

KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 180

Jarmo Makkonen (toim.)

Veden satoa 2000

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen
XXIV vesiviljelypäivät

Helsinki 2000



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

Jarmo Makkonen (toim.)

VEDEN SATOA 2000

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen XXIV vesiviljelypäivät

Vesiviljelyn tulosityksikkö

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, vesiviljely, järjesti Lappeenrannassa Hotelli Lappeessa 11.-12.4.2000 XXIV vesiviljelypäivät. Vastuullisena järjestäjänä toimi Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely. Päiville osallistui yhteensä 95 henkilöä, esitelmää ja valmisteltuja puheenvuoroja pidettiin 23 kpl sisäinen koulutus mukaanlukien. Näistä on tässä julkaisussa mukana 16 kpl.

Tilaisuuden yleisen osan teemana oli monimuotoisuus vesiviljelyssä. Ohjelma jakautui avauksen jälkeen neljään aiheeseen: 1) Monimuotoisuuden haaste kantojen säilyttämiselle, järviolohi esimerkkinä, 2) Viljelykantarekisterissä kantoja koskeva tietous järjestykseen, 3) Kantojen säilyttämistarpeet; taustat ja erot ja 4) Mitkä ovat viljelyn poikasen valmiudet? Kustakin aiheesta pidettiin 3-5 alustusta.

Sisäisen koulutuksen aiheina olivat tuotteistaminen, markkinointi ja kustannuslaskenta. Pidettyjä esitelmää (7) ei julkaista tässä yhteydessä.

monimuotoisuus, vesiviljely, järviolohi, säilyttäminen, maitipankki, viljelykantarekisteri, kalakanta, populaatio

Kala- ja riistaraportteja 180

951-776-265-8

1238-3325

71 s. + 2 liitettä

suomi

julkinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Vesiviljelyn tulosityksikkö
PL 6
00271 HELSINKI
Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201

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

Sisällys

TUOTTEISTAMINEN JA MONIMUOTOISUUS; VESIVILJELYPÄIVIEN AJANKOHTAISET AIHEET	
Kai Westman	1
JÄRVILOHI ENNEN JA NYT, LYHYT KATSAUS TILANTEESEEN	
Markku Pursiainen ja Jarmo Makkonen	3
JÄRVILOHEN TULEVAISUUS, POPULAATIOBIOLOGIN MIETTEITÄ	
Esa Ranta.....	8
SAIMAAN JÄRVILOHEN SMOLTITIUTUMISEEN JA SEN PURKAUTUMISEEN LIITTYVÄT MUUTOKSET LAITOSKASVATETUILLA POIKASILLA	
Päivi Kiiskinen	10
MUUNTELUN KÄYTTÖ VILJELYMÄNIPULAATIOSSA; JÄRVILOHI LÄMPÖSTARTISSA	
Jorma Piironen ja Teija Aho	15
VILJELYKANTAREKISTERIN TARVE JA MERKITYS	
Kai Westman	20
REKISTERIN RAKENNE JA YLLÄPITO SEKÄ KÄYTTÖ	
Jarmo Makkonen	23
MAITIPANKKITOIMINTA JA KÄYTÄNTÖ	
Petri Heinimaa.....	27
HARJUKSET JA TAIMENET GEENIKARTALLE	
Teija Aho.....	31
POSION KARHUNPESÄLAMMESTA UUSI KANTA NIERIÄKARTALLE? (GENETIC CHARACTERISATION OF A POTENTIALLY NEW POPULATION OF ARCTIC CHARR, <i>SALVELINUS ALPINUS</i>, FROM THE POSIO REGION)	
Craig Primmer, Erkki Huttula, Petri Särkisaari, Ari Huusko, Jorma Piironen ja Esa Ranta	37
HARJUSKANTOJEN EROT JA LEVIÄMISHISTORIA POHJOIS-EUROOPASSA	
Mikko Koskinen	39
VILLI JA VILJELTY TAIMEN RADIOTELEMETRIASEURANNASSA JUUTUANJOELLA	
Pekka Hyvärinen, Tapio Laaksonen, Sirkka Heinimaa ja Mika Nikulainen.....	43
OSAAVATKO LOHIKALOJEN LAITOSPOIKASET VÄLTÄÄ JA PAETA PETOKALOJA?	
Heikki Hirvonen	48
ONKO VANHEMMILLA VÄLIÄ? – MUUNTELU VILJELTYJEN LOHIKALOJEMME ELINKIERTOPUOLTEISSA	
Nina Peuhkuri.....	54
MITEN ERILAISIA OVAT VILJELYSSÄ OLEVAT TAIMENKANNAT?	
Katriina Lahti	60
SOSIAALISEN YMPÄRISTÖN VAIKUTUS NIERIÄN KASVUUN	
Teija Seppä.....	66
 LIITE 1. XXIV vesiviljelypäivien ohjelma	
LIITE 2. XXIV vesiviljelypäivien osallistujat	

Tuotteistaminen ja monimuotoisuus; vesiviljelypäivien ajankohtaiset aiheet

KAI WESTMAN

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Vesiviljely, PL 6, 00721 Helsinki

Vesiviljelypäiviä - aikaisemmin valtion kalanviljelyn neuvottelupäiviä - on järjestetty yhtäjaksoisesti vuodesta 1977 lähtien. Tähänastisilla 23:lla päivillä on pidetty yhteensä n. 400 esitelmää. Niistä on julkaisu Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen sarjoissa 260, yhteiseltä sivumäärältään n. 1 760. Päiville on osallistunut kaikkiaan n. 1 900 henkilöä; kun tämä tilaisuus otetaan mukaan rikotaan jo 2 000 osallistujan raja.

Päivillä käsiteltyjä eri aihepiirejä on useita kymmeniä. Useimmiten ovat olleet esillä lohikysymykset, kalataudit ja niiden torjunta, emokalanviljely ja luonnonmädinhankinta, kalakantojen säilyttäminen, luonnonravintoviljely, laitossuunnittelu, viljelyteknologia, poistovesien käsittely ja laatuksymykset. Päivien aiheet ja luettelo julkaisuista esitelmistä on esitetty RKTL:n sarjassa Kalatutkimuksia (no 110, 1996). Julkaisut muodostavat mittavan, jatkuvasti hyödynnettävissä olevan tietomäärän ja merkittävän lisän alan kotimaiseen kirjallisuuteen.

Vesiviljelypäivät antavat myös kuvan kalanviljelyn kehitymisestä ja siihen vaikuttaneista sekä sitä ohjanneista tekijöistä, mutta valaisevat myös kulloinkin eniten puhuttaneita teemoja. Sisältö painottui ensimmäisinä vuosina paljolti organisatorisiin ja hallinnollisiin kysymyksiin, laitosten ja luonnonravintolammikoiden rakentamisen tarkasteluun ja mittavien istutusvelvoitteiden käynnistyessä erityisesti lohenviljelyyn. Myöhemmin nousivat kalakantojen säilyttämiseen, rehuihin ja ruokintaan, poikasten laatuun, vesien käsittelyyn ja tautien torjuntaan liittyvät kysymykset tärkeiksi aihepiireiksi.

Tämänkertaisen päivien sisäisen koulutusjakson pääaiheeksi valittiin tuotteistaminen. Teema on osoitus vesiviljelyn tulosityksikön tehtävien ja tavoitteiden muutospaineista. RKTL:n ja siten myös vesiviljelyn edellytetään tulorahoituksellaan kattavan kasvavan osuuden toimintansa rahoitustarpeesta. Vesiviljelyn tuloista lähes puolet on saatu mädin myynnistä. Mädin kaupalliset markkinat ovat suppeat ja laitoksen osuus istutuslajien mätimarkkinoista on jo nyt suuri, lajista riippuen n. 30-80 %. Myyntitulojen lisääminen mädin markkinaosuuden kasvattamisella on siten vaikeaa. Poikasmyyntin lisäämisen esteenä on valtion talousarviossakin todettu kilpailun välttäminen yksityisen sektorin kanssa. Säädökset mutta myös tuotantokustannukset rajoittavat RKTL:n mahdollisuuksia kilpailla tavanomaisessa poikastuotannossa hinnoilla tai maksuehdoilla eikä sellainen ole tarkoituskaan. Tavoitteena on sen sijaan suunnata myyntitoimintaa kehitettäviin uusiin tuotteisiin; ei vain vesiviljely- vaan myös asiantuntemus- ja osaamistuotteisiin. Merkittävä ja toistaiseksi varsin vähän hyödynnetty laitoksen vahvuusalue on kehittää tutkimuksen- ja viljelytuotteiden uusia toimintakonsepteja mm. poikastuotantoon sekä istutus- ja tutkimuspalvelujen yhdistelmiä, joiden avulla kalavesien hoitoa ja viljelyelinkeinon toimintaedellytyksiä voidaan parantaa ja monipuolistaa.

Jotta toiminnalle asetetut myyntitavoitteet voitaisiin saavuttaa on niin nykyiset kuin uudetkin tuotteet tuotteistettava eli kehitettävä markkinoitaviksi, kaupallisiksi "hyödykkeiksi". Tuotteistamisella on saavutettavissa monenlaisia hyötyjä mm. tuotetuntemus paranee, asiakaskohtaisten tuotteiden suunnittelu ja kehittäminen tehostuvat, myytävyys ja markkinoitavuus paranevat, tarjousprosessi tehostuu, laatu paranee, kustannustehokkuus lisääntyy, hinnoittelu selkeytyy, kilpailukyky paranee ja koko liike-

toiminnan strategia selkiytyy ja konkretisoituu. Vesiviljelyn tulosityksikkö on käynnistänyt mittavan tuotteistamishankkeen, jota lähemmin tarkastellaan päivien aikana.

Vesiviljelypäivien yleisen osan aiheena on monimuotoisuus vesiviljelyssä. Aihepiiri on usein ollut jossain muodossa esillä aikaisemmissa tilaisuuksissa, koska alkuperäisten kalalajien ja -kantojen sekä niiden monimuotoisuuden säilyttäminen viljelyn keinoin on vesiviljelyn tulosityksikölle osoitetuista tehtävistä sekä kansallisesti että kansainvälisesti velvoittavin, laaja-alaisin ja vaativin. Aihe on nyt erityisen kiintoisa ja ajankohtainen, koska yhteistyössä tutkimuksen kanssa on entistä tarkemmilla geneettisillä tutkimusmenetelmillä saatu uutta tietoa emokalojen monimuotoisuudesta ja viljelyn käyttömahdollisuuksista kantojen säilyttämisessä. Tämä mahdollistaa parempien toimintatapojen käyttöönoton kalastojen uusimisessa ja ylläpidossa. Kalajien ja kantojen tilasta ja monimuotoisuudesta viime aikoina saatu uusi tutkimustieto on tehnyt myös mahdolliseksi RKTL:n viljelylaitoksissa ja maitipankeissa säilytettäviä kantoja, niiden taustoja, tilaa ja monimuotoisuutta käsittelevän, näillä päivillä esiteltävän viljelykantarekisterin kokoamisen. Rekisterin avulla on myös mahdollisuus saada ensimmäistä kertaa kattava kuva miten olemme onnistuneet uhanalaisten kalalajien ja -kantojen viljelysäilytystä koskevien kansallisten ja kansainvälisten sopimusten ja velvoitteiden toteuttamisessa.

Järvilohi ennen ja nyt, lyhyt katsaus tilanteeseen

MARKKU PURSIAINEN JA JARMO MAKKONEN

RKTL, Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely, Laasalantie 9, 58175 Enonkoski

Järvilohen historia Vuoksen vesistössä

Järvilohi (*Salmo salar m. sebago* Girard) on Atlantin lohen sisävesimuoto, jota tavaataan jääkauden jäänteinä eräissä jäätiköityneen alueen järvissä sekä Pohjois-Amerikassa että Euroopassa. Järvilohen esiintymisen Saimaassa ja Pielisessä osoitti morfologisin perustein väitöskirjatyössään Seppovaara (1962). Jo tätä ennen järvilohi ja -taimen oli kuitenkin erotettu toisistaan luonnon mädinhankintaan perustuvassa viljelyssä ja myös emokalanviljelyä käynnistettäessä (ks. Makkonen ym. 1995).

Entsyymigeneettisin menetelmin on todettu, että Saimaassa elävä järvilohi eroaa Perämeren ja Nevan sekä Ääniseen laskevan Suojujoen lohikannoista (Koljonen 1989). Mikrosatelliitti-DNA-tutkimukset kantojen vertailemiseksi ja alkuperän selvittämiseksi ovat käynnissä sekä Suomen itä- että länsipuolella ja tuovat asiaan lisävalaistusta lähiaikoina.

Pielisen altaassa elänyt järvilohipopulaatio on erillisenä kantana kokonaan menetetty, koska kutualueena olleen Lieksanjoen Pankajärven alapuoli on rakennettu, eikä kantaa ole viljelyssä. Saimaan altaassa syönnösvaeltanut ja Pielisjoessa sekä sen sivujoessa Ala-Koitajoessa lisääntynyt järvilohikanta elää edelleen viljelyn varassa. Viimeiset luonnonkudusta peräisin olevat järvilohiemot lienee pyydetty 1970-luvun puolivälissä. Lisääntymisen estäneet jokirakentamisen vaiheet on esitetty taulukossa 1 (ks. Makkonen ym. 1995).

TAULUKKO 1. Järvilohen luonnonlisääntymisen estänyt vesistörakentaminen.

KANTA/Lisääntymisalue	TOIMENPIDE	VUOSI
PIELINEN/Lieksanjoki Pankajärven alapuoli	Lieksankosken voimala	1960
SAIMAA/Pielisjoki, Ala-Koitajojoen sivuvesistö	Pankakosken voimala	1964
	Pamilon voimala ja Hiiskosken pato	1955
SAIMAA/Pielisjoki, pääuoma	Kaltimon voimala	1958
	Kuurnan voimala, Utrankoskien perkaus	1971

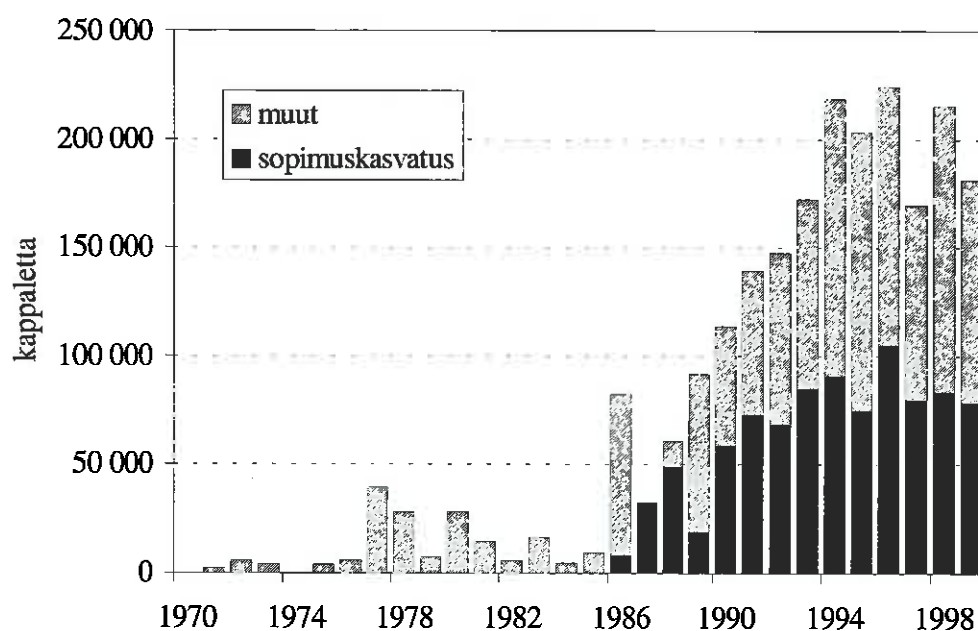
Kudulle nousevia järvilohia on pyydetty ensimmäisen kerran viljelytarkoituksessa jo syksyllä 1945. Säilytysviljelystä ja muusta siihen liittyvästä on sittemmin huolehdittu taulukon 2 mukaisella vastuulla (ks. Makkonen ym. 1995).

TAULUKKO 2. Järvilohen säilytysviljelyn vastuutahot.

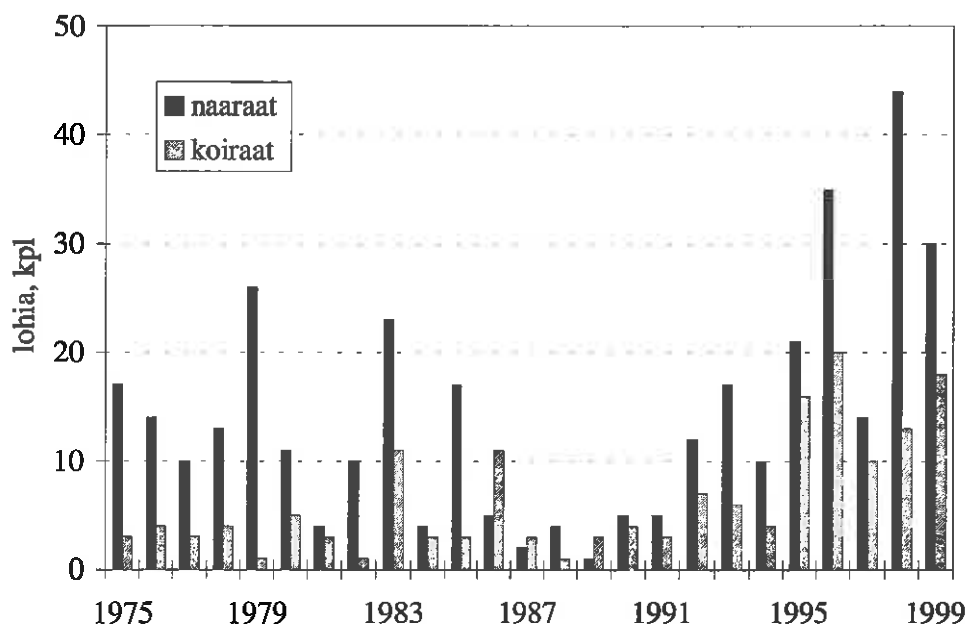
LAITOS/TOIMIJA	TEHTÄVÄT	AIKA
Hiiskoski	Mädinhankinta, istukastuotanto	1945-1958
Kontiolahti	Mädinhankinta, emokalanviljely, mäti- ja poikastuotanto	1958-1975
RKTL/Laukaa	Mädinhankinta, emokalanviljely, mäti- ja poikastuotanto	1975-1983
RKTL/Saimaa	Mädinhankinta, emokalanviljely, mäti- ja poikastuotanto	1983-
RKTL/Kainuu-Taivalkoski	Varaparviviljely, istukastuotanto	1989-
RKTL/Inari	Varaparviviljely, istukastuotanto	1990-
Sopimuskasvatus	Istukastuotanto	1986-

Viljely ja istutukset

Saimaan järvilohen säilyminen Suomen eläimistössä alkuperäisenä ja sekoittumattomana omana kantanaan on edelleen täysin vesiviljelyn ja istutusten varassa. Istutusmäärien kehitys Vuoksen vesistöalueella on esitetty kuvassa 1, jossa selkeästi heijastuu mädintuotannon määrätietoinen kasvu 1980-luvun lopulle tultaessa ja toisaalta sopimuskasvatustoiminnan osuus.

**KUVA 1. Järvilohi-istutukset Vuoksen vesistössä vuodesta 1971.**

Emoparvien perustamisessa keskeistä on emokalamäärä luonnosta. Tavoitetaso on asetettu 1990-luvun alussa 25 kutupariin, eli noin 50 emokalaan vuodessa. Kuvassa 2 on tarkasteltu luonnonemojen määrän kehitystä.



KUVA 2. Lieksan- ja Pielisjokien emokalanpyyntien kalamäärät vuodesta 1975. Mukana on myös muutamia Kermankoskista saatuja kaloja.

Viiden viime vuoden aikana Lieksan- ja Pielisjokien istutusmäärien ja emokalanpyynnistä saatujen kalojen määrien kehitys on ollut taulukon 3 mukainen. Yhteenlasketuksi istutustavoitteeksi näille jokisuille on asetettu noin 130 000 vaelluspoikasta, mikä vastaa arvioitua luonnonpoikastuotannon tasoa. Toisaalta tavoite perustuu merkipalautusaineistoista laskettuun elonjääntiin, jonka mukaan yhtä sukukypsäksi selviävää järvihohta kohti joudutaan istuttamaan noin 2 500 vaelluspoikasta (ks. Makkonen ym. 1995).

TAULUKKO 3. Istutusmäärät (vaellus- tai vanhempia poikasia) ja emokalasaalis suhteessa kolmea vuotta aikaisempiin istutusmääriin Lieksan- ja Pielisjoilla.

ALUE		1995	1996	1997	1998	1999	Keskim.
Lieksanjoki	Istutus kpl	32 481	35 345	14 800	41 384	26 351	30 072
	Emokaloja kpl	12	7	9	28	6	12
	Emot % istutetuista	0,04	0,02	0,03	0,09	0,02	0,04
Pielisjoki	Istutus kpl	59 896	100 853	83 291	109 205	98 155	90 280
	Emokaloja kpl	30	54	15	39	42	36
	Emot % istutetuista	0,03	0,06	0,02	0,07	0,04	0,04

Yleistäen voidaan todeta, että istutustavoite on asetettu nykyiset kalastusolot huomioiden lähes oikealle tasolle, koska emokalamäärissä päästään suunnilleen vähimmäistavoitteeseen, noin 25 kutuparia vuosittain.

Ratkaistavia avainkysymyksiä

Laajassa järvihohta koskevassa selvityksessä (ks. Makkonen ym. 1995) keskeisimmäksi ongelmaksi järvihohten säilyttämisessä on osoitettu luonnon kutumahdollisuuksien puutteen lisäksi kalastus, joka kohdistuu nuoriin, alamittaisiin ja siten kokonaisuutena liian pieniin kaloihin. Vuosien 1979-1993 merkipalautusaineiston mukaan saaliin jakauma ja rakenne on taulukon 4 mukainen.

TAULUKKO 4. Järvilohisaaliin jakauma- ja rakennetietoja Vuoksen vesistössä merkkipalautusaineiston mukaan. HUOM. "mittakala" tarkoittaa >40 cm:n yksilöä.

PYYDYSTYYPPI	Saalisosuus %	Keskipituus cm	Mittakala-%
Muikkuverkko	23,9	31,8	12,4
Verkko 27-40 mm	11,7	33,1	13,6
Verkko > 40 mm	22,3	36,9	34,1
Verkko ?? mm	11,9	34,4	20,5
Uistin	17,7	42,0	62,3
Muut pyyntitavat	12,6	30,7-41,8	??-53,6

Alamittaisten kalojen saalisosuuden vähentäminen ja saaliskalojen keskikoon kasvattaminen johtaisivat väistämättä myös järvilohisaaliiden ja istutustuloksen paranemiseen. Näihin tavoitteisiin pitäisikin pyrkiä, koska samalla paranisivat sukukypsien, kudulle nousevien kalojen mahdollisuudet ja yksilömäärä mädinhankintapyyntineissä voisi kasvaa. Lisäksi voidaan olettaa, että kalastus, kohdistuessaan nuoriin yksilöihin, valitsee vaelluspoikasista nopeakasvuisimmat, vilkkaimmin uivat ja parhaat saalistajat, monella tavalla elinkelpoisimmat yksilöt. Jos tällaiset ominaisuudet ovat periytyviä, kalastuksen valintavaikutus on erittäin haitallista järvilohen tulevaisuudelle.

Järvilohen perinnöllistä monimuotoisuutta ja sen säilymistä on tutkittu viime vuosina mikrosatelliitti-DNA-tekniikalla ja on voitu todeta, että nykyiset viljely- ja istutuskierron menettelytavat ovat toimivia ja kanta edelleen elinkykyinen, mitattavia perimän muutoksia 10 vuoden ajalta ei löytynyt (Aho ym. käsikirjoitus).

Pienillä poikastuotantoalueilla Ala-Koitaajoessa ja myös Lieksanjoessa on mätä- ja poikasistutusten tuloksia selvitetty sähkökalastuksin. Keskeinen ongelma on ollut virtaaman vähäisyys ja vaihtelut sekä niistä johtuva sopivien habitaattien puute. Vuoksen vesistön koskista on myös arvioitu järvilohen poikastuotannolle soveltuvia alueita (Soimakallio ja Savolainen 1999) ja tehty kunnostussuunnittelun edellyttämää mallinusta (Piironen ym. 1999). Arviot luonnontilaisesta (Mäkinen 1972) ja nykyisestä (osittain suunniteltujen kunnostustoimien jälkeisestä ilman mittavia toimenpiteitä) vaelluspoikastuotantopotentiaalista on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Järvilohelle soveltuvat poikastuotantoalueet (ha) ja arvioitu vaelluspoikastuotanto (kpl/v). Nykyistä ja kevyen kunnostusten jälkeistä potentiaalia on arvioitu käyttäen vaelluspoikastuotantona 250 kpl/ha.

JOKI	LUONNONTILAINEN		NYKYINEN	
	ala	tuotanto	ala	tuotanto
Pielisjoki	177	70 000	0,3	75
Ala-Koitaajoki	70	28 000	7,0	1 750
Lieksanjoki	60	36 000	10,8	2 700
Muut*	?	0	22,7	5 675
Yhteensä	307	134 000	18,1	4 525

* eivät järvilohen luontaisia kutukoskia eivätkä mukana summassa

Taulukossa kohta muut tarkoittaa muissa kuin nimetyissä entisissä kutujoissa arvioitua poikastuotantopotentiaalia. Tähän on syytä suhtautua varauksin, koska järvilohen ei tiedetä kyseisissä koskissa lisääntyneen luonnontilassakaan. Lisäksi tulee huomioda, että järvilohi, jos se istutuksin vietäisiin kyseisiin koskiin, joutuisi kilpailutilanteeseen luonnonmukaisesti lisääntyvien taimenten kanssa. Tämä voisi johtaa taimentuotannon alenemiseen järvilohen kustannuksella.

Yhteenvedona edellä olevasta voidaan todeta, että järvilohen säilyttämisessä on selvittävää mahdollisuudet saada ratkaistua kysymykset kalastuksen muuttamisesta siten, että sen aiheuttama valintapaine vähenisi ja nousukalojen määrä kasvaisi. Tällöin tur-

vattaisiin edellytykset nykyiselle emokalanviljelyyn perustuvalle säilyttämiselle, joka näyttää ainakin toistaiseksi toimivalta. Samalla paranisivat mahdollisuudet saada luonnonmätää tai jopa emoja vielä jäljelle oleville lisääntymisalueille vaikka tankki-kuljetuksin vaellus-esteiden yli, ja luonnon kiertokulku, vaikkakin vaatimattomassa mitassa, voisi alkaa uudelleen. Nämä ovat kuitenkin vain lyhyen aikavälin ratkaisuja.

Kirjallisuus

Aho, T., Piironen, J., Ranta, E. & Primmer, C.R. 2000. Maintenance of genetic variation in an endangered landlocked population of Atlantic salmon (*Salmo salar m. sebago*, Girard). Manuscript.

Koljonen, M.L. 1989. Electrophoretically detectable genetic variation in natural and hatchery stocks of Atlantic Salmon in Finland. *Hereditas* 110, p. 23-35.

Makkonen, J., Toivonen, J., Piironen, J., Pursiainen M. & Mäkinen, K. 1995. Järvilohen (*Salmo salar m. sebago* Girard) säilyttäminen ja kalastus Vuoksen vesistössä Carlin-merkintöjen perusteella. *Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar* 88, ss. 1-65.

Mäkinen, K. 1972. Jokien rakentamisen vaikutus vaeltavien lohilajien poikastuotantoon Suomessa. Eläintieteen laitos, Helsingin Yliopisto. Käsikirjoitus, 98 s.

Piironen, J., Makkonen, J. & van der Meer, O. 1999. Järvilohelle ja -taimenelle soveltuvan elinympäristön määrä Ala-Koitaajoella mikrohabitaattimallin perusteella. Teoksessa: Makkonen, J. (toim.) 1999. Saimaan järvilohen elinolosuhteiden parantaminen. *Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar* 155, ss.3-44.

Seppovaara, O. 1962. Zur Systematik und Ökologie des Lachsen und der Forellen in den Binnengewässern in Finland. *Ann. Zool. Soc. 'Vanamo'* 24, p. 1-86.

Soimakallio, H. & Savolainen, M. 1999. Järvilohelle sopivien uusien kutu- ja poikastuotantoalueiden kartoitus. Teoksessa: Makkonen, J. (toim.) 1999. Saimaan järvilohen elinolosuhteiden parantaminen. *Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar* 155, ss. 45-71.

Järvilohen tulevaisuus, populaatiobiologin mietteitä

ESA RANTA

Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos, Populaatiobiologian osasto, PL 17, 00014 Helsingin yliopisto

Järvilohen jäljelläolevat luontaiset lisääntymisalueet ovat vähäiset: Pielisjoki on käytännöllisesti katsoen menetetty, Ala-Koitaajoen kutualueista on jäljellä murto-osa, eikä Lieksanjoenkaan tilanne ole kehuttava. Kalojen pääsy näillekin on padoilla estetty. Kaikkiaan teoreettinen jäljellä olevien luontaisten kutualueiden nykyinen pinta-ala on vaivaiset 6% siitä, mitä se oli vielä 1940-luvulla, ennen jokien rakentamien alkua. Kutualueiden rippeiden vaelluspoikastuotantopotentiaalikin on vain häivähdys (n. 3%) siitä mitä luonnontilaisten jokien poikastutotannon on arvioitu olleen. Luonnontilaisten Pielisjoen, Ala-Koitaajoen ja Lieksanjoen on arvioitu tuottaneen vuosittain 120 000 - 150 000 vaelluspoikasta. Nykyinen luontainen tuotanto voisi poikastuotantopinta-alojen perusteella olla jossain 4 000 poikasen tienoilla. On myös esitetty arvio, että nykyään vain yksi 2 500 vaelluspoikasesta pääsee palaamaan kotijokeensa lisääntymään. Ei tarvitse olla kummoinenkaan matemaatikko päätelläkseen, ettei järvilohen nykyinen luontainen tuotanto ylläpidä minkäänlaista kalastusta.

Saimaan alueen järvilohen säilyminen on tällä hetkellä yksiselitteisesti vesiviljelyn ja istutusten varassa. Vaelluspoikasten vähäinen luontainen tuotos yhdessä sen toiseikan kanssa, että lisääntymisiän saavuttaa vain pieni murto-osa kustakin vuosiluokasta, johtaa myös siihen, että geneettisen monimuotoisuuden ylläpitäminen jää vesiviljelyn vastuulle. Ilman huolellista emokalakantojen perustamista ja istutuspoikasten hedelmöitysten suunnittelua geneettisen monimuotoisuuden eroosion vaara on olemassa. Istutuspoikasten tulevaisuuden uhkana väijyy myös se, että laitosolot saattavat suosia ominaisuuksia (esim. aggressiivisuus, tottumattomuus petoihin, omaehtoisen ravinnonetsinnän puute), jotka voivat johtaa poikasten kuolleisuusriskin kasvuun. Vesiviljelyn osalle on näin ollen langennut vastuu istutuskalojen laadun takaamisesta. Tuotettavien istukkaiden on siis kyettävä selviämään menestyksekkäästi Saimaan selillä aina siihen saakka, että ne palaavat sukukypsinä istutuspaikoilleen.

Järvilohen istutusmäärät ovat Vuoksen vesistössä 1990-luvun jälkipuoliskolla vakiintuneet 150 000 - 200 000 kappaleen tienoille. Lieksan- ja Pielisjokeen niistä lasketaan noin 120 000 vuosittain. Tämän volyymin tuottaa Lieksanjokeen (1995 - 1999 keskiarvo = 12 emokalaa) ja Pielisjokeen (keskiarvo 36 kalaa) kudulle nousevien emokalojen avulla perustettu emokalaparvien rypäs. Jaksolla 1975 - 1999 kudulle nousseista kaloista yli 2/3 on ollut naaraita. Istutushetken ja kudullepaluun välisen kuolleisuuden huomioiminen antaa toivorikkaasti ennusteeksi 40 - 60 kudulle nousevaa kalaa.

Järvilohi ja ekologinen riskianalyysi

Sekä kalakantojen kestävä hyväksikäyttö että luonnonsuojelubiologia pohjautuvat populaatioekologian teoriaan. Molempien päämääränä on estää kohteena olevan populaation häviäminen. Jotta tämä päämäärä voitaisiin saavuttaa menestyksekkäästi, on tunnettava toisaalta kohdelajin perusbiologia, etenkin lisääntymiseen ja kuolleisuuteen vaikuttavat seikat, sekä osattava soveltaa teoreettisia lähestymistapoja. Tämä kaikki on ensiarvoisen tärkeää myös järvilohen olemassaolon takaamiseksi. Ongelmallisinta on, että erilaiset elinympäristömuutokset ovat ratkaisevasti heikentäneet

järvilohen luontaisen lisääntymisen mahdollisuuksia. Toisaalta lisääntyvä vapaa-aika ja kasvaneet kalastajamäärät kasvattavat kalastuskuolleisuutta. Ekologisen riskianalyysin suuri haaste on löytää vastaus kysymykseen: Onko mahdollista luoda järvilohelle sellainen kalastuskäytäntö ja hoitosuunnitelma, joka estää kannan yliverotuksen, mutta mahdollistaa myös kalastuksen?

Kudulle nousevan lohipopulaation koko määräytyy poikastuoton ja kuolleisuuden ta-
seesta. Populaation kasvunopeudeksi kutsutaan sitä lukua, jolla tämänhetkinen populaatiokokoo täytyy kertoa, jotta saadaan selville seuraavan vaiheen populaatiokokoo. Tähän kertoimeen vaikuttavat kunkin lajin omien ominaisuuksien lisäksi erilaiset ympäristötekijät. Esimerkiksi sukukypsyys saavuttamisikään tai lisääntyvien yksilöiden maksimaaliseen jälkeläistuottoon ei voida juurikaan luonnon oloissa vaikuttaa. Ne ovat lajityypillisiä piirteitä. Sen sijaan on tärkeitä tietää esimerkiksi kalastuksen aiheuttaman lisäkuolleisuuden merkitys lohikannan kehitykselle.

Tieteenaloista populaatioekologian tehtävä on vastata erilaisiin kysymyksiin eläinpopulaatioiden kannan vaihteluista. Kun järvilohen kudulle nouseva yksilömäärä ja lajityypilliset ominaisuudet tunnetaan, on mahdollista selvittää, kuinka kanta kehittyisi ilman erilaisia ulkoisia häiriöitä. Riskianalyysi puolestaan on matemaattisen systeemitutkimuksen osa-alue, jossa selvitetään stokastisuuden (satunnaisten prosessien) vaikutuksia tutkittavana olevaan systeemiin ja pyritään löytämään ne tekijät, jotka aiheuttavat sille suurimman riskin ajautua epätoivottavaan tilaan. Järvilohen kannalta epätoivottavin tila on luonnollisestikin kannan häviäminen; lajin sukupuutto. Oikein toteutettuna riskianalyysi varoittaa jo ennalta niistä kohdepopulaation ominaispiirteistä, joiden vähäininkin muutos saattaa johtaa järvilohen menetykseen. Riskianalyysin tavoitteena on siis ennakoida pahinta, jotta se voitaisiin välttää.

Systeemitutkimuksen luonteeseen kuuluu, että malli ei koskaan toista todellisuutta täydellisenä. Matemaattisen analyysin avulla voidaan kuitenkin selvittää myös malliin sisältyvien epävarmuustekijöiden merkitys tulosten luotettavuudelle. Sivutuotteena saadaan myös paikannettua ne nykyisen tietämyksen puutteet, joiden tutkiminen tuottaisi suurimman hyötysuhteen tulevaisuudessa tietoa kerätessä. Tämä on tyypillistä systeemianalyttiselle lähestymistavalle: se poimii olemassaolevasta tiedosta olennaisen ja osoittaa tietämyksen pullonkaulat. Tämän ansiosta tutkimus, kalastus sekä käytännön säilytystyössä tarvittavat toimenpiteet voidaan suunnitella tehokkaasti.

Systeemitutkimukseen ja riskianalyysiin pohjautuvan mallintamisen tärkeimpiin etuihin kuuluu tietämyksen laajeneminen pelkästä olemassaolevien tilanteiden tuntemisesta myös mahdollisten tilanteiden hallitsemiseen. Suuri joukko vaihtoehtoisia skenaarioita järvilohen tulevaisuudelle voidaan siis kartoittaa etukäteen tarvitsematta todeta hälyttäviä tilanteita vasta luonnonpopulaatioiden menetyksellä, ja toisaalta kannan mahdollinen verottaminen voidaan suunnitella täsmällisemmin. Umpimähkäisen toiminnan sijaan saadaan täsmälliset ohjeet kestävästä kehityksestä mukaisiksi toimenpiteiksi. Tällöin voidaan suunnitella ja ohjailla kalastusta optimaalisesti ja välttää myös turhilta kalastusrajoituksilta.

Saimaan järvilohen smolttiutumiseen ja sen purkautumiseen liittyvät muutokset laitospoikasilla

PÄIVI KIISKINEN

Joensuun yliopisto, Biologian laitos, PL 111, 80101 Joensuu

Johdanto

Merkittävä vaihe monien lohikalojen elämässä on makeassa vedessä elävän ns. joki-poikasen muuttuminen mereen vaeltavaksi vaelluspoikaseksi eli smoltiksi. Tätä muutosta kutsutaan smolttiutumiseksi ja se käsittää monia morfologisia, fysiologisia ja käyttäytymiseen liittyviä muutoksia (Hoar 1976, 1988, Folmarr & Dickhoff 1980, Langdon 1985, McCormick & Saunders 1987, Boeuf 1993). Smolttiutumisen vuosi-rytmiikka on endogeenisten tekijöiden säätelemä (Eriksson & Lundqvist 1982, Boeuf ym. 1985, Hoar 1988). Endogeenisten tekijöiden lisäksi smolttiutumiseen vaikuttavat myös ympäristötekijät (tärkeimpinä valojakso ja veden lämpötila), jotka synkronoivat muutokset siten, että vaellus tapahtuu optimaalisimpaan aikaan (mm. Wedemayer ym. 1980, Hoar 1988). Huomattavia smolttiutumiseen liittyvistä muutoksista ovat suomupiteen hopeoituminen, poikaslakkujen häviäminen, kuntokertoimen aleneminen (painon ja pituuden välisen suhteen muuttuminen), ioni- ja vesitasapainon säätelykyvyssä tapahtuvat muutokset. Muutos makeasta suolaiseen veteen edellyttää säätelyn muuttamista ionien talteenotosta ja veden erityksestä ionien eritykseen ja veden talteenottoon (Hoar 1976, 1988, Folmarr & Dickhoff 1980, Langdon 1985, McCormick & Saunders 1987, Boeuf 1993). Kiduksen Na^+, K^+ -ATPaasin aktiivisuuden kohoamisen on katsottu olevan yksi tärkeimmistä smolttiutumiseen liittyvistä tekijöistä (mm. Folmarr & Dickhoff 1980, Langdon 1985, McCormick & Saunders 1987), sillä se on keskeisessä asemassa kiduksen kloridisolujen kautta tapahtuvassa suolojen erityksessä (deRenzis & Bornancin 1984, McCormick 1995). Smolttiutumiseen liittyvien muutosten, joiden läpikäyminen alkaa makeassa vedessä ennen mereen vaellusta, katsotaan sopeuttavan poikaset vaellukseen, meriveteen (Hoar 1976, 1988, Folmarr & Dickhoff 1980, Langdon 1985, McCormick & Saunders 1987) ja pelagiseen elämään (Kazakov & Kozlov 1985). Toisaalta on myös esitetty, että muutokset olisivat ensisijaisesti seurausta makean veden sietokyvyn heikkenemisestä eli permeabiliteetin lisääntyminen (lisääntynyt ionien ”karkaaminen”) edeltää ja saa aikaan kiduksen Na^+, K^+ -ATPaasin aktiivisuuden kohoamisen ja muut ioni- ja vesitasapainon säätelykyvyssä tapahtuvat muutokset (ks. McCormick & Saunders 1987).

Saimaan järvilohen 1- ja 2-vuotiailla laitospoikasilla tehtyjen tutkimusten pääasiallisena tarkoituksena oli selvittää mitkä fysiologiset tekijät ilmentävät parhaiten järvilohen smolttiutumista ja sen purkautumista.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimukset suoritettiin Saimaan kalantutkimus ja vesiviljelylaitoksella Enonkoskella kasvatetuilla Saimaan järvilohen 1- ja 2-vuotiailla poikasilla. Kaikille tutkimuksissa käytetyille poikasille oli tehty lämpöstartti eli poikasten varhaista kehitystä nopeutet-

tiin nostamalla veden lämpötilaa vähitellen 4°C:sta 8°C:een alkaen noin neljä viikkoa silmäpisteasteen saavuttamisen jälkeen (joulukuu) aina starttiruokintaan saakka (toukokuu). Valojakso lämpöstartin aikana pidettiin vakiona sisältäen 12 tunnin valoisan ja pimeän jakson. Tämän jälkeen valojakso noudatti poikashallissa käytettyä valaistusta, joka kevään ja kesän aikana oli lähellä luonnonmukaista valojaksoa. Syksyllä ja talvella halli oli valaistu työaikaan noin yhdeksän tunnin ajan 7.00-16.00 välillä. Veden lämpötila noudatti tulovetenä käytetyn Ylä-Enonveden luonnollista lämpötilaa. Poikasia ruokittiin automaattiruokinnalla teollisesti valmistetulla rehulla (Ewos) valmistajan suosittaman rehukoon ja annostuksen mukaan.

Suoritetuissa tutkimuksissa näytteitä otettiin kerran kuussa 10 kalasta tammi-heinäkuun sekä huhti-joulukuun välisenä aikana. Näytteistä määritettiin poikasten koko, hopeoituneisuus/poikaslaikkujen näkyvyys, kuntokerroin, lihaksen rasva- ja vesipitoisuus, kiduksen Na^+ , K^+ -ATPaasin aktiivisuus ja plasman ionipitoisuudet (Na^+ , Cl^- ja Mg^{2+}). Lisäksi 10-20 poikaselle suoritettiin 48 tunnin mittainen suola-altistus noin 3 % suolapitoisuudessa. Altistukset suoritettiin vakiolämpötilassa (10°C). Suola-altistuksesta selvinneiltä kaloilta määritettiin lihaksen vesipitoisuus ja plasman ionipitoisuudet (Na^+ , Cl^- ja Mg^{2+}). Suola/vesitasapainon säätelykyvyn arvioimiseksi suolatestiarvoja verrattiin merilohi-istukkaan viitteellisiin raja-arvoihin (ks. Söderholm-Tana & Soivio 1990), jotka on esitetty seuraavassa taulukossa:

Suolatestiarvot	
plasman kloridipitoisuus	≤ 160 mmol/l
plasman natriumpitoisuus	≤ 170 mmol/l
plasman magnesiumpitoisuus	≤ 1.5 mmol/l
lihaksen vesipitoisuuden muutos	≤ 2 %
kuolleisuus	≤ 10 %

Tutkimusten tulokset

Tutkimus 1.

Smolttiutumiseen ja sen purkautumiseen liittyviä vuodenaikaismuutoksia selvitettiin järvilohen 1- ja 2-vuotiailla poikasilla huhti-joulukuun välisenä aikana tehdyssä tutkimuksessa. Sekä 1- että 2-vuotiaat poikaset olivat sekaparvea sisältäen alemman ja ylempään kokoluokan. Poikasten hopeoitumisen, alhaisen kuntokertoimen ja lihaksen rasvapitoisuuden sekä kiduksen Na^+ , K^+ -ATPaasin aktiivisuuden kohoamisen perusteella 2-vuotiaiden poikasten vaellusvalmiuden huippu ajoittui huhtikuulle, kun taas 1-vuotiaat poikaset saavuttivat vaellusvalmiuden huipun kuukautta myöhemmin toukokuussa. Suolatestiarvojen perusteella suola/vesitasapainon säätelykyky oli hyvä huhti-kesäkuun välisenä aikana molempien ikäluokkien poikasilla. Kesäkuun jälkeisenä aikana smolttiutumiseen liittyvät muutokset alkoivat purkautua suomupeitteen tummumisen, kuntokertoimen ja lihaksen rasvapitoisuuden kohoamisen sekä kiduksen Na^+ , K^+ -ATPaasin alenemisen perusteella. Sen sijaan suola/vesitasapainon säätelykyvyssä suolaisessa vedessä ei tapahtunut selvää heikentymistä, vaan säätelykyky säilyi hyvänä aina joulukuulle saakka. Molempien ikäluokkien poikasilla havaittiin selvä plasman Na^+ - ja Mg^{2+} -pitoisuuksien aleneminen makeassa vedessä touko-kesäkuun aikana. Lihaksen vesipitoisuus makeassa vedessä oli sekä 1- että 2-vuotiailla poikasilla huhti-kesäkuussa (77-78 %) huomattavasti korkeampi verrattuna elo-joulukuun väliseen aikaan.

Tutkimus 2.

Järvilohen 2-vuotiailla poikasilla tammi-heinäkuun välisenä aikana tehdyn tutkimuksen tarkoituksena oli verrata ylemmän ja alemman kokoluokan poikasten smolttiutumista. Poikasten lajittelu kokoluokkiin suoritettiin toisen kasvukauden lopulla. Ylemmän kokoluokan poikaset olivat tutkimuksen alussa 23 cm:n mittaisia ja 140 g:n painoisia, kun taas alemman kokoluokan poikasten pituus oli 18 cm ja paino 60 g. Muutokset kuntokertoimen ja lihaksen rasvapitoisuuden alenemisessa sekä kiduksen Na^+, K^+ -ATPaasin kohoamisessa olivat selkeitä alemman kokoluokan poikasilla. Kiduksen Na^+, K^+ -ATPaasin aktiivisuus saavutti huipun toukokuussa aleten merkittävästi kesä-heinäkuussa. Kuntokerroin taas oli alhaisimmillaan kesäkuussa kohoten huomattavasti heinäkuussa. Ylemmän kokoluokan poikasilla muutokset lihaksen rasvapitoisuudessa ja kiduksen Na^+, K^+ -ATPaasin aktiivisuudessa olivat epämääräisiä, mutta kuntokerroin oli alhaisimmillaan vastaavana ajankohtana alemman kokoluokan poikasten kanssa. Lihaksen vesipitoisuuden muutoksessa ei ollut huomattavia eroja kokoluokkien välillä. Sekä alemman että ylemmän kokoluokan poikasilla lihaksen vesipitoisuuden muutos oli alle viitteellisen raja-arvon tai sen tuntumassa tammikuulta lähtien aina heinäkuulle saakka. Suolatestiarvot sekä alemman että ylemmän kokoluokan poikasilla olivat plasman natriumin osalta alle raja-arvon ainoastaan huhtikuun alkupuolella ja toukokuussa, kun taas plasman kloridi- ja magnesiumpitoisuudet olivat alle viitteellisten raja-arvojen huhti-kesäkuun välisenä aikana (heinäkuulta arvot puuttuvat). Plasman Na^+ , Cl^- ja Mg^{2+} -pitoisuudet makeassa vedessä alenivat merkittävästi alemman kokoluokan poikasilla huhti-toukokuussa. Ylemmän kokoluokan poikasilla aleneminen sen sijaan oli tilastollisesti merkitsevä ainoastaan natriumin osalta. Lihaksen vesipitoisuus makeassa vedessä sekä alemman että ylemmän kokoluokan poikasilla oli tammi-heinäkuun välisenä aikana 77-78 %.

Tutkimus 3.

Tutkimuksessa selvitettiin järvilohen 1-vuotiaiden ylemmän kokoluokan smolttiutumista tammi-heinäkuun välisenä aikana ja paaston mahdollisia vaikutuksia smolttiutumiseen. Paasto aloitettiin tammikuussa ja lopetettiin maaliskuun alkupuolella. Paastoryhmän poikasten pituus ja paino olivat huomattavasti alhaisempia maaliskuun huhtikuussa ruokintaryhmän poikasiin verrattuna, mutta huhtikuussa paastoryhmän poikaset saavuttivat ruokintaryhmän poikasten koon. Paastoryhmän poikasilla kuntokerroin ja kiduksen Na^+, K^+ -ATPaasin aktiivisuus olivat maaliskuun huhtikuussa huomattavasti alhaisempia ruokintaryhmän poikasiin verrattuna, huhtikuun jälkeisenä aikana eroja ei enää ollut. Kaikki paastoryhmän poikaset menehtyivät tammikuun suolaltistuksessa, kun kuolleisuus ruokintaryhmän poikasilla oli 20 %. Maaliskuun loppupuolella paastoryhmän poikasten kuolleisuus aleni 20 %:iin. Lihaksen vesipitoisuuden muutos oli korkea ruokintaryhmän poikasilla tammikuussa. Lihaksen vesipitoisuuden muutos aleni ruokintaryhmän poikasilla alle raja-arvon kesäkuussa ollen kuitenkin raja-arvon tuntumassa maalisi-heinäkuun välisenä aikana. Edelleen ruokintaryhmän poikasilla plasman ionipitoisuuksien suolatestiarvot olivat alle raja-arvojen kesäkuussa (suolatestiarvot puuttuvat tammi-, maalisi- ja heinäkuulta). Paastoryhmän lihaksen vesipitoisuuden muutos ja suolatestiarvot plasman ionipitoisuuksien osalta olivat tammikuun jälkeisenä aikana samansuuntaiset ruokintaryhmien kanssa. Plasman ionipitoisuuksissa makeassa vedessä tapahtui huomattava aleneminen huhtikuun jälkeisenä sekä paasto- että ruokintaryhmän poikasilla lukuunottamatta ruokintaryhmän poikasten magnesiumpitoisuutta (heinäkuulta arvot puuttuvat). Lihaksen vesipitoisuus makeassa vedessä oli ruokintaryhmän poikasilla 78 %:n tuntumassa maalisi-heinäkuun aikana. Paastoryhmän poikasilla lihaksen vesipitoisuus kohosi maalisi-toukokuun välisenä aikana 80 %:iin ollen merkittävästi ruokintaryhmää korkeampi. Heinäkuussa eroja ryhmien välillä ei ollut. Sekä ruokinta- että paastoryhmän poikasilla lihaksen rasva-

pitoisuudessa tapahtui hienoinen kohoaminen kevään aikana, mutta tästä huolimatta rasvapitoisuus oli alhaisimmillaan kesä-heinäkuussa.

Poikasten hopeoitumisen, kuntokertoimen alenemisen, kiduksen Na^+ , K^+ -ATPaasin aktiivisuuden ja suolaisen veden suola/vesitasapainon säätelykyvyn kehittymisen perusteella sekä ruokinta- että paastoryhmä saavuttivat vaellusvalmiuden huipun kesäkuussa. Smolttiutumiseen liittyvät muutokset alkoivat purkautua heinäkuussa kuntokertoimen kohoamisen ja kiduksen Na^+ , K^+ -ATPaasin alenemisen perusteella. Suolaisen veden sietokyvyssä sen sijaan ei tapahtunut selvää heikkenemistä.

Yhteenveto

Suomupieitteen hopeoitumisen, kuntokertoimen alenemisen ja kiduksen Na^+ , K^+ -ATPaasin aktiivisuuden kohoamisen perusteella 2-vuotiaat poikaset saavuttivat vaellusvalmiuden huipun huhti-toukokuussa, kun taas 1-vuotiaiden poikasten vaellusvalmiuden huippu ajoittui touko-kesäkuulle. Suolaisen veden sietokyvyssä tapahtui kevään aikana selvä paraneminen 1-vuotiailla poikasilla, kun taas 2-vuotiaiden poikasten suolaisen veden sietokyky oli hyvä aina tammikuulta lähtien. Sekä 1- että 2-vuotiailla poikasilla havaittu selvä plasman ionipitoisuuksien aleneminen makeassa vedessä ja korkea lihaksen vesipitoisuus makeassa vedessä viittaa hetkelliseen makean veden säätelykyvyn heikkenemiseen. Tällä ei kuitenkaan ollut selvää yhteyttä kiduksen Na^+ , K^+ -ATPaasin kohoamisen ja muiden suola/vesitasapainon muutosten kanssa. Paastolla oli selvä haitallinen vaikutus smolttiutumiseen; ruokinta- ja paastoryhmien välillä oli paastojakson aikana selvä ero kuolleisuudessa suola-altistuksessa ja kiduksen Na^+ , K^+ -ATPaasin aktiivisuudessa. Vaikkakin järvilohen 2-vuotiaiden ylemmän kokoluokan poikasten smolttiutumiseen liittyvät muutokset olivat joiltakin osin epä-määräisiä alemman kokoluokan poikasiin verrattuna, kokoluokkien välillä ei ollut eroja suola/vesitasapainon säätelykyvyssä suolaisessa vedessä.

Pian vaellusvalmiuden huipun saavuttamisen jälkeen smolttiutuminen alkoi purkautua järvilohen sekä 1- että 2-vuotiailla poikasilla suomupieitteen tummumisen, kuntokertoimen kohoamisen ja kiduksen Na^+ , K^+ -ATPaasin alenemisen perusteella. Edellä mainituista smolttiutumisen purkautumiseen liittyvistä tekijöistä huolimatta suola/vesitasapainon säätelykyvyssä suolaisessa vedessä ei tapahtunut selvää heikkenemistä. Suolaisen veden sietokyvyssä havaitun selvän vuodenaikaisuuden puuttumisen vuoksi parhaita kriteerejä järvilohen smolttiutumisen ja sen purkautumisen arvioinnissa ovat muutokset poikasten ulkonäössä, kuntokertoimessa ja kiduksen Na^+ , K^+ -ATPaasin aktiivisuudessa. Järvilohen suola/vesitasapainon säätelykykyyn liittyvien tekijöiden osalta tarvitaan lisäselvityksiä.

Kirjallisuus

- Boeuf, G. 1993. Salmonid smolting: a pre-adaptation to the oceanic environment. In Fish ecophysiology (Rankin, J. C. & Jensen, F. B., eds.), pp. 105-135. Chapman & Hall, London.
- Boeuf, G., Le Roux, A. & Harache, Y. (1985). Gill (Na^+ - K^+) -ATPase activity and smolting in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in France. Aquaculture 45: 73-81.
- de Renzis, G. & Bornancin, M. 1984. Ion transport and gill ATPases. - In Hoar, W.S. & Randall, D. J. (eds.): Fish physiology: Gills. Ion and Water transfer Vol XB, pp.65-104. Academic Press, New York, NY.

- Eriksson, L. O. & Lundqvist, H. (1982). Circannual rhythms and photoperiod regulation of growth and smolting in Baltic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 28, 113-121.
- Folmar, L. C. & Dickhoff, W. W. (1980). The parr-smolt transformation (smoltification) and seawater adaptation in salmonids. *Aquaculture* 21, 1-37.
- Hoar, W. S. (1976). Smolt transformation: evolution, behavior, and physiology. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 33, 1234-1252.
- Hoar, W. S. (1988). The physiology of smolting salmonids. In *Fish physiology*. Vol. XIB (Hoar, W. S. & Randall, D. J., eds.), pp. 275-343. New York: Academic press.
- Kazakov, R. V. & Kozlov, V. V. (1985). Quantitative estimation of degree of silvering displayed by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) juveniles originating from natural populations and from fish-rearing farms. *Aquaculture* 44, 213-220.
- Langdon, J. S. 1985: Smoltification physiology in the culture of salmonids. - In: Muir, J. F. & Roberts, R. J. (eds.): *Advances in Aquaculture Vol 2*, pp. 80-118. Croom Helm, London.
- McCormick, S. D. & Saunders, R. L. (1987). Preparatory physiological adaptations for marine life of salmonids: osmoregulation, growth, and metabolism. *American Fisheries Society Symposium* 1, 211-229.
- Söderholm-Tana, L. & Soivio, A. 1990. Merilohen (Nevan kanta), järvilohen ja meritaimenen (Lestijoen ja Isojoen kanta) istutuspoikasten fysiologinen tila ja vaellusvalmius eri kalanviljelylaitoksilla vuonna 1990. - Raportti, Helsingin yliopisto, eläintieteidenlaitos, fysiologian osasto. 29 s.
- Wedemayer, G. A., Saunders, R. L. & Clarke, W. C. (1980). Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. *Marine Fisheries Review* 42, 1-14.

Muuntelun käyttö viljelymanipulaatiossa; järvilohi lämpöstartissa

JORMA PIIRONEN¹ JA TEIJA AHO²

¹ RKTL, Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely, Laasalantie 9, 58175 Enonkoski

² Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos, Populaatiobiologian osasto, PL 17, 00014 Helsingin yliopisto / Uppsala Universitet, Evolutionsbiologisk Centrum, Avd. för Zooekologi, Norbyvägen 18D, SE-75236 Uppsala, Sverige

Johdanto

Perimä asettaa tietyt rajat kalojen muuntelulle ja sopeutumismahdollisuuksille erilaisissa ympäristöissä. Ympäristöolosuhteet puolestaan muokkaavat, perimän sallimissa rajoissa, erilaisia sopeutumiseen liittyviä ominaisuuksia ja kalan koko ilmiasua. Kaloilla ympäristötekijöistä aiheutuva vaihtelu eri ominaisuuksissa on monesti tasalämpöisiä eliöitä laajempaa. Kuitenkaan ympäristöllisten tekijöiden erottaminen perintötekijöiden aiheuttamasta vaihtelusta ei ole kovin helppoa varsinkaan pelkkään kalan ilmiasuun eli fenotyypin kohdistuvilla mittauksilla.

Erilaisilla ilmiasuun kohdistuvilla ympäristöllisillä säätötoimilla eli manipulaatioilla voi olla käytännön viljelyssä paljonkin käyttöä. Tyypillinen esimerkki ihmisen kannalta hyödyllisestä viljelymanipulaation vaikutuksesta on kalojen nopeampi kasvu pelkästään veden lämpötilan säädöllä tai sekä valojakson että lämpötilan säädöllä luonnontilaisesta poikkeavaksi. Viljelykierron nopeutumisen hyödyt voivat olla suoraan mitattavissa myytävän kalamäärän kasvuna. Kuitenkin luontoon palautettavien kalojen viljelyssä joudutaan pohtimaan myös viljelyolosuhteiden muutosten merkitystä viljeltävien kalojen geneettiseen rakenteeseen eli suosivatko tai karsivatko muutetut olosuhteet vain joitakin genotyyppisiä. Jos niin tapahtuu, muuttuu viljeltävän kannan geneettinen rakenne. Toisaalta, jos viljelymanipulaatiosta ei aiheudu muutoksia eri genotyyppien selviytymiselle, voidaan niitä soveltaa turvallisesti myös säilytettävien tai istutuksilla tuettavien luonnonkalojen viljelyn tehostamisessa.

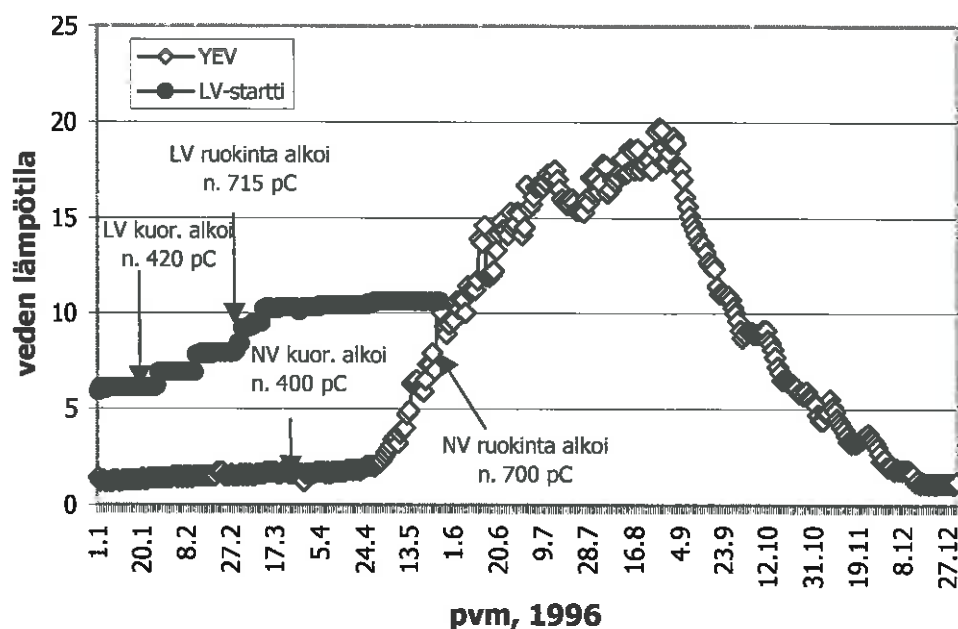
Esimerkkinä hyvin yksinkertaisesta viljelymanipulaatiosta käsitellään tässä raportissa Saimaan kalantutkimuksessa ja vesiviljelyssä järvilohen emokalastojen 'normaaliviljelyn' ohella käytettyä veden lämpötilan ja valojakson säätelyn hyväksikäyttöä mätimunien kuoriuttamisen ja ns. starttivaiheen kasvun nopeuttamisessa. Nopeuttamalla alkukehitystä on pyritty saamaan emolohet kutuikäisiksi normaalia viljelyä aikaisemmin. Tavallisesti järvilohet saavuttavat laitosoloissa sukukypsyyden 4-5-kasvukauden jälkeen – eli noin 1-2 vuotta luonnossa eläviä kaloja nuorempina. Pitkän viljelykierron lisäksi ongelmana on ollut koiraiden kudunjälkeinen suuri kuolevuus (jopa 75-85% ikäluokan koiraista), jolloin on syntynyt tarve saada koiraita nopeammin kutuvaiheeseen laajemman geenipoolin saamiseksi yhtä aikaa sukukypsyyssvaiheeseen.

Järvilohen JL96-emoparvien viljelymanipulaatiot

Kasvatettavat parvet oli perustettu v. 1995 Pielisjoesta, Lieksanjoesta ja Kermankoskista kutukypsinä saatujen emokalojen jälkeläisistä. Hedelmöityksiin käytettiin yhteensä 21 naarasta ja 15 koirasta, joiden kesken tehdyissä parittaisissa hedelmöityksissä

saatiin yhteensä 287 lohiperhettä. Yhdellä naaralla voitiin tehdä hedelmöityksiä vain kahdella koiraalla ja toisaalta yhdellä koiraalla hedelmöitettiin vain 5 naaraan mätää, muuten hedelmöityskset tehtiin jokaisen emoparin välillä. Mäti haudottiin laitoksen eristysosastossa perheittäin silmäpisteasteelle, jonka jälkeen kustakin perheestä otettiin 10 mätimunaa perustettaviin emoparviin.

Vuodenvaihteessa 1996 siirrettiin nämä perinnölliseltä rakenteeltaan mahdollisimman samanlaiset parvet eristysosastosta jodidesinfioinnin jälkeen laitoksen hautomoon. Yksi emoparvi siirrettiin noin 6 °C:een (JL96LV) ja toiset jätettiin normaaliin Ylä-Enonvedestä johdetun käyttöveden lämpötilaan (JL96NV). Lämpimään veteen siirretyn parven valaistuksessa käytettiin 16 tunnin valaistua jaksoa (60 W hehkulamppu) helmikuun 13. päivästä lähtien toukokuun loppuun saakka. Lämpökäsitellyn JL96LV-parven poikaset alkoivat kuoriutua jo tammikuun lopulla (kuva 1), minkä jälkeen käsittelyä jatkettiin nostamalla lämpötilaa asteittain aina 9-10 C°:een starttiruokinnan aikaan maaliskuun alussa. Normaalilämmössä poikaset alkoivat kuoriutua vasta maaliskuun lopulla ja niiden starttiruokinta ajoittui toukokuun lopulle, kun Ylä-Enonveden lämpötila oli nopean lämpenemisen vaiheessa (kuva 1). LV-parven kasvatukseen alettiin käyttää kesäkuun alusta lähtien samaa Ylä-Enonveden vettä kuin NV-parvellekin. Muutenkin parvien kasvatusaltaat sekä valaistus- ym. olosuhteet olivat samanlaiset koko vertailujakson ajan.



Kuva 1. Järvilohen emoparvien kuoriuttamiseen ja kasvattamiseen käytetyt lämpötilat sekä kuoritumisen ja ruokinnan alku eri parvissa (NV = normaali-viljely ja LV = lämpöviljely).

Eri tavoin kuoriutettujen ja startattujen järvilohiparvien kasvua seurattiin 1-2-kertaa vuodessa tehdyillä kasvumittauksilla. Kalojen sukukypsyyden kehittymistä seurattiin syksystä 1996 lähtien, jolloin osa molempien parvien kaloista merkittiin ruumiinonteloon sijoitetuilla yksilöllisillä elektronisilla merkeillä. Viimeisimmät mittaukset tehtiin kalojen lypsyjen yhteydessä syksyllä 1999. Ensimmäisenä syksynä 1996 kuteneiden koiraiden rasvaevä leikattiin niiden myöhemmän tunnistamisen takia. Sukukypsien naaraiden mädin määrä mitattiin lävikköön lypsetyn mädin painona (ilman ovarionestettä).

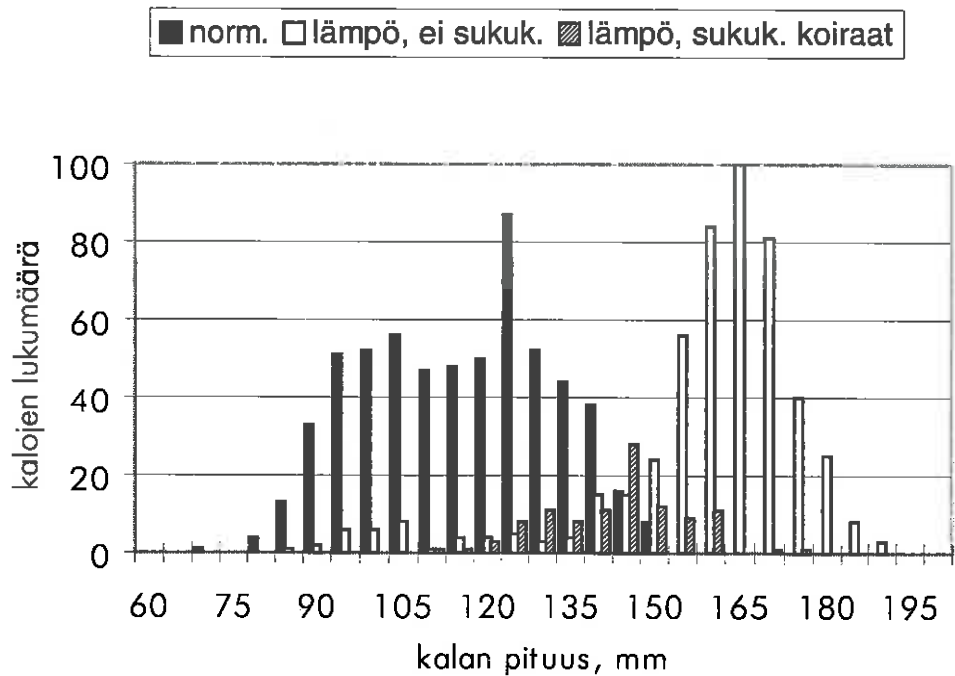
Molemmista parvista otettiin mikrosatelliitti-tutkimuksia varten satunnaisesti evänäytteitä DNA:n eristämiseksi. NV-parvesta näytteitä otettiin 55 yksilöstä ja LV-parvesta 80 yksilöstä (osa jo v. 1996 kutuvalmiita koiraita) vuonna 1998. Myös parvien perustamisessa käytetyt luonnosta saadut emolohet (kahta kalaa lukuunottamatta, joista ei saatu näytteitä) tutkittiin samoilla 11 mikrosatelliitilla jälkeläistöjen geneettisen eron selvittämiseksi sekä vanhemmuusanalyysien tekemiseksi (Aho ym. julkaisematon käsikirjoitus).

Emoparvien JL96NV ja JL96LV kasvu ja sukukypsyys

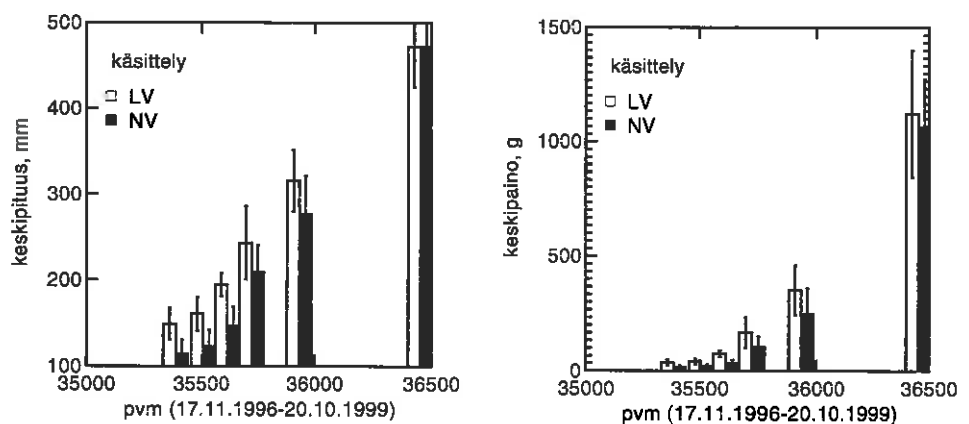
Lämpöstartatut järvilohet kasvoivat selvästi normaaliviljeltyjä nopeammin ja jo ensimmäisenä syksynä parvien kokojakaumat poikkesivat merkittävästi (kuva 2). Sukukypsyyttä saavuttamattomien kalojen keskipituus ja keskipaino olivat tilastollisesti merkittävästi suuremmat JL96LV parvessa aina syksyyn 1999 saakka (kuva 3), jolloin sukukypsien koiraiden tai naaraiden keskikokoissa ollut enää eroja NV- tai LV-ryhmien välillä. LV-parven kaloista 17,5 % (105 kpl/600kpl) oli kutukypsiä jo ensimmäisenä syksynään, jolloin näiden koiraiden keskikoko oli noin 14 cm ja 29,8 g. NV-parvessa ei vastaavana ajankohtana ollut ainoatakaan sukukypsiä koirasta (n=600kpl). Kooltaan sukukypsät koiraat olivat LV-parven valtajoukkoa selvästi pienempiä, mutteivät kuitenkaan parven pienimpiä yksilöitä (kuva 2). Syksyllä 1997 olivat LV-parven sukukypsät koiraat keskimäärin 24,3 cm pitkiä ja 167 g painavia (n=90), kun taas NV parven sukukypsät koiraat olivat 20,9 cm pitkiä ja 104 g painavia (n=100). Tilastollisesti LV-parven koiraat olivat merkittävästi NV-koiraita kookkaampia.

Syksyllä 1998 tavattiin sukukypsiä naaraita ainoastaan LV-parvesta (7 kalaa, joiden keskipituus oli 38,6 cm ja keskipaino 587g). Keväällä 1998 tapahtuneen NV- ja LV-parvien yhdistämisen takia tarkasteltiin syksyllä 1999 sukukypsyyttä elektronisilla merkeillä merkityistä kaloista, joiden alkuvaiheet tunnettiin. NV-parven kaloja oli 65 kpl ja LV-parven kaloja 89kpl. Molemmista parvista pieni osa ei ollut vielä syksyllä 1999 sukukypsiä (NV: 7,7% ja LV: 6,7%). Naaraista sukukypsiä oli NV-parvesta 21,5% (14 kpl) ja LV-parvesta 24,5% (22 kpl). Sensijaan sukukypsiä koiraita oli molemmissa parvissa runsaasti (NV: 70,8 %, ja LV: 68,5%). LV-parven koiraista 67% oli jo ensimmäisenä syksynään kuteneita varhaiskypsiä kaloja.

NV-parven naaraat tuottivat mätää 116 g (SD=34 g) eli 12,3 % painostaan ja NV-parven naaraat 167 g (SD=97 g) eli 13,7 % painostaan.



Kuva 2. Normaaliviljeltyjen (JL96NV, n=600 kpl) ja lämpöstartattujen (JL96LV, n=495 kpl) järvilohien kokojakaumat sekä sukukypsien JL96LV-koiraiden (n=105 kpl) kokojakauma joulukuussa 1996.



Kuva 3. JL96NV- ja JL96LV-parven kalojen keskipituus ($\pm$ SD) ja keskipaino ($\pm$ SD) 17.11.1996-20.10.1999.

JL96NV- ja JL96LV-parvien perinnölliset ominaisuudet

Yhdentoista mikrosatelliitin analysointiin perustuva geneettinen tulos osoittaa, etteivät NV- ja LV-parvi poikkea perinnölliseltä rakenteeltaan toisistaan ($F_{st} = -0,00349$, $P = 0,842$). Myös keskimääräinen alleelien lukumäärä kuten keskimääräinen heterotsygotiakin on parvissa lähes sama (taulukko 1).

Taulukko 1. JL96NV- ja JL96LV-parvien perinnölliset ominaisuudet 11 mikrosatelliitin analyysien perusteella (suluissa on keskihajonta).

Ominaisuus	JL96NV	JL96LV
Keskim. Alleelimäärä	3,000 (1,000)	3,273 (1,104)
Keskim. Heterotsygotia-aste	0,492 (0,180)	0,491(0,133)
Odotettu heterotsygotia-aste	0,472 (0,156)	0,485 (0,127)

Vanhemmuusanalyysin perusteella varhain sukukypsyyden saavuttaneet LV-parven koiraat ovat peräisin ainakin 10 koiraan ja 13 naaraan jälkeläisistä eli vahvaa perinnöllistä linkkiä vain tiettyihin vanhempiin ei havaittu, vaikkakin kahden koiraan ja kahden naaraan jälkeläisissä oli jonkin verran muita enemmän varhain kypsyneitä koiraita. Vanhemmuusanalyysi osoitti myös, että kummankaan parven analysoidussa jälkeläistössä ei ollut ainoatakaan kahden koiraan eikä 5 naaraan jälkeläistä (NV-parven näytteessä oli myös 6. naaras, jonka jälkeläiset puuttuivat). Vaikka näytteenotto ei välttämättä ole ollut riittävän kattava kaikkien perheiden jälkeläisten saamiseksi mukaan, voidaan vahvasti epäillä ko. vanhempien jälkeläisten selviytyneen muita huommin elämänsä ensi vaiheissa, sillä yhtä naarasta lukuunottamatta nämä vanhemmat olivat molemmissa parvissa samat.

Johtopäätökset

Järvilohen emoparvien kuoriuttamisen ja starttivaiheen kasvun nopeuttaminen on selkeä osoitus ympäristöllisen eli fenotyypin jouston hyväksikäyttömahdollisuudesta viljelyolosuhteissa. Koska lämpökäsittelyn parven ja normaaliparven perinnöllinen rakenne ei poikennut eivätkä varhaiskypsät koiraat olleet vain tiettyjen vanhempien jälkeläisiä, ei tällä viljelymanipulaatiolla vaikuteta järvilohen emoparvien perinnöllisiin ominaisuuksiin. Yksinkertainen ja halpa menetelmä tehoaa etenkin koiraiden sukukypsyyden saavuttamisiän alentamisessa ja mahdollistaa siten normaaliviljelyä laajemman koiraiden geenipoolin käytön laitostuotantoina hedelmöityksissä. Käsittely nopeuttaa myös naaraiden sukukypsytystä.

Pelkästään lämpökäsitteltyjen parvien tuotantoon ei kuitenkaan ole syytä ryhtyä. Varhain sukukypsien koiraiden kudunjälkeinen kuolevuus on huomattavan suurta (60-80%) ja siten normaaliviljelyssä olevan parvi toimii tavallaan turvana ns. normaaliaikaisten koiraiden säilymiselle vuotta-paria myöhemmin tapahtuviin hedelmöityksiin. Sekä lämpö- että normaaliviljeltyjen parvien käyttö antaa mahdollisuuden optimoida parvikokoja ja siten saavuttaa myös taloudellista hyötyä emokalastojen viljelyssä.

Viitteet

Aho, T., Piironen, J., Ranta, E. & Primmer, C. Maintenance of genetic variation in an endangered landlocked population of Atlantic salmon (*Salmo salar* m. *sebago*, Girard). Julkaistavaksi tarjottu käsikirjoitus.

Viljelykantarekisterin tarve ja merkitys

KAI WESTMAN

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Vesiviljely, PL 6, 00721 Helsinki

Kalaston monimuotoisuus on kaventunut

Biologisella monimuotoisuudella eli biodiversiteetillä tarkoitetaan lajien välistä ja sisäistä perinnöllistä vaihtelevuutta. Monimuotoisuus on eliöiden perintötekijöihin talletettua informaatiota, joka mahdollistaa niiden elinkyvyn säilymisen sekä sopeutumiskyvyn muuttuviin ympäristöolosuhteisiin.

Vesistörikkaassa maassamme tavataan monista kalalajeista lukuisia tiettyyn ympäristöön erikoistuneita ekologisia tai maantieteellisiä paikallismuotoja. Ne syntyivät Itämeren varhaisten vaiheiden aikana, kun vedenjakajat ja muut esteet erottivat jääkauden jälkeen muodostuviin vesistöihin ja järvioltaisiin omat kalastonsa. Nämä ovat luonnonvalinnan seurauksena vähitellen kehittyneet paikallisiin olosuhteisiin sopeutuneiksi kannoiksi. Tunnetuimpia ovat eri jokivesistöjen erilaistuneet lohi-, taimen- ja vaellussiikakannat, Saimaan järvilohi sekä Saimaan ja Inarin nieriä. Tällaiset saman lajin eri kannat voivat erota toisistaan monilla tavoin, esim. Itämeren lohikannoilla on hyvä vastuskyky Atlantin puolen kannoille tuhoisaksi osoittautuneelle *Gyrodactylus salaris*-loiselle ja Nevan lohella Perämeren lohia lyhyempi vaellustaipumus.

Maamme kalasto on jo pitkään kärsinyt elinympäristön muuttumisesta (mm. vesien rakentaminen, likaantuminen, happamoituminen), liiallisesta ja/tai valikoivasta kalastuksesta sekä suunnittelemattomista istutuksista (uudet, kilpailevat lajit tai vieraat kannat). Muutokset ovat olleet erityisen haitallisia taloudellisesti arvostetuimmille eli virtakutuisille kalalajeille, joista lohen, järvilohen, taimenten ja virtakutuisien siikojen erilaistuneet kannat on suureksi osaksi jo menetetty. Vielä jäljellä olevista kannoistakin monet ovat taantuneita ja uhanalaisia niiden luonnonvaraisen lisääntymisen vaarannuttua tai käytyä mahdottomaksi. Kalastomme monimuotoisuus onkin merkittävässä määrin kaventunut. Tämän seurauksena on kalastomme sopeutumiskyky muuttuviin ympäristöolosuhteisiin pienentynyt. Mahdollisuudet esim. taloudellisesti arvokkaampien tai muuten halutunlaisten kalakantojen löytymiseen ja ehkä tulevaisuudessa tärkeän jalostustyön "alkumateriaalin" saamiseen ovat myös vähentyneet.

Viljelyn käyttö erilaistuneiden kantojen säilyttämisessä

Tiettyihin olosuhteisiin erilaistuneet kannat ovat ainutlaatuisia. Estämällä niiden häviäminen turvataan luonnonvalinnan jääkauden jälkeisten jo parin tuhannen kalasukupolven aikana "suorittaman" valintatyön tulosten säilyminen. Kalatalouden kannalta tämä on sitä merkityksellisempää, mitä tärkeämmästä kannasta taloudellisessa mielessä on kyse. Keskeinen näkökohta erilaistuneiden kantojen säilyttämisessä on kuitenkin se, että turvaamalla lajin monimuotoisuus estetään sen perimän köyhtyminen ja taataan lajin säilyminen myös elinolosuhteiden muutoksissa. Kalaston - kuten muunkin luonnon - monimuotoisuuden säilyttämisellä on myös eettisiä ja kulttuurisia arvoja.

Erityisesti vaelluskalojen lisääntyminen on rakennetuissa ympäristöissä epävarmaa tai usein jopa mahdotonta. Tämä on johtanut lisääntyvään tarpeeseen turvata vielä jäljellä

olevien uhanalaisten lajien ja kantojen säilyminen viljelyn avulla. Tämän on Suomessa mm. lukuisten työryhmien ja komiteoiden toimesta katsottu kuuluvan valtiolle erityisesti toiminnan yhteiskunnallisen luonteen, pitkäjänteisyyden ja laaja-alaisuuden vuoksi. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen hoitaman valtion kalanviljelyn keskeisin tehtävä onkin jo pitkään ollut taloudellisesti arvokkaiden kalalajien ja -kantojen säilyttäminen viljelyllä sekä myös elvyttäminen ja palauttaminen luonnolliseen elinympäristöön istutusten avulla. Mainitut tehtävät ovat varsin samansuuntaiset Rion sopimuksen sekä ”Suomen biologista monimuotoisuutta koskevan kansallisen toimintaohjelman 1997-2005” (1997) kalataloutta koskevien tehtävien kanssa. Näiden toteuttaminen on osoitettu tutkimuslaitokselle myös maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön yhteisessä ”Kalaston suojeluryhmän muistiossa” (1996) sekä maa- ja metsätalousministeriön luonnonvarastrategiassa (1997).

Kalakantojen säilyttämiseen kuuluu niiden ylläpito viljelylaitoksissa (elävät geenipankit), perinnöllisen aineksen säilytys maitipankeissa, taantuneiden kantojen elvytys-istutukset ja kotiutus uusiin elinympäristöihin sekä erilaistuneiden kantojen mädin tuotanto myös yksityiselle viljelylle istutuspokasten kasvatusta varten - tämä sitä varten, että eri vesien istutushoidossa olisi käytettävissä ko. vesistön omia kantoja. Vesiviljelyn tulosityksiköllä on hyvät edellytykset mainittujen tehtävien hoitamiseen mm. koska valtion kalanviljelylaitosten suunnittelussa ja rakentamisessa on nämä tarpeet otettu huomioon, henkilökunta on ammattitaitoista ja kokenutta ja tarvittavaa geneettistä ym. erikoisosaamista on laitoksen tutkimusyksiköissä. RKTL onkin ainoa organisaatio Suomessa, jonka tehtävänä on kansainvälisten ja kansallisten velvoitteiden ja sopimusten mukaisesti turvata kalojemme ja niiden monimuotoisuuden säilyttäminen viljelyn avulla.

Merkittävimmät haasteet kaloja säilytettäessä viljelyn avulla ovat varmistuminen siitä, että laitoksissa olevat lajit ja kannat edustavat mahdollisimman hyvin luonnossa vielä tavattavaa monimuotoisuutta ja että viljelykannat myös säilyvät monimuotoisina eivätkä ”laitostu”. Säilytyksessä olevien kalastojen taustoja on kartoitettu ja monimuotoisuutta tutkittu mm. entsyymielektroforeettisin menetelmin. Uusimmat geneettiset menetelmät tarjoavat aikaisempaa merkittävästi parempia mahdollisuuksia laitoksissa ylläpidettyjen lajien monimuotoisuuden tutkimiseen ja vertailuun luonnonkantoihin. Viljelykantojen monimuotoisuutta koskevat selvitykset on käynnistetty mm. mikrosatelliittiDNA-tekniikan avulla yhteistyössä RKTL:n kalantutkimuksen ja Helsingin Yliopiston kanssa.

Jotta säilytyksessä olevat kalastot eivät vähitellen valikoituisi laitosolosuhteisiin ja menettäisi luonnonoloissa välttämättömiä ominaisuuksia kalastot uusitaan luonnonkaloista lypsetystä mädistä. Eräiden rakennettujen vesien kantojen tai muuten harvinaisten luonnonkantojen osalta tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista tai on hyvin vaikeaa (esim. Iijoen lohi, Saimaan nieriä, eräät taimenkannat). Tällöin joudutaan osin turvautumaan laitosemoihin ja mm. käyttämään erikseen suunniteltuja ja määriteltyjä paritusmenetelmiä. Nykytietämyksellä ei kyetä arvioimaan kuinka pitkään pelkän laitoksesta varassa voitaisiin toimia, sillä laitoksissa tapahtuu vähittäistä tahatonta valintaa. Sen vaikutusta voidaan vähentää mm. pienentämällä kuolleisuutta laitoksessa ja ylläpitämällä luonnonvalintaa osassa kantaa. Yhteistyössä tutkimuksen kanssa on laadittu ohjeet emokalastojen uusimisessa ja ylläpidossa noudatettavista menettelytapoista, jotta kalakantojen säilytys- ja hoitoketjussa saataisiin luonnossa selviämisessä välttämättömät perinnölliset ominaisuudet siirrettyä mahdollisimman laajoina ja muuttumattomina sukupolvesta toiseen. Nämä viljelyssä säilytettävien kalastojen geneettistä huoltoa koskevat yksityiskohtaiset menettelyohjeet kuuluvat osana vesiviljelyn vuoden 1999 alussa käyttöön ottamaan ISO 9001 laatujärjestelmää.

Viljelykantarekisteri

RKTL:n kalanviljelylaitoksiin on pitkäjänteisen työn tuloksena talletettu kaikki kalataloudellisesti arvokkaimmat kalakantamme. Säilytyksessä on kaikkiaan 13 alkuperäistä kalalajia ja muotoa ja näistä 62 eri kantaa sekä rapu. Viljelyssä on kotimaisten lajien lisäksi viiden alkuperältään ulkomaisen kalalajien 9 kantaa sekä täplärapu. Toiminnan kattavuutta osoittaa, että tällä hetkellä ei tiedetä olevan tarvetta ottaa uusia talouskalalajeja ja -kantoja säilytettäväksi. Tarvittaessa RKTL:lla on valmiudet toiminnan laajentamiseen. Toisaalta kalojen säilyttäminen viljelyssä ei ole itsetarkoitus vaan jos jonkin viljelyssä olevan lajin tai kannan osalta saavutetaan EY:n luontodirektiivin mukainen ns. suotuisan suojelun taso eli se pystyy pitkällä aikavälillä säilymään elinvoimaisena luontaisissa elinympäristöissään, voidaan viljelystä luopua. Sellaisten kantojen osalta, joihin ei luonnossa katsota kohdistuvan erityistä uhkaa tai uhkat ovat väistyneet, voi maitipankki riittää kannan säilyttämiseksi ja viljelyyn ryhdytään vasta kun siihen ilmenee perusteltua tarvetta.

Vesiviljelyn tulosityksikön toimesta on jo pitkään koottu laitoskohtaisesti tietoja säilytyksessä olevien kalalajien ja -kantojen taustoista ja kantojen perustamisesta, kuvattu säilytysviljelyssä noudatettavia toimintatapoja sekä osallistuttu kantojen monimuotoisuutta koskeviin selvityksiin. Valmisteilla olevan säilytyskantarekisterin tarkoituksena on koota yhtenäiseen, käyttökelpoiseen muotoon tiedot RKTL:n viljelylaitoksissa ja maitipankeissa säilytettävistä kalalajeista ja -kannoista, niiden taustoista, tilasta ja monimuotoisuudesta. Tiedosto kuuluu tutkimuslaitoksessa ylläpidettäviin tietokantoihin ja sitä tullaan päivittämään, kun kantakohtaista uutta tietoa on saatavissa. Rekisterin tietoja on tarkoitus hyödyntää mm. pyrittäessä suunnitelmallisesti ja tutkimustuloksiin nojautuen laajentamaan säilytyskantojen monimuotoisuutta vastaamaan mahdollisimman paljon luonnonkannoissa vielä tavattavaa monimuotoisuutta. Rekisterin avulla on mahdollista myös saada kuva aikaisemmin mainittujen uhanalaisten kalojen viljelysäilytystä koskevien kansallisten ja kansainvälisten sopimusten ja velvoitteiden tämänhetkisestä toteutumisesta.

Rekisterin rakenne ja ylläpito sekä käyttö

JARMO MAKKONEN

RKTL, Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely, Laasalantie 9, 58175 Enonkoski

Johdanto

RKTL:n viljelylaitoksiin on vuosien kuluessa talletettu kaikki kalataloudellisesti arvokkaimmat alkuperäiset kalakantamme, kaikki jäljelläolevat lohikannat (Tornion-, Muonion-, Simo- ja Iijoen sekä Tenon lohikannat) ja Oulujoen (Montan) lohikanta, Saimaan järviolhi, 24 meri-, järvi- ja purotaimenkantaa, 4 nieriäkantaa, 11 harjuskantaa, 18 siikakantaa, toutain sekä muikku- ja kuhakantoja. Säilytyksessä on kaikkiaan 13 alkuperäistä kalalajia tai muotoa ja näistä 62 eri kantaa sekä rapu. Näiden lisäksi poikastuotannon tarpeisiin tuotetaan yhtä järvitaimenkantaa ja kolmea siikakantaa. Kotimaisten kalojen lisäksi viljelyssä on useita meille tuotuja lajeja ja kantoja: nevanlohi, harmaanieria, puronieria, Hornavan nieriä, kirjolohi, peledsiika, karppi; yhteensä 9 kantaa sekä täplärapu.

Säilytys-/emokalanviljelyn volyymia kuvaa se, että RKTL:n viljelylaitoksissa on ollut vuosina 1997-1999 keskimäärin runsaat 100 000 2+-ikäistä (3-kesäinen) tai sitä vanhempaa n. 70 eri kannan emokalaa, joiden yhteenlaskettu massa on n. 120 tonnia. Perinnöllisesti erilaisten rinnakkaisparvien määrä on vaihdellut vuosittain runsaan 220 ja yli 260 parven välillä. Emoravuston (rapu, täplärapu) määrä on ollut keskimäärin hie-man yli 2 000 yksilöä. Kalastojen koko on useimpien kantojen osalta suurempi kuin mitä monimuotoisuuden säilyttäminen sinänsä edellyttäisi, sillä ne on mitoitettu istutuspoikasten edellyttämien mädin tuotantotarpeiden mukaan.

Rekisterin rakenne

Valmisteilla olevaan Vesiviljelyn tulosityksikön viljelykantarekisteriin kootaan yhte-näiseen, käyttökelpoiseen muotoon kantakohtaiset tiedot kaikista RKTL:n viljelylaitoksissa ja maitipankeissa säilytettävistä kalalajeista/muodoista ja rapulajeista, niiden taustoista, tilasta ja monimuotoisuudesta. Rekisteri on kantakohtainen, taulukkomuotoinen tietopankki (kuva 1, esimerkkinä Kuolimon kannan nieriä), joka sisältää seuraavia tietoja:

Laji: Lajin koko nimi (suomi, tieteellinen).

Kanta: Kannan koko nimi.

Koodi: RKTL:n laji/muoto- ja kantaluettelon mukainen lyhenne.

Alkuperäinen levinneisyys: Alkuperäinen esiintymisalue; päävesistöalueen nimi, ensimmäisen-kolmannen jakovaiheen osa-alueen nimi ja numero(t) vesistöaluejaon mukaisesti (Ekholm 1993). Lisätietoja 1 -kohtaan tarvittaessa lisäselvityksiä.

Kannan ominaisuudet: Lisääntymiseen liittyviä ominaisuuksia; kudullemeno, kutu-aika laitoksessa (luonnossa) ja sukukypsyysikä.

Viljeltävyys: Viljelyyn liittyviä riskitekijöitä; terveysongelmat ja muut mahdolliset riskit. Lisätietoja 2 -kohtaan tarvittaessa lisäselvityksiä.

Lajin/luonnonkannan nykyinen tila: Arvio lajin (uhanalaisten kasvien ja eläinten seurantatoimikunnan mietinnön mukainen) ja kannan (RKTL:n vesiviljelyn näkemys) nykyisestä tilasta. Lisätietoja 3 -kohtaan tarvittaessa lisäselvityksiä.

Säilyttämismenetelmä: Säilytyksessä käytettävät menetelmät ja kannan mahdolliset uhkatekijät luonnossa. Lisätietoja 4 -kohtaan tarvittaessa lisäselvityksiä.

Laitokset, viljelyn tarkoitus: Mitkä RKTL:n laitoksista huolehtivat kannan säilytys- ja varaparviviljelystä sekä mädin- ja poikastuotannosta, missä muualla kyseistä kantaa on viljelyssä.

Laitokset: LAU=Laukaa, TER=Tervo, SAI=Saimaa, TAI=Taivalkoski, KAI=Kainuu, KUU=Kuusamo, LSA=Lautiosaari, MUO=Munio, TOR=Tornionjoki, INA=Inari, SAR=Sarmijärvi.

Emo/säilytysviljelyn aloittaminen: Historiatietoa viljelyn aloittamisesta; ensimmäinen viljelyynottovuosi tai vuosikymmen, perustajayksilöiden alkuperäpaikka, nykyiset emokalanpyynti-/mädinhankintapaikat ja niiden sijainnit yhtenäiskoordinaattiruutuna (1x1km, peruskartan punaiset ruudut). Lisätietoja 5 -kohtaan tarvittaessa lisäselvityksiä.

Uusien emokalastojen/säilytysparvien perustaminen: Emokalastojen tai säilytysparvien perustamiseen liittyviä asioita; paritustapa, perustamistiheys, tavoite kutuparien määrästä parvia perustettaessa, perustajayksilöiden alkuperä, käytetäänkö pakastemaitia ja montako perinnöllisesti erilaista rinnakkaisparvea pidetään keskimäärin viljelyssä tai on tavoitteena saada viljelyyn. Lisätietoja 6 -kohtaan tarvittaessa lisäselvityksiä.

Perimän tutkimus: Luonnon- ja laituskalojen geneettisen perimän tutkimiseen liittyviä asioita; tutkittu vai ei, minä vuonna/vuosina ja yleisluonnehdintaa kannasta. Lisätietoja 7 -kohtaan tarvittaessa lisäselvityksiä, mm. käytetyt menetelmät, tutkittujen kalojen iät ja määrät.

Kirjallisuus: Kannan tilaan ja säilyttämiseen liittyvää keskeistä kirjallisuutta.

Lisätietoja: Tarkentavia tietoja, joihin viitattu kohdissa ks. Lisätietoja 1-7 sekä muuta-kohtaan mahdollisia asioita, jotka eivät tule ilmi edellisissä kohdissa.

Rekisteritaulukoiden tietojen pohjalta on laadittu kunkin alkuperäisen kannan osalta kartat, joissa on esitetty nykyiset emokalanpyynti-/mädinhankintapaikat (kuva 2, esimerkkinä purotaimen).

Rekisterin ylläpito ja käyttö

Viljelykantarekisteri tallennetaan sähköiseen muotoon ja se tulee kuulumaan tutkimuslaitoksessa ylläpidettäviin tietokantoihin ja sitä päivitetään kun uutta kantakohdasta tietoa on saatavissa ja/tai uusi kala- tai rapulaji tai kanta otetaan viljelyyn. Rekisteri laaditaan omaksi kokonaisuudekseen ja se tullaan linkittämään yhteistyönä Vesiviljelyn tulosityksikön ja Helsingin yliopiston professori Esa Rannan tutkimusryhmän kesken tekeillä olevaan emokalastojen geneettiseen tietokantaan.

Uhanalaisten kalalajien/muotojen ja -kantojen osalta rekisteri toimii Suomen ”virallisena” rekisterinä niistä lajeista ja kannoista, joita valtion varoilla erilaisten sitoumusten perusteella ylläpidetään RKTL:n kalanviljelylaitoksissa.

Ei-uhanalaisten ja tuotujen kalalajien/muotojen ja -kantojen osalta rekisteri täydentää RKTL:n vesiviljelyn kokonaiskuvaa, antamalla tietoa myös näistä, pääasiassa tuotannon tarkoitukseen viljellyistä lajeista tai kannoista.

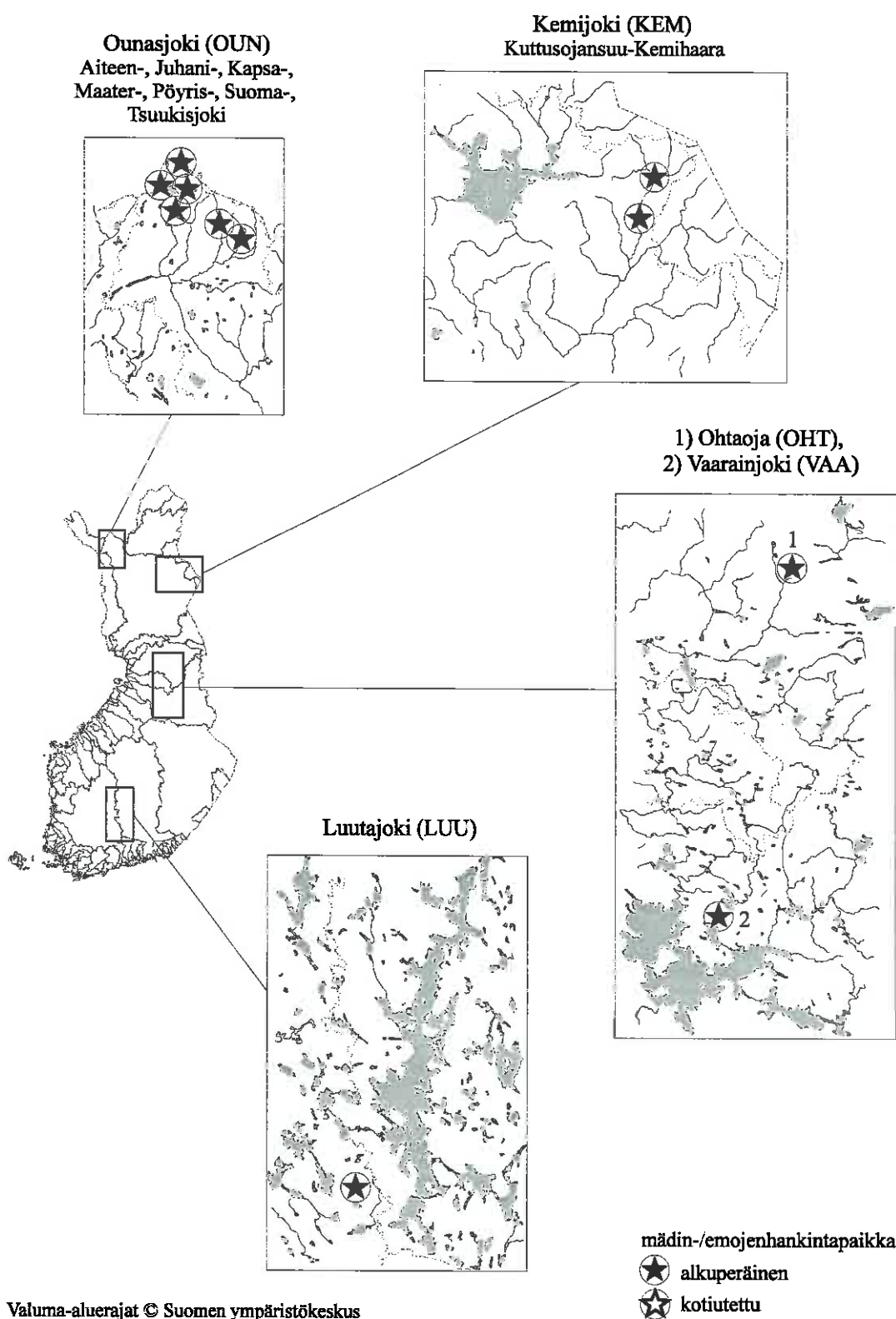
Rekisteri helpottaa etenkin RKTL:sta ja MMM:tä ottamaan kantaa jo nyt säilytyksessä oleviin uhanalaisiin kalalajeihin/muotoihin ja -kantoihin sekä mahdollisten uusien lajien ja kantojen säilytysviljelyyn ottamisesta koskeviin päätöksiin. Toisaalta rekisteri toimii ”kantakirjana”, jonka tietoja voidaan hyödyntää asiakaskontakteissa ja myös markkinoinnissa alueellisella tasolla RKTL:n viljelylaitoksissa.

VILJELYKANTAREKISTERI: (erittäin uhanalainen)

LAJI NIERIÄ (<i>Salvelinus alpinus</i> L.)		KANTA Kuolimo	KOODI NN-KUO	(rasti ruutuun ☒ kopioid)
ALKUPERÄINEN LEVINNEISYYS vesistöalue alueen osa nro(t) Vuoksen Vuoksen Iso-Saimaa ym 4.1-4.3 Pielinen 4.4 ks. Lisätietoja 1 ☒		KANNAN OMINAISUUDET • kudulle ☐ nouseva ☐ laskeva ☒ paikallinen • kutuaika 20.10.-20.11. • sukukypsyyssikä 5-6+		VILJELTÄVYYS • terveysongelmia ☐ ei ☒ kyllä mitä ASA-tauti • muut riskit Alhainen optimilämpötila ks. Lisätietoja 2 ☒
LAJINLUONNONKANNAN NYKYINEN TILA Laji Kanta ☐ ei uhanalainen ☒ taantunut ☐ silmälläpidettävä ☒ harvinainen ☐ vaarantunut ☒ puutt. tunnettu ☒ erittäin uhanalainen ☐ hävinnyt ks. Lisätietoja 3 ☒		SÄILYTTÄMISEN MENETELMÄ ☒ emokalanviljely ☒ maitpankki ☒ istutustoiminta alkuperäisille alueille ☒ kotiutus uusille alueille ☐ säilyy luonnossa; kannan mahdollinen uhka ks. Lisätietoja 4 ☒		LAITOKSET viljelyn tarkoitus säilytys mädintuotanto varaparvi poikastuotanto muu, mikä Sopimusskasvatus (2-3 laitosta)
EMO/SÄILYTYSVILJELYN ALOITTAMINEN (mikäli tiedossa) • 1. viljelyynottovuosi 1972 / 1983 (RKTL) • alkuperäispaikka Yövesi, Kuolimo • nyk. emokalanpyynti Pielinen, Puruvesi ym. • yhtenäiskoordinaatit 7021:626,6877:631 (1×1km) ks. Lisätietoja 5 ☒		UUSIEN EMOKALASTOJEN/SÄILYTYSPARVIEN PERUSTAMINEN perustustapa perustamistilanne tavoite kutupant (kpl) ☒ täydellinen ☒ joka vuosi ☒ parittainen ☐ joka toinen vuosi ☐ muu, mikä ☐ joka kolmas vuosi ☐ tarvittaessa pakastemaidin käyttö perinnöllisesti erilaisia rinnakkaisparvia (kpl) ☒ ei ☐ kyllä keskimäärin/tavoite 4-5 ks. Lisätietoja 6 ☒		
PERIMÄN TUTKIMUS luonnonkalat ☒ tutkittu ☐ ei vuosina 1997-1998 luonnehdintaa: Perimä kapea, muuntelu vähäistä. Viljelyyn tarvittaisiin lisämateriaalia luon- laitoskalat ☒ tutkittu ☐ ei vuosina 1997-1998 nosta. ks. Lisätietoja 7 ☒				
KIRJALLISUUS Kallio-Nyberg, I. & Koljonen, M.-L. 1991. Kalakantarekisteri: lohi, taimen ja nieriä. RKTL. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 26:15-115. Koskinen, J. 1993. Selvitys viljelylaitosten emokalaistoista, niiden ylläpitotarkoituksista, sekä ylläpidettävistä kalamääristä ja perustajamääristä. Monista. Pylkkö, P. 1993. Ruokinnan ja kasvatuksellisuuden vaikutus harjuksen ja nieriän ASA-tautiherkkyyteen. RKTL. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 74, 19 s. Pylkkö, P., Pohjanvirta, T. & Pursiainen, M. 1996. Nieriän (<i>Salvelinus alpinus</i>) silmäsamentumat. RKTL. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 109, 21 s. Kalaston suojelutyöryhmän muistio 1996. Helsinki, Maa- ja metsätalousministeriö, Työryhmämuistio 1996:19, 55 s. + liitteet. Makkonen, J. (toim.). 1997. Saimaan nieriä, syvien vesien uhanalainen. RKTL. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 133, 129 s. Kaukoranta, M., Koljonen, M.-L., Koskinen, J. & Pennanen, J.T. 1998. Kala-atlas. RKTL. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 150, 57 s. Primmer, G.R., Aho, T., Piironen, J., Ranta, E. 1999. Fennoskandian alueen nieriän (<i>Salvelinus alpinus</i>) laitos- ja luonnonpopulaatioiden geneettisen monimuotoisuuden selvitys mikrosatelliittimenetelmällä. Teoksessa: Heinmaa, P. & Manninen, K. (toim.). Rista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen XXII vuosikokous. Kala- ja riistaraportteja 147:18-19. Primmer, G.R., Aho, T., Piironen, J., Estoup, A., Cornuet, J.-M. & Ranta, E. 1999. Microsatellite analysis of hatchery stocks and natural populations of Arctic char, <i>Salvelinus alpinus</i> , from the Nordic region: Implications for conservation. Hereditas 130:277-288. LISÄTIETOJA 1) Esiintyi laajalti vesistöalueen suurissa, syvissä ja karuissa järvissä. 2) Harmaakaihin aiheuttamaa mykiön samentumista ja silmien sokautumista todettu useilla laitoskilla. Sopeutunut kylmään veteen, muiden lohikalojen optimilämpötilassa (16 °C) pitkään jatkuva oleskelu aiheuttaa punasolujen hapensitomiskyvyn tyrehtymistä ja sitä kautta hapenpuutetta. Herkkyyt infektioille kasvaa veden lämmetessä. 3) Alkuperäinen, luonnossa lisääntyvä kanta erittäin uhanalainen, lähes täysin viljelyn varassa. Harvakuksena Kuolimossa ja mahdollisesti Saimaan länsiosassa. 4) Nieriää on polkas- ja emokalaistutuksiin pyritty kotiuttamaan lähinnä alkuperäisille alueille, mm. Pieliseen, Puruvedeen ja Suvasvedeen. 5) Emokalanviljelyn aloittamisen (1972) jälkeen oli joitakin katkoja, mutta vuodesta 1983 lukien se on ollut jatkuva. Ensimmäinen laitosparvi perustettu n. 3200 mätimunasta. 6) Emokalastot perustettu 1983-1993 Kuolimosta emopopulaatioissa saattujen luonnonkalojen (11 koirasta & 23 naarasta) sukutoukista. Pyritään edelleen hankkimaan luonnosta materiaalia (mm. Pielinen, Puruvesi) emokalastojen pohjaksi. Uusiin emokalastoihin pyritään siirtämään laitosemojen perimäaines kiertävän linjavallinnan avulla. Mätää tuottavia emokalavuosi-luokkia pidetään keskimäärin 4-5. 7) Mikrosatelliitt-DNA- tekniikalla (1997-1998) tutkitut laitos- ja luonnonkalat: kannan geneettinen muuntelu on vähäistä ja perimä kapeampi kuin Inarin nieriällä, josta kanta polkkaase selvästi. Saimaan eristyneet nieriäpopulaatio ryhmittellään kuuluvaksi eteläisen Suomen ryhmään. Perimän laajentamiseksi/turvauttamiseksi viljelyyn tarvittaisiin lisämateriaalia luonnosta. muuta) -				

Kuva 1. Esimerkki viljelykantarekisteristä, Kuolimon kannan nieriä (pienennetty alkuperäisestä).

PUROTAIMEN (*Salmo trutta m. fario* L.)



Kuva 2. Kartta viljelyssä olevien purotaimenkantojen nykyisistä emokalanpyynti/mädinhankintapaikoista.

Maitipankkitoiminta ja käytäntö

PETRI HEINIMAA

RKTL, Inarin kalantutkimus ja vesiviljely, Saarikoskentie 8, 99870 Inari

Yleistä

Luonnonkalakantojen taantumisen vuoksi on kalojen geneettisiä ominaisuuksia pyritty säilyttämään jo pitkään viljelemällä emokaloja ns. elävänä geenipankkina. Näin on voitu säilyttää Suomessakin useita kalakantoja, joiden luonnonlisääntyminen on muuttuneiden olosuhteiden vuoksi loppunut, esimerkkinä Iijoen lohi. Koska elävien kalojen viljelyssä on pitkällä aikavälillä rajalliset mahdollisuudet säilyttää suuria määriä erilaisia yksilöitä, on koiraiden sukusolujen eli maidin pakastamisesta kehittynyt kalayksilöiden pitkäaikaista säilyttämistä tehostava menetelmä.

Maitipankkitoiminnalle on olemassa periaatteessa hyvät biologiset edellytykset, sillä useimpien kalojen siittiömäärä ja -tuotanto kutukauden aikana on erittäin suuri. Koska pienissä maititilavuuksissa on erittäin suuri määrä siittiöitä, ei myöskään talletettavien maitimäärien tarvitse olla suuria. Käytännössä talteen otettava maitimäärä joudutaan harkitsemaan tarkemmin kunkin lajin tai kannan ja käyttötarpeen mukaisesti.

Maidin pakastaminen on keino kalojen perintöaineksen pitkäaikaiseen säilyttämiseen käyttökelpoisessa muodossa. Nestetyypen lämpötilassa (-196°C) syväjäädytettyjen siittiöiden säilytysaika on periaatteessa rajaton. Teoreettisesti säilytysaikana ainoastaan taustasäteily voi vaikuttaa perintöaineeseen. Maidin pakastaminen tarjoaakin ajasta, paikasta tai kalayksilön eliniästä riippumattoman mahdollisuuden geeniaineksen säilytykseen ja käyttöön. Kalojen mätimunien säilyttämiseen ei vielä pystytä vastaavilla menetelmillä.

Siittiöiden pakastamista voidaan sellaisenaan käyttää kalakantojen perinnöllisen muuntelun säilyttämiseen. Käytännössä pakastetun maidin avulla voidaan myös tukea viljelyllä ylläpidettävien kalakantojen monimuotoisuutta tuomalla emokalastoihin lisää geeniaainesta, jota muutoin ei saataisi käyttöön. Erityisen merkittävää tällainen toiminta on uhanalaisten kalakantojen säilyttämisessä ja monimuotoisuuden ylläpidossa. Maidin pakastaminen laajentaa myös mm. jalostetun kalakannan geenistön käyttömahdollisuuksia. Lisäksi se tarjoaa sekä kalanjalostukselle että tutkimukselle uudenlaisia mahdollisuuksia.

Koska maitipankkitoiminnasta on muodostunut yhä tärkeämpi toimintatapa osana kansallista biodiversiteetin säilyttämistä (Kalaston suojelutyöryhmä 1996, Kansallinen biodiversiteettitoimikunta 1997), on tutkimuslaitos maa- ja metsätalousministeriön asettaman tulostavoitteen mukaisesti päättänyt liittää maitipankkitoiminnan kiinteäksi osaksi kantojen säilyttämistä. Pyrkimyksenä on myös kustannusten alentamiseksi siirtää mahdollisuuksien mukaan eräitä nykyisin viljelyllä säilytettäviä kantoja maitipankkiin.

Tavoitteet

Maitipankkitoiminnan tavoitteina ovat:

1. uhanalaisten tai arvokkaiden kalalajien ja -kantojen maidin tallettaminen pitkäaikaista säilytystä varten,
2. maidin pakastaminen aktiivista hedelmöittämistä varten joko
 - emokalaston geneettisen monimuotoisuuden ylläpitämiseksi tai
 - jalostetun geeniaineksen (esim. kirjolohet) käytön tehostamiseksi.

Maitipankkeihin talletettavien kantojen valinta ja toiminnan priorisointi on tarpeen. Säilyttävän ja varmistavan maitipankkitoiminnan tavoitteiden mukaisesti soveltuvia kriteerejä ovat mm. kannan uhanalaisuus, häviämishukan todennäköisyys, kannan perinnöllinen monimuotoisuus ja ainutlaatuisuus sekä edelleen kannan sisällä yksilöiden perinnöllinen, ekologinen sekä ajallinen edustavuus. Periaatteessa priorisointiperusteet geenistön tallettamiseen pakastettuna tai viljelyssä oleviin emokalastoihin ovat hyvin samankaltaiset.

Vaikka vanhimmat maitipankissa olevat yksilöt ovat jo vuodelta 1982, aloitettiin systemaattinen maitipankkitoiminta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa vasta vuonna 1993. Tällöin alkoi laajamittainen Tenojoen lohen maidin talletus. Maidin tallettaminen on edelleen laajennettu pakastamalla uhanalaisimpien tai muuten arvokkaimpien Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen emokalastojen maitia.

Vuoden 1999 lopussa oli maitipankissa kaikkiaan 9 lajin 21 kannasta tallessa 1 580 yksilön maitia:

Harmaanieriä - Lake Superior
Järvilohi - Vuoksen vesistö
Järvitaimen - Vuoksen vesistö, Juutuanjoki, Siuttajoki
Kirjolohi
Merilohi - Iijoki, Näätäjäjoki, Simojoki, Tenojoki
Meritaimen - Ingarskilajoki, Tornionjoki
Nieriä - Inarijärvi, Kuolimo
Planktonsiika - Rautalammin reitti, Vuoksen vesistö
Vaellussiika - Kemijoki, Kokemäenjoki, Kuusinkijoki, Kymijoki, Tornionjoki

Maidin tallettaminen

Maidin pakastaminen aloitettiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa järvilohella 1980-luvun alkuvuosina mm. sen uhanalaisuuden vuoksi. Järvilohen maitia myös käytettiin muutamien Saimaan kalantutkimus ja vesiviljelyyn perustettujen emokalastojen monimuotoisuuden lisäämiseen, kun luonnosta saadut kalamäärät olivat vain muutamia yksilöitä.

Tekniikkana käytettiin tuolloin yleisesti käytettyä pisaramenetelmää, missä erilaisiin suojaaviin liuoksiin sekoitettu maiti jäädytettiin noin -80°C:ssa hiilihappojään pinnalle tehdyissä koloissa 50-100 µl pisaroina. Pisarat siirrettiin muoviputkiin, jotka varastoitiin nestetyypessä -196°C:ssa. Tekniikan kehittymisen myötä siirryttiin pisaramenetelmästä pillipakastukseen. Siinä suojaliuokseen sekoitettu maiti (500-2 400 µl) pakastetaan muovipilleihin nestetyypen höyryssä ennen pillien siirtoa nestetyyppeen säilytystä varten. Menetelmä on pisaramenetelmää yksinkertaisempi ja myös nopeampi.

Maitipankkitoimintaan kuuluvat pakastustoiminta ja nestetyppisäilytys on tähän asti hoidettu erillisten projektien yhteydessä eri paikoissa vaihtelevilla ratkaisuilla kunkin projektin tarpeiden täyttämiseksi. Maitipankkiin talletettavien kalayksilöiden kerääminen perustuu yleisiin suosituksiin geneettisen monimuotoisuuden säilyttämisestä.

1. Maitia pakastetaan vähintään 50 yksilöstä kustakin kalakannasta. Mikäli kalakantoja ei voida erotella yksilöllisesti pidetään kutakin jokea tai järveä näytteenotto-alueena. Suurista sivujoista otetaan materiaali erikseen talteen. Lisääntymisikä ja ekologinen edustavuus otetaan myös huomioon.
2. Kaloja kerätään vähintään kahtena eri vuonna kullakin alueella yksittäisten vuosiluokkien ylijedustuksen vähentämiseksi.
3. Erityishuomio kohdennetaan kalakantoihin, jotka ovat maantieteellisesti ja ekologisesti laajoja (esim. Tenojoen lohi).
4. Kalakannat, jotka ovat häviämishuonon alla priorisoidaan toisten kantojen edelle (esim. järvilohi, Iijoen ja Nevan lohi, Saimaan nieriä).
5. Kalakannat, joilla on suuri kalataloudellinen merkitys tai suurta tieteellistä merkitystä priorisoidaan myös toisten kantojen edelle (esim. Nevan lohi).
6. Kalakannat, joita uhkaa kannan taantuminen ihmisen toiminnan vuoksi tai muista syistä (esim. Tornionjoen ja Simojoen lohi).
7. Kaikista kaloista, joista maitia talletetaan pakastamalla, otetaan myös kudoksenäyte (esim. eväpalanen absoluuttiseen alkoholiin) DNA:n tallettamista varten myöhempiä analyyskejä varten.

Toimintaohjelma

Uhanalaisten tai arvokkaiden kalalajien ja -kantojen maidin tallettamisessa pitkäaikaista säilytystä varten tavoitteena on saada vuoteen 2001 mennessä kaikki tärkeimmät kalakannat talteen. Kyseisten kalakantoja talletetaan niin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen viljelylaitoksissa olevista kaloista kuin mahdollisista luonnonkalapyyntäjästäkin. Vuoteen 2005 mennessä talletetaan lisää yksilöitä tärkeimpien kalakantojen eri vuosina perustetuista emokalaparvista geneettisiin selvityksiin perustuen. Maidin pakastamisessa aktiivista hedelmöittämistä varten toimitaan erillisten projektisuunnitelmien mukaisesti.

Kun maitipankkitoimintaa käytetään osana jonkin kalalajin tai -kannan monimuotoisuuden säilyttämistä, on talletettavaa maittilavuutta tärkeämpää kerätä mahdollisimman edustavasti maitia saatavissa olevista koiraista. Säilyttävän maitipankkitoiminnan peruslähtökohtana on tallettaa maitia vähintään 50 yksilöltä/kanta. Aktiivista käyttöä varten mitoitukset niin yksilö- kuin maitimäärästäkin tehdään pakastetun maidin suunnitellun käytön mukaisesti.

Käytännössä maidin pakastustoiminta tapahtuu alueellisesti hajallaan olevissa yksiköissä eli siellä missä kutukypsät kalat kulloinkin ovat. Aktiivinen toiminta-aika on yleensä vain 1-3 kk vuodessa, jolloin nestetyypisäiliötä tarvitaan toimintapaikalla. Koko muun ajan säiliöt ovat ainoastaan pakastetun maidin varastointiasioina. Nestetyypin haihtuvuus aiheuttaa jatkuvan täyttötarpeen säilytyslämpötilan pitämiseksi riittävän alhaisena. Nestetyypin jatkuva saatavuus otetaan huomioon astioiden säilytyksessä.

Pakastetun maidin säilytyksen riskien hallintaan on varauduttava. Yksinkertainen tapa pienentää säilytysaikaista riskiä on jakaa kunkin koiraan pakastettua maitia eri varastosäiliöihin. Myös varastosäiliöiden sijoittaminen eri yksiköihin otetaan huomioon tuhoutumisriskin pienentämiseksi varastoinnissa.

Pakastustekniikoista ja muista maidin käsittelyyn liittyvistä seikoista laaditaan ajantasaistettu suomenkielinen käytännön ohjeisto vuoden 2000 aikana. Riittävä menetelmäosaaminen varmistetaan lisäksi järjestämällä käytännön koulutusta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelylaitoksilla, joille käytännön toimintavastuu

luontevimmin soveltuu. Maidin pakastamista varten perustetaan kolme alueellista pakastusryhmää, jotka vastaavat alueidensa yksiköiden pakastustarpeista vuosittaisten toimintasuunnitelmien mukaisesti. Pohjoisin ryhmistä on Lapin alueella (Inari ja Muonio), toinen Pohjois-Suomen alueella (Taivalkoski, Kuusamo, Kainuu ja Lautio-saari) ja kolmas Etelä-Suomessa (Laukaa, Saimaa ja Tervo).

Maitipankkitoiminnan koordinointi edellyttää selkeän tietojärjestelmän kehittämistä ja käyttöönottoa pakastettujen maitierien tallentamisen, käytön sekä tarpeellisen tausta-aineiston ylläpitoon ja seurantaan. Nykyiset erilliset excel-tiedostot korvataan markkinoilla olevalla valmiilla tietokantaohjelmalla (Sperm Saver, World Fisheries Trust, Kanada). Tiedonvaihto maitipankin ja kalakantarekisterin välillä rakennetaan riittävän usein päivitettäväksi. Tietojärjestelmä on maitipankkivastaavan vastuulla ja uudet tiedot tallennetaan keskitetysti. Toimintaan liittyvien tietojen keräämistä varten tehdään tarvittavat lomakkeet.

Maitipankkitoimintaan vuosittain tarvittavat määrärahat riippuvat talletettavien kalakantojen määrästä ja toteutettavasta säilyttämistavasta. Maitipankin perusylläpidon (noin 150 000-200 000 mk) lisäksi tarvitaan maidin tallettamiseen noin 5 000-10 000 mk talletettavaa emokalaparvea kohti ja 1 000-3 000 mk talletettavaa luonnonkalayksilöä kohden. Muista tutkittavista aiheista (kalataudit, geneettiset näytteet, kalabiologiset näytteet) riippuen tarvittavat resurssit kasvavat huomattavasti. Maitipankkitoiminnasta laaditaan vuosittain raportti.

Toiminnan kehittäminen tutkimuksin

Maidin pakastamistoiminta edellyttää jatkuvaa kehittämistä menetelmän sovittamiseksi uusille lajeille ja kullekin lajille käytettävän pakastusliuoksen koostumuksen parantamiseksi. Pakastetun maidin käyttö korvaamaan elävien koiraiden tuottamaa maitiä maidin hedelmöityksissä, edellyttää erityisesti pakastustekniikkaa kehittävää tutkimusta.

Pakastetun maidin käyttö edellyttää myös hyviä geneettisiä tietoja niin pakastetuista kalayksilöistä kuin emokalaparvista ja luonnonkalapopulaatioistakin. Näin ollen geneettiset tutkimukset ovatkin osittain pullonkaula maitipankin optimaaliselle hyödyn-tämiselle.

Tutkimuslaitoksessa onkin viime vuosina panostettu voimakkaasti niin emokalaparvi-en kuin luonnonkalapopulaatioidenkin tutkimiseen yhteistyössä yliopistojen kanssa uusimmilla geneettisillä tutkimusmenetelmillä. Geneettisen tausta-aineiston kasvaessa ja näytekohtaisten kustannusten alentuessa tekniikan kehittyessä, voidaan jatkossa tehostaa kalakantojen monimuotoisuuden säilyttämistä myös elävässä geenipankissa.

Harjukset ja taimenet geenikartalle

TEIJA AHO

Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos, Populaatiobiologian osasto, PL 17, 00014 Helsingin yliopisto / Uppsala Universitet, Evolutionsbiologisk Centrum, Avd. för Zooekologi, Norbyvägen 18D, SE-75236 Uppsala, Sverige

Geneettisen tiedon tarve

Kalakantojamme on perinteisesti hoidettu viljelemällä ja istuttamalla suuria määriä laitoksissa tuotettuja poikasia useisiin vesistöihin. Monien kantojen osalta viljelyhistoria on pitkä, mutta järjestelmällisiä ja perusteellisia selvityksiä eri viljelykantojen geneettisestä monimuotoisuudesta ei ole tehty. Myös vastaavien luonnonkantojen osalta julkaistua tietoa geneettisestä muuntelusta on vähän. Geneettisen tiedon arvo uhanalaisten ja vaarantuneiden kantojen hoidossa on jo laajalti oivallettu, ja geneettistä tietoa on ryhdytty käyttämään viljelyn apuvälineenä.

Yksinkertaisimmillaan geneettiset analyysit tuottavat tietoa eri kantojen geneettisistä eroista. Tällöin saadaan selville mm. se, ovatko jotkin kannat sekoittuneet keskenään. Analysoimalla saman kannan useita emoparvia (esimerkiksi useita ikäluokkia) voidaan selvittää niiden keskinäiset erot ja painottaa tuotantoa sen mukaisesti. Parville voidaan myös laskea esimerkiksi yksilöiden väliset sukulaisuusasteet. Jos geneettistä tietoa on olemassa myös luonnonkannasta, voidaan selvittää esim. istutusten onnistumista ja sitä kuinka kattavasti kunkin kannan geneettistä materiaalia on saatu talteen laitosparviin. Geneettisen materiaalin avulla voidaan myös selvittää onko jokin kanta kulkenut ns. geneettisen pullonkaulan läpi, ts. onko kannan lisääntyvien yksilöiden määrä ollut jossain vaiheessa hyvin alhainen.

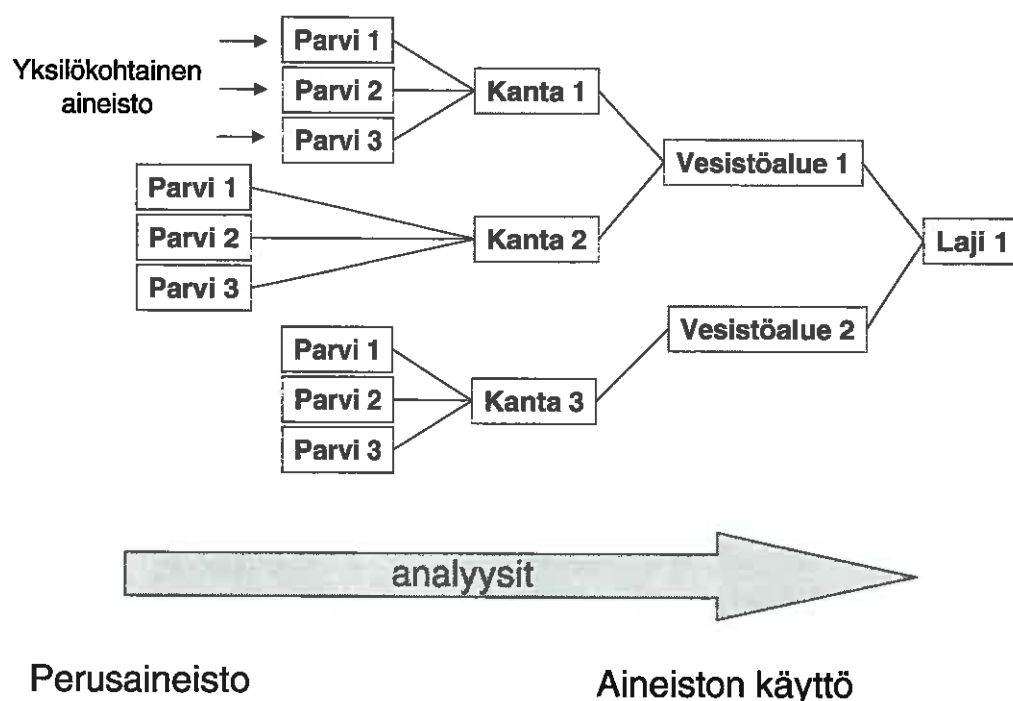
Uusilla tarkoilla DNA-menetelmillä on jo selvitetty nieriäkantojen ja järvilohen geneettinen rakenne (Aho ym. julkaisematon käsikirjoitus, Primmer ym. 1999). Harjusten ja taimenten emokalastojen analyysit ovat juuri valmistuneet ja siikakantojen analysointi on parhaillaan käynnissä. Näihin analyysihin käytettävä mikrosatelliittiteknikka on osoittautunut erittäin käyttökelpoiseksi menetelmäksi kalapopulaatioiden perinnöllisen muuntelun tutkimisessa ja siihen sekä laitos- että luonnonympäristössä vaikuttavien tekijöiden selvittämisessä (Aho 1999, Primmer ym. 1999).

On tärkeää, että kaikkien parvien ja kantojen (sekä laitos- että luonnonkannat) analysointiin käytetään samaa menetelmää, jolloin aineistot ovat suoraan vertailtavissa toisiinsa. Tällöin on helppoa vertailla eri kantojen monimuotoisuutta keskenään ja tehdä päätelmiä esimerkiksi viljelymenetelmien tehokkuudesta geneettisen monimuotoisuuden säilyttämisessä. Kun analyysitulokset ovat selkeästi koottuna yhteen tietokantaan, ne ovat vertailukelpoisia keskenään ja myös tulevaisuudessa tehtävien vastaavien analyysien kanssa. Tässä esiteltävä lähinnä vesiviljelyn käyttöön tarkoitettu emokalastojen geneettinen tietokanta tulee sisältämään harjusten ja taimenten lisäksi mm. järvilohen, nieriöiden ja siikojen emokalastot.

Nelitasoinen geneettinen tietokanta

Tietokannan rakenne

Emokalastoista koottava geneettinen tietokanta tulee sisältämään aineistoa neljällä eri tasolla (kuva 1). Yksilökohtainen aineisto kootaan ensin parvikohtaisiksi tiedoiksi, jotka edelleen analysoidaan kanta-kohtaisiksi. Tämän jälkeen aineistoa voidaan tarvittaessa tarkastella vesistökohtaisesti ja lopuksi lajitasolla. Mitä ylemmäs tässä hierarkiassa kuljetaan, sitä enemmän aineistoa on käsiteltävissä ja geneettinen tieto muuttuu yhä laajemmalti hyödynnettävään muotoon.



Kuva 1. RKTL:n emokalastojen nelitasoisen geneettisen tietokannan rakenne.

Parvikohtainen tarkastelu

Tietokannan ensimmäisellä tasolla esitellään parvikohtaiset tiedot. Parvitason tarkastelu koostuu kullekin parvelle lasketuista geenipaikkakohtaisista perustiedoista. Tässä luetaan analysoitujen geenipaikkojen nimet, analysoitujen yksilöiden määrä, geenipaikasta löytyneiden eri geenimuotojen määrä sekä geenidiversiteetti (odotettu heterotsygotia-aste) ja havaittu heterotsygotia-aste. Viimeksimainitut ovat geneettistä monimuotoisuutta kuvaavia tunnuslukuja, joita voidaan verrata muiden parvien ja kantojen vastaavien geenipaikkojen tunnuslukuihin. Parven kaikkien yksilöiden välille voidaan myös laskea sukulaisuusasteet (nk. r -arvo), josta voidaan päätellä kuinka paljon parvessa on esimerkiksi täyssisaruksia, sekä toteutunut efektiivinen populaatiokoko, eli kuinka monen perustajayksilön jälkeläisiä kussakin parvessa keskimäärin on.

Erittäin tärkeä osa parvikohtaista tarkastelua on parven perustamistiedot. Näihin sisältyy mahdollisimman tarkat tiedot kunkin parven perustamishistoriasta, ts. millaisia ja kuinka paljon perustajayksilöitä on käytetty, millaista hedelmöitys- ja haudontatapaa on käytetty, onko kunkin perheen jälkeläismäärä tasattu emoparvea perustettaessa jne. Myös näytehistoria on syytä selvittää, ts. näytteenottoajankohta ja näytteen edusta-

vuus eli kuinka suuri osa koko parvesta on analysoitu. Näiden tietojen perusteella on mahdollista arvioida geneettisistä analyyseistä saatuja tietoja ja tehdä päätelmiä parven edustavuudesta koko kantaa ajatellen.

Jokainen parvikohtainen tarkastelu päättyy yhteenvedo-osaan, jossa esitetään parven monimuotoisuusarvio ja käsitellään geneettisen aineiston tuottamia tuloksia parven taustatietojen valossa.

Kantakohtainen tarkastelu

Kantakohtainen tarkastelu alkaa parvikohtaisten tietojen yhteenvedolla. Tämä tarkoittaa sitä, että yhdistämällä parvikohtaiset aineistot kullekin kannalle lasketaan samat perustiedot kuin parvikohtaisessa tarkastelussa (geenipaikat, yksilömäärä, heterotsygotia-aste jne.). Tämän lisäksi tarkastellaan parvien välisiä eroja vertailemalla eri geenimuotojen määrää ja niiden esiintymistajuuutta eri parvissa. Näiden perusteella lasketaan parvien välille ns. FST –arvot, jotka kuvaavat parvien välisen erilaisuuden astetta. Parvien eroja (tai samankaltaisuutta) tarkastellaan parvikohtaisten taustatietojen valossa, jolloin huomiota kiinnitetään erityisesti eroihin parvien perustamishistoriassa, mahdollisiin laitosvaikutuksiin ja manipulaatioihin. Näitä kantakohtaisia tietoja voidaan vertailla myös vastaavan luonnonpopulaation tietoihin, mikäli analyysituloksia on saatavilla.

Tässä vaiheessa on tarpeen huomioida senhetkinen tutkimuksen kattavuus, ts. mitkä parvet on tutkittu ja kuinka hyvin nämä edustavat koko kannan viljelyssä olevaa materiaalia. Tämän jälkeen päästäänkin käytännön kannalta tärkeään vaiheeseen, eli suositukseen parvien käytöstä. Aineiston perusteella voidaan laatia yleiset suositukset parvien käytöstä ja antaa yksityiskohtaisempiakin ohjeita kunkin parven käytöstä (esimerkiksi eri ikäluokkien painottamisesta istukkaiden tuotannossa). Aineiston perusteella voidaan myös antaa suosituksia parvien uusimisesta, lisämateriaalin hankinnasta (uusia emokaloja luonnosta) tai esimerkiksi maidin pakastuksesta.

Tiivistetty alustava esimerkki kantakohtaisesta tarkastelusta:

KANTAKOHTAINEN TARKASTELU

Kanta:	Järvitaimen	Ivalojoiki		
Lokus	Yksilöitä	Alleeleja	H(obs)	H(exp)
Ssa85	47	6	0,6	0,55
SSOSL417	48	9	0,75	0,8
One9	41	8	0,46	0,61
Ssa197	48	7	0,67	0,65
MST15	32	5	0,56	0,8
MST60	48	4	0,52	0,52
MST73	28	7	0,39	0,73
Keskiarvot:	41,71	6,57	0,57	0,67

Parvien väliset erot: JTIVA95 -parven keskimääräinen alleelimäärä (5,86) on hieman korkeampi kuin IVA92 -parven (5,43). Havaittu heterotsygotia-aste on kuitenkin IVA95 -parvessa alhaisempi (0,51) kuin IVA92-ikäluokassa (0,62). Parvien alleelifrekvenssit ovat suuntaa antavasti erilaiset (Arlequin, pairwise differentiation test, $p = 0.091$). Erilaisten alleelien määrään perustuva Fst-arvo (kuvaava populaatioiden erilaistumisen astetta) on kuitenkin suhteellisen korkea $F_{st} = 0.038$ ja tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0.00001$). Parvet ovat siis keskenään erilaisia, mutta monimuotoisuusasteeltaan suunnilleen samantasoisia.

Erojen tulkinta: Molemmat analysoidut parvet (IVA92 ja IVA95) ovat toista laitossukupolvea. IVA95 -parven korkeampi alleelimäärä saattaa johtua siitä, että parven perustamiseen on käytetty kolmatta emoparvea IVA92:n perustajina käytettyjen kahden parven lisäksi. Erot havaituissa heterotsygotia-asteissa eivät ole kovin merkittäviä, ja odotetut heterotsygotia-asteet (geenidiversiteetti) ovat samansuuruiset. Ero alleelifrekvensseissä ovat tilastollisesti merkitseviä lokuksissa One9, Ssa197 ja MST15. Yhteensä kaikissa lokuksissa IVA92 -parvessa on 5 alleelia, joita ei löytynyt IVA95 -parvesta (taajuuksilla 0,021-0,104). IVA95 -parvessa puolestaan on 8 alleelia, joita ei löytynyt IVA92-parvesta (taajuudet 0,021-0,206). Kaikki eivät siis ole harvinaisia alleeleja, joten erot eivät voi johtua pelkästään sattumasta esimerkiksi näytteenottoon liittyen.

Vertailu luonnonpopulaatioon: Ei vielä tietoja luonnonpopulaatiosta.

Suosituksukset parvien käytöstä: Molemmissa parvissa on geenimuotoja, jotka puuttuvat toisesta parvesta kokonaan, joten parvien geneettinen koostumus on erilainen. Istukkaiden tuottamisessa on käytettävä emoja molemmista parvista. Risteytykset tulisi tehdä parvien välillä.

Vesistö- ja lajikohtainen tarkastelu

Joidenkin kantojen osalta on hyödyllistä tarkastella geneettistä aineistoa myös vesistöalueittain. Esimerkiksi Inarinjärven alueella esiintyy useita eri kutupopulaatioita (kantoja), ja hoitostrategioista päätettäessä on tarpeen tietää kuinka erilaisia nämä kutupopulaatiot ovat. Tällöin tarkastellaan populaatioissa esiintyvien geenimuotojen määrää ja niiden taajuutta, ja niiden perusteella lasketaan kuinka suuria eroja populaatioiden välillä esiintyy. Tarkastelussa on syytä ottaa huomioon myös muut kantoja koskevat tiedot, esimerkiksi tiedot käyttäytymisestä, morfologiasta ja kasvusta. Näiden tietojen perusteella on mahdollista tehdä päätöksiä nk. hoitoyksiköistä, eli siitä hoidetaanko kantoja erillisinä, voidaanko joitakin kantoja yhdistää ja kuinka istukkaiden tuotanto kohdennetaan. Samalla tavoin voidaan aineistoa tarkastella lajeittain, eli esimerkiksi vertaamalla kaikkia taimenkantoja keskenään.

Tiivistetty alustava esimerkki vesistökohtaisesta tarkastelusta:

VESISTÖKOHTAINEN TARKASTELU: Inarinjärven alueen järvitaimenkannat

Populaatioiden väliset erot: Kaikki neljä Inarinjärven alueen järvitaimenen populaatiota eroavat geneettisesti toisistaan emoparvien osalta. Alleelifrekvenssit ovat erittäin merkitsevästi erilaiset kaikkien upopulaatioiden välillä. Myös erojen suuruutta mittaavat Fst-arvot ovat suuria ja erittäin merkitseviä.

Fst-arvot Ivalojoen, Juutuanjoen, Kiellajoen ja Tsiuttajoen taimenten välillä:

	Ivalojoen	Juutuanjoen	Kiellajoen
Juutua	0,154		
Kiella	0,073	0,139	
Tsiutta	0,083	0,199	0,084

Erot ovat suurimmat Juutuanjoen ja muiden populaatioiden välillä. Tämä johtunee Juutuanjoen emoparvien vähäisestä muuntelusta verrattuna muihin populaatioihin. Ivalo-, Kiella- ja Tsiuttajoen väliset erot ovat pienempiä, mutta tilastollisesti erittäin merkitseviä, ja vesistöalueen sisäisiksi eroiksi huomattavan suuria. Kaikkien populaatioiden emoparvissa on yhdestä neljään alleelia, joita ei löydy muiden populaatioiden emoparvista. Nämä alleelit ovat taajuudeltaan jokseenkin harvinaisia (0,01-0,047), joten niiden puuttuminen toisista populaatioista voi johtua myös sattumasta.

Muut tiedot:

Suosituks: Geneettiset erot populaatioiden välillä ovat niin suuret, että kantoja on hoidettava erillisinä. Kannoista tulee ylläpitää erillisiä emokalastoja ja poikasistutukset on hoidettava kunkin kannan omilla istukkailla.

Toteutus

Geneettinen tietokanta emokalastoista laaditaan omaksi kokonaisuudekseen ja tullaan linkittämään Vesiviljelyn tulostietokannan tilintalouteen. Tietokannan sähköisen version on tarkoitus olla jatkuvasti päivitettävä, jolloin sitä voidaan helposti ja nopeasti käyttää viljelyn apuvälineenä. Artikkelimuotoisena tietokanta tullaan kokonaisuudessaan julkaisemaan sekä suomen- että englanninkielisenä.

Tietokantaan sisällytettävät harjus- ja taimenkannat

Tietokantaan sisällytettävät harjus- ja taimenkannat on analysoitu Vesiviljelyn tulostietokannan ja Helsingin yliopiston professori Esa Rannan tutkimusryhmän yhteisen hankkeen (Vety kehittämishanke 503024) puitteissa. Nämä kannat ovat: HARJUS: Etelä-Saimaa, Iijoki, Juutuanjoki, Kajaaninjoki, Kemijärvi, Kitkajoki (Jyrävän yläpuolinen kanta), Kitkajärvi, Lieksanjoki, Oulujoen vesistöalue, Perämeri, Puruvesi ja Rautalammin reitti. MERITAIMEN: Iijoki, Ingarskilajoki, Isojoki, Lestijoki ja Tornionjoki. JÄRVITAIMEN: Ivalojoen, Juutuanjoki, Kiellajoki, Kitkajoki (Jyrävän alapuolinen ja yläpuolinen kanta), Kongasjoki, Kuusinkijoki, Lohijoki, Monta, Oulujoen vesistöalue, Rautalammin reitti, Tsiuttajoki ja Vuoksen vesistöalue. PUROITAIMEN: Kemijoki, Luutajoki, Ohtaoja, Ounasjoki ja Vaarainjoki.

Kirjallisuusviitteet

Aho, T. 1999. Mikrosatelliitti-DNA tutkimustekniikkana. - RKTL, Kala- ja riistaraaportteja 147:12-16.

Aho, T., Piironen, J., Ranta, E. & Primmer, C. Maintenance of genetic variation in an endangered landlocked population of Atlantic salmon (*Salmo salar* m. *sebago*, Girard). Julkaistavaksi tarjottu käsikirjoitus.

Primmer, C. R., Aho, T., Piironen, J., Estoup, A., Cornuet, J-M. & Ranta E. 1999. Microsatellite analysis of hatchery stocks and natural populations of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from the Nordic region: implications for conservation. *Hereditas* 130:277-289.

Posion Karhunpesälammesta uusi kanta nieriäkartalle? (Genetic characterisation of a potentially new population of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from the Posio region)

CRAIG PRIMMER^{1,5}, ERKKI HUTTULA², PETRI SÄRKISAARI², ARI HUUSKO³, JORMA PIIRONEN⁴ JA ESA RANTA¹

¹ Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos, Populaatiobiologian osasto, PL 17, 00014 Helsingin yliopisto

² Lapin ympäristökeskus, PL 8060, 96101 Rovaniemi

³ RKTL, Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely, Manamasalontie 90, 88300 Paltamo

⁴ RKTL, Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely, Laasalantie 9, 58175 Enonkoski

⁵ Corresponding author: Craig.Primmer@helsinki.fi, fax +358 9 191 7301

Summary

Countries of the Nordic region contain about 84% of the world's indigenous Arctic charr stocks (MAITLAND 1995). However, despite extensive surveys, very little information is available as to the genetic structuring of populations. For example, earlier studies using allozymes (e.g. FERGUSON 1981; OSINOV and PAVLOV 1998), mtDNA RFLPs (DANZMANN et al. 1991; BRUNNER et al. 1998) mtDNA sequencing (VOLPE and FERGUSON 1996; WILSON et al. 1996) and minisatellite fingerprinting (VOLPE and FERGUSON 1996) revealed little variation and therefore differentiation between populations has been difficult to detect. Recently however, several studies have revealed high levels of microsatellite variation Arctic charr populations of from Canada and the Alpine and Nordic regions (BERNATCHEZ et al. 1998; BRUNNER et al. 1998; PRIMMER et al. 1999). Some of these studies have reported the identification of genetically distinct populations situated as little as 10 km apart (BERNATCHEZ et al. 1998; PRIMMER et al. 1999).

As with other species of the Salmonidae family (ALLENDORF and WAPLES 1996), numerous indigenous Arctic charr populations are endangered or have even gone extinct due to factors such as over-fishing and eutrophication. Arctic charr populations of Finland are no exception, with the Finnish Arctic charr stock registry in listing only 40% of all stocks as being safe from the threat of extinction (KALLIO-NYBERG and KOLJONEN 1991). Therefore, ecological and genetic characterisation of newly discovered populations can provide valuable information for conservation purposes.

Given the vulnerable state of many of these populations, microsatellite analysis would appear to be the genetic marker of choice for genetic analyses not only due to the increased levels of polymorphism detected compared to other marker types, but also because samples can be taken without harming the fish. The recent discovery of an Arctic charr population in a small lake in the Siikajoki watercourse prompted interest to determine if the population could be of native origin, or if it was most likely the result of private stocking. As our group had previously carried out genetic research on the majority of Arctic charr hatchery stocks maintained in Finland, the possibility of identifying a case of stocking was expected to be good. In this seminar, the genetic

characterisation of this population, which was initiated when samples from only three individuals were available will be described, and the genetic relationships between this potential new Arctic charr stock, and other Arctic charr populations from the region will also be presented.

References

- Allendorf FW and Waples RS, (1996). Conservation and genetics of salmonid fishes. In: Conservation genetics: case histories from nature. Eds Avise and Hamrick, Chapman & Hall, NY. p. 238-280.
- Bernatchez L, Dempson JB and Martin S, (1998). Microsatellite gene diversity analysis in anadromous arctic char, *Salvelinus alpinus*, from Labrador, Canada. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 1264-1272.
- Brunner PC, Douglas MR and Bernatchez L, (1998). Microsatellite and mitochondrial DNA assessment of population structure and stocking effects in Arctic charr *Salvelinus alpinus* (Teleostei: Salmonidae) from central alpine lakes. Mol. Ecol. 7: 209-223.
- Danzmann RG, Ferguson MM, Skulason S, Snorrason SS and Noakes DLG, (1991). Mitochondrial DNA diversity among four sympatric morphs of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L., from Thingvallavatn, Iceland. J. of Fish Biol. 39: 649-659.
- Ferguson A, (1981). Systematics of Irish charr as indicated by electrophoretic analysis of tissue proteins. Biochem. Syst. Ecol. 9: 225-232.
- Kallio-Nyberg I and Koljonen M-L, (1991). The Finnish char (*Salvelinus alpinus*) stock register. Finnish Fish. Res. 12: 77-82.
- Maitland PS, (1995). World status and conservation of the Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.). Nordic J. Freshw. Res. 71: 113-127.
- Osinov AG and Pavlov SD, (1998). Allozyme variation and genetic divergence between populations of arctic char and dolly varden (*Salvelinus alpinus*-*Salvelinus malma* complex). J. Ichthyol. 38: 42-55.
- Primmer CR, Aho T, Piironen J and Ranta E, (1999). Examination of microsatellite variability in Nordic land-locked arctic charr, *Salvelinus alpinus* populations: implications for conservation. Hereditas 130: 277-289.
- Volpe JP and Ferguson MM, (1996). Molecular genetic examination of the polymorphic Arctic charr *Salvelinus alpinus* of Thingvallavatn, Iceland. Mol. Ecol. 5: 763-772.
- Wilson CC, Hebert PDN, Reist JD and Dempson JB, (1996). Phylogeography and postglacial dispersal of Arctic charr *Salvelinus alpinus* in North America. Mol. Ecol. 5: 187-197.

Harjuskantojen erot ja leviämishistoria Pohjois-Euroopassa

MIKKO KOSKINEN

Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos, Populaatiobiologian osasto, PL 17, 00014 Helsingin yliopisto

Molekyyliogenetiikan kehitys on ollut erittäin nopeaa viimeisen viidentoista vuoden ajan. Nopean kehityksen ovat mahdollistanut erityisesti DNA:n monistukseen ja tunnistukseen liittyvät tekniset läpimurrot. Molekyyliogeneettisten menetelmien käytöllä on lukuisia sovellutuksia. Ne esimerkiksi mahdollistavat historiallisten lajien elinympäristöjen muutosten liittämisen populaatioiden tämänhetkisiin geneettisiin rakenteisiin (ns. fylogeografinen tutkimus; Avise *et al.* 1987).

Fylogeografisen tutkimuksen yleisin sovellutus on ollut evolutiivisesti eriytyneiden populaatioiden tunnistus. Lisäksi se on mahdollistanut esimerkiksi geenivirran, populaatioiden efektiivisen koon ja lajien historiallisten levittäytymisreittien tarkastelun (Avise *et al.* 1984; Avise *et al.* 1988). Siten fylogeografinen tutkimus on saavuttanut erittäin keskeisen aseman lajien suojeluun tähtäävän genetiikan alalla (Bernatchez & Wilson 1998). Erityisesti lajeilla joihin ihmisten toimet ovat vaikuttaneet / vaikuttavat paljon, fylogeografinen tutkimus on tärkeää.

Fylogeografisia tutkimuksia on tehty lohikaloilla paljon (Bernatchez & Wilson 1998). Lohikalojen osakseen saama suosio on perusteltua, sillä ne ovat voimakkaan sopeutuneisuutensa vuoksi varsin herkkiä ihmisen aiheuttamille elinympäristöjen muutoksille. Lohikalojen uhanalaistumisen seurauksena niiden laitoskasvatus ja istutukset ovat lisääntyneet runsaasti. Perimältään erilaistuneiden linjojen tunnistus (fylogeografinen tutkimus) edesauttaa istutusten onnistumista, sekä populaatioiden evolutiivisen muutuskäytön säilyttämistä.

Harjuksen sukuun (*Thymallus*) luetaan kuuluvaksi neljästä kuuteen eri lajia. Yleisimmän eri lajeiksi ilmoitetaan eurooppalainen harjus (*T. thymallus*), pohjanharjus (*T. arcticus*), sekä kaksi Mongoliassa esiintyvää lajia (*T. brovistris* ja *T. nigrescens*). *T. thymallus* on varsin runsaslukuinen ympäri Eurooppaa tavattava laji, joskin sen on todettu olevan uhanalaistumassa (Lelek 1984). Muista Euroopan lohikaloista poiketen, harjuksella ei käytännössä ole tehty fylogeografista tutkimusta. Siten lajin suojelulla ei ole populaatioiden perinnöllisten erojen tuntemisen tuomaa tieteellistä pohjaa.

Euroopassa tehdyt fylogeografiset tutkimukset ovat osoittaneet viimeisimmän jääkauden vaikuttaneen populaatioiden välillä havaittaviin perinnöllisiin eroihin. Teorian mukaan lajien populaatiot eriytyivät suurten lämpötilavaihtelujen aikana populaatioryhmiin, joiden välillä ei esiintynyt geenivirtaa. Jään lopullisesti vetäytyessä (etelästä pohjoiseen), populaatiot levittäytyivät uusille alueille eri ryhmistä ja niiden välille oli syntynyt sattuman ja luonnonvalinnan seurauksena perinnöllisiä eroja (Hewitt 1996). Viimeisin jääkausi oli huipussaan noin 18 000 vuotta sitten (BP) ja Pohjois-Euroopassa suurin osa jäämassoista oli sulanut 10 000 BP mennessä (Svendsen *et al.* 1999). Siten on todennäköistä, että jos esimerkiksi harjuspöytälaikojen välille on syntynyt jääkauden vaikutuksesta perinnöllisiä eroja, erojen syntyäika on ollut aikaisemmin kuin 10 000 BP.

Mitokondriaalinen DNA (mtDNA) sopii pitkien aikajaksojen tarkasteluun mainiosti. Se periytyy yksilöille ainoastaan naaraiden välityksellä ja mahdollistaa siten niin sanottujen maternaalisten linjojen seuraamisen. Useissa tutkimuksissa on osoitettu

mtDNA:n sopivan hyvin juuri viimeisen jääkauden kattavan aikajakson DNA-muutosten tutkimiseen (Moritz *et al.* 1987). Tässä esityksessä keskityn eurooppalaisen harjuksen mtDNA:n muutosten kuvaamiseen ja niiden merkitykseen erityisesti Pohjois-Euroopan evolutiivisesti eriytyneiden harjuspopulaatioiden paljastajana.

Mitokondriaalisen DNA:n muutosten tutkiminen

Yksilöiden ja populaatioiden mitokondriaalisen DNA:n erojen tarkastelu voidaan jakaa kahteen erilaiseen tekniikkaan. Ensimmäisessä selvitetään sekvensoimalla tiettyjen mtDNA alueiden tarkka emäskoostumus. Vertaamalla sekvensoitujen yksilöiden emäskoostumusta voidaan päätellä niihin sattuneet mutaatiot. Toisessa menetelmässä hyödynnetään DNA:ta tietyistä kohdista pilkkovia restriktioentsyymejä. Entsyymien tunnistuskohtaan sattuneet mutaatiot aiheuttavat eroja yksilöiden (ja toivottavasti populaatioiden) välille. Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin kahden em. tekniikan yhdistelmää. Käytimme aluksi suurta entsyymimäärää (ja suurta osaa yksilöiden mitokondrioista) populaatioiden tarkasteluun ja löydettyämme eriytyneet linjat, varmistimme havaintomme sekvensoimalla hyväksi todetun mtDNA alueen yksilöiltä, joiden välillä olimme havainneet merkittäviä perinnöllisiä eroja.

Pohjois-Euroopassa harjuspopulaatiot sisältävät kaksi mitokondriaaliselta DNA:ltaan suuresti eroavaa linjaa

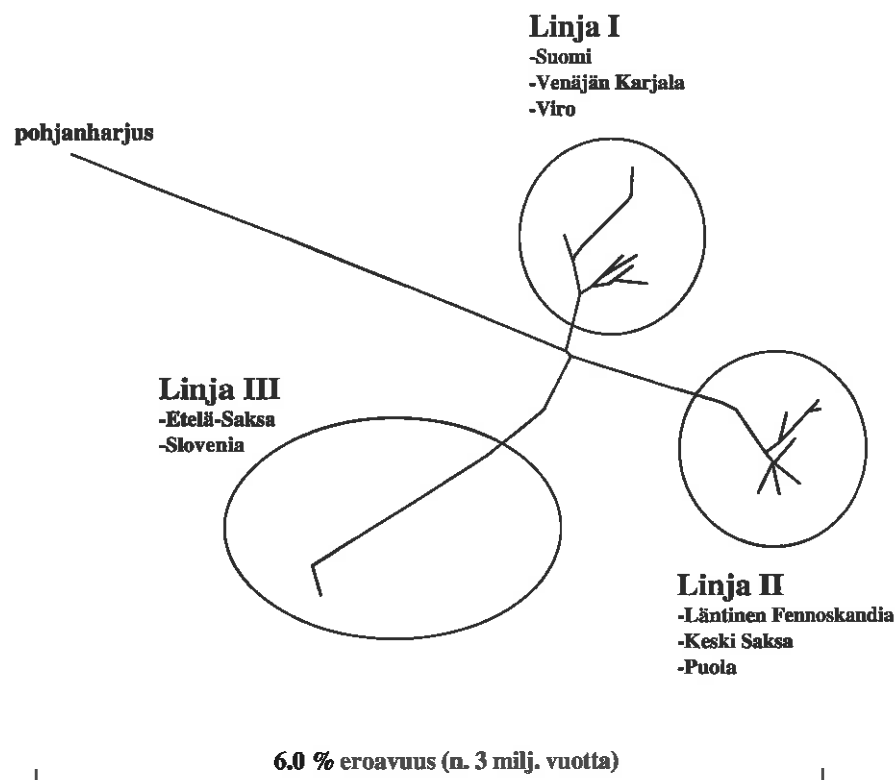
Havaitsimme Pohjois-Euroopan harjuskantojen sisältävän kaksi toisistaan huomattavan erilaista mitokondriaalista linjaa (kuva 1). Linjojen väliset mtDNA:n erot vastasivat yleisesti käytettyjen mutaationopeuksien mukaan niiden eriytymistä yli 400 000 vuotta sitten. Siten näiden linjojen edustajat ovat todennäköisesti selviytyneet huomattavia lämpötilavaihteluja erillään sijaitsevista populaatioryhmissä viimeisen jääkauden aikana (Koskinen *et al.* 2000). Havaitsemamme linjojen väliset erot olivat suuruudeltaan hyvin lähellä esimerkiksi taimenen eriytyneille mtDNA linjoille lasketuja eroja (Bernatchez *et al.* 1992).

Tutkimamme Keski- ja Etelä-Euroopan harjukset kuuluvat kolmanteen eriytyneeseen mtDNA linjaan (kuva 1). Kolmannen linjan eroaminen kahdesta ensimmäisestä on todennäköisesti tapahtunut myös yli 400 000 BP (Koskinen *et al.* 2000).

Näiden kolmen päälinjan lisäksi havaitsimme linjojen sisäistä mtDNA vaihtelua. Esimerkiksi linjaan 1 kuului yhteensä 12 erilaista mtDNA muotoa (Koskinen *et al.* 2000).

Eriytyneet mtDNA linjat ovat myös maantieteellisesti eriytyneitä

Eriytyneet mtDNA linjat esiintyivät tietyillä maantieteellisillä alueilla. Muutamia poikkeuksia lukuunottamatta, maternaalista geenivirtaa näiden alueiden välillä ei esiintynyt. Siten esimerkiksi Suomessa esiintyi ainoastaan mtDNA linjaa 1 edustavia harjuksia. Koska linjojen esiintyminen populaatioissa oli rajattua, pystyimme tarkastelemaan historiallisten levittäytymisreittien suuntia ja jääkauden aikaisten populaatioryhmien esiintymispaikkoja. On todennäköistä että: 1) Suomen harjuskannat ovat saapuneet idästä; 2) Keski-Euroopan, Tanskan, Puolan, Ruotsin ja Norjan harjukset ovat levittäytyneet nykyisille esiintymisalueilleen Keski-Euroopassa sijainneesta historiallisesta populaatioryhmästä; 3) eteläisemmät populaatiot ovat lähtöisin Tonavan alueen ryhmästä (Koskinen *et al.* 2000).



Kuva 1. Eurooppalaisen harjuksen mitokondrioiden muodot ja niiden jakautuminen erilaistuneisiin linjoihin (Koskinen *et al.* 2000). Vertailun vuoksi esitettyä on myös pohjanharjuksen (*T. arcticus*) mtDNA muoto. Mittakaavan arvio (3 milj. vuotta) laskettu olettamalla kyseisen mtDNA alueen mutaationopeudeksi 2% / miljoona vuotta.

Tulosten merkitys harjuksen suojeluun ja jatkosuunnitelmat

Tuloksemme osoittavat Pohjois-Euroopan sisältävän mitokondriaaliselta DNA:ltaan suuresti eriytyneitä harjuspopulaatioita. Eriytyneet populaatiot esiintyvät rajatuilla maantieteellisillä alueilla ja niiden välillä esiintyvä / esiintynyt geenivirta näyttäisi mtDNA:n perusteella olevan erittäin vähäistä. On huomattavaa, että vaikka perinnöllisen monimuotoisuuden ilmeneminen pääasiassa populaatioiden välillä (eikä niiden sisällä) on lohikaloilla varsin yleistä, harjuspopulaatioilla tilanne on varsin korostunut. Mitokondriaalisen monimuotoisuuden säilyttämiseksi olisi siten varsin tärkeää pitää eriytyneet harjuspopulaatiot erillään.

Tämä tutkimus käsittelee pääasiassa suuren mittakaavan ja pitkien aikajaksojen kuluessa syntyneitä harjuspopulaatioiden välisiä DNA muutoksia. Siitä huolimatta löysimme esimerkiksi Suomalaisista populaatioista yhteensä yhdeksän erilaista mtDNA muotoa. Mielenkiintoisin tilanne havaittiin Saimaan populaatioiden välillä, joista Lieksanjoen harjuspopulaatiossa esiintyi lähes ainoastaan muotoa, joka oli varsin erilainen muihin Saimaan populaatioissa esiintyviin mtDNA muotoihin verrattuna.

Pienen mittakaavan ja lyhempien aikajaksojen muutosten tarkasteluun kannattaa käyttää muita molekyyli-genetiikan työkaluja, esimerkiksi mikrosatelliitteja. Olemmekin panostaneet harjuksen mikrosatelliittien optimointiin (Koskinen & Primmer 2000 a; Koskinen & Primmer 2000 b) ja alustavat tuloksemme osoittavat Saimaan populaatioiden välillä esiintyvän huomattavia perinnöllisiä eroja myös mikrosatelliittien avulla tarkasteltuna. Mikrosatelliittien ja mtDNA:n yhtäaikaista käyttöä saattaa lisäksi mah-

dollistaa istutusvaikutusten tarkan tutkimisen ja esimerkiksi istutettujen- ja luonnonvaraisten kantojen risteytymien tunnistuksen.

Kirjallisuus

- Avise JC, Neigel JE, Arnold J (1984) Demographic influences on mitochondrial DNA lineage survivorship in animal populations. *Journal of Molecular Evolution* 20, 99-105.
- Avise JC, Arnold J, Ball RM et al. (1987) Intraspecific phylogeography: the mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18, 489-522.
- Avise JC, Ball RM, Arnold J (1988) Current vs. historical population sizes in vertebrate species with high gene flow: a comparison based on mitochondrial DNA lineages and inbreeding theory for neutral mutations. *Molecular Biology and Evolution* 5, 331-344.
- Bernatchez L, Guyomard R, Bonhomme F (1992) DNA sequence variation of the mitochondrial control region among geographically and morphologically remote European brown trout *Salmo trutta* populations. *Molecular Ecology* 1, 161-173.
- Bernatchez L, Wilson CC (1998) Comparative phylogeography of Nearctic and Palearctic fishes. *Molecular Ecology* 7, 431-452.
- Hewitt GM (1996) Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. *Biological Journal of the Linnean Society* 58, 247-276.
- Koskinen MT, Primmer CR (2000 a) Cross-species amplification of salmonid microsatellites which reveal polymorphism in European and Arctic grayling, *Salmonidae: Thymallus* spp. *Hereditas* 131, 171-176.
- Koskinen MT, Ranta E, Piironen J, Veselov A, Titov S, Haugen TO, Nilsson J, Carlstein M, Primmer CR (2000) Genetic lineages and postglacial colonization of grayling (*Thymallus thymallus*, *Salmonidae*) in Europe, as revealed by mitochondrial DNA analyses. Submitted.
- Koskinen MT, Primmer CR (2000 b) High throughput analysis of grayling (*Thymallus thymallus*, *Salmonidae*) microsatellites with multiplex-PCR and fluorescent semi-automated electrophoresis. Manuscript.
- Lelek A (1984) Threatened fishes of Europe. In: *The Freshwater Fishes of Europe* 9 (ed. European Committee for the Conservation of Nature and Natural Resources-Council of Europe), pp. 93-96. AULA-Verlag, Wiesbaden.
- Moritz C, Dowling TE, Brown WM (1987) Evolution of animal mitochondrial DNA: relevance for population biology and systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18, 269-292.
- Svendsen JJ, Astakhov VI, Bolshiyakov DYU et al. (1999) Maximum extent of the Eurasian ice sheets in the Barents and Kara Sea region during the Weichselian. *Boreas* 28, 234-242.

Villi ja viljelty taimen radiotelemetriaseurannassa Juutuanjoella

PEKKA HYVÄRINEN¹, TAPIO LAAKSONEN¹, SIRKKA HEINIMAA² JA MIKA NIKULAINEN²

¹ RKTL, Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely, Manamasalontie 90, 88300 Paltamo

² RKTL, Inarin kalantutkimus ja vesiviljely, Saarikoskentie 8, 99870 Inari

Johdanto

Suomessa käytetään järvitaimenistutuksiin vuosittain yli 10 miljoonaa markkaa. Saa-liiksi kertyy usein kuitenkin vain pieni osa istutetuista taimenista. Tietämys siitä, mitä kadonneille istukkeille tapahtuu, on vähäistä. Inarijärveen laskevan Juutuanjoen alajuoksulle istutettujen viljeltyjen taimenten kohtaloa selvitettiin kesällä 1999 radiotelemetrialaitteiston avulla. Tutkimuksessa seurattiin 20 radiolähettimellä merkityn viljellyn taimenen ja joen alajuoksulta pyydystetyn 20 villin taimenen vaiheita istutus-hetkestä noin kuukauden ajan. Tämän esitutkimuksen tarkoituksena oli paitsi menetelmän testaaminen, myös vertaamalla viljeltyjen ja villien taimenten käyttäytymistä etsiä kysymyksiä, joita ratkaisemalla taimenen viljely- ja istutusmenetelmiä voidaan edelleen kehittää.

Aineisto ja menetelmät

Villit taimenet pyydystettiin Juutuanjoesta kahdella rysällä 12.-28.06.1999 maantiesil-lan yläpuolelta lähellä Inarin keskustaa. Tarkoituksena oli pyydystää merkintää varten Juutuanjoessa kasvaneita ja Inarijärvelle matkalla olevia taimenen vaelluspoikasiasia. Kahden gramman painoinen lähetin asennettiin kalan vatsaonteloon kirurgisesti siten, että merkinnän jälkeen kalan ulkopuolelle jäi näkyviin ainoastaan n. 10 cm pituinen antenni. Merkinnän yhteydessä kalat mitattiin ja punnittiin sekä otettiin suomunäyte ikämäärittystä varten. Kalojen vaellusvalmiutta arvioitiin määrittämällä hopeoitumi-nen ja poikaslaikkujen näkyminen silmämääräisesti asteikolla 0–4:

0 = ei hopeoitumista, poikaslaikut selvät

1 = hopeoituminen alkanut vatsapuolelta, poikaslaikut selvät

2 = hopeoitunut puoleksi, poikaslaikut himmentyneet

3 = melkein tai täysin hopeoitunut, poikaslaikut näkyvät kalan perässä

4 = täysin hopeoitunut, ei poikaslaikkuja näkyvissä

Villien kalojen käsittelyn jälkeen merkittiin vastaavasti satunnaisesti valittuja saman ko-koluokan viljeltyä taimenia. Kaikki merkityt viljeltyt kalat olivat kolme vuotiaita. Kalat vapautettiin jokisuuhun noin 400 metriä kalojen pyyntipaikasta alavirtaan vuorokausi merkinnän jälkeen. Radiolähettimellä merkityt 20 villiä ja 20 viljeltyä taimenta vapau-tettiin 5+5 kalan ryhmissä 18.6., 21.6., 24.6. ja 28.6.1999. Jokiveden lämpötila istutus-hetkellä oli em. järjestyksessä seuraava: 11.8, 12.2, 11.2 ja 15.2 astetta.

Lähettimen kuuluvuutta eri etäisyyksillä ja eri syvyyksissä selvitettiin järviolueella ennen merkittyjen kalojen vapauttamista. Kalojen sijainti pyrittiin paikantamaan päivittäin noin kuukauden ajan. Merkinnästä aiheutuvan kuolleisuuden selvittämistä sekä merkintähaavan paranemisen ja merkin pysyvyyden seuraamista varten merkittiin 20 viljeltyä taimenta radiolähetintä muistuttavalla itse valmistetulla

viljeltyä taimenta radiolähetintä muistuttavalla itse valmistetulla merkillä. Seurantaan jäävät kalat säilytettiin kalanviljelylaitoksen altaassa yhtä kauan kuin vesistöön vapautettuja kaloja seurattiin.

Tulokset

Menetelmätestaukset

Taimenten merkintä radiolähettimillä onnistui siten, että yhtään merkittyä kalaa ei kuollut välittömästi käsittelystä aiheutuviin vaurioihin; ei istutettujen kalojen vuorokauden kestäneessä seurannassa eikä kontrolliparven kuukauden kestäneessä seurannassa. Kuukauden seurantajakson jälkeen kontrollikalojen kunto tarkastettiin, jolloin todettiin, että kuudestatoista (4 hyppäsi altaasta) elossa olleesta taimenesta seitsemällä merkintähaava ei ollut täysin umpeutunut. Näistä viideltä lähetin oli myös irronnut.

Lähettimen kuuluvuusetäisyyttä selvitettiin laskemalla pelkkä lähetin kohon, narun ja painon varassa eri syvyyksiin, jonka jälkeen veneellä ajettiin lähetimestä pois päin kunnes ääntä ei enää havaittu. Etäisyys määritettiin GPS-laitteen avulla. Enimmillään lähettimen ääni pystyttiin havaitsemaan kuulokkeiden avulla 1 metrin syvyydestä 430 metrin päästä. Viiden metrin syvyydestä ääni havaittiin vielä 400 metrin päästä, 10 metrin syvyydestä 300 metrin päästä ja 15 metrin syvyydestä enää 100 metrin etäisyydeltä.

Havainnot villien taimenten vaelluksesta

Merkittyjen villien taimenten ikä pystyttiin määrittämään 12 kalasta. Ikäjakauma oli seuraava: 1 kpl 3 v., 4 kpl 4 v., 6 kpl 5 v. Ja 1 kpl 6 v. Villien taimenten keskipituus oli 242 mm (199-301 mm) ja keskipaino 127 g (63-242 g). Niiden smolttiutumisaste silmämääräisellä arvioinnilla asteikolla 0-4 oli merkintähetkellä seuraava: 3 kpl aste 2, 15 kpl aste 3, 2 kpl aste 4.

Villeistä taimenista (20 merkittyä) suurin osa, 15 kalaa, vaeli istutuksen jälkeen noin 1 vrk - 2 viikon aikana samalle alueelle, josta ne oli pyydystetty eli Inarin keskustan tuntumassa olevan maantiesillan yläpuoliselle koskialueelle. Tämän siirtymisen jälkeen kyseisten kalojen liikkuminen oli hyvin vähäistä. Kaloista yksi pysytteli istutuspaikan läheisyydessä koko seurantajakson. Kalojen elävyys todettiin, kun ne liikkuvat lyhyitä matkoja säikkyessään lähestyvää venettä tai ne nähtiin sukeltamalla.

Radiolähettimien akkujen ollessa loppuillaan, osa kaloista päätettiin pyydystää. Joki-alueelle jääneistä kaloista saatiin pyydystettyä yhteensä kolme merkittyä kalaa 1.-5.8.1999. Kaikki pyydystetyt kalat olivat päällisin puolin hyväkuntoisia, niiden merkintähaava oli täysin parantunut ja suolessa oli ravintoa, mutta ne olivat kasvaneet vain vähän tai eivät ollenkaan. Niiden suomuepiteen hopeoituminen oli täysin hävinnyt ja väritys elokuun alussa oli tumma tai jokipoikasen värinen.

Merkityistä villeistä kaloista ilmeisesti ainoastaan neljä vaeli järviolueelle. Näistä tosin vain kahden kalan vaellus pystyttiin varmasti toteamaan. Kaksi epävarmaa tapaus-ta nousivat ensin jokialueelle. Kalat katosivat vaellussuunnan selviämättä toinen viikon ja toinen kaksi viikkoa ennen akkujen loppumista. Järvelle varmuudella lähteneet kaksi kalaa olivat molemmat peräisin viimeisestä eli 28.6. vapautetusta erästä. Kiintoisin tapaus nousi ensin jokialueelle, jossa pysytteli 8 päivän ajan kunnes myöskin katosi. Kala löytyi uudelleen 7.9.1999, kun se ui kalastajan verkkoon Nellimin lähis-töllä noin 55 km etäisyydellä istutuspaikasta. Kalan pituus pyyntihetkellä oli 35 cm, kun se merkintähetkellä oli ollut 28,2 cm. Havaittu kasvu on keskimääräistä parempi,

kuin Inarijärven taimenilla on yleensä havaittu niiden ensimmäisen kasvukauden aikana. Molemmat järvelle lähteneet villit taimenet oli merkintähetkellä arvioitu täysin hopeoituneiksi eli smolttiutumisloukkaan 4 kuuluviksi. Villeistä taimenista nämä olivatkin ainoita, joilta poikaslaikkuja ei enää ollut näkyvissä.

Havainnot viljeltyjen taimenten vaelluksesta

Viljeltyjen taimenten (3-v.) keskipituus merkintähetkellä oli 214 mm (195-245 mm) ja keskipaino 109 g (76-161 g). Niiden smolttiutumisaste merkintähetkellä oli seuraava: 2 kpl aste 2, 15 kpl aste 3, 3 kpl aste 4.

Viljeltyjen taimenten käyttäytyminen poikkesi täysin villien taimenten liikkeistä. Viljellyistä 20 taimenesta yhteensä yhdeksän todettiin varmuudella lähteneen järviolueelle. Tämän lisäksi viiden kalan lähettimen ääni katosi istutuspaikan lähistöllä siten, ettei niiden liikkumisen suuntaa pystytty määrittämään. Jos nämä olivat lähteneet järviolueelle niin nopeasti ja sellaiseen vuorokauden aikaan, ettei kalojen paikannusta tehty, olisi järvelle lähteneiden viljeltyjen taimenten määrä yhteensä neljätoista. Lopuista kuudesta kalasta viiden todettiin kuolleen (mm. sukeltamalla) ja ainoastaan yksi jäi Juutuanjoen ensimmäiselle koskialueelle villien taimenten seuraksi.

Järvelle varmuudella lähteneiden viljeltyjen kalojen (9 kalaa) kohtalo oli seuraava: yksi ensimmäisen erän kaloista löydettiin kolmen viikon kuluttua istutuksesta Siskelinvuonosta (6 km ist. paikasta) heinikkolahdesta, jossa saatiin näköhavainto hauesta lähettimen paikannussuunnassa. Taimen tosin jäi näkemättä, mutta lähettimen ääni liikkui hauen liikkeessä. Kaloista yksi pysytteli rantakivikossa erään saaren rannassa kaksi viikkoa istutuksen jälkeen. Se vaihtoi paikkaansa kovalla tuulella suojan puolelle, kävi välillä heinikkoisella rannalla ja siirtyi lopulta noin 15 metrin syvänteeseen keskelle Juutuanvuonoa. Päätelimme tämänkin kalan joutuneen hauen hampaisiin. Myös kolmannelta erältä yhden taimenen todettiin joutuneen hauen saalistamaksi lähettimen äänen kuuluessa ja liikkeessä eräällä heinikkolahdessa hauen karkottuessa venettämme. Neljänneltä erältä löytyi myös yksi kala samalta alueelta. Hauki saatiin pyydystettyä virittämällä verkko lahdelle, josta lähettimen ääni kuului. Lähetin löytyikin jo hieman syöpyneenä 1,3 kg painoisen hauen mahasta. Järvelle vaeltaneista kaloista kaksi liikkui erään syvänteen kohdalle, jossa pysyivät paikoillaan akun loppumiseen saakka. Lähetin oli mahdollisesti irronnut tai kalat kuolleet. Loput kolme järvelle lähtenyt kalaa katosivat lopulta sellaisille alueille, joissa kalojen paikannusta ei tehty. Etäisin havainto näistä kaloista tehtiin Ukonselältä noin 15 kilometrin päässä istutuspaikasta.

Johtopäätökset

Menetelmänä radiotelemetrialaitteisto soveltui kohtuullisen hyvin toteutuneen kaltaiseen tutkimukseen myös järviolueilla, ainakin nyt rajatun suuruisen vesialueen mitta-kaavassa. Lähettimen kuuluvuustestin jälkeen kalojen paikannusvaiheessa pisimmät etäisyydet, jolloin lähettimen ääni havaittiin, olivat jopa kilometrin luokkaa. Kontrollikaloista havaitut merkkien irtoamiset (31 %) olivat huomattavan yleistä. Käyttämämme merkintätekniikkaa on tästä syystä tarpeellista kehittää. Toisaalta villien merkittyjen kalojen lähettimien ei todettu irronneen kuukauden seurannan aikana. Lähettimellä ja käsittelyllä on myös voinut olla erilainen vaikutus villien ja viljeltyjen taimenten välillä.

Merkintään käytetyt villit ja viljelty taimenen poikaset olivat lähes yhtä hyvin hopeoituneita silmämääräisellä asteikolla arvioituna. Tutkimuksen yhteydessä pyrittiin saamaan aineistoa myös taimenten fysiologisesta tilasta villien ja viljeltyjen taimenten vaellusvalmiuden vertaamiseksi. Käytettävissä olevilla villeillä kaloilla (6) ja satun-

naisesti valituilla viljellyillä kaloilla (20) tehdyssä suola-altistustestissä kummankaan ryhmän kalat eivät täyttäneet vaelluspoikaselle asetettuja kriteereitä, joina käytettiin samoja kuin kirjallisuudessa lohelle oli esitetty.

Toistaiseksi ei tiedetä missä määrin Juutuanjoen taimenilla tapahtuu smolttiutumista ennen järveen vaeltamista, sillä muilla järvitaimenkannoilla smolttiutuminen on todettu vaihtelevaksi, eikä niin selkeäksi kuin meritaimenilla. Juutuanjoen taimenten paras smolttivaihe on voinut mennä jo ohi kesäkuun loppuun mennessä. Muissa tutkimuksissa taimenten smolttivaellusaktiivisuuden huippu on ollut touko– kesäkuun vaihteessa tai kesäkuun puolivälissä. Tosin eräiden inarilaisten kalamiesten mukaan Juutuanvuonossa näkyy taimenen smoltteja pyydyksissä pääosin vasta heinäkuussa.

Taimenten vaelluksen seuraamisesta Juutuanjoella ja Inarijärvellä saatiin muutamia vastauksia tutkimuksen tavoitteeksi asetettuun kysymykseen eli siihen, mitä niille taimenistukaille tapahtuu, jotka eivät tule saaliiksi. Lisäksi tulokset herättivät useita kysymyksiä taimenen vaelluskäyttäytymiseen liittyen.

Keskeisiä havaintoja:

- Viljellyistä 20 taimenesta todettiin lähteneen järvelle varmuudella yhdeksän. Näistä ainakin 4 joutui haukien saalistamaksi.
- Kaikkiaan viljellyistä taimenista todettiin seurannan (1 kuukausi) aikana yhteensä 11 kalan kuolleen (ml. todetut haukien saalistamat) tai niiden merkin irronneen.
- Suurin osa (15) villeistä taimenista palasi merkinnän ja vapauttamisen jälkeen jokialueelle lähelle pyydystyspaikkaansa (kotikoskeensa?).
- Villeistä taimenista ainoastaan 2 vaelsi varmuudella järviolueelle. Nämä olivat ainoat täysin hopeoituneet yksilöt, jotka saatiin pyydystettyä viimeisten joukossa kesäkuun lopulla veden lämmentyä jo yli 15 asteeseen.

Keskeisiä kysymyksiä:

- Oliko tutkimus luonnonkalojen vaelluksen suhteen ajallisesti myöhässä vai aikaisessa?
- Vaikuttiko kalojen käsittely ja merkintä niiden vaelluskäyttäytymiseen ja alttiuteen haukien saalistukselle?
- Olivatko villit 2 tai 3 asteeseen hopeoituneet taimenet edes lähdössä vaellukselle?
- Vaikuttaako viljeltyjen järvitaimenten fysiologinen vaellusvalmius niiden menestymiseen järviolueella?
- Inarijärvi ei ole haukirikkaimpia järviämme; mikä on taimeniin kohdistuvan haukipredaation merkitys 'oikeilla' haukijärvillä?
- Millä keinoilla taimenistukkaat saadaan välttämään haukien saaliiksi joutuminen?

Kirjallisuutta

Adams, N.S., Rondorf, D.W., Evans, S.D., Kelly, J.E. and Perry, R.W. 1997. Effects of surgically and gastrically implanted radio transmitters on swimming performance and predator avoidance of juvenile chinook salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 781-787.

Forsman, L. 1995. Merilohen istutuspoikasten fysiologinen tila ja vaellusvalmius eri kalanviljelylaitoksissa keväällä 1995. –Kala- ja riistaraportteja 46, s.7.

Heinimaa, S. 2000. Fysiologisen tilan määrittäminen Juutuanjoen taimenilla kesällä 1999. RKTL/ Inarin kalantutkimus ja vesiviljely. Käsikirjoitus 6 s.

Keränen, M. 1978. Kitkajärvien kudulle laskeutuvan taimenen, *Salmo Trutta* L., vaeluksista, ominaisuuksista ja populaatiorakenteesta. Licensiaattitutkimus, Oulun yliopiston eläintieteen laitos, Oulu. 69 s.

Peake, S. and McKinley, R.S., 1997. Influence of Trasmmitter Attachment Procedures on Swimming Performance of Wild and Hatchery-Reared Atlantic Salmon Smolts. Trans. Am. Fish. Soc. 126:707-714.

Pirhonen, J., Forsman, L., Soivio, A. & Thorpe, J. 1998: Movements of hatchery reared *Salmo trutta* during the smolting period, under experimental conditions. - Aquaculture 168: 27-40.

Salonen, E. 1999. Inarijärven velvoitetarkkailun yhteenveto vuosilta 1994-1998. Kalariistaraaportteja 165. 33 s.

Soivio, A., Muona, M. & Virtanen, E. 1989: Smolting of two populations of *Salmo trutta*. -Aquaculture 82: 147-153.

Osaavatko lohikalojen laitospoikaset välttää ja paeta petokaloja?

HEIKKI HIRVONEN

Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos, Populaatiobiologian osasto, PL 17, 00014 Helsingin yliopisto

Luonnosta vankeuteen ja takaisin luontoon

Uhanalaisten tai vaarantuneita eläinpopulaatioita on usein otettu vankeuteen niiden säilyttämiseksi ja myöhemmin siirtoistutuksin palautettavaksi takaisin luontoon, kun arvioidaan olosuhteiden populaatioiden selviytymisen ja lisääntymisen kannalta olevan suotuisia. Entä tulisiko meidän olla huolissamme vankeuteen otettujen eläinten edustaman biologisen muuntelun määrästä ja laadusta suhteessa niiden vanhempien edustamaan muunteluun? Kysymys on oikeutettu, sillä luonnossa yksilöiden välinen muuntelu on luonnon valinnan ”raaka-ainetta”, ja muuntelevampi populaatio useimmiten pystyy paremmin vastaamaan esimerkiksi ympäristön muuttumiseen kuin populaatio, jossa muuntelua on vähän. Lisäksi vankeuteen otetut eläimet eivät useinkaan ole edustava otos luonnonpopulaatiossa esiintyneestä muuntelusta.

Toisaalta, jos olemme syystä huolissamme vankeudessa pidettyjen tai kasvatettujen eläinten edustamasta muuntelusta, miten tulisi arvottaa biologisen muuntelun eri tyyppit suhteessa toisiinsa? Esimerkiksi, mikä arvo tulisi morfologisen tai käyttäytymisen monimuotoisuuden säilyttämisellä olla suhteessa perinnöllisen monimuotoisuuden vaalimiseen, joka tavallisimmin on huomion kohteena (Mallet 1996)? Nykyisen tietämyksen pohjalta kysymykseen vastaaminen on vaikeaa, sillä nisäkkäitä lukuunottamatta on tutkittu hyvin vähän sitä, mitkä käyttäytymispiirteet mahdollisesti katoavat vankeudessa ja millä vauhdilla häviäminen tapahtuu.

Kun vankeudessa eläneitä tai kasvatettuja eläimiä sitten palautetaan luontoon, on tärkeää että ne osaavat hakeutua sopiviin elinympäristöihin, hankkia ravintoa ja välttää petoja sekä myöhemmin löytää lisääntymiskumppanin. Siksi on välttämätöntä tietää, miten nämä käyttäytymispiirteet kehittyvät. Vankeudessa eläimet kohtaavat hyvin erilaisen ympäristön kuin luonnossa ja siten niiden kyky käyttäytyä niin, että ne pysyvät hengissä, kasvavat ja pääsevät lisääntymään, voi olla vajavainen.

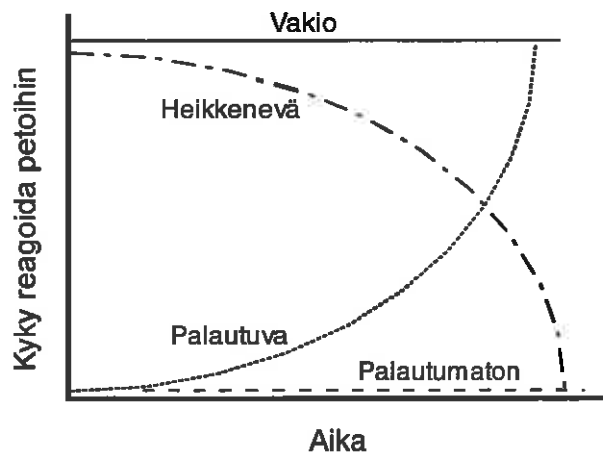
Kalat ja saalistuksen välttäminen

Suomessa useiden kalalajien paikallisia kantoja on otettu kalanviljelylaitoksiin, joko suojelutarkoituksessa (uhanalaiset tai vaarantuneet populaatiot), tai tarkoituksena vahvistaa niiden avulla olemassaolevia populaatioita, tai sitten tehdä siirtoistutuksia muihin vesistöihin kalastettavan kannan luomiseksi tai vahvistamiseksi. Laitoksessa kasvatettuihin kaloihin kohdistuneet valintapaineet ovat paljon lievempiä kuin luonnossa, ja laitoksessa valinta todennäköisesti suosii aivan eri ominaisuuksia kuin luonnonoloissa. Vankeudessa kalat eivät yleensä kohtaa luonnollisia petojaan ja siksi laitoksessa syntyneiden ja kasvaneiden kalanpoikasten kyky tunnistaa, välttää ja paeta luonnossa esiintyviä kalapetoja (ja miksei muitakin petoja) voi olla heikentynyt. Istutustoiminnan menestyksellisyyden kannalta onkin tärkeää, että istukkaat — muiden laatuominaisuuksien (Koski 1999) lisäksi — kykenevät välttämään saaliiksi joutumis-

ta. Mikäli pedonvälttämiskäyttäytymisessä on merkittävä perinnöllinen komponentti, on myös tärkeää, että emokaloiksi kasvatettavien kalojen pedonvälttämiskäyttäytymisen säilymiseen kiinnitetään huomiota, jotta niiden jälkeläiset olisivat tässä suhteessa elinkykyisiä myös luonnonympäristöissä.

Saalistuspaineen muuttuessa reagointi petoihin muuttuu

Riippuen saaliseläinten ominaisuuksista niiden kyky reagoida saalistuspaineeseen voi kehittyä monin eri tavoin riippuen saalistuspaineesta ja sen muutoksista (Kuva 1). Kyky reagoida saalistuspaineeseen voi olla mikä hyvänsä muutos saaliin käyttäytymisessä ja voi liittyä suoraan käyttäymispiirteisiin, kuten petojen tunnistamiseen, tai sitten käyttäytymiseen joka on tiukemmin yhteydessä ekologisiin olosuhteisiin, kuten muutoksiin ympäristön käytössä (habitat shift). Viimeaikaiset tutkimukset nisäkkäillä ovat osoittaneet, että ne voivat menettää kykynsä reagoida petoihin huomattavan nopeasti, kun saalistuspaine vähenee. Reagoinnin heikkeneminen riippuu kuitenkin paljon siitä, mikä peto ja saaliseläin kulloinkin on kyseessä (Carlstead 1996). Kalojen osalta tällaista tietoa on olemassa erittäin vähän.



Kuva 1. Neljä erilaista skenaariota siitä, miten saaliseläinten saaliinvälttämiskäyttäytyminen (kyky reagoida petoon) muuttuu ajan kuluessa suhteessa saalistuspaineeseen (vakio, heikkenevä, palautuva ja palautumaton). Esim. vakiotilanteessa oletetaan saalistuspaineen olevan korkea ja palautumattomassa alhainen tai olematon.

Saimaan lohikalat

Saimaan vesistön nieriä- ja järvilohipopulaatiot ovat uhanalaisia ja järvitaimenen kanta on heikentynyt. Niitä kasvatetaan takaisinistutuksia varten RKTL:n Saimaan laitoksessa. Saimaassa nämä lohikalat ovat sopeutuneet elämään yhdessä monien potentiaalisten petokalalajien kanssa. Luonnossa lohikalojen poikaset ilmeisesti pystyvät tunnistamaan eri pedot ja suhteuttamaan pedonvälttämiskäyttäytymisensä vallitsevaan saalistuspaineeseen. Mutta mitkä ovat laitoksessa kasvatettujen istukaspoikasten valmiudet selvitä ympäristössä, jossa on paljon erilaisia petoja? Todennäköisesti pedonvälttämiskäyttäytyminen on ainakin osittain synnynnäistä, mutta minkälaisia käyttäytymisvalmiuksia laitoksessa kasvaneet kalat siirtävät mahdollisille jälkeläisilleen?

Nämä ovat avainkysymyksiä luonnonpopulaatioiden lisääntymiskyvyn elvyttämisen kannalta sen lisäksi, että istukkaiden terveydellisestä ja fysiologisesta kunnosta sekä geneettisestä monimuotoisuudesta pidetään huolta. Lisäksi näistä poikasista kasvatetaan uusia emokaloja laitospopulaatioista ja istukkaiden tuottamista varten. Siksi on tärkeää, että niiden ominaisuudet myös pedonvälttämiskäyttäytymisen kannalta kyetään säilyttämään.

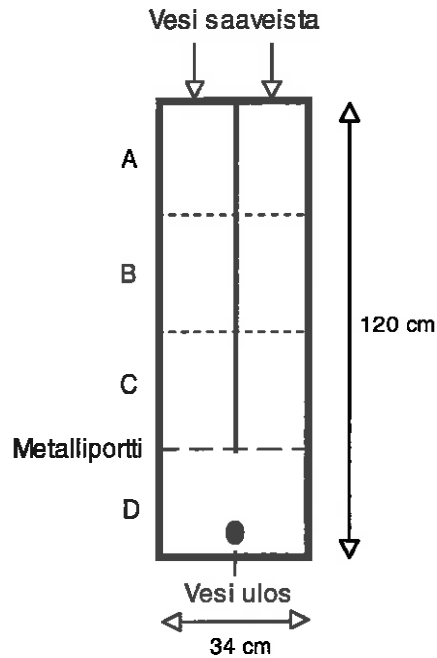
Laitospoikasten kyky tunnistaa ja välttää kalapetoja

Kalapopulaatioissa saalistuksen aiheuttama kuolevuus on voimakkainta kehityksen alkuvaiheessa. Kaloille onkin kehittynyt monenlaisia keinoja välttää saalistusta. Vesiekosysteemeissä kemiallinen viestintä on erittäin tärkeää (Brönmark & Hansson 2000) ja kalatkin usein pystyvät havaitsemaan ja tunnistamaan saalistajansa kemiallisten aistien välityksellä (Kats & Dill 1998).

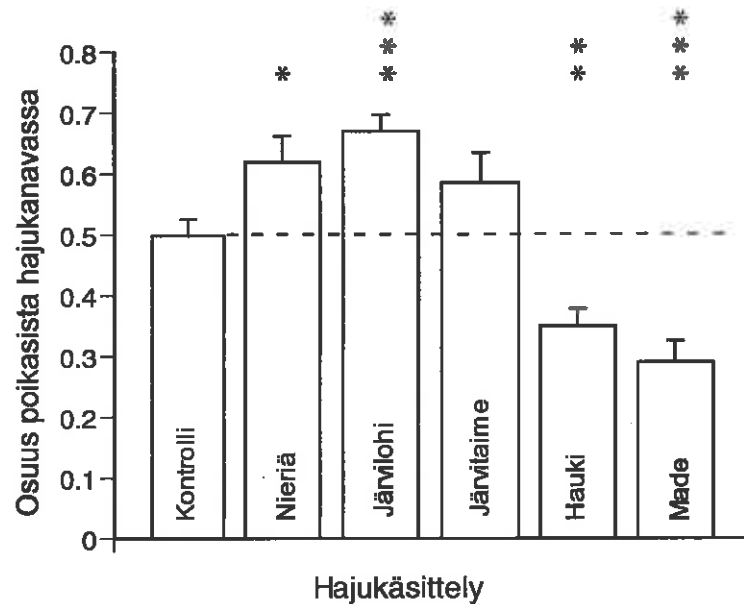
Tutkimme, miten Saimaan nieriän 0+ ikäiset poikaset reagoivat Saimaan vesistössä elävistä eri petokaloista peräisin oleviin kemiallisiin ärsykkeisiin (Hirvonen ym. 2000). Poikaset olivat peräisin laitoksen emokalastosta ja haudottu ja kasvatettu laitoksessa. Kokeet tehtiin ns. fluviariumissa (Kuva 2), jossa toiseen, satunnaisesti valittuun kanavaan johdettiin järvivettä, joka virtasi läpi saavin, jossa oli petokaloja. Kontrollipuolelle vesi tuli samanlaisen saavin läpi, mutta saavissa ei ollut kaloja. Lohikalapedot olivat peräisin Saimaan laitoksesta ja hauet ja mateet Ylä-Enonvedestä ja Enonkoskesta. Tutkimme myös pedon ruokavalion vaikutusta hajureaktioon käyttämällä petoina järvitaimenia, joille oli syötetty laitoksen pellettirehua ja järvitaimenia, jotka olivat syöneet nieriänpoikasia ennen koetta.

Johtopäätökset

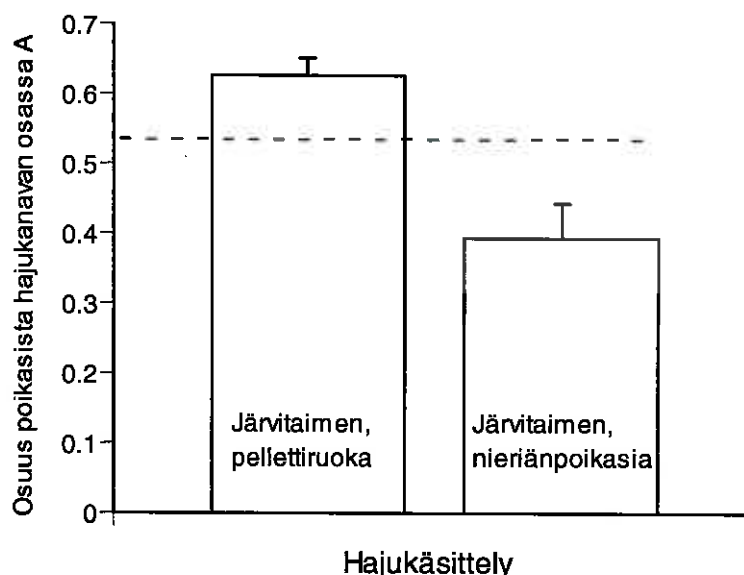
Tutkimuksemme osoittavat, että nieriänpoikaset reagoivat eri tavoin luonnossa esiintyviin petokalalajeihin. Ne selvästi välttivät hauen ja mateen hajua (Kuva 3), mutta lohikalapetojen, esimerkkinä järvitaimen, hajun välttäminen oli mahdollista: taimenen hajuun reagoitiin vain, jos se oli syönyt nieriänpoikasia ennen koetta (Kuva 4). Jatkotutkimuksemme antavat viitteitä siitä, että nieriät käyttävät kemiallisia viestejä ja hajuaistiaan väijyvien saalistajien, kuten hauen ja mateen, tunnistamiseen ja välttämiseen. Sen sijaan vaikuttaa siltä, että lohikalapetojen tunnistamisessa ja välttämässä ne luottavat enemmän näköaistiin, koska nämä pedot saalistavat aktiivisesti uiden ja hajuaisti ei ehkä ole kyllin tehokas niiden havaitsemiseen ja tunnistamiseen. Poikkeuksen tekevät lohikalat, joiden hajun perusteella nieriänpoikaset voivat päätellä niiden syöneen poikasia. Tämä on viesti saalistajan vaarallisuudesta ja aiheuttaa muutoksen käyttäytymisessä (Kuva 4). Tulokset järvilohen ja -taimenen poikasilla tehdyistä kokeista ovat samansuuntaisia (Savolainen 1999).



Kuva 2. Kaavakuva kokeissa käytetystä fluviaariumista. Ennen kokeen aloittamista kalanpoikaset asetettiin metalliverkolla suljettuun osaan D. Kokeen alussa verkko nostettiin pois ja kalanpoikaset saivat vapaasti uida fluviaariumin kanaviin. Kontrollikokeissa molempiin kanaviin laskettiin käsittelemätöntä vettä, mutta kalanhajukokeissa satunnaisesti valitulle puolelle laskettiin hajukäsiteltyä vettä. Hirvosen ym. (2000) mukaan.



Kuva 3. Nierlänpoikasten osuus (keskiarvo + keskivirhe) kanavassa, johon tulee kalanhajuista vettä, kaikista poikasista, jotka olivat kanavissa. Kontrollikäsittelyn taso on merkitty katkoviivalla. Tähdillä merkityt käsittelyt poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi kontrollista (Dunnettin testi, yksi tähti $P < 0.05$, kaksi $P < 0.01$, kolme $P < 0.001$). Hirvosen ym. (2000) mukaan.



Kuva 4. Nieriänpoikasten osuus (keskiarvo + keskivirhe) hajukanavan osassa A (lähinnä hajulähdettä, ks. Kuva 1) kaikista poikasista siinä kanavassa. Katkoviiva osoittaa kontrollikäsittelyn tason. Käsittelyt poikkeavat toisistaan merkitsevästi ($P = 0.002$) eli nieriänpoikaset olivat vähemmän innokkaita lähestymään hajulähdettä, kun taimenet olivat syöneet nieriänpoikasia ennen koetta. Hirvosen ym. (2000) mukaan.

Kaikissa kokeissa poikasilla oli havaittavissa yksilöiden välisiä eroja niiden kyvyssä tunnistaa ja välttää petokaloja. Koska poikasilla ei ollut aiempaa kokemusta petokaloista, käyttäytymiserot ovat ilmeisesti synnynnäisiä. Emme kuitenkaan vielä tiedä, ovatko reagoimattomat yksilöt tulosta laitosolojen relaxoituneesta valintapaineesta (vrt. Kuva 1). On mahdollista, että laitosoloissa nekin poikaset, jotka luonnossa olisivat jo jääneet petojen saaliiksi, selviävät ja niitä saatetaan käyttää istukaspoikasina tai kasvatetaan emokaloiksi. Jos nämä käyttäytymiserot ovat edes osittain perinnöllisiä, olisi erittäin tärkeää, että käytetään yksilöitä, joiden pedonvälttämiskäyttäytyminen on adaptiivista. Jos pedonvälttämiskäyttäytyminen on säilynyt laitoskannassa, se voisi palautua ja yleistyä populaatiossa istuttamisen jälkeen petojen läsnäollessa. Toisaalta, jos poikaset helposti oppivat pedonvälttämiskäyttäytymisen, niitä olisi ehkä mahdollista ”kouluttaa” välttämään luonnossa eläviä petoja.

Soveltaminen viljelytoimintaan

Tutkimustuloksillamme on paljon soveltamismahdollisuuksia istukkaiden ja emokalojen tuotannossa. Ensin on kuitenkin selvítettävä pedonvälttämiskäyttäytymisen ilmeneminen laitospopulaatioissa ja verrattava sitä luonnonpopulaatioissa esiintyvään käyttäytymiseen. Mikäli eroja on, on selvítettävä mistä ne johtuvat ja miten niihin voidaan vaikuttaa. Sen jälkeen voidaan ryhtyä soveltamaan tietoja istutuksiksiin ja emokaloiksi kasvatettavien poikasten tuotantoon. Tavoitteena on saada aikaan poikaskanta, jonka pedonvälttämiskäyttäytymisen esiintyminen ja ilmeneminen on mahdollisen lähellä luonnonpopulaatioissa esiintyvää käyttäytymistä. Koska Saimaan vesistöstä esim. nieriää ei enää luonnonlaisena juurikaan tavata (Makkonen 1997), vertailumateriaalia on saatava muiden vastaavien vesistöjen kannoista.

Istutus- ja emokalatuotantoon tuotettavien kalojen elinkelpoisuuden kannalta tärkeiden käyttäytymisominaisuuksien esiintyminen olisi otettava yhdeksi kriteeriksi poikasten laatua arvioitaessa. Sovelluksilla voi olla myös huomattavaa taloudellista mer-

kitystä, jos niiden avulla voidaan parantaa istutustoiminnan ja kalakantojen elvytyksen tuloksia. Mikäli voidaan tuottaa käyttäytymiseltään entistä menestyvämpiä poikasia, niitä voidaan istuttaa nuorempina (pienempinä) kuin nykyisin tehdään ja näin alentaa istukastuotannon kustannuksia ilman, että tarvitsee tinkiä istutusten tuloksellisuudesta.

Kirjallisuus

Brönmark C. & Hansson L-A. 2000. Chemical communication in aquatic systems: an introduction. *Oikos* 88: 103-109.

Carlstead K. 1996. Effects of captivity on the behavior of wild mammals. Teoksessa: *Wild mammals in captivity: principles and techniques* (Kleiman DG, Allen ME Thompson KV, & Lumpkin S, toim.), 317-333. Chicago Univ. Press, Chicago.

Hirvonen H., Ranta E., Piironen J., Laurila A. & Peuhkuri N. 2000. Behavioural responses of naive Arctic charr young to chemical cues from salmonid and non-salmonid fish. *Oikos* 88: 191-199.

Kats L. B. and Dill L. M. 1998. The scent of death: Chemosensory assessment of predation risk by prey animals. *Ecoscience* 5: 361-394.

Koski P. 1999. Kalastuskaiden laatu ja laatutyöryhmän esitykset. *Kala- ja riistareportteja* 167: 30-33.

Makkonen J. (toim.) 1997. Saimaa Arctic char, the threatened deep water fish. Finnish Game and Fisheries Research Institute, *Kalantutkimuksia — Fiskeundersökningar* 133

Mallet J. 1996. The genetics of biological diversity: from varieties to species. Teoksessa: *Biodiversity: a biology of numbers and difference* (Gaston KJ, toim.), 13-53. Blackwell Scientific, Oxford.

Savolainen H. 1999. Järvilohen ja järvitaimenen laitospesätyöryhmien poikasten reaktio peto- ja muiden kalojen kemiallisiin eritteisiin. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos, populaatiobiologian osasto.

Onko vanhemmilla väliä? – muuntelu viljeltyjen lo- hikalojemme elinkierto- ja elintarvikkeissa

NINA PEUHKURI

Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos, Populaatiobiologian osasto, PL 17, 00014 Helsingin yliopisto

Muuntelun merkitys

Biologisen monimuotoisuuden väheneminen tunnustetaan nykyisin yhdeksi merkittävimmistä ihmisen aiheuttamien ympäristömuutosten seurauksista. Sen lisäksi, että monimuotoisuutta menetetään lajien sukupuuttojen kautta, monimuotoisuutta häviää myös lajinsisäisen muuntelun vähentyessä yksilöiden ja populaatioiden välillä.

Muuntelu yksilöiden ominaisuuksissa on seurausta sekä geneettisistä että ympäristötekijöistä. Käytännössä luonnonvalinta (tai ihmisen suorittama valinta) kohdistuu yksilöiden ilmiösuun (fenotyyppiin), riippumatta siitä, ovatko erot valinnan kohteena olevissa ominaisuuksissa periytyviä vai ympäristön aikaansaamia. Jotta lajin ja sen populaatioiden sopeutuminen elinympäristön muutoksiin – sekä luonnollisiin että ihmistoiminnan aikaansaamiin – ja niiden asettamiin uusiin haasteisiin olisi mahdollista, on edellytyksenä nimenomaan valinnan kohteena olevien ominaisuuksien perinnöllisen muuntelun säilyminen.

Populaation koko on merkittävä perinnöllisen muuntelun määrään vaikuttava tekijä. Pienillä populaatioilla, ovat ne sitten luonnon- tai laitospopulaatioita, on taipumus menettää geneettistä muunteluaan aikaa myöten, lähinnä satunnaistekijöiden vaikutuksesta (Falconer & Mackay 1996). Myös tiettyihin ominaisuuksiin kohdistuva voimakas valinta yleensä vähentää geneettisen muuntelun määrää näissä ominaisuuksissa (Shnol & Kondrashov 1993). Mikäli muuntelun määrä on vähentynyt, sillä on taipumusta myös pysyä alhaisella tasolla, kunnes mutaatioilla on aikaa ja mahdollisuus tuottaa uutta muuntelua (Lynch 1996). Tämä prosessi on hidas, ja olemassaolevan geneettisen muuntelun määrä voikin rajoittaa sopeutumisnopeutta uusiin olosuhteisiin, mikä voi pahimmillaan vaarantaa koko populaation olemassaolon (Bürger & Lynch 1994). Mikäli ympäristömuutos on tarpeeksi hidas ja muutokseen sopeutumiseen tarvittavien ominaisuuksien geneettinen muuntelu tarpeeksi suurta, populaatiolla voi olla mahdollisuus pysyä muutoksessa mukana (Lynch 1996). Ikävä kyllä, useat ihmistoiminnan aiheuttavat ympäristömuutokset, ehkä lukuunottamatta maailmanlaajuisista ilmastolämpenemistä, ovat monesti varsin nopeita tapahtumia.

Muuntelun mittaaminen

Lajinsisäistä perinnöllistä muuntelua voidaan tarkastella kolmella tasolla: muuntelu yksilön sisällä (heterotsygotia), geneettiset erot yksilöiden välillä sekä geneettiset erot paikallisten populaatioiden välillä (Meffe & Carrol 1997). Nykyiset molekyylogeneettiset menetelmät, kuten runsaasti muuntelevan mikrosatelliitti-DNAn tai mitokondrio-DNAn käyttö geneettisen muuntelun mittarina, mahdollistavat varsin tarkan populaatioiden geneettisen rakenteen ja erilaistumisen arvioimisen (Avise 1997). Suuri osa biologiseen monimuotoisuuteen liittyvästä tutkimuksesta perustuukin nykyisin tällaisten neutraalien merkkigeenien hyödyntämiseen tutkimuksessa. Neutraalien merkki-

geenien muuntelu ei kuitenkaan yleensä kerro suoraan siitä, kuinka paljon elinympäristön muutoksiin sopeutumisen kannalta ensisijaisen tärkeää perinnöllistä muuntelua populaatiossa esiintyy (Allendorf & Waples 1996). Yhtäläillä, vaikka neutraalien merkkigeenien perusteella todettu populaatioiden erilaistuminen viittaakin siihen, että eriytymiselle paikallisesti sopeutuneisiin populaatioihin on ollut mahdollisuus, molekulaarisen tason erojen puute ei kuitenkaan ole suora todiste populaatioiden samanlaisuudesta sopeutumisen kannalta tärkeiden ominaisuuksien suhteen (Lynch 1996). Molekyylogeneettisten tutkimusten lisäksi olisikin syytä selvittää ensinnäkin miten paljon ja millaista muuntelua yksilöiden fenotyyppisissä ominaisuuksissa ilmenee populaatioiden sisällä ja niiden välillä, ja mikä osuus tästä muuntelusta on perinnöllistä, sukupolvelta toiselle siirtyvää, ja mikä osuus on ympäristöolosuhteiden aikaansaamaa, ilman suoranaista geneettistä perustaa.

Kvantitatiivisen genetiikan menetelmiä hyödyntäen on mahdollista tunnistaa populaation sisäiseen, yksilöiden ominaisuuksissa ilmenevään muunteluun vaikuttavat osatekijät (Falconer & Mackay 1996, Lynch & Walsh 1998). Tietoa perintötekijöiden ja ympäristön osuudesta muunteluun on mahdollista saada vertaamalla sukulaisia keskenään, esimerkiksi mittaamalla vanhempien ja jälkeläisten tai täys- ja puolisisarusten välistä samankaltaisuutta. Mikäli populaatiossa ei ole perinnöllistä muuntelua tutkittavien ominaisuuksien suhteen, lähisukulaisten ei tulisi muistuttaa toisiaan sen enempää kuin satunnaisesti populaatiosta poimittujen yksilöiden. Kasvatus- ja koeolosuhteiden vakiointi (*common garden*) on ensisijaisen tärkeää, jottei lähisukulaisten ominaisuuksiin vaikuta perintötekijöiden lisäksi yhteinen ympäristö. Myös populaatioiden välisten adaptiivisten erojen kartoittamisessa on tärkeää kasvattaa eri populaatioista lähtöisin olevia yksilöitä samanlaisissa olosuhteissa (mielellään useammassa eri ympäristöissä), jolloin on mahdollista tutkia ovatko alunperin havaitut erot populaatioiden välillä geneettisiä vai seurausta nk. fenotyyppisestä plastisuudesta, jolloin samanlainen perimä tuottaa useanlaisia ilmiäisiä riippuen olosuhteista, joihin yksilöt ovat altistuneet (Foster & Endler 1999).

Millaisia ominaisuuksia sitten kannattaisi tutkia? On selvää, ettei muuntelun määrää ja laatua kaikissa yksilöiden ominaisuuksissa ole mahdollista selvittää. Peruslähtökohdaksi voisi ehkä pitää sellaisten ominaisuuksien tutkimista, joiden tiedetään vaikuttavan yksilöiden menestymiseen elinympäristössään. Hyvä olisi tietenkin kyetä määrittämään muuntelun määrää niissäkin ominaisuuksissa, joiden uskotaan olevan tärkeitä tulevaisuuden valintapaineissa (Lynch 1996). Omassa työryhmässämme (IKP, Helsingin yliopisto) tutkimme pääasiassa muuntelua yksilöiden lisääntymisominaisuuksissa, varhaisvaiheen elinkiertopiirteissä ja kasvussa, sekä morfologiassa ja käyttäytymisessä. Tutkimuksemme kohdistuu sekä populaatioiden sisäiseen että niiden väliseen muunteluun. Pyrimme saamaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Kuinka paljon muuntelua yksilöiden ominaisuuksissa ilmenee?
- Mistä muuntelu johtuu ja mikä sitä ylläpitää?
- Mitä ovat muuntelun seuraukset?

Tutkimuksia meiltä ja vähän muualtakin

Kaksi merkittävää vanhempien kelpoisuuteen (*fitness*) vaikuttavaa tekijää ovat jälkeläisten lukumäärä sekä niiden menestys ja hengissäsäilyminen elinympäristössään. Mätimunakoon muuntelun voidaan monesti katsoa johtavan muunteluun useissa yksilöiden menestykseen ja hengissäsäilymiseen vaikuttavissa tekijöissä (Bernardo 1991, 1996, Reznick 1991, Mousseau & Fox 1998). Mätimunako voi vaikuttavaa mm. siitä kuoriutuvan yksilön kokoon (Bernardo 1991, Heath & Blouw 1998) ja uintikykyyn (Ojanguren ym. 1996). Näillä piirteillä puolestaan on vaikutusta kriittisiin elinkierto-

tapahtumiin kuten yksilön todennäköisyyteen vallata itselleen ruokailureviiri (Rhodes & Quinn 1998) tai sen kykyyn kestää huonoa ravintotilannetta. Hyvinkin pienillä eroilla vastakuoriutuneiden poikasten koossa voi olla suuri merkitys niiden todennäköisyydelle selvitä hengissä huonossa ravintotilanteessa (Miller ym. 1988). Vaikka alkujaan suuresta koosta ei välttämättä aina olekaan hyötyä hyvissä olosuhteissa (Hutchings 1991), koosta riippuva hengissäselviytyminen huonoissa olosuhteissa voi olla evolutiivisesti hyvinkin merkittävä tekijä (Fox & Mousseau 1996, Reznick ym. 1996). Yksilöiden todennäköisyys jäädä petojen saaliiksi voi myöskin riippua paljolti niiden koosta (Wootton 1998).

Koska naaras tuottaa mätimunassa kehittyvälle jälkeläiselle sen varhaiseen kasvuun ja kehitykseen tarvittavat energia- ja ravintoaineet, on varsin harvoin kiinnitetty huomiota koiraan merkitykseen yksilöiden varhaisiin elinkierto-ominaisuuksiin vaikuttavana tekijänä. Vallitseva käsitys on pitkään ollut, että naaraan fenotyyppiset ominaisuudet, kuten sen koko, ikä ja kunto, määräävät pääosin sen tuottamien mätimunien koon ja näin myös munista syntyvien jälkeläisten koon (Kamler 1992). Nykyisin, ehkä yhä enenevässä määrin, on kuitenkin alettu painottamaan myös koiraan (perintötekijöiden) merkitystä yksilönkehityksen varhaisvaiheissa (Beacham 1988, Panagiotaki & Geffen 1992, Ferguson ym. 1995, Olsson ym. 1996, Hebert ym. 1998, Weigensberg ym. 1998), sillä kehittyvä yksilöhän on kuitenkin kokonaisuus, johon vaikuttavat sekä naaraan ominaisuudet (maternaaliefekti) ja muut ympäristötekijät että yksilön oma genotyyppi (molemmilta vanhemmilta perityt geenit). Jälkeläisen perimä voi vaikuttaa esimerkiksi sen aineenvaihduntatasoon (Weigensberg ym. 1998) ja näin ollen mätimunassa olevien resurssien hyödyntämisnopeuteen, mikä voi heijastua yksilöiden kehitys- ja kasvunopeuteen sekä kokoon (Kamler 1992).

Muuntelun määrä ja laatu Saimaan nieriän jälkeläisissä

Yllä mainitsemani pienten populaatioiden ongelma geneettisen muuntelun suhteen on ajankohtainen lohikalojen viljelyssä, sillä laitospopulaatiot ovat usein peräisin varsin pienestä määrästä perustajajäseniä ja etenkin uhanalaisten lajien/populaatioiden kohdalla uusien emokalojen hankkiminen luonnosta voi olla vaikeaa, ellei peräti mahdotonta. Tämä on tilanne myös Saimaan nieriän kohdalla (Makkonen & Nurmio 1997). Mikrosatelliitti-DNA:n muunteluun perustuvien tutkimusten perusteella esimerkiksi Saimaan nieriän laitoskannan geneettinen monimuotoisuus näyttää alhaisemmalta kuin useassa muussa pohjoisessa nieriäpopulaatiossa (Primmer ym. 1999). Kuten edellä kävi ilmi, yksilön ominaisuuksilla kehityksen varhaisvaiheessa voi olla hyvin merkittävä rooli sen tulevaisuuden kannalta. Olemmekin selvittäneet Saimaan nieriällä millaista fenotyyppistä muuntelua yksilönkehityksen varhaisvaiheissa ilmenee, ja mikä on vanhempien vaikutus tähän muunteluun.

Aikaisempien lohikaloilla tehtyjen tutkimusten tavoin myös omat tutkimuksemme (esim. Hirvonen ym. 2000) samaan ikäluokkaan kuuluvilla Saimaan nieriöillä osoittavat perheiden välisissä vertailuissa naaraan koon ja sen tuottamien mätimunien koon välillä positiivisen suhteen, joskin eroja mätimunakoossa oli havaittavissa myös samankokoisten naaraiden välillä. Mielenkiintoinen havainto oli myös se, että koirallaikin näytti olevan vaikutusta mätimunien kokoon. Naaraan tuottamien mätimunien koko oli silmäpistevaiheessa erilainen riippuen siitä, minkä koiraan maitia hedelmöitykseen oli käytetty. Jatkotutkimuksemme eri koiras-naaras -yhdistelmillä (Pakkasmaa ym. 2000) ovat osoittaneet, että koiras vaikuttaa mätimunien kokoon ainakin niiden turpoamisvaiheessa: hedelmöityksen jälkeinen mätimunien turpoaminen riippui sekä naaraasta että hedelmöitykseen käytetystä koirasta. Tällä hetkellä on vielä epäselvää, mikä merkitys mätimunien turpoamiseroilla on, mutta äskettäinen järvitaimenella toteutettu tutkimus viittaa mahdolliseen yhteyteen mm. mätimunien elinkelpoisuuden kanssa. Lahnsteiner ym. (1999) osoittivat järvitaimenella positiivisen yhteyden kes-

kimääräisellä mätimunakoon kasvulla turpoamisvaiheessa ja mätimunien elinkelpoisuudella.

Olemme tutkineet myös poikasten kehitysnopeudessa (kuoriutumisaika) ja koossa (kuoriutumisvaiheessa sekä syömisen aloitusvaiheessa) ilmenevää muuntelua (Peuhkuri ym. 2000). Hyödynsimme kvantitatiivisen genetiikan menetelmiä, jolloin saatoimme osoittaa ominaisuuksien fenotyyppisen vaihtelun perinnölliseen ja ympäristökomponenttiin. Koejärjestely mahdollisti myös maternaaliefektin erottamisen muista ympäristötekijöistä. Tutkimus perustui 36 perheestä kerättyyn aineistoon. Perheet oli tuotettu ns. matriisihedelmöityksellä, johon käytettiin kuutta naaraa ja koirasta, joista kukin risteytettiin keskenään. Perheitä kasvatettiin erillään silmäpistevaiheeseen asti, jolloin kustakin perheestä poimittiin satunnaisesti 20 mätimunaa yksittäisiin jatkokasvatuksiin. Poikasia seurattiin syömisen starttivaiheeseen saakka.

Alustavat analyysimme osoittavat sekä naaraan että koiraan vaikuttavan merkittävästi poikasen kehitysnopeuteen ja kuoriutumiskokoon. Fenotyyppisen muuntelun jakaminen sen taustalla oleviin tekijöihin osoitti kuoriutumisajassa merkittävän perinnöllisen komponentin. Kuoriutumiskoossa havaittiin tämän lisäksi myös merkittävä maternaaliefekti. Poikasen koko ruokailun aloittamisvaiheessa näytti olevan enää ainoastaan naaraan ominaisuuksista ja muista ympäristötekijöistä riippuvaa, ilman merkittävää perinnöllistä komponenttia. Myös McKay ym. (1986) ovat havainneet kirjolohella tekemässään tutkimuksessa perintötekijöiden selittävän poikasten koon muuntelua syömisen aloitusvaiheessa vain vähän. Sen sijaan joitain viikkoja myöhemmin periytymisarvot olivat korkeammat. Valitettavasti emme omassa kokeessamme voineet seurata poikasia syömisen starttivaihetta pidemmälle.

Tämän hetkisten tulostemme valossa näyttää siis ilmeiseltä, että Saimaan nieriän varhaisissa elinkierto-ominaisuuksissa ilmenevästä fenotyyppisestä muuntelusta varsin suuri osa on naaraan ominaisuuksista ja muista ympäristötekijöistä johtuvaa, mutta osa on myös perinnöllisten tekijöiden aikaansaamaa. Jatkossa pyrimme laajentamaan tutkimuksemme kattamaan myös nieriän myöhäisemmät poikasvaiheet. Tutkittavien lajien listalla ovat myös järvilohi, taimen ja harjus. Miten olemassaoleva muuntelu heijastuu yksilöiden menestykseen luonnonympäristössä on myöskin kysymys, johon tulemme tutkimuksissamme etsimään vastausta.

Kirjallisuus

- Allendorf, F. W. & Waples, R. S. 1996. Conservation and genetics of salmonid fishes. Teoksessa: Conservation genetics: case histories from nature (J. C. Avise & J. L. Hamrick, toim.), ss. 238-280. Chapman & Hall, New York.
- Avise, J. C. 1997. What can molecular biology contribute to conservation Teoksessa: Principles of conservation biology (G. K. Meffe, C. R. Carroll & contributors), ss. 188-189. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.
- Beacham, T. D. 1988. A genetic analysis of early development in pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) and chum salmon (*Oncorhynchus keta*) at three different temperatures. *Genome* 30:89-96.
- Bernardo, J. 1991. Manipulating egg size to study maternal effects on offspring traits. *Trends. Ecol. Evol.* 6:1-2.
- Bernardo, J. 1996. The particular maternal effects of propagule size, especially egg size: patterns, models, quality of evidence and interpretations. *Am. Zool.* 36:216-236.
- Bürger, R. & Lynch, M. 1995. Evolution and extinction in a changing environment: a quantitative genetic analysis. *Evolution* 49:151-163.

- Falconer, D. S. & Mackay, T. F. C. 1996. Introduction to quantitative genetics. 4. painos. Longman.
- Ferguson, M. M., Liskauskas, A. P. & Danzmann, R. G. 1995. Genetic and environmental correlates of variation in body weight of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52:307-314.
- Foster, S. A. & Endler, J. A. 1999. Geographic variation in behavior. Perspectives on evolutionary mechanisms. Oxford University Press, Oxford, New York.
- Fox, C. W. & Mousseau, T. A. 1996. Larval host plant affects fitness consequences of egg size variation in the seed beetle *Stator limbatus*. Oecologia 107:541-548.
- Heath, D. D. & Blouw, D. M. 1998. Are maternal effects in fish adaptive or merely physiological side effects? Teoksessa: Maternal effects as adaptations (T. A. Mousseau & C. W. Fox, toim.), ss. 178-201. Oxford University Press, New York.
- Hebert, K. P., Goddard, P. L., Smoker, W. W. & Gharrett, A. J. 1998. Quantitative genetic variation and genotype by environment interaction of embryo development rate in pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55:2048-2057.
- Hirvonen, H., Seppä, T., Laurila, A., Peuhkuri, N., Piironen, J. & Rintala, J. 2000. Size variation in early life stages of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). Lähetetty käsikirjoitus.
- Hutchings, J. A. 1991. Fitness consequences of variation in egg size and food abundance in brook trout *Salvelinus alpinus*. Evolution 45:1162-1168.
- Kamler, E. 1992. Early life history of fish. Chapman & Hall, London.
- Lahnsteiner, F., Weismann, T. & Patzner, R.A. (1999) Physiological and biochemical parameters for egg quality determination in lake trout, *Salmo trutta lacustris*. Fish Physiol. Biochem. 20:375-388.
- Lynch, M. 1996. A quantitative-genetic perspective on conservation issues. Teoksessa: Conservation genetics: case histories from nature (J. C. Avise & J. L. Hamrick, toim.), ss. 471-501. Chapman & Hall, New York.
- Lynch, M. & Walsh, B. 1998. Genetics and analysis of quantitative traits. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- Makkonen, J. & Nurmio, T. 1997. Kuolimon nieriän kalastus ja nykytila. Teoksessa: Saimaan nieriä, syvien vesien uhanalainen. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 133, ss. 11-43.
- McKay, L. R., Ihssen, P. E. & Friars, G. W. 1986. Genetic parameters of growth in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, prior to maturation. Can. J. Genet. Cytol. 28:306-312.
- Meffe, G. K. & Carrol, C. R. 1997. Genetics: conservation of diversity within species. Teoksessa: Principles of conservation biology (G. K. Meffe, C. R. Carroll & contributors), ss. 161-201. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.
- Miller, T.J., Crowder, L.B., Rice, J.A. and Marshall, E.A. 1988. Larval size and recruitment mechanisms in fishes: toward a conceptual framework. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45:1657-1670.
- Mousseau, T. A. & Fox, C. W. 1998. Maternal effects as adaptations. Oxford University Press, New York, Oxford.
- Ojanguren, A. F., Reyes-Gavilán, F. G. and Braña, F. 1996. Effects on egg size on offspring development and fitness in brown trout, *Salmo trutta* L. Aquaculture 147:9-20.

- Olsson, M., Gullberg, C., Shine, R., Madsen, T. & Tegelström, H. 1996. Paternal genotype influences incubation period, offspring size, and offspring shape in an oviparous reptile. *Evolution* 50:1328-1333.
- Pakkasmaa, S., Peuhkuri, N., Laurila, A., Hirvonen, H. & Ranta, E. 2000. Female and male contribution to egg size variability in freshwater salmonids. Lähetetty käsikirjoitus.
- Panagiotaki, P. & Geffen, A. J. 1990. Parental effects of size variation in fish larvae. *J. Fish Biol.* 41:S37-S42.
- Peuhkuri, N., Laurila, A., Hosia, A., Hirvonen, H., Seppä, T., Piironen, J., & Ranta, E. 2000. A quantitative genetic analysis of early life history traits in a bottleneck population of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). Valmisteilla oleva käsikirjoitus.
- Primmer, C. R., Aho, T., Piironen, J., Estoup, A., Cornuet, J.-M. & Ranta, E. 1999. Microsatellite analysis of hatchery stocks and natural populations of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from the Nordic region: implications for conservation. *Hereditas* 130:277-289.
- Reznick, D. N. 1991. Maternal effects in fish life histories. Teoksessa: The unity of evolutionary biology. Proceedings of the fourth international congress of systematics and evolutionary biology. Vol III (E. C. Dudley, toim.), pp. 780-793. Dioscorides Press, Portland, Oregon.
- Reznick, D. N., Callahan, H. & Llauredo, R. 1996. Maternal effects on offspring quality in Poeciliid fishes. *Am. Zool.* 36:147-156.
- Rhodes, J.S and Quinn, T.P. 1998. Factors affecting the outcome of territorial contests between hatchery and naturally reared coho salmon parr in the laboratory. *J. Fish Biol.* 53:1220-1330.
- Shnol, E. E. & Kondrashov, A. S. 1993. The effect of selection on the phenotypic variance. *Genetics* 134:995-996.
- Weigensberg, I., Carrière, Y. & Roff, D. A. 1998. Effects of male genetic contribution and paternal investment to egg and hatchling size in the cricket, *Gryllus firmus*. *J. Evol. Biol.* 11:135-146.
- Wootton, R. J. 1998. Ecology of teleost fishes. 2. painos. Chapman & Hall, London.

Miten erilaisia ovat viljelyssä olevat taimenkannat?

KATRIINA LAHTI

Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos, Populaatiobiologian osasto, PL 17, 00014 Helsingin yliopisto

Johdanto

Maantieteellisesti eristyneet saman lajin populaatiot ovat usein paikallisesti sopeutuneita ympäristöönsä, etenkin jos geenivirta populaatioiden välillä on ollut vähäistä. Monet taimenkannoistamme elävät maantieteellisesti eriytyneillä vesistöalueilla, ja niiden voisikin olettaa olevan paikallisesti sopeutuneita elinympäristöönsä. Uhanalaisuutensa vuoksi moni taimenkanta on lähes täysin riippuvainen laitoskasvatettujen kalojen istutuksista. Laitoskannat pyritään pitämään mahdollisimman 'rotupuhtaina' ja viljelykannan laitostumista ehkäistään uusimalla niitä luonnonvesistä pyydytyillä emoilla ja poikasilla (Westman 1991). Täten onkin syytä olettaa, että kantojen väliset alkuperäiset erot säilyvät myös laitoskasvatetuilla kaloilla.

Taimenkannat voivat erota perinnöllisiltä, ekologisilta, morfologisilta sekä käyttäytymisominaisuuksiltaan, ja nämä erot ovat yleensä yhteydessä taimenen kutu- ja kasvuympäristöön (Ikonen ym. 1987, Pakkasmaa 2000, Huusko ja van der Meer 1988, Hutchison ja Iwata 1997). Perinteisesti taimen on jaettu kolmeen ekologiseen muotoon (meri-, järvi- ja purotaimen) vaelluskäyttäytymisensä mukaan, joskin kolmijaosta käydään parhaillaan kiivasta keskustelua (Yli-Karjamaa). Vaikka selviä käyttäytymis- ja morfologisia eroja eri vaellusmuotojen välillä onkin, perinnöllisiä eroja muotojen välillä ei silti ole havaittu entsyymigeneettisissä tutkimuksissa (Koljonen ja Sarjamo 1987).

Aggressiivisuus lohikaloilla

Käyttäytyminen on jäänyt valtavirran kalanviljelytutkimuksissa vähemmälle huomiolle. Vasta viime aikoina käyttäytymisen merkitykseen kalan menestymiseen sekä laitosoloissa että luonnossa istutuksen jälkeen on kiinnitetty huomiota (Metcalf 1990). Eräs mielenkiintoisimmista lohikalojen käyttäytymispiirteistä on aggressiivisuus, jota esiintyy etenkin poikasvaiheessa. Luonnossa lohikalanpoikaset ovat reviiरिकaloja, ja koska ruokareviiriä puolustetaan aggressiivisilla hyökkäyksillä (Kallenberg 1958), aggressiivisen käyttäytymisen merkitys kalan ravinnonhankinnan kannalta on suuri. Dominanttien yksilöiden on esimerkiksi Atlantin lohella havaittu olevan yleensä aggressiivisempia, ja pystyvän vaeltamaan syönnökselle aikaisemmin kuin alempiarvoisten yksilöiden (Metcalf ym. 1989, Nicieza ja Metcalf 1999). Yksilön sosiaalisella asemalla on siis kauaskantoisia vaikutuksia sen myöhempään menestymiseen.

Aggressiivisuus on noussut viimeaikoina aktiiviseksi keskustelunaiheeksi myös kalanviljelijöiden keskuudessa, lähinnä tutkimustulosten johdosta, jotka kertovat lisääntyneestä aggressiivisuudesta laitoskasvatetuilla kaloilla luonnonkaloihin verrattuna (Fendersson ym. 1968, Swain ja Riddell 1990, Berejkian ym. 1996). Yksilötasolla dominateilla (ja siis yleensä aggressiivisimmilla) kaloilla on havaittu suurempi kasvunopeus kuin alempiarvoisilla kaloilla (Chapman 1962, Fenderson ym. 1968, Metcalf ym. 1990). Ovatko yksilöt siis nopeakasvuisia koska ne ovat alunperin aggressiivisia, vaiko aggressiivisia ja dominanteja, koska ne ovat nopeakasvuisia? Tähän kysymykseen on saatu ainakin osittainen vastaus yksilön aineenvaihdunnan nopeudesta. Metcalf ym. (1995) osoittivat, että korkea aineenvaihdunnan taso on yhteydessä domina-

tin asemaan, aggressiivisuuteen ja nopeaan kasvuvauhtiin. Korkean aineenvaihdunnan omaavat poikaset kuluttavat nopeammin ruskuaisensa, valtaavat aikaisemmin syömä-reviirin joesta ja kykenevät energiaa kuluttaviin toimintoihin kuten aggressiivisuuteen paremmin kuin alhaisen aineenvaihdunnan tason omaavat kalat. Korkealla aineenvaihdunnalla on myös haittansa; ravinnon tarve on tällöin suurempi kuin matalamman aineenvaihdunnassa.

Tutkimuksemme tarkoitus

Halusimme selvittää tutkimuksissamme poikasvaiheen aggressiivisuuden määrää eri taimenpopulaatiolla, sekä myös vastata kysymykseen löytyykö aggressiivisuudessa eroja kolmen eri vaellusmuodon välillä. Lisäksi tutkimme mahdollista aggressiivisuuden ja kasvunopeuden välistä yhteyttä taimenpopulaatioiden välillä. Tutkimme myös taimenpopulaatioiden aineenvaihduntaa sekä aggressiivista käyttäytymistä, tarkoituksemme selvittää aineenvaihdunnan ja aggressiivisuuden välistä yhteyttä.

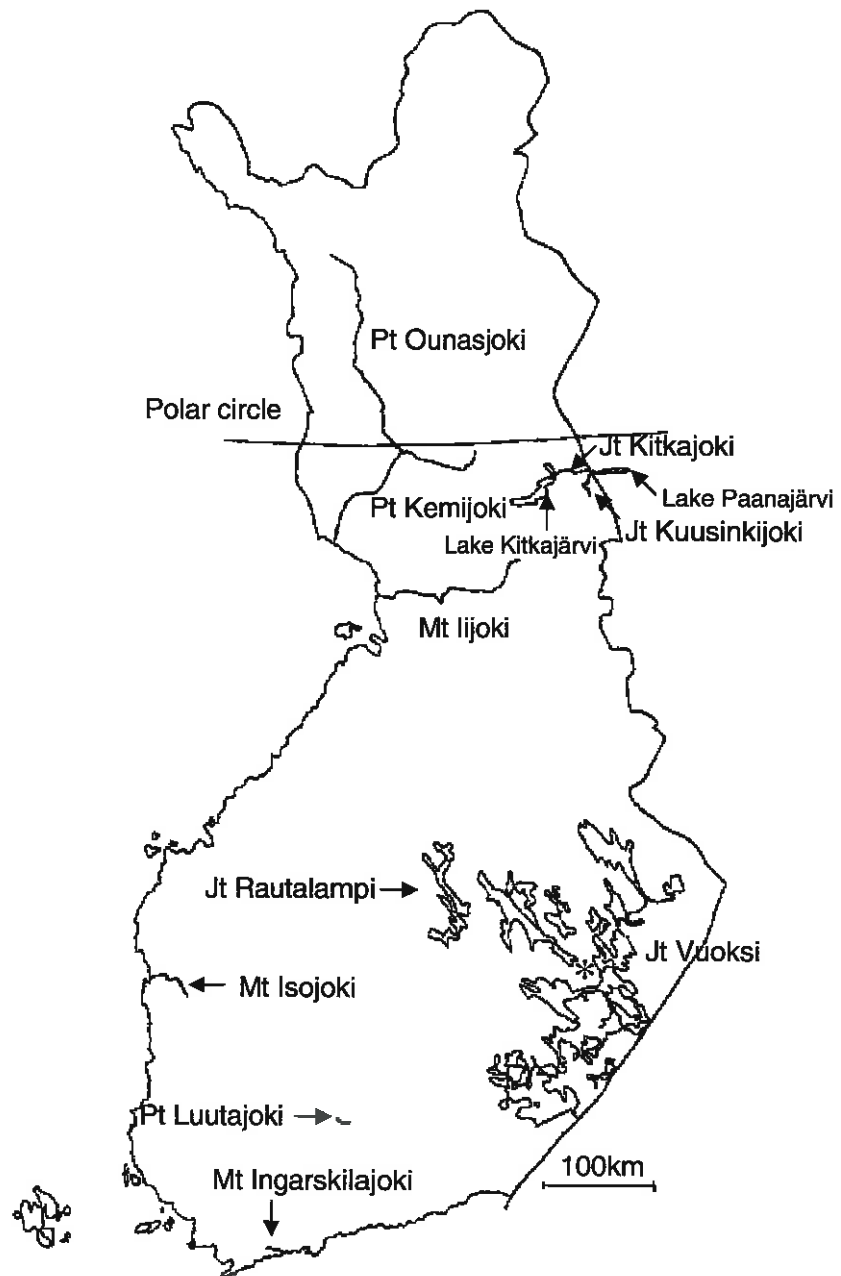
Aineisto ja menetelmät

Käytimme tutkimuksissamme kymmentä suomalaista, kolmeen eri vaellusmuotoon kuuluvaa taimenpopulaatiota, jotka ovat laitoskantoina RKTL:n kalanviljelylaitoksissa. Tutkittavat populaatiot olivat mt Ingarskila, mt Iijoki, mt Isojoki, jt Vuoksi, jt Kuusinkijoki, jt Rautalampi, jt Kitkajoki (Y), pt Ounasjoki, pt Kemijoki ja pt Luutajoki (kuva 1.). Populaatiot tuotiin Enonkosken laitokselle silmäpistevaiheessa, minkä jälkeen haudonta ja kasvatus tapahtui samanlaisissa oloissa.

Aggressiivista käyttäytymistä tutkittiin 1998 akvaariokokein kaikista kymmenestä populaatiosta, sen lisäksi kalojen kasvua seurattiin syyskuusta tammikuuhun. Taimenten hapenkulutusta (Standard Metabolic Rate, SMR) mitattiin 12° C:ssa automatisoidulla läpivirtausrespirometrillä vuonna 1999 Joensuun yliopistolla neljästä populaatiosta (jt Kitkajoki (Y), pt Ounasjoki, mt Isojoki, mt Iijoki). Lisäksi samoista populaatiosta tutkittiin aggressiivisuutta aineenvaihduntamittausten kanssa samanaikaisesti Enonkoskella vuonna 1999.

Tulokset

Taimenpopulaatioiden välillä havaittiin eroja aggressiivisuuden määrässä, mutta erot aggressiivisuudessa selittyivät vaellusmuodolla, meritaimenten havaittiin olevan aggressiivisimpia paikallismuotoon verrattuna (Lahti ym. 2000a). Kasvunopeus oli korreloitunut positiivisesti aggressiivisuuden kanssa populaatiotasolla; populaatiot, joilla oli korkea kasvunopeus olivat myös kaikkein aggressiivisempia (Lahti ym. 2000a). Viime vuoden tutkimuksissa havaittiin aineenvaihdunnan nopeuden olevan yhteydessä aggressiiviseen käyttäytymiseen neljällä taimenpopulaatiolla (Lahti ym. 2000b).



Kuva 1. Tutkimuksessa käytetyt taimenpopulaatiot.

Tulosten tarkastelu

Tulokset viittaavat siihen, että taimenpopulaatioiden erot aggressiivisuuden ja aineenvaihdunnan suhteen ovat geneettisiä, koska kasvatus- ja ympäristötekijät olivat ko-
keessa samanlaiset jokaiselle populaatiolle. Luonnonpopulaatioiden voidaan olettaa
myös eroavan toisistaan tutkittavien piirteiden osalta, sillä on epätodennäköistä, että
erot populaatioiden välillä olisivat syntyneet niiden laitoshistorian aikana. Laitoshisto-
rian pituuden vaihtelu populaatioiden välillä on eräs potentiaalinen aggressiivisuuteen
vaikuttava tekijä, mutta siltäkään ei kokeessamme näyttänyt olevan vaikutusta aggres-
siivisuuden määrään (Lahti ym. 2000a).

Erot aggressiivisuudessa populaatioiden ja vaellusmuotojen välillä

Vaellusmuotojen eroaminen aggressiivisessa käyttäytymisessä, jossa meritaimen osoittautui aggressiivisimmaksi muodoksi, oli mielenkiintoinen havainto. Vaellusmuotojen erot aggressiivisuudessa eivät sinänsä ole kuitenkaan uusi havainto, useat tutkimukset ovat löytäneet eroja aggressiivisessa käyttäytymisessä (Taylor 1990, Hutchison ja Iwata 1997). Mielenkiintoista sen sijaan on, että meritaimen osoittautui aggressiivisimmaksi muodoksi; suurimmassa osassa tutkimuksista paikalliset muodot ovat olleet vaeltavia muotoja aggressiivisempia (Taylor ja Larkin 1986, Taylor 1990, Hutchison ja Iwata 1997). Mitä erot populaatioiden ja vaellusmuotojen aggressiivisuudessa sitten tarkoittavat käytännössä? Aggressiivisuutta voidaan pitää yhtenä kilpailukyvyyn osatekijänä, ja näiden tulosten perusteella taimenpopulaatiot eroavat tältä kilpailukyvyyn osatekijän osalta. Tämä kannattaa pitää mielessä kantojen istutus- ja yhdistämissuunnitelmia tehtäessä.

Metabolia → nopea kasvu ja aggressiivisuus?

Positiivinen korrelaatio kasvunopeuden ja aggressiivisuuden välillä on tietääksemme ensimmäinen populaatiotason havainto näiden ominaisuuksien yhteydestä. Yksilötason kasvunopeuden ja aggressiivisuuden välisen positiivisen yhteyden lisäksi (Nicieza & Metcalfe 1999) myös muita todisteita näiden ominaisuuksien yhteydestä on löydetty. Tästä hyvänä esimerkkinä on Johnssonin ja Björnssonin (1994) tutkimus, jossa kirjoloheen lisätty kasvuhormoni paransi yksilön kasvunopeutta sekä myös yksilön asemaa dominanssijärjestyksessä. Yksilön aineenvaihdunta määrää pitkälti sen ravinnon tarpeen ja kasvunopeuden (Willmer ym. 2000). Täten erot aineenvaihdunnan tasossa ovat yleinen löydös eri elinympäristössä elävien populaatioiden välisissä vertailuissa (Spicer ja Gaston 1999). Tuloksemme aineenvaihdunnan ja aggressiivisuuden välisestä positiivisesta yhteydestä populaatiotasolla on sen sijaan tietojemme mukaan ainutlaatuinen havainto. Kokonaisuudessaan tuloksemme tukevat aikaisempia yksilötason tutkimuksia aggressiivisuuden ja kasvunopeuden yhteydestä aineenvaihdunnan tasoon (Metcalf ym 1995, Yamamoto ym. 1998). Lopuksi herääkin kysymys: mitä muita ominaisuuksia suositaan kun valitaan nopeasti kasvavia kaloja?

Yhteistyökumppanit

Tässä kirjoituksessa mainitut tulokset ovat peräisin kahdesta eri tutkimuksesta jotka ovat syntyneet yhteistyössä useiden eri tutkijoiden kanssa (Lahti ym 2000a): FT Anssi Laurila (Uppsala/HY), FT Jorma Piironen (Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely) ja fil. yo Katja Enberg (HY). (Lahti ym 2000b): FT Anssi Laurila, FT Hannu Huuskonen (Joensuun yliopisto) ja FT Jorma Piironen. Molemmat tutkimukset on tehty yhteistyössä Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely -laitoksen kanssa ja kiitämme koko Enonkosken laitosta hyvästä koekalojen hoidosta ja erinomaisten työskentelypuitteiden luomisesta.

Kirjallisuus

Berejikian, B. A., Mathews S. B & Quinn T. P. 1996: Effects of hatchery and wild ancestry and rearing environments on the development of agonistic behaviour in steelhead trout (*Onchorhynchus mykiss*) fry. Can. J. fish. Aquat. Sci. 53, 2004-2014.

Chapman, D. W. 1962: Aggressive behaviour in juvenile coho salmon as a cause of emigration. J. Fish. Res. BD. Canada, 19(6), 1047-1079.

- Fenderson, O. C., Everhart, W. H. & Muth, K. M. 1968: Comparative agonistic and feeding behaviour of hatchery-reared and wild salmon in aquaria. *J. Fish. Res. Board Can.* 25, 1-14.
- Hutchison, M. J. & Iwata, M. 1997: A comparative analysis of aggression in migratory and non-migratory salmoids. *Environ. Biol. Fish.* 50, 209-215.
- Huusko A. & van der Meer O. 1988: Paanajärvi vai Pääjärvi? Oulangan taimenen kasvualueet tarkastelussa. *Suomen Kalastuslehti*, 8, s. 405-408.
- Ikonen E., Ahlfors, P., Mikkola, J. & Saura, A. 1987: Meritaimenen ja lohen elvyttäminen Vantaanjoen vesistöissä. Helsinki. RKTL Kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 62, 106 s.
- Johnsson, J. & Björnsson, B. Th. 1994: Growth hormone increases growth rate, appetite and dominance in juvenile rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*. *Amin. Behav.* 48 (1), 177-186.
- Kallenberg, H. (1958). Observations in stream tank of territoriality and competition in juvenile salmon and trout, *Salmo salar* L. and *Salmo trutta* L. *Rep. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 39, 55-98.
- Koljonen, M-L. & Sarjamo, H. 1987: Paatsjoen taimenkantojen geneettinen tutkimus. *Suomen Kalastuslehti* 8, s. 428-431.
- Lahti, K., Laurila, A., Enberg, K. & Piironen J. 2000a: Variation in aggressive behaviour among populations and migration morphs in brown trout (*Salmo trutta*). *Käsi kirjoitus*.
- Lahti, K., Huuskonen, H., Laurila A. & Piironen J. 2000b: Metabolic rate — a factor behind differences in aggressiveness between populations?
- Metcalf, N. B. 1990: Aquaculture. In ed. Monaghan P. & Wood-Gush D.: *Managing the behaviour of animals*, Chapman & Hall, London.
- Metcalf, N. B., Taylor A. C. & Thorpe, J. E. 1995: Metabolic rate, social status and life-history strategies in Atlantic salmon. *Anim. Behav.* 49:431-436.
- Metcalf, N. B., Huntingford, F. A., Graham, W. D. & Thorpe, J. E. 1989: Early social status and the development of life history strategies in Atlantic salmon. *Proc. R. Soc. London B.* 236, 7-19.
- Nicieza A. G. & Metcalfe N. B. 1999: Cost of rapid growth: risk of aggression is high for fast-growing salmon. *Functional Ecology* 13:793-800
- Pakkasmaa, S. 2000: Morphological and early life history variation in salmonid fishes. *Väitöskirja*.
- Spicer, J.T. & Gaston, K.J. 1999: Physiological diversity and its ecological implications. Blackwell Science, London.
- Swain, D. P & Riddell, B. E 1990: Genetic variation in agonistic behaviour of juveniles between hatchery and wild stocks of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47, 566-573.
- Taylor, E. B. 1990: Phenotypic correlates of life-history variation in juvenile chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*. *J. Anim. Ecol.* 59, 455-468.
- Taylor, E. B. & Larkin, P. A. 1986: Current response and agonistic behaviour in newly emerged fry of chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*, from ocean- and stream-type populations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43, 565-573.
- Yamamoto, T., Ueda, H. & Higashi, S. 1998: Correlation among dominance status, metabolic rate and otolith size in masu salmon. *J. Fish Biol.* 52, 281-290

Yli-Karjamaa, H.: Taimenesta, taimenkantojen elvyttämisestä ja virtavesikunnostuksesta. http://www.luontoliitto.fi/taimen/html/artik_virtavesi.html/.

Westman, K. 1991: Kalakantarekisteri ja uhanalaisten arvokalakantojen säilyttäminen. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 26.

Willmer, P., Stone, G. & Johnston I. 2000: Environmental Physiology of Animals. Blackwell Science, London.

Sosiaalisen ympäristön vaikutus nieriän kasvuun

TEIJA SEPPÄ

Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos, Populaatiobiologian osasto, PL 17, 00014 Helsingin yliopisto

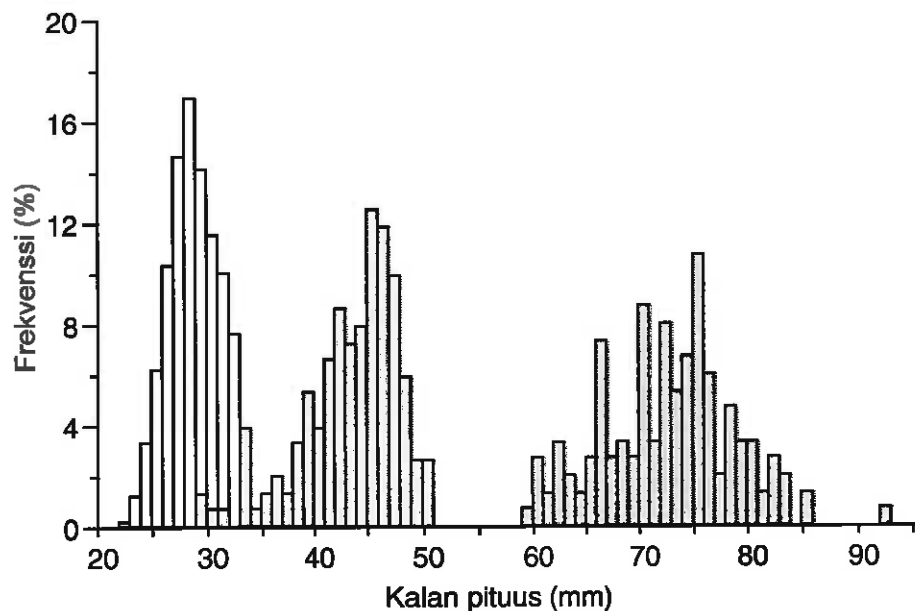
Johdanto

Mitä kasvu on? Yksinkertaisimmillaan kasvun voi määritellä "eliölle ominaiseksi palautumattomaksi koon suurenemiseksi". Aineenvaihdunnallisesti kasvun voidaan katsoa olevan energiavirtaa, jossa elimistön ylläpidosta yli jäänyt energia ohjataan uuden kudoksen tuottamiseen (Wootton 1998). Tämä uusi kudos voi olla somaattista kasvua, jolloin yksilön koko suurenee tai muodostaa lisääntymistuotteita, jotka poistuvat yksilön ruumiista lisääntymisaikana. Energian allokointi kasvuun tai lisääntymiseen on kohtuullisen yksinkertaista tasalämpöisillä eliöillä kuten linnuilla ja nisäkkäillä, joilla yksilö kasvaa lisääntymisikään saakka, jolloin kasvu pysähtyy ja energiaa aletaan ohjata lisääntymistuotteiden muodostamiseen. Kalojen kasvu taas on monimutkaisempaa. Koska kalat ovat vaihtolämpöisiä, niiden kasvuun vaikuttaa voimakkaasti ympäristön lämpötila (Elliot 1975, 1976, Jensen 1985, Wootton 1998). Kalat jatkavat myös kasvuaan vielä lisääntymisen aloittamisen jälkeenkin (Wootton 1998, McDowall 1994), jolloin energiaa tarvitaan sekä kasvuun että lisääntymiseen. Nuorten kalojen kasvu on nopeaa, mutta lisääntymisen alettua myös kasvuvauhti hidastuu.

Elämäänsä aloittelevan kalan koolla on epäilemättä suurta merkitystä sen myöhemmän menestymisen kannalta. Nuorilla kaloilla saalistuksesta johtuva kuolevuus on yleensä kokoriippuvaista siten, että suuremmilla yksilöillä on paremmat mahdollisuudet selvitä hengissä kuin pienillä (Wootton 1998). Suuret yksilöt selviävät myös mahdollisesti pidempään hengissä epäsuotuisissa olosuhteissa. Myöhemmin suuret yksilöt selviävät pieniä paremmin resursseista esim. ravinnosta ja territorioista kilpailtaessa. Lisääntymisen kannalta suuresta koosta on myös hyötyä. Suuri naaras tuottaa yleensä enemmän ja suurempia mätimunua kuin pieni (Thorpe ym. 1984, Duarte & Alcaraz 1989, Kamler 1992). Suuri koiras taas on yleensä menestyksekkäs naaraiden suosiosta kilpailtaessa, jolloin se pääsee siirtämään tehokkaasti omia geenejään jälkipolville (Fleming & Gross 1994, Fleming 1996).

Samanikäiset kalat voivat olla hyvinkin erikokoisia jo pian kuoriutumisen jälkeen (kuva 1.). Erääksi tärkeäksi syyksi yksilöiden vaihtelevaan kasvuun on ehdotettu kilpailua ja muita sosiaalisia vuorovaikutussuhteita yksilöiden välillä (Brown 1946a, b, Yamagishi 1969, Ryer & Olla 1996, Cutts ym. 1998). Erityisesti lohikaloilla nuoren yksilön koko voi vaikuttaa sen myöhemmään elämään ja menestymiseen voimakkaasti. Monet lohikalat peittävät mätimunansa sopivaan joenpohjan soraikkoon, jonka suojissa munat kehittyvät ja poikaset kuoriutuvat. Kulutettuaan ruskuaispussiinsa varastoidun vararavinnon, poikanen kaivautuu esiin sorasta ja alkaa puolustamaan ravintoreviiriä lajikumppaneitaan vastaan (Kalleberg 1958). Hyvän reviirin valtaaminen ja sen puolustaminen on hyvin tärkeää; yksilöt jotka eivät tässä tehtävässä onnistu jäävät pienemmiksi kuin muut tai jopa kuolevat (Symons 1971, Titus & Mosegaard 1991). Nuoren lohikalan menestymisen kannalta on siis ensiarvoisen tärkeää saada etulyöntiasema koon suhteen jo varhain, sillä koko sen nuoruusajan kasvua määrää suurelta osin lajikumppaneiden väliset vuorovaikutus ja kilpailusuhteet, joissa suuresta koosta on hyötyä.

Tutkimuksessani selvitin erilaisten sosiaalisten ympäristöjen vaikutusta nieriän (*Salvelinus alpinus*) kasvuun. Tutkimuslajiksi tämänkaltaiseen kasvukokeeseen nieriä on erityisen sovelias, koska se on lajina hyvin monimuotoinen. Nieriää tavataan monista pohjoisista vesistöistä, joissa se voi ilmetä useassa eri muodossa, jotka eroavat toisistaan ulkonäöltään, kooltaan ja ravinnoltaan sekä kutuajankohdaltaan ja -paikaltaan (Johnson 1980, Jonsson ym. 1988, Sandlund ym. 1992, Baroudy & Elliott 1994). Nieriällä on myös havaittu suurta vaihtelua yksilöiden välillä kasvun suhteen sekä luonnon- että laitosoloissa.



Kuva 1. Kasvusta johtuva jakauman muutos kahden kuukauden aikana ryhmässä Saimaan nieriöitä.

Osakokeet

Sosiaalisten vuorovaikutusten vaikutusta nieriän kasvuun tutkittiin neljän osakokeen avulla. Kokeet suoritettiin Saimaan kalantutkimuksen ja vesiviljelyn tiloissa Enonkoskella ja kaikissa osakokeissa käytettiin viljelyssä olevaa Saimaan nieriää. Kokeissa pyrittiin vaikuttamaan kalojen välisiin kilpailusuhteisiin altistamalla ne erilaisille kokeellisesti manipuloituille olosuhteille.

Osakoe 1. Ravintokoon ja -määrän vaikutus

Suuret kokovaihtelut ikäluokan sisällä katsotaan olevan suuressa määrin tulosta epäsymmetrisestä kilpailusta yksilöiden välillä (Brown 1946a, b, Yamagishi 1969). Ero yksilöiden välillä ruuan saannin (McCarthy ym. 1992, Damsgård ym. 1997) ja kasvun (Davis & Olla 1987) suhteen korostuvat erityisesti siinä tilanteessa kun ruokaa on niukasti. Ruokaillessaan kalat pyrkivät valitsemaan energeettisesti sopivinta ruokaa. Kaloilla sopivimman ruuan koko kasvaa yleensä kalan kasvaessa (Wankowski & Thorpe 1979). Suuremmat kalat voivat myös käyttää laajemmin erikokoista ravintoa, mikä voi antaa niille etulyöntiaseman kilpailutilanteessa pienempiä kaloihin nähden (Wootton 1998).

Ensimmäisessä osakokeessa kalojen saaman ruuan määrää ja ruokapartikkeleiden ko-koa vaihdeltiin. Kokeen kalat olivat 0+ ikäisiä ja koe aloitettiin pian ruokinnan aloit-tamisen jälkeen. Ruokintatasoja kokeessa oli kaksi: matala (2% biomassasta) tai kor-kea (4% biomassasta). Lisäksi ryhmät saivat joko pientä- (0.3 mm), suurta- (0.6 mm) tai sekapartikkelia (puolet 0.3 mm ja puolet 0.6 mm).

Sekä ruuan koolla että määrällä oli vaikutusta kalojen kasvuun. Kalat kasvoivat hyvin seka- tai suurella partikkelilla ruokittaessa, eroa oli myös ruokamäärien välillä; korke-an ruokatason kalat kasvoivat matalan ruokatason kaloja paremmin. Erilaiset yhdis-telmät ruuan koosta ja määrästä vaikuttivat kalaryhmien kokojakaumiin eri tavoin, esi-merkiksi paljon suurikokoista ruokaa johti joidenkin ryhmän yksilöiden jäämiseen kasvussa muiden jälkeen, kun taas matalan ruokatason kaloista osa, ehkä ryhmän par-haat kilpailijat, kasvoivat muita suuremmiksi.

Osakoe 2. Tuttuuden vaikutus

Aikaisemmat kokeet ovat osoittaneet, että kalat kykenevät tunnistamaan lajikumppa-neitaan yksilöllisesti (Griffiths & Magurran 1997a, b, 1999). Tuttuus vaikuttaa myös niiden käyttäytymiseen, kalat ovat vähemmän aggressiivisia toisiaan kohtaan (Morris ym. 1995, Johnsson 1997) sekä syövät paremmin tuttujen seurassa kuin tuntemattomi-en (Höjesjö ym. 1998). Koska aggressiivinen käyttäytyminen kuluttaa paljon energiaa on odotettavissa että tämä muutos käyttäytymisessä lisää myös yksilöiden kasvua ja selviytymistä.

Kokeessa verrattiin tuttujen ja ei-tuttujen kalojen kasvua, hengissäselviämistä ja kun-toa. Tuttujen kalojen ryhmät muodostettiin ottamalla kaikki koeryhmän kalat samasta kasvatusaltaasta, kun taas ei-tuttujen ryhmät muodostettiin yhdistämällä kaloja useas-ta eri kasvatusaltaasta. Kolmen viikon kasvatusajan jälkeen voitiin todeta että tutut ka-lat olivat selvinneet paremmin hengissä ja olivat parempikuntosia kuin ei-tutut kalat. Tuttujen kalojen ryhmissä oli myös viitteitä parempaan kasvuun tutuissa ryhmissä kuin ei-tutuissa.

Osakoe 3. Kokojakauman ja tiheyden vaikutus (0+ vuotiaat)

Yksilön koko suhteessa ryhmän muiden yksilöiden kokoon voisi olettaa vaikuttavan voimakkaasti kasvuun. Erityisesti pienten yksilöiden heikon kasvun on sanottu johtu-van suurempien, dominanttien, lajitovereiden aggressioista ja läsnäolosta (Brown 1946 a, b, Jobling & Wandsvik 1983, Fernö & Holm 1986). Onkin ehdotettu, että suurten yksilöiden poistaminen ryhmästä johtaisi pienten yksilöiden parantuneeseen kasvuun (Brown 1946 a, b, Jobling & Reinsnes 1986). Kalatiheyksien vaikutusta kalo-jen kasvuun on myös tutkittu paljon viljelyolosuhteissa. Yleisesti ottaen lohikalojen kasvu hidastuu korkeissa tiheyksissä. Nieriällä on tosin saatu päinvastaisiakin tulok-sia, jolloin erittäin korkeilla tiheyksillä aggressiivisuus vähenee ja kalojen kasvu pa-ranee (Wallace ym. 1988, Brown ym. 1992, Jørgensen ym 1993).

Kokeessa tutkittiin pienten ja isojen kalojen kasvua ryhmissä joissa oli vain pieniä tai isoja kaloja sekä ryhmissä joissa oli sekä pieniä että isoja kaloja. Kokeessa oli myös kaksi tiheystasoa, alhainen ja korkea. Eroja painon lisäyksessä kokoluokkien välillä havaittiin korkeassa tiheydessä, mutta ei matalassa. Tulokset näyttävät pienten kalojen kasvaneen nopeammin ryhmissä joissa oli myös isoja kaloja, joten isojen kalojen läs-näolo ei ollut heikentänyt niiden kasvutulosta. Pituuskasvussa sen sijaan ei löytynyt eroja. Eroja ei myöskään löytynyt eri tiheyksiä verrattaessa.

Osakoe 4. Kokojakauman vaikutus (1+ vuotiaat)

Kokojakauman vaikutusta erikokoisiin yksilöihin tutkittiin myös vanhemmilla poikaisilla jotka oli mahdollista yksilömerkitä. Kokeellisesti muodostetut kokojakaumat olivat leveä, kapea ja kaksihuippuinen (Seppä ym. 1999). Kaikissa koealttaissa oli 24 merkittyä kalaa joiden kasvua voitiin seurata yksilöllisesti koko yhdeksän kuukauden koejakson ajan.

Tulokset osoittavat että erittäin kapeassa jakaumassa kasvaneet kalat kasvoivat nopeammin kuin kalat leveämmässä tai kaksihuippuisessa jakaumassa. Yksilömerkittyjen kalojen avulla voitiin varmistaa, että alkukooltaan samankokoiset kalat olivat erilaisessa ympäristössä kasvaneet eri tavoin sekä painoissa että pituuksissa. Myös suhteelliset allasbiomassat olivat korkeampia kapean jakauman ryhmällä.

Yhteenveto ja tulevaisuuden näkymät

Tutkimukseni osoittavat, että nieriöiden kasvuun ja kasvun vaihteluun vaikuttavat monenlaiset sosiaaliset vuorovaikutussuhteet yksilöiden välillä. Lähtökooltaan samankokoiset yksilöt voivat kasvaa hyvin eri tavoin riippuen siitä minkälaisissa kilpailu- ja vuorovaikutussuhteissa ne ovat toisten ryhmän jäsenten kanssa. Verrattain pienillä muutoksilla kokojakaumissa tai ruokinnassa voi olla suuria vaikutuksia yksilöiden kasvuun ja hengissä selviämiseen. Tällä voi olla erityisesti merkitystä viljelyolosuhteissa, joissa kalatiheydet kohoavat usein suuriksi.

Kirjallisuus

- Baroudy, E. & Elliott, J. M. 1994: Racial differences in eggs and juveniles of Windermere charr, *Salvelinus alpinus*. — J. Fish Biol. 45:407-415.
- Brown, G. E., Brown, J. A. & Srivastava, R. K. 1992: The effect of stocking density on the behaviour of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). — J. Fish Biol. 41:955-963.
- Brown, M. E. 1946a: The growth of brown trout (*Salmo trutta* Linn.). I Factors influencing the growth of trout fry. — J. Exp. Biol. 22:118-129.
- Brown, M. E. 1946c: The growth of brown trout (*Salmo trutta* Linn.). III The effect of temperature on the growth of two-year-old trout. — J. Exp. Biol. 22:145-155.
- Cutts, C.J., Metcalfe, N.B. & Taylor, A.C. 1998. Aggression and growth depression in juvenile Atlantic salmon: the consequences of individual variation in standard metabolic rate. — J. Fish Biol. 52:1026-1037.
- Damsgård, B., Arnesen, A.M., Baardvik, B.M. & Jobling, M. 1997: State-dependent feed acquisition among two strains of hatchery-reared Arctic charr. — J. Fish Biol. 50:859-869.
- Davis, M. W. & Olla, B. L. 1987: Aggression and variation in growth of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) juveniles in seawater: effects of limited rations. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 44:192-197.
- Duarte, C. M. & Alcaraz, M. 1989: To produce many small or few large eggs: a size-independent reproductive tactic of fish. — Oecologia 80:401-404.
- Elliott, J. M. 1975: The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on reduced rations. — J. Anim. Ecol. 44:823-842.

- Elliott, J. M. 1976: The energetics of feeding, metabolism and growth of brown trout (*Salmo trutta* L.) relation to body weights, water temperature and ration size. — *J. Anim. Ecol.* 45:923-948.
- Fernö, A. & Holm, M. 1986: Aggression and growth of Atlantic salmon parr. I. Different stocking densities and size groups. — *FiskeDir. Skr. HavUnders.* 18: 113-122.
- Fleming, I. A. 1996: Reproductive strategies of Atlantic salmon: ecology and evolution. — *Rev. Fish Biol. Fish.* 6:379-416.
- Fleming, I. A. & Gross, M. R. 1994: Breeding competition in a pacific salmon (Coho: *Oncorhynchus kisutch*): Measures of natural and sexual selection. — *Evolution* 48:637-657.
- Griffiths, S.W. & Magurran, A.E. 1997a: Familiarity in schooling fish: how long does it take to acquire? — *Anim. Behav.* 53:945-949.
- Griffiths, S.W. & Magurran, A.E. 1997b: Schooling preferences for familiar fish vary with group size in a wild guppy population. — *Proc. R. Soc. Lond. B* 264:547-551.
- Griffiths, S. W. & Magurran, A. E. 1999: Schooling decisions in guppies (*Poecilia reticulata*) are based on familiarity rather than kin recognition by phenotype matching. — *Behav. Ecol. Sociobiol.* 45:437-443.
- Höjesjö, J., Johnsson, J. I., Petersson, E. & Järvi, T. 1998: The importance of being familiar: individual recognition and social behavior in sea trout (*Salmo trutta*). — *Behav. Ecol.* 5: 445-451.
- Jensen, J. W. 1985: The potential growth in salmonids. — *Aquaculture* 48:223-231.
- Jobling, J. & Reinsnes, T. G. 1986: Physiological and social constraints on growth of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L.: an investigation of factors leading to stunting. — *J. Fish Biol.* 28:379-384.
- Jobling, M. & Wandsvik, A. 1983: Effect of social interactions on growth rates and conversion efficiency of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. — *J. Fish Biol.* 23:577-584.
- Johnson, L. 1980: The arctic charr, *Salvelinus alpinus*. — In: Balon, E. K. (ed.), *Charrs: Salmonid fishes of the genus Salvelinus*. Junk, The Hague.
- Johnsson, J. I. 1997: Individual recognition affects aggression and dominance relations in Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. — *Ethology* 103: 267-282.
- Jonsson, B., Skúlason, S., Snorrason, S. S., Sandlund, O. T., Malmquist, H. J., Jónasson, P. M., Gydemo, R. & Lindem, T. 1988: Life history variation of polymorphic Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in Thingvallavatn, Iceland. — *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45:1537-1545.
- Jørgensen, E. H., Christiansen J. S. & Jobling, M. 1993: Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). — *Aquaculture* 110: 191-204.
- Kalleberg, H. 1958: Observations in a stream tank of territoriality and competition in juvenile salmon and trout (*Salmo salar* L. and *S. trutta*). — *Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 39:55-98.
- Kamler, E. 1992. Early life history of fish: an energetics approach. Chapman & Hall, London.
- McCarthy, I. D., Carter, C. G. & Houlihan, D. F. 1992: The effect of feeding hierarchy on individual variability in daily feeding of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). — *J. Fish Biol.* 41:257-263

- McDowall, R. M. 1994: On size and growth in freshwater fish. — *Ecology of freshwater fish* 3:67-79.
- Morris, M. R., Gass, L. & Ryan, M. J. 1995: Assessment and individual recognition of opponents in the pygmy swordtails *Xiphophorus nigrensis* and *X. multilineatus*. — *Behav. Ecol. Sociobiol.* 37:303-310.
- Ryer, C. H. & Olla, B. L. 1996: Growth depensation and aggression in laboratory reared coho salmon: the effect of food distribution and ration size. — *J. Fish Biol.* 48:686-694.
- Sandlund, O. T., Gunnarsson, K., Jónasson, P. M., Jonsson, B., Lindem, T., Magnússon, K. P., Malmquist, H. J., Sigurjónsdóttir, H., Skúlason, S. & Snorrason, S. S. 1992: The arctic charr *Salvelinus alpinus* in Thingvallavatn. — *Oikos* 64:305-351.
- Seppä, T., Peuhkuri, N., Hirvonen, H., Laurila, A., Piironen, J. & Ranta, E. 1999: Narrow size regime among individuals favors rapid growth in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) juveniles. — *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56:1891-1897.
- Symons, P. E. K. 1971: Behavioural adjustment of population density to available food by juvenile Atlantic salmon. — *J. Anim. Ecol.* 40:569-587.
- Thorpe, J. E., Miles, M. S. & Keay, D. S. 1984: Developmental rate, fecundity and egg size in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. — *Aquaculture* 43:289-305.
- Titus, R.G. & Mosegaard, H. 1991: Selection for growth potential among migratory brown trout (*Salmo trutta*) fry competing for territories: Evidence from otoliths. — *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:19-27.
- Wallace, J. C., Kolbeinshavn, A. G. & Reinsnes, T. G. 1988: The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). — *Aquaculture* 73:101-110.
- Wankowski, J. W. & Thorpe, J. E. 1979: Spatial distribution and feeding in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., juveniles. — *J. Fish Biol.* 14:239-247.
- Wootton, R. J. 1998: *Ecology of teleost fishes*. — 2nd edition. Kluwer Academic publishers, Fish and Fisheries series 24, London.
- Yamagishi, H. 1969: Postembryonal growth and its variability of the three marine fishes with special reference to the mechanism of growth variation in fishes. — *Res. Popul. Ecol.* XI:14-33.

XXIV Vesiviljelypäivät
Lappeenranta, Lappee
11.-12.4.2000

[illegible]**SISÄINEN KOULUTUS, Hotelli Lappee, Kanava – Linnoitus -auditorio**

Tuotteistamista

11:30 Lounas, Hotelli Lappee

12:30 Aqua Nor -messut ja Chilen matka; syntyikö tai syntyykö kansainvälisiä markkinoita? (Laitosjohtaja Unto Eskelinen RKTL/Laukaa)

Hallintoa

12:00- Ulkopuolisten osallistujien ilmoittautuminen ja majoittuminen



**VEDEN SATOA
2000
XXIV Vesiviljelypäivät
Lappeenranta, Lappee
11.-12.4.2000**

[illegible]

OHJELMA

Tiistai 11.04.2000

12:00- Ilmoittautuminen ja majoittuminen, lounas (Hotelli Lappee)

14:00 Aloituskahvit, Kaupungintalo, Amica

MONIMUOTOISUUS VESIVILJELYSSÄ (Kaupungintalo, valtuustosali)

14:30 XXIV vesiviljelypäivien avaus (Yljohtaja Kare Turtiainen RKTL)

Monimuotoisuuden haaste kantojen säilyttämiselle, järvilohi esimerkkinä

14:50 Järvilohi ennen ja nyt, lyhyt katsaus tilanteeseen (Laitosjohtaja Markku Pursiainen RKTL/Saimaa)

15:10 Järvilohen tulevaisuus, populaatiobiologin mietteitä (Professori Esa Ranta Helsingin yliopisto)

16:00 **Tauko**

16:15 Saimaan järvilohen smolttiutumiseen ja sen purkautumiseen liittyvät muutokset laitoskasvatetuilla poikasilla (Tutkija Päivi Kiiskinen Joensuun yliopisto)

16:45 Muuntelun käyttö viljelymanipulaatioissa; järvilohi lämpöstartissa (Tutkija Jorma Piironen RKTL/Saimaa)

17:15 Keskustelu: Monimuotoisuuden säilyttäminen viljelyn avulla; merkitys ja hyväksikäyttö

17:45 Päivän päätös

Päivällinen, Hotelli Lappee

19:30 Kaupungin vastaanotto, Kaupungintalo

ohjelma jatkuu...

Keskiviikko 12.04.2000

Viljelykantarekisterissä kantoja koskeva tietous järjestykseen

- 09:00 Viljelykantarekisterin tarve ja merkitys (Vesiviljelyjohtaja Kai Westman RKTL/VETY)
- 09:20 Rekisterin rakenne ja ylläpito sekä käyttö (Tutkija Jarmo Makkonen RKTL/Saimaa)
- 09:50 Maitipankkitoiminta ja käytäntö (Laitosjohtaja Petri Heinimaa RKTL/Inari)
- 10:10 Kahvitauko, Kaupungintalo, Amica

Kantojen säilyttämistarpeet; taustat ja erot

- 10:40 Harjukset ja taimenet geenikartalle (FT Teija Aho Helsingin yliopisto)
- 11:25 Posion Karhunpesälammesta uusi kanta nieriäkartalle? (Ph.D Craig Primmer Helsingin yliopisto)
- 12:00 Lounas, Hotelli Lappee
- 13:00 Harjuskantojen erot ja leviämishistoria Pohjois-Euroopassa (Tutkija Mikko Koskinen Helsingin yliopisto)

Mitkä ovat viljellyn poikasen valmiudet?

- 13:45 Villi ja viljelty taimen radiotelemetriaseurannassa Juutuanjoella (Tutkija Pekka Hyvärinen RKTL/Kainuu)
 - 14:15 Osaavatko lohikalojen laitospoikaset välttää ja paeta petokaloja? (FT Heikki Hirvonen Helsingin yliopisto)
 - 14:45 Kahvitauko, Kaupungintalo, Amica
 - 15:15 Onko vanhemmilla väliä? - muuntelu viljeltyjen lohikalojemme elinkiertopiirteissä (FT Nina Peuhkuri Helsingin yliopisto)
 - 15:45 Miten erilaisia ovat viljelyssä olevat taimenkannat? (Tutkija Katriina Lahti Helsingin yliopisto)
 - 16:15 Sosiaalisen ympäristön vaikutus nieriän kasvuun (FT Teija Seppä Helsingin yliopisto)
 - 16:45 Loppukeskustelu
 - 17:15 Tilaisuuden päätös (Vesiviljelyjohtaja Kai Westman RKTL/VETY)
- (Päivällinen, Hotelli Lappee)

XXIV vesiviljelypäivien osallistujat

Aho Teija	Helsingin yliopisto/Uppsalan yliopisto
Arkko Pasi	RKTL, Saimaa
Clayhills Tom	Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutti
Eskelinen Unto	RKTL, Laukaa
Gavrilov Markku	RKTL, Tervo
Heinimaa Petri	RKTL, Inari
Heinimaa Sirkka	RKTL, Inari
Heinonen Eero	RKTL, Inari
Hirvonen Heikki	Helsingin yliopisto
Huittinen Anja	RKTL, Saimaa
Hupli Pasi	Hanka-Taimen Oy
Huusko Ari	RKTL, Kainuu
Hyvärinen Pekka	RKTL, Kainuu
Iivari Hanna	RKTL, Inari
Iivari Juha	RKTL, Muonio
Juhola Marja-Leena	Vilkkilän Lohi Oy
Juhola Seppo	Vilkkilän Lohi Oy
Juola Markku	Voimalohi Oy
Jäppinen Raimo	RKTL, Laukaa
Järvisalo Otso	RKTL, Tervo
Kallio-Nyberg Irma	RKTL, Merenkurkku
Kannel Risto	RKTL, Kainuu
Karjalainen Timo	RKTL, Taivalkoski
Kiiskinen Päivi	Joensuun yliopisto
Kolari Irma	RKTL, Saimaa
Kolari Ismo	Pirkanmaan kalatalouskeskus
Koljonen Marja-Liisa	RKTL, Helsinki
Konttinen Erja	RKTL, Kainuu
Korpi Kati	RKTL, Helsinki
Korvonen Pasi	Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutti
Koskinen Mikko	Helsingin yliopisto
Kreivi Petri	RKTL, Kainuu
Kujala Kari	P-K:n maaseutukeskus ry, Keskijärven kvl
Kukkonen Arja	RKTL, Tervo
Kummu Pekka	RKTL, Helsinki
Kuusisto Minna	Fortum Power and Heat
Kähkönen Asko	Taimen Yhtiöt
Laaksonen Tapio	RKTL, Kainuu
Lahti Katriina	Helsingin yliopisto
Lerche Olle	Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutti
Leskinen Jari	Lapin työvoima- ja elinkeinokeskus
Louhimo Jarmo	RKTL, Laukaa
Loukusa Erkki	RKTL, Taivalkoski
Luhta Pirkko-Liisa	Metsähallitus
Makkonen Jarmo	RKTL, Saimaa
Malin Mikko	Kaakkois-Suomen työvoima- ja elinkeinokeskus

Manni Kimmo	RKTL, Saimaa
Manninen Kati	RKTL, Helsinki
Munne Pentti	MMM, Kala- ja riistaosasto
Muotka Jukka	Fortum Power and Heat
Mustonen Seppo	RKTL, Kuusamo
Mäki-Petäys Aki	RKTL, Kainuu
Määttä Raimo	RKTL, Kuusamo
Määttä Rainer	RKTL, Muonio
Määttä Vesa	RKTL, Taivalkoski
Nousiainen Kyösti	Pohjanmaan työvoima- ja elinkeinokeskus
Nykänen Mari	RKTL, Kainuu
Paananen Tuija	RKTL, Tervo
Paananen Veli-Matti	Keski-Suomen työvoima- ja elinkeinokeskus
Pasanen Pentti	RKTL, Taivalkoski
Pekkarinen Helena	RKTL, Helsinki
Penttilä Leevi	Vanhankylän Kalanviljely Oy
Peuhkuri Nina	Helsingin yliopisto
Piironen Jorma	RKTL, Saimaa
Primmer Craig	Helsingin yliopisto
Pruuki Veijo	RKTL, Helsinki
Pukkila Heimo	RKTL, Inari
Pursiainen Markku	RKTL, Saimaa
Pylkkö Päivi	RKTL, Laukaa
Rannikko Petri	Uudenmaan työvoima- ja elinkeinokeskus
Ranta Esa	Helsingin yliopisto
Rask Martti	RKTL, Evo
Rauhala Timo	RKTL, Sarmijärvi
Reponen Seppo	Etelä-Savon työvoima- ja elinkeinokeskus
Riihimäki Jari	RKTL, Rymättylä
Ritola Ossi	RKTL, Tervo
Romunen Sirkku	RKTL, Saimaa
Saura Ari	RKTL, Helsinki
Savikko Ari	RKTL, Tornionjoki
Seppä Teija	Helsingin yliopisto
Seppänen Eila	RKTL, Saimaa
Sikanen Asko	Savonlinnan ammatti-instituutti, Varpala
Sillman-Valle Sinikka	RKTL, Tervo
Sundell Pekka	Jyväskylän yliopisto
Säisä Marjatta	Helsingin yliopisto
Söderholm-Tana Lena	RKTL, Helsinki
Tahkola Heikki	RKTL, Kuusamo
Toivio Tuula	RKTL, Helsinki
Toivonen Aarne	RKTL, Kainuu
Tuisku Tuomo	Savonlinnan ammatti-instituutti, Varpala
Turkka Juha-Pekka	RKTL, Saimaa
Turtiainen Kare	RKTL, Helsinki
Vaajala Markku	RKTL, Rymättylä
Westman Kai	RKTL, Helsinki
Virkkunen Asko	RKTL, Taivalkoski

