing for the Finnish Game and Fisheries Research Institute. The purpose was to check whether the quality of the smolts complied with the present criteria and to estimate possible changes in smolt quality compared with 2004–2006.

Among the indicators of external condition, the degree of damage to the dorsal fin remained as one factor that tended to exceed present recommendations. In addition to fin erosion, signs of inflammation were observed in many cases.

The nutritional status of smolts was at the same level as in 2004–2006. The energy stores, especially the total lipid concentrations, were high in most smolt groups compared with the recommended minimum values or with the concentrations observed in wild salmon smolts. The condition factor was also high and, leaving aside individual groups, in most cases higher than the respective values found in the 1980s and 1990s. These changes are probably related to the increased energy content of commercial fish diets, but may also be influenced by farm-specific feeding procedures.

Based on illustrative salt tests, the migratory readiness of the smolts was on average better than in 2004–2006 but varied among farms and from one year to another. This variability probably reflects differences in the timing of the releases in relation to the smoltification process. This is supported by the observed negative relation between plasma chloride after seawater challenge and water temperature at the fish farm at the time of release.

On the basis of the results, no marked changes are suggested to the present rearing and stocking procedures or to the present criteria for determining smolt quality. However, the scale for the estimation of dorsal fin injuries should be adjusted to take into account the potential inflammation of the fins.

**Keywords:** migratory, nutritional status, quality, readiness, *Salmo salar*, salmon, smolt, stocking

Pasternack, M., Salminen, M. & Heinimaa, P. 2010. Physiological condition and migratory readiness of hatchery-reared Neva stock salmon smolts in 2007–2009. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 16/2010. 31 p.

# 1. Lohi-istukas eroaa luonnon vaelluspoikasesta

Lohi-istukkaiden viljelyssä monet keskeiset ympäristötekijät, kuten veden virtausolosuhteet, kalatiheys, ravinto ja valaistus, poikkeavat huomattavasti luonnon olosuhteista. Tästä syystä viljelty lohi-istukas poikkeaa ulkoiselta kunnoltaan sekä fysiologisilta ominaisuuksiltaan luonnon vaelluspoikasesta. Luonnon vaelluspoikasiin verrattuna viljellyllä lohi-istukkaalla on usein heikompi evien kunto, korkeampi kuntokerroin, paljon suuremmat ravintovarastot ja vaillinainen vaellusvalmius. Edellä mainitut viljelytekijät ja veden lämpötila vaikuttavat paitsi vaellusvalmiuden kehittymisen (smolttiutumisen) aikatauluun, myös siihen liittyvien fysiologisten muutosten synkronoitumiseen. Poikasten vaellusvalmiuden on havaittu olevan yksi istutustulokseen vaikuttavista tekijöistä (Virtanen ym. 1991, Staurnes ym. 1993), joten istutukset on pyritty ajoittamaan lähelle smolttiutumishuippua.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos on tehnyt vuodesta 1979 alkaen sopimuksia yksityisten viljelylaitosten kanssa Nevan kantaa olevien vaellusvalmiiden lohen istutuspoikasten tuottamisesta (Sopimuskasvatustyöryhmä 1993). Nevanlohta on kasvatettu Suomenlahden, Saaristomeren ja Selkämeren lohi-istutuksiin, joilla tuetaan näiden alueiden ammatti- ja vapaa-ajankalastusta. Nevanlohen vaelluspoikasten istutusmäärät ovat vuosina 1993–2006 vaihdelleet 330 000 yksilöstä 668 000 yksilöön vuodessa ja vuosina 2007–2009 138 000 yksilöstä 293 000 yksilöön vuodessa.

Tässä työssä tutkittiin sopimuskasvatuksella tuotettuja 2-vuotiaita nevanlohia istutusajaksi kolmena keväänä vuosina 2007–2009 samoin kuin vuosina 2004–2006 (Pasternack ym. 2008). Istukkaita tutkittiin vuosittain 4–5 kalanviljelylaitoksella mahdollisimman lähellä istutusajankohtaa. Poikasten yleiskunto arvioitiin niiden ulkoisen kunnan (koko, kuntokerroin, eväauriot) ja ravitsemustilan perusteella. Vaellusvalmius arvioitiin tutkimalla istukkaiden suola- ja vesitasapainossa tapahtuneita muutoksia 2 vrk:n merivesialtistuksessa. Seurannalla varmennetaan, että istukkaiden ulkoinen ja fysiologinen kunto vastaa Kalaistutusten kehittämistyöryhmän suosituksia (Kalaistutusten kehittämistyöryhmä 2004), ja että istukkaiden vaellusvalmius on istutusajankohtaan nähden oikeassa vaiheessa. Nyt saatuja tuloksia verrattiin edelliseen kolmivuotisjaksoon ja arvioitiin mahdollisia istukkaiden laadussa tapahtuneita muutoksia.



## 2. Lohi-istukkaiden yleiskunto ja vaellusvalmius arvioitiin kuudella kalanviljelylaitoksella

### 2.1 Istukasryhmät ja näytteenotto

RKTL:n sopimuskasvatuksessa tuottamien 2-vuotiaiden nevanlohien kunto ja vaellusvalmius arvioitiin vuosina 2007–2009 istutusaikaan huhti- toukokuussa (taulukko 1). Keväällä 2009 näytteenotto ajoittui 1–2 viikkoa aiempia vuosia myöhemmäksi. Näytteenoton ja istutuksen välinen aika oli enintään kaksi vuorokautta.

**Taulukko 1.** Eri kalanviljelylaitoksilta (Kvl) vuosina 2007–2009 istutettujen nevanlohien tutkimusajankohdat ja veden lämpötila tutkimushetkellä.

Laitos	Näytteenotto		Näytteenotto		Näytteenotto	
	2007		2008		2009	
	Pvm	Lämpötila	Pvm	Lämpötila	Pvm	Lämpötila
Kvl 1	26.4.	6	18.4.	3,5	29.4.	4,1
Kvl 2	25.4.	4,7	25.4.	4	30.4.	4
Kvl 3	26.4.	4,5	24.4.	3	6.5.	4
Kvl 4			23.4.	2,9	7.5.	5
Kvl 5	27.4.	5				
Kvl 6			22.4.	5		

Poikasten ulkoisen ja ravitsemuksellisen kunnan arvioimiseksi kullakin laitoksella tutkittiin pääsääntöisesti yksi istukasryhmä (15 kalaa/ryhmä). Keväällä 2008 laitoksella 4 ja keväällä 2009 laitoksella 1 tutkittiin kahta eri kokoluokkaa olevia istukkaita (normaalikokoiset ja isot). Kalat haavittiin satunnaisesti tutkittavista altaista sekä siirrettiin 2 vrk ennen näytteenottoa rauhoittumaan yksilösumppuihin viljelyaltaaseen. Sumputuksen tarkoituksena on minimoida ja yhdenmukaistaa näytteenotosta kalalle aiheutuva häiriö.

Veri- ja kudoksenäytteiden ottoa varten kalat tainnutettiin iskulla päähän. Verinäyte otettiin pyrstösuonesta ja veren plasma erotettiin proteiinipitoisuuden mittaamista varten. Lihasnäyte vesipitoisuusmääritykseen otettiin kyljestä selkäevän alapuolelta ja kudoksenäyte glykogenimääritykseen otettiin maksasta. Plasma- ja maksanäytteet jäädytettiin välittömästi nestemäisellä typellä. Näytekalat säilytettiin -18 °C:ssa kokonaisrasvapitoisuuden määrittämistä varten.

Poikasten suolasietokykyä tutkittiin siirtämällä kustakin tutkittavana olevasta parvesta 15 kalaa 2 vrk:n ajaksi keinotekoiseen meriveteen (suolapitoisuus n. 3 %), joka oli tehty lisäämällä viljelyveteen synteettistä merisuolaa (Instant Ocean). Altistus tehtiin staattisena noin 300 litran vesitilavuudessa, ja vettä hapetettiin ilmakuplituksella. Ennen altistusta kalat saivat tottua testialtaaseen 2 vrk, jona aikana vesi oli vaihtuvaa. Altistuksen päättyessä otettiin veri- ja lihasnäyte kalan suola- ja vesitasapainon määrittämiseksi.

## 2.2 Tutkitut muuttujat

Kalojen ulkoinen kunto tutkittiin silmämääräisesti (evä-, kidus- ym. vauriot). Evien vaurioaste arvioitiin asteikolla 0-4.

Poikasten *ravitsemustilan* arvioimiseksi mitattiin:

- plasman proteiinipitoisuus (g/l)
- maksan glykogeenipitoisuus (%)
- kalan kokonaisrasvapitoisuus (%)

*Vaellusvalmiusaste* arvioitiin tutkimalla:

- istukkaiden ulkoiset smolttiutumismerkit (hopeoituminen, poikaslaikkujen näkyvyys)
- 2 vrk:n suola-altistuksen (suolapitoisuus n. 3 %) aiheuttamat muutokset istukkaiden suola- ja vesitasapainossa mittaamalla seuraavat muuttujat:
  - plasman kloridipitoisuus (mmol/l)
  - plasman magnesiumipitoisuus (mmol/l)
  - lihaksen vesipitoisuuden muutos (%) makeavesiarvoon verrattuna
  - kuolleisuus suola-altistuksessa

Kalaistutusten kehittämistyöryhmä on muistiossaan (Kalaistutusten kehittämistyöryhmä 2004) asettanut edellä mainituille muuttujille seuraavat raja-arvot, joiden puitteissa lohen istutuspoikasista mitattujen arvojen suositellaan pysyvän:

- |                                                             |                           |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------|
| • kuntokerroin                                              | $\geq 0,70$               |
| • evävaurioiden aste                                        | $\leq 2$                  |
| • maksan glykogeenipitoisuus                                | $\geq 1,5 \%$             |
| • kalan kokonaisrasvapitoisuus                              | $\geq 3 \%$               |
| • plasman ionipitoisuudet suola-altistuksen jälkeen         |                           |
| - plasman kloridipitoisuus                                  | $\leq 160 \text{ mmol/l}$ |
| - plasman magnesiumipitoisuus                               | $\leq 1,5 \text{ mmol/l}$ |
| • lihaksen vesipitoisuuden pieneneminen suola-altistuksessa | $\leq 2 \%$               |
| • kuolleisuus suola-altistuksessa                           | $\leq 10 \%$              |

Näiden lisäksi plasman proteiinipitoisuuden arvoa 20 g/l on tässä työssä käytetty viitteellisenä vähimmäisarvona.

## 2.3 Määrittämenetelmät

Näytteenoton yhteydessä kalat mitattiin ja punnittiin yksilöittäin sekä määritettiin niiden sukupuoli ja sukukypsyyssaste. Kuntokerroin laskettiin kaavalla  $CF = w/l^3 \times 100$ , missä CF = kuntokerroin, w = paino (g) ja l = pituus (cm).

Poikaslaikkujen näkyvyys arvioitiin silmämääräisesti asteikolla 0–4:

0 = laikkuja ei erotu lainkaan

1 = laikut lähes hävinneet, näkyvät vain hyvin vähän

2 = laikut näkyvissä, mutta vaaleat ja laikun reunat ovat ”pehmeärajaiset”

3 = laikut selvästi näkyvissä, mutta reunat jo hieman pehmenneet

4 = laikut tummat ja näkyvät hyvin selvärajaisina

Suomupeitteen hopeoitumisasteen perusteella poikaset luokiteltiin hopeoituneisiin (0) tai ei-hopeoituneisiin (1). Evien vaurioaste arvioitiin silmämääräisesti. Lisäksi kirjattiin evissä havaitut tulehdusoireet, ja laskettiin tulehtuneiden evien prosentuaalinen osuus kussakin istukasryhmässä. Arviointiasteikko oli:

0 = täysin ehjä evä

1 = eväkuluma < 20 % (tai evässä halkeamia)

2 = eväkuluma 20–50 %

3 = eväkuluma > 50 %;

4 = ihon pintaan saakka kulunut evä

Plasman proteiinien kokonaismäärä (g/l) mitattiin fotometrisesti Biuret-menetelmällä. Maksan glykogeenipitoisuus (%) määritettiin Harrisin ym. (1974) esittämän menetelmän mukaisesti. Lihaksen vesipitoisuus (%) mitattiin gravimetrisesti kuivaamalla näytepala vakiopainoon 105 °C:ssa. Kalan kokonaisrasvapitoisuus (%) määritettiin sulfofosfovanilliini-menetelmällä, joka perustuu siihen, että lipidit reagoivat rikkihapon, fosforihapon ja vanilliinin kanssa muodostaen värillisen kompleksin, joka mitataan fotometrisesti. Rasvat uutettiin ensin petrolietterillä homogenoidusta ja kuivatusta näytteestä.

Suola-altistuksessa olleiden kalojen plasman kloridi (Cl<sup>-</sup>) -pitoisuus (mmol/l) mitattiin kloridititraattorilla (Sherwood 926S) ja magnesium (Mg<sup>2+</sup>) -pitoisuus (mmol/l) fotometrisesti kaupallisen määrittämenetelmän (Wako B 999-83099) mukaisella reagenssilla. Lihaksen vesipitoisuuden muutos suola-altistuksessa = lihaksen vesipitoisuuden keskiarvo makeassa vedessä - lihaksen vesipitoisuuden keskiarvo suola-altistuksen jälkeen.

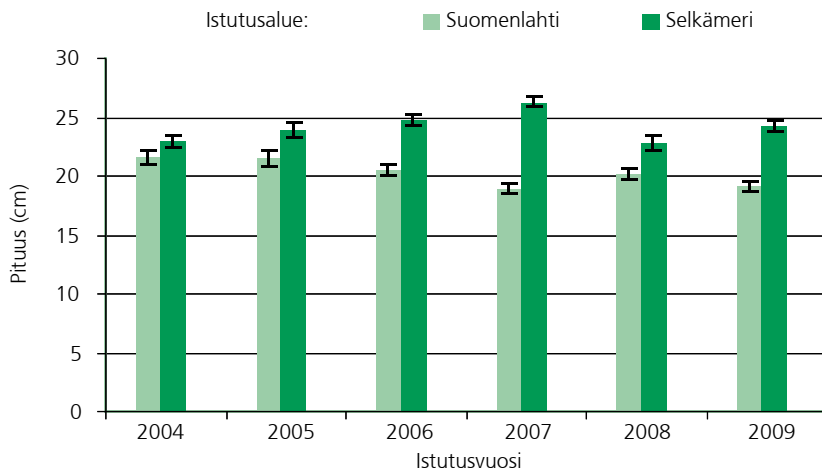
### 3. Poikasten ulkoisessa kunnossa, ravitsemustilassa ja vaellusvalmiudessa eroja laitosten välillä

#### 3.1 Ulkoinen kunto

##### Koko

Nevanlohen istutuspoikasten (2-vuotiaat) vuosittainen kokotavoite on määräytynyt istutusalueen mukaan siten, että Selkämeren istutuksissa kokotavoite on ollut 23 cm ja Suomenlahden istutuksissa 19–20 cm. Istutusaikaan vuosina 2004–2009 tutkittujen nevanlohien keskikoko

oli tavoitteen mukainen (kuva 1). Istukkaiden keskipituisuus vuosittainen vaihtelu oli melko vähäistä. Suomenlahdelle istutettujen vaelluspoikasten keskipituus oli 18,5–21 cm ja Selkämerelle istutettujen 21–26 cm. Vuosina 2007–2009 Suomenlahdelle istutettujen nevanlohien keskipituus oli hieman pienempi kuin edellisellä kolmivuotisjaksoilla.

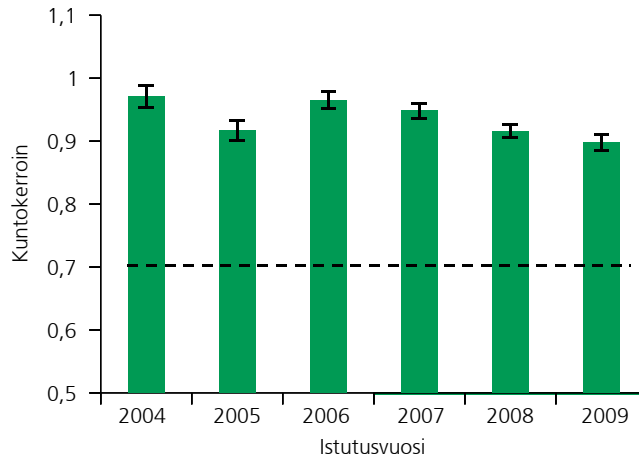


**Kuva 1.** Vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien vaelluspoikasten keskipituus (keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe).

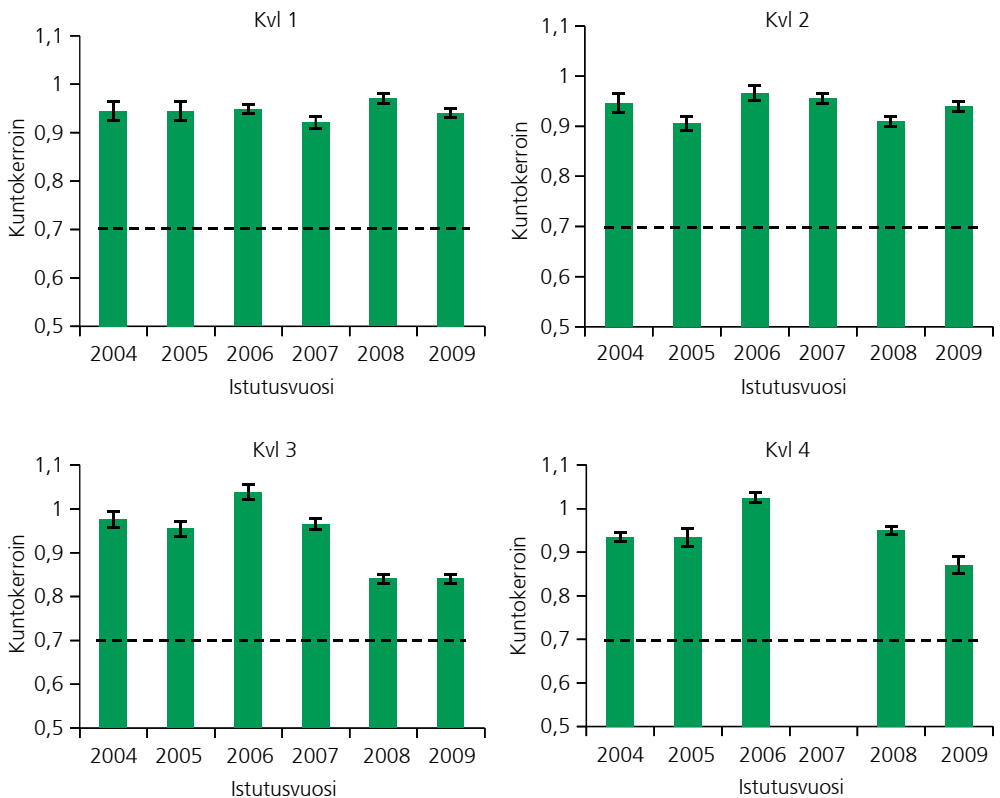
## Kuntokerroin

Lohen vaelluspoikaselle on tyypillistä merkitsevästi jokipoikasta pienempi kuntokerroin, mikä osaltaan johtuu smolttiutumiseen liittyvästä pituuskasvun nopeutumisesta hormonaalisten muutosten seurauksena. Kuntokerroin kertoo myös poikasten ravitsemuksellisesta kunnosta, mikäli poikaset kärsivät aliravitsemuksesta. Tästä syystä lohelle esitetyissä laatusuosituksissa istutusajan kuntokertoimen vähimmäisarvoksi on esitetty 0,70.

Nevanlohien istutuspoikasilla keskimääräinen kuntokerroin on 2000-luvulla ollut n. 10 % korkeampi kuin 1980-luvulla tai 1990-luvun alussa, mikä osaltaan johtuu rehujen koostumuksessa tapahtuneista muutoksista (energiapitoisuuden nousu). Tutkimusjakson (2004–2009) ensimmäiseen kolmivuotiskauteen verrattuna eri kalanviljelylaitoksilla nevanlohien keskimääräinen kuntokerroin oli vuosina 2007–2009 hieman pienentynyt, mutta muutos ei koko aineistoa tarkasteltaessa ole merkitsevää (kuva 2). Laitoskohtaiset vuosikeskiarvot osoittavat, että laitosten 3 ja 4 istukkailla kuntokertoimet olivat vuosina 2008 ja 2009 merkitsevästi ensimmäistä kolmivuotiskautta pienemmät ja vastasivat etenkin laitoksen 3 istukkailla 1980-luvun tasoa (kuva 3). Kahdella muulla laitoksella (Kvl 1 ja 2) nevanlohien kuntokertoimet vastasivat vuosia 2004–2006. Vuosina 2007–2009 istukkaiden koon ja kuntokertoimen välillä ei havaittu riippuvuutta.



**Kuva 2.** Vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien kuntokerroin (keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe). Vuosittain tutkittujen istukasryhmien määrä on 4–8 ja tutkittujen istukkaiden määrä 15–20/istukasryhmä. Katkoviivalla on merkitty suositettu kuntokertoimen vähimmäisarvo (0,70).

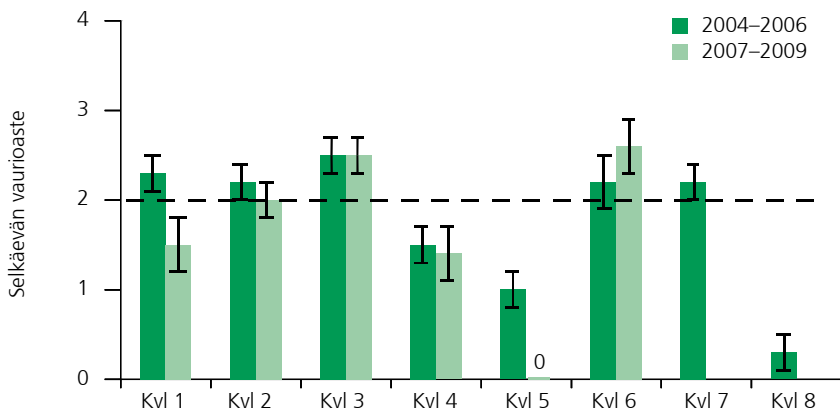


**Kuva 3.** Neljällä kalanviljelylaitoksella (Kvl 1–4) vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien keskimääräinen kuntokerroin (± keskiarvon keskivirhe, n=15/istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositettu kuntokertoimen vähimmäisarvo (0,70).

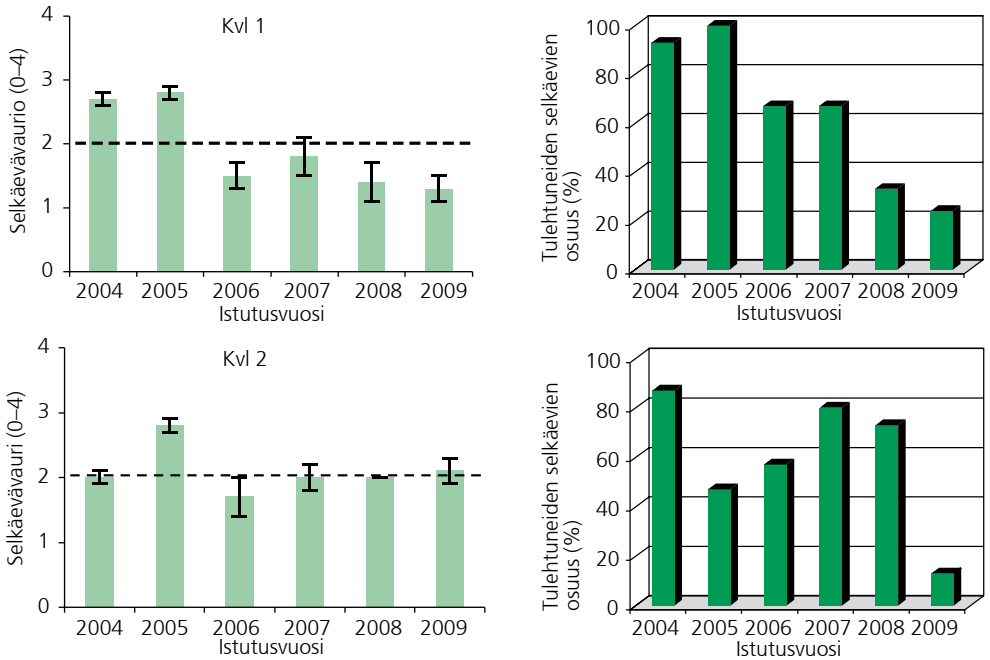
## Evävauriot

Viljellyllä lohella selkäevävauriot kehittyvät yleensä vasta toisen viljelytalven aikana. Muiden evien kunto 2-vuotiailla lohi-istukkailla on ollut hyvä ja, toisin kuin taimenilla, lohilla rintaevät ovat lähes aina täysin ehjät. Vaurioitunut evä on altis bakteeritulehduksille, ja usein selkäevässä, jossa kuluma on edennyt ensimmäistä astetta pidemmälle, on myös tulehdukseen viittaavia merkkejä (evän reuna paksuntunut ja limainen). Koska mahdollisia eväkulumien syntyyn vaikuttavia tekijöitä on monia, kuten kalatiheys, poikasten aggressiivinen käyttäytyminen, bakteri- ja loisinfektiot ja ravintotekijät, kulumien määrä ja vaurioaste vaihtelevat eri vuosien, eri laitosten ja myös saman laitoksen eri viljely-yksiköiden välillä.

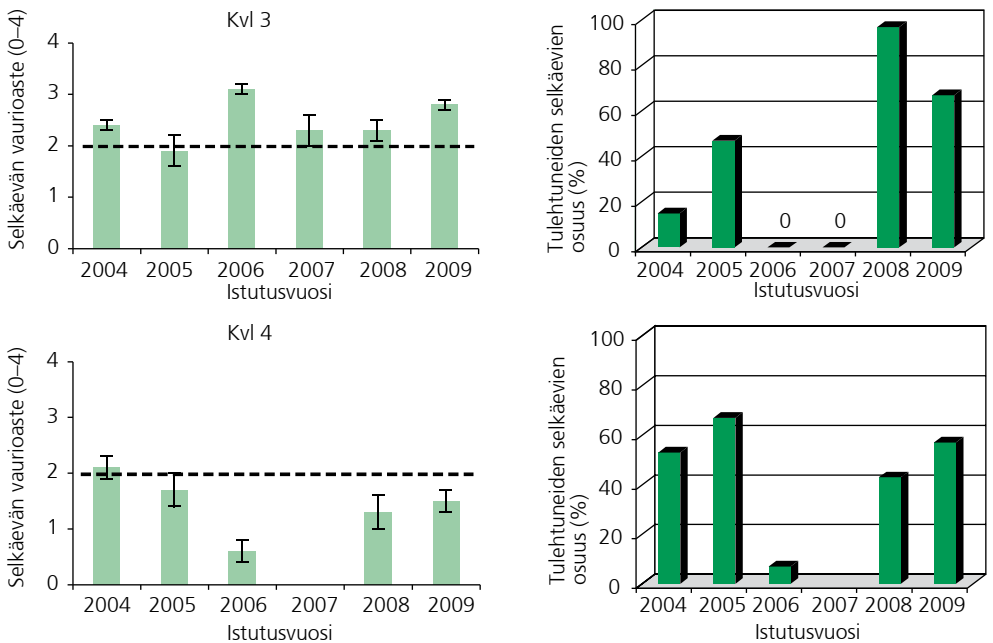
Vuosina 2007–2009 tutkittujen nevanlohien selkäevän kunnossa todettiin laitosten välillä eroja edellisen kolmivuotisjakson tapaan. Joissakin istukasryhmissä evävaurioita oli vähän, kun taas joillakin laitoksilla suurimmalla osalla istukkaista selkäevän kunto oli suositusta heikompi. Selkäevävaurioiden määrä on toisen kolmivuotisjakson aikana merkittävästi vähentynyt vain yhdellä laitoksella (Kvl 1; kuva 4). Laitoksella 4, jossa jo edellisellä vuosijaksolla selkäevävaurioita oli keskimääräistä vähemmän, evien kunto oli edelleen hyvä (kahdella laitoksella, Kvl 7 ja 8, istukkaat tutkittu vain ensimmäisellä vuosijaksolla). Kaikista muista istukasryhmistä poikkeava oli laitoksella 5 keväällä 2007 tutkittu lohiryhmä, jossa kaikilla istukkailla (n=30) selkäevä oli täysin ehjä ja virheetön. Niiden neljän laitoksen osalta, joilla kunnon arviointi on tehty vuosittain, istutusvuosien väliset erot nähdään tarkemmin kuvista 5 ja 6. Laitoksella 1 tutkituissa istukasryhmissä eväkulumien määrän ohella myös evätulehdukset ovat merkittävästi vähentyneet kevään 2005 jälkeen (kuva 5). Kolmen muun laitoksen istukkaista poiketen laitoksella 3 tutkittujen nevanlohien selkäevän kunnossa ei havaittu muutosta parempaan suuntaan (kuva 6).



**Kuva 4.** Eri kalanviljelylaitoksilla istutusaikaan tutkittujen nevanlohien selkäevän keskimääräinen vaurioaste ± keskiarvon keskivirhe vuosijaksoilla 2004–2006 ja 2007–2009 (0 = täysin ehjä evä, 4 = selkäevä kulunut kokonaan). Katkoviivalla on merkitty suositettu vaurioasteen enimmäisarvo (2). Näytteenottovuodet: Kvl 1, 2, 3 ja 4: 2004–2009; Kvl 5: 2004–2007; Kvl 6: 2004–2006, 2008; Kvl 7 ja 8: 2004.



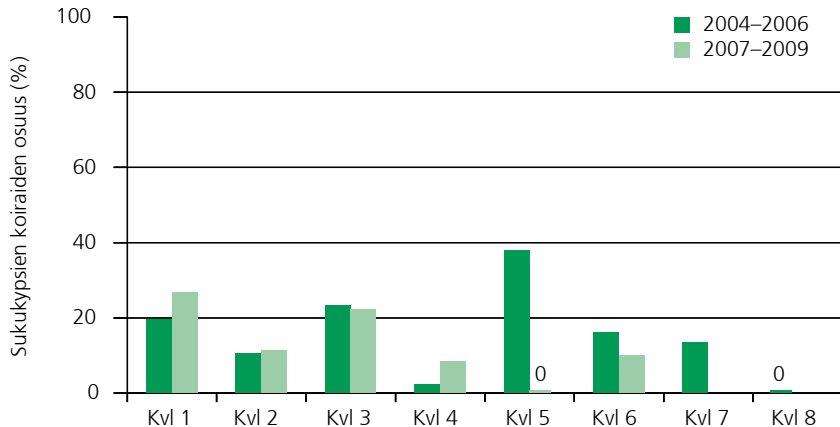
**Kuva 5.** Kalanviljelylaitoksilla 1 ja 2 vuosina 2004–2009 tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien keskimääräinen selkäevän vaurioaste ja tulehtuneiden selkäevien osuus istukasryhmissä. Katkoviivalla on merkitty suositettu vaurioasteen enimmäisarvo (2).



**Kuva 6.** Kalanviljelylaitoksilla 3 ja 4 vuosina 2004–2009 tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien keskimääräinen selkäevän vaurioaste ja tulehtuneiden selkäevien osuus istukasryhmissä. Katkoviivalla on merkitty suositettu vaurioasteen enimmäisarvo (2).

## Sukukypsien koiraiden osuus

Sukukypsien koiraiden osuus vuosina 2007–2009 eri laitoksien kokonaisaineistossa oli normaali. Yhtä laitosta lukuun ottamatta (Kvl 5) vuosijaksojen välillä ei ollut suurta eroa (kuva 7).



**Kuva 7.** Sukukypsien koiraiden osuus eri kalanviljelylaitoksilla tutkituissa nevanlohiryhmissä vuosijaksoina 2004–2006 ja 2007–2009.

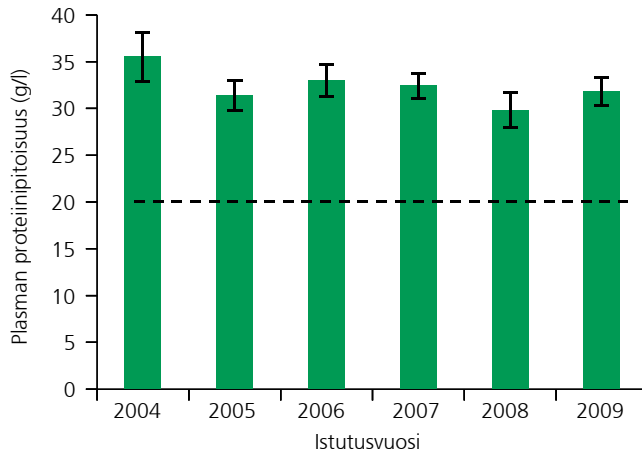
## 3.2 Ravitsemustila

### Plasman proteiinipitoisuus

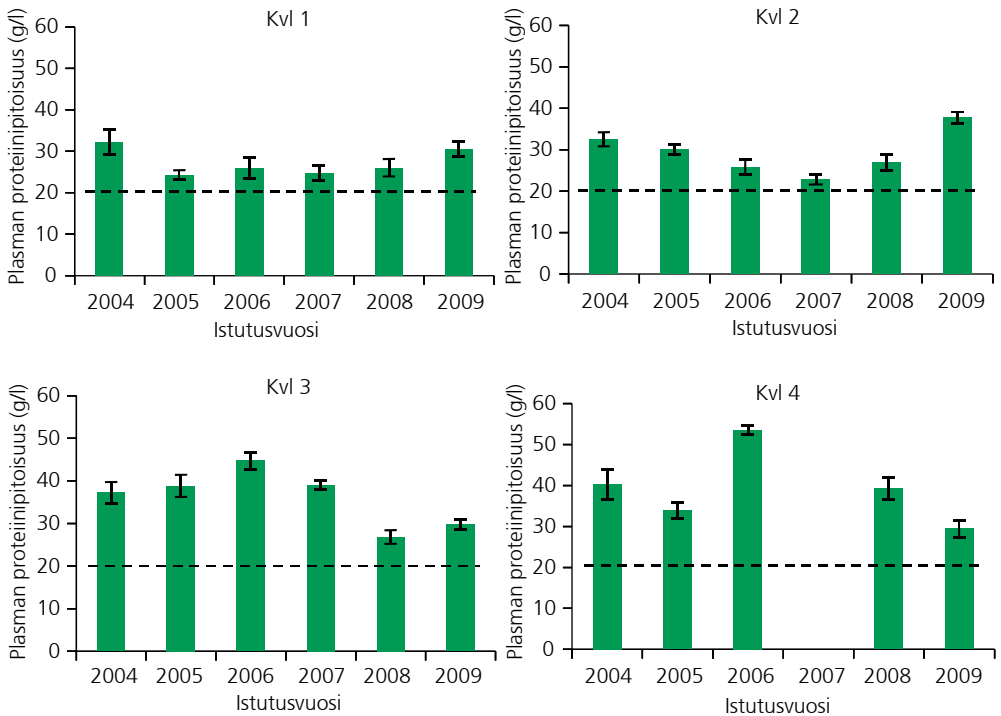
Kalan veriplasman proteiinipitoisuus vaihtelee kehitysvaiheen (vrt. jokipoikanen ja smoltti), terveyden, ravitsemustilan ja vuodenajan mukaan. Viljellyllä lohella plasman proteiinipitoisuus on istutusaikaan normaalisti ollut 25–35 g/l. Luonnon vaelluspoikasilta (Simojoen lohi) mitatut proteiinipitoisuudet ovat puolestaan olleet > 30 g/l (Virtanen 1988).

Vuosina 2007–2009 nevanlohien keskimääräinen plasman proteiinipitoisuus oli vastaava kuin vuosina 2004–2006 (kunkin vuoden koko aineiston keskiarvot; kuva 8). Kaikissa istukasryhmissä keskimääräinen plasman proteiinipitoisuus oli suositettua vähimmäisarvoa (20 g/l) suurempi. Eri laitoksilla tutkittujen istukkaiden väliset erot olivat vuosina 2007–2009 pienemmät kuin edellisellä kolmivuotisjaksolla, jolloin laitosten 3 ja 4 istukkailla proteiinipitoisuus oli suurempi kuin laitosten 1 tai 2 istukkailla ja myös totuttuja istutusajan pitoisuuksia korkeampi (kuva 9).





**Kuva 8.** Vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien plasman proteiinipitoisuus (g/l, keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe). Vuosittain tutkittujen istukasryhmien määrä on 4 – 8 ja tutkittujen istukkaiden määrä 15–20/istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositeltu proteiinipitoisuuden vähimmäisarvo 20 g/l.



**Kuva 9.** Neljällä kalanviljelylaitoksella vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien plasman proteiinipitoisuus (g/l, keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe, n=15/istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositeltu proteiinipitoisuuden vähimmäisarvo (20 g/l).

Laitosten väliset erot nevanlohien keskimääräisessä plasman proteiinipitoisuudessa saattoivat osaltaan johtua istukkaiden erilaisesta vaellusvalmiusasteesta, mutta kuten aiemmin on raportoitu, yksi merkittävä proteiinitasoon vaikuttava tekijä lienee selkävän kunto. Selkävän vaurioasteen ja plasman proteiinipitoisuuden välisen riippuvuuden selvittämiseksi selkävän kunto arvioitiin tavanomaista laajemmalla asteikolla, jossa huomioitiin myös evässä havaitut tulehdusoireet:

0–4 = kulumissa ei tulehdusta (ks. kpl 2.4.)

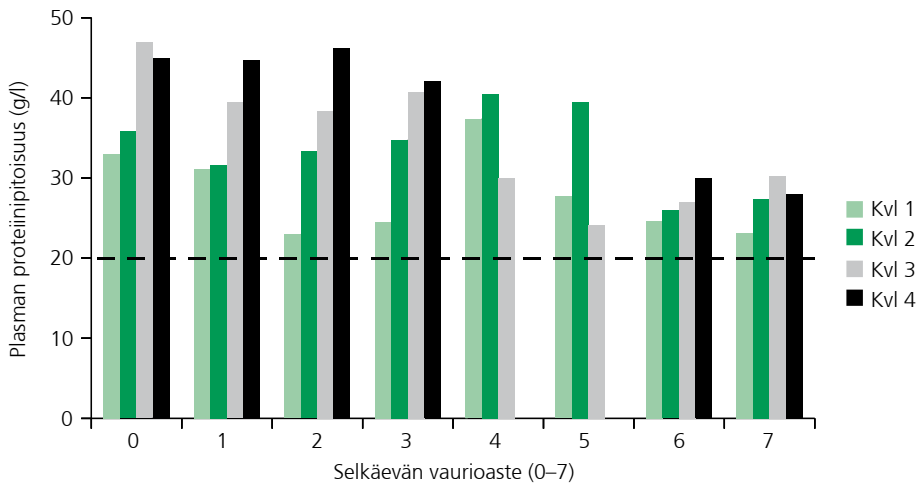
5 = kuluma-aste 1 + tulehdus

6 = kuluma-aste 2 + tulehdus

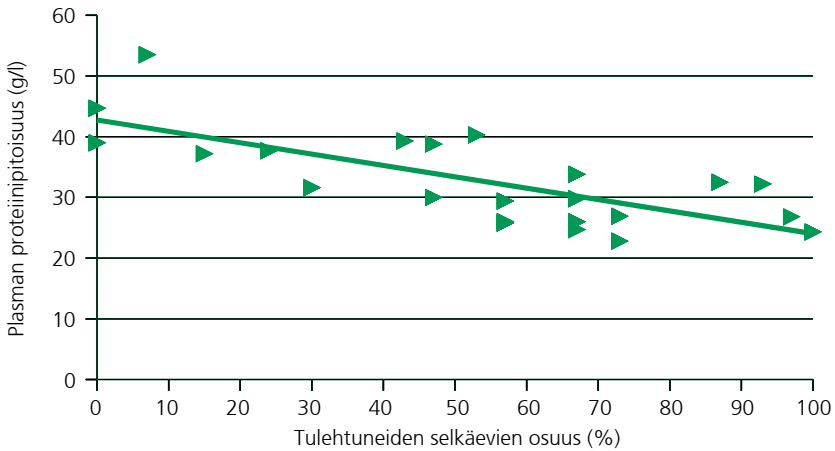
7 = kuluma-aste 3 + tulehdus

8 = kuluma-aste 4 + tulehdus

Neljällä eri laitoksella vuosina 2004–2009 tutkitut istukkaat ryhmiteltiin laitoksittain em. evävaurioluokkiin, joille laskettiin keskimääräinen plasman proteiinipitoisuus. Itse eväkulumalla ei ollut merkittävää vaikutusta plasman proteiinipitoisuuteen, mutta silloin, kun vaurioitunut evä oli tulehtunut ja kuluma-aste oli yli 2, proteiinipitoisuus oli merkittävästi pienempi kuin niillä istukkailla, joilla tulehdusta ei todettu. Tulos oli sama kaikilla neljällä laitoksella (kuva 10), ja yksittäisten istukasryhmien ( $n = 23$ ) keskimääräinen proteiinipitoisuus korreloi negatiivisesti ryhmässä olleiden tulehtuneiden selkäevien määrään (kuva 11.)



**Kuva 10.** Neljällä kalanviljelylaitoksella vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien keskimääräinen plasman proteiinipitoisuus (g/l) eri selkäevävaurioluokissa ( $n=15$ /istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositettu proteiinipitoisuuden vähimmäisarvo (20 g/l).

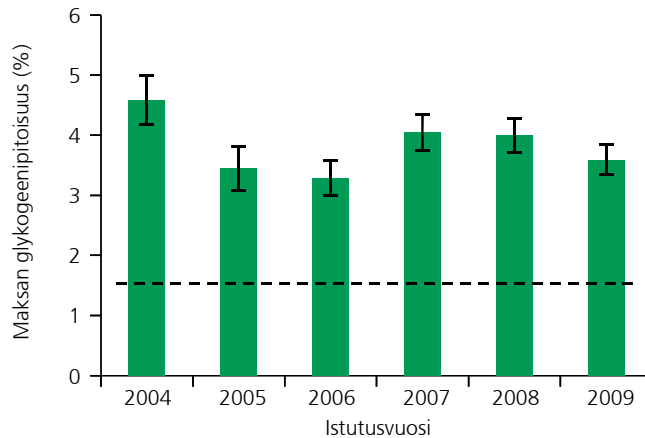


**Kuva 11.** Neljällä kalanviljelylaitoksella (Kvl 1, 2, 3 ja 4) vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien plasman proteiinipitoisuuden (g/l) ja tulehtuneiden selkävien määrän (%) välinen riippuvuus. Istukasryhmien määrä on 23.

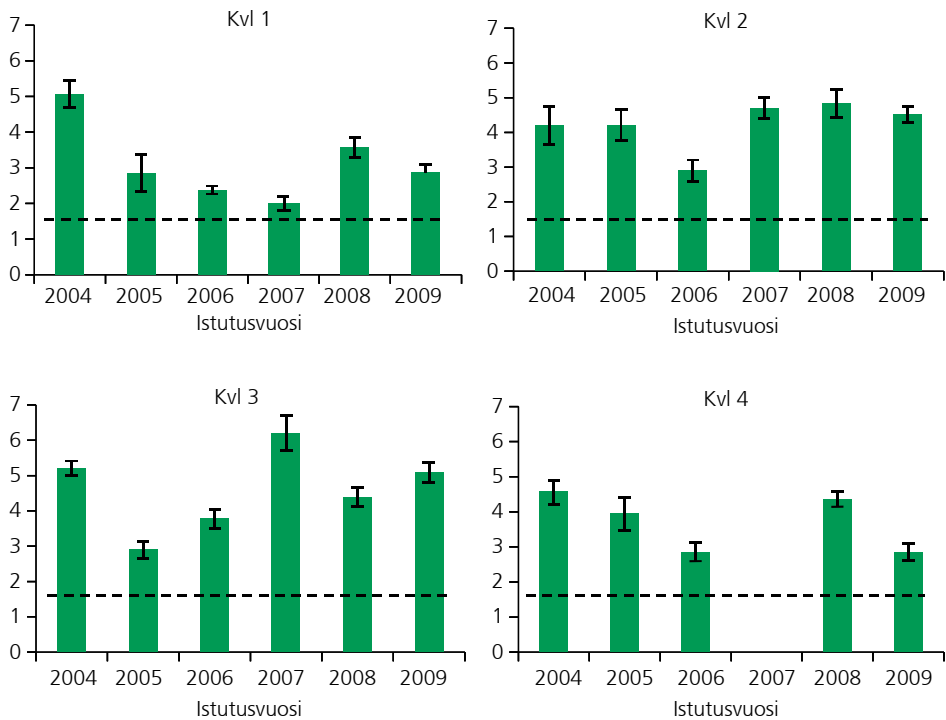
### Maksan glykogeenipitoisuus

Smolttiutumiseen liittyvien hormonaalisten muutosten seurauksena lohien energiavarastot vähenevät. Toisin kuin jokipoikanen vaelluspoikanen käyttää ensisijaisena energianlähteenään maksan glykogeenia. Häiriöille herkkä vaelluspoikanen kuluttaa rasituksessa glykogeenivarastoja nopeasti. Istukkaiden energiavarojen riittävyyden varmistamiseksi on suositettu, että maksan glykogeenipitoisuuden tulisi istutusaikaan olla vähintään 1,5 %.

Vuosina 2007–2009 tutkittujen nevanlohien maksan keskimääräinen glykogeenipitoisuus oli suunnilleen sama kuin istukkailla vuosina 2004–2006 ja yli kaksinkertainen suositettuun vähimmäispitoisuuteen verrattuna (kuva 12). Laitosten välillä oli kuitenkin eroja niin, että kummallakin kolmivuotisjaksolla glykogeenivarastot olivat pienimmät laitoksen 1 istukasryhmissä ja suurimmat laitoksen 3 istukasryhmissä, joissa myös vuosien välinen vaihtelu oli suurin (kuva 13). Suurimmalla osalla istukkaista glykogeenipitoisuus vastasi viljeltyjen vaelluspoikasten normaalipitoisuuksia.



**Kuva 12.** Vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien maksan glykogeeni pitoisuus (%), keskiarvo  $\pm$  keskiarvon keskivirhe). Vuosittain tutkittujen istukasryhmien määrä on 4–8 ja tutkittujen istukkaiden määrä 15–20/istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositettu glykogeenipitoisuuden vähimmäisarvo (1,5 %).

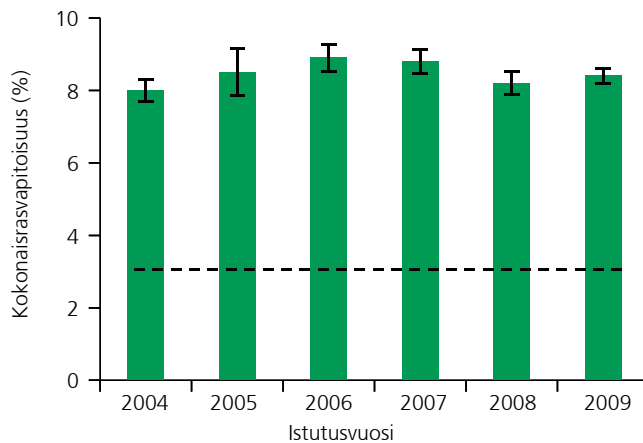


**Kuva 13.** Neljällä kalanviljelylaitoksella vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien maksan glykogeeni pitoisuus (%), keskiarvo  $\pm$  keskiarvon keskivirhe). Katkoviivalla on merkitty suositettu glykogeeni pitoisuuden vähimmäisarvo (1,5 %).

## Kalan kokonaisrasvapitoisuus

Vastaavasti kuin maksan glykogeenivarastot myös rasvavarastot vähenevät smolttiutuvalla lohella. Todennäköisesti rehujen energiapitoisuuden lisääntymisestä johtuen istukkaiden kokonaisrasvapitoisuus on noussut. 2000-luvulla nevanlohien kokonaisrasvapitoisuudet ovat keskimäärin olleet n. 30 % suuremmat kuin 1980-luvulla.

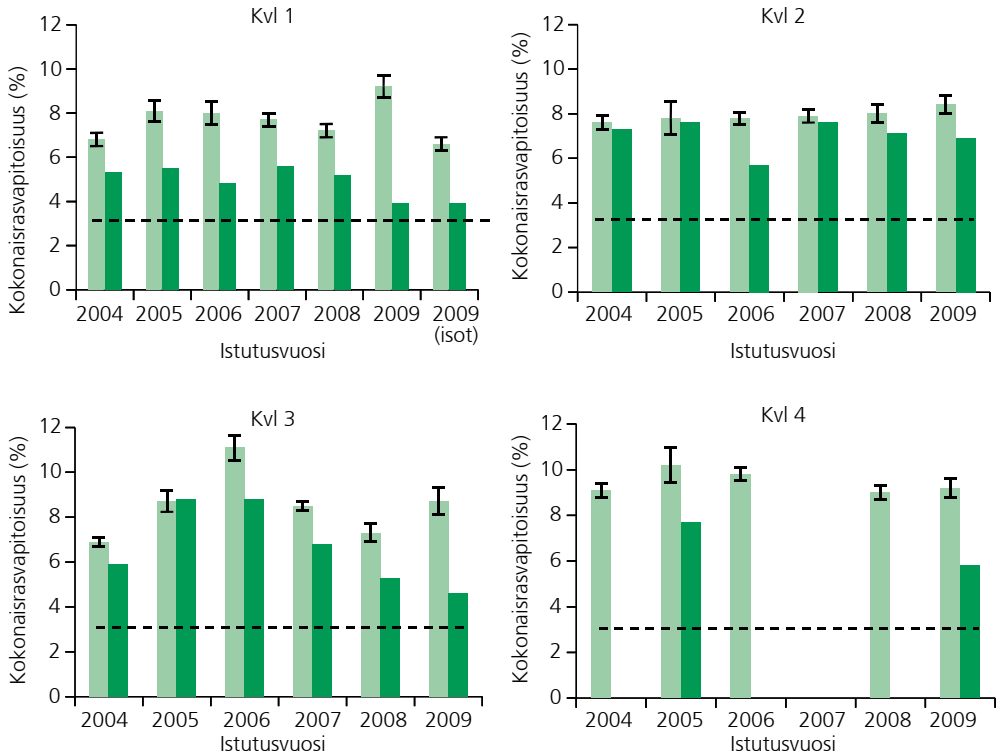
Vuosina 2007–2009 nevanlohiryhmissä keskimääräinen rasvapitoisuus oli edelleen suuri istukkaalle suositettuun vähimmäisarvoon (3 %) sekä luonnon vaelluspoikasiin (simojoenlohi: n. 2 %) verrattuna. Kunkin vuoden kokonaisaineistossa ei kalan rasvapitoisuudessa ole havaittavissa merkittävää muutosta edelliseen kolmivuotisjaksoon verrattuna (kuva 14).



**Kuva 14.** Vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien kokonaisrasvapitoisuus (%), keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe). Vuosittain tutkittujen istukasryhmien määrä on 4–8 ja tutkittujen istukkaiden määrä 15–20/istukasryhmä. Katkoviivalla on merkitty suositettu rasvapitoisuuden vähimmäisarvo (3 %).

Tutkituissa istukasryhmissä olleilla sukukypsillä koirailta rasvavarastot olivat lähes aina merkittävästi ei-sukukypsiä poikasia pienemmät, minkä vuoksi sukukypsien ja ei-sukukypsien poikasten rasvapitoisuuksien vuosikeskiarvot laskettiin erikseen laitosvertailua varten. Laitoskohtaisestikaan tarkasteltuna ei istukkaiden kokonaisrasvapitoisuudessa ole tapahtunut merkittävää muutosta suuntaan tai toiseen. Laitoksilla 1 ja 3 istukkaiden rasvapitoisuus on tosin hieman pienentynyt kevään 2006 jälkeen (lukuun ottamatta keväällä 2009 laitoksella 1 tutkittua ns. normaalikokoisten ryhmää, jonka keskimääräinen rasvapitoisuus oli poikkeuksellisen korkea 9,2 %; kuva 15). Laitoksilla 1, 2 ja 3 tutkittujen istukkaiden keskimääräinen rasvapitoisuus on koko tarkastelujakson aikana enimmäkseen vaihdellut hieman 8 %:n molemmin puolin. Laitoksen 4 istukkailla rasvapitoisuus on ollut 9–10,2 %.

Kalan rasvapitoisuus saattaa kasvaa koon kasvaessa. Vuosina 2004–2006 tutkituista nevanlohiryhmistä kolmessa havaittiin istukkaiden rasvapitoisuuden ja koon välillä positiivinen korrelaatio. Sen sijaan vuosina 2007–2009 ei vastaavaa yhteyttä todettu sen enempää rasvapitoisuuden ja koon kuin rasvapitoisuuden ja kuntokertoimenkaan välillä.



**Kuva 15.** Neljällä kalanviljelylaitoksella vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkittujen ei-sukukypsien (harmaat pylväät) ja sukukypsien (tummat pylväät) nevanlohien (2-v.) kokonaisrasvapitoisuus (%), keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe). Katkoviivalla on merkitty suositettu rasvapitoisuuden vähimmäisarvo 3 %.

### 3.3 Vaellusvalmius

#### Ulkoiset smolttimerkit

Lohella tärkeimmät ulkoisesti havaittavat smolttiutumisen tunnusmerkit ovat suompeitteen hopeoituminen, poikaslaikkujen häviäminen, evien reunojen tummuminen sekä pyrston pituuskasvu, mistä osittain johtuu poikasen kuntokertoimen lasku.

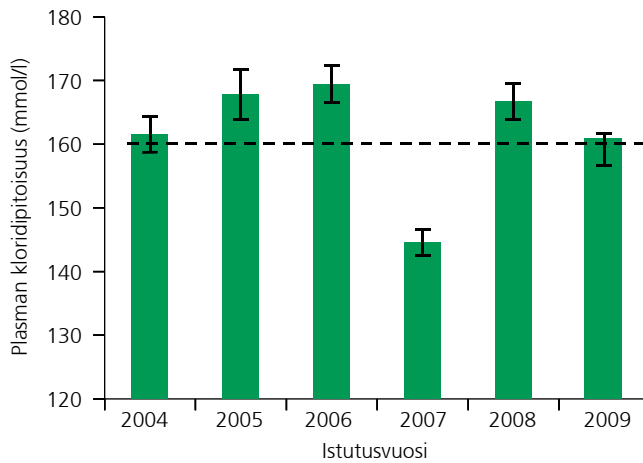
Keväällä 2007–2009 kaikilla laitoksilla suurin osa eli n. 90 % nevanlohi-istukkaista luokiteltiin hopeoituneiksi. Myös poikaslaikut olivat hävinneet tai vain heikosti näkyvissä. Hopeoitumattomat poikaset olivat pääasiassa sukukypsiä koiraita, jotka olivat ryhmänsä keskikokoa pienempiä. Istukasryhmissä olleiden isokokoisten sukukypsien koiraiden ulkoiset smolttiutumismerkkit olivat kehittyneet samalla tavoin kuin ei-sukukypsien poikasten.

#### Suola- ja vesitasapainon säätelykyky

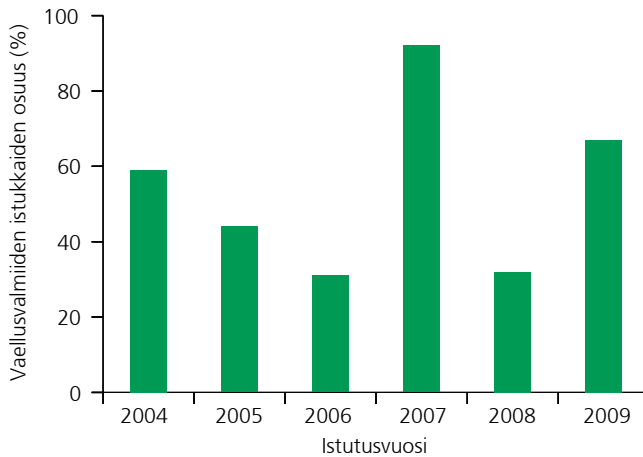
Viljellyn istukkaan ulkoiset tunnusmerkit eivät ole täysin luotettavia vaellusvalmiuden kuvaajia. Hopeoitumisesta huolimatta istukkaalta saattaa puuttua vaelluspoikaselle tunnusomainen kyky pitää yllä kudostensa suola- ja vesitasapainoa merivettä vastaavassa suolapitoisuudessa.

Kuten vuosina 2004–2006 myös vuosina 2007–2009 nevanlohen istutuspoikasten fysiologinen vaellusvalmius oli hyvin vaihteleva. Parhaimmillaan istukkaiden suola- ja vesitasapainon säätelykyky oli tutkimushetkellä yhtä hyvä kuin luonnon vaelluspoikasilla. Heikoimmillaan istukkaan säätelykyky vastasi jokipoikasen säätelykykyä, mikä viittaa vaellusvalmiuskehityksen estymiseen tai väärään ajoittumiseen suhteessa istutusaikaan. Tutkittujen istukasryhmien suolasetokyvvyssä havaittiin vuosivaihtelua. Myös saman vuoden aikana eri laitoksilla tutkittujen istukasryhmien välillä oli eroja.

Jotta istukas voidaan luokitella vaellusvalmiiksi, sen pitää merivesialtistuksessa kyetä säätelämään kudostensa suolapitoisuutta siten, että veriplasman kloridipitoisuus ei ylitä 160 mmol/l. Vastaavasti magnesiumipitoisuus saisi suosituksen mukaan olla enintään 1,5 mmol/l ja lihaksen vesipitoisuuden pieneneminen enintään 2 %. Tarkasteltaessa plasman kloridipitoisuuden vuosikeskiarvoja havaitaan, että istukkaiden menestyminen suolatestissä oli vuosina 2007–2009 keskimäärin parempi kuin vuosina 2004–2006 (kuva 16). Kun kaikista istukasryhmistä lasketaan erikseen vaellusvalmiiden istukkaiden prosentuaalinen osuus (kloridipitoisuuden yksilöarvot  $\leq 160$  mmol/l), tulos on samansuuntainen (kuva 17). Varsinkin keväällä 2007 istukkaiden vaellusvalmius oli kehittynyt erityisen hyvin. Kloridin säätelykyvyn perusteella arvioituna 92 % kaikista tutkituista istukkaista voitiin luokitella vaellusvalmiiksi. Myös laitoksittain tarkasteltuna istukkaiden vaellusvalmius oli vuosina 2007–2009 kokonaisuudessaan parempi kuin edellisellä kolmivuotisjaksolla, vaikka keväällä 2008 vaellusvalmius oli laitoksen 2 istukkaita lukuun ottamatta keskeneräinen (kuva 18).

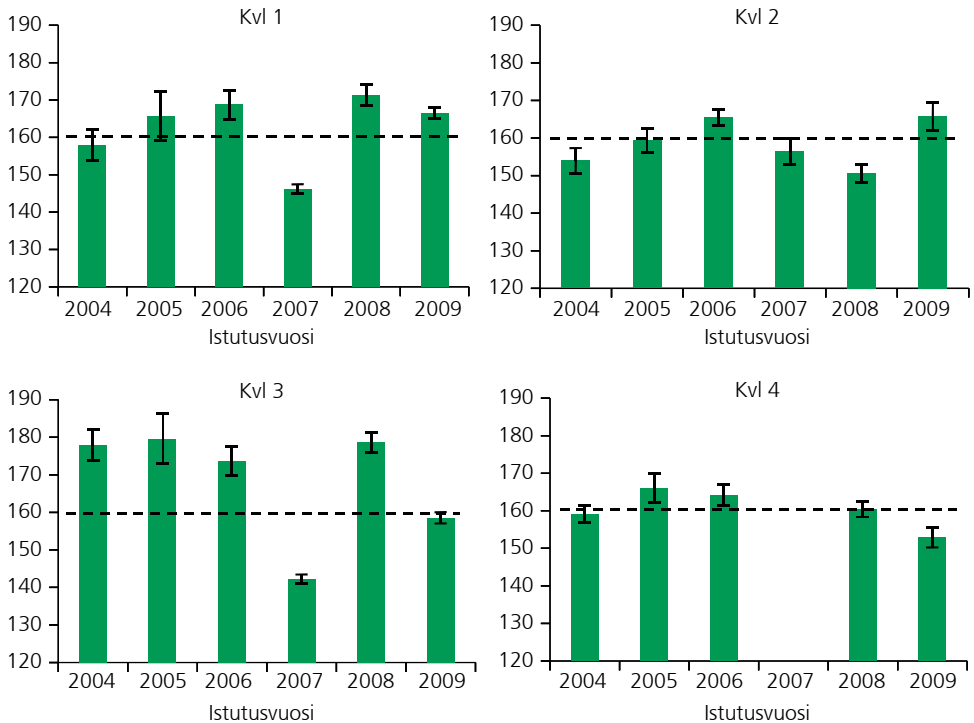


**Kuva 16.** Vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien plasman kloridipitoisuus (mmol/l) 2 vrk:n merivesialtistuksen jälkeen (keskiarvo  $\pm$  keskiarvon keskivirhe). Vuosittain tutkittujen istukasryhmien määrä on 4–8 ja tutkittujen istukkaiden määrä 15–20/istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositettu enimmäisarvo 160 mmol/l.



**Kuva 17.** Vaellusvalmiiden istukkaiden prosentuaalinen osuus (plasman kloridi  $\leq$  160 mmol/l) vuosina 2004–2009 istutusaikaan tutkituissa nevanlohiryhmissä. Vuosittain tutkittujen istukasryhmien määrä on 4–8 ja tutkittujen istukkaiden määrä 15–20/istukasryhmä.

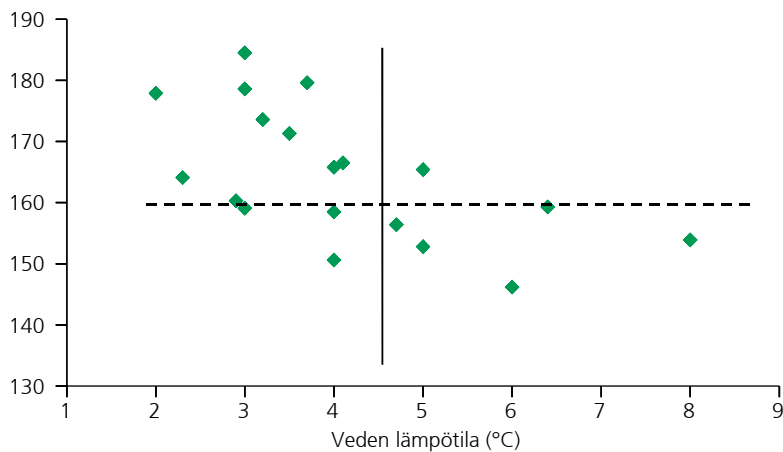




**Kuva 18.** Eri kalanviljelylaitoksilla istutusaikaan vuosina 2004–2009 tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien plasman kloridipitoisuus (mmol/l) 2 vrk:n merivesialistuksen jälkeen (keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe; n = 15–20/istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositettu enimmäisarvo 160 mmol/l.

Jos istukkaiden kloridin säätelykyky on heikko, myös niiden kudosten vesitasapainossa on yleensä häiriöitä. Magnesiumin erityis saattaa silti toimia kuten vaelluspoikasella, mikä viittaa siihen, että munuaisissa (magnesiumin erityis) ja kiduksissa (natriumin ja kloridin erityis) olevat säätelymekanismit eivät aina kehity täysin yhtäaikaaisesti. Tällaista eriaikaisuutta oli havaittavissa myös vuosina 2007–2009 tutkituissa nevanlohiryhmissä.

Eri laitoksilla tutkittujen nevanlohien vaellusvalmiudessa oli vuosittain eroja, vaikka istukkaat tutkittiin mahdollisimman samanaikaisesti. Istukkaiden koon ja suolansietokyvyn välillä ei havaittu selkeää yhteyttä. Myös aiemmat tutkimukset viittaavat siihen, että lohien fysiologinen vaellusvalmius kehittyy tietyn rajakoon (12–13 cm) ylittävillä poikasilla samalla tavoin koosta riippumatta (Soivio ym. 1985). Erot istukasryhmien vaellusvalmiuskehityksessä saattavat osaltaan johtua erilaisista viljelykäytännöistä, mutta yksi selittävä tekijä on veden lämpötila. Viljelylaitosten erilaisen maantieteellisen sijainnin ja vedenottoaikan vuoksi veden lämpötilaerot laitosten välillä olivat tutkimushetkellä joinakin vuosina useita asteita. Myös samalla laitoksella tutkimusajankohtana vallinnut veden lämpötila vaihteli vuosittain. Neljällä eri kalanviljelylaitoksella vuosina 2004–2009 tutkittujen istukasryhmien vaellusvalmiuden (kloridi  $\leq 160$  mmol/l) ja tutkimushetkellä vallinneen veden lämpötilan välillä havaittiinkin negatiivinen korrelaatio (kuva 19). Suurimmalla osalla niistä istukasryhmistä, jotka tutkittiin veden lämpötilan ollessa  $\leq 4$  °C, vaellusvalmius oli keskeneräinen.



**Kuva 19.** Vuosina 2004–2009 neljällä laitoksella tutkittujen istukasryhmien (n= 20) keskimääräisen plasman kloridipitoisuuden (merivesialtistus) ja tutkimushetkellä vallinneen veden lämpötilan välinen riippuvuus.

## 4. Poikasten laadussa vähäisiä muutoksia parempaan verrattuna vuosijaksoon 2004–2006

### 4.1 Ulkoinen kunto

#### Kuntokerroin

Kuntokerrointa, joka on syksyllä kasvukauden jälkeen korkeimmillaan, on käytetty mm. lohella rasvan määrän mittarina (Herbinger ja Friars 1991). Kuntokerroimen eli poikasten paino/pituus-suhteen antama tieto niiden ravitsemuksellisesta kunnosta on kuitenkin vain viitteellistä, sillä korkea kuntokerroin voi johtua myös kudosten tavanomaista korkeammasta vesipitoisuudesta tai sukurauhasten kehitymisestä. On todettu, että varhaiskypsillä koirilla syksyn kuntokerroin on usein merkittävästi korkeampi kuin ei-sukukypsillä poikasilla. Istutusta edeltävän talven ja kevään aikana lohien kuntokerroin laskee energiavarastojen normaalin kulutuksen ja smolttiutumiseen liittyvien aineenvaihdunnan muutosten seurauksena. Tähän perustuen kuntokerrointa on käytetty yhtenä smolttiutumisen indikaattorina. Vaikka tiedetään, mitä suuruusluokkaa vaellusvalmiin lohien kuntokerroimen tulisi olla, pelkästään istutusaikaan mitattu kuntokerroin ei vielä riittävästi kerro smolttiutumisasteesta, vaan tulisi tietää myös kuntokerroimen syksy/kevät-muutoksen suuruus.

Nevanlohen istutuspoikasilta 2000-luvulla mitatut kuntokerroimet ovat olleet korkeita verrattuna esim. 1980-lukuun. Tähän on osasyynä pidetty rehujen koostumuksen ja energiasisällön muutoksia. Vuosina 2004–2006 istutusaikaan tutkituissa nevanlohiryhmissä keskimääräinen kuntokerroin oli > 0,90, mikä on n. 10 % korkeampi kuin 1980-luvulla ja 1990-luvun alussa. Seuraavalla kolmivuotisjaksolla (2007–2009) kuntokerroimessa ei tapahtunut merkit-

tävää muutosta tarkasteltaessa koko tutkimusaineistoa. Myös laitoskohtaisesti tarkasteltuna kuntokertoimet olivat edelleen korkeita lukuun ottamatta kahta laitosta, joista toisella tutkittujen nevanlohien keskimääräinen kuntokerroin oli keväällä 2008 ja 2009 merkitsevästi aiempia vuosia matalampi (keskiarvo 0,84) ja lähellä 1980-luvun tasoa.

Nevanlohella usein havaittuja korkeita kuntokertoimia on pidetty ainakin osittain tämän kannan tyyppiominaisuutena. Keväällä 2008 ja 2009 tehtyjen havaintojen mukaan viljelykäytännöt ja -olosuhteet saattavat kuitenkin vaikuttaa kuntokertoimeen enemmän kuin lohikanta. Tuolloin nimittäin tutkittiin nevanlohen lisäksi myös tornionjoenlohta neljällä laitoksella ja iijoenlohta yhdellä laitoksella, ja kuntokertoimissa havaittu vaihtelu oli enemmänkin laitoskohtaista kuin lohikantojen välistä.

### Eväauriot

Kalanviljelylaitoksilla tuotetuilla lohilla on istutusaikaan lähes aina jonkin asteisia eväaurioita, ja herkimmin vaurioituva on selkäevä. Eväkulumia on vaikea ennalta ehkäistä lähinnä sen vuoksi, että niiden syntyyn vaikuttavia viljelytekijöitä on vaikea jäljittää. Vaikka laitoskohtaiset viljelymenetelmät pysyisivät pääosin samanlaisina, eväkulumien määrä ja kuluma-aste vaihtelevat vuosittain. Nevanlohi-istukkailla selkäeväaurioita on ollut yleisesti, eikä istukkaiden selkäevän kunto 1980-luvulla oleellisesti poikennut nykyisestä.

Viljelytekijöiden vaikutus selkäeväkulumiin on ilmeistä myös siksi, että istukkaiden ulkoisessa kunnossa on eroja viljelylaitosten välillä, mikä näkyi myös vuosina 2007–2009 tutkituissa nevanlohiryhmissä. Edelliseen kolmivuotisjaksoon verrattuna istukkaiden selkäevän kunto oli parantunut kahdella laitoksella. Sen sijaan kahdella laitoksella selkäevän kunto on kulumien osalta pysynyt samanlaisena, mikä viittaa siihen, että ko. laitoksilla viljelyolosuhteissa ei ole tapahtunut oleellisia muutoksia.

Edellisten kolmen vuoden tapaan vuosina 2007–2009 istukkaiden selkäevän kuntoa arvioidessa huomioitiin kuluma-asteen lisäksi myös evän tulehtuneisuus. Niiden poikasten osuus, joilla oli havaittavissa evätulehdukseen viittaavia oireita, vaihteli viljelylaitoksilla vuosittain, mutta myös laitosten välillä oli merkittäviä eroja. Sekä nyt että edellisellä vuosijaksolla saatujen tulosten mukaan evätulehdus heijastuu myös kalan fysiologiseen tilaan siten, että plasman proteiinin kokonaismäärä laskee, mikä puolestaan saattaa olla merkki poikasen heikentyneestä yleiskunnosta. Itse kuluma-asteella ei näytä juurikaan olevan vaikutusta istukkaan plasman proteiinipitoisuuteen.

Merkintätutkimuksissa tehdyt havainnot lohi-istukkaiden selkäevän kunnan ja palautustuloksen välisestä yhteydestä ovat vaihtelevia, mikä saattaa osaltaan johtua eväaurioiden erilaisesta luokittelutavasta. Lievästi vaurioituneet evät ehkä regeneroituvat istutuksen jälkeen. Joissakin tutkimuksissa eväkulumien ja istukkaista takaisin saadun saaliin välillä ei havaittu yhteyttä (Eskelinen ym. 1988, Vehanen ym. 1993), kun taas vuosina 1989–2000 istutetuista iijoenlohien merkintäryhmistä saadun saaliin ja istukkaiden selkäevän kunnan välillä havaittiin riippuvuutta (Pasternack, julkaisematon). Tällöin palautustuloksen ja selkäevän kunnan yhteyttä tarkasteltiin laskemalla ryhmäkohtaisesti niiden poikasten osuus, joilla vaurioaste oli suositettua enimmäisarvoa (vaurioaste 2) suurempi tai sen suuruinen. Lisäksi kyseisellä tarkastelujaksolla keskimääräistä heikomman istutustuloksen antaneiden ryhmien selkäevävaurion keskiarvo oli suositettua enimmäisarvoa suurempi.

## 4.2 Ravitsemustila

Nevanlohen istutuspoikasten ravintovarastot ovat istutusaikaan olleet merkitsevästi suositettua vähimmäismäärää suuremmat. Vuosina 2007–2009 tutkittujen istukkaiden keskimääräinen ravitsemustaso ei oleellisesti poikennut vuosien 2004–2006 tasosta. Suurimmalla osalla istukkaista maksan glykokeenipitoisuus vastasi normaaleja istutusajan arvoja, sen sijaan kokonaisrasvapitoisuus oli edellisen kolmivuotisjakson tapaan suuri verrattuna esim. 1980-luvulla tutkittuihin istukkaisiin. Koko kuuden vuoden tutkimusjaksolla istukasryhmien keskimääräisen rasvapitoisuuden vuosivaihtelu oli melko vähäistä, mikä viittaa siihen, että ruokintamenetelmissä tai rehujen energiasisällössä ei ole tapahtunut muutoksia. Sukukypsillä koirailta rasvan määrä oli pienempi kuin ei-sukukypsillä poikasilla, ja osalla sukukypsistä koiraista rasvarastot olivat pienentyneet jopa alle suositetun määrän. Vähäiset energiavarat saattavat heikentää varhaiskypsien koiraiden eloonjäätymiä istutuksen jälkeen.

Rasvarastoihin verrattuna istukasryhmien hiilihydraattivarastoissa oli enemmän vuosittaista vaihtelua, ja myös laitosten väliset erot olivat suuremmat. Tämä saattaa johtua siitä, että tutkimushetkellä istukasryhmien smolttiutumisasasteessa ja samalla häiriöherkkyydessä on ollut eroja. Täysin vaellusvalmiilla lohella erilaiset käsittelyt ja lisäksi heikentynyt kyky ylläpitää ionitasapainoansa makeassa vedessä aiheuttavat stressiä. Fysiologisen tasapainon ylläpitäminen vaatii puolestaan energiaa, jota istukas ensisijaisesti saa ottamalla käyttöön maksan varastoitunutta hiilihydraattia. Istukkaiden glykokeenivarastot olivat kuitenkin istutushetkellä yli kaksinkertaiset suositettuun vähimmäismäärään verrattuna.

## 4.3 Vaellusvalmius

Istukkaiden vaellusvalmiuden kehittymiseen liittyy useita fysiologisia ja rakenteellisia muutoksia kiduksissa, munuaisessa ja suolessa. Näitä muutoksia säätelee valorytmi, jossa keväällä tapahtuva muutos käynnistää smolttiutumisen. Tärkein fysiologisten muutosten nopeuteen ja sitä kautta vaellusvalmiushuipun ajoittumiseen vaikuttava tekijä on lämpötila. Vuosina 2007–2009 nevanlohien vaellusvalmius vaihteli vuosittain laitoskohtaisesti, mutta myös eri laitoksilla samana vuonna tutkittujen istukasryhmien välillä oli eroja. Istukkaiden vaellusvalmiutta kuvaava suolansietokyky oli nyt tarkastellulla kolmivuotiskaudella keskimäärin hieman parempi kuin vuosijaksolla 2004–2006. Tietyillä viljelytekijöillä mm. kalatiheydellä ja viljelyn aikana vallinneella valorytmillä on vaikutusta poikasen fysiologiseen kehitykseen, mikä osaltaan saattaa selittää eri laitoksilla tuotettujen istukkaiden vaellusvalmiuseroja.

Vuosina 2004–2009 saatujen tutkimustulosten mukaan myös kevään lämpötilaoloilla oli merkittävä vaikutus vaellusvalmiuden etenemiseen, sillä istukkaiden vaellusvalmiuden ja istutusaikaan vallinneen veden lämpötilan välillä havaittiin selvä yhteys. Neljällä viljelylaitoksella, joilla tutkimusjaksolla 2004–2009 istukkaiden vaellusvalmius arvioitiin vuosittain huhtikuun lopussa tai toukokuun alussa, tutkimusajankohdan lämpötila vaihteli vuodesta ja tutkimuspaikasta riippuen 2–8 °C:n välillä. Suurin osa istukasryhmistä (n = 13) tutkittiin veden lämpötilan ollessa alle 4 °C. Näistä vain kolmella keskimääräinen suolansietokyky oli suosituksen mukainen. Kun veden lämpötila tutkimushetkellä oli 4,5–8 °C tutkituista 7 istukasryhmästä 6:lla keskimääräinen suolansietokyky vastasi vaellusvalmiista istukasta.

Joidenkin tutkimusten mukaan istutuksen ajoitus suhteessa poikasten vaellusvalmiuteen saattaa merkittävästi vaikuttaa niiden eloonjäantiin (Staurnes ym. 1993). Fysiologisten muutosten lisäksi veden lämpötilan nousu laukaisee lohella myös itse vaelluskäyttäytymisen, mistä on osoituksena lämpötilan ja lohien vaellusaktiivisuuden välillä havaittu vahva korrelaatio (Hvidsten ym. 1995). Vaellusvalmiudeltaan hieman keskeneräisinä istutettujen lohien smolttiutumiskehitys saattaa jatkua vapautuksen jälkeenkin edellyttäen, että istutus on ajoittunut riittävän lähelle smolttiutumishuippua (McCormick ym. 2003). Tällöin kuitenkin vaellus istutuspaikalta esim. jokialueelta mereen hidastuu (Strand ja Finstad 2007). Silloin, kun istutuspaikalla on runsaasti petokaloja, poikaset tulisi istuttaa mahdollisimman lähellä vaellusvalmiushuippua.

## 5. Yhteenveto

- Vuosina 2007–2009 eri kalanviljelylaitoksilla tutkittujen nevanlohen istutuspoikasten keskimääräinen kuntokerroin oli osalla istukasryhmistä korkea kuten edelliselläkin kolmivuotisjaksolla. Kahdella viljelylaitoksella istukkaiden kuntokertoimet olivat kuitenkin laskeneet siten, että tutkimusjakson lopulla keskimääräinen kuntokerroin oli lähellä 1980-luvun tasoa (keskiarvo < 0,90).
- Istukkaiden selkävän kunnossa havaitut laitosten väliset erot viittaavat siihen, että viljelytekijöillä on tärkeä osuus evävaurioiden synnyssä. Vuosina 2007–2009 istukkaita tutkittiin kuudella eri kalanviljelylaitoksella ja näistä kolmella istukkaiden keskimääräinen selkävän kunto oli suosituksen mukainen. Keväällä 2007 tutkituista nevanlohiryhmistä yhden istukasryhmän kaikilla poikasilla selkäevä oli täysin ehjä, mikä osoittaa, että tietyissä viljelyolosuhteissa on mahdollista välttää evävaurioita. Kummallakin kolmivuotisjaksolla havaittiin, että evävaurioon liittyvällä tulehduksella on vaikutusta myös istukkaan fysiologiseen tilaan, mikä näkyy plasman proteiinipitoisuuden pienenemisenä. Tämä saattaa vaikuttaa poikasten istutuksen jälkeiseen menestymiseen enemmän kuin pelkkä eväkuluma.
- Kaikissa vuosina 2007–2009 tutkituissa nevanlohiryhmissä istukkaiden ravitsemustila oli glykogeeni- ja rasvavarastojen osalta hyvä. Maksan keskimääräiset glykogeenipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin edellisellä kolmivuotisjaksolla ja lähellä lohien normaaleja istutusajan arvoja. Poikasten varastoiman rasvan määrä oli edelleen suuri suositeltuihin arvoihin tai luonnon vaelluspoikasiin verrattuna. Laitoskohtaisesti tarkasteltuna ei istukkaiden rasvapitoisuus ollut merkittävästi muuttunut vuosiin 2004–2006 verrattuna. Muista istukkaista poiketen osalla sukukypsistä koiraista rasvavarastot olivat vähentyneet niin, että kokonaisrasvapitoisuus oli jopa suositettua 3 %:a pienempi. Vähäinen varavarrinnon määrä saattaa heikentää näiden poikasten eloonjäantiä.

- Vuosina 2007–2009 tutkittujen nevanlohien vaellusvalmiudessa havaittiin vaihtelua paitsi eri vuosien välillä myös vuosittain eri laitoksilla tutkittujen istukasryhmien välillä. Istukkaiden suolansietokyky oli keskimäärin parempi kuin edellisellä kolmivuotisjaksolla, vaikka kaikki istukasryhmät eivät täyttäneetkään vaellusvalmiille istukkaalle suositettuja laatuvaatimuksia. Molempia kolmivuotisjaksoja tarkasteltaessa istukkaiden suolansietokyvyn ja veden lämpötilan välillä havaittiin riippuvuus, mikä suurelta osin selittää vuosien välisiä samoin kuin laitosten välisiä eroja istukkaiden vaellusvalmiudessa.

## 6. Suosituksia

### 6.1 Selkäevän kunto

Lohi-istukkaiden selkäevän kunnan arvioinnissa perinteisesti käytetty asteikko (0–4) perustuu siihen, miten pitkälle selkäeväkulumma on edennyt. Suosituksen mukaan istukkaalla tulisi olla istutushetkellä selkäevästä jäljellä vähintään 50 % (vaurioaste 2). Vaurioitunut evä tulehtuu herkästi, mikä tulosten perusteella heijastuu istukkaan yleiskuntoon. Tästä syystä tulisi harkita arviointiasteikon ja suositusarvon muuttamista siten, että siinä huomioitaisiin kuluma-asteen ohella myös evässä havaittu tulehdus.

Selkäevävaurioita on viljelyssä vaikea estää, koska niiden syntyyn vaikuttavia tekijöitä voi olla useita. Viljelyolosuhteiden merkitys on kuitenkin ilmeinen, sillä nevanlohien selkäevän kunnossa havaittiin merkittäviä laitosten välisiä eroja. Ehkä helpoimmin säädeltävissä on viljelytiheys, jolla on osoitettu olevan yhteys selkäevän kuntoon.

### 6.2 Kuntokerroin ja rasvapitoisuus

Vuosina 2004–2006 ja 2007–2009 suurimmalla osalla istutusaikaan tutkituista nevanlohi-ryhmistä keskimääräinen kuntokerroin oli  $> 0,90$ . Kuntokerroin on korkea verrattuna esim. 1980-luvulla tutkittuihin istukkaisiin. Suositetun alarajan (0,70) lisäksi on kuntokertoimelle ehdotettu myös ylärajaa niin, että istukkaiden keskimääräinen kuntokerroin ei juuri ylittäisi 0,90:ää. Vuosien 2007–2009 lopulla kahdella laitoksella nevanlohien kuntokerroin oli lähellä 1980-luvun tasoa, mikä osoittaa, että myös nykyisessä viljelyssä on mahdollista saavuttaa kuntokertoimelle ehdotettu optimitaso 0,85–0,90.

Riittävien energiavarojen takaamiseksi istukkaiden kokonaisrasvapitoisuudelle on suositettu 3 %:n vähimmäispitoisuutta. Pääasiassa nykyisten rehujen koostumuksesta mutta osaltaan myös viljelykäytännöistä johtuen nevanlohi-istukkaiden rasvapitoisuus on viime vuosina ollut suuri. Useimmissa istukasryhmissä keskimääräinen rasvapitoisuus oli vuosina 2004–2009 suositellun 6–8 %:n ylärajalla tai sitä suurempi. Yhdellä neljästä viljelylaitoksesta, joilla istukkaiden kuntoa on seurattu vuosittain, istukkaiden rasvapitoisuudessa havaittiin pienenemistä. Näin ollen nykyisissä viljelyolosuhteissa saavutettavaa rasvapitoisuutta voidaan pitää tavoitteena edelleen.

### 6.3 Vaellusvalmius

Smolttiutumiseen liittyvät fysiologiset muutokset aktivoituvat keväällä, kun kala aistii valojaksossa tapahtuvan muutoksen päivän pidetessä. Fysiologiset muutokset käynnistyvät 1–2 kk ennen kuin veden lämpötila nousee. Se, miten nopeasti kala saavuttaa vaellusvalmiushuipun riippuu veden lämpötilasta. Jos veden lämpötila pysyy 3 °C:ssa, lohi on vaellusvalmis kuu-kautta myöhemmin kuin 10 °C:n lämpötilassa.

Tutkituissa nevanlohiryhmissä vaellusvalmiuden keskeneräisyys samoin kuin istukasryhmien väliset vaellusvalmiuserot johtuivat suurelta osin alhaisesta veden lämpötilasta tutkimushetkellä. Vain pieni osa istukasryhmistä, jotka tutkittiin laitoksen veden lämpötilan ollessa ≤ 4 °C, voitiin luokitella vaellusvalmiiksi. Jotta istukkaiden vaellusvalmius olisi ehtinyt kehittyä riittävän pitkälle, viljelylaitoksella vallitsevan veden lämpötilan olisi suotavaa olla vähintään 4–5 °C istutuksia aloitettaessa.

Lohien vaellus istutuspaikalta mereen on nopeampaa, jos poikaset istutetaan täysin vaellusvalmiina. Tämä on tärkeää ottaa huomioon, jos toivotaan, että istukkaat vaeltavat mahdollisimman nopeasti istutuspaikalta eteenpäin esimerkiksi petokalojen vuoksi. Smolttiutuminen jatkuu istutuksen jälkeenkin, mikäli vaellusvalmius on kehittynyt riittävän pitkälle. Tällöin kuitenkin vaellusvaihe siirtyy myöhemmäksi.

## 7. Kirjallisuus

- Eskelinen U., Soivio A., Koskela J. & Virtanen E. 1988. Evät lopussa – miten käy lohen? *Suomen Kalastuslehti* 1: 14–17.
- Harris, R.C., Hultman, E. & Nordsjö, L.D. 1974. Glycogen, glycolytic intermediates and high-energy phosphates determined in biology samples of *musculus quadriceps femoris* in man at rest. Methods and variance of values. *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation* 33: 109–120.
- Herbinger C.M. & Friars G.W. 1991. Correlation between condition factor and total lipid content in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr. *Aquaculture and Fisheries Management* 22: 527–529.
- Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T.G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interactions. *Nordic Journal of Freshwater Research* 70: 38–48.
- Kalaistutusten kehittämistyöryhmä 2004. *Työryhmämuistio MMM 2004:6*. Maa- ja metsätalousministeriö. 109 s.
- McCormick, S.D., O’Dea, M.F., Moeckel, A.M. & Björnsson, B.T. 2003. Endocrine and physiological changes in Atlantic salmon smolts following hatchery release. *Aquaculture* 222: 45–57.
- Pasternack, M., Salminen, M. & Heinimaa, P. 2008. Kasvatettujen lohenpoikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2004–2006. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 14/2008. 32 s.
- Soivio, A., Virtanen, E., Bäckström, M., Söderholm-Tana, L. & Forsman, L. 1985. *Lohi-istukkaiden kunnan ja vaellusvalmiuden seuranta, osaprojektin 1302 loppuraportti*. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 24 s.
- Staurnes, M., Lysfjord, G., Hansen, L.P. & Heggberget, T.G. 1993. Recapture rates of hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) related to smolt development and time of release. *Aquaculture* 118: 327–337.
- Strand, R. & Finstad, B. 2007. Migratory behaviour in relation to smolt development and releasing strategies in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture* 273: 277–283.

- Vehanen T., Aspi, J. & Pasanen, P. 1993. The effect of size, fin erosion, body silvering and precocious maturation on recaptures in Carlin-tagged Baltic salmon (*Salmo salar* L.). *Annales Zoologici Fennici* 30: 277–285.
- Virtanen E., Söderholm-Tana L., Soivio A., Forsman L. & Muona M. 1991. Effect of physiological condition and smoltification status at smolt release on subsequent catches of adult salmon. *Aquaculture* 97: 231–257.
-





## JULKAISIJA

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Viikinkaari 4

PL 2

00791 Helsinki

Puh. 0205 7511, faksi 0205 751 201

[www.rktl.fi](http://www.rktl.fi)