



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 64/2024

Lohen nousukalamäärät ja lisääntymisedellytykset Kokemäenjoella

Kaikuluotausaineiston ja populaatiomallinnuksen tulokset vuodelta 2023

Jani Helminen, Olli van der Meer, Juhani Hopkins ja Pauliina Louhi



Lohen nousukalamäärät ja lisääntymisedellytykset Kokemäenjoella

Kaikuluotausaineiston ja populaatiomallinnuksen tulokset vuodelta 2023

Jani Helminen, Olli van der Meer, Juhani Hopkins ja Pauliina Louhi



**Euroopan unionin
rahoittama**

Viittausohje:

Helminen, J., van der Meer, O., Hopkins, J. & Louhi, P. 2024. Lohen nousukalamäärät ja lisääntymisedellytykset Kokemäenjoella : Kaikuluotausaineiston ja populaatiomallinnuksen tulokset vuodelta 2023. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 64/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 28 s.

Jani Helminen ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0001-7358-8341>



ISBN 978-952-380-944-4 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-944-4>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Jani Helminen, Olli van der Meer, Juhani Hopkins ja Pauliina Louhi

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisuvuosi: 2024

Kannen kuva: Syksyinen Kokemäenjoki. Jani Helminen

Tiivistelmä

Jani Helminen¹, Olli van der Meer², Juhani Hopkins³ ja Pauliina Louhi¹

¹ Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

² Tmi Olli van der Meer, Hiomontie 14, 90850 Martinniemi

³ Luonnonvarakeskus, Paavo Havaksen tie 3, 90570 Oulu

Kokemäenjoen alueen toimijoissa on viime vuosina herännyt ajatuksia lohen ja muidenkin vaelluskalojen palauttamismahdollisuuksista. Suunnittelua ja päätöksentekoa tukemaan Varsinais-Suomen ELY-keskuksen Kalatalouspalvelut tilasi Luonnonvarakeskukselta (Luke) vuoden 2023 kaikuluotainaineiston analysoinnin sekä lohen populaatiomallinnuksen Kokemäenjoella. Tässä raportissa esitetään näiden molempien tilaustöiden toteutus ja tulokset.

Luke kerää vuosittain touko-lokakuussa kaikuluotaimella aineistoa ankerioiden vaelluksesta Kokemäenjoen Pämpinkoskessa. Ely-keskuksen tilaustyö Lukelta piti sisällään vuoden 2023 kaikuluotainaineiston myös muiden kalojen osalta. Koko aineisto analysoitiin automaattisesti siihen tarkoitettulla sovelluksella ja automaattista arviota tarkennettiin ihmisten tekemillä analyyseillä. Päivittäin ylä- ja alavirtaan havaittujen kalojen määrät laskettiin kolmelle eri pituusluokalle: 50–65 cm mittaiset, 65–85 sekä yli 85 cm mittaiset kalat. Lisäksi laskettiin kumulatiiviset kalamäärät 50–65 cm kaloille (712 yksilöä) ja yli 65 cm kaloille (523 yksilöä) koko kaudelle. Lopulta laskettu kumulatiivinen kala-aineisto ositettiin teoreettisella mallilla eri kalalajeittain saalisilmoitusten ajankohtien ja pituuteen perustuvien kalalajisuhteiden perusteella. Sekä luotaamalla laskettuihin kalojen määriin että erityisesti lajikohtaisiin kalamääriin liittyy suuria epävarmuuksia, sillä arvio perustuu pieneen aineistoon. Työn tavoitteena oli muodostaa käsitys nousukalamäärien suuruusluokasta ja aineiston perusteella voidaankin muodostaa arvio taimenten ja lohien määristä vuonna 2023.

Lohen populaatiomallinnuksen avulla haluttiin saada lisätietoa joen tuotantopotentiaalista merilohen osalta, mikäli jokeen rakennettaisiin kalatiet. Lohelle mallinnettiin viisi erilaista skenaariota, joissa tarkasteltiin luonnonmukaisten ohitusuomien, istutuksien ja lisääntymisaluekunnostusten merkitystä lohen vaelluspoikastuotannolle sekä jokeen palaavien kutukalojen määriin.

Nykyisen kaltaisessa tilanteessa lisääntymismahdollisuudet rajautuvat pääuomassa Harjavalan alapuoliselle osuudelle ja Harjunpäänjokeen sekä istutuksiin. Näistä vaelluspoikasia voisi selviytyä enimmillään yhteensä noin 35 000 kpl jokisuuhun ja noin 700–800 kpl voisi palata aikuisina kutualueille lisääntymään. Tämä edellyttäisi kuitenkin alueiden kunnostamista sekä 36 000 vaelluspoikasen istuttamista alueelle vuosittain. Laajimmassa vaihtoehdossa, missä toteutettaisiin luonnonmukaiset ohitusuomat pääuoman neljän alimman voimalaitoksen yhteyteen sekä kunnostettaisiin potentiaaliset alueet ja istutettaisiin 7 200 vaelluspoikasta jokaiseen patoaltaaseen, saataisiin kaikkiaan tuotettua yhteensä noin 31 000 vaelluspoikasta jokisuuhun. Näistä noin 700–1 000 kpl voisi palata takaisin kutualueilleen merivaelluksen jälkeen.

Mallinnuksien perusteella lohen elinkierron ennallistamisen suurin haaste Kokemäenjoella on poikastuotantoalueiden vähäinen määrä. Pinta-alaa voidaan saavuttaa lisää kunnostamalla nykyisiä alueita ja toteuttamalla luonnonmukaisia ohitusuomia vain vähäisiä määriä. Tämän vuoksi tehtiin vielä viides mallinnusvaihtoehto, missä kasvatettiin kaikkien edellisten

toimenpiteiden lisäksi poikastuotantoaluetta viisinkertaiseksi arvioiduista kunnostuspotentiaalista. Tämä laskennallinen poikastuotantopinta-ala (109 ha) olisi jo suhteellisen lähellä ennen patojen rakentamista ollutta tilannetta (noin 150 ha). Tämä voisi tuottaa jokisuuhun noin 32 000–42 000 vaelluspoikasta ja 900–1 300 aikuista kalaa kutualueille.

Asiasanat: Kokemäenjoen vesistö, vaelluskalat, lohi, kaikuluotaus, mallintaminen, kalatiet

Sisällys

1. Taustaa	6
2. Kokemäenjoen luotusaineiston analyysi.....	7
2.1. Luotusaineisto ja kalamäärät	7
2.1.1. Aineiston kerääminen.....	7
2.1.2. Aineiston analysointi.....	8
2.1.3. Tulokset ja niihin liittyvät epävarmuudet	9
2.1.4. Laskentatulosten tarkastelu	12
2.2. Kaikuluotusaineiston ositus kalalajeittain.....	14
2.2.1. Tausta-aineisto ositukselle	14
2.2.2. Osituksen tulokset ja perustelut	16
2.2.3. Ankerias	16
2.2.4. Lohi ja taimen	16
2.2.5. Siika ja kirjolohi.....	17
3. Lohen populaatiomallinnus	18
3.1. Lohen populaatiomallinnuksessa käytetyt taustamuuttajat	18
3.2. Lohen populaatiomallinnuksen tulokset ja niiden tarkastelu.....	22
3.2.1. Tulosten tarkastelu	24
4. Yhteenveto.....	25
Viitteet.....	27

1. Taustaa

Selkämereen laskeva Kokemäenjoki (keskivirtaama noin 240 m³/s) on ollut aikoinaan Etelä-Suomen parhaita lohijokia (Järvi 1938). Vaelluskalakannat joessa ovat kuitenkin taantuneet 1940-luvun taitteesta lähtien, jolloin valmistui Kokemäenjoen ensimmäinen voimalaitos Harjavaltaan. Nykyään Kokemäenjoen putouskorkeus on lähes kokonaan valjastettu vesivoimatuotannon tarpeisiin ja joessa sijaitsevat myös Kolsin, Äetsän ja Tyrvään sekä Melon voimalaitokset. Voimakkaan säännöstelyn lisäksi jokiekosysteemiä heikentää runsas hajakuormitus niin pääuoman kuin sivujokienkin alueilla. Erittäin suuriin kangasmaiden jokiin luokitellun Kokemäenjoen ekologinen tila onkin viimeisimmän vesienhoidon arvioinnin mukaan tyydyttävä (Pintavesien tila, vesi.fi, tiedot kerätty 25.3.2024).

Kokemäenjoen alueella on viime vuosina herännyt ajatuksia lohen ja muidenkin vaelluskalojen palauttamisesta. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen Kalatalouspalvelut tilasi Lukelta suunnittelun ja päätöksenteon tueksi vuoden 2023 kaikuluotainaineiston analysoinnin sekä lohen populaatiomallinnuksen Kokemäenjoella.

Tässä raportissa esitetään näiden molempien tilaustöiden toteutus ja tulokset. Kaikuluotainaineiston osalta sisältö on jaettu kahteen osaan: ensin käsitellään luotauksen tulokset ja kalamäärät pituusluokittain ja jälkimmäisessä osiossa tehdään teoreettinen jako eri kalalajeille (Kappale 2). Lopuksi esitellään lohen populaatiomallinnuksessa käytetyt parametrit ja mallinnuksen tulokset (Kappale 3). Yhteenvedossa tuodaan esille näiden kahden tilaustyön pohjalta tehtäviä johtopäätöksiä (Kappale 4).

Luke kerää vuosittain kaikuluotaimella aineistoa touko-lokakuussa ankerioiden vaelluksesta Kokemäenjoen Pämpinkoskessa. Vuonna 2023 työssä käytettiin Sound Metrics ARIS -monikeilaluotainta, jonka avulla katettiin suurin osa joen leveydestä luotauspaikalla. Samasta aineistosta voidaan myös laskea muiden kalalajien määriä, mutta lajintunnistuksen suhteen on epävarmuutta. ELY-keskus ja Luke sopivat, että Luke raportoi eri kokoisten kalojen päivittäin havaitut määrät sekä osittaa aineiston neljälle eri kalalajille: ankeriaalle, lohelle, taimenelle ja siialle. Lajimääritys tehdään ankeriaan osalta uintitavan perusteella ja muiden lajien osalta koon ja ajankohdan perusteella käyttäen saalistilastoja. Sopimuksen mukaan aineiston automaattiseen analyysiin soveltuvaa sovellusta käytetään avuksi ja pyritään automatisoimaan työ mahdollisimman pitkälle. Automaation etuna on säästö resursseissa, mutta tarkkuudessa se ei vastaa manuaalista aineiston käsittelyä.

Lohen populaatiomallinnuksen avulla haluttiin saada lisätietoa merilohen tuotantopotentiaalista Kokemäenjoella, mikäli pääuomaan rakennettaisiin vaellusratkaisu joko osaan tai kaikkien neljän alimmaisen voimalaitoksen yhteyteen. Populaatiomallin avulla voidaan arvioida vaihtoehtoisia ratkaisuja vaelluskalakantojen tilan kohentamiseksi, kuten vaellusesteiden aiheuttaman haitan vähentämistä, sekä pääuomaan laskevien sivujokien hyödyntämistä kutu- ja poikastuotantoalueina. Lisäksi voidaan arvioida olemassa olevaan tutkimustietoon pohjautuvia, luonnontuotannon kohentamista tukevia kehitysmahdollisuuksia sekä erilaisten tukitoimenpiteiden (esim. istutukset, kalastuksen säätely) tarpeellisuutta. Samankaltaista populaatiomallinnusta on hyödynnetty aikaisemmin mm. Oulujoen vesistöalueella (Härkönen ym. 2023), arvioitaessa Kollaja-hankkeen vaikutuksia lijoen lohikannan elvyttämismahdollisuuksiin (Orell ym. 2016), Kymijoen (Mäki-Petäys ym. 2013) sekä li- ja Kemijoen (Mäki-Petäys ym. 2012). Meritaimenen tai muidenkaan vaelluskalojen osalta populaatiomallinnukseen tarvittavaa tutkimustietoa ei ole riittävästi saatavilla, joten muita lajeja ei mallinnuksessa huomioitu.

2. Kokemäenjoen luotausaineiston analyysi

2.1. Luotausaineisto ja kalamäärät

2.1.1. Aineiston kerääminen

Kaikuluotain (Sound Metrics ARIS Explorer 1200) asennettiin Pämpinkoskeen 17.5.2023 ja se toimi yhtäjaksoisesti 13.10.2023 saakka, jolloin luotain nostettiin pois. Seuranta pyrittiin jatkamaan marraskuulle saakka, mutta Kokemäenjoen korkean virtaaman takia luotain oli nostettava ylös jo lokakuun aikana.

Koska Kokemäenjoen vedenkorkeus vaihtelee runsaasti vesivoimalaitosten juoksutusten mukaan, käytetään Kokemäenjoella kelluvaa luotaintelineettä (Kuva 1). Kelluva ratkaisu yhdessä vedenkorkeuden vaihtelun kanssa aiheuttaa kuitenkin sen, että luotainkeilan suuntaus vaihtelee jatkuvasti jonkin verran. Tästä johtuen anturiin liitettiin rotaattori, joka kääntää luotainta oletetun vedenkorkeuden mukaan. Tämä aiheutti jonkin verran vaihtelua lasketussa kalojen kokonaismäärässä, mutta toisaalta varmensi sen, että keila oli suuren osan aikaa suunnattuna vesipatsaaseen. Luotainkeila kattoi yhtäjaksoisesti noin 30 m matkan joen poikki. Korkealla vedellä, etenkin syksyllä, kalojen oli siis mahdollista liikkua molempien rantojen läheisiä alueita noin 10 m matkalta ilman, että ne havaittiin kaikuluotainkeilassa.

Aineisto tallennettiin käyttäen Sound Metricsin omaa ARIScope-sovellusta. Tallennettu aineisto siirrettiin verkon yli pilvipalvelua käyttäen toimistoon, jossa se tallentui kovalevyille myöhempää analyysiä varten.



Kuva 1. Kokemäenjoen kelluvan luotaintelineen asennus.

2.1.2. Aineiston analysointi

Kaikuluotausaineisto koostuu peräkkäisistä ruudusta (frame), eli sitä voidaan katsoa kuten videomateriaalia. Jotta kala voidaan laskea kaikuluotainmateriaalista, täytyy se havaita useassa peräkkäisessä ruudussa, jolloin tietyn kalan matkaa kaikuluotaimen keilassa voidaan seurata yhdistämällä peräkkäiset havainnot yhdeksi yhtenäiseksi trackiksi (linjaksi) joko automaattisesti tai ihmissilmällä.

Luke on kehittänyt Fishtracker-nimisen ohjelmiston, joka auttaa kalamäärien laskemisessa nopeuttaen aineiston käsittelyä. Fishtracker etsii konenäön avulla kaikuluotainaineistosta mahdollisia kaloja. Lisäksi Fishtracker voi prosessoida suuren määrän tiedostoja kerralla ns. batch-prosessilla. Ihmistyön määrä laskee, sillä Fishtracker voi automaattisesti seuloa aineistosta sellaisia kohteita, jotka sille syötettyjen parametrien mukaan voisivat olla kaloja. Käyttäjän työksi jää arvioida Fishtrackerin tulokset ja muodostaa niiden perusteella lopullinen arvio kalamäärästä. Esimerkiksi yksi Fishtrackerin haasteista on 'false positive' -tulosten määrä, eli sellaisten kohteiden esiintyminen tuloksissa, jotka Fishtracker määrittää kaloiksi, vaikka ne ovat todellisuudessa esimerkiksi häiriöitä kaikuluotainaineistossa. Tästä syystä aineiston käsittely vaatii myös ihmissilmän hyödyntämistä analyyseissä.

Kesän 2023 aikana Fishtracker-sovellusta jatkokehitettiin Luonnonvarakeskuksessa luomalla siihen apuohjelma parametrien valintaa ja aineiston analysointia varten. Fishtrackerin apuohjelman ohjelmoi Juhani Hopkins. Apuohjelma toimii Fishtrackerin rinnalla etenkin tulosten automaattisessa seulonnassa ja kirjaamisessa. Tavoitteena oli vähentää tarvittavaa manuaalista työtä automatisoimalla pääosa mekaanisesta aineiston käsittelystä. Tätä varten apuohjelma mm. hakee sopivat parametrit sekä etsii Fishtrackerin tuloksista koon, liikkeen ja havainnon keston perusteella mahdollisia kaloja. Ihmisen tehtäväksi jää arvioida onko kyseessä kala ja mahdollisesti määrittää laji. Ohjelmassa on kolme tärkeää ominaisuutta: sopivien parametrien hakutoiminto, tulosten seulontatoiminta ja manuaalisen analyysin avustin. Lisäksi se auttaa järjestämään saadut tulokset tulevia analyysejä varten. Parametrien hakutoiminto auttaa etsimään Fishtrackerille kullekin ajankohdalle sopivat parametrit kokeilemalla useampaa vaihtoehtoa ja vertaamalla niiden luomia tuloksia manuaalisen analyysin tuloksiin.

Aineisto analysoitiin kokonaisuudessaan Fishtrackeria ja apuohjelmaa käyttäen, ja päivittäiset kalamäärät tarkastettiin. Apuohjelman avulla tehtiin parametrien valinta ja tuloksiin hyväksyttiin vain sellaiset trackit, joiden MAD-arvo oli vähintään 8, trackin kesto vähintään 15 havaintoa ja kalan vähimmäiskoko 50 cm. MAD-arvo määrittää vähimmäismatkan asteina, jonka kalan tulee edetä oikealta vasemmalle tai toisinpäin (joen ylä- ja alavirta; kts. Helminen ja Linnansaari 2021), eli sillä pyritään erityisesti poistamaan sellaiset havainnot, jotka eivät liiku kokonaan luotauskeilan lävitse. Havaintojen minimimäärällä taas pyritään varmistamaan se, että kalaa on seurattu riittävän pitkän aikaa, jolloin tietokone ei oleta esimerkiksi luonnottoman nopeasti liikkuvia kohteita kaloiksi. Esimerkiksi käytetty 15 havainnon minimi vastaa noin kahta sekuntia videota, kun nauhoituksessa käytettiin 7,8 ruutua sekunnissa (fps). Yleensä kaloista saadaan kuitenkin luotaimella tätä selvästi enemmän havaintoja. Havaintojen määrä on myös riippuvainen etäisyydestä: luotaimen keila levenee etäisyyden kasvaessa, jolloin myös kalalla on pidempi matka uitavana, kun se ohittaa luotauskeilan.

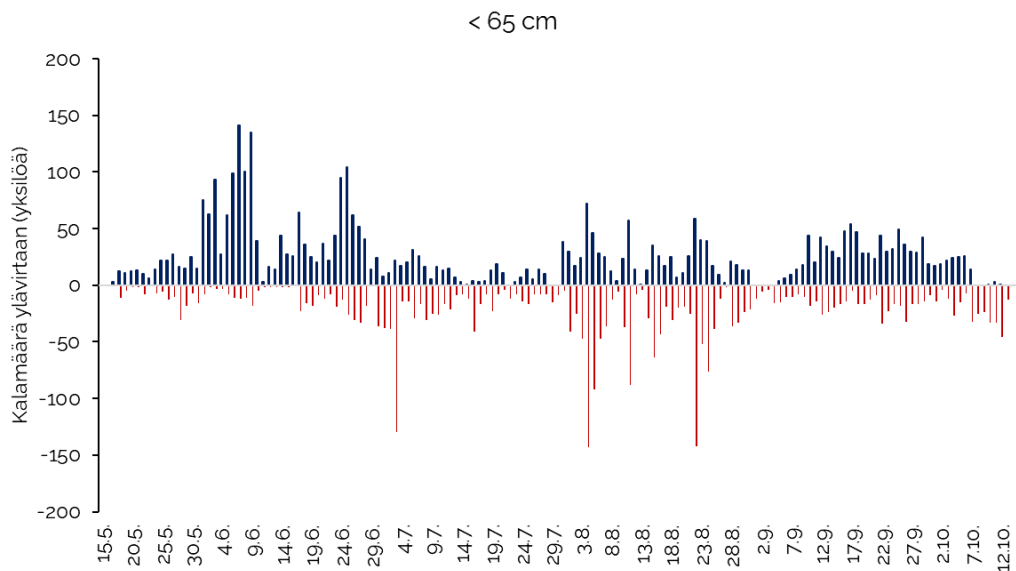
Aineisto ositettiin ja siitä käytiin satunnaisesti manuaalisesti havainnot läpi. Manuaalisten havaintojen perusteella tehtiin korjaukset koko aineistolle. Lisäksi tarkistettiin aineistosta sellaiset havainnot, jotka vaikuttivat selvästi tyypillistä suuremmilta tai pienemmiltä. Tämän perusteella kolmen päivän (28.–30.8.2023) kalamäärät jouduttiin poistamaan ja mallintamaan

käyttäen edellisten päivien tuloksia. Kyseisinä päivinä aineistossa oli runsaasti vääriä havain-
toja, jotka olivat tulleet erityisesti nousevan veden aiheuttamista häiriöistä.

Analyyseissä huomioitiin ainoastaan kalat, jotka automaatio laski yli 50 cm mittaisiksi. Mit-
taustarkkuudesta riippuen tämä tarkoittaa sitä, että aineiston pienimmät kalat ovat noin 40–
45 cm mittaisia (esim. Helminen ym. 2020). Aineistosta eroteltiin yli ja alle 65 cm pituiset kalat
omiksi ryhmiin. Tässä raportissa <65 cm ryhmä oletetaan 50–65 cm mittaisiksi kaloiksi.

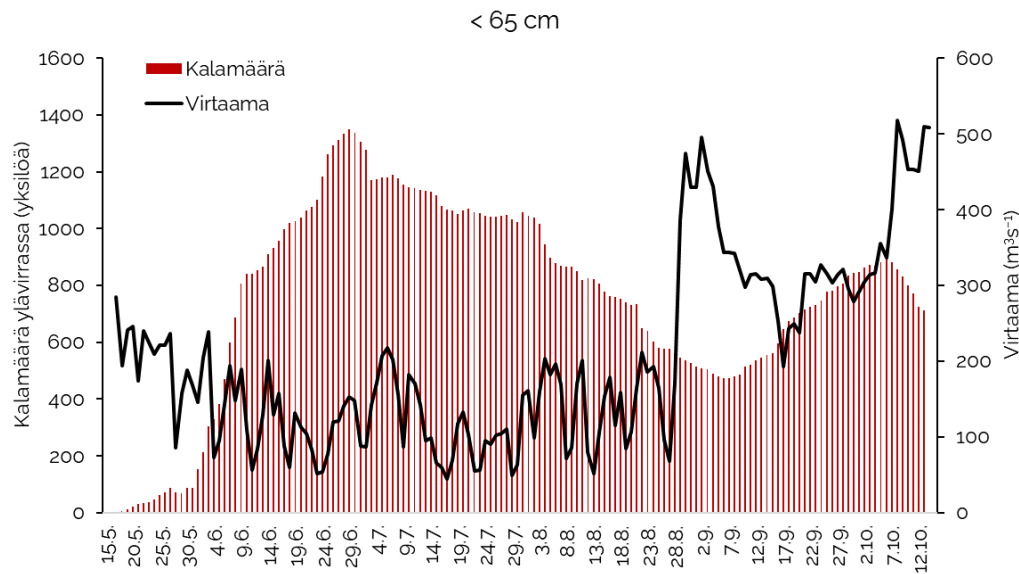
2.1.3. Tulokset ja niihin liittyvät epävarmuudet

Pienemmässä 50–65 cm kokoluokassa havaittiin kaloja runsaimmin kesäkuussa, mutta kaloja
ui runsaasti sekä ylä- että alavirtaan luotauspaikalla läpi koko luotausjakson (Kuva 2). Heinä-
kuussa havaittujen kalojen määrä oli pieni. Elokuussa sekä ylä- että alavirtaan liikkuvien kalo-
jen määrä kasvoi, kun taas syyskuussa ylävirtaan liikkui selvästi enemmän kaloja kuin alavirtaa
kohti (Kuva 2).



Kuva 2. Päivittäin luotainkeilassa havaittujen 50–65 cm pituisten kalojen yksilömäärät. Ylävirran
suuntaan uineet kalat on esitetty positiivisina lukuina sinisellä värillä ja alavirtaan uineet kalat
negatiivisina lukuina punaisella värillä.

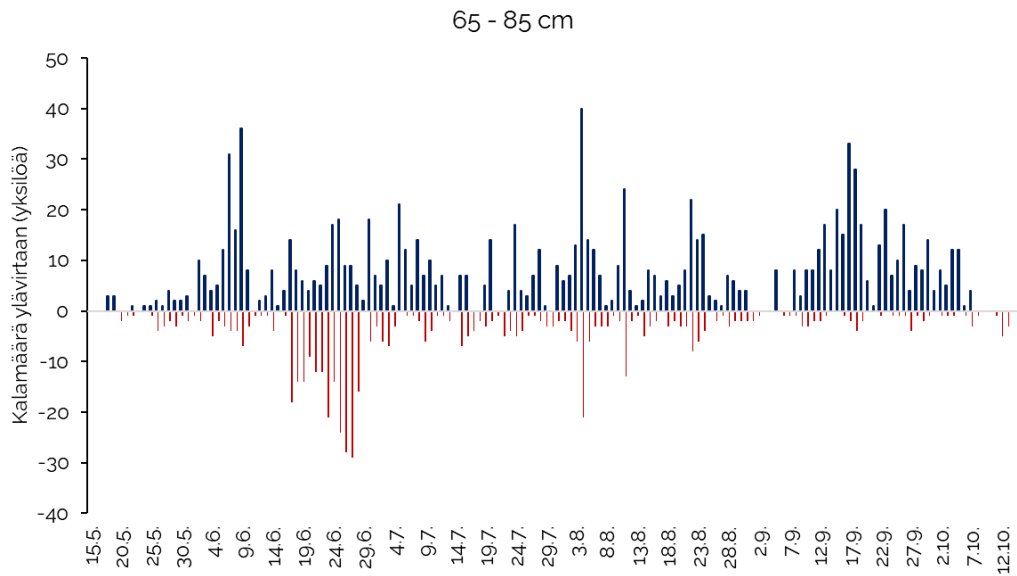
Kumulatiivisessa kalojen määrässä (alavirtaan uineiden kalojen määrä vähennettynä ylävirtaan
uineiden kalojen määrästä) näkyy erityisesti alkukauden kalojen määrä sekä loppukauden ylä-
virtaan uineiden kalojen määrä, kun taas määrä oli laskussa heinä- elokuun aikana (Kuva 3).
Seurannan loppuessa 50–65 cm yksilöiden määrä oli 712 (Kuva 3). Kumulatiivinen yksilömäärä
oli lähes kaksinkertainen kesäkuun lopulla, mutta heinä- elokuussa kokonaismäärä laski ala-
virtaan liikkuneiden kalojen myötä (Kuva 3). Kokemäenjoen virtaama nousi huomattavasti elo-
kuun lopulla, mutta kalamäärät lähtivät nousuun vasta myöhemmin syyskuussa (Kuva 3).



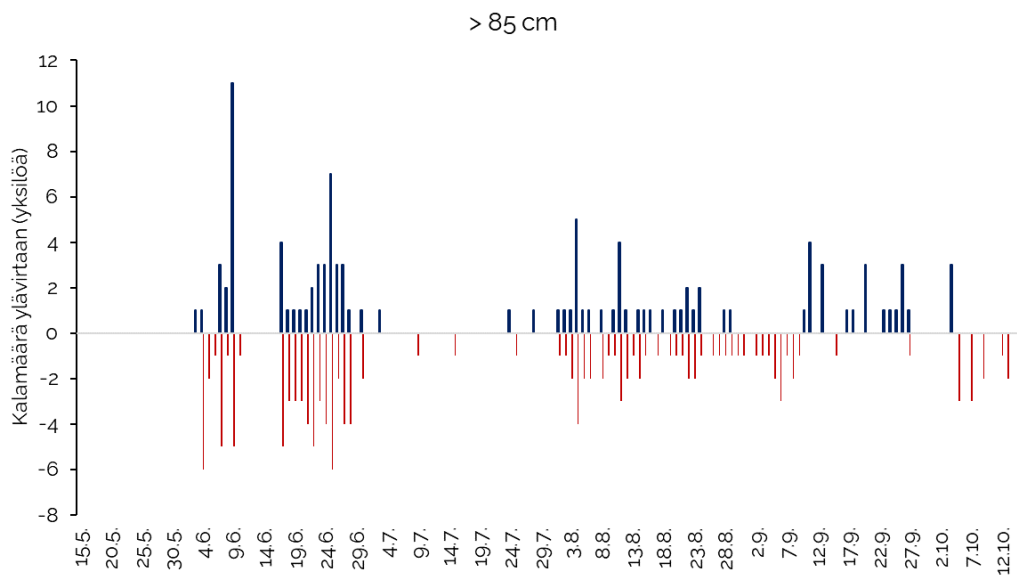
Kuva 3. Päivittäiset kumulatiiviset (alavirtaan uineiden kalojen määrä vähennettynä ylävirtaan uineiden kalojen määrästä) 50–65 cm pituisten kalojen yksilömäärät. Päivittäinen keskivirtaama on esitetty mustalla viivalla. Virtaamatieto: Hertta-tietojärjestelmä 3510450-Harjavalta; ladattu 18.12.2023.

Yli 65 cm mittaisten kalojen määrästä suurin osa oli alle 85 cm mittaisia (Kuvat 4 ja 5). Noin 65–85 cm mittaisia kaloja havaittiin melko tasaisesti läpi koko luotauskauden (Kuva 4). Kesäkuun lopulla havaittua piikkiä lukuun ottamatta myös alavirtaan uineiden kalojen määrät olivat tasaisia.

Yli 85 cm kaloja havaittiin erityisesti kesäkuussa, jolloin niitä ui sekä ylä- että alavirtaan (Kuva 5). Myös elokuussa uintisuunta oli sekä ylä- että alavirtaan, mutta syyskuussa alavirtaan suuntautunut liike oli vähäistä. Yli 85 cm kalojen päivittäiset havaintomäärät olivat kuitenkin pieniä, yleensä 0–3 yksilöä vuorokaudessa (Kuva 5). Kaloja havaittiin liikkuvan ylä- ja alavirtaan tyypillisesti samoina päivinä, eli todennäköisesti sama kala tai samat kalat liikkuivat molempiin suuntiin useamman kerran saman päivän aikana. Kumulatiivista summaa ei näin ollen voitu laskea koko luotauskaudelle, mutta esimerkiksi pelkästään syyskuun kumulatiivinen summa oli kuusi kalaa.

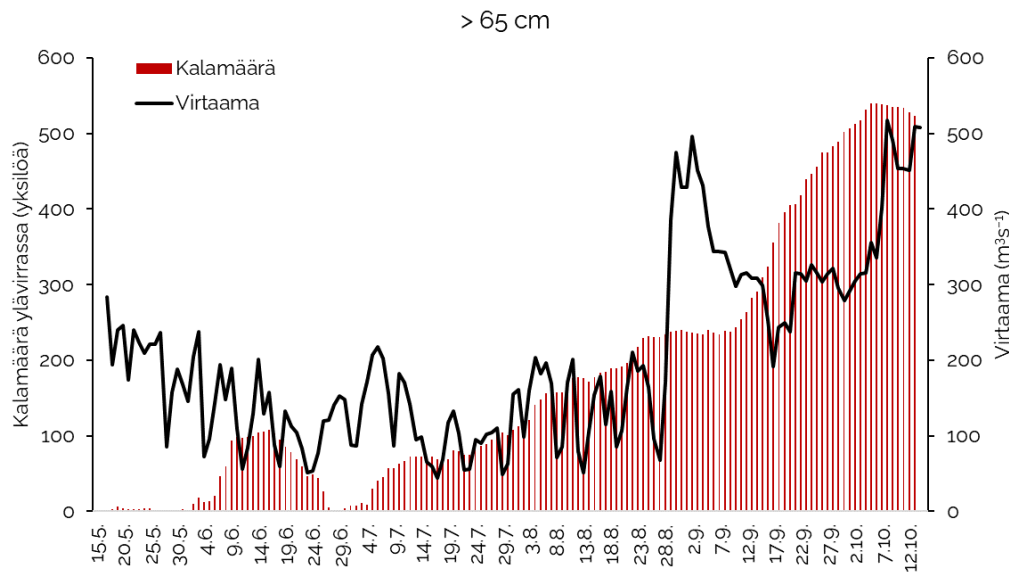


Kuva 4. Päivittäin luotainkeilassa havaittujen 65–85 cm pituisten kalojen yksilömäärät. Ylävirran suuntaan uineet kalat on esitetty positiivisina lukuina sinisellä värillä ja alavirtaan uineet kalat negatiivisina lukuina punaisella värillä.



Kuva 5. Päivittäin luotainkeilassa havaittujen yli 85 cm pituisten kalojen yksilömäärät. Ylävirran suuntaan uineet kalat on esitetty positiivisina lukuina sinisellä värillä ja alavirtaan uineet kalat negatiivisina lukuina punaisella värillä.

Yli 85 cm kalojen pienen määrän takia kumulatiivisessa tarkastelussa yhdistettiin kaikki yli 65 cm kalat yhdeksi ryhmäksi (Kuva 6). Aineistossa havaitaan erityisesti kesäkuun lopun alavirtaan suuntautunut liike ja sen jälkeen heinäkuusta lähtien nousevien kalojen määrien tasainen kasvu, joka kiihtyy syyskuussa (Kuva 6). Seurannan loppuessa yksilömäärä oli 523 (Kuva 6). Kalojen määrissä ei tapahtunut selkeää nousua heti virtaaman noustessa elokuun lopulla (Kuva 6).



Kuva 6. Päivittäiset kumulatiiviset (alavirtaan uineiden kalojen määrä vähennettynä ylävirtaan uineiden kalojen määrästä) ≥ 65 cm pituisten kalojen yksilömäärät. Päivittäinen keskivirtaama on esitetty mustalla viivalla. Virtaamatieto: Hertta-tietojärjestelmä 3510450-Harjavalta; ladattu 18.12.2023.

2.1.4. Laskentatulosten tarkastelu

Aineiston perusteella voidaan muodostaa käsitys kalamäärien suuruusluokasta vuonna 2023. Tyypillisesti automaatiolla saadaan suurten kalojen määrästä tarkempi käsitys kuin pienempien, sillä pieniä kaloja havaitaan usein liikkumassa edestakaisin luotauspaikalla, mikä vaikeuttaa automaation laskentaa. Vastaavasti suuret kalat automaatio tyypillisesti laskee tarkemmin.

Kaikissa pituusluokissa laskentaan liittyvät epätarkkuudet liittyivät erityisesti kalojen tunnistukseen sekä luotauskeilan kattavuuteen. Luotauspaikalla liikkui runsaasti kaloja edestakaisin. Tämä oli havaittavissa luotauskeilan sisällä, kun kala vietti pitkiä aikoja keilassa uiden ylä- ja alavirtaan. Lisäksi tämä oli havaittavissa suurena ylä- ja alavirtaan liikkuneiden kalojen määrissä. Edestakainen liike aiheuttaa epätarkkuutta tuloksissa sekä yksilömäärän laskennassa että automaation toteuttamisessa. Varsinkin alavirtaan uivien kalojen erottaminen automaattisesti muista alavirtaan liikkuvista kohteista vaatii lisätyötä, mikä aiheuttaa epätarkkuutta laskentaan (Helminen ja Linnansaari 2021).

Luotauskeila kattoi suuren osan joen leveydestä etenkin alivirtaamalla, mutta veden noustessa koko jokea ei voida kattaa. Näin ollen lopulliseen kalamääräarvioon voi vaikuttaa myös toisinaan kattamattomaksi jäävä vesialue. Kokemäenjoen voimakkaan vedenkorkeuden vaihtelun takia tämän kattamattoman alueen koko vaihtelee nopeasti vuorokauden aikana ja vuodenajan mukaan. Karkeana yleistyksenä voidaan arvioida, että kesä-elokuun matalan veden aikana tämä alue oli vain muutamia metrejä molemmin puolin jokea olevan matalikon takia, eli kesäaikaan kalat tulivat todennäköisesti havaituiksi. Toukokuussa etenkin päiväsaikaan (noin kahdeksan tunnin ajan, eli 1/3 vuorokaudesta), kun voimaloiden juoksutus on korkealla, voi molemmille puolille jäädä jopa 10 m katvealue. Sama katvealue oli korkean veden aikaan syys-lokakuussa suurimman osan luotausjaksosta. Eli vedenkorkeuden aiheuttama katvealue aiheutui erityisesti syys-lokakuussa, jolloin luotain kattoi noin 60 % joen leveydestä.

Luotauksen perusteella suurien, yli 85 cm kalojen määrä oli luotauspaikalla pieni, enintään muutamia kymmeniä. On yllättävää, että suuria kaloja suuntasi alavirtaan samaa suuruusluokkaa oleva määrä kuin ylävirtaan. Tämä voi olla todellinen havainto, jos esimerkiksi suuret kalat ovat vain käyneet luotauspaikan yläpuolella ja päätyneet alavirran puolelle, tai se voi olla seurausta esimerkiksi alavirtaan liikkuvien hahmojen tunnistukseen liittyvistä epätarkkuuksista (esim. Helminen ja Linnansaari 2021).

Myös 65–85 cm mittaisten kalojen määrä voitiin oletettavasti arvioida melko tarkasti. Pituusmittauksiin liittyvä epätarkkuus (kts. esim. Helminen ym. 2020) aiheuttaa epätarkkuutta myös tähän pituusluokkaan kuuluvien kalojen määrissä, mutta yleisesti ottaen pienet kohteet, kuten pienikokoiset kalat tai vedessä kelluvat roskat sekoittuvat harvoin tähän pituusluokkaan. Tässä pituusluokassa arviota vaikeuttaa edellä mainittujen luotauskeilan kattavuuden ja kalojen tunnistuksen lisäksi erityisesti jako taimeneen ja loheen (kts. seuraava kappale).

Pienin tässä työssä tarkasteltu pituusluokka, 50–65 cm, on tarkkuudeltaan epävarmin, sillä kyseiseen pituusluokkaan sekoittuu toisinaan myös hyvin lyhyitä kaloja, jotka automaatio laskee todellista suuremmiksi mittaukseen liittyvien epätarkkuuksien takia. Tässä pituusluokassa on myös ongelmana alavirtaan suuntautuvat kohteet kuten pienet, parvessa liikkuvat kalat tai roskat, jotka nekin saattavat tulla lasketuiksi kaloina. Lisäksi tämän kokoluokan jakaminen eri kalalajeille on haastavaa, sillä useampaa kalalajia tavataan näissä pituuksissa.

Näiden pituusluokkien ulkopuolelta huomiottiin myös kesäkuussa suuria, satojen tai tuhansien yksilöiden kalaparvia, joissa noin 10–15 cm kalat useana yönä siirtyivät hiljalleen alavirtaa kohden. Lajimääritys näille ei ollut luotausaineistosta mahdollinen, mutta kyseiset parvet voivat olla esimerkiksi salakkaa, jota havaitaan Harjavallan voimalaitoksen alla toisinaan runsaasti (V. Kangasniemi, tiedonanto). Kalaparvet toivat paikalle myös suurempia petokaloja, jotka liikkivat edestakaisin luotauskuvassa pienempiä kaloja syöden. Havainto itsessään on mielenkiintoinen, mutta kyseiset vuorokaudenajat olivat automaatiolle hankalia laskettavia.

Virtaamaa ei tässä työssä tarkasteltu muuten kuin silmämääräisesti käyttäen vuorokauden keskivirtaamaa. Se ei näyttänyt aiheuttavan erityisiä muutoksia päivittäisissä kalamäärissä. Toisaalta on huomattava, että Kokemäenjoen vuorokaudenaikainen virtaamanvaihtelu on hyvin suurta ja todennäköisesti tarkempia havaintoja saataisiin tuntikohtaisia virtaamakeskiarvoja käyttämällä.

Automaattinen ja manuaalinen seuranta poikkesivat toisistaan vaihtelevasti, eikä ero aina ollut systemaattinen. On todennäköistä, että nykytekniikalla ei päästä täysin automaattiseen tulosten käsittelyyn, vaan osa työstä jää ihmisten tehtäväksi. Aineistoa on siis mahdollista tarkentaa tekemällä suurempia määriä manuaalista seurantaa. Toisaalta, vaikka automaation käyttöön liittyy epävarmuustekijöitä, niin liittyy pelkkään manuaaliseen analysointiinkin. Nykyiselläkin ohjelmat tuottivat hyviä tuloksia ja säästivät työaika ja siten myös henkilöstökustannuksia. On oletettavaa, että tulevaisuudessa suuri osa datasta tullaan käsittelemään ohjelmallisesti.

2.2. Kaikuluotausaineiston ositus kalalajeittain

2.2.1. Tausta-aineisto ositukselle

Koska Kokemäenjoessa tavataan useita eri kalalajeja, oli tämän työn tavoitteena myös arvioida eri kalalajien määriä aineistossa. Määritettävät kalalajit olivat ankerias, taimen, lohi ja siika.

Luotaimessa havaittujen kalojen määritys pelkästään kuvan perusteella lajilleen on hankalaa tai jopa mahdotonta etenkin silloin, kun luodataan yli 10 m etäisyyksillä kuten Kokemäenjoella (Martignac ym. 2015, Helminen ym. 2021). Ankerioiden määritys on uintiliikkeen perusteella kuitenkin mahdollista (Le Quinio ym. 2023). Ankerioidenkin määrittämiseen Kokemäenjoen aineistossa sisältyy pitkän luotausetäisyyden takia epävarmuuksia. Tästä aineistosta ankeriaat havaittiin manuaalisesti analysoiduilta päiviltä ja yleistettiin koskemaan koko aineistoa.

Aineisto on mahdollista osittaa esim. kalojen pituuksien perusteella, vedenalaiskameroilla tai muilla keinoin (esim. Martignac ym. 2015, Helminen ja Linnansaari 2023, Kytökorpi ym. 2023). Koska Kokemäenjoen kaikuluotauksessa on aiemmin tehty vain ankeriasseuranta, jossa lajinmääritys perustuu uintiliikkeeseen, ei Kokemäenjoelta ole saatavilla vedenalaiskamera-aineistoa. Vuoden 2023 Kokemäenjoen aineisto jaettiin pituusluokkiin, joiden avulla voidaan arvioida eri kalalajien yksilömääriä aineistossa. Lisäksi vertailtiin eri kuukausien kalastajien ilmoittamia saalislajeja paremman käsityksen saamiseksi. Ositus on hyvin teoreettinen ja siihen sisältyy suuria epävarmuuksia. Tarkemman arvion muodostamiseksi menetelmä vaatisi enemmän tietoa, kuten useampia vuosia tai muuta aineistoa lajinmäärityksen tueksi, jolloin epävarmuuksia voitaisiin arvioida myös numeerisesti.

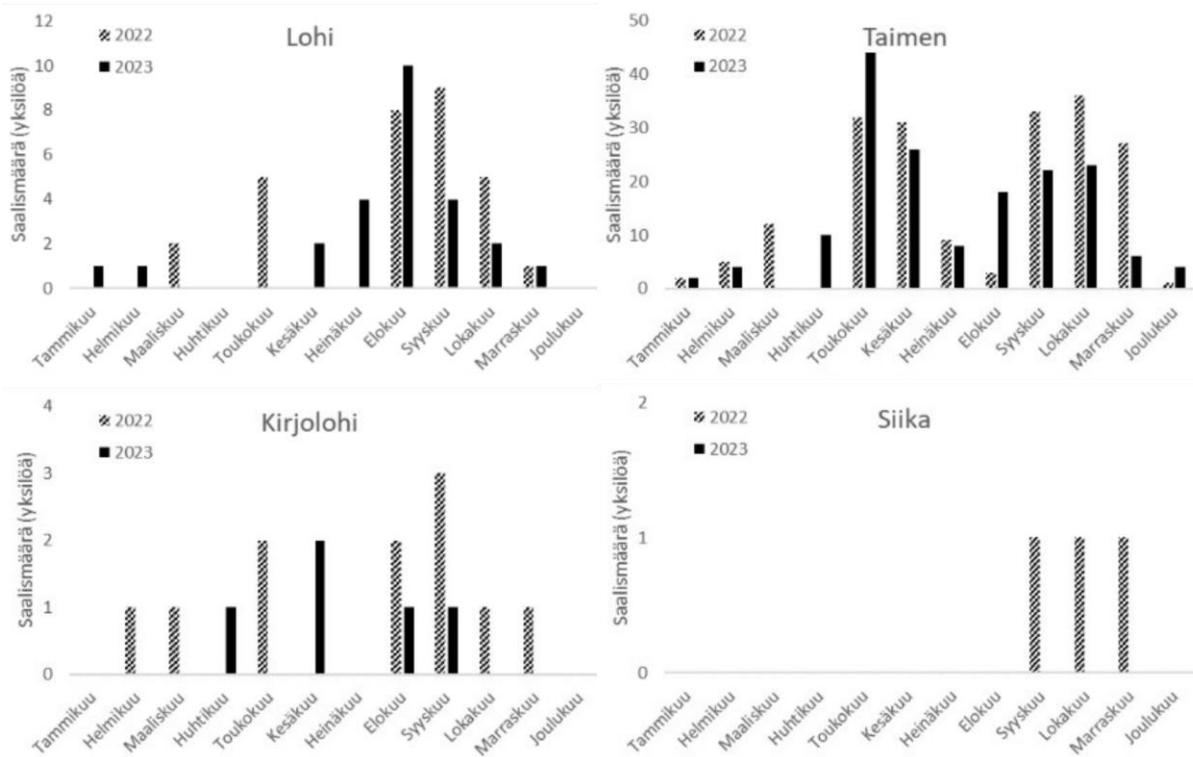
Koska muuta kalalajitietoa ei ollut saatavilla, käytettiin saalisilmoituksia [Nakkilan kosket](#) -palvelusta (aineisto ladattu 28.12.2023). Saalisilmoitukset perustuvat vain ilmoitettuihin, vapavälinein saatuihin kaloihin. Aineiston käyttöön liittyy epävarmuuksia esimerkiksi siitä, mikä on ollut pyynnin kohdekalalaji ja mitkä saaliit on ilmoitettu palveluun. Tätä arviota varten on kuitenkin tehty oletus, että kaikki kalalajit ovat tulleet pyydetyksi ja ilmoitetuksi samalla tehokkuudella, eli kaikkien kalalajien pyyntiponnistus on oletettu samaksi.

Saalisilmoitusten perusteella tyypillisimmät saalisalat ovat taimen, lohi ja kirjolohi. Muita ilmoitettuja lajeja olivat kuha, säyne, siika, toutain, turpa. Näitä kaikkia kalalajeja voidaan havaita erityisesti 50–65 cm kalojen joukossa. Erityisesti kirjolohia voidaan havaita ko. pituusluokassa runsaastikin (Taulukko 1, Kuva 7). Taimen on suurimmaksi osaksi kyseisessä pituusluokassa, mutta joitain yksilöitä on myös suuremmassa ≥ 65 cm pituusluokassa (Taulukko 1). Lohen osalta tilanne on päinvastainen, ja suurin osa lohista havaitaan ≥ 65 cm pituusluokassa (Taulukko 1).

Taulukko 1. Lohen, taimenen ja kirjolohen keskipituudet, pituuden vaihteluväli sekä mitattujen kalojen määrä 2020-luvulla saalistilastoissa. Arvot on laskettu koko 2020-luvun aineistolle yhteensä ja lisäksi on esitetty jokainen vuosi erikseen. Aineistossa on huomioitu vain ne yksilöt, joille on ilmoitettu pituus saalistilastoinnissa.

	Keskipituus (cm)	Vaihteluväli (cm)	n
Lohi, koko aineisto	85	52–132	165
2020	84	60–123	70
2021	88	59–132	55
2022	83	52–119	26
2023	88	62–111	14
Taimen, koko aineisto	69	50–92	616
2020	71	51–90	215
2021	67	50–92	129
2022	67	50–90	158
2023	69	50–91	114
Kirjolohi, koko aineisto	45	37–53	22
2020	43	37–48	12
2021	49	46–50	3
2022	49	45–53	5
2023	44	42–45	2

Taimenia saatiin saaliiksi vuonna 2023 kaikkina seurantajakson kuukausina (Kuva 7). Suurin osa saaliista saatiin touko-kesäkuussa, kun taas heinäkuussa saalismäärä oli pienin (Kuva 7). Samantyyppinen trendi on havaittavissa myös luotausaineiston 50–65 cm kalamäärissä, joskaan ei yhtä vahvana (Kuva 4). Lohia saatiin saaliiksi vuonna 2023 kesä-marraskuun aikana ja erityisesti elokuussa. Luotausaineistossa ≥ 65 cm kaloja havaittiin läpi koko kauden, mutta erityisesti syyskuussa (Kuvat 4 ja 5). Yli 85 cm kaloja taas havaittiin elokuussa, mutta myös kesäkuussa, jolloin niiden saalismäärä oli vielä pieni (Kuvat 5 ja 7). Siikoja ei vuoden 2023 saalisilmoituksissa ollut, mutta vuoden 2022 saalissiat tulivat syys-, loka- ja marraskuussa. Saalisilmoituksissa vuodesta 2009 alkaen siikoja on ilmoitettu saaliiksi ainoastaan syys-marraskuussa.



Kuva 7. Lohen, taimenen, kirjolohen ja siian ilmoitetut saalismäärät eri kuukausina vuosina 2022 ja 2023. Huomaa erisuuruiset y-akselit eri kalalajeilla.

2.2.2. Osituksen tulokset ja perustelut

Ositus on tehty arviona tausta-aineiston perusteella. Arvioissa on suuria epävarmuuksia ja niihin tulee suhtautua vain suuntaa antavina. Epävarmuuksia ei ole voitu tässä tapauksessa pienen aineiston takia arvioida numeerisesti, joten ne on käsitelty sanallisesti.

2.2.3. Ankerias

Ankeriaan osalta havainnot perustuvat ihmisen kaikuluotausaineistosta tekemiin varmennuksiin sekä niiden perusteella tehtyihin osituksiin. Ankeriäitä ei luotauspaikalla havaittu liikkuvan ylävirran suuntaan. Pääosin niiden liikkeet vaikuttaisivat siten suuntautuvan luotauspaikalla alavirtaa kohden, vaikka niitä on voinut kuitenkin liikkua myös ylävirtaan sellaisina aikoina, joita ei varmennettu ihmisen toimesta. Tällä tavoin laskettuna ankeriäiden määrä oli 180. Suurin osa ankeriäistä vaelsi kesäkuussa.

2.2.4. Lohi ja taimen

Kun alavirtaan uineiden ankeriäiden määrä oli poistettu aineistosta, jäi jäljelle 712 (50-65 cm kalat) sekä 703 (≥ 65 cm kalat) yksilöä. Näihin ryhmiin, etenkin pienempään (50-65 cm) luokkaan, voi kuulua suuriakin määriä muita kalalajeja (kts. seuraavana kohta siika ja kirjolohi). Koska näistä ei kuitenkaan ole riittävästi tietoa, oletetaan tässä tapauksessa koko kalamäärä taimeniksi ja lohiksi. Tämä oletus pitää todennäköisesti melko hyvin paikkansa suuremmissa pituusluokassa, sillä myös saalistilastoissa kaikki yli 65 cm kalat ovat lohia tai taimenia. Pienemmässä pituusluokassa todennäköisesti on todellisuudessa runsaasti muita kalalajeja, eli oletuksen seurauksena on yliarvio taimenten ja lohien määristä.

Saalisilmoitusten perusteella taimenten osuus lohikalasaaliissa ≥ 65 cm kalojen osalta on 2020-luvulla vaihdellut 59 % ja 85 % välillä, jolloin lohien osuus on ollut 15–41 %. Vuonna 2023 tässä pituusluokassa taimenten osuus oli 85 %. Käyttäen näitä prosenttiosuuksia suurten lohien määrä olisi 105–288 yksilöä ja taimenten 415–598 yksilöä.

Vastaavasti 50–65 cm saaliskaloissa taimenten osuus oli 2020-luvulla 80–95 % ja lohen 3–13 %. Vuonna 2023 osuudet olivat 95 % taimenella ja 2.5 % sekä kirjolohella että lohella. Käyttäen näitä prosenttiosuuksia pienten lohien määrä olisi 21–93 yksilöä ja taimenten 570–676 yksilöä, mikäli muita kalalajeja ei oteta arvioissa huomioon.

2.2.5. Siika ja kirjolohi

Siika ja kirjolohi muodostavat todennäköisesti osan 50–65 cm kalojen määristä. Aineiston vähäisyyden vuoksi näiden osittaminen edes teoreettisella tasolla ei kuitenkaan osoittautunut mahdolliseksi.

Siikojen osuus saalistilastoissa oli hyvin pieni ja niitä on tyypillisesti saatu saaliiksi vain syksyisin. Luotauseuranta lopetettiin lokakuun puolella välissä, joten syyskuun ja lokakuun alun 50–65 cm kaloista osa saattoi olla siikoja. Luotauhavainnoissa ei tässä kokoluokassa ollut selkeitä kalaparvia, jotka olisi parveutumisen takia voitu olettaa tietyksi kalalajiksi, esimerkiksi siioiksi.

Kirjolohia saadaan luotauspaikan läheisyydestä saaliiksi pitkin kautta, joten myös niitä on aineistossa. Sekä siian että kirjolohen käyttäminen osituksessa todellisuudessa vähentäisi edellisessä kohdassa tehtyjä taimenen ja lohen määrien arvioita.

3. Lohen populaatiomallinnus

3.1. Lohen populaatiomallinnuksessa käytetyt taustamuuttujat

Lohen populaatiomallilla voidaan laskennallisesti konkretisoida lajin elinkierron eri vaiheiden kuolevuuksien vaikutuksia lohikannan kehittymiseen ajan funktiona. Populaatiomallinnuksessa käytettiin Monte Carlo -simulointia, jolla laskettiin PERT-todennäköisyysjakauman perusteella erilaisia lohipopulaation kehityskulkuja viiden vuosikymmenen ajan. Mallissa seurattiin lohen vuosiluokkia kuoriutumisen lisääntymiseen asti siten, että vuosiluokan siirtyessä elinvaiheesta toiseen populaatiosta vähennetään tähän elinvaiheeseen liittyvä kuolevuus. Osaan näistä kuolevuusarvoista voidaan ihmisen toimenpiteillä vaikuttaa lyhyellä aikavälillä (esim. kalastuksen säätely, vaellusyhteyden toteutus, lisääntymisalueiden kunnostaminen), kun taas toisten tekijöiden vaikutusmekanismit ovat epäsuoria ja osin tuntemattomiakin (esim. post-smolttikuoolleisuus eli kuolleisuus merivaelluksen alkuvaiheessa).

Populaatiomallin toteutus pyrittiin pitämään mahdollisimman selkeänä ja yksinkertaisena, joten mallin oletuksissa lohen elinkiertoa on yksinkertaistettu (Kuva 8). Mallinnusvaihtoehtojen antamia kalojen lukumääriä ei tulisi tulkita absoluuttisina kappalemäärinä ja pysyvinä tuloksina, vaan niiden tavoitteena oli mahdollistaa suhteellisia vertailuja eri toimenpidevaihtoehtojen välillä tämänhetkisen tutkimus- ja asiantuntijatiedon perusteella. Onhan selvää, että tutkimustieto sekä käytännön kokemukset esim. ohitusratkaisujen toteutuksesta lisääntyvät tulevien vuosien aikana, jolloin mallinnusta voidaan päivittää uusilla tiedoilla.

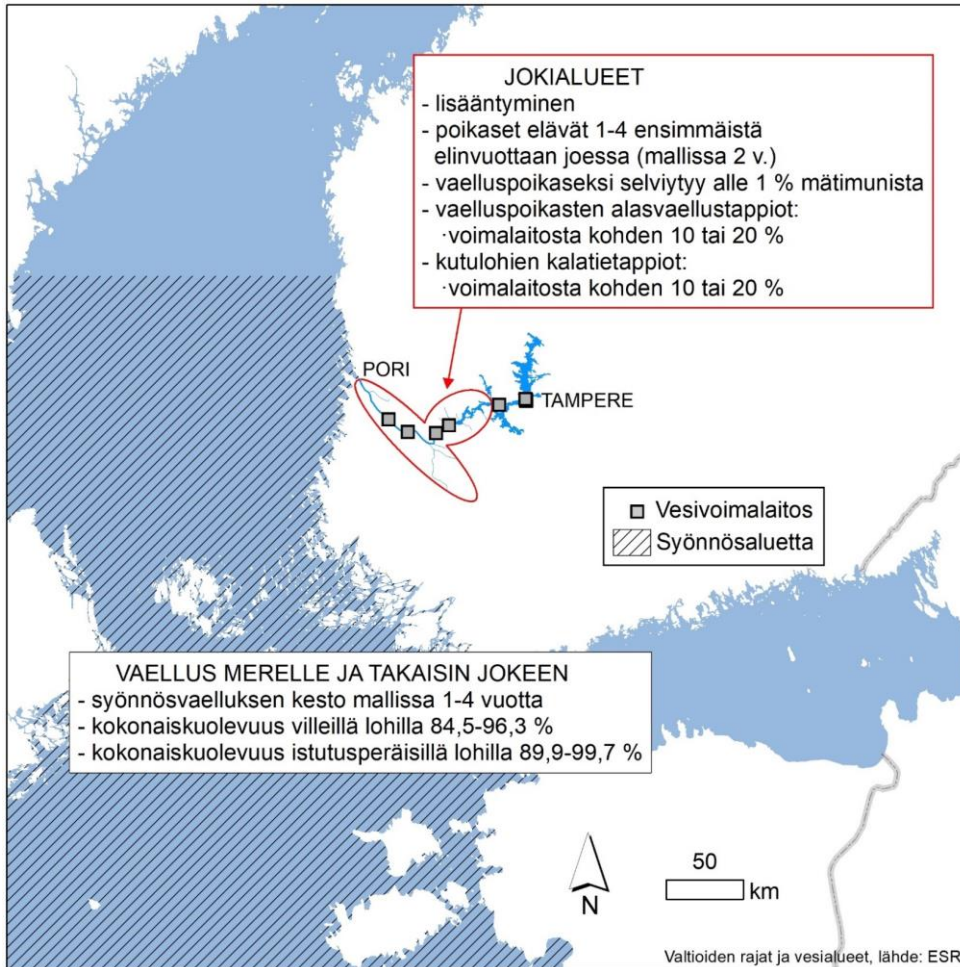
Mallinnuksen eri vaiheet ja niissä käytetyt parametrit perustuvat ensisijaisesti saatavilla olevaan kansainväliseen ja kotimaiseen tutkimustietoon. Tutkimustiedon puuttuessa parametreja on täydennetty asiantuntija-arvioilla. Lohen populaatiomallinnus Kokemäenjoella tehtiin seuraavilla oletuksilla, jotka olivat yhteisiä kaikille lohelle tehdyille mallinnusvaihtoehtoille:

1. Mädistä smoltiksi, eli vaelluspoikaseksi, selviytymisessä käytettiin Atlantin lohen lisääntymisdynamiikan luonnetta kuvaavaa matemaattista mallia, ns. Beverton-Holt-tyyppistä emokanta-rekryyttimallia. Malli ottaa huomioon lajin biologiaan kuuluvan poikasten keskinäisen kilpailun elintilasta, mikä heikentää niiden selviytymistä sitä mukaan, mitä enemmän poikasia kuoriutuu mädistä joen rajallisilla poikashabitaateilla. Emokanta-rekryyttimallin parametrit on estimoitu osana Itämeren lohikantamallinnusta (ICES 2023) Suomen ja Ruotsin luonnonlohikannoille vuosina 1987–2021 kertyneiden seuranta-aineistojen (poikastiheydet, smolttipyynti- ja kaikuluotaustulokset, kalastustiedot, jne.) avulla. Itämeren lohikantamallissa mukana olevan 17 lohikannan emokantarekryytti -mallin estimaateista valittiin Öre-, Lögde- ja Ljunganjokien kannat verrokeiksi Kokemäenjoen oletetulle emokanta-rekryyttimallille. Nämä joet ovat suuruusluokaltaan ja sijainniltaan lähimpänä Kokemäenjokea. Estimaatit jokien suurimmista keskimääräisistä vaelluspoikasten määristä skaalattiin poikastuotantopinta-alan yksikköä (hehtaari) kohden ja näistä laskettiin jokien yli keskiarvo. Tuloksen mediaani (Md) on 171 smolttia/hehtaari, 90 % todennäköisyysvälin ollessa 94–230 smolttia/hehtaari.
2. Lohien smolttiutumiskä asetettiin kaikille poikasille kahteen vuoteen.

3. Lohen merivuosien määräksi asetettiin 1–4 vuotta.
4. Lohien oletettiin kutevan vain yhden kerran.
5. Istutusperäisten ja villien lohien merivaiheen eloonjäännissä sekä ikärakenteissa käytettiin ennusteita vuosille 2023–2056, joissa epävarmuus kattaa karkeasti historiallisen vaihtelun. Istutusperäisten lohien suhteellisen merieloonjäännin moodi (Mo) oli 2,5 % (min. 0,3; maks. 10,1) ja villien lohien Mo 8,0 % (min. 3,7; maks. 15,5). Merivaellukseltaan jokisuulle palaavien lohien suhteelliset osuudet (istutusperäiset/villit) on esitetty taulukossa 2 (ICES 2023).
6. Naaraiden tuottama mätimunien lukumäärä (Taulukko 2) saatiin viimeisimmästä Itämeren lohikantamallista (ICES 2023).
7. Kutulohien sukupuolijakauma (Taulukko 2) villien kalojen osalta saatiin viimeisimmästä Itämeren lohikantamallista (ICES 2023) ja istutusperäisten lohien osalta Luken saalisnäyteaineistosta.
8. Nousulohien kalastuskuolleisuudeksi asetettiin 10 prosenttia.

Taulukko 2. Kokemäenjoen lohimallinnuksessa käytetyt merivuosien (MV) mukaan jaotellut jokisuulle palaavien istutusperäisten ja villien lohien suhteelliset osuudet (%), naaraslohiin tuottamat mätimunien lukumäärät (Mo; min., maks.) sekä istutusperäisten ja villien kutulohien sukupuolijakauma (%).

Jokisuulle palaavat lohet (%)	1 MV	2 MV	3 MV	4 MV
Istutusperäiset lohet	46,0	35,0	15,0	4,0
Villit lohet	20,0	40,0	27,0	13,0
Naaraslohiin mätimunien lukumäärä	1 MV	2 MV	3 MV	4 MV
Lohet (Mo) (min.; maks.)	3 983 (3 187; 5 015)	8 996 (7 953; 10 171)	13 147 (11 204; 15 243)	15 258 (11 984; 19 429)
Kutulohien sukupuolijakauma (%)	1 MV	2 MV	3 MV	>3 MV
Istutusperäiset naaraat	46	35	15	4
Istutusperäiset koiraat	54	65	85	96
Villit naaraat	20	40	27	13
Villit koiraat	80	60	73	87

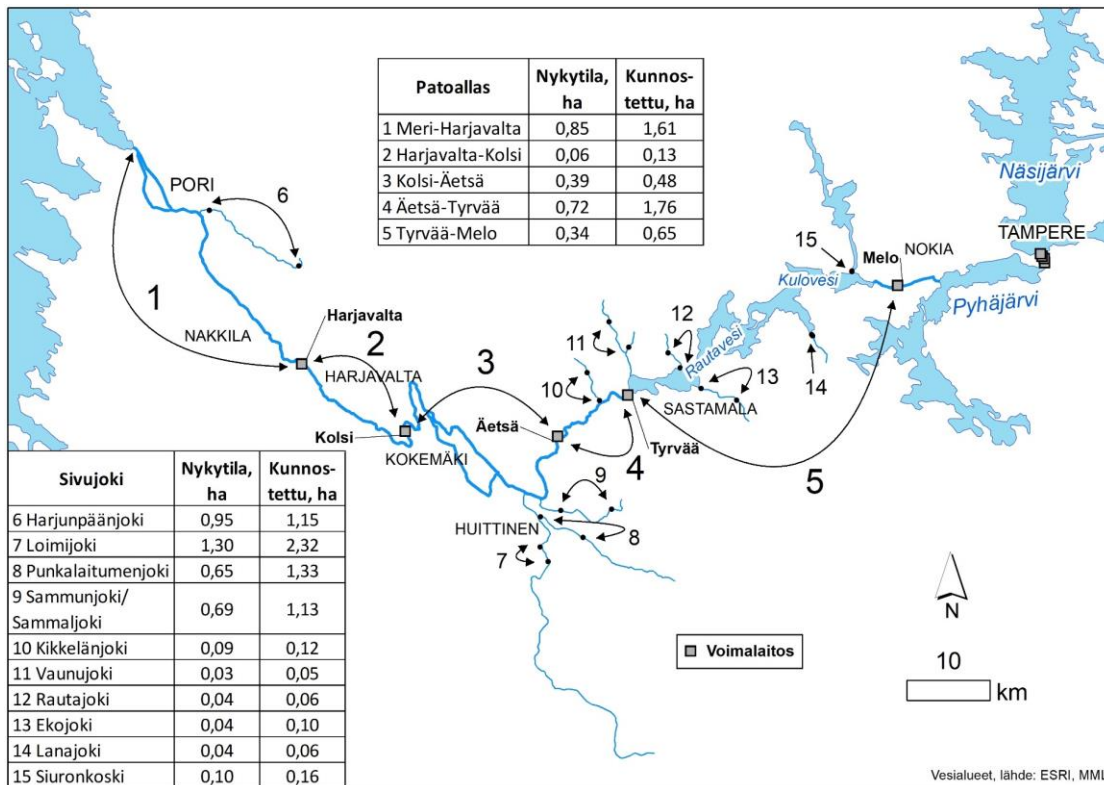


Kuva 8. Kokemäenjoen lohikannan populaatiomallinnuksen toiminta-alue sekä mallinnuksessa käytettyjen keskeisten muuttujien arvoja.

Populaatiomalleissa käytetyt lohien kutu- ja poikastuotantoalueiden laajuudet saatiin kesällä 2023 tehdyistä kartoituksista (Eurofins Ahma Oy 2024). Pääuomassa poikastuotantoalueita kartoitettiin Ulvilasta Nokian Melon voimalan alapuolelle veden virrannopeuden, syvyyden ja pohjan laadun perusteella. Kartoituksia tehtiin myös yhdeksässä sivujoessa Melon alapuolella ja näissä huomioitiin edellä mainittujen habitaattimuuttujien lisäksi myös vedenlaatu. Muutoin malleissa oletettiin kaikissa kohteissa olevan lohien lisääntymiselle riittävän hyvä vedenlaatu, vaikka tilanne olisikin todellisuudessa heikompi.

Näiden habitaattikriteerien mukaan alueille oli annettu laatuluokitus: 0 (soveltumaton) – 4 (erinomainen; Eurofins Ahma Oy 2024). Lohien populaatiomalleissa laatuluokitukset huomioitiin kertoimien avulla siten, että erinomainen alue sai kertoimen 1, hyvä (3) kertoimen 0,7, tyydyttävä (2) kertoimen 0,5 ja heikko (1) alue sai kertoimen 0,1. Eurofins Ahma Oy (2024) arvioi myös näiden alueiden kunnostuspotentiaalia siten, että kunnostustoimenpiteillä olisi mahdollista parantaa laatuluokituksen arvoa aina alemmasta luokasta seuraavaksi parempaan laatuluokkaan, joten myös lohien populaatiomalleissa laatuluokan arvoa nostettiin yhdellä luokalla ylöspäin (Kuva 9).

Nykyisten ja kunnostettavien poikastuotantoalueiden lisäksi mallinnoissa huomioitiin myös Kokemäenjoen reitille ehdotetut ohitusuomien avulla mahdollisesti saavutettavat lisäpinta-alueet poikastuotantoon: Meri-Harjavalta 3,5 ha, Harjavalta-Kolsi 1,5 ha, Kolsi-Äetsä 0,4 ha, Äetsä-Tyrvää 5,1 ha ja Tyrvää-Melo 0,2 ha (Jormola & Syrjänen 2024).



Kuva 9. Lohimallinnuksessa käytetyt nykyiset ja kunnostettavat poikastuotantopinta-alat. Kunnostettujen pinta-alojen osalta mallinnuksessa huomioitiin kertoimien (0,1–1) avulla Eurofins Ahman (2024) raportoimat pinta-alat laatuluokituksineen (0–4).

Jokivaiheessa nousulohien kalastus- ja luonnollisen kuolevuuden arvioitiin olevan kaikissa mallinnusvaihtoehdoissa yhteensä 10 %.

Kalojen vaellusmenestyksen suhteen malleista 3–5 toteutettiin kaksi vaihtoehtoa: smolttien alasvaelluksen sekä nousulohien kalateihin hakeutumisessa tapahtuva kuolleisuus arvioitiin olevan joko 10 % tai 20 % jokaista yksittäistä patoa kohden. Varsinaisia lohipoikasten alasvaelluselvityksiä ei Kokemäenjoella ole tietääksemme tehty. Kuitenkin esimerkiksi Harjavallan voimalaitoksen yläpuolelle istutettuja kirjolohia on havaittu myös voimalaitoksen alapuolella istutuksien jälkeen (Isomaa, suullinen tiedonanto 21.3.2024).

Sekä alas- että ylösvaellustappioihin voidaan vaikuttaa vaellusyhteyksien suunnittelulla ja sijoittamisella sekä varmistamalla niihin riittävät ohjaus- tai houkutusvirtaukset. Yleisesti vaellustappioiden laskeminen 10–20 % tasolle vaatii merkittäviä toimenpiteitä ja tutkimuksiin perustuvaa vaellusyhteyksien kehittämistyötä. Esimerkiksi lijoen Haapakosken ohjausaidalla on saavutettu keskimäärin 74 prosentin lohismolttien ohjaustehokkuus turbiinien ohitse kohti alasvaellusväylää (Huusko ym. 2024, Louhi ym. 2024), mutta itse alasvaellusväylästä ei ole vielä kokemuksia.

Poikasten alasvaellustappiona Harjavallan alapuolella sijaitsevalla joen luonnontilaisen kaltaisella jokiosuudella (noin 41 km jokisuuhun) käytettiin Tornionjoella saatua kuolleisuusarviota 0,1 % poikasta per jokikilometri (Huusko ym. 2018), eli yhteensä 4,1 %. Todellisuudessa kuolleisuus alueella saattaa olla paljon suurempi, koska joen säännöstely ja jokisuussa suojaisella

lahtialueella mielellään viihtyvät petokalat todennäköisesti aiheuttavat korkeampaa poikas-kuolleisuutta.

Tässä työssä toteutettiin viisi erilaista lohen mallinnusvaihtoehtoa. Alla on listattu niiden keskeisimmät toimenpiteet:

1. Nykyisen kaltainen tilanne, missä lohen poikastuotantopinta-alaa on Harjavallan voimalaitoksen alapuolella ja Harjunpäänjoella, ja lisäksi alueelle istutettaisiin vuosittain 36 000 lohen vaelluspoikasta.
2. Edellä mainitut poikastuotantoalueet kunnostettaisiin ja alueelle istutettaisiin vuosittain 36 000 lohen vaelluspoikasta.
3. Kaikki potentiaaliset poikastuotantoalueet kunnostettaisiin ja jokaisen voimalaitoksen yhteyteen rakennettaisiin luonnonmukainen ohitusuoma jokisuusta Melon voimalaitokselle (yhteensä 4 voimalaitosta) asti.
4. Kaikki potentiaaliset poikastuotantoalueet kunnostettaisiin ja jokaisen voimalaitoksen yhteyteen rakennetaan luonnonmukainen ohitusuoma jokisuusta Melon voimalaitokselle asti. Lisäksi voimalaitoksien välisille alueille istutettaisiin vuosittain 7 200 lohen vaelluspoikasta (yhteensä 36 000 poikasta).
5. Poikastuotantoaluetta olisi viisinkertainen määrä nykyiseen arvioituun pinta-alaan verrattuna, ja jokaisen voimalaitoksen yhteyteen rakennettaisiin luonnonmukainen ohitusuoma jokisuusta Melon voimalaitokselle asti. Lisäksi voimalaitoksien välisille alueille istutettaisiin 7 500 lohen vaelluspoikasta (yhteensä 37 500 poikasta).

Kokemäenjokeen on 2020-luvulla istutettu noin 36 000 merilohen 2-vuotiasta poikasta Porin kalatalousalueelle (Ville Kangasniemi, sähköpostitiedonanto 17.11.2023). Istutukset ovat pääsääntöisesti olleet Tornionjoen kanta, mutta ajoittain niissä on käytetty myös Iijoen tai Neva-joen kantoja.

3.2. Lohen populaatiomallinnuksen tulokset ja niiden tarkastelu

Nykyisen kaltaisessa tilanteessa (mallivaihtoehto 1), jokisuulle voisi nousta noin 700–1 600 nousulohta, mitkä voisivat yhdessä istutusten kanssa tuottaa noin 36 370 vaelluspoikasta lisääntymisalueille (Taulukko 3A). Näistä merelle asti voisi selviytyä noin 34 880 vaelluspoikasta. Mikäli nykyiset poikastuotantoalueet kunnostettaisiin ja istutuksia jatkettaisiin (mallivaihtoehto 2), jokisuuhun voisi nousta lähes sama määrä aikuisia nousulohia kuin mallivaihtoehdossa 1, ja ne voisivat tuottaa noin 36 570 vaelluspoikasta. Näistä merelle asti selviytyisi noin 35 070 vaelluspoikasta.

Mikäli kaikki potentiaaliset poikastuotantoalueet kunnostettaisiin ja voimalaitoksien yhteyteen rakennettaisiin ohitusuomat (mallivaihtoehto 3), missä tappiot olisivat 10 prosenttia per voimalaitos (Taulukko 3A), jokisuuhun voisi selviytyä merivaellukseltaan noin 120–190 nousulohta. Näistä kutualueille voisi selviytyä noin 110–150 nousulohta ja nämä voisivat tuottaa noin 2 100–2 400 vaelluspoikasta lisääntymisalueille. Alasvaelluksen jälkeen jokisuuhun näistä selviytyisi noin 1 700–2 000 vaelluspoikasta. Jos tappio olisi 20 prosenttia voimalaitosta kohden (Taulukko 3B), jokisuuhun voisi selviytyä noin 80–110 nousulohta. Näistä kutualueille voisi selviytyä noin 70–90 nousulohta ja nämä tuottaisivat noin 1 300 vaelluspoikasta

lisääntymisalueille. Näistä alasvaelluksen jälkeen jokisuuhun voisi selviytyä noin 1 060–1 200 vaelluspoikasta.

Mikäli edelliseen, kolmanteen mallivaihtoehtoon, lisättäisiin vielä lohi-istutuksia 36 000 vaelluspoikasen verran (vaihtoehto 4) ja tappiot voimalaitoksien yhteyteen rakennetuissa ohitusuomissa olisivat 10 % (Taulukko 3A), jokisuuhun voisi selviytyä merivaellukseltaan noin 780–1 600 nousulohta. Näistä kutualueille selviytyisi noin 700–1 000 lohta ja nämä voisivat tuottaa noin 39 700 vaelluspoikasta. Takaisin jokisuuhun näistä voisi selviytyä noin 31 270 vaelluspoikasta. Jos tappio olisi 20 prosenttia voimalaitosta kohden (Taulukko 3B), jokisuuhun voisi selviytyä noin 630–1 300 nousulohta. Näistä kutualueille voisi selviytyä noin 530–780 nousulohta ja nämä voisivat tuottaa noin 39 100–39 450 vaelluspoikasta. Takaisin jokisuuhun näistä voisi selviytyä noin 25 550 vaelluspoikasta.

Viidennessä mallivaihtoehdossa jokisuuhun voisi selviytyä noin 1 000–2 500 nousulohta, jotka voisivat tuottaa poikasten alasvaelluksen jälkeen jokisuuhun noin 32 000–42 000 vaelluspoikasta. Tämä edellyttäisi kuitenkin viisinkertaista lisäystä nykyiseen arvioon kunnostetusta poikastuotantoalasta, molempiin suuntiin toimivien ohitusuomien rakentamista vain 10–20 % tappioilla per voimalaitos sekä vuosittaisia istutuksia jokaiselle patoaltaalle.

Taulukko 3. Vaelluspoikasten lukumäärät joessa (lisääntymisalueilla) ja alasvaelluksen jälkeen jokisuussa sekä aikuisten mereltä palaavien kutulohien lukumäärät jokisuussa ja nousuvaelluksen jälkeen kutualueilla (25. ja 75. persenttiilit), A) Alas- ja nousuvaellustappioina on käytetty 10 prosenttia per voimalaitos, B) Alas- ja nousuvaellustappioina on käytetty 20 prosenttia per voimalaitos.

Mallinnetut vaihtoehdot	Poikastuotantoala	Vaelluspoikasten lukumäärä		Aikuisten kutulohien lukumäärä	
	Yhteensä (ha)	Lisääntymisalueella	Jokisuussa	Jokisuussa	Kutualueilla
A) Alas- ja nousuvaellustappiot 10 % per voimalaitos					
1. Nykyisen kaltainen tilanne, istutukset	1,8	36 370–36 373	34 879–34 881	724–1 599	841–1 289
2. Kunnostettu nykytilanne, istutukset	2,8	36 563–36 568	35 064–35 069	734–1614	850–1 304
3. Kunnostetut alueet, ohitusuomat	21,8	2 118–2 375	1 769–1 973	126–189	113–140
4. Kunnostetut alueet, ohitusuomat, istutukset	21,8	39 572–39 828	31 161–31 362	777–1 581	739–1 078
5. Viisinkertainen lisääntymispinta-ala, ohitusuomat, istutukset	109,5	51 366–52 975	40 770–42 036	1 414–2 538	1 307–1 765
B) Alas- ja nousuvaellustappiot 20 % per voimalaitos					
3. Kunnostetut alueet, ohitusuomat	21,8	1 235–1 393	1 068–1 188	76–114	71–88
4. Kunnostetut alueet, ohitusuomat, istutukset	21,8	39 134–39 453	25 425–25 623	628–1 287	533–780
5. Viisinkertainen lisääntymispinta-ala, ohitusuomat, istutukset	109,5	48 140–49 791	32 159–33 227	1 079–1 961	922–1 248

3.2.1. Tulosten tarkastelu

Merkittävä osa Kokemäenjoen laskennallisesta lohipopulaatiosta voitaisiin tuottaa Harjavallan voimalaitoksen alapuolisella osuudella. Jokialueen kunnostamisella ja jatkamalla nykyisiä istutuksia vaelluspoikasia voitaisiin mallinnuksen mukaan tuottaa lisääntymisalueille noin 36 500 kappaletta. Alueella tapahtuva poikasten luonnontuotanto olisi edelleen vaatimatonta, noin 300–600 vaelluspoikasta, ja valtaosa poikasista olisi istutettuja. Istutusmäärien kasvattaminen lisäisi lähinnä kalastettavien nousukalojen määrää, joita alueella mallinnuksen mukaan voisi olla noin 700–1600 yksilöä.

Vaikka lohen luonnonpoikasten määrä olisikin alhainen, se on jopa hieman enemmän kuin jos jokaisen voimalaitoksen yhteyteen toteutettaisiin ohitusuomat. Tämä sen vuoksi, että jälkimmäisessä vaihtoehdossa tappioita aiheutuu jokaisen voimalaitoksen yhteydessä (mallissa arvioitu joko 10 tai 20 prosenttia per voimalaitos) kalojen vaeltaessa sekä ylä- että alavirtaan. Kalkilta voimalaitokselta kokonaistappiot olisivat siten yli 34 prosenttia (10 % per voimalaitos) tai jopa 59 prosenttia (20 % per voimalaitos).

Mallien tuloksista käy selvästi ilmi lohelle soveltuvan poikastuotantoalan vähäinen määrä Kokemäenjoella. Työssä toteutettiin myös viides mallinnusvaihtoehto, missä poikastuotantoalaa laskennallisesti kasvatettiin viisinkertaiseksi (noin 109 ha) nykyisiin kartoitettuihin arvioihin verrattuna. Vaellusyhteyksien tehokkuuden mukaan tällä voitaisiin saavuttaa 32 000–42 000 vaelluspoikasta jokisuuhun ja 900–1 300 aikuista kalaa kutualueille. Poikastuotantoala on tässä mallivaihtoehdossa samaa suuruusluokkaa kuin mitä aikaisemmin on arvioitu olevan Oulujoella patojen rakentamisen jälkeen (Härkönen 2023). Kokemäenjoella kuitenkin sekä aikuisia kutukaloja että vaelluspoikasia voitaisiin saavuttaa jonkin verran enemmän, koska vaelluksella ohitettavia voimalaitoksia on vähemmän ja vaelluksen aikana syntyvä kokonaistappio olisi silloin pienempi. Vertailun vuoksi mainittakoon, että Oulujoen pääuomassa on laskentavan mukaan 7–8 voimalaitosta, ja lähes samalla poikastuotantoalalla (noin 100 ha) on arvioitu laskennallisesti saavutettavan 300–700 aikuista kalaa kutualueille ja 8 000–17 000 vaelluspoikasta jokisuuhun (Härkönen 2023).

Populaatiomallissa käytetty arvio lohen smolttituotannosta perustuu parhaaseen saatavilla olevaan tutkimustietoon Ruotsin puolella sijaitsevista Öre-, Lögde- ja Ljunganjokien mediaaniarviosta ja sen 90 % todennäköisyysvälistä (ICES 2023). Kattava seurantatieto lohipopulaatioiden parametreista, jokien läheinen sijainti sekä kokoluokka puoltavat näiden arvioiden käyttämistä etenkin, kun tutkimustietoa isojen rakennettujen jokien yhteyteen rakennettujen kompensatiouomien soveltuvuudesta Itämeren lohelle ei ole saatavilla. Kokemäenjoelle on esitetty käytettäväksi mm. Vuoksen taimenen sähkökalastukseen perustuvaa smolttituotantoarviota Imatran kaupunkipuroilta (Jormola & Syrjänen 2024), mutta sisävesien taimenenarvioiden käyttäminen Itämeren lohen populaatiomalleissa ei ole perusteltua.

4. Yhteenveto

Kaikuluotauksella laskettiin kalamäärät ja luotauksella saatujen kalamäärien sekä saalisilmoitusten perusteella tehtiin arviot eri kalalajien määrästä. Vaikka tähän pieneen aineistoon liittyä epävarmuuksia useassa eri analyysin vaiheessa ja vaikka epävarmuuksia ei voitu numeerisesti arvioida, saatiin aineiston perusteella arvioitua nousukalamäärien suuruusluokkaa. Esimerkiksi tuloksista havaitaan, että yli 65 cm kaloja liikkui luotauspaikan ohitse satoja. Toisaalta suuria nousukalapiikkejä ei havaittu, joten on myös ilmeistä, että tuhansia tämän kokoluokan kaloja ei jokeen noussut.

Mikäli tuloksia halutaan tulevaisuudessa tarkentaa, olisi luotauspaikkakohtainen kaikuluotauksen pituusmittauksiin liittyvä tarkkuus ja täsmällisyys hyödyllinen lisätieto. Erittäin suurta hyötyä kalalajien tunnistukseen saataisiin vedenalaiskamerolla kerättävästä aineistosta, mikäli vedenalaiset valaistusolosuhteet ovat riittäviä ja suuri vedenkorkeuden vaihtelu ei estä aineiston keräämistä. Kameroiden asennus tällaisessa paikassa on kuitenkin haastavaa.

Kaikuluotainaineiston puoliautomaattinen käsittely osoittautui toimivaksi ja aikaa säästäväksi ratkaisuksi. On kuitenkin muistettava, että prosessia ei voida täysin ulkoistaa tietokoneelle, ainakaan nykytekniikalla. Fishtracker ja apuohjelma ovat työkaluja, jotka nopeuttavat datan käsittelyä, mutta vaativat kuitenkin ihmisen tekemään lopullisen määrittelyn. Ohjelmallisesti prosessia voidaan nopeuttaa antamalla ihmisen keskittyä lajimäärittelyyn eikä esimerkiksi kirjaamiseen ja tyhjien tiedostojen katsomiseen. Tarkempien määrittelyjen tekemiseksi olisi tulevaisuudessa kerättävä lisätietoa luotauspaikkakohtaisesta pituusmittausten virheestä esimerkiksi vapauttamalla tunnetun kokoisia kaloja suoraan kaikuluotainkeilaan. Tiedon avulla voitaisiin parantaa automaation tuottamaa tietoa, pituusluokkien rajoja sekä kalalajien erottelua.

Lohen populaatiomallinnuksen avulla saatiin lisätietoa joen tuotantopotentiaalista merilohen osalta, mikäli jokeen rakennettaisiin molempiin vaellussuuntiin toimivat ohitusuomat. Lohelle mallinnettiin viisi erilaista skenaariota, joissa tarkasteltiin luonnonmukaisten ohitusuomien, istutuksien ja lisääntymisaluekunnostusten merkitystä lohen vaelluspoikastuotannolle sekä jokeen palaavien kutukalojen määrään. Kaikuluotausaineiston analysoinnin ja karkean lajisuhdearvioinnin perusteella Kokemäenjokeen olisi mahdollisesti noussut 105–288 suurempaa ja 21–93 pienempää lohta vuonna 2023. Arviot ovat selvästi alhaisempia kuin mitä populaatiomallinnuksen vaihtoehto yksi antaisi olettaa nousulohien määrän olevan jokisuussa. On kuitenkin syytä muistaa, että molempiin menetelmiin liittyä epävarmuuksia, sillä kaikuluotausaineisto on vain yhdeltä vuodelta ja sitä voitaisiin tarkentaa keräämällä aineistoa useamman vuoden ajan. Myös mallinnus on kaikesta tutkimustiedosta huolimatta luovaa asiantuntijatyötä, ja sitä voidaan jatkossa päivittää mahdollisilla uusilla tutkimustiedoilla.

Nykyisen kaltaisessa tilanteessa lohen luonnonlisääntymiselle parhaimmat mahdollisuudet olisivat joen pääuomassa Harjavallan alapuolisella osuudella ja Harjunpäänjoessa. Nämä alueet voitaisiin kunnostaa ja lohen elinkiertoa tukea myös jatkossa istuttamalla vuosittain noin 28 800 lohenpoikasta Harjavallan voimalaitoksen alapuolelle. Alueella tapahtuva poikasten luonnontuotanto olisi edelleen vaatimatonta, noin 300–600 vaelluspoikasta, ja istutusmäärien kasvattaminen lisäisi lähinnä kalastettavien nousukalojen määrää. Näillä toimenpiteillä voitaisiin kuitenkin saavuttaa lisääntymisalueille noin 36 500 kpl lohen vaelluspoikasta.

Mikäli jokeen toteutettaisiin molempiin suuntiin toimivat vaellusratkaisut jokaisen voimalaitoksen yhteyteen, alueet kunnostettaisiin ja niille istutettaisiin lohen poikasia,

vaelluspoikasten määrä olisi laskennallisesti jopa alhaisempi kuin yksinomaan Harjavallan alapuolisella alueella saavutettava määrä. Tämä sen vuoksi, että vaelluskaloista osa menehtyy erisyistä jokaisen voimalaitoksen ohittavan vaellusratkaisun yhteydessä ja mitä enemmän ohitettavia voimalaitoksia joissa on, sitä suuremmat ovat kalamääriin aiheutuvat tappiot. Vaellustappioita on mahdollista tulevaisuudessa pienentää huolellisella vaellusratkaisujen suunnittelulla ja toteutuksella, jolloin mallinnustakin voitaisiin päivittää, mutta nämä arviot pohjautuvat toistaiseksi saatavilla olevaan tutkimustietoon.

Viimeisimpänä mallinnettiin teoreettinen arvio viisinkertaisesta poikastuotantoalueiden määrästä, mikä olisi jo lähellä joen tilannetta ennen sen patoamista. Tässäkin vaihtoehdossa nousukalojen lukumäärä kutualueilla vain noin kaksinkertaistuu, koska kaloille syntyvät tappiot kumuloituvat niiden vaeltaessa useamman voimalaitoksen ohitse sekä ylä- että alavirtaan. Kokemäenjoessa on arvioitu ennen sen rakentamista olleen koskialueita noin 107 ha ja lohikalojen poikastuotantoon soveltuvia alueita noin 150 ha (Honkasalo & Pennanen 1988). Rakentamattomana Kokemäenjoen pinta-alakohtaisen poikastuotannon on arveltu olevan Kymijoen kanssa samaa luokkaa (Järvi 1938), mutta nykytilassaan lohen luonnonkierron ennallistaminen merkittävässä määrin edellyttäisi todennäköisesti vesivoimatuotannossa olevien koskialueiden vapauttamista joko kokonaan tai osittain.

Lohen luonnonkierron ensisijainen haaste Kokemäenjoella on sen poikastuotantoalojen vähäisyys. Kesällä 2023 tehdyissä poikastuotantoalojen kartoituksissa pääuomassa raportoitiin olevan vähintään tyydyttävää poikastuotantoalaa 14,4 ha ja sivujoissa 12,9 ha (Eurofins Ahma Oy 2024). Jokialueiden kunnostuksilla pinta-alaa voitaisiin kasvattaa noin 10–20 hehtaarin verran. Luonnonmukaiset ohitusuomat voisivat Jormolan ja Syrjäsen (2024) mukaan tuoda lisää poikastuotantoalaa 10,7 ha. Näiden yhteenlaskettu arvio on edelleen erittäin alhainen verrattuna esimerkiksi Iijoen (>800 ha) tai Kemijoen sivujoen Ounasjoen (n. 2 000 ha) poikastuotantoalueisiin. Näin vähäisillä poikastuotantoalueilla on Kokemäenjokeen vaikeaa ennallistaa lohen luonnonlisääntymiseen perustuvaa elinkiertoa merkittävässä määrin ilman, että vesivoimatuotannossa olevia koskialueita vapautettaisiin joko kokonaan tai osittain.

Myönteisiä kokemuksia lohikalakantojen ennallistamisesta on saatu pienemmiltä joilta, mutta Atlantin lohen luonnonkierron ennallistaminen suurissa ja voimakkaasti rakennetuissa joissa on erittäin haasteellista. Esimerkiksi Rein-joella aikaisemmin esiintynyt lohi katosi 1950-luvulla voimakkaan vesirakentamisen, saasteiden, ilmastonmuutoksen ja ylikalastuksen yhteisvaikutusten vuoksi. Yli 40 vuotta kestäneistä mittavista elvyttämistoimenpiteistä huolimatta populaatiossa arvioidaan nykyään olevan vain 350–800 lisääntyvää yksilöä (van Rijssel ym. 2024). Suomen isoissa rakennetuissa joissa lohen elinkierron ennallistamiseen liittyvät haasteet muodostuvat vesien voimakkaasta säännöstelystä, valuma-alueiden maankäytöstä, supistuneesta kalakantojen geneettisestä perimästä sekä paikoittain myös kalastuksesta.

Kiitokset

Molempia osatöitä rahoitti Varsinais-Suomen Ely-keskus. Projekti on Euroopan unionin osarahoittama (kaikuluotausaineisto). Kiitämme Martti Henttosta kaikesta avusta kaikuluotaintyössä sekä Sami Vesalaa, Riku Helisevää, Jukka Pohtilaa, Simo Jallia ja Tarja Wiikiä kenttätöiden ja aineiston analyysien toteuttamisessa. Kiitos Antti Rädylle ja Atso Romakkaniemelle lohimallinnuksessa käytettyjen estimaattien tuottamisesta koko Itämeren lohikantamallista.

Viitteet

- Eurofins Ahma Oy. 2024. Kokemäenjoen alueen lohen ja taimenen elinympäristökartoitukset vuonna 2023. 26s + liitteet.
- Helminen, J., Dauphin, G.J. & Linnansaari, T. 2020. Length measurement accuracy of adaptive resolution imaging sonar and a predictive model to assess adult Atlantic salmon (*Salmo salar*) into two size categories with long-range data in a river. *Journal of fish biology* 97(4): 1009–1026. DOI: 10.1111/jfb.14456
- Helminen, J. & Linnansaari, T. 2021. Object and behavior differentiation for improved automated counts of migrating river fish using imaging sonar data. *Fisheries Research* 237: 105883. DOI: 10.1016/j.fishres.2021.105883
- Helminen, J., O'Sullivan, A.M. & Linnansaari, T. 2021. Measuring tailbeat frequencies of three fish species from adaptive resolution imaging sonar data. *Transactions of the American Fisheries Society* 150(5): 627–636. DOI: 10.1002/tafs.10318
- Helminen, J. & Linnansaari, T. 2023. Combining Imaging Sonar Counting and Underwater Camera Species Apportioning to Estimate the Number of Atlantic Salmon and Striped Bass in the Miramichi River, New Brunswick, Canada. *North American Journal of Fisheries Management* 43(3): 743–757. DOI: 10.1002/nafm.10889
- Honkasalo, L. & Pennanen, J.T. 1988. Kalatalouden ja vesistön käytön kehitys Kokemäenjoen vesistöissä Nokian alapuolella. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja nro: 83. 85 s. + liite.
- Huusko, R. 2024. Miten ohjauksaita on toiminut lohen poikasten alasvaelluksen ohjauksessa Iijoen Haapakoskella. Esitys SateenvarjoIII-hankkeen loppuwebinaarissa 12.3.2024. [Rakennettujen jokien vaelluskalat Sateenvarjo III | Luonnonvarakeskus \(luke.fi\)](#)
- Huusko, R., Hyvärinen, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A., Orell, P. & Erkinaro, J. 2018. Survival and migration speed of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in two large rivers: one without and one with dams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 75: 1177–1184. DOI: 10.1139/cjfas-2017-0134
- 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. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-690-0>
- ICES 2023. Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Scientific Reports. Report. DOI: 10.17895/ices.pub.22800983.v1
- Jormola, J. & Syrjänen, J. 2024. Ohitusuomia ja lisääntymisalueita Kokemäenjoen reitille. Esiselvitys. Moniste, 5.2.2024. 43s.
- Järvi, T.H. 1938. Fluctuations in the Baltic stock of salmon (1921–1935). *Rapports et Procès-verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 106. 114 s.

- Kytökorpi, M., Orell, P., Pohjola, J.-P. & Erkinaro, J. 2023. Sonar counting of the River Neidenelva salmon in 2022. *Natural resources and bioeconomy studies* 44/2023. Natural Resources Institute Finland. Helsinki. 23 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-684-9>
- Le Quinio, A., De Oliveira, E., Girard, A., Guillard, J., Roussel, J.M., Zaoui, F. & Martignac, F. 2023. Automatic detection, identification and counting of anguilliform fish using in situ acoustic camera data: Development of a cross-camera morphological analysis approach. *PloS one* 18(2): e0273588. DOI: 10.1371/journal.pone.0273588
- 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. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/555053>
- Martignac, F., Daroux, A., Bagliniere, J.L., Ombredane, D. & Guillard, J. 2015. The use of acoustic cameras in shallow waters: new hydroacoustic tools for monitoring migratory fish population. A review of DIDSON technology. *Fish and fisheries* 16(3): 486–510. DOI: 10.1111/faf.12071
- Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P., Rivinoja, P. & Erkinaro, J. 2012. Lohikantojen palauttaminen rakennetuille joille – mallinnustyökalu tuki- ja säätelytoimien biologiseen arviointiin. RKT:n työraportteja 1/2012. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 41 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-776-872-6>
- Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P. & Erkinaro, J. 2013. Kymijoen lohikannan elvyttäminen - populaatiomallinnus tuki- ja säätelytoimien vaikutuksesta. RKT:n työraportteja 5/2013. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 25 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/520244>
- Orell, P., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A., Jaukkuri, M., Huusko, R., van der Meer, O., Huusko, A., Lahti, M., Erkinaro, J. & Sutela, T. 2016. Kollaja-hankkeen vaikutukset lijoen vaelluskalakantojen elvyttämiseen. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 25/2016. Helsinki: Luonnonvarakeskus. 52 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-236-2>
- van Rijssel, J.C., Breukelaar, A.W., de Leeuw, J.J., van Puijenbroek, M.E.B., Schilder, K., Schrimpf, A., Vriese, F.T. & Winter, H.V. 2024. Reintroducing Atlantic salmon in the river Rhine for decades: Why did it not result in the return of a viable population? *River Research and Applications* 2024: 1-19. DOI: 10.1002/rra.4284



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi



Luonnonvarakeskus (Luke) Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki