



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 16/2020

Simojoen nousulohien kaikuluotause seurannat vuosina 2013–2019

Erkki Jaala ja Juha Lilja

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 16/2020

Simojoen nousulohien kaikuluotauseurannat 2013–2019

Erkki Jaala ja Juha Lilja

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2020

Viittausohje:

Jaala, E. & Lilja, J. 2020. Simojoen nousulohien kaikuluotausseurannat 2013–2019. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 16/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 22 s.



ISBN 978-952-326-927-9 (Painettu)

ISBN 978-952-326-928-6 (Verkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-928-6>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Erkki Jaala ja Juha Lilja

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2020

Julkaisuvuosi: 2020

Kannen kuva: Erkki Jaala

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

Tiivistelmä (ja/tai Abstrakti)

Erkki Jaala ja Juha Lilja

Luonnonvarakeskus, Survontie 9 40500 Jyväskylä

Raportti esittelee Simojoella vuosina 2013–2019 tehtyjen kaikuluotausten tuloksia Simojokeen nousevien lohimäärien arvioimiseksi. DIDSON-luotain asennettiin jokeen keväisin heti jäiden lähdettyä. Tutkimuspaikka sijaitsee mereltä noin 4,5 km ylävirtaan päin Kiusankosken niskalla. Kaikuluotauspaikalla joen uomaa kavennettiin ohjausaidoilla, jolloin kaikki luotauslinjan ohittaneet kalat olivat luotaimella havaittavissa. Luotausaineston keräämistä jatkettiin yhtäjaksoisesti elokuun loppuun saakka, paitsi vuosina 2018–2019, jolloin luotusta jatkettiin syyskuun puolelle.

Seurantajakson aikana eniten lohia nousi Simojokeen vuonna 2016, jolloin luotauslinjan ohitti 5435 lohta. Heikoimpana vuotena, 2017, jokeen nousi 1918 lohta. Simojokeen on vuosien 2013–2019 välisenä aikana noussut keskimäärin 3614 lohta vuodessa. Lohien vaellus Simojokeen alkaa jo toukokuun aikana. Vilkkaimmillaan vaellus on kesäkuun aikana. Simojoella lohia nousee jokeen vielä elokuun lopullakin ja syyskuun alussa.

Asiasanat: Kaikuluotaus, monikeilaluotain, nousulohi, Simojoki

Sisällys

1. Johdanto	5
2. Aineisto ja menetelmät	6
2.1. Tutkimuspaikka ja laitteisto	6
2.2. Aineisto	8
2.3. Menetelmät	10
3. Tulokset ja niiden tarkastelu	12
3.1. Lohen kutunousun ajoittuminen	12
3.2. Lohien kokonaismäärät vuosina 2013–2019	18
3.3. Lohen pituusluokkajakaumat 2013–2019.....	19
4. Viitteet.....	22

1. Johdanto

Simojoki on ainut kokonaan Suomen puolella virtaava jokivesistö, jolla on vielä jäljellä oma luontaisesti lisääntyvä lohikanta (Säisä ym. 2005). Simojoen pituus on n. 180 km, josta ensimmäiset 50 km mereltä ylävirtaan päin ovat lohien pääasiallista kutualuetta (Jokikokko ym. 2004). Tällä alueella on runsaasti koskia, vaikka joen putouskorkeus ei ole erityisen suuri. Simojoki laskee Perämereen. Simojoen lohet käyvät muiden Perämeren lohien tapaan syönnösvaelluksella aina Itämeren päältä saakka ja palaavat kutemaan Simojokeen 1–4 merivuoden jälkeen (esim. Karlsson ym. 1994).

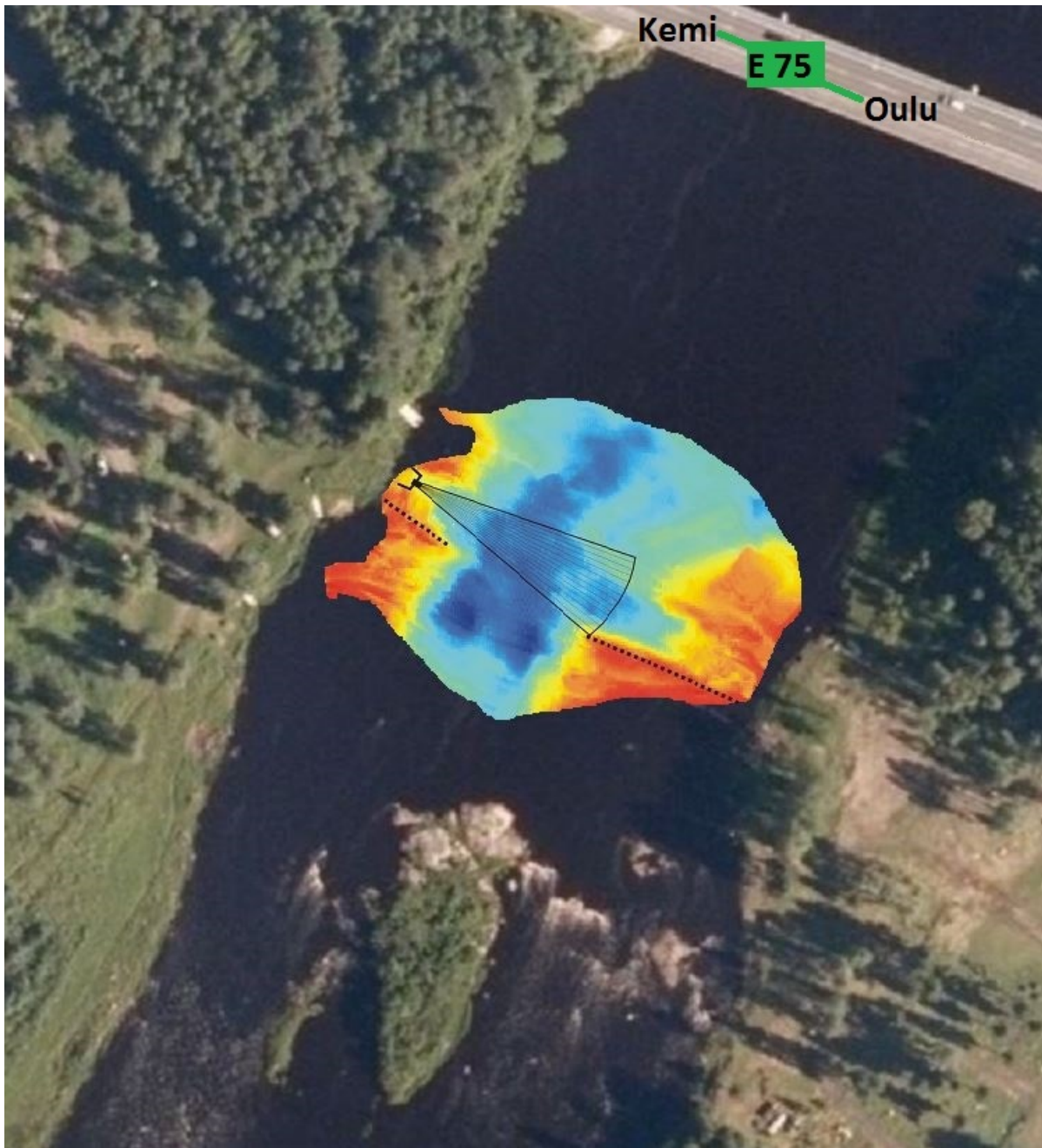
Luonnonvarakeskus (LUKE) laskee vuosittain Simojokeen nousevien lohien lukumääriä osana EU:n tiedonkeruuohjelmaa. Tutkimusmenetelmänä käytetään kaikuluotausta, joka ei häiritse lohien luontaista nousuviettä, eikä aiheuta lohille mitään muutakaan haittaa. Menetelmä on täten erittäin luontoystävällinen ja tieto lohien nousumääristä saadaan lähes reaaliajassa. Emolohien lukumääriä on laskettu vuodesta 2003 lähtien (Lilja ym. 2006). Vuodesta 2008 lähtien tutkimuslaitteistona on käytetty DIDSON-luotainta (Dual-frequency IDentification SONar) (Jaala ym. 2013).

Tämän raportin tarkoitus on selvittää Simojoen nousulohien lukumäärä ja nousun ajallinen jakautuminen vuosina 2013–2019.

2. Aineisto ja menetelmät

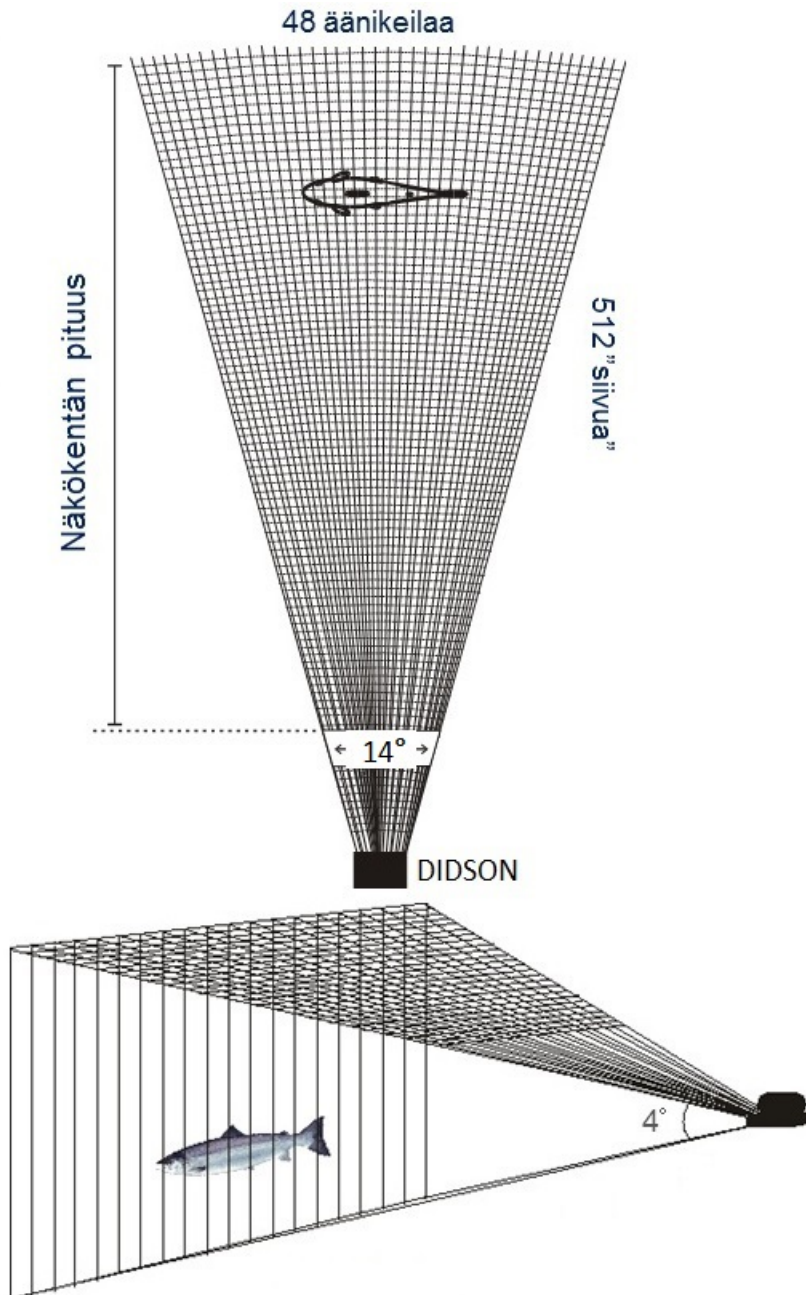
2.1. Tutkimuspaikka ja laitteisto

Simojoen lohennousun seuranta- ja tutkimuspaikka sijaitsee Kiusankoskella, noin 4.5 km jokisuulta ylävirtaan päin, lähellä E 75 maantietä. Seuranta- ja tutkimuspaikalla joen pohjan muoto on horisontaalikaikuluotaukseen hyvin soveltuva (kuva 1). Luotaimen näkökenttään ei jää sellaisia katvealueita, josta lohet pääsisivät uimaan huomaamatta ohi. Joki on luotauspaikalla noin 80 m leveä. Molemmille rannoille asennettavilla ohjaisaidoilla kavennetaan jokea siten, että aitojen väliin jäävä alue on n. 40 m leveä.



Kuva 1. Simojoen kaikuluotauspaikka Kiusankoskella. Joen pohjan muoto on kaikuluotaukseen soveltuva. Ohjaisaitojen (·····) välinen matka on noin 40 m. Kaikuluotaimen näkökenttä kattaa kalojen käyttämän uintiväylän.

Luotauksessa käytetään DIDSON-monikeilaluotainta (multi-beam), mikä soveltuu hyvin jokeen nousevien lohien laskentaan (Martignac ym. 2015). Simojoella luotain lähettää 48 rinnakkaista, tajuudeltaan 700 KHz, äänikeilaa. Jokainen äänikeila on jaettu 512 "siivuun", jolloin muodostuva kuva on kaikkujen intensiteettimatriisi 48x512 (kuva 2). Luotaimen näkökentän avautumiskulma leveysuunnassa on 14° ja pystysuunnassa 4° .



Kuva 2. DIDSON lähettää 48 rinnakkaista äänikeilaa, jotka on jaettu 512 "siivuun". Luotaimen äänikeilan avautumiskulma Simojoella on leveysuunnassa 14° ja pystysuunnassa 4° .

Simojoella aineistoa kerätään käyttäen DIDSONin 40 m näkymää. Tällöin yhden yksittäisen äänikeilan siivun pituudeksi muodostuu 7.8 cm. Äänikeilan leveys riippuu luotausetäisyydestä, esim. 20 metrissä leveys on n. 10 cm. DIDSONin tuottaman kuvan tarkkuus on sitä parempi, mitä lyhyempää näkymää käytetään (Burwen ym. 2010; Daroux ym. 2019). Pidemmällä etäisyyksillä kuvan tarkkuutta saadaan parannettua käyttämällä lisävarusteena saatavaa isoa linssiä (High-Resolution Large Lens Set). Tällöin myös kalojen pituuden mittaaminen on tarkempaa (Hakkola 2011; Burwen ym. 2010). Kaikuluotaimen näkökenttä säädetään alkamaan kohdasta, missä luotaimen puoleinen ohjausaita päättyy. DIDSON suunnataan luotauspaikalla siten, että kaikki ohjausaitojen välistä uivat lohet on mahdollista havaita (kuva 3).



Kuva 3. Luotain suunnataan siten, että kaikki ohjausaitojen välistä uivat kalat on mahdollista havaita.

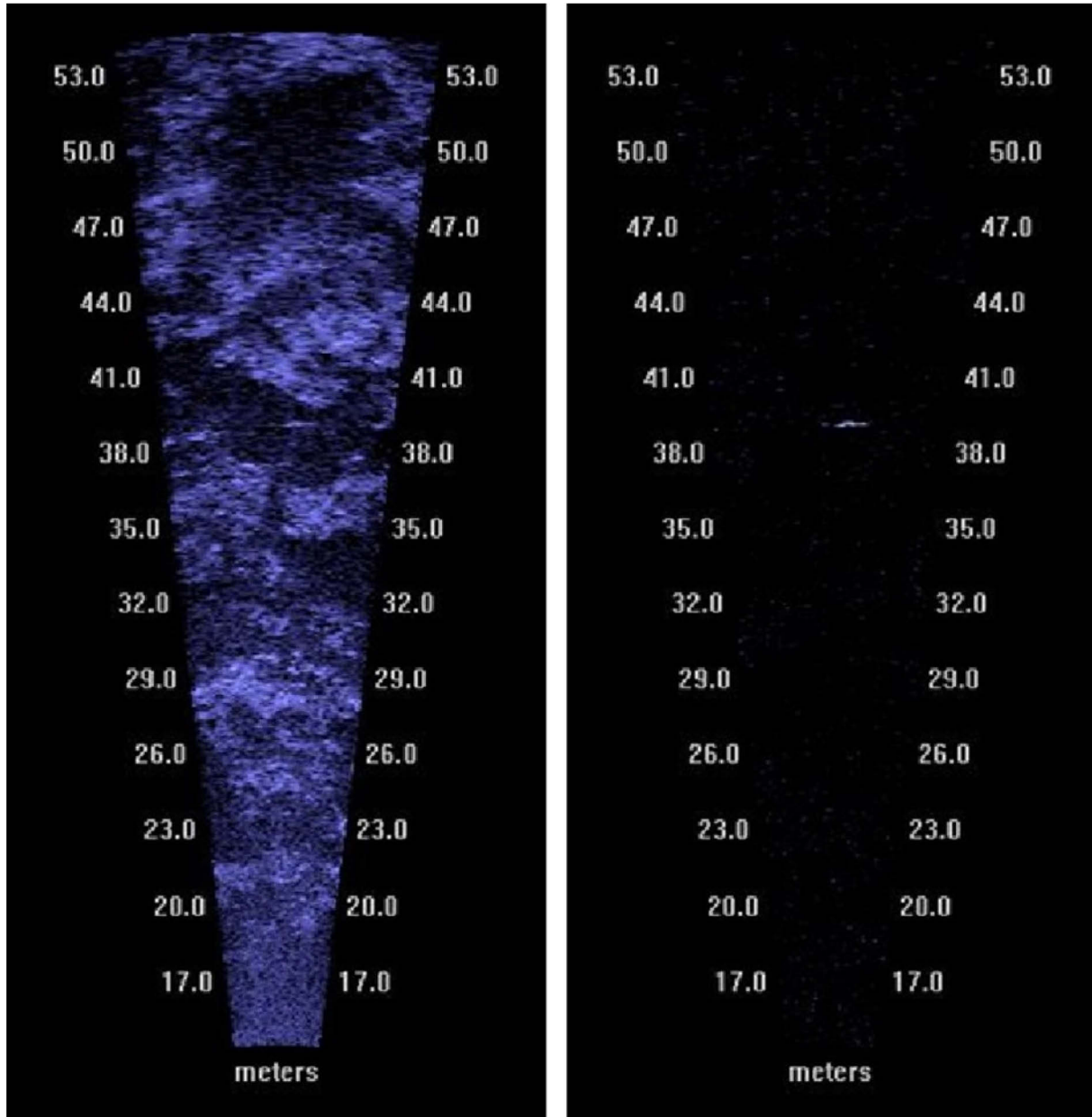
2.2. Aineisto

Simojoen lohien kaikuluotauseurannat aloitetaan keväällä jäiden lähdön jälkeen ja normaalisti niitä jatketaan elokuun loppuun saakka (taulukko 1). Vuosina 2018 ja 2019 luotaus lopetettiin normaalia myöhemmin, syyskuun puolella. Aineistoa kerätään vuorokauden ympäri. Aineisto tallentuu tunnin tiedostoina ohjaustietokoneelle, 3–4 kuvaa sekunnissa. Tallennetusta aineistosta lasketaan luotauslinjan ohittaneet lohet.

Taulukko 1. Seurantajakson pituus ja seuranta päivien lukumäärä vuosittain Simojoella vuosina 2013–2019.

Vuosi	Seurantajakso	Seuranta päivät (vrk)
2013	16.5.–31.8.	108
2014	15.5.–31.8.	109
2015	19.5.–31.8.	105
2016	12.5.–31.8.	109
2017	26.5.–31.8.	98
2018	15.5.–13.9.	122
2019	9.5.–10.9.	125

Kalojen laskeminen perustuu liikkuvien hahmojen tunnistamiseen. Kaloja mitattaessa näytölle haetaan kohta, jossa kala on suurimmillaan (kuva 4). Tästä pysäytyskuvasta kalat mitataan mittaustyökalan avulla (Sound Metrics Corporation, 2010). Mittaustiedon lisäksi tallentuu kalan uintisuunta, ajan kohta ja paikka näkökentässä.



Kuva 4. Pysäytyskuva kaikuluotaimella kerätystä aineistosta. Oikeanpuoleisessa kuvassa tausta on tummennettu ja joessa uiva lohi on helpommin havaittavissa.

Veden lämpötilatiedot saatiin pääosin luotauspaikalla olevasta lämpötilaloggerista. Lämpötilaloggeri tallensi lämpötiloja 1–4 tunnin välein. Tässä raportissa käytetyt lämpötilat ovat vuorokausikohtaisia keskiarvoja. Vedenkorkeustiedot saatiin ympäristökeskuksen avoimesta ympäristötietojärjestelmästä, syke.fi/avointieto.

2.3. Menetelmät

Lohien tunnistaminen muista kalalajeista tapahtui kalojen pituusmittausten perusteella. Kaikki DIDSONin äänikeilassa näkyvät noin 50 cm ja sitä suuremmat kalat mitattiin. Ylä- ja alavirtaan uineiden

lohien määrät koko luotausajalta laskettiin tunnin jaksoissa (kalaa/tunti). Nousulohien kokonaismäärä laskettiin vähentämällä ylävirtaan uineista alavirtaan uineet (nettosiirtymä ylävirtaan), sekä vähentämällä alasuineiden määrästä talvikoiden osuus.

Kahden tai useamman merivuoden lohiksi (Multi-Sea-Winter=MSW) laskettiin kalat, jotka mitattiin vähintään 62,5 cm pituisiksi. Yhden merivuoden lohiksi (kosseiksi) laskettiin kalat, jotka mitattiin pituudeltaan yli 50 cm, mutta alle 62,5 cm pituisiksi. Tässä kokoajaottelussa on oletettu lohien mitatun pituuden olevan hieman todellista pituutta lyhyemmän (Cronkite ym. 2006; Lilja ym. 2010).

Koska aineistoa kerättiin vuorokauden ympäri, ei kalamäärien ajallista laajentamista tarvittu (Lilja ym. 2008). Luotaimien pakolliset huoltotoimenpiteet aiheuttivat kuitenkin lyhyitä, n. 10 min mittaisia katkoksia. Useamman tunnin mittaiset katkokset olivat harvinaisia. Puuttuva luotausaineisto paikattiin tunneittain seuraavasti:

- Mikäli luotain oli poissa toiminnasta alle 60 min, saatiin ko. tunnin kalamäärä laskemalla ensin havaittujen kalojen lukumäärä minuutissa (kalaa/min) ja kertomalla tämä 60 min.
- Mikäli luotain oli poissa toiminnasta kokonaisen tunnin, paikattiin puuttuvan tunnin kalamäärä edeltävän ja seuraavan tunnin kalamäärien keskiarvolla.
- Mikäli luotain oli poissa toiminnasta useamman tunnin (<24 h), paikattiin puuttuvan tunnin kalamäärä edeltävän ja seuraavan päivän vastaavien tuntien kalamäärien keskiarvolla. Näin voitiin imputoinnissa ottaa huomioon kalamäärien vuorokauden sisäinen vaihtelu.
- Mikäli luotain oli poissa toiminnasta yli vuorokauden, paikattiin puuttuvan tunnin kalamäärä seuraavan (tai edeltävän) ja sitä seuraavan (tai edeltävän) päivän vastaavien tuntien kalamäärien painotetulla keskiarvolla. Seuraavan (tai edeltävän) päivän painokerroin oli 0.75 ja sitä seuraavan (tai edeltävän) 0.25.

Lohien vuorokausikohtaisessa tarkastelussa lohennousun katsottiin alkaneen, kun 5 % jokeen nousevista lohista on ylittänyt kaikuluotauslinjan. Lohien vuorokausiaktiivisuutta tarkasteltaessa tuntikohtaiset kalamäärät laskettiin ainoastaan ylävirtaan uineista lohista. Toukokuussa lohia oli selvästi vähemmän kuin kesäkuussa ja siksi näiden kuukausien tulokset yhdistettiin. Samasta syystä syyskuun tulokset yhdistettiin lokakuun tuloksiin. Lohien pituusluokkatarkastelu tehtiin 5 cm luokittain ylävirtaan uineista lohista. Myös lohien keskipituustarkastelussa käytettiin ainoastaan ylävirtaan uineiden lohien mittatietoja. Lohien keskipituudet ilmoitettiin viikkokohtaisesti.

3. Tulokset ja niiden tarkastelu

3.1. Lohen kutunousun ajoittuminen

Vuonna 2013 ensimmäiset lohet havaittiin jo toukokuun puolivälin jälkeen. Runsaimmillaan kutuvaellus oli kesäkuun puolivälin ja heinäkuun ensimmäisen viikon välisenä aikana (kuva 5). Suurin vuorokausikohtainen nousumäärä mitattiin 28.6, jolloin jokeen nousi 153 lohta. Myös lohennousun mediaanipäivä oli 28.6. (taulukko 2).

Vuonna 2014 ensimmäiset nousulohet havaittiin toukokuun puolella. Vilkkaimmillaan lohennousu oli kesäkuun ja heinäkuun ensimmäisen viikon aikana. Paras lohennousupäivä oli 22.6., jolloin jokeen nousi 165 lohta. Lohennousun mediaanipäivä oli 24.6.

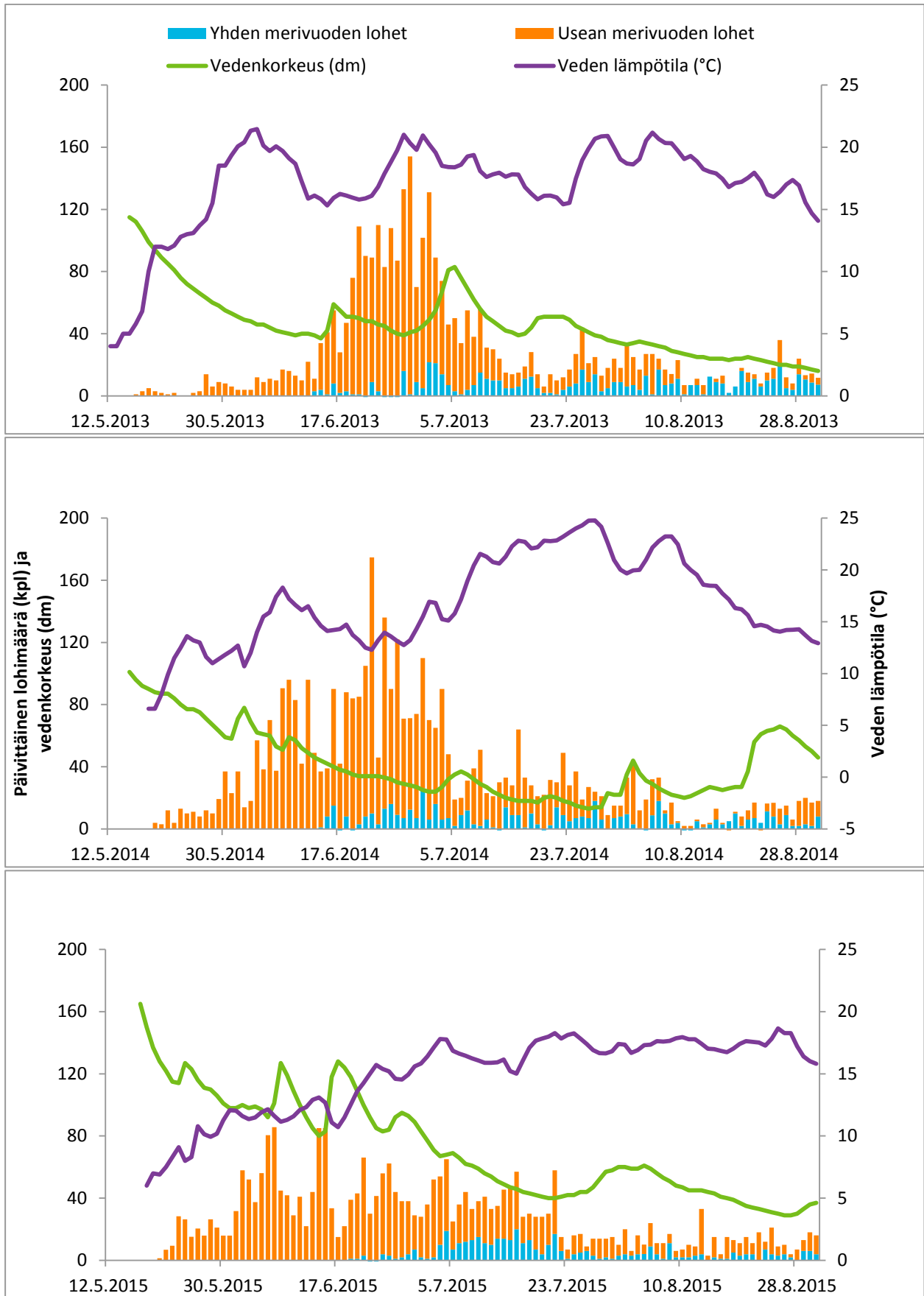
Vuonna 2015 ei lohennousussa ollut havaittavissa yhtä selkeää nousuhiippua, kuin kahtena edellisellä vuotena. Lohia alkoi nousta jokeen jo toukokuun loppupuolella ja vuorokausikohtaiset nousumäärät pysyivät melko tasaisina aina heinäkuun loppupuolelle saakka. Lohennousun mediaanipäivä oli 23.6.

Vuonna 2016 vuorokausikohtaiset nousumäärät alkoivat kasvaa jo toukokuun lopulla ja nousuhiippu oli ennen kesäkuun puolta väliä (kuva 6). Parhaana nousupäivänä, 9.6., jokeen nousi 334 lohta. Kutuvaellus alkoi varhaisessa vaiheessa ja lohennousun mediaanipäivä oli 13.6.

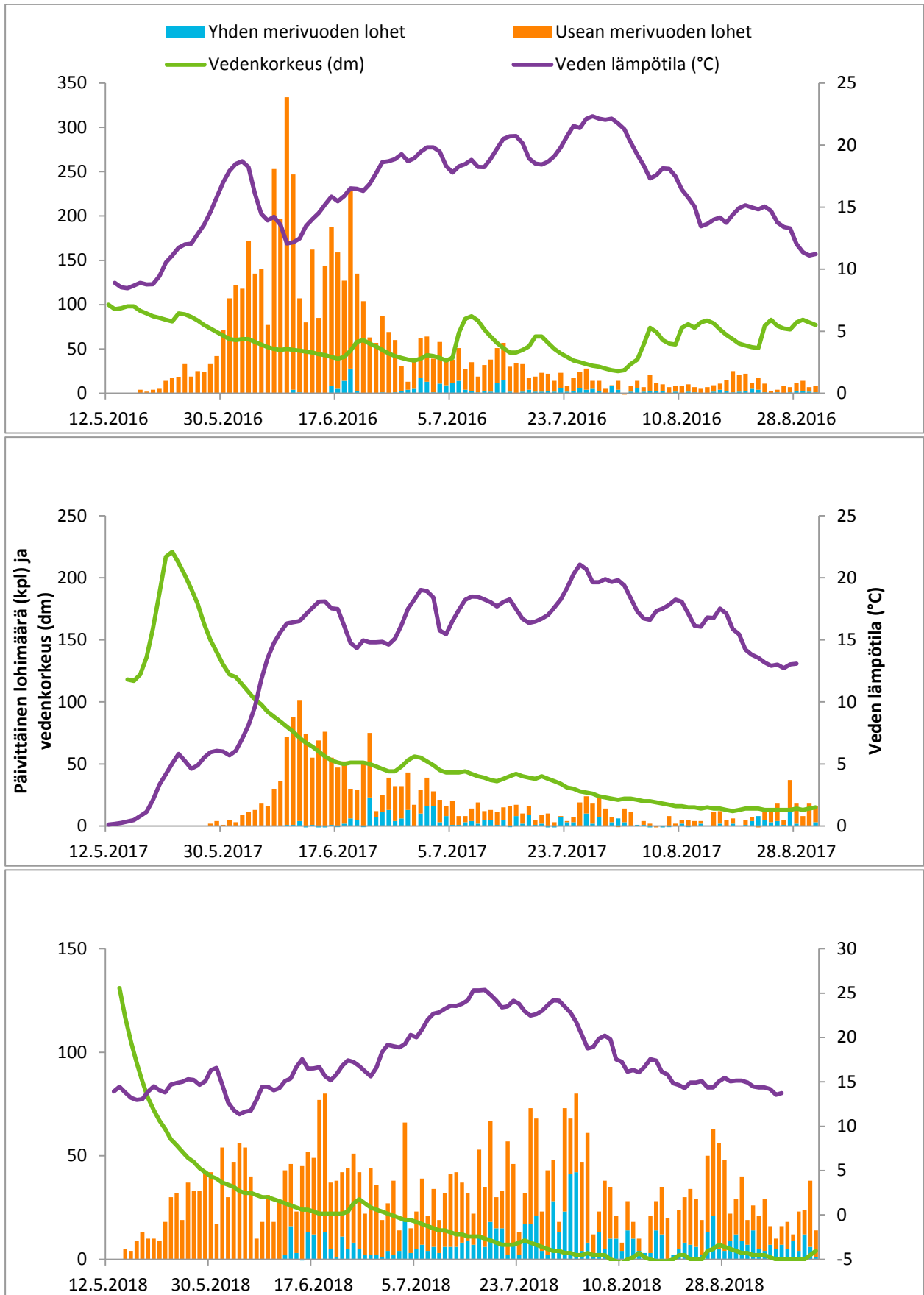
Vuonna 2017 jäät lähtivät Simojoesta poikkeuksellisen myöhään. Tästä johtuen ensimmäiset lohet havaittiin vasta toukokuun lopulla. Nousuhiippu oli kesäkuun puolessa välissä. Suurin vuorokausikohtainen lohimäärä laskettiin 11.6, jolloin jokeen nousi 97 lohta. Edellisvuoden tapaan lohennousu alkoi keskimääräistä aiemmin ja mediaanipäivä oli 18.6.

Vuonna 2018 kesä oli lämmin ja vähäsateinen. Joen lämpötila oli yli 20 °C poikkeuksellisen pitkän ajanjakson. Korkeimmillaan jokiveden lämpötila oli n. 25 °C ja samaan aikaan vedenkorkeus oli alhainen. Alhaisimmillaan vesi oli elokuussa, jolloin korkeus oli -1 dm. Selkeää nousuhiippua ei ollut havaittavissa, vaan vuorokausikohtaiset lohimäärät pysyivät melko tasaisina aina toukokuun lopulta elokuun loppuun saakka. Elokuun lopussa laskettujen keskimääräistä suurempien vuorokausikohtaisten nousulohimäärien johdosta kaikuluotausta jatkettiin syyskuun puolelle. Vuorokausikohtaiset lohimäärät olivat yli 10 kpl myös syyskuun puolella. Lohennousun mediaanipäivä oli 2.8.

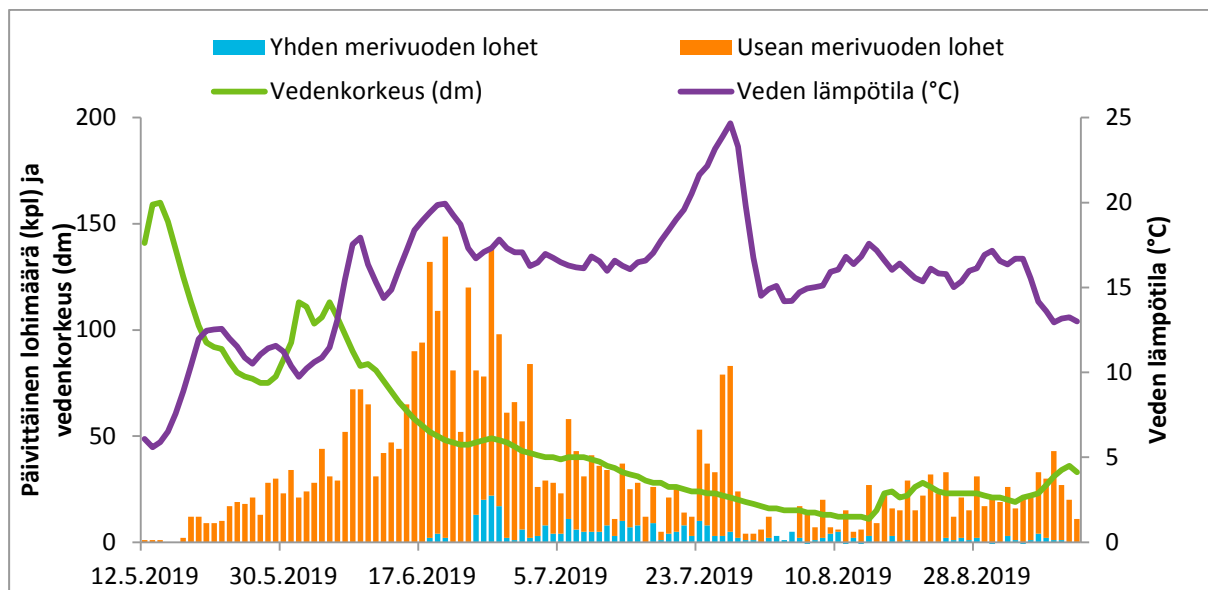
Vuonna 2019 lohennousu alkoi toukokuun loppupuolella, mutta varsinaista nousuhiippua kesti koko kesäkuun ajan (kuva 7). Parhaana päivänä, 20.6, jokeen nousi 142 lohta. Heinäkuun puolenvälin jälkeen helteet aiheuttivat voimakkaan nousun jokiveden lämpötilassa. Ilman nopean kylmenemisen jälkeen myös jokivesi jäähtyi nopeasti. Toinen pienempi nousuhiippu ajoittui heinäkuun loppupuolella, jolloin nousijoita oli parhaana päivänä 78 kpl. Edellisvuoden tapaan, lohia havaittiin runsaasti vielä elokuun lopulla ja kaikuluotausta jatkettiin syyskuun puolelle. Lohennousun mediaanipäivä oli 25.6.



Kuva 5. Päivittaiset nousulohimäärät, vedenkorkeus ja veden lämpötilat Simojoella vuosina 2013–2015.



Kuva 6. Päivittäiset nousulohimäärät, vedenkorkeus ja veden lämpötilat Simojoella vuosina 2016–2018.

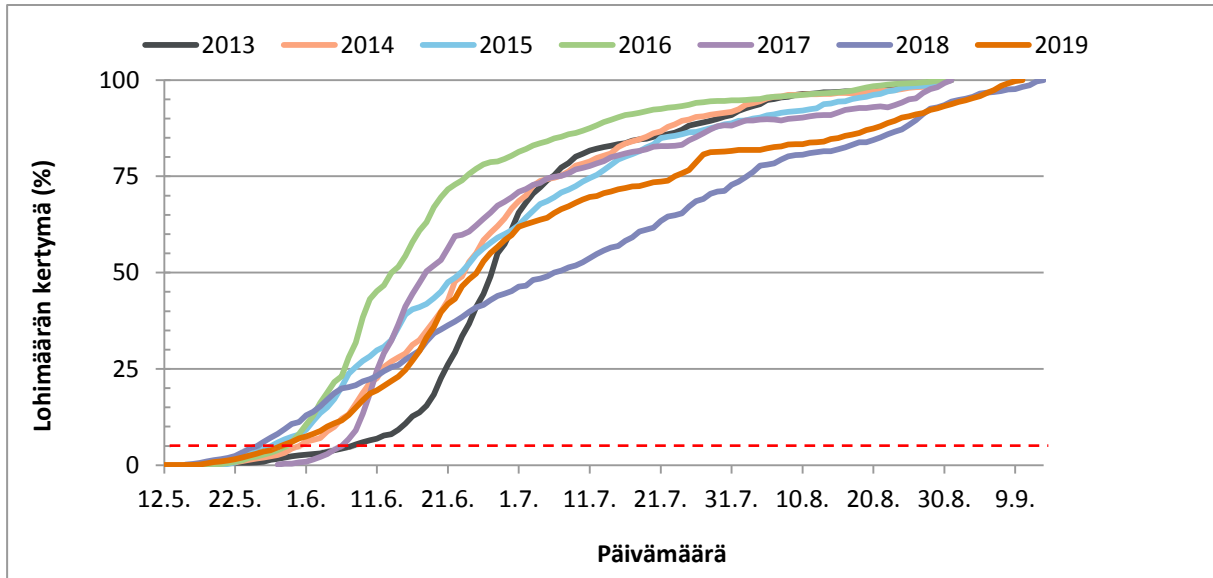


Kuva 7. Päivittäinen nousulohimäärä, vedenkorkeus ja veden lämpötila Simojoella vuonna 2019.

Taulukko 2. MSW lohien nousun ajoittumisen mediaanit ja ala- ja yläkvartaalit. Mediaanin osoittamana päivämääränä 50 % lohista on ohittanut kaikuluotauspaikan matkallaan kutupaikoille.

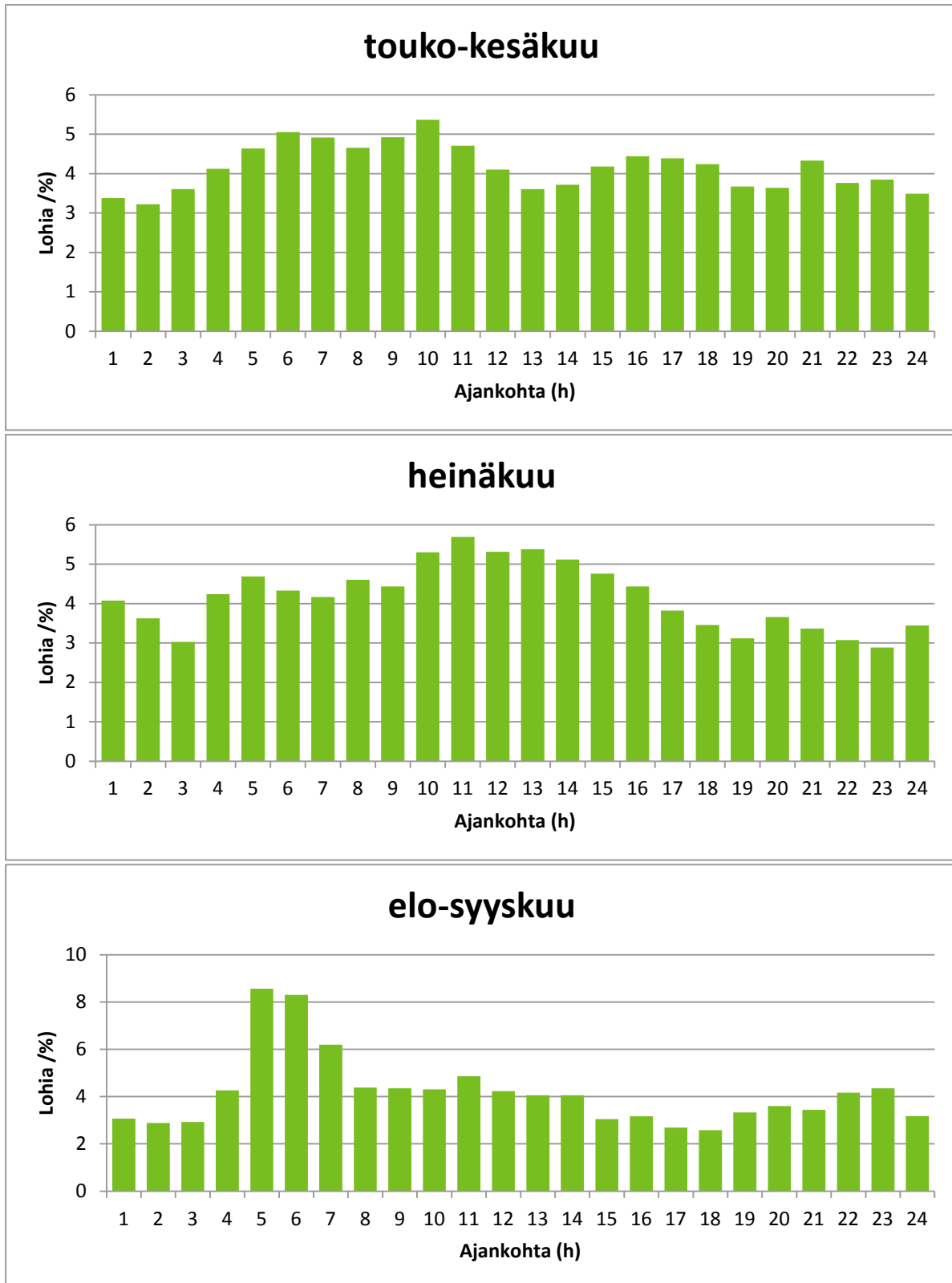
Vuosi	5 %	25 %	Mediaani	75 %
2013	7.6.	21.6.	28.6.	6.7.
2014	31.5.	12.6.	24.6.	6.7.
2015	27.5.	8.6.	23.6.	11.7.
2016	29.5.	7.6.	13.6.	24.6.
2017	6.6.	11.6.	18.6.	6.7.
2018	25.5.	13.6.	6.7.	2.8.
2019	28.5.	15.6.	25.6.	23.7.

Kutevia lohia alkaa kertyä Simojokeen jo toukokuun aikana. Varsinaisen lohennousun (5 % kaikista jokeen nousevista lohista on jo joessa) alkamisajankohdassa on eroja vuosien välillä (kuva 8). Aikaisimmillaan lohennousu oli vuonna vuonna 2008 ja myöhäisimmillään vuonna 2013, jolloin lohennousu alkoi vasta 7.6. Eniten lohia tulee jokeen kesäkuun aikana.



Kuva 8. Nousulohimäärän prosentuaalinen kertymä vuosina 2013–2019 Simojokeella. Viiden prosentin kertymä on merkitty punaisella katkoviivalla.

Touko-kesäkuussa Simon korkeudella on melko valoisa ympäri vuorokauden. Myös lohet ovat aktiivisia vuorokauden jokaisena tuntina, mikä on tyypillistä valoisien öiden vyöhykkeellä (Erkinaro ym. 1999; Lilja & Romakkaniemi, 2003). Myös heinäkuussa lohia liikkuu joessa melko tasaisesti vuorokauden eri tunteina. Vähäisintä liike on kuitenkin illan ja yön aikana ja vilkkainta keski- ja iltapäivällä. Elo-syyskuussa lohia liikkuu myös läpi vuorokauden, mutta aamuyön tunteina, 05–07 välillä, liikettä on selkeästi eniten. Loppukesän liikehdinnän lisäys voi olla seurausta kutuajan lähestymisestä, jolloin lohien on todettu hakeutuvan lähemmäksi varsinaisia kutupaikkoja (Okland ym. 2001).

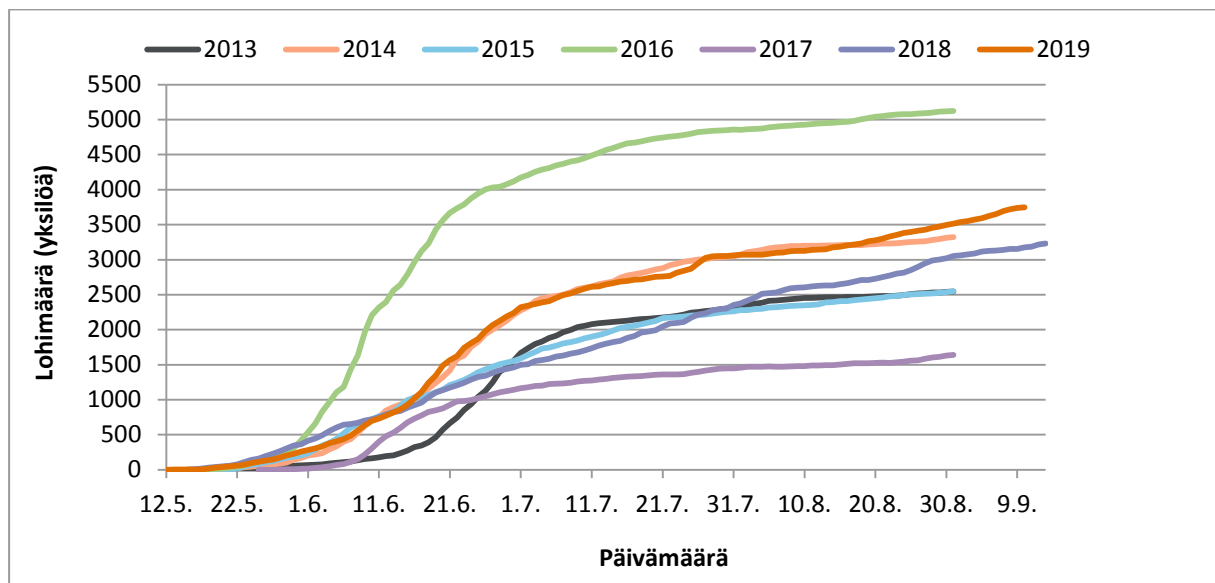


Kuva 9. Simojoen luotauspaikan ohittaneet lohet tunneittain vuosina 2013–2019.

3.2. Lohien kokonaismäärät vuosina 2013–2019

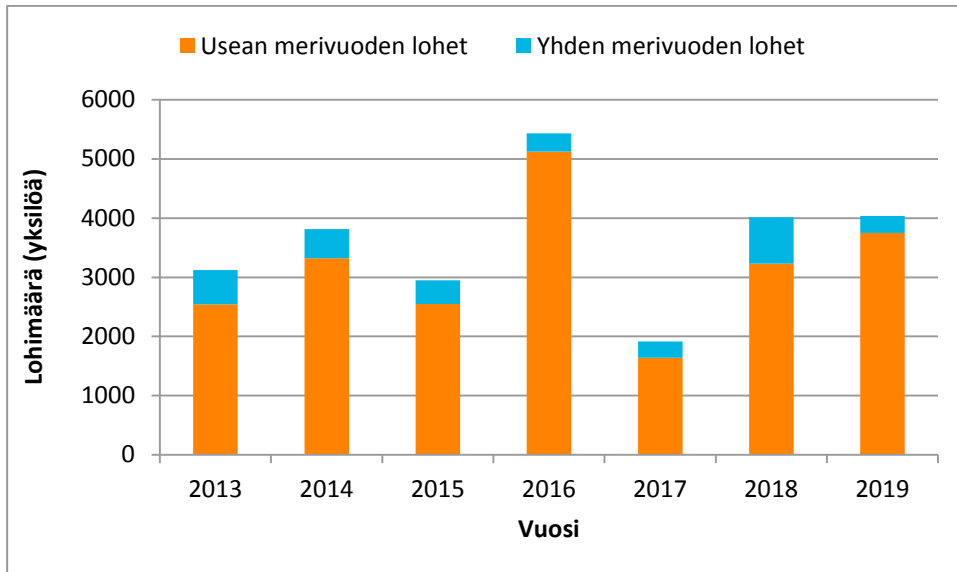
Vuonna 2016 Simojokeen nousi yli 5000 lohta (kuva 10). Tämä on seurantahistorian selvästi suurin määrä. Tässä raportissa tarkasteltavan jakson heikoimpana vuotena, 2017, jokeen nousi n. 1600 loh- ta. Muina vuosina jokeen nousseiden lohien määrät ovat pystytelleet 2500–4000 yksilön välillä. Vuonna 2018 lohimäärä kasvoi tasaisesti seurantajakson loppuun saakka. Vuosi 2019 oli Simojoen lohimäärien seurantahistorian toiseksi paras vuosi.

Kaikuluotausseurannan alkaessa vuonna 2003 jokeen nousi alle 1000 lohta vuodessa (Lilja ym. 2006). Nousulohimäärät pysyivät samalla tasolla aina vuoteen 2011 saakka. Vuonna 2012 nousulohimäärä kasvoi selvästi, ollen n. 2500 yksilöä vuodessa (Jaala ym. 2013). Vähintään tällä tasolla on pysytelty pääpiirteissään myös vuosien 2013–2019 aikana.



Kuva 10. MSW lohien kokonaismäärän kertymä vuosina 2013–2019.

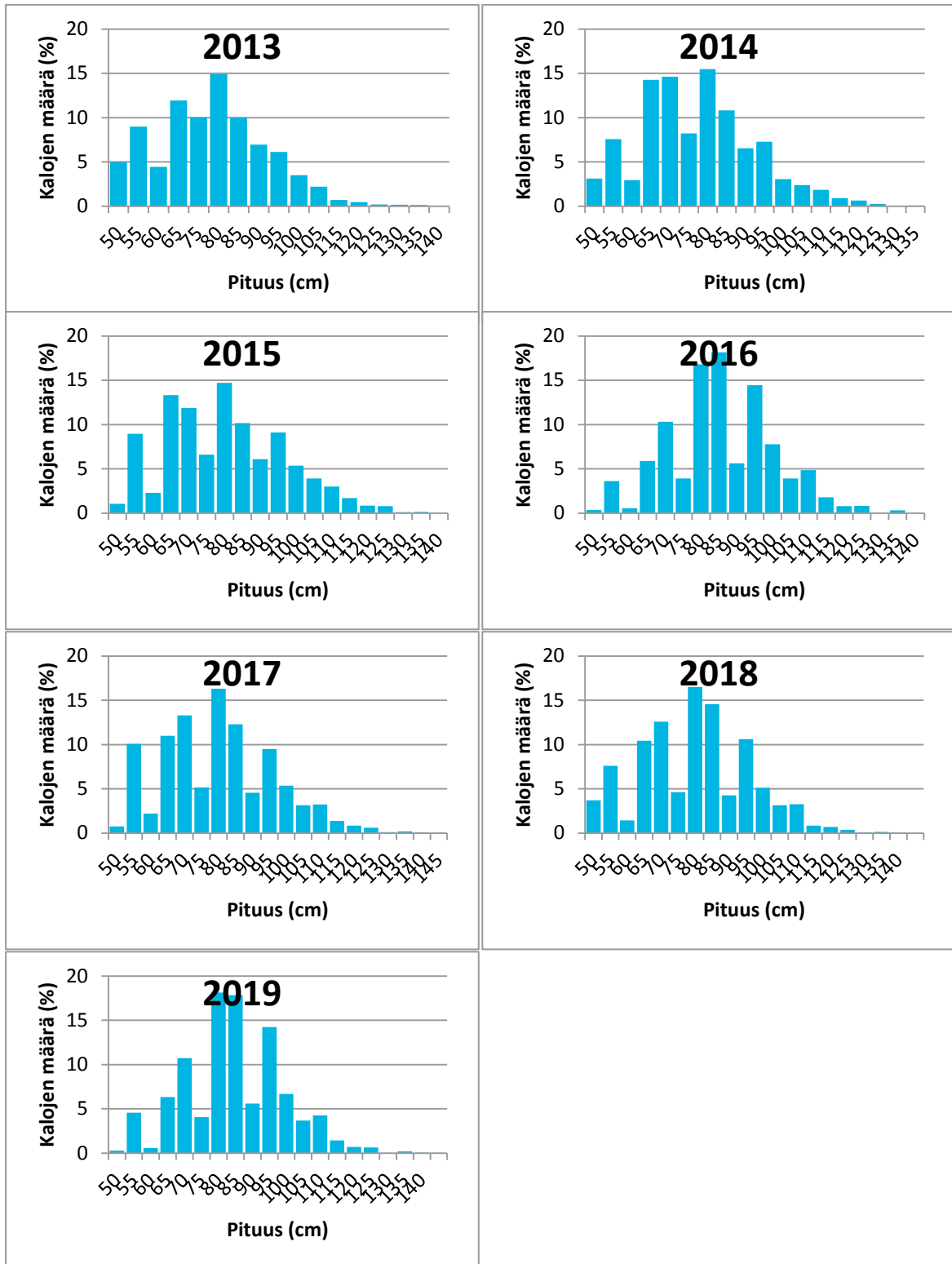
Yhden merivuoden ja MSW lohien lukumäärä on pysytellyt melko tasaisesti 3000–4000 kappaleen välillä (kuva 11). Poikkeuksena ovat vuoden 2016 keskimääräistä korkeampi määrä ja vuoden 2017 keskimääräistä alhaisempi määrä. Yhden merivuoden lohien määrät ovat vaihdelleet vuosittain n. 270–600 yksilön välillä. Poikkeuksena on vuosi 2018, jolloin kossien suhteellinen osuus kaikista jokeen nousseista lohista oli aiempia vuosia suurempi. Tuolloin jokeen nousi lähes 800 kossia.



Kuva 11. Simojokeen vaeltaneiden yhden ja useamman merivuoden lohien kappalemäärät vuosina 2013–2019.

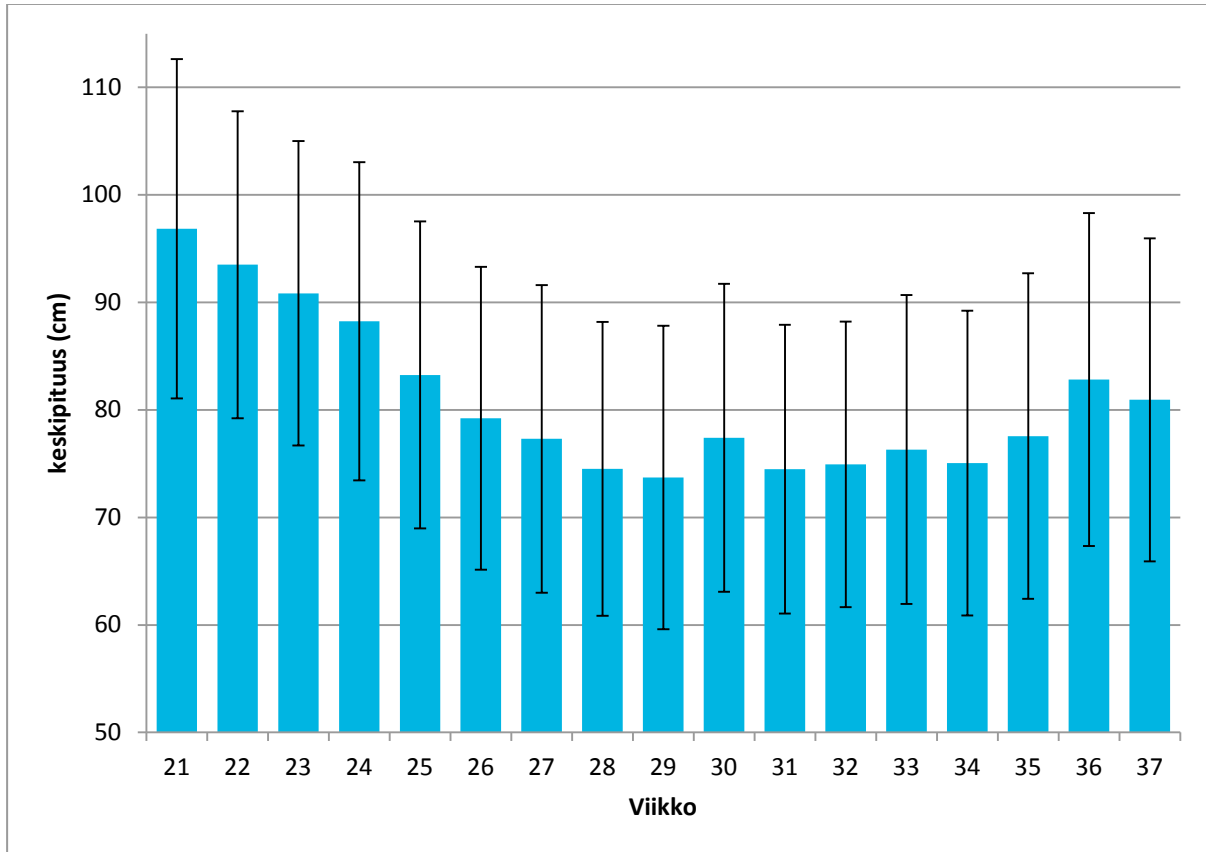
3.3. Lohen pituusluokkajakaumat 2013–2019

Simojokeen nousseiden lohien yksittäisistä kokoluokista erottuu kokoluokka 80–85 cm, johon kuuluvia kaloja on jokaisena tarkkailujakson vuotena ollut eniten (kuva 9). Tämän kokoluokan kalat ovat toisen merivuoden lohia. Vuosina 2013–2014 toisen ja kolmannen merivuoden lohien osuus kaikista jokeen nousseista lohista oli samaa suuruusluokkaa. Vuosina 2015–2018 kolmannen merivuoden lohien osuus oli yli 25 % jokeen nousseista lohista.



Kuva 12. Lohen pituusluokkajakaumat vuosina 2013–2019.

Toukokuussa, viikolla 21, lohien keskipituus on lähes 97cm. Keskipituus laskee viikoittain aina viikolle 29 asti. Keskihajonta pysyy viikoittain melko vakaana, ollen noin 14 cm. Viikkojen 36 ja 37 kaiku-
luotauspaikalla mitattujen lohien keskipituuden kasvu johtuu mahdollisesti kalojen lisääntyneestä liikehdinnästä kutuajan lähestyessä.



Kuva 13. Lohien keskipituudet ja keskihajonnat viikottain vuosilta 2013–2019.

4. Viitteet

- Burwen, D.L., Fleischman, S.J. & Miller, J.D. 2010. Accuracy and Precision of Salmon Length Estimates Taken from DIDSON Sonar Images. *Transactions of the American Fisheries Society* 139: 1306–1314.
- Cronkite, G.M.W., Enzenhofer, H.J., Ridley, T., Holmes, J., Lilja, J. & Benner, K. 2006. Use of high-frequency imaging sonar to estimate adult sockeye salmon escapement in the Horsefly River, British Columbia. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 2647: vi + 47p.
- Daroux, A., Martignac, F., Nevoux, M., Baglinière, J.L., Ombredane, D. & Guillard, J. 2019. Manual fish length measurement accuracy for adult river fish using an acoustic camera (DIDSON). *Journal of Fish Biology* doi: 10.1111/jfb.13996
- Erkinaro, J., Okland, F., Moen, K., Niemelä, E. & Rahiala, M. 1999. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: the role of environmental factors. *Journal of Fish Biology* 55: 506–516.
- Hakkola, J. 2011. Tornionjoen nousulohien (*Salmo salar*) pituuden mittaaminen DIDSON-luotaimella. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu.
- Jaala, E., Lilja, J. & Vähä, V. 2013. Simojoen nousulohien kaikuluotausseurannat vuosina 2008–2012. *RKTL:n työraportteja* 14/2013.
- Jokikokko, E., Kallio-Nyberg, I. & Jutila, E. 2004. The timing, sex and age composition of the wild and reared Atlantic salmon ascending the Simojoki River, northern Finland. *Journal of Applied Ichthyology* 20: 37–42.
- Karlsson, L., Karlström, Ö. & Hasselborg, T. 1994. Timing of the Baltic Salmon Run in the Gulf of Bothnia—Influence of Environmental Factors on Annual Variation. ICES CM 1994/M:17, 15 pp.
- Lilja, J., Ridley, T., Cronkite, G.M.W., Enzenhofer, H.J. & Holmes, J.A. 2008. Optimizing sampling effort within a systematic design for estimating abundant escapement of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in their natal river. *Fisheries Research* 90: 118–127.
- Lilja, J. & Romakkaniemi, A. 2003. Early-season river entry of adult Atlantic salmon: its dependency on environmental factors. *Journal of Fish Biology* 62: 41–50.
- Lilja, J., Romakkaniemi, A., Stridsman, S., & Karlsson, L. 2010. Monitoring of the 2009 salmon spawning run in River Tornionjoki/Torneälven using Dual-frequency IDentification SONar (DIDSON). *A Finnish-Swedish collaborative research report*. 43 pp.
- Lilja, J., Jaala, E., Jokikokko, E. & Romakkaniemi, A. 2006. Simojoen nousulohien kaikuluotautustutkimukset vuosina 2003–2005. *Kala- ja riistaraportteja* 387.
- Martignac, F., Daroux, A., Bagliniere, J.-L., Ombredane, D. & Guillard, J. 2015. The use of acoustic cameras in shallow waters: new hydroacoustic tools for monitoring migratory fish population. A review of DIDSON technology. *Fish and Fisheries* 16: 486–510.
- Okland, F., Erkinaro, J., Moen, K., Niemelä, E., Fiske, P., McKinley, R.S. & Thorstad, E.B. 2001. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: phases of migratory behaviour. *Journal of Fish Biology* 59: 862–874.
- Sound Metrics Corporation 2010. Dual-Frequency Identification Sonar DIDSON - Operational Manual V5.25, Sound Metrics Corp., Lake Forest Park, WA.
- Säisä, M., Koljonen, M.L., Gross, R., Nilsson, J., Tähtinen, J., Koskiniemi, J. & Vasemägi, A. 2005. Population genetic structure and postglacial colonization of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Baltic Sea area based on microsatellite DNA variation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62: 1887–904.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000