

JÄRVILOHIEMOJEN (*SALMO SALAR M. SEBAGO*)
KUTUKÄYTTÄYTYMISEN SEURANTA ALA-KOITAJOELLA

AURORA HATANPÄÄ

Pro gradu -tutkielma
Itä-Suomen yliopisto
Biologian laitos
2015

ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO

Biologian laitos

HATANPÄÄ, AURORA: Järvilohiemojen (*Salmo salar* m. *sebago*) kutukäyttäytymisen seuranta Ala-Koitajoella

Pro gradu -tutkielma, 33 s.

Joulukuu 2015

Järvilohen lisääntyminen Suomen luonnossa estyi 1950–1970-luvuilla tapahtuneen vesivoiman rakentamisen seurauksena. Nykyinen järvilohikanta on ollut siitä asti puhtaasti laitosviljelyn varassa. Ala-Koitajoki oli luonnontilaisena tärkeä lisääntymisympäristö Saimaan järvilohelle, ja vuonna 2013 Korkein hallinto-oikeus määräsi tämän uoman virtaaman nostamista, jotta järvilohi voisi jälleen lisääntyä luonnonolosuhteissa. Tämän tutkielman tarkoituksena oli selvittää kelpaako Ala-Koitajoen muuttunut habitaatti sinne siirretyille järvilohille ja voivatko järvilohet kutea luonnossa 40 vuoden jälkeen.

Tutkimuksessa seurattiin järvilohiemokaloja lokakuusta joulukuun alkuun vuonna 2013. Seurantamenetelmänä käytettiin radiotelemetriaa. Ala-Koitajokeen vietiin yhteensä 33 radiolähettimillä merkittyä järvilohiemokalaa. Tutkimuskalat olivat Pielisjoesta pyydettyjä emokaloja ($n = 9$), sekä laitoksessa joko virike- ($n = 12$) tai standardikasvatettuja ($n = 12$) emokaloja. Lohet vapautettiin kahteen paikkaan Ala-Koitajoella: Siikakoskelle aivan joen alajuoksulle ja Hiiskosken padon alle joen yläjuoksulle. Seuranta suoritettiin sekä maastologgereita että käsikuuntelulaitteita käyttämällä. Maastologgereilla pystyttiin selvittämään kalojen pitempiä liikkeitä, kun taas käsikuuntelulaitteita käytettiin kalojen tarkempaan paikantamiseen joella.

Siikakoskelle vapautetuista kaloista joesta poistui kolme. Siikakoskella tutkimuskalojen liike oli yleisesti vähäistä. Hiiskoskelle vapautetut kalat levisivät alavirtaan, ja löysivät kutupaikkansa 7,5 kilometrin matkalta. Eniten Hiiskoskelle vapautetuista kaloista liikkivat standardikasvatetut laitoskalat. Vähiten liikkivat Pielisjoesta pyydetty emokalat. Hiiskoskelle vapautetuista kaloista kaksi naarasta ei kelpuuttanut yläjuoksun koskia kutupaikoikseen.

Kutupesiä etsittiin kutuajan jälkeen sukeltamalla. Kutupesiä löytyi neljästä eri koskesta, mutta kaikkiaan sopivia kutuhabitaatteja löytyy joesta hyvin vähän. Kutuhabitaattien puutteesta huolimatta nyt voimakkaammin virtaava Ala-Koitajoki kelpasi sinne vietyjen järvilohien kutupaikaksi.

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Department of Biology

HATANPÄÄ, AURORA: Spawning behaviour of landlocked salmon (*Salmo salar* m. *sebago*) in the River Ala-Koitajoki

MSc. Thesis, 33 pp.

December 2015

Natural breeding of landlocked salmon (*Salmo salar* m. *sebago*) in Finland ceased in 1950's to 1970's due to the dams build for hydropower plants. Therefore, the whole stock of landlocked salmon in Finland is dependent on aquaculture and hatchery supported fish releases. The River Ala-Koitajoki was originally important breeding ground to landlocked salmon. In 2013, the High court of Finland ordered to increase in the water flow rate in the River Ala-Koitajoki to create spawning grounds to landlocked salmon and to create a possibility to revive natural life cycle.

In this study I explored whether the River Ala-Koitajoki is still suitable spawning environment for landlocked salmon and how the introduced mature fish move there. The study was conducted from October 2013 until December 2013. I had landlocked salmon from three different rearing backgrounds: semi-wild fish captured below the dam in Kuurna in the River Pielisjoki (n= 9), standard-reared hatchery fish (n = 12) and enriched-reared hatchery fish (n = 12). All 33 study fish were tagged with radio transmitters. They were released in the River Ala-Koitajoki in early October, either near the river mouth, in Siikakoski (n = 15) or in Hiiskoski, near the dam and source of the river (n = 18). The surveillance was done by using field loggers (n = 3) and handheld listening devices.

The fish approved the River Ala-Koitajoki as their spawning environment: only three of the released fish left the river. Movement of the released fish was really limited in Siikakoski. In Hiiskoski, the movement was notable, and the salmon found their spawning grounds along 7,5 kilometers. The most active movement in Hiiskoski was by standard reared fish. There were no significant differences with any movement.

The snorkeling was used to locate the spawning redds, which were found from four different rapids. Salmon did spawn in the river even though the spawning gravel and suitable areas for spawning are yet limited. Based on this study it can be safely concluded that, the landlocked salmon accepts the River Ala-Koitajoki with the raised flow rate as their spawning site.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	2
1.1 Järvihoi	2
1.2 Järvihoen kohdistuvat uhat	5
1.3 Tutkielman tavoitteet ja hypoteesit.....	6
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	7
2.1 Ala-Koitajoki	7
2.2 Emokalal	9
2.3 Radiolähettimet ja telemetriaseuranta	12
2.4 Kutupesäl	14
2.5 Aineiston käsittely	14
3 TULOKSET	15
3.1 Kalojen liikkuminen	15
3.2 Kutuparien muodostus	19
3.3 Kutupesäl	23
4 TULOSTEN TARKASTELU.....	24
4.1 Kalojen liikkuminen	24
4.2 Kutuparien muodostus.....	25
4.3 Kutupesäl	26
4.4 Tutkimusmenetelmien tarkastelu ja mahdolliset virhelähteet	28
5 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	29
LÄHDELUETTELO	30

1 JOHDANTO

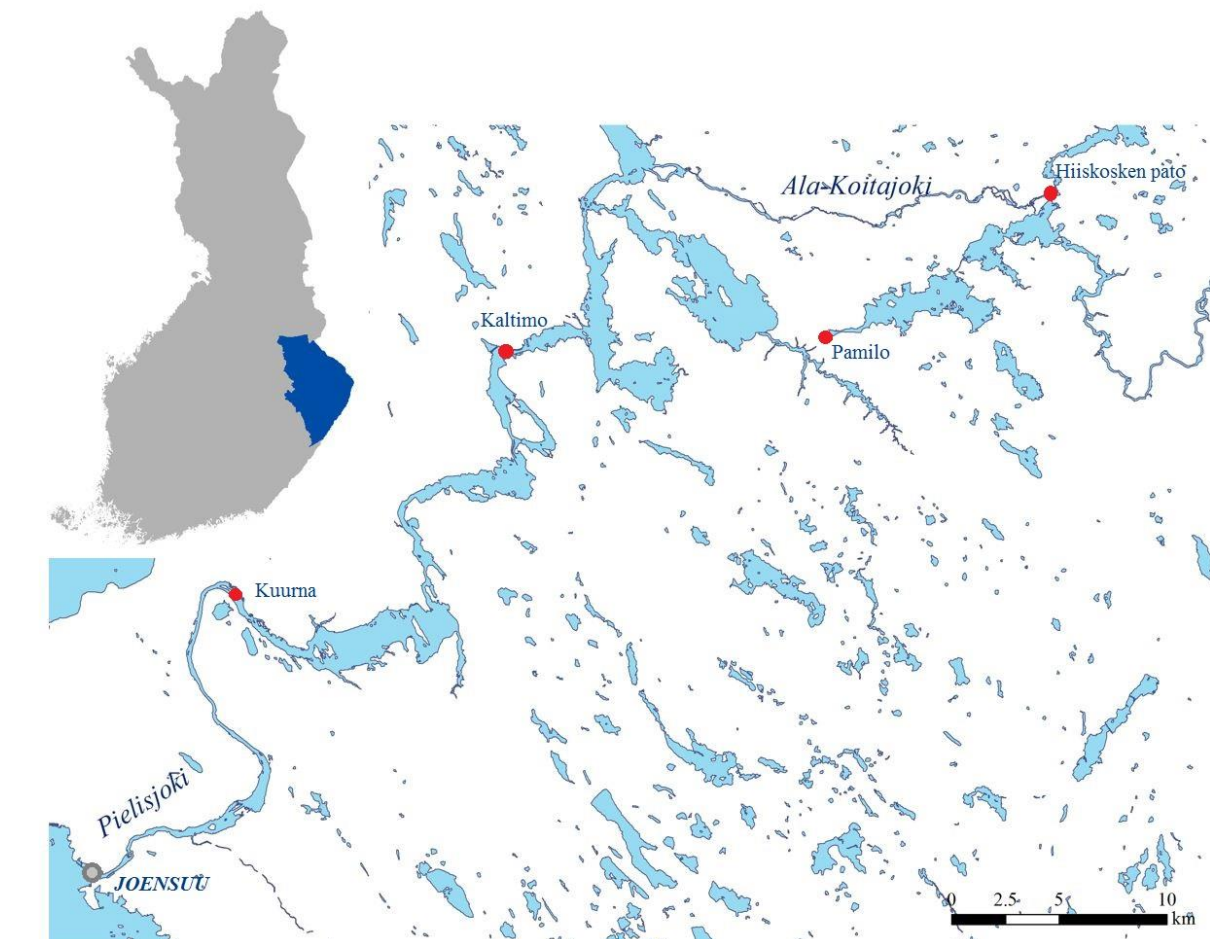
1.1 Järvilohi

Järvilohi on Atlantin lohen ekologinen muoto *Salmo salar* m. *sebago* Girard. Jääkauden jälkeen maan kohoaminen on eristänyt mereisiä lajeja järviin. Itämereen lohi saapui luultavasti Yoldiameren aikaan noin 11 000 vuotta sitten (Lumme ym. 2016). Saimaalle järvilohi on tullut mahdollisesti jo Ancylusjärven aikaan noin 10 000 vuotta sitten. Pieliseen järvilohi saapui todennäköisesti yli 8 400 vuotta sitten Pohjanlahden ja Suur-Saimaan kautta Saimaan vesistöalueen ollessa suurimmillaan (Lumme ym. 2016), ennen Pielisjoen puhkeamista (Tikkanen 1990). Saimaan järvilohikannalla on geneettisiä yhtäläisyyksiä Laatokan järvilohikantaan, mutta yhteyksiä löytyy myös Ruotsin Vänernin kannan kanssa (Lumme ym. 2016). Saimaan järvilohi on äärimmäisen uhanalainen (Rassi ym. 2010) eikä siitä tunneta yhtään kutuparia Suomen luonnossa (Kaijomaa ym. 2003). Suomessa järvilohen luontainen kutu alun perin on tapahtunut Lieksanjoessa (Pielisen järvilohi), Ala-Koitajoessa ja Pielisjoen alaosissa (Saimaan järvilohi) (Kaijomaa ym. 2003, Valkonen & Laakkonen 2015). Sitä luultiin virallisesti yhdeksi taimenen (*Salmo trutta*) muodoksi vuoteen 1962 asti, jolloin Ossi Seppovaara määritteli sen merilohen reliktiksi. Kalastajat ovat kuitenkin pitäneet järvilohia ja taimenta eri kaloina ja tunnistaneet ne omikseen (Seppovaara 1952), joten järvilohen historiaa Suomessa on mahdollista tutkia. Inarinjärveen istutettuna tulokaslajina järvilohi lisääntyy jossain määrin Ivalojoessa.

Järvilohi on syyskutuinen kala. Se vaeltaa lajille tyypillisesti kudulle ylävirtaan syönnösalueiltaan (Thorpe ym. 1998). Kutu tapahtuu lokakuussa jokien virta- ja koskipaikoissa, joissa on sopivaa soraikkoa riittävän syvässä vedessä ja sopivassa virtaamassa. Naaras puhdistaa kivet ja soran orgaanisesta aineksesta ja kaivaa kutukuopan. Mädin laskua edeltävät monimutkaiset kuturituaalit koiraan kanssa. Niillä varmistetaan mädin ja maidin yhtäaikainen laskeminen hedelmöityksen varmistamiseksi (Moir ym. 1998, de Gaudemar & Beall 1999). Naaras peittää vastahedelmöittyneen mädin soran suojaan, jolloin syntyy kutupesä. Mätimunat kuoriutuvat huhtikuun puolessa välissä tai lopussa veden lämpötilasta riippuen. Vastakuoriutuneet poikaset pysyttelevät soran suojuissa kunnes ruskuaispussin sisältämä vararavinto on käytetty melkein kokonaan. Viimeistään tässä vaiheessa poikaset aloittavat ulkoisen ravinnon saalistamisen ja siksi ne nousevat soraikon pinnalle. Lohen jokipoikaset ovat reviiirikaloja (Arnold 1974). Ne hakeutuvat lähelle pohjaa ja valtaavat itselleen oman alueen. Lohenpoikaset ovat ruokailutavoiltaan opportunisteja, ne syövät pohjalla eläviä ja virtaaman

mukana tulevia pohjaeläimiä tai muita selkärangattomia (Amundsen & Gabler 2008, Johansen ym. 2011).

Noin kahden tai kolmen vuoden ikäisenä jokipoikaset smolttiutuvat eli saavuttavat vaellusvalmiuden (Jonsson & Jonsson 1993, Bergman ym. 2014). Edeltävänä syksynä niiden fysiologia alkaa valmistaa niitä kevään smolttivaellukseen. Osmoregulaatioissa tapahtuvat muutokset valmistavat kalaa elämään suolaisessa vedessä, vaikka mereen järvilohet eivät koskaan päädykään (Kiiskinen ym. 2002). Todennäköistä on, että nämä fysiologiset muutokset painostavat kalan liikkeelle synnyinjoestaan kohti alavirtaa ja syönnösalueita. Saimaan järvilohi jää syönnökselle Saimaan vesistöalueelle ja vaelluksen pituuteen vaikuttaa kunkin järvioltaan ravintotilanne (Huuskonen ym. 2007). Lohet ovat syönnöksellä pelagisia eli ulappalajeja. Syönnöksellä kalat kasvavat nopeasti, ja saavat muutamassa vuodessa



Kuva 1. Pohjois-Karjala, Ala-Koitaajoki ja Pielisjoki. Kartassa näkyy Kuurnan, Kaltimon ja Pamilon voimalaitokset, sekä Hiiskosken pato.

moninkertaistettua painonsa. Järvisyönnös kestää yleensä kahdesta neljään vuotta (Hyvärinen ym. 1985). Järvilohilta puuttuu yhden järvi vuoden kutukypsät koiraat, ”kossit”. Syitä tähän ei tarkalleen tunneta, mutta esimerkiksi osmoregulaation muuttuminen mereiseksi ja sitten takaisin makeaan veteen sopivaksi on melkoinen stressi kalalle.

Lohella tunnetaan esiaikuisia koiraita. Nämä koiraat eivät smolttiudu ennen sukukypsyystään, vaan jäävät jokeen opportunisti- tai kääpiökoiraiksi. Lisääntymiskilpailussa kudulla vahvimmat eli yleensä suurimmat koiraat pärjäävät paremmin, mutta toisaalta pienet jokipoikaskoiraat voivat päästä kudulle salaa (Fleming 1996). Näistä koiraista henkiin jäävät smolttiutuvat mahdollisesti seuraavana vuonna ja saattavat palata järvi jakson jälkeen takaisin synnyinjokeensa toiselle kudulle (Hansen ym. 1991).

Kudulle nousu tapahtuu 2-5 järvi vuoden jälkeen. Kudulle nousevat kalat painavat neljästä kymmeneen kiloon. Kudulle nousu tapahtuisi heinäkuusta aina lokakuun alkuun saakka, jollei nousuesteitä olisi (Kaijomaa ym. 2003, Thorstad ym. 2007). Nykytilanteessa, kun Pielisjokea patoaa kaksi voimalaitosta (Kuurna ja Kaltimo), emokalat pyydetään Kuurnan voimalaitoksen alapuolelta verkoilla vasta syyskuun lopulta lokakuun loppupuolelle.

Atlantin lohella kututapahtuma kestää naaraan koosta riippuen kolmesta kuuteen päivään (de Gaudemar ym. 2000). Naaraan koosta ja mädin määrästä riippuu myös kutukuoppien määrä. Naaras saattaa kaivaa kutukuoppia neljästä neljääntoista, yleensä kuitenkin alle kymmenen (Fleming 1996). Soraikkoon kaivettavat kutukuopat sijaitsevat kutupesässä, joita yksi naaras kaivaa yhdestä useampaan kappaletta (Taggart ym. 2001). Laitoksissa kasvatetut lohet kuitenkin kaivavat todennäköisesti vain yhden pesän (Jonsson 1997). Yhden kutukuopan kaivamiseen naaraalla menee muutamasta tunnista aina päivään asti. Kun kuoppa on kaivettu ja sopiva koiras on läsnä, päästää naaras mätinsä sorapesään, jonka jälkeen se peittää sen nopeasti soralla. Kudun ajoittuminen riippuu muun muassa naaraan koosta, veden lämpötilasta ja valoisuudesta (Fleming & Einum 2011). Pohjoiset lohipopulaatiot kutevat aiemmin kuin eteläiset, sillä kylmemmässä vedessä mädin kehittyminen kestää kauemmin (Jonsson ym. 2007). Saimaan järvilohen kutukäyttäytyminen tunnetaan toistaiseksi puutteellisesti, mutta perusasiat ovat todennäköisesti samankaltaisia kuin merilohellakin.

1.2 Järvilohien kohdistuvat uhat

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) laati järvilohistrategian vuonna 2003 (Kaijomaa ym. 2003). Strategian tärkeimpiin tehtäviin kuuluu järvilohikannan perinnöllisen monimuotoisuuden täydentäminen luomalla poikastuotantoalueita Ala-Koitajoelle.

Järvilohi katosi luonnosta viimeistään 1970-luvulla Pielisjoen kutualueiden kadottua. Suppea geneettinen kanta on uhkana edelleen järvilohen tulevaisuudelle. Vaikka sopivat olosuhteet luonnonpopulaatiolle saadaan luotua, on kanta kokenut rajun pullonkaulailmiön, ja siksi sopivan lisääntymisympäristön palauttaminen ei välttämättä riitä palautuksen onnistumiseen.

Järvilohien kohdistuu kova kalastuspaine varsinkin urheilu- ja kotitarvekalastajien piirissä (Hurme 1964). Suomessa myös verkkokalastus on suosittua ja vaellusväylille sijoitettuja verkkoja on hankala välttää. Järvilohet saattavat myös joutua troolauksen sivusaaliiksi. Poikasvaiheessa ja varsinkin smolttivaelluksella myös petokalat verottavat suuren osan järvilohista (Kaijomaa ym. 2003).

Vesivoiman rakentaminen on maailmanlaajuisesti yksi pahimpia uhkia vaeltaville kalakannoille (Lundqvist ym. 2008). Vesistöjen säännöstely muuttaa ekosysteemien luontaista rakennetta ja patoaminen muodostaa suoran esteen vaellukselle. Alavirtaan pyrkivät kalat saattavat selviytyä turbiinien läpi, mutta ylävirtaan kulkeminen ilman toimivia kalateitä on mahdotonta. Myös ruoppaukset ja joenpohjan siistiminen, esimerkiksi tukkiväylien rakentaminen, voivat mahdollisesti tuhota lisääntymisalueita. Vaikka kaikki rakentaminen ei estä kutemista, se voi heikentää kudun onnistumista.

Järvilohien kannalta kriittiset nousuesteet sijaitsevat Pielisjoessa, Ala-Koitajoessa, ja Lieksanjoessa. Lieksanjoki on padottu kahdesta kohtaa, Lieksankoskesta (1960) ja Pankakoskesta (1964). Pielisjoen patoa Kaltimon voimalaitos (1958) sekä Kuurnan voimalaitos (1971). Ensimmäinen järvilohien kudun estävä pato rakennettiin Ala-Koitajoen yläjuoksulle, Hiiskoskeen (1955). Hiiskosken pato ohjaa veden tekojärvien kautta Pamilon voimalaitokseen. Pamilon voimalaitos on tuottavin edellä mainituista voimalaitoksista 265 GWh:n vuosituotolla (Moilanen 2013).

Vesivoiman rakentamisen seurauksena vaeltavat kalakannat ovat olleet riippuvaisia kalankasvatustaloksista ja istutuksista (Norrgård ym. 2014). Istukkaat ovat kuitenkin selviytymiskyvyltään luonnonpoikasia heikompia ja kalakannat laitostuvat pitkään kasvatustoiminnan varassa oltuaan (Mäkinen ym. 2015). Suomessa järvilohikantaa ollaan

jokien patoamisen jälkeen ylläpidetty vuosittaisilla smoltti- ja jokipoikasistutuksilla. Istutuksista on vastuussa RKTL (nykyinen Luonnonvarakeskus, LUKE). Saimaalle ja Pieliseen istutetaan vuosittain 60 000 – 80 000 vaelluspoikasta. Jokipoikasia istutetaan Ala-Koitajokeen ja määrät vaihtelevat 10 000 – 20 000 välillä. Smoltit istutetaan Lieksanjokeen tai Pielisjokeen pääpainon ollessa Pielisjoen istutuksilla. Kalat leimautuvat vapautuspaikkaansa, joten istuttamalla Ala-Koitajokeen saadaan kalat leimautumaan tulevaan kutualueeseensa.

Ala-Koitajoen luonnonmukainen keskivirtaama on ollut 70 m³/s (Paavilainen 1983). Hiiskosken padon rakentamisen jälkeen minimivirtaama on ollut 2 m³/s (Piironen 2014). Muutos on käytännössä tarkoittanut kutuhabitaattien katoamista Ala-Koitajoesta, sillä jäljelle jäänyt virtaama riitti peittämään vain joen pohjauoman. Tilanne muuttui Ala-Koitajoella keväällä 2013, kun Korkein hallinto-oikeus päätti nostaa virtaamavelvoitetta huhtikuusta syyskuuhun 6 m³/s:iin ja lokakuusta maaliskuuhun 4 m³/s:iin. Virtaaman nosto mahdollistaa tilanteen, jossa voidaan yrittää palauttaa järvilohen luontainen kierto Suomessa.

1.3 Tutkielman tavoitteet ja hypoteesit

Ala-Koitajoen virtaaman lisääminen mahdollistaa ainutlaatuisen tilanteen, jossa päästään ensimmäistä kertaa Suomessa tutkimaan järvilohen ekologiaa luonnon virtavesiympäristössä.

Tämän tutkielman tavoitteena oli selvittää Ala-Koitajoelle ennen kutua istutettavien emokalojen liikkeitä joessa. Tarkoitus oli myös selvittää mahdolliset toteutuneet kutuparit sekä saada tietoa käyttäytymisestä ja kutemisesta käyttämällä radiotelemetriaa seurantamenetelmänä. Yksi keskeinen tavoite oli myös selvittää mahdollistaako lisävirtaama Ala-Koitajoessa Saimaan järvilohen kutemisen. Virtaama on lisäksi huolimatta edelleen selvästi joen luonnontilaista virtaamaa alhaisempi, joten tutkielmassa selvitettiin kelpaako tarjottu ympäristö järvilohille vai lähtevätkö ne pois joesta. Edelleen selvitettiin onnistuuko järvilohen kutu luonnossa lähes 40 vuoden tauon jälkeen ja löytävätkö kalat lisääntymiselleen sopivia habitaatteja Ala-Koitajoesta.

Tutkielmassa verrattiin k Ala-Koitajoen virtaaman lisääminen mahdollistaa ainutlaatuisen tilanteen, jossa päästään ensimmäistä kertaa Suomessa tutkimaan järvilohen ekologiaa luonnon virtavesiympäristössä.

Tämän tutkielman tavoitteena oli selvittää Ala-Koitajoelle ennen kutua istutettavien emokalojen liikkeitä joessa. Tarkoitus oli myös selvittää mahdolliset toteutuneet kutuparit sekä saada tietoa käyttäytymisestä ja kutemisesta käyttämällä radiotelemetriaa

seurantamenetelmänä. Yksi keskeinen tavoite oli myös selvittää mahdollistaako lisävirtaama Ala-Koitajoessa Saimaan järvilohen kutemisen. Virtaama on lisäksi huolimatta edelleen selvästi joen luonnontilaista virtaamaa alhaisempi, joten tutkielmassa selvitettiin kelpaako tarjottu ympäristö järvilohille vai lähtevätkö ne pois joesta. Edelleen selvitettiin onnistuuko järvilohen kutu luonnossa lähes 40 vuoden tauon jälkeen ja löytävätkö kalat lisääntymiselleen sopivia habitaatteja Ala-Koitajoesta.

Tutkielmassa verrattiin kolmen eri kasvatustaustan kalojen käyttäytymistä ja kutupaikan valintaa: osa kaloista oli istutettu smoltteina eli 2-vuotiaina vaelluspoikasina Kuurnan voimalaitoksen alapuolelle, josta ne pyydettiin luonnollisen syönnösvaelluksen jälkeen syyskuun lopulla tai lokakuun alussa vuonna 2013 kudulle nousevina aikuisina kaloina. Suurin osa kaloista oli laitosviljeltyjä, joko ns. standardi- tai virikekasvatettuja lohia. Oletimme, että virikekasvatus antaisi paremmat valmiudet luonnossa pärjäämiseen (Hyvärinen & Rodewald 2013). Pielisjoesta pyydetyt kalat olivat isompia, joten ne saattavat onnistua valtaamaan itselleen paremmat kutupaikat, vaikka kalan koolla ei kudun onnistumisen tai parinvalinnan kannalta ole välttämättä merkitystä (Taggart ym. 2001). Oletuksena oli, että Siikakoskelle joen alavirtaan istutetut kalat nousisivat ylävirtaan ja Hiiskoskelle istutetut kalat löytäisivät kutupaikat lähempää vapautuspaikkaansa.

olmen eri kasvatustaustan kalojen käyttäytymistä ja kutupaikan valintaa: osa kaloista oli istutettu smoltteina eli 2-vuotiaina vaelluspoikasina Kuurnan voimalaitoksen alapuolelle, josta ne pyydettiin luonnollisen syönnösvaelluksen jälkeen syyskuun lopulla tai lokakuun alussa vuonna 2013 kudulle nousevina aikuisina kaloina. Suurin osa kaloista oli laitosviljeltyjä, joko ns. standardi- tai virikekasvatettuja lohia. Oletimme, että virikekasvatus antaisi paremmat valmiudet luonnossa pärjäämiseen (Hyvärinen & Rodewald 2013). Pielisjoesta pyydetyt kalat olivat isompia, joten ne saattavat onnistua valtaamaan itselleen paremmat kutupaikat, vaikka kalan koolla ei kudun onnistumisen tai parinvalinnan kannalta ole välttämättä merkitystä (Taggart ym. 2001). Oletuksena oli, että Siikakoskelle joen alavirtaan istutetut kalat nousisivat ylävirtaan ja Hiiskoskelle istutetut kalat löytäisivät kutupaikat lähempää vapautuspaikkaansa.

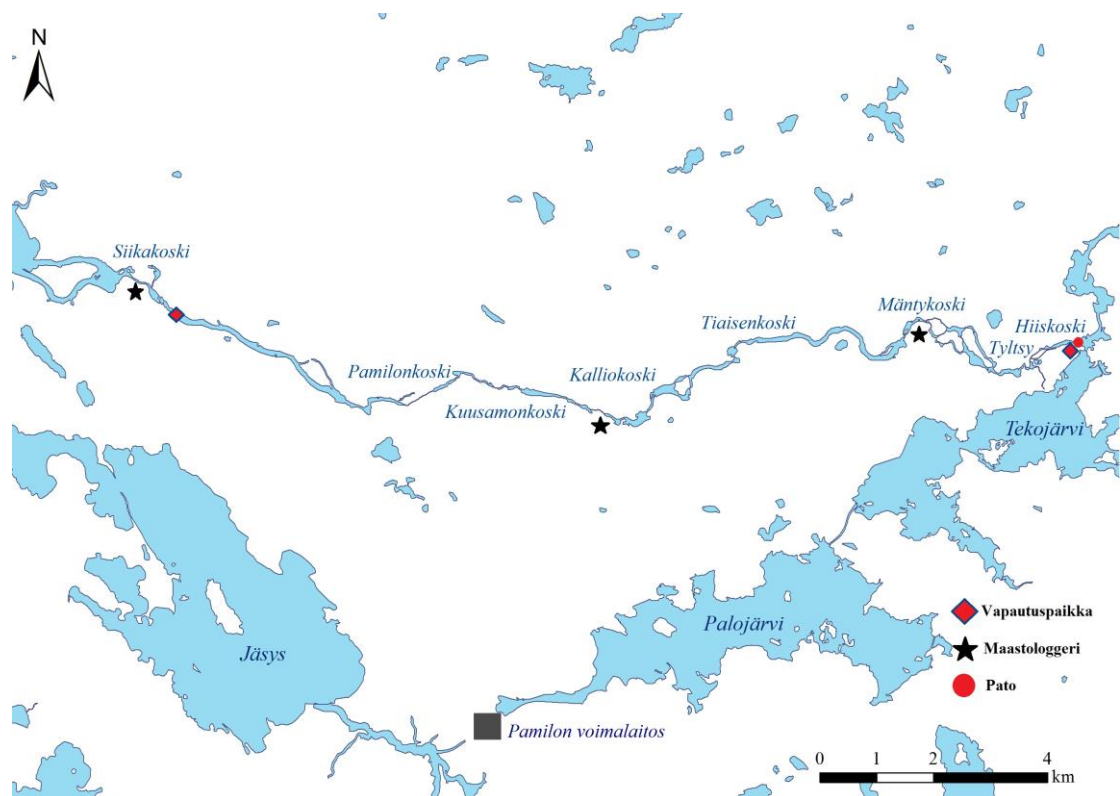
2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Ala-Koitajoki

Tutkimus tehtiin Ala-Koitajoella, joka sijaitsee Pohjois-Karjalassa (kuva 1). Joki virtaa Koitereesta Pielisjokeen. Jokea kutsutaan Koitajoen vanhaksi uomaksi, sillä Koitajoki virtasi ennen Hiiskosken padon rakentamista sitä pitkin. Ala-Koitajoki on 24 kilometriä pitkä ja muodostunut viimeisimmän jääkauden aikana tai jälkeen noin 10 000 vuotta sitten (Segerståle 1956). Ennen joen patoamista se on ollut tärkeä uittoväylä. Ala-Koitajoen putouskorkeus on noin 50 metriä.

Korkeimman hallinto-oikeuden päätös vuonna 2013 velvoitti Vattenfall Oy:n Pamilon voimalaitoksen omistajana lisäämään Ala-Koitajoen virtaaman huhtikuusta syyskuun loppuun 6 m³/s:iin ja lokakuusta maaliskuun loppuun 4 m³/s:iin. Velvoite on voimassa kuusi seuraavaa vuotta tai uuden päätöksen voimaantuloon asti. Sinä aikana voimayhtiö on velvollinen selvittämään, mitä lisäjuoksutus merkitsee Ala-Koitajoen kalakannalle, sekä järvilohen tuotannolle.

Koskia sijaitsee koko uoman matkalla (kuva 2). Siikakosken vapautuspaikka sijaitsee aivan joen läntisessä päässä, noin kilometrin päässä jokisuusta ylävirtaan päin. Siikakoskelta ylävirtaan päin alkaa heti useamman kilometrin mittainen Saunavirran suvanto. Toinen



Kuva 2. Ala-Koitajoen tutkimusalue. Karttaan on merkitty lohien vapautuspaikat, koskialueet sekä maastologgerien sijainnit. Hiiskosken pato on merkitty myös karttaan

vapautuspaikka oli joen itäisessä päässä, Hiiskosken padon alla. Hiiskosken pato estää kalojen nousun ylemmäs, mutta alavirrasta löytyy useita koskialueita heti muutaman kilometrin säteeltä. Ensimmäinen koski Hiiskosken padolta on padon nimen mukaisesti Hiiskoski. Seuraava koski, Tyltsy, on pienen suvannon jälkeen alle kilometrin päässä. Ala-Koitajoen vesi on tummaa, humuksen värjäämää (110 mg Pt/l), mutta muutoin kirkasta (0,9 FNU).

2.2 Emokalat

Emokaloja Ala-Koitajoelle pyydettiin 23.11.–9.10.2013 verkoilla Kuurnan voimalaitoksen alapuolelta, noin 20 kilometriä jokisuusta pohjoiseen (kuva 1). Verkkoihin tarttuneet lohet siirrettiin välittömästi Kuurnan voimalaitoksella oleviin säilytysaltaisiin (kuva 3). Tutkimukseen saatiin Kuurnan alta kolme luonnosta pyydettyä koirasta ja kuusi naarasta. Laitoskalat puolestaan oli kasvatettu Kainuun kalantutkimusasemalla Paltamossa 1.10.2013 (RKTL 2014 – Luonnonvarakeskus, LUKE, 2015 eteenpäin). Laitoskalat olivat neljävuotiaita kutukypsiä kaloja. Paltamossa kalat olivat olleet joko virike- tai standardikasvatuksessa. Standardikasvatuksessa veden korkeus, virtausnopeus sekä virtaussuunta ovat vakiot. Kalojen kasvaessa vedenkorkeutta sekä virtausnopeutta lisätään ja kalat siirretään ulkoaltaisiin niiden ollessa noin kaksivuotiaita. Laitostumista ehkäisemään on kehitetty virikekasvatusmenetelmä, jolla istukkaiden laatua pyritään parantamaan. Virikekasvatuksessa tuodaan kasvatusympäristöön luonnonmukaisuutta jäljittelevää vaihtelua, kuten eri virtausnopeuksia ja virtaussuuntia sekä piiloja, joista kalat joutuvat kilpailemaan (Rodewald 2013). Virikekasvatus aloitetaan jo mätimunavaiheessa ja hedelmöitetty mäti kasvatetaan soran seassa. Virikekasvatuksessa hedelmöittynyt mäti kasvatetaan soran seassa luonnollisia oloja imitoiden. Poikasten kuoriuduttua veden virtaamaa vaihdellaan ja kaloille laitetaan altaisiin piiloja. Piilot luovat kaloille tarpeen kilpailla varjopaikoista ja mahdollisuuden toteuttaa luontaisia käyttäytymismallejaan. Virtaaman nopeuden vaihtelut luovat vaihtelua ruoan saannille: suuremmassa virtaamassa ruoka uppoaa nopeammin pohjaan, jolloin ruokaa saa välillä pohjalta ja välillä pinnalta (Rodewald 2013).

Kalat nukutettiin mittausta, punnitusta, merkintää ja radiolähettimen kiinnittämistä varten neilikkaöljyllä. Neilikkaöljyn pitoisuus oli 10 ml/l ja veden lämpötila oli 7,5 °C. Mittauksen jälkeen kaloille laitettiin T-ankkurimerkki, jos kalalla ei ennestään sitä ollut. Radiolähetin kiinnitettiin lohen selkävän alle. Lähettimen kiinnitys tapahtui muovitetulla sinkkilangalla injektioneulojen avulla. Lähettimen (kuva 5.) vastapuolelle laitettiin muovilaput (kuva 3.) ja

sinkkilangan päät pujotettiin metalliholkin sisälle, joka puristettiin tiukasti pihdeillä kiinni. Kaikki mittaustiedot talletettiin Excel-tiedostoon yksilöllisen radiotaajuuden kanssa. Tiedostoon merkittiin kalojen vapautuspaikka ja -ajankohta. Kalat toipuivat yön yli nukutuksesta ja operaatiosta. Seuraavana päivänä ne siirrettiin hapetetussa kalankuljetustankissa Ala-Koitajoelle. Käsittelyllä oli eläincoelupa Jorma Pirosen nimellä (ESA VI/5361/04.10.07/2013)



Kuva 3. Kuvassa on Kuurnan alta pyydettyjä emokaloja toipumassa merkitsemisestä. Kalojen selkäeviin on kiinnitetty lähettimet sekä T-ankkurimerkit. Pyöreät muovilaput selkäevän alla ovat varmistamassa lähettimen kiinnipysymistä.

Paltamossa terveitä kutukypsiä kaloja valittiin sekä standardi- että virikekasvatusaltaista satunnaisesti. Molemmista ryhmistä otettiin kuusi koirasta ja kuusi naarasta, yhteensä 24 lohta. Kalat siirrettiin Ala-Koitajoelle 2.10.2013.

Jokipyynnistä saadut lohet merkittiin Kuurnassa 10.10.2013, päivää ennen kuljetusta. Kuurnasta pyydetyt luonnonkalat olivat selvästi laitoskaloja suurempia (taulukko 1). Kaikki kalat vietiin Ala-Koitajoelle hapetetussa kalankuljetustankissa noin 24 tuntia merkitsemisen jälkeen ja vapautettiin joko Hiiskoskelle tai Siikakoskelle (taulukko 1, kuva 4). Varo aika käsittelyn ja kuljetuksen välillä on tärkeä, jotta voidaan varmistua siitä, että kalat ovat toipuneet käsittelyn aiheuttamasta stressistä. Paltamosta tuotiin Siikakoskelle myös laitosviljeltyjä kaloja, joille ei laitettu lähetintä (n = 166). Gradutyöntekijä oli mukana mittauksissa Paltamossa ja Kuurnassa, sekä vapautuksissa Ala-Koitajoella. Emokalojen pyynnin suorittivat Enonkoskella sijaitsevan Saimaan Kalantutkimus ja Vesiviljely -yksikön työntekijät.

Taulukko 1. Emokalojen pituus ja paino (keskiarvo, KA) kasvatustaustoittain ja sukupuolittain. Taulukossa on esillä myös keskihajonta (KH) pituuksille ja painoille. Taulukossa lisäksi ilmoitettuna montako kalaa kustakin kasvatustaustasta vietiin Hiiskoskelle ja Siikakoskelle

	PITUUS KA (mm)	KH	PAINO KA (g)	KH	VAPAUTUSPAIKKA	
					HIISKOSKI	SIIKAKOSKI
Virike naaraat	464,5	13,8	1136,7	151,6	3	3
Virike koiraat	491,2	14,1	1270,0	149,8	3	3
Standardi naaraat	469,2	12,6	1120,0	92,1	3	3
Standardi koiraat	461,7	23,1	1043,3	147,3	3	3
Pielisjoki naaraat	720,8	40,7	3600,8	602,7	3	3
Pielisjoki koiraat	783,3	27,5	4308,3	503,1	3	0



Kuva 4. Pielisjoesta pyydetty lähetinemokala. Radiolähttimellinen koiraslohi vapautettavana Ala-Koitajokeen.

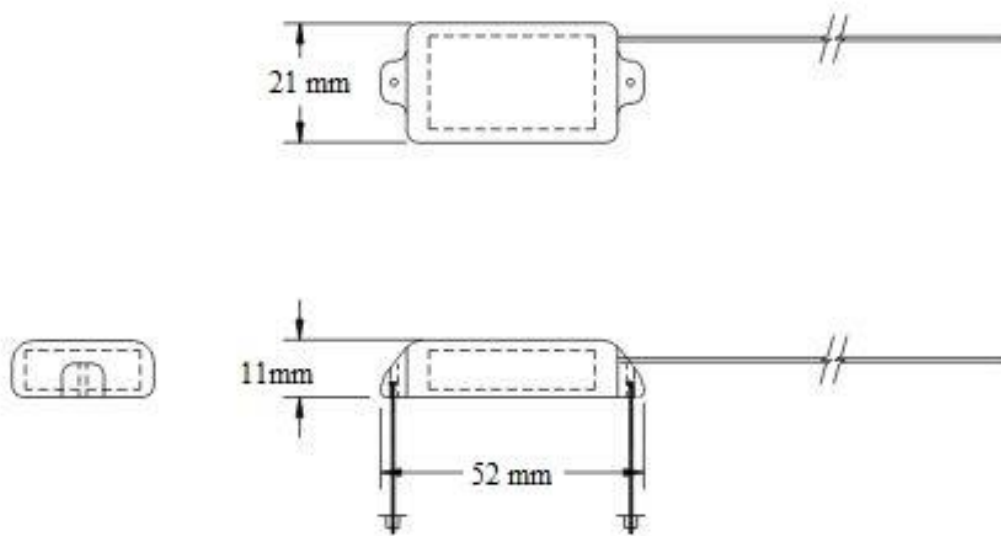
2.3 Radiolähettimet ja telemetriaseuranta

Kaloihin kiinnitettiin Advanced Radio Telemetry (ATS) F2120-lähettimet (kuva 3-5.) Lähettimien paino ilmassa on 16 g (0,4-1,5 % kalojen painosta). Lähettimet lähettivät radiosignaalia 142 MHz:n taajuudella. Jokaisella kalalla oli oma taajuutensa yksilöllisen tunnistamisen mahdollistamiseksi. Lähettimien akun kesto oli valmistajan mukaan 535 päivää. Pulssitiheys lähettimillä oli 34 PPM (pulses per minute) ja pulssin leveys 15 ms. Tutkimuksessa käytettiin kolmea kiinteää, maastossa jatkuvasti eri taajuuksia skannaavaa loggeria. Loggerit olivat R4500S mallia. Laitteiden asetuksissa määriteltiin kuunneltava pulssitiheys (5 pulssia). Laite kuunteli yhtä taajuutta kerrallaan, jokaista 5 sekuntia. Havaitessaan tietyn taajuuden, laite pysähtyi kuuntelemaan. Jos havainto kuului uudestaan 10 sekunnin aikana, se tallentui tiedostoon. Tallenteessa oli kellonaika ja päivämäärä juliaanisesti. Jokaisessa maastologgerissa oli kiinni antenni, joka koostui yhdeksästä elementistä. Maastologgerit olivat sijoitettuna kolmeen eri paikkaan joelle: ylävirtaan Mäntykoskelle, joen keskiosaan Kalliokoskelle sekä jokisuun lähettyville Siikakoskelle. Maastologgereiden akut vaihdettiin kerran viikossa, jolloin myös siirrettiin loggereihin tallentunut data tietokoneelle.

Lisäksi kalojen liikkeitä seurattiin intensiivisesti lokakuun ajan ATS-käsikuuntelulaitteilla, joissa oli kolmepiikkiset antennit. Maastossa käytiin vähintään kuutena päivänä viikossa paikantamassa kalat. Maastossa kuljettiin reitti: Siikakoski → Pamilonkoski → Kalliokoski → Tiaisenkoski → Mäntykoski → Tyltsy → Hiiskoski. Jos kaikkia kaloja ei löytynyt oletetuilta paikoilta, mentiin lisäksi Räväkkäkoskelle, Hanhilahteen ja Lohikoskelle (Kalliokosken ja Mäntykosken välillä).

Radiohäiriötä esiintyi jonkin verran, joten kenttämuistiinpanoihin kirjattiin huolellisesti kaikki normaalihavaintojen lisäksi tehdyt oudot tai epätavalliset havainnot. Käsikuuntelulaitteilla kuuluvuusmatka oli noin 500 m, kun taas kiinteillä maastologgereilla kuuluvuusmatka oli 900 - 1000 m. Maastossa aineistoa keräsi yhdestä kolmeen ihmistä, kuitenkin päävastuu aineiston keräämisestä oli gradutyön tekijällä.

Käsikuuntelulaitteilla pystyttiin säätämään vahvistusta pienemmäksi, mikä mahdollisti kalan sijainnin tarkemman paikantamisen. Maastossa paikannettiin ensin kaikki paikalta kuuluvat kalat, jonka jälkeen yksittäisen kalan sijaintia tarkennettiin. Kaloja seurattaessa todettiin kuitenkin tarkan sijainnin määrittämisen olevan vaikeaa. Eri suunnasta kuuntelemalla voitiin



Kuva 5. ATS F2120 radiolähetin (www.atstrack.com).

tarkentaa kalan paikka, mutta esimerkiksi radiosignaalin heijastumisesta johtuen osa kaloista saattoi kuulua ”lähempää” kuin mitä ne todellisuudessa olivat. Keskimäärin kalojen sijainnin paikantamisessa päästiin kuitenkin noin 20 metrin tarkkuuteen.

Kudun ajoittuminen arvioitiin kalojen liikkeiden perusteella. Kudun alkaessa kalat liikkuvat kivien suojista ja koskenniskan yläpuolelta sopivien kutupaikkojen luokse. Liikkeen havainnollistaminen tilastollisin menetelmin oli vaikeaa tai jopa mahdotonta, sillä havaintojen virhe saattoi olla lähes yhtäsuuri kuin liike suojapaikoista kutupesille.

2.4 Kutupesät

Kutupesien tarkka sijainti varmistettiin kudun jälkeen visuaalisesti, käsikuuntelulaitteilla saatujen paikannustietojen perusteella. Paikannus tapahtui kellumalla vedessä pukeutuneena kuivapukuun ja snorkkeliin. Löytyneet pesät kuvattiin veden alta Contour-laajakuvakameralla. Snorklausten aikaan veden lämpötila oli noin 0–2 astetta. Sukellukset suorittivat Joensuun RKTL:n työntekijät sekä gradutyöntekijä.

Kutupesät sijaitsivat soraikoilla, joita joesta löytyi vain vähän. Soraikot ovat peräisin 2000-luvun alussa taimenelle tehdyistä kunnostuksista. Kun joen virtaus oli luonnontilaisena yli 60 m³/s, pohjauoma oli huuhtoutunut puhtaaksi. Entiset kutu- ja poikastuotantoalueet ovat todennäköisesti sijainneet matalilla ranta-alueilla.

Pesiksi määritettiin kaivetut ja orgaanisesta aineesta puhdistetut soraikot, joista löytyi mätiä. Järvilohi kaivaa yleensä pesänsä riittävän syvään veteen, joka ei ole vaarassa jäätyä talvella. Myös virtauksen täytyy olla riittävän suuri. Kutupesä on ylävirran puolelta jyrkemmässä kuopassa ja nousee ylös alavirtaan päin. Mäti haudataan ”rinteeseen”, joka takaa mädille runsashappisen veden saannin läpi talven (Seppovaara 1965, Moir ym. 1998).

2.5 Aineiston käsittely

Lohien liikkeistä kerättiin aineistoa paikannustietoina. Sijaintitiedot varmistettiin maastologgereiden aineiston kanssa luotettaviksi. Esimerkiksi jos kala oli havaittu paikalla, jonne päästäkseen sen olisi pitänyt ohittaa maastologgeri, pystyttiin loggeritietojen perusteella arvioimaan oliko kyseessä oikea havainto vai ei. Sijainnit muutettiin Excelissä etäisyyksiksi vapautuspaikasta seurantapäivän mukaan. Tätä tietoa käyttäen voitiin visualisoida tapahtunut liike kuvaajiksi. Kalojen liike muutettiin koko seuranta-ajan keskiarvoksi vapautuspaikan, sukupuolen ja kasvatustaustan mukaan. Aineiston normaalijakautuneisuus testattiin Kolmogorovin-Smirnovin testillä käyttäen IBM SPSS 21 – tilasto-ohjelmaa. Aineisto ei ollut normaalijakautunut, joten sille tehtiin logaritmuunnos kymmenkantaisella logaritmillä. Logaritmuunnettu aineisto oli normaalisti jakautunut. Aineisto testattiin kolmesuuntaisella varianssianalyysillä, jossa selittävänä muuttujana oli kasvatustausta (”villi”, standardi tai virike), vapautuspaikka ja sukupuoli, kalan pituuden ollessa kovariaattina.

Kutuparien liikkumisen havainnollistamiseksi joesta poistuneet kalat hylättiin tarkastelusta. Myös kalat, jotka olivat koskialueilla ainoina yksilöinä, poistettiin tästä tarkastelusta.

3 TULOKSET

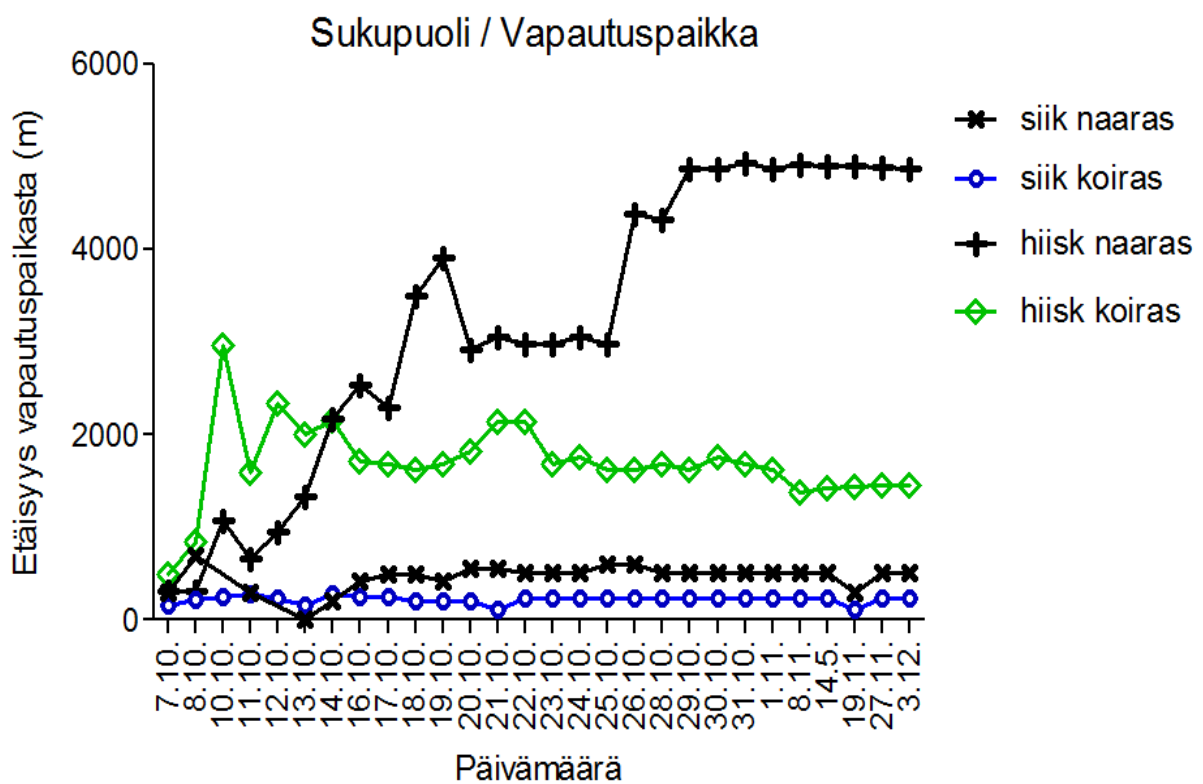
3.1 Kalojen liikkuminen

Ala-Koitajokeen siirrettiin yhteensä 33 lähetinkalaa ja niistä kolme poistui joesta istutuksen jälkeen. Suurin osa kutukypsistä kaloista siis jäi jokeen. Hiiskoskelle vapautetut kalat liikkuvat enemmän kuin Siikakoskelle vapautetut kalat (kuva 6). Standardikasvatetut laitoskalat liikkuvat eniten ja olivat lyhimmän ajan paikallaan Hiiskoskella (kuva 7). Virikelohet löysivät kutupaikkansa useamman kilometrin päästä istutuspaikastaan. Kuurnan alta pyydetyt emokalat jäivät lähimmille kelpaaville kutukoskille. Hiiskoskelle istutetuista Pielisjoesta pyydetyistä kaloista yksi laskeutui Siikakoskelle, mutta poistui pian koko joesta. Yksi Hiiskoskelle viety standardikasvatettu naaras vietti kutuaikansa Pamilonkoskessa, mutta mahdollisesti ilman koiraita. Kutu näytti lohien liikkeiden perusteella ajoittuvan 18.–25.10. väliselle ajalle (kuvat 6-8), jolloin veden lämpötila oli 6–3 °C, laskien kohti talvea. Liike kutupesille tapahtui kaikilla koskialueilla kahden päivän sisällä. Naaraiden ja koiraiden liikkeet erosivat toisistaan, muttei merkittävästi: naaraat asettuivat nopeammin paikoilleen ja poistuivat paikoiltaan koiraita aiemmin, kun taas koiraat pysyivät paikoillaan pidempään kutupesille siirryttyään. Kudun ajoittuminen määritettiin kalojen liikuttua kivien suojista tai koskien niskojen yläpuolisilta suvannoilta koskeen ja kalojen jäädessä selkeästi niille paikoille pidemmäksi ajaksi (kolme päivää tai pidempään). Tämä liike näkyy myös aineistossa (esimerkiksi kuvassa 6 näkyy selvästi Hiiskosken naaraiden liikkeen pysähtyminen 20.–25.10.). Aineistosta on mahdollista nähdä myös kudun jälkeinen liikkeiden pysähtyminen. Käsikuuntelulaitteiden aineiston perusteella pystyttiin arvioimaan kuoliko kala kudun jälkeen.

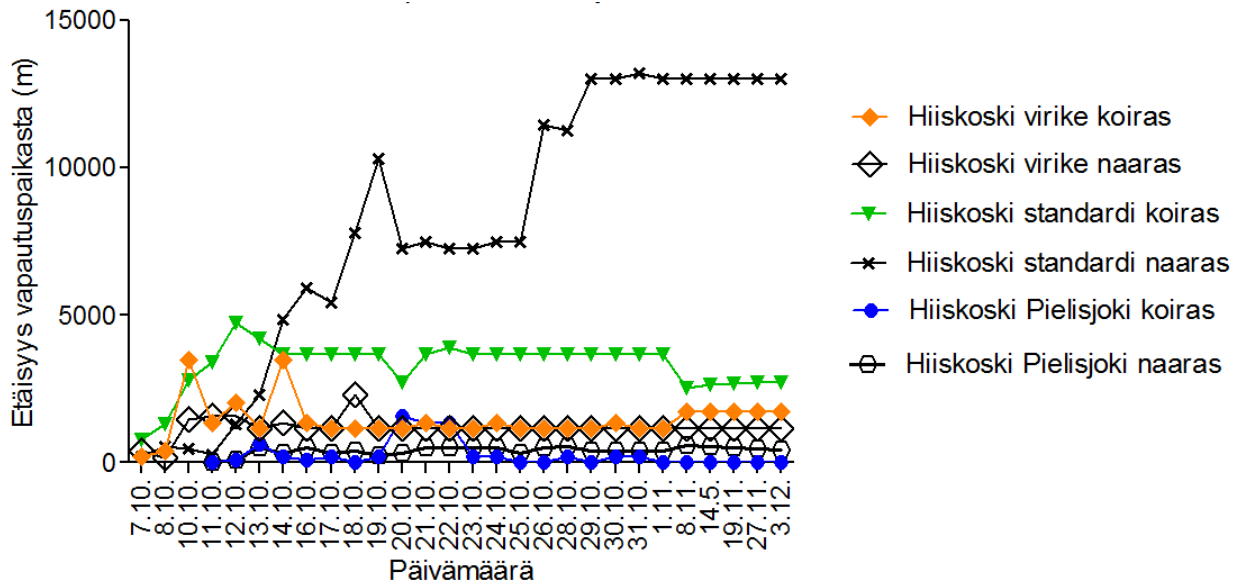
Kalojen liikkeiden yksilöllinen vaihtelu oli suurta ja siksi myös eri ryhmien liikkeiden keskivirheet olivat suuria. Liike vaihteli päiväkohtaisesti keskimäärin 75 metristä yli neljään kilometriin. Siikakosken kalojen liike oli niin vähäistä, ettei sitä analysoitu enempää. Seuranta suoritettiin kuitenkin koko seuranta-ajan loppuun asti myös Siikakoskella, koska kudun

onnistumisesta haluttiin varmuus. Koskialueita löytyi koko joen matkalta melko tasaisesti (kuva 9.)

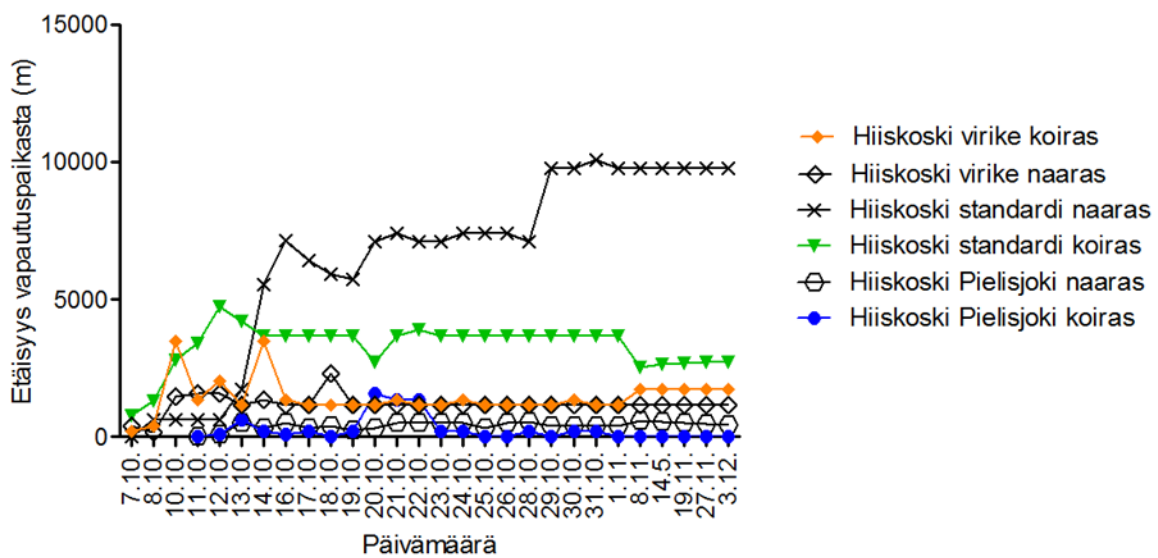
Hiiskoskelle istutetuista kaloista yhden Pielisjoesta pyydetyn kalan ja yhden standardikalan (naaraita) liikkeitä otettiin kuvasta 8. pois, jotta saimme käsitystä kutuparien liikkeistä. Liikkeet poistettiin kuvasta, koska haluttiin seurata todennäköisten kutukalojen liikkeitä ja poistettujen naaraiden oletettiin epäonnistuneen kudussa liikeaineiston ja kutupesäkartotuksien perusteella.



Kuva 6. Kaikkien Siikakoskelle ja Hiiskoskelle istutettujen koiraiden ja naaraiden liikkeiden keskiarvot seuranta-aikana (n = 33). Yleensä kuvissa ei käytetä otsikoita, vaan asiat selitetään kuvatekstissä.



Kuva 7. Hiiskoskelle istutettujen emokalojen liikkumisen keskiarvo seuranta-aikana sukupuolen ja kasvatustaustan mukaan eriteltynä.



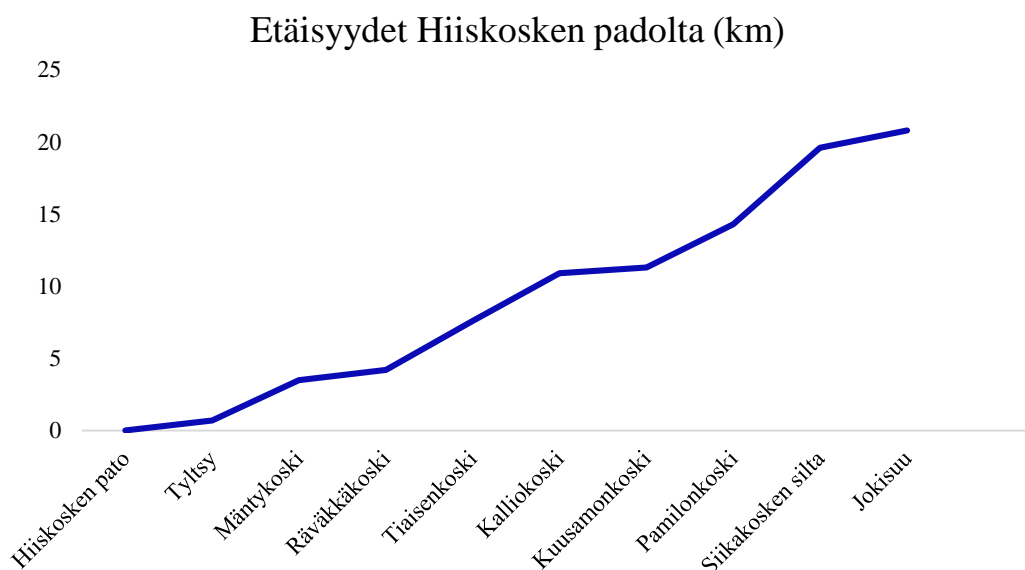
Kuva 8. Hiiskoskelle istutettujen emokalojen liikkeiden keskiarvo seuranta-aikana sukupuolen ja kasvatustaustan mukaan eriteltynä. Aineistosta poistettu kaksi kalaa, joiden liike oli epänormaalia.

Eniten liikkuneet kalat uivat Hiiskoskelta Pamiloon (standardikasvatettu naaras) ja Siikakoskelle (Pielisjoesta pyydetty naaras). Pamilossa ollut naaras havaittiin joulukuussa

Rahkeenvedellä Uimaharjulla uimassa kohti Pielistä. Hiiskoskelta katsottaessa etäisyydet muihin koskiin on esitetty kuvassa 8. Tiaisenkosken standardikasvatettu koiras oli ensimmäinen koiras Mäntykoskella. Mäntykosken virikekasvatetun koiraan saapuessa Mäntykoskelle, pienempi standardikasvatettu koiras siirtyi Tiaisenkoskelle, käytyään ensin Kalliokoskella. Tiaisenkoskelle standardikasvatettu naaras siirtyi päivää myöhemmin (kuvat 10 ja 12, taulukko 2). Kudun jälkeen osa kaloista ui alavirtaan päin, osa katosi ja osa nousi koskia lähellä oleviin suvantoihin.

Tilastollisia merkitsevyyksiä liikkeiden eroille eri kasvatustaustojen, sukupuolien tai vapautuspaikkojen välille ei löydetty varianssianalyysillä (taulukko x). Tämä johtui toisaalta kalojen liikkumisen suuresta yksilöllisestä vaihtelusta ja toisaalta pienestä aineistosta, mikä on tyypillistä telemetriatutkimuksissa. Tilastollisen merkitsevyyden puuttumisesta huolimatta voidaan vapautuspaikan välistä eroa liikkumisessa pitää biologisesti tärkeänä.

Keskiarvoja käytettiin kuvaamaan liikettä. Kalojen yksilölliset erot olivat suuria ryhmän sisällä, mutta myös ryhmien sisäiset yhtäläisyydet olivat nähtävissä keskiarvoja käyttämällä.



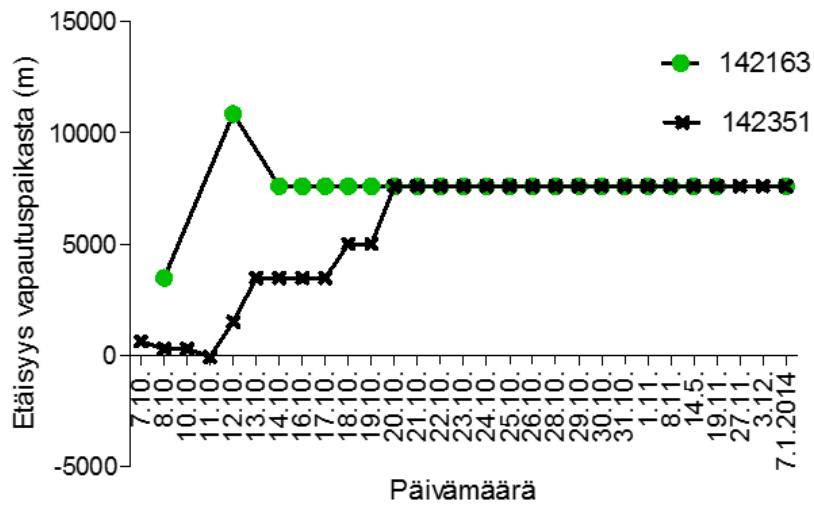
Kuva 9. Kohteiden etäisyydet Hiiskosken padolta alavirtaan kilometreinä.

3.2 Kutuparien muodostus

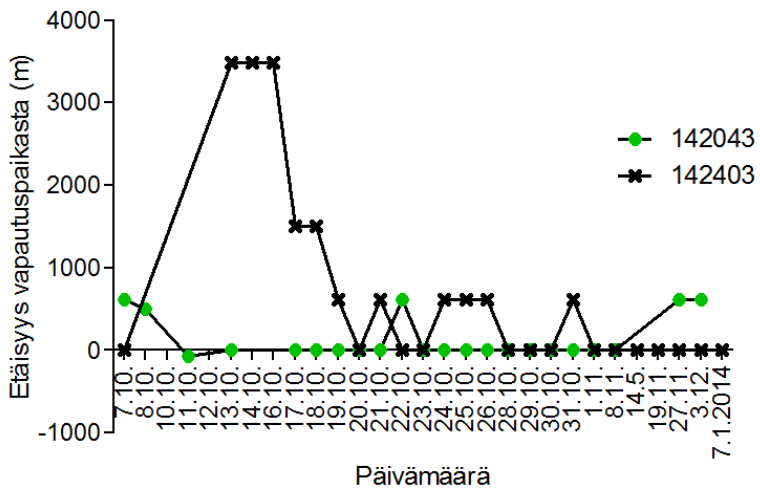
Kutupareiksi määritettiin kalat jotka olivat arvioituna kutuajankohtana samoilla koskialueilla. Kutuparien määrittäminen yksiselitteisesti onnistuu vain DNA-analyyseillä. Koska joessa oli myös lukuisia radiolähettimellä merkitsemättömiä emokaloja, mahdollisesti useampi emokala kuti useamman kuin yhden kumppanin kanssa. Tiaisenkosken kutupari on melko varmasti kutenut keskenään, sillä standardikoiras ja -naaras olivat keskenään kutupaikoilla. Mäntykoskella oli kaksi koirasta (standardi- ja virikekasvatettu) ja yksi naaras (virikekasvatettu). Taulukossa 2 on esitetty koskikohtaisesti Hiiskoskelle laskettujen kalojen sijainteja.

Taulukko 2. Hiiskoskelle istutettujen emokalojen sijainti 19.-26.10.2013 Ala-Koitajoella. Taulukossa näkyvillä käsittely, pituus, paino ja sukupuoli. Yksi standardikasvatettu naaras ja yksi Pielisjoesta pyydetty naaras poistettu käsittelystä, koska niiden kudun onnistuminen on epätodennäköistä.

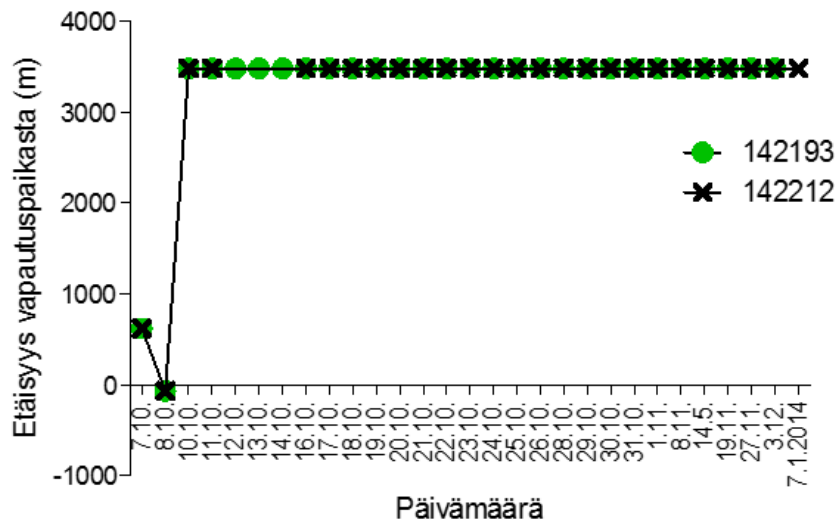
	käsittely	pituus mm	paino g	sukupuoli
Hiiskoski	Pielisjoki	785	4550	koiras
	Pielisjoki	755	3730	koiras
	Standardi	492	1170	koiras
	Standardi	460	980	naaras
	Virike	492	1260	koiras
	Virike	485	1210	koiras
	Virike	452	1040	naaras
	Virike	465	1100	naaras
Tyltsy	Pielisjoki	810	4645	koiras
	Pielisjoki	770	4270	naaras
	Pielisjoki	710	3620	naaras
Mäntykoski	Standardi	466	1120	koiras
	Virike	503	1390	koiras
	Virike	462	1020	naaras
Tiaisenkoski	Standardi	445	980	koiras
	Standardi	463	1090	naaras



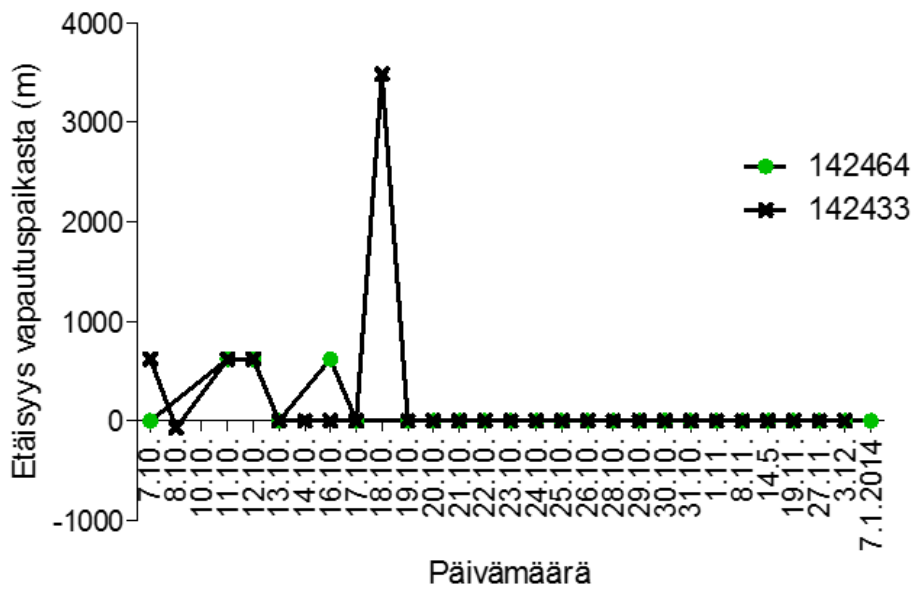
Kuva 10. Standardikasvatettu kutupari Tiaisenkoskella. Koiras merkitty vihreällä pallolla, naaras mustalla tähdellä.



Kuva 11. Standardikutupari Hiiskoskella. Koiras merkitty vihreällä pallolla, naaras mustalla tähdellä.

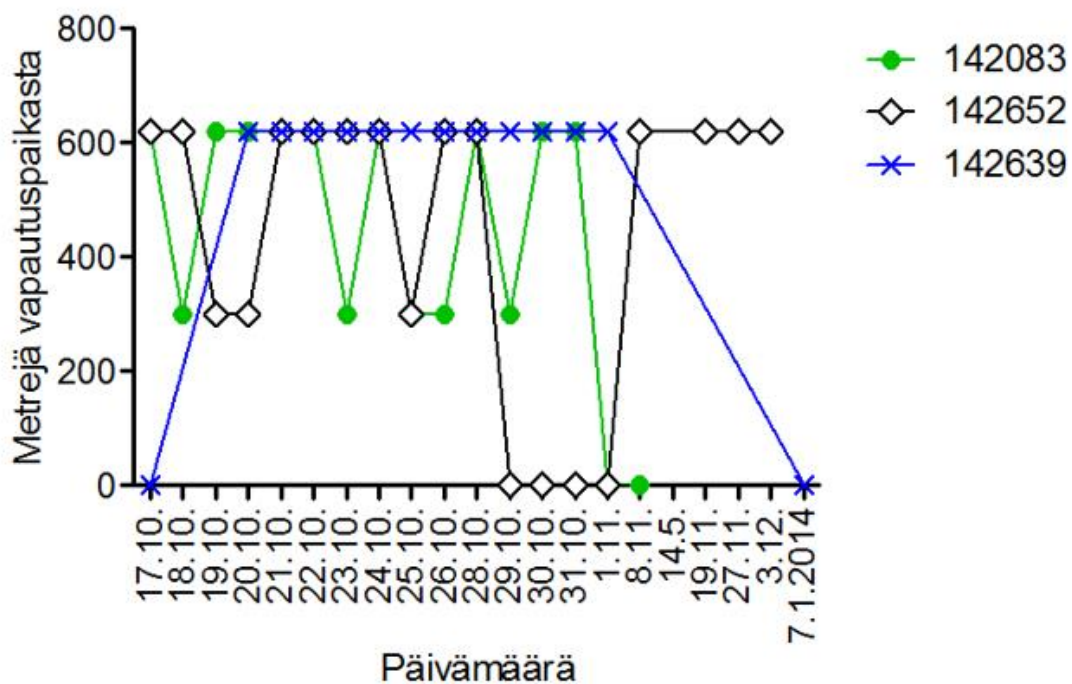


Kuva 12. Kahden virikekalan liike Mäntykoskella. Koiraskala on merkitty vihreällä ympyrällä, naaras mustalla tähdellä.



Kuva 13. Virike-emokalapari Hiiskoskella. Koiras on merkitty vihreällä ympyrällä, naaras mustalla tähdellä.

Mäntykoskella oli kudun aikaan kolme radiolähettimellä varustettua kalaa, virikekasvatettu naaras ja -koiras sekä standardikasvatettu koiras. Virikekasvatettu koiras oli hieman suurempi, mutta standardikasvatetun koiraan lisääntymismenestys ei ole poissuljettua (taulukko 2). Tyltsynkoskessa oli kaksi Pielisjoesta pyydettyä naarasta ja yksi koiras, mutta Hiiskoskella oleskelevista koiraista yksi virike- ja yksi standardikala vieraili kudun aikaan myös Tyltsyssä. Hiiskoskelle jäi istutuksen jälkeen kaksi Pielisjoesta pyydettyä koirasta, yksi standardikasvatettu koiras ja -naaras sekä kaksi virikekasvatettua koirasta ja -naarasta (taulukko 2.). Kutupareja pyrittiin varmistamaan liikkeiden perusteella (kuvat 10–14.), mutta alueilla joilla oli useampia naaraita ja koiraita kutuparien tarkempi määrittäminen oli lähes mahdotonta (Hiiskoski, Tyltsy, Mäntykoski).



Kuva 14. Pielisjoesta pyydettyjä emokaloja Tyltsyssä. Kaloista 142083 on koiras, 142652 ja 142639 naaraita. Kalat oli vapautettu Hiiskoskelle.

Kutuparien liikkeissä ei näy silmämääräisesti arvioiden selvää mallia naaraiden tai koiraiden suhteen, vaan liikkeet olivat yksilöllisiä. Osa kaloista etsi kutupaikkaansa enemmän. Esimerkiksi Mäntykoskella kävi useampia radiolähettimellä varustettuja koiraita ja naaraita:

Tiaisenkosken koiras ja naaras sekä Hiiskosken kaksi standardikasvatettua naarasta (kuvat 10, 11 ja 13). Kaikki kalat eivät kuitenkaan jääneet tiettyyn paikkaan koko kudun ajaksi. Kalojen liike ei ollut tilastollisesti merkitsevää (taulukko 3.). Yksilömäärä oli pieni, käsittelyn sisällä oli maksimissaan 10 yksilöä, vapautuspaikoissa maksimissaan 18 yksilöä.

Taulukko 3. Kolmesuuntaisen varianssianalyysin tulokset. Tuloksissa nähtävillä kasvatustaustan, vapautuspaikan ja sukupuolen sekä kaikkien mahdollisten interaktioiden vaikutukset ja merkitsevyydet. Kovariaattina oli pituus.

	Vapausaste	F	P
pituus	1	0,101	0,754
kasvatustausta	2	1,268	0,307
vapautuspaikka	1	1,474	0,241
sukupuoli	1	0,368	0,552
käsittely*vapautuspaikka	2	1,007	0,386
käsittely*sukupuoli	2	0,581	0,570
vapautuspaikka*sukupuoli	1	0,130	0,723
käsittely*vapautuspaikka *sukupuoli	1	0,046	0,833

3.3 Kutupesät

Kutupesäiä löytyi sukelluskartoituksessa Hiiskoskelta, Tylytsystä, Mäntykoskelta sekä Tiaisenkoskelta. Hiiskosken säännöstelypadosta tehtiin kutuajan jo päätyttyä, 21.11.2013, poikkeuksellinen ohijuoksutus, jolloin 4 m³/s:n juoksutus nostettiin 20 m³/s:iin. Ohijuoksutus tehtiin Pamilon voimalaitoksen patoturvallisuusriskin vuoksi. Virtaaman nosto rikkoi kutupesäiä. Pesien todellista määrää on vaikea arvioida, sillä kutupesien etsinnät olivat vielä juoksutuksen aikaan kesken. Löytyneet pesät tarkastettiin juoksutuksen jälkeen, jolloin todettiin, että ne olivat kärsineet tai tuhoutuneet täysin juoksutuksen vuoksi.

Hiiskosken kutupesät löytyivät 2000-luvun alussa taimenille kunnostetusta soraikosta, mutta kutukuopan puhdistusyrityksiä löytyi myös louhikosta. Kutupesien paikantamisen

yhteydessä todettiin, ettei sopivaa kutusoraikkoa ollut tutkimuksen aikana riittävästi Ala-Koitajoella.

4 TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Kalojen liikkuminen

Siikakoskelle vapautetut kalat eivät liikkuneet ylävirtaan. Tämän vuoksi kalojen kokonaisliike jäi vähäisemmäksi kuin mitä olimme olettaneet. Siikakoski ei näin ollen näyttäisi toimivan hyvänä vapautuspaikkana kaloille. Syynä saattaa olla pitkä Saunavirran suvanto tai sitten vapautusaika oli jo liian lähellä kutuaikaa. Siikakoskelle vapautetuista kaloista kolme poistui heti vapautuksen jälkeen joesta, mikä saattaa omalta osaltaan kertoa paikan soveltumattomuudesta vapautuspaikaksi. Lähetinkaloista saatu aineisto Siikakoskelta antaa viitteitä siitä, että monikaan sinne istutetuista radiolähettimettömistä lohista ei lähtenyt ylävirtaan.

Hiiskoskelle lasketut lohet liikkuivat enemmän kuin Siikakoskelle lasketut (kuva 6). Kaksi Hiiskosken naaraista ui kauas alavirtaan ilman koiraita, eivätkä ne todennäköisesti kuteneet ollenkaan. Mahdollisia kutupaikkoja löytyi läheltä vapautuspaikkaa, mutta kalat levittäytyivät kutemaan yli seitsemän kilometrin matkalle Hiiskoskelta. Kauimmainen kutupaikka Hiiskoskelta sijaitsi Tiaisenkoskella, missä kutemassa oli standardikasvatettu kutupari. Mäntykoskella, noin 3,5 kilometrin päässä Hiiskoskelta, kävi kutemassa yksi virikekasvatettu naaras sekä kaksi koirasta, standardi- ja virikekasvatettu. Loput laitoskalat jäivät lähelle vapautuspaikkaa. Pielisjoesta pyydytyillä lohilla liikkuminen oli vähäisempää: naaraat ja yksi koiras siirtyivät Tylysynkoskeen, loput jäivät Hiiskoskelle. Ruotsin Klarälvenillä tehdyn tutkimuksen mukaan laitoskalat käyttävät kutupaikan etsintään enemmän aikaa kuin villit kalat (Hagelin ym. 2015). Heidän tutkimuksensa laitoskalat olivat kuitenkin jo smoltteina istutettuja, eli saman statuksen kaloja kuin tässä tutkimuksessa olleet Pielisjoesta pyydytyt kalat.

Jokainen tutkimuksessa ollut kala oli ensimmäistä kertaa Ala-Koitajoella. Lohilla kotijokeen leimautuminen on voimakasta (Potter & Russel 1994), joten joen vieraus saattoi vaikuttaa kalojen käyttäytymiseen. Lohet vapautettiin lähellä kutuaikaa, jolloin ne eivät välttämättä päässeet toteuttamaan luonnollista kutuvaelluskäyttäytymistään. Normaaleissa oloissa naaraat uivat kutupaikoilleen hyvissä ajoin ennen kutua samalla kypsyttyä mätää

sisällään (ns. holding period) (Økland ym 2001), jonka jälkeen kutu tapahtuu (Fleming ym. 2011). Nyt niillä oli kiire löytää kutupaikat ja kaivaa kutukuopat. Kutukäyttäytyminen kudun aikaan näytti olevan melko luonnollista: isommat koiraat ajoivat pienemmät pois ja isommat naaraat valtasivat lähimmät soraikot.

Pielisjoesta pyydetyt kalat vietiin jokeen laitoskaloja myöhemmin, hyvin lähellä kutuaikaa, joten niiden liikkeen vähäisyys voi selittyä kudun kiireellisyydellä. Laitosviljellyt kalat olivat pienempiä, joten kilpailussa hyvistä kutupaikoista ne saattoivat hävitä helpommin isommille Pielisjoen kaloille (Moir ym. 1998). Laitoskalojen liikehdintä oli suurta jo ennen Pielisjoesta pyydettyjen kalojen tuontia jokeen, joten liikkeen erot eivät selity pelkästään sillä, että laitoskalat olisivat hävinneet kilpailun hyvistä kutupaikoista. Todennäköisempää on, että joki oli ympäristönä vieras allaskasvatuksessa olleille lohille, jolloin niiden eksploratiivisuus oli suurempaa kuin luonnosta pyydyillä kaloilla. Aiemmin on havaittu taimenilla, että standardikalat liikkuvat enemmän kuin muiden kasvatustaustojen kalat (Härkönen ym. 2014).

Suurin osa kaloista jäi kudun jälkeen jokeen. Kudun jälkeen liikkumisen päättymisen viittaa siihen, että kalat todennäköisesti kuolivat. Normaalisti lohen kutiessa osa kaloista jää henkiin, ja viettää talven joessa. Kalojen selviytyminen kudusta riippuu siitä, kuinka paljon ne käyttävät energiaa kutuun (Klemetsen ym. 2003). Henkiin jäävät lohet lähtevät todennäköisesti vasta keväällä uudestaan syönnökselle (Piironen ym. 2009).

4.2 Kutuparien muodostu

Siikakoskelle vapautettujen kalojen liikkeiden perusteella ei pystytty analysoimaan todennäköisiä radiolähettimellisiä kutupareja, kalojen ollessa samoilla hyvin pienillä alueilla. Siikakoskelle oli myös laskettu Paltamosta tuotuja lähettimettä kaloja, joten kutuparien analysointi siellä olisi vaikeutunut. Hiiskoskelle lasketut kalat levisivät laajemmalle alueelle, jolloin mahdollisten radiolähettimellisten kutuparien havainnointi oli mahdollista.

Kalojen paikantamisen perusteella havaittiin todennäköisten kutuparien olevan usein samaa kasvatustaustaa (Pielisjoesta pyydetyt lohet Tyltsyssä, sekä standardilohet Tiaisenskoskessa). Todisteita tästä ei kuitenkaan pystytty saamaan kutupesien huuhtoutumisen seurauksena. Koko saattaa mahdollisesti selittää myös parinvalintaa. Atlantin lohella on todettu kutuinteraktion olevan suurinta samankokoisten naaras- ja koirasyksilöiden välillä (de Gaudemar ym. 2000). Samalla alueella liikkui muitakin kaloja, joten Tiaisenskosken standardikutupari sekä Tyltsyn Pielisjoesta pyydetyt emokalat antavat vain mahdollisia viitteitä kutuparien syntymekanismeista, ja asian tarkempaan tutkimiseen vaadittaisiin laajempi

koasetelma. Kuitenkin, virikekasvatetut kalat Hiiskoskella liikkuvat samoilla alueilla keskenään ja Pielisjoesta pyydetyt emokalat keskenään. Lohipopulaatioiden välillä saattaa olla eroja siinä, miten ne levittäytyvät kutualueille (Finstad ym. 2010). Hiiskoskelle vapautetuista lohista standardikalat liikkuvat eniten, mikä saattaa johtua siitä, että ne olisivat hävinneet kilpailun hyvistä kutupesistä lähellä vapautuspaikkojaan tai sitten aktiivinen liikkuminen johtui kasvatustaustasta (Härkönen ym. 2014).

Luonnonolosuhteissa lohet lähtisivät vaellukselle jo useita kuukausia ennen varsinaista kutuaikaa (Thorstad ym. 2007). Kalat vaeltavat jokeen, jossa ne etsivät sopivan kutupaikan, jonka jälkeen ne saattavat odottaa sopivia olosuhteita tai ajankohtaa jopa kymmeniä päiviä (Heggberget ym. 1988). Ennen noususteiden rakentamista Saimaan järvilohien tiedetään vaeltaneen Utrankoskille jo heinäkuussa (Järvi 1914).

Kutuparien määräytymisen mekanismeja tunnetaan vielä huonosti Saimaan järvilohella. Reliktipopulaatioissa on todennäköistä, että kalat lisääntyvät useamman kutuparin kanssa. Tällä tavalla populaation geneettinen variaatio lisääntyy (Moran & Garcia-Vazquez 1998). Kilpailussa kutupartnereista isommat tai aggressiivisemmat koiraat saattavat pärjätä. Taimenilla on todettu isoimpien koiraiden olevan dominoivimpia (Labonne ym. 2008). Pienemmillä koirailta voi olla hyvät mahdollisuudet päästä kutemaan, jos isot kalat väsyvät tai niiden maiti käy vähiin (Mjølnørød ym. 1998).

4.3 Kutupesät

Kutupesiä löytyi alueilta, mistä oletimmekin liikkeiden perusteella niitä löytyvän. Kutupesät ovat yleensä suuria (pituudeltaan jopa useita metrejä) ja niiden puhdistus ja kaivaminen vaatii naaraalta paljon. (Jonsson ym. 1997). Siikakosken pohja oli paljas eikä soraikkoa ollut lainkaan, joten kutupesiäkään ei löytynyt. Kalat ovat siitä huolimatta saattaneet yrittää kutemista, mutta sitä on mahdoton osoittaa. Mielenkiintoista on, mikseivät ainakaan radiolähettimelliset kalat lähteneet Siikakoskelta ylävirtaan, vaikkei se toiminut kutuympäristönä.

Kutupesiä löytyi kaikilta alueilta, joilla Hiiskoskelle vapautetut kalat olivat liikkuneet niin, että molempia sukupuolia oli paikalla. Atlantin lohen on todettu kutevan mieluiten kovan virran alueelle, missä on hyvää soraikkoa. Jos soraikkoa ei löydy kovasta virrasta, sitä etsitään matalammasta vedestä tai pienemmän virran luota (Enders ym. 2007, Barlaup ym. 2008). Siikakoskelle vapautetut kalat eivät onnistuneet kudussa todennäköisesti sopivan

kutusoraikon puuttumisen vuoksi. Kutupesien etsinnöissä todettiin pohjan olevan pääsääntöisesti suurikokoista louhikkoa ja kalliota.

Kutupesien etsiminen oli tärkeä osa tutkimusta. Sillä pystyttiin osoittamaan konkreettisesti kudun onnistuminen. Alkion DNA:n analysoiminen juuri hedelmöittyneessä vaiheessa on hankalaa, ja siksi näytteet kutupesistä kannattaa kerätä vasta ns. silmäpistevaiheen jälkeen kevättalvella. Ohijuoksutuksen vuoksi tätä keräystä ei ollut mahdollista tehdä. DNA-testit olisivat mahdollistaneet vanhemmuusanalyysit.

Lohet löysivät kutusoraikkoa Hiiskoskelta, Tylytsystä, Mäntykoskelta ja Tiaisenskoskelta. Kuitenkin kaikissa paikoissa sitä oli vähänlaisesti ja esimerkiksi Hiiskoskesta löytyi lohien puhdistamaa pohjaa ilman kunnan soraikkoa. Soraikon puute on selvä ongelma, kun järvilohi halutaan saada lisääntymään Ala-Koita jokeen. Kutualue vaikuttaa merkitsevästi jokipoikasten määrään joessa (Scott ym. 2005). Kutualueita tarvitaan lisää, samoin poikashabitatit. Kutusoraikkoa lisäämällä voidaan lohien lisääntymispotentiaalia nostaa (Barlaup ym. 2008). Kutupesien etsinnässä todettiin soveltuvien kutusoraikoiden olevan vähäisiä ja puutteellisia. Tämän seurauksena jokea alettiin kunnostaa pohjia soraistamalla keväällä 2014 ja tämä kunnostustyö jatkui myös kevään 2015 aikana. Hienot sedimentit ovat kutupesien kannalta ongelmallisia: mätimunien hapensaanti estyy, jolloin mädin selviytyminen heikkenee (Gibson 1993). Kunnostusten kannalta louhikkoinen pohja on parempi vaihtoehto kuin hienosedimenttinen.

Järvilohiemoja oli kokonaisuudessaan saatavilla vähän ja kudulle nousevien lohien määrää olisikin saatava lisättyä selvästi. Järvisyönnösvaiheen läpikäyneet kalat ovat isompia ja tuottavampia kuin laitoskalat. Laitoskalat rakensivat kutupesiiä Mäntykoskelle ja Tiaisenskoskelle, joten laitoskaloja on hyvä pitää istukasemokalojen rinnalla emokaloina ainakin niin kauan kuin emokalapyynnin kalamäärät ovat heikkoja.

Tämän työn tulokset viittaavat siihen, että järvilohien luonnollinen lisääntyminen Ala-Koita joessa on mahdollista ainakin kalojen käyttäytymisen puolesta. Kaloja tarvittaisiin vain enemmän jokeen ja niille tarvitaan edelleen enemmän kutu- ja poikashabitatit. Newfoundlandissa järvilohien on aiemmin todettu suosivan kovan virtaaman vettä (Enders ym. 2007). Virtaaman nosto todennäköisesti edesauttaa järvilohien lisääntymismenestystä Ala-Koita joella.

Järvilohien palautumisprosentti istutusten jälkeen on ollut erittäin huono; vain noin 0,05 % istutetuista kaloista palaa kutemaan syönnökseltä (Kaijomaa ym. 2003). Villien lohien on todettu selviävän istukkaita paremmin mm. Ruotsin Vänernillä (Bergman ym. 2014) ja Atlantilla (Jonsson ym. 2003). Luonnonkudun onnistuminen järvilohien säilymisen kannalta voi

olla selkeä mahdollisuus järvilohen tulevaisuuden näkymien parantumiselle. (Bergman ym. 2014).

4.4 Tutkimusmenetelmien tarkastelu ja mahdolliset virhelähteet

Radiotelemetryn menetelmänä voi vaikuttaa eläinten käyttäytymiseen eri tavoin (Jepsen ym. 2015). Parempaa menetelmää ei kuitenkaan vielä ole, ja menetelmä on vuosien saatossa kehittynyt selvästi. Telemetryn mahdollistaa yksityiskohtaisen liikkeiden havainnoinnin, ja epävarmuustekijöiden selvittäminen voidaan oppia luottamaan saatuun aineistoon enemmän.

Tässä työssä kaksi lähetintä jouduttiin kiinnittämään uudestaan niiden irrottua haavikäsittelyssä. Kalat joutuivat tällöin läpikäymään ylimääräisen käsittelyn, joka lisää niiden kokemaa stressiä. Pystyimme kuitenkin pääsääntöisesti luottamaan siihen, että merkit pysyivät kiinni kaloissa jokeen laskun jälkeen, sillä saimme liikkeestä havaintoja. Siikakoskelle vapautetuista kaloista vain yksi jäi kokonaan paikalleen, mutta kaikista muista lähettimistä saatiin liikeaineistoa.

Loggereiden vahvistimet olivat maksimiasetuksella, jolloin kuuluvuusalue on hyvin laaja. Maksimikuuluvuus todennäköisesti tarkoittaa myös virrehavaintojen määrän kasvua. Virrehavaintoja poistettiin aineistosta poistamalla jokainen havainto, joka oli vuorokauden aikana kuulunut vain kerran. Poistettujen havaintojen mukana saatettiin menettää myös todellisia havaintoja, mutta aineiston luotettavuus kasvoi. Tämä työ antaa hyvän pohjan kehittää järvilohen palauttamista ja palauttamisen seuranta.

Radiolähettimettömiä kaloja oli joessa melko runsaasti. Niiden liikkeistä ei tiedetä lähestulkoon mitään, ja ei ole poissuljettua, että jotkut niistä olisivat uineet ylävirtaan. Koska emme voineet tehdä vanhemmuusanalyyssejä kutupesistä, emme voi tietää varmasti lähetinkalojen olleen ainoita emokaloja. Löydetyt kutupesät olivat paikoilla, missä liikkeiden perusteella oletimme niiden olevan. Myös taimen kutee Ala-Koitajoella, joten ei ole poissuljettua, että osa pesistä voisi olla taimenten kaivamia.

Poikkeusjuoksutuksen takia kutupesien etsintä vaikeutui. Hiiskosken jo löytyneet pesät olivat rikkoutuneita, mutta tunnistettavissa puhdistetuksi pohjaksi. Orgaaninen aine kertyy sorapohjaan, ja kalan puhdistama pohja on mahdollisesti jopa pinnalta asti tunnistettavissa.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että järvilohen luontainen lisääntyminen Ala-Koitajoessa onnistuu tämän hetkisen lisävirtaaman mahdollistamissa olosuhteissa. Kalat pysyivät joessa ja hyväksyivät sen pääsääntöisesti kutualueekseen. Lohet löysivät sopivia kutusoraikkoja ja kutivat niille. Habitaattien vähäisyys joessa ja kalojen vähäinen määrä ovat molemmat tekijöitä, jotka täytyy ratkaista tulevaisuudessa. Kutuhabitaattien jo osin toteutunut soraistus on ensimmäinen tähän liittyvä toimenpide. Pelkkä kutuhabitaattien olemassaolokaan ei yksin riitä, vaan mätimunien kuoriutumisen jälkeen tarvitaan myös sopivia poikastuotantoalueita. Kutu- ja poikashabitaattien rakentaminen lohelle kelpaaviksi vaatii myös kunnostuksen onnistumisen seuraamista tulevaisuudessa.

Lohien liikkeet olivat yksilöllisiä. Standardikalat tuntuivat hakevan paikkaa eniten. On vielä vaikea sanoa, johtuuko suurempi liike siitä, että ne ovat huonompia kilpailijoita vai oliko kyse sattumasta tai kasvatustaustasta. Tämän työn kokemusten perusteella Siikakoskea ei kannata käyttää istutuspaikkana, mutta olisi mielenkiintoista tietää, miksi kalat eivät lähteneet ylävirtaan Saunavirran suvanton. Jos kutukalojen siirtoa olisi mahdollista aikaistaa, voitaisiin saada selvyttä siihen tapahtuiko tässä tutkimuksessa istutus liian lähellä kutua.

KIITOKSET

Kiitän ohjaajiani Raine Kortetia, joka mielenkiintoaan tuli kantamaan maastoon akkuja, Hannu Huuskosta, jonka ovi oli aina auki, sekä Jorma Piirosta, joka jaksoi aina kädestä pitäen selittää ja näyttää, sekä yritti saada minua ymmärtämään järvilohen elämää ja ekologiaa. Maastossa ilona ja apuna toimi myös Markku Gavrilov, jolle myös kuuluu suuri kiitos. Kiitos maalaisjärjen opettamisesta, ja kiitos kun jaksoitte uskoa tämän projektin joskus valmistuvan.

Suuri kiitos Vattenfall Oy:lle, joka mahdollisti tämän tutkimuksen tukemalla stipendillä tätä työtä, sekä rahoittamalla seurantalaitteiden hankinnan. Haluan kiittää myös Tuuliaisen säätiötä joka mahdollistaa työni jatkumisen järvilohen parissa.

LÄHDELUETTELO

- Amundsen, P.A. & Gabler, H.M. 2008: Food consumption and growth of Atlantic salmon *Salmo salar* parr in sub-Arctic rivers: empirical support for food limitation and competition. – *Journal of Fish Biology* 73: 250-261.
- Arnold, G.P. 1974: Rheotropism in fishes. – *Biological Reviews* 49: 515-576.
- Advanced Telemetry systems: F2100 Fish External Mount
<https://www.atstrack.com/tracking-products/transmitters/product-transmitters.aspx?serie=F21001>.12.2015
- Barlaup B. T., Gabrielsen S. E., Skoglund H. & Wiers T. 2008: Habitat of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.), and Anadromous and Resident Brown Trout (*Salmo trutta* L.) in Regulated Rivers – *River Research and Applications* 24: 543–550
- Bergman E., Norrgård J. R., Piccolo J. J., Gustafsson P., Nilsson F. & Hart P. J. B. 2014: Atlantic Salmon and Brown Trout in Lake Vänern: A proposal for a co-management system, – *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 17(4): 365-373
- Enders E. C., Smokorowski K. E., Pennell C. J., Clarke K. D., Sellars B. & Scruton D. A. 2007: Habitat use and fish activity of landlocked Atlantic salmon and brook charr in a newly developed habitat compensation facility – *Hydrobiologia* 582:133–142
- Fleming, I. 1996: Reproductive strategies of Atlantic salmon: Ecology and evolution. – *Reviews in fish biology and fisheries* 6(4): 379-416
- Fleming, I & Einum, S. 2011: Reproductive Ecology: A Tale of Two Sexes. – Teoksessa: Aas, O., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J. (toim.) *Atlantic Salmon Ecology*: 33-65. Blackwell Publishing Ltd. Singapore.
- Finstad A. G., Einum S., Sættem L. M., & Hellen B.A. 2010: Spatial distribution of Atlantic salmon (*Salmo salar*) breeders: among- and within-river variation and predicted consequences for offspring habitat availability – *Canadian Journal of Fisheries and Aquaculture* 67: 1993–2001
- de Gaudemar, B. & Beall, E. 1999: Reproductive behavioural sequences of single pairs of Atlantic salmon in an experimental stream – *Animal Behaviour* 57: 1207–1217
- de Gaudemar B., Bonzom, J. M. & Beall, E. 2000: Effects of courtship and relative mate size on sexual motivation in Atlantic salmon. – *Journal of Fish Biology* 57 (2): 502-515
- Jepsen N., Thorstad E. B., Havn T. & Lucas, M. C. 2015: The use of external electronic tags on fish: an evaluation of tag retention and tagging effects – *Animal Biotelemetry* 3: 2050-3385
- Hagelin A., Calles, O., Greenberg, L., Piccolo, J. & Bergman, E. 2015: Spawning migration of wild and supplementary stocked landlocked Atlantic salmon (*Salmo salar*). – *River Research and Applications*. DOI: 10.1002/rra.2870
- Hansen L. P., Lunqvist H., Jonsson, B., Eriksson T., Thorpe J. E., Eriksson L. O. & Berglund I. 1991: Effects of Elevated Winter Temperature on Seawater Adaptability, Sexual Rematuration, and Downstream Migratory Behavior in Mature Male Atlantic Salmon Parr (*Salmo Salar*). – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48(6): 1041-1047
- Heggberget T. G., Hansen L. P. & Næsje T. F. 1988: Within-River Spawning Migration of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45(10): 1691-1698
- Hurme S. 1964: Saimaan lohesta suurjärviemme arvokala? – *Metsästys ja kalastus* 53 n:o 3
- Huuskonen, H., Figueiredo, K., Väisänen, P., Piironen, J. & Kaijomaa, V.-M. 2007: Pielisjokeen istutettujen järvilohien vaellus ja kasvu sekä pyyntimuodot Carlin-

- merkintöjen perusteella. – Joensuun yliopisto, Ekologian tutkimusinstituutin raportteja n:o 1.
- Hyvärinen H., Kärkkäinen P. ja Piironen J. 1985: Saimaan järvilohen biologiasta. – Saimaa seminaari 1985, Saimaan nykytila, Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 71: 202–212
- Hyvärinen P. & Rodewald P. 2013: Enriched rearing improves survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts during migration in the River Tornionjoki. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 70: 1386-1395.
- Härkönen L., Hyvärinen P., Paappanen J. & Vainikka A. 2014: Explorative behavior increases vulnerability to angling in hatchery-reared brown trout (*Salmo trutta*) – Canadian journal of fisheries and aquaculture 71(12): 1900-1909
- Johansen M., Erkinaro J. & Amundsen P.-A. 2011: The When, What and Where of Freshwater feeding – Teoksessa: Aas, O., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J. (toim.), Atlantic Salmon Ecology: 33-65 Blackwell Publishing Ltd. Singapore.
- Jonsson B & Jonsson N. 1993: Partial migration: niche shift versus sexual maturation in fishes. – Reviews in Fish Biology and Fisheries 3(4): 348-365
- Jonsson B. 1997: A review of ecological and behavioural interactions between cultured and wild Atlantic salmon. – ICES Journal of Marine Science 54(6): 1031-1039
- Jonsson B., Jonsson N. & Hansen L. P. 2003: Atlantic salmon straying from the River Imsa. – Journal of Fish Biology vol. 62(3): 641-657
- Jonsson B., Jonsson N. & Hansen L. P. 2007: Factors affecting river entry of adult Atlantic salmon in a small river. – Journal of Fish Biology 71(4): 943-956
- Jonsson N., Jonsson B. & Hansen L. P. 1997: Changes in proximate composition and estimates of energetic costs during upstream migration and spawning in Atlantic salmon *Salmo salar*. – Journal of Animal Ecology 66(3): 425-436
- Järvi T. H. (1914): Pielisjoen kalastusoloja valaisevia tietoja. – Suomen kalatalous 1914/15
- Kaijomaa V.-M., Munne P., Piironen J., Pursiainen M. & Turunen T. 2003: Järvilohistrategia. Saimaan järvilohikannan säilymisen ja kestäväen käytön turvaaminen. – Maa- ja metsätalousministeriö. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 66.
- Kiiskinen P. Hyvärinen H., & Piironen J. 2002: Smolting and seasonal variation in the smolt characteristics of one- and two-year-old Saimaa landlocked salmon under fish farm conditions. – Journal of Fish Biology 60: 1015-1030
- Klemetsen A., Amundsen P.-A., Dempson J.B., Jonsson B., Jonsson N., O'Connell M.F. & Mortensen E. 2003: Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* L.: a review of aspects of their life histories. – Ecology of Freshwater Fish 12: 1-59
- Korkeimman Hallinto-oikeuden päätös 29.1.2013, dno: 1608/1/11
- Labonne J., Augery M., Parade M., Brinkert S., Prevost E., Héland M. & Beall E. 2009: Female preference for male body size in brown trout, *Salmo trutta*: is big still fashionable? – Animal Behaviour 77: 129–137
- Lumme J., Ozerov M. Y., Veselov A. E. & Primmer C. R. 2016: The Formation of Landlocked Populations of Atlantic Salmon. – Teoksessa: Vladić T. & Petersson E. (toim.), Evolutionary Biology of the Atlantic Salmon: Chapter 2. CRC Press. In press
- Lundqvist H., Rivinoja P., Leonardsson K. & McKinnell S. 2008: Upstream passage problems for wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a regulated river and its effect on the population. – Hydrobiologia 602: 111–127
- Moilanen P. 2013: Saimaan lohikalat ja energiatalous – Saimaan lohikalayhdistys Ry: http://saimaanlohikalayhdistys.fi/artikkelit/Saimaan_lohikalat_ja_energiatalous.pdf 14.10.2015

- Moir. H. J., Soulsby C. & Youngson A. 1998: Hydraulic and sedimentary characteristics of habitat utilized by Atlantic salmon for spawning in the Girnock Burn, Scotland. – Fisheries Management and Ecology 5: 241–254
- Moran P. & Garcia-Vazquez E. 1998: Multiple Paternity in Atlantic Salmon: A Way to Maintain Genetic Variability in Relicted Populations – Journal of Heredity 89(6): 551-553
- Mäkinen H., Vasemagi A., McGinnity P., Cross T. F. & Primmer C. 2015: Population genomic analyses of early-phase Atlantic Salmon (*Salmo salar*) domestication/captive breeding. – Evolutionary Applications 8(1): 93–107
- Mjølnørød I.B., Fleming I.A., Refseth U.H., & Hindar K. 1998: Mate and sperm competition during multiple-male spawnings of Atlantic salmon. – Canadian Journal of Zoology 76(1): 70-75
- Norrgård J. R., Bergman E., Schmitz M. & Greenberg L.A. 2014: Effects on feeding regimes and early maturation on migratory behavior of landlocked hatchery-reared Atlantic salmon *Salmo salar* smolts. – Journal of Fish Biology 85: 1060 – 1073
- Paavilainen K. 1983: Koitajoen ja Jäsysisjärven vesistöjen kalataloudellinen selvitys 1980–82. – Oy Keskuslaboratorio, 179 s.
- Piironen J. 2014: Esitelmä Vaelluskalafoorumi 7.10.2014 Helsinki
- Piironen J., Nurmio T., Gavrilov M., Heikkinen T. & Luolamo V. 2009: Järvilohen vaellusten akustinen telemetria: kutuneitten emolohien liikkeet ja selviytyminen.- RKTL Joensuu ja Enonkoski
- Potter E. C. E. & Russell I. C. 1994: Comparison of the distribution and homing of hatchery-reared and wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L., from North-east England. –Homing and straying in salmon 25(2): 31-44
- Rassi P., Hyvärinen E., Juslén A. & Mannerkoski I. 2010. – Punainen kirja. Suomen lajien uhanalaisuus, SYKE, Ympäristöministeriö.
- Rodewald P. 2013: Effects of Broodstock Origin, Rearing Environment and Release Method on Post-stocking Performance of Atlantic Salmon – Väitöskirja. University of Helsinki, Academic dissertation. Helsinki University Printing House 46 s. Helsinki.
- Scott R. J., Kosicka R., Clementa M., Noakes D. L. G. & Beamish F.W. H. 2005: Nest site selection and spawning by captive bred Atlantic salmon, *Salmo salar*, in a natural stream – Environmental Biology of Fishes 74:309–321
- Segerstråle S. 1956: The Distribution of Glacial Relicts in Finland and Adjacent Russian Areas. – Societas Scientiarum Fennica. Commentationes Biologicae XV (18): 35
- Seppovaara O. 1953: Iso-Saimaa Taimenvetenä. – Limnologian pro gradu – työ. Helsingin yliopisto
- Seppovaara O. 1962: Zür systematik und ökologie des lachses und der forellen in den binnengewässern Finnlands – Suomalaisen eläin- ja kasvitieteellisen seuran Vanamon eläintieteellisiä julkaisuja 24(1): 1-86
- Taggart J. B., McLaren I. S., Hay D. W., Webb J. H. & Youngson A. F. 2001: Spawning success in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): a long-term DNA profiling-based study conducted in a natural stream – Molecular Ecology 10(4):1047-60
- Tikkanen M. (1990): Suomen vesistöjen jääkauden jälkeinen kehitys. – Terra 102:4
- Thorpe J. E., Mangel M., Metcalfe N. B. & Huntingford F. A. 1998: Modelling the proximate basis of salmonid life-history variation, with application to Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Evolutionary Ecology 12: 581-599
- Thorstad E. B., Økland F., Aarestrup K. & Heggberget T. G. 2007: Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. – Reviews in Fish Biology and Fisheries 18(4): 345-371

- Valkonen N. & Laakkonen M. 2015: Pielisen alueen virtavedet järvitaimenen ja järvilohen näkökulmasta – Future Missions Oy:n julkaisu 1:2015
- Økland F. Erkinaro J., Moen K., Niemelä E., Fiske P., McKinley R. S. & Thorstad E. B. 2001: Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: phases of migratory behavior. – *Journal of Fish Biology* 59(4): 862-874