

Kala- ja vesijulkaisuja nro 337

Helminen, J. & Karppinen, P.



Kittilän kaivoksen purkuvesien
vaikutus kalojen käyttäytymiseen



Kala- ja
vesitutkimus Oy

KUVAILEHTI

Julkaisija: Kala- ja vesitutkimus Oy

Julkaisuaika: ver01, 4.3.2022; ver02, 8.3.2022

Kirjoittaja(t): Jani Helminen & Petri Karppinen

Tarkastaja: Sauli Vatanen

Julkaisun nimi: Kittilän kaivoksen purkuvesien vaikutus kalojen käyttäytymiseen

Sarjan nimi ja numero: Kala- ja vesijulkaisu nro 337

Sivumäärä: 23 s. + liite

Toimeksiantaja: Agnico Eagle Finland Oy, Kittilän kaivos

Kannen kuvat: Jani Helminen

Yhteenveto

Agnico Eagle Kittilän kaivos otti käyttöön joulukuussa 2020 uuden purkuputken. Kaivoksen käsitellyt prosessi- ja kuivanapitovedet johdetaan purkuputkea pitkin Loukiseen. Aluehallintoviraston lupapäätöksen mukaisesti kaivoksen tulee tehdä selvitys jätevesien johtamisen vaikutuksista kalojen liikkumiseen ja vaelluskäyttäytymiseen uuden purkupaikan vaikutusalueella. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, aiheuttavatko purkuvedet Loukisessa esteen kalojen liikkumiselle tai vaikuttaako se muuten kalojen käyttöön jokialueella.

Yhteensä kolme alueelta kalastettua taimenta, 21 kasvatuslaitokselta tuotua taimenta, yhdeksän harjasta, yksi siika ja yksi ahven merkittiin akustisin lähettimin kesä-elokuun 2021 aikana. Tutkimusta varten riittävästi havaintoja saatiin 23 taimenesta, viidestä harjuksesta ja yhdestä siiasta.

Kalojen liikkeitä seurattiin kesä- lokakuun aikana jokeen sijoitettujen vastaanottimien ja käsipaikannusten avulla. Pääasiallinen kalojen liikkeiden seuranta tapahtui purkuputkesta noin kaksi kilometriä ylä- ja alavirtaan rajautuvalla tutkimusalueella Kapsajokisuun ja Tuohirannan välillä. Kalahavaintoja kertyi selvästi enemmän purkuputken alapuoliselta jokiosuudelta, jossa on yläosaa enemmän lohikalojen elinalueiksi sopivia virtapaikkoja.

Tutkimuslajit uivat purkuputken ohitse sekä ylä- että alavirtaan, ja tutkimuskaloista 76 % ohitti putken ainakin toiseen suuntaan. Moni kaloista ohitti purkuputken useaan kertaan. Osa kaloista kävi tutkimusalueen ulkopuolella ainakin 11 km päässä Ounasjoella saakka ja palasi sen jälkeen purkualueelle sekä sen yläpuolisille alueille.

Kalankasvatuslaitokselta tuodut kalat vapautettiin purkuputken ylä- ja alapuolelle. Vapautuspaikan mahdollista vaikutusta kalojen liikkeisiin selvitettiin vertaamalla kalojen käytöstä vapautuksen jälkeen. Vapautettujen kalaerien käyttäytyminen jakautui kolmenlaiseen käyttäytymismalliin ja vapautuspaikasta riippumatta noin puolet kasvatuslaitokselta tuoduista kaloista suuntasi ensimmäisen kahdeksan vuorokauden aikana kohti alavirtaa. Toisin sanoen purkuputken ylä- ja alapuolelle vapautetut kalat käyttäytyivät samalla tavoin.

Kaloista, joiden liikkeiden suunta tiedettiin vastaanottimille kertyneiden havaintojen perusteella, eroteltiin ylävirtaan ja alavirtaan suuntautuneet liikkeet sekä sellaiset tunnit, jolloin kala on selvästi pysytellyt pienellä alueella. Veden laadun vaikutuksen arvioimiseksi nämä liikesuuntahavainnot ryhmiteltiin sen mukaan, oliko kyseisenä vuorokautena sähkönjohtavuus ollut nousussa vai laskussa. Purkuputken ylä- ja alapuolen välillä ei havaittu tilastollista eroa missään tarkastelussa, eli kalojen liikehdintä oli samanlaista purkuputken ylä- ja alapuolisella jokialueella sähkönjohtavuuden vaihtelusta riippumatta.

Tutkimuksen aikana kalat näyttivät käyttäytyvän vuodenaikoihin liittyvään kausivaihteluun nähden lajityypillisellä tavalla, eikä purkuvesillä havaittu vaikutusta kalojen liikkeisiin.

Sisällysluettelo

1.	Johdanto.....	3
2.	Aineisto ja menetelmät.....	3
2.1	Tutkimusalueen kuvaus	3
2.1.1	Ympäristöolosuhteet tutkimuksen aikana.....	4
2.1.2	Purkuputken toiminta seurannan aikana	6
2.2	Kalojen pyynti ja merkintä	6
2.2.1	Merkintä	8
2.3.	Vastaanottimet ja seuranta	8
2.3.1	Käsi paikannukset ja sähkönsäätömittaukset	8
2.4	Aineiston käsittely ja tilastolliset menetelmät	9
2.4.1	Purkuputken ohitukset.....	9
2.4.2	Laitostaimenten käyttäytyminen vapautuspaikasta riippuen	9
2.4.3	Liikesuunnat tutkimusalueen ala- ja yläosilla	9
2.4.4	Veden laadun vaikutus kalojen liikkeisiin	9
3.	Tulokset.....	11
3.1	Sähkönsäätö.....	11
3.2	Purkuputken ohitukset.....	12
3.2.1	Taimenet.....	12
3.2.2	Harjukset ja siika	13
3.3	Purkuputken ylä- ja alapuoliselle jokiosuudelle vapautettujen taimenerien vertailu	14
3.4	Liikesuunnat tutkimusalueen ylä- ja alaosilla	16
3.4.1	Taimenet	16
3.4.2	Harjukset ja siika	17
3.5.	Sähkönsäätövaikutuksen vaikutus kalojen liikesuuntiin	18
3.5.1	Taimenet	18
3.5.2	Harjukset ja siika	19
4.	Tulosten tarkastelu	21
5.	Muita huomioita	22
5.1	Liikkeet kutuajankohtana.....	22
5.2	Kalaloiset ja lohien vaelluspaikat	22
6.	Kirjallisuus	23
	Kiitokset	23
	Liite 1. Kalojen liikekaaviot	24

1. Johdanto

Agnico Eagle Kittilän kaivos otti käyttöön joulukuussa 2020 uuden purkuputken. Kaivoksen käsitellyt prosessi- ja kuivanapitovedet johdetaan purkuputkea pitkin Loukiseen. Aluehallintoviraston lupapäätöksen (Nro 67/2020, Dnro PSAVI/1079/2018, 29.5.2020) mukaisesti kaivoksen tulee tehdä selvitys jätevesien johtamisen vaikutuksista kalojen liikkumiseen ja vaelluskäyttäytymiseen uuden purkupaikan vaikutusalueella.

Agnico Eagle tilasi talvella 2021 Kala- ja vesitutkimus Oy:ltä kalojen vaellus- ja liikkumiskäyttäytymistä selvittävän tutkimuksen. Tutkimus suoritettiin kalatalousviranomaisen hyväksymän tutkimussuunnitelman (Kala- ja vesitutkimus Oy 2021) mukaisesti.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, aiheuttaako purkuputki Loukisessa jonkinlaisen, esimerkiksi kemiallisen tai mekaanisen, esteen kalojen liikkumiselle tai vaikuttaako se muuten kalojen käyttöön jokialueella. Varsinaisina tutkimuskysymyksinä käytettiin:

- 1) Uivatko kalat purkualueen läpi
- 2) Käyttäytyvätkö purkuputken ylä- ja alapuolelle vapautetut kalat eri tavoin
- 3) Onko kalojen liikehdintä erilaista purkuputken ylä- ja alapuolisella jokialueella
- 4) Vaikuttavatko veden laadun muutokset kalojen liikkeisiin

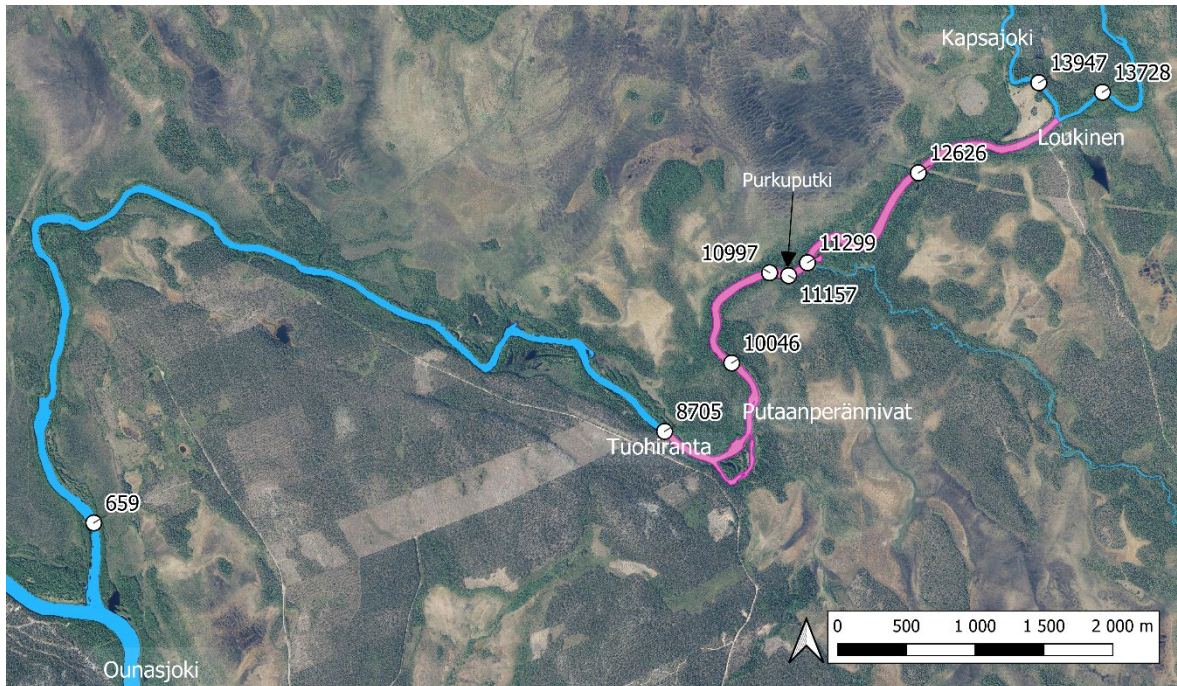
2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Tutkimusalueen kuvaus

Tutkimusjoki, noin 60 km pitkä Loukinen on Ounasjoen sivuhaara. Ounasjoki puolestaan laskee Kemijokeen. Loukisen virtaama vaihtelee välillä 5–204 m³/s; keskivirtaama on noin 20 m³/s. Agnico Eagle Kittilän kaivoksen uusi purkuputki laskee Loukiseen noin 11 km:n päässä Ounasjoesta. Purkuputken niin sanotuksi sekoittumisvyöhykkeeksi on määrätty 300 metrin mittainen jokiosuus purkuputken alapuolella. Sekoittumisvyöhyke on kaivoksen lupamääräyksissä määritelty alue, jolla päästörajoituksen mukaiset nikkelipitoisuudet voivat ajoittain ylittää paikallisen ympäristölaatonormin (AA-EQS; biosaatavan nikkelin vuosikeskiarvo) mukaisen rajan ennen kuin purkuvedet ovat sekoittuneet tasaisemmin jokiveteen.

Pääasiallinen kalojen liikkeiden seuranta tapahtui purkuputkesta noin kaksi kilometriä ylä- ja alavirtaan rajautuvalla neljän kilometrin pituisella tutkimusalueella Kapsajokisuun ja Tuohirannan välillä (Kuva 1). Tutkimusalueen yläosa Kapsajoen haarasta lähes purkuputkelle saakka on hitaasti virtaavaa virtasuvantoa, jossa on muutamia lyhyitä nopeammin virtaavia hiekkapohjaisia paikkoja. Purkuputken kohdalla ja putkesta noin 400–500 metriä ylävirtaan joki virtaa hitaasti ja syvyyttä on useampi metri (Kuva 1). Heti purkuputken alapuolella on noin 100 m pitkä nopeammin virtaava virtapaikka, jossa on myös useita isoja kiviä, jotka muodostavat mahdollisia suojapaikkoja kaloille.

Purkuputken alapuolisesta virtapaikasta noin kilometrin verran alavirtaan joki on jälleen samantyyppistä hitaasti virtaavaa virtasuvantoa kuin tutkimusalueen yläosassa, kunnes virta alkaa jälleen kiihtyä vastaanottimen 10046 kohdilla (Kuva 1). Virta kiihtyy nivamaiseksi koskeksi (Putaanperännivat; Kuva 1) ja hidastuu jälleen kosken alapuolisessa suvannossa Tuohirannassa, jossa joki myös levenee. Koskesta alavirtaan joki on muutamaa virtapaikkaa lukuun ottamatta hitaasti virtaavaa virtasuvantoa aina Ounasjoelle saakka.



Kuva 1. Tutkimusalue (merkitty vaaleanpunaisella) Loukisessa ja vastaanottimien sijainnit (valkoiset pisteet). Vastaanottimet numeroitu etäisyyden perusteella jokisuusta (metreinä). Sisältää Maanmittauslaitoksen (20.2.2022) Ortoilmakuva-aineistoa. Taustakartta on kuvattu ennen uuden purkuputken rakentamista, eikä siinä näy purkuputkelle koillisesta/pohjoisesta johtava huoltotie.

2.1.1 Ympäristöolosuhteet tutkimuksen aikana

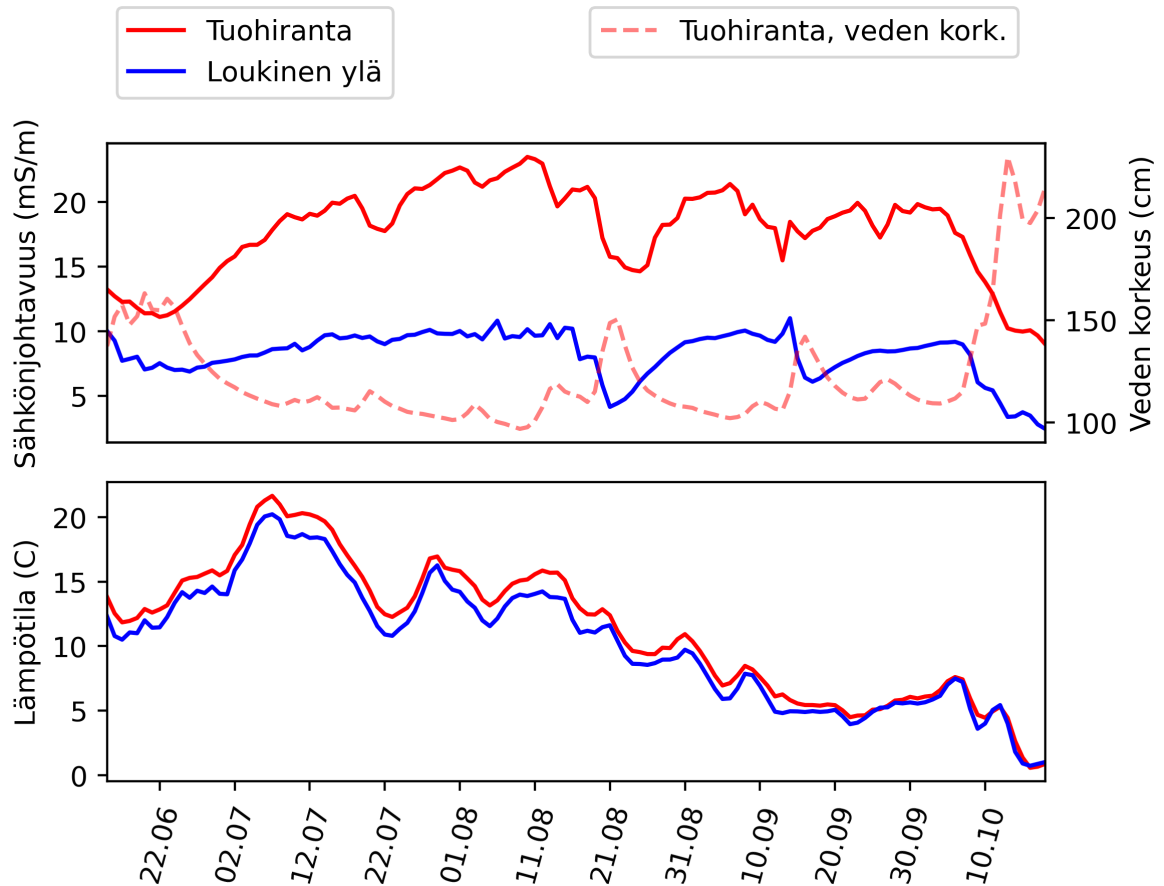
Veden sähköjohtavuutta ja lämpötilaa mitataan kaivosyhtiön toimesta jatkuvatoimisesti purkuputken yläpuolella (noin 15 km purkuputkesta) sekä alapuolella Tuohirannassa (noin 2,5 km purkuputkesta).

Vuorokauden keskimääräinen sähkönjohtavuus vaihteli purkuputken alapuolella Tuohirannassa tutkimusjakson 17.6.–18.10.2021 aikana 9 mS/m ja 23,5 mS/m välillä (Kuva 2). Purkuputken yläpuolella sähkönjohtavuus vaihteli 2,5 mS/m ja 11 mS/m välillä ja oli keskimäärin (keskiarvo $\pm$ keskihajonta) $9,5 \pm 2,5$ pienempi kuin Tuohirannassa (Kuva 2). Sähkönjohtavuus näiden kahden alueen välillä korreloi vahvasti positiivisesti ($r=0.76$). Toisin sanoen sähkönjohtavuuden vaihtelu oli hyvin samankaltaista näillä kahdella alueella, vaikka sähkönjohtavuus olikin koko tutkimusjakson Tuohirannassa selvästi suurempi (Kuva 2).

Sähkönjohtavuus ilmaisee veteen liuenneiden ionien määrää. Jokivesien tyypillinen sähkönjohtavuus vaihtelee välillä 10–20 mS/m ja voimakkaasti viljellyillä alueilla se on luokkaa 15–20 mS/m (Oravainen, 1999). Kaivoksen yläpuolisen Seurujoen sähkönjohtavuus (ns. alueen luontainen sähkönjohtavuus) vaihteli kesällä 2014 kesäkuun 5,4 mS/m ja syyskuun 10,2 mS/m välillä (Hämäläinen 2015).

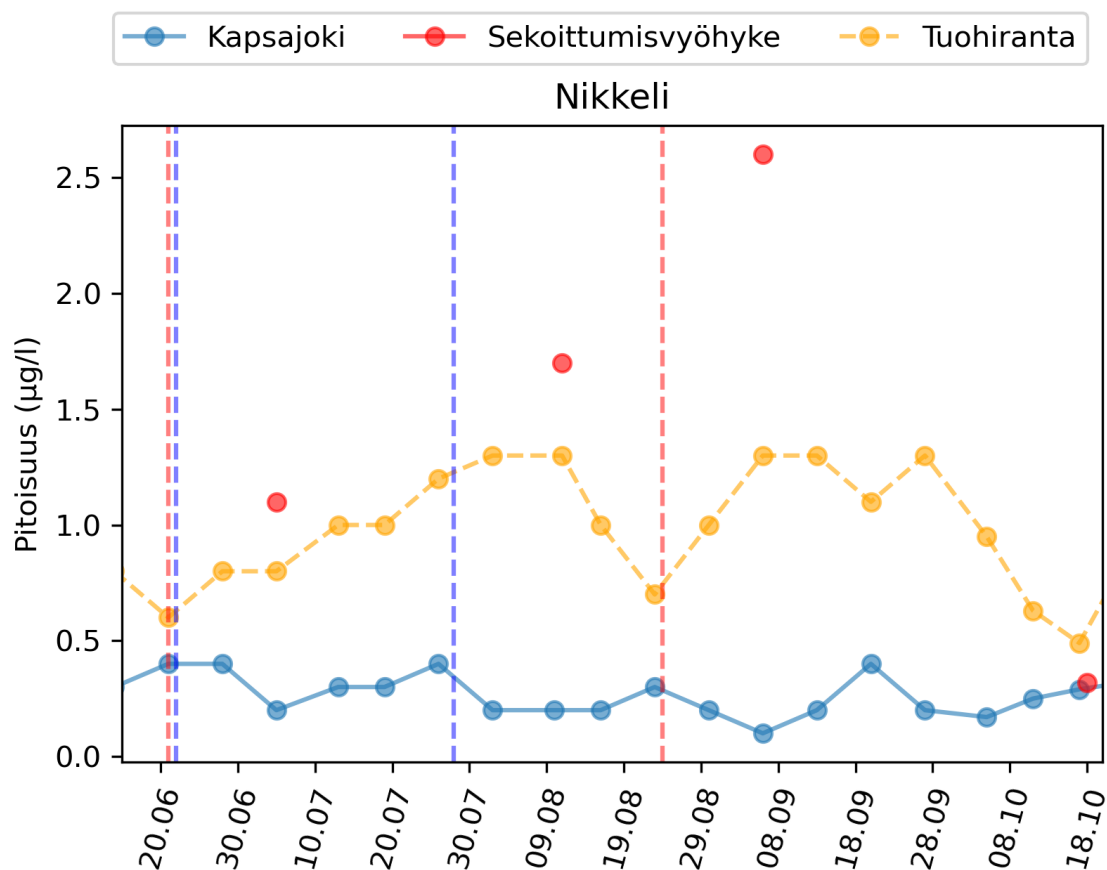
Veden lämpötila vaihteli hyvin samankaltaisesti näiden kahden alueen välillä, ja korrelaatio oli lähes täydellinen ($r > 0.99$). Vuorokauden keskilämpötila oli Tuohirannassa keskimäärin 1 ± 0.5 °C korkeampi kuin purkuputken yläpuolisella asemalla Loukisessa (Kuva 2).

Vedenkorkeus Tuohirannan asemalla vaihteli 97 cm ja 230 cm välillä ja korreloi vahvasti negatiivisesti (Pearson $r = 0.86$) sähkönjohtavuuden kanssa, eli kun vedenkorkeus kasvoi, sähkönjohtavuus Tuohirannassa laski ja päinvastoin (Kuva 2).



Kuva 2. Ylempi kuvaaja: Vuorokauden keskimääräinen sähkönjohtavuus purkuputken alapuolella Tuohirannassa ja ylempänä Loukisessa sekä vedenkorkeus Tuohirannassa. Alempi kuvaaja: Lämpötila Tuohirannassa ja ylempänä Loukisessa.

Nikkelipitoisuudet olivat purkuputken alapuolella Loukisessa suurempia kuin Kapsajoella (Kuva 3). Purkuvesien sekoittumisvyöhykkeen nikkelipitoisuudet olivat pääsääntöisesti suurempia kuin alempana Loukisessa Tuohirannassa (Kuva 3).



Kuva 3. Nikkelin pitoisuus tutkimusalueen yläpuolella Kapsajoessa, purkuvesien sekoittumisvyöhykkeellä ja Tuohirannassa Loukissa. Pystyviivat ilmaisevat taimenten (punainen) ja harjusten (sininen) vapautusajankohdan.

2.1.2 Purkuputken toiminta seurannan aikana

Purkuvesien kuukausikohtaiset kokonaismäärät kesä-lokakuun aikana vaihtelivat 470 731 m³ ja 575 776 m³ välillä, ja olivat noin 0,7–1,9 % Loukisen virtaamasta (Taulukko 1). Purkuvedet purkautuvat putkesta jatkuvasti ja tuntikohtaisissa määrissä on vain vähäistä vaihtelua.

Taulukko 1. Tuntikohtaisesta aineistosta laskettu kaivoksen purkuvesien kuukauden kokonaisvirtaama, tuntikohtainen keskiarvo sekä prosenttiosuus Loukisen kuukauden kokonaisvirtaamasta.

	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu
Yhteensä	470 731 m ³	491 913 m ³	554 051 m ³	575 776 m ³	485 684 m ³
Keskimäärin Loukisen virtaamasta	0,7 %	1,9 %	1,7 %	1,9 %	0,6 %
Tuntikohtainen keskiarvo	0,18 m ³ /s	0,18 m ³ /s	0,21 m ³ /s	0,22 m ³ /s	0,18 m ³ /s

2.2 Kalojen pyynti ja merkintä

Ounasjoen ja Loukisen vesistöalueen tärkeimpiä vaelluskaloja ovat taimen (*Salmo trutta*) ja harjus (*Thymallus thymallus*). Viime vuosina vesistöalueella on tehty tutkimuksia ja toimenpiteitä myös lohikannan (*Salmo salar*) palauttamiseksi Kemi- ja Ounasjokeen.

Loukiseen on istutettu lohen poikasia, taimenia sekä harjuksia. Nykytilassa kaloilla ei ole vaellusyhteyttä Loukisen ja meren välillä: vaellusyhteyden palauttamiseksi Kemijoen voimalaitoksille tulisi rakentaa esimerkiksi kalatiet (esim. Kemijoki.fi 2020).

Tutkimussuunnitelman mukaisesti tavoitteena oli pyydystää tutkimusalueelta 20 kpl taimenia ja 5 kpl harjuksia. Pyyntejä tehtiin kesäkuussa useiden päivien ajan eri puolilla tutkimusaluetta rysällä, verkolla ja vapavälinein, mutta saaliiksi saatiin vain ahvenia ja haukia. Pyyntiä laajennettiin kauemmas tutkimusalueelta Loukisessa ja siihen virtaavissa Seuru- ja Kapsajoissa, joista saatiin saaliiksi kolme taimenta, yksi siika, sekä neljä harjusta. Saadut kalat kuljetettiin vapautettavaksi tutkimusalueen alaosille Tuohirantaan tai purkualueelle.

Tuohirannassa merkittiin 21.6.2021 yhteensä neljä harjusta, kaksi taimenta ja yksi ahven (*Perca fluviatilis*). Purkuputkella merkittiin lisäksi 22.6.2021 yksi taimen ja yksi siika (*Coregonus lavaretus*). Muut kalat saatiin vapavälinein, mutta siika kalastettiin verkolla.

Tavoitteena oli saada tutkimukseen vähintään viisi harjusta. Heinäkuun loppuun mennessä aiemmin merkityistä neljästä harjuksesta oli kertynyt kuitenkin hyvin vähän havaintoja. Harjusten pyyntiä jatkettiin, ja viisi uutta harjusta saatiin saaliiksi vapavälinein purkuputken alapuoliselta virtapaikalta ja merkittiin 28.7.2021 (Taulukko 2).

Taimenia oli kesä- ja heinäkuussa saatu saaliiksi vain kolme tutkimusalueen ulkopuoliselta jokialueelta. Myös paikallisten kalastuksen harrastajien ja koekalastusten (Eurofins Ahma Oy 2021) mukaan taimenia saadaan vähän tutkimusalueelta saaliiksi. Näin ollen päätettiin ELY-keskuksen hyväksymän tutkimussuunnitelman mukaisesti käyttää tutkimuskaloina laitoksella kasvatettuja taimenia, joita muutenkin istutetaan samaan vesistöön. Kalat haettiin Voimalohi Oy:n kasvatuslaitokselta 23.8.2021 ja kuljetettiin hapetetussa 600 litran säiliössä Loukiseen purkuputken yläpuolelle kahteen 90 x 70 x 70 cm kokoiseen häkkiin odottamaan merkintää.

Seuraavana päivänä 21 taimenta merkittiin akustisin lähettimin ja vapautettiin purkuputken ylä- ja alapuolelle. Neljätoista taimenta vietiin veneellä n. 400 m purkuputkesta alavirtaan ja seitsemän taimenta vapautettiin n. 50 m purkuputken yläpuolelle (Taulukko 2).

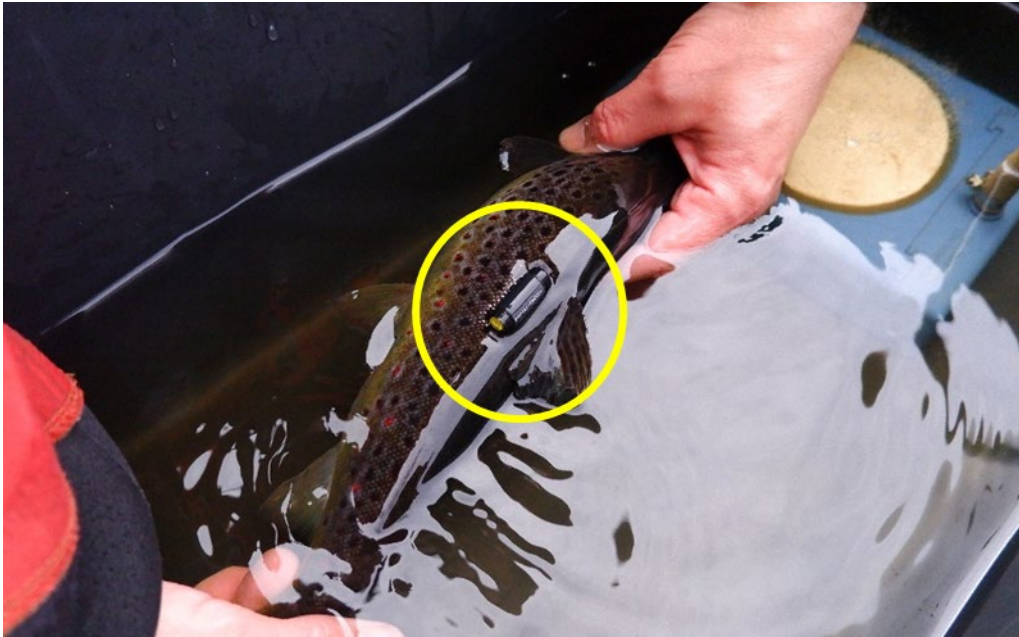
Taulukko 2. Merkintäpäivämäärät, pituustiedot sekä vapautuspaikka ja vapautuspaikan veden lämpötila.

Laji / merkintäerä	Kappalemäärä	Vapautuspäivä	Lämpötila (°C)	Vapautuspaikka	Keskipituus ±1 SD (cm)
Taimen	3	21. & 22.6	10.9 & 11.0	Tuohiranta & purkuputki	42±3
Taimen	21	24.8.	8.7	Purkuputki ja 400m purkuputkesta alavirtaan	35±2
Harjus	4	21.6	11.0	Tuohiranta	27±3
Harjus	5	28.7.	15.4	Purkuputki	37±4
Siika	1	22.6	10.9	Purkuputki	42
Ahven	1	21.6	11.0	Tuohiranta	35

2.2.1 Merkintä

Kalojen selkäevän tyveen asennettiin akustiset lähettimet (Thelma Biotel MP9 ja MPL9L, paino 3,6 g ja 5,2 g; Kuva 4). Häkeistä otettiin satunnaisesti yksi kala kerrallaan nukutettavaksi lähettimen asentamista varten. Kalat nukutettiin hapetetussa nukutusaineliuoksessa (puskuroitu MS-222, 80 mg/l) 50 litran astiassa. Lähettimen asentamisen jälkeen kalojen annettiin toipua operaatiosta erillisessä häkissä jokivedessä ennen vapautusta. Merkinän jälkeistä kuolleisuutta ei esiintynyt. Veden lämpötila vaihteli merkintä- ja vapautuspäivinä 8,7 ja 15,4 °C välillä (Taulukko 2).

Merkeissä on Kala- ja vesitutkimus Oy:n yhteystiedot, joten merkkipalautuksia ja tietoja kaloista voi vielä tulla tutkimuksen jälkeenkin.



Kuva 4. Akustinen lähetin asennettuna taimenen selkäevän tyveen.

2.3. Vastaanottimet ja seuranta

Yhdeksän akustista vastaanotinta (Thelma Biotel TBR 700) asennettiin tutkimusalueelle sekä jokisuuhun kalojen jatkuvaa seuranta varten (Kuva 1). Vastaanottimet tarkistettiin tämän jälkeen kuukausittain, jolloin myös aineisto otettiin talteen. Vastaanottimet tallensivat tietoa kaloista silloin, kun kala oli vastaanottimen kuuluvuusalueella (paikasta riippuen jopa satojen metrien päässä). Vastaanottimet sijoitettiin siten, että kalat eivät voineet uida niiden ohi ilman rekisteröitymistä vastaanottimelle. Seuranta lopetettiin 18.10.2021.

2.3.1 Käsipaikannukset ja sähkönsäätömittaukset

Tutkimusalueen läpi laskettiin veneellä kuukausittain, jolloin tehtiin ns. käsipaikannuksia kaloista ja sähkönsäätömittauksia pinnanläheisestä vedestä (YSI 600 -sarjan vedenlaatumittari, lämpötilakorjatut arvot). Mittauksia ja paikannuksia tehtiin koko tutkimusalueella lukuun ottamatta vuolaimpia virtapaikkoja.

Käsipaikannusten avulla saatiin tietoja sellaisista kaloista, jotka eivät olleet vastaanottimien läheisyydessä. Syyskuussa käsipaikannukset ulotettiin Ounasjoelle saakka.

Laajempialaisia ja yhtenäisiä sähkönjohtavuusmittauksia tehtiin kolmena eri ajankohtana (22.6. 20.9 ja 18.10).

2.4 Aineiston käsittely ja tilastolliset menetelmät

Kalat, joista ei kertynyt riittävästi havaintoja, jätettiin pois tarkastelusta. Näitä olivat kesäkuussa merkityt harjukset (neljä yksilöä) ja ahven, sekä yksi purkuputken alapuolelle vapautetuista istutustaimenista. Osa kaloista on saattanut poistua tutkimusalueelta pian vapautuksen jälkeen, joutunut saaliiksi, tai asettunut matalille koskialueille, mistä niitä on vaikea havaita käsivastaaottimella.

2.4.1 Purkuputken ohitukset

Purkuputken ohitukset ala- ja ylävirran suuntiin laskettiin aineistosta kalakohtaisesti ja summattiin laji-/vapautusryhmittäin. Lyhyitä, alle 100 metrin etäisyydellä purkuputkesta tapahtuneita liikkeitä ei laskettu purkuputken ohitukseksi.

2.4.2 Laitostaimenten käyttäytyminen vapautuspaikasta riippuen

Vapautuspaikan vaikutusta kasvatuslaitokselta tuotujen taimenten liikkeisiin selvitettiin vertaamalla kalojen käytöstä vapautuksen jälkeen. Aineistoa tarkastelemalla taimenten liikkeistä voitiin erottaa kolme käyttäytymismallia, joiden mukaisesti kalat voitiin jakaa kolmeen ryhmään:

1. Taimenet, jotka uivat ensimmäisen kahdeksan päivän aikana alavirtaan ja pois tutkimusalueelta
2. Taimenet, jotka pysyttelivät purkuputken alapuolisella tutkimusalueella, kunnes lähtivät syyskuun puolivälin jälkeen Ounasjokeen
3. Taimenet, jotka pysyttelivät koko tutkimusjakson ajan tutkimusalueella

Fisherin-Freemanin-Haltonin tarkkaa testiä käytettiin testaamaan, ryhmittyivätkö kalat näihin kolmeen ryhmään eri tavoin vapautuspaikan perusteella.

2.4.3 Liikesuunnat tutkimusalueen ala- ja yläosilla

Kaikki tutkimusalueen sisällä vastaanottimille kertynyt liikeaineisto ryhmiteltiin tutkimusjakson ajalta kolmeen kategoriaan: ylävirtaan ja alavirtaan suuntautuneet liikkeet (yli 300 m matka) sekä varmistetusti vain pienellä alueella liikkuneet kalat (vastaanottimen läheisyydessä vähintään puoli tuntia yhden tunnin aikana viettänyt kala).

2.4.4 Veden laadun vaikutus kalojen liikkeisiin

Sähkönjohtavuutta käytettiin veden laadun indikaattorina tässä tutkimuksessa, koska yleisesti ottaen sähkönjohtavuus ilmaisee veteen liuenneiden suolojen määrää.

Aineistoa tarkasteltaessa havaittiin, että vedenkorkeuden ja sähkönjohtavuuden välillä oli vahva (negatiivinen) korrelaatio, eli veden ollessa korkealla sähkönjohtavuus oli alhaisempi ja vastaavasti veden ollessa alhaalla sähkönjohtavuus oli korkeimmillaan. Mikäli kalojen liikkeiden ja sähkönjohtavuuden välillä havaittaisiin yhteys, havaittaisiin myös

vedenkorkeuden ja kalojen liikkeiden välillä myös riippuvuus. Näin ollen kalojen liikkeitä tarkasteltiin ainoastaan suhteessa sähköntohtavuuteen.

Lisäksi tarkasteltiin tämän tutkimuksen aikana vesistötarkkailun yhteydessä otettujen vesinäytteiden tuloksia nikkelin osalta, koska kaivoksen lupamääräyksissä on mainittu päästörajoitukset nikkelin osalta.

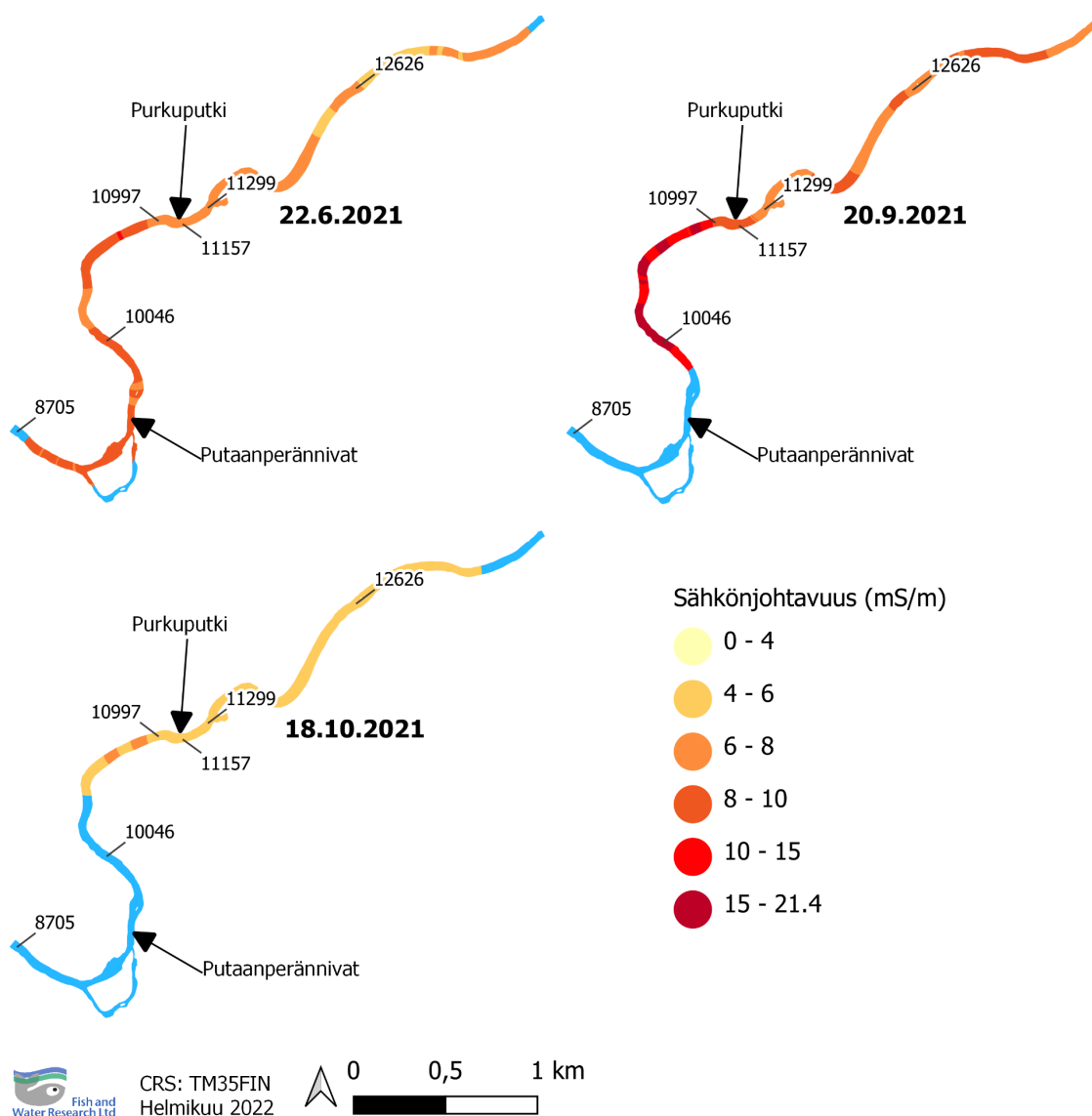
Sähköntohtavuuden aikasarja jaettiin signaalin huipuntunnistusalgoritmia (Brakel 2014, Van Rossum & Drake 2008; kahden päivän liukuva keskiarvo, kolme keskihajontaa ja 15 % vaikutusarvo) käyttäen osiin sen mukaan, onko sähköntohtokyky nousussa vai laskussa. Edellisessä kohdassa (2.4.3 Liikesuunnat tutkimusalueen ala- ja yläosilla) selostettu liikesuunta-aineisto jaettiin sähköntohtavuudesta laskettujen luokkien perusteella kahteen luokkaan. Fisherin tarkan testin avulla testattiin sitä, jakautuvatko kalojen liikkeet eri tavoin suhteessa sähköntohtavuuden muutoksiin purkuputken ylä- ja alapuolisilla alueilla.

Merkintään ja vapautukseen liittyvä mahdollinen vaikutus kalojen liikkeisiin pyrittiin poistamaan jättämällä vapautusvuorokausi ja sitä seuraava vuorokausi huomioimatta.

3. Tulokset

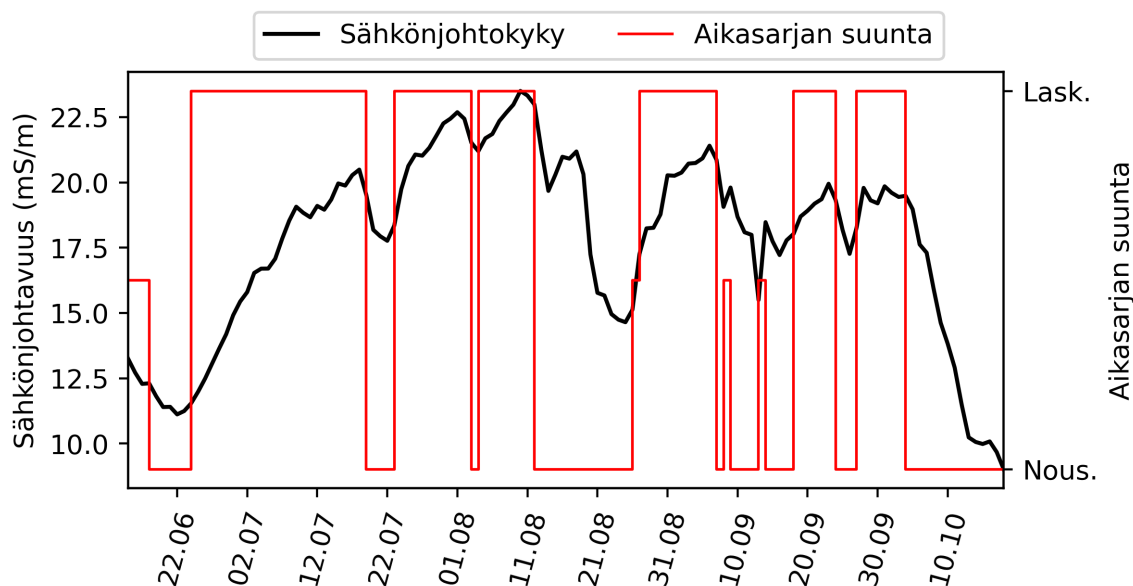
3.1 Sähkönjohtavuus

Kolmeen kertaan tehtyjen mittausten perusteella pinnanläheisen veden sähkönjohtavuus oli purkuputken alapuolella suurempi kuin yläpuolella (Kuva 5). Sähkönjohtavuus oli suurimmillaan n. 100–200 metrin päässä purkuputken alapuolella, mutta ylävirtaa korkeampia arvoja mitattiin kesäkuussa vielä 2,5 kilometrin päässä alavirrassa (Kuva 5): samaan tapaan myös automaattimittauksissa havaittiin selvä ero ylä- ja alapuolisten alueiden välillä (Kuva 2). Purkuputken ylä- ja alapuolisen alueen välinen ero oli suurimmillaan syyskuun 20. päivänä tehdyssä mittauksessa, jolloin esimerkiksi 200 m purkuputken yläpuolella mitattiin 8 mS/m ja saman matkan päässä alapuolella 12 mS/m pitoisuudet (Kuva 5).



Kuva 5. Veneestä tehtyjen pinnanläheisen veden sähkönjohtavuusmittausten tulokset. Numerot osoittavat etäisyyden jokisuusta metreissä. Mitattu alue ilmaistu punakeltaisella värillä. Taustakarttana käytetty jokialue kuvattu sinisellä värillä; Hydrografia-aineisto - SYKE 20.2.2022.

Automaattimittareiden tuottaman aikasarjan perusteella aineistossa oli yhteensä 51 vuorokautta, jolloin sähköjohtavuus oli laskussa ja 68 vuorokautta, jolloin sähköjohtavuus oli nousussa (Kuva 6).



Kuva 6. Sähkönjohtavuus Tuohirannassa ja ajanjaksot, jolloin sähköjohtavuus oli nousussa tai laskussa.

3.2 Purkuputken ohitukset

Tutkimuslajit uivat purkuputken ohitse sekä ylä- että alavirtaan (Taulukko 3), ja tutkimuskaloista 76 % ohitti putken ainakin toiseen suuntaan.

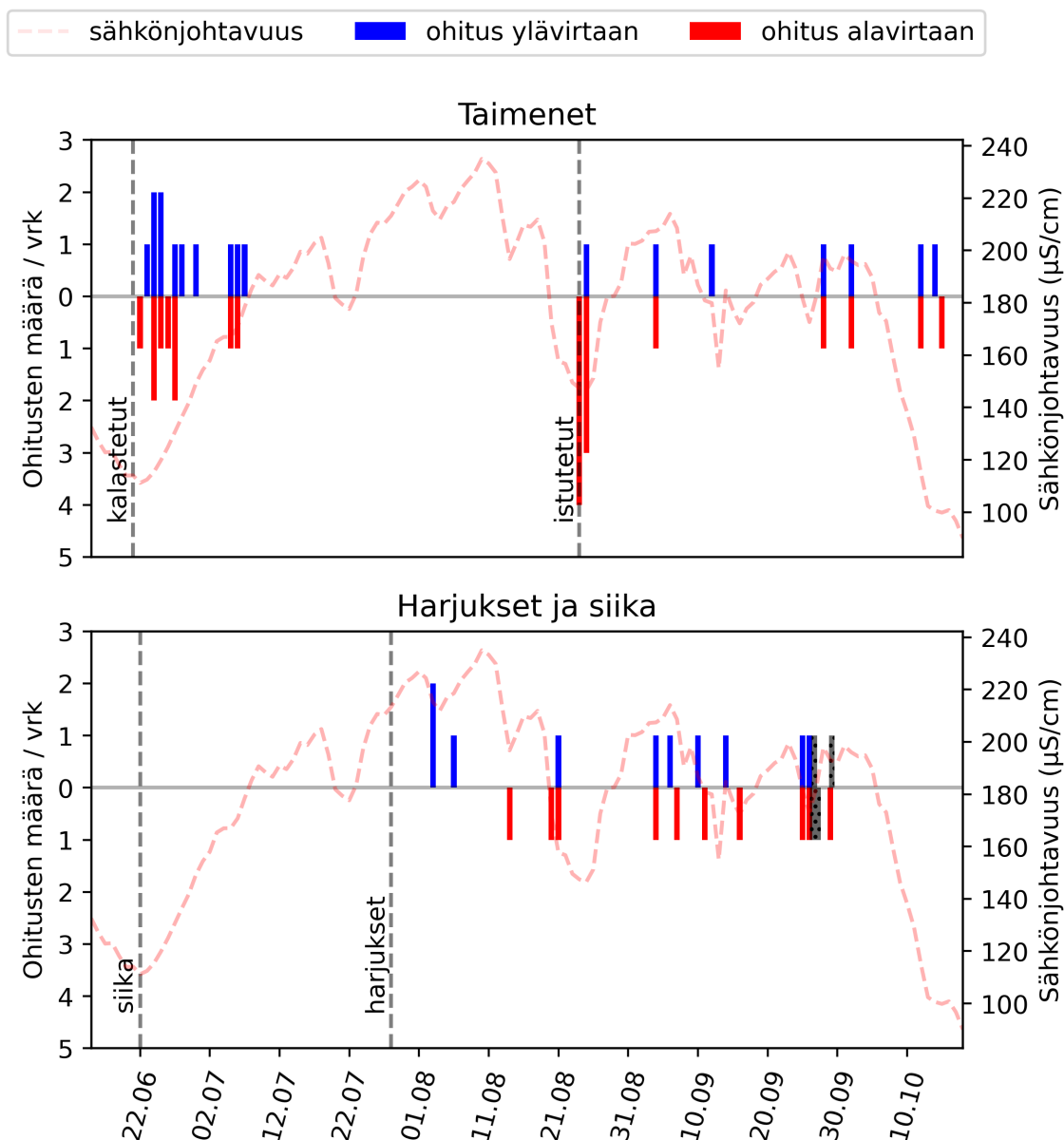
Taulukko 3. Purkuputken ohiiintikerrat ylä- ja alavirran suuntiin.

	Kalastetut taimenet	Istutus-taimenet (yläpuolelle vapautettu)	Istutus-taimenet (alapuolelle vapautetut)	Harjukset	Siika
Yksilömäärä	3	7	13	5	1
Ylävirran suuntaan	11	1	6	10	2
Alavirran suuntaan	9	7	5	10	2

3.2.1 Taimenet

Kesäkuussa tutkimusjoesta pyydetty kolme taimenta ohittivat kaikki purkuputken useaan kertaan (3–4 kertaa ylävirtaan ja 2–4 kertaa alavirtaan; Taulukko 3, Kuva 7).

Kaikki purkuputken yläpuoliselle jokialueelle vapautetut taimenet ohittivat putken ylävirrasta alavirtaan (Taulukko 3). Yksi näistä taimenista vietti lähes puolitoista vuorokautta purkuputken läheisyydessä, ohittaen purkuputken myös ylävirran suuntaan. Alavirran puolelle vapautetuista kolmestatoista taimenesta kuusi kalaa kävi myös purkuputkialueen yläpuolella. Näistä yksi jäi tutkimusjakson loppuun saakka ylävirran puolelle.



Kuva 7. Kalojen liikkeet purkuputken ohitse ylä- ja alavirtaan vuorokausittain sekä vuorokauden keskimääräinen sähkönjohtavuus. Siian tekemät purkuputken ohitukset ilmaistu mustalla värillä. Harmaa katkoviiva osoittaa vapautusajankohdan.

3.2.2 Harjukset ja siika

Kaikki harjukset menivät ylävirtaan purkuputken alapuolelta ainakin kertaalleen (Taulukko 3) ja purkuputken ohituksia tapahtui tutkimuksen aikana useaan kertaan (Kuva 7). Harjusten liikkeet tutkimusjakson aikana olivat yleensä lyhyitä ja hitaita siirtymiä purkuputken läheisyydessä.

Yksi harjuksista vietti koko tutkimusjakson ajan purkuputken alapuolisella virtapaikalla, mutta kävi satunnaisesti purkuputken yläpuolisella jokialueella, ohittaen purkuputken kuudesti. Muut harjukset ohittivat putken kertaalleen molempiin suuntiin (2 harjusta), kahdesti ylävirtaan ja kerran alavirtaan (1 harjus) tai kertaalleen alavirtaan (1 harjus).

Purkuputken yläpuolelle kesäkuussa vapautettu siika vietti suurimman osan tutkimusjaksosta purkuputken yläpuolisella jokialueella, mutta kävi syyskuun lopulla

kahdesti purkuputken alapuolisen virtapaikan alaosalla ja ylitti purkualueen kahdesti molempiin suuntiin (Taulukko 3 & Kuva 7).

3.3 Purkuputken ylä- ja alapuoliselle jokiosuudelle vapautettujen taimenerien vertailu

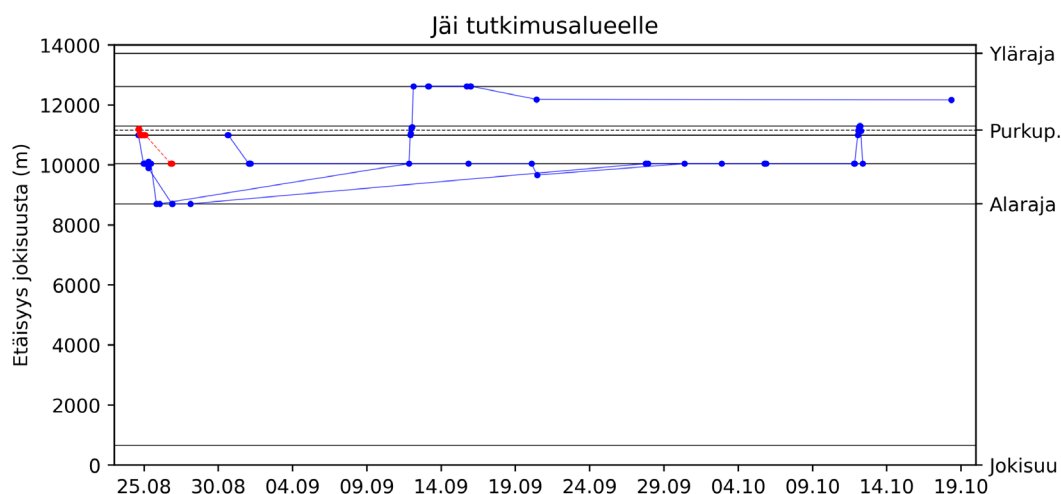
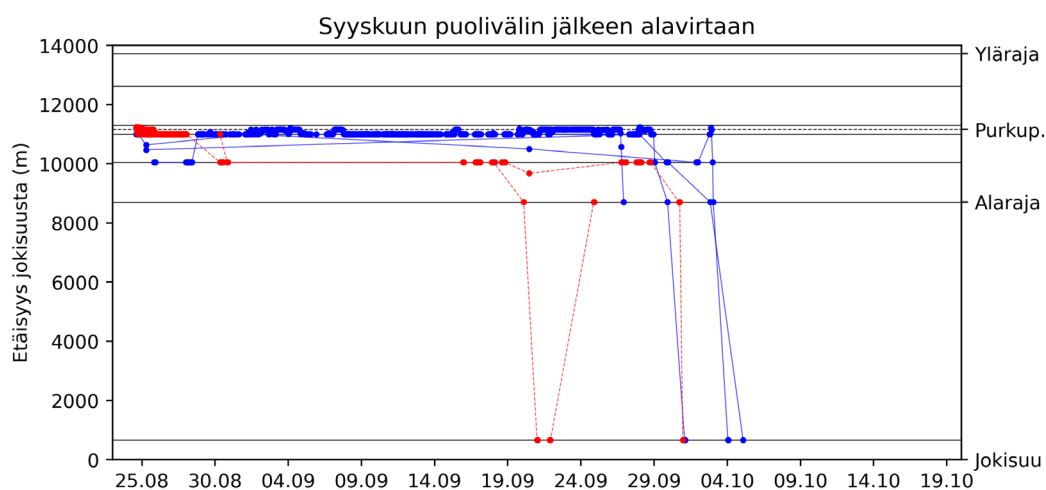
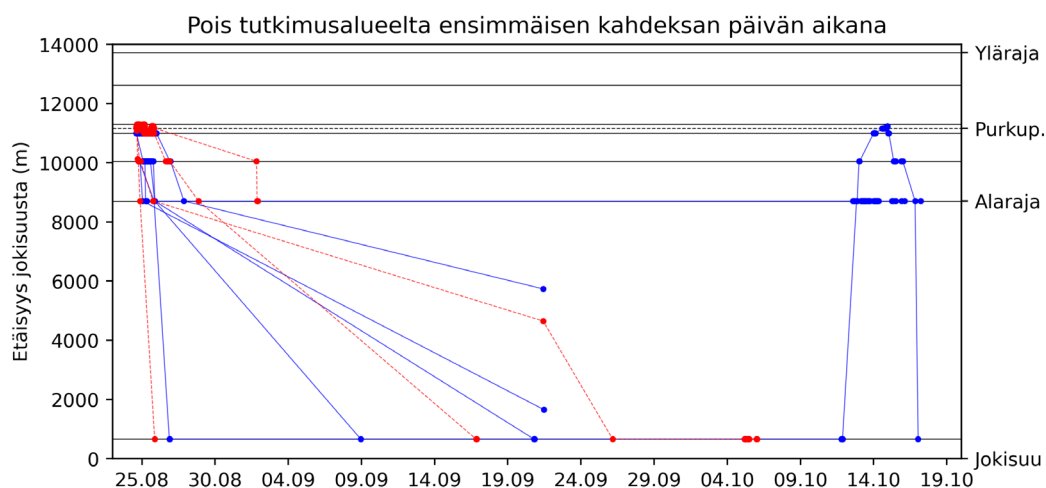
Kasvatuslaitokselta tuodut ja tutkimuksessa käytetyt 20 taimenta ryhmiteltiin kolmen aiemmin määritellyn käyttäytymismallin mukaisesti (Kuva 8).

Purkuputken yläpuolelle vapautetuista kaloista 57 % ja purkuputken alapuolelle vapautetuista kaloista 46 % suuntasi kohti alavirtaa ja pois tutkimusalueelta ensimmäisen kahdeksan päivän aikana (Taulukko 4, Kuva 8). Vastaavasti noin kolmasosa (29 % yläpuolelle vapautetuista ja 31 % alapuolelle vapautetuista) kaloista jäi ensin tutkimusalueelle ja suuntasi syyskuun puolivälin jälkeen alavirtaan. Loput kaloista (14 % yläpuolelle vapautetuista ja 23 % alapuolelle vapautetuista) jäi lähialueille.

Ylä- ja alavirtaan vapautettujen taimenten jakautumisessa näiden kolmen mallin välillä ei havaittu eroja (Fisherin-Freemanin-Haltonin tarkka testi, $p > .9999$). Kalat käyttäytyivät samalla tavalla vapautuspaikasta riippumatta.

Taulukko 4. Purkuputken ylä- ja alapuolelle vapautettujen taimenten jakautuminen kolmeen käyttäytymismalliin.

	Pois tutkimusalueelta ensimmäisen kahdeksan päivän aikana	Syyskuun puolivälin jälkeen alavirtaan	Jäi tutkimusalueelle
Alapuolelle vapautetut	6	4	3
Yläpuolelle vapautetut	4	2	1



Kuva 8. Kolmeen käyttäytymismalliin sijoitettujen taimenten liikekaaviot. Pisteet osoittavat kalahavaintojen sijainnin sekä päivämäärän ja niiden väliset viivat on interpoloitu havaintojen välille. Purkuputken yläpuolelle vapautetut kalat on merkitty punaisella värillä ja alapuolelle vapautetut kalat sinisellä vällillä. Vaakaviivat osoittavat vastaanottimien sijainnit. Tutkimusalueen ylä- ja alaraja, purkuputki sekä jokisuu on ilmaistu kuvaajan oikealla puolella.

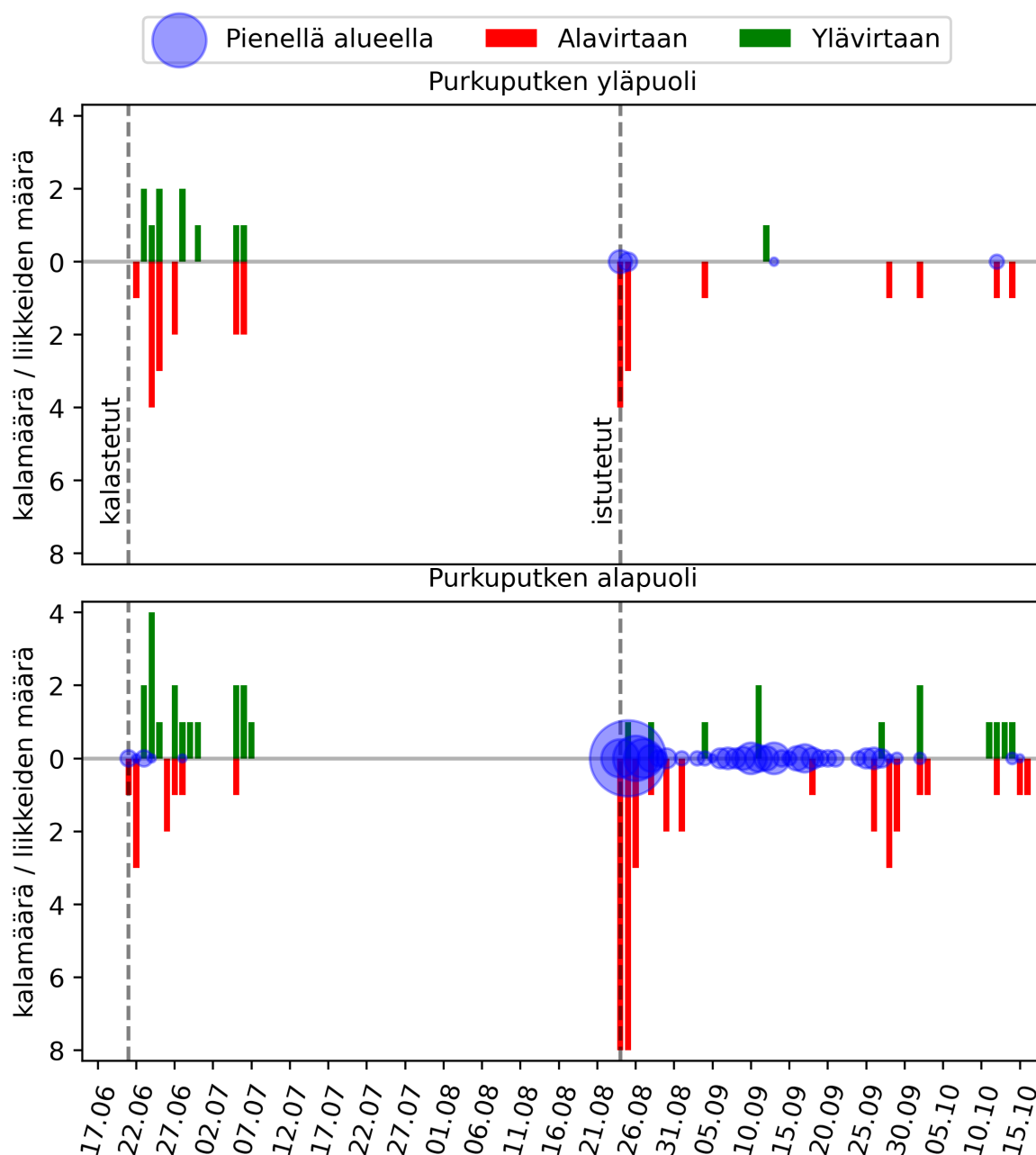
3.4 Liikesuunnat tutkimusalueen ylä- ja alaosilla

Koska purkuputken alapuolella liikkui enemmän kaloja, kertyi putken alapuoliselta jokialueelta selvästi enemmän liikehavaintoja kuin yläpuoliselta alueelta (Kuva 9, Kuva 11, Kuva 10 & Kuva 12).

3.4.1 Taimenet

Kesäkuussa merkityistä taimenista saatiin runsaasti sekä ylä- että alavirtaan suuntautuvia havaintoja (Kuva 9). Kalat liikkuvat laaja-alaisesti ala- ja ylävirtaan kesäkuun lopun ja heinäkuun alun aikana. Kaksi kolmesta taimenesta kävi välillä jopa Ounasjoessa saakka ja kaikki kolme poistuivat kesä-heinäkuun vaihteessa tutkimusalueen ulkopuolelle ylävirtaan.

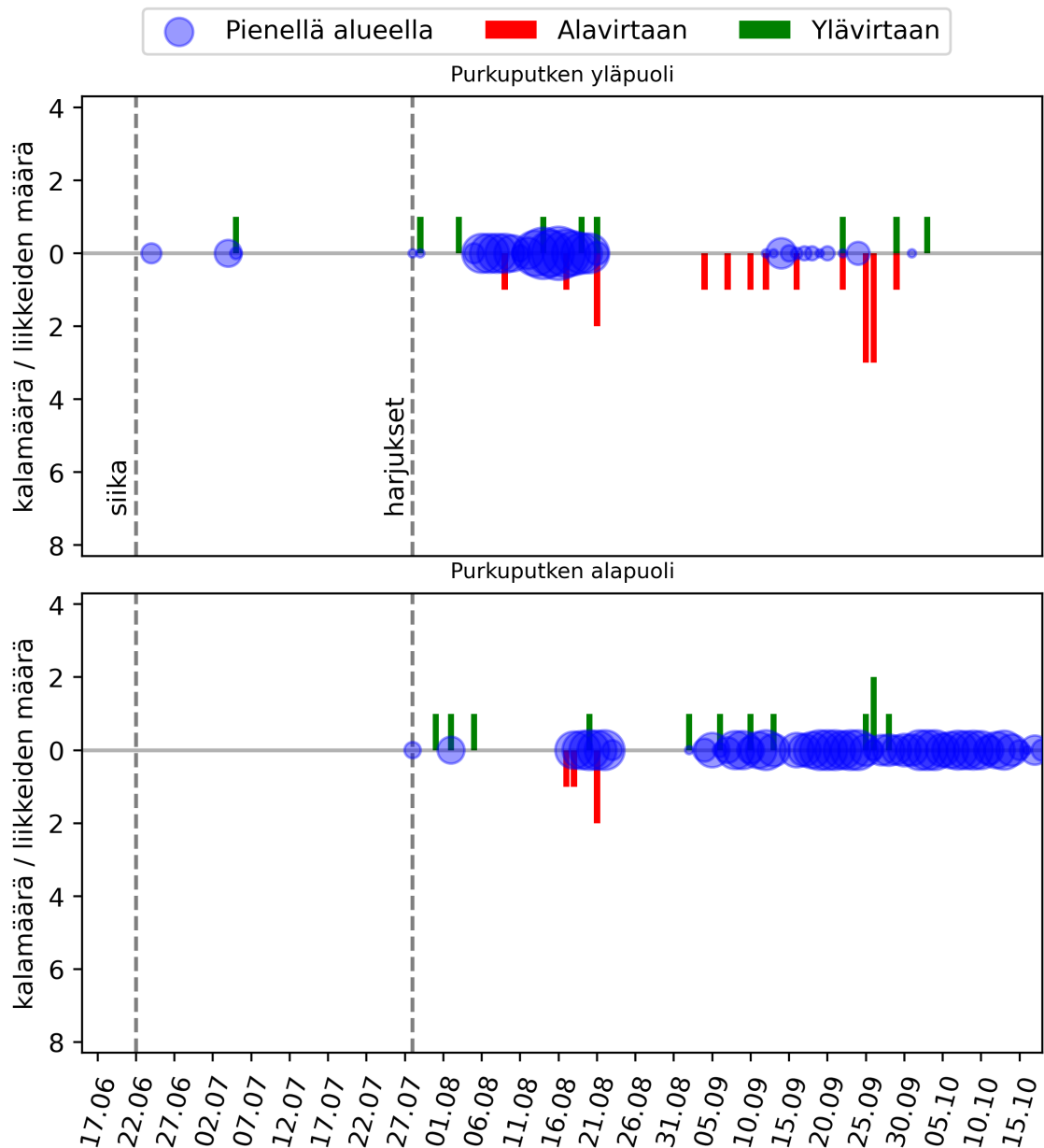
Elokuussa kasvatuslaitokselta tuoduista taimenista saatiin selvästi enemmän havaintoja purkuputken alapuolelta kuin yläpuolelta. Näiden kalojen havaittiin liikkuvan alavirtaan ja ylävirtaan sekä pysyttelevän myös pienellä alueella läpi koko tutkimusjakson (Kuva 9). Purkuputken yläpuolella käyneet taimenet palasivat tyypillisesti nopeasti alavirtaan (Kuva 9).



Kuva 9. Taimenten liikesuunnat purkuputken ylä- (ylempi paneeli) ja alapuolella (alempi paneeli). Alaspäin osoittavat palkit kuvaavat liikesuuntaa alavirtaan, ylöspäin osoittavat palkit kuvaavat liikesuuntaa ylävirtaan ja sinisten ympyröiden koko kuvastaa tuntimääriä, jolloin kalojen on havaittu pysytelleen pienellä alueella. Harmaa katkoviiva osoittaa merkintäajankohdan. Huomaathan, että havaintojen määrät ovat suuremmat purkuputken alapuolella (kts. Kuva 11).

3.4.2 Harjukset ja siika

Harjuksista saatiin paljon havaintoja purkuputken läheisyydestä, jossa ne viettivät pitkiäkin aikoja erityisesti purkuputken alapuolisella virtapaikalla (Kuva 10). Purkuputken yläpuolella harjukset liikkuihin molempiin suuntiin ja pysyivät myös paljon yhdellä alueella elokuun aikana. Purkuputken alapuolella liikkeet suuntautuivat pääosin ylävirran suuntaan ja pienellä alueella pysyteltiin erityisesti syys- ja lokakuun aikana (Kuva 10).

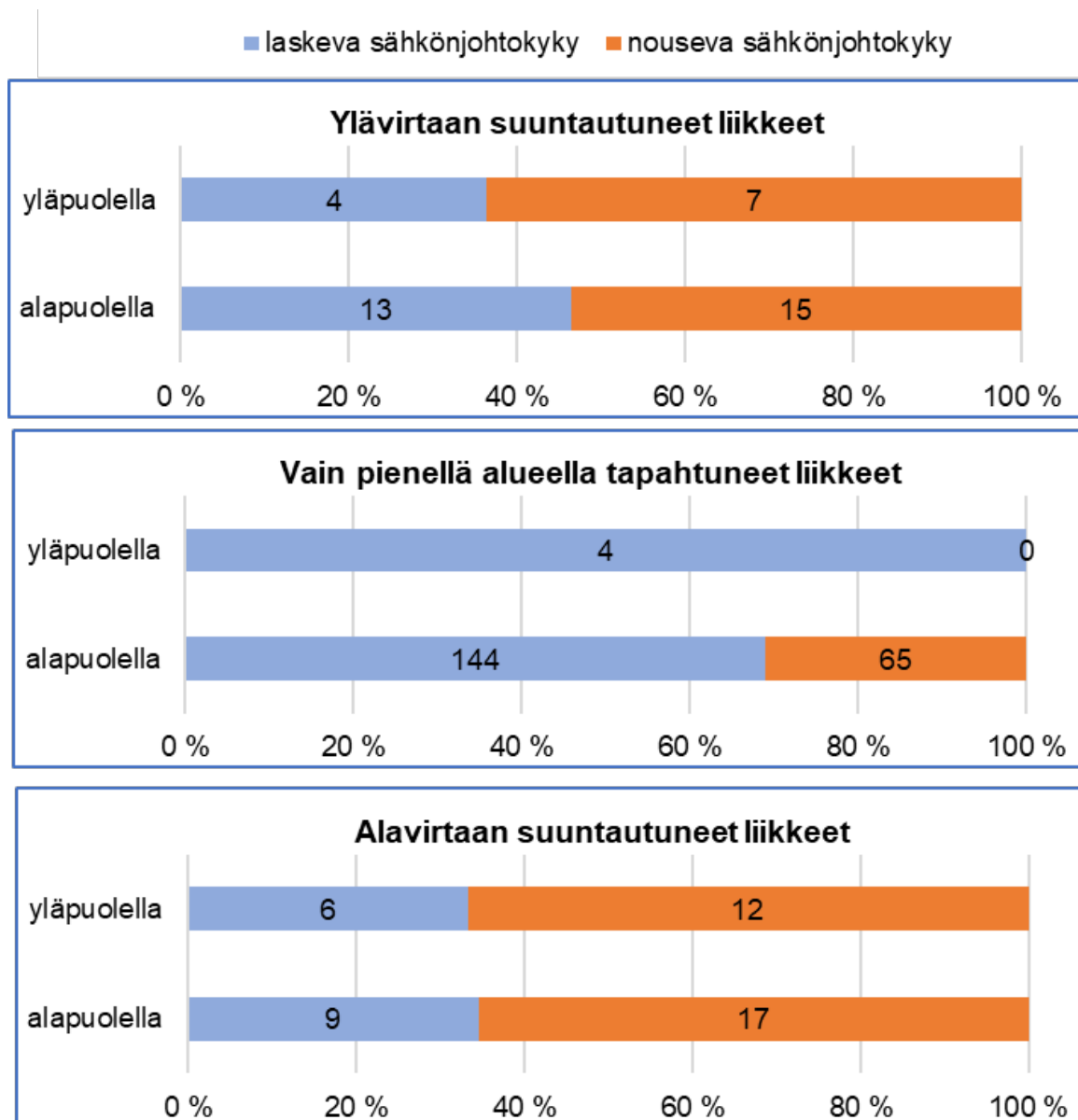


Kuva 10. Hariusten ja siian yhteenlasketut liikesuunnat purkuputken ylä- (ylempi paneeli) ja alapuolella (alempi paneeli). Alaspäin osoittavat palkit kuvaavat liikesuuntaa alavirtaan, ylöspäin osoittavat palkit kuvaavat liikesuuntaa ylävirtaan ja sinisten ympyröiden koko kuvastaa tuntimääriä, jolloin kalojen on havaittu pysytelleen pienellä alueella. Harmaa katkoviiva osoittaa merkintäajankohdan. Huomaathan, että havaintojen määrät ovat suuremmat purkuputken alapuolella (kts. Kuva 12).

3.5. Sähkönjohtavuuden vaikutus kalojen liikesuuntiin

3.5.1 Taimenet

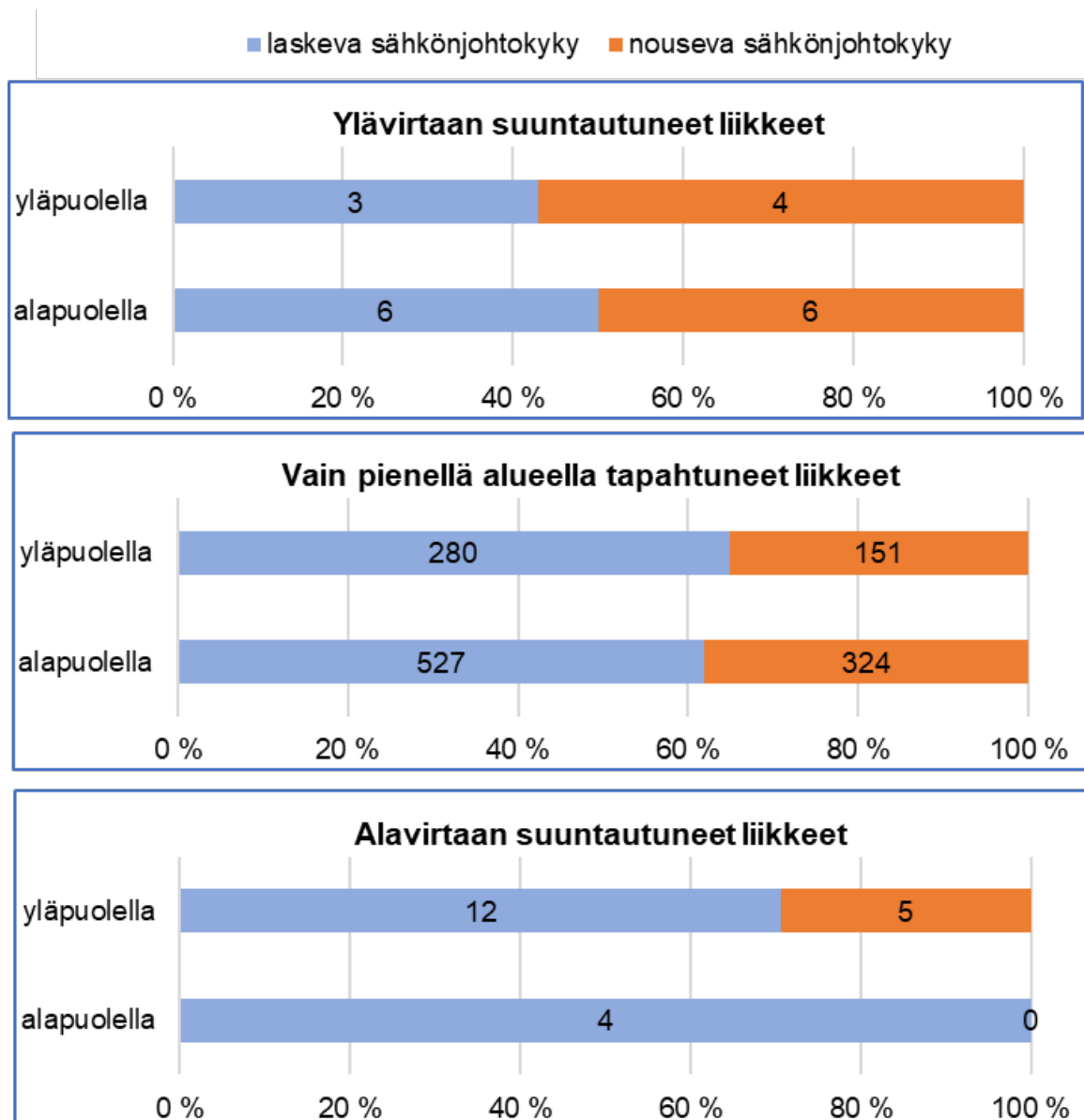
Sähkönjohtavuuden aikasarjan suunnan perusteella luokitellussa liikeaineistossa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa purkuputken ylä- ja alapuolisen jokiosuuden välillä ylävirtaan ($p=0,725$) tai alavirtaan suuntautuvien liikkeiden ($p>0,999$) eikä pienellä alueella pysytelleiden taimenten aineistossa ($p=0,316$) (Kuva 11). Toisin sanoen nousevan ja laskevan sähkönjohtavuuden vaikutus oli samanlainen kalojen liikkeisiin purkuputken ylä- ja alapuolella.



Kuva 11. Taimenten vuorokausikohtaiset liikesummat purkuputken ylä- ja alapuolisella jokialueella sähköjohtavuuden ollessa laskussa (sininen) tai nousussa (oranssi).

3.5.2 Harjukset ja siika

Sähköjohtavuuden aikasarjan suunnan perusteella luokitellussa liikeaineistossa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa purkuputken ylä- ja alapuolisen jokiosuuden välillä ylävirtaan ($p > 0,999$) tai alavirtaan suuntautuvien liikkeiden ($p = 0,532$) eikä pienellä alueella pysytelleiden harjusten ja siian aineistossa ($p = 0,299$) (Kuva 12). Toisin sanoen nousevan ja laskevan sähköjohtavuuden vaikutus oli samanlainen kalojen liikkeisiin purkuputken ylä- ja alapuolella.



Kuva 12. Harjusten vuorokausikohtaiset liikesummat purkuputken ylä- ja alapuolisella jokialueella sähkönjohtavuuden ollessa laskussa (sininen) tai nousussa (oranssi).

4. Tulosten tarkastelu

Agnico Eagle Kittilän kaivoksen puhdistettuja vesiä puretaan putkesta jatkuvasti ja tuntikohtaisissa määrissä on vain vähäistä vaihtelua. Veden laadun indikaattorina käytetyn sähkönjohtavuuden taso vaihteli samankaltaisesti purkuputken ylä- ja alapuolisella alueella, mutta purkuvesien vaikutuksesta arvot olivat tutkimusajanjaksolla purkuputken alapuolella yläpuolista aluetta korkeampia.

Tutkitut kalalajit uivat purkuputken ohitse sekä ylä- että alavirtaan, ja tutkimuskaloista 76 % ohitti putken ainakin toiseen suuntaan. Moni kaloista ohitti purkuputken useaan kertaan.

Kesäkuussa samasta vesistöstä tutkimusalueelle siirretyt kolme taimenta ohittivat purkuputken useaan kertaan ja ne liikkuvat laaja-alaisesti koko tutkimusalueella ja sen ulkopuolella Ounasjoella saakka. Lopulta ne hakeutuivat purkualueen ohitse ylävirtaan, ja palasivat todennäköisesti samoille alueille mistä ne oli pyydetty.

Kasvatustalokselta jokialueelle siirrettyjen 20 istutustaimenen käyttäytymisessä havaittiin normaalia yksilöiden välistä vaihtelua, joka jakautui kolmeen käyttäytymismalliin. Noin puolet kasvatustalokselta tuoduista kaloista liikkui pääosin alavirtaa kohti, kolmasosa siirtyi alavirtaan myöhemmin ja loput kaloista jäi tutkimusalueelle. Käytös oli samanlaista vapautuspaikasta riippumatta. Istutuskalojen käyttäytyminen on tyypillisesti hyvin vaihtelevaa, sillä kalat ovat ensimmäistä kertaa luonnollisessa jokiympäristössä eivätkä myöskään ole leimautuneet istutusvesistöön. Syksyn mittaan myös lisääntymisalueille hakeutuminen on saanut taimenet liikkumaan laajemmalla alueella.

Tutkitut viisi harjusta ja siika uivat purkuputken ohitse ainakin kerran, yhtä harjusta lukuun ottamatta jopa useampaan kertaan. Neljä harjuksista vietti pitkiäkin aikoja lähietäisyydellä purkuputken alapuolisella virtapaikalla, mistä ne oli myös pyydetty heinäkuussa.

Kaivosten purkuvesien haitta-ainepitoisuuksien pysyessä alhaisena kalat yleensä liikkuvat purkualueen läpi eikä vaikutuksia havaita (Crook 2021). Suuret pitoisuudet voivat kuitenkin aiheuttaa muutoksia kalojen käyttäytymisessä tai jopa estää niiden vaelluksen (mm. Tsai 1970, van Brummelen 1990).

Loukissa ei pystytty osoittamaan purkuvesien ja veden laadussa tapahtuneiden muutosten vaikutuksia kalojen liikkeisiin. Kalojen liikkeet purkuputken ylä- ja alapuolella olivat samankaltaisia riippumatta sähkönjohtavuuden tasosta tai vaihteluista. Kalat myös palasivat purkualueelle käytyään vaikutusalueen ulkopuolella purkuputken yläpuolella tai Ounasjoessa.

Tulosten perusteella kalat eivät vältelleet purkualuetta, eikä purkuputki vaikuttanut uintisuunnan valintaan tai aiheuttanut uintisuunnan muutoksia. Vesien purkaminen Loukisen alaosalle ei siis aiheuttanut kemiallista tai mekaanista vaellusestettä kaloille tämän tarkkailun aikana. Kalat liikkuvat lajityypilliseen tapaan, ja liikkeet vaikuttivat liittyvän normaaliin ravinnon ja habitaatin etsintään sekä vuodenaikojen mukaiseen kausivaihteluun.

5. Muita huomioita

5.1 Liikkeet kutuajankohtana

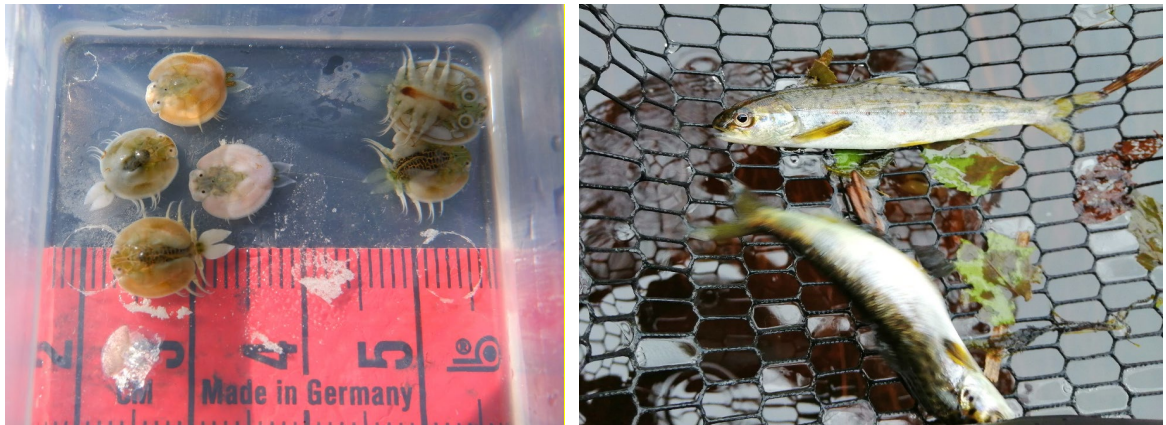
Usealla istutustaimenella havaittiin laajapiirteistä liikehdintää syyskuun lopulla ja lokakuun aikana. Todennäköisesti tämä liikehdintä liittyy taimenen kutuaikaan, joka tyypillisesti ajoittuu juuri tähän ajankohtaan (esim. Saraniemi ym. 2008). Esimerkiksi toinen tässä tutkimuksessa käytetty käyttäytymismalli ”syyskuun puolivälin jälkeen alavirtaan” voi liittyä kutuaikaiseen käytökseen, kun taimenet etsivät sopivia kutualueita ja kumppaneita.

Kaksi tutkimusalueelta aiemmin poistunutta kalaa palasi kutuaikaan takaisin tutkimusalueelle. Kaksi kalaa liikkui myös tutkimusalueen keskiosilla kutuaikaan ja on mahdollista, että ne ovat kuteneet purkuputken läheisyydessä.

5.2 Kalaloiset ja lohen vaelluspoikaset

Purkuputken alapuolelta pyydetyissä kaloissa havaittiin useita (n. 5–10 per kala) kalatäitiä (Kuva 13). Kuvan perusteella kyseessä oleva laji on todennäköisesti *Argulus coregoni* ja kaloissa havaitut määrät olivat normaaleja (T. Lynn, University of New Brunswick, suullinen tiedonanto).

Kesäkuun pyyntien yhteydessä saatiin 17–18.6.2021 saaliiksi neljä lohen vaelluspoikasta Kapsajoen (Kuva 13). Kalat olivat rasvaeväleikattuja, eli aiemmin alueelle istutettuja.



Kuva 13. Yhden harjuksen pinnalta löytyneet kalatäit (vas.) ja Kapsajoen lohet (oik.)

6. Kirjallisuus

- Brakel, J.P.G. (2014). "Robust peak detection algorithm using z-scores". Stack Overflow. Luettavissa: <https://stackoverflow.com/questions/22583391/peak-signal-detection-in-realtime-timeseries-data/22640362#22640362> (versio: 2020-11-08).
- Crook, D., Wedd, D., Adair, B., King, A., Mooney, T., Harford, A. & Humphrey, C. (2021). Fish migration in Magela Creek and potential impacts of mining-related solutes Final report. Charles Darwin University.
- Eurofins Ahma Oy. (2021). Agnico Eagle. Kittilän kaivoksen kalataloustarkkailu v. 2020. Projektinro: 11186.
- Hämäläinen, E. (2015). Kittilän kaivoksen käsiteltyjen kuivatus ja prosessivesien vaikutukset kaivoksen alapuolisessa vesistössä: Kaivosvesien sekoittuminen ja laimeneminen Seurajoessa. Opinnäytetyö. Ammattikorkeakoulututkinto. Tekniikan ja liikenteen ala. Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Kala- ja vesitutkimus Oy. (2021). Kalojen vaellus- ja liikkumiskäyttäytymisen selvittäminen Kittilän kaivoksen jätevesien purkupisteen alueella. Tutkimussuunnitelma. Päivitetty versio 15.6.2021.
- Kemijoki.fi 2020. Vaelluskalat. <https://www.kemijoki.fi/toimintamme/vaelluskalat.html>. Viitattu 8.3.2022.
- Oravainen, R. (1999). Vesistötulosten tulkinta - opasvihkonen. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.
- Saraniemi, M., Huusko, A. & Tahkola, H. (2008). Spawning migration and habitat use of adfluvial brown trout, *Salmo trutta*, in a strongly seasonal boreal river. Boreal Environment Research 13: 121–132.
- Tsai, C-F. (1970). Changes in Fish Populations and Migration in Relation to Increased Sewage Pollution in Little Patuxent River, Maryland. Chesapeake Science 11 No 1.
- Van Brummelen, T.C. (1990) Chemicals affecting the spawning migration of anadromous fish by causing avoidance responses or orientational disability, with special reference to concentrations in River Rhine. Ecologisch Herstel Rijn" no. 17-1990.
- van Rossum, G. & Drake, F. L. (2009). Python 3 Reference Manual. Scotts Valley, CA: CreateSpace.

Kiitokset

Haluamme kiittää J. Holmia sekä paikallisia asukkaita, jotka auliisti jakoivat tietoa jokialueesta ja kaloista, ja jotka mahdollistivat pääsyn jokirantaan oman tonttinsa kautta. Kiitos M. Hynnille suuresta avusta tutkimuksen toteuttamisessa sekä Voimalohi Oy:lle tutkimuskaloista. Kiitokset myös J. Erkkilälle majoituksen järjestämisestä.

Liite 1. Kalojen liikekaaviot

Liikekaavioissa siniset pisteet kuvaavat havaittuja sijainteja, punainen tähti näyttää vapautushetken sekä -paikan. Taustalla myös sähkönjohtavuus ja veden korkeus. Vaakaviivat osoittavat vastaanottimien sijainnit ja vaakakatkoviiva kuvastaa purkputkella olevaa vastaanotinta. Kalalaji ja vapautuspaikka mainittu kuvaajan otsikossa.

