



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 55/2024

Rakennettujen jokien vaelluskalakantojen hoitotoimenpiteet

Sateenvarjo III -hankkeen loppuraportti

Pauliina Louhi, Ari Huusko, Riina Huusko, Matti Janhunen,
Panu Orell, Jukka Syrjänen, Laura S. Härkönen ja
Lari Veneranta

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 55/2024

Rakennettujen jokien vaelluskalakantojen hoitotoimenpiteet

Sateenvarjo III -hankkeen loppuraportti

**Pauliina Louhi, Ari Huusko, Riina Huusko, Matti Janhunen,
Panu Orell, Jukka Syrjänen, Laura S. Härkönen ja
Lari Veneranta**



Energiateollisuus



KEMIJOKI

KOLSIN
VESIVOIMATUOTANTO OY

OULUN
ENERGIA



POHJOLAN VOIMA



VATTENFALL



Maa- ja metsätalousministeriö
Jord- och skogsbruksministeriet
Ministry of Agriculture and Forestry



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

Viittausohje:

Louhi, P., Huusko, A., Huusko, R., Janhunen, M., Orell, P., Syrjänen, J., Härkönen, L.S. & Veneranta, L. 2024. Rakennettujen jokien vaelluskalakantojen hoitotoimenpiteet : Sateenvarjo III -hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 55/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 110 s.

Pauliina Louhi ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-8610-979X>



LUONNONVARAKESKUS

ISBN 978-952-380-935-2 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-935-2>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Pauliina Louhi, Ari Huusko, Riina Huusko, Matti Janhunen, Panu Orell, Jukka Syrjänen, Laura S. Härkönen ja Lari Veneranta

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisuvuosi: 2024

Kannen kuva: Montan vesivoimalaitos Oulujoella. Luonnonvarakeskus.

Tiivistelmä

Kirjoittajien nimet Pauliina Louhi¹, Ari Huusko², Riina Huusko³, Matti Janhunen⁴, Panu Orell³, Jukka Syrjänen⁵, Laura S. Härkönen³ ja Lari Veneranta⁶

¹ Luonnonvarakeskus, Viikin toimipaikka, Tekniikankatu 1, 33720 Tampere

² Luonnonvarakeskus, Manamansalontie 90, 88300 Paltamo

³ Luonnonvarakeskus, Oulun toimipaikka, Paavo Havaksentie 3, 90570 Oulu

⁴ Luonnonvarakeskus, Joensuun toimipaikka, Yliopistokatu 6B, 80100 Joensuu

⁵ Osuuskunta Kala- ja vesistötutkimus Vesi-Visio, Emännäntie 10, 40740 Jyväskylä

⁶ Luonnonvarakeskus, Seinäjoen toimipaikka, Wolffintie 35, 65200 Vaasa

Tämä raportti keskittyy vuosina 2019–2023 toimineen Sateenvarjo III -hankekokonaisuuden aikana saatuihin toimenpiteisiin ja tuloksiin. Hankkeessa selvitettiin lohikalojen alas- ja ylösvaellusta, kehitettiin ja testattiin PIT-seurannan toimivuutta sekä tuotettiin uutta tietoa järvilohen ja taimenen sekä vaellussiian lisääntymismahdollisuuksista.

lijoen Haapakosken kelluva ohjausaita toimii keskimäärin hyvin lohismolttien ohjauksessa. Ohjausaidan toiminta heikentyi hieman joen kokonaisvirtaaman laskiessa, jolloin smoltit kohetasivat ohjausaidan useammin lähempänä voimalaitosta ja lisäksi todennäköisyys aidan alittamiselle kasvoi. Alasvaellusväylän sisäänkäynti ei vielä toimi toivotulla tavalla.

Oulujoen Montan voimalaitoksen alakanavan kolmiulotteinen virtausmallinnus erilaisilla tunti-kohtaisilla kokonaisvirtaaman ja turbiinien käyttöyhdistelmillä havainnollisti alakanavan virtausolojen haasteellisuuden kalojen uintiympäristönä. Ensimmäistä kertaa alakanavan olosuhteissa käytetyn akustisen merkittyjen lohien seurantajärjestelmän avulla saatiin tarkkoja lohien sijainti- ja liikkumistietoja koko alakanavan alueelta erilaisissa virtaamaolosuhteissa. Pääosa lohien nousuista alakanavaan tapahtui tilanteissa, joissa virtaaman muutokset olivat tasaantuneet muutaman tunnin ajan ennen nousun aloitusta.

Oulujoen alajuoksulle kehitetty PIT-seurantajärjestelmä yhdessä Merikosken kalatien kertyvien aineistojen perusteella vaikuttaa toimivalta menetelmältä Oulujoen istutusten tuottavuuden seurantaan. Samantyyppistä PIT-asetelmaa voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää myös muiden Perämeren rakennettujen jokien seurannoissa, esim. li- ja Kemijokisuulla.

Ala-Koitajoella pieni virtaama (4–6 m³/s) ja runsas petokalakanta eivät mahdollista alkuunkaan järvilohen luontaisen elinkierron turvaavaa smolttituotantoa huomattavasta ylisiirrettyjen emokalojen määrästä huolimatta. Nykytilassaan Ala-Koitajokea voitaisiin käyttää säilytysviljelyä tukevana poikashautomona (so. luonnon syntyneiden poikasten siirrot emokalakasvatukseen), mutta kohteen pidempiaikainen kehittäminen vaatii todennäköisesti merkittävää ympärivuotista virtaaman lisäystä. Lieksanjoella ylisiirretyt järvilohen ja -taimenen emokalat pysyivät pääsääntöisesti pääuoman kunnostetuilla lisääntymisalueilla, mutta luonnonkudusta syntyneiden poikasten tiheydet ovat olleet valtaosin vaatimattomia.

Järvilohismolttien pyydystettävyys Pankakosken kiinniottolaitteella oli keskimäärin 11 prosenttia. Valtaosa smolteista läpäisi voimalapadon joko turbiiniaukkojen tai tulvaluukkujen kautta. Kiinniottolaitteen tehokkuutta voitaisiin parantaa jatkossa ohjainaidalla. Yksivuotiaiden järvilohenpoikasten istuttaminen Lieksanjoen yläjuoksun koskialueille voisi olla

vartenotettava kannanhoidollinen menetelmä olettaen, että kiinniottolaitteen houkuttelevuutta saadaan kehitettyä ja smolttipyntiä merkittävästi tehostettua.

Sekä järvilohen että taimenen emokalat löysivät uintireitin Laurinvirran alueelle ja hyväksyivät sen kunnostetut kutualueet (so. alueelta on löytynyt runsaasti molempien lajien kutukaivantoja), mutta alueella syntyvät poikasmäärät ovat heikkoja todennäköisesti voimakkaiden ja toistuvien, pääsääntöisesti Kuurnan voimalakoneistojen uusimisesta johtuvien ohijuoksutusten vuoksi. Jatkossa ylimääräiset juoksutukset tulisi olla hallittavissa, mikäli poikastuotantoa alueella halutaan saada käynnistettyä.

Rakennetuista vesistä Oulujoessa arvio vaellussiian luonnonlisäntymisestä on suurin. Oulujoen vaellussiian luontaisen poikastuotannon mediaanin arvioitiin olevan vuonna 2020 noin 2,1 miljoonaa siianpoikasta (95 % luottamusväli 0,08–21,4 miljoonaa). Sekä Oulu- että Iijossa on edellytykset vaellussiian luontaiselle lisääntymiselle. Lähes kaikki Iijoen vaellussiat kertyvät Raasakan voimalaitoksen alapuolelle ennen kutua. Joessa siikojen kuolevuus on korkea, ja mereen pääsi palaamaan vain pieni osa siioista kudun jälkeen.

Vaelluskalakantojen palauttaminen rakennettuihin vesistöihin edellyttää tyypillisesti useita rinnakkaisia tukitoimenpiteitä, joten laajuudestaan huolimatta tutkimusaiheita jäi toteutettavaksi tulevaisakin hankkeissa.

Asiasanat: vaelluskalat, lohikalat, kalatiet, kalanmerkintä, kalakantojen hoito

Sisällys

1. Johdanto	7
2. Ohjausaidan toimivuus lohismolttien alasvaelluksen ohjauksessa.....	9
2.1. Haapakosken voimalaitos ja alasvaellusratkaisu	9
2.2. Vaelluspoikasten akustinen seurantamenetelmä.....	10
2.3. Tutkimuskalat.....	11
2.4. Vaelluspoikasten käyttäytyminen Haapakoskella	12
2.4.1. Smolttien ohjausaidan toimivuus vuonna 2020	12
2.4.2. Smolttien ohjausaidan ja alasvaellusväylän sisäänkäynnin toimivuus vuonna 2023	15
2.5. Ohjausaidan ohjaustehokkuus	19
2.6. Alasvaellusväylän sisäänkäynnin toimivuus.....	19
2.7. Yhteenveto ja jatkotutkimustarpeet.....	20
3. Oulujoen Montan ja Merikosken voimalaitoksien alakanavan virtausmallinnus ja lohien telemetriaseuranta	22
3.1. Virtausmallinnus.....	22
3.2. Mallinnetut virtaamatilanteet.....	24
3.2.1. Merikosken voimalaitoksen alakanava.....	26
3.3. Aikuisten lohien akustinen seurantamenetelmä.....	29
3.4. Lohien käyttäytyminen Montan alakanavassa.....	30
3.5. Voidaanko hajustetulla vedellä edistää lohien hakeutumista kiinniottolaitteeseen.....	39
3.6. Alustavia johtopäätöksiä.....	40
4. PIT-mikrosirumerkinnät istutusten tuloksellisuuden seurannassa.....	42
4.1. PIT-tekniikka	42
4.2. Oulujoen PIT-seurantajärjestelmä.....	43
4.3. Iijoen Raasakan seurantajärjestelmä	46
4.4. Oulujoen PIT-merkintäerät 2019–2022	46
4.5. Tuloksia lohi-istutuksista	47
4.5.1. PIT-merkkikokojen väliset erot niiden havaittavuudessa.....	48
4.5.2. Lohikannoilla tehtyjen istutuksien väliset eroavuudet.....	48
4.5.3. Eri tavalla laitoksessa kasvaneiden lohipoikasten väliset eroavuudet.....	48
4.6. Tuloksia taimenistutuksista.....	48
4.7. Nousukalahavainnot Merikosken kalatiessä	49
4.8. Alustavia johtopäätöksiä.....	51

5. Järvilohen ja -taimenen palauttamistoimenpiteiden seuranta	52
5.1. Emokalajien ylisiirrot ja poikastuotanto voimalapatojen yläpuolisilla koskialueilla	52
5.1.1. Ala-Koitajoen smolttipyynti	52
5.1.2. Laitosemokalaston perustaminen Ala-Koitajoen jokipoikasista	53
5.1.3. Kutukalojen liikeseuranta Lieksanjoen patojen yläpuolisilla koskialueilla	54
5.1.4. Sähkökalastukset Lieksanjoen ylisiirtoalueella	58
5.2. Lieksanjoen smolttiseuranta	60
5.2.1. Pyyntikausi 2021	62
5.2.2. Pyyntikausi 2022	63
5.2.3. Pyyntikausi 2023	65
5.2.4. Yhteenveto smolttiseurannasta	66
5.3. Saarijoen tekninen kalatie taimenen alasvaellusväylänä	67
5.4. Pielisjoen Laurinvirran poikastuotantoalueen seuranta	70
5.4.1. Nousulohien telemetriaseuranta	71
5.4.2. Nousukalojen kaikuluotainseuranta	74
5.4.3. Kutupesäkartoitus	75
5.4.4. Sähkökalastukset	79
5.4.5. Yhteenveto	80
6. Vaellussiian lisääntymismahdollisuudet rakennetuissa joissa	82
6.1. Vaellussiian poikasalueiden peruskartoitus	82
6.1.1. Haavintapyynti Oulujoella	82
6.1.2. Haavintapyynti Iijoella	84
6.2. Siianmädin selviytyminen Oulu- ja Iijoessa	85
6.3. Siian kutualueet mätipumppausten perusteella	89
6.4. Mädin ajautumiskoe altaassa	93
6.5. Vaellussiian luonnonlisääntyminen Oulujoessa	95
6.6. Ijoen siikojen telemetriatutkimus	98
6.6.1. Telemetriaseurannan tulokset	100
7. Yhteenveto ja suositukset	103
Viitteet	106

1. Johdanto

Vaelluskalakantojen palauttaminen rakennettuihin vesistöihin edellyttää sekä ylä- että alavirtaan toimivia vaellusväyliä, riittävästi hyvälaatuista lisääntymis- ja poikastuotantoaluetta, nousuhalukkaita kalakantoja sekä kalastuksen oikeanlaista säätelyä. Kullekin kohteelle sopivien ratkaisujen löytämiseksi tarvitaan yleistä tutkimustietoa sekä selvityksiä kohteiden erityispiirteistä. Näiden pohjalta voidaan viranomaisten, toiminnanharjoittajien ja sidosryhmien yhteistyönä löytää toimivat ja yhteisesti hyväksytyt ratkaisut vaelluskalakantojen palauttamiseksi eri vesistöihin.

Kansallisen kalatiestrategian (Valtioneuvos 2012) tavoitteena on uhanalaisten ja vaarantuneiden vaelluskalakantojemme elinvoimaisuuden vahvistaminen. Kalatiestrategia esittelee seitsemän toimintalinjaa tavoitteen saavuttamiseksi. Toimintalinjoissa korostetaan yhteistyön, tutkimuksen ja seurannan lisäämistä. Luonnonvarakeskus (Luke) toteuttaa osaltaan kalatiestrategiaa useissa, eri rahoituspohjilla toimivilla hankekokonaisuuksilla. Näistä hankkeista Sateenvarjo -hankekokonaisuudet ovat saaneet alkunsa Vaelluskalojen palauttamisen ja vesivoimatalouden harjoittamisen yhteensovittamiseksi perustetun Vaelluskalafoorumin puitteissa. Rakennettujen jokien vaelluskalat -Sateenvarjo I ja II, toteutettiin vuosina 2010–2013 (Sateenvarjo I) ja vuosina 2015–2017 (Sateenvarjo II). Hankkeiden sisältö on suunniteltu yhteistyössä vesivoimayhtiöiden, viranomaisten ja ministeriön edustajien kanssa, ja toteutuksesta sekä tuloksien raportoinnista on vastannut Luke. Aikaisempiin hankekokonaisuuksiin liittyviä tuloksia onkin julkaistu useissa erillisissä raporteissa sekä tieteellisissä julkaisuissa, ja niiden yhteenvedo julkaisuluetteloineen löytyy Louhi ym. (2019) raportista.

Aiempien Sateenvarjo-hankekokonaisuuksien aikana todettiin laajempien tutkimushankekokonaisuuksien toteutus toimivaksi. Muun muassa tiedonkulku ja tuloksien hyödyntäminen eri alueilla oli sujuvampaa ja hankkeisiin liittyvä hallinto vähäisempää verrattuna moniin yksittäisiin ja pienempiin hankkeisiin. Tämän takia Lukessa suunniteltiin kolmas rakennettujen jokien vaelluskalakantojen elvyttämiseen tähtäävä hankekokonaisuus Sateenvarjo III -hanke: Rakennettujen jokien vaelluskalakantojen hoitotoimenpiteet. Tämä raportti keskittyy tämän viimeisimmän, vuosina 2019–2023 toimineen Sateenvarjo III -hankekokonaisuuden aikana saatuihin toimenpiteisiin ja tuloksiin. Sisällöstä on tekeillä myös useita, myöhemmin julkaistavia tieteellisiä julkaisuja.

Sateenvarjo III-hankkeen viisi työpakettia (Kuva 1) suunniteltiin siten, että niiden toteutus hyödyttäisi laajasti vaelluskalakantojen palauttamista. Smolttien alasvaelluksen selvittäminen keskittyi Iijoen Haapakosken voimalaitoksen yhteyteen rakennetun ohjausaidan toimivuuteen. Ohjausaita on ensimmäinen Suomen suurissa, rakennetuissa joissa toteutettu vaelluspoikasten alasvaellusta ohjaava ratkaisu. Nousuvaellukseen keskittyvässä työpaketissa haettiin voimalaitoksien alakanaviin mahdollisesti muodostuvia 'lohipolkuja' eri virtaamaolosuhteissa. Virtaamamallinnuksia tehtiin Oulujoen Merikosken ja Montan voimalaitoksien alakanavissa, missä jälkimmäisessä toteutettiin myös nousulohien telemetriaseuranta. Kalakantojen palauttamiseen tähtäävien velvoiteistukkaiden uudenlaista PIT-merkintätapaa kokeiltiin Oulu- ja Iijolla. Järvilohen ja taimenen palauttamiseen tähtääviä erilaisia toimenpiteitä toteutettiin Pielis-, Ala-Koita- ja Lieksanjoella. Tähän liittyen seuranta tehtiin erityisesti Kontiolahdella sijaitsevassa Kuurnan voimalaitoksen ohjuoksutusuomassa. Tähän Laurinvirtana tunnettuun kohteeseen kunnostettiin järvilohelle soveltuvaa poikastuotantoaluetta ja uomaan ohjattava vesi suunniteltiin käytettäväksi hyväksi uudessa vesivoimalaitoksessa. Vaellussiian

lisääntymismahdollisuuksia selvitettiin Oulujoen ja Iijoen voimalaitoksien alapuolisilla alueilla. Iijoella toteutettiin myös vaellussiian nousulohien telemetriaseuranta. Kokonaisuuteen oli alun perin suunniteltu myös kuudes työpaketti, missä olisi laadittu yhteenveto Kymijoen virtaamavaihteluiden vaikutuksista nousukaloihin jo olemassa olevien aineistojen perusteella. Tätä työpakettia ei kuitenkaan pystytty toteuttamaan, joten näitä suunnitelmia ei käsitellä tässä raportissa.



Smolttien alasvaellus – Riina Huusko

Iijoki



Lohien nousuvaellus – Ari Huusko

Oulujoki



Kalamerkintöjen kehittäminen – Panu Orell

Oulu-, Ii- ja Kemijoki



Järvilohen ja taimenen elinkierron elvyttäminen – Matti Janhunen

Pielis-, Ala-koita- ja Lieksanjoki



Vaellussiian lisääntymismahdollisuudet – Lari Veneranta

Oulu- ja Iijoki

Kuva 1. Sateenvarjo III -hankkeen viiden työpaketin teemat vastuututkijoineen ja kohdevesistöissä, joissa toimenpiteitä toteutettiin. Työpakettien vastuututkijat ovat vastanneet myös työpakettiansa tuloksien kirjoittamisesta tässä raportissa.

Sateenvarjo III-hankkeen rahoittajina toimivat Energiategollisuus ry, Fortum Power and Heat Oy, Helen Oy, Kemijoki Oy, Kolsin voima Oy, Oulun Energia Oy, PVO-Vesivoima Oy, UPM Oy, Vattenfall Oy, Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) ja Luonnonvarakeskus. Hankkeen ohjausryhmätyöskentelyyn osallistuivat rahoittajien lisäksi myös Lapin, Pohjois-Pohjanmaan, Pohjois-Savon ja Varsinais-Suomen ELY-keskuksien edustajat.

2. Ohjausaidan toimivuus lohismolttien alasvaelluksen ohjauksessa

Vaelluskalojen luonnonkierron palauttamisen yhtenä edellytyksenä on kalojen vaelluksen onnistuminen alavirtaan päin. Alavirtaan vaeltamisen onnistumiseksi on maailmalla kehitetty useita erilaisia ratkaisuja, joiden avulla kalat ohjataan voimalaitosturbiinien ohi vaihtoehtoista reittiä, kuten ohijuoksutuspatojen tai tarkoitusta varten rakennettujen alasvaellusväylien kautta (esim. Coutant & Whitney 2000, Scruton ym. 2003). Myös kalojen ohjauksessa rakennetulle alasvaellusreitille voidaan käyttää useita erilaisia ohjausrakenteita ja -menetelmiä (mm. Coutant & Whitney 2000, Williams ym. 2012), ja esimerkiksi lohen vaelluspoikasten ohjaukseen on onnistuneesti toteutettu erilaisia kelluvia ohjausrakenteita, joiden toiminta perustuu virtausolosuhteiden muutokseen niiden läheisyydessä (esim. Scruton ym. 2003, Odeh & Orvis 1998, Huusko ym. 2014).

Ratkaisumenetelmän valinta tehdään kohdekohtaisesti huomioiden kohteen olosuhteet ja ratkaisun tavoitteet. Suomessa alasvaellusratkaisujen kehittäminen on käynnistynyt aktiivisesti viimeisen kymmenen vuoden aikana ja Suomen ensimmäinen lohen vaelluspoikasia varten rakennettu kelluva ohjausaita valmistui Iijoen Haapakoskelle vuonna 2019. Haapakosken alasvaellusratkaisu valmistui kokonaisuudessaan vuonna 2021, kun kiinniottolaite ja alasvaellusväylä rakennettiin.

Tässä työpaketissa selvitettiin lohen vaelluspoikasten käyttäytymistä Haapakosken ohjausaidan lähialueella kahtena keväänä akustisella telemetrialla. Ensimmäisenä tutkimusvuonna (2020) selvitettiin vain ohjausaidan vaikutusta smolttien käyttäytymiseen, sillä alasvaellusväylän sisäänkäyntiä ei ollut vielä rakennettu. Toisena tutkimusvuonna (2023) selvitettiin ohjausaidan toimivuuden lisäksi alasvaellusväylän sisäänkäynnin toimivuutta.

2.1. Haapakosken voimalaitos ja alasvaellusratkaisu

Haapakosken voimalaitos on ylin viidestä Iijoen pääuoman voimalaitoksesta ja sijaitsee noin 50 km jokisuulta ylävirtaan. Haapakosken voimalaitosrakennus sijaitsee padon etelärannan puolella. Voimalaitoksella on käytössä kaksi Kaplan-turbiinia ja sen rakennusvirtaama on 250 m³/s.

Haapakosken alasvaellusratkaisu koostuu voimalan yläkanavan 180 m pitkstä, kelluvasta ohjausaidasta (syvyys 2 m) sekä välittömästi ohjausaidan lopussa olevasta alasvaellusväylän sisäänkäyntisuppilosta ja alasvaellusväylästä (Kuva 2). Alasvaellusratkaisun rakentaminen suoritettiin kahdessa vaiheessa Pohjois-Pohjanmaan liiton koordinoimissa [vaelluskalahankkeissa](#). Ensimmäisessä vaiheessa, kesällä 2019, voimalan yläkanavaan asennettiin ympärivuoden käytössä oleva kelluva ohjausaita, ja alasvaellusratkaisun rakentamisen toisessa vaiheessa, vuosina 2021–2022, rakennettiin voimalaitospadon yläpuolelle alasvaellusväylän sisäänkäyntisuppilo kiinniottohäkkeineen sekä varsinainen alasvaellusväylä, joka läpäisee padon entisen tukinuittorännin kohdalla. Ohjausaidan kiinnitys voimalaitospadossa ja sisäänkäyntisuppilon syvyys säätyvät automaattisesti vedenkorkeuden mukaisesti, mikä mahdollistaa niiden toimivuuden vaihtuvissa vedenkorkeus olosuhteissa.

Ohjausaidan kiinnitys rikkoutui talvella 2020 ja aidan voimalaitoksen puoleinen osuus jäi vedenpinnan alapuolelle n. 30 m matkalta. Kiinnitys korjattiin kesällä 2020, joten ensimmäisen

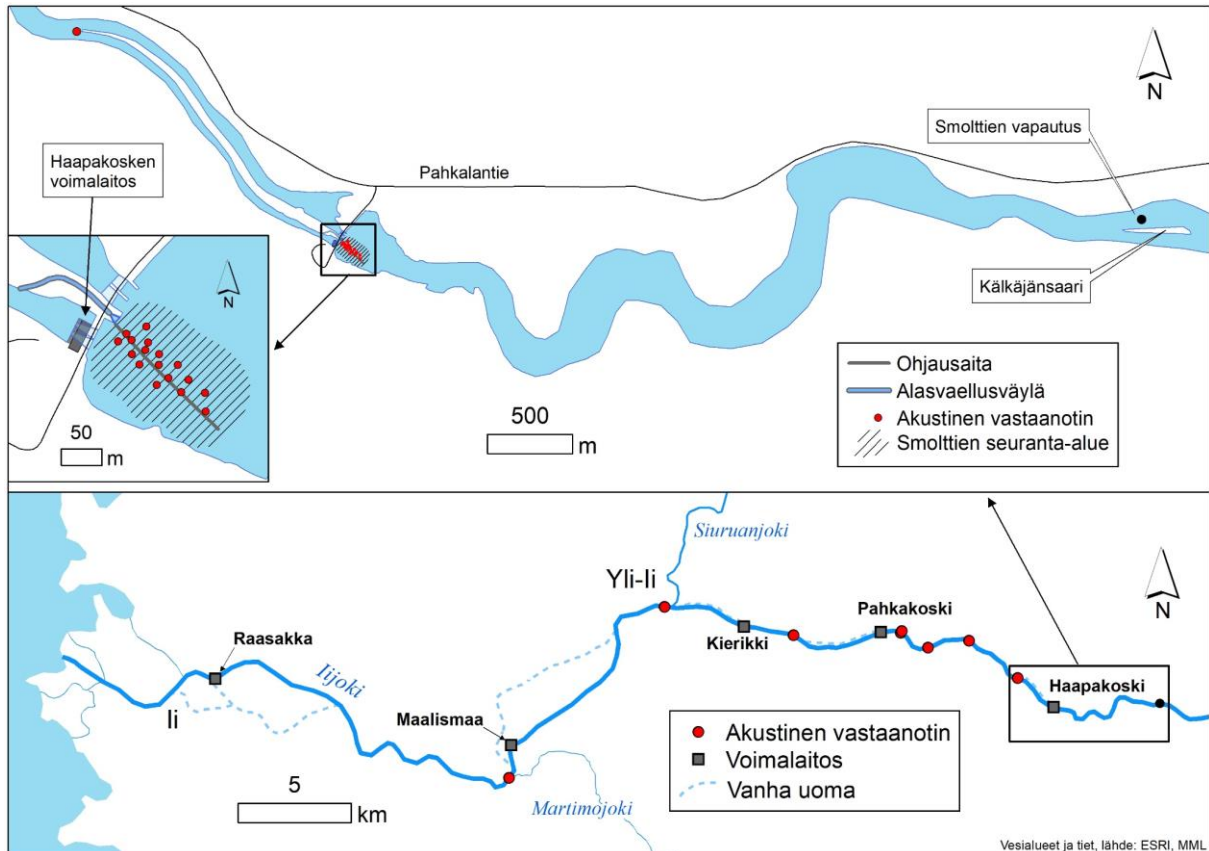
tutkimuksen aikana ohjausaidan voimalaitoksen puoleinen osuus oli pinnan alla. Ensimmäisen tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ohjausaidan vaikutusta smolttien käyttäytymiseen niiden kohdatessa ohjausaidan, jolloin voimalaitoksen lähialueen käyttäminen ei vielä ollut tutkimuksen kohteena. Keväällä 2021 ohjausaita katkesi ja korjauksen jälkeen se asennettiin vahvistettuna takaisin kesällä 2022. Alasvaellusväylän sisäänkäyntisuppilon automaattinen säätömekanismi rikkoutui kesken käynnissä olevan tutkimuksen keväällä 2023 ja se säädettiin tämän jälkeen kiinteästi yhdelle tasolle loppukauden ajaksi.



Kuva 2. Haapakosken alasvaellusratkaisu ylävirran suunnasta kuvattuna. Kelluva ohjausaita näkyy kuvassa vasemmalla ja se johtaa vanhaan tukinuittoränniin, mihin on toteutettu itse alasvaellusväylä kalojen alasvaellusta varten. Kuva: Jari Lindeman, Luke.

2.2. Vaelluspoikasten akustinen seurantamenetelmä

Merkittyjen kalojen liikkumista seurattiin Haapakosken voimalaitospadon yläpuolella sijaitsevan kelluvan ohjausaidan lähialueella 17 akustisen vastaanottimen (HR2-180kHz, Innovasea) avulla kesinä 2020 ja 2023 (Kuva 3). Vastaanottimet sijoitettiin tutkimusalueelle siten, että tutkimusalueella oleville merkityille kaloille saatiin laskettua kolmipaikannusmenetelmän avulla sijaintitiedot. Sijaintitiedot järjestettiin ajan suhteen, jolloin voitiin jokaiselle yksilölle määrittää uintireitti tutkimusalueella. Sijaintitietojen laskenta ostettiin laitevalmistajan (Innovasea) tarjoamana ostopalveluna molempina tutkimusvuosina.



Kuva 3. Haapakosken tutkimusalue, missä seurattiin kalojen liikkeitä 17 akustisen vastaanottimen avulla kesinä 2020 ja 2023.

2.3. Tutkimuskalat

Tutkimuksessa käytettiin molempina vuosina kaksivuotiaita lijoen kantaa olevia lohen vaelluspoikasia (smoltteja), jotka oli kasvatettu Raasakan kalanviljelylaitoksella (Voimalohi Oy). Vuonna 2020 merkittiin yhteensä 89 smolttia akustisilla lähettimillä (malli: Innovasea V5, pituus 12,7 mm, massa 0,65 g ilmassa) kahdessa erässä.

Vuonna 2023 merkittiin yhteensä 105 vaelluspoikasta kolmessa erässä. Jokaisessa näistä erässä merkittiin yhteensä 35 smolttia, joista 20 smolttia merkittiin samoilla lähettimillä kuin vuonna 2020 ja lisäksi 15 smolttia painesensorilähettimillä (malli: Innovasea V7P, pituus 22 mm, massa 1,4 g ilmassa). Painesensorilähettimien keräämä tieto veden paineesta mahdollisti myös kalojen 3D-havainnot, eli lähettimillä saatiin tietoa myös kalojen uintisyvyydestä.

Smoltit siirrettiin Raasakan kalanviljelylaitokselta Haapakosken yläpuolelle erä kerrallaan ja kalojen annettiin toipua siirtokuljetuksen jälkeen vuorokauden ajan jokivedessä olevissa sumpuissa ennen merkintää. Kalat merkittiin asentamalla akustinen lähete kirurgisesti kalan ruumiinteloon (menetelmän kuvaus esim. Huusko ym. 2018) ja ne vapautettiin merkintää seuraavana päivänä noin 7 km Haapakosken voimalaitospadosta ylävirtaan (Kuva 3, Taulukko 1). Kalojen merkintä suoritettiin kansallisen hankelupalautakunnan luvalla EVISA/9500/2020. Jokaisen merkintäerän yhteydessä vapautettiin myös noin 100–300 kalan suojararvi. Kalojen vapauttamisella reilusti tutkimusalueen yläpuolelle pyrittiin varmistamaan tutkimuskalojen vaeluksen aktiivinen käynnistyminen ennen tutkimusalueelle saapumista.

Taulukko 1. Lohismolttien vapausajankohdat, lukumäärät ja keskimääräinen pituus (vaihteluväli) Haapakoskella.

Vapautusajankohta	Vapautettujen kalojen lukumäärä	Keskimääräinen pituus (mm)	Tutkimusalueelle saapuneiden kalojen lukumäärä
11.6.2020	44	215 (165–283)	37
17.6.2020	45	207 (178–283)	37
2.6.2023	35	185 (153–221)	29
7.6.2023	35	196 (152–281)	30
9.6.2023	35	186 (159–243)	25

2.4. Vaelluspoikasten käyttäytyminen Haapakoskella

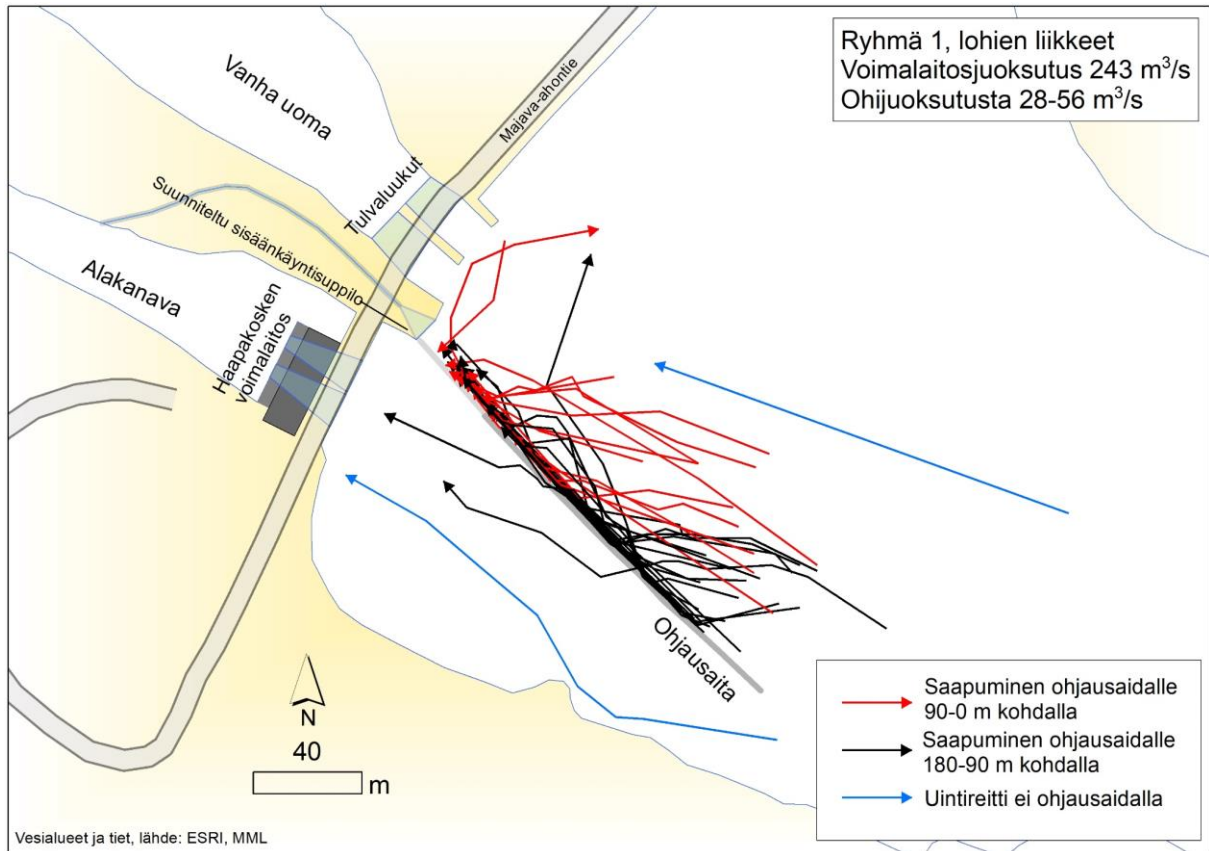
Smolteista suurin osa (83 % vuonna 2020 ja 80 % vuonna 2023) selviytyi vapautuspaikalta Haapakosken yläkanavan tutkimusalueelle. Alueelle saapumattomat smoltit ovat todennäköisesti jääneet petojen saaliiksi vapautuspaikan ja Haapakosken voimalaitospadon välisellä 7 km matkalla. Jokaiselle tutkimusalueelle saapuneelle yksilölle määritettiin niiden ensimmäinen uintireitti tutkimusalueelta saadun havaintosarjan perusteella (Kuvat 4–10). Ohjausaidan toimivuuden arvioimiseen on tässä tutkimuksessa käytetty jokaiselta kalayksilöltä vain ensimmäisen saapumisen uintireittiä, sillä ohjausaidan tavoitteena on saada kalat ohjattua heti ensimmäisellä yrityksellä alasvaellusväylän sisäänkäynnille ja siitä sisään alasvaellusväylään. Smoltit, jotka jäivät voimalaitospadon yläpuolelle pidemmäksi aikaa, poistuivat tutkimusalueelta ja lähestyivät voimalaitosta useita kertoja tutkimuksen aikana.

Smoltit lähestyivät Haapakosken voimalaitosta pääosin kahta eri uintireittiä: osa smolteista lähestyi voimalaitosta uoman keskiosan päävirrassa, jolloin ne saapuivat ohjausaidan läheisyyteen aidan yläosalla, tai osa smolteista lähestyi Haapakosken voimalaitospatoa päävirran pohjoisrannan puolella, jolloin ne kääntyivät kohti voimalaitosta vasta lähempänä patoa ja saapuivat ohjausaidan lähelle aidan alaosalla. Uintireittien valinnassa oli eroja molempina vuosina virtaamatilanteiden välillä.

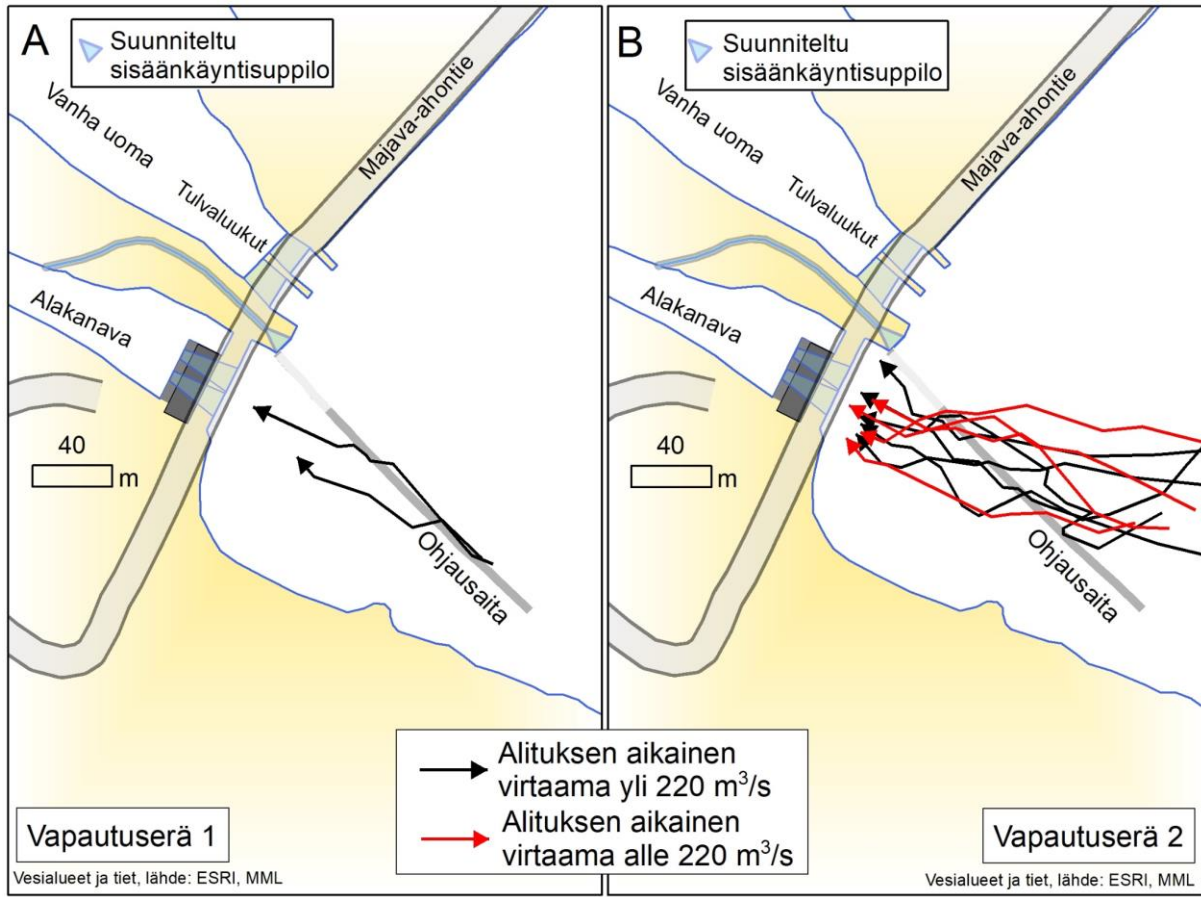
Vuonna 2020 käytössä oli smolttien ohjausaita, mutta ei vielä varsinaista padon lävitse johtavaa vaellusväylää. Alasvaellusväylän sisäänkäynti oli ensimmäistä kertaa avoinna vuonna 2023.

2.4.1. Smolttien ohjausaidan toimivuus vuonna 2020

Ensimmäisen vapautuserän smolteista tutkimusalueelle selviytyi 84 prosenttia. Smoltit saapuivat tutkimusalueelle 270–299 m³/s virtaamatilanteessa, jolloin voimalaitoksella oli vielä ohijuoksutusta 28–56 m³/s. Näistä 59 % (n=22), saapui ohjausaidalle lähellä sen yläosaa (180–90 m padosta, mustat nuolet kuvassa 4). Ohjausaidan kohdattuaan smoltit lähtivät uimaan ohjausaidan suuntaisesti kohti voimalaitosta. Näistä kaksi smolttia seurasi aita ensin noin 75–110 metriä, kunnes alittivat sen noin 30 ja 75 metrin kohdalla (Kuva 5A). Lisäksi yksi smoltti lähestyi voimalaitosta pääuoman pohjoisrannan puolelta eikä saapunut ohjausaidan lähialueelle ollenkaan, ja toinen smoltti ohitti aidan etelärannan puolelta (siniset nuolet kuvassa 4). Loput 35 prosenttia (n=13) smolteista lähestyivät voimalaitospatoa pääuoman pohjoisreunalta ja saapuivat ohjausaidan lähialueelle keskimäärin 47 m kohdalla (vaihteluväli 7–83 m padosta, punaiset nuolet kuvassa 4).



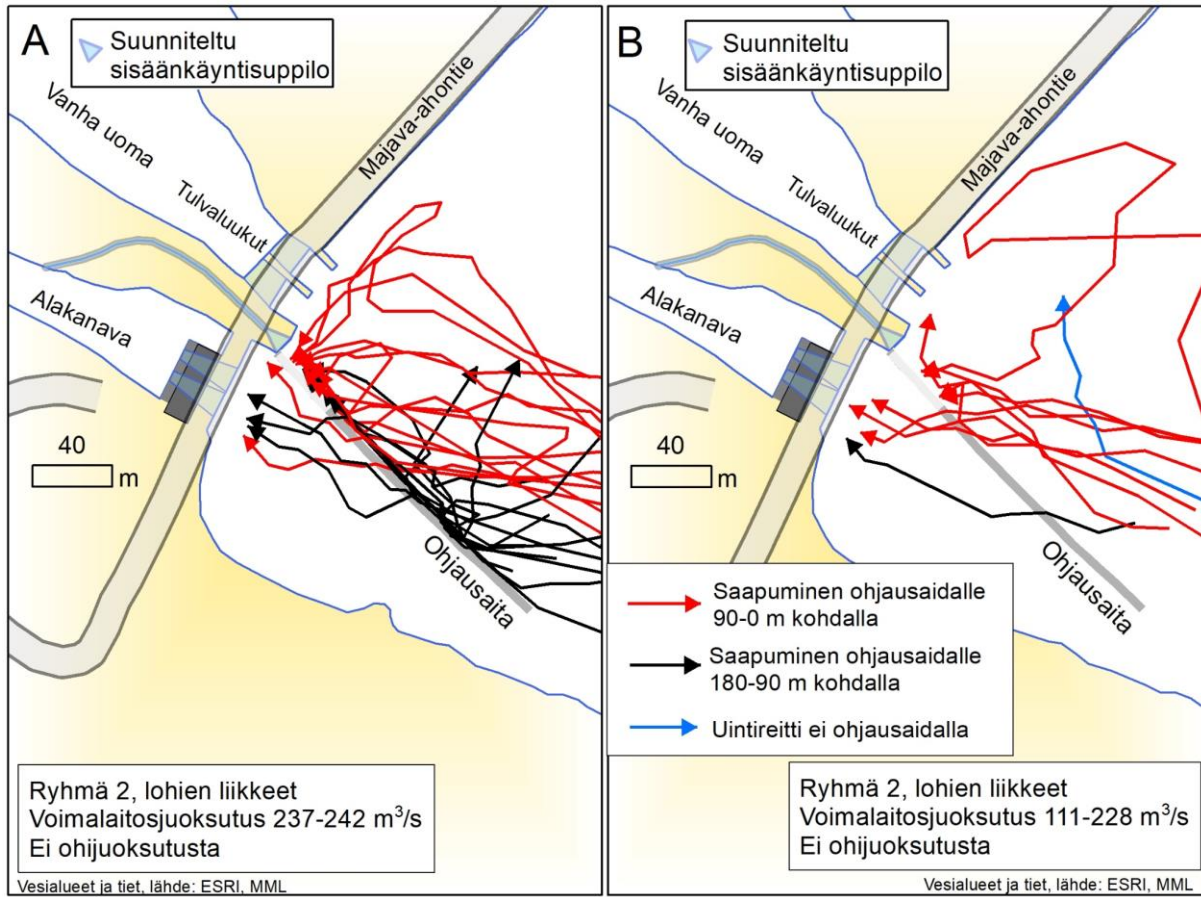
Kuva 4. Ensimmäisen vapautuserän smolttien uintireitit vuonna 2020. Kuvassa on mustilla nuolilla merkitty ohjausaidan yläosalle (180–90 m padosta) ja punaisilla nuolilla ohjausaidan alaosalle (90–0 m padosta) saapuneiden smolttien uintireitit. Sinisillä nuolilla on esitetty niiden smolttien uintireitit, mitkä eivät johtaneet ohjausaidalle.



Kuva 5. Ohjausaidan alittaneiden smolttien uintireitit vuonna 2020: A) Ensimmäisen vapautuserän uintireitit ja B) toisen vapautuserän uintireitit. Mustilla nuolilla on merkitty ohjausaidan alitukset virtaamatilanteissa yli $220 \text{ m}^3/\text{s}$ ja punaisilla nuolilla ohjausaidan alitukset virtaamatilanteissa alle $220 \text{ m}^3/\text{s}$.

Toisen vapautuserän smolteista yhteensä 82 prosenttia selviytyi tutkimusalueelle (Taulukko 1), ja näistä 73 % saapui tutkimusalueelle noin $240 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaamatilanteessa (Kuva 6A). Näistä 44 % ($n=12$) saapui lähelle ohjausaitaa sen yläosalla (mustat nuolet kuvassa 6A) ja 56 % aidan alaosalla ($n=15$, punaiset nuolet kuvassa 6A). Ohjausaidan alitse näistä ui 5 smolttia, joista kolme ui heti aidan ali, ja kaksi seurasivat ensin aitaa 25 ja 90 m, kunnes alittivat sen 45 ja 107 metrin kohdalla (Kuva 5B).

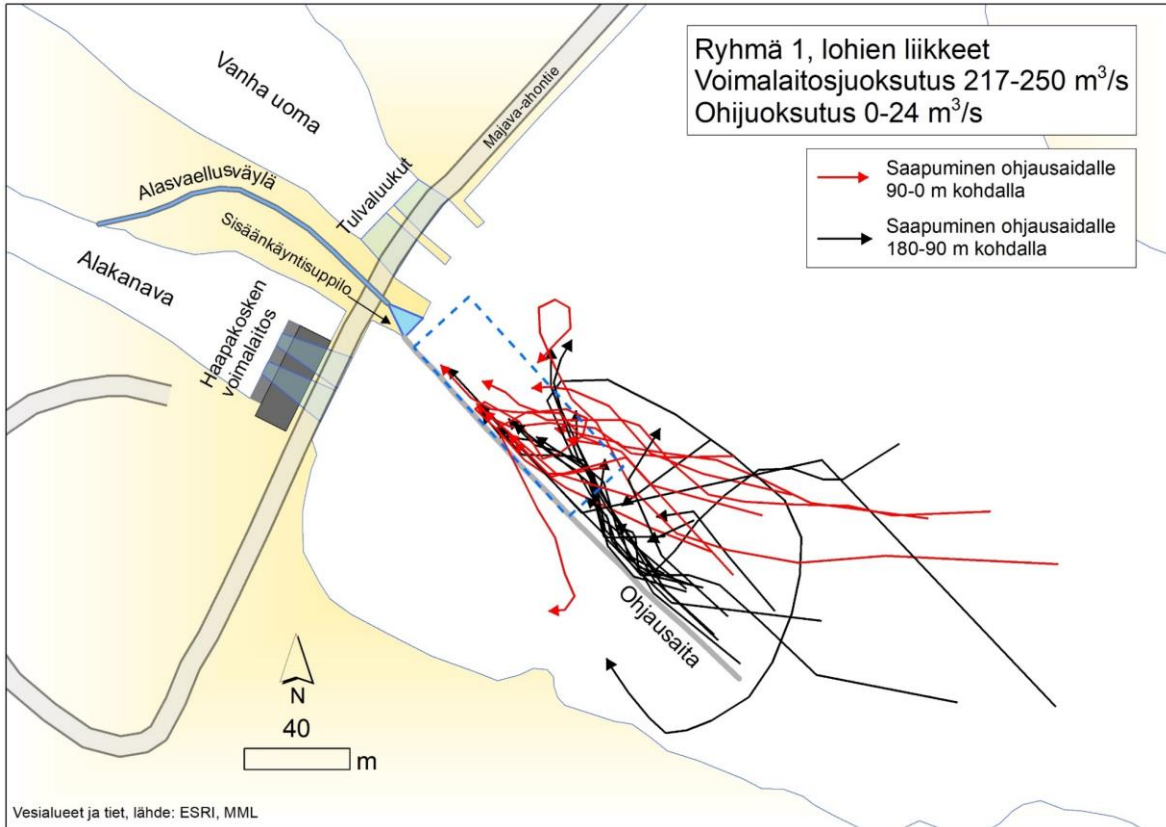
Loput 27 prosenttia ($n=10$) smolteista saapuivat tutkimusalueelle vasta, kun joen virtaama oli laskenut välille $111\text{--}228 \text{ m}^3/\text{s}$ (Kuva 6B). Näistä smolteista kaikki kahta lukuun ottamatta saapuivat lähelle ohjausaidan alaosa (punaiset nuolet kuvassa 6B) keskimäärin 42 m kohdalla (vaihteluväli 20–69 m). Lisäksi yksi smoltti saapui aidalle 110 m kohdalla (musta nuoli kuvassa 6B). Yksi smoltti myös lähestyi voimalaitosta pääuoman pohjoisrannan puolella, mutta ei saapunut ohjausaidan lähialueelle ollenkaan ensimmäisellä voimalaitoksen lähestymisellään (Kuva 6B, sininen nuoli). Ohjausaidan läheisyyteen saapuneista smolteista neljä ui suoraan aidan ali (Kuva 5B) keskimäärin 65 m kohdalla (40–110 m).



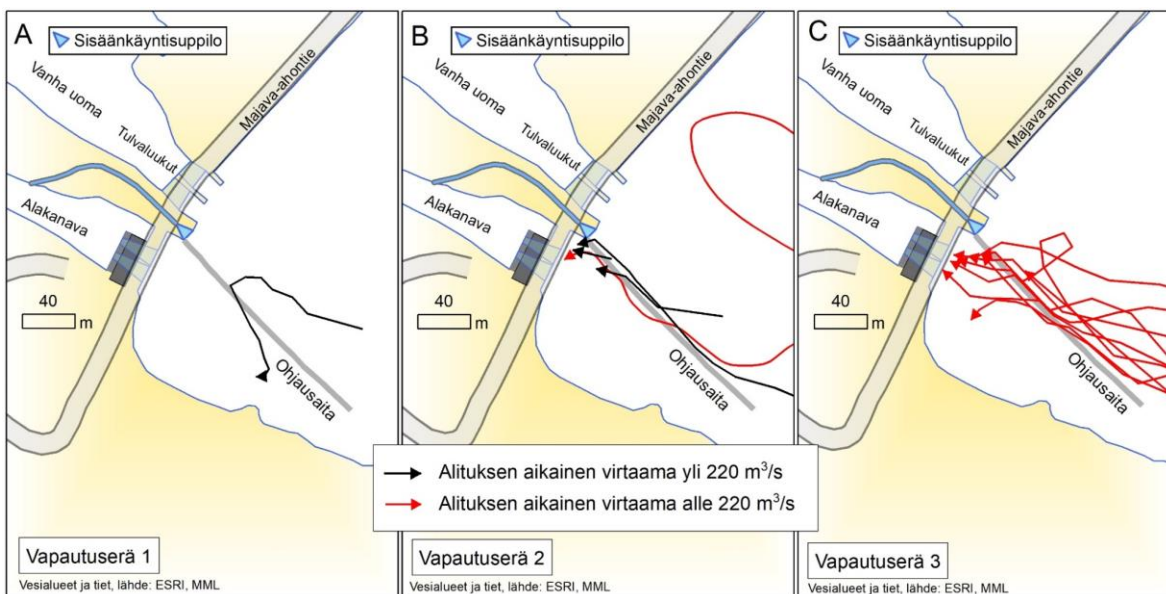
Kuva 6. Toisen vapautuserän smolttien uintireitit vuonna 2020: A) virtaamatilanteessa 237–242 m³/s ja B) virtaamatilanteilla 111–228 m³/s. Kuvassa on mustilla nuolilla merkitty ohjausaidan yläosalle (180–90 m padosta) ja punaisilla nuolilla ohjausaidan alaosalle (90–0 m padosta) saapuneiden smolttien uintireitit. Sinisillä nuolilla on merkitty niiden smolttien uintireitit, mitkä eivät johtaneet ohjausaidalle.

2.4.2. Smolttien ohjausaidan ja alasvaellusväylän sisäänkäynnin toimivuus vuonna 2023

Ensimmäisen vapautuserän smolteista tutkimusalueelle selviytyi 83 prosenttia. Suurin osa yksilöistä saapuivat tutkimusalueelle virtaamatilanteessa, missä vettä juoksutettiin ohijuoksutusluukuista 3–24 m³/s (kokonaisvirtaama 247–279 m³/s), mutta neljän yksilön saapumisen aikaan ohijuoksutusta ei enää ollut. Tutkimusalueelle saapuneista smolteista 62 prosenttia (n=18) saapui ohjausaidan yläosalle, mistä ne jatkoivat uintiaan ohjausaidan suuntaisesti kohti voimalaitospatoa (Kuva 7). Loput 34 prosenttia (n=10) smolteista lähestyivät voimalaitospatoa pääuoman pohjoisreunalta ja ne saapuivat ohjausaidan lähialueelle keskimäärin 59 m kohdalla (vaihteluväli 40–80 m) (Kuva 7). Näistä yksi smoltti ui suoraan ohjausaidan ali 51 metrin kohdalla (Kuva 8A).



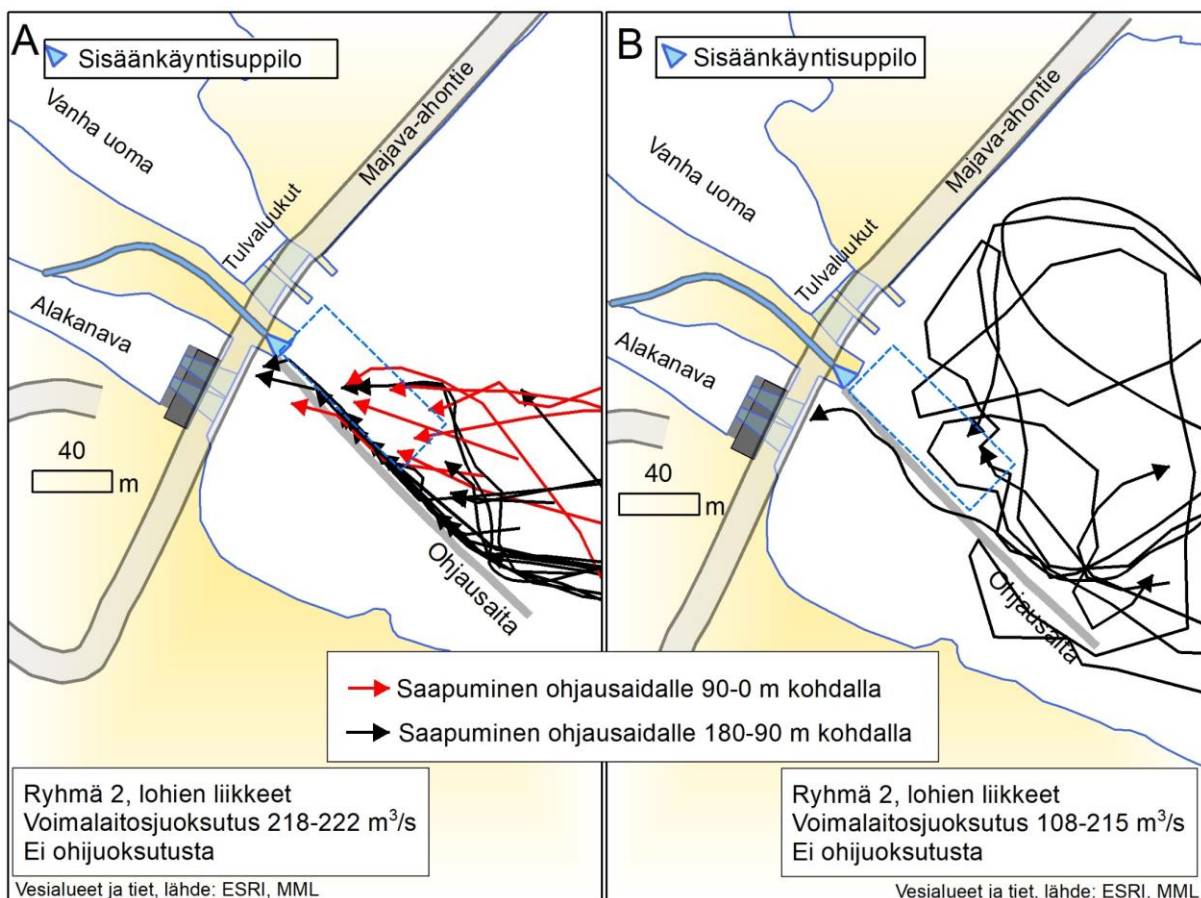
Kuva 7. Ensimmäisen vapautuserän smolttien uintireitit vuonna 2023. Kuvassa on mustilla nuolilla merkitty ohjausaidan yläosalle (180–90 m padosta) ja punaisilla nuolilla ohjausaidan alaosalle (90–0 m padosta) saapuneiden smolttien uintireitit. Sinisellä katkoviivalla on esitetty alue, jolle smoltit pääsääntöisin jäivät liikkumaan alueelle saapumisensa jälkeen.



Kuva 8. Ohjausaidan ali uineiden smolttien uintireitit vuonna 2023: A) ensimmäisen vapautuserän ohjausaidan alitukset, B) toisen vapautuserän ohjausaidan alitukset ja C) kolmannen vapautuserän ohjausaidan alitukset. Mustilla nuolilla on merkitty ohjausaidan ohjausaidan alitukset virtaamatilanteissa yli 220 m³/s ja punaisilla nuolilla virtaamatilanteissa alle 220 m³/s.

Toisen vapautuserän smolteista yhteensä 86 prosenttia selviytyi tutkimusalueelle. Näistä 83 % (n=25) saapui tutkimusalueella noin 220 m³/s virtaamatilanteessa (Kuva 9A). Smolteista 72 % (n=18) saapui ohjausaidan yläosalle, mistä ne lähtivät uimaan ohjausaidan suuntaisesti kohti alasvaellusväylän sisäänkäyntiä (mustat nuolet kuvassa 9A). Loput seitsemän smolttia saapuivat ohjausaidan lähialueelle aidan alaosalla (punaiset nuolet kuvassa 9A). Ohjausaidalle saapuneista smolteista kolme ui ensin aidan suuntaisesti 35–145 m, minkä jälkeen ne alittivat aidan lähellä alasvaellusväylän sisäänkäyntiä (Kuva 8B, mustat nuolet).

Toisesta vapautuserästä neljä smolttia saapui tutkimusalueelle vasta, kun joen virtaama oli laskenut alle 200 m³/s ja yksi smoltti saapui virtaaman ollessa 215 m³/s (Kuva 9B). Nämä kaikki saapuivat ohjausaidan yläosalle, 92–170 metrin kohdalle. Näistä kaksi smolttia ui ennen ohjausaidalle saapumistaan laajasti joen pohjoisrannan puolella, kunnes toinen näistä ui aidan ali pian sen läheisyyteen saavuttuaan (punaiset nuolet kuvassa 8B, & Kuva 9B).

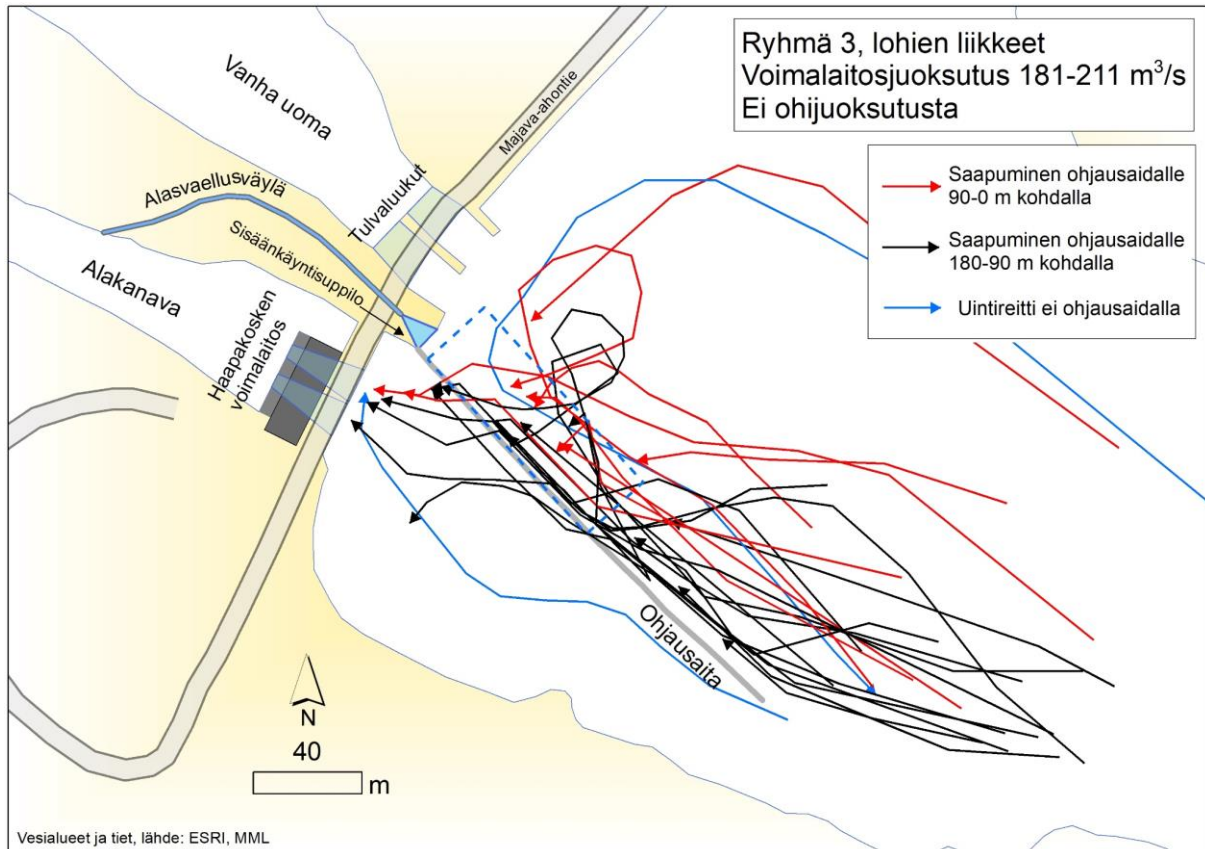


Kuva 9. Toisen vapautuserän smolttien uintireitit vuonna 2023: A) virtaamatilanteessa 218–222 m³/s ja B) virtaamatilanteessa 108–215 m³/s. Kuvassa on mustilla nuolilla merkitty ohjausaidan yläosalle (180–90 m padosta) ja punaisilla nuolilla ohjausaidan alaosalle (90–0 m padosta) saapuneiden smolttien uintireitit. Sinisellä katkoviivalla esitetty alue, jolle smoltit pääsääntöisesti jäivät liikkumaan alueelle saapumisensa jälkeen.

Kolmannen vapautuserän smolteista yhteensä 71 prosenttia selviytyi tutkimusalueelle (Taulukko 1). Yhtä smolttia lukuun ottamatta, kaikki saapuivat tutkimusalueelle noin 180–210 m³/s virtaamatilanteessa (Kuva 10). Tuo yksittäinen smoltti saapui tutkimusalueella muista poiketen vasta kaksi vuorokautta vapautuksen jälkeen, jolloin virtaamatilanne oli laskenut 97 kuutioon sekunnissa. Näistä smolteista 56 % (n=14) saapui ohjausaidan yläosalle, mistä ne lähtivät

uimaan aidan suuntaisesti kohti alasvaellusväylän sisäänkäyntiä (merkittynä mustilla nuolilla kuvaan 10). Smolteista 38 % (n=9) saapui ohjausaidan alaosalle, kaksi smolttia ui suoraan aidan ali 15 m ja 160 m kohdalla, ja seitsemän smolttia alitti aidan seurattuaan sitä ensin 15–150 m (Kuva 8C).

Kolmannessa vapautuserässä aidan alitti yhteensä 39 % (n=9) aidan läheisyyteen saapuneista smolteista. Lisäksi yksi smoltti ui suoraan ohjausaidan etelärannan puolelle, ja yksi smoltti saapui voimalaitospadolle ohjuoketusluukkujen edustalla, minkä jälkeen se kääntyi takaisin ylävirran suuntaan (merkittyinä sinisillä nuolilla kuvassa 10).



Kuva 10. Kolmannen vapautuserän smolttien uintireitit vuonna 2023. Kuvassa on mustilla nuolilla merkitty ohjausaidan yläosalle (180–90 m padosta) ja punaisilla nuolilla ohjausaidan alaosalle (90–0 m padosta) saapuneiden smolttien uintireitit. Sinisillä nuolilla on esitetty niiden smolttien uintireitit, mitkä eivät johtaneet ohjausaidalle. Sinisellä katkoviivalla on esitetty alue, jolle smoltit pääsääntöisesti jäivät liikkumaan alueelle saapumisensa jälkeen.

Smoltit jäivät liikkumaan ohjausaidan voimalaitoksen puoleiseen päähän kaikissa vapautuserissä ja yksikään smolteista ei siirtynyt alasvaellusväylän sisäänkäynnin kautta kiinniottohäkkeihin ensimmäisen lähestymisensä päätteeksi (Kuvat 7–10).

Keskimäärin smoltit pysyttelivät alueella 3 tuntia 50 minuuttia (vaihteluväli 0,15–19,38 tuntia) ennen kuin poistuivat alueelta joko alittamalla ohjausaidan (43 %) tai poistumalla kohti yläkanavan pohjoisrantaan (35 %), mutta osa (18 %) lähti uimaan ohjausaidan suuntaisesti ylävirran, jolloin useimmat myös kiersivät aidan eteläpuolelle ja loppujen kalojen (4 %) osalta poistumissuunta jäi epävarmaksi.

Uintireittien lisäksi vuonna 2023 keräytyi myös 36 smoltin lähettimistä tietoa niiden uintisyvyydestä. Smoltit saapuivat ohjausaidan lähialueelle keskimäärin alle 1 m veden pinnan alapuolella ja uintisyvyys säilyi samana smolttien uudessa ohjausaidan suuntaisesti. Suoraan ohjausaidan alittaneiden smolttien saapumissyvyys aidan läheisyyteen oli keskimäärin 1,6 metriä pinnasta, ja aita alittaessaan ne sukelsivat välittömästi yli kahden metrin syvyyteen. Tämän jälkeen useimmat niistä nousivat takaisin alle 1 m syvyyteen veden pinnasta.

2.5. Ohjausaidan ohjaustehokkuus

Ohjausaidan toimivuuden tehokkuudeksi saatiin kahden vuoden seurannan perusteella keskimäärin 74 %. Vuosien välillä keskimääräinen ohjaustehokkuus ei eronnut (v. 2020: 76 % ja v. 2023: 72 %), mutta molempina vuosina tehokkuudessa havaittiin vaihtelua vapautuserien välillä. Molempina vuosina aidan ohjaustehokkuus oli korkein ensimmäisellä vapautuserällä: vuonna 2020 tehokkuus oli 85 % ja vuonna 2023 ohjaustehokkuus oli 83 %. Samaan aikaan myös joen kokonaisvirtaama oli korkein.

Heikoin ohjaustehokkuus, eli 56 %, oli vuoden 2023 kolmannella vapautuserällä, jolloin myös joen kokonaisvirtaama oli matalin, noin 200–210 m³/s. Molempina vuosina toisen vapautuserän ohjaustehokkuus oli noin 70 % (v. 2020: 68 % ja v. 2023: 73 %). Toisen vapautuserän aikaan joen kokonaisvirtaama oli samaa suuruusluokkaa vuosien välillä: v. 2020 noin 240 m³/s ja v. 2023 noin 220 m³/s. Yleisin syy ohjauksen epäonnistumiselle oli smolttien uiminen aidan alitse niiden lähestyessä aita. Smoltteja ui aidan alitse useammin molempina vuosina, kun joen kokonaisvirtaama kääntyi laskuun (Kuvat 5 ja 8).

2.6. Alasvaellusväylän sisäänkäynnin toimivuus

Alasvaellusväylä oli ensimmäistä vuotta käytettävissä kesällä 2023. Tutkimusalueelta tallentuneiden havaintojen perusteella smoltteja saapui jokaisesta kolmesta vapautuserästä alasvaellusväylän sisäänkäynnin lähialueelle, mutta smoltit jäivät liikkumaan sisäänkäynnin ylävirran puolelle, mistä ne lopulta poistuivat kokonaan seuranta-alueelta. Yksikään smoltti ei siis edennyt alasvaellusväylän yhteydessä oleviin kiinniottohäkkeihin lähestyessään sisäänkäyntiä ensimmäistä kertaa.

Vasta myöhemmin kiinniottohäkeistä saatiin seurannan aikana havaintoja kahdesta akustisella lähettimellä merkitystä smoltista. Molemmat näistä smolteista olivat saapuneet tutkimusalueelle ensimmäisen kerran 2. kesäkuuta, mutta kiinniottohäkeistä ne tavattiin vasta 5 ja 12 vrk myöhemmin. Näiden kahden yksilön perusteella alasvaellusväylän sisäänkäynnin toimivuus koko tutkimuksen tasolla arvioituna oli 2,3 % (2/84 tutkimusalueella saapuneesta smoltista).

Alasvaellusväylän sisäänkäynnin automaattinen vedenpinnankorkeutta seuraava säätömekanismi rikkoutui 6. kesäkuuta, jonka jälkeen se oli säädettyä taljojen varassa yhdelle korkeudelle. Tämän seurauksena vedenpinnan laskiessa sisäänkäynnin syvyys ja vesimäärä vähenivät ja yksittäisien tuntien aikana sisäänkäynti oli jopa kokonaan kuivilla. Sisäänkäynnillä olleiden teknisten ongelmien vuoksi ei tämän tutkimuksen perusteella voida arvioida millaisia tulokset olisivat olleet, jos säätömekanismi olisi toiminut tarkoitetulla tavalla. Ensimmäinen vapautuserä ehdittiin vapauttaa ennen säätömekanismin rikkoutumista.

2.7. Yhteenveto ja jatkotutkimustarpeet

Haapakoskelle rakennettu kelluva ohjausaita toimii keskimäärin hyvin lohismolttien ohjauksessa. Kelluvan ohjausaidan toimivuudessa havaittiin jonkin verran eroja virtaamatilanteiden välillä. Ohjausaidan toiminta heikentyi hieman joen kokonaisvirtaaman laskiessa, jolloin smoltit kohtasivat ohjausaidan useammin lähempänä voimalaitoista ja lisäksi todennäköisyys aidan alittamiselle kasvoi.

Haapakoskella tehtyjen virtausmallien perusteella (ennen ohjausaidan rakentamista) virtausolosuhteiden tiedetään muuttuvan voimalaitoksen yläpuolella (Huusko ym. 2018). Havainnot smolttien käyttäytymisessä ja ohjausaidan toimivuudessa voivatkin johtua virtausnopeuden ja virtausolosuhteiden muutoksista ohjausaidan läheisyydessä virtaaman muuttuessa, sillä näillä muutoksilla on aiemmin havaittu olevan vaikutusta rakenteen toimivuuteen (Scruton ym. 2002, Huusko ym. 2018). Smolttien liikkuminen kohti voimalaitosta oli sekä ennen ohjausaitaa että ohjausaidan rakentamisen jälkeen suoraviivaisempaa korkeammilla virtaamilla. Tässä tutkimuksessa havaitut smolttien käyttäytymismallit aidan lähialueelle saapumisetäisyyden ja uintireittien suhteen ennen aidalle saapumista olivat samansuuntaisia kuin ennen ohjausaidan rakentamista tehdyssä käyttäytymistutkimuksessa (Huusko ym. 2018). Lisäksi smolttien saapuminen tutkimusalueelle jakautui hieman eri tavalla virtaamatilanteiden välillä sen suhteen uivatko smoltit päävirran keskellä tai päävirran pohjoisrannan puolella.

Ohjausaidan toiminnan optimoimiseksi myös alhaisemmillä virtaamilla tulisi jatkossa selvittää tarkemmin virtausolosuhteita ohjausaidan läheisyydessä. Tässä tutkimuksessa saatua tietoa kalojen uintisyvyydestä ja käyttäytymisestä voidaan hyödyntää vertailuaineistona tehtyihin virtausmalleihin ja saada siten lisätietoa mahdollisesta virrannopeuden vaikutuksesta kalojen käyttäytymiseen.

Kevään 2023 tulokset osoittivat, etteivät smoltit uineet suoraan ohjausaitaa seurattuaan alasvaellusväylän sisäänkäyntiin vaan jäivät liikkumaan sisäänkäynnin etupuolelle useiksi tunneiksi. Lisäksi useat smoltit palasivat uudelleen samalle alueella seurannan aikana, mutta vain kaksi akustisella lähettimellä merkittyä smolttia ui lopulta alasvaellusväylän sisäänkäyntisuppiloon ja sen yhteydessä olevaan kiinniottohäkkiin.

Alasvaellusväylän sisäänkäynnin lähialueen virtausolosuhteiden on osoitettu olevan oleellisia sen toimivuudelle ja epäedulliset olosuhteet voivat jopa estä vaelluspoikasia käyttämästä sitä (Haro ym 1998, Scruton ym. 2002, Enders ym. 2012). Sisäänkäynnin lähellä virtauksen tulisi olla pyörteetön ja virtausnopeuden tulisi kasvaa tasaisesti kohti sisäänkäyntiä, sillä smolttien on havaittu välttelevän alueita, missä virtausnopeus muuttuu nopeasti (Haro ym. 1998, Johnson & Dauble 2006).

Haapakoskella havaittu alasvaellusväylän sisäänkäynnin heikko toimivuus selittyikin todennäköisesti osittain sisäänkäynnin automaattisen vedenkorkeutta seuraavan säätömekanismin rikkoutumisesta tutkimuksen alkupuolella (6. kesäkuuta), sillä tämän jälkeen se oli kiinteästi asennettu yhdelle tasolle ja seurannan aikana oli ajanjaksoja, joiden aikana sisäänkäynti oli jopa kokonaan veden pinnan yläpuolella. Tästä syystä virtausolosuhteet sisäänkäynnillä ovat poikenneet lähes koko kauden ajan tavoitelluista. Toimivuuden testaus tulisikin tehdä uudelleen sisäänkäyntisuppilon tekniikan ollessa toiminnassa. Jatkossa olisi kuitenkin hyödyllistä varmistaa mittauksilla tai mallinnoilla virtausolosuhteiden muuttuminen ohjausaidan loppuosalta kohti sisäänkäyntiä, sillä vaelluspoikasten havaittiin hidastavan vaellustaan jo useita kymmeniä metrejä ennen sisäänkäyntiä. Havaittu vaelluksen hidastuminen voi viitata

virtausnopeuden hidastumiseen ohjausaidan loppuosalla, jolloin ne eivät sujuvasti ohjautu sisäänkäynnin välittömään läheisyyteen.

Alasvaellusväylän sisäänkäynnin toimivuuteen vaikuttaa tutkimusten perusteella myös alasvaellusväylän kautta johdettavan virtaaman määrä. Veden pintakerroksessa sijaitsevien alasvaellusväylien virtaama on vaihdellut yleisesti noin 1–13 % välillä joen keskivirtaamasta (Johnson & Dauble 2006), mutta yhdessä ohjausrakenteen kanssa alasvaellusväylän virtaama voi olla jopa tätä pienempi. Esimerkiksi Exploits-joella smolteista 72 % havaittiin käyttävän alasvaellusväylää, joka sijaitsee kyllä ohjausrakenteen yhteydessä, vaikka alasvaellusväylän kautta juoksutettava virtaama oli vain 0,6–1,3 m³/s (joen virtaama 173–201 m³/s) (Scruton ym. 2007). Haapakoskella alasvaellusväylään juoksutettavaa vesimäärää voidaan lisätä erillisen purkuputken kautta vettä juoksuttamalla. Jatkotutkimuksissa olisikin hyvä huomioida ja arvioida erilaisien virtaamamäärien vaikutusta alasvaellusväylän sisäänkäynnin virtausolosuhteisiin.

Haapakoskella ohjausaidan sijoittamisen ja pituuden valinnan apuna käytettiin tietoja smoltien käyttäytymistutkimuksesta (Huusko ym. 2018). Tässä tutkimuksessa saadut tulokset osoittivat, että tietoja hyödyntämällä on onnistuttu rakentamaan ohjausaita, jonka avulla saada ohjattua smoltteja haluttuun suuntaan. Jatkossa tulisi kuitenkin kiinnittää vielä enemmän huomiota virtausolosuhteisiin ja niiden vaihteluihin erilaisilla joen kokonaisvirtaamilla, jotta ohjausaita ja erityisesti alasvaellusväylän sisäänkäynti toimisivat mahdollisimman hyvin.

3. Oulujoen Montan ja Merikosken voimalaitoksien alakanavan virtausmallinnus ja lohien telemetriaseuranta

Oulujoen pääuomassa (keskivirtaama n. 250 m³/s) on seitsemän voimalaitosta. Montan voimalaitos on näistä toiseksi alin ja se sijaitsee noin 40 km jokisuusta ylävirtaan (Kuva 5). Oulujoen alimman voimalaitoksen, Oulun kaupungissa sijaitsevan Merikosken kalatie mahdollistaa lohien nousun voimalaitoksen ohi Montan voimalaitokselle saakka sekä Oulujoen sivujokiin Muhos- ja Sanginjoelle. Oulujoella lohet nousevat pääosin elo-syyskuussa Merikosken kalatien läpi, joten lohien määrä on Montan voimalaitoksen alapuolella suurimmillaan loppukesällä ja syksyllä ([Merikosken kalatie lukuina](#), [Oulun energia](#)). Oulujoen lohia kerätään Montan voimalaitoksen alakanavan keskiosan reunalla olevalla kiinniottolaitteella kuljetettavaksi ylävirtaan kutualueille.

Vesivoimalaitosten alakanavissa vallitsevat olosuhteet ovat yleisesti ylävirtaan pyrkiville kaloille 'ennen kokematon' elinympäristö, jossa ohjautuminen esimerkiksi kalatiehen tai kalojen kiinniottolaitteen sisäänkäynnille voi olla erittäin haasteellista. Alakanavan poikkileikkausprofiili on tyypillisesti suora, U:n muotoinen uoma, jonka pituus vaihtelee parista sadasta metrillä jopa muutamaan kilometriin. Suhteellisen sileäpohjaisessa, syvässä uomassa ylävirtaan uiville kaloille ei ole luonnontilaisen joen tavoin tarjolla suojapaikkoja, kuten isoja kiven lohkaraita. Käytännössä kalat joutuvat koko alakanavan pituudelta yhtäjaksoisesti uimaan virrannopeudeltaan ja turbulentsuudeltaan vaihtelevaan vastavirtaan aina voimalaitokselle saakka. Lisähaasteen kaloille tuo sähköntuotannon tarpeiden mukaan säätävä virtaama, joka voi vaihdella tunneittain. Kulloinkin käytössä olevan turbiiniyhdistelmän mukaisesti virtaamavaihtelut aiheuttavat voimakkaita, nopeitakin muutoksia alakanavan virtausolosuhteissa.

Tässä työpaketissa mallinnettiin 3-ulotteisella virtausmallinnuksella Oulujoen Montan ja Merikosken voimalaitoksien alakanavien virtausolosuhteita erilaisilla virtaamilla ja voimalaitoksen turbiinien käyttöyhdistelmillä. Toisena osatyönä selvitettiin vaelluslohien käyttäytymistä Montan voimalaitoksen alakanavassa akustisella telemetrialla. Aiemmin Oulujoen voimalaitosten alakanavissa toteutettuihin radiotelemetriaseurantoihin (Karpainen ym. 2008, Huusko ym. 2010) verrattuna akustinen telemetria mahdollisti lohien hetkellisten sijaintitietojen määrittämisen koko alakanavan alueella aiempaa huomattavasti tarkemmin. Osatöiden aineistoja yhdistämällä voidaan tarkastella mm. lohien valitsemia nousureittejä ja kalojen suosimia virtausolosuhteita alakanavan alueella.

3.1. Virtausmallinnus

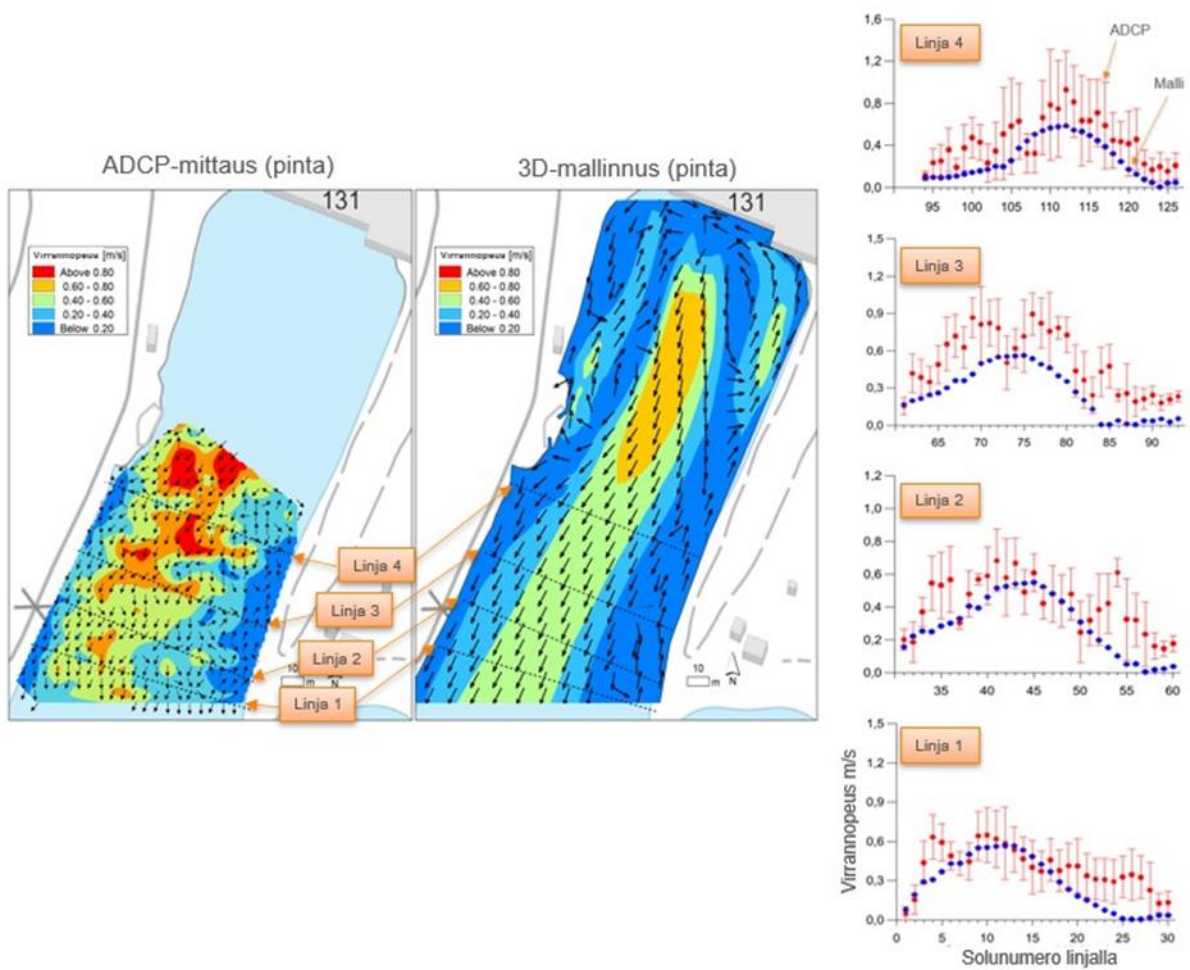
Vesialueen virtausolosuhteiden mallintamiseen tarvitaan useita lähtöaineistoja, joita ovat mm. mallinnettavan uoman topografia, vedenpinnan korkeus mallinnettavilla virtaamilla ja uoman pohjan karkeustieto. Mallin tulosten tarkkuuteen ja oikeellisuuteen vaikuttavat sekä lähtöaineistojen tarkkuus että mallinnettavat ulottuvuudet. Virtausmallin kyky simuloida mallinnuksen kohdealueen virtausolosuhteita luotettavasti varmistetaan vertaamalla mallinnettuja tuloksia kohdealueelta tehtyihin virtausmittauksiin.

Montan alakanavan 3-dimensionaalisen virtausmallinnuksen toteutti Fortum Power and Heat/Hydro hyödyntäen käytettävissään olevia alakanavan uoman korkeusmallia ja

vedenpinnan korkeustietoja eri virtaamilla (Fortum Power and Heat 2022). Korkeusmalli ulottui laajemmalle alueelle kuin tarkasti kuvattava alakanava, jotta alakanavan alapuolisen syvyyden vaikutus virtauksiin voitiin mallissa kuvata. Mallinnohjelmiton käytettiin Saint Venant'n yhtälöihin perustuva Mike3D non hydrostatic (DHI, Hollanti) -ohjelmistoa, jossa sovelletaan täydellisiä kolmiulotteisia yhtälöitä. Korkeimmassa vedenpinnan tasossa mallissa oli 89927 elementtiä, joiden yksityiskohtainen horisontaalinen koko ja alueellinen jakauma ja vertikaalinen korkeus käyvät ilmi Fortum Power & Heat'n (2022) muistioista. Mallinnuksessa laskettiin valituille voimalaitoksen kokonaisvirtaama- ja turbiinien käyttöyhdistelmälanteille jokaiselle mallin elementille keskimääräinen virrannopeus ja sen päävirtaussuunta sekä turbulenttinen kineettinen energia (TKE), joka kuvaa turbulentsisuuden voimakkuutta.

Montan alakanavan virtausmallin kalibrointia varten voimalaitoksen juoksutukseksi säädettiin Fortumin toimesta virtaamatilanne, jossa voimalaitoksen keskimmäisestä turbiinista virtasi $170 \text{ m}^3/\text{s}$ ja ohijuoksutuskanavan kautta $250 \text{ m}^3/\text{s}$. Virtausolosuhteiden tasaantumista varten virtaamatilanne ylläpidettiin noin kolme tuntia ennen kalibrointimittausten aloittamista. Pohjois-Pohjanmaan Ely-keskus ja Aalto yliopisto mittasivat akustisella virtausprofiilimittarilla (Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP) useita poikkileikkauslinjoja Montan alakanavan alueelta, jossa kauko-ohjattavan ADCP-laitteen käyttö oli teknisesti mahdollista. ADCP-mittausten tuottamia uoman virrannopeusprofileita hyödyntäen virtausmalli sovitettiin lopulliseen versioonsa. Mallin kalibroinnissa ja varmentamisessa käytettiin myös aiempia Montan alakanavassa tehtyjä ADCP-mittauksia (Fortum Power and Heat 2022).

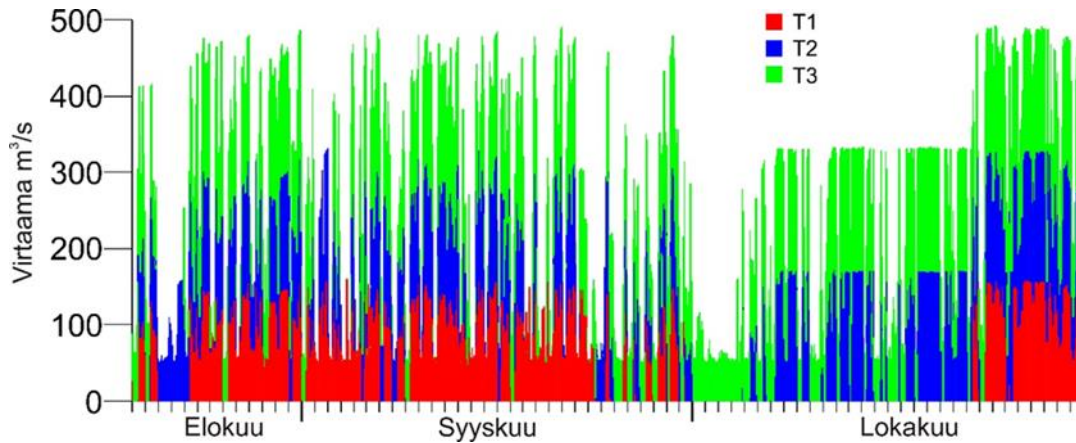
Kalibrointitulosten perusteella testiolosuhteisiin sovitettu virtausmalli toimi verraten hyvin: alakanavan vertailualueella virrannopeudet ja virrannopeuksien poikkileikkausprofiilien muoto vastasivat toisiaan. ADCP-mittaus huomioi mittauksessaan virtauskenttien paikallisen pyörteisyden, mutta mallinnus ei niitä huomionnut. Tämän vuoksi ADPC-mittauksissa havaittujen virrannopeuksien vaihtelu oli huomattavaa ja laskennallinen virrannopeuksien keskiarvo oli mallinnustuloksen elementtikohtaista virrannopeutta hieman suurempi (Kuva 11). Tulosten perusteella pääteltiin, että Montan alakanavan olosuhteisiin viritetty 3-dimensionaalinen virtausmalli kykeni tuottamaan riittävän realistisen kuvauksen virtausolosuhteista erilaisissa virtaama- ja turbiinyhdistelmien käyttötilanteissa.



Kuva 11. Montan alakanavan 3-dimensionaalisen virtausmallinnuksen kalibrointi/validointi, kun virtaama voimalaitoksen keskimmaisestä turbiinista oli $170 \text{ m}^3/\text{s}$. Vasemmassa kuvassa on esitetty akustisella virtausprofiilimittarilla (ADCP) tehtyjen mittausten perusteella laadittu veden pintavirrannopeuskartta ja virtauksien suuntanuolet. Oikeanpuoleinen kartta on vastaava virtausmallinnuksen tulos pintavirrannopeuksista suuntanuolineen. Koko kuvan oikeassa reunassa on neljältä poikkileikkauslinjalta virtausmallinnuksen elementeiltä poimitut virrannopeusarvot (sininen piste) ja ADCP-mittauksien vastaaviin elementteihin georeferoitujen mitaushavaintojen virrannopeuden keskiarvo ja keskihajonta.

3.2. Mallinnetut virtaamatilanteet

Montan voimalaitoksen alakanavan virtaamatilanteiden tarkastelujaksoksi otettiin sama ajanjakso (19.8.–30.10.2021), jolloin alueella tehtiin lohien akustinen telemetriaseuranta (kappaleet 3.3–3.4). Fortumilta saatiin ko. ajanjaksolle tuntikohtaiset kokonaisvirtaamat ja niiden jakautuminen voimalaitoksen kolmen turbiinin kesken (Kuva 12).



Kuva 12. Montan tuntikohtaiset kokonaistuntivirtaamat ja kunkin tunnin turbiinien (T1, T2 ja T3) virtaamaosuudet 19.8.–30.10.2021.

Kunkin turbiinin tuntivirtaama pyöristettiin tasalukuun 20 m³/s luokkaväleillä (esimerkiksi 40 m³/s käsittää virtaamat 30–50 m³/s, 60 m³/s käsittää virtaamat 50–70 m³/s jne.), minkä jälkeen tuntivirtaama-turbiinien käyttöyhdistelmät ryhmiteltiin. Koko ajanjaksolle (1 752 tuntia) saatiin 89 erilaista tuntivirtaama-turbiinien käyttöyhdistelmää. Mallinnettaviksi tilanteiksi hyväksyttiin tuntivirtaama-turbiiniyhdistelmät, jotka olivat olleet käytössä vähintään 10 tuntia tarkasteluajanjaksolla. Tällaisia yhdistelmiä oli 23 ja ne kattoivat 90 % koko tarkasteluajanjakson virtaamatilanteista (Taulukko 2).

Taulukko 2. Mallinnetut Montan virtaamien tuntikohtaiset turbiinien käyttöyhdistelmät ja kokonaistuntimäärä, jolloin ko. virtaama-turbiiniyhdistelmä oli vallitsevana ajanjaksolla 19.8.–30.10.2024.

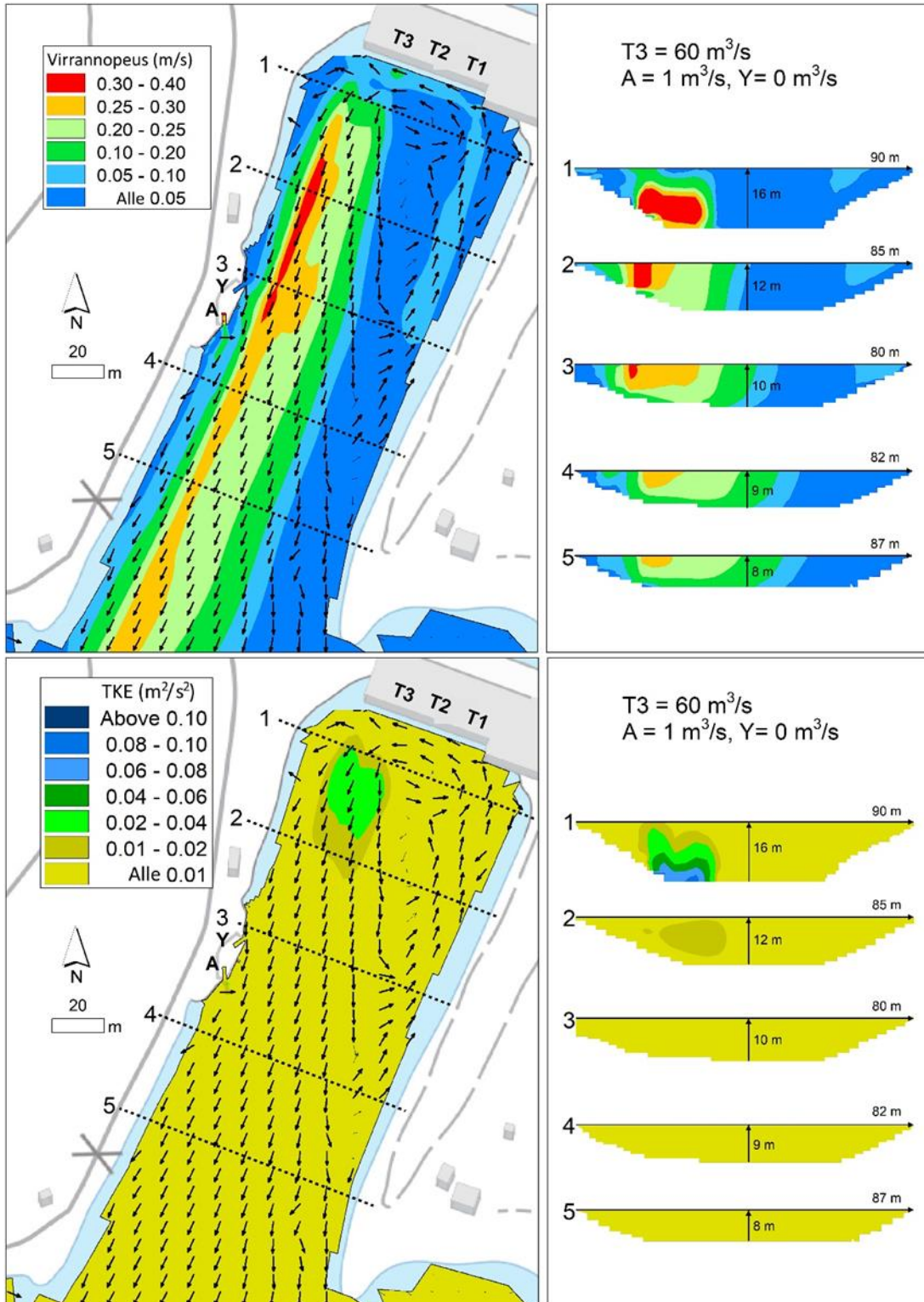
T1	T2	T3	Tunnit
0	0	60	253
60	0	0	105
0	60	0	56
0	60	60	42
60	60	60	32
60	0	60	23
80	80	80	53
0	80	80	36
0	0	80	29
80	0	80	17
80	0	0	16
80	80	0	12
0	80	0	14
100	100	100	88
0	100	100	31
0	0	100	22
120	120	120	109
0	120	120	15
140	140	140	196
0	140	140	20
160	160	160	197
0	160	160	194
160	160	0	17

Mallinnustulokset ilmentävät huomattavia virtausolosuhteiden muutoksia erilaisten tuntivirtaama-turbiinien käyttöyhdistelmien välillä. Pienillä virtaamilla ($60 \text{ m}^3/\text{s}$; Kuva 13) lähes koko alakanavan alue on virrannopeudeltaan hidasta ja voimakkaan turbulენტtisuuden alue rajoittuu käytössä olevan turbiinin imuputken (virtauksen 'ulostuloaukko') läheisyyteen uoman pohjalla.

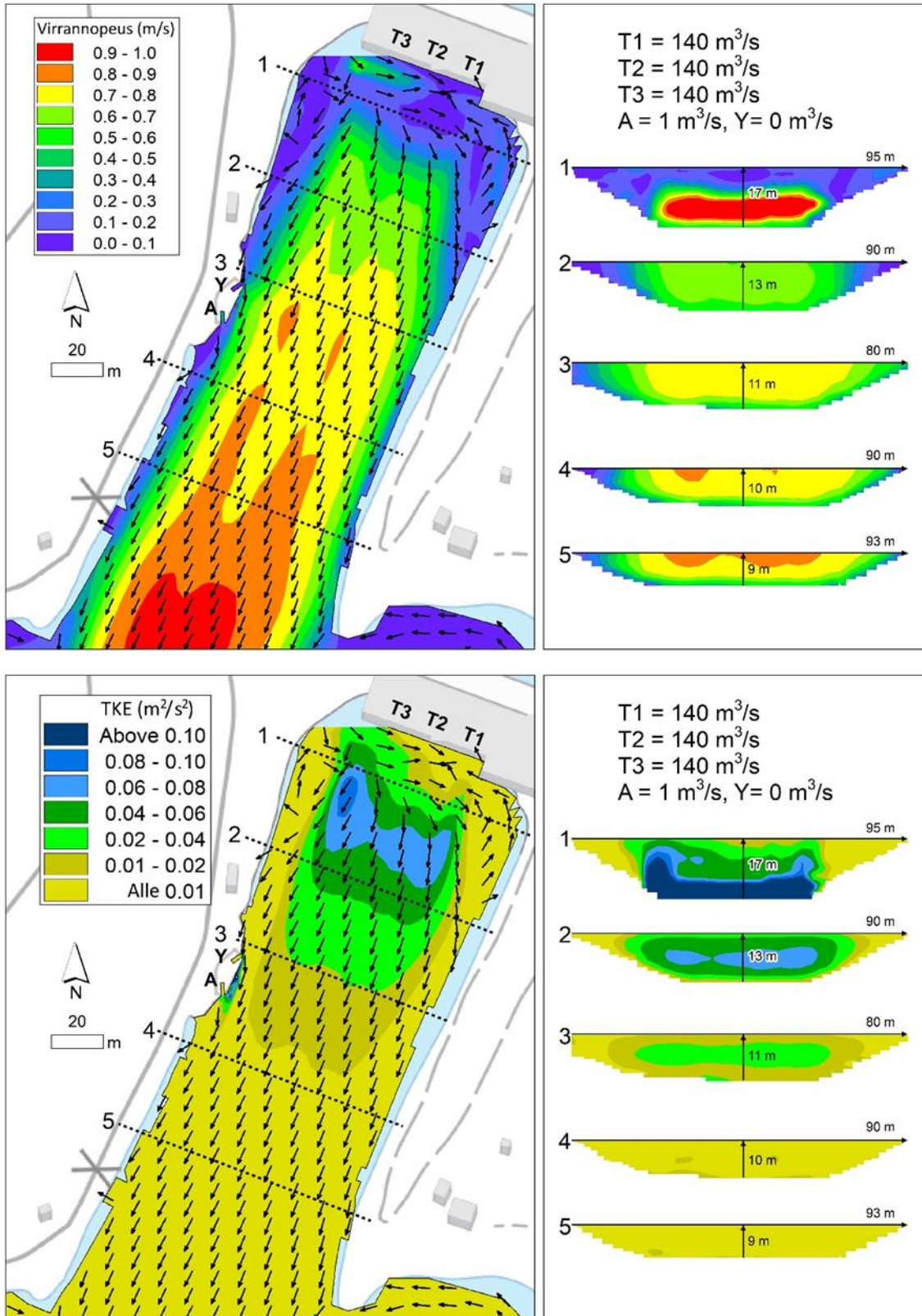
Suurella virtaamalla ($140 \text{ m}^3/\text{s}$; Kuva 14) voimakas turbiineista purkautuva vesisuihku pintautuu alakanavan puolivälissä ja etenee voimakkaina pintavirrannopeuksina alakanavan alaosan pintakerroksessa. Alakanavan yläosaan muodostuu lähes koko uoman levyinen voimakkaan turbulენტtisuuden alue, joka tyypillisesti näkyy veden pinnan 'kuohumisena'. Voimalaitoksen tuotantotarpeen mukaisesti peräkkäistenkin tuntien virtaama-turbiiniyhdistelmien käyttö voi vaihdella suuresti (Kuva 12), jonka seurauksena virtausolosuhteet alakanavassa ovat kaoottiset virrannopeuksien ja turbulენტtisuuden vaihdellessa voimakkaasti. Tällaiset epävakaat virtausolosuhteet luovat poikkeuksellisen haasteellisen uintiympäristön kaloille.

3.2.1. Merikosken voimalaitoksen alakanava

Montan voimalaitoksen alakanavan virtausmallinnuksen lisäksi Fortum Power and Heat/Hydro on toteuttanut vastaavan 3-dimensionaalisen virtausmallinnuksen myös Merikosken voimalaitoksen alakanavaan. Kaikkiaan erilaisia virtaama-turbiiniyhdistelmien käyttötilanteita on mallinnettu 63, joista jokainen sisältää myös kalatievirtaaman ($2 \text{ m}^3/\text{s}$) joko pystyrako- tai ylivirtausaukosta, yhteensä siis 126 virtaustilannetta. Merikosken virtausmallinnusta ei kuitenkaan ole kalibroitu/validoitu kenttämittauksilla, joten tietoa virtausmallin kyvystä simuloida Merikosken alakanavassa esiintyviä virtausolosuhteita luotettavasti ei toistaiseksi ole, ja tuloksia ei esitetä tässä raportissa.



Kuva 13. 3D-virtausmallinnuksen mukaiset virranopeus- ja turbulentsisuusolosuhteet (TKE) Montan alakanavassa, kun virtaama ($60 \text{ m}^3/\text{s}$) purkautuu turbiinista 3. Vasemmalla olevissa kuvissa näkymä on noin 2 m vedenpinnan alapuolelta. Oikealla virranopeuden ja TKE:n vertikaalinen jakauma eri osissa alakanavaa. Kiinniottolaitteesta virtaama $1 \text{ m}^3/\text{s}$ alavirran puoleisesta aukosta (A). Huomaa virranopeuden värisymbolien erilainen luokkaväli merkitys verrattuna Kuvaan 14.



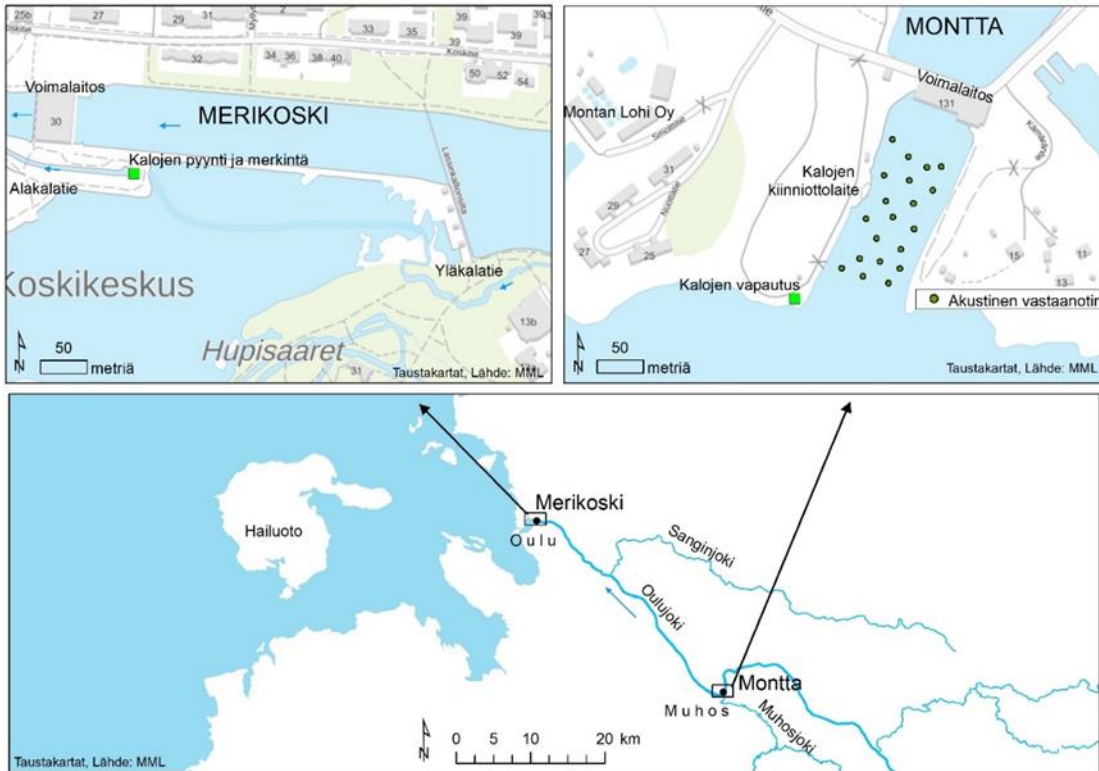
Kuva 14. 3D-virtausmallinnuksen mukaiset virrannopeus- ja turbulentsisuusolosuhteet (TKE) Montan alakanavassa, kun virtaama ($140 \text{ m}^3/\text{s}$) purkautuu kaikista turbiineista. Vasemmalla olevissa kuvissa näkymä on noin 2 m vedenpinnan alapuolelta. Oikealla virrannopeuden ja TKE:n vertikaalinen jakauma eri osissa alakanavaa. Kiinniottolaitteesta virtaama $1 \text{ m}^3/\text{s}$ alavirran puoleisesta sisäuintiaukosta (A). Huomaa virrannopeuden värisymbolien erilainen luokkaväli-merkitys verrattuna Kuvaan 13.

3.3. Aikuisten lohien akustinen seurantamenetelmä

Aikuisten lohien käyttäytymistä seurattiin Montan voimalaitoksen alakanavassa akustisten vastaanottimien (HR2-180kHz, Innovasea) avulla 19.8.–30.10.2021 (Kuva 15). Alakanavaan sijoitettiin 24 vastaanotinta siten, että alakanavan alueella liikkuville merkityille lohille voitiin laskea kolmiopaikannusmenetelmän avulla sijaintitiedot. Seurantajakson aikana 4 vastaanotinta irtosi alakanavan yläosasta voimalaitoksen läheisyydestä voimakkaan virtauksen vaikutuksesta, joten seurannan loppuvaiheessa alueella oli 20 vastaanotinta. Vastaanotinten irtoamisen seurauksena lohien sijaintitietoja ei saatu kartoitettua aivan voimalaitoksen lähialueelta. Sijaintitietojen laskenta (kunkin lohien hetkelliset horisontaaliset sijainnit alakanavassa) toteutettiin laitevalmistajan (Innovasea) tarjoamana ostopalveluna. Lohien liikkumista Montan alakanavan ulkopuolella Montan ja Merikosken välisellä jokialueella ei seurattu.

Tutkimusta varten pyydystettiin 29 aikuista lohta Merikosken ns. alakalatiestä 16.8.–24.8. välisenä aikana (Kuva 15). Lohet merkittiin pyydystyksen jälkeen akustisilla painesensorilähettimillä (malli: Innovasea V9P, pituus 26,5 mm, massa 3,9 g ilmassa) sijoittamalla lähetin kirurgisesti kalan ruumiinonteloon. Painesensorilähettimien keräämä tieto veden paineesta mahdollisesti kalojen uintisyvyyden määrittämisen. Uintisyvyydestieto yhdistettiin vastaanottimien tuottamaan lohien horisontaaliseen sijaintitietoon, jolloin kunkin lohien hetkellinen sijainti voitiin määrittää 3-ulotteisesti. Kalojen merkintä suoritettiin kansallisen hankelupalautakunnan luvalla EVISA/9500/2020.

Merkinnän jälkeen lohia säilytettiin Merikosken voimalaitoksen viereisissä läpivirtausaltaissa 1–2 vuorokautta ennen kuljetusta Montan voimalaitokselle, jossa kalat vapautettiin alakanavan alaosaan (Kuva 15). Kuljetus tapahtui 1 m³ hapetetussa vesialtaassa 3–5 kalaa kerrallaan. Merkittyjen lohien keskipituus oli 77,5 cm (49,0–95,0 cm) ja keskipaino 4,9 kg (1,1–8,6 kg). Lohista 17 yksilöä oli koiraita ja 12 yksilöä naaraita, ja 13 yksilöä oli yhden merivuoden ja 16 yksilöä kahden merivuoden ikäisiä kaloja.



Kuva 15. Merikosken ja Montan voimalaitosten sijainti Oulujoen alajuoksulla. Vasemmalla ylhäällä lohien pyydystys- ja merkintäpaikka Merikoskella ja oikealla ylhäällä lohien vapautuspaikka Montan alakanavaan sekä akustisten vastaanottimien verkosto alakanavassa seurannan loppuvaiheessa.

3.4. Lohien käyttäytyminen Montan alakanavassa

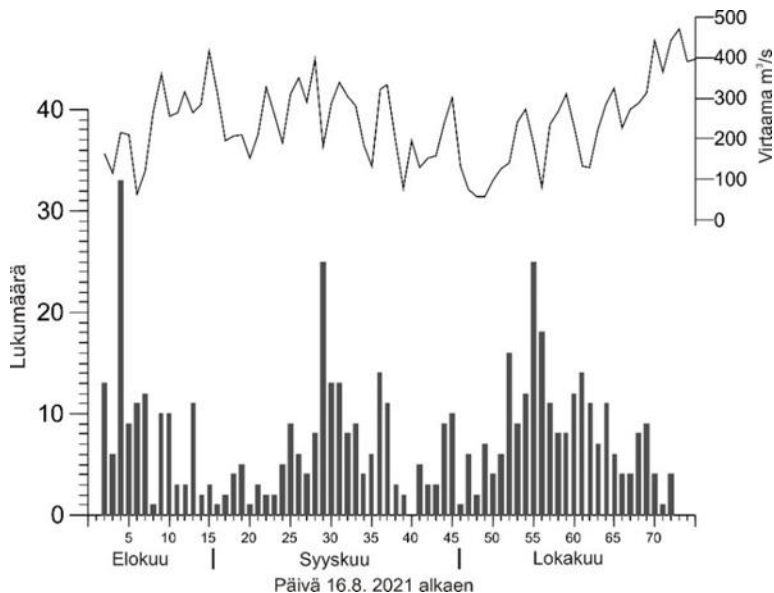
Tässä raportissa esiteltävät tulokset lohien käyttäytymisestä Montan voimalaitoksen alakanavassa ovat alustavia erityisesti voimalaitoksen tuntivirtaama-turbiinien käyttöyhdistelmien (virtausmallinnustulokset) ja lohinosujen sijaintitietojen yhdistämisen osalta johtuen mm. lopullisten virtausmallinnusaineistojen valmistumisesta vasta keväällä 2024.

Seurantajakson aikana kertyi kaikkiaan 272 261 lohien sijaintitietoa Montan alakanavan alueelta. Lohiyksilöiden välillä oli suuri vaihtelu sijaintihavaintojen lukumäärissä (vaihtelu 9–74 943 sijaintihavaintoa/lohi, keskimäärin 9 383 havaintoa/lohi, mediaani 5 828 havaintoa/lohi). Aineistosta määritettiin yhteensä 571 lohien nousua alakanavaan. Nousulla tarkoitetaan tässä vähintään 1 minuutin kestoista oleskelua alakanavan alueella niin, että peräkkäisten nousujen välillä oli vähintään 20 minuutin jakso, jonka aikana ko. lohi ei ollut paikantunut alakanavan vastaanottiin.

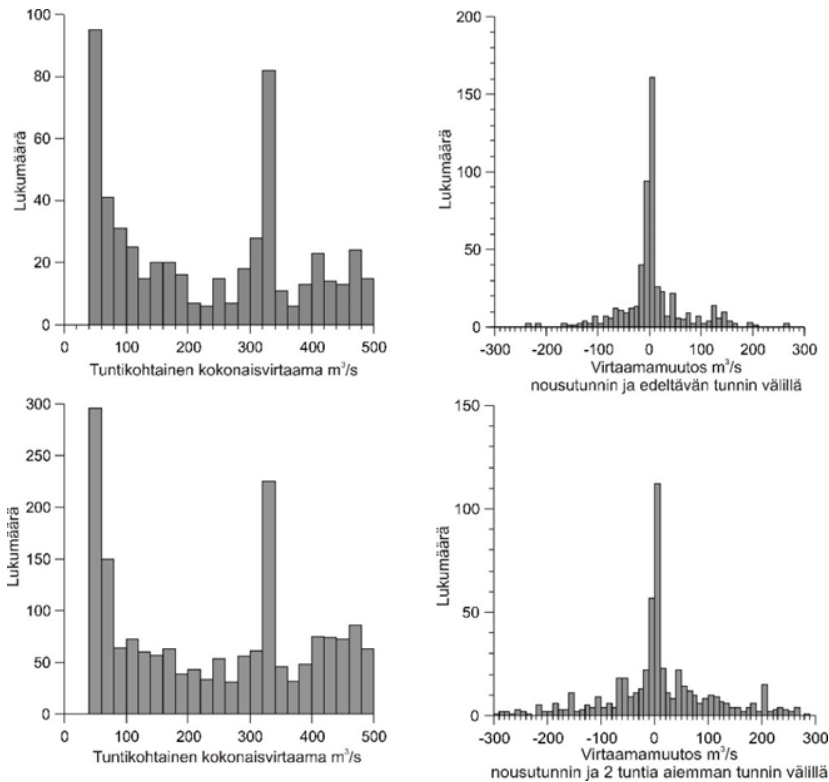
Nousujen määrä vaihteli myös runsaasti lohiyksilöiden välillä (vaihtelu 1–60 nousua/lohi, keskimäärin 20 nousua/lohi, mediaani 15 nousua/lohi). Lohista 8 yksilöä teki vain 1–4 nousua alakanavaan oleskellen näiden nousujen aikana alakanavan alaosassa. Seurantajakson aikana tyypillisesti monet lohet tekivät nousuja päivän – muutaman peräkkäisen päivän aikana, jonka jälkeen poistuivat jonnekin alavirtaan alakanavan ulkopuolelle, mutta palasivat tekemään nousuja alakanavaan uudelleen päivien tai viikkojen kuluttua.

Lohien päivittäisessä nousuaktiivisuudessa Montan voimalaitoksen alakanavaan oli havaittavissa kolme jaksoa, jolloin nousujen määrä oli runsainta: elokuun lopussa lohien vapauttamisen jälkeen sekä syyskuun ja lokakuun puolivälissä. Montan voimalaitoksen päivittäisellä keskivirtaamalla ei ollut selkeää vaikutusta lohien päivittäisten nousujen määrään (Kuva 16). Lohien nousuja tapahtui alakanavaan myös kaikilla voimalaitoksen tuntikohtaisilla kokonaisvirtaamilla ja samassa suhteessa kuin erisuuruisia tuntivirtaamia oli tarjolla (Kuva 17). Lohien nousut eivät siis ajoittuneet tietyille tuntikohtaisille kokonaisvirtaamille. Sen sijaan nousujen aloitustuntia edeltävien tuntien aikana kokonaistuntivirtaaman muutos alakanavassa oli pieni. Lohet siis yleensä aloittivat nousun alakanavaan, kun virtaamaolosuhteet olivat tasaantuneet muutaman tunnin ajan (Kuva 17).

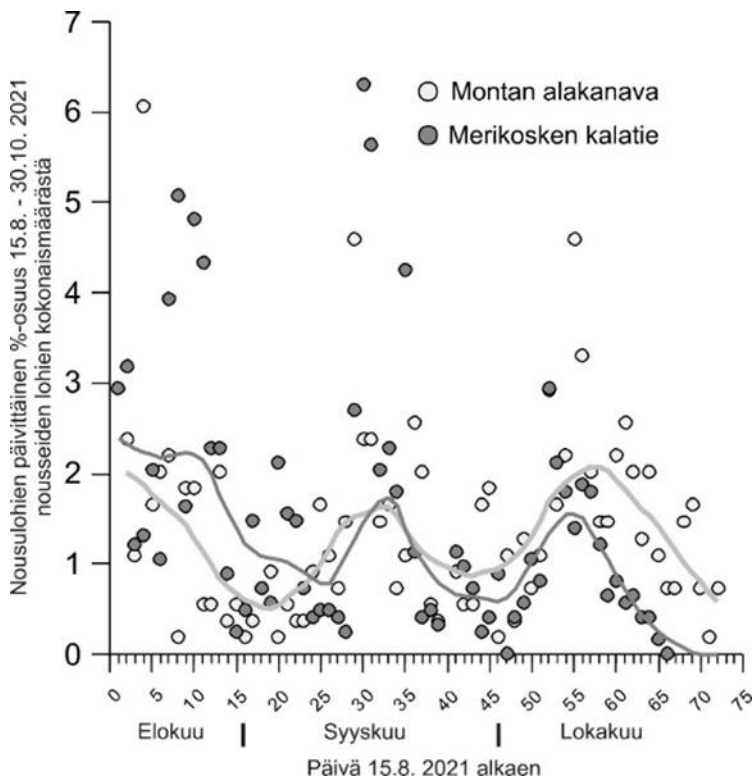
Lohien päivittäistä nousuaktiivisuutta Montan alakanavassa verrattiin myös Merikosken kalatiessä havaittuun lohien nousuaktiivisuuteen (päivittäin kalatiessä havaitut lohien lukumäärät: [Merikosken kalatie lukuina](#), [Oulun energia](#)). Lohien nousuhuippujen ajankohdat olivat yhteneviä Merikosken ja Montan alueilla (Kuva 18).



Kuva 16. Seurannassa olleiden lohien päivittäiset nousumäärät Montan voimalaitoksen alakanavaan (pylväät) ja Montan voimalaitoksen päivittäinen keskivirtaama (viiva).

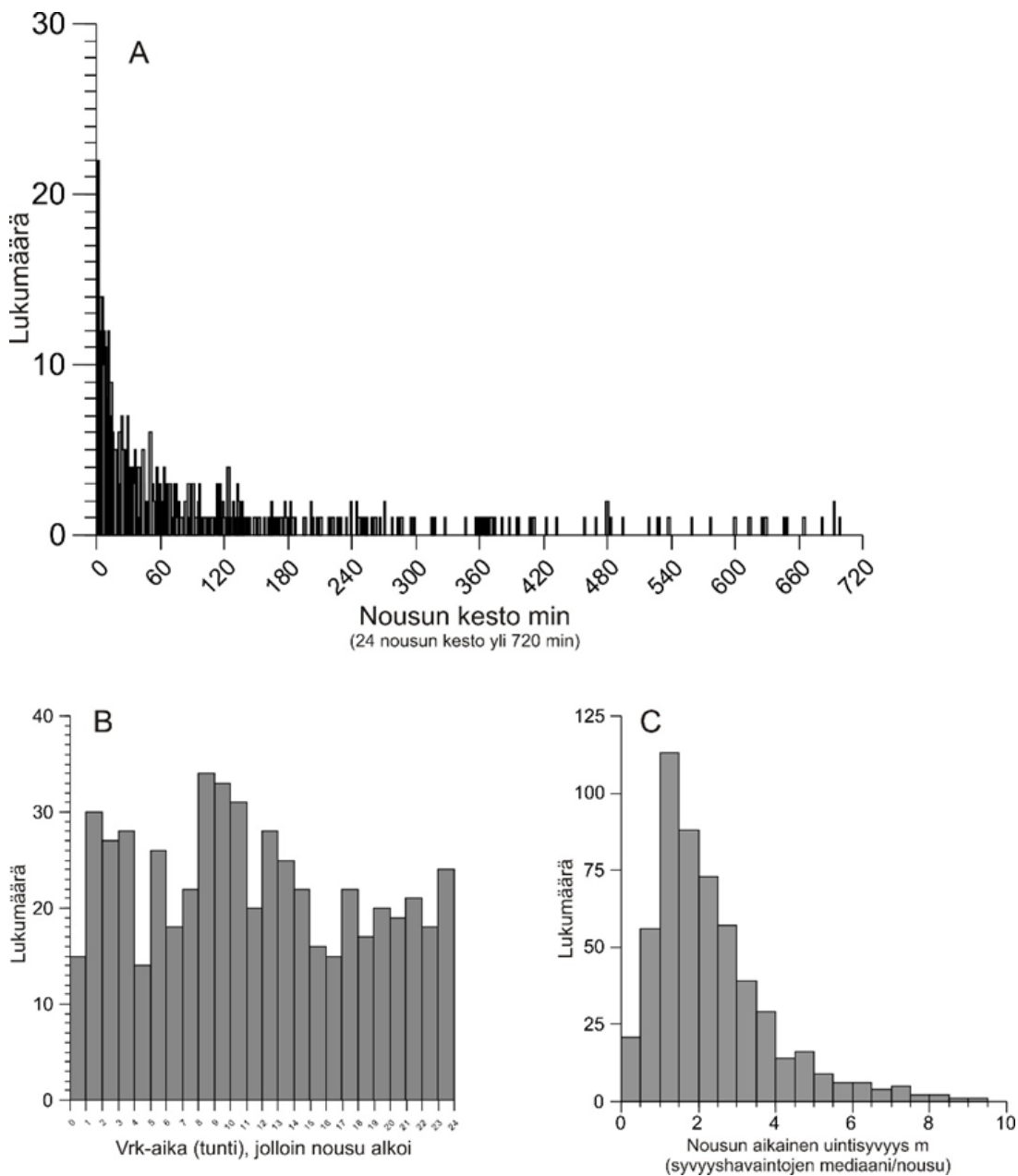


Kuva 17. Lohien nousujen jakautuminen Montan voimalaitoksen tuntikohtaisille kokonaisvirtaamille (ylhäällä vasemmalla) ja Montan kaikkien tuntikohtaisten kokonaisvirtaamien jakautuminen seurantajakson aikana. Oikealla lohen nousun aloitustunnin ja tätä edeltävän tunnin (ylhäällä) ja kaksi tuntia aiemman tunnin (alhaalla) välinen kokonaisvirtaaman muutos.



Kuva 18. Montan alakanavan lohinousujen ja Merikosken kalatien läpi uineiden lohien määrä (päivittäinen prosenttiosuus koko seuranta-ajanjakson aikaisesta nousujen/lohien kokonaismäärästä).

Yksittäisten nousujen kesto vaihteli runsaasti (keskiarvo 3 tuntia 21 minuuttia, mediaani 41 minuuttia, vaihtelu 1–14 751 minuuttia) (Kuva 19). Yli puolet nousuista kesti alle tunnin. Virtaamalla ei vaikuttanut olevan yhteyttä nousujen kestoan. Keskimääräistä kestoaikaa suurensi 24 nousua, joiden yhtäjaksoinen kesto oli yli 12 tuntia. Enimmillään yksi lohi oleskeli yhtäjaksoisesti alakanavan alueella yli 10 vuorokautta (14 751 minuuttia). Alakanavan yläosaan saakka yltäneet nousut olivat kestoaltaan selvästi pitempiä kuin alaosalle päättyneet nousut. Nousujen vuorokauden aikainen ajoittuminen oli verraten tasaista nousuhiippujen ajoittuessa keskiyön (klo 22–01) ja varhaisen aamun (klo 5–8) tunneille (Kuva 19). Nousun aikana lohet uivat alakanavan pintakerroksissa pääosin alle 4 m syvyydessä (keskimääräinen uintisyvyyksien mediaani 1–2 m) (Kuva 19).

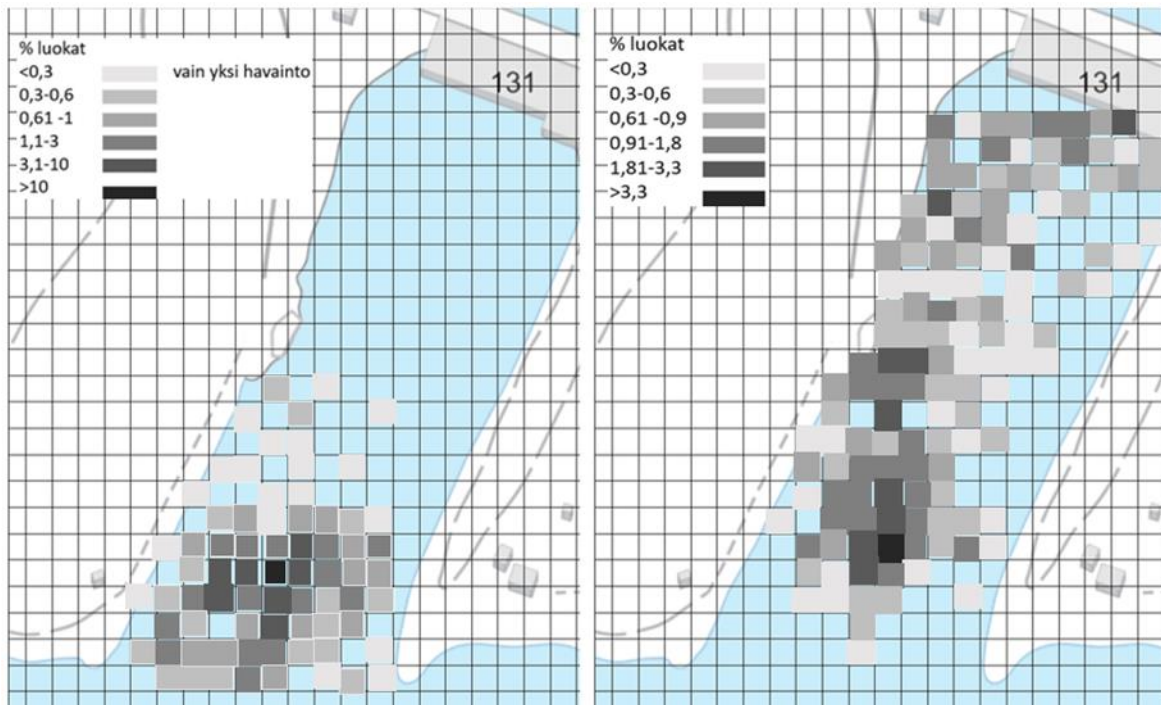


Kuva 19. Lohien nousujen A) ajallisen keston jakauma (kuvasta puuttuvat 24 nousua, joiden kesto oli yli 720 minuuttia), B) nousujen aloitustuntien vuorokauden aikainen jakauma ja C) nousujen aikaisten mediaanuintisyvyyksien jakauma Montan alakanavassa.

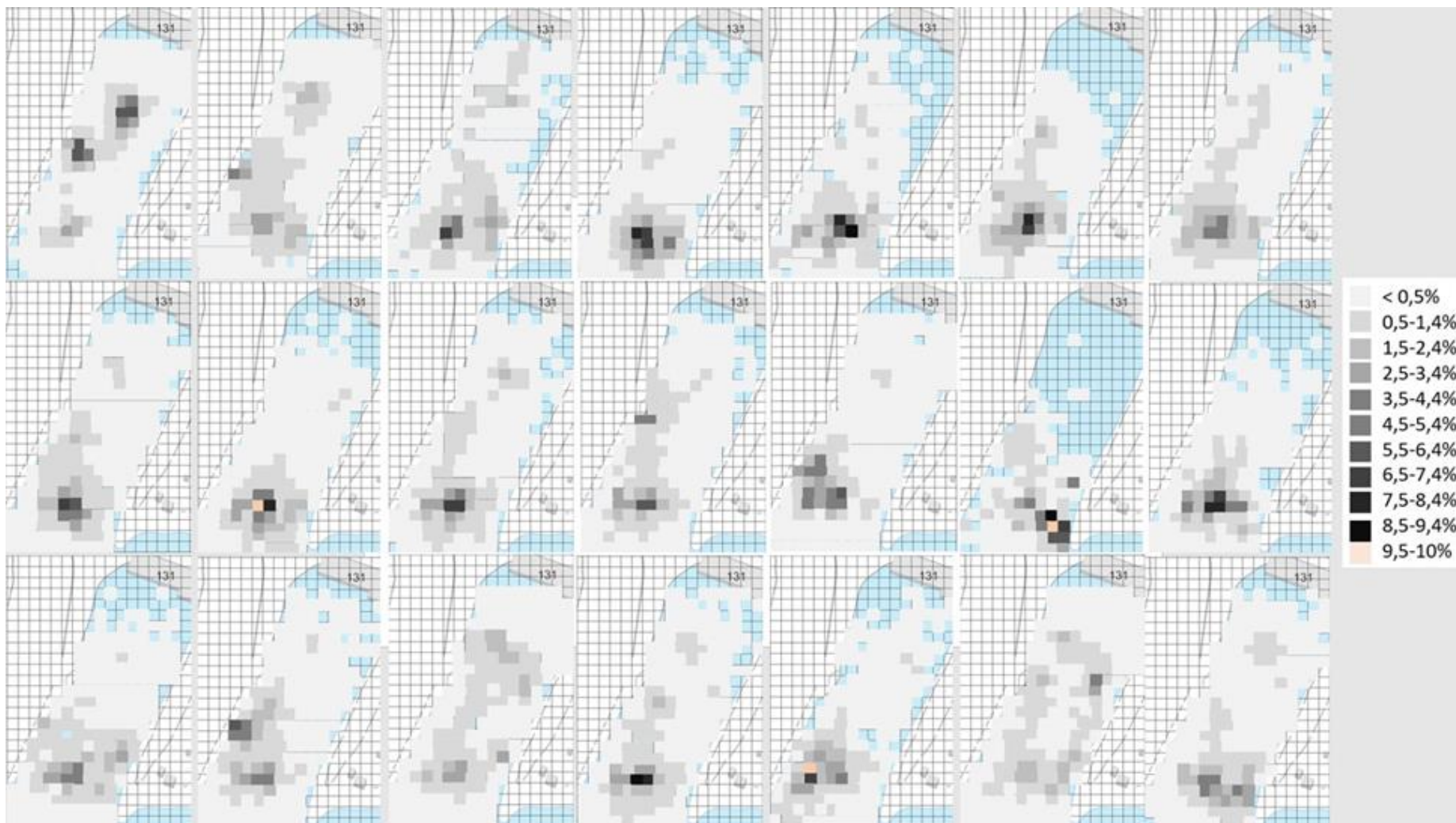
Lohet aloittivat nousun (ensimmäinen sijaintihavainto kullekin määritetylle nousulle) Montan alakanavassa pääsääntöisesti alakanavan keskiosasta (Kuva 20). Nousujen ylimmät sijaintihavainnot ylävirran suunnassa jakautuivat lähes koko alakanavan alueelle. Alakanavan yläosalle yltäneistä nousuista suurin osa päättyi alakanavan vasemmalle puoliskolle alavirrasta katsottuna (Kuva 20).

Pääosa nousuista päättyi jo ennen alakanavan puoliväliä, joka ilmenee runsaina sijaintihavaintojen määränä kaikilla lohilla alakanavan alaosalla (Kuva 21). Suurin osa lohista liikkui nousujensa aikana lähes koko alakanavan alueella, mutta sijaintihavaintojen ryhmittyminen tietyille alakanavan osa-alueille ilmentää kunkin lohien tavallisimpia uintireittejä tai oleskelualueita (Kuva 21). Pienillä virtaamilla lohet näyttisivät liikkuvan laajalti alakanavan alueella sekä liikkuaan ylävirtaan että laskeutuessaan alavirtaan. Saman lohijäsen liikuminen alakanavassa poikkesi myös eri nousukerroilla toisistaan samanlaisessa pienen virtaaman virtausolosuhteissa (Kuva 22).

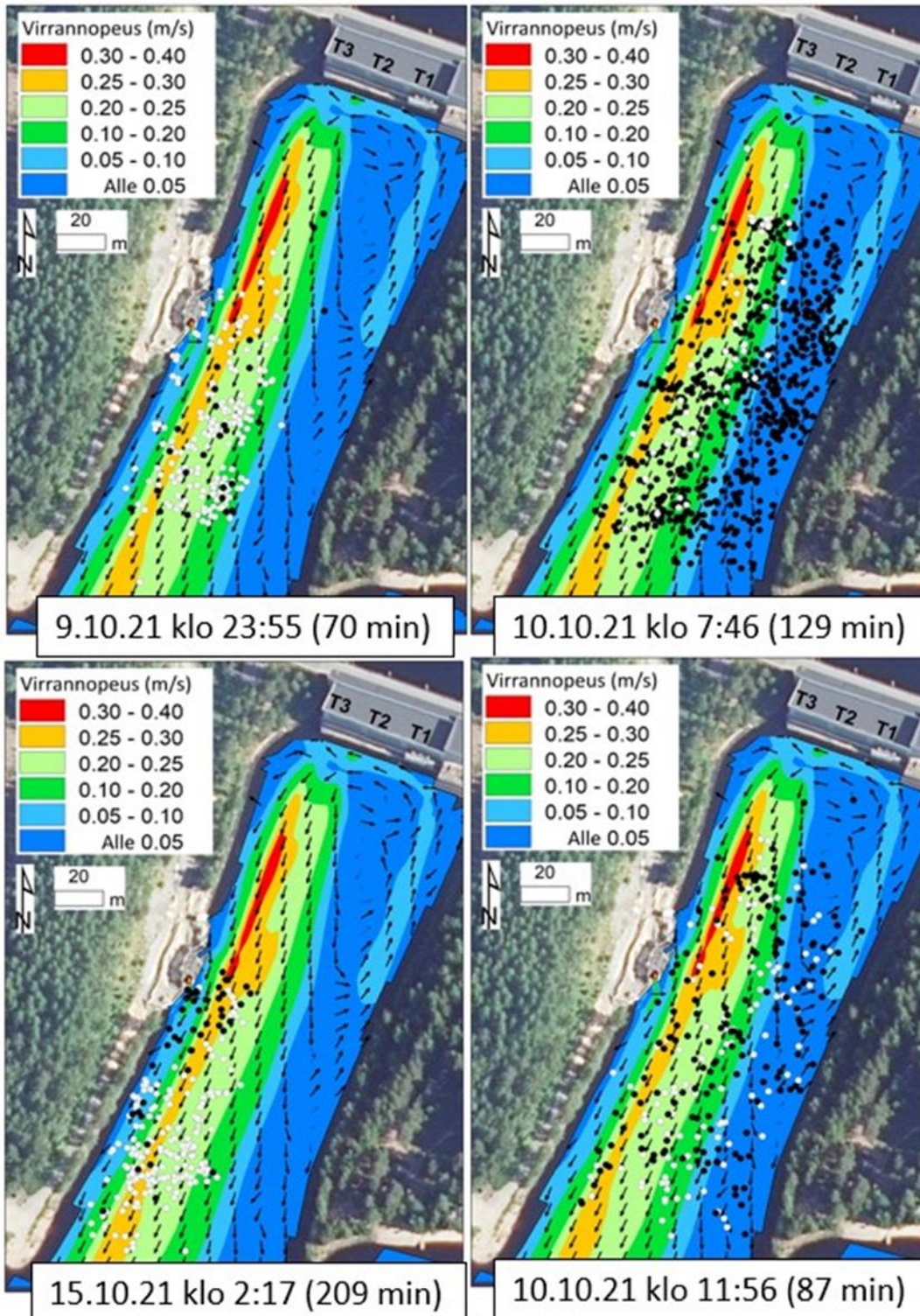
Pienten virtaamien vallitessa virtausolosuhteet (paikalliset virrannopeudet ja turbulentsisuus) alakanavassa ovat virtausmallinnuksenkin perusteella suhteellisen pieniä (Kuva 23), ja lohet näyttisivät orientoituvan vallitseviin olosuhteisiin vaihtelevasti. Suurilla virtaamilla lohet vaikuttisivat suosivan virrannopeuksiltaan voimakasta mutta turbulentsisuudeltaan heikkoa alakanavan alaosaa, josta ylävirtaan liikkuminen näyttisi suuntautuvan enemmän lähempää uoman rantoja kuin keskivirtaa pitkin mitä ilmeisemmin vältellen yläosan turbulentsisuusvyöhykettä (Kuva 14, 21, 23, 24). Saman lohijäsen valitsemat uintireitit alakanavassa poikkesivat myös toisistaan eri nousukerroilla kullakin nousukerralla vallinneen samanlaisen suuren virtaaman tilanteessa (Kuva 23, 24) joskin lievemmin kuin pienen virtaaman vallitessa.



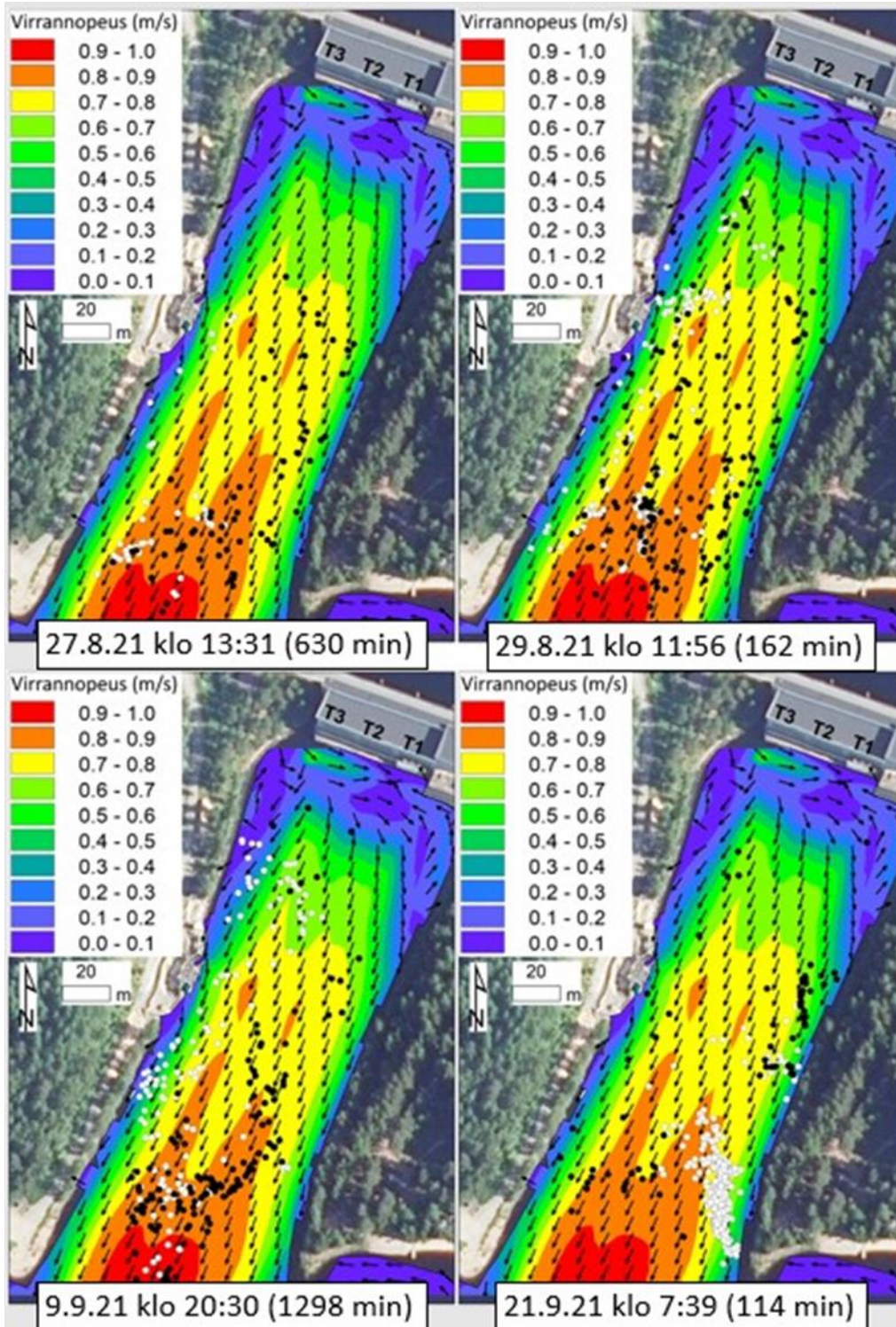
Kuva 20. Vasemmalla Montan alakanavassa havaittujen lohien nousujen alkusijaintien prosentuaalinen jakauma (kunkin nousun aikainen ensimmäinen sijainti) ja oikealla nousujen loppusijaintien vastaava jakauma (kunkin nousun aikainen ylin sijaintihavainto). Sijaintihavainnot on ryhmitelty 10x10 m georeferoituihin ruutuihin ja kullekin ruudulle laskettu ruudussa olevien sijaintihavaintojen prosentiosuus havaintojen kokonaismäärästä.



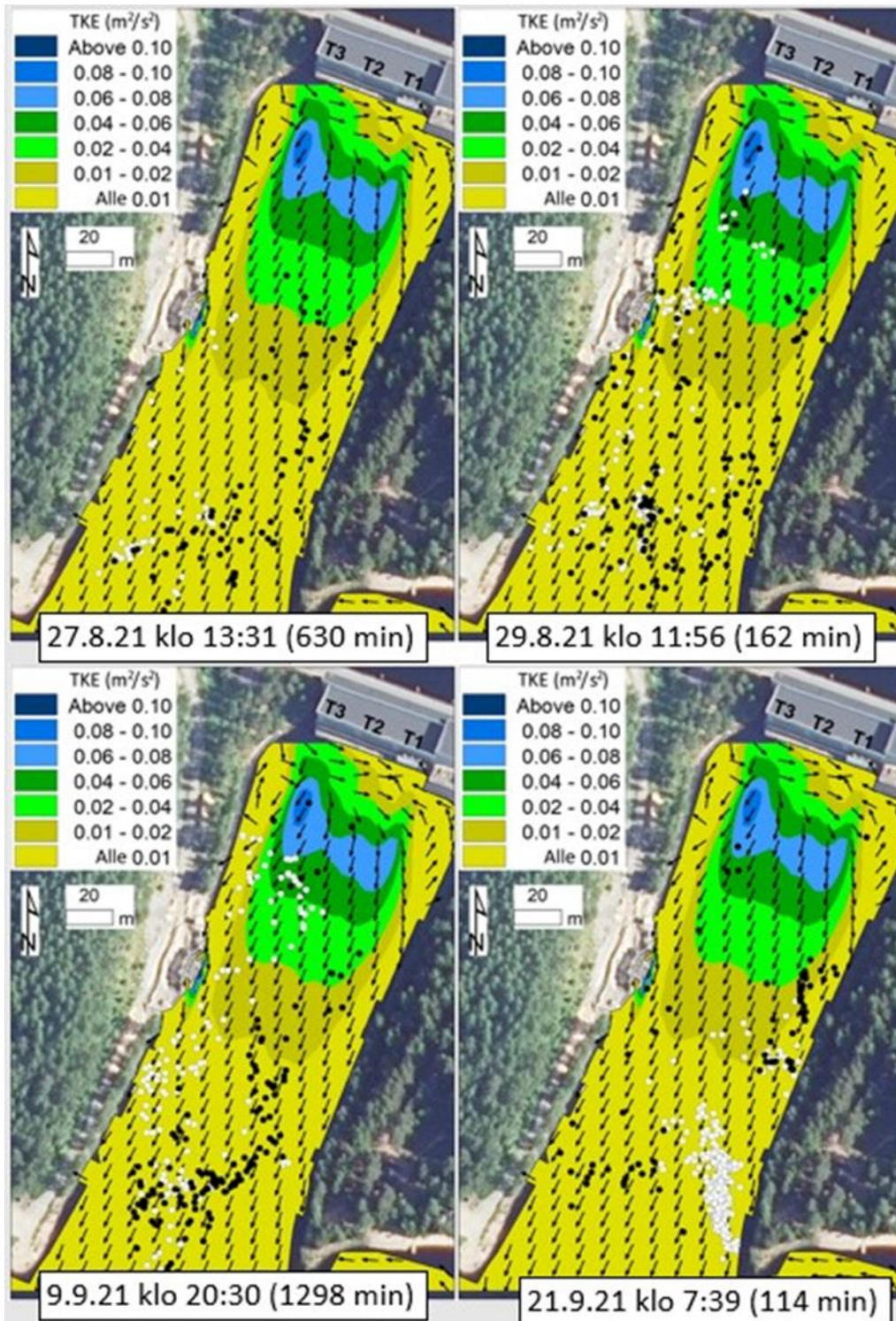
Kuva 21. Lohien (21 yksilöä), jotka tekivät yli 5 nousua Montan alakanavaan, kaikkien eri nousukerroilla tallentuneiden sijaintihavaintojen prosentuaalinen jakauma alakanavan alueella. Eri nousukerroilla mahdollisesti vallinneita erilaisia virtaama-turbiinien käyttöyhdistelmiä ei ole kuvissa eritelty. Sijaintihavainnot on ryhmitelty 10x10 m georeferoituihin ruutuihin ja kullekin ruudulle laskettu ruudussa olevien sijaintihavaintojen prosenttiosuus havaintojen kokonaismäärästä.



Kuva 22. Lohi numero 1087 neljän eri nousun (päivämäärä, nousun aloitusaika ja kesto) sijaintihavainnot tilanteessa, jossa voimalaitoksen virtaama oli $60 \text{ m}^3/\text{s}$ turbiinista 3 (T3). Alakanavan kartassa on virtausmallinnuksen mukaiset virrannopeudet ja päävirtauksen suuntanuolet kahden metrin syvyydessä veden pinnasta. Mustat pisteet ovat sijaintihavaintoja nousun alusta alkaen ylimpään sijaintihavaintoon saakka ('nousuvaihe') ja valkoiset pisteet sijaintihavaintoja ylimmästä sijainnista lohien poistumiseen alakanavasta saakka ('laskuvaihe'). Taustakartan lähde MML, Esri Finland.



Kuva 23. Lohi numero 1111 neljän eri nousun (päivämäärä, nousun aloitusaika ja kesto) sijaintihavainnot tilanteessa, jossa voimalaitoksen virtaama oli $140 \text{ m}^3/\text{s}$ jokaisesta turbiinista. Alakanavan kartassa on virtausmallinnuksen mukaiset virrannopeudet ja päävirtauksen suuntanuolet kahden metrin syvyydessä veden pinnasta. Mustat pisteet ovat sijaintihavaintoja nousun alusta alkaen ylimpään sijaintihavaintoon saakka ('nousuvaihe') ja valkoiset pisteet sijaintihavaintoja ylimmästä sijainnista lohen poistumiseen alakanavasta saakka ('laskuvaihe'). Taustakartan lähde MML, Esri Finland.



Kuva 24. Lohi numero 1111 neljän eri nousun (päivämäärä, nousun aloitusaika ja kesto) sijaintihavainnot tilanteessa, jossa voimalaitoksen virtaama oli 140 m³/s jokaisesta turbiinista. Alakanavan kartassa on virtausmallinnuksen mukainen turbulentsisuuden (TKE) jakautuminen ja päävirtauksen suuntanuolet kahden metrin syvyydessä veden pinnasta. Mustat pisteet ovat sijaintihavainnot nousun alusta alkaen ylöspäin sijaintihavaintoon saakka ('nousuvaihe') ja valkoiset pisteet sijaintihavainnot ylimmästä sijainnista lohen poistumiseen alakanavasta saakka ('laskuvaihe'). Taustakartan lähde MML, Esri Finland.

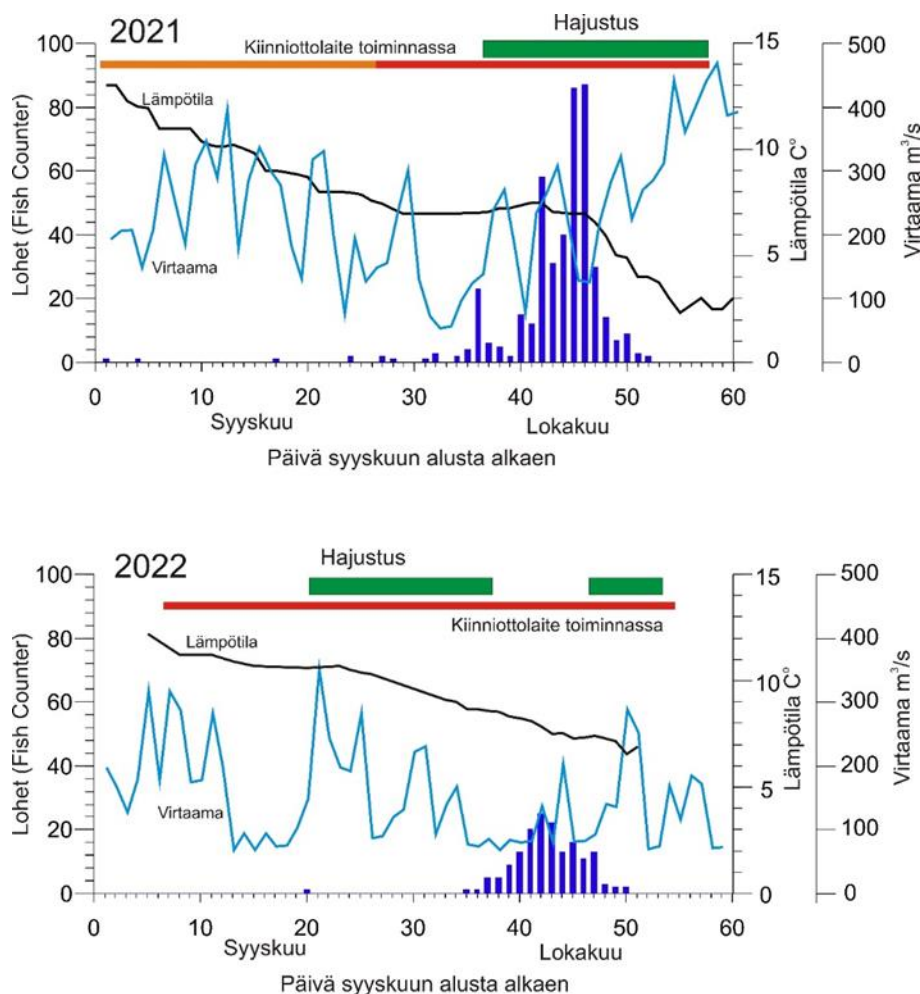
3.5. Voidaanko hajustetulla vedellä edistää lohien hakeutumista kiinniottolaitteeseen

Lohen poikasten oletetaan leimautuvan kotikoskensa ympäristöoloihin, jotka vaellukseltaan palaavat emolohet tunnistavat. Tunnistamisen oletetaan tapahtuvan joko elinympäristön rakenteellisten ominaisuuksien tai esimerkiksi veden tuoksun perusteella. Oulujoen lohien poikaset viettävät nuoruutensa Montan kalanviljelylaitoksen vedessä, johon liukenee poikasille syötettävää rehua oletettavasti myös hajustaen vettä. Jos veden tuoksulla on merkitystä lohien kotiutumisen merivaellukseltaan synnyinseuduille, voidaan pohtia, voisiko poikasten kasvatusympäristön eli kalanviljelylaitoksen vedellä tai muulla tavalla hajustetulle vedellä lisätä kalojen hakeutumista kalatiehen tai kiinniottolaitteeseen. Esimerkiksi Karppinen ym. (2008) ja Huusko ym. (2011) ovat Oulujoen alaosalle tehdyissä telemetriatutkimuksissa todenneet Oulujokeen nousevien lohien päätyvän Montan kalanviljelylaitoksen edustalle kutuajan lähestyessä. Karppinen ym. (2008) on myös raportoinut, että Montan kalanviljelylaitoksen kiertävässä Oulujoen pääuomaan laskevassa ojassa, johon on laskettu vettä myös kalanviljelylaitokselta, nähtiin syksyllä 2007 useita lohia kudulla ja löydettiin kutukuopista hedelmäitä mätimunia.

Montan voimalaitoksen alakanavassa toteutetun telemetriatyön ohella toteutettiin vuosina 2021 ja 2022 pilottitestaus, jossa alakanavassa sijaitsevan kiinniottolaitteen vettä hajustettiin lohikalujen poikasrehulla tarkoituksena selvittää, lisäisikö hajustus kiinniottolaitteeseen uivien kalojen määrää. Hajustusta varten kiinniottolaitteen vesitysaltaaseen asennettiin 6 litraa poikasrehua, joka oli jaettu 30 verkkorasiaan. Rasiat kiinnitettiin roikkumaan pohjaan ankkuroituihin naruihin, jolloin rasiat pääsivät heilumaan vesitysaltaan vesitilassa. Rasioiden rehumäärä tarkastettiin viikoittain ja rehua täydennettiin tarvittaessa. Vuonna 2021 hajustus tapahtui 7.10.–30.10 välisen ajan yhtäjaksoisesti. Vuonna 2022 hajustus tapahtui kahdessa jaksossa: 20.9.–7.10. ja 17.10.–24.10. Molempina vuosina kiinniottolaitteen suuaukossa oli Simsonarin optinen kamera (Fish Counter), joka rekisteröi kiinniottolaitteella päivittäin tavatut kalamäärät. Nämä kalatiedot saatiin käyttöön Fortumilta/Simsonarilta.

Sykyllä 2021 hajustuksen ajankohta täsmäsi hyvin kiinniottolaitteella havaitun lohimäärän kanssa, ja myös lohimäärä oli runsas. Vuonna 2022 lohimäärän huippu osui puolestaan ajankohtaan, jolloin hajustus ei ollut käytössä (Kuva 25). Molempina tutkimusvuosina lohien esiintymisen huippuajankohta kiinniottolaitteella ajoittui lähes samalla tavalla lokakuun toiselle kolmannekselle.

Tulosten perusteella ei ole selvää näyttöä toteutetun hajustuksen vaikutuksesta lohien ohjautumiseen kiinniottolaitteeseen. Syynä voi olla, että rehuhajustuksella ei ollut merkitystä lohien käyttäytymiseen etsiessään 'kotipesäänsä' tai, että selvityksessä toteutunut hajustus oli riittämätön. Hajustuksessa 6 litraa rehua oli altaassa, josta vettä virtasi noin 1 m³/s kiinniottolaitteen alavirran puolen suuaukon kautta jokiveteen. Käytetyn rehumäärän ja veden virtauksen suhde oli lopulta pieni verrattaessa sitä esimerkiksi kalanviljelylaitokseen, jossa kokonaisvirtaama laitoksen läpi on yleisesti alle 1 m³/s, ja lisäksi veden viipymä kala-altaissa on pitempi kuin kiinniottolaitteessa, jolloin rehuhajustusta voi tapahtua voimakkaammin ja vaikuttaa selvästi laitokselta poistuvan veden hajuun.



Kuva 25. Montan voimalaitoksen alakanavassa toteutetun kalojen kiinniottolaitteesta purkautuvan veden hajustuskokeilun tulokset vuosilta 2021 ja 2022. Kiinniottolaitteen toiminta-aika ja veden hajustuksen ajanjaksot on esitetty palkeilla. Sininen viiva on Montan voimalaitoksen päivittäinen keskivirtaama ja musta viiva jokiveden lämpötila. Pylväät esittävät kiinniottolaitteen suuaukossa sijainneen optisen kameran (Fish Counter) havainnoimia päivittäisiä lohimääriä.

3.6. Alustavia johtopäätöksiä

Montan alakanavassa lohien uintisyvyys, nousujen kesto ja vrk-aikainen ajoittuminen olivat samansuuntaisia kuin aiemmissa voimalaitosten alakanavissa tehdyissä telemetriaselvityksissä (esimerkiksi Huusko ym. 2012). Lohet nousivat Montan alakanavaan monenlaisissa virtaamati-lanteissa – käytännössä nousujen aloitustuntivirtaamajakauma oli samanlainen kuin voimalai-toksen tuntivirtaamajakauma ('saatavilla olevuus'), mikä tarkoittaa, että lohet eivät valinneet tietyn suuruista virtaamaa hakeutuessaan alakanavaan. Sen sijaan alakanavaan nousun aloi-tusta oli edeltänyt muutaman tunnin kestoisen tasaisen virtaaman jakso (virtaamamuutos alle $20 \text{ m}^3/\text{s}$). Mielenkiintoisesti Montan alakanavassa havaittu lohien nousuaktiivisuus (nou-suja/päivä) noudatti samanlaista ajallista jaksottaisuutta kuin vastaavana aikana Merikosken kalatien havaittu nousuaktiivisuus, mikä saattaa viitata samanlaisten tekijöiden merkityk-seen. Merikosken kalatien lohien nousuaineiston perinpohjainen analysointi suhteessa kulloin-kin vallinneisiin ympäristöolosuhteisiin saattaisi tuoda lisätietoa mahdollisista tekijöistä, jotka vaikuttavat lohien nousuaktiivisuuteen.

Kolmiulotteisen virtausmallin avulla on mahdollista saada realistinen näkemys voimalaitoksen alakanavan virtausoloista erilaisilla virtaamilla ja turbiinien käyttökombinaatioilla. Syvässä alakanavan uomassa veden virtausnopeus on mm. alueittain vertikaalisesti kerrostunut: esimerkiksi voimalaitoksen lähellä turbiinivirtaamista aiheutuen virrannopeudet ovat voimakkaita pohjan tuntumassa, kun taas alempana alakanavassa turbiinivirtausten pintauduttua virrannopeudet ovat suurimpia veden pintakerroksissa. Luonnollisesti keskeinen edellytys virtausmallin käyttökelpoisuudelle on, että sen kyky simuloida mallinnuksen kohdealueen virtausolosuhteita luotettavasti on varmistettu vertaamalla mallinnettuja tuloksia kohdealueelta tehtyihin virtausmittaustuloksiin. Muutoin mallinnus on 'uskomus' vallitsevista virtausolosuhteista, ja sillä ei esimerkiksi ole käyttöä osana tieteellisiä tutkimuksia.

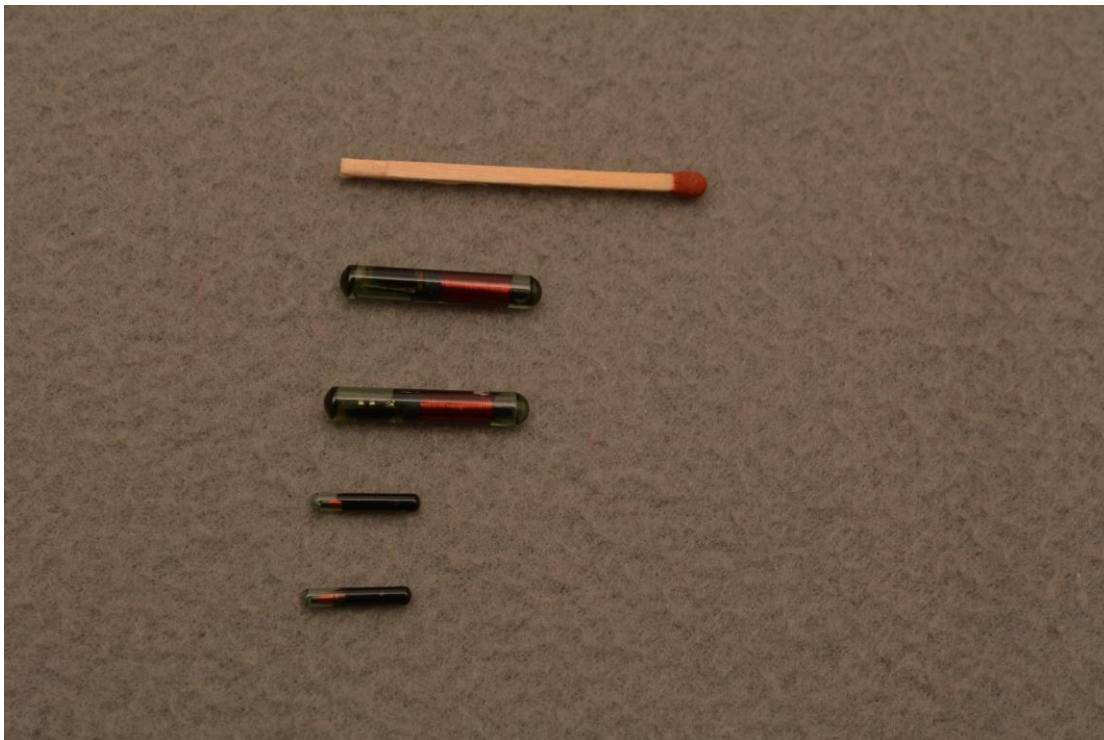
Akustinen telemetria, jota sovellettiin tässä työssä ensimmäistä kertaa voimalaitosten alakanavaolosuhteissa, toimi hyvin, vaikka riskinä oli, että lähes kaoottiset virtausolosuhteet olisivat olleet liian 'meluisa' ympäristö kalamerkkien signaalien rekisteröitymiselle riittävän monelle vastaanottimelle luotettavan paikannuslaskennan aikaansaamiseksi. Tuloksena saatiin kattava kuva lohien liikkumisesta alakanavan alueella. Menetelmähän on jo osoittautunut erittäin toimivaksi seurantamenetelmäksi lohismolttien liikkeiden kartoittamisessa voimalaitoksen yläpuolisilla lähialueilla, jossa virtausolosuhteet ovat 'rauhalliset' alakanavan olosuhteisiin verrattuna (ks. tämän raportin kappale 2). Tässä työssä valitettavasti virtausmallinnuksen lopullinen valmistuminen jäi hankkeen loppuvaiheeseen, ja syvällistä lohien alakanavaan nousujen ja kulloisenkin nousun aikana vallinneiden virtausolosuhteiden yhteistarkastelua ei ehditty työstämään valmiiksi. Kertynyt ainutlaatuinen aineisto tullaan kuitenkin työstämään jatkohankkeissa eri yhteistyökumppaneiden kesken.

4. PIT-mikrosirumerkinnät istutusten tuloksellisuuden seurannassa

Tässä työpaketissa suunniteltiin, toteutettiin ja testattiin PIT-mikrosirutekniikkaa Perämeren alueen rakennettujen jokien vaelluspoikasistutusten tuloksellisuuden seurannassa. Työpaketin päätavoitteena oli kehittää kokonaisvaltainen PIT-seurantaratkaisu Oulujoen alajuoksulle, jolla voitaisiin korvata nykyään huonosti toimivat Carlin- ja T-ankkurimerkkiseurannat. Samalla selvitettiin Oulujoen istutustulosten kehittämismahdollisuuksia laajoilla lohen ja taimenen vaelluspoikasten PIT-merkinnöillä sekä testattiin PIT-seurantajärjestelmän mahdollisuuksia lijoen alajuoksulla, Raasakan alueella.

4.1. PIT-tekniikka

PIT-merkki (Passive Integrated Transponder) on pieni, lasisylinterin ympäröimä mikrosiru, jossa ei ole omaa virtalähdettä (Kuva 26). PIT-mikrosiru aktivoidaan lukulaitteena toimivana ulkoisella virtalähteellä. Lukulaite vastaanottaa mikrosirun yksilöllisen koodin ja muuntaa sen luettavaan muotoon. Koska PIT-merkissä ei ole omaa virtalähdettä, on merkitty eläinyksilö havainnoitavissa käytännössä koko sen eliniän ajan, mikäli yksilö ohittaa lukuaseman riittävän läheltä. PIT-lukuasema koostuu antennista sekä varsinaisesta lukulaitteesta ja näitä yhdistävistä kaapelista (Kuva 27).



Kuva 26. Kaksi 12 mm ja kaksi 23 mm PIT-mikrosirua suhteutettuna tavallisen tulitikun koon. Kuva: Panu Orell.

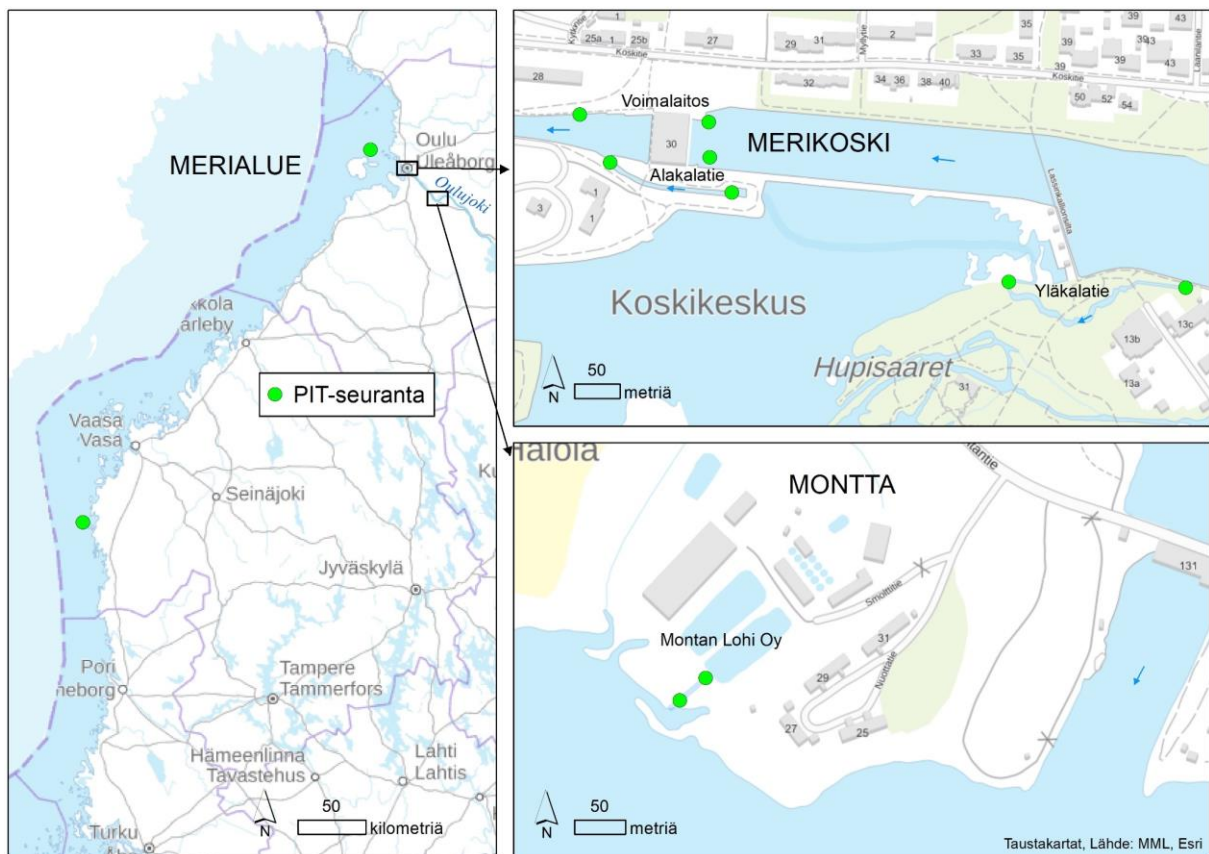
Veden alla PIT-mikrosirujen lukuetaisyys on lähes aina alle yhden metrin ja usein vain joitain kymmeniä senttimetrejä. PIT-merkittyjen kalojen on siten uitava hyvin läheltä lukuaseman antennia tullakseen havainnoituksi. Tämän syyn takia hyviä sijoituspaikkoja PIT-lukuasemille

ovat kapeat kohdat jokiuomissa tai erityisesti kalatiet, joissa kalojen on uitava hyvin kapeiden rakojen läpi (Kuva 14).

PIT-merkkejä on saatavilla useissa eri kokovaihtoehtoissa. Tässä hankkeessa vaelluskalojen merkinnöissä käytettiin 12 mm ja 23 mm pitkiä PIT-merkkejä (Kuva 26). Merkit asennettiin kalojen vatsaonteloon nukutuksessa.

4.2. Oulujoen PIT-seurantajärjestelmä

Oulujoella PIT-mikrosiruilla merkittyjen kalojen seurantajärjestelmän kehitystyö alkoi jo 2010-luvun alussa (Orell ym. 2018). Sateenvarjo III-hankkeessa vuosina 2019–2023 järjestelmän toimintakykyä kehitettiin ja seurantajärjestelmää laajennettiin. Laajimmillaan PIT-järjestelmällä voitiin seurata lohien ja taimenien vaellusta kolmessa eri vaiheessa: 1) vaelluspoikasten alasvaellusta joessa (lukuasemat Montassa ja Merikosken voimalan yläkanavassa, 2) kalojen syönösvaellusta meressä (merialueen kalastajien PIT-käsiskannaukset) sekä 3) kalojen nousuvaellusta Oulujokisuussa (lukuasemat Merikosken voimalan alakanavassa ja Merikosken kalatiessä) (Kuva 27).



Kuva 27. Oulujoen lohien ja taimenien vaelluspoikasistutusten seurantaan kehitetty PIT-seurantajärjestelmä. Vihreät pallot kuvaavat PIT-merkkien havainnointipaikkoja eli lukuasemien sijainteja.

Merikosken yläkanavan PIT-lukuasemia testattiin vain vuosina 2020–2021 (Kuva 28). Näitä lukuasemia ei saatu toimimaan luotettavasti voimalaitoksen aiheuttamien sähkömagneettisten häiriöiden takia. Nämä lukuasemat tuottivat kuitenkin jonkun verran tietoa vaelluspoikasten alasvaelluksen ajoittumisesta ja vaellusvauhdista välillä Montta-Merikoski.



Kuva 28. Merikosken voimalaitoksen yläkanavaan sijoitettu PIT-lukuasema. Aseman antenni ulottui noin yhden metrin verran vedenpinnan alapuolelle. Kuva: Panu Orell.

Merialueella PIT-merkkien seuranta testattiin neljän vapaaehtoisen ammattikalastajan kanssa vuosina 2021–2022. Valitut kalastajat skannasivat PIT-käsilukijoilla lohisaaliinsa ja tiedot mahdollisista PIT-merkeistä tallentuivat käsilukijoihin. Kahden vuoden testauksen jälkeen voitiin kuitenkin todeta, ettei merkkihavaintoja merialueelta saada riittävästi. Harvat havainnot keskittyivät täysin Oulujokisuun lähialueen kalastajille (Kuva 27). Merialueen seuranta lopetettiin vuodesta 2023 alkaen.

Vaelluspoikasistutusten tuloksellisuuden seurannan kannalta keskeisimmät PIT-seurantapisteet sijoituivat Merikosken voimalan alakanavaan ja kalatiehen. Merikosken alakanavan PIT-seuranta häiritsivät vuosina 2022–2023 voimalaitoksen alakanavan suojamuurien korjaukset.

Yksittäisistä lukuasemista keskeisiksi osoittautuivat Merikosken alakanavan pohjoispuolen lukuasema ja alakalatien alimmainen lukuasema (Kuva 29). Näistä molemmista saatiin selvästi eniten PIT-merkkihavaintoja ja käytännössä molemmissa seurantapisteissä havaittiin samat kalayksilöt. Tulosten perusteella vaikutti siltä, että Merikosken voimalaitoksen alakanavaan saapuvat lohet ja taimenet liikkuvat voimalan alla niin laajasti, että niistä tallentuu PIT-havainnot suurella tehokkuudella sekä alakanavan (Kuva 29) että alakalatien (Kuva 30) alimmille lukuasemille.



Kuva 29. Merikosken voimalan alakanavan pohjoispuolen PIT-lukuasema. Lukuaseman antenni on valkoisen kehikon sisällä ja se yhdistyy kaapelin välityksellä harmaassa laatikossa sijaitsevaan lukulaitteeseen. Kuva: Panu Orell.



Kuva 30. Merikosken alakalatien alimmainen PIT-lukuasema. Lukuasema sijaitsee kalatien kolmanneksi alimmassa pystyraossa, vajaat 10 m alakanavasta ylävirtaan. Tämä lukuasema tuotti havainnot käytännössä samoista PIT-merkityistä kaloista kuin alakanavan pohjoisrannan PIT-lukuasema. Kuva: Panu Orell.

4.3. Iijoen Raasakan seurantajärjestelmä

Iijolla seurantajärjestelmän kehittäminen aloitettiin vuonna 2021. Iijolla toteutettiin Oulujoella aikaisemmin tehtyä kevyempi seurantaratkaisu, johon kuuluivat PIT-lukuasemat Raasakan kalanviljelylaitoksen poistoaltaassa ja Raasakan voimalaitoksen alakanavassa. Lisäksi hankkeen aikana jaettiin vuosittain PIT-käsilukijoita (7–8 kpl) Raasakan voimalaitoksen alapuolen lohenkalastajille saaliskalojen skannaamista varten.

Lohen vaelluspoikasia PIT-merkittiin Iijolla muiden hankkeiden toimesta vuosina 2021–2023 yhteensä noin 25000 kpl. Näiden merkintäerien kalahavaintojen kerääminen on tätä raporttia kirjoitettaessa pahasti kesken, eikä niiden tuloksia siten esitetä tässä raportissa. Aineistot täydentyvät vuosien 2024–2025 aikana.

4.4. Oulujoen PIT-merkintäerät 2019–2022

Hankkeen aikana vuosina 2019–2022 toteutettiin laajoja lohen ja taimenen vaelluspoikasten PIT-merkintöjä ja istutuksia. Kaikkiaan hankkeessa merkittiin 31 800 kalaa, joista lohia oli 15 800 kpl ja taimenia 16 000 kpl. Näiden lisäksi Kalatalouden ympäristöohjelmassa (EMKR-rahoitteinen) merkittiin ja istutettiin vajaat 16 000 PIT-merkittyä lohen vaelluspoikasta, mitkä tukevat kokonaisvaltaista Oulujoen istukaskalojen seurantaa.

PIT-seurantajärjestelmän toimivuuden ja havaintojen kertymisen testaamisen lisäksi kalamerkintöjen tarkoituksena oli selvittää Oulujoen istutusten tuloksellisuutta sekä mahdollisuuksia parantaa istutusten tuottoa. Lohi-istutusten tuoton parantamismahdollisuuksia selvitettiin mm. lohikantakokeella (Oulujoen kanta vs. Tornionjoen kanta) ja lajitekokeella (nopeasti, tavanomaisesti ja hitaasti kasvaneet Oulujoen kannan vaelluspoikaset). Taimenistutusten tuoton parantamismahdollisuuksia selvitettiin puolestaan istutusajankohta- ja -paikkakokeella.

Kokeisiin liittyviä PIT-merkittyjä lohia istutettiin Oulujokeen vuosina 2019–2022 seuraavasti:

- v. 2019 pilottierä seurantajärjestelmän toimivuuden arvioimiseksi: 2 000 kpl 2-vuotiaita standardikaloja (Oulujoen velvoiteistutuksissa käytettyjä tavanomaisia Oulujoen Montan laitospöytä) Montan kalanviljelylaitokselta,
- v. 2020 erikokoisten (12 mm ja 23 mm) PIT-merkkien havaittavuuden seurantaerä: 4 000 kpl 2-vuotiaita standardikaloja Montan kalanviljelylaitokselta,
- v. 2020 eri lohikantojen istutusten tuottavuuden selvittäminen: yhteensä 15 750 kpl 2-vuotiaita Oulujoen Montan (OUJ) kannan, 2-vuotiaita Tornionjoen (TOR) lohikannan, 2-vuotiaita OUJ-TOR lohikannan risteytyksiä ja 2-vuotiaita TOR-OUJ lohikannan risteytyksiä (merkinnät osana Kalatalouden ympäristöohjelmaa),
- v. 2021 kasvatustutkimuksissa eri tavalla kasvaneiden vaelluspoikasten tuottavuuden selvittäminen: yhteensä 7 800 kpl 1-vuotiaita yllälajitekaloja (nopeasti kasvaneet), 2-vuotiaita alalajitekaloja (hitaasti kasvaneet) ja 2-vuotiaita standardikaloja (tavanomaisesti kasvaneet) Montan kalanviljelylaitokselta,
- v. 2022 ylläpitoerä seurantajärjestelmän toimivuuden arvioimiseksi sekä istutusten tuottavuuden seuraamiseksi: 2 000 kpl 2-vuotiaita standardikaloja Montan kalanviljelylaitokselta.

Kokeisiin liittyviä PIT-merkittyjä taimenia istutettiin Oulujokeen vuosina 2019–2022 seuraavasti:

- v. 2021 pilottierät istutusajankohdan (istutukset 3.5. ja 17.5.) vaikutuksen selvittämiseksi: 6 000 kpl 2-vuotiaita standardikaloja Montan kalanviljelylaitokselta,
- v. 2022 istutusajankohdan (istutukset 22.4., 16.5. ja 1.6.) ja istutuspaikan (Montan vapausallas vs. Montan voimalan alakanava) vaikutusten selvittämiseksi: 10 000 kpl 2-vuotiaita standardikaloja Montan kalanviljelylaitokselta.

4.5. Tuloksia lohi-istutuksista

Lohen vaelluspoikasten istutusvuosiluokkien välillä oli suuria eroja kalahavaintojen palautusprosentissa (Kuva 16). Vuoden 2019 istutusvuosiluokka tuotti havaintoja yhden merivuoden lohista lähes 2,0 %, kun taas vuoden 2021 istutusvuosiluokka tuotti havaintoja vain alle 0,2 % (Kuva 31). Myös kahden merivuoden lohien palautusprosentit vaihtelivat, mutta vaihtelu oli mittakaavaltaan vähäisempää. Havainto viittaa merkittävään vuosien väliseen vaihteluun istutettujen lohien meriselviytymisessä.

Oulujoen alajuoksun PIT-seurantajärjestelmällä havaitut yhden (1SW) ja kahden (2SW) merivuoden lohien palautusprosentit muistuttivat jakaumaltaan Merikosken kalatien vastaaviin meri-ikäryhmiin jaettujen nousulohimäärien jakaumia (Kuva 31). Tämä viittaa siihen, että PIT-seuranta toimii verraten hyvin Oulujoen lohien istutuskannan tilan ja vaihtelun indeksinä. Toisaalta myös Merikosken kalatien seuranta vaikuttaa kuvaavan Oulujoen lohikantojen tilan vuosien välistä vaihtelua. Tämä siitäkkin huolimatta, että kaikki Oulujokisuulle nousevat lohet eivät läpäise koko kalatietä ja siten tule lasketuksi Merikosken kalatieseurannassa, koska havainnot tehdään kalatien yläosaan sijoitetun laskurin avulla.



Kuva 31. PIT-merkittyjen lohien vaelluspoikasten palautusprosentit jaettuna yhden (1SW) ja kahden (2SW) merivuoden lohiin (vasen kuva) ja Merikosken kalatien nousulohimäärät jaettuna yhden (1SW, <70 cm) ja vähintään kahden merivuoden (2-3 SW, ≥70 cm) lohiin (oikea kuva). Huom: esimerkiksi havaintovuosi 2020–2021 tarkoittaa, että yhden merivuoden lohett on havaittu vuonna 2020 ja kahden merivuoden lohett vuonna 2021 ja molemmat ovat peräisin istutusvuosiluokasta 2019. Sama toistuu jokaisella havaintovuodella. Merikosken kalatien aineiston lähde: Oulun Energia ja Simsonar Oy.

4.5.1. PIT-merkkikokojen väliset erot niiden havaittavuudessa

Vuoden 2020 lohi-istutuserällä selvitettiin mahdollisia pienen (12 mm) ja ison (23 mm) PIT-merkin havaitsemiseroja Oulujoen alajuoksun PIT-seurannassa. Alustava hypoteesi oli, että havaintoja pienestä merkistä kertyisi vähemmän, koska merkin lukuetaisyys on isoa merkkiä pienempi. Seurantatulosten perusteella tilanne oli kuitenkin päinvastainen pienen merkin tuottaessa havaintoja 1,1 % (n=22 kpl) ja ison merkin 0,6 % (n=12 kpl). Ero havaintoprosenteissa syntyi pääosin yhden merivuoden lohien kohdalla, vanhempien lohien osalta havaintoprosenttien havaittiin olevan samaa tasoa molemmilla merkeillä. Tulos saattaa osin johtua sattumasta, sillä havaintomäärät ovat mittakaavaltaan sangen pieniä. Toisaalta on mahdollista, että pienellä PIT-merkillä merkityt kalat selviävät merkintäkäsittelystä paremmin kuin isolla mikrosirulla merkityt ja tuottavat siten parempia istutustuloksia.

4.5.2. Lohikannoilla tehtyjen istutuksien väliset eroavuudet

Vuoden 2020 toisella lohi-istutuserällä selvitettiin Oulujoen Montan laitokskannan, Tornionjoen lohikannan ja näiden kahden kannan (OUJ-TOR, TOR-OUJ) risteytysten tuottoeroja. Alustavien tulosten perusteella parhaan istutustuloksen tuotti Montan laitokskanta (0,45 %) ja heikoimman puhdas Tornionjoen kanta (0,08 %). Oulujoen ja Tornionjoen risteytyskannat tuottivat keskimääräisen istutustuloksen (0,25–0,28 %). Näiden tulosten perusteella istutusten tuottavuus ei vaikuttaisi paranevan istutuskantaa muuttamalla, vaan päinvastoin.

4.5.3. Eri tavalla laitoksessa kasvaneiden lohipoikasten väliset eroavuudet

Vuoden 2021 lohi-istutuserällä selvitettiin mahdollisia istutusten tuottavuuseroja Montan kalanviljelylaitoksella eri tavalla kasvaneiden (standardi, yläajite ja alalajite) vaelluspoikasten välillä. PIT-seurannan tulosten perusteella normaalisti (standardi, 0,43 %) ja hitaasti (alalajite, 0,50 %) vaelluspoikaskokoon kasvaneet 2-vuotiaat poikaset tuottivat saman istutustuloksen, mutta selvästi paremman tuloksen kuin nopeasti (ylälajite, 0,11 %) kasvaneet 1-vuotiaina istutetut vaelluspoikaset. PIT-seurannan perusteella nopeasti kasvavat ja yksivuotiaana istutettavat vaelluspoikaset eivät ainakaan tällä hetkellä vaikuta tuottavan standardeja parempaa istutustulosta.

4.6. Tuloksia taimenistutuksista

PIT-merkittyjen taimenien istutukset toteutettiin vuosina 2021–2022 ja näiden istutusten PIT-havaintoja ei olla vielä kaikkia saatu tätä raporttia kirjoitettaessa. Tähän mennessä vuoden 2021 istutuksista saatiin havaintoja yhden merivuoden jälkeen 0,10 % ja kahden merivuoden jälkeen 0,32 %. Vuoden 2022 istutuksista on saatu vasta havainnot yhden merivuoden jälkeen palanneista yksilöistä (0,01 %).

Aikasarjojen täydentyessä vuosina 2024–2025 näille aineistoille tullaan tekemään laajemmat analyysit, joissa pyritään arvioimaan myös istutusajankohdan ja -paikan mahdollista vaikutusta istutusten tuottavuuteen.

4.7. Nousukalahavainnot Merikosken kalatiessä

Merikosken kalatien läpäisseitä lohia ja taimenia tarkasteltiin vuosina 2020–2022 Oulun Energialta saadusta videomateriaalista. Kalatien ylemmän osuuden suuaukolle on sijoitettu Simsonarin optinen kamera (Fish Counter), joka rekisteröi ja videoi kaikki kalatietä pitkin nousseet kalat. Videomateriaalin pohjalta Simsonar koostaa tietoa Oulujokeen nousseiden kalojen lajimäärästä sekä niiden pituusvaihtelusta.

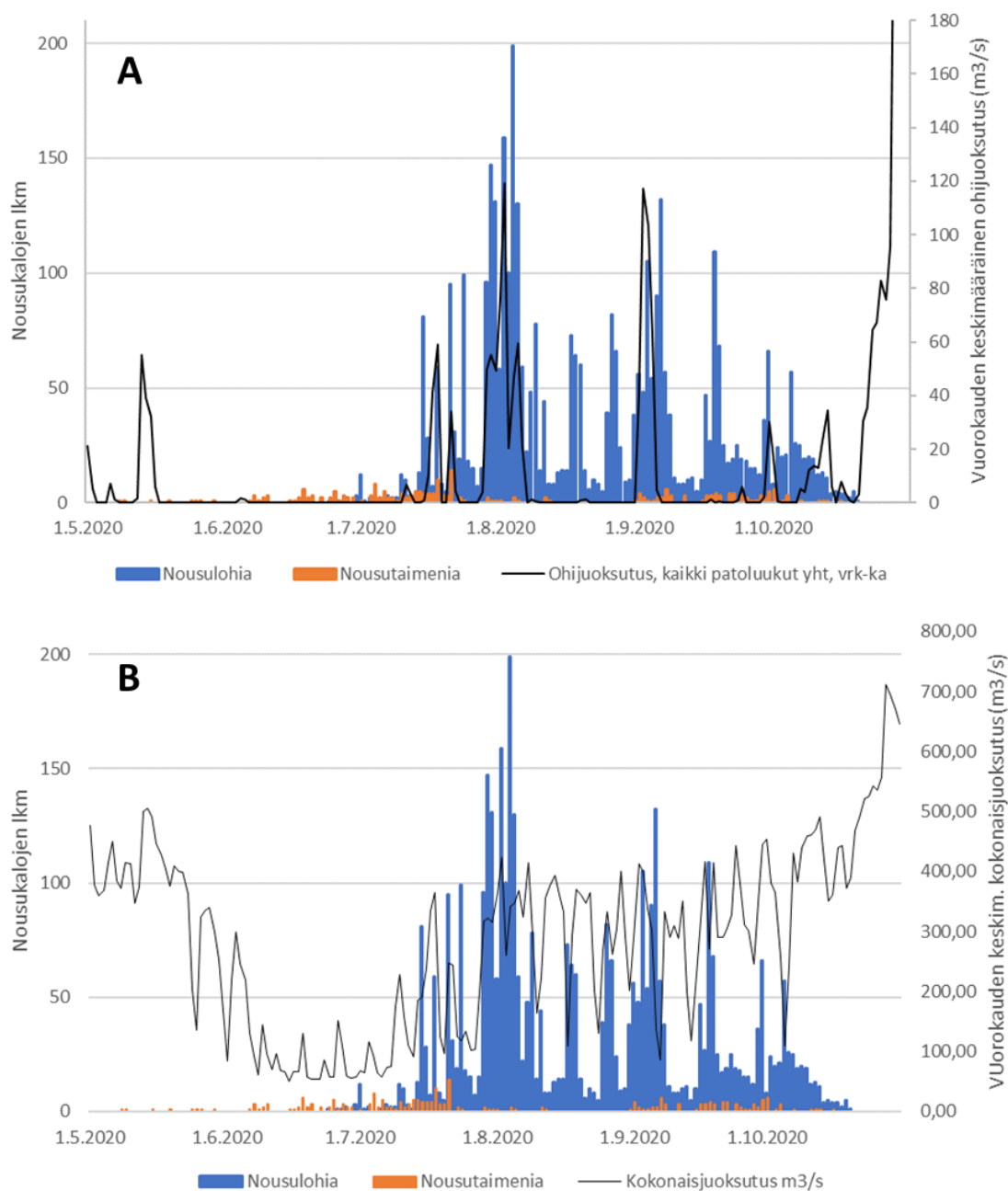
Tarkasteluvuosina kerätyistä videomateriaaleista tarkastettiin jokainen lohi ja taimen ja lisäksi kirjattiin, oliko nousukaloilla rasvaevä. Rasvaevällisiä lohia havaittiin tarkasteluvuosina 31–36 yksilöä ja taimenia 9–16 yksilöä (Taulukko 3). Lohilta kirjattiin mahdollisuuksien mukaan myös sukupuoli. Vuonna 2020, jolloin Oulujokeen nousi erityisen paljon lohia, lohien keskipituus oli keskimäärin pienempi ja koiraiden osuus suurempi kuin myöhempinä tarkasteluvuosina; valtaosa nousulohista oli siis yhden merivuoden koiraita. Myös PIT-merkityistä kaloista saadut havainnot vuodelta 2020 yhden merivuoden jälkeen palanneista lohista tukivat tätä havaintoa.

Tarkasteluvuosina Oulujokisuulla sekä Merikosken ja Montan voimalaitosten välillä tehtiin yleisön puolesta useita havaintoja erityisesti myös lohista, jotka kärsivät voimakkaista vesihometartunnoista. Videomateriaalin pohjalta tarkasteltiin myös vesihometartuntaan viittaavien oireiden sekä tartunnalle altistavien ihovaurioiden esiintymistä nousukaloilla (Taulukko 3). Vesihometartuntaan viittaavia iho-oireita esiintyy vähäisissä määrin sekä lohilla että taimenilla läpi nousukauden, mutta tartunnat yleistyvät ja voimistuvat etenkin lohilla syksyä kohden vesien viiletessä ja kutuajan lähestyessä.

Taulukko 3. Lohi- ja taimenhavainnot Merikosken kalatiessä 2020–22.

Vuosi	2020	2021	2022
Lohia, kpl	3 869	1 940	1 021
Rasvaevällisiä	0,8 % (31)	1,9 % (36)	3,5 % (36)
Keskipituus (cm ± SD)	64 ± 12	72 ± 15	71 ± 15
Koiraita / Naaraita	67 % / 33 %	51 % / 49 %	36 % / 64 %
Ihovaurioita ja/tai vesihometta	6 %	13 %	14 %
Taimenia, kpl	228	453	565
Rasvaevällisiä	7,0 % (16)	2,4 % (11)	1,6 % (9)
Keskipituus (cm ± SD)	57 ± 9	56 ± 7	59 ± 7
Ihovaurioita ja/tai vesihometta	10 %	9 %	5 %

Päiväkohtaisia nousukalamääriä tarkasteltiin myös Merikosken voimalaitoksen juoksutuksien määriin vuoden 2020 aikana. Etenkin lohien nousumäärät vaikuttaisivat seuraavan voimalaitoksen keskimääräisten ohijuoksutuksien vuorokausimäärää (Kuva 32A), mutta ei keskimääräistä kokonaisjuoksutusta (Kuva 32B).



Kuva 32. Merikosken kalatien lohien ja taimenten nousumäärät sekä voimalaitoksen keskimääräiset A) ohijuokutukset ja B) kokonaisvirtaama vuorokausittain vuonna 2020.

Osana hanketta toteutettiin myös Pro gradu -tutkielma (Aho 2020), jonka aiheena oli 'Vaelluskalojen nousukäyttäytymiseen vaikuttavat ympäristötekijät Oulujoen Merikosken kalateissa'. Työn keskeisenä tavoitteena oli tunnistaa, mitkä ympäristötekijät ovat avainasemassa siihen, että vaelluskalat (lohi ja meritaimen) hakeutuvat ja läpäisevät Oulujoen Merikosken ala- ja yläkalatien. Aineistona tutkimuksessa käytettiin Merikosken alakanavassa PIT-merkittyjen aikuisten lohien ja taimenien PIT- havaintotietoja vuosilta 2010–2012 ja 2016 sekä Merikosken yläkalatien VAKI-kalalaskuritietoja vuosilta 2009–2016.

Selvityksen keskeisiä johtopäätöksiä olivat:

- Alakalatietä lähinnä olevan turbiinin (nro 3) virtaaman kasvu vaikuttaa negatiivisesti lohien alakalatiehen hakeutumiseen
- Ohjuoksutukset vaelluskaudella parantavat kalojen hakeutumista yläkalatiehen
- Veden lämpötila ja alaveden pinnankorkeus eivät selitä nousuaktiivisuutta kalatiehen.

4.8. Alustavia johtopäätöksiä

Oulujoen alajuoksulle kehitetty PIT-seurantajärjestelmä vaikuttaa saatujen PIT-tulosten ja toisaalta myös PIT-seurannasta riippumattoman Merikosken kalatien aineistojen perusteella toimivalta menetelmältä Oulujoen istutusten tuottavuuden seurantaan. Järjestelmä mahdollistaa myös erilaisten istutusten tuottavuuden parantamiseen tähtäävien kokeiden tekemisen jatkossa.

Oulujoen PIT-seurantajärjestelmän kaksi selvästi tärkeintä elementtiä ovat Merikosken voimalan alakanavan pohjoispuolen ja Merikosken alakalatien alimmainen PIT-lukuasema. Nämä asemat tuottavat käytännössä kaikki Oulujoen PIT-havainnot. Näin ollen Oulujoen PIT-seurannan minimiratkaisun pitäisi tulevaisuudessa sisältää ainakin nämä PIT-lukuasemat. Samantyyppistä PIT-asetelmaa voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää myös muiden Perämeren rakennettujen jokien seurannoissa, esim. Ii- ja Kemijokisuulla.

Merialueen kalastajien näytteenotto ei tuottanut käytettyihin resursseihin nähden merkittävää PIT-havaintomäärää. Kalastajien lohikiintiöt ovat mittakaavaltaan sangen pieniä ja yksittäisen lohikannan, kuten Oulujoen kannan, osuus lohisaaliissa on häviävän pieni, erityisesti siirryttäessä kauemmaksi Oulujokisuusta. Tästä syystä merialueen PIT-seurannan kehitystyötä ei jatkettu vuoden 2022 jälkeen.

Positiivinen havainto Oulujoen järjestelmästä oli pienten 12 mm PIT-merkkien hyvä havaintoaste suhteessa isompaan, 23 mm merkkiin. Tämä mahdollistaa tulevaisuudessa siirtymisen enenevässä määrin pienemmän PIT-merkin käyttöön ja tehostanee jossain määrin merkintäprosessia, koska pienemmän PIT-merkin asennus kalaan on nopeampaa. PIT-lukuasemien toimivuutta, merkin koosta riippumatta, on kuitenkin syytä säännöllisesti seurata testimerkkien avulla. Tämä mahdollistaa havaittujen ongelmien nopean korjaamisen sekä varmistaa laadukkaan tutkimusaineiston.

Oulujoen lohien istutushoidon kehittämiseen ei tässä hankkeessa tunnistettu uusia ja parempaa tuottoa tarjoavia ratkaisuja. Pikemminkin kaikki testatut uudet ratkaisut (mm. lohikantakoe ja 1-v smoltit) tuottivat heikompaa tulosta suhteessa nykyisiin Oulujoen Montan kantaa oleviin standardi-istukkaisiin nähden. Merkittävä tekijä istutusten tuottavuudessa on istukkaiden meriselviytyminen, jossa vaikuttaa tulosten perusteella olevan merkittäviä eroja vuosien välillä. Meriselviytymisessä on havaittu vastaavia suuria vuosien välisiä vaihteluita myös Itämeren luonnonlohikantojen osalta, esimerkiksi Tornionjoella (Palm ym. 2024). Vuosien välisiä selviytymiseroja aiheuttavat tekijät eivät ole tiedossa.

Merikosken kalatien toimintaa voisi tehostaa ohjuoksutuksien sekä turbiinien käyttämisen ajoittaminen suosimaan kalojen nousukäyttäytymistä.

5. Järvilohen ja -taimenen palauttamistoimenpiteiden seuranta

Laitosviljely ja eri-ikäisten poikasten tuki-istutukset ovat olleet toistaiseksi pääasiallisia keinoja Vuoksen vesistöalueella äärimmäisen uhanalaiseksi luokitellun järvilohen sekä erittäin uhanalaisen järvitaimenen säilymisen turvaamiseksi (Kaijomaa ym. 2003, POSELY 2018, Piironen 2021). Molempien lohikalakantojen hoitotyössä on kuitenkin viime vuosina huomioitu aiempaa painokkaammin myös luontaisen lisääntymiskierron ennallistaminen vähittäisten elinympäristökunnostusten ja kalastussäätelyn avulla. Vuonna 2016 voimaan tulleen uudistetun kalastuslain ohella järvilohen ja -taimenen suojeluun tähtäviä toimenpiteitä on edistetty laajamittaisesti muun muassa [Lieksanjoen ja Pielisjoen kärkihankekokonaisuuksissa](#).

Tässä työpaketissa kerättiin ajantasaista tietoa järvilohen ja -taimenen luontaisen elinkierron järjestämiseksi toteutettujen toimenpiteiden tuloksellisuudesta näissä kantojen alkuperäisissä lisääntymisjoissa.

5.1. Emokalojen ylisiirrot ja poikastuotanto voimalapatojen yläpuolisilla koskialueilla

5.1.1. Ala-Koitajoen smolttipyynti

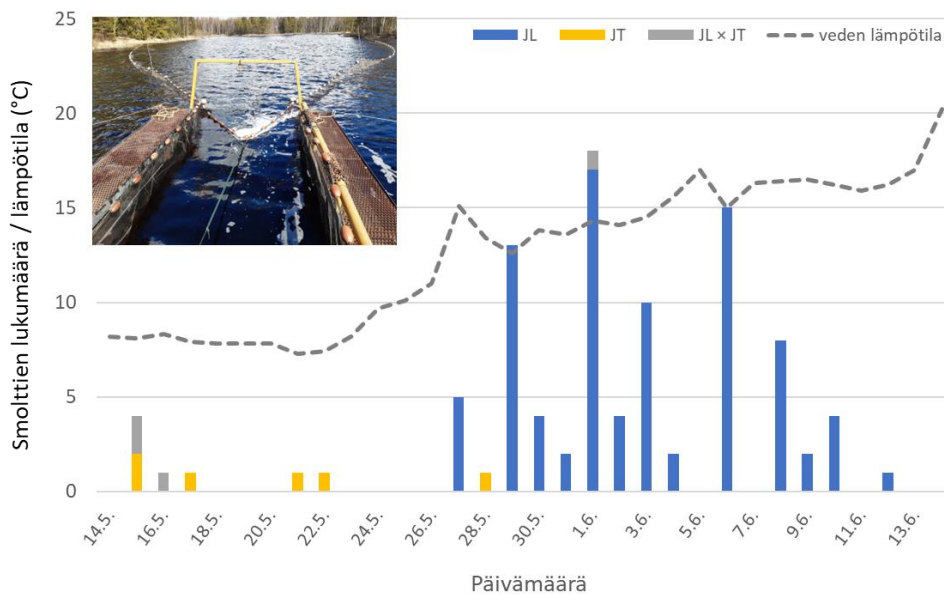
Pielisjokeen laskeva Ala-Koitajoki oli ennen vesivoimarakentamista yksi merkittävimmistä Saimaan järvilohen lisääntymisalueista. Alapuoliseen Pielisjokeen rakennetut Kuurnan ja Kaltimon voimalaitokset estävät järvilohen luontaisen nousun Ala-Koitajokeen (Kuva 34). Ala-Koitajoella on pituutta 24 km ja pudotuskorkeutta lähes 50 m, ja suurin osa Ala-Koitajoen virtaamasta on ohjattu Pamilon voimalaitoksen käyttöön.

Joen luonnontilainen keskivirtaama on ollut joen alaosassa noin $73 \text{ m}^3/\text{s}$, mutta vuodesta 1955 lähtien on suurin osa yläpuolisesta Koitereen vedestä ohjattu Ala-Koitajoen ohi vesivoimatuotannon tarpeisiin. Korkein hallinto-oikeus velvoitti vuonna 2013 Pamilon voimalaitoksen omistavan Vattenfall Oy:n nostamaan Ala-Koitajoen vesimäärää aiemmasta $2 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaamasta siten, että juoksutus on $6 \text{ m}^3/\text{s}$ huhtikuun alusta syyskuun loppuun ja muuna aikana $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Virtaaman lisäyksen jälkeen Ala-Koitajoen koskia on muokattu useaan otteeseen järviolohelle soveltuviksi poikastuotantoalueiksi (Piironen 2021). Ala-Koitajoen seurannalla (2013–2019) on todennettu luontaisen lisääntymisen onnistuminen siirrettyjen emokalojen myötä (Inha 2020, Hatanpää ym. 2021, Leinonen ym. 2021), mutta joen smolttituotanto on osoittautunut kuitenkin vähäiseksi (Piironen 2021).

Ala-Koitajoen tuottamien smolttien määrää selvitettiin 13.5.–15.6.2020 joen alimman kosken, Siikakosken, suulle järjestetyllä avorysäpyynnillä. Jokiuoma suljettiin koko leveydeltään pyydäksen ohjausaidoilla. Rysä koettiin päivittäin ja saadut kalat nukutettiin, mitattiin ja punnittiin ennen vapautusta. Osa smolteista siirrettiin Pielisjoen Laurinvirtaan, josta niillä on vapaa kulkuyhteys järvelle (kts. osio 5.4).

Vaikka syksyllä 2017 Ala-Koitajokeen Pielisjoesta ja kalanviljelylaitoksesta siirrettyjen kutulohien yhteismäärä oli huomattava, 246 naarasta ja 139 koirasta, niiden tuottamien jälkeläisten kuolleisuus vaellukselle lähtöön mennessä näyttää olleen erittäin korkea. Rysäpyynnillä saatiin

kaikkiaan vain 88 järvilohen (keskipituus \pm -hajonta = 171 ± 10 mm, keskipaino \pm -hajonta = $38,4 \pm 8,4$ g), kuusi taimenen (220 ± 35 mm, 102 ± 52 g) ja neljä epävarmaa, mahdollisesti järvilohen ja taimenen risteymäsmolttia. Lisäksi rysästä saatiin kuusi edellisenä syksynä kuteututta talvikkolohta (5 naarasta ja 1 koiras). Järvilohismoltit pyydettiin aikavälillä 27.5.–12.6., vaellushuipun ajoituksessa kesäkuun alkupäiville, jolloin veden lämpötila oli 15 °C tai enemmän (Kuva 33). Kaikki pyydetyt smoltit olivat luonnonkudusta syntyneitä ja joessa kasvaneita kaloja, sillä Ala-Koitajoelle ei ole tehty poikasistutuksia vuoden 2016 jälkeen.



Kuva 33. Päivakohtaiset järvilohen (JL), taimenen (JT) ja mahdollisten risteymäsmolttien lukumäärät sekä veden lämpötilat Ala-Koitajoen koepyyntissä vuonna 2020.

Vuoden 2020 pyyntitulokset tukevat aiempina seurantavuosina saatua käsitystä, ettei Ala-Koitajoen smoltituotanto riitä alkuunkaan järvilohen luontaisen elinkierron syntymiseen (Piironen 2021). Jokialueen petokalojen määrät ovat suuria, ja niiden tiedetään saalistavan myös lohikalojen poikasista. Myös muutamilla smolttirysästä saaduilla yksilöillä oli selviä petokalojen aiheuttamia vaurioita. Pidemmällä aikajänteellä Ala-Koitajoella olisi selvitetävä vesityksen ympärivuotisen lisäämisen mahdollisuus riittävän, toistaiseksi määrittelemättömän ympäristövirtaamaan mukaisesti sekä siihen kytkeytyvien uusien elinympäristöjen kunnostamiset.

5.1.2. Laitosemokalaston perustaminen Ala-Koitajoen jokipoikasista

Ilman selkeitä muutoksia nykytilanteeseen, Ala-Koitajoen merkitystä järvilohen palauttamistoimenpiteissä on mietittävä toisesta näkökulmasta. Pienen virtaaman olosuhteissa kunnostetut ja sinänsä järvilohen lisääntymiseen hyvin soveltuvia kosket voisivat kenties toimia poikasreservinä laitosemokalastojen perustamista ajatellen.

Varautuen Ala-Koitajoen mahdolliseen rooliin erityisesti järvilohen säilytysviljelyä palvelevana luonnonhautomona, jokeen siirrettiin syksyllä 2019 yhteensä 124 Pielisjoen Kuurnan emokalapyynnistä saatua emokalaa (71 ♀, 53 ♂). Näiden emokalojen kudusta syntyneitä kesänvanhoja jokipoikasista sähkökalastettiin elo-syyskuussa 2020 yhteensä 565 yksilöä Luken Enonkosken laitoksella kasvatettavaksi. Jotta perustettuun laitospaareen saataisiin mahdollisimman paljon geneettistä monimuotoisuutta ja eri perheitä edustetuksi, pyynnit tehtiin alueellisesti

kattavasti viideltä eri koskialueelta. Puolet kesänvanhoista poikasista (286 yksilöä) pyydettiin kuitenkin Kuusamonkoskesta, jonne ei ollut aikaisemmin vapautettu yhtään kutukalaa. Pyyntöissä saadut kaksikesäiset tai sitä vanhemmat kalat siirtoistutettiin PIT-merkittyinä Pielisjoen Laurinvirtaan. Myös näistä kaloista iso osa (44 %) saatiin Kuusamonkoskesta, jonne ne olivat siirtyneet.

Kutukalojen pariutumiseen, kututapahtumaan sekä mädin ja poikasten varhaiseen selviytymiseen liittyy oletettavasti arvokkaita perinnöllisiä ominaisuuksia, joita järvilohen viljelyssä on säilytettävä. Luonnossa syntyneiden jälkeläisten pyynti tuottaa hyvät lähtökohdat laadukkaan, elämän kriittisten alkuvaiheiden osalta luontaisia valintamekanismeja läpikäyneiden laitosparvien perustamiseksi. Jokipoikasten jatkokasvatus voisi siten olla vaihtoehtoinen ja tehokas, perinteistä emokalapyyntiä täydentävä menetelmä järvilohikannan monimuotoisuuden ja elinvoimaisuuden säilyttämiseksi. Yhdistämällä emokala- ja poikaspyyntiä saatava laitoskalasto voitaisiin parhaimmillaan saada lähes koko luonnonkierron kattavaa alkumateriaalia järvilohen säilytys- ja tuki-istutuksiin.

5.1.3. Kutukalojen liikeseuranta Lieksanjoen patojen yläpuolisilla koskialueilla

Lieksanjoella (MQ 97 m³/s) on toteutettu vuosina 2016–2019 Pielisen järvilohi ja -taimenkantojen luontaisen elinkierron palauttamiseen tähtäävä [Lieksanjoen vaelluskalakärkihankke](#), missä voimalaitosten ja Pankajärven yläpuolisia koskialueita on kunnostettu laajalti järvilohen ja taimenen poikastuotantoon paremmin soveltuviksi. Lieksanjoen kunnostusalueille on siirretty vuosittain Lieksankoskelta ja osin myös Pielisjoen Kuurnan voimalan alapuolelta pyydettyjä kutuvalmiita emokaloja vuodesta 2016 lähtien.

Lieksanjoen vaelluskalakärkihankkeen kanssa yhteistyönä selvitettiin voimalapatojen yli siirrettyjen kutuvalmiiden järvilohien ja -taimenterien liikkumista Lieksanjoen kunnostetuilla koskialueilla lokakuussa 2019 (Kuva 34). Radiotelemetrian keinoin pyrittiin saamaan tietoa siitä, pysyvätkö siirretyt lohet ja taimenet kunnostetuilla koskialueilla kutukautensa aikana ja kuinka laajalti ne tuolloin liikkuvat.

Seuranta varten merkittiin selkävän tyvelle kiinnitettävällä ATS F2120 -radiolähettimellä (Advanced Telemetry Systems, Inc.) yhteensä 33 järvilohia, joiden keskipituus oli 71 cm (vaihteluväli 62–85 cm), keskipaino 3,39 kg (vaihteluväli 2,14–5,24 kg) ja sukupuoli jakauma 18 naaraa ja 15 koirasta. Samoilla radiolähettimillä merkittiin myös seitsemän taimenta, joiden keskipituus oli 64 cm (59–76 cm), keskipaino 3,18 kg (2,28–5,54 kg) ja sukupuoli jakauma 3 naaraa ja 4 koirasta. Seuratuista järvilohista 15 ja taimenista kolme oli pyydystetty Kuurnasta ja loput Lieksankoskelta. Tutkimuskalat vapautettiin pääuoman kahdelle seuranta-alueelle (Kuva 34). Näistä alempaan koskijaksoon (pituus n. 5 km) kuuluvalla Käpykoskelle siirrettiin 4.10. 20 järvilohia (11 ♀ + 9 ♂) ja neljä taimenta (2 ♀ + 2 ♂). Ruunaan koskireitin yläosalla sijaitsevalle seuranta-alueelle (pituus n. 3,3 km) vapautettiin puolestaan 9.10. 13 järvilohia (7 ♀ + 6 ♂) ja kolme taimenta (1 ♀ + 2 ♂). Lähettimellä varustettujen kalojen lisäksi samoille koskialueille siirrettiin samaan aikaan yhteensä 60 muuta järvilohia sekä kuusi taimenta. Radiolähettimien kiinnittäminen kaloihin suoritettiin kansallisen hankelupalautakunnan (ELLA) myöntämällä koeluvalla ESAVI/22131/2019.

Lähetinkalojen havainnointia tehtiin molemmilla seuranta-alueilla reilun kolmen viikon ajan lokakuun loppuun sekä käsikäyttöisellä paikantimella (1–4 päivän välein) että eri radiotajuksia jatkuvasti kuuntelevien ATS R4500S-tallennusasemien avulla (3+4 kpl) (Kuvat 34 ja

35). Käsipaikannukset tehtiin vakioiduilta havainnointipaikoilta jommaltakummalta puolen jokea. Kalojen aktiivisella hakemisella koskialueilla oleskelevien lähetinkalojen sijaintitietoa voitiin huomattavasti tarkentaa ja laajentaa.

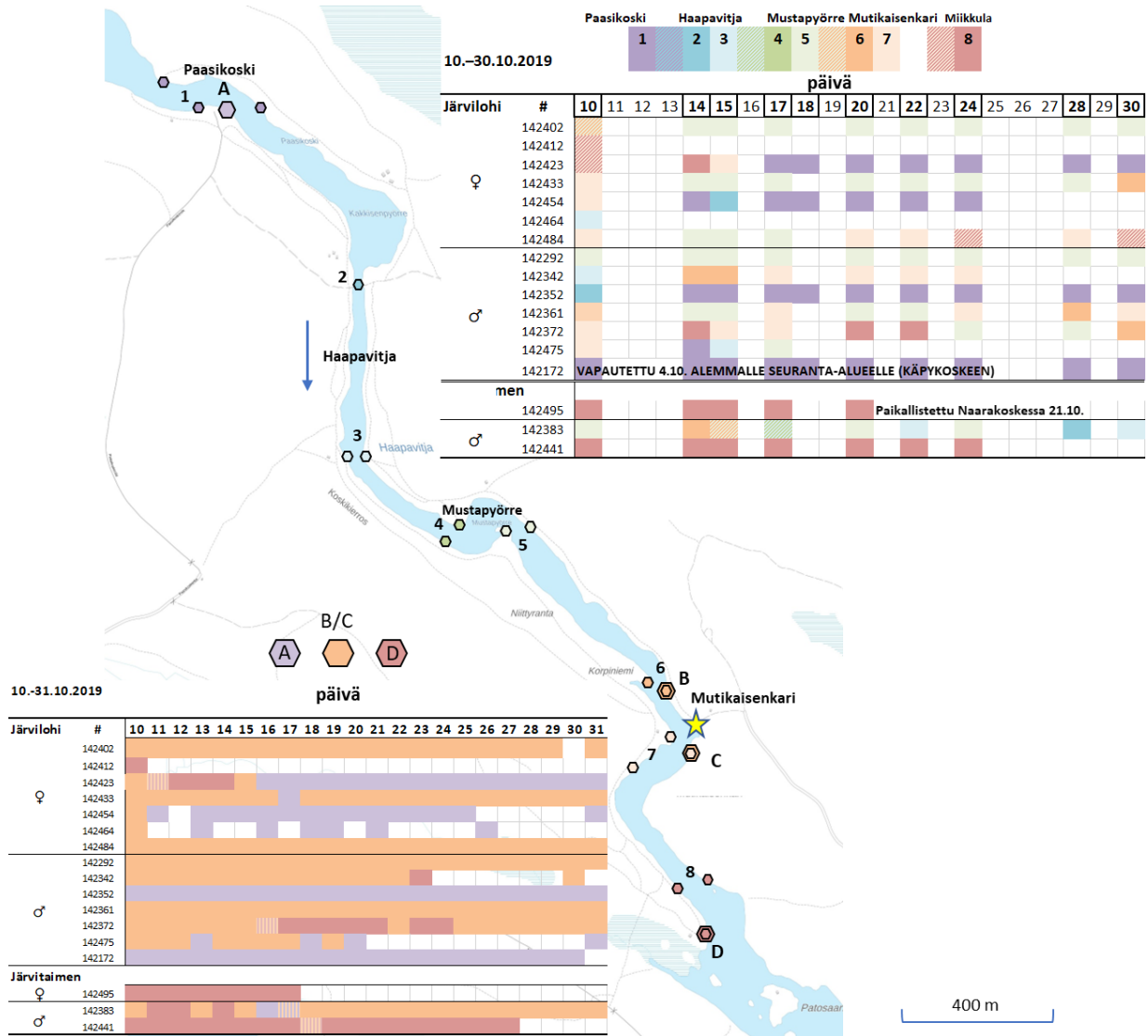


Kuva 34. Vasemmalla lähettimien radiosignaaleita tallentava vastaanotin toiminnassa ja lähettimellä varustettu kutuvalmis järvilohikoira. Oikealla karttakuva Lieksanjoen Suomenpuoleisesta osasta, johon on merkittynä joen alaosalla sijaitsevat vaellusesteet (padot) sekä Pankajärven yläpuoliset seuranta-alueet. Valokuvat: Veli-Matti Niskanen. Kartta: Henri Heiskanen ja Matti Janhunen.

Siirretyt emokalat pysyivät pääsääntöisesti seuranta-alueilla, ja enemmistöstä saatiin havainnoja koko seuranta-ajan aikana (Kuvat 35 ja 36). Kaikista alemmalle koskijaksolle (Käpykoskelle) vapautetuista 24 lähetinkalasta saatiin kutupaikan varmistavat seurantatiedot vähintäänkin karkealla tarkkuudella (Kuva 35). Ylemmälle seuranta-alueelle siirretyistä kaloista paikannustiedot puuttuivat, tai ne olivat puutteelliset kolmen järvilohen osalta (Kuva 36). Käsipaikannuksen perusteella molemmat lajit löysivät ja kelpuuttivat kunnostettuja sorakoita kutualustukseen. Esimerkiksi neljän järvilohen (2 ♀ + 2 ♂) havaittiin kutevan Ruunaan ylimmän kosken, Paasikosken, kunnostussoraikolla. Naaraskalan asettuminen kudulle tulkittiin sen vähintään kolmen vuorokauden viipymisestä saman havainnointipaikan tuntumassa.

Esimerkiksi yksi alemmalle seuranta-alueelle vapautettu koiraslohi poistui heti paikalta ja se paikallistettiin muutaman päivän kuluessa noin 30 kilometrin päästä ylemmän seuranta-alueen yläosasta (Paasikoskelta), jossa se viipyi seurannan loppuun.

Ruunaan yläosalle viedyt taimenet siirtyivät seuranta-alueen alapäähän Miikkulaan ja kutivat siellä oletettavasti edellisenä vuonna kunnostetulla paikalla. Käpykosken vapautetut kalat (20 järvilohia ja neljä taimenta) näyttivät kutevan yhtä yllä mainittua koiraslohta lukuun ottamatta alle 800 metrin säteellä vapautuspaikastaan (Kuvat 36 ja 37). Kalojen verrattain vähäinen liikelajuus johtui todennäköisesti myöhäisestä siirtoajankohdasta, jolloin jo mätiä valuvilla naarilla oli hieman kiire asettua kutuasemiin. Toisaalta se kertoo kutuun sopivien paikkojen riittävästä tarjonnasta suhteessa eri alueille vapautettujen emokalojen määriin.



Kuva 36. Seuranta-aineiston kuvaus Lieksanjoen ylemmälle seuranta-alueelle siirretyistä lohistista ja taimenista 10.–31.10.2019. Karttaan on merkitty kalojen vapautuspaikka tähdellä, kiinteät tallennusasemat isoilla kuusikulmioilla A–D ja käsiseurantapisteen pienillä kuusikulmioilla 1–8 sekä veden virtaussuunta nuolella. Alemmassa taulukossa on esitetty kalakohtaisesti (merkkien numerot taulukon vasemmassa reunassa) eri väreillä kunakin seurantapäivänä suurimman havaintomäärän antaneen tallentimen sijainti. Rasteroituna päivänä likimain sama havaintomäärä on saatu kahdesta tallentimesta. Ylemmässä taulukossa on esitetty vastaavasti käsiseurannan havainnot, joissa eri väreillä on merkitty kulloisenkin kuuntelukerran (10 krt) lähimmän paikannuksen antanut havainto. Karttapohja: ©Maanmittauslaitos.



Kuva 37. Syksyllä 2019 Käpykoskeen vapautetusta 20 lähetinlohesta kuuden naaraan ja viiden koiraan oletettiin kutevan yläpuolisen Naarakosken vuonna 2017 soraistetulla niskalla. Karttaan on merkitty myös kalojen vapautuspaikka tähdellä sekä niiden pääsääntöinen kutuaikainen oleskelualue. Karttapohja: ©Maanmittauslaitos.

Seurannan havainnot Lieksanjoelta ovat yhdenmukaisia Ala-Koitajoen tutkimuksista saatuihin tuloksiin, jossa ylisiirretyt järvilohen emokalat hyödynsivät kunnostettuja lisääntymisympäristöjä, ja niiden liikkuminen ennen kutua oli pääosin vähäistä (Hatanpää ym. 2021). Emokalojen siirtoja voimalapatojen yli kannattaisikin jatkaa täydentävien koskikunnostusten ohessa molempien lajien luontaisen lisääntymiskierron mahdollistamiseksi.

5.1.4. Sähkökoekalastukset Lieksanjoen ylisiirtoalueella

Ylisiirrettyjen emokalojen kudusta syntyneiden poikasten tiheyksiä arvioitiin elo-syyskuussa 2019–2022 suoritetuin sähkökalastuksin (Taulukko 4). Koekalastukset tehtiin kahden tai kolmen henkilön ryhmissä käyttäen Hans Grassl GmbH:n akkukäyttöistä IG-200-laitetta. Neljän vuoden koepyyntit käsittivät 5–8 koalaa, keskikooltaan 84–186 m², ja ne sijaitsivat yläjuoksun alimman koskijakson, nk. Naarajoen alueen, kunnostetuilla osuuksilla. Koalojen laajuutta ja kalojen pyydettävyyttä määrittivät kunakin vuonna vallitsevat vesiolosuhteet. Esimerkiksi syksyllä 2019 Lieksanjoessa virtasi poikkeuksellisen vähän vettä, ja edustavien koalojen saaminen oli paikoin vaikeaa, koska matalia poikasalueita oli laajalti jopa kokonaan kuivilla, ja osa koaloista rajoittui hyvin kapeina rantakaistaleina syvään, perattuun uomanosaan. Vuonna 2023 sähkökalastuksia ei voitu toteuttaa lainkaan tulvatilanteen takia.

Koska pyydettyjen poikasten tiheysarviot perustuvat yhden kalastuskerran korjaamattomiin tuloksiin, ne edustavat kunkin koekalastuspaikan minimiarvioita (Taulukko 4). Kaikkien koalojen kesänvanhojen poikasten vuosittaiset keskiarvot olivat 0,2–13,1 järviloheta ja 0,0–0,3 taimenta aarilla. Vaikka havainnot luonnonkudun kautta syntyneistä järvilohenpoikasista ovat vaihdelleet joen virtaaman ja ylisiirtoihin käytettävissä olleiden emokalamäärien mukaan, koaloilta pyydetty yksilömäärät ovat olleet pääosin vaatimattomia (Taulukko 2). Taimenella poikastilanne on ollut yleisesti olematonta pääuoman kunnostetuilla osilla, riippumatta siirrettyjen emokalojen määrästä.

Taulukko 4. Järvilohen ja taimenen sähkökoekalastuksissa saadut yksilömäärät ja luonnossa syntyneiden kesänvanhojen (0+) poikasten laskennalliset minimitiheysarviot Naarajoeksi kutsutun Lieksan-joen osan (Saarikoski – Naarakoski) koelohilla vuosina 2019–2022. Suluissa olevat arvot ovat seuratulle koskijaksolle yliiirrettyjen järvilohen ja taimenen emokalojen määriä kutakin seurantavuotta edeltävänä syksynä (2018–2021).

Vuosi	Koeala	Ala (m ²)	Järvilohi			Taimen		
			yht. yks.	0+ yks.	0+ yks. / aari	yht. yks.	0+ yks.	0+ yks. / aari
			(41 ♀ + 27 ♂)			(1 ♀ + 1 ♂)		
2019	Naarak, länsi1	58	3	3	5,1	0	0	0
	Naarak, länsi2	84	6	5	5,9	0	0	0
	Käpyk, länsi1	176	11	1	0,6	0	0	0
	Käpyk, länsi2	51	11	11	21,6	0	0	0
	Käpyk, itä	117	7	1	0,9	1	0	0
	Saarik, länsi	63	1	1	1,6	1	0	0
	Saarik, itä1	52	22	21	40,0	0	0	0
	Saarik, itä2	72	21	21	29,2	0	0	0
			(16 ♀ + 10 ♂)			(4 ♀ + 4 ♂)		
2020	Naarak, länsi1	88	12	11	12,5	0	0	0
	Käpyk, länsi1	131	8	6	4,6	0	0	0
	Käpyk, länsi2	60	6	4	6,7	0	0	0
	Käpyk, itä	126	0	0	0	2	2	1,6
	Saarik, länsi	122	0	0	0	0	0	0
	Saarik, itä1	117	4	1	0,9	0	0	0
			(47 ♀ + 25 ♂)			(38 ♀ + 14 ♂)		
2021	Naarak, länsi1	170	7	6	3,5	0	0	0
	Käpyk, länsi1	170	28	26	15,3	0	0	0
	Käpyk, länsi2	81	7	5	6,2	0	0	0
	Käpyk, itä	138	6	5	3,6	0	0	0
	Saarik, länsi	61	6	0	0	0	0	0
	Saarik, itä1	117	8	0	0	0	0	0
			(14 ♀ + 18 ♂)			ei siirrettyjä emoja v. 2021		
2022	Naarak, länsi1	144	6	1	0,7	0	0	0
	Käpyk, länsi1	240	6	0	0	0	0	0
	Käpyk, länsi2	140	0	0	0	0	0	0
	Käpyk, itä	215	1	1	0,5	0	0	0
	Saarik, itä1	192	2	0	0	0	0	0

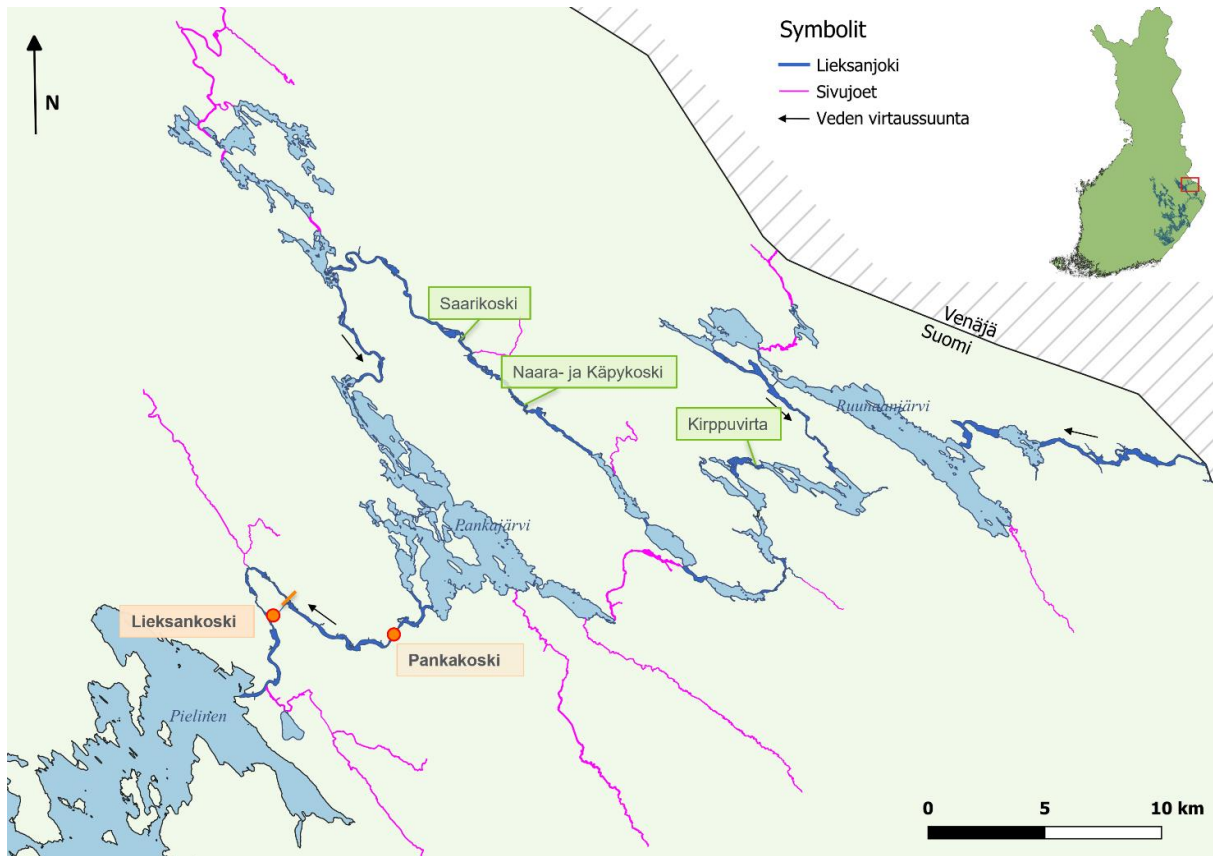
5.2. Lieksanjoen smolttiseuranta

Kemijoki Oy:n ja MMM:n NOUSU-ohjelman rahoituksella Pankakosken voimalaitospatoon rakennettu [smolttien kiinteä kiinniottolaite](#) otettiin käyttöön vuonna 2021. Kiinniottolaitteen avulla Lieksanjoen yläjuoksulta vaeltavat järvilohen ja -taimenen smoltit pyritään ottamaan hallitusti kiinni, jonka jälkeen ne voidaan kuljettaa alajuoksulle tai suoraan Pieliselle (Kuva 38).

Kalat pyritään ohjaamaan kiinniottolaitteeseen noin 70 metriä leveässä patolinjassa sijaitsevan teräksisen nielun kautta, johon syntyy kiihtyvä virtaus ($0,6\text{--}1,0\text{ m}^3/\text{s}$). Kalat johdetaan nielusta virtaavan veden mukana vesitilavuudeltaan noin $160\text{--}180\text{ m}^3$ olevaan pyyntikammioon. Altaan ylävedenpinnan säädetään uppopumpulla, millä myös pyyntikammioon johdettu vesi nostetaan takaisin voimalaitoksen yläkanavaan. Luke on toteuttanut kiinniottolaitteen toimivuuden seuranta ja kehitystä yhteistyössä [Lieksanjoen NOUSU-vaelluskalahankkeen](#) (2021–2024) kanssa.



Kuva 38. Smolttien kiinteä kiinniottolaite on rakennettu Pankakosken voimalapadon entiseen uittotukien niputustilaan. Pyydyksen nielurakenne on korkeussäädettävä (oikeanpuoleinen kuva). Pyyntikammion vettä pumpataan takaisin voimalapadon yläpuolelle sisään tulevan tilavuuden verran (maks. $1\text{ m}^3/\text{s}$). Tyhjennysvaiheessa pyydykseen uineet kalat ohjautuvat poistuvan veden mukana halkaisijaltaan 40 cm läpivientiputkeen ja edelleen sen jatkeena olevaa kourua pitkin pienempään keräilyaltaaseen, josta ne voidaan poimia käsiteltäväksi ja kuljetettavaksi. Kalojen vaiheittainen kulku nielurakenteesta pyyntikammioon ja keräilyaltaaseen on merkitty kuvaan oransseilla katkonuolilla.



Kuva 39. Lieksanjoen kartta, johon on merkitty 6,5 km päässä toisistaan olevat Pankakosken ja Lieksanjoen vesivoimalaitokset sekä PIT-merkittyjen järvilohien siirtopaikat yläjuoksun koski-alueilla (Kirppuvirta, Naara- ja Käpykoski sekä Saarikoski). Kartta: Henri Heiskanen ja Matti Janhunen.

Käytössä oleva kiinniottolaitte tyhjennettiin ensimmäisenä vuonna 1–3 päivän välein ja myöhemmin päivittäin. Pyyntilaitteeseen ajautuneet kalat nukutettiin (MS-222), mitattiin ja niiden mahdolliset PIT-merkit tarkistettiin käsilukijalla. Tämän jälkeen ne siirrettiin Lieksankosken voimalan alapuoliseen kanavaan, jokisuulle tai joissain tapauksissa Pielisen Kinahmonsalmeen. Pyyntilaitteen tyhjentämisestä ja kalojen siirroista on vastannut [Pielisen-Karjalan kalatalous-alue](#).

Kiinniottolaitteen toimivuutta ja toisaalta myös yläjuoksulle tapahtuvien poikasistutusten tuloksellisuutta on testattu vuosien 2021–2023 aikana 1- ja 2-vuotiaiden PIT-merkittyjen järvilohien koevapautuksilla (Taulukko 5). Enemmistö kaloista (96 %) on vapautettu Pankajärven yläpuolisille koskialueille (vaellusreitti Pankakoskelle 30–57 km) ja pieni osa suoraan Pankakosken voimalan yläkanavaan, noin 680 m päähän padosta (Kuva 39). Taulukossa 5 on esitetty yhteenveto seurantavuosittain (2021–2023) eri koevapautuseristä saaduista tuloksista.

Taulukko 5. Lieksanjoen yläjuoksulle istutettujen PIT-merkittyjen järvilohenpoikasten vapautuspaikat, -päivämäärät, -iät ja yksilömäärät vuosina 2021–23. Oikeanpuoleisimmassa sarakkeessa on kiinniottolaitteella saatujen (+ suluissa vuosina 2022 ja -23 pelkästään PIT-antenneilla havaittujen) kalojen lukumäärät koevapautuserittäin.

Istutus-vuosi	Istutus-paikka	Istutus-pvm	Istutus-ikä (v)	Kasvatusmenetelmä	Istutus-määrä	PIT-sirun pituus (mm)	Pyydetty (+ muut hav.)	
2021	Naarakoski	14.6.	1	standardi	1 105	12	6 (+4)*	
			1	kivivirike	1 123	12	6 (+1)*	
			1	kivivirike + virtausmuutokset	1 115	12	4*	
			5.5.	2	standardi	978	12	0***
	Saarikoski	14.6.	1	standardi	1 151	12	9 (+1)*	
			1	kivivirike	1 136	12	9*	
			1	kivivirike + virtausmuutokset	1 147	12	18 (+3)*	
			5.5.	2	standardi	979	12	0***
		Yhteensä				8 733		52 (+9)
2022	Kirppuvirta	11.5.	2	standardi	640	23	1 (+4)*	
	Käpykoski	10.5.	2	standardi	644	23	2 (+2)*	
	Pankakoski (yläkanava)	19.5.	2	standardi	209	23	0 (+1)*	
	Kirppuvirta	22.9.	1+	standardi	1 245	12	12 (+1)**	
	Käpykoski	22.9.	1+	standardi	1 224	12	31**	
		Yhteensä				3 962		46 (+8)
2023	Kirppuvirta	23.–24.5.	2	standardi	1 242	12	1 (+3)**	
	Käpykoski	23.–24.5.	2	standardi	1 243	12	25 (+10)**	
	Pankakoski (yläkanava)	22.–24.5.	2	standardi	355	23	41 (+52)**	
		Yhteensä				2 840	12	110 (+65)

* Pankakoskella pyydetty (+ pelkästään PIT-antennilla havaittu) vuonna 2022; ** Pankakoskella pyydetty (+ **aleman Lieksankosken voimalan yläkanavassa havaittu**) vuonna 2023; *** yksi istutuserän kala saatu kiinni syksyllä 2023 järvivaelluksen tehneenä Lieksankosken emokalapyynnissä

5.2.1. Pyyntikausi 2021

Kiinniottolaitteen käyttöönottoa ennakoiden Pankajärven yläpuoliselle Naarajoen koskijaksolle istutettiin 5.5.2021 yhteensä 1 957 kaksivuotista (keskipituus ± -hajonta helmikuussa: 188 ± 17 mm, keskipaino ± -hajonta: 76 ± 21 g) ja 14.6. yhteensä 6 777 yksivuotista järvilohenpoikasta (keskipituus ± -hajonta helmikuussa: 103 ± 11 mm, keskipaino ± -hajonta: 11 ± 3 g). Molemmat PIT-merkityt istukaserät oli tuotettu Luken Kainuun kalantutkimuslaitoksella Palta-mossa.

Yksivuotiaat istukkaat oli kasvatettu kolmella eri kasvatusmenetelmällä (Taulukko 5) osana Luken [ViableSalmon-hanketta](#): 1) pelkistetyt standardialtaat, 2) suojarakennelmin varustetut virikealtaat (so. kivirykelmät pohjassa ja niiden päällä kattaukset) ja 3) suojarakenteet yhdistettynä muuttuviin veden virtausolosuhteisiin ja veden pinnan tason muutoksiin. Molempien ikäluokkien kalat vapautettiin tasavahvaisin ryhmin kahdelle koskialueelle, Naarakoskelle ja Saarikoskelle. Yksivuotiaat kalat levitettiin molempien koskipaikkojen niska-alueille veneellä. Matkaa istutuspaikoilta Pankakosken voimalaitokselle on 30 ja 35 km.

Ensimmäisellä käyttökaudella poikaspyyntiä tehtiin lyhyin huoltokatkoin 31.5.–24.6.2021. Saa-liina oli tuolloin kaksi järvilohen smolttia ja yksi syksyllä 2019 ylisiirretty (T-ankkurimerkitty) koirastaimen. Samana keväänä istutettuja PIT-merkittyjä järvilohia ei saatu pyydykseen. Huomionarvoista kuitenkin on, että kaksivuotiaiden koeistutuseristä saatiin syksyn 2023 emokala-pyyntineissä kaksi järvikierron läpikäynyttä sukukypsää yksilöä.

5.2.2. Pyyntikausi 2022

Toiseksi pyyntivuodeksi kiinniottolaitteen nielurakenne oli uusittu ja pyyntikammioista johdetun poistovesiputken pää siirretty veden alle kauemmas laitteen nielusta virtausolosuhteiden parantamiseksi. Toukokuussa Pankajärven yläpuoliselle jokialueelle (Käpykoski, Ruunaan Kirppuvirta) istutettiin yhteensä 1 284 Luken Enonkosken laitoksella kasvatettua kaksivuotiaista järvilohia, jotka oli mitattu ja merkitty PIT-sirumerkeillä (23 mm) maaliskuun 2022 lopulla (keskipituus \pm -hajonta: 247 ± 33 mm, keskipaino \pm -hajonta: 186 ± 76 g). Kirppuvirtaan 11.5. istutetuissa kaloissa oli istutushetkellä havaittavissa vesihometaudin merkkejä.

Pankakosken yläkanavaan, vajaan 700 metrin päähän voimalapadosta, vapautettiin 209 kaksikesäistä PIT-merkittyä järvilohia 19.5. Yläkanavaan vapautettiin myös neljänä päivänä 24.–27.5. yhteensä 52 kaksivuotiaista radiolähetintä kantavaa yksilöä (Karppinen 2022), jotka merkittiin Luken koeluvalla ESAVI/7293/2022.

Seurantakaudelle 2022 Pankakosken voimalaitoksen yläpuolelle aivan padon tuntumaan asennettiin neljä kelluvaa kehäantennia (n. 4 m pitkiä ja 1 m korkeita), joiden avulla pyrittiin havainnoimaan PIT-merkittyjä järvilohia. Antennikehikoiden kestävyudessa ja ankkuroinneissa ilmeni ongelmia tutkimuksen aikana. Lisäksi seurantatiedon siirrossa ja tallentamisessa esiintyi ajoittaisia käyttökatkoksia, ja antennien kyky rekisteröidä PIT-siruja (merkin koosta riippumatta) todettiin erittäin heikoksi kiinniottolaitteen poistovesipumpun tuottaman häiriön takia. Lopulta käytössä oli enimmäns osan ajasta ainoastaan kaksi heikkotehoista antennia, ja niillä saatiin 22.6. asti kestäneessä seurannassa havaintoja vain 20 järvilohismoltista. Näistä 11 kalaa oli istutettu vuotta aiemmin yksivuotiaina (kasvatusmenetelmien vertailu; Taulukko 5) ja yhdeksän kalaa keväällä -22 kaksivuotiaina.

Aikavälillä 13.5.–27.6.2022 toteutettu smolttipyyntineissä saatiin yhteensä 106 järvilohen ja 21 taimenen smolttia (Kuva 40). Lisäksi saatiin seitsemän suurikokoista taimenta, joista viisi oli edellisenä syksynä ylisiirrettyjä emokaloja. Järvilohen pyydetyistä smolteista 55 (51,9 %) oli PIT-merkittyjä. Näistä edellisenä vuonna yksivuotiaana istutettuja oli 52 yksilöä ja keväällä 2022 kaksivuotiaana istutettuja kolme yksilöä. Merkitsemättömiä järvilohen smoltteja saatiin 49. Näistä osa oli todennäköisesti kesänvanhoina poikasina Tuulijokeen 23.9.2020 istutettuja (istutusmäärä tuolloin 9 380 yks.) ja osa luonnonkudusta syntyneitä.

Ainoastaan kaksi radiolähettimellä varustettua ja Pankakosken yläkanavaan vapautettua yksilöä (3,8 % vapautetuista) ohjautui kiinniottolaitteeseen muiden mennessä turbiiniaukoista voimalapadon läpi (Karppinen 2022). Pyydetyistä taimensmolteista 17 (81,0 %) oli rasvaeväleikattuja (1-vuotiaana Ruunaan reitille istutettuja) ja neljä yksilöä oletettavasti luonnonkaloja.

Pyyntijakson alkuvaiheessa voimalaitoksella oli ohijuoksutuksia aikavälillä 11.–22.5.2022; ohijuoksutusvirtaama tuolloin suurimmillaan $63 \text{ m}^3/\text{s}$. Kaksivuotiaiden järvilohi-istukkaiden vaellus tapahtui mahdollisesti muita smolttiryhmiä aiemmin, jolloin merkittävä osa niistä saattoi ohittaa voimalapadon tulvaluukkujen kautta. Pankakosken yläkanavaan vapautetuista 209 PIT-merkitystä järvilohesta ei saatu kiinni yhtään yksilöä ja niistä saatiin ainoastaan yksi

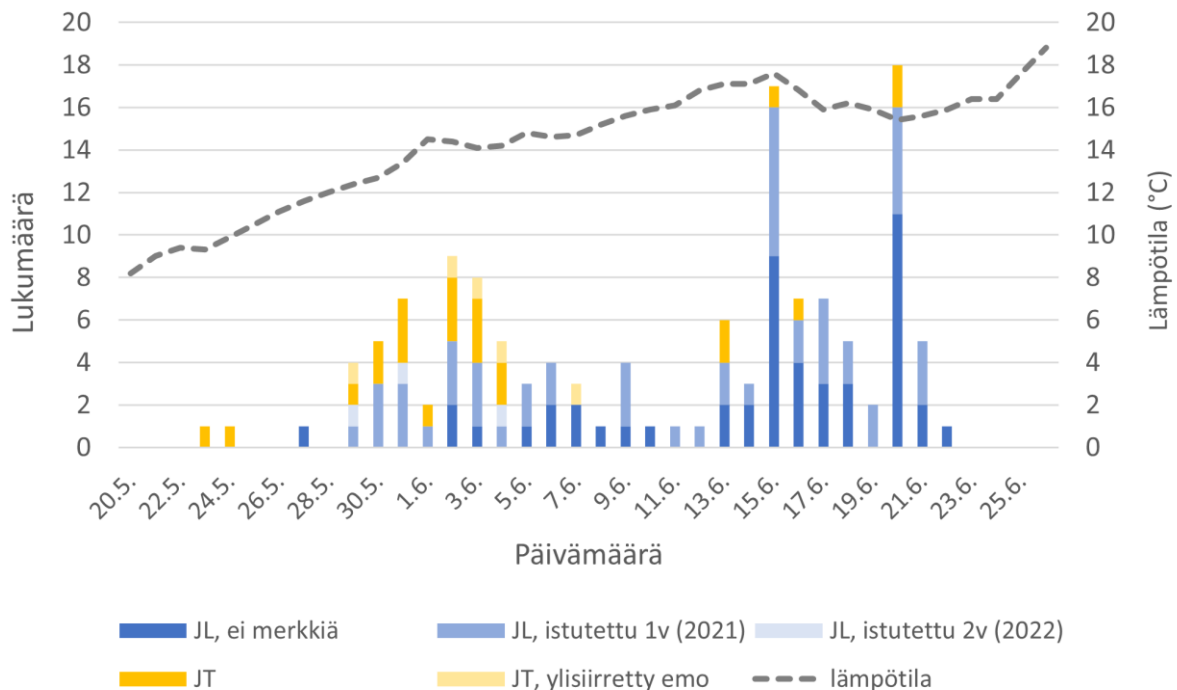
antennihavainto välittömästi istutuksen jälkeen. Tämänkin istutuserän kalat ohittivat padon tulvaluukuista, koska ohijuoksutus oli vapautuspäivänä (19.5.) käynnissä. Myöhemmin ohijuoksutusta tapahtui vielä 21.6., jolloin koko joen virtaama, noin 150 m³/s, ohjattiin tulvaluukujen kautta noin 12 tunnin ajan. Tämä oletettavasti ”tyhjensi” Pankakosken yläkanavan smolteista, ja pyynti säilyi lopun aikaa tuloksettomana.

Edellisenä vuonna yksivuotiaana istutetut järvilohet saatiin kiinni (52 yks.) tai havaittiin ainoastaan PIT-antenneilla (9 yks.) 29.5.–21.6. välisenä aikana. Valtaosa näistä havainnoista ajoittui kuitenkin seurantajakson loppupuolelle, huomattavasti kaksivuotiaina istutettuja poikasia myöhemmin (Kuva 24). Yksivuotiaana istutetut järvilohenpoikaset näyttivät siten saapuvan Pankakoskelle keskimäärin samaan aikaan kuin kesänvanhana istutetut tai luonnossa syntyneet kalat.

Yksivuotiaana istutetuista järvilohista eniten, eli noin kolmannes, saatiin Pankakoskella niistä poikasista, jotka oli kasvatettu monipuolisessa, suojarakenteita sekä veden virtaussuunnan, -nopeuden ja -syvyyden muutoksia sisältävässä virikekasvatuksessa ja vapautettu alempana sijaitsevalle Saarikoskelle (21 yks.). Naarakoskelle istutetuista monipuolinen virikekasvatus tuotti sitä vastoin vähiten havaintoja (4 yks.) ja standardimenetelmä vastaavasti eniten (10 yks.). Pelkästään suojarakenteita käsittävästä kasvatuksesta istutettujen poikasten havaintomäärät eivät juurikaan poikenneet standardikasvatetuista poikasista. Alempana sijaitsevalle Saarikoskelle vapautettujen järvilohenpoikasten osuus Pankakoskella havaituista oli 77 % (yht. 40 yks.). Eroa voi selittää smolttien kohtaamat petotappiot istutusalueiden välisen viiden kilometrin jokimatkan aikana. Kaiken kaikkiaan myös yksivuotiaana istutettujen ja seuraavana vuonna vaellukselle selvinneiden havaintomäärä oli kuitenkin vähäinen, vain 61 kalaa, joten erot niin kasvatusmenetelmien kuin istutuspaikkojenkin suhteen ovat lähinnä suuntaa antavia.

Kaksivuotiaana istutetut järvilohet aloittivat vaelluksensa melko nopeasti vapautuksensa jälkeen ja ne saapuivat Pankakoskelle aikaisemmin kuin yksivuotiaana istutetut tai luonnossa syntyneet kalat. PIT-antenneilla havaituista tai pyydystetyistä kaksivuotiaana istutetuista järvilohista enemmistö (9/11) havaittiin viimeistään 6.6.2022. Käpykoskelle kaksivuotiaana istutetuista kaloista saatiin havainnot Pankakoskella vain neljästä yksilöstä aikavälillä 29.5.–3.6. Vastaavasti Kirppuvirtaan (23 kilometriä Käpykoskesta ylävirtaan) kaksivuotiaana istutetuista kaloista havainnot saatiin viidestä yksilöstä 4.6.–20.6. välisenä aikana. Vaikka pidemmän vaellusmatkan vaikutus kalojen Pankakoskelle saapumisen ajankohtaan oli havaittavissa, pienestä havaintomäärästä ei voida kuitenkaan todeta, että pidempi vaellusmatka olisi lisännyt smolttitappioita.

Merkittömät, eli joko luonnonkudusta tai kesänvanhojen istutuksista peräisin olevat, järvilohismoltit olivat keskimäärin merkitsevästi suurempikokoisia (keskipituus 202 mm, pituuden vaihteluväli 170–238 mm; keskipaino 72,7 g, painon vaihteluväli 38,1–105,9 g; $n = 49$ yks.) kuin yksivuotiaana istutetut smoltit (keskipituus 179 mm, 148–210 mm; keskipaino 51,0 g, 21,9–86,4 g; $n = 52$ yks.) (lineaariset mallit: pituus: $F_{1,98} = 59,14$, $p < 0,001$; paino: $F_{1,99} = 56,11$, $p < 0,001$). Merkittömien smolttien suurempi keskikoko voi selittyä niiden paremmalla sopeutumisella luonnonolosuhteisiin yksivuotiaana istutettuihin kaloihin verrattuna. Kokoero voi selittyä osittain myös sillä, että merkittömien smolttien joukossa oli kolmevuotiaita luonnonkaloja.



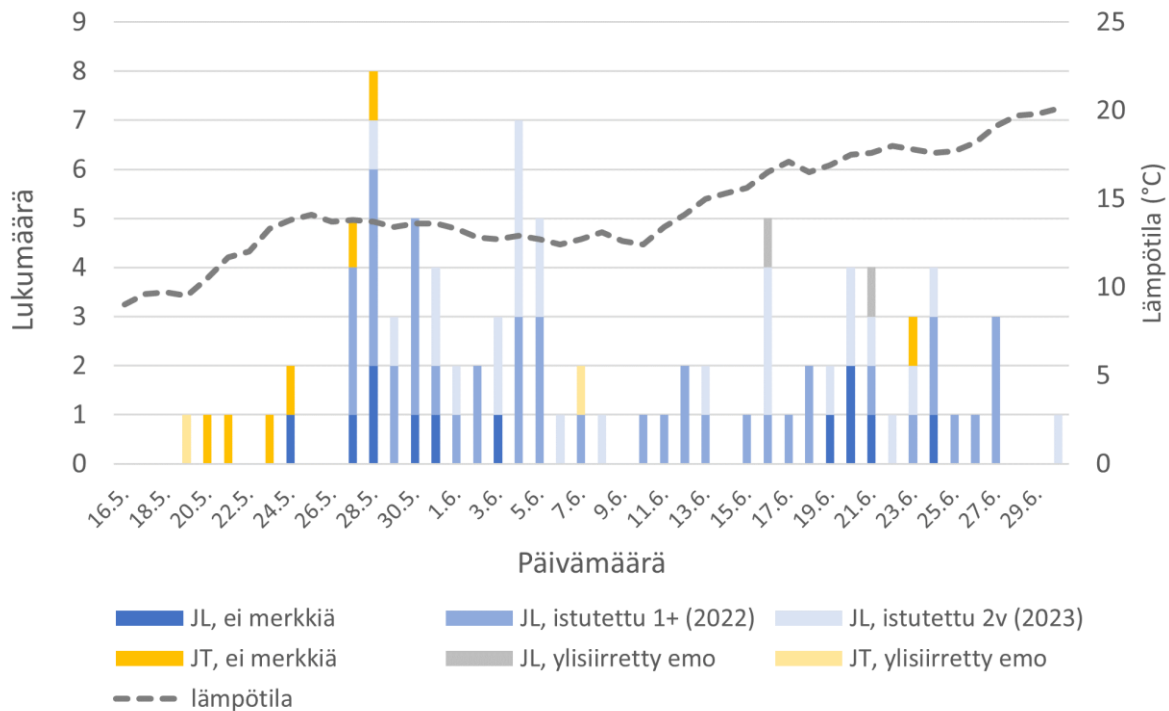
Kuva 40. Päivittäiset Lieksanjoen Pankakosken kiinniottolaitteella saadut järvilohet (JL) ja -taimenet (JT) sekä veden lämpötila kiinniottolaitteesta mitattuna ajanjaksolla 20.5.–26.6.2022. Kuvan tiedoista puuttuu kaksi pyydettyä järviloheta, jotka merkittiin radiolähettimellä ja vapautettiin Pankakosken yläkanavaan osana Karppinen (2022) tutkimusta.

5.2.3. Pyyntikausi 2023

Kolmatta pyyntivuotta varten kahdelle koskipaikalle, Käpykoskeen ja Kirppuvirtaan, istutettiin PIT-merkittyinä samataustaiset ja tasavahvat erät kaksikesäisiä (22.9.2022) ja kaksivuotiaita (23.–24.5.2023) järvilohia, jotka oli kasvatettu Luken Kainuun kalantutkimusasemalla (Taulukko 4). Näiden lisäksi samasta kasvatuspaikasta tuotiin 355 kaksivuotiaista järviloheta PIT-merkittyinä Pankakosken yläpuoliseen voimalakanavaan vapautettavaksi. Nämä kalat säilytettiin vapautuspaikallaan vajaan 700 metrin päähän voimalapadosta tuodussa verkkosumpussa ja vapautettiin kolmessa erässä 22.–24.5. heti ohijuoksutuskauden loputtua.

Pankakosken koevapautuksilla arvioitiin smolttien kiinniottolaitteen pyytävyyttä ohijuoksutuskauden jälkeen sekä havainnoitiin samalla voimalapadon turbiiniaukoista läpimenneiden kalojen päätymistä alemmalle Lieksankosken voimalaitokselle, jonne välimatkaa Pankakosken voimalalta on noin 6,5 km. Seurantaa varten Lieksankosken voimalan yläkanavaan, padon välittömään läheisyyteen, asennettiin kaksi kelluvaa PIT-antennia (kehät 4 × 1 m).

Smolttipyynnissä (16.5.–30.6.2023) saaduista 123 järvilohen vaelluspoikasesta oli PIT-merkittyjen osuus 89,4 % (110 yks.) (Kuva 41). Vastaavasti yhteensä 707 pyydetystä taimensmolttista oli rasvaeväleikattujen osuus 99,0 % (vain 7 rasvaevällistä yks.). Vaelluspoikasten lisäksi kiinniottolaitteeseen ui neljä edellisenä syksynä yliirrettyä emokalaa (2 yks. molempaa lajia). Pankakosken voimalakanavaan vapautetuista järvilohista ui kiinniottolaitteeseen 41 yksilöä (11,5 %, vaihteluväli kolmella vapautuserällä 3–20 %), ja alemmalla Lieksankosken voimalaitokselle selvinneitä havaittiin 52 yksilöä (14,6 % vapautetuista ja 16,6 % ei-kiinnisaaduista). Keskimääräinen aika kalojen vapautuksesta ensimmäiseen Lieksankoskella tehtyyn antennihavaintoon oli 18,91 tuntia (vaihteluväli 3,88–89,78 h).



Kuva 41. Päivittäiset Lieksanjoen Pankakosken kiinniottolaitteella saadut järvilohet (JL) ja -taimenet (JT) sekä veden lämpötila kiinniottolaitteesta mitattuna ajanjaksolla 16.5.–30.6.2023. Kuvan tiedoista puuttuvat Pankakosken voimalakanavaan vapautetut ja aikavälillä 23.–29.5. pyydetyt kaksivuotiaat järvilohet (41 yks.) sekä Ruunaalle rasvaeväleikattuina istutetut ja aikavälillä 21.5.–27.6. pyydetyt kaksivuotiaat taimenet (691 yks.).

Pankajärven yläpuoliselle reitille istutettujen järvilohismolttien pyyntimäärissä havaittiin selvä ero lyhyemmän vaellusmatkan eduksi: Käpykoskelle (etäisyys n. 35 km Pankakoskelle) kaksikesäisenä istutettuja saatiin kiinni 31 yksilöä (2,5 % kyseisen ryhmän istukkaista) ja kaksivuotiaana istutettuja 25 yksilöä (2,0 % ryhmän istukkaista). Vastaavasti Kirppuvirtaan (n. 58 km päähän) kaksikesäisenä istutettuja pyydettiin 12 yksilöä (1,0 % ryhmän istukkaista) ja kaksivuotiaana istutettuja vain yksi yksilö (0,08 % ryhmän istukkaista). Siten istutuspaikkojen keskinäisessä vertailussa, molemmat istutusikäryhmät huomioiden, kiinnisaatujen Käpykosken kalojen osuus oli 81,2 %.

5.2.4. Yhteenveto smoltiseurannasta

Kolmivuotisen smoltiseurannan perusteella järvilohen alasvaellus painottuu Lieksanjoellakin keskimäärin myöhempään ajankohtaan kuin taimenen: järvilohella vaellushuippu ajoittuu lämpötilan noustua yli 13–15 °C:n (kts. myös osio 5.1.1. sekä Heinonen 2016, Janhunen ym. 2021). Järvilohismoltit läpäisivät Pankakosken voimalapadon suurelta osin joko turbiiniaukkojen tai tulvaluukkujen kautta, ja niiden pyydettyvyys kiinniottolaitteella oli ohijuoksutuksen aikaan 0 % ja muutoin keskimäärin 11 prosentin luokkaa.

Käyttäen ohijuoksutusten ulkopuolisena pyyntitehona keskimääräistä lukua 11 % (ja sen arviotua 3–20 % vaihteluväliä), voidaan esimerkiksi vuoden 2022 osalta karkeasti arvioida, että Pankakoskelle olisi saapunut keskimäärin 470 (vaihteluväli 260–1 730) yksivuotiaana kesällä - 21 istutettua järvilohismolttia, mikä vastaa 7 prosenttia (vaihteluväli 4–26 %) istutetuista. Vastaavilla pyydettyvyysarvoilla olisi samalle istutusalueelle kaksikesäisenä vapautetuista

järvilohista saapunut Pankakoskelle keskimäärin 281 (vaihteluväli 155–1033) smolttia, mikä on 23 % (vaihteluväli 12–84 %) istutetuista ja kaksivuotiaana istutetuista keskimäärin 227 (vaihteluväli 125–833) smolttia, mikä on 18 % (vaihteluväli 10–67 %) istutetuista kaloista vuonna 2023.

Koska kiinniottolaitteen sisäänottovirtaama (maks. 1 m³/s) on ilmeisen riittämätön houkuttelemaan enemmistöä smolteista, edellyttää pyynnin jatkokehitys vähintäänkin ohjainaitaraken-
netta (kts. luku 2). On ilmeistä, että osalla smolteista voimalapadot toimivat merkittävänä alasvaelluksen hidastajana (esim. Huusko ym. 2014): kauimmillaan Pankakosken voimalan yläpuolelta saatiin saman kalan antennihavainnointia kahdeksan päivän ajalta (v. 2022) ja Lieksan-
kosken voimalalle uineesta yksilöstä 13 päivän ajan (v. 2023). Myös yksittäisten kiinniottolait-
teella saatujen smolttien kertymä kesäkuun loppuun saakka sekä voimaloiden yläkanavista koeluontoisella perhokalastuksella saadut havainnot (v. 2023) osoittavat kalojen pitkittynyttä viipymistä patojen yläpuolella.

Kustannustuottavuussuhteen kannalta yksivuotiaiden järvilohenpoikasten istuttaminen Liek-
sanjoen yläjuoksun koskialueille voi olla varteenotettava kannanhoidollinen menetelmä olet-
taen, että kiinniottolaitteen houkuttelevuutta saadaan kehitettyä ja smolttipyyntiä merkittä-
västi tehostettua. Yksivuotiaiden lohenpoikasten käyttöä kannanhoidollisissa istutuksissa
puoltavat kalojen hyvä leimaantumisen kotijokensa veteen, luontaiseen elinkierron rytmiin
(oikeaan vaellusikään ja veden lämpötiloihin) perustuva vaellusvaiheen alkaminen ja muutoin
varhaisempi jokipoikasvaiheen altistuminen luontaisille valintatekijöille, kalataudeista (erityi-
sesti vesihomeesta) johtuvien ja muiden kasvatukseen liittyvien riskien tuntuva pieneneminen
sekä halvempi hankintahinta. Toistaiseksi yläjuoksun koskialueille istutettujen järvilohien
puutteellinen havainnointi jättää kysymyksiä ja jatkoselvitystarpeita Pankakosken voimalalle
selviävien kalojen todellisista määristä.

5.3. Saarijoen tekninen kalatie taimenen alasvaellusväylänä

Saarijoki on noin viiden kilometrin pituinen Lieksanjoen sivujoki (MQ n. 0,5 m³/s, MHQ 5–6
m³/s), joka purkaa vetensä Lieksanjoen alajuoksun vanhaan luonnonuomaan (Kuva 26). Saari-
joen alaosassa ja sen sivuhaarassa, Vinapurossa, tiedetään esiintyvän luontaisesti taimenta.

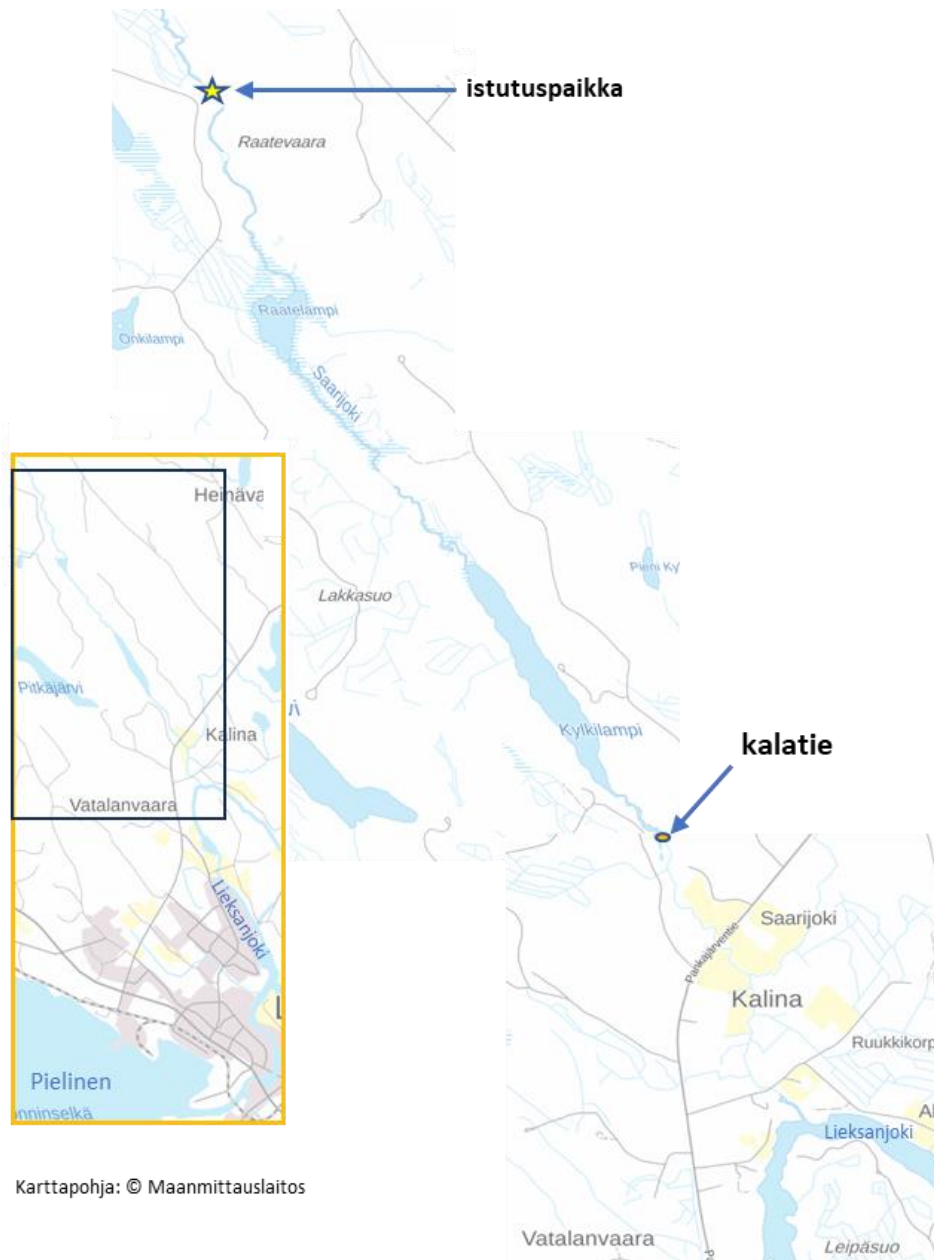
Saarijoen alaosan betonipadon yhteyteen on valmistunut vuonna 2018 [tekninen kalatie](#) (etäi-
syyss n. 1,5 km Lieksanjoen yhtymäkohdasta), jolle pääsyä on parannettu luonnonmukaisella
kalatiellä sen alapuolelta. Kalaportaikko koostuu viidestä noin 2 × 1,4 metrin kokoisesta beto-
nisesta altaasta, joissa vesisyvyys on 1,2–1,6 m. Altaiden välisissä betonikynnyksissä on 35 cm
syvät alivirtaama-aukot (leveys pohjalla 10 cm ja yläreunalla 35 cm), jotka laajenevat edelleen
yläreunaltaan 1 m leveäksi virtausaukoksi. Saarijoen koskilla on tehty syksyllä 2017 myös tal-
kookunnostuksia taimenen luontaisen poikastuotannon edistämiseksi. Majavat ovat padon-
neet Saarijoen monesta kohtaa estäen kalojen kulun kalatien ja yläosien koskien välillä. Maja-
vakantaa on verotettu vuoteen 2023 mennessä metsästyksellä.

Alasvaelluksen seuranta varten Saarijoen yläosalle vapautettiin kahtena perättäisenä keväänä
kaksivuotiaita PIT-merkittyjä (12 mm) taimenia, joiden havainnointia varten kalatiessä järjes-
tettiin PIT-antennijärjestelmä. Kehäantennit asennettiin kalaportaikon molempiin päihin, jol-
loin kalojen kulkusuunta saatiin selville (Kuva 42). Toiseksi keväksi asennettiin vielä kolmas
PIT-antenni kalatien luonnonmukaiseen osaan, jolloin myös padon tulva-aukon läpi

laskeutuvia taimenia saatiin havaittua. Molempina seurantavuosina Saarijoella vallitsi kova tulva, minkä vuoksi suurin osa virtaamasta jouduttiin juoksuttamaan padon yli (Kuva 43).

Ensimmäinen Luken Enonkosken kalanviljelylaitoksella kasvatettu 291 taimenen vapautuserä tuotiin Saarijokeen 29.4.2020 (kalojen pituuden keskiarvo 253 mm ja vaihteluväli 169–310 mm; painon keskiarvo 180 g ja vaihteluväli 49–377 g). Antennihavainnot kalatieltä saatiin lopulta vain 21 yksilöstä (7,2 % vapautetuista) aikavälillä 9.5.–10.6. Suuri(n) osa taimenista ylitti padon luultavasti tulva-aukon kautta, ja ainoastaan yhdeksän kalan todettiin laskeutuneen varmuudella kalaportaiden läpi. Viiden kalan havainnot saatiin ainoastaan portaikon yläantennista, ja kuusi kalaa rekisteröityi vain portaikon alaosalta.

Seuranta-aineiston keräämistä häiritsivät tulvan ohella myös tekniset ongelmat: PIT-antennien hallintaohjelmisto lakkasi kahdesti toimimasta (8.5. ja 22.5.), ja järjestelmä saatiin käynnistettyä uudelleen joko samana päivänä (8.5.) tai muutamaa päivää myöhemmin (25.5.). Osa taimenista meni oletettavasti kalatiestä juuri näiden toimintakatkosten aikaan. Hieman odotusten vastaisia havainnot saatiin kolmesta taimenesta: Näistä yksi, oletettavasti padon kautta laskeutunut kala, nousi portaikosta takaisin padon yläpuolelle 10.6. ja mahdollisesti toisti saman lenkin vielä uudestaan 15.–16.6. Toinen yksilö laskeutui nopeasti (puolessa minuutissa) portaiden kautta (16.5.), mutta nousi niistä takaisin ylös kuukautta myöhemmin (16.6.). Kolmas, niin ikään luultavimmin patoaukosta tippunut taimen nousi portaikkoon 8.6. ja poistui sen yläkautta seuraavan päivän aikana jättäen ylemmästä antennista useita kymmeniä havainnot yli 7,5 tunnin ajalta.



Kuva 42. Saarijoen kartta, jossa merkittynä kalatien ja PIT-merkittyjen taimenten vapautuspaikan sijainnit. Kalojen vapautuspaikan (Kalliokoski) etäisyys kalatiestä oli noin 4,7 km.



Kuva 43. Saarijoen pato ja kalatie kevättulvan aikaan, jolloin suurin osa joen virtaamasta juoksetettiin padon yli tulva-aukon kautta.

Toisena keväänä 3.5.2021 vapautettiin yhteensä 300 Pohjois-Karjalan kalanviljely Oy:n Keskijärven laitoksella kasvatettua taimenta (keskipituus 252 mm, vaihteluväli 209–307 mm; keskipaino 182 g, 88–305 g) ja niiden liikkumista kalatiessä havainnoitiin 17.6. saakka.

Kolmeen antenniin kertyi havaintoja 81:stä samana keväänä vapautetusta taimenesta (27 % vapautetuista), yhdestä edellisellä vuonna vapautetusta sekä yhdestä vuonna 2019 alapuolisen kosken sähkökalastuksen yhteydessä merkitystä taimenesta. Huomattavaa on, että jälkimmäisestä yksilöstä saatiin porrashavaintoja myös edellisen vuoden seurannassa. Siten vuoden 2021 istutuserästä padon ohittaneita smoltteja oli minimissään reilu neljännes, ja näistä selkeästi portaiden kautta alas uineita kaloja oli 37 yksilöä eli alle puolet kaikista havaituista (12 % vapautetuista).

Alimman PIT-antennin kohdalla viipyi pidempään useampi kala, ja siitä kertynyt aineisto kärsitti lopulta yli 2,2 miljoonaa havaintoriviä. Koska antenni kykenee tunnistamaan ja siirtämään tiedon vain yhdestä PIT-merkistä kerrallaan, padon ohitti oletettavasti edelleen huomattava määrä kaloja ilman havaintoja. Tästä kielii myös se, ettei 34 porrasantenneista havaittua kalaa jättänyt merkintöjä alimpaan antenniin (41 % kaikista havaituista).

Kahden vuoden kokemuksen perusteella Saarijoen tekninen kalaportaikko ei näyttäisi ohjaavan smoltteja kovinkaan tehokkaasti patorakennelman ohi kevään ja alkukesän tulva-aikaan, jolloin suurin osa vedestä joudutaan juoksuttamaan suoraan padon yli. Seurannassa ilmenneiden haasteiden vuoksi kalatiestä alusvaeltaneiden smolttien kokonaismääriä ei kuitenkaan saatu selville.

5.4. Pielisjoen Laurinvirran poikastuotantoalueen seuranta

Pielisjoen osalta työpaketti 5 painottui [Pielisjoen vaelluskalakärkihankkeen](#) myötä vuonna 2019 syntyneen Laurinvirran poikastuotantoalueen seurantaan. Laurinvirta johdetaan vettä Kuurnan tulvapatoon rakennetun pienvesivoimalan kautta, ja sen alaosaan on tehty koskimaiset olosuhteet vedenpintaa nostavan pohjakynnyksen sekä jokipohjan rakeenteellisen muokkauksen avulla (Kuva 44). Laurinvirran kunnostussuunnittelussa on hyödynnetty käytettävään vesimäärän ja alueen topografiaan perustuvaa mallinnusta, jonka perusteella ratkaisuksi on valikoitunut isokokoisilla kivillä verhoiltujen särkkien ja pääasiassa kutuun soveltuvalla soralla pohjustettujen uomien muodostama verkosto. Laurinvirtaan on esteetön kulkuyhteys Saimaalta kutemaan nouseville emokaloille ja syönnösvaellukselle lähteville smolteille. Se on myös ainoa alue Pielisjoessa, missä potentiaalista poikastuotantoalaa on useampia hehtaareita. Pohjois-Karjalan Sähkö Oy:n omistama uoma sai pysyvän vesityksen vuoden 2019 loppulla (normaalivirtaama 35 m³/s, minimi 17,5 m³/s).



Kuva 44. Laurinvirran kutu- ja poikastuotantoalue alavirran suunnasta kuvattuna. Kuurnan päävoimala ja sen alakanava näkyy oikealla. Kuva: Markku Gavrilov.

5.4.1. Nousulohien telemetriaseuranta

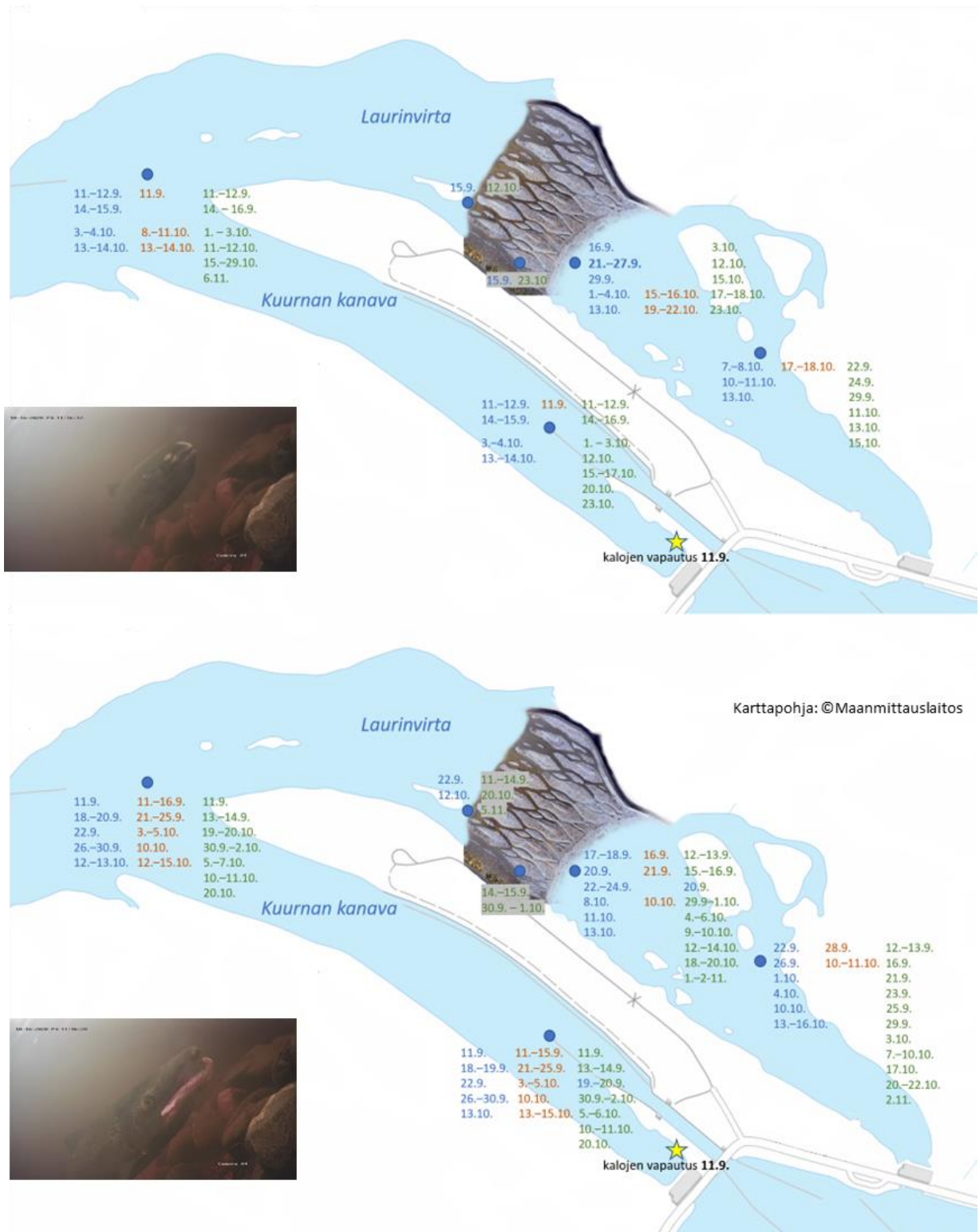
Kutuun valmistautuvien järvilohien hakeutumista Laurinvirran alueelle seurattiin yhdeksällä Kuurnan voimalakanavasta verkolla pyydetyllä emokalalla (5 ♀ ja 4 ♂), jotka merkittiin aikavälillä 3.–11.9.2020 selkävän tyvelle kiinnitettävillä akustisilla CT-82-1-E-lähettimillä (Sonotronics, Inc.). Kuurnan voimalakanavaan vapautettujen kalojen liikkumista seurattiin syyskuun alkupuoliskolta marraskuulle kuudella vedenalaisella vastaanottimella (Kuva 45).

Havainnot Laurinvirran puolelle sijoitetuista tallentimista saatiin seitsemästä kalasta. Kahdesta lähetinmerkitystä naaraslohesta ei saatu havainnot Laurinvirrasta, ja näistä toinen saatiin kiinni vielä toistamiseen 8.10.2020 Kuurnan voimalakanavassa suoritettussa emokalapyynnissä. Myös yksi seurannassa ollut koiraskala verkotettiin toistamiseen Kuurnan voimalakanavan puolelta 6.10. Tämä yksilö kiersi Laurinvirran puolelle ensimmäisen kerran jo seuraavana päivänä vapautuksestaan (4.9.) viipyen alueella yhtäjaksoisesti 13.9. asti. Tämän jälkeen kala liikkui toistuvasti molempien uomien puolella, jättäen viimeiset havainnot Laurinvirrasta 27.10. Voimakkaat virtausolosuhteet luultavasti heikensivät vastaanottimien kykyä havainnoida lähettimien äänisignaaleja. Kuvassa 29 on esitetty kolmen naaraan ja kolmen koiraan eri vastaanottimiin tallentuneiden havaintojen päivämäärät (vähintään yksittäisiä havainnot per päivä). Näiden yksilöiden voidaan olettaa kutuneen Laurinvirrassa. Esimerkiksi yhden naaraan yhtäjaksoinen havaintokertymä 21.–27.9. osoittaa sen kutupaikan sijainneen kynnyspadon tuntumassa, vastaanottimen läheisyydessä. Kaikkinsa havaintoaineisto paljasti kutulohien liikkuvan huomattavan aktiivisesti Laurinvirran ja Kuurnan kanavan välillä, koiraat keskimäärin naaraita enemmän.

Pielisjokeen ja Laurinvirtaan suuntautuvan kutunousun havainnointia varten merkittiin lisäksi toukokuussa (14.5., 16.5. ja 23.5.) ja lokakuussa (30.10.) 2021 yhteensä 20 Oriveden Paasselältä pyydettyä rasvaevällistä järvalohta akustisilla, noin kolme vuotta toimivilla CT-05-36-1-lähettimillä (Sonotronics, Inc.). Toukokuun merkinnöissä lohien keskipituus oli 59,5 cm (pituisuuden vaihteluväli 55,0–64,5 cm, $n = 10$ kalaa) ja syksyllä vastaavasti 59 cm (55,5–76 cm, $n = 10$). Kalojen pyynti tapahtui vapaaehtoisten uistelijoiden avustuksella (2–5 venekuntaa per päivä).

Lähettimet laitettiin soodapuskuroidulla trikaiinilla (MS-222) nukutettujen kalojen ruumiinonteloon lyhyen hapetetussa kalankuljetussäiliössä tapahtuneen pyyntirasituksesta toivuttamisen jälkeen. Merkinnän jälkeen kalat vapautettiin pyyntialueelleen Paasselälle. Kaikkiin lähetinmerkintöihin sovellettiin koelupaa ESAVI/22131/2019.

Mahdollista kutunousua Pielisjokeen havainnointiin kolmena vuonna Kuurnan molemmissa kanavissa sekä Joensuun kaupunginkoskien niskalla. Havainnot Pielisjokeen ja Kuurnaanselästä lähetinlohista saatiin kuitenkin vain yhdestä yksilöstä (kala merkitty 30.10.2021 59 cm pituisena). Tämä kala tallentui Kuurnan voimalakanavassa olleeseen tallentimeen ensimmäisen kerran 5.9.2023 ja sen jälkeen Laurinvirrassa 24.9.2023. Näiden välillä kalasta saatiin havainto myös noin 20 kilometriä alemmalla Joensuun kaupunginkoskista 11.9. Kuurnassa kalan liikkumista havaittiin molempien uomien puolella ennen oletettua Laurinvirrassa tapahtunutta kutua. Lähetinlohien kudulle nousemattomuus voi kertoa niiden voimakkaasta kalastuksen aiheuttamasta kuolleisuudesta syönnösvaellusvaiheen aikana ja/tai heikosta leimaantumisesta istutusjokeensa. Koska kalat olivat jo merkintähetkellä kookkaita, olisi niiden odottanut nousevan kudulle Pielisjokeen syksyyn 2023 mennessä. Yhden yksilön tiedetään varmuudella tulleen pyydetyksi Enonvedellä (lähetinpalautus).



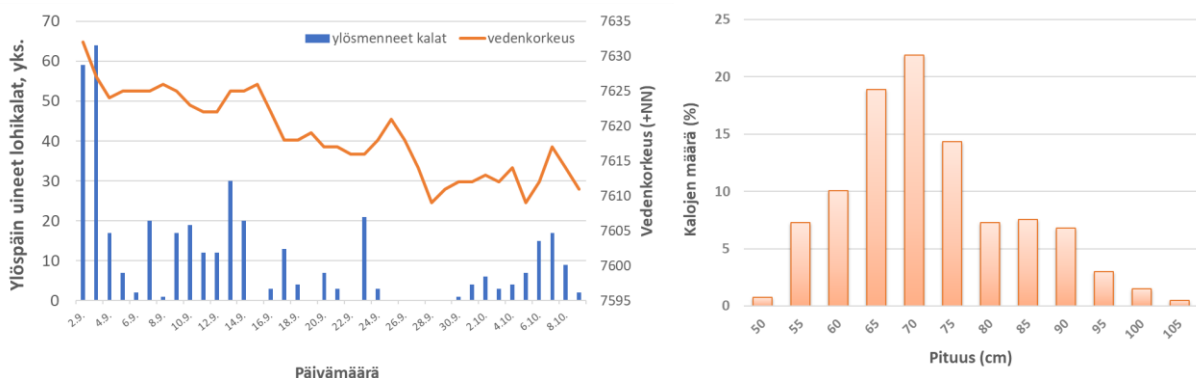
Kuva 45. Akustisilla lähettimillä merkittyjen järvilohien havainnointiin asennettujen vastaanottimien si-jainnit sekä päivämäärät kolmen naaraan (ylempi kuva) ja kolmen koiraan (alempi kuva) jättä-mille havainnoille kustakin vastaanottimesta 11.9.2020 alkaen. Eri yksilöiden havain-topäivämäärät on merkitty eri väreillä.

5.4.2. Nousukalojen kaikuluotainseuranta

Laurinvirtaan nousevien järvilohien ja taimenten havainnointia varten asennettiin ARIS-viisto-kaikuluotain ajalle 2.9.–9.10.2021. Havainnointi perustuu liikkuvien hahmojen tunnistamiseen luotaimen kattamasta sektori-ikkunasta (tässä käytettiin 20 metrin näkymää), jossa kalojen koko, uintisuunta ja paikka äänikeilassa ovat nähtävissä. Luotain sijoitettiin uoman syvälle eteläreunalle (rakennetun poikasalueen alapuolisen saaren kohdalle), josta useimpien nousukalojen oletettiin nousevan.

Viiden päivän toimintakatkosta (25.–29.9.) lukuun ottamatta luotausaineisto kerrytti havainnotoja yhteensä 725 ylävirtaan päin uivasta ja 328 alaspäin suuntaavasta, yli 50 cm pitkistä kalasta; lukumäärien erotus 397. Laskenta-aineistosta ei ole kuitenkaan mahdollista saada käsitystä Laurinvirran alueelle nousseiden lohikalojen tarkasta määrästä. Tähän vaikuttavat muun muassa seuraavat seikat: Luotaimen ikkuna kattoi vain pienen osan Laurinvirran koko leveydestä, ja toisekseen sen sijainti kutualueen välittömässä läheisyydessä tuotti toistuvia havainnotoja samoista edestakaisin liikkuneista yksilöistä. Kolmanneksi, luotaus kärsi vedenpinnan korkeuden huomattavasta alenemisesta. Lisäksi luotauksen ajankohta oli selkeästi myöhässä lohikalojen nousujaksoon nähden, ja vilkkainta liikehdintää havaittiin heti luotaimen asentamisen jälkeen syyskuun ensimmäisinä päivinä (Kuva 46).

Oletettujen lohikalojen (järvilohien, taimenten ja mahdollisesti suurempien siikojen) kokoja-kaumasta luotaus tuotti kuitenkin hyvän kuvan: kokorajatussa havaintoaineistossa runsainta pituusluokkaa edustivat n. 70 cm mittaiset nousukalat (Kuva 46). Suurin havaittu kala oli pituudeltaan 112 cm ja se tulkittiin haueksi. Ajoittain luotaimen piirtyi noin 30–48 cm:n pituisista kalojen nousuparvista, jotka olivat todennäköisimmin siikoja. Alueelle on voinut hakeutua myös joitain alle 50 cm taimenia. Vedenpinnan taso oli ajankohtaan nähden poikkeuksellisen matalalla ja vuoden 2021 alhaisin mittauslukema Kuurnan voimalan alapuolelta (7609 cm, NN) saatiin 28.9. (lähde: Suomen ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmä). Nousukalahavaintojen ja vedenpinnan korkeuden välillä oli havaittavissa heikko positiivinen yhteys (Kuva 46).



Kuva 46. Vasemmanpuoleisessa kuvassa ylöspäin uineiden lohikalojen havaintomäärät ja vedenkorkeuden vaihtelu (Kuurnan voimalan alta mitattuna; lähde SYKE:n Hertta-tietojärjestelmä) 2.9.–9.10.2021. Huom. Luotain oli pois toiminnasta 25.–29.9. välisenä aikana. Oikeanpuoleisessa kuvassa on luotaimen näkymästä määritettyjen ylöspäin uineiden lohikalojen (≥ 50 cm) pituusluokkajakauma ($n = 397$, kun alaspäin uineiden 328 kalan pituusluokkakohtaiset havaintomäärät on vähennetty kaikista ylöspäin uineiden kalojen määrästä).

Yhteenvedon luotauksesta saadusta kokemuksista voidaan todeta, ettei menetelmä ole kovinkaan sovelias Laurinvirtaan nousevien emokalamäärien arviointiin. Etenkin korkeammalla vedenpinnan tasolla iso osa kutulohista ja -taimenista voi nousta alueelle leveää keskiuomaa pitkin, jolloin niiden ohjaus eteläpuolen rannan ja saarien väliseen kapeampaan uomaan edellyttäisi pitkän ohjausaidan käyttämistä. Tämän lisäksi kutuun valmistautuvien kalojen edestäkainen liikehdintä luotauslinjan ohi tekisi nousukalamäärän arvioinnista liian haasteellista.

5.4.3. Kutupesäkartoitus

Järvilohen ja taimenen kudusta syntyneitä pesiä kartoitettiin syksystä 2020 alkaen Luken ja Jyväskylän yliopiston yhteistyöllä. Pesäetsintöjä tehtiin pääasiassa kahluutähystyksellä vesikiikaria käyttäen (Syrjänen ym. 2013), osin myös sukeltajaa hyödyntäen, ja ne keskitettiin rakennetun alueen pienirakeisella soralla päällystettyihin osiin. Löydetyt kaivannot varmistettiin kutupesiksi etsimällä niistä muutamia eläviä mätimunua. Pesät merkittiin uomaan numeroiduilla merkkikivillä ja muovinauhalla myöhempää näytteenottoa varten. Lisäksi niistä kerättiin sijaintitieto sekä seuraavia mittaustietoja:

- Pesäkuopan ja harjanteen ("hännän") pituudet ja leveydet (cm),
- Pesän syvyys veden pintaan (cm) kuopan edestä, pohjalta sekä harjanteen laelta,
- Pohjasoran vallitseva ja peittyvä raekoko 11-luokkaisen asteikon mukaan pesän etupuolelta, kuopasta ja harjanteesta,
- Veden virtausnopeus pohjasta ja 60 %:n syvyydeltä pesän etureunalta sekä pesäkuopan ja harjanteen rajalta (Höntzsch-potkurimittari).

Alkionäytteet kerättiin kevättälven aikaan soraa kevyesti kaivamalla, jolloin virran mukana ajeltimaan lähteneitä silmäpisteasteelle kehittyneitä mätimunua tai jo vastakuoriutuneita ruskuaispussi-poikasia saatiin pyydystettyä yksittäisiä kappaleita keruuhaavilla. Keväällä 2021 ja 2022 kerättyjen alkionäytteiden DNA-eristykset ja SsAD486-mikrosatelliittiin perustuvat lajinmääritysanalyysit tehtiin Luken Jokioisten laboratoriossa (Perrier ym. 2011). Kevään 2023 näytteiden DNA eristettiin ulkomaisessa palveluanalyysissä, jonka tuottamaa geenimerkkiaineistoa käytettiin myös sisarusryhmien erottelussa kahden vuosiluokan 2022 ja 2023 näytteiden osalta (Janhunen ym. 2024). Alkionäytteiden keräämisen yhteydessä pesistä laskettiin myös valkoiset mätimunat ja hedelmöittymättömät oranssit mätimunat. Valkoiset mätimunat ovat todennäköisesti pääsääntöisesti kuolleita alkioita, mutta joukossa voi olla myös hedelmöittymättömiä ja myöhemmin valkoiseksi muuttuneita munia. Arviointiin otettiin mukaan ne pesät, joista löytyi keväällä vähintään kaksi alkioita tai mätimunaa.

Ensimmäisen kutukauden jälkeinen kutupesäkartoitus suoritettiin 10.–12.11.2020. Tuolloin Pielisjoen virtaama oli 50 % ajankohdan mediaanin yläpuolella. Laurinvirtaan ohjattua ohijuoksutusta (n. 145 m³/s) pystyttiin kuitenkin laskemaan hetkellisesti noin puoleen, mikä mahdollisti pesien rajatun etsinnän pääasiassa rakennetun alueen matalalta yläosalta. Voimakkaan virtauksen ohella työtä vaikeutti huono näkyvyys veden alla (so. tulvasta johtuva veden tummuminen ja heikko valaistus). Lisäksi tuoreesta, vielä puhtaasta sorasta kaivetut pesäkuviot erottuivat heikosti vanhempaan soraan verrattuna, joka on tyypillisesti humuksen ym. hienojakoisen kiintoaineksen peittämää. Lohikalojen kutupesä löytyi yhteensä viisi kappaletta, mutta suuren virtaaman takia esim. kynnyspadon alapuolisten särkkien väliset pienirakeisella soralla päällystetyt uomanpohjat jäivät kokonaan kartoittamatta. Kaikki syksyllä löydetyt pesät sijaitsivat kynnyspadon yläpuolisilla soralaikuilla. Myöhemmin alkionäytteiden keräämisen yhteydessä maaliskuun lopulla 2021 tehtiin vielä kolme uutta pesälöydystä: kaksi

kynnyksen yläpuolelta ja yksi alemmaa uoman reunavirrasta. Alkiomääritykset tehtiin viidestä pesästä, joista neljä oli järvilohen ja yksi taimenen tekemä.

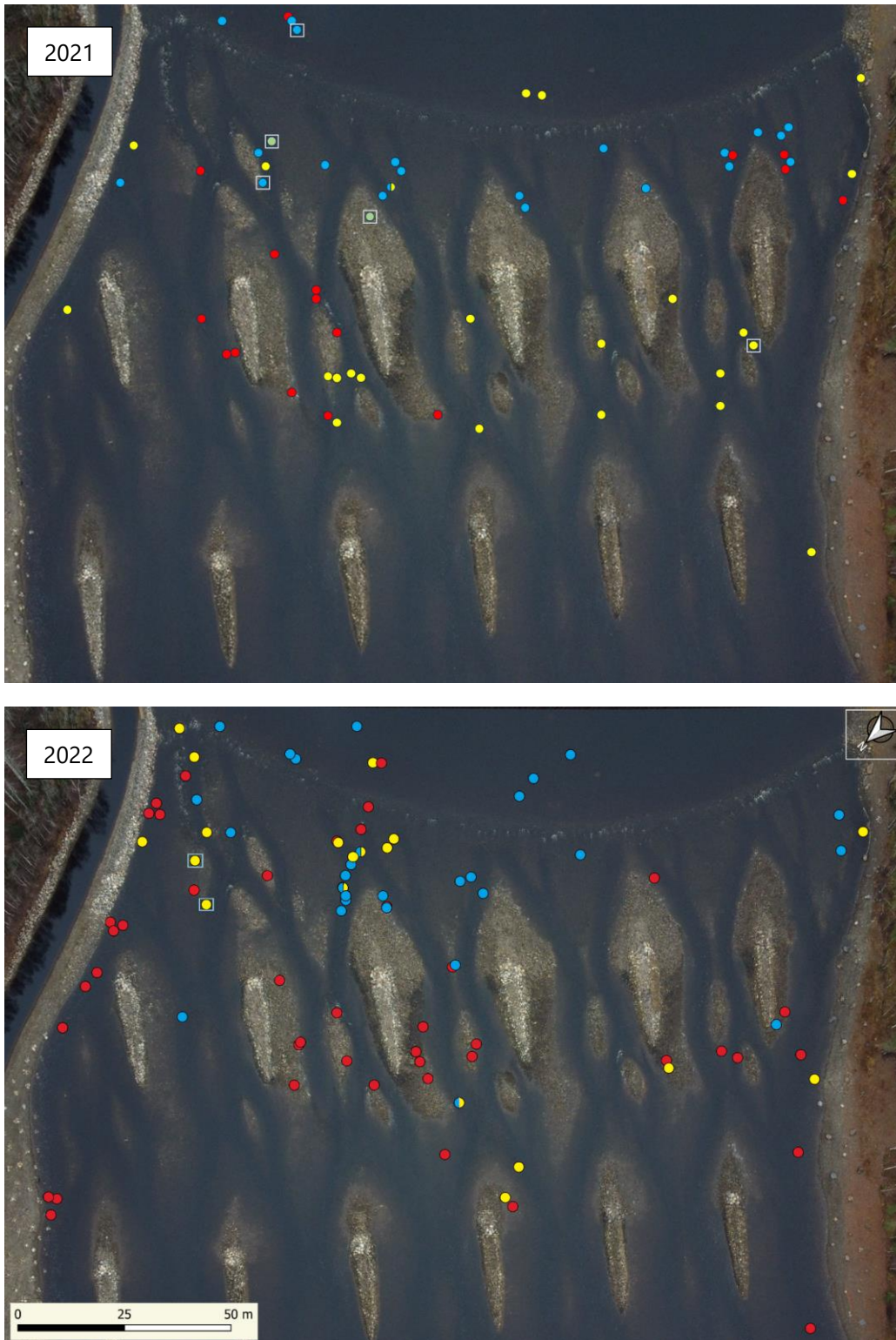
Toisen kutukauden jäljiltä syntyneitä kutupesiä inventoitiin 3.–5.11.2021. Tuolloin virtausolosuhteet olivat työn onnistumisen kannalta optimaaliset, eikä Laurinvirran virtaamaa rajoitettu etsintöjen ajaksi. Kutukaivantaja tunnistettiin yhteensä 59 kappaletta. Niistä suurin osa sijaitsi ylempien särkkien ympärillä, kiivaimman virran alueella (Kuva 47).

On huomattava, että Kuurnan voimalakanavan puolella lokakuun 2021 aikana tehdyissä emokalapyyntöissä saatiin verkotettua ainoastaan 11 järvilohia (8 ♀ ja 2 ♂, kalojen pituudet 64–92 cm) ja kolme taimenta (kaikki naaraita, 54–66 cm). Näin ollen selvä enemmistö Kuurnaanselästä emokaloista hakeutui vuonna 2021 Laurinvirtaan kutemaan. Runsaat kaikuluotainhavainnot suurikokoisista kudulle nousevista lohikaloista tukevat tätä oletttamaa (kts. 5.4.2).

Osasta syksyn 2021 kutupesiä kerättiin silmäpisteasteelle kehittyneitä näytealkioita 11.–12.4.2022 (keskimäärin 2,8 näytettä per pesä, $n = 46$ pesää). Lajimääritykset saatiin kaikkiaan 129 näytteestä: näistä järvilohia oli 59, taimenia 61 ja yhdeksän alkiota määrittyi lajienväliseksi risteymäksi. Pesien lukumäärien suhteen määritykset jakautuivat seuraavasti: 19 kutukaivannossa (41 %) kukin poimittu alkiot edusti järvilohia ja vastaavasti 21 pesässä (46 %) taimenta. Lisäksi yhdestä pesästä havaittiin kaksi järvilohialkiota ja yksi taimenalkio. Kahdessa pesässä kukin kolmesta näytteestä osoittautui järvilohen ja taimenen risteymäksi, ja lisäksi yksi risteymäalkio löydettiin kahdesta pesästä kahden järvilohialkion kanssa sekä yhdestä pesästä kahden taimenalkion kanssa. Kyseisen vuoden kutupesien sijainneissa havaitaan suuripiirteinen ero lajien välillä: järvilohen pesät sijaitsivat keskimäärin enemmän kutukynnyksen tuntumassa ja taimenen pesät hieman alempana särkkien välisissä uomissa tai lähellä rantaa (Kuva 47).

Kolmannen kutukauden jäljiltä Laurinvirtaan syntyneitä kutupesiä kartoitettiin 8.–9. ja 11.11.2022. Etsintätöiden onnistumisen kannalta virtausolosuhteet olivat poikkeuksellisen matalasta veden tasosta johtuen optimaaliset, mutta virtaamaa rajoitettiin kuitenkin etsintöjen ajaksi lupaehtojen mukaiseen minimiin ($n. 18 \text{ m}^3/\text{s}$). Kutuun parhaiten sopivasta alueesta saatiin käytyä läpi jokseenkin koko rakennettu uoman alue, mutta sen alemmissa ja syvemmissä osissa pesien havaittavuutta hävitti vähäinen valo ja tummahko vesi. Kutupesiksi tunnistettuja kaivantaja löydettiin yhteensä 97 kpl, ja niistä suurin osa sijaitsi edellisen vuoden tapaan kiivaimman virran alueella ylempien särkkien ympärillä, uoman pohjoispuoliskolle painottuen (>80 %; Kuva 47). Myös reilusti rakennetun alueen yläpuolelta, itärannan matalasta saarekkeiden välisestä uomasta, löytyi yksi järvilohen tekemä pesä.

Syksyllä 2022 kudetun vuosiluokan osalta Laurinvirrasta kerätyistä näytteistä (keskimäärin 3,0 näytettä per pesä, $n = 48$ pesää) määritettiin kaikkiaan 93 järvilohia (osuus 64 % kaikista näytteistä) ja 50 taimenta (35 %). Järvilohinäytteet olivat peräisin 32 kutupesästä ja taimennäytteet 20 pesästä. Neljästä kutupesästä tehtiin määritykset molemmista lajeista ja kahdesta taimenalkioita sisältäneestä pesästä määritettiin lisäksi yksi risteymäalkio. Kolmesta näytteestä ei saatu genotyyppiä määritettyä, näistä kaksi oli peräisin taimenalkioita sisältäneistä pesistä ja yksi järvilohen pesästä.



Kuva 47. Laurinvirran kunnostusalueelta syksyllä 2021 (ylempi kuva) ja 2022 (alempi kuva) löydetty kutupesät: siniset ympyrät ovat järvilohen ja keltaiset ympyrät taimenen pesiä. Molempien lajien alkioita sisältäneet pesät on osoitettu kaksivärisin ympyröin. Neliöllä kehystetyt ympyrät osoittavat pesiä, joista kerättiin lajiristeymänäytteitä; näistä kaksi vain risteymiä sisältänyttä pesää (2021) on merkitty vaaleanvihrein ympyröin. Punaisilla ympyröillä osoitetuista pesistä ei ole määritetty lajia. Alemmasta kuvasta sijaintitiedot puuttuvat yhdestä järvilohen ja taimenen sekapesästä sekä neljästä järvilohen pesästä. Kuva: Lauri Rintamäki, Reetta Väätäinen ja Matti Janhunen.

Syksyllä 2022 Kuurnasta pyydytetyt emokalat käsittivät yhteensä 57 järvihohta (48 ♀ + 9 ♂, kalojen pituudet 60–88 cm) ja kaksi taimenta (1 ♀ + 1 ♂, 62 ja 74 cm). Siten erityisesti taimenella huomattava enemmistö kutukaloista näyttäisi edelleen väistäneen emokalapyyntiä hakeutumalla Laurinvirran alueelle. Taimenen tiedetään kutevan selvästi lohta aikaisemmin (esim. Heggberget ym. 1988), joten todennäköisesti taimenet välttyivät pyynniltä aikaisemman Laurinvirtaan nousunsa vuoksi.

Taulukossa 6 on esitetty kutupesien kokoa kuvaavat keskiluvut vuosien 2020–2022 havainnoista. Mitatut vedensyvyysarvot pesien kuopan edestä ja pohjalta sekä harjanteen laelta mitattuna vastasivat todellista kutuaikaista tilannetta ainoastaan vuonna 2021, jolloin virtaamaa ei pienennetty etsintöjen ajaksi. Suuria, yhteispituudeltaan vähintään 300 cm pesiä, havaittiin kaikkiaan 59 kappaletta (19 kpl v. 2021 ja 40 kpl v. 2022). Suurimman pesän kokonaispituudeksi mitattiin vuonna 2021 530 cm (kuoppa 170 cm + harjanne 360 cm) ja vuonna -22 peräti 630 cm (kuoppa 330 cm + harjanne 300 cm). Vastaavasti pienimmät pesän pituudet olivat 115 cm (60 + 55 cm) ja 95 cm (50 + 45 cm).

Uudehkoissa sorapohjassa pesäkuviot ovat vaikeasti määritettävissä, ja erityisesti pesäharjanteet voivat olla todellisuudessa mitattuja arvoja pidempiä. Pesän koolla tiedetään olevan positiivinen yhteys naaraan kokoon (Crisp & Carling 1989), ja pesien keskipituudet Laurinvirrassa vastaavat muissa järvieläntien taimenpopulaatioiden sekä järvilohen kutukoskissa havaittua keskipituutta (Ruokonen ym. 2022).

Taulukko 6. Vuosina 2020–22 löytyneistä kutupesistä määritettyjen mittojen mediaanit tai keskiarvot (\pm keskihajonnat, cm). Soran raekoosta* on ilmoitettu moodit vallitsevalle / peittyvälle kokoluokalle. Mitatut vedensyvyydet (cm) on annettu vain vuodelle 2021, koska uoman vedenpintaa ei tuolloin alennettu tutkimuksen ajaksi ja arvot ovat todennäköisesti lähellä kutuajan todellisia syvyyksiä.

2020 (n = 5 pesää)	Kuoppa	Harjanne	Koko pesä
Pituus	60 / 62 (8)	100 / 115 (25)	160 / 177 (33)
Leveys	80 / 74 (25)	105 / 95 (31)	105 / 95 (31)
2021 (n = 59 pesää)	Kuoppa	Harjanne	Koko pesä
Pituus	100 / 106 (42)	160 / 169 (67)	258 / 276 (94)
Leveys	90 / 98 (38)	100 / 113 (44)	110 / 119 (44)
	Etupuoli	Kuoppa	Harjanne
Veden syvyys	65 / 65 (10)	68 / 68 (10)	50 / 51 (13)
Raekoko	5/5	6/5	5/5
2022 (n = 96 pesää)	Kuoppa	Harjanne	Koko pesä
Pituus	95 / 106 (58)	160 / 175 (66)	280 / 280 (93)
Leveys	80 / 94 (41)	93 / 99 (24)	102 / 109 (39)
	Etupuoli	Kuoppa	Harjanne
Raekoko	6/5	6/5	5/6

*Kokoluokat suurimman halkaisijan mukaan: 5 = 32–64 mm, 6 = 65–128 mm

Elävien alkuiden, valkoisten munien ja hedelmöittymättömien oranssien munien osuukien pesien välinen keskiarvo koko pesäaineistossa oli 69, 28 ja 3 % (pesien n = 47) huhtikuussa 2022 ja 71, 26 ja 3 % (n = 58) huhtikuussa 2023. Taimenen pesissä vastaavat osuudet olivat 77, 23 ja 0 % (n = 18), järvilohen pesissä 67, 28 ja 5 % (n = 18) sekä hybridien pesissä 89, 11 ja

0 % ($n = 2$) huhtikuussa 2022. Vastaavat osuuksien keskiarvot olivat koko pesäaineistossa 71, 26 ja 3 % ($n=58$), taimenen pesissä 75, 25 ja 0 % ($n = 14$) sekä järvilohen pesissä 71, 26 ja 4 % ($n = 26$) huhtikuussa 2023. Kuolleisuus oli siten kohtalaista ja ehkä merkittävääkin talven aikana. Taimenen poikasia nousee eniten soraikosta todennäköisesti Pielisjoella kesäkuun alussa ja järvilohen poikasia kesäkuun puolivälin vaiheilla lämpötilaltaan keskimääräisenä keväänä. Alkioilla tapahtuu kuolleisuutta siten näytteenoton jälkeen ennen soraikosta nousua vielä 1–2 kuukauden ajan. Soraikosta nousun aikana ja sen jälkeisinä päivinä elävien yksilöiden lukumäärää, tiheyttä uomassa jokipoikasina ja siten kuolleisuutta on Laurinvirran kokoisessa uomassa nyky menetelmin miltei mahdotonta arvioida.

Laurinvirran sukulaisuusanalyysit osoittivat, että niin järvilohella kuin taimenelläkin kutupesien määrä voi rinnastua suoraan täyssisarperheiden (kutuparien) määrään tai olla sitä merkittävästi pienempi (Janhunen ym. 2024). Toisaalta myös useamman kutupartnerin kanssa tuotettujen puolisisarryhmien esiintyminen näyttäisi olevan säännönmukaista, eikä Laurinvirrasta kerätyn aineiston perusteella kuteminen jopa 5–6 partnerin kanssa liene tavatonta. Pesänlaskijoiden yhdeksi pesäksi määrittämässä kaivannossa näyttäisi lisäksi olevan toisinaan alkioita kahden erillisen parin ja jopa kahden lajin kudusta. Hyvillä kutupaikoilla näyttäisi siis syntyneen lajinsisäistä ja -välistä kilpailua, jolloin jotkin kalat kutivat varhaisemman pesän päälle. Aiemmistä selvityksistä tiedetään, että lohien ja taimenen vaatimukset kutuympäristön suhteen menevät osittain päällekkäin (Louhi ym. 2008). Osassa pesistä useamman perheen löytyminen voi selittyä myös sillä, että mätimunia on valunut ylävirrasta toisesta pesästä.

5.4.4. Sähkökalastukset

Laurinvirran luontaisen poikastuotannon käynnistymistä selvitettiin syyskesinä 2021 ja -22 uoman rakennetulta osalta, pohjapadon ja ylemmän särkkärivin väliselle kiivaimman virran alueelle. Koekalastukset tehtiin kolmen henkilön ryhmässä käyttäen Hans Grassl GmbH:n akkukäyttöistä IG-200-sähkökalastuslaitetta. Viisi sähkökalastettua koealaa sijoittui tasaisesti uoman leveyslinjalle pohjapadon rajoittuen, ja ne kalastettiin yhden pyyntikerran periaatteella. Koekalastusolosuhteet olivat molempina vuosina optimaaliset alaveden matalasta tasosta johtuen.

Vuonna 2021 jokaiselta koealalta saatiin vähintään yksi järvilohen kesänvanha poikanen, kokonaismäärän ollessa 16 yksilöä (kalastettu yhteispinta-ala n. 770 m²). Koealojen pinta-aloihin suoraan suhteutettu yksilötiheyden minimiarvio oli kuitenkin pieni, keskimäärin vain 2,2 kesänvanhaa järvilohia aarille (vaihteluväli 0,7–3,6 yks. / a, $n = 5$ koealaa). Järvilohenpoikasten lisäksi vuoden 2021 koepyyntissä saatiin yksi taimenen kesänvanha poikanen.

Vuonna 2022 järvilohen kesänvanhoja poikasia saatiin saaliiksi ainoastaan yksi, eikä vanhempia järvilohia yhtään ((kalastettu yhteispinta-ala n. 1 043 m²). Kesänvanhoja taimenia saatiin yhteensä seitsemän yksilöä. Suoraan koealojen pinta-aloihin suhteutetut yksilötiheyksien minimiarviot ovat keskimäärin vain 0,1 kesänvanhaa järvilohia per aari (vaihteluväli 0,0–0,5 kalaa / a, $n = 5$ koealaa) ja 0,7 taimenta per aari (0,0–1,4).

Muita pyydettyjä lajeja olivat runsausjärjestyksessä kivisimppu (2021: $n = 13$ yks., yhteisbiomassa 58,0 g; 2022: $n = 44$ yks., 78,9 g), kivenuoliainen (2021: 21 yks., 248 g; 2022: 27 yks., 369,8 g), ahven (2021: 36 yks., 116 g; 2022: 1 yks., 4,1 g), made (2021: 8 yks., 800 g, 2022: 5 yks., 424,6 g) ja kiiski (2022: 1 yks., 14,1 g). Kivisimppu näyttäisi runsastuneen kunnostetulla alueella selvästi ensimmäisten seurantavuosien aikana, ja tämän lohikalanpoikasten kanssa

potentiaalisesti kilpailevan lajin kannan kehitykseen (yhdessä mateen kanssa) onkin syytä kiinnittää erityistä huomiota (Luhta ym. 2012, Marttila ym. 2019).

Merkittävimpana syynä poikasten ensimmäisten seurantavuosien heikkoon esiintymiseen rakennetulla alueella voidaan epäillä Laurinvirtaan ohjattuja, usein toistuvia pulssimaisia ja suuria juoksutuksia kevään ja kesän aikana. Osa juoksutuksista on osunut pienpoikasten selviämisen ja alueella pysymisen kannalta kriittiseen ajanjaksoon. Esimerkiksi vuoden 2022 huhtitoukokuun aikana Laurinvirran virtaama oli enimmillään 322,6 m³/s; maksimivirtaaman poikkeavuus lähes 10-kertainen perustasoon nähden.

Virtaamapiikkien runsaus johtui pääasiassa Kuurnan päävoimalan koneiston uusimisesta ja toiminnassa esiintyneistä katkoksista, jolloin suuri osa tai koko joen vesimassa on jouduttu ohjaamaan Laurinvirtaan. Vielä voimalarevision jälkeenkin on uomaan kuitenkin ohjattu ajoittain koko joen virtaama käyttötösteistä, huoltotoimenpiteistä tai häiriötilanteista johtuen. Voimakkaat virtaukset ovat oletettavasti huuhtoneet niin sorasta nousseita kuin vanhempiakin lohikalanpoikasista rakennetulta alueelta (Jensen & Johnsen 1999, Malcolm ym. 2012, Sloat ym. 2017, Gendaszek ym. 2018). Myös sinne kesällä 2020 siirrettyjen vesisammalkasvustojen havaittiin pääsääntöisesti hävinneen.

On myös todettava, että ennen luonnonlisäntymisen käynnistymistä Laurinvirtaan 25.–27.5. 2020 istutetusta 19 866 PIT-merkitystä yksivuotiaasta järvilohesta saatiin saman vuoden alkusyksynä (7.9.) tehdyssä sähkökalastuksessa havainnot vain neljästä yksilöstä (ja myöhemmin 25.10. lisäksi havainnot kahdesta poikasesta Joensuun Länsikoskessa tehdyssä sähkökalastuksessa).

Lisäksi Laurinvirran veden lämpötilan havaittiin kohoavan heinäkuussa 2021 lyhyeksi aikaa lohikalanpoikasille epäedullisiin lukemiin (ylin arvo 25,5 °C). Koska luonnonvesissä kalat pystyvät kuitenkin jossain määrin sopeutumaan lämpenevään veteen, niiden lämpötilan sietokyky voi hieman parantua. Tämän vuoksi vain hetkelliseksi jääneen 25 °C:n ylitys ei ole luultavasti aiheuttanut ainakaan suurta kuolleisuutta järvilohen- tai taimenenpoikasissa. Vuoden 2022 aikana lämpötilan kehityksessä ei havaittu lohikalanpoikasten selviytyvyydelle kriittisiä lukemia (ylin arvo 23,2 °C). Myöskään veden alijäähtymisestä ei ollut havaintoja talven 2021–2022 aikana (minimilukema 0,0 °C). Ensimmäisenä talvena (2020) kunnostusalueen pohjan havaittiin olevan kauttaaltaan paksun hyydejääkerroksen peitossa.

5.4.5. Yhteenveto

Pielisjoen tulvavirtaamien takia Laurinvirran vertailukelpoiset seurantatulokset (kutupesäkar-toitukset ja sähkökoekalastukset) onnistuttiin saamaan vain kahdelta vuodelta. Laurinvirta toimii voimalan poikkeustilanteista tai tulvista johtuvista syistä ohijuokutusuomana, ja lisäksi sen vedenkorkeutta määrittää suurelta osin Pyhäselän vedenpinnan taso (Pielisjoen alaosan pienestä pudotuskorkeudesta johtuen). Kutupesälöydösten perusteella sekä järvilohen että taimenen emokalat löytävät Laurinvirran alueelle ja hyväksyvät sen kunnostetut kutualueet hyvin. Tähän mennessä Laurinvirrasta sähkökalastuksilla saadut poikasmäärät ovat olleet hyvin pieniä, ja siihen vaikuttavia tekijöitä voi olla useampia. On kuitenkin huomattava, että sähkökalastukset kattavat vain pienen otoksen koko alueesta, eivätkä ne kerro poikastuotannosta kuin suuntaa-antavasti.

Syksyltä 2022 aloitetut täydennyskunnostuksilla pyritään parantamaan pohjan rakenteellista monimuotoisuutta, jolloin uintikyvyltään heikoille poikasille voisi löytyä alueelta enemmän

suojaa suuria ja äkillisiä virtauksen kasvuja vastaan. Kuurnan voimalan koneistojen uudistamisen jälkeen (2022) myös virtausolosuhteiden vakiintumisen voidaan olettaa edesauttavan poikastuotannon onnistumista. Alueen toimivuuden kannalta on kuitenkin merkityksellistä, että ylimääräisiä juoksutuksia voidaan hallita mahdollisuuksien mukaan ja nostaa veden virtaamaa vähitellen.

Vaikka Laurinvirta ei luultavimmin tarjoa riittävän laajoja alueita järvilohen tai -taimenen täydelliseen luonnonkiertoon tarvittavan vaelluspoikastuotannon turvaamiseksi, sillä on kuitenkin tärkeä odotusarvo molempien lajien luontaisen lisääntymisen palauttamisessa sekä tutkimustiedon keräämisessä. Tämän vuoksi on tärkeää, että Laurinvirran poikastuotannon käynnistymistä ja biologista merkitystä tarkkaillaan myös tulevina vuosina.

6. Vaellussiian lisääntymismahdollisuudet rakennetuissa joissa

Vaellussiian luontaisen lisääntymisen tilanne rakennetuissa vesissä on nykyään heikko ja pääosin siksi siikamuoto on arvioitu uhanalaisuusluokituksessa vaarantuneeksi (Urho ym. 2019). Lisääntyminen perustuu merkittävältä osin emokalojen pyyntiin joesta, lypsyyntiin, mädin haudontaan sekä poikasten istutukseen keväällä vastakuoriutuneena tai myöhemmin syksyllä luonnonravintolammikossa kasvatettuna kesänvanhana poikasena.

Siian kutu painottui ennen voimalaitosten rakentamista jokien alaosalle, mutta esimerkiksi lijoessa siika on noussut vanhojen saalistilastojen mukaan yli 50 km etäisyydelle merestä ja mahdollisesti osa vielä huomattavasti ylemmäksikin. Nykyisin kutualueet rajautuvat alimpien voimalaitoksien alapuolelle, Oulujoessa noin 3,5 km etäisyydelle merestä ja lijoella noin 7 km etäisyydelle merestä. Rannikkoalueen jokien kalateihin siika on hakeutunut heikosti, tavanomaisesti kalateissä ei ole havaittu siikoja tai vuotuinen nousijamäärä on ollut enintään joitain kymmeniä yksilöitä. Havaintoja siioista kalateissä on muun muassa lijoen Uiskarin kalateistä sekä Eurajoen Pappilankosken kalatiestä. Vaellussiikojen hakeutumista kalateihin tai niiden kalatiehen siirtymiseen vaikuttavia tekijöitä ei ole selvitetty.

Siian lisääntymismahdollisuuksia rakennetuissa vesissä on selvitetty melko vähän. Vaellussiian poikasten esiintymistä on kartoitettu rannikkoalueelle laskevien jokien alaosilta (Jokikokko & Veneranta 2022) ja Kokemäenjoessa on selvitetty poikasten esiintymispaikkoja sekä kutualueita välittömästi padon alapuolella olevalla alueella (Veneranta & Harjunpää 2017). Tässä työpaketissa kartoitettiin Oulu- ja lijoella vaellussiian lisääntymistä poikashaavinnoin sekä mädin haudontakokeella. Lisäksi Oulujoella selvitettiin mädin esiintymistä voimalaitoksen alapuolisella alueella ja arvioitiin lajin luonnonlisääntymisen määrää. Lijoella selvitettiin vaellussiian liikeyhdintää kutualueella radiotelemetriamerkinällä. Varsinaisten joessa tehtyjen kokeiden lisäksi Luken Paltamon laitoksella tehtiin allaskoe, jossa arvioitiin vaellussiian mädin ajeeseen lähtöön tarvittavaa virrannopeutta karkeudeltaan erilaisilla pohjamateriaaleilla.

6.1. Vaellussiian poikasalueiden peruskartoitus

Vaellussiian luonnonlisääntyminen voidaan todentaa haavimalla vastakuoriutuneita poikasia joesta niiden kuoriuduttua (Larsson ym. 2013). Useimpiin rannikon jokiin poikasia istutetaan vastakuoriutuneina suoraan hautomosta, ja siksi ennen haavintaa on oleellista varmistaa, että istutuksia ei ole tehty kartoitettaville alueille tai niiden yläpuolelle.

6.1.1. Haavintapyynti Oulujoella

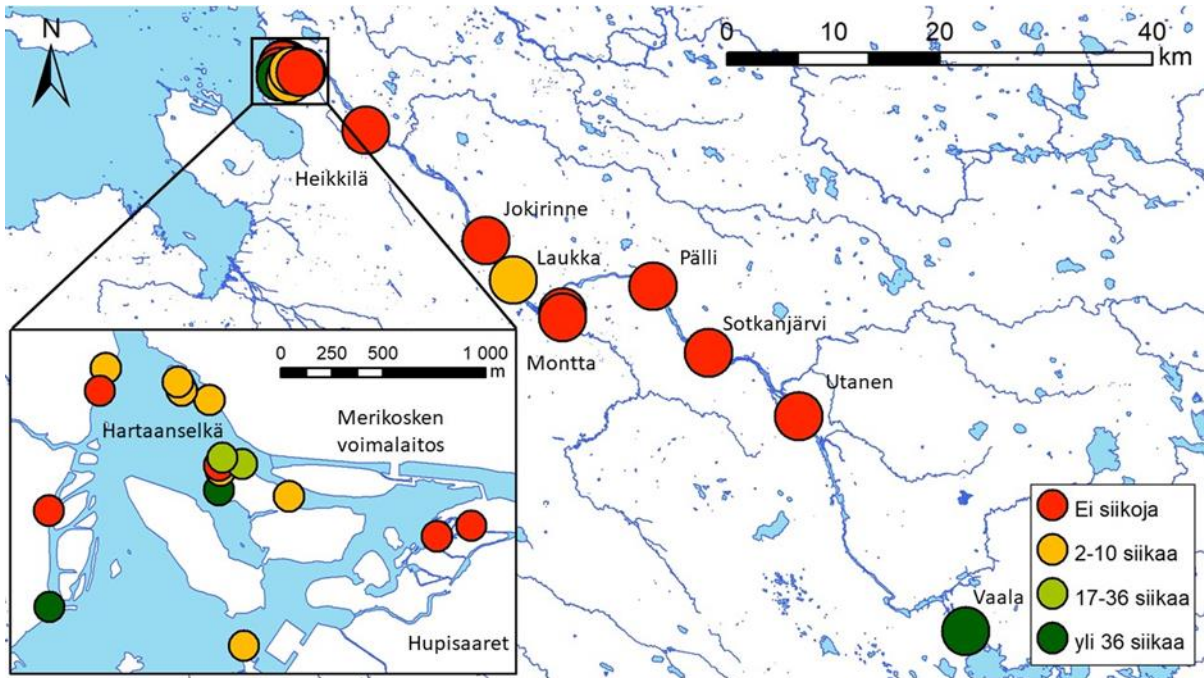
Siianpoikasten peruskartoituksella Oulujoella varmistettiin, että luonnonlisääntyminen rajoittuu Merikosken voimalaitoksen alapuoliselle alueelle ja patoaltaista ei ajaudu siikoja joen alaosalle. Voimalaitoksen yläpuoliselle alueelle ja patoaltaisiin on istutettu aiemmin useaa eri kantaa olevia siikoja (Salojärvi ym. 1990). Merikosken kalatiestä siikoja kulkee vain vähän, korkeintaan kymmenkunta yksilöä vuodessa (Härkönen ym. 2023). Oulujärvessä siikakanta on melko vahva ja Hyvärisen ym. (1992) mukaan Oulujärvestä laskeutuu alavirtaan siikoja, mutta varmaa käsitystä patoaltaiden välisestä siikatilanteesta tai niiden lisääntymisen onnistumisesta ei ollut saatavilla. Peruskartoitustieto tarvittiin myös luonnonlisääntymisen määrän

arvioimiseksi ja samalla kartoitettiin luonnontuotannon arviointikoetta varten soveltuvat pyyntipaikat poikasille.

Varhaisvaiheen siianpoikasia pyydystettiin käyttötarkoitukseen rakennetulla haavilla, jonka lasikuituisen teleskooppivarren pituus oli 180 cm ja alumiinisen havasosan halkaisija 43 cm (Larsson ym. 2013; Veneranta & Harjunpää 2017). Haavin kehällä on tasainen nailonverkko (Sefar Nitex 06-1000/57, silmäkoko 1 mm, langan vahvuus 0,33 mm) pingotettuna kehälle. Tasainen verkko helpottaa poikasten poimimista talteen ja vähentää veden vastusta haavittaessa. Näytettä otettaessa havasosa laskettiin veteen lähes pystysuorassa kulmassa veden pintaan nähden ja sillä tehtiin noin 180 asteen pyöräytys haavintapaikan kohdalla. Näytteenotto tehtiin rannalta käsin tai kahlaten paikasta riippuen. Haavinnassa haavikehän nopeus sovitettiin virran mukaan siten, että huomattavaa etuaaltoa ei muodostunut. Pyöräytyksen jälkeen haavi nostettiin, saalis kerättiin talteen ja tehtiin toinen pyöräytys samasta kohdasta. Kahta perättäistä haavinpyöräytystä samassa kohdassa nimitetään haavintapisteksi. Haavinta tehtiin aina pinnan läheisyydestä, jolloin haavi kattoi noin 0,35 metrin syvyisen vesikerroksen. Haavintakohdalta arvioitiin veden syvyys ja pohjan laatu haavin varrella tunnustelemalla. Pyyntipaikat kohdennettiin joessa erityisesti akanvirtoihin ja virran reuna-alueisiin, joihin virran ajeen mukana uivat siianpoikaset tyypillisesti kertyvät.

Vuonna 2019 tehdyssä siianpoikaskartoituksessa haavintapyyntiä tehtiin 23.4.–27.5. välisenä aikana koko Oulujoen 107 km pituiselta matkalta (Kuva 48). Haavintatyö aloitettiin, kun jäät joesta lähtivät ja vedenlämpötila Oulujoessa saavutti 2 °C raja-arvon. Haavintakierroksia paikkaa kohden tehtiin kaksi kappaletta ja kussakin haavintapaikassa tehtiin 20 haavinvetoa. Yhdessä joen haavintapaikassa tehtiin kerrallaan vuonna 2019 noin 10 ja vuonna 2020 noin 15 haavintapistettä, kunkin pisteen välillä siirryttiin joitakin metrejä. Haavintapaikoissa veden syvyys oli 0,4–0,8 m.

Oulujoesta siianpoikasia saatiin pääasiassa Merikosken voimalaitoksen alapuoliselta alueelta Hartaanselän reunamilta (Kuva 48). Padon yläpuolisella alueella Montan voimalaitoksen vaikutusalueelta tavattiin yksittäisiä siianpoikasia. Montassa on Oulujoen siian mätihautomo, joten on mahdollista, että havaitut poikaset ovat peräisin hautomon ylivuotovedestä. Oulujärven alapuoliselta alueelta siianpoikasia löydettiin melko runsaasti, ja nämä poikaset ovat peräisin todennäköisesti Oulujärveen tai -jokeen kudetusta mädistä. Patoaltaissa siian luontainen lisääntyminen on haavintatulosten perusteella lähes olematonta.



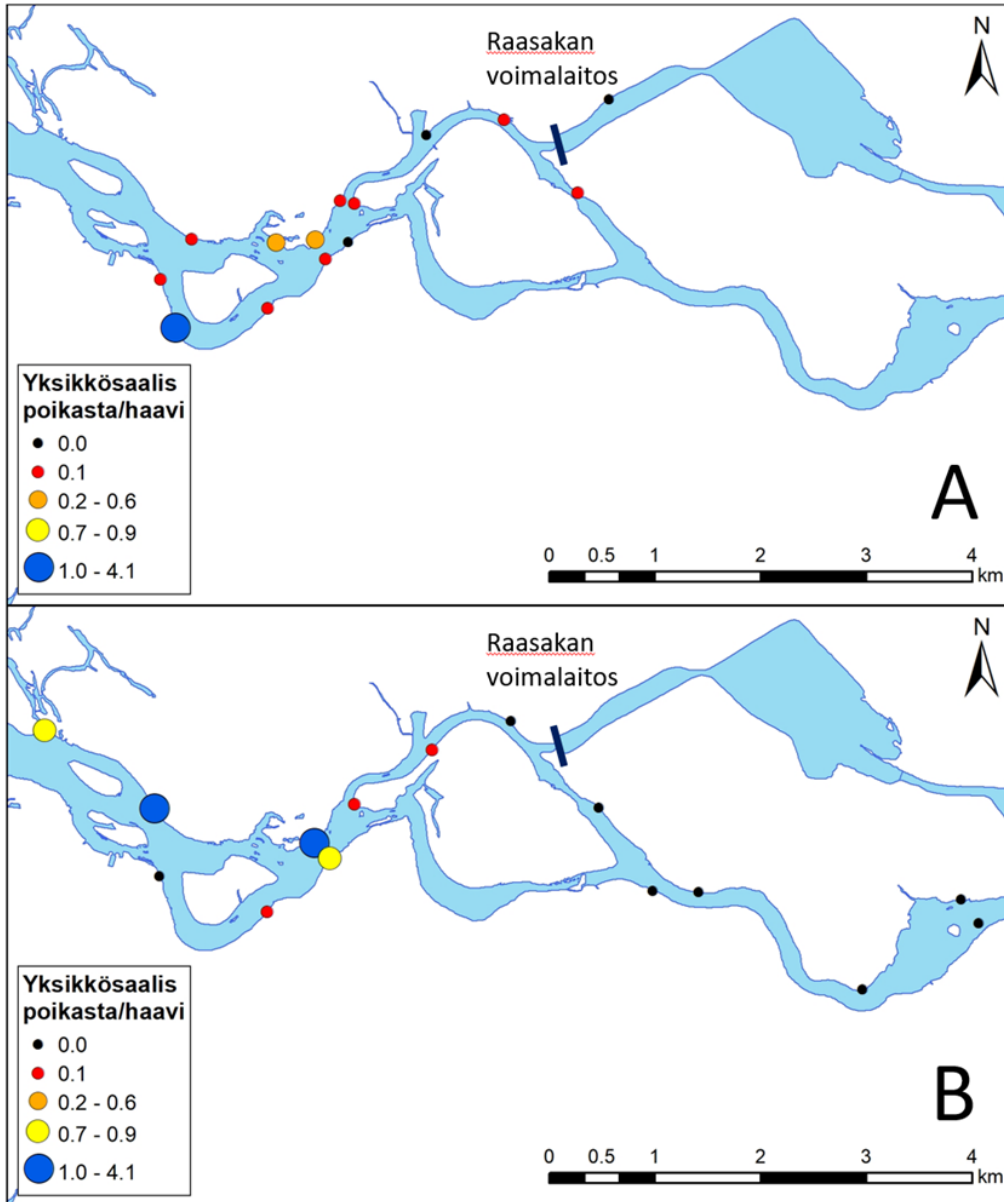
Kuva 48. Haavimalla tehdyt siian poikashavainnot Oulujoen Merikosken alapuolella (pikku-kuva) sekä Oulujoessa (isompi kuva).

6.1.2. Haavintapyynti lijoella

lijoella siianpoikasia on haavittu vuosina 2014, 2017 ja 2021. Ensimmäisessä kartoituksessa vuonna 2014 poikasia saatiin vain yksi kappale kahdesta eri paikasta. Vuoden 2017 kartoituksessa haavintojen yksikkösaalis oli 0,03 poikasta/haavin veto ($n=3\ 499$) (Kuva 49A) ja vuonna 2021 vastaavasti 0,18 poikasta per haavin veto ($n=1\ 483$) (Kuva 49B). Haavinta tehtiin tässä työpaketissa lijoella 5.5.–18.5.2021 välisenä ajankohtana, jolloin veden lämpötila haavintojen aikana vaihteli 3,7–11,0 °C välillä. Haavin vetoja paikkaa kohden tehtiin 14–30 kpl. Vuonna 2021 siianpoikasia oli enimmillään haavintapaikassa 4,1 kpl/haavin vetoa kohden.

lijokeen on rakennettu Uiskarin kalatie, joka johtaa niin kutsuttuun vanhaan uomaan. Kalatiestä on havaittu ainakin joinakin vuosina nousevan vähäisiä määriä siikaa vanhaan uomaan (Haikonen 2019). Vuoden 2017 kartoituksessa todettiin yksittäinen poikanen vanhan uoman alueella, mutta laajemmin toteutetussa poikashaavinnassa vuonna 2021 vanhan uoman alueella siianpoikasia ei havaittu ja poikashavainnot painottuivat joen alaosalle.

Rakennetussa joessa, missä virtaamasaännöstely on voimakasta, on siianpoikasten alusvaelluksen todettu olevan nopeaa (Veneranta & Harjunpää 2017), joten on mahdollista, että poikaset ajautuvat virran mukana voimalaitoksen alaosilta joen alaosille virran katvekohtiin lähes heti kuoriutumisen jälkeen. Raasakan voimalaitoksen alapuolinen alue on suurelta osin kana-voitu, ja poikasia kerääviä virran katvepaikkoja ei juuri ole ennen lin kaupungin aluetta.



Kuva 49. Siianpoikasten haavinta lijoella A) vuonna 2017 ja B) vuonna 2021. Vuonna 2021 siianpoikasia saatiin saaliiksi huomattavasti enemmän kuin vuonna 2017. Lijoen vanhasta uomasta siianpoikasia ei löydetty vuoden 2021 haavinnassa.

6.2. Siianmädin selviytyminen Oulu- ja lijoessa

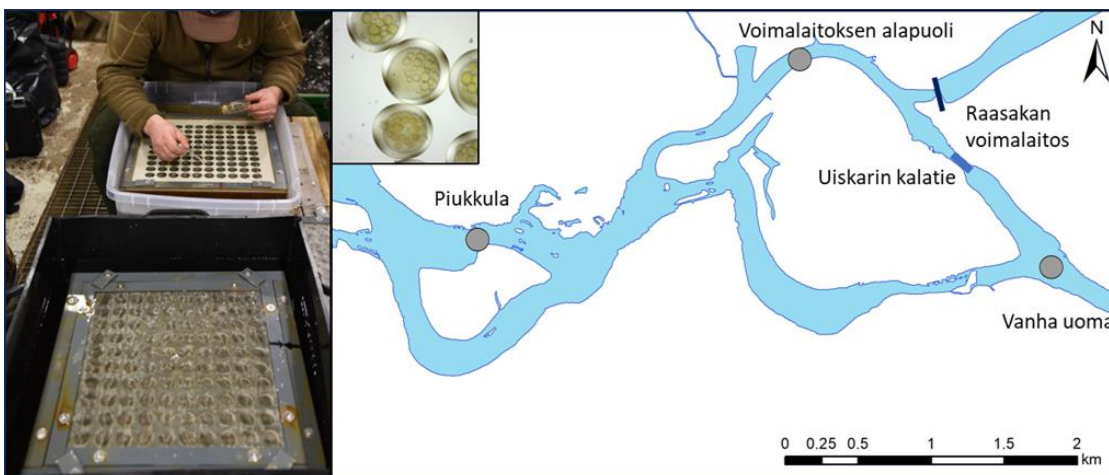
Vedenlaatu ja erityisesti kudetun mädin päälle kertyvän sedimentin määrä ovat keskeisiä mädin selviytymiseen vaikuttavia tekijöitä (Müller 1992). Mädin selviytymistä Oulu- ja lijoella selvitettiin mätirasiakokeella, jossa padon alapuolisille alueille sijoitettiin hedelmöittynyttä siianmätää rasioissa oleviin yksittäisiin mätitaskuihin. Yhdessä rasiassa oli yhteensä 100 mätimunaa ja kumpaankin jokeen sijoitettiin neljä mätirasiaa kahteen eri kohtaan (Kuva 50). Oulujoessa haudonta toteutettiin 2019–2020 ja lijoessa 2020–2021. Lisäksi lijoessa mädin haudontakoe toistettiin vielä vuonna 2021–2022, jolloin vanhaan uomaan sijoitettiin kaksi mätirasiaa (Kuva 51). Jokeen laitettujen mätirasioiden lisäksi vertailurasiat sijoitettiin Oulujoella Montan viljelylaitokselle sekä lijoella Ranta-Kestilän hautomolle.

Molemmissa joissa mäti otettiin siian lypsytyn jälkeen hautomolta. Hedelmöityksen jälkeen alkioiden annettiin ensin kehittyä 36–72 tuntia, jonka jälkeen mätimunat mikroskopoiitiin stereomikroskoopilla ja niiden solunjakautumisen normaali eteneminen varmistettiin. Vain mätimunat, joiden solunjakautuminen oli edennyt tasaisesti ja alkioon oli kehittynyt symmetrinen morolakumpu, otettiin mukaan kokeeseen.

Elinkelpoiseksi varmistetut mätimunat siirrettiin pipetillä vesialtaassa oleviin mätirasioihin, rasiat suljettiin ja laskettiin jokeen. Lisäksi mätirasioihin kiinnitettiin lämpötilamittarit (Onset Hobo UA-002-64) lämpötilan seuraamiseksi. Rasioiden sijoituspaikka valittiin siten, että kohdalla oli kaikuluotaustiedon mukaan sora-kivipohjaa ja veden syvyys noin 3 metriä. Rasiat sijoitettiin siten, että talvisella minimivirtaamalla jäät eivät pääsisi vahingoittamaan rasioita.



Kuva 50. Siian mädin haudontakokeen paikat Oulujoessa. Oulujoessa mätimunien pinnalla esiintyi jonkin verran ruskeaa sedimenttikerrosta ja rihmamaista kasvustoa, ja rasioissa oli myös paljon hienoa hiekkaa. Tästä huolimatta siian alkiot olivat normaalisti kehittyneitä.



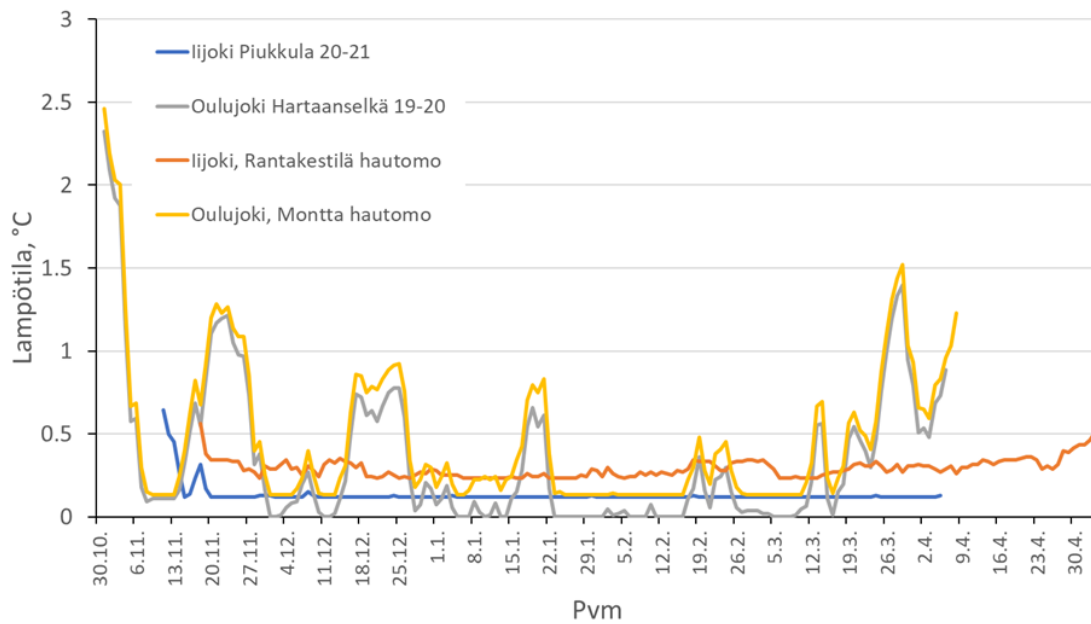
Kuva 51. Siianmädin haudontakokeen paikat Lijoessa. Kaksi rasiaryhmää oli sijoitettu Raasakan voimalaitoksen alapuolelle ja yksi ryhmä lijoen vanhaan uomaan Uiskarin kalatien yläpuoliselle alueelle.

Mätirasiat laitettiin jokeen Oulujoessa lokakuun lopussa ja lijoessa marraskuun toisella viikolla (Taulukko 7). Rasioiden nosto pyrittiin ajoittamaan siten, että poikaset olisivat juuri kuoriutumassa, mutta kevään tulvajuoksuksia ei vielä olisi aloitettu. Rasioista kuoriutui eniten poikasia Oulujoen Hartaanselän alueella, jossa alkioista oli hengissä keskimäärin 80 % (Taulukko 7). Lijoen pääuomassa mätimunista selvisi keskimäärin 60 %. Piukkulan kohdalle lasketuista rasioista toinen juuttui pohjaan ja sitä ei saatu nostettua ylös. Samalla rasiassa ollut lämpömittari jäi nostamatta. Lijoella kuoriutumismäärien vaihtelu rasioiden välillä oli vähäistä, mutta Oulujoella sumpuihin kertynyt hiekka todennäköisesti vaikutti rasioissa kuoriutuneiden poikasten määriin. Vertailuna lijoen Rantakestilän hautomossa olleeseen rasiaan kertyi paljon veden mukana kulkeutunutta hajoavaa ainesta, joka tukki rasiassa olevat raot ja todennäköisesti heikensi mädin selviytymistä. Sama ongelma oli myös Oulujoella Montan hautomossa, mutta vähäisemmissä määrin.

Taulukko 7. Siianmädin säilyminen elossa kokeen aikana Oulu- ja lijoella.

Haudontapaikka	Haudonta-aika	Rasioiden lkm	Kuoriutuneiden keskimääräinen osuus	Kuoriutuneiden minimi- ja maksimi-arvot
Oulujoki	30.10.2019–8.4.2020	4	0.80	0.63–0.88
lijoki, pääuoma	11.11.2021–5.5.2022	3	0.60	0.57–0.65
lijoki, vanha uoma	18.11.2021–21.4.2022	2	0.0	0.0
Oulujoki, hautomo	30.10.2019–8.4.2020	3	0.75	0.64–0.78
lijoki, hautomo	18.11.2021–5.5.2022	1	0.36	0.36

lijoen mätisumpuissa lämpötilaloggerien aineisto jäi epäluotettavaksi. Ylemmässä voimalaitoksen alueen sumpussa lämpötila oli poikkeuksellisen korkea seurantajaksolla ja Piukkulan rasioissa puolestaan poikkeuksellisen tasainen. Rantakestilän hautomossa samalla jaksolla lämpötilassa ei todettu suurta vaihtelua. Jokiveden lämpötiloissa on vuosien välisiä eroja sääolosuhteista ja jäätilanteesta johtuen ja siten Oulu- ja lijoen lämpötilat eivät ole vertailtavissa (Kuva 52). Oulujoen talvilämpötilassa vaihtelu on suurta todennäköisesti voimalan virtaamäsäätelystä riippuen. Sinällään siian alkioiden kehitykseen Oulujoen lämpötilavaihtelulla tuskin on merkitystä, koska lämpötila ei alkion kehityksen aikana nouse niin korkeaksi, että alkion kehitys nopeutuisi merkittävästi tai kuoriutuminen aikaistuisi lämpötilan vuoksi.



Kuva 52. Mätirasioiden yhteyteen asennetuilla lämpötilaloggereilla mitattu veden lämpötila rasian jo-keen laitosta nostoon välisellä ajalla. Iijoen Piukkulan loggerin tallennus oli pysähtynyt ennen rasioiden nostoa.

Oulujoen siian mädin selviytyminen oli selvästi parempi kuin Iijoen sekä myös muissa joissa, missä haudontakokeita on aikaisemmin tehty (Veneranta & Harjunpää 2017). Mätimunien eloonjäänti oli jopa suurempaa kuin hautomo-olosuhteissa, mikä viittaa siihen, että joessa vaihteleva virtaama ainakin ajoittain puhdistaa rasiat niiden päälle laskeutuvasta kiintoaineesta. On tosin huomattava, että rasia myös suojaa mätiä ylivirtaamalta, mikä todennäköisesti aiheuttaisi pohjalle laskeutuneen mädin kulkeutumisen virtauksen mukana alueelle, johon alivirtaamatilanteessa kertyy joen mukanaan kuljettavaa sedimenttiä tai orgaanista ainetta.

Iijoen vanhassa uomassa alkioiden kuolevuuden syy jäi epävarmaksi. Toinen rasia oli käänntynyt kyljelleen, mikä voi johtua voimakkaasta virtaamasta tai jään liikkeistä. Poikaset olivat rasioissa kehittyneet pitkälle ja kuolleet kehityksen loppuvaiheessa. Mahdollisia syitä alkioiden kuolemiseen voisivat olla esimerkiksi hapen puute tai suppojäen muodostuminen pohjaan. Vanhan uoman osalta koe uusittiin talvella 2022–2023, mutta rasioiden nosto myöhästyi ja tuloksia ei saatu. Toistokokeen yhteydessä mitattiin veden happipitoisuus kuukausittain tammi-huhtikuussa, ja kaikkien mittausten yhteydessä happipitoisuus pohjalla vaihteli 12,5–13,4 mg/l välillä, mikä on normaali happipitoisuus. Veden pH vanhan uoman mittauksissa vaihteli välillä 6,6–8,7.

Mätirasioita kokeessa oli lukumääräisesti vähän, mutta tulosten perusteella sekä Oulu- että Iijoen edellytykset vaellussiian luontaiselle lisääntymiselle, mikäli mädin kehitykselle sopivaa pohja-aluetta on sialle kutualueeksi kelpaavalla virtaama-alueella.

6.3. Siian kutualueet mätipumppausten perusteella

Siian kutualueista on varsin heikosti tutkittua tietoa. Rakennetuissa vesissä vaellussiikojen kutuparvet kerääntyvät useimmiten voimalaitoskanavan alapuoliselle alueelle ennen kutua. Siikoja on mahdollista nähdä kudun aikana lokakuun lopussa, kun ne 'pintovat' virrassa. Siian kudun aikana naaraat ja koiraat uivat pohjalta pintaa kohden ja päästävät kerrallaan 50–300 mätimunaa tai maitia noustessaan pohjalta pintaa kohden tai virrassa uidessaan (Fabricius & Lindroth 1954, Semenchenko & Smeshlivaya 2021). Mäti hedelmöittyy ja ajautuu virran mukana pohjaan. Siika ei settele mätiä sukulaistensa lohen tai taimenen tavoin tarkoituksellisesti tiettyyn pohjan rakenteeseen, vaan varsinainen kutupaikka sijoittuu todennäköisesti joen virtausnopeuden ja rakenteen mukaan soveltuvaan kohtaan. Kutemassa oleva siiat syövät mätiä, mikäli se jää näkyville (Semenchenko & Smeshlivaya 2021).

Siian mädin esiintymisen perusteella voidaan todentaa niiden kutualue. Mätiä voidaan kerätä kutualueen pohjalta mätipumpulla, mikä on vanha keksintö jo 1940-luvulta (Toots 1949). Liettevesipumppuun perustuvaa näytteenotinta on käytetty jo 1980-luvulla (Viljanen 1985).

Mädin pumppaaminen satunnaisesti pohjan rakennetta tuntematta on hankalaa, joten Oulujoella voimalaitoskanavan alapuolinen alue viistokaikuluodattiin ennen pumppausta. Luotausalue jaettiin 30 metriä leveisiin luotauslinjoihin, jotka pyrittiin suuntaamaan virran suuntaiseksi. Viistokaikuluotauksen yhteydessä tallennettiin tavallisella kaikuluotaimella myös syvyys. Syvyysaineisto korjattiin veden pinnan korkeusvaihtelun mukaan vastamaan meren keskivedenkorkeutta. Lisäksi luotausalueella tehtiin pohjakuvauksia varren päässä olevalla upotettavalla kameralla (GoPro Hero 4), jotta viistokaikuluotauksen rakenne voitiin todentaa luotauksen mukaiseksi pohjatyypiksi. Viistokaikuluotauksen kuvasta voidaan erottaa erilaisia pohjatyyppejä värin sekä niissä esiintyvien kohteiden koon ja muodon perusteella. Tummat alueet ovat joko pehmeää savea, liejua tai korkeiden kohteiden taakse muodostuneita varjoja. Vaaleat alueet syntyvät voimakkaista kaiuista, kuten kivistä, hiekasta, pinnalla olevista aalloista tai kaloista, joissa lähinnä uimarakko toimii kaikua heijastavana pintana. Yksittäisten kivien koot ovat mitattavissa viistokaikuluotaimen kuvasta. Virtaava vesi hankaloitti viistokaikuluotauksia, ja aineistosta ei saatu rakennettua yhtenäistä kuvamosaiikkia. Luotauksen aikana vene kääntyi virran vaikutuksesta, jolloin erityisesti luotauskaistan reuna-alueilla viistokaikuluotauksen laatu heikkeni. Luotausaineistosta ei joen virtaaman aiheuttamien suuntaamiskäytösten vuoksi voitu valmistaa yhtenäistä pohjan rakennetta kuvaavaa mosaiikkia.

Luotaamalla saatuja tietoja sekä alueen syvyydestä että pohjan rakenteesta käytettiin mätipumppausten sijoittamisessa Hartaanselän alueelle. Varsinaiset pumppauspisteet sijoitettiin syvyyden perusteella eri kohtiin aluetta, siten että Hartaanselällä olevat syvyysalueet ja yleisimmät pohjatyypit tulivat mukaan näytteenottoon. Mätipumppauksissa käytettiin mäti-imuria, joka rakentui vesipumpusta, letkuista, imusuulakkeesta ja näytesuppilosta. Pumpun asettama syvyysraja näytteenotolle oli noin kuusi metriä. Imuletkun imusuulake ohjattiin pohjaan joko taittuvan tai jatkuvan jäykän lasikuituvarren avulla (Kuva 53). Pumppuna käytettiin polttomoottorikäyttöistä lietevesipumppua (Robin Pump PTX201T). Imuletkun päässä oli ruostumattomasta teräksestä valmistettu imusuulake, jossa on 10 mm verkko estämässä isompien kappaleiden imeytymisen pumppuun. Pyöreän imusuulakkeen pinta-ala oli 0,0143 m². Poistoletkun päässä oli näytesuppilo, jossa on 1 mm silmäkoon verkko pohjassa ja sivuilla. Verkko läpäisee veden ja hienojakoiset hiukkaset, mutta karkeampi aines ja mätimunat jäävät näytesuppiloon. Samaa pumppausjärjestelmää on käytetty esimerkiksi Kokemäenjoella mätiä näytteenotossa (Veneranta & Harjunpää 2017).

Pumppaus tehtiin veneestä (Kuva 53). Imuletkun päässä olevaa suulaketta liikuteltiin ohjausvarren avulla noin kolme metriä halkaisijaltaan olevan ympyrän alueella. Imut yhdistettiin yhdeksi näytteeksi ja näyte huuhdottiin vedellä suoraan suppilosta näytehaaviin ja näytelepurkkiin. Näytteet säilöttiin denaturoituun etanoliin.



Kuva 53. Mädin pumppausta Oulujoen suiston Hartaanselällä marraskuussa 2019. Pumpun imuletkun suulake ohjattiin pohjaan pitkän varren avulla, ja pumpattu aines siivilöitiin näyteleppiloon.

Mäti-imuri toimi näytteenotossa hyvin lukuun ottamatta karkeaa hiekkapohjaa, jossa hiekka saattoi tukkia näyteleppilon. Tällöin pumppaus jouduttiin keskeyttämään ja jatkamaan uudesta huuhtelun jälkeen. Myös liejupohjilla imuri tukkeentui, jolloin näytepisteiden määrää paikkaa kohden jouduttiin vähentämään. Pääsääntöisesti näytteet olivat kuitenkin puhtaita, ja pumppausjäännökseksi kertyi lähinnä vähäinen määrä orgaanista hajoavaa ainesta. Yhteen näytteeseen imuroitu pinta-ala vaihteli imujen lukumäärän mukaan. Näytteenotto suunnitelman mukainen näyte koostui 15 imupisteestä, jolloin yhden näytteen pinta-ala oli 0,215 m². Aikaisemmissa kokeissa vastaavalla pumppausjärjestelmällä mädin takaisinsaantiosuus on vaihdellut näytealalla tunnetusta mätimäärästä 76–93 % välillä (Valkeajärvi ym. 2001). Pumpaushävikki voi johtua mätimunien rikkoontumisesta tai niiden vajoamisesta kivien ja soran koloihin imun ulottumattomiin. Pumpun imualue on myös jonkin verran laajempi kuin suulakkeen pinta-ala johtuen imun reunavaikutuksesta.

Mätipumppaukset Oulujoessa tehtiin 13.–14.11. ja 26.11.2019. Työn aloituspäivä valittiin Oulujoen suualueen mädin hankintapyyntistä saatujen tietojen, jäätilan ja sääennusteen perusteella. Siian mädin lypsy Oulujokisuun mädin hankintapyyntissä oli lopetettu joitakin päiviä ennen kuin mätipumppaus aloitettiin, tällöin voitiin otaksua, että jokeen kutevat siiat olivat myös kuteneet suurelta osin.

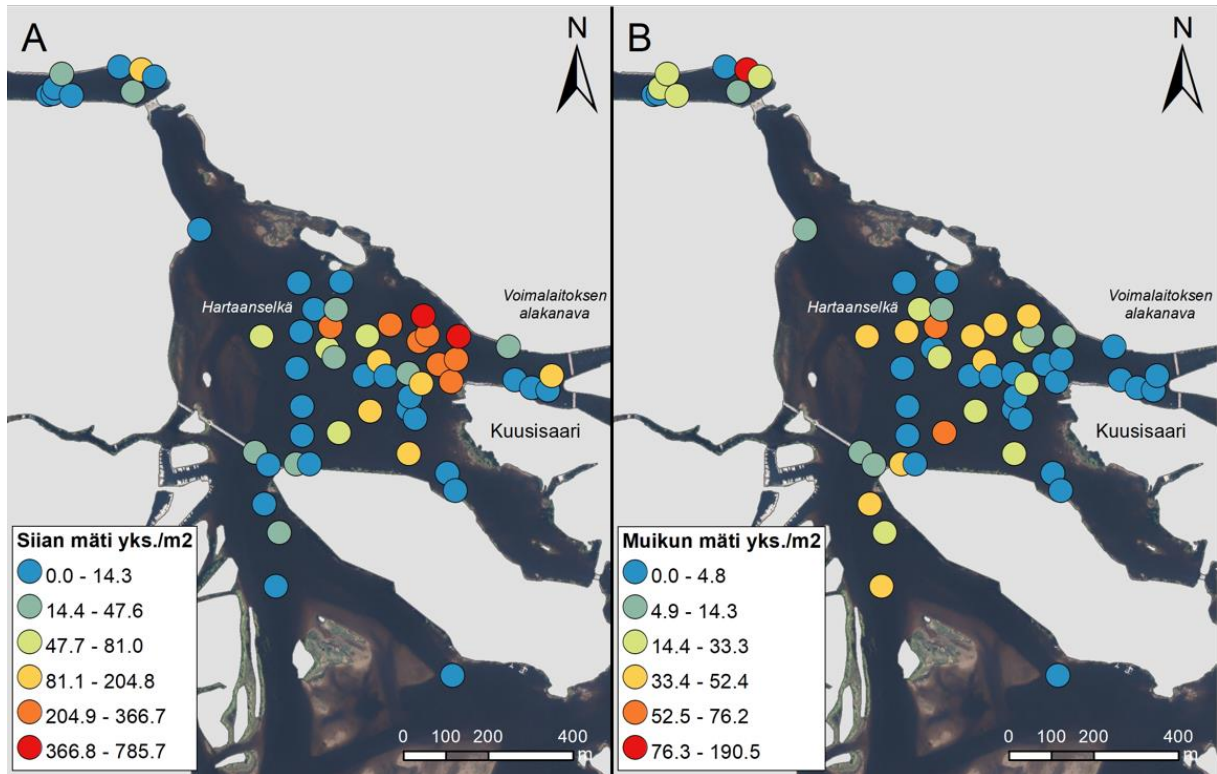
Pumppaustyön aikana Merikosken keskivirtaama vaihtelu noin 200–400 m³/s välillä. Meriveden korkeus pysytteli lähellä keskiveden tasoa, joten jokiveden pinnan korkeus ei vaihdellut merkittävästi pumppausten aikana. Näytteenottoalueelta kerättiin yhteensä 57 näytettä ja

enimmillään näytteenottosyvyyks oli 4 m. Voimalaitoskanavan alaosasta näytteitä ei pystytty ottamaan voimakkaan virtauksen vuoksi. Näyteimuja oli yhteensä 837 ja näytteiden kattama kokonaispinta-ala 12 m². Pumppauksen yhteydessä pohjan rakenne arvioitiin kuuteen eri luokkaan: kallio, lohkare, kivi, sora, hiekka ja lieju.

Normaalisti kehittyneitä siian mätiä löytyi 67 % näytteenottopaikoista ja mädin keskitiheys näissä paikoissa oli 123 mätimunaa/m² (Kuva 54A). Koko näytteenottoalueella mätimunien keskitiheys oli 82 mätimunaa/m². Lisäksi näytteenotossa saatiin hedelmöittymättömiä tai kehityshäiriöisiä mätimunia 12 pumppauspaikalta, yhteensä 2,9 % koko aineiston mätimäärästä. Hedelmöittymättömien tai kehitysvirheisten mätimunien osuus yhdessä näytteessä oli suurimmillaan 55 %. Mätitiheys Oulujoessa on suuri verrattuna esimerkiksi Kokemäenjokeen, jossa suurin mätitiheys vastaavassa pumppauksessa oli 111 mätimunaa/m² ja keskitiheys 11 mätimunaa/m² (Veneranta & Harjunpää 2017) ja Koitajoella sisävesissä vastaavasti keskimäärin 6 kpl/m² (Huuskonen 2004). Oulujoella siian mätiä tavattiin vertailujokiin nähden huomattavan suurissa tiheyksissä voimalaitoksen alapuolisella alueella. Mätitiheys riippuu todennäköisesti kutevan emokalakannan koosta. Hedelmöittymättä jääneiden tai kehitysvirheisten mätimunien osuuden arviointiin ei ole riittävästi vertailuaineistoa muista vesistöistä.

Siian mädin lisäksi näytteenottopaikoilta saatiin muikun mätimunia. Muikun mäti erotettiin siianmädistä mätimunien koon perusteella. Pääsääntöisesti mädin kokoero lajeilla on selkeä tunnistusmenetelmä. Muikun mätimuniksi silmämääräisesti arvioitujen mätimunien keskimääräinen halkaisija satunnaisotoksessa oli 1,5 mm (n=36, vaihteluväli 1,0-1,9 mm) ja siian mätimunilla vastaavasti 2,9 mm (n=41, vaihteluväli 2,1-3,5 mm). Muita syyskutuisia ja pienikokoisia mätimunia tuottavia kalalajeja ei tutkimusalueella esiinny. Muikun mätimunia tavattiin kehitysvirheiset ja hedelmöittymättömät mukaan lukien yhteensä 235 kpl, alle neljäsosa siian mätimunien määrästä (Kuva 54B).

Siian mätiä sisältäneistä näytteistä noin puolessa (51,3 %) tavattiin lisäksi selkärangattomia pohjaeläimiä. Näytteistä, joissa ei ollut siian mätiä vastaavasti alle kolmasosassa (31,6 %) tavattiin pohjaeläimiä. Selkärangattomat eliöt, kuten vesiperhosten ja päivänkorentojen toukat saattavat vaikuttaa mädin selviytymiseen, koska ne voivat käyttää mätiä ravintonaan (Mikkola 1979). Mädin ja selkärangattomien esiintyminen samoilla alueilla todennäköisemmin osoittaa elinympäristön soveltuvan molemmille, ei sinällään predaation vaikutusta.



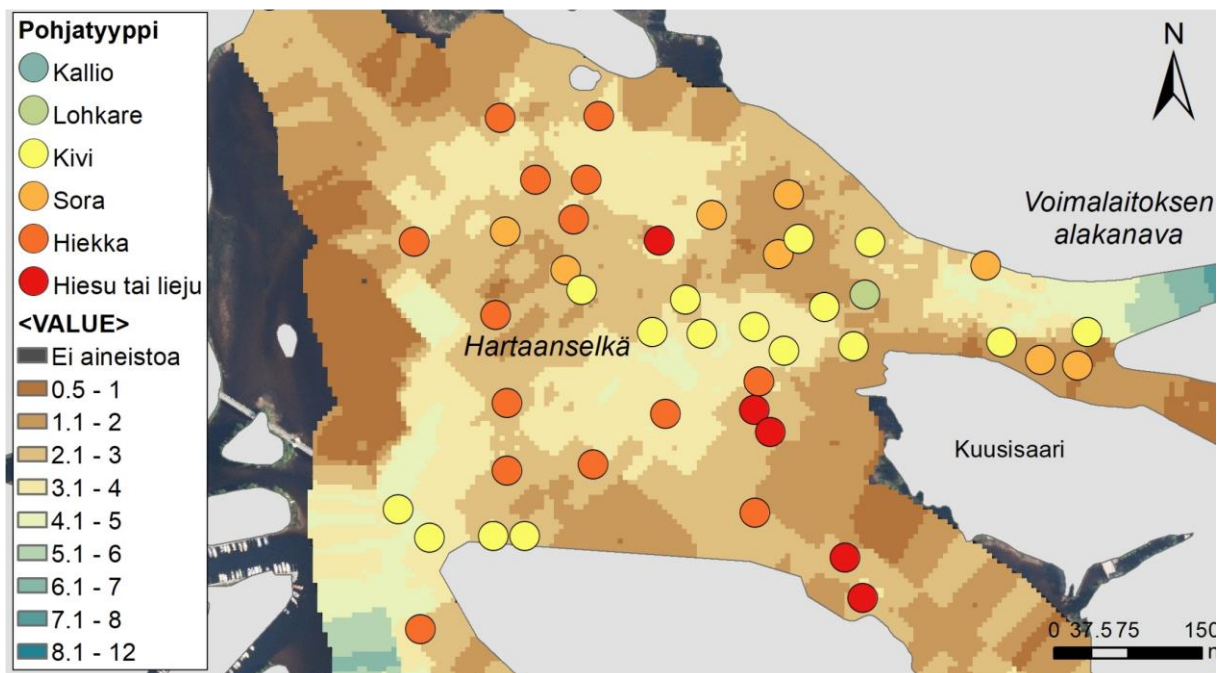
Kuva 54. Siian (A) ja muikun (B) mätitiheyksiä Oulujoen suistossa syksyllä 2019 kudun jälkeen.

Luotauksien perusteella Hartaanselän alueella ei juuri ole kalliosta tai isoista lohkarista koostuvaa pohjaa (Kuva 55). Pumppauspisteistä kivipohjille sijoittui 38 %, soralle 16 %, hiekalle 30 % ja hiesu- tai liejupohjalle 12 % näytteistä. Pumppausjäännöksen määrä vaihteli näytteittäin huomattavasti, ollen välillä 4,3–3822 g neliometriä kohden (Taulukko 8). Pumppausjäännös kuvastaa pohjassa olevan muun aineksen kuin varsinaisen pohjamateriaalin määrää. Muuta materiaalia ovat esimerkiksi pohjalle vajonnut karike, puun palat ja vastaava yleensä orgaaninen aines. Vähiten irtonaista ainesta oli kivipohjilla, mutta sora- ja hiekkapohjien päällä sitä oli enemmän kuin muilla pohjatyypeillä.

Suurimmat mätitiheydet todettiin sorapohjaisilla alueilla ja toiseksi eniten mätiä oli kivipohjilla (Taulukko 8). Hiekkapohjaisella alueella mätitiheydet olivat alhaisempia kuin muilla pohjilla, mutta mätiä oli suhteellisesti useilla paikoilla. Lohkare- ja kalliopohjille osuneita näytteenotto-paikkoja ei ollut kuin yksi kumpaakin tyyppiä, joten niiden merkitystä ei aineiston perusteella voida arvioida, mutta toisaalta niiden osuus voimalaitoksen alapuolisen alueen ja Hartaanselän pohja-alueista on hyvin vähäinen. Verrattuna Kokemäenjokeen (Veneranta & Harjunpää 2017) Oulujoen siian mätimäärä on huomattavasti suurempi, mikä voi johtua sekä kutevan siikakannan koosta että joessa vallitsevista olosuhteista.

Taulukko 8. Näytemäärä pohjatyypeittäin, siikahavaintojen osuus kullakin pohjatyypillä kerätyistä näytteistä, mätitiheys sekä pumppausjäännös keskimäärin kunkin pohjatyypin näytteissä.

Pohjatyyppe	Näytemäärä	Siian mätihavaintojen osuus (%)	Mätitiheys munaa / m ²	Pumppausjäännös g/m ²
Kallio	1	0.0	0	212
Lohkare	1	100	252	69
Kivi	21	67	107	194
Sora	9	89	153	829
Hiekka	17	65	57	860
Lieju	7	43	16	502



Kuva 55. Oulujoen syvyys luotauksen perusteella ja pohjan luokittelu kullakin näytteenotto-paikalta.

6.4. Mädin ajautumiskoe altaassa

Vaellussiian kutualuevalintaa ei rakennetuissa vesissä ole juuri tutkittu. Suurimmat kutevien vaellussiikojen määrät on todettu välittömästi voimalaitoskanavan alapuolisella alueella, jossa virta on tasainen ja sen nopeus hidastuu hieman. Veden virtausnopeutta pinnassa tai pohjan lähellä siian kutualueilla ei ole mitattu tai mallinnettu eri virtaamaolosuhteissa, mutta sekä Oulu- että Iijossa havaintojen perusteella pintavirtaama vaihtelee lähes seisovasta vedestä liki 1 m/s nopeuksiin pinnassa olevan ajeen perusteella arvioituna. Säännöstellyissä joissa virtaaman vaihtelu vuorokausitasolla on huomattavaa, ja osaltaan se voi vaikuttaa siikojen kutualueiden sijoittumiseen.

Lyhytaikainen virtaamavaihtelu rakennetuissa joissa on tyypillisesti suurta verrattuna luonnontilaiseen jokeen. Normaali vuosina luonnontilaisessa joessa virtaama vähenee siian kutuajan, loka-marraskuun jälkeen, kunnes keväällä sulamisvedet jälleen nopeasti nostavat virtaamaa. Erityisen lauhoina talvina voi esiintyä talviaikaisia tulvia, mutta useimmin niitä on

esiintynyt lähinnä Etelä-Suomen rannikkojoissa. Rakennetuissa vesistöissä voimalaitoskäyttö säätelee virtaamaa sekä tunneittain että pidemmällä aikavälillä. Jos siian kutu tapahtuu alhaisen virtaaman aikana, mäti voi ajautua alkuperäiseltä kutupaikalta alavirtaan virtaaman jälleen kasvaessa. Vastaavasti mikäli kutu tapahtuu ylivirtaamatilanteessa, kudettu mäti voi virtamaan heiketessä jäädä pohjalle laskeutuvan kiintoaineksen alle. Rungas sedimentoituminen mädin päälle voi aiheuttaa alkion tukehtumisen (Müller 1992).

Virtausaltaissa toteutetussa kokeessa selvitettiin eri virtaamanopeuksilla ja pohjatyypeillä mädin lähtemistä ajeseen (Kuva 56). Kokeessa käytettiin pohjamateriaalina hiekkaa (keskimääräinen raekoko 1–2 mm), kahta erityyppistä soraa (35 mm ja 50 mm) sekä kiveä (130 mm). Virtausnopeudet olivat 0,05 m/s, 0,15 m/s, 0,30 m/s, 0,50 m/s ja 0,90 m/s. Virtausnopeus mitattiin altaasta virrannopeusmittarilla. Kokeessa käytetyn altaan pituus oli 8 m ja leveys 0,5 m, mutta varsinaisella koalueella, jossa pohjamateriaali oli, allas kavennettiin 0,3 m levyiseksi. Kaventamalla saatiin käytettävissä olevalla pumppulaitteistolla nostettua virtausnopeus 0,90 m/s tasolle. Kokeessa asetettiin noin 250 mätimunaa kolmen metrin mittaisen pohjabitaitin alkuosaan ja virtausta kasvatettiin portaittain kuhunkin virrannopeusluokkaan. Kullakin virrannopeudella laskettiin altaan läpi tulleiden mätimunien määrä. Koe toistettiin kullakin käsittelyllä kuusi kertaa (Kuva 57).

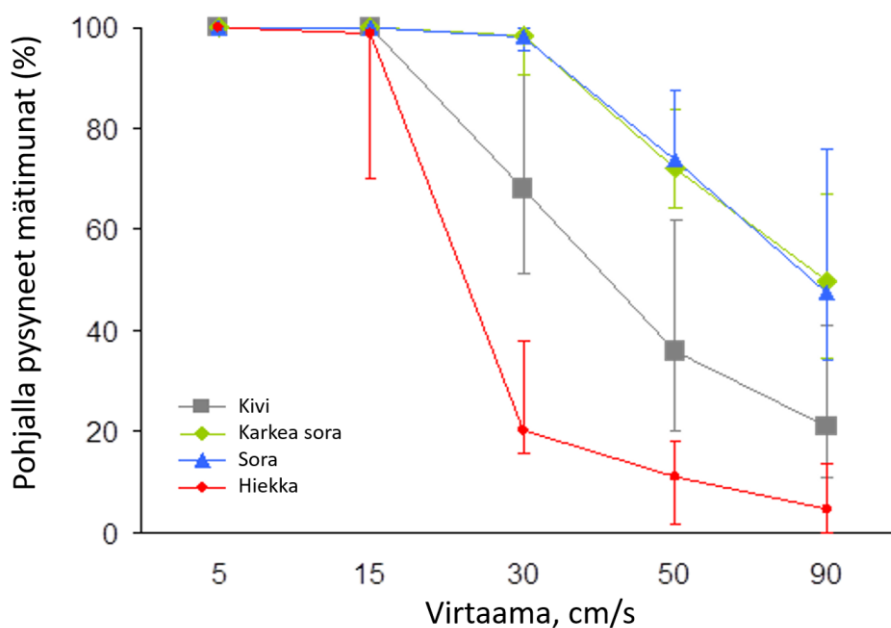


Kuva 56. Ajekokeen koeallas. Tutkija Topi Lehtonen tarkkailee virtausta.

Kokeen perusteella parhaiten mätiä pidättää sorapohja. Kokeessa käytetyillä soran karkeuksilla ei todettu olevan eroa mädin pidättämisessä. Hiekkapohjalta mäti lähti liikkeelle 0,15–0,3 m/s virtaamalla ja kivipohjalta virtaaman ollessa 0,3 m/s tai suurempi. Sorapohjalla noin puolet mätijyvistä säilyi pohjalla myös suurimmassa, 0,9 m/s virtaamassa. Virtaaman

kasvattaminen tästä sai myös sorapohjan materiaalin liikkeelle. Hiekkapohja lähti koealtaasta liikkeelle jo 0,7 m/s ylittävässä virran nopeudessa. Kun mätimuna lähtee pohjasta virran ajeseen, se ei välttämättä päädy pohjalle kovin nopeasti uudelleen. Virtaus pohjan lähellä voi olla pyörteistä, ja hedelmöittyneen siianmädin vajoamisnopeus on noin 0,03 m/s.

Kokeen perusteella sorapohja pidättäisi mätiiä parhaiten myös ylivirtaamatilanteissa vaellussiian kutualueella. Todellista mitattua aineistoa virtausnopeudesta jokivesissä siian kutualueilla ja mätihavaintopaikoilla pohjan lähellä ei ole, ja esimerkiksi kutualueiden rakentamisen ja lisäämisen kannalta tällainen perustieto on edellytys pohjamateriaalin valinnalle ja sijoittamiselle. Patojen alivesien virtaamaprofiili joen eri virtaustilanteissa tulisikin mallintaa, jotta voidaan arvioida edellytykset mädin kehittymiselle padon alapuolisilla alueilla ja erityyppisillä pohjilla virtaaman osalta. Virtaamatietaa tarvitaan myös mahdollisten kutualueiden pinta-alan kasvattamiseen tähtäävien toimenpiteiden suunnittelun perustaksi.



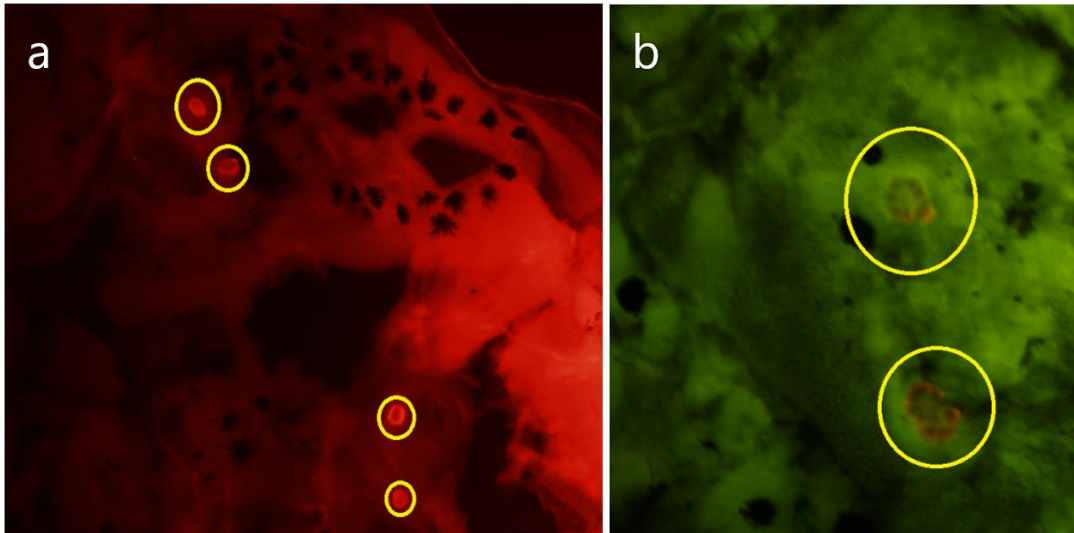
Kuva 57. Eri pohjatyypeillä säilyneiden mätimunien määrä suhteessa veden virtausnopeuteen altaassa tehdyssä kokeessa.

6.5. Vaellussiian luonnonlisäntyminen Oulujoessa

Vaellussiian luonnonlisäntymisen määrää Oulujoen alaosalla selvitettiin merkintä-takaisipyyntikokeella vuonna 2020. Kokeessa merkittiin kaikki Merikosken voimalaitoksen alapuolelle istutetut siianpoikaset, yhteensä 5,88 miljoonaa, alitsariinivärillä (Alizarin red-S) Montan kalanviljelylaitoksella 24.4.–18.5. välisenä aikana. Poikaset olivat veteen liuotetussa 100 ppm väriaineessa noin viiden tunnin ajan, minkä jälkeen ne kuljetettiin Merikosken voimalaitoksen alapuolelle joko erillisissä 20 l happipakkauksissa tai kalankuljetusaltaassa. Väriaine imeytyy kalan kuuloluihin eli otoliitteihin noin vuorokauden aikana värjäyksestä ja ne voidaan myöhemmin tarkistaa poikasan otoliitista fluoresenssimikroskoopilla. Näytteeksi otetut poikaset säilötään etanoliin (Etax A16) ja poikasten otoliittien värimääritys tehdään myöhemmin laboratoriossa fluoresenssimikroskoopilla. Väriaine fluoresoi mikroskoopin valonlähteen aallonpituuksilla, jolloin värimerkki on erotettavissa päässä olevasta otoliitista mikroskoopilla. Väriaine

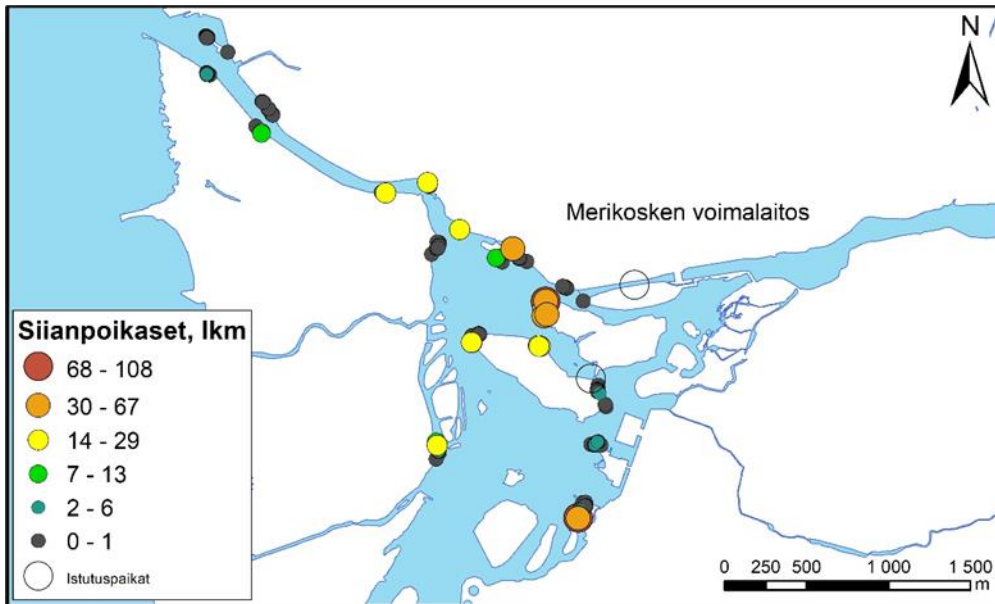
näky otoliitissa hehkuvana pisteenä riippuen mikroskoopissa käytetystä suodatintyyppistä (Kuva 58).

Jokaisesta värjäyserästä otettiin myös kontrollinäyte, jossa poikasia säilytettiin vuorokauden yli värjäystapahtumasta vesialtaassa, minkä jälkeen ne säilöttiin etanoliin ja tarkistettiin värjäytymisen onnistuminen.

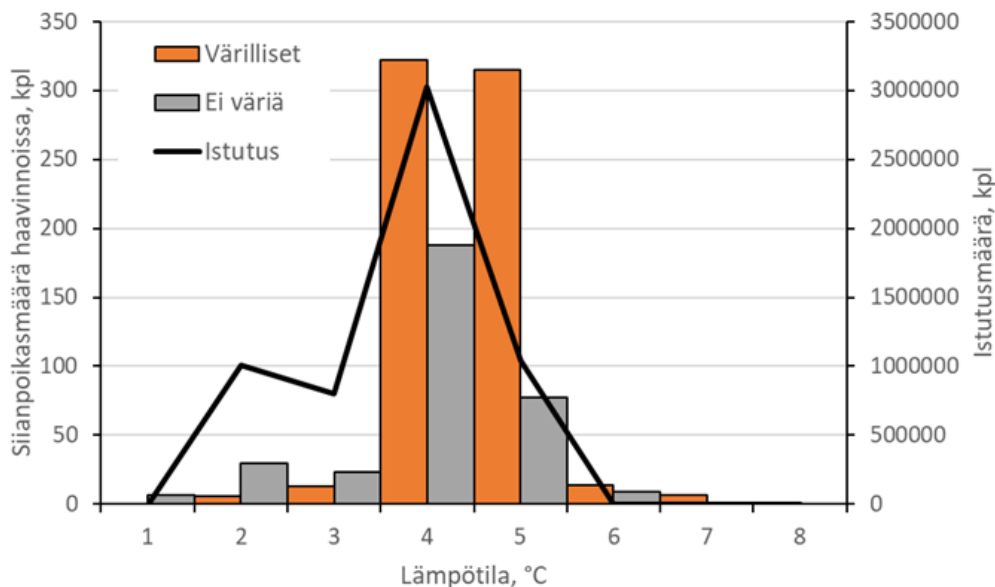


Kuva 58. Fluoresenssimikroskoopilla voi kahdella tapaa varmistaa onko siianpoikanen värjätty laitospoi-kanen: a) G-suotimella ARS-väriaine näkyy punaisena hehkuvana kehänä otoliiteissa, ja b) ARS-väriaine voidaan tarkemmin varmistaa aidoksi GFP-suotimella. Kun väriaine näkyy oranssina tai punaisena muuten vihreää taustaa vasten, se on aito, mutta jos väriaine näyttää hehkuvan vihreältä on kyseessä autofluoresenssi eli valemä.

Poikasia haavittiin Merikosken voimalaitoksen alapuoliselta jokialueelta yhteensä 22 paikasta 12 näytteenottokerralla 21.4.–22.5.2020 välisenä aikana. Haavinta kattoi ajankohdan heti jäidenlähdöstä siihen saakka, kunnes poikaset kasvoivat haavin pyyntikoon ohi. Haavinta tehtiin samaan tapaan kuin poikasten peruskartoituksessa vuonna 2019. Pyyntipaikat valittiin aikaisempien kokemusten (Larsson ym. 2013, Veneranta & Harjunpää 2017) sekä edellisvuoden haavintakartoituksen perusteella (Kuva 59). Yhteensä haavinveitoja näytteenottoon kertyi 6 165 kpl ja värjättyjä poikasia saatiin saaliiksi 1 011 kpl. Yksittäisiä siianpoikasia saatiin heti haavintojen aloituspäivänä 21.4., jolloin veden lämpötila oli 1,1 °C, mutta poikasten esiintymisen huippu ajoittui toukokuun alkuun ja jatkui 22.5. saakka, jolloin veden lämpötila oli enimmillään 7.6 °C (Kuva 60). Määrityksen perusteella 33 % oli värjäämättömiä luonnonpoikasia ja 67 % värjättyjä istutuspoikasia (Kuva 60).



Kuva 59. Oulujoen siian luonnontuotannon arvioinnissa toteutuneet haavintapaikat ja poikasmäärät sekä istutuspaikat.



Kuva 60. Oulujoen luonnonpoikasten (ei väriä), istutuspoikasten (värilliset) ja istutusten ajoittuminen veden lämpötilan suhteen luonnonlisäntymiskokeen aikana.

Luonnontuotannon arvio laskettiin pyynti- ja istutusajankohtatiedon sekä värjättyjen ja värjäämättömien poikasten lukusuhteen perusteella Petersenin menetelmällä (Seber 1982). Laskennassa hyödynnettiin koneoppimismenetelmää (Veneranta ym. käsikirjoitus). Tulosten perusteella Oulujoen vaellussiian luontaisen poikastuotannon arvion mediaanimääräksi arvioitiin vuonna 2020 noin 2,1 miljoonaa siianpoikasta, mutta arvion 95 % vaihteluväli on huomattava, 0,08–21,4 miljoonaa poikasta. Samalla menetelmällä on laskettu luonnontuotantoarvio myös Tornionjoelle, Kemijoelle, Iijoelle ja Kokemäenjoelle. Ijoessa arvio tehtiin vuonna 2017, ja poikasmäärälaskennan mediaaniarvo oli 0,29 miljoonaa poikasta (95 % luottamusväli 0,07–3,6 miljoonaa). Vastaavasti Tornionjoella mediaaniarvo Kukkolankoskelta alavirtaan oli 5,25 miljoonaa poikasta (95 % luottamusväli 0,63–103 miljoonaa).

Rakennetuista vesistä Oulujoessa arvio vaellussiian luonnonlisääntymisestä on suurin. Vaellussiian luonnonlisääntymisen kannalta Oulujoen vedenlaatu on parempi verrattuna esimerkiksi eteläisempiin Kala- ja Pyhäjokeen (vesi.fi, pintavesien ekologisen tilan luokittelu) Se osaltaan parantaa mädin ja alkioiden selviytymisen mahdollisuuksia, kuten haudontarasioiden tulosten perusteella voidaan arvioida.

Myös Oulujoen kalastusjärjestelyt poikkeavat merkittävästi esimerkiksi Kemi- ja Iijosta. Jokialueella verkkokalastus ei ole sallittua ja kutusiikoja pyydetään lippoamalla rajoitetuilta alueilta ja ajankohtina. Merialueella verkkopyyntipaine on vähentynyt mm. hylkeiden aiheuttamien ongelmien vuoksi. Kutukannan koosta eri joissa ei ole tehty arvioita, mutta jokialueella siikaan kohdentuva vähäisempi pyyntipaine mahdollistaa useamman siian kutumisen jokialueelle. Esimerkiksi Iijossa kalastuspaine on todettu huomattavaksi (Veneranta ym. 2023), jolloin lisääntymistuotto jää heikoksi ilman kutukaloja, vaikka ympäristöolosuhteet mahdollistaisivat lisääntymisen.

6.6. Iijoen siikojen telemetriatutkimus

Vaellussiikojen kudun aikaisesta liikehdinnästä jokivesissä on niukasti tietoa. Kalastajien kokemusten ja esimerkiksi Oulujoen pumppauskokeesta saatujen mätihavaintojen perusteella suurin osa sioista kerääntyy patojen läheisyyteen kudun aikana. Tässä työpaketissa Iijolla merkittiin syksyllä 2022 jokeen kudulle nousevia vaellussiikojä radiolähettimillä ja niiden liikkeitä seurattiin sekä käsinpaikannuksilla että joen rannoille asennetuilla seurantaloggereilla.

Merkintätutkimuksella pyrittiin selvittämään ne joen kohdat, mihin siikat asettuvat kudun aikana, hakeutuvatko siikat kalatiehen ja milloin niiden alasvaellus alkaa kudun jälkeen. Merkkipalautusten ja kadonneiden merkkien perusteella voidaan arvioida myös kudun aikaista kuolevuutta joessa. Lisäksi tehtiin ylisiirtokokeilu, jossa vanhan uoman alueelle siirrettiin siikojä ennen kutua.

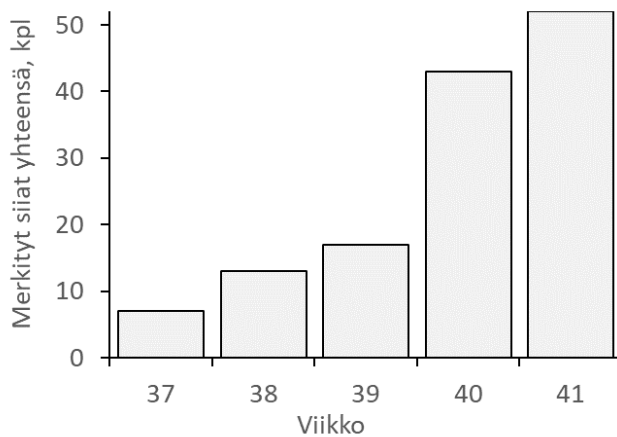
Siikat pyydystettiin merkintää varten lipolla veneestä 6.9.–2.10. välisenä aikana Iijoen alaosalta. Merkintäaikana veden lämpötila vaihteli 7,5–12,0 °C välillä. Pyyntin jälkeen siikat siirrettiin sumppuun odottamaan seuraavan päivän merkintää. Merkinnän ajaksi kalat nukutettiin bentosokaiinilla, ja merkki kiinnitettiin kalan selkäevän juureen. Lähettimen kiinnityksen jälkeen kalat laitettiin toipumaan havassumppuun, mistä ne vapautettiin lyhyen seurantajakson jälkeen.

Uusilla radiolähettimillä (ATS F2210) merkittiin yhteensä 50 kalaa ja lisäksi pyyntisaaliista palautetuilla merkeillä merkittiin uudelleen kaksi siikaa (Kuva 61). Voimalaitoksen alapuolelle vapautetuista sioista 27 oli koiraita (keskipituus 377 mm) ja 17 naaraita (keskipituus 394 mm) (Kuva 62). Yhteensä kahdeksan siikaa, kolme naarasta ja viisi koirasta, siirrettiin Iijoen vanhaan uomaan 26.9.2022. Näiden ylisiirrettyjen siikojen keskipituus oli 373 mm.



Kuva 61. Radiolähetin asennettiin siikojen selkäevän juureen läpimenokiinnityksellä.

Vanhaan uomaan siirrettävät siiat laitettiin merkinnän jälkeen suoraan hapetettuun kalankuljetussäiliöön (750 l), missä ne kuljetettiin vapautuspaikalle. Vapautuksen yhteydessä seurattiin, että kalat lähtivät uimaan normaalisti.



Kuva 62. Merkittyjen siikojen kumulatiivinen määrä lijoella viikkojen 37–41 aikana.

Siikojen liikkumisen seurantaan varten lijoen alaosaan asennettiin viiteen kohtaan automaattisia kuunteluasemia (Kuva 63), jotka koostuivat radiovastaanottimesta (ATS R4500) ja Yagi-suunta-antennista. Lisäksi kuunteluasemat laitettiin Uiskarin kalatien yläosaan sekä Palukan kosken alueelle. Merkityn kalan ollessa antennin kuuluvuusalueella radiovastaanottimeen tallentui havainnon taajuus ja ajankohta.

Kuunteluasemat olivat käytössä ensimmäisten siikojen vapautuksesta marraskuun alkuun. Jokisuulle ja Raasakan voimalaitoksen alapuolelle asennetut laitteet pidettiin toiminnassa toukokuun 2023 loppuun saakka. Asemien lisäksi siikoja paikannettiin säännöllisesti syys-lokakuun aikana 1–2 kertaa viikossa rannalta auton katolle kiinnitetyn antennin ja

radiovastaanottimen (ATS R4000) avulla. Lisäksi paikannuksia tehtiin veneestä käsin lijoen alaosalla voimalaitokselta alimmalle automaattiselle seuranta-asemalle ulottuvalla alueella. Venepaikannuksia tehtiin kolme kertaa (19.10., 21.10. ja 25.10.) kutuajan läheisyydessä. Paikannusten yhteydessä tallennettiin havaintotajuuksia eli merkityn kalan tunniste, havaintopisteen sijainti, ajankohta ja tieto paikannustavasta. Paikannukset koottiin tietokantaan, johon on merkitty paikannushavainnot sioista. Automaattisilta vastaanottimilta havaintomäärät summattiin tuntikohtaisesti kalayksilöittäin.

6.6.1. Telemetriaseurannan tulokset

Voimalaitoksen alapuolella olevat seuranta-asetat tallensivat voimalan alapuoliselle alueelle vapautetuista sioista 38 yksilön tiedot (Taulukko 9). Lähes kaikki tuntitason havainnot painotuivat heti voimalaitoksen alapuolella olleen loggerin läheisyyteen. Vain kolmesta sioista havaintoja kertyi joen alaosalta sijoitetuista loggereista enemmän kuin 40 % verrattuna voimalaitoksen havaintopaikkaan. Myös käsipaikannusten perusteella siat kerääntyivät pääosin voimalaitoksen alapuoliselle alueelle. Yksikään voimalaitoksen alapuolelle merkityistä sioista ei hakeutunut Uiskarin kalatiehen.

Ylisiirretyt kalat liikkuvat Uiskarin kalatien yläpuolisella allasalueella. Ylemmäs vanhan uoman alueelle hakeutui kaksi ylisiirrettyä siikaa. Ylisiirretyistä kaloista kertyi havaintoja Uiskarin kalatien ja sen yläpuolisen vanhan uoman loggereihin ja lisäksi käsinpaikannuksiin loka-marraskuulle saakka. Yksi ylisiirretyistä sioista oli joulukuussa palaamassa merelle, mutta kala joko kuoli tai lähetin irtosi jokisuun loggerin lähialueelle. Lisäksi yksi sioista palasi mereen huhtikuussa. Muista ylisiirtokaloista ei talven yli jätettyihin loggereihin kertynyt havaintoja.

Padon alapuolelle vapautetuista sioista kaksi kalaa oli tallentunut jokisuun loggeriin joulukuussa, tosin toinen oli joko kuollut tai merkki oli irronnut loggerin kohdalle. Viisi kalaa palasi mereen jokisuun loggerin ohi maalisi- ja toukokuun välisenä ajankohtana. Yhteensä kudun jälkeen mereen palanneita kaloja oli siten seitsemän kappaletta. Lisäksi merkinnän jälkeen kaloista mahdollisesti kolme palasi mereen jo lokakuun aikana.

Merkkipalautuksia kalastajilta saatiin yhteensä 12 kpl ja lisäksi kuuden paikannetun kalan arviointiin jääneen siikapadossa verkkoon kiinni, jolloin merkki on mahdollisesti irronnut ja jäänyt pohjaan. Lisäksi 15 merkittyä siikaa olivat sellaisia, joista saatiin havaintoja lähes samalta paikalta lokakuun aikana, mutta niistä ei jäänyt aineistoa loggereihin. Radiolähetin voi irrota kalasta mm. siian verkkopyynnin yhteydessä tai kalan joutuessa hylkeen tai toisen kalan saalista maksi. Tällöin merkki jää joen pohjaan lähettämään signaalia. Yhdestä merkitystä sioista ei saatu lainkaan havaintoja (Taulukko 9).

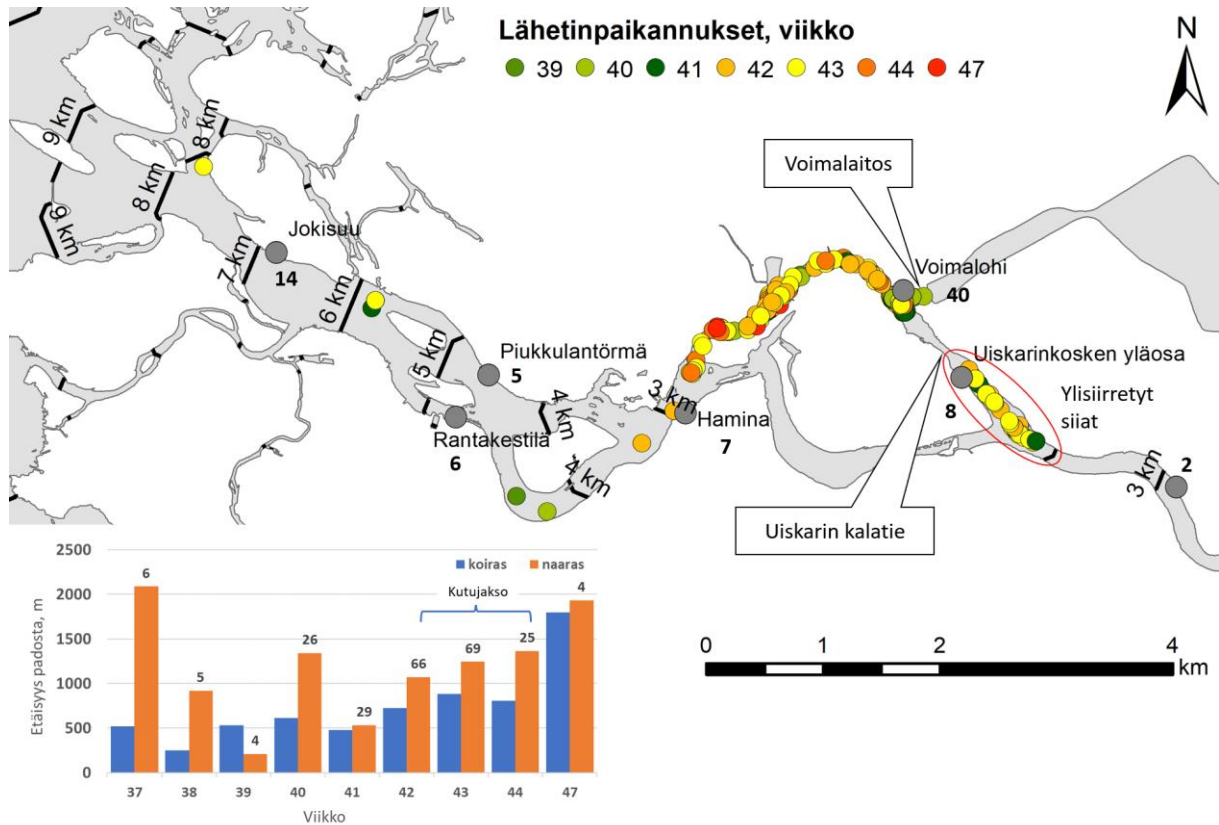
Vanhan uoman alueella siikoihin ei kohdistu pyyntiä, joten kalastuskuolevuuden arvioinnissa voidaan huomioda vain voimalaitoksen alapuolella olleet merkityt siat, joita oli yhteensä 44 kpl, kun uudelleenmerkinnät otetaan huomioon. Tällöin melko todennäköisesti ennen kutua tai kudun aikaan pyydetyksi joutuneiden osuus merkityistä sioista oli 42 %. Oletettavasti paikalleen jääneiden merkiksiikojen joukossa on myös kalastetuksi joutuneita siikoja, jolloin pyydetyksi jääneiden osuus on suurempi. Merivaellukselleen ei juurikaan siikoja joelta selviä: lokakuussa tapahtuvan kudun jälkeen mereen palasi vain 11 % merkityistä sioista.

Taulukko 9. Havainnot merkityistä sioista lijoella merkinnän jälkeen.

Havainto merkitystä kalasta	Merkkimäärä	Osuus (%)
Mereen merkinnän jälkeen	3	6
Mereen kudun jälkeen syksyllä	2	4
Mereen kudun jälkeen keväällä	4	8
Ylisiirto	6	12
Ylisiirto, paikalleen jäänyt	1	2
Ylisiirto, mereen kudun jälkeen keväällä	1	2
Paikalleen jäänyt	15	30
Siikapato	6	12
Merkipalautus*	11	22
Ei havaintoa	1	2
Yhteensä	50	100

*Yksi merkeistä tuli pyydytyksi kahteen kertaan, yhteensä palautuksia 12 kpl

Siit asetettiin merkinnän jälkeen samalle, voimalaitoksen alapuoliselle alueelle, jossa myös niiden kutu todennäköisesti tapahtuu. Keskimäärin voimalaitoksen alapuolelle vapautettujen siikojen etäisyys padosta oli 1 017 m (keskihajonta 469 m). Käsipaikannuskertoja joen alueella oli yhteensä yhdeksän ja keskimäärin kalayksilöistä saatiin paikannushavainto 5,7 kertaa. lijoella tehdyn syvyyskartoituksen perusteella padon alaosalle vapautettujen siikojen paikannuskohtien keskisyvyys oli 4,7 metriä. Merkityt kalat liikkuvat merkinnän jälkeen ja kudun aikana varsin suppealla alueella, joka ulottuu alle 3 km padosta alavirtaan (Kuva 63). Eniten merkittyjä siikoja kerääntyi voimalaitoksen alapuolelle vanhan uoman ja voimalaitoksen alakanavan liittymäkohtaan.



Kuva 63. Merkittyjen siikojen paikannukset lijoessa viikkoina 39–47. Harmaat pallot osoittavat auto-maattisten loggeriasemien sijainnin ja pallon vieressä oleva luku sen ohittaneiden merkittyjen siikojen määrän. Joen poikki menevät viivat näyttävät etäisyyden patoon. Kuvaaja osoittaa käsipaikannushavaintojen perusteella merkittyjen siikojen keskimääräisen etäisyyden Raasakan padosta alavirtaan kullakin seurantaviikolla. Kunkin havaintopylvään (naaras/koiras) yläpuolella oleva luku kertoo paikannushavaintojen määrän.

Siikojen merkintä osoitti, että lähes kaikki siiat kerääntyvät voimalaitoksen alaosalle ennen kutua. Siikojen pyyntiä sekä emokaloiksi että kotitarvekäyttöön lijoessa on huomattavissa määrin ja myös jokeen ravinnon perässä tulevat hylkeet osaltaan kasvattavat siian kuolevuutta (Veneranta ym. 2023).

Kalastuskuolevuus joessa on merkittävä. Siiat merkittiin voimalaitoksen lähellä tehdystä pyynnistä, jolloin ne ovat päässeet jo alaosan pyynnistä läpi ja jäivät yläosalle valmistautumaan kutuun. Mikäli merkintäpyynti olisi tehty joen alaosalta, pyydyksiin jääneiden merkkikalojen osuus olisi todennäköisesti ollut suurempi. Nykyisellä pyyntipaineella joessa ja merialueella jokeen ei käytännössä pääse nousemaan toista kertaa kudulle tulevia siikoja. Radiotelemetriamerkinän perusteella ei voida arvioida joen virtaaman vaikutusta siikojen liikehdintään, koska käsipaikannuksia tehtiin melko harvoin. Voimalaitoksen alaosalta tehdyn merkinnän vuoksi jää epäselväksi, mikäli osa jokeen nousevista siioista asettautuu joen alaosalta ja kutee muualle kuin merkinnän perusteella esiin nousseelle jokialueelle.

7. Yhteenveto ja suositukset

Sateenvarjo III -hankkeessa toteutettiin vuosina 2019–2023 viisi työpakettia tukemaan vaelluskalojen palauttamista rakennettuihin jokiin sekä tehostamaan rakennettujen jokien hoito- toimenpiteitä. Hankkeessa selvitettiin lohikalojen alas- ja ylösvaellusta, kehitettiin ja testattiin PIT-seurannan toimivuutta sekä tuotettiin uutta tietoa järvilohen ja taimenen sekä vaellussiian lisääntymismahdollisuuksista. Vaelluskalakantojen palauttaminen rakennettuihin vesistöihin edellyttää tyypillisesti useita rinnakkaisia tukitoimenpiteitä, joten laajuudestaan huolimatta tutkimusaiheita jäi toteutettavaksi vielä tulevissakin hankkeissa. Näiden työpakettien toteutus ja tulokset löytyvät tästä raportista, mutta kokosimme raportin loppuun jokaisesta työpaketistä muutamia tärkeimpiä tuloksia sekä suosituksia tulevaisuuteen. Näitä ovat:

- Iijoen Haapakosken kelluva ohjausaita toimii keskimäärin hyvin lohien vaelluspoikasten (smoltti) ohjauksessa. Ohjausaidan toimivuudessa havaittiin jonkin verran eroja virtaamatilanteiden välillä: toiminta heikentyi hieman joen kokonaisvirtaaman laskiessa, jolloin smoltit kohtasivat ohjausaidan useammin lähempänä voimalaitosta ja lisäksi todennäköisyys aidan alittamiselle kasvoi.
- Jatkossa tulisi varmistaa mittauksilla tai mallinnoilla virtausolosuhteiden muuttuminen ohjausaidan loppuosalta kohti alasvaellusväylän sisäänkäyntiä, sillä vaelluspoikasten havaittiin hidastavan vaellustaan jo useita kymmeniä metrejä ennen sisäänkäyntiä. Havaittu vaelluksen hidastuminen voi viitata virtausnopeuden hidastumiseen ohjausaidan loppuosalla, jolloin ne eivät sujuvasti ohjautu sisäänkäynnin välittömään läheisyyteen.
- Smoltit eivät ohjausaitaa seurattuaan uineet suoraan alasvaellusväylän sisäänkäyntiin vaan jäivät liikkumaan sen etupuolelle useiksi tunneiksi. Useat smoltit palasivat uudelleen samalle alueella seurannan aikana.
- Alasvaellusväylän sisäänkäynnin heikko toimivuus selittyy todennäköisesti osittain sisäänkäynnin automaattisesti vedenkorkeutta seuraavan säätömekanismin rikkoutumisella tutkimuksen alkuvaiheissa. Rikkoutumisen jälkeen sisäänkäynti oli kiinteästi asennettu yhdelle tasolle ja seurannan aikana oli ajanjaksoja, joiden aikana sisäänkäynti oli jopa kokonaan veden pinnan yläpuolella, joten virtausolosuhteet sisäänkäynnillä poikkesivat lähes koko kauden ajan smolteille tavoitelluista pyörteettömästä ja tasaisesti kasvavista virtausolosuhteista. Alasvaellusväylän sisäänkäyntiä tulisi testata uudelleen sisäänkäyntisuppilon tekniikan toimiessa toivotulla tavalla.
- Oulujoen Montan voimalaitoksen alakanavan kolmiulotteinen virtausmallinnus erilaisilla tuntikohtaisilla kokonaisvirtaaman ja turbiinien käyttöyhdistelmillä havainnollisti alakanavan virtausolojen haasteellisuuden kalojen uintiympäristönä. Keskeinen edellytys virtausmallin käyttökelpoisuudelle kuitenkin on, että sen kyky simuloida mallinnuksen kohdealueen virtausolosuhteita luotettavasti on varmistettu vertaamalla mallinnettuja tuloksia kohdealueelta tehtyihin virtausmittaustuloksiin. Muutoin mallinnus on 'uskomus' vallitsevista virtausolosuhteista ja sen tuottaman tiedon soveltaminen esimerkiksi kalojen käyttämien habitaattien kvantifioinnissa ei ole järkevää.

- Akustinen telemetria, jota sovellettiin tässä työssä ensimmäistä kertaa voimalaitosten alakanavaolosuhteissa, toimi hyvin, vaikka riskinä oli, että lähes kaoottiset virtausolosuhteet olisivat olleet liian 'meluisa' ympäristö kalamerkkien signaalien rekisteröitymiselle riittävän monelle vastaanottimelle luotettavan kolmiopaikannuslaskennan aikaansaamiseksi. Tuloksena saatiin kattava kuva lohien liikkumisesta alakanavan alueella.
- Montan alakanavassa lohien uintisyvyys, alakanavaan nousujen kesto ja vrk-aikainen ajoittuminen olivat samansuuntaisia kuin aiemmissa voimalaitosten alakanavissa tehdyissä telemetriaselvityksissä on havaittu. Lohet nousivat Montan alakanavaan monenlaisissa virtaamatilanteissa, mutta lohet eivät suosineet mitään tietyn suuruista virtaamaa hakeutuessaan alakanavaan. Sen sijaan useimmiten lohet aloittivat nousun alakanavaan, kun virtaamamuutokset olivat olleet pieniä muutaman tunnin ajan ennen nousun aloitusta.
- Oulujoen alajuoksulle kehitetty PIT-seurantajärjestelmä yhdessä Merikosken kalatien kertyvien aineistojen perusteella vaikuttaa toimivalta menetelmältä Oulujoen istutusten tuottavuuden seurantaan. Samantyyppistä PIT-asetelmaa voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää myös muiden Perämeren rakennettujen jokien seurannoissa, esim. li- ja Kemijokisuulla.
- Merialueen kalastajien näytteenotto ei tuottanut käytettyihin resursseihin nähden merkittävää PIT-havaintomäärää, koska yksittäisen lohikannan osuus lohisaaliissa yhä pienissä lohikiintiöissä on häviävän pieni.
- Tornionjoen kantaa olevat vaelluspoikasistukkaat tuottivat Oulujoella hyvin heikon istutustuloksen verrattuna veloittehdossa käytössä olevaan Montan laitospantaan.
- Ala-Koitajoella pieni virtaama (4–6 m³/s) ja runsas petokalakanta eivät mahdollista alkuunkaan järvilohen luontaisen elinkierron turvaavaa smolttituotantoa huomattavasta ylisiirrettyjen emokalojen määrästä huolimatta. Nykytilassaan Ala-Koitajokea voitaisiin käyttää säilytysviljelyä tukevana poikashautomona (so. luonnossa syntyneiden poikasten siirrot emokalakasvatukseen), mutta kohteen pidempiaikainen kehittäminen vaatii todennäköisesti merkittävää ympärivuotista virtaaman lisäystä ja siihen kytkeytyviä lisäkunnostuksia.
- Lieksanjoella ylisiirretyt järvilohen ja -taimenen emokalat pysyivät pääsääntöisesti vapautusalueillaan pääuoman kunnostetuilla kutupaikoilla, mutta luonnonkudusta syntyneiden poikasten yksilötiheydet ovat olleet sähkökalastetuilla koeloilla valtaosin vaatimattomia.
- Järvilohen alasvaellus painottuu keskimäärin myöhempään ajankohtaan kuin taimenen. Järvilohismoltit läpäisivät Lieksanjoen Pankakosken voimalapadon suurelta osin joko turbiiniaukkujen tai tulvaluukkujen kautta, ja niiden pyydettävyys kiinniottolaitteella oli ohijuoksutuksen aikaan 0 % ja muutoin keskimäärin 11 %. Kiinniottolaitteen nykyinen sisäänottovirtaama on riittämätön houkuttelemaan smoltteja, joten pyynnin tehokkuutta voitaisiin parantaa ohjainaidalla.
- Kustannustuottavuussuhteen kannalta yksivuotiaiden järvilohenpoikasten istuttaminen Lieksanjoen yläjuoksun koskialueille voisi olla varteenotettava kannanhoidollinen menetelmä olettaen, että kiinniottolaitteen houkuttelevuutta saadaan kehitettyä ja smolttipyyntiä merkittävästi tehostettua.

- Saarijoen tekninen kalaportaikko ei näyttäisi ohjaavan smoltteja kovinkaan tehokkaasti patorakennelman ohi kevään ja alkukesän tulva-aikaan, jolloin suurin osa vedestä joudutaan juoksuttamaan suoraan padon yli.
- Sekä järvilohen että taimenen emokalat löytävät Laurinvirran alueelle ja hyväksyvät sen kunnostetut kutualueet; alueelta on löytynyt runsaasti molempien lajien kutukaivantoja. Laurinvirrasta sähkökalastuksilla saadut poikasmäärät ovat olleet heikkoja todennäköisesti toistuvien ohijuoksutusten vuoksi. Jatkossa ylimääräiset juoksutukset tulisi olla hallittavissa, mikäli poikastuotanto alueella halutaan saada käynnistettyä.
- Rakennetuista vesistä Oulujoessa arvio vaellussiian luonnonlisääntymisestä on suurin. Oulujoen vaellussiian luontaisen poikastuotannon mediaanin arvioitiin olevan vuonna 2020 noin 2,1 miljoonaa siianpoikasta (95 % luottamusväli 0,08–21,4 miljoonaa). Lijoella vuonna 2017 tehty vastaava arvio oli 0,29 miljoonaa poikasta (95 % luottamusväli 0,07–3,6 miljoonaa). Vastaavasti vapaasti virtaavalla Tornionjoella mediaaniarvo Kukkolan-koskelta alavirtaan oli 5,25 miljoonaa poikasta (95 % luottamusväli 0,63–103 miljoonaa).
- Lähes kaikki vaellussiat kerääntyvät Lijoella Raasakan voimalaitoksen alaosalle ennen kutua. Siikojen kalastuskuolleisuus joessa on merkittävä ja myös jokeen ravinnon perässä tulevat hylkeet kasvattavat siian kuolleisuutta. Näistä syistä siiat eivät pysty nousemaan jokeen kuteakseen toista kertaa.
- Sekä Oulu- että lijoessa on edellytykset vaellussiian luontaiselle lisääntymiselle, mikäli mädin kehitykselle sopivaa pohja-aluetta on siialle kutualueeksi kelpaavalla virtaama-alueella. Virtaamasäännöstely todennäköisesti vaikuttaa merkittävästi siian mädin kehittymisedellytyksiin ja voimakkaat virtaamavaihtelut talviaikana voivat kasvattaa mädin kuolevuutta. Vaihtelevissa virtaama-olosuhteissa karkea sorapohja pidättää mätiiä parhaiten. Pohjanläheisistä virtausnopeuksista vaellussiian kutualueilla eri virtaamaolosuhteissa tarvittaisiin tarkempaa tutkimustietoa.
- Oulujoessa siian mätitiheydet olivat suurimmat voimalaitoskanavan alapuolella Hartaanselällä olevalla kivi-sora-alueella. Hartaanselkä on laajalti hiekkapohjaa ja mädin selviytyminen talven yli voi tällaisella alueella jäädä heikommaksi mädin päälle kertyvän aineksen vuoksi.

Kiitokset

Sateenvarjo III -hankkeen aikana saimme apua toimenpiteiden toteuttamiseen lukuisilta yhteistyöorganisaatioilta sekä Luken henkilöstöltä eri hankealueilla. Viiden vuoden aikana on kiitoksensa ansainneita henkilöitä kertynyt sen verran paljon, ettemme halua unohtaa tästä joukosta ketään. Välitämme siis teille kaikille yhteisesti, kuten myös rahoittajille, isot kiitokset!

Viitteet

- Aho, J. 2020. Vaelluskalojen nousukäyttäytymiseen vaikuttavat ympäristötekijät Oulujoen Merikosken kalateissä. Pro gradu -tutkielma, Maantieteen tutkimusyksikkö, Oulun yliopisto. 92 s + 5 liitettä.
- Coutant, C.C. & Whitney, R.R. 2000. Fish behavior in relation to passage through hydropower turbines: a review. *Transactions of the American Fisheries Society* 129: 351–380.
- Crisp, D.T. & Carling, P.A. 1989. Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. *Journal of Fish Biology* 34: 119–134. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1989.tb02962.x>
- Enders, E.C., Gessel, M.H., Anderson, J.J. & Williams, J.G. 2012. Effects of decelerating and accelerating flows on juvenile salmonids behavior. *Transactions of the American Fisheries Society* 141: 357–364.
- Fabricius, E. & Lindroth, F. 1953: Experimental observation on the spawning of whitefish *Coregonus lavaretus* L. in the stream aquarium of the Hole Laboratory at Indalsalven. – Reports of the Institute Freshwater Research, Drottningholm 35: 105–112.
- Fortum Power and Heat Oy. 2022. Montan kiinniottolaitteen edustan ja alakanavan virtausmallinnus. Muistio. 27.9.2022. Fortum Power and Heat Oy. Espoo. 30 s.
- Gendaszek, A.S., Burton, K., Magirl, C.S. & Konrad, C.P. 2018. Streambed scour of salmon spawning habitat in a regulated river influenced by management of peak discharge. *Freshwater Biology* 63: 917–927. <https://doi.org/10.1111/fwb.12987>
- Haikonen, A. 2019. Iijoen vanhan uoman kalatieseuraanta 2019. Kala- ja vesijulkaisu nro 280. Kala- ja vesitutkimus Oy.
- Haro, A., Odeh, M., Noreika, J. & Castro-Santos, T. 1998. Effect of water acceleration on downstream migratory behavior and passage of Atlantic salmon smolts and juvenile American shad at surface bypasses. *Transactions of the American Fisheries Society* 127: 118–127.
- Hatanpää, A., Huuskonen, H., Janhunen, M., Kortet, R. & Piironen, J. 2021. Spawning season movements of transported landlocked Atlantic salmon in a newly restored river habitat *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 78: 184–192. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2019-0334>
- Heggberget, T.T., Haukebo, T., Mork, J. & Ståhl, G. 1988. Temporal and spatial segregation of spawning in sympatric populations of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L. *Journal of Fish Biology* 22: 347–356. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1988.tb05477.x>
- Heinonen, M. 2016. Saimaan järvilohen (*Salmo salar* m. sebago) smolttiutuminen laitosolosuhteissa. Pro gradu -tutkielma. Itä-Suomen yliopisto. 45 s. https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/16322/urn_nbn_fi_uef-20160668.-pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., van der Meer, O., & Mäki-Petäys, A. 2012. Nousulohien radiotelemetriaseurannat lijoen vesivoimalaitosten alakanavissa v. 2011–2012. Iijoen kalatiet-hankkeen loppuraportti POP-ELYlle 15.12.2012. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Oulu. 41 s.
- 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., Jaukkuri, M., Sutela, T., van der Meer, O., Erkinaro, J. & Mäki-Petäys, A. 2018. Lohikalojen alasvaellus Iijossa: Tutkimustuloksia ja alasvaellusreittien yleissuunnitelma. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 43 s.
- Huusko, R., Orell, P., van der Meer, O., Jaukkuri, M. & Mäki-Petäys, A. 2010. Oulujoen pääuoman kalatiedeen suunnittelu ja tukitoimenpiteet. Ylisiirrettyjen lohien vaelluskäyttäytyminen ja elinympäristönvalinta Oulujoen Montan voimalaitoksen alakanavassa v. 2010. Työraportti 10.5.2011. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki. 18 s.
- Huuskonen, H. 2004. Siikakalojen mätitiheys Koitajoella syksyllä 2003. Joensuun yliopisto. Karjalan tutkimuslaitos, Ekologian osasto. 11 s.
- Hyvärinen, P., Salojärvi, K., Pushkin, S. & Ahonen, M. 1992. Kalojen vaellus Oulujärvestä Oulujokeen. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A. Nro 115. 92 s. <http://hdl.handle.net/10138/215619>
- Härkönen, L.S., Hyvärinen, P., Rinnevali, R., van der Meer, O., Orell, P., Veneranta, L., Erkinaro, J. & Louhi, P. 2023. Kalastonhoidon kehittäminen Oulujoen vesistöissä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 47/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 138 s.
- Inha, A. 2020. Kunnostustoimenpiteiden vaikutus järvilohen (*Salmo salar* m. sebago) poikasten habitaatin valintaan. Pro gradu -tutkielma. Itä-Suomen yliopisto. 35 s. https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/23531/urn_nbn_fi_uef-20201398.-pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Janhunen, M., Leinonen, T. & Syrjänen, J. 2024. Järvilohen ja taimenen vanhemmuusanalyysit Laurinvirran pesäalkioista. Hankeraportti. 8 s.
- Janhunen, M., Piironen, J., Vainikka, A. & Hyvärinen, P. 2021. The effects of environmental enrichment on hatchery-performance, smolt migration and capture rates in landlocked Atlantic salmon. PLoS ONE 16(12): e0260944. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260944>
- Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. 1999. The functional relationship between peak spring floods and survival and growth of juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Brown Trout (*Salmo trutta*). Functional Ecology 13: 778–785. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1999.00358.x>
- Johnson, G.E. & Dauble, D.D. 2006. Surface flow outlets to protect juvenile salmonids passing through hydropower dams. Reviews in Fisheries Science 14: 213–244.

- Kaijomaa, V.M., Munne, P., Piironen, J., Pursiainen, M. & Turunen T. 2003. Järvilohistrategia. Saimaan järvilohikannan säilymisen ja kestävä käytön turvaaminen. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 66/2003. https://mmm.fi/documents/1410837/1516655/1-5-jarvilohi-strategia_66-2003.pdf/3da6de5f-2443-4d46-8a08-1790808c8e0a/1-5-jarvilohistrategia_66-2003.pdf
- Karppinen, P. 2022. Järvilohen vaelluspoikasten lähetinseuranta Lieksanjoen Pankakosken voimalaitoksella 2022. Kala ja vesijulkaisuja nro 353. Kala- ja vesitutkimus Oy. 10 s. + liitteet.
- Karppinen, P., Marttila, M., Jaukkuri, M., Annala, M., Männistö-Vetoniemi, K., Heikkinen, S., Jørgensen, S., Vähä, V. & Erkinaro, J. 2008. Lohien ja haukien telemetriatutkimus Oulujoen alaosalla. Suomen ympäristö 5: 85–94.
- Larsson, S., Byström, P., Berglund, J., Carlsson, U., Veneranta, L., Larsson, S. H. & Hudd, R. 2013. Characteristics of anadromous whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) rivers in the Gulf of Bothnia. *Advances in Limnology* 64, pp. 189–201.
- Leinonen, T., Piironen, J., Koljonen, M.-L., Koskiniemi, J. & Kause, A. 2020. Restored river habitat provides a natural spawning area for a critically endangered landlocked Atlantic salmon population. *PLoS ONE* 15: e0232723. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232723>
- Louhi, P., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J. 2008. Spawning habitat of Atlantic salmon and brown trout: general criteria and intragravel factors. *River Research and Applications* 24: 330–339. <https://doi.org/10.1002/rra.1072>
- 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. & Vehanen, T. 2019. Vaelluskalojen palauttaminen rakennettuihin jokiin. Rakennettujen jokien tutkimustuloksia vuosilta 2011–2018. Luonnonvara- ja biotalouden raportteja 55, Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-807-4>
- Luhta, P.-L., 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. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2012.02850.x>
- Malcolm, I.A., Gibbins, C.N., Soulsby, C., Tetzlaff, D. & Moir, H.J. 2012. The influence of hydrology and hydraulics on salmonids between spawning and emergence: Implications for the management of flows in regulated rivers. *Fisheries Management and Ecology* 19: 464–474. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2011.00836.x>
- 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* 29: 513–527. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09557-z>

- Mikkola, H., Oksman, H. & Shemeikka, P. 1979. Experimental study of mortality in vendace and whitefish eggs through predation by bottom fauna and fish. *Aqua Fennica*, 9: 68–72.
- Odeh, M. & Orvis, C. 1998. Downstream fish passage desing considerations and developments at hydroelectric projects in the North-east USA. Teoksessa: Jungwirth, M., Schmutz, S. & Weiss, S. (Eds.) *Fish migration and fish bypasses*, Fishing News Books, 267–280.
- Palm, S., Romakkaniemi, A., Dannewitz, J., Pakarinen, T., Veneranta, L., Vähä, V. & Broman, A. 2024. Tornionjoen lohi-, meritaimen- ja vaellussiikakannat – yhteinen ruotsalais-suomalainen biologinen selvitys sopivien kalastussääntöjen arvioimiseksi vuodelle 2024. 51 s.
- Perrier, C., Grandjean, F., Le Gentil, J., Cherbonnel, C. & Evanno, G. 2011. A species-specific microsatellite marker to discriminate European Atlantic salmon, brown trout, and their hybrids. *Conservation Genetics Resources* 3: 131–133. <https://doi.org/10.1007/s12686-010-9307-1>
- Piironen, J. 2021. Saimaan järvilohen toimenpideohjelma 2021–2030. Raportteja 63 | 2021. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 30 s. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-976-2>
- POSELY 2018. Vuoksen vesistöalueen järvitaimenkantojen toimenpideohjelma. Raportteja 60 | 2018. Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 23 s + liitteet. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-741-6>
- Rassi, P., Alanen, A., Kanerva, T. & Mannerkoski, I. (toim.) 2001. Suomen lajien uhanalaisuus 2000. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 432 s. ISBN 951-37-3594-X.
- Rikkonen, P., Harmonen, T. & Teräväinen, H. (toim.) 2008. Maatilyrityksen menestystekijät. Tieto tuottamaan 123. Helsinki: ProAgria Maaseutukeskusten Liitto. 99 s.
- Ruokonen, T., Syrjänen, J., Sivonen, K., Havumäki, M., Helisevä, R., Keskinen, T. & Heinimaa, P. 2022. Taimenen poikastiheys ja kutukanta Kymijoen vesistön järviolueen virtavesissä. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 14/2022: 1–26. Luonnonvarakeskus. 26 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-374-9>
- Salojärvi, K., Moilanen, P. & Hyvärinen, P. 1990. Oulujärven siian kalastus, siikojen ekologia, istutustoiminnan tulokset ja ekologiset vaikutukset. Moniste. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 113 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201902195396>
- Semenchenko, S. & Smeshlivaya, N. 2021. Spawning behaviour of whitefishes (Coregonidae). *Annales Zoologici Fennici* 58: 129–140. <https://doi.org/10.5735/086.058.0402>
- Scruton, D.A., McKinley, R.S., Kouwen, N., Eddy, W. & Booth, R.K. 2002. Use of telemetry and hydraulic modeling to evaluate and improve fish guidance efficiency at a louver and bypass system for downstream-migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts and kelts. *Hydrobiologia* 483: 83–94.

- Scruton, D.A., McKinley, R.S., Kouwen, N., Eddy, W. & Booth, R.K. 2003. Improvement and optimization of fish guidance efficiency (FGE) at a behavioural fish protection system for downstream migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *River Research and Applications* 19: 605–617.
- Scruton, D.A., Pennell, C.J., Bourgeois, C.E., Goosney, R.F., Porter, T.R. & Clarke, K.D. 2007. Assessment of a retrofitted downstream fish bypass system for wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts and kelts at a hydroelectric facility on the Exploits River, Newfoundland, Canada. *Hydrobiologia* 582: 155–169.
- Sloat, M.R., Reeves, G.H. & Christiansen, K.R. 2017. Stream network geomorphology mediates predicted vulnerability of anadromous fish habitat to hydrologic change in southeast Alaska. *Global Change Biology* 23: 604–620. <https://doi.org/10.1111/gcb.13466>
- Syrjänen, J., Sivonen, K., Sivonen, O. & Valkeajärvi, P. 2013. Taimenen kutupesälaskenta – menetelmät ja esimerkkituloksia. Riista- ja kalatalous – tutkimuksia ja selvityksiä 9/2013. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 28 s. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/520111/rkts2013_9.pdf?sequence=1
- Toots, H. 1949. Undersökningar på siklekplatser / en sikrumpump. *Svensk Fiskeri Tidskrift* nr 6/7, Juni-Juli 1949
- Veneranta, L. & Harjunpää, H. 2017. Kokemäenjoen vaellussiika – kutualueet ja poikasten esiintyminen. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 27/2017*. Luonnonvarakeskus. Helsinki.
- Veneranta, L., Lehtonen, E., Lehtonen, T. & Suuronen, P. 2023. Hyljekarkotin vaellussiian mädinhankinnan suojaamisessa lijoella. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 88/2023*. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 43 s.
- Viljanen, M. 1985. Muikun ja siian mädin ja poikasten esiintyminen Etelä-Saimaalla. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja n:o 71: 233–245.
- Williams, J.G., Armstrong, G., Katopodis, C., Larinier, M. & Travade, F. 2012. Thinking like a fish: a key ingredient for development of effective fish passage facilities at river obstructions. *River Research and Applications* 28: 407–417.



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

