



Luonnonvara- ja  
biotalouden  
tutkimus 22/2020

## **Teno- ja Inarijokeen nousevien lohien kaikuluotause seurannat v. 2018–2019**

Jan-Peter Pohjola, Panu Orell, Jorma Kuusela ja Juha Lilja

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 22/2020

# **Teno- ja Inarijokeen nousevien lohien kaikuotauseurannat v. 2018–2019**

Jan-Peter Pohjola, Panu Orell, Jorma Kuusela ja Juha Lilja

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2020

Viittausohje:

Pohjola, J-P., Orell, P., Kuusela, J. & Lilja, J. 2020 Teno- ja Inarijokeen nousevien lohien kaikuluotauks seurannat v. 2018–2019. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 22/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 29 s.



ISBN 978-952-326-940-8 (Painettu)

ISBN 978-952-326-941-5 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-941-5>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Jan-Peter Pohjola, Panu Orell, Jorma Kuusela ja Juha Lilja

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2020

Julkaisuvuosi: 2020

Kannen kuva: Panu Orell

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

# Tiivistelmä

Jan-Peter Pohjola<sup>1)</sup>, Panu Orell<sup>2)</sup>, Jorma Kuusela<sup>1)</sup> & Juha Lilja<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Luonnonvarakeskus, Nuorgamintie 7, 99980 Utsjoki

<sup>2)</sup> Luonnonvarakeskus, Paavo Havaksen tie 3, 90014 Oulun yliopisto

<sup>3)</sup> Luonnonvarakeskus, Survontie 9 A, 40500 Jyväskylä

Luonnonvarakeskus (Luke) toteutti vuosina 2018 ja 2019 lohien kaikuluotauslaskennat Tenojoen pääuomassa ja Tenon latvahaaralla, Inarijoella. Tenon pääuoman kaikuluotauspaikaksi valittiin alin mahdollinen paikka, jossa kaikuluotaus oli teknisesti mahdollista. Se sijaitsi Polmakissa Norjan valtion puolella 55 km jokisuusta ylävirtaan. Inarijoen kaikuluotauspaikka sijaitsi Karigasniemellä, n. 9 km Karasjoen ja Inarijoen yhtymäkohdasta ylävirtaan.

Tenojoen pääuoman pilottilaskennassa vuonna 2018 jokiuoman leveydestä ja kaikuluotauskaluston teknisistä ongelmista johtuen laskentapaikalle jäi noin 20 m leveä katve-alue, jonka kautta kulkenut kalamäärä jouduttiin arvioimaan. Vuonna 2018 havaitut ongelmat pystyttiin korjaamaan kaudelle 2019 ja luotaimilla saatiin kattava kuva käytännössä koko luodattavasti jokiuomasta. Tenon pääuoman kaikuluotauslaskennan lajijakaumana käytettiin Tana Bru – Riksgrensens -kalastusalueen saalistilastojen ajallista lajijakaumaa. Lajijakaumaa tarvittiin pienten lohien, kyttyrälohien, taimenten ja harjusten erottelun toisistaan kaikuluotausaineistosta.

Inarijoelta saatiin molemmilta vuosilta varsin luotettavat tulokset kaikuluotauspaikan ohittaneiden lohien ja muiden kalojen määristä. Laskentapaikan jokiuoma soveltui hyvin kaikuluotauslaskentaan, ja uoman kapeuden vuoksi seurantapaikalla pystyttiin käyttämään vedenalaisia videokameroita kalojen lajintunnustuksen varmistamiseksi.

Vuonna 2018 Tenon pääuoman kaikuluotauspaikan arvioitiin ohittaneen yhteensä 32 500 lohta. Samana vuonna Inarijoen kaikuluotauspisteen ohi arvioitiin nousseen 2 850 lohta. Vuonna 2019 nouslohimäärät olivat molemmilla seurantapaikoilla selvästi edellisvuotta vähäisempiä ja erityisesti pienikokoisia (<65 cm) lohia nousi merkittävästi vähemmän kuin vuonna 2018. Tenon pääuoman kaikuluotauspisteen ohi arvioitiin vuonna 2019 nousseen 21 000 ja Inarijoen kaikuluotauspisteen ohi 1 600 lohta seurantajaksojen aikana. Lohien lisäksi kaikuluotausseurannoissa havaittiin kaudella 2019 runsaasti kyttyrälohia, joiden määrä Pohjois-Atlantilla on ollut voimakkaassa kasvussa parittomina vuosina vuodesta 2017 alkaen. Tenojoen pääuoman seurantapaikan ohitse arvioitiin vaeltaneen vähintään 4 500 ja Inarijoella 350 kyttyrälohta.

Tenojoen pääuoman ja Inarijoen kaikuluotausseurannat osoittautuivat toimiviksi seurantamenetelmiksi lohimäärien laskentaan ja niiden avulla saatiin merkittävää uutta tietoa vesistön lohikantojen tilasta, vuosien välisestä vaihtelusta sekä kutukantatavoitteiden täyttymisasteista. Kaikuluotausseurannat tulevat jatkossakin olemaan aktiivisessa käytössä Tenojoen alueella ja ne muodostavat vesistön lohiseurantojen keskeisen rungon.

Asiasanat: Tenojoki, Inarijoki, kaikuluotaus, lohi, kyttyrälohi, kutuvaellus

# Sisällys

<b>1. Johdanto .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Tutkimusalueet ja seurantapaikat .....</b>	<b>6</b>
2.1. Tenojoen pääuoman laskentapaikka .....	7
2.2. Inarijoen laskentapaikka .....	8
<b>3. Tutkimusmenetelmät .....</b>	<b>10</b>
3.1. Kaikuluotauslaitteistot ja tallennusohjelmistot .....	10
3.2. Kaikuluotausaineiston analysointiohjelmistot .....	11
3.3. Seuranta-asetelmat Tenojoen pääuomassa .....	13
3.3.1. Vuosi 2018.....	13
3.3.2. Vuosi 2019.....	14
3.4. Seuranta-asetelmat Inarijoella.....	14
3.4.1. Vuosi 2018.....	14
3.4.2. Vuosi 2019.....	15
3.5. Raakadatatista tuloksiin .....	15
3.5.1. Aineistojen läpikäynti.....	15
3.5.2. Nousulohimäärien arviointi.....	16
3.5.3. Lajijakaumien arviointi ja sovittaminen .....	17
<b>4. Tulokset .....</b>	<b>18</b>
4.1. Tenojoen pääuoma .....	18
4.1.1. Vuosi 2018.....	18
4.1.2. Vuosi 2019.....	18
4.1.3. Tenojoen pääuoman tulosten yhteenveto.....	20
4.2. Inarijoki .....	20
4.2.1. Vuosi 2018.....	20
4.2.2. Vuosi 2019.....	21
4.2.3. Inarijoen tulosten yhteenveto.....	22
4.3. Lohien käyttäytyminen .....	23
<b>5. Seurantojen ongelmat ja kehittämistarpeet .....</b>	<b>26</b>
5.1. Työmäärä .....	26
5.2. Luotainkuvan tarkkuus ja kalojen pituusmittaus .....	26
5.3. Lajijakaumat.....	26
5.4. Kalojen edestakainen liikehdintä luotausalalla.....	27
5.5. Reaaliaikainen lohimäärätieto .....	27
<b>6. Yhteenveto.....</b>	<b>28</b>

# 1. Johdanto

Tenojoki on yksi tärkeimmistä Atlantin lohien lisääntymisjoista maailmassa. Sivujokineen Tenojoessa on noin 1 200 km lohelle soveltuvaa nousualuetta ja vesistössä esiintyy yli 30 perinnöllisesti toisistaan eroavaa lohikantaa (Vähä ym. 2017). Tenojoen lohikannat ylläpitävät merkittävää kalastusta aina Barentsinmeren rannikolta Tenojoen latvavesiin asti ja sen lohikantoja hyödyntävät useat kalastajaryhmät niin Suomessa kuin Norjassa (mm. Niemelä ym. 2014). Vesistön lohikantojen hoito perustuu kalastuksen säätelyyn, jota toteutetaan suomalais-norjalainen Tenojoen kalastussopimuksen ja -säännön pohjalta.

Lohikantojen menestyksellinen hoito ja kestävä kalastuksen jatkuvuuden turvaaminen edellyttävät luotettavaa ja ajantasaista tutkimus- ja seurantatietoa lohikantojen tilasta. Tenojoen vesistössä lohikantojen tilaa seurataan aktiivisesti useilla eri menetelmillä kattavasti vesistön eri osissa. Seurantoja tehdään suomalais-norjalaisena yhteistyönä ja Suomen puolella Tenon lohi- ja vaelluskalaseurannoista vastaa Luonnonvarakeskus (Luke).

Pisimpään Tenolla on seurattu lohisaaliita ja kalastuksen määrää sekä lohien poikastiheyyksiä. Viimeisen kahden vuosikymmenen aikana seurantaohjelmaan on lisätty erityisesti nousu- ja kutulohien määrien laskentoihin, joissa on hyödynnetty vedenalaista videoseuranta ja pintasukelluslaskentoihin sekä aivan viimeisimpänä kaikuluotauslaskentaa.

Vuonna 2017 uusittu kalastussopimus ja -sääntö lisäsivät entisestään paineita saada luotettavia tietoja Tenojoen vesistöön nousevien lohien määristä erityisesti Tenon pääuoman ja sen suurten latvajokien (Inarijoki, Karasjohka) osalta. Tällaisissa isoissa jokiuomissa nousulohien määrän laskenta on verraten haastavaa, mutta uusilla kaikuluotausmenetelmillä kuitenkin mahdollista. Tenojoen alueella nousulohien kaikuluotauslaskentaa testattiin ensimmäisen kerran vuonna 2010 Karasjohkalla (Lilja & Orell 2011). Karasjohkan laskenta toistettiin myös vuosina 2012 ja 2017–2019, jonka lisäksi kaikuluodattiin Vetsijoella vuonna 2016.

Näiden Tenon kaikuluotauskokemusten ja toisaalta Tornionjoen kaikuluotausseurantojen kokemusten perusteella lohien kaikuluotauslaskenta todettiin potentiaaliseksi menetelmäksi nousulohien määrän laskentaan myös Tenon pääuomassa ja Inarijoessa. Näissä kohteissa kaikuluotauslaskennat käynnistettiin Luonnonvarakeskuksen toimesta vuonna 2018 ja niitä jatkettiin molemmissa joissa vuonna 2019. Tenon pääuoman osalta kaikuluotausseuranta jatkuu myös vuosina 2020–2021.

Tässä raportissa esitellään Tenon pääuoman ja Inarijoen kaikuluotausseurantojen menetelmät, toteuttamisen perusteet ja keskeiset tulokset vuosien 2018–2019 osalta. Raportti pyrkii tuomaan esiin isojen jokiuomien kaikuluotausseurantojen mahdollisuudet, rajoitteet ja potentiaaliset virhelähteet. Lisäksi raportti luotaa tulevaisuuteen, luoden suuntaviivoja kaikuluotausseurantojen jatkolle Tenolla ja muualla Suomessa.

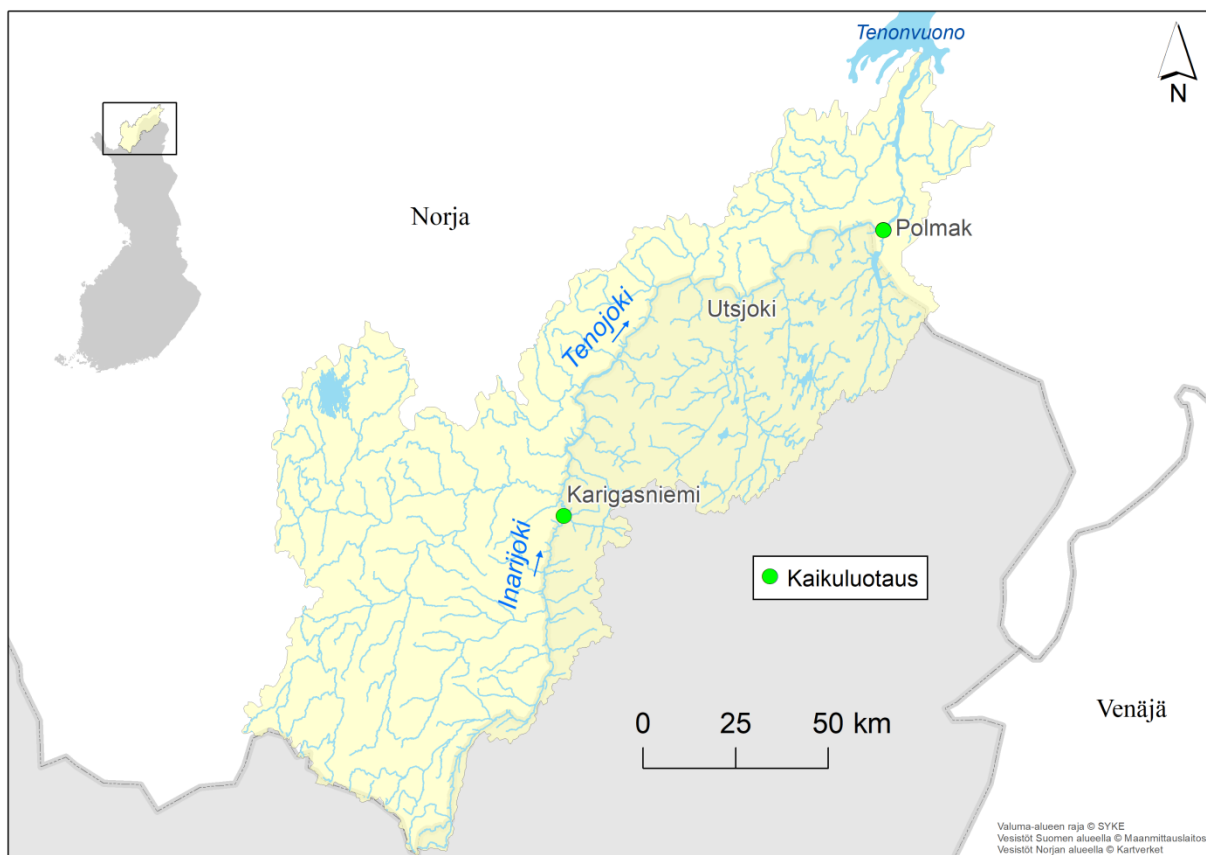
## 2. Tutkimusalueet ja seurantapaikat

Tenojoen pääuoman ja Inarijoen lohien kaikuluotauslaskennat pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman hyvin kaikuluotauslaskentaan soveltuvissa joenkohdissa, sillä laskentapaikalla on suuri merkitys luotaimen tuottamalle kuvanlaadulle sekä kuva-alan kattavuudelle ja siten tulosten luotettavuudelle (Maxwell 2007).

Keskeisimmät kriteerit hyvälle kaikuluotauspaikalle ovat:

- Sijaitseminen mahdollisimman alhaalla vesistössä, jonka vaelluskalojen määrä halutaan selvittää.
- Riittävän kapea jokiuoma. Mitä kapeampi uoma, sitä lähempää luotaimesta laskettavat kalat uivat ja sitä selkeämmän kuvan luotain laskettavista kaloista tuottaa.
- Tasainen ja laminaarinen veden virtaus. Virran pyörteet tai ilmakuplat aiheuttavat häiriötä luotaimen kuvaan.
- Mahdollisimman tasaisesti syvenevä ja pohjanmuodoiltaan tasainen pohja. Vaihtelevat pohjanmuodot ja isot lohkaaret aiheuttavat katve-alueita luotainkuvaan.

Tenojoen pääuoman osalta soveltuva kaikuluotauspaikka löytyi Polmakista, noin 55 km jokisuulta ylävirtaan. Inarijoella ensimmäinen hyvä kaikuluotauspaikka alavirrasta lähtien löydettiin Karigasjokisuun yläpuolelta, noin 9 km Inarijokisuusta ylävirtaan (Kuva 1). Laskennat toteutettiin molempina seurantavuosina (2018–2019) samoissa paikoissa.



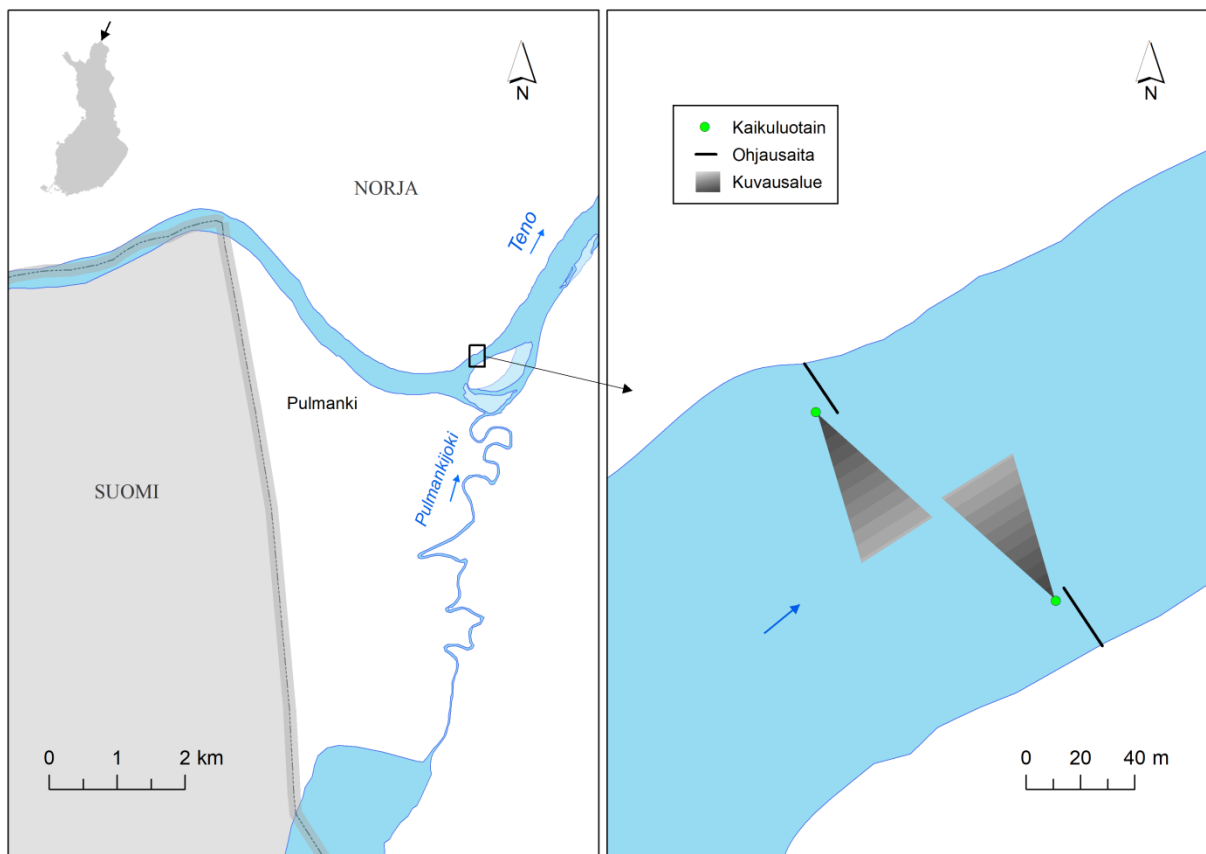
**Kuva 1.** Tenojoen pääuoman kaikuluotausseuranta toteutettiin Polmakissa (55 km Tenojokisuulta) ja Inarijoen kaikuluotausseuranta Karigasjokisuulla (220 km Tenojokisuulta).

## 2.1. Tenojoen pääuoman laskentapaikka

Tenojoen pääuoman kaikuluotauspaikalla jokiuoman leveys oli kapeimmillaan (alhainen kesävedenkorkeus) noin 120 metriä. Asettamalla luotaimet molemmille puolille jokea ja kaventamalla luodattavaa aluetta ohjaisaidoilla, saatiin luodattavan alueen leveydeksi n. 100 metriä, eli katettavaksi tuli 50 metriä kummallekin luotaimelle (Kuva 2). Joen eteläisellä rannalla oleva luotain oli saarella, jonka eteläpuolella on myös jokiuoma, josta vettä virtaa vain vähäisissä määrin pahinta tulva-aikaa lukuun ottamatta (Kuva 2). Jokiveden ollessa ns. kesävedellä, jää tämä tulva-uoma kokonaan kuivaksi.

Kaikuluotaimet kiinnitettiin metallisista rakennusteline-komponenteista rakennettuihin telineisiin. Telineet pysyivät paikallaan yhdellä pohjaan ankkuroidulla kiinnityksellä. Luotaimia voitiin suunnata, nostaa ja laskea telineisiin erikseen teetetyillä säätönivelillä.

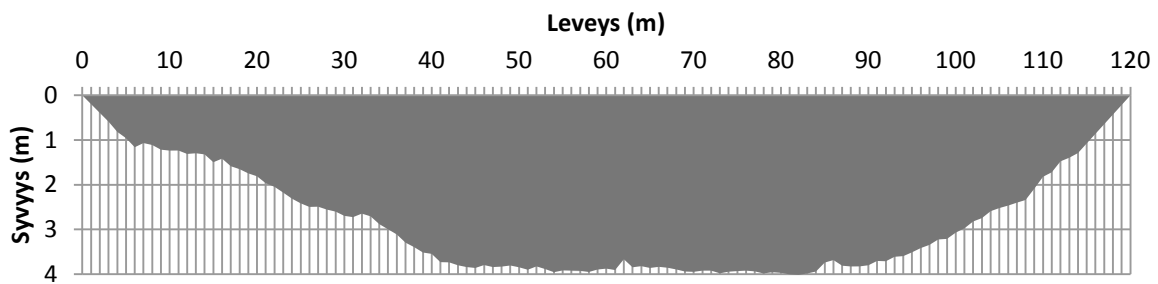
Kaikuluotaimet sijoitettiin 3–4 metriä ohjaisaidasta ylävirtaan päin ja ohjaisaidat jatkuivat luotaimesta noin 5 metriä ulospäin kohti keskivirtaa (Kuva 2). Kun veden pinta kesän aikana laski, ohjaisaitaa jatkettiin ja samalla siirrettiin luotaimia ulommaksi. Ohjaisaitana käytettiin solmuväliltään 100 mm tukevalankaista, alun perin rysäpyyntiin tarkoitettua punaista havasverkkoa. Aidat tuettiin pohjaan tukevasti lyödyillä ja pintaan asti ylettyillä harjateräsvaajoilla.



**Kuva 2.** Tenon pääuoman laskentapaikalla Polmakissa luotaimet asetettiin molemmille puolille jokea (kuvassa vuoden 2019 koe-asetelma). Näin saatiin kaikuluotaimilla poikkileikkausnäkökulma käytännössä koko jokiuomasta. Luotainten välimatka toisistaan oli noin 100 metriä.

Kaikuluotaimilla katetun jokiuoman syvin kohta luotauspaikalla oli noin 4 metriä vedenkorkeuden ollessa matalimmillaan (Kuva 3). Pohjoisenpuoleisella rannalla jokiuomassa oli jonkin verran potenti-aalisia katve-alueita luotaimelle, mutta etelänpuoleinen ranta oli lähes ihanteellinen luotainseuran-taan (Kuva 3).





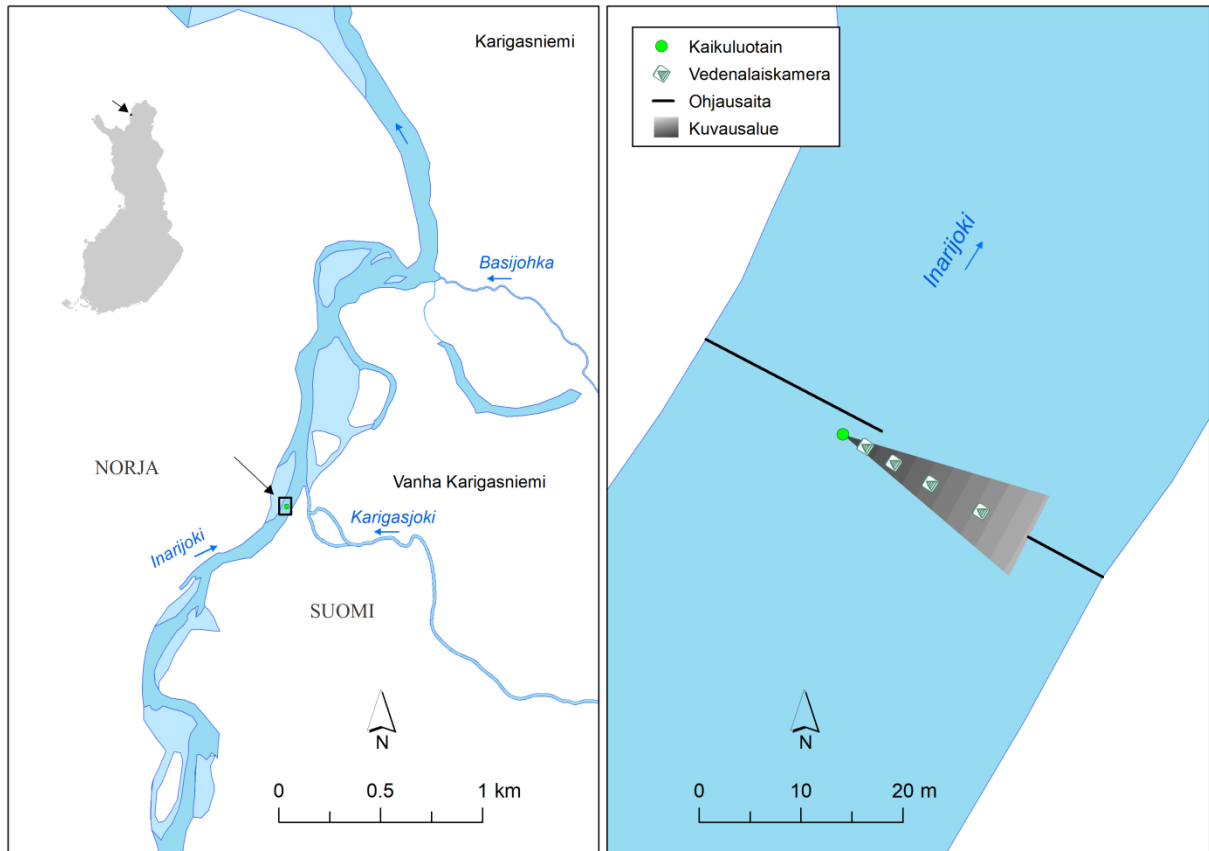
**Kuva 3.** Jokuoman poikkileikkaus Tenon pääuoman kaikuluotauspaikalla Polmakissa (ylävirrasta alavirtaan katsottuna). Joen pohjoisrannan luotain sijaitsi vasemmalla ja etelärannan luotain oikealla puolella.

Tenojoen pääuoman luotauspaikan alapuolelle laskee kaksi merkittävää sivujokea, joihin lohi nousee, Maskejohka ja Pulmankijoki. Näihin jokiin nousevat lohet jäivät laskematta pääuoman luotausseurannassa. Vastaavasti luotainpaikan alapuolelta saatu lohisaalis ja luotainpaikan alapuolella Tenojoen pääuomassa kuteva lohimäärä jäi luotainseurannassa laskematta. Näistä luotainpaikan alapuolella jäävistä lohimääristä saatiin kuitenkin verraten hyvä arvio muiden seurantatietojen (mm. saalistilat, sivujokilaskennat) perusteella (Anon. 2019).

## 2.2. Inarijoen laskentapaikka

Inarijoella luotauspaikaksi valikoitui Karigasjoen yhtymäkohdasta noin 100 metriä ylävirtaan sijaitseva joenkohta (kuva 4). Kyseisessä kohdassa Inarijoki syvenee Norjan puoleiselta rannalla katsoen tasaisesti kohti Suomen puolta, ollen pääpiirteiltään (mm. pohjan rakenne) muutenkin luotaukseen soveltuva. Luotauspaikalla Inarijoki on tavanomaisella kesävedenkorkeudella noin 40 metriä leveä. Molemmille puolin jokea sijoitetuilla ohjausaidoilla luodattava alue saatiin kapeimmillaan kavennettua 25 metriin. Syvin kohta luotausalalla oli noin 1,5 metriä alhaisella kesävedenkorkeudella. Kaikuluotaimen lisäksi luotauspaikalle asennettiin neljä vedenalaista videokameraa (Kuva 4) kaikuluotaimen kuva-alan läpi uineiden kalojen lajijakauman selvittämiseksi.

Inarijoella kaikuluotain kiinnitettiin samanlaiseen rakennustelinejalustaan kuin Tenon pääuomassa. Luotain sijoitettiin noin 3 metriä ohjausaidasta ylävirtaan ja ohjausaita jatkui 3-4 metriä luotaimesta ulospäin kohti keskivirtaa (Kuva 4). Ohjausaitoina käytettiin muovipinnoitteista metallista puutarhaitaverkkoa. Aidat tuettiin pohjaan tukevasti lyödyillä ja pintaan asti ylettyvillä harjateräsvaajoilla.



**Kuva 4.** Inarijoessa kaikuluotauslaskenta toteutettiin yhdellä kaikuluotaimella. Joen molemmille rannoille asennettiin lisäksi ohjausaidat, jotka ohjasivat kalat uimaan luotaimen kuva-alueen läpi. Kaikuluotaimen lisäksi Inarijoella seurattiin luotaimen kuva-alueen läpi uivien kalojen lajijakaumaa vedenalaisten videokameroiden (4 kpl) avulla.

Inarijoen kaikuluotauspaikan alapuolelle Inarijokeen laskee yksi merkittävä sivujoki, johon lohi nousee, Karigasjoki (Kuva 4). Lisäksi luotauspaikan alapuolelta (n. 9 km) Inarijoesta pyydetyt lohet ja siellä kuteneet lohet jäivät laskematta luotainseurannassa. Näistä luotainpaikan alapuolella jäävistä lohimääristä saatiin kuitenkin verraten hyvä arvio muiden seurantatietojen (mm. saalistilastot, sivujokilaskennat) perusteella (Anon. 2019).

## 3. Tutkimusmenetelmät

### 3.1. Kaikuluotauslaitteistot ja tallennusohjelmistot

Teno- ja Inarijoen kaikuluotauslaskennoissa käytettiin molemmissa *Sound Metrics Aris Explorer 1200*-luotaimia. Explorer 1200-luotain muodostaa kuvan 48 rinnakkaisesta kaikusäteestä (yhden säteen horisontaalinen leveys ilman lisälinssijä 0,6 astetta). Kyseistä luotainmallia voi käyttää 1,2 MHz sekä 0,7 MHz taajuuksilla. Korkeammalla taajuudella luotaimen tuottama kuva on yksityiskohtaisempi ja siten tarkempi, mutta maksimietäisyys, jolta hyvälaatuista kuvaa saadaan, on tällöin vain n. 30 metriä. Matalammalla taajuudella on mahdollista erottaa objekteja jopa 80 metrin päästä, mutta kuvataarkkuus on heikompi, korostuen erityisesti kuva-alueen ääripäässä.

Tenojoen pääuomassa Aris-luotaimia käytettiin pääosin matalalla taajuudella ja noin 50 m kuvausikunalla. Inarijoella matalaa taajuutta käytettiin vain korkean veden aikaan kevätkesällä, jolloin kuva-alueen tuli kattaa noin 40–50 m leveä alue. Vedenpinnan laskiessa luotainta ja ohjausaitoja siirrettiin niin, että pystyttiin käyttämään alle 30 metrin kuvausetäisyyksiä sekä korkeampaa taajuutta.

Tenon pääuomassa Aris-luotaimia käytettiin pääasiassa ilman lisälinssijä, jolloin keilaston horisontaalinen avautumiskulma oli 30 astetta ja vertikaalinen avautumiskulma 14 astetta. Kaudella 2019 pääuoman toisessa Aris-luotaimessa käytettiin ns. *telephoto*-linssiä, jolla saatiin parannettua luotausikunan resoluutiota. Telephoto-linsissä käytettiin erillistä levitinlinssiä, jolla keilaston vertikaalista avautumiskulmaa saatiin nostettua 14 asteeseen (ilman levitinlinssiä telephotolla 3 astetta). Horisontaalinen avautumiskulma telephoto-linsillä on 15 astetta. Inarijoella jokiuoma oli Tenon pääuomaa merkittävästi matalampi, jonka takia Inarijoen Aris-luotaimessa käytettiin ns. keskitinlinssiä (*Concentrator Lens*). Keskitinlinssi kavensi keilaston vertikaalista avautumiskulmaa 8 asteeseen.

Kaudella 2018 Tenon pääuoman kaikuluotauksessa oli käytössä myös kaksi *Simsonar UVC LR* – kaikuluotainta, josta ainoastaan toisen luotaimen tuottama materiaali päätyi lohien määrän arviointiin. Simsonar-luotaimet käyttävät taajuuksia välillä 0,57–0,80 MHz. Vertikaalinen kuva-alan avautumiskulma on välillä 8–12 astetta ja horisontaalinen avautumiskulma on välillä 24–43 astetta. Avautumiskulmaan vaikuttaa luotaimen eri asetukset sekä käytössä olevat komponentit. Vuoden 2018 seurannassa kokeiltiin useita eri asetusten ja komponenttien yhdistelmiä, mutta täysin toimivaa ratkaisua pitkille kuvausetäisyyksille (n. 50 m) ei löytynyt.

Simsonar-luotaimien merkittävimpanä erona Aris-luotaimiin on, että Simsonar lähettää yhden laajan äänipulssin ympärillä olevaan vesimassaan. Laitteessa on peilit, jotka ohjaavat ympäristöstä takaisin heijastuvat ääniaallot erillisille sensoreille, joita on mallista riippuen 64 tai 96. Ariksessa on 48 erillistä kaikukeilaa (engl. "beam"), jotka suunnataan jo lähetysvaiheessa linssien kautta haluttuun suuntaan. Ariksen keilat toimivat kolmessa ryhmässä eri pulssivaiheissa, jolloin yhdessä pulssissa joka kolmannessa keilassa kulkee pulssi. Ariksessa rinnakkaisissa keiloissa ei missään vaiheessa kulje yhtäaikaaisesti pulssia. Näin kuvasta saadaan laadultaan parempi, kun rinnakkaisten keilojen pulssit eivät häiritse toisiaan.

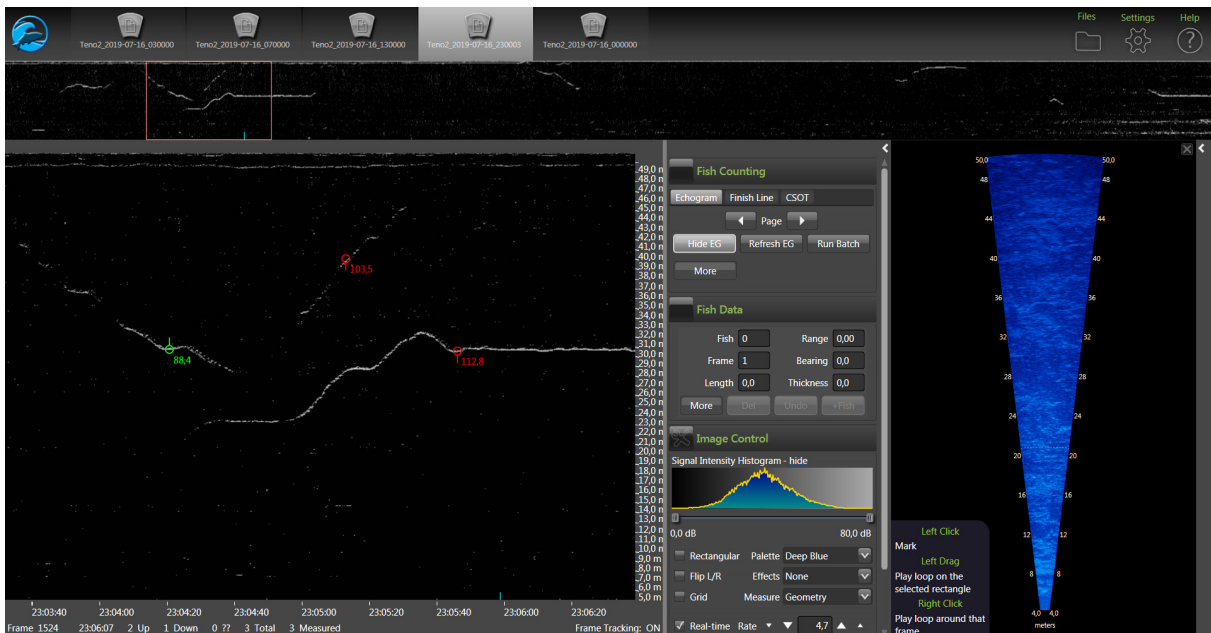
Aris-luotainten tuottama kaikuluotausmateriaali tallentui seurantapaikoille sijoitettujen kannettavien tietokoneiden kautta ulkoisille kovalevyille. Aineiston tallennukseen ja luotaimen toimintojen ohjaukseen käytettiin Ariksen omaa ohjaus-ohjelmaa (*ARIScope*). Tallenteiden, eli kovalevyille muodostuvien tiedostojen ajallista pituutta mukautettiin tarpeiden mukaan, mutta pääasiassa käytettiin 30 ja 60 minuutin mittaisia tallennusjaksoja. Vuonna 2018 käytössä olleilla Simsonar UVC LR-luotaimilla oli oma luotainten toimintojen ohjaukseen ja tiedostojen tallennukseen käytetty ohjelmisto.

Luotaimen lisäksi Inarijoen luotauslinjalle oli sijoitettuna neljä vedenalaisvideokameraa. Kamerat olivat erikoisvalmisteisia (*Lighthouse Sensor Systems*) analogisia vedenalaiskameroita. Kamerat olivat sijoitettuna jokiuomaan siten, että ensimmäinen kamera oli lähellä luotainta, linjan viimeinen kamera oli uoman syvimässä kohdassa ja kaksi muuta kameraa sijoitettuna niiden välille. Videomateriaali tallennettiin jatkuvana tallenteella nopeudella 3,13 kuvaa/sekunti digitaalisella tallentimella (*Sanyo DSR-300P*). Kerätystä videomateriaalista tehtiin lajinmääritykset osalle kaikuluotaimen kuva-alan läpi uineille kaloille. Siten saatiin luotua aikaan perustuva lajijakauma, jota käytettiin kaikuluotaimateriaalin eri kalalajien määrien arvioinnissa. Tenon pääuoman luotauksessa videoseuranta ei käytetty, koska kameroita olisi tarvittu runsaasti ja niiden asentaminen luotauslinjalle olisi ollut erittäin hankalaa.

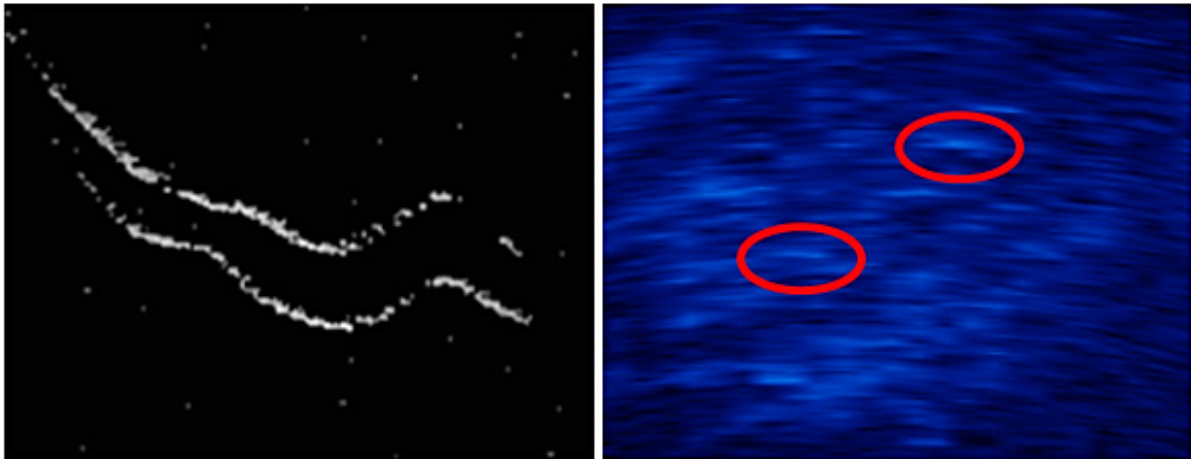
### 3.2. Kaikuluotausaineiston analysointiohjelmit

Aris-luotaimen tuottaman kaikuluotausaineiston analysoinnissa käytettiin luotaimen valmistajan omaa analysointiohjelmaa (*ARISFish*). Ohjelman merkittävin ominaisuus on sen liikkeentunnistominaisuus (*Background Subtraction*), joka häivyttää paikallaan olevat kohteet ja jättää valkoiseksi kaikki taustaa vasten liikkuvat kohteet. Kun tausta on häivytetty, tehdään käsiteltävästä tiedostosta yksi iso aikajanallinen kuva (*Echogram*) (Kuva 5). Tässä kuvassa näkyy liikkuvat kohteet, kuten kalat, yleensä matomaisina valkoisina viiruina mustaa taustaa vasten (Kuva 6). Tällöin kalat ovat useimmiten ihmissilmällä helposti erotettavissa, jolloin ne voidaan laskea ja mitata.

ARISFish-analysointiohjelmassa on lukuisia kuvanlaatuun vaikuttavia asetuksia. Oletusasetuksena luotainkuvan taustaväri on *deep blue*, joka on yleensä varsin hyvä taustaväri myös analysointityöhön. Joissain tilanteissa, esimerkiksi jos kala piirtyy kuvaan heikosti, näkyy sen jättämä varjo paremmin taustavärillä *dark gray*. Kuvan terävyyttä voi säätää terävämmäksi tai pehmeämmäksi. Joissain tapauksissa sillä pystyy saamaan heikosti näkyvän havainnon paremmin esiin.

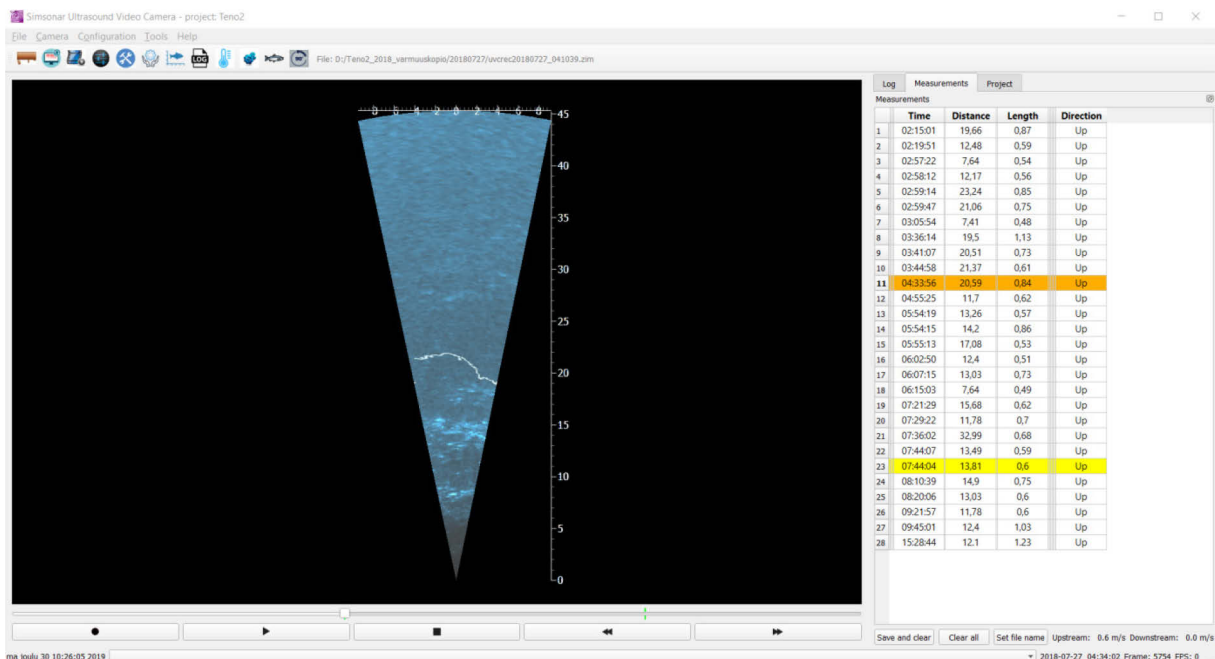


**Kuva 5.** ARISFish analysointiohjelmassa on kolme olennaista kenttää, ylälaidassa oleva echogram, sen alla vasemmalla oleva echogrammin suurennos ja oikealla laidalla oleva luotainkuva. Paikalla pysyvistä ympäristöstä poiketen liikkuvat kohteet, kuten kalat näkyvät echogrammissa valkoisina viiruina mustaa pohjaa vasten ja ne ovat ihmissilmällä helposti erotettavissa. Varsinaisesta luotainkuvasta tarkastellaan liikkuvien kohteiden käyttäytymistä ja tehdään kalojen pituusmittaukset.



**Kuva 6.** Kaksi noin 80 cm:n pituista kalaa kulkee luotausalueen poikki ylävirtaan 38 m etäisyydellä luotaimesta. Vasemmassa kuvassa on otos echogrammista, josta paikallaan oleva tausta on häivytetty. Oikeassa kuvassa on otos kaikuluotainkuvasta, jossa samat kalat ovat ympyröitynä. Kuvapari on Tenon pääuoman kaikuluotaimesta, ilman lisälinssiä.

Simsonar kaikuluotaimen tuottaman materiaalin analysointi poikkeaa Arikseen vastaavasta pääpiirteittäen siten, että materiaalista ei tehdä ARISFish:in echogrammia vastaavaa kuvakoontia. Ohjelma hakee materiaalista taustastaan liikkeeltään poikkeavia objekteja. Jokaisen liikkuvan havainnon, jonka ohjelma havaitsee, ohjelma mittaa automaattisesti (Kuva 7). Näissä automaattisissa mittauksissa havaittiin kuitenkin merkittäviä virheitä, joten käytännössä jokainen havainto tarkastettiin manuaalisesti ja tarvittaessa mitattiin uudelleen. Ohjelman havaintojen tekemisen tarkkuutta säädetään erilaisilla parametreilla. Parametreja ovat esimerkiksi objektin liikenopeus, koko ja se, kuinka pitkän matkan objekti kuvassa liikkuu. Parametreja säädettiin kulloisten olosuhteiden mukaisesti.



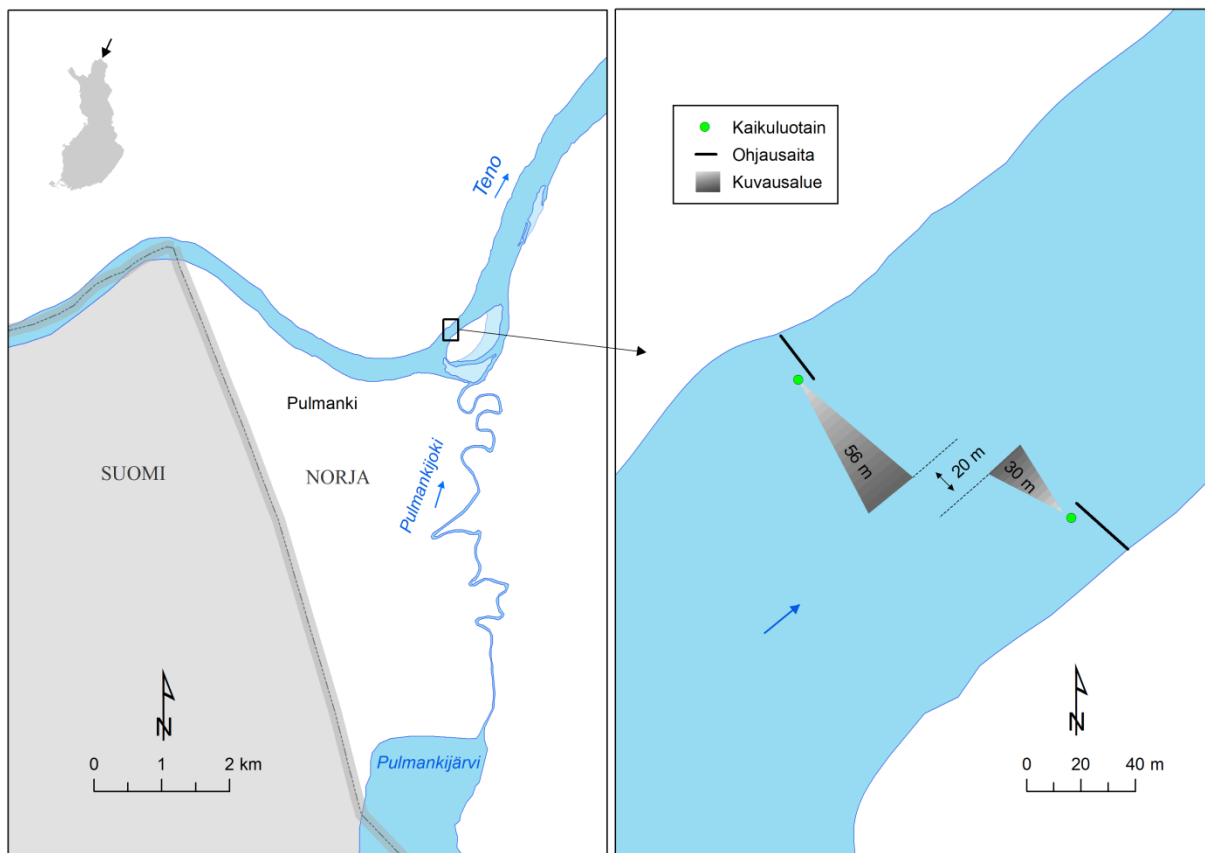
**Kuva 7.** Vuonna 2018 Tenon pääuoman luotauseurannassa oli käytössä kaksi Simsonar UVC LR-kaikuluotainta. Simsonarin analysointiohjelma hakee automaattisesti luotainmateriaalista ympäristöstään poikkeavia liikkuvia kohteita asetettujen parametrien perusteella. Kuvassa näkyvä valkoinen viiru on ohjelmiston tulkitsema kalahavainto. Ohjelman tekemät havainnot tarkastettiin manuaalisesti yksitellen niiden laadun varmistamiseksi.

### 3.3. Seuranta-asetelmat Tenojoen pääuomassa

#### 3.3.1. Vuosi 2018

Tenojoen pääuoman ensimmäinen seurantavuosi toimi pilottivuotena suunnitelmassa olevalle useampivuotiselle seurantaprojektille. Vuonna 2018 testattiin useita laitteita (Aris ja Simsonar) ja tekniikoita, joista ei ollut aikaisempaa käytännön kokemusta ison jokiuoman olosuhteissa. Seurannassa oli käytössä kolme kaikuluotainta, yksi Aris- ja kaksi Simsonar-luotainta. Luotaimet asennettiin siten, että seurantapaikan molemmilla rannoilla oli yksi Simsonar-luotain. Aris-luotain sijoitettiin joen pohjoispuolen rannalle, noin 50 metriä Simsonar-luotaimen yläpuolelle (Kuvat 8–9). Heinäkuun lopussa Aris-luotain siirrettiin vastarannalle (eteläranta) viideksi päiväksi, jolloin saatiin vertailuaineistoa myös etelärannanpuoleiselle Simsonar-luotaimelle. Luotaimet asennettiin 30.5., jolloin voimakas kevättulva alkoi olla ohi ja seuranta jatkettiin 31.8. asti.

Simsonar-luotaimissa havaittiin merkittäviä ongelmia etäämmällä ( $\geq 30$  m) kulkevien kohteiden havaittavuudessa, mutta niillä saatiin riittävän laadukasta aineistoa lähimmältä 30 metrin matkalta. Tästä johtuen lopullisena laskenta-aineistona hyödynnettiin Aris-luotaimen ja sitä vastapäätä sijoitetun Simsonar-luotaimen materiaaleja (Kuva 8). Kun vastakkain olevien luotainten välinen etäisyys oli 106 metriä, jäi luotainten väliin noin 20 metrin katvealue joen keskiuomaan. Tämän katvealueen kautta kulkeneen lohimäärän arvioimisessa hyödynnettiin Aris-luotaimen havaintotietoja vastaavalla etäisyydeltä (36–56 m) (Kuva 8).



**Kuva 8.** Vuosi 2018 oli pilottivuosi Tenon pääuoman kaikuluotauseurannassa. Vertailussa oli Simsonar Oy:n ja Soundmetricsin (Aris Explorer 1200) valmistamat kaikuluotaimet. Lopullisessa aineistossa päädyimme hyödyntämään Aris-luotaimen (kaikuluotauksen kuva-ala 56 m) ja etelärannan puoleisen Simsonar-luotaimen (kuva-ala 30 m) tuottamaa materiaalia. Joen keskiuomaan jäi siten n. 20 metrin katvealue, jonka läpi uineiden kalojen määrä jouduttiin arvioimaan.



**Kuva 9.** Kuvassa Tenojoen pääuoman seuranta-asetelma vuodelta 2018. Vasemmalle rannalle (pohjoisranta) on sijoitettuna sekä Simsonar- että Aris-luotaimet ja oikealle rannalle (eteläranta) vain Simsonar-luotain. Kuvassa näkyvät myös luotaimien alavirranpuolelle sijoitetut ohjausaitarakenteet. Kuva: Jari Lindeman.

### 3.3.2. Vuosi 2019

Vuoden 2019 seurannassa oli käytössä vain Aris-kaikuluotaimia (ks. Kuva 2). Niillä käytettiin 50 metrin luotausikkunoita ja siten saatiin katettua koko ohjausaitojen väliin jäävä jokiuoma. Ensimmäinen luotain asennettiin pohjoisrannalle 22.5., ja toinen luotain etelärannalle 29.5., virran mukana ajelehtivien jäälauttojen esiintymisen loppuessa. Seuranta jatkettiin molemmilla luotaimilla 17.9. asti.

Molempia Aris-luotaimia käytettiin vakiolinssillä 11.7. asti, jonka jälkeen etelärannan Aris-luotaimessa käytettiin telephoto-linssiä ja 14 asteen (vertikaalinen) spreader-linssiä. Tämä paransi eteläpuolen laitteen tuottamaa kuvanlaatua huomattavasti.

Koska Aris-luotaimissa ei ole synkronointimahdollisuutta, ei kahta laitetta voi käyttää vastakkain samaan aikaan samalla luotausaajuudella. Tästä syystä luotaimet jouduttiin asettamaan eri taajuuksille. Tämä toteutettiin siten, että toinen luotain tallensi 30 minuuttia taajuudella 0,7 MHz, ja samaan aikaan toinen luotain tallensi 30 minuuttia taajuudella 1,2 MHz. Tämän jälkeen taajuudet vaihdettiin luotaimien välillä päikseen. Taajuudessa 1,2 MHz luotausikkunan pituus oli 25 metriä, sillä korkeampi taajuus ei sovellu sitä kauempana olevien objektien luotaukseen. Kun taajuus oli 0,7 MHz, käytössä oli 50 metrin luotausikkuna. Lopullisen lohimäärän arviointiin käytettiin vain matalamman taajuuden tuottamaa luotausaineistoa. Sitä kertyi 12 tuntia vuorokaudessa molemmilta rannoilta.

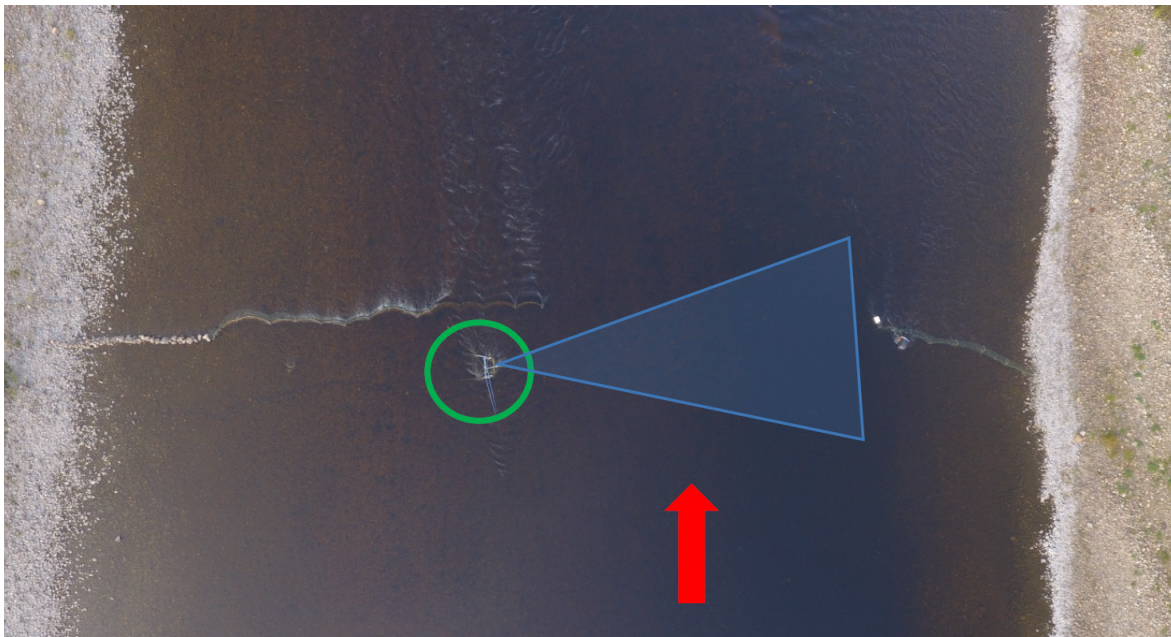
## 3.4. Seuranta-asetelmat Inarijoella

### 3.4.1. Vuosi 2018

Inarijoella Aris-kaikuluotain asennettiin 25.5.2018. Kevättulva oli tuolloin jo laskemassa, mutta virtaamat edelleen verraten suuria. Alkuun (25.–29.5.) Aris-luotainta käytettiin 46 metrin ikkunalla ja matalalla taajuudella (0,7 MHz). Aikavälillä 29.5.–6.7. käytettiin 29 metrin luotausikkunaa ja korkeaa

taajuutta (1,2 MHz) ja 6.7. jälkeen luotausikkunaa lyhennettiin 25 metriin vedenkorkeuden edelleen laskiessa (Kuva 10). Kaikuluotausseuranta jatkettiin 10.9. asti. Vedenalaiset kamerat asennettiin luotauslinjalle 7.6.

Kesä 2018 oli heinä-elokuun vaihteeseen saakka verraten vähäsateinen ja poikkeuksellisen lämmin. Veden lämpötila oli heinäkuun lopussa useita vuorokausia yli 20 asteessa. Elokuun alussa alkoi pitkään jatkuneet sateet, jotka laskivat veden lämpötilaa ja nostivat vedenpintaa merkittävästi. Veden nousu, voimistuneet virtaukset ja virrassa ajelehtivat roskat aiheuttivat painetta ohjausaitarakenteille. Ohjausaitaan tuli vaurioita useaan kertaan elokuun aikana ja aitaa jouduttiin korjaamaan. On mahdollista, että jonkin verran kaloja pääsi kulkemaan rikkoutuneen ohjausaidan aukoista ja siten luotausalan ohi (ks. Kuva 10).



**Kuva 10.** Kuvassa Inarijoen seuranta-asetelma vuodelta 2018. Aris-luotain on vihreän ympyrän sisällä ja sen suuntaa-antava kuva-ala esitetään sinisellä kolmiolla. Punainen nuoli kuvaa virran suuntaa. Myös molemmille rannoille sijoitetut ohjausaidat näkyvät kuvassa. Vuoden 2019 koe-asetelma oli hyvin samanlainen. Kuva: Jari Lindeman.

### 3.4.2. Vuosi 2019

Kesällä 2019 luotausseuranta saatiin käynnistettyä 4.6., ja seuranta jatkettiin 18.9. asti. Seuranta aloitettiin (4.–11.6.) 44 metrin luotausikkunalla ja matalalla taajuudella. Erittäin voimakkaat sateet nostivat rankan kesätulvan 11.6., jolloin luotainyksikkö ja ohjausaidat kaatuivat. Seuranta ja aidat saatiin uudelleenasetettua 17.6., jolloin myös luotausikkuna kavennettiin 33 metriin (1,2 MHz taajuus). Heinäkuun 18. päivä luotainta ja ohjausaitoja siirrettiin vielä eteenpäin ja luotausikkunan pituudeksi asetettiin 26 m, jossa se oli seurantajakson loppuun saakka. Vedenalaiset kamerat asennettiin luotauslinjalle 20.6.

## 3.5. Raakadatatista tuloksiin

### 3.5.1. Aineistojen läpikäynti

Vuoden 2018 osalta sekä Tenojoen pääuoman, että Inarijoen kaikuluotausmateriaalit analysoitiin kokonaisuudessaan. Analysointityö vaati erittäin runsaasti työaikaa ja erityisesti Tenon pääuoman



materiaalin läpikäynti oli hidasta, koska kalahavainnot oli kymmeniätuhansia. Vuonna 2019 analysoinnin työtaakkaa vähennettiin Tenon pääuoman materiaalin osalta siirtymällä aineiston käsittelyssä otantaan, jossa käsiteltiin vain puolet kaikesta kertyneestä materiaalista (ks. kohta 3.3.2) ja saatu tulos laajennettiin koko aikajaksolle. Ajallisesta laajenuksesta aiheutuvaa varianssia ei tässä raportissa laskettu mutta 50 % otannalla päästään jo noin  $\pm 10$  % tarkkuustasoon nousulohimääriä estimoitaessa (Lilja ym. 2008). Inarijoen aineisto käsiteltiin kokonaisuudessaan myös vuonna 2019.

Aineistojen läpikäynnissä tarkistettiin kaikuluotainohjelmistojen tuottamat mahdolliset kalahavainnot sekä mitattiin kalojen pituudet ja merkittiin kalojen uintisuunnat (ks. Kuvat 5-6). Koska seurantojen tarkoituksena oli arvioida nousulohimääriä, kalahavainnoista tallennettiin vain 45 cm pitkät ja sitä suuremmat kalat.

Yksittäiset kalahavainnot käsiteltiin ja mitattiin yksitellen, mutta parvessa liikkuville samankokoisille kaloille tehtiin pituusmittaus vain yhdelle yksilölle ja muut yksilöt niputettiin saman pituusmittauksen alle. Havaitun kalan mittausta varten pyrittiin löytämään jokaisesta kalasta sellainen kuva, jossa kala näkyi mahdollisimman selvästi ja koko pituudeltaan.

Aris-luotaimella mitatut kalahavainnot siirtyivät automaattisesti tekstitiedostoon (.txt), josta ne siirrettiin R- tai SAS-koodin avulla Excel-koontitiedostoon. Simsonar-luotaimen kalahavainnot tallentuvat suoraan Excelillä-koontitiedostoon (.csv).

### 3.5.2. Nousulohimäärien arviointi

Kaikuluotausmateriaalin tuli jonkin verran katkoja erilaisista teknisistä syistä johtuen. Katkoksia tuli mm. huoltotöistä, lyhyistä sähkökatkoksista ja erilaisista tietoteknisten järjestelmien ongelmista. Katkokset eivät kestäneet yleensä muutamaa tuntia pidempää. Näissä tilanteissa laskettiin puuttuvalle ajalle lohimmäärien arviot kyseisen vuorokauden keskimääräisten ylä- ja alavirtaan suuntaavien kalojen määrällä (yksilöä/min). Niissä harvoissa tapauksissa, joissa aineisto puuttui kokonaiselta vuorokaudelta, estimoitiin puuttuvan vuorokauden lohimmäärä tunnettuja laskentatietoja hyödyntäen (lohimmäärät ennen ja jälkeen katkosta). Tenon pääuoman aineistossa, jossa materiaalia kerättiin kahdella luotaimella, voitiin tässä arvioinnissa hyödyntää toisen luotaimen havainnot tilanteissa, joissa vain yhden luotaimen havainnot puuttuivat.

Lohet eivät ohittaneet luotainta ainoastaan kulkemalla ylävirtaan, vaan varsinkin loppukautta kohden lisääntyi lohien alavirtaan tapahtuva uiminen. Tästä syystä pääsääntöisesti vähennettiin alavirtaan kulkeneet havainnot ylävirtaan kulkeneista havainnoista vuorokausikohtaisesti. Poikkeuksena oli alkukausi, eli käytännössä aika ennen kesäkuun loppupuolta. Tällöin ylävirtaan kudulle nousevien lohien alavirtaan suuntautuva liikehdintä oli merkityksellömän vähäistä, mutta edellisvuonna kuteineita lohia ja taimenia, eli talvikoita vaelsi alavirtaan verraten runsaasti. Merkittävin talvikoiden alavirtaan suuntaava liikehdintä tapahtuu Tenojoessa touko-kesäkuussa (Niemelä ym. 1999).

Vuonna 2018 käytettiin Tenon pääuoman luotauksessa toisella rannalla Simsonar-luotaimella tuotettua havaintomateriaalia. Tulosten perusteella Simsonar-luotaimella ei saatu havainnot läheskään kaikista yli 30 metrin etäisyydellä kulkeneista kaloista. Siksi lopullisia tuloksia laskettaessa otettiin huomioon ainoastaan 0-30 metrin etäisyydellä Simsonar-luotaimesta tehdyt kalahavainnot. Vastarannalla sijainneelta Aris-luotaimelta saatiin sitä vastoin kalahavainnotaineisto 56 metrin etäisyydelle asti. Kun luotainten väli oli 106 metriä, jäi uomasta noin 20 metrin alue, jolle piti tehdä laskennallinen arvio nousulohien määrästä. Katveen lohimmäärän arvioinnissa käytettiin Aris-luotaimen havainnot, jotka oli tehty uloimmaisella 20 metrin matkalla (36–56 m).

### 3.5.3. Lajijakaumien arviointi ja sovittaminen

Kaikuluotauksella ei tällä hetkellä pystytä varmuudella erottamaan eri kalalajeja toisistaan (Lilja 2004). Kaikuluotausaineistojen käsittelyvaiheessa on siksi skaalattava kalahavainnot eri lajeihin muiden tietolähteiden kuin kaikuluotauksen perusteella.

Tenon pääuoman kaikuluotausaineiston lajijakuman arvioinnissa käytettiin Norjan (Tanavassdragets Fiskeforvaltning) tuottamaa saalistilasto-aineistoa Tana Bru – Riksgrensen -välisiltä kalastusalueilta. Kyseinen saalistilasto on viikkokohtainen ja kalat jaettu kolmeen kokoluokkaan (3 kg, 3–7 kg, yli 7 kg). Saalistilastosta saatiin karkea, mutta käyttökelpoinen viikkokohtainen lajijakauma kokoluokittain, joka sovittiin kaikuluotausaineistoon. Käytännössä kokoluokka, jossa esiintyy merkittävästi muita lajeja kuin lohia, on ainoastaan alle 3 kg luokka. Vuosina 2018 ja 2019 saalistilastossa yli 3 kg luokissa oli lohia n. 99 % kyseisten luokkien kokonaissaaliista. Vastaavasti alle 3 kg luokassa lohia oli n. 66 %. Luonnonvarakeskuksen vuosina 2006–2018 keräämän suomunäyteaineiston mukaan 3 kg (2,9–3,1 kg) lohien keskipituus on 68,7 cm (n = 548). Tätä suuremmat havainnot laskettiin luotausaineistosta suoraan lohiksi. Tätä pienemmäksi mitatuista luotaushavainnoista poistettiin saalistilastojen mukaiset muiden lajien osuudet. Poisto tehtiin viikkokohtaisesti, jolloin pystyttiin huomioimaan lajien esiintymisen ajallinen vaihtelu.

Inarijoella kaikuluotauksen lajijakauma selvitettiin luotainalalle sijoitettujen vedenalaiskameroiden materiaalia hyödyntäen. Videotallenteesta katsottiin ainoastaan ne hetket, jolloin luotainaineiston mukaan niissä pitäisi näkyä kaloja. Kun kameroiden etäisyys luotaimesta tiedettiin, luotainhavainnoista suodatettiin etäisyyden perusteella ne havainnot, jotka olivat merkitty sellaiselle etäisyydellä, että ne osuivat jonkin kameran kuva-alueelle. Tällä menetelmällä saatiin tuotettua lajinmääritys 950 havainnolle vuonna 2018 ja 978 havainnolle vuonna 2019.

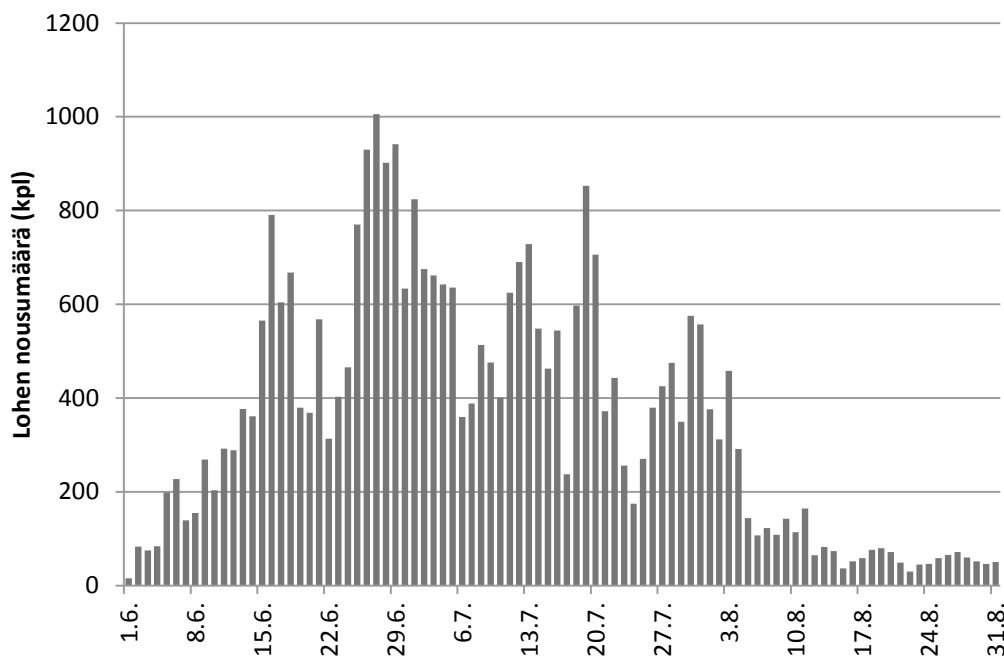
Videoaineistosta saatiin ajallisesti muuttuvat lajijakaumat ja samalla eri lajeille ajallisesti muuttuvat pituusjakaumat. Näiden perusteella laskettiin jokaiselle ilman lajinmääritystä olevalle kaikuluotainhavainnolle kalalajin todennäköisyysprosentit, jota käytettiin lopullisen lohimääräarvion tuottamisessa.

## 4. Tulokset

### 4.1. Tenojoen pääuoma

#### 4.1.1. Vuosi 2018

Lohia nousi Polmakin seurantapaikan ohitse pieniä määriä heti luotainten asennuksen jälkeen kesäkuun alussa. Nousutahti kiihtyi voimakkaasti kesäkuun puoleenväliin saakka, johon osui ensimmäinen nousuhuippu. Tällöin oli havaittavissa isojen (pituus yli 80 cm) lohien nousua. Seuraava ja kauden runsain nousuhuippu ajoittui kesäkuun loppupuolelle, jolloin kiivaimpana nousupäivänä yli tuhat lohta ohitti luotaimet. Tässä nousuhuipussa oli isojen lohien lisäksi mukana runsaasti pieniä (50–65 cm) lohia. Tämän jälkeen lohien nousu jatkui verraten aktiivisena aina elokuun alkuun saakka, jonka jälkeen nousumäärät vähenivät jyrkästi (Kuva 11). Kokonaisuudessaan 32 500 lohien nousu arvioitiin nousseen kaikuluotauspaikan ohi aikavälillä 1.6.–31.8.2018.



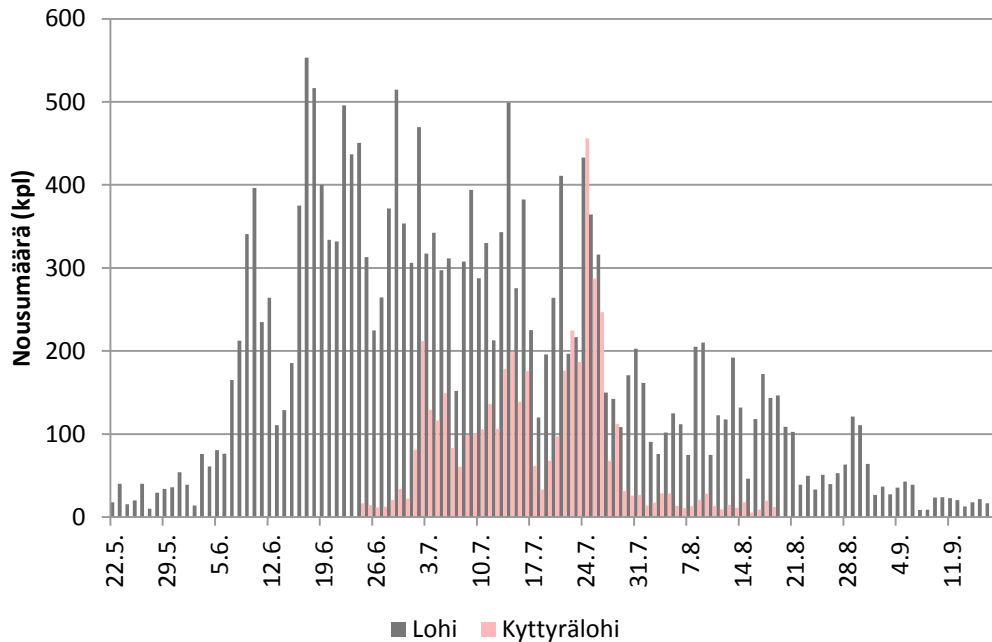
**Kuva 11.** Arvioidut päivittäiset nousulohimäärät Tenojoen pääuoman seurantapaikalla Polmakissa aikavälillä 1.6.–31.8.2018.

#### 4.1.2. Vuosi 2019

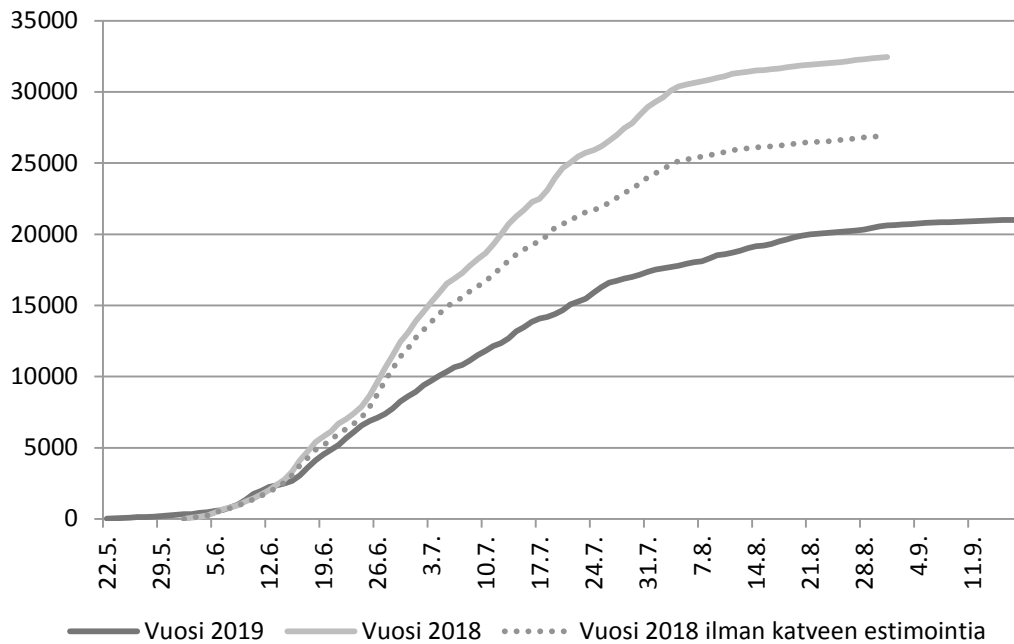
Vuonna 2019 luotaimet saatiin asennettua hieman edellistä vuotta aikaisemmin, toukokuun loppupuolella. Lohia nousi aluksi varsin vähäisiä määriä, ensimmäisen selvän nousuhuipun ajoittuessa kesäkuun alkupuoliskolle. Kesän kiivain nousu oli kesäkuun puolenvälin jälkeen, jolloin aktiivisimman vuorokauden aikana seurantapaikan ohi nousi yli 550 lohta. Runsaampaa lohien nousua jatkui heinäkuun loppupuolelle, jonka jälkeen nousumäärät pienenevät (Kuva 12). Kokonaisuudessaan lohia nousi seurantapaikan ohi noin 21 000 kpl kaudella 2019, joka oli kolmanneksen vähemmän kuin vuotta aiemmin (Kuva 13). Heikko nousulohien määrä johtui erityisesti pienten lohien (alle 65 cm) vähäisyydestä.

Kyttyrälohia nousi runsaasti Tenojokeen vuonna 2019. Kaikuluotaustuloksiin ja saalistilastoihin perustuva arvio Polmakin seurantapaikalla oli vähintään 4 500 kyttyrälohta (Kuva 12). Niiden nousu ajoittui pääasiassa kesäkuun lopun ja heinäkuun lopun väliselle aikajaksolle, ollen runsaimmillaan heinäkuun lopussa (Kuva 12).

Kyttyrälöhiä runsas esiintyminen vaikeutti pienten lohien erottamisessa kaikuluotainaineistosta, koska kyttyrälöhet ja pienet yhden merivuoden lohet ovat sangen samanpituisia. Toisaalta käyttämämme kaikuluotausmateriaalin analysointitekniikka, jossa alle 45 cm kaloja ei lasketa ollenkaan, ei täysin soveltunut kyttyrälöhiä määrän tarkkaan seurantaan. Tästä syystä kyttyrälöhiä määrä on todennäköisesti aliarvioitu.



**Kuva 12.** Arvioidut päivittäiset nousulohien ja kyttyrälöhiä määrät Tenojoen pääuoman seuranta-alueella Polmakissa aikavälillä 22.5.–17.9.2019.

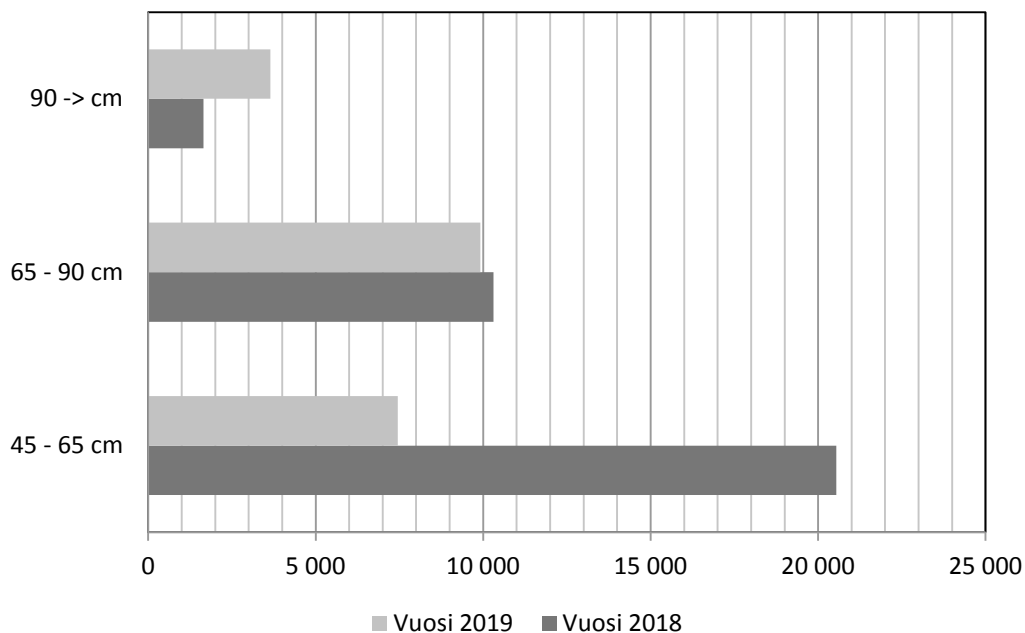


**Kuva 13.** Nousulohien kumulatiivinen määrä Tenojoen pääuoman seuranta-alueella Polmakissa vuosina 2018 ja 2019. Katkoviivalla on kuvattu vuoden 2018 kumulatiivinen lohien nousumäärä ilman keskiuoman katveen estimointia (ks. Kuva 8).

### 4.1.3. Tenojoen pääuoman tulosten yhteenveto

Tenon pääuoman kaikuluotausseurannalla saadaan tuotettua arvio Tenojokeen nousseiden lohien määrästä Polmakin luotauspaikan kohdalla. Vesistöön kokonaisuudessaan nouseva lohimäärä on kuitenkin jonkin verran kaikuluotausseurannan tuloksia suurempi. Kun huomioidaan Ala-Tenon lohisaaliit (ml. Tenojoen pääuoma, Maskejohka ja Pulmankijoki) kaikuluotauspaikan alapuolelta, Maskejohkan ja Pulmankijoen kutukantojen arvioidut koot ja Tenon pääuoman kaikuluotauslaskennan lukumäärät, niin Tenojoen vesistöön kaudella 2018 nousut kokonaislohimäärä oli minimissään noin 40 000 lohta ja kaudella 2019 noin 25 000 lohta (Anon. 2019). On lisäksi selvää, että lohia on noussut jonkin verran myös ennen ja jälkeen seurantajaksojen. Alku- ja loppukauden kaikuluotautustietojen perusteella luotausjakson ulkopuolella nousseiden lohien määrä on vähäinen, eikä niillä ole merkittävää vaikutusta arvioituihin nousulohien kokonaismääriin.

Vuonna 2019 erityisesti pieniä lohia oli Tenojoella vähän ja se oli havaittavissa myös muissa Tenojoen alueen lohiseurannoissa, mm. sivujokien videoseurannoissa ja pintasukelluslaskennoissa sekä saalis-tilastoinnissa. Pieniä alle 65 cm lohia havaittiin kaikuluotaimella yli puolet vähemmän vuonna 2019 kuin vuotta aiemmin (Kuva 14). Suuria yli 90 cm lohia sen sijaan havaittiin merkittävästi enemmän vuonna 2019 kuin vuotta aikaisemmin. Keskikokoisia 65–90 cm lohia havaittiin molempina seuranta-vuosina suurin piirtein saman verran (Kuva 14).



**Kuva 14.** Tenon pääuoman kaikuluotausseurannassa havaittujen lohien arvioidut kappalemääräiset kokoja-kaumat vuosina 2018–2019.

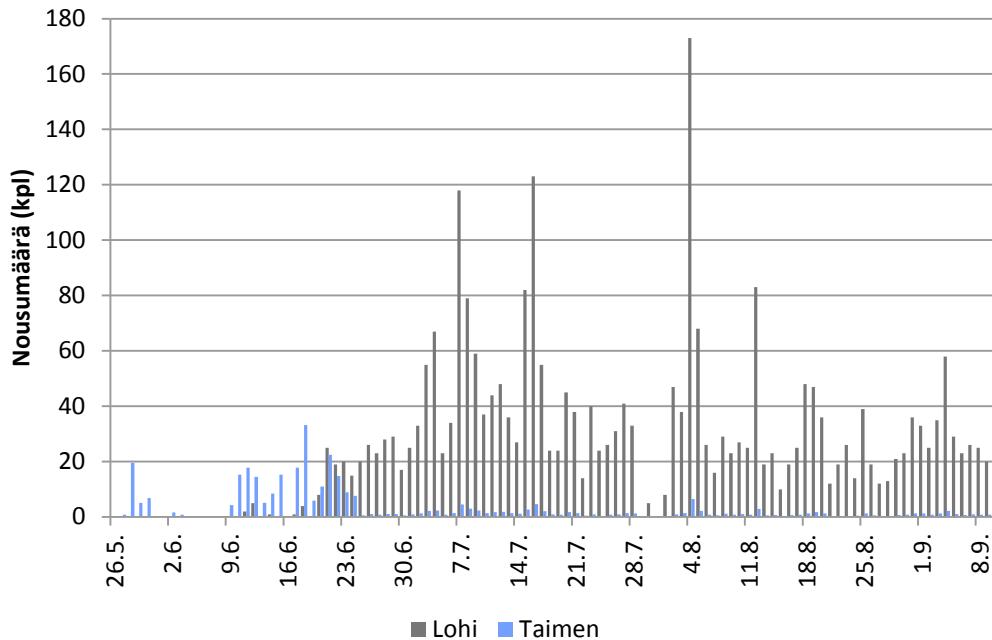
## 4.2. Inarijoki

### 4.2.1. Vuosi 2018

Ensimmäisiä yksittäisiä lohia alkoi nousta Inarijoen luotauspaikan ohi kesäkuun alkupuolella. Nousu aktivoitui kuitenkin vasta juhannuksen tienoilla, jonka jälkeen lohia nousi verraten tasaisesti syyskuun alkupuolelle asti (Kuva 15). Lohia nousi keskimäärin muutama kymmenen vuorokaudessa. Heinä-elokuussa oli muutamia vuorokausia, jolloin lohia nousi reilusti yli sata yksilöä. Elokuun alun nou-

supiikki ajoittui välittömästi pitkän hellejakson jälkeiselle ajalle, jolloin runsaat sateet nostivat virtaamaa ja viilensivät veden lämpötilaa.

Kokonaisuudessaan lohia nousi Inarijoen seurantapaikan ohitse yhteensä n. 2850 kpl. Taimenia arviointiin nousseen seurannan aikana n. 310 kpl, niiden nousun ajoituksessa pääosin alkukesään. Kyttyrälohia nousi Inarijokeen kaudella 2018 ainoastaan muutamia yksilöitä.

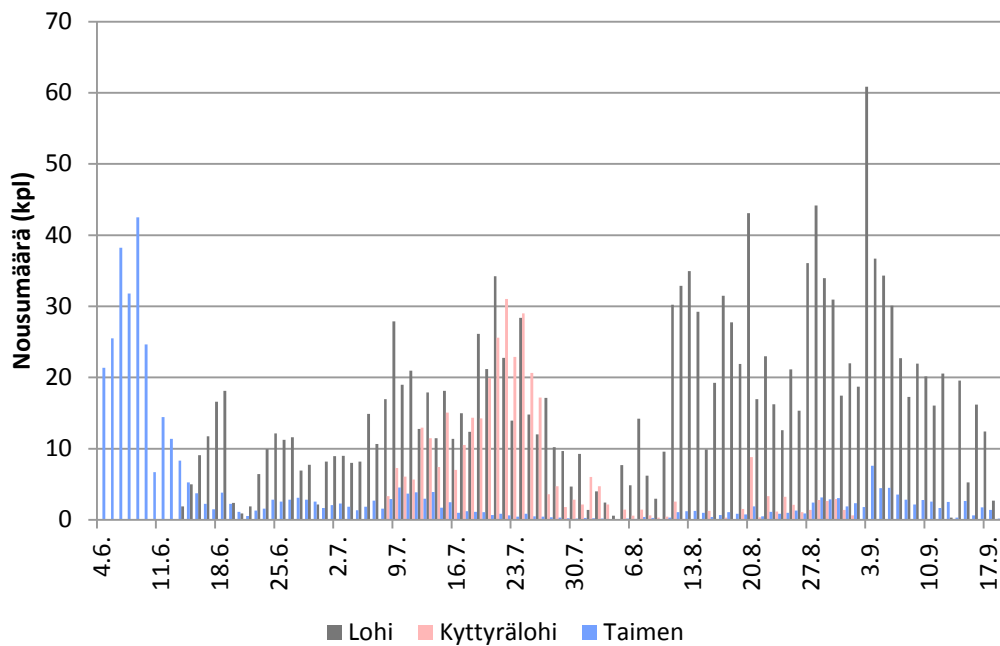


**Kuva 15.** Arvioidut päivittäiset nousulohien ja taimenten määrät Inarijoen kaikuluotauspaikalla vuonna 2018.

#### 4.2.2. Vuosi 2019

Ensimmäiset nousulohet saavuttivat Inarijoen seurantapaikan ennen kesäkuun puoliväliä, joen vedenpinnan ollessa tulvakorkeuksilla. Lohien nousu oli verraten vähäistä koko seurantajakson ajan, nousun painottuessa loppukesään, elo-syyskuulle (Kuva 16). Kalojen lukumääräarvioissa on merkittävä epävarmuus aikavälillä 11.6.–17.6., koska kaikuluotainmateriaalia ei kyseiseltä ajalta kertynyt luotaimen kaatumisen takia. Vastaavasti myös lajisuhteissa on merkittävä epävarmuus ajalta ennen 20.6., koska vedenalaisia videokameroita ei ollut tuolloin käytettävissä.

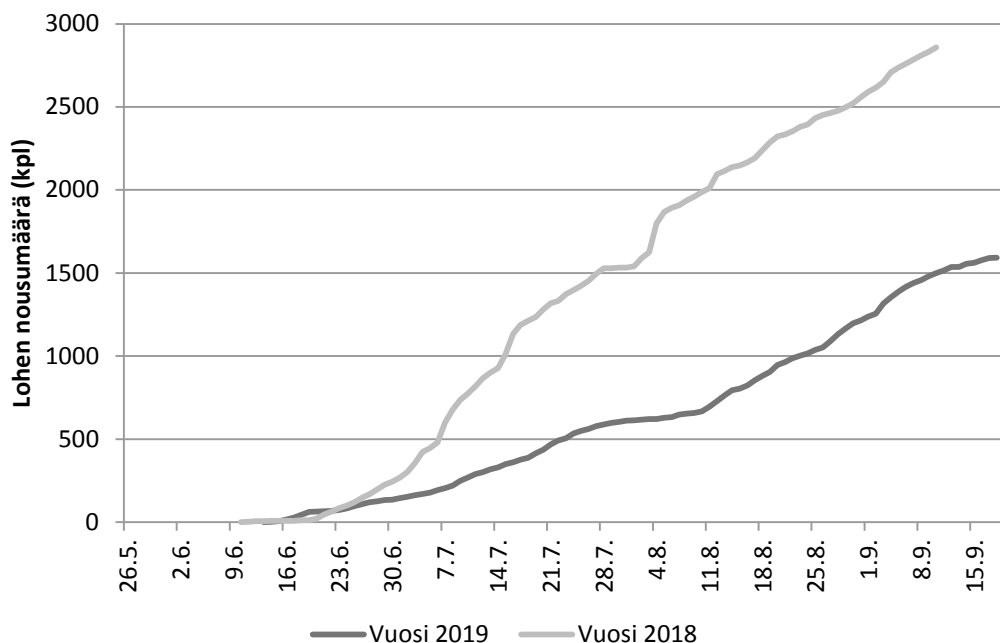
Kokonaisuudessaan lohia nousi Inarijoen seurantapaikan ohitse yhteensä n. 1600 kpl. Taimenien määräksi arviointiin 390 yksilöä, mutta alkukauden teknisten ongelmien vuoksi arvioissa on runsaasti epävarmuutta. Kyttyrälohia nousi Inarijokeen kaudella 2019 runsaasti, arvioitu nousumäärä oli n. 350 kpl.



**Kuva 16.** Arvioidut päivittäiset nousulohien, taimenten ja kyttyrälohien määrät Inarijoen kaikuluotauspaikalla vuonna 2019.

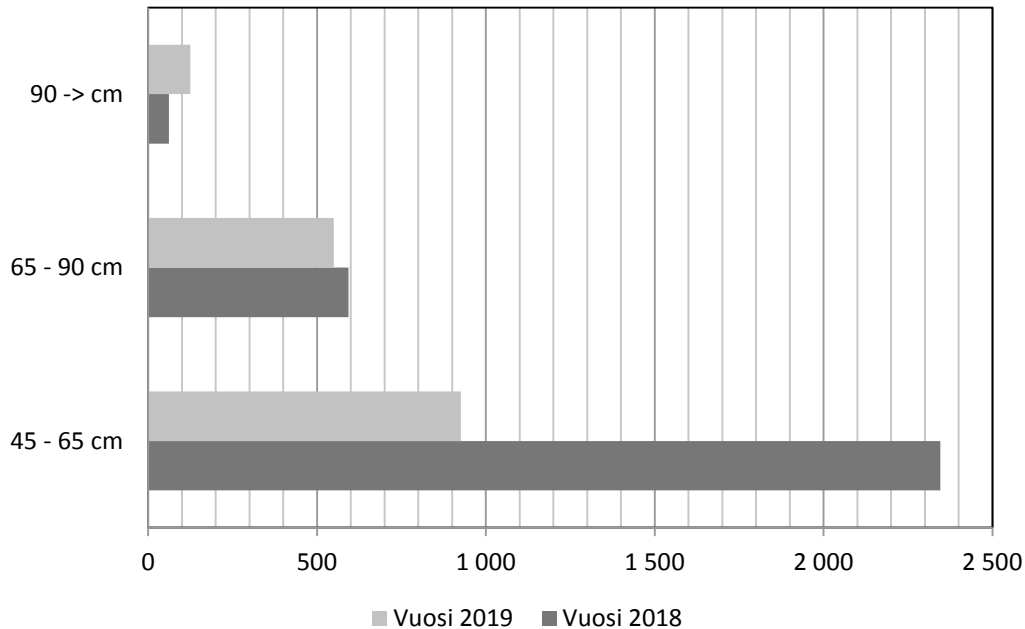
#### 4.2.3. Inarijoen tulosten yhteenveto

Inarijoen kaikuluotauslaskennan nousulohimäärä on minimiarvio Inarijoen kokonaislohimäärästä (Kuva 17), sillä kaikuluotain oli sijoitettu 9 km Inarijokisuusta ylävirtaan ja luotauspaikan alapuolelle laskee merkittävä sivujoki, Karigasjoki. Lisäksi lohia nousi Inarijokeen jonkin verran myös seurantajaksojen jälkeen syyskuussa. Kun nämä otetaan huomioon, Inarijokeen nousut kokonaislohimäärä vuonna 2018 oli todennäköisesti noin 3500–3600 lohta. Vastaava arvio vuodelle 2019 oli noin 1900–2000 lohta (Anon. 2019).



**Kuva 17.** Nousulohien kumulatiivinen määrä Inarijoen seurantapaikalla Karigasjokisuussa vuosina 2018 ja 2019.

Inarijokeen nousevat lohet olivat molempina seurantavuosina pääosin pieniä (< 65 cm) yhden merivuoden lohia (kuva 18). Tenojoen vesistön eri osissa vuonna 2019 havaittu pienten lohien vähäinen määrä näkyi selvästi myös Inarijoen kaikuluotausseurannassa, niitä oli lähes 60 % vähemmän kuin vuotta aiemmin (Kuva 18). Keskikokoisia (65–90 cm) lohia havaittiin molempina vuosina suurin piirtein sama määrä. Suuria, yli 90 cm lohia Inarijokeen nousi erittäin vähän (Kuva 18).

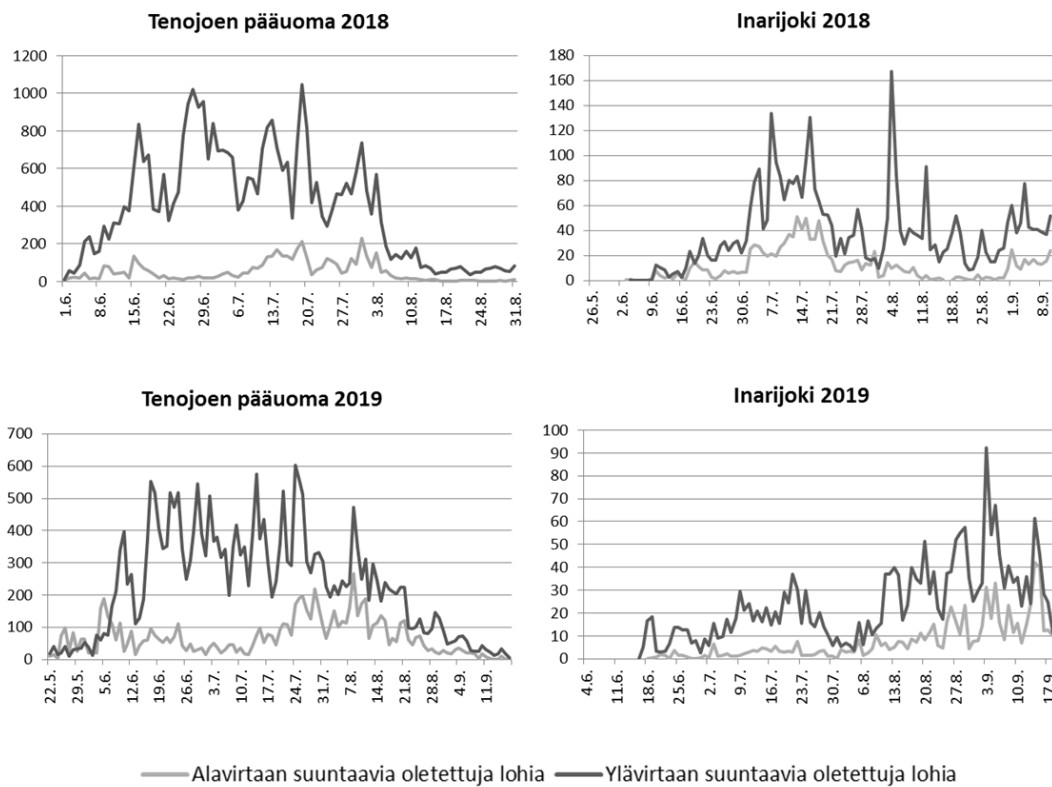


**Kuva 18.** Inarijoen kaikuluotausseurannassa havaittujen lohien arvioidut kappalemääräiset kokojakaumat vuosina 2018–2019.

### 4.3. Lohien käyttäytyminen

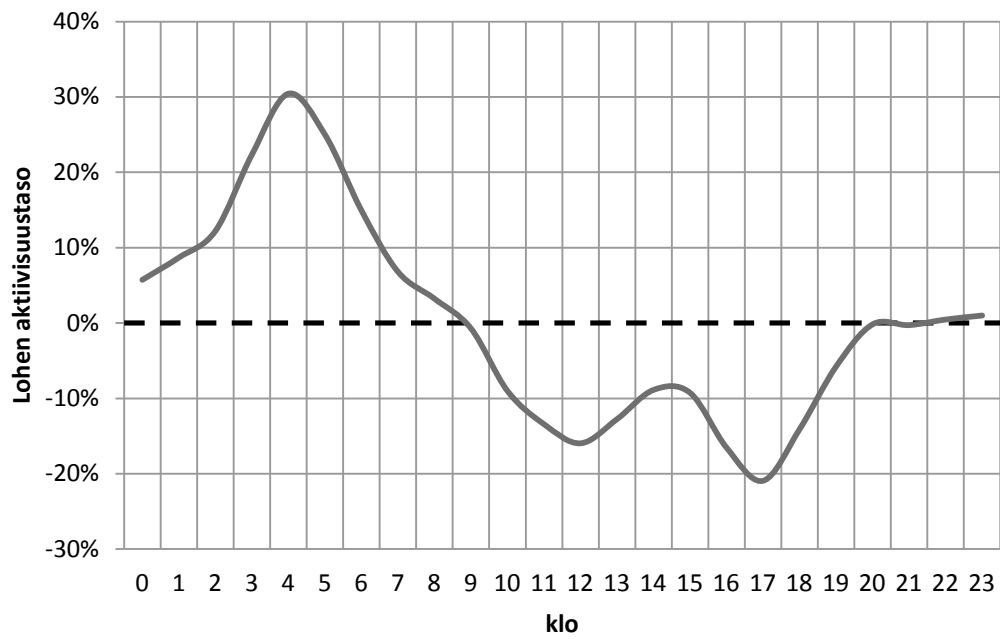
Kerätyistä kaikuluotausaineistoista tehtiin runsaasti lohien käyttäytymiseen liittyviä havaintoja. Nousevien lohien lisäksi havaittiin verraten runsaasti myös alavirtaan tapahtuvaa lohien liikettä niin Tenon pääuoman kuin Inarijoen seurantapaikoilla (Kuva 19). Tenon pääuomassa alavirtaan tapahtuvaa uintia havaittiin erityisesti alkukesällä, jolloin kyseessä olivat todennäköisimmin alavirtaan uivat edellisenä syksynä kuteneet lohet, talvikot. Heinäkuusta alkaen Tenon pääuoman luotausalueelle ja sen lähistölle alkoi kerääntyä kalayksilöitä, jotka eivät enää aktiivisesti nousseet ylävirtaan. Nämä kalayksilöt saattoivat uida edestakaisin luotausalueella, jolloin ne tulivat laskettua useamman kerran (Kuva 19). Sama tilanne oli myös Inarijoella. Tämän takia alavirtaan kulkeneet kalahavainnot (pl. arvioidut talvikot) vähennettiin ylävirtaan kulkeneista kalahavainnoista, jolloin saatiin tarkempi arvio ylävirtaan nousseiden lohien nettomäärästä.





**Kuva 19.** Ylä- ja alavirtaan kulkeneiden lohien päivittäiset lukumääräarvot Tenon pääuoman ja Inarijoen kaiku- luotauseurannoissa vuosina 2018–2019.

Lohen nousun aktiivisuuteen vaikuttavat useat eri tekijät, kuten valon määrä, veden lämpötila ja virtaama. Tenon pääuoman laskenta-aineistoista havaittiin lohien nousun aktiivisuudessa selvää vaihtelua vuorokauden eri aikoina (Kuva 20). Tulosten perusteella lohia nousee seurantapaikan ohi selvästi eniten aamuyöllä, jolloin nousun aktiivisuus nousee jopa 30 % yli keskiarvon. Sen sijaan vuorokauden valoisimpaan aikaan päivällä nousun aktiivisuus on alimmillaan 20 % alle keskiarvon (Kuva 20).



**Kuva 20.** Tenon pääuoman lohiahaintojen jakautuminen eri vuorokaudenajoille vuosina 2018–2019 suhteessa ko. vuosien vuorokausikeskiarvoon. Positiiviset arvot tarkoittavat, että lohia nousi enemmän kuin keskiarvo ja negatiiviset arvot tarkoittavat lohia liikkuneen vähemmän kuin keskiarvo osoittaisi.

## 5. Seurantojen ongelmat ja kehittämistarpeet

### 5.1. Työmäärä

Kaikuluotausseurannan toteuttaminen on varsin työläs ja sitova projekti. Laitteiden asennukset tehdään yleensä alkukaudesta, jolloin ympäristöolosuhteet (mm. virtaama) ovat vaativat ja asennustyö hidasta. Seurannan käynnistämisen jälkeen laitteistojen ylläpito ja säätäminen vedenkorkeuksien muuttuessa sekä ohjaussaitarakennelmien puhdistus vaativat käyntiä seurantapaikoilla vähintäänkin viikoittain, pahimmillaan lähes päivittäin. Työturvallisuuden varmistamiseksi näitä ylläpitotöitä voi vain harvoin tehdä yksin. Toimivilla etäyhteyksillä seurantojen ylläpitoa on viime vuosina kuitenkin saatu tehostettua ja fyysisiä käyntimääriä seurantapaikoilla vähennettyä.

Kaikuluotaimien tuottaman kuvamateriaalin käsitteleminen vie erittäin paljon työaika. Vaikka luotaimissa on nykyään puoliautomaticoitu kohteiden tunnistus, täytyy jokainen tunnistettu kalahavainnot tarkistaa ja mitata. Analysointiin kuluva työmäärä voidaan kuitenkin vähentää otanta harventamalla. Tällöin vain osa tutkimusaineistosta analysoidaan ja tulokset yleistetään analysoimatta jääneelle ajalle. Mikäli otanta on riittävän laaja, tulokset voidaan hyvällä tarkkuudella yleistää analysoimatta jääneelle ajalle.

Toistaiseksi ei ole ollut tarjolla kaikissa olosuhteissa luotettavasti toimivaa automatiikkaa kalojen laskentaan kaikuluotausmateriaalista. Nykyisin olemassa olevat hahmon- ja liikkeentunnistusjärjestelmät toimivat hyvissä olosuhteissa, mutta nekin vaativat ihmisen loogista päättelykykyä toimiakseen luotettavasti. Tulevaisuudessa kaikuluotainmateriaalin analysointiin kuluva työmäärän odotetaan kuitenkin vähentyvän merkittävästi hahmontunnistukseen ja konenäköön perustuvien analysointitekniologioiden kehittyessä.

### 5.2. Luotainkuvan tarkkuus ja kalojen pituusmittaus

Olennessa tärkeä tekijä kalojen kaikuluotausseurannoissa on mahdollisimman yksityiskohtaisen ja resoluutioltaan tarkan kuvanlaadun tuottaminen. Mitä pidempiä luotausikkunoita joudutaan käyttämään sitä heikommaksi kaukana olevien kohteiden resoluutio huononee. Erityisesti kuvan epätarkkuus korostuu kalan pituusmittauksia tehtäessä. Kaikuluotauskuvassa näkyvien muutaman pikselin erot saattavat aiheuttaa kalojen pituusmittaukseen useiden senttien ja pahimmillaan jopa yli 10 sentin heittoja.

Luotaimen hyvällä sijoittelulla ja suuntaamisella sekä luotausalaa kaventavien ohjausaitojen avulla voidaan kuitenkin merkittävästi vaikuttaa kuvanlaatuun ja siten seurantatulosten tarkkuuteen. Tästä syystä luotauspaikan valintaan täytyy kiinnittää erityistä huomiota.

### 5.3. Lajijakaumat

Tenojoen vesistöissä esiintyy lohien lisäksi useita muita kalalajeja, jotka voivat kasvaa nousulohien kokoisiksi, ja siten sekoittaa kaikuluotauksella tehtävien lohimäärien arviointia. Näitä lajeja ovat mm. kyttyrälohi, taimen, harjus, siika ja hauki. Kaikuluotausaineistojen lopullisessa käsittelyvaiheessa on skaalattava kalahavainnot eri lajeihin muiden tietolähteiden kuin kaikuluotauksen perusteella. Tietolähteinä voidaan käyttää esimerkiksi vedenalaista videoseurantaa kaikuluotauslinjalta, saalistilastoja ja koekalastuksia.

Eri tietolähteet ovat tarkkuudeltaan ja käytettävyydeltään vaihtelevia. Esimerkiksi saalistiedoista saatava lajijakauma ei välttämättä vastaa todellista lajijakaumaa. Lajijakauma myös vaihtelee ajan-

kohdan mukaan ja siksi tietoa eri lajien osuuksista on saatava koko luotausjaksolta. Paras vaihtoehto on sijoittaa luotainalalle vedenalaiskameroita, joilla saaduilla havainnoilla on mahdollista päästä hyvin totuudenmukaiseen lajijakauman arviointiin. Näin tehtiin tässä tutkimuksessa Inarijoen osalta.

#### 5.4. Kalojen edestakainen liikehdintä luotausalalla

Kaikuluotausmateriaalin analysointia merkittävästi hidastava tekijä on lohien ja muiden kalojen edestakainen liikehdintä kuva-alueella. Työn hidastumisen lisäksi runsas edestakainen kalojen liikkuminen kasvattaa laskentavirheen riskiä. Tämän vuoksi on erittäin tärkeää, että kaikuluotain tai kaikuluotaimet sijoitetaan alueelle, jossa esiintyy mahdollisimman vähän kalojen edestakaista liikettä. Tällaisen paikan löytäminen on kuitenkin sangen vaikeaa, kun samalla pitää pyrkiä optimoimaan luotaimien tuottama kuvanlaatu. Tavallisesti luotaimet joudutaan asentamaan alueille, jossa virrannopeudet ovat kohtalaisen alhaisia ja virtaukset tasaisia. Tällaisille alueille myös lohet monesti pysähtyvät ja saattavat siten uida edestakaisin kuva-alueella.

#### 5.5. Reaaliaikainen lohimäärätieto

Kaikuluotaamalla on mahdollista saada hyvin reaaliaikaista tilannetietoa nousulohien määrästä. Tieto- ja voidaan periaatteessa soveltaa kalastuskauden aikaisessa kalastuksen säätelyssä. Heikkona lohivuotena tämä tarkoittaisi käytännössä kalastuskauden aikaista kalastuksen rajoittamista ja hyvänä lohivuotena rajoitusten lieventämistä. Tällaista kesken kalastuskauden tapahtuvaa lohenkalastuksen säätelyä harjoitetaan useissa maissa, esimerkiksi Norjassa.

## 6. Yhteenveto

Tenojoen pääuoman ja Inarijoen kaikuluotauseurannat osoittautuivat toimiviksi seurantamenetelmiksi lohimäärien laskentaan ja niiden avulla saatiin merkittävää uutta tietoa vesistön lohikantojen tilasta, vuosien välisestä vaihtelusta sekä kutukantatavoitteiden täyttymisasteista. Kaikuluotauseurannat tulevat jatkossakin olemaan aktiivisessa käytössä Tenojoen alueella ja ne muodostavat vesistön lohiseurantojen keskeisen rungon.

Merkittävimpana haasteena Tenojoen pääuoman kaltaisessa isossa joessa on saada riittävän hyvälaatuinen luotauskuva koko uoman vesimassasta. Luotauskuvan laadun ja kattavuuden varmistaminen edellyttää soveltuvan luotauspaikan valintaa sekä ohjausaitojen käyttöä luodattavan alueen kaventamiseksi. Tenojoen pääuoman tulosten tulkintaan oman haasteensa tuo kalahavaintojen lajijakauman selvittäminen, sillä riittävän kattavan vedenalaisen videoseurannan järjestäminen leveälle ja syvälle kaikuluotausalueella on erittäin vaikeaa. Lajijakaumaa täytyykin arvioida pääasiassa muiden menetelmien, kuten saalistilastojen perusteella.

Inarijoen kaltaisessa pienemmässä jokiuomassa kaikuluotausmenetelmä yhdistettynä videoseurantaa tuotti erittäin tarkkaa tietoa jokeen nousseesta lohimäärästä sekä muiden kalalajien määristä. Inarijoellakin jokiuomaa kavennettiin kuitenkin ohjausaidoilla mahdollisimman hyvälaatuisen luotausaineiston tuottamiseksi.

Kaikuluotausmenetelmien käyttökelpoisuus tulee entisestään paranemaan lähivuosina, kun hahmon-tunnistukseen ja konenäköön perustuvat tekniikat helpottavat ja nopeuttavat isojen kaikuluotausaineistojen käsittelyä. Tällöin voidaan päästä myös lähes reaaliaikaiseen lohimäärien laskentaan ja tietoja voidaan käyttää mm. kalastuksen säätelyyn jo kalastuskauden aikana.

## Viitteet

- Anon. 2019. Status of the Tana/Teno River salmon populations in 2019. Report from the Tana Monitoring and Research Group nr 1/2019.
- Lilja, J. 2004. Assessment of fish migration in rivers by horizontal echo sounding: problems concerning side-aspect target strength. Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2004, 40 p.
- Lilja, J. & Orell, P. 2011. Use of DIDSON to estimate spawning run of Atlantic salmon in the River Karasjohka, the tributary of the River Tana, 25 p.
- Lilja, J., Ridley, T., Cronkite, G.M.W., Enzenhofer, H.J. & Holmes, J.A. 2008. Optimizing sampling effort within a systematic design for estimating abundant escapement of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in their natal river. *Fisheries Research* 90: 118-127.
- Niemelä, E., Mäkinen, T. S., Moen, K., Hassinen, E., Erkinaro, J., Länsman, M. & Julkunen, M. 1999. Age, sex ratio and timing of the catch of kelts and ascending Atlantic salmon in the subarctic River Teno. *Journal of Fish Biology* 56: 974-985.
- Niemelä, E., Vähä, J-P., Ozerov, M., Fernandez, D., Wennevik, V., Hassinen, E., Aro, P., Haantie, J., Kuusela, J., Christiansen, B. & Kalske, T. (ed.) 2014a. Genetic and geographical (Geogenetic) origin of 1SW-4SW salmon and previous spawners caught in the years 2011 and 2012 in the Kolarctic salmon project area in Northern Norway; results when combining genetic assignments into the converted numbers of salmon from the official catch statistics in Norway. The County Governor of Finnmark, Department of Environmental Affairs. Report 4/2014. 69 p.
- Maxwell, S.L. 2007. Hydroacoustics: Rivers. In: *Salmonids Field Protocols Handbook. Techniques for Assessing Status and Trends in Salmon and Trout Populations* (eds. Johnson, D. H., Shrier, B. M., O'Neal, J. S., Knudzen, J. A., Augerot, X., O'Neil, T. A. & Peasons, T. N.). American Fisheries Society, Bethesda, MD, 133–152.
- Vähä, J-P., Erkinaro, J., Falkegård, M., Orell, P. & Niemelä, E. 2017. Genetic stock identification of Atlantic salmon and its evaluation in a large population complex. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 74: 327–338.



luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000