

Pro gradu –tutkielma

**Risupadot, putoukset ja tierummut taimenen (*Salmo trutta*) vaellusesteinä pienissä virtavesissä –
kotiutumiskäyttäytymiseen perustuva tutkimus**

Maria Uusitalo



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Akvaattiset tieteet

12.11.2015

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Akvaattiset tieteet

UUSITALO MARIA, E.E.: Risupadot, putoukset ja tierummut taimenen (*Salmo trutta*)
vaellusesteinä pienissä virtavesissä –
kotiutumiskäyttäytymiseen perustuva tutkimus.

Pro gradu:

41 s. + liite

Työn ohjaajat:

FT Heikki Hämäläinen, FT Jukka Syrjänen

Tarkastajat:

FT Timo Ruokonen, Dos. Timo Marjomäki

Marraskuu 2015

Hakusanat: kotiutumiskäyttäytyminen, lohikalat, *Salmo trutta*, taimen, vaelluseste

TIIVISTELMÄ

Virtavesissä kalojen liikkumista saattavat rajoittaa luonnostaan muodostuneet tai ihmisen rakentamat vaellusesteet. Muun muassa tienrakennuksen yhteydessä asennetut tierummut voivat estää kalojen kulun osittain tai kokonaan. Kivien tai kallion aiheuttama putous tai virran mukana kulkeutuva puuainne voivat myös synnyttää luonnollisen vaellusesteen. Suomessa vaellusesteitä on kartoitettu jonkin verran, mutta varsinaista tutkimusta on tehty vähän. Tässä tutkimuksessa tutkittiin, toimivatko risupadot, pienet putoukset ja tierummut taimenen (*Salmo trutta*) vaellusesteinä. Taimenet (91–383 mm) merkittiin mustepisteillä, Carlin-merkein tai rasvaeväleikkauksin ja siirrettiin esteen yläpuolelta sen alapuolelle. Takaisinpyyntien avulla havainnointiin uivatko kalat esteiden läpi takaisin pyyntipaikalle. Kontrolliryhmän kaloja siirrettiin vastaavasti esteettömällä osuudella. Kalat pyydystettiin sähkökalastamalla ja siirtojen sekä takaisinpyyntien määrä ja aikaväli riippuivat kohteesta. Merkintä-takaisinpyynti-menetelmä perustuu lohikaloilla havaittuun kotiutumiskäyttäytymiseen, jossa kalat pyrkivät palaamaan takaisin sinne, mistä ne on pyydystetty. Tässä tutkimuksessa menetelmä osoitti toimivan. Yhdeksästä kohteesta seitsemässä siirretyt taimenet palasivat esteiden läpi alkuperäiselle pyyntipaikalle. Vaellusesteen tunnistamista vaikeuttavat tapauskohtaisuus ja usean tekijän yhteisvaikutus. Sijainti, virtausolosuhteet, yläpuolisen veden korkeusero alapuoliseen vedenpintaan, rakenteen korkeus, kaltevuus, pituus, materiaali ja vuodenaikaisvaihtelut voivat yhdessä määrätä muodostaako rakenne vaellusesteen.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science

Department of Biological and Environmental Science

Aquatic Sciences

UUSITALO MARIA, E.E.: Debris dams, waterfalls and culverts as migration obstacles for brown trout (*Salmo trutta*) in streams – a study based on homing behaviour.

Master of Science Thesis: 41 p. + appendix

Supervisors: PhD Heikki Hämäläinen, PhD Jukka Syrjänen

Inspectors: PhD Timo Ruokonen, Dos. Timo Marjomäki

November 2015

Key Words: barrier, brown trout, homing behaviour, salmonid, *Salmo trutta*

ABSTRACT

Manmade or natural obstacles can prevent fish migrations partially or totally. In Finland only some local surveys have been published concerning obstacles in stream channels. In this work I studied if road culverts, debris dams and small waterfalls prevent movements of brown trout (*Salmo trutta*). I used mark-recapture-method which is based on homing behaviour of salmonids. Brown trout (91–383 mm) were caught by electrofishing above the obstacles. They were first marked with Alcian Blue, Carlin-tags or fin clips and then released below the obstacles. The time periods between marking and recapture varied between survey areas from a few days to one year. A control group of trout was marked and translocated in a stream section without obstacles in each stream. In most cases some proportion of marked fish returned to their original capture site. Marking, translocating and recapturing trout seemed to be a reliable method in assessing the role of obstacles in channels. More research is still needed from obstacles in Finnish circumstances.

Sisältö

1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	7
2.1. Tutkimusvesistöt ja esteiden kuvaus	7
2.1.1. Risupadot	7
2.1.2. Luonnonmukaiset kalatiet	11
2.1.3. Tierummut	13
2.2. Koeasetelma	15
2.3. Maastotyömenetelmät	16
2.4. Kalojen siirto	17
2.5. Tilastollinen testaus	18
3. TULOKSET	19
3.1. Risupatojen tulokset	19
3.2. Luonnonmukaisten kalateiden tulokset	20
3.2. Tierumpujen tulokset	22
3.4. Yhteenveto esteistä	25
4. TULOSTEN TARKASTELU	25
4.1. Kalojen liikkuminen ja menetelmän toimivuus	25
4.2. Risupadot	29
4.3. Könkääät ja luonnonmukaiset kalatiet	30
4.4. Tierummut	31
4.5. Virhelähteet	33
4.6. Vaellusestekartoitusten tila Suomessa	34
4.7. Päätelmät	36
Kiitokset	37
Kirjallisuus	37

1. JOHDANTO

Vaellusesteellä tarkoitetaan rakennelmaa tai muodostelmaa, joka estää kalan liikkumisen virtavedessä yhteen suuntaan tai molempiin suuntiin. Vaellusesteet jaetaan luonnollisiin ja ihmisen aikaansaamiin eli rakennettuihin vaellusesteisiin (Peter 1998, Weigel ym. 2013). Vaellusesteitä ovat mm. erilaiset putoukset, syöksyt, pystysuorat pudotukset, kivivyörymät, karikkeen aiheuttamat ahtaumat, majavapadot, pohjapadot, puuaineksen kasautumat, virranohjaimet, voimalaitospadot, veden virtausta säätelevät padot, tierummut, joenylityspaikat, betonilla vuoratut jokiosuudet tai yksitoikkoinen morfologia (Peter 1998). Weigelin ym. (2013) mukaan vaelluseste voi olla täydellinen, epätäydellinen tai ajoittainen. Täydellisestä esteestä kalat eivät pääse yli tai läpi. Epätäydellinen este on mahdollista ylittää, esim. sopivissa virtausolosuhteissa. Ajoittainen este, kuten esim. risu- tai karikepato, voi siirtyä tai poistua.

Virtavesiin päätyneet roskat ja romut voivat heikentää uoman soveltuvuutta kalojen vaellusreitiksi (Eloranta 2008). Tulvat voivat kuljettaa mukanaan oksia, puunkappaleita sekä uomaan kulkeutunutta roskaa, jotka voivat muodostaa kasaumia ja ajan myötä myös vaellusesteen (Eloranta 1995). Vesivoimalat ja niiden yhteydessä olevat patoaltaat saattavat muuttaa vesistön luontaista veden lämpötilaa niin, että kalojen kutuvaellukset häiriintyvät (Thorstad ym. 2008). Vesistöihin joutuneet kemikaalit voivat aiheuttaa happikatoa tai toksisuutta, jotka voivat estää kalojen kulun (Crisp 1996). Vaellusreiteillä olevat esteet saattavat viivästyttää ajallisesti ja pitkittää kalojen kulkemaa matkaa, jolloin otollisin kutuaika voi mennä kaloilta ohi (Marschall ym. 2011). Vaellusesteiden takia kalat voivat myös joutua kutemaan epäsuotuisissa olosuhteissa (Ovidio & Philippart 2002). Vaellusesteet voivat aiheuttaa häiriöitä vaelluskäyttäytymiseen sekä lisätä kalojen alavirtaan vaellusta (Thorstad ym. 2008). Esteiden takia kalat voivat etsiä vaihtoehtoisia kulkureittejä, palata takaisin mereen tai nousta viereisiin jokiin. Tämä ylimääräinen liikkuminen saattaa kasvattaa kalojen energiankulutusta, mikä voi heikentää kudun onnistumista tai kalojen elossa pysymistä kudun jälkeen (Thorstad ym. 2008).

Vaellusesteitä rakennetaan joskus tarkoituksellisesti paikallislajien suojelemiseksi vieraslajeilta, mutta ongelmana on paikallislajien elinympäristön rajoittuminen (Thompson & Rahel 1998, Novinger & Rahel 2003, Holthe ym. 2005). Kalayhteisön havaittiin olevan runsaslajisempi ja lajien levittäytyneen laajemmalle ylitsepääsemättömän esteen alapuolella kuin sen yläpuolella (Nislow ym. 2011). Jokiympäristöissä olevat erilaiset esteet ovat ekologinen huolen aihe, sillä esteet heikentävät vesiekosysteemien luonnollista toimintaa ja vähentävät biodiversiteettiä (Musil ym. 2012). Vaellusesteillä voi olla myös vaikutusta kalayhteisön rakenteeseen. Vaellusesteiden aiheuttama elinympäristöjen pirstoutuminen vähentää mm. lajien sisäistä vuorovaikutusta (Pépin ym. 2012, Junge ym. 2014). Jokihelmisimpukka (*Margaritifera margaritifera*) käyttää Suomessa elinkiertoensa aikana väli-isäntänä taimenta (*Salmo trutta*) tai lohta (*Salmo salar*) (Oulasvirta 2011). Taimenen vaelluksen estyminen voi aiheuttaa epäsuorasti jokihelmisimpukkakantojen heikkenemistä tai katoamista (Anonyymi 1999a).

Kalojen vaelluksille on useita populaatioiden säilymisen kannalta olennaisia syitä, minkä vuoksi kalojen vapaa liikkuminen olisi hyvä turvata. Purot sekä joet toimivat kulkureitteinä kalojen kutu- ja kasvualueiden välillä (Hepojoki & Rytönen 1988). Vaellusesteet vähentävät geenivirtaa ja geneettistä monimuotoisuutta, joten vaellusesteiden takia tai muuten eristyksiin jääneet taimenpopulaatiot ovat vaarassa kadota (Ferguson 1989, Junge ym. 2014). Taimenella havaittu polymorfia eli monimuotoisuus on lajin

säilymisen kannalta tärkeää ja siksi suojelemisen arvoinen ominaisuus (Elliott 1989, Pakkasmaa & Piironen 2001).

Kalojen luontaista käyttäytymistä on hyödynnetty vaellusestetutkimuksissa. Taimenilla tehdyssä siirtokokeessa on havaittu kalojen pyrkivän takaisin alueelle, josta ne alun perin pyydystettiin (Armstrong & Herbert 1997, Arnekleiv & Rønning 2004, Nordeng & Bratland). Halvorsen & Stabell (1990) ja Armstrong & Herbert (1997) havaitsivat siirtokokeissa, että merkityistä ja siirretyistä taimenista alavirtaan vapautetut yksilöt palasivat alkuperäiselle pyyntipaikalle useammin kuin ylävirtaan siirretyt. Nämä havainnot viittaavat lohikaloilla havaittuun käyttäytymiseen palata takaisin kotialueelleen (*homing* tai *homing behaviour*). Kotialueella tarkoitetaan aluetta, jossa kalat liikkuvat päivittäin. Halvorsen & Stabell (1990) tekivät kokeen, jossa käsittelyryhmän taimenilta poistettiin hajuelimet ja kontrolliryhmälle ne jätettiin. Kalat vapautettiin 200 m päähän ylä- tai alavirtaan niiden kiinniottopaikasta. Yhdeksän viikon aikana 9,3 % käsittelyryhmän kaloista palasi takaisin pyyntialueelle ja kontrolliryhmästä palasi 40 %. Nuoret kalat oppivat leimautumisen aikana synnyinpaikkansa hajuja ja myöhemmin aikuisena käyttävät hajumuistia saman paikan löytämiseksi (Dittman & Quinn 1996). Vaeltavien ja paikallisten nieriöiden (*Salvelinus alpinus*) hajuaistia tutkittaessa havaittiin saman lajin yksilöiden erittämien hajujen saattavan toimia feromonien tapaan ja auttaa muita nieriöitä kotiin löytämisessä (Døving ym. 1974). Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet lohikalojen käyttävän hajumerkkejä osana homing-vaellusta ja navigointia sekä makeassa vedessä että virtavesissä (Dittman & Quinn 1996). Lohi- tai taimenyksilöt suunnistavat takaisin syntymäpuroon tai -jokeen hyvin tarkasti (McDowall 2001). McDowall (2001) ja Halvorsen & Stabell (1990) osoittivat hajuaistilla olevan hyvin tärkeä merkitys kotiutumiskäyttäytymisen aikaansaajana.

Suomessa virtavesissä olevia kalojen vaellusesteitä on kartoitettu jonkin verran, mutta niitä on tutkittu vähän (FT Jukka Syrjänen, Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteidenlaitos, suullinen tiedonanto). Tietoa siitä, millaisista esteistä kalat kulkevat läpi ja millaisista eivät, on julkaistu kansainvälisestikin vähän. Vaellusesteillä on erityistä merkitystä, jos puroon tai jokeen nousee tai on kotiutunut lisääntymiskykyisiä vaelluskalakantoja. Vaellusesteiden merkitys kasvaa virtavesiä kunnostettaessa ja kunnostussuunnitelmia laadittaessa, sillä esteen tunnistaminen ei ole yksinkertaista eikä sen poistokaan välttämättä aina ole mahdollista.

Sisämaan virtavesissä ilman meriyhteyttä elävien lohikalojen liikkeistä, varsinkin suhteessa vaellusesteisiin, on vähän tutkimustietoa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia sitä, onko erilaisilla mahdollisilla vaellusesteillä, kuten risupadoilla, putouksilla ja tierummuilla, vaikutusta taimenien liikkumiseen pienissä virtavesissä. Nimitystä tierumpu käytetään silloin, kun tien alittavan putken halkaisija on alle 2 m (Anonyymi 1999a). Taimen valittiin tutkittavaksi lajiksi virtakutuisuutensa ja kalataloudellisen arvonsa takia. Lajia on myös helppo pyytää sähkökalastusmenetelmällä. Tutkimuksessa käytetyn merkintä-takaisinpyynti-menettelyn edellytyksenä on kotiutumiskäyttäytyminen. Kaloja siirrettiin alavirtaan sekä vaellusesteiden alapuolelle että esteettömillä kontrollialueilla.

Hypoteesina tässä tutkimuksessa on, että risupadot, putoukset ja tierummut vaikeuttavat taimenen liikkumista virtavesissä. Kirjallisuudessa on todettu tierumpujen aiheuttavan ongelmia kalojen vaellusten yhteydessä. Toisena hypoteesina on, että tutkimuskohteena olevien purojen taimenilla esiintyy kotiutumiskäyttäytymistä.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Tutkimusvesistöt ja esteiden kuvaus

Tutkimuskohteiksi valittiin pieniä virtavesiä, joissa aikaisempien havaintojen perusteella on kalojen liikkumista mahdollisesti rajoittavia esteitä (Liite 1). Kohteiden määrä ja sijainti muuttuivat alkuperäisestä tutkimussuunnitelmasta, osittain poikkeuksellisten sääolosuhteiden takia. Vuosina 2010–2011 keräämäni aineisto jäi puutteelliseksi, joten tutkimukseen otettiin mukaan aiemmin vertailukelpoisella menetelmällä kerättyä lisäaineistoa.

2.1.1. Risupadot

Keljonpuro sijaitsee Jyväskylässä Keljonkankaan alueella virraten Kaijanlammesta Myllylammen kautta Keljonlahteen. Vuonna 2006 Keljonpurolla tehtiin estetutkimusta itse oksista ja risuista kootulla risupadolla Kiemurakoskessa (Kuva 1). Risupato ulottui rannasta rantaan (Kuva 2, Liite 1). Vesitetyn uoman leveys vaihtelee Keljonpurossa 0,5–3 m välillä.

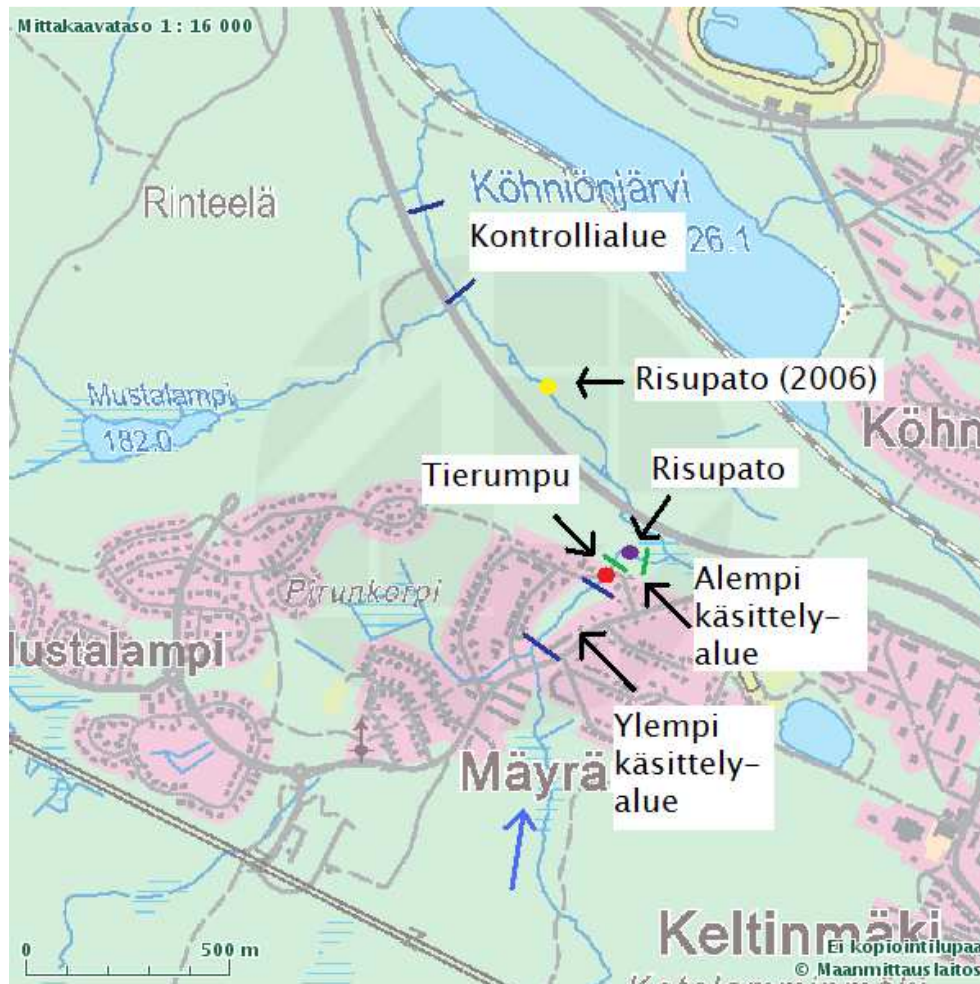


Kuva 1. Keljonpuron tutkimuskohteet. Kartassa keltaisella on vuonna 2006 tutkimuskohteena ollut risupato ja punaisella on tierumpupari, joka oli tutkimuskohteena 2010. Vuonna 2010 käytetty kontrollialue on rajattu vihreillä viivoilla. Samalta alueelta pyydystettiin myös osa käsittelyryhmän kaloista. Sinisillä viivoilla rajatun alueen alaosasta pyydystettiin kontrolliryhmän kalat ja saman alueen yläosasta loput käsittelyryhmän taimenista. Karttapohja: Maanmittauslaitos a.



Kuva 2. Keljonpuron risupato vuonna 2006. Kuva: Jukka Syrjänen.

Jyväskylässä sijaitseva Köhniönpuuro alkaa Soidenlammesta ja virtaa Mäyrämäen kautta Keuruuntien ali Köhniönjärveen (Kuva 3). Vuosina 2000–2001 taimenia merkittiin ja takaisinpyydyttiin Mäyrämäessä esteettömällä alueella Rouskutien ja Mäyrämäentien välisellä alueella tierummun yläpuolella (Kuva 3). Vuonna 2006 estetutkimusta tehtiin Keuruuntien alapuolella sijaitsevalla luonnonrisupadolla (Kuva 3, Kuva 4). Risupato oli koko uoman levyinen eli n. 1,5 m (Liite 1). Vuonna 2010–2011 tutkittiin luonnostaan muodostunutta risupatoa (Kuva 3, Kuva 5). Vesitetyn uoman leveys vaihtelee Köhniönpurossa 0,5–3 m välillä.



Kuva 3. Köhniönpuuron tutkimuskohteet. Kartassa keltaisella on vuonna 2006 tutkimuskohteena ollut risupato. Tummansinisillä viivoilla on rajattu vuosina 2010–2011 käytetyt kontrollialue ja ylempi käsittelyalue. Tutkimuskohteena ollut tierumpu on merkitty punaisella. Vihreät viivat rajaavat alemman käsittelyalueen, jonka keskellä on violetilla merkitty risupato. Karttopohja: Maanmittauslaitos b.



Kuva 4. Köhniönpuron risupato Keuruuntien alapuolella vuonna 2006. Kuva: Jukka Syrjänen.



Kuva 5. Köhniönpuron risupato Mäyrämäessä vuonna 2010.

Riihijärvi laskee Säästinojaa pitkin kohti Kaijanlampea ja Kaijanlammen vesien yhtyessä Säästinojaan vesistö muuttuu Kaijanpuroksi. Vajaa kilometri Kaijanlammen alapuolella vesistö muuttuu lopulta Kiertojokeksi ja laskee Rutajärveen. Kiertojokea tutkimuskohteena oli itse tehty paikallisista aineksista koottu risupato vuonna 2006 (Liite 1). Kiertojoen risupato ylettyi rannasta rantaan uoman poikki vuonna 2006 (Kuva 6).



Kuva 6. Kiertojoen risupato. Kuva: Jukka Syrjänen.

2.1.2. Luonnonmukaiset kalatiet

Joutsan Rutajoki laskee Rutajärvestä Matkusjärven kautta Päijänteen Rutalahteen. Rutajoella tehtiin estetutkimusta kahdella koskella vuosina 1998–2001. Korvenkoskessa kohteena oli luonnon köngäs ja sen vieressä jyrkkä luonnonmukainen kallioon räjäytetty kalatie (Kuva 7, Liite 1). Kissakoskessa kohteena oli luonnon köngäs ja sen vieressä uomakunnostuksessa tehty jyrkähkö ohitusuoma (Kuva 8, Liite 1). Myös Matkus- ja Porraskoskissa tehtiin takaisinpyyntejä tutkimusjaksojen aikana.



Kuva 7. Osa Rutajoen Korvenkosken luonnonmukaisesta kalatiestä. Kuva: Jukka Syrjänen.



Kuva 8. Osa Rutajoen Kissakosken luonnonmukaisesta kalatiestä. Kuva: Jukka Syrjänen.

2.1.3. Tierummut

Ylä- ja Ala-Kintauksen sekä Huhtian kautta vedet laskevat Könkköjokeen ja lopulta Karikkoselkään Petäjävedellä. Könkköjoella vuosina 1999–2001 tutkimuskohteena olivat vierekkäin sijaitsevat aaltopeltiset tierummut (Kuva 9, Liite 1). Rummut ovat n. 140 cm korkeita sekä n. 176 cm leveitä.



Kuva 9. Könkköjoen tierummut

Vuonna 2010 tutkimuskohteena Keljonpurolla oli Kauraajantien alittava betoninen tierumpupari Kiemurakosken alapuolella (Kuva 1, Liite 1). Keljonpuron tierummuista alavirtaan katsottuna, vasemman rummun sisähalkaisija on 48 cm ja oikeanpuoleisen 59,5 cm (Kuva 10). Rumpujen yläsuuaukon päältä on tien perustus painunut niin, ettei rumpuja pysty kunnolla näkemään (Kuva 11).



Kuva 10. Keljonpuron tierumpujen alaosa



Kuva 11. Keljonpuron tierumpujen yläosa.

Vuosina 2010–2011 tutkimuskohteena Köhniönpurolla oli Mäyrämäessä Rouskuntien alittava iso betoninen tierumpu (Kuva 12, Liite 1). Tierummun halkaisija on 100 cm.



Kuva 12. Köhniönpuuron tierumpu.

2.2. Koeasetelma

Kunkin nousuesteen ala- ja yläpuoli sähkökalastettiin, jotta nähtäisiin, onko kyseisessä kohteessa taimenia. Nousuesteen yläpuolelta kiinni saadut taimenet merkittiin mustepisteillä ja kuljetettiin vesisaavissa tai ämpärissä nousuesteen alapuolelle. Vaikeakulkuisen maaston takia Kiemurakosken kalat kuljetettiin autolla lähemmäksi ennen vapautusta Keljonpurolla vuonna 2010.

Sähkökalastus toistettiin kohteesta riippuen muutaman päivän tai noin vuoden päästä aiemmasta siirrosta. Keljon- ja Köhniönpuoroilla vuosina 2010–2011 toteutuneiden takaisinpyyntien väli vaihteli 7–14 päivän välillä. Takaisinpyyntejä oli tarkoitus tehdä vähintään 2–3 estettä kohti. Takaisinpyyntien tavoitteena oli saada mahdollisimman monta merkittyä taimenta kiinni ja uudelleen siirrettäväksi.

Tutkimusasetelmissa oli esteiden lisäksi myös samassa purossa tai joessa esteetön kontrollialue, jossa samaan aikaan tehtiin kalojen merkintää ja siirtoja. Kontrollialueilla selvitettiin, kuinka suuri osa vapautuspaikkaan tai alavirtaan siirretyistä kaloista saadaan pyydettyä takaisin alkuperäiseltä pyyntialueeltaan, kun liikkumista rajoittavia esteitä ei ole. Kontrollialueiden koko vaihteli kohteittain. Kiinni saadut taimenet merkittiin ja siirrettiin kalastetun alueen alapuolelle. Kontrollialueilla oli myös tarkoitus toteuttaa takaisinpyyntejä ja kalojen uudelleen siirtoja vähintään 2–3 kertaa.

2.3. Maastotyömenetelmät

Taimenet pyydystettiin kaikista kohteista sähkökalastamalla selässä kannettavan akkukäyttöisen sähkökalastuslaitteen Geomega FA4 avulla. Veteen johdettiin sähkökenttä, jolla taimenet tainnutettiin. Sähkökenttä muodostettiin laitteesta veteen ulottuvalla katodilla sekä laitteen kantajalla kädessä pitämällä anodilla. Käytetty jännite oli 350–700 V ja pulssittaisen tasavirran frekvenssi 50 Hz. Koekalastus aloitettiin n. 30–100 m päässä esteen alapuolelta ja sitä jatkettiin 50–300 m päähän esteen yläpuolelle. Koekalastajat kulkivat uomassa ylävirtaa kohti kalastaen systemaattisesti koko uoman leveydeltä. Taintuneet kalat kerättiin yhden tai kahden ison pyöröhaavin sekä pienemmän haavin avulla virrasta. Kiinni saadut kalat siirrettiin haavista olalla mukana kuljetettuun, osittain vedellä täytettyyn ämpäriin, josta kalat koottiin isoon vesisaaviin odottamaan merkintää.

Purojen vesitetyn uoman leveys vaihteli n. 0,5–3 m välillä, joten ajoittain vain laitteen kantaja pystyi etenemään kapeassa uomassa ja kalat pyydystettiin haavilla rannalta. Kalastuksia teki yleensä kaksi henkilöä, joista toinen käytti sähkökalastuslaitetta ja toinen pyydysti tainnutetut kalat haaviin. Leveimmillä uomaosuuksilla käytettiin kahta haavia. Rannalla ollut avustaja vaihtoi saaviin viileää ja hapekasta vettä, jotta kalat pysyisivät hengissä.

Kalojen merkinnöissä käytettiin Panjet-merkkistä neulatonta merkintäruiskua sekä Alcian Blue 8GX -mustetta (Kuva 13). Laitteen sisälle annosteltiin vedellä laimennettu musteliuos, joka jousen aikaansaaman pienen ilmanpaineen avulla ”ammuttiin” kalojen vatsan ihon läpi. Menetelmä on nopea ja helppo tapa suuren kalamäärän merkintään, lisäksi sillä on myös todettu olevan vain vähäisiä vaikutuksia kalan käyttäytymiseen (Bridcut 1993). Merkinnät tehtiin kalojen vatsapuolelle pääasiassa evien tyviin kalan ollessa selällään merkitsijän kädessä (Kuva 14). Kaloja ei huumattu merkintöjen aikana. Laimennettu musteliuos on väriltään tummansinistä ja kalan iholla piste näkyy kirkkaansinisena tai vaaleansinisena veden ja musteen suhteellisesta määrästä riippuen. Kalojen merkinnän yhteydessä merkin siisteys ja väri tarkistettiin. Osalle kaloista jouduttiin ampumaan merkki kahdesti samaan paikkaan, jotta merkki erottuisi ihosta. Merkityistä taimenista kirjattiin ylös kokonaispituus sekä pyyntialue. Kalan tietoihin tallennettiin myös merkin paikka ja takaisinpyynnin yhteydessä kalan kohdalle merkittiin kalassa oleva aiempi merkki sekä uuden merkin koodi.



Kuva 13. Panjet-merkintäruisku. Kuva: Jukka Syrjänen.



Kuva 14. Mustepisteellä (mustan nuolen osoittamassa kohdassa) merkitty taimen

Kiertajoella, Könkköjoella, Rutajoella sekä Keljon- ja Köhniönpuroilla ennen vuotta 2010 kerätystä aineistosta käytettiin lähes samanlaista koeasetelmaa kuin myöhemmin kerätystä aineistosta muutamien poikkeuksin: pyyntialueiden koko on saattanut olla laajempi, varsinkin jokikohteissa. Osassa kohteista takaisinpyynnit oli tehty n. vuosi merkinnän jälkeen ja osassa merkinnän ja takaisinpyynnin välinen aika vaihteli parista päivästä muutamaan kuukauteen. Jokien osalta päätavoitteena on ollut mahdollisimman suuren takaisinpyyntimäärän saavuttaminen. Vain osassa kohteista oli käsittelyn lisäksi kontrolliryhmä. Merkinnöissä käytettiin mustepisteen lisäksi Carlin-merkkejä ja rasvaeleikkauksia. Lisäksi osa kaloista oli merkitty kahdella eri menetelmällä. Osassa kontrolliryhmien merkinnöissä kalat on siirron sijaan vapautettu pyyntipaikalle.

Keljon- ja Köhniönpurolla tehtiin vaelluseste- ja virtausmittauksia 14.11.2012 (Liite 1). Tutkimuskohteina olleet vaellusesteet kartoitettiin mittaamalla pudotuskorkeus, esteen pituus ja virrannopeus sekä valokuvaamalla kohde. Pudotuskorkeudet mitattiin laseretäisyysmittarilla sekä vedensyvyyden mittaamiseen tarkoitetuilla mittatikuilla ja mittaustarkkuutena oli 1 cm. Mittaukset tehtiin Höntzsch-virtausmittarilla sekä tierumpujen ala- ja yläpäässä mahdollisimman lähellä rumpujen suuta. Virtausmittausotokset otettiin virran keskikohdasta kolmesta syvyydestä silmämääräisesti (mahdollisimman läheltä pohjaa, puolivälistä ja mahdollisimman läheltä pintaa, niin että mittarin pää on veden alla). Risupadosta virrannopeus mitattiin sekä padonharjalta että esteen alapuolelta, kolmesta eri syvyydestä kuten tierummuistakin.

2.4. Kalojen siirto

Vuosina 2000–2001 taimenia merkittiin ja siirrettiin Mäyrämäessä Rouskutien ja Mäyrämäentien välisellä n. 300 m mittaisella esteettömällä alueella. Kiertajoella tutkittiin itse tehtyä risupatoa vuonna 2006. Taimenet pyydettiin 200 m matkalta heti risupadon yläpuolelta ja vapautettiin viiden metrin päähän padon alapuolelle. Samana vuonna

estetutkimusta tehtiin myös Köhniönpurolla Keuruuntien alapuolella sijaitsevalla luonnostaan muodostuneella risupadolla. Keljonpurolla tutkittiin itse tehtyä risupatoa kesällä 2006. Taimenet pyydettiin n. 100 m matkalta heti risupadon yläpuolelta ja vapautettiin viiden metrin päähän risupadon alapuolelle. Vuosina 2010–2011 tutkittiin Köhniönpurossa Mäyrämäessä sijaitsevaa luonnostaan muodostunutta risupatoa. Kalat pyydystettiin 100 m matkalta risupadon yläpuolelta ja vapautettiin n. 5–20 m padon alapuolelle. Risupadon alapuolelta kalastettiin myös 50 m mittainen osuus.

Rutajoella tehtiin estetutkimusta kahdella koskella vuosina 1998–2001. Kissakoskessa tutkittiin luonnon köngästä ja sen vieressä olevaa uomakunnostuksessa tehtyä jyrkkää luonnonmukaista kalatietä. Korvenkoskessa kohteena oli luonnon köngäs eli jyrkkäputouksinen koski ja sen vieressä jyrkkä luonnonmukainen kalatie. Siirretyt taimenet pyydystettiin Kissa- ja Korvenkosken yläpuolelta. Kontrolliryhmiä merkittiin sekä Porraskoskessa että Korvenkoskessa kuitenkin siirtämättä kaloja. Porraskoski sijaitsee n. 500 m Korvenkosken yläpuolella.

Kesällä 2010 Keljonpurolla tutkimuskohteena olivat vierekkäin sijaitsevat tierummut. Kesän aikana purolla tehtiin kolme sähkökalastusta, joissa kahdessa ensimmäisessä merkittiin ja siirrettiin taimenia. Ensimmäisessä koekalastuksessa tutkimuskohteeseen jaettiin kolmeen osaan: n. 50 m:n pituiseen tierumpujen alapuoliseen osaan, n. 200 m pitkään rumpujen yläpuoliseen osaan, joka toimi kontrollialueena, sekä hiekkamaassa mutkittelevaan Kiemurakoskeen n. 300 m matkalta (Kuva 1). Kiemurakosken alaosasta pyydystettiin kontrolliryhmän kalat, ylempää loput käsittelyryhmästä, koska tierumpujen yläpuolelta ei saatu riittävästi käsittelyryhmän kaloja. Keljonpurolla käsittelyryhmä vapautettiin viiden metrin päähän rumpujen alapuolelle ja kontrolliryhmä kahdeksan metriä rumpujen yläpuolelle. Alemman käsittelyryhmän alueesta n. neljä viidesosaa oli jyrkkää koskiosuutta. Vuosina 2010–2011 tutkimuskohteena oli Mäyrämäen Rouskuntien alittava iso tierumpu. Köhniönpurolla kalastettiin 200 m mittainen osuus rummun yläpuolelta ja kalat vapautettiin 8 m tierummun alapuolelle. Kontrollialue sijaitsi n. kilometri tierummun alapuolella Keuruun tien varrella ja oli pituudeltaan n. 250 m. Petäjaveden Könkköjoella tutkittiin aaltopellistä tehdyn tierumpuparin vaikutusta taimenten liikkumiseen vuosina 1999–2001. Koeryhmä merkittiin ja siirrettiin tierumpujen alapuolelle Mylly-Sahakoskessa ja kontrolliryhmä merkittiin ja vapautettiin pyyntipaikalle ylempänä joessa. Kontrollialueena toiminut Könkökoski sijaitsee n. 800 m Mylly-Sahakosken yläpuolella.

2.5. Tilastollinen testaus

Keljonpuron vuoden 2010 aineistosta selvitettiin onko tierummuilla merkitystä taimenien liikkumiseen. Testissä vertailtiin käsittelyryhmän ja kontrolliryhmän välisiä eroja vapautus- ja pyyntipaikolta saatujen kalamäärien perusteella. Tilastollisessa testauksessa käytettiin Fisherin tarkkaa nelikenttätestiä, koska otoskoot olivat pieniä ja osa odotusfrekvensseistä oli <5 (Ranta ym. 2012). Tilastolliset analyysit tehtiin SPSS tilasto-ohjelman versiolla 22.0.

Könkköjoen ja Rutajoen aineistoista selvitettiin takaisinpyyntien onnistumista. Osassa näiden kohteiden kontrolliryhmien otoksista taimenia ei siirretty, vaan ne vapautettiin takaisin pyyntipaikalle, joten tilastollinen testaus piti toteuttaa eri tavalla kuin Keljonpuron aineistolle. Könkköjoen ja Rutajoen aineistoja testattiin χ^2 -testillä Microsoft Office 2010 Excel-taulukkolaskentaohjelmalla.

Könkköjoen Mylly-Sahakoskella 24.8.2000 siirrettyjen taimenien osuutta (käsittely a) verrattiin Könkökoskella kiinni saatujen kalojen osuuksiin (kontrolli a). Mylly-

Sahakoskella 24.8.2000 siirrettyjen kalojen osuutta (käsittely b) verrattiin myös muihin samalla koskella kiinnisaatujen taimenien osuuksiin (kontrolli b).

Rutajoen aineistoa käsiteltiin samalla tavalla kuin Könkköjoen aineistoa. Rutajoen aineisto koostuu useista taimenien siirroista ja takaisinpyynnestä, joita yhdistettiin selkeämpien vertailuarvojen aikaansaamiseksi. Rutajoen Korvenkosken aineistosta verrattiin 28.5.1999 kosken alapuolelle siirrettyjen taimenien osuutta (käsittely a) muihin Korvenkoskella kiinni saatujen kalojen osuuksiin (kontrolli a). Rutajoen Kissakoskella siirrettyjen kalojen osuuksia (käsittely b) verrattiin saman joen Porraskoskelta kiinni saatujen kalojen (kontrolli b) osuuksiin.

3. TULOKSET

3.1. Risupatojen tulokset

Köhniönpuuron kaloilla voidaan aineiston perusteella havaita kotiutumiskäyttäytymistä vuosina 2000–2001, koska ainakin osa kaloista on palautunut siirron jälkeen takaisin alkuperäiselle pyyntipaikalle (Taulukko 1). Keljonpurolla itse tehty risupato ei estänyt erikokoisten taimenien kulkua vuonna 2006 (Taulukko 1 ja 2). Samana vuonna Kiertojoen itse tehty risupato osoittautui esteeksi taimenille (Taulukko 1). Köhniönpurolla tutkitusta luonnonrisupadosta nousi läpi kolmasosa siirretyistä kaloista vuonna 2006 (Taulukko 1). Vuonna 2011 myöskään Köhniönpurolla tutkittu luonnonrisupato ei osoittautunut täydelliseksi esteeksi, sillä sen läpi ui yksi taimen (Taulukko 1 ja 2).

Taulukko 1. Takaisinpyyntien ja merkittyjen taimenien määrät sekä pyynti- ja vapautuspaikalta saatujen kalojen yksilömäärät Keljonpuurosta, Kiertojoesta ja Köhniönpuurosta vuosilta 2000–2001, 2006 ja 2011. Kaikki taulukon ryhmät ovat käsittelyryhmiä.

Vesistö	Merkintä	Viimeinen takaisin-pyynti	Takaisin-pyyntejä	Merkityt (kpl)	Pyynti-paikalta (kpl)	Vapautus-paikalta (kpl)	Takaisin-pyynti (%)
Köhniönpuuro	12.9.2000	14.9.2001	3	105	28	0	26,7
Köhniönpuuro	11.9.2001	14.9.2001	1	11	5	0	45,5
Keljonpuuro	13.6 & 10.7.2006	14.9.2006	2	66	15	2	25,8
Kiertojoki	14.6.2006	11.7.2006	1	11	0	2	18,2
Köhniönpuuro	16.6 & 10.7.2006	25.9.2006	2	17	4	2	35,3
Köhniönpuuro	15.6.2011	1.7.2011	1	3	1	0	33,3

Taulukko 2. Merkittyjen ja pyyntipaikalta saatujen taimenien pituuden vaihteluvälit ja keskipituudet Keljonpurosta, Kiertojoesta ja Köhniönpurosta vuosilta 2000–2001, 2006 ja 2011. Köhniönpuron pituustiedot puuttuvat vuosilta 2000–2001. Kaikki taulukon ryhmät ovat käsittelyryhmiä.

Vesistö	Vuosi	Merkityt (kpl)	Pituuden vaihteluväli (mm)	Keski-pituus (mm)	Pyynti-paikalta (kpl)	Pituuden vaihteluväli (mm)	Keski-pituus (mm)
Köhniönpuro	2000–2001	105	-	-	28	-	-
Köhniönpuro	2001	11	-	-	5	-	-
Keljonpuro	2006	66	104–248	141,2	15	109–241	155,2
Kiertojoki	2006	11	97–114	103,4	0	0	-
Köhniönpuro	2006	17	91–198	124,8	4	110–197	145,8
Köhniönpuro	2011	3	178–217	194,3	1	188	188,0

3.2. Luonnonmukaisten kalateiden tulokset

Korvenkosken kalatien yläpuolelta kiinnisaaduista ja sen alapuolelle vapautetuista taimenista (n= 32) 11 oli noussut takaisin pyyntipaikalle vuosina 1999–2000. Lisäksi yksi taimen, joka oli pyydystetty Korvenkosken alapuolelta ja myös vapautettu siellä syyskuussa 1998, saatiin vuotta myöhemmin kiinni kosken yläpuolelta. Kissakosken yläpuolelta pyydystetyistä ja sen alapuolelle vapautetuista kaloista (n= 42) 18 oli palannut pyyntipaikalle kahden kuukauden sisällä vapautuksesta vuonna 1999 (Taulukko 3 ja 4).

Korvenkosken alapuolelle siirrettyjen ja myöhemmin takaisinpyydettyjen kalojen osuutta verrattiin muihin samalla koskella takaisinpyydettyjen kalojen osuuteen (Taulukko 5). Ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa ($\chi^2 = 12,18$, $df = 1$, $p = 1,00$). Saadun tuloksen mukaan todennäköisyys tulla pyydystetyksi on samansuuruinen molemmissa ryhmissä. Korvenkoskesta kalat ovat jääneet kiinni usean takaisinpyyntikerran aikana ja samalla kerralla on voitu saada useita eri ryhmiin merkittyjä kaloja sekä kaloja eri koskista. Takaisinpyyntikerralla tarkoitetaan toteutunutta takaisinpyyntiä, ei pyyntipäivien lukumäärää. Saman päivän aikana on voitu tehdä takaisinpyyntejä eri koskilla. Aineiston kalat oli pyydystetty 57 takaisinpyyntikerran aikana, joista 49 tapahtui Korvenkoskessa, kaksi Porraskoskessa, neljä Matkuskoskessa ja kaksi Kissakoskessa.

Kissakoskella siirrettyjen taimenien osuutta verrattiin kaikkiin Porraskoskella kiinni saatuihin taimenien osuuteen (Taulukko 5). Ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa ($\chi^2 = 0,887$, $df = 1$, $p = 0,346$). Todennäköisyys tulla pyydystetyksi on samansuuruinen myös Kissa- ja Porraskoskissa merkittyjen kalojen välillä. Aineiston kalat oli pyydystetty seitsemän takaisinpyyntikerran aikana, joista kolme tapahtui Porraskoskessa, yksi Matkuskoskessa ja kaksi Kissakoskessa.

Taulukko 3. Rutajoella tehdyt taimenien merkinnät, takaisinpyyntimäärät ja –prosentit vuosina 1998–2000. Kalastuskertojen määrällä tarkoitetaan kuinka monena kertana kaloja on saatu, mukana myös samalla merkillä muista koskista saadut kalat. Tähdellä (*) merkitty ryhmä sisältää Carlin-merkityt kalat vuosilta 1999–2000. Carlin-merkinnöistä kolme tehtiin syksyllä 1999 ja yksi seuraavana syksynä.

Rutajoki	Ryhmä	Merkintä	Viimeinen takaisin pyynti	Kalastus- kertojen määrä (kpl)	Merkityt (kpl)	Takaisinpyynti	
						kpl	(%)
Korvenkoski	kontrolli (a)	17–20.7.1998	20.4.2000	9	53	36	67,9
Korvenkoski	kontrolli (a)	3–4.9.1998	18.10.2000	15	89	34	38,2
Korvenkoski	kontrolli (a)	4.9.1998	13.10.2000	3	9	4	44,4
Korvenkoski	käsittely (a)	28.5 & 7.6.1999	18.10.2000	6	32	11	34,4
Korvenkoski	kontrolli (a)	7.6.1999	27.6.2000	2	7	2	28,6
Korvenkoski	kontrolli (a)	19.7.1999	19.10.2000	10	32	20	62,5
Korvenkoski	kontrolli (a)	19–20.7.1999	27.6.2000	2	23	3	13,0
Korvenkoski	kontrolli (a)	24.9.1999*	19.10.2000	10	200	43	21,5
Porraskoski	kontrolli (b)	8.9.1998	8.10.1999	3	18	11	61,1
Porraskoski	kontrolli (b)	8.7.1999	9.6.2000	1	24	1	4,2
Kissakoski	käsittely (b)	29.7 & 23.8.1999	23.9.1999	2	42	18	42,9

Taulukko 4. Rutajoella merkittyjen ja takaisin pyydettyjen taimenien pituuden vaihteluvälit ja keskipituudet. Tähdellä (*) merkitty ryhmä sisältää Carlin-merkityt kalat vuosilta 1999–2000.

Rutajoki	Ryhmä	Vuosi	Merkityt (kpl)	Vaihtelu väli (mm)	Keski- pituus (mm)	Takaisin- pyydetty (kpl)	Vaihtelu- väli (mm)	Keski- pituus (mm)
Korvenkoski	kontrolli (a)	1998–2000	53	125–240	168,6	36	-	-
Korvenkoski	kontrolli (a)	1998–2000	89	-	-	34	-	-
Korvenkoski	kontrolli (a)	1998–2000	9	-	-	4	-	-
Korvenkoski	käsittely (a)	1999–2000	32	92–186	118,8	11	127–222	166,3
Korvenkoski	kontrolli (a)	1999–2000	7	97–114	108,3	2	104–183	143,5
Korvenkoski	kontrolli (a)	1999–2000	32	111–341	156,2	20	127–257	178,6
Korvenkoski	kontrolli (a)	1999–2000	23	107–136	122,2	3	134–165	150,7
Korvenkoski	kontrolli (a)	1999–2000*	200	128–383	174,4	43	152–257	199,2
Porraskoski	kontrolli (b)	1998–1999	18	150–246	181,4	11	164–235	200,3
Porraskoski	kontrolli (b)	1999–2000	24	129–294	182,0	1	230	230,0
Kissakoski	käsittely (b)	1999	42	-	-	18	128–172	142,2

Taulukko 5. Rutajoella tehdyt taimenien merkinnät, takaisinpyyntikerrat, -määrät ja -prosentit vuosina 1998-2000. Ryhmiä yhdisteltiin tilastollista tarkastelua varten. Kalastuskertojen määrällä tarkoitetaan kuinka monena kertana kaloja on saatu, mukana myös samalla merkillä muista koskista saadut kalat.

1998–2000		Takaisinpyynti			
Rutajoki	Ryhmä	Kalastus- kertojen määrä (kpl)	Merkityt (kpl)	kpl	(%)
Korvenkoski	kontrolli (a)	51	413	142	34,4
Korvenkoski	käsittely (a)	6	32	11	34,4
Porraskoski	kontrolli (b)	4	42	12	28,6
Kissakoski	käsittely (b)	2	42	18	42,9

3.2. Tierumpujen tulokset

Könkköjoen Könkökoskella vuonna 1999 merkityistä ja pyyntipaikalle vapautetuista (n= 23) taimenesta kolme pyydystettiin n. vuoden päästä niiden alkuperäiseltä pyyntipaikalta (Taulukko 6). Mylly-Sahakoskella vuonna 1999 merkityistä ja pyyntipaikalle vapautetuista taimenista kaksi saatiin kiinni n. vuotta myöhemmin niiden vapautuspaikalta ja yksi ylempää Könkökoskesta. Könkköjoen Mylly-Sahakoskessa viisi taimenta oli palannut tierumpujen läpi takaisin pyyntipaikalle kahden viikon sisällä siirrosta vuonna 2000, mutta niiden pituustiedot puuttuvat (Taulukko 6 ja 7).

Mylly-Sahakosken ja Könkökosken vertailussa takaisinpyynneissä ei havaittu eroa käsittelyryhmän (a) ja kontrolliryhmän (a) välillä ($\chi^2 = 0,03$, $df = 1$, $p = 0,86$). Mylly-Sahakoskella 24.8.2000 siirrettyjä kaloja (käsittely b) verrattiin muihin samalla koskella kiinnisaatuihin kaloihin (kontrolli b) (Taulukko 6). Takaisinpyyntien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä ($\chi^2 = 6,5$, $df = 1$, $p=0,01$). Käsittelyryhmän kaloilla on suurempi todennäköisyys tulla pyydystetyksi kuin kontrolliryhmän kaloilla.

Taulukko 6. Könkköjoen takaisinpyyntien tulokset vuosilta 1999–2001. Kalastuskertojen määrällä tarkoitetaan, kuinka monena kalastuskertana kaloja on saatu kiinni, mukana myös samalla merkillä muista koskista saadut kalat.

Könkköjoki	Ryhmä	Merkintä	Viimeinen takaisin- pyynti	Takaisinpyynti			
				Kalastus- kertojen määrä (kpl)	Merkityt (kpl)	kpl	(%)
Könkökoski	kontrolli (a)	18.8.1999	25.8.2000	1	23	3	13,0
Könkökoski	kontrolli (a)	25.8.2000	4.9.2001	1	21	4	19,0
Mylly-Sahakoski	kontrolli (b)	19.8.1999	7.9.2000	3	39	3	7,7
Mylly-Sahakoski	käsittely (a & b)	24.8.2000	7.9.2000	1	28	5	17,9
Mylly-Sahakoski	kontrolli (b)	7.9.2000	3.9.2001	1	95	2	2,1

Taulukko 7. Merkittyjen ja takaisinpyydettyjen taimenien pituuden vaihteluvälit ja keskipituudet Könkköjoella vuosina 1999–2001. Ryhmätunnukset ovat lyhennetty taulukkoon kontrolli (kont.) ja käsittely (käs.). Tähdellä(*) merkityssä kohdassa takaisinpyydettyjen kalojen pituuden vaihteluväli ja keskipituus ovat kahdesta taimenesta, kolmannen tiedot puuttuvat. Kahdella tähdellä (**) merkityssä kohdassa pituuden vaihteluväli keskipituus ovat 20 taimenesta, lopuista tiedot puuttuvat.

Könkköjoki	Ryhmä	Vuosi	Pituuden		Keski- pituus (mm)	Takaisin- pyynti (kpl)	Pituuden	
			Mer- kityt (kpl)	vaihtelu- väli (mm)			vaihtelu- väli (mm)	Keski- pituus (mm)
Könkökoski	kont. (a)	1999–2000	23	119–328	191,5	3	179–231	209,3
Könkökoski	kont. (a)	2000–2001	21	140–226	175,9	4	212–231	222
Mylly-Sahakoski	kont. (b)	1999–2000	39	110–256	149,9	3	199–210*	204,5*
Mylly-Sahakoski	käs. (a & b)	2000	28	143–231**	170,2**	5	-	-
Mylly-Sahakoski	kont. (b)	2000–2001	95	-	-	2	188–202	195,0

Keljonpurolla (7.6.2010) havaittiin kolmen käsittelyryhmään kalan menneen rumpuparin läpi (Taulukko 8). Myös seuraavalla kalastuskerralla (23.6.2010) kolme taimenta oli uinut rumpujen läpi. Tilastollisesti merkitsevää eroa käsittely- ja kontrolliryhmien välillä ei ollut ($\chi^2=0,036$, $df=1$, $p=0,85$). Tierumpujen ei havaittu vaikuttavan taimenien liikkumiseen Keljonpurossa.

Taimenia merkittiin kokeen aikana yhteensä 44 (Taulukko 9), joista 24 saatiin kiinni kerran ja neljä kalaa kahdesti. Kalat ovat voineet kasvaa pituutta merkintäkertojen ja takaisinpyyntien välillä. Käsittelyryhmään merkittiin kaksinkertainen määrä kaloja kuin kontrolliryhmään, mikä saattaa vääristää keskipituuksia, kun niitä vertaillaan ryhmien välillä (Taulukko 9).

Taulukko 8. Keljonpuron merkinnät ja takaisinpyyntien tulokset vuonna 2010.

Merkityt taimenet	Käsittelyryhmä (kpl)	Kontrolliryhmä (kpl)
Merkintä 19.5.2010	15	14
Merkintä 7.6.2010	15	0
Takaisinpyynti 7.6.2010	5	6
Vapautuspaikalta saadut 7.6.2010	2	5
Pyyntialueelta saadut 7.6.2010	2	1
Rumpujen läpi nousseet 7.6.2010	3	-
Takaisinpyynti 23.6.2010	16	5
Vapautuspaikalta saadut 23.6.2010	13	4
Pyyntialueelta saadut 23.6.2010	2	1
Rumpujen läpi nousseet 23.6.2010	3	-

Taulukko 9. Keljonpuron koeasetelman kalojen keskipituudet ja pituuden vaihteluvälit vuonna 2010.

Keljonpuron merkityt taimenet	n	Keskipituus (mm)	Pituuden vaihteluväli (mm)
Kaikki	44	144,6	95–282
Käsittelyryhmä	30	141,5	95–282
Kontrolliryhmä	14	155,5	99–244
Kaikki uudelleen kiinnisaadut (7.6.2010)	11	165,0	111–234
Käsittelyryhmä	5	176,2	111–234
Kontrolliryhmä	6	155,3	102–215
Kaikki uudelleen kiinnisaadut (23.2010)	21	142,0	100–244
Käsittelyryhmä	16	128,4	100–244
Kontrolliryhmä	5	175,3	135–237
Tierummuista läpi menneet	6	207,0	164–244

Puutteellisen aineiston takia Köhniönpurolla ei saatu tuloksia kesällä 2010. Seuraavana kesänä sama koeasetelma toistettiin. Myös kesällä 2011 aineisto jäi puutteelliseksi, joten tilastollista testausta Köhniönpuron aineistosta ei pystytty tekemään. Tierummun läpi ei kulkenut yhtään taimenta kumpanakaan kesänä (Taulukko 10).

Taulukko 10. Köhniönpuron tierummun koeasetelman taimenien siirrot ja takaisinpyynnit vuosina 2010–2011.

Köhniönpuro Ryhmä	Merkityt (kpl)	Pituuden vaihteluväli (mm)	Vapautuspaikalta (kpl)	Pituuden vaihteluväli (mm)	Pyyntipaikalta (kpl)
20.5.2010	käsittely	2 142–188			
20.5.2010	kontrolli	4 80–145			
30.6.2010	käsittely	4 188–218	-	-	-
30.6.2010	kontrolli	27 106–163	-	-	-
15.6.2011	käsittely	4 185–212	-	-	-
1.7.2011	käsittely	6 161–244		4 190–215	-
5.7.2011	kontrolli	11 120–223	-	-	-

3.4. Yhteenveto esteistä

Tutkimuksessa oli mukana yhdeksän estettä viidestä eri vesistöstä (Liite 1). Tutkitut estetyypit olivat risupadot, putoukset eli luonnonmukaiset kalatiet ja tierummut. Yhdeksästä tutkitusta esteestä kaksi osoittautui totaaliseksi vaellusesteeksi taimenelle (Taulukko 11). Kalojen hakeutuminen takaisin alkuperäiselle pyyntipaikalle vaihteli kohteittain, mikä on nähtävissä yllä olevista estekohtaisista tuloksista.

Taulukko 11. Tutkimuksessa mukana olleet esteet vesistökohtaisesti ja estivätkö ne taimenen kulun.

Vesistö	Este	Vuosi	Estää taimenen kulun
Keljonpuro	itse tehty risupato	2006	Ei
Keljonpuro	tierumpupari	2010	Ei
Köhniönpuro	luonnonrisupato	2006	Ei
Köhniönpuro	luonnonrisupato	2011	Ei
Köhniönpuro	tierumpu	2010–2011	Kyllä
Kiertojoki	itse tehty risupato	2006	Kyllä
Rutajoki	luonnonmukainen kalatie	1998–2000	Ei
Rutajoki	luonnonmukainen kalatie	1998–2000	Ei
Könkköjoki	tierumpupari	2000	Ei

4. TULOSTEN TARKASTELU

4.1. Kalojen liikkuminen ja menetelmän toimivuus

Tutkituista yhdeksästä kohteesta kaksi osoittautui mahdolliseksi vaellusesteeksi taimenille, koska yhdenkään taimenen ei havaittu kulkeneen näiden esteiden läpi. Seitsemässä kohteessa vähintään yksi taimen nousi esteen läpi ja nousseiden kalojen määrä vaihteli kohteittain 1–18 yksilön välillä. Köhniönpuron tierumpu osoittautui totaaliseksi vaellusesteeksi. Kiertojoen risupadosta ei myöskään noussut yhtään taimenta läpi, mutta syynä saattaa olla kalojen siirron jälkeinen kuivajakso, jolloin virtaama laski suuresti.

Merkintä–takaisinpyynti-menetelmä ja työn koasetelmat toimivat kohtuullisen hyvin tutkimuskohteilla. Käytetty merkintä–takaisinpyynti-menetelmä toimii vaellusestetutkimuksessa, jos siirrettäviä kaloja on riittävästi. Siirrettäviä kaloja pitäisi olla useita kymmeniä, jotta takaisinpyynnissä oli mahdollista saada edes osa merkityistä kaloista uudelleen kiinni. Siirrettävien kalojen määrä pitää suhteuttaa sekä virtaveden kokoon että tutkimuksen tarkoitukseen. Merkintä–takaisinpyynti-menetelmän käyttö siirtokokeissa, kuten tässä tutkimuksessa, edellyttää toimiakseen kalalajia, joka vaeltaa luontaisesti, tai jolla on havaittu kotiutumiskäyttäytymistä.

Kirjallisuudessa kotiutumiskäyttäytymistä on havaittu takaisin veteen vapautetuilla kaloilla jo n. tunnin sisällä (Armstrong & Herbert 1997) tai vasta usean päivän jälkeen, joten kalojen käyttäytyminen on yksilöllistä. Nordeng & Bratland (2006) siirsivät ristiin

taimia ja nieriöitä lähemmäs sijaitsevilla joissa. Kokeen tarkoituksena oli selvittää, miten kalat reagoivat, kun ne siirretään pois tutusta ympäristöstä. Samalla haluttiin myös tarkkailla kotiutumiskäyttäytymisen ilmenemistä. Kokeessa käytettiin nuoria kaloja, smoltteja ja sukukypsiä paikallisia kaloja. Suurin osa kaloista palasi takaisin alkuperäiseen paikkaan. Vieraassa ympäristössä kalojen havaittiin osoittavan negatiivista reotaksiaa, eli kalat suuntautuivat alavirtaa kohti. Toisin sanoen kalat reagoivat voimakkaasti vieraaseen ympäristöön ja pyrkivät sieltä pois takaisin kotiin. Tutkiessaan yhden kalatien toimivuutta Knaepkens ym. (2006) käyttivät onnistuneesti samaa koeasetelmaa kuin tämän tutkimuksen kohteissa käytettiin. Telemetriakokeessa 14 (202–288 mm) taimenta merkittiin radiolähettimellä ja siirrettiin 800–3600 m päähän pyyntialueesta (Armstrong & Herbert 1997). Kuusi kalaa vapautettiin alavirtaan ja kahdeksan ylävirtaan kiinniottopaikkaan nähden. Taimenista 12 palasi alkuperäiselle pyyntialueelle, joista puolet oli alavirtaan ja puolet ylävirtaan vapautettuja. Alavirtaan vapautettujen kalojen palaaminen kesti lyhyemmän aikaa kuin ylävirtaan vapautettujen (Armstrong & Herbert 1997). Taimenilla tehdyssä tutkimuksessa merkintä–takaisinpyyntimenetelmän ja radiotelemetriian avulla kerätyn aineiston mukaan 95,5 % takaisinpyynnistä tai lähetinkontakteista tapahtui 800 m sisällä merkintäpaikoista (Knouft & Spotila 2002).

Kalojen hajuaistia tutkittiin kokeessa, jossa käsittelyryhmän taimenilta poistettiin hajuelimet ja kontrolliryhmälle ne jätettiin (Halvorsen & Stabell 1990). Hajuaistilla havaittiin olevan merkitystä kalojen suunnistukseen. Merkintä–takaisinpyyntikokeessa taimenia (2–9-v., 60–190 mm) merkittiin eväleikkauksin 346 m jokiosuudella, joka oli jaettu jaksoihin (Hesthagen 1988). Taimenista 85–89 % liikkui 45 m sisällä vapautuspaikasta ja suurin osa kaloista oli liikkunut 45–200 m päähän vapautuspaikasta. Kaloista n 95 % oli liikkunut alle 150 m ja muutama yksilö oli uinut kauemmaksi, enimmillään 425 m päähän. Tilastollisessa testauksessa havaittiin taimenpopulaation sisältävän 15–20 % liikkuvia yksilöitä ja suuren joukon paikallisia taimenia (Hesthagen 1988). Merkintä–takaisinpyyntikokeessa taimenista suurin osa liikkui alle 15 m ja vain harva yli 50 m vapautuspaikasta (Harcup ym. 1984). Edellä mainitut tutkimustulokset tukevat taimenien kotiutumiskäyttäytymisen ilmenemistä.

Tässä tutkimuksessa taimenet osoittivat kotiutumiskäyttäytymistä palaamalla takaisin pyyntialueelle, kun niitä siirrettiin esteettömällä alueella Köhniönpurolla vuosina 2000–2001. Ensimmäisen siirtoryhmän takaisinpyyntimääriin on saattanut vaikuttaa koealan pienentäminen takaisinpyyntien yhteydessä verrattuna alkuperäiseen pyyntialaan vuonna 2000. Myös Keljonpurolla havaittiin taimenien kotiutumiskäyttäytymistä vuonna 2006. Hyvin pian veteen vapautumisen jälkeen kalat hakeutuivat risupadon läpi ylävirtaan (FT Jukka Syrjänen, Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteidenlaitos, suullinen tiedonanto). Keljonpurolla neljä käsittelyryhmän ja kaksi kontrolliryhmän taimenta palasi alkuperäiselle pyyntialueelle vuonna 2010. Pienen otoskoon takia ei pystytty yleistämään johtuiko kalojen paluu kotiutumiskäyttäytymisestä vai yksilöllisestä käyttäytymisestä hakeutua ylävirtaan. Könkköjoen aineisto antaa viitteitä kalojen kotiutumiskäyttäytymisestä. Rutajoen taimenilla havaittiin kotiutumiskäyttäytymistä, mutta osa kaloista oli hakeutunut myös muihin lähellä oleviin koskiin.

Kalojen vähäinen hakeutuminen takaisin alkuperäiselle pyyntipaikalle voi johtua useasta tekijästä. Keljonpurossa vuonna 2010 käsittely- ja kontrolliryhmän liikkumista on saattanut vaikeuttaa Kauraajantien yläpuolelta alkava n. 100 m pituinen jyrkkä auki räjäytetty koskiosuus. Osassa kohteista ja niiden siirtoryhmissä merkinnän ja ensimmäinen takaisinpyyntin väli on ollut pitkä mikä voi olla syynä kalojen vähäiseen takaisinpyyntiin. Kohteesta ja vuodesta riippuen takaisinpyyntejä tehtiin vähintään kerran, mutta joissain merkintäryhmissä jopa toistakymmentä, jolloin tuloksen luotettavuus paranee.

Sähkökalastusten välillä pidettyjen taukojen pituuden vaihtelu on saattanut vaikuttaa kalojen nousumääriin kaikissa tämän tutkimuksen kohteissa. Pidempi tauko on antanut kaloille enemmän aikaa toipumiseen merkinnän rasituksesta ja liikkumiseen vapautusalueella sekä mahdollisen vaellusesteen läpi nousuun tai paluuseen takaisin alkuperäiselle pyyntipaikalle. Kalat ovat voineet myös uida pois tutkimusalueelta, kuolla tai merkki on voinut kadota, jolloin todennäköisyys tulla uudelleen pyydystetyksi laskee. Uudelleenpyynnin jälkeen kalat palautettiin takaisin puroon tai jokeen, jolloin oli mahdollista saada sama kala kiinni useaan otteeseen.

Kalojen liikkumishaluun saattaa vaikuttaa niiden kotialueen laajuus. Jos kotialue kattaa myös vapautuspaikan tai -alueen, kalat eivät välttämättä palaa pyyntialueelle tai -paikalle. Vaeltavista taimenkannoista on havaittu olevan paikallisia kaloja, kirjallisuudessa *resident* tai *stream-dwelling*, jotka elävät ja liikkuvat vain pienellä alueella (Jonsson 1985, Hesthagen 1988, Bridcut & Giller 1993, Northcote 2010). Syksyllä 1997 Köhniönpurolla on tehty tutkimus taimenien ravinnon käytöstä sekä vaelluksista (Korsu 1999). Korsun (1999) havaintojen mukaan taimenien vaellukset lisääntyvät iän myötä, mikä saattaa johtua ravinnonkäytön muutoksista ja ruokailualueen laajenemisesta. Yksilöllisiä eroja ravinnon käytössä ja vaelluksissa havaittiin. Jos kala siirretään sille mieluisalle alueelle, esim. ravinnon hankinta on helppoa tai turvapaikkoja on riittävästi, ei kotiutumiskäyttäytymistä välttämättä tapahdu. Nislow ym. (2011) pyrkivät vähentämään habitaatin vaikutusta kalojen käytökseen vaellusestetutkimuksessa. He jättivät vyöhykkeet (20 x uoman leveys) tutkittavien tierumpujen ala- ja yläpuolelle ennen tai jälkeen tutkittavia koealueita.

Pohjoisamerikkalaisessa tutkimuksessa havaittiin vuodenajoilla olevan vaikutusta taimenen liikkumisaktiivisuuteen (Burrell ym. 2000). Burrell ym. (2000) havaitsivat kalojen olevan aktiivisimpia talvella ja syksyllä kun taas kesällä liikkuminen oli vähäistä. Tutkimuksessa mukana olleet taimenet (262–452 mm) olivat kuitenkin pituudeltaan isompia kuin tässä tutkimuksessa mukana olleet yksilöt. Tämän tutkimuksen koeasetelmien ajankohdilla saattaa olla vaikutusta kalojen liikkumisaktiivisuuteen ja takaisinpyydyttyjen kalojen määrään. Belgialaistutkimuksessa kerättiin tietoa taimenten (n= 9, 289–428 mm) liikkumisaktiivisuudesta 1,5 vuoden aikana radio-telemetrian avulla (Ovidio ym. 2002). Kalat liikkuvat 3,2 kertaa pidempiä päivämatkoja kesällä verrattuna talvikauteen. Yksilöiden välillä oli eroja liikkumisaktiivisuudessa ja paikallistekijöillä, kuten elinympäristön rakenteella ja ravinnon saatavuudella, havaittiin myös olevan vaikutusta. Kesäkuukausina toteutetuissa merkintä–takaisinpyynnissä Keljonpuron kalat osoittavat liikkumisaktiivisuutta vuonna 2010, mikä tukee Ovidion ym (2002) havaintoja. Burrell ym. (2000) eivät havainneet kaloissa kesän aikana veden lämpötilan nousun aiheuttamaa vaellusta viileämmille alueille. Uomaa suojaava puusto ja kasvillisuus vähentävät veden lämpötilan nousua kesäaikaan, mikä on auttanut koeasetelmien toteuttamista Keljon- ja Köhniönpuoroilla. Kalliovuorilla kesäaikaan tehdyssä tutkimuksessa havaittiin (264–467 mm, n= 29) taimenien olevan aktiivisia n. 11 h päivässä ja liikkuvan keskimäärin 41 m (Young 1999). Suurinta aktiivisuutta kalat osoittivat yöaikaan. Myös Ovidio ym. (2002) havaitsivat kalojen liikkuvan aktiivisimmin hämärässä. Aktiivisuusajan pituudella ja liikkumisalueen laajuudella ei ollut korrelaatiota toisiinsa (Young 1999). Kalojen pituudella ja kuljetun matkan pituudella havaittiin tilastollisesti merkitsevä positiivinen korrelaatio. Korkein veden lämpötila ei osoittanut korrelaatiota minkään aktiivisuusmuuttujan kanssa.

Hesthagen (1990) havaitsi Norjassa taimenilla tehdyssä kokeessa (ikä 2–9, pituus 60–190 mm) kotialueen olevan n. 12,5 m mittainen tai 40–50 m². Jos siis kalojen pituudella on merkitystä kuljetun matkan pituuteen (Young 1999), paikalliset taimenet saattavat myös liikkua vähemmän. Tietyn ikä- tai kokoluokan käyttäminen merkinnöissä

voi heikentää tulosten yleistettävyyttä (Pess ym. 2005, Pess ym. 2008). Bridcut & Giller (1993) havaitsivat tutkiessaan 1+ - ja 2+-vuotiaita taimenia, että useat yksilöt hakeutuivat takaisin tarkasti samoille paikoille jopa kivenlohkareen tarkkuudella. Näiden yksilöiden osalta kotialueen pituus oli korkeintaan 20 m.

Kalojen kokovaihtelulla on saattanut olla merkitystä noususteistä läpi selviytymisessä. Fyysisten ominaisuuksien perusteella suuremmilla taimenilla on paremmat mahdollisuudet uida erilaisten rakenteiden läpi. Alle 100 mm kaloille mustepistemerkinnät ovat suuri rasitus, joten tämän tutkimuksen koeasetelmissa mukana olleet taimenet olivat vähintään n. 100 mm tai sitä pidempiä. Kalat ovat voineet kasvaa merkinnän ja takaisinpyynnin välillä, mikä on huomioitava pituuksia tarkasteltaessa. Tässä tutkimuksessa taimenet (109–244) nousivat vaellusesteiden läpi. Risupaoista läpi nousseilla taimenilla alin mitta oli n. 110 mm, luonnonmukaisissa kalateissa n. 128 mm ja Keljonpuron tierummussa 164 mm. Utzinger ym. (1998) havaitsivat 18–20 cm korkeiden rakenteiden olevan vaellusesteitä kivisimpulle (*Cottus cobio*). Knaepkens ym. (2006) tekemässä vaellusestetutkimuksessa kivisimput eivät pystyneet nousemaan 8-altaista ohitusuomaa pitkin ylös asti. Altaiden välinen korkeusero vaihteli 0,1–0,2 m välillä ja vedensyvyys 0,1–0,35 m. Yksi mahdollinen syy kivisimppujen vain osittaiseen nousuun ohitusuomassa saattoi olla kahden ylimmän altaan liian suuri virtausnopeus ($>0,34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Matalien esteiden ollessa ylitepääsemättömiä kivisimpulle saattavat ne olla osittaisia tai totaalisia esteitä myös taimenen poikasille, jotka ovat 0–1-vuotiaina kivisimpun kokoisia Keljon- ja Köhniönpuuroissa. Crispin (1996) mukaan virranopeuden tulisi olla $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ tai vähemmän, jotta nuoret taimenet pystyisivät olemaan paikoillaan virrassa. Vaellusestetutkimuksissa uintikyvyiltään heikommät lajit jäävät usein huomioimatta (Lucas & Batley 1996). Virtavesissä vaeltavien kalalajien ikäryhmistä osa saattaa kärsiä vaellusesteiden vaikutuksesta enemmän kuin toiset (Pess ym. 2005).

Ovidio & Philippart (2002) ovat havainneet eroja lajien välillä erilaisissa vaellusesteissä, kun esteiden korkeus ja kaltevuus vaihtelevat. Kalan kohdatessa mahdollisen vaellusesteen sen käyttäytymiseen ja siihen, lähteekö se yrittämään ylitystä, vaikuttavat suuresti mm. virtausolosuhteet, veden syvyys esteessä ja sen alapuolella, virranopeus, veden lämpötila sekä turbulenssin suuntautuminen. Ovidio & Philippart (2002) käyttivät tutkimuksessaan taimenia, jotka olivat kooltaan vähintään 250 mm tai isompia kuin tässä tutkimuksessa mukana olleet yksilöt. Taimenen havaittiin selviytyvän 1,1 m korkeista kynnyksistä ja uimaan yli 3,8 m pitkistä esteestä kaltevuuskulman ollessa n. 50 % (Ovidio & Philippart 2002). Taimenet pystyivät selviytymään myös pitkistä esteistä 23 m asti kaltevuuden ollessa n. 30 %. Tässä tutkimuksessa esteiden kaltevuudet vaihtelivat 4,4–87,5 % välillä ja keskittyivät pääosin 4,4–20 % välille (Liite 1). Yksi taimen selviytyi läpi Köhniönpuron risupadosta, joka oli 0,8 m pitkä ja kaltevuus 62,5 %. Tutkitut esteet olivat pääosin matalampia kuin Ovidion & Phillipart (2002) tutkimat. Vertikaalisen esteen ylittämiseksi edellytetään riittävä vesisyvyys suoraan esteen alapuolella, jotta kala voisi saavuttaa tarpeeksi vauhtia ylityksen tekemiseen (Ovidio & Philippart 2002). Pienin vesisyvyys esteen alapuolella tulisi olla 2x kalan koko ja kaltevissa esteissä vettä tulisi olla vähintään kalan korkeuden verran. Tutkimuksessa havaittiin myös, että alavirtaan vaeltaessaan kalat pystyivät ylittämään esteitä useammin kuin ylävirtaan pyrkiessään. Kalojen vaelluksia ennustettaessa uoman kaltevuus, vaellusesteiden määrä sekä esteen korkeuden suhde uoman syvyyteen ovat tärkeämpiä tekijöitä kuin vaelletun matkan pituus (Weigel ym. 2013). Tässä tutkimuksessa esteen kaltevuus ei ole taimenien kulkua rajoittava tekijä, vaan esteen ja alapuolisen veden pinnan korkeudella näyttää olevan suurempi merkitys kalojen kulun onnistumiselle. Tämä

korostuu tierummuissa alivesikautena, jolloin rummun alapään ja veden pinnan välinen kulma voi olla tavallista suurempi.

Tekemässäni kenttätutkimuksessa havainnointiin, palaavatko taimenet pyyntialueelle vai eivät. Tarkempaa tietoa taimenien liikkumisesta olisi varmasti saatu, jos tarkka pyynti- ja vapautuspaikka olisi merkitty uomaan ja karttaan sekä yksilömerkitty taimenet. Käytetty mustepistemerkintämenetelmä olisi hyvin sovelnut myös yksilömerkintään suurellekin otoskoolle (Bridcut 1993). Näin olisi voitu arvioida kalojen kulkemaa matkaa ja mahdollisen kotialueen laajuutta sekä verrata yksilöiden välisiä eroja. Kirjallisuudessa vastaavan tyyppisissä vaellusestetutkimuksissa on käytetty sekä kalojen ryhmämerkintää että yksilömerkintää tai yhtäaikaisesti molempia. Tulevaisuudessa tämän kaltaisissa kalojen vaellusestetutkimuksessa voitaisiin käyttää hyväksi ryhmämerkinnän sijasta yksilömerkintää, kuten ankkurimerkkejä tai Carlin-merkkejä, jolloin kalojen yksilöllinen tunnistaminen olisi helpompaa ja merkki säilyisi pidempään kiinni kalassa kuin mustepiste. Myös radiotelemetriaa voitaisiin käyttää, jolloin saataisiin yksityiskohtaisempaa tietoa kalojen liikkeistä. Ongelmina näiden merkintämenetelmien kohdalla ovat rajalliset taloudelliset resurssit. Kaloja pitäisi kerralla merkitä useita suuria eriä, jotta tulokset olisivat luotettavia. Puroissa elävät taimenet eivät välttämättä ole tarpeeksi suuria telemetriamerkintöihin, ja nämä merkintäkäsittelyt voivat stressata tai vahingoittaa kaloja. Estetutkimuksessa voitaisiin myös hyödyntää liiketunnistimella toimivia kameroita tai kalalaskureita, mutta välineiden ja niiden käytön kalleus rajoittavat soveltuvuutta pienimuotoisten tutkimusten yhteydessä. Vedenalaisissa videokuvauksissa veden on oltava tarpeeksi kirkas ja luonnollisen valon riittävän suuri (Orell 2005), mikä myös rajaa menetelmän käyttöä. Orellin (2005) mukaan videokuvauksen etuna on, ettei kalojen tarvitse käsitellä, jolloin niiden käytös myös pysyy mahdollisimman luonnollisena.

Vaellusesteen tunnistaminen ei ole yksinkertaista (Thompson & Rahel 1998, Thorstad ym. 2008), mikä pitää ottaa huomioon myös vaellusestetutkimuksessa ja -luokittelussa. Esteen sijainti, vedenpinnan korkeus alapuoliseen vesistöön, virrannopeus ja materiaali yhdessä voivat aiheuttaa kaloille vaellusesteen. Usean tekijän, kuten virrannopeuden, veden lämpötilan ja vedenkorkeuden, yhtäaikainen pitkäkestoinen havainnointi toisi varmasti lisätietoa kalojen liikkeistä vaellusesteiden lähetyvillä. Jatkossa olisi myös kiinnitettävä huomiota kohteisiin, joissa on kaksi tai useampia esteitä samassa kohtaa. Onko esteiden välillä keskinäisiä eroja ja pystyttäisiinkö esim. vierekkäin olevista tierummuista toisen olosuhteita muuttamaan kalojen kulun kannalta suotuisammiksi? Jatkossa olisi hyvä myös tutkia tarkemmin virrannopeuden vaikutusta mahdollisen vaellusesteen synnyssä.

4.2. Risupadot

Noin 20–30 % merkityistä ja siirretyistä taimenista nousi Keljonpuron ja Köhniönpuron risupadoista läpi. Kiertojoella takaisinpyyntien ongelmana oli helteen aiheuttama kuivuus vuonna 2006 (FT Jukka Syrjänen, Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteidenlaitos, suullinen tiedonanto). Kalat hävisivät vedenpinnan laskiessa alkukesästä ja n. kuukautta myöhemmin vapautuspaikalta saatiin kaksi merkittyä taimenta. Aineiston perusteella taimenet eivät menneet läpi itse tehdystä risupadosta. Tulos ei ole luotettava, koska uoman kuivuminen karkotti kalat tutkimusalueelta.

Tämän tutkimuksen mukaan risupadot eivät toimi totaalisisina vaellusesteinä taimenille. Risu- tai puupadon syntymekanismilla ja virtausolosuhteilla saattaa olla yhteisvaikutusta siihen, pääsevätkö kalat kulkemaan niiden läpi tai yli. Sateet ja virtaaman nousu luovat uusia kulkureittejä esteiden ohi tai läpi. Uudet kulkureitit voivat lisätä kalojen nousumahdollisuutta, mutta liian suuri virrannopeus ja vain ajoittain tai hetkellisesti

käytettävissä olevat reitit heikentävät kalojen mahdollisuutta hyödyntää niitä. Risupatojen luokittelu vaellusesteeksi silmämääräisesti on vaikeaa, koska kaikki rakenteet eivät välttämättä näy ja kalat voivat päästä uimaan läpi risupadon sisällä olevia reittejä hyödyntäen. Risupatojen osalta kaivataan lisätutkimusta Suomen olosuhteissa.

Puuainesta on aikojen saatossa poistettu virtavesistä vaellusesteiden vähentämiseksi (Nagayama & Nakamura 2010). Kuitenkin useat tutkimukset ovat vuosien varrella todistaneet puuaineksen olevan tärkeä osa elinympäristöä ja ravintoketjua virtavesiekosysteemeissä. Bunt ym. (1999) havaitsivat taimenien käyttävän puuainesta ja juurakkoja turvapaikkoinaan suurilla virtaamilla. Koljonen ym. (2012) suosittelivat puun käyttöä kunnostusmateriaalina virtavesissä.

Kirjolohen (*Oncorhynchus mykiss*) ja puronierän (*Salvelinus fontinalis*) on havaittu hyötyvän suurten puunkappaleiden luonnostaan muodostamista altaista uomassa, jonka keskileveys on n. 3,5 m (Flebbe 1999). Myös Dollof & Warren (2003) ovat havainneet varsinkin isokokoisen puuaineksen synnyttämät syvänteet ja allasmaiset rakenteet tärkeiksi elinympäristöiksi kaloille ja niiden merkityksen korostuvan talvella tai muuten vähävetisinä aikoina. Köhniönpurossa n. 100 m tierummun alapuolella sijaitseva luonnonrisupato muodostaa suvannon, kun se patoaa ylhäältä tulevaa vettä. Vuosina 2010–2011 sähkökalastuksissa taimenien havaittiin viihtyvän suvannossa, joten puuaineksen kasautumisesta voi olla hyötyä paikallisesti.

4.3. Könkäät ja luonnonmukaiset kalatiet

Rutajoen käsittelyryhmien taimenista n. 30–40 % palasi kalateiden tai könkäiden läpi pyyntipaikalleen. Rutajoen takaisinpyyntien tuloksissa on huomioitava, että merkintäryhmien koko vaihteli suuresti eri merkintäkertojen välillä. Myös harvoin ja epäsäännöllisesti tehdyt takaisinpyynnit ovat saattaneet vaikuttaa aineistoon. Takaisinpyyntejä on tehty pitkän aikavälin kuluessa, mutta silti kaloja on saatu kiinni. Jatkossa olisi hyvä tutkia ovatko könkäiden viereen rakennetut ohitusuomat käyttökelpoisia kalojen kulkureitteinä, millaisissa olosuhteissa taimenet niitä käyttävät ja miten niiden toimivuutta voitaisiin kehittää. Olisi hyvä myös selvittää, pyrkivätkö kalat ylös myös könkäistä ja millaisissa olosuhteissa kalojen nousu voisi olla mahdollista.

Hepojoen ja Rytkösen (1988) mukaan korkeat putoukset luovat haastetta niin kalojen kulkemiselle kuin kalateiden suunnittelulle ja rakentamiselle. Eri kalalajien fyysiset ominaisuudet, kuten rasituksen kesto ja uintinopeus, on otettava yksilöllisesti huomioon kutakin kalatietä suunniteltaessa (Hepojoki & Rytkönen 1988, Anonyymi 1999b). Virrannopeudella ja virtauksen ajoituksella on vaikutusta kalojen nousuvaellukseen (Hepojoki & Rytkönen 1988). Rutajoella kaloja on merkitty ja takaisinpyydetty huhtikuun alun ja lokakuun lopun välisenä aikana eri vuosina. Kissakoskella taimenia merkittiin kahdessa erässä ja kaikista merkityistä taimenista lähes puolet palasi takaisin pyyntipaikalle kahden kuukauden aikana. Väärin suunnattu, liian voimakas tai heikko houkutusvirtaus voi estää kaloja löytämästä kalatien suulle (Anonyymi 1999b). Myös liian voimakas virtaus tai vähäinen lepopaikkojen määrä kalatiessä voivat vaikeuttaa kalojen ylävirtaan vaellusta. Tanskalaistutkimuksessa havaittiin suurimman osan (68 %) taimenista pyrkivän luonnonmukaiseen kalatiehen yöaikaan (Aarestrup ym. 2003). Aarestrupin ym. (2003) mukaan 90 % radiotelemetrialla merkityistä taimenista ui kalatiehen, mutta vain puolet kaloista nousi kalatien läpi. Syynä saattoi olla kalatien pituuden sekä virtauksen riittämättömyyden aiheuttama yhteisvaikutus. Tanskassa tehdyssä tutkimuksessa vapautettiin lohi- ja taimensmoltteja pienien säännöstelypatojen ylä- ja alapuolelle (Aarestrup & Koed 2003). Tutkimuksessa havaittiin keskivirtaaman lisääntymisen lisäävän smolttien selviytymistä kalatiessä.

Alaskassa tehdyssä tutkimuksessa kuvattiin Alaskan punalohen (*Oncorhynchus nerka*) nousua ja hyppyjä ylävirtaan luonnollisissa putouksissa kutuvaelluksen aikana (Lauritzen ym. 2005). Putouksen yli kantanut hyppy onnistui hyvin rajallisissa fysikaalisissa olosuhteissa. Lauritzen ym. (2005) mukaan vesiputouksen aiheuttamat pyörteet voivat hämätä kalaa ja saada aikaan virhearvion, mikä voi johtaa epäonnistuneeseen hyppyyyn. Kalojen nousun kannalta tärkeitä seikkoja ovat vesisyvyys putouksen alla ja putouksen korkeus. Epäonnistunut hyppy lähti yleensä liian kaukaa ja hitaalla vauhdilla. Matala vesisyvyys putouksen alla voi haitata vauhdinottoa ennen hyppyä (Lauritzen ym. 2005). Kondratieff & Myrick (2005, 2006) ovat tutkineet puronierän ja Rio Grandella elävän punakurkkulohen (*Oncorhynchus clarkii virginalis*) hyppyominaisuuksia vesiputouksissa ja kynnyks-allasrakenteissa laboratoriokokeissa. Kalojen hyppyominaisuuksia selvitettiin molemmissa putouksissa korkeuden (0–50 cm) ja alapuolisen altaan syvyyden (10–50 cm) vaihdellessa (Kondratieff & Myrick 2005). Rakennetut putoukset toimivat hyvin, mutta erityisominaisuuksiensa johdosta niiden havaittiin soveltuvan toisistaan poikkeaviin testauksiin. Punakurkkulohi onnistui parhaiten ylityksissä korkeuden ollessa 0–30 cm ja alapuolisen vesisyvyyden ollessa 20–30 cm (Kondratieff & Myrick 2005). Kondratieff & Myrick (2006) havaitsivat 8,6–34,0 cm pitkien puronieröiden pystyvän ylittämään 73,5 cm esteen edellyttäen alapuolisen vesisyvyyden olevan 40 cm. Tutkimuksessa havaittiin 10–15 cm kalojen kykenevän hyppäämään 4,7 kertaa pituutensa verran, 15–20 cm kalat 3,7–4,0 kertaa pituutensa verran ja 20 cm tai pidemmät kalat 2,9 kertaa pituutensa verran. Matala vesisyvyys putouksen alla laski selvästi onnistuneen hypyn korkeutta. Putouksen alapuolisen vesisyvyyden ollessa 10 cm maksimi hyppykorkeus oli 33,5 cm (Kondratieff & Myrick 2006). Rutajoen Korvenkoskella 11 taimenta (127–222 cm) nousi kalatien läpi. Ylempänä 18 taimenta (128–172 cm) nousi Kissakosken kalatien läpi. Kalateistä nousseet kalat olivat lähes samaa kokoluokkaa, vaikka kalateiden pituudessa ja pudotuskorkeudessa on eroja (Liite 1). Vaikka kalateiden välillä on eroja, niiden kaltevuuskulmat, Kissakoski 7,3 % ja Korvenkoski 8,7 % ovat hyvin lähellä toisiaan ja tulokset viittaavat taimenien kannalta suotuisiin nousuolosuhteisiin.

4.4. Tierummut

Keljonpurossa tierumpuparin läpi ui kuusi taimenta vuonna 2010. Kontrollialueen kalojen liikkumisaktiivisuutta on saattanut rajoittaa aluetta hallitseva jyrkkä koskiosuus. Kuitenkin yhteensä viisi kalaa nousi koskialueen läpi. On myös huomioitava, että rummun yläpuolelta siirretyillä käsittelyryhmän kaloilla oli lyhyempi uintimatka kotiin sekä käsittelyn ja vapautusten välinen aika oli huomattavasti pienempi kuin Kiemurakoskesta siirretyillä käsittelyryhmän kaloilla. Merkinnän ja siirron aiheuttamasta rasituksesta huolimatta, osa Kiemurakoskesta siirretyistä käsittely- ja kontrolliryhmien kaloista palasi pyyntipaikalleen. Käsittelyryhmän taimenet osoittivat enemmän viitteitä kotiutumiskäyttäytymisestä kuin kontrolliryhmän kalat, mutta otoskoot ovat pieniä.

Köhniönpurolla tutkimuksen aikana tierummun läpi ei kulkenut yhtään kalaa vuosina 2010–2011. Tulosten tarkastelussa on huomioitava, että siirrettyjen kalojen määrä oli vähäinen, joten tulos ei ole luotettava. Aiemmin tehdyissä koekalastuksissa on havaittu vain yhden taimenen nousseen tierummun läpi (FT Jukka Syrjänen, Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteidenlaitos). Kalojen nousuhaluttomuuden osatekijöinä tierummulla saattavat olla kesäsateiden aiheuttamat suuret virtaamavaihtelut sekä suuri pudotus rummun alapään ja alapuolisen vedenpinnan välillä.

Vuonna 2000 tierumpujen alle siirretyistä kaloista n. viidesosa palasi pyyntipaikalle Könkköjoen Mylly-Sahakoskella. Tierummut eivät osoittautuneet vaellusesteeksi. Jatkossa

olisi hyvä selvittää millaisissa olosuhteissa kalojen kulku rumpujen läpi on mahdollista. Jokea säännöstellään ja virtaamapiikit voivat vaikuttaa kalojen ylävirtaan pyrkimiseen tierumpujen läpi. Tierumpujen kohdalla uoma on muuta jokiuomaa kapeampi, mikä nostaa virrannopeutta rumpujen sisällä. Rumpujen alapuolella on tehty käsivoimin uomakunnostusta elokuussa 2010. Könkköjoen aineistossa otoskokojen välillä oli vaihtelua ja takaisinpyydettyjen kalojen määrät olivat pienet. Pienet otoskoot heikentävät tilastollisesti merkitsevien erojen syntymistä.

Keljonpuron, Köhniönpuron ja Könkköjoen tierummuissa oli havaittavissa, että virrannopeus rummun sisällä oli suurempi rummun keskellä kuin rummun reunoissa. Tämä ilmiö voi johtua rummun muodosta. Virran keskiosan voimakkaampi virtaus voi vaikeuttaa kalojen pääsyä rummun sisään. Rumpujen reunoilla vesipatsas on matalampi kuin rummun keskiosassa, mikä voi haitata hitaamman virtauksen hyväksikäyttöä ylöspäin noustessa. Ovidio & Philippart (2002) ovat havainneet virtausolosuhteilla olevan ajoittain suurtakin merkitystä kalojen vaellusesteestä läpi tai yli selviytymisessä.

Suomessa todennäköisesti yleisimpiä ihmistoiminnan aiheuttamia kalojen vaellusesteitä ovat tierummut. Kirjallisuudessa yleisimmiksi ongelmiksi tierummuista mainitaan väärä korkeus alapuoliseen vedenpintaan nähden ja rummun liian suuri kaltevuuskulma. Köhniönpuron tierummun suulta on silmämääräisesti havaittavissa suuri pudotus alla olevaan vedenpintaan nähden matalanveden aikaan. Tämä voi olla syynä, ettei kalojen nousu rummun läpi onnistunut. Tierumpu voi toimia vaellusesteenä sekä ylä- ja alavirtaan vaelluksille (Anonyymi 1999a). Liian korkealle sijoitettu rummun suu aiheuttaa putouksen, jota kalat eivät välttämättä pysty ylittämään (Anonyymi 1999a). Pudotus rummun suulla ei saa olla alavirtaan päin mentäessä liian korkea, sillä jo muutamien senttien pudotus voi vahingoittaa vesieläimiä (Eloranta 2000). Tärkeintä onkin huomioida rummun yläpuolisen ja alapuolisen vesistön välinen korkeusero sekä rummun purkuaukon sijoituskorkeus (Anonyymi 1999a). Pohjan rakenteeseen alapuolisen suuaukon alla on myös syytä kiinnittää huomiota, etteivät esim. terävät kivet vahingoita kaloja (Eloranta 2000).

Poplar-Jeffers ym. (2009) tutkivat 120 tierumpua maastomittausten ja ArcGis-mallinnuksen avulla puronierian elinalueella Appalakkien valuma-alueella. Mallinnuksen mukaan vain kolmessa tierummussa olisi täysin esteetön läpikulku. Osa-aikaisia esteitä havaittiin 34 ja 83 tierumpua osoittautuivat totaalisiksi esteiksi. Jos uoman kaltevuuskulma on >5 %, aiheuttaa kyseiseen uomaan sijoitettu tierumpu poikkeuksetta vaellusesteen (Poplar-Jeffers ym. 2009). Este syntyy tällöin kahdesta syystä eli uoman kanssa samaan kaltevuuskulmaan asennettu tierumpu on este korkeasta virrannopeudesta johtuen ylivesikausina tai uomaa pienempään kulmaan asennettu tierummun alapää jää vedenpinnan yläpuolelle aiheuttaen putouksen. Tutkimuksessa havaittiin, että pienissä puroissa (kaltevuuskulma 3–5 %) tierummut ovat useammin totaalisia esteitä kuin suuremmissa uomissa (Poplar-Jeffers ym. 2009). Poplar-Jeffers ym. (2009) tulosten perusteella tierummun asennuskulmalla ja asennuspaikalla voitaisiin vaikuttaa kalojen kulkumahdollisuuksiin. Keljonpurolla kaltevuuskulma rummun sisällä oli 7 % (Liite 1), mikä ei ollut este 164–244 mm kokoisille taimenille. Mittaushetkellä rumpujen suut olivat kokonaan veden alla, mikä on voinut vääristää laskettua kaltevuuskulmaa. Poplar-Jeffersin ym. (2009) tuloksiin verrattaessa Keljon tierumpuparin pitäisi olla vaelluseste. Könkköjoen Mylly-Sahakosken tierummuissa kaltevuuskulma rumpujen sisällä oli 4,7 %, mikä ei myöskään tuottanut ongelmia taimenille. Köhniönpuron tierummun kaltevuuskulma oli 4,4 %. Poplar-Jeffers ym. (2009) tuloksiin verrattaessa Köhniönpuron tierummun ongelma on alapuoliseen uomaan nähden liian korkealla oleva suuaukko.

Sopivien lepopaikkojen puuttuminen niin rummun ylä- kuin alapuolellakin saattaa vaikuttaa myös kalojen liikkumiseen (Anonyymi 1999a). Umpipohjainen tierumpu on eliöiden kannalta huonoin mahdollinen vaihtoehto, koska se eroaa todella paljon luonnonuoman virtausoloista ja rakenteesta (Anonyymi 1999a). Myös liian suuri virrannopeus rummun sisällä sekä ajoittainen matala vesisyvyys voivat haitata kalojen kulkua. Tierumpurakenteissa virrannopeus saisi olla vaeltamattomille kalalajeille korkeintaan $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, mutta mieluiten alempi (Warren ja Pardew 1998). Lohikaloille maksimi virrannopeus tierummuissa on $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Anonyymi 1999a). Kalojen uintikyky kuitenkin vaihtelee iästä ja lajista riippuen. Rumpurakenteita suunniteltaessa on tärkeää mitoittaa rumpu uoman mukaan, sillä jos rumpu on kapeampi kuin uoma myös virrannopeus sen sisällä kasvaa ja kalojen ylävirtaan nousu saattaa vaikeutua (Anonyymi 1999a). Jatkossa olisi hyvä tutkia virrannopeuden vaikutusta vaellusesteen syntyyn tässä tutkimuksessa mukana olleilla Keljon- ja Köhniönpuurojen ja Köhköjoen tierummuilla. Kalojen ja muiden vesieliöiden kannalta ehkä paras ratkaisu vesistöjen ylityskohtiin tehtävistä tierakenteista pyörörumpujen sijaan olisivat sillat ja puoliympyrän muotoiset holvimaiset rakenteet, jolloin alkuperäinen pohja ja virtausolot säilyvät lähes muuttumattomina. Norman ym. (2009) havaitsivat tutkimuksessaan yhdellä tutkimuskohteella pohjattoman tierummun sallivan esteettömän kulun sekä pohjakaloille että vesipatsaassa vapaasti uiville kaloille. Köhköjoella tierumpujen muuttaminen sillaksi oli periaatteessa mahdollista, mutta se vaatii taloudellisia resursseja.

4.5. Virhelähteet

Tutkimuksessa ilmeni joitakin virhelähteitä johtuen koasetelmasta ja sääolosuhteiden suurista muutoksista. Tutkimuksen aikana virhelähteitä saattoivat aiheuttaa mm. koekalastustiimin kokoonpanon muutokset eri sähkökalastuskertojen välillä. Tällä saattoi olla vaikutusta koekalastusten tuloksiin, sillä maastoavustajien kokemus sähkökalastuksista vaihteli suuresti. Taidot ja tekniikat kehittyivät maastotöiden edetessä. Kesällä 2011 ja 2012 käyttämäni sähkökalastuslaite oli mukana myös muissa Jyväskylän yliopiston Biologian laitoksen tutkimuksissa. Tämä vaikutti maastoaikatauluun, eikä kaikkia sähkökalastuksia pystytty toteuttamaan. Poikkeukselliset sademäärät keväällä 2011 ja 2012 sekä kesällä 2011 sekä helteet kesällä 2010 ja 2011 haittasivat tai estivät sähkökalastusten suorittamisen.

Osa aineistosta jouduttiin rajaamaan pois vähäisten takaisinpyyntien takia, eikä kaikkea aineistoa pystytty hyödyntämään vaellusestetutkimuksen näkökulmasta. Ennen vuotta 2010 kerätty aineisto antoi kuitenkin arvokasta tietoa käytetyn merkintä-takaisinpyynnin toimivuudesta ja siitä, miten jatkossa aineistoa kannattaa tallentaa ja käsitellä. Väärintulkinnat ja virheet aineiston tulkinnassa ja käsittelyssä ovat saattaneet vaikuttaa lopulliseen tulokseen.

Sähkökalastukset, mustepistemerkintä ja kalojen käsittely kokeen aikana ovat saattaneet rasittaa kaloja fyysisesti, vaikuttaa myöhempään selviytymismahdollisuuksiin sekä heikentää kalojen uudelleen kiinnisaantia. Tutkimukseni aikana sähkökalastusten yhteydessä kuoli kaksi taimenta liian suureen sähköimpulssien määrään. Thorstad ym. (2008) mukaan nousuvaelluksen aikana kalastamalla kiinniotetut tai muilla tavoin pyydystetyt kalat saattavat häiriintyä käsittelystä niin, ettei vaelluksen jatkaminen välttämättä ole mahdollista. Tehdyt käsittelyt saattavat aiheuttaa kaloille stressiä tai muuten heikentää kalojen selviytymistä sekä vaikuttaa kalojen liikkumisaktiivisuuteen (Thorstad ym. 2008). Dietrich & Cunjak (2006) merkitsivät mustepistein 12,0–20,8 cm lohia ($n=167$). Ryhmän selviytymisprosentti (98,4 %) oli erittäin hyvä, sillä vain kolme kalaa menehtyi merkinnän yhteydessä. Bridcut (1993) havaitsi vain yhden taimenen

kuolleen mustepistemerkintöjen aikana koeasetelmassa, joka kesti vuoden. Dussault & Rodríguez (1997) havaitsivat mustepisteillä merkityillä lohilla ja puronieriöillä pituusluokkien välillä eroja merkinnän jälkeisessä kuolevuudessa. Kalan koon kasvaessa kuolevuus väheni molempien lajien kohdalla. Kaikki tutkimuksessani merkityt kalat olivat hyväkuntoisia vapautushetkellä. Kalojen selviytymismahdollisuuksiin merkinnän jälkeen saattavat vaikuttaa kalan ikä, fyysinen kunto, rasituksen kesto sekä ilman ja veden lämpötila.

Nordwall (1999) havaitsi tutkimuskäytössä olleiden sähkökalastusten saavan aikaan taimenien liikkumista varsinkin suurimmissa kaloissa. Kalat voivat siirtyä pois normaaleilta elinalueiltaan tai kokonaan tutkimusalueen ulkopuolelle. Tämä voi olla yhtenä syynä aineistoni pieniin takaisinpyyntimääriin. Sähkökalastus saattaa antaa vääristyneen kuvan populaation koosta ja kokojakaumasta (Nordwall 1999). Nordwall (1999) suosittelee tutkimuskäytössä vältettävän sähkökalastusmenetelmää lyhyen aikavälin kokeissa, koska takaisinpyyntimäärät saattavat vääristyä sähköimpulssien aikaansaamasta kalojen liikkumisesta pois tutkimusalueelta.

Osassa kohteista sähkökalastuksia on tehty vasta vuosi kalojen merkinnän jälkeen, mikä voi olla syynä vähäiseen kalojen takaisin saantiin tai merkit olivat ehtineet hävitä kaloista. Takaisinpyydytyissä taimenissa mustepisteet olivat säilyneet osassa jopa vuoden kalan iholla (FT Jukka Syrjänen, Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteidenlaitos, suullinen tiedonanto). Rutajoen aineistossa oli muutamia taimenyksilöitä, joilla oli mustepiste vielä kaksi vuotta merkinnän jälkeen (Taulukko 3). Myös vuonna 2011 tehtiin havaintoja kahdesta taimenesta, joilla oli mustepisteet aiemman kesän merkinnästä. Mustepisteen pysyvyyttä on hankala arvioida, sillä musteen vahvuutta on vaikea säädellä merkintöjä tehtäessä. Lohilla ja puronieriöillä tehdyssä kokeessa mustepisteet säilyivät selkeinä neljä viikkoa merkinnästä, minkä jälkeen merkkien väri alkoi hiljalleen kadota (Dussault & Rodríguez 1997). Syynä merkkien häviämiseen saattoi olla kalojen kasvaminen. Bridcut (1993) havaitsi mustepisteiden säilyvän taimenilla jopa vuoden. Osalle taimenista (12,3 %) piti lisätä tutkimusjakson aikana uusi merkki aiemman kadottua 1–2 kuukauden aikana ensimmäisestä merkinnästä (Bridcut 1993).

Pyydettyjen ja merkittyjen taimenien määrä vaihteli vuosittain suurimmassa osassa kohteista. Vesistön koko ja virtausolosuhteet vaikuttavat pyydystettävien kalojen määrään sekä myös todennäköisyyteen saada merkitty kala uudelleen kiinni. Menetelmässä kalat palautettiin takaisinpyynnin jälkeen veteen eli tuloksissa on huomioitu kalat ryhmämerkin havaintomäärän mukaan, joten sama yksilö on voitu havainnoida useampaan kertaan. Rutajoella ja Könkköjoella taimenia on saatu takaisin eri koskesta mihin ne oli aiemmin vapautettu, mikä kertoo kalojen liikkumishalukkuudesta. Jokikohteissa vapaa-ajankalastusaktiivisuus on saattanut vähentää merkittyjen kalojen määrää (FT Jukka Syrjänen, Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteidenlaitos, suullinen tiedonanto).

4.6. Vaellusestekartoitusten tila Suomessa

Kalastuslaissa tai -asetuksessa ei suoraan määritellä, miten tulee toimia rakenteiden kohdalla, jotka saattavat aiheuttaa tai aiheuttavat kalojen kulun estymistä. Kalastuslain ensimmäisessä pykälässä käsitellään kalastuksen kestävää harjoittamista ja siinä todetaan ”tällöin on vältettävä toimenpiteitä, jotka voivat vaikuttaa vahingollisesti tai haitallisesti luontoon tai sen tasapainoon” (Suomen Kalastuslaki 286/1982). Tämä voidaan tulkita niin, että vaellusesteiden tutkimus, kartoitukset, kunnostukset ja poistot tukevat lain asettamaa tavoitetta luonnon monimuotoisuuden ja kalakantojen säilyttämisestä. Uusi kalastuslaki tulee voimaan vuoden 2016 alusta, mikä on otettava huomioon vaellusesteille toimenpiteitä suunniteltaessa, niiltä osin kuin laki koskee vaellusesteitä tai kalojen kulun turvaamista.

Suomessa kalatalous- ja ELY-keskukset sekä järjestöt ovat tehneet vaellusestekartoituksia puroissa ja pienissä joissa. Tiedot ovat usein vain aktiivisten toimijoiden tiedossa eikä ajantasaista listausta tai tarkkoja karttoja kohteista välttämättä ole tehty. Puroista ja pienistä joista on Suomessa julkaistu tutkimusartikkeleja hyvin vähän. Vaellusesteiden määrittely ei ole yksiselitteistä, mikä luo oman haasteensa selvitysten tekemiseen niin yksittäisten esteiden kohdalla kuin yleistettävyyden kannalta. Vaellusesteistä on usein kerätty tietoa vapaaehtoisvoimin, kuten käyttämäni vuosina 1998–2006 kerätty aineisto. Suomen olosuhteissa olevista vaellusesteistä tarvitaan lisää yleistettävämpää tutkimustietoa ja olemassa olevaa tietoa tulisi hyödyntää paremmin. Pitkät aikasarjat antavat luotettavampaa tietoa vaellusesteistä, mutta niiden keräämiseen vaikuttavat vuosien ja merkintäryhmien väliset vaihtelut (esim. Rutajoen aineisto), sääolosuhteet (esim. Köhniönpuron aineisto 2010–2011) ja kalastuskertojen toteuttaminen ja toteutuminen (esim. Köhniönpuron aineisto 2010–2011).

Vaellusesteselvityksissä ja -kartoituksissa prioriteettina ovat usein kalataloudelliset perusteet ja lohikalat, vaikka ekosysteemien kannalta olisi tärkeää huomioida myös muut kalalajit, lähialueen vesieliöstö ja koko lähiekosysteemi (Kalastusbiologi Timo Turunen, Pohjois-Karjalan ELY-keskus, suullinen tiedonanto). Kalojen kulkua turvaavien hankkeiden yhteydessä olisi hyvä määrittellä selkeät tavoitteet ja selvittää kaikki valuma-alueella olevat vaellusesteet sekä luoda näille yhteinen prioriteettilistaus (Roni ym. 2002) mukaan. Tässä tutkimuksessa keskityttiin vain yksittäisiin esteisiin, jolloin laajempi kuva vesistön tai valuma-alueen muista taimenen kulkua mahdollisesti rajoittavista esteistä jäi saamatta. Jatkossa vaellusestetutkimusta kannattaisi keskittää laajemmalle alueelle yhden vesistön osalta. Tutkimuskohteiden valintaa voi kuitenkin rajoittaa se, ettei sopivan kohteen lähellä ole merkintään ja siirtoon soveltuvaa kalalajia. Kalalajien määrä ja kirjo vaihtelee vesistöittäin, joten vaellusesteellisyyttä ja vaellusestekunnostuksia pitäisi tarkastella yhtä aikaa vesistö- ja kalalajikohtaisesti (Ympäristöasiantuntija Antero Koikkalainen, Pohjois-Karjalan ELY-keskus, suullinen tiedonanto). Latvavesissä vaellusesteiden poisto tai vähentäminen eivät välttämättä lisää kalaston monimuotoisuutta, jos esim. särki- tai ahvenkalat eivät luontaisestikaan elä samoilla alueilla esim. taimenen kanssa. Roni ym. (2002) myös suosittelevat habitaatin laadun ja määrän sekä kalalajien puuttumisen ja esiintymisen selvittämistä vaellusesteiden ala- ja yläpuolella ennen kunnostustoimia.

Onnistuneella kalojen habitaattien suojelulla ja kunnostuksella on oltava biologinen pohja (Rabeni & Sowa 1996). Tämä vaatii tietämystä useista muuttujista, jotka vaikuttavat yhtä aikaa kohteen kaloihin ja ympärillä olevaan eliöstöön sekä perehtymistä aiheeseen useasta näkökulmasta. Ajatusta pitäisi soveltaa myös vaellusestekunnostusten suunnittelun yhteydessä, sillä jo pienet muutokset habitaatissa voivat aiheuttaa suuria muutoksia eliöiden välisissä suhteissa. Kunnostusta suunniteltaessa on mietittävä myös, mitä kalalajeja esteen yli tai läpi halutaan kulkevan ja sen pohjalta lähdeävä muuttamaan olosuhteita (Ovidio & Philippart 2002). Tässä tutkimuksessa mukana olleet kohteet olivat erilaisista vesistöistä, mikä antaa perspektiiviä, että mahdollisia vaellusesteitä voi olla missä vain. Silmämääräinen vaellusesteen arviointi on vaikeaa, siksi tueksi tarvitaan erilaisia mittauksia ja mieluiten kalojen luontaisessa elinympäristössä toteutettuja merkintöjä ja takaisinpyyntejä. Oli hienoa havaita, miten erilaisissa ympäristöissä taimen viihtyy ja jatkossa näiden populaatioiden säilyminen olisi hyvä turvata. Tehdyt merkintä- takaisinpyynnit antoivat tärkeää tietoa taimenen kulkua rajoittavista esteistä ja osoittivat, että esteiden läpi voi päästä suotuisissa olosuhteissa.

Vaellusesteiden luokittelussa ja kunnostusten yhteydessä kiinnitetään usein huomiota vain kalojen ylävirtaan pääsyyn. Populaatioiden ja yksilöiden säilymisen kannalta on

tärkeää turvata myös kalojen alavirtaan suuntautuva vaellus (Ovidio & Philippart 2002). Utzinger ym. (1998) ja Ovidio & Philippart (2002) muistuttavat pitkittäissuuntaisten joki- ja purojatkumoiden tärkeydestä, mikä usein unohtuu kun keskitytään yksittäisiin vaellusesteisiin. Tierumpujen rakennus- tai muutuskustannukset ovat usein suuret (Gibson ym. 2005, Norman ym. 2009, Poplar-Jeffers ym. 2009), siksi olisi hyvä miettiä kompromissia rakennuskustannusvaihtoehtojen, rummun sijainnilla valuma-alueeseen nähden sekä muutoksen vaikutuksen alla olevien lajien välillä (Norman ym. 2009). Tässä tutkimuksessa keskityttiin ylöspäin suuntautuvaan taimenien vaellukseen mahdollisten vaellusesteiden läpi. Ravintoa, suojaa tai kutupaikkaa etsiessään taimenet voivat liikkua ala- ja ylävirtaan. Tutkimistani kohteista Köhniönpuron tierumpu saattaa aiheuttaa ongelmia kalojen alavirtaan suuntautuvassa vaelluksessa alivesikautena. Kohteesta riippuen käytettävissä olevat taloudelliset resurssit usein sanelevat, kannattaako kunnostusta edes harkita.

Yksittäisiä vaelluseste- ja tierumpukartoituksia on tehty Suomessa, mutta koko maan kattavaa tierumpurekisteriä ei ole (Kalabiologi Anssi Eloranta, Keski-Suomen ELY-keskus, suullinen tiedonanto). Tierumpujen tietojen kokoaminen on haastavaa, koska niitä on Suomessa tuhansia. Keski-Suomen ELY-keskus on tehnyt pilottiselvityksen ylitysrakenteiden ympäristöongelmista, missä tarkastellaan mm. tierumpuja (Eloranta A.J. & Eloranta A.P., julkaisematon). Ympäristöhallinnon OIVA-palvelussa on Vesty-rekisteri, joka sisältää vesistöihin tehtyjä rakenteita. Vesty:n kirjatut rakenteet ovat pääosin suuria (esim. vesivoimalaitoksia tai muita patorakenteita) ja sijaitsevat päävesistöissä tai niiden varsilla. Koko Suomen kattavalle vaellusesterekisterille erilaisten rakennettujen ja luontaisten esteiden osalta olisi tarvetta. Tällaiseen rekisterin kautta voisi jakaa tutkimustietoa, kokemuksia vaellusesteistä ja niiden kunnostuksista sekä yhdistää aiheen parissa toimivia tahoja.

4.7. Päätelmät

Risupadot, pienet putoukset ja tierummut saattavat aiheuttaa kaloille vaellusesteitä. Jokainen kohde pitäisi tarkastella ”yksilönä” kohteiden keskinäisestä erilaisuudesta johtuen. Tämä kuitenkin vaikeuttaa yhtenäisten ratkaisujen ja ohjeistuksen kokoamista mm. kunnostusten osalta. Selkeiden parametrien määrittäminen, minkä mukaan estettä arvioitaisiin, on vaikeaa määritellä, koska esteiden rakenteet saattavat poiketa suuresti toisistaan. Luonnostaan muodostuvia vaellusesteitä on vaikea ennakoida, mutta toisaalta ne on helpompi ja edullisempi muokata tai poistaa kuin rakennetut esteet. Vaellusesteen tunnistaminen ei näin ollen ole yksiselitteistä mm. tapauskohtaisuudesta ja usean tekijän yhteisvaikutuksesta johtuen. Sijainti, virtausolosuhteet, yläpuolisen veden korkeusero alapuoliseen vedenpintaan, rakenteen korkeus, kaltevuus, pituus, materiaali ja vuodenaikaisvaihtelut voivat yhdessä määrätä muodostaako rakenne vaellusesteen. Kalojen vaellusesteitä on tutkittu ja kartoitettu Suomessa vähän, joten yleistettävämpää lisätietoa erilaisista kohteista tarvitaan.

KIITOKSET

Kiitän Heikki Hämäläistä ja Jukka Syrjästä työn ohjauksesta sekä kärsivällisyydestä graduprosessin aikana. Erityisesti haluan kiittää Jukkaa graduaiheen löytämisestä sekä suuresta avusta maastossa ja aineiston käsittelyssä. Kiitos Timo Marjomäelle ajatuksia herättäneistä kommentteista. Lisäksi valtavat kiitokset seuraaville henkilöille, jotka rymysivät kanssani maastossa: Juho Haatanen, Lamia Paananen, Matti Kotakorpi, Siru Roppola, Rosanna Sjövik, Antti Leppänen, Maiju Partanen, Maija Hannula ja Sonja Lehtinen. Kiitos Anssi Elorannalle (Keski-Suomen ELY-keskus) kannustavista kommentteista työni aiheeseen liittyen. Mielenkiintoisista ja antoisista keskusteluista vaellusesteisiin liittyen kiitokset Antero Koikkalaiselle ja Timo Turuselle (Pohjois-Karjalan ELY-keskus). Kiitokset myös Ilona Joensuulle, Sonja Korhoselle, Tiina Käelle, Päivi Oikariselle ja Meri Vallinille, jotka kannustivat minua työn loppuvaiheessa. Tämän tutkimuksen tekeminen ei olisi ollut mahdollista ilman Maa- ja vesitekniikan tuki ry:n, Kalatalouden ja merenkulun koulutuksen edistämissäätiön, Olvi-säätiön sekä Konneveden kalatutkimus ry Rymy:n antamaa taloudellista tukea. Kiitokset tarkkasilmäisille oikolukijoille Sonja Korhoselle, Ilona Joensuulle, Tiina Käelle, Päivi Oikariselle ja Saara-Maija Kalliolle arvokkaista kommentteista. Lopuksi haluan kiittää ystäviäni ja perhettäni tärkeästä tuesta graduni teon aikana.

KIRJALLISUUS

- Aarestrup K. & Koed A. 2003. Survival of migrating sea trout (*Salmo trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo Salar*) smolts negotiating weirs in small Danish rivers. *Ecol. Fresh. Fish* 12: 169–176.
- Aarestrup K., Lucas M.C. & Hansen J.A. 2003. Efficiency of a nature-like bypass channel for sea trout (*Salmo trutta*) ascending a small Danish stream studied by PIT telemetry. *Ecol. Freshw. Fish* 12:160–168.
- Anonyymi. 1999a. *Tierummut vaellusesteinä, ongelman kuvaus ja ratkaisumalleja*. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 22/1999. Ruotsinkielisestä ”Vägtrummor – vandringshinder” –oppaasta kääntänyt ja Suomen oloihin soveltanut Antti Haapala. Tielaitos, Tiehallinto, Tie- ja liikennetekniikka. Helsinki, 36 s.
- Anonyymi. 1999b. *Kalateiden suunnittelu- ja mitoitusohjeet*. Ympäristöopas 62. Luonto ja luonnonvarat. Saksankielisestä alkuperäisteoksesta suomeksi käännetty ja Suomen oloihin sovellettu. Suomen ympäristökeskus. Helsinki, 164 s.
- Armstrong J.D. & Herbert N.A. 1997. Homing movements of displaced stream-dwelling brown trout. *J. Fish Biol.* 50: 445–449.
- Arnekleiv J.V. & Rønning L. 2004. Migratory patterns and return to the catch site of adult brown trout (*Salmo trutta L.*) in a regulated river. *River Res. Applic.* 20: 929–942.
- Bridcut E.E. 1993. A coded Alcian Blue marking technique for the identification of individual brown trout, *Salmo trutta L.*: an evaluation of its use in fish biology. *Biol. Environ.* 93B: 7–110.
- Bridcut E.E. & Giller P.S. 1993. Movement and site fidelity in young brown trout *Salmo trutta* populations in a southern Irish stream. *J. Fish Biol.* 43: 889–899.
- Bunt C.M., Cooke S.T., Katopodis C. & McKinley R.S. 1999. Movement and summer habitat of brown trout (*Salmo trutta*) below a pulsed discharge hydroelectric generating station. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* 15: 395–403.
- Burrell K.H, Isely J.J., Bunnell D.B. Jr, Van Lear D.H & Dolloff C.A. 2000. Seasonal movement of brown trout in a southern Appalachian river. *Trans. Am. Fish. Soc.* 129:1373–1379.

- Crisp D.T. 1996. Environmental requirements of common fiverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference and chemical aspects. *Hydrobiologia* 323: 201–221.
- Dietrich J.P. & Cunjak R.A. 2006. Evaluation of the impacts of Carlin tags, fin clips and panjet tattoos on juvenile Atlantic salmon. *N. Am. J. Fish. Manage.* 26:163–169.
- Dittman A.H. & Quinn T.P. 1996. Homing in Pacific salmon: Mechanisms and ecological basis. *J. Exp. Biol.* 199: 83–91.
- Dollof C.A. & Warren M.L. Jr. 2003. Fish relationships with large wood in small streams. Teoksessa: Gregory S.V., Boyer K.L. & Gurnell A.M. (toim.), *The ecology and management of wood in world rivers*, American Fisheries Society, Symposium 37, Bethesda, Maryland, USA, 179–193.
- Dussault C. & Rodríguez M.A. 1997. Field trials of marking stream salmonids by dye injection and coded-wire-tagging. *N. Am. J. Fish. Manage.* 17: 451–456.
- Døving K., Nordeng H. & Oakley B. 1974. Single unit discrimination of fish odours released by char (*Salmo alpinus* L.) populations. *Camp. Biochem. Physiol.* 47:1051–1063.
- Elliott J.M. 1989. Wild brown trout *Salmo trutta*: an important national and international resource. *Freshwater Biol.* 21: 1–5.
- Eloranta A. 1995. Kunnostuskivet eivät tuo vaelluskaloja virtoihin. *Suomen Kalastuslehti* 8/1995: 4–8.
- Eloranta A. 2000. Tierumpu voi katkaista vaellusväylän. *Suomen Kalastuslehti* 7/2000: 32–35.
- Eloranta A. 2008. Romuroinat pois ja eroosioalueille suojaukset. *Suomen Kalastuslehti* 3/2008: 4–7.
- Ferguson A. 1989. Genetic differences among brown trout, *Salmo trutta*, stocks and their importance for the conservation and management of the species. *Freshwater Biol.* 21: 35–46.
- Flebbe P.A. 1999. Trout use of woody debris and habitat in Wine Spring Creek, North Carolina. *Forest Ecol. Manag.* 114: 367–376.
- Gibson R.J., Haedrich & Wernerheim C.M. 2005. Loss of fish habitat as a consequence of inappropriately constructed stream crossings. *Fisheries* 30: 10–17.
- Halvorsen M. & Stabell O.B. 1990. Homing behaviour of displaced stream-dwelling brown trout. *Anim. Behav.* 39: 1089–1097.
- Harcup M.F., Williams R. & Ellis D.M. 1984. Movements of brown trout, *Salmo trutta* L., in River Gwyddon, South Wales. *J. Fish Biol.* 24: 415–426.
- Hepojoki A. & Rytönen J. 1988. *Kalatietekniikkaan vaikuttavat perustekijät*. Vesirakennuslaboratorion julkaisuja VRL-6. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja maanmittaustekniikan osasto, Vesirakennuslaboratorio, Otaniemi. 110 s.
- Hesthagen T. 1988. Movements of brown trout, *Salmo trutta*, and juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, in a coastal stream in northern Norway. *J. Fish. Biol.* 32: 639–653.
- Hesthagen T. 1990. Home range of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta*, in a Norwegian stream. *Freshwater Biol.* 24: 63–67.
- Holthe E., Lund E., Finstad B., Thorstad E.B. & McKinley R.S. 2005. A fish selective obstacle to prevent dispersion of an unwanted fish species, based on leaping capabilities. *Fisheries Manag. Ecol.* 12: 143–147.
- Jonsson B. 1985. Life history patterns of freshwater resident and sea-run migrant brown trout in Norway. *Trans. Am. Fish. Soc.* 114: 182–194.

- Junge C., Museth J., Hindar K., Kraabøl M. & Vøllestad L.A. 2014. Assessing the consequences of habitat fragmentation for two migratory salmonid fishes. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 24: 297–311.
- Knaepkens G., Baekelandt & Eens M. 2006. Fish pass effectiveness for bullhead (*Cottus gobio*), perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) in a regulated lowland river. *Ecol. Freshw. Fish* 15: 20–29.
- Knouft J.H & Spotila J.R. 2002. Assessment of movements of resident stream brown trout, *Salmo trutta* L., among contiguous sections of stream. *Ecol. Freshw. Fish* 11: 85–92.
- Koljonen S., Louhi P., Mäki-Petäys A., Huusko A. & Muotka T. 2012. Quantifying the effects of in-stream habitat structure and discharge of leaf retention: implications for stream restoration. *Freshw. Sci.* 31: 1121–1130.
- Kondratieff M.C. & Myrick C.A. 2005. Two adjustable waterfalls for evaluating fish jumping performance. *Trans. Am. Fish. Soc.* 134: 503–508.
- Kondratieff M.C. & Myrick C.A. 2006. How high can brook trout jump? A laboratory evaluation of brook trout jumping performance. *Trans. Am. Fish. Soc.* 135: 361–370.
- Korsu K. 1999. *Taimenyksilöiden (Salmo trutta) ravinnonvalintastrategiat ja vaellukset Jyväskylän Köhniönpurolla syksyllä 1997*. Hydrobiologian ja limnologian Pro gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto, 41 s.
- Lauritzen D.V., Hertel F. & Gordon M.S. 2005. A kinematic examination of wild sockeye salmon jumping up natural waterfalls. *J. Fish Biol.* 67: 1010–1020.
- Lucas M.C. & Batley E. 1996. Seasonal movements and behaviour of adult barbel *Barbus barbus*, a riverine cyprinid fish: implications for river management. *J. App. Ecol.* 33: 1345–1358.
- Maanmittauslaitos a. Kansalaisen karttapaikka. [viitattu 11.12.2013]
- Maanmittauslaitos b. Kansalaisen karttapaikka. [viitattu 18.12.2013]
- Marschall E.A., Mather M.E., Parrish D.L., Allison G.W. & McMenemy J.R. 2011. Migration delays caused by anthropogenic barriers: modeling dams, temperature and success of migrating salmon smolts. *Ecol. Appl.* 21: 3014–3031.
- McDowall R.M. 2001. Anadromy and homing: two life-history traits with adaptive synergies in salmonid fishes? *Fish Fish.* 2: 78–85.
- Musil J., Horký P., Slavík O., Zbořil A. & Horká P. 2012. The response of the young of the year fish to river obstacles: Functional and numerical linkages between dams, weirs, fish habitat guilds and biotic integrity across large spatial scale. *Ecol. Indic.* 23: 634–640.
- Nagayama S. & Nakamura F. 2010. Fish habitat rehabilitation using wood in the world. *Landscape Ecol. Eng.* 6: 289–305.
- Nislow K.H., Hudy M., Letcher B.H. & Smith E.P. 2011. Variation in local abundance and species richness of stream fishes in relation to dispersal barriers: implications for management and conservation. *Freshwater Biol.* 56: 2135–2144.
- Nordeng H. & Bratland B. 2006. Homing experiments with parr, smolt and residents of anadromous Arctic charr *Salvelinus alpinus* and brown trout *Salmo trutta*: transplantation between neighbouring river systems. *Ecol. Freshw. Fish* 15: 488–499.
- Nordwall F. 1999. Movements of brown trout in a small stream: effects of electrofishing and consequences for population estimates. *N. Am. J. Fish. Manage.* 19:462–469.
- Norman J.R., Hagler M.M., Freeman M.C. & Freeman B.J. 2009. Application of a multistate model to estimate culvert effects on movement of small fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.* 138: 826–838.
- Northcote T.G. 1992. Migration and residency in stream salmonids – some ecological considerations and evolutionary consequences. *Nordic J. Freshw. Res.* 67: 5–17.

- Northcote T.G. 2010. Controls for trout and char migratory/resident behaviour mainly in stream systems above and below waterfalls/barriers: a multidecadal and broad geographical review. *Ecol. Freshw. Fish* 19: 487–509.
- Novinger D.C. & Rahel F.J. 2003. Isolation management with artificial barriers as a conservation strategy for cutthroat trout in headwater streams. *Conserv. Biol.* 17: 772–781.
- Orell P. 2005. Tenojoella lohiystävällistä tiedonkeruuta. *Suomen Kalastuslehti* 5/2005: 11–13.
- Oulasvirta P. 2011. Distribution and status of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in northern Fennoscandia. *Toxicol. Environ. Chem.* 93: 1713–1730.
- Ovidio M., Baras E., Goffaux D., Giroux F. & Philippart J.C. 2002. Seasonal variations of activity pattern of brown trout (*Salmo trutta*) in a small stream, as determined by radio-telemetry. *Hydrobiologia* 470: 195–202.
- Ovidio M. & Philippart J. 2002. The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish. Synthesis of a 5-year telemetry study in the river Meuse basin. *Hydrobiologia* 483: 55–69.
- Pakkasmaa S. & Piironen J. 2001. Morphological differentiation among local trout (*Salmo trutta*) populations. *Biol. J. Linn. Soc.* 72: 231–239.
- Pépin M., Rodríguez M.A. & Magnan P. 2012. Impacts of highway crossings on density of brook charr in streams. *J. Appl. Ecol.* 49: 395–403.
- Pess G.R., McHenry M.L. & Beechie T.J. 2008. Biological impacts of the Elwa river dams and potential salmonid responses to dam removal. *Northwest Sci.* 82:72–90.
- Pess G., Morley S. & Roni P. 2005. Evaluating fish response to culvert replacement and other methods for reconnection isolated aquatic habitats. Teoksessa: Roni P. & Quimby E. (toim.), *Monitoring stream and watershed restoration*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, 267–276.
- Peter A. 1998. Interruption of the river continuum by barriers and the consequences for migratory fish. Teoksessa: Jungwirth M., Schmutz S. & Weiss S. (toim.), *Fish migration and fish bypasses*, Department of Hydrology, Fisheries and Aquaculture, University of Agricultural Sciences, Vienna, Austria, 99–112.
- Poplar-Jeffers I.O., Petty J.T., Anderson J.T., Kite S.J., Strager M.P. & Fortney R.H. 2009. Culvert replacement and stream habitat restoration: implications from brook trout management in an Appalachian watershed, U.S.A. *Restor. Ecol.* 17: 404–413.
- Rabeni C.F. & Sowa S.P. 1996. Integrating biological realism into habitat restoration and conservation strategies for small streams. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 252–259.
- Ranta E., Rita H. & Kouki J. 2012. *Biometria, tilastotiedettä ekologeille*, 10. painos, Yliopistopaino, Helsinki, 569 s.
- Roni P., Beechie T.J., Bilby R.E., Leonetti F.E., Pollock M.M. & Pess G.R. 2002. A review of stream restoration techniques and a hierarchical strategy for prioritizing restoration in Pacific Northwest watersheds. *N. Am. J. Fish. Manage.* 22: 1–20.
- Suomen Kalastuslaki 286/1982. FINLEX. [viitattu 31.10.2014]
- Thompson P.D. & Rahel F.J. 1998. Evaluation of artificial barriers in small Rocky Mountain streams for preventing the upstream movement of brook trout. *N. Am. J. Fish. Manage.* 18: 206–210.
- Thorstad E.B., Økland F., Aarestrup K. & Heggberget T.G. 2008. Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. *Rev. Fish. Biol. Fisheries* 18: 345–371.

- Utzinger J., Roth C. & Peter A. 1998. Effects of environmental parameters on the distribution of bullhead *Cottus gobio* with particular consideration of the effects of obstructions. *J. Appl. Ecol.* 35: 882–892.
- Warren M. L. Jr & Pardew M.G. 1998. Road crossings as barriers to small-stream fish movement. *Trans. Am. Fish. Soc.* 127: 637–644.
- Weigel D.E., Connolly P.J. & Powell M.S. 2013. The impact of small irrigation diversion dams on the recent migration rates of steelhead and redband trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Conserv. Genet.* 14: 1255–1267.
- Young M.K. 1999. Summer diel activity and movement of adult brown trout in high-elevation streams in Wyoming, U.S.A. *J. Fish Biol.* 54: 181–189.

Liite 1. Esteiden kuvaus ja sijainnit.

Vesistö	Vuosi	Rakenne	Materiaali	Pituus (m)	Pudotus (cm)	Kaltevuus (%)	ETRS-TM35FIN- tasokoordinaatit	
							N	E
Keljonpuro	2006	risupato	puu	0,5–1	7	7,0–14,0	6897275	433116
Keljonpuro	2010	tierumpupari	betoni	7,7	rummun sisällä 55/ alareunasta 3	sisällä 7,1/ alareuna 30,0	6897572	433272
Kiertojoki	2006	risupato	kivi ja puu	0,5–0,7	10	14,3–20,0	6872750	450663
Köhniöpuro	2006	risupato	kivi ja puu	1,5	20	13,3	6901517	430423
Köhniöpuro	2010–2011	risupato	kivi ja puu	0,8	50	62,5	6901106	430619
Köhniöpuro	2010–2011	tierumpu	betoni	12,3	rummun sisällä 54,5/ alareunasta 35	sisällä 4,4/ alareuna 87,5	6901056	430583
Könkköjoki, Mylly–Sahakoski	2000	tierumpupari köngäs ja	aaltopelti	14,8	rumpujen sisällä 70	sisällä 4,7	6901034	409254
Rutajoki, Kissakoski	1999–2000	luonnonmukainen kalatie köngäs ja	kivi	53,0	388	7,3	6873611	446142
Rutajoki, Korvenkoski	1998–2000	luonnonmukainen kalatie	kivi	84,5	733	8,7	6873982	446369