
RKTL:n työraportteja 19/2013

Paremmat istukkaat, parempi istutustulos

Istutustutkimusohjelman 2006–2012 tuloksia

Tekijät: Matti Salminen, Petri Heinimaa, Ari Huusko, Pekka Hyvärinen, Irma Kallio-Nyberg, Irma Kolari, Esa Lehtonen, Ari Leskelä, Teuvo Niva, Jorma Piironen, Atso Romakkaniemi ja Teppo Vehanen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki
2013



Julkaisija:
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Helsinki 2013

ISBN 978-952-303-033-6 (Verkkójulkaisu)

ISSN 1799-4756 (Verkkójulkaisu)

RKTL 2013

Kuvailulehti

Tekijät Matti Salminen, Petri Heinimaa, Pekka Hyvärinen, Irma Kallio-Nyberg, Irma Kolari, Esa Lehtonen, Ari Leskelä, Teuvo Niva, Jorma Piironen, Atso Romakkaniemi, Ari Huusko ja Teppo Vehanen			
Nimeke Paremmat istukkaat, parempi istutustulos - Istutustutkimusohjelman 2006–2012 tuloksia			
Vuosi 2013	Sivumäärä 86	ISBN 978-952-303-033-6	ISSN 1799-4756
Yksikkö/tutkimusohjelma Tutkimus- ja asiantuntijapalvelut			
Hyväksynyt Nina Peuhkuri			
Tiivistelmä <p>Istutustutkimusohjelmassa (2006–2012) tutkittiin kalaistutusten tuloksiin vaikuttavia tekijöitä ja kehitettiin toimintamalleja, jotka edistävät istutusten, kalastuksen ja suojelun yhteensovittamista ja parantavat istutusten taloudellista tuottavuutta. Ohjelman painopiste oli kalastusta tukemaan tarkoitetuissa lohen ja meritaimenen vaelluspoikasistutuksissa, jotka ovat pitkään tuottaneet tavoitteita heikompaa tulosta. Lisäksi tutkittiin järvitaimenta, järvilohia, saimaannieriää, kuhaa 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 lisännyt vaelluspoikasiin kohdistuvaa saalistusta. Myös lohenpoikasten laadussa ja istutuskäytännöissä on tapahtunut muutoksia, jotka ovat saattaneet heikentää niiden vaellus- ja elinkykyä. Meritaimenella heikot istutustulokset johtuvat pääosin liian voimakkaasta, nuoriin yksilöihin kohdistuvasta kalastuksesta, mutta istutusten tuottoa on myös meritaimenella alentanut vaelluspoikasten aiempaa heikompi eloonjäänti.</p> <p>Istutuskalojen laatua arvioitaessa ja kehitettäessä vertailukohtana ja esikuvana käytettiin luonnonpoikasia, joiden eloonjäänti on esim. lohen vaelluspoikasilla ollut keskimäärin vähintään kaksinkertainen viljeltyihin verrattuna. Tämän eron pienentämiseksi ohjelmassa kokeiltiin uusia kasvatusmenetelmiä, joissa lohen ja taimenen poikasten elinkykyä pyrittiin parantamaan mm. tarkentamalla rehun koostumusta ja määrää, harjoittamalla poikasten lihaskuntoa ja kykyä välttää petoja, sekä monipuolistamalla poikasten kasvatusympäristöä (ns. virikekasvatus).</p> <p>Tutkimusohjelman havainnot korostivat myös istutuskalojen perinnöllisen taustan merkitystä. Virikekasvatuskokeiluissa luonnonvaraisten taimen- ja lohien jälkeläiset menestyivät usein laitosemojen jälkeläisiä paremmin. Kukatutkimuksissa havaittiin, että vierasta alkuperää olevien poikasten istuttaminen on johtanut alkuperäisten kuhakantojemme sekoittumiseen ja monimuotoisuuden vähenemiseen. Taloudellisesti ja ekologisesti kestävä istutustoiminnan perusedellytys on poikasten laadukas ja istutusvesistöön sopiva alkuperä.</p> <p>Tutkimusohjelman tulosten perusteella lohen ja järvilohen vaelluspoikasten laatuvaatimuksia ja kuljetus- ja istutusaikatauluja tarkennettiin RKT:n sopimuskasvatuksessa. Saimaannieriän palautusistutuksiin suositellaan jatkossa myös vastakuoriutuneiden poikasten käyttöä. Viljeltyjä lohikaloja laajalti vaivaavan loiskaihin (aiheuttaja <i>Diplostomum sp.</i>) torjuntaan annettiin ohjeita. Virikekasvatuksesta laadittiin menetelmäopas, jonka avulla pyritään edistämään menetelmän laajempaa soveltamista istutuspoikasten tuotannossa.</p>			
Asiasanat istutusten tuloksellisuus, lohi, taimen, elinympäristö, kalastus, poikasten laatu			
Julkaisun verkko-osoite http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/paremmat_istukkaat.pdf			
Yhteydenotot Matti Salminen, etunimi.sukunimi@rktl.fi			

Sisällys

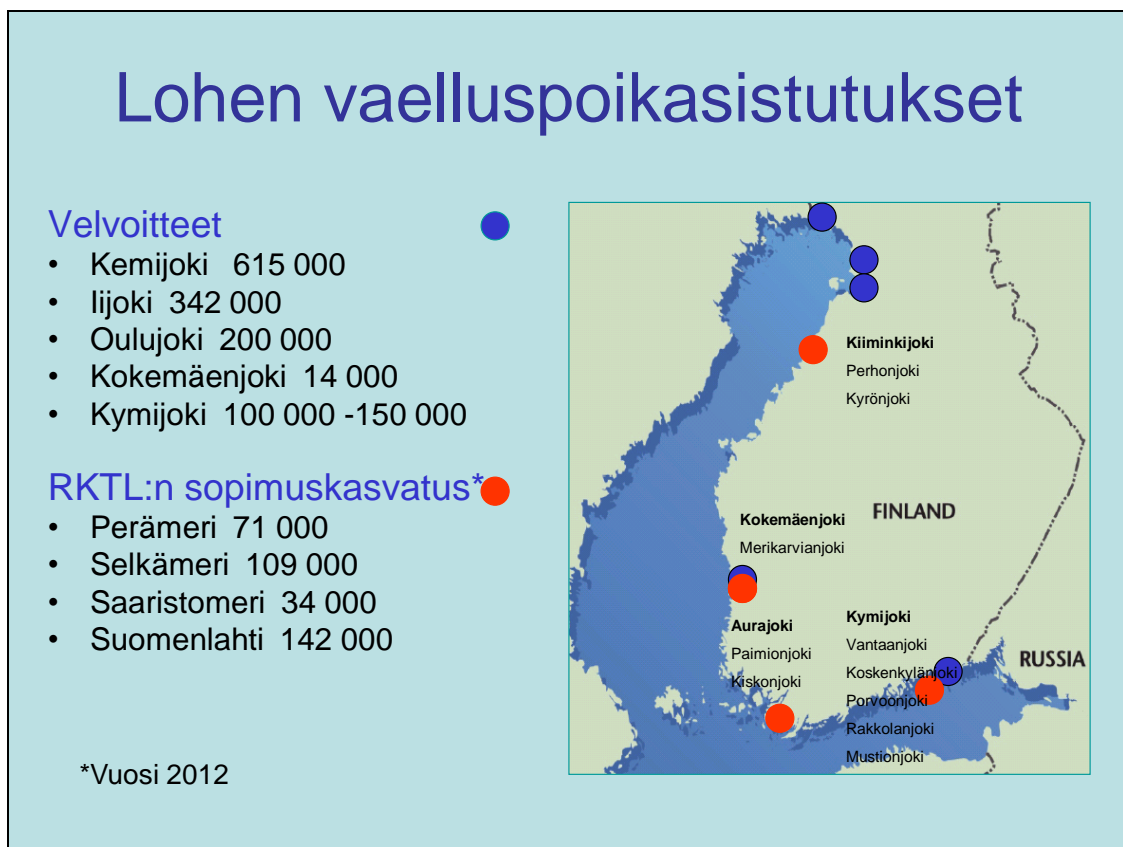
Kuvailulehti	3
1. Johdanto	5
2. Lohi ja meritaimen	7
2.1. Lohi- ja meritaimenistutukset tuottavat edelleen huonosti	7
2.2. Lohi- ja meritaimenistutusten tulos on monen osatekijän summa	13
2.3. Kalastuksen muutokset ja istutusten tuloksellisuus	14
2.3.1. Pyynnin väheneminen selittää osan lohi-istutusten tuoton heikkenemisestä	14
2.3.2. Meritaimenet kalastetaan liian nuorina	17
2.4. Epäedulliset luonnonolot ovat lisänneet lohen vaelluspoikasten kuolevuutta	18
2.4.1. Millä tavalla Itämeren luonnonolot ovat heikentyneet?	22
2.5. Istutuspoikasten laatu ja sen merkitys	29
2.5.1. Villit ja viljeltyt lohen poikaset eroavat monella tavalla toisistaan	29
2.5.2. Onko viljeltyjen poikasten elinkyky ajan myötä heikentynyt?	34
2.6. Voidaanko istutuspoikasten elinkykyä parantaa?	43
3. Järvilohi, järvitaimen ja saimaannieriä	55
3.1. Järvilohi menestyy Höytiäisessä	55
3.2. Järvitaimenistutuksista vaihtelevia tuloksia	59
3.3. Vastakuoriutuneina istutetut saimaannieriät selviytyivät kutukaloiksi	61
4. Siika ja kuha	64
4.1. Merialueen siikaistutusten tuottavuus	64
4.2. Istutukset muokkaavat kuhakantojen perinnöllistä monimuotoisuutta	68
5. Istutustutkimusten tulosten soveltaminen käytäntöön	73
5.1. Suhtautuminen istutuksiin on muuttumassa	73
5.2. Istutukset ja kalastus	75
5.3. Itämeren ekosysteemin muutokset	76
5.4. Istutuspoikasten laatu	77
6. Kirjallisuus	79

1. Johdanto

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

Ohjelman painopiste oli 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 tutkittiin myös järvihoitoa, -taimienta, 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 velvoiteenhaltijoiden 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, vaikka osa sopimuskasvatusvaroin tehtävistä istutuksista tähtää myös luonnontuotannon palauttamiseen tai lisäämiseen. Sopimuskasvatuksen istutuspaikat on mainittu karttapohjalla.

Istukkaiden laatuun ja elinkykyyn liittyvissä tutkimuksissa kohdelajeina olivat lohen ja meritaimenen lisäksi järvihoito, 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 arvioitiin rannikon siikaistutusten taloudellista tuottoa ja sen alueellista jakautumista. Kuhan osalta tutkittiin sisävesi- ja merialueen kantojen perinnöllisiä eroja sekä istutusten vaikutusta kuhakantojen perinnöllisiin ominaisuuksiin.

Tässä raportissa esitellään vuoden 2012 lopussa päättyneen RKTL:n istutustutkimusohjelman keskeisiä tuloksia ja johtopäätöksiä. Tarkastelua ei ole rajattu tutkimusohjelman omiin hankkeisiin, vaan mukana on myös muissa RKTL:n projekteissa, ohjelmissa ja hankeryhmissä saatuja, mutta istutustutkimusohjelman tavoitteisiin keskeisesti liittyviä tuloksia.

2. Lohi ja meritaimen

2.1. Lohi- ja meritaimenistutukset tuottavat edelleen huonosti

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

Yksilömerkintöjen tulosten perusteella lohi-istutusten saalistuotto on niin Pohjanlahdella kuin Suomenlahdellakin edelleen sillä alhaisella tasolla, jonne pudottiin 1990-luvulla ja 2000-luvun alkuvuosina (Kuva 2; ICES 2012). Vuoden 2012 loppuun mennessä kertyneiden palautusten perusteella tulokset eivät olleet kääntyneet selvään nousuun viimeisimmistä kalastukseen rekrytoituneissa istutusvuosiluokissa.

Itämereltä raportoidut lohisaaliit eivät ole heikentyneet yhtä voimakkaasti kuin istutuskalojen merkintöjen palautusprosentit (Kuva 3; ICES 2012), sillä lohen luonnonvaraiset kannat ovat vahvistuneet ja lisääntynyt luonnonvarainen poikastuotanto on osin kompensoinut istutuskalojen vajetta. Vuoden 1990 ennätystasolta (5636 tonnia) lohen kokonaissaaliit Itämerellä putosivat kuitenkin vuonna 2010 alhaisimmalle tasolle (881 tonnia) sitten vuoden 1970. Vuonna 2011 lohta kalastettiin jälleen hieman enemmän (934 tonnia; ICES 2012).

Meritaimenella yksilömerkintöjen 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.

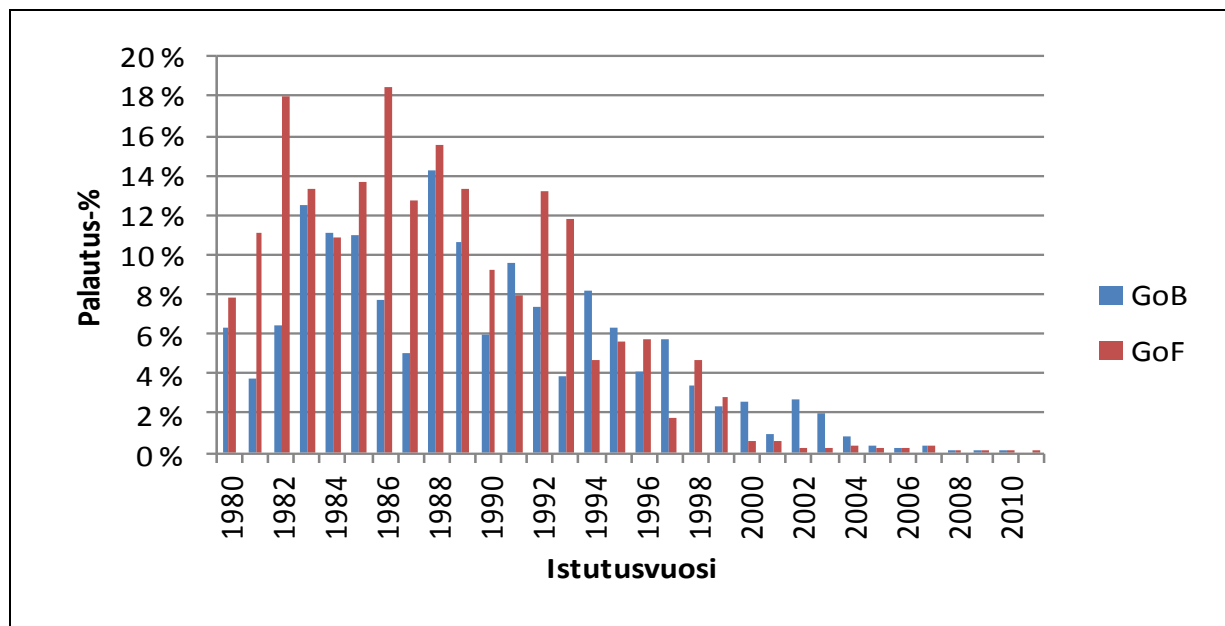
Saalis- ja merkintäaineistoihin perustuvat arviot istutustulosten kehityksestä lienevät jonkin verran todellisuutta pessimistisempiä, sillä kalastajien halukkuus raportoida meritaimen- ja lohisaaliitaan ja löytämiään merkkejä on saattanut vähentyä (ICES 2012; Kallio-Nyberg ym. 2007). Lohisaaliiden lisääntyneestä aliraportoinnista on epäilty erityisesti Puolaa, jossa osa lohisaaliista ilmeisesti raportoidaan meritaimenena (ICES 2012). 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 vertailukohdan 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.).

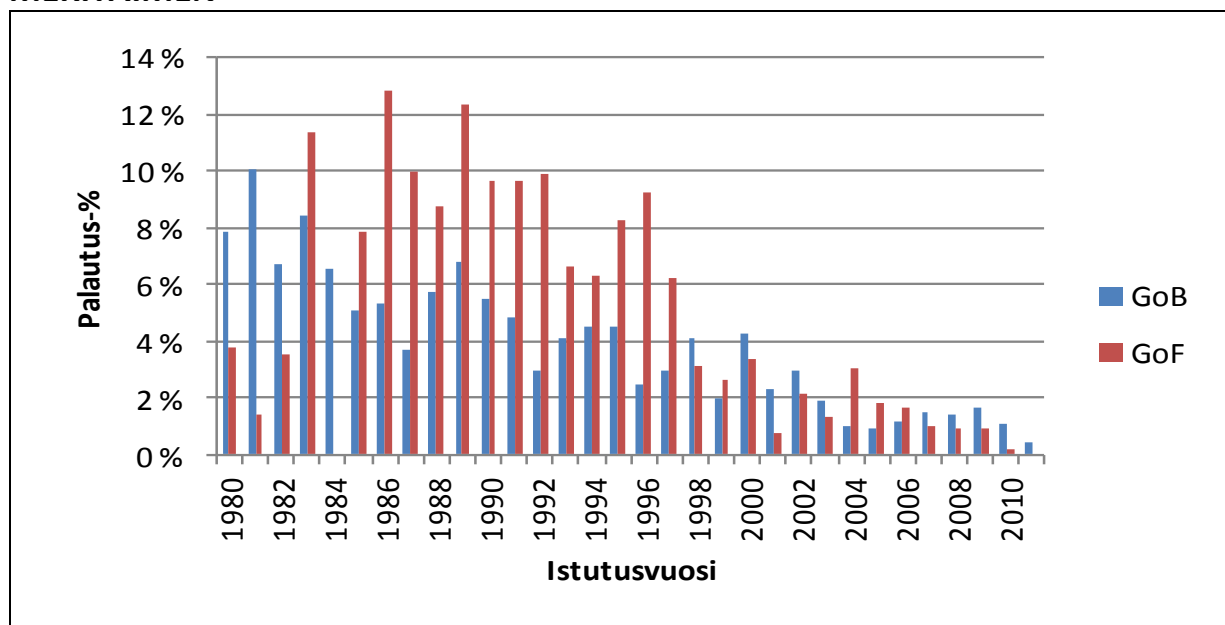
ICES 2012. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2012/ACOM:08.

Kallio-Nyberg, I., Saloniemä, 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

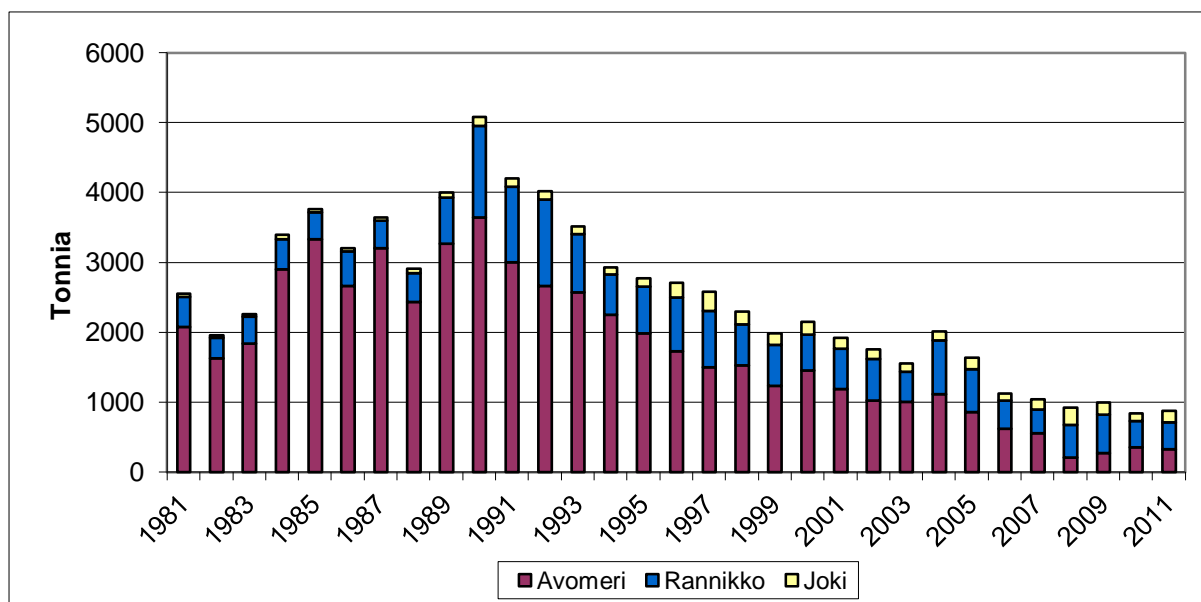


MERITAIMEN

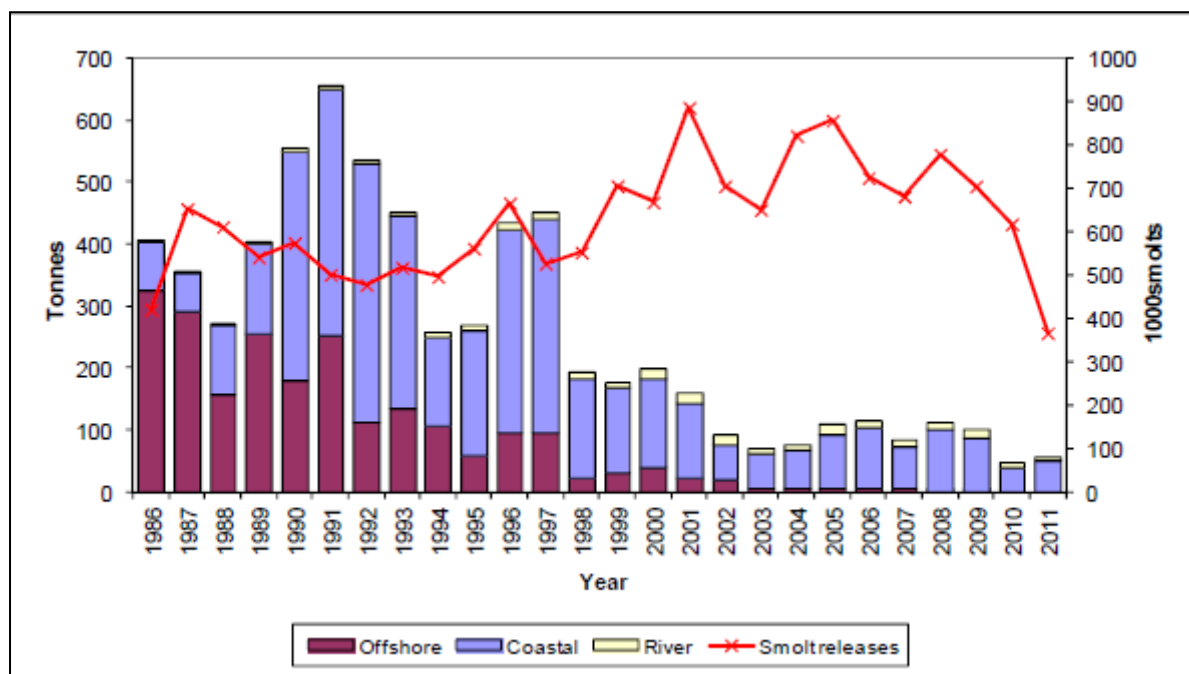


Kuva 2. Carlin -merkittyjen lohien (yläkuva) ja meritaimenen (alakuva) vaelluspoikasten keskimääräinen palautusprosentti Pohjanlahden (GoB) ja Suomenlahden (GoF) istutuksissa vuosina 1980–2011 (ICES 2012).

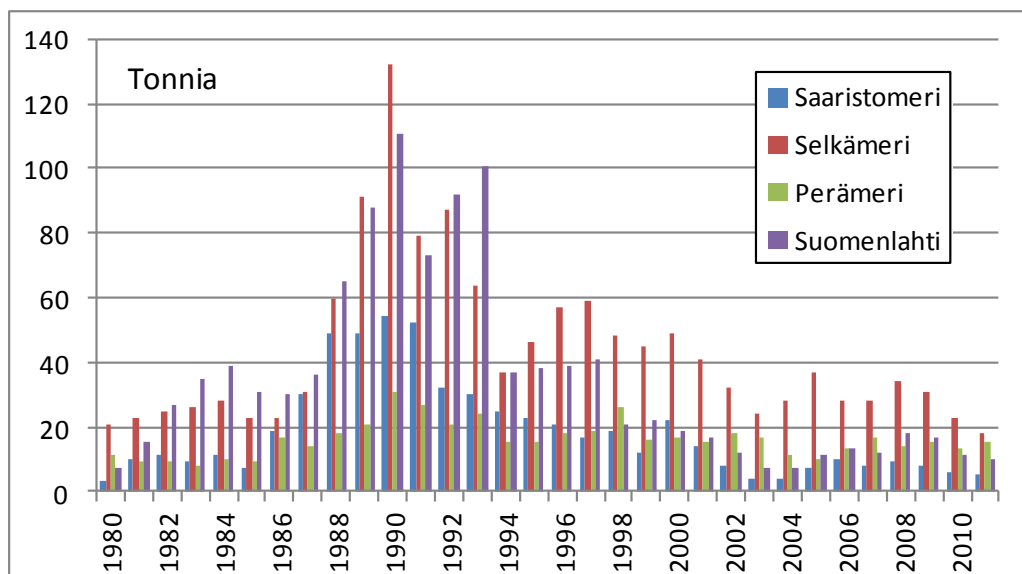
Pohjanlahti ja pääallas (SD 22–31)



Suomenlahti (SD 32)



Kuva 3. Lohisaalis ja sen jakautuminen avomeri- (Offshore), rannikko- (Coastal) ja jokikalastuksen (River) kesken Pohjanlahden–Itämeren pääaltaan ja Suomenlahden alueella 1986–2011. Punainen murtoviiva kuvaa Suomenlahden istutusmäärän kehitystä (ICES 2012).



Kuva 4. Ammattikalastuksen taimensaalis Suomen merialueilla 1980–2011 (RKTL, tilasto)

Suomenlahdella lohien istutuskustannukset ylittävät saaliin tuottajahinnan

Lohi-istutusten taloudellista kannattavuutta tutkittiin yksityiskohtaisimmin Suomenlahdella, jossa istutusten saalistuotto oli 2000-luvun alussa pudonnut murto-osaan 1980-luvun huippuvuosien tasosta (Kuva 2; Jyräsalo ja Ollikainen 2006; Kallio-Nyberg ym. 2011a). Esimerkiksi vuonna 2012 Suomi istutti Suomenlahdelle yhteensä 148 000 lohien vaelluspoikasta (sopimuskasvatus noin 142 000). Suomenlahdella istutusten kannattavuuden arviointi on tutkimusongelmana suhteellisen selkeä, koska alueen lohisaaliit koostuvat käytännössä vain istutetuista nevanlohista.

Jyräsalon ja Ollikaisen (2006) tutkimuksessa istutusten kannattavuuden laskentaan kehitettiin EXCEL -pohjainen Kalanistutusten taloudellinen kannattavuus -laskentaohjelma, 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 jatkokasvatus.

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. (2011a), jotka tutkivat Suomenlahden istutusvuosiluokkia 1981–2005, päätyivät analyysissään vieläkin negatiivisempaan arviointiin istutusten kannattavuudesta: heikon saalistuoton jaksolla 1990-luoppupuolelta lähtien istutusten nettonykyarvo 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.

Edellä siteerattujen tutkimusten valmistumisen jälkeen kalastetun lohien tuottajahinta on edelleen alentunut, ollen peratulla lohella tällä hetkellä 3,47 euroa kilolta (RKTL tilasto, 2012). Kun myös istutusten saalistuotto on edelleen pysynyt alhaisena, Suomenlahden istutusten kannattavuudessa ei ole tapahtunut käännettä parempaan.

Jyräsalo, T. ja Ollikainen, M. 2006. Suomenlahden lohi-istutusten kannattavuus. Kala- ja riistaraportteja 372. Kallio-Nyberg, I.; Salminen, M.; Saloniemi, I.; Lindroos, M. 2011a. Effects of marine survival, precocity and other life history traits on the cost-benefit of stocking salmon in the Baltic Sea. Fisheries Research 110(1):111-119.

Parkkila, K. 2006. Simojoen lohien saalismäärän lisääntymisen taloudellinen arviointi contingent valuation – menetelmällä. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto, taloustieteen laitos.

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

Lohi-istutukset selvästi tappiollisia myös Pohjanlahdella

Pohjanlahdella lohi-istutusten tuottavuuden ja taloudellisen kannattavuuden arviointiin liittyy huomattavasti suurempaa epävarmuutta kuin Suomenlahdella, sillä istutuspoikasten vaellus- ja kalastusalueella, Pohjanlahdella ja Itämeren pääaltaalla, lohisaaliisiin vaikuttavat hyvin monet eri istutus- ja luonnonkannat ja saaliit jakautuvat monen kalastusvaltion kesken.

Seuraavassa esitetään arvio (RKTL 2011) Kemi-, li- ja Oulujoen lohi-istutusten tuottaman lohisaliin (sekä ammatti- että vapaa-ajankalastus) ja sen tuottamiseen liittyvien istutuskustannusten kehityksestä kalastuskausina 1993–2010 (istutusvuodet 1991–2008). Arvion on tehnyt tutkija Henni Pulkkinen kansainvälisen merentutkimusneuvoston (ICES) lohi- ja meritaimentyöryhmän (WGBAST) lohi-kantojen arviointimallia hyödyntäen, ja sen taustalla ovat mm. seuraavat oletukset:

- Rannikkokalastuksessa Perämeren kantojen lohia kalastavat vain suomalaiset

- Istutetut lohet kalastetaan kahden merivuoden ikäisinä
- Avomerikalastuksessa näiden kantojen tuottama saalis jakautuu eri kalastusvaltioiden kesken samalla tavalla kuin Itämeren pääaltaan koko avomerisaalis; suomalaisten osuus saaliista on 1993–2010 vaihdellut 29 %:sta (1995) 5 %:iin (2010).
- Lohen istutuskustannukset Perämerellä ovat samat kuin sopimuskasvatuksessa (1,33 euroa kappaleelta), ja ne ovat pysyneet euromääräisesti vakiona 1991–2008

Näillä oletuksilla Perämeren lohi-istutusten saalistuotto on voimakkaasti heikentynyt tultaessa 1990-luvun alkupuolelta nykypäivään (Taulukko 2). Kun istutukset vielä vuosiluokissa 1991–1993 (saalisvuodet 1993–1995) tuottivat saalista keskimäärin lähes 600 kiloa tuhatta istutettua vaelluspoikasta kohti, oli tuotto istutusvuosiluokissa 2006–2008 (saalisvuodet 2008–2010) enää vajaat 80 kiloa. Saaliiden romahtaessa istutuskustannukset ovat nousseet runsaasta kahdesta eurosta 17 euroon yhtä suomalaisten kalastajien saaliiksi saamaa lohikiloa kohden. Näitä lukuja voidaan jälleen verrata sekä ammattikalastajien saaliistaan saamaan tuottajahintaan (5,38 euroa / kilo, 2011) tai Simojoen virkistyskalastuksen arvioituun nettohyötyyn (21 euroa saaliskiloa kohden; Parkkila 2006).

Taulukko 2. Arvio Perämeren (Kemijoen, Iijoen ja Oulujoen) lohi-istutusten saalistuoton kehityksestä. Istutusvuodet 1991–2008, kalastuskaudet 1993–2010. (RKTL 2011).

Kalastus- kaudet	Vuotuiset istutukset*		Suomalaisten vuotuinen lohisaalis (kg/vuosi)				Istutuskustannus €/saaliskilo
	1000 kpl	1 000 €	Avomeri	Rannikko	Yhteensä	Kg/ 1000 ist.	
1993-1995	1182	1572	128320	563450	691770	585	2,27
1996-1998	1261	1677	94040	416210	510250	405	3,29
1999-2001	1452	1932	62100	244520	306620	211	6,30
2002-2004	1617	2151	25240	216910	242150	150	8,88
2005-2007	1481	1969	30540	191440	221980	150	8,87
2008-2010	1350	1796	14940	90570	105510	78	17,02
(* Istutukset kaksi vuotta aiemmin)							

Perämeren 2000-luvun lohi-istutusten heikon kannattavuuden osoittaa myös Kallio-Nybergin ym. (2013b) tutkimus, jonka mukaan istutusvuosiluokkien 2000–2007 nettohyötyarvo oli vaelluspoikasten tuotantokustannukset (15 euroa/kilo) ja alhainen eloonjäanti (<2 %) huomioon ottaen negatiivinen kaikilla tutkituilla tuottajahinnoilla (4,2–9,2 euroa/kilo) ja korkotasolla (2 ja 4 %). Tutkimus osoitti myös, että valtaosan (noin 70 %) Perämeren lohi-istutusten saalistuotosta korjasivat Itämeren pääaltaan kalastajat, joista vain pieni osa on suomalaisia.

Kallio-Nyberg, I. Salminen, M., Pakarinen, T. and Koljonen, M.-L. 2013b. Cost-benefit analysis of Atlantic salmon smolt releases in relation to life-history variation. Fisheries Research 145: 6-14.

Parkkila, K. 2006. Simojoen lohen saalismäärän lisääntymisen taloudellinen arviointi contingent valuation -menetelmällä. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, taloustieteen laitos.

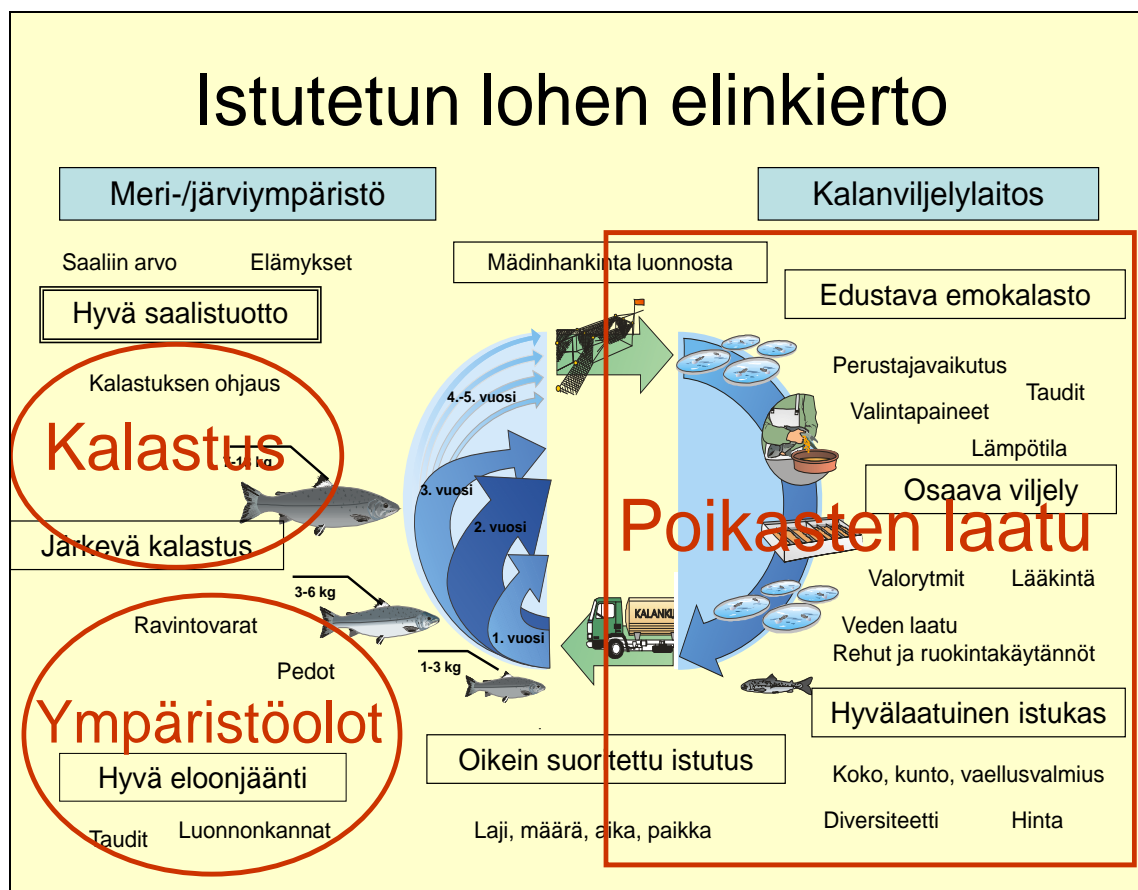
RKTL 2011. Lausunto eduskunnan maa- ja metsätalousvaliokunnalle joulukuussa 2011.

2.2. Lohi- ja meritaimenistutusten tulos on monen osatekijän summa

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

- istukkaiden laatu
- olosuhteet meressä
- kalastuksen määrä ja rakenne

Kaikissa näissä tekijöissä on viimeisten 15–20 vuoden aikana tapahtunut merkittäviä, istutustulosten heikkenemisen kanssa korreloivia muutoksia. Tutkimusohjelman tavoitteena oli selvittää, mitkä niistä parhaiten selittävät 1990-luvulla alkanutta ja 2000-luvulla jatkunutta istutustulosten heikkenemistä. Tulosten perusteella oli sitten tarkoitus päätellä, millaisin toimin istutusten tuloksellisuutta voidaan tehokkaimmin parantaa.



Kuva 5. Viljellyn lohien vaelluspoikasten elinkierrossa monet eri tekijät vaikuttavat eloonjääntiin ja istutusten tuottamaan saaliiseen.

2.3. Kalastuksen muutokset ja istutusten tuloksellisuus

2.3.1. Pyynnin väheneminen selittää osan lohi-istutusten tuoton heikkenemisestä

Lohisaaliiden vähenemiseen ja istutustulosten heikkenemiseen on osaltaan vaikuttanut loheen kohdistuvan pyynnin voimakas vähentyminen 1990-luvun alun jälkeen, sekä avomerellä että rannikoilla (Kuva 7). Pyyntien vähenemiseen ovat myötävaikuttaneet muun muassa tiukentunut lohen kalastuksen sääntely, lohimarkkinoiden tilanne ja kalastusta haittaavien harmaahylkeiden lisääntyminen. Kehitys on ollut samansuuntaista niin pääaltaan ja Pohjanlahden kuin Suomenlahdenkin alueella.

Luonnonkantojen suojelemiseksi lohen kalastusta rajoitetaan kansainvälisillä ja kansallisilla sääntelytoimilla. Rajoitukset ovat elvyttäneet luonnonkantoja (ICES 2012), mutta ovat samalla heikentäneet mahdollisuuksia istutettujen lohien tehokkaaseen kalastukseen:

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

Avomerikalastuksessa merkittävin yksittäinen muutos on ollut ajoverkkojen käytön kieltäminen vuoden 2008 alusta alkaen. Kiellon vuoksi avomerikalastus ja -saaliit jäivät vuonna 2008 ennätyslisen vähäisiksi (ICES 2012). Lisääntynyt ajosiimapyynti (Kuva 7) on sittemmin käytännössä korvannut lopetetun ajoverkkopyynnin, ja kokonaisuudessaan syönnöksellä olevien lohien hyödyntämisaste avomerellä oli vuosina 2009 ja 2010 jo samalla tasolla kuin 2000-luvun alkupuolella (ICES 2012).

Hylkeet syövät tai pilaavat merkittävän osan rannikkokalastajien lohisaaliista. Vuonna 2011 hylkeiden vuoksi jouduttiin hylkäämään noin 5 % merialueiden 29–32 kaupallisen kalastuksen koko lohisaaliista (ICES 2012). Pyydyksissä olevan saaliin pilaamisen lisäksi hylkeet myös repivät lohipyödyksiä, ajavat kaloja perinteisiltä pyyntialueilta muualle ja saalistavat vapaanakin uivia lohia ainakin pyydysten läheisyydessä.

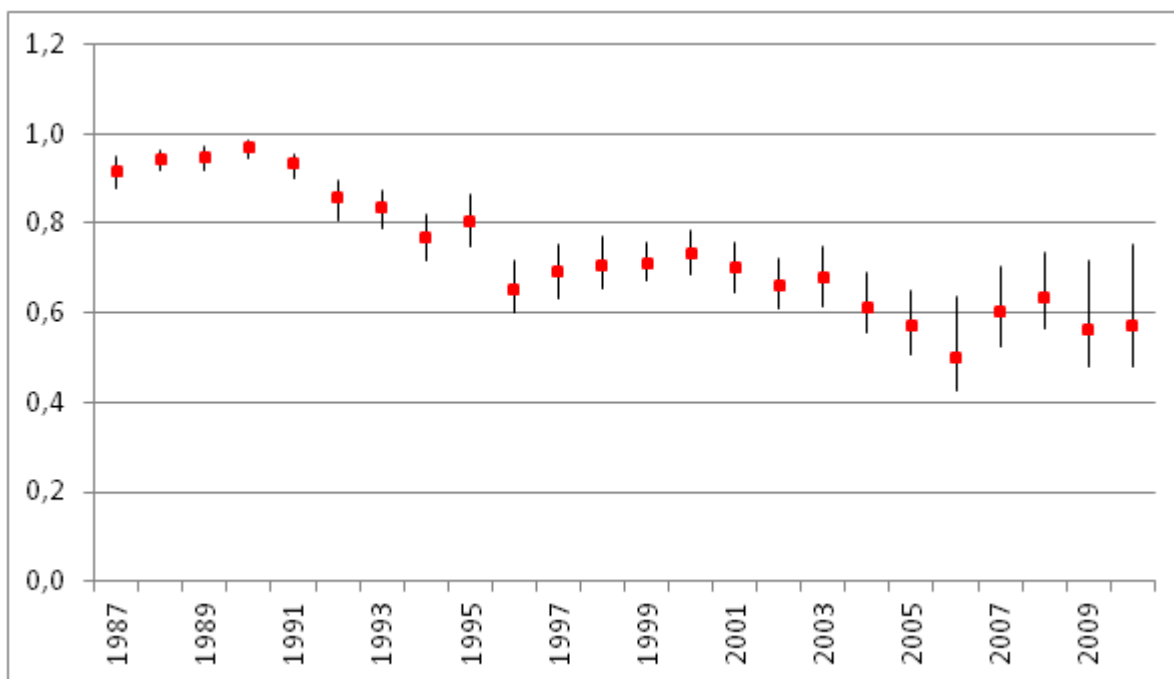
Kalastetun lohien hinta sopeutuu tuodun lohien hintaan, joka vaihtelee lohimarkkinoiden muutosten mukaisesti. Pitkällä tähtäyksellä lohien maailmanmarkkinahinnat ovat selvästi laskeneet. Kalastetun lohien tukkuhinta on ollut viime vuosina noin neljännes vuoden 1980 reaali-hinnasta, ja kalastuskustannusten nousussa alhainen tukkuhinta on ollut suuri ongelma kalastajille. Edellä kuvatuista syistä johtuva pyyntiponnistuksen pienentyminen merikalastuksessa selittää merkittävän osan lohisaaliiden ja merkkipalautusten vähenemisestä. Vaikutuksen suuruutta voidaan karkealla tasolla arvioida tarkastelemalla lohien kalastuskuolevuuden pitkän aikavälin kehitystä. ICES:n lohityöryhmän vuoden 2012 kanta-arvioon (ICES 2012) perustuvan laskelman (Kuva 6, Henni Pulkkinen, henkilökohmainen tiedonanto) mukaan Perämeren lohikantojen kalastuskuolevuus on pienentynyt vuodesta 1987 vuoteen 2010 jopa 20–35 %. Tämän arvion mukaan myös Perämeren lohi-istutusten saalistuotto merivaiheessa olisi siis jo pelkästään kalastuksen vähenemisen vuoksi saattanut pienentyä kyseisenä aikana noin kolmanneksella.

Vuonna 2008 Perämeren lohien kuolevuus merikalastuksessa oli ajoverkkokalastuksen loppumisen vuoksi hetkellisesti vieläkin vähäisempää kuin 2007 (ICES 2012), mutta palasi jo vuosina 2009–2011, ajosiimakalastuksen lisääntyneenä, vähintään vuosien 2005–2007 tasolle.

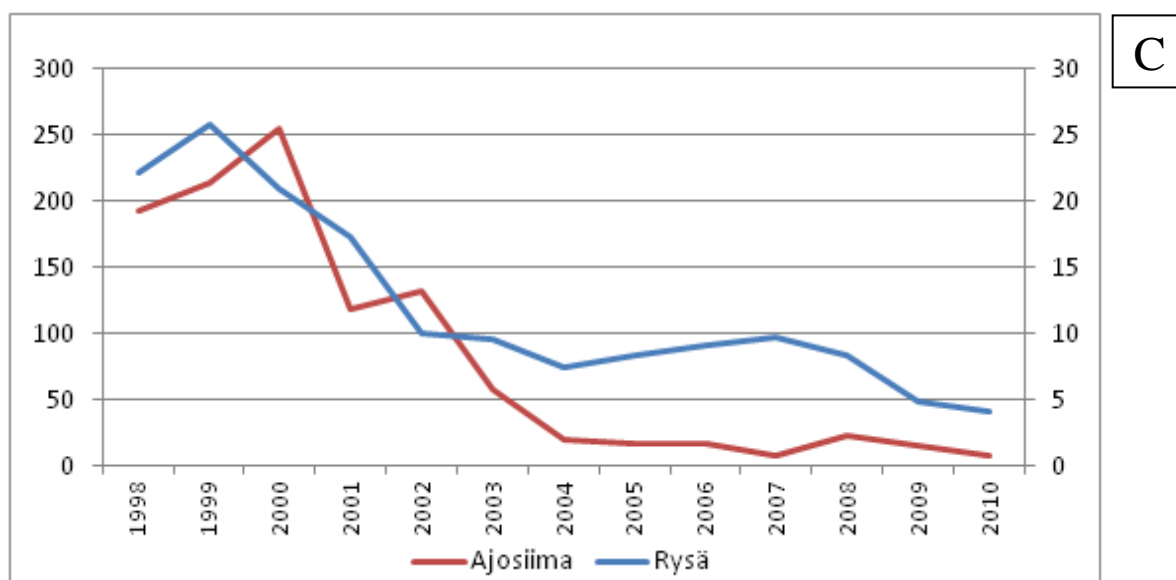
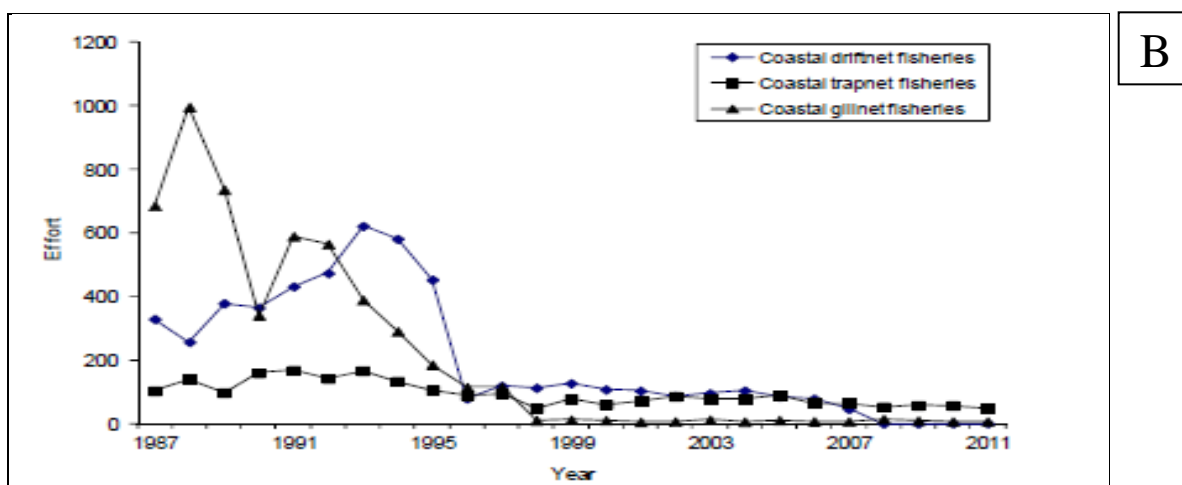
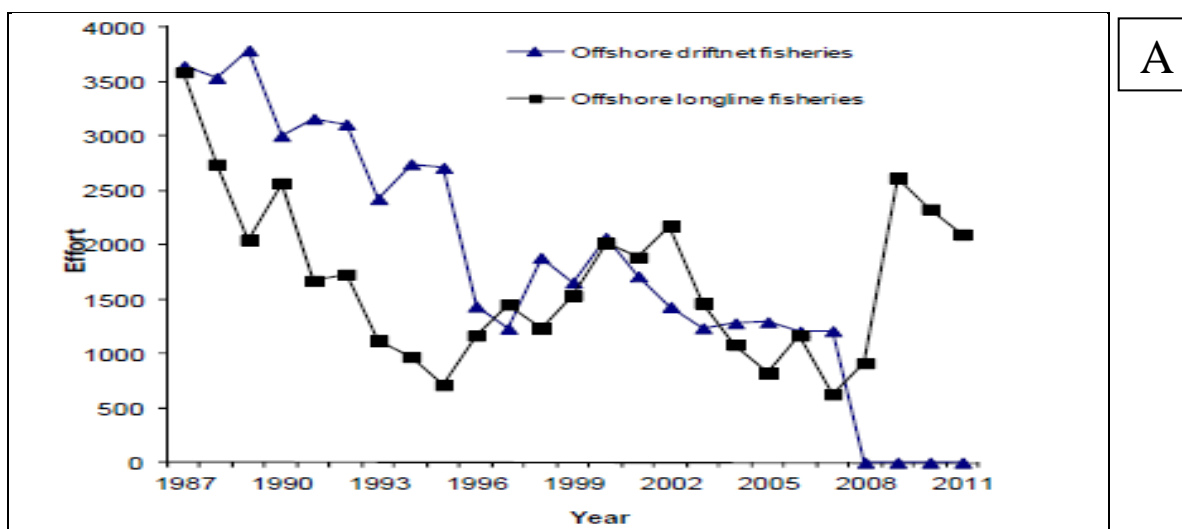
Vaikka kalastuksen väheneminen selittäisikin noin kolmanneksen lohisaaliiden alenemisesta ja istutustulosten heikkenemisestä, tarvitaan vielä muita selityksiä. Jos kalastettavissa oleva lohikanta olisi pysynyt ennallaan, olisi merivaiheen aikaisen kalastuskuolevuuden alenemisen kolmanneksella pitänyt johtaa nousukalamäärien ja saaliiden voimakkaaseen kasvuun istutuspaikoilla rannikolla ja jokisuissa. Näin ei kuitenkaan ole tapahtunut, sillä luonnollisen kuolevuuden kasvun vuoksi myös kalastuskokoon selviävien lohien määrä on samaan aikaan merkittävästi vähentynyt (ICES 2012).

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 2012. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2012/ACOM:08.



Kuva 6. Perämeren villien lohikantojen toisen merivuoden kalastuskuolevuuden kehitys 1987–2010. Kuva perustuu Itämeren lohityöryhmän vuoden 2012 kanta-arvioon (ICES 2012). Vuosiluku viittaa merivaelluksen alkamisvuoteen. Jana kuvaa estimaatin 95 % luottamusväliä.



Kuva 7. Kalastusponnistus (pyyntipäivien lukumäärä tuhansina) Itämeren pääaltaan avomerikalastuksessa (A), pääaltaan ja Pohjanlahden rannikkokalastuksessa (B) ja Suomenlahden kalastuksessa (C). ICES 2012, alin kuva RKTL/tilasto.

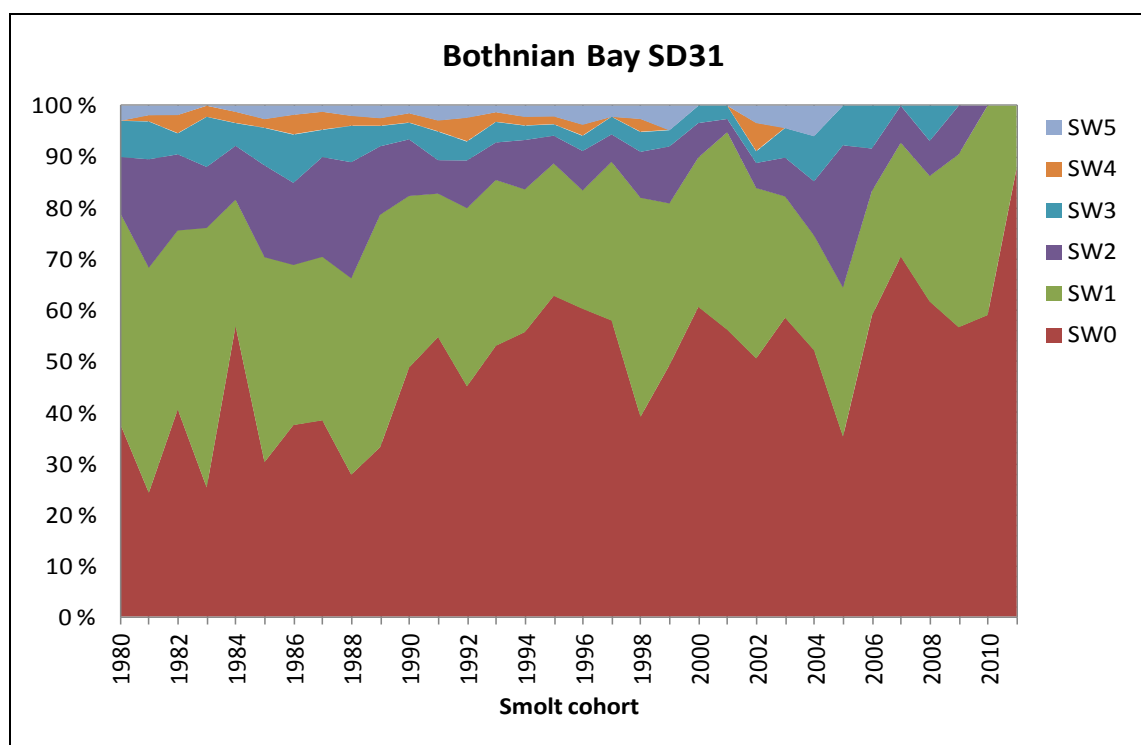
2.3.2. Meritaimenet kalastetaan liian nuorina

Suomen meritaimensaalis, joka valtaosin perustuu istutuksiin, on 20 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 saatavuuden vaihtelu sekä istukkaiden laatu. Keskeiseksi syyksi taimensaaliiden pieneenmiseen on kuitenkin arvioitu 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 2012). 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.

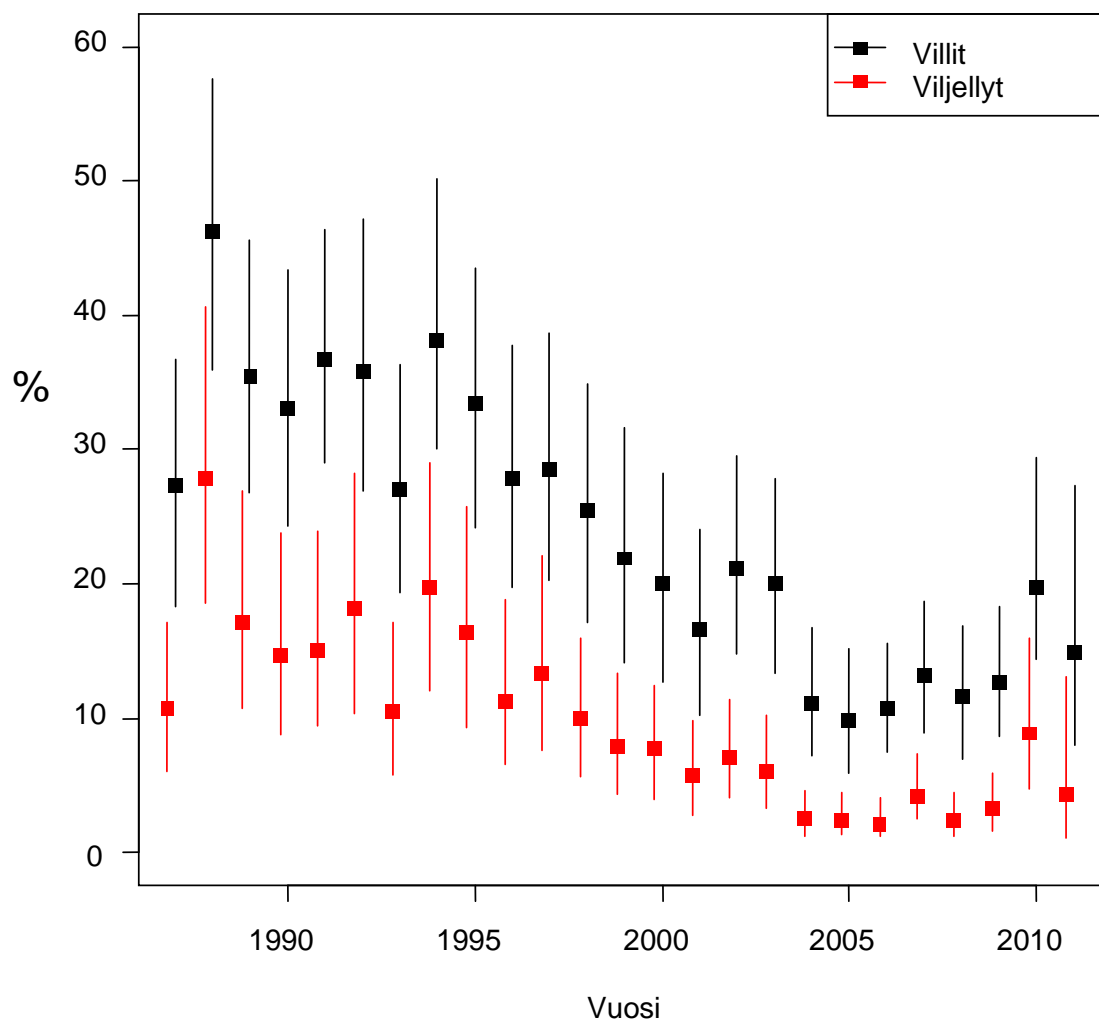
ICES 2012. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2012/ACOM:08.



Kuva 8. Meritaimensaaliin jakautuminen eri-ikäisiin kaloihin (0 SW = istutusvuosi, 5 SW on viides merivuosi) Perämeren vuosien 1984–2010 merkintäistutuksissa (Ari Saura, RKTL). Viimeinen täysin vertailukelpoinen istutusvuosiluokka (smolt cohort) kuvassa on 2007.

2.4. Epäedulliset luonnonolot ovat lisänneet lohen vaelluspoikasten kuolevuutta

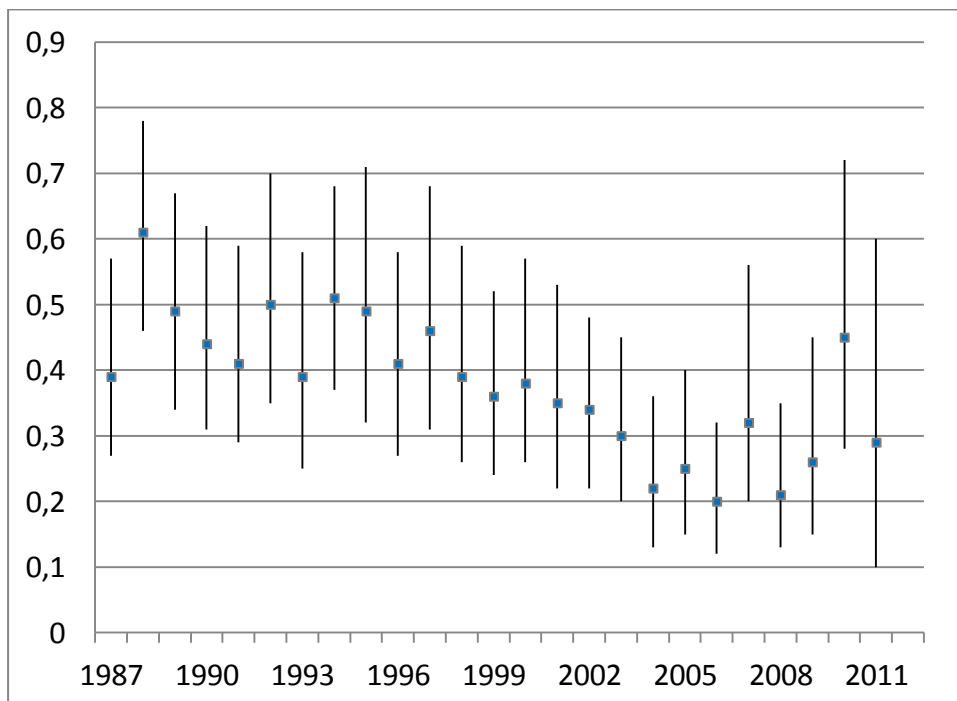
Keskeisiin lohi-istutusten tuoton indikaattoreihin kuuluu ICES:n lohi- ja meritaimentyöryhmän (WGBAST) vuotuinen arvio lohen vaelluspoikasten eloonjäännistä Pohjanlahden ja varsinaisen Itämeren alueella (alueet 22–31). Tämän mittarin mukaan eloonjäänti on pitkällä aikavälillä voimakkaasti alentunut niin viljellyillä kuin luonnonvaraisillakin vaelluspoikasilla. Tämä viittaa vahvasti siihen, että heikentyneen eloonjäännin taustalla ovat Itämeren epäedulliset luonnonolot. Eloonjäänti oli erityisen huonoa vuodesta ja vaelluspoikasvuosiluokasta 2004 alkaen (Kuva 9; ICES 2013).



Kuva 9. Luonnonvaraisten (mustalla) ja viljeltyjen (punaisella) lohen vaelluspoikasten ensimmäisen merivuoden eloonjäännin (postsmoltteloonjäännin) mediaani ja sen 95 % todennäköisyysväli Pohjanlahden ja Itämeren päältäan alueella vuosiluokissa 1987–2011 (ICES 2013).

Istutusten tuottavuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä arvioitaessa tärkeä jatkokysymys on, onko eloonjäänti alentunut villeillä ja viljellyillä vaelluspoikasilla samassa vai eri tahdissa. Jos aleneminen on ollut nopeampaa viljellyillä poikasilla, on syytä siihen etsittävä Itämeren tilan lisäksi kalanviljelyssä ja poikasten laadussa 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 eloonjääntiin 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. Jos kuvassa 9 esitettyjen eloonjääntiarvioiden suhdetta (viljelty/villit) tarkastellaan lähemmin (Kuva 10), havaitaan että 1980-luvun lopulla ja vielä 1990-luvun alussa viljeltyjen poikasten eloonjäänti oli tuon nyrkkisäännön mukaisesti noin puolet (0,5) villien poikasten eloonjäännistä. Sen jälkeen suhdeluku näyttäisi kuitenkin pienentyneen, viitaten siihen että viljeltyjen poikasten eloonjäänti olisi alentunut jyrkemmin kuin luonnonpoikasten. Villien ja viljeltyjen vaelluspoikasten erillisiä eloonjääntiarvioita (Kuvat 9 ja 10) vertailtaessa on kuitenkin syytä muistaa, että arviot ovat edelleen eräänlaisia mallitusprosessin kehittämisen välituloksia, joihin liittyy suurta epävarmuutta. Tätä epävarmuutta kuvaa hyvin se, että vielä edellisessä kanta-arviossa (ICES 2012) villien ja viljeltyjen vaelluspoikasten eloonjääntit näyttivät alentuneen jotakuinkin samassa suhteessa.



Kuva 10. Viljeltyjen ja villien lohen vaelluspoikasten eloonjääntiarvioiden mediaanien suhde ja tämän suhteen 95 % todennäköisyysväli vaelluspoikasvuosiluokissa 1987–2011. Vertailussa käytetyt eloonjääntiarviot on esitetty kuvassa 9.

Muukin villien ja viljeltyjen lohien eloonjäännin suhteeseen liittyvä aineisto on keskenään osin ristiriitaista. Käsitys suunnilleen ennallaan pysyneestä eloonjääntien suhteesta saa tukea kahden jokikohtaisen merkintätutkimuksen tuloksista. Romakkaniemi (2008) ei havainnut Tornionjoen villien ja viljeltyjen poikasten eloonjäännin suhteessa pitkällä aikavälillä (1987–2004) trendiä suuntaan tai toiseen, ja myös Simojoella villien ja viljeltyjen lohien vaelluspoikasten eloonjäännit alenivat vuosiluokissa 1986–2007 suunnilleen samassa tahdissa (Kallio-Nyberg ym. 2011b). Molemmilla joilla villien vaelluspoikasten eloonjäänti on arvioitu suunnilleen 2,5-kertaiseksi viljeltyihin verrattuna. (Romakkaniemi 2008; Jokikokko ja Jutila 2009).

Päätelmä viljeltyjen vaelluspoikasten viljeljä voimakkaammin heikentyneestä eloonjäännistä (Kuvat 9 ja 10) saa puolestaan tukea Itämeren lohien vaelluspoikastuotannon määrästä (ICES 2012, 2013) ja lohisaaliin kantaosuudesta (ICES 2012, 2013; myös Koljonen 2006 ja Siira ym. 2006) esitetystä arvioista. Esimerkiksi Ahvenanmeren saalisnäytteissä viljeljä lohia on 2000-luvun lopulla (2006–2011) ollut keskimäärin 81 % (63–92 %) ja Perämerellä 74 % (58–85 %), viljeltyjen lohien jäädessä selvään vähemmistöön (ICES 2012). Vaellukselle lähteneissä poikasissa viljeltyillä poikasilla on kuitenkin ollut esim. vuosiluokissa 2004–2009 selvä enemmistö (keskimäärin 3, 4 vs. 2,2 miljoonaa). Jos nämä arviot ovat oikealla tasolla, olisi villien poikasten eloonjäännin pitänyt olla kyseisenä aikana 2–2,5-kertaisen sijaan 3–4-kertainen viljeltyihin verrattuna.

Käytännössä myös poikastuotantoarviot ovat kuitenkin monilla Itämeren lohijoilla hyvin epävarmoja, ja saaliin kantaosuusarviointiin liittyy myös oma epävarmuutensa. Todennäköisesti nämä molemmat ovat kuitenkin toistaiseksi varmemmalla pohjalla kuin villien ja viljeltyjen poikasten erikseen arvioidut eloonjäännit. Näin ollen näitä (Kuva 9) tulisi tarkastella enemmän trendinä, jonka suunta ja taso ovat melko hyvin kohdallaan, ainakin jos laitos- ja luonnonkalat laitetaan yhteen. Molemmissa ryhmissä vaelluspoikasten eloonjäänti on joka tapauksessa heikentynyt ja heikentymisen taustalla on ennen muuta Itämeren alentunut kyky elättää lohien vaelluspoikasia.

Eri menetelmillä ja eri alueilla tehtyjen eloonjääntiarvioiden vertailua vaikeuttaa Romakkaniemen (2008) havaitsema ero villien ja viljeltyjen lohien kalastettavuudessa: viljeltyt lohet ovat viljeljä 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 eloonjäännin kehityksen suunnasta ei siis ole tarjolla yksiselitteistä vastausta. Edellä olevien tulosten perusteella Pohjanlahden lohikantoja edustavien viljeltyjen poikasten keskimääräinen laatu voi olla heikentynyt, mutta se on myös voinut säilyä ennallaan. Trendin suuntaa selvempää on, että villien ja viljeltyjen poikasten eloonjäännin suhde vaihtelee voimakkaasti vuosiluokasta toiseen (Kuvat 9 ja 10; Saloniemi ym. 2004; Kallio-Nyberg et al. 2011b) ja todennäköisin syy tähän vaihteluun on juuri viljeltyjen poikasten eloonjäännin 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 38).

Viljeltyjen poikasten keskimääräisen eloonjäännin taustalla voi myös olla huomattavaa kanta-kohtaista vaihtelua. Luonnossakin edelleen lisääntyviä Tornionjoen ja Simojoen lohikantoja koskevat tulokset eivät välttämättä sellaisenaan 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; Kallio-Nyberg ym. 2013a; Vainikka ym. 2010; Pircklén 2010). Etelä- ja Keski-Suomessa tuotettavalla nevanlohella poikasten laatuun ja sen vaihteluun saattavat vaikuttaa myös maantieteellisesti kaikista muista kannoista poikkeavat viljelyolosuhteet.

ICES 2012. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2012/ACOM:08.

ICES 2013. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2013/ACOM:08

Kallio-Nyberg, Irma; Jutila, Eero; Saloniemi, Irma; Jokikokko, Erkki 2013a. Effects of hatchery rearing and sea ranching of parents on the life history traits of released salmon offspring. Aquaculture 402-403: 76-83.

*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.*

Kallio-Nyberg, Irma; Saloniemi, Irma; Jutila, Eero; Jokikokko, Erkki 2011b. Effect of hatchery rearing and environmental factors on the survival, growth and migration of Atlantic salmon in the Baltic Sea. Fisheries Research 109(2-3):85-294.

*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.*

Pircklén, N. 2010. Geneettisen laitostumisen 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?

Lohen ensimmäisen merivuoden kuolevuuden kasvun ja lohi-istutusten tulosten heikkenemisen yhteyttä erilaisiin Itämeren ympäristöoloissa tapahtuneisiin muutoksiin tutkittiin aikasarja-analyysia soveltaen. Korrelaatioihin perustuva aikasarja-analyysi antaa osviittaa siitä, mitä asioita jatkotutkimuksissa kannattaisi tarkemmin selvittää. Ongelmana on kuitenkin ollut se, että nykytilanteessa hyvin monet eri tason muutokset (esimerkkeinä rehevöityminen, suolapitoisuuden aleneminen, hylkeiden lisääntyminen) Itämeressä korreloivat ajan ja siten myös istutustulosten heikkenemisen kanssa, vaikka ilmiöt eivät välttämättä liitykään toisiinsa.

Lähemmäksi syy-seuraus -suhteiden ja vaikutusmekanismien ymmärtämistä pyrittiin mm. tutkimaan lohenpoikasten käyttäytymistä ja kohtaloita merivaelluksen kriittisessä alkuvaiheessa. Kymijoenlaella vertailtiin eri kantaan olevien viljeltyjen lohenpoikasten vaellusreittejä ja -nopeutta akustisen telemetrian avulla. Pyhäjoen suualueella tutkittiin hauen predaation vaikutusta istutettujen lohen vaelluspoikasten kuolevuuteen. Perämeren rannikolla selvittiin hylkeen merkitystä lohen ja meritaimenen poikasia syövästä petona keräämällä näytteitä hylkeiden ravinnosta vaelluspoikasten vaellusaikana ja vaellusreiteillä. Meriveden ympäristömyrkyjen mahdollista vaikutusta lohien fysiologiseen tilaan tutkittiin vertaamalla eri merialueilta peräisin olevien lohiksiilöiden nk. oksidatiivista stressiä.

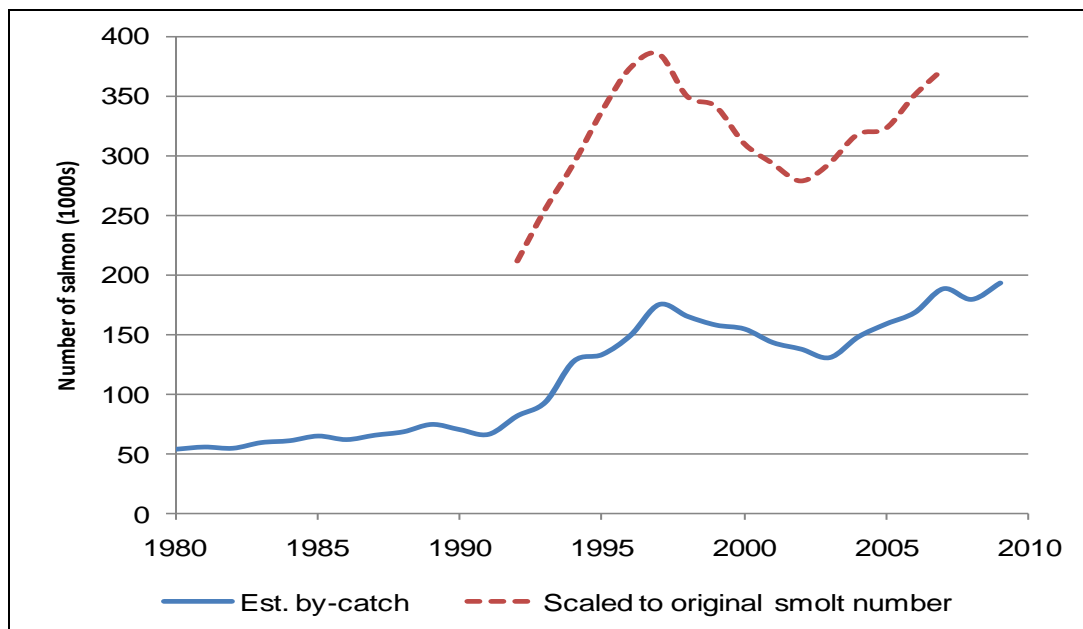
Ravintovarot ja meriveden lämpötila selittävät eloonjäännin ja istutustulosten vuosivaihtelua, mutta eivät niiden pitkäaikaista laskevaa suuntausta

Carlin-merkintäaineistoja hyödyntävissä aikasarja-analyseissa on havaittu, että meriveden lämpötilan kehitys alkukesällä ja meressä tarjolla olevat ravintovarot (0+ silakan runsaus Selkämerellä) selittävät niin lohen (Kallio-Nyberg ym. 2006, 2009, 2011a, 2011b) kuin meritaimenenkin (Kallio-Nyberg ym. 2007) vaelluspoikasten eloonjäännin vuotuisia vaihteluita, mutta eivät kummallakaan näistä lajeista eloonjäännin pitkäaikaista laskevaa suuntausta.

Yksi keskeinen Itämeren ekosysteemin muutos, joka mahdollisesti voisi selittää lohen ja taimenen vaelluspoikasten kasvaneen kuolleisuuden merivaelluksen alussa, on harmaahylkeiden määrän ja niiden vaelluspoikasiin kohdistaman saalistuksen lisääntyminen. ICES:n lohimallin eloonjäännin arvioita hyödyntävässä Bayesilaisessa analyysissä (Mäntyniemi ym. 2012) hylkeiden runsaus oli mukana yhtenä mahdollisena lohen eloonjäännin vaihtelua selittävänä tekijänä, yhdessä ravintotilannetta kuvaavien muuttujien kanssa (silakan rekrytointi Selkämerellä, silakan ja kilohailin runsaus Itämeren pääaltaalla). Myös tämän analyysin mukaan lohen vaelluspoikasten eloonjäännin vuotuinen vaihtelu oli tiiviissä yhteydessä Selkämeren silakkakannan vaihteluihin. Lisäksi tulokset viittasivat siihen, että harmaahylkeiden lisääntyminen voisi pääosin selittää postsmoltti-eloonjäännin alenevan trendin (Mäntyniemi ym. 2012). Epävarmaksi kuitenkin jäi, onko hylkeiden määrän ja vaelluspoikaskuolevuuden välillä todella syy-seuraus -suhde, vai selittääkö muuttujien välisen korrelaation jokin muu mekanismi. Jos suhde on olemassa, pitäisi kunkin harmaahylkeen syödä vuodessa arviolta noin 50 lohen vaelluspoikasta, mikä Mäntyniemen ym. (2012) mukaan voisi olla mahdollisuuksien rajoissa. - Hylkeiden ravintotutkimuksista lähemmin sivuilla 27–28.

Ekosysteemimuutosten lisäksi osaselitys nuorten lohien kasvaneeseen kuolevuuteen voi periaatteessa löytyä myös kalastuksesta. Huomattava määrä nuoria lohia saattaa jäädä erityisesti Itämeren pääaltaalla pelagisten silakka- ja kilohailitroolareiden sivusaaliiksi (Kuva 11, ICES 2011), ja lohen post-

smolttiiloonjääntiä arvioitaessa tätä kuolevuutta ei pystytä erottamaan esimerkiksi hylkeiden saalituksen aiheuttamasta luonnollisesta kuolevuudesta. Olemassa olevan tiedon perusteella ei kuitenkaan näytä todennäköiseltä, että tämä kuolevuus voisi merkittävässä määrin selittää vaelluspoikasten kuolevuuden trendinomaista kasvua.



Kuva 11. Nuorten lohien arvioitu sivusaalikuolevuus Itämeren pääaltaan troolikalastuksessa 1980–2010. Sininen murtoviiva kuvaa sivusaaliin arvioitua yksilömäärää (tuhansina) ja punainen murtoviiva vastaavaa mereen tulleiden smolttien määrää (ICES 2011).

ICES. 2011. *Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST), 22–30 March 2011, Riga, Latvia. ICES 2011/ACOM:08. 297 pp.*

ICES 2012. *Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2012/ACOM:08.*

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.*

Kallio-Nyberg, I.; Salminen, M.; Saloniemi, I.; Lindroos, M. 2011a. *Effects of marine survival, precocity and other life history traits on the cost-benefit of stocking salmon in the Baltic Sea. Fisheries Research 110(1):111-119.*

Kallio-Nyberg, Irma; Saloniemi, Irma; Jutila, Eero; Jokikokko, Erkki 2011b. *Effect of hatchery rearing and environmental factors on the survival, growth and migration of Atlantic salmon in the Baltic Sea. Fisheries Research 109(2-3):85-294.*

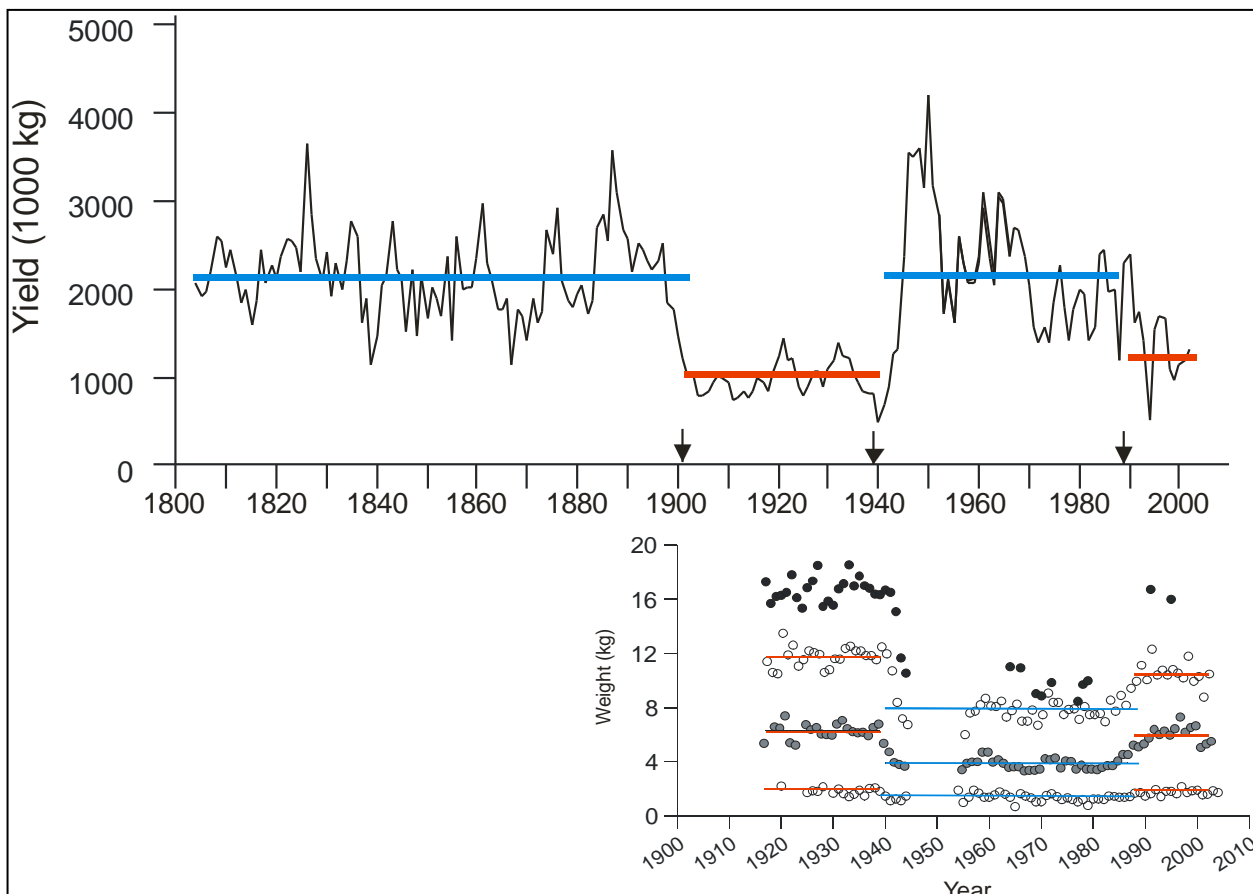
Mäntyniemi, S., Romakkaniemi, A., Dannewitz, J., Palm, S., Pakarinen, T., Pulkkinen, H., Gårdmark, A., and Karlsson, O. 2012. *Both predation and feeding opportunities may explain changes in survival of Baltic salmon post-smolts. ICES Journal of Marine Science; doi:10.1093/icesjms/fss088*

Lohikantojen vaihtelu yhteydessä pitkäaikaisiin ilmastollisiin vaihteluihin?

Huuskon ja Hyvärisen (2012) hankkeessa koottiin 200 vuoden aikasarja Itämeren luonnonlohen saaliiden ja kasvun vaihteluista ja analysoitiin niiden yhteyttä ilmastollisiin muuttujiin, tässä tapauksessa ns. WIBIX indeksiin. Tämä pohjautuu Pohjois-Atlantin oskillaatioon (NAO) ja Itämeren vedenpinnan korkeuteen ja talviaikaisen jääalueen laajuuteen ja se kuvaa Itämeren suurilmasto-olosuhteita.

Analyysin tulosten mukaan lohisaaliit ovat pitkällä aikavälillä olleet korkealla tasolla aina nk. mantereisen vaiheen ja matalalla mereisen vaiheen vallitessa (Kuva 12). Nykyisen mereisen vaiheen vallitessa näytettäisiin siis eletävän lohilamaa ilmastollisista syistä. Tämäkään 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. 2012. Atlantic salmon abundance and size track climate regimes in the Baltic Sea. Boreal environmental research 17, 139-149.



Kuva 12. 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?

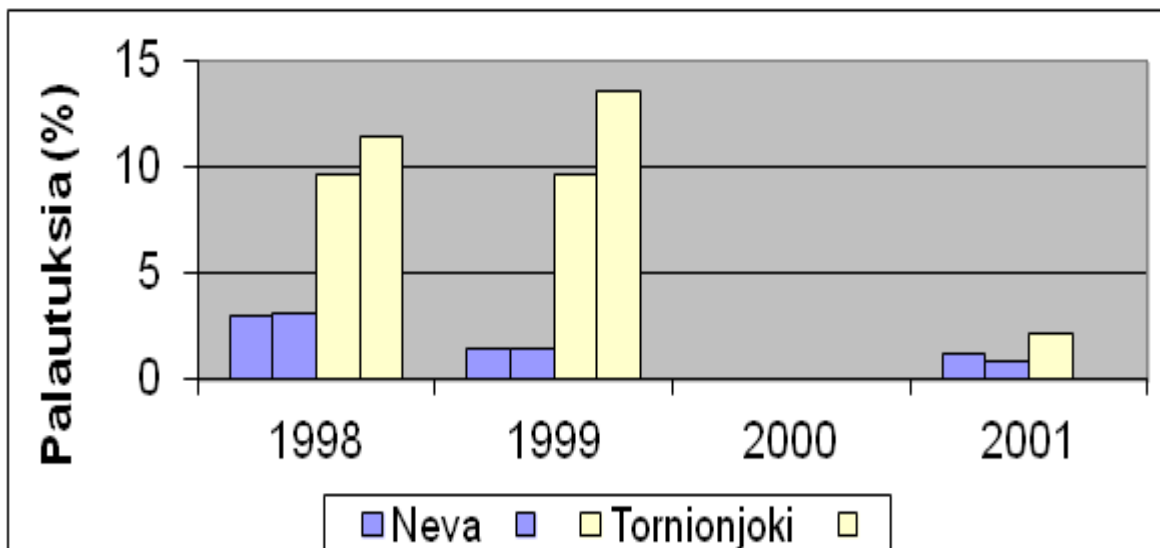
Muista lohi-istutuksista poiketen Suomenlahdelle Kymijoen istutetut Tornionjoen kantaa olevat lohet tuottivat vielä 1990-luvun lopullakin hyvin saalista. Merkintöjen perusteella saalistulos oli niillä selvästi parempi kuin samalle alueelle istutetulla nevanlohella (Kuva 13), ja myös parempi kuin Tornionjoen kannan istutus- tai edes luonnonlohilla Tornionjoen merkinnöissä.

Kymijoen telemetriatutkimuksessa (Mikkola and Salminen, käsikirjoitus) etsittiin vastausta kysymykseen johtuvatko tornionjoen- ja nevanlohen välillä Suomenlahdella todetut erot eloonjäännissä heti istutuksen jälkeisistä tapahtumista vai kantojen erilaisesta syönnösalueen valinnasta (Suomenlahti / varsinainen Itämeri). Alustavat tulokset näyttäisivät tukevan ensimmäistä vaihtoehtoa, sillä tornionjoenlohen poikaset vaelsivat erityisesti keväällä 2007 merelle nopeammin ja suoraviivaisemmin kuin nevanlohet (Kuva 14). Nopea vaellus lyhentää aikaa, jonka lohenpoikaset ovat alttiina jokisuussa ja rannikolla elävien petojen (kalat, linnut, hylkeet) saalistukselle.

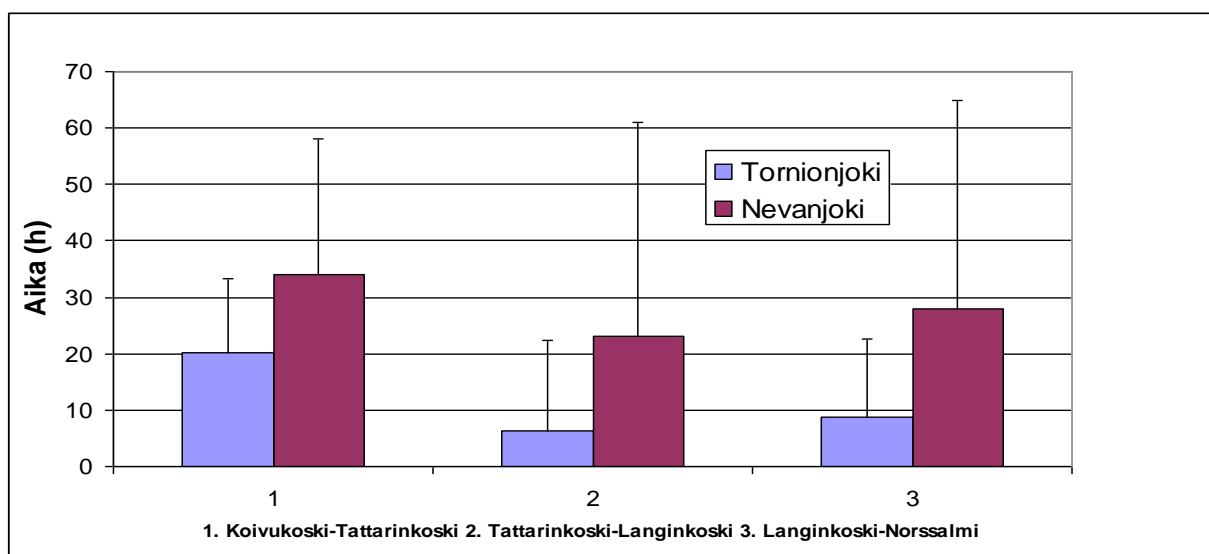
Lohen vaelluspoikasiin heti istutuksen jälkeen joessa ja jokisuistossa kohdistuvaa predaatiota on tutkittu lähemmin Pyhäjoella (Kekäläinen ym. 2008). Tulosten mukaan alkuvaiheen predaatiolla voi olla ratkaiseva vaikutus istutusten lopulliseen tulokseen. Pyhäjoella joen alajuoksun 2,5 km pituisella jaksolla (Kuva 15, 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.

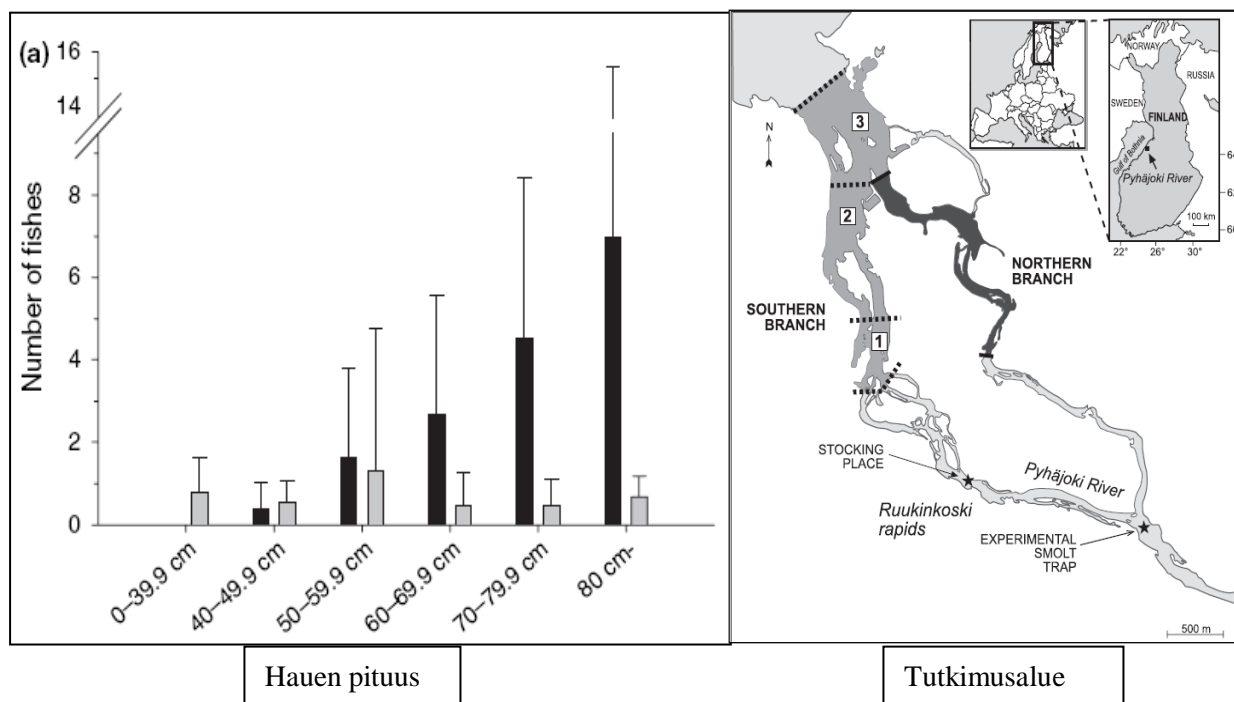
Mikkola, J. and Salminen, M. Stock-specific differences in the migration pattern of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a Baltic Sea estuary. Käsikirjoitus.



Kuva 13. Tornionjoen kantaa olevista, Carlin-merkityistä lohen vaelluspoikasieristä on saatu Suomenlahden istutuksissa nevanlohta paremmin merkkipalautuksia. Vertailuistutuksia tehtiin vuosina 1998, 1999 ja 2001.



Kuva 14. 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 15. 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 lohien 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 lohien istutus- ja luonnonpoikasille (mm. Mäntyniemi ym. 2012). Hylkeiden ravinnonkäytöstä ja sen vaikutuksista on muodostunut kiistakysymys, jota on vaikeuttanut tutkitun tiedon vähäisyys Itämeren hylkeiden ravinnon koostumuksesta ja ajallisesta vaihtelusta.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen vuosina 2008–2009 toteuttamassa tutkimuksessa keskityttiin hylkeiden ravinnonkäytön ja kalastovaikutusten selvittämiseen Perämeren pohjoisosassa (Suuronen ym. 2008, 2009 ja 2010; Suuronen ja Lehtonen 2012). Ajallisesti hanke painottui alkukesään, jolloin näillä rannikkoalueilla on mereen vaeltaneita lohien ja taimenen vaelluspoikasia (sekä villoja että istutettuja) sekä aikuisia yksilöitä. Vuonna 2009 näytteenottojaksoa laajennettiin marraskuun loppuun, jotta saataisiin käsitys myös hylkeiden syksyn ravinnosta.

Hankkeessa tutkittiin yhteensä 63 harmaahylkeen ja 37 itämerennorpan ruoansulatuskanavat. Ravintoanalyysin perusteella hallin kolme yleisintä ravintokohdetta olivat silakka, muikku ja siika. Kolmentoista hallin ruoansulatuskanavasta löytyi jäännöksiä yhteensä 93 lohista tai taimenesta. Syödyt lohet olivat keskimäärin vanhempia ja kookkaampia kuin meritaimenet. Kuudella hallilla oli myös taimenten ja lohien merkinnässä käytettyjä Carlin -merkkejä mahassaan (Kuva 16). Norpan ravinnossa yleisimmät lajit olivat kolmipiikki, silakka, kuore ja muikku. Lohta ja taimenta ei norppien ruoansulatuskanavista löydetty

Tulosten perusteella näyttää siltä, että lohi ja meritaimen saattavat ainakin ajoittain olla merkittävä ravintokohde Perämeren rannikon harmaahylkeille. Lohikalojen osuus näyttäisi olevan suurin aikuisten hallien ravinnossa. Isot yksilöt syövät suurikokoisempia kaloja ja ovat ilmeisesti taitavampia isojen kalojen pyynnissä. Hallit saalistavat lohikalaja erityisesti kesäkuukausina, mutta ilmeisesti jonkun verran myös syksyllä. Samana keväänä istutetuista lohikalajoista hallien saalistus näyttäisi kohdistuvan enemmän taimeneen kuin loheen. Päätelmän epävarmuutta lisää tosin se, että valtaosa nuorista taimenista löytyi yhden ainoan hylkeen vatsasta.



Kuva 16. Harmaahylkeen mahan- ja suoliston sisältö puhdistettuna. Kuvassa kalojen luita ja otoliitteja sekä Carlin -kalamerkkejä. (Kuvaaja Walter Saarimaa)

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 määrällisesti keskeisintä ravintoa hylkeille, mutta hylkeiden saalistuksella voi silti olla merkittävä vaikutus näihin kalakantoihin ja erityisesti istutuspoikasten selviytymiseen. Näin etenkin silloin, kun lohi- ja meritaimenkannat ovat pieniä ja haavoittuvia. Myös istutuskäytäntöjä saattaisi olla tarpeellista miettiä tästä näkökulmasta.

- Mäntyniemi, S., Romakkaniemi, A., Dannewitz, J., Palm, S., Pakarinen, T., Pulkkinen, H., Gårdmark, A., and Karlsson, O. 2012. Both predation and feeding opportunities may explain changes in survival of Baltic salmon post-smolts. *ICES Journal of Marine Science*; doi:10.1093/icesjms/fss088
- Suuronen, P. and Lehtonen, E. 2012. The role of salmonids in the diet of grey and ringed seals in the Bothnian Bay, northern Baltic Sea. *Fisheries Research* 125-126, 283-288.
- Suuronen, P., Lehtonen, E., Riikonen, R. ja Kunnasranta, M. 2008. Hyljepredaatiotutkimus Perämeren pohjukassa. Alustava raportti vuoden 2008 maha- ja suolistoaanlyysistä. *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 3. Eri saaliskohteiden esiintyminen hylkeiden ruuansulatuskanavassa tutkimuskautena 2009 (Suuronen ym. 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
kivinilkka	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

Stressaavatko ympäristömyrkyt nuoria lohia Suomenlahdella?

Monipuolisesti erilaisia aineistoja hyödyntäneessä tutkimuksessa (Vuori ym. 2012) kartoitettiin Itämeren eri osista pyydystettyjen, syönnösvaelluksella olevien lohien välisiä eroja nk. ekofysiologisissa ominaisuuksissa. Kalojen käyttämän ravinnon ja trofiatason kuvaajina käytettiin hiilen ja typen stabiileja isotooppeja. Ympäristöperäisen stressin mittareina puolestaan käytettiin nk. oksidatiivisen stressin biomarkkereita. Lohien kanta ja alkuperäalue arvioitiin DNA-mikrosatelliittianalyysillä. Tulosten mukaan lohien postsmoltien stressitaso oli Suomenlahdella korkeampi kuin Selkämerellä ja Perämerellä. Stressin syynä saattavat olla Suomenlahden korkeat orgaanisten klooriyhdisteiden pitoisuudet.

*Vuori, K., Kiljunen, M., Kanerva, M., Koljonen M.-L., & Nikinmaa, M. 2012. Stock-specific variation of trophic position, diet and environmental stress markers in Atlantic salmon *Salmo salar* during feeding migrations in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology* 81, 1815-1833.*

2.5. Istutuspoikasten laatu ja sen merkitys

Ympäristöolojen vaihtelun lisäksi istuttujen lohien ja meritaimenten eloonjääntiin vaikuttaa istutuspoikasten laatu ja poikasten kyky kohdata ympäristöolojen vaihtelu. Hyvä poikasten laadun ja elinkyvyn mittari on niiden eloonjäänti 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 villoihin poikasiin. Toinen mahdollisuus on, että viljeltyjen poikasten laatu sinänsä on pysynyt ennallaan, mutta meriympäristössä on tapahtunut sellaisia muutoksia, joihin luonnonpoikaset ovat sopeutuneet istutuspoikasia paremmin. Molemmissa tapauksissa viljelyn tulisi pystyä reagoimaan tilanteeseen ja muuttamaan poikaslaatuun vaikuttavia käytäntöjään.

Toisten havaintojen mukaan lohien viljeltyjen vaelluspoikasten eloonjäänti suhteessa luonnonpoikasiin on pitkällä aikavälillä pysynyt ennallaan (Romakkaniemi ym. 2008; Kallio-Nyberg ym. 2011b). Tässäkin tapauksessa viljelyssä ja istutuspoikasten laadussa on kehittämisen varaa. Tästä on osoituksena luonnon vaelluspoikasten pitkällä aikavälillä keskimäärin parempi ja mahdollisesti myös vuositasolla vakaampi eloonjäänti viljeltyihin poikasiin verrattuna.

Lohien ja meritaimenen vaelluspoikasten eloonjääntiin vaikuttavien laatuominaisuuksien ymmärtämiseksi ja viljeltyjen poikasten laadun parantamiseksi istutustutkimusohjelmassa a) vertailtiin villien ja viljeltyjen poikasten ominaisuuksia ja b) tutkittiin istutuspoikasten ominaisuuksien kehitystä 1980-luvulta nykypäivään.

2.5.1. Villit ja viljellyt lohien poikaset eroavat monella tavalla toisistaan

Keskimäärin paremmaksi oletetun elinkyvynsä vuoksi luonnossa kasvaneet villit lohien poikaset ovat esikuva, jota kohti istutuspoikasten kasvatuksessa periaatteessa pyritään. Tämän pyrkimyksen edistämiseksi tutkimuksissa selvitettiin miten luonnon- ja viljellyt poikaset eroavat toisistaan, ja mitkä tekijät viljelyssä ja istutuksissa näitä eroavuuksia synnyttävät. Vertailtavina olivat poikasten elinkier-

to-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 sukukypsyysikä 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; Kallio-Nyberg ym. 2013a; Vainikka ym. 2010; Pircklén 2010; Rodewald ym. 2011). Käytännössä näiden kahden mekanismin vaikutuksia on usein vaikea erottaa toisistaan.

Viljelypoikasten tuotantotapa vaikuttaa niiden elinkierto-ominaisuuksiin. Laitosemokalaston jälkeläiset kasvoivat nopeammin, vaelsivat lähempänä kotijokea ja saavuttivat sukukypsyyden nuorempina kuin jokisuusta pyydettyjen lohien jälkeläiset (istutettuja tai luonnossa syntyneitä; Kallio-Nyberg ym. 2013a).

Romakkaniemi (2008) vertaili samaa lohikantaa (Torniojoen lohikanta) edustavien, villiä ja viljeltyä alkuperää olevien yksilöiden elinkierto-ominaisuuksia luonnossa. Ryhmien välillä havaittiin eroa-uuksia mm. kuolevuudessa, sukukypsyysikä 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 viljeltyä alttiimpia joutumaan pyydystetyiksi avomeri- ja rannikkokalastuksessa. Niiden osuus Perämerelle ja jokeen asti selviävien lohien joukossa oli pienempi, kuin vaelluspoikastuotannon ja loonjäännin perusteella olisi odotanut.

Saaliin määrään ja sen alueelliseen jakautumiseen vaikuttavia eroja villien ja viljeltyjen poikasten välillä havaittiin myös Simojoen lohella (Kallio-Nyberg ym. 2013b). Alkuperältään villit lohet tuottivat viljeltyjä suuremman saaliin, koska niitä saatiin saaliiksi suhteessa enemmän (parempi eloonjäänti) ja koska ne olivat saaliiksi jäädessään myös keskimäärin vanhempia ja suurempia. Toisaalta villien lohien tuottama saalis ja taloudellinen hyöty painottuivat tämän analyysin mukaan viljeltyjä selvemmin eteläiselle Itämerelle. Pidemmän vaelluksensa ja korkeamman meri-ikänsä vuoksi villit lohet olivat viljeltyjä alttiimpia Etelä-Itämeren avomerikalastukselle.

Kallio-Nyberg, Irma; Jutila, Eero; Saloniemi, Irma; Jokikokko, Erkki 2013a. Effects of hatchery rearing and sea ranching of parents on the life history traits of released salmon offspring. Aquaculture 402-403: 76-83.

Kallio-Nyberg, I. Salminen, M., Pakarinen, T. and Koljonen, M.-L. 2013b. Cost-benefit analysis of Atlantic salmon smolt releases in relation to life-history variation. 145: 6-14.

Kallio-Nyberg, Irma; Saloniemi, Irma; Jutila, Eero; Jokikokko, Erkki 2011b. Effect of hatchery rearing and environmental factors on the survival, growth and migration of Atlantic salmon in the Baltic Sea. Fisheries Research 109(2-3):85-294.

- 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.
- Koskinen, Pircklen, Gonda, Lindqvist, Hyvärinen & Hirvonen. Genetic domestication impairs and enriched rearing promotes brain development and consequent post-release foraging capacity in Atlantic salmon. In prep. 2012.
- Pircklén, N. 2010. Geneettisen laitostumisen ja kasvatusympäristön vaikutukset lohenpoikasten aivojen kasvuun ja rakenteeseen sekä ravinnonhankintakäyttäytymiseen. Pro gradu. Helsingin yliopisto. Biotieteiden laitos. *Ekologia ja evoluutiobiologia*. Rodewald, P., Hyvärinen, P. and Hirvonen, H. 2011. Wild origin and enriched environment promote foraging rate and learning to forage on natural prey of captive reared Atlantic salmon parr. *Ecology of Freshwater Fish*. 20: 569-579.
- 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.

Lohenpoikasten hyvä kasvu viljelyssä voi ennustaa niiden heikkoa menestystä luonnossa

Viljely-ympäristössä kaloihin vaikuttavat erilaiset valintapaineet kuin luonnossa. Nopea kasvu ja aggressiivisuus mm. saattavat olla hyödyksi ruokintaviljelyssä, mutta eivät välttämättä enää luonnossa, jossa ravinnon saatavuus on hyvin vaihtelevaa. Saikkonen ym. (2011) tutkivat lohen poikasten kuntoa, kasvua ja eloonjääntiä ensin normaalissa ruokintaviljelyssä ja sen jälkeen puolittain luonnonmukaisissa koeuomissa, joissa poikasille oli tarjolla vain luonnollista ravintoa. Tulosten mukaan kalat menestyivät koeuomissa sitä huonommin, mitä paremmin ne olivat aiemmin kasvaneet allas-/ruokintaviljelyssä. Niukemmasta luonnonravinnosta kilpailtaessa valinta ilmeisesti suosi uudessa ympäristössä pienempää kokoa ja alemmaa aineenvaihdunnan tasoa. Tulokset viittaavat siihen, että istutuksia ei välttämättä tulisi tehdä viljelyssä parhaiten menestyneillä poikasilla.

Saikkonen, A, Kekäläinen, J., Piironen, J. 2011. Rapid growth of Atlantic salmon juveniles in captivity may indicate poor performance in nature. *Biological Conservation* 144 (2011) 2320–2327.

Kasvuolosuhteet muokkaavat taimenen poikasen morfologiaa

Taimenen poikasen ilmiäsuun, fenotyypin, vaihtelu riippuu sekä perimästä että ympäristöolosuhteista. Fenotyypin vaihtelua tutkittiin Kuusamon Kuusinkijoen taimenenpoikasilla: villeillä joesta hankituilla luonnonpoikasilla sekä villeistä vanhemmista perustetun laitostammon poikasilla (Vehanen ja Huusko 2011). Kalat valokuvattiin yksilöllisesti ja kuvista digitoitiin 14 morfologiaa kuvaavaa pistettä analysointia varten. Kaikkina kuutena ajankohtana (heinäkuusta 2007 heinäkuuhun 2008) laitostammon fenotyyppi erosi merkitsevästi villeistä poikasista. Osa laitostammon poikasista siirrettiin luonnonolosuhteisiin Kuusinkijokeen syksyllä 2007. Näiden laitostammon poikasten 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. 2011. Brown trout *Salmo trutta* express different morphometrics due to divergence in the rearing environment. *Journal of Fish Biology* 79(5):1167-1181.

Viljellyt taimenen poikaset minkkien saaliiksi–villit säästyvät

Kainuun toimipaikan tutkimusuomissa onnistuttiin ensimmäistä kertaa selvittämään minkin taimenen poikasiin kohdistamaa saalistusta kokeellisissa olosuhteissa (Huusko ja 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 (Huusko ja Vehanen 2011) että luonnonjokeen sijoitetuissa häkeissä (Vehanen ym. 2009) 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. 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 eloonjänti luontoon vapautuksen jälkeen voi parantua luonnonkalojen läsnäolosta. Mekanismina voi olla ravinnonkäytön oppiminen villoilta 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* 18(3):258-261.*

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 tutkittiin telemetrialaittein vuosina 2006–2008 Pielisjoella. Tutkimuksessa verrattiin useissa laitoksissa vaellusikäisiksi kasvatettuja poikasia Ala-Koitajoessa luonnossa smolttiutuneisiin poikasiin. Tulosten mukaan luonnossa smolttiutuneet poikaset vaelsivat Kuurnasta Pyhäselälle selvästi rivakammin kuin laitoskalat. Laitoskaloilla yksilöiden väliset erot olivat huomattavan suuria ja myös saman laitoksen kalat ovat eri vuosina kovin erilaisia (Pii-ronen ym. 2008).

Vaikka Itämeren lohella villit ja viljeltyt poikaset vaelsivat yhtä aktiivisesti ja nopeasti Simojen tapauksessa, ei tulos välttämättä 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 14 sivulla 26). Keväällä 2009 huomattava ero havaittiin puolestaan kahden viljelytaustaltaan täysin samanlaisen ja samaan aikaan, mutta eri paikkaan Kymijoella istutetun nevanlohierän vaellusaktiivisuudessa (Mikkola ym. 2010; Ikonen ym. 2011).

Torniojoella kesäkuussa 2012 tehdyssä radiolähetintutkimuksessa villedä vaelluspoikasia selvisi noin kolme kertaa ja virikekasvatettuja poikasia noin kaksi kertaa enemmän kuin normaalisti kasvatettuja istutuspoikasia 290 km jokivaelluksella Muoniosta Tornioon. Kasvatettujen poikasten selviytymistodennäköisyys kasvoi kun kalojen vaellusnopeus lisääntyi ensimmäisen kolmen kilometrin matkalla istutuspaikalta. Sen sijaan villedä smolteilla vaellusnopeus ja selviytyminen eivät korreloineet merkittävästi (Hyvärinen ja Rodewald 2013).

Edellä kuvatut havainnot ilmentävät hyvin niitä vaikeuksia, 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 (esim. Pasternack ym. 2008 ja 2010). Parhaimmillaan viljeltyt poikaset voivat Simojen havaintojen tapaan olla villien poikasten veroisia, mutta hyvin usein ovat näitä heikompia. Yleispätevien päätelmien teko viljeltyjen poikasen ominaisuuksista on siten hyvin hankalaa-typillisintä 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.
- Hyvärinen, P. & Rodewald, P. 2013. Enriched rearing improves survival of hatchery reared Atlantic salmon smolts during migration in the River Tornionjoki. *Canadian Journal of Aquatic and Fisheries Science*, in press. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/cjfas-2013-0147>
- Ikonen, E., Mikkola, J. ja Salminen, M. 2011. Tutkittua tietoa vaelluspoikasten reitinvalinnasta Kymijoenlaaksoilla. *Suomen kalastuslehti* 4, 28–30.
- Mikkola, J., Salminen, M. ja Ikonen, E. 2010. Kymijoen lohien vaelluspoikasten alasvaellusreitit ja voimalaitostappiot. *Riista- ja kalatalous–Selvityksiä* 20/2010, 20 s.
- Pasternack, M., Salminen, M. ja P. Heinimaa, P. 2008. Kasvatettujen lohien poikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2004–2006. *Riista- ja kalatalous–Selvityksiä* 14/2008.
- Pasternack, M., Salminen, M. ja P. Heinimaa 2010. Kasvatettujen lohien vaelluspoikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2007–2009. *Riista- ja kalatalous–Selvityksiä* 16/2010.
- Piironen, J., Nurmio, T., Gavrillov, M., Heikkinen, T. ja M. Janhunen 2008. Järvilohien 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 lohien ja taimenen vaelluspoikasten laatua ja elinkykyä suhteessa villoihin 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.

Tutkimusohjelman tulosten mukaan viljeltyjen lohien ja taimenenpoikasten ominaisuuksissa onkin 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. Lohien 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.

Pirclén (2010) ja Koskinen ym. tutkivat, miten kasvatusympäristö (standardi- vai virikeallas) ja emokanta (luonnon- vai laitokanta) vaikuttivat Simojoen lohikannan yksivuotiaiden poikasten aivojen kokoon ja rakenteeseen. Kasvatusympäristöllä ja emokannalla ei havaittu olevan vaikutusta aivojen kokonaistilavuuteen. Villien emokalosten poikasilla aivojen koko suhteessa kalan pituuteen kasvoi

kuitenkin nopeammin kuin 2 tai 3 sukupolven laitosemojen poikasilla. Kasvatusympäristöllä ei havaittu olevan vaikutusta aivojen kokonaistilavuuden kasvuun suhteessa kalan kokoon. Aivojen eri osien tarkemmissa tutkimuksissa Koskinen ym. havaitsivat, että pikkuaivojen suhteellinen koko oli villien emokalojen poikasilla suurempi kuin laitosemokalojen poikasilla. Lisäksi virikealtaissa kasvatettujen poikasten pikkuaivojen suhteellinen koko oli suurempi kuin standardialtaassa kasvatetuilla poikasilla. Koskinen ym. selvittivät myös sitä, kuinka aivojen koko vaikuttaa poikasen kykyyn hyödyntää luonnon hyönteis- ym. ravintoa kontrolloidussa puoliluonnollisessa jokiympäristössä. Tutkimuksessa osoitettiin, että syödyn ravinnon määrän ja pikkuaivojen koon välillä oli selvä positiivinen riippuvuus, mutta ainoastaan villien emokalojen poikasilla, jotka oli kasvatettu virikealtaissa.

Pikkuaivot vaikuttavat kalan liikkeiden säätelyyn, ja ovat siten keskeinen aivonosa kalan saalistamisessa ja ympäristön havainnoinnissa. Näin ollen aivojen koossa havaitut erot saattavat selittää sen, että luonnonmukaisemmassa ympäristössä kasvaneet villien emokalojen poikaset oppivat nopeimmin hyödyntämään luonnonravintoa (Rodewald ym. 2011; Koskinen ym.). Villiä alkuperää olevien poikasten myös havaittiin sietävän paremmin eräitä loistauteja kuten *Ichthyobodo necator* 1-v järvitaimenella (Hyvärinen ym.) ja *Ichtyophtirius multifiliis* 1-v merilohella (Aalto ym. 2012) erityisesti silloin, kun kaloja kasvatettiin virikealtaissa. Normaaliaitaissa havaittu suurempi kuolleisuus luonnonmukaisempiin virikealtaisiin verrattuna voi osaltaan vaikuttaa istutuskalakantojen perinnöllistä monimuotoisuutta heikentävästi, koska suurempi kokonaiskuolevuus todennäköisesti lisää mahdollisia perheiden välisiä kuolevuuseroja (Hyvärinen ym. 2010). Epäselvää kuitenkin on, missä määrin tällaiset erot villien ja viljeltyjen kantojen välillä mahdollisesti kasvavat laitossukupolvien määrän karttuessa.

Perinnölliset, ja ajan myötä mahdollisesti kumuloituvat muutokset lohen viljelykantojen elinkierto- ja muissa ominaisuuksissa (Vainikka ym. 2010; Pircklen 2010; Koskinen ym.) voivat periaatteessa heijastua viljeltyjen vaelluspoikasten eloonjääntiin ja istutusten kannattavuuteen. Tällaisesta muutoksesta ei kuitenkaan ole saatu selkeitä havaintoja. Tornionjoen lohella v. 2012 tehdyssä radiolähetinseurantaan perustuvassa tutkimuksessa ei ollut merkittävää eroa emokantojen välillä (villit emokatlat vs. laitosemokatlat) vaelluspoikasten selviytymisessä jokivaelluksen aikana 290 km matkalla. Sen sijaan kasvatusmenetelmällä näytti olevan selkeä vaikutus poikasten selviytymiseen. Virikealtaissa kasvatettuja poikasista selviytyi noin kaksi kertaa enemmän kuin normaaliaitaissa kasvatettuja (Hyvärinen ja Rodewald 2013).

Pitkän aikavälin tarkasteluissa eloonjääntiin ja istutustulosten alamäki koskee kaikkia viljelykantojamme (edellä mainittujen neljän kannan lisäksi Nevan kanta), samoin ruotsalaisia lohikantoja, joiden viljely on perustunut jatkuvaan luonnonmädinhankintaan. Tämä viittaa siihen, että viljelykantojen perinnölliset muutokset eivät liene pääsyy lohi-istutusten tulosten heikkenemiseen.

Lohiemojen laitospasvatuksen vaikutusta istutettujen jälkeläisten elinkierto- ja eloonjääntiin tutkittiin 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 viljellyn lohen 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, istutusikäikäytännöt sekä ohjeistuksen geneettisen tiedon keruulle. Testausvaiheessa on molekyylogeneettisten menetelmien hyödyntäminen emokalastojen geneettisen monimuotoisuuden hallinnassa.

- Aalto, M., Koski, P., Anttila, P. & Hyvärinen, P. 2012. The effect of environment and domestication on ichthyophthirius multifiliis-infestation in Baltic salmon reared for restocking. WDA EWDA conference, Lyon (France) 22-27 July 2012 (esitelmätiivistelmä).
- 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.
- Hyvärinen, P., Korhonen, P., Leinonen, A. ja Hirvonen, H. 2010. Virikepoikanen pärjää paremmin. Istukastuotannon luonnonmukaiset menetelmät vähentävät kasvatusaikaista kuolevuutta. Kalankasvattaja-Fiskodlaren 5/2010. s. 34-37.
- Hyvärinen, P., Leinonen, A., Toivonen, A., Korhonen, P., Ylivinkka, M., Rodewald, P. and Hirvonen, H.. Effects of rearing environment and domestication selection on survival, parasitism, fin erosion and swimming performance of brown trout reared for restocking. In prep.
- Hyvärinen, P. & Rodewald, P. 2013. Enriched rearing improves survival of hatchery reared Atlantic salmon smolts during migration in the River Tornionjoki. Canadian Journal of Aquatic and Fisheries Science, in press.
- 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.
- Koskinen, Pircklen, Gonda, Lindqvist, Hyvärinen & Hirvonen. Genetic domestication impairs and enriched rearing promotes brain development and consequent post-release foraging capacity in Atlantic salmon. In prep.
- Pircklén, N. 2010. Geneettisen laitostumisen ja kasvatusympäristön vaikutukset lohenoikasten 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.
- Rodewald, P., Hyvärinen, P. and Hirvonen, H. 2011. Wild origin and enriched environment promote foraging rate and learning to forage on natural prey of captive reared Atlantic salmon parr. Ecology of Freshwater Fish. 20: 569-579.
- 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 eväauriot ovat vähentyneet–muutosten vaikutukset eloonjääntiin meressä vähäiset

Vuosien 1981–2005 Carlin -merkintäaineistojen analyysi osoitti, että selkäeväauriosta kärsivien yksilöiden osuus on ajan myötä pienentynyt, mutta varhaiskypsien kasvanut Selkämerelle ja Suomenlahdelle istutettavilla nevanlohen vaelluspoikasilla (Kannala-Fisk 2008; Kallio-Nyberg ym. 2009). Selkäeväauriolla ei ollut selvää negatiivista tai positiivista vaikutusta eloonjääntiin, vaan vaikutus riippui istutusvuodesta. Varhaiskypsät yksilöt sen sijaan tuottivat säännöllisesti hieman heikomman palautustuloksen kuin immatuurit yksilöt. Varhaiskypsytyden yleistyminen ei kuitenkaan selittänyt viime vuosina voimakkaasti heikentynyttä eloonjääntiä ja istutustulosta.

Evävaurioiden mahdollista vaikutusta postsmolttiloonjäännin 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. Tämä havainto osoittaa, että evävaurioiden esiintymisen seuranta on syytä jatkaa lohien ja taimenien poikasten kasvatuksen ja merkintöjen yhteydessä.

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. Mihän 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 istutuslohiin 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 sukukypsyyden eli meri-ikä (Kallio-Nyberg ym. 2011a, 2012). 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 (nettonykyarvoon, NPV) selvästi vähemmän kuin eloonjäännin tason yleinen alhaisuus.

Tulosten mukaan istutusten NPV jäi 1990-luvun loppupuolelta alkaneella heikon postsmolttiloonjäännin 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 saalisuuden huomattava kasvu ammattikalastuksen kustannuksella. Positiiviseen tulokseen ei sen sijaan yllettäisi varhaiskypsyyden täydelliselläkin poistamisella.

Kallio-Nyberg, I.; Salminen, M.; Saloniemi, I.; Lindroos, M. 2011a. Effects of marine survival, precocity and other life history traits on the cost-benefit of stocking salmon in the Baltic Sea. Fisheries Research 110(1):111-119.

Kallio-Nyberg, I., Salminen, M., Saloniemi, I. ja Lindroos, M. 2012. Lohet olisi pyydyttävä isokokoisina. Suomen Kalastuslehti 3, 28–30.

Lohien vaelluspoikaset ovat aiempaa lihavampia

Kuusivuotinen fysiologinen seurantalutkimus (2004–2009) osoitti, että RKTL:n sopimuskasvatuksessa tuotetut nevanlohiin vaelluspoikaset eivät täyttäneet kaikkia hyvän kunnan ja vaellusvalmiuden kri-

teerejä (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 näytti tapahtuneen poikasten ravitsemustilassa. Esimerkiksi keskimääräinen vuosittainen kuntokerroin (0,900–0,965) oli 2000-luvulla noin 10 % korkeampi kuin 1980-luvulla (0,817) ja korkeimmat havaitut ryhmäkohtaiset keskiarvot ylittivät arvon 1,00. Muutoksen keskeinen syy lienee kasvatusrehujen energiapitoisuuden kasvu, joskin poikasten ravitsemustilaan vaikuttavat myös mm. laitoskohtaiset ruokintakäytännöt.

Koska kuntokertoimelle oli 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 kehitetty yhteistyössä kasvattajien kanssa (Salminen ja Heinimaa 2011). Muun muassa lunastettavien poikasten laatuvaatimuksia on tarkennettu siten, että lohen (ja järvilohen) poikasten ryhmäkohtaisen kuntokertoimen on oltava välillä 0,80–0,95.

Pasternack, M., Salminen, M. ja P. Heinimaa 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.

Salminen, Matti; Heinimaa, Petri. 2011. Istutustutkimusten tulokset välittömästi hyötykäyttöön. Apaja 2/2011:26-27.

Onko lohen vaelluspoikaset istutettu liian varhain?

Nevanlohen vaelluspoikasten ravitsemustilan lisäksi fysiologisissa tutkimuksissa selvitettiin 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, poikasarhiemien (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. 33) 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. 52) 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 telemetristen merkintöjen 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 Oulujoen suulle kuin aiemmin, toukokuun alkupuolella istutetut vaelluspoikaset (Taulukko 4). Varsinaiset Oulujoen velvoiteistutukset tehtiin näinä vuosina jo huhtikuussa, kun optimi näyttäisi siis olleen vasta toukokuun puolivälin jälkeen. Yleisesti ottaen istutukset ovat onnistuneet Oulujoella sitä huonommin, mitä varhemmin ja kylmempään veteen ne on tehty (Kuva 17).

RKT:n lohi-istutusten ajoituksessa on viime vuosina pyritty ottamaan entistä paremmin huomioon laitoskohtaiset erot vaellusvalmiuden kehittymisessä ja vuosien väliset vaihtelut kevään ajoittamisessa (Salminen ja Heinimaa 2011). Tämä saattaa lisätä kuljetuskaluston tarvetta ja siten nostaa istutuskustannuksia, mutta istutustulosten paranemisen kautta kalastukselle saatavien hyötyjen uskotaan olevan kustannusten kasvua suuremmat.

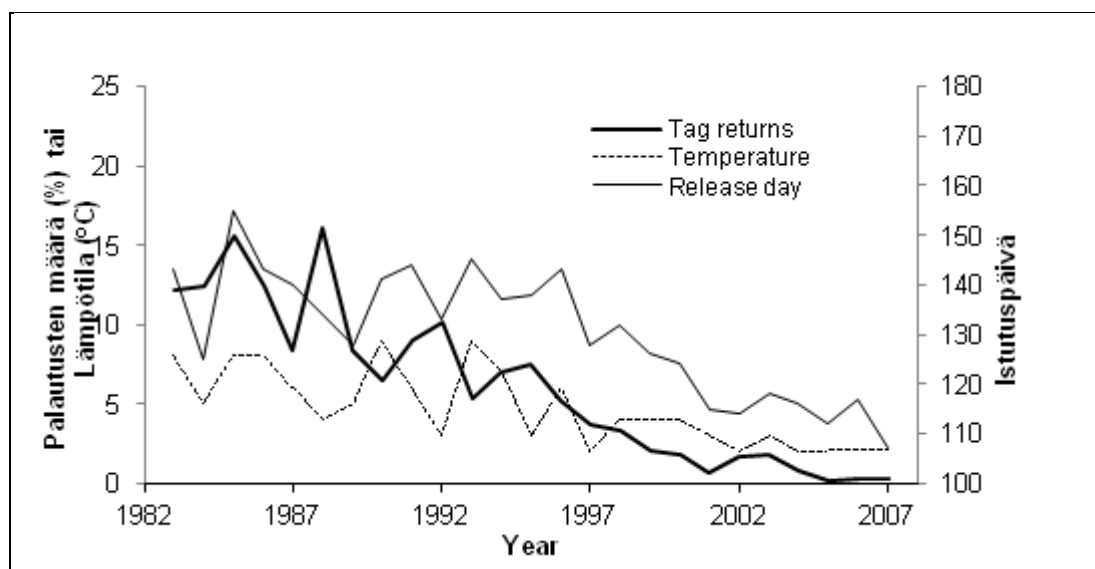
Taulukko 4. Radiolähetimillä merkittyjen lohen vaelluspoikasten vapautuspäivämäärät, veden lämpötila vapautuspäivänä, uintinopeudet sekä eräkohtaiset selviytymisprosentit Oulujoella Montan ja Sanginsuun välisellä jokiosuudella (Karppinen ym. käsikirjoitus). Vaelluspoikasten selviytymisprosentti oli sitä 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



Kuva 17. Oulujoen Montan lohimerkintöjen (Carlin -merkki) palautusprosentti, veden lämpötila istutushetkellä ja istutuspäivämäärä (päiviä vuoden alusta) istutusvuosittain 1983–2007 (Aineisto RKTL, Karppinen ym., käsikirjoitus)

Karppinen, P., Jounela, P., Jaukkuri, M., Erkinaro, J., van der Meer, O., Orell, P. & Mäki-Petäys, A. Effects of release timing on migration behaviour and survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a heavily regulated river (käsikirjoitus, lähetetty julkaistavaksi)

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.

Salminen, Matti; Heinimaa, Petri. 2011. Istutustutkimusten tulokset välittömästi hyötykäyttöön. Apaja 2/2011:26-27.

Näkökykyä heikentävä kaihi yhä useammin laitospesätytettujen lohikalajien 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 alttiutta kaihille näyttäisi olevan periytyvä ominaisuus (Peuhkuri ym. 2009; Voutilainen et al. 2009).

Kaihia esiintyy sekä luonnonvaraisilla että viljellyillä kaloilla. Laitospesätytetyillä kaloilla kaihia on Suomessa havaittu enemmän määrin ainakin 1990-luvun alkupuolelta lähtien. Vuonna 2004 kaihitilannetta kartoitettiin tarkemmin kahdeksalla eri laitoksella ja viidellä viljelyssä olevalla lohikalalajilla,

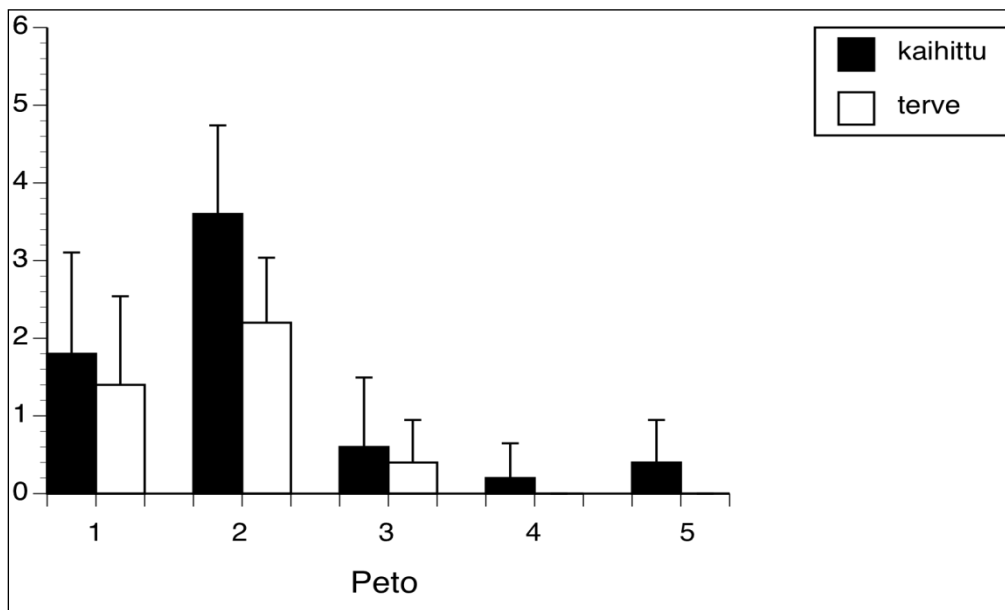
nieriällä, harmaanieriällä, harjuksella, taimenella ja lohella (Kuukka ym. 2006). Kaihia havaittiin näillä kaikilla lajeilla ja myös kaikilla kartoituksessa mukana olleilla lajeilla. Valtaosa kaihitapauksista oli *Diplostomum* -imumatoloisen aiheuttamia, mutta kartoituksessa havaittiin myös loisetonta kaihia. Kaihin yleisyys vaihteli 0–100 %:n välillä eri parvissa (79 kpl). Parvia, joissa yli puolet tutkituista kaloista oli kaihisia, oli seitsemällä lajilla ja kaikilla lajeilla. Kaloilla oli joko vain toisessa silmässä olevaa tai molemminpuolista kaihia. Silmät luokiteltiin kaihin linsistä peittämän alueen mukaan. Kaihit olivat useimmiten suhteellisen pieniä.

Kaihitutkimusten yhteydessä tarkastettiin myös istutusta varten merkittyjä kalaryhmiä, ja joissakin näistä kaihiongelmia on ollut edellä kuvatun laitoskartoituksen keskimääräistä tilannetta pahempi (Kolari ym. 2010). Esimerkiksi erään kaksivuotiaiden merilohien ryhmän (n=1987) kaloista 76 % oli kaihin vaivaamia ja samentumat peittivät keskimäärin 30 % kaihisten kalojen silmistä. Nieriän istutustutkimuksen yhteydessä tutkituissa merkintäerissä (n=50–100/merkintäerä) heikoimmissa oli jo 1-vuotiailla nieiröillä lähes kaikilla kaihia, ja kaihi peitti keskimäärin 30 % silmien pinta-alasta. Seuraavana keväänä samalta laitokselta merkittiin nieriöitä 2-vuotiaina ja silloin kaikilla kaloilla oli kaihia ja se peitti keskimäärin 60 % silmien pinta-alasta. Loiskaihi oli vallitseva kaihimuoto ja loistoukkia oli 2-vuotiailla kaloilla silmissä keskimäärin yhteensä 5 yksilöä (Kolari ja Hirvonen 2013, käsikirjoitus).

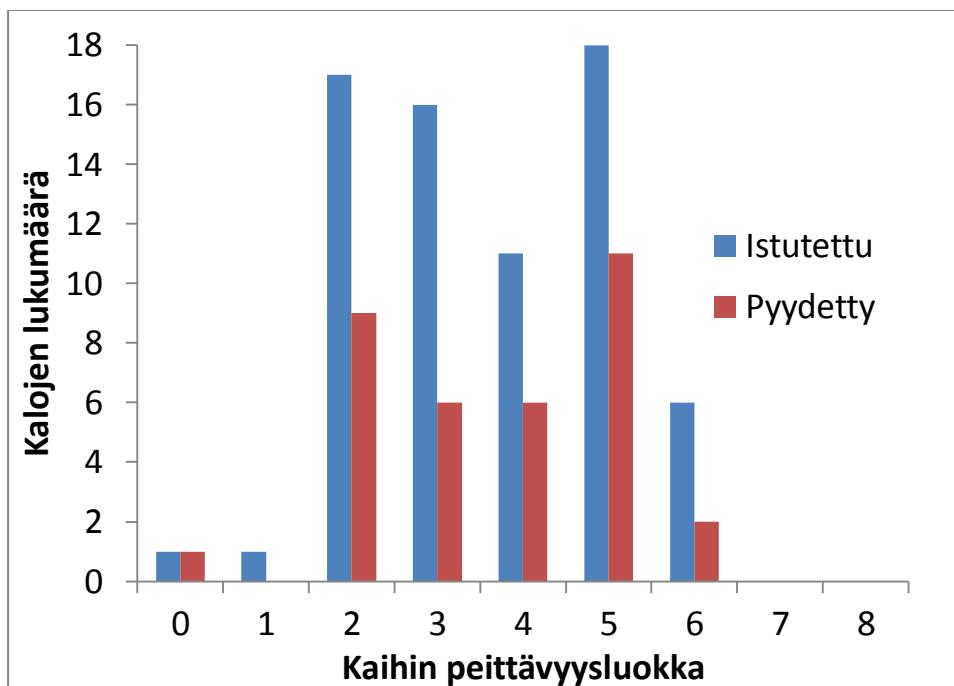
Eri alkuperää olevien ja eri-asteisten kaihiin vaikutus kalojen elintoimintoihin ja elinkykyyn tunnetaan huonosti. Meillä yleisimmän, *Diplostomum* -kaihin on koeoloissa havaittu vaikuttavan mm. kalojen energia-aineenvaihduntaan, sukukypsyyden saavuttamiseen, ravinnonhankintaan ja alttiuteen jäädä petojen saaliiksi (Peuhkuri ym. 2009). Viittä eri madetta petoina käytettäessä kukin niistä sai sekaparvesta enemmän saaliikseen kaihista kärsiviä kuin terveysilmäisiä kaloja (1-vuotiaita harjuksia; Kuva 18). Tulos oli samanlainen myös kokeessa, jossa petokala oli erilaista saalistustaktiikkaa käyttävä kuha (Kolari ym., käsikirjoitus).

Luonnossa suoritetussa istutuskokeessa 2-vuotiaiden nieriöiden todennäköisyys tulla pyydytyksi 3 kuukauden kuluttua istutuksesta ei toisaalta ollut riippuvainen kaihin peittävydestä (Kuva 19; Peuhkuri et al. 2009).

- Kolari, I., & Hirvonen, E. 2013. Eri-ikäisinä istutettujen saimaannieriöiden selviytyminen kalastusoloiltaan erilaisissa vesissä. Käsikirjoitus
- 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 lohikalojen kaihi-kartoitus vuonna 2004. Kala- ja riistaportteja 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 18. Mateiden (5 eri yksilöä) saaliiksi laboratoriotutkimuksessa jääneiden kaihisten ja terveiden harjusten lukumäärä (keskiarvo ja keskihajonta; toistojen lukumäärä petoa kohden = 5). Kaihiset yksilöt joutuivat mateiden saalistamiseksi terveysilmäisiä useammin.



Kuva 19. Luontoon istutettujen (n = 70) ja 3 kuukauden kuluttua takaisinpyydettyjen (n = 35) 2-vuotiaiden niiriöiden jakautuminen kaihin peittävyysluokkiin 1-8. Eloonjänti näytti tässä tapauksessa olevan riippumaton kaihin vakavuudesta.

2.6. Voidaanko istutuspoikasten elinkykyä parantaa?

Omien tutkimusten tuottamaa ja muuta käytettävissä olevaa tutkimustietoa soveltaen ohjelmassa pyrittiin kehittämään ratkaisuja ja käytäntöjä, jotka edesauttavat istutusten, kalastuksen ja suojelun yhteensovittamista ja parantavat istutusten taloudellista kannattavuutta.

Poikaslaadun parantamiseen tähtäävä työ oli pääosin kokeellista tutkimusta, jossa viljelyolosuhteita ja -käytäntöjä muokkaamalla pyrittiin tuottamaan elinkyvyltään tavanomaista parempia istutuspoikasia. Elinkykyä mitattiin ja arvioitiin sekä laboratorioanalyyseissä että istutuskokeissa. Hyviksi osoittautuneet uudet ratkaisut ja toimintamallit vietiin käytäntöön tarkentamalla vesiviljelyn ohjeistusta ja istutuspoikasten laadun kriteerejä (mm. Salminen ja Heinimaa 2011).

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

Istutuskoon 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 tavoitekokoo 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.

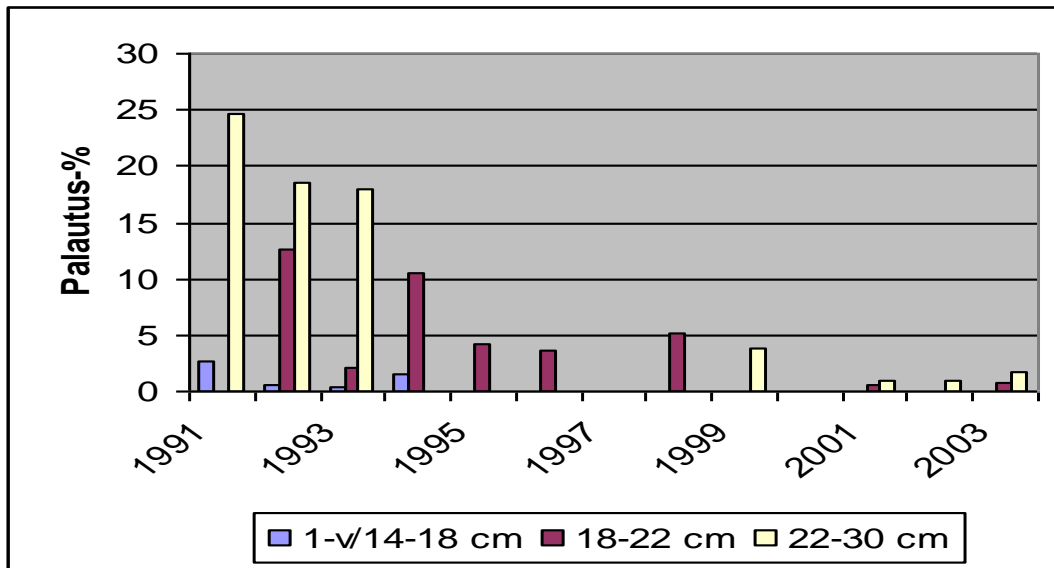
Viime vuosina suurikaan istutuskoko ei ole Selkämerellä taannut Carlin -merkinnöissä edes kohtuullisia palautustuloksia (Kuva 20). Aikasarja-analyysin mukaan istutuskoon merkitys ja käyttökelpoisuus nevanlohen istutustuloksiin vaikuttavana työkaluna onkin selkeästi vähentynyt aiemmasta (Kallio-Nyberg 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.

Korhonen, P., K., Hyvärinen, P.. Virikekasvatuksen käsikirja. Käsikirjoitus.

Salminen, M., Kumm, P., Pasanen, P. ja Ikonen, E. 2004. Arvokalojen sopimuskasvatus 2004–2010. Työryhmämuistio. Kala- ja riistaraportteja 311.

Salminen, Matti; Heinimaa, Petri. 2011. Istutustutkimusten tulokset välittömästi hyötykäyttöön. Apaja 2/2011:26-27.



Kuva 20. Nevanlohen Carlin -merkkintöjen palautusprosentti Selkämerellä istutusvuosina 1991–2003. Palautustulos on laskettu erikseen kolmelle eri istutuskokoluokalle.

Menestyvä istukas: fyysinen harjoitus kehittää lohien poikasten lihaksia ja suorituskykyä

Menestyvä istukas -kokonaisuuden yhdessä osahankkeessa tutkittiin, voisiko lohienpoikasten fyysinen harjoittaminen laitoskasvatuksen aikana parantaa niiden mahdollisuuksia selviytyä pitkästä, vaativasta vaelluksesta. Villien ja kasvatettujen kalojen lihasten aineenvaihduntaa ja suorituskykyä vertailtaessa havaittiin mm. että villoilla kaloilla lihasten kyky tuottaa energiaa on vähintään 1,5 kertaa tehokkaampaa kuin kasvatetuilla (Anttila ym. 2008a; Anttila & Mänttari 2008). Kestävyysharjoittelu virtaavassa vedessä kuitenkin paransi kasvatettujen lohien poikasten lihasten suorituskykyä lähemmäksi villien vastaavaa (Anttila ym. 2006). Lihasten supistumiseen liittyvien tekijöiden tasot nousivat kaksiviikkoisen harjoittelun myötä noin kolminkertaiseksi verrattuna normaalisti kasvatettuihin. Myös uintikyky koeoloissa parani harjoittelun seurauksena (Anttila ym. 2008b).

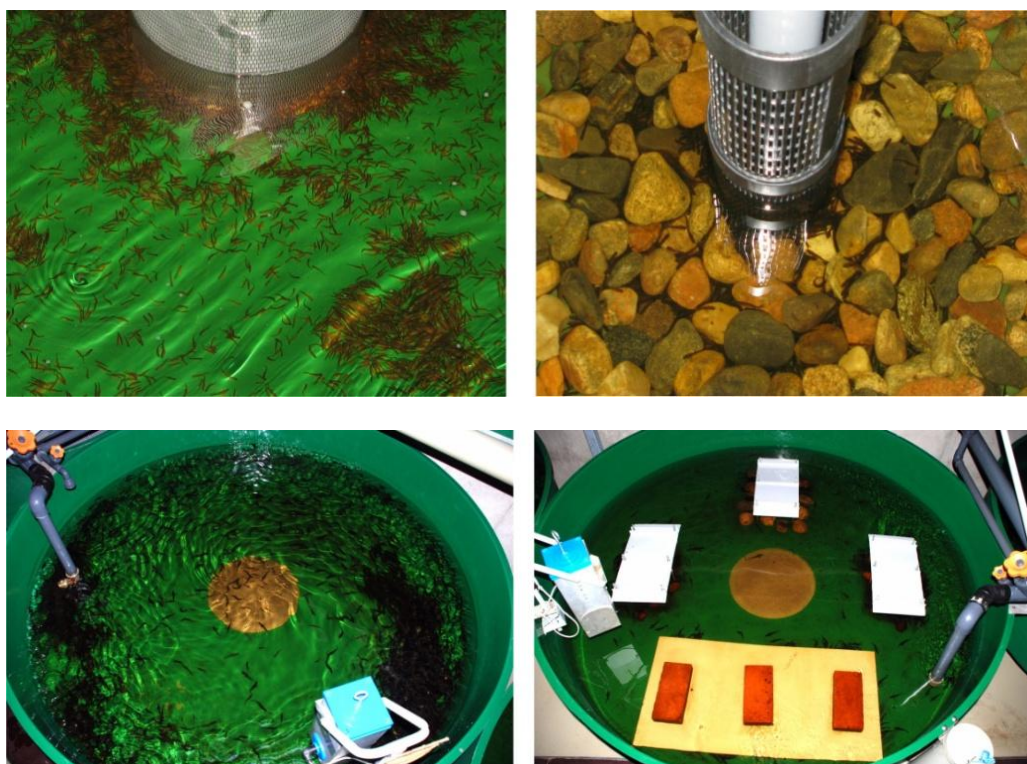
Simojoella tehdyissä istutuskokeissa havaittiin, että erot lihasten aineenvaihdunnassa ja poikasten uintikyvyssä saattavat säilyä myös luontoon istuttamisen jälkeen (Anttila ym. 2011). Kestävyysharjoittelun läpikäyneet poikaset vaelsivat 44 kilometrin matkan alavirtaan selvästi hitaammin kuin ilman harjoittelua jääneet standardipoikaset, mahdollisesti sen vuoksi että ne pystyivät uimaan näitä aktiivisemmin myös vastavirtaan. Hitaamman alusvaelluksen mahdolliset vaikutukset eloonjääntiin ovat kuitenkin vielä epäselvät, sillä mm. Oulujoella tehtyjen alustavien havaintojen mukaan nimenomaan nopea alusvaellus parantaa vaelluspoikasten eloonjääntiä, ei hidas (Karppinen ym. käsikirjoitus). Harjoitettujen ja harjoittamattomien koeryhmien suhteellista eloonjääntiä on tarkoitus vertailla koko merivaelluksen ajalta saatujen merkkipalautusten perusteella, mutta tältä osin laskelmat ovat keskeneräiset. Myös Tornionjoella ja Varisjoella radiolähettimillä tehdyissä istutuskokeissa lohien vaelluspoikasten selviytymistodennäköisyys kasvoi vaellusnopeuden kasvaessa (Hyvärinen ja Rodewald 2013, Rodewald ym.).

- 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.
- Hyvärinen, P & Rodewald, P. 2013. Enriched rearing improves survival of hatchery reared Atlantic salmon smolts during migration in the River Tornionjoki. *Canadian Journal of Aquatic and Fisheries Science*, in press.
- Karppinen, P., Jounela, P., Jaukkuri, M., Erkinaro, J., van der Meer, O., Orell, P. & Mäki-Petäys, A. Effects of release timing on migration behaviour and survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a heavily regulated river (käsikirjoitus, lähetetty julkaistavaksi)
- Rodewald, P., Hyvärinen, P., Vainikka, A., Laaksonen, T. and Hirvonen, H. The benefits of a soft release in stocking of Atlantic salmon smolts. *Manuscript*.

Menestyvä istukas: virikekasvatus tuottaa parempia lohen ja taimenen poikasia

Menestyvä istukas kokonaisuudessa toteutettiin myös 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 vastakuoriutuneiden poikasten (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 21) on puolestaan rakennettu suojapaikkoja luonnon kivistä, tiilistä, erilaisista muovirakenteista ja vesivanerista. Suojapaikkojen rakennetta ja kokoa on muutettu kalojen ja altaiden kasvaessa.

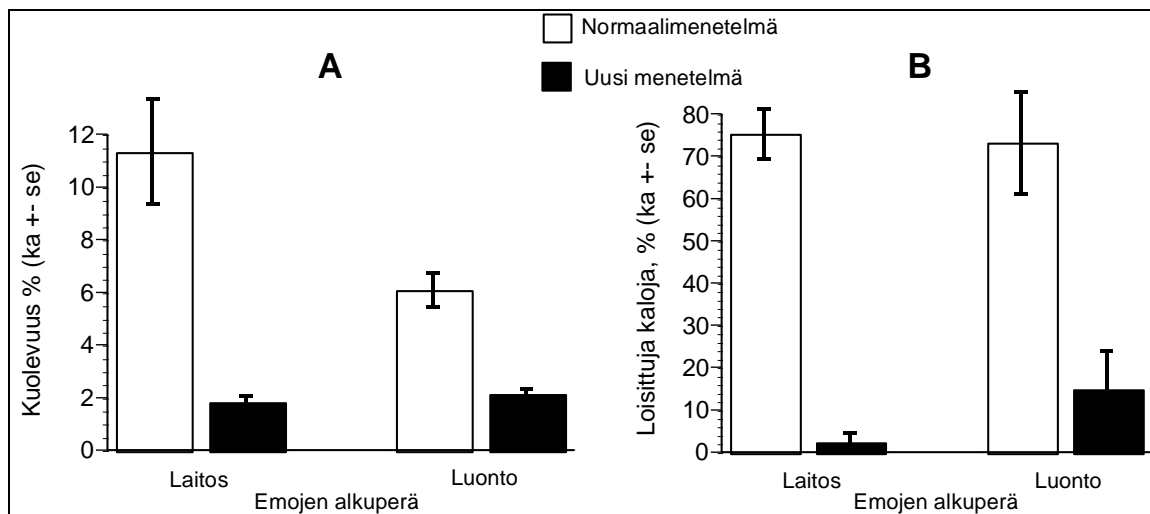


Kuva 21. Uusilla kasvatusmenetelmillä istutuspoikasia totutetaan luonnonmukaiseen ympäristöön jo pienpoikasvaiheessa. Vasemmalla ylhäällä vastakuoriutuneita poikasia tavallisessa kasvatusaltaassa, oikealla piiloutuneena virikealtaassa olevan soran sekaan. Vasemmalla alhaalla jatkokasvatuksessa käytetty 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 merkittävinä mm. Oulujärveen, Höytiäiseen, Perämereen, Simojokeen ja Tornionjokeen.

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 nicator*) sekä pienentää niiden kuolevuutta kasvatuksen aikana (Hyvärinen ym.; Kuva 22). Virikekasvatettujen poikasten on myös havaittu sietävän paremmin valkopilkkutautia *ichtyophthirius multifiliis* 1-v merilohella (Aalto ym. 2012). Luonnonmukaisemmin kasvatetut taimenet olivat myös vahvempia uimareita ja pystyivät koeoloissa hyödyntämään tarjolla olevaa elävää luonnonravintoa tehokkaammin kuin normaalimenetelmällä kasvatetut (Hyvärinen ym.). Lisäksi virikekasvatus muutti poikasten käyttäytymistä todennäköisesti riskittömämmäksi ohjattaessa petokalojen hajua koealtaaseen (Ylivinkka 2009) sekä vähensi poikasten riskinottoa ravinnonhankintatilanteessa petokalan läsnä ollessa kokeellisissa olosuhteissa (Rodewald ym.).



Kuva 22. A) Taimenten kuolleisuus oli vähäisempää uudessa luontoa jäljittelevässä kuin normaalissa laitosviljelyssä. Kasvatustestien 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 poikasia. Keväällä 2010 testissä olivat Torniojoen lohesta samanlaiset kasvatustestit kuin vuonna 2009 ja lisäksi poikasia Oulujoen merilohen ja Oulujoen vesistöalueen järvitaimenen laitoskannasta.

Myös näissä kokeissa saadut tulokset olivat 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 lohikannan 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 suurempi tavallisilla haudonta-aseteilla, toisissa taas sora-altaissa.

Virikekasvatustestien yhteydessä on myös tutkittu vaikuttaako emokanta (luonnon- vai laitoskanta) ja kasvatustestien yksivuotiaiden lohenpoikasten aivojen kokoon ja rakenteeseen ja sitä kautta niiden ravinnonsaantiin (Pircklén 2010). Kasvatustestillä ja emokannalla ei havaittu ole-

van vaikutusta aivojen kokonaistilavuuteen. Villien emokalojen poikasilla aivojen koko suhteessa kalan pituuteen kasvoi kuitenkin nopeammin kuin 2. tai 3. sukupolven laitosemojen poikasilla. Kasvatusympäristöllä ei havaittu olevan vaikutusta aivojen kokonaistilavuuden kasvuun suhteessa kalan kokoon. Aivojen eri osien tarkemmissa tutkimuksissa Koskinen ym. havaitsivat, että pikkuaivojen suhteellinen koko oli villien emokalojen poikasilla suurempi kuin laitosemokaloiden poikasilla. Lisäksi virikealtaissa kasvatettujen poikasten pikkuaivojen suhteellinen koko oli suurempi kuin standardialtaissa kasvatetuilla poikasilla. Koskinen ym. selvittivät myös sitä, kuinka aivojen koko vaikuttaa poikasen kykyyn hyödyntää luonnon hyönteis- ym. ravintoa kontrolloidussa puoliluonnollisessa jokiympäristössä. Tutkimuksessa osoitettiin, että syödyn ravinnon määrän ja pikkuaivojen koon välillä oli selvä positiivinen riippuvuus, mutta ainoastaan villien emokalojen poikasilla, jotka oli kasvatettu virikealtaissa.

Luonnonemokaloiden poikasten pikkuaivot sen sijaan kasvoivat nopeammin kuin 2 tai 3 polven laitosemokaloiden poikasten pikkuaivot. Pikkuaivot vaikuttavat kalan liikkeen säätelyyn, ja ovat siten keskeinen aivonosa kalan saalistamisessa ja ympäristön havainnoinnissa. Näin ollen aivojen koossa havaitut erot saattavat selittää sen, että luonnonmukaisemmassa ympäristössä kasvaneet villien emokaloiden poikaset oppivat nopeammin hyödyntämään luonnonravintoa kuin saman kannan laitosemojen poikaset (Rodewald ym. 2011; Koskinen ym.).

Torniojoella kesäkuussa 2012 tehdyn radiolähetintutkimuksen tulosten perusteella viljelty lohien vaelluspoikasia selvisi noin kolme kertaa ja virikekasvatettuja poikasia noin kaksi kertaa enemmän kuin normaalisti kasvatettuja istutuspoikasia 290 km jokivaelluksella Muoniosta Tornioon (Hyvärinen ja Rodewald 2013).

Tähänastisten tulosten perusteella virikekasvatusta näyttäisi olevan vanhaa standardimenetelmää kustannustehokkaampi pienemmän kuolleisuuden ja vähäisemmän loistautien hoitotarpeen sekä paremman istutuksen jälkeisen selviytymisen vuoksi. Tuloksilla voi olla taloudellisia etujakin arvokkaampi merkitys istutuskalakantojen perinnöllisen monimuotoisuuden paremman säilyttämisen kannalta, koska pienempi kokonaiskuolevuus mahdollisesti tasoittaa perheiden välisiä kuolevuuseroja.

Aalto, M., Koski, P., Anttila, P. & Hyvärinen, P. 2012. The effect of environment and domestication on ichthyophthirius multifiliis-infestation in Baltic salmon reared for restocking. WDA EWDA conference, Lyon (France) 22-27 July 2012 (esitelmätiivistelmä).

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 Hirvonen 2011. Virikepoikanen pärjää paremmin. Istukastuotannon luonnonmukaiset menetelmät vähentävät kasvatusaikaista kuolevuutta. Kalankasvattaja 1/2011, 34–37.

Hyvärinen, P. & Rodewald, P. 2013. Enriched rearing improves survival of hatchery reared Atlantic salmon smolts during migration in the River Tornionjoki. Canadian Journal of Aquatic and Fisheries Science, in press.

Koskinen, Pircklen, Gonda, Lindqvist, Hyvärinen & Hirvonen. Genetic domestication impairs and enriched rearing promotes brain development and consequent post-release foraging capacity in Atlantic salmon. In prep.

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

Rodewald P., Hyvärinen P. and Hirvonen H.. Effects of enriched rearing environment on post-release foraging rate and risk-taking of Atlantic salmon parr. In prep.

Yli-Vinkka, M. 2009. Uhanalaisen taimenkannan istukaspöikasten 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 37) ja yhä useammin myös varhaiskypsiä (s. 36–37). Kasvatusrehujen rasva- ja energiapitoisuuden lisääntyminen ja ruokinnan tehostuminen ovat todennäköisesti tärkeimmät tekijät, jotka selittävät näitä muutoksia. RKTL:n sopimuskasvatuksessa lohien vaelluspoikasten lihomista on pyritty rajoittamaan asettamalla lunastettavien poikasten kunto-kertoimen ylärajaksi 0,95. Menestyvä istukas -hankkeen keskeisiin osatutkimuksiin kuului koesarja, jossa pyrittiin laajoilla koekasvatuksilla selvittämään, miten ravinnon määrä ja laatu vaikuttavat poikasten kuntoon, vaellusvalmiuteen ja elinkykyyn. Tavoitteena oli myös kehittää nykyiselle standardiruokinnalle vaihtoehtoinen dieetti, joka takaisi paremman vaellusvalmiuden ja elinkyvyn.

Ruokinnan merkityksen selvittäminen käynnistyi 2004–2005 toteutetulla esitutkimuksella, jossa nevanlohen 2-vuotiaiden vaelluspoikasten toisen talven kasvatuksessa käytettiin rinnakkain kolmea rasvapitoisuudeltaan erilaista rehua (Salminen ym.). Runsasrasvaisella nykyrehulla (rasvaa 25,6 %) ruokituilla poikasilla oli tulosten mukaan enemmän vararavintoa ja korkeampi kuntokerroin 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 kasvatuksen loppuvaiheessa toteutettu siirtyminen vähärasvaisempaan rehuun ei siis pystynyt tuottamaan eloonjäänniltään nykyistä parempia poikasia.

Menestyvä istukas -hankkeessa vuosina 2008–2009 toteutetuissa laajemmissa kasvatuskokeissa (Husko 2010, Vainikka ym. 2012) 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 lohien 1-v. 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 istutusta-pahtuman yhteydessä Merikoskella. Istutuksen jälkeen niiden menestymistä luonnossa seurataan aina kutuvaellukseen saakka, joka viimeistenkin yksilöiden osalta toteutuu viimeistään vuonna 2013. Seuranta perustuu T-merkeistä kertyviin palautuksiin sekä vaellukselta palaavien kalojen havainnointiin istutuspaikalle asennetuilla PIT-merkitunnistavilla antennilla. Jo poikasia kasvatettaessa ja istu-

tuksen yhteydessä tehtiin kuitenkin mielenkiintoisia havaintoja eri dieettien vaikutuksesta poikasten fysiologisiin ominaisuuksiin ja käyttäytymiseen (Huusko 2010, Vainikka ym. 2012).

Dieettikasvatuksessa olleet lohet olivat istutusvaiheessa standardipoikasia lyhyempiä (talvidieetti- poikasia lukuun ottamatta) ja kevyempiä (Huusko 2010, Vainikka ym. 2012). Kuntokertoimeltaan ja kokonaisrasvapitoisuudeltaan standardipoikasista erosivat talvidieetin ja yhdistetyn kevät- ja talvidieetin poikaset (Kuva 23). Dieettikasvatus, erityisesti kevät- ja talvidieetin yhdistelmä, heikensi lohien selkävien kuntoa. Rintaevät olivat puolestaan kaikilla lohilla hyvässä kunnossa.

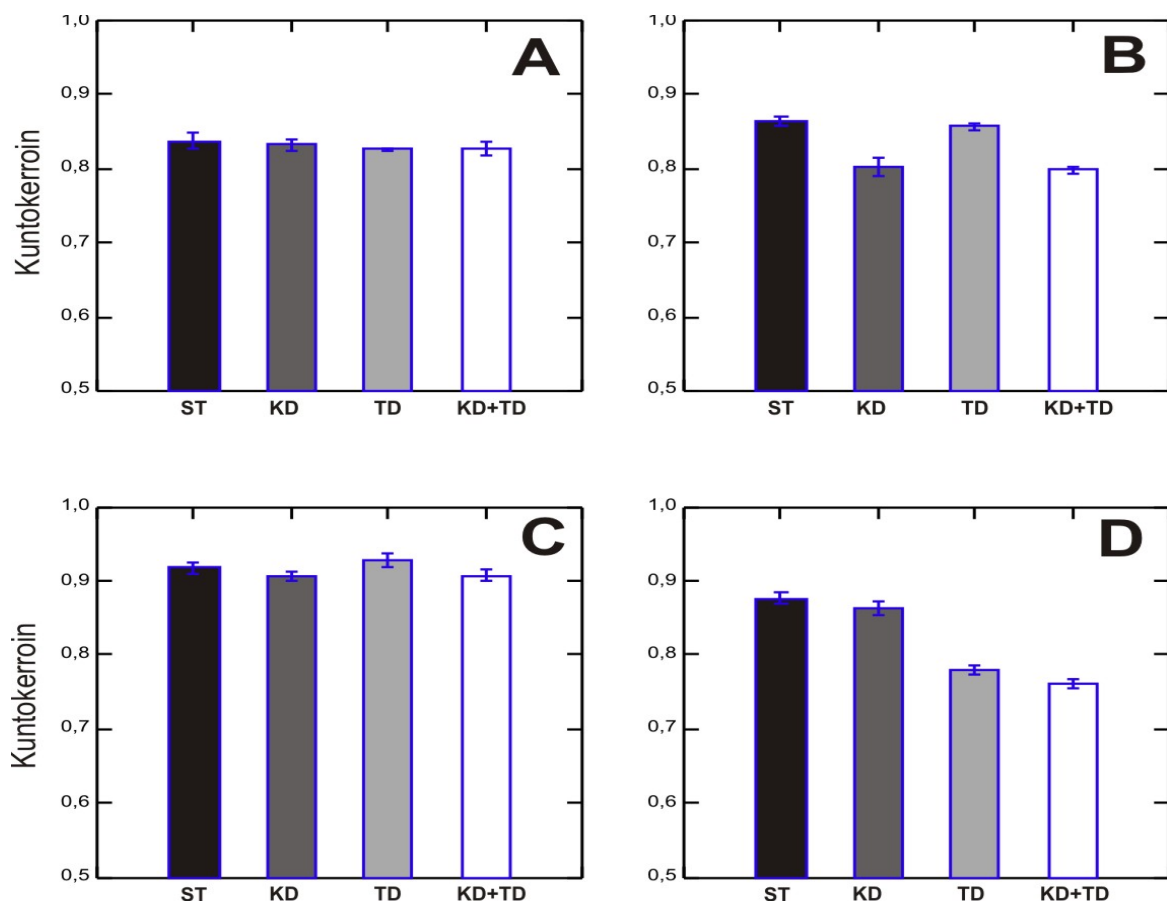
Tärkein havainto oli, että dieettikasvatuksella voidaan todella vaikuttaa lohien poikasten vaellusvalmiuteen ja vaellukselle lähtöön (Huusko 2010, Vainikka ym. 2012). Kevätdieetti vähensi varhaiskukypsien koiraiden osuuden istutusta edeltävänä syksynä noin puoleen, talvidieetti puolestaan nopeutti poikasten lähtöä Merikosken istutuspaikalta (Kuva 24). Koeoloissa laitoksella tehdyt havainnot osoittivat lisäksi, että talvidieetti lisäsi poikasten vaellusnopeutta ja sai vaelluksen suuntautumaan selvemmin myötävirtaan.

Edellä kuvattujen muutosten kautta dieettikasvatus saattaa vaikuttaa positiivisesti istutustulokseen ja lohikantojen tilaan. Näitä vaikutuksia päästään kuitenkin arvioimaan tarkemmin vasta meri- ja kutuvaellukselta saatavien merkkipalautustietojen karttuessa.

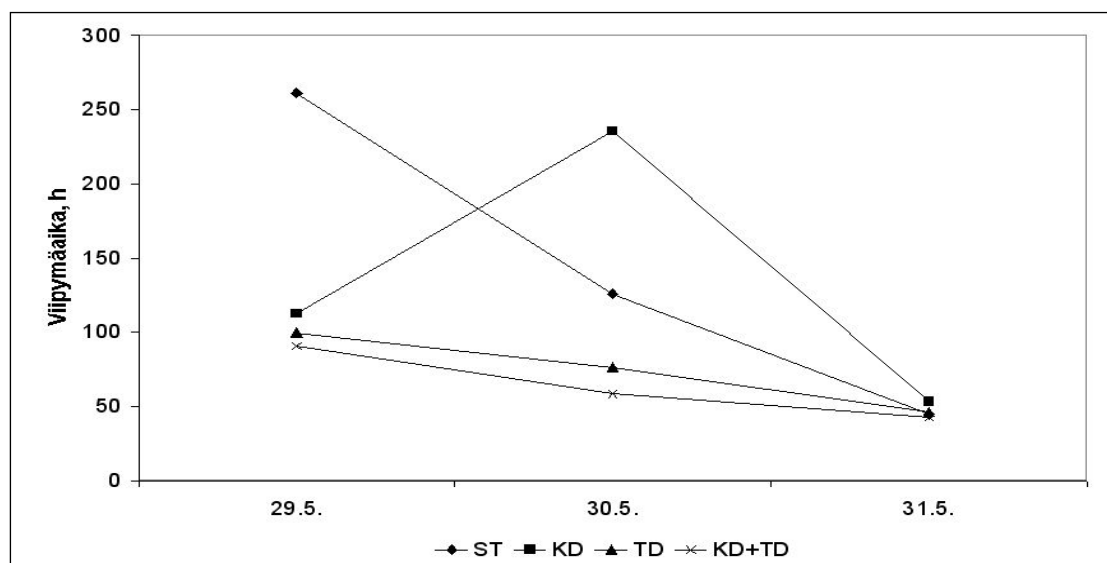
Huusko, R. 2010. Kasvatusravinnon määrän ja laadun vaikutus lohien (Salmo salar L.) vaelluspoikasiin. Pro gradu-tutkielma. Oulun yliopisto. Biologian laitos.

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

Vainikka, A., Huusko, R., Hyvärinen, P., Korhonen, P., Laaksonen, T., Koskela, J., Vielma, J., Hirvonen, H. and Salminen, M. 2012. Food restriction prior to release reduces precocious maturity and improves migration tendency of Atlantic salmon (Salmo salar) smolts. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 69: 1981–1993.



Kuva 23. Eri kasvatuskäsittelyjen (ST = standardi, KD = kevätdieetti, TD = talvodieetti, KD+TD = yhdistetty kevät- ja talvodieetti (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 24. PIT -merkittyjen lohien vaelluspoikasten viipymääjan (tuntia) mediaanit eri istutuspäivinä käsittelyittäin (ST = standardi, KD = kevätdieetti, TD = talvodieetti, KD+TD = yhdistetty kevät ja talvodieetti).

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

Fysiologisesti herkässä vaelluspoikasvaiheessa tapahtuva istutuskuljetus istutuspaikoille aiheuttaa kaloille 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. Nyrkkisääntöä, 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 houkutella kuljetustiheyksien vaaralliseen kasvattamiseen.

Menestyvä istukas -hankkeen yhteydessä tutkittiin kalojen käsittelyn ja kuljetuksen vaikutuksia kalojen stressiarvoihin sekä stressin vaikutusta istutuskalojen fysiologiaan ja käyttäytymiseen. Lisäksi testattiin menetelmiä kuljetus- ja istutusstressin alentamiseen. Testeissä havaittiin mm., että kalojen pyydystäminen kasvatusaltaasta haavilla voi aiheuttaa kaloille enemmän stressiä kuin kolmen tunnin kuljetus (Rodewald ym.). Tämä korostaa kalojen hellävaraisen käsittelyn merkitystä kalojen siirtojen ja istutustapahtuman yhteydessä. Tutkimuksissa havaittiin myös, 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.).

Toisessa kokeessa verrattiin kolmen 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., Hyvärinen ym. 2010). Tulosten mukaan pehmeästi istutettujen kalojen plasman kortisolipitoisuus oli selvästi laskenut kuljetuksen jälkeen mitatusta ja niiden vaellus alavirtaan oli alkumatkalla (ensimmäiset 150 m) nopeampaa kuin suoraan istutetuilla.

Vaikka kuolleiksi todettujen kalojen määrissä ei ollutkaan eri istutusryhmien välillä suuria eroja, tulokset antoivat kuitenkin viitteitä siitä, että pehmeän istutusmenetelmän avulla voitaisiin parantaa kalojen selviytymistä istutuksen jälkeisinä predaation kannalta kriittisinä ensimmäisinä päivinä. Nopea istutuksen jälkeinen alkuvaellus korreloi positiivisesti myöhemmin havaitun selviytymisen kanssa. On myös todennäköistä, että virikekasvatus edesauttaa kalojen kykyä toipua kuljetus- ja käsittelystressistä. Menestyvä istukas hankkeeseen liittyvässä tutkimuksessa Torniojoella sekä virikekasvatetut että normaalismoltit vapautettiin vastaavalla pehmeän istutuksen menetelmällä kuin Varisjoella. Virikekasvatetut lohet aloittivat vaelluksen nopeammin kuin normaalisti kasvatetut. Virikekasvatettu ja selviytyi noin kaksi kertaa enemmän kuin normaalisti kasvatettuja 290 km:n jokivaelluksesta. Molemmilla ryhmillä vaellusnopeus korreloi positiivisesti selviytymistodennäköisyyden kanssa (Hyvärinen ja Rodewald 2013).

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., Laaksonen, T. and Hirvonen, H. The benefits of a soft release in stocking of Atlantic salmon smolts. Manuscript.

*Rodewald, P., Vainikka, A., Hyvärinen, P. and Hirvonen, H. Effects of handling and transport on blood glucose, plasma cortisol and lactate concentrations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Manuscript.*

Kaihia voidaan torjua – ainakin silloin kun se on loisen aiheuttamaa

Merkittävä osa viljelyillä 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 (Kuukka ym. 2006).

Kalanviljelylaitoksen sisäaltaisiin 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 RCTL:n Saimaan laitoksella ja alustavien tulosten perusteella veden suodattaminen lämpimän veden aikaan (*Diplostomum* infektoi linsin 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-vuotiaina 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).

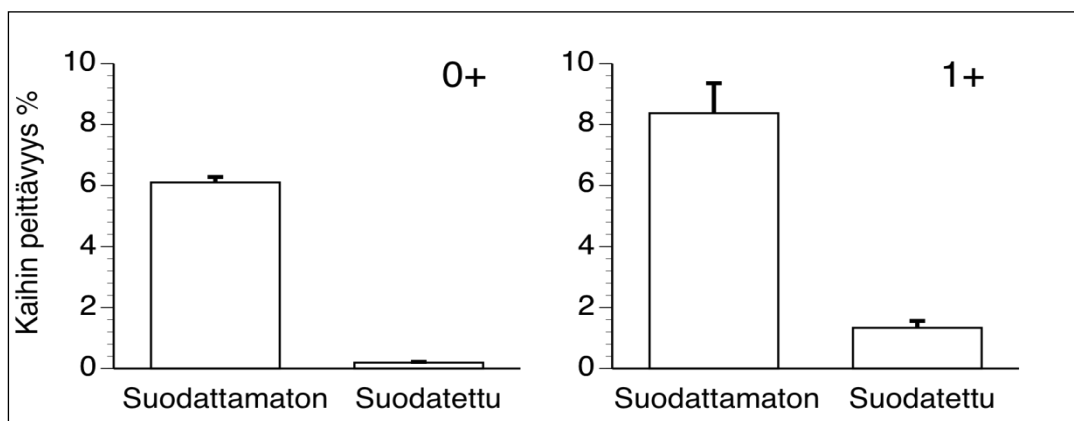
Kalanviljelylaitosten ulkoaltaissa kaloja voivat infektoida joko tuloveden mukana tulleet *Diplostomum* tai altaissa elävistä *Lymnea*-kotiloista vapautuvat toukat. Kattaminen voisi ainakin osaltaan ehkäistä lokiin ulosteiden mukana kulkeutuvien loisen munien päätyminen kotiloihin. Myös jossain määrin 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 *Diplostomum*-tartunnalle (Kuukka-Anttila ym. 2009).

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

Kuukka, H., Peuhkuri, N. & Kolari, I. 2006. Viljeltyjen lohikalojen 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., 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. Otokoot: 0+ suodattamaton = 816 kalaa, 0+ suodatettu = 922; 1+ suodattamaton = 561, 1+ suodatettu = 754 kalaa (Peuhkuri, N., Kuukka, H. & Kolari, I., julkaisematon).

Purotaimenkantojen avulla voidaan 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 (Kallio-Nyberg ym 2010).

Viantienjokeen istutetut lijoen meritaimen, Ohtaojan purotaimen ja niiden risteymätaimen vaelsivat kaikki samalla tavalla. Noin 70 % kunkin ryhmän palautuksista saatiin merestä. Kaikkien ryhmien kalat myös 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 erilalla merivaellukselle. Karvianjoen purotaimenista lähti merivaellukselle vain noin 30 %, kun taas Isojoen meritaimenista merivaellukselle lähti 85 %. Istutusvuonna pyydytyt purotaimenet olivat pienempiä kuin meritaimenet, mutta kasvuo kuitenkin tasoittui toisen vuoden aikana. Isojoen taimenista selvisi myös pyyntikokoiseksi suurempi osuus (1,3 %) kuin Karvianjoen purotaimenista (0,6 %). Geneettisten etäisyyksien perusteella kannat ryhmittivät 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 kasvupotentiaalin 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 oli lohi- ja meritaimenistutuksissa. Istutuspoikasten laatuun liittyvissä tutkimuksissa tutkittiin lohien ja meritaimen 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. Inarijärven. 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 kalatalouskeskus. Eri tavoin kasvatettujen ja istutettujen poikasten menestymistä seurataan mm. Pielisessä ja Höytiäisessä. Tutkittavina taustamuuttujina ovat olleet mm. istutusikä, lajittelu (ylä- ja alalajite), istutusmenetelmä (ulappa ja rantaistutus) ja kasvatustausta (virikekasvatus ja standardikasvatus). Lisäksi verrataan kahta merkkityyppiä, perinteistä Carlin- ja uudempaa ns. T-ankkurimerkkiä.

Pielisen ja Höytiäisen keskinäisen vertailun mahdollistamiseksi näihin järviin istutettiin muutamia eriä taustaltaan ja kooltaan täysin samanlaisia 2-vuotiaita (2008 alkaen) ja 3-vuotiaita (2009 alkaen) poikasia. Vuoden 2012 loppuun mennessä saatujen palautusten perusteella istutustuloksissa, sekä palautusten lukumäärässä että saaliissa, on järvien välillä huomattavan suuri ero Höytiäisen hyväksi (Taulukko 5). Höytiäisellä palautustulokset ovat olleet poikkeuksellisen hyviä myös järvilohien kaikkiin muihin viime vuosien istutuspaikkoihin verrattuna.

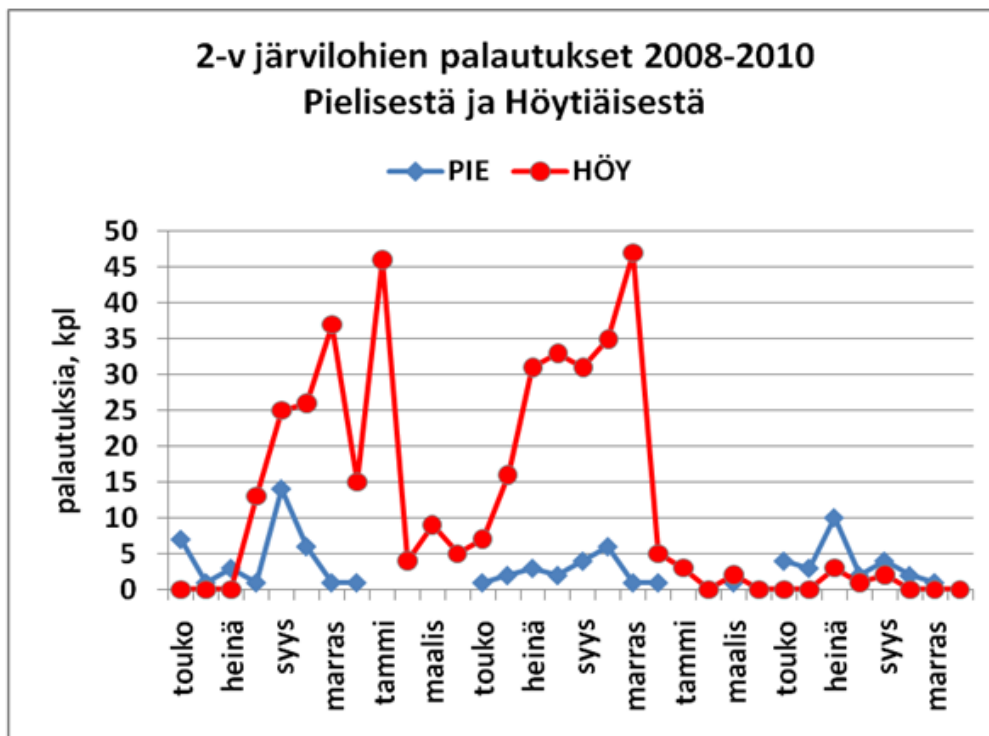
Mikä näin suuret ja selkeät vaikutukset erot kahden järven istutustuloksissa voi aiheuttaa? Ehkä tärkein taustatekijä on hyvien kuha- ja lohikalasaaliiden aikaansaama kalastuksen lisääntyminen Höytiäisellä, joka näkyy selvästi mm. kalastusalueen lupatulojen kasvuna. Viehe- ja pyydysluvista saadut vuotuiset tulot ovat vuoden 2007 jälkeen lähes kaksinkertaistuneet vajaasta 20 000:sta lähes 40 000 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 5. Eniten palautuksia tuottaneet vuosien 2008– 2010 merkintäerät (kussakin näistä 2000 yksilöä) Pielisessä ja Höytiäisessä (tilanne 6.6.2013)

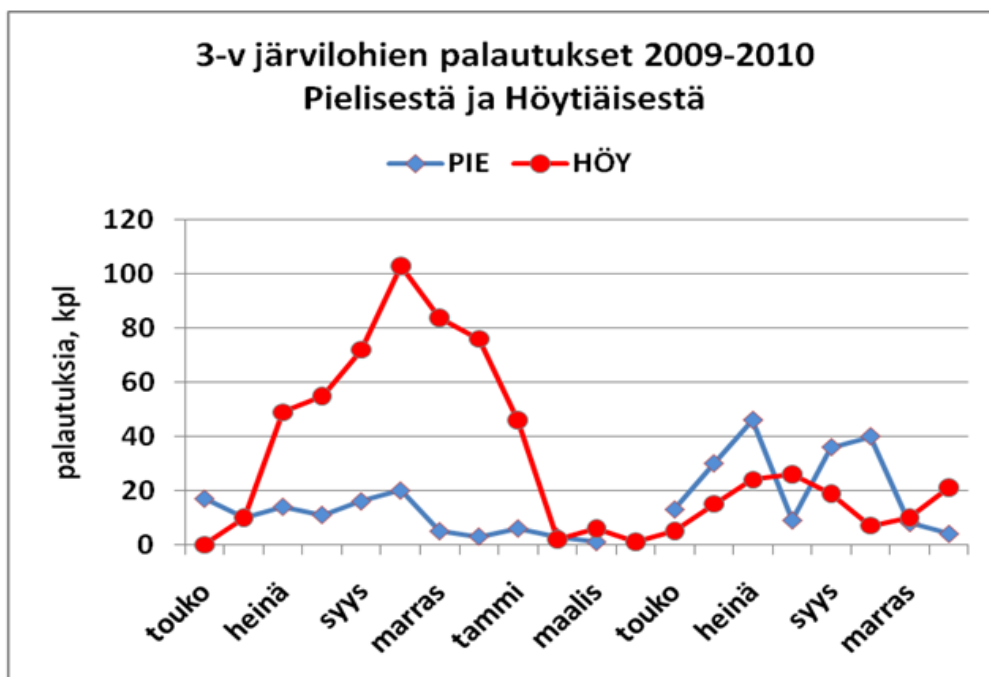
		PIELINEN		HÖYTIÄINEN	
Kalalaji	ikä	kpl	% erästä	kpl	% erästä
Järvilohi	2-v	66	3,4	402	20,1
Järvilohi	3-v	205	10,1	693	34,7
Järvitaimen	2-v	36	1,8	354	17,7
Järvitaimen	3-v	217	10,9	748	37,5

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 kertymisessä (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 %). Näistä alamittojen ja kalastuspaineen eroista huolimatta saatiin Höytiäisestä v. 2008 ja 2009 istutetuista 2-v järvilohieristä saalista 180–307 kg/1000 istukasta, kun Pielisestä saatiin vastaavista eristä saalista alle 10 kg/1000 istukasta. Kolmevuotiailla lohilla erot ovat samansuuntaisia. Vuonna 2009 istutetuista järvilohista saatiin Höytiäisestä 2,3-kertainen saalismäärä (427 kg/1000 istukasta) Pieliseen verrattuna (186 kg/1000 istukasta).

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.



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.

Tärkein johtopäätös, joka 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 istutuksista odottaa hyviä tuloksia.

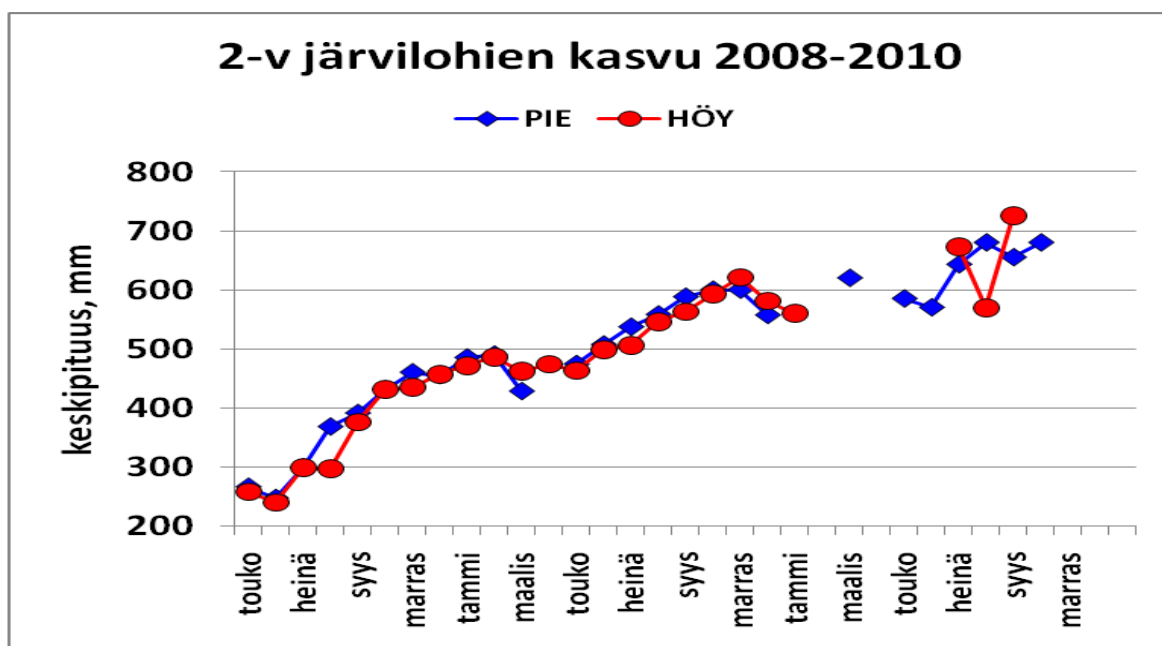
Myös merkintämenetelmien vertailu näyttäisi tuottavan lupauksia herättäviä tuloksia. Uudeksi yksilömerkinnän perusmerkiksi ajateltu T-ankkurimerkki on tuottanut Höytiäisessä peräti 2,2-kertaisesti palautuksia perinteiseen Carlin -merkkiin verrattuna (11,9 % / 5,4 % v. 2009 istutetuista 2-v järvilohieristä). Ylälajitteen 2-v järvilohilla tehty vertailu antoi T-ankkuri-erästä 1,3-kertaisesti palautuksia Carlin -erään verrattuna (18 % / 13,7 %).

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

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

Piironen, J., Kiiskinen, P. ja Kurenniemi, S. 2011. Lohikalaistukkaat menestyvät Pohjois-Karjalan Höytiäisessä. Suomen Kalastuslehti 4/2011: 12-14.

Vainikka, A., Huusko, R., Hyvärinen, P., Korhonen, P., Laaksonen, T., Koskela, J., Vielma, J., Hirvonen, H. and Salminen, M. 2012. Food restriction prior to release reduces precocious maturity and improves migration tendency of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 69: 1981–1993.



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 istutuslaji Suomen sisävesillä. Viimeisimmän koko maan kattaneen istutustilaston (vuoden 2004 istutukset) mukaan sisävesiin istutettiin noin 750 000 vähintään 2-vuotiasta taimenta (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2006). Tuoreempaa tietoa sisältävän vesiviljelytilaston (RKTL 2012) mukaan kalanviljelylaitokset toimittivat vuonna 2011 sisävesien istutuksiin yhteensä noin 850 000 vähintään 50-grammaista taimenta.

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 näyttäsivät 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, Piironen ym. 2011), jossa sekä järvilohen että järvitaimenen menestystä näyttävät selittävän hyvät kasvuolosuhteet ja toisaalta tehokas kalastus. Höytiäisessä 2008–2009 istutettujen 2-v ja 3-v järvitaimenten saalis on ollut 180–217 kg ja 322–430 kg/1000 istukasta, kun Pielisessä samat 2-v kalaerät eivät tuottaneet saalista juuri lainkaan (alle 5 kg/1000 istukasta) ja 3-vuotiaatkin vain noin 84 kg/1000 istukasta.

Inarijärveen on säännöstelyn aiheuttamien kalataloushaittojen kompensoimiseksi velvoitepäättöksen mukaan istutettava vuosittain mm. runsaat 100 000 taimenen vaelluskokoista poikasta. Esimerkiksi vuonna 2012 järveen ja jokisuille istutettiin 118 900 kolmevuotiasta ja sivuvesistöjen velvoitealueelle lisäksi 11 600 pienempää, yksivuotiasta taimenta. Koko velvoitealueelle istutettiin siten yli 130 500 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 huonommillaan 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, luonnonvaraisten poikastuotannon ja ravintokalojen määrän mukaan. Ravintokaloista keskeisimmät ovat alkupe räinäinen reeska ja erityisesti tulokaslaji muikku (Salonen ym. 2009; 2010; 2011). Viime vuosina ravintovarot näyttävät olleen pääosin hyvät, sillä mm. taimenen ja nierä kasvu on ollut Inarilla erittäin nopeaa.

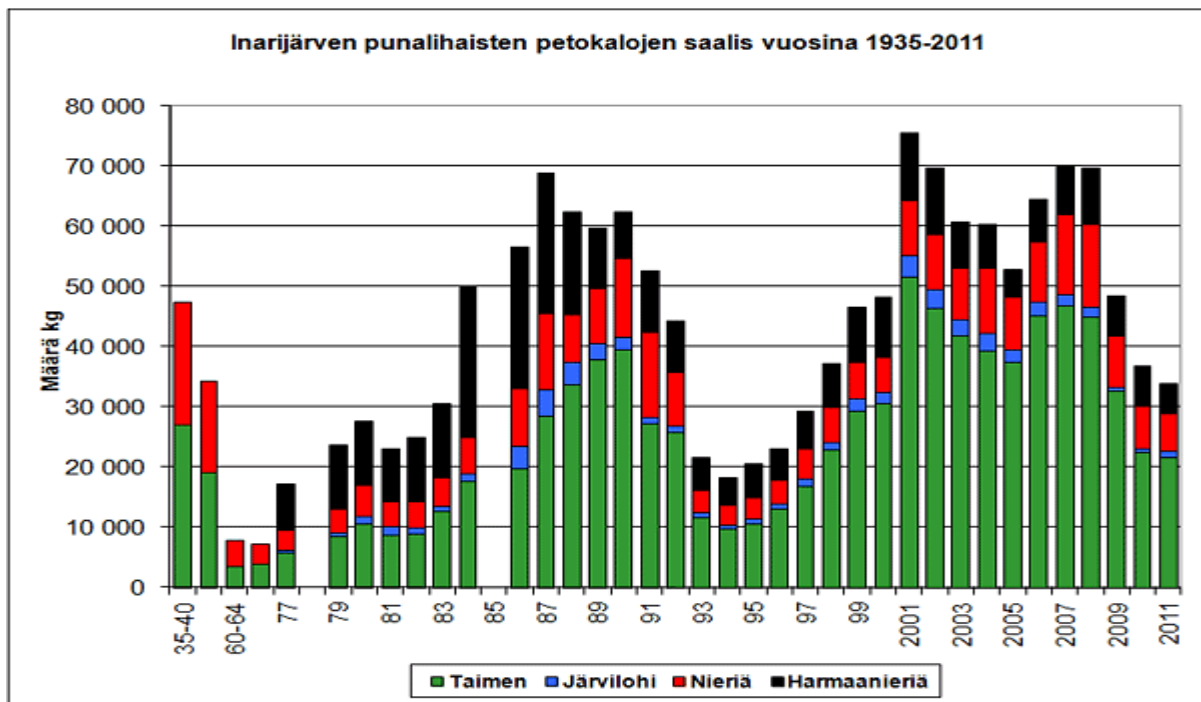
Suurelta osin hyvän ravintotilanteen ansiosta Inarijärvestä on 2000-luvulla myös saatu sisävesien suurimmat taimensaaliit. Viime vuosina saaliit ovat tosin olleet laskussa. Esimerkiksi vuonna 2008 taimenta kalastettiin kaikkiaan 45 tonnia, vuonna 2009 33 tonnia ja vuonna 2010 enää vain 22 tonnia. Samalla luonnonvaraisten taimenten saalisosuus on pienentynyt vuoden 2008 puolesta noin kolmannekseen vuosina 2009 ja 2010. Luonnonkalojen saalisosuuden ja osin myös kokonaissaaliin pienenemisen taustalla on ollut taimenen luontaisen lisääntymisen aallonpohja vuosiluokissa 2004 ja

2005. Näissä vuosiluokissa villien kalojen osuus oli noin 20–25 %, kun se pidemmällä aikavälillä on ollut keskimäärin 44 % (Salonen ym. 2011). Muita kokonaissaaliin alenemiseen todennäköisesti vaikuttaneita tekijöitä ovat olleet nuorten taimenten lisääntynyt kalastuskuolevuus ja niin taimenia kuin muitakin Inarin lohikalalajeja viime vuosina vaivannut sukasjuotikasepidemia.

Tulevina vuosina ainakin luonnonvaraisten taimenten saalisuuden odotetaan Inarilla jälleen kasvavan, sillä erityisesti vuosiluokan 2009 taimenia on tavattu sähkökoekalastuksissa runsaasti. Viimeisimpien havaintojen mukaan myös sukasjuotikasepidemia näyttäisi osoittavan laantumisen merkkejä (Teuvo Niva, henkilökohtainen tiedonanto). Kokonaissaaliiden tulevaan kehitykseen vaikuttaa tietenkin ratkaisevasti myös kalastuksen rakenteen ja määrän kehitys.

Inarin velvoitehoito ja sen varassa elpyneet luontaiset taimenkannat ja kalastus tarjoavat nykytilanteessa poikkeuksellisen esimerkin siitä, että istutustoiminta voi parhaimmillaan tuottaa hyvin saalista ja täyttää silti myös ekologisen kestävyyskriteerit. 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 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.
- Piironen, J., Kiiskinen, P. ja Kurenniemi, S. 2011. Lohikalaistukkaat menestyvät Pohjois-Karjalan Höytiäisessä. *Suomen Kalastuslehti* 4/2011: 12-14.
- 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.
- Salonen, E., Niva, T., Raineva, S., Pukkila, H., Savikko, A., Aikio, E. & Jutila H. 2011. Inarijärven ja sen sivuvesistöjen kalataloudellinen velvoitetarkkailu 2010. RKT:n työraportteja, nro 13. 19 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. Vastakuoriutuneina istutetut saimaannieriät selviytyivät kutukaloiksi

RKTL:n, paikallisten osakaskuntien ja kalastusalueiden sekä metsähallituksen yhteishankkeessa tutkittiin 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, Koloveden Metsoselällä taas kalastus on kokonaan kielletty.

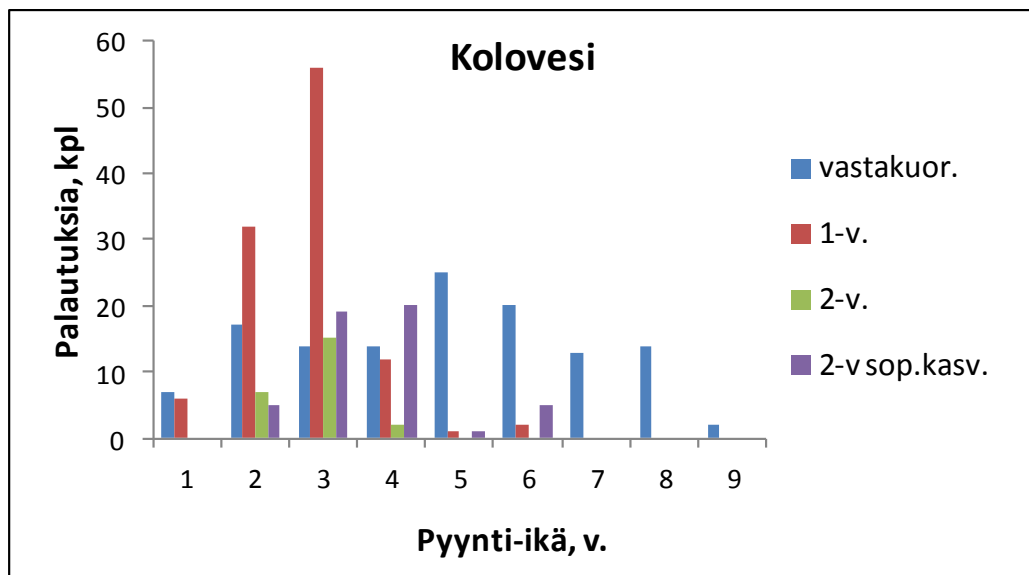
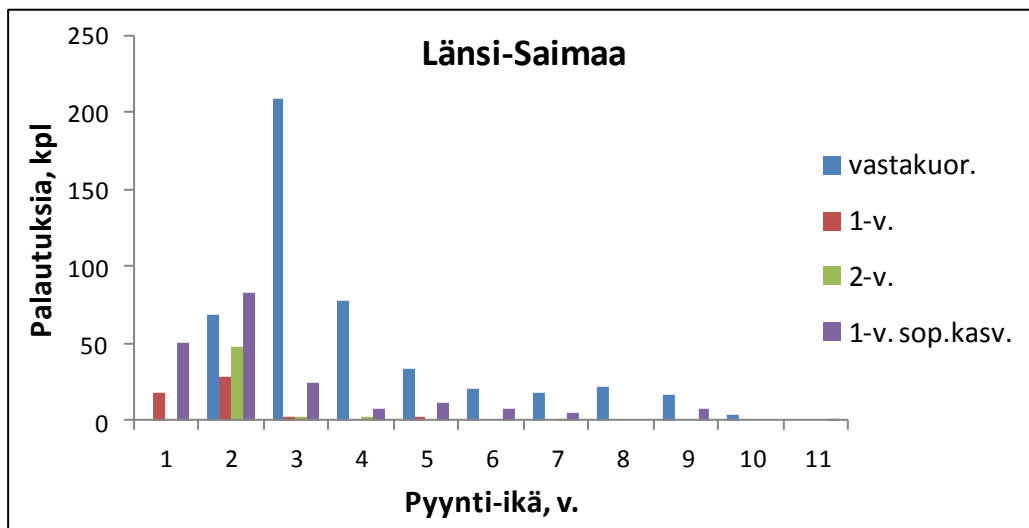
Koeistutuksia tehtiin kummallakin tutkimusalueella vuosina 2002–2006, ja pelkästään Kolovedellä vielä vuosina 2006–2009. Vastakuoriutuneena istutetut nieriät merkittiin alitsariinivärjäyksellä ja jatkokasvatetut polttomerkeillä tai rasvaeväleikkauksella. Merkittyjen tutkimuskalojen lisäksi tutkimusalueilla esiintyi myös lähivesiin istutettuja valtion sopimuskasvatuskaloja.

Istutusten tuloksia seurattiin Länsi-Saimaalla keräämällä saalisnäytteitä paikallisilta kalastajilta sekä omilla koekalastuksilla molemmilla istutusalueilla. Näytteiden keruun päätavoitteena oli arvioida eri-ikäisten poikasten suhteellista menestymistä koalueilla, mutta niiden avulla kartoitettiin vuodesta 2008 alkaen myös silmäamentumien (kaihin) ja niitä aiheuttavien imumatoloisten esiintymistä istutetuilla nieriöillä.

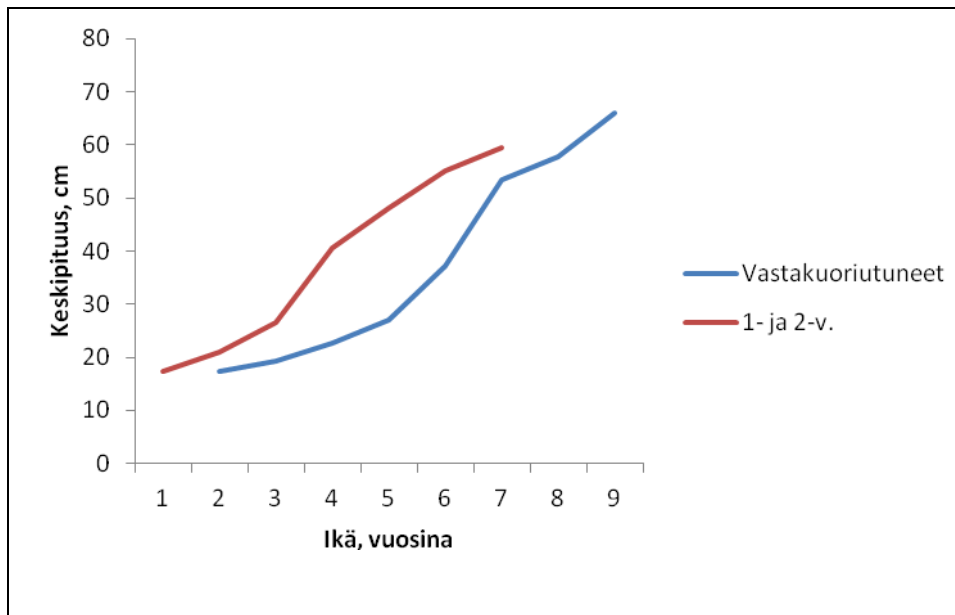
Tutkimusalueiden välinen ero kalastuksen määrässä vaikutti nieriäsaaliin ikäjakaumaan. Länsi-Saimaalla, jossa kalastusta on melko paljon, saatiin nieriät suhteessa nuorempina kuin Kolovedeltä, jossa kalastus oli varsinaisella istutusalueella kokonaan kielletty ja sen ulkopuolellakin vähäistä (Kuva 30).

Kalastuksen määrän lisäksi saaliin ikäjakaumaan vaikutti nieriöiden istutusikä. Vastakuoriutuneina istutetut nieriät säilyivät molemmilla tutkimusalueilla vanhemmiksi kuin 1- ja 2-vuotiaina istutetut

nieriät. Kummaltakaan alueelta 1- ja 2-vuotiaina istutettuja kaloja ei juuri saatu saaliiksi enää viittä, kuutta vuotta vanhempina. Sukukypsyyssikä lähenevistä, 6-vuotiaista ja vanhemmista kaloista suurin osa oli vastakuoriutuneina istutettuja. Ilmiötä selittää ainakin osittain se, että 1- tai 2-vuotiaina istutetut nieriät tulivat kalastuskokoon keskimäärin selvästi nuorempina kuin vastakuoriutuneina istutetut nieriät (Kuva 31). Ne olivat jo istutettaessa selvästi suurempia kuin samaa vuosiluokkaa edustavat vastakuoriutuneina istutetut kalat, ja kokoero kasvoi edelleen ikävuosien myötä.



Kuva 30. Kolovedelle ja Länsi-Saimaalle vuosina 2002–2006 eri-ikäisinä istutetuista nieriöistä saadut palautukset ikävuosittain. Mukana ovat myös lähivesiin istutetuista sopimuskasvatuskaloista saadut palautukset.



Kuva 31. Vastakuoriutuneena sekä 1- ja 2-vuotiaina istutettujen nieriöiden keskikoko ikävuosittain Länsi-Saimaalla vuosina 2005–2011 palautusten perusteella.

Tutkimuksen yhteydessä istutettuja kaloja säilyi sukukypsiksi saakka niin runsaasti, että niitä voitiin ensimmäisen kerran saimaannieriän palautusistutusten parikymmenvuotisessa historiassa, pyydystä kutuaikana myös viljelytarkoituksiin. Ja mikä parasta, nieriöiden todettiin kutuneen myös istutusjärvisissä. Luonnossa syntyneitä poikasia saatiin näytteiksi. Kutupyynnä aloitettiin Kolovedellä vuonna 2009, jolloin saaliiksi saatiin kaksi 6-vuotiaista 1-vuotiaana istutettua kalaa. Vuosina 2010–2012 pyyntiä jatkettiin Länsi-Saimaalla, josta saatiin saaliiksi yhteensä 47 kutukalaa. Kalat olivat 7–11-vuotiaita, painoivat kilosta viiteen kiloon ja pituutta niille oli kertynyt 50–83 cm. 47 kutukalasta 39 oli vastakuoriutuneina istutettuja.

Tutkimuksen tulosten perusteella vastakuoriutuneet istutuspoikaset ovat käyttökelpoisia nieriän palautus- ja kotiutusistutuksissa. Suhteellisen hyvän säilyvyyden lisäksi vastakuoriutuneiden poikasten etuna näyttää olevan se, että ne pystyvät lähes kokonaan välttämään näkökykyä heikentävän *Diplostomum* -loistartunnan, joka saattaa olla yleinen kasvatuslaitoksesta riippuen 1- ja 2-vuotiaana istutettavilla nieriöillä. Vastakuoriutuneina istutetut nieriät varttuvat luonnonoloissa ja välttävät näin silmäloisten lisäksi myös muita, tässäkin raportissa esille tuotuja laitokasvatuksen epäedullisia vaikutuksia. Tämä on ensiarvoisen tärkeää, kun tavoitteena on äärimmäisen uhanalaisen kalakannan säilyttäminen.

Kolari, I. & Hirvonen, E. 2013. Eri-ikäisinä istutettujen saimaannieriöiden selviytyminen kalastusoloiltaan erilaisissa vesissä. Käsikirjoitus.

4. Siika ja kuha

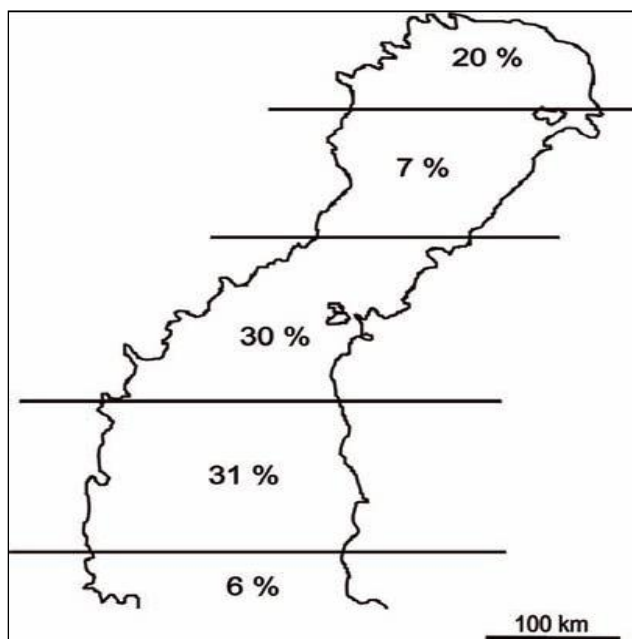
4.1. Merialueen siikaistutusten tuottavuus

Merkitsevä Pohjanlahteen istutettavia siianpoikaseriä tutkimusohjelmassa selvitettiin, mikä on Pohjanlahden siikaistutusten saalistuotto, miten istutusten tuottama saalis maantieteellisesti jakautui ja mitkä tekijät vaikuttivat 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-vuotiaina. Sukukypsyyden saavutettuaan siikat palasivat syönnösalueiltaan takaisin pohjoiseen.

Vaellussiikaa kalastetaan tehokkaasti, mikä heijastuu saaliin ikä- ja kokojakaumaan. Suurin osa merkityistä siioista pyydettiin 4–5-vuotiaina, 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 32).



Kuva 32. 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 pohjaverkkokalastuksessa 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 vaeltaa suhteellisen nopeasti etelämpänä, lähinnä Saaristomerellä, sijaitseville syönnösalueille. Siikojen kasvu meressä on ollut selvästi nopeampaa kuin esim. Saaristomerelle istutetuilla merikutuisilla siiioilla.

Vuosina 2010–2012 istutussiikoja havaittiin runsaasti Kokemäenjoen mädinhankintapyynnissä. Vuosittain on tutkittu noin 300 Harjavallan padon alta pyydettyä siikaa, ja enimmillään merkittyjen osuus oli lähes 40 % vuonna 2012. Tuolloin kaikki istukasikäryhmät olivat saavuttaneet sukukypsyyden. Sekä merialueelle että jokeen istutetut poikasryhmät tuottivat jokeen nousevia kaloja. Myös jokisuulle tehty istutus leimauttaa vaellussiikat siten, että ne löytävät joen kutuvaelluksellaan.

Joesta saatujen merkittyjen siikojen keskipituus on jo neljävuotiaana yli 50 cm. Muihin Pohjanlahden vaellussiikakantoihin verrattuna Kokemäenjoen vaellussiikakanta on todella nopeakasvuinen.

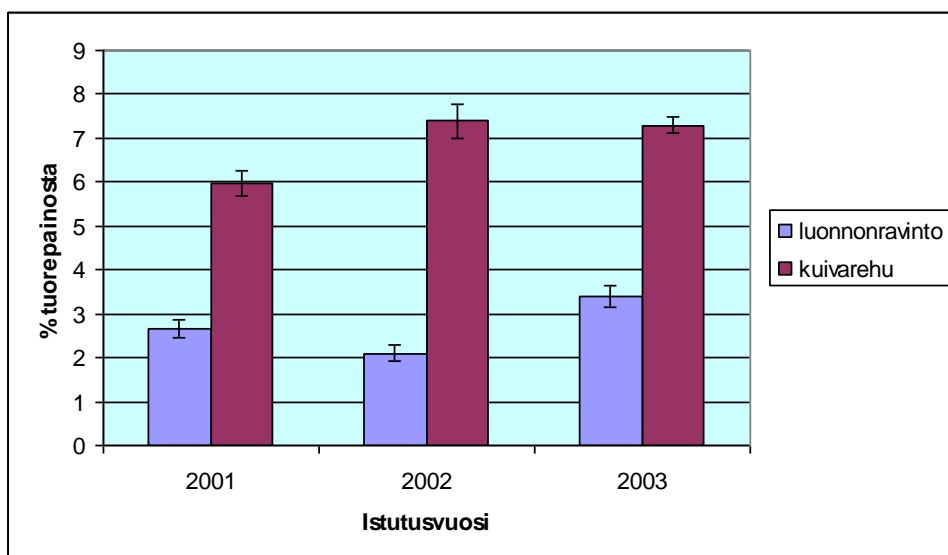
Saaristomeren Airistonselälle istutettiin kaikkiaan yli 435 000 merkittyä siikaa vuosina 2001–2003. Kaikki siiat olivat alkuperältään Saaristomeren merikutuista siikakantaa, mutta kunakin vuonna istutettiin sekä verkkokasseissa Saaristomerellä että luonnonravintolammikoissa Oulun ja Lapin läänin alueella kasvatettuja siikoja. Verkkokasseissa tuotetut siiat kasvatettiin kuivarehulla. Kokeen tarkoituksena 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 33) oli huomattavasti korkeampi kuin luonnonravintolammikossa tuotetuilla poikasilla.



Kuva 33. 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 kasvinosia, 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 havait-

tu, verkkokassissa kasvatetut siianpoikaset saavuttivat sukukypsyyden keskimäärin hieman nuorempina kuin luonnonravintolammikossa kasvaneet.

Kaikki takaisinpyyntihavainnot Saaristomerelle istutetuista sioista saatiin Saaristomeren alueelta. Yksittäisiä merkittyjä 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 luonnonravintolammikkopoikasilla 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 merikutuisesta 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.

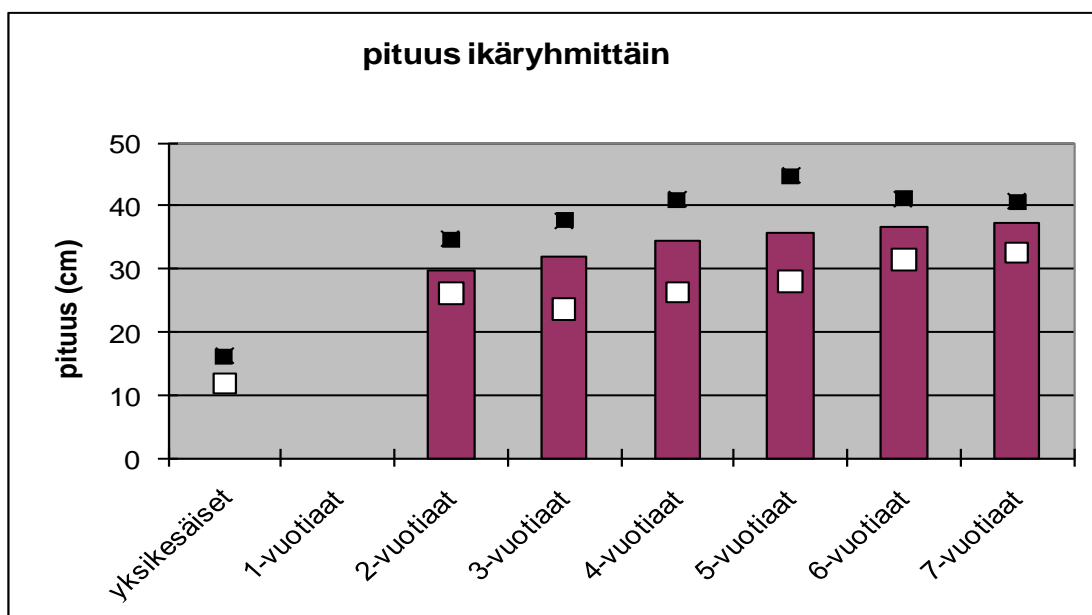
Merkittyjen siikojen esiintymistä Ahvenanmaan siiankalastuksen saaliissa seurattiin intensiivisesti vuosina 2003–2007. Ahvenanmaan ammattikalastajien siikasaaliista käytiin läpi lähes 20 000 siikaa, lisäksi kymmeniätuhansia siikoja tarkistettiin muualla Pohjanlahdella käynnissä olevien merkintähankkeiden 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 siikasta vain seitsemän 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 seitsemänvuotiaidenkin siikojen keskipaino jäi alle puolen kilon (Kuva 34).

- 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.



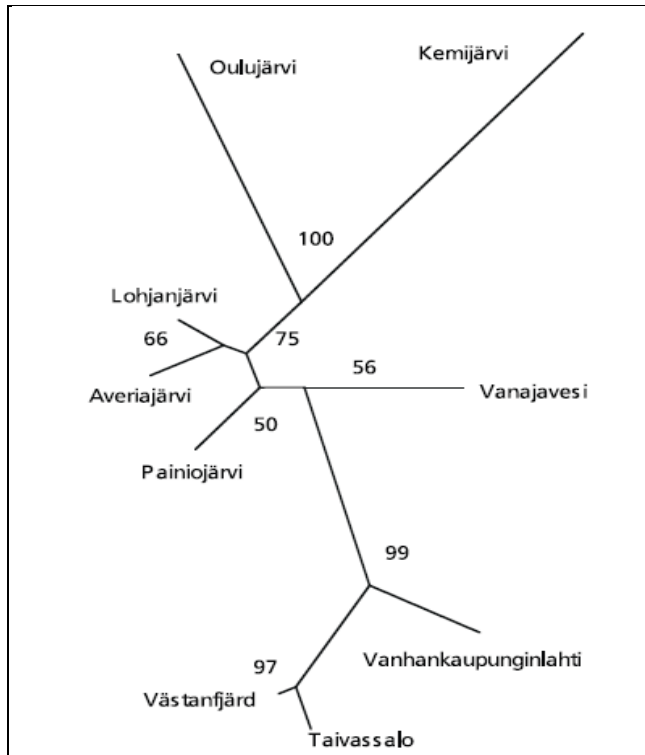
Kuva 34. Ahvenanmaalle istutettujen siikojen kasvu ikäryhmittäin. Tolpat kuvaavat keskipituutta, mustat ja valkoiset neliöt kunkin ikäryhmän suurinta ja pienintä havaittua arvoa.

4.2. Istutukset muokkaavat kuhakantojen perinnöllistä monimuotoisuutta

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 suomunäytteistä, ja siitä tutkittiin 12 eri lokuksen eli geenipaikan muuntelua. Koska tarkoituksena oli tutkia nimenomaan 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 35). 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 ryhmittyivät lähelle todennäköistä alkuperäkantaansa, eli Lohjanjärven kanta.



Kuva 35. Juureton dendrogrammi tutkituista kuhapopulaatioista (Säisä ym. 2008). Puiden haarojen sijainnin todennäköisyys on ilmaistu prosentteina. Populaatioita yhdistävien viivojen pituudet kuvastavat niiden välisiä alkuperäisiä perinnöllisiä etäisyyksiä.

Vierailla kuhakannoilla tehtyjen istutusten seurauksena osa tässäkin tutkimuksessa havaitusta kantojen välisestä perinnöllisestä muuntelusta on todennäköisesti jo menetetty. Viimeisimpien tietojen mukaan enää 7 % Suomen 880 ilmoitetusta kuhaesiintymästä edustaa vesistön alkuperäistä, luontaista kuhakantaa (<http://www.rkti.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 uudempien siirto- ja kotiutusistutusten tulosta. Sekoittamattomia, alkuperäisiä kuhakantoja on jäljellä lähinnä Itä-Suomessa ja rannikolla.

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.

Kuhaistutusten geneettiset vaikutukset alkuperäisiin kuhakantoihin—kolme tapausta, kolme erilaista lopputulosta

Toisessa kuhatutkimuksessa selvitettiin, miten vieraiden kuhien istuttaminen on vaikuttanut kolmen tärkeän kuhajärven, Oulujärven, Lohjanjärven ja Vanajanselän, alkuperäisten kuhakantojen perinnölliseen rakenteeseen. Tutkimus perustui somu- ja kudonnäytteistä tehtyyn DNA-analyysiin, jossa verrattiin tutkimusjärvistä ennen istutuksia ja niiden jälkeen kerättyjä näytteitä. Lisäksi analysoitiin DNA-näytteitä niistä kolmesta muusta kuhakannasta, joita tutkimusjärvien istutuksissa oli käytetty. Näihin analyysiin perustuen pystyttiin arvioimaan erikseen myös kunkin istutuskannan vaikutusta tutkimusjärvien nykyisen (2000 luvun alun) kuhasaaliin koostumukseen.

Tutkimusjärvien kuhaistutukset tarjoavat hyvän esimerkin istutusten nykyisestä mittakaavasta ja kuhien monimutkaisista siirtelyistä järvestä toiseen:

- **Oulujärvellä** kuhaistutukset aloitettiin 1980-luvun puolivälissä ja niissä on koko ajan käytetty Vanajanselän kuhaa. Poikasten tuotannossa tarvittava mäti hankittiin ensin suoraan Vanajanselältä, myöhemmin pääosin Kuhmon Kivijärvestä, johon varta vasten perustettiin emokuva-kanta siirtämällä sinne 1980-luvun lopulla noin 500 kuhaa Vanajanselältä. Istutusmäärä on 2000-luvulla ollut noin 500 000 poikasta vuodessa.
- **Lohjanjärvellä** istutukset aloitettiin 1980-luvun alussa, ja niissä on käytetty pääasiassa saman vesistön Averian, mutta myös Painion sekä Vanajanselän kuhaa. Niin Averian kuin Somerolla sijaitsevan Painionkin kuhakannat ovat tietävästi saaneet alkunsa Lohjanjärveltä 30-luvulla siirretyistä emokuvaista ja kuhan mädistä. Istutusmäärät ovat Lohjanjärvellä vaihdelleet muutamasta kymmenestä tuhannesta runsaaseen 100 000 yksilöön vuodessa.
- **Vanajanselkään** kuhaa on istutettu 1990-luvun alkupuolelta lähtien, enimmillään 70 000 poikasta vuodessa. Järven oman kannan lisäksi istutuksissa on käytetty Averian ja Painion kuhaa.

Suurimmat perinnölliset muutokset havaittiin Oulujärvessä, jonka kuhakanta oli geneettiseltä rakenteeltaan lähes identtinen istutuksissa käytetyn Vanajanselän kuhakannan kanssa. Arviolta 90 % Oulujärven kuhasaaliista koostui 2000-luvun alussa Kivijärven - Vanajanselän kantaa olevista istutuskuhista tai niiden jälkeläisistä (Taulukko 6), ja järven alkuperäinen kuhakanta oli käytännössä lähes täysin kadonnut. Tuloksen selittänevät suuret istutusmäärät ja alkuperäisen kuhakannan heikko tila istutuksia aloitettaessa. Kannan heikkoa tilaa ennen istutuksia kuvastaa se, että Kuha puuttui Oulujärven kirjanpitokalastajien saalistilastoista kokonaan vuosina 1979–1989. Kyseisenä ajanjaksona kirjanpitokalastajien pyyntiponnistus verkkokalastuksessa oli yhteensä n. 114 000 koettua verkkoa. Vuosina 2011 ja 2012 tehdyt istutuskokeet alitsariinilla merkityillä poikasilla viittaavat alustavien tulosten perusteella siihen, että Oulujärven nykyisessä kuhakannassa suurin osa olisi peräisin luontaisesta lisääntymisestä. Vuonna 2012 kerätyissä 1-vuotiaiden kuhien näytteissä vain 4.1 % oli merkittyjä ts. v. 2011 kesänvanhana istutettuja kaloja. Vuosina 2011 ja 2012 kaikki Oulujärveen istutetut kuhat olivat merkittyjä. Tiedot tarkentuvat, kun vuoden 2012 vuosiluokasta saadaan näytteitä tutkittavaksi (Huhmarniemi ym. 2013).

Vanajanselän kuhalla tehdyt istutukset ovat muokanneet voimakkaasti myös Lohjanjärven kuhakantaa. Lohjanjärven 2000-luvun alun kuhasaaliissa alkuperäisen kannan vaikutusta oli jäljellä vähemmän (n. 40 %) kuin vieraan Vanajanselän kannan vaikutusta (n. 50 %; Taulukko 6). Suurin osa

saaliista koostui näiden kantojen risteymistä. Lohjanjärveen vuosina 1993–1996 istutettujen Vanajanselän kuhien menestystä selittänee niiden suurehko istutuskoko (7-9 cm) ja toisaalta järven oman kuhakannan samoihin vuosiluokkiin osunut heikko lisääntymismenestys. Kahden muun vieraan kannan (Averian ja Painion kannat) istutukset eivät sen sijaan juuri näkyneet kuhakannan rakenteessa ja saaliin koostumuksessa. Niiden osalta arviointiin liittyy toisaalta suurta epävarmuutta sen vuoksi että ko. kannat ovat taustansa vuoksi geneettisesti läheisiä Lohjanjärven omalle kuhakannalle.

Averian ja Painion kuhalla tehdyt istutukset eivät juuri näkyneet myöskään Vanajanselän kuhakannassa, vaikka kyseiset kannat tässä tapauksessa erosivat selvästi järven omasta kuhasta. Arvion mukaan yli 90 % Vanajanselän 2000-luvun alun saalisnäytteistä edusti järven omaa, alkuperäistä kuhakantaa (Taulukko 6). Tässä tapauksessa istutusten vähäisen vaikutuksen selittänee istutusmäärien pienuus suhteessa alkuperäisen kannan luonnonvaraiseen lisääntymiseen ja toisaalta poikasten pieni istutuskoko. Tulos viittaa myös siihen, että istutukset ovat olleet myös saalisvaikutuksiltaan vähäiset.

Taulukko 6. Eri kuhakantojen osuudet 2000-luvun alun saalisnäytteissä Lohjanjärvellä (näytteet vuosilta 2002–2003), Vanajanselällä (2001–2006) ja Oulujärvellä (2002). Arviointi on tehty erikseen kahdella eri menetelmällä. Bayes-arvio on bayesiläiseen laskentaan perustuva, STRUCTURE -ohjelmalla laskettu arvio. MLE-arvio luottamusväleineen puolestaan on LEADMIX -ohjelmalla tuotettu, maximum-likelihood -menetelmään perustuva arvio.

	Bayes-arvio %	MLE-arvio %	5% CI	95% CI
LOHJANJÄRVEN SAALIS				
Averia, istutettu	6.4	10.2	0.0	20.9
Painio, istutettu	5.4	0.0	0.0	12.3
Vanajanselkä, istutettu	47.8	54.6	45.8	72.5
Lohjanjärvi, alkuperäinen	40.5	35.2	14.8	43.6
VANAJANSELÄN SAALIS				
Averia, istutettu	6.0	10.8	10.7	10.8
Painio, istutettu	2.2	3.1	3.1	3.2
Vanajanselkä, alkuperäinen	91.8	86.2	86.1	86.2
OULUJÄRVEN SAALIS				
Vanajanselkä, istutettu	89.8	98.3	89.9	100.0
Oulujärvi, alkuperäinen	6.5	1.7	0.0	11.8
Tuntematon kanta	3.7	-	-	-

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että vieraiden kuhakantojen käytön tuki-istutuksissa sallinut istutuspolitiikka on johtanut merkittäviin perinnöllisiin muutoksiin alkuperäisissä kuhakannoissa ja yhdessä kutukantojen romahtamisen kanssa todennäköisesti myös kuhan lajikohtaisen perinnöllisen kokonaisuuntelun ja monimuotoisuuden vähenemiseen. Vieraiden vesistöjen kuhia istuttamalla on myös saatettu vaarantaa kuhakantojen elinkyvylle tärkeitä perinnöllisiä sopeutumisominaisuuksia, kuten kyky sovittaa kutu sen onnistumisen kannalta parhaaseen mahdolliseen ajankohtaan.

Huhmarniemi, A., Hokki, R. ja Hyvärinen, P. 2013. Oulujärveen istutettujen kuhanpoikasten alitsariinimerkki-seuranta v.2012. Oulujärven kalataloustarkkailuraportti v. 2012. Pöyry oy 5 s.

Ruuhijärvi, J., Koljonen, M.-L., Säisä, M. ja Salminen, M. 2012. Istutukset muuttavat kuhakantoja. Suomen Kalastuslehti 5, 28-30.

Salminen, M., Koljonen, M.-L., Säisä, M. and Ruuhijärvi J. 2012. Genetic effects of supportive stockings on native pikeperch populations in boreal lakes. Hereditas 149: 1–15.

5. Istutustutkimusten tulosten soveltaminen käytäntöön

Istutustutkimusohjelman tavoitteena oli tutkia kalaistutusten tuloksiin vaikuttavia tekijöitä ja etsiä ratkaisuja, jotka edesauttavat istutusten, kalastuksen ja suojelun yhteensovittamista ja parantavat istutusten taloudellista kannattavuutta. Seuraavassa arvioidaan, miten tutkimustulosten ja niiden perusteella kehitettyjen ratkaisumallien soveltaminen käytäntöön on sujunut ja miten sitä olisi mahdollista jatkossa edistää.

Tutkimusohjelman tulosten käytännön merkitys ja arvo riippuu paljolti siitä, miten yhteiskunta jatkossa suhtautuu kalaistutuksiin osana kalakantojen hoitoa. Tulosten soveltamisen kannalta perustavaa laatua oleva ongelma on myös se, että vain osa niistä tekijöistä tai muuttujista, joiden havaittiin vaikuttavan vaikkapa lohi-istutusten tuloksiin, on päätösmuuttujia, eli asioita, joihin voidaan niin haluttaessa tehokkaasti vaikuttaa.

5.1. Suhtautuminen istutuksiin on muuttumassa

Vuonna 2010 valmistuneessa RCTL:n selvityksessä *Kalastus nyky-yhteiskunnassa ja tulevaisuudessa* (RCTL 2010) tarkasteltiin vireillä olevaan kalastuslain uudistamiseen vaikuttavaa kehitystä yhteiskunnassa ja ympäristössä. Selvityksen mukaan perinteinen käsitys kalavesistämme vesipeltoina, joiden luontaista tuottavuutta voidaan ja tuleekin parantaa luonnonvaraista lisääntymistä täydentävillä istutuksilla ja myös uusia kalastettavia kalalajeja kotiuttamalla, on väistymässä, ja kalavesien hoidon keskeiseksi tavoitteeksi on nousemassa kestävän käytön periaatteisiin paremmin sopiva kalakantojen luontaisen lisääntymisen ja monimuotoisuuden turvaaminen. Muutoksen taustalla nähtiin lisääntynyt tutkimustieto istutusten usein heikoksi jääneestä taloudellisesta kannattavuudesta ja niiden monesti haitallisista vaikutuksista alkuperäisten kalakantojen ja -yhteisöjen monimuotoisuuteen.

Ajattelutavan muutoksen arvioitiin näkyvän ennen muuta erilaisten kunnostus- ja kalatiehankkeiden lisääntymisenä, mutta myös tavoitteellisen, koko vesiluonnon hyvinvoinnin huomioon ottavan kalastuksen ohjauksen todettiin saaneen lisää jalansijaa. Kalaistutusten arvioitiin olevan jatkossakin tärkeä osa kalavesien hoitoa, mutta siten että ne sovitetaan nykyistä paremmin hoidon kokonaisuuteen, jonka keskeisiä osia ovat tarkoituksenmukainen kalastuksen ohjaus ja kalojen elinympäristöistä huolehtiminen. Esimerkiksi monissa kunnostettavissa virtavesissä ja vaelluskalojen kululle avattavissa rakennetuissa vesissä todettiin mahdollisesti tarvittavan runsaitakin palautus- ja elvytysistutuksia. Voimakkaimmin muuttuneissa vesissä ja kalastuksen erityiskohteissa myös jatkuvien, kalastusmahdollisuuksia ylläpitävien istutusten tarpeen uskottiin säilyvän. Keskeiseksi asiaksi todettiin istutusten tarkka kohdentaminen, joka parantaa niiden tuloksellisuutta (RCTL 2010).

Edellä hahmoteltu kehityskulku on hyvin nähtävissä suhtautumisessa kalastusta ylläpitäviin lohi-istutuksiin, jotka olivat tämän tutkimusohjelman painopistealue. Istutusten hyödyt nähdään yhä vähäisemmiksi ja niiden mahdolliset haittavaikutukset entistä suuremmiksi. EU:n komission ehdotuksessa monivuotiseksi lohikantojen hoito-ohjelmaksi (Euroopan yhteisöjen komissio 2011) esitetään jopa kaikkien suoraan kalastusta tukevien lohi-istutusten lopettamista. Jatkossa istutukset sallittaisiin vain elvytys- ja palautustarkoituksessa, ja niitä saisi siten tehdä vain luonnonkantajokiini tai jokiin joissa on nousumahdollisuus lisääntymisalueille. Keskeisenä perusteluna istutusten rajoittamiselle on istutusperäisten eksykkien aiheuttama uhka lohen luonnonkantojen monimuotoisuudelle.

Komission hoito-ohjelmaluonnoksesta käydyssä keskustelussa on toisaalta nostettu esille se, että Itämeren piirissä emokalaviljely ja siihen perustuvat istutukset on nähty ainoaksi keinoksi ylläpitää lohikantoja, joilla ei enää ole kotijokea. Esim. perinnöllisesti ainutlaatuiset lijoen ja Oulujoen lohikannat ovat kokonaan emokalaviljelyn vaarassa. Jos Itämeren lohikantojen koko jäljellä oleva monimuotoisuus halutaan säilyttää, tällaisten lohikantojen viljelyä ja istuttamista ei voida lopettaa ennen kuin ne on palautettu itsensä ylläpitävinä populaatioina luonnonkiertoon.

Kotimaiseen keskusteluun on uusia aineksia tuonut 2012 valmistunut kalatiestrategia (Valtioneuvosto 2012), jonka tavoitteisiin pääseminen saattaa edellyttää lohen nykymuotoisten velvoiteistutusten vähentämistä tai lopettamista, ja vapautuvien resurssien suuntaamista kalateiden rakentamiseen ja ylläpitoon, sekä mahdollisesti myös lohikantojen palauttamiseen tarvittaviin mätä- ja pienpoikasistutuksiin jokialueilla. Ehdotuksen keskeisenä perusteluna on istutusperäisten eksykkien muodostama uhka luonnonlohikannoille. - Lohikantojen palauttamisen edellytyksiä ja menetelmiä ovat pohtineet ja vertailleet laajemmin Erkinaro ym. (2011) ja Mäki-Petäys ym. (2012).

Lakisäätöisiä velvoitteita joustavamman RKTL:n sopimuskasvatustoiminnan osalta istutusten painopiste on jo siirtymässä Suomenlahden, Saaristomeren ja Selkämeren kalastusta palvelevista lohi-istutuksista (Taulukko 7) lohi-, meritaimen- ja järvilohikantojen elvytys- ja palautusistutuksiin. Muutoksen taustalla on osin lohi-istutusten heikentynyt tuloksellisuus, osin sopimuskasvatukseen käytettävissä olevien kokonaisresurssien väheneminen. Niukkuuden vallitessa on haluttu pitää kiinni erityisesti niistä istutuksista, joilla turvataan uhanalaisten kalakantojen monimuotoisuutta.

Taulukko 7. Sopimuskasvatustarvein tehdyt lohen vaelluspoikasistutukset (tuhatta yksilöä) meri-alueittain 2006–2013, ja ennuste vuodelle 2014

ISTUTUSALUE	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Suomenlahti	172	114	229	189	172	106	141	119	90
Saaristomeri	33	25	63	33	37	39	33	25	15
Selkämeri	126	186	141	203	118	125	97	102	60
Perämeri	175	81	20	-	49	66	77	42	30
Yhteensä	506	406	453	425	376	336	348	298	195

Valmisteilla olevassa uudessa kalastuslaissa suhtautuminen kalaistutuksiin tulee todennäköisesti olemaan nykyistä lakia tiukempi. Lain valmistelutyössä istutustoiminnan keskeisiksi ongelmiksi nähtiin sen yleinen sääntelemättömyys ja jäsentymättömyys, sekä tästä seuraava istutusten heikko tosiasiallinen vaikuttavuus, jopa haitallisuus kalakantojen hoidon kannalta (Maa- ja metsätalousministeriö 2012b). Ratkaisuina näihin ongelmiin istutustoiminta esitetään sidottavaksi muun kalavarojen hoidon tavoin alueellisten käyttö- ja hoitosuunnitelmien tavoitteisiin. Lisäksi kalojen istuttamista

koskevaan sääntelyyn esitetään tehtäväksi useita täsmennyksiä ja muutoksia. Uuteen lakiin on mm. ehdotettu yleistä kieltoa monimuotoisuutta heikentäville istutuksille. Uuden lajin tai kannan istutukseen sekä kalatalousalueen käyttö- ja hoitosuunnitelmassa määrittelemättömään istutukseen olisi myös saatava aina ELY-keskuksen lupa, jonka myöntämiseen voitaisiin liittää ehtoja.

- Erkinaro, J., Laine, A., Mäki-Petäys, A., Karjalainen, T., Laajala, E., Hirvonen, A., Orell, P., & Yrjänä, T. 2011. Restoring migratory salmonid populations in regulated rivers in the northernmost Baltic Sea area, Northern Finland—biological, technical and social challenges. *Journal of Applied Ichthyology* 27 (Suppl 3): 45-52.
- Euroopan yhteisöjen komissio 2011. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi Itämeren lohikannan ja kyseistä kantaa hyödyntävien kalastuksien monivuotisesta suunnitelmasta 12.8.2011.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2012a. Kansallinen kalatiestrategia. Valtioneuvoston periaatepäätös 8.3.2012. 30 s.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2012b. Kalastuslain kokonaisuudistuksen työryhmän mietintö Työryhmämuis-tio MMM 2012:3. 83 s
- Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P., Rivinoja, P. & Erkinaro, J. 2012. Lohikantojen palauttaminen rakennetuille joille – mallinnustyökalu tuki- ja säätelytoimien biologiseen arviointiin. RKTL:n työraportteja 1/2012, 41 s
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2012. Kalastus nyky-yhteiskunnassa ja tulevaisuudessa. Erillisselvitys kalastuslain kokonaisuudistusta varten 31.5.2010. 63 s.

5.2. Istutukset ja kalastus

Vaelluspoikasiksi kasvatettavat istutuslohet on yleensä tarkoitettu kalastettaviksi, joko merivaelluksen aikana avomerellä tai viimeistään kutuvaelluksen aikana rannikolla, jokisuussa tai joessa. Jos kalastus näillä alueilla ei kokonaisuudessaan ole kyllin tehokasta, jää osa istutusten potentiaalisesta tuotosta hyödyntämättä.

Viimeisten 20 vuoden aikana loheen avomerellä ja rannikolla kohdistuva ammattikalastus on vähentynyt merkittävästi. Kokonaisuudessaan lohen kalastuskuolevuus merialueella on vähentynyt tänä aikana noin kolmanneksella. Periaatteessa tämä on kasvattanut vastaavasti kalastusmahdollisuuksia istutuspaikkojen tuntumassa jokisuissa ja, missä voimalapadot eivät estä lohen nousua, myös ylempänä joissa. Näillä alueilla kalastus on kuitenkin pääosin vapaa-ajankalastusta, ja sellaisena saalismäärältään tehottomampaa kuin ammattikalastus meressä. Tämän vuoksi jokisuissa ja jokialueilla tapahtuva kalastus ei ole, paikoittaisesta lisääntymisestään huolimatta, kyennyt täysin kompensoimaan merialueella kalastamatta jääneitä kilomääräisiä saaliita. Taloudellisesti kompensoitua lienee tosin ollut tehokkaampaa, koska vapaa-ajankalastuksessa lohikiloa kohti syntyvä tuotantovaikutus on suurempi kuin ammattikalastuksessa (esim. Storhammar ym. 2011).

Lohen ammattikalastuksen vähenemiseen ovat myötävaikuttaneet muun muassa tiukentunut kalastuksen säätely, lohen korkean dioksiinipitoisuuden takia säädetyt kaupparajoitteet eri maissa, muu lohimarkkinoiden tilanne ja kalastusta haittaavien harmaahylkeiden lisääntyminen. Lohi-istutusten tulevaisuuden kannalta on ongelmallista, että kaikki nämä tekijät liittyvät suurempiin yhteiskunnallisiin kysymyksiin, joista käytävässä keskustelussa istutusten saalistuotto ja taloudellinen kannattavuus jäävät helposti toisarvoisiksi asioiksi.

Lohen kalastusrajoitusten tavoitteena on Itämeren luonnonlohikantojen suojeleminen ja luonnonvaraisen lisääntymisen edistäminen. Näiden tavoitteiden painoarvo ei todennäköisesti tule jatkossakaan vähenemään. Näin ollen mahdollisuudet edistää istutuslohien kalastusta merialueella näyttävät heikoilta. Ennemmin näyttää siltä, että istutuslohien hyödyntäminen merialueella käy jatkossa entistä

vaikeammaksi, ja rajoittuu yhä enemmän kantakohtaiseen kalastukseen terminaali-alueilla ja istutuspaikkojen tuntumassa. Pääasialliseksi kehittämismahdollisuudeksi saattaa jäädä juuri tarkemmin istutuskaloihin kohdistuvan terminaalikalastuksen edellytysten parantaminen.

Meritaimenistutusten tuottavuutta ei rajoita kalastuksen vähäisyys, vaan sen epäedullinen rakenne. Valtaosa meritaimenistukkaista tulee pyydyksi rannikoillamme jo ensimmäisen merivuoden aikana, jolloin ne ovat ehtineet käyttää vain pienen osan kasvupotentiaalistaan. Pieniin ja nuoriin taimeniin kohdistuva pyynti heikentää sekä istutusten kannattavuutta että luonnonkantojen tilaa. Kalastuksen rakenteen muuttaminen luonnonvaraisten taimenkantojen ja taimenistutusten tuoton kannalta järkevämmäksi on osoittautunut hankalaksi, sillä taimeneen kohdistuva pyynti on pääosin verkoilla tapahtuvaa monilajikalastusta, jonka pääkohteita ovat siika, kuha ja ahven.

Keskeisiä ja paikoin jo käytössäkin olevia keinoja tilanteen korjaamiseen ovat paikallisiin oloihin sovitut verkkojen silmäkorajoitukset ja luonnonkantajokien suualueiden alueelliset ja ajalliset rauhoitukset. Valmisteilla olevassa uudessa kalastuslaissa näiden ja muidenkin keskeisten säätelykeinojen käytön edellytyksiä pyritään jatkossa selkeästi parantamaan (Maa- ja metsätalousministeriö 2012b). Luonnonvaraisiin ja istutettuihin taimeniin kohdistuvan kalastuksen eriyttämiseksi meritaimenistutukset tulisi lisäksi suunnata yksinomaan alueille, joilla ei esiinny merkittävästi luonnossa syntyneitä taimenia. Luonnonvaraisten taimenten suojelua edistää myös kalastettaviksi istutettavien taimenten rasvaeväleikkaus, jonka avulla kalastaja voi ne saaliissaan tunnistaa.

Storhammar, E., Pakarinen, T., Söderkultalahti, P. & Mäkinen, T. 2011. Lohenkalastuksen taloudellisten vaikutusten vertailua: lohen ammattikalastus Pohjanlahden maakunnissa ja vapaa-ajankalastus Tornionjoella ja Simojoella. Riista- ja kalatalous. Tutkimuksia ja selvityksiä, nro 13, 2011

Maa- ja metsätalousministeriö 2012b. Kalastuslain kokonaisuudistuksen työryhmän mietintö. Työryhmämuitio MMM 2012:3. 83 s

5.3. Itämeren ekosysteemin muutokset

Kalastuksen vähenemisen ohella lohi-istutusten tulosten heikkenemiseen ovat voimakkaasti vaikuttaneet Itämeren ekologiassa tapahtuneet muutokset, jotka ovat lisänneet vaelluspoikasten kuolevuutta merivaelluksen alussa. Muutoksista näkyvimpiä on harmaahyljekannan kasvu, joka on saattanut lisätä vaelluspoikasiin kohdistuvaa saalistusta. Itämeren fysikaalis-kemiallisessa tilassa ja eliöyhteisössä on kuitenkin saman 20 vuoden tarkastelujakson aikana tapahtunut monia muitakin muutoksia, jotka myös korreloivat istutustuloksen heikkenemisen kanssa. Mitään täyttä varmuutta hylkeiden saalistuksen keskeisestä roolista ei tutkimusohjelmassa siis saatu, ja todennäköistä on, että vaelluspoikasten eloonjäännin aleneminen useamman eri ympäristötekijän yhteisvaikutuksen tulosta.

Kuten kalastukseen, myös Itämeren olosuhteisiin on ainakin lyhyellä tähtäyksellä vaikea vaikuttaa. Sekä Itämeren yleistilan parantaminen että suhtautuminen hylkeisiin ovat suurempia, yhteiskunnallisia kysymyksiä, eikä lohi- tai meritaimenistutusten tuottavuuden parantaminen kuulu niistä käytävän keskustelun keskeisiin näkökulmiin.

Pieneltä osin lohen- ja taimenen vaelluspoikasiin kohdistuvaan predaatioon voitaneen kuitenkin vaikuttaa paikallisesti, esim. istutuspaikkojen ja istutustekniikan (pehmeä istutus, nopea lähtö istutuspaikalta) valinnalla, ehkä myös kalaa syöviä petoja istutuspaikoilta poistamalla (hauet, mateet) tai karkottamalla (linnut, hylkeet). Poikasten vaellukselle lähdön nopeuteen voidaan lisäksi vaikuttaa poikasten laatua ja istutusten ajoitusta parantamalla (ks. alla).

Heinimaa, P.; Eskelinen, U.; Salminen, M. 2007. Lohi-istutuksissa uusi ongelma—meri ei elätä poikasia. *Apaja* 2/2007: 17–18.

5.4. Istutuspoikasten laatu

Kalastuksen ja ympäristön muutosten lisäksi selitystä lohen ja meritaimenen vaelluspoikasten eloonjäännin heikkenemiseen etsittiin istutuspoikasten laadusta. Näistä kolmesta päätekijästä kuitenkin juuri poikaslaadun merkitys näyttäisi olleen suhteessa vähäisin. Mahdollisten ratkaisujen kannalta tämä on valitettavaa, sillä juuri poikaslaatu on näistä kolmesta selkeimmin sellainen tekijä, johon voidaan vaikuttaa kalanviljelyn ja istutusten parissa toimivien tahojen omillakin päätöksillä.

Niin poikasten tuotannossa kuin istutuskäytännöissäkkin on tapahtunut vuosien kuluessa muutoksia, jotka ovat varmasti vaikuttaneet poikasten vaellus- ja elinkykyyn. Osa muutoksista on todennäköisesti positiivisia, mutta osa mahdollisesti myös negatiivisia. Kokonaisuudessaan lohen viljeltyjen vaelluspoikasten suhteellinen eloonjäänti (verrokkina luonnonpoikaset) ei näyttäisi 20 vuoden jaksolla heikentyneen. Vanha nyrkkisääntö, jonka mukaan yksi villi vaelluspoikanen vastaa pidemmän aikavälin tarkastelussa keskimäärin noin kahta viljeltyä poikasta, näyttäisi edelleen pitävän paikkansa.

Tarkemmassa analyysissä löydettiin kolme sellaista viljelyyn liittyvää muutosta, jotka mahdollisesti ovat vaikuttaneet negatiivisesti vaelluspoikasten eloonjääntiin. Nämä olivat poikasten energiansaannin lisääntyminen, näkökykyä heikentävän kaihlin lisääntyminen ja lisääntyneet ongelmat istutusten ajoittamisessa. Ilman näitä lisäongelmia viljeltyjen vaelluspoikasten suhteellinen eloonjäänti olisi itse asiassa saattanut parantua, sen sijaan että se nyt näytti pysyneen ennallaan. Kaikkiin näihin kolmeen ongelmaan myös esitettiin ratkaisut, joita on jo viety käytäntöön RKTL:n omassa sopimuskasvatuksessa:

- lohen ja järvilohen poikasten energiansaantia vähennetään kuntokertoimen ylärajalla 0,95
- vuotuiset kuljetus- ja istutusaikataulut sovitetaan entistä tarkemmin viljelylaitosten ja istutusalueen olosuhteiden mukaan
- loiskaihin (aiheuttaja *Diplostomum* sp.) torjumiseksi on annettu ohjeita.

Tutkimusohjelmassa pyrittiin myös haastamaan koko nykyinen viljelyjärjestelmä kehittämällä uusia, poikasten luonnonmukaista kehitystä paremmin tukevia viljelymenetelmiä. Tavoitteena oli kuroa jopa kokonaan umpeen villien poikasten laadullinen etumatka, joka perinteisessä viljelyssä on tuntunut toivottoman suurelta ja pysyvältä.

Uusista kasvatusten menetelmistä lupaavimmalta vaikuttaa nk. virikekasvatus, jossa 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 epäsäännöllisiin ympäristön muutoksiin, joita ne joka tapauksessa tulevat kohtaamaan luonnon veissä. Kokeissa menetelmän on todettu vaikuttavan positiivisesti ja myös kustannustehokkaasti moneen poikasten tärkeisiin laatuominaisuuksiin ja eloonjääntiin. Menetelmän laajempaa soveltamista poikastuotantoon pyritään edistämään erillisellä menetelmäoppaalla (Korhonen ja Hyvärinen).

Joidenkin lajien, esimerkiksi nieriän palautusistutuksissa, vastakuoriutuneiden poikasten käyttö pidemmälle kasvatettujen poikasten asemesta on varteenotettava vaihtoehto. Viljeltyjenkin emojen jälkeläiset sopeutuvat näin mahdollisimman hyvin luonnonympäristöön.

Heinimaa, P.; Eskelinen, U.; Salminen, M. 2007. Lohi-istutuksissa uusi ongelma–meri ei elätä poikasia. Apaja 2/2007:17–18.

Korhonen, P., K., Hyvärinen, P. Virikekasvatuksen käsikirja. Käsikirjoitus.

Salminen, Matti; Heinimaa, Petri. 2011. Istutustutkimusten tulokset välittömästi hyötykäyttöön. Apaja 2/2011:26–27.

6. Kirjallisuus

Lohi- ja taimenistutuksiin liittyvät RKTL:n julkaisut 2006–2013

- 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., 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. ja Raitaniemi, J. 2009. Turskalla tärkeä osa Itämeren ekosysteemissä. *Apaja* 1/2009, s. 14. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Auvinen, H., Jurvelius, J., Kolari, I. ja Leskelä, A. 2010. Muikkukannan, troolipyynnin ja järviolohi-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.
- Böhling, P. & Hyvärinen, P. 2008. Tavoitteena luonnossa menestyvä istukas. Uudet kasvatustekniikat avuksi? *Apaja. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen asiakaslehti*. 1/2008. s. 27–30.
- Erkinaro, J., Laine, A., Mäki-Petäys, A., Karjalainen, T., Laajala, E., Hirvonen, A., Orell, P., & Yrjänä, T. 2011. Restoring migratory salmonid populations in regulated rivers in the northernmost Baltic Sea area, Northern Finland—biological, technical and social challenges. *Journal of Applied Ichthyology* 27 (Suppl 3): 45–52.
- 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.
- Haveri, M. 2011. Kannan, kasvatusympäristön ja ehdollistamisen vaikutus lohenpoikasten pedonvälttämiskäyttäytymiseen. Pro gradu tutkielma. Biotieteiden laitos. Helsingin yliopisto. 58 s.
- Heinimaa, P. ja Salminen, M. 2012. Voidaanko taimenkantamme vielä pelastaa? *Apaja* 1, 12–15.
- Heinimaa, P.; Eskelinen, U.; Salminen, M. 2007. Lohi-istutuksissa uusi ongelma—meri ei elätä poikasia. *Apaja* 2/2007:17–18.
- Heinimaa, Petri; Salminen, Matti; Saura, Ari. 2011. Kalamerkinnot – Tietoa istutusten ja kalastuksen suunnitteluun. *Apaja* 2/2011:24–25.
- Helle, E., Erkinaro, J., Heinimaa, P., Ikonen, E., Lehtonen, H., Leskelä, A., Pakarinen, T., Rahkonen, R., Romakaniemi, A. ja Söderkultalahti, P. 2011. Suomessa lisääntyvien Itämeren lohikantojen tila tieteellisen havaintoaineiston perusteella. RKTL:n työraportteja 12/2011, 77 s.
- 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, A. & Hyvärinen, P. 2012. Atlantic salmon abundance and size track climate regimes in the Baltic Sea. *Boreal environmental research* 17, 139–149.
- Huusko, A.; Vehanen, T. 2011. Do hatchery-reared brown trout affect the growth and habitat use of wild congeners? *Fisheries Management and Ecology* 18(3):258–261.
- Huusko, R. 2010. Istutusta edeltävän talven ja kevään dieettikasvatuksen vaikutus lohen (*Salmo salar*) vaeluspoikasten ominaisuuksiin. Pro gradu –tutkielma. Biologian laitos. Oulun yliopisto.
- 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., Korhonen, P., Leinonen, A. och H. Hirvonen 2011. Stimulerade yngel klarar sig bättre. Naturenliga metoder för produktion av yngel för utplantering minskar dödligheten under tillväxtsäsongen. *Fiskodlaren* 1/2011, 38–40.

- 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., Leinonen, A., Toivonen, A., Korhonen, P., Ylivinkka, M., Rodewald, P. and Hirvonen, H. Effects of rearing environment and domestication selection on survival, parasitism, fin erosion and swimming performance of brown trout reared for restocking. In prep. 2012.
- Hyvärinen, P. and Rodewald, P. 2013. Enriched rearing improves survival of hatchery reared Atlantic salmon smolts during migration in the River Tornionjoki. *Canadian Journal of Aquatic and Fisheries Science*, in press. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/cjfas-2013-0147>
- 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.
- Ikonen, E., Mikkola, J. ja Salminen, M. 2011. Tutkittua tietoa vaelluspoikasten reitinvalinnasta Kymijoen Suomen kalastuslehti 4, 28–30.
- Janhunen, M., Kekäläinen, J., Kortet, R., Hyvärinen, P. and Piironen, J. 2011. No evidence for an indirect benefit from female mate preference in Arctic charr *Salvelinus alpinus*, but female ornamentation decreases offspring viability. *Biological Journal of the Linnean Society* 103: 602–611.
- 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.; Saloniemi, 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.; Saloniemi, 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, 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.
- 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.
- Junkala, J. 2009. Fitness school salmon style. *60 North* 1/2009, 7.
- 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., Koljonen M.-L., Koskiniemi, J. and I. Saloniemi 2010. Can the lost migratory *Salmo trutta* stocks be compensated with resident trout stocks in coastal rivers? *Fisheries Research* 102 (2010) 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 purotaminen avulla. *Suomen Kalastuslehti* 4/2010:20–23.
- Kallio-Nyberg, Irma; Jutila, Eero; Saloniemi, Irma; Jokikokko, Erkki 2013a. Effects of hatchery rearing and sea ranching of parents on the life history traits of released salmon offspring. *Aquaculture* 402–403: 76–83
- Kallio-Nyberg, I. Salminen, M., Pakarinen, T. and Koljonen, M.-L. 2013b. Cost-benefit analysis of Atlantic salmon smolt releases in relation to life-history variation. *Fisheries Research* 145: 6–14.
- Kallio-Nyberg, I., Salminen, M. ja Saloniemi, I. 2009. Mihin lohen vaelluspoikaset kuolevat? *Suomen kalastuslehti* 4, 20–22.
- Kallio-Nyberg, I., Salminen, M., 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.; 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.; Salminen, M.; Saloniemi, I.; Lindroos, M. 2011. Effects of marine survival, precocity and other life history traits on the cost-benefit of stocking salmon in the Baltic Sea. *Fisheries Research* 110(1):111–119.
- Kallio-Nyberg, I., Salminen, M., Saloniemi, I. ja Lindroos, M. 2012. Lohet olisi pyydetävä isokokoisina. *Suomen Kalastuslehti* 3, 28–30.
- 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, Irma; Saloniemi, Irma; Jutila, Eero; Jokikokko, Erkki. 2011. Effect of hatchery rearing and environmental factors on the survival, growth and migration of Atlantic salmon in the Baltic Sea. *Fisheries Research* 109(2–3):85–294.
- Kallio-Nyberg, Irma; Saloniemi, Irma; Koljonen, Marja-Liisa. 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-lohienmeriä vaikuttaa jälkeläisten elinkykyyn meressä. *Suomen kalastuslehti* 8 (2008), 12–14.
- Kannala-Fisk, L. 2008. Varhaisen sukukypsyyden ja selkävaurioiden 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.
- 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. 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.
- Korsu, K., Huusko, A., Muotka, T. 2010. Invasion of north European streams by brook trout: hostile takeover or pre-adapted habitat niche segregation? *Biol Invasions* (2010) 12:1363–1375
- Koskinen, Leinonen & Hirvonen. Causes of inter-individual variation in antipredator behaviour of hatchery-reared Arctic charr. In prep.
- Koskinen, Pircklen, Gonda, Lindqvist, Hyvärinen & Hirvonen. Genetic domestication impairs and enriched rearing promotes brain development and consequent post-release foraging capacity in Atlantic salmon. In prep.
- 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, H., Peuhkuri, N. & Kolari, I. 2006. Viljeltyjen lohikalojen kaihi-kartoitus vuonna 2004. Kala- ja riistaportteja nro 377.
- Kuukka-Anttila, H., Peuhkuri, N., Kolari, I., Paananen, T. and A. Kause 2010. Quantitative genetic architecture of parasite-induced cataract in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Heredity* (2010) 104, 20–27
- Lempiäinen, N. ja Piirainen, S. 2008. Kasvatusympäristön vaikutus taimenten pedonvälttämiskäyttäytymiseen. Kurssiraportti käyttäytymisekologian kenttäkurssilla RKTL:n Paltamon tutkimusasemalla. 20.11.2008. 14.s.
- Leskelä, A. 2008. Resultaten av sikutplanteringen på Åland. Slutrapport 28.3.2008. Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet.
- Leskelä, A., Jokikokko, E. ja Huhmarniemi, A. 2009. Perämeren vaellussiikaistutusten tulokset. Riista- ja kalatalous - Selvityksiä 7/2009.
- 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, Ari. 2009. Resultat av sikutplanteringar i Skärgårdshavet och Åland. *Fiskarposten* 7/2009:8.
- Louhi, P. 2009. Kalat kuntokouluun. Tiede 7/2009.
- Mikkola, J., Salminen, M. ja E. Ikonen 2010. Kymijoen lohien vaelluspoikasten alasvaellusreitit ja voimalaitostappiot. Riista- ja kalatalous–Selvityksiä 20/2010, 20 s.
- Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P., Rivinoja, P. & Erkinaro, J. 2012. Lohikantojen palauttaminen rakennetuille joille–mallinnustyökalu tuki- ja säätelytoimien biologiseen arviointiin. RKTL:n työraportteja 1/2012, 41 s

- Mäntyniemi, S., Romakkaniemi, A., Dannewitz, J., Palm, S., Pakarinen, T., Pulkkinen, H., Gårdmark, A., and Karlsson, O. 2012. Both predation and feeding opportunities may explain changes in survival of Baltic salmon post-smolts. *ICES Journal of Marine Science*; doi:10.1093/icesjms/fss088
- Niva, T., Savikko, A., Raineva, S., Pukkila, H. ja Vaajala, M. 2012. Järvi- ja lampien mätä-istutusten tuloksellisuus luvallisten ja juutuanjoen sivujoissa vuosina 2008–2011. Riista- ja kalatalous. Tutkimuksia ja selvityksiä 1, 2012
- 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. 2009. Sopimuskasvatuksessa tuotettujen lohien vaelluspoikasten ulkoinen ja ravitsemuksellinen kunto sekä vaellusvalmius istutusaikaan vuosina 2007–2009. Tutkimusraportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Pasternack, M., Salminen, M. ja P. Heinimaa 2010. Kasvatettujen lohien vaelluspoikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2007–2009. Riista- ja kalatalous–Selvityksiä 16/2010, 31 s.
- Pennanen, J. 2011. Raportti Vantaanjoen vimpakannan kutuvaelluksesta ja tilasta
- Pennanen, J., Salminen, M. ja Saura, A. 2008. Toutaimen luontaisen lisääntymisen seuranta Kulo- ja Rautavedessä sekä Kokemäenjoen ylä- ja keskiosalla. Raportti vuoden 2008 pilottitutkimuksesta.
- 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.
- Peuhkuri, N., Piironen, J. ja Makkonen, J. 2007. Kalojen monimuotoisuuden ylläpidon toimintamallit. Raportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Piironen, J. 2010. Järvilohi- ja taimenistukkaat menestyvät erinomaisesti Höytiäisessä–Pielisessä eivät niin hyvin? *Apaja 1/2010*, s. 7.
- Piironen, J. 2011. Lohikalaistukkaat menestyvät Pohjois-Karjalan Höytiäisessä. *Suomen kalastuslehti 4*, 12–14.
- Pircklén, N. 2010. Geneettisen laistumisen ja kasvatusympäristön vaikutukset lohienpoikasten aivojen kasvuun ja rakenteeseen sekä ravinnonhankintakäyttäytymiseen. *Pro gradu*. Helsingin yliopisto. Biotieteiden laitos. Ekologia ja evoluutiobiologia.
- Rodewald P., Hyvärinen P. and Hirvonen H. Effects of enriched rearing environment on post-release foraging rate and risk-taking of Atlantic salmon parr. *Käsikirjoitus*.
- Rodewald, P., Hyvärinen, P., Vainikka, A., Laaksonen, T. and Hirvonen, H. The benefits of a soft release in stocking of Atlantic salmon smolts. *Manuscript*.
- Rodewald, P., Hyvärinen, P. and Hirvonen, H. 2011. Wild origin and enriched environment promote foraging rate and learning to forage on natural prey of captive reared Atlantic salmon parr. *Ecology of Freshwater Fish. 20*: 569–579.
- 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., 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*.
 - Romakkaniemi, A., Mäntyniemi, S., Torvi, I., and Haikonen A. 2008. Differences in biological characteristics of wild and reared Baltic River Tornionjoki salmon. Submitted.
- Ruuhijärvi, J., Koljonen, M.-L., Säisä, M. ja Salminen, M. 2012. Istutukset muuttavat kuhakantoja. *Suomen Kalastuslehti 5*, 28–30.
- Saikkonen, A., Kekäläinen, J., Piironen, J. 2011. Rapid growth of Atlantic salmon juveniles in captivity may indicate poor performance in nature. *Biological Conservation 144* (2011) 2320–2327.
- Salminen, M., Koljonen, M.-L., Säisä, M. and Ruuhijärvi J. 2012. Genetic effects of supportive stockings on native pikeperch populations in boreal lakes. *Hereditas 149*: 1–15.
- Salminen, M., Pasternack, M. & Heinimaa, P. Do modern diets produce viable salmon smolts (*Salmo salar*) for sea-ranching?—A preliminary study. *Käsikirjoitus*.
- 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.

- Salminen, Matti; Heinimaa, Petri. 2011. Istutustutkimusten tulokset välittömästi hyötykäyttöön. *Apaja* 2/2011:26–27.
- Salminen, Matti. 2011. Istutustutkimusohjelman (2006–2012) väliraportti. RKTL:n Työraportteja 1/2011:1–71.
- 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.
- 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.
- Salonen, E., Niva, T., Raineva, S., Pukkila, H., Savikko, A., Aikio, E. & Jutila H. 2011. Inarijärven ja sen sivuvesistöjen kalataloudellinen velvoitetarkkailu 2010. RKTL:n työraportteja, nro 13. 19 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., 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., Erkinaro, J., Suuronen, P. & Jounela, P. 2009. Run timing and migration routes of returning Atlantic salmon in the Northern Baltic Sea; implications for fisheries management. *Fisheries Management and Ecology* 16, 177–190.
- 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.
- 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. 2012. The role of salmonids in the diet of grey and ringed seals in the Bothnian Bay, northern Baltic Sea. *Fisheries Research* 125– 126, 283– 288.
- 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. ja Aalto, N. 2010. Hylkeiden ravinnonkäytöstä Perämerellä. Kalastaja, syyskuu 2010. s. 8.
- 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.
- Syrjänen, J., Valkeajärvi, P. & Urpanen, O. 2011. Istutetun ja villin taimenen sekä istukasjärvilohen tuotto, kalastus ja vaellukset Päijänteessä ja sen sivuvesissä vuosina 1990–2007. Riista- ja kalatalous. Tutkimuksia, nro 4
- 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
- Säisä, M., Salminen, M., Koljonen, M.-L., Ruuhijärvi, J. ja Hyvärinen, P. 2008. Kuhakantojen geneettinen kartointu–kuinka suuret ovat kuhakantojemme perinnölliset erot. Riista- ja kalatalous–Selvityksiä 8/2008
- 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.
- Vainikka, A., Huusko, R., Hyvärinen, P., Korhonen, P., Laaksonen, T., Koskela, J., Vielma, J., Hirvonen, H. and Salminen, M. 2012. Food restriction prior to release reduces precocious maturity and improves migration tendency of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 69: 1981–1993.

- 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. 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. 2011. Brown trout *Salmo trutta* express different morphometrics due to divergence in the rearing environment. *Journal of Fish Biology* 79(5):1167–1181.
- 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.
- Vuokko, L. 2011. Saalistusriskin ja pedolle ehdollistamisen vaikutukset lohi-istukkaiden rohkuteen ja suojan käyttöön. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto. Biotieteiden laitos. 45 s.
- Vuori, K., Kiljunen, M., Kanerva, M., Koljonen M.-L., & Nikinmaa, M. 2012. Stock-specific variation of trophic position, diet and environmental stress markers in Atlantic salmon *Salmo salar* during feeding migrations in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology* 81, 1815–1833.
- 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.

Istutustutkimusohjelman tulostavoiteraportit 2006–2012

2006

Pasternack, M., Salminen, M. ja Heinimaa, P. 2006. Sopimuskasvatuksessa tuotettujen lohen 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 esiintymien 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. Järvilohen 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 lohen vaelluspoikasten kasvuun, rasvapitoisuuteen, varhaiseen sukukypsyyteen sekä vaellusaktiivisuuteen. Tulostavoiteraportti RCTL: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 RCTL: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.

2011

Hyvärinen, P. ja Salminen, M. 2011. Kasvatuksen monipuolistamisen vaikutus lohien poikasten elinkykyyn. Tulostavoiteraportti maa- ja metsätalousministeriölle. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 31.12.2011

Kolari, I. ja Hirvonen, E. 2011. Nieriän kutualueet läntisellä Saimaalla. Tulostavoiteraportti RKTL:n kalantutkimusyksikölle 31.12.2011.

2012

Salminen, M., Hyvärinen, P., Kallio-Nyberg, I., Kolari, I., Lehtonen, E., Leskelä, A., Niva, T., Piironen, J., Romakaniemi, A., Huusko, A., Vehanen, T. 2012. Paremmat istukkaat, parempi istutustulos. Istutustutkimusohjelman 2006–2012 tuloksia. Tulostavoiteraportti maa- ja metsätalousministeriölle 31.12.2012

Nieriä-, siika- ja kuhajulkaisut 2006–2012

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.

Kolari, I. ja Hirvonen, E. 2006. Verkkosäätelyn vaikutus saimaannieirän eloonjääntiin ja kalastukseen. Riista- ja kalatalous–Selvityksiä 19/2008.

Kolari, I. & Hirvonen, E. 2013. Eri-ikäisinä istutettujen saimaannieiriöiden selviytyminen kalastusoloiltaan erilaisissa vesissä. Käsikirjoitus.

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. and Ruuhijärvi J. 2012. Genetic effects of supportive stockings on native pikeperch populations in boreal lakes. *Hereditas* 149: 1–15.

Säisä, M., Salminen, M., Koljonen, M.-L., Ruuhijärvi, J. ja Hyvärinen, P. 2008. Kuhakantojen geneettinen kartotus–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.

Muut viitteet

Ahonen, M. 1993. Inarijärveen laskevien vesien järvitäimenen 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.

Euroopan yhteisöjen komissio 2011. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi Itämeren lohikannan ja kyseistä kantaa hyödyntävien kalastuksien monivuotisesta suunnitelmasta 12.8.2011.

Huusko, A., Vehanen, T. & Korhonen, P. 1994. Järvitäimenistutusten 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 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. 2011. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST), 22–30 March 2011, Riga, Latvia. ICES 2011/ACOM:08. 297 pp.
- ICES 2012. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Advisory Committee. ICES CM 2012/ACOM:08.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2012a. Kansallinen kalatiestrategia. Valtioneuvoston periaatepäätös 8.3.2012. 30 s.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2012b. Kalastuslain kokonaisuudistuksen työryhmän mietintö. Työryhmämämuistio MMM 2012:3. 83 s
- Makkonen, J., Piironen, J., Pursiainen, M., Toivonen, J. & Kolari, I. 1996. Pyyntitavat heikentävät järvi- ja lampien 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.
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2012. Kalastus nyky-yhteiskunnassa ja tulevaisuudessa. Erillisselvitys kalastuslain kokonaisuudistusta varten 31.5.2010. 63 s.
- RKT 2008. Asiantuntija-arvio merilohen, silakan ja kuoreen hinnoista rannikkokalastuksessa vuonna 2007. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 0404.2008.
- Salminen, M., Kumm, P., Pasanen, P. ja Ikonen, E. 2004. Arvokalojen sopimuskasvatus 2004–2010. Työryhmämämuistio. 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.
- Storhammar, E., Pakarinen, T., Söderkultalahti, P. & Mäkinen, T. 2011. Lohenkalastuksen taloudellisten vaikutusten vertailua: lohen ammattikalastus Pohjanlahden maakunnissa ja vapaa-ajankalastus Tornionjoella ja Simojoella. Riista- ja kalatalous. Tutkimuksia ja selvityksiä, nro 13, 2011.
- Valkeajärvi, P. 1993a. Taimenistutusten tuloksellisuus sekä istukkaitten vaellukset ja kasvu Rautalammin reitillä. Suomen Kalatalous 59: 57–71.