
RKTL:n työraportteja 1/2011

Istutustutkimusohjelman (2006 – 2012) väliraportti

Tekijät: Matti Salminen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki
2011



Julkaisija:
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Helsinki 2011

ISBN 978-951-776-812-2 (Verkojulkaisu)

ISSN 1799-4756 (Verkojulkaisu)

RKTL 2011

Sisällys

Kuvailulehti	4
1. Johdanto	5
2. Lohi ja meritaimen (& järvilohi, järvitaimen, nieriä)	7
2.1. Lohi- ja meritaimenistutukset tuottavat edelleen huonosti	7
2.2. Lohi- ja meritaimenistutusten tulos on monen osatekijän summa	12
2.3. Kalastuksen muutokset ja istutusten tuloksellisuus	13
2.3.1. Kalastuksen väheneminen selittää huomattavan osan lohi-istutusten saalistuoton heikkenemisestä	13
2.3.2. Meritaimenet kalastetaan liian nuorina	16
2.4. Itämeren epäedulliset luonnonolot ovat lisänneet sekä villien että viljeltyjen lohen vaelluspoikasten kuolevuutta	17
2.4.1. Millä tavalla Itämeren luonnonolot ovat heikentyneet?	21
2.5. Istutuspoikasten laatu ja sen merkitys	27
2.5.1. Villit ja viljeltyt lohen poikaset eroavat monella tavalla toisistaan	27
2.5.2. Onko viljeltyjen poikasten elinkyky ajan myötä heikentynyt?	31
2.6. Voidaanko istutuspoikasten laatua ja elinkykyä parantaa?	38
3. Järvilohi, järvitaimen ja saimaannieriä	51
3.1. Järvilohi menestyy Höytiäisessä	51
3.2. Järvitaimenistutuksista vaihtelevia tuloksia	55
3.3. Saimaannieriän kotiutusistutukset	57
4. Siika ja kuha	58
4.1. Merialueen siikaistutusten tuottavuus	58
4.2. Istutusten vaikutus kuhakantojen perinnölliseen monimuotoisuuteen	62
5. Istutustutkimusten sisältö ja painopisteet 2011–2012	65
6. Kirjallisuus	66

Kuvailulehti

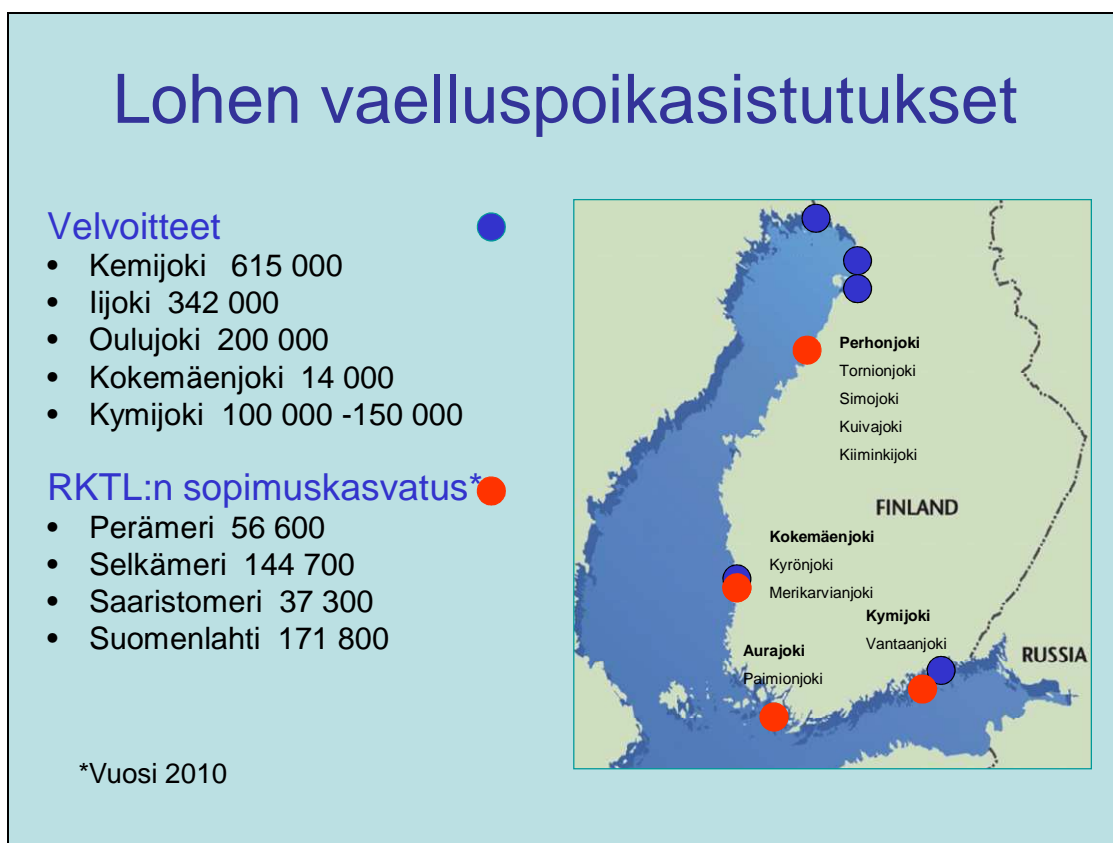
Tekijät Matti Salminen			
Nimeke Istutustutkimusohjelman (2006–2012) väliraportti			
Vuosi 2011	Sivumäärä 120	ISBN 978-951-776-812-2	ISSN 1799-4756 (PDF)
Yksikkö/tutkimusohjelma Kalantutkimus, istutustutkimusohjelma			
Hyväksynyt Jaakko Erkinaro, kalantutkimus			
Tiivistelmä <p>Istutustutkimusohjelmassa (2006–2012) tutkitaan kalaistutusten tuloksiin vaikuttavia tekijöitä ja kehitetään toimintamalleja, jotka edistävät istutusten, kalastuksen ja suojelun yhteensovittamista ja parantavat istutusten taloudellista tuottavuutta. Ohjelman painopiste on kalastusta tukemaan tarkoitetuissa lohen ja meritaimenen vaelluspoikasistutuksissa, jotka ovat pitkään tuottaneet tavoitteita heikompaa tulosta. Lisäksi tutkitaan järvitaimenta, järvilohhta, nierriä, kuhua ja merialueen siikaa.</p> <p>Lohi-istutusten tuloksia ovat heikentäneet ennen muuta kalastuksen väheneminen sekä Itämeren ekologiassa tapahtuneet muutokset, jotka ovat lisänneet vaelluspoikasten kuolevuutta merivaelluksen alussa. Muutoksista näkyvimpiä on harmaahyljekannan kasvu, joka on saattanut lisätä vaelluspoikasiin kohdistuvaa saalistusta. Myös poikasten laadussa ja istutuskäytännöissä on tapahtunut muutoksia, jotka ovat saattaneet heikentää niiden vaellus- ja elinkykyä.</p> <p>Meritaimenella heikot istutustulokset johtuvat suurelta osin liian voimakkaasta, nuoriin ja alamittaisiin yksilöihin kohdistuvasta kalastuksesta, mutta istutusten tuottoa on saattanut myös meritaimenella alentaa vaelluspoikasten aiempaa heikompaa eloonjääntiä.</p> <p>Istutuskalojen laatua arvioitaessa ja kehitettäessä vertailukohtana ja esikuvana ovat luonnonpoikaset, joiden eloonjäänti on esim. lohen vaelluspoikasilla ollut keskimäärin vähintään kaksinkertainen viljeltyihin verrattuna. Tämän eron pienentämiseksi ohjelmassa kehitetään uutta kasvatusmenetelmää, jossa poikasten elinkykyä pyritään parantamaan mm. tarkentamalla rehun koostumusta ja määrää, monipuolistamalla kasvatusympäristöä, sekä harjoittamalla poikasten lihaskuntoa ja kykyä välttää petoja.</p> <p>Tutkimusohjelman tulosten perusteella lohen ja järvilohen vaelluspoikasten laatuvaatimuksia ja kuljetus- ja istutusaikatauluja on tarkennettu RKT:n sopimuskasvatuksessa. Viljeltyjä lohikaloja laajalti vaivaavan loiskaihin (aiheuttaja <i>Diplostomum sp.</i>) torjuntaan on annettu ohjeita. Ohjelmassa on myös kehitetty kalaistutusten taloudellisen kannattavuuden laskentaan soveltuva kustannus-hyötyanalyysin viitekehikkoon pohjautuva laskentaohjelma.</p>			
Asiasanat Istutusten tuloksellisuus, lohi, taimen, elinympäristö, kalastus, poikasten laatu			
Julkaisun verkko-osoite http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/istutustutkimusohjelman_valiraportti_2010.pdf			
Yhteydenotot Matti Salminen, etunimi.sukunimi@rktl.fi			
Muita tietoja			

1. Johdanto

Vuoden 2006 alussa käynnistetyssä **Kalavesien istutushoidon kehittäminen** -tutkimusohjelmassa (2006 – 2012, jäljempänä: ”istutustutkimusohjelma”) selvitetään kalaistutusten tuloksellisuuteen vaikuttavia tekijöitä ja etsitään ratkaisuja, jotka edesauttavat istutusten, kalastuksen ja suojelun yhteensovittamista ja parantavat istutusten taloudellista kannattavuutta.

Ohjelman painopiste on lohen ja meritaimenen kalastuksen ylläpitoon tähtäävissä, pääosin vaelluspoikasilla tehtävissä istutuksissa. Painopisteen valinnan perusteluna on tällaisten istutusten suuri taloudellinen arvo ja merkitys ja toisaalta niiden heikentynyt tuloksellisuus. Lohen ja meritaimenen lisäksi ohjelmassa tutkitaan myös järvi- ja järvilohta-, -taimenta, nieriää, kuhaa ja merialueen siikaa.

Tavoitteiltaan selkeimmin kalastusta ylläpitäviä lohi-istutuksia ovat Perämerelle painottuvat velvoiteistutukset ja osa Selkämerelle, Saaristomerelle ja Suomenlahdelle painottuvista RKTL:n istutuksista (Kuva 1). Meritaimenta istuttavat RKTL:n ja velvoitteenhaltijoiden lisäksi monet paikalliset yhteisöt, joiden tavoitteena on parantaa omien vesialueidensa saalisvarmuutta ja houkuttelevuutta kalastuskohteina.



Kuva 1. Lohen vaelluspoikasistutukset rahoituslähteittäin ja merialueittain. Näiden istutusten päätavoitteena on kalastuksen ylläpito, mutta osa sopimuskasvatusvaroin tehtävistä istutuksista tähtää myös luonnontuotannon palauttamiseen tai lisäämiseen. Sopimuskasvatuksen istutuspaikat on mainittu karttapohjalla. Tiedot ovat vuodelta 2010.

Istukkaiden laatuun ja elinkykyyn liittyvissä tutkimuksissa kohdelajeina ovat lohen ja meritaimenen lisäksi järvilohi, järvitaimen ja nieriä. Kaikilla näillä lajeilla poikasten laatuun vaikuttavat pääosin samat emokalakasvatuksen ja poikasviljelyn toimintatavat ja ympäristötekijät, joten yhdellä saadut koetulokset pätevät yleensä kaikkiin muihinkin.

Siian ja kuhan istutuspoikastuotanto perustuu enimmäkseen mädinhankintaan luonnosta ja poikasten kasvatukseen luonnonravintolammikoissa. Näillä lajeilla viljelyyn ja poikasten laatuun ei siten liity samanlaisia ongelmia kuin lohikaloilla, joiden tuotanto perustuu pääosin emokalastojen ja poikasten kasvatukseen laitosoloissa. Siikaa koskevissa tutkimuksissa on arvioitu rannikon siikaistutusten taloudellista tuottoa ja sen alueellista jakautumista. Kuhan osalta on tutkittu sisävesi- ja merialueen kantojen perinnöllisiä eroja sekä istutusten vaikutusta kantojen perinnöllisiin ominaisuuksiin.

Tässä raportissa esitellään RKTL:n istutustutkimusten sisältöä ja vuoden 2010 loppuun mennessä saatuja, osin vielä alustavia tutkimustuloksia. Tarkastelua ei ole rajattu tutkimusohjelman omiin hankkeisiin, vaan mukana on myös muissa RKTL:n projekteissa ja hankeryhmissä saatuja, mutta ohjelman tavoitteisiin keskeisesti liittyviä tuloksia.

2. Lohi ja meritaimen (& järvilohi, järvitaimen, nieriä)

2.1. Lohi- ja meritaimenistutukset tuottavat edelleen huonosti

Lohi- ja meritaimenistutusten tuloksellisuuden keskeisiä mittareita ovat kansalliset ja kansainväliset pyynti- ja saalistilatostot (pyyntiponnistus, kokonais- ja yksikkösaaliit) ja merkinnöistä (Carlin) saatavat saalisindeksit (saaliin määrä kg tuhatta istukasta kohden, palautusprosentti, ikä- ja kokojakaumat). Carlin merkintöjä tehdään vuosittain kaikilla tärkeillä istutusalueilla niin sopimuskasvatuksessa kuin velvoiteistutuksissakin.

Carlin -merkintöjen tulosten perusteella lohi-istutusten saalistuotto on niin Pohjanlahdella kuin Suomenlahdella edelleen sillä alhaisella tasolla, jonne pudottiin 1990-luvulla ja 2000-luvun alkuvuosina (Kuva 2; ICES 2010). Lokakuun loppuun 2010 mennessä kertyneiden palautusten perusteella tulokset eivät ole kääntyneet nousuun viimeisimmissäkään kalastukseen rekrytoituneissa istutusvuosiluokissa.

Itämereltä raportoidut lohisaaliit eivät ole laskeneet yhtä alas kuin merkintöjen palautusprosentit (Kuva 3; ICES 2010), sillä lohien luonnonvaraiset kannat ovat vahvistuneet ja luonnonvarainen poikastuotanto on kompensoinut istutuskalojen vajetta.

Meritaimenella merkintöjen palautusprosentit (Kuva 2) ja saaliit (Kuva 4) ovat pudonneet lähes samassa mitassa kuin lohella. Päinvastoin kuin lohella, myös luonnonvarainen poikastuotanto on meritaimenella edelleen vähentynyt useimmissa rannikkojoissa.

Saalis- ja merkintäaineistoihin perustuvat arviot istutustulosten kehityksestä lienevät jonkin verran todellisuutta pessimistisempiä, sillä kalastajien halukkuus raportoida meritaimen- ja lohisaaliitaan ja löytämiään merkkejä on saattanut viime vuosina vähentyä (ks. Kallio-Nyberg et al. 2007). Saaliiden lisääntyneestä aliraportoinnista on epäilty erityisesti Puolaa, jossa osa lohisaaliista ilmeisesti raportoidaan meritaimenena (ICES 2010). Tästä ja muista virhelähteistä huolimatta saalis- ja merkintäaineistoihin perustuva kuva istutusten tuloksellisuuden kehityksestä lienee oikeansuuntainen – lohi- ja meritaimenistutukset tuottavat edelleen huomattavasti tavoitteita heikompaa tulosta.

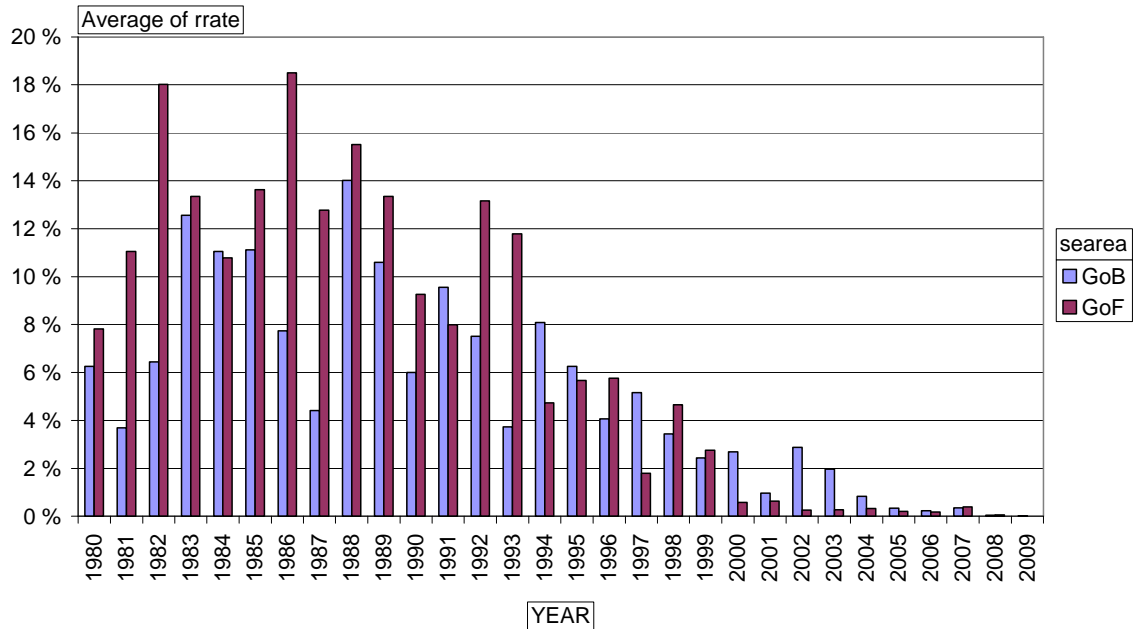
Kiinnostavan vertailukohtan lohelle ja meritaimenelle tarjoavat samoin menetelmin tuotettavat, mutta erilaiseen ympäristöön istutettavat järvilohi ja järvitaimen. Myös niillä istutusten tulokset ovat olleet pääosin hyvin heikkoja, mutta poikkeuksiakin on: järvilohi on menestynyt hyvin Höytiäisessä (luku 3.1.) ja järvitaimen mm. Inarijärnessä (luku 3.2.).

ICES 2010. Report of the Working Group on Baltic Salmon and Trout (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2010/ACOM:08.

*Kallio-Nyberg, I., Saloniemi, I., Jutila, E. & Saura, A. 2007. Effects of marine conditions, fishing, and smolt traits on the survival of tagged, hatchery-reared sea trout (*Salmo trutta trutta*) in the Baltic Sea. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 64(9):1183–1198.*

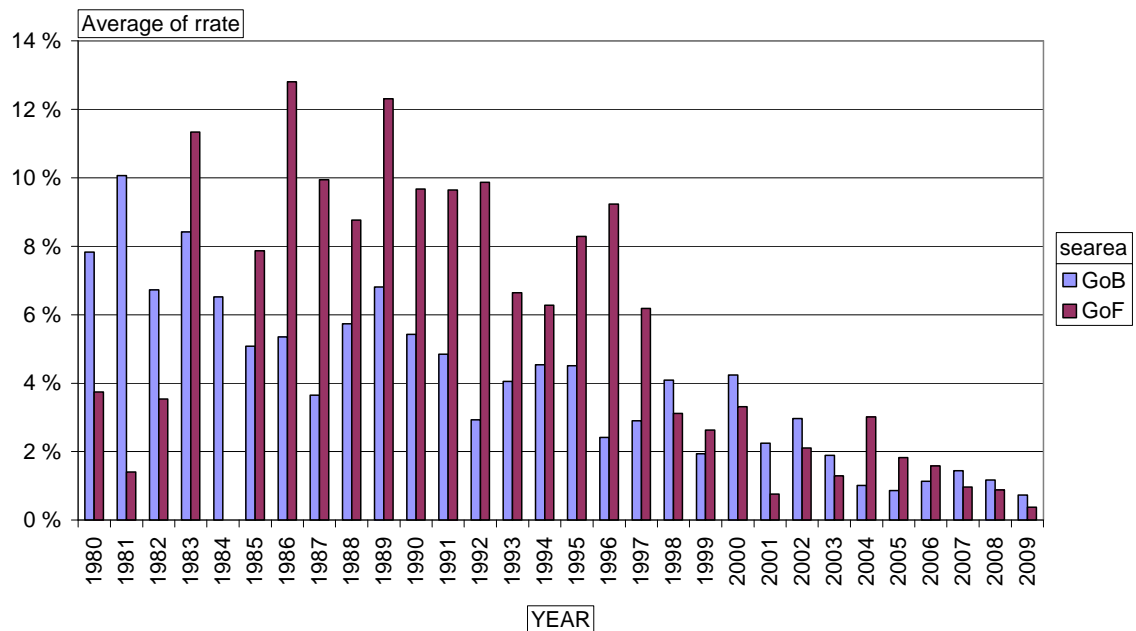
LOHI

COUNTRY FI species SAL phase 2



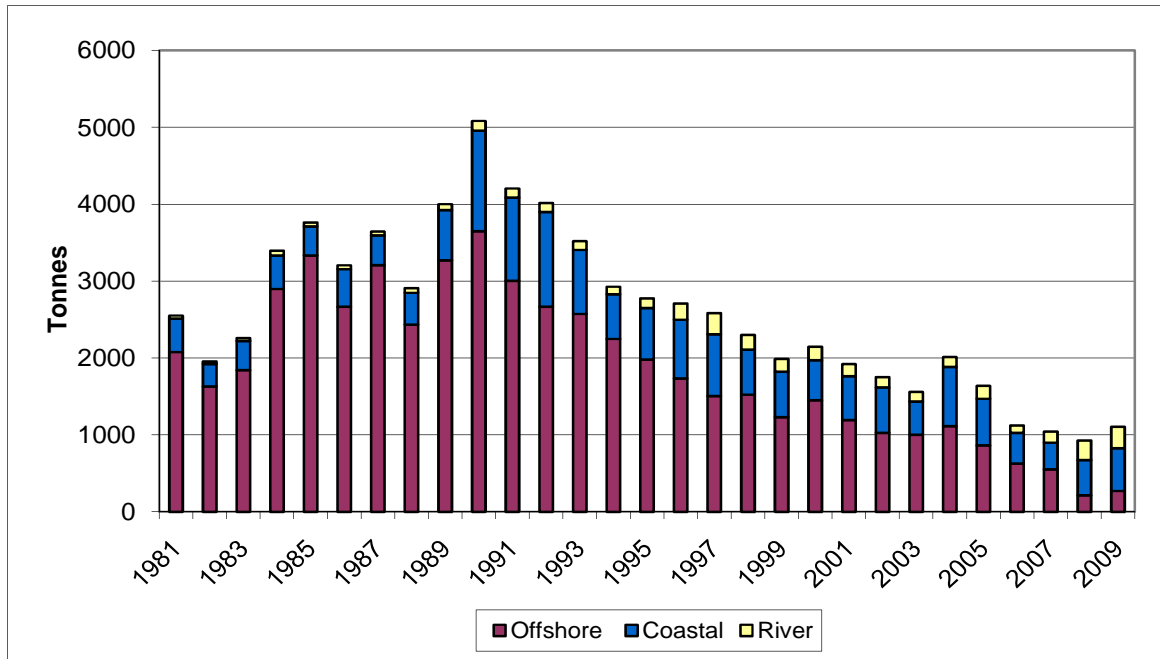
MERITAIMEN

COUNTRY FI species TRS phase 2

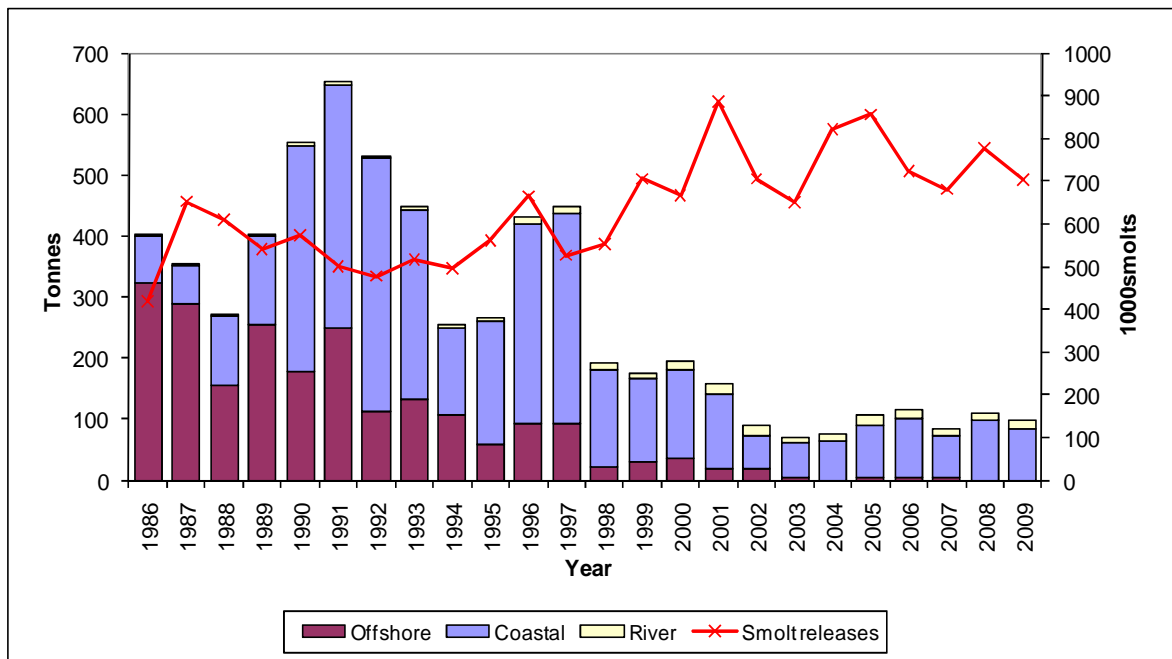


Kuva 2. Carlin -merkittyjen lohen (yläkuva) ja meritaimenen (alakuva) vaelluspoikasten keskimääräinen palautusprosentti Pohjanlahden (GoB) ja Suomenlahden (GoF) istutuksissa vuosina 1980–2009 (ICES 2010).

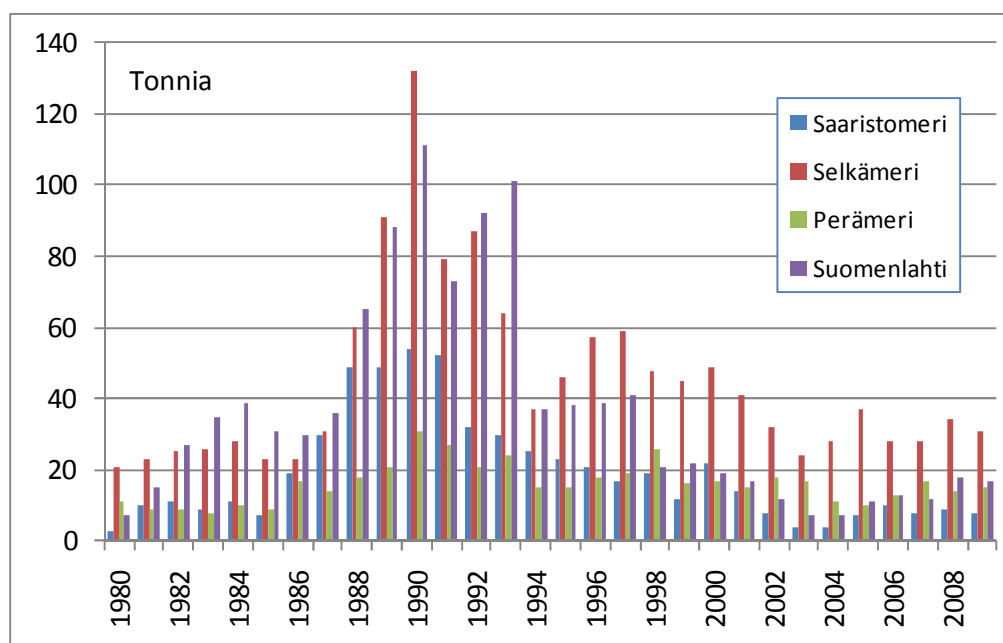
Pohjanlahti ja pääallas (SD 22–31)



Suomenlahti (SD 32)



Kuva 3. Lohisaalis ja sen jakautuminen avomeri-, rannikko- ja jokikalastuksen kesken Pohjanlahden–Itämeren päältä ja Suomenlahden alueella 1986–2009. Punainen murtoviiva kuvaa Suomenlahden istutusmäärän kehitystä (ICES 2010).



Kuva 4. Ammattikalastuksen taimensaalis Suomen merialueilla (RKTL, tilasto)

Suomenlahdella lohen istutuskustannukset ylittävät saaliin tuottajahinnan

Lohi-istutusten tuloksellisuutta ja kannattavuutta on tutkittu yksityiskohtaisemmin Suomenlahdella, jossa lohi-istutusten saalistuotto oli 2000-luvun alussa pudonnut murto-osaan 1980-luvun huippuvuosien tasosta (Kuva 2; Jyräsalo ja Ollikainen 2006; Kallio-Nyberg et al. käsikirjoitus). Suomenlahdella istutusten kannattavuuden arviointi on tutkimusongelmana suhteellisen selkeä, koska alueen lohisaaletit koostuvat valtaosin istutetuista nevanlohista.

Jyräsalon ja Ollikaisen (2006) tutkimuksessa istutusten kannattavuuden laskentaan käytettiin tutkimuksen yhteydessä rakennettua EXCEL -pohjaista Kalanistutusten taloudellinen kannattavuus -laskentaohjelmaa, joka pohjautuu kustannus-hyötyanalyysin viitekehikkoon. Analyysissä tarkasteltiin RKTL:n Laukaan kalanviljelylaitoksella tuotettujen ja sopimuskasvattajilta ostettujen 1- ja 2-vuotiaiden istukkaiden istutuksia vuosina 1999 -2001. Laukaa oli tarkastelussa mukana vain teoreettisena laskennallisena verrokkina, sillä sen tehtäviin ei varsinaisesti kuulu istutuspoikasten jatkokasvatusta.

Istutusten kustannukset koostuivat istukkaiden tuotannosta, kuljetuksesta ja kalastuksesta koituvista kustannuksista saalisyksikköä kohden. Yhteiskunnallisiin hyötyihin luettiin ammattikalastajien saama tuottajahinta ja Parkkilan (2006) mukaisesti arvioitu virkistyskalastuksen nettohyöty.

Jos eri istukaserien kustannuksia (5,6–12,2 euroa/saaliskilo) verrattiin pelkästään ammattikalastajien saamaan tuottajahintaan (3,4 euroa/kg 2003) istutukset olivat selvästi kannattamattomia kaikissa istukasryhmissä (Taulukko 1). Jos tuottajahinnan lisäksi otettiin huomioon virkistyskalastuksen saalis (37 %) ja sen arvioitu nettohyöty (21 euroa/kg), istutukset kääntyivät kannattaviksi muiden paitsi Laukaalla kasvatettujen 1-vuotiaiden kalojen osalta (Jyräsalo ja Ollikainen 2006).

Kallio-Nyberg ym., jotka tutkivat Suomenlahden istutusvuosiluokkia 1981 – 2005, päätyivät analyysissään vieläkin negatiivisempaan arvioon istutusten kannattavuudesta: heikon saalistuoton jaksolla

1990-luoppupuolelta lähtien istutusten nettohyötyarvo jäi negatiiviseksi kaikilla oletetuilla ammattikalastuksen tuottajahinnoilla (4,2 – 9,2 euroa/kilo), ja kääntyi positiiviseksi vasta kun yli 62 % saaliista oletettiin saaduksi virkistyskalastuksessa. Sen osalta saaliin arvoksi oletettiin tässäkin tutkimuksessa Jyräsalon ja Ollikaisen (2006) tapaan 21 euroa/kg.

Jyräsalo, T. ja Ollikainen, M. 2006. Suomenlahden lohi-istutusten kannattavuus. Kala- ja riistaraportteja 372. Kallio-Nyberg, I., Salminen, M., Saloniemi, I., Lindroos, M. The life history and economic consequences of precocity in sea-ranched Atlantic salmon in the Baltic Sea. Manuscript.

Taulukko 1. Suomenlahden lohi-istutusten kustannukset saaliskiloa kohti vuosiluokissa 1999–2001 (Jyräsalo & Ollikainen, 2006).

KUSTANNUSTEN PÄÄERÄT	Sop. kasv. 1-vuotiaat (60 g)	Sop. kasv. 2-vuotiaat (80 g)	Laukaa 1-vuotiaat (60 g)	Laukaa 2-vuotiaat (80 g)
Mädintuotanto ja istukasviljely €/istukaskilo	20,9	16,0	29,4	28,5
Kuljetus €/istukaskilo	0,3	0,2	0,3	0,2
YHTEENSÄ €/istukaskilo	21,2	16,2	29,7	28,7
YHTEENSÄ €/saaliskilo	7,4	3,8	10,4	6,7
Ammattikalastuksen kustannus €/saaliskilo	1,8	1,8	1,8	1,8
YHTEENSÄ €/saaliskilo	9,2	5,6	12,2	8,5

2.2. Lohi- ja meritaimenistutusten tulos on monen osatekijän summa

Suurin osa kalastusta tukevista lohi- ja meritaimenistutuksista tehdään viljelylaitoksissa vaellusikään ja kasvatettavilla ns. vaelluspoikasilla, joiden elinkierron eri vaiheissa hyvin monet tekijät vaikuttavat istutusten tuloksellisuuteen (Kuva 5). Nämä voidaan ryhmitellä kolmeen suurempaan kokonaisuuteen, jotka ovat

- kalastuksen määrä ja rakenne
- olosuhteet meressä
- istukkaiden laatu

Kaikissa näissä tekijöissä on viimeisten 10–15 vuoden aikana tapahtunut merkittäviä, istutustulosten heikkenemisen kanssa korreloivia muutoksia. Tutkimusohjelman tavoitteena on selvittää, mitkä niistä parhaiten selittävät 1990-luvulla alkanutta ja 2000-luvulla jatkunutta istutustulosten heikkenemistä. Tulosten perusteella voidaan päätellä, millaisin toimin istutusten tuloksellisuutta voidaan tehokaimmin parantaa.



Kuva 5. Viljellyn lohien vaelluspoikasen elinkierron eri tekijät vaikuttavat elonjääntiin ja istutusten tuottamaan saaliiseen.

2.3. Kalastuksen muutokset ja istutusten tuloksellisuus

2.3.1. Kalastuksen väheneminen selittää huomattavan osan lohi-istutusten saalistuoton heikkenemisestä

Lohisaaliiden vähenemiseen ja istutustulosten heikkenemiseen on osaltaan vaikuttanut loheen kohdistuvan pyynnin voimakas vähentyminen sekä avomerellä että rannikoilla (Kuva 7). Pynnin vähenemiseen ovat myötävaikuttaneet muun muassa tiukentunut lohen kalastuksen säätely, lohimarkkinoiden tilanne ja harmaahylkeiden lisääntyminen. Kehitys on ollut samansuuntaista niin pääaltaan ja Pohjanlahden kuin Suomenlahdenkin alueella.

Luonnonkantojen suojelemiseksi lohen kalastusta rajoitetaan monilla kansainvälisillä ja kansallisilla säätelytoimilla. Rajoitukset ovat elvyttäneet luonnonkantoja (ICES 2010), mutta ovat samalla osin heikentäneet mahdollisuuksia istutettujen lohien tehokkaaseen kalastukseen:

Rannikkokalastuksessa merkittävin pyyntirajoitus on ollut 1996 voimaan saatettu ja viimeksi 2008 uudistettu vyöhykkeittäin aikasäätely Pohjanlahden rannikolla. Säätelyn vaikutusta istutuslohen pyyntiin lievennettiin jättämällä sen ulkopuolelle tärkeimpien istutusjokien, Kemijoen, Iijoen ja Oulujoen, edustoilla sijaitsevat ns. terminaali-alueet. Tästä huolimatta aikasäätely on heikentänyt mahdollisuuksia myös istutettujen lohien hyödyntämiseen.

Avomerikalastuksessa lähiaikojen merkittävin muutos on ollut ajoverkkojen käytön kieltäminen vuoden 2008 alusta alkaen. Kiellon vuoksi avomerikalastus ja -saaliit jäivät vuonna 2008 ennätysalaisen vähäisiksi (ICES 2010). Lisääntynyt ajosiimapyynti (Kuva 7) korvasi jo 2009 suuren osan lopetetusta ajoverkkopyynnistä, mutta kokonaisuudessaan syönnöksellä olevien lohien hyödyntämistä jäi vuonna 2009 vielä hieman vuotta 2007 pienemmäksi.

Hylkeet syövät nykyään suuren osan rannikkokalastajien lohisaaliista. Vuonna 2009 hylkeiden vuoksi jouduttiin hylkäämään noin 14 % merialueiden 29–32 kaupallisen kalastuksen koko lohisaaliista (ICES 2010). Pyydyksissä olevan saaliin pilaamisen lisäksi hylkeet myös repivät lohipyödyksiä, ajavat kaloja perinteisiltä pyyntialueilta muualle ja saalistavat vapaanakin uivia lohia ainakin pyydysten läheisyydessä.

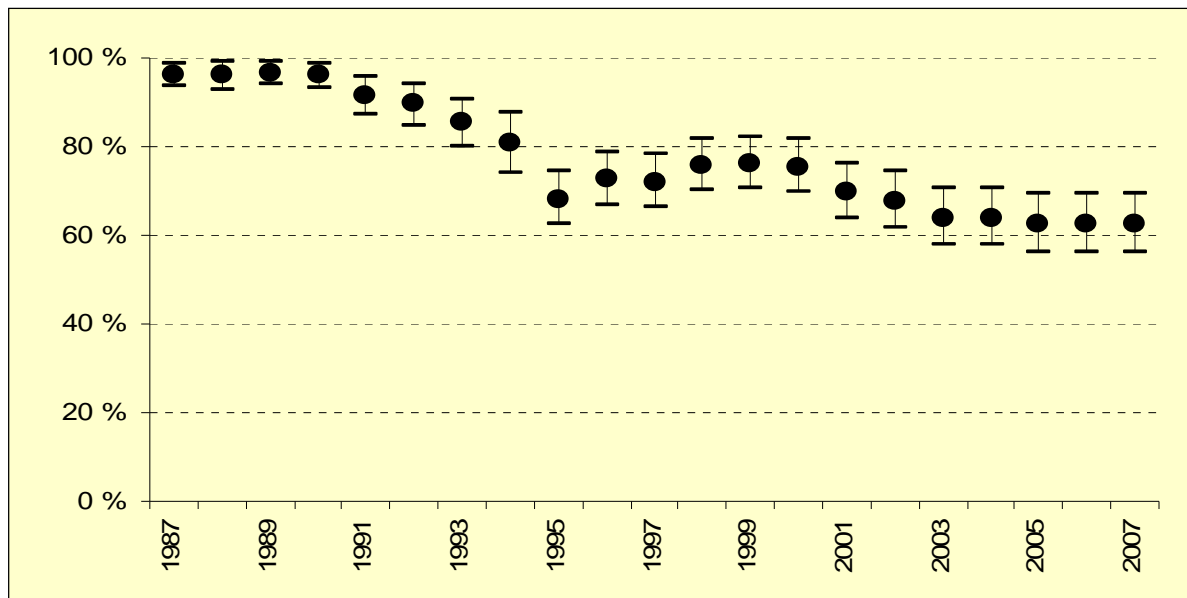
Kalastetun lohien hinta sopeutuu tuodun lohien hintaan, joka vaihtelee lohimarkkinoiden muutosten mukaisesti. Pitkällä tähtäyksellä lohien maailmanmarkkinahinnat ovat selvästi laskeneet. Kalastetun lohien tukkuhinta on ollut viime vuosina noin neljännes vuoden 1980 reaalihinnasta, ja kalastuskustannusten noustessa alhainen tukkuhinta on ollut suuri ongelma kalastajille. Vuonna 2010 lohien maailmanmarkkinahinta on kuitenkin vaihteeksi ollut voimakkaassa nousussa, ja nousu on jo heijastunut myös kalastetun Itämeren lohien hintaan (RKTL/ Tilasto). Taustalla on kasvatetun lohien toiseksi suurimman tuottajamaan, Chilen kalataudit ja romahtanut tuotanto.

Edellä kuvatuista syistä johtuva pyyntiponnistuksen pientyminen merikalastuksessa selittää merkittävän osan lohisaaliiden ja merkkipalautusten vähenemisestä. Vaikutuksen suuruutta voidaan karkealla tasolla arvioida tarkastelemalla lohien kalastuskuolevuuden pitkän aikavälin kehitystä. ICES:n arvion (ICES 2008) mukaan Perämeren lohikantojen yhteenlaskettu kalastuskuolevuus pieneni vuodesta 1987 vuoteen 2007 jopa 20–35 % (Kuva 6). Tämän arvion mukaan Perämeren lohi-istutusten saalistuotto merivaiheessa olisi siis jo pelkästään kalastuksen vähenemisen vuoksi pienentynyt noin kolmanneksella. – Näin jo ennen avomeripyynnin notkahdusta vuonna 2008.

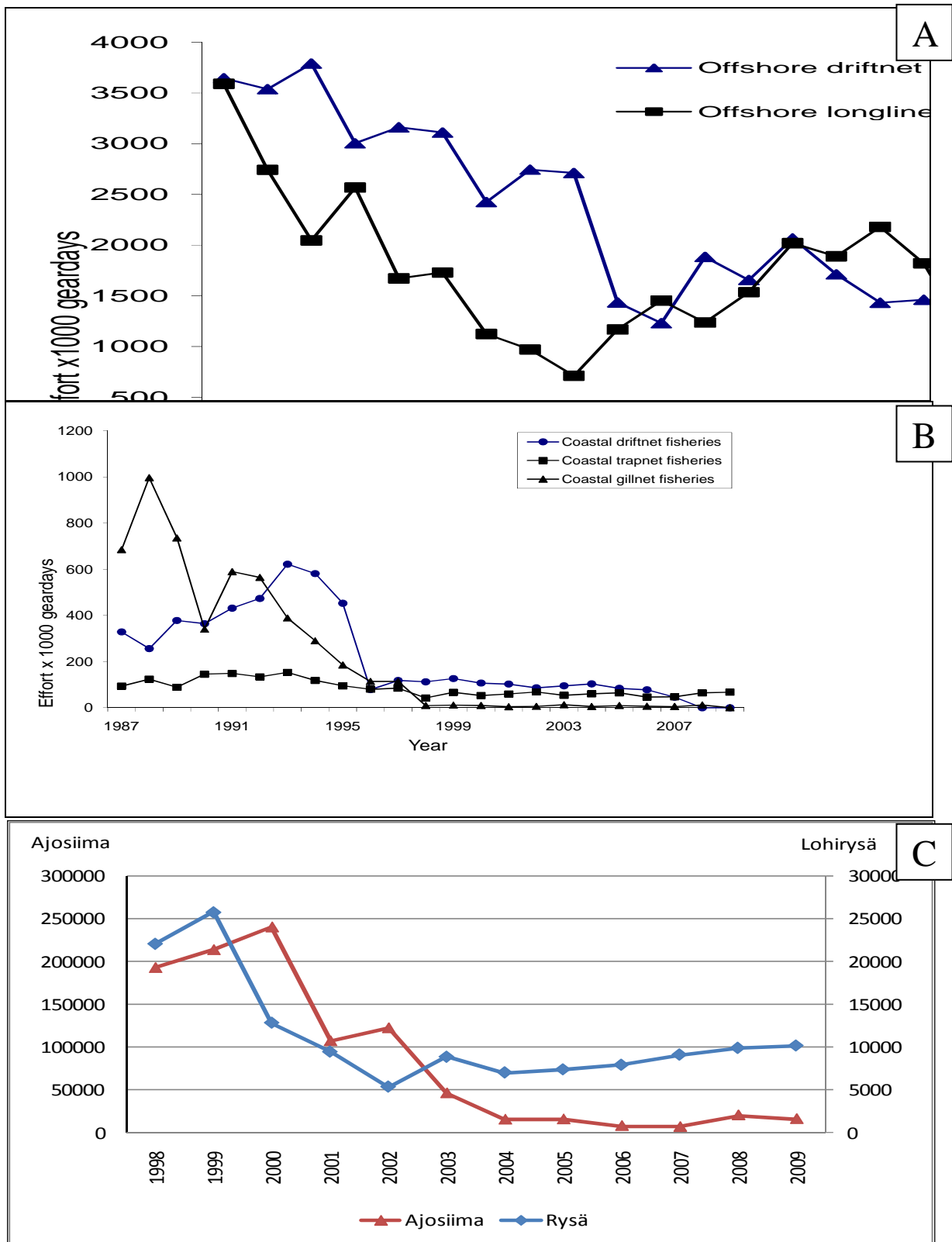
Vaikka kalastuksen väheneminen selittäisikin kolmanneksen lohisaaliiden alenemisesta ja istutustulosten heikkenemisestä, tarvitaan vielä muita selityksiä. Jos kalastettavissa oleva lohikanta olisi pysynyt ennallaan, olisi merivaiheen aikaisen kalastuskuolevuuden alenemisen kolmanneksella pitänyt johtaa nousukalamäärien ja saaliiden voimakkaaseen kasvuun istutuspaikoilla rannikolla ja jokisuisissa. Näin ei kuitenkaan ole tapahtunut, sillä luonnollisen kuolevuuden kasvun vuoksi myös kalastuskoon selviävien lohien määrä on samaan aikaan merkittävästi vähentynyt (ICES 2010).

ICES 2008. Report of the Workshop on Baltic Salmon Management Plan Request (WKBALSAL), 13-16 May 2008, ICES, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2008/ACOM:55. 61 pp.

ICES 2010. Report of the Working Group on Baltic Salmon and Trout (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2010/ACOM:08.



Kuva 6. Perämeren lohikantojen yhteenlaskettu kalastuskuolevuus vuosina 1987–2007. Vuosiluku viittaa merivaelluksen alkamisvuoteen (ICES 2008).



Kuva 7. Kalastusponnistus (pyyntipäivien lukumäärä) Itämeren pääaltaan avomerikalastuksessa (A), pääaltaan ja Pohjanlahden rannikkokalastuksessa (B) ja Suomenlahden kalastuksessa (C). ICES 2010, alin kuva RKTL /tilasto.

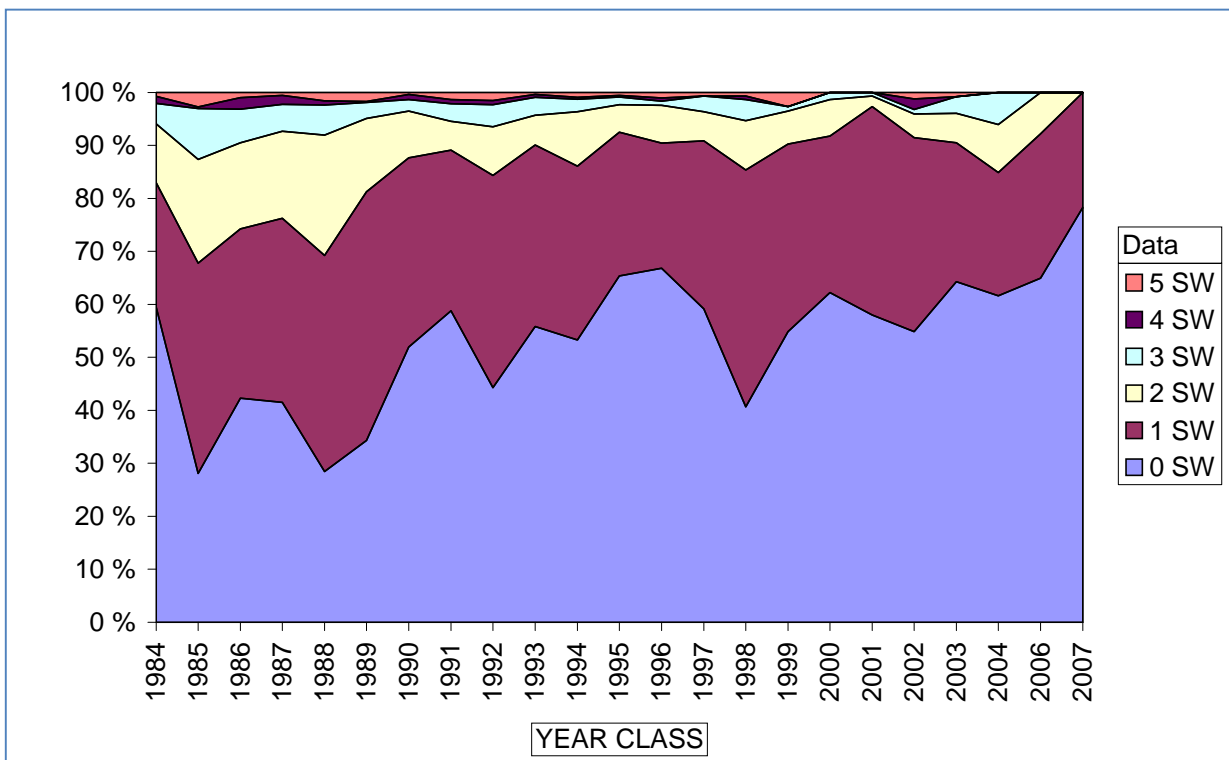
2.3.2. Meritaimenet kalastetaan liian nuorina

Istutusten tuottama meritaimensaalis on kymmenen viime vuoden aikana ollut laskussa, vaikka istutusmäärät eivät ole olennaisesti muuttuneet. Istutettujen meritaimenten luonnolliseen kuolevuuteen ensimmäisen merikesän aikana vaikuttavat muun muassa meren ympäristöolojen ja ravinnon saataavuuden vaihtelu sekä istukkaiden laatu. Keskeinen syy taimensaaliiden pienenemiseen on kuitenkin kalastuksen muuttuminen.

Suuri osa taimenista pyydetään Suomenlahdella ja Saaristomerellä kuhanpyynnin ja Pohjanlahdella siian loukku- ja verkkopyynnin sivusaaliina. Kun näiden lajien pyynnissä on 1990-luvulta lähtien alettu käyttää entistä tiheämpiä verkkoja, taimenetkin tarttuvat pyydyksiin entistä pienempinä ja nuorempina (ICES 2009b; ICES 2010). Tilanne on huonoin Perämerellä (Kuva 8) ja Selkämerellä, missä yli puolet pyydytystä taimenista saadaan siikapyydyksistä ensimmäisen merivuoden aikana. Pieniin ja nuoriin taimeniin kohdistuva pyynti heikentää sekä istutusten kannattavuutta että luonnonkantojen tilaa.

ICES 2009b. Report of the Study Group on Data Requirements and Assessment Needs for Baltic Sea Trout (SGBALANST), 3-5 February 2009, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2009/DFC: 03. 97 pp.

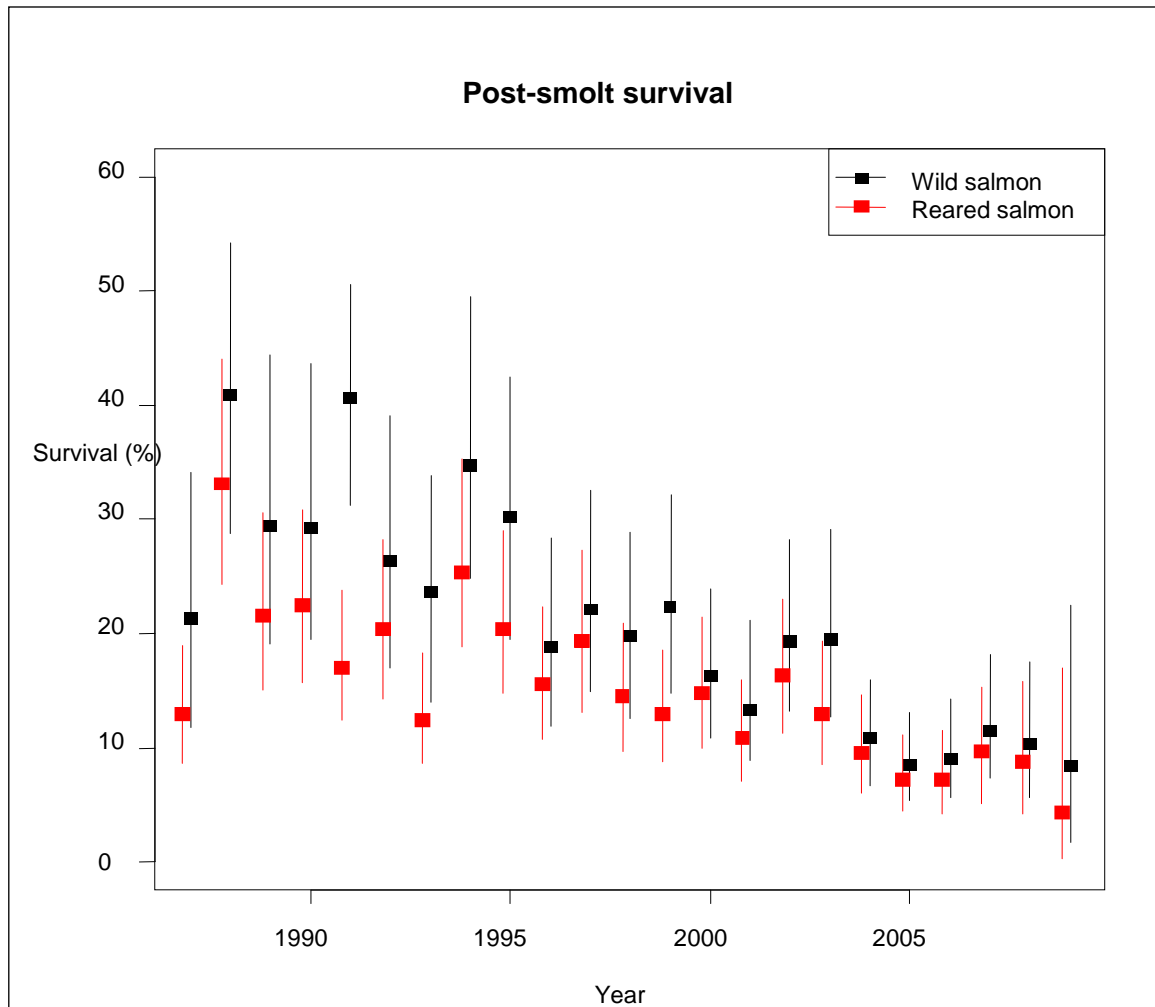
ICES 2010. Report of the Working Group on Baltic Salmon and Trout (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2010/ACOM:08.



Kuva 8. Meritaimensaaliin jakautuminen eri-ikäisiin kaloihin (0 SW = istutusvuosi, 5 SW on viides merivuosi) Perämeren merkintäistutuksissa 1984–2007 (Ari Saura, RKTL). Viimeinen täysin vertailukelpoinen vuosiluokka kuvassa on 2004.

2.4. Itämeren epäedulliset luonnonolot ovat lisänneet sekä villien että viljeltyjen lohjen vaelluspoikasten kuolevuutta

Keskeisiin istutustutkimuksissa seurattaviin indikaattoreihin kuuluu ICES:n lohi- ja meritaimentyöryhmän (WGBAST) vuotuinen arvio lohjen vaelluspoikasten eloonjäännistä Pohjanlahden ja varsinaisen Itämeren alueella (alueet 22–31). Tämän mittarin mukaan eloonjäänti on pitkällä aikavälillä voimakkaasti alentunut niin viljellyillä kuin luonnonvaraisillakin vaelluspoikasilla. Tämä viittaa vahvasti siihen, että heikentyneen eloonjäännin taustalla ovat Itämeren epäedulliset luonnonolot. Eloonjäänti oli erityisen huonoa vuosina 2005–2006 ja myös vuosi 2009 näyttää huonolta (Kuva 9; ICES 2010).



Kuva 9. Luonnonvaraisten (mustalla) ja viljeltyjen (punaisella) lohjen vaelluspoikasten ensimmäisen merivuoden eloonjäänti (post-smoltieloonjäänti) Pohjanlahden ja Itämeren pääaltaan alueella vuosiluokissa 1987- 2009 (ICES 2010).

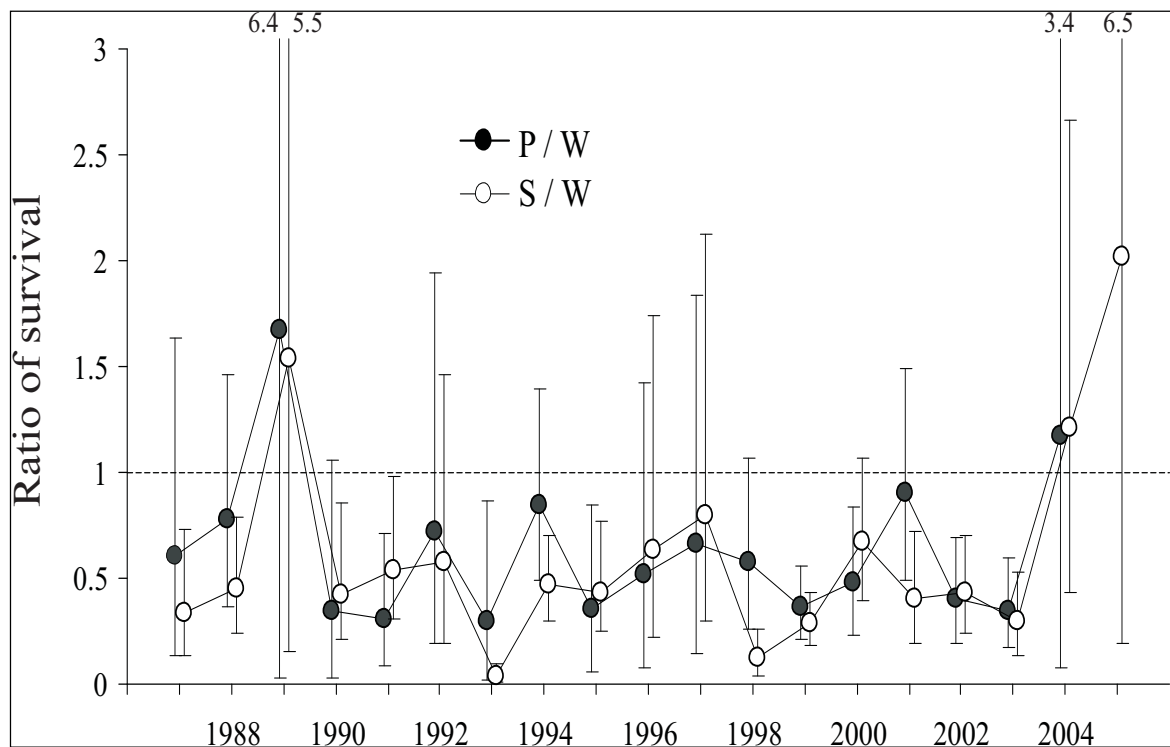
Istutustutkimusohjelman kannalta tärkeä jatkokysymys on, onko eloonjäänti alentunut villoilla ja viljellyillä vaelluspoikasilla samassa vai eri tahdissa. Jos aleneminen on ollut nopeampaa viljellyillä poikasilla, on syytä siihen etsittävä Itämeren tilan lisäksi poikasten laadussa ja kalanviljelyssä tapahtuneista muutoksista. Tässä tapauksessa myös mahdollisuudet istutustulosten parantamiseen saattavat olla hyvät, sillä monet poikasten laatuun viljelyssä vaikuttavat tekijät ovat ainakin jossakin määrin kontrolloitavissa. Suhteessa yhtä suuri aleneminen viittaisi siihen, että viljeltyjen poikasten laatu on pysynyt vuosien kuluessa jotakuinkin ennallaan. Kolmas vaihtoehto, luonnonvaraisten poikasten eloonjäännin suhteessa suurempi aleneminen, puolestaan saattaisi kertoa kalanviljelyn onnistuneesta kehitystyöstä, ja jo tapahtuneesta poikaslaadun paranemisesta.

Vanhan nyrkkisäännön mukaan yksi villi vaelluspoikanen vastaa keskimäärin kahta viljeltyä poikasta. Myös ICES:n lohikanta-arvioissa villien ja viljeltyjen vaelluspoikasten eloonjäännit linkitettiin aina vuoteen 2009 saakka toisiinsa pitkän aikavälin keskiarvon mukaisella vakiosuhteella (noin 2/1), joten arviot eivät kyenneet tuomaan vastausta edellä esitettyyn kysymykseen. Tuoreimmassa kantaarviossa (ICES 2010) linkitys on kuitenkin ensimmäistä kertaa purettu ja eloonjääntisuhde on saanut vaihdella vapaasti vuodesta toiseen (Kuva 9). Tulokset ovat yllättäviä. Niiden mukaan villien poikasten eloonjäänti olisi pitkällä aikavälillä alentunut suhteessa enemmän kuin viljeltyjen. Lisäksi näiden ryhmien eloonjäännit olisivat olleet melko lähellä toisiaan jo 1990-luvun puolivälistä lähtien, ja vuodesta 2004 alkaen käytännöllisesti katsoen samalla tasolla (Kuva 9).

Jos ICES:in arvio pitäisi paikkansa, olisi viljeltyjen vaelluspoikasten suhteellinen laatu vuosien kuluessa siis heikkenemisen sijaan parantunut. Arvio on kuitenkin eräänlainen mallitusprosessin kehittämisen välitulos, joten siihen liittyy suurta epävarmuutta. Epävarmuutta kuvaa hyvin se, että eloonjääntiarviot sopivat huonosti yhteen samassa raportissa esitettyjen smolttituotantoarvioiden ja lohisaaliin kantakoostumusarvioiden kanssa. Viimeksi mainittujen mukaan villien lohien osuus saaliista on 2000-luvulla ollut, merialueesta ja vuodesta riippuen, 50–80 %. Villien ja viljeltyjen poikasten yhtä hyvän eloonjäännin oletuksella tällaisten osuuksien toteutuminen edellyttäisi, että viljeltyjä poikasasia olisi ollut lähtötilanteessa selvästi enemmän kuin viljeltyjä. Arvion mukaan viljeltyjä poikasasia on kuitenkin vaeltanut esim. 2004–2009 mereen vuosittain keskimäärin selvästi alle puolet (2 miljoonaa) viljeltyjen määrästä (4,7 miljoonaa).

Jos oletetaan että arviot luonnonvaraisesta poikastuotannosta (ICES 2010) ja villien kalojen korkeista saalisosuuksista (ICES 2010; myös Koljonen 2006 ja Siira ym. 2006) ovat oikealla tasolla, pitäisi villien poikasten eloonjäännin olla 3-4-kertainen viljeltyihin verrattuna. Käytännössä myös poikastuotantoarviot ovat kuitenkin epätarkkoja monilla Itämeren lohijoilla, ja saaliin kantaosuusarviointiin liittyy niihinkin oma epävarmuutensa. Todennäköisesti nämä molemmat ovat kuitenkin toistaiseksi varmemmalla pohjalla kuin villien ja viljeltyjen poikasten erikseen arvioidut eloonjäännit. Näin ollen eloonjäännin arvioita tulisikin tässä vaiheessa tarkastella vain trendinä, jonka suunta ja taso lienevät melko hyvin kohdallaan, ainakin jos laitos- ja luonnonkalat laitetaan yhteen.

ICES:n (2010) arvio villien ja viljeltyjen poikasten eloonjäännin suhteesta on ristiriidassa myös kahden jokikohtaisen merkintätutkimuksen tulosten kanssa. Romakkaniemi (2008) ei havainnut Tornionjoen villien ja viljeltyjen poikasten eloonjäännin suhteessa pitkällä aikavälillä (1987–2004) trendiä suuntaan tai toiseen, ja arvioi villien vaelluspoikasten eloonjäännin keskimäärin 2,5-kertaiseksi viljeltyihin verrattuna (Kuva 10). Suunnilleen samaan kertoimeen päätyivät myös Simojoen lohta tutkineet Jokikokko ja Jutila (2009), jotka vertasivat vuosina 1996–1998 mereen vaeltaneiden villien ja viljeltyjen poikasten takaisinsaantiosuuksia aikuisina kutulohina (0,37 % ja 0,14 %, vastaavasti).



Kuva 10. Jokipoikasistukkaista kehittyneiden vaelluspoikasten eloonjäanti suhteessa luonnonpoikasiin (P/W) ja vastaava suhde vaelluspoikasistukkaiden ja luonnonsmolttien välillä (S/W) Tornionjoen lohella (Romakkaniemi 2008). Katkoviivalla merkitty suhdeluvun arvo 1 tarkoittaa samaa eloonjääntiä vertailtavilla kalaryhmillä, suhdeluvun arvo 0,5 tarkoittaa kaksi kertaa parempaa eloonjääntiä luonnonpoikasilla jne. Pystyjanat esittävät 95 %:n luottamusväliä.

Eri menetelmillä ja eri alueilla ja tehtyjen eloonjääntiarvioiden vertailua vaikeuttaa Romakkaniemen (2008) havaitsema ero villien ja viljeltyjen lohien kalastettavuudessa havaittu ero: viljelty lohiet ovat villoja alttiimpia jäämään merikalastuksen saaliiksi. Kun ryhmiä verrattiin kutuvaelluksen loppuvaiheeseen saakka, oli villien lohien eloonjäänti 2,5-kertaisen asemesta jo 3,3-kertainen viljeltyihin verrattuna. Tämän ilmiön vuoksi villien lohien saalisuus voi erityisesti Perämerellä ja Tornionjoella todellakin olla selvästi suurempi kuin pelkästään poikastuotantolukujen ja postsmolttikuolevuuden perusteella voisi olettaa. Vaelluksen aiemmassa vaiheessa tapahtuvassa kalastuksessa istukkaiden osuus saaliissa on voinut vastaavasti olla suurempi. Havainto on kahdella tavalla merkittävä. Jos viljeltyjen lohien suurempaa pyydystettävyyttä ei oteta huomioon elvytystutuksia suunniteltaessa, voidaan niiden onnistumisen mahdollisuudet helposti yliarvioida. Toisaalta kalastettaviksi istutetut lohet tulevat pyydystettävyyseron vuoksi suhteessa luonnonlohiin paremmin hyödynnetyiksi kalastuksessa.

Kysymykseen villien ja viljeltyjen vaelluspoikasten suhteellisen eloonjääntien kehityksen suunnasta ei siis ole tarjolla yksiselitteistä vastausta. Edellä olevien tulosten perusteella Pohjanlahden lohikantoja edustavien viljeltyjen poikasten keskimääräinen laatu voi olla joko heikentynyt, parantunut tai säilynyt ennallaan. Trendin suuntaa selvempää on, että villien ja viljeltyjen poikasten eloonjääntien suhde vaihtelee voimakkaasti vuosiluokasta toiseen (Kuvat 9 ja 10; Saloniemi ym. 2004) ja todennäköisin syy tähän vaihteluun on viljeltyjen poikasten eloonjääntien vaihtelu. Näin mm. siksi että ominaislaadultaan sinänsä hyvienkin viljeltyjen poikasten suhteellinen eloonjäänti voi jäädä heikoksi mm.

vaellusvalmiuden kehittymiseen ja kevään tuloon nähden huonosti ajoittuneiden istutusten vuoksi (sivu 35).

Viljeltyjen poikasten keskimääräisen eloonjäännin taustalla voi myös olla huomattavaa kanta-kohtaista vaihtelua. Luonnossakin edelleen lisääntyviä Tornionjoen ja Simojoen lohikantoja koskevat tulokset eivät välttämättä päde kolmeen muuhun tärkeään istutuskantaamme. Näillä kaikilla – Nevan, Iijoen ja Oulujoen lohikannoilla – on takanaan huomattavan pitkä viljelyhistoria, joka on saattanut johtaa merkittävään elinkierto-ominaisuuksien muuttumiseen (Kallio-Nyberg ym. 2007; Vainikka ym. 2010; Pirclén 2010). Etelä- ja Keski-Suomessa tuotettavalla nevanlohella poikasten laatuun ja sen vaihteluun saattavat vaikuttaa myös maantieteellisesti kaikista muista kannoista poikkeavat viljelyolosuhteet.

ICES 2010. Report of the Working Group on Baltic Salmon and Trout (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2010/ACOM:08.

Jokikokko, E. and Jutila, E. 2009. Numbers of ascending wild and reared Atlantic salmon adults in relation to smolt output of the Simojoki river in the northern Baltic Sea. Fisheries Management and Ecology 16, 165–167.

*Kallio-Nyberg, I., Saloniemi, I. & Koljonen, M.L. 2007. Effects of parental and smolt traits on the marine survival of released Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 272: 254–266.*

*Koljonen, M.-L. 2006. Annual changes in the proportions of wild and hatchery Atlantic salmon (*Salmo salar*) caught in the Baltic Sea. ICES Journal of Marine Science 63(7):1274-1285.*

Pirclén, N. 2010. Geneettisen laitosumisen ja kasvatusympäristön vaikutukset lohenpoikasten aivojen kasvuun ja rakenteeseen sekä ravinnonhankintakäyttäytymiseen. Pro gradu. Helsingin yliopisto. Biotieteiden laitos. Ekologia ja evoluutiobiologia.

Romakkaniemi, A. 2008. Conservation of Atlantic salmon by supplementary stocking of juvenile fish. PhD Thesis. Department of Biological and Environmental Sciences, Faculty of Biosciences, University of Helsinki. Finnish Game and Fisheries Research Institute.

Saloniemi, I., Jokikokko, E., Kallio-Nyberg, I., Jutila, E. & Pasanen, P. 2004. Survival of reared and wild Atlantic salmon smolts: size matters more in bad years. ICES Journal of Marine Science 61, 782-787.

Siira, A.; Suuronen, P.; Kreivi, P. & Erkinaro, J. 2006. Size of wild and hatchery-reared Atlantic salmon populations in the northern Baltic Sea estimated by a stratified mark-recapture method. ICES Journal of Marine Science 63(8):1477-1487.

*Vainikka, A. Kallio-Nyberg, I., Heino M. & Koljonen M.-L. 2010. Divergent trends in life-history traits between Atlantic salmon *Salmo salar* of wild and hatchery origin in the Baltic Sea. Journal of Fish Biology 76: 622-640.*

2.4.1. Millä tavalla Itämeren luonnonolot ovat heikentyneet?

Lohi-istutusten tulosten heikkenemisen yhteyttä erilaisiin Itämeren ympäristöoloissa tapahtuneisiin muutoksiin on tutkittu aikasarja- ja uskomusverkkoanalyysia soveltaen. Näiden korrelaatioihin perustuvien analyysit antavat osviittaa siitä, mitä asioita jatkotutkimuksissa kannattaisi tarkemmin selvittää. Ongelmana on kuitenkin ollut se, että nykytilanteessa hyvin monet eri tason muutokset (esimerkkeinä suolapitoisuuden aleneminen ja hylkeiden lisääntyminen) Itämeressä korreloivat ajan ja siten myös istutustulosten heikkenemisen kanssa, vaikka ilmiöt eivät välttämättä liitykään toisiinsa.

Lähemmäksi syy-seuraus -suhteiden ja vaikutusmekanismien ymmärtämistä on pyritty tutkimalla lohenpoikasten käyttäytymistä ja kohtaloita merivaelluksen kriittisessä alkuvaiheessa. Kymijoella on vertailtu eri kantaa olevien viljeltyjen lohenpoikasten vaellusreittejä ja -nopeutta soveltaen akustisen telemetrian avulla. Pyhäjoen suualueella on tutkittu hauen predaation vaikutusta istutettujen lohen vaelluspoikasten kuolevuuteen. Perämeren rannikolla on pyritty selvittämään hylkeen osuutta lohen ja meritaimenen poikasia syöväenä petona keräämällä näytteitä hylkeiden ravinnosta vaelluspoikasten vaellusaikana ja vaellusreiteillä.

Ravintovarot ja meriveden lämpötila selittävät eloonjäännin ja istutustulosten vuosivaihtelua, mutta eivät niiden pitkäaikaista laskevaa suuntausta

Carlin-merkintäaineistoja (Kallio-Nyberg ym. 2006, 2007, 2009) ja ICES:n lohimallin post-smolttielonjäännin arvioita (ICES 2009) hyödyntävissä aikasarja-analyysissä on havaittu, että meriveden lämpötilan kehitys alkukesällä ja ravintovarot (0+ silakan runsaus) selittävät sekä lohen että meritaimenen eloonjäännin lyhytaikaisia vuotuisia vaihteluita, mutta eivät sen pitkäaikaista laskevaa suuntausta. Tämä tukee käsitystä, että Itämeren olosuhteissa on viimeisten 10–15 vuoden kuluessa tapahtunut jokin sellainen muutos, joka on ennen kokemattomalla tavalla lisännyt sekä lohen että taimenen vaelluspoikasten kuolleisuutta merivaelluksen alussa.

Yksi keskeisistä suurista muutoksista Itämeren ekosysteemissä on harmaaahyljekannan elpyminen. ICES:n viimeistä edelliseen lohikanta-arvioon (ICES 2009a) sisältyvän analyysin mukaan harmaa-hylkeiden määrän lisääntyminen voisi pääosin selittää post-smolttielonjäännin alenevan trendin, jos oletettaisiin että kukin harmaaahylje söisi vuodessa 50 – 100 lohen vaelluspoikasta. Valtaosalle hylkeistä ravinnon peruspilari on kuitenkin silakka (ks. sivut 25–26).

ICES 2009a. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2009/ACOM:05

Kallio-Nyberg, I.; Jutila, E.; Jokikokko, E. & Saloniemi, I. 2006. Survival of reared Atlantic salmon and sea trout in relation to marine conditions of smolt year in the Baltic Sea. Fisheries Research 80(2-3):295-304.

Kallio-Nyberg, I., Saloniemi, I., Jutila, E. & Saura, A. 2007. Effects of marine conditions, fishing, and smolt traits on the survival of tagged, hatchery-reared sea trout (*Salmo trutta trutta*) in the Baltic Sea. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 64(9):1183-1198.

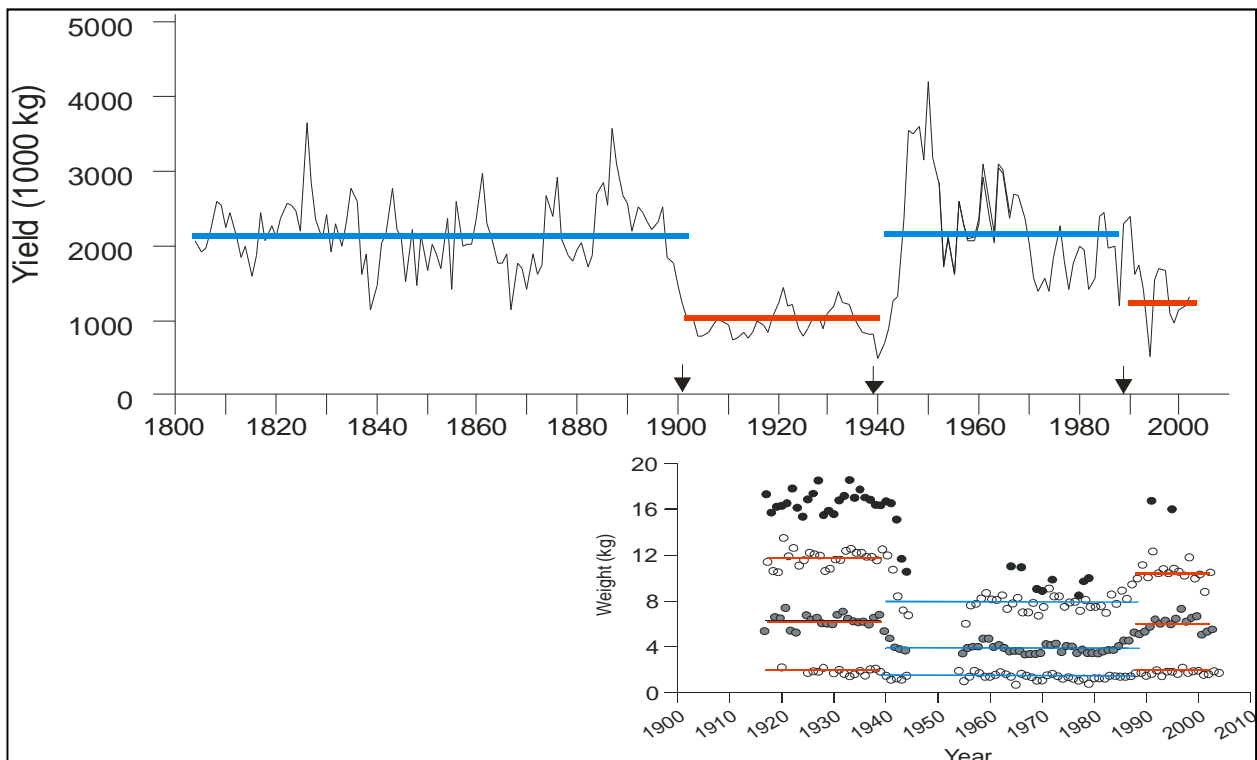
Kallio-Nyberg, I., Salminen, M. and, Saloniemi, I. & Kannala-Fisk, L. 2009. Marine survival of reared Atlantic salmon in the Baltic Sea: The effect of smolt traits and annual factors. Fisheries Research 96, 289–295.

Lohikantojen vaihtelu yhteydessä pitkäaikaisiin ilmastollisiin vaihteluihin?

Toisessa aikasarjahankkeessa on koottu 200 vuoden aikasarja Itämeren luonnonlohen saaliiden ja kasvun vaihteluista ja analysoitu niiden yhteyttä ilmastollisiin muuttujiin, tässä tapauksessa ns. WIBIX indeksiin (Huusko & Hyvärinen, käsikirjoitus). Wibix-indeksi pohjautuu Pohjois-Atlantin oskillaatioon (NAO) ja Itämeren vedenpinnan korkeuteen ja talviaikaisen jääalueen laajuuteen ja se kuvaa Itämeren suurilmasto-olosuhteita.

Alustavien tulosten mukaan lohisaaliit näyttäsivät pitkällä aikavälillä olleen korkealla tasolla aina mantereisen vaiheen vallitessa ja matalalla mereisen vaiheen vallitessa (Kuva 11). Nykyisen mereisen vaiheen vallitessa näytettäisiin siis elettävän lohilamaa ilmastollisista syistä. Analyysi ei kuitenkaan anna vastausta kysymykseen, millaisten mekanismien kautta ilmaston vaikutus lohikantoihin voisi välittyä. Mahdollista on että suurilmasto on jollakin tavalla vaikuttanut esimerkiksi Itämeren perustuotantoon ja kantokykyyn eli kykyyn tuottaa lohien tarvitsemaa ravintoa. Tällaisessa teoreettisessa tilanteessa istutusmääriä kannattaisi aina mereisessä vaiheessa supistaa ja mantereisessa kasvattaa.

Huusko, A. & Hyvärinen, P. Atlantic salmon abundance and size track climate regimes in the Baltic Sea. Manuscript.



Kuva 11. Yläosa: Itämeren arvioitu luonnonlohen saalis 1804–2003. Alaosa: eri-ikäisten lohien (1 SW – 4 SW) keskikoko (kg) saalisnäytteiden perusteella 1917–2005. Nuolet ilmaisevat ajankohtia, jolloin Itämeren alueella on tapahtunut muutos mantereisesta (C) mereiseen (M) ilmastoon ja päinvastoin. Vaakaviivat tarkoittavat kunkin jakson keskimääräistä saalistasoa ja keskipainoa, ja SW lohien meressä viettämien vuosien määrää.

Suistoalue ja rannikon läheinen vyöhyke kuolevuuden kannalta kriittinen alue?

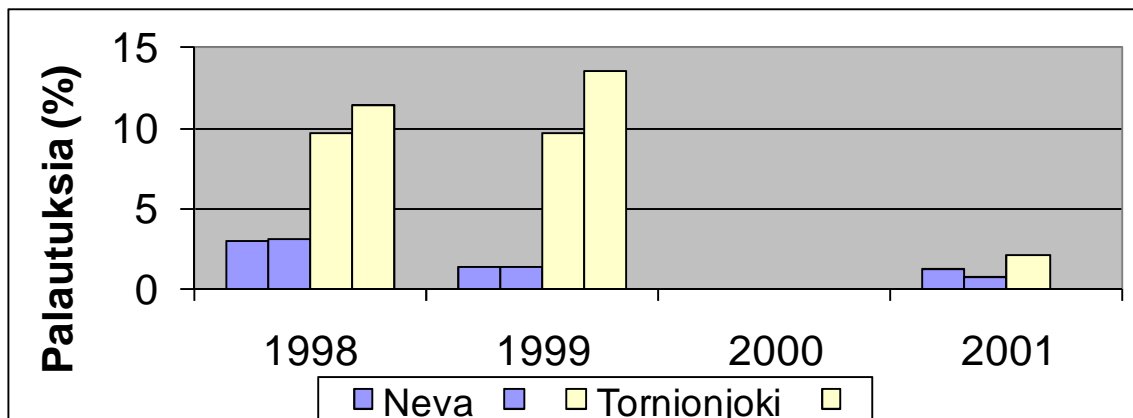
Muista lohi-istutuksista poiketen Suomenlahdelle Kymijoen istutetut Tornionjoen kantaa olevat lohet ovat vielä 1990-luvun lopullakin tuottaneet hyvin saalista. Merkintöjen perusteella saalistulos on niillä ollut selvästi parempi kuin samalle alueelle samoina vuosina istutetulla nevanlohellä (Kuva 12), ja myös parempi kuin Tornionjoen kantaa olevilla istutus- tai edes luonnonlohilla Tornionjoen merkinnöissä.

Kymijoen smolttitelemetriatutkimuksessa (Mikkola and Salminen, käsikirjoitus) on etsitty vastausta kysymykseen johtuvatko tornionjoen- ja nevanlohen välillä Suomenlahdella todetut erot eloonjäännissä heti istutuksen jälkeisistä tapahtumista vai kantojen erilaisesta syönnösalueen valinnasta (Suomenlahti / varsinainen Itämeri). Tulokset näyttävät tukevan ensimmäistä vaihtoehtoa, sillä tornionjoenlohen poikaset vaelsivat erityisesti keväällä 2007 merelle nopeammin ja suoraviivaisemmin kuin nevanlohet (Kuva 13). Nopea vaellus lyhentää aikaa, jonka lohenpoikaset ovat alttiina jokisuussa ja rannikolla elävien petojen (kalat, linnut, hylkeet) saalistukselle.

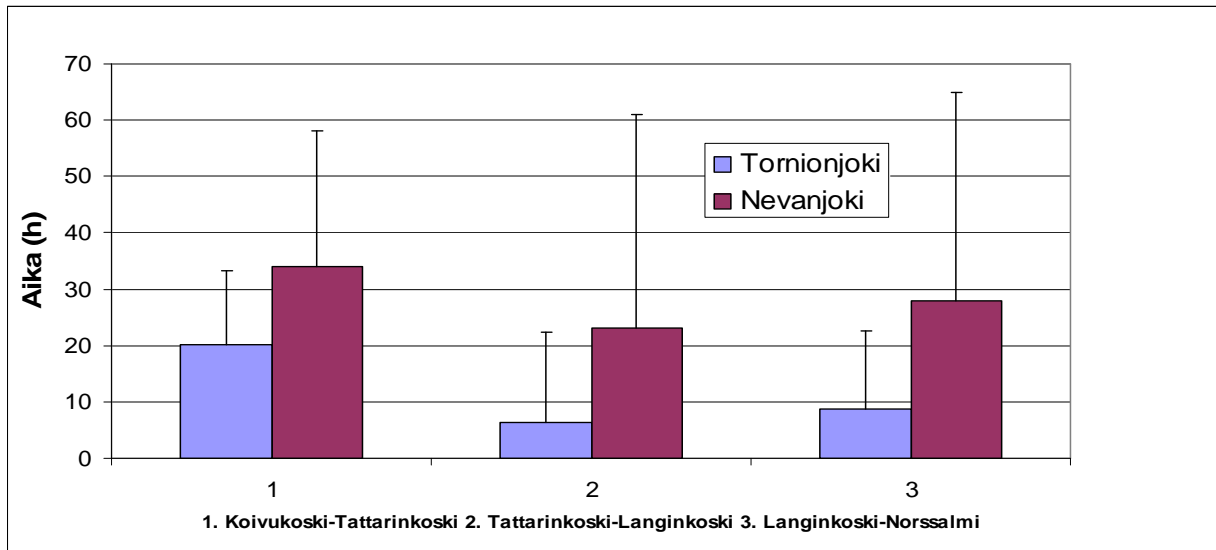
Lohen vaelluspoikasiin heti istutuksen jälkeen joessa ja jokisuistossa kohdistuvaa predaatiota on tutkittu lähemmin Pyhäjoella (Kekäläinen ym. 2008). Tulosten mukaan alkuvaiheen predaatiolla voi olla ratkaiseva vaikutus istutusten lopulliseen tulokseen. Pyhäjoella joen alajuoksun 2,5 km pituisella jaksolla (Kuva 14, alueet 1-3, 89 ha) elävä 1507 yli 40 cm pituisen hauen (95 % luottamusväli 1012 – 4731 yksilöä) populaatio söi jo viikon kuluessa istutuksesta 29 % ylemmäksi jokeen istutetuista 39 700 lohen vaelluspoikasesta. Osuus on suuri ottaen huomioon tutkimuksen lyhyen keston (1 viikko) ja sen seikan, että hauki ei ole alueen ainoa vaelluspoikasia syövä peto.

Kekäläinen, J., Niva, T. and Huuskonen, H. 2008. Pike predation on hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a northern Baltic river. *Ecology of Freshwater Fish* 17, 100–109.

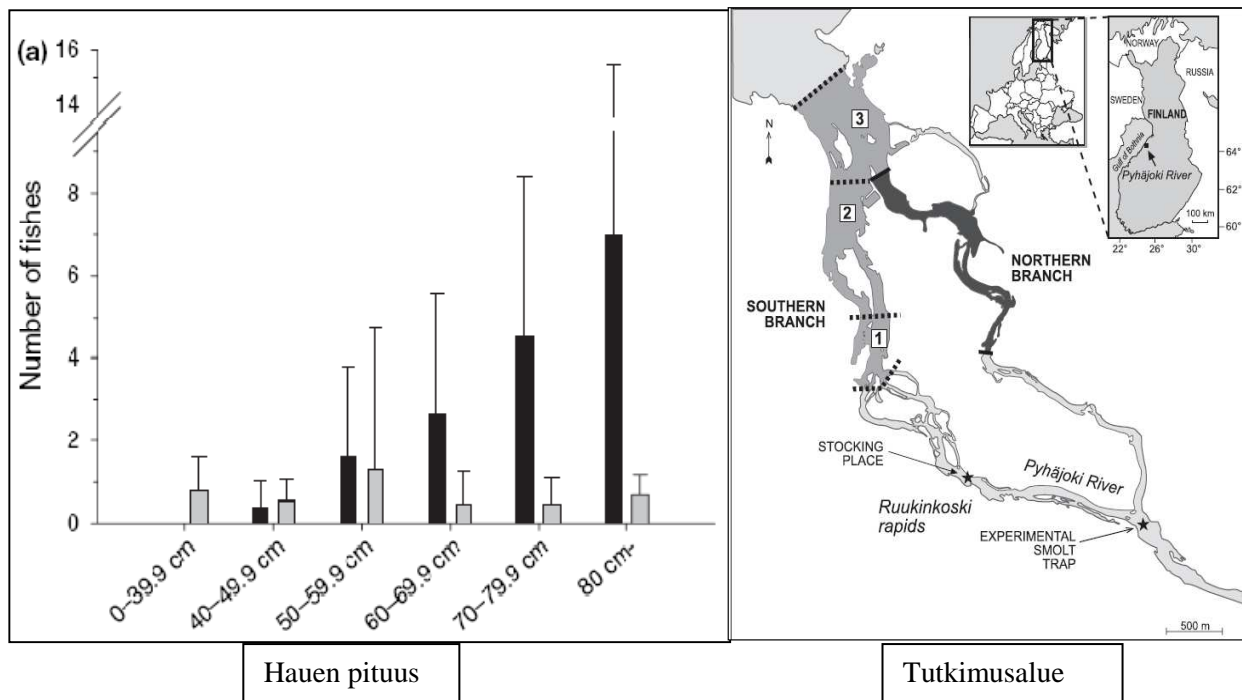
Mikkola, J. and Salminen, M. Stock-specific differences in the migration pattern of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a Baltic Sea estuary. Manuscript.



Kuva 12. Tornionjoen kantaa olevista, Carlin-merkityistä lohen vaelluspoikasista on saatu Suomenlahden istutuksissa nevanlohta paremmin merkipalautuksia. Vertailuistutuksia tehtiin vuosina 1998, 1999 ja 2001.



Kuva 13. Nevan ja Tornionjoen kantaa olleiden lohenpoikasten keskimääräinen vaellusaika tunteina istutuspaikalta (Koivukoski) ensin Tattarinkoskelle (etappi 1), sieltä Langinkoskelle (2) ja edelleen Norssalmeen avomeren äärelle (3; Mikkola ja Salminen, käsikirjoitus).



Kuva 14. Yli 40 sentin pituisten haukien syömien lohen vaelluspoikasten (musta pylväs) ja muiden kalojen (harmaa pylväs) keskimääräinen lukumäärä (keskiarvo + SD) Pyhäjoen sualueella. Suurimmat hauet olivat syöneet keskimäärin noin 7 vaelluspoikasta (Kekäläinen ym. 2008).

Harmaahylkeet syövät lohen ja meritaimenen poikasia – vaikutus näiden kantoihin epäselvä

Itämeren hyljekannat ovat runsastuneet ja ne saattavat saalistuksellaan jo merkittävästi vaikuttaa kalakantoihin ja olla uhka muun muassa Itämeren lohen istutus- ja luonnonpoikasille. Hylkeiden ravinnonkäytöstä ja sen vaikutuksista on muodostunut kiistakysymys, jota vaikeuttaa tutkitun tiedon vähäisyys Itämeren hylkeiden ravinnon koostumuksesta ja ajallisesta vaihtelusta.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) vuosina 2008–2009 toteuttamassa tutkimuksessa keskityttiin hylkeiden ravinnonkäytön ja kalastovaikutusten selvittämiseen Perämeren pohjoisosassa. Ajallisesti hanke on painottunut kesään, jolloin näillä rannikkoalueilla on mereen vaeltaneita lohen ja taimenen vaelluspoikasia (sekä villedä että istutettuja) sekä aikuisia yksilöitä. Vuonna 2009 näytteenottojaksoa laajennettiin marraskuun loppuun, jotta saataisiin käsitys myös hylkeiden syksyn ravinnosta.

Vuonna 2008 paikalliset hylkeenpyytäjät ampuivat 19 hallia ja 12 norppia (Suuronen ym. 2008). Ravintoanalyysin perusteella hallin kolme yleisintä ravintokohdetta olivat silakka, muikku ja siika. Seitsemän hallia oli syönyt lohta ja/tai taimenta. Näistä kahdella oli myös taimenten Carlin-merkkejä mahassaan (Kuva 15), muun muassa kolmelta Kemijokisuuhun keväällä 2008 istutetulta taimenelta. Toisella näistä halleista oli kymmeniä nuoria taimenia mahassaan. Norpan ravinnossa kolme yleisintä lajia olivat kolmipiikki, silakka ja muikku. Lohta ja taimenta ei löydetty.



Kuva 15. Harmaahylkeen mahan- ja suoliston sisältö puhdistettuna. Kuvassa kalojen luita ja otoliitteja sekä Carlin-kalamerkkejä. (Kuvaaja Walter Saarimaa)

Vuonna 2009 pyydettiin 44 hallia ja 35 norppaa (Suuronen ym. 2010). Halleista 21 kpl (48 %) pyydettiin touko-heinäkuussa ja 23 kpl (52 %) syys-marraskuun aikana. Norpista 18 pyydettiin huhti-toukokuussa ja 15 syksyllä. Hallin kolme yleisintä ravintokohdetta olivat muikku, silakka ja siika (Taulukko 2). Seitsemän hallin ruuansulatuskanavasta löytyi jäänteitä yhteensä 12 lohesta/taimenesta. Neljältä hallilta löytyi myös Carlin-merkki. Näistä kolmea oli käytetty taimenen ja yhtä lohen merkinässä. Norpan kolme yleisintä saalislajia olivat kolmipiikki, kuore ja muikku. Lohta ja taimenta ei taaskaan löydetty norpan ravintinäytteistä.

Molempien vuosien aineistojen pohjalta voidaan yhteenvetona todeta, että Perämeren pohjoisosissa eri-ikäisten hallien ravinnonkäytössä on eroja sekä määrässä että laji- ja kokokoostumuksessa. Silakalla on suuri merkitys kaiken ikäisten hallien ravinnossa. Lohikalajien osuus näyttää olevan suurin aikuisten hallien ravinnossa. Isot hylkeet syövät suurikokoisempia kaloja ja ovat ilmeisesti taitavam-

pia isojen kalojen pyynnissä. Halli saalistaa lohikaloja erityisesti kesäkuukausina mutta ilmeisesti jonkun verran myös syksyllä. Saalistus kohdistuu myös istutettuihin lohikaloihin, erityisesti taimeneen.

Norpan ravinnossa korostui kolmipiikin suuri osuus molempina tutkimusvuosina. Vuoden 2009 aineistossa kuore oli toiseksi ja muikku kolmanneksi tärkein ravintokohde. Myös silakan merkitys norpan ravinnossa Perämerellä oli melko suuri. Muilla lajeilla ei ollut suurta merkitystä. Lohta ja taimenta ei norpan ravinnosta löydetty. Varsinkin aikuisen norpan osalta aineisto on tosin pieni ja puutteellinen. Kesäkuukausilta on näytteet vain muutamasta aikuisesta norpasta.

Hylkeiden kalastovaikutuksia arvioitaessa on huomattava, että lohia ja meritaimenia on meressä parhaimmillaankin hyvin vähän verrattuna esim. silakkaan. Lohen ja taimenen ei näin ollen voida olettaa olevan keskeistä ravintoa hylkeille, mutta saalistuksella voi silti olla merkittävä vaikutus näihin kalakantoihin. Myös istutuskäytäntöjä saattaisi olla tarpeellista miettiä tästä näkökulmasta.

Suuronen, P., Lehtonen, E., Riikonen, R. ja Kunnasranta, M. 2008. Hyljepredaatiotutkimus Perämeren pohjukassa. Alustava raportti vuoden 2008 maha- ja suolistoanalyysistä. Tutkimusraportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Suuronen, P., Lehtonen, E., Riikonen, R., Hokki, R. ja Kunnasranta, M. 2010. Hylkeen saalistuksen vaikutukset kalakantoihin ja erityisesti lohikaloihin Perämerellä. Vuoden 2009 ravintoanalyysin tulokset. Tutkimusraportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Suuronen, P., Lehtonen, E., Riikonen, R., Hokki, R. ja Kunnasranta, M., Aalto, N. 2010. Hylkeiden ravinnonkäytöstä Perämerellä. Kalastaja, syyskuu 2010. s. 8.

Taulukko 2. Eri saaliskohteiden esiintyminen hylkeiden ruuansulatuskanavassa tutkimuskautena 2009. Esiintymisfrekvenssi kertoo kuinka monessa hylkeessä kutakin ravintokohdetta oli.

Ravintokohde (laji) vuosi 2009	Halli (n = 44)	Esiintymisfrekvenssi %	Norppa (n = 35)	Esiintymisfrekvenssi %
muikku	393	20	25	23
silakka	211	34	23	26
siika/muikku	143	25	14	6
särkikalat	68	5	0	
siika	47	16	0	
kuore	24	7	40	29
ahven	15	11	0	
lohi/taimen	6	7	0	
made	4	9	0	
lohi	3	5	0	
taimen	3	7	0	
kolmipiikki	2	2	253	31
nahkiainen	2	2	0	
tunnistamaton kala	72	50	26	46
kiiski	0		20	11
härkäsimppu	0		7	6
hietatokko	0		5	6
kininilkka	0		3	3
kymmenpiikki	0		1	3
kivisimppu	0		1	3
tuulenkalat	0		1	3
äyriäiset	6	9	10	6
simpukat	5	11	1	3
kilkki	2	5	14	23

2.5. Istutuspoikasten laatu ja sen merkitys

Ympäristöolojen vaihtelun lisäksi istuttujen lohien ja meritaimenten eloonjäantiin vaikuttaa istutuspoikasten laatu ja kyky kohdata tämä vaihtelu. Hyvänä poikasten laadun ja elinkyvyn mittarina on pidetty niiden eloonjäantiä suhteessa luonnonvaraisiin poikasiin. Viime aikoina tämä mittari on kuitenkin antanut lohien osalta keskenään ristiriitaisia mittaustuloksia (ks. edellä luku 2.4):

Eräiden havaintojen (Koljonen 2006; Siira ym. 2006) mukaan luonnonlohien osuus saaliista on viime aikoina kasvanut nopeammin kuin niiden osuus mereen tulevista vaelluspoikasista. Tällaisen kehityksen saattaisi selittää viljeltyjen poikasten laadun ja sen myötä elinkyvyn heikkeneminen suhteessa villeihin poikasiin. Toinen mahdollisuus on, että viljeltyjen poikasten laatu sinänsä on pysynyt ennallaan, mutta meriympäristössä on tapahtunut sellaisia suuria ja ennen kokemattomia muutoksia, joihin luonnonpoikaset ovat sopeutuneet istutuspoikasista paremmin. Molemmista tapauksista viljelyn tulisi pystyä reagoimaan tilanteeseen ja muuttamaan poikaslaatuun vaikuttavia käytäntöjään.

Toisten havaintojen mukaan lohien viljeltyjen vaelluspoikasten eloonjäanti suhteessa luonnonpoikasiin on pitkällä aikavälillä pysynyt ennallaan (Kuva 10, Romakkaniemi et al. 2008) tai jopa parantunut aiemmasta (Kuva 9, ICES 2010). Näissäkin tapauksissa viljelyssä ja istutuspoikasten laadussa on luonnollisesti kehittämisen varaa. Tästä on osoituksena luonnon vaelluspoikasten pitkällä aikavälillä keskimäärin parempi ja ilmeisesti myös vuositasolla vakaampi eloonjäanti viljeltyihin poikasiin verrattuna.

Lohien ja meritaimen vaelluspoikasten eloonjäantiin vaikuttavien laatuominaisuuksien ymmärtämiseksi ja viljeltyjen poikasten laadun parantamiseksi istutustutkimuksissa on a) vertailtu villien ja viljeltyjen poikasten ominaisuuksia ja b) tutkittu istutuspoikasten ominaisuuksien kehitystä 1980-luvulta nykypäivään.

2.5.1. Villit ja viljellyt lohien poikaset eroavat monella tavalla toisistaan

Keskimäärin paremmaksi oletetun elinkyvynä vuoksi luonnossa kasvaneet villit lohien poikaset ovat esikuva, jota kohti istutuspoikasten kasvatuksessa periaatteessa pyritään. Tämän pyrkimyksen edistämiseksi istutustutkimuksissa on selvitetty miten luonnon- ja viljellyt poikaset eroavat toisistaan, ja mitkä tekijät viljelyssä ja istutuksissa näitä eroavuuksia synnyttävät. Vertailtavina ovat olleet poikasten elinkierto-ominaisuudet, morfologia, fysiologia, ekologia ja käyttäytyminen. Tutkimuksia on tehty sekä lohella että taimenella ja tulokset ovat pääosin sovellettavissa molempiin lajeihin.

Viljelykäytännöt ja -ympäristö muokkaavat lohien elinkierto-ominaisuuksia

Laitoskasvatus voi vaikuttaa monella tavalla viljelyn varassa olevien lohikantojen elinkierto-ominaisuuksiin. Laitoskasvatuksen vaikutuksesta kasvunopeus yleensä paranee ja sukukypsyyssikä laskee. Muutoksia voivat aiheuttaa sekä ympäristötekijät muokkaamalla poikasten ilmiä (fenotyyppiä), että emokalastoa perustettaessa ja hoidettaessa tapahtuva geneettinen eriytyminen luonnonkannan ominaisuuksista (esim. Kallio-Nyberg ym. 2007; Vainikka ym. 2010; Pircklén 2010). Käytännössä näiden kahden mekanismin vaikutuksia on usein vaikea erottaa toisistaan.

Romakkaniemi (2008) vertaili samaa lohikantaa (Torniojoen lohikanta) edustavien, villiä ja viljeltyä alkuperää olevien yksilöiden elinkierto-ominaisuuksia luonnossa. Ryhmien välillä havaittiin eroavuuksia mm. kuolevuudessa, sukukypsyysässä ja elämänkierrossa toistuvien tapahtumien ajoittumisessa, ja ne olivat sitä suurempia, mitä suuremman osan elämästään poikaset olivat viettäneet viljelyolosuhteissa (mitä vanhempia ne olivat istutettaessa) ja mitä suotuisimmat kasvulle nämä olosuhteet olivat olleet.

Erot villien ja viljeltyjen lohien elinkierto-ominaisuuksissa heijastuvat niiden luontaiseen kuolevuuteen niin joki- kuin merivaiheessakin. Istutusten tuloksellisuuden kannalta on merkittävää myös se, että elinkierto-ominaisuudet vaikuttavat siihen missä ja miten tehokkaasti lohet tulevat kalasteuiksi (Romakkaniemi 2008). Tornionjoen lohella viljeltyt yksilöt olivat selvästi vilttejä alttiimpia joutumaan pyydystetyiksi avomeri- ja rannikkokalastuksessa. Niiden osuus Perämerelle ja jokeen asti selviävien lohien joukossa oli pienempi, kuin vaelluspoikastuotannon ja eloonjäännin perusteella olisi odottanut.

Kallio-Nyberg, I., Saloniemi, I., Koljonen, M.-L. 2007. Effects of parental and smolt traits on the marine survival of released Atlantic salmon (Salmo salar). Aquaculture 272(1-4):254-266.

Pircklén, N. 2010. Geneettisen laistotumisen ja kasvatusympäristön vaikutukset lohenpoikasten aivojen kasvuun ja rakenteeseen sekä ravinnonhankintakäyttäytymiseen. Pro gradu. Helsingin yliopisto. Biotieteiden laitos. Ekologia ja evoluutiobiologia.

Romakkaniemi, A. 2008. Conservation of Atlantic salmon by supplementary stocking of juvenile fish. PhD Thesis. Department of Biological and Environmental Sciences, Faculty of Biosciences, University of Helsinki. Finnish Game and Fisheries Research Institute.

*Vainikka, A., Kallio-Nyberg, I., Heino, M. and M.-L. Koljonen 2010. Divergent trends in life-history traits between Atlantic salmon *Salmo salar* of wild and hatchery origin in the Baltic Sea. Journal of Fish Biology (2010) 76, 622–640.*

Kasvuolosuhteet muokkaavat taimenen poikasen morfologiaa

Taimenen poikasen ilmiöiden, fenotyypin, vaihtelu riippuu sekä perimästä että ympäristöolosuhteista. Fenotyypin vaihtelua tutkittiin Kuusamon Kuusinkijoen taimenenpoikasilla: viltteillä joesta hankituilla luonnonpoikasilla sekä viltteistä vanhemmista perustetun laitoskannan poikasilla. Kalat valokuvattiin yksilöllisesti ja kuvista digitoitiin 14 morfologiaa kuvaavaa pistettä analysointia varten. Kaikkina kuukautena ajankohtana (heinäkuusta 2007 heinäkuuhun 2008) laitoskalojen fenotyyppi erosi merkittävästi viltteistä poikasista. Osa laitospoikasista siirrettiin luonnonolosuhteisiin Kuusinkijokeen syksyllä 2007. Näiden laitospoikasten ruumiinmuoto ei vuoden 2008 heinäkuun näytteenotossa enää eronnut vastaavan ikäisistä luonnonpoikasista. Tulosten mukaan ympäristöolosuhteet muokkaavat voimakkaasti taimenen poikasten ruumiinmuotoa. Todennäköisesti virrannopeus on yksi vaikuttavimmista ympäristötekijöistä.

*Vehanen, T. & Huusko, A. Hatchery and wild environment brown trout, *Salmo trutta*, of similar genetic origin express different morphometrics due to divergence in rearing environment. (Käsikirjoitus).*

Viljellyt taimenen poikaset minkkien saaliiksi – villit säästyivät

Kainuun toimipaikan tutkimusuomissa onnistuttiin ensimmäistä kertaa selvittämään minkin taimenen poikasiin kohdistamaa saalistusta kokeellisissa olosuhteissa (Huusko & Vehanen, käsikirjoitus). Tutkimuksessa luonnonpoikaset ja perimältään vastaavat laitospoikaset (molempien ikä 1+, villit keskimäärin 11,2 cm ja 13,9 g, viljellyt 14,2 cm ja 33,9 g) olivat joko yhdessä tai erikseen elinympäristöltään luonnon puron koski-suvantojaksoa vastaavissa olosuhteissa. Alueella vieraili lumijälkien perusteella kaksi minkkiä kahden viikon aikana. Puhtaista laitoskalaparvista minkit verottivat valtaosan. Vastaavasti puhtaista luonnonkalaparvista vain pieni osa joutui minkkien saalistamaksi. Myös sekaparvissa pääosa viljellyistä poikasista tuli saalistetuksi, mutta myös villit poikaset joutuivat näissä tapauksissa voimakkaamman saalistuksen kohteeksi verrattuna puhtaisiin villien poikasten parviin. Petoa kokemattomat viljellyt taimenen poikaset ovat alttiita petojen saalistukselle ja niiden lisäämisellä luonnonpopulaatioon voi olla myös negatiivisia vaikutuksia luonnonkaloille saalistusintensiteetin kasvaessa.

Taimenistukkaat ovat heikompia luonnonravinnon käyttäjiä kuin luonnonpoikaset, ja ne voivat myös vaikuttaa negatiivisesti samalla alueella eläviin luonnonpoikasiin

Luonnonpoikasten ja perimältään vastaavien laitospoikasten (ikä 1+) kasvua ja ravinnonkäyttöä tutkittiin kokeellisesti Kuusamon Kuusinkijoen taimenen poikasilla. Sekä Kainuun toimipaikan tutkimusuomissa että luonnonjokeen sijoitetuissa häkeissä laitos- ja luonnonpoikaset olivat joko yhdessä tai erikseen syyskuun alusta alkutalveen saakka. Villit taimenen poikaset aloittivat luonnonravinnon käytön nopeammin kuin laitospoikaset, mutta söivät laitospoikasten läsnä ollessa vähemmän kuin puhtaana luonnonkalaparvena. Yhdessä luonnonkalojen kanssa laitospoikaset aloittivat luonnonravinnon käytön aiemmin, söivät enemmän ravintoa ja myös menettivät vähemmän painostaan kun puhtaana laitoskalaparvena. Laitoskalat kasvoivat hitaammin kuin luonnonkalat. Tietääksemme nämä on ensimmäisiä töitä, joissa osoitetaan laitoskalojen hyötyminen kasvussa ja ravinnonkäytössä luonnonkalojen läsnäolosta laboratorio-olosuhteita monimutkaisemmassa ympäristössä. Tutkimuksissa myös ilmeni, että luonnonkalojen kasvu ja ravinnonkäyttö voivat heikentyä laitoskalojen kilpailun vuoksi: häkkikokeissa suuressa kalatiheydessä luonnonkalojen kasvu hiipui viljeltyjen kalojen läsnä ollessa, mutta vastaava ilmiö ei tullut esille tutkimusuomissa tehdyssä työssä, jossa kalatiheys oli selvästi pienempi. Tutkimustulokset tulisi ottaa huomioon istutustoiminnassa: laitoskalojen lisäämisellä luonnonpopulaatioon voi olla myös negatiivisia vaikutuksia luonnonkaloille. Toisaalta laitoskalojen eloonjäänti luontoon vapautuksen jälkeen voi parantua luonnonkalojen läsnäolosta. Mekanismina voi olla ravinnonkäytön oppiminen villeiltä yksilöiltä.

*Vehanen T, Huusko A, Hokki R. 2009. Competition between hatchery-raised and wild brown trout *Salmo trutta* in enclosures – do hatchery releases have negative effects on wild populations? *Ecology of Freshwater Fish* 18, 261-268.*

*Huusko, A. & Vehanen T. 2011. Do hatchery-reared brown trout affect the growth and habitat use of wild congeners? *Fisheries Management and Ecology* (in press)*

Villien ja viljeltyjen simojenlohen vaelluspoikasten vaellukselle lähtö yhtä nopeaa – järvilohen viljellyillä poikasilla sen sijaan vaikeuksia vaellukselle lähdössä

Telemetrian soveltaminen merialueen lohitutkimuksiin käynnistettiin keväällä 2004 esitutkimuksella, jossa ensi kertaa testattiin akustisten merkkien toimivuutta villien ja viljeltyjen lohismolttien vaelluksen alkuvaiheen seurannassa merioloissa. Kenttätyöt tehtiin Simojen suulla. Osa merkeistä oli mykkiä, mutta muutoin laitteisto ja menetelmä osoittautuivat toimiviksi. Toimivien merkkien vähäisyyden takia myös seurattujen kalojen määrä jäi pieneksi, joten itse vaelluksesta voitiin tehdä vain suunta-antavia päätelmiä. Tärkein havainto oli, että villit ja viljeltyt simojenlohen poikaset vaelsivat samalla tavoin ja varsin aktiivisesti ja nopeasti ulos jokisuusta (Hyvärinen ym. 2006).

Järvilohen osalta vaelluspoikasten vaellukselle lähtöä on tutkittu telemetrialaittein vuosina 2006–2008 Pielisjoella. Tutkimuksessa on verrattu useissa laitoksissa vaellusikäisiksi kasvatettuja poikasia Ala-Koitajoessa luonnossa smolttituneisiin poikasiin. Tulosten mukaan luonnossa smolttituneet poikaset vaelsivat Kuurnasta Pyhäselälle selvästi rivakammin kuin laitосkalat. Laitосkaloilla yksilöiden väliset erot olivat huomattavan suuria ja myös saman laitосksen kalat ovat eri vuosina kovin erilaisia (Piironen ym. 2008).

Vaikka Itämeren lohella villit ja viljeltyt poikaset vaelsivat yhtä aktiivisesti ja nopeasti Simojen tapauksessa, ei tulos ole sellaisenaan yleistettävissä kaikkiin viljeltyihin lohen poikasiin. Tähän viittaavat mm. Kymijoella toteutetut viljeltyjen poikaserien keskinäiset telemetriset vertailut, joissa on havaittu huomattavaa vaellusaktiivisuuden vaihtelua. Esimerkiksi vuonna 2007 tornionjoenlohen poikaset vaelsivat Kymijoen suusta merelle selvästi nopeammin ja suoraviivaisemmin kuin vertailuerän nevanlohen poikaset (Kuva 13 sivulla 24). Keväällä 2009 huomattava ero havaittiin puolestaan kahden viljelytaustaltaan täysin samanlaisen ja samaan aikaan, mutta eri paikkaan Kymijoella istutetun nevanlohierän vaellusaktiivisuudessa (Mikkola ym. 2010).

Edellä kuvatut havainnot ilmentävät hyvin niitä vaikeuksista, joita yleisemminkin liittyy villien ja viljeltyjen lohen tai järvilohen poikasten ominaisuuksien vertailuun. Vertailuissa villedä poikasia ovat edustaneet vaellukselle omaehtoisesti lähteneet villit yksilöt, joiden vaellusvalmiuden ja -aktiivisuuden voidaan olettaa olevan huipussaan ja todennäköisesti myös tasoltaan suhteellisen vakaa yksilöstä ja vuodesta toiseen. Viljeltyjen poikasten vaellusvalmius ja -aktiivisuus sen sijaan vaihtelee voimakkaasti kalasta, kalaerästä ja vuodesta toiseen. Parhaimmillaan viljeltyt poikaset voivat – Simojen havaintojen tapaan – olla villien poikasten veroisia, mutta hyvin usein ovat näitä heikompia. Yleispätevien päätelmien teko viljeltyjen poikasten ominaisuuksista on siten hyvin hankalaa – tyypillisintä niille näyttäisi olevan laadun ja ominaisuuksien voimakas vaihtelu.

Hyvärinen, P.; Suuronen, P.; Laaksonen, T. 2006. Short-term movements of wild and reared Atlantic salmon smolts in a brackish water estuary – preliminary study. Fisheries Management and Ecology 13(6): 399–401.

Mikkola, J., Salminen, M. ja Ikonen, E. 2010. Kymijoen lohen vaelluspoikasten alasvaellusreitit ja voimalaitostappiot. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 20/2010, 20 s.

Piironen, J., Nurmio, T., Gavrilov, M., Heikkinen, T. ja M. Janhunen 2008. Järvilohen vaellusten akustinen telemetria. Tulostavoiteraportti maa- ja metsätalousministeriölle 31.12.2008. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

2.5.2. Onko viljeltyjen poikasten elinkyky ajan myötä heikentynyt?

Viljeltyjen lohen ja taimenen vaelluspoikasten laatua ja elinkykyä suhteessa villeihin poikasiin ovat saattaneet teoriassa heikentää emokalastojen pitkäaikaisesta laitoskasvatuksesta ja siihen liittyvästä luonnonvalinnan puuttumisesta/muuttumisesta johtuvat geneettiset muutokset sekä toisaalta viljely- ja istutuskäytäntöjen muutoksista johtuva vaellusvalmiuden tai selviytymiskyvyn heikkeneminen.

Tähän mennessä saatujen tutkimustulosten mukaan viljeltyjen lohen ja taimenenpoikasten ominaisuuksissa on vuosien myötä tapahtunut monenlaisia muutoksia, mutta niiden vaikutus poikasten elinkykyyn ja istutustuloksiin on toistaiseksi jäänyt epäselväksi. Myöskään geneettisten muutosten pysyvyyttä ei juuri tunneta populaatiotasolla. Lähes kaikki istutuslajit ja -kannat ovat edelleen kohtalaisen muuntelevia.

Laitosviljelyyn liittyvä valinta muuttaa lohikantojen perinnöllisiä ominaisuuksia – elinkyky meressä voi silti säilyä

Geneettinen eriytyminen villien ja viljeltyjen poikasten elinkierto-ominaisuuksissa saattaa voimistua laitossukupolvien määrän karttuessa. Lohen neljää eri viljelykanta (Tornionjoki, Simojoki, Oulujoki, Iijoki) edustavien vaelluspoikasten merivaiheen kasvua ja sukukypsyysikää vuodesta 1969 vuoteen 1993 verrattaessa havaittiin että kasvu oli nopeutunut näillä kaikilla, ja sukukypsyys puolestaan aikaistunut kaikilla muilla paitsi Tornionjoen kannalla (Vainikka ym. 2010). Yleisesti ottaen elinkierron muutokset olivat suurempia pitkään pelkän emokalaviljelyn varassa olleilla Oulujoen ja Iijoen kannoilla kuin luonnossakin edelleen lisääntyvillä ja sieltä jatkuvasti täydennetyillä Simojoen ja Tornionjoen viljelyillä lohikannoilla.

Pircklén (2010) tutki gradussaan, miten kasvatusympäristö (standardi- vai virikeallas) ja emokanta (luonnon- vai laitokanta) ja vaikuttivat Simojoen lohikannan yksivuotiaiden poikasten aivojen kokoon ja rakenteeseen sekä poikasten ravinnonhankintaan. Standardi- ja virikealtaissa kasvatettujen poikasten välillä ei havaittu eroja aivojen koossa tai rakenteessa. Sen sijaan havaittiin, että luonnonemojen poikasten aivojen kokonaistilavuus suhteessa ruumiinkokoon kasvoi toisen-kolmannen laitossukupolven emokalojen poikasten aivojen tilavuutta nopeammin. Pikkuaivojen tilavuus suhteessa aivojen kokonaistilavuuteen oli luonnonemojen poikasilla suurempi kuin laitosemojen poikasilla. Pikkuaivot vaikuttavat kalan liikkeen säätelyyn, ja ovat siten keskeinen aivonosa kalan saalistamisessa ja ympäristön havainnoinnissa. Myös hypotalamuksen suhteellinen tilavuus oli suuntaantavasti suurempi luonnonemojen kuin laitosemojen poikasilla.

Tarkasteltaessa kaikkien kasvatuskäsittelyissä olleiden lohenpoikasten pikkuaivojen koon ja ravinnonhankintatehokkuuden suhdetta yksilötasolla havaittiin, että pikkuaivojen koon kasvaessa syödyn biomassan määrä kasvoi suuntaantavasti (Pircklén 2010). Tarkasteltaessa kasvatusryhmiä erikseen, havaittiin, että luonnonemojen virikealtaissa kasvatettujen poikasten ravinnonhankinta oli sitä tehokkaampaa, mitä suuremmat niiden pikkuaivot olivat. Muissa ryhmissä ravinnonhankinnan tehokkuus ei riippunut pikkuaivojen koosta.

Pitkän aikavälin muutokset lohen viljelykantojen elinkierto-ominaisuuksissa (Vainikka ym. 2010) voivat periaatteessa heijastua viljeltyjen vaelluspoikasten eloonjääntiin ja istutusten kannattavuuteen. Tällaisesta muutoksesta ei kuitenkaan ole selkeitä havaintoja. Pitkän aikavälin tarkasteluissa eloonjäännin ja istutustulosten alamäki koskee kaikkia viljelykantojamme (edellä mainittujen neljän

kannan lisäksi Nevan kanta), samoin ruotsalaisia lohikantoja, joiden viljely on perustunut jatkuvaan luonnonmädhankintaan. Tämä viittaa siihen, että viljelykantojen perinnölliset muutokset eivät olisi ainakaan pääsyy lohi-istutusten tulosten heikkenemiseen.

Lohiemojen laitoskasvatuksen vaikutusta istutettujen jälkeläisten elinkiertoon ja eloonjääntiin on tutkittu myös kokeellisesti risteytyksin ja merkintäkokein (Kallio-Nyberg ym. 2007). Kemijoen suusta pyydettiin 1983 ja 1985 kudulle palaavia luonnonvaraisia ja istutettuja lohia emokaloiksi, joista tuotettiin jälkeläisryhmät erilaisilla risteytyksillä. Tämäkin tutkimus osoitti, että laitossukupolvien määrän lisääntyminen ei välttämättä laske viljelyn lohien eloonjääntiä meressä, mikäli esim. parantunut kasvu kompensoi alentunutta elinkykyä. Viljelyolosuhteissa vallitsevat valintatekijät saattavat kuitenkin aiheuttaa perinnöllisiä muutoksia kvantitatiivisissa ominaisuuksissa jopa yhdessä sukupolvessa.

Lohen emokalaviljelystä ja mädintuotannosta vastaavassa RKTL:n vesiviljelyssä lohikantojen perinnöllisen monimuotoisuuden ja elinkierto-ominaisuuksien säilyminen on pyritty turvaamaan laatu-järjestelmällä ja toimintamalleilla (Aho ym. 2002, Peuhkuri ym. 2007), jotka ovat tutkimuksen valossa perusteltuja ja käytännössä tarkoituksenmukaisia. Toimintamallit sisältävät säilytysviljelyssä noudatettavat kriteerit, hedelmöityskäytännöt, maitipankkitoiminnan käytännöt, viljelykäytännöt, istutus-käytännöt sekä ohjeistuksen geneettisen tiedon keruulle. Testausvaiheessa on molekyylogeneettisten menetelmien hyödyntäminen emokalastojen geneettisen monimuotoisuuden hallinnassa.

Aho, T., Piironen, J. & Pursiainen, M. 2002. Avain viljeltävien taimen-, harjus- ja siikaemokalastojen geneettiseen tietokantaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen vesiviljelyssä. RKTL. Kala- ja riistaraportteja 253. 23 s. + 2 liitettä.

*Kallio-Nyberg, I., Saloniemi, I. & Koljonen, M.L. 2007. Effects of parental and smolt traits on the marine survival of released Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 272: 254–266.*

*Pircklén, N. 2010. Geneettisen laitostumisen ja kasvatusympäristön vaikutukset lohienpoikasten aivojen kasvuun ja rakenteeseen sekä ravinnonhankintakäyttäytymiseen. Pro gradu. Helsingin yliopisto. Biotieteiden laitos. *Ekologia ja evoluutiobiologia*.*

Peuhkuri, N., Piironen, J. ja Makkonen, J. 2007. Kalojen monimuotoisuuden ylläpidon toimintamallit. Raportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

*Vainikka, A., Kallio-Nyberg, I., Heino, M. and M.-L. Koljonen 2010. Divergent trends in life-history traits between Atlantic salmon *Salmo salar* of wild and hatchery origin in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology* (2010) 76, 622–640.*

Varhainen sukukypsyminen on yleistynyt, mutta evävauriot ovat vähentyneet – muutosten vaikutukset eloonjääntiin meressä vähäiset

Vuosien 1981–2005 Carlin -merkintäaineistojen analyysi osoitti, että selkävävauriosta kärsivien yksilöiden osuus on ajan myötä pienentynyt, mutta varhaiskypsien kasvanut Selkämerelle ja Suomenlahdelle istutettavilla nevanlohen vaelluspoikasilla (Kannala-Fisk 2008; Kallio-Nyberg ym. 2009). Selkävävauriolla ei ollut selvää negatiivista tai positiivista vaikutusta eloonjääntiin, vaan vaikutus riippui istutusvuodesta. Varhaiskypsät yksilöt sen sijaan tuottivat säännöllisesti hieman heikomman palautustuloksen kuin immatuurit yksilöt. Varhaiskypsyyden yleistyminen ei kuitenkaan selittänyt viime vuosina voimakkaasti heikentynyttä eloonjääntiä ja istutustulosta. Merkkipalautuksen todennäköisyys (=eloonjäänti) on laskenut samalla tavalla niin varhaiskypsillä kuin immatuureillakin yksilöillä. Evävaurioiden mahdollista vaikutusta post-smolttieloonjääntiin vaihteluun on analysoitu myös ICES:in lohi- ja meritaimentyöryhmän (WGBAST) kanta-arvioinnin yhteydessä (ICES 2009a). Tässäkään

analyysissä selkävien vaurioilla ei ollut yhteyttä eloonjääntiin, mutta muissa evissä olleet vauriot sen sijaan vaikuttivat merkittävästi eloonjääntiin.

ICES 2009a. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2009/ACOM:05

Kallio-Nyberg, I., Salminen, M. and, Saloniemi, I. & Kannala-Fisk, L. 2009. Marine survival of reared Atlantic salmon in the Baltic Sea: The effect of smolt traits and annual factors. Fisheries Research 96, 289–295.

Kallio-Nyberg, I., Salminen, M. ja Saloniemi, I. 2009. Mihin lohien vaelluspoikaset kuolevat? Suomen kalastuslehti 4, 20–22.

Kannala-Fisk, L. 2008. Varhaisen sukukypsyyden ja selkävävaurioiden vaikutus istutetun lohien (Salmo salar L.) vaelluspoikasen eloonjääntiin meressä – Carlin -merkintäaineistoon perustuva analyysi. Pro gradu – tutkielma. Helsingin yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Akvaattiset tieteet / kalataloustiede.

Varhaiskypsyys voi heikentää istutustulosta myös lyhentämällä istutuslohien keskimääräistä meri-ikä

Suomenlahden nevanlohi-istutusten 1981–2005 analyysi osoitti, että lisääntyvä varhaiskypsyys voi alentaa istutustulosta paitsi eloonjääntiä heikentämällä, myös ja ehkä ennen muuta alentamalla istutettujen lohien keskimääräistä sukukypsyys- eli meri-ikä (Kallio-Nyberg ym., käsikirjoitus). Yhden merivuoden lohien (kossien) osuuden kasvaessa ja vanhempien lohien osuuden aletessa pieneni myös lohien keskimääräinen saaliskoko ja sen myötä istutusten kilomääräinen saalistuotto. Kokonaisuudessaankin varhaiskypsyys vaikutti kuitenkin istutusten taloudelliseen kannattavuuteen (nettonyky-arvoon, NPV) selvästi vähemmän kuin eloonjäännin tason yleinen alhaisuus.

Tulosten mukaan istutusten NPV jäi 1990-luvun loppupuolelta alkaneella heikon postsmolt-tieloonjäännin kaudelle negatiiviseksi kaikilla oletetuilla ammattikalastuksen tuottajahinnoilla (4,2–9,2 euroa/kilo). Näyttää siltä että vallitsevassa tilanteessa Suomenlahden lohi-istutukset voisi kääntää taloudellisesti kannattaviksi (positiivinen NPV) vain eloonjäännin yleisen tason huomattava paraneminen tai vaihtoehtoisesti kilohinnaltaan korkeammaksi (21 euroa/kilo) arvioidun virkistyskalastuksen saalisosuuden huomattava kasvu ammattikalastuksen kustannuksella. Positiiviseen tulokseen ei sen sijaan yllettäisi varhaiskypsyyden täydelliselläkin poistamisella.

Kallio-Nyberg, I., Salminen, M., Saloniemi, I., Lindroos, M. The life history and economic consequences of precocity in sea-ranched Atlantic salmon in the Baltic Sea. Manuscript.

Lohen vaelluspoikaset aiempaa lihavampia

Kuusivuotinen fysiologinen seuranta tutkimus (2004–2009) osoitti, että RKTL:n sopimuskasvatuksessa tuotetut nevanlohen vaelluspoikaset eivät täyttäneet kaikkia hyvän kunnon ja vaellusvalmiuden kriteerejä (Pasternack ym. 2008, 2010). Poikaset eivät myöskään olleet samanlaisia, kuin vastaavissa tutkimuksissa 1980-luvulta ja 1990-luvun alussa, jolloin lohi-istutusten tuottavuus oli nykyistä paremmalla tasolla. Suurin muutos olisi tapahtunut poikasten ravitsemustilassa. Esimerkiksi keskimääräinen vuosittainen kuntokerroin (0,900–0,965) on 2000-luvulla ollut noin 10 % korkeampi kuin 1980-luvulla (0,817) ja korkeimmat ryhmäkohtaiset keskiarvot ovat ylittäneet arvon 1,00. Muutoksen keskeinen syy lienee kasvatusrehujen energiapitoisuuden kasvu, joskin poikasten ravitsemustilaan vaikuttavat myös mm. laitoskohtaiset ruokintakäytännöt.

Koska kuntokertoimelle on aiemmin katsottu tarpeelliseksi asettaa vain suositeltava minimiarvo (0,70), olivat muutokset ravitsemustilassa periaatteessa positiivisia. Tiedetään kuitenkin että myös liian korkeat arvot saattavat olla ongelmallisia ja heikentää poikasten elinkykyä meressä. Työn tulosten perusteella sopimuskasvatuksen viljely- ja istutuskäytäntöjä ja poikasten laadun arvioinnin kriteerejä onkin pyritty kehittämään yhteistyössä kasvattajien kanssa. Muun muassa lunastettavien poikasten laatuvaatimuksia on tarkennettu siten, että lohen (ja järvilohen) poikasten ryhmäkohtaisen kuntokertoimen on jatkossa oltava välillä 0,80–0,95.

Pasternack, M., Salminen, M. ja Heinimaa, P. 2008. Kasvatettujen lohen poikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2004–2006. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 14/2008.

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

Onko lohien istutusaika ollut viime vuosina liian varhainen?

Nevanlohen vaelluspoikasten ravitsemustilan lisäksi fysiologisissa tutkimuksissa on selvitetty poikasten vaellusvalmiuden ajoittumista suhteessa istutusaikaan (Pasternack ym. 2008 ja 2010). Tulosten perusteella poikasten istutusaikainen vaellusvalmius oli hyvin vaihteleva. Parhaimmillaan poikasten vaellusvalmiutta kuvaava suola- ja vesitasapainon säätelykyky oli yhtä hyvä kuin luonnon vaelluspoikasilla. Heikoimmillaan istukkaan säätelykyky vastasi jokipoikasen säätelykykyä, mikä viittaa vaellusvalmiuskehityksen estymiseen tai väärään ajoittumiseen suhteessa istutusaikaan. Vaihtelua säätelykyvyssä oli niin yksilöiden, poikasryhmien (laitosten) kuin istutusvuosienkin välillä.

Vuositasolla nevanlohien vaellusvalmius oli heikoimmillaan vuosina 2005, 2006 ja 2008, jolloin valtaosa poikasista todennäköisesti istutettiin ennen parhaan vaellusvalmiuden saavuttamista, eli parhaan istutustuloksen kannalta hieman liian aikaisin. Parhaiten istutusten ajoitus onnistui vuonna 2007, jolloin 92 % kaikista tutkituista istukkaista oli istutushetkellä vaellusvalmiita.

Istutusaikaisen vaellusvalmiuden vaihtelu saattaa osin selittää telemetrisissä tutkimuksissa (s. 30) havaitun vaihtelun lohen ja järvilohen poikasten vaellukselle lähdön nopeudessa. Istutuspaikalle pidemmäksi aikaa jäävien yksilöiden ja istutusparvien vaellusvalmius ei ehkä ole ollut vielä riittävä. Vaellukselle lähtöä saattaa tosin hidastaa myös kuljetuksen (s. 46) tai merkittyjen kalojen osalta myös merkinnän aiheuttama stressaantuminen.

Istutusten epäonnistunut ajoitus suhteessa vaellusvalmiuden kehittymiseen saattaa osaltaan selittää Suomenlahden ja Selkämeren nevanlohi-istutusten huonoja tuloksia 2000-luvulla. Vuosina 1981–2005 tehtyihin Carlin -merkintöihin perustuva aikasarja-analyysi osoitti, että nevanlohella myöhäinen istutus on useina vuosina tuottanut paremman tuloksen kuin aikainen (Kallio-Nyberg ym. 2009), ja viimeisten 13 vuoden aikana pääosa istutuksista on tehty varsin aikaisin.

Myös Oulujoella 2007–2008 tehtyjen lohen vaelluspoikasten telemetriamerkintöjen tulokset ovat vahvistaneet käsitystä, että lohia on viime vuosina saatettu istuttaa liian varhain. Merkintäkokeessa toukokuun lopussa ja kesäkuun alussa 35–40 km jokisuulta ylävirtaan istutetut lohet vaelsivat nopeammin ja selvisivät paremmin Oulujokisuulle kuin aiemmin, toukokuun alkupuolella istutetut vaelluspoikaset (Taulukko 3). Varsinaiset Oulujoen velvoiteistutukset tehtiin näinä vuosina jo huhtikuussa, kun optimi näyttäisi siis olleen vasta toukokuun puolivälin jälkeen.

Taulukko 3. Radiolähettimillä merkittyjen lohen vaelluspoikasten vapautuspäivämäärät, veden lämpötila vapautuspäivänä, uintinopeudet sekä eräkohtaiset selviytymisprosentit Oulujoella Montan ja Sanginsuun välisellä jokiosuudella (Karppinen ym. 2008). Vaelluspoikasten selviytymisprosentti oli sitä parempi, mitä myöhemmin erä oli vapautettu ja mitä nopeammin ne uivat kohti jokisuuta. Myös vapautuspäivän lämpötilan ja selviytymisen välillä oli positiivinen riippuvuus.

Montassa vapautetut:

Vapautuspäivä (veden lämpötila C°)	Uintinopeus km/vrk keskiarvo (vaihteluväli)	Vapautuserän selviytymisprosentti
2.5.08 (3,5)	---	5
10.5.07 (5,9)	2,1 (1,5 - 3,4)	25
18.5.07 (5,9)	8,9 (2,5 - 22,2)	55
22.5.07 (8,3)	26,9 (6,2 - 52,4)	90
23.5.08 (6,2)	41,6 (4,2 - 69,1)	85
2.6.08 (10,1)	49,0 (7,6 - 85,0)	95

**Pyhäkoskella
vapautetut:**

Vapautuspäivä (veden lämpötila C°)	Uintinopeus km/vrk keskiarvo (vaihteluväli)	Vapautuserän selviytymisprosentti
2.5.08 (3,5)	---	0
23.5.08 (6,2)	20,6 (3,7 - 53,9)	55
2.6.08 (10,1)	35,8 (8,7 - 76,7)	65

RCTL:n lohi-istutusten ajoituksessa on viime vuosina pyritty ottamaan entistä paremmin huomioon laitospaikoittaiset erot vaellusvalmiuden kehittämisessä ja vuosien väliset vaihtelut kevään ajoittumisessa. Tämä saattaa lisätä kuljetuskaluston tarvetta ja siten nostaa istutuskustannuksia, mutta istutustulosten paranemisen kautta kalastukselle saatavat hyödyt ovat todennäköisesti kustannusten kasvua suuremmat.

Karppinen, P., Jaukkuri, M., Kari, A. & Annala, M. 2008. Lohen vaelluspoikasten istutus- ja käyttäytymistutkimus Oulujoella 2007–2008. Työraportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

- Kallio-Nyberg, I., Salminen, M. and, Saloniemi, I. & Kannala-Fisk, L. 2009. Marine survival of reared Atlantic salmon in the Baltic Sea: The effect of smolt traits and annual factors. *Fisheries Research* 96, 289–295
- Pasternack, M., Salminen, M. ja Heinimaa, P. 2008. Kasvatettujen lohien poikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2004–2006. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 14/2008.
- Pasternack, M., Salminen, M. ja Heinimaa, P. 2010. Kasvatettujen lohien vaelluspoikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2007–2009. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 16/2010.

Näkökykyä heikentävä kaihi yhä useammin laitoskasvatettujen lohikalojen vaivana

Kaihi on silmäsairaus, joka johtaa näkökyvyn heikkenemiseen tai jopa sokeutumiseen ja todennäköisesti alentaa siitä kärsivien istutuskalojen elinkykyä luonnossa. Primaarista kaihia voivat aiheuttaa ainakin ravinnon epätasapaino ja altistuminen epäedullisille ympäristöoloille kuten myrkyllisille liuotimille, liialliselle UV-säteilylle tai vaihteleville lämpötiloille ja suolapitoisuudelle (Kuukka ym. 2006; Peuhkuri ym. 2009). Sekundaarista kaihia voivat aiheuttaa erilaiset tulehdukset, jotka häiritsevät silmän linssin normaalia aineenvaihduntaa. Tulehduksia puolestaan aiheuttavat mm. bakteeri- ja loistartunnat, meillä etenkin imumato-loinen (*Diplostomum* sp.). Ainakin *Diplostomum* -tartunnan osalta alttius kaihille näyttäisi olevan periytyvä ominaisuus (Peuhkuri ym. 2009; Voutilainen et al. 2009).

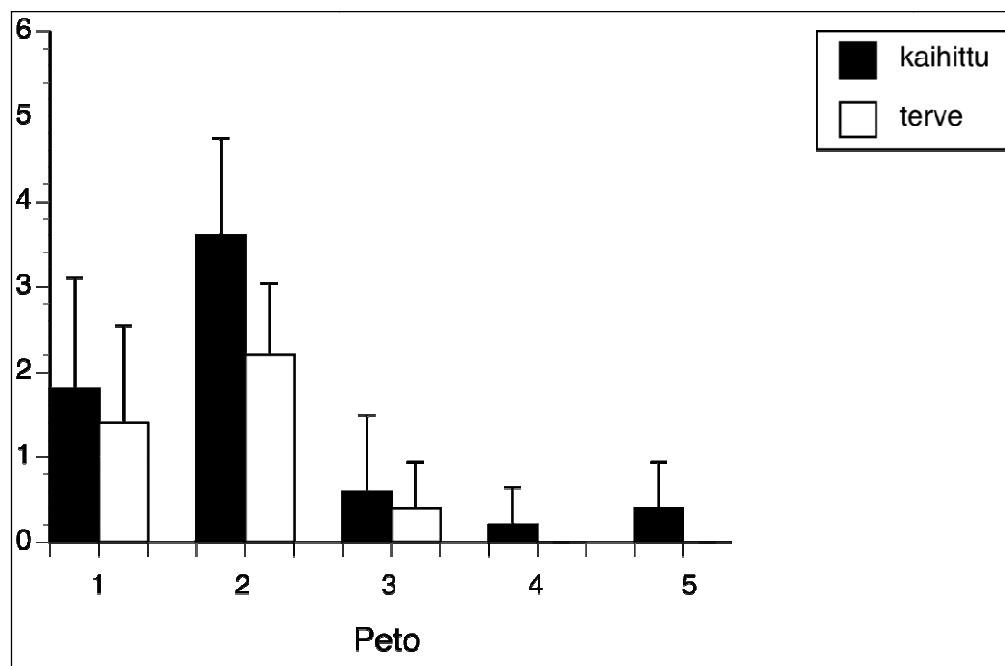
Kaihia esiintyy sekä luonnonvaraisilla että viljellyillä kaloilla. Laitoskasvatetuilla kaloilla kaihia on Suomessa havaittu enemmissä määrin ainakin 1990-luvun alkupuolelta lähtien. Vuonna 2004 kaihitilannetta kartoitettiin tarkemmin kahdeksalla eri laitoksella ja viidellä viljelyssä olevalla lohikalalajilla, nierillä, harmaanierillä, harjuksella, taimenella ja lohella (Kuukka ym. 2006). Kaihia havaittiin näillä kaikilla lajeilla ja myös kaikilla kartoituksessa mukana olleilla laitoksilla. Valtaosa kaihitapauksista oli *Diplostomum* -imumatoloisen aiheuttamia, mutta kartoituksessa havaittiin myös loisetonta kaihia. Kaihin yleisyys vaihteli 0-100 %:n välillä eri parvissa (79 kpl). Parvia, joissa yli puolet tutkituista kaloista oli kaihisia, oli seitsemällä laitoksella ja kaikilla lajeilla. Kaloilla oli joko vain toisessa silmässä olevaa tai molemminpuolista kaihia. Silmät luokiteltiin kaihin linssistä peittämän alueen mukaan. Kaihit olivat useimmiten suhteellisen pieniä.

Kaihitutkimusten yhteydessä on tarkastettu myös istutusta varten merkittyjä kalaryhmiä, ja joissakin näistä kaihiongelmia on ollut edellä kuvatun laitokartoituksen keskimääräistä tilannetta parempi (Kolari ym. 2010). Esimerkiksi erään kaksivuotiaiden merilohien ryhmän (n=1987) kaloista 76 % oli kaihin vaivaamia ja samentumat peittivät keskimäärin 30 % kaihisten kalojen silmistä.

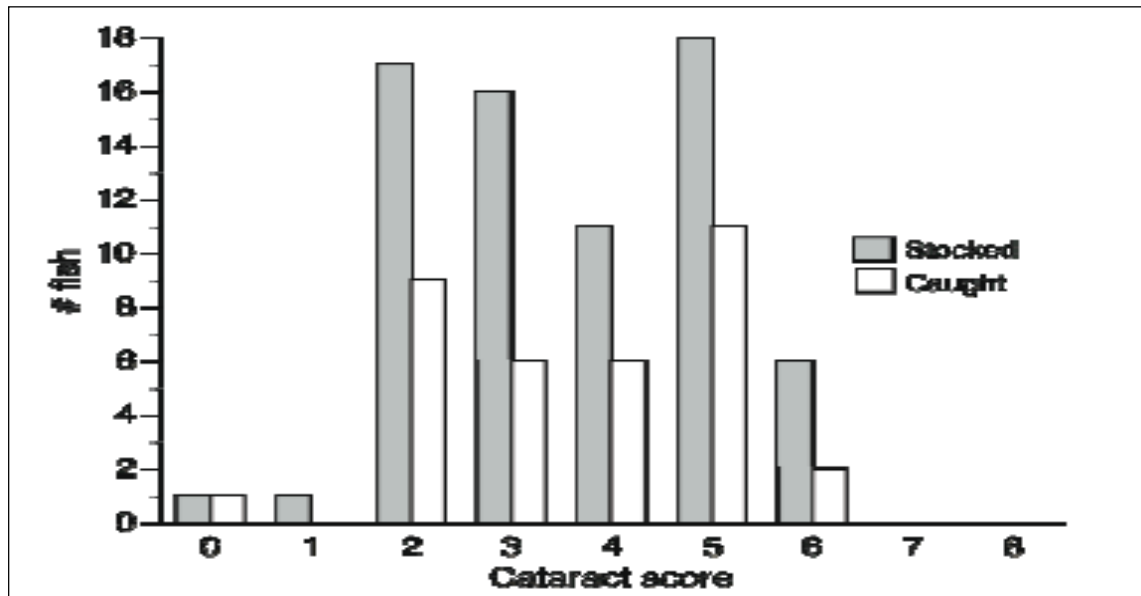
Eri alkuperää olevien ja eri-asteisten kaihiin vaikutus kalojen elintoimintoihin ja elinkykyyn tunnetaan huonosti. Meillä yleisimmän, *Diplostomum* -kaihin on koeoloissa havaittu vaikuttavan mm. kalojen energia-aineenvaihduntaan, sukukypsyyden saavuttamiseen, ravinnonhankintaan ja alttiuteen jäädä petojen saaliiksi (Peuhkuri ym. 2009). Viittä eri madetta petoina käytettäessä kukin niistä sai sekaparvesta enemmän saaliikseen kaihista kärsiviä kuin terveysilmäisiä kaloja (1-vuotiaita harjuksia; Kuva 16). Tulos oli samanlainen myös kokeessa, jossa petokala oli erilaista saalistustaktiikkaa käyttävä kuha (Kolari ym.).

Luonnossa suoritetussa istutuskokeessa 2-vuotiaiden nierioiden todennäköisyys tulla pyydytyksi 3 kuukauden kuluttua istutuksesta ei toisaalta ollut riippuvainen kaihin peittävydestä (Kuva 17; Peuhkuri et al. 2009).

- Kolari, I., Kuukka, H., Peuhkuri, N.. *Fish with cataracts fall prey more often than their healthy-eyed group mates.* (käsikirjoitus).
- Kolari, I., Kuukka-Anttila, H., Hirvonen, E., Heikkinen, T. ja T. Nurmio 2010. *Kaihin torjuminen lohikalaistukkaiden tuotannossa. Tulostavoiteraportti RKTL:n kalantutkimusyksikölle 21.12.2010.*
- Kuukka, H., Peuhkuri, N. & Kolari, I. 2006. *Viljeltyjen lohikalajien kaihi – kartoitus vuonna 2004. Kala- ja riistaraaportteja nro 377.*
- Kuukka-Anttila, H., Peuhkuri, N., Kolari, I., Paananen, T. & Kause, A. 2009. *Quantitative genetic architecture of parasite-induced cataract in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Heredity: doi: 10.1038/hdy. 2009. 123.*
- Peuhkuri, N., Bjerkås, E., Brännäs, E., Piironen, J., Primmer, G. and Taskinen, J. 2009. *Looking fish in the eye – cataract as a problem in fish farming. Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2009. TemaNord 2009:515. 58 p.*
- Seppänen, E., Kuukka, H., Voutilainen, A., Huuskonen, H. & Peuhkuri, N. 2009. *Metabolic depression and spleen and liver enlargement in juvenile Arctic charr exposed to chronic parasite infection. Journal of Fish Biology 74, 553–561. doi: 10.1111/j.1095-8649.2008.02144.x*
- Voutilainen, A., Valdez, H., Karvonen, A., Kortet, R., Kuukka, H., Peuhkuri, N., Piironen, J. & Taskinen, A. 2009. *Infectivity of trematode eye flukes in farmed salmonid fish – Effects of parasite and host origins. Aquaculture 293, 108–112.*



Kuva 16. Mateiden (5 eri yksilöä) saaliiksi laboratoriokeksessa jääneet kaihittu ja terveet harjukset (keskiarvo ja keskihajonta; toistojen lkm petoa kohden = 5). Kaihittu yksilöt joutuivat mateiden saalistamiksi tervesilmäisiä useammin.



Kuva 17. Luontoon istutettujen (stocked; n = 70) ja 3 kuukauden kuluttua takaisinpyydettyjen (caught n = 35) 2-vuotiaiden nieriöiden jakautuminen kaihin peittävyysluokkiin 1-8. Eloönjäänti näytti tässä tapauksessa olevan riippumaton kaihin asteesta.

2.6. Voidaanko istutuspoikasten laatua ja elinkykyä parantaa?

Tutkimusohjelman tuottamaa ja muuta käytettävissä olevaa tutkimustietoa soveltaen ohjelmassa kehitetään ratkaisuja ja käytäntöjä, jotka edesauttavat istutusten, kalastuksen ja suojelun yhteensovittamista ja parantavat istutusten taloudellista kannattavuutta.

Poikaslaadun parantamiseen tähtäävä työ on pääosin kokeellista tutkimusta, jossa viljelyolosuhteita ja -käytäntöjä muokkaamalla pyritään tuottamaan elinkyvyltään tavanomaista parempia istutuspoikasia. Elinkykyä mitataan ja arvioidaan sekä laboratorioanalyysissä että istutuskokeissa. Hyviksi osoittautuneet uudet ratkaisut ja toimintamallit viedään käytäntöön tarkentamalla vesiviljelyn ohjeistusta ja istutuspoikasten laadun kriteerejä.

Poikaslaadun parantamiseen tähtäävistä tutkimushankkeista merkittävin on Kainuun yksikössä vuoden 2008 alussa käynnistetty hankekokonaisuus Menestyvä istukas. Siinä tarkasteltaviksi tulevat mm. geneettisen laistumisen, kasvatusympäristön sekä kasvatusrehun määrän ja laadun vaikutus, samoin kuin istutusmenetelmät. Lisäksi hankkeessa tutkitaan harjoitettavissa olevien ominaisuuksien kuten lihaskunnan ja petojen välttämiskyvyn merkitystä. Tavoitteena on kehittää myös viljelylaitoksen tuotantomittakaavaan ja rutiinikäytäntöihin soveltuva kustannustehokas viljelymenetelmä luonnossa menestyvien lohi- ja taimenistukkaiden tuottamiseksi.

Istutuskoon suhteellinen merkitys on vähentynyt

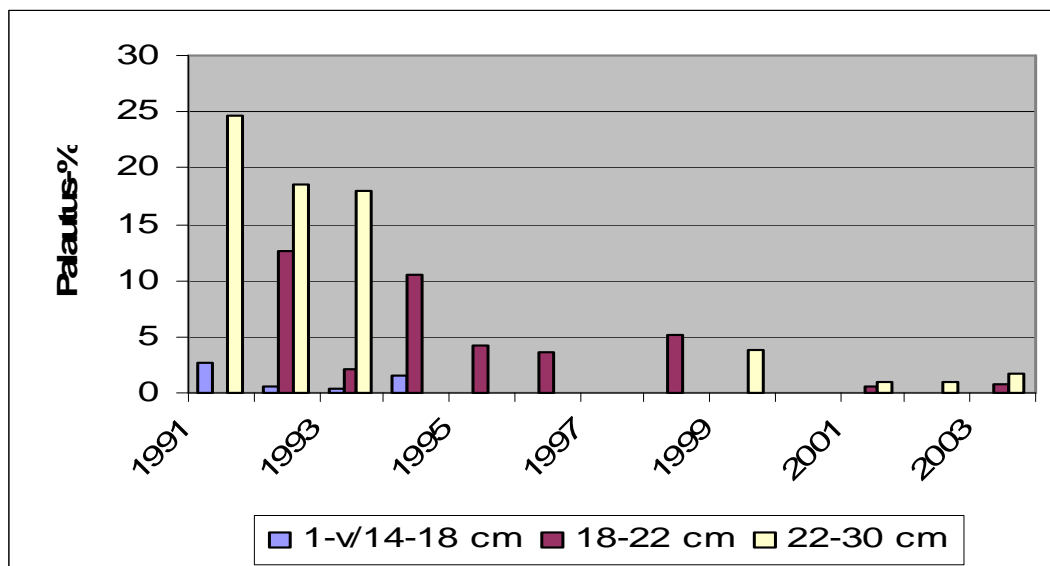
Suomenlahdelle ja Selkämerelle istutettavan nevanlohen vaelluspoikasten sopimuskasvatuksessa istutuskoko on ollut keskeinen laatuominaisuus, jolla on pyritty vaikuttamaan istutusten tuloksellisuuteen. Vuoden 1996 jälkeen 2-vuotiaiden poikasten tavoitekoko on Selkämerellä ollut yli 120

grammaa (noin 23 cm) ja Suomenlahdella 70–80 grammaa (19–20 cm). Yksivuotiaita vaelluspoikasia (50 grammaa, noin 17 cm) on käytetty vain Suomenlahdella (Salminen ym. 2004).

Sopimusviljelytyöryhmän (1993) suosituksen mukaiset ja edelleenkin käytössä olevat merialuekohtaiset vaelluspoikasten tavoitekoot perustuvat pääosin 1980-luvun ja 1990-luvun alun merkintätutkimusten tuloksiin, joiden mukaan esimerkiksi Selkämerellä istutuskoon suurentaminen paransi merkittävästi istutustuloksia ja myös vaimensi niiden vuosittaista vaihtelua.

Viime vuosina suurikaan istutuskoko ei ole Selkämerellä pystynyt takaamaan Carlin -merkinnöissä edes kohtuullisia palautustuloksia (Kuva 18). Aikasarja-analyysin mukaan istutuskoon merkitys ja käyttökelpoisuus nevanlohen istutustuloksiin vaikuttavana työkaluna onkin selkeästi vähentynyt aiemmasta (Kallio-Nyberg ym. 2009).

Kallio-Nyberg, I., Salminen, M. and, Saloniemi, I. & Kannala-Fisk, L. 2009. Marine survival of reared Atlantic salmon in the Baltic Sea: The effect of smolt traits and annual factors. Fisheries Research 96, 289–295.
Salminen, M., Kumm, P., Pasanen, P. ja Ikonen, E. 2004. Arvokalojen sopimuskasvatus 2004–2010. Työryhmämuistio. Kala- ja riistaraportteja 311.



Kuva 18. Nevanlohen Carlin -merkintöjen palautusprosentti Selkämerellä istutusvuosina 1991–2003. Palautustulos on laskettu erikseen kolmelle eri istutuskokoluokalle.

Menestyvä istukas: fyysinen harjoitus kehittää lohen poikasten lihaksia ja suorituskykyä

Menestyvä istukas -kokonaisuuden pisimmälle ehtineisiin osioihin kuuluu hanke, jossa on tutkittu voisiko poikasten fyysinen harjoittaminen laitokasvatuksen aikana parantaa niiden mahdollisuuksia selviytyä pitkästä, vaativasta merivaelluksesta. Projektissa on verrattu villien ja kasvatettujen kalojen lihasten aineenvaihduntaan ja suorituskykyyn liittyviä parametreja. Laboratorioanalyysien perusteella villien kalojen lihasten kyky tuottaa energiaa on vähintään 1,5 kertaa tehokkaampaa kuin kasvatetuilla (Anttila ym. 2008a; Anttila & Mänttari 2008). Kestävyysharjoittelu virtaavassa vedessä kuitenkin parantaa kasvatettujen lohen poikasten lihasten suorituskykyä lähemmäksi villien vastaavaa (Anttila

ym. 2006). Lihasten supistumiseen liittyvien tekijöiden tasot nousevat kaksiviikkoisen harjoittelun myötä noin kolminkertaiseksi verrattuna normaalisti kasvatettuihin. Myös uintikyky koeoloissa parani harjoittelun seurauksena (Anttila ym. 2008b).

Simojoella tehdyissä istutuskokeissa on havaittu, että erot lihasten aineenvaihdunnassa ja poikasten uintikyvyssä säilyvät myös luontoon istuttamisen jälkeen (Anttila ym. 2011). Kestävyysharjoittelun läpikäyneet poikaset vaelsivat 44 kilometrin matkan alavirtaan selvästi hitaammin kuin ilman harjoittelua jääneet standardipoikaset, mahdollisesti sen vuoksi että ne pystyivät uimaan näitä aktiivisemmin myös vastavirtaan. Hitaamman alasvaelluksen mahdolliset vaikutukset eloonjäantiin ovat kuitenkin vielä epäselvät. Koeryhmien suhteellista eloonjääntiä on tarkoitus vertailla koko merivaelluksen ajalta saatujen merkkipalautusten perusteella, mutta tältä osin laskelmat ovat keskeneräiset.

*Anttila, K., Jokikokko, E., Erkinaro, J., Järvilehto, M. & Mänttari, S. 2011. Effects of training on functional variables of muscles in reared Atlantic salmon *Salmo salar* smolts: connection to down-stream migration pattern. *Journal of Fish Biology* (2011) 78, 552–566.*

*Anttila, K., Mänttari, S. & Järvilehto, M. 2006. Effects of different training protocols on Ca²⁺ handling and oxidative capacity in skeletal muscle of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Experimental Biology*, 209, 2971-2978.*

*Anttila, K. and Mänttari, S. 2008. Ultrastructural differences and histochemical characteristics in swimming muscles between wild and reared Atlantic salmon. *Acta Physiol*; doi:10.1111/j.1748-1716.2008.01911.x.*

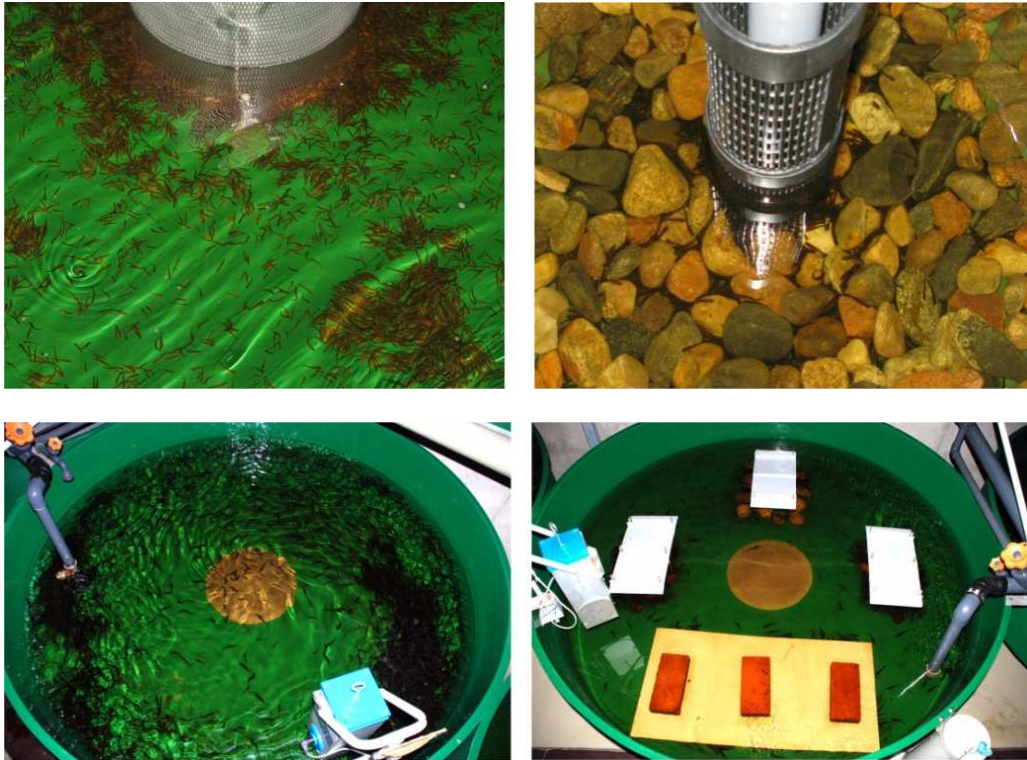
*Anttila, K., Mänttari, S. & Järvilehto, M. 2008a. Ca²⁺ handling and oxidative capacity are greatly impaired in swimming muscles of hatchery-reared versus wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65, 10-16.*

*Anttila, K., Mänttari, S. & Järvilehto, M. 2008b. The swimming performance of brown trout and whitefish: the effects of exercise on Ca²⁺ handling and oxidative capacity of swimming muscles. *Journal of Comparative Physiology*, 178, 465–475.*

Menestyvä istukas: virikekasvatus tuottaa parempia lohen ja taimenen poikasia

Menestyvä istukas kokonaisuudessa on meneillään laaja koesarja, jossa luonnon- ja laitosalkuperää olevien emotaimenten ja -lohen poikasia kasvatetaan perinteisen, virikkeettömän kasvatusaltaan asemesta luonnonympäristöä jäljittelevissä oloissa. Uudessa ns. virikekasvatuksessa jäljitellään luonnon ajallista ja paikallista vaihtelua muuttamalla tärkeimpiä ympäristötekijöitä kuten suojapaikkojen määrää ja niiden rakennetta, veden korkeutta ja virtaamaa sekä ravinnon jakautumista koko kasvatuskauden ajan. Pyrkimyksenä on totuttaa istutettavat kalat jo kasvatuksen aikana erilaisiin ja epä-säännöllisiin ympäristön muutoksiin, joita ne joka tapauksessa tulevat kohtaamaan luonnon vesissä (Hyvärinen ym. 2011).

Virikealtaissa tarvittavat lisärakenteet, kuten allasratkaisut sekä vesitys, on pyritty kehittämään helposti muunneltaviksi ja soveltuviksi rutiinituotantoon olosuhteiltaan ja rakenteiltaan erilaisissa viljelylaitoksissa. Yksinkertaisinta on mädin ja vk-poikasten virikekasvatus: altaan pohjalle on laitettu kerros puhdistettua seulottua soraa, jonka raekoko on noin 30–60 mm., vesitys on säädetty n. 10 cm korkeuteen soran päälle ja virtaama on pidetty tasaisena koko haudontajakson ajan. Varttuneempien kalojen kasvatuksessa käytettyihin altaisiin (Kuva 19) on puolestaan rakennettu suojapaikkoja luonnon kivistä, tiilistä, erilaisista muovirakenteista ja vesivanerista. Suojapaikkojen rakennetta ja kokoa on muutettu kalojen ja altaiden kasvaessa.

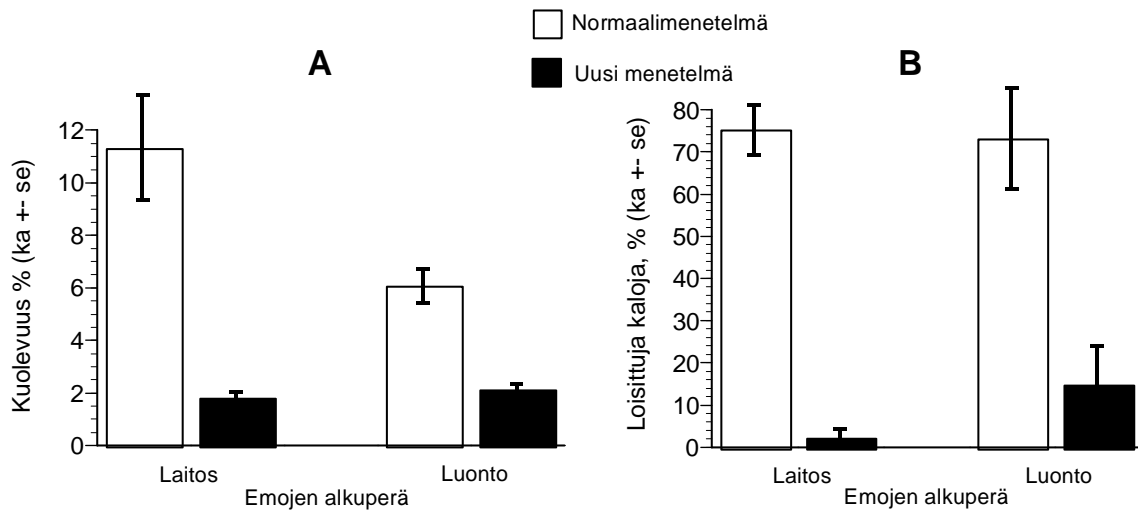


Kuva 19. Uusilla kasvatusmenetelmillä istutuspoikasia totutetaan luonnonmukaiseen ympäristöön jo pienpoikaskasvaiheessa. Vasemmalla ylhäällä vastakuoriutuneita poikasia tavallisessa kasvatusaltaassa, oikealla piiloutuneena virikealtaassa olevan soran sekaan. Vasemmalla alhaalla jatkokasvatuksessa käytetty standardiallas, oikealla virikeallas.

Ruokinnassa on käytetty tavallisia rehuja, ruokinta-automaatteja ja menetelmiä. Kalojen kannalta ruokinta kuitenkin poikkeaa oleellisesti standardikasvatukseen verrattuna, sillä virikealtaiden rakenteet ja vesitysmuutokset saavat yhdessä aikaan sen, että rehun jakautuminen altaaseen muuttuu erilaiseksi jokaisen säädön yhteydessä.

Virikekasvatettujen poikasten ominaisuuksia on testattu monipuolisesti Paltamon aseman koevirroissa, testialtaissa ja luonnonmukaisissa koeympäristöissä. Lähivuosina odotellaan tietoja virikekasvatettujen kalojen menestymisestä myös luonnonvesistä. Viriketaimenia ja -lohia on jo istutettu merkittyinä mm. Oulujärveen ja Perämereen.

Laitos- ja koeoloissa tutkimustulokset ovat olleet lupaavia. Ensimmäisissä, syksyllä 2007 käynnistetyissä kasvatuskokeissa havaittiin että virikekasvatus mm. vähentää taimenen poikasten evävaurioita ja herkkyyttä loistaudeille (*Costia = Ichtyobodo nacator*) sekä pienentää niiden kuolevuutta kasvatuksen aikana (Hoffman 2008; Kuva 20). Luonnonmukaisemmin kasvatetut taimenet olivat myös vahvempia uimareita ja pystyivät koeolosuhteissa hyödyntämään tarjolla olevaa elävää luonnonravintoa tehokkaammin kuin normaalimenetelmällä kasvatetut (Hoffman 2008). Lisäksi virikekasvatus paransi poikasten kykyä sietää stressiä ja välttää petoja (Ylivinkka 2009).



Kuva 20. A) Taimenten kuolleisuus oli vähäisempää uudessa luontoa jäljittelevässä kuin normaalissa laitosviljelyssä. Kasvatusympäristön vaikutus oli suurempi laitoskannassa. B) Luontoa jäljittelevässä viljelyssä loisittujen kalojen osuus oli pienempi.

Edellä kuvatut ensimmäiset testaukset tehtiin kaksikesäisillä (1+) taimenilla, joiden virikekasvatus oli aloitettu yksikesäisenä (0+) edellisen vuoden elokuussa (Hoffman 2008). Seuraavat, keväällä 2009 käynnistetyt kasvatustestit aloitettiin sen sijaan vastakuoriutuneilla poikasilla toukokuun alussa ja keväällä 2010 käynnistetyt testit jo silmäpisteasteen mädillä huhtikuun alusta alkaen.

Vuonna 2009 aloitetuissa kokeissa kasvatettiin yhtä aikaa samanlaisilla menetelmillä Vuoksen vesistöalueen järvilohikantaa ja Torniojoen merilohia, jota oli sekä laitoskanta että villien emokalojen poikasita. Keväällä 2010 testissä olivat Torniojoen lohesta samanlaiset kasvatusryhmät kuin vuonna 2009 ja lisäksi poikasita Oulujoen merilohen ja Oulujoen vesistöalueen järvitaimenen laitoskannoista.

Myös näissä kokeissa saadut tulokset olivat jälleen hyvin selkeitä. Kaikkien neljän kalakannan ensimmäisen kasvukauden aikainen (kesäkuun alusta syyskuun loppuun) kuolleisuus oli standardialtaissa keskimäärin kaksi kertaa suurempi kuin saman kalakannan virikealtaissa. Lisäksi Torniojoen merilohikannan sekä laitosemojen että villien emojen poikasten kuolleisuus oli suurempaa standardikasvatuksessa kuin virikealtaissa. Tulos oli yhdenmukainen molempina tutkimusvuosina 2009 ja 2010.

Sora-altaissa haudotusta mädistä syntyneet poikaset olivat ruskuaispussivaiheen lopussa pidempiä ja painavampia kuin standardipoikaset. Todennäköisesti vk-poikaset pystyivät hyödyntämään energiavarojaan soran suojassa paremmin kuin tavallisilla avoimilla haudonta-aseteilla. Suuremmalla alkukoolla puolestaan on todennäköisesti ollut positiivinen vaikutus kalojen eloonjääntiin ruokinnan alkuvaiheessa. Tulokset mädin ja vk-poikasten eloonjäännistä sora-altaisiin laittamisesta ruokinnan starttivaiheeseen olivat sen sijaan vaihtelevia (80–99 %) eri kalakantojen välillä. Joissakin tapauksissa eloonjäänti oli parempi tavallisilla haudonta-aseteilla, toisissa taas sora-altaissa.

Virikekasvatuskokeiden yhteydessä on myös tutkittu vaikuttaako emokanta (luonnon- vai laitoskanta) ja kasvatusympäristö yksivuotiaiden lohenoikasten aivojen kokoon ja rakenteeseen ja sitä kautta niiden ravinnonsaantiin (Pircklén 2010). Tulosten mukaan poikasten koon kasvaessa luonnonemojen poikasten aivot kasvoivat toisen ja kolmannen laitospolven emokalojen poikasten aivoja

nopeammin. Aivojen osista mm. liikkeiden säätelyssä ja ympäristön havainnoinnissa tärkeät pikkuaivot olivat luonnonkannan poikasilla selkeimmin isommat suhteessa aivojen kokonaistilavuuteen kuin laituskannan kaloilla. Lisäksi luonnonemojen virikealtaissa kasvatettujen poikasten ravinnonhankinta oli sitä tehokkaampaa, mitä suuremmat niiden pikkuaivot olivat.

Tähänastisten tulosten perusteella uusi luonnonmukainen kasvatusmenetelmä näyttäisi olevan vanhaa standardimenetelmää kustannustehokkaampi pienemmän kuolleisuuden ja vähäisemmän loistautien hoitotarpeen vuoksi. Tuloksilla voi olla taloudellisia etujakin arvokkaampi merkitys istutuskalakantojen perinnöllisen monimuotoisuuden paremman säilyttämisen kannalta, koska pienempi kokonaiskuolevuus todennäköisesti tasoittaa mahdollisia perheiden välisiä kuolevuuseroja.

Hoffman, A. 2008. The ability of brown trout (Salmo trutta) to capture and eat live prey in dependence on rearing methods. Bachelor thesis. University of Cologne Faculty of Mathematics and Natural Sciences. Department of Biology.

Hyvärinen, P., Korhonen, P., Leinonen, A. ja H. Hirvonen 2011. Virikepoikanen pärjää paremmin. Istukastuotannon luonnonmukaiset menetelmät vähentävät kasvatusaikaista kuolevuutta. Kalankasvattaja 1/2011, 34–37.

Pircklén, N. 2010. Geneettisen laitostumisen ja kasvatusympäristön vaikutukset lohenpoikasten aivojen kasvuun ja rakenteeseen sekä ravinnonhankintakäyttäytymiseen. Pro gradu. Helsingin yliopisto. Biotieteiden laitos. Ekologia ja evoluutiobiologia.

Yli-Vinkka, M. 2009. Uhanalaisen taimenkannan istukaspoikasten elinkyky: domestikaation, kasvatusympäristön ja yksilöllisten ominaisuuksien merkitys. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Ekologia ja evoluutiobiologia.

Menestyvä istukas: ruokintaa rajoittamalla voidaan mahdollisesti tuottaa nykyistä elinkykyisempiä istutuspoikasia

Lohen vaelluspoikaset ovat aiempaa lihavampia (sivu 34) ja yhä useammin myös varhaiskypsiä (s. 32–33). Kasvatusrehujen rasva- ja energiapitoisuuden lisääntyminen ja ruokinnan tehostuminen ovat todennäköisesti tärkeimmät tekijät, jotka selittävät näitä muutoksia. RKTL:n sopimuskasvatuksessa lohen vaelluspoikasten lihomista on pyritty rajoittamaan asettamalla lunastettavien poikasten kunto-kertoimen ylärajaksi 0,95 (s. 34). Menestyvä istukas -hankkeen keskeisiin osatutkimuksiin kuuluu lisäksi koesarja, jossa on pyritty laajoilla koekasvatuksilla selvittämään, miten ravinnon määrä ja laatu vaikuttavat poikasten kuntoon, vaellusvalmiuteen ja elinkykyyn. Tavoitteena on myös ollut kehittää nykyiselle standardiruokinnalle vaihtoehtoinen dieetti, joka takaisi nykyistä paremman vaellusvalmiuden ja elinkyvyn.

Ruokinnan merkityksen selvittäminen käynnistyi 2004–2005 toteutetulla esitutkimuksella, jossa nevanlohen 2-vuotiaiden vaelluspoikasten toisen talven (2004–2005) kasvatuksessa käytettiin rinnakkain kolmea rasvapitoisuudeltaan erilaista rehua (Salminen ym.). Runsasrasvaisella nykyrehulla (rasvaa 25,6 %) ruokituilla poikasilla oli tulosten mukaan enemmän vararavintoa ja korkeampi kunto-kerroin kuin norjalaista mereensiirtorehua (23,0 %) tai 1980-luvun reseptillä valmistettua rehua (18,1 %) syöneillä poikasilla. Poikasten vaellusvalmiudessa tai Carlin -merkittyjen yksilöiden menestyksessä Suomenlahdella ei kuitenkaan havaittu eroja koeryhmien välillä. Rehusta riippumatta kaikki ryhmät myös menestyivät meressä yhtä huonosti kuin vuoden 2005 istukkaat yleensäkin. Ainakaan kasvatuk-

sen loppuvaiheessa toteutettu siirtyminen vähärasvaisempaan rehuun ei siis pystynyt tuottamaan eloonjäänniltään nykyistä parempia poikasia.

Menestyvä istukas -hankkeessa vuosina 2008–2009 toteutetuissa laajemmissa kasvatuskokeissa testattiin rinnakkain neljää eri dieettivaihtoehtoa:

- Standardikasvatus (ST): ei muutoksia rehun rasvapitoisuuteen (24 %) eikä määrään
- Kevätdieetti (KD): aluksi (16.5.–30.6.2008) rajoitettua ruokintaa: rehun rasvapitoisuus 10 %, ruokinnan määrä 50 % standardista (kalat paastolla joka toinen päivä), lopuksi (1.7.2008–31.5.2009) standardikasvatusta
- Talvidieetti (TD): aluksi (16.5.–29.10.2008) standardikasvatusta, sitten 7 kk ajan (30.10.2008–31.5.2009) rajoitettua ruokintaa eli standardirehu, mutta vain 15 % standardimäärästä (ruokintapäivien välillä aina 6 vrk:n paasto)
- Kevät + talvidieetti (KD+TD): aluksi (16.5.–30.6) kevätdieetti, sitten (1.7.–29.10.2008) standardikasvatusta ja lopuksi (30.10.–31.5.) talvidieetti

Lähtömateriaalina kokeissa oli 16000 Oulujoen lohen 1-vuotiaista poikasta (6 g). Kasvatusvaiheen jälkeen kalat istutettiin merkittyinä (PIT- ja T-merkki) Oulujoen Merikosken kalaportaaseen 29.5.–1.6.2009.

Eri tavoin ruokittujen lohieriä tutkittiin ja testattiin monipuolisesti kasvatuksen aikana. Istutuksen jälkeen niiden menestymistä luonnossa seurataan aina kutuvaellukseen saakka, joka viimeistään yksilöiden osalta toteutuu viimeistään vuonna 2013. Seuranta perustuu T-merkeistä kertyviin palautuksiin sekä vaellukselta palaavien kalojen havainnointiin istutuspaikalle asennetuilla PIT -merkit tunnistavilla antennilla. Poikasia kasvatettaessa ja istutuksen yhteydessä on kuitenkin jo tehty mielenkiintoisia havaintoja eri dieettien vaikutuksesta poikasten fysiologisiin ominaisuuksiin ja käyttäytymiseen (Huusko 2010).

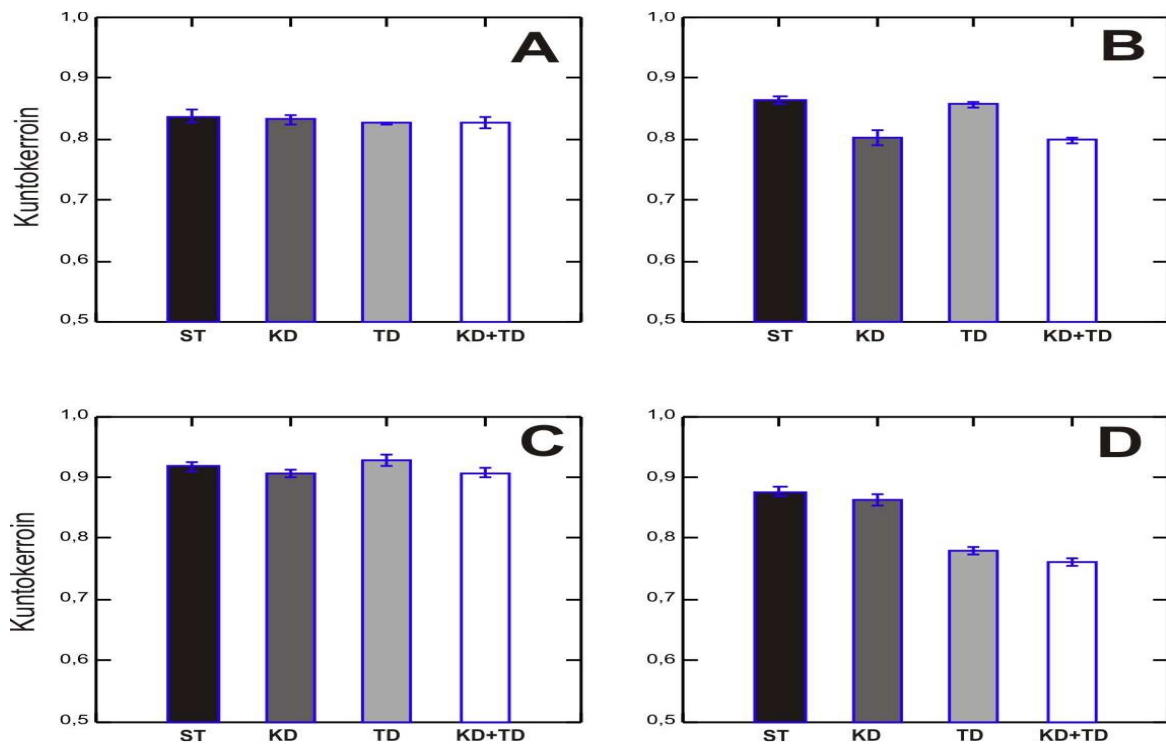
Dieettikasvatuksessa olleet lohet olivat istutusvaiheessa standardipoikasia lyhyempiä (talvidieetti-poikasia lukuun ottamatta) ja kevyempiä (Huusko 2010). Kuntokertoimeltaan ja kokonaisrasvapitoisuudeltaan standardipoikasista erosivat talvidieetin ja yhdistetyn kevät- ja talvidieetin poikaset (Kuva 21). Dieettikasvatus, erityisesti kevät- ja talvidieetin yhdistelmä, heikensi lohien selkävien kuntoa. Rintaevät olivat puolestaan kaikilla lohilla hyvässä kunnossa.

Kasvatusaikana kuolevuudessa ei havaittu eroja kasvatusmenetelmien välillä (Huusko 2010). Kevätdieettikasvatus vähensi varhaissukukypsien koiraiden osuutta istutusta edeltävänä syksynä. Istutettaessa kaikkien käsittelyjen lohet olivat hyvin hopeoituneita. Talvidieetti-poikaset lähtivät kuitenkin aktiivisemmin pois istutuspaikalta kuin standardi- ja kevätdieetti-poikaset (Kuva 22).

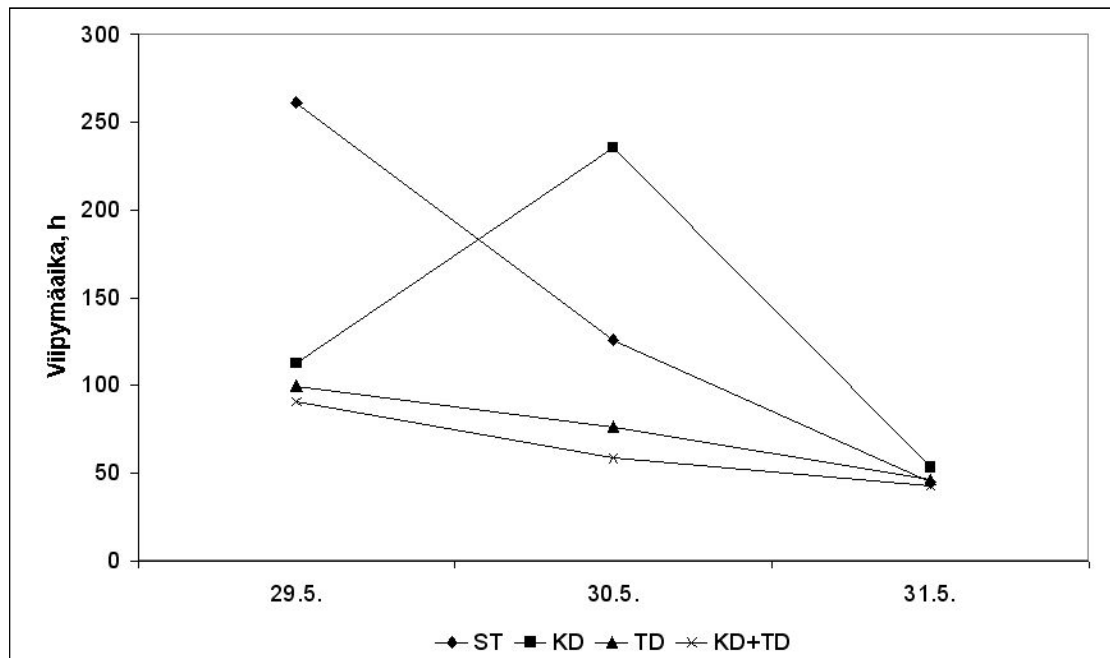
Tähänastiset tulokset osoittavat että ruokinnan muutoksilla voidaan vaikuttaa vaelluspoikasten rasvapitoisuuteen ja kuntokertoimeen, ja näiden kautta mahdollisesti istutustulokseen ja lohikannan tilaan. Näitä vaikutuksia päästään kuitenkin arvioimaan tarkemmin vasta merkkipalautustietojen karttuessa.

Huusko, R. 2010. Kasvatusravinnon määrän ja laadun vaikutus lohen (Salmo salar L.) vaelluspoikasiin. Pro gradu – tutkielma. Oulun yliopisto. Biologian laitos.

Salminen, M., Pasternack, M. & Heinimaa, P. Do modern diets produce viable salmon smolts (Salmo salar) for sea-ranching? – A preliminary study. Manuscript.



Kuva 21. Eri kasvatuskäsittelyjen (ST = standardi, KD = kevätdieetti, TD = talvidieetti, KD+TD = yhdistetty kevät- ja talvidieetti (kussakin n = 4)) lohien kuntokerroimet CF (keskiarvo ± SE) mittauskerroilla A) 7.5.-14.5.2008, B) 7.7.-10.7.2008, C) 6.10.-16.10.2008 ja D) 13.5.-20.5.2009.



Kuva 22. PIT -merkittyjen lohien vaelluspoikasten viipymääjan (tuntia) mediaanit eri istutuspäivinä käsittelyittäin (ST = standardi, KD = kevätieetti, TD = talvidieetti, KD+TD = yhdistetty kevät ja talvidieetti).

Menestyvä istukas: kalojen kuljetus- ja istutusstressiä voidaan vähentää istutustapahtumaa pehmentämällä

Fysiologisesti herkässä vaelluspoikasvaiheessa tapahtuva istutuskuljetus istutuspaikoille aiheuttaa kaloille aina huomattavaa lisästressiä, joka saattaa lisätä niiden alkukuolevuutta ja heikentää siten istutusten tuloksia. Kuljetusmenetelmissä on myös tapahtunut teknistä kehitystä, jonka vaikutuksia kuljetettavien kalojen fysiologiaan ei tarkoin tunneta. Uudet tehokkaat hapetuslaitteet saattavat mm. aiempaa helpommin johtaa kaloille haitalliseen hapen ylikyllästykseen kuljetusvedessä. Nyrkki-sääntöä, jonka mukaan kokonaiskaasunpaine ei saisi kuljetuksessa ylittää 105 ja typen kyllästysaste 110 prosenttia, ei välttämättä ole aina helppo noudattaa. Vaikeuksia voivat aiheuttaa myös lisääntyvät kustannuspaineet, jotka saattavat houkuttaa kuljetustiheyksien vaaralliseen kasvattamiseen.

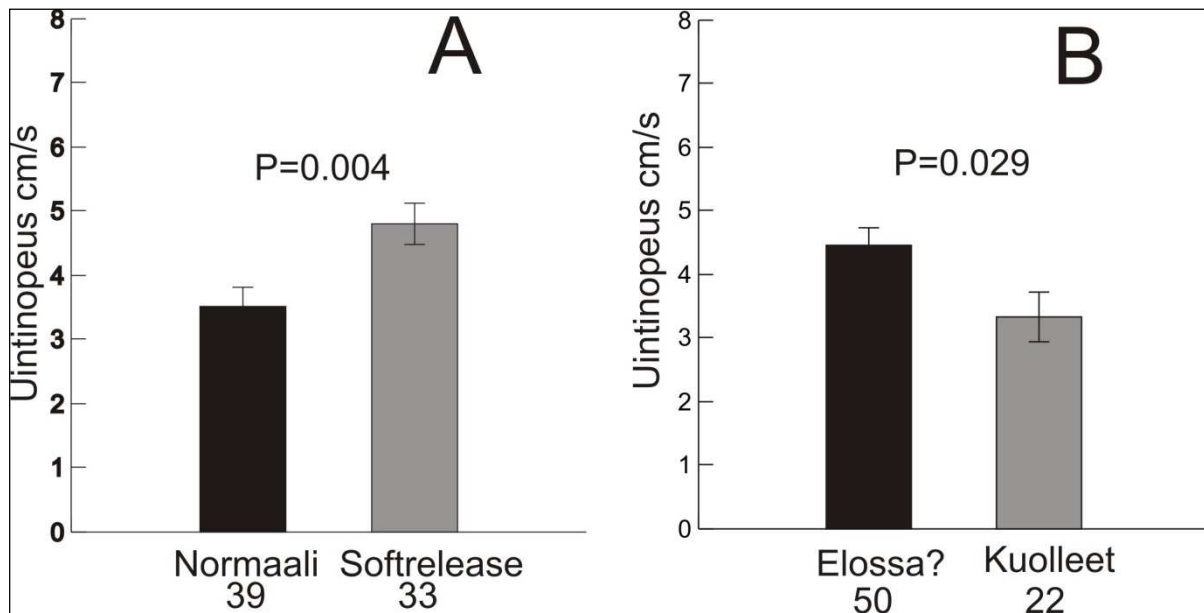
Menestyvä istukas -hankkeen yhteydessä on käynnistetty tutkimus, jossa selvitetään kuljetusstressin vaikutusta istutuskalojen fysiologiaan ja käyttäytymiseen ja kehitetään menetelmiä kuljetus- ja istutusstressin alentamiseen. Tähänastisissa testeissä on mm. havaittu että 30 minuutin kuljetus ja sitä seuraava suora ”istutus” luonnollista virtaa jäljittelevään tutkimuskanavaan lisäsi kalojen stressiä indikoivan kortisolin määrää lohen vaelluspoikasten veren plasmassa ja muutti niiden käyttäytymistä vertailuryhmään verrattuna (Rodewald ym. 2010).

Toisessa kokeessa verrattiin 3 tunnin ajan kuljetettujen radiomerkittyjen vaelluspoikasten stressivastetta ja vaellukselle lähtöä suorassa ja 24 tunnin toipumisajan jälkeen tehdyssä ”pehmeässä” istutuksessa Varisjoella 2 km päässä ylävirtaan Oulujärveltä (Rodewald ym. 2010, Hyvärinen ym. 2010). Tulosten mukaan pehmeästi istutettujen kalojen plasman kortisolipitoisuus oli selvästi laskeutunut kuljetuksen jälkeen mitatusta ja niiden vaellus alavirtaan oli alkumatkalla (ensimmäiset 150 m) nopeampaa kuin suoraan istutetuilla (Kuva 23). Myöhemmin alempana joessa havaittu uintinopeus korreloi positiivisesti alkumatkan uintinopeuden kanssa. Lisäksi myöhemmin kuolleiksi todettujen kalojen alkumatkan uintinopeus oli hitaampi kuin tutkimusjakson aikana mahdollisesti eloonjääneiden kalojen uintinopeus. Mahdollisesti eloonjääneiden kalojen lopullista kohtaloa ei tosin pystytty varmistamaan. Suoran istutuksen kaloja määritettiin kuolleen yhteensä 19 ja pehmeästi istuttuja kaloja 14.

Vaikka kuolleiksi todettujen kalojen määrässä ei ollutkaan eri istutusryhmien välillä suuria eroja, nämä alustavat tulokset antoivat kuitenkin viitteitä siitä, että pehmeän istutusmenetelmän avulla voitaisiin parantaa kalojen selviytymistä istutuksen jälkeisinä predaation kannalta kriittisinä ensimmäisinä päivinä.

Hyvärinen, P., Laaksonen, T., Korhonen, P., Moilanen, J., Karvonen, P., Rodewald, P. ja Leinonen, A., Hirvonen, H. ja A. Vainikka 2010. Kainuun vaelluskalahanke. Merilohen vaelluspoikastutkimukset Oulujärvellä v. 2010. Tutkimusraportti.

Rodewald, P., Hyvärinen, P., Vainikka, A. and H. Hirvonen 2010. Does soft release of endangered Atlantic salmon improve stocking success by reducing stress? Esitelmätiivistelmä.

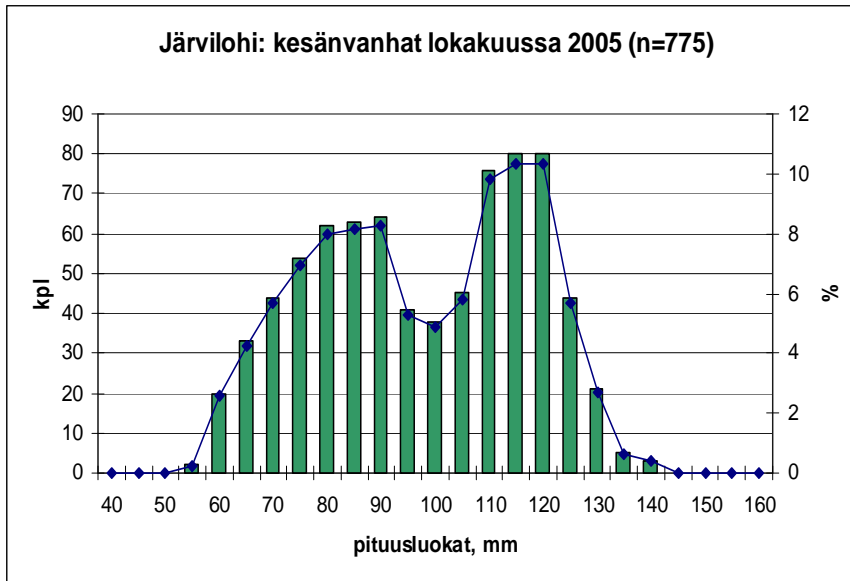


Kuva 23. A) Suoraan (normaali) ja pehmeästi (softrelease) istutettujen lohien vaellusnopeus ensimmäisen istutuspaikan alapuolisen kuunteluaseman kohdalle (150 m matka). B) Samaan kuunteluasemaan tallentuneiden kalojen alkumatkan uintinopeus eläviksi tai myöhemmin kuolleiksi todetuilla kaloilla. Kysymysmerkki on lisätty siksi, että kalojen elävyyttä tarkkailun lopussa ei voitu varmistaa.

Tulisiko osa kunkin kasvatuserän vaelluspoikasista istuttaa jo 1-vuotiaana?

Kuten lohien, myös Vuoksen vesistöön istutettujen järvilohien menestyminen on ollut viime vuosina hyvin heikkoa. Saaliit ovat olleet niukkoja ja kudulle palaavien lohien määrä on erittäin pieni (noin 0,05 % istukkaista). Erityisesti järvilohi-istutusten ongelmiin liittyen RKTL on käynnistänyt hankkeen, jossa tutkitaan järvilohien istukaspoikasten ominaisuuksia sekä niihin vaikuttavia tekijöitä kasvatuskierron eri vaiheissa ja istutusten jälkeen luonnossa. Istutuspoikasten laadun ja eloonjäännin parantamiseen tähtäävissä kokeissa keskeinen hanke on ns. tuotannonohjauksen kokeilu. Ideana on jakaa järvilohien kasvatusparvi eri istutusvuosille sen mukaisesti, miten se luonnostaan jakautuu 1- ja 2-vuotiaana ensimmäistä kertaa vaellusvalmiuden saavuttaviin yksilöihin (Kuva 24).

Tuotannonohjausta sovellettaessa vältetään 1-vuotiaana vaellusvalmiiden yksilöiden turhalta toisen vuoden kasvatukselta. Toimiessaan menettely siis alentaisi viljelykustannuksia ja todennäköisesti myös parantaisi istutuspoikasten keskimääräistä laatua ja eloonjääntiä. Jos menetelmä sopii järvilohelle, sopii se hyvin todennäköisesti myös lohelle. Alustavia tuloksia tutkimuksesta odotetaan saatavan kolmen neljän vuoden kuluessa.



Kuva 24. Järvilohen kesänvanhalle kasvatusparvelle tyypillinen kaksihuippuinen pituusjakauma, jossa jo seuraavana keväänä (1-vuotiaana) vaellusvalmiuden saavuttavat yksilöt erottuvat muita suurempina.

Kaihia voidaan torjua – ainakin silloin kun se on loisen aiheuttamaa

Merkittävä osa viljellyillä lohikaloilla Suomessa havaituista kaihitapauksista on ollut *Diplostomum*-loisen aiheuttamia. Pääsääntöisesti kaikilla laitoksilla, joilla loista on havaittu esiintyvän, kaihi on ollut yleisempää kuin laitoksilla, joilla loista ei ole esiintynyt.

Kalanviljelylaitoksen sisältäisiin loisen toukat joutuvat tuloveden mukana. Toukkien määrä riippuu siitä, millaiselta vesialueelta laitos ottaa vetensä. Mahdollisuudet vaikuttaa luonnonvesien kotilo- tai lintukantoihin ovat pienet. Tulovesiputken siirtäminen syvänteisiin saattaa korjata tilannetta.

Loistoukkien pääsyä kala-altaisiin saakka voidaan yrittää estää veden käsittelyllä, esimerkiksi otsonoinnilla tai säteilytyksellä. Nämä menetelmät voisivat hyödyttää kalankasvatusta paitsi *Diplostomum*-tartunnan estämisen, myös muiden patogeenien karsimisen suhteen. Toisaalta on viitteitä siitä, että veden säteilytys voi myös aiheuttaa loisetonta kaihia.

Yksi tapa vähentää tai jopa kokonaan estää *Diplostomum*-infektio ja loiskaihin kehittyminen, on tuloveden mekaaninen suodattaminen. Tätä on testattu RKTL:n Saimaan laitoksella ja alustavien tulosten perusteella veden suodattaminen talvikauden ulkopuolella (*Diplostomum* infektoi linnain vain kun lämpötila >10 °C) vähentää merkittävästi kaihin kehittymistä. Suodattamattomassa vedessä kasvatetuilla kaloilla oli kesänvanhana kaihia 41 %:lla (n=817), ja suodatetussa vedessä kasvatetuilla 4 %:lla (n=922), vuodenvanhoina vastaavat osuudet olivat 78 % (n=551) ja 25 % (n=751), 2-vuotiaana 98 % (n=174) ja 47 % (n=238). Veden suodatus vähensi oleellisesti nierien silmäamentumien esiintymistä. Lisäksi kaihit, joita suodatetussa vedessä kasvatetuilla kaloilla havaittiin, olivat valtaosin hyvin pieniä (Kuva 25).

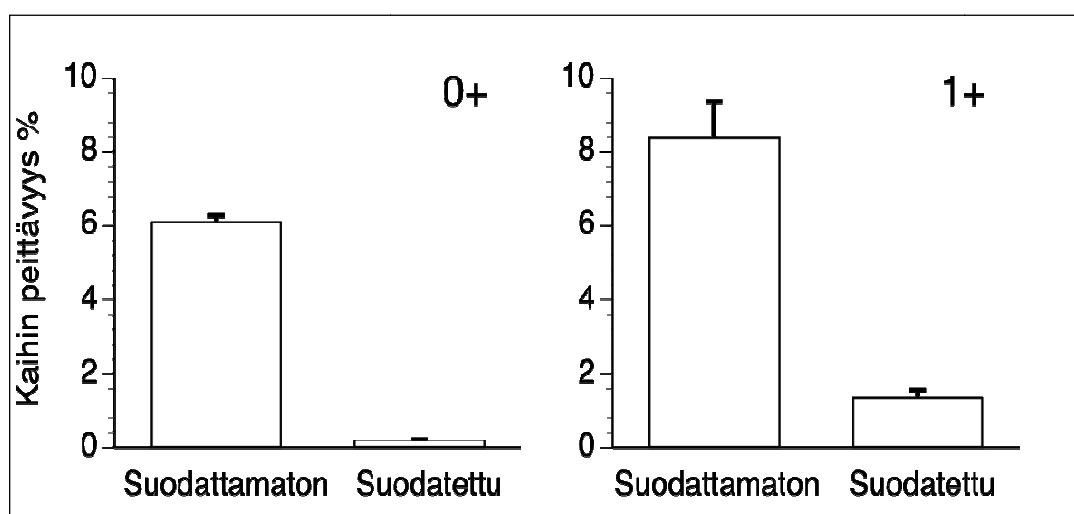
Kalanviljelylaitosten ulkoaltaisissa kaloja voivat infektoida joko tuloveden mukana tulleet *Diplostomum* tai altaissa elävistä *Lymnea* -kotiloista vapautuvat toukat. Kattaminen voisi ainakin osaltaan ehkäistä lokiin ulosteiden mukana kulkeutuvien loisen munien päätyminen kotiloihin. Myös jossain määrin käytössä oleva ulkoaltaiden tyhjentäminen ja kalkitseminen vaikeuttavat todennäköisesti

loisen elinkiertoa tuhoamalla kotilot ainakin väliaikaisesti. Ruokakalaksi kasvatettavilla kaloilla voidaan harkita myös valintajalostusta, joka pienentää viljeltävän kannan alttiutta Diplostomon – tartunnalle (Kuukka-Anttila et al. 2009).

Kolari, I., Kuukka-Anttila, H., Hirvonen, E., Heikkinen, T. ja T. Nurmio 2010. Kaihin torjuminen lohikalaistukkaiden tuotannossa. Tulostavoiteraportti RKTL:n kalantutkimusyksikölle 21.12.2010.

Kuukka-Anttila, H., Peuhkuri, N., Kolari, I., Paananen, T. & Kause, A. 2009. Quantitative genetic architecture of parasite-induced cataract in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Heredity*: doi: 10.1038/hdy.2009.123.

Peuhkuri, N., Bjerås, E., Brännäs, E., Piironen, J., Primmer, G. and Taskinen, J. 2009. Looking fish in the eye – cataract as a problem in fish farming. *Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2009. TemaNord 2009:515. 58 s.*



Kuva 25. Kaihin peittävyysprosentti (keskiarvo ja 95% luottamusväli) kalan silmää kohti suodattamattomassa ja suodatetussa vedessä kasvatetuilla 0+ ja 1+ -ikäisillä nieriöillä. Otoskoot: 0+ suodattamaton = 816 kalaa, 0+ suodatettu = 922; 1+ suodattamaton = 561, 1+ suodatettu = 754 kalaa (Peuhkuri, N., Kuukka, H. & Kolari, I., julkaisematon).

Voidaanko rannikkojokien purotaimenkantojen avulla palauttaa menetettyjä meritaimenkantoja?

Purotaimen- ja meritaimenkantojen vaellusta, kasvua, eloonjääntiä ja perinnöllistä muuntelua verrattiin kahdessa istutuskokeessa. Tutkimus perustui risteytyskokeisiin, Carlin-merkintään, istutuskokeisiin ja mikrosatelliitti DNA muuntelun analysointiin.

Viantienjokeen istutetut lijoen meritaimen, Ohtaajan purotaimen ja niiden risteymätaimen vaelisivat kaikki samalla tavalla. Noin 70 % kunkin ryhmän palautuksista saatiin merestä. Myös kaikkien ryhmien kalat kasvoivat yhtä suuriksi meressä. Risteymätaimenista selvisi suurempi osuus pyyntipituisiksi (2,3 %) kuin puhtaista linjoista (1,1 %). Toisessa vertailussa kuitenkin (Meri)Karvianjokeen istutetut Isojoen meritaimen ja Karvianjoen purotaimen lähtivät erilailla merivaellukselle. Karvianjoen purotaimenista lähti merivaellukselle vain noin 30 %, kun taas Isojoen meritaimenista merivaellukselle lähti 85 %. Istutusvuonna pyydytetyt purotaimenet olivat pienempiä kuin meritaimenet, mutta

kasvuero kuitenkin tasoittui toisen vuoden aikana. Isojoen taimenista selvisi myös pyyntikokoiseksi suurempi osuus (1,3 %) kuin Karvianjoen purotaimenista (0,6 %). Geneettisten etäisyyksien perusteella kannat ryhmittäytyivät enemmän kotijoen (Iijoki, Isojoki, Karvianjoki) kuin vaelluskäyttäytymisen tai elinkierron mukaisesti. Pareittaisissa vertailuissa meritaimen oli geneettisesti hieman monimuotoisempi kuin purotaimen.

Tulosten perusteella osalla purotaimenista saattaa olla voimakas vaellustaipumus ja niiden kasvupotentiaalikin voi olla yhtä hyvä kuin meritaimenilla, joten niiden geneettinen materiaali voi olla soveliaista merivaelteisten kantojen palauttamiseen ja merialueen taimenkantojen hoitoon.

Kallio-Nyberg, I.; Jutila, E.; Koljonen, M.-L.; Koskiniemi, J.; Saloniemi, I. 2010. Can the lost migratory Salmo trutta stocks be compensated with resident trout stocks in coastal rivers? Fisheries Research 102(1–2): 69–79.

Kallio-Nyberg, I., Jutila, E., Koljonen, M.-Liisa, Koskiniemi, J., Saloniemi, I. 2010. Kan bäcköringen rädda havsöringbeståndet? Fiskeritidskrift för Finland 3/2010: 10-11.

Kallio-Nyberg, I., Jutila, E., Koljonen, M.-Liisa, Koskiniemi, J., Saloniemi, I. 2010. Meritaimenkannan palauttaminen purotaimenen avulla. Suomen Kalastuslehti 4/2010: 20–23.

3. Järvilohi, järvitaimen ja saimaannieriä

Istutustutkimusohjelman painopiste on lohi- ja meritaimenistutuksissa. Istutuspoikasten laatuun liittyvissä tutkimuksissa tutkitaan lohien ja meritaimenien lisäksi kuitenkin myös järvilohia, järvitaimenta ja nieriää. Kaikilla näillä lajeilla poikasten laatuun vaikuttavat pääosin samat emokala- ja poikasviljelyn toimintatavat ja ympäristötekijät, joten yhdellä lajilla saadut tutkimustulokset pätevät yleensä muihinkin. Merkittävimpiin erottaviin tekijöihin kuuluu emokalakantojen viljelytausta. Etenkin järvilohella ja saimaannieriällä istutuspoikasten elinkykyä luonnossa voi heikentää viljelyssä olevien emokalakantojen perinnöllinen kapeus ja pitkä viljelyhistoria.

Tutkimusohjelman merikeskeisen painopisteen vuoksi istutusympäristön ja kalastuksen määrän vaikutusta istutustuloksiin on edellä tarkasteltu lähinnä Itämeren näkökulmasta. Sisävesiin ja siellä moniin erilaisiin ympäristö- ja kalastusoloihin istutettavat lohikalalajit tarjoavat kuitenkin mielenkiintoisia vertailukohtia, jotka saattavat auttaa mm. ympäristön, kalastuksen ja poikasten laadun suhteellisen merkityksen arvioinnissa.

Lohi- ja meritaimenistutusten tapaan myös sisävesien järvilohi- ja järvitaimenistutukset ovat viime vuosina tuottaneet pääosin huonoa tulosta. Kumpikin laji tarjoaa kuitenkin myös kiinnostavia poikkeuksia: järvilohi menestyy Höytiäisessä ja järvitaimen puolestaan mm. Inarijärvässä. Tässä näitä tapauksia tarkastellaan lähemmin.

3.1. Järvilohi menestyy Höytiäisessä

Järvilohi- ja järvitaimenistutusten tuottoa ja siihen vaikuttavia tekijöitä tutkitaan kuusivuotisessa (2008–2013) merkintähankkeessa, johon RKTL:n lisäksi osallistuvat mm. Pielisen ja Höytiäisen kalastusalueet, Pohjois-Karjalan ELY-keskus ja P-K:n kalatalouskeskus. Eri tavoin kasvatettujen ja istutettujen poikasten menestymistä seurataan mm. Pielisessä ja Höytiäisessä (Taulukko 4). Tutkittavina taustamuuttujina ovat mm. istutusikä, lajittelu (ylä- ja alalajite) ja istutusmenetelmä (ulappa ja rantaistutus). Lisäksi verrataan kahta merkkityyppiä, perinteistä Carlin- ja uudempaa ns. T-ankkurimerkkiä.

Pielisen ja Höytiäisen keskinäisen vertailun mahdollistamiseksi näihin järviin on istutettu muutamia eriä taustaltaan ja kooltaan täysin samanlaisia 2-vuotiaita (2008 alkaen) ja 3-vuotiaita (2009 alkaen) poikasita. Vuoden 2010 loppuun mennessä saatujen palautusten perusteella istutustuloksissa, etenkin palautusten lukumäärässä, on järvien välillä huomattavan suuri ero Höytiäisen hyväksi (Taulukko 5). Höytiäisellä palautustulokset ovat poikkeuksellisen hyviä myös järvilohien kaikkiin muihin viime vuosien istutuspaikkoihin verrattuna.

Mikä näin suuret ja selkeältä vaikuttavat erot kahden järven istutustuloksissa voi aiheuttaa? Ehkä tärkein taustatekijä on hyvien kuha- ja lohikalasaaliiden aikaansaama kalastuksen lisääntyminen Höytiäisellä, joka näkyy selvästi mm. kalastusalueen lupatulojen kasvuna. Viehe- ja pyydysluvista saadut vuotuiset tulot ovat vuoden 2007 jälkeen lähes kaksinkertaistuneet vajaasta 20000:sta lähes 40000 euroon. Pielisessä sen sijaan on useamman vuoden ajan ollut heikohko lohikalakanta, ja myös kalastus on vähentynyt. Palautuksia ei ehkä kerry yksinkertaisesti siitä syystä, että Pielisessä kalastetaan hyvin vähän Höytiäiseen verrattuna. Näin ollen Pielisessä saattaakin lähivuosina olla runsaasti mitantäyttäviä järvilohia.

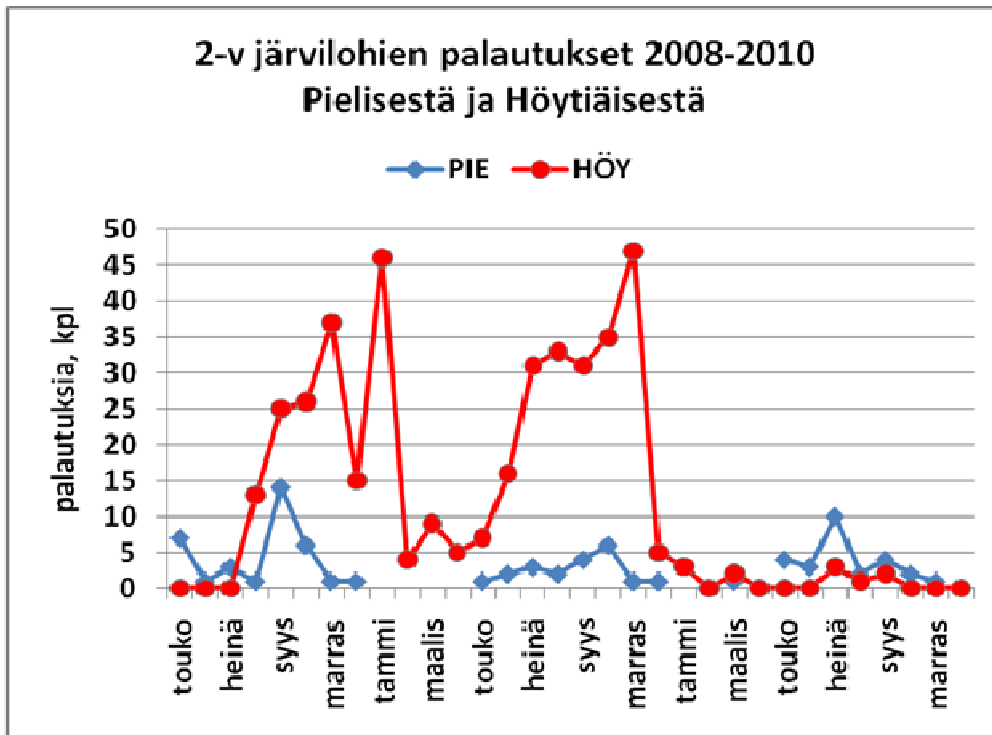
Taulukko 4. Pieliseen ja Höytiäiseen v. 2008–2010 istutetut merkityt (2000 kalaa/erä) järvilohi- ja taimenerät.

	1-v järvi- lohi	2-v järvi- lohi	3-v järvilohi	2-v järvitai- men	3-v järvitai- men
Pielinen					
2008	1	4		6	
2009		6	2	6	3
2010		5	3	5	2
yhteensä	2000	30000	10000	32000	10000
Höytiäinen					
2008		1		1	1
2009		2	1	1	1
2010		2	1	1	1
yhteensä		10000	4000	6000	6000

Taulukko 5. Eniten palautuksia v. 2008-2010 tuottaneet merkintäerät Pielisessä ja Höytiäisessä

		PIELINEN		HÖYTIÄINEN	
laji	ikä	kpl	% erästä	kpl	% erästä
järvilohi	2-v	47	2,4	391	19,6
järvilohi	3-v	160	8	635	31,8
järvitaimen	2-v	20	1,0	256	12,8
järvitaimen	3-v	196	9,8	692	34,6

Palautustuloksiin vaikuttaa myös järvilohen alamitta, joka on Höytiäisellä 50 cm ja Pielisellä 60 cm. Pienemmän alamitan vuoksi järvilohet saavuttavat Höytiäisellä sallitun kalastuskoon selvästi (5-12 kk) nopeammin ja tulevat myös pyydetyiksi keskimäärin nuorempina ja pienempinä kuin Pielisessä. Tämä näkyy erityisesti 3-vuotiaina istutettujen kalojen tuottaman saaliin kertymässä (Kuvat 26 ja 27). Pienemmän alamitan ja myös kovemman kalastuspaineen myötävaikutuksesta valtaosa niistä jää Höytiäisellä saaliiksi jo ensimmäisen syksyn ja talven aikana. Vanhempia, yli 60 cm lohia on Höytiäisen saaliissa hyvin vähän (2-vuotiaina istutetuista saaliskaloista noin 15 %, mutta 3-vuotiaina istutetuista vain 4 %).



Kuva 26. Kaksivuotiaana keväällä 2008 istutettujen järvilohien merkkipalautusten kertymä Pielisestä (4 merkintäerää) ja Höytiäisestä (1 merkintäerä) v. 2008–2010.



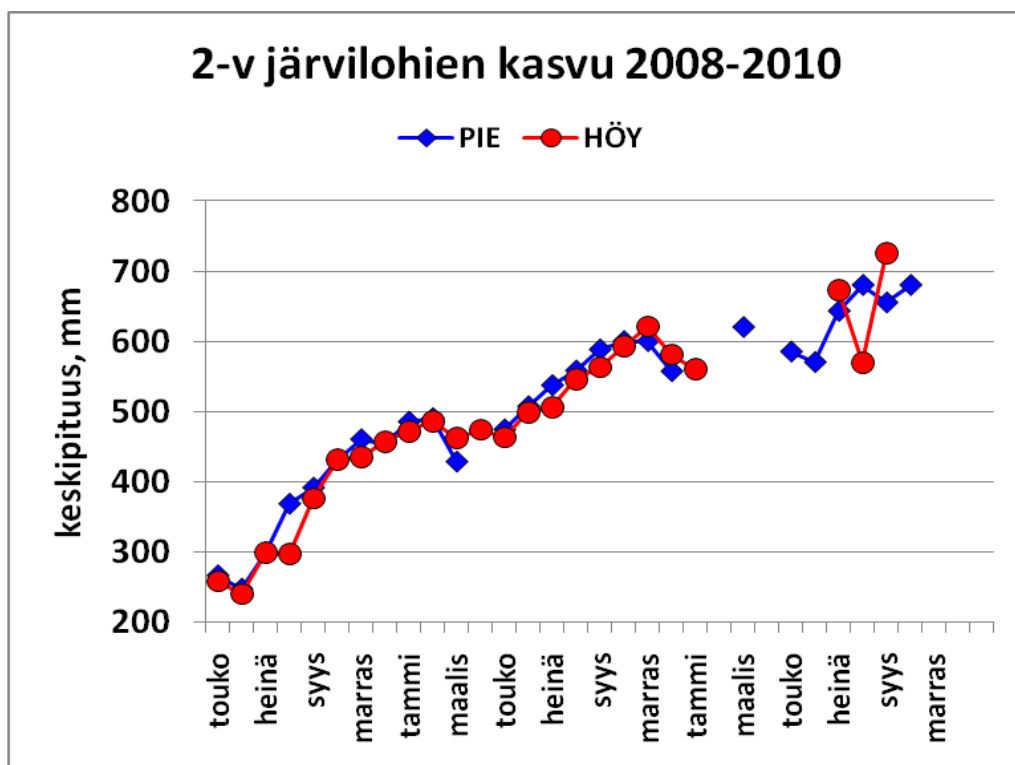
Kuva 27. Kolmevuotiaana keväällä 2009 istutettujen järvilohien merkkipalautusten kertymä Pielisestä (2 merkintäerää) ja Höytiäisestä (1 merkintäerä) v. 2009–2010.

Toistaiseksi ei ole saatu mitään viitteitä siitä, että järvilohien menestymiseen vaikuttavissa ympäristötekijöissä olisi eroa Höytiäisen hyväksi. Järvilohet näyttäisivät mm. kasvavan samaan tahtiin ja melko nopeasti kummassakin järvessä (Kuva 28), mikä viittaa suotuisaan ja yhtä hyvään ravintotilanteeseen. Höytiäisessä järvilohien pääasiallinen ravintokohde on ollut pienikokoinen kuore. Pielisessä taas on tällä hetkellä runsaasti sekä pienikokoista kuoretta että muikkua.

Tärkein johtopäätös, joka jo tähän mennessä saatujen tulosten perusteella voidaan tehdä, koskee lohikalaistukkaiden yleistä laatutasoa. Nykyinenkin kalanviljely pystyy tuottamaan laadukkaita, luonnossa menestyviä lohi-istukkaita – näin jopa järvilohella, joka on jo vuosikymmeniä elänyt kokonaan kalanviljelyn varassa. Jos poikasten hyvään laatuun Höytiäisen tapaan yhdistyvät suotuisat ympäristö- ja kalastusolot, voidaan myös istutuksista odottaa hyviä tuloksia.

Myös merkintämenetelmien vertailu näyttäisi tuottavan lupauksia herättäviä tuloksia. Uudeksi yksilömerkinnän perusmerkiksi ajateltu T-ankkurimerkki on tuottanut Höytiäisessä peräti 2,3-kertaisesti palautuksia perinteiseen Carlin-merkkiin verrattuna (184 / 79 kpl v. 2009 istutetuista 2-v järvilohieristä).

Piironen, J. 2010. Järvilohi- ja taimenistukkaat menestyvät erinomaisesti Höytiäisessä – Pielisessä eivät niin hyvin? Apaja 1/2010, s. 7.



Kuva 28. Kaksivuotiaana keväällä 2008 istutettujen järvilohien keskipituus eri palautuskuukausina Pielisessä ja Höytiäisessä v. 2008–2010.

3.2. Järvitaimenistutuksista vaihtelevia tuloksia

Taimen on viime vuosina ollut kuhan ja siian jälkeen kolmanneksi suosituin istukaslaji Suomen sisävesillä. Vuoden 2004 istutustilaston mukaan sisävesiin istutettiin noin 750 000 vähintään 2-vuotiasta taimenta (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2006).

Taimenistutusten tuotto on sisävesissä tyypillisesti vaihdellut voimakkaasti vuodesta, istutusjärvestä ja istutuserästä toiseen (Ahonen 1993, Valkeajärvi 1993, Huusko ym. 1994, Makkonen ym. 1996). Viime vuosikymmenen aikana istutustulokset näyttäisivät kuitenkin järvitaimenellakin – muiden lohikalalajien tapaan – jääneen pääosin aiempaa heikommiksi. Mm. Päijänteeseen pohjoisesta laskevissa reittivesissä kaksivuotiaiden taimenistukkaiden keskimääräinen saalistuotto oli 2000-luvun istutuksissa alle neljäsosa 1990-luvun tuotosta (25 vs. 110 kg / tuhat istukasta; Syrjänen ym. 2010).

Varsin heikolta näyttävän yleiskuvan takaa on kuitenkin löydettävissä huomattavaa järvi- ja vesistöaluekohtaista vaihtelua. Päijänteen yläpuolisilla reittivesillä istutukset tuottivat 2000-luvullakin kohtalaisen hyvin palautuksia ja saalista mm. Äänekosken – Vaajakosken ja Rautalammin reiteillä, ensin mainitulla lähinnä kookkaiden istukkaiden ja tehokkaan kalastuksen ja jälkimäisellä vahvan muikkukannan ansiosta (Syrjänen ym. 2010). Hyviä istutustuloksia on raportoitu myös Höytiäiseltä (Piironen 2010), jossa sekä järvilohen että järvitaimenen menestystä näyttävät selittävän hyvät kasvolosuhteet ja toisaalta tehokas kalastus. Parhaan esimerkin taimenkantojen onnistuneesta istutushoidosta on 2000-luvulla kuitenkin tarjonnut Inarijärvi (Salonen ym. 2009, 2010).

Säännöstelyn aiheuttamien kalataloushaittojen kompensoimiseksi Inarijärveen on velvoitepäätöksen mukaan istutettava vuosittain mm. 100 000 taimenen tai järvilohen vaelluskokoista poikasta. Esimerkiksi vuonna 2008 järveen ja jokisuille istutettiin 85 000 kolmevuotiasta ja sivuvesistöjen velvoitealueelle lisäksi 76 000 yksivuotiasta taimenta. Koko velvoitealueelle istutettiin siten yli 161 000 taimenta.

Ennen säännöstelyä taimen oli Inarijärven toiseksi tärkein saalislaji. Jakson 1935–1940 vuotuisen saaliin on arvioitu olleen 27 tonnia. Kanta romahti säännöstelyn takia niin, että taimenta saatiin huonimmillaan vain muutama tonni. Velvoiteistutusten myötä kanta elpyi 1970- ja 1980-luvuilla, ja saalista on sittemmin saatu 10–50 t. vuosittain (Kuva 29). Saalis on vaihdellut istutusten, luonnonvaraisen poikastuotannon ja ravintokalojen määrän mukaan. Ravintokaloista keskeisimmät ovat alkupeäinen reeska ja tulokaslaji muikku (Salonen ym. 2009; 2010).

2000-luvulla ravintovarat näyttävät olleen pääosin hyvät, sillä Inarijärvestä on saatu sisävesien suurimmat taimensaaliit. Kahden viime vuoden saalismuutoksissa keskeinen tekijä on ollut Juutuanjoella ja Ivalojoessa tapahtuvan luonnonvaraisen poikastuotannon vaihtelu. Esimerkiksi vuonna 2008 taimenta kalastettiin kaikkiaan 45 tonnia, josta noin puolet (51 %) oli istutettua ja puolet luonnonkalaa (Salonen ym. 2009). Vuonna 2009 taimenta saatiin 32,5 tonnia, josta luonnonkalaa oli enää vain 33 % (Salonen ym. 2010). Luonnonkalojen saalisosuuden ja myös kokonaissaaliin pienenemisen taustalla on taimenen luontaisen lisääntymisen voimakas väheneminen vuosiluokissa 2004 ja 2005 (näissä villien kalojen osuus on ollut vain noin 10 %). Istutetuista taimenista saatu saalis pysyi sitä vastoin ennallaan.

Inarin velvoitehoito ja sen varassa elpyneet luontaiset taimenkannat ja kalastus tarjoavat nykytilanteessa poikkeuksellisen ilahduttavan esimerkin siitä, että istutustoiminta voi parhaimmillaan tuottaa hyvin saalista ja täyttää silti myös kaikki ekologisen kestävyuden kriteerit. Onnistumisen keskeisiä

taustatekijöitä ovat suotuisat ympäristöolot, istutusten ja kalastuksen onnistunut mitoitus sekä istutuspoikasten hyvä laatu. Näiden yhteensovittamisessa Inarilla auttaa vuodesta 1996 lähtien sovellettu ns. sopeutuva velvoitehoito, jossa istutuksia ohjataan istutuspoikasista, kalakannoista ja kalastuksesta saatujen ajantasaisten tietojen perusteella. Näin pyritään välttämään mm. petokalojen liiallinen istuttaminen suhteessa niiden ravintovaroihin. Tällaisen toimintamallin merkitystä korostavat myös Auvisen ym. (2010) havainnot istutetun järvilohen ja sen ravintonaan käyttämän muikun vuorovaikutuksista Paasivedellä.

Auvinen, H., Jurvelius, J., Kolari, I. ja Leskelä, A.2010. Muikkukannan, troolipyynnin ja järvilohi-istutusten kehitys Paasivedellä. – Teoksessa H. Simola (toim.), Suurjärviseminaari 2010, symposium of Large Lakes. Publications of the University of Eastern Finland, Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences 4: 39-40.

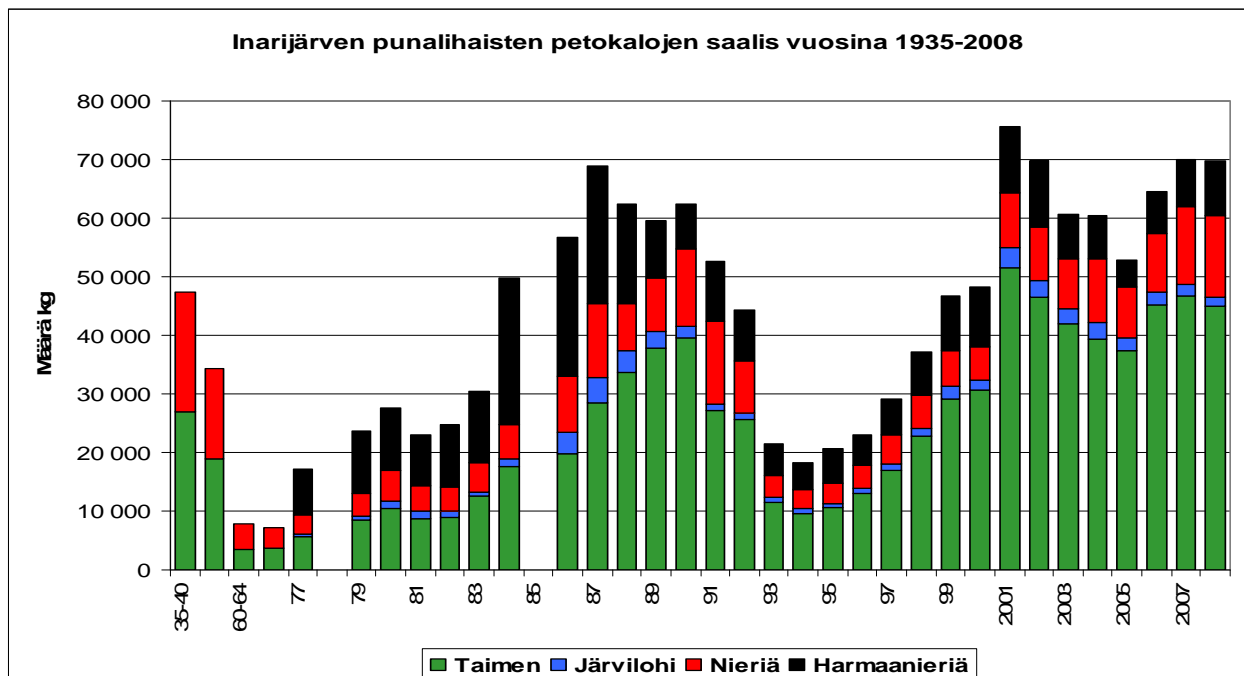
Piironen, J. 2010. Järvilohi- ja taimenistukkaat menestyvät erinomaisesti Höytiäisessä – Pielisessä eivät niin hyvin? *Apaja* 1/2010, s. 7.

Salonen, E., Niva, T., Raineva, S., Pukkila, H., Savikko, A., Aikio, E., Leinonen, K. & Jutila, H. 2009. Inarijärven ja sen sivuvesistöjen kalataloudellinen velvoitetarkkailu 2008. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 17/2009. 17 s.

Salonen, E., Niva, T., Raineva, S., Pukkila, H., Savikko, A., Aikio, E. & Jutila H.2010.

Inarijärven ja sen sivuvesistöjen kalataloudellinen velvoitetarkkailu 2009. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä, nro 19, 2010. 20 s.

Syrjänen, J., Valkeajärvi, P. & Heinimaa, S. 2010. Taimenistukkaiden tuotto, kalastus ja vaellukset Päijänteen pohjoisesta laskevissa reittivesissä vuosina 1990–2005. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia* 1/2010. 30 s.



Kuva 29. Inarijärven punalihaisten petokalojen saalis vuosina 1935–2008.

3.3. Saimaannieriän kotiutusistutukset

RKTL:n, paikallisten osakaskuntien ja kalastusalueiden sekä metsähallituksen yhteishankkeessa verrataan mätinä, vastakuoriutuneina sekä tavanomaisina 1- ja 2-vuotiaina poikasina istutettujen nieriöiden selviytymistä kahdella kalastusoloiltaan erilaisella kotiutusalueella, Länsi-Saimaalla ja Koloveden Metsoselällä. Näistä Länsi-Saimaalla harjoitetaan tavanomaista monilajikalastusta, Metsoselällä taas kalastus on kokonaan kielletty. Koeistutuksia tehtiin vuosina 2002–2009.

Istutusten tuloksia on seurattu Länsi-Saimaalta keräämällä saalisnäytteitä paikallisilta kalastajilta sekä omilla koekalastuksilla molemmilla istutusalueilla. Nieriän kutuaikana kalastettiin ensimmäisen kerran Kolovedellä syksyllä 2009. Saaliiksi saatiin kaksi sukukypsää kalaa. Kalat olivat 6-vuotiaita ja 1-vuotiaina istutettuja. Kutupyntejä jatkettiin molemmilla alueilla syksyllä 2010. Kolovedeltä nieriöitä ei tällä kertaa saatu, mutta Länsi-Saimaalta saatiin yhteensä 11 kalaa. Näistä seitsemän oli vastakuoriutuneina ja neljä vanhempana istutettuja. Kutukalat olivat iältään 7–9 -vuotiaita, painoltaan 1,8–3,1 kg ja pituudeltaan 62–74 cm. Vaikka vastakuoriutuneet kasvavat aluksi hitaasti, niin kutuvaiheeseen mennessä ne olivat kuroneet kokoeron umpeen. Vastakuoriutuneina istutettujen eloonjäänti näyttää olevan suhteellisen hyvä. Vaikuttaa siltä, että vastakuoriutuneina istutettujen osuus jopa kasvaa vanhemmissa ikäluokissa.

4. Siika ja kuha

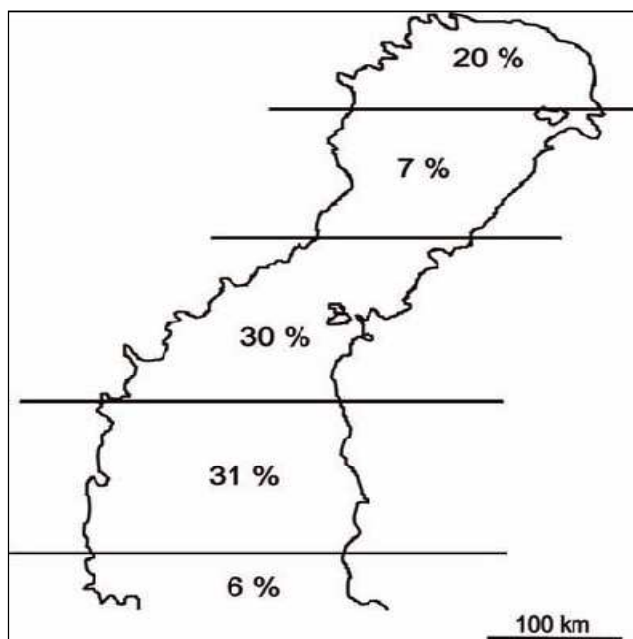
4.1. Merialueen siikaistutusten tuottavuus

Merkitsemällä Pohjanlahteen istutettavia siianpoikaseriä tutkimusohjelmassa selvitetään, mikä on Pohjanlahden siikaistutusten saalistuotto, miten istutusten tuottama saalis maantieteellisesti jakautuu ja mitkä tekijät vaikuttavat saalistuottoon. Tuloksia voidaan soveltaa siikakantojen hoidossa ja siikaistutusten ohjaamisessa.

Perämerelle ja Kemijoen suulle istutettiin vaellussiian velvoiteistutusten vaikutusten arvioimiseksi 1995–1998 yhteensä 5,7 miljoonaa yksikesäistä värimerkittyä siianpoikasta (Leskelä ym. 2009). Poikasten vaelluksia, kasvua ja istutettujen poikasten tuottamaa saalista arvioitiin ammattikalastuksen siikasaaliista kerättyjen näytteiden avulla.

Eteläiselle Perämerelle istutetut vaellussiikat lähtivät etelään suuntautuvalle syönnösvaellukselle pääsääntöisesti vuoden kuluessa istutuksesta (Leskelä ym. 2009). Pohjoisella Perämerellä joitain istutettuja siikoja löydettiin istutuspaikan läheisyydestä vielä kahdenkin vuoden kuluttua istutuksesta. Syönnösalueille päästyään siikat kasvoivat nopeasti ja ammattimaisen siiankalastuksen saaliissa ne alkoivat esiintyä 4-vuotiaana. Sukukypsyyden saavutettuaan siikat palasivat syönnösalueiltaan takaisin pohjoiseen.

Vaellussiikaa kalastetaan tehokkaasti, mikä heijastuu saaliin ikä- ja kokojakaumaan. Suurin osa merkityistä siioista pyydettiin 4–5 -vuotiaana, korkeintaan puolen kilon painoisina kaloina. Kalastuksen tehokkuus näkyi myös saaliin alueellisessa jakaumassa. Perämerelle istutettujen siikojen tuottamasta saaliista yli puolet pyydettiin Merenkurkusta ja sen eteläpuolisilta merialueilta, Selkämereltä ja Saaristomereltä (Kuva 30).



Kuva 30. Pohjoiselle Perämerelle istutettujen siikojen tuottaman saaliin alueellinen jakauma (Leskelä ym. 2009).

Arvio eteläiselle Perämerelle istutettujen yksikesäisten siianpoikasten tuottamasta saaliista oli merkittävästä ja istutusvuodesta riippuen 52–117 kg / 1000 istukasta. Pohjoisella Perämerellä arviot istutusten saalistuotosta olivat istutusvuodesta riippuen 27–52 kg / 1000 istukasta. Kuten kalaistutuksissa yleensäkin, Perämeren siikaistutusten tuloksellisuus vaihteli huomattavasti niin istutusvuosien kuin istutuspaikkojen välillä.

Siikaistutusten tuloksellisuutta voitaisiin parantaa kalastusta säätelemällä. Kalastuksen kohdentaminen suurikokoisempiin siikoihin lisäisi saaliin määrää ja varsinkin saaliin arvoa. Erityisesti vaellussiikojen syönnösalueilla harjoitettavassa pohjaverkko-kalastuksessa tulisi käyttää nykyistä harvempia verkkoja. Pohjaverkkokalastuksen säätely lisäisi loukku- ja rysäpyynnin osuutta siikasaaliista ja siirtäisi istutusten tuottoa siikojen syönnösalueilta niiden kutuvaellusreiteille ja lähemmäs istutuspaikkoja. Kalastuksen säätely myös lisäisi syönnösalueilta kutuvaellukselle lähtevän siian määrää, mikä saattaisi pitkällä tähtäimellä johtaa luontaisesti lisääntyvien siikakantojen vahvistumiseen.

Kokemäenjoella on vuosina 2006 – 2008 merkitty kaikkiaan yli 550 000 siianpoikasta. Kunakin vuonna istutettavat poikasryhmät on jaettu kahteen yhtä suureen osaan, joista toinen on istutettu Kokemäenjokeen Harjavallan padon alapuolelle, ja toinen Kokemäenjoen edustalle Porin kaupungin merialueelle. Poikasryhmät merkittiin toisistaan poikkeavilla värikoodeilla. Kaikki poikaset olivat Kokemäenjoen omaa vaellussiikakantaa.

Merkittyjä siikoja on seurattu sekä merialueen ammattikalastuksen siikasaaliista että Kokemäenjoen Harjavallan alapuolella tapahtuvan mädinhankintapyynnin saaliista. Merkintäkokeen tavoitteena on selvittää istutuspaikan (joki / merialue) vaikutus istutusten saalistuottoon ja poikasten kotiumiskäyttäytymiseen.

Kokemäenjokeen ja joen edustalle mereen istutettuja siikoja on saatu saaliiksi pitkin rannikkoa aina Saaristomerta myöten. Vaikuttaa siltä, että suurin osa poikasista vaeltavaa suhteellisen nopeasti etelämpänä, lähinnä Saaristomerellä, sijaitseville syönnösalueille. Siikojen kasvu meressä on ollut selvästi nopeampaa kuin esim. Saaristomerelle istutetuilla merikutuisilla siiioilla.

Vuonna 2010 istutettiin runsaasti Kokemäenjoen mädinhankintapyynnissä. Noin 300 läpikäydystä siasta 20 % oli merkittyjä. Siiat olivat todennäköisesti lähtöisin vuoden 2006 istutuksesta. Sekä merialueelle että jokeen istutetut poikasryhmät olivat tuottaneet jokeen nousevia kaloja, mutta merialueen istutuksista lähtöisin olevia kaloja tavattiin enemmän (37 vs. 24 kpl). Alustavasti siis vaikuttaa siltä, että myös merialueelle tehty istutus leimauttaa vaellussiiat niiden kotijokeen siten, että ne löytävät joen kutuvaelluksellaan. Jokeen istutettujen siikojen pienempää osuutta saattaa selittää se, että siikaistukkaat joutuvat petokalojen saalistuksen kohteeksi istutuksen jälkeen vaeltaessaan joen alaosan ja suiston kautta mereen.

Joesta saatujen merkittyjen siikojen keskipituus oli yli 50 cm. Siiat olivat kasvaneet meressä istutuksen jälkeen korkeintaan neljä kasvukautta, joten Kokemäenjoen vaellussiikakanta on todella nopeakasvuinen.

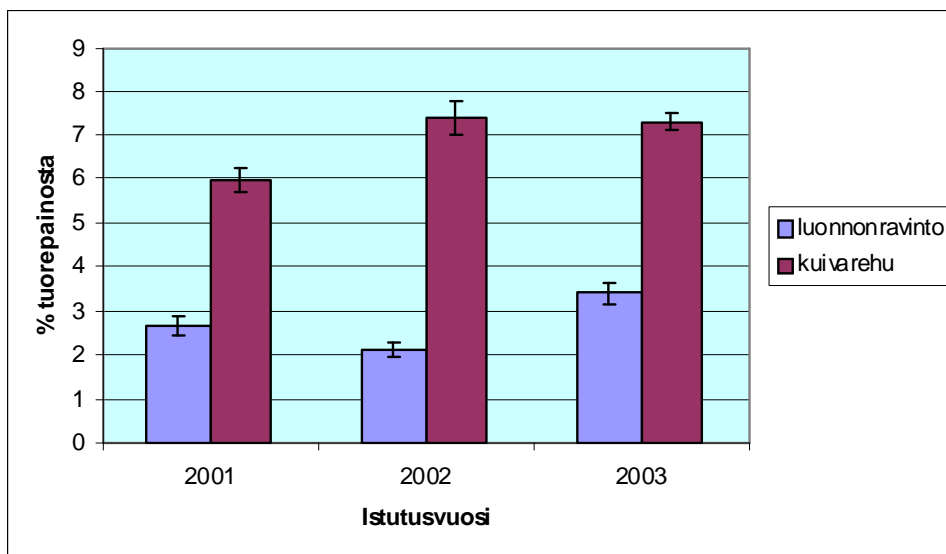
Saaristomeren Airistonselälle istutettiin kaikkiaan yli 435 000 merkittyä siikaa vuosina 2001–2003. Kaikki siiat olivat alkuperältään Saaristomeren merikutuisia siikakantaa, mutta kunakin vuonna istutettiin sekä verkkokasseissa Saaristomerellä että luonnonravintolammikoissa Oulun ja Lapin läänin alueella kasvatettuja siikoja. Verkkokasseissa tuotetut siiat kasvatettiin kuivarehulla. Kokeen tarkoi-

tuksena oli paitsi selvittää Saaristomeren siikaistutusten tuottavuutta myös tutkia kasvatusmenetelmän vaikutusta poikasten ominaisuuksiin ja saalistuottoon (Leskelä et al. 2007; Leskelä 2010).

Poikasryhmät merkittiin toisistaan erottuvilla värikoodeilla. Merkinnän jälkeen molemmat poikasryhmät istutettiin samanaikaisesti (parin vuorokauden kuluessa) samaan paikkaan Airistonselällä. Istutuksen ja merkinnän yhteydessä poikasryhmistä otettiin näytteitä niiden istutushetken ominaisuuksien määrittämiseksi.

Merkittyjen siikojen esiintymistä Saaristomeren siiankalastuksen saaliissa seurattiin intensiivisesti vuosina 2003–2007. Kaikkiaan käytiin läpi noin 15 000 Saaristomeren alueelta ammattikalastuksen saaliina saatua siikaa. Lisäksi kymmeniätuhansia siikoja tarkistettiin muualla Pohjanlahdella ja Ahvenanmaalla käynnissä olevien merkintähankkeiden toimesta, joten siikojen mahdollista vaellusta pois Saaristomereltä pystyttiin seuraamaan.

Istutushetkellä verkkokassissa ja luonnonravintolammikossa tuotetut poikaset olivat suunnilleen samanpituisia (120–140 mm), mutta muilta ominaisuuksiltaan poikasryhmät poikkesivat toisistaan. Verkkokassissa tuotetut poikaset olivat painavampia, niillä oli korkeampi kuntokerroin ja niiden rasvapitoisuus (Kuva 31) oli huomattavasti korkeampi kuin luonnonravintolammikossa tuotetuilla poikasilla.



Kuva 31. Luonnonravintolammikkopoikasten ja kuivarehulla kasvatettujen, Saaristomerelle istutettujen poikasten keskimääräiset rasvapitoisuudet istutusvuosittain. Keskiarvo ja 95 % luottamusväli.

Poikasryhmien välillä oli eroja myös istutusta seuraavan syksyn ravinnonkäytössä. Verkkokassissa kasvaneet poikaset olivat ahkerampia ruokailijoita. Kokonaan tyhjien mahojen osuus tutkituista mahoista oli kuivarehupoikasilla 14 % ja luonnonravintolammikossa kasvaneilla 32 %. Kuivarehulla kasvaneiden poikasten mahojen keskimääräinen täyteisyysaste oli 0,5 (kun ravinnoksi kelpaamatonta mahan sisältöä ei huomioitu) ja luonnonravintolammikkopoikasten 0,2. Silmäänpistävä ero poikasryhmien välillä oli se, että verkkokassissa kasvaneiden poikasten mahan sisällöstä lähes puolet oli ravinnoksi kelpaamatonta materiaalia, kuten kasvosia, siemeniä ja hiekanjyviä. Luonnonravintolammikoissa kasvaneiden poikasten mahassa tällaista materiaalia oli vain satunnaisesti.

Yksilöiden väliset erot kasvunopeudessa olivat suuria. Vielä 5- ja 6-vuotiaidenkin siikojen joukossa tavattiin noin 200 gramman painoisia yksilöitä. Toisaalta nopeimmin kasvaneet yksilöt olivat jo 3-

vuotiaina kilon painoisia. Luonnonravintolammikossa ja verkkokassissa kasvaneiden siikojen ikäryhmäkohtaisessa keskipainossa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa. Vaikka kasvueroja ei havaittu, verkkokassissa kasvatetut siianpoikaset saavuttivat sukukypsyyden keskimäärin hieman nuorempina kuin luonnonravintolammikossa kasvaneet.

Kaikki takaisinpyyntihavainnot Saaristomerelle istutetuista siiosta saatiin Saaristomeren alueelta. Yksittäisiä merkittäviä siikoja saatiin Ahvenanmaan puoleiselta Saaristomereltä Kumlingesta. Ryhmien välillä ei tässä suhteessa ollut eroja, vaan molemmat poikasryhmät elivät paikallisesti.

Vuosien välinen vaihtelu Saaristomeren istutustuloksessa oli huomattava, mutta molemmilla poikasryhmillä samansuuntainen. Paras tulos saatiin vuoden 2002 istutuksesta, joka verkkokassipoikasilla tuotti hieman yli sadan kilon ja luonnonravintolammikopoikasilla runsaan 80 kilon saaliin. Eri poikasryhmien tuottavuuden osalta voidaan todeta, että vuosina 2001 ja 2002 verkkokassipoikasten tuottama istutustulos on hieman parempi kuin luonnonravintolammikoissa varttuneiden poikasten, vuonna 2003 taas päinvastoin. Erot ovat suhteellisen pieniä, joten selvää osoitusta jommankumman poikasryhmän paremmuudesta Saaristomeren oloissa ei saatu. Yksi siikaistutusten tuloksellisuutta heikentävä tekijä erityisesti Saaristomerellä on harmaahylje. Saaristomerellä siikaa pyydetään pohjaverkoilla, ja pohjaverkkokalastus on erityisen altista hylkeiden aiheuttamille ongelmille.

Ahvenanmaalla siianpoikasia merkittiin vuosina 2000–2003 yhteensä n. 230 000 kappaletta (Leskelä 2008, 2010). Poikaset olivat lähtöisin Ahvenanmaan merikutusesta siikakannasta. Mäti hankittiin emokalapyynnin avulla, haudottiin Gutturpin kalanviljelylaitoksella ja poikaset siirrettiin vastakuoriutuneina suojaisissa merenlahdissa sijaitseviin tiheäsilmäisiin verkkokasseihin kasvamaan. Kasvatus tapahtui verkkokasseissa kuivarehua käyttäen. Istutushetkellä poikasten keskipituus oli istutuserästä riippuen 119–162 mm ja keskipaino 16 – 40 g. Poikaset merkittiin kasvatuskauden lopussa istutuksen yhteydessä ja istutettiin kasvatuspaikan läheisyyteen. Poikasryhmät ylittivät yksikesäisille siianpoikasille annetut suositusarvot selvästi niin pituuden, painon kuin rasvapitoisuudenkin suhteen. Varsinkin poikasten rasvapitoisuus oli huomattavasti suosituksia korkeampi.

Merkittyjen siikojen esiintymistä Ahvenanmaan siiankalastuksen saaliissa seurattiin intensiivisesti vuosina 2003 – 2007. Ahvenanmaan ammattikalastajien siikasaaliista käytiin läpi lähes 20 000 siikaa, lisäksi kymmeniätuhansia siikoja tarkistettiin muualla Pohjanlahdella käynnissä olevien merkintähankkeiden toimesta, joten siikojen mahdollista vaellusta pois Ahvenanmaalta, Saaristomeren itäosiin ja Selkämerelle pystyttiin seuraamaan

Ahvenanmaalle istutetut siiat tuottivat saalista erityisesti istutusten lähialueella. Simskälän istutuspaikalla havaittiin siikaistukkailla myös selvää istutuspaikkaan leimautumista – varttuneet siiat palasivat istutuspaikalle sukukypsyyden saavutettuaan ja muodostivat suuren osan istutuspaikan lähistöllä olleen rysän saaliista loppukesällä ja syksyllä.

Kaikkiaan 2500 ammattikalastuksen saaliin seasta löydetystä merkitystä siiasta vain 7 saatiin saaliiksi muualta kuin Ahvenanmaalta. Ne pyydettiin Manner-Suomen puoleiselta Saaristomereltä ja Selkämeren eteläosasta. Vuoden 2007 loppuun mennessä vuosina 2000 ja 2001 istutetut siiat olivat tuottaneet Ahvenanmaan ammattikalastukselle n. 50 kilon saaliin tuhatta istukasta kohti. Saalista on erittäin todennäköisesti kertynyt vielä tämän jälkeenkin, sillä intensiivisen seurannan loppuessa kaikki istutusvuosiluokat esiintyivät vielä saaliissa.

Siikojen kasvu meressä oli odotettua hitaampaa ja yksiköiden väliset kasvuerot huomattavan suuria. Nopeakasvuisimmat yksilöt saavuttivat lähes kilon painon viisivuotiaina, mutta vielä seitsemävuotiaidenkin siikojen keskipaino jäi alle puolen kilon (Kuva 32).

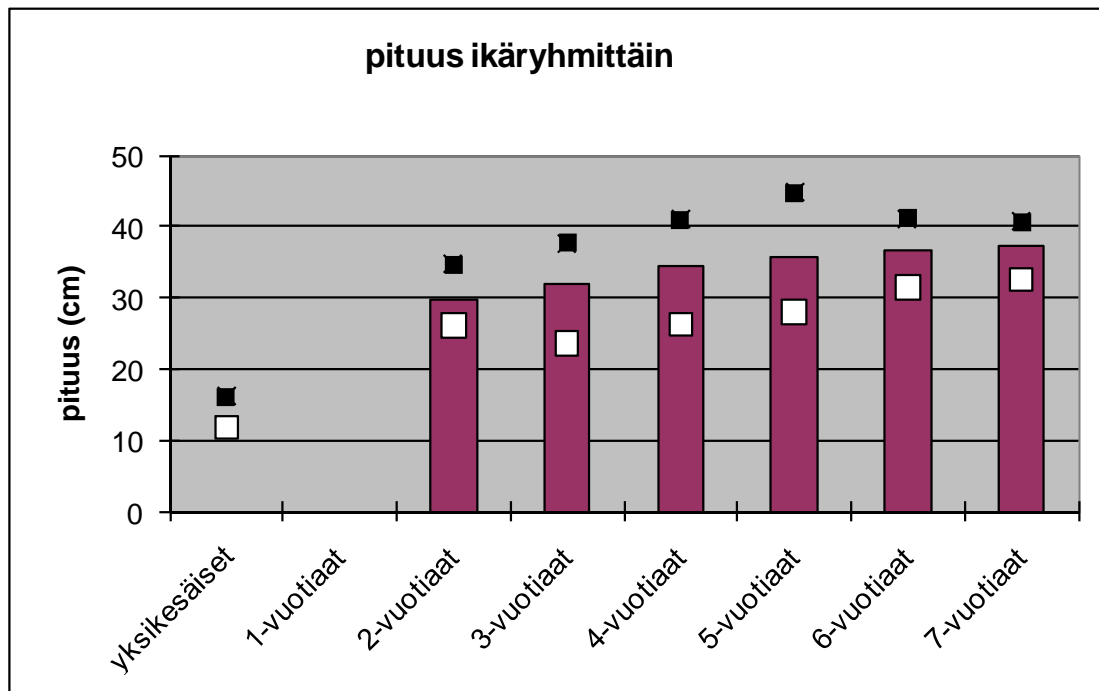
Jokikokko, E.; Leskelä, A.; Huhmarniemi, A. 2007. Is it possible to increase the stocking results of the whitefish in the Finnish Gulf of Bothnia by means of fisheries management? *Advances in Limnology* 60:397-404.

Leskelä, A.; Sutela, T.; Ingman, H. 2007. Quality, diet and growth of one-summer old European whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) fingerlings produced in ponds and net-cages and released in the Finnish Archipelago Sea. *Advances in Limnology* 60:213-220.

Leskelä, A. 2008. Resultaten av sikutplanteringen på Åland. Slutrapport 28.3.2008. Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet.

Leskelä, A. 2010. Merialueen siikaistutusten tuloksellisuuteen vaikuttavat tekijät. Tulostavoiteraportti maa- ja metsätalousministeriölle. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 31.12.2010.

Leskelä, A., Jokikokko, E. ja Huhmarniemi, A. 2009. Perämeren vaellussiikaistutusten tulokset. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 7/2009.



Kuva 32. Ahvenanmaalle istutettujen siikojen kasvu ikäryhmittäin. Tolpat kuvaavat keskipituutta, mustat ja valkoiset neliöt kunkin ikäryhmän suurinta ja pienintä havaittua arvoa.

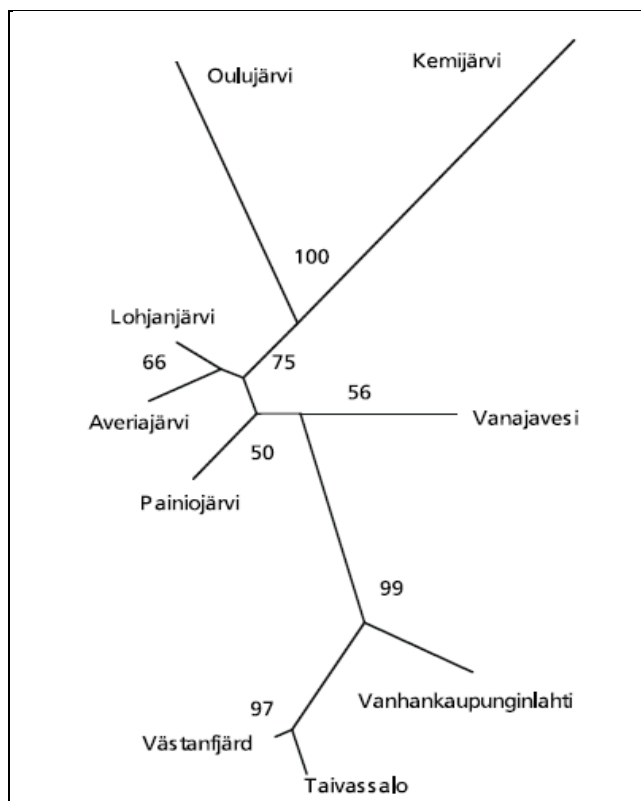
4.2. Istutusten vaikutus kuhakantojen perinnölliseen monimuotoisuuteen

Alkuperäisten kuhakantojemme välillä laajaa perinnöllistä muuntelua

Viiden järven, Averian, Lohjanjärven, Painion, Vanajanselän ja Kemijärven, ja kolmen rannikkoalueen, Vanhankaupunginlahden, Västanfjärdin ja Taivassalon kuhakantojen alkuperäistä geneettistä monimuotoisuutta ja kantojen välisiä eroja tutkittiin DNA-analyysillä (Säisä et al. 2010 ja Säisä ym.

2008; jälkimmäisessä julkaisussa mukana kuudentena järvenä Oulujärvi). DNA eristettiin suomunäyteistä, ja siitä tutkittiin 12 eri lokuksen eli geenipaikan muuntelua. Koska tarkoituksena oli tutkia niidenomaan kantojen alkuperäistä muuntelua, käytettiin analyysissä Lohjanjärven ja Vanajanselän (ja Oulujärven) osalta vanhoja, ennen viime vuosien laajoja, vierailta kannoilla näihin järviin tehtyjä istutuksia kerättyjä suomunäytteitä.

Tutkittujen kuhakantojen sisäinen ja myös niiden välinen muuntelu osoittautui huomattavan suureksi. Geneettisiin etäisyyksiin perustuvassa ryhmittelyssä rannikkoalueen kannat asettuivat omaksi tiiviiksi, sisävesien kannoista selvästi erottuvaksi ryhmäkseen (Kuva 33). Rannikon kantoja keskimäärin monimuotoisemmiksi osoittautuneet sisävesikannat muodostivat keskenään hajanaisemman ryhmän, jossa pohjoinen Kemijärven kanta erottui selkeimmin muista. Emokalajärvien Averian ja Painion vanhoihin siirtoistutuksiin perustuvat kannat ryhmittyyvät lähelle todennäköistä alkuperäkantaansa, eli Lohjanjärven kantaa.



Kuva 33. Juureton dendrogrammi tutkituista kuhapopulaatioista (Säisä ym. 2008). Puiden haarojen sijainnin todennäköisyys on ilmaistu prosentteina. Populaatioita yhdistävien viivojen pituudet kuvastavat niiden välisiä alkuperäisiä perinnöllisiä etäisyyksiä.

Vierailta kuhakannoilla tehtyjen istutusten seurauksena osa tässäkin tutkimuksessa havaitusta kantojen välisestä perinnöllisestä muuntelusta on todennäköisesti jo menetetty. Viimeisimpien tietojen mukaan enää 7 prosenttia Suomen 880 ilmoitetusta kuhaesiintymästä edustaa kyseisen vesistön alkuperäistä, luontaista kuhakantaa (katso <http://www.rktl.fi/www/uploads/images/kala-atlas/staattiset%20kartat/1kuha.jpg>). Muut kannat ovat joko altistuneet tuki- istutusten aiheuttamalle geenivirrälle toisista kannoista, tai ovat Averian ja Painion kuhakantojen tapaan vanhojen tai uu-

dempien siirto- ja kotiutusistutusten tulosta. Sekoittamattomia, alkuperäisiä kuhakantoja on jäljellä lähinnä Itä-Suomessa ja rannikolla.

Vielä keskeneräisessä jatkotutkimuksessa (Salminen et al.) on pyritty selvittämään tarkemmin millaisia muutoksia vierailta kannoilla tehdyt istutukset mahdollisesti ovat aiheuttaneet tärkeiden kuhavesiemme Lohjanjärven, Vanajanselän ja Oulujärven kuhakantojen geneettiseen rakenteeseen. Alustavien tulosten mukaan näyttää siltä, että Oulujärvestä alkuperäinen kuhakanta on kokonaan kadonnut ja järvessä nykyään elävä kuhakanta muistuttaa geneettisesti hyvin läheisesti viime vuosikymmenten istutuksissa käytettyä Vanajanselän kuhaa (siirto tehty paikalliseen Kivijärveen perustetun emokalakan avulla).

Vanajanselän kuhalla tehdyt istutukset ovat muokanneet myös Lohjanjärven kuhakantaa. Alkuperäisen kannan vaikutusta on Lohjanjärven nykyisessä kuhakannassa jäljellä vain vähän enemmän kuin Vanajanselän kannan vaikutusta. Kahden muun istutuskannan (Averian ja Painion kannat) vaikutus ei sen sijaan näy Lohjanjärven nykyisessä kannassa, ilmeisesti lähinnä sen vuoksi että ko. kannat ovat geneettisesti niin läheisiä järven omalle, alkuperäiselle kuhakannalle

Averian ja Painion kuhalla tehdyt istutukset eivät juuri näy myöskään Vanajanselän kuhakannassa, vaikka ko. kannat tässä tapauksessa eroavat selvästi istutusjärven omasta, alkuperäisestä kannasta. Tässä tapauksessa tuloksen selittänee istutusmäärien pienuus suhteessa alkuperäisen kannan luonnonvaraiseen lisääntymiseen. Tulos viitanee myös siihen, että istutukset ovat Vanajanselällä olleet myös saalisvaikutuksiltaan vähäiset.

Ilmeinen johtopäätös edellä kuvatuista tuloksista on, että kaikkien jäljellä olevien sekoittamattomien alkuperäisten kuhakantojen monimuotoisuutta pitäisi suojella nykyistä tiukemmin. Erittäin tärkeitä on pitää toisistaan erossa sisävesien ja laajamittaisilta istutuksilta toistaiseksi säästyneen merialueen ainutlaatuiset kuhakannat. Myös kaikkien istutuksilla mahdollisesti jo sekoitettujen alkuperäiskantojen jäljellä oleva perinnöllinen monimuotoisuus tulisi turvata käyttämällä istutuksissa vain kunkin vesistön ja alueen omaa kantaa olevia poikasia. Etenkin pitkiä kuhien siirtoja etelästä pohjoiseen tai päinvastoin tulisi välttää. Vesistön oman kuhakannan käyttö todennäköisesti parantaisi myös istutusten tuottavuutta.

- Säisä, M., Salminen, M., Koljonen, M.-L., Ruuhijärvi, J. ja Hyvärinen, P. 2008. Kuhakantojen geneettinen kartointus – kuinka suuret ovat kuhakantojemme perinnölliset erot. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 8/2008*
- Säisä, M., Salminen, M., Koljonen, M.-L. and J. Ruuhijärvi 2010. Coastal and freshwater pikeperch (*Sander lucioperca*) populations differ genetically in the Baltic Sea basin. *Hereditas* 147: 205–214.
- Salminen, M., Koljonen, M.-L., Säisä, M., & Ruuhijärvi, J. Genetic effects of supportive stockings in native pikeperch populations – three different outcomes. *Manuscript*.

5. Istutustutkimusten sisältö ja painopisteet 2011–2012

Kalaistutuksiin liittyvä tutkimus jatkuu tutkimusohjelman muodossa vielä kaksi vuotta, vuoden 2012 loppuun saakka. Suurin osa tutkimusohjelman resursseista suunnataan jatkossakin lohta ja meritaimenta koskeviin tutkimuksiin, mutta tutkimusten painopiste siirtyy aikasarja-analyyseistä yhä enemmän kokeelliseen työhön ja istutustulosten heikkenemisen syiden selvittämisestä uusien toimintamallien ja käytäntöjen kehittämiseen. Keskeisiä tutkimuskokonaisuuksia ja niiden painopisteitä ovat jatkossa:

- Tutkitaan Itämeren ekosysteemin muutosten vaikutusta lohen ja meritaimenen eloonjääntiin → *Erityisesti selvitetään harmaahylkeen saalistuksen vaikutusta lohen ja meritaimenen vaelluspoikasten kuolevuuteen*
- Tutkitaan sopimuskasvatuksessa tuotettavien lohen- ja taimenenpoikasten ulkoisia ja fysiologisia ominaisuuksia sekä menestymistä istutuksissa → *Kehitetään poikasten laadun arvioinnin menetelmiä ja tarkennetaan laadun kriteerejä*
- Tutkitaan järvilohen istukaspoikasten ominaisuuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä kasvatuskierroksen eri vaiheissa sekä selvitetään, millaisilla järvilohi-istukkailla saadaan paras tuotto Pielisessä ja Höytiäisessä → *Kehitetään järvilohen viljelyn tuotannonohjausta (tuotetaan samasta vuosiluokasta sekä 1- että 2-vuotiaita istukkaita)*
- Kainuun yksikön kokeellisissa tutkimuksissa selvitetään istutuspoikasten laatuun viljelyssä vaikuttavia tekijöitä ja kehitetään menetelmiä poikasten laadun ja elinkyvyn parantamiseksi → *Kehitetään nykyistä parempia istukkaita tuottavaa viljelymenetelmää modifioimalla mm. kasvatusrehuja, ruokintakäytäntöjä ja kasvatusympäristöä sekä harjoittamalla poikasten lihaskuntoa ja petojen välttämistä*

Lisäksi istutustutkimuksissa kehitetään ja kokeillaan uusia istutuspoikasten merkintään (mm. Tankkurimerkki, otoliittimerkintä) ja laadun arviointiin sopivia menetelmiä (mm. elävän kalan rasvapiitoisuuden ns. impedanssimittaus).

Harmaahylkeen saalistusta selvittävässä hankkeessa RKTL:n (KALA ja RiPo), yhteistyökumppaneita ovat EVIRA, Jyväskylän yliopisto ja Fiskeriverket. Muissa hankkeissa tärkeimpiä yhteistyökumppaneita ovat Helsingin, Jyväskylän, Oulun ja Turun yliopistot, sopimuskasvatukseen osallistuvat kalan kasvattajat, Voimalohi ja Salmolab.

6. Kirjallisuus

Lohi- ja taimenistutuksiin liittyvät RKTL:n julkaisut 2006–2010

- Anttila, K., Jokikokko, E., Erkinaro, J., Järvilehto, M. & Mänttari, S. 2011. Effects of training on functional variables of muscles in reared Atlantic salmon *Salmo salar* smolts: connection to downstream migration pattern. *Journal of Fish Biology* (2011) 78, 552–566.
- Anttila, K., Mänttari, S. & Järvilehto, M. 2006. Effects of different training protocols on Ca²⁺ handling and oxidative capacity in skeletal muscle of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Experimental Biology*, 209, 2971-2978.
- Anttila, K. and Mänttari, S. 2008. Ultrastructural differences and histochemical characteristics in swimming muscles between wild and reared Atlantic salmon. *Acta Physiol*; doi:10.1111/j.1748-1716.2008.01911.x.
- Anttila, K., Mänttari, S. & Järvilehto, M. 2008a. Ca²⁺ handling and oxidative capacity are greatly impaired in swimming muscles of hatchery-reared versus wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65, 10-16.
- Anttila, K., Mänttari, S. & Järvilehto, M. 2008b. The swimming performance of brown trout and whitefish: the effects of exercise on Ca²⁺ handling and oxidative capacity of swimming muscles. *Journal of Comparative Physiology*, 178, 465-475.
- Auvinen, H., Jurvelius, J., Kolari, I. ja Leskelä, A. 2010. Muikkukannan, troolipyynnin ja järvilohi-istutusten kehitys Paasivedellä. – Teoksessa H. Simola (toim.), Suurjärviseminaari 2010, symposium of Large Lakes. Publications of the University of Eastern Finland, Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences 4: 39-40.
- Friedland, K.D.; Clarke, L.M.; Dutil, J.-D. & Salminen, M. 2006. The relationship between smolt and postsmolt growth for Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Gulf of St. Lawrence. *Fishery Bulletin* 104(1):149–155.
- Heinimaa, P.; Eskelinen, U.; Salminen, M. 2007. Lohi-istutuksissa uusi ongelma – meri ei elätä poikasia. *Apaja* 2/2007:17-18.
- Hoffman, A. 2008. The ability of brown trout (*Salmo trutta*) to capture and eat live prey in dependence on rearing methods. Bachelor thesis. University of Cologne Faculty of Mathematics and Natural Sciences. Department of Biology.
- Huusko, R. 2010. Kasvatusravinnon määrän ja laadun vaikutus lohen (*Salmo salar* L.) vaelluspoikasiin. Pro gradu – tutkielma. Oulun yliopisto. Biologian laitos.
- Huusko, A. & Hyvärinen, P. Atlantic salmon abundance and size track climate regimes in the Baltic Sea. Manuscript.
- Huusko, A. & Vehanen T. 2011. Do hatchery-reared brown trout affect the growth and habitat use of wild congeners? *Fisheries Management and Ecology* (in press)
- Hyvärinen, P., Laaksonen, T., Korhonen, P., Moilanen, J., Karvonen, P., Rodewald, P. ja Leinonen, A., Hirvonen, H. ja A. Vainikka 2010. Kainuun vaelluskalahanke. Merilohen vaelluspoikastutkimukset Oulujärvellä v. 2010. Tutkimusraportti.
- Hyvärinen, P., Korhonen, p., Leinonen, A. ja H. Hirvonen 2011. Virikepoikanen pärjää paremmin. Istukastuotannon luonnonmukaiset menetelmät vähentävät kasvatusaikaista kuolevuutta. *Kalankasvattaja* 1/2011, 34–37.
- Hyvärinen, P.; Suuronen, P.; Laaksonen, T. 2006. Short-term movements of wild and reared Atlantic salmon smolts in a brackish water estuary – preliminary study. *Fisheries Management and Ecology* 13(6):399-401.
- Jokikokko, E. and Jutila, E. 2009. Numbers of ascending wild and reared Atlantic salmon adults in relation to smolt output of the Simojoki river in the northern Baltic Sea. *Fisheries Management and Ecology* 16, 165–167.
- Jokikokko, E.; Kallio-Nyberg, I.; Jutila, E.; Saloniemä, I. 2006. Effect of origin, sex and sea age of Atlantic salmon on their recapture rate after river ascent. *Journal of Applied Ichthyology* 22(6):489-494.
- Jokikokko, E.; Kallio-Nyberg, I.; Saloniemä, I.; Jutila, E. 2006. The survival of semi-wild, wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts of the Simojoki River in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology* 68(2):430-442.

- Jokikokko, Erkki. 2006. Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) stocking in the Simojoki river as a management practice. PhD Thesis. Acta Universitatis Ouluensis. A. Scientiae Rerum Naturalium 472:1-32.
- Jounela, P.; Suuronen, P.; Millar, R. B.; Koljonen, M.-L. 2006. Interactions between grey seal (*Halichoerus grypus*), Atlantic salmon (*Salmo salar*), and harvest controls on the salmon fishery in the Gulf of Bothnia. ICES Journal of Marine Science 63(5):936-945.
- Jutila, E. 2008. From the river to the open sea – a critical life phase of young Atlantic salmon migrating from the Simojoki river. Academic dissertation. Department of biological and Environmental Sciences, Faculty of Biosciences. University of Helsinki. Finnish Game and Fisheries Research Institute.
- Jyräsalo, T. ja Ollikainen, M. 2006. Suomenlahden lohi-istutusten kannattavuus. Kala- ja riistaraportteja 372.
- Kallio-Nyberg, I.; Jutila, E.; Jokikokko, E.; Saloniemi, I. 2006. Survival of reared Atlantic salmon and sea trout in relation to marine conditions of smolt year in the Baltic Sea. Fisheries Research 80(2-3):295-304.
- Kallio-Nyberg, I., Jutila, E., Koljonen, M.-L., Koskiniemi, J., Saloniemi, I. 2010. Can the lost migratory *Salmo trutta* stocks be compensated with resident trout stocks in coastal rivers? Fisheries Research 102(1-2): 69–79.
- Kallio-Nyberg, I., Jutila, E., Koljonen, M.-Liisa, Koskiniemi, J., Saloniemi, I. 2010. Kan bäcköringen rädda havsöringbeståndet? Fiskeritidskrift för Finland 3/2010: 10-11.
- Kallio-Nyberg, I., Jutila, E., Koljonen, M.-Liisa, Koskiniemi, J., Saloniemi, I. 2010. Meritaimenkannan palauttaminen purotaimenen avulla. Suomen Kalastuslehti 4/2010: 20–23.
- Kallio-Nyberg, I., Salminen, M. and, Saloniemi, I. & Kannala-Fisk, L. 2009. Marine survival of reared Atlantic salmon in the Baltic Sea: The effect of smolt traits and annual factors. Fisheries Research 96, 289–295.
- Kallio-Nyberg, I., Salminen, M., Saloniemi, I., Lindroos, M. The life history and economic consequences of precocity in sea-ranched Atlantic salmon in the Baltic Sea. Manuscript.
- Kallio-Nyberg, I., Saloniemi, I., Jutila, E. & Saura, A. 2007. Effects of marine conditions, fishing, and smolt traits on the survival of tagged, hatchery-reared sea trout (*Salmo trutta trutta*) in the Baltic Sea. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 64(9):1183-1198.
- Kallio-Nyberg, I., Saloniemi, I., Koljonen, M.-L. 2007. Effects of parental and smolt traits on the marine survival of released Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 272(1-4):254-266.
- Kallio-Nyberg, I., Saloniemi, I. & Koljonen, M.L. 2008. Vanhat lohinaaraat ovat superäitejä – lohien meriikä vaikuttaa jälkeläisten elinkykyyn meressä. Suomen kalastuslehti 8 (2008), 12-14.
- Kannala-Fisk, L. 2008. Varhaisen sukukypsyyden ja selkävävaurioiden vaikutus istutetun lohien (*Salmo salar* L.) vaelluspoikasen eloonjääntiin meressä. Carlin -merkintäaineistoon perustuva analyysi. Pro gradu – tutkielma. Helsingin yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Akvaattiset tieteet / kalataloustiede.
- Karppinen, P., Jaukkuri, M., Kari, A. & Annala, M. 2008. Lohen vaelluspoikasten istutus- ja käyttäytymistutkimus Oulujoella 2007–2008. Työraportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Kekäläinen, J., Niva, T. and Huuskonen, H. 2008. Pike predation on hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a northern Baltic river. Ecology of Freshwater Fish 17, 100-109.
- Kolari, I., Kuukka, H., Peuhkuri, N. 2008. Fish with cataracts fall prey more often than their healthy-eyed group mates. (käsikirjoitus)
- Koljonen, M.-L. 2006. Annual changes in the proportions of wild and hatchery Atlantic salmon (*Salmo salar*) caught in the Baltic Sea. ICES Journal of Marine Science 63(7):1274-1285.
- Kuukka, H., Peuhkuri, N. & Kolari, I. 2006. Viljeltyjen lohikalojen kaihi – kartoitus vuonna 2004. Kala- ja riistaraportteja nro 377.
- Kuukka, H., Janhunen, M., Peuhkuri, N., Piironen, J. & Kolari, I. 2007. Paternal colouration influences susceptibility to parasite-induced cataract in arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) young. VII International Congress on the Biology of Fish, Canada
- Kuukka-Anttila, H., Peuhkuri, N., Kolari, I., Paananen, T. & Kause, A. 2009. Quantitative genetic architecture of parasite-induced cataract in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Heredity: doi: 10.1038/hdy.2009.123.
- Mikkola, J., Salminen, M. ja Ikonen, E. 2010. Kymijoen lohien vaelluspoikasten alasuvelu- ja voimalaitostappiot. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 20/2010, 20 s.
- Pasternack, M., Salminen, M. ja Heinimaa, P. 2008. Kasvatettujen lohien poikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2004–2006. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 14/2008.
- Pasternack, M., Salminen, M. ja Heinimaa, P. 2010. Kasvatettujen lohien vaelluspoikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2007–2009. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 16/2010.

- Peuhkuri, N., Bjerås, E., Brännäs, E., Piironen, J., Primmer, G. and Taskinen, J. 2009. Looking fish in the eye – cataract as a problem in fish farming. Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2009. TemaNord 2009:515. 58 p.
- Peuhkuri, N., Piironen, J. ja Makkonen, J. 2007. Kalojen monimuotoisuuden ylläpidon toimintamallit. Raportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Piironen, J. 2010. Järvi- ja taimenistukkaat menestyvät erinomaisesti Höytiäisessä – Pielisessä eivät niin hyvin? Apaja 1/2010, s. 7.
- Pircklén, N. 2010. Geneettisen laistumisen ja kasvatusympäristön vaikutukset lohenpoikasten aivojen kasvuun ja rakenteeseen sekä ravinnonhankintakäyttäytymiseen. Pro gradu. Helsingin yliopisto. Biotieteiden laitos. Ekologia ja evoluutiobiologia.
- Rodewald, p., Hyvärinen, P., Vainikka, A. and H. Hirvonen 2010. Does soft release of endangered Atlantic salmon improve stocking success by reducing stress? Esitelmätiivistelmä.
- Romakkaniemi, A. 2008. Conservation of Atlantic salmon by supplementary stocking of juvenile fish. PhD Thesis. Department of Biological and Environmental Sciences, Faculty of Biosciences, University of Helsinki. Finnish Game and Fisheries Research Institute.
- Osajulkaisut:
- Romakkaniemi, A., Mäntyniemi, S., Torvi, I., and Haikonen A. 2008. Differences in biological characteristics of wild and reared Baltic River Tornionjoki salmon. Submitted.
 - Romakkaniemi, A., and Mäntyniemi, S. 2008. Survival and smolting of juvenile Atlantic salmon stocked in the Baltic River Tornionjoki. Submitted.
 - Romakkaniemi, A., Michielsens, C.G.J., and Perä, I. 2008. Stocked salmon are more vulnerable to Baltic mixed-stock fishery than wild salmon. Manuscript.
- Salminen, M., Pasternack, M. & Heinimaa, P. Do modern diets produce viable salmon smolts (*Salmo salar*) for sea-ranching? – A preliminary study. Manuscript.
- Salminen, M.; Alapassi, T.; Ikonen, E. 2007. The importance of stocking age in the enhancement of River Kymijoki salmon (*Salmo salar*). Journal of Applied Ichthyology 23(1):46-52.
- Salonen, E., Niva, T., Raineva, S., Pukkila, H., Savikko, A., Aikio, E., Leinonen, K. & Jutila, H. 2009. Inarijärven ja sen sivuvesistöjen kalataloudellinen velvoitetarkkailu 2008. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 17/2009. 17 s.
- Seppänen, E., Kuukka, H., Huuskonen, H. & Piironen, J. 2008. Relationship between standard metabolic rate and parasite-induced cataract of juveniles in three Atlantic salmon stocks. Journal of Fish Biology 72: 1659-1674.
- Seppänen, E., Kuukka, H., Voutilainen, A., Huuskonen, H. & Peuhkuri, N. 2009. Metabolic depression and spleen and liver enlargement in juvenile Arctic charr exposed to chronic parasite infection. Journal of Fish Biology 74, 553–561. doi: 10.1111/j.1095-8649.2008.02144.x
- Siira, A; Suuronen, P; Kreivi, P; Erkinaro, J. 2006. Size of wild and hatchery-reared Atlantic salmon populations in the northern Baltic Sea estimated by a stratified mark-recapture method. ICES Journal of Marine Science 63(8):1477-1487.
- Siira, A., Suuronen, P., Ikonen, E., & Erkinaro, J. 2006. Survival of Atlantic salmon captured in and released from commercial trap-net: potential for selective harvesting of stocked salmon. Fisheries Research 80: 280–294.
- Siira, A., Suuronen, P., Jounela, P. & Erkinaro, J. Run timing and migration routes of returning Atlantic salmon in the Northern Baltic Sea; implications for fisheries management. Fisheries Management and Ecology (In press)
- Stenman, O. 2007. How does catching of grey seal (*Halichoerus crypus*) from the Bothnian Bay spring ice influence the population structure of seals and the local fish populations. ICES CM 2007/C:12.
- Suuronen, P., Lehtonen, E., Riikonen, R., Hokki, R. ja Kunnasranta, M. 2010. Hylkeen saalistuksen vaikutukset kalakantoihin ja erityisesti lohikaloihin Perämerellä. Vuoden 2009 ravintoanalyysin tulokset. Tutkimusraportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
- Suuronen, P., Lehtonen, E., Riikonen, R., Hokki, R. ja Kunnasranta, M. ja Aalto, N. 2010. Hylkeiden ravinnonkäytöstä Perämerellä. Kalastaja, syyskuu 2010. s. 8.
- Suuronen, P., Lehtonen, E., Riikonen, R. ja Kunnasranta, M. 2008. Hyljepredaatiotutkimus Perämeren pohjukassa – Alustava raportti vuoden 2008 maha- ja suolistoanalyysistä. Tutkimusraportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

- Syrjänen, J., Valkeajärvi, P. & Heinimaa, S. 2010. Taimenistukkaiden tuotto, kalastus ja vaellukset Päijänteen pohjoisesta laskevissa reittivesissä vuosina 1990–2005. Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia 1/2010. 30 s.
- Vainikka, A. Kallio-Nyberg, I., Heino M. & Koljonen M.-L. 2010. Divergent trends in life-history traits between Atlantic salmon *Salmo salar* of wild and hatchery origin in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology* 76: 622–640.
- Vehanen, T. 2006. Intra- and interspecific competition in hatchery landlocked salmon and brown trout in semi-natural streams. *Environmental Biology of Fishes* 76(2-4):255-264.
- Vehanen T, Huusko A, Hokki R. 2009. Competition between hatchery-raised and wild brown trout *Salmo trutta* in enclosures – do hatchery releases have negative effects on wild populations? *Ecology of Freshwater Fish* 18, 261-268.
- Vehanen, T. & Huusko, A. Hatchery and wild environment brown trout, *Salmo trutta*, of similar genetic origin express different morphometrics due to divergence in rearing environment. (Käsikirjoitus).
- Voutilainen, A., Valdez, H., Karvonen, A., Kortet, R., Kuukka, H., Peuhkuri, N., Piironen, J. & Taskinen, A. 2009. Infectivity of trematode eye flukes in farmed salmonid fish — Effects of parasite and host origins. *Aquaculture* 293, 108–112.
- Yli-Vinkka, M. 2009. Uhanalaisen taimenkannan istukaspoikasten elinkyky: domestikaation, kasvatusympäristön ja yksilöllisten ominaisuuksien merkitys. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Ekologia ja evoluutiobiologia.

Lohi- ja taimenistutuksiin liittyvät tulostavoiteraportit 2006–2010

2006

Pasternack, M., Salminen, M. ja Heinimaa, P. 2006. Sopimuskasvatuksessa tuotettujen lohien vaelluspoikasten ulkoinen ja ravitsemuksellinen kunto sekä vaellusvalmius istutusaikaan vuosina 2004 – 2006. Tulostavoiteraportti maa- ja metsätalousministeriölle 31.12.2006. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

2007

Salminen, M., Kallio-Nyberg, I. ja Kannala-Fisk, L: 2007. Varhaisen sukukypsyyden ja eväaurioiden esiintyminen ja vaikutus nevanlohen istutustuloksiin Suomenlahdella ja Selkämerellä 1981 – 2005. Tulostavoiteraportti maa- ja metsätalousministeriölle 31.12.2007. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Peuhkuri, N., Kolari, I., Kuukka, H., Heikkinen, T., Hirvonen, E. ja Gavrilov, M. 2007. Saimaannierian alttius kaihille. Tulostavoiteraportti maa- ja metsätalousministeriölle 31.12.2007. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

2008

Piironen, J., Nurmio, T., Gavrilov, M., Heikkinen, T. ja M. Janhunen 2008. Järvilohien vaellusten akustinen telemetria. Tulostavoiteraportti maa- ja metsätalousministeriölle 31.12.2008. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Salminen, M., Heinimaa, P., Romakkaniemi, A., Setälä, J., Huusko, A., Vehanen, T., Kallio-Nyberg, I., Hyvärinen, P., Erkinaro, J., Mikkola, J., Piironen, J. ja Peuhkuri, N. 2008. Istutustutkimusohjelman (2006–2012) väliraportti lohi-istutuksiin liittyvistä tutkimuksista. Tulostavoiteraportti maa- ja metsätalousministeriölle 31.12.2008. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

2009

Hyvärinen, P., Leinonen, A., Laaksonen, T., Vielma, J., Korhonen, P., Konttinen, E., Hyvönen, M., Toivonen, A., Salminen, M., ja H. Hirvonen 2009. Istutusta edeltävän talven ja kevään dieettikasvatuksen vaikutus lohien vaelluspoikasten kasvuun, rasvapitoisuuteen, varhaiseen sukukypsyyteen sekä vaellusaktiivisuuteen. Tulostavoiteraportti RKTL:n kalantutkimusyksikölle 31.12.2009.

Hyvärinen, P., Leinonen, A., Toivonen, A., Korhonen, P., Hoffman, A., Ylivinkka, M., Rodewald, P. ja H. Hirvonen 2009. Kasvatusympäristön vaikutus taimenen elinkykyyn (Effects of rearing environment and domestication selection on survival, parasitism, fin erosion, swimming performance and preying on natural food of brown trout reared for restocking). Tulostavoiteraportti RKTL:n kalantutkimusyksikölle 31.12.2009.

2010

- Kolari, I., Kuukka-Anttila, H., Hirvonen, E., Heikkinen, T. ja T. Nurmio 2010. Kaihin torjuminen lohikalaistukkaiden tuotannossa. Tulostavoiteraportti RKTL:n kalantutkimusyksikölle 31.12.2010.
- Leskelä, A. 2010. Merialueen siikaistutusten tuloksellisuuteen vaikuttavat tekijät. Tulostavoiteraportti maa- ja metsätalousministeriölle. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 31.12.2010.

Muut lohi- ja taimenviitteet

- Ahonen, M. 1993. Inarijärveen laskevien vesien järvitaimenen vuosien 1971–1989 Carlin-merkintöjen tulokset. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 61: 31–58.
- Aho, T., Piironen, J. & Pursiainen, M. 2002. Avain viljeltävien taimen-, harjus- ja siikaemokalastojen geneettiseen tietokantaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen vesiviljelyssä. RKTL. Kala- ja riistaraportteja 253. 23 s. + 2 liitettä.
- Huusko, A., Vehanen, T. & Korhonen, P. 1994. Järvitaimenistutusten tuloksellisuus Kuusamon alueella vuosina 1972–1988 Carlin-merkkipalautuksiin perustuen. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 81. 41 s.
- ICES 2008. Report of the Workshop on Baltic Salmon Management Plan Request (WKBALSAL), 13-16 May 2008, ICES, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2008/ACOM:55. 61 pp.
- ICES 2009a. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2009/ACOM:05
- ICES 2009b. Report of the Study Group on Data Requirements and Assessment Needs for Baltic Sea Trout (SGBALANST), 3-5 February 2009, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2009/DFC: 03. 97 pp.
- ICES 2010. Report of the Working Group on Baltic Salmon and Trout (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2010/ACOM:08.
- Makkonen, J., Piironen, J., Pursiainen, M., Toivonen, J. & Kolari, I. 1996. Pyyntitavat heikentävät järvitaimenen istutustulosta: Vuoksen vesistöalueelle vuosina 1979–1992 tehtyjen Carlin -merkintöjen tulokset. Riista ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 108. 65 s.
- Parkkila, K. 2006. Simojoen lohen saalismäärän lisääntymisen taloudellinen arviointi contingent valuation – menetelmällä. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto, taloustieteen laitos.
- RKTL 2008. Asiantuntija-arvio merilohen, silakan ja kuoreen hinnoista rannikkokalastuksessa vuonna 2007. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 0404.2008.
- Salminen, M., Kummu, P., Pasanen, P. ja Ikonen, E. 2004. Arvokalojen sopimuskasvatus 2004–2010. Työryhmämuistio. Kala- ja riistaraportteja 311.
- Saloniemi, I., Jokikokko, E., Kallio-Nyberg, I., Jutila, E. & Pasanen, P. 2004. Survival of reared and wild Atlantic salmon smolts: size matters more in bad years. ICES Journal of Marine Science 61, 782-787.
- Sopimusviljelytyöryhmä 1993. Lohen ja meritaimenen sopimuskasvatus ja istutukset. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 66. 76 s. + 5 liitettä.
- Valkeajärvi, P. 1993a. Taimenistutusten tuloksellisuus sekä istukkaitten vaellukset ja kasvu Rautalammin reitillä. Suomen Kalatalous 59: 57–71.

Nieriä-, siika- ja kuhajulkaisut 2006–2010

- Issakainen, H. 2010. Vanhempien kutuväriytyksen ja poikasen uintikyvyn välinen yhteys nieriällä (Salvelinus alpinus). Pro gradu –tutkielma. Itä-Suomen yliopisto, Biologian laitos 2010. 24 s.
- Jokikokko, E.; Leskelä, A.; Huhmarniemi, A. 2007. Is it possible to increase the stocking results of the whitefish in the Finnish Gulf of Bothnia by means of fisheries management? Advances in Limnology 60:397-404.
- Leskelä, A.; Sutela, T.; Ingman, H. 2007. Quality, diet and growth of one-summer old European whitefish (Coregonus lavaretus L.) fingerlings produced in ponds and net-cages and released in the Finnish Archipelago Sea. Advances in Limnology 60:213-220.
- Leskelä, A. 2008. Resultaten av sikutplanteringen på Åland. Slutrapport 28.3.2008. Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet. Forskningsrapport.
- Leskelä, A., Jokikokko, E. ja Huhmarniemi, A. 2009. Perämeren vaellussiikaistutusten tulokset. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 7/2009.

- Salminen, M., Koljonen, M.-L., Säisä, M., & Ruuhijärvi, J. Genetic effects of supportive stockings in native pikeperch populations – three different outcomes. Manuscript.
- Säisä, M., Salminen, M., Koljonen, M.-L., Ruuhijärvi, J. ja Hyvärinen, P. 2008. Kuhakantojen geneettinen kartointus – kuinka suuret ovat kuhakantojemme perinnölliset erot. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä 8/2008
- Säisä, M., Salminen, M., Koljonen, M.-L. and J. Ruuhijärvi 2010. Coastal and freshwater pikeperch (*Sander lucioperca*) populations differ genetically in the Baltic Sea basin. *Hereditas* 147: 205–214.