

Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 7/2016

Vuoksen vesistön ja Mäntyharjun reitin taimenkantojen geneettinen kartoitus

Jorma Piironen, Marja-Liisa Koljonen, Jarmo Koskiniemi

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2016

Vuoksen vesistön ja Mäntyharjun reitin taimenkantojen geneettinen kartoitus

Jorma Piironen, Marja-Liisa Koljonen, Jarmo Koskiniemi

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2016



ISBN: 978-952-326-179-2 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-180-8 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-180-8>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Jorma Piironen, Marja-Liisa Koljonen ja Jarmo Koskiniemi

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016

Julkaisuvuosi: 2016

Kannen kuva: Juuso Lievonon

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Jorma Piironen ¹⁾, Marja-Liisa-Koljonen ²⁾ ja Jarmo Koskiniemi ³⁾

¹⁾Luonnonvarakeskus, Yliopistonkatu 6, 80100 Joensuu

²⁾Luonnonvarakeskus, Viikinkaari 4, 00790 Helsinki

³⁾Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, Latokartanonkaari 5, 00014 Helsingin yliopisto

Vuoksen vesistön ns. vaeltavan järvitaimenen emokalastojen viljelyssä ja istukastuotannossa on käytetty pitkään Heinäveden reitiltä, Pielisjoesta sekä Lieksanjoesta saatujen taimenten yhdistettyä kantaa. Näiltä kutupyyntialueilta kerättiin taimenen evänäytteitä DNA-analyysiä varten vuosien 1999-2013 välisenä aikana. Lisäksi vuosien 2000-2002 aikana kerättiin kudospäätteitä sähkökalastamalla Lieksanjoesta ja sen sivujoista ja vuosien 2011-2013 aikana Heinäveden reitin koskialueilta ja Ala-Koitajoesta jokipoikasvaiheen taimenista. Vertailuaineisto kerättiin sähkökalastamalla Mäntyharjun reitin koskialueiden taimenista (2011-2013). Kaikkiaan 935 taimenen näytteestä analysoitiin 16 DNA:n mikrosatelliittilokuksen muuntelu.

Vaeltavan taimenen populaatioiden välillä ei ollut kovin suuria eroja perinnöllisessä monimuotoisuudessa. Yksittäisten populaatioiden keskimääräinen geneettinen diversiteetti vaihteli välillä 54 -72 % ja se oli alhaisempi pienillä, paikallisilla populaatioilla. Samoin geenimuotorikkaus oli keskimääräistä pienempi pienissä populaatioissa kuten Mäntyharjun reitillä Läsäkosken ja Puuskankosken näytteissä ja Lieksanjoen vesistöissä pienten sivujokien, Saarijoen ja Hanhi- ja Ulkkajoen, näytteissä. Geenimuotorikkaus oli runsainta Heinäveden reitin taimenilla. Pienissä populaatioissa yksilöiden keskinäinen sukulaisuus oli suurempaa, ja niissä esiintyi myös enemmän täyssisaria kuin muissa populaatioissa. Pitkällä aikavälillä suositeltava vähintään 50 kutuparin arvioitu populaatiokoko ylittyi yksittäisistä näytteistä vain Kerman- ja Pilpankoskien poikasnäytteissä, mutta myös vesistöreiteittäin yhdistetyissä näytteissä.

Populaatioiden välinen perinnöllinen erilaistuminen, jota mitattiin Fst-arvoilla sekä perinnöllisillä etäisyyksillä, osoitti melko suurta vaihtelua eri populaatioiden välillä, mutta hieman yllättäen Pielisjoen ja Lieksanjoen emotaimenet olivat samanlaisia. Erittäin suuria eroja havaittiin Lieksanjoen Hanhi-Ulkkajoen ja kaikkien muiden näytteiden välillä, mikä viittaa selkeään isolaatioon ja pieneen paikalliseen populaatioon. Vaeltavien taimenkantojen sukulaisuutta kuvaava sukupuu jakautui kolmeen päähaaraan, jotka muodostuivat Mäntyharjun reitin, Heinäveden reitin ja Lieksanjoen-Pielisjoen populaatioista.

Vaikka Vuoksen alueen taimenten perinnölliset erot olivat selvästi Mäntyharjun reitin populaatioita pienempiä, olivat erot tilastollisesti merkitseviä. Tehtyjen geneettisten analyysien perusteella Vuoksen alueen taimenkantojen hoidossa olisi siirryttävä yhdistetyn kannan sijasta kahden erillisen vaeltavan taimenkannan hoitoon. Toinen on Heinäveden reitin taimen ja toinen yhdistetty Lieksanjoen-Pielisjoen taimen. Taimenten emokalastojen perustamiskäytäntöjä on myös muutettava. Pelkästä kututaimenten pyynnistä on siirryttävä myös jokipoikasten pyyntiin ja siirtoon emokalakasvatukseen, koska niissä voidaan viljelyparveen saada enemmän perinnöllistä monimuotoisuutta kuin yhden kutupyyntikauden aikana saatavien vähälukuisten emotaimenten avulla.

Vuoksen vesistön erittäin uhanalaisten vaeltavien taimenkantojen säilyttäminen luontaisessa ympäristössään elinkelpoisena ja itsensä ylläpitävinä on ehdottomasti hoidon tärkein tavoite. Vaeltavien taimenten hoidon onnistuminen edellyttää kuitenkin myös kokonaisvaltaisen hoito-ohjelman laatimista ja toteuttamista. Viljelykantojen eriyttäminen vaatii tuekseen johdonmukaisen istutusten linjauksen sekä monipuoliset luontaisten kantojen tukitoimenpiteet.

Asiasanat: taimen, genetiikka, DNA-mikrosatelliitti, kalakantojen hoito, Vuoksen vesistö, Mäntyharjun reitti.

Sisällys

Tiivistelmä	3
1. Johdanto	5
2. Aineisto ja menetelmät	6
2.1. Taimennäytteet	6
2.2. Laboratoriomenetelmät	10
2.3. Tilastolliset menetelmät	10
3. Tulokset	11
3.1. Perinnöllinen monimuotoisuus	11
3.1.1. Taimenpopulaatioiden tehollinen koko ja sukulaisuus.....	12
3.2. Taimenpopulaatioiden välinen perinnöllinen erilaistuminen.....	14
3.2.1. Populaatioiden väliset perinnölliset erot.....	14
3.2.2. Taimenpopulaatioiden sukupuurakenne	16
4. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.....	17
4.1. Populaatioiden perinnölliset erot	17
5. Vuoksen vesistön taimenpopulaatioiden hoito	18
5.1. Hoidon tavoitteet.....	18
5.2. Kalanviljely- ja tuki-istutukset.....	18
6. Viitteet	20

1. Johdanto

Luonnontilassa Vuoksen vesistössä esiintyi vaeltavaa järvitaimenta kaikilla pääreiteillä sekä useissa latvavesistöissä. Järvitaimenen laajimmat lisääntymisalueet sijaitsivat Pielisen, Heinäveden ja Kallaveden reiteillä. Eronen ym. (1986) arvioivat, että Vuoksen vesistöalueella on luonnontilassa ollut yhteensä noin 300 hehtaaria järvitaimenen poikastuotantoaluetta, joka on, varovaisesti arvioiden, pystynyt tuottamaan vuodessa noin 60 000 vaelluspoikasta.

Suurimmat lisääntymisalueet koski- ja virta-alueiden perusteella olivat lähihistorian aikana Pielisjoki-Ala-Koitajoki (177 ha), Lieksanjoki (110 ha), Kallaveden vesistön Nilsiän reitin joet ja luusuakosket välillä Sotkamo-Juankoski (noin 50 ha) sekä Heinäveden reitin Palokinkosket (22 ha). Muita tärkeitä lisääntymisalueita olivat Puntarikoski, Taipaleenjoen Siikakoski, Puhoskoski ja Hiiskoski. Jäljellä olevaa patoamatonta lisääntymisaluetta on yhä Heinäveden reitin koskissa (Karvio, Kermankoski, Vihonvuohte ja Pilpankoski), joissa on ollut myös vahva, hyväkasvuinen taimenkanta.

Kantojen taantumisen syyt ovat moninaiset ja ulottuvat kauas historiaan. Kaikenlainen jokirakentaminen, ruoppaaminen ja patoaminen ovat olleet vaikutuksiltaan tuhoisimpia ja johtaneet taimenen merkittävimpien jokivesissä olleiden lisääntymisympäristöjen tuhoutumiseen. Tärkeimmät vaeltavan taimenen lisääntymisalueet, mm. Pielisjoki, Ala-kohtajoki, Lieksanjoki ja Palokinkosket, on rakennettu vesivoiman tuotantoon. Samalla pääosa entisistä kutualueista on menetetty Lieksanjoen Pankajärven yläpuolisia osia lukuun ottamatta.

Toisaalta järvitaimenta on myös kalastettu jatkuvasti sen tärkeimmillä elinalueilla, ja jopa viimeisillä lisääntymisalueilla. Nykyisin luonnossa lisääntyvän järvitaimenkannan kokoa ja olemassaoloakin säätelee järvikalastus (mm. Syrjänen 2010). Laitosviljelyn ja runsaiden istutusten takia alkuperäisten ja luonnonvaraisten taimenkantojen uhanalaisuutta ja luontaisten lisääntymisen vähäisyyttä ei ole tiedostettu ajoissa. Luonnossa syntyneitä taimenia ei ole pystytty erottamaan istutetuista, eivätkä aiemmat alamittasäädöksetkään ole turvanneet vaeltaville taimenille mahdollisuutta kasvaa kutukypsytyksen tarvittavaan vähimmäismittaan.

Vuoksen vesistöalueella viimeisiä vaeltavia ja kalataloudellisesti merkittäviä taimenkantoja on ylläpidetty pääosin viljelyllä ja istutuksilla. Valtion vesiviljelyssä Lieksanjoen, Pielisjoen ja Heinäveden reitin taimenet on yhdistetty ns. Vuoksen kannaksi 1990-luvun puolivälissä kannan riittävän korkean kokonaisdiversiteetin ylläpitämiseksi (Piironen 1993, Makkonen ym. 1996).

Yleisesti ottaen sisävesien vaeltavien järvitaimenkantojen nykytila on heikko. Eteläisen Suomen luonnonvaraiset taimenkannat onkin luokiteltu erittäin uhanalaisiksi (Rassi ym. 2010, Urho ym. 2010). Myös Vuoksen vesistöalueen vaeltavat, suurikokoiseksi kasvavan taimenen kannat ovat erittäin uhanalaisia ja vaarassa hävitä kokonaan. Ilman luontaista lisääntymistä taimenkantojen elinvoimaisuus on uhattuna myös laitosviljelyssä. Uuden, vuoden 2016 alussa voimaan tulleen kalastusasetuksen mukaan mm. Vuoksen vesistössä kaikki rasvaevälliset taimenet ovat rauhoitettuja. Vain istutettuja, rasvaeväleikattuja taimenia on lupa ottaa saaliiksi.

Tämän selvityksen tavoitteena oli hankkia ajantasaista tietoa Vuoksen vesistöalueen taimenkantojen perinnöllisestä monimuotoisuudesta, diversiteettitasoista ja mahdollisesta taimenkantojen keskinäisestä perinnöllisestä erilaistumisesta mm. kantojen säilyttämistä palvelevan viljelyn ja suunnitelmallisen kalakantojen hoidon tarpeisiin. Vertailuaineistona käytettiin Mäntyharjun reitiltä kerättyä aineistoa. Työ tehtiin raportointia lukuunottamatta RKTL:n vesiviljelyn biodiversiteettiohjaushankkeessa, joka lopetettiin Luke:n päätöksellä vuoden 2015 lopussa.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Taimennäytteet

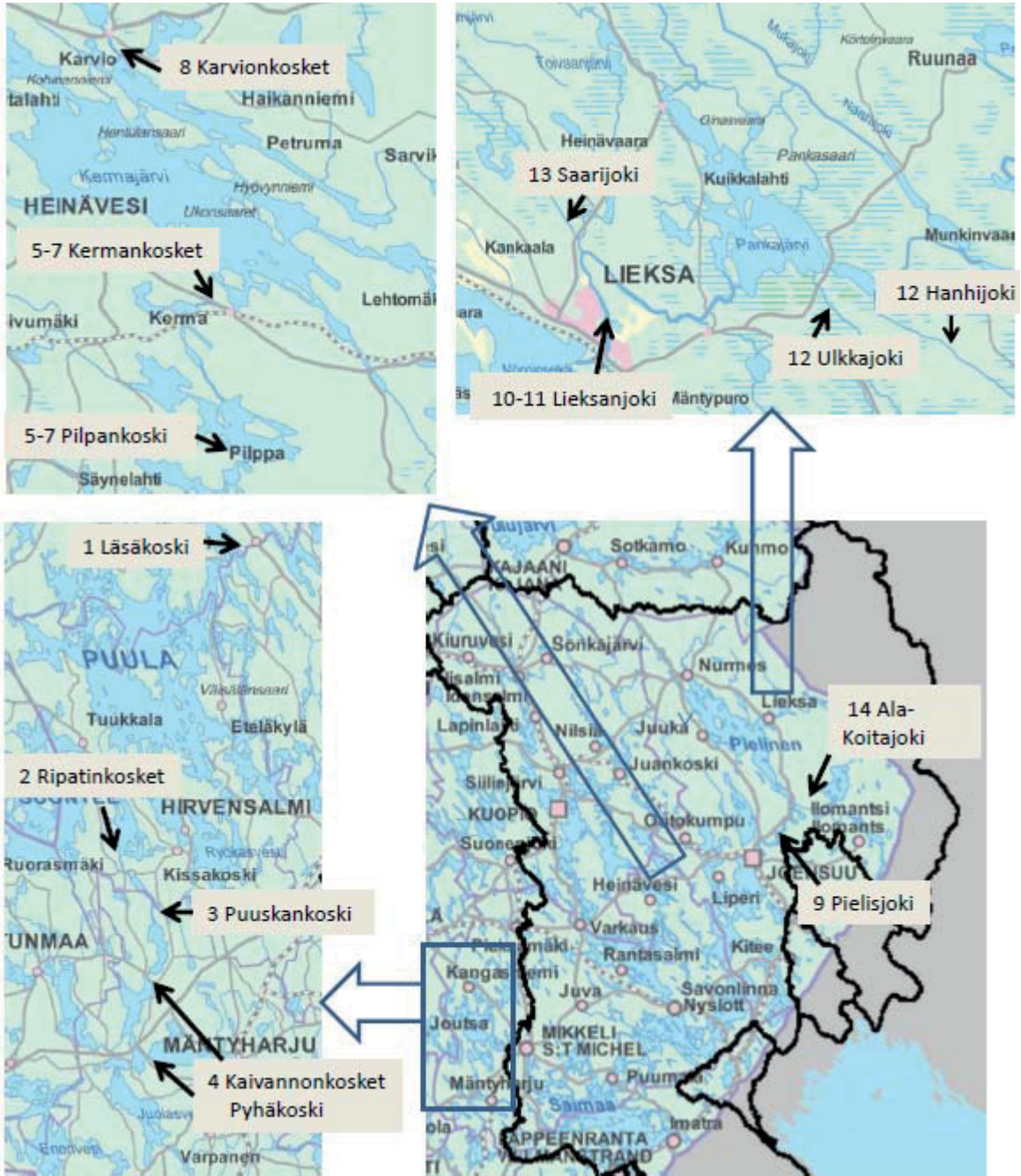
Taimennäytteitä (pieni palanen evää säilöttynä noin 97 % alkoholiin) kerättiin RKT:n (nykyisin Luke) laitoskantojen perustamisen yhteydessä Pielisjoesta Kuurnan voimalan alapuolelta, Lieksanjoesta Lieksankosken voimalan alapuolelta ja Heinäveden reitiltä Kermankoskista pyydetyistä taimenista (Kuva 1). Mätiä tai maitia tuottaneiden, viljeltävien emoparvien perustamiseen käytettyjen taimenten ohella evänäytteitä otettiin kaikista pyynnissä saaduista taimenista. Tässä työssä analysoitavana oli näytteitä vuosina 1999-2013 kutupyynnissä saaduista emotaimenista (Taulukko 1). Kaikkiaan näytteitä emokalapyynnissä saaduista taimenista oli Pielisjoesta 71 kpl, Lieksanjoesta 82 kpl ja Heinäveden reitiltä 225 kpl.

Näiden lisäksi taimennäytteitä kerättiin aiemmin myös jokipoikasista Lieksanjoesta ja sen sivuhaaroista (Saari-, Hanhi- ja Ulkkajoki) sekä Ala-Koitajoesta mm. sähkökalastusten yhteydessä. Mäntyharjun reitin ja Heinäveden reitin koskialueiden poikasnäytteet kerättiin Etelä-Savon ELY-keskuksen koordinoimassa *'Järvitaimenkantojen elvyttäminen sekä kestävän vapaa-ajankalastuksen ja luontomatkailun yhteensovittaminen'*- hankkeessa (<http://www.ely-keskus.fi/web/ely/ely-etela-savo-kestavakalastus>) vuosina 2011-2013 (Taulukko 2, Kuva 1). Joki- ja koskialueilta saaduissa poikasissa on koon perusteella arvioituna eri-ikäisiä yksilöitä, mutta suurin osa on evänäytteiden keräysvuonna syntyneitä kesänvanhoja, alle 10 cm mittaisia ns. 0+ poikasiasia. Kermankoskista sähkökalastettuja poikasiasia siirrettiin vuosina 2012 ja 2013 RKT:n Enonkosken vesiviljelylaitokselle emokalakasvatuskokeiluun. Näiden taimenten evänäytteet otettiin vuonna 2014 yksilömerkinnän yhteydessä.

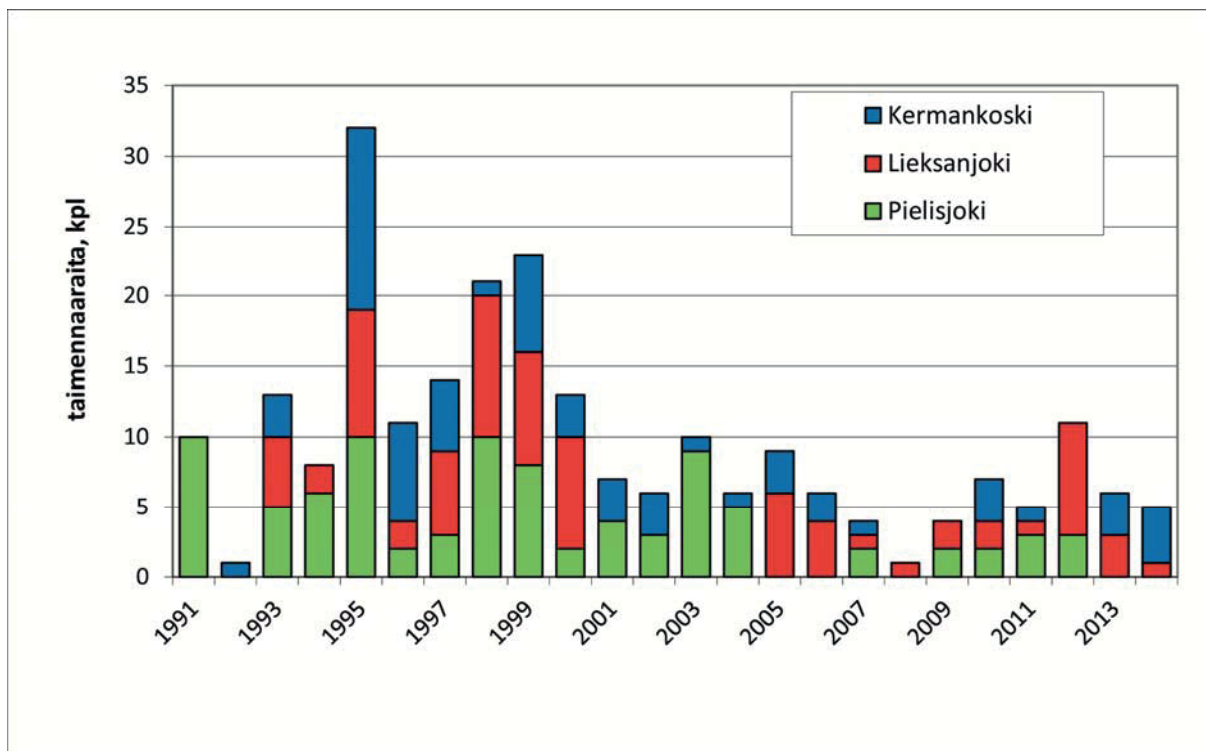
Taulukko 1. Emokalapyynnissä 1999-2013 saadut taimenet; keskipituus (cm) ja -paino (kg) sekä näiden pienin ja suurin arvo.

paikka	sukupuoli	N	k-pituus	min.pit.	maks.pit.	k-paino	min.pai.	maks.pai.
Kermankosket	koiras	166	48,2	21,0	84,4	1,53	0,20	6,35
	naaras	32	65,2	56,5	76,7	2,81	2,00	4,36
	ei-sukuk.	27	37,6	27,0	53,5	0,66	0,15	1,50
Lieksanjoki	koiras	33	60,4	43,4	81,0	2,65	1,01	6,16
	naaras	29	62,3	49,3	72,7	2,81	1,37	4,03
	ei-sukuk.	20	42,8	39,0	48,0	0,74	0,55	0,97
Pielisjoki	koiras	35	57,7	46,3	74,0	2,34	0,99	4,60
	naaras	31	60,7	45,0	77,0	2,59	1,13	4,81
	ei sukuk.	5	56,9	40,9	63,1	2,16	0,93	2,66
yhteensä		378						

Emokalapyynnissä saatujen taimenten määrä on laskenut selvästi 2000-luvulla. Aiemmin saatiin keskimäärin yli 10 naarasta vuosittain, mutta vuoden 2000 jälkeen enää vain noin viisi naarasta vuodessa, mikä on hyvin vähän näin suuren reittivesistön taimenkannalle (Kuva 2).



Kuva 1. Taimennäytteiden keräämispaikat. Numerot viittaavat taulukkoon 2, jossa on ilmoitettu tarkat pyyntipaikat.



Kuva 2. Enonkosken kalanviljelylaitoksella laitoskalastojen perustamiseen eri pyyntipaikoista saadut luonnonkierron läpi käyneet taimennaaraat 1991-2014.

Kaikkiaan tutkittiin 935 taimennäytettä viideltä vesistöreitiltä (Mäntyharjun reitti; 118 kpl, Heinäveden reitti; 455 kpl, Pielisen reitti; 71 kpl, Lieksanjoen reitti; 213 kpl ja Koitajoen reitti; 78 kpl) (Taulukko 2). Pääosa näytteistä edusti vaeltavaa taimenta. Vain Lieksanjoen reitin Saarijoen, Hanhijoen ja Ulkkajoen taimenten katsottiin edustavan paikallista taimenta.

Mäntyharjun reitin ja Heinäveden reitin koskialueet ovat tyypillisesti järvioltojen välisiä, pinta-alaltaan pienehköjä koski- ja virta-alueita. Molemmilla reiteillä elävillä taimenilla on käytännössä mahdollisuus liikkua reitin järvien kautta erillään oleville koskialueille. Vuoksen vesistön pohjoisosan suuret joet Lieksanjoki, Ala-Koitajoki ja Pielisjoki ovat sen sijaan padottuja eikä taimenten vapaa liikkuminen järvioltoilta jokiin ole mahdollista. Lähes kaikille alueille on istutettu taimenia aika ajoin mätinä, vastakuoriutuneina tai vanhempina poikasina jo useiden vuosikymmenien kuluessa. Sekoitumista on todennäköisesti voinut tapahtua ainakin pääreittien taimenkannoissa. On kuitenkin mahdollista, että ainakin joissakin pienemmissä vesissä on edelleen myös alkuperäisiä taimenia. Karvionkosken ja Ala-Koitajoen taimenten alkuperä oli muita alueita paremmin tiedossa. Näytteet analysoitiin sekä erikseen että vesistöreiteittäin ryhmiteltyinä.

Kerman koskille on istutettu myös järvioltoita 2-vuotiaina vaelluspoikasina 1989-1992 (Makkonen ym. 1995). Sen jälkeen istutuksia on tehty viime vuosiin saakka aika ajoin sekä koskialueille että Kermajärveen. Nämä istutukset ovat johtaneet siihen, että muutamia järvioltoja on satunnaisesti palanut kutemaan koskialueille. Joitakin kutulohia on saatu Kermankoskista mm. taimenen emokalojen kutupyynnissä. Kesänvanhoja järvioltoja oli myös Enonkoskelle 2012-2013 siirrettyjen taimenen joki-poikasten joukossa (5 kpl). Järviolto-istutukset ovat myös johtaneet siihen, että taimen ja järviolto ovat risteytyneet. Emotaimennäytteissä löydettiin DNA-analyysein perusteella 4 järvioltojen ja taimenen risteytymää eli hybridiä. Ne olivat vuonna 2001 (2 kpl), 2006 ja 2007 saatujen kutukalojen joukossa. Suurin niistä oli lähes 5 kg painanut koiras.

Taulukko 2. Analysoidut taimennäytteet. Järviältaiden välisistä koskista on mainittu näytepaikan yläpuolisen järven nimi. Kunkin paikan näytemäärä on merkitty sulkuihin.

No	Järvi/joki	Paikka	Vuosi	N	Näyte	Vaellus	Lisääntyminen
<i>Mäntyharjun reitti</i>							
1	Rauhajärvi	Läsäkoski	2012	24	Poikaset	Vaeltava	Luonnonv.
2	Iso-Metsäjärvi, Vahvajärvi	Tuhankoski (3), Ripatinkosket (42)	2011, 2013	45	Poikaset	Vaeltava	Luonnonv.
3	Sämpä	Puuskankoski	2011, 2013	15	Poikaset	Vaeltava	Luonnonv.
4	Tuusjärvi, Lahnavesi, Pyhävesi	Kaivannonkosket (10), Volanjoen Esa- lank. (2), Pyhäkoski (22)	2012, 2013	34	Poikaset	Vaeltava	Viljelty, Luonnonv.
<i>Yhteensä</i>				<i>118</i>			
<i>Heinäveden reitti</i>							
5	Kermajärvi, Ruokovesi	Kermankoski (27), Haapakoski (36), Vihonvuonne (19), Pilpankoski (22)	2011, 2013	104	Poikaset	Vaeltava	Luonnonv. Viljelty
6	Kermajärvi	Kermankoski	1999-2003, 2005-2007, 2009-2010, 2013	220	Emot	Vaeltava	Luonnonv. Viljelty
7	Kermajärvi	Kermankoski	2012-2013	66	Poikaset	Vaeltava	Luonnonv.
8	Varisvesi	Karvionkosket	2012, 2013	65	Poikaset	Vaeltava	Viljelty, Luonnonv.
<i>Yhteensä</i>				<i>455</i>			
<i>Pielisen reitti</i>							
9	Pielisjoki	Kuurna	1999-2013	71	Emot	Vaeltava	Viljelty
<i>Lieksanjoen reitti</i>							
10	Lieksanjoki	Lieksanjoki	2000-2002	47	Poikaset	Vaeltava	Luonnonv., Viljelty
11	Lieksanjoki	Lieksanjoki	1999, 2000, 2005-2010, 2013	80	Emot	Vaeltava	Luonnonv. Viljelty
12	Hanhijoki (52), Ulkkajoki (4)	Korkeakoski, Pitkä- koski, Pahakoski, Vääräkoski	2002	57	Poikaset	Paikallinen	Luonnonv.
13	Saarijoki	Saarikoski	2002	29	Poikaset	Paikallinen	Luonnonv.
<i>Yhteensä</i>				<i>213</i>			
<i>Koitaajoen reitti</i>							
14	Ala-Koitaajoki	Hiiskoski (47), Tyltsy (8), Lohikoski (11), Tiaisenskoski (12)	2011, 2013	78		Vaeltava	Viljelty, Luonnonv.
<i>Kaikki yhteensä</i>				<i>935</i>			

2.2. Laboratoriomenetelmät

Taimenten kudoksenäytteiden DNA eristettiin Qiagen DNEasy Tissue-eristyskitillä. Näytteistä analysoitiin 16 DNA-mikrosatelliittigeenipaikan muuntelu. Käytetyt laboratoriomenetelmät olivat samat, kuin aiemminkin on käytetty Luke:n (RKTL:n) taimenen geneettisessä tutkimuksessa (mm. Koljonen ym. 2013, 2014 ja Jutila ym. 2015). Määritetyt DNA-mikrosatelliittigeenilokukset olivat BS131, SSosI311, SSosI417, SSosI438, Str15INRA, Str60INRA, Strutta58, OneU9, SSa197, SSa407, SSa85, Str73INRA, Str85INRA, SSa289, SSsp1605 ja SSsp2201. PCR-reaktiot analysoitiin genotyyppityslaboratorion Abi-kapillaarielektroforeesilaitteella ja laitteistoon kuuluvalla GeneMapper-ohjelmistolla. Laboratoriotyöt tehtiin Helsingin yliopiston maataloustieteiden laitoksen ja Luke:n yhteisessä laboratoriossa. Mikrosatelliittianalyysit teki Jarmo Koskiniemi.

2.3. Tilastolliset menetelmät

Perinnöllisen muuntelun määrä kuvattiin keskimääräisenä monimuotoisuutena eli diversiteettinä (heterotsygotian määränä), geenimuoto- eli alleelimäärinä populaatiossa ja alleelirik kautena, joka on pienimpään otoskoko standardoitu alleelimäärä. Pelkkä havaittu alleelimäärä voi kuvata paitsi kantojen alleelimäärän eroa myös pelkkää otoskokoeroa.

Suhteellinen diversiteetti eli heterotsygotia-aste vaihtelee välillä 0–1. Tyypillinen arvo kaloilla on lajista riippuen n. 0,5–0,8 (50 %-80 %). Perinnöllisen muuntelun mitat laskettiin FSTAT-ohjelmalla (versio 2.9.3.2) (Goudet 1995, Goudet 2001) (<http://www2.unil.ch/popgen/softwares/fstat.htm>). Populaatioiden teholliset koot (N_e) ja täyssisarperheiden määrä laskettiin COLONY-ohjelmalla (Wang 2004, Wang & Santure 2009), ja populaatioiden sisäiset sukulaisuudet COANCESTRY-ohjelmalla (Wang 2007). Populaatioiden välisiä eroja mittaavat F_{st} -arvot laskettiin ja niiden merkittävyys testattiin FSTAT-ohjelmalla. Vesistöreittien väliset erot niiden diversiteettitasoissa testattiin myös FSTAT-ohjelmalla.

Populaatioiden väliset perinnölliset etäisyydet (Nein DA-etäisyys, Nei ym. 1983, Takezaki 1998) laskettiin Populations 1.2.32 -ohjelmalla (<http://www.bioinformatics.org/~tryphon/populations/>). Sukupuurakenne (NJ-tree, Saitou & Nei 1987) piirrettiin Treeview-ohjelmalla (<http://taxonomy.zoology.gla.ac.uk/rod/treeview.html>) (Page 2000).

3. Tulokset

3.1. Perinnöllinen monimuotoisuus

Yksittäisten taimenpopulaatioiden keskimääräiset geneettiset diversiteetit vaihtelivat Lieksanjoen reitin Hanhijoen ja Ulkkajoen näytteen paikallisen taimenen 54 %:sta Heinäveden reitin Karvionkosken ja Lieksanjoen emonäytepopulaation 72 %:iin (Taulukko 3). Vesistöreittien korkein yhteisdiversiteetti, 74 %, oli Lieksanjoen reitin taimenpopulaatiolla. Mäntyharjun (69 %), Heinäveden (72 %) ja Lieksanjoen reitin (74 %) kokonaisdiversiteetit eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Koitajoen reitin diversiteetti oli lievästi alentunut. Pielisjoen reittiä ei testattu, koska sitä oli vain yksi populaatio.

Näytemäärät vaihtelivat varsin paljon pienimmästä Mäntyharjun reitin Puuskankoskesta (15 kpl) suurimpaan Heinäveden reitin Kermankosken emopyyntinäytteeseen (220 kpl), mikä myös vaikuttaa näytteissä havaittuihin alleelimääriin (Taulukko 3, N all.). Yhteensä kaikissa taimennäytteissä havaittiin 202 erilaista geenimuotoa eli alleelia, mikä on varsin paljon.

Taulukko 3. Mäntyharjun reitin ja Vuoksen vesistön taimennäytteiden geneettinen diversiteetti. Taulukossa on esitetty otoskoko (N), keskimääräinen diversiteetti (Ka div %), havaittu alleelimäärä (N all), alleelirikkaus (All rik.) laskettuna 15 yksilölle populaatioittain ja 71 yksilölle vesistöreitteittäin sekä populaatioiden yksilöiden keskinäistä sukulaisuutta kuvaava Fis-arvo ja sen tilastollinen merkitsevyys. Keskiarvoa 90,7 pienemmät alleelirikkauden arvot on merkitty harmaalla taustalla.

No	Järvi/joki	Paikka	N	Ka div %	N all	All rik. (15)	All rik. (71)	Fis ***
<i>Mäntyharjun reitti</i>								
1	Rauhajärvi	Läsäkoski	24	61,9	97	88,1		-0,052
2	Iso-Metsäjärvi, Vahvajärvi	Ripatinkosket (42), Tuhankoski (4)	45	66,1	118	91,6		0,053***
3	Sämpä	Puuskankoski	15	59,2	76	76,0		-0,027
4	Tuusjärvi, Lahnavesi, Pyhävesi	Kaivannonkosket (10), Volanjoen Esalankoski (2), Pyhäkoski (22)	34	70,1	120	95,6		-0,014
<i>Yhteensä</i>			118	69,0	157	87,8	147,1	0,014
<i>Heinäveden reitti</i>								
5	Kermajärvi, Ruokovesi	Kermankoski (28), Haapa-koski (36), Vihonvuonne (19), Pilpankoski (21)	104	71,3	133	97,2		0,003
6	Kermajärvi	Kermankoski	220	71,0	158	99,5		0,009
7	Kermajärvi	Kermankoski	66	70,8	129	96,7		0,001
8	Varisvesi	Karvionkosket	65	71,9	122	96,6		-0,023
<i>Yhteensä</i>			455	71,6	164	97,6	140,9	0,008
<i>Pielisen reitti</i>								
9	Pielisjoki	Kuurna vl.	71	71,5	130	95,7	130,0	-0,003
<i>4 Lieksanjoen reitti</i>								
10	Lieksanjoki	Lieksanjoki	47	71,6	121	94,2		-0,014
11	Lieksanjoki	Lieksankoski vl.	80	71,4	139	99,3		-0,002
12	Hanhijoki (53), Ulkkajoki (4)	Korkeakoski, Pitkäkoski, Pahakoski	57	54,1	93	67,5		0,071***
13	Saarijoki	Saarikoski	29	70,6	94	85,4		-0,010
<i>Yhteensä</i>			213	73,7	161	86,6	142,5	0,104
<i>Koitajoen reitti</i>								
14	Ala-Koitajoki	Hiiskoski (47), Lohikoski (11)	78	67,6	121	87,0	119,7	-0,012
<i>Kaikki yhteensä</i>			935		202	106,7	152,0	

Alleelirikkaudet laskettiin sekä populaatioittain 15 yksilölle että vesistöittäin 71 yksilölle (Taulukko 3). Alleelirikkaus on diversiteettiä herkempi populaation koon muutoksille. Kaikkien näytteiden keskimääräinen alleelirikkaus oli 90,7 alleelia/15 yksilöä. Alleelirikkaus oli alle sen pienissä populaatioissa kuten Mäntyharjun reitillä Läsäkosken ja Puuskankosken näytteissä ja Lieksanjoen vesistöissä pienten paikallisten sivujokien, Saarijoen sekä Hanhi- ja Ulkkajoen, näytteissä. Myös Ala-Koitajoen näytteen alleelirikkaus oli alhainen. Eniten alleeleja oli Heinäveden reitin taimenissa ja Lieksanjoen emonäytepopulaatiossa (>96/15 yksilöä). Valuma-alueiteitä verrattaessa Mäntyharjun reitin alleelirikkaus oli kuitenkin korkein 147,1 alleelia/71 yksilöä eli eri koskien taimenissa esiintyy eri geenimuotoja. Alhaisin alleelirikkaus oli Koitajoen reitillä 119,7 alleelia/71 yksilöä. Testattaessa Mäntyharjun (147,1), Heinäveden (140,9) ja Lieksanjoen reitin (142,5) populaatiot ryhminä niiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa alleelirikkaudessa. Ala-Koitajoella (119,7) ja Pielisjoella (130,0) taimenen alleelirikkaus oli suunnilleen samaa tasoa ja edellisiä jonkin verran alhaisempi ($P = 0,082$).

Tilastollisesti merkitsevä poikkeama yksilöiden sukulaisuudessa (Fis) oli Tuhankosken-Ripatinkosken ja Hanhijoen-Ulkkajoen näytteissä, jotka kumpikin koostuivat useiden eri koskien kalloista. Fis-arvo mittaa pariutumisen satunnaisuutta, jolloin nämä poikkeamat ovat ymmärrettäviä.

3.1.1. Taimenpopulaatioiden tehollinen koko ja sukulaisuus

Taimenpopulaatioiden sisäisestä diversiteetistä kertoo myös sukulaisuuden aste ja geneettisesti tehollinen koko sekä sen suhde otoskokoan. Populaatioiden sisäistä sukulaisuutta mitattiin usealla mittarilla (Taulukko 4). Näytteen perusteella voidaan laskea kunkin populaation (arvioitu) tehollinen koko. Jos näytteenotto on ollut kattavaa, ja voidaan olettaa, että näytemäärät heijastavat luonnossa elävien populaatioiden kokoja, perinnöllisesti teholliset koot kuvaavat myös luonnossa elävien populaatioiden tehollisia kokoja. Tässä suhteessa näytteet vaihtelivat varsin paljon. Pienten luonnonvaraisten populaatioiden teholliset koot olivat usein hyvin alhaisia, mutta pienet arvot saattavat johtua myös liian pienestä näytteestä. Monimuotoisuuden säilyttämisen kannalta suositeltuna tehollisen koon vähimmäisarvona on usein pidetty noin 50:tä. Yksittäisistä populaatioista vain Kermankosken emo- ja poikasnäytteiden sekä Pielisjoen ja Lieksanjoen emonäytteiden perusteella lasketut teholliset koot ylittivät koko aineiston perusteella suositusrajan. On kuitenkin huomattava, että vuosittaiset arvot, etenkin emokaloksi saaduissa taimenissa, ovat jääneet aina alle tehollisen koon suositusarvon.

Ne/N on tehollisen koon ja populaation todellisen koon suhde ja se vaihtelee välillä 0-2. Tämä suhdeluku on pieni, jos populaatioiden yksilöiden välinen sukulaisuus on suurta eli populaatio muodostuu suurista yksittäisistä perheistä. Hyvinvoivassa luonnonpopulaatiossa suhteen on arvioitu olevan noin 0,5. Selvästi alle 0,5 arvojen katsotaan ilmentävän lisääntyntä sukulaisuutta. Jos suhde saa yli 1,0 arvoja, se viittaa populaation tavallista tehostuneempaan risteytymiseen tai keinolliseen lisäämiseen laitoksissa. Korkea lukuarvo voi olla myös seurausta populaatioiden sekoittumisesta. Tällainen tilanne näyttää vallitsevan myös tutkituissa taimenpopulaatioissa.

Suuret arvot ja etenkin yli 1,0 arvot, mm. Kermankoski emot (0,85) ja poikaset (1,03) sekä Pielisjoen (1,48) ja Lieksanjoen emot (1,05), viittaavat näytekoko suureen populaatioon, mikä voi olla seurausta tehostuneesta risteytymisestä luonnossa ja istutuksista johtuvista vaikutuksista. Vastakohtana ovat sen sijaan hyvin pienet näytteet Mäntyharjun reitiltä, joissa luultavasti pieni otoskoko aiheuttaa korkean arvon (Läsäkoski ja Puuskankoski).

Perhemäärät kuvaavat myös hyvin populaatioiden tehollista kokoa. Erillisenä suojeltavan tai säilytettävän yksikön (populaation) suositeltava perheiden määrä on vähintään 50 perheen luokkaa. Tutkituissa taimenpopulaatioissa suositusarvon ylittivät Heinäveden reitillä poikasnäytteistä, emotaimenista sekä Enonkoskelle siirretyistä jokipoikasista lasketut arvot. Heinäveden reitillä vain Karvionkosken näytteen perhemäärä oli suositusta pienempi. Myös Lieksanjoella ja Pielisjoella emotaimennäytteistä lasketut arvot olivat suositusarvoa suurempia. Mäntyharjun reitillä yhdenkään erillisen näytepopulaation kohdalla tämä kriteeri ei kuitenkaan täyty. Suuresta näytemäärästä huolimatt-

ta myös Ala-Koitajoen, jonka taimenpopulaation tehollinen koko oli vain 17, perhemäärä jäi alle suositusarvon, vain 34 perheeseen.

Luonnossa hyvänä sukulaisuuden asteena pidetään noin 3 % tai sen alle olevia arvoja. Suuremmat arvot viittaavat pieneen lisääntyvään populaatiokokoon ja lisääntyvien yksilöiden läheiseen sukulaisuuteen. Tutkituissa taimenpopulaatioissa sukulaisuusarvot olivat jonkin verran koholla ja suurimpia pienissä sivupuroissa elävillä taimenilla.

Täyssisarjen määrät olivat suurimpia juuri näissä pienissä populaatioissa. Poikasnäytteissä saman perheen taimenia oli enimmillään kahdeksan mm. Heinäveden reitin Karvionkoskessa (näytenro 8) ja Mäntyharjun reitin Pyhä- ja Kaivannonkoskessa (näytenro 4). Samasta perheestä oli 5-7 kalaa mm. Hanhi-, Saari- ja Lieksanjoen poikasnäytteissä ja Mäntyharjun reitin Ripatin-Tuhankosken näytteessä. Emokalanäytteissä, joita oli kerätty useiden eri pyyntikausien aikana, ei täyssisaria havaittu kuin muutamia pareja. Nämä olivat tyypillisesti saman vuoden pyynnissä saatuja taimenia.

Taulukko 4. Mäntyharjun reitin ja Vuoksen vesistön taimenpopulaatioiden sukulaisuus ja perheiden lukumäärä. Taulukossa on esitetty yksilömäärä (N), perinnöllisesti tehokas populaatiokoko (Ne) ja sen 95 % CI eli luottamusväli sekä tehollisen ja todellisen otoskoon suhde (Ne/N.) Lisäksi on esitetty perheiden lukumäärä (kpl) ja populaation kaikkien yksilöiden parittaisten sukulaisuuskeskiarvo eli populaation keskimääräinen sukulaisuusaste (%) sekä sukulaisuusmittareiden viitearvot.

Viitearvot			>50		>0,5	>50	<4	
Järvi/joki	Populaatio	N	Ne	95 % CI	Ne/N	N Perhe	Sukul. %	
<i>Mäntyharjun reitti</i>								
1	Rauhajärvi	Läsäkoski	24	29	17-53	1,21	20	4,0
2	Iso-Metsäjärvi, Vahvajärvi	Ripatin- ja Tuhankoski (42), Tuhankoski (3)	45	14	7-30	0,31	30	5,1
3	Sämpiä	Puuskankoski	15	18	9-38	1,20	13	5,5
4	Tuusjärvi, Lahnavesi, Pyhävesi	Kaivannonkosket (10), Volanjoen Esalank (2), Pyhäkoski (22)	34	16	9-34	0,47	19	6,8
<i>Yhteensä</i>			118	77			82	
<i>Heinäveden reitti</i>								
5	Kermajärvi, Ruokovesi	Kermankoski (27), Haapakoski (36), Vihonvuonne (19), Pilpankoski (22),	104	39	25-63	0,38	69	4,7
6	Kermajärvi	Kermankoski, emot	220	188	151-263	0,85	200	3,5
7	Kermajärvi	Kermankoski, poikaset Enonk.	66	68	46-101	1,03	59	4,0
8	Varisvesi	Karvionkosket	65	26	15-46	0,40	38	5,8
<i>Yhteensä</i>			455	321			366	
<i>Pielisen reitti</i>								
9	Pielisjoki	Kuurna, emot	71	105	75-150	1,48	68	3,9
<i>Lieksanjoen reitti</i>								
10	Lieksanjoki	poikaset	47	42	27-68	0,89	31	4,5
11	Lieksanjoki	Lieksankoski, emot	80	84	59-120	1,05	74	3,8
12	Saarijoki	Saarikoski	29	12	6-28	0,41	12	7,6
13	Hanhijoki (53), Ulkkajoki (4)	Korkeakoski, Pitkähäkoski, Pahakoski, Väärähäkoski	57	22	12-39	0,39	36	10,6
<i>Yhteensä</i>			213	160			153	
<i>Koitajoen reitti</i>								
14	Ala-Koitajoki	Hiiskoski (47), Lohikoski (11), Tiaisankoski (3), Tylytsy (5)	78	17	10-34	0,22	34	7,7
<i>Kaikki yhteensä</i>			935					

3.2. Taimenpopulaatioiden välinen perinnöllinen erilaistuminen

3.2.1. Populaatioiden väliset perinnölliset erot

Kalakantojen hoitosuunnitelmaa varten on olennaista tuntea populaatioiden välisten perinnöllisten erojen suuruus eli se, missä määrin osapopulaatiot eroavat toisistaan tai mitä osia vesistön lisääntymisalueista voidaan pitää itsenäisinä populaatioina tai lisääntymisyksikköinä. Vuoksen vesistön vaeltavien taimenkantojen kohdalla tärkeitä kysymyksiä ovat poikkeavatko Lieksanjoen, Pielisjoen ja Heinäveden reitin taimenet toisistaan riittävästi, jotta niitä tulisi hoitaa erillisinä kantoinaan.

Populaatioiden välistä erilaistumista mitattiin Fst-arvoilla, niiden tilastollisella merkitsevyydellä ja populaatioiden välisillä perinnöllisillä etäisyyksillä (Taulukko 5 ja 6). Populaatioiden parittaiset Fst-arvot vaihtelivat erittäin paljon, välillä 0,0 - 0,26. Täysin samanlaisia olivat hieman yllättäen Pielisen ja Lieksan emotaimenet. Lieksanjoen emojen ja poikasten välinen ero oli ainoa vain 1 % (**) tasolla merkitsevä ero. Kaikki muut parittaiset erot olivat merkitseviä 0,1 % (***) tasolla. Lisäksi varsin pieniä Fst-arvoja esiintyi Heinäveden reitin, Lieksanjoen ja Pielisjoen taimennäytteiden välillä. Erittäin suuria arvoja oli Lieksanjoen Hanhijoen ja kaikkien muiden näytteiden välillä, mikä viittaa selkeään eristyneisyyteen ja pieneen populaatiokokoon ja siten todennäköisesti pieneen paikalliseen populaatioon.

Taulukko 5. Taimennäytteiden väliset parittaiset Fst-arvot. Punaisella merkityt eivät ole tilastollisesti merkitseviä 0,1 % (***) tasolla, keltaisella merkityt ovat alhaisia ja oranssilla merkityt poikkeuksellisen suuria arvoja.

	Mäntyläsa	MäntyRipa	MäntyPuus	MäntyPyhä	HeiKerma	HeiKerE6	HeiKerEn	HeiKarvi	PieKuurE	LieLiek	LieEmotE	LieSaari	LieHanhij.
MäntyRipa	0,099												
MäntyPuus	0,057	0,087											
MäntyPyhä	0,049	0,055	0,051										
HeiKerma	0,075	0,046	0,079	0,028									
HeiKerE6	0,067	0,046	0,076	0,020	0,005								
HeiKerEn	0,077	0,061	0,100	0,033	0,009	0,004							
HeiKarvi	0,067	0,053	0,064	0,021	0,015	0,012	0,015						
PieKuurE	0,066	0,042	0,078	0,021	0,007	0,006	0,011	0,016					
LieLiek	0,075	0,048	0,085	0,025	0,017	0,013	0,019	0,021	0,007				
LieEmotE	0,067	0,045	0,075	0,020	0,008	0,004	0,010	0,016	0,000	0,004			
LieSaari	0,066	0,076	0,082	0,028	0,047	0,042	0,050	0,046	0,032	0,038	0,037		
Lie Hanhij.	0,236	0,206	0,255	0,211	0,216	0,198	0,214	0,212	0,208	0,209	0,212	0,198	
AlaKoita	0,066	0,066	0,085	0,044	0,028	0,027	0,037	0,043	0,020	0,043	0,028	0,054	0,226

Taulukko 6. Taimennäytteiden välisten geneettisten erojen tilastollinen merkitsevyys.

Riskitasot: *** = 0,1 %, ** = 1 % ja NS= ei merkitsevä.

	MäntRi	MäntPu	MäntPy	HeiKer	HeiKer	HeiKer	HeiKar	PieKuu	LieLie	LieEmo	LieSaa	LieHanhij.	Alakoi
MäntLa	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MäntRi		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MäntPu			***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
MäntPy				***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
HeiKer					***	***	***	***	***	***	***	***	***
HeiKer						***	***	***	***	***	***	***	***
HeiKer							***	***	***	***	***	***	***
HeiKar								***	***	***	***	***	***
PieKuu									***	NS	***	***	***
LieLie										**	***	***	***
LieEmo											***	***	***
LieSaa												***	***
LieHan													***

Populaatioiden välisten parittaisten perinnöllisten etäisyyksien taulukosta (Taulukko 7) on periaatteessa nähtävissä hyvin sama asia. Mäntyharjun reitin taimenet eroavat kertaluokaltaan suuremmilla perinnöllisillä etäisyyksillään (> 0,09) Vuoksen vesistön taimenkannoista, kuin nämä toisistaan (<0,10).

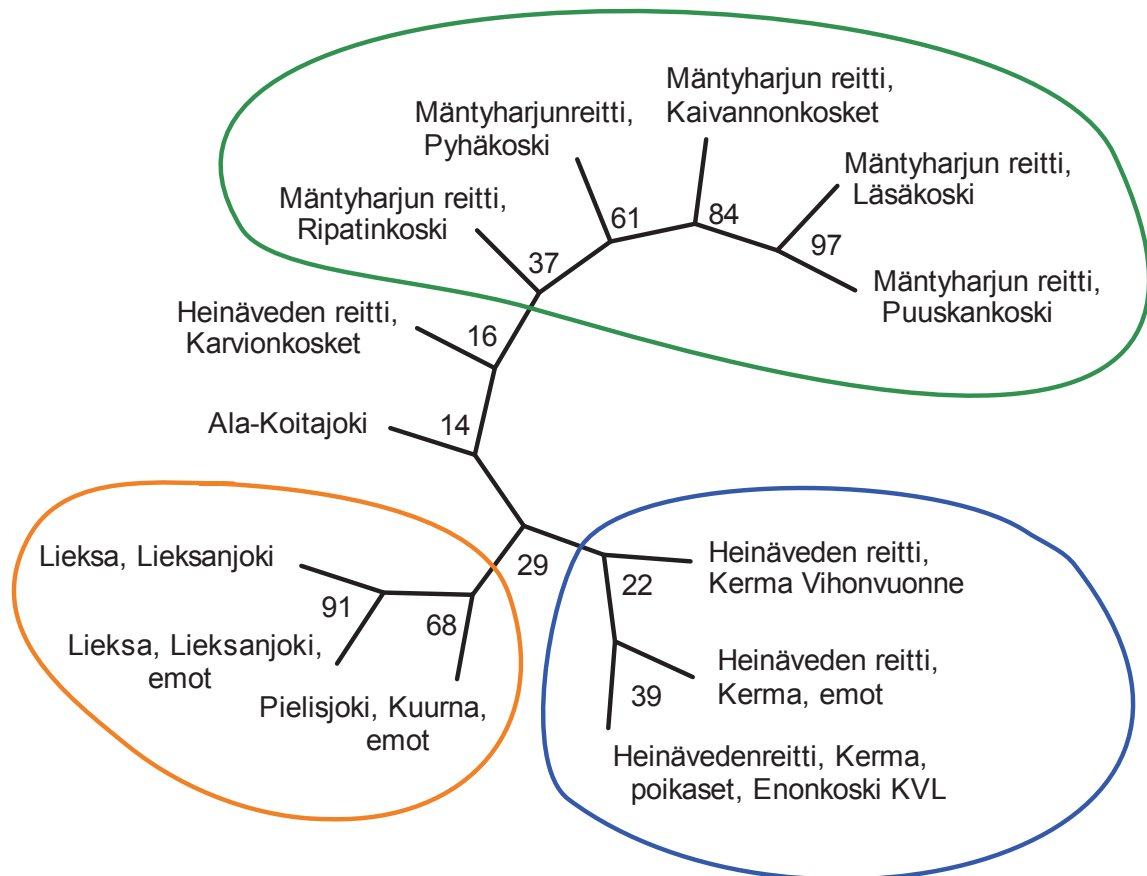
Taulukko 7. Näytteiden väliset perinnölliset etäisyydet (Nei, DA-etäisyys). Pienimmät etäisyydet < 0,05 oranssi, < 0,10 keltainen ja suurimmat >0,2 vihertävä.

	Mäntyläsäk.	Mäntyripatink.	Mäntypuuskank.	Mäntypyhäk.	Mäntykaivannonk.	Heinäkarvionkosket	HeinäkermaEmot	HeinäkermaVihonv.	HeinäkermaEnonk.	PielisjokiKuurnaEmot	LieksaEmot	Lieksalieksanjoki
Mäntyläsäk.	----											
Mäntyripatink.	0,19	----										
Mäntypuuskank.	0,17	0,19	----									
Mäntypyhäk.	0,17	0,15	0,19	----								
Mäntykaivannonk.	0,21	0,20	0,20	0,21	----							
Heinäkarvionkosket	0,17	0,13	0,18	0,11	0,18	----						
HeinäkermaEmot	0,15	0,10	0,18	0,10	0,18	0,05	----					
HeinäkermaVihonv.	0,16	0,12	0,18	0,12	0,18	0,07	0,02	----				
HeinäkermaEnonk.	0,16	0,13	0,20	0,13	0,19	0,07	0,03	0,03	----			
PielisjokiKuurnaEmot	0,15	0,11	0,19	0,11	0,18	0,06	0,03	0,03	0,04	----		
LieksaEmot	0,16	0,11	0,19	0,10	0,18	0,06	0,03	0,04	0,04	0,02	----	
Lieksalieksanjoki	0,17	0,12	0,23	0,13	0,20	0,09	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	----
Ala-Koitajoki	0,15	0,13	0,20	0,14	0,20	0,10	0,07	0,06	0,08	0,06	0,06	0,10

3.2.2. Taimenpopulaatioiden sukupuurakenne

Populaatioiden välistä perinnöllistä erilaistumista ja eri populaatioryhmien keskinäistä samankaltaisuutta kuvataan erilaisilla ryhmittelyanalyysillä ja sukupuurakenteilla. Näiden avulla voidaan havainnollistaa kaikkien näytteiden keskinäinen samankaltaisuus rakenne, esimerkiksi kaksitasoisena sukupuuna. Näitä rakenneanalyysijä voidaan käyttää myös muodostettaessa perinnöllisesti samankaltaisten populaatioryhmien hoitoyksiköjä, kun lisäksi huomioidaan, että kunkin yksikön sisäinen perinnöllinen diversiteetti on riittävän suuri.

Populaatioiden sukulaisuutta kuvaava sukupuu jakautui kolmeen päähaaraan: Mäntyharjun reitin populaatiot, Heinäveden reitin populaatiot ja kolmantena Lieksanjoen ja Pielisjoen populaatiot (Kuva 3). Heinäveden reitin Karvionkosken populaatio jää erikseen, samoin kuin Ala-Koitajoen taimenpopulaatio. Lieksanjoen paikalliset populaatiot on jätetty pois sukupuusta.



Kuva 3. Järvitaimenen näytepopulaatioiden väliset perinnölliset etäisyydet esitettyinä juurettomana sukupuuna. Luvut puunhaarojen kohdalla kertovat haaran sijainnin varmuuden eli bootstrap arvot prosentteina (0-100) tuhatta toistolle. Mitä suurempi arvo on, sitä varmempi haaran sijainti on.

4. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

4.1. Populaatioiden perinnölliset erot

Mäntyharjun reitin taimenet poikkesivat merkitsevästi paitsi toisistaan myös Vuoksen vesistön taimenista. Mäntyharjun reitti on osa Rautalammin reittiä ja siksi alueen taimenistutuksissa käytetään Rautalammin reitin taimenkantaa. Läsäkoski laskee Puulaveteen ja on kauimpana muista reitin koskipaikoista (Kuva 1). Muut reitin populaatiot elävät vain pienten järviältätien erottamina maantieteellisesti lähempänä toisiaan. Sukupuutarkastelussa Mäntyharjun reitin taimenpopulaatiot sijoittuivatkin loogisesti omaksi kokonaisuudekseen. Reitin sisällä eri koskialueiden välillä havaitut erot olivat kertaluokkaa suurempia Vuoksen alueen taimenpopulaatioihin verrattuna. Vaikka pienet näytemäärät voivat vaikuttaa näihin eroihin, on mahdollista, että osa näistä, suhteellisen pienistä virta- ja koskialueista ylläpitää omaa lisääntyvää kantaa. Ainakaan Läsäkoskeen ja Puuskankokseen ei ole istutettu mätiä tai poikasia yli 10 vuoteen (T. Hentinen, henkilökoht. tiedonanto). Myös Tuhankosken-Ripatinkosken näytekalat ovat melko varmasti peräisin luonnonkudusta tai osittain mäti-istutuksista. Sen sijaan Pyhäkosken ja Kaivannonkosken poikasnäytteet ovat peräisin vuosien 2012 ja 2013 mäti-istutuksista.

Vuoksen vesistössä sukupuutarkastelu tuotti kaksi erillistä, maantieteellisesti melko loogista ryhmää. Toinen käsitti Lieksanjoen emokala- ja poikaspopulaatiot ja Pielisjoen emokalapopulaation lukuun ottamatta Ala-Koitajokea ja toinen Heinäveden reitin emokala- ja poikaspopulaatiot lukuun ottamatta Karvionkoskia. Lieksanjoki, Pielisjoki sekä Kermankosket ovat olleet 1980-1990-luvulta lähtien emotaimenten pyyntipaikkoja. Niistä saatujen taimenten varaan on valtion vesiviljelyssä Enonkoskella perustettu lähes vuosittain uusia emokalastoja, joiden perustamishedelmöityksissä eri paikoista saatuja taimenia on risteytetty keskenään (Makkonen ym. 1996). Sen vuoksi istukastuotannossa käytetyssä mädissä on ollut kaikkien emopyyntipaikkojen taimenten geenistöä (vrt. kuva 1).

Kun tätä ns. yhdistettyä Vuoksen taimenkantaa on enimmäkseen käytetty myös koko Vuoksen vesistössä istutuksiin, on ymmärrettävää, etteivät esimerkiksi tässä työssä havaitut perinnölliset erot eri populaatioiden välillä olleet kovin suuria. Istutuksia on tehty melko runsaasti vuosittain Pielisjokeen ja Oriveden alueelle sekä Lieksanjokeen ja Pieliseen, mikä on voinut johtaa siihen, että mahdolliset kantojen erot ovat kadonneet. Pielisjoesta saadut taimenet ovat olleet suurimmaksi osaksi istutusperäisiä, sillä lisääntymisalueita ei juuri enää ole. Alkuperäinen Pielisjoen taimenkanta on todennäköisesti menetetty. Ala-Koitajoen poikaset ovat melko varmasti peräisin alueelle ns. pyyntikokoisina istutetuista taimenista. Näytteen korkeat sukulaisuudet sekä pieni perhemäärä viittaavat myös pieneen kutupopulaatioon.

Kerman reitillä Karvionkoskien populaation sijainti sukupuussa on poikkeava. Karvionkosket sijaitsevat Kermajärven yläpuolella, selvästi kauempana muista näytepaikoista. Metsähallitus vastaa tämän pienen koskialueen kalakannan hoidosta sekä virkistyskalastuksesta, jota varten alueelle istutetaan taimenia. On todennäköistä, että sähkökalastetut poikaset ovat peräisin viljelystä, mikä sellaisenaan voi selittää ko. populaation poikkeavan sijoittumisen sukupuussa.

Vaikka Vuoksen alueen taimenten perinnölliset erot olivat selvästi Mäntyharjun reitin populaatioita pienempiä, olivat erot tilastollisesti merkitseviä. Vain Pielisjoen ja Lieksanjoen emotaimenet eivät poikenneet tilastollisesti toisistaan. Sen sijaan Lieksanjoesta saatu poikasnäyte poikkesi samanjoen emokalanäytteestä. Se osoittaa sen, että kaikkia emotaimenia ei ole onnistuttu pyytämään Lieksankosken alapuolella, vaan osa emoista on onnistunut kutemaan ns. Lieksankosken vanhassa uomassa.

5. Vuoksen vesistön taimenpopulaatioiden hoito

5.1. Hoidon tavoitteet

Vuoksen vesistön erittäin uhanalaisiksi luokiteltujen vaeltavien järvitaimenten säilyttäminen elinkel-poisina ja itsensä ylläpitävinä kantoina luontaisessa ympäristössään on ehdottomasti hoidon tärkein tavoite. Näillä isokokoiseksi kasvavilla taimenkannoilla on myös huomattava kalataloudellinen merki-tys. Nyt tehdyt geneettiset analyysit osoittavat, että jo pitkälti taantuneistakin populaatioista löytyy vielä merkittäviä perinnöllisiä eroja, jotka pitää ottaa huomioon kantojen hoidossa. Heinäveden reitin ja Lieksanjoen-Pielisjoen taimenkannat edustavat koko Vuoksen vesistöalueen merkittävimpiä vael-tavia taimenia ja ovat siten erityisen arvokkaita myös valtakunnallisesti. Näiden kahden taimenkan-nan säilyttämisessä on välittömästi pyrittävä luontaisen lisääntymisen vahvistamiseen kunnostamalla lisääntymis- ja poikastuotantoalueita, siirtämällä emoja noususteiden yli, järjestämällä kalastus eri-tyisesti kutualueilla, mutta myös syönnösalueiden järvillä sekä uusimalla laitosviljelyn ja istutusten käytäntöjä. Nämä taimenkannat ovat keskeisimmät myös juuri valmistumassa olevassa Vuoksen tai-menkannan hoito-ohjelmassa, jossa on esitetty lukuisia toimenpiteitä kantojen säilymisen varmen-tamiseksi ja nykytilanteen parantamiseksi.

5.2. Kalanviljely- ja tuki-istutukset

Kun tuloksia tarkastellaan kokonaisuutena, on Vuoksen vaeltavien taimenkantojen nykyistä hoitoa arvioitava uudelleen. Vuoksen yhdistetyn taimenkannan viljelystä ja käytöstä istukastuotantoon on luovuttava. Heinäveden reitin taimenta on alettava hoitaa omana kantanaan ja vastaavasti alueen pohjoisosan taimenkantojen hoidossa pitää keskittyä Lieksanjoessa lisääntyvän vaeltavan taimen-kannan hoitoon. Tämä tarkoittaa sitä, ettei esimerkiksi Saarijoen ja Pankajärveen laskevien pienten sivujokien, Ulkka- ja Hanhijoen paikallisia taimenia (tammukoita) pidä sekoittaa Lieksanjoen pää-uoman vaeltavan taimenen kanssa. Emokalaviljelyssä Lieksanjoen ja Pielisjoen taimenet voidaan yh-distää, koska kantojen välillä ei ole perinnöllisiä eroja ja alueet ovat muutenkin luontevasti yhteydes-sä toisiinsa. Pielisjoen taimenkannan tehollinen koko ja korkeat diversiteettimäärät osoittavat, että kalanviljelyllä on onnistuttu säilyttämään taimenkantojen perinnöllistä monimuotoisuutta.

Sekä Heinäveden reitin että Lieksanjoen poikasnäytteiden ja emokalanäytteiden analyysit osoit-tavat, että jokipoikasten perinnöllinen muuntelu on hyvä mm. alleelimäärissä sekä perheiden luku-määrissä etenkin Kerman reitin näytteissä. Lisäksi perheanalyysit osoittavat, että useat taimenna-arat ja –koiraat lisääntyvät usean puolison kanssa, mikä osaltaan ylläpitää perinnöllistä monimuotoi-suutta. Vaikka yhdistetyt emokalanäytteet osoittavat suurta alleelimäärää ja perheiden määrää, eivät perinnöllisyystieteelliset viitearvot täyty yhden pyyntikauden aikana saatujen kutuvalmiiden taimen-ten kohdalla yhdessäkään mädinhankintapaikassa jo pelkästään siksi, että pyynnissä saadut kalamää-rät ovat vain muutamia yksilöitä (vrt. kuva 1).

Viljeltävien kalastojen perustamisessa nykyistä toimintaa on muutettava pelkästä kutuvalmiiden taimenten pyynnistä jokipoikasten pyyntiin ja siirtoon emokalakasvatukseen. Vähäisten kudulle nou-sevien taimenten kuteminen luonnossa tuottaa paremmat lähtökohdat luonnosta saataviin jokipoi-kasiin perustuvassa laitoskasvatuksessa. Jokipoikasia voidaan pyytää sähkökalastamalla eri koskialu-eilta alueellisesti kattavammin sekä taloudellisesti ja tuloksellisesti tehokkaammin kuin koskiin nou-sevia vähäisiä kututaimenia. Lisäksi jokipoikasia kalastamalla saadaan jo yhden pyyntikauden aikana useiden ikäluokkien jälkeläisiä, mikä lisää talteen saatavan populaation monimuotoisuutta.

Nykyisillä yksilömerkinnöillä ja geneettisillä analyyseillä poikasista saadaan tietoja mm. sukulai-suuksista, jolloin viljelyssä voidaan käyttää tehokkaita, yksilöpohjaisia pariuttamismenetelmiä perin-nöllisen monimuotoisuuden ylläpitämiseksi ja sukusiitoksen estämiseksi. Kutuvalmiiden taimenten pyyntiä ei tule kokonaan unohtaa, sillä järvivaiheen vaelluksella selviytymisessä voi olla perinnöllisiä

ominaisuuksia, joita myös säilytettävän populaation viljelyssä tarvitaan. Yhdistämällä poikaspyynneistä ja aika ajoin kutupyynneistä saatava kalasto saadaan koko elinkierron kattavaa alkumateriaalia myös taimenkantojen säilytys- ja tuki-istutuksiin.

Jotta tutkittujen taimenkantojen hoito voisi onnistua tuloksellisesti, tarvitaan kokonaisvaltainen toimintalinjaus, johon eri toimijat voivat sitoutua. Viljelykantojen eriyttäminen tarvitsee tuekseen johdonmukaisen istutusten linjauksen. Tämä on sovitettava vesialueiden omistajien ja velvoiteistuttajien tavoitteisiin. Vuoksen vaeltavien taimenkantojen istutuksissa olisi johdonmukaista siirtyä Lieksanjoen-Pielisjoen taimenkannan käyttöön Vuoksen pohjoisosissa Pielisestä aina Pyyvedelle saakka. Heinäveden reitin kantaa voitaisiin käyttää alkuperäisen reitin ohella myös Pyyveden alapuolisella Vuoksen alueella. Luontevinta kokonaisvaltaisten toimintalinjausten tekeminen olisi vuoden 2016 kalastuslain uudistamisen seurauksena tehtävissä uusissa käyttö- ja hoitosuunnitelmissa mm. Heinäveden reitillä ja Pielisen-Lieksanjoen-Pielisjoen ja Oriveden vesialueilla.

Kiitokset

Taimennäytteitä Mäntyharjun reitin sekä Heinäveden reitin jokipoikasista saatiin analysoitavaksi Teemu Hentisen koordinoimassa Etelä-Savon ELY-keskuksen *'Järvitaimenkantojen elvyttäminen sekä kestävän vapaa-ajankalastuksen ja luontomatkailun yhteensovittaminen'*- hankkeessa tehdyistä sähkökalastuksista. Myös Kermankoskista Enonkoskelle siirretyt jokipoikaset saatiin näissä koekalastuksissa. Lieksanjoen ja sen sivujokien jokipoikasten näytteitä kerättiin Juha Rouvisen koordinoimassa Pielisen järvilohi Lieksanjokeen-hankkeessa. Kaikki emotaimennäytteet on kerätty osana RKTL:n Enonkosken viljelylaitoksen laitoskalastojen perustamiseen liittyvää toimintaa. DNA-analyysiin tarvittun loppurahoituksen järjesti RKTL:n vesiviljelypalvelujen yksikönjohtaja Petri Heinimaa. Kiitämme lämpimästi myös kaikkia muita nimeltä mainitsemattomia näytteiden keräämiseen osallistuneita henkilöitä.

6. Viitteet

- Goudet, J. 1995. FSTAT (Version 1.2): A computer program to calculate F-statistics. *Journal of Heredity* 86, 485–486.
- Goudet, J. 2001. FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3).
- Eronen, T., Hanski, A., Hyytinen, L. & Kaijomaa, V-M. 1986. Vuoksen vesistöalueen lohi- ja taimenkan-
tojen hoidon puiteohjelma. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalatutkimusosasto, Monistet-
tuja julkaisuja* 49, 117 s.
- Jutila, E, Koljonen, M-L, ja Koskiniemi, J. 2015. Taimenen perinnöllinen erilaistuminen ja hoidon jär-
jestäminen Isojoen vesistössä. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 52/2015. 24s.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-105-1>.
- Koljonen, M-L., Janatuinen, A., Saura, A. and Koskiniemi, J. 2013. Genetic structure of Finnish and
Russian sea trout populations in the Gulf of Finland area. Working papers of the Finnish Game
and Fisheries Institute 25/2013, 100 pp.
- Koljonen, M.-L., Gross, R. & Koskiniemi, J. 2014. Wild Estonian and Russian sea trout (*Salmo trutta*) in
Finnish coastal sea trout catches: results of genetic mixed stock analysis. *Hereditas* 151: 277–195
DOI 10.1111/hrd2.00070
- Makkonen, J., Toivonen, J., Piironen, J., Pursiainen, M., ja Mäkinen, K. 1995. Järvilohen (*Salmo salar*
m. sebago Girard) säilyttäminen ja kalastus Vuoksen vesistössä Carlin-merkintöjen perusteella.
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 88, 66 s. + liite.
- Makkonen, J., Piironen, J., Pursiainen, M., Toivonen, J. ja Kolari, I. 1996. Pyyntitavat heikentävät järvi-
taimenen istutustulosta, Vuoksen vesistöalueelle vuosina 1979-1992 tehtyjen Carlin-merkintöjen
tulokset. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar* 108, 105 s.
+ liite.
- Nei, M., Tajima, F. & Tateno, Y. 1983. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data.
- *Journal of Molecular Evolution* 19: 153–170.
- Page, R.D.M. 2000. TreeView program. version 1.6.1. Available at
<http://taxonomy.zoology.gla.ac.uk/rod/treeview.html>
- Piironen, J. 1993. Sisävesien lohikalojen mädinhankinnan tulevaisuus. Teoksessa: Ruohonen, K. &
Ruuhijärvi, J. (toim.) Valtion kalanviljelyn XVII neuvottelupäivät. Märintuotanto ja emokalojen
viljely. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar* 60, s. 57–62.
- Rassi, P., Hyvärinen, E, Juslèn, A. & Mannerkoski (toim.) Suomen lajien uhanalaisuus - Punainen kirja
2010. Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 685 s.
- Saitou, N. & Nei, M. 1987. The neighbour joining method: a new method for reconstructing phyloge-
netic trees. *Molecular and Biological Evolution* 4: 406–425.
- Syrjänen, J. & Valkeajärvi, P. 2010. Gillnet fishing drives lake-migrating brown trout to near extinction
in the Lake Päijänne region, Finland. *Fisheries Management and Ecology* 17: 199–208.
- Takezaki, N. 1998. NJBAFD: Neighbor-joining tree construction from allele frequency data. National
Institute of Genetics, Misima, Sizuoka-ken, Japan. Available at
<http://homes.bio.psu.edu/people/Faculty/Nei/Lab/software.htm>.
- Urho, L., Pennanen, J.T. & Koljonen, M.L. 2010. Fish. In: Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslèn, A., Manner-
koski, I. (eds.). The 2010 Red List of Finnish Species. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristö-
keskus, Helsinki. p. 336–343.
- Wang, J. 2004. Sibship reconstruction from genetic data with typing errors. *Genetics* 166: 1963–1979.
- Wang, J. & Santure, AW. 2009. Parentage and sibship inference from multi-locus genotype data un-
der polygamy. *Genetics* 181: 1579–1594.
- Wang, J. 2007. Triadic IBD coefficients and applications to estimating pairwise relatedness. *Genet.*
Res. 89: 135–153.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000