



Luonnonvara- ja  
biotalouden  
tutkimus 55/2019

## Vaelluskalojen palauttaminen rakennettuihin jokiin

Rakennettujen jokien tutkimustuloksia vuosilta 2011–2018

Pauliina Louhi, Maare Marttila, Panu Orell, Janne Artell, Jaakko Erkinaro, Juha Hiedanpää, Ari Huusko, Riina Huusko, Pekka Hyvärinen, Mikko Jaukkuri, Artti Juutinen, Timo P. Karjalainen, Markku Kaukoranta, Hannu Marttila, Mika Marttunen, Juhani Mellanoura, Kaisa-Riikka Mustonen, Jorma Piironen, Atso Romakkaniemi, Pia Rotko, Ari Saura, Tapio Sutela ja Teppo Vehanen

# **Vaelluskalojen palauttaminen rakennettuihin jokiin**

Rakennettujen jokien tutkimustuloksia vuosilta 2011–2018

Pauliina Louhi, Maare Marttila, Panu Orell, Janne Artell, Jaakko Erkinaro, Juha Hiedanpää, Ari Huusko, Riina Huusko, Pekka Hyvärinen, Mikko Jaukkuri, Artti Juutinen, Timo P. Karjalainen, Markku Kaukoranta, Hannu Marttila, Mika Marttunen, Juhani Mellanoura, Kaisa-Riikka Mustonen, Jorma Piironen, Atso Romakkaniemi, Pia Rotko, Ari Saura, Tapio Sutela ja Teppo Vehanen

Viittausohje:

Louhi, P., Marttila, M., Orell, P., Artell, J., Erkinaro, J., Hiedanpää, J., Huusko, A., Huusko, R., Hyvärinen, P., Jaukkuri, M., Juutinen, A., Karjalainen, T.P., Kaukoranta, M., Marttila, H., Marttunen, M., Mellanoura, J., Mustonen, K.-R., Piironen, J., Romakkaniemi, A., Rotko, P., Saura, A., Sutela, T. ja Vehanen, T. 2019. Vaelluskalojen palauttaminen rakennettuihin jokiin: Rakennettujen jokien tutkimustuloksia vuosilta 2011–2018. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 55/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 68 s.



ISBN 978-952-326-806-7 (Painettu)

ISBN 978-952-326-807-4 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-807-4>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Louhi, P., Marttila, M., Orell, P., Artell, J., Erkinaro, J., Hiedanpää, J., Huusko, A., Huusko, R., Hyvärinen, P., Jaukkuri, M., Juutinen, A., Karjalainen, T.P., Kaukoranta, M., Marttila, H., Marttunen, M., Mellanoura, J., Mustonen, K.-R., Piironen, J., Romakkaniemi, A., Rotko, P., Saura, A., Sutela, T. ja Vehanen, T.  
Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2019

Julkaisuvuosi: 2019

Kannen kuva: Panu Orell

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

## Tiivistelmä

Pauliina Louhi<sup>1)</sup>, Maare Marttila<sup>1,2)</sup>, Panu Orell<sup>1)</sup>, Janne Artell<sup>1)</sup>, Jaakko Erkinaro<sup>1)</sup>, Juha Hiedanpää<sup>1)</sup>, Ari Huusko<sup>1)</sup>, Riina Huusko<sup>1)</sup>, Pekka Hyvärinen<sup>1)</sup>, Mikko Jaukkuri<sup>1)</sup>, Artti Juutinen<sup>1)</sup>, Timo P. Karjalainen<sup>3)</sup>, Markku Kaukoranta<sup>1)</sup>, Hannu Marttila<sup>3)</sup>, Mika Marttunen<sup>4)</sup>, Juhani Mellanoura<sup>1)</sup>, Kaisa-Riikka Mustonen<sup>3)</sup>, Jorma Piironen<sup>1)</sup>, Atso Romakkaniemi<sup>1)</sup>, Pia Rotko<sup>4,5)</sup>, Ari Saura<sup>1)</sup>, Tapio Sutela<sup>1)</sup> ja Teppo Vehanen<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Luonnonvarakeskus, <sup>2)</sup>Lapin ELY-keskus, <sup>3)</sup>Oulun yliopisto, <sup>4)</sup>Suomen ympäristökeskus, <sup>5)</sup>Innotiimi-ICG

Vaelluskalakantojen palauttaminen rakennettuihin vesistöihin edellyttää monialaista tutkimustietoa kalojen elinkierron eri vaiheisiin liittyvistä haasteista ja niiden korjaustoimista. Myös vesistöjen eri käyttäjien ja intressiryhmien on löydettävä yhteinen tahtotila jokiympäristön ja sen kalaston kestäväälle käytölle. Tämä puolestaan edellyttää viranomaisten, eri toiminnanharjoittajien ja sidosryhmien välillä avointa vuoropuhelua, yhteisten sovitteluratkaisujen hakemista ja omista eduista joustamista.

Vaelluskalojen palauttamiseen liittyviin tietotarpeisiin on vastattu Luonnonvarakeskuksen (Luke) monialaisilla tutkimushankkeilla, joita on toteutettu rakennetuissa vesistöissä eri puolilla maamme sekä Luken Kainuun kalantutkimusaseman kokeellisissa olosuhteissa. Tähän raporttiin on koottu vuosina 2011–2018 toiminnassa olleiden Luonnonvarakeskuksen (vuoteen 2015 asti Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos) hankkeiden tärkeimmät tulokset sekä julkaisuluettelo. Tässä esiteltäviä hankkeita ja raportin koostamista ohjasi erikoistutkija Aki Mäki-Petäys kevääseen 2019 asti. Useat näistä hankkeista on tehty yhteistyössä Helsingin, Itä-Suomen, Jyväskylän ja Oulun yliopistojen, Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), Elintarviketurvallisuusviraston (Evira), Metsähallituksen, ELY-keskusten ja Pohjois-Pohjanmaan liiton kanssa, ja joissakin tapauksissa nämä tahot ovat olleet myös hankkeiden päävastaajia. Tutkimushankkeita on rahoitettu myös osana laajempia ja useampivuotisia Public-Private-Partnership (PPP) – hankekokonaisuuksia, missä vesivoimayhtiöiden rahoitus on ollut merkittävässä osassa.

Vaelluskalojen palauttaminen on monin paikoin mahdollista, jos eri käyttäjät ja intressiryhmät ovat sitoutuneet pitkäjänteiseen yhteistyöhön. Vesistökohteet ovat erilaisia, joten kaikkiin kohteisiin sopivaa ratkaisua ei yleensä ole, vaan toimenpiteissä on aina huomioitava vesistöjen erityispiirteet sekä mahdolliset muut reunaehdot. Kohteesta riippuen, toimenpiteinä tarvitaan:

- Toimivat kalojen vaellusväylät patojen ohitse sekä ylä- että alavirtaan,
- Elinympäristökunnostuksia sekä joki- ja purouomissa että niiden valuma-alueilla,
- Istutuskalojen sekä – toiminnan laadullista kehittämistä,
- Riittävää kalastuksen säätelyä,
- Myös muiden eliöryhmien kuin vaelluskalojen elinolosuhteiden parantamista,
- Realistisesti asetettuja vesistökohtaisia tavoitteita,
- Toimenpiteiden vaikuttavuuden seuranta,
- Tehokasta ja yleistajuista viestintää sekä kaikkien sidosryhmien sitouttamista yhteistyöhön,
- Ajallisia ja taloudellisia resursseja.

Aihepiirin tutkimustoimintaa viedään Lukessa eteenpäin vuodesta 2019 alkaen mm. Sateenvarjo III-, Kalatalouden ympäristöohjelma-, RiverGo- sekä monissa muissa yhteistyöhankkeissa. Toivomme, että tämä työ toimii tietopakettina monille muillekin hankkeille!

Asiasanat: vaelluskalat, lohi, taimen, kalatiet, kunnostukset, kalaistutukset, monitavoitearviointi

# Sisällys

<b>1. Johdanto</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Tutkimusalueet</b> .....	<b>8</b>
2.1. Perämereen laskevat joet .....	8
2.2. Suomenlahteen laskevat joet .....	9
2.3. Karjalan lohi- ja taimenjoet.....	10
<b>3. Toimivat vaellusväylät</b> .....	<b>12</b>
3.1. Kalateiden toimivuus ja lohien liikkeet voimalaitosten alakanavissa .....	12
3.1.1. Oulujoki .....	12
3.1.2. Iijoki.....	14
3.1.3. Kemijoki.....	15
3.1.4. Kymijoki.....	16
3.1.5. Kalateiden toimivuus - kirjallisuuskatsaus .....	18
3.1.6. Kalateiden seurannan kehittäminen .....	18
3.2. Kalatieratkaisut .....	19
3.2.1. Karjalan lohijoet .....	19
3.2.2. Iijoen Raasakan älykalatie .....	20
3.3. Smolttien alasvaellus .....	21
3.3.1. Alasvaeltavien poikasten selviytyminen .....	21
3.3.2. Kokeellinen tutkimus kalamerkkien vaikutuksesta vaelluspoikasiin .....	23
<b>4. Hyvät lisääntymisalueet ja poikastuotanto</b> .....	<b>25</b>
4.1. Arviot lohijokien luonnontilaisesta poikastuotannosta .....	25
4.2. Jokien uomakunnostusten vaikutukset jokiekosysteemeissä.....	28
4.3. Simojoen lohien kutu- ja poikastuotantoalueiden kunnostus .....	30
4.4. Kiintoaineen aiheuttamat biologiset ja fysikaaliset muutokset virtavesissä .....	32
4.5. Virtaaman säännöstelyn kalabiologiset vaikutukset.....	35
4.6. Järvilohen luontaisen lisääntymisen edellytysten parantaminen Ala-Koitaajoella .....	37
4.7. Lisääntymisalueet ja poikastuotanto Suomenlahteen laskevissa joissa .....	40
4.8. Raakun ja taimenen esiintyminen Hyrynsalmen reitin pääuomaan laskevissa joissa .....	44
<b>5. Tukitoimet</b> .....	<b>45</b>
5.1. Populaatiomallinnus tuki- ja säätelytoimien biologisessa arvioinnissa .....	45
5.2. Lohien ylisirrot .....	46
5.3. Istutusten tuloksellisuus .....	48
5.4. Menestyvistä istukkaista elinvoimaiset kalakannat.....	49
5.4.1. Virikekasvatuksen vaikutus lohismolttien selviytymiseen jokivaelluksesta .....	49
5.4.2. Virikekasvatuksen vaikutus loisi- ja bakteeritautien esiintymiseen ja haitallisuuteen .....	50

5.4.3. Virikekasvatusmenetelmän soveltaminen eri tuotantolaitosten kasvatusolosuhteisiin .....	51
5.4.4. Kasvatusympäristön vaikutus istutuskalojen käyttäytymiseen ja kalastusalttiuteen .....	51
5.4.5. Onko taimenten käyttäytymispiirteissä periytyvää vaihtelua?.....	52
<b>6. Vaelluskalojen palauttamisen yhteiskunnalliset ja taloudelliset edellytykset.....</b>	<b>53</b>
6.1. Monitavoitearviointi vaelluskalakantojen palauttamisen ja jokikunnostusten tukena.....	53
6.2. Oulujoen moninaiskäytön tulevaisuus.....	56
6.3. Iijoen yhteinen vesistövisio.....	57
6.4. Vaelluskalojen palauttaminen rakennetuille joille – kustannusten ja hyötyjen kokonaisvaltainen tarkastelu .....	58
6.5. Vaelluskalojen palauttamiseen liittyvät ekosysteemipalvelut.....	60
6.5.1. Ekosysteemipalvelut vaelluskalajokien luonto- ja kulttuurimatkailun kehittämisessä .....	60
6.5.2. Koskikunnostusten vaikutukset ekosysteemipalveluihin ja virkistyskäyttöön.....	61
<b>Kirjallisuusluettelo .....</b>	<b>63</b>

# 1. Johdanto

Vaelluskalakantojen palauttaminen rakennettuihin vesistöihin edellyttää monialaista tutkimustietoa kalojen elinkierron eri vaiheisiin liittyvistä ongelmista ja niiden korjaustoimista. Nykytiedon valossa kantojen palauttaminen on monin paikoin mahdollista, jos kaloille on rakennettu padot ohittavat, toimivat vaellusväylät sekä ylä- että alavirtaan. Niiden lisäksi tarvitaan kokonaisvaltaisia, tehokkaita ja samanaikaisia tuki- ja säätelytoimenpiteitä. Tässä onnistumiseksi vesistöjen eri käyttäjien ja intressiryhmien on löydettävä yhteinen tahtotila jokiympäristön ja sen kalaston kestäväälle käytölle. Tämä puolestaan edellyttää viranomaisten, eri toiminnanharjoittajien ja sidosryhmien välille avointa vuoropuhelua, yhteisten sovitteluratkaisujen hakemista ja omista eduista joustamista.

Suomen noin 159 000 jokikilometristä yli 90 prosenttia on jollain tavoin ihmisen muuttamia. Vesivoimalaitosten rakentaminen on katkaissut vaelluskalojen kulkumahdollisuudet monilla maamme joilla. Lisäksi jokien luonnontilaa ovat muuttaneet muun muassa säännöstely, uittoperkaukukset ja valuma-alueiden ojitukset. Näitä haittoja voidaan vähentää rakentamalla vaellusväyliä, kunnostamalla poikastuotantoalueita ja valuma-alueita sekä varmistamalla sopivat virtaamat kalojen elinkierron eri elinympäristöihin.

Virtavesien lisääntymisalueille leimautuneiden kalakantojen aikaansaamiseksi kunnostustoimien jälkeen tarvitaan mm. kutukalojen ylisiirtoja, kotiutusistutuksia sekä kalastuksen säätelyä. Lisäksi pitkään laitosviljelyn varassa olleiden kalakantojen palauttaminen tarvitsee onnistuakseen uusien menetelmien kehittämistä laitoskantojen villiyttämiseksi ja luonnossa menestyvien istukkaiden tuottamiseksi.

Nykyään vaelluskalojen palauttamishankkeet nähdään useissa rakennetuissa vesistöissä ympäristöhoidon kärkihankkeina. Niitä edistetään valtioneuvoston vuonna 2012 hyväksymällä kansallisella kalatiestrategialla (<http://mmm.fi/kalat/strategiat-ja-ohjelmat/kalatiestrategia>). Sen tavoitteena on siirtää kalakantojen hoidon painopistettä istutuksista kalojen luontaisen lisääntymiskierron elvyttämiseen ja ylläpitämiseen. Keskeisenä päämääränä on edistää potentiaalisten lisääntymisalueiden käyttöönottoa toimivien vaellusväylien avulla. Näitä tavoitteita tukee myös lohi- ja meritaimenstrategia (<http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80280>), jonka valtioneuvosto hyväksyi vuonna 2014.

Vaelluskalojen palauttamiseen liittyviin tietotarpeisiin on vastattu Luonnonvarakeskuksen (Luke) monialaisilla tutkimushankkeilla, joita on toteutettu rakennetuissa vesistöissä eri puolilla maamme sekä Luken Kainuun kalantutkimusaseman ([www.kfrs.fi](http://www.kfrs.fi)) kokeellisissa olosuhteissa. Useat hankkeet on tehty yhteistyössä Helsingin, Itä-Suomen, Jyväskylän ja Oulun yliopistojen ja/tai Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), Elintarviketurvallisuusviraston (Evira), Metsähallituksen, ELY-keskusten ja Pohjois-Pohjanmaan liiton kanssa, ja joissakin tapauksissa nämä tahot ovat olleet myös hankkeiden päävastuullisia toteuttajia.

Monet tutkimushankkeet on rahoitettu osana laajempia ja useampivuotisia Public-Private-Partnership (PPP) -hankekokonaisuuksia. Yksityisinä rahoittajina niissä ovat olleet Energiategollisuus ry, Fortum Power and Heat Oy, PVO-Vesivoima Oy, Kemijoki Oy, Vattenfall Oy, Oulun Energia Oy, UPM, HELEN Oy ja Kolsin voima Oy. Julkisesta rahoituksesta ovat puolestaan vastanneet Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) ja Luke. MMM on rahoittanut tutkimusta myös vaeltavien ja uhanalaisten kalakantojen elvyttämiseen suunnatulla kärkihankerahoituksella. Merkittävää hankerahoitusta on saatu myös alueellisilta ELY-keskuksilta (mm. EAKR-, ESR- ja EMKR-rahoitukset), Suomen Akatemialta ja Emil Aaltosen, Koneen, Jenny ja Antti Wihurin sekä Maj ja Thor Nesslingin tutkimussäätiöiltä. Lisäksi tutkimusalueiden ja jokilaaksojen kunnat ja kaupungit ovat osallistuneet hankerahoituksiin.

Vuonna 2010 Vaelluskalojen palauttamisen ja vesivoimatalouden harjoittamisen yhteensovittamiseksi perustettiin Rakennettujen jokien vaelluskalafoorumi, ([www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesistokunnostusverkosto/Vaelluskalafoorumi](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesistokunnostusverkosto/Vaelluskalafoorumi)), jonka tavoitteena on ollut innovatiivisen keskustelun ja tiedonvälityksen lisääminen valtakunnallisten ja alueellisten kehittämishankkeiden, vesivoimayhtiöiden, tutkimuksen sekä kalatalous- ja ympäristöviranomaisten välillä, sekä yhteisten tutkimusintressien ja tiedontarpeiden kartoittaminen. Tässä tavoitteessaan foorumi on onnistunut hyvin lisäämällä vuoropuhelua ja luottamusta eri toimijoiden välillä, mikä on puolestaan heijastunut merkittävinä PPP-hankekokonaisuuksien rahoituksina. Näin on varmistettu parhaiten pitkäjänteinen ja määrätietoinen tutkimus vuoteen 2028 ulottuvan kalatiestrategian edistämiseksi.

Tähän raporttiin on koottu vuosina 2011–2018 toiminnassa olleiden hankkeiden tärkeimmät tulokset. Osa hankkeista on toteutettu Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa (RKTL), joka yhdistyi Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT), Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) ja Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen (Tike) tilastopalveluiden kanssa vuonna 2015 Luonnonvarakeskukseksi (Luke). Yhtenäisyyden ja selkeyden vuoksi jatkossa käytetään vain Luke-nimeä hankkeiden toteutusaikataulusta huolimatta. Osa tutkimushankkeista on edelleen käynnissä ja niiden osalta tulokset ovat alustavia.



## 2. Tutkimusalueet

### 2.1. Perämereen laskevat joet

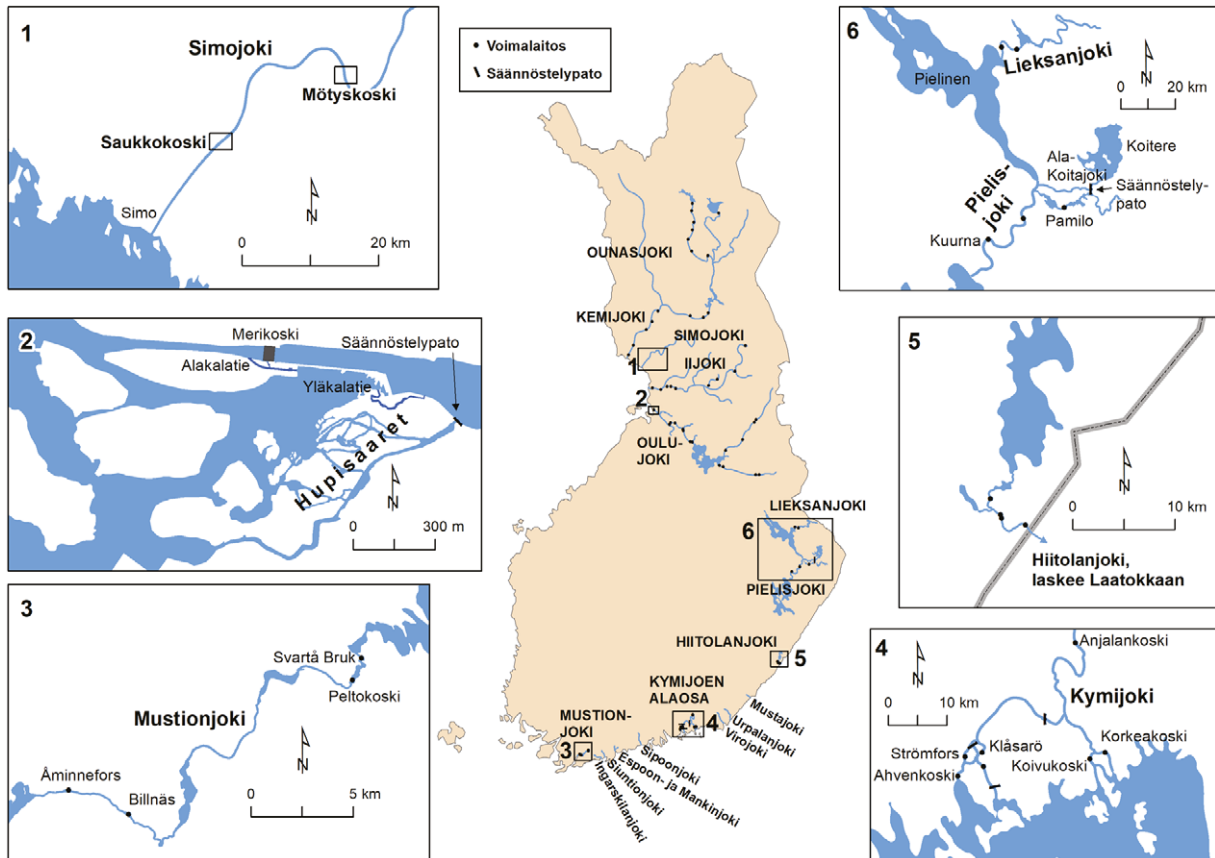
Perämereen laskevista suurista lohijoista Kemi-, Oulu- ja Iijoki on rakennettu vesivoimakäyttöön (Kuva 1). Kaikilla näillä joilla tehdyissä vaelluskalatutkimuksissa on saatu tietoa mm. kalatierakentamisen edellytyksistä sekä ylisiirrettyjen lohien ja alasvaeltavien smolttien vaelluksesta ja selviytymisestä jokialueella. Ii- ja Kemijoki ovat kalatiestrategiassa kärkikohteiden joukossa, kun kriteerinä käytetään vaelluskalojen poikastuotantoalueiden määrää. Joet ovat myös HELCOMin (Helsinki Commission) Itämeren alueen potentiaalisten lohijokien listalla. Molemmissa joissa vaelluskalojen lisääntymis- ja poikastuotantoalueet sijaitsevat pääosin pääuoman viiden voimalaitoksen yläpuolella.

Kemijoen vesistössä on yhteensä 21 voimalaitosta, joista viisi Rovaniemen ja jokisuun välillä. Rovaniemen kohdalla Kemijokeen yhtyvä Ounasjoki on lailla suojeltu voimalaitosrakentamiselta (laki Ounasjoen erityissuojelusta 703/83) ja kuuluu Natura-alueisiin. Kemijoen alkuperäinen lohikanta on kokonaan hävinnyt luonnonlisääntymisen estyessä ja velvoiteistutuksissa on käytetty lähellä sijaitsevien Iijoen ja Tornionjoen kantoja. Alimpaan Kemijoen voimalaitokseen, Isohaaraan on rakennettu kaksi kalatietä, joista ensimmäinen valmistui vuonna 1993 ja toinen vuonna 2012. Tällä hetkellä lohija meritaimenkantojen palauttamista edistetään ylisiirtojen ja kotiutusistutusten avulla.

Iijoen vesistössä on yhteensä 11 voimalaitosta, joista pääuoman alaosalla on viisi suurinta. Iijoen alkuperäinen, erittäin uhanalaiseksi luokiteltu lohikanta on osin onnistuttu säilyttämään kalanviljelyn ansiosta. Iijoen vesistön keski- ja yläosat on suojeltu koskiensuojelulaille (1987/35) voimalaitosrakentamiselta ja vaelluskaloille on runsaasti potentiaalisia poikastuotanto- ja lisääntymisalueita sekä pääuomassa että sivujoissa. Iijolla tavoitteena on vaelluskalojen luontainen elinkierto ja vapaa liikkuvuus sekä ylä- että alavirtaan. Tähänastisia elvytystoimia ovat olleet toimenpiteet Raasakan luonnonuomassa, jokipoikasistutukset, lohien ylisiirrot sekä kalastuksen säätely. Suunnitteilla oleviin toimenpiteisiin kuuluvat lisäksi mm. Raasakan voimalaitospadon kalatie ja smolttien alasvaellusratkaisut. Iijoen alaosalla tuetaan myös nahkiaisen ja siian elinolosuhteita.

Oulujoen rakentamisaste on Suomen korkein, yli 80 %. Oulujärven alapuolisessa pääuomassa on seitsemän voimalaitosta ja Oulujärven yläpuolisilla Sotkamon ja Hyrynsalmen reiteillä yhteensä kymmenen voimalaitosta. Oulujärven ja meren välisistä laajoista pääuoman koskialueista ei ole enää yhtään jäljellä ja virtapaikkojakin vain vähän. Oulujoella vaelluskalakantojen kehittäminen tapahtuu siten olosuhteissa, joissa luonnontuotannon edellytykset ovat heikot. Vaelluskalojen palauttamista Oulujoen vesistöalueelle on edistetty mm. Merikosken kalatien rakentamisella, joka avasi vuonna 2003 uudelleen yhteyden pääuomaan Muhokselle asti sekä Muhosjoelle ja Sanginjoelle. Muita keskeisiä toimenpiteitä ovat olleet istutukset ja kalataloudelliset kunnostukset.

Oulujoen vaelluskalatutkimukset ovat keskittyneet Merikosken kalatien toimivuuden sekä vesistön tehtävien velvoiteistutusten ja ylisiirtojen tuloksellisuuden kehittämiseen. Koska Oulujoen pääuoma on voimakkaasti rakennettu ja säännöstelty, on suistoalueella sijaitsevien Hupisaarten purojen sekä pääuomaan laskevien sivujokien potentiaalisilla poikastuotantoalueilla erityisen suuri painoarvo koko Oulujoen vesistöalueen vaelluskalaston kehittämisessä. Vuodesta 2014 alkaen Oulujoen Merikoskelle nousevia kutulohia onkin kuljetettu usean voimalaitospadon yläpuolella sijaitseville koskialueille Utos- ja Kutujokiin. Tarkoituksena on ollut vahvistaa Oulujoen vesistöalueelle leimautunutta lohikantaa ja lisätä Merikosken kalatien kautta jokeen nousevien kalojen määrää. Toiminnan tehostamiseksi Merikoskesta seuraavalle, Montan voimalaitokselle rakennettiin vuonna 2017 kalojen kiinniottolaite, jolla on jatkossa tarkoitus pyytää Utos- ja Kutujoelle siirrettävät kutukalat.



Kuva 1. Tutkimusraportissa esiintyvät kohdejoet ja –alueet.

## 2.2. Suomenlahteen laskevat joet

Kymijoki on ainoa Suomenpuolelta Suomenlahteen laskeva lohijoki (Kuva 1). Ensimmäiset voimalaitokset valmistuivat 1800- ja 1900-lukujen vaihteessa ja nykyisin Kymijoen varrella on 13 vesivoimalaitosta. Osa koskialueista on suojeltu koskiensuojelulailta. Kymijoki on valtakunnallisesti erittäin merkittävä vaelluskalakantojen elvyttämiskohde. Kymijoen oma lohikanta menetettiin 1950-luvulle tultaessa joen patoamisen ja vedenlaadun heikkenemisen vuoksi. Metsäteollisuuden jätevesien puhdistuksen myötä vedenlaatu Kymijoella on parantunut. Nevan kantaa oleva lohi kotiutettiin Kymijokeen 1970-luvun loppupuolella ja ensimmäiset havainnot luontaisesta lisääntymisestä saatiin 1980-luvun puolivälissä.

Kymijoen itähaaran Langinkosken haarassa Koivukosken voimalaitoksessa ja säännöstelypadossa on kalatiet. Sademääriltään vähäisinä tai keskimääräisinä vuosina ne eivät ole toimineet riittävästi, koska tällöin suurin osa Kymijoen itäisen haaran vedestä juoksetaan Korkeakosken haaraa pitkin, mikä ohjaa nousukalat Korkeakosken voimalaitoksen alapuolelle. Myös Korkeakoskelle valmistui vuonna 2016 kalatie, mikä mahdollistaa vaelluskalojen pääsyn valtaosalle niiden potentiaalisista lisääntymisalueista Anjalankosken alapuolisella jokialueella. Nousukalojen käyttäytymistä Kymijoen voimalaitosten kalateissa on tutkittu useissa eri yhteyksissä. Myös vaelluspoikasten alasvaellusta ja vaelluspoikastappioita voimalaitoksissa on tutkittu.

Luke selvitti myös Kymijoen länsihaaran voimalaitoksiin liittyvät vaihtoehdot kalan kulun järjestämiseksi Ahvenkosken ja Klåsarön voimalaitosten ohi. Samalla vedettiin yhteen olemassa olevat tiedot Kymijoen vaelluskalojen potentiaalisista tuotantoalueista, vaellusyhteyksistä, vaelluskalakantojen tilasta sekä niihin liittyvistä tutkimuksista ja seurannoista.

Mustionjoki on noin 25 km pitkä Karjaanjoen vesistöalueen laskujoki, joka purkaa Lohjanjärven ja sen yläpuolisten vesistöjen vedet Suomenlahteen Pohjanpitäjänlahdessa (Kuva 1). Pudotuskorkeutta Lohjanjärvestä mereen on 32 metriä. Vaelluskalojen nousu jokeen loppui vuonna 1911, jolloin alin voimalaitospato Åminnefors rakennettiin. Nykyisin joessa on kolme muutakin voimalaa: Billnäs, Åkerfors ja Svartå bruk. Mustionjoki kuuluu valtakunnallisen kalatiestrategian kärkikohteisiin, ja EU-rahoitteisen FRESHABIT-LIFE-IP-hankkeen puitteissa sen kahteen alimpaan voimalaitospatoon, Åmineforsiin ja Billnäsiin rakennetaan kalatiet. Joessa elää ikääntyneitä jokihelmisimpukoita, jotka eivät kuitenkaan ole varmuudella lisääntyneet muutamaankymmeneen vuoteen. Mustionjoen voimalaitoksissa tapahtuvia vaelluspoikasten alasvaellustappioita on tutkittu radiotelemetriaseurannalla.

### 2.3. Karjalan lohi- ja taimenjoet

Useimmat Suomen ja Venäjän rajan ylittävät joet ovat tai ovat olleet lohi- ja taimenjokia. Kaikissa niissä lohi- ja taimenkannat ovat jokien patoamisen ja salakalastuksen takia varsin huonossa tilassa. Perusedellytykset vaelluskalakantojen elvyttämiselle ovat olemassa, koska jokien vedenlaatua voidaan pitää vähintään tyydyttävänä ja lohikalojen lisääntymiseen sopivia koski- ja virta-alueita on niissä runsaasti. Vaellusyhteyden palauttamisella ja muilla hoito- ja suojelutoimenpiteillä jokien lohi- ja taimentuotanto on mahdollista elvyttää.

Viipurinlahden perukkaan laskevan Mustajoen (Kuva 1) taimenkannan tärkeimmät lisääntymisalueet sijaitsevat Suomen puolella. Siinä ei ole voimalaitospatoja, mutta Venäjän raja-alueella edelleen sijaitsevat esteaidat sekä niihin kertyvät puut ja risut patoavat jokea ja hankaloittavat taimenten nousua varsinkin alivirtaamakausiin (Kuva 2). Toinen Venäjän puolella Suomenlahteen laskeva taimenjoki, jonka kanta on todettu alkuperäiseksi, on Urpalanjoki (Kuva 1). Venäjän puolella Urpalanjoessa ei ole voimalaitospatoja, mutta Suomenpuolella on kolme: Muurikkalan, Salajärvenkosken ja Joutsenkosken voimalaitospadot. Muurikkalankosken patoon valmistui kalatie vuonna 2016.



**Kuva 2.** Mustajoki Venäjän rajavalvontalinjan kohdalla. Esteaita patoaa jokea erityisesti alivirtaamakausiin. Kuva: Pekka Vähänäkki.

Järvilohen luontainen elinkierto on ollut jo vuosikymmeniä estyneenä Suomenpuoleisilla kutujoilla. Yksi järvilohikanta syönnösti aikoinaan Pielisellä ja sen kutujokena oli Lieksanjoki (Kuva 1). Lieksankosken voimalaitoksen valmistuminen vuonna 1960 merkitsi tälle Pielisen järvilohikannalle lopullista häviämistä. Saimaan alueella eläneen järvilohen entiset kutujoet – Pielisjoki ja sen sivuhaara Ala-Koitajoki rakennettiin vesivoimatuotantoon 1950-luvulta lähtien. Viimeistään Kuurnan voimalan valmistuttua Pielisjokeen vuonna 1971 järvilohen säilyminen kalastossamme on ollut kokonaan kalanviljelyn ja istutusten varassa.

Järvilohen hoito-ohjelman mukaisilla toimenpiteillä pyritään edistämään järvilohen luonnontuotantoa. Ala-Koitajoki ja Lieksanjoki tarjoavat hyvät edellytykset järvilohen luontaisen elinkierron palauttamiseen. Esimerkiksi Lieksanjoella rakentamaton jokiosuus tuotantoalueineen alkaa jo kahden voimalaitoksen yläpuolella. Ala-Koitajoelle on viime vuosina johdettu lisää vettä poikastuotantomahdollisuuksien selvittämiseksi. Laatokan järvilohelle Hiitolanjoki on tärkeä lisääntymisjoki, mutta suomenpuoleiset kolme pataa estävät lohien nousun ylävirran lisääntymisalueille (Kaijomaa ym. 2003, Sutela ym. 2012).

### ***Aiheeseen liittyvät julkaisut:***

- Dufva, M. ja Marttunen, M. 2010. Monitavoitearviointi Mustionjoen kunnostuksesta - simpukka- ja lohikantojen elvyttämisvaihtoehtojen arviointi. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö, luonnonvarat nro 20.
- HELCOM 2011. Salmon and Sea Trout Populations and Rivers in the Baltic Sea. HELCOM assessment of salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*) populations and habitats in rivers flowing to the Baltic Sea. Baltic Sea Environment Proceedings No. 126A.
- Kaijomaa, V-M., Turunen, T & Peura, H. 2011. Saimaan järvilohen hoito-ohjelma.
- Karpinen, P. Vähä, J.-P., Vehanen, T. 2017. Lohen vaelluspoikasten käyttäytyminen ja kuolleisuus Mustionjoen voimalaitoksilla. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 281. 39 s.
- Karpinen, P. 2014. Lohen nousuvaellus Kymijoessa 2012 ja 2013 – Virtaamaolosuhteiden ja säännöstelyn vaikutus kalojen käyttäytymiseen. Kala- ja vesitutkimuksia nro 132. Kala- ja vesitutkimus Oy, Helsinki
- Karpinen, P. ja Haikonen, A. 2013. Lohen nousuvaellus Kymijoessa vuonna 2012. Kala- ja vesitutkimuksia nro 98. Kala- ja vesitutkimus Oy, Helsinki
- Karpinen, P., Vähä, J-P. & Vehanen, T. 2017. Lohen vaelluspoikasten käyttäytyminen ja kuolleisuus Mustionjoen voimalaitoksilla. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, julkaisu 281.
- Koivurinta, M., Romakkaniemi, A. Saura, A, Huhmarniemi, A., Orell, P., Jutila, E, ja Veneranta, L.. 2016. Itämeren meritaimenen vesistökohtaiset elvytys- ja hoitosuunnitelmat. Raportti Maa- ja metsätalousministeriolle.
- Laine, A. (toim.) 2008. Palaako lohi Oulujokeen? Loppuraportti Oulu- ja Lososinkajoilla tehdyistä selvityksistä 2006–2007. Suomen ympäristö 5. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Oulu.
- Mikkola, J., Salminen, M. & Ikonen, E. 2010. Kymijoen lohien vaelluspoikasten alasvaellusreitit ja voimalaitostappiot. Riista- ja kalatalous – selvityksiä 20/2010. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 22 s.
- Raunio, J. & Kirsi, J. 2017. Vaelluskalojen määrän arviointi Kymijoen Koivukosken ja Korkeakoskean kalateissä vuonna 2016. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 350/2017.
- Saura, A., Rinne, J. ja Vehanen T. 2010. Mustionjoen pääuoman ja sivupurojen lohelle ja taimenelle soveltuvien poikastuotantoalueiden kartoitus ja poikastuotantoarvio. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Selvityksiä 13. 46 s
- Sutela, T., Karjalainen, T. P., Mäki-Petäys, A., Laine, A., Tammi, J., Koivurinta, M., Orell, P. & Louhi, P. 2012. Kalatiestrategian taustaselvitykset. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 90. (1-2012), Maa- ja metsätalousministeriö.
- Vehanen, T., Meer, O. van der, Saura, A. ja Rinne, J. 2014. Mustionjoen virta-alueiden elinympäristömallinnus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Työraportteja 12. 82 s.

## 3. Toimivat vaellusväylät

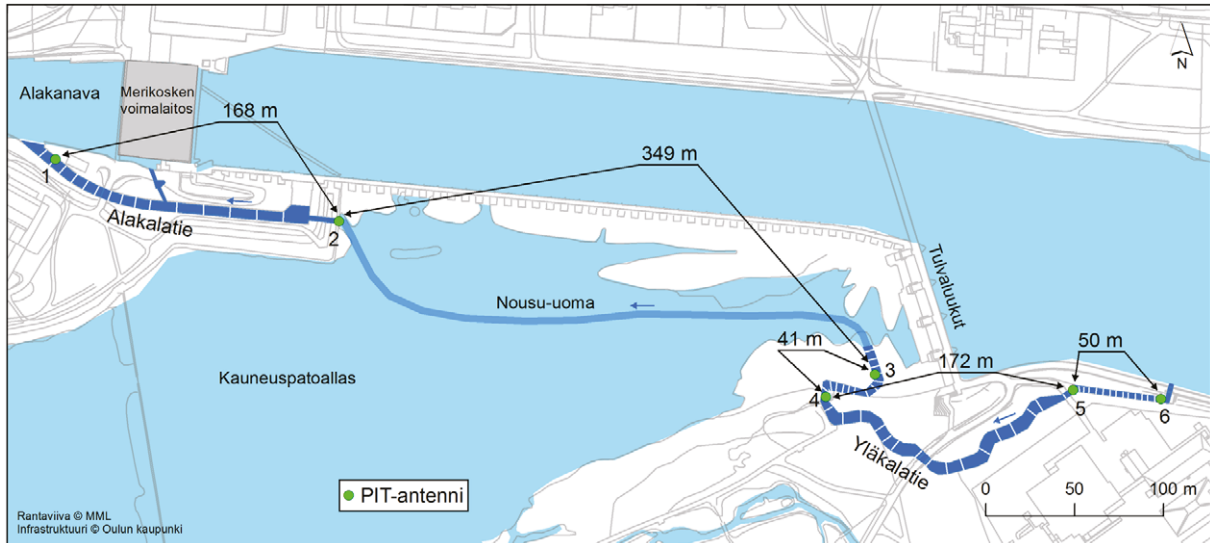
### 3.1. Kalateiden toimivuus ja lohien liikkeet voimalaitosten alakanavissa

Kemijoella, Iijoella, Oulujoella ja Kymijoella on suunnitteilla kalatiet noin 15 voimalaitospadon yhteyteen. Suunnittelun tueksi on tuotettu runsaasti tietoa kalojen (lähinnä lohi) liikkeistä ja vaelluskäyttäytymisestä voimalaitosten alakanavissa sekä annettu suosituksia suunniteltavien kalateiden sisäänkäyntien sijoittamisesta ja houkutusvirtaamien mitoittamisesta. Näistä tutkimuksista ja selvityksistä kerrotaan joki- ja asiakohteisesti alla.

#### 3.1.1. Oulujoki

Vaelluskalojen hakeutumista alakanavasta kalatiehen sekä kalatien toimivuutta arvioitiin vuosina 2010–2013 laajassa kenttätutkimuksessa Oulujoen Merikoskella. Tutkimus perustui kalojen yksilöllisiin PIT- (Passive Integrated Transponder, Kuvat 3-4) ja T-ankkurimerkintöihin sekä kalatien VAKI-laskuri- ja videoseurantaan. Tulosten perusteella kalatien kautta kulkevien lohikalojen määrän lisääminen edellyttää mm. istutusten tuloksellisuuden parantamista ja kalatien sisäänkäynnin houkuttelevuuden tehostamista. Tutkimusten perusteella selvisi seuraavia asioita:

- Oulujoen lohennousu tapahtuu tavallisesti erittäin myöhään, vain vähän ennen kutuaikaa,
- kalojen hakeutumisessa kalatiehen on merkittävä viive,
- kalatiehen hakeutuu vain osa (<50 %) kalatien alapuolella käyneistä lohista ja taimenista ja merkittävä osa kalatiessä käyvistä kaloista palaa takaisin alakanavaan,
- kalatiehen hakeutuu pääosin yhden merivuoden lohia, ja kalatie vaikuttaa osittain valikoivalta suosien pienimpiä lohia,
- kalojen kokonaisuusijämäärä kalatiessä nousee runsaiden kesäaikaisten ohijuoksutusten aikana,
- kalatiehen hakeutuvien ja sen läpäisevien isojen lohien määrä nousee runsaiden kesäaikaisten ohijuoksutusten aikana, ja
- istutuksiin suhteutettuna kalatiehen hakeutuu reilusti alle prosentti istukkaista.



**Kuva 3.** Oulujoen Merikosken kalatie, joka käsittää ns. alakalatie, kauneuspatoaltaaseen louhitun nousu-uoman ja yläkalatie. Kuvassa näkyvät myös kalatiehen asennetut PIT-lukuasemat (1-6) sekä niiden väliset todelliset etäisyydet (m).



**Kuva 4.** PIT-mikrosirumerkintää hyödynnettiin Merikosken kalatieen vaelluskalaturkimuksissa. Kuvassa PIT-merkkien lukuasema 3 (kts. kuva 3) asennettuna Merikosken kalatieen pystyrakoon. Kuva: Panu Orell.

Kesällä 2017 tutkittiin lohien liikkumista Merikosken voimalaitoksen alakanavassa radiolähettimien avulla. Alakanavassa merkittiin yhteensä 30 lohta painedatalla lähettävillä radiolähettimillä ja kaloja seurattiin heti voimalaitoksen alapuolelle ja kalatieen sisäänkäynteihin asennetulla vedenalaisantenni-verkoston avulla. Painedatalla lähettävistä lähettimistä saatava numeerinen painetieto saadaan muutettua laskentakaavalla syvyydestä, joka kertoo lohien uintisyvyyden havainnointitietokannalla. Tutkimuksessa lohien havaittiin liikkuvan pääasiassa alakanavan rantojen läheisyydessä ja suhteellisen lähellä pintaa

(keskimäärin 2,5 metrin syvyydessä). Yhteensä 27 lohta merkityistä palasi tutkimusalueelle ja Merikosken alakalatiestäkin saatiin havainto 21 merkkikalasta. Kuitenkin vain viisi näistä nousi kalatietä pitkin padon yläpuolelle saakka. Tulos vastaa aiemmin PIT-merkittyjen lohien seurannoissa tehtyä havaintoa siitä, että merkittävä osa alakalatiehen nousevista kaloista palaa takaisin alakanavaan, eikä jatka matkaansa alakalatiestä yläkalatiehen ja sen kautta Merikosken padon yläpuolelle.

### 3.1.2. Iijoki

Iijoen lijoella toteutettiin vuosina 2011–2014 useita selvitys- ja tutkimushankkeita, joissa hyödynnettiin laaja-alaisesti lohien radiotelemetriaseurantoja, voimalaitosten alakanavien 2D- ja 3D-virtausmallinnusta sekä kansainvälistä tieteellistä kirjallisuutta kalateiden suunnittelun tueksi (Kuva 5). Tutkimusten avulla löydettiin biologisesti perusteltuja ratkaisuvaihtoehtoja Iijoen voimalaitosten kalateiden sisäänkäyntien sijoittamiselle. Lisäksi arvioitiin, että Iijoen kokoisessa joessa tarvitaan kohdalaisen suuret (vähintään 5-7 m<sup>3</sup>/s) kalateiden sisäänkäynnistä purkautuvat houkutusvirtaamat kalan kulun varmistamiseksi. Mikäli kalateiden halutaan toimivan myös vaelluspoikasten ja talvikoiden alasvaellusreitteinä padon ohi, täytyy kalatien uloskäynnin sijaintiin ja uloskäynnin muotoon kiinnittää erityistä huomiota.



**Kuva 5.** Kalatiesuunnittelun tueksi selvitettiin Iijoen vesivoimalaitosten alakanavissa lohien vaelluskäyttäytymistä ja elinympäristönvalintaa radiotelemetriaseurannoilla ja kaikuluotauksilla sekä alakanavien virtausolosuhteita 3D-mallinnuksilla. Kuvassa Maalismaan voimalaitos ja sen alakanava. Kuva: Panu Orell.

### 3.1.3. Kemijoki

Vuosina 2011–2013 selvitettiin lohien vaelluskäyttäytymistä ja sijoittumista Kemijoen Isohaaran, Taivalkosken, Ossauskosken, Petäjäskosken ja Valajaskosken voimalaitosten alakanavissa radiotelemetriavun avulla (Kuva 6). Isohaaran, Petäjäskosken ja Valajaskosken osalta tietoa kerättiin myös lohien uintisyvyydestä painedatalla lähettävien radiolähettimien avulla. Kun vaelluskäyttäytymistietoja sekä kalojen syvyystietoja yhdistetään kolmiulotteisella virtausmallilla saatuihin ympäristötietoihin (3D-virtausmalli), saadaan tietoa siitä, minkälaisia alueita lohet suosivat alakanavissa. Syvyystietoa voidaan hyödyntää myös, kun suunnitellaan kalatien sisäänkäynnistä purkautuvan virtauksen suuntaamista alakanavan vesimassaan. Kemijoella tehdyt tutkimukset osoittivat, että nousulohet uivat alakanavissa pääosin rantojen lähetyillä ja enimmäkseen 1–3 m syvyydessä suunniteltujen kalateiden sisäänkäyntien lähistöllä.

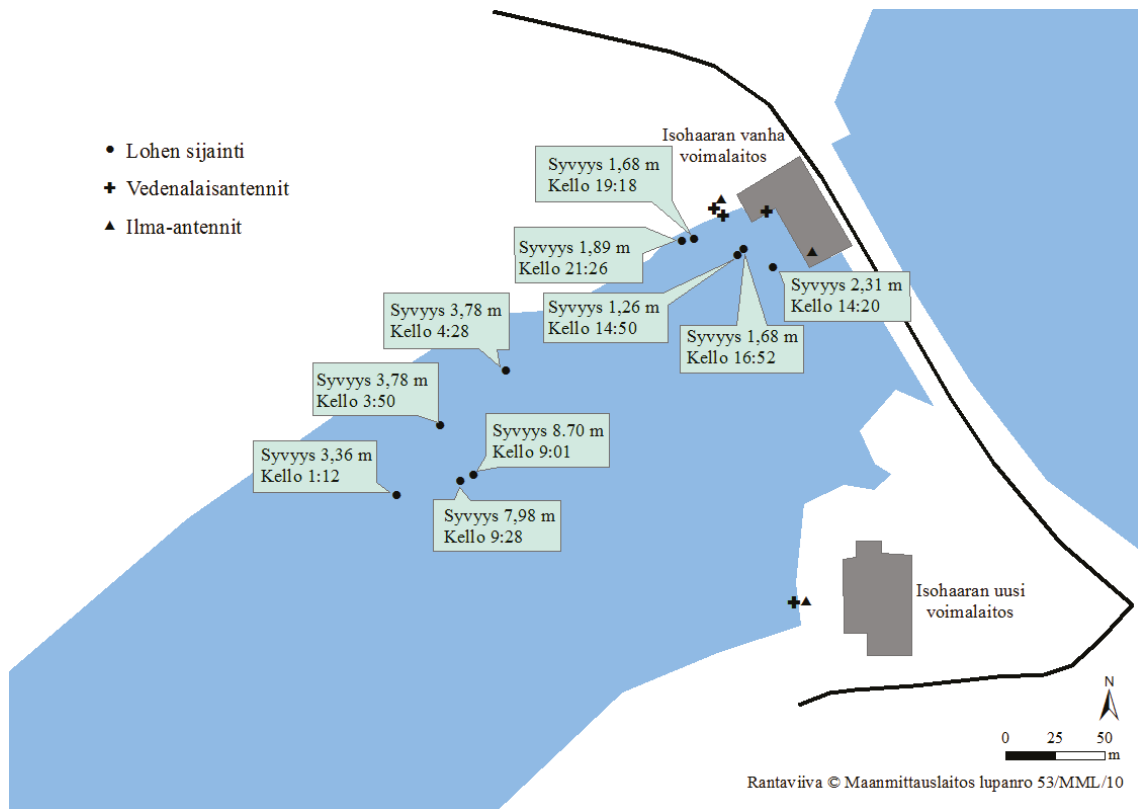
Kemijoella toteutettujen telemetriaseurantojen, 3D-mallinnusten ja kansainvälisen tieteellisen kirjallisuuden mukaan paras sijainti kalatien sisäänkäynnille näyttäisi olevan kohtalaisen lähellä voimalaitoksia paikassa, jossa ei ole liiallista turbulenssia eikä päävirtaussuunnalle vastakkaista 'akanvirtaa'. Kalateistä purkautuvan houkutusvirran pitää yhtyä luontevasti alakanavien päävirtaukseen ja olla kaloille hyvin havaittavissa. Lisäksi arvioitiin, että Kemijoen tapauksessa tarvitaan suuret (noin 10 m<sup>3</sup>/s) kalateiden sisäänkäynnistä purkautuvat houkutusvirtaamat kalan kulun varmistamiseksi.

Isohaarassa radiotelemetriaseurannalla saatiin uutta tietoa lohien käyttäytymisestä alakanavassa ja kahden kalatien (2 kpl, yksi kummallakin voimalaitoksella) sisäänkäynnin edustalla tilanteessa, jossa samaan alakanavaan purkautuu kahden voimalaitoksen vedet. Tulosten mukaan Isohaaran voimalaitoksien ja kalateiden sisäänkäyntien lähellä lohet uivat yleensä melko lähellä pintaa, pääosin noin 1-4 metrin syvyydessä (Kuva 7). Voimalaitosten juoksutustilanteiden todettiin vaikuttavan suuresti siihen, kumman voimalaitoksen ja kalatien edustalle kalat alakanavassa hakeutuivat. Säättämällä voimalaitosten virtaamia on mahdollista ohjata lohia haluttujen kalateiden sisäänkäyntien läheisyyteen, ja siten edesauttaa kalojen hakeutumista ko. kalateihin.



**Kuva 6.** Lohien vaelluskäyttäytymistä ja elinympäristönvalintaa selvitettiin Kemijoen vesivoimalaitosten alakanavissa radiotelemetriaseurannoilla vuosina 2011–2013. Kuvassa Ossauskosken voimalaitos ja sen alakanava. Kuva: Panu Orell.





**Kuva 7.** Yhden tutkimuslohen liikkuminen Kemijoen Isohaaran voimalaitosten alakanavassa vuorokauden kesktäneen paikannusjakson aikana 15.–16.8.2013. Paikannuspisteiden vieressä näkyy havainnon kellonaika ja kalan uintisyvyys (m) havaintohetkellä.

### 3.1.4. Kymijoki

Kymijoella toteutettiin vuosina 2016–2017 PIT-mikrosirujen lukuasemien rakentaminen ja asentaminen Koivu- ja Korkeakosken kalateihin. Lukuasemat rakennettiin Koivukoskella molempiin kalateihin, sekä voimalan että säännöstelypadon yhteyteen. Kaikissa kalateissa on kaksi lukuasemaa, yksi kalatien alapäässä ja toinen kalatien yläpäässä. PIT-järjestelmä mahdollistaa erilaiset kalatie- ja istutus-tutkimukset. Järjestelmän avulla voidaan yksilökohtaisesti seurata kalojen hakeutumista ja uintia kalatien läpi.

PIT-järjestelmää hyödynnettiin vuonna 2017 uuden Korkeakosken kalatien toimivuuden alustavassa arvioinnissa. Korkeakosken alta pyydettiin ja merkittiin yhteensä 42 lohta ja 1 taimen. Näistä 31 pyydettiin rysällä ja 12 vavalla. Yksi merkitty lohi ja yksi taimen hakeutui alakanavasta Korkeakosken kalatien kautta ylävirtaan. Lisäksi neljä lohta hakeutui Koivukosken haaraan ja sieltä säännöstelypadon kautta ylävirtaan. Nämä alustavat havainnot antavat viitteitä siitä, että Korkeakosken kalatie ei toistaiseksi toimi täysin tyydyttävästi lohen nousureittinä. Kalatien testaamiseen ja säätämiseen pitää siksi kiinnittää erityistä huomiota tulevina vuosina.



**Kuva 8.** Kymijoen Koivu- ja Korkeakosken kalateihin on asennettu PIT-mikrosirujen lukuasemat, joiden avulla voidaan seurata vaelluskalojen hakeutumista kalatiehen ja samalla arvioida kalateiden toimivuutta. Kuvassa Koivukosken säännöstelypadon kalatie. Kuva: Panu Orell

Kymijoen länsihaaran osalta HELEN Oy käynnisti suunnitteluhankkeen kalan kulun järjestämiseksi Kymijoen länsihaaran Ahvenkosken ja Klåsarön voimalaitosten ohi. Siinä esitellään neljä vaihtoehtoa (VE0–VE3) Kymijoen vaellusyhteyksien kehittämiseksi sekä vaelluskalakantojen elvyttämiseksi. VE0 edustaa nykytilan säilymistä ilman toimenpiteitä ja varsinaiset kehittämis- ja elvytystoimenpiteiden vaihtoehdot olivat

- Kutukalojen ylisiirrot (VE1)
- Kalatiet (VE2)
- Kalatiet ja alasvaellusreitit (VE3)

Lisäksi vaihtoehdoille VE0 ja VE2 esitettiin harkittavaksi joitakin lisätoimenpiteitä (VE0+, VE2+ ja VE2++), joilla vaihtoehtojen elvytysvaikutusta voidaan vahvistaa.

Eri kehittämistoimenpiteisiin liittyi ainakin seuraavia lisäselvitystarpeita:

- VE1: Pilottikokeita / seurantatutkimuksia ylisiirtojen toteuttamistavasta (esim. kalojen pyydystäminen, kuljettaminen ja vapauttaminen) ja vaikutuksesta (kalojen pysyminen siirtoalueilla, poikastuotannon määrä)
- VE2: Kalateiden hienosäätöä / seurantatutkimuksia kalateiden toimivuuden optimoimiseksi
- VE3: Alasvaeltavien lohenpoikasten selviytyminen Kymijoen länsihaaran eri osissa ja voimalaitosten läpi sekä lisäksi mahdollisesti alasvaellusreittien ja -rakenteiden testaus

### 3.1.5. Kalateiden toimivuus - kirjallisuuskatsaus

Kalateiden toimivuuteen liittyen laadittiin laaja kirjallisuuskatsaus, johon kerättiin tietoa toimivuuteen vaikuttavista tekijöistä sekä lohien käyttäytymisestä vaellusesteiden alapuolella. Kirjallisuuskatsauksen perusteella kalateiden hyvään etukäteissuunnitteluun pitäisi Suomessa satsata aiempaa enemmän. Kalatien toimivuuteen vaikuttavat monet asiat, joista keskeisiä ovat: kalatien sisäänkäynnin sijainti suhteessa nousuesteeseen, kalatien sisäänkäynnistä purkautuvan virtaaman suuruus niin absoluuttisesti kuin suhteessa pääuoman virtaamaan ja kalatien sisäänkäynnistä purkautuvan virran nopeus.

Kalatien sisäänkäynnin lisäksi kalatien toiminnan kannalta on tärkeää huomioida myös voimalaitosten käyttö, jolla etenkin Suomen oloissa (mm. voimakas lyhytaikaisäännyttely) voi olla suuri vaikutus kalateiden toimivuuteen. Kalateihin liittyvät ongelmat ovat nykytietämyksellä ainakin pääosin ratkaistavissa ja toimivan kalatien rakentaminen lohelle onnistuu, jos suunnitteluun, rakentamiseen, tutkimukseen ja kalatien säätämiseen panostetaan riittävästi. Parhaaseen lopputulokseen päästään yleensä, kun kalatiet suunnitellaan padon tai voimalan suunnittelun yhteydessä biologisten ja insinöörin yhteistyönä. Jälkikäteen tehdyissä kalateissa joudutaan sekä suunnittelussa että rakentamisessa tekemään enemmän kompromisseja ja toimivan kalatien rakentaminen on siten haasteellisempaa. Etukäteissuunnitteluun kannattaa panostaa myös siksi, että epäonnistuneen kalatien säätäminen ja muuttaminen eivät aina onnistu toivotulla tavalla.

### 3.1.6. Kalateiden seurannan kehittäminen

Rakennettujen jokien vaelluskalakantoihin liittyvissä hankkeissa kerättiin runsaasti aineistoa ja kokemuksia kalateiden seurantamahdollisuuksista ja seurantaan tarkoitettujen menetelmien toimivuudesta. Näissä tutkimuksissa islantilainen VAKI-kalalaskuri osoittautui luotettavaksi ja nopeaksi seurantamenetelmäksi kalateiden vaelluskalamäärien seurantaan. Yhdessä videoseurannan kanssa VAKI-laskurilla pystytään luotettavasti tunnistamaan myös lohet ja taimenet toisistaan. VAKI-laskurin ja/tai muiden vastaavien laskentamenetelmien (esim. Simsonar stereovideokamera) käyttöä on syytä laajentaa merkittävimpiin uusiin ja jo olemassa oleviin kalateihin.

Vastaavasti PIT-mikrosirujärjestelmä (kts. Kuvat 4 ja 8) osoittautui hyväksi menetelmäksi kalateiden toimivuuden seurantaan. Menetelmän avulla voidaan tarkasti seurata merkittyjen kalojen yksilökohtaista hakeutumista kalatiehen ja liikkumista kalatien sisällä. Se mahdollistaa mm. tutkimukset, joissa arvioidaan kuinka suuri osa kaloista hakeutuu alakanavista kalateihin. Vastaavasti PIT-järjestelmä tarjoaa hyvät mahdollisuudet istutusten tuloksellisuuden seurantaan ja erilaisiin istutustutkimuksiin. Kalateiden ohella PIT-lukuasemia voidaan asentaa alakanaviin ja käsilukijoita voidaan antaa esim. keskeisille kalastajille tai kalatukkuihin.

Suomen kalateiden seurantoja on kokonaisuudessaan syytä tehostaa ja merkittävimpien kalateiden käyttäjämääriä tulee seurata vuosittain. Ongelmakohteissa tarvitaan tutkimus- ja koetoimintaa, jonka avulla kalateiden käyttöä ja toimivuutta voidaan tehostaa. Maamme kalateiden seurannoista ja tutkimuksista kertyvä tieto tulisi koordinoida nykyistä paremmin ja tiedot tallentaa keskitettyyn tietojärjestelmään, kuten esimerkiksi Kanadassa tehdään. Tähän tarjoaa todennäköisesti mahdollisuuksia mm. Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ylläpitämä kalatierekisteri.

**Aiheeseen liittyvät julkaisut:**

- Artell, J., Orell, P., Saura, A., Vehanen, T., Pakarinen, T., van der Meer, O. & Mäki-Petäys, A. 2018. Kymijoen länsihaaran kalankulun järjestäminen – Esiselvitys. Luonnonvara- ja Biotalous tutkimus 23/2018
- Erkinaro, J., Laine, A., Mäki-Petäys, A., Karjalainen, T. P., Laajala, E., Hirvonen, A., Orell, P. & Yrjänä, T. 2011. Restoring migratory salmonid populations in regulated rivers in the northernmost Baltic Sea area, Northern Finland – biological, technical and social challenges. *Journal of Applied Ichthyology* 27: 45-52.
- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., van der Meer, O. & Mäki-Petäys, A. 2012. Nousulohien radiotelemetriaseurannat lijoen vesivoimalaitosten alakanavissa v. 2011–2012. Lijoen kalatiet -hankkeen loppuraportti Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskukselle 20.12.2012. 42 s.
- Jaukkuri, M., Orell, P., van der Meer, O., Rivinoja, P., Huusko, R. & Mäki-Petäys, A. 2013. Nousulohien käyttäytyminen voimalaitosten alakanavissa ja kalatiehen hakeutumiseen vaikuttavat tekijät: kirjallisuuskatsaus. RKTL:n työraportteja 20/2013. 31 s.
- Orell, P., Jaukkuri, M., Huusko, R. & Mäki-Petäys, A. 2012. Vaki-kalalaskurin luotettavuus ja hyödyntämismahdollisuudet kalateiden seurannassa. Riista- ja kalatalous – tutkimuksia ja selvityksiä, 10/2012. 24 s.
- Orell, P., Jaukkuri, M., van der Meer, O., Huusko, R., Kanninen, T., Siira, A., Laaksonen, T., Mäki-Petäys, A., Erkinaro, J. & Laine, A. 2014. Toimivatko kalatiet? Oulujoen Merikosken kalatietutkimukset v. 2009–2012. Työraportteja 4/2014. 44 s.
- Orell, P., Kanninen, T., Jaukkuri, M., Huusko, R., van der Meer, O., Huusko, A. & Mäki-Petäys, A. 2014. Lohien vaelluskäyttäytyminen Kemijoen voimalaitosten alakanavissa: tietoa kalatiesuunnitelun tueksi. Työraportteja 44/2014. 58 s.
- Sutela, T., Karjalainen, T. P., Mäki-Petäys, A., Laine, A., Tammi, J., Koivurinta, M., Orell, P. & Louhi, P. 2012. Kalatiestrategian taustaselvitykset. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 90. (1-2012), Maa- ja metsätalousministeriö.  
[http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/kronjulkaisusarja/6DObhSrri/Kalatiestrategian\\_taukstaselvitykset\\_901\\_2012.pdf](http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/kronjulkaisusarja/6DObhSrri/Kalatiestrategian_taukstaselvitykset_901_2012.pdf)
- Sutela, T., Orell, P., Huusko, R. & Mäki-Petäys, A. 2014. Kalatiet toimiviksi tutkimuksen tuella. Apaja 2014, s. 21.

## 3.2. Kalatieratkaisut

Vaelluskalakantojen kutuvaelluksen turvaamiseksi on kehitetty erilaisia kalatieratkaisuja. Suurin osa toteutetuista kalateista on ollut ns. teknisiä kalateitä, jotka on rakennettu pääosin betonista, mutta viime aikoina myös luonnonmukaisten ohitusuomien suosio kalatieratkaisuna on kasvanut. Uusimpana innovaationa on ratkaisu, jossa on tarkoitus hyödyntää älyteknologiaa. Luonnonvarakeskus on toiminut asiantuntijana useissa kalatieratkaisuja selvittäneissä hankkeissa, joista esimerkkeinä tässä ovat suomalais-venäläinen LieToLoHi-hanke sekä Lijoen Otva-hanke.

### 3.2.1. Karjalan lohijoet

Vuosina 2013–2014 tutkittiin suomalais-venäläisenä yhteistyönä (LieToLoHi-hanke) Lieksan- Tohmaja Hiitolanjoen sekä Petroskoissa sijaitsevan Lososinkajoen tilaa lohikalajien kannalta ja laadittiin saatujen tietojen pohjalta kuhunkin jokeen suositukset mm. kalatieratkaisusta.

Tohmajoelle suositeltiin luonnonmukaisten kalateiden rakentamista. Hiitolanjoen Suomen puoleisiin voimalaitoksiin tehtiin kalatievaihtoehtojen tarkastelu ja sen sivujoen Torsanjoen Kurunkoskeen laadittiin luonnonmukaisen kalatien rakennussuunnitelma. Myös Lieksanjoelle laadittiin luonnonmukaisten kalateiden vaihtoehtovaihtelu ja sen sivujoen Tuulijokeen ja Tohmajokeen laadittiin lisäksi kalataloudelliset kunnostussuunnitelmat. Petroskoin Lososinkajoelle laadittiin suositukset ja suunnitelmat kolmeen kalatiehen ja alimman kalatien rakennussuunnitelmat.

Hankkeessa toteutetun sosioekonomisen tutkimuksen perusteella Lososinkajoen lohikantojen elvyttäminen luo virkistys- ja matkailukalastuksen kautta edellytyksiä myös alueiden taloudelliselle toiminnalle.

### 3.2.2. Iijoen Raasakan älykalatie

Iijoen alimman voimalaitoksen, Raasakan yhteyteen on suunniteltu Iijoen Otva-hankkeessa kalatie, johon on tarkoitus rakentaa älykkäitä seuranta- ja automaattioratkaisuja. Näiden ratkaisujen avulla pyritään optimoimaan voimalaitoksen turbiinien ja kalatien houkutusvirtaaman käyttöä. Virtausten säätämällä on tarkoitus ohjata nousevat kalat kalatiehen mahdollisimman nopeasti niiden saavuttua Raasakan alakanavaan. Älykalatien tekniikan suunnittelusta on vastannut Iijoen Otva -hankkeen ryhmä, jossa ovat olleet edustettuna Pohjois-Pohjanmaan liitto, Luonnonvarakeskus, Metsähallitus, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, PVO-Vesivoima Oy, Maveplan Oy ja Simsonar Oy. Kalatien rakennussuunnittelu valmistui vuonna 2018 ja tavoitteena on, että kalatien rakentaminen alkaisi vuoden 2019 aikana.



**Kuva 9.** Iijoen Raasakan voimalaitokselle suunnitellun kalatien ja kalojen seurantajärjestelmien havainnekuva. Kuva: Iijoen otva -hanke, Pohjois-Pohjanmaan liitto

Kalojen seurantalaitteistoon kuuluu akustinen ultraäänikamera, joka tunnistaa kalojen saapumisen ja niiden määrän alakanavan alaosassa (Kuva 9). Seuraavassa vaiheessa kalojen liikkeitä tarkkaillaan kalatien sisäänkäyntien lähellä optisilla kameroilla, jotka asennetaan molemmille sisäänkäyntiaukoille. Kameroiden havainnot siirtyvät järjestelmää ohjaavalle tietokoneelle, joka käynnistää automaattisesti kaloja houkuttelevan lisävesityksen. Lisävesitys järjestetään joko voimalaitoksen turbiinien käy-

tön ohjaamisella tai kalatien sisäänkäynnille ohjattavan houkutusvirtauksen lisäämisellä. Kalatien alaosan pystyrako-osuudella on mittauspiste jossa lasketaan kalatiehen nousevat ja sieltä mahdollisesti poistuvat kalat. Lisäksi kalatien yläpäässä lasketaan kalatiestä voimalan yläpuoliseen patoaltaaseen nousevat kalat. Kalatien yläosaan rakennettava kalojen kiinniottolaite sekä säilytys- ja käsittelytilat mahdollistavat ja tukevat erilaisia tutkimus- ja merkintätoimia sekä kalojen siirtoja. Kalatien seurantajärjestelmää ja automatisointia kehitetään kalatien käytön myötä saatujen kokemusten perusteella.

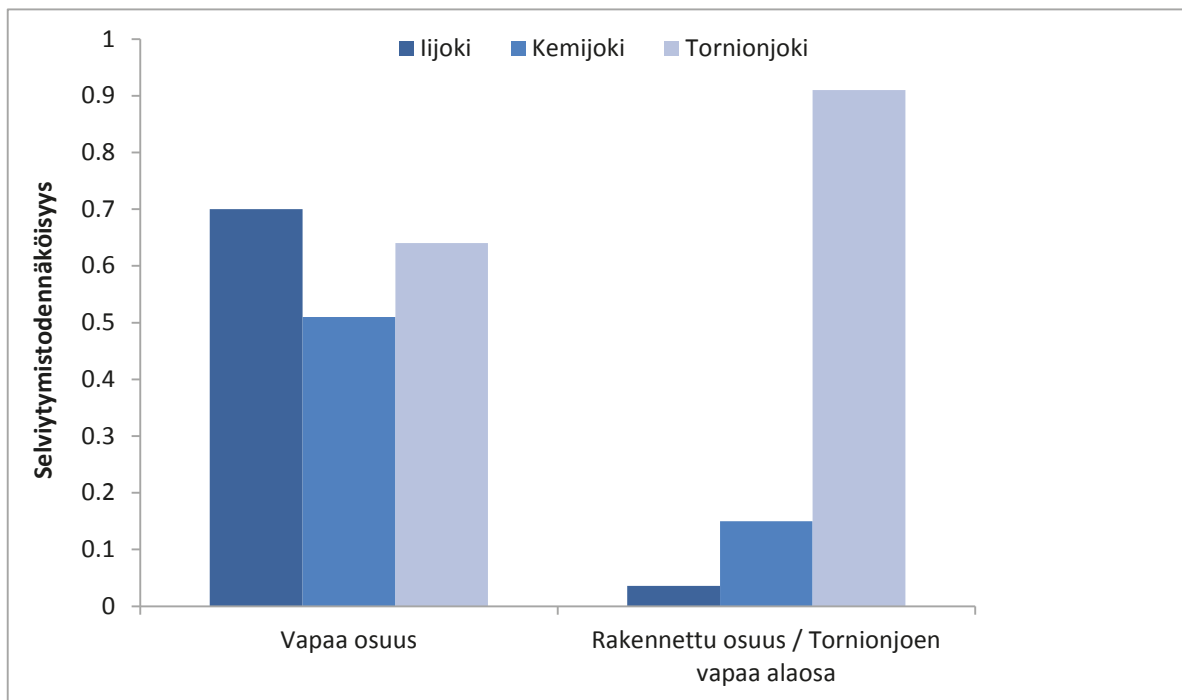
### 3.3. Smolttien alasvaellus

#### 3.3.1. Alasvaeltavien poikasten selviytyminen

Smolttien selviytyminen jokialueelta mereisille syönnösalueille on kriittinen vaihe vaelluskalojen elinkierron palauttamisessa. Rakennetuilla joilla alasvaellukseen liittyviä ongelmia tutkittiin useissa hankkeissa ja aiheesta laadittiin myös kirjallisuuskatsaus. Rakennetussa joessa keskeisiä lohenpoikasten alasvaelluksen ongelmia ovat vaelluksen hidastuminen, joutuminen petojen saaliiksi, turbiinikuolleisuus sekä kalojen vahingoittuminen ja stressaantuminen. Nämä ongelmat kertautuvat usean voimalaitospadon joilla ja tutkimusten perusteella alavirtaan vaeltavien poikasten selviytyminen useiden voimalaitospatojen läpi on heikkoa.

Rakennetulla Kemijoella ja vapaana virtaavalla Tornionjoella tehdyssä vertailututkimuksessa havaittiin lohen vaelluspoikasten selviytymisen olevan Kemijoen rakennetulla osalla kuusi kertaa heikompa kuin vastaavalla Tornionjoen jokiosuudella. Kemijoella jokisuulle selviytyi viiden voimalaitospadon läpi 15 % smolteista. Aiemmin Ijoella tehdyssä radiotelemetriaseurannassa saatiin samansuuntaisia tuloksia; tosin siellä vain 4 % smolteista selvisi viiden voimalaitospadon läpi jokisuulle (Kuva 10). Myös kokoluokaltaan pienemmällä, Suomenlahteen laskevalla Mustionjoella kokonaiskuolleisuus oli tutkimusten mukaan neljän voimalaitoksen joessa suurta ja koko jokivaelluksesta selviytyi vain noin 1,3 % vaelluspoikasista. Kemijoella ja Ijoella tehdyissä tutkimuksissa havaittiin, että patojen yläpuolisella vapaalla jokiosuudella kuolleisuus oli selvästi pienempää kuin rakennetulla osuudella (Kuva 10). Kemijoen ja Tornionjoen vertailututkimuksen perusteella selviytyminen rakentamattomalla Kemijoen jokiosuudella (Ounasjoki) ei eronnut Tornionjoen vastaavan osuuden selviytymisestä.

Kemijoella ja Ijoella suurin yksittäinen vaellusongelma oli smolttien vaelluksen pysähtyminen voimalaitospatojen yläpuolelle ja haluttomuus vaeltaa padon läpi, minkä seurauksena kuolleisuus patoaltailla nousi korkeaksi. Ijoella turbiinien läpäisystä aiheutuvan välittömän kuolleisuuden arvioitiin vaihtelevan välillä 0–17 % voimalaitoskohtaisesti. Mustionjoella alasvaelluksen ongelmat vaihtelivat huomattavasti voimalaitoskohtaisesti ja turbiinikuolleisuus oli korkea (46–53 %) lukuun ottamatta alinta, Mustionjoen korkeinta (putouskorkeus 10 m) voimalaitosta (kuolleisuus 6 %). Siellä vaelluksen hidastuminen patoaltaalla oli suurin ongelma (kuolleisuus 51 %).



**Kuva 10.** Lohen vaelluspoikasten selviytymistodennäköisyys Ii-, Kemi- ja Tornionjoella. Vasemmanpuoleiset pylväät kuvaavat selviytymistä vapaana virtaavalla voimalaitosten yläpuolisella alueella (Iijoki: Livojoen alaosalta Haapakosken voimalaitokselle 50 km; Kemijoki: Ounasjoelta Valajaskosken voimalaitokselle 106 km; Tornionjoki: Muonionjoen alaosalta Tornionjoelle 121 km). Oikeanpuoleiset pylväät kuvaavat selviytymistä Ii- ja Kemijoen rakennetulla alaosalta (Iijoki: Haapakoskelta Raasakan alapuolelle 50 km; Kemijoki: Valajaskoskelta Isohaaran alapuolelle 122 km) sekä Tornionjoella selviytymistä Tornionjoella viimeisellä 133 km:n matkalla.

Alasvaellusongelmien ja vaelluspoikasten kuolleisuuden vähentämiseksi smoltit tulisi tarvittaessa pystyä ohjaamaan nopeasti ja tehokkaasti turbiinit kiertävää reittiä pitkin voimalaitoksen alapuolelle. Suomessa alasvaellusrakenteiden käytöstä ei ole vielä kokemusta, mutta maailmalla vaelluspoikasten ohjaamiseen on kehitetty monia ratkaisuja, joita selvitettiin tarkemmin kirjallisuuskatsauksessa. Yleensä alasvaellusratkaisussa tarvitaan alasvaellusväylän lisäksi voimalaitospadon yläpuolelle sijoitettua ohjaurakennetta, koska päävirrassa alavirtaan laskeutuvat vaelluspoikaset eivät välttämättä löydä alasvaellusväylän sisäänkäyntiä. Alasvaellusväylänä voi toimia muun muassa putki, ränni tai säännöstelypato, sekä joskus myös nousukaloja varten tehdyt kalatiet.

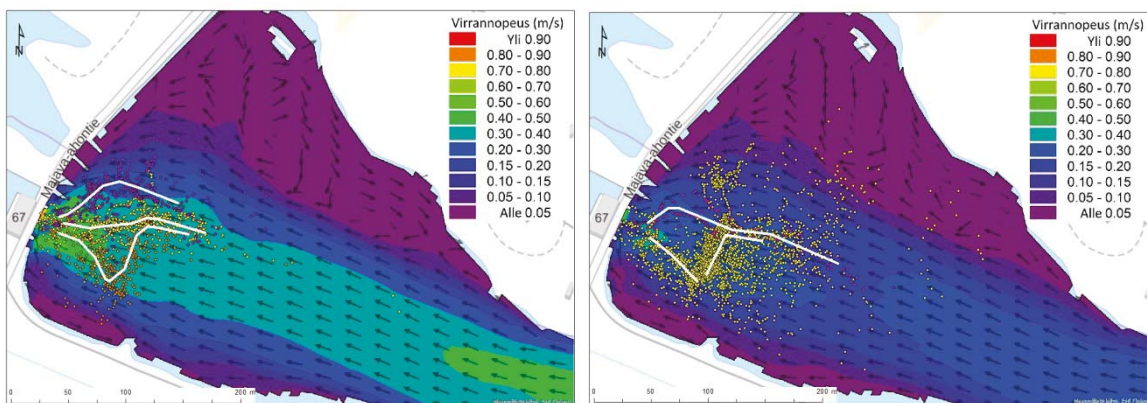
Alasvaellusrakenteiden suunnittelun tulee jokaisella padolla perustua kyseisen kohteen ominaisuuksiin, kuten virtausolosuhteisiin. Voimalaitosten yläkanaviin asennettavien ohjaurakenteiden valintaan vaikuttavat mm. joen koko ja ohjattavien kalojen käyttäytyminen. Ohjaurakenne voi olla esimerkiksi tätä tarkoitusta varten muutettu kiinteä välppärakenne tai kelluva aitarakenne. Yleispätevää, kaikkiin kohteisiin soveltuvaa ratkaisua ei ole onnistuttu kehittämään. Alasvaellukseen liittyvien ongelmien huomioiminen lisää rakennettujen jokien vaelluskalakantojen elvyttämispyrkimysten haasteita ja kustannuksia. Ongelmien vähentäminen on kuitenkin välttämätöntä, jos vaelluskalakan- toja halutaan elvyttää tehokkaasti.

Suomessa ensimmäisiä askeleita kohti alasvaellusratkaisujen kehittämistä otettiin selvitetessä kalateiden toimivuutta voimalaitosten ohitusreitteinä sekä arvioidessa yhteistyössä ruotsalaisten tutkijoiden kanssa Uumajajoelle kehitetyn alasvaelluksen ohjaurakenteen toiminnan tehokkuutta. Kalateiden toimivuutta alasvaellusväylänä tutkittiin Oulujoen Merikosken ja Kemijoen Isohaaran kalateissa vapauttamalla PIT-mikrosirulla merkittyjä lohismoltteja kalateiden yläosaan ja seuraamalla vaellusta kalatiehen kiinteästi asennettujen PIT-antennien avulla. Merikosken ylemmän kalatien yläpäähän

vapautetuista smolteista 92 % ui kalatien läpi keskimäärin 33 tunnissa, ja Isohaaran kalatien läpi laskeutui 79 % smolteista hieman yli 8 tunnissa. Vaellusnopeus molemmissa kalateissa oli kuitenkin huomattavan hidasta vain 0,8-0,9 km/vrk, kun lohien poikasten vaellusnopeus Oulu- ja Lijoen patoaltailla tai vapaana virtaavilla osilla on aikaisempien tutkimusten mukaan tyypillisesti 10–30 km/vrk. Vaellus oli erityisen hidasta jyrkillä, voimakasvirtaisilla ja turbulentsilla kalatieosuuksilla. Tulosten perusteella smoltit selviytyvät nousulohia varten rakennettuja kalatietä alas, mutta kalatiet hidastavat vaellusnopeutta huomattavasti, mikä rajoittaa niiden käyttämistä alasvaellusreitteinä erityisesti joilla, missä vaelluksen aikana täytyy ohittaa useita voimalaitoksia.

Uumajajoella radiolähettimeillä merkittyjen lohien vaelluspoikasten seurannan perusteella vajaa 150 m pitkän ja 2 m korkean kelluvan ohjaisaidan toimivuus oli heikkoa. Ohjaisaitaan kiinteästi sijoitettujen vedenalaisten radioantennien perusteella 18,4 % aidalle saapuneista smolteista (n = 58) kuitenkin liikkui aidan suuntaisesti kohti kalatien sisäänkäyntiä, mutta vain kaksi (3,4 %) ohjautui kalatien kautta voimalaitoksen ohi. Suurin osa smolteista ohitti aidan joko uimalla sen alitse tai 5 m leveiden aitaelementtien väleistä.

Lohien vaelluspoikasten käyttäytymistä niiden lähestyessä voimalaitospatoa selvitetiin Lijoen ylimällä Haapakosken voimalaitoksella käyttäen akustiseen telemetriaan perustuvaa tarkkuuspai-kannusta. Smolteista saadut paikannustiedot yhdistettiin alueelta tehtyihin eri virtaamatilanteiden 3D-virtausmalleihin. Tulosten perusteella vaelluspoikasten käyttäytyminen muuttui virtaamatilanteen muuttuessa. Paikannustulosten yhdistäminen virtausmalleihin osoitti, että useimmiten smoltit muuttivat uintisuuntaansa virtausnopeuden vaihtumisalueilla. Lisäksi virtaaman ja siten myös päävirran virtausnopeuden laskiessa smolttien käyttäytyminen voimalan lähialueella muuttui mutkittavammaksi ja smoltit uivat useita kertoja edestakaisin virran poikki- ja pituussuunnassa ennen saapumistaan voimalaitospadolle (Kuva 11). Tutkimuksen tuloksia hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan alasvaellusratkaisujen suunnittelussa rakennetuilla joilla.



**Kuva 11.** Lohien vaelluspoikasten ensimmäinen lähestyminen Haapakosken voimalaitokselle eri virtaamatilanteissa. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on esitetty virtaamatilanne n. 250 m<sup>3</sup>/s ja 34 smoltin uintireitit sekä niiden perusteella tehdyt laaditut pääreitit. Oikeanpuoleisessa kuvassa on esitetty virtaamatilantenne 150 m<sup>3</sup>/s ja 15 smoltin uintireitit.

### 3.3.2. Kokeellinen tutkimus kalamerkkien vaikutuksesta vaelluspoikasiin

Lohien vaelluspoikasten selviytymis- ja vaelluskäyttäytymistutkimukset rakennetuilla joilla perustuvat merkittyjen istutuserien merkkipalautuksiin ja jokivaelluksen radiotelemetriaseurantoihin. Merkkien vaikutusta lohien vaelluspoikasten selviytymiseen, kasvuun ja käyttäytymiseen alasvaelluksen aikana



selvitettiin kokeellisessa tutkimuksessa Kainuun kalantutkimusasemalla kevätkesällä 2013. Kokeessa seurattiin myös merkkien pysyvyyttä kokeen aikana.

Tutkimuksessa käytettiin neljää kaupallisesti saatavilla olevaa ja yleisesti käytettyä merkintämenetelmää (PIT, T-ankkuri, Carlin ja radiolähetin). Kaikille merkityille kaloille laitettiin PIT-merkit, joiden avulla seurattiin lohien poikasten liikkumista ulkona sijaitsevilla virtavesiuomissa. Merkintäkäsittelyjen lisäksi kokeessa oli kasvun kontrollina myös kokonaan merkittömiä kaloja.

Tulokset osoittivat, että merkintämenetelmien välillä ei ollut eroa selviytymisessä tai kasvussa ja erot käyttäytymisessä merkintäryhmien välillä olivat vähäisiä. Merkkien irtoaminen oli myös vähäistä. Kaikki tutkitut merkintätavat soveltuvat lohien vaelluspoikasten merkitsemiseen eikä noin kuukauden kestävässä seurannoissa tarvitse erityisesti huomioida merkkien irtoamista.

### ***Aiheeseen liittyvät julkaisut:***

- Huusko, R., Orell, P., van der Meer, O., Jaukkuri, M., & Mäki-Petäys, A. 2012. Lohien vaelluspoikasten radiotelemetriaseuranta lijoella vuosina 2010–2011. RKTL:n työraportteja
- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro J. 2014. Lohien vaelluspoikasten alasvaellus rakennetuissa joissa – ongelmat ja ratkaisumahdollisuudet. RKTL:n työraportteja 8/2014. 41 s.
- Huusko, R., Orell, P., Kanniainen, T., Jaukkuri, M., Keränen, M., & Mäki-Petäys, A. 2014. Lohien vaelluspoikasten alasvaelluskokeet Merikosken ja Isohaaran voimalaitosten kalateissä. RKTL:n työraportteja 28/2014. 19 s.
- Huusko, R., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Orell, P., & Erkinaro, J. 2016. Effects of tagging on migration behaviour, survival and growth of hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology*, 23: 367–375.
- Huusko, R., Orell, P., Hyvärinen, P., Jaukkuri, M., Laaksonen, T., van der Meer, O., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J. 2016. Lohien vaelluspoikasten alasvaellus rakennetussa ja luonnontilaisessa joessa. Vertailututkimus Kemi-Ounasjoessa ja Tornion-Muonionjoessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus, Luonnonvarakeskus, 38/2016.
- Huusko, R., Hyvärinen, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A., Orell, P., & Erkinaro, J. 2017. Survival and migration speed of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in two large rivers: one without and one with dams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, <https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0134>
- Huusko, R. 2018. Lohien vaelluspoikaset rakennetuissa joissa: selviytymiseen ja käyttäytymiseen vaikuttavat tekijät. Väitöskirja A709. 52 s.
- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., Sutela, T., van der Meer, O., Lahti, M., Erkinaro, J. & Mäki-Petäys, A. 2018. Lohikalojen alasvaellus lijoessa: Tutkimustuloksia ja alasvaellusreittien yleissuunnitelma. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2018.
- Jääskeläinen, J. Lohien (*Salmo salar* L.) vaelluspoikasten käyttäytyminen Ruotsin Vindel/Uumajajoella. Kelluvan ohjauksien tehokkuus. 2014. Pro-gradu tutkielma. Oulun yliopisto, biologian laitos. 54 s.
- Karppinen, P., Jounela, P., Huusko, R. & Erkinaro, J. 2014. Effects of release timing on migration behaviour and survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a regulated river. *Ecology of Freshwater Fish* 23(3): 438-452.
- Karppinen, P., Vähä, J.-P. & Vehanen, T. 2017. Lohien vaelluspoikasten käyttäytyminen ja kuolleisuus Mustionjoen voimalaitoksilla. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, julkaisu 281.

## 4. Hyvät lisääntymisalueet ja poikastuotanto

### 4.1. Arviot lohijokien luonnontilaisesta poikastuotannosta

Voimakkaasti rakennetussa joessa vaelluskalat ovat menettäneet joko valtaosin tai kokonaan mahdollisuutensa luontaiseen lisääntymiseen. Arviot vaelluskalojen luonnontilaisesta poikastuotannosta on tehty yleensä vasta patoamisen jälkeen. Lohen osalta arviot on saatu tarkastelemalla tuotantoalaja sekä niiltä syntynyttä vaelluspoikastuottoa luonnontilaisten vertailujokien perusteella. Esimerkiksi arviot Kemi- ja Iijoen poikastuotannosta perustuivat tutkimustietoihin Simo- ja Tornionjoelta. Nämä arviot tehtiin aikana, jolloin jäljellä olevissa rakentamattomissa joissa lohen luonnonkannat olivat Itämerellä tapahtuneen liikakalastuksen voimakkaasti heikentämiä. Viime vuosikymmeninä Itämeren luonnonlohikannat ovat merikalastusrajoitusten myötä selvästi elpyneet, mikä näkyy kutukalamäärin, poikastiheyksien ja vaelluspoikastuotannon voimakkaana runsastumisena. Uusimpiin aineistoihin pohjautuvat tutkimukset ovat osoittaneet, että suuret pohjoiset joet voivat tuottaa lohta paljon enemmän kuin aiemmin on arvioitu.

Vuosina 2013–2014 arvioitiin uudelleen myös rakennettujen jokien luonnontilaista vaelluspoikastuotantoa, erityisesti Kemi-, Ii-, Oulu- ja Kymijoen. Laskelmat luonnontilaisen Kemijoen poikastuotannosta perustuvat Kemi- ja Tornionjoen lohentuotantokapasiteettien vertailuun. Erilaiset taustatiedot kuten jokien koot, historialliset lohisaaliit, lohen levinneisyys vesistöissä, poikastuotantoalueiden kartoitukset jne. viittaavat Kemijoen olleen aikoinaan hyvinkin Tornionjoen veroinen lohentuottaja, joten nykyisiä tietoja Tornionjoen tuotannosta voidaan käyttää vertailutasona arvoitaessa Kemijoen aiempaa tuotantokykyä. Iijoen uudet arviot luonnontilaisesta poikastuotantopotentialista tehtiin samoilla periaatteilla kuin Kemijoen skaalaamalla kalamäärät Iijoen poikastuotantopinta-alaan. Luonnontilaisen Oulujoen pinta-alaan suhteutettu vaelluspoikastuotanto arvioitiin muita Perämereen laskevia lohijokia suuremmaksi mm. suotuisten virtaamaolojen ansiosta, ja eteläisen Kymijoen tuotantokyky arvioitiin pinta-alayksikköä kohti pohjoisen jokia selvästi suuremmaksi.

Kemi- ja Iijoen poikastuotannon laskelmissa käytettiin tutkimustietoa Tornionjoen vuosittaisesta vaelluspoikasmäärästä, joka perustuu Itämeren lohen kalakantamalliin. Mallilla arvioidaan Tornionjoen ja 14 muun Itämeren luonnonlohikannan kehitystä 1980-luvulta nykyhetken ja se sisältää lohen koko elämänsä ajan. Sillä estimoidaan kantakohtaisesti kalamäärät sekä luonnollinen ja kalastuksen aiheuttama kuolevuus lohen eri ikävaiheissa, vuosittainen kutukannan koko ja siitä syntyvä poikasmäärä. Kutukannan koon ja kudusta syntyvän poikasmäärän välisestä yhteydestä saadaan tietoa kunkin lisääntymisjokien poikastuotantokyvystä. Lohikannoista kerättyjä tutkimus- ja seurantatietoja käytetään mallissa kattavasti, ja Tornion- ja Simojoelta kerätyt runsaat tutkimusaineistot ovat mallissa erityisen hyvin edustettuina. Mallissa on mukana myös velvoiteistutukset sekä Tornion- ja Simojoen tuki-istutukset. Istukkaiden runsautta ja kuolevuuksia niiden eri elämänvaiheissa arvioidaan mallissa samalla tavoin kuin luonnonlohilla. Istutus- ja luonnonlohien samankaltaisuuksia ja eroja arvoitaessa on istutusmäärien lisäksi hyödynnetty merkintäaineistoja, havaintoja istukkaiden ja luonnonlohien osuuksista saaliissa sekä istutuspaikalle palaavien istukkaiden runsausarvioita (muutamalla Ruotsin rakennetulla joella tehdyt arviot).

Laskelmien perusteella Kemijoen potentiaalinen luonnontilainen poikastuotantotasoa olisi sama kuin Tornionjoella eli vuoteen 2012 asti kerättyjen aineistojen pohjalta arvioituna noin 2,4 miljoonaa vaelluspoikasta/vuosi (ICES 2013). Sitä vastaava ns. suurimman kestävä tuoton (MSY) tila olisi 1,8 miljoonaa vaelluspoikasta/vuosi. MSY tarkoittaa kannan tilaa, missä se tuottaa kestävästi suurimman mahdollisen saaliin. ICES (2008) on arvioinut, että Itämeren kannoilla MSY saavutetaan yleisesti silloin, kun kannan poikastuotanto on noin 25 % pienempi kuin se olisi täysin luonnontilassa eli potentiaalisessa maksimikoossaan. Lähtökohta poikkeaa vanhoista jokien patoamisen kompensoinnin las-

kelmista, joissa lähtökohtana on ollut täysin luonnontilainen, potentiaalinen kannan maksimikoko. Potentiaalinen maksimikoko on kuitenkin epärealistinen koska sen saavuttaminen edellyttäisi kaiken kalastuksen lopettamista. MSY-tila on sen sijaan hyvin perusteltu lähtökohta, sillä se huomioi kalastuksen, ja lisäksi Euroopan Unionin yhteinen kalastuspolitiikka pitää MSY-tilan saavuttamista keskeisenä kalastuspolitiikan tavoitteena.

Euroopan Komission rahoittamassa ECOKNOWS-projektissa ([http://cordis.europa.eu/project/rcn/95519\\_en.html](http://cordis.europa.eu/project/rcn/95519_en.html)) laskettiin, kuinka paljon viljeltyjä lohen vaelluspoikasia tulisi istuttaa Kemijokisuuhun jotta niistä selviytyisi sama määrä lohia kalastuskokoon kuin Tornionjoen luonnonkannasta sen ollessa MSY-tilassa (25 % potentiaalia pienempi poikasmäärä). Laskelmissa huomioitiin istutuspoikasten ja luonnonpoikasten välinen ero selviytymisessä kalastuskokoon. Laskelmien perusteena käytettiin jälleen Itämeren lohen kalakantamallia, mutta vuoteen 2013 asti kerättyjä aineistoja (ICES 2014). Mallitulosten mukaan yhden lohen luonnonpoikasen korvaamiseksi tarvitaan 2,5-3 istutuspoikasta, kun vastaava luku esimerkiksi velvoiteistutuksia mitoitettaessa on yleisesti ollut 1,6 istutuspoikasta. Näin merkittävä ero vanhan ja uuden arvion välillä saattaa osittain selittyä vanhojen tutkimustietojen vajavaisuuksilla, mutta on myös vahvoja viitteitä elonjääntieron todellisesta kasvusta. Laskelmien mukaan Kemijoen vuosittainen istutusmäärä tulisi olla noin 5 miljoonaa lohen vaelluspoikasta (vrt. nykyveloite 615 000 poikasta/vuosi), jotta istutuksista saataisiin sama määrä lohia kalastuskokoon kuin mitä rakentamaton Kemijoki tuottaisi luonnonpoikasia MSY-tilassa.

Vuoden 2014 mallinnustulosten jälkeen Itämeren lohimallin tuottamat potentiaaliarviot Tornionjoen kannalle ovat vaihdelleet mediaaniestimaatteina 1,7–2,3 miljoonan vaelluspoikasen välillä. Tornionjoelle on kahtena vuonna laskettu kantakohtainen MSY-tilaa vastaava poikastuotantoarvio, joka on vaihdellut välillä 72–83 % Tornionjoen potentiaalisesta poikastuotannosta. Myös mallinnuksen antamat arviot istutuslohien ja luonnonlohien elonjäännistä merivaelluksen eri vaiheissa ovat vaihdelleet eri vuosien kanta-arvioinneissa. Vuoden 2015 jälkeen tulosten laatua ovat heikentäneet tekniset ongelmat lohikantamallin tietokoneajoissa, minkä vuoksi mallia ei saatu toisinaan ajettua lainkaan ja vuonna 2018 siirryttiin käyttämään uutta tietokoneohjelmaa (ICES 2018).

Aikasarjoihin kertyvä uusi aineisto päivittää käsitystä lohikantojen kehityksestä ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Kuluvan vuosikymmenen arviot rakennettujen jokien luonnontilaisesta poikastuotannosta sekä istutuspoikasten ja luonnonpoikasten välisestä elonjääntierosta poikkeavat joka tapauksessa selvästi aiemmista arvioista, joita on käytetty myös istutusveloitteiden mitoituksessa.

### ***Aiheeseen liittyvät julkaisut:***

ECOKNOWS-projekti: [http://cordis.europa.eu/project/rcn/95519\\_en.html](http://cordis.europa.eu/project/rcn/95519_en.html)

Euroopan Komissio. 2011. Ehdotus, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus Itämeren lohikannan ja kyseistä kantaa hyödyntävien kalastuksien monivuotisesta suunnitelmasta. EU/2011/1509, KOM(2011) 470. (luettavissa osoitteessa <http://www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/document/COM20110470.do>)

ICES. 2008. ICES Advice. Book 8.

ICES. 2013. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). International Council for the Exploration of the Sea. WGBAST report 3–12 April 2013, Tallinn, Estonia. ICES CM 2013/ACOM:08. 334 s.

ICES. 2014. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST), 26 March–2 April 2014, Aarhus, Denmark. ICES CM 2014/ACOM:08. 347 pp.

ICES. 2018. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST), 20–28 March 2018, Turku, Finland. ICES CM 2018/ACOM:10. 369 pp.

- Marttila, M., Orell, P., Erkinaro, J., Romakkaniemi, A., Huusko, A., Jokikokko, E., Vehanen, T., Piironen, J., Huhmarniemi, A., Sutela, T., Saura, A. & Mäki-Petäys, A. 2014: Rakennettujen jokien kalataloudelle aiheutuneet vahingot ja kalatalousvelvoitteet. RKTTL Työraportteja 6, 96 p.
- Michielsens, C.G.J., McAllister, M.K., Kuikka, S., Mäntyniemi, S., Romakkaniemi, A., Pakarinen, T., Karlsson, L., and Uusitalo, L. 2008. Combining multiple Bayesian data analyses in a sequential framework for quantitative fisheries stock assessment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65: 962–974.
- Romakkaniemi, A. 2008. Conservation of Atlantic salmon by supplementary stocking of juvenile fish. Ph.D. thesis. University of Helsinki, Department of Biological and Environmental Sciences, Faculty of Biosciences, and Finnish Game and Fisheries Research Institute.

## 4.2. Jokien uomakunnostusten vaikutukset jokiekosysteemeissä

Maassamme on tehty jokiuomakunnostuksia jo lähes 40 vuoden ajan (Kuva 12). Kunnostukset on toteutettu pääasiassa kalataloudellisesta näkökulmasta keskittyen lohikalojen poikasten elinympäristön parantamiseen. Valtaosa maamme keskisuurista ja pienistä uiton helpottamiseksi peratuista joista on jo kunnostettu luonnontilaisemman näköiseksi. Jokien uomakunnostuksiin liittyviä tutkimuksia ja seurantoja on tehty vuosina 1998–2017 useissa toisiinsa nivoutuneissa hankkeissa. Tutkimusten tavoitteena on ollut tuottaa tietoa virtavesien kunnostuksien vaikutuksista jokiluontoon, kalastoon, pohjaeläimistöön ja jokiekosysteemien toimivuuteen. Lisäksi on kehitetty menetelmiä, joilla kunnostusten toteuttamista ja arviointia voidaan parantaa ja tarkasteltu taustalla olevia syitä sille, miksi kunnostusten onnistuminen vaihtelee eri kohteiden välillä. Yksi keskeinen tutkimuskohde on ollut Oulujoen vesistöalueen kuuden, vuonna 2001 kunnostetun metsäjoen kalaston ja pohjaeläimistön seuranta. Vuosittaista seurantaan jokikunnostuksien vaikutuksista on tehty kolme vuotta ennen kunnostuksia ja 13 vuotta niiden jälkeen raporttia kirjoitettaessa. Tutkimuskokonaisuudessa on tehty myös laaja muiden toimijoiden keräämiin kunnostusseuranta-aineistoihin pohjautuva yhteenveto suomalaisten jokikunnostusten vaikutuksista lohikalojen pienpoikastuotantoon. Lisäksi on arvioitu kunnostusten onnistumista elinympäristömallinnuksien ja inventointien avulla sekä toteutettu kokeellisia tutkimuksia, jotka ovat pureutuneet kunnostuksiin liittyviin eliöstöön vaikuttaviin tekijöihin.

Seuranta-aineistojen perusteella näyttää siltä, että lohikalojen pienpoikaset ovat keskimäärin hyötöneet kunnostuksista. Erityisesti kivikunnostukset näyttävät hyödyttävän kesänvanhoja taimenia poikasia, kun taas puukunnostukset hyödyttävät vanhempia 1–2-vuotiaita poikasia. Poikastiheydet ovat kuitenkin suhteellisen alhaisia kunnostuksien jälkeenkin. Esimerkiksi Oulujoen latvapuroissa 1-vuotiaita taimenia tavattiin keskimäärin edelleen vain 3 poikasta aaria kohti. Kalojen kannalta keskeisen ravintolähteen, pohjaeläinyhteisöjen koostumukseen uomakunnostuksilla ei ole ollut merkittävää vaikutusta.

Lohikalakantojen elpymisessä kunnostetuissa joissa on kuitenkin vaihtelua eri kohteiden välillä ja siihen vaikuttavat laaja-alaiset ympäristötekijät (esim. kalayhteisön koostumus, valuma-alueen maankäyttö ja veden laatu, sijainti leveyspiirillä, joen koko). Esimerkiksi lijoen vesistöissä tehdyn seuranta-tutkimuksen perusteella taimenten poikastiheydet olivat osassa kunnostettuja jokia selvästi suurempia kuin peratuissa joissa, mutta osassa poikastiheydet olivat pieniä ja verrattavissa perattuihin jokiin, vaikka kaikkiin kohteisiin oli tehty viiden vuoden ajan istutuksia kunnostuksen jälkeen. Kunnostusten jälkeen toteutetut istutukset eivät siten takaa taimenkannan elpymisestä vaan ne voivat olla jopa haitallisia. Jos kunnostetussa joessa esiintyy esimerkiksi luontainen taimenkanta, tulee seurannan avulla aluksi selvittää, elpyykö joen oma taimenkanta ennen kuin tuki-istutuksia vieraalla taimenkannalla aloitetaan.

Pohjois- ja Keski-Suomessa jokikunnostuksissa käytetyt kynnys-, suiste- yms. kivrakenteet ovat varsin kestäviä ja siten ylläpitävät jokiuoman monimuotoisuutta pitkällä ajanjaksolla. Ajan kuluessa kunnostetut alueet muistuttavat yhä enemmän luonnontilaisia kohteita: niiden pohjilla kasvaa taas enemmän vesisammalia, ja habitaatin rakenteessa on enemmän vaihtelua kuin välittömästi kunnostuksien jälkeen. Erityisesti puiset kunnostusrakenteet lisäävät jokiuomassa kulkeutuvan aineksen, kuten lehtikarikkeen pidättyvyyttä, mikä on metsäisten virtavesien tärkein energianlähde. Puuta on kuitenkin lisättävä uomiin huomattavia määriä. Kunnostetut kohteet eivät ole täysin luonnontilaa vastaavia ja pohjamateriaalin rakenne poikkeaa vielä 20 vuoden jälkeenkin lähes luonnontilaisista vertailukohteista. Yksittäisten kunnostusrakenteiden pysyvyyttä tärkeämpää on, että rakenteet elvyttävät joen luonnollisia toiminnallisia prosesseja, jotka osaltaan ylläpitävät ja luovat monimuotoisia habitaatteja. Monin paikoin erityisesti lohikalojen kutuun soveltuva sora- ja kiviainemateriaali puuttuu tai on muuttunut is-

kostuneeksi, mikä osoittaa, että kunnostuksissa tulee kiinnittää erityistä huomiota kutualueiden kestävyyteen ja toimivuuteen.

Jokiuoman pohjarakenteen monimuotoisuus edistää poikasten selviytymistä, mutta toisaalta elinympäristömallitarkastelujen perusteella kunnostetuissa koskissa elinympäristön laatu ei kohennu kalojen koko elinkierron näkökulmasta. Esimerkiksi Kiiminkijoella etenkin lohien poikasille suotuisien talvehtimiselinympäristöjen lisäys kunnostuksissa oli pientä. Valuma-alueen maankäyttö (esimerkiksi metsä- ja maatalous) heijastuu joen virtaamiin, jolloin kuivien tai vetisten sääjaksojen vaikutukset näkyvät selvästi joen elinympäristön laadussa niin, että kunnostusvaikutukset voivat kalojen kannalta jäädä vähäisiksi. Kunnostushyöty syntyy usein koskialueen laajenemisesta kunnostuksen yhteydessä. Jos uomaa voidaan kunnostuksessa laajentaa, syntyy luonnollisesti uutta poikastuotantoalaa enemmän kuin tilanteessa, jossa kunnostus toteutetaan peratun uoman rajaamassa tilassa. Pelkkä poikastuotantoalan lisääminen ei kuitenkaan riitä, vaan kunnostuksissa tulisi pyrkiä huomioimaan lohikalojen kaikille elinkierron vaiheille tarvittavat elinympäristöt kohteista riippuen. Lisäksi kalastukseen tulee kiinnittää huomiota: voimakas kalastus niin joessa kuin vaellusalueella (järvi/meri) hidastaa ja voi kokonaan estää kalakannan elpymisen, vaikka lisääntymis- ja poikastuotantoalueet olisivat hyvässä tilassa.

Virtavesien elinympäristökunnostuksissa toiminnan painopiste on siirtymässä pienempiin puroihin. Esimerkiksi vuosina 2017–2018 Oulun kaupungin toteuttamassa Hupisaarten kaupunkipurojen kunnostushankkeessa on tavoitteena palauttaa taimenkanta Oulujoen suistoalueelle (Kuva 1). Luonnonvaraisesti lisääntyvän taimenkannan palauttaminen puroihin on tutkimustulosten perusteella mahdollista. Tähän asti purot ovat kuitenkin olleet talvisin kuivillaan eikä edellytyksiä luonnontuotannolle ole ollut. Ympärivuotisen vesityksen saaminen puroille olikin kunnostustoimenpiteiden tärkein edellytys ja tapahtuu ensimmäistä kertaa talvella 2018–2019.



**Kuva 12.** Ala-Korpuankosken kunnostusta. Kuva: Eero Moilanen.

**Aiheeseen liittyvät julkaisut:**

- Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Stickler, M. & Mykrä, H. 2011. Fish can shrink under harsh living conditions. *Functional Ecology* 25: 628-633.
- Koljonen, S. 2011. Ecological impacts of in-stream restoration in salmonid rivers. *Acta Universitatis Ouluensis, serie A* 580. Oulun yliopisto.
- Koljonen, S., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Mykrä, H. & Muotka, T. 2012. Body mass and growth of overwintering brown trout in relation to stream habitat complexity. *River Research and Applications* 28: 62-70.
- Koljonen, S., Louhi, P., Huusko, A., Mäki-Petäys, A. & Muotka, T. 2012. Quantifying the roles of in-stream habitat structure and discharge to leaf retention: implications for stream restoration. *Freshwater Science* 31: 1121-1130.
- Koljonen, S., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Louhi, P. & Muotka, T. 2013. Assessing habitat suitability for juvenile Atlantic salmon in relation to in-stream restoration and discharge variability. *Restoration Ecology* 21: 344-352.
- Korsu, K., Huusko, A., Korhonen, P.K. & Yrjänä, T. 2010. The potential role of stream habitat restoration in facilitating salmonid invasions: a habitat-hydraulic modeling approach. *Restoration Ecology* 18: 158-165.
- Louhi, P. 2010. Responses of brown trout and benthic invertebrates to catchment-scale disturbance and in-stream restoration measures in boreal river systems. *Acta Universitatis Ouluensis, serie A* 565. Oulun yliopisto.
- Louhi, P., Mykrä, H., Paavola, R., Huusko, A., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A. & Muotka, T. 2011. Twenty years of stream restoration in Finland: little response by benthic macroinvertebrate communities. *Ecological Applications* 21: 1950-1961.
- Louhi, P., Mäki-Petäys, A., Huusko, A., & Muotka, T. 2014. Resource use by juvenile brown trout and Alpine bullhead: influence of interspecific versus intraspecific competition. *Ecology of Freshwater Fish* 23: 344-352.
- Louhi, P., Vehanen, T., Huusko, A., Mäki-Petäys, A. & Muotka, T. 2016. Long-term monitoring reveals the success of salmonid habitat restoration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 73: 1733-1741.
- Luhta, P., Huusko, A. & Louhi, P. 2012. Re-building brown trout populations in dredged boreal forest streams: in-stream restoration combined with stocking of young trout. *Freshwater Biology* 57: 1966-1977.
- Marttila, M., Louhi, P., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Yrjänä, T., & Muotka, T. 2016. Long-term performance of in-stream restoration measures in boreal streams. *Ecohydrology* 9: 280-289. doi: 10.1002/eco.1634
- Marttila, M. 2017. Ecological and social dimensions of restoration success in boreal river systems. *Acta universitatis ouluensis serie A* 703. Oulun yliopisto.
- Marttila, M., Louhi, P., Huusko, A., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A., Erkinaro, J., Syrjänen, J.T. & Muotka, T. 2019. Synthesis of habitat restoration impacts on young-of-the-year salmonids in boreal rivers. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* doi: 10.1007/s11160-019-09557-z.
- Sutela, T., Vehanen, T., Huusko, A. & Mäki-Petäys, A. 2017. Seasonal shift in boreal fish assemblages and associated bias in bioassessment. *Hydrobiologia* 787: 193-203.
- Vehanen, T., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Louhi, P., Mykrä, H. & Muotka, T. 2010. Effects of habitat rehabilitation on brown trout (*Salmo trutta*) in boreal forest streams. *Freshwater Biology*. 55: 2200-2214.

### 4.3. Simojoen lohen kutu- ja poikastuotantoalueiden kunnostus

Lapin ELY-keskus kunnosti Simojoella vuosina 2015–2017 lohen kutu- ja poikastuotantoalueita, jotka sijoituivat Simojoen ala- ja keskiosalle (Kuva 1). Hankkeen yhteydessä Luonnonvarakeskus sovelsi ja kehitti elinympäristömallinnusta kunnostuksessa aikaansaatuisten muutosten arvioimiseksi. Simojoella elinympäristömallinnus toteutettiin yhdessä kunnostuskohteessa ja yhdessä Simojoen parhaista lohen poikastuotantokoskista, joka toimii vertailualueena kunnostuskohteelle. Elinympäristömallinnuksen avulla on tarkoituksena selvittää erilaisten koskensisäisten elinympäristöjen ominai-

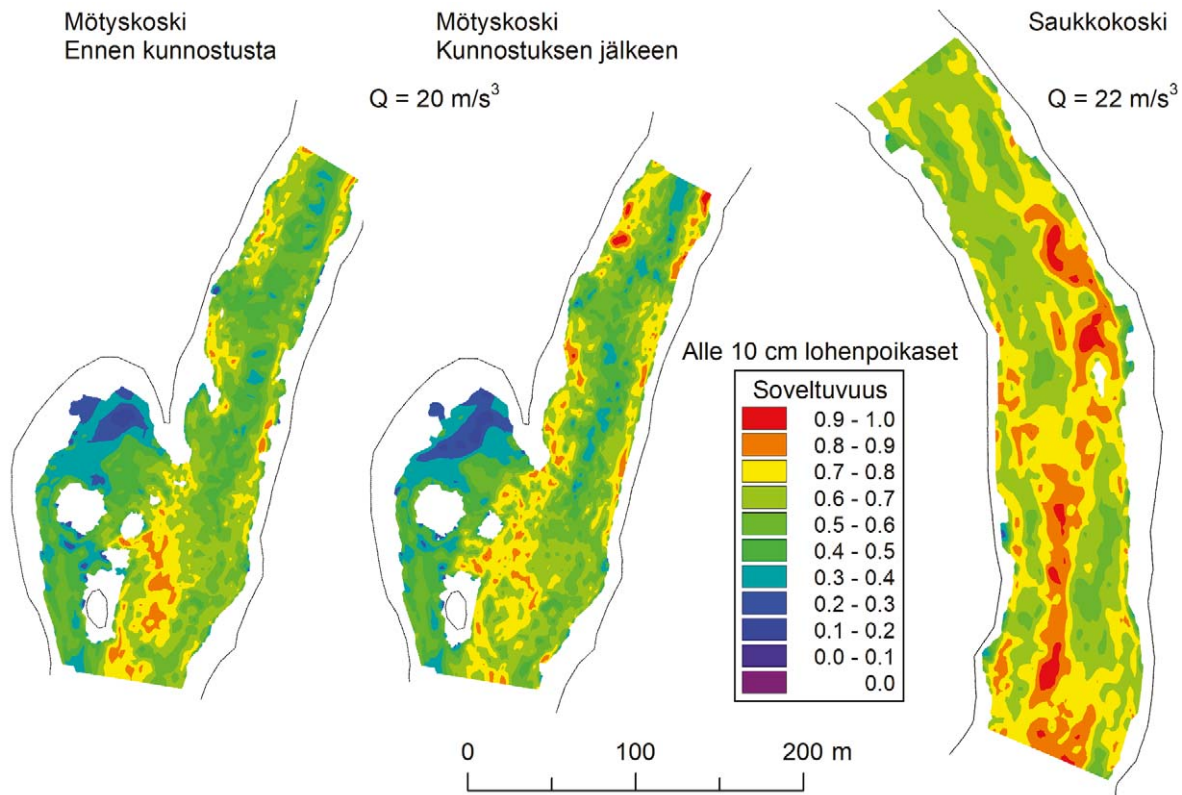
suuksia ja niiden soveltuvuutta lohen eri elinvaiheille. Vertailemalla lähtötilanteeltaan heikon kosken elinympäristöjen ominaisuuksia kunnostuksen jälkeiseen tilanteeseen ja hyvän kosken mallinnustuloksiin pyritään löytämään toimivia, realistisia ohjeistuksia heikkojen koskien pohjanlaadun ja veden virtauskenttien kunnostamiseksi lohen kannalta paremmiksi. Hankkeessa saatavaa tietoa elinympäristömallinnuksen soveltuvuudesta ja tuloksellisuudesta kunnostusten arvioinnissa voidaan hyödyntää jatkossa muissa lohijokien kunnostuksissa ja niiden suunnittelussa.



**Kuva 13.** Simojoen Mötykosken kunnostustyöt alkamassa kesällä 2016. Kuva: Ari Huusko.

Kunnostuskohteella (sekä ennen että jälkeen kunnostuksen) ja vertailukohteella uoman topografia mitattiin tarkasti, ja alueille viritettiin 3-dimensionaalinen virtausmalli. Virtausmallin avulla kohdealueiden paikallisia hydraulisia ominaisuuksia voidaan simuloida joen erilaisissa virtaamatilanteissa. Lohen eri elinvaiheiden preferenssitiedon avulla paikalliset habitaattimuuttuja-arvot (veden syvyys, virtausnopeus, pohjan laatu, pohjan iskostuneisuus) muunnetaan lohen eri elinvaiheita koskeviksi soveltuvuusarvoiksi, jotka kuvaavat kosken sisäisten paikallishabitaattien hyvyyttä lohenpoikasten näkökulmasta. Työn yhteydessä tarkastellaan myös soveltuvuusarvojen laskentatapojen vaikutusta lopputulokseen. Rakentamalla elinympäristömalli eri ikäluokkaa olevien lohenpoikasten preferenssietojen ja joen vuodenaikaisen virtaamakehyksen mukaisesti voidaan tarkastella esimerkiksi kohdealueen soveltuvuutta koko lohenpoikasten jokivaiheen osalta ja hahmottaa menestystä rajoittavia habitaattitekijöitä.





**Kuva 14.** Esimerkki Simojoen Mötyskosken kunnostuksen vaikutuksista kesän vanhojen lohenoikasten elinympäristön laatuun loppukesällä Simojoelle tyypillisellä, noin  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , virtaamalla. Oikealla kuvassa on Simojoen erinomaisen lohenoikaskosken, Saukkokosken, vastaava tilanne. Kuvissa kelta-punaiset värit ilmentävät erinomaista, vihreät sävyt kelvollista ja siniset sävyt heikkoa poikashabitaattia.

#### 4.4. Kiintoaineen aiheuttamat biologiset ja fysikaaliset muutokset virtavesissä

Vesistöjen valuma-alueilla tapahtuva maa- ja metsätalous, turvetuotanto sekä kaupungistuminen lisäävät kiintoaineen huuhtoutumista vesistöihin. Virtavesissä ongelmia aiheuttavat erityisesti pohjien liettyminen ja pohjalle laskeutuva kiintoaine. Pohjalla kulkeutuvan kiintoaineen vaikutuksia pienten virtavesien eliöyhteisöihin ja niiden toimintaan, lohikalojen mädin ja poikasten elossa säilyvyyteen sekä niiden elinkelpoisuuteen selvitettiin vuosina 2010–2015.

Metsätalouden kunnostusojitusten vaikutuksia taimenen mätimunien eloonjääntiin sekä purojen pohjaeläinyhteisöihin seurattiin Kiiminkijoen kuudessa latvapurossa kolme vuotta ennen ja kolme vuotta toimenpiteiden jälkeen. Metsäojitusten yhteydessä toteutettujen vesiensuojelutoimenpiteiden havaittiin pidättävän vesistöihin huuhtoutuvaa karkeampaa kiintoainetta riittävän tehokkaasti puroekologian säilymisen kannalta. Sen sijaan isommat ympäristötekijät, kuten virtaaman vaihtelut ja niiden tuoma kiintoaine, voivat peittää alleen paikallisten metsäojitusten aiheuttamat muutokset. Tulevaisuudessa valuma-alueiden veden pidätyskyvyn tehostamiseen sekä hydrologisiin muutoksiin tulisi kiinnittää erityistä huomiota.



**Kuva 15.** Metsäojituksen yhteydessä toteutetut vesiensuojelutoimenpiteet pidättivät karkeampaa kiintoainetta riittävän hyvin. Valuma-alueen muokkaamisesta johtuvat virtaaman vaihtelut voivat peittää alleen metsäojituksen aiheuttamat paikalliset vaikutukset Kuva: Pauliina Louhi.

Kainuun kalantutkimusasemalla toteutetussa kokeessa seurattiin kiintoaineen ja predaation yhteisvaikutuksia taimenen poikasten eloonjäantiin sekä kehittymiseen. Kokeessa havaittiin erityisesti kiintoaineen hidastavan taimenen poikasten kehitystä soraikon sisällä: runsaan kiintoainekuormituksen kohteeksi joutuneilla poikasilla oli niiden ravintonaan käyttämää ruskuaispussia jäljellä enemmän niiden noustessa soraikon sisältä vapaaseen veteen kuin tavallisesti kehittyneillä poikasilla. Tällaiset poikaset ovat todennäköisesti heikompia uimareita ja siten niillä on suurempi riski joutua pedon saaliiksi tai huuhtoutua pois virran mukana.



**Kuva 16.** Kiintoaineen vaikutusta taimenen mätimunien elossäilymiseen ja kehittymiseen seurattiin Kainuun kalantutkimuslaitoksen 24 koeuomassa. Kuva: Pauliina Louhi.

Kainuun kalantutkimusaseman luonnonmukaisissa ulkouomissa (12 kpl) toteutettiin syksyllä 2012 koe, jossa säädeltiin sekä uomiin huuhtoutuvan hiekan, että virtaaman määrää. Tarkoituksena kokeessa oli jäljitellä maankäytöstä pohjakulkeumana kulkeutuvan kiintoaineen (hiekkä) vaikutuksia pienissä latvapuroissa. Hankkeessa tarkasteltiin pohjaeläimiä, jotka ovat kalojen tärkeimpiä ravintokohteita, akvaattisia mikrobiyhteisöjä, sekä kivien pinnoilla eläviä perifytonleviä ja puroihin kulkeutuvan lehtikarikkeen hajoamista. Lisäksi uomissa tehtiin hydraulisia mittauksia ja mallinnuksia sekä merkkiainekokeita, joilla määritettiin hiekan ja virtauksen vaihtelun vaikutuksia soraikossa.

Ylimääräinen hiekka heikensi huomattavasti veden vaihtumista ja liikettä soraikossa sekä aiheutti häiriöitä erityisesti puroyhteisöjen toiminnassa. Maankäytöstä vesistöön huuhtoutuva ja purojen pohjalla kulkeutuva hiekka hidasti sekä perifytonlevien kasvua että lehtikarikkeen hajoamista. Korkea virtaamataso sen sijaan suosi perifytonlevien kasvua. Pohjaeläinyhteisön muutokset vaihtelivat lajiston mukaan. Vaikka ylimääräisen hiekan ja virtaamaolosuhteiden muutoksista on toisille eliöryhmille haittaa, toiset eliöryhmät hyötyvät näistä muutoksista. Kokonaisvaikutuksen selvittämiseksi olisikin tärkeää tarkastella mahdollisia vaikutuksia useaan eliöryhmään samanaikaisesti.

Virtavesiyhteisöjen kunnostuksien jälkeiseen toimintaan ja koostumukseen vaikuttavat habitaatin rakenne sekä mahdolliset uusien lajien lähteet, mistä ne voisivat kunnostetuille alueille levitä. Vesisammalet muodostavat boreaalisen vyöhykkeen eliöyhteisöjen avainhabitaatin luomalla pohjaeläimille ja kaloille suojapaikkoja virtaukselta ja predaatiolta. Kainuun kalantutkimuksen ulkouomissa (24 kpl) seurattiin kokeellisesti lisätyn karkean hiekan (< 3 mm), pohjarakennetta monipuolistavien vesisammalien ja tehostetun pohjaeläinten leviämisen vaikutuksia yhteisörakenteeseen (pohjaeläinlajiston koostumus ja tiheydet) sekä toimintaan (lehtikarikkeen hajoamisnopeus ja perifytonlevien kasvaminen). Tehostettu lajiston leviäminen koeuomiin kasvatti pohjaeläinlajiston määrää ja yksilötiheyksiä, mutta se ei heikentänyt hiekan ja sammalen vaikutusta yhteisöjen koostumukseen. Erityisesti kokeessa havaittiin sammalien monipuolistavan lajistoa jopa enemmän kuin mitä hiekan kulkeutuminen sitä heikensi. Aikaisemmin on havaittu runsaan hiekan kulkeutumisen aiheuttavan sammalkasvustojen irtoamista esimerkiksi niiden kasvupohjana toimivista kivistä. Hiekan kulkeutumisen heikentämät sammalkasvustot saattavatkin välillisesti aiheuttaa negatiivisia vaikutuksia myös muihin eliöyhteisöihin, joten elinympäristökunnostuksissa sammalten palautumiseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota.



**Kuva 17.** Luonnonmukainen koeuoma Kainuun kalantutkimusasemalla, jossa selvitettiin hiekan ja virtaamavaihteluiden vaikutuksia purojen eliöyhteisöön. Koeuoma jaettiin koetta varten kahtia, joista kuvassa oikealle puolelle lisättiin hiekkaa ja vasemmalle puolelle hiekkaa ei lisätty. Kuva: Kaisa-Riikka Mustonen.

#### ***Aiheeseen liittyvät julkaisut:***

- Louhi, P., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J., Paasivaara, A. & Muotka, T. 2010. Impacts of forest drainage improvement on stream biota: A multisite BACI-experiment. *Forest Ecology and Management* 260: 1315-1323.
- Louhi, P., Ovaska, M., Mäki-Petäys, A., Erkinaro, J. & Muotka, T. 2011. Does fine sediment constrain salmonid alevin development and survival? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68: 1819-1826.
- Marttila, H., Tammela, S., Mustonen, K.-R., Louhi, P., Muotka, T. & Mykrä, H. 2019: Contribution of flow conditions and sand addition on hyporheic zone exchange in gravel beds. *Hydrology Research* doi: 10.2166/nh.2019.099.
- Mustonen, K.-R., Mykrä, H., Louhi, P., Markkola, A., Tolkkinen, M., Huusko, A., Alioravainen, N., Lehtinen, S. & Muotka, T. 2016. Sediments and flow have mainly independent effects on multitrophic stream communities and ecosystem functions. *Ecological Applications* 26: 2116-2129.
- Turunen, J., Louhi, P., Mykrä, H., Aroviita, J., Putkonen, E., Huusko, A. & Muotka, T. 2018. Combined effects of local habitat, anthropogenic stress, and dispersal on stream ecosystems: a mesocosm experiment. *Ecological Applications* 28: 1606-1615.

## **4.5. Virtaaman säännöstelyn kalabiologiset vaikutukset**

Jokieläimet ovat sopeutuneet jokien luonnonmukaisiin virtaamamuutoksiin. Virtaaman säännöstelyn seurauksena virtaaman vuotuinen, luonnonmukainen rytmisyys kuitenkin muuttuu. Keinotekoinen, ihmisen tarpeista lähtevä virtaamavaihtelu voi ylittää eliöiden sietokyvyn, minkä seurauksena eliöiden menestymismahdollisuudet voivat alentua merkittävästi. ELY-keskusten, vesivoimayhtiöiden ja

muiden aihepiirin toimijoiden parempi tietoisuus virtaamasäännöstelyn vaikutuksista virtavesikalojen menestykseen edesauttaa jokien säännöstelykäytäntöjen suunnittelua ja toteuttamista tulevaisuudessa kalojen elinmahdollisuuksien kannalta kestävämpää suuntaan.

Luken Paltamon toimipaikan virtavesiuomissa selvitettiin vuosina 2011–2012 virtaaman vuorokausisäännöstelyn vaikutuksia lohen ja taimenen poikasten menestykseen sekä pohjaeläinten määrään ja ajeeseen. Lähtökohtana tutkimuksissa oli pelkkä virtaaman nopea muutos, johon ei kuitenkaan liittynyt virtaaman pienentyessä usein säännöstelyissä joissa tapahtuvaa pohja-alueiden kuivumista. Uomissa ei myöskään ollut läsnä poikasia mahdollisesti saalistavia eläimiä. Virtaaman säännöstely noudatti käytännön vesivoimatuotannossa tapahtuvaa rytmiä: virtaamaa kasvatettiin aamulla ja laskettiin illalla. Tutkimuksissa käytetyt poikaset olivat sekä kesänvanhoja että vuoden ikäisiä lohja ja taimenia.

Talviolosuhteissa tehdyssä työssä ei havaittu eroa lohenpoikasten kasvussa tai liikkumisessa virtaamaltaan säännöstelyissä uomissa verrattuna tasaisen virtaaman uomiin. Kesällä säännöstelyissä uomissa poikasten kasvu oli hieman heikompaa, kehon rasvapitoisuus pienempää, mutta toisaalta liikkuminen merkitsevästi suurempaa kuin tasaisen virtaaman uomissa. Kalat olivat siis aktiivisempia säännöstelyissä uomissa. Kaiken kaikkiaan lohen poikaset sietivät verraten hyvin päivittäistä virtaamavaihtelua, sillä lajin sisäinen ja lajien välinen kilpailu vaikutti em. kaltaista virtaaman vaihtelua enemmän lohen poikasten menestykseen. Virtaamavaihtelulla ei ollut merkitsevää vaikutusta pohjaeläimistöön.

Virtavesikalojen talviekologiasta tarvitaan kuitenkin lisää tietoa virtaaman säännöstelyn vaikutusten arvioimiseksi kattavasti. Kirjallisuuden perusteella virtaaman säännöstely talvella muuttaa joen virtaamia, veden lämpötilaa ja jääolosuhteita, joilla voi olla monitahoisia lohikalajien menestykseen vaikuttavia vasteita.

Ympäristövirtaaman määrittäminen rakennetuille joille on menetelmä, jolla pyritään vähentämään säännöstelystä syntyviä haittoja joen eliöstölle. Ympäristövirtaaman tarkoituksena on ylläpitää määrällisesti, laadullisesti ja ajallisesti riittävää virtaamaa, jotta joen ekosysteemin hyvä tila turvataan. Kansainvälisesti ympäristövirtaaman määrittämiseksi on käytetty yli 200 erilaista lähestymistapaa tai menetelmää. Valittava menetelmä riippuu paitsi ongelman määrittelystä myös käytettävissä olevista resursseista. Yksinkertaisilla hydrologisilla tai hydraulisilla menetelmillä voidaan ympäristövirtaama määrittää vähäisin resurssein useallekin kohteelle, mutta paikkakohtainen tarkastelu voi jäädä ohueksi ja tulokseen voi sisältyä enemmän riskiä ympäristövirtaaman toimivuudesta. Holistisilla menetelmillä voidaan tarkastella tarkemmin paitsi biologisia myös sosio-ekonomisia kysymyksiä, mutta tarkastelu yleensä edellyttää huomattavasti suurempia kohdekohtaisia resursseja.

Kalavirta-hankkeessa sovellettiin eri menetelmiä ympäristövirtaaman määrittämiseksi ja verrattiin näiden antamia tuloksia elinympäristömallinnuksen antamiin tuloksiin lohikalajien elinympäristön määrästä ja laadusta eri virtaamilla. Selvitysten perusteella Suomessa on suositeltavaa käyttää Building Block -menetelmää ympäristövirtaaman määrittämiseksi. Edellytyksenä tälle on, että asiantuntijoilla on käytössään hyvät taustatiedot kohteen virtaamasta, sen vaihtelusta ja vaikutuksesta eliöstöön. Elinympäristömalli antaa parhaat perustiedot kohteesta, kun se toteutetaan erilaisilla virtaamilla, joita kohteessa eri aikoina esiintyy. Hyvässä tilanteessa asiantuntijoilla on käytössä mallinnustietoa, esimerkiksi elinympäristömallin tuloksia, siitä miten virtaamavaihtelu vaikuttaa kohde-eliön tai eliöstön elinympäristön laatuun eri vuodenaikoina.

Virtaamasäännöstelyn haittojen minimoimiseksi on käytössä myös muita keinoja. Suojelullisesti merkittävissä kohteissa on tärkeää, että vaelluskalojen elinvaatimukset otetaan säännöstelyssä huomioon nykyistä paremmin säännöstelykäytäntöjä kehittämällä. Muita tapoja parantaa vaelluskalojen elinvoimaisuutta ovat esimerkiksi kompensatiomekanismien käyttö nykyistä laajemmin sekä elvyt-

tämistoimenpiteiden joustavoittaminen. Elvyttämiskohteita tulee pyrkiä priorisoimaan kustannus-hyötyanalyysien avulla ekologisten ja yhteiskunnallisten hyötyjen perusteella. Toimenpiteiden toteuttamiseksi on esitetty myös muutoksia Suomen vesilainsäädäntöön.

#### **Aiheeseen liittyvät julkaisut:**

- Bakken, T.H., Zinke, P., Melcher, A., Sundt, H., Vehanen, T., Jorde, K. & Acreman, M. 2012. Setting environmental flows in regulated rivers. SINTEF Energy Research, Energy Systems. Report TR A7246. 2012-10-04
- Heggenes, J., Alfredsen, K., Bustos, A.A. & Huusko, A. 2016. Be cool: hydro-physical changes and fish responses in winter in hydropower-regulated northern streams. Research Report. Statkraft, Oslo, Norway. 62 pp.
- Heggenes, J., Alfredsen, K., Brittain, J.E., Bustos, A.A. & Huusko, A. 2017. Stay cool: temperature changes and biological responses in hydropower-regulated northern stream systems. Research Report. Statkraft, Oslo, Norway. 96 pp.
- Heggenes, J., Alfredsen, K., Bustos, A.A., Huusko, A. & Stickler, M. 2018. Be cool: A review of hydro-physical changes and fish responses in winter in hydropower-regulated northern streams. *Environmental Biology of Fishes* 101: 1–21.
- Koljonen, S., Maunula, M., Artell, J., Belinskij, A., Hellsten, S., Huusko, A., Juutinen, A., Marttunen, M., Mustajoki, J., Mäki-Petäys, A., Rotko, P., Soininen, N. & Vehanen, T. 2017. Vaelluskalakantojen elvyttäminen – ympäristövirtaama ja muut ratkaisut. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 69/2017: 133 p
- Orell, P., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A., Jaukkuri, M., Huusko, R., van der Meer, O., Huusko, A., Lahti, M., Erkinaro, J. & Sutela, T. 2016. Kollaja-hankkeen vaikutukset lijoen vaelluskalakantojen elvyttämiseen. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 25/2016: 52 s..
- Puffer, M. 2014. Effects of rapidly fluctuating water levels on juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). PhD thesis. Norwegian University of Science and Technology, Department of Biology, Trondheim, Norway. ISBN 978-82-326-0147-9.
- Puffer, M, Berg, O.K., Huusko, A., Vehanen, T., Forseth, T. & Einum, S. 2015. Seasonal effects of hydropeaking on growth, energetics and movement of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *River Research and Applications* 31: 1101–1108.
- Puffer, M, Berg, O.K., Huusko, A., Vehanen, T. & Einum, S. 2017. Effects of intra- and interspecific competition and hydropeaking on growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Ecology of Freshwater Fish* 26: 99-107.
- Sollien, V. P. 2015. Hydropeaking effects on riverine benthic invertebrate fauna composition and drift. Master thesis. Norwegian University of Science and Technology, Department of Biology, Trondheim, Norway. 46 pp.

## **4.6. Järvilohen luontaisen lisääntymisen edellytysten parantaminen Ala-Koitajoella**

Ala-Koitajoen virtaamaa lisättiin Pielisjoen voimalaitosten kalatalousmaksujen ajanmukaistamisen yhteydessä vuonna 2013. Virtaamaa lisättiin 2 m<sup>3</sup>:stä/s keskimäärin 5 m<sup>3</sup>:iin/s siten, että minimijuoksaus on 6 m<sup>3</sup>/s huhtikuun alusta syyskuun loppuun ja muun ajan vuodesta 4 m<sup>3</sup>/s. Sen lisäksi elinympäristöjen olosuhteita ja poikastuotantoalueita on kunnostettu noin 6 ha sekä kaivinkonetyönä että helikopterilla (Kuva 18). Lisäjuoksaus on voimassa seitsemän vuoden ajan, jonka kuluessa on tavoitteena selvittää, saadaanko järvilohi palautettua luonnossa lisääntyväksi ja millaisia keinoja siihen tarvitaan.



**Kuva 18.** Kutu- ja poikassoraikkokunnostusta helikopterityönä Rävökkäkoskelle Ala-Koitajoella 2015. Kuva: Matti Janhunen.

Selvityshankkeessa on tehty seuraavia toimenpiteitä ja tutkimuksia:

- Ala-Koitajokeen on siirretty vuosittain kutuvaelluksella olevia lohia, minkä lisäksi on istutettu eri-ikäisiä poikasia kunnostettujen kutusoraikkojen ja poikastuotantoalueiden kelvollisuuden testaamiseksi,
- Kutulohien käyttäytymistä, kutemisen ajoittumista ja kutusoraikkojen valintaa on selvitetty radiotelemetriatutkimuksilla (Kuva 19),
- Järvilohien valitsemista kutualueista on mitattu syvyydet, virrannopeudet ja pohjan kivikoko.



**Kuva 19.** Osa Ala-Koitajokeen siirretyistä kutulohista merkittiin selkävän tyvelle kiinnitettyllä radiolähettimellä liikkumisen ja kutupaikan valinnan selvittämiseksi. Kuva: Matti Janhunen.

Hankkeessa on saatu mm. seuraavia tuloksia:

- Siirretyt järvilohet ovat pysyneet muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta joessa,
- Kutulohet ovat löytäneet ja hyväksyneet eri koskialueille tehdyt kutusoraikot,
- Kunnostetut kutusoraikot ovat kelvanneet hyvin jokeen kutemaan siirretyille järvilohille, ja helikopterilla levitetyt soraikot jopa paremmin kuin kaivinkoneella tehdyt kutusoraikot,
- Mäti on säilynyt hyvin soraikoissa ja jokeen on kuoriutunut viljejä poikasia kaikilla koskialueilla, joissa kutupesiä löydettiin,
- Järvilohi näyttäisi valitsevan kutusoraikot syvemmältä kuin mitä Atlantin lohelle on raportoitu kirjallisuudessa,
- Suurimmat kesänvanhojen poikasten tiheydet (yli 200 kpl/aari) ovat syntyneet alueille, joille on samana keväänä istutettu vastakuoriutuneita poikasia, mutta myös luonnonkudusta on parhaille koealueille syntynyt hyviä poikastiheyksiä (v. 2018 50–60 kpl/aari)
- Yleisesti ottaen suuret poikastiheydet osoittavat kunnostettujen alueiden sopivan hyvin järvilohen poikasten elinympäristöksi,
- Vaelluspoikasiksi joessa selviytyneiden poikasten määrät ovat olleet toistaiseksi vain 100–300 smolttia vuodessa, koska jokipoikasten talviaikainen kuolleisuus on erittäin suurta, ja erittäin runsas petokalakanta (hauki, kuha, made, ahven) saalistaa kaiken ikäisiä lohen poikasia
- Pielisjoesta Ala-Koitajoelle siirrettyjen kutulohien määrät olivat pieniä, vain reilut 40 kutuparia vuosina 2013–2016, mutta syksyllä 2017 Ala-Koitajokeen siirrettiin yhteensä 152 kutulohia,
- Luonnonkudun ansioista on järvilohen säilyttämiselle viljelyn kautta avautunut täysin uusi mahdollisuus: joesta pyydettyjä poikasia voidaan siirtää Luke:n Paltamon laitokselle kasvatettavaksi emokaloiksi.



**Aiheeseen liittyvät julkaisut:**

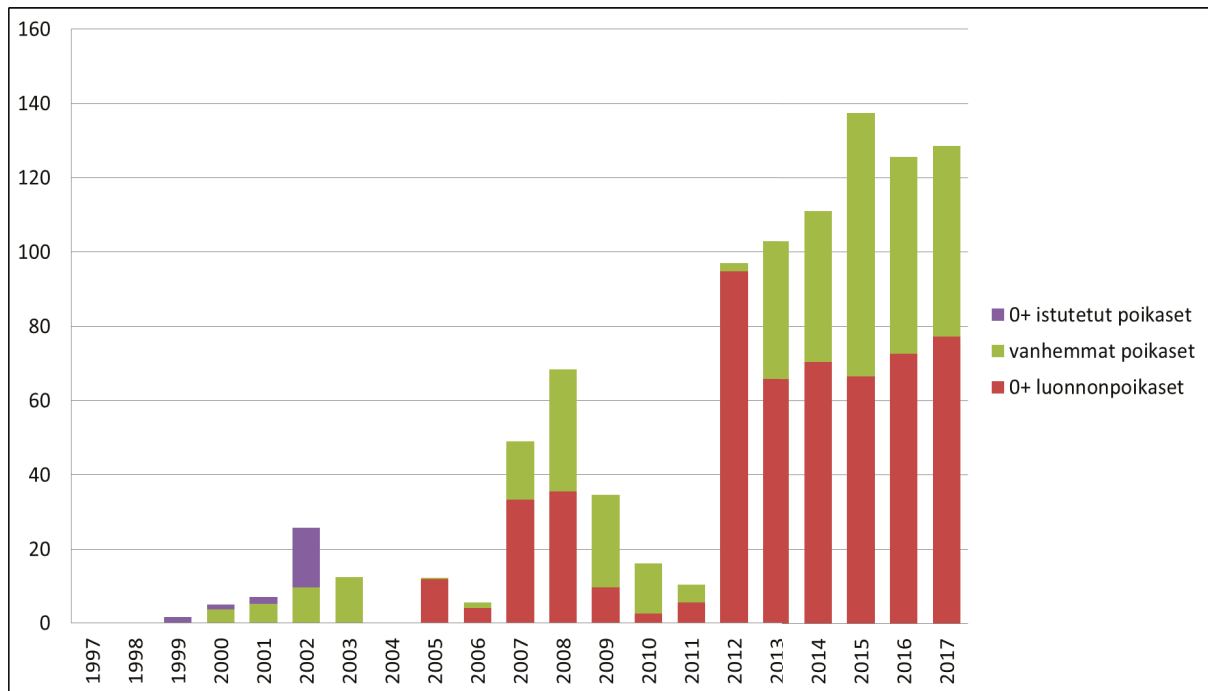
- Piironen, J. 2013: Onnistuuko järvilohen lisääntyminen Ala-Koitajoella. Suomen Kalastuslehti 8 2013, s. 8-10.
- Piironen, J., Gavrilov. M. & Luolamo, V. 2016: Uudet soraikot kelpaavat järvilohelle. Suomen Kalastuslehti 8 2016, s. 28–30.

## 4.7. Lisääntymisalueet ja poikastuotanto Suomenlahteen laskevissa joissa

Kymijoen vuosittaisissa sähkökoekalastuksissa (toteuttajina ovat olleet Luke ja Kymijoen vesi ja ympäristö ry) on todettu luonnonvaraiseen lisääntymiseen perustuvaa poikastuotantoa sekä Kymijoen patojen ylä- että alapuolella. Vuoden 2015 sähkökalastuksissa kesänvanhojen lohenpoikasten tiheydet patojen alapuolella olivat vuodesta 1991 alkaneen seurantahistorian korkeimmat. Helikopterileivityksenä tehtyjen soraistusten odotetaan nostavan poikastiheyksiä Kymijoella. Sähkökalastuksiin ja smolttipyyntiin perustuvat lohen vaelluspoikastuotannon arviot ovat vaihdelleet muutamista tuhansista yli 40 000 vaelluspoikaseen vuodessa.

Suomenlahteen laskevissa taimenjoissa tutkitaan muun muassa vesistökuormituksen ja vesistörakentamisen sekä koskikunnostusten vaikutuksia vapaa-ajankalastukseen, kalastoon ja lohikalojen lisääntymiseen. Rannikkojokien luonnonvaraisten taimenkantojen geneettinen perimä on kartoitettu ja lisäksi Viipurinlahteen laskevan Mustajoen taimenkannan tila on arvioitu ja kanta otettu talteen (Kuva 21). Luke tekee meritaimenen poikastuotannon seuranta paikallisten toimijoiden, kuten vesien-suojeluyhdistysten kanssa sähkökalastamalla kaikilla kahdeksalla Suomenlahteen laskevalla alkupe- räisellä luonnonkantojoella (Mustajoki, Urpalanjoki, Virojoki, Sipoonjoki, Espoonjoki, Mankinjoki, Siuntionjoki ja Ingarskilanjoki). Vuosittain seuranta toteutetaan Mustajoella ja Ingarskilanjoella, joiden taimenkannat ovat viljelyssä sekä Espoonjoella ja Mankinjoella. Vuosittaista seuranta tehdään myös pääkaupunkiseudulla sijaitsevilla kotiutuskohteilla, joissa meritaimen on alkanut lisääntyä luon- taisesti (Gräsanoja, Monikonpuro, Vantaanjoen Longinoja, Mustapuro, Mellunkylänpuro). Muilla taimenjoilla/-puroilla sähkökalastukset tehdään harvemmin. Kaikki vuosina 2011–2017 tehdyt sähkö- koekalastukset on tallennettu SYKEN HERTTA-järjestelmässä olevaan koekalastusrekisteriin.

Yleisesti ottaen kaikki luonnonvaraiset taimenkannat Suomenlahden alueella ovat heikossa kunnossa eikä pysyvää hyvää tilaa ole saavutettu. Lisääntyminen on säännöllistä, mutta selvää trendiä parem- paan tai huonompaan suuntaan ei voida havaita. Viime vuosina joissakin seurantakohteissa (mm. Ingarskilanjoki, Espoonjoki, Mankinjoki, Gräsanoja ja Vantaanjoen Longinoja) on kuitenkin tapahtu- nut selvää kasvua poikasmäärien suhteen. Erityisesti Vantaanjoen Longinojalla luonnonpoikastihey- det ovat olleet viime vuosina huomattavan suuria (Kuva 20).



**Kuva 20.** Keskimääräinen taimenen poikastiheys (yks./aari) Vantaanjoen Longinojalla. 0+ poikasilla tarkoitetaan kesänvanhoja poikasia.

Mustionjoen lohikalojen ja simpukoiden luontaisen elinkierron parantamiseen tähtäävää selvitystyötä varten kartoitettiin syksyllä 2009 alueen lohikalojen poikastuotantoon soveltuvat alueet (Kuva 1). Voimalaitosten alapuolisissa virtapaikoissa on vähäisiä lohikalojen poikastuotantoon soveltuvia alueita kaikkiaan noin 3,5 ha. Billnäsin ja Åkerforsin väliselle jokiosuudelle laskee 9 sivupuroa, joissa potentiaalista tai kunnostettavaa tuotantoaluetta on noin 6,8 km. Näiden poikastuotantoalueiden maksimaalisen poikastuotannon arvioitiin olevan noin 5 300 vaelluspoikasta vuosittain. Mustionjoen jatkohankkeessa tehtiin keväällä 2012 Mustionjoen habitaattimallinnus sekä Mustionjoen sivupurojen vedenlaadun seuranta ja kunnostussuunnitelmat.



**Kuva 21.** DNA-näytteenottoa varten sähkökalastettuja Mustajoen kesänvanhoja taimenia. Kuva: Anna Lindgren.

Helsingin Pitäjänmäessä virtaavaan Mätäjokeen pääsi toukokuussa 2013 Teknosin maalitehtaalta liuotinta, jonka seurauksena Mätäjoessa havaittiin kuolleita ja kuolevia kaloja. Kuolleiden kalojen joukossa nähtiin taimenten lisäksi ainakin salakoita, särkiä, lahnoja, ahvenia, haukia, kivenuoliaisia, kampeloita ja kuoreita. Teknos Oy:n tilaamassa tutkimuksessa päästön jälkeisellä viikolla koekalastuksissa todettiin taimenen ja muidenkin kalojen hävinnän päästön vaikutusalueelta. Päästön yläpuolisella alueella taimenet olivat säilyneet elossa. Lokakuussa 2013 koekalastuksissa havaittiin joidenkin taimenten laskeutuneen päästöalueelle päästön yläpuoliselta alueelta ja paikallisena päästöalueella eläneiden kivenuoliaisten alkaneen elpymä (Kuva 22). Teknos Oy tilasi uudelleen Mätäjoen kalastotarkkailun vuosina 2014 ja 2015. Mätirasiamenetelmällä tehtyjen kotiutusistutusten myötä taimenen poikastuotanto on elpynyt Mätäjoella ja myös luontaista lisääntymistä on havaittu. Luontainen kalasto näyttää elpyneen liuotinpäästön jälkeen. Sähkökalastuksia poikastuotannon arvioimiseksi on jatkettu vuosina 2016 ja 2017. Tulokset on viety SYKE:n HERTTA-järjestelmässä olevaan koekalastusrekisteriin.



**Kuva 22.** Mätäjoen tarkkailusähkökalastusta syyskuussa 2015. Kuva: Aki Janatuinen.

***Aiheeseen liittyvät julkaisut:***

- Koljonen, M-L., Janatuinen, A., Saura, A. and Koskiniemi, J. 2013. Genetic structure of Finnish and Russian sea trout populations in the Gulf of Finland area. Working papers of the Finnish Game and Fisheries Institute, no 25. 100 p.
- Koljonen, M-L., Saura, A. 2015. Mistä meritaimenet ovat peräisin. Suomen Kalastuslehti, nro 7. Ss. 28-30.
- Lappalainen, A., Raitaniemi, J., Pakarinen, T., Saura, A., Pönni, J., Jokikokko, E. ja Heikinheimo, O. 2018. Kalat, raportissa Suomen meriympäristön tila 2018. (toim, Korpinen, S. Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T. ja Ekebom, J.) Suomen ympäristökeskus. Käsikirjoitus.
- Peuhkuri, N., Saura, A., Koljonen M-L., Titov, S. Gross, R. Kannel, R. and Koskiniemi, R. 2014. Current state and restoration of sea trout and Atlantic salmon populations in three river system in the eastern Gulf of Finland. Working papers of the Finnish Game and Fisheries Institute, no 26. 54 p.
- Rinne, J., Saura, A. ja Vehanen, T. 2012. Mustionjoen sivupurojen vedenlaadun seuranta ja kunnossuunnitelmat. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Käsikirjoitus.
- Saura, A., Rinne, J. & Vehanen, T. 2010. Mustionjoen pääuoman ja sivupurojen lohelle ja taimenelle soveltuvien poikastuotantoalueiden kartoitus ja poikastuotantoarvio. Riista- ja kalatalous - selvityksiä 13. 46 s.
- Saura, A. 2014a. Mätäjoen sähkökoekalastus toukokuussa 2013. Työraportteja nro 15. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, 15 s.
- Saura, A. 2014b. Mätäjoen sähkökoekalastus syyskuussa 2013. Työraportteja 18. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, 17 s.
- Saura, A. 2015. Mätäjoen sähkökoekalastus syyskuussa 2014. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus nro 69. Luonnonvarakeskus (Luke). 18 s.
- Saura, A. 2016. Mätäjoen sähkökoekalastus syyskuussa 2015. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus nro 1. Luonnonvarakeskus (Luke). 18 s.
- Vehanen, T., Meer van der, O., Saura, A., ja Rinne, J. 2014. Mustionjoen virta-alueiden elinympäristömallinnus. RKTL:n työraportteja, nro 12. 82 s.

## 4.8. Raakun ja taimenen esiintyminen Hyrynsalmen reitin pääuomaan laskevissa joissa

Vielä 1940–1950-luvuilla jokihelmisimpukka- eli raakkukannat olivat Hyrynsalmen reitillä voimissaan ja alueella harjoitettiin laajamittaista raakun pyyntiä helmien etsintätarkoituksissa. Sitten vesistöreitien pääuoman voimalaitosrakentaminen, uomamuutokset, valuma-alueen maankäyttö ja lohikalakantojen alamäki todennäköisesti johtivat raakun taantumiseen. Lajin nykyisestä esiintymisestä Oulujoen vesistön latvoilla Kainuun alueella tiedetään kuitenkin vain hyvin vähän.

Raakku käyttää varhaiselinvaiheessaan isäntäkalanaan lohta ja taimenta, joten sen esiintyminen ja menestys kulkee rinta rinnan näiden lohikalakantojen menestyksen kanssa. Luke kartoitti yhdessä Metsähallituksen kanssa raakku- ja lohikalakantojen tilaa Hyrynsalmen reitillä vuosien 2012–2014 aikana. Samalla selvitettiin myös raakun ja raakkuun liittyvän helmenpyyntikulttuurin tuomia mahdollisuuksia luontomatkailun edistämiseksi ja voisiko raakkukantaa lisätä vesistöissä kalanviljelyyritysten avulla (<http://www.metsa.fi/kainuunhelmenkalastajat>).

Raakkuesiintymien maastokartoitukset perustuivat raakun toukka-vaiheen eli glokidion esiintymiseen taimenen kiduksilla, joten hanke tuotti samanaikaisesti myös tietoa taimenen esiintymisestä ja runsaudesta kohdevesistöissä. Käytännössä kohdejoesta tai -purosta etsittiin nuoria taimenia sähkökalastamalla alkukesällä ennen kuin glokidiot pudottautuvat kalan kiduksilta. Varsinainen simpukoiden laskenta tapahtui vesikiikarin avulla ja pintasukeltamalla.

Vuosina 2012–2013 kartoitettiin lähes 80 Hyrynsalmen reitin jokea/puroa, joista runsaasta 20:stä löydettiin taimenia, ja raakkuja vain yhdeksästä joesta/purosta. Joidenkin näiden purojen raakkukanta oli todella niukka, vain muutamia yksilöitä, mutta joukossa oli muutama lukumäärältään kohtuullinen lisääntymiskykyinen populaatio. Jokikohtaisten taimenpopulaatioiden osalta tilanne oli samanlainen, pääosassa puroja/jokia taimenta esiintyi vain harvalukuisesti.

Erittäin uhanalaisen raakun esiintymisalueet tulisi huomioida maankäytön ja luonnonvarojen käytön suunnittelussa. Hankkeen tiedot annettiin ELY-keskukselle ja metsäalan toimijoille jatkotoimia varten. Elinvoimainen raakkukanta on myös merkki elinvoimaisesta taimenpopulaatiosta.

## 5. Tukitoimet

### 5.1. Populaatiomallinnus tuki- ja säätelytoimien biologisessa arvioinnissa

Vuonna 2012 laadittiin kalatalousviranomaisen päätöksenteon tueksi ja työkaluksi lohien yksinkertaistettu populaatiomalli, jonka avulla voidaan tarkastella rakennettujen jokien lohikannan palauttamismahdollisuuksia erilaisilla tulevaisuusskenaarioilla. Yksinkertaistetun mallin pohjana on Itämeren lohikantamalli, joka on alun perin laadittu PROMOS-projektissa (EC Study 99/064) vuosituhannen alussa ja jota Kansainvälinen merentutkimusneuvosto on sittemmin soveltanut kalastuksen säätelyn neuvonantoon. Itämeren lohikantamallissa käytetään 1980-luvulta lähtien kerättyjä laajoja tutkimus- ja seuranta-aineistoja Itämeren lohikannoista. Tuloksena on saatu yksityiskohtaiset arviot lohien merivaelluksen aikaisista kuolevuuksista, sukukypsäksi tulosta, luontaisen lisääntymisen dynamiikasta sekä luonnon- ja istutusperäisten lohien kuolevuuseroista. Niitä on sovellettu yksinkertaisten rakennettujen jokien tarkasteluun laaditussa populaatiomallissa. Lisäksi tietoja on täydennetty oletuksilla, jotka on tehty rakennettun joen olosuhteiden vaikutuksista lohien jokivaiheeseen (kutuvaellus, lisääntyminen, poikasvaellus).

Yksinkertaistettua populaatiomallia sovellettiin vuonna 2012 Kemijoelle ja Lijoelle, joiden osalta oletettiin, että lohilla oli sekä ylä- että alavirtaan toimivat vaellusyhteydet viiden alimman voimalaitoksen ohi. Lisäksi oletettiin, että lohien palautustoimet käynnistetään kutulohien ylisiirroilla ja poikasis- tutuksilla voimalaitosten yläpuolisille poikastuotantoalueille. Laadittu elinkierto malli toimi karkeana työkaluna, kun arvioitiin keskeisiä lohipopulaation kokoa leikkaavia tekijöitä elinkierron eri vaiheissa. Työn tuloksena todettiin, että molempien jokien lohikantojen palauttaminen edellyttää hyvin toimivien vaellusyhteyksien lisäksi kalastuskuolevuuden vähentämistä kauttaaltaan syönnös- ja kutuvaelluksen eri vaiheissa.

Vuonna 2013 samaa lohien populaatiomallia sovellettiin Kymijoelle, jossa jo yksikin toimiva kalatie mahdollistaisi lohien pääsyn valtaosalle sen potentiaalisista lisääntymisalueista. Mallinnuksen perusteella vesistön lohikantojen kehittäminen ja elvyttäminen edellytti vähimmillään Korkeakosken kalatien rakentamista (valmistui v. 2016), lievää kalastuksen säätelyn kiristämistä sekä elvyttämisen alkuvaiheessa toteutettavia istutuksia ja/tai emokalojen ylisiirtoja. Pitkällä aikavälillä näillä toimenpiteillä arvioitiin saavuttavan luonnonvaraisesti lisääntyvä lohikanta, joka kestää kohtuullista kalastusta niin meri- kuin jokialueella. Lisäksi tässä työssä havainnollistettiin, kuinka kalojen kuolleisuus kertyy usean peräkkäisen padon joissa heikentäen lohikannan palauttamisen edellytyksiä. Kymijoesta poiketen tämä on iso ongelma monissa muissa suomalaisissa rakennetuissa joissa.

Seuraavan kerran lohien populaatiomallia käytettiin vuonna 2015, kun haluttiin selvittää Lijoelle suunnitellun Kollajan tekoaltaan aiheuttamia ongelmia lohikalakantojen elvyttämiselle suhteutettuna vesistön nykytilaan. Ensiksi vuoden 2012 mallia kuitenkin kehitettiin vastaamaan paremmin Perämeren alueen luonnonvaraisten lohikantojen meri-ikäkoostumusta ja populaatiodynamiikkaa, minkä lisäksi kuolevuusparametrit päivitettiin uusimpien tutkimustietojen perusteella. Tarkastelun tuloksena todettiin, ettei tekoaltaan rakentaminen estäisi vaelluskalojen palauttamista lijokeen mutta se vaikeuttaisi lohikannan elvyttämismahdollisuuksia. Elinkiertovaiheista merkittävimmät ongelmat kohdistuisivat todennäköisimmin vaelluspoikasiin niiden alusvaelluskuolleisuuden kasvaessa (tekojärvi ja kuudes voimalaitos). Tämän takia nähtiin keskeisen tärkeänä estää vaelluspoikasten joutuminen tekojärveen, mikäli hanke toteutuisi. Tämän lisäksi esitettiin joukko muita toimenpiteitä, joilla voitaisiin lieventää tai ratkaista hankkeesta aiheutuvia ongelmia lohikantojen elvyttämiselle.

Edellä kuvatut selvitystyöt havainnollistavat, kuinka lohien populaatiomallinnus tarjoaa hyvän lähtökohdan vaelluskalakantojen palauttamiseen tähtäävien tuki- ja säätelytoimien vaikutusten arviointiin erilaisissa tulevaisuuden skenaarioissa. Mallinnusta voidaan soveltaa kalatietehankkeiden yhteydessä eri puolilla maata, mikä ansiosta se tukee hyvin kansallisen kalatietehankkeiden valtakunnallista toteutusta. Mutta kuten mallinnuksessa yleensä, yksinkertaistetun lohien elinkierto malliin sisältyy epävarmuutta, mikä pitää ottaa huomioon mallin tuloksia tarkasteltaessa ja sovellettaessa.

### **Aiheeseen liittyvät julkaisut:**

- ICES. 2017. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST), 27 March–4 April 2017, Gdańsk, Poland. ICES CM 2017/ACOM:10. 298 pp.
- Michielsens, C.G.J., McAllister, M.K., Kuikka, S., Mäntyniemi, S., Romakkaniemi, A., Pakarinen, T., Karlsson, L., and Uusitalo, L. 2008. Combining multiple Bayesian data analyses in a sequential framework for quantitative fisheries stock assessment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65: 962–974.
- Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P., Rivinoja, P. & Erkinaro, J. 2012. Lohikantojen palauttaminen rakennetuille joille - mallinnustyökalu tuki- ja säätelytoimien biologiseen arviointiin. RKT:n työraportteja 1/2012. 41 s.
- Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P. & Erkinaro, J. 2013. Kymijoen lohikannan elvyttäminen – populaatiomallinnus tuki- ja säätelytoimien vaikutuksista. RKT:n työraportteja 5/2013. 25 s.
- Orell, P., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A., Jaukkuri, M., Huusko, R., van der Meer, O., Huusko, A., Lahti, M., Erkinaro, J. & Sutela, T. 2016. Kollaja -hankkeen vaikutukset Iijoen vaelluskalakantojen elvyttämiseen: Lohien elinkierto, populaatiomallinnus ja ympäristövirtaama. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 25/2016. 52 s.

## **5.2. Lohien ylisiirrot**

Iijoen vesistöissä on vuodesta 2009 alkaen siirretty sukukypsiä kutukaloja jokisuusta voimalaitosten yläpuolisille poikastuotantoalueille tavoitteena käynnistää lohien luonnonvarainen lisääntyminen. Pääuoman rakentamattomien virta-alueiden lisäksi kaloja on siirretty Iijokeen laskeville Livojoelle ja Korpjoelle. Ylisiirrettyjen lohien lisääntymismenestystä ja laajuutta selvitettiin vuonna 2015 sähkökalastusten avulla Taivalkosken ja Pudasjärven välisellä jokialueella (16 koealaa). Vuonna 2014 voimalaitospatojen yläpuolelle Iijoen pääuomaan oli siirretty 130 lohta. Niiden kudusta peräisin olevia kesänvanhoja poikasia löydettiin sähkökalastuksissa vain yksi kpl. Muut saaliiksi saadut lohienpoikaset olivat yksivuotiaita (yhteensä 11 kpl, havainto 5/16 koealalta).

Ylisiirtojen heikkoa tuloksellisuutta selittää todennäköisesti osaltaan vähäinen emokalojen määrä suhteessa potentiaalisten poikastuotantoalueiden määrään sekä ylisiirtoon liittyvät epävarmuustekijät, kuten kalojen käsittely, istutusperäisten kutukalojen laitosalkuperä ja sen mahdollinen vaikutus vaelluskäyttäytymiseen ja lisääntymismenestykseen sekä sääolosuhteet (heinä-elokuussa 2014 korkea vedenlämpötila). Vaikka vuoden 2015 sähkökalastusten aikaan vesi oli tavanomaista korkeammalla, selittää se vain vähän, jos ollenkaan, heikkoa sähkökalastustulosta, sillä iso osa koealastetusta pinta-alasta oli lohienpoikaselle soveltuvaa aluetta, jonne kesänvanhat poikaset olivat jo voineet levittäytyä sähkökalastusten ajankohtaan mennessä. Pidempiaikainen ja säännöllinen sähkökalastusseuranta olisi kuitenkin tarpeellista ylisiirtojen tuloksellisuuden arvioimiseksi olosuhteiltaan erilaisina vuosina.

Kemijoen vesistöalueella on toteutettu ylisiirtoja vuodesta 2009 alkaen. Lohia on siirretty pääasiassa Ounasjokeen sekä lisäksi Tervolan pohjoisosassa sijaitsevaan Vähäjokeen ja meritaimenia Louejokeen. Kesällä 2015 ylisiirtoja laajennettiin ja kalamäärää lisättiin selvästi aiempiin vuosiin verrattuna. Ylisiirtoja tehtiin ensimmäistä kertaa myös Kemijoen yläosalle Savukoskelle.

Kemijoen vesistöissä on tutkittu vuosina 2010–2011 aikuisten lohien ylisiirtojen mahdollisuuksia lohien poikastuotannon käynnistämiseksi vapaana virtaavassa Ounasjoessa. Tutkimus toteutettiin radiotelemetriavilla. Tulosten perusteella lohien ylisiirto on yksi potentiaalinen menetelmä lohien luonnonpoikastuotannon käynnistämiseksi rakennettujen jokien vapaana virtaavilla osilla. Menetelmää voidaan hyödyntää jo ennen kalateiden valmistumista. Merkittävän poikastuotannon käynnistäminen edellyttää kuitenkin verrattain suuria ylisiirrettyjen lohien määriä, sillä vain osa lohista pysyy suunnitelluilla siirtoalueilla. Lisäksi ylisiirtoihin liittyy aina kalojen käsittelystä ja kuljettamisesta aiheutuvaa viivästynyttä kuolleisuutta.

Ounasjoella toteutettiin pienimuotoinen ylisiirrettyjen lohien telemetriaseuranta myös vuonna 2015. Tutkimustulosten perusteella Kittilään elokuussa siirretyistä 14 radiolähettimellä merkitystä lohesta suuri osa (64 %) pysyi lokakuuhun asti seurannassa Ounasjoella ja paikannusten perusteella ne olivat myös aktiivisia koko seurannan ajan. Kahdeksasta naaraslohesta kaksi laskeutui Kemijoelle ennen kutuaikaa. Kolmen (21 %) seurannasta kadonneen radiolähetinkalan kohtalo jäi epäselväksi, mutta muiden osalta kuolleisuutta ei seurannan aikana todettu. Ounasjoella seurannassa pysyneet kalat näyttivät asettuvan Kittilän alapuolisella jokialueella sijaitseville kutualueilleen joko heti elokuun loppuun tai siirtyvän sinne vähitellen. Laaja-alaista edestakaista liikehdintää ei Ounasjoella havaittu.

Ounasjoelle ja Vähäjoelle ylisiirrettyjen lohien lisääntymismenestystä ja laajuutta selvitettiin vuonna 2015 sähkökalastusten avulla (Ounasjoella 41 ja Vähäjoella 9 koealaa). Vuonna 2014 Ounasjoen Lohinivaan oli siirretty 323 ja Vähäjokeen 162 lohta. Ounasjoen sähkökalastuksissa kesänvanhoja poikasia löydettiin vain kahdelta koealalta poikastiheyden jäädessä myös näillä koealoilla pieneksi (1,2 ja 4,7 kpl/100 m<sup>2</sup>). Vanhempia lohienpoikasia ei Ounasjoen sähkökalastuksissa havaittu lainkaan.

Vähäjoella lohien kesänvanhoja poikasia ei havaittu lainkaan ja kuudelta koealalta saatiin todennäköisesti istutuksista peräisin olevia lohien yksivuotiaita poikasia (pituus 92–136 mm; tiheys 0,5–5,0 kpl/aari).

Myös Oulujokeen laskevalla Utosjoella tutkittiin vuosina 2016–2017 ylisiirrettyjen lohien vaelluskäyttäytymistä ja levittäytymistä radiotelemetriavilla. Keskimäärin alle puolet (41–45 %) Oulujoen Merikoskelta Utosjoelle siirretyistä lohista (n=60) oli vielä lähellä kutuaikaa aktiivisena Utosjoen alueella. Loput lähetinkaloista olivat kutuaikaan mennessä joko laskeutuneet pysyvästi Utajärvelle (ja osa edelleen Oulujokeen), kuolleet tai niiden lähetin oli irronnut. Noin puolet lohista oli merkitty sisäisellä ja puolet ulkoisella radiolähettimellä. Sisäisellä lähettimellä merkityistä lohista suurempi osa (52 %) selvisi kutuaikaan asti aktiivisena joessa kuin ulkoisella lähettimellä merkityistä lohista (34 %). Vuonna 2017 ylisiirrettyjen lohien vaelluskäyttäytyminen oli edellisvuotta laaja-alaisempaa ja jonkin verran hakevampaa. Vuosien välistä eroa saattoi selittää naaraiden pieni lukumäärä vuonna 2017 (vain kaksi ylisiirrettyä naaraslohta) vuoden 2016 ylisiirtokalojen sukupuolijakauman ollessa selvästi tasaisempi.

Loppukesällä 2017 Montan voimalaitoksen alakanavaan valmistui kalojen kiinniottolaite, jota on tarkoitettu tulevaisuudessa käyttämään myös ylisiirrettävien kalojen pyyntiin. Luonnonvarakeskus laati suunnitelman laitteen säädöistä ja koekäytöstä syksyksi 2017. Teknisten ongelmien ja puutteiden vuoksi laitteen tehokas käyttö ei vielä onnistunut. Laitetta pystyttiin kuitenkin koekäyttämään ja sinne havaittiin koekäytön aikana hakeutuneen usean eri kalalajin yksilöitä, mm. ahvenia, muikkuja ja taimeita. Koekäyttö sekä laitteen toiminnan seuranta ja kehittäminen jatkuvat kesällä 2018.



**Aiheeseen liittyvät julkaisut:**

- Jaukkuri, M., Orell, P., Kanninen, T., Vierelä, M., Huusko, R., Mäki-Petäys, A., van der Meer, O. & Jokikokko, E. 2012. Ylisiirrettyjen lohien radiotelemetriatutkimus Kemi-Ounasjoella v. 2010-2011. RKTL:n työraportteja 11/2012. 46 s.
- Kanninen, T. 2011. Aikuisten lohien (*Salmo salar*, L.) ylisiirrot lohikantojen palauttamisessa: tuloksia li- ja Kemijoelta vuosilta 2009–2010. Pro-gradu tutkielma. Oulun yliopisto, biologian laitos. 80 s.
- Marttila, M., Orell, P., van der Meer, O., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A. ja Erkinaro, J. 2017. Lohikalojen ylisiirrot vaelluskalakantojen hoitotoimena. Kirjallisuuskatsaus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 10/2017.

**5.3. Istutusten tuloksellisuus**

Rakennetuilla joilla lohikantojen ylläpito tapahtuu tällä hetkellä pääasiassa smoltti-istutuksilla (velvoiteistus). Istutusten tuotto on heikentynyt viime vuosikymmenten aikana, vaikka samaan aikaan Itämeren luonnonlohikannat ovat vahvistuneet. Istutusten tuloksellisuutta arvioidaan yleensä merkintätutkimusten avulla. Hiljattain tehtiin yhteenveto vuosina 1979–2012 istutettujen Oulujoen velvoiteistukkaiden Carlin-merkkipalautuksista. Lisäksi vuosina 2011–2012 Oulujoella käynnistettiin laaja merkintätutkimus (10 000 kpl/vuosi), jolla selvitettiin istutuspaikan (jokialue/Montta ja Oulujokisuun merialue) ja -ajankohdan vaikutusta viljeltyjen lohien vaelluspoikasten selviytymiseen. Merkinnot toteutettiin PIT- ja T-ankkurimerkinnöin (Kuva 12). PIT-merkkien avulla seurattiin mereltä palaavien lohien hakeutumista Merikosken kalatiehen ja T-merkinnöin istutusten tuottoa merialueella. Havainnot ja PIT-merkkikalaloista kerättiin Merikosken kalatiehen asennetuilla PIT-lukulaitteilla vuosina 2011–2015 ja T-ankkurimerkkipalautuksia saatiin kalastajien palautuksina lähinnä merialueelta.

Saatujen tulosten perusteella Carlin-merkintöjen palautustulokset (=lohisaaliit) heikentyivät tasaisesti 1980-luvulta 2000-luvun alkuun, minkä jälkeen palautusaste on ollut erittäin heikko. Laskeva trendi merkkipalautuksien määrässä on ollut samanlainen sekä jokisuun merialueelle että Oulujokeen tehdyissä istutuksissa. Jokisuun merialueelle tehdyt istutukset tuottivat keskimäärin jonkin verran enemmän merkkipalautuksia kuin jokeen tehdyt istutukset.

Carlin- ja PIT-merkintäaineistojen perusteella vaelluspoikasistutusten ajoittamisella on vaikutusta merkkipalautusmääriin ja siten lohisaaliisiin. Istutushoidon tuloksellisuuden parantamiseksi tarvitaan panostamista istutusten oikea-aikaisuuteen, sillä istutusajankohdalla näyttäisi olevan vaikutusta vaelluspoikasistutusten saalistuottoon. Liian aikaisin, liian kylmään veteen tehdyt istutukset eivät tuota yhtä hyvin kuin oikea-aikaiset noin 10-asteiseen veteen tehdyt istutukset. Istutuspaikan vaikutukset istutusten tulokseen olivat hieman monitahoisemmat.

Merialueen saalistuoton maksimoimiseksi voisi olla perusteltua tehdä istutuksia edelleen jokisuun edustan merialueelle, koska ne näyttävät tuottavan saalista merialueelle hieman enemmän kuin jokialueelle tehdyt istutukset. Havainnot osoittavat kuitenkin, että istutusten kohdentaminen jokialueelle Monttaan voi lisätä Oulujokeen nousevaa kalamäärää, sillä jokialueen istukkaat näyttävät hakeutuvan kalatiehen jonkin verran merialueen istukkaita paremmin. Vuodesta 2017 alkaen kaikki Oulujoen velvoiteistukkaat onkin jo istutettu jokialueelle ja istutukset on pyritty ajoittamaan smolttivaellukselle optimaaliseen ajankohtaan.

Tutkimuksen yksi tärkeimmistä johtopäätöksistä liittyy istutusten tuloksellisuuden seurannassa käytettävien merkintämenetelmien kehittämiseen. Pitkään käytössä olleista Carlin-merkinnöistä ei nykyisin saada enää juurikaan palautuksia, eikä merialueen vähenevän lohienkalastuksen myötä tilanne tule jatkossa varmasti muuttumaan parempaan suuntaan. Pelkästään Merikosken kalatiestä saatiin tutkimuksessa enemmän havainnot ja PIT-merkityistä kaloista kuin merialueen kalastussaaliista palautettiin T-ankkurimerkkejä. PIT-merkintöjen sisällyttäminen velvoite seurantaan todennäköisesti pa-

rantaisikin istutustutkimusten luotettavuutta havaintomäärien kasvamisen kautta. Vuonna 2017 saatiin Merikosken alakanavassa tehdyssä pilottikokeessa hyviä kokemuksia alakanavaan asennettujen PIT-antennien toiminnasta ja jatkossa niiden avulla voitaisiin saada havaintoja myös niistä PIT-merkityistä kaloista, jotka eivät välttämättä nouse kalatiehen ja tule havaituiksi siellä olevilla PIT-lukulaitteilla.

***Aiheeseen liittyvät julkaisut:***

Orell, P., Jaukkuri, M., Marttila, M. & Mäki-Petäys, A. 2018. Oulujoen lohi-istutusten merkintätulokset v. 1979-2015. PIT-mikrosirumerkinnoilla uutta tietoa istutusten toteuttamiseen ja tuloksellisuuden seurantaan. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 9/2018.

## 5.4. Menestyvistä istukkaista elinvoimaiset kalakannat

### 5.4.1. Virikekasvatuksen vaikutus lohismolttien selviytymiseen jokivaelluksesta

Valtaosa Suomen lohikannoista on tuki-istutusten varassa. Istutusten tuloksellisuus on kuitenkin ollut heikkoa, koska kasvatusalaiden muuttumattomat olosuhteet eivät riittävästi valmenna istukkaita selviytymään vaihtelevassa luonnon ympäristössä. Lisäksi pitkään viljelyssä olleiden lohikantojen geneettistä laistumista on pidetty yhtenä syynä istukkaiden heikkoon menestymiseen.

Kainuun kalantutkimusasemalla Paltamossa on kehitetty uusi virikkeellisempi kasvatusmenetelmä, jonka tavoitteena on tuottaa luonnossa paremmin menestyviä istukkaita. Tässä virikekasvatusmenetelmässä käytetään muutoin normaaleja kasvatusaltaita, mutta kaloille on lisätty suojapaikkoja, ja virtausnopeutta ja -suuntaa sekä veden korkeutta muutellaan satunnaisesti kasvatuksen aikana. Virikekasvatus aloitetaan mädin haudontavaiheessa noin kuukausi ennen kalojen kuoriutumista ja vaelluspoikaset kasvatetaan 2-vuotiaiksi ennen istutusta.

Tornionjoen istutuskokeessa vuonna 2012 verrattiin kasvatusmenetelmien lisäksi emokalakannan alkuperän vaikutusta. Kasvatukseen otettiin villien luonnosta pyydystettyjen emokalojen mätiä sekä useita sukupolvina laitosviljelyssä olleiden emokalojen mätiä. Molempien emokalakantojen poikasia kasvatettiin yhtäläisissä tiheyksissä sekä normaalilla että virikekasvatusmenetelmällä. Istutuskalojen selviytymistä verrattiin villien smolttien eli vaelluspoikasten selviytymiseen. Villit poikaset pyydystettiin Tornionjoen sivuhaaran Muonionjoen Karsikkoniemestä kesäkuun alussa 2012. Villit ja kasvatetut lohet merkittiin radiolähettimellä (yhteensä 220 kpl) ja vapautettiin noin 300 km päässä jokisuusta. Kalojen vaellusnopeutta ja selviytymistä istutuspaikalta jokisuuhun selvitettiin jokivarteen asennettujen kiinteiden paikannusasemien sekä rannalta ja veneestä tehtyjen manuaalipaikannusten avulla (Kuva 23).

Kasvatusmenetelmän vaikutus kalojen selviytymiseen oli selkeä. Virikekasvatettuja kaloja selviytyi jokivaelluksesta kaksi kertaa enemmän (38 prosenttia) kuin normaalilla menetelmällä kasvatettuja lohia (19 prosenttia). Villejä lohen vaelluspoikasia selviytyi kuitenkin eniten, eli 57 prosenttia. Virikekasvatetut lohet lähtivät istutuspaikalta vaellukselle nopeammin kuin standardilohet, jolloin niillä oli paremmat selviytymismahdollisuudet kuin hitailla lohilla. Emokalojen alkuperällä ei ollut selvää vaikutusta tuloksiin tässä tutkimuksessa; laitosemokalojen poikaset selviytyivät yhtä hyvin kuin villien emokalojen kasvatetut poikaset.



**Kuva 23.** Lohen vaelluspoikasten radiotelemetriaseurantaa Tornionjoella. Kuva: Pekka Hyvärinen.

Kemijoella ja Ounasjoella tehtiin vuonna 2015 radiolähetintutkimus, jossa verrattiin laitosolosuhteissa virikekasvatettujen 2-vuotiaiden lohen vaelluspoikasten sekä joessa 1–1,5 vuotta eläneiden poikasten selviytymistä jokivaelluksen aikana. Joessa eläneet ns. semivillit poikaset oli istutettu Ounasjoen sivujokeen kesän vanhana tai 1-vuotiaana. Vertailussa olleet poikaset olivat samasta mätierästä ja samoista alkukasvatusaltaista peräisin. Joessa eläneet semivillit poikaset pyydystettiin merkintää varten vaellupoikasryssä. Merkinnän jälkeen ne vapautettiin yhtä aikaa laitoksessa kasvatettujen virikepoikasten kanssa. Tulosten perusteella laitokasvatettujen virikepoikasten ja semivillien poikasten välillä ei tässä tutkimuksessa ollut eroa eloonjäännissä eikä vaellusnopeudessa ts. laitoksessa virikekasvatettujen poikasten kyky selviytyä jokivaelluksesta oli samaa tasoa kuin luonnossa jo villinä 1–1,5 vuotta eläneiden poikasten. Normaaliilla menetelmällä kasvatettujen poikasten selviytyminen on useissa aiemmissa tutkimuksissa havaittu olleen heikompi kuin joessa villinä kasvaneiden vaelluspoikasten selviytyminen.

Tornionjoen ja Kemijoen tutkimusten tulokset osoittavat, että uudella virikekasvatusmenetelmällä voidaan merkittävästi parantaa lohen vaelluspoikasten kykyä selviytyä istutuksen jälkeisen vaelluksen alkuvaiheista. Uusi menetelmä soveltuu tuotantomittakaavan poikaskasvatukseen ja on helposti muunneltavissa erilaisiin kalankasvatusaltoiin.

#### 5.4.2. Virikekasvatuksen vaikutus lois- ja bakteeritautien esiintymiseen ja haitallisuuteen

Kainuun kalantutkimusasemalla Paltamossa selvitettiin virikekasvatuksen vaikutusta loistautien esiintymiseen ja haitallisuuteen tuotantomittakaavan kokeissa, joissa selvitettiin standardi- ja virikeoloissa kasvatettujen lohikalojen kuolleisuutta eri kalatautien esiintymisen aikana sekä kalojen vastustuskykyä loisia vastaan. Tutkimuksessa havaittiin, että virikealtaissa kasvatettujen kalojen kuolleisuus ja loismäärät olivat merkittävästi alempia useimmissa tautitapauksissa verrattuina standardialtaissa

kasvatettuihin kaloihin. Myös virikekalojen vastustuskyky loisia vastaan oli parempi. Tutkimuksessa havaittiin kuitenkin myös, että virikekasvatuksen vaikutukset eivät olleet samanlaisia kaikkien taudinaiheuttajien kohdalla, mikä tulosten mukaan voi johtua taudinaiheuttajien erilaisesta ekologiasta sekä kalan lajista ja iästä.

Koska kasvatusmenetelmien vaikutuksissa lois- ja bakteeritautien haitallisuuteen oli havaittu vaihtelua aiemmissa kasvatuskokeissa eri kalakantojen ja lajien välillä, jatkotutkimuksena toteutettiin yhtäaikainen kasvatuskoe yhteensä viidellä eri merilohikannalla ja viidellä eri meritaimenkannalla. Kalojen vastustuskykyä tutkittiin kalojen luonnollisessa loislaituksessa viljelyoloissa kasvatuksen aikana, jonka lisäksi toteutettiin kontrolloituja altistuskokeita. Kuten useimmissa aiemmissakin kasvatuskokeissa, myös tässä tutkimuksessa havaittiin, että kasvatuksen aikainen alkueläin- ja bakteeritartunnoista johtuva kalojen kuolleisuus oli merkittävästi pienempää virikealtaissa sekä merilohella että meritaimenella. Tulos oli selkeä siitä huolimatta, että lajien ja kalakantojen välillä havaittiin suuria eroja kuolleisuudessa. Kokeellisessa altistuksessa loisten määrät eri kasvatusmenetelmillä kasvatetuilla kaloilla eivät sen sijaan eronneet merkittävästi. Kokeellinen altistusympäristö oli sama kaikille testatuille kaloille, mutta se poikkesi huomattavasti kalojen normaaleista kasvatusolosuhteista. Tämä on voinut vaikuttaa havaittuun tulokseen ja siksi altistusympäristön vaikutuksia yhdessä kasvatusympäristön kanssa tulisikin seuraavaksi selvittää.

#### 5.4.3. Virikekasvatusmenetelmän soveltaminen eri tuotantolaitosten kasvatusolosuhteisiin

Hankkeessa testattiin virikekasvatuksen soveltuvuutta viidellä yksityisellä kalanviljelylaitoksella sekä Luken Kainuun kalantutkimusasemalla. Kasvatuskoe toteutettiin siten, että vähintään kahdella laitoksella oli kasvatuksessa samasta mätierästä peräsin olevia kaloja. Kaloja kasvatettiin niiden ensimmäisen kasvukauden ajan. Kasvatuskoe alkoi kalojen ruokinnasta kesäkuun alusta ja jatkui kasvukauden loppuun saakka. Kasvatustestin tulosten perusteella virikekasvatusmenetelmää pystyttiin soveltamaan erilaisiin laitosolosuhteisiin suhteellisen pienillä muunnoksilla Luken Kainuun kalantutkimusasemalla aiemmin kehitettyyn menetelmään verrattuna. Starttitiheytenä oli kullakin laitoksella normaali tuotantotiheys. Yhdellä testissä olleista laitoksista poikasten kasvatusaikainen kuolleisuus oli virikealtaissa suurempi kuin standardialtaissa. Kyseisellä laitoksella menetelmä kuitenkin poikkesi eniten Luken kehittämästä menetelmästä, sillä altaissa ei käytetty luonnon kiviä suojapaikkoina vaan ainoastaan muovisia rakenteita. Muilla laitoksilla, joilla käytettiin kiviä suojapaikkoina, virikekasvatus joko selvästi vähensi kuolleisuutta tai sillä ei ollut vaikutusta. Poikasten keskimääräinen koko kasvatuskokeen loppuessa ei poikennut merkittävästi kasvatusryhmien välillä.

#### 5.4.4. Kasvatusympäristön vaikutus istutuskalojen käyttäytymiseen ja kalastusalttiuteen

Tutkimuksessa selvitettiin taimenen tavanomaisten viljelypoikasten ja virikemenetelmällä kasvatettujen poikasten käyttäytymistä ja kalastusalttiutta. Normaalisessa kasvatusympäristössä kasvaneet taimenet olivat virikekaloja aktiivisempia tutkiessaan uutta ympäristöä, ja ne altistuivat tämän käyttäytymistapansa myötä virikekaloja voimakkaammin kalastukselle. Sen sijaan taimenen koko tai yksilöiden väliset erot uintiaktiivisuudessa koko kokeen aikana eivät selittäneet kalastusalttiutta. Yksilöt, joiden kunto heikkeni kokeen aikana, olivat kalastukselle alttiimpia kuin hyväkuntoisina säilyneet kalat. Virikekasvatus paransi taimenten kykyä hyödyntää tarjolla ollutta luonnonravintoa ja ylläpitää kuntoaan kokeen aikana. Tulosten perusteella voidaan ennustaa, että kalastus muokkaa kalojen perinnöllisiä käyttäytymisominaisuuksia.

#### 5.4.5. Onko taimenten käyttäytymispiirteissä periytyvää vaihtelua?

Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että kalan yksilöllisesti pysyvät käyttäytymispiirteet selittävät yksilöiden välisiä eroja luonnonympäristössä selviämisessä. Tässä tutkimuksessa osoitettiin, että kalayksilöt eroavat ennustettavasti toisistaan uuden ympäristön tutkimiseen, aktiivisuuteen ja stressiherkkyyteen liittyvissä käyttäytymispiirteissä, ja että tietyissä käyttäytymispiirteissä on periytyviä komponentteja.

##### **Aiheeseen liittyvät julkaisut:**

- Aalto-Araneda, M. 2014. Lohien istukaspoikasten ulkoloisinfestaatio ja kuolleisuus virikeallaskasvatuksessa. Lisensiaattitutkimus. Helsingin yliopisto. Eläinlääketieteellinen tiedekunta. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135621>
- Huusko, R., Orell, P., Hyvärinen, P., Jaukkuri, M., Laaksonen, T., 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. Luonnonvarakeskus, Helsinki 2016. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-268-3>
- Huusko, R., Hyvärinen, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A., Orell, P. & Erkinaro J. 2018. Survival and migration speed of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in two large rivers: one without and one with dams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0134>
- Hyvärinen, P. & Rodewald, P. 2013. Enriched rearing improves survival of hatchery reared Atlantic salmon smolts during migration in the River Tornionjoki. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 70: 1386-1395.
- Hyvärinen, P., Korhonen, P. & Leinonen, A. 2015. Lohikalojen virikekasvatus tuottaa luonnossa menestyviä istukkaita (esite). <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201602034772>
- Härkönen, L., Hyvärinen, P., Paappanen, J. & Vainikka, A. 2014. Explorative behavior increases vulnerability to angling in hatchery-reared brown trout (*Salmo trutta*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 71: 1-10.
- Karvonen, A., Aalto-Araneda, M., Virtala, A-M, Kortet, R., Koski, P. & Hyvärinen, P. 2016. Enriched rearing environment enhances survival and resistance of salmonid fishes during parasite epidemics. *Journal of Applied Ecology*, 53: 213–221.
- Kortet, R., Vainikka, A., Janhunen, M., Piironen, J. & Hyvärinen, P. 2014. Behavioral variation shows heritability in juvenile brown trout *Salmo trutta*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. DOI 10.1007/s00265-014-1705-z
- Korhonen, P., Hyvärinen P ja Leinonen A. 2014. Lohikalojen istukaspoikasten virikekasvatus - käytännön kokemuksia. *RKTL:n työraportteja* 35/2014. 22 s.
- Paappanen, J. 2013. Taimenten (*Salmo trutta*) kalastusalttius suhteessa kasvatukseen. Kandidaatin tutkielma, Itä-Suomen yliopisto, biologian laitos.
- Rodewald, P. 2013. Effects of broodstock origin, rearing environment and release method on post-stocking performance of Atlantic salmon. Doctoral dissertation, University of Helsinki.
- Räihä, V. 2017. Virikekasvatuksen vaikutukset merilohen (*Salmo salar*), meritaimenen (*Salmo trutta*) ja kirjolohen (*Oncorhynchus mykiss*) lois- ja tautiresistenssiin. Pro Gradu tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Akvaattiset tieteet. 34 s.
- Vainikka, A., Huusko, R., Hyvärinen, P., Korhonen, P., Laaksonen, T., Koskela, Vielma, Hirvonen, H., Salminen, M. 2012. Food restriction prior to release reduces precocious maturity and improves migration tendency of Atlantic salmon smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69: 1981-1993.
- Vainikka, A., Kortet, R., Hyvärinen, P. ja Piironen, J. 2014. Parhaat istukkaat ovat villien kaltaisia. *Suomen kalastuslehti* 3/2014 s. 22–24.
- Ågren, A. 2015. Käyttäytymispiirteet ja niiden periytyminen eri taimenkantojen (*Salmo trutta*) risteytyspoikasilla. Pro gradu – tutkielma. Itä-Suomen yliopisto. Biologian laitos.

## 6. Vaelluskalojen palauttamisen yhteiskunnalliset ja taloudelliset edellytykset

### 6.1. Monitavoitearviointi vaelluskalakantojen palauttamisen ja jokikunnostusten tukena

Rakennetuilla joilla tarvitaan eri osapuolten hyväksyttävissä olevien ja kestävien ratkaisujen löytämiseksi monitieteisiä ja tieteidenvälisiä menetelmiä sekä yhteistoimintaan perustuvia toimintamalleja. Monitavoitearviointi on työkalu asiantuntijatiedon, paikallistiedon ja sidosryhmien arvostusten vuorovaikutteiseen hyödyntämiseen. Usein siitä käytetään nimitystä päätösanalyysi tai monitavoitteinen päätösanalyysi (multi-criteria decision analysis, MCDA). Päätösanalyysillä saadaan selvitettyä ja havainnollistettua eri sidosryhmien näkemykset vaihtoehdoista ja niiden vaikutuksista. Analyysin perusteella voidaan myös luoda uusia vaihtoehtoja tai suositella jonkin tietyn vaihtoehdon toteuttamista. Parhaimmillaan monitavoitearvioinnin tuloksena syntyy uusia toimintamalleja ja yhteistyöverkostoja.

Vaelluskalojen palauttamis- ja jokiympäristöjen ennallistamishankkeissa monitavoitearvioinnilla voidaan tukea tavoitteiden jäsentämistä, vaihtoehtojen ja erimitallisten vaikutusten järjestelmällistä arviointia sekä keskeisten vaihtokauppojen (trade-offs) tunnistamista. Tavoitteena on myös tukea vuorovaikutteista suunnittelua ja systematisoida vaikutusarviointia sekä tehdä siitä kaikille avointa. Monitavoitearviointia voitaisiin hyödyntää myös rakennettujen jokien ekosysteemipalveluiden arvioinnin apuna.

Monitavoitearviointia on sovellettu aiemmin Mustionjoella vuosina 2009–2010 ja Iijoenjoella vuosina 2009–2011. Tuloksena olivat eri palauttamisvaihtoehtojen hyödyt, haitat, kustannukset sekä toteutettavuus. Kummallakin joella monitavoitearvioinnissa oli kyse keskeisten sidosryhmien osallistumis- ja oppimisprosessista: arvioinnin avulla tunnistettiin keskeiset näkemyserot ja niiden syyt. Lopputuloksena saavutettiin suunnittelutilanteen ja eri osapuolten tavoitteiden sekä vaikutusten kohdentumisen parempi ymmärtäminen, joka auttoi yhteisen tahtotilan ja eri osapuolten hyväksyttävissä olevien ratkaisujen löytämisessä.

”Kymijoen vaelluskalakantojen elvyttämisen tulevaisuuskuva, vaihtoehdot ja toimintaohjelma vuosille 2015 - 2020” -hankkeessa tarkasteltiin mahdollisuuksia Kymijoen alaosan tilan ja käytön kehittämiseksi pääpainon ollessa vaelluskalakantojen elvyttämisessä. Hankkeen tavoitteena oli:

- Laatia yhdessä Kymijoen alueen toimijoiden kanssa suositukset toimenpiteistä, joilla edistetään Kymijoen vaelluskalakantojen elvyttämistä ja eri osapuolten tavoitteiden yhteensovittamista,
- Luoda foorumi ja strukturoitu prosessi, jossa asianosaiset yhdessä keskustelevat Kymijoen ”käytön kehittämisen” tavoitteista, tulevaisuuskuvista ja keinoista niiden saavuttamiseksi,
- Laatia kokonaisvaltainen, eri osapuolten näkemyksiä kokoava ja yhteensovittava toimintaohjelma, jossa esitetään jatkotoimenpiteet ja niiden kiireellisyysjärjestys,
- Kehittää myös muissa vesistöissä hyödynnettävä lähestymistapa vaelluskalakantojen elvyttämisprosesseihin,
- Hyödyntää toiminnallisia ryhmätyötekniikoita ja monitavoitearvioinnin ”työkaluja” ensimmäistä kertaa yhdessä.

Hanke rajattiin koskemaan Kymijoen alaosaan. Painopiste oli niissä tavoitteissa ja toimenpiteissä, joilla on vaikutusta Kymijoen vaelluskalakantoihin. Merialue, jokisuu ja yläpuolinen vesistö olivat

mukana niiltä osin kuin niiden tavoitteet liittyvät tai toimenpiteet vaikuttavat Kymijoen alaosan vaelluskalakantoihin.

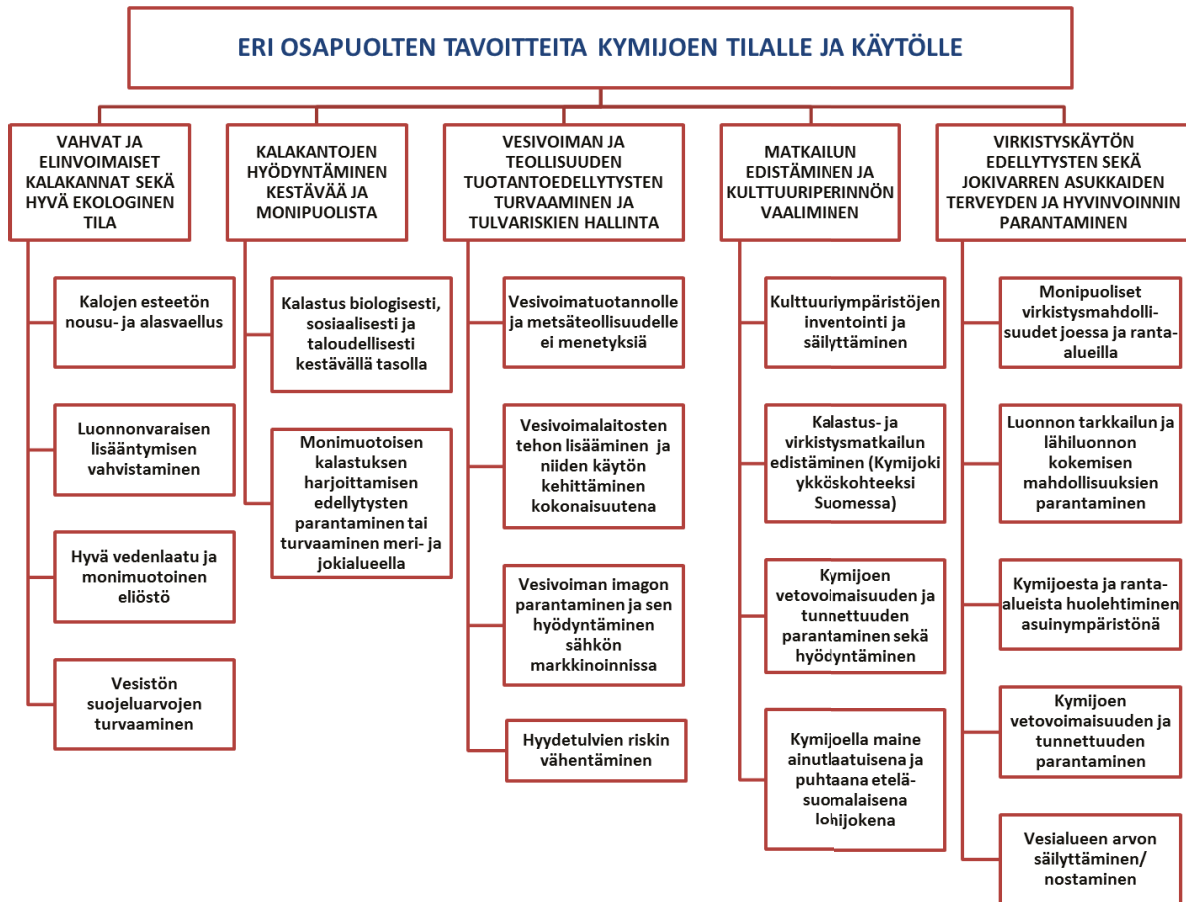
Hankkeessa määritettiin ensin suunnitteluongelma, tunnistettiin hankkeen kannalta olennaiset sidosryhmät ja niiden roolit sekä tehtiin työtä koskevia rajauksia. Hankkeessa järjestettiin sidosryhmille 4 työpajaa, joissa sidosryhmät toivat esille tavoitteensa, niitä ryhmiteltiin ja yhdistettiin. Yhteensä tavoitteita oli 19 kpl (Kuva 24). Näin saatiin yhteinen käsitys huomioon otettavista Kymijoen kehittämistavoitteista keskustelujen pohjalle. Esitetyt toimenpiteet jaettiin seitsemään toimenpidekokonaisuuteen:

- Juoksutukset
- Vesivoima
- Vaellusyhteyksien avaaminen 1 (työnjaollisista syistä toimenpiteet jaettiin kahteen ryhmään)
- Vaellusyhteyksien avaaminen 2
- Kunnostukset
- Kalastuksen säätely
- Virkistyskäyttö ja matkailu

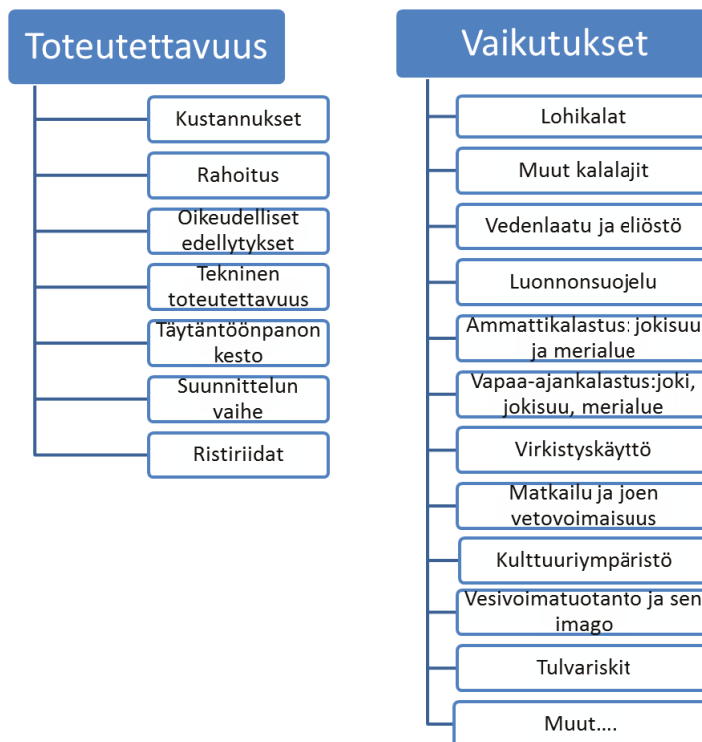
Ensin jokaisen toimenpiteen vaikutuksia arvioitiin kuhunkin tavoitteeseen nähden, jonka jälkeen arvioitiin niiden toteutettavuutta (Kuva 25). Toimenpiteet ryhmiteltiin niiden vaikuttavuuden, toimenpiteisiin sisältyvien ristiriitojen ja toteutettavuuden perusteella neljään ryhmään: 1) vaikuttavuus ja toteutettavuus hyvät, 2) vaikuttavuus ja toteutettavuus vähintään kohtalaiset, 3) vaikuttavuus tai toteutettavuus kohtalaista huonompia ja 4) ei vielä riittävästi tietoa arviointiin. Lisäksi hankkeessa tunnistettiin näkemyseroja ja keskusteltiin niistä mahdollisimman avoimesti. Lopuksi muodostettiin suositukset Kymijoen vaelluskalakantojen elvyttämiseksi.

Hankkeessa kiinnitettiin erityistä huomiota vuorovaikutuksen onnistumiseen. Vuoropuhelua tukemaan oli käytössä monia keinoja: keskustelua tukevan miellyttävän ilmapiirin luominen, alustukset aiheiden ja keskustelun virittäjinä, tavoitelähtöinen ja järjestelmällinen työskentelytapa, työskentelyn joustavuus vuoropuhelun seurauksena, ryhmäkeskustelut, avoimuus ja osallistujia arvostava ote.

Hankkeessa sovellettiin ensimmäistä kertaa toiminnallisia menetelmiä ja monitavoitearviointia samassa hankkeessa. Kokemusten perusteella menetelmät tukivat hyvin toisiaan. Hankkeessa löydettiin hyvä tasapaino vapaamuotoisemman vuoropuhelun sekä jäsennetyn ja järjestelmällistä arviointia eteenpäin vievän keskustelun välillä.



Kuva 24. Eri osapuolten tavoitteita Kymijoen tilalle ja käytölle.



Kuva 25. Toimenpiteiden arvioinnissa huomioitavat tekijät.



**Aiheeseen liittyvät julkaisut:**

- Dufva, M. & Marttunen, M. 2010. Monitavoitearviointi Mustionjoen kunnostuksessa -Simpukka- ja lohikantojen elvyttämisvaihtoehtojen arviointi. Suomen ympäristö 20/2010 (luonnonvarat) 20/2010.
- Haapasaari, & Karjalainen, T. P. 2010. Formalizing expert knowledge to compare alternative management plans: sociological perspective to the future managements of Baltic salmon stocks. *Marine Policy* 34: 477-486.
- Karjalainen, T. P. & Järvikoski, 2010. Negotiating river ecosystems: impact assessment and conflict mediation in the cases of hydro-power construction. *Environmental Impact Assessment Review* 30: 319-327.
- Karjalainen, T. P., Rytönen, A-M, Marttunen, M., Mäki-Petäys, A. & Autti, O. 2011. Monitavoitearviointi Iijoen vaelluskalakantojen palauttamisen tukena. *Suomen Ympäristö* 11.
- Karjalainen, T. P., Marttunen, M., Sarkki, S. & Rytönen, A-M. 2013. Integrating ecosystem services into environmental impact assessment: an analytic-deliberative approach. *Environmental Impact Assessment Review* 40: 54-64.
- Rotko, P., Marttunen, M., Vehanen, T., Orell, P., Saura, A., Koivurinta, M., Vanninen, V., Pakarinen, T., Kaukoranta, M. 2015. Kymijoen kalatalouden kehittämisen monitavoitearviointi vaelluskalakantojen elvyttämiseksi. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 32/2015.

## 6.2. Oulujoen moninaiskäytön tulevaisuus

Vuonna 2015 laadittiin selvitys Oulujoen moninaiskäytön tulevaisuuden suuntaviivoista. Esiselvityksen pohjana olivat muutokset ja muutospaineet Oulujoen toimintaympäristössä. Alueen kunnat (eritoten Muhos ja Utajärvi) ja jokivarren asukkaat toivoivat saavansa enemmän hyvinvointia ja myös taloudellista hyötyä Oulujoesta huomion kiinnittyessä eritoten joen tuomaan vetovoimaan ja virkistysmahdollisuuksien parantamiseen. Vetovoimatekijät ovat kunnille kriittisiä asioita, kun asukkaita ja yrityksiä houkuttelee alueelle. Esiselvityksen tavoitteena oli saada uutta tietoa ja näkökulmia joen moninaiskäytön tavoitteista ja vaihtoehtoista.

Oulujoella on ollut lainvoimaiset luvat kolmen kalatien rakentamiseen. Kalabiologiset perusteet ja vaelluskalakantojen luontaisen elinkierron aikaansaaminen eivät Oulujoella voi olla ensisijaisena perusteena saada rahoitusta vaellusyhteyden palauttamishankkeille. Oulujoella on kuitenkin asukkaiden ja muiden toimijoiden keskuudessa odotuksia vaelluskalojen palauttamisen jatkamiseksi. Oulujoen osalta tavoitteena on usein mainittu osittaisen lohijokiarvon palauttaminen, mikä voi tarkoittaa uusia ja aikaisemmin tarkastelun ulkopuolelle jääneitä virkistyskäytön, kalastuksen ja vaellusyhteyden palauttamiseen liittyviä kehittämiskäytäntöjä.

Selvityksen perusteella Oulujoesta on hyvät mahdollisuudet luoda rakennetun joen moninaiskäytön kärkikohde Suomessa ja laajemmaltakin. Raporttiin on koottu yhteenveto asukkaille ja sidosryhmille tehdyistä kyselyistä. Lisäksi esitellään Oulujokivision keskeiset tavoitteet ja toimenpidesuositukset ja pohditaan suunniteltujen toimien vaikutuksia ja toteuttamiskelpoisuutta sekä joen moninaiskäytön kehittämisen vahvuuksia ja heikkouksia.

Kyselyjen mukaan alueen asukkaat ja yrittäjät ovat väsyneitä selvityksiin ja hankkeisiin, joiden tulos jää epäselväksi ja jotka eivät paranna Oulujoen tilaa eivätkä joen käyttömahdollisuuksia. Joen moninaiskäytön kehittämiselle on selkeä tilaus, ja esimerkiksi vaelluskalan palauttamiselle on joen eri käyttäjien parissa laaja hyväksyntä. Oulujoki on tärkeä tekijä jokivarren asukkaiden elinympäristössä. Joella ja sen varrella halutaan liikkua ja toimia. Joella on monia merkityksiä, joista tärkeimmät liittyvät paikallisidentiteettiin, jokialueella viihtymiseen ja virkistytymiseen. Kaikkia rakennettu joki ei kuitenkaan houkuttele. Säännöstely haittaa joen virkistyskäyttöä ja vaelluskalojen palauttaminen koko joen alueelle on vielä alkumetreilla. Moninaiskäytön heikkoutena ovatkin voimakkaasti rakennetun joen asettamat haasteet. Selvityksen mukaan vesivoimatuotannon kannalta on tärkeää saada

paikallisen väestön ja toimijoiden keskuudesta 'sosiaalinen toimilupa' eli laaja hyväksyntä vesivoiman tuottamiselle Oulujoella. Konkreettiset toimet, kuten vaelluskaloihin palauttamiseen liittyvät, voivat olla keskeisessä roolissa sosiaalisen toimiluvan saamisessa, jossa pyritään lisäämään vuoropuhelua asukkaiden, järjestöjen ja muiden sidosryhmien kanssa.

Tärkeimmät moninaiskäytön tavoitteet Oulujoella liittyvät elinympäristön laatuun, moninaiskäytön kehittämiseen ja eri osapuolten yhteistyön vahvistamiseen. Moninaiskäytön kehittämisen perustana ovat hyvä vedenlaatu, virtausolosuhteet sekä veden korkeuden kohtuullinen vaihtelu. Kohennetulta perustalta Oulujoesta voi tulla moninaiskäytön esimerkkijoki kalakantoja sekä virkistys- ja matkailutoimintoja vahvistamalla. Ensimmäisiä kohteita ovat vaelluskalojen lisääntymisalueiden kunnostaminen ja purojen ympärivuotinen vesitys Hupisaarilla, Montan alueen kehittäminen muuan muassa kalatien rakentamisella ja Utajärven altaiden laaja kehittäminen. Tällä hetkellä joen kehittämisen ja esimerkiksi virkistyskäytön rakenteiden kunnossapidon rahoituksessa ja koordinoinnissa on heikkouksia. Eri osapuolten yhteistyö sai kyselyissä laajaa kannatusta, mutta vastaajat toivoivat, että myös asukkaat ja mökkiläiset otettaisiin aidosti huomioon yhtenä osapuolena.

#### ***Aiheeseen liittyvät julkaisut:***

Karjalainen, T.P. & Autti, O. 2015. Oulujoen moninaiskäytön vaihtoehdot ja hyödyt. Esiselvityksen loppuraportti. Thule-instituutti, Oulun yliopisto.  
<http://www oulu.fi/sites/default/files/Oulujokiraportti.pdf>

### **6.3. Iijoen yhteinen vesistövisio**

Iijoen intressitahojen näkemyksistä ja yhteistyöodotuksista laadittiin esiselvitys vuonna 2015. Tavoitteena oli selvittää eri osapuolia osallistamalla ja kuulemalla edellytykset Iijoen tulevaisuuden yhteiselle suunnittelulle. Selvitystyössä analysoitiin erilaiset Iijokea koskevat suunnitelmat, haastateltiin intressiryhmiä ja järjestettiin yleisötilaisuuksia jokivarren kunnissa.

Esiselvityksen mukaan lähes kaikki osapuolet olivat tyytymättömiä sen hetkiseen tilanteeseen. Iijolla oli tarve luoda yhteinen tahtotila (vesistövisio) ja ryhtyä toteuttamaan yhdessä asetettuja tavoitteita ja toimenpiteitä. Hanke olisi tehtävä paikallisesta näkökulmasta lähtien, ja kaikki Iijoen käytön osapuolet saatava mukaan. Vaikka asioiden painotukset vaihtelivat jokilaakson eri osissa, yleisesti katsottiin, että Iijoen ja sen valuma-alueen käyttöä olisi käsiteltävä laajasti. Osa katsoi kuitenkin, että Kollaja-hankkeen käsittelyä ei pitäisi sisällyttää hankekokonaisuuteen. Vaelluskalakantojen palauttaminen oli puolestaan kaikkien hyväksymä tavoite, ja Iijoki kansallisen kalatiestrategian kärkikohteita. Suuri osa piti myös veden laadun parantamista tarpeellisena, mikä liittyi osalla kalastoon ja luonnonarvoihin, osalla joen virkistyskäyttöön ja kulttuurisiin arvoihin.

Eri osapuolten yhteisenä toiveena oli, että Iijokea kehitetään konkreettisesti koko ajan eikä jäädä odottamaan vision valmistumista. Pienempien Iijoen arvoa nostavien toimenpiteiden (esim. joen virkistys- ja matkailukäyttöön liittyviä, pieniä kunnostuksia, kalojen ylisiirtoja ja muita vastaavia) tunnistaminen ja saattaminen toteutukseen nähtiin esiselvityksessä tärkeänä.

Tulosten pohjalta käynnistettiin vuonna 2016 kolmevuotinen EU-rahoitteinen kehittämishanke "Iijoen Otva", jonka tavoitteena oli varmistaa eri käyttömuotojen edustajien mahdollisuudet ja edellytykset sitoutua vesistövisioon ja erityisesti sen kokoamiseen. Vesistövisiolla pyrittiin käynnistämään jatkuva kehittämisspolku Iijoen arvon nostamiseksi. Lisäksi tavoitteena oli rakentaa prosessi, joka olisi käytettävissä uutena toimintamallina muillakin rakennetuilla joilla sovitettaessa yhteen vesistöalueen eri käyttömuotoja ja palautettaessa samanaikaisesti vaelluskalakantoja elinvoimaisiksi.

Vesistövisio rakennettiin monenvälisen neuvottelevan yhteistyön ja laajan osallisuuden periaatteille ja se koostui seuraavista osa-alueista:

- Esiselvitys,
- Neuvottelukunnan kokoaminen ja työskentely,
- Paikkatietokysely lijoen arvoista,
- Paikalliset työpajat,
- lijoen Wiki-sivusto,
- Vesistövisio-dokumentti,
- vision toteutukseen tähtäävä Toimenpideohjelma,
- Iijoki Foorumit sekä
- Sopimus jatkuvuuden varmistamiseksi.

Vesistövisio materiaalit löytyvät Otva-hankkeen sivuilta:

[https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/aluesuunnittelu/iijoen\\_otva](https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/aluesuunnittelu/iijoen_otva).

#### ***Aiheeseen liittyvät julkaisut:***

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2015. Ijoen vesistövisio esiselvitys. B:82.

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2018. Toimenpideohjelma lijoen vesistövisioon.

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2018. Ijoen vesistövisio 2030.

Juntunen, S. 2018. Kooste Iijokivarren kalastusjärjestelyistä. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus.

## **6.4. Vaelluskalojen palauttaminen rakennetuille joille – kustannusten ja hyötyjen kokonaisvaltainen tarkastelu**

Vaelluskalojen palauttamishankkeet tuottavat monia kustannuksia ja hyötyjä eri sidosryhmille (Kuva 26). Rakennettujen jokien tutkimuksissa on selvitetty kalastajien ja muun väestön mielipiteitä vaelluskalakantojen elvyttämisestä ja arvioitu myös, kuinka paljon elvyttäminen toisi heille taloudellista hyötyä luonnonkalakantojen lisääntymisen ja monimuotoisuuden paranemisen myötä. Tutkimusmenetelminä on käytetty ehdollisen arvottamisen menetelmää sekä valintakoemenetelmää, joilla voidaan tarkemmin arvioida hanketta kuvaavien erillisten ominaisuuksien arvoja. Lisäksi on kehitetty arviointimenetelmää, jonka avulla voidaan kokonaisvaltaisesti tarkastella vaelluskalojen elinkierron turvaamiseksi tehtävien toimenpiteiden kustannuksia ja hyötyjä. Tutkimustieto palvelee päätöksentekijöitä ja viranomaisia sekä muita alan toimijoita, jotka arvioivat vaelluskalakantojen elvyttämisestä aiheutuvien hyötyjen taloudellista arvoa. Jokikunnostusten ja vaelluskalojen palauttamiseen liittyvien hankevaihtoehtojen arviointi kustannus-hyöty analyysiä soveltaen edellyttää tietoa myös markkinatomien hyötyjen taloudellisesta arvosta.

Vaelluskalat palaavat Iijokeen -hankkeessa tehtiin pilottikysely, jossa ehdollisen arvottamisen menetelmää soveltaen arviointiin lohikannan palauttamisen hyötyjä ja arvoa lijoen ulkopaikkakuntalaisille kalastajille. Ijoen pilottikyselyyn vastanneista (N = 179) kalastajista lijoen nykyistä tilannetta kannatti alle kymmenen prosenttia vastaajista, kun kalatievaihtoehtoa kannatti 85 % ja lohen ylisiirtoja ja istutuksia 5 % vastaajista. Tulosten perusteella lohikannan palauttaminen Iijokeen tuottaisi seuraavan kymmenen vuoden aikana vähintään miljoonan euron suuruisen hyödyn lisäksi lijoen alueella vuonna 2009 kalastaneille ulkopaikkakuntalaisille.



**Kuva 26.** Iijoki on arvokas kalastusmatkailukohde. Kuva: Hannu Gummerus.

Vuosina 2016–2017 käynnissä olleessa VirtaKala – hankkeessa tehtiin virkistyskalastuksen arvon määrittämiseksi kirjallisuuskatsaus vaelluskalojen palauttamiseen liittyvistä arvottamistutkimuksista. Kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan sanoa, että vaelluskalakantojen parantaminen tuottaa todennäköisesti merkittäviä taloudellisesti mitattavia hyötyjä. Pelkillä kalastuksen virkistysarvoilla ei voida perustella suuria muutoksia vesivoimantuotannossa. On kuitenkin viitteitä siitä, että vaelluskalakantojen tuottamien käytöstä riippumattomien hyötyjen taloudellinen arvo voi kallistaa vaellusesteiden poistamisen tai ongelmien tehokkaan lieventämisen hyödyt kustannuksia suuremmiksi.

Nykyisellä tiedolla on hankalaa arvioida, miten suomalaiset kalastajat reagoisivat erilaisiin kalastusrajoituksiin ja -maksuihin ja uusiin kalastusmahdollisuuksiin. Ruotsissa tehtyjen tutkimusten mukaan kalastajat eivät ole kovin herkkiä kalojen nostomäärien rajoittamiselle. Toivosen ym. (2004) vuosituhannen vaihteessa tehdyn kyselyn mukaan suomalaiset ja ruotsalaiset olivat melko lähellä toisiaan virkistyskalastuskäyttämisen suhteen. Käytöstä riippumattomien arvojen eroamisen suhteen tiedämme vähemmän.

VirtaKala hankkeessa tehtiin myös mallitarkastelu Kymijoelle, jossa arvioitiin kalastuksen säätelyn, tuki-istutusten, ylisiirtojen ja virtaamamuutoksien hyötyjä ja haittoja. Mallitarkastelun tulosten mukaan lohen palauttamisen hyötyjen rahallinen arvo on huomattavasti kustannuksia suurempi johtuen etenkin virkistyskalastuksen korkeasta arvosta ja siitä, että lisääntymisalueet ovat välittömästi voimaitoksen yläpuolella. Kymijoen virkistyskalastuksen arvosta ei ole olemassa tutkimuksia, joten tuloksia on pidettävä lähinnä suuntaa-antavina. Laskelmissa käytetty virkistyskalastuksen arvo perustuu Vindel-jokea koskevaan arvottamistutkimukseen ja Kymijoen kalastajamääriä koskeviin ennusteisiin.

Mallitarkastelun perusteella Kymijoella lohen palauttamiseksi tarvitaan tuki-istutuksia noin viiden ensimmäisen vuoden aikana. Tehokkainta olisi tehdä tuki-istutusten ohella ylisiirtoja alkuvuosina. Ammattikalastuksen säätely tarkastelujakson alkuvuosina on myös tehokas toimenpide, mikäli se on

käytännössä toteutettavissa. Säätelyn myötä voitaisiin vähentää ylisiirtoja ja tuki-istutuksia. Palauttamistoimet ovat siis jossain määrin toisiaan korvaavia edellyttäen, että tuki-istutuksia on riittävästi lohen luonnollisen elinkierron palautumiseksi.

### **Aiheeseen liittyvät julkaisut:**

- Kauppila, P., Karjalainen, T. P., Harju, K. & Arvio, A. 2011. Kalastusmatkailun aluetaloudelliset vaikutukset: esimerkkinä lijoen valuma-alueen kunnat. Riista- ja kalatalous - tutkimuksia ja selvityksiä 12/2011. 36 s.
- Koljonen, S., Maunula, M., Artell, J., Belinskij, A., Hellsten, S., Huusko, A., Juutinen, A., Marttunen, M., Mustajoki, J., Mäki-Petäys, A., Rotko, P., Soininen, N., Vehanen, T. 2017. Vaelluskalakantojen elvyttäminen – ympäristövirtaama ja muut ratkaisut. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 69/2017.
- Kauppila, P. & Karjalainen, T. P. 2012. A process model to assess the regional economic impacts of fishing tourism: a case study in northern Finland. Fisheries Research 127-128, 88-97.
- Parkkila, K., Haltia, E. & Karjalainen, T. P. 2011. Lijoen lohikannan palauttamistoimien hyödyt virkistyskalastajille – pilottitutkimus ehdollisen arvottamisen menetelmällä. Riista- ja kalatalous – tutkimuksia ja selvityksiä 4/2011. xx s.
- Toivonen, A.-L., Roth E., Navrud, S., Gudbergsson, G., Appelblad, H., Bengtsson, B., Tuunainen, P. 2004. The economic value of recreational fisheries in Nordic countries. Fisheries Management and Ecology 11: 1-14.

## **6.5. Vaelluskalojen palauttamiseen liittyvät ekosysteemipalvelut**

### **6.5.1. Ekosysteemipalvelut vaelluskalajokien luonto- ja kulttuurimatkailun kehittämisessä**

Luontomatkailun merkitys kasvaa globaalisti. Matkailumaana Suomi profiloituu entistä enemmän kulttuuri- ja luontomatkailupalveluiden tuottajana. Kalastusmatkailu on merkittävä luontomatkailun muoto. Vuonna 2011 käynnistyneessä hankkeessa Lounais-Suomessa sijaitsevalla Merikarvianjoella käsiteltiin sellaisia ekosysteemipalveluita, jotka ovat arvokkaita inhimillisten elämäntapojen ja hyvinvoinnin kannalta (Kuva 27). Tutkimuksessa kiinnitettiin erityistä huomiota kulttuurisiin ekosysteemipalveluihin, jotka ovat luonnon mahdollistamia ja yhteisön jatkuvuuden ja kehityspotentiaalinalta olennaisia tapoja ja käytäntöjä. Hanke hyödynsi etnografista ja kulttuuriekologista tutkimusstrategiaa aineiston keruussa, analyysissä ja tulkinnassa.

Merikarvianjoen vaelluskaloille otolliset lisääntymisalueet rajoittuvat nykyään 25 kilometrin mittaiselle alajuoksulle. Jokeen nousee valtaosin istutuksista peräisin olevaa meritaimenta, lohta ja siikaa. Kalastusmatkailun selkärangan muodostaa kuitenkin kirjolohi, joka pääsääntöisesti pysyy lähellä istutuspaikkaansa. Sesongin aikana pyyntikokoisia kirjolohia istutetaan runsaasti jokeen viikoittain ja monelle kalastajalle suuret, yli viiden kilon kokoiset kirjolohet ovat haluttua saalista. Kirjolohen kalastus ylläpitää hyvää saalisvarmuutta, tyytyväisiä asiakkaita sekä kalaveden omistajien yhteistyöjärjestelmän ”Kalakierroksen” toiminnassa. Virtaaman vaihtelut ja eri vuodenaajat tarjoavat kalastukselle monipuoliset ja ajoittain haastavat olosuhteet.

Merikarvianjoki, joka on Kymijoen ohella eteläisen Suomen vetovoimaisin jokikohde, on kalastuskohdeena kuitenkin sosiaalisen kantokykynsä rajoilla. Jokivarressa harjoitettu kalastusmatkailu on istutusten varassa jatkossakin, mutta toiminnan kestävyttä on haettava myös muualta. Edellä mainitun Kalakierroksen on kehitettävä ja parannettava laadullisia palveluita sen sijaan, että pyritään kasvattamaan asiakkaiden määriä istuttamalla enemmän kaloja jokeen. Kalastuslupien hintoja ei voida enää nostaa vähentämättä asiakasmääriä. Kalastettavaa ei riitä loputtomasti, eikä kalastajia voi olla liikaa

samanaikaisesti samoilla paikoilla palveluiden ja mukavuuden kärsimättä. Majoituskapasiteettia alueella riittää ja käyttöasteen parantamiseksi tarvitaan uutta asiakaskuntaa, kuten perheitä ja heille suunnattuja luonto- ja kulttuuripalveluita kalastuspalveluiden lisäksi.



**Kuva 27.** Merikarvianjoella harjoitetaan aktiivista kalastusmatkailua. Kuva: Pekka Salmi.

### 6.5.2. Koskikunnostusten vaikutukset ekosysteemipalveluihin ja virkistyskäyttöön

Talven 2013–2014 aikana tehtiin kyselytutkimus, jonka avulla arvioitiin, miten Kiiminkijoen, Kostonjoen ja Simojoen ranta-asukkaat ja kalastajat ovat kokeneet ekosysteemipalveluiden (luonnon ihmiselle tuottamien hyötyjen) muuttuneen jokiuoman elinympäristökunnostusten myötä. Kyselytutkimuksen perusteella molemmat käyttäjäryhmät pitivät kunnostuksia lähtökohtaisesti tärkeinä, mutta he eivät olleet aina tyytyväisiä kunnostusmenetelmiin ja niillä saavutettuihin tuloksiin. Käyttäjäryhmien välillä ei havaittu selviä eroja kunnostusvaikutusten kokemisessa, mutta sen sijaan tutkimusjokien välillä eroja havaittiin. Erityisesti jokimaisemassa ja kalasaaliissa tapahtuneet muutokset vaikuttivat siihen, kuinka onnistuneina kunnostuksia eri jokikohteissa pidettiin. Jos maisema koettiin muuttuneen kauniimmaksi ja luonnonmukaisemmaksi, nähtiin kunnostukset usein positiivisessa valossa. Jos taas kalasaaliissa ei koettu tapahtuneen toivottua muutosta, suhtauduttiin kunnostuksiin varauksella. Näiden ekosysteemipalvelujen osalta muutoksiin suhtauduttiin positiivisimmin Kostonjoella ja negatiivisimmin Simojoella Kiiminkijoen vastausten ollessa keskimäärin varsin neutraaleja.

Muutokset virkistyskäyttömahdollisuuksissa koettiin yleisesti melko vähäisinä. Jokimaiseman ihailuun ja retkeilyyn liittyvien mahdollisuuksien koettiin parantuneen eniten. Toisaalta virkistyskäyttömahdollisuudet olivat joidenkin mielestä osittain jopa heikentyneet ja heidän mielestään esimerkiksi koskissa kahlaaminen ja veneily olivat muuttuneet kunnostusten myötä vaikeammiksi. Moni vastaaja

näytti kuitenkin uskovan, että pidemmällä aikavälillä muutokset sekä jokiympäristössä että virtavesieliöstössä olisivat positiivisempia etenkin, jos vesistöalueen hoidossa huomioitaisiin laajemmin myös esimerkiksi maankäytön vesistövaikutuksiin, virtaamiin ja kalastusrajoituksiin liittyvät haasteet.

Yleisesti voidaan todeta, että kunnostuksilla saavutettavat ekologiset hyödyt voivat näyttäytyä joen eri käyttäjäryhmille varsin vähäisinä ja niitä on vaikea havaita tai ne saavutetaan vasta pitkän ajan kuluttua kunnostustöiden jälkeen. Tämä heijastuu siihen, kuinka onnistuneina kunnostukset joen eri käyttäjäryhmien keskuudessa koetaan. Tulokset osoittavat, että paikkasidonnaiset tekijät vaikuttavat kunnostusten onnistumiseen, minkä vuoksi jokiuoman kunnostukset tulisi toteuttaa osana integroitua valuma-alueiden hoitoa. Jotta virtavesikunnostuksilla tuettaisiin luonnon monimuotoisuutta ja ekosysteemipalveluja, tulisi kunnostuksia toteuttaa monitavoitteisesti ja kokonaisvaltaisesti, ja huomioida myös sosiaalisia ja taloudellisia tavoitteita ekologisten rinnalla.

### ***Aiheeseen liittyvät julkaisut:***

- Autti, O. & Karjalainen, T.P. 2013. NGP Yearbook 2012. Negotiating resources, engaging people. Human-environment relations in the norths. Geographical society of Finland, Department of Geography, University of Oulu. Nordia Geographical Publications 41:5, 123 s
- Hiedanpää, J., Salmi, J., Reunanen, S., Karjalainen, T. P. & Saarinen, J. Ecosystem services in fishing cultures: sense-ethnographic explorations of the potential for service design in fishing tourism in Merikarvia, SW Finland. Käsikirjoitus.
- Kananen, K. 2014. Koskikunnostusten vaikutukset ekosysteemipalveluihin kalastajien, melojien ja ranta-asukkaiden näkökulmasta Kiiminki-, Koston- ja Simojoella. Pro gradu –työ. Oulun yliopisto. 89 s. + liitteet.
- Karjalainen, T.P. 2013. TEEB Nordic case: Ecosystem services provided by the Baltic salmon – a regional perspective to the socio-economic benefits associated with a keystone species. Kettunen et al. (toim.). Socio-economic importance of ecosystem services in the Nordic countries – scoping assessment in the context of the economics of ecosystems and biodiversity (TEEB). Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- Marttila, M., Kyllönen, K. & Karjalainen T.P. 2016. Social success of in-stream habitat improvement: from fisheries enhancement to the delivery of multiple ecosystem services. Ecology & Society 21 (1):4. URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol21/iss1/art4/>
- Marttila, M. 2017. Ecological and social dimensions of restoration success in boreal river systems. Acta universitatis ouluensis serie A 703. Oulun yliopisto.
- Reunanen, S. Salmi, J. & Hiedanpää, J. 2012. Merikarvianjoki – elämysten ja toimeentulon virta. Gone fishing: Doing and undergoing culturalecosystem services on the river Merikarvianjoki. Matkailututkimus.8:2 7-23.

## Kirjallisuusluettelo

- Aalto-Araneda, M. 2014. Lohien istukaspoikasten ulkoloisinfestaatio ja kuolleisuus virikeallaskasvatuksessa. Lisensiaattitutkimus. Helsingin yliopisto. Eläinlääketieteellinen tiedekunta. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135621>
- Autti, O. & Karjalainen, T.P. 2013. NGP Yearbook 2012. Negotiating resources, engaging people. Human-environment relations in the norths. Geographical society of Finland, Department of Geography, University of Oulu. Nordia Geographical Publications 41:5, 123 s
- Bakken, T.H., Zinke, P., Melcher, A., Sundt, H., Vehanen, T., Jorde, K. & Acreman, M. 2012. Setting environmental flows in regulated rivers. SINTEF Energy Research, Energy Systems. Report TR A7246. 2012-10-04
- Dufva, M. ja Marttunen, M. 2010. Monitavoitearviointi Mustionjoen kunnostuksesta - simpukka- ja lohikantojen elvyttämismuutosten arviointi. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö, luonnonvarat nro 20.
- ECOKNOWS-projekti: [http://cordis.europa.eu/project/rcn/95519\\_en.html](http://cordis.europa.eu/project/rcn/95519_en.html)
- Erkinaro, J., Laine, A., Mäki-Petäys, A., Karjalainen, T. P., Laajala, E., Hirvonen, A., Orell, P. & Yrjänä, T. 2011. Restoring migratory salmonid populations in regulated rivers in the northernmost Baltic Sea area, Northern Finland – biological, technical and social challenges. Journal of Applied Ichthyology 27: 45-52.
- Euroopan Komissio. 2011. Ehdotus, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset Itämeren lohikannan ja kyseistä kantaa hyödyntävien kalastuksien monivuotisesta suunnitelmasta. EU/2011/1509, KOM(2011) 470. (luettavissa osoitteessa <http://www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/document/COM20110470.do>)
- Haapasaari, & Karjalainen, T. P. 2010. Formalizing expert knowledge to compare alternative management plans: sociological perspective to the future managements of Baltic salmon stocks. Marine Policy 34: 477-486.
- Heggenes, J., Alfredsen, K., Bustos, A.A. & Huusko, A. 2016. Be cool: hydro-physical changes and fish responses in winter in hydropower-regulated northern streams. Research Report. Statkraft, Oslo, Norway. 62 pp.
- Heggenes, J., Alfredsen, K., Brittain, J.E., Bustos, A.A. & Huusko, A. 2017. Stay cool: temperature changes and biological responses in hydropower-regulated northern stream systems. Research Report. Statkraft, Oslo, Norway. 96 pp.
- Heggenes, J., Alfredsen, K., Bustos, A.A., Huusko, A. & Stickler, M. 2018. Be cool: A review of hydro-physical changes and fish responses in winter in hydropower-regulated northern streams. Environmental Biology of Fishes 101: 1–21.
- HELCOM 2011. Salmon and Sea Trout Populations and Rivers in the Baltic Sea. HELCOM assessment of salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*) populations and habitats in rivers flowing to the Baltic Sea. Baltic Sea Environment Proceedings No. 126A.
- Hiedanpää, J., Salmi, J., Reunanen, S., Karjalainen, T. P. & Saarinen, J. Ecosystem services in fishing cultures: sense-ethnographic explorations of the potential for service design in fishing tourism in Merikarvia, SW Finland. Käsikirjoitus.
- Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Stickler, M. & Mykrä, H. 2011. Fish can shrink under harsh living conditions. Functional Ecology 25: 628-633.
- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., van der Meer, O. & Mäki-Petäys, A. 2012. Nousulohien radiotelemetriaseurannat lijoen vesivoimalaitosten alakanavissa v. 2011-2012. lijoen kalatiet -hankkeen loppuraportti Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskukselle 20.12.2012. 42 s.
- Huusko, R., Orell, P., van der Meer, O., Jaukkuri, M., & Mäki-Petäys, A. 2012. Lohen vaelluspoikasten radiotelemetriaseuranta lijoella vuosina 2010–2011. RKTL:n työraportteja
- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro J. 2014. Lohen vaelluspoikasten alasvaellus rakennetuissa joissa – ongelmat ja ratkaisumahdollisuudet. RKTL:n työraportteja 8/2014. 41 s.
- Huusko, R., Orell, P., Kannianen, T., Jaukkuri, M., Keränen, M., & Mäki-Petäys, A. 2014. Lohen vaelluspoikasten alasvaelluskokeet Merikosken ja Isohaaran voimalaitosten kalateissä. RKTL:n työraportteja 28/2014. 19 s.
- Huusko, R., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Orell, P., & Erkinaro, J. 2016. Effects of tagging on migration behaviour, survival and growth of hatchery-reared Atlantic salmon smolts. Fisheries Management and Ecology, 23: 367–375.



- Huusko, R., Orell, P., Hyvärinen, P., Jaukkuri, M., Laaksonen, T., van der Meer, O., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J. 2016. Lohen vaelluspoikasten alusvaellus rakennetussa ja luonnontilaisessa joessa. Vertailututkimus Kemi-Ounasjoessa ja Tornion-Muonionjoessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus, Luonnonvarakeskus, 38/2016.
- Huusko, R., Hyvärinen, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A., Orell, P., & Erkinaro, J. 2017. Survival and migration speed of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in two large rivers: one without and one with dams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, <https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0134>
- Huusko, R. 2018. Lohen vaelluspoikaset rakennetuissa joissa: selviytymiseen ja käyttäytymiseen vaikuttavat tekijät. Väitöskirja A709. 52 s.
- Hyvärinen, P. & Rodewald, P. 2013. Enriched rearing improves survival of hatchery reared Atlantic salmon smolts during migration in the River Tornionjoki. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 70: 1386-1395.
- Hyvärinen, P., Korhonen, P. & Leinonen, A. 2015. Lohikalojen virikekasvatus tuottaa luonnossa menestyviä istukkaita (esite). <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201602034772>
- Härkönen, L., Hyvärinen, P., Paappanen, J. & Vainikka, A. 2014. Explorative behavior increases vulnerability to angling in hatchery-reared brown trout (*Salmo trutta*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 71: 1-10.
- ICES. 2008. ICES Advice. Book 8.
- ICES. 2013. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). International Council for the Exploration of the Sea. WGBAST report 3–12 April 2013, Tallinn, Estonia. ICES CM 2013/ACOM:08. 334 s.
- ICES. 2014. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST), 26 March–2 April 2014, Aarhus, Denmark. ICES CM 2014/ACOM:08. 347 pp.
- ICES. 2017. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST), 27 March–4 April 2017, Gdańsk, Poland. ICES CM 2017/ACOM:10. 298 pp.
- ICES. 2018. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST), 20–28 March 2018, Turku, Finland. ICES CM 2018/ACOM:10. 369 pp.
- Jaukkuri, M., Orell, P., Kanninen, T., Vierelä, M., Huusko, R., Mäki-Petäys, A., van der Meer, O. & Jokikokko, E. 2012. Ylisiirrettyjen lohien radiotelemetriatutkimus Kemi-Ounasjoella v. 2010-2011. RKT:n työraportteja 11/2012. 46 s.
- Jaukkuri, M., Orell, P., van der Meer, O., Rivinoja, P., Huusko, R. & Mäki-Petäys, A. 2013. Nousulohien käyttäytyminen voimalaitosten alakanavissa ja kalatiehen hakeutumiseen vaikuttavat tekijät: kirjallisuuskatsaus. RKT:n työraportteja 20/2013. 31 s.
- Jääskeläinen, J. Lohen (*Salmo salar* L.) vaelluspoikasten käyttäytyminen Ruotsin Vindel/Uumajajoella. Kelluvan ohjauksien tehokkuus. 2014. Pro-gradu tutkielma. Oulun yliopisto, biologian laitos. 54 s.
- Kaijomaa, V-M., Turunen, T & Peura, H. 2011. Saimaan järvilohen hoito-ohjelma.
- Kananen, K. 2014. Koskikunnostusten vaikutukset ekosysteemipalveluihin kalastajien, melojien ja ranta-asukkaiden näkökulmasta Kiiminki-, Koston- ja Simojoella. Pro gradu -työ. Oulun yliopisto. 89 s. + liitteet.
- Kanninen, T. 2011. Aikuisten lohien (*Salmo salar*, L.) ylisiirrot lohikantojen palauttamisessa: tuloksia li- ja Kemijoelta vuosilta 2009–2010. Pro-gradu tutkielma. Oulun yliopisto, biologian laitos. 80 s.
- Karjalainen, T. P. & Järviskoski, 2010. Negotiating river ecosystems: impact assessment and conflict mediation in the cases of hydro-power construction. *Environmental Impact Assessment Review* 30: 319-327.
- Karjalainen, T. P., Rytönen, A-M, Marttunen, M., Mäki-Petäys, A. & Autti, O. 2011. Monitavoitearviointi lijojen vaelluskalakantojen palauttamisen tukena. *Suomen Ympäristö* 11.
- Karjalainen, T.P. 2013. TEEB Nordic case: Ecosystem services provided by the Baltic salmon – a regional perspective to the socio-economic benefits associated with a keystone species. Kettunen et al. (toim.). Socio-economic importance of ecosystem services in the Nordic countries – scoping assessment in the context of the economics of ecosystems and biodiversity (TEEB). Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- Karjalainen, T. P., Marttunen, M., Sarkki, S. & Rytönen, A-M. 2013. Integrating ecosystem services into environmental impact assessment: an analytic-deliberative approach. *Environmental Impact Assessment Review* 40: 54-64.

- Karjalainen, T.P. & Autti, O. 2015. Oulujoen moninaiskäytön vaihtoehdot ja hyödyt. Esiselvityksen loppuraportti. Thule-instituutti, Oulun yliopisto.  
<http://www oulu.fi/sites/default/files/Oulujokiraportti.pdf>
- Karppinen, P. ja Haikonen, A. 2013. Lohen nousuvaellus Kymijoessa vuonna 2012. Kala- ja vesitutkimuksia nro 98. Kala- ja vesitutkimus Oy, Helsinki
- Karppinen, P., Jounela, P., Huusko, R. & Erkinaro, J. 2014. Effects of release timing on migration behaviour and survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a regulated river. *Ecology of Freshwater Fish* 23(3): 438-452.
- Karppinen, P. 2014. Lohen nousuvaellus Kymijoessa 2012 ja 2013 - Virtaamaolosuhteiden ja säännöstelyn vaikutus kalojen käyttäytymiseen. Kala- ja vesitutkimuksia nro 132. Kala- ja vesitutkimus Oy, Helsinki
- Karppinen, P. Vähä, J.-P., Vehanen, T. 2017. Lohen vaelluspoikasten käyttäytyminen ja kuolleisuus Mustionjoen voimalaitoksilla. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 281. 39 s.
- Karppinen, P., Vähä, J.-P. & Vehanen, T. 2017. Lohen vaelluspoikasten käyttäytyminen ja kuolleisuus Mustionjoen voimalaitoksilla. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, julkaisu 281.
- Karvonen, A., Aalto-Araneda, M., Virtala, A-M, Kortet, R., Koski, P. & Hyvärinen, P. 2016. Enriched rearing environment enhances survival and resistance of salmonid fishes during parasite epidemics. *Journal of Applied Ecology*, 53: 213–221.
- Kauppila, P., Karjalainen, T. P., Harju, K. & Arvio, A. 2011. Kalastusmatkailun aluetaloudelliset vaikutukset: esimerkkinä lijoen valuma-alueen kunnat. Riista- ja kalatalous - tutkimuksia ja selvityksiä 12/2011. 36 s.
- Kauppila, P. & Karjalainen, T. P. 2012. A process model to assess the regional economic impacts of fishing tourism: a case study in northern Finland. *Fisheries Research* 127-128, 88-97.
- Koivurinta, M., Romakkaniemi, A. Saura, A., Huhmarniemi, A., Orell, P., Jutila, E, ja Veneranta, L.. 2016. Itämeren meritaimenen vesistökohtaiset elvytys- ja hoitosuunnitelmat. Raportti Maa- ja metsätalousministeriölle.
- Koljonen, M-L., Janatuinen, A., Saura, A. and Koskiniemi, J. 2013. Genetic structure of Finnish and Russian sea trout populations in the Gulf of Finland area. Working papers of the Finnish Game and Fisheries Institute, no 25. 100 p.
- Koljonen, M-L., Saura, A. 2015. Mistä meritaimenet ovat peräisin. Suomen Kalastuslehti, nro 7. Ss. 28-30.
- Koljonen, S. 2011. Ecological impacts of in-stream restoration in salmonid rivers. *Acta Universitatis Ouluensis, serie A* 580. Oulun yliopisto.
- Koljonen, S., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Mykrä, H. & Muotka, T. 2012. Body mass and growth of overwintering brown trout in relation to stream habitat complexity. *River Research and Applications* 28: 62-70.
- Koljonen, S., Louhi, P., Huusko, A., Mäki-Petäys, A. & Muotka, T. 2012. Quantifying the roles of in-stream habitat structure and discharge to leaf retention: implications for stream restoration. *Freshwater Science* 31: 1121-1130.
- Koljonen, S., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Louhi, P. & Muotka, T. 2013. Assessing habitat suitability for juvenile Atlantic salmon in relation to in-stream restoration and discharge variability. *Restoration Ecology* 21: 344-352.
- Koljonen, S., Maunula, M., Artell, J., Belinskij, A., Hellsten, S., Huusko, A., Juutinen, A., Marttunen, M., Mustajoki, J., Mäki-Petäys, A., Rotko, P., Soininen, N. & Vehanen, T. 2017. Vaelluskalakantojen elvyttäminen – ympäristövirtaama ja muut ratkaisut. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 69/2017: 133 p
- Korhonen, P, Hyvärinen P ja Leinonen A. 2014. Lohikalajien istukaspoikasten virikekasvatus - käytännön kokemuksia. RKT:n työraportteja 35/2014. 22 s.
- Korsu, K., Huusko, A., Korhonen, P.K. & Yrjänä, T. 2010. The potential role of stream habitat restoration in facilitating salmonid invasions: a habitat-hydraulic modeling approach. *Restoration Ecology* 18: 158-165.
- Kortet, R., Vainikka, A., Janhunen, M., Piironen, J. & Hyvärinen, P. 2014. Behavioral variation shows heritability in juvenile brown trout *Salmo trutta*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. DOI 10.1007/s00265-014-1705-z
- Laine, A. (toim.) 2008. Palaako lohi Oulujokeen? Loppuraportti Oulu- ja Lososinkajoilla tehdyistä selvityksistä 2006–2007. Suomen ympäristö 5. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Oulu.

- Lappalainen, A., Raitaniemi, J., Pakarinen, T., Saura, A., Pönni, J., Jokikokko, E. ja Heikinheimo, O. 2018. Kalat, raportissa Suomen meriympäristön tila 2018. (toim, Korpinen, S. Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T. ja Ekebom, J.) Suomen ympäristökeskus. Käsikirjoitus.
- Louhi, P., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J., Paasivaara, A. & Muotka, T. 2010. Impacts of forest drainage improvement on stream biota: A multisite BACI-experiment. *Forest Ecology and Management* 260: 1315-1323.
- Louhi, P. 2010. Responses of brown trout and benthic invertebrates to catchment-scale disturbance and in-stream restoration measures in boreal river systems. *Acta Universitatis Ouluensis, serie A* 565. Oulun yliopisto.
- Louhi, P., Mykrä, H., Paavola, R., Huusko, A., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A. & Muotka, T. 2011. Twenty years of stream restoration in Finland: little response by benthic macroinvertebrate communities. *Ecological Applications* 21: 1950-1961.
- Louhi, P., Ovaska, M., Mäki-Petäys, A., Erkinaro, J. & Muotka, T. 2011. Does fine sediment constrain salmonid alevin development and survival? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68: 1819-1826.
- Louhi, P., Mäki-Petäys, A., Huusko, A., & Muotka, T. 2014. Resource use by juvenile brown trout and Alpine bullhead: influence of interspecific versus intraspecific competition. *Ecology of Freshwater Fish* 23: 344-352.
- Louhi, P., Vehanen, T. Huusko, A. Mäki-Petäys, A. & Muotka, T. 2016. Long-term monitoring reveals the success of salmonid habitat restoration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 73: 1733-1741.
- Luhta, P., Huusko, A. & Louhi, P. 2012. Re-building brown trout populations in dredged boreal forest streams: in-stream restoration combined with stocking of young trout. *Freshwater Biology* 57: 1966-1977.
- Marttila, H., Tammela, S., Mustonen, K.-R., Louhi, P., Muotka, T. & Mykrä, H. 2019: Contribution of flow conditions and sand addition on hyporheic zone exchange in gravel beds. *Hydrology Research* doi: 10.2166/nh.2019.099.
- Marttila, M., Orell, P., Erkinaro, J., Romakkaniemi, A., Huusko, A., Jokikokko, E., Vehanen, T., Piironen, J., Huhmarniemi, A., Sutela, T., Saura, A. & Mäki-Petäys, A. 2014: Rakennettujen jokien kalataloudelle aiheutuneet vahingot ja kalatalousvelvoitteet. *RKTL Työraportteja* 6, 96 p.
- Marttila, M., Louhi, P., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Yrjänä, T., & Muotka, T. 2016. Long-term performance of in-stream restoration measures in boreal streams. *Ecohydrology* 9: 280–289. doi: 10.1002/eco.1634.
- Marttila, M., Kyllönen, K. & Karjalainen T.P. 2016. Social success of in-stream habitat improvement: from fisheries enhancement to the delivery of multiple ecosystem services. *Ecology & Society* 21 (1):4. URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol21/iss1/art4/>
- Marttila, M., Orell, P., van der Meer, O., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A. ja Erkinaro, J. 2017. Lohikalosten ylisiirrot vaelluskalakantojen hoitotoimena. *Kirjallisuuskatsaus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 10/2017.
- Marttila, M. 2017. Ecological and social dimensions of restoration success in boreal river systems. *Acta universitatis ouluensis serie A* 703. Oulun yliopisto.
- Marttila, M., Louhi, P., Huusko, A., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A., Erkinaro, J., Syrjänen, J.T. & Muotka, T. 2019. Synthesis of habitat restoration impacts on young-of-the-year salmonids in boreal rivers. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* doi: 10.1007/s11160-019-09557-z.
- Michielsens, C.G.J., McAllister, M.K., Kuikka, S., Mäntyniemi, S., Romakkaniemi, A., Pakarinen, T., Karlsson, L., and Uusitalo, L. 2008. Combining multiple Bayesian data analyses in a sequential framework for quantitative fisheries stock assessment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65: 962–974.
- Mikkola, J., Salminen, M. & Ikonen, E. 2010. Kymijoen lohen vaelluspoikasten alasvaellusreitit ja voimalaitostappiot. Riista- ja kalatalous – selvityksiä 20/2010. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 22 s.
- Mustonen, K.-R., Mykrä, H., Louhi, P., Markkola, A., Tolkkinen, M., Huusko, A., Alioravainen, N., Lehtinen, S. & Muotka, T. 2016. Sediments and flow have mainly independent effects on multi-trophic stream communities and ecosystem functions. *Ecological Applications* 26: 2116-2129.
- Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P., Rivinoja, P. & Erkinaro, J. 2012. Lohikalosten palauttaminen rakennetuille joille - mallinnustyökalu tuki- ja säätelytoimien biologiseen arviointiin. *RKTL:n työraportteja* 1/2012. 41 s.

- Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P. & Erkinaro, J. 2013. Kymijoen lohikannan elvyttäminen – populaatiomallinnus tuki- ja säätelytoimien vaikutuksista. RKTL:n työraportteja 5/2013. 25 s.
- Orell, P., Jaukkuri, M., Huusko, R. & Mäki-Petäys, A. 2012. Vaki-kalalaskurin luotettavuus ja hyödyntämismahdollisuudet kalateiden seurannassa. Riista- ja kalatalous – tutkimuksia ja selvityksiä, 10/2012. 24 s.
- Orell, P., Jaukkuri, M., van der Meer, O., Huusko, R., Kanninen, T., Siira, A., Laaksonen, T., Mäki-Petäys, A., Erkinaro, J. & Laine, A. 2014. Toimivatko kalatiet? Oulujoen Merikosken kalatietutkimukset v. 2009–2012. Työraportteja 4/2014. 44 s.
- Orell, P., Kanninen, T., Jaukkuri, M., Huusko, R., van der Meer, O., Huusko, A. & Mäki-Petäys, A. 2014. Lohien vaelluskäyttäytyminen Kemijoen voimalaitosten alakanavissa: tietoa kalatiesuunnitelun tueksi. Työraportteja 44/2014. 58 s.
- Orell, P., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A., Jaukkuri, M., Huusko, R., van der Meer, O., Huusko, A., Lahti, M., Erkinaro, J. & Sutela, T. 2016. Kollaja-hankkeen vaikutukset lijojen vaelluskalakantojen elvyttämiseen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 25/2016: 52 s.
- Orell, P., Jaukkuri, M., Marttila, M. & Mäki-Petäys, A. 2018. Oulujoen lohi-istutusten merkintätulokset v. 1979-2015. PIT-mikrosirumerkinnoilla uutta tietoa istutusten toteuttamiseen ja tuloksellisuuden seurantaan. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 9/2018.
- Paappanen, J. 2013. Taimenten (*Salmo trutta*) kalastusalttius suhteessa kasvatukseenmenetelmään. Kandidaatin tutkielma, Itä-Suomen yliopisto, biologian laitos.
- Parkkila, K., Haltia, E. & Karjalainen, T. P. 2011. Lijoen lohikannan palauttamistoimien hyödyt virkistyskalastajille – pilottitutkimus ehdollisen arvottamisen menetelmällä. Riista- ja kalatalous – tutkimuksia ja selvityksiä 4/2011.
- Peuhkuri, N., Saura, A., Koljonen M-L., Titov, S. Gross, R. Kannel, R. and Koskiniemi, R. 2014. Current state and restoration of sea trout and Atlantic salmon populations in three river system in the eastern Gulf of Finland. Working papers of the Finnish Game and Fisheries Institute, no 26. 54 p
- Piironen, J. 2013: Onnistuuko järvilohen lisääntyminen Ala-Koitajoella. Suomen Kalastuslehti 8 2013, s. 8-10.
- Piironen, J., Gavrilov, M. & Luolamo, V. 2016: Uudet soraikot kelpaavat järvilohelle. Suomen Kalastuslehti 8 2016, s. 28-30.
- Pohjois-Pohjanmaan liitto 2015. Lijoen vesistövision esiselvitys. B:82.
- Puffer, M. 2014. Effects of rapidly fluctuating water levels on juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). PhD thesis. Norwegian University of Science and Technology, Department of Biology, Trondheim, Norway. ISBN 978-82-326-0147-9.
- Puffer, M, Berg, O.K., Huusko, A., Vehanen, T., Forseth, T. & Einum, S. 2015. Seasonal effects of hydropeaking on growth, energetics and movement of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). River Research and Applications 31: 1101–1108.
- Puffer, M, Berg, O.K., Huusko, A., Vehanen, T. & Einum, S. 2017. Effects of intra- and interspecific competition and hydropeaking on growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). Ecology of Freshwater Fish 26: 99-107.
- Raunio, J. & Kirsi, J. 2017. Vaelluskalojen määrän arviointi Kymijoen Koivukosken ja Korkeakoskean kalateissä vuonna 2016. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 350/2017.
- Reunanen, S. Salmi, J. & Hiedanpää, J. 2012. Merikarvianjoki – elämysten ja toimeentulon virta. Gone fishing: Doing and undergoing culturalecosystem services on the river Merikarvianjoki. Matkailututkimus.8:2 7-23.
- Rinne, J., Saura, A. ja Vehanen, T. 2012. Mustionjoen sivupurojen vedenlaadun seuranta ja kunnossuunnitelmat. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Käsikirjoitus.
- Romakkaniemi, A. 2008. Conservation of Atlantic salmon by supplementary stocking of juvenile fish. Ph.D. thesis. University of Helsinki, Department of Biological and Environmental Sciences, Faculty of Biosciences, and Finnish Game and Fisheries Research Institute.
- Rodewald, P. 2013. Effects of broodstock origin, rearing environment and release method on post-stocking performance of Atlantic salmon. Doctoral dissertation, University of Helsinki.
- Rotko, P., Marttunen, M., Vehanen, T., Orell, P., Saura, A., Koivurinta, M., Vanninen, V., Pakarinen, T., Kaukoranta, M. 2015. Kymijoen kalatalouden kehittämisen monitavoitearviointi vaelluskalakantojen elvyttämiseksi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 32/2015.
- Räihä, V. 2017. Virikekasvatuksen vaikutukset merilohen (*Salmo salar*), meritaimenen (*Salmo trutta*) ja kirjolohen (*Oncorhynchus mykiss*) lois- ja tautiresistenssiin. Pro Gradu tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Akvaattiset tieteet. 34 s.

- Saura, A., Rinne, J. & Vehanen, T. 2010. Mustionjoen pääuoman ja sivupurojen lohelle ja taimenelle soveltuvien poikastuotantoalueiden kartoitus ja poikastuotantoarvio. Riista- ja kalatalous -selvityksiä 13. 46 s.
- Saura, A. 2014a. Mätäjoen sähkökoekalastus toukokuussa 2013. Työraportteja nro 15. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, 15 s.
- Saura, A. 2014b. Mätäjoen sähkökoekalastus syyskuussa 2013. Työraportteja 18. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, 17 s.
- Saura, A. 2015. Mätäjoen sähkökoekalastus syyskuussa 2014. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus nro 69. Luonnonvarakeskus (Luke). 18 s.
- Saura, A. 2016. Mätäjoen sähkökoekalastus syyskuussa 2015. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus nro 1. Luonnonvarakeskus (Luke). 18 s.
- Sollien, V. P. 2015. Hydropeaking effects on riverine benthic invertebrate fauna composition and drift. Master thesis. Norwegian University of Science and Technology, Department of Biology, Trondheim, Norway. 46 pp.
- Sutela, T., Karjalainen, T. P., Mäki-Petäys, A., Laine, A., Tammi, J., Koivurinta, M., Orell, P. & Louhi, P. 2012. Kalatiestrategian taustaselvitykset. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 90. (1-2012), Maa- ja metsätalousministeriö.
- [http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/kronjulkaisusarja/6DObhSrri/Kalatiestrategian\\_tauustaselvitykset\\_901\\_2012.pdf](http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/kronjulkaisusarja/6DObhSrri/Kalatiestrategian_tauustaselvitykset_901_2012.pdf)
- Sutela, T., Orell, P., Huusko, R. & Mäki-Petäys, A. 2014. Kalatiet toimiviksi tutkimuksen tuella. Apaja 2014, s. 21.
- Sutela, T., Vehanen, T., Huusko, A. & Mäki-Petäys, A. 2017. Seasonal shift in boreal fish assemblages and associated bias in bioassessment. *Hydrobiologia* 787:193-203.
- Toivonen, A.-L., Roth E., Navrud, S., Gudbergsson, G., Appelblad, H., Bengtsson, B., Tuunainen, P. 2004. The economic value of recreational fisheries in Nordic countries. *Fisheries Management and Ecology* 11: 1-14.
- Turunen, J., Louhi, P., Mykrä, H., Aroviita, J., Putkonen, E., Huusko, A. & Muotka, T. 2017. Habitat structure controls community assembly and stream ecosystem functioning under extensive dispersal and anthropogenic disturbance. *Käsikirjoitus*.
- Vainikka, A., Huusko, R., Hyvärinen, P., Korhonen, P., Laaksonen, T., Koskela, Vielma, Hirvonen, H., Salminen, M. 2012. Food restriction prior to release reduces precocious maturity and improves migration tendency of Atlantic salmon smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69: 1981-1993.
- Vainikka, A., Kortet, R., Hyvärinen, P. ja Piironen, J. 2014. Parhaat istukkaat ovat villien kaltaisia. *Suomen kalastuslehti* 3/2014 s. 22-24.
- Vehanen, T., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Louhi, P., Mykrä, H. & Muotka, T. 2010. Effects of habitat rehabilitation on brown trout (*Salmo trutta*) in boreal forest streams. *Freshwater Biology*. 55: 2200–2214
- Vehanen, T., Meer, O. van der, Saura, A. ja Rinne, J. 2014. Mustionjoen virta-alueiden elinympäristömallin-nus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Työraportteja 12. 82 s.
- Ågren, A. 2015. Käyttäytymispiirteet ja niiden periytyminen eri taimenkantojen (*Salmo trutta*) risteytyspoikasilla. Pro gradu – tutkielma. Itä-Suomen yliopisto. Biologian laitos.



luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000