

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 1/2024

Lohen vaelluspoikasten selviytyminen Kemijoella

Erot voimalaitosten välillä

Miitri Mönttinen, Panu Orell, Riku Rinnevali,
Jarno Jääskeläinen ja Riina Huusko

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 1/2024

Lohen vaelluspoikasten selviytyminen Kemijoella

Erot voimalaitosten välillä

**Miitri Mönntinen, Panu Orell, Riku Rinnevali,
Jarno Jääskeläinen ja Riina Huusko**



Viittausohje:

Mönttinen, M., Orell, P., Rinnevali, R., Jääskeläinen, J. & Huusko, R. 2024. Lohen vaelluspokasten selviytyminen Kemijoella : Erot voimalaitosten välillä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 1/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 24 s.

Miitri Mönttinen ORCID ID, <https://orcid.org/0009-0007-0711-8158>



ISBN 978-952-380-866-9 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-866-9>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Miitri Mönttinen, Panu Orell, Riku Rinnevali, Jarno Jääskeläinen ja Riina Huusko

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisuvuosi: 2024

Kannen kuva: Panu Orell

Abstract

Miitri Mönttinen¹, Panu Orell¹, Riku Rinnevali¹, Jarno Jääskeläinen² and Riina Huusko¹

¹ Natural resources institute Finland, Paavo Havaksen tie 3, 90014 University of Oulu

² Natural resources institute Finland, Laivurintie 6, 94450 Keminmaa

Currently there are severe problems in the downstream migration of Baltic salmon smolts in the large, regulated River Kemijoki and significant measures are needed to lessen these problems. For the planning of these potential measures and to their prioritization Natural Resources Institute Finland (Luke) conducted a radio-telemetry study on salmon smolts in the lower, regulated part of the River Kemijoki during spring 2023. The main objectives were to quantify the effects of hydroelectric plants on the survival of Baltic salmon smolts and to understand potential survival differences between different plants and reservoirs.

Hatchery reared 2-year-old Baltic salmon smolts were tagged with small radio transmitters. The radio-tagged smolts were divided into four batches of 25 and each batch were released slightly upstream from each hydroelectric plant (except Ossauskoski) at the lower Kemijoki research area. Fixed radio receivers with continuous recording were installed up- and downstream of every hydroelectric plant as well as on every spillway. Towards the end of the study, two manual boat tracking surveys were conducted to locate transmitters from smolts that failed to pass to the sea.

Only 25 % of the radio-tagged smolts reached the estuary through 5 hydroelectric plants. We observed mortality rates as high as 40 % after the first powerplant passage and during the following reservoir. The highest mortality rates occurred between two of the topmost hydroelectric plants, whereas the plants nearer to the estuary had relatively low mortality rates. In addition, cumulative mortality was observed, where smolts that passed multiple power plants had higher mortality rate in the following river sections than did the smolts which had fewer passages. We observed that the smolts frequently use spillways as downstream migration routes, but only when the spillway discharge was at least 20 % of the total river discharge.

Prioritizing downstream migration mitigation measures to the two uppermost hydroelectric dams in the early stages will have the largest impacts to smolt survival as mortality in this river section was high. These power plants are also the first that smolts will encounter on their downstream journey from the Ounasjoki river, which is the most important potential smolt production area still available in the River Kemijoki system.

Key words: Salmon, smolt, outmigration, survival, hydropower, Kemi-river, radio telemetry, delay

Sisällys

1. Johdanto	6
2. Tutkimusalue	7
2.1. Ympäristöolosuhteet tutkimuksen aikana.....	7
3. Aineisto ja menetelmät	9
3.1. Kalojen merkintä	9
3.2. Kalojen kuljetus ja vapautus	9
3.3. Merkittyjen kalojen seuranta.....	10
3.4. Telemetria-aineiston käsittely.....	12
4. Tulokset.....	13
4.1. Radiolähetinkalojen selviytyminen jokisuulle	13
4.2. Kalojen kuolleisuus voimalaitoksilla ja niiden välillä	13
4.3. Kalojen reitinvalinta voimalaitoksilla.....	15
4.4. Vaellusnopeus.....	17
5. Tulosten tarkastelu	19
5.1. Selviytyminen jokisuuhun.....	19
5.2. Kuolleisuus ja sen jakautuminen.....	19
5.3. Alasvaellusreitin valinta	21
5.4. Vaellusnopeus ja viipymä	21
6. Johtopäätökset ja suositukset.....	22
Kiitokset	23
Viitteet.....	24

1. Johdanto

Lohen luonnonkierron ylläpitämisen tai käynnistämisen perusedellytyksiä ovat kahteen suuntaan toimivat vaellusyhteydet, kalojen on kyettävä kulkemaan tehokkaasti niin ylä- kuin alavirtaan. Rakennetuissa joissa vaelluspoikasten alasvaelluksessa on tavallisesti merkittäviä ongelmia ja kuolleisuus voi nousta hyvin suureksi. Ongelmat kertautuvat voimalaitosten ja patoalaiden määrän kasvaessa (Huusko ym. 2014).

Kemijoella vuonna 2015 tehdyssä pilottitutkimuksessa havaittiin kuolleisuuden voimakas kasvu vaelluspoikasten siirtyessä vapaasta Ounasjoesta Kemijoen rakennettuun pääuomaan (Huusko ym. 2016). Kemijoen pääuomassa alasvaellus pysähtyi pääosiltaan toiselle–kolmannelle padolle saavuttaessa ja jokisuulle selviytyi vain harva yksilö (Huusko ym. 2016). E erityisen huonoa vaelluspoikasten selviytyminen oli Valajaskosken ja Petäjaskosken välisellä alueella. Kokonaisuudessaan selviytyminen Kemijoen rakennetulla osuudella oli lähes seitsemän kertaa heikompaa suhteutettuna vaelluspoikasten selviytymiseen vapaana virtaavalla Tornionjoella (Huusko ym. 2016).

Lohikantojen elvyttämispyrkimysten kannalta Kemijoen alasvaellusongelmat ovat erittäin vakavia ja niiden osittainenkin ratkaiseminen edellyttää merkittäviä toimenpiteitä. Toimenpiteiden suunnittelun tueksi ja toisaalta toimenpiteiden priorisoimiseksi Luonnonvarakeskus toteutti kesällä 2023 lohen vaelluspoikasten telemetriaseurannan Kemijoen rakennetulla alajuoksulla Valajaskosken voimalan yläpuolelta Isohaaran voimaloiden alapuolelle.

Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää voimalaitosten määrän vaikutusta alasvaelluksen onnistumiseen sekä arvioida mahdollisia voimalaitos- ja patoallaskohtaisia eroja vaelluspoikasten selviytymisessä. Keskeisiä tutkimuskysymyksiä olivat:

- Kuinka moni vaelluspoikanen selviytyy useamman padon läpi?
- Missä ovat vaelluspoikasten selviytymisen keskeisimmät pullonkaulat?
- Onko Kemijoessa voimalaitoskohtaisia eroja vaelluspoikasten selviytymisessä?
- Onko vaelluspoikasten selviytyminen erilaista padon yläpuolelle vapautettujen ja jo aiemmin vähintään yhden padon läpi vaeltaneiden poikasten välillä?

Tässä raportissa esitellään kesällä 2023 toteutetun tutkimuksen keskeiset menetelmät, tulokset ja johtopäätökset. Tutkimuksen toteutti Luonnonvarakeskus yhteistyössä Voimalohi Oy:n kanssa. Hankkeen rahoittajina toimivat Kemijoki Oy, PVO-vesivoima Oy sekä valtion Nousuvaelluskalaohjelma.

2. Tutkimusalue

Kemijoessa (valuma-alue 51 127 km², pituus 550 km, keskivirtaama 607 m³/s) ja sen sivujoissa on yhteensä 21 vesivoimalaitosta. Näistä voimalaitoksista viisi (Isohaara, Taival-, Ossaus-, Petäjäs- ja Valajaskoski) sijaitsevat Kemijoen pääuomassa, jokisuun ja Kemijoen rakentamattoman sivujoen, Ounasjoen, välillä. Kemijoen rakennettu alajuoksu muodostuu pitkistä ja osin melko hitaasti virtaavista patoaltaista ja niitä erottavista voimalaitosalueista. Kemijoki on kansallisen kalatiestrategian kärkikohteita ja vesistössä on edelleen merkittäviä vaelluskalojen lisääntymiseen ja poikastuotantoon soveltuvia alueita, erityisesti Ounasjoessa (Maa- ja metsätalousministeriö, 2012).

Telemetriatutkimuksen toteutusalueella Kemijoen alajuoksulla voimalaitosten pudotuskorkeudet sekä vedenottosyvyydet vaihtelevat suuresti (Taulukko 1). Lisäksi voimalaitosten yhteydessä esiintyy kahden tyyppisiä ohijuokсутusratkaisuja: 1) vesi päästetään nostamalla luukkua (juoksutus ohijuokсутuspadon alaosasta) 2) vesi päästetään laskemalla luukkua (juoksutus ohijuokсутuspadon yläosasta). Nämä erot voimalaitoksissa ja ohijuokсутuspadoissa voivat heijastua myös voimalaitoskohtaisina haasteina ja vaikutuksina vaelluskalojen, kuten lohen, alasvaellukseen. Muista alajuokсутun voimalaitoksista poiketen Isohaara koostuu kahdesta erillisestä voimalaitoksesta, joista vanhempi on otettu käyttöön vuonna 1949 ja uudempi vuonna 1993.

Taulukko 1. Kemijoen pääuoman viiden alimman vesivoimalaitoksen ominaisuuksia.

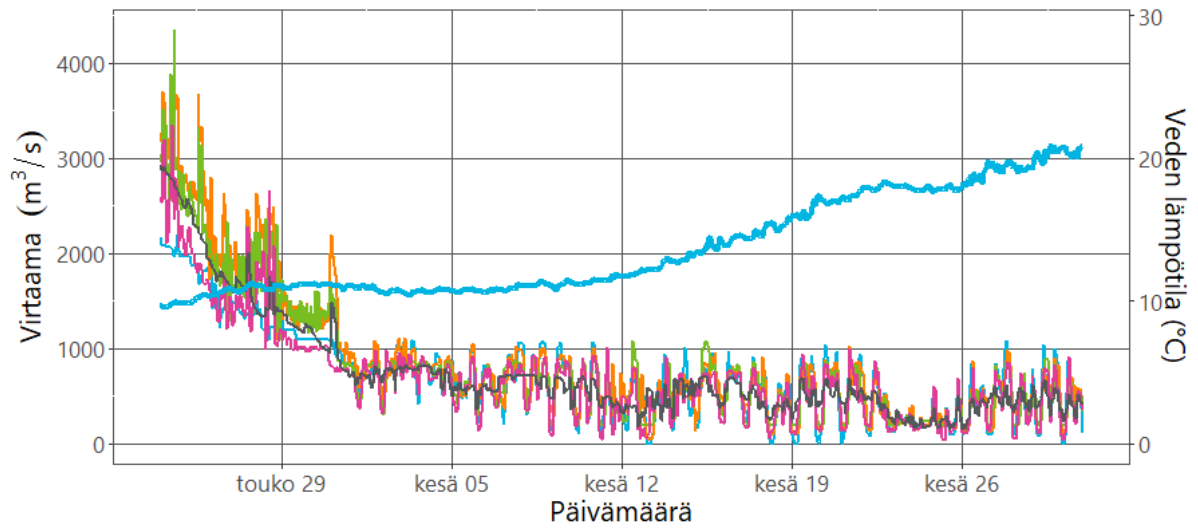
Voimalaitos	Omistaja	Pudotuskorkeus (m)	Keskivirtaama (m ³ /s)	Turbiinityyppi	Vedenottosyvyys (m)
Valajaskoski	Kemijoki Oy	11,5	512	Kaplan (3 kpl)	5,0
Petäjaskoski	Kemijoki Oy	20,5	526	Kaplan (3 kpl)	8,3
Ossauskoski	Kemijoki Oy	15,0	538	Kaplan (3 kpl)	3,5
Taivalkoski	Kemijoki Oy	14,5	552	Kaplan (3 kpl)	4,0
Isohaara	Pohjolan Voima Oyj	12,2		Kaplan (2 kpl), Bulb (2 kpl)	2,5

2.1. Ympäristöolosuhteet tutkimuksen aikana

Tutkimusjaksolla (23.5.–28.6.2023) vuorokauden keskivirtaama Kemijoen viidellä alimmalla voimalaitoksella oli 767 m³/s (vaihteluväli 208–3 234 m³/s) (Kuva 1). Lyhyemmällä tarkasteluvälillä (10 min) virtaamat voimalaitoksilla poikkesivat huomattavasti vuorokauden keskivirtaamista (vaihteluväli 0–4665 m³/s). Erittäin suuret tai pienet virtaamat olivat pääosin hyvin lyhyitä jaksoja vuorokauden sisällä, pienimpien virtaamien ajoittuessa tutkimusjakson loppuun. Vuorokauden ja lyhyempien tarkastelujaksojen suurimmat keskivirtaamat ajoittuivat toukokuulle.

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 1/2024

Veden lämpötila oli tutkimuksen aikana Isohaaran voimalaitoksella keskimäärin 13,7 °C (vaihteluväli 9,5–20,9 °C).



Kuva 1. Pintaveden lämpötila (sininen) ja Kemijoen alajuoksun viiden voimalaitoksen (ml. ohijuoksutukset) kokonaisvirtaamien tuntikeskiarvot (muut värit) tutkimuksen aikana.

3. Aineisto ja menetelmät

3.1. Kalojen merkintä

Tutkimusta varten pyrittiin merkitsemään yhteensä 125 vaelluspoikasta, 25 kappaletta vapautettavaksi Kemijoen alajuoksun kunkin voimalan yläpuolelle (Taulukko 2, Kuva 2). Yksi radiolähtetystä ei kuitenkaan toiminut, joten toteutunut merkintämäärä oli 124 kalaa. Merkittävät kalat olivat Voimalohi Oy:n Ossauskosken viljelylaitoksen virikekasvatettuja 2-vuotiaita lohen vaelluspoikasia. Merkittävät kalat otettiin sattumanvaraisesti kasvatusaltaista, mutta merkittävää jätettiin sellaiset yksilöt, jotka eivät olleet vielä täysin smolttiutuneet tai olivat liian pieniä radiolähtetä varten (<130 mm). Radiolähtetimerkinnät tehtiin Voimalohi Oy:n Ossauskosken laitoksella 22.5.2023.

Merkittävät kalat nukutettiin 40 mg/l bentsokaiiniliuoksella. Nukuttamisen jälkeen radiolähtet (Lotek, malli NTF-3-2, paino ilmassa 0,57 g) asetettiin kirurgisesti kalan vatsaonteloon, vatsaevien etupuolelle, noin 5 mm pitkän viillon kautta. Radiolähtetimen antenni tuotiin viillon taakse pistetyn injektioneulan avulla kalan ulkopuolelle. Radiolähtetimen asettamiseksi tehty viilto suljettiin yhdellä tikillä. Kaikki toimenpiteet suoritettiin steriileillä välineillä. Radiolähtetimerkintämien asettamisen jälkeen kalat siirrettiin erillisiin altaisiin toipumaan vuorokaudeksi, ennen kuljetusta vapautuspaikoilleen (Taulukko 2).

Taulukko 2. Radiolähtetimerkintämien lohen vaelluspoikasten keskipaino ja -pituus merkintäerittäin (Valajaskoski–Isohaara).

Vapautuspaikka	Keskipaino (g)	Vaihteluväli (g)	Keskipituus (mm)	Vaihteluväli (mm)
Valajaskoski (n = 25)	59,3	26,3–129,2	188,6	148–248
Petäjaskoski (n = 25)	65,3	35,5–155,4	193,8	165–256
Ossauskoski (n=25)	57,3	26,1–112,3	184,7	140–237
Taivalkoski (n = 25)	59,1	44,1–93	188,9	169–215
Isohaara (n = 24)	62,6	32,9–99,8	191,5	162–222
Yhteensä (n = 124)	60,7	26,1–155,4	189,5	140–256

3.2. Kalojen kuljetus ja vapautus

Radiolähtetimerkintämien jälkeisenä päivänä (23.5.2023) kalat suojarvineen (125 kpl) kuljetettiin vapautuspaikkojen läheisyyteen ensin autolla, kalankuljetusta varten tehdyillä säiliöillä, josta kalat siirrettiin veneellä sumppuihin odottamaan seuraavana päivänä tapahtuvaa vapautusta. Vapautuspaikat sijaitsivat noin 4–5 km voimalaitoksista ylävirtaan (Kuva 2). Kalat suojarvineen vapautettiin 24.5.2023 kaikilta paikoilta kello 8:50–9:50 välillä.

Ossauskosken voimalaitoksen yläpuolen vapautuspaikalla sumppujen kiinnitykset olivat pettäneet ja kaikki sumppuissa säilytetyt kalat kuolivat. Lisäksi viisi muiden vapautuspaikkojen lähietäisyydeltä kuoli ennen siirtoa, joten toteutuneet kalamäärät olivat Valajas-, Petäjäs-, Ossauskosken ja Taivalkoskella järjestyksessä 24 kpl, 23 kpl, 0 kpl, 25 kpl sekä Isohaarassa 22 kappaletta.

3.3. Merkittyjen kalojen seuranta

Merkittyjen vaelluspoikasten seurantaan varten Kemijoen viidelle alimmalle voimalaitokselle asennettiin kiinteät radiovastaanottimet (Lotek, malli SRX1200-D2, ohjelmistoversio V1.4.2170.29) varustettuina kuusi- tai yhdeksänelementtisillä Yagi-antenneilla (Kuva 3). Vastaanottimia tuli kaikille voimalaitoksille kolme: 1) voimalaitoksen yläpuolelle, 2) voimalaitoksen alapuolelle 3) ohijuoksutuspadolle. Poikkeuksellisesti Isohaaraan asennettiin neljä vastaanotinjärjestelmää: yksi vastaanotin Isohaaran voimalaitosten yläpuolelle, yksi vastaanotin ohijuoksutuspadolle sekä kaksi vastaanotinta voimalaitosten alapuolelle (kumpaankin Isohaaran voimalaitokseen omansa). Yhteensä käytössä oli 16 kiinteästi asennettua radiovastaanotinasemaa (Kuva 2).

Voimalaitosten yläpuolelle sijoitettujen radiovastaanottimien antennit suunnattiin viistosti ylävirtaan ja ne vastaanottavat radiolähettimien signaaleita pääosin patoaltaasta kalojen läheisyydessä voimalaitoksia. Voimaloiden alapuolelle sijoitettujen radiovastaanottimien antennit suunnattiin alavirtaan kohti turbiinien purkuvesiaukkoja. Ohijuoksutuspadolle sijoitettujen vastaanottimien antennit suunnattiin alavirtaan. Poikkeuksena ohijuoksutuspadon vastaanottimen asennuksessa oli Isohaara, jossa ohijuoksutusuoma on kahden voimalaitoksen välissä. Isohaarassa ohijuoksutuspadon radiovastaanotin sijoitettiin vanhan voimalaitoksen alapuolelle, välittömästi ohijuoksutusluukkujen läheisyyteen, ja sen antenni suunnattiin yhdensuuntaisesti ohijuoksutuspadon kanssa. Tällä asennuksella pyrittiin välttämään turbiinien purkuvesiaukoista tulevien lähettimien virheellistä tulkitsemisesta ohijuoksutuspadosta tulleiksi. Kaikki kiinteästi asennetut radiovastaanottimet tallensivat mahdollisia radiolähetinsignaaleita jatkuvatoimisesti aikavälillä 23.5.–28.6.2023.

Kiinteän seuranta-asemaverkon lisäksi tutkimusalueella suoritettiin venepaikannuksia seurannan loppuvaiheessa 14.–22.6.2023. Venepaikannuksissa käytettiin Lotek SRX-400 radiovastaanotinta ja kolmielementtistä Yagi-antennia. Venepaikannukset tehtiin kahteen kertaan Petäjäns-, Ossauss- ja Taivalkosken sekä Isohaaran patoaltailla. Venepaikannusten tavoitteena oli selvittää, mille alueille vaelluspoikaset olivat kuolleet tai pysähtyneet.



Kuva 2. Radiolähettimillä merkittyjen vaelluspoikasten vapautuspaikat sekä kiinteiden radiovastaanottimien ja -antennien sijoituspaikat Kemijoen viidellä alimmalla voimalaitoksella ja niiden ohjuksutuspadolla.



Kuva 3. Radiovastaanotin (laatikossa) ja kuusielementtinen Yagi-antenni asennettuna Valajaskosken ohjuksutuspadolle. Kuva: Panu Orell.

3.4. Telemetry-aineiston käsittely

Kaikkiaan voimalaitosten yläaltailla, alakanavissa ja ohijuoksutuspadolla olleet 16 radiovastaanotinta tallensivat 3 823 949 havaintoa seurannan aikana. Vastaanottimien tallentamat ulkopuoliset lähetinkoodit, virhekoodit ja heikon signaalin havainnot (vastaanotetun signaalin voimakkuus (RSS) <100) poistettiin aineistosta. Lopullinen aineisto sisälsi yhteensä 1 724 008 havaintoa kaikkien (pl. Ossauskoski) vapautuserien lähettimistä, joiden RSS oli välillä 100–255, missä 255 RSS on korkein vastaanottimen määrittämä vastaanotetun signaalin voimakkuus.

Kalakohtainen vaellusnopeus laskettiin vapautuspaikan ja sen alapuolisen voimalaitoksen välille käyttämällä vapautusaikaa ja ensimmäistä voimalaitoksen yläpuolen vastaanottimen havaintoa. Loput voimalaitosten välit laskettiin ensimmäisestä havainnosta voimalaitoksen alapuolella tai ohijuoksutusuomassa, seuraavan voimalaitoksen yläpuolen ensimmäiseen havaintoon. Esimerkiksi, Valajaskosken alapuolen vastaanottimen ensimmäinen havainto (= Valajaskosken voimala ohitettu) ja Petäjaskosken voimalaitoksen yläpuolen vastaanottimen ensimmäinen havainto (= saapuminen Petäjaskoskelle). Petäjäs- ja Ossauskosken voimalaitosten ohijuoksutusuoman yläpuolella ei ollut vastaanotinasemaa, joten näiden ohijuoksutuspatojen osalta tietoja vaelluspoikasten saapumisajankohdasta ei ollut käytettävissä.

Kalojen käyttämät alasvaellusreitit, voimalaitos tai ohijuoksutuspato, selvitettiin aineistosta vastaanotettujen signaaleiden voimakkuuksien ja havaintojen ajoittumisen perusteella. Vaelluspoikasten tulkittiin käyttäneen ohijuoksutusuomaa, mikäli ohijuoksutusuoman vastaanotin oli tallentanut signaalin ja voimalaitoksen alapuolen vastaanotin ei ollut tallentanut samaa lähetintä. Isohaarassa kalan tulkittiin menneen alas ohijuoksutuspadosta, jos ohijuoksutusuomassa olleen vastaanottimen tallentama lähetinkohtainen RSS-maksimi oli suurempi ja ajoittui ennen turbiinien purkuaukkoihin suunnattujen vastaanottimien RSS-maksimeita. Vaelluspoikasten tulkittiin menneen voimalaitoksen turbiinien läpi, mikäli alakanava-antenni oli tallentanut havaintoja voimalaitoksen yläpuolisen havaintosarjan katkeamisen jälkeen.

Vaelluspoikasten voimalaitosten yläaltaassa viipymäksi laskettiin voimalaitoksen yläpuolen vastaanottimen ensimmäisen ja viimeisen, ennen alasmenoa, tallentuneen havainnon välinen aika. Mikäli alasmenoa ei havaittu tai kalaa ei löydetty venepaikannuksissa, tulkittiin kalan kuolleen voimalaitoksen yläpuolelle. Suurten virtaamien takia kalat poistuivat elävänä tai kuolleen voimalaitoksen ohitettuaan nopeasti vastaanotinkantaman ulkopuolelle. Alakanavassa tai ohijuoksutusuomassa havaitut kalat, joita ei havaittu seuraavalla voimalaitoksella tulkittiin kuolleen voimalaitoksen alapuolen ja seuraavan voimalaitoksen yläpuolen välisellä osuudella.

4. Tulokset

4.1. Radiolähetinkalojen selviytyminen jokisuulle

Kaikkiaan 52 % (49 kpl) vapautetuista lähetinkaloista ($n = 94$) selviytyi vaelluksesta Isohaaran alapuolelle (Taulukko 3). Valajaskosken vapautuspaikalta Isohaaran alapuolelle selviytyi 25,0 %, Petäjaskosken vapautuspaikalta 43,5 %, Taivalkosken 84,0 % ja Isohaaran 54,5 % poikasista (Taulukko 3). Vaelluspoikasten koko (pituus ja paino) ei vaikuttanut selviytymiseen Isohaaran alapuolelle (ANOVA, $p = 0.83$). Selviytyneiden kalojen keskipituus oli 191 mm ja keskipaino 62 g.

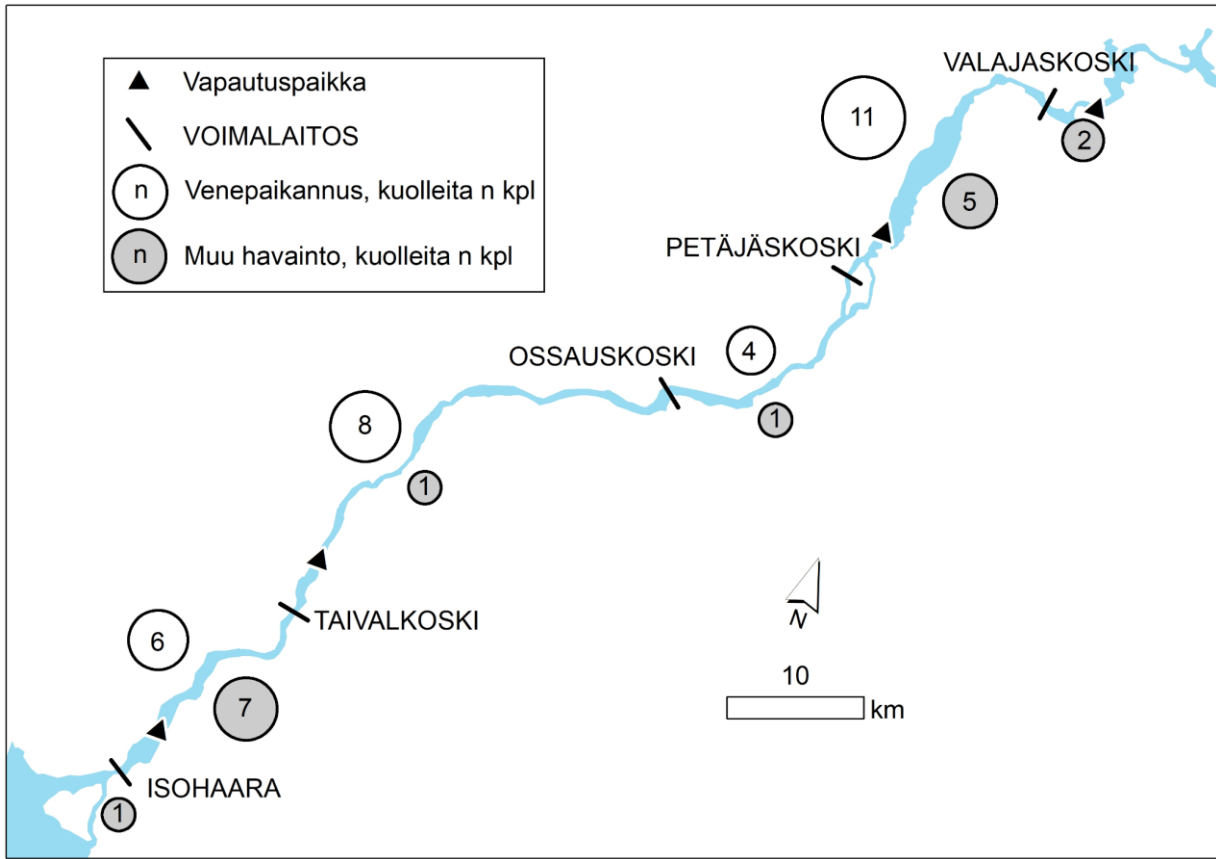
Taulukko 3. Radiolähetinkalojen selviytyminen (kpl) tutkimuksen aikana vapautuspaikoilta voimalaitosten/ohijuoksumatkojen läpi. "Isohaara Ala" tarkoittaa tässä yhteydessä selviytymistä jokisuulle.

Vapautus (kpl)	Valajaskoski		Petäjaskoski		Ossauskoski		Taivalkoski		Isohaara	
	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala
Valajas (24)	22	22	13	11	9	9	6	6	6	6
Petäjäs (23)			20	18	16	15	12	12	11	10
Taival (25)							22	22	21	21
Isohaara (22)									12	12
Yhteensä	22	22	33	29	25	24	40	40	50	49

4.2. Kalojen kuolleisuus voimalaitoksilla ja niiden välillä

Suurin voimalaitosten välinen kuolleisuus (voimalaitoksen alapuolelta seuraavan voimalaitoksen yläpuolelle) oli Valajaskosken voimalaitoksen ja Petäjaskosken yläpuolen välisellä osuudella (40,1 %). Lisäksi samalla välillä havaittiin tutkimuksen toiseksi suurin kuolleisuus vapautuspaikan ja voimalaitoksen välillä (13,4 %, Petäjaskosken vapautuserä, Taulukko 3). Vapautuspaikan ja ensimmäisen voimalaitoksen välestä suurin kuolleisuus (45,5 %, Taulukko 3) oli Isohaaran vapautuspaikan ja Isohaaran voimalaitoksen välillä. Näistä Isohaaran yläpuolelle kadonneista kaloista 5 kappaletta (50 %) paikannettiin vapautuspaikasta ylävirtaan kesäkuun venepaikannuksissa (Kuva 4). Eniten vaelluspoikasista, jotka eivät pääseet voimalaitoksen ohi jäi voimalaitoksen yläpuolelle Petäjaskoskella (9,1 %) ja Ossauskoskella (4 %).

Kartta



Kuva 4. Tutkimuksessa kuolleeksi todettujen kalojen sijainnit ja lukumäärät Kemijoella. Vene-
paikannukset (valkoinen ympyrä) suoritettiin aikavälillä 14.-16.6.2023. Muut havainnot (harmaa
ympyrä) ovat kiinteiden radiovastaanottimien havaintojen perusteella arvioituja kuolleiden ka-
lojen sijainteja.

Kokonaisuudessaan ohijuokutusuomaa käyttäneet vaelluspoikaset selviytyivät yhtä todennä-
köisesti seuraavalle voimalaitokselle kuin turbiinien läpi uineet (87 % vs 88 %). Kolmella ylim-
mällä voimalaitoksella selviytyminen ohijuokutusuoman läpi oli kuitenkin 7 %-yksikköä kor-
keampi kuin turbiinien läpi uineilla vaelluspoikasilla (80 % vs 73 %). Esimerkiksi Valajaskosken
turbiinien läpi uineista vaelluspoikasista 54,5 % selviytyi Petäjäs-kosken voimalaitokselle, kun
vastaavasti Valajaskosken ohijuokutuspadon kautta kulkeneista kaloista 64 % selvisi Petäjäs-
koskelle. Petäjäs-kosken ohijuokutuspadon läpäisseistä kaloista 92 % ja turbiinien läpi uineis-
ta 86 % selviytyi Ossauskoskelle. Ossauskoskelta Taivalkoskelle selviytyminen ohijuokutuspa-
don kautta oli 82 % ja voimalan läpi 75 %.

Taivalkoskella ja Isohaarassa merkittävin osa (71 %) vaelluspoikasista ui turbiinien läpi ja niiden
selviytyminen oli huomattavan suurta (97 %). Tämä ilmiö käytännössä tasoitti selviytymiserot
voimalaitosten turbiinien ja ohijuokutuspatojen välillä Kemijoen rakennetulla alajuoksulla.

Melkein kaikilla voimalaitosväleillä useamman voimalaitoksen ohittaneiden (voimalaitoksen ja
ohijuokutuspadon kautta kulkeneet) vaelluspoikasten kuolleisuus oli suurempaa kuin yhden
tai ei ollenkaan voimalaitoksia ohittaneilla vapautuserillä. Esimerkiksi Ossaus- ja Taivalkosken
voimalaitosten välillä kuolleisuus vapautuserittäin suurimmasta pienempään oli Valajas-, Pe-
täjäs ja Taivalkoski. Valajaskosken vapautuserä teki tästä poikkeuksen Taivalkoski–Isohaaran

välillä: Valajaskoskelta lasketuista 24 kalasta oli Taivalkoskella enää jäljellä kuusi kappaletta, jotka kaikki selviytyivät Isohaaran alapuolelle asti.

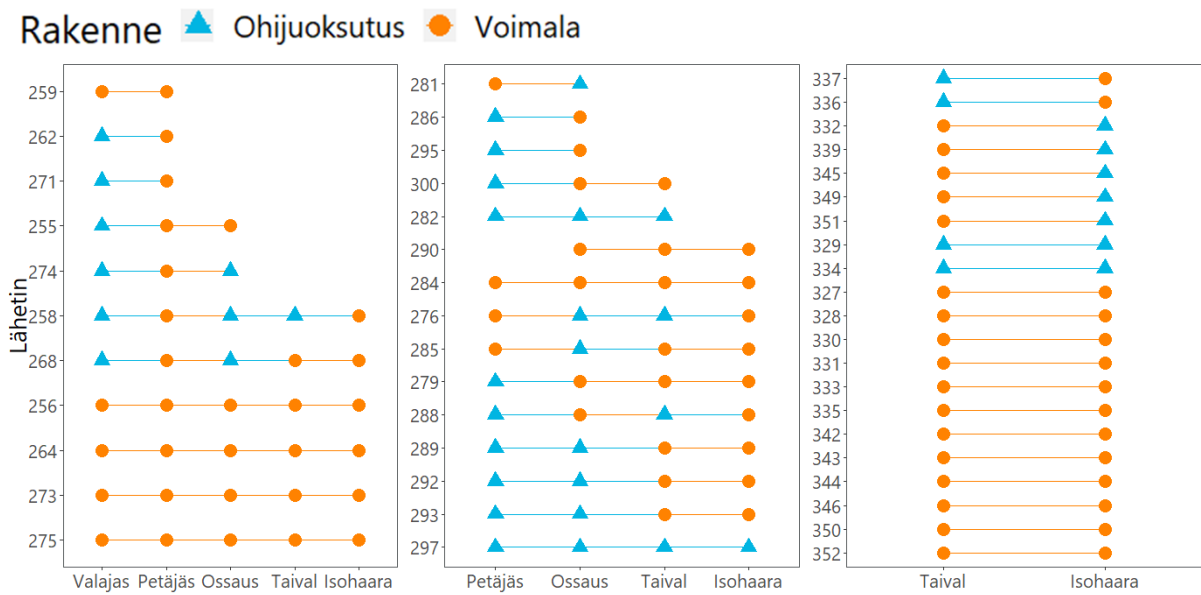
4.3. Kalojen reitinvalinta voimalaitoksilla

Tutkimuksen aikana havaittiin vaelluspoikasilla yhteensä 163 voimalaitoksen ohitusta, joista 100 kpl tapahtui turbiinin ja 63 kpl ohijuoksutuspädon lävitse (Taulukko 4). Suhteellisesti vähiten vaelluspoikaset uivat ohijuoksutuspätojen läpi Taivalkoskella ja Isohaarassa (Taulukko 4). Niistä Isohaaran alapuolelle selvinneistä kaloista, jotka olivat ohittaneet enemmän kuin yhden voimalaitoksen, pelkästään ohijuoksutusuomia käyttäneitä oli vain kolme, kun taas pelkästään turbiineita käyttäneitä 17 kappaletta (Kuva 5). Loput enemmän kuin yhden voimalaitosrakenteen ohittaneista kaloista (18 kpl) ohitti voimalaitokset käyttäen vaihtelevasti ohijuoksutusuomaa tai turbiineja.

Tavallisesti toiselle voimalaitokselle saavuttaessa pienempi osuus vaelluspoikasista käytti ohijuoksutusuomaa kuin kyseisen voimalaitoksen vapautuserän kalat (Taulukko 4). Esimerkiksi Petäjäsken vapautuserästä 12 kalaa ohitti voimalaitoksen Petäjäsken ohijuoksutusuoman kautta. Vastaavasti vain yksi kala Valajäsken vapautuserästä ohitti Petäjäsken ohijuoksutusuoman kautta. Vaelluspoikanen valitsi todennäköisemmin reitiksensä turbiinit, kun se oli edellisellä pädolla mennyt ohijuoksutusuomasta kuin vaihtoi turbiineista mentyään ohijuoksutusuomaan. Edellisestä alasmenosta poikkeava reitin valinta havaittiin yhteensä 32 kertaa. Näistä 63 % oli vaihtoja ohijuoksutusuomasta turbiineihin ja loput 37 % oli vaihtoja turbiineista ohijuoksutusuomaan. Tämä ilmiö johtui todennäköisesti ohijuoksutusvirtaaman pienenemisestä tutkimuksen edetessä. Esimerkiksi Valajas- ja Petäjäsken vapautuserien kalat valitsivat reitiksensä Isohaarassa melkein pelkästään voimalaitoksen turbiinit, koska ohijuoksutusta ei saapumisen ajankohtana juurikaan esiintynyt.

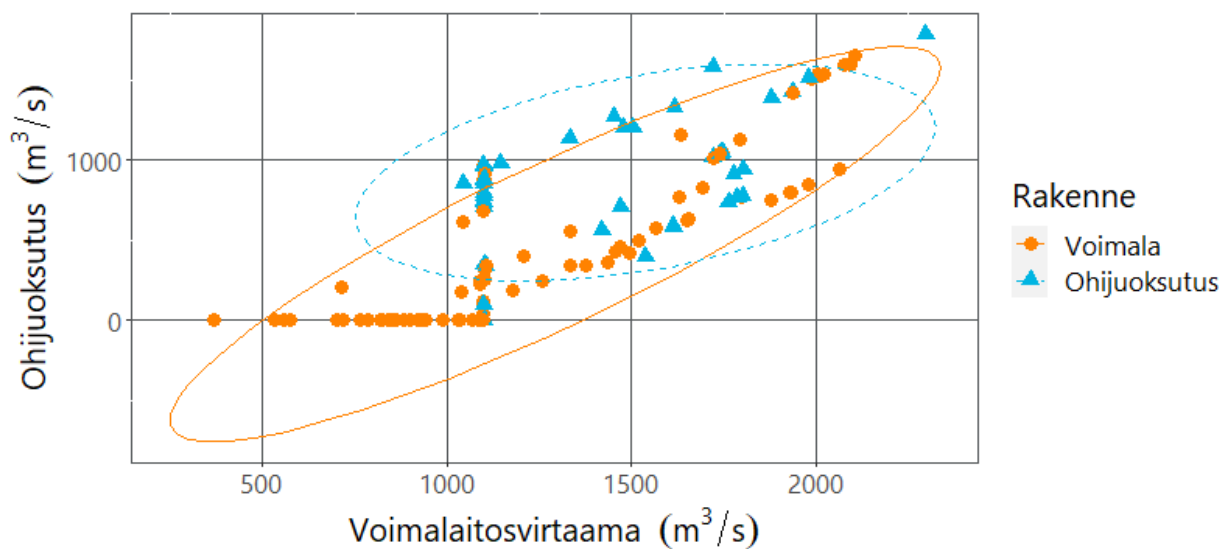
Taulukko 4. Voimalaitoksen turbiinien (Turb.) ja ohijuoksutuspädon (OP) kautta kulkeneiden kalojen kappalemäärät vapautuserittäin. Isohaaran molemmat voimalaitokset on esitetty erikseen (uusi ja vanha).

Alasvaellusreitin valinta (kpl)											
Vapautus	Valajäsken		Petäjäsken		Ossausken		Taivalkosken		Isohaara		
	Turb.	OP	Turb.	OP	Turb.	OP	Turb.	OP	Uusi Turb.	O P	Vanha Turb.
Valajäsken	11	11	10	1	5	3	5	1	6	0	0
Petäjäsken			4	14	7	8	8	4	6	1	3
Taivalkosken							17	5	8	7	6
Isohaara									1	8	3
Yhteensä	11	11	14	15	12	11	30	10	21	16	12



Kuva 5. Lähetinkalojen alasvaellusreittien valinnat Isohaaran voimalaitoksen alapuolelle. Kuvaajat vasemmalta lukien Valajaskosken, Petäjaskosken ja Taivalkosken vapautuspaikoista turbiinien (oranssi) tai ohjuusutuspatojen (sininen) läpi. Kuvaajissa esiintyvät vaelluspoikaset ovat vaeltaneet vähintään kahden voimalaitosrakenteen ohi.

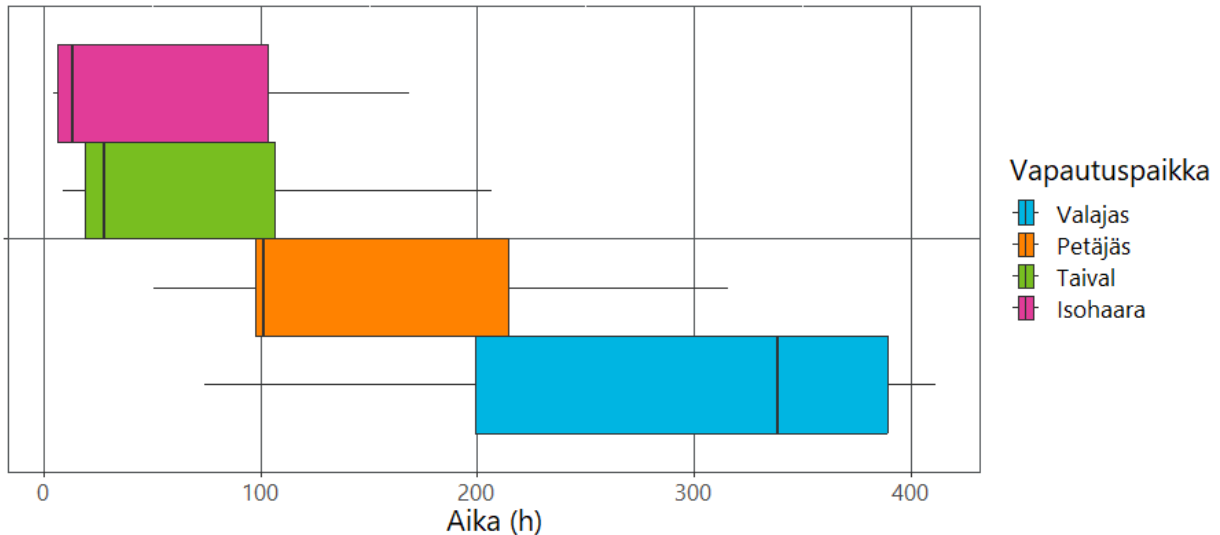
Merkittävin kalojen alavaellusreitin valintaan vaikuttanut tekijä oli virtaaman jakautuminen turbiineiden ja ohjuusutuspadon välillä (Kuva 6). Kun ohjuusutusuomaan johdettiin vettä alle 20 % kokonaisvirtaamasta, vain yksi kala käytti ohjuusutusuomaa ja noin 98 % kaloista valitsi reittinsä turbiineiden läpi. Kun ohjuusutusuomaan johdettiin vettä 20–50 % kokonaisvirtaamasta, noin puolet (48 %) alas menneistä kaloista valitsi reitkseen ohjuusutusuoman ja noin puolet turbiinit. Ohjuusutusuomaa käyttäneiden kalojen alasmenohetkenä oli virtaama ohjuusutusuomassa keskimäärin 36 % kokonaisvirtaamasta.



Kuva 6. Virtaamaolosuhteet (m^3/s) kalojen vaeltaessa voimalaitoksen turbiinien (oranssi) tai ohjuusutuspadon (sininen) läpi, 95 % luottamusväli on esitetty ellipseinä.

4.4. Vaellusnopeus

Valajaskoskelta vapautettujen kalojen mediaani vaellusaika Isohaaran alapuolelle oli 339 tuntia ja vaihteluväli (VV) 75–411 h. Petäjaskosken vapautuspaikalta kalat vaelsivat Isohaaran alapuolelle tyypillisesti 102 tunnissa (VV: 51–398 h), Taivalkoskelta 28 tunnissa (VV: 9–206 h) ja Isohaarasta 14 tunnissa (VV: 4–301 h) (Kuva 8).



Kuva 8. Lähetinkalojen vaellukseen käyttämä aika vapautuspaikastaan Isohaaran alapuolelle. Laatikoiden mustat pystyviivat esittävät vapautuseräkohtaisia mediaaneja.

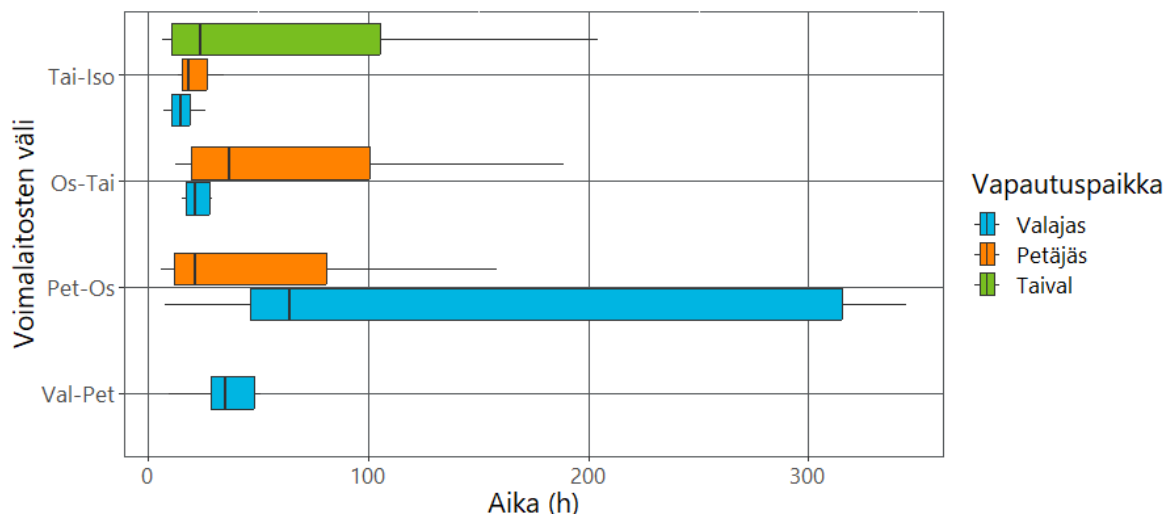
Vapautuspaikoilla kalojen vaellusnopeus oli suurin Petäjaskosken vapautuspaikan ja Petäjaskosken voimalan välillä (keskimäärin 4,03 km/h). Poikkeuksellisen hidasta vaeltamista vapautuspaikalta voimalaitokselle oli Isohaarassa, missä vapautuspaikan ja Isohaaran voimalaitoksen välin vaellusnopeus oli vain 0,32 km/h (Taulukko 5). Voimalaitosten välisillä osuuksilla hitain vaellusnopeus oli Petäjäs- ja Ossauskosken välillä (0,42 km/h). Suurin vaellusnopeus voimalaitosten välillä oli Ossaus- ja Taivalkosken välillä (1,17 km/h).

Vapautuserittäin vaellukseen käytetyt ajat vaihtelivat toisistaan voimalaitosten väleillä, kuitenkin mikään havaittu ero ei ollut tilastollisesti merkittävä (Kuva 9).

Taulukko 5. Vaelluspoikasten vapautuspaikkojen ja Kemijoen viiden alimman voimalaitoksen välisillä alueilla viettämä aika ja vaellusnopeus.

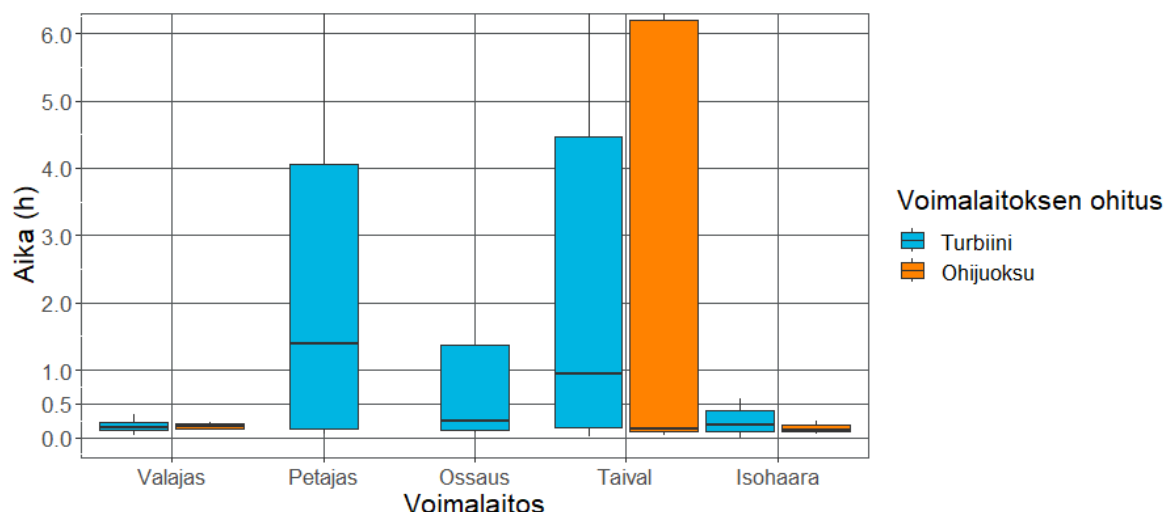
Voimalaitosten välillä vietetty aika ja nopeus				
Väli	Mediaani (h:mm)	Vaihteluväli (h:mm)	Keskinopeus (km/h)	Vaihteluväli (km/h)
Vapautus-Valajaskoski	1:46	1:06–4:22	2,43	0,98–3,9
Vapautus-Petäjäskoski	1:04	1:00–54:24	4,03	0,08–4,3
Vapautus-Taivalkoski	1:35	1:00–4:38	2,85	0,97–4,5
Vapautus-Isohaara	13:35	4:15–300:43	0,32	0,01–1,01
Valajaskoski-Petäjäskoski	35:15	9:35–246:33	0,65	0,09–2,40
Petäjäskoski-Ossauskoski	46:31	6:07–328:21	0,42	0,06–3,2
Ossauskoski-Taivalkoski	31:41	12:17–243:36	1,17	0,15–3,02
Taivalkoski-Isohaara	19:04	6:38–204:13	1,01	0,09–3,00

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 1/2024



Kuva 9. Vaelluspoikasten voimalaitosten väleillä (voimalaitoksen alapuolelta seuraavan voimalaitoksen yläpuolelle) käyttämä aika vapautuserittäin. Isohaaran osalta tuloksia ei voida esittää, koska kauempana sen alapuolella jokisuussa ei ollut vastaanotinasemaa.

Kaloista 66 % vietti voimalaitoksen yläpuolella alle 30 minuuttia ennen voimalaitoksen ohittamista. Pisimpään kalat viipyivät voimalaitoksen yläpuolella Petäjäskoskella, (mediaani 83 minuuttia, Kuva 10). Nopeimmillaan kalat ohittivat padot 2–3 minuuttia voimalaitoksen yläpuolen vastaanottimen ensimmäisen havainnon jälkeen. Vain yhdeksän kalaa viipyi voimalaitosten yläpuolella yli 12 tuntia, joista kuusi selvisi seuraavalle voimalalle. Kaikista yli 12 tunnin viipymistä 56 % tapahtui Taivalkosken yläpuolella. Kymmenestä nopeimmasta alasmenosta neljä havaittiin Taivalkoskella, neljä Isohaarassa ja loput Valajas- sekä Petäjäskoskella. Ohijuoksu-tusuomaa käyttäneiden kalojen mediaaniviipymä oli Taivalkoskella 48 minuuttia vähemmän kuin turbiinien läpi uineilla vaelluspoikasilla (kuva 10). Isohaaran ja Valajaskosken voimalaitoksilla ei vaelluspoikasten viipymissä havaittu eroja ohijuoksu-tusuoman ja turbiinien välillä.



Kuva 10. Kalojen viipyminen (h) voimalaitosten yläpuolella ennen alavirtaan jatkamista. Musta palkki laatikoiden keskellä kuvaa vapautuseräkohtaista mediaania. Kuvaajassa ei näytetä poikkeuksellisen pitkään viipyneitä yksittäisiä kaloja. Petäjäs- ja Ossausskosken ohijuoksu-tusuomille ei viipymiä voitu laskea, koska näiden ohijuoksu-tusuomien yläpuolella ei asennettu vastaanotinasemaa. Muiden esitettyjen rakenteiden yläpuolien viipymät pystyttiin arvioimaan voimalaitosten yläpuolen vastaanotinasemien tallentamien tietojen perusteella.

5. Tulosten tarkastelu

5.1. Selviytyminen jokisuuhun

Kemijoen rakennetulla alajuoksulla (Valajaskosken yläpuolelta Isohaaran alapuolelle) 25 % radiolähettimellä merkityistä, virikekasvatetuista lohen vaelluspoikasista selviytyi jokisuuhun. Havaittu selviytymisprosentti on vajaat kaksi kertaa korkeampi kuin Kemijoella vuonna 2015 tehdystä telemetriatutkimuksessa (Huusko ym. 2016). Tuloksia tulkittaessa on huomioitava, että tämän tutkimuksen tulokset perustuvat vain yhteen pieneen istutuserään ja vastaava selviytyminen havaittiin myös vuoden 2015 tutkimuksessa yhden istutuserän osalta (Huusko ym. 2016).

Vaelluspoikasten selviytyminen Isohaaran alapuolelle parani merkittävästi sitä mukaa, kun voimalaitosten määrä ja alasvaellusmatka väheni, lukuun ottamatta Isohaaran istutuserää, jossa selviytyminen tippui merkittävästi pienemmäksi kuin Taivalkosken vapautuserällä. Isohaaran istutuserän heikkoa tulosta selittää osin se, että merkittävä osa (n=10) vapautetuista vaelluspoikasista ei aloittanut vaellusta alavirtaan ollenkaan.

Kokonaisuudessaan tutkimuksessa saatuja lohen vaelluspoikasten selviytymisprosentteja voidaan pitää selviytymisen minimitasona. Käsittely ja merkintä vaikuttavat kaloihin negatiivisesti ja nostavat kuolleisuutta useiden tekijöiden, mm. predaatioalttiuden kasvun ja merkintähaavan ongelmien yhteisvaikutuksena (Huntingford 2004, Jepsen ym. 2008, Huusko ym. 2014). Lisäksi tutkimuksessa käytettiin viljeltyjä poikasia, joiden selviytyminen on tavallisesti heikompaa kuin luonnonvaraisilla poikasilla (Huntingford 2004, Jonsson & Jonsson 2006, Huusko ym. 2014).

5.2. Kuolleisuus ja sen jakautuminen

Kuolleisuus ensimmäisen voimalaitoksen ohituksen jälkeisillä voimalaitosväleillä seurasi yleisesti trendiä, missä useamman voimalaitoksen ohittaneilla oli suurempi todennäköisyys jäädä voimalaitosten välille kuin yhden voimalaitoksen ohittaneille. Tämä viittaisi turbiinien ja ohijuoksupatojen läpiuinnin aiheuttamien vaurioiden ja stressin kumuloituvan jokaisen voimalaitoksen ohituksen myötä.

Tutkimuksen suurin kokonaiskuolleisuus havaittiin Valajas- ja Petäjaskosken välillä. Samalla välillä havaittiin myös Kemijoen aiemmassa tutkimuksessa kuolevan eniten vaelluspoikasia (Huusko ym. 2016). Valajaskosken voimalaitoksen ohittamisesta aiheutuvat mahdolliset vauriot voivat lisätä merkittävässä määrin välin kuolleisuutta, lisäksi Petäjaskosken yläpuolella oli tutkimuksen toiseksi suurin vapautuseräkohtainen kuolleisuus ennen ensimmäistäkään voimalaitoksen ohitusta. Erot muiden vapautuserien (pl. Isohaara) alkukuolleisuuteen olivat kuitenkin verraten pieniä.

Valajas- ja Petäjaskosken välille muodostuva pullonkaula aiheutuu todennäköisesti useiden toisiinsa liittyvien tekijöiden vaikutuksesta:

1. Valajaskosken voimalaitoksen ohittamisesta aiheutuneet vauriot (suuri kuolleisuus Valajaskosken vapautuserällä)
2. Suuri saalistuspaine johtuen esimerkiksi saalistukselle otollisesta ympäristöstä (Petäjaskosken vapautuserän kalat, jotka eivät koskaan saapuneet Petäjaskosken voimalaitokselle)
3. Petäjaskosken suuri vedenoton syvyys (ks. Taulukko 1) verrattuna Kemijoen muihin voimalaitoksiin (kalojen viipymän kasvaminen ja siihen liittyvä predaatiopaine).

Esimerkiksi edellä mainituista tekijöistä 1) ja 2) ovat mahdollisia selittäjiä venepaikannusten havainnolle, missä 7 kpl Valajaskosken läpäisseistä kaloista löydettiin tutkimuksen lopuksi alle 8 km etäisyydellä Valajaskosken voimalaitoksesta. Kuitenkaan Valajaskosken aiheuttamat vauriot eivät pelkästään selitä suurta kuolleisuutta Valajaskosken-Petäjaskosken välillä, sillä Petäjaskosken vapautuserän kuolleisuus oli tutkimuksen toiseksi suurin ennen yhdenkään voimalaitoksen ohittamista. Lisäksi Petäjaskoskella oli tutkimuksen suurin määrä voimalaitoksen yläpuolelle jääneitä vaelluspoikasia, mikä voi osittain johtua kasvaneesta viipymästä, joka puolestaan lisää saaliiksi jäämisen riskiä (Huusko ym. 2014).

Voimalaitosten turbiinien läpi uiminen lisää vaelluspoikasten kuolleisuutta aiheuttamalla fyysisiä vaurioita, joista pääosan aiheuttaa paine ja turbulenssi (Coutant & Whitney 2000, Pracheil ym. 2016). Esimerkiksi Kemijoella käytettävien Kaplan-turbiinien aiheuttama suora kuolleisuus Salmo-suvun kaloilla on aiemmissa tutkimuksissa muilla rakennetuilla joilla ollut keskimäärin 9,2 % (Pracheil ym. 2016). Vastaavia kuolleisuustasoja on havaittu myös Perämereen laskevilla rakennetuilla joilla, esimerkiksi Iijoella (Huusko ym. 2012). Lisäksi voimalaitoksen ohituksesta aiheutuvat ei-kuolettavat vauriot voivat lisätä epäsuoraa kuolleisuutta esimerkiksi kasvattamalla saaliiksi joutumisen mahdollisuutta voimalaitosten välisillä osuuksilla (Huusko ym. 2014). Saaliiksi jäämisen todennäköisyyttä kasvattaa myös hidaskvirtaiset patoaltaat, jotka poikkeavat suuresti vapaana virtaavista joista niin elinympäristönsä kuin lajistonsakin suhteen (Jepsen ym. 1998, Huusko ym. 2016). Tulosten perusteella on mahdotonta arvioida mikä osuus kuolleisuudesta johtui suoraan voimalaitosten aiheuttamista kuolemista ja mikä osuus patoaltaalla saaliiksi joutumisesta, koska pääosin kalat poistuivat elävänä tai kuolleena voimakkaan virran mukana vastaanotinasemien ulkopuolelle.

Kokonaisuutena havaittu kuolleisuus ohijuokutusuomia käyttäneillä vaelluspoikasilla oli samaa suuruusluokkaa verrattuna turbiinien läpi uineisiin, joskin kolmella ylimmällä voimalaitoksella ohijuokutusuomaa käyttäneet selvisivät hieman todennäköisemmin seuraavalle padolle kuin turbiinia käyttäneet. Tämän perusteella ohijuokutusuomatkaan eivät vaikuta täysin riskittömiltä vaellusreiteiltä. Huomioitava on, että vain pieni osa kaloista käytti reittinään pelkästään ohijuokutusuomaa, joten ohijuokutusuomien kautta kulkeneiden kuolleisuudessa voi esiintyä myös kaloja, jotka ovat vaurioituneet aiemmissa turbiinien läpäisyissään.

Vapautuspaikan ja ensimmäisen voimalaitoksen välillä suurin kuolleisuus oli Isohaaran vapautuserällä. Samalla erällä oli myös tutkimuksen hitain vaellusnopeus ja 5 kappaletta vapautuserän kaloista paikannettiin tutkimuksen lopussa vapautuspaikasta ylävirtaan. Muiden vapautuserien kaloilla oli Taivalkoski–Isohaaran välillä huomattavasti pienempi kuolleisuus ja suurempi vaellusnopeus, joka viittaa vaelluspoikasten laatuongelmaan Isohaaran vapautuserässä. Mahdollisesti Isohaaran vapautuserän kalat olivat kunnoiltaan tai stressitasoltaan muista eristä negatiivisesti poikkeavia ja joutuivat nopeasti vapautuksen jälkeen saaliiksi. Tähän viittaa havainto Isohaaran vapautuserän sumputuspaikalta, jossa olosuhteet olivat sumputusaikana (yö-aamu) muuttuneet niin, että sumppuun kohdistui aamupuolella varsin voimakas virtaus. Mahdollisia vapautuseräkohtaisia eroja pyrittiin tutkimuksessa pienentämään merkittävien kalojen satunnaisotannalla sekä käsittelyjen, kuljetusten ja vapautusten yhdenmukaisuudella.

5.3. Alasvaellusreitin valinta

Kalojen alasvaellusreitin valintaa ohjasi enimmäkseen virtaaman jakautuminen ohijuoksutusuoman ja voimalaitoksen turbiinien välillä. Tulosten perusteella ohijuoksutusuoman valikoituminen vaellusreitiksi vaatii vähintään 20 % virtaamaosuuden, tämän alittavilla osuuksilla vaelluspoikaset eivät juurikaan käyttäneet ohijuoksutusuomia. Kun virtaama ohijuoksutusuomissa oli >30 % kokonaisvirtaamasta, ohitti liki 50 % vaelluspoikasista voimalaitoksen ohijuoksutusuoman kautta. Suhteessa vesimäärään kalat siis suosivat ohijuoksutusuomaa enemmän kuin voimalaitosta, kun virtaamaosuuden raja-arvo (20 % kokonaisvirtaamasta ohijuoksutusuomassa) ylittyi.

Tutkimuksen edetessä virtaamat Kemijoella ja erityisesti voimalaitosten ohijuoksutusuomissa vähenivät, jolloin yläosalta vapautettujen vaelluspoikasten ohijuoksutusuoman käyttöaste laski alemmille padoille siirryttäessä. Kesäkuun alkupuolella ohijuoksutusten määrä loppui paikoin kokonaan, jolloin kalojen oli pakko käyttää turbiineja päästäkseen alas. Tämä voi selittää sen, että kala vaihtoi vaellusreitikseen todennäköisemmin ohijuoksutusuoman turbiineihin seuraavalla voimalaitoksella kuin turbiineista ohijuoksutusuomaan. Niinä keväänä, kun on runsaita ohijuoksutuksia, vaelluspoikasilla on suurempi mahdollisuus ohittaa voimalaitokset ohijuoksutusuoman kautta.

5.4. Vaellusnopeus ja viipymä

Kalojen mediaaniviipymä oli suurin Petäjaskosken voimalaitoksella ja toiseksi suurin Taivalkoskella, lisäksi viipymän vaihteluväli oli Petäjäs- ja Taivalkosken voimalaitoksilla suurempi kuin kolmella muulla voimalaitoksella. Valajaskoskella kaikki voimalaitoksen ohittaneet kalat vaelsivat sen ohi jo kuuden tunnin sisällä vapautuksesta, eikä siellä saatu kerättyä havaintoja erilaisien virtaamien vaikutuksesta poikasten reitinvalintoihin. Suurien ohijuoksutusten aikaan vaelluspoikasten viipymä voimalaitoksilla on tulosten perusteella todennäköisesti lyhyempi ohijuoksutusuomaa käyttävillä vaelluspoikasilla kuin turbiineita käyttävillä. Vaelluspoikaset mahdollisesti löytävät ohijuoksutusuoman purkuvirtauksen helpommin kuin syvällä sijaitsevan välpillä suojatun turbiinin vedenottoaukon. Erityisesti Taivalkoskella oli havaintoja kaloista, jotka viipyivät voimalaitoksen yläpuolella pitkään ja käyttivät lopulta nopeasti ohijuoksutusuomaa ohijuoksutusvirtaaman kasvaessa (10 % --> 30 %). Pidempi viipymä ennen ohijuoksutusuoman käyttöä voi tarkoittaa, että osa kaloista ei löydä tai halua mennä turbiinin vedenottoaukoihin ja ne käyttävät mieluummin ohijuoksutuspatoa virtaaman siellä kasvaessa.

Petäjäs- ja Ossauskosken osalta tietoja vaelluspoikasten viipymistä ohijuoksutuspadoilla ei ole, koska ohijuoksutusuoman yläpuolelle ei asennettu vastaanottimia. Muilla voimalaitoksilla ohijuoksutusuomat sijaitsivat voimalaitoksen välittömässä läheisyydessä, jolloin voimalaitosten yläpuolelle asennetut vastaanotinasemat tallensivat myös ohijuoksutusuomaa käyttäneiden kalojen signaalia ohijuoksutusuoman yläpuolelta. Ohijuoksutusuomien kautta kulkeneiden kalojen viipymät olivat suurilla virtaamaosuuksilla lyhyitä, ja tämä todennäköisesti pätee myös Petäjäs- ja Ossauskoskien ohijuoksutusuomiin. Toisaalta Petäjäs- ja Ossauskoskella pidempi etäisyys voimalaitoksen ja ohijuoksutusuoman välillä voi kasvattaa vaelluspoikasten viipymää ohijuoksutuspadoilla pienentyvillä virtaamilla, koska vaihtoehtoisen reitin löytäminen kaukaa voimalaitokselta voi olla haastavaa. Johtuen Petäjäs- ja Ossauskosken ohijuoksutusuomien sijainneista on niiden käyttö vaihtoehtoisena reittinä epätodennäköistä sen jälkeen, kun vaelluspoikaset ovat saapuneet ko. voimalaitoksien yläpuolelle.

6. Johtopäätökset ja suositukset

Lohen vaelluspoikasten selviytyminen (25 %) jokisuulle Kemijoen rakennetulla osuudella (Valaskoski-jokisuus) oli korkeampi kuin aiemmin tehdyssä tutkimuksessa, missä selviytyminen oli keskimäärin 14 % (eräkohtainen vaihteluväli 8–25 %) (Huusko ym. 2016). Tässä tutkimuksessa radiolähettimillä merkittyjä vaelluspoikasia vapautettiin vain kerran, sattumalta tulvahuippuun osuneena ajankohtana. Tulosten perusteella vaelluspoikaset käyttivät ohijuoksutusuomia alasvaellusreitteinään, kun ohijuoksutuksen osuus oli yli 20 % joen kokonaisvirtaamasta. Ohijuoksutusuomien käyttö alasvaellusreitteinä onkin voinut jossain määrin parantaa vaelluspoikasten selviytymistä erityisesti ylimmillä voimalaitospadoilla, sillä esimerkiksi toiseksi ylimmäällä Petäjaskosken voimalaitospadolla lohien vaelluspoikaset pysyttelivät padon yläpuolella useimmiten lähes 1,5 tuntia ennen hakeutumistaan turbiinien kautta alavirtaan. Virtaamatilanteissa, missä turbiinit ovat ainoa reitti tämän voimalaitospadon alapuolelle, voi pysähtyminen lisätä mm. predaatiota ja siten kuolleisuutta.

Tutkimuksessa havaittiin, että useamman padon ohittaneilla lohien vaelluspoikasilla oli suurempi todennäköisyys jäädä voimalaitosten väliselle patoaltaalle kuin vähemmän voimalaitoksia ohittaneilla. Voimalaitospadon läpäisy voi aiheuttaa kaloille vaurioita tai stressiä, mikä kerättyä jokaisen padon yhteydessä, jolloin useamman padon ohittaneiden yksilöiden kuolleisuus voi olla suurempi kuin yksittäisten patojen summa. Nopea, mahdollisimman stressitön sekä turvallinen vaellusyhteys olisi siten vaelluspoikasten kannalta paras ratkaisu. Käytännössä tämä edellyttää erillisten alasvaellusreittien suunnittelua ja käyttöönottoa. Näissäkin ratkaisuissa ongelmaksi voi muodostua kalojen heikko ja/tai hidaskasvu alasvaellusreitille (Luke, julkaisematon).

Kuten aiemmassa Kemijoen rakennetulla alajuoksulla tehdyssä tutkimuksessa oli vaelluspoikasten kuolleisuus tässäkin tutkimuksessa suurinta kahden ylimmän, Valajaskosken ja Petäjaskosken, voimalaitosten välisellä alueella, jolloin kyseisellä patoaltaalla ja Petäjaskosken voimalaitoksen ohittamisessa tapahtuvat muutokset voivat vaikuttaa muita voimalaitoksia enemmän vaelluspoikasten kokonaiselviytymiseen. Vaelluskalakantojen elvyttämisyrittämysten kannalta alasvaellusta parantavia toimenpiteitä kannattaa siten ainakin alkuvaiheessa priorisoida voimalaitosketjun yläosaan Valajas- ja Petäjaskoskelle. Kyseiset laitokset ja patoallas ovat samalla ensimmäiset, jotka mahdolliset Ounasjoessa kasvaneet vaelluspoikaset joutuvat alasvaelluksellaan kohtaamaan.

Lohien vaelluspoikasten kokonaiselviytymisen luotettavammaksi arvioimiseksi tarvittaisiin vielä lisää tietoa vaellusreittien (turbiinit vs. ohijuoksutusuomat) vaikutuksesta selviytymiseen erilaisissa virtaamaolosuhteissa. Nykytilanteessa vuosittainen vaihtelu ohijuoksutusten ajoittamisessa ja määrässä voi vaikuttaa vaellusreittien jakautumiseen ja täten vaikuttaa vaelluspoikasten selviytymiseen eri vuosien välillä. Tässä tutkimuksessa Ossauskosken voimalaitoksen osalta tulokset jäivät vajaammiksi kuin muilta padoilta Ossauskosken istutuserän sumpun ankkuroinnin petettyä. Lisäksi Isohaaran vapautuserän poikasten käyttäytyminen erosi huomattavasti muista, mikä viittaa mahdollisesti ennen vapautusta erään kohdistuneeseen poikkeamaan. Nämä havainnot osoittavat sattuman vaikutukset tuloksiin ja sen että yhden tutkimuksen perusteella saatuja tuloksia ei voida suoraan käyttää yleistettynä tietona vaihtelevassa voimalaitosympäristössä.

Kiitokset

Tutkimusryhmä haluaa kiittää erityisesti Voimalohi Oy:n henkilökuntaa ratkaisevan tärkeästä logistisesta avusta liittyen vaelluspoikasten merkintöihin, kuljetuksiin, sumputuksiin ja vapautuksiin. Tutkimusta rahoittivat Kemijoki Oy ja PVO-Vesivoima Oy ja valtion Nousu-vaelluskala-ohjelma.

Viitteet

- Coutant, C. & Whitney, R. 2000. Fish behavior in relation to passage through hydropower turbines: A Review. *Transactions of the American Fisheries Society* 129(2): 351–380.
- Huntingford, F.A. 2004. Implications of domestication and rearing conditions for the behaviour of cultivated fishes. *Journal of Fish Biology* 65: 122–142.
- Huusko, R., Orell, P., van der Meer, O., Jaukkuri, M. & Mäki-Petäys, A. 2012. Lohen vaelluspoikasten radiotelemetriaseuranta lijoella vuosina 2010–2011. RKTL:n työraportteja 22/2012. 30 s.
- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J. 2014. Lohen vaelluspoikasten alasvaellus rakennetuissa joissa – ongelmat ja niiden ratkaisumahdollisuudet. RKTL:n työraportteja 8/2014. 41 s.
- Huusko, R., Orell, P., Hyvärinen, P., Jaukkuri, M., Laaksonen, T., van der Meer, O., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J. 2016. Lohen vaelluspoikasten alasvaellus rakennetussa ja luonnontilaisessa joessa: Vertailututkimus Kemi-Ounasjoessa ja Tornion-Muonionjoessa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 38/2016. 24 s.
- Jepsen, N., Aarestrup, K., Økland, F. & Rasmussen, G. 1998. Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migrating. *Hydrobiologia* 371/372: 347–353.
- Jepsen, N., Mikkelsen, J.S. & Koed, A. 2008b. Effects of tag and suture type on survival and growth of brown trout with surgically implanted telemetry tags in the wild. *Journal of Fish Biology* 72: 594–602.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2012. Kansallinen kalatiestrategia. Valtioneuvoston periaatepäätös 8.3.2012. 30 s.
- Pracheil, B., DeRolph, C., Schramm, M. & Bevelhimer, M. 2016. A fish-eye view of riverine hydropower systems: the current understanding of the biological response to turbine passage. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 26: 153–167.



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

