

## MMM:n toimeksianto

# Arvio Heinäveden Palokin koskien ennallistamisen merkityksestä uhanalaisten lohikalakantojen, erityisesti äärimmäisen uhanalaisen Saimaan järvilohen, elvyttämisessä Vuoksen vesistöissä

3159/00 04 10/2023

Matti Janhunen, Ari Leskelä ja työryhmä\*  
**Jakelu, Maa- ja metsätalousministeriö 22.12.2023**

## Sisällys

Selvitystyön toimeksianto .....	3
Taustaa .....	3
1. Palokki ja järvilohi – elinkierron edellytykset vapautetulla reitillä .....	5
1.1 Järvilohen potentiaalinen poikastuotanto Palokissa .....	5
1.2 Ympäristöolosuhteiden merkitys järvilohen menestymiseen .....	9
1.3 Järvilohi-istutusten tarve Kunnostetussa Palokissa .....	11
1.4 Järvilohi vs. taimen.....	11
2. Nälönvirta-malli vaihtoehtoisena ratkaisuna.....	13
2.1 Potentiaali taimenen poikastuotannon laajentamiselle .....	13
Yhteenveto.....	15
Viitteet .....	17

## Selvitystyön toimeksianto

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) pyysi syksyllä 2023 Luonnonvarakeskukselta (Luke) arviota Heinäveden Palokkiin esitettyjen kalatalousratkaisujen mahdollisuuksista erityisesti järvilohen elvyttämiseen liittyen. Tämä työ hyödyntää aikaisempia aiheeseen liittyviä selvityksiä, eikä siinä kerätty uutta aineistoa. Tarkastelu keskittyy pääasiassa biologisiin, ekologisiin ja uhanalaisten lohikalakantojen suojelua koskevan toimintaympäristön realiteetteihin, ilman pohdintaa toimenpiteiden kustannuksista, kustannustehokkuudesta, vesilain edellyttämistä prosesseista tai mahdollisista intressiristiriidoista. Arvio on rajattu kahteen vaihtoehtoiseen toimenpideratkaisuun:

- 1) Palokin voimalaitos lakkautetaan ja kosket kunnostetaan – merkitys Saimaan järvilohikannan säilytys- ja elvytystavoitteiden näkökulmasta
- 2) Nälönvirta-malli, jossa vesivoimantuotanto jatkuu, mutta vaellusyhteys avataan ja lohikalojen lisääntymisalueita rakennetaan

Jälkimmäisen ratkaisumallin suunnitelmat eivät ole julkisia asiakirjoja, mutta kokonaisuudesta on käyty perehdyttävä keskinäinen keskustelu Pohjois-Karjalan Sähkö Oy:n (PKS Oy) edustajan kanssa. Asiakirjojen puuttuessa Nälönvirta-mallia tarkastellaan tässä ainoastaan pintapuolisesti perustuen PKS Oy:ltä saatuun suulliseen tietoon.

## Taustaa

Juojärven reitin vedet virtasivat vielä ennen 1960-luvun alkua Palokin- ja Patoonkoskien kautta Varisveteen. Vuonna 1961 rakennettu Palokin vesivoimalaitos (läpäisy 43,3 m<sup>3</sup>/s, turbiiniteho 7,4 MW, vuosienergia 29 500 MWh) katkaisi vaellusreitin ja tuhosi poikastuotantoympäristön yhdeltä eteläisen Suomen merkittävimmältä järvitaimenkannalta. Uittoperkaukset lienevät heikentäneet jo aiemmin Juojärvessä syönnöstäneen järvitaimenen alun perin noin 22–26 hehtaarin laajuiseksi arvioitua poikastuotantoalaa, mutta voimalan rakentamisen myötä lisääntymisalueet jäivät muodostuneen tekoaltaan alle tai kokonaan kuiville.

Pääasiassa Juojärvellä syönnöstäneen taimenen lisäksi Palokissa on todennäköisesti lisääntynyt myös Heinäveden reitiltä noussutta taimenta (Mäkinen 1986). Vaeltavaa taimenta esiintyy edelleen heikkona luontaisesti lisääntyvänä populaationa Palokin alapuolisella ja vapaana säilyneellä Heinäveden reitillä, johon yhdistyvät myös Kallaveden reitin vedet laskien edelleen Haukiveteen ja muihin Saimaan altaan osiin. Vuoksen vesistön järvitaimenkantojen toimenpideohjelmassa Heinäveden reitti kuuluu lajin elinalueiden osalta ns. kärkekohteisiin (Anon. 2018). Kaikki luontaisesti lisääntyvän taimenkannan lisääntymistä edistävät toimenpiteet ovat kyseisellä alueella erityisen arvokkaita. Toistaiseksi Palokista menetettyä taimenen poikastuotantoa on kompensoitu velvoiteistutuksilla.

Juojärven reitti on kirjattu yhdeksi valtioneuvoston kansallisen kalatiestrategian kärkekohteista vuonna 2012 yhdessä 19 muun joen tai jokireitin kanssa. Palokin koskijakson vapauttamiselle on erittäin vahva paikallinen kannatus, ja sitä on lähdetty ajamaan laajasti myös

kansallisella tasolla erityisesti äärimmäisen uhanalaisen Vuoksen vesistön (Saimaan) järvilohen pelastajana. Patojen purkamisella vesistöjä voidaankin selvästi tehokkaimmin palauttaa lähemmäksi ennen rakentamista vallinnutta tilaa, joten se on yleisesti koko vesieliöstön kannalta suositeltavin ennallistamismenetelmä (Rinnevalli ym. 2021). Palokin kalastusta ja kaloja koskevista selvityksistä ei kuitenkaan löydy mainintoja siitä, että järvilohi olisi alkujaan esiintynyt Juojärven tai Heinäveden reiteillä (Mäkinen 1968; kts. myös Piironen 2014). Vasta 1980-luvun lopulta aloitetun istutustoiminnan myötä on Heinäveden reitin koskista löytynyt taimenen ohella satunnaisesti myös luonnonkudusta syntyneitä järvilohenpoikasia.

Palokin koskien ennallistamishankkeeseen kytkeytyy luonnonsuojelullisen näkökulman lisäksi myös kulttuurihistoriallisia ja elinkeinopoliittisia arvoja. Saimaan alueen kalatalouskeskukset (4 kpl) sekä Vaikkojoki-Juojärven kalatalousalue ovat allekirjoittaneet yhteisen vetoomuksen vesivoimalapadon purkamisen ja koskijakson ennallistamiseen tähtäävien neuvottelujen ja toimenpiteiden puolesta. Pääministeri Orpon johdolla laadittu valtion hallitusohjelma (2023) sisältää Palokin koskireittiin ja vesivoimalaitokseen liittyvän erilliskirjauksen: *”Yhteistoiminnassa alueen toimijoiden kanssa hallitus edistää Heinäveden Palokin koskien ennallistamista uhanalaisten kalakantojen elvyttämiseksi. Samalla edistetään alueen kestävä matkailua.”* Hallitusohjelman mukaiseen määräaikaiseen investointiohjelmaan sisältyy lisäksi toimenpidekirjaus *”Matkailu- ja luontohanke Palokin koskien patojen purku, määräraha 20 milj.euroa.”*

Voimalaitoksen lakkauttaminen mahdollistaisi Palokin koskireitin kunnostamisen kokonaisuudessaan vaelluskalojen lisääntymis- ja elinympäristöksi. Toisaalta hankkeeseen liittyy teknisiä, taloudellisia ja oikeudellisia epävarmuustekijöitä. PKS Oy on ilmoittanut kannakseen, ettei sen omistama Palokin voimalaitos ole kaupan. Vaihtoehtoisena ratkaisuna sähköyhtiö on esittänyt ns. Nälönvirta-mallia, missä Palokin voimalaitoksen toiminta jatkuisi ja osa koskista voitaisiin kunnostaa järvitaimenen lisääntymis- ja poikastuotantoalueiksi, mahdollistaen samalla kalojen kulkemisen koskijakson ja Juojärven välillä. Ratkaisussa sovellettaisiin vähintään 2 m<sup>3</sup>/s ympäristövirtaamaa, joka johdettaisiin Lapinpesän padon (Nälönpadon) yhteyteen rakennettavan pienvesivoimalan kautta maastoon muotoiltavaan luonnonmukaiseen ohitusuomaan, sekä kalojen vapaan kulkemisen mahdollistavaa ohitusratkaisua pienvoimalan ja yläpuolisen syönnösalueen (Juojärven) välille. Jotta yhtiö lähtisi keskustelemaan voimalaitoksen myynnistä, tulisi myynnille saada PKS Oy:n mukaan omistajatahojen eli Pohjois-Karjalan kuntien yhteinen puolto. Valtion hallitusohjelmaan tehty kirjaus puolestaan edellyttää, että asiaa viedään eteenpäin MMM:n ja sähköyhtiön keskinäisissä neuvotteluissa.

Palokin kalataloudellisia ratkaisumalleja on käsitelty useissa selvityksissä jo 20 vuoden ajan (Pautamo 2003, Pautamo ym. 2012, Piironen 2014, Viialainen 2022). Myös PKS Oy on teettänyt hiljattain Palokin vaihtoehdoista oman kehittämiselvityksensä, jonka lopputulemana on ehdotus sähköntuotannon ja taimenkannan luontaisen poikastuotannon elvyttämistä yhteensovittavasta ratkaisumallista (tiedote 30.9.2022: <https://www.pks.fi/uutiset/pks-uskoo-lohikalojen-ja-sahkontuotannon-yhteiseloon-palokissa/>). Viimeisin MMM:n toimeksiantona koostettu selvityspaketti valmistui keväällä 2023 Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten toimesta (myöhemmin ELY-selvitys; Anon. 2023). Siinä Palokin koskireitin ja vesivoimalaitoksen kalatalousratkaisuihin kytkeytyviä kehittämismahdollisuuksia on käsitelty laajasti eri ratkaisuvaihtoehtojen pohjalta arvioiden samalla näiden vaikuttavuutta ja epävarmuustekijöitä.

## 1. Palokki ja järvilohi – elinkierron edellytykset vapautetulla reitillä

Vaikka Heinäveden reitin koskissa on kuten satunnaisesti lähinnä järviolueille kalastusta varten tehdyistä istutuksista peräisin olevia ”kotiosoitteettomia” järvilohia, luonnossa syntyviä poikasia on nykytilassa liian vähän omavaraisen kannan vakiintumiseksi. Järvilohen kotiuttaminen Palokin kunnostettaville koskialueille edellyttäisikin laajamittaista istutustoimintaa. Lähtökohtaisesti onnistumisen todennäköisyys eroaa siten oleellisesti esimerkiksi Hiitolanjoen (Laatokan) järvilohen tilanteesta, jonka kohdalla täydellinen luonnonkierto on toteutunut katkeamattomana kannan alkuperäisessä ympäristössä, ja jolle uudet Suomen puolelta kunnostettavat poikastuotantoalueet tarjoavat tilaisuuden laajentaa elinaluettaan ilman tuki-istutuksia. Koski- ja virtapaikkojen laadukkaalla kunnostamisella olisi sinänsä mahdollista luoda soveltuvia poikastuotantoalueita myös Palokissa lisääntyvää Saimaan järvilohia ajatellen, ja poikaset – niin luonnonkudusta kuin istutuksista peräisin olevat – voisivat leimautua kasvuympäristöönsä tunnistaen sen myöhemmin järvivaellukseltaan kutukypsäksi selvinneenä lisääntymisalueekseen. Vaelluskalojen istutusten onnistuminen ei kuitenkaan ole itsestään selvää (Marttila ym. 2019). Järvilohen luonnonvaraisen elinkierron toteutumisen mahdollisuutta arvioitaessa tarkastelun kulmakiviksi nousevatkin palautettavien virta-alueiden pinta-alat yhdistettynä poikas- ja vaellusvaiheen selviytyvyyteen.

Lohella, kuten muillakin virtavesissä elävillä lohikaloilla, poikaskantojen dynamiikka on vahvasti tiheysriippuvaista. Vaelluspoikas- eli smolttituotannon tiedetään rajoittuvan tietyille jokikohtaiselle tasolle jokipoikasten reviirikäyttäytymisestä sekä rajallisesta, rakenteeltaan ja ravinnontuotannoltaan heterogeenisestä elintilasta johtuen (Symons 1979; Solomon 1985; Armstrong ym. 2003). Smolttituotannon potentiaalisen maksimin määräävät jokiympäristön fyysiset, kemialliset ja biologiset ominaispiirteet. Alueiden kantokyvyn lähestyessä populaation sisäiset tiheydestä aiheutuvat tekijät alkavat säädellä poikasten kasvua ja määrää (Nislow ym. 2011; Einum & Nislow 2011). Tähän liittyvät paitsi vuosiluokan sisäiset myös vuosiluokkien (kohorttien) väliset vuorovaikutukset. Rajoittavan resurssin tyyppi voi vaihdella jokisysteemistä toiseen, ja tiheydestä riippumattomat kuolleisuustekijät (esim. liian korkea lämpötila) saattavat asettaa lohikalojen poikastuotannon selvästi potentiaalista kantokykyä alemmas. Joessa elävien poikasten suosimat veden virtausnopeudet, syvyydet ja pohjan rakenne (sora- ja kivikoko sekä vesikasvillisuuden suoja) vaihtelevat elinvaiheen ja kalojen kasvun mukaan. Vanhemman ikäluokan kalat eivät suuremmasta koostaan ja paremmasta kokemuksestaan huolimatta saavuta automaattisesti kilpailuetua nuorempiin nähden; esim. kesänvanhat lohenpoikaset sietävät kohonneita veden lämpötiloja jonkin verran vanhempia lajitovereitaan paremmin, mikä voi suosia niiden selviämistä kesän alivirtaamakauden aikana (Breau ym. 2007). Kilpailua suojapaikoista ja ravinnosta voi syntyä samalla myös ekologisilta vaatimuksiltaan läheisten lajien välillä.

### 1.1. Järvilohen potentiaalinen poikastuotanto Palokissa

Palokin koski- ja virtapaikkojen täysimääräisellä kunnostamisella on arvioitu saavutettavan enimmillään noin 26 hehtaaria lohikalojen poikastuotantoalueita (Pautamo 2003; Anon. 2023).

Mäkinen (1968) on arvioinut Palokin luontaisten poikastuotantoalueiden olevan laajuudeltaan noin 22,5 hehtaaria. Luonnontilaisen Saimaan järvilohen osalta ei ole käytettävissä pohjatietoa jokipoikastiheyksistä, smolttituotannosta tai kutukalojen määrästä, ja toisaalta kannan tuottavuus ja palautusmahdollisuudet luonnossa ovat voineet heikentyä merkittävästi sen romahtamista seuranneen geneettisen pullonkaulan ja pitkän laitosviljelykierron aikana (Ford 2002; Araki ym. 2007; Milot ym. 2013). Yksinkertaisten, luontaisen elinkierron palauttamiseksi tehtyjen laskelmien pohjana olevia lukuja voidaan omaksua muista lohipopulaatioista, mutta niillä ei voida antaa tarkkoja arvioita järvilohelle tarpeellisista pinta-aloista, smolttituotannosta eikä kalojen selviytyvyydestä sukukypsyyksiin.

Pohjoisen Itämeren lohijokien osalta on eri asiantuntija-arvioita yhdistäen laskettu tiheyskapasiteetin keskiarvoksi noin 450 smoltin vuotuinen tuotto poikastuotantoalueiden hehtaaria kohden (Uusitalo ym. 2005). Arviot vastaavat edelleen noin 200 smoltin keskimääräistä tuotantoa jokihehtaaria kohden, kun koko lohikalojen käytettävissä oleva jokialue, ml. muut kuin varsinaiset lohenoikasille soveltuvat kasvualueet, otetaan huomioon. Aiemmin pohjoisen Itämeren lohijoista esitetyt arviot ovat vaihdelleet 100–350 smoltin välillä poikastuotantohehtaaria kohden (Jutila & Pruuki 1988; Kemppainen ym. 1995; Romakkaniemi ym. 1995). Esimerkiksi Itämeren lohikantamallin vuosina 1987–2020 kertyneiden seuranta-aineistojen Tornion-, Kalix- ja Byskejoen smolttien mediaaniarvo poikastuotantohehtaaria kohti oli laskennallisesti 284 poikasta, 90 % todennäköisyysvälin ollessa 242–344 smoltia / hehtaari (ICES 2021). Järvilohen perinnöllisen kapeuden (eli samanlaisten geenimuotojen runsauden) ja siitä todennäköisesti seuranneen sopeutumiskyvyn alenemisen vuoksi jokipoikasvaiheen selviytyvyyden voidaan olettaa olevan vielä luonnossa lisääntyviä ja monimuotoisempia merilohikantoja matalampi (Eronen ym. 2021, 2023). Siten läpi koskijakson käytettyä 450 smoltin hehtaarit tuotantoa voidaan pitää pikemminkin optimistiseksi asetettuna kuin varovaisena arviona.

Teoreettisilla laskelmilla voidaan haarukoida tavoiteltavia suurusluokkia kuvaavia luonnonkierron syntymiselle tarvittavien kutukalojen, poikastuotantoon tarvittavien tuotantopinta-alojen ja smolttien määrällisiä arvoja ja siten havainnollistaa näiden keskinäinen riippuvuus (Kuva 1).

Saimaan järvilohen toimenpideohjelmassa (2021–2030) kannan luonnonvaraisen lisääntymiskierron palauttamiseksi on laskettu tarvittavan vähintään 50 hehtaaria hyvälaatuisia poikastuotantoalueita, jolloin tavoiteltava 15 000–20 000 smoltin vuosituotanto voitaisiin saavuttaa (Piironen 2021). Palokin koskien lohenoikas tuotantoon soveltuvat pinta-alat sisältäisivät toteutuessaan laadullista vaihtelua niin pohjan rakenteen kuin virtausolosuhteiden suhteen. Käyttäen järvilohismolttien keskimääräisenä tuotantolukuna 200–450 hehtaaria kohden, yksinomaan vapautuneen Palokin koskimaisiksi osiksi arvioiduille virta-alueille (5–7 ha, pintavirtausnopeus 0,1–0,2 m/s) smolttien laskennalliseksi kokonaismääräksi saadaan noin 1 000–3 150 kalaa. Kahden prosentin selviytymisarviolla laskettuna kudulle palaavien lohien määrä olisi noin 60 yksilöä (Kuva 1), mikä on selvästi vähemmän kuin toimenpideohjelmassa arvioitu kutunaaraiden määrä elinkelpoisen ja kestäväen lohipopulaation perustaksi.

Em. nousulohien määrä ja syntyvät jälkeläiset mahtuisivat sinänsä hyvin Palokin koskialueille. Lisäksi jo muutaman parin vahvuinen kutukanta voi tuottaa hyvillä lisääntymisalueilla huomattavan tiheän poikasesiintymän: järvilohet tuottavat painokiloonsa nähden keskimäärin n. 1 400 mätimunaa (keskikokoinen naaras n. 5 000 kpl). Perinnöllisessä

mielessä muutamien kymmenien yksilöiden vahvuinen kutukanta on kuitenkin riittämätön populaation pidemmän aikavälin (muutamia sukupolvia pidempään kestävä) säilyttämisen kannalta – etenkin, kun Saimaan järvilohikanta on jo tätä nykyä hyvin alhaisen geneettisen muuntelun rasittama (Koljonen ym. 2002; Tonteri ym. 2005). Lukessa on meneillään yhteistyökumppaneiden kanssa selvityksiä siitä, voidaanko kantaristeytyksin lisättävällä perimäaineen vaihtelulla lisätä järvilohikannan elinvoimaisuutta ja sietokykyä ympäristönmuutoksiin (Eronen ym. 2021, 2023; Klemme ym. 2021).

Jos keskimääräinen hehtaarituotto laskettaisiin 200–450 järvilohismoltin mukaan koko Palokin vapaalle koskijaksolle, sisältäen myös hitaammat nivamaiset virranosat (yht. n. 26 ha), vuotuiseksi syönnösvaellukselle lähtevien smolttien määräksi saataisiin 5 200–11 700. ELY-selvityksessä Palokin vaelluskalojen poikastuotantoarvioksi on annettu noin 8 000–32 000 smolttia / vuosi (vastaa 750–1 250 smolttia / ha), sillä oletuksella, että kunnostustoimenpiteet voitaisiin optimoida koko koskijaksolle (Anon. 2023). Selvityksen vaihteluväli on huomattavan laaja, eikä sille ole esitetty lähdeviitteitä. Ylärajan suuruusluokka vastaa kuitenkin Kymijoen lohelle mm. Bayesilaisen mallinnuksen avulla arvioitua smolttituotantokapasiteettia (1 333 smolttia / ha; ICES 2018). Tätäkin suurempaan lukemaan (1 500 smolttia / ha) ovat päätyneet Vehanen ym. (2022) arvioidessaan Laatokan järvilohen ja taimenen yhteistä smolttituotantoa luonnontilaisessa Vuoksessa.

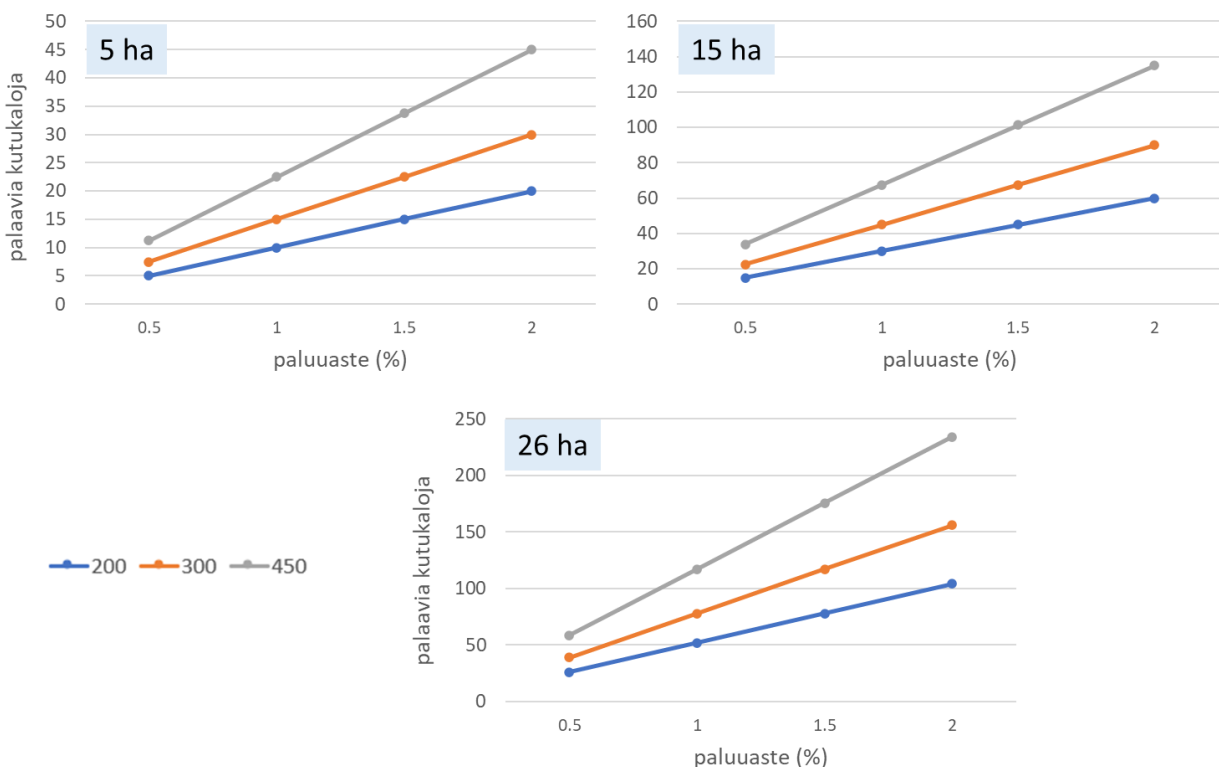
Virtakutuisten lohikalojen luontainen poikastuotanto riippuu paitsi kutuun ja poikasten kasvuun sopivien alueiden pinta-aloista ja niiden tuotantokapasiteetista myös kutukannan koosta. Järvilohen luonnonkiertoon riittäväksi kutunaaraiden minimimääräksi on arvioitu 200 yksilöä (Piironen 2021). Ennen vuoden 2016 kalastuslain uudistusta Pielisjokeen vapautettujen 2-vuotiaiden järvilohi-istukkaiden selviytyminen järvivaiheen aikana on ollut erittäin heikko, vain 4–8 pyydettyä kutulohta 10 000 istukasta kohden (alle promillen). Uudet kalastussäädökset (erityisesti rasvaevällisen lohen rauhoittaminen) voivat moninkertaistaa kudulle palaavien emokalojen määriä aiempaan verrattuna, mutta nykyisellä tasollakin paluuasteessa jäätäneen alle 0,5 %:n. Luonnossa smolteiksi kasvaneiden kalojen voidaan olettaa selviytyvän merkittävästi paremmin, noin 2–3-kertaisesti, viljeltyihin poikasiin verrattuna (esimerkkinä Tornionjoen ja Simojoen lohella tehdyt uloonjäätämistä: Jutila ym. 2003; Jokikokko ym. 2006; Romakkaniemi 2008; Kallio-Nyberg ym. 2015). Vuosilta 1996–1998 Simojoelta kerätty lohiaiaineisto on mm. osoittanut, että selviytyvyys kudulle nousevaksi aikuiseksi oli istutetuilla smolteilla 0,2 % ja luonnonsmolteilla 0,7 % (Jokikokko & Jutila 2009). Saimaan järvilohella korkea järvikuolleisuus voi liittyä osaltaan siihen, että syönnösvaelluksella kalat ovat kalastukselle alttiina suhteellisen kauan aikaa; aina yli 2 vuotta ja koiraat yleisemmin vähintään kolme vuotta. Ns. kossin eli heti ensimmäisen syönnösvaelluksella vietetyn vuoden jälkeen kudulle nousevan kannanosan puuttuminen eroaa tyypillisestä merilohikantojen elinkierrosta (Makkonen ym. 1995).

Pitkän aikavälin säilymiselle teholliseksi populaatiokooksi (kuva lisääntyvien yksilöiden muodostamaa kannan kokoa) on annettu yleisenä nyrkkisääntönä vähintään 500 yksilöä (Franklin & Frankham 1998), mutta sittemmin suosituksissa on päädytty yli tuhanteen yksilöön (Frankham ym. 2014). Jos koko vapautuneen koskireitin keskimääräinen hehtaarituotto lasketaan 200–450 smoltin mukaisesti, järvilohen kutukannan tavoitekoko olisi enimmilläänkin alle puolet (104–234 yksilöä) käyttäen kahden prosentin paluuastetta (Kuva 1). Vastaavasti yli neljän prosentin paluuasteella vuotuinen lähtevien smolttien kokonaismäärä (yllä esitetty 5 200–11 700

smoltia 26 hehtaarille laskettuna), riittäisi tuottamaan 200–500 aikuisen yksilön kutukannan (Kuva 2). Edelleen, jos vuotuisena smolttituotannon lukuna käytetään maltillista 200 poikasta hehtaarille, tarvittaisiin 500 aikuisen kutukalan saamiseksi 10 prosentin paluuaste. Järvilohen korkea vaelluksenaikainen kuolleisuus huomioiden tämä ei ole realistisesti saavutettavissa. Vastaavasti 500 kutevan kalan saavuttaminen edellyttäisi realistisemmilla 1 tai 2 % paluuasteilla noin 1950 tai 950 smoltin vuotuista hehtaarituoantoa (Kuva 2).

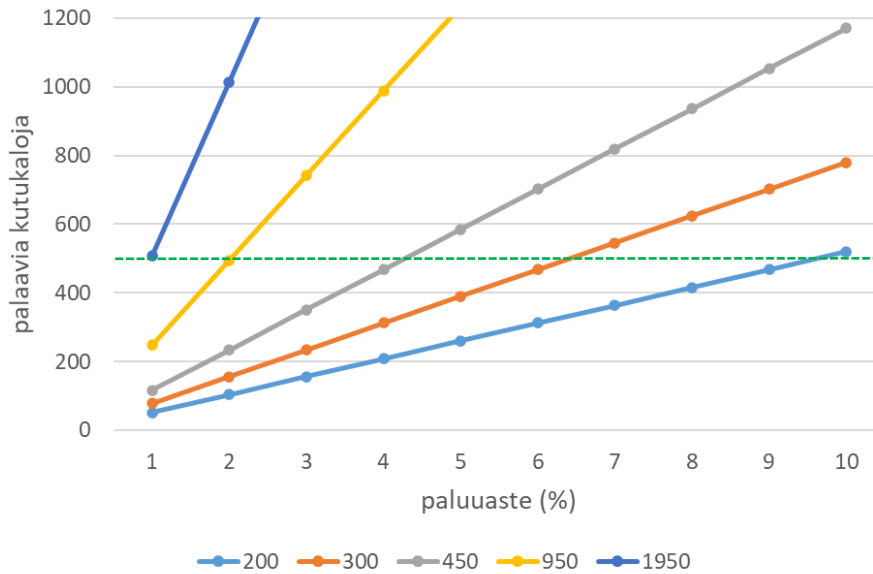
Yllä olevat laskelmat osoittavat, että vaikka kaikki teoreettisesti palautettavissa olevat poikastuotantoalueet saataisiin optimaalisesti kunnostettua ja tehokkaasti järvilohen käyttöön, luontaisen smolttituotannon saaminen riittäville yllä mainituille tasoille ei välttämättä onnistuisi.

Emokalojen ja smolttien määrällisiä suhteita voidaan laskea karkeasti myös tuotetun mädin ja jokipoikasten selviytyvyyden kautta. Saimaalta Pielisjokeen nousevien kutulohien todellisen sukupuolijakauman tiedetään olevan selvästi naarasvoittoinen; naaraita on keskimäärin noin 3/4 pyydetyistä emokaloista (keskipaino 3,7 kg, mädintuotanto 5 000 kpl / naaras) (Piironen 2021). Luonnossa lohien selviytyvyys mädistä smoltiksi on tyypillisesti alle 2 % (Cunjak & Therrien 1998). Mikäli kudetusta mädistä selviytyy smoltiksi saakka kaikkiaan noin 1 %, edellyttää aiemmin laskettu 5 200–11 700 smoltin vuotuinen tuotantomäärä 104–234 järvilohinaarasta. Tämä olisi mahdollista saavuttaa noin 2,7 % paluuasteella. Naaraiden määrä olisi parhaimmillaan hieman vajaa puolet monimuotoisuuden säilyttämisen kannalta tavoiteltavasta noin 500 kutijan kannasta.



**Kuva 1.** Joen hehtaarikohtaisen vaelluspoikastuotannon (200, 300 ja 450 smoltia / ha), vaellusvaiheen selviytyvyyden (paluuaste 0,5–2 %) ja palaavien kutukalojen välinen riippuvuus erilaisilla poikastuotantopinta-aloilla (5, 15 ja 25 ha). Elinkelpoiseen lisääntyvään kantaan tarvittaisiin vähintään 500 yksilöä vuodessa (Franklin & Frankham 1998).





**Kuva 2.** Joen vaelluspoikastuotannon (200, 300, 450, 950 ja 1950 smoltia / ha), kudulle selviämisen (paluuaste 1–10 %) ja palaavien kutukalojen välinen riippuvuus 26 hehtaarin poikastuotantopinta-alalle laskettuna. Kutukantaan tavoiteltava 500 yksilön vähimmäismäärä on esitetty katkoviivalla.

## 1.2. Ympäristöolosuhteiden merkitys järvilohen menestymiseen

Kuten missä tahansa joessa, myös Palokin ennallistettavassa luonnonuomassa veden virtaaman vaihtelu tulisi vaikuttamaan olennaisesti tuotetun poikaskannan menestymiseen ja ympäristön kantokykyyn, kenties myös kudulle nousevien lohikaloiden hakeutumiseen alueelle. Sekä vuosien väliset että vuodenaikaiset muutokset virtaamassa muuttavat ravintoa ja suojaa tarjoavien paikkojen laajuutta ja siten tiheydestä riippuvaa kantokykyä. ELY-selvityksessä laaditun ilmastonmuutosmallin perusteella Juojärven talven tulovirtaamien odotetaan kasvavan ja kevättulvien aikaistuvan (Anon. 2023). Ennusteet kertovat myös alhaisista vedenkorkeuksista kesällä ja syksyllä, jolloin minimivirtaamien ennakoitaan pienentyvän. Nykyisellä Juojärven säännöstelykäytännöllä tämä tarkoittaisi, että lähtövirtaama (eli vapautettujen Palokin koskien virtaama) voisi olla pitkiä aikoja hyvin matalalla tasolla. Juojärven luusuaan mitoitettavaa 220 metrin pituista pohjapatoa on kaavailtu ratkaisuksi vedenkorkeuden vaihteluvälien ja alivedenkorkeuden säilyttämiseksi entisellään. ELY-selvityksen mukaan nykyisen ilmaston tilaa kuvaavien Juojärven vesimallien ja vapaalle Palokin koskireitille tuotettujen virtaamaennusteiden perusteella alivirtaaman minimi tulisi olemaan 1–3 m<sup>3</sup>/s pohjapatoratkaisusta riippuen. Tämä on vertailukelpoinen Hiitolanjoen minimivirtaaman kanssa (n. 2 m<sup>3</sup>/s) mutta selvästi luonnontilaisen Palokin talvista alivirtaamaa (n. 7 m<sup>3</sup>/s) pienempi. Pitkään jatkuvaa kuivuutta seuraavalla alivirtaamalla lohikaloiden ja erityisesti järvilohenpoikasten käytettävissä olevan elinympäristön kokonaisala voi laskea siten merkittävästi Palokin keskivirtaamalle laskettua pinta-alaa pienemmäksi (so. 5–7 ha koskimaisia ja 20–22 ha nivamaisia virtausalueita), mutta lopulta ääriarvoja koettelevan alivirtaaman toistuvuus ja kesto tulisivat paljolti määrittämään alueella syntyvien vuosiluokkien runsausvaihtelua ja tuotantokykyä.

Vesimallien ja -ennusteiden kuvaamia virtausvaihteluita ei ole huomioitu ELY-selvityksen kalatalousosioissa ja tarkemmissa ennallistamissuunnitelmissa. Muuttuvien virtausolosuhteiden ja lukuisten muiden ympäristötekijöiden vuoksi järviolohelle (tai taimenelle) soveltuvien poikastuotantopinta-alojen määrittäminen tai keskinäinen vertailu (edes saman reitin sisällä) on lähtökohtaisesti hankalaa, eikä niiden arviointiin ole olemassa yhteismitallista järjestelmää. Luonnollisen virtausdynamiikan eheyttäminen nähdään kuitenkin erityisen tärkeänä tavoitteena jokien kunnostustoimenpiteitä tehdessä (Poff ym. 1997; Huusko ym. 2021). Juojärven säännöstelytarve ei mahdollista tämän avainprosessin toteutumista vapautetulla Palokin reitillä. On epätodennäköistä, että Palokin laajassa ja voimakkaille virtaamavaihteluille alttiina olevassa systeemissä poikastuotantoalueet saataisiin rakennettua kaltevuuksiltaan ja lopullisilta virtaamaolosuhteiltaan optimaaliseksi kaikkien kunnostettavaksi suunniteltujen hehtaareiden osalta ilman Juojärven säännöstelykäytäntöjen muuttamista. Koska alivirtaaman matala minimitaso on potentiaalinen heikentävä tekijä ennallistamisvaihtoehdon vaikuttavuutta punnittaessa, Palokin alueen kunnostuksilla ei välttämättä saavuteta 26 hehtaarin poikastuotantoaluetta. Erilaisilla virtaamilla toteutuvia poikastuotantoalojen laajuuksia on mahdollista arvioida elinympäristömallinnuksen avulla, mutta näitä mallinnuksia ei ole tähän työhön sisällytetty.

Saimaan järviolohen voidaan olettaa sopeutuneen alkuperäisten jokialueidensa voimakkaisiin mutta luonnollisesti muuttuviin virtaamaoloihin. Hydrologiset olot vaikuttavat esim. kutupaikan valintaan ja varhaisten elinvaiheiden selviämiseen. Voimakkaat ja äkillisenä esiintyvät tulvat voivat tuhota kutupesissä hautoutuvia mätimunien tai huuhtoa uintikyvyltään heikkoja pienpoikasia alivirtaan petojen syötäväksi (Jensen & Johnsen 1999; Malcolm ym. 2012; Sloat ym. 2017; Gendaszek ym. 2018). Ala-Koitajoella alhaisen talvivirtaaman (4 m<sup>3</sup>/s) on arveltu olevan merkittävä pullonkaula järviolohen selviämiseksi: koskialueilla elävät poikaset joutuvat tuolloin siirtymään uoman syvempiin osiin ja edelleen suvantoalueille, missä petojen saalistuspaine on suuri (Piironen 2020). Vastaavasti useissa tutkimuksissa on osoitettu kesäaikaisen alivirtaaman heikentävän virtavedessä elävien lohikalojen poikastuotantoa ja kasvua (Harvey ym. 2006; Beecher ym. 2010; Grantham ym. 2012; Letcher ym. 2015; Ohlberger ym. 2018; Vorste ym. 2020; Warkentin ym. 2022). Kaventuvan elintilan, heikentyvän ravinnontarjonnan ja lisääntyvän resurssikilpailun lisäksi kesällä voimakkaasti mataloituva jokivesi voi altistaa lohikalanpoikasia helpommin liian korkeille lämpötiloille lisäten siten niiden suoraa elinolojen heikkenemisestä aiheutuvaa kuolleisuutta (Harvey ym. 2006; Bradford ym. 2011; van Vliet ym. 2013; Letcher ym. 2015). Kesäkauden aikana pieneksi käyvä virtaama voi olla siksi pienpoikasille talviaikaa kriittisempi. Kutistuva ja epäsuotuisaksi käyvä elintila voi pakottaa poikasia siirtymään syvemmille ja suhteellisesti kasvaville niva- tai suvanto-osuuksille altistaen niitä kohonneelle saalistusriskille (Armstrong ym. 1998).

Virtaaman suhde poikasten runsauteen ja alueen kantokykyyn ei ole kuitenkaan suoraviivainen (esim. Bradford ym. 2011). Pienpoikasvaiheissa lohen (ja taimenen) poikasilla on hyvin kapea "virtausikkuna", jossa ne kykenevät hankkimaan ravintoa menestyksekkäästi (Kennedy ym. 2008): liian hitaat virtaukset tarjoavat riittämättömän määrän virran mukana kulkeutuvaa ruokaa, ja liian nopeat virtaukset puolestaan estävät ravinnon kiinnisaamisen. Erityisesti Palokin virtausolosuhteiden muutosten jokseenkin epäennustettavaa merkitystä voitaisiin arvioida vasta säännöllisen ja pitkään jatkuvan (vaellus)poikastuotannon seurannan avulla.

### 1.3. Järvilohi-istutusten tarve kunnostetussa Palokissa

Lisääntymisalueiden kasvavan poikastuotannon rinnalla Palokin aluetta tulisi tukea mittavilla järvilohismolttien (ja jokipoikasten) istutuksilla. Istutuksia tulisi tehdä myös kriittisen säilytysviljelyn turvaamiseksi, jotta laitosparvia saataisiin uusittua säännöllisesti osittaisen luonnonvalinnan läpikäyneistä kutukaloista. Istutustoimintaa olisi varauduttava harjoittamaan ainakin kahden lohisukupolven ajan, eli vähintään 15 vuoden ajan.

On kuitenkin huomattava, että järvilohistrategian (Kaijomaa ym. 2003) asettamasta vuotuisesta kannanhoidollisten istukkaiden määrällisestä tavoitteesta (100 000 kaksivuotiaista lohta) on jääty säännönmukaisesti jälkeen koko järvilohen istutushistorian ajan. Vuosista 2015–2016 lähtien aggressiivisen vesihometaudin esiintyminen on romahduttanut viljelynvaraista poikastuotantoa niin Luken ylläpitämissä emokalastoissa kuin yksityisillä istukaspoikasia tuottavilla laitoksillakin. Emokalastojen varaparvijärjestelyt ja mahdolliset nopeat ratkaisut vesihomeen torjuntaan voivat hiljalleen parantaa mädin ja istukkaiden tuotantovarmuutta, mutta varmuutta tästä ei vielä ole.

Palokin mukaan ottaminen uudeksi järvilohikohteeksi edellyttäisi suojelutoimien uudelleenkohdentamista ja priorisoimista. Tämä voisi asettaa merkittävän haasteen lajin alkuperäisillä palautusalueilla (Pielisjoki, Lieksanjoki) tehtäville hoitotoimenpiteille, koska myös nämä alueet tulevat olemaan vielä vuosia istutuksista riippuvaisia (Piironen 2021). Tärkeää onkin varmistaa, etteivät Palokkiin kohdennettavat kalanistutukset, muiden resurssien muassa, vaaranna millään tavoin tai vie huomiota järvilohen alkuperäisillä elinalueilla tehtävistä toimenpiteistä.

### 1.4. Järvilohi vs. taimen

Jos Palokin koskialueille pyrittäisiin lähtökohtaisesti kotiuttamaan sekä järvilohi että -taimen, on kilpailutilanne elinalueesta ja ravinnosta syytä huomioida myös lajien kesken. Kummankin lajin poikasten elinympäristövaatimukset (ekologiset lokerot) ovat hyvin lähellä toisiaan. Ala-Koitajoella toteutettujen selvitysten mukaan järvilohenpoikaset keskittyvät kesäjaksolla keskimäärin kiihasvirtaisiin (0,3–0,9 m/s) koskiympäristöihin (Mäki-Petäys ym. 2000), kun taas taimen suosii laajemmin miedomman virtauksen alueita (Inha 2020; kts. myös esim. Heggenes ym. 1999; Armstrong ym. 2003). Lohen ja taimenen vaatimukset menevät osittain päällekkäin myös kutuympäristön suhteen (Louhi ym. 2008).

Jokipoikasvaiheessa taimenen on havaittu olevan aggressiivisempi ja samankokoiseen loheen nähden sosiaalisesti dominoivampi (esim. Bremset & Heggenes 2001). Todisteita taimenen lohta syrjäyttävästä vaikutuksesta on saatu kilpailutilanteessa (esim. Kennedy & Strange 1986; Armstrong ym. 2003), mutta lajienvälinen vuorovaikutus poikashabitaatin käytössä ei ole aina selkeä. Toisaalta lajienvälinen kilpailutilanne ei rajoitu pelkästään kesäkuukausille: talviaikaan lohetaimenet kilpailevat syvemmistä ja alhaisen virrannopeuden ympäristöistä, jolloin lohien on havaittu muuttavan vuorokausirytmään päiväaktiivisempaan suuntaan (Harwood ym. 2001). Lisääntynyt päiväaktiivisuus voi lisätä lohenpoikasten riskiä joutua saaliiksi ja samalla heikentää niiden talvikasvua (Metcalf ym. 1999). Vaikka järvilohen ja taimenen rinnakkainelo samoilla virta-alueilla on mahdollista, jää poikasten kokonaistuotanto tuolloin

molempien lajien osalta alle maksimaalisen tason. Samalla kasvaa lajien risteytymisen riski, mikä on jo todettu mm. Heinäveden reitin koskialueilla (Piironen ym. 2016). Järvitaimen voisi järviloheta mukautuvampana lajina hyötyä lisääntyvistä poikastuotantoalueista kilpailutilanteessakin, erityisesti koska sen geenivirta Heinäveden reitin muilta koskilta (Karvio, Kerma, Vihovuonne ja Pilppa) voisi vahvistua.

Syönnösvaellusvaiheessa järvilohen ja -taimenen elinympäristön käytössä on selvä ero. Järvilohen vaellusalue on huomattavasti laajempi kuin järvitaimenen, ja siksi se on myös kalastuksensäätelyllä vaikeammin hallittavissa. Lähetinseurannalla ja muilla merkintätutkimuksilla on havaittu, että iso osa Heinäveden reitin vaeltavista taimenista liikkuu melko suppealla alueella koskien vaikutuspiirissä (Piironen 2014). Järvitaimenen elpymisessä voitaisiinkin päästä merkittäviin tuloksiin jo pelkästään Heinäveden reittiä koskevia kalastusrajoituksia tiukentamalla, kun taas järvilohella kalastuksesta aiheutuva sivusaaliskuolleisuus tulisi huomioida koko alapuolisen Saimaan alueella.

Juojärvellä ei olisi merkitystä Palokissa lisääntyvän järvilohen syönnösalueena, sillä lohelta ei tunneta elinkiertoa, missä smoltit siirtyisivät syntymäjoestaan syönnösvaellukselle yläpuoliseen järveen ja laskeutuisivat sieltä myöhemmin takaisin kudulle (Jonsson & Jonsson 2011). Myös kaikki Laatokkaan laskevien jokien järvilohet, samoin Ruotsin tunnetut järvilohet (Klarajoen ja Gullspångjoen kannat) sekä Ala-Koitajoessa, Pielisjoessa ja Lieksanjoessa esiintyneet järvilohet ovat kudulle nousevia (Hutchings ym. 2019). Kansankielessä Lieksanjoessa ja Ala-Koitajoessa kuteneita nousulohia on kutsuttu "alavetisiksi" erotuksena kudulle laskeutuvista "ylävetisistä", joilla on tarkoitettu taimenta.

Vaellusyhteyden avautuminen Juojärven alueelle voisi hyödyttää sen sijaan kudulle laskeutuvan taimenkannan vahvistumista. Merkittävä osa vielä vapaan Heinäveden reitin alueella esiintyvistä järvitaimenkannasta näyttäisi laskeutuvan kudulle Kermajärvestä, joskin vähäiset merkittävien taimenten palautukset osoittavat liikkumista tapahtuvan sekä ylä- että alavirran suuntaan (Piironen 2014; Syrjänen ym. 2023). Sitä vastoin Juojärven yläpuolisella Vaikkojoella ei luultavasti olisi suoraan merkitystä Heinäveden reitin taimenelle vedenlaadun ongelmista (happamoituminen) johtuen (Piironen 2014).

Vaellukselle lähteneiden lohikalajien sivusaaliskuolleisuuden vähentäminen olisi välttämätöntä kantojen suojelun ja elpymisen kannalta. Se edellyttäisi erityisesti järvien kapeikkojen, jokien suiden ja luusuoiden rauhoittamista ympärivuotisesti ainakin verkkopyynniltä. Troolikalastuksen aiheuttamaa sivusaaliskuolleisuutta pystytään alentamaan trooliin liitettävällä lajittelutilällä, joten ritilän käyttö trooleissa olisi säädettävä pakolliseksi. Lisäksi istutettujen taimenen vähimmäispyyntimitta tulisi nostaa järvilohen tavoin 60 cm:iin, jolloin näitä helposti toisiinsa sekoitettavia lajeja koskisi yhdenmukainen säätely myös kalastettavien (rasvaeväleikattujen) kalojen osalta. Rasvaevällisen järvilohen (luonnossa syntyneiden ja kannanhoidollisten istukkaiden) rauhoituksen tulisi kestää vuosikymmeniä tai olla pysyvä. Koska uhanalaisten ja rauhoitettujen lohikalajien kohdennettu kalastaminen on kalastuslain nojalla kielletty, ja koska järvilohi- ja taimenkantojen kotiuttaminen ja elvyttäminen on hidaskäyttöprosessi, Palokin alueen kalastusmatkailun kehittämiseen ei lähitulevaisuudessa (ainakaan 15 vuoden aikajänteellä) voida katsoa olevan perusteita.

## 2. Nälönvirta-malli vaihtoehtoisena ratkaisuna

PKS Oy on teettänyt Ramboll Finland Oy:llä selvityksen Palokin voimalaitoksen kehittämisen vaihtoehtoista ja täydentänyt sitä omalla rinnakkais selvityksellään. PKS Oy:n mukaan selvityksissä on toteutettu laajoja vedenalaisia tutkimuksia, laserkeilauksia ja laskettu lohikalojen mahdollisia poikastuotantoalueita sekä eri toimenpiteiden kustannuksia myös siinä tapauksessa, että voimalaitos lakkautettaisiin. Selvityksien lopputulemana PKS Oy on esittänyt toteutettavaksi vaihtoehdoksi laajennettua luonnonmukaista ja ympärivuotisella ympäristövirtaamalla vesitettävää ohitusuomaa, joka tarjoaisi taimenelle samalla vapaan kulkuyhteyden Palokin voimalaitoksen ja Juojärven syönnösalueen välillä. Lapinpesän ja Koskijärven pohjoispuolen yhdistävä vesireitti vesitettäisiin aukaistavan Nälönjoen yläpään rakennettavan pienvoimalan kautta, ja se jakautuisi kolmeen vyöhykkeeseen:

- 1)** Nälönjoen ylempi osa kattaa noin 750 m pitkän uoman Lapinpesän ja Nälönlammen välillä. Pudotuskorkeutta tällä matkalla on keskimäärin 2 m (1,6–2,2 m). Erityisesti joen ylimmän osan alava maasto on suoperäistä (n. 100 metrin matkalta kauttaaltaan), mutta ylaveden puolelta tarkasteltuna uoman oikea reuna rajoittuu kangasmaastoon. Kalojen kulkuyhteys Lapinpesän padon (Nälönpadon) ohi voisi järjestyä joko suoraan voimalaturbiinin yhteyteen sijoitettavan käytävän läpi tai maastoon kaivettavan uoman kautta. Koska vanhaan koskiuomaan johdettaisiin vain pieni osa Palokin alkuperäisestä virtaamasta, sen riittävyys Lapinpesän altaasta Nälönjokeen olisi PKS Oy:n mukaan varmistettava Juojärven luusuaan rakennettavalla pohjakynnyksellä.
- 2)** Nälönlampi (leveys ~ 400 m) on "alkuperäisessä muodossaan" oleva tummavetinen ja voimakkaasti rehevöitynyt väliallas. Lammen ympärillä on runsaasti vedenlaatua heikentävää suo-ojitusta. Lammella kalaston oletetaan olevan särkikalavaltainen, ja siellä harjoitetaan jonkin verran kalastusta.
- 3)** Nälönlammesta jokialue kaivettaisiin poikkileikkaukseltaan vaihtelevana ja maaston muotoja noudattavana ohitusuomana joko Honkajokeen (johon nykyinenkin puro johtaa) tai suoraan Honkalahteen laskevaksi. Pudotuskorkeutta uomalle tulisi 6,1–7,2 m kaivettavasta reitistä ja alaveden korkeudesta riippuen. Virrannopeuden kannalta optimaaliseksi uoman pituudeksi on laskettu 1 500 metriä.

### 2.1. Potentiaali taimenen poikastuotannon laajentamiselle

Järvilohen luontaisen lisääntymiskierron tarpeisiin Nälönvirta-mallista saatavat virtaamat ja tuotantopinta-alat eivät ole riittäviä. PKS Oy:n suunnitelmien mukaan kyseisellä toimenpideratkaisulla tavoitellaan taimenen luontaisen elinkierron vahvistamista.

Nälönvirran ohitusuomaan on suunniteltu virtausnopeudeltaan, leveydeltään ja syvyydeltään luonnonmukaista vastaavia alueita, jotka pohjarakenteeltaan soveliaina elinympäristöinä mahdollistaisivat taimenen poikasvaiheen toteutumisen vaellusikänsä (2–3 vuotta) saakka. PKS Oy:n esittämää ohitusuomavaihtoehtoa on käsitelty jo [Pautamon ym. \(2012\)](#) sekä [Piirosoen \(2014\)](#) selvityksissä. Levennettävän ohitusuoman etuna on, että siihen saataisiin

johdettua ympäristövirtaama ilman poikastuotantoa vaarantavia ohijuoksutuksia. PKS Oy:n mukaan ohijuoksutukset ohjattaisiin vatedeskin Nälönvirran padon kautta. Suunnitelman perusteella vähimmäisvirtaamaa 2 m<sup>3</sup>/s käyttäen mutkittelevaan ohitusuomaan olisi mahdollista saada aikaan noin 2,3 hehtaaria taimenelle soveltuvia poikastuotantoalueita, olettaen, että vedenlaatu (erityisesti happamuus) pysyisi riittävän hyvällä tasolla vuoden ympäri. Edelleen suuremmalla 4 m<sup>3</sup>/s virtaamalla sopivaa poikastuotantoalaa on laskettu voitavan kasvattaa teoriassa 4,8 hehtaariin. Ohitusuomavaihtoehto avaisi myös Honkajoen luonnontilaisen, pituudeltaan (3 km) ja pudotuskorkeudeltaan huomattavan (19 m) purouoman, taimenen poikastuotannon käyttöön. Suunnitelmassa myös Honkajoen alaosa kaivamalla saisi vesitettyä lisää poikastuotantopinta-alaa. Lisäksi poikastuotantoalueita on esitetty olevan kunnostettavissa Nälönvirran alapuoliseen koskijaksoon kuuluvan Koivuvirran osalta noin kahden hehtaarin verran sekä Koskijärven alapuoliselta osalta (Saunakoski, Kissakoski, Hapatuskoski ja Palokinkoski) yhteensä 0,7–2,5 hehtaaria. Nämä alaosien entiset koskialueet tarjoaisivat myös vapaan kulkuyhteyden alemmalle Heinäveden reitille tai Suvasveteen vaeltaville smolteille ja sieltä kudulle nouseville taimenemoille. Ratkaisumalli mahdollistaa myöhemmin lisärakentamisen muun muassa Saunavirran yläpuoliseen Saunalahteen, jossa teoreettista poikastuotantoalaa voisi kasvattaa edelleen noin 2,0 hehtaarilla.

Vaikka ohitusuoma halkoisi suuremmalta osaltaan kalliomaata ja moreenipitoista kangasmaata, se ohjattaisiin PKS Oy:n esittelemän suunnitelman mukaan yläosaltaan soistuneen maaston ja rehevöityneen, voimakkaan ojituksen ympäröimän Nälönlammen lävitse. Myös Honkajokeen liittyy voimakasta Suurisuolle tehtyä ojitusta. Tällöin nousee esiin kysymys ohitusuoman vedenlaadun ympärivuotisesta soveltuvuudesta taimenelle. Koska Juojärven vesi on laadultaan erinomaista, Nälönjokea ympäröivästä maastosta valuvat vesimäärät todennäköisesti laimenesivat uomassa taimenen poikastuotannon kannalta hyvälle tasolle. Nälönlampeen johtavia ojia tukkimalla voitaisiin pienentää alapuoliseen vesistöön huuhtoutuvien ravinteiden, humuksen ja muun kiintoaineksen määrää. Vedenlaadun mahdollista heikentymistä – alkuun myös suoraan kunnostustoimista johtuvaa – olisi kuitenkin syytä selvittää ja seurata erityisesti ylivirtaamakausien aikana.

Nälönpatoon toteutettavalla ohitusratkaisulla on potentiaalisesti suuri merkitys siihen, saataisiinko Juojärven allas osaksi Heinäveden reitin taimenen vaellusaluetta. Taimen myös hakeutuu luontaisesti pienempiin puroihin lisääntymään kuin lohi, joten luonnonmukainen ohitusuoma voisi toimia hyvin nimenomaan taimenen vaellusratkaisuna. Mikäli kalojen vapaan kulkemisen mahdollistava käytävä tulisi pienvoimalan turbiinirakenteiden yhteyteen, erillistä (teknistä) ohitustietä ei tarvitsisi rakentaa. Tällainen ratkaisu voidaan nähdä jopa ensisijaisena vaihtoehtona, koska koko voimalaitoksen läpäisevä vesimassa tuottaisi kalaväylän houkutusvirtaaman padon alapuoliseen altaaseen. Käytettävästä virtaamasta ja sijoituspaikasta riippuen voisi voimalan sivusta ohjattavan kalatien suuaukkojen löytyminen olla enemmän tai vähemmän ongelmallista paitsi yläpuolisille alueille pyrkivien smolttien myös järveltä takaisin laskeutuvien kututaimenten kulkemiselle; tämä siksi, että smolttien ja kutukalojen tiedetään ohjautuvan pääsääntöisesti suurimman virtauksen mukaan, ja parhaassakaan tapauksessakaan eivät kaikki kalat ohjautu kalateihin (kts. [Jaukkuri ym. 2013](#); [Williams ym. 2012](#)). Toisaalta epävarmuutta liittyy myös kalojen halukkuuteen ja kykyyn hakeutua turbiinin lomaan tehtyihin uintikäytäviin. Turbiinitoimittajien mukaan kyseinen ohitusratkaisu on havaittu toimivaksi kalojen omaehtoisen kulkemisen järjestämisessä, mutta julkiset referenssit puuttuvat.



Olipa kyse ala- tai ylävirran suunnalta kutemaan palaavista taimenista, niiden lisääntymisalueille suunnistamiseen liittyy potentiaalisia haasteita veden vaihtoehtoisista virtausreiteistä johtuen. Riskinä on, että Juojärvestä laskeutuvat taimenet etsiytyisivät Lapinpesän patoaltaalta virtaamaltaan suurempaan päävoimalakanavaan, eivätkä löytäisi reittiä ohitusuomaan pienvoimalan alapuolelle. Tämä harhautuminen voidaan estää Lapinpesästä voimalaan johtavan vesiyhteyden katkaisevalla padolla (Pautamo ym. 2012). Tuolloin voimalan yläpuoliseen patoaltaaseen kaivettaisiin uusi johtokanava Taivallahden suulta. Juojärvestä kudulle laskeutuvat taimenet voisivat kuitenkin edelleen valita tämän reitin päätyen voimalaan johtavaan tunneliin. Vastaavasti on mahdollista, että osa Palokin alapuolisen Varisveden suunnasta nousevista taimenista hakeutuisi Palokin voimalaitoksesta tulevan virtauksen houkuttelemisena sen purkukanavaan. Voimakkaan hajumuistinsa ansiosta poikasalueeseensa leimautuneet taimenet voisivat kuitenkin löytää tiensä Rusinvirran kautta Palokin alaosien kunnostetuille koskille ja mahdollisesti sieltä eteenpäin myös Nälönvirran ohitusuomaan. Kalojen pääsemistä Koskijärven puolelle voisi edesauttaa myös voimalaitoksen alakanavan ja Koskijärven Pitkälähden välille rakennettava nousureitti (n. 800 m). Tämä olisi ainoa Koskijärven ja Palokin alapuolisten järviolueiden välinen vaellusyhteys, mikäli nykyinen Ronttopuistossa sijaitseva kalastuskohde, Palokin lohilammet, säilytettäisiin toiminnassa, eikä vanhan uoman alakoskia aukaistaisi (kunnostettaisi). Taimenten vaelluskäyttäytymistä Nälönvirta-mallin mukaisissa olosuhteissa on kaikesta huolimatta vaikea ennakoida, ja siitä voidaan saada selvyys vasta mahdollisten kunnostusten ja virranohjausjärjestelyjen toteutuksen jälkeen.

Vaikka villin Heinäveden reitin vaellustaimenen elinkierto toteutuu nykyisin heikosti mm. korkean syönnösalueella tapahtuvan (kalastus)kuolevuuden takia (Syrjänen ym. 2023), riittävän nopeasti ja hyvin kohdennettuina Nälönvirta-mallin toimenpiteet tai muut taimenen vaelluksien mahdollistamat toimenpiteet voisivat vielä mahdollistaa kannan säilymisen ja vähittäisen vahvistumisen. Sukukypsyyksiä saavuttavia emotaimenia esiintyy kuitenkin vain vähän, jotta laji pystyisi vakiintumaan itsenäisesti – ainakaan nopeassa tahdissa – Palokin uusille ja palautettaville poikastuotantoalueille. Toisaalta alueelle mahdollisesti tehtäviä istutuksia voi olla haasteellista toteuttaa: Luken säilytysviljelyyn Heinäveden reitin taimenta on saatu uusittua viimeksi vuonna 2018, ja tällä hetkellä laitosemokalastoissa on käytännössä jäljellä vain yksi lisääntymisikäinen tuleva kasvatusparvi (vuosiluokka-20). Istutuksille vaihtoehtoinen tai laitospoikasten istutuksia täydentävä keino voisi olla luontaisesti syntyneiden jokipoikasten siirrot alemmilta Heinäveden vapailta koskilta. Tässäkin tapauksessa taimenkannan keinollista levittämistä tulee rajoittamaan sähkökalastuksella kiinnisaatavien taimenten vähäiset määrät (lähde: Sähkökoekalastusrekisteri 2023).

## Yhteenveto

Juojärven ja Heinäveden reitin vedenlaatu ja muut ominaisuudet ovat lohikaloille erinomaiset. Näin ollen ei ole syytä epäillä, etteivätkö järvilohi tai -taimen pystyisi lisääntymään kunnostetuilla Palokin koskialueilla. On myös ilmeistä, että täysimääräisellä Palokin vanhan uoman kunnostamisella olisi saatavissa yksi suurimmista yhtenäisistä virtakutuisten lohikalojen poikastuotantoympäristöistä koko Vuoksen vesistöalueella. Palokin alueen kunnostamisella

poikastuotantoon soveltuvat alueet jäisivät todennäköisesti kuitenkin niin pieniksi, ettei sekä järvilohen että taimenen kannalta riittävää smolttituotantoa voitaisi saavuttaa edes koko teoreettinen Heinäveden reitin lisääntymisympäristö huomioiden.

Keino saada järvilohi Palokkiin kutevaksi vaelluskalakannaksi olisi vanhan koskireitin avaaminen ja lähelle aikaisempaa luonnontilaa ja laajuutta tapahtuva alueiden kunnostaminen, Juojärven säännöstelykäytäntöjen muuttaminen, lajin runsas ja pitkäjänteinen istuttaminen mäti- tai jokipoikasvaiheessa ja/tai sukukypsien emokalojen siirtäminen. Lisäksi järvivaiheen aikaista kuolevuutta tulisi alentaa merkittävästi nykyisestä tasosta. Pienimmän elinkelpoisen populaation käsitteen mukaisesti muutaman kymmenen kutukalan varassa ei voi syntyä vahvaa, itsestään uusiutuvaa ja ylläpitävää populaatiota. Jotta kudulle palaavien järvilohien (tai taimenten) määrä riittäisi tuottamaan mätiä ja poikasia kunnostettavan Palokin tarvetta vastaavasti, tarvittaisiin molempien lajien koko syönnösvaellusalueella tuntuvaa kalastuksen rajoittamista.

Laadukkaasti toteutettuna Palokin ennallistaminen, Nälönvirta-malli tai jokin muu vastaava malli voisivat palvella erityisesti taimenen luonnonkierron elpymistä ja luoda vähitellen edellytyksiä lajin vaeltavan muodon vahvistumiselle myös muualla osaa Saimaata. Koska Palokki liittyy osaksi Heinäveden reittiä, siellä ennallistettavat poikastuotantoalueet edesauttaisivat arvokkaan ja edelleen pienissä määrin luontaisesti lisääntyvän järvitaimenkannan säilymistä. Palokin alueen ennallistamisella olisi mahdollista lisätä 5–7 hehtaaria koskimaista (veden pintavirtauksen nopeus 0,2–0,7 m/s) ja noin 20–22 ha nivamaista (0,1–0,2 m/s) pinta-alaa (Anon. 2023) Taimen pystyisi hyödyntämään kunnostettavat elinalueet järvalohta varmemmin, ja samalla se voisi käyttää myös Juojärven allasta laajana syönnösalueenaan. Nälönvirta-ratkaisussa luonnonmukaisella ohitusuomalla olisi saatavissa 7–8 hehtaarin lisäys (kenties lähes 10 ha) koskimaista pinta-alaa taimenen käyttöön. Mallin toteutuessa voitaisiin tehokkaalla kunnostamisella kaksinkertaistaa (avatun Palokin koskijakson kautta mahdollisesti jopa moninkertaistaa) taimenelle soveltuva ympäristö, jota arvioidaan olevan nykyisten Heinäveden reitin koskilla noin 6–10 hehtaarin edestä.

Vaikka arvioon kunnostettavien virta-alueiden potentiaalista tuottaa syönnösvaellukselle lähteviä smoltteja liittyy epävarmuuksia, olisi jo suhteellisen vähäisillä kalastusta koskevilla toimenpiteillä mahdollista saavuttaa merkittävä taimenen elinkiertoa suojeleva vaikutus. Vaikka ohitusuoman vetovoimaisuus (erityisesti ylävirran suunnalta kudulle palaaville kutijoille) ja kalatien toimivuus taimenen molemmiin suuntaisen kulkemisen mahdollistajana jättävät ilmaan kysymyksiä, poikastuotantoaluetta kasvattava Nälönvirta-malli tai vastaavanlainen ratkaisu voisivat tarjota kilpailukykyisen ja parhaan saavutettavissa olevan vaihtoehdon vanhan uoman kokonaisvaltaisen ennallistamisen rinnalle.

Vaelluskalakantojen ennallistaminen edellyttää yleensä useiden toimenpiteiden yhdistelmiä, mihin vaaditaan riittävästi resursseja sekä pitkäjänteistä yhteistyötä usein vuosikymmenien ajan. Lisääntymiseen ja poikasten kasvuun soveltuvien ympäristöjen palauttamisessa tulisikin priorisoida vielä jäljellä olevan vaelluskalaresurssin uusiutumista ja vähittäistä vahvistumista sen sijaan, että yritettäisiin synnyttää rinnalle uutta, samoista resursseista kilpailevaa populaatiota epävarmoin mahdollisuuksin. Molemmat ratkaisuvaihtoehdot, joita tehtävänanto koskee, tulevat kuitenkin vaatimaan myös muita tukitoimenpiteitä, kuten laajamittaista kalastuksen säätelyä, istutuksia sekä alueiden ennallistamista. Lisäksi ratkaisumallin tai kohdelajin valinnasta riippumatta lohikalokalojen kutemista ja poikastuotantoa sekä niihin mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä on varauduttava seuraamaan ja



selvittämään pitkäjänteisesti, jotta rakennetun alueen toimivuutta voitaisiin tulosten perusteella parantaa.

## Viitteet

- Anon. 2018. Vuoksen vesistöalueen järvitaimenkantojen toimenpideohjelma. Raportteja 60 | 2018. Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 31 s. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-741-6>
- Anon. 2023. Palokin koskireitin ja vesivoimalaitoksen kalataloudelliset kehittämismahdollisuudet. Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 27 s. + liitteet. [https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/50927811/Palokkiselvitys\\_VN\\_26781\\_2022\\_16052023.pdf/effa1984-0879-844f-79cf-11ea77035c36?t=1684317051688](https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/50927811/Palokkiselvitys_VN_26781_2022_16052023.pdf/effa1984-0879-844f-79cf-11ea77035c36?t=1684317051688)
- Araki H., Cooper B. & Blouin M.S. 2007. Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild. *Science* 318: 100–103. <https://doi.org/10.1126/science.1145621>
- Armstrong J.D., Braithwaite V.A. & Fox M. 1998. The response of wild Atlantic salmon parr to acute reductions in water flow. *Journal of Animal Ecology* 67: 292–297. <https://www.jstor.org/stable/2647497>
- Armstrong J., Kemp P.S., Kennedy G.J.A., Ladle M. & Milner N.J. 2003. Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fisheries Research* 62: 143–170. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(02\)00160-1](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(02)00160-1)
- Beecher H.A., Caldwell B.A., DeMond S.B., Seiler D. & Boessow S.N. 2010. An empirical assessment of PHABSIM using long-term monitoring of coho salmon smolt production in Bingham Creek, Washington. *North American Journal of Fisheries Management* 30: 1529–1543. <https://doi.org/10.1577/M10-020.1>
- Bradford M.J., Higgins P.S., Korman J. & Sneepe J. 2011. Test of an environmental flow release in a British Columbia river: does more water mean more fish? *Freshwater Biology* 56: 2119–2134. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2011.02633.x>
- Breau C., Cunjak R.A. & Bremset G. 2007. Age-specific aggregation of wild juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* at cool water sources during high temperature events. *Journal of Fish Biology* 71: 1179–1191. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01591.x>
- Bremset G. & Heggenes J. 2001. Competitive interactions in young salmon and brown trout in lotic environments. *Nordic Journal of Freshwater Research* 75: 127–142.
- Cunjak R.A. & Therrien J. 1998. Inter-stage survival of wild juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Fisheries Management and Ecology* 5: 209–223. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2400.1998.00094.x>
- Einum S. & Nislow K.H. 2011. Variation in Population Size Through Time and Space: Theory and Recent Empirical Advances from Atlantic Salmon. Teoksessa: Aas Ø., Einum S., Klemetsen A. & Skurdal J. (toim.), *Atlantic Salmon Ecology*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford. s. 277–298.
- Eronen A., Hyvärinen P., Janhunen M., Kekäläinen J. & Kortet R. 2023. Postrelease exploration and stress tolerance of landlocked and anadromous Atlantic salmon and their hybrids. *Conservation Science and Practice* 5: e12893. <https://doi.org/10.1111/csp2.12893>
- Eronen A., Kekäläinen J., Piironen J., Hyvärinen P., Huuskonen H., Janhunen M., Yaripour S. & Kortet R. 2021. Sperm motility and offspring pre- and posthatching survival in hybridization crosses among a landlocked and two anadromous Atlantic salmon populations: Implications for conservation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 78: 483–492. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2020-0158>

- Ford M.J. 2002. Selection in captivity during supportive breeding may reduce fitness in the wild. *Conservation Biology* 16: 815–825. <https://www.jstor.org/stable/3061228>
- Franklin I.R. 1998. How large must populations be to retain evolutionary potential? *Animal Conservation* 1: 69–70. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.1998.tb00228.x>
- Frankham R., Bradshaw C.J.A. & Brook B.W. 2014. Genetics in conservation management: revised recommendations for the 50/500 rules, red list criteria and population viability analyses. *Biological Conservation* 170: 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.036>
- Gendaszek A.S., Burton K., Magirl C.S. & Konrad C.P. 2018. Streambed scour of salmon spawning habitat in a regulated river influenced by management of peak discharge. *Freshwater Biology* 63: 917–927. <https://doi.org/10.1111/fwb.12987>
- Grantham T.E., Newburn D.A., McCarthy M.A. & Merenlender A.M. 2012. The role of streamflow and land use in limiting oversummer survival of juvenile steelhead in California streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 141: 585–598. <https://doi.org/10.1080/00028487.2012.683472>
- Harvey B.C., Nakamoto R.J. & White J.L. 2006. Reduced streamflow lowers dry-season growth of rainbow trout in a small stream. *Transactions of the American Fisheries Society* 135: 998–1005. <https://doi.org/10.1577/T05-233.1>
- Harwood A.J., Metcalfe N.B., Armstrong J.D. & Griffiths S.W. 2001. Spatial and temporal effects of interspecific competition between Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in winter. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 1133–1140. <https://doi.org/10.1139/f01-061>
- Heggenes J., Baglinière J.L. & Cunjak R. 1999. Spatial niche variability for young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*S. trutta*) in heterogeneous streams. *Journal of Freshwater Fish* 8: 1–21. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.1999.tb00048.x>
- Huusko A., Louhi P., Marttila M., Korhonen P.K. & van der Meer O. 2021. 40 vuotta koskikunnostuksia Suomessa: Yhteenveto seurantatutkimuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 52/2021. Luonnonvarakeskus. 56 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-247-6>
- Hutchings J.A., Ardren W.R., Barlaup B.T., Bergman E., Clarke K.D., Greenberg L.A., Lake C., Piironen J., Sirois P., Sundt-Hansen L.E. & Fraser D.J. 2019. Life-history variability and conservation status of landlocked Atlantic salmon: an overview. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 76: 1697–1708. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2018-0413>
- ICES. 2018. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST), 20–28 March 2018, Turku, Finland. ICES CM 2018/ACOM:10. 369 s. <http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/acom/2018/WGBAST/01%20WGBAST%20%20Report%20of%20the%20Baltic%20Salmon%20and%20Trout%20Assesment%20Working%20Group.pdf>
- ICES. 2021. Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). *ICES Scientific Reports* 3. 331 s. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn063965.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn063965.pdf)
- Inha A. 2020. Kunnostustoimenpiteiden vaikutus järvilohen (*Salmo salar* m. *sebago*) poikasten habitataan valintaan. Pro gradu -tutkielma. Itä-Suomen yliopisto. 35 s. [https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/23531/urn\\_nbn\\_fi\\_uef-20201398.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/23531/urn_nbn_fi_uef-20201398.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Jaukkuri M., Orell P., van der Meer O., Rivinoja P., Huusko R. & Mäki-Petäys A. 2013. Nousulohien käyttäytyminen voimalaitosten alakanavissa ja kalatiehen hakeutumiseen vaikuttavat tekijät: kirjallisuuskatsaus. RKT:n työraportteja 20/2013. 31 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/520144>
- Jensen A.J. & Johnsen B.O. 1999. The functional relationship between peak spring floods and survival and growth of juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Brown Trout (*Salmo trutta*). *Functional Ecology* 13: 778–785. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1999.00358.x>

- Jokikokko E. & Jutila E. 2009. Numbers of ascending wild and reared Atlantic salmon adults in relation to smolt output of the Simojoki river in the northern Baltic Sea. *Fisheries Management and Ecology* 16: 165–167. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2008.00648.x>
- Jokikokko E., Kallio-Nyberg I., Saloniemi I. & Jutila E. 2006. The survival of semi-wild, wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts of the Simojoki River in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology* 68: 436–442. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.00892.x>
- Jonsson B. & Jonsson N. 2011. Ecology of Atlantic salmon and brown trout: habitat as a template for life histories. Springer-Verlag, Berlin. 708 s.
- Jutila E. & Pruuki V. 1988. The enhancement of the salmon stocks in the Simojoki and Tornionjoki Rivers by stocking parr in the rapids. *Aqua Fennica* 18: 93–99.
- Jutila E., Jokikokko E. & Julkunen M. 2003. Management of Atlantic salmon in the Simojoki river, northern Gulf of Bothnia: effects of stocking and fishing regulation. *Fisheries Research* 64: 5–17. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(03\)00107-3](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(03)00107-3)
- Kajjomaa V.-M., Munne P., Piironen J., Pursiainen M. & Turunen T. 2003. Järvilohistrategia – Saimaan järvilohikannan säilymisen ja kestäväen käytön turvaaminen. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 66/2003. 45 s. p+ liitteet. <https://www.ely-keskus.fi/documents/43307217/0/Jarvilohistrategia MMM 66 2003+%281%29.pdf/378c021e-7eac-909e-e912-8a99fdc9add0?t=1627037935643>
- Kallio-Nyberg I., Romakkaniemi A., Jokikokko E., Saloniemi I. & Jutila E. 2015. Differences between wild and reared *Salmo salar* stocks of two northern Baltic Sea rivers. *Fisheries Research* 165: 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.12.022>
- Kempainen S., Niemitalo V., Lehtinen E. & Pasanen P. 1995 Lohen ja meritaimenen istutustutkimukset Kiiminkijoella. Kalatutkimuksia 95. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. 35 s. + liitteet. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-776-016-7>
- Kennedy G.J.A. & Strange C.D. 1986. The effects of intra- and inter-specific competition on the survival and growth of stocked juvenile Atlantic salmon in relation to depth and gradient in an upland trout stream. *Journal of Fish Biology* 29: 199–214. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1986.tb04938.x>
- Kennedy B.P., Nislow K.H. & Folt C.L. 2008. Habitat-mediated foraging limitations drive survival bottlenecks for juvenile salmon. *Ecology* 89: 2529–2541. <https://www.jstor.org/stable/27650791>
- Klemme I., Hendriks L., Ashrafi R., Sundberg L.-R., Räihä V., Piironen J., Hyvärinen P. & Karvonen A. 2021. Opposing health effects of hybridization for conservation. *Conservation Science and Practice* 3: e379. <https://doi.org/10.1111/csp2.379>
- Koljonen M.-L., Tähtinen J., Säisä M. & Koskiniemi J. 2002. Maintenance of genetic diversity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) by captive breeding programmes and the geographic distribution of microsatellite variation. *Aquaculture* 212: 69–92. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00808-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00808-0)
- Letcher B.H., Schueller P., Bassar R.D., Nislow K.H., Coombs J.A., Sakrejda K., Morrissey M., Sigourney D.B., Whiteley A.R., O'Donnell M.J. & Dubreuil T.L. 2015. Robust estimates of environmental effects on population vital rates: An integrated capture–recapture model of seasonal brook trout growth, survival and movement in a stream network. *Journal of Animal Ecology*, 84: 337–352. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12308>
- Louhi P., Mäki-Petäys A. & Erkinaro J. 2008. Spawning habitat of Atlantic salmon and brown trout: general criteria and intragravel factors. *River Research and Applications* 24: 330–339. <https://doi.org/10.1002/rra.1072>
- Makkonen J., Toivonen J., Piironen J., Pursiainen M. & Mäkinen K. 1995. Järvilohen (*Salmo salar* m. *Sebago* Girard) säilyttäminen ja kalastaminen Vuoksen vesistöissä Carlin-merkintöjen perusteella. Kalatutkimuksia 88. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 65 s. + liite. [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/535110/jarvilohen\\_sailyttaminen\\_ja\\_kalastus\\_vuoksen\\_vesistossa\\_carlin\\_merkintojen\\_perusteella\\_nro\\_88.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/535110/jarvilohen_sailyttaminen_ja_kalastus_vuoksen_vesistossa_carlin_merkintojen_perusteella_nro_88.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Marttila M., Louhi P., Huusko A., Vehanen T., Mäki-Petäys A., Erkinaro J., Syrjänen J.T. & Muotka T. 2019. Synthesis of habitat restoration impacts on young-of-the-year salmonids in boreal rivers. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 29: 513–527. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09557-z>
- Malcolm I.A., Gibbins C.N., Soulsby C., Tetzlaff D. & Moir H.J. 2012. The influence of hydrology and hydraulics on salmonids between spawning and emergence: Implications for the management of flows in regulated rivers. *Fisheries Management and Ecology* 19: 464–474. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2011.00836.x>
- Metcalfe N.B., Fraser N.H.C. & Burns M.D. 1999. Food availability and the nocturnal vs. diurnal foraging trade-off in juvenile salmon. *Journal of Animal Ecology* 68: 371–381. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.1999.00289.x>
- Milot E., Perrier C., Papillon L., Dodson J.J., Bernatchez L. 2013. Reduced fitness of Atlantic salmon released in the wild after one generation of captive breeding. *Evolutionary Applications* 6:472–485. <https://doi.org/10.1111/eva.12028>
- Mäkinen K. 1968. Palokin voimalaitoksen kalataloudelliset vaikutukset sekä ehdotukset korvauksista ja kompensatioista. Suomen Kalastusyhdistys. 19 s. + liitteet.
- Mäki-Petäys A., Huusko A. & Kreivi P. 2000. Järvilohen poikasten elinympäristövaatimukset kesällä ja syksyllä. Kalatutkimuksia 166. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 15 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-776-259-3>
- Nislow K.H., Armstrong J.D. & Grant J.W.A. 2011. The role of competition in the ecology of juvenile Atlantic salmon. Teoksessa: Aas Ø., Einum S., Klemetsen A. & Skurdal J. (toim.), *Atlantic salmon Ecology*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford. s. 171–197.
- Ohlberger J., Buehrens T.W., Brenkman S.J., Crain P., Quinn T.P. & Hilborn R. 2018. Effects of past and projected river discharge variability on freshwater production in an anadromous fish. *Freshwater Biology* 63: 331–340. <https://doi.org/10.1111/fwb.13070>
- Pautamo J. 2003. Heinäveden ja Juojärven reittien kunnostusmahdollisuudet järvilohen ja -taimenen luontaisen lisääntymisen tarpeisiin – historiasta nykytilanteen mahdollisuuksien arviointiin. 64 s.
- Pautamo J., Erkinaro H. & Alatalo H. 2012. Palokin koskialueiden intressivertailu. Apajax Oy ja Maveplan Oy. 52 s.
- Piironen J. 2014. Arvio Juojärven reitin potentiaalisesta merkityksestä vaelluskalakantojen, erityisesti järvitaimenkannan, hoidolle ja luonnonvaraiselle lisääntymiselle Vuoksen vesistöalueella ja koko Etelä-Suomessa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 21 s.
- Piironen J. 2020. Järvilohen palauttaminen Ala-Koitajokeen 2017–2019: loppuraportti MMM:lle ja POKELY:lle. Luonnonvarakeskus. 12 s. [https://www.ely-keskus.fi/documents/43307217/0/MMM+ja+POKELY\\_loppuraportti+J%C3%A4rvilohen+palauttaminen+2017-2019.pdf/59ba18ee-6905-fd60-948b-298160cef21a?t=1636085198150](https://www.ely-keskus.fi/documents/43307217/0/MMM+ja+POKELY_loppuraportti+J%C3%A4rvilohen+palauttaminen+2017-2019.pdf/59ba18ee-6905-fd60-948b-298160cef21a?t=1636085198150)
- Piironen J. 2021. Saimaan järvilohen toimenpideohjelma 2021–2030. Raportteja 63 | 2021, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 30 s. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-976-2>
- Piironen J., Koljonen M.-L. & Koskiniemi J. 2016. Vuoksen vesistön ja Mäntyharjun reitin taimenkantojen geneettinen kartoitus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2016. Luonnonvarakeskus. 20 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-180-8>
- Poff N.L., Allan J.D., Bain M.B., Karr J.R., Prestegard K.L., Richter B.D., Sparks R.E. & Stromberg J.C. 1997. The natural flow regime. *BioScience* 47: 769–784. <https://doi.org/10.2307/1313099>
- Rinnevalli R., Artell J., Iho A., Konu H., Pokki H., Ahopelto L., Ojanen H., Kuoppala M., Koljonen S. & Louhi P. 2021. Vaellusesteiden purkaminen osana vaelluskalojen elinympäristökunnostuksia. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 29/2021. Luonnonvarakeskus. 88 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-199-8>
- Romakkaniemi A. 2008. Conservation of Atlantic salmon by supplementary stocking of juvenile fish. Väitöskirja. Helsingin yliopisto. 92 s. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/244844b0-4421-429b-b1cc-327aa7140ad2/content>

- Romakkaniemi A., Karlsson L. & Karlström Ö. 1995. Wild Baltic salmon stocks: fecundity and biological reference points concerning their status. ANACAT Fish Committee, ICES C.M. 1995/M:28. 11 s.
- Saloniemi I., Jokikokko E., Kallio-Nyberg I., Jutila E. & Pasanen P. 2004. Survival of reared and wild Atlantic salmon smolts: size matters more in bad years. *ICES Journal of Marine Science* 61: 782–787. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2004.03.032>
- Sloat M.R., Reeves G.H. & Christiansen K.R. 2017. Stream network geomorphology mediates predicted vulnerability of anadromous fish habitat to hydrologic change in southeast Alaska. *Global Change Biology* 23: 604–620. <https://doi.org/10.1111/gcb.13466>
- Solomon D.J. 1985. Salmon stock and recruitment, and stock enhancement. *Journal of Fish Biology* 27: (Suppl. A): 45–57. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1985.tb03231.x>
- Symons P.E.J. 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) for maximum smolt production in rivers of different productivity. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36: 132–140. <https://doi.org/10.1139/f79-022>
- Syrjänen J.T., Väättäinen R., Lyytikäinen A., Kivinen J., Rajala J., Sivonen O., Pursiainen A. & Piironen J. 2023. Heinäveden reitillä merkittyjen taimenten ja järvilohien vaellukset, kasvu ja pyynti vuosina 2009–2022. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 39/2023. Luonnonvarakeskus. 27 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-674-0>
- Sähkökoekalastusrekisteri. 2023: Ympäristöhallinnon sähkökoekalastusrekisteri. [sähköinen tutkimusaineisto]. [https://www.p2.ymparisto.fi/koekalastus\\_sahko](https://www.p2.ymparisto.fi/koekalastus_sahko). Viitattu 7.12.2023.
- Tonteri A., Titov S., Veselov A., Zubchenko A., Koskinen M.T., Lesbarrères D., Kaluzhin S., Bakhmet I., Lumme J. & Primmer C.R. 2005. Phylogeography of anadromous and non-anadromous Atlantic salmon (*Salmo salar*) from northern Europe. *Annales Zoologici Fennici* 42: 1–22. <https://www.jstor.org/stable/23736697>
- Uusitalo L., Kuikka S. & Romakkaniemi A. 2005. Estimation of Atlantic salmon smolt carrying capacity of rivers using expert knowledge. *ICES Journal of Marine Science* 62: 708–722. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2005.02.005>
- van Vliet M.T.H., Franssen W.H.P., Yearsley J.R., Ludwig F., Haddeland I., Lettenmaier D.P. & Kabat P. 2013. Global river discharge and water temperature under climate change. *Global Environmental Change* 23: 450–464. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.11.002>
- Vehanen T., Sutela T. & Erkamo E. 2022. Vuoksen kalataloudelle aiheutuneet vahingot ja kalatalousveloitteet. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 37/2022. Luonnonvarakeskus. 126 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-421-0>
- Viialainen M. 2022. Kuntaselvityshenkilön raportti Palokin koskien ennallistamisesta. 39 s.
- Vorste R.V., Obedzinski M., Pierce S.N., Carlson S.M. & Grantham T.E. 2020. Refuges and ecological traps: Extreme drought threatens persistence of an endangered fish in intermittent streams. *Global Change Biology* 26: 3834–3845. <https://doi.org/10.1111/gcb.15116>
- Warkentin L., Parken C.K., Bailey R. & Moore J.W. 2022. Low summer river flows associated with low productivity of Chinook salmon in a watershed with shifting hydrology. *Ecological Solutions and Evidence* 3: e12124. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12124>
- Williams J.G., Armstrong G., Katopodis C., Larinier M. & Travade F. 2012. Thinking like a fish: a key ingredient for development of effective fish passage facilities at river obstructions. *River Research and Applications* 28: 407–417. <https://doi.org/10.1002/rra.1551>

\*Muu työryhmä: Pauliina Louhi, Nina Peuhkuri, Katja Holmala, Meri Kallasvuo, Janne Artell