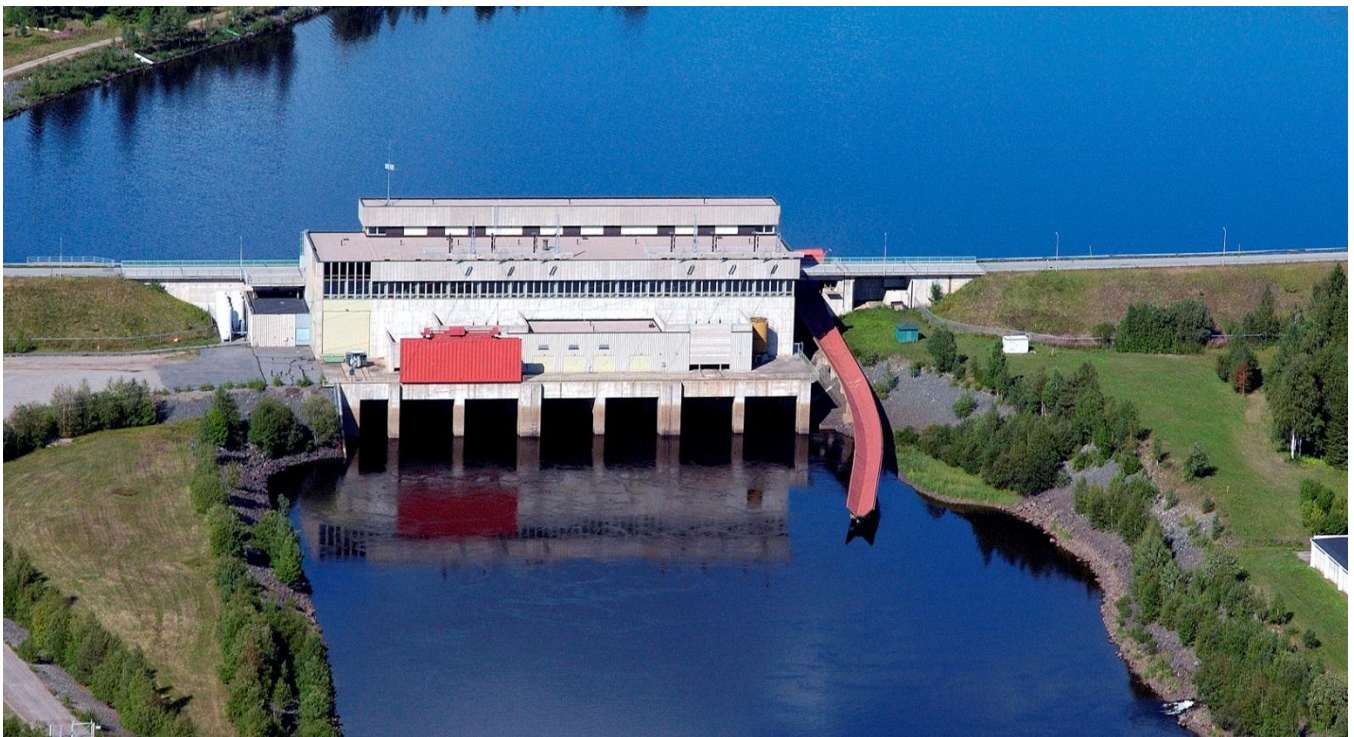


---

RKTL:n työraportteja 44/2014

# Lohien vaelluskäyttäytyminen Kemijoen voimalaitosten alakanavissa: tietoa kalatie- suunnittelun tueksi

Panu Orell, Timo Kanniainen, Mikko Jaukkuri, Riina Huusko, Olli van der Meer,  
Ari Huusko & Aki Mäki-Petäys



Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki  
2014

---



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007–2013

Tämä työraportti on osa Euroopan aluekehitysrahaston rahoittamaa ”Askel Ounasjoelle III” -hanketta, jota Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL) toteutti vuosina 2011–2014 yhteistyössä Lapin ELY-keskuksen ja Kemijoki OY:n kanssa.

Kannen kuva: Ossauskosken voimalaitos/Kemijoki Oy.



Julkaisija:  
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
Helsinki 2014

ISBN 978-952-303-193-7 (Verkojulkaisu)

ISSN 1799-4756 (Verkojulkaisu)

RKTL 2014

# Kuvailulehti

<b>Tekijät</b> Panu Orell, Timo Kanninen, Mikko Jaukkuri, Riina Huusko, Olli van der Meer, Ari Huusko & Aki Mäki-Petäys			
<b>Nimeke</b> Lohien vaelluskäyttäytyminen Kemijoen voimalaitosten alakanavissa: tietoa kalatiesuunnittelun tueksi			
<b>Vuosi</b> 2014	<b>Sivumäärä</b> 58	<b>ISBN</b> 978-952-303-193-7	<b>ISSN</b> ISSN 1799-4756 (PDF)
<b>Yksikkö/tutkimusohjelma</b> Tutkimus- ja asiantuntijapalvelut/Rakennettujen jokien tutkimusohjelma			
<b>Hyväksynyt</b> Nina Peuhkuri			
<b>Tiivistelmä</b> Voimakkaasta vesirakentamisesta huolimatta Kemijoen vesistössä on säilynyt laajoja lohikalojen lisääntymiseen ja poikastuotantoon soveltuvia alueita, joista merkittävin on Ounasjoki. Vesistö on kansallisen kalatiestrategian kärkikohteita. Kalateiden suunnittelu Ounasjokisuun alapuolisiin voimalaitoksiin toteutettiin Askel Ounasjoelle III -hankkeessa vuosina 2011–2014.  Kalatiesuunnittelun tueksi Askel Ounasjoelle III -hankkeessa toteutettiin myös laajahko tutkimusosio, jonka yhtenä tavoitteena oli tuottaa tietoa suunniteltavien kalateiden sisäänkäyntien sijoittamiseen, kalateissä tarvittaviin houkutusvirtaamiin sekä voimalaitosten ja kalateiden käytön yhteensovittamiseen. Tutkimuksen keskeisenä menetelmänä käytettiin aikuisten lohien radiotelemetriaseurantaa voimalaitosten alakanavissa. Lisäksi hyödynnettiin 3D-virtausmallinnusta sekä kansainvälistä tutkimustietoa. Tutkimusosion toteutti Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.  Tutkimustulosten ja kansainvälisen tieteellisen kirjallisuuden perusteella päädyttiin seuraaviin johtopäätöksiin: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Kalateiden ensijaiset sisäänkäynnit olisi perusteltua sijoittaa noin 20-60 metriä voimalaitoksien alapuolelle laitoksesta riippuen</li><li>2. Kalateiden sisäänkäynneistä purkautuvan houkutusvirtaaman tulisi Kemijoella olla säädettävissä perusvirtaaman (n. 2 m<sup>3</sup>/s) ja noin 10 m<sup>3</sup>/s välillä</li><li>3. Kemijoelle rakennettaviin kalateihin on perusteltua rakentaa kaksi erillistä sisäänkäyntiä</li><li>4. Kalateiden suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota kalatien uloskäynnin sijoittamiseen siten, että sen kautta on mahdollista tulevaisuudessa ohjata vaelluspoikasia ja kuteneita talvikoita alavirtaan voimalaitosten turbiinien ohi</li><li>5. Voimalaitosten käyttö täytyy sovittaa kalateiden toimivuutta tukevaksi</li></ol>			
<b>Asiasanat</b> Kalatie, sisäänkäynti, houkutusvirtaama, lohi, rakennetut joet, radiotelemetria, 3D-virtausmallinnus, Askel Ounasjoelle III			
<b>Julkaisun verkko-osoite</b> <a href="http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/lohien_vaelluskayttaytyminen_alakanavissa1">http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/lohien_vaelluskayttaytyminen_alakanavissa1</a>			
<b>Yhteydenotot</b> Panu Orell, <a href="mailto:panu.orell@luke.fi">panu.orell@luke.fi</a> ja Mikko Jaukkuri, <a href="mailto:mikko.jaukkuri@luke.fi">mikko.jaukkuri@luke.fi</a>			
<b>Muita tietoja</b>			

# Sisällys

<b>Kuvailulehti</b>	<b>3</b>
<b>1. Johdanto</b>	<b>6</b>
<b>2. Tutkimuskysymykset</b>	<b>7</b>
<b>3. Tutkimusalue</b>	<b>7</b>
3.1. Vesivoimalaitokset ja niiden käyttö	9
3.1.1. Ossauskosken voimalaitos	9
3.1.2. Petäjaskosken voimalaitos	10
3.1.3. Valajaskosken voimalaitos	12
<b>4. Aineisto ja menetelmät</b>	<b>13</b>
4.1. Alakanavaan siirrettyjen lohien pyynti, merkintä ja vapautus	13
4.2. Merkittyjen lohien seuranta	15
4.3. Aineistojen analysointi	16
<b>5. Tulokset</b>	<b>17</b>
5.1. Ossauskosken voimalaitos	17
5.1.1. Lohien nousut voimalaitoksen alapuolelle	17
5.1.2. Nousuaktiivisuuden vuorokausirytmikka	19
5.1.3. Virtaaman vaikutukset lohien liikkeisiin voimalaitoksen alapuolella	19
5.1.4. Erot havainnoissa vedenalaisantennien välillä	20
5.1.5. Manuaaliset paikannukset	24
5.2. Petäjaskosken voimalaitos	25
5.2.1. Lohien nousut voimalaitoksen alapuolelle	25
5.2.2. Nousuaktiivisuuden vuorokausirytmikka	27
5.2.3. Virtaaman vaikutukset lohien liikkeisiin voimalaitoksen alapuolella	28
5.2.4. Erot havainnoissa vedenalaisantennien välillä	29
5.2.5. Manuaaliset paikannukset	33
5.2.6. Lohien uintisyvyys alakanavassa	33
5.3. Valajaskosken voimalaitos	34
5.3.1. Lohien nousut voimalaitoksen alapuolelle	34
5.3.2. Nousuaktiivisuuden vuorokausirytmikka	36
5.3.3. Virtaaman vaikutukset lohien liikkeisiin voimalaitoksen alapuolella	37
5.3.4. Erot havainnoissa vedenalaisantennien välillä	38
5.3.5. Manuaaliset paikannukset	42
5.3.6. Lohien uintisyvyys alakanavassa	42
5.4. 3D-virtausmallinnukset	43
<b>6. Tulosten tarkastelu</b>	<b>45</b>
<b>7. Johtopäätökset ja kalatiesuositukset</b>	<b>46</b>

7.1. Ossauskosken kalatien suositukset	48
7.2. Petäjaskosken kalatien suositukset	49
7.3. Valajaskosken kalatien suositukset	50
7.4. Suositusten yhteenveto	51
<b>Kiitokset</b>	<b>52</b>
<b>Viitteet</b>	<b>52</b>
<b>Liitteet</b>	<b>54</b>

## 1. Johdanto

Vesivoimarakentaminen on estänyt vaelluskalojen kutuvaelluksen ja lisääntymiskierron useimmissa maamme merkittävimmissä Itämereen laskevista joissa, mm. Kemijoessa. Rakennettujen jokien vaelluskalakantoja ja toisaalta vaelluskalojen kalastusmahdollisuuksia on ylläpidetty pääosin vesiviljelyn ja istutusten avulla. Viime vuosina luonnonvaraisten vaelluskalakantojen palauttaminen rakennettuihin jokiin on kuitenkin noussut vahvasti esille kansallisen kalatiestrategian, istutustulosten heikentymisen, EU:n vesipolitiikan sekä luonnonvaraisten vaelluskalakantojen arvostuksen kasvun myötä. Näin on tapahtunut myös Kemijoella.

Vaelluskalakantojen kutuvaelluksen turvaamiseksi on kehitetty erilaisia kalatieratkaisuja. Suurin osa toteutetuista kalateistä on ollut ns. teknisiä kalateitä, jotka on rakennettu pääosin betonista, mutta viime vuosina myös luonnonmukaisten ohitusuomien suosio kalatieratkaisuna on kasvanut (esim. Calles 2005). Kalatietyypistä riippumatta kalateiden toimivuuteen vaikuttavat pääosin samat muuttujat (Jaukkuri ym. 2013). Tärkeimpiä kalatien toimivuuteen vaikuttavista muuttujista ovat kalatien sisäänkäynnin sijainti ja kalatien virtaaman suhde joen kokonaisvirtaamaan (Karppinen ym. 2002, Lundqvist ym. 2008, Rivinoja ym. 2010, Jaukkuri ym. 2013). Hyvällä suunnittelulla voidaan optimoida kalateiden toimivuutta vaelluskalojen kulkuväylinä ja välttää/vähentää kalliita muutos- tai lisärakentamistoimia.

Voimakkaasta vesirakentamisesta huolimatta Kemijoen vesistössä on säilynyt merkittäviä lohikalojen lisääntymiseen ja poikastuotantoon sopivia alueita, minkä takia vesistö on kansallisen kalatiestrategian kärkikohteita. Vaelluskalakantojen elvyttämisen kannalta potentiaalisin alue vesistössä on Ounasjoki (valuma-alue 13968 km<sup>2</sup>), joka on vesivoimarakentamiselta lailla suojeltu. Ounasjoessa arvioidaan olevan lähes 2000 hehtaaria vaelluskalojen kutu- ja poikastuotantoalueita (Ponnikas ym. 2002). Ounasjoki saa alkunsa Ounasjärvestä ja se virtaa noin 300 km matkan ennen yhtymistään Kemijokeen Rovaniemen kaupungin kohdalla. Ounasjoen ja Kemijoen yhtymäkohdan alapuolella sijaitsee viisi vesivoimalaitosta.

Kalatierakentaminen ja luonnonvaraisten vaelluskalakantojen palauttaminen Kemi-Ounasjoen vesistöalueelle on ollut esillä jo pitkään. Ensimmäinen merkkipaalu vesistön vaelluskalakantojen elvyttämisessä oli Isohaaran kalatien rakentaminen ja avaaminen vuonna 1993. Vauhtia Kemijoen kalatierakentaminen sai Askel Ounasjoelle II -hankkeesta, jonka toimesta Isohaaraan rakennettiin toinen kalatie vuonna 2012, vanhan koneaseman yhteyteen. Askel Ounasjoelle III -hankkeessa kalatiet suunniteltiin muihin Ounasjokisuun alapuolisiin voimalaitoksiin vuosina 2012-2014.

Kalatiesuunnittelun tueksi Askel Ounasjoelle III -hankkeessa toteutettiin myös laajahko tutkimusosio, jonka tavoitteena oli tuottaa tietoa suunniteltavien kalateiden sisäänkäyntien sijoittamiseen, kalateissä tarvittaviin houkutusvirtaamiin sekä voimalaitosten ja kalateiden käytön yhteensovittamiseen. Tutkimus toteutettiin vuosina 2012-2013 seuraamalla Ossaus-, Petäjäs- ja Valajaskosken alakanaviin siirrettyjen aikuisten lohien vaelluskäyttäytymistä radiotelemetriian avulla. Lisäksi hankkeessa hyödynnettiin 3D -virtausmallinnusta sekä kotimaista ja kansainvälistä tutkimustietoa.

Tässä työraportissa esitellään kyseisen tutkimusosion keskeiset tulokset Ossaus-, Petäjäs- ja Valajaskosken osalta sekä esitetään suosituksia kalateiden suunnittelun ja sijoittamisen perustaksi. Taivalkosken voimalaitoksen osalta kalatiesuosituksia on raportoitu jo aiemmin (Rivinoja ym. 2012).

## 2. Tutkimuskysymykset

Vuosina 2012-2013 Kemijoen Ossaus-, Petäjäs- ja Valajaskosken alakanavissa suoritettun radiotele-metriatutkimuksen keskeisimpiä tutkimuskysymyksiä olivat:

- Miten lohet liikkuvat ja sijoittuvat voimalaitosten alakanavissa?
- Suosivatko tai välttävätkö lohet tiettyjä alueita ja kohtia alakanavissa?
- Miten vaihtelevat virtaamatilanteet vaikuttavat lohien nousuaktiivisuuteen ja sijoittumiseen voimalaitoksen alapuolella?
- Onko erikokoisten tai eri sukupuolta olevien lohien vaelluskäyttäytymisessä eroja?
- Mikä olisi saatujen tulosten perusteella optimaalisin sijainti suunniteltavien kalateiden sisäänkäynneille?

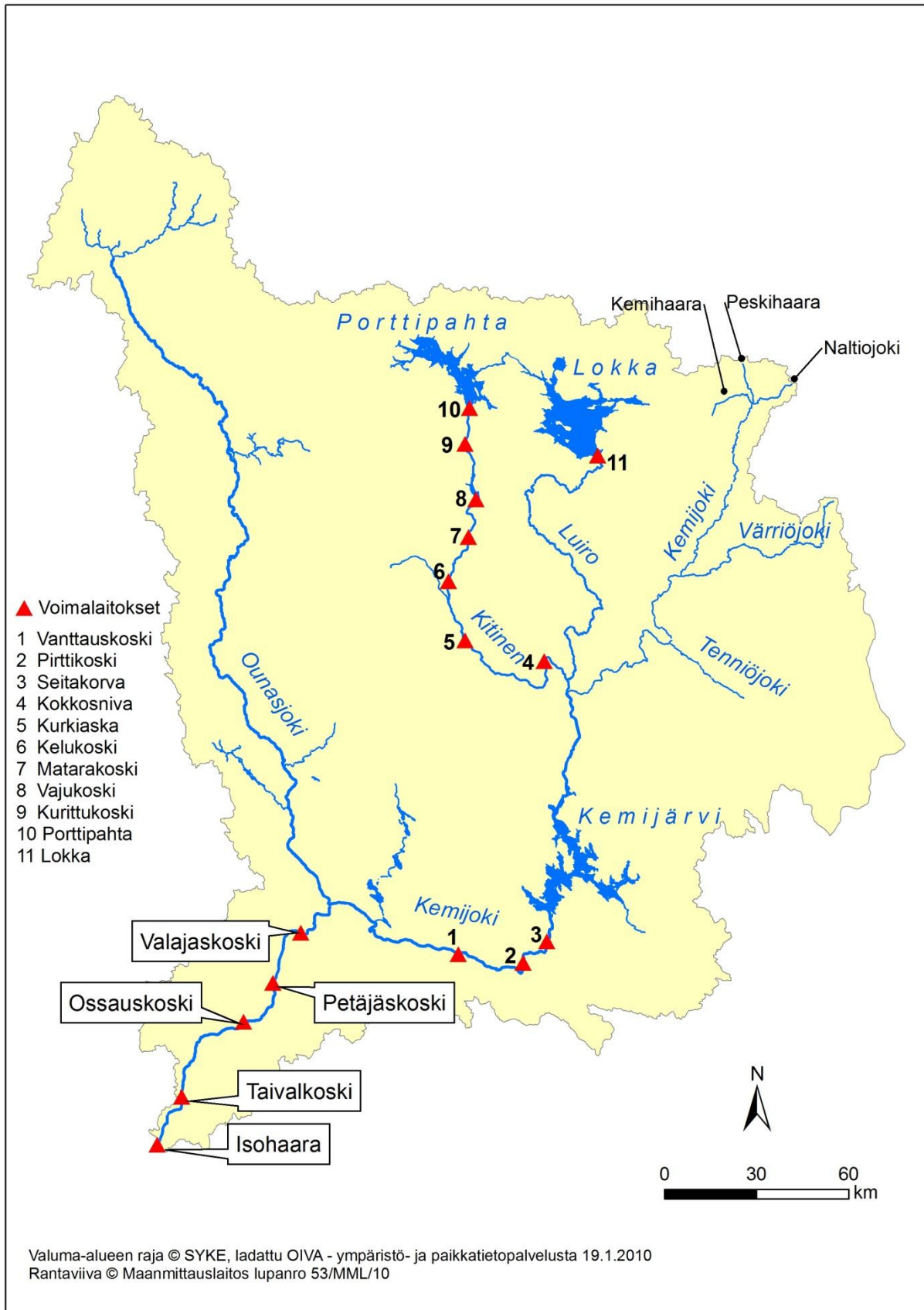
## 3. Tutkimusalue

Kemijoki (valuma-alue 51127 km<sup>2</sup>) oli ennen rakentamistaan Suomen ja koko Itämeren alueen merkittävimpiä lohijokia. Lohi nousi Kemijoen pääuoman lisäksi mm. Ounasjokeen sekä useisiin muihin sivujokiin. Historiallisten tietojen perusteella Kemijoen vesistön lohisaaliit saavuttivat parhaimmillaan lähes 400 tonnin vuositason (Ponnikas ym. 2002). Vesistön vaelluspoikastuotannon voidaan nykytie-tämyksen perusteella arvioida olleen samaa suuruusluokkaa kuin Tornionjoen vesistössä, jossa on viime vuosina ylitetty miljoonan vaelluspoikasen vuosituotanto ja tuotantopotentiaalini arvioidaan olevan yli kaksi miljoonaa yksilöä vuodessa (Marttila ym. 2014).

Kemijoen rakentaminen vesivoimatuotantoon käynnistyi jokisuulta Isohaarasta, jonne valmistui voimalaitospato vuonna 1948. Rakentamista jatkettiin aktiivisesti 1950-1960-luvuilla ja nykyään ve-sistössä on yhteensä 21 voimalaitosta. Kemijoen pääuomaan Ounasjokisuun alapuolelle on rakennet-tu viisi voimalaitosta (kuva 1). Näistä alimmalla, Isohaaran voimalaitospadolla on kaksi kalatietä, yksi kummallakin koneasemalla.

Kemijoen vesivoimarakentamisen aiheuttamien kalataloushaittojen kompensointina on käytetty lähinnä vaelluskalojen istutuksia, jotka kuuluvat jokea säännöstelevien voimayhtiöiden (PVO-Vesivoima Oy ja Kemijoki Oy) lupavelvoitteisiin. Kemijokisuun merialueen istutusvelvoitteet ovat tällä hetkellä 615000 lohen ja 90000 meritaimenen vaelluspoikasta sekä 3100000 vaellussiian yksi-kesäistä poikasta vuosittain.





**Kuva 1.** Kemijoen vesistö ja vesistöön sijoittuvat keskeiset vesivoimalaitokset. Tämän hankkeen tutkimukset toteutettiin kolmella Ounasjokisuun alapuolisella voimalaitoksella.



## 3.1. Vesivoimalaitokset ja niiden käyttö

### 3.1.1. Ossauskosken voimalaitos

Ossauskosken voimalaitos on Kemijoen alaosan voimalaitoksista kolmanneksi alin ja sijaitsee Tervolan kunnassa noin 63 km jokisuulta ylävirtaan (kuvat 1-2). Kolmen Kaplan-turbiinikoneiston voimalaitos valmistui vuonna 1965. Voimalaitoksen putouskorkeus on 15 metriä ja teho 124 MW. Noin 1650 m pituisen ja 120 m levyisen alakanavan keskivedenpinta heti voimalan alapuolella on 28 metriä merenpinnan yläpuolella.

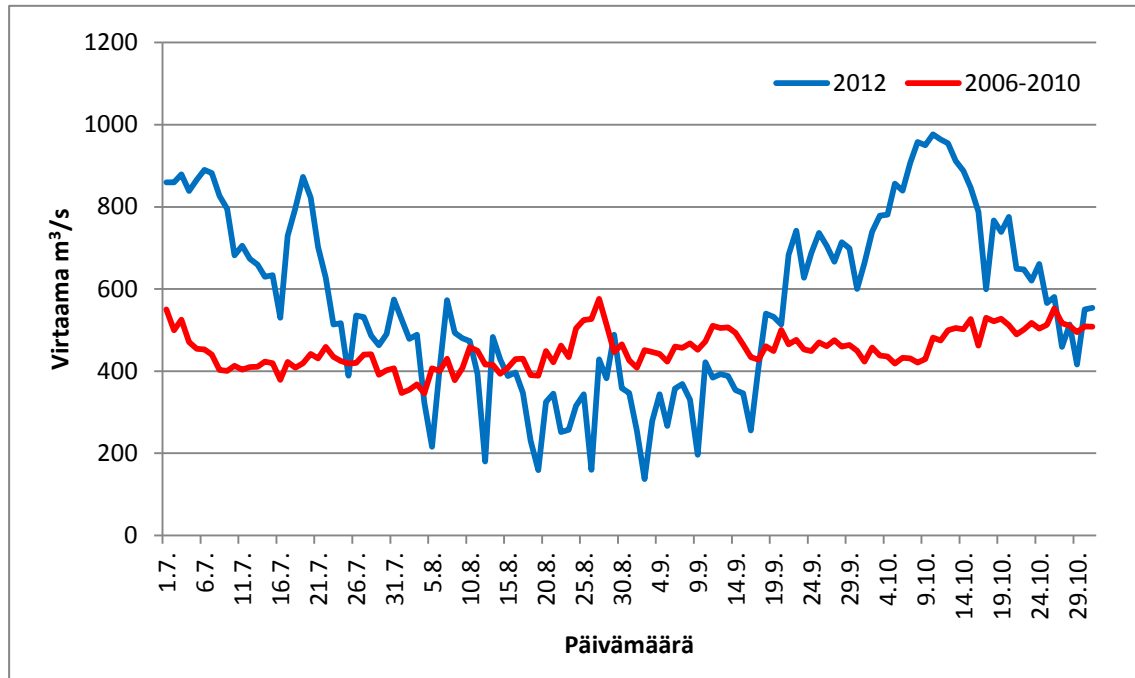


**Kuva 2.** Ossauskosken voimalaitos. Kuvan oikeassa alareunassa näkyy kalanviljelylaitoksen poistoputken suu (valkoinen kuuhu). Kuva: Kemijoki Oy.

Ossauskosken voimalaitoksen virtaaman vuorokausikeskiarvot vaihtelivat selvästi tutkimuksen aikana vuonna 2012 (kuva 3). Heinäkuun alun voimakkaiden juoksutusten jälkeen virtaamat laskivat elokuun puoliväliin mennessä pitkäaikaisten keskiarvojen alapuolelle. Alimmillaan vuorokauden keskivirtaama oli 2. syyskuuta, jolloin keskivirtaama oli  $137 \text{ m}^3/\text{s}$ . Syyskuun puolivälin jälkeen virtaamat nousivat taas nopeasti voimakkaiden sateiden seurauksena ja virtaama saavutti huippunsa 10. lokakuuta, jolloin vuorokauden keskivirtaama oli lähes  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Myös vuorokauden sisällä virtaamien tuntikeskiarvot vaihtelivat huomattavasti. Tuntikeskiarvot olivat yleensä matalimpia yöaikaan. Kello neljän ja viiden välillä aamuyöllä virtaama oli keskimäärin  $317 \text{ m}^3/\text{s}$  (vaihteluväli,  $43\text{-}971 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ja keskipäivällä kello 12 ja 13 välillä  $755 \text{ m}^3/\text{s}$  (vaihteluväli,  $100\text{-}1028 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Suurinta vaihtelu oli 12. elokuuta, jolloin virtaaman tuntikeskiarvot vaihtelivat välillä  $43\text{-}1011 \text{ m}^3/\text{s}$ . Loppukesä ja syksy 2012 olivat poikkeuksellisen sateisia ja siksi sekä yö- että päiväaikaiset

juoksutukset olivat normaalia suurempia. Normaali vuosina vaihtelu vuorokauden sisällä on suhteellisesti vieläkin voimakkaampaa, tyypillinen päiväaikainen maksimijuoksutus on noin kymmenkertainen verrattuna yöaikaiseen minimijuoksutukseen.



**Kuva 3.** Ossauskosken voimalaitoksen koneistajuoksutusten vuorokausikeskiarvot (m<sup>3</sup>/s) aikavälillä 1.7.–31.10.2012 sekä saman ajankohdan koneistajuoksutusten vuorokausikeskiarvot vuosilta 2006–2010.

### 3.1.2. Petäjäsosken voimalaitos

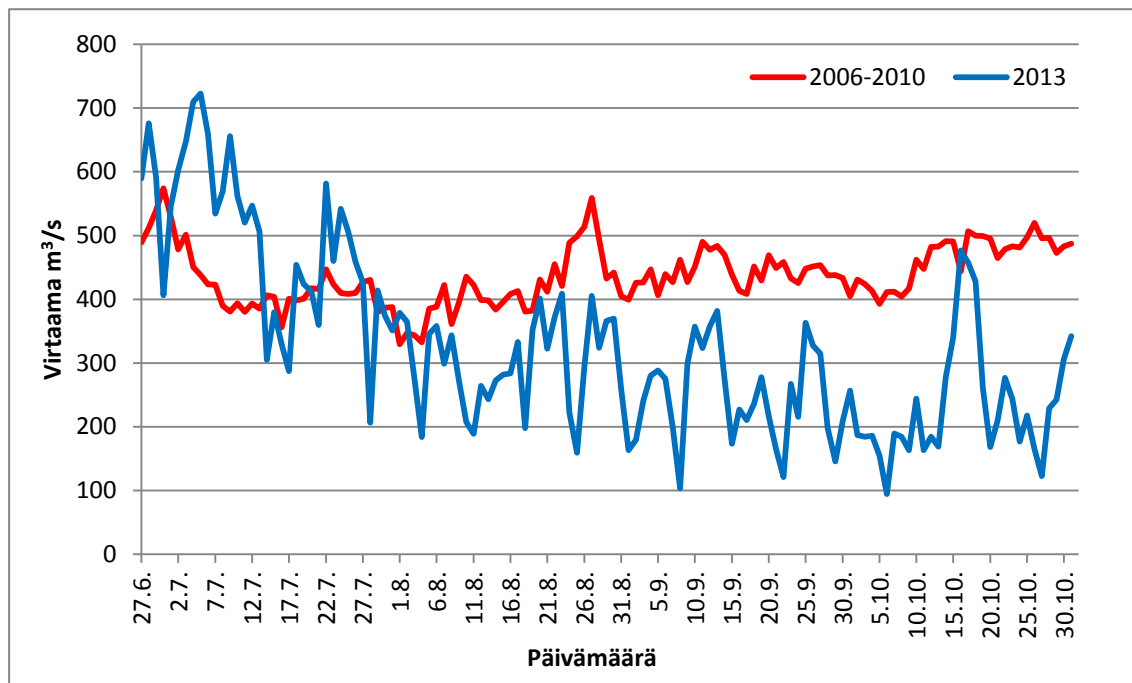
Petäjäsosken voimalaitos on Kemijoen alaosan voimalaitoksista neljänneksi alin ja sijaitsee Rovaniemen kaupungissa noin 83 km jokisuulta ylävirtaan (kuvat 1 ja 4). Kolmen Kaplan-turbiinikoneiston voimalaitos valmistui vuonna 1957. Voimalaitoksen putouskorkeus on 20,5 metriä ja teho 172 MW. Noin 3200 metriä pitkän ja 60 metrin levyisen alakanavan keskivedenpinta heti voimalan alapuolella on 42,5 metriä merenpinnan yläpuolella.

Petäjäsosken voimalaitoksen virtaaman vuorokausikeskiarvot vaihtelivat suuresti tutkimusjakson aikana (kuva 5). Suurimmat virtaaman mitattiin kesäkuun ja heinäkuun aikana, jolloin virtaamat olivat usein huomattavasti vuosien 2006-2010 vuorokausikeskiarvoija suurempia. Suurin virtaama (723 m<sup>3</sup>/s) mitattiin 5.7. Heinäkuun jälkipuoliskolla virtaamat enimmäkseen laskivat ja pysyivät elokuusta alkaen pitkäaikaisten keskiarvojen alapuolella lukuun ottamatta lokakuun puolivälin virtaamapiikkiä. Alimmillaan virtaamaamat olivat syys-lokakuussa ja minivirtaama (95 m<sup>3</sup>/s) mitattiin 6.10.

Myös vuorokauden sisällä virtaamien tuntikeskiarvot vaihtelivat huomattavasti. Virtaamien tuntikeskiarvot olivat yleensä matalimpia yöaikaan. Keskimäärin kello viiden ja kuuden välillä aamuyöllä virtaama oli 108,7 m<sup>3</sup>/s (vaihteluväli, 31-445 m<sup>3</sup>/s) ja keskipäivällä kello 11 ja 12 välillä 459 m<sup>3</sup>/s (vaihteluväli, 119-1001 m<sup>3</sup>/s). Suurinta vaihtelu oli 1. heinäkuuta, jolloin virtaaman tuntikeskiarvot vaihtelivat välillä 31–1033 m<sup>3</sup>/s.



Kuva 4. Petäjäskosken voimalaitos. Kuva: Kemijoki Oy.



Kuva 5. Petäjäskosken voimalaitoksen koneistajuoksutusten vuorokausikeskiarvot ( $m^3/s$ ) aikavälillä 27.6.–31.10.2013 sekä saman ajankohdan koneistajuoksutusten vuorokausikeskiarvot vuosilta 2006–2010.



### 3.1.3. Valajaskosken voimalaitos

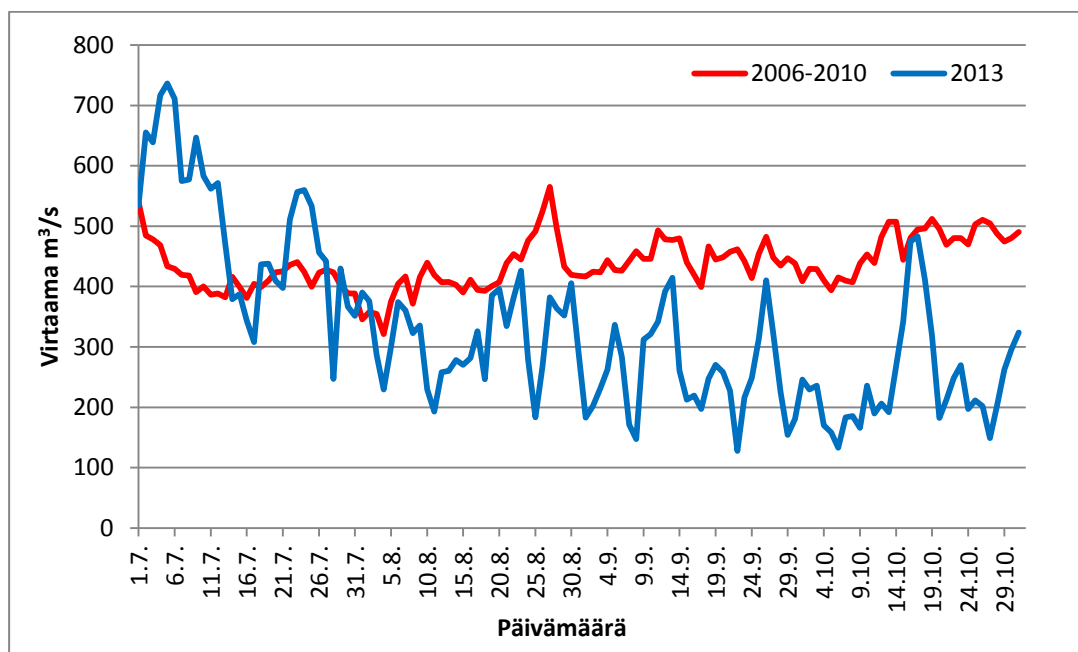
Valajaskosken voimalaitos on Kemijoen alaosan voimalaitoksista viidenneksi alin ja sijaitsee Rovaniemen kaupungissa noin 105 km jokisuulta ylävirtaan (kuvat 1 ja 6). Voimalaitos on vaelluskaloille viimeinen nousueste ennen pääsyä Ounasjoen lisääntymisalueille. Kolmen Kaplan-turbiinikoneiston voimalaitos valmistui vuonna 1960. Voimalaitoksen putouskorkeus on 11,5 metriä ja teho 101 MW. Noin 400 metriä pitkän ja 120 metrin levyisen alakanavan keskivedenpinta heti voimalan alapuolella on noin 63 metriä merenpinnan yläpuolella.



Kuva 6. Valajaskosken voimalaitos. Kuva: Kemijoki Oy.

Valajaskosken voimalaitoksen virtaaman vuorokausikeskiarvot vaihtelivat suuresti tutkimusjakson aikana (kuva 7). Suurimmillaan virtaamat olivat heinäkuussa, jolloin virtaamat olivat usein vuosien 2006-2010 vuorokausikeskiarvoja suurempia. Suurin virtaama ( $736 \text{ m}^3/\text{s}$ ) mitattiin 5.7. Heinäkuun jälkipuoliskolla virtaamat enimmäkseen laskivat ja pysyivät lokakuun puolivälin virtaamapiikkiä lukuun ottamatta pitkäaikaisten keskiarvojen alapuolella. Alimmillaan virtaamaamat olivat syyslokakuussa ja minivirtaama ( $128 \text{ m}^3/\text{s}$ ) mitattiin 22.9.

Myös vuorokauden sisällä virtaamien tuntikeskiarvot vaihtelivat huomattavasti. Virtaamien tuntikeskiarvot olivat yleensä matalimpia yöaikaan. Keskimäärin kello neljän ja viiden välillä aamuyöllä virtaama oli  $229 \text{ m}^3/\text{s}$  (vaihteluväli,  $53\text{-}705 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ja keskipäivällä kello 11 ja 12 välillä  $455 \text{ m}^3/\text{s}$  (vaihteluväli,  $107\text{-}808 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Suurinta vaihtelu oli 9. syyskuuta, jolloin virtaaman tuntikeskiarvot vaihtelivat välillä  $143\text{-}809 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Kuva 7.** Valajaskosken voimalaitoksen koneistajuoksutusten vuorokausikeskiarvot (m<sup>3</sup>/s) aikavälillä 1.7.–31.10.2013 sekä saman ajankohdan virtaaman vuorokausikeskiarvot vuosilta 2006–2010.

## 4. Aineisto ja menetelmät

Koska tutkimusta varten ei ollut saatavilla Kemi-Ounasjoessa syntyneitä ja poikasvaiheensa siellä viettäneitä nousulohia, päädyttiin tutkimuksessa käyttämään Isohaaran voimalaitoksen alapuolelta pyydettyjä lohia. Isohaaran alle nousevien lohien voidaan suurella todennäköisyydellä olettaa olevan Kemijokisuulle istutettavaa kantaa ja soveltuvan siksi parhaiten tutkimuskaloiksi Kemijoessa sekä käyttäytyvän lajityypillisellä tavalla myös Isohaaran voimalaitoksen yläpuolisella vesialueella kutunousunsa aikana.

### 4.1. Alakanavaan siirrettyjen lohien pyynti, merkintä ja vapautus

Kaikki Kemijoen radiotelemetriaseurantojen lohet pyydettiin Isohaaran voimalaitoksen alueelta. Lohia pyydettiin passiivisella pyyntilaitteella Isohaaran uudesta kalatiestä, lipolla uuden ja vanhan kalatien sisäänkäyntien läheltä sekä nuottaamalla välittömästi vanhan voimalaitoksen alapuolella (kuva 8, liitteet 1-3). Ennen merkintää ja siirtoa kaloja säilytettiin vesitetyssä säilytysaltaassa tai Isohaaran uudessa kalatiessä.

Ossauskoskelle siirretyt lohet merkittiin vapautuspaikalla Ossauskosken voimalan alakanavan alueella. Valajaskoskelle ja Petäjaskoskelle siirretyt lohet merkittiin ennen siirtoa Isohaarassa. Lohien siirrot Isohaarasta vapautusalueille suoritettiin auton peräkärriyn asennetussa, hapetetussa lasikuitusäiliössä (tilavuus n. 1000 l). Lohien pyynnin järjestelyistä ja kalojen siirroista vastasi Lapin ELY-keskuksen Jukka Viitala yhteistyössä RKTL työntekijöiden kanssa.

Ennen lohien vapautusta eläinlääkäri tarkisti silmämääräisesti kalojen kunnon ja antoi lopullisen siirtoluvan. Kuljetusmatka pyyntipaikalta Ossauskosken vapautuspaikalle oli noin 60 km ja kuljetus

kesti eläinlääkärin tarkastuksineen noin 70 minuuttia. Kuljetusmatka Petäjaskoskelle oli noin 80 km (kesto 90 min) ja Valajaskoskelle noin 100 km (kesto 110 min) (liite 4).



**Kuva 8.** Tutkimuksessa käytetyt yliirtolohet pyydystettiin Isohaaran voimalaitosten alakanavasta ja vanhan koneaseman kalatiestä. Pääosa lohista saatiin vanhan voimalaitoksen alueelta (punainen soikio), mutta osa pyydystettiin myös uuden voimalan alapuolelta (vihreä soikio). Kuva: PVO-vesivoima Oy.

Radiotelemetriaseuranta varten merkittiin yhteensä 62 loheta ja ne vapautettiin alakanaviin useammassa erässä seuraavasti:

- Ossauskoski: 22 kpl (13.7.–22.8.2012, kuusi vapautuserää)
- Valajaskoski: 20 kpl (27.6.–7.8.2013, viisi vapautuserää)
- Petäjaskoski: 20 kpl (3.7.–6.8.2013, neljä vapautuserää)

Näiden lisäksi vuonna 2013 merkittiin 10 loheta uintisyvyyttä mittaavilla painelähetimillä. Näillä radiolähetimillä merkityt loheta vapautettiin alakanaviin kahdessa erässä seuraavasti:

- Valajaskoski: 5 kpl (23.7. ja 6.8.)
- Petäjaskoski: 5 kpl (1.8. ja 7.8.)

Loheta merkittiin sisäisillä, mahalaukuun asennettavilla radiolähetimillä (LOTEK, malli MCFT2-3A, paino 16 g; malli MCFT2-3BM, paino 8 g). Pienillä yhden merivuoden lohilla käytettiin pääasiassa kevyempää lähetinmallia ja isoilla useamman merivuoden lohilla painavampaa lähetinmallia. Kalojen uintisyvyyttä mittaavat paineradiolähetimet olivat mallia LOTEK, MM-C-11-28-TP (paino 12,5 g). Ne pystyivät mittaamaan kalan uintisyvyyttä 10,5 m syvyyteen asti 0,2 m tarkkuudella.

Merkintää varten kalat nukutettiin yksitellen puskuroidussa nukutusliuoksessa (MS-222, 100mg/l). Nukutettu kala nostettiin merkintäpöydälle, jossa suoritettiin radiolähetimen asettaminen, suomenäytteenotto ja mittaaminen. Radiolähetin työnnettiin muovisen asetinputken avulla kalan suun ja nielun kautta mahalaukuun (esim. Rivinoja ym. 2006). Radiolähetimellä merkittyjen lohien ulkoisen tunnistamisen helpottamiseksi kaloille asennettiin lisäksi selkävän tyvelle nuolimerkki (Hallprint, malli PDL). Merkittyjen lohien keskipituus oli 77,4 cm (vaihteluväli 50,5–107,5 cm) ja keskipaino 4,9 kg (vaihteluväli 1,0–12,0 kg) (ks. liitteet 1-3).

## 4.2. Merkittyjen lohien seuranta

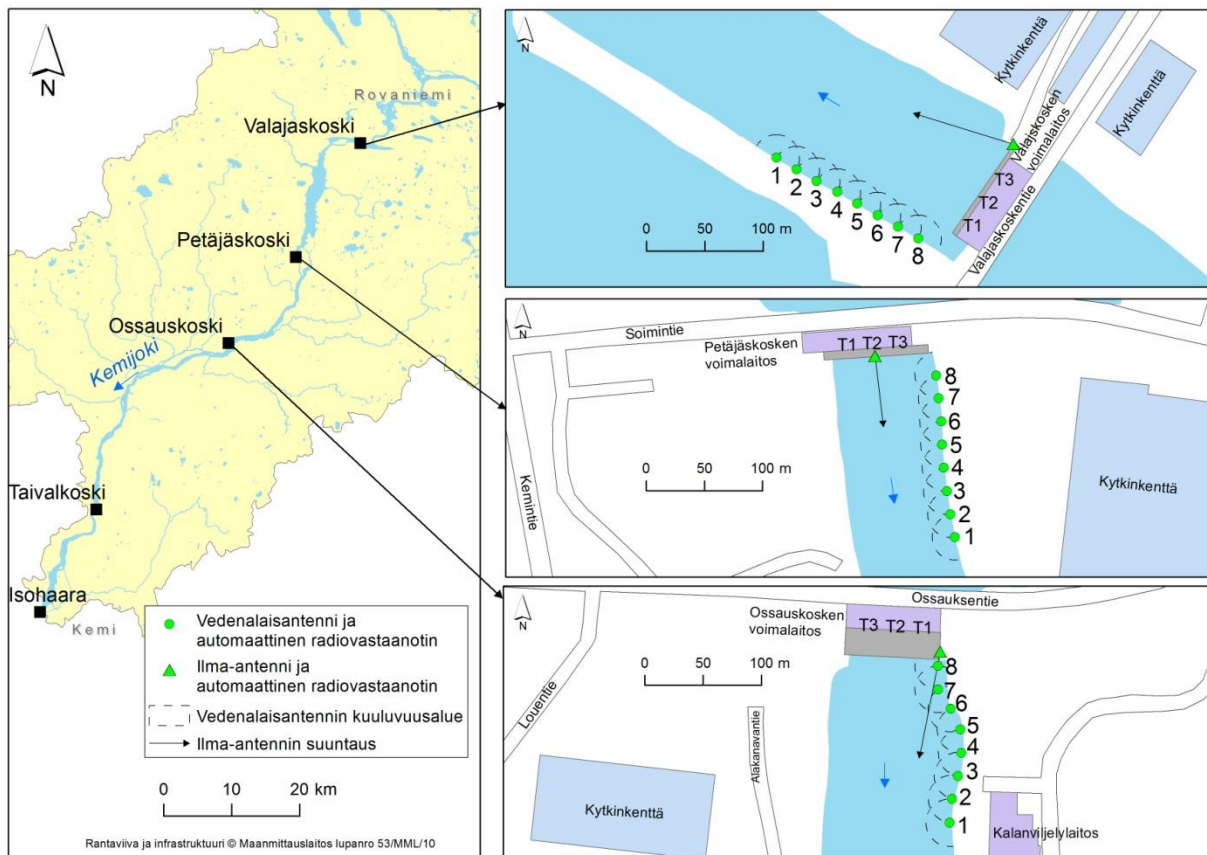
Lohien seuranta varten kaikkiin alakanaviin asennettiin kahdeksan vedenalaisantennin ja yhden ilma-antennin seurantalaitteisto (kuva 9). Antennien kuuluvuusalueelta kerätty lohien paikannustieto tallentui Lotek SRX\_DL3 -radiovastaanottimille. Vedenalaisantennit asennettiin alakanavien itä-/etelärannalle (kuva 9), jolle kalateiden sisäänkäynnit oli suunniteltu sijoitettavan Kemijoen kalateistä tehdyissä yleissuunnitelmissa "Askel Ounasjoelle II" -hankkeen yhteydessä.

Ylimpänä sijaitseva vedenalaisantenni (antenni nro 8) sijoitettiin 20 metriä voimalaitoksen alapuolelle ja seuraavat vedenalaisantennit aina 20 metrin välein alavirtaan (kuva 9). Vedenalaisantennit rakennettiin RG213-koaksiaalikaapelista, joiden veden alle upotetun pään kärki kuorittiin Beeman ym. (2004) ohjeen mukaisesti. Vedenalaisantennien kuuluvuusalue säädettiin siten, että havaintoja tallentui noin 20 metrin säteellä antennista (kuva 9).

Ossauskoskella jokaisella kalayksilöllä oli mahdollista rekisteröityä tietyille vedenalaisantennille 34 sekunnin välein ja Petäjäs- ja Valajaskoskella 51 sekunnin välein. Jokaisella 34 tai 51 sekunnin kuuntelujaksolla yhdestä yksilöstä tallentui tietoa yhdestä neljään havainnon sarjoihin silloin, kun kala oli antennin kuuluvuusalueella. Ilma-antennit, joiden kuuluvuusalue ulottui noin 300 metriä voimalaitokselta alavirtaan, sijoitettiin voimalaitosten alasilloille (kuva 9) ja niille rekisteröityi jokaisesta yksilöstä enintään yksi havainto minuutissa.

Radiomerkittyjen lohien seuranta perustui pääasiassa automaattisiin vastaanottimiin, jotka olivat toiminnassa ensimmäisten lohien vapautuksesta aina lokakuun loppupuolelle saakka. Seurannan aikana suoritettiin lisäksi Ossauskosken alakanavan alueella vuorokauden (24 h) kestäneitä manuaalisia aktiivipaikannuksia veneellä kolmena eri kertana (1.-2.8.2012, 15.-16.8.2012 ja 6.-7.9.2012). Valajaskosken alakanavassa manuaalipaikannuksia suoritettiin yhteensä kuusi kertaa (16.7.-12.9.2013) ja Petäjäskosken alakanavassa seitsemän kertaa (15.7.-19.9.2013). Valajas- ja Petäjäskoskella manuaalipaikannuksia tehtiin vain päiväaikaan (klo 10-17).





Kuva 9. Radiotelemetriaseurantojen koasetelmat Ossaus-, Petäjäs- ja Valajaskosken voimalaitosten alakanavissa. T1 – T3 = turbiinit 1-3.

### 4.3. Aineistojen analysointi

Vedenalaisantenneilta tallentuneita havaintoja käytettiin sellaisenaan, kun vertailtiin eroja tallentuneiden havaintojen jakautumisessa eri antennien välillä. Koska vedenalaisantennit tallensivat havaintoja varsin laajalta alueelta (säde noin 20 m), suodatettiin antennien välisten erojen tarkempaa selvittämistä varten aineistosta jatkotarkasteluihin mukaan havainnot, joiden signaalin voimakkuus oli  $\geq 225$  yksikköä (signaalin maksimivoimakkuus on 255 yksikköä). Näitä voimakkaiksi luokiteltuja havaintoja tallentui noin viiden metrin säteellä vedenalaisantennista.

Vedenalaisantenneilta tallentuneiden havaintojen tarkemmassa analysoinnissa käytettiin tarkoitusta varten kehitettyä AV Bio-Statistic-ohjelmaa (Kehittäjä: Anssi Vainikka), jonka avulla havaintotiedot eri antenneilta voitiin yhdistää ajan (havaintojen kronologinen järjestys) perusteella kalojen "noususarjoiksi". Nousuksi yhdistettiin eri antenneilta peräkkäin tallentuneet havainnot, joiden välinen aika oli maksimissaan kolme minuuttia. Nousulle ei määritetty vähimmäiskestoä tai vähimmäiskorkeutta (korkeudella tarkoitetaan vedenalaisantennien muodostaman rivistön pituutta) ja nousuksi tulkittiin siten myös tapaukset, joissa lohi oli tallentunut vain yhdeltä vedenalaisantennilta.

Ohjelmalla saatiin selville jokaisen nousun ajankohta (päivämäärä ja kellonaika), kesto sekä nousun huippupiste (ylin antenni, jolle kyseisen nousun aikana tallentui havainto kalasta). Saatujen nousutietojen perusteella selvitettiin kalojen vaelluskäyttäytymistä voimalaitosten alapuolella. Tutkittaessa eroja esim. sukupuolten ja eri yksilöiden nousuaktiivisuudessa, määritettiin yksilöille koejakson pituus vuorokausina. Koejakson pituus määräytyi yksilön istutuspäivän ja mahdollisen poistopäivän

(yksilö pyydystettiin tai se laskeutui alavirrassa seuraavan voimalaitoksen alapuolelle) perusteella. Mikäli poistopäivää ei tiedetty esim. puutteellisten merkkipalautustietojen johdosta, laskettiin koejakson pituus istutusajankohdan ja kokeen päättymisen perusteella.

## 5. Tulokset

### 5.1. Ossauskosken voimalaitos

#### 5.1.1. Lohien nousut voimalaitoksen alapuolelle

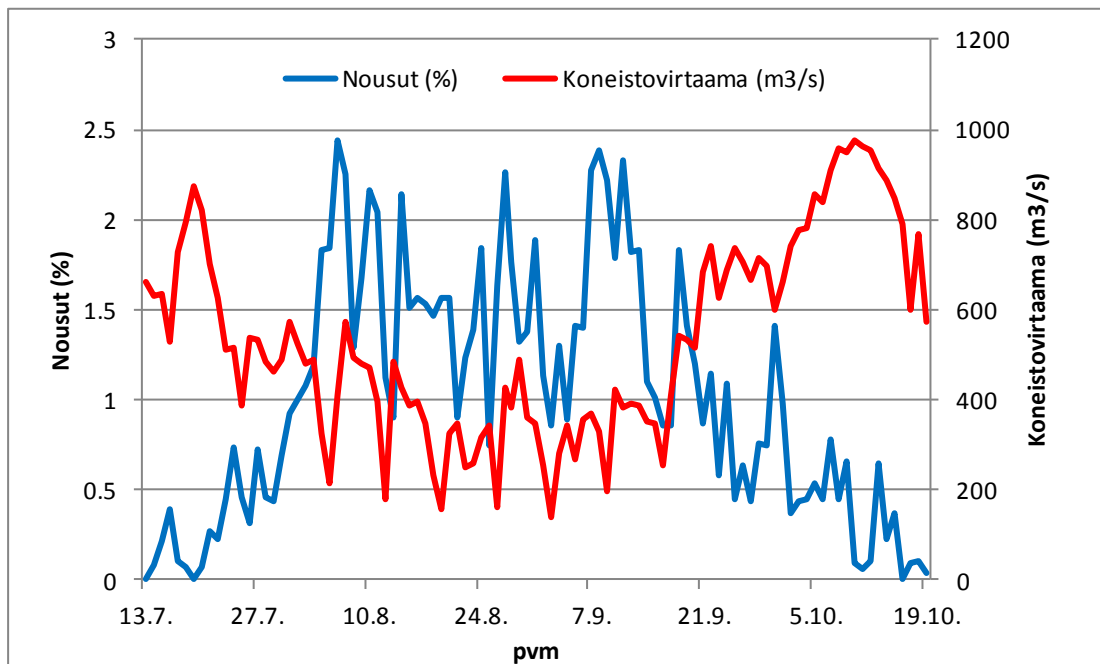
Ossauskosken alakanavaan vapautetuista lohista suurin osa (90,9 %, 20/22) nousi seurantojen aikana voimalaitoksen alapuolelle. Voimalaitoksen alapuolelle nousseet lohet tallentuivat sekä vedenalaisilta antenneilta että voimalaitoksen edustalla sijainneelta ilma-antennilta. Tässä yhteydessä lohien liikkumista voimaloiden alapuolelle arvioidaan tarkemmin ainoastaan vedenalaisantenneilta tallentuneiden havaintojen ja niiden pohjalta muodostettujen noususarjojen avulla.

Lohet nousivat ensimmäisen kerran vedenalaisantennien kuuluvuusalueelle keskimäärin noin 118 tuntia vapautuksen jälkeen (taulukko 1). Koiraat nousivat keskimäärin 94 tunnin ja naaraat 153 tunnin kuluttua vapautuksesta. Nopeimmin antennille nousi koiraslohi, joka tallentui vedenalaisantenneille jo vajaan kahden tunnin kuluttua vapautuksesta. Matkaa vapautuspaikasta ensimmäisen vedenalaisantennin kuuluvuusalueelle oli noin 1000 m (Liite 4).

**Taulukko 1.** Radiolähettimellä merkittyjen lohien ensimmäisen nousukerran ja vapautuksen välinen aika (tuntia, h) Ossauskoskella.

	Naaraat	Koiraat	Kaikki
<b>Keskiarvo, h</b>	153,4	94,2	117,9
<b>Mediaani, h</b>	159,2	90,6	100,5
<b>Vaihteluväli, h</b>	18,2-434,1	2,0-273,0	2,0-434,1
<b>N</b>	8	12	20

Alakanavaan vapautetut lohet nousivat voimalan alapuolelle aktiivisesti syyskuun lopulle saakka (kuva 10). Eniten nousuja voimalaitoksen alapuolelle havaittiin elokuussa ja syyskuun alkupuolen aikana. Vedenalaisantenneilla havaitut yksilömäärät olivat korkeimmillaan elokuun lopun ja syyskuun alkupuolen aikana, jolloin antennille tallentui enimmillään havaintoja 14 eri yksilöstä vuorokaudessa. Lohien nousuaktiivisuus hiipui selvästi syyskuun loppupuolella sekä havaittujen nousujen että yksilömäärien perusteella. Vuorokautisen keskivirtaaman kasvu vaikutti kiihdyttävän lohien nousuaktiivisuutta erityisesti elokuussa ja syyskuun alkupuolella, jolloin virtaamat olivat alimmillaan (kuva 10).



**Kuva 10.** Lohien tekemien nousujen (n=27693, sininen viiva) jakautuminen radiotelemetriaseurannan aikana Petäjäskosken voimalaitoksen alapuolella. Vuorokautinen keskikoneistovirtaama (m<sup>3</sup>/s) on kuvattu punaisella viivalla.

Lohiyksilöt nousivat Ossauskosken voimalan alapuolelle seurannan aikana keskimäärin 34 vuorokautena (vaihteluväli 1–88 vrk). Naaraat nousivat voimalalle keskimäärin 49 vuorokautena ja nousuvuorokausien osuus yksilöiden tutkimusjaksojen pituuksista oli keskimäärin 62,3 %. Koirilla nousuvuorokausia oli keskimäärin 26 ja niiden osuus tutkimusjaksojen pituudesta oli keskimäärin 41,6 % (taulukko 2). Naaraat tekivät seurantajakson aikana myös keskimäärin useampia nousuja vuorokaudessa (keskiarvo 23,9/vrk) kuin koirat (keskiarvo 13,2/vrk).

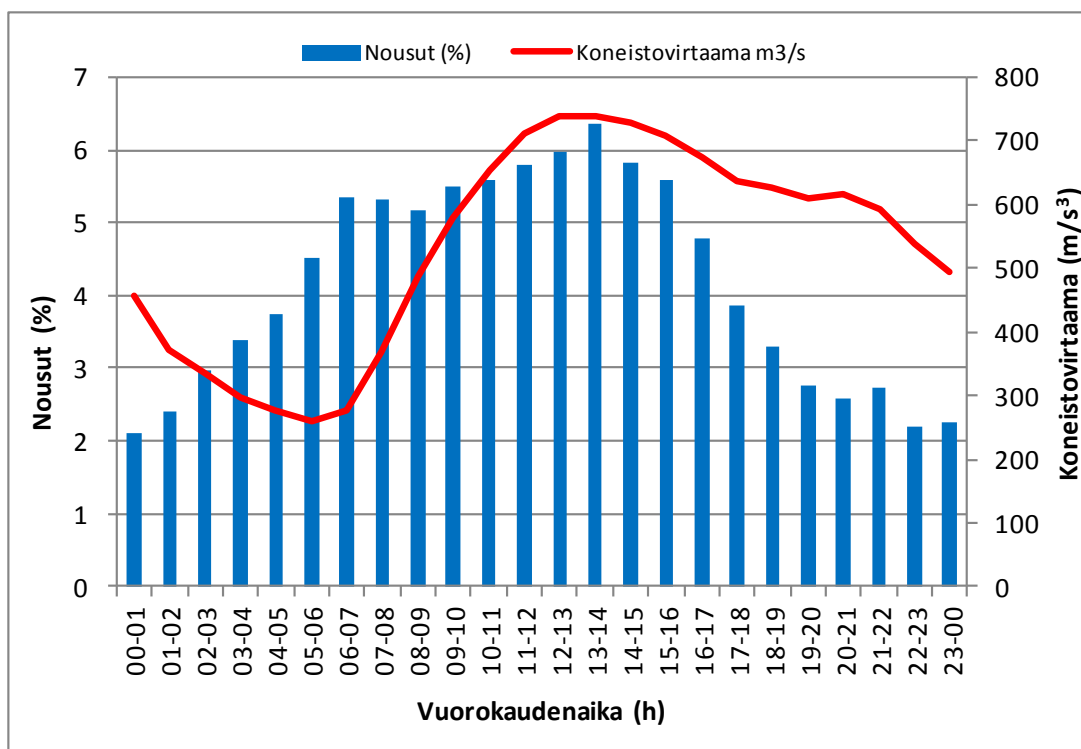
Useimmiten lohien nousut ulottuivat voimalaitoksen läheisyyteen. Kaikkien nousujen (n=27693) ylin havainto oli keskimäärin antennin 6 kohdalla (60 m voimalaitokselta alavirtaan) ja noin 28 % ylimmistä havainnoista tallentui ylimmältä antennilta (20 m voimalaitokselta alavirtaan). Kolmelta ylimmältä antennilta (20–60 m voimalalta alavirtaan) tallentui yhteensä noin 68 % nousujen ylimmistä havainnoista. Kolmelle ylimmälle antennille ulottuneista nousuista noin 69 %:ssa myös nousun ensimmäinen havainto tallentui joltakin näistä kolmesta antennista, mistä voidaan päätellä lohien nouseen voimalaitoksen läheisyyteen pääosin vedenalaisantennien kuuluvuusalueen ulkopuolella. Useissa tapauksissa on toisaalta mahdollista, että lohi oleskeli esimerkiksi turbiinipyörteissä, vedenalaisantennien kuulumattomissa, yli kolmen minuutin ajan, jolloin havainnot tulkitaan uudeksi nousuksi.

**Taulukko 2.** Naaras- ja koiraslohien nousuvuorokaudet (=kuinka monena eri vuorokautena lohet nousivat voimalan alapuolelle) Ossauskosken voimalaitokselle ja nousuvuorokausien %-osuudet ja nousujen määrien keskiarvo (nousut/vrk) tutkimusjaksolla.

	Naaraat	Koiraat	Yhteensä
<b>Nousuvuorokaudet, ka (vaihteluväli)</b>	49 (7-88)	26 (0-55)	34,1 (1-88)
<b>Nousuvuorokausia %, ka (vaihteluväli)</b>	62,3 (8,0-98,3)	41,6 (0-84,4)	49,1 (0-98,3)
<b>Nousut/vrk, ka (vaihteluväli)</b>	23,9 (4,4-40,0)	13,2 (0-29,7)	17,1 (0-40,0)
<b>N</b>	8	14	22

### 5.1.2. Nousuaktiivisuuden vuorokausirytmikka

Lohet eivät liikkuneet vedenalaisantennien kuuluvuusalueella tasaisesti vuorokauden ympäri, vaan liikehdintä oli aktiivisinta (66 % kaikista nousuista) päiväaikaan, kello 05–17 välillä (kuva 11). Lohien aktiivisuus vedenalaisantennien alueella väheni huomattavasti yöaikaan (kuva 11). Nousuaktiivisuus oli vuorokausittain huipussaan aikajaksolla, jolloin voimalaitosten koneistojuokutus kääntyi yön minivirtaamien jälkeen nousuun. Aktiivisinta nousua kesti iltapäivän ensitunneille, jolloin nousuaktiivisuus väheni nopeasti virtaamien heiketessä.

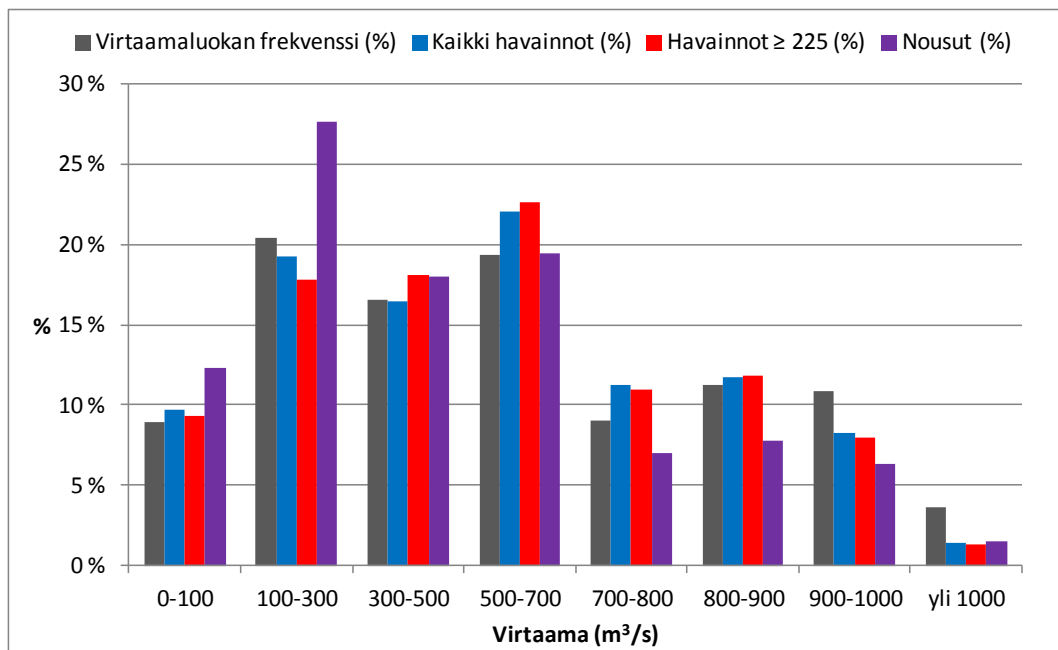


**Kuva 11.** Radiolähettimellä merkittyjen lohien nousujen (siniset pylväät) ajoittuminen vuorokauden eri aikoina Ossauskoskella (%-osuudet nousuista eri tunteina). Voimalaitoksen tuntikohtainen keskikoneistovirtaama (m³/s) on esitetty punaisella viivalla koko seuranjaksojen ajalta vuonna 2012.

### 5.1.3. Virtaaman vaikutukset lohien liikkeisiin voimalaitoksen alapuolella

Kaikilta vedenalaisantenneilta tehtyjen havaintojen ja niistä muodostettujen nousujen perusteella virtaamatilanteiden esiintyvyyteen suhteutettuna lohien nousut painottuivat erityisesti maltillisimpiin, 0-300 m³/s virtaamiin (kuva 12). Nousujen määrä väheni 700-900 m³/s virtaamatilanteissa, mutta havaintoja antennille tallentui silti suunnilleen yhtä paljon kuin heikommillakin virtaamilla. Vir-

taamat olivat heinäkuussa ja syys-lokakuussa huomattavasti pitkäaikaisia keskiarvoja voimakkaampia, ja yli 800 m<sup>3</sup>/s koneistovirtaamia mitattiin yleisesti. Alhaisten havainto- ja nousumäärien perusteella erityisen kovat (yli 900 m<sup>3</sup>/s) virtaamat eivät olleet suotuisia lohien nousulle voimalaitoksen läheisyyteen.

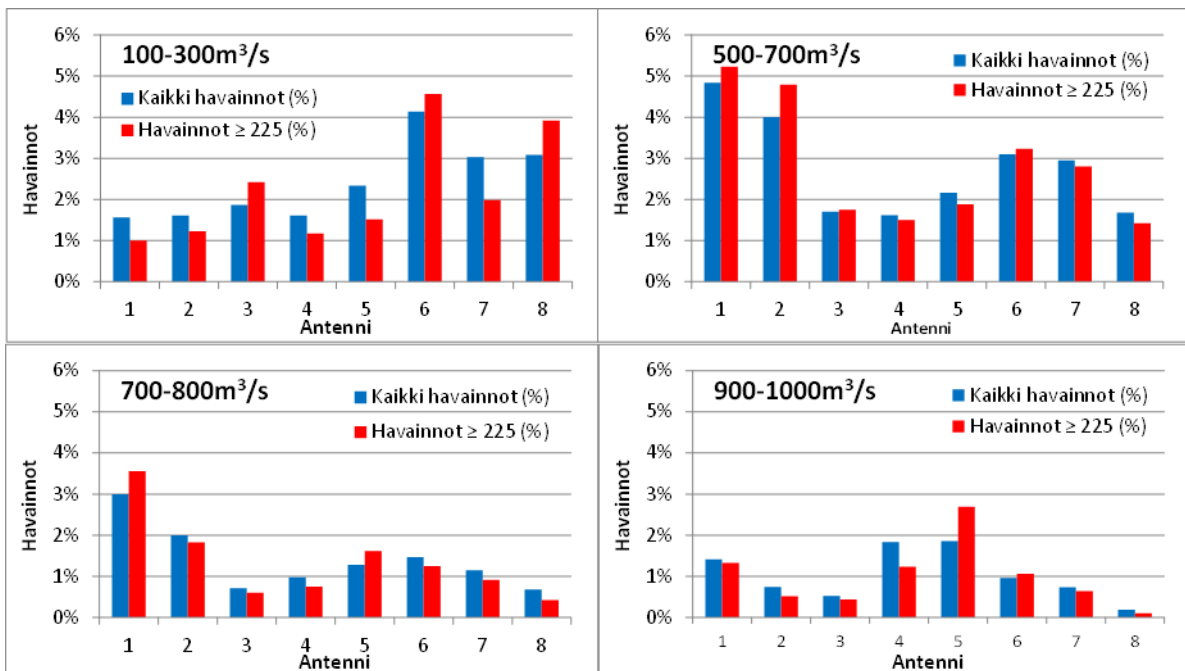
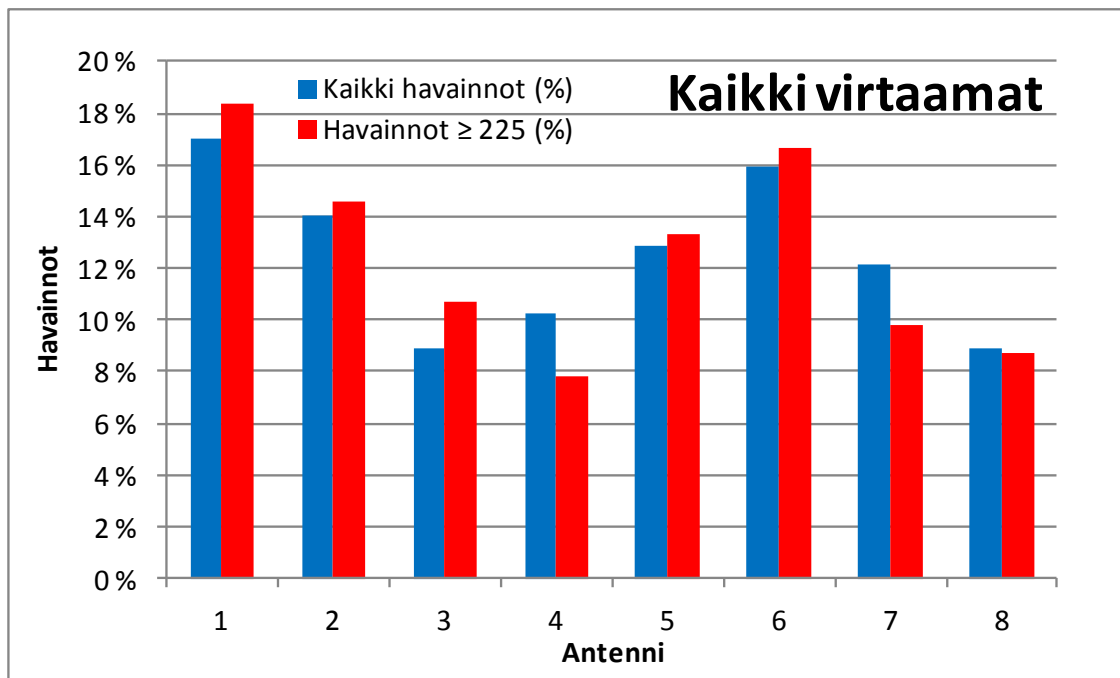


**Kuva 12.** Ossauskosken voimalaitoksen alakanavan vedenalaisille antennille tallentuneiden havaintojen ja niiden perusteella Biostat-ohjelmalla muodostettujen noususarjojen jakautuminen virtaamatilanteiden (tunti-kohtainen keskikoneistovirtaama) mukaisesti. Harmaalla pylväillä on kuvattu virtaamaluokkien suhteellista esiintyvyyttä koko seurantajakson aikana.

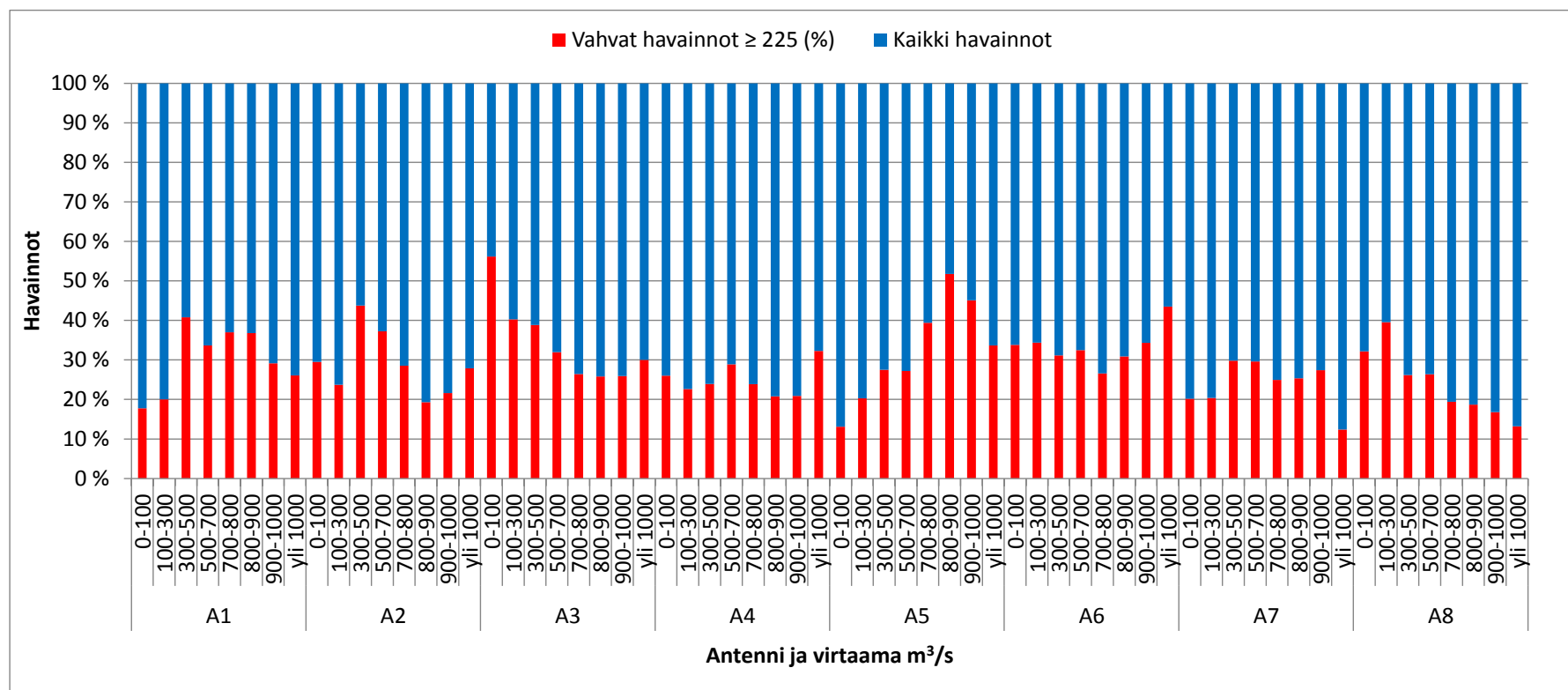
#### 5.1.4. Erot havainnoissa vedenalaisantennien välillä

Vedenalaisantenneista tallentui eniten havaintoja antennilta 1, joka sijaitsi 160 metriä voimalalta alavirtaan (kuva 13). Lähes yhtä paljon havaintoja kertyi antennilta 6, joka oli 60 metrin päässä voimalaitokselta. Vallitseva virtaama vaikutti havaintojen jakautumiseen (kuvat 13-14). Heikommilla virtaamilla (100-300 m<sup>3</sup>/s) havaintoja kertyi suhteellisesti enemmän voimalaitoksen lähistöltä, antennilta 6-8. Virtaamien noustua yli 300 m<sup>3</sup>/s painoutuivat havainnot alemmas, antennille 1 ja 2. Yli 700 m<sup>3</sup>/s virtaamissa havaintojen määrä väheni selvästi kaikilla antennilla, erityisesti lähimpänä voimalaitosta (antennit 6-8). Yli 1000 m<sup>3</sup>/s virtaamissa havaintomäärät olivat vähäisiä kaikilla antennilla.

Kaikkien havaintojen tarkastelussa havaintojen tallentumisalue jokaisella antennilla on laaja (säde 20 m), joten havaintojen jakautumista antennien välillä tarkasteltiin myös tarkemmalla mittakaavalla ottamalla tarkasteluun mukaan vain havaintoja, joiden signaalin voimakkuus oli  $\geq 225$ . Tässä tarkastelussa mukana olivat havainnot noin viiden metrin etäisyydellä antennista. Voimakkaan signaalin havaintoja tallentui eri antennille lähes samassa suhteessa kuin kaikkien havaintojen tarkastelussakin, eikä virtaamatilanteella ollut merkittävää vaikutusta vahvojen havaintojen jakautumiseen (kuvat 13-14).



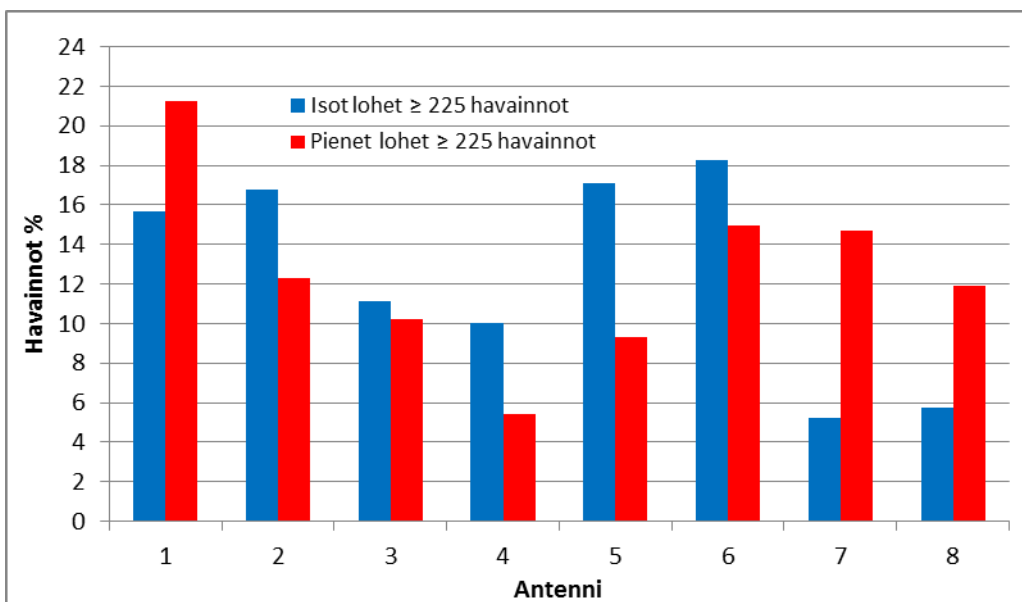
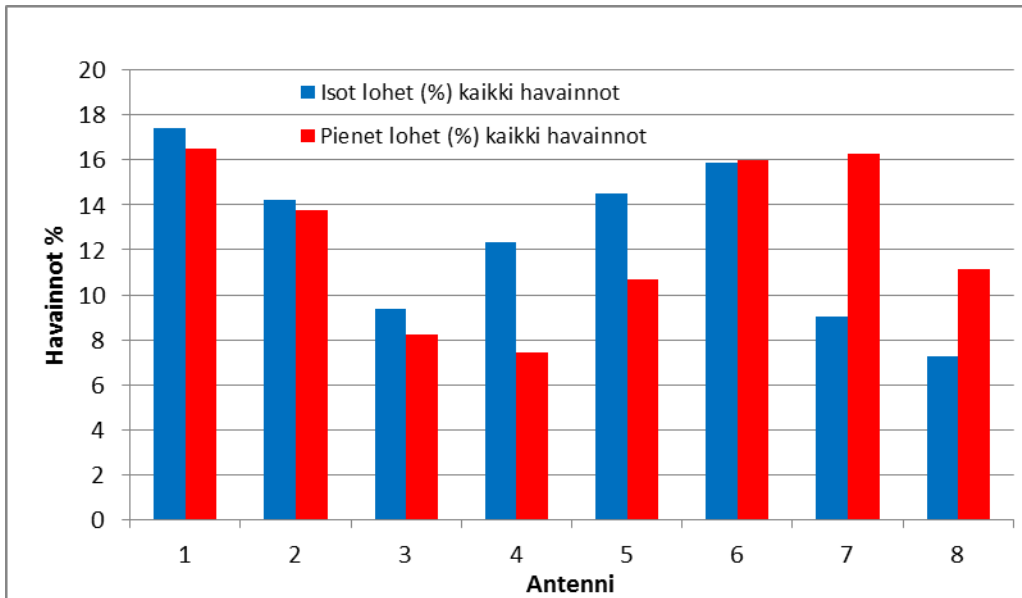
**Kuva 13.** Ossauskosken voimalaitoksen alapuolisilta vedenalaisilta antenneilta (8=20 m, 7=40 m, 6=60 m, 5=80 m, 4=100 m, 3=120 m, 2=140 m ja 1=160 m voimalaitokselta alavirtaan) tallentuneiden havaintojen prosentiosuudet seurannan aikana. Havaintojen jakautuminen on esitetty kaikkien telemetria havaintojen (n=1599936) perusteella ja signaalinvoimakkuudeltaan  $\geq 225$  yksikön havaintojen (n=495032) perusteella. Alla pienemmissä kuvissa on lisäksi esitetty havaintojen jakautumista antennille eri virtaamatilanteissa perustuen tuntikohtaiseen koneistovirtaamaan.



Kuva 14. Kaikkien havaintojen ja vahvojen havaintojen (ss ≥225) prosentuaalinen jakautuminen Ossauskosken alakanavan vedenalaisantenneilla (8=20 m, 7=40 m, 6=60 m, 5=80 m, 4=100 m, 3=120 m, 2=140 m ja 1=160 m voimalaitokselta alavirtaan) virtaamaluokittain.



Isojen ( $\geq 70$  cm) ja pienten ( $\leq 70$  cm) lohien havainnot jakoutuivat vedenalaisantenneille varsin samankaltaisesti (kuva 15). Isoista lohista tehtiin suhteellisesti enemmän havaintoja antenneilta 4-6 (60-100 m voimalaitokselta alavirtaan) ja pienistä lohista vastaavasti antenneilta 7-8 (20-40 metriä voimalaitokselta alavirtaan). Voimakkaiksi luokiteltujen havaintojen jakautuminen ei merkittävästi poikennut kaikkien havaintojen jakautumisesta kummassakaan kokoluokassa (kuva 15).

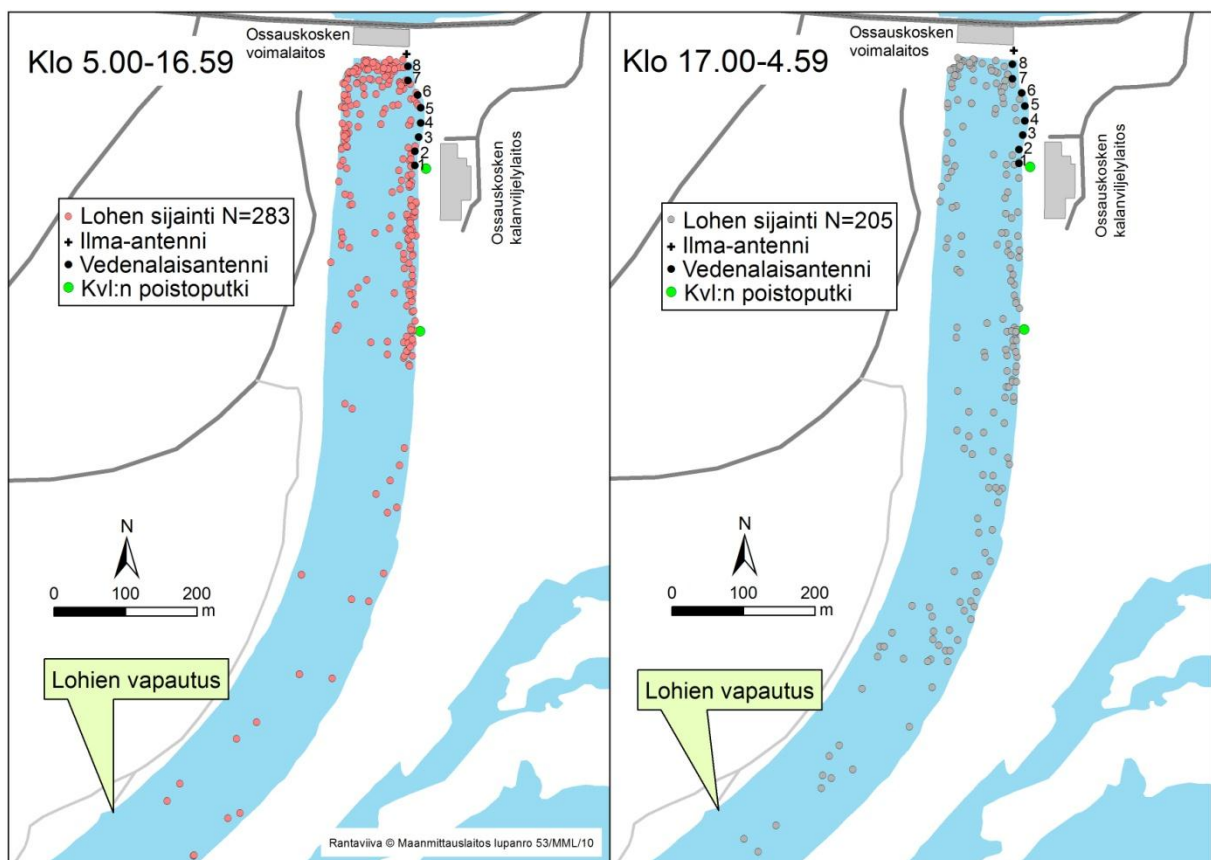


**Kuva 15.** Isojen lohien ( $\geq 70$  cm, siniset pylväät) ja pienten lohien ( $< 70$  cm, siniset pylväät) havaintojen prosentuaalinen jakautuminen Ossauskosken voimalaitoksen alapuolisilla vedenalaisantenneilla (8=20 m, 7=40 m, 6=60 m, 5=80 m, 4=100 m, 3=120 m, 2=140 m ja 1=160 m voimalaitokselta alavirtaan). Ylemmässä kuvassa on esitetty kaikkien havaintojen ja alemmassa kuvassa signaalivoimakkuudeltaan vahvojen ( $ss \geq 225$ ) havaintojen jakaumat antenneittain.

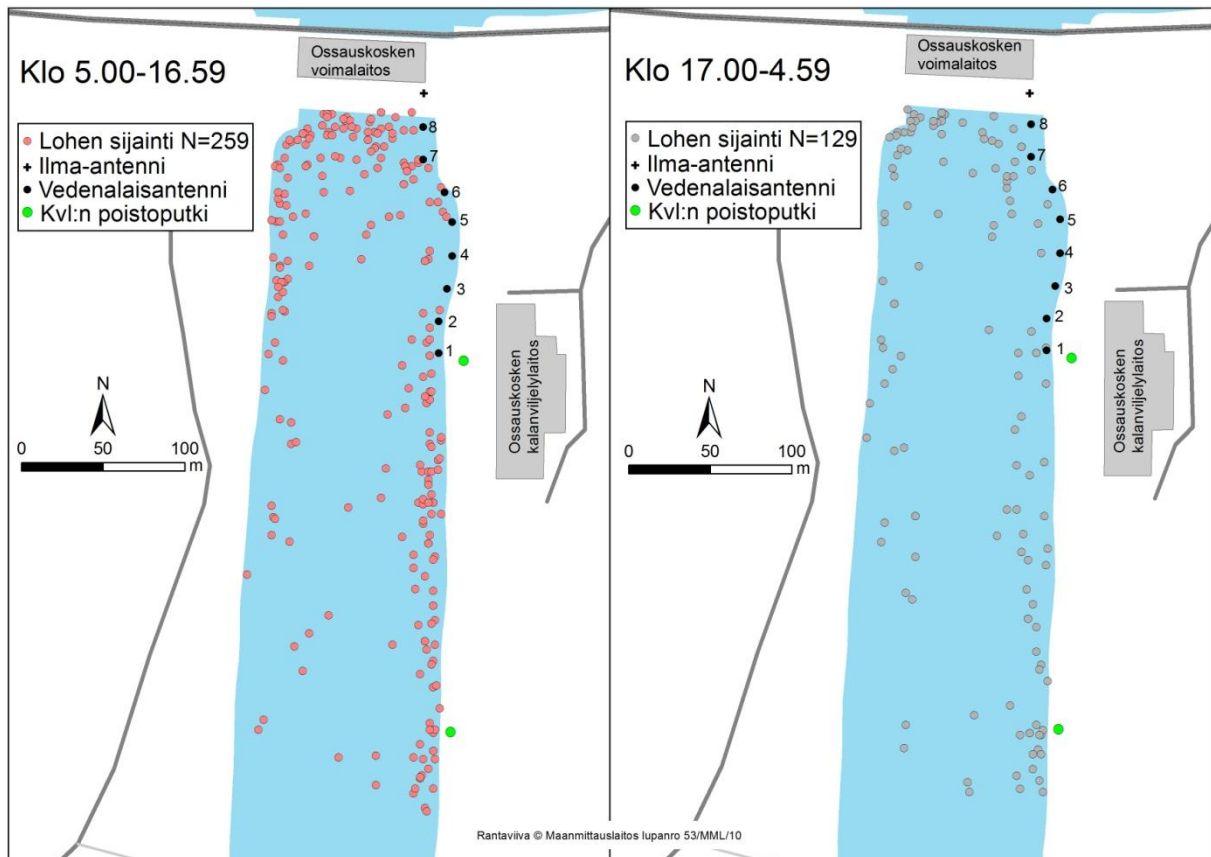
### 5.1.5. Manuaaliset paikannukset

Manuaalisissa aktiiviseurannoissa (n=3) Ossauskosken alakanavan alueelta tehtiin yhteensä 488 paikannushavaintoa 19 eri yksilöstä.

Aktiiviseurantojen perusteella saatiin tarkkaa tietoa lohien vaelluskäyttäytymisestä ja sijoittumisesta alakanavan alueella vuorokauden eri aikoina. Paikannusten perusteella lohet nousivat päivän aikana useita kertoja voimalaitoksen alapuolelle ja kävivät välillä alempana alakanavassa tai alakanavan suulla levähtämässä. Illalla, virtaamien heikentyessä, lohien nousu voimalan alapuolelle väheni ja yöllä havaintoja voimalaitoksen läheisyydestä saatiin huomattavasti vähemmän kuin aamu- ja päiväaikaan (kuvat 16-17). Havainnot keskittyivät voimakkaasti lähelle alakanavan rantoja, erityisesti päiväaikaan virtaamien ollessa kovimmillaan (kuvat 16-17).



**Kuva 16.** Aktiiviseurannoissa (n=3) tehdyt lohien paikannushavainnot koko Ossauskosken alakanavan alueelta aamu- ja päiväaikaan (klo 5:00-16:59, vasemmanpuoleinen kuva) sekä ilta- ja yöaikaan (klo 17:00-04:59, oikeanpuoleinen kuva).



**Kuva 17.** Lähikuva alakanavan yläosassa tehdyistä lohien paikannushavainnoista aamu- ja päiväaikaan (klo 5:00-16:59, vasemmanpuoleinen kuva) sekä ilta- ja yöaikaan (klo 17:00-04:59, oikeanpuoleinen kuva).

## 5.2. Petäjäsken voimalaitos

### 5.2.1. Lohien nousut voimalaitoksen alapuolelle

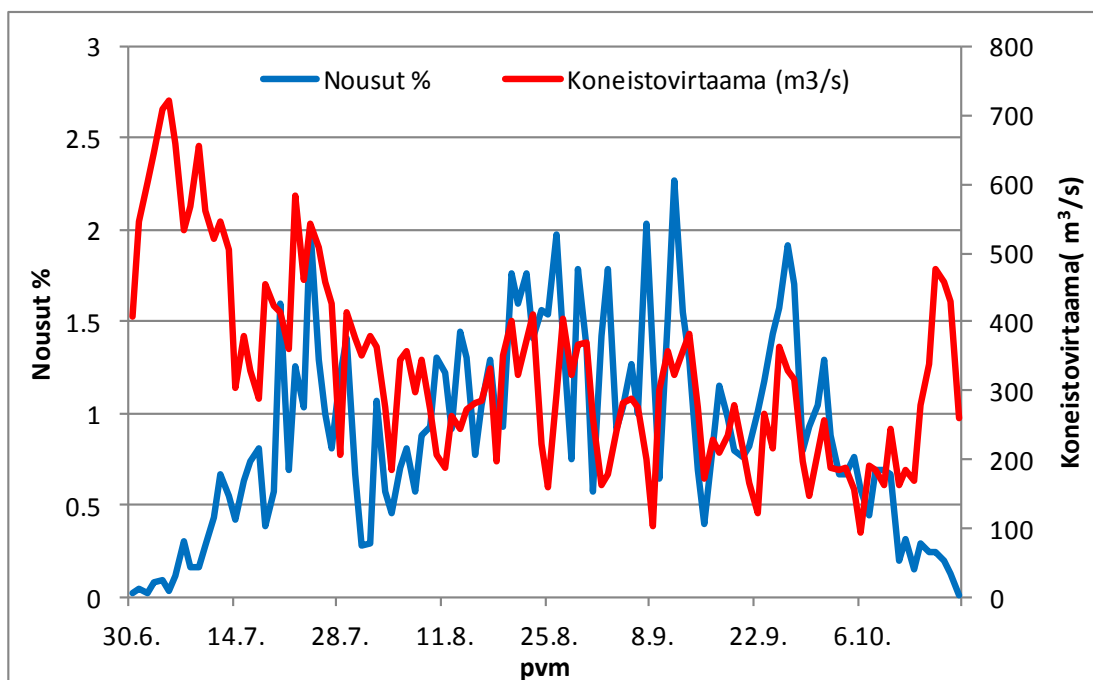
Kaikki 20 Petäjäsken alakanavaan vapautettua lohta nousivat seurantojen aikana vapautuspaikalta voimalaitoksen alapuolelle. Voimalaitoksen alapuolelle nousseet lohet tallentuivat sekä vedenalaisilta antenneilta että voimalaitoksen edustalla sijainneelta ilma-antennilta. Tässä yhteydessä lohien liikumista ja nousuja voimalaitoksen alapuolelle arvioidaan tarkemmin ainoastaan vedenalaisantenneilta tallentuneiden havaintojen ja niiden pohjalta muodostettujen noususarjojen avulla (ks. kohta 4.3.).

Lohet nousivat ensimmäisen kerran vedenalaisantennien kuuluvalle alueelle keskimäärin noin 149 tuntia vapautuksen jälkeen (taulukko 3). Koirat nousivat keskimäärin 104 tunnin ja naaraat 174 tunnin kuluttua vapautuksesta. Nopeimmin antennille nousi koiraslohi, joka tallentui vedenalaisantenneille alle kahden tunnin kuluttua vapautuksestaan. Matkaa vapautuspaikasta ensimmäisen vedenalaisantennin kuuluvalle alueelle oli noin 2950 m (Liite 4).

**Taulukko 3.** Radiolähettimellä merkittyjen lohien ensimmäisen nousukerran ja vapautuksen välinen aika (tuntia, h) Petäjäskoskella.

	Naaraat	Koiraat	Kaikki
<b>Keskiarvo, h</b>	173,8	104,2	149,4
<b>Mediaani, h</b>	118,1	31,7	88,2
<b>Vaihteluväli, h</b>	17,2-437,6	1,5-363,3	1,5-437,6
<b>N</b>	13	7	20

Lohiyksilöt tekivät nousuja Petäjäskosken voimalaitoksen alapuolelle aktiivisesti aina lokakuun alkupuolelle asti (kuva 18). Nousuaktiivisuus oli suurimmillaan elokuun jälkipuolelta syyskuun alkupuolelle. Vedenalaisantenneilla havaitut yksilömäärät olivat korkeimmillaan elokuun lopulla, jolloin antenneille tallentui enimmillään 17 eri yksilöä vuorokaudessa. Vuorokautisen keskikoneistovirtaaman nopea kasvu vaikutti kiihdyttävän lohien nousuaktiivisuutta. Syyskuun puolivälissä lohien nousuaktiivisuus alkoi hiipua lukuun ottamatta virtaamien nopean kasvun ilmeisesti aiheuttamaa, lyhytkestoista nousupikkiä syyskuun lopulla (kuva 18).



**Kuva 18.** Lohien nousukertojen (n=38864, sininen viiva) vuorokautinen jakautuminen (%) Petäjäskosken voimalaitoksen alapuolella. Vuorokautinen keskikoneistovirtaama on kuvattu punaisella viivalla.

Lohiyksilöt nousivat Petäjäskosken voimalan alapuolelle seurannan aikana keskimäärin 54 vuorokautena (vaihteluväli 7–96 vrk). Naaraat nousivat voimalan läheisyyteen keskimäärin 61 vuorokautena ja nousuvuorokausien osuus yksilöiden tutkimusjaksojen pituuksista oli keskimäärin 46,3 %. Koiraat nousivat voimalan läheisyyteen keskimäärin 40 vuorokautena ja nousuvuorokausien osuus tutkimusjakson pituudesta oli keskimäärin 40,3 % (taulukko 4). Naaraat tekivät seurantajakson aikana keskimäärin useampia nousuja vuorokaudessa (keskiarvo 25,1/vrk) kuin koiraat (keskiarvo 16,2/vrk).

Useimmiten lohien nousut ulottuivat verraten lähelle voimalaitosta. Kaikkien nousujen (n=38864) ylin havainto oli keskimäärin antennin 6 kohdalla (60 m voimalaitokselta alavirtaan). Noin 28 % havaittujen nousujen ylimmistä havainnoista tallentui ylimmältä antennilta (antenni 8, 20 m voimalaitokselta alavirtaan) ja kolmelta ylimmältä antennilta (20–60 m voimalalta alavirtaan) tallentui yhteensä noin 59 % nousujen ylimmistä havainnoista. Kolmelle ylimmälle antennille ulottuneista nousuista noin 65 %:ssa myös nousun ensimmäinen havainto tallentui joltakin näistä kolmesta antennista, mistä voidaan päätellä lohien nouseen voimalaitoksen läheisyyteen pääosin vedenalaisantennien kuuluvuusalueen ulkopuolella. Useissa tapauksissa on toisaalta mahdollista, että lohi oleskeli esimerkiksi turbiinipyörteissä, vedenalaisantennien kuulumattomissa, yli kolmen minuutin ajan, jolloin havainnot tulkitaan uudeksi nousuksi.

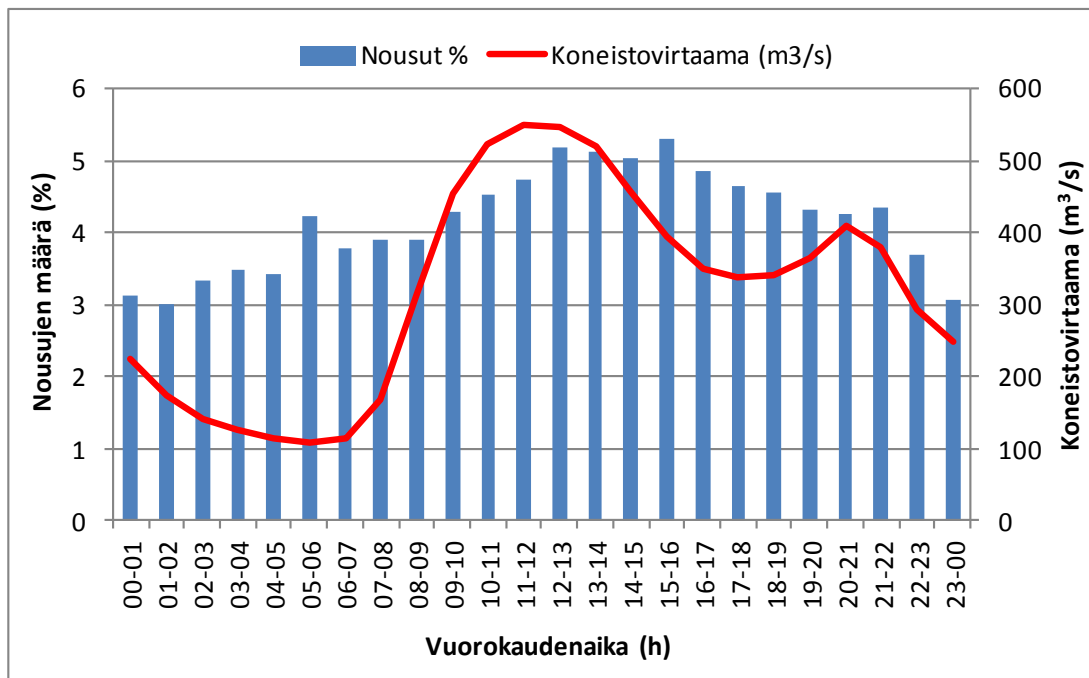
**Taulukko 4.** Naaras- ja koiraslohien nousuvuorokaudet (=kuinka monena eri vuorokautena lohet nousivat voimalan alapuolelle) Petäjäskosken voimalaitokselle ja nousuvuorokausien %-osuudet ja nousujen määrien keskiarvo (nousut/vrk) tutkimusjaksolla.

	Naaraat	Koiraat	Yhteensä
<b>Nousuvuorokaudet, ka (vaihteluväli)</b>	61 (7-96)	40 (16-69)	54 (7-96)
<b>Nousuvuorokausia %, ka (vaihteluväli)</b>	46,3 (35,0-93,1)	40,3 (31,6-74,7)	47,9 (31,6-93,1)
<b>Nousut/vrk, ka (vaihteluväli)</b>	25,6 (9,8-57,2)	16,6 (4,7-29,9)	22,4 (4,7-57,2)
<b>N</b>	13	7	20

### 5.2.2. Nousuaktiivisuuden vuorokausirytmikka

Lohet nousivat Petäjäskosken voimalaitoksen alapuolelle ympäri vuorokauden, mutta nousuaktiivisuus oli hieman voimakkaampaa (56 % kaikista nousuista) päiväaikaan, kello 07–19 välillä (kuva 19). Nousuaktiivisuus kasvoi jonkin verran virtaamien kääntyttyä nousuun ja oli korkeimmillaan keskipäivän jälkeen (klo 12-16) virtaamahuipun kääntyttyä laskuun. Nousuaktiivisuus heikkeni erityisesti klo. 22 jälkeen, samaan aikaan virtaamien pienenemisen kanssa. Lohien nousuaktiivisuus oli alhaisimmillaan keskiyön molemmin puolin, jolloin myös virtaamat olivat pienimmillään.

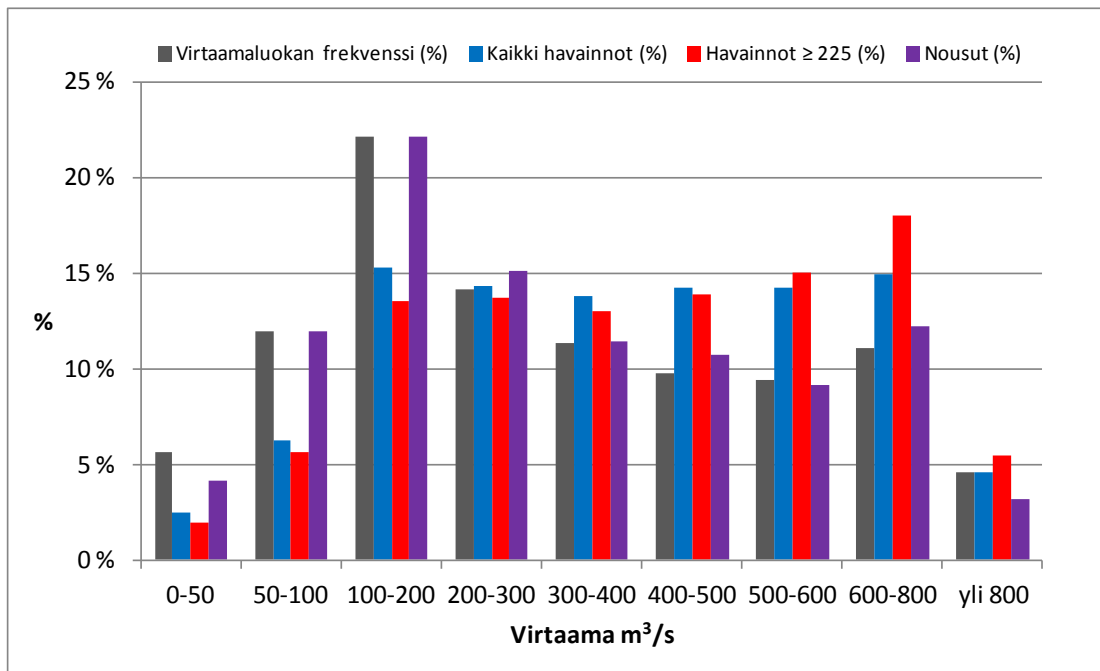
Petäjäskoskella nousuaktiivisuuden vuorokausirytmikki ei ollut yhtä selkeää kuin muissa alakanavissa. Tämä johtunee siitä, että Petäjäisen alakanava on pidempi ja paljon kapeampi kuin Valajas- ja Ossauskosken alakanavat. Tästä johtuen virrannopeudet alakanavassa eivät laske pienilläkään voimalaitosjuoksutuksilla yhtä alhaisiksi kuin leveämmissä alakanavissa ja olosuhteet säilyvät paremmin kaloja houkuttelevina läpi vuorokauden säännöstelystä huolimatta.



**Kuva 19.** Radiolähettimellä merkittyjen lohien nousujen (siniset pylväät) ajoittuminen vuorokauden eri aikoina Petäjäskoskella (%-osuudet nousuista eri tunteina). Voimalaitoksen tuntikohtainen keskikoneistovirtaama on esitetty punaisella viivalla koko seuranjaksojen ajalta vuonna 2013.

### 5.2.3. Virtaaman vaikutukset lohien liikkeisiin voimalaitoksen alapuolella

Virtaamaluokan yleisyyteen (frekvenssi) suhteutettuna havaintojen osuus oli suurimmillaan keskimääräistä voimakkaampien virtaamien (n. 300-800 m<sup>3</sup>/s) aikana (kuva 20). Nousujen osuudet puolestaan jakaantuivat suhteellisen tasaisesti virtaamaluokkien yleisyyteen suhteutettuina 50-800 m<sup>3</sup>/s virtaamilla, mutta alle 50:n ja yli 800 m<sup>3</sup>/s virtaamilla nousuja oli selvästi vähemmän. Erot nousujen ja havaintomäärien välillä suhteutettuna virtaamaluokkien yleisyyteen selittynevät sillä, että pienillä virtaamilla lohet nousevat voimalaitokselle nopeammin, eivätkä pysähdy vedenalaisantennien kuuluvuusalueelle yhtä pitkäksi aikaa kuin voimakkaampien virtaamien aikana.



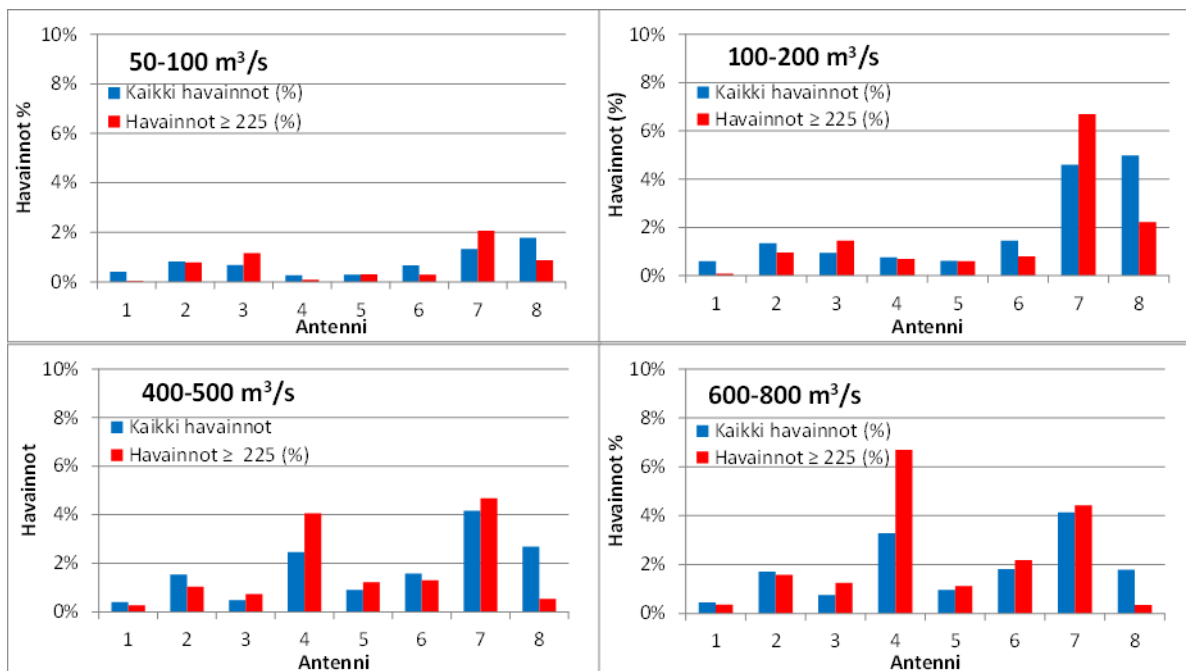
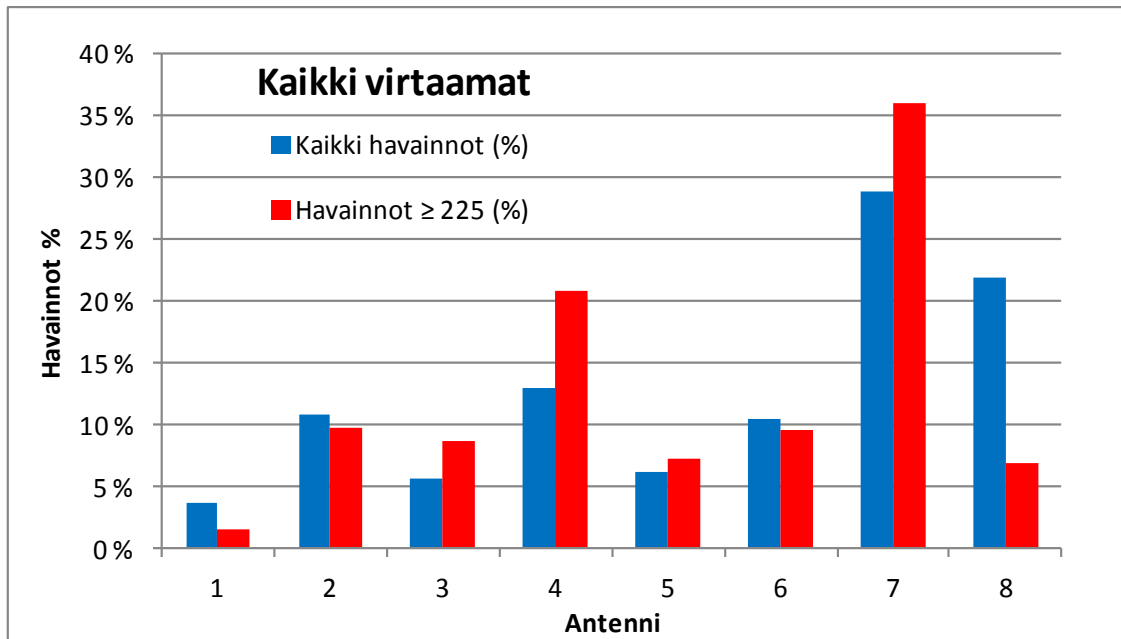
**Kuva 20.** Petäjäsosken voimalaitoksen alakanavan vedenalaisille antennille tallentuneiden havaintojen ja niiden perusteella Biostat-ohjelmalla muodostettujen noususarjojen jakautuminen virtaamatilanteiden (tunti-kohtainen keskikoneistovirtaama) mukaisesti. Harmaalla pylväillä on kuvattu virtaamaluokkien suhteellista esiintyvyyttä koko seurantaajan aikana.

#### 5.2.4. Erot havainnoissa vedenalaisantennien välillä

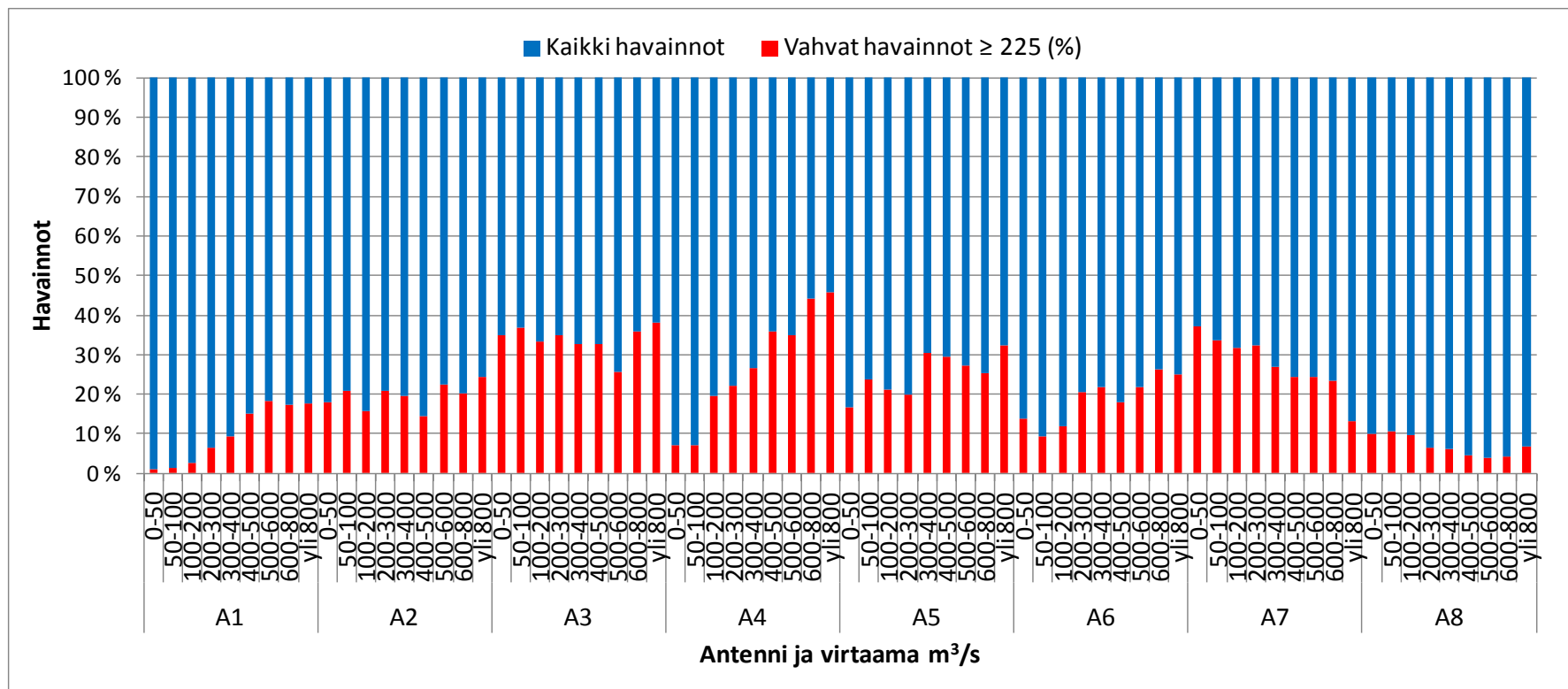
Lohista saatiin selvästi eniten havaintoja kahdelta lähimpänä Petäjäsosken voimalaitosta sijainneelta vedenalaisantennilta (kuva 21). Eniten havaintoja saatiin antennilta numero 7, joka sijaitsi 40 metriä voimalaitokselta alavirtaan. Runsaasti havaintoja kertyi myös antennilta kahdeksan (20 metriä voimalaitokselta alavirtaan). Havaintoja tallentui eniten kahdelle ylimmälle antennille kaikissa virtaamatilanteissa, lukuun ottamatta heikoimpia (0-50 m³/s) ja voimakkaimpia (yli 800 m³/s) virtaamia, joiden aikana havaintomäärät olivat marginaalisia kaikilla antennilla (kuva 21). Verraten voimakkaiden virtaamien aikana (400-800 m³/s) alkoi erityisesti antennille 4 (80 metriä voimalaitokselta alavirtaan) tallentuneiden havaintojen määrä kasvaa.

Koska telemetria havaintojen tallentumisalue jokaisella antennilla on varsin laaja (säde 20 m), tarkasteltiin havaintojen jakautumista antennien välillä myös pienemmällä mittakaavalla ottamalla tarkasteluun mukaan vain havainnot, joiden signaalin voimakkuus oli  $\geq 225$  yksikköä. Tässä tarkastelussa mukana olivat havainnot noin 5 metrin säteellä antennista. Voimakkaan signaalin havaintoja tallentui selvästi eniten antennilta numero 7. Ylimmältä antennilta (numero 8) voimakkaan signaalin havaintoja tallentui kaikissa virtaamatilanteissa selvästi vähemmän kuin antennilta 7 (kuva 21). Antennilta numero 4 vahvoja havaintoja tallentui runsaasti etenkin keskimääräistä kovempien virtaamien aikana. Vahvojen havaintojen osuus nousi virtaamien kasvaessa antennilla 1-6, mutta pieneni antennilla 7 ja 8 (kuva 22).



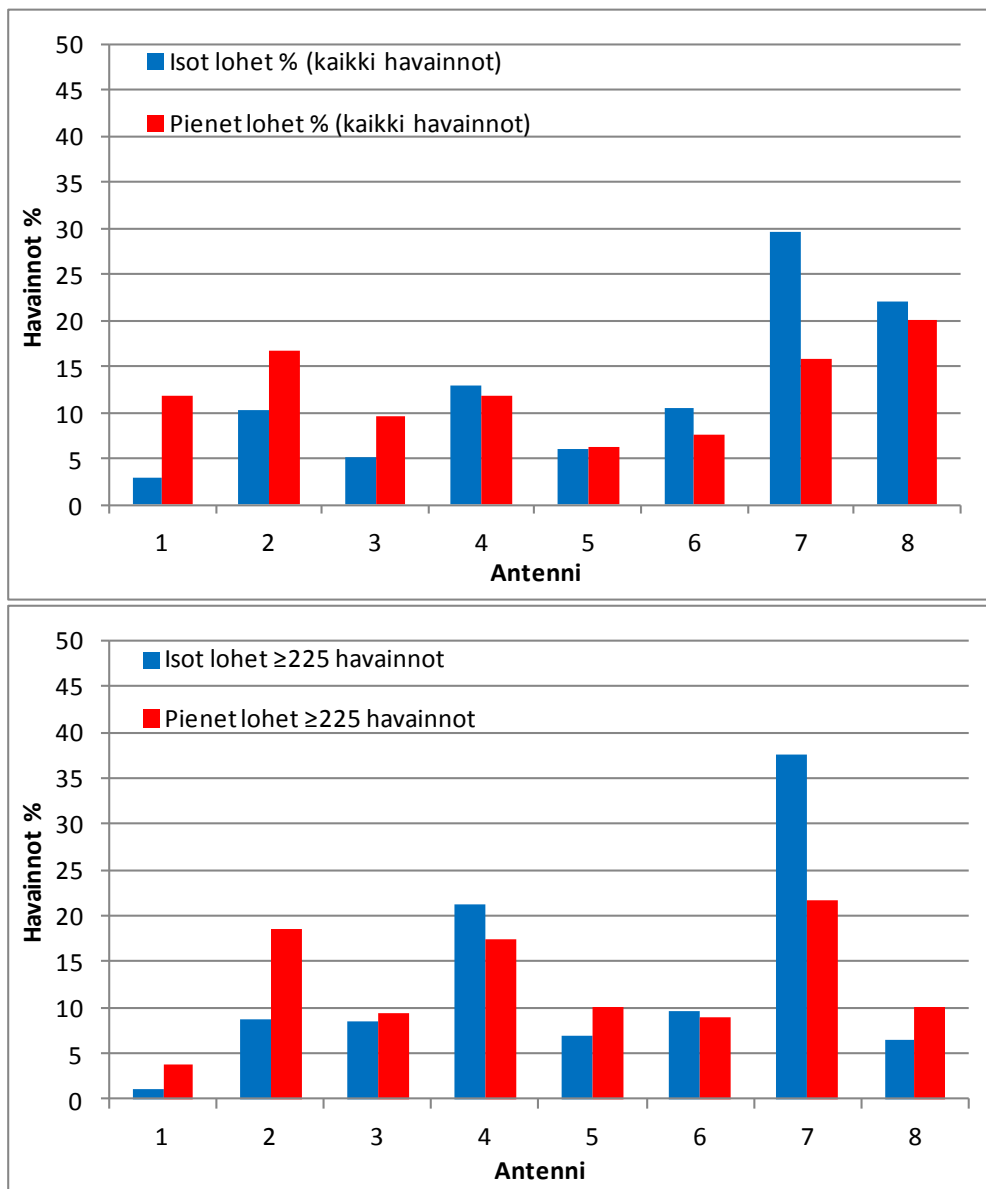


**Kuva 21.** Petäjäskosken voimalaitoksen alapuolisilta vedenalaisilta antenneilta (8=20 m, 7=40 m, 6=60 m, 5=80 m, 4=100 m, 3=120 m, 2=140 m ja 1=160 m voimalaitokselta alavirtaan) tallentuneiden havaintojen prosentiosuudet seurannan aikana. Havaintojen jakautuminen on esitetty kaikkien telemetria havaintojen (n=1452185) perusteella ja signaalinvoimakkuudeltaan  $\geq 225$  yksikön havaintojen (n=251304) perusteella. Alla pienemmissä kuvissa on lisäksi esitetty havaintojen jakautumista antenneilte eri virtaamatilanteissa perustuen tuntikohtaiseen koneistovirtaamaan



Kuva 22. Kaikkien havaintojen ja vahvojen havaintojen (ss  $\geq 225$ ) prosentuaalinen jakautuminen Petäjäsken alakanavan vedenalaisantenneilla (8=20 m, 7=40 m, 6=60 m, 5=80 m, 4=100 m, 3=120 m, 2=140 m ja 1=160 m voimalaitokselta alavirtaan) virtaamaluokittain.

Isoista ( $\geq 70$  cm) lohista tehtiin selvästi eniten havaintoja kahdelta ylimmältä antennilta (kuva 23). Lähes 40 % isojen lohien voimakkaaksi luokitelluista havainnoista tallentui antennilta 7. Myös antennilta 4 tallentui runsaasti (yli 20 %) vahvoja havaintoja isoista lohista. Pienistä ( $< 70$  cm) lohista tehtiin eniten havaintoja antennilta 8, mutta havainnot jakaantuivat selvästi tasaisemmin kuin isoilla lohilla. Pienemmistä lohista tehtiin runsaasti havaintoja myös kahdelta alimmalta antennilta (antennit 1-2). Pienistä lohista tehtiin eniten vahvoja havaintoja antenneilta 2, 4 ja 7, joiden kesken havainnot jakautuivat melko tasaisesti (kuva 23).



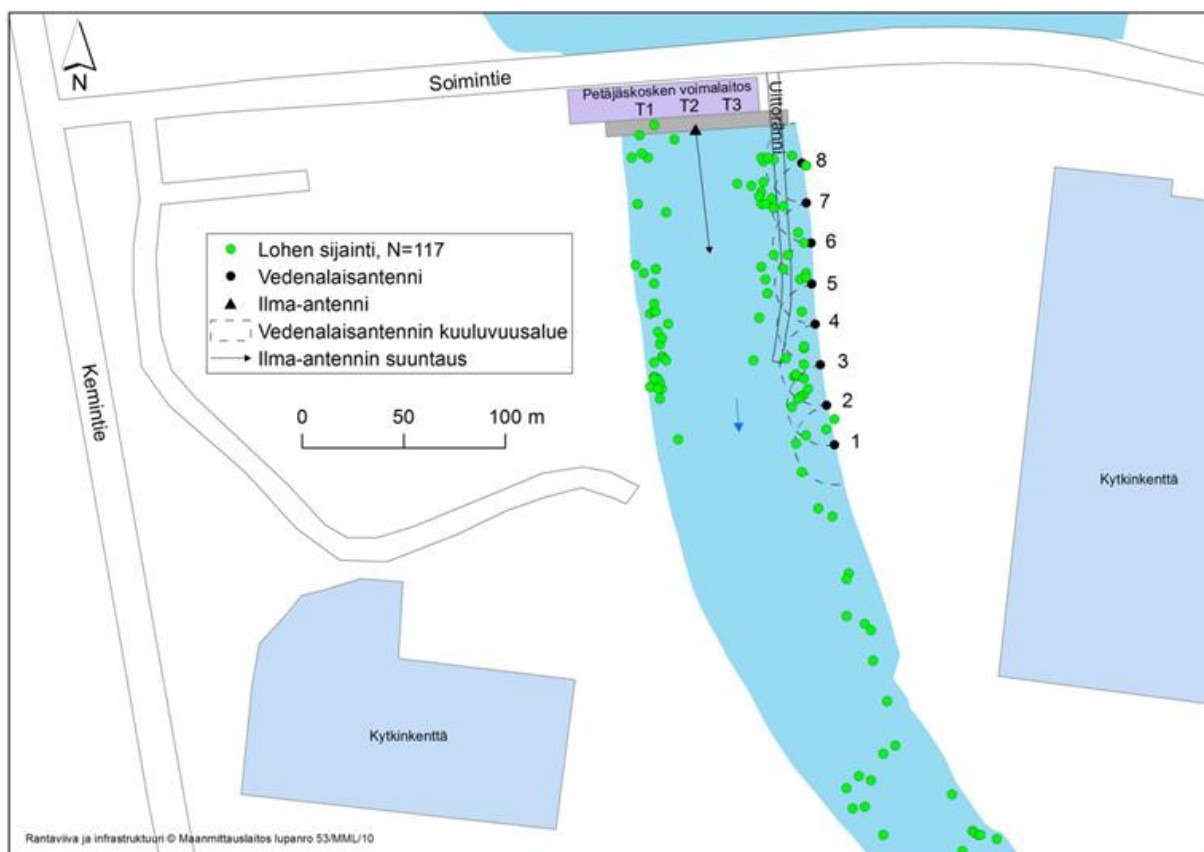
**Kuva 23.** Isojen ( $\geq 70$  cm, siniset pylväät) ja pienten lohien ( $< 70$  cm, siniset pylväät) havaintojen prosentuaalinen jakautuminen Petäjaskosken voimalaitoksen alapuolisilla vedenalaisantenneilla (8=20 m, 7=40 m, 6=60 m, 5=80 m, 4=100 m, 3=120 m, 2=140 m ja 1=160 m voimalaitokselta alavirtaan). Ylemmässä kuvassa on esitetty kaikkien havaintojen ja alemmassa kuvassa signaalinvoimakkuudeltaan vahvojen (ss  $\geq 225$ ) havaintojen jakaumat antennieittain.

### 5.2.5. Manuaaliset paikannukset

Manuaalisten aktiiviseurantojen (n=7) aikana Petäjäsken alakanavan alueelta tehtiin yhteensä 117 paikannushavaintoa 19 eri lohikysilöstä. Päiväaikaan (n. klo 10-16) tehdyissä paikannuksissa lohia havaittiin eniten alakanavan yläosista, noin 150 m pitkällä alueella voimalaitokselta alavirtaan (kuva 24). Kalapaikannukset keskittyivät varsin voimakkaasti rantojen läheisyyteen. Alakanavan alaosassa paikannuksia tehtiin enemmän myös keskivirrasta (kuva 24).

Kalahavaintoja tehtiin enemmän ja pidemmältä alueelta alakanavan vasemmalta puolelta (alavirtaan katsottuna, itäranta), jolla myös vedenalaisantennit sijaitsivat (kuva 23). Voimalaitoksen läheisyydessä havainnot painottuivat antennien 7 ja 8 edustalle (20-40 m voimalaitoksesta alavirtaan), uittorännistä hieman keskivirtaan. Melko runsaasti havaintoja tehtiin myös antennin 3 edustalta (120 m voimalaitoksesta alavirtaan), jossa havainnot sijoittuvat lähelle rantaa. Itärannan puolella ei tehty yhtään havaintoa aivan voimalaitoksen läheisyydestä, turbiiniin 3 edustalta.

Alakanavan länsirannan havainnot keskittyivät erityisesti n. 120–130 metriä voimalaitoksesta alavirtaan. Yksittäisiä havaintoja tehtiin myös voimalaitoksen välittömästä läheisyydestä, turbiiniin 1 edustalta.



**Kuva 24.** Aktiiviseurannoissa (n=7) tehdyt lohien paikannushavainnot (n=117) Petäjäsken alakanavassa. T1 – T3 = Turbiinit 1-3.

### 5.2.6. Lohien uintisyvyys alakanavassa

Lohet uivat Petäjäsken alakanavassa pääosin alle kolmen metrin syvyydessä. Eniten havaintoja tehtiin 1-3 metrin syvyydestä, ja kaikkien havaintojen perusteella keskimääräinen uintisyvyys oli 1,6

m (taulukko 5). Keskimääräisissä uintisyvyyksissä oli kuitenkin huomattavia eroja yksilöiden välillä, ja neljällä lohella keskimääräinen uintisyvyys oli vähintään kolme metriä. Kaikki yksilöt sukelsivat ajoittain ainakin noin seitsemän metrin syvyyteen. Syvimmillään Petäjaskosken alakanavassa on vettä noin 16,5 metriä.

**Taulukko 5.** Lohien uintisyvyyshavaintojen lukumäärä, keskiarvo, vaihteluväli ja havaintojen suhteellinen jakautuminen syvyyksiluokittain Petäjaskosken alakanavassa. Aineistossa on yhdistetty vedenalaisantennien ja voimalaitospadon ilma-antennin havainnot. Tähdellä merkityt yksilöt (17 ja 18) ovat Valajaskosken alakanavaan siirrettyjä lohia, jotka laskeutuivat Petäjaskosken voimalaitoksen alapuolelle.

Yksilötunnus	Havaintoja	Syvyys (m)		Havainnot syvyyshyökkäyksittäin (%)				
		Keskiarvo	Vaihteluväli	0-1 m	1-3 m	3-6 m	> 6 m	< 3 m
10	57159	1,4	0-9,4	15,9	81,7	2,3	0,1	97,6
13	308	5,4	0-6,9	4,2	13,6	10,7	71,4	17,9
15	3841	6,4	0,2-9,9	0,1	0,2	53,6	46,1	0,3
19	120260	1,3	0-9,9	38,9	54,1	6,9	0,2	93,0
21	42750	2,3	0-10,5	1,2	92,2	6,3	0,3	93,4
17*	284	3,0	0-8,6	4,9	59,2	33,1	2,8	64,1
18*	242	4,1	0,8-9,7	0,4	14,9	67,4	17,4	15,3
Yhteensä	224844	1,6	0-10,5	25,1	67,3	6,5	1,1	92,4

### 5.3. Valajaskosken voimalaitos

#### 5.3.1. Lohien nousut voimalaitoksen alapuolelle

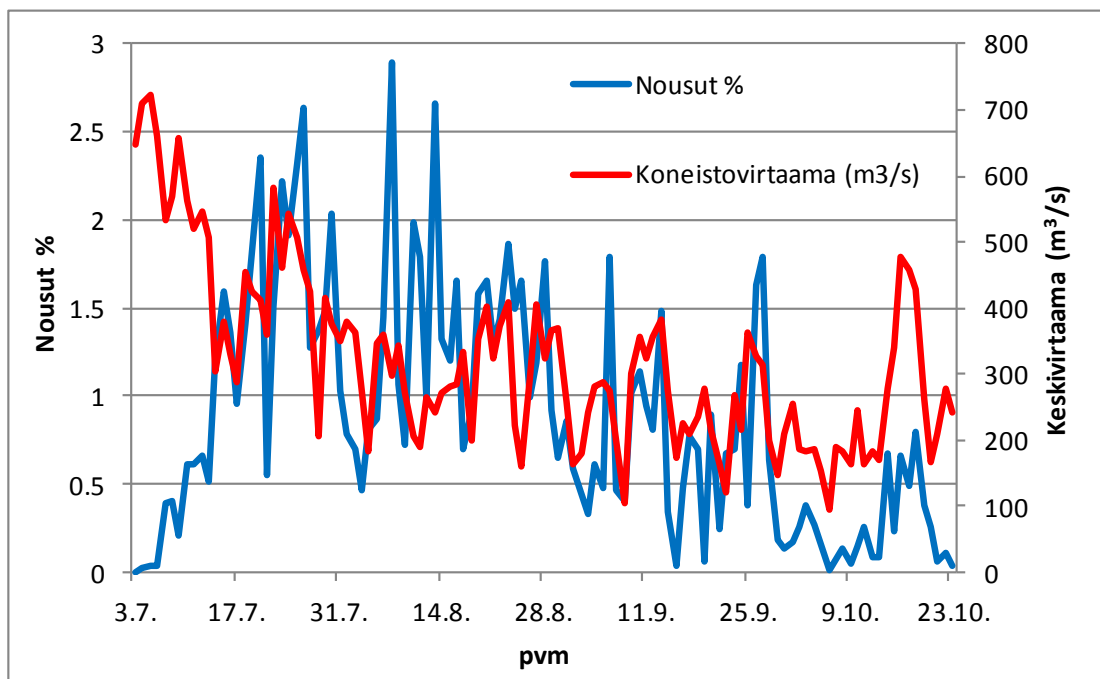
Kaikki 20 Valajaskosken alakanavaan vapautettua lohta nousivat seurantojen aikana vapautuspaikaltaan voimalaitoksen alapuolelle. Voimalaitoksen alapuolelle nousseet lohet tallentuivat sekä vedenalaisilta antenneilta että voimalaitoksen edustalla sijainneelta ilma-antennilta. Tässä yhteydessä lohien liikkumista Valajaskosken voimalaitoksen alapuolelle arvioidaan tarkemmin ainoastaan vedenalaisantenneilta tallentuneiden havaintojen ja niiden pohjalta muodostettujen nousujen avulla (ks. kohta 4.3.).

Lohet nousivat ensimmäisen kerran vedenalaisantennien kuuluvalle alueelle keskimäärin noin 61 tuntia vapautuksen jälkeen (taulukko 6). Koiraat nousivat keskimäärin 22 tunnin ja naaraat 83 tunnin kuluttua vapautuksesta. Nopeimmin antennille nousi koiraslohi, joka tallentui vedenalaisantennille alle kahden tunnin kuluttua vapautuksesta (taulukko 6). Matkaa vapautuspaikalta ensimmäisen vedenalaisantennin kuuluvalle alueelle oli noin 650 metriä (liite 4).

**Taulukko 6.** Radiolähettimellä merkittyjen lohien ensimmäisen nousukerran ja vapautuksen välinen aika (tuntia, h) Valajaskoskella.

	Naaraat	Koiraat	Kaikki
<b>Keskiarvo, h</b>	82,7	21,7	61,4
<b>Mediaani, h</b>	74,5	16,5	22,2
<b>Vaihteluväli, h</b>	2,5-263,2	1,8-68,3	1,8-263,2
<b>N</b>	13	7	20

Lohet tekivät nousuja Valajaskosken voimalaitoksen alapuolelle aktiivisesti syyskuun loppuun saakka (kuva 25). Eniten nousuja voimalaitoksen alapuolelle havaittiin heinäkuun puolivälin ja elokuun lopun välillä. Vedenalaisantenneilla havaitut yksilömäärät olivat korkeimmillaan elokuun 20. päivän aikoihin, jolloin antennille tallentui enimmillään 16 eri yksilöä vuorokaudessa. Vuorokautisen keskikoneistovirtaaman nopea kasvu vaikutti kiihdyttävän lohien nousuaktiivisuutta. Syyskuun puolivälissä lohien nousuaktiivisuus hiipui, mutta ilmeisesti virtaamien nopea kasvu aiheutti voimakaan nousupiikin vielä syyskuun lopussa (kuva 25). Pienimuotoisempi nousupiikki havaittiin vielä lokakuun 20. päivän aikoihin, jolloin virtaamat kasvoivat hetkellisesti voimakkaasti (kuva 25).



**Kuva 25.** Lohien nousujen (n=1690, sininen viiva) jakautuminen radiotelemetriaseurannan aikana Valajaskosken voimalaitoksen alapuolella. Vuorokautinen keskikoneistovirtaama on kuvattu punaisella viivalla.

Lohiyksilöt nousivat Valajaskosken voimalan alapuolelle seurannan aikana keskimäärin 44 vuorokautena (vaihteluväli 1–91 vrk). Naaraat nousivat voimalalle keskimäärin 54 vuorokautena ja koiraat keskimäärin 27 vuorokautena. Nousuvuorokausien osuus oli naarailla keskimäärin 56,8 % ja koirailta 39,4 % (taulukko 7). Naaraat tekivät seurantajakson aikana keskimäärin useampia nousuja vuorokaudessa (keskiarvo 11,6/vrk) kuin koiraat (keskiarvo 5,7/vrk)

Useimmiten lohien nousut ulottuivat voimalaitoksen läheisyyteen. Kaikkien nousujen (n=16960) ylin havainto oli keskimäärin antennin 6 kohdalla (60 m voimalaitokselta alavirtaan). Noin 42 % ha-

vaittujen nousujen ylimmistä havainnoista tallentui ylimmältä antennilta (antenni 8) ja kolmelta ylimmältä antennilta (20–60 m voimalalta alavirtaan) tallentui yhteensä noin 74 % nousujen ylimmistä havainnoista. Kolmelle ylimmälle antennille ulottuneista nousuista noin 72 %:ssa myös nousun ensimmäinen havainto tallentui joltakin näistä kolmesta antennista, mistä voidaan päätellä lohien nouseen voimalaitoksen läheisyyteen pääosin vedenalaisantennien kuuluvuusalueen ulkopuolella. Useissa tapauksissa on toisaalta mahdollista, että lohi oleskeli esimerkiksi turbiinipyörteissä, vedenalaisantennien kuulumattomissa, yli kolmen minuutin ajan, jolloin havainnot tulkitaan uudeksi nousuksi.

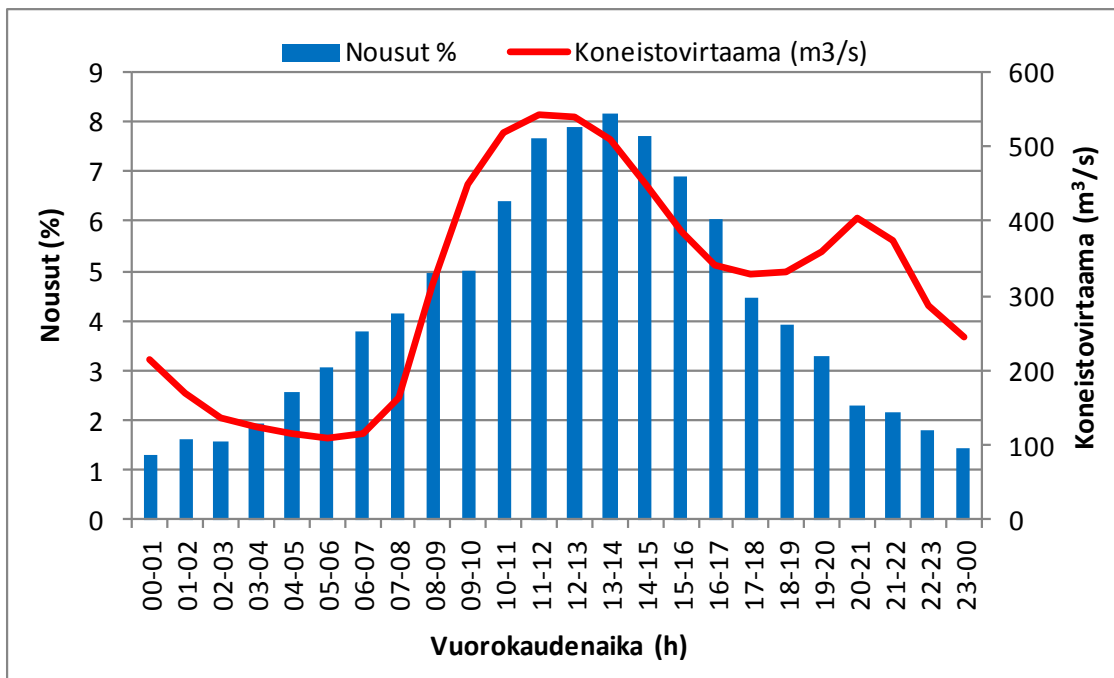
**Taulukko 7.** Naaras- ja koiraslohien nousuvuorokaudet (=kuinka monena eri vuorokautena lohet nousivat voimalan alapuolelle) Valajaskosken voimalaitokselle ja nousuvuorokausien %-osuudet ja nousujen määrien keskiarvo (nousut/vrk) tutkimusjaksolla.

	Naaraat	Koiraat	Yhteensä
<b>Nousuvuorokaudet, ka (vaihteluväli)</b>	54 (1-91)	27 (3-42)	44 (1-91)
<b>Nousuvuorokausia %, ka (vaihteluväli)</b>	56,8 (2,0-88,7)	39,4 (17,1-67,6)	50,7 (2,0-88,7)
<b>Nousut/vrk, ka (vaihteluväli)</b>	11,6 (0,0-24,4)	5,7 (0,6-8,0)	9,4 (0,0-24,4)
<b>N</b>	13	7	20

### 5.3.2. Nousuaktiivisuuden vuorokausirytmikka

Lohet eivät liikkuneet voimaloiden alapuolella tasaisesti vuorokauden eri aikoina, vaan liikehdintä oli aktiivisinta (73 % kaikista nousuista) päiväaikaan, kello 07–19 välillä (kuva 26). Nousuaktiivisuus kasvoi nopeasti virtaamien kääntyttyä nousuun noin klo 5 ja oli suurimmillaan keskipäivän virtaamahui-pun kääntyttyä laskuun. Nousujen määrä väheni nopeasti iltapäivällä virtaamien heiketessä. Alhaisimmillaan nousuaktiivisuus oli keskiyön molemmin puolin, jolloin myös virtaamat heikkenivät tai olivat pienimmillään (kuva 26).

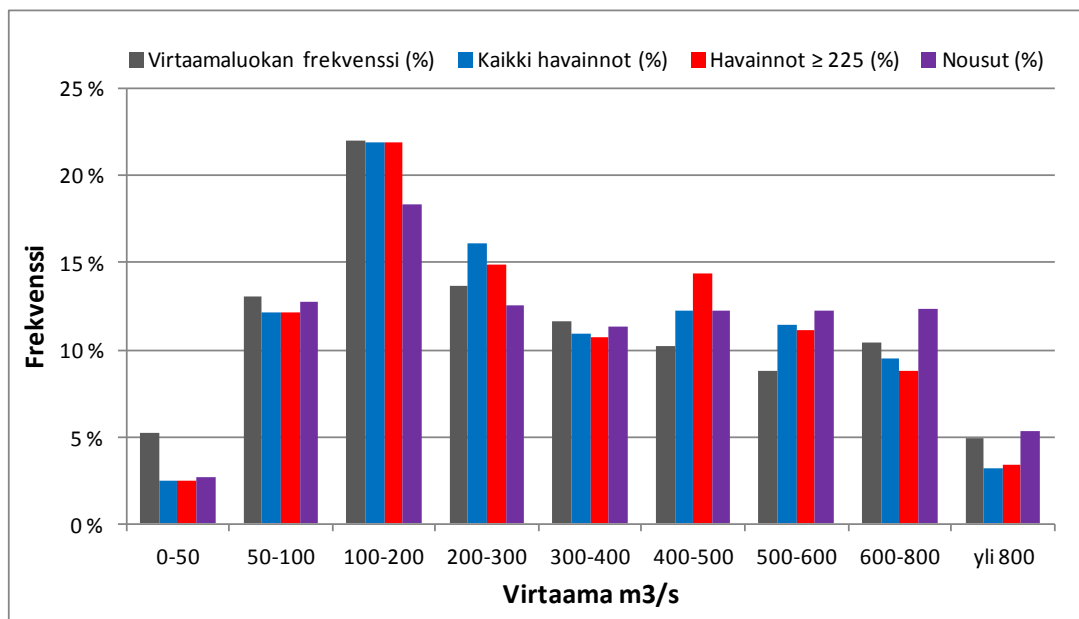




**Kuva 26.** Radiolähettimellä merkittyjen lohien nousujen (siniset pylväät) ajoittuminen vuorokauden eri aikoina Valajaskoskella (%-osuudet nousuista eri tunteina). Voimalaitoksen tuntikohtainen keskikoneistovirtaama on esitetty punaisella viivalla koko seuranjaksojen ajalta vuonna 2013.

### 5.3.3. Virtaaman vaikutukset lohien liikkeisiin voimalaitoksen alapuolella

Vedenalaisantenneilta tehtyjen havaintojen perusteella 400-800 m<sup>3</sup>/s virtaamat olivat virtaamien esiintymismäärään (virtaamaluokan frekvenssi) suhteutettuna otollisimpia lohien nousulle alakanavan yläosiin (kuva 27). Virtaamatilanteiden esiintyvyyteen suhteutettuna lohista tehtyjen havaintojen määrät jakautuivat suhteellisen tasaisesti 50-800 m<sup>3</sup>/s virtaamilla, mutta 200-600 m<sup>3</sup>/s virtaamilla havaintoja antennille kertyi suhteessa eniten. Alle 50 m<sup>3</sup>/s virtaamatilanteissa sekä havaintoja että nousuja tallentui vedenalaisantenneille selvästi vähemmän. Voimakkaimpien virtaamien (yli 800 m<sup>3</sup>/s) aikaan nousuja kertyi virtaamaluokan esiintyvyyteen nähden suunnilleen saman verran kuin muillakin yli 50 m<sup>3</sup>/s virtaamilla, mutta havaintojen määrä antennilla väheni huomattavasti.

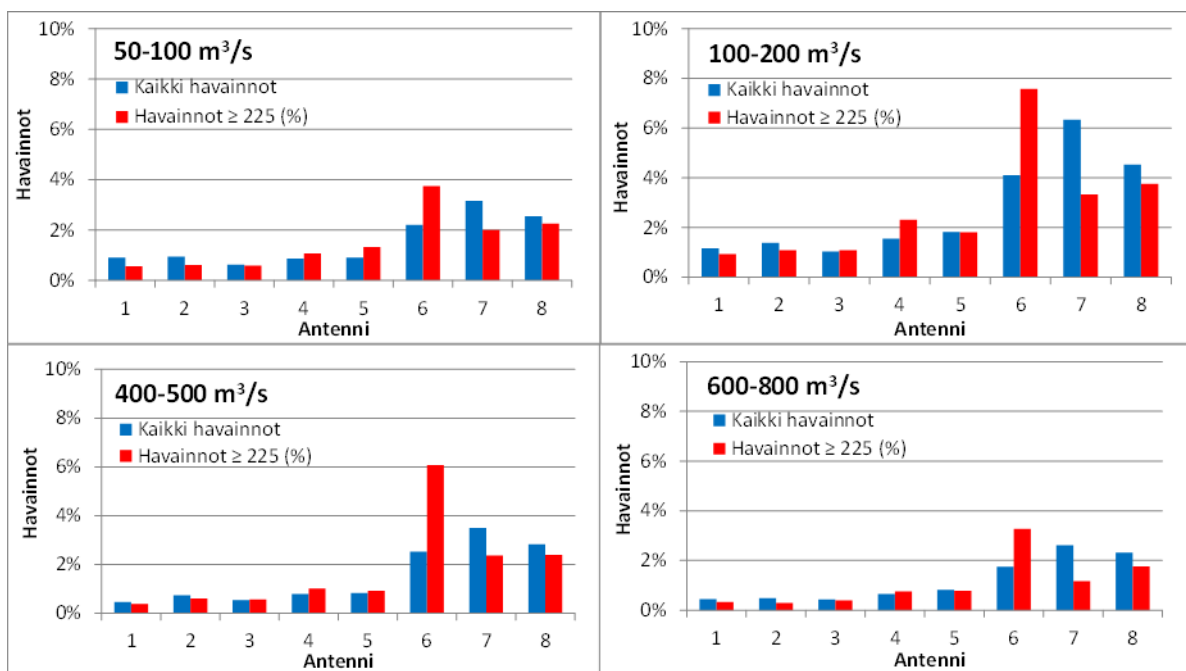
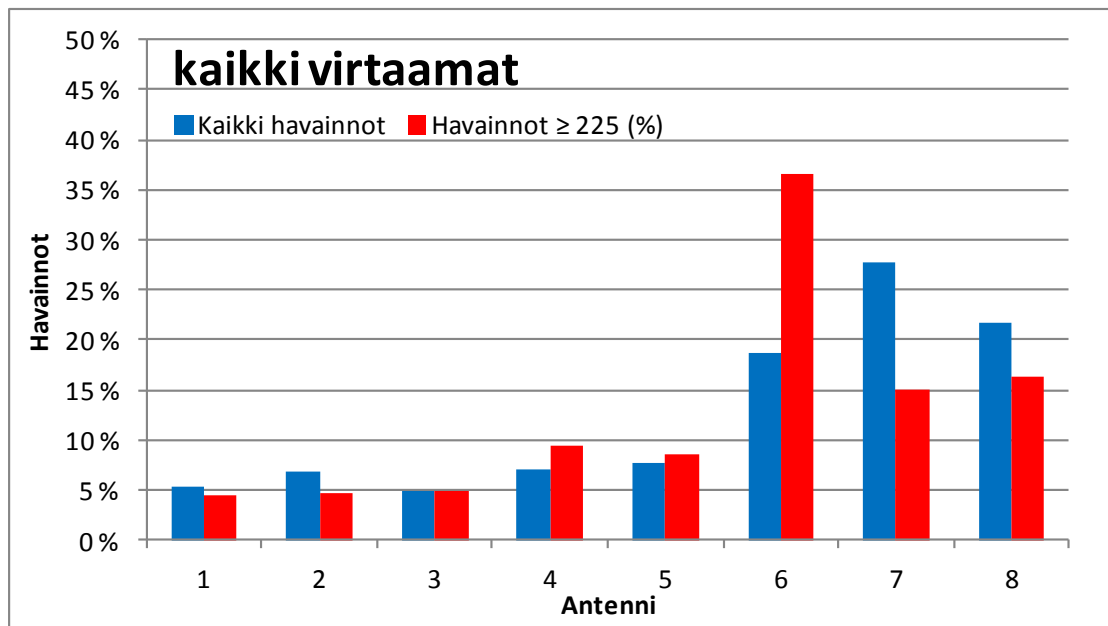


**Kuva 27.** Valajaskosken voimalaitoksen alakanavan vedenalaisille antennille tallentuneiden havaintojen ja niiden perusteella Biostat-ohjelmalla muodostettujen noususarjojen jakautuminen virtaamatilanteiden (tunti-kohtainen keskikoneistovirtaama) mukaisesti. Harmaalla pylväillä on kuvattu virtaamaluokkien suhteellista esiintyvyyttä koko seurantajakson aikana.

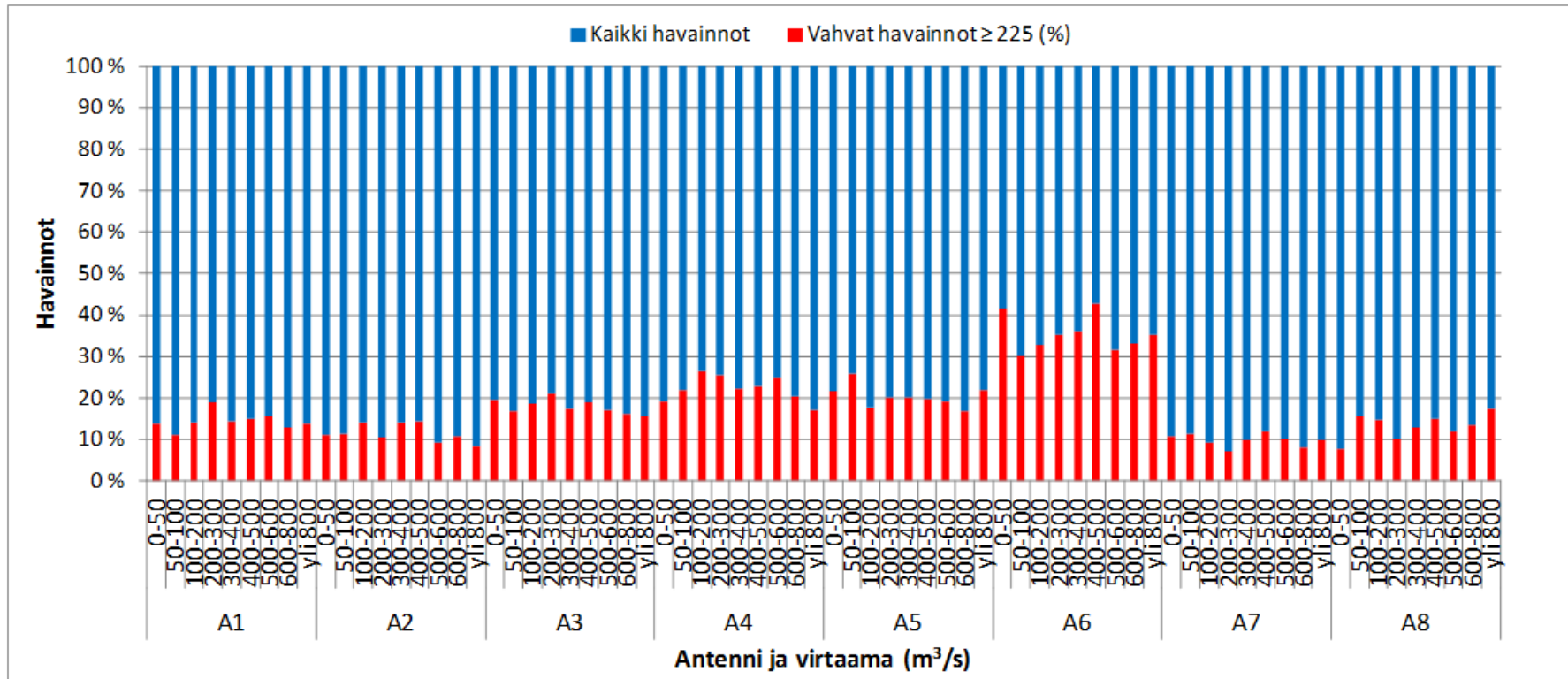
#### 5.3.4. Erot havainnoissa vedenalaisantennien välillä

Lohista tehdyt havainnot keskittyivät voimakkaasti kolmelle lähimpänä voimalaitosta sijainneelle vedenalaisantennille (kuva 28). Eniten havaintoja saatiin antennilta numero 7, joka sijaitsi 40 metriä voimalalta alavirtaan. Runsaasti havaintoja kertyi myös antenneilta 8 (20 metriä) ja 6 (60 metriä). Virtaamatilanteiden vaihtelu ei muuttanut oleellisesti havaintojen jakautumista lukuun ottamatta heikoimpia (0-50 m<sup>3</sup>/s) ja voimakkaimpia (yli 800 m<sup>3</sup>/s) virtaamia, joiden aikana havaintomäärät olivat kuitenkin marginaalisia (kuva 28).

Koska havaintojen tallentumisalue jokaisella antennilla on varsin laaja (säde 10 m), tarkasteltiin havaintojen jakautumista antennien välillä myös pienemmällä mittakaavalla ottamalla tarkasteluun mukaan vain havainnot, joiden signaalin voimakkuus oli ≥225 yksikköä. Tässä tarkastelussa mukana olivat havainnot noin 5 metrin säteellä antennista. Voimakkaan signaalin havaintoja tallentui selvästi eniten antennilta 6 kaikissa virtaamatilanteissa (kuva 28). Kahdelta ylimmältä antennilta voimakkaan signaalin havaintoja tallentui selvästi vähemmän. Antenneilta 1-5 vahvaksi luokiteltuja havaintoja tallentui lähes samassa suhteessa kuin kaikkien havaintojen tarkastelussa (kuva 28). Antennikohtaisesti tarkasteltuna virtaamalla ei ollut suurta vaikutusta kaikkien havaintojen tai vahvojen havaintojen osuuksiin (kuva 29).

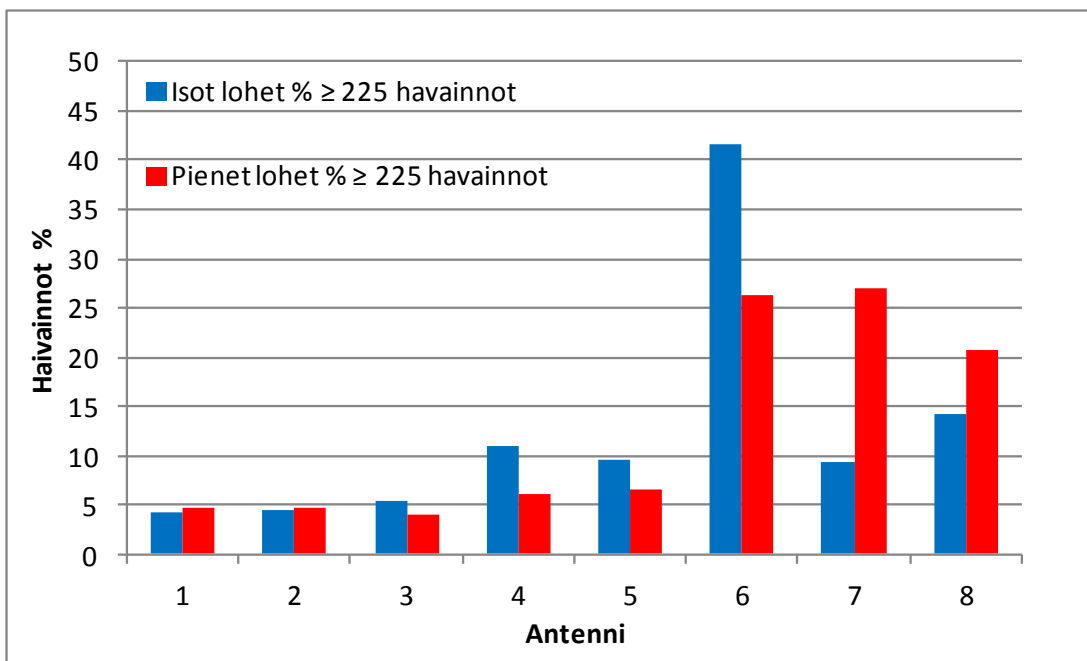
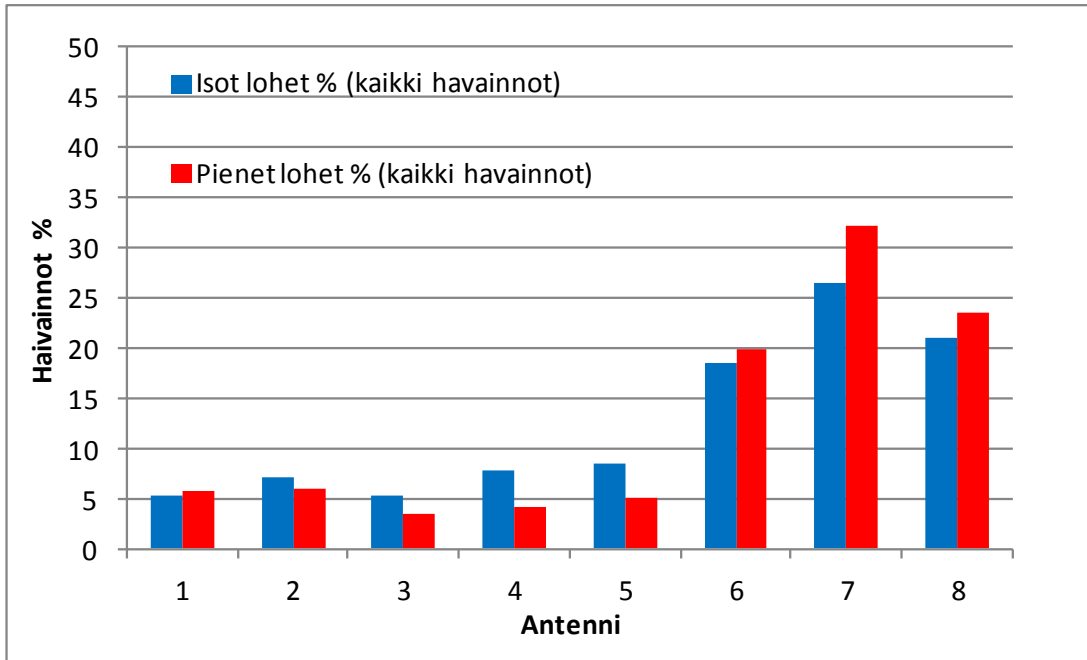


**Kuva 28.** Valajaskosken voimalaitoksen alapuolisilta vedenalaisilta antenneilta (8=20 m, 7=40 m, 6=60 m, 5=80 m, 4=100 m, 3=120 m, 2=140 m ja 1=160 m voimalaitokselta alavirtaan) tallentuneiden havaintojen prosentiosuudet seurannan aikana. Havaintojen jakautuminen on esitetty kaikkien telemetria havaintojen (n=470608) perusteella ja signaalivoimakkuudeltaan  $\geq 225$  yksikön havaintojen (n=83596) perusteella kaikissa virtaamatilanteissa. Alla pienemmissä kuvissa on lisäksi esitetty havaintojen jakautumista antenneille eri virtaamatilanteissa perustuen tuntikohtaiseen koneistovirtaamaan.



Kuva 29. Kaikkien havaintojen ja vahvojen havaintojen (ss ≥225) prosentuaalinen jakautuminen Petäjäskosken alakanavan vedenalaisantenneilla (8=20 m, 7=40 m, 6=60 m, 5=80 m, 4=100 m, 3=120 m, 2=140 m ja 1=160 m voimalaitokselta alavirtaan) virtaamaluokittain.

Sekä isojen ( $\geq 70$  cm) että pienten ( $< 70$  cm) lohien havainnot keskittyivät kolmelle ylimmälle antennille (kuva 30). Yli 40 % isojen lohien voimakkaaksi luokitelluista havainnoista tallentui antennilta 6, vahvojen havaintojen osuuden ollessa muilla antenneilla alle 15 %. Pääosa pienten lohien vahvoista havainnoista jakautui melko tasaisesti kolmelle ylimmälle antennille (noin 20-25 %/antenni).



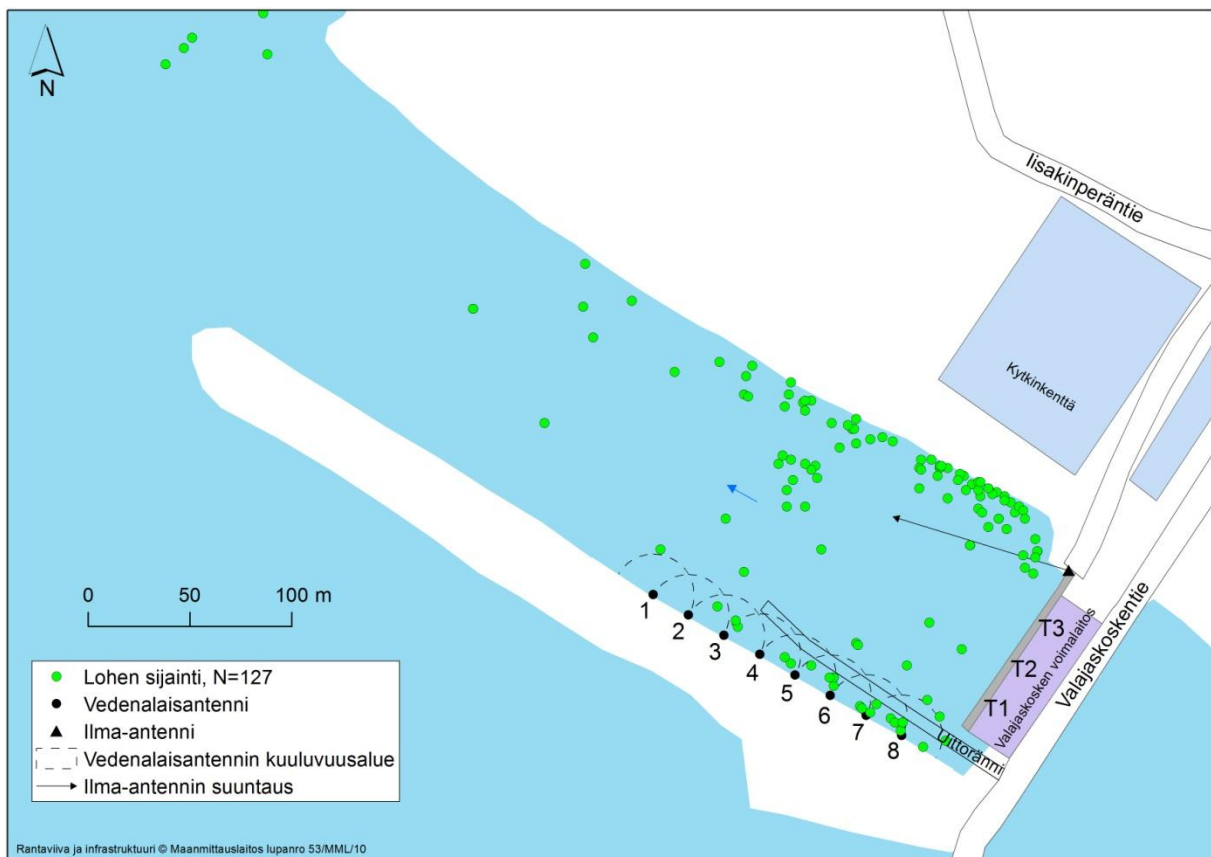
**Kuva 30.** Isojen lohien ( $\geq 70$  cm, siniset pylväät) ja pienten lohien ( $< 70$  cm, siniset pylväät) havaintojen prosentuaalinen jakautuminen Valajaskosken voimalaitoksen alapuolisilla vedenalaisantenneilla (8=20 m, 7=40 m, 6=60 m, 5=80 m, 4=100 m, 3=120 m, 2=140 m ja 1=160 m voimalaitokselta alavirtaan). Ylemmässä kuvassa on esitetty kaikkien havaintojen ja alemmassa kuvassa signaalivoimakkuudeltaan vahvojen (ss  $\geq 225$ ) havaintojen jakaumat antennieittain.

### 5.3.5. Manuaaliset paikannukset

Manuaalisten aktiiviseurantojen (n=6) aikana Valajaskosken alakanavan alueelta tehtiin lohista yhteensä 127 paikannushavaintoa 20 eri yksilöstä. Päiväaikaan (n. klo 10-16) tehdyissä paikannuksissa kaloja havaittiin enimmäkseen alakanavan yläosissa, n. 200 m pitkällä alueella voimalaitoksesta alavirtaan. Havainnot keskittyivät pääosin rantojen läheisyyteen (kuva 31).

Manuaalisen seurannan havainnot painoutuivat voimakkaasti ylävirrasta katsottuna alakanavan oikealle puolelle (vedenalaisantennit vasemmalla puolella). Erityisen runsaasti havaitoja tehtiin kytinkentän edustalta, n. 30–80 metriä voimalaitokselta alavirtaan. Tällä alueella havainnot keskittyivät aivan rannan tuntumaan. Melko runsaasti paikannuksia tehtiin myös alueelta, joka sijaitsi n. 150–180 metriä voimalaitokselta alavirtaan, missä havaintoja saatiin myös keskivirrasta.

Vedenalaisantennien puolella alakanavaa tehtiin selvästi vähemmän havaintoja. Tällä puolella kanavaa lohia havaittiin eniten antennien 7 ja 8 edustalta (20–40 m voimalaitokselta alavirtaan), mutta harvakseltaan myös alempana. Havainnot keskittyivät pääosin rannan läheisyyteen (kuva 31).



Kuva 31. Aktiiviseurannoissa (n=6) tehdyt lohien paikannushavainnot (n=127) Valajaskosken alakanavassa.

### 5.3.6. Lohien uintisyvyys alakanavassa

Lohet uivat Valajaskosken alakanavassa enimmäkseen alle kolmen metrin syvyydessä. Eniten havaintoja tehtiin 1-3 metrin syvyydestä (taulukko 8). Kaikkien syvyyshavaintojen keskiarvo oli 3,7 m. Yksi lohi (tunnus 26) ui selvästi muita syvemmällä ja sen havainnoista noin 90 % tallentui yli kuuden met-



rin syvyydestä. Kaikki lohet sukelsivat ajoittain yli 10 metrin syvyyteen (taulukko 8). Syvimmillään Valajaskosken alakanavassa on vettä noin 19,5 metriä.

**Taulukko 8.** Lohien uintisyvyyshavaintojen lukumäärä, keskiarvo, vaihteluväli ja havaintojen suhteellinen jakautuminen syvyyssuokittain Valajaskosken alakanavassa. Aineistossa on yhdistetty vedenalaisantennien ja voimalaitospadon ilma-antennin havainnot. Teknisistä ongelmista johtuen tunnukset 17 ja 18 sisältävät kahden kalayksilön havaintoja kumpikin, joten yksilöiden lukumäärä on todellisuudessa viisi.

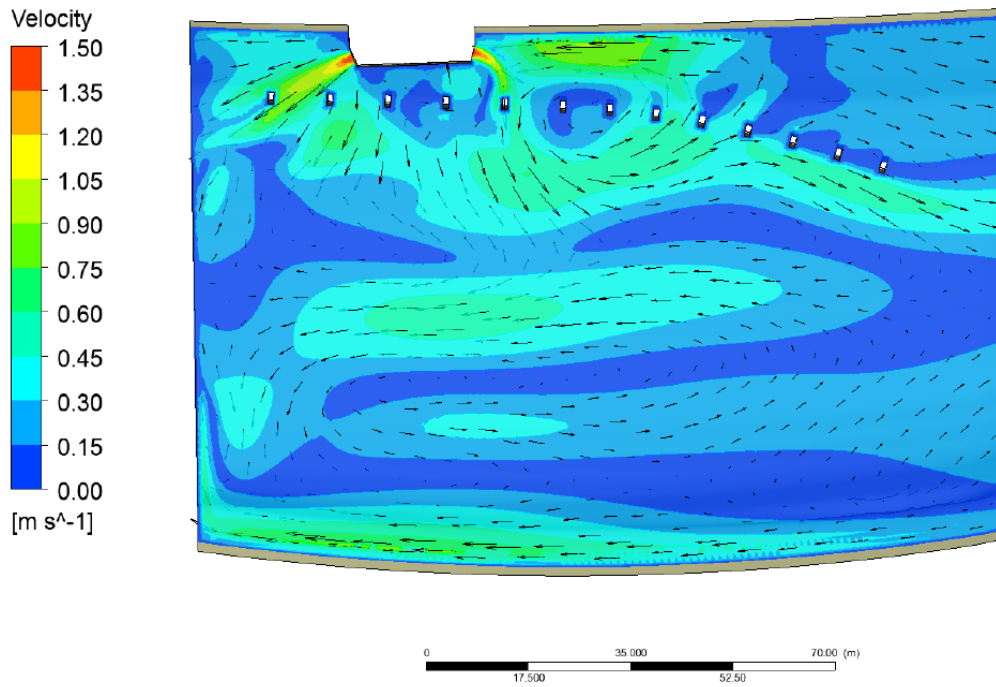
Yksilötunnus	Havainnot	Syvyys (m)		Havainnot syvyyssuokittain (%)				
		Keskiarvo	Vaihteluväli	0-1 m	1-3 m	3-6 m	> 6 m	< 3 m
17	156256	1,9	0-10,5	11,5	77,4	8,5	2,3	88,8
18	59071	2,6	0-10,5	1,8	72,9	20,3	5,0	74,7
26	79540	8,1	0-10,5	0,1	5,7	3,5	90,8	5,7
Yhteensä	294236	3,7	0-10,5	6,5	57,2	9,5	26,7	63,7

#### 5.4. 3D-virtausmallinnukset

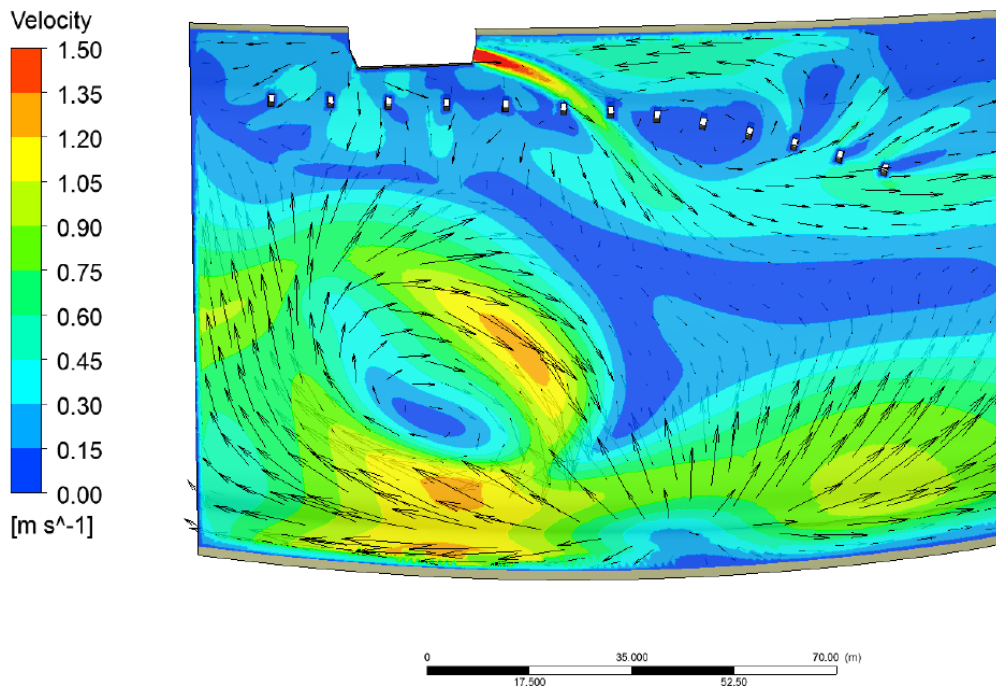
Kaikista kolmesta alakanavasta tehtiin Process Flow Solution Ltd Oy:n toimesta 3D-virtausmallinnukset, jotka perustuivat Kemijoki Aquatic Technology Oy:n (KAT) tekemiin virtauslinjamittauksiin alakanavissa. Mallinuksissa simuloitiin jokaisessa alakanavassa kuusi erilaista tilannetta, joissa sekä turbiineilta että kalatien sisäänkäynnistä tulevan virtaaman määrä vaihteli. Näistä tilanteista piirrettiin veden virtausnopeutta ja turbulentsuutta mallintavat kuvat kolmesta eri tasosta (1 m, 5 m ja 10 m vedenpinnan tasosta, kuvat 32-33). Virtausmallinnusten tietojen avulla voidaan välttää sijoittamasta kalateiden sisäänkäyntejä alueille, jotka ovat kalojen kululle mahdollisesti epäedullisia. Tällaisia ovat esimerkiksi kohdat, joihin syntyy voimakkaita akanvirtoja tai voimakasta turbulentsia (Armstrong ym. 2010, Ferguson ym. 2002).

Kaikissa kolmessa alakanavassa voimalaitoksen lähialueelle syntyvät voimakkaan pyörteiset virtaukset ja rantojen tuntumaan, käytettävistä turbiineista ja virtaamista riippuen, vaihtelevan mittaiset voimalaitoksia kohti palaavat akanvirrat. Voimalaitosten käytöllä on ratkaiseva merkitys kalatien sisäänkäyntien edustalle syntyviin virtausolosuhteisiin. Mallinnusten perusteella on pääsääntöisesti edullisinta käyttää aina lähinnä kalatietä olevaa turbiinia, jolloin kalatiestä tuleva houkutusvirta yhtyy sulavasti turbiinilta tulevaan virtaukseen. Vastaavasti, kun kalatien puolimmainen turbiini ei ole käytössä, syntyy erityisesti kalatien alemman sisäänkäynnin (ks. liite 5) eteen akanvirta, johon kalatiestä purkautuva houkutusvirtaus törmää (Moilanen & Korhonen 2014, Moilanen ym. 2014a, Moilanen ym. 2014b). Tällaisessa tilanteessa saattaa olla suositeltavinta käyttää kalatien ylempää, voimalaitosta kohti suunnattua sisäänkäyntiä (ks. liite 5), jolloin kalatien houkutusvirtaus yhtyy jouhevasti akanvirtaan.

Kemijoen eri voimalaitoksilla virtaukset ovat alakanavien erilaisista muodoista johtuen toisistaan jonkun verran poikkeavat. Voimalaitoksen käyttö täytyykin jokaisella laitoksella sovittaa erikseen niin, että kalatien läheisyyteen syntyy kalatien toimintaa mahdollisimman hyvin tukevat virtausolosuhteet aina kulloinkin käytettävällä koneistajuoksutuksella.



**Kuva 32.** Petäjäskosken alakanavan 3D-virtausmallinnuskuva 1 metrin syvyydeltä vedenpinnan tasosta mitattuna. Eri värit kertovat veden virtausnopeuden ja nuolet virtauksen suunnan kussakin kohdassa alakanavaa. Kuvan yläreunassa näkyvä valkoinen alue kuvaa suunnitellun kalatien ala-allasta, jonka molemmista sisäänkäynneistä on mallinnettu purkautumaan 5 m<sup>3</sup>/s houkutusvirtaama. Kuvan tilanteessa vettä juoksetetaan kahdesta reunimmaisesta turbiinista, molemmista 250 m<sup>3</sup>/s. Kuva: Process Flow Solution Ltd Oy.



**Kuva 33.** Petäjäskosken alakanavan 3D-virtausmallinnuskuva 1 metrin syvyydeltä vedenpinnan tasosta mitattuna. Eri värit kertovat veden virtausnopeuden ja nuolet virtauksen suunnan kussakin kohdassa alakanavaa. Kuvan yläreunassa näkyvä valkoinen alue kuvaa suunnitellun kalatien ala-allasta, jonka alavirranpuoleisesta sisäänkäynnistä on mallinnettu purkautumaan 10 m<sup>3</sup>/s houkutusvirtaama. Kuvan tilanteessa vettä juoksetetaan kahdesta kalatien puoleisesta turbiinista - molemmista 250 m<sup>3</sup>/s. Kuva: Process Flow Solution Ltd Oy.

## 6. Tulosten tarkastelu

Kemijoen Ossaus-, Petäjäs- ja Valajaskoskella toteutetussa nousulohien radiotelemetriatutkimuksessa voimalaitosten turbiinivirtaamien havaittiin vaikuttavan lohien liikkumiseen alakanavien alueella. Lohien nousuaktiivisuudessa alakanavien yläosiin havaittiin selvää vaihtelua vuorokauden sisällä, minkä tulkittiin ainakin osittain liittyvän Kemijoen voimalaitoksille tyypilliseen, voimakkaaseen lyhyt-aikaissäännöstelyyn. Lohien nousuaktiivisuus voimalaitosten alapuolelle kasvoi voimalaitosten juokсутusten kiihtyessä aamulla, ja noustuaan alakanavan yläosiin lohien liikkuvat yleensä rantojen läheisyydessä. Lohien nousuaktiivisuus väheni huomattavasti illalla, jolloin myös voimalaitosten juokсутukset heikkenivät ja vähiten nousuja havaittiin yöllä minimivirtaamien aikana. Nousuaktiivisuuden vuorokautinen vaihtelu oli havaittavissa sekä vedenalaisilta antenneilta tallentuneessa aineistossa että alakanavan alueella tehdyissä aktiiviseurannoissa (manuaaliset paikannukset). Samanlaisia havaintoja on saatu myös Oulu- ja Iijoen tehdyissä vastaavissa tutkimuksissa (Rivinoja 2011, Huusko ym. 2012b).

Tutkimuksessa havaittu lohien nousuaktiivisuuden vaihtelu virtaamien mukaisesti on syytä huomioida, kun tehdään suunnitelmia kalateiden toimivuuden varmistamiseksi. Voimalaitosten juokсутusten muutoksiin perustuva ylä- ja alavirtaan tapahtuva lohien edestakainen ”jojo-liike” aiheuttaa nousuvaellukseen viivettä ja lisää kalojen energiankulutusta, mikä voi alentaa lisääntymismenestystä (Rivinoja ym. 2010). Kemijoen kaltaisessa joessa, jossa vaelluskalojen täytyy tulevaisuudessa uida useiden kalateiden läpi, voi vaellus hidastua jopa niin paljon, etteivät kalat ehdi lisääntymisalueille riittävän aikaisin (Caudill ym. 2007, Roscoe & Hinch 2010). Kalatien toimivuuden kannalta houkutusvirtaaman (=virtaama kalatien sisäänkäynnissä) riittävä määrä ja oikea-aikaisuus ovatkin tärkeitä tekijöitä pyrittäessä ohjaamaan lohia kalateihin niin, ettei merkittäviä vaellusviiveitä pääse syntymään.

Tutkimusten mukaan kalatien sisäänkäynnin virtaaman pitäisi olla yleensä vähintään noin 2–5 % joen keskivirtaamasta (Larinier ym. 2002, Jaukkuri ym. 2013). Aina näin suureen kalatievirtaamaan ei kuitenkaan päästä. Jos kalatiestä purkautuva perusvirtaama havaitaan riittämättömäksi houkuttelemaan kaloja kalatiehen, voi toimiva ratkaisu olla esimerkiksi lisävesityksen johtaminen kalatien sisäänkäyntiin (Clay 1995). Lisävirtaamia voidaan käyttää myös lyhytkestoisesti (pulssitus), jolloin taloudelliset vaikutukset eivät nouse kohtuuttoman suuriksi (Jaukkuri ym. 2012). Kemijoella kalateiden 2-5 %:n houkutusvirtaama tarkoittaisi noin 11-28 m<sup>3</sup>/s virtaamaa.

Kemijoella tehdyissä aktiiviseurannoissa lohien havaittiin viettävän pitkiä aikoja voimalaitosten turbiinipyörteiden lähellä (turbiinipyörteet purkautuvat pintaan noin 30 metrin päässä voimalasta). Samoilla alueilla sijainneilta vedenalaisantenneilta tallentui yleensä myös runsaasti kalahavaintoja. Ferguson ym. (2002) selittivät hakeutumisen voimalaitosten veden purkautumisteiden lähetyville johtuvan lohien luontaisesta taipumuksesta pyrkiä voimakkaimman virran suuntaan, minkä avulla ne suuntaavat kohti parhaita lisääntymisalueita jokien pääuomien latvaosille.

Lohien hakeutuminen voimalaitosten turbiinivirtoihin on tavallisesti ongelmallista, sillä se voi viivyttaa tai pahimmillaan jopa estää lohien ohjautumisen voimalaitoksen ohittaville reiteille (Arnekleiv & Kraabøl 1996; Rivinoja ym. 2001; Karppinen ym. 2002; Thorstad ym. 2003; Lundqvist ym. 2008). Voimalaitoksen vaihtelevien turbiinivirtaamien ja kalatien houkutusvirtaaman mallintaminen onkin tärkeää kalatien sisäänkäynnin sijoittamiseksi optimaaliselle alueelle.

## 7. Johtopäätökset ja kalatiesuosituksukset

### 1. Kemijoella kalateiden ensijaiset sisäänkäynnit olisi perusteltua sijoittaa noin 20-60 metriä voimalaitoksien alapuolelle

Kemijoen alakanavissa toteutetuissa lohien radiotelemetriaseurannoissa paikannushavaintoja kertyi eniten voimalaitoksien lähistöltä, n. 20-60 m voimalaitoksista alavirtaan. Sama ilmiö havaittiin niin automaattisten kuin manuaalipaikannusten perusteella. Välittömästi voimalaitosten alapuolelta kalahavaintoja saatiin verraten vähän. Näiden seurannassa tehtyjen havaintojen perusteella kalateiden sisäänkäyntejä ei kannattane rakentaa aivan voimalaitosten alapuolelle, vaan sopiva alue kalateiden sisäänkäynneille olisi noin 20-60 metriä voimalaitoksien alapuolelta. Lohien ohjaaminen vaatii näilläkin alueilla riittävää, voimalaitosjuokсутusten mukaan säädettävissä olevaa kalatien houkutusvirtaamaa. Voimalaitoskohtaiset kalateiden sisäänkäyntien sijoittamissuosituksukset esitellään luvuissa 7.1.-7.3 (ks. alle).

### 2. Kalateiden sisäänkäynneistä purkautuvan houkutusvirtaaman tulisi Kemijoella olla säädettävissä kalatien perusvirtaaman (n. 2 m<sup>3</sup>/s) ja noin 10 m<sup>3</sup>/s välillä

Kemi- ja Iijoen voimalaitosten alakanavissa tehdyissä 3D-virtausmallinnuksissa havaittiin, että tavanomaiset (1,0-2,5 m<sup>3</sup>/s) kalatiestä purkautuvat virtaamat hukuvat nopeasti alakanavan virtauksiin. Tällaisissa olosuhteissa kalojen mahdollisuus havaita kalatien sisäänkäynti ja hakeutua siihen ei ole parhaimmillaan. Kansainvälisen kirjallisuuden mukaan kalatien sisäänkäynnissä tarvittavan virtaaman määrä on yleensä noin 2-5 % joen keskivirtaamasta (Larinier ym. 2002, Jaukkuri ym. 2013). Kaksi prosenttia keskivirtaamasta tarkoittaa Kemijoen tapauksessa reilun 10:n ja viisi prosenttia jo liki 30 kuutiometrin sekuntivirtaamaa. Useiden kymmenien kuutiometriä houkutusvirtaamat ovat sekä teknisesti että erityisesti taloudellisesti vaikea järjestää, mutta noin 10 m<sup>3</sup>/s houkutusvirtaaman käyttöön pitäisi jokaisessa Kemijokeen rakennettavassa kalatiessä olla mahdollisuus. Tämä antaisi työkaluja kalateiden tehokkaaseen käyttöön vaihtelevissa koneistajuokсутustilanteissa.

Oleellista kalatiestä purkautuvan virtauksen määrän lisäksi on purkautuvan virtauksen nopeus (Jaukkuri ym. 2013). Sen tulisi olla selvästi alakanavan muusta vesimassasta poikkeava ja siten kalojen havaittavissa. Lohelle optimaalisen kalatien sisäänkäynnistä purkautuvan virrannopeuden on esitetty olevan 2,0-2,4 m/s (Jaukkuri ym. 2013 ja viitteet siinä).

### 3. Kemijoelle rakennettaviin kalateihin on perusteltua rakentaa kaksi erillistä sisäänkäyntiä

Kemijoen voimalaitosten alakanavissa virtausolosuhteet vaihtelevat merkittävästi voimalaitoksen käytöstä riippuen, minkä seurauksena kalateiden houkuttelevuus voi olla ajoittain heikkoa. Tutkimusten mukaan tilanteissa, joissa virtauksia kalatien sisäänkäynnin lähellä ei voida pitää kalojen nousun kannalta optimaalisina, kannattaa kalatiehen rakentaa useampi vaihtoehtoinen sisäänkäynti (mm. Björn & Peery 1992). Jotta kalateiden toiminta Kemijokeessa voitaisiin maksimoida erilaisissa alakanavan virtaamatilanteissa, olisi ne perusteltua varustaa kahdella erillisellä sisäänkäynnillä. Ensijainen sisäänkäynti (alempi sisäänkäynti) suunnattaisiin tavanomaiseen tapaan viistosti alavirtaan ja toinen (ylempi sisäänkäynti) kohti voimalaitosta (liite 5). Ylempää sisäänkäyntiä voitaisiin käyttää silloin, kun voimalaitoksen käytöstä johtuen alemman sisäänkäynnin edustalle syntyy voimakas akanvirta, joka mahdollisesti vaikeuttaa kalojen hakeutumista kalatiehen. Ylempi sisäänkäynti voisi olla toimiva ratkaisu myös erittäin kovien voimalaitosjuokсутusten aikana, jolloin alemmalla sisäänkäynnillä virtaus on liian voimakas ja turbulenttinen. Tietyissä juokсутustilanteissa voisi myös olla edullista käyttää

molempia sisäänkäyntejä yhtä aikaa ja näin maksimoida kalatien sisäänkäynnin ”houkutusalue” (liite 5).

#### **4. Kemijoella kalateiden suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota kalatien uloskäynnin sijoittamiseen siten, että sen kautta on mahdollista tulevaisuudessa ohjata vaelluspoikasia ja kuteneita talvikoita alavirtaan voimalaitosten turbiinien ohi**

Lukuisissa maailmalla (Huusko ym. 2014 ja viitteet siinä) ja myös Suomessa (Huusko ym. 2012a) tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että lohien vaelluspoikasten (ja talvikoiden) alasvaelluksessa esiintyy rakennetuilla joilla merkittäviä ongelmia, kuten vaelluksen hidastumista, turbiinikuolleisuutta, predaatiota ja kalojen stressaantumista sekä vahingoittumista. Ongelmat korostuvat useiden voimalaitospatojen kohteissa, joissa kuolleisuus voi nousta erittäin korkeaksi. Vaelluspoikasten alasvaellusongelmien vähentämiseksi on kuitenkin kehitetty erilaisia ratkaisuja. Keskeinen ratkaisukeino on ohjata vaelluspoikaset nopeasti ja tehokkaasti turbiinit kiertävää reittiä pitkin voimalaitoksen alapuolelle. Vaelluspoikasten ohjaaminen halutulle reitille toteutetaan yleensä voimalaitosten yläkanaviin asennettujen ohjausrakenteiden ja voimalaitosten turbiinit ohittavan alasvaellusreitien yhdistelmillä (Huusko ym. 2014).

Kemijoella vastaavia vaelluspoikastutkimuksia ei toistaiseksi ole tehty, mutta sielläkin täytyy varautua tarpeeseen saada ohjattua vaelluspoikaset turvallista reittiä voimalaitosturbiinien ohitse. Kemijoen tulevien kalateiden käyttäminen myös smolttien ja talvikoiden alasvaellusreitteinä on tässä yhteydessä mahdollista. Se kuitenkin edellyttää, että kalat saadaan ohjattua yläkanavasta ohjausrakenteiden avulla kalatiehen. Tästä johtuen kalateiden uloskäyntien pitäisi olla sijoitettuna verraten lähelle voimalaitokselle tulevaa päävirtausta. Toisaalta täytyy myös ottaa huomioon, ettei uloskäynnin sijoittaminen lähelle turbiinien sisäänottovirtausta saa johtaa nousevien kalojen joutumiseen turbiinien kautta takaisin alavirtaan.

#### **5. Voimalaitosten käyttö täytyy sovittaa kalateiden toimivuutta tukevaksi**

Kemijoella toteutettujen lohien radiotelemetriaseurantojen, tehtyjen 3D-virtausmallinnusten ja kansainvälisen tieteellisen kirjallisuuden (ks. Jaukkuri ym. 2013) perusteella voimalaitosten käytöllä on suuri merkitys kalojen käyttäytymiseen alakanavissa sekä alakanavien virtausolosuhteisiin kalateiden edustoilla. Tämän vuoksi on olennaisen tärkeää sovittaa voimalaitosten käyttöä mahdollisimman hyvin kalateiden toimivuutta tukevaksi, esimerkiksi käyttäen kulloinkin vallitsevilla juoksutuksilla sellaisia turbiinikombinaatioita, että voimalaitokselta tuleva virtaus tukee kalatien sisäänkäynnistä purkautuvaa houkutusvirtaamaa ja ohjaa kaloja kohti kalatien sisäänkäyntiä. Esimerkiksi yhden turbiinin käyttötilanteissa vettä olisi hyvä juoksuttaa kalatien puolimmaisen turbiinin kautta. Näin nousevat kalat saataisiin houkutelua kalatien läheisyyteen ja samalla välttyttäisiin merkittävilta akanvirroilta kalatien sisäänkäynnin läheisyydessä.

Voimalaitosten ja kalateiden käytön tarkoituksenmukainen yhteensovittaminen edellyttää merkittävää panosta Kemijokea säännösteleviltä voimayhtiöiltä. Voimayhtiöiden roolia ja osallistumista Kemijoen vaelluskalakantojen elvyttämiseen olisikin syytä vahvistaa.

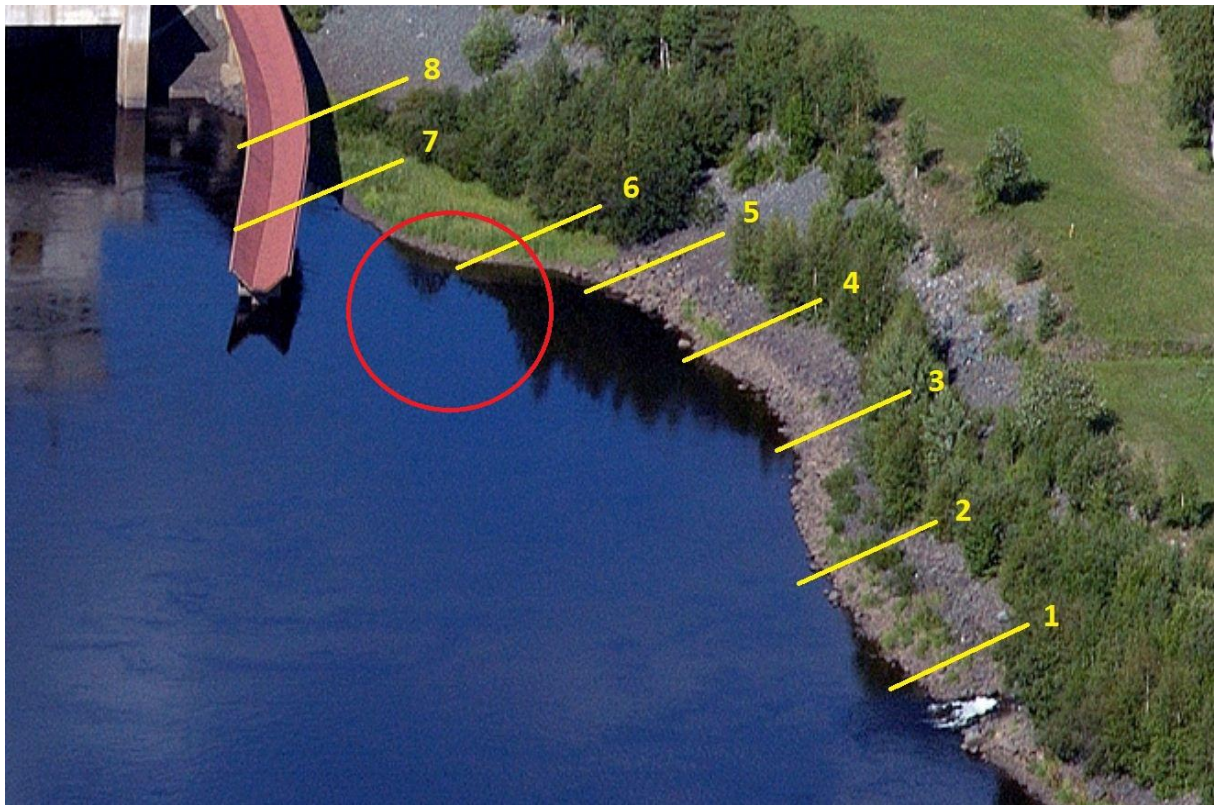
## 7.1. Ossauskosken kalatien suositukset

Radiotelemetria havaintojen perusteella Ossauskosken voimalaitoksen alakanavassa perusteltu sijoituspaikka kalatien sisäänkäynnille (itäranta, vedenalaisantennien puoli) olisi noin **50-60 metriä** voimalaitokselta alavirtaan telemetria-antennin 6 lähistöllä (kuva 34). Tältä alueelta saatiin melko runsaasti kaikkia ja voimakkaita telemetria havaintoja ( $ss \geq 225$ ). Myös telemetria havaintojen perusteella muodostettujen lohien noususarjojen ylin havainto oli keskimäärin kyseisellä alueella. Tämän alueen alapuolella, antennien 3-4 kohdalla on poukama, jonka lohet ilmeisesti ohittavat kauempaa rannasta, mutta ”törmäävät” sitten poukaman yläpäässä niemenkärkeen 6-antennin kohdalla (ks. kuva 34).

Voimalaitoksen välittömästä läheisyydestä (0-40 metriä voimalasta alavirtaan) lohista kertyi verraten vähän havaintoja niin vedenalaisantenneilta kuin manuaalipaikannuksista. Havaintojen vähäisyys johtuu mahdollisesti siitä, että kyseisellä alueella turbiineilta tuleva virtaus kääntyy kohti voimalaitosta ja alueelle muodostuu voimakas akanvirta, joita lohet tavallisesti välttelevät (Whiley 2000, Larinier ym. 2002). Antennin 6 alueelta tehtiin kohtalaisen paljon havaintoja myös isoista ( $\geq 70$  cm) lohista, joiden houkuttelevuus kalateihin on lohikantojen palauttamisen kannalta ensiarvoisen tärkeää. Antennin 6 alueelta ja ylempää, noin 20-40 metriä voimalaitokselta, tallentui suhteellisesti enemmän havaintoja virtaamien ollessa alle  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ . Suuremmilla virtaamilla kalahavainnot painotuivat enemmän alavirtaan.

Radiotelemetria havaintoja saatiin Ossauskoskella varsin runsaasti myös antennilta 1 (160 m voimalaitokselta alavirtaan), erityisesti voimakkaiden juoksutusten (yli  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) aikana. Havainto viittaa lohien liikkuvan alempana alakanavassa juoksutusten ollessa voimakkaita. Telemetria havaintojen runsautta 160 metrin etäisyydellä voimalaitokselta saattoi toisaalta selittää myös kyseiseen kohtaan purkautuva kalanviljelylaitoksen vedenpoistoputki, joka vaikuttaa houkuttelevan lohia läheisyyteensä (ks. kuva 13). Myös Oulujoen Montassa lohien on havaittu hakeutuvan mielellään kalanviljelylaitokselta purkautuvan veden suuntaan (Karpinen ym. 2008).





**Kuva 34.** Vedenalaisantennien sijainti Ossauskosken alakanavassa. Kaksi ylintä antennia (antennit 7 ja 8) johdettiin veteen uittorännin kautta, koska loivasta rannasta ja uittorännin pilarirakenteista johtuen antennien saanti sopivaan paikkaan rannaltapäin ei onnistunut. Kuvaan on punaisella ympyrällä merkitty telemetriatutkimuksen perusteella arvioitu soveltuva kalatien sisäänkäynnin alue joen itäpuolen rannalla. Kuva: Kemijoki Oy.

Ossauskosken manuaalipaikannuksissa lohista tehtiin runsaasti havaintoja myös joen länsirannalta, alakanavan yläosassa. Näiden havaintojen perusteella varteenotettava vaihtoehtoinen alue kalatien sisäänkäynnille olisi länsirannalla kohdassa, jossa turbiineilta tuleva virtaus tasoittuu ja kääntyy pois päin voimalaitokselta. 3D-virtausmallinnusten perusteella tämä kohta sijaitsee juoksutuksista riippuen noin 40-50 metrin etäisyydellä voimalaitokselta.

## 7.2. Petäjäskosken kalatien suositukset

Radiotelemetria havaintojen perusteella hyvä sijoituspaikka Petäjäskosken kalatien sisäänkäynnille olisi (itäranta, vedenalaisantennin puoli) noin **40 metriä** voimalaitokselta alavirtaan antennin 7 kohdalla (kuva 24). Alue sijaitsee 3D-virtausmallinnusten mukaan lähellä kohtaa, johon syntyy useimmissa juoksutustilanteissa akanvirta. Tältä alueelta tallentui kuitenkin lähes kaikissa virtaamatilanteissa eniten sekä kaikkia että signaalinvoimakkuudeltaan vahvoja ( $ss \geq 225$ ) telemetria havaintoja. Alueelta havaittiin myös eniten isoja lohia ( $\geq 70$  cm), joiden vahvoista havainnoista yli 40 % tallentui 40 metriä voimalaitoksen alapuolella sijainneelta antennilta. Myös päiväaikaan tehdyissä radiolähetinkalojen manuaalipaikannuksissa havaintoja keskittyi alueelle 30–40 m voimalaitokselta alavirtaan, tukinuitto-kourusta hieman keskivirran puolelle. Lohia siis joko liikkui kyseisellä alueella keskimääräistä useam-

min tai ne viettivät siinä pidempiä aikoja. Vahvojen telemetria havaintojen suhteellisen runsauden perusteella lohet uivat alueella usein rannan tuntumassa.

Kansainvälisen tutkimustiedon mukaan kalatien sisäänkäynti kannattaa tavallisesti sijoittaa mahdollisimman lähelle nousuestettä joen penkereeseen (Bunt 2001, Larinier ym. 2002, Larinier 2008). Petäjaskoskella lohia havaittiinkin melko runsaasti myös noin 20 m voimalaitokselta alavirtaan sijainneelta vedenalaisantennilta (antenni 8), erityisesti vähäisten virtaamien (100-300 m<sup>3</sup>/s) aikana. Signaali voimakkuudeltaan vahvoja havaintoja tallentui kuitenkin selvästi vähemmän kuin antennilta 7, eli lohet uivat ilmeisesti voimalan läheisyydessä joko syvemmällä tai hieman kauempana rannasta. Päiväaikaan tehdyissä manuaalipaikannuksissa, joiden aikana virtaamat olivat tavallisesti voimakkaita, lohia ei juuri havaittu itärannan puolella 20 metriä lähempänä voimalaitosta. 3D-virtausmallinnusten perusteella Petäjaskosken voimalaitoksen läheisyydessä itärannalla on hidaskivertainen alue, jossa kalatien voimalaitosta kohti suunnattu (ylävirranpuoleinen) sisäänkäynti voisi toimia tehokkaasti (ks. liite 5).

Vähäsateisen kesän vuoksi Kemijoen virtaama oli lohien aktiivisimman nousukauden aikana selvästi ajankohdan pitkäaikaisia keskiarvoja pienempi, mikä voi osittain selittää havaintojen varsin voimakasta keskittymistä lähellä voimalaitosta sijainneille antennille. Edellisenä vuotena Ossauskoskelta saatujen tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että erityisen voimakkaat virtaamat voivat mahdollisesti vähentää lohien nousua voimalaitoksen välittömään läheisyyteen ja myös Petäjaskosken voimalaitosta lähimmällä antennilla havaintomäärät laskivat selvimmin virtaamien voimistuessa. Kalatien sisäänkäynnin sijoittamiseksi myös voimakkaissa virtaamatilanteissa optimaaliseen paikkaan on tärkeää tukeutua alueen 3D-virtausmallinnusten tuloksiin.

### 7.3. Valajaskosken kalatien suositukset

Radiotelemetria havaintojen perusteella hyvä sijoituspaikka Valajaskosken kalatien sisäänkäynnille (eteläranta, vedenalaisantennien puoli) olisi noin **20–60 metriä** voimalaitokselta alavirtaan. Vedenalaisantenneille tallentuneista kalahavainnoista pääosa jakaantui varsin tasaisesti tälle välille kaikissa virtaamatilanteissa, ja 74 % lohien havaittujen nousujen ylimmistä pisteistä sijaitsi tällä välillä. Alempana sijainneilla vedenalaisantenneilla lohia havaittiin selvästi harvemmin.

Noin 40 metriä voimalaitokselta (antennin 7 kohdalta) tallentui eniten havaintoja lukuun ottamatta kaikkein voimakkaimpia virtaamia (yli 800 m<sup>3</sup>/s), joiden aikana havaintomäärät olivat marginaalisia kaikilla antennilla. Sekä isojen ( $\geq 70$  cm) että pienten ( $< 70$  cm) lohien havaintomäärät olivat suurimmat tällä alueella.

Lähes yhtä runsaasti lohia havaittiin myös 20 metriä voimalaitoksen alapuolella (antennin 8 kohdalla) ja 60 metriä voimalaitoksen alapuolella (antennin 6 kohdalla). Signaalin voimakkuudeltaan vahvojen havaintojen ( $ss \geq 225$ ) perusteella erityisesti isot lohet ( $\geq 70$  cm) uivat useammin lähempänä rantaa tai pintaa 60 metriä voimalaitoksen alapuolella. Toisaalta kokonaishavaintomäärä sekä isoilla että pienillä lohilla oli hieman suurempi 20 metriä voimalaitoksen alapuolella.

Radiolähetinkalojen manuaalipaikannusten perusteella vartenotettava vaihtoehtoinen sijoituspaikka Valajaskosken kalatien sisäänkäynnille voisi olla alakanavan pohjoisrannalla, josta tehtiin huomattavasti enemmän manuaalipaikannuksia lohista kuin vedenalaisantennien puolelta alakanavaa. Havaintoja kohdistui erityisesti alueelle n. 30–60 metriä voimalaitokselta alavirtaan. 3D-virtausmallinnusten mukaan tälle alueelle syntyy kuitenkin kaikissa mallinnetuissa juoksutustilanteis-

sa melko voimakas akanvirta, joka voi haitata kalatien toimintaa. Virtaus kääntyy voimalalta poispäin vasta noin 100 metrin päässä voimalaitokselta.

Vähäsateisen kesän vuoksi Valajaskosken juoksutukset olivat lohien aktiivisimman nousukauden aikana selvästi ajankohdan pitkäaikaisia keskiarvoja pienempiä, mikä voi osittain selittää havaintojen varsin voimakasta keskittymistä lähellä voimalaitosta sijainneille antennille. Vedenalaisantenneille tallentuneiden havaintojen määrä oli voimakkaimpien tutkimusjaksolla mitattujen virtaamatilanteiden (yli 800 m<sup>3</sup>/s) aikana hieman alempi suhteessa voimakkaimpien virtaamien esiintyvyyteen, mutta ero oli pieni, eikä sitä havaittu nousujen määrässä. Edellisenä vuotena Ossauskoskelta saatujen tulosten perusteella vaikutti kuitenkin siltä, että erityisen voimakkaat virtaamat voivat mahdollisesti vähentää lohien nousua voimalaitoksen välittömään läheisyyteen. Kalatien sisäänkäynnin sijoittamiseksi myös voimakkaissa virtaamatilanteissa optimaaliseen paikkaan on tärkeää tukeutua alueen 3D-virtausmallinnusten tuloksiin.

## 7.4. Suositusten yhteenveto

### Ossauskoski:

- Ensisijainen sisäänkäynti itärannalle noin 50-60 metriä voimalaitokselta alavirtaan
- Toinen sisäänkäynti kohti voimalaitosta
- Kalatien houkutusvirtaamamahdollisuus 10 m<sup>3</sup>/s, joka on säädettävissä kaikissa virtausolosuhteissa

### Petäjaskoski:

- Ensisijainen sisäänkäynti itärannalle noin 40 metriä voimalaitokselta alavirtaan
- Toinen sisäänkäynti kohti voimalaitosta
- Kalatien houkutusvirtaamamahdollisuus 10 m<sup>3</sup>/s, joka on säädettävissä kaikissa virtausolosuhteissa

### Valajaskoski:

- Ensisijainen sisäänkäynti etelärannalle noin 20-60 metriä voimalaitokselta alavirtaan
- Toinen sisäänkäynti kohti voimalaitosta
- Mikäli kalatie sijoitetaan pohjoisrannalle, olisi ensisijaisen sisäänkäynnin telemetriatutkimuksen perusteella hyvä sijoittua noin 30-60 m voimalaitokselta alavirtaan
- Kalatien houkutusvirtaamamahdollisuus 10 m<sup>3</sup>/s, joka on säädettävissä kaikissa virtausolosuhteissa

## Kiitokset

Loppuraportin kirjoittajat kiittävät lohien seurannoissa ja merkinnöissä mukana olleita työntekijöitä: Helge Tuomivaaraa, Jarno Jääskeläistä, Miia Myllylahtea, Timo Siltakoskea ja Tuomas Virtasta. Kiitämme myös tutkimuslohien pyynnistä ja kuljetuksesta vastannutta Jukka Viitalaa. Lisäksi kiitokset Kemijoki Oy:lle, PVO-vesivoima Oy:lle ja Voimalohi Oy:n Ossauskosken viljelylaitokselle hyvästä ja joustavasta yhteistyöstä tutkimuksen aikana. Hanketta rahoitti Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR).

## Viitteet

- Armstrong, G.S., Aprahamian, M.W., Fewings, G.A., Gough, P.J., Reader, N.A. & Varallo, P.V. 2010. Environment Agency Fish Pass Manual: Guidance notes on the legislation, selection and approval of fish passes in England and Wales. Document – GEHO 0910 BTBP-E-E. Environment Agency. Bristol. 369 s.
- Arnekleiv, J.O. & Kraabøl, M. 1996. Migratory behaviour of adult fast-growing brown trout (*Salmo trutta*, L.) in relation to water flow in a regulated Norwegian river. *Regulated rivers: Research and Management* 12: 39-49.
- Beeman, J. W., Grant, C. & Haner, P. V. 2004. Comparison of three underwater antennas for use in radiotelemetry. *North American Journal of Fisheries Management* 24: 275–281.
- Bjornn, T.C. & Peery, C.A. 1992. A Review of Literature Related to Movements of Adult Salmon and Steelhead Past Dams and Through Reservoirs in the Lower Snake River. Technical report 92-1. U.S. Army corps of Engineers. Walla Walla District. 80 pp.
- Bunt, C. M. 2001. Fishway entrance modifications enhance fish attraction. *Fisheries Management and Ecology* 8, 95-105.
- Calles, O. 2005. Re-establishment of connectivity for fish population in regulated rivers. Karlstad University Press, Karlstad.
- Caudill, C. C., Daigle, W. R., Keefer, M. L., Boggs, C. T., Jepson, M. A., Burke, B. J., Zabel, R. W., Bjornn, T. C. & Peery, C. A. 2007. Slow dam passage in adult Columbia River salmonids associated with unsuccessful migration: delayed negative effects of passage obstacles or condition-dependent mortality? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 64: 979–995.
- Clay, C.H. 1995. Design of fishways and other fish facilities. Second edition. Lewis Publishers, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Ferguson, J.W., Williams, J.G. & Meyer E. 2002. Recommendations for improving fish passage at the Stornorrors Power Station on the Umeälven, Umeå, Sweden. U.S. Department of Commerce, National Marine Fisheries Service, Northwest Fisheries Science Center, Seattle, Washington, February 2002.
- Huusko, R., Orell, P., Kanninen, T., Jaukkuri, M., Keränen, M. & Mäki-Petäys, A. 2014. Lohen vaelluspoikasten alsvaelluskokeet Merikosken ja Isohaaran kalateissa. RKTL:n työraportteja 28/2014. 19 s.
- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., van der Meer, O. & Mäki-Petäys, A. 2012a. Lohen vaelluspoikasten radiotelemetriaseurananta lijoella vuosina 2010–2011. RKTL:n työraportteja 22/2012. 30 s. Luettavissa 2014-04-14 osoitteessa:  
[http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/iijoen\\_vaelluspoikaset.pdf](http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/iijoen_vaelluspoikaset.pdf)
- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., van der Meer, O. & Mäki-Petäys, A. 2012b. Lohien radiotelemetriaseuranant lijoen vesivoimalaitosten alakanavissa v. 2011–2012. Ijoen kalatiet -hankkeen loppuraportti Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskukselle 20.12.2012. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2012. 42 s.
- Jaukkuri, M., Orell, P., van der Meer, O., Rivinoja, P., Huusko, R. & Mäki-Petäys, A. 2013. Nuosulohien käyttäytyminen voimalaitosten alakanavissa ja kalatiehen hakeutumiseen vaikuttavat tekijät: kirjallisuuskatsaus. RKTL:n työraportteja 20/2013. 31 s.
- Karppinen, P., Marttila, M., Jaukkuri, M., Annala, M., Männistö-Vetoniemi, K., Heikkinen, S., Jørgensen, S., Vähä, V. & Erkinaro, J. 2008. Lohien ja haukien telemetriaseurananta Oulujoen alaosaalla. Teoksessa: Laine, A. (Toim.). Palaako lohi Oulujokeen? Loppuraportti Oulu- ja Lososinkajoilla tehdyistä selvityksistä 2006–2007. s. 85-94.

- Karppinen, P., Mäkinen, T., Erkinaro, J., Kostin, V., Sadkovskij, R., Lupandin, A. & Kaukoranta, M. 2002. Migratory and route-seeking behaviour of ascending Atlantic salmon in the regulated River Tuloma. *Hydrobiologia* 483: 23–30.
- Larinier, M. 2008. Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France. *Hydrobiologia* 609: 97-108.
- Larinier, M., Travade, F. & Porcher, J.P. 2002. Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 364: 208 s.
- Lundqvist, H., Rivinoja, P., Leonardsson, K. & McKinnell, S. 2008. Upstream passage problems for wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a regulated river and its effect on the population. *Hydrobiologia* 602: 111–127.
- Marttila, M., Orell, P., Erkinaro, J., Romakkaniemi, A., Huusko, A., Jokikokko, E., Vehanen, T., Piironen, J., Huhmarniemi, A., Sutela, T., Saura, A. & Mäki-Petäys, A. 2014. Rakennettujen jokien kalataloudelle aiheutuneet vahingot ja kalatalousvelvoitteet. RKT:n työraportteja 6/2014. 96 s.
- Moilanen, P. & Korhonen, T. 2014. Ossauskosken kalatie. Askel Ounasjoelle 3, 3-D mallinnus. Process Flow Solutions Ltd Oy. 7 s.
- Moilanen, P., Tanttari, J. & Korhonen, T. 2014a. Petäjaskosken kalatien virtausmallinnus. Askel Ounasjoelle 3, 3-D mallinnus. Process Flow Solutions Ltd Oy. 7 s.
- Moilanen, P., Tanttari, J. & Korhonen, T. 2014a. Valajaskosken kalatien virtausmallinnus. Askel Ounasjoelle 3, 3-D mallinnus. Process Flow Solutions Ltd Oy. 7 s.
- Ponnikas, J., Reinikainen, K., Hepola, M., Leppänen, T., Laine, A., Niva, T., Mäki-Petäys, A & Erkinaro, J. 2002. Loikkaako lohi Ounasjokeen? Vaelluskalojen palauttaminen Kemi-/Ounasjokeen, esiselvitys. Lapin ympäristökeskus, alueelliset ympäristöjulkaisut 271. 220 s.
- Rivinoja, P., Huusko, R., Orell, P., Mäki-Petäys, A & Jaukkuri, M. 2012. Behaviour of adult salmon at the power-station outlet Taivalkoski in the River Kemijoki, Finland – a summary of telemetry tracking in 2011. Working report 1.3.2012. 13 s.
- Rivinoja, P. 2011. Behavior of adult salmon at the power-station outlet Montta in River Oulujoki, Finland – A summary of telemetry tracking in 2010. 8 s.
- Rivinoja, P., Leonardsson, K. & Lundqvist, H. 2006. Migration success and migration time of gastrically radio-tagged v. PIT-tagged adult Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 69: 304-311.
- Rivinoja, P., Lindberg, D-E., Leonardsson, K., Wiklund, B-S., Hockersmith, E., Rambo, S., Axel, G. & Lundqvist, H. 2010. Upstream passage of wild adult Atlantic salmon and seatrout in the regulated part of River Umeälven (Sweden). *Report from Department of Wildlife, Fish, and Environmental studies* 1: 25p.
- Rivinoja, P., McKinnell, S. & Lundqvist, H. 2001. Hindrances to upstream migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a northern Swedish river caused by a hydroelectric power-station. *Regulated Rivers: Research and Management* 17: 101–115.
- Roscoe, D. W. & Hinch, S. G. 2010. Effectiveness monitoring of fish passage facilities: historical trends, geographic patterns and future directions. *Fish and Fisheries* 11: 12–33.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Kroglund, F. & Jepsen, N. 2003. Upstream migration of Atlantic salmon at a power station on the River Nidelva, Southern Norway. *Fisheries Management and Ecology* 10: 139-146.
- Whiley, T. (toim.) 2000. Fishway guidelines for Washington State (luonnos). Washington Department for Fish and Wildlife. Luettavissa 2014-04-15 osoitteessa: <http://wdfw.wa.gov/publications/00048/wdfw00048.pdf>



## Liitteet

**Liite 1.** Ossauskoskella vuonna 2012 radiolähettimellä merkittyjen lohien merkintäpöytäkirja. Meri-ikä ja alkuperä perustuvat suomumääritysten tietoihin.

Koodi	Sukupuoli	Pituus (cm)	Paino (kg)	Meri-ikä	Alkuperä	Vapautusaika
101	Koiras	89,0	6,6	2+	Villi	13.7.2012 13:00
102	Koiras	82,0	5,0	2+	Viljelty	13.7.2012 13:00
115	Naaras	82,0	5,4	2+	Viljelty	13.7.2012 13:00
106	Koiras	80,5	5,0	2+	Viljelty	13.7.2012 13:00
108	Naaras	91,0	7,9	2+	Viljelty	13.7.2012 13:00
111	Naaras	84,0	6,0	2+	Viljelty	24.7.2012 11:38
103	Naaras	69,0	3,0	2+	Viljelty	24.7.2012 11:38
107	Naaras	78,0	3,5	2+	Viljelty	24.7.2012 11:38
119	Koiras	50,5	1,0	1+	Viljelty	24.7.2012 11:38
114	Naaras	103,0	9,2	3+	Viljelty	26.7.2012 11:50
125	Koiras	53,5	1,4	1+	Viljelty	26.7.2012 11:40
124	Koiras	54,5	1,1	1+	Viljelty	1.8.2012 12:45
123	Koiras	60,0	1,6	1+	Viljelty	1.8.2012 12:45
120	Koiras	56,0	1,4	1+	Viljelty	6.8.2012 12:00
118	Koiras	54,5	1,3	1+	Viljelty	6.8.2012 12:00
117	Koiras	55,0	1,3	1+	Viljelty	6.8.2012 12:00
116	Koiras	56,0	1,5	1+	Viljelty	22.8.2012 13:55
109	Koiras	66,0	2,5	1+	Viljelty	22.8.2012 13:55
121	Koiras	65,0	2,5	1+	Viljelty	22.8.2012 13:55
122	Koiras	61,0	2,1	1+	Viljelty	22.8.2012 13:55
113	Naaras	82,0	5,4	2+	Viljelty	22.8.2012 13:55
104	Naaras	83,0	5,3	2+	Viljelty	22.8.2012 13:55

**Liite 2.** Petäjäsken alakanavaan vuonna 2013 siirrettyjen, radiolähettimellä tai painelähettimellä merkittyjen lohien merkintäpöytäkirja. Meri-ikä ja alkuperä perustuvat suomumääritysten tietoihin.

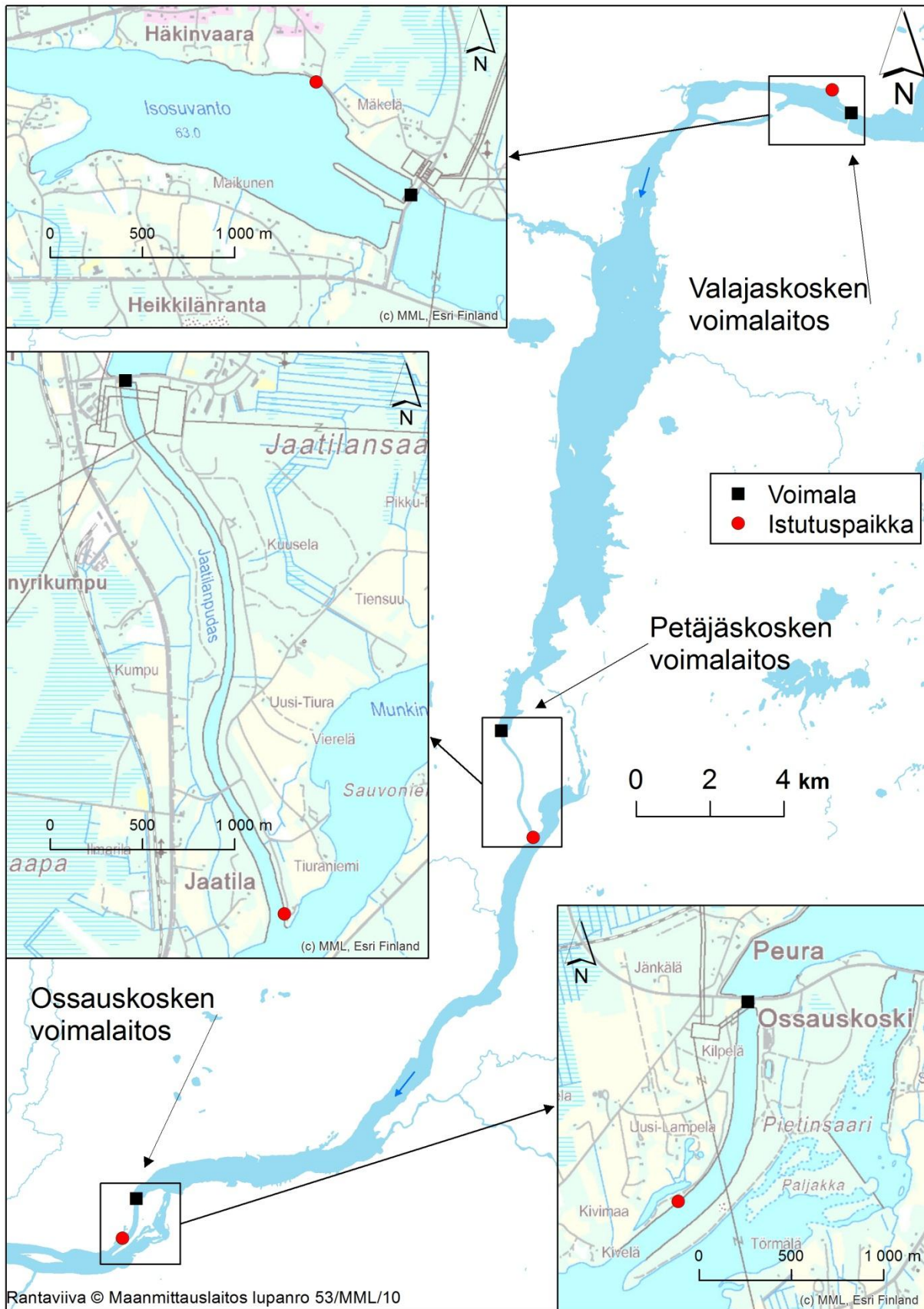
Koodi	Sukupuoli	Pituus (cm)	Paino (kg)	Meri-ikä	Alkuperä	Vapautusaika
134	Naaras	80,0	5,0	2+	Viljelty	27.6.2013 17:01
137	Naaras	96,5	10,0	2+	Viljelty	27.6.2013 17:01
130	Naaras	105,0	11,0	?	?	27.6.2013 17:01
136	Naaras	90,0	6,6	2+	Viljelty	27.6.2013 17:01
156	Koiras	85,0	5,8	2+	Viljelty	4.7.2013 12:50
157	Naaras	80,0	4,2	2+	Viljelty	4.7.2013 12:50
139	Naaras	82,0	5,5	2+	Viljelty	5.7.2013 12:22
159	Naaras	90,5	8,0	2+	Viljelty	5.7.2013 12:22
146	Naaras	84,0	5,2	2+	Viljelty	10.7.2013 13:21
147	Naaras	80,0	5,0	2+	Villi	10.7.2013 13:21
138	Koiras	88,0	6,5	2+	Viljelty	10.7.2013 13:21
148	Naaras	83,0	6,0	2+	Villi	10.7.2013 13:21
155	Naaras	90,0	7,5	3+	Viljelty	10.7.2013 13:21
167	Koiras	52,0	1,2	1+	Viljelty	7.8.2013 15:00
164	Koiras	56,5	1,6	1+	Viljelty	7.8.2013 15:00
165	Naaras	61,0	2,0	1+	Viljelty	7.8.2013 15:00
160	Koiras	55,0	1,4	1+	Viljelty	7.8.2013 15:00
166	Koiras	54,0	1,3	1+	?	7.8.2013 15:00
86	Koiras	86,0	1,0	1+	Villi	7.8.2013 15:00
132	Naaras	106,0	10,3	3+	Villi	7.8.2013 15:00
21 (painelähetin)	Naaras	86,0	7,4	2+	Viljelty	1.8.2013 15:00
15 (painelähetin)	Naaras	83,0	6,0	2+	Viljelty	1.8.2013 15:00
10 (painelähetin)	Naaras	93,0	8,3	3+	Viljelty	1.8.2013 15:00
13 painelähetin)	Naaras	101,0	8,7	3+	Viljelty	1.8.2013 15:00
19 (painelähetin)	Koiras	61,0	1,9	1+	Viljelty	7.8.2013 15:00



**Liite 3.** Valajaskosken alakanavaan vuonna 2013 siirrettyjen, radiolähettimellä tai painelähettimellä merkittyjen lohien merkintäpöytäkirja. Meri-ikä ja alkuperä perustuvat suomumääritysten tietoihin.

Koodi	Sukupuoli	Pituus (cm)	Paino (kg)	Meri-ikä	Alkuperä	Vapautusaika
151	Naaras	107,5	12,0	3+	Viljelty	3.7.2013 13:44
152	Naaras	101,0	11,3	3+	Viljelty	3.7.2013 13:44
153	Naaras	85,5	5,7	2+	Viljelty	3.7.2013 13:44
142	Naaras	84,0	6,1	2+	Viljelty	3.7.2013 13:44
143	Naaras	78,0	4,6	2+	Viljelty	3.7.2013 13:44
140	Naaras	85,0	6,0	2+	Viljelty	9.7.2013 13:48
141	Naaras	77,0	4,4	2+	Villi	9.7.2013 13:48
158	Naaras	78,0	3,9	2+	Viljelty	9.7.2013 13:48
145	Naaras	80,0	4,9	2+	Viljelty	9.7.2013 13:48
131	Naaras	80,0	5,0	2+	Viljelty	9.7.2013 13:48
154	Naaras	95,0	7,0	3+	Viljelty	9.7.2013 13:48
135	Koiras	86,0	7,0	2+	Viljelty	11.7.2013 14:05
150	Naaras	102,0	11,0	3+	Viljelty	11.7.2013 14:05
161	Koiras	55,0	1,4	1+	Villi	6.8.2013 14:00
162	Koiras	53,0	1,3	1+	Viljelty	6.8.2013 14:00
163	Koiras	60,0	1,7	1+	Viljelty	6.8.2013 14:00
112	Naaras	90,0	7,0	2+	Viljelty	6.8.2013 14:00
168	Koiras	58,0	2,1	1+	Viljelty	6.8.2013 14:00
96	Koiras	56,0	1,6	1+	Viljelty	6.8.2013 14:00
169	Koiras	58,0	2,0	1+	Viljelty	6.8.2013 14:00
18 (painelähetin)	Naaras	100,0	9,0	3+	Viljelty	23.7.2013 17:00
17 (painelähetin)	Naaras	107,0	11,2	3+	Viljelty	23.7.2013 17:00
26 (painelähetin)	Naaras	85,0	6,4	2+	Viljelty	23.7.2013 17:00
18 (painelähetin)	Naaras	63,0	2,3	1+	Viljelty	23.7.2013 15:00
17 (painelähetin)	Koiras	67,0	2,7	1+	Viljelty	23.7.2013 15:00

Liite 4. Radiolähettimellä merkittyjen lohien vapautuspaikat Valajaskosken-, Petäjäs- ja Ossauskoskella.



**Liite 5.** Periaatekuva Kemijoen kalateiden alaosan ja sisäänkäyntien suunnitellusta rakenteesta. Kuvapohja: Maveplan Oy.

