

Opinnäytetyö (AMK)

Kala- ja ympäristötalous

2011

Jani Hakkola

TORNIONJOEN NOUSULOHJEN  
(*Salmo salar*) PITUUDEN MIT-  
TAAMINEN DIDSON-  
LUOTAIMELLA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kala- ja ympäristötalous

Toukokuu 2011 | 37 sivua

Ohjaaja(t)

Raisa Kääriä, Juha Lilja

Jani Hakkola

## Tornionjoen nousulohien (*Salmo salar*) pituuden mittaaminen DIDSON-luotaimella

Työssä tarkasteltiin DIDSON- luotaimella havaittujen Tornionjoen lohien pituusmittauksen yhteneväisyyttä eri käsittelijöiden välillä. Työssä DIDSON- luotaimen toimintaa ja kohteiden mittausta on käsitelty syvällisesti.

Dual- frequency identification sonar eli DIDSON- kaikuluotain on viime vuosien aikana markkinoille saatettu laite, joka kehitettiin alun perin USA:n puolustusvoimille helpottamaan vedenalaisten hylkyjen, miinojen ym. vedenalaisten rakenteiden havainnointia. Tänä päivänä sitä käytetään paljon kalantutkimuksessa kuten esimerkiksi, jokiin vaeltavien lohien seurannassa.

RKTL:n omistamia DIDSON- luotaimia (0.7 MHz, 48 signaalia) käytetään Tornionjoen kattilakoskella Itämeren lohien vaelluksen ajoittumisen ja vaeltavien lohimäärien tutkimiseen. Luotaimen avulla havaittuja kaloja voidaan mitata siihen soveltuvalla ohjelmalla. Vuosien 2009 ja 2010 luotaustulosten perusteella luotaimella havaittujen kalojen pituusluokittaisessa tarkastelussa havaittiin suuria eroavaisuuksia aineiston eri käsittelijöiden välillä. Eroja esiintyi myös luotaustulosten ja saalistilastojen välillä.

Vuoden 2010 luotaushavainnoista kootusta tuplatarkasteluaineistosta luotiin vertailuja varten ristiinvertailuaineisto. Ruotsin aineiston vertailu tapahtui kolmen ja Suomen kahden eri käsittelijän välillä. Ruotsin rannan ristiinvertailuaineisto sisälsi 180 kpl ja Suomen 75 kpl eri käsittelijöiden mittaamia, vertailtavia kaloja. Ristiinvertailuaineistojen käsittelyssä käytettiin kaavaa, joka kertoi käsittelijöiden mittauksen keskimääräisen prosentuaalisen virheen (APE).

Suomen rannan ristiinvertailuaineiston käsittelijöiden keskimääräinen prosentuaalinen virhe oli 7,7 %. Ruotsin rannan vastaava tulos oli 7,4 %. Käsittelijöiden pituusmittauksen erot olivat riippuvaisia mm. tavasta mitata tarkastelun kohteena oleva sama kala. Mittauserojen suuruus kasvoi sitä suuremmaksi mitä kauempana luotaimen linssistä kohde mitattiin. Tulosten perusteella Tornionjoen lohien mittaaminen DIDSON- luotaimella antaa riittävän tarkan kuvan vaeltavien lohien kokojakaumasta, mutta myös tulevaisuuden tulosten tarkasteluun tulisi käyttää Tornionjoen lohien saalistilastoja.

ASIASANAT:

DIDSON, lohi, luotainkeila, Tornionjoki, pituudenmittaus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fisheries and environment

May 2011 | 37 pages

Instructor(s)

Raisa Kääriä, Juha Lilja

Jani Hakkola

## Length measurement of upstream migrating salmon (*Salmo salar*) with DIDSON-imaging sonar in the river Tornionjoki

The purpose of this thesis was to examine DIDSON- imaging sonar length measuring coherence between different observers. The function of DIDSON- sonar and the targets measurement were examined profoundly.

Dual- frequency identification sonar (DIDSON) was first developed to the USA military applications for harbor surveillance, underwater investigations and mine identification. Nowadays it's often used to fisheries investigations. Monitoring adult salmon spawning run in rivers is the most commonly used method.

DIDSON- sonar (0.7 MHz, 48 beams) is owned by Finnish game and fisheries institute and it's used for monitoring salmon spawning run in the river Tornionjoki. The sonar and the suitable DIDSON program can be used to measure the monitored fishes. Based on the results from the years 2009 and 2010 the measurement results of the fishes didn't represent the true length of salmon angling catch. There also were big differences between individual's counter measurements.

Double checking data was created from the monitoring results of the year 2010. The number of Swedish double- data counters was three and Finnish shore number of counters was two. To compare the measurements the cross checking data was created from the double checking data. The cross checking data from Swedish shore included 180 pieces and the Finnish shore 75 pieces of fishes of different sizes. The results were analyzed by using the APE (average percent error).

The result between two counters of Finnish cross checking data the APE was 7, 7 % and between three counters of Swedish data the APE was 7, 4 %. The result differences between individual counters derived from their way to measure the fish. The difference in measurements was greater the farther the fish was from the lens when measured. The results show that the length measurement of upstream migrating salmon with DIDSON- sonar is a good way to investigate the size distribution of adult salmon in the river Tornionjoki but also in the future monitoring results should be compare to the salmon angling catch of river Tornionjoki.

KEYWORDS:

DIDSON, salmon, length measurement, size distribution, sonar beam

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 TUTKIMUSALUE</b>	<b>3</b>
2.1 Kattilakosken luotauspaikka	4
<b>3 AINEISTO JA MENETELMÄT</b>	<b>9</b>
3.1 The Dual-frequency IDentification SoNar (DIDSON)	9
3.1.1 Tekniikka	9
3.1.2 DIDSON- ohjelman kuvan mittasuhteet	10
3.1.3 Oheislaitteet	14
3.1.4 Luotaimen tukirakenteet	16
3.2 Aineiston keruu	17
3.3 Aineiston käsittely DIDSON- ohjelmalla ja havaintojen tilastointi	19
3.4 Kalan mittaus	20
3.5 Vertailuaineisto	23
3.6 Pituuskohtaiset vertailuaineistot	24
<b>4 TULOKSET</b>	<b>25</b>
4.1 Saalistilaston suhde luotaimella havaittuihin kaloihin	25
4.2 Pituusmittauksen luotettavuus	26
4.2.1 Pituusmittausten vertailu mittaajien välillä	27
<b>5 TULOSTEN TARKASTELU</b>	<b>30</b>
5.1 Luotausrantojen eroavaisuudet ja vaikutus kalojen mittaukseen	30
5.2 Saalistilastojen suhde luotaimella mitattuihin kaloihin	31
5.3 Pituusmittauksen luotettavuus	32
5.4 Menetelmän soveltuvuus	34
5.5 Aineistonkeruun ongelmia aiheuttavat ulkoiset tekijät	35
<b>6 LÄHDELUETTELO</b>	<b>36</b>
<b>7 LIITTEET</b>	<b>1</b>
7.1 Kesän 2009 luotaustulokset	1
7.2 Kesän 2010 luotaustulokset	2

## KUVAT

Kuva 1. Kattilakosken sijainti vesistössä. Suurin osa lohista vaeltaa Kattilakosken luotauslinjan ohi kohti kutualueita. Vihreä väri kuvaa Atlantin Itämeren lohen leviittäytymistä Tornionjoessa. (Muokattu, RKTL 2010) .....	4
Kuva 2. Ilmakuva tutkimusalueesta. Ruotsin ranta vasemmalla ja Suomen oikealla. Luotauslinjan pohjanmuodot näkyvät kuvassa korostettuna (kuva: RKTL - MML/VIR/ILMA/021/09, Juha Lilja) .....	5

Kuva 3. Keskiuoman luotainyksikkö asennettiin ankkuroituun veneeseen (kuva: Juha Lilja).....	6
Kuva 4. Ruotsin rannan DIDSON- yksikkö, metalliset ohjainaidat ja rosterilaatikko, jossa DIDSONin hallintalaitteita säilytettiin kesällä 2010 . Kuvan oikeassa yläkulmassa näkyvää ravintolarakennusta käytettiin hallintalaitteiden ym. säilytyspaikkana kesällä 2009. ....	7
Kuva 5. Pohjakarttakuva Kattilakosken luotauspaikasta elokuussa 2009. DIDSON luotaimet molemmilla rannoilla luotauslinjoineen kuvattuna. Tumman sininen väri kuvaa syvää vettä ja vihreä alue tulva- vyöhykettä. Sininen viiva on rantaviiva. Punaiset viivat luotainkeilassa tarkoittavat etäisyyttä, johon 40 m luotausikkuna rajautui. Ohjainaidat kuvattu katkoviivoilla. Ruutujen mitta-asteikko on 50 x 50 m (Muokattu RKTL, 2010). ..	8
Kuva 6. Luotaimen toimintaperiaate (RKTL, muokattu 2011) .....	10
Kuva 7. DIDSON- ohjelman luoma kuva vaeltavasta lohesta. Kaikki tummasta taustasta erottuvat pikselit muodostavat kalan hahmon. ....	11
Kuva 8. Horisontaalinen kaavakuva DIDSON- luotaimen toiminnasta Burwenin (2010, 1308) mukaan. Luotain lähettää matalataajuudella ja isoa linssiä käytettäessä 48 äänikeilaa 14° kulmassa, jossa yhden keilan avautumiskulma on 0.3°. Huom. Koska äänikeilat leviävät etäisyyden kasvaessa, lähempänä linssiä havaittu kala tallentuu tarkemmin kuin kauempana. Havainnollistamisen helpottamiseksi kuvan äänikeilojen määrä ei ole todellinen.....	13
Kuva 9. DIDSON- yksikkö sähkökäyttöiseen rotaattoriin kiinnitettynä.Lähettimen alla oleva suorakulmainen osa on liikkuva, äänisignaaleita keskittävä korkean resoluution takaava iso linssi. Kuvassa näkyvä kaapeli on rotaattorin ja sen hallintalaitteen välinen. ....	15
Kuva 10. Kuva luotaimen hallintalaitteista. Oikealla yläkulmassa luotaimen virtalaatikko, josta tiedot siirretään verkkopiuhun avulla tietokoneeseen. Vasemmalla jännitepiikkejä estävä verkkovirtasuoja. ....	16
Kuva 11. Luotain asennusvalmiudessa Simojoen rannalla. Telineen sivuilla olevat pitkät putket estävät telinettä kaatumasta. Lisäksi teline varmistettiin suurella ankkurilla, joka sijoitettiin telineen ylävirran puolelle. ....	17
Kuva 12. DIDSON- aineiston käsittelyohjelma, jossa n. 110 cm lohi ui vasemmalta oikealle n. 22 m etäisyydeltä luotaimesta. Huom. Kohde suurennettu.....	21
Tornionjoen saalistilastot ja luotaimella havaitut kalat 2010 .....	21
Erään ongelman Kattilakosken luotauksissa aiheutti pienten, yhden merivuoden lohien (kossien) tunnistaminen pituuden perusteella kaikista havainnoista. Tornionjoen v. 2010 saalistilaston (Kuvio 1), (sähköposti, J. Lilja 16.3.2011) mukaan pienet lohet ovat kooltaan noin 50 – 65 cm pituisia. Uudessaan kaukana linssistä (>30 m), niiden mitattu pituus saatettiin yliarvioida ja tällöin ne merkattiin useamman merivuoden lohien luokkaan. Lisäksi pienet kalat saattoivat uida luotainlinjan ohi hyvin epäsäännöllisesti ja tällöin niiden tuottamat pysäytyskuvat olivat huonolaatuisia, jolloin niiden mittaus oli hankala suorittaa. ....	31
Kuva 13. Suomen rannan luotaimella 11 m etäisyydellä havaittu kala kahdessa eri kohdassa mitattuna. Vasemman hahmon mitta on 72 cm ja oikeanpuoleisen 81 cm. Oikeanpuoleisen kuvan hahmo on enemmän kalan mallinen kuin vasemmanpuoleinen. Huom. Kuvan kalat mitattu 40 m luotainkeilassa.....	33
Kuva 14. Suomen rannan luotaimella 30 m etäisyydellä havaittu kala kahdessa eri kohdassa mitattuna. Vasemman hahmon mitta on 95 cm ja oikean 126 cm. Mittauserot kasvavat etäisyyden kasvaessa. Huom. Kuvan kalat mitattu 40 m luotainkeilassa.....	33
Tarkastellessa mittaajien välisiä keskimääräisiä prosentuaalisia mittauseroja (APE) tulee ottaa huomioon siihen vaikuttavat monet seikat mm. luotainsignaalien leviäminen (Kuva 8) ja taustakohinan aiheuttama häiriö. ....	34

Tuloksen parantaminen edellyttäisi mittaajien välistä tiivistä yhteistyötä, jotta mittaukset olisivat yhdenmukaisempia. Ristiinvertailuaineistojen avulla ja kalan mittaussasentoja vertailemalla käsittelijöiden välisiä mittauseroja saataisiin pienemmäksi. ....	34
Varsinaisen luotausaineiston kalahavaintojen mittaamiseen tulisi palkata lisää henkilöitä, koska runsaan aineiston käsittely on kuormittavaa ja mittausten virhealttius kasvaa. ....	35
Elävien, paikalleen ankkuroitavien kalojen käyttöä mittausten luotettavuuden tarkastelussa tulisi harkita, jotta saataisiin arvokasta tietoa todellisten ja luotaimella mitattujen kalojen mittauseroista ja tarkkuudesta pitkällä luotainkeiloilla luodattaessa. ....	35
Kuvio 9. Lopullinen päiväkohtainen kuvio vuoden 2009 luotauksista. Mitattujen kalojen pituuksia on lisätty 11 %. Kalat, jotka ylittivät 67,5 cm pituuden tulkittiin useamman merivuoden lohiksi ja sitä pienemmät kosseiksi ja taimeniksi. Ne, alle 67,5 cm kalat, jotka olivat vaeltaneet ylöspäin ennen heinäkuuta tulkittiin taimeniksi ja heinäkuusta eteenpäin kosseiksi. Taulukosta ilmenee myös jokiveden korkeus- ja lämpötilavaihtelut vuonna 2009 (Vähä ym. 2010, 19). ....	1

## KUVIOT

Kuvio 1. Tornionjoesta vapavälinein pyydettyjen lohien saalistilasto v. 2009 pituusluokittain (n=1611). Lohien kokojakauma on kaksihuippuinen ja se koostuu pääosin yhden- ja kahden merivuoden lohista (Lilja ym. 2010, 15). ....	22
Kuvio 2. Suomen Tornionjoen lohien saalistilasto v. 2010 jaoteltuina 5 cm pituusluokkiin (n=792). Ilmoitetut kalat on pyydetty vapavälinein (Lilja, J. RKTL, 16.3.2011). ....	22
Kuvio 3. Havaittujen kalojen jakauma jaoteltuina 5 cm pituusluokkiin (n=14406). Ruotsin rannan luotaimella tehdyt havainnot keltaisella ja Suomen sinisellä. ....	23
Kuvio 4. Kalahavainnot jaoteltuina 5 cm pituusluokkiin. Jotta havaintojen ja saalistilastojen pituussuhde olisi sama, jouduttiin havaittujen kalojen mittoihin lisäämään 5 cm (n=14582). ....	26
Kuvio 5. Suomen rannan pituuskohtaisen aineiston mittaajien välinen suhde (n=75 kpl). ....	27
Kuvio 6. Ruotsin rannan pituuskohtaisen aineiston mittaaja 2 & mittaaja 1 välinen suhde (n=180 kpl). ....	28
Kuvio 7. Ruotsin rannan pituuskohtaisen aineiston mittaaja 3 & mittaaja 2 välinen suhde (n=180 kpl). ....	29
Kuvio 8. Ruotsin rannan pituuskohtaisen aineiston mittaaja 1 & mittaaja 3 välinen suhde (n=180 kpl). ....	30
Kuvio 9. Lopullinen päiväkohtainen kuvio vuoden 2009 luotauksista. Mitattujen kalojen pituuksia on lisätty 11 %. Kalat, jotka ylittivät 67,5 cm pituuden tulkittiin useamman merivuoden lohiksi ja sitä pienemmät kosseiksi ja taimeniksi. Ne, alle 67,5 cm kalat, jotka olivat vaeltaneet ylöspäin ennen heinäkuuta tulkittiin taimeniksi ja heinäkuusta eteenpäin kosseiksi. Taulukosta ilmenee myös jokiveden korkeus- ja lämpötilavaihtelut vuonna 2009 (Vähä ym. 2010, 19). ....	1
Kuvio 10. Lopullinen päiväkohtainen kuvio vuoden 2010 luotauksista. Luotaimella mitattujen kalojen mittoihin on lisätty 5 cm. Kalat, jotka ylittivät 67,5 cm pituuden tulkittiin useamman merivuoden lohiksi ja sitä pienemmät kosseiksi ja taimeniksi. Alle 67,5 cm pituiset kalat, jotka oli mitattu ennen heinäkuun 5. päivää tulkittiin taimeniksi ja muiksi kaloiksi ja 67,5 cm pituuden ylittäneet heinäkuun 5. päivän jälkeen mitatut kalat kosseiksi. Kuviosta käy myös ilmi jokiveden korkeus- ja lämpötilavaihtelut seurantajakson 2010 aikana (Lilja ym. 2011, julkaisematon). ....	2

## TAULUKOT

Taulukko 1. DIDSON- luotaimen kuvan yksittäisen pikselin mittaustarkkuus eri etäisyyksille, kun käytetään isoa linssiä ja 40 m luotausikkunaa (Lilja, J. 18.4.2011) ..	12
Taulukko 2. Tuntikohtainen vertailuaineisto 2010 sisälsi yhteensä 68 tuntia. Aineisto sisälsi pääasiassa 40 m luotausikkunan tiedostoja. ....	24

# 1 Johdanto

Itämeren Atlantin lohen (*Salmo salar L.*) tila ja kantojen elinvoimaisuus on historian aikana puhuttanut niin tavallista kansaa kuin arvostettuja lohitutkijoitakin. Monien Itämereen johtavien suurten jokien valjastus ja patoaminen sekä vesien likaantuminen ovat tuhoneet suurimman osan niiden luontaisesta lohikannasta. Säännöstelemätön Tornionjoki on yksi harvoista paikoista joissa vielä esiintyy Itämeren lohen ja meritaimenen luontaisesti lisääntyvä kanta. Tornionjoki on myös maailmanlaajuisesti yksi suurimmista Atlantin lohen lisääntymispaikoista (Lapin ympäristökeskus 2006, 2; Vähä ym. 2010, 7; RKTL, Lohen uhanalaisuus 2010 [viitattu 30.3.2011]).

Tornionjoen ja muiden Pohjanlahden jokien lohikanta heikentyi merkittävästi viime vuosisadalla ja etenkin sen jälkipuoliskolla. Liikakalastus ja M74-oireyhtymä yhdessä vähensivät jokiin kutuvaellusta tekevien lohien määrää niin paljon, että kantaa ylläpitäviä lohenpoikasia syntyi yhä vähemmän (Vähä ym. 2010, 7 & 29). Tornionjoen lohikanta oli heikoimmillaan 1980- luvulla. Tämän aallonpohjan jälkeen lohikannan tila on 2000- luvulle tullessa kehittynyt erityisesti tiukentuneiden avomerikalastussäädösten ansiosta. Tämä on lisännyt kudulle selviytyneiden lohien määrää, joka on näkynyt nopeasti lisääntyneissä poikasmäärissä. Tornionjoen lohen poikasmäärät ovat 2000- luvulla olleet keskimäärin 800 000 yksilöä vuodessa (Vähä ym. 2010, 7).

Pohjoisen Itämeren lohet aloittavat kutuvaelluksen jokiin kesän kynnyksellä. Romakkaniemen ja Kallion-Nybergin (1998, 31) päätelmien mukaan Tornionjoen lohen kutuvaelluksen huippu ajoittui 1930- luvulta 1950- luvulle, kesäkuun lopusta heinäkuun puoleenväliin ja oli kestoltaan n. 3-4 kk. Lämpimien keväiden aikaan Tornionjoen lohi näyttäisi vaeltavan jokiin aikaisemmin kuin kylmempinä keväinä (Romakkaniemi & Kallion-Nyberg 1998, 33). Vaelluksen kesto riippuu monista eri syistä, pääosin kuitenkin ravinto- ja ympäristötekijöistä. RKTL:n tutkimuksien (2010, 20) mukaan Tornionjoen lohi saavuttaa sukukyp-



syyden keskimäärin kahden meressä vietetyn talven jälkeen. Lohinaaraat tarvitsevat kuitenkin aina vähintään kaksi vuotta sukukypsyyden saavuttamiseksi. Osa nuorista koiraista puolestaan saavuttaa sukukypsyyden jo yhden meressä vietetyn talven jälkeen. Tällöin niitä kutsutaan kosseiksi (Danie ym. 1984, 7).

Sukutuotteet kypsyvät jokivaelluksen aikana ja kutu tapahtuu talven kynnyksellä (Mills 1989, 10). Kudun jälkeen osa lohista kuolee, osa huuhtoutuu takaisin mereen tai jää talvehtimaan joen suvantoihin (Danie ym. 1984, 7). Talven joessa viettäneitä lohia kutsutaan talvikoiksi ja ne laskeutuvat takaisin mereen seuraavan kevään aikana. Vuoden 2009 Tornionjoen saalistilastojen perusteella 320 yksilön joukosta 27 (9,0 %) oli toista tai useampaa kertaa kudulle palaavia lohia (RKTL 2010, 20).

Dual- frequency Identification sonar eli lyhykäisydessään DIDSON- luotain on viime vuosina markkinoille saatettu kaikuluotain, joka kehitettiin alun perin USA:n puolustusvoimille merimiinojen ym. vesirakenteiden havaitsemisvälineeksi (Moursund ym. 2003, 678). Tänä päivänä sitä kuitenkin käytetään paljon myös muissa vedenalaisissa tutkimuksissa, kuten esimerkiksi nousulohien seurannassa. DIDSON- luotaimen käyttö jokitutkimuksissa on syrjäyttänyt aiemmin käytetyt luotaustekniikat. Esimerkkinä siitä ovat monet Alaskassa sijaitsevat lohijoet, joissa käytetään pelkästään DIDSON- luotainta. (Romakkaniemi & Lilja 2010, 17).

DIDSON- kaikuluotainta käytetään Tornionjoen Kattilakoskella silmälläpidettävän Itämeren lohien vaelluksen ajoittumisen ja vaeltavien lohien määrän tutkimiseen (Lilja ym. 2010, 4). Luotaimen avulla havaittuja kaloja voidaan mitata siihen soveltuvalla ohjelmalla. Vuosien 2009 ja 2010 kokemusten perusteella luotaimella havaittujen kalojen pituuden tarkastelussa havaittiin suuria eroavaisuuksia eri käsittelijöiden välillä. Eroja esiintyi myös luotaustulosten ja saalistilastojen välillä.

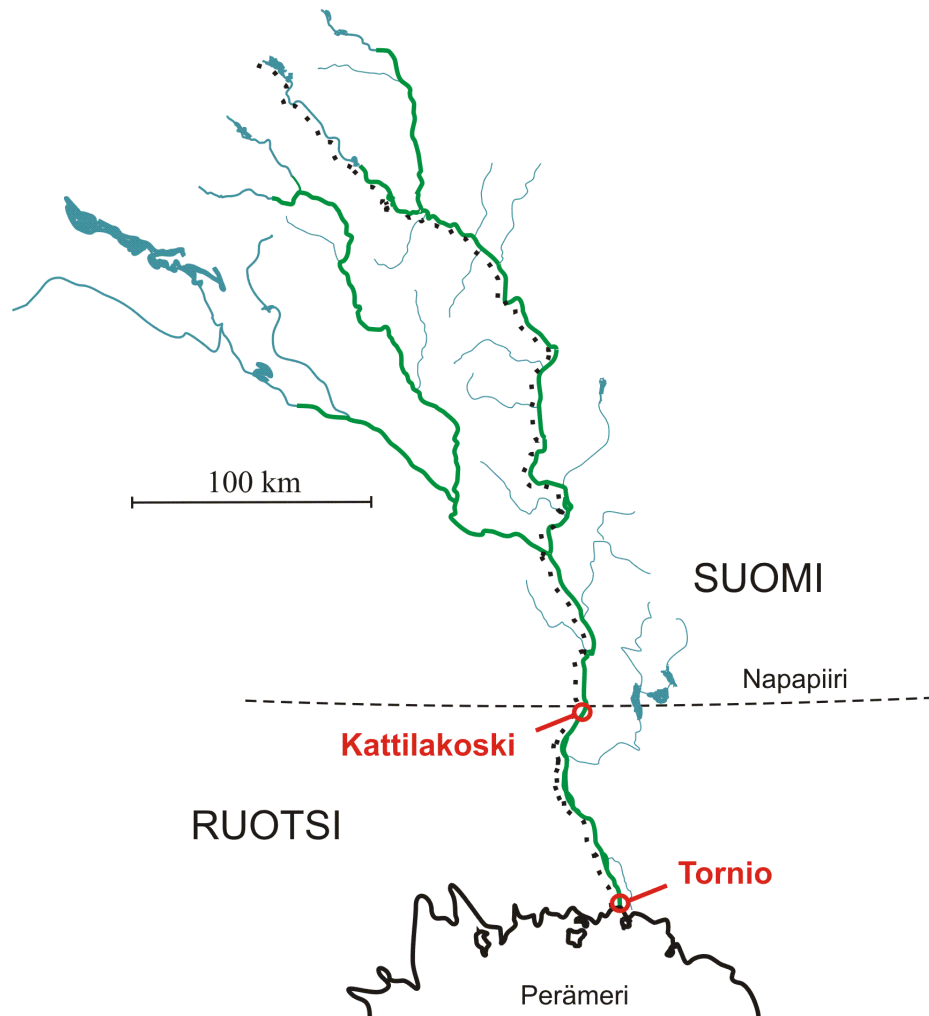
Työn tarkoituksena on käsitellä DIDSON- luotaimen kalahavaintojen pituusmittausta ja sen yhteneväisyyttä eri käsittelijöiden välillä vuoden 2010 aineiston perusteella ja keskittyä pituusmittauksen haasteisiin ja ongelmakohtiin. Työssä

tarkastellaan myös vuoden 2010 luotaushavaintojen ja saalistilaston välistä suhdetta.

## 2 Tutkimusalue

Itämeren alueen suurin vesistöalue (Kuva 1), Tornionjoki on valuma-alueeltaan n. 40 000 km<sup>2</sup> kokoinen, tästä n. 60 % sijaitsee Ruotsin puolella. (Lapin ympäristökeskus 2006, 2). Valuma-alue kurottaa vetensä Perämeren rannikolta aina Pohjois- Ruotsin ja Suomen tuntureille saakka. Tornionjoen keskivirtaama on n. 400 m<sup>3</sup> / s. Tulva-aikana virtaama nousee yleisesti yli 2000 m<sup>3</sup> / s. Tulva aikana voimakkaat vedennousu ja virtaamavaihtelut ovat tavallisia, johtuen vähäisestä järvisyydestä ja luonnontilaisuudesta (Vähä ym. 2010, 7).

Sopiva tutkimusalue RKTL:n DIDSON- luotaimelle löydettiin kesän 2008 tarkempien maastotutkimusten perusteella. Kolmen potentiaalisen tutkimusalueen joukosta valittiin yksi alue, joka soveltuisi parhaiten menetelmän tarkoituksiin. Valitun alueen tuli olla luotaukselle mahdollisimman esteetön, sekä korkealla että matalalla vedenkorkeudella. Parhaiten menetelmän käyttöön soveltuvaksi alueeksi valittiin Kattilakosken niska, jossa virta on mahdollisimman tasainen eivätkä suuret kivet tai jyrkänteet haitanneet luotausta merkittävästi. Kattilakoski sijaitsee n. 100 km päässä merestä (Kuva 1). Suunnitelman mukaan lohien vaelluksen seurantaan kaksi luotaimista asennettiin Kattilakosken niskalle, joilla seurattiin lohien nousun ajoittumisen lisäksi, vaeltavien lohien määrää Tornionjoessa (Lilja ym. 2010, 5).

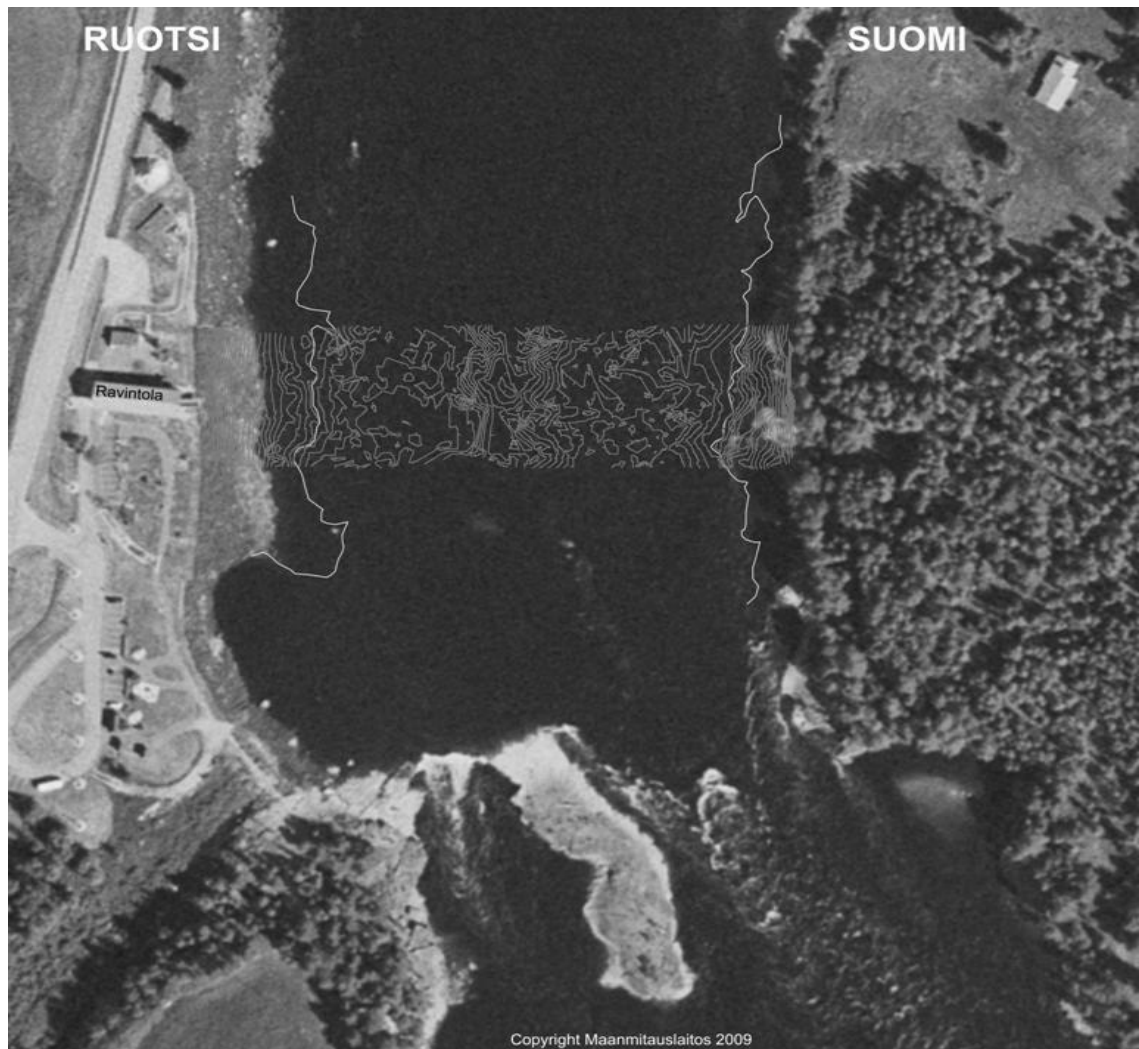


Kuva 1. Kattilakosken sijainti vesistössä. Suurin osa lohista vaeltaa Kattilakosken luotauslinjan ohi kohti kutualueita. Vihreä väri kuvaa Atlantin Itämeren lohien levittäytymistä Tornionjoessa. (Muokattu, RKTl 2010)

## 2.1 Kattilakosken luotauspaikka

Kattilakosken luotauksissa käytettiin pääasiassa kahta luotainyksikköä kesällä 2009 ja 2010 (Kuva 2). Toinen luotaimista Ruotsin ja toinen Suomen puolen rannalla. Kesän 2010 aikana luodattiin jonkin verran myöskin syvää keskiuomaa, johon rantaluotaimilla ei nähdä. Kolmas luotainyksikkö asennettiin ankkuroituun veneeseen rantaluotaimien luotauslinjojen väliin (Kuva 3). Luotaimesta saatavan aineiston perusteella lohet eivät käyttäneet syvää keskiuomaa ylöspäin vaeltaessaan (Lilja ym. julkaisematon)

Ruotsin rannan luotain sijaitsi aivan joen rannalla olevan ravintolarakennuksen kohdalla, jota käytettiin datakoneiden ym. hallintalaitteiden säilytyspaikkana kesällä 2009. Kesällä 2010 tietokoneet ja DIDSONin hallintalaitteet säilytettiin joen rannalla käyttöön suunnitelluissa metallilaatikoissa. Luotaimesta alavirran puoleisella sivulla käytettiin metallisia ohjainaitoja estämään kaloja uimasta liian lähellä luotainta (Kuva 4). Kattilakosken luotauspaikan leveys on n. 150 – 175 m. Maksimisyvyys on n. 4 – 5 m, vedenkorkeudesta riippuen (Kuva 5) (Lilja ym. 2010, 7-8).



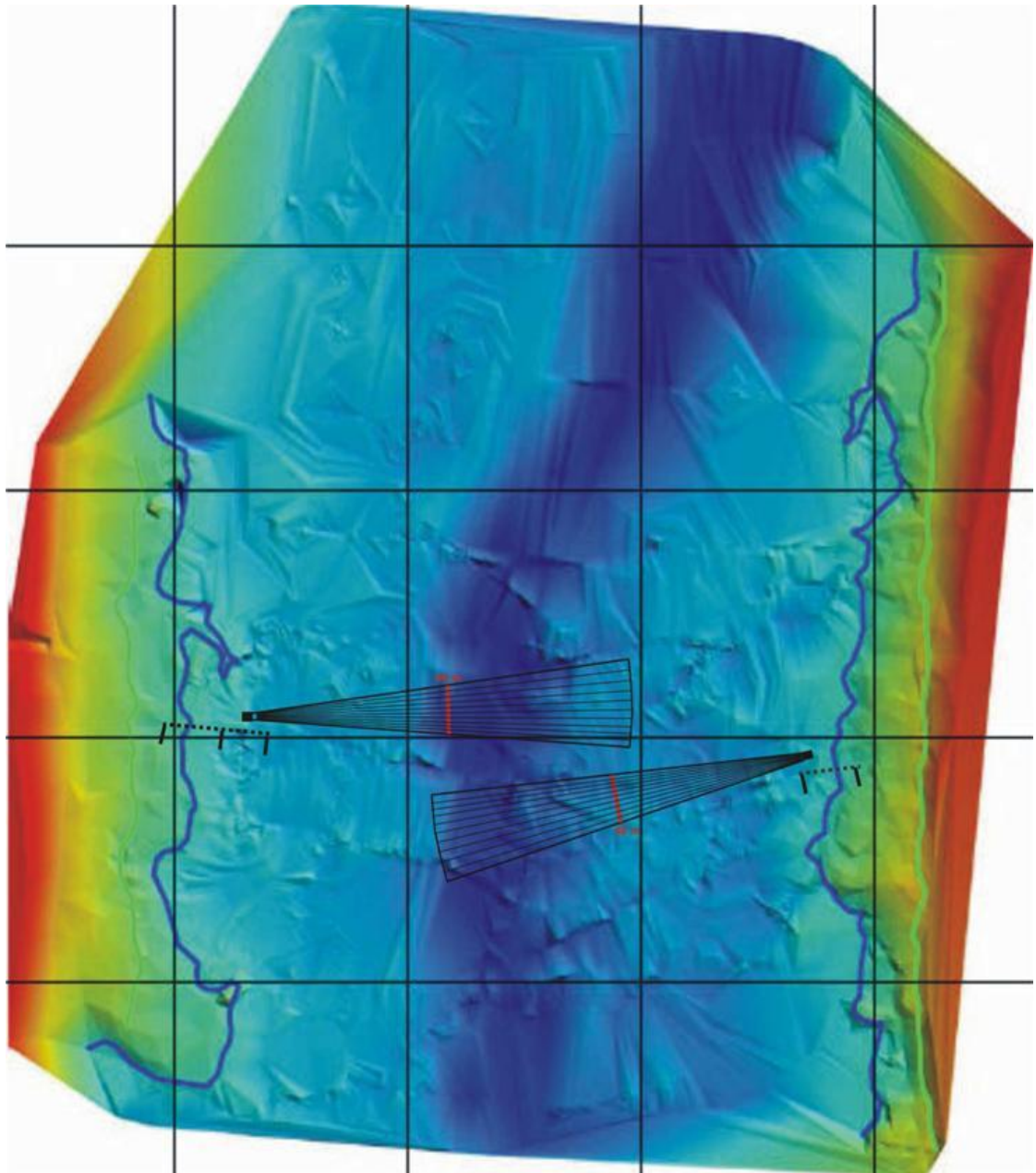
Kuva 2. Ilmakuva tutkimusalueesta. Ruotsin ranta vasemmalla ja Suomen oikealla. Luotauslinjan pohjanmuodot näkyvät kuvassa korostettuna (kuva: RKTL - MML/VIR/ILMA/021/09, Juha Lilja)



Kuva 3. Keskiuoman luotainyksikkö asennettiin ankkuroituun veneeseen (kuva: Juha Lilja)



Kuva 4. Ruotsin rannan DIDSON- yksikkö, metalliset ohjainaidat ja rosterilaatikko, jossa DIDSONin hallintalaitteita säilytettiin kesällä 2010 . Kuvan oikeassa yläkulmassa näkyvää ravintolarakennusta käytettiin hallintalaitteiden ym. säilytyspaikkana kesällä 2009.



Kuva 5. Pohjakarttakuva Kattilakosken luotauspaikasta elokuussa 2009. DIDSON luotaimet molemmilla rannoilla luotauslinjoineen kuvattuna. Tumman sininen väri kuvaa syvää vettä ja vihreä alue tulva- vyöhykettä. Sininen viiva on rantaviiva. Punaiset viivat luotainkeilassa tarkoittavat etäisyyttä, johon 40 m luotausikkuna rajautui. Ohjainaidat kuvattu katkoviivoilla. Ruutujen mitta-asteikko on 50 x 50 m (Muokattu RKTL, 2010).

## 3 Aineisto ja menetelmät

### 3.1 The Dual-frequency IDentification SoNar (DIDSON)

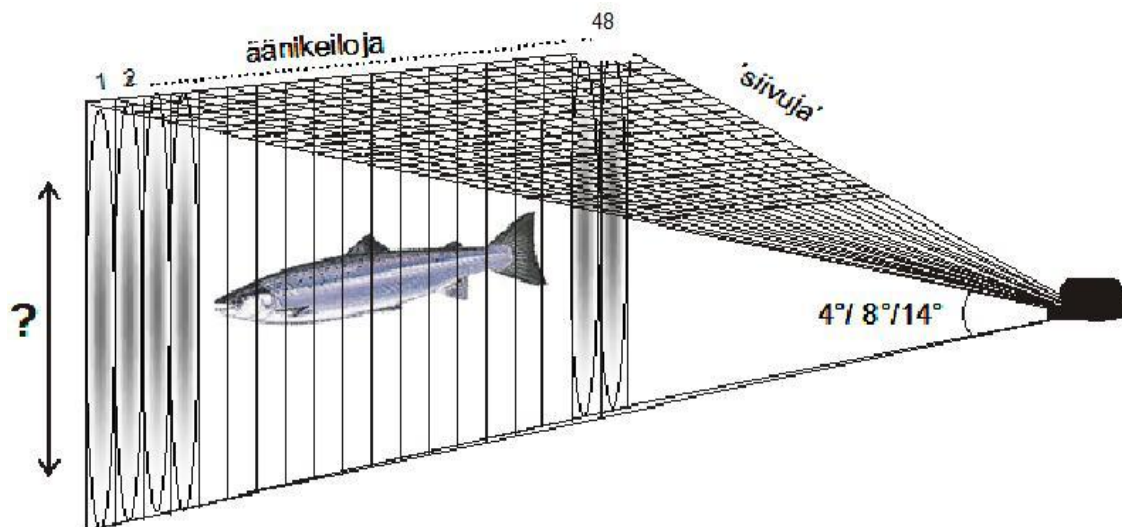
#### 3.1.1 Tekniikka

Washingtonin yliopiston fysiikan laboratorion kehittämä, vedenalaisen DIDSON-luotaimen tuottama kuva perustuu ultraääneen, joka johdetaan akustisen linssin kautta vedenalaiseen kohteeseen (Boswell ym. 2008, 800).

Riista- ja Kalatalouden tutkimuslaitoksen ja Ruotsin Fiskeriverketin suorittamissa Kattilakosken luotauksissa vuosina 2009 – 2010 käytetyillä DIDSON-LR (long range) mallin luotaimilla (Kuva 9) kyetään luotaamaan kahdella eri taajuudella. Käytettäessä korkeataajuutta (HF 1200 kHz), luotaimella pystytään kattamaan maks. 20 m pituinen alue luotaimesta katsottuna. Korkeataajuutta käytettäessä luotaimen tuottaman kuvan laatu on lähes videokuvan tasoista (Mour-sund ym. 2003, 679 – 680).

Kattilakosken luotauksissa käytettiin matalataajuutta (LF 700 kHz). Tällöin luotainkeilojen pituutta voidaan säätää aina 80 m saakka, mutta etäisyyden kasvaessa kuvan resoluutio heikkenee. Luotaimen tuottaman kuvataajuus 40 m luotausikkunalla oli 4 kuvaa/sek. ja 80 m ikkunalla 2 kuvaa/sek. Matalataajuudella luotain lähettää 48 rinnakkaista äänikeilaa, joka johdetaan akustisen linssin kautta poikkivirtaan. Takaisin heijastuva kaikusignaali jaetaan 512 siivuun, jolloin muodostuva kuva on suuruudeltaan  $512 * 48$  kaikuintensiteettiarvoa. Luotaimen lähettämien äänisignaalien kulmaa voidaan muuttaa erilaisten linssien avulla. Kattilakoskella vuosien 2009-2010 aikana käytettiin pääsääntöisesti linssiä, joka tuotti sivuttaissuunnassa  $8^\circ$  ja korkeussuunnassa  $14^\circ$  aukeavan äänikentän (Kuva 6). Kyseiset linssit parantavat kohteen kuvan laatua. Kattilakosken luotauksissa käytettiin luotaimen matalataajuutta, koska virran leveys esti korkeataajuisen signaalin käytön (Burwen ym. 2010, 1307 – 1308; Lilja ym. 2010, 9).



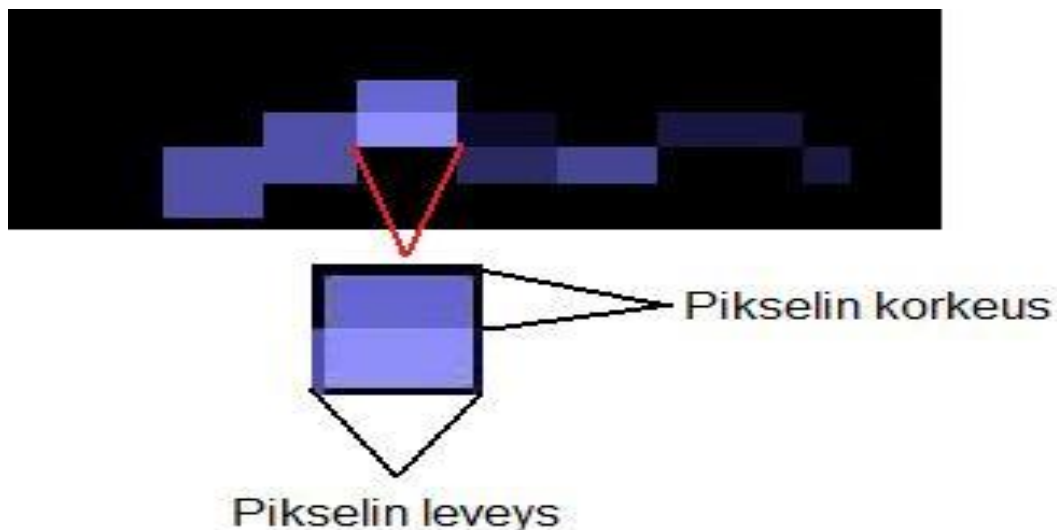


Kuva 6. Luotaimen toimintaperiaate (RKTL, muokattu 2011)

### 3.1.2 DIDSON- ohjelman kuvan mittasuhteet

Matalataajuudella ja käytettäessä korkean resoluutiotason linssiä (iso linssi) luotaimen lähettämien 48 äänikeilan kulloisenkin keilan aukeamiskulma on  $0,3^\circ$  (keilan kulma= $48 \cdot 0,3$ ). Luotausikkunan (Window length) pituus määrittelee DIDSON- ohjelman kuvan resoluution. DIDSONin kuva sisältää 512 pikseliä, joten mitä lyhyempää luotausikkunaa käytetään sitä parempi on kohteen kuvan laatu (Burwen ym. 2010, 1307-1308).

Kuvan yhden pikselin arvo määräytyy sen korkeuden ja leveyden muodostamasta suhteesta (Kuva 7). Luotainikkunan yhden pikselin korkeus muodostuu laskemalla ikkunan pituuden suhde kuvan pikseleihin nähden. Tällöin yksittäisen pikselin korkeus 40 m luotainikkunalla on 7.8 cm ( $4000 \text{ cm}/512$ ). Yksittäisen pikselin korkeuden arvo ei muutu etäisyyden kasvaessa (Burwen ym. 2010, 1308).



Kuva 7. DIDSON- ohjelman luoma kuva vaeltavasta lohesta. Kaikki tummasta taustasta erottuvat pikselit muodostavat kalan hahmon.

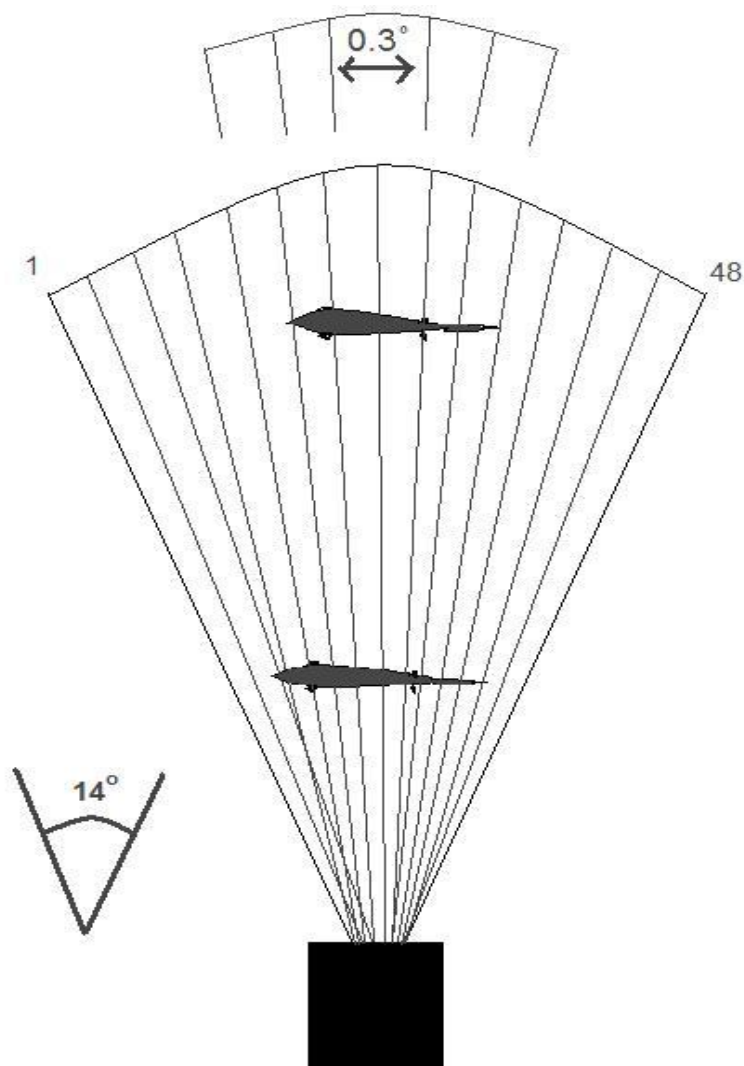
Lähetetyt äänikeilat leviävät luotainkeilan pituuden kasvaessa. Tällöin myös yksittäisten pikseleiden leveys kasvaa (Taulukko 1). Tätän lähellä linssiä havaitut kalat ovat tarkemmin mitattavissa kuin kaukana havaitut (Kuva 8) (Burwen ym. 2010, 1308). Tämä voidaan todistaa kaavalla:

$$X = 2R \tan(\alpha/2)$$

jossa,  $X$  kuvaa kuvan yhden pikselin leveyttä (m),  $R$  etäisyyttä linssistä (m) ja  $\alpha$  yksittäisen äänikeilan kulmaa asteissa (Burwen ym. 2010, 1308).

Taulukko 1. DIDSON- luotaimen kuvan yksittäisen pikselin mittaustarkkuus eri etäisyyksille, kun käytetään isoa linssiä ja 40 m luotausikkunaa (Lilja, J. 18.4.2011)

<b>Etäisyys(m)</b>	<b>Keilan leveys Isolinssi (m)</b>	<b>Mittaustarkkuus Isolinssi (cm)</b>
<b>1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.51</b>
<b>5</b>	<b>1.2</b>	<b>2.55</b>
<b>10</b>	<b>2.5</b>	<b>5.09</b>
<b>20</b>	<b>4.9</b>	<b>10.18</b>
<b>30</b>	<b>7.4</b>	<b>15.27</b>
<b>40</b>	<b>9.8</b>	<b>20.36</b>
<b>50</b>	<b>12.3</b>	<b>25.45</b>
<b>60</b>	<b>14.7</b>	<b>30.54</b>
<b>70</b>	<b>17.2</b>	<b>35.63</b>
<b>80</b>	<b>19.6</b>	<b>40.72</b>
<b>85</b>	<b>20.9</b>	<b>43.27</b>



Kuva 8. Horisontaalinen kaavakuva DIDSON- luotaimen toiminnasta Burwenin (2010, 1308) mukaan. Luotain lähettää matalataajuudella ja isoa linssiä käytettäessä 48 äänikeilaa  $14^\circ$  kulmassa, jossa yhden keilan avautumiskulma on  $0.3^\circ$ . Huom. Koska äänikeilat leviävät etäisyyden kasvaessa, lähempänä linssiä havaittu kala tallentuu tarkemmin kuin kauempana. Havainnollistamisen helpottamiseksi kuvan äänikeilojen määrä ei ole todellinen.

### 3.1.3 Oheislaitteet

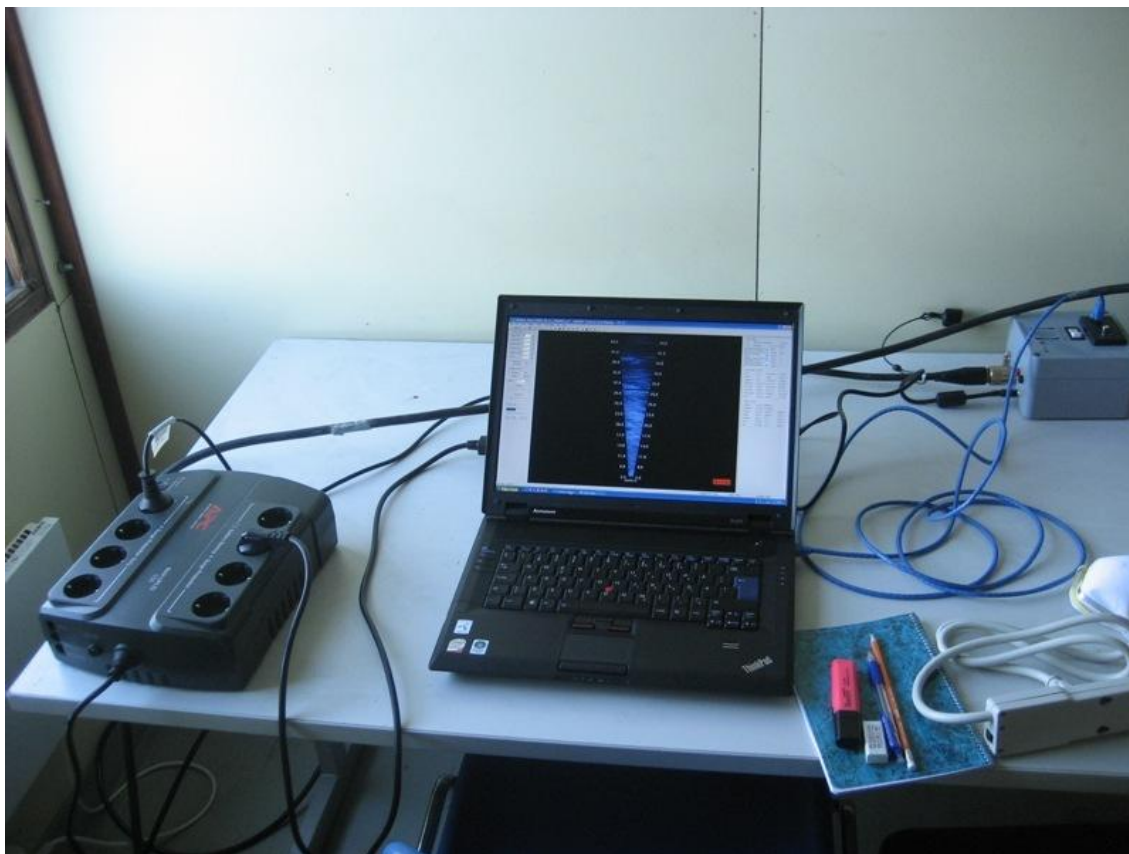
Luotain yhdistettiin kuitukaapelilla oman virtapiirin kautta verkkojohdolla tietokoneeseen. Luotaimen tuottamat tiedot tallennettiin tietokoneen kovalevylle, josta ne myöhemmin tallennettiin siirrettävälle kovalevylle tietojen analysointia varten.

Luotaimen kohdistaminen hoidettiin sähkökäyttöisellä rotaattorilla, jonka avulla luotainta saattoi liikutella sekä sivuttais, että pystysuunnassa. Rotaattori ja sen hallintalaitteen väli oli yhdistetty pitkällä kaapelilla (Kuva 9) (Lilja ym. 2010, 11).

Luotaimet, tietokoneet ja muut oheislaitteet vaativat toimiakseen normaalia verkkovirtaa. Jatkuvat toimisen seurannan varmistamiseksi laitteet pyrittiin suojaamaan nopeilta jännitepiikeiltä, joten laitteiden ja pistorasian välille asennettiin akkukäyttöinen verkkovirtasuojia (Kuva 10). Vuoden 2009 kokemusten perusteella myös itse luotaimet ja luotaimen tukirakenteet jouduttiin suojaamaan ylijännitteiltä vuonna 2010 (Lilja ym. 2010, 7).



Kuva 9. DIDSON- yksikkö sähkökäyttöiseen rotaattoriin kiinnitettynä. Lähettimen alla oleva suorakulmainen osa on liikkuva, äänisignaaleita keskittävä korkean resoluution takaava iso linssi. Kuvassa näkyvä kaapeli on rotaattorin ja sen hallintalaitteen välinen.



Kuva 10. Kuva luotaimen hallintalaitteista. Oikealla yläkulmassa luotaimen virta-  
laatikko, josta tiedot siirretään verkkopiuhan avulla tietokoneeseen. Vasemmalla  
jännitepiikkejä estävä verkkovirtasuoja.

#### 3.1.4 Luotaimen tukirakenteet

Kattilakosken DIDSON- luotaimet kiinnitettiin rakennusputkista rakennettuihin kehikkoihin siirtelyn helpottamiseksi (Kuva 11). Telineen kaatuminen virrassa estettiin rannalta paksuilla köysillä ja / tai suurella ankkureilla telineen ylävirran puolelta. Asennettuna kehikon siirtelyyn Kattikosken voimakkaassa virrassa tarvittiin kaksi miestä. Aineistonkeruun alkuvaiheessa telineitä jouduttiin siirtämään usein vedenkorkeuden nopean vaihtelun vuoksi.

Suomen rannan kehikon pystyttäminen oli verrattain haastavaa kovan virran reunassa. Etenkin alkukaudesta luotaimen asettaminen sovittuun kohtaan tuotti hankaluuksia joen virtaaman ollessa korkea. Lisähaasteita telineen asettamis-

le tuotti liukas ja kalliainen joenpohja. Oikeanlainen suuntaaminen oli tärkeää, jotta kalat tallentuivat tarkasti luotainkeilan ohi uidessaan.

Ruotsin rannan luotaimen suuntaaminen oli helpompi suorittaa, koska luotaintelineelle sopivia pystytyspaikkoja oli tarjolla runsaasti kivikkoisen joenpohjan ansiosta.



Kuva 11. Luotain asennusvalmiudessa Simojoen rannalla. Telineen sivuilla olevat pitkät putket estävät telinettä kaatumasta. Lisäksi teline varmistettiin suurella ankkurilla, joka sijoitettiin telineen ylävirran puolelle.

### 3.2 Aineiston keruu

Vuosien 2009 ja 2010 Kattilakosken luotausaineisto kerättiin pääosin kahdella DIDSON- luotainyksiköllä. Luotaimet pyrittiin sijoittamaan niin, että käytettävät luotauslinjat kattaisivat maksimaalisen alan joenpohjaa mahdollisimman esteet-



tä. Luotaukset pyrittiin suorittamaan jatkuvatoimisesti ilman pitkiä taukoja. (Lilja ym. 2010, 11).

Vuonna 2009 luotaus aloitettiin toukokuun lopulla ja lopetettiin elokuun viimeisellä viikolla. Suomen rannan luotain kattoi 65 % ja Ruotsin puolen 78 % koko tutkimusajanjaksosta. Ajanjakso, jolloin aineistoa ei kertynyt oli 7 %. Luotaukset aloitettiin ensimmäisenä Suomen puolella ja Ruotsin puolella muutamaa päivää myöhemmin.

Vuonna 2010 luotaus aloitettiin samaan tapaan aivan toukokuun lopulla ja lopetettiin elokuun viimeisellä viikolla. Ruotsin rannan luotaimella kerättiin ajallisesti 98 %:a koko tutkimusajanjaksosta. Suomen rannan luotaimen vastaava kattavuus oli 84 %:a.

Luotaukset aloitettiin 40 m luotausikkunalla, koska ylöspäin vaeltavien kalojen havaittiin käyttävän joen matalampaa ranta- aluetta. 80 m luotausikkunaa käytettiin alkukaudesta satunnaisesti, mutta vedenkorkeuden laskiessa sen käyttöä jonkin verran lisättiin. Lyhyempää luotausikkunaa pyrittiin käyttämään ensisijaisesti, koska sen tuottama kuva kohteista oli paljon selkeämpi (Lilja ym. 2010, 11).

Suurin vuoden 2009 tiedonkeruun katkoksia aiheuttanut ongelma oli ukkonen ja siihen liittynyt runsas salamointi. Luotainten hallintalaitteisiin ukkonen ei suuresti vaikuttanut, joten pitkiin luotauskaapeleihin kertynyt jännitepiikki tai suoraan vedestä johtuva sähköinen varaus keskeytti luotauksen (Lilja ym. 2010, 11). Vuonna 2010 luotaimiin asennetut ylijännitesuojat estivät luotaimen rikkoutumisen, jolloin pitkiltä katkoksilta vältyttiin. Luotaimien pakolliset huoltotoimenpiteet aiheuttivat lyhyitä. n. 10 min – 1 h mittaisia katkoksia.

Suurimman osan ajasta luodattiin 40 m luotainikkunalla. Näin virran leveydestä katettiin n. 47 – 67 %. Luodattaessa satunnaisesti 80 m luotausikkunalla, joen leveys voitiin kattaa 100 %, mutta tälläkään ei syvän keskiuoman pohja-aluetta nähty.

### 3.3 Aineiston käsittely DIDSON- ohjelmalla ja havaintojen tilastointi

DIDSON- luotaimet ohjelmoitiin luomaan uusi tiedosto päivämäärineen aina tunnin (60 min) jaksoissa. Vuoden 2009 aineiston tallentamiseen ja sen käsitteilyyn käytettiin DIDSON V. 5.21 ohjelmistoa ja v. 2010 päivitettyä ohjelmaversiota v. 5.25 (Sound Metrics Corporation, [viitattu 13.2.2011]). Aineiston tarkastelun jälkeen DIDSON- aineistot tallennettiin kopioina ulkoisille kovalevyille arkistointia ja myöhempää tarkastelua silmälläpitäen (Lilja ym. 2010 12).

Ohjelman avulla luotaimen tuottama akustinen kuva vaihdettiin kuvaan, jolla liikkuvat kalat oli helpompi havainnoida. Lisäksi aineiston kuvaa säädettiin kirkkauden- ja kontrasti painikkeiden avulla niin, että taustakohinan aiheuttama häiriö olisi mahdollisimman vähäistä. Taustakohinaa aiheutti etenkin kova virtaus korkean veden aikana. Hyväksi todettuja asetuksia käytettiin koko seurannan ajan.

Aineistot käytiin läpi n. 10 – 15 kertaisesti nopeutettuna.

Tiedostojen tarkastelun jälkeen kaikki havaitut kalat koottiin yhteen merkkajärjestyksessä ja siirrettiin excel- taulukkoohjelmaan. Excelin avulla havainnoista poimittiin alustavasti kaikki ylävirtaan pyrkineet 67,5 cm rajan ylittäneet kalat ja niistä luotiin alustava päiväkohtainen taulukko. Analysoitaessa 80 m luotausikunan tiedostoja, niissä havaittu kalojen lukumäärä laajennettiin koko tunnin jaksolle. Esim. Jos 20 min tiedostossa havaittiin 2 lohen kokoista kalaa, tarkoitti se 6 kalaa tunnissa (Lilja ym. 2010, 14). Myös alavirtaan uineet kalat mitattiin, mutta ne otettiin huomioon vasta lopullisia tuloksia tarkasteltaessa (Liite, kuvio 8 ja kuvio 9), (Lilja ym. 2010, 13).

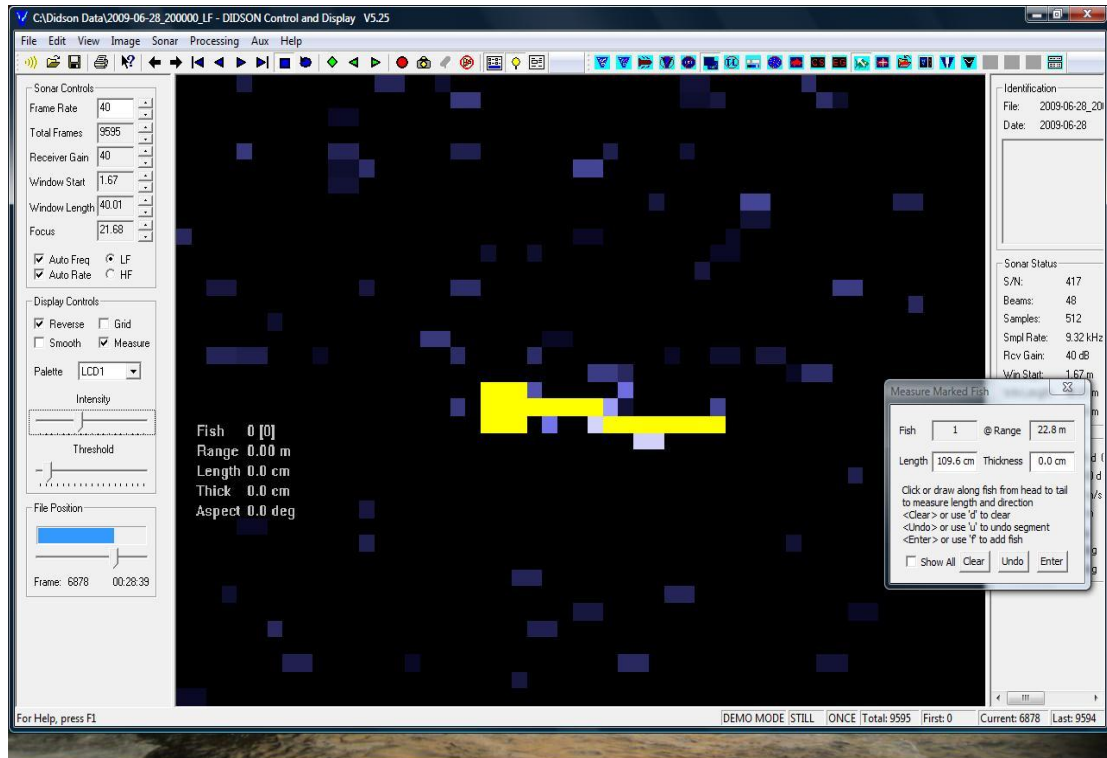
Puuttuvien ajanjaksojen kalamäärän arviointiin käytettiin kahta menetelmää. Kun toinen luotaimista ei ollut toiminnassa korvattiin puuttuva jakso laskemalla tälle kerroin, joka suhteutettiin vastarannan kalamääriin. Kerroin saatiin laskeamalla rantojen edellisten päivien kalamäärien suhde toisiinsa, kun luotaimet ovat olleet toiminnassa. Puuttuvat yksittäiset tunnit korvattiin edellisen ja seuraavan vuorokauden saman tunnin keskiarvolla (Lilja ym. 2010, 14).

### 3.4 Kalan mittaus

Kun luotainkeilassa uiva kala havaittiin, tiedosto pysäytettiin ja kohdetta suurennettiin. Hidastuskuvaa apuna käyttäen kalaa voitiin tarkastella kuva kuvalta eri asennoissa kunnes paras kohta mittaamiselle löytyi. Kalan merkkaustyökälun ja cursorin avulla mittaus suoritettiin valitsemalla ruudulta kaikki kohteelle kuuluneet pikselit, päästä pyrstöön. Tällöin ohjelma antoi kalalle mitan (Kuva 12). Mittaushetkellä tuli ottaa huomioon kalan kulkusuunta, jotta jokea ylöspäin suuntaavat kalat saatiin merkattua. Ohjelman asetuksista johtuen ylöspäin uivat kalat merkattiin vasemmalta oikealle. Kun kala oli merkattu tiedoston läpikäyntiä jatkettiin normaalisti. Mittaus- ja ym. tiedot tallentuivat muistioon (Lilja ym. 2010, 13).

DIDSONin resoluution vuoksi kalojen ”ulkoinen” tunnistaminen oli mahdotonta. Tästä syystä tunnistaminen tehtiin kalan pituuden mukaan. Kaikki yli 67,5 cm pituuden ylittäneet kalat merkattiin lohiksi. Kaikki 45 – 67,5 cm pituiset kalat merkattiin ajallisten sijoittumisen mukaan, joko taimeniksi tai muiksi kaloiksi (Liite, kuvio 8 ja kuvio 9).

Alkukaudesta vedenkorkeuden ollessa korkealla, jokea ylöspäin pyrkineet isot kalat havaittiin pääasiassa 5-10 m etäisyydeltä luotaimen linssistä. Vedenkorkeuden laskiessa kalat uivat etäämpää luotaimesta. Paras kohta mitata luotainkeilan ohi uiva kala oli 15-25 m etäisyys linssistä (Kuva 12).

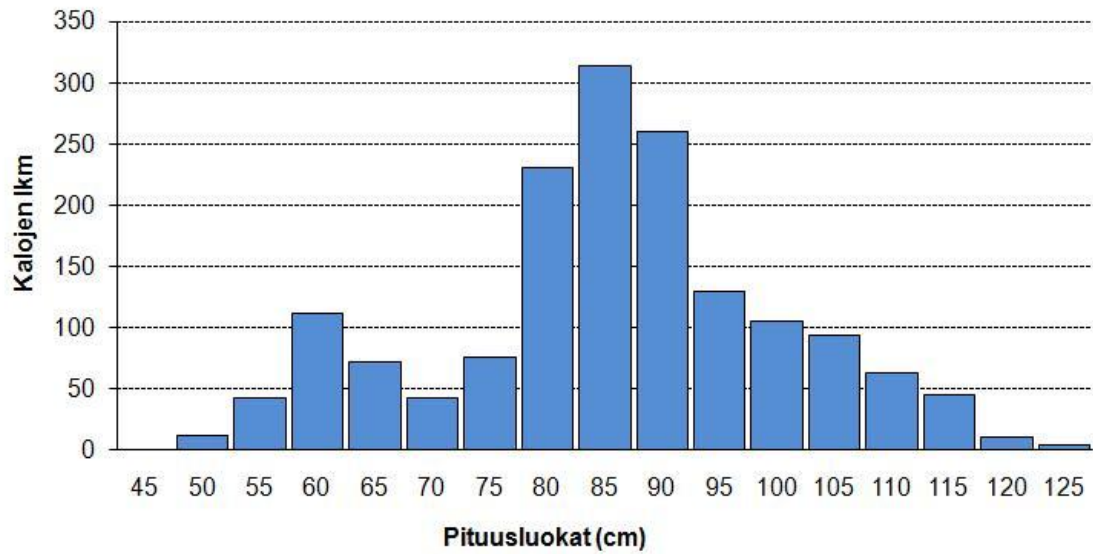


Kuva 12. DIDSON- aineiston käsittelyohjelma, jossa n. 110 cm lohi ui vasemmalta oikealle n. 22 m etäisyydeltä luotaimesta. Huom. Kohde suurennettu.

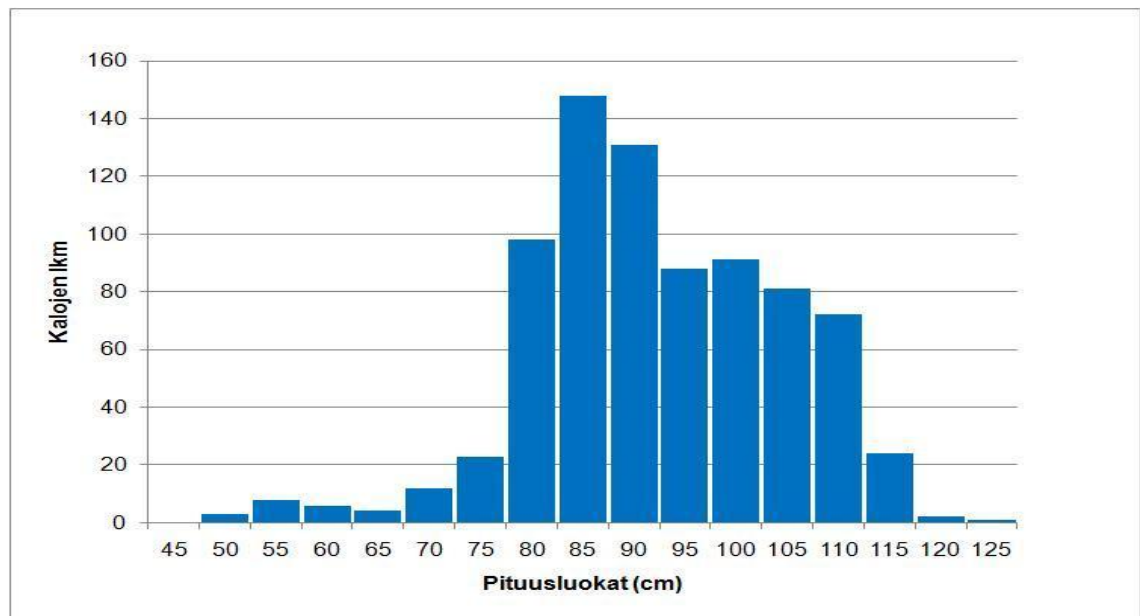
### Tornionjoen saalistilastot ja luotaimella havaitut kalat 2010

Saalistilastot 2009 (Kuvio 1) ja 2010 (Kuvio 2) osoittavat, että lohien kokoja-kauma on kaksihuippuinen. Pienimmät pylväät, 47.5 – 67.5 cm kuvaavat yhden merivuoden lohien määrää. Korkeimmat palkit kuvaavat runsaimmin jokeen nousevia 2- ja useamman merivuoden lohia.

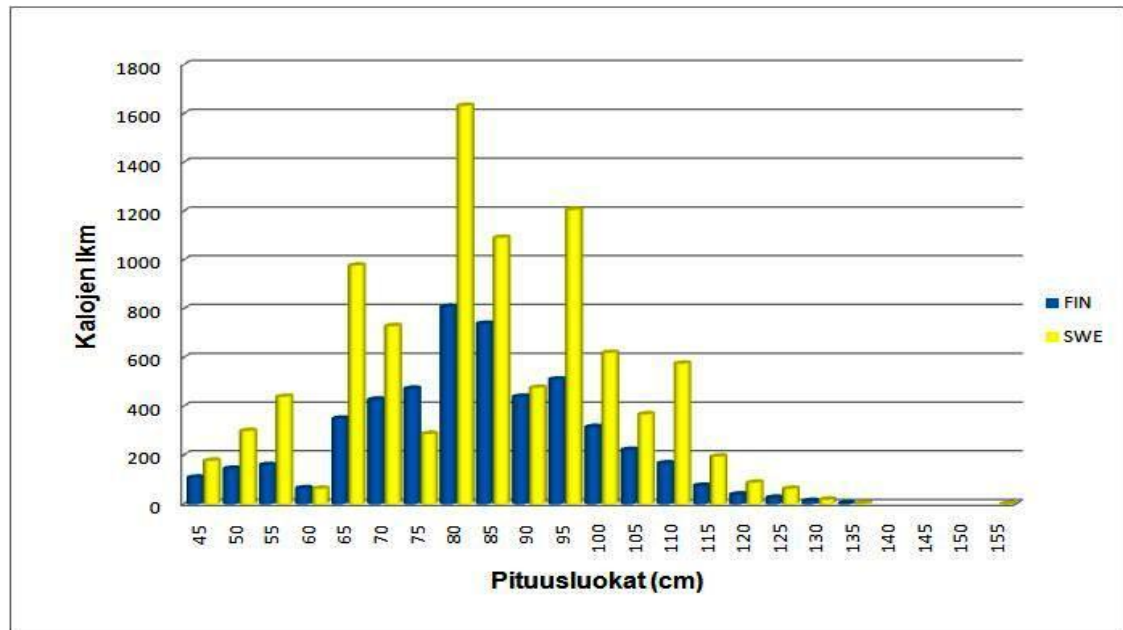
Saalistilastoja käytettiin luotausaineistojen pituusmittauksen tarkkuuden tarkastelussa (Kuvio 3). Varsinkin yhden merivuoden lohien osalta saalistilaston vertailu luotautuloksiin oli välttämätöntä. Tässä työssä vertailuun käytettiin vuoden 2010 aineistoa.



Kuvio 1. Suomen Tornionjoen vapavälineillä pyydettyjen lohien saalistilasto v. 2009, pituusluokittain esitettynä (n=1611). Lohien kokojakauma on kaksihuip- puinen ja koostuu pääosin yhden- ja kahden merivuoden lohista (Lilja ym. 2010, 15).



Kuvio 2. Suomen Tornionjoen vapavälineillä pyydettyjen lohien saalistilasto v. 2010, pituusluokittain esitettynä (n=792), (Lilja, J. RKTL, 16.3.2011).



Kuvio 3. Vuonna 2010 havaittujen kalojen jakauma 5 cm pituusluokittain esitetynä (n=14406). Ruotsin rannan luotaimella tehdyt havainnot keltaisella ja Suomen sinisellä.

### 3.5 Vertailuaineisto

Vertailuaineisto luotiin Suomen ja Ruotsin vuoden 2010 luotausaineistojen pohjalta. Aineisto sisälsi 34 h / luotain eli yhteensä 68 h aineistoa. Ajallisesti aineisto pyrittiin luomaan niin, että se kattaisi koko luotauskauden eri vuorokauden aikoina (Taulukko 2). Vertailuaineiston käsittelijöinä toimi kolme henkilöä. Kaksi suomalaista ja yksi ruotsalainen. Kaikki kolme käsittelijää analysoivat Ruotsin rannan vertailuaineiston. Kaksi suomalaista käsitteli puolestaan Suomen rannan aineiston.

Kappalemääräisesti tarkasteltuna käsittelijöiden erot eivät olleet merkittäviä ja sen vuoksi niitä ei tulokset osiossa tarkastella.

Taulukko 2. Tuntikohtainen vertailuaineisto 2010 sisälsi yhteensä 68 tuntia. Aineisto sisälsi pääasiassa 40 m luotausikkunan tiedostoja.

<b>Vertailuaineisto 2010</b>					
<b>Vk.</b>	<b>Pvm.</b>	<b>KLO.</b>			
22	4.6.2010	10:00 - 11:00	12:00 - 13:00	20:00 - 21:00	
23	11.6.2010	06:00 - 07:00	15:00 - 16:00	19:00 - 20:00	21:00 - 22:00
24	16.6.2010	15:00 - 16:00	19:00 - 20:00	23:00 - 00:00	
25	26.6.2010	01:00 - 02:00	07:00 - 08:00	18:00 - 19:00	
26	28.6.2010	08:00 - 09:00	12:00 - 13:00		
26	4.7.2010	01:00 - 02:00	05:00 - 06:00	13:00 - 14:00	
27	6.7.2010	04:00 - 05:00	10:00 - 11:00		
27	11.7.2010	02:00 - 03:00	07:00 - 08:00		
28	13.7.2010	00:00 - 01:00	13:00 - 14:00	20:00 - 21:00	
31	3.8.2010	16:00 - 17:00	21:00 - 22:00		
31	4.8.2010	03:00 - 04:00	08:00 - 09:00	12:00 - 13:00	
31	8.8.2010	04:00 - 05:00	13:00 - 14:00	20:00 - 21:00	
32	9.8.2010	17:00 - 18:00			
<b>YHT.</b>	34 h X 2				
	<b>68 h</b>				

### 3.6 Pituuskohtaiset vertailuaineistot

Pituuskohtaiset vertailuaineistot luotiin varsinaisen vertailuaineiston pohjalta. Aineistojen tarkoituksena oli vertailla samojen kalojen pituuskohtaisia eroja käsittelijöiden välillä, koska vastaavaa tutkimusta Kattilakosken aineistoista ei aikaisemmin oltu tehty. Uuden tiedon valossa voidaan tulevaisuudessa keskittyä pituusmittauksen ongelmakohtiin ja pyrkiä sen osalta tarkempiin tuloksiin.

Tarkastelun kohteena olevat kalat pyrittiin valitsemaan niin, että niiden pituus oli mitattu mahdollisimman samanaikaisesti eri käsittelijöiden toimesta. Tarkastelun kohteena olevien kalojen pituudet vaihtelivat 45 – 130 cm välillä. Ruotsin rannan pituuskohtainen aineisto sisälsi yhteensä 180 kpl vertailukohteena olevaa kalaa. Suomen rannan vastaava aineisto sisälsi yhteensä 75 kpl kaloja.

Pituuskohtaisten aineistojen käsittelyssä käytettiin kaavaa, joka kertoi käsittelijöiden mittauksen keskimääräisen prosentuaalisen virheen (APE).

Kaava (APE) on muotoa:

$$APE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[ \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - \bar{X}_j|}{\bar{X}_j} \right] \times 100$$

jossa,  $N$  kuvaa kunkin käsittelijän  $R$  mittausten lukumäärää,  $\bar{X}_j$  on kalojen pituuksien keskiarvo ja  $X_{ij}$  yksittäisen kalan pituus (Holmes ym. 2006, 549).

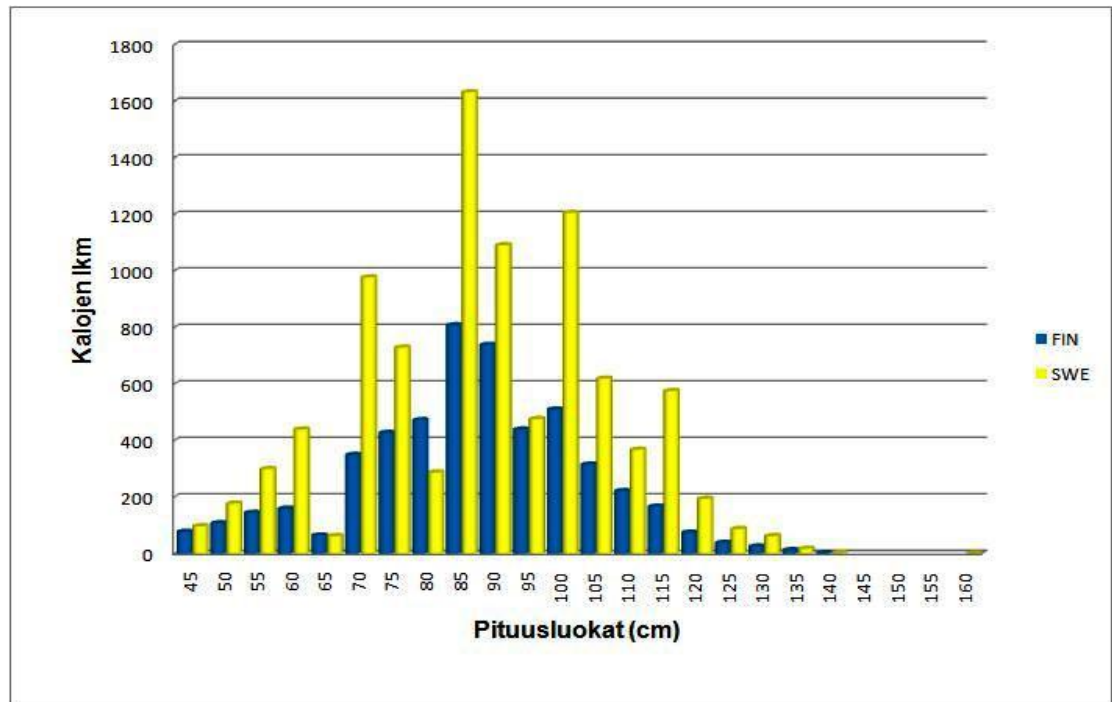
Lisäksi eri käsittelijöiden pituusmittauksen tuloksia verrattiin toisiinsa korrelaatiolla ja t- testin avulla.

## 4 Tulokset

### 4.1 Saalistilaston suhde luotaimella havaittuihin kaloihin

Havaittujen kalojen pituusluokkainen kokojakauma sopii huonosti vertailtaessa sitä saalistilaston kokojakaumiin (Kuvio 1). Luotaimella havaittujen kalojen mitaukset oli arvioitu alakanttiin. Tästä syystä havaittujen kalojen mittoihin jouduttiin lisäämään 5 cm (Kuvio 4).





Kuvio 4. Vuoden 2010 kalahavainnot jaoteltuina 5 cm pituusluokkiin. Jotta havaintojen ja saalistilastojen pituussuhde olisi sama, jouduttiin havaittujen kalojen mittoihin lisäämään 5 cm (n=14582).

#### 4.2 Pituusmittauksen luotettavuus

Pituusmittauksen luotettavuutta tarkasteltiin matemaattisen kaavan avulla (APE), joka kertoi kalahavaintojen mittaajien keskimääräisen mittauseron prosentuaalisesti ristiinvertailuaineistoista.

Ruotsin rannan pituuskohtaisen aineiston kolmen mittaajan keskimääräinen mittavirhe oli suuruudeltaan 7,4 %.

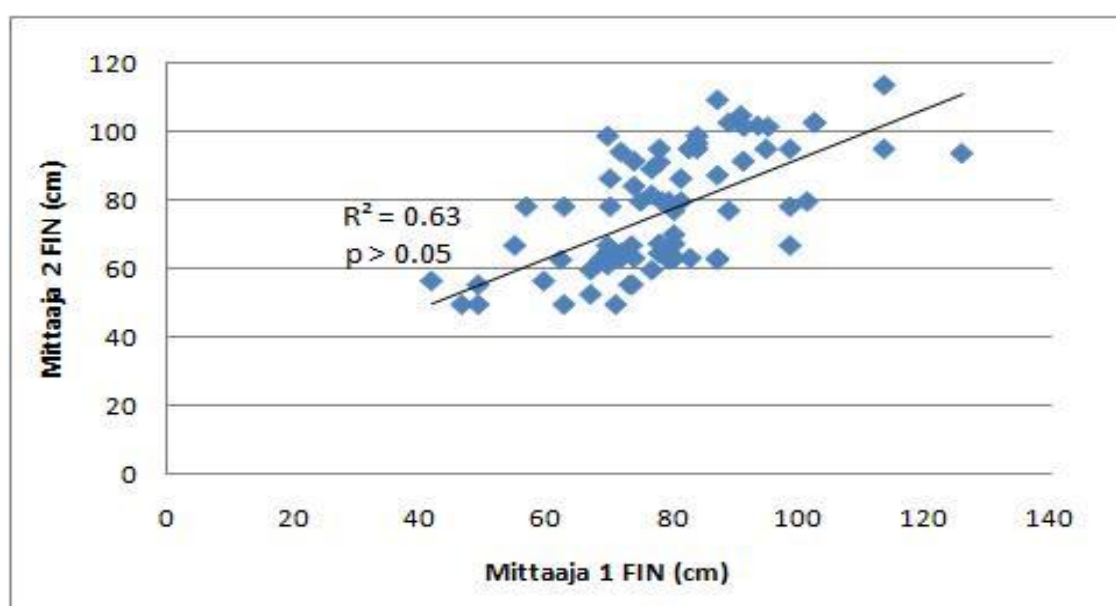
Suomen rannan pituuskohtaisen aineiston kahden mittaajan välinen keskimääräinen mittavirhe oli suuruudeltaan 7,7 %.

Keskimääräiset mittavirheet johtuivat pääosin aineiston mittaajien tavasta mitata kala ja kokemuksen määrästä. Mittaaja 1 (ks. alla) oli käyttänyt eniten DIDSON-ohjelmaa ja Mittaaja 2 hieman vähemmän. Mittaaja 3 oli vähiten kokemusta oh-

jelman käytöstä ja mittaustavoista. Tulosta tarkastellessa tulee myös ottaa huomioon luotaustulokseen vaikuttavat mittaajista riippumattomat tekijät.

#### 4.2.1 Pituusmittausten vertailu mittaajien välillä

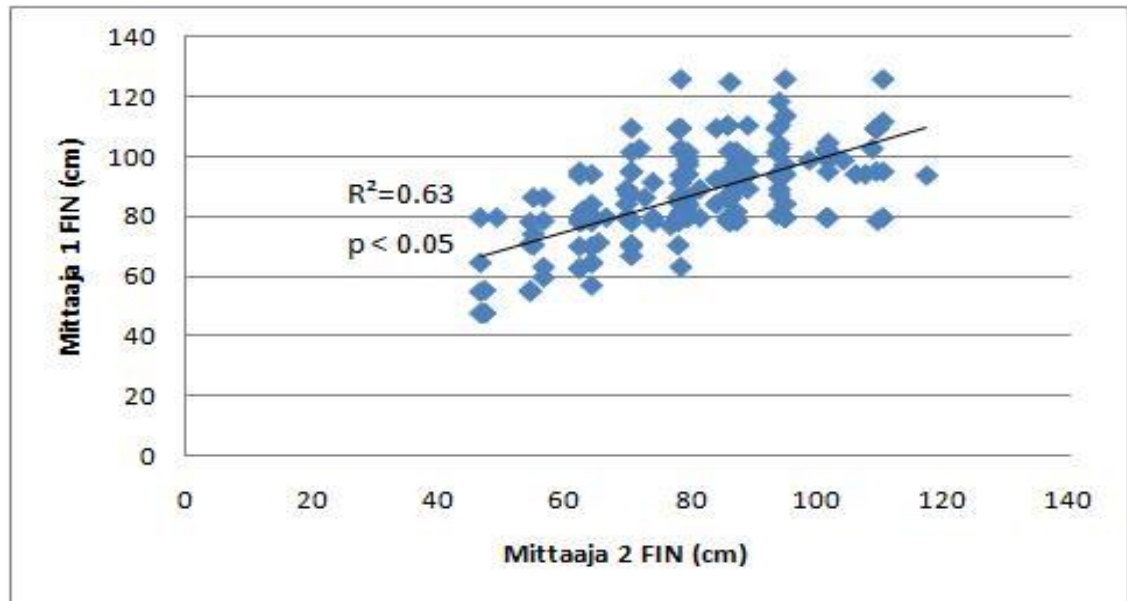
Suomen rannan kahden käsittelijän (Mittaaja 1 & Miittaja 2) välillä tehdyn pituusmittausten vertailun tulokset ( $R^2=0.63$ ,  $sd=16,2$  ja  $p>0.05$ ) kertovat, että käsittelijöiden pituusmittausten tulokset olivat riippuvaisia tavasta mitata tarkastelun kohteena oleva sama kala. T-testin tulosta tarkasteltaessa voidaan todeta, että käsittelijöiden pituusmittaukset eivät tilastollisesti eroa merkitsevästi toisistaan (Kuvio 5).



Kuvio 5. Suomen rannan pituuskohtaisen aineiston mittaajien välinen suhde (n=75 kpl).

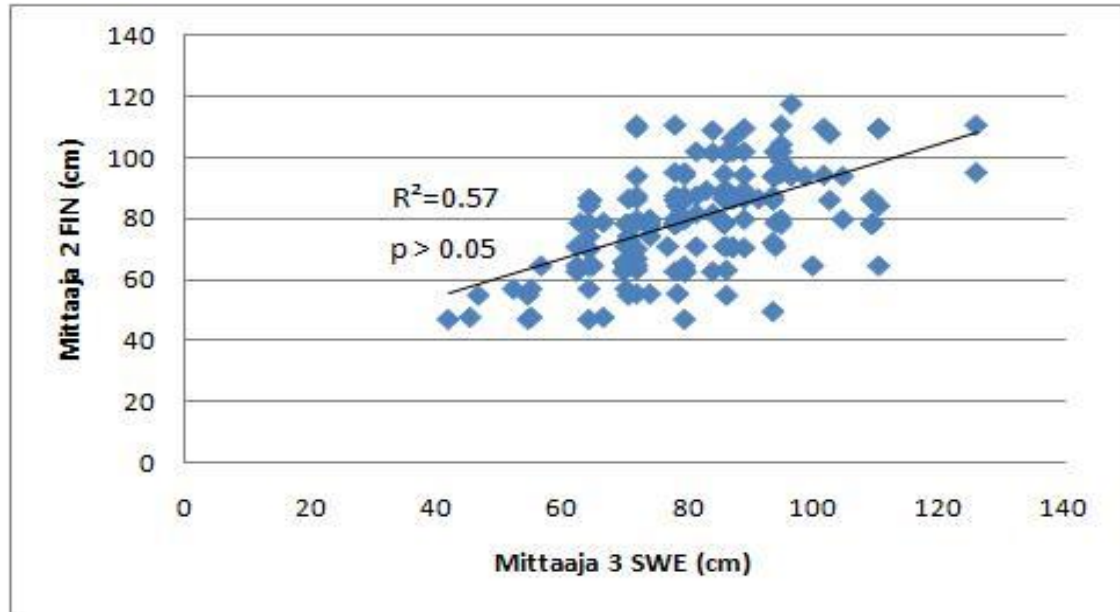
Vastaavan vertailun tulokset Ruotsin rannan käsittelijöiden välillä (Mittaaja 1, Mittaaja 2 ja Mittaaja 3) erovat joiltakin osin Suomen rannan tuloksista. Vertailu tehtiin pareittain niin, että jokaisen käsittelijän mittaustuloksia verrattiin keskenään.

Mittaja 1 & Mittaja 2 väliset tulokset ( $R^2=0.63$ ,  $sd=16,1$  ja  $p<0.05$ ) ovat samansuuntaiset Suomen puolen tulosten kanssa, mutta t-testin tulosta tarkasteltaessa, voidaan todeta pituusmittauksien tilastollisesti eroavan merkitsevästi toisistaan (Kuvio 6).



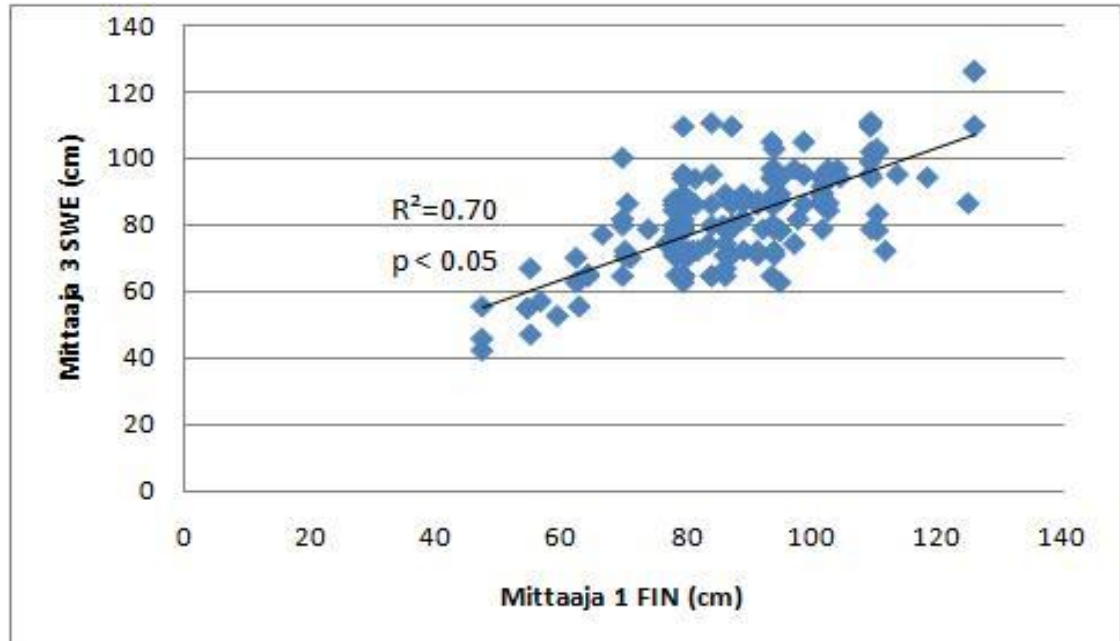
Kuvio 6. Ruotsin rannan pituuskohtaisen aineiston mittaja 2 & mittaja 1 välinen suhde (n=180 kpl).

Mittaja 2 & Mittaja 3 välillä tehty vertailu ( $R^2=0.57$ ,  $sd=15,2$  ja  $p>0.05$ ) osoittaa t-testin mukaan, että pituusmittaukset eivät tilastollisesti eroa merkitsevästi toisistaan (Kuvio 7).



Kuvio 7. Ruotsin rannan pituuskohtaisen aineiston mittaaja 3 & mittaaja 2 välinen suhde (n=180 kpl).

Mittaaja 1 & Mittaaja 3 välillä tehdyn vertailun tulokset ( $R^2=0.70$ ,  $sd=15,2$  ja  $p<0.05$ ) kertovat mittauksen välisen korrelaation olevan kaikista mittajista paras, mutta t-testin mukaan mittajien väliset pituusmittauksen tulokset eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Kuvio 8).



Kuvio 8. Ruotsin rannan pituuskohtaisen aineiston mittaja 1 & mittaja 3 välinen suhde (n=180 kpl).

## 5 Tulosten tarkastelu

### 5.1 Luotaurantojen eroavaisuudet ja vaikutus kalojen mittaukseen

Ruotsin ranta on profiililtaan suhteellisen loiva ja normaalin vedenkorkeuden vallitessa melko hidasvirtainen (1-2 m/s). Tällöin kalat uivat usein suoraan luotauslinjan ohi. Käytettäessä 40 m ja 80 m luotainikkunoita ohi liikkuvat kalat oli usein helppo havaita ja niiden mittaus onnistui yleensä hyvin, mutta käsittelijän oli itse ratkaistava missä asennossa kala kulloinkin mitattiin.

Suomen rannan kalojen mittaus erosi joiltakin osin Ruotsin rannan mittauksesta. Suomen rannan profiili on hieman jyrkempi ja aivan päävirran reuna-alueella, jolloin virtaama on suurempi. Tästä syystä ylöspäin vaeltavat kalat joutuvat ponnistelemaan enemmän kuin Ruotsin rannalla. Luotaimella havaittujen kalojen uintiasento oli selvästi enemmän pysty- kuin vaakasuuntainen.

Kalan kokonaisuuden hahmottaminen mittaushetkellä, taustakohinan ollessa suurempi, oli verrattain Suomen rannan luotaimella hieman hankalampaa kuin

Ruotsin luotaimella. Toisinaan ylöspäin pyrkivä kala jäi ”lepäämään” luotainkeilan keskilinjalle n. 15-25 m etäisyydelle, jolloin vaihtoehtoisia pysäytyskuvia kalan mittaukseen oli tarjolla runsaasti ja kohde oli helpompi mitata. Kalan uidessa nopeasti läheltä linssiä (< 5 m) luotainkeilan ohi, luotaimen tuottama kuva kalasta oli epätarkka ja useimmiten sitä ei pystytty mittaamaan.

## 5.2 Saalistilastojen suhde luotaimella mitattuihin kaloihin

Matalataajuutta (0.7 MHz) ja pidempiä luotainikkunoita käytettäessä kuvan resoluutio heikkenee merkittävästi lyhyisiin luotainikkunoihin verrattuna, vaikka käytettäisiin paremman resoluution takaavaa isoa linssiä. Lisäksi kohteen erotuvuutta ja kokonaisuuden hahmottamista häiritsevää taustakohina lisää mittausvirheen riskiä. Edellä mainittujen syiden vuoksi luotaimella havaittujen kalojen kokonaispituuden mittaaminen on hyvin epävarmaa. Luotaimella havaittujen kalojen mitat oli pääosin aliarvioitu.

Erään ongelman Kattilakosken luotauksissa aiheutti pienten, yhden merivuoden lohien (kossien) tunnistaminen pituuden perusteella kaikista havainnoista. Tornionjoen v. 2010 saalistilaston (Kuvio 1), (sähköposti, J. Lilja 16.3.2011) mukaan pienet lohet ovat kooltaan noin 50 – 65 cm pituisia. Uidessaan kaukana linssistä (>30 m), niiden mitattu pituus saatettiin yliarvioida ja tällöin ne merkittiin useamman merivuoden lohien luokkaan. Lisäksi pienet kalat saattoivat uida luotainlinjan ohi hyvin epäsäännöllisesti ja tällöin niiden tuottamat pysäytyskuvat olivat huonolaatuisia, jolloin niiden mittaus oli hankala suorittaa.

Otettaessa huomioon pelkästään luotainkeilan mittaustarkkuus etäisyyden kasvaessa (Taulukko 1) voidaan todeta, että luotaimella havaitut kalat kuvaavat huonosti Tornionjokeen vaeltavien pienien lohien kokoluokkia. Isojen, useamman merivuoden lohien kuvaukseen luotain sopii paremmin, koska niiden mittaus oli pääosin helpompi suorittaa kalojen suuremman paluukaiun ansiosta.

Havaittujen kalojen mittaustulosten tarkastelussa käytettävät saalistilastot eivät anna täysin selkeää kuvaa Tornionjoen lohien kokojakaumasta, koska lohien pyynti vapavälinein on valikoivaa. Suuret lohet ovat saalistilastoissa selkeimmin

edustettuina eivätkä kaikkien joesta saaliiksi saatujen lohien tiedot päädy saalis-tilastoihin.

### 5.3 Pituusmittauksen luotettavuus

Burwen ym. (2010, 1312) tutkimuksen mukaan DIDSONin avulla mitatut kalat korreloivat vahvasti ( $R^2=0,90$ ,  $n=18$ ) todellisten mittojen kanssa. Tutkimuksessa käytettiin DIDSON-LR (long range) mallin korkeataajuutta (1.2 MHz) ja korkean resoluution tuottavia linssejä. Luotainkeilan pituus tutkimuksessa oli maks. 21 m. Yhteenvetona tutkimuksessa todettiin kalan muodon olevan merkittävä mittavirheitä aiheuttava tekijä. Varsinkin pään ja pyrstön hahmottaminen kalasta oli hankalaa. Tällöin mitattavat kalat saattavat jäädä liian pieniksi todellisiin mittoihin verrattuna.

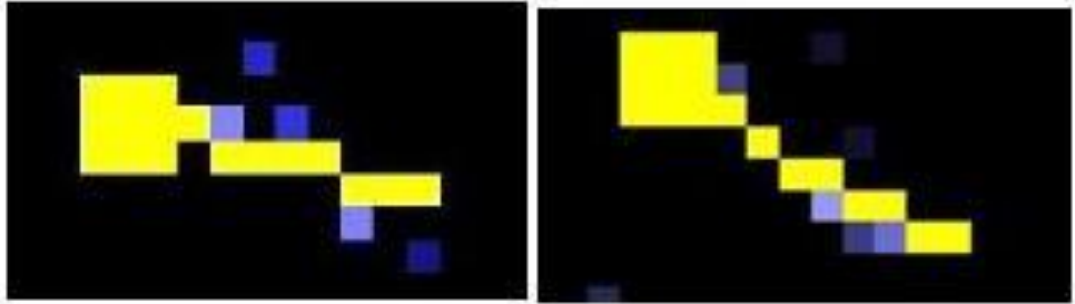
Burwenin (2010, 1312) tutkimuksessa havaittiin, että paras asento mitata havaittu kala oli kalan ruumiin ollessa ns. mutkalla, jolloin pää ja pyrstö tulivat selkeimmin näkyviksi. Kattilakosken luotauksissa käytettiin matalampaa taajuutta (0.7 MHz), jotta voitiin käyttää 40 m ja 80 m luotainikkunoita. Huolimatta siitä, että Kattilakosken luotaimet oli varustettu myös paremman resoluution tuottavalla isoilla linsseillä, ei kohteen kuvan taso pitkillä etäisyyksillä yllä Burwenin (2010) tutkimuksen vastaaviin.

Tornionjoen Kattilakosken luotauksissa syntyneet havainnot tukevat Burwenin (2010) tässä työssä aikaisemmin esitettyä väittämää. Lähellä linssiä (5 - 25 m) havaittujen kalojen pituuden mittaaminen oli helpommin suoritettavissa kuin kaukana, lähellä luotainkeilan yläreunaa uivien kalojen mittaaminen, jossa ääni-keilojen väli on suurempi.

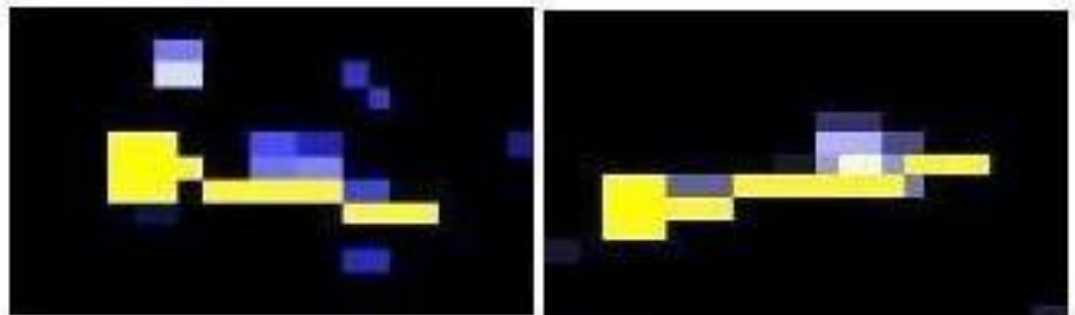
Mittauseroja eri käsittelijöiden välillä syntyi varsinkin tavasta mitata kalan pysäytyskuva eri asennoissa. Kohteiden mittauskokemuksen vaikutus tuloksiin on ilmeinen.

Lähellä linssiä mitattujen kalojen mittavirhe eri käsittelijöiden välillä ei kasvanut suureksi, mutta mittavirhe kertaantui etäisyyden kasvaessa. Kuvat 13 ja 14 ha-

vainnoivat pituuden mittauksen mittasuhteiden muuttumista. Kuvien oikeanpuoleisten kalojen hahmon muodot erottuvat paremmin kuin vasemmanpuoleisten.



Kuva 13. Suomen rannan luotaimella 11 m etäisyydellä havaittu kala kahdessa eri kohdassa mitattuna. Vasemman hahmon mitta on 72 cm ja oikeanpuoleisen 81 cm. Oikeanpuoleisen kuvan hahmo on enemmän kalan mallinen kuin vasemmanpuoleinen. Huom. Kuvan kalat mitattu 40 m luotainkeilassa ja kohteet on suurennettu.



Kuva 14. Suomen rannan luotaimella 30 m etäisyydellä havaittu kala kahdessa eri kohdassa mitattuna. Vasemman hahmon mitta on 95 cm ja oikean 126 cm. Mittauserot kasvavat etäisyyden kasvaessa. Huom. Kuvan kalat mitattu 40 m luotainkeilassa ja kohteet on suurennettu.



Tarkastellessa mittaajien välisiä keskimääräisiä prosentuaalisia mittauseroja (APE) tulee ottaa huomioon siihen vaikuttavat monet seikat mm. luotainsignaalien leviäminen (Kuva 8) ja taustakohinan aiheuttama häiriö.

Tuloksen parantaminen edellyttäisi mittaajien välistä tiivistä yhteistyötä, jotta mittaukset olisivat yhdenmukaisempia. Ristiinvertailuaineistojen avulla ja kalan mittaussasentoja vertailemalla käsittelijöiden välisiä mittauseroja saataisiin pienemmäksi.

#### 5.4 Menetelmän soveltuvuus

DIDSON-LR mallin avulla suoritettavat luotaukset antavat arvokasta tietoa silmalläpidettävästä Itämeren lohesta. Luotaaminen DIDSON- luotaimilla soveltuu hyvin vaellusta tekevien Itämeren lohien seurantaan, koska menetelmä ei aiheuta itse kalalle minkäänlaisia tuntemuksia.

Tornionjoen Kattilakosken niska soveltuu tutkimusalueena luotaukselle hyvin, koska vähempiarvoisten kalojen määrä pysyy suhteellisen alhaisena koko seurantajakson aikana, eivätkä ne näin häiritse itse luotausta ja havaintojen mitaamista.

Veden laadulla ei ole merkitystä DIDSON- luotaimen toiminnalle, koska sen tuottama kuva muodostuu ultra-äänisignaalien kautta (Moursund ym. 2003, 682).

Luotaimella mitattujen kalojen mitat eivät tarkasti kuvaa vaeltavien lohien kokojakaumaa. Lohien kokonaispituuden mittaaminen pitkillä luotausikkunoilla (40m ja 80 m) on epätarkkaa, sillä etäisyyden kasvaessa mittavirheen mahdollisuus kasvaa.

Huolimatta siitä, että saalistilastoihin ilmoitettujen lohien pituudet on saatettu mitata epätarkasti tulisi tilastojen kokojakaumaa verrata luotaintuloksiin myös tulevaisuudessa, koska se antaa hyvän vertailupohjan mittausten onnistumisen tarkasteluun.

Varsinaisen luotausaineiston kalahavaintojen mittaamiseen tulisi palkata lisää henkilöitä, koska runsaan aineiston käsittely on kuormittavaa ja mittausten virhealttius kasvaa.

Elävien, paikalleen ankkuroitavien kalojen käyttöä mittausten luotettavuuden tarkastelussa tulisi harkita, jotta saataisiin arvokasta tietoa todellisten ja luotaimella mitattujen kalojen mittauseroista ja tarkkuudesta pitkillä luotainkeiloilla luodattaessa.

### 5.5 Aineistonkeruun ongelmia aiheuttavat ulkoiset tekijät

Kattilakosken luotaushavaintojen virhettä mittaustarkkuudessa aiheutti virrassa ajelehtiva siitepöly, joka tarttui luotaimien linssin pintaan ja himmensi sen luomaa kuvaa (Lilja ym. 2010, 39). Pahin siitepölyaika Ylitornion korkeudella osui kesäkuun puoleenväliin. Tällöin linssit oli putsattava vähintään joka toinen päivä, aina heinäkuun puoleenväliin saakka. Sen jälkeen linssit putsattiin n.1-2 kertaa viikossa muiden huoltotoimenpiteiden yhteydessä.

## 6 Lähdeluettelo

Burwen Debby L.,; Fleischman Steven J., and Miller James D., 2010. Accuracy and precision of salmon length estimates taken from DIDSON sonar images. Transactions of the American fisheries society 139;1306 – 1314.

Boswell K., M. Wilson M., P. Cohan J., H., Jr, 2008. A semiautomated approach to estimating fish size, Abundance and behavior from dual-frequency identification sonar (DIDSON) data. North American journal of fisheries management 28: 799-807.

Cronkite, G., M., W., Enzenhofer, H., J., Ridley, T., Holmes, J., Lilja, J., Benner, K., 2006. Use of High-Frequency Imaging Sonar to Estimate Adult Sockeye Salmon Escapement in the Horsefly River, British Columbia. Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences 2646.

Danie, D., S., Trial, J. G. Stanley, J. G., 1984. Special profiles: Life histories and environmental requirements of coastal fish and invertebrates (North atlantic) ATLANTIC SALMON. Coastal ecology group, U. S. Army corps of engineers, Waterways experiment station, National coastal ecosystems team and Division of biological services. Fws/obs-82/11.22. Tr el-82-4.

Holmes, J.A., Cronkite, G.M.W., Enzenhofer, H.J., and Mulligan, T.J. 2006. Accuracy and precision of fish-count data from a dual-frequency identification sonar (DIDSON) imaging system. ICES J. Mar. Sci. 63 (543 – 555).

Kaitala Veijo, 1990. Evolutionary stable migration in salmon: a simulation study of homing and straying. *System Analysis Laboratory, Helsinki University of Technology, SF-02150 Espoo, Finland 27:131–138.*

Kallio-Nyberg Irma & Romakkaniemi Atso, 1998. Kala- ja riistaraportteja 104. Spawning migration of salmon (*Salmo Salar*) in the river Tornionjoki and in the Bothnia Bay on the basis of catch data from 1920's till 1950's. Helsinki, Finland: Finnish Game and Fisheries Research Institute.

Lilja, J., Romakkaniemi, A., Stripsman, S., Karlsson, L. 2010: Monitoring of the 2009 salmon spawning run in River Tornionjoki/Törneälven using Dual frequency Identification Sonar (DIDSON). A Finnish – Swedish collaborative research report. Finnish Game and Fisheries Research Institute & Swedish Board of Fisheries.

Lapin ympäristökeskus 2006. Tornionjoen vesistöalueen pintavedet. Tornio: Lapin ympäristökeskus.

Mills, D. 1989. Ecology and management of Atlantic Salmon. Chapman & Hall, London.

Moursund, R., Carlson, T. J., and Peters, R. D. 2003. A fisheries application of a dual frequency identification sonar acoustic camera. – ICES Journal of marine science , 60: 678 – 683.

RKTL, Romakkaniemi Atso, Lilja Juha, Tornionjoen nousulohet lasketaan DIDSON- luotaimella, 30. Apaja 1/2009.

RKTL 2010. Lohen uhanalaisuus. [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa [http://www.rktl.fi/kala/tietoa\\_kalalajeista/suomen\\_uhanalaiset\\_kalat/lohen\\_uhanalaisuus.html](http://www.rktl.fi/kala/tietoa_kalalajeista/suomen_uhanalaiset_kalat/lohen_uhanalaisuus.html)

RKTL 2010. Kaikuluotaustekniikka. [viitattu 20.1.2011]. Saatavissa [http://www.rktl.fi/kala/kalavarat/tornionjoen\\_lohi\\_meritaimen/tornionjoen\\_nousulohien\\_kaikuluotaus/kaikuluotaustekniikka.html](http://www.rktl.fi/kala/kalavarat/tornionjoen_lohi_meritaimen/tornionjoen_nousulohien_kaikuluotaus/kaikuluotaustekniikka.html)

Romakkaniemi, Atso; Lilja, Juha 2010. Kaikuluotain laskee lohia Tornionjoella, Suomen kalastuslehti 5/2010, 16 – 18.

DIDSON ohjelmistoversiot, Sound Metrics Corporation 2002. [viitattu 13.2.2011]. Saatavissa <http://www.soundmetrics.com>

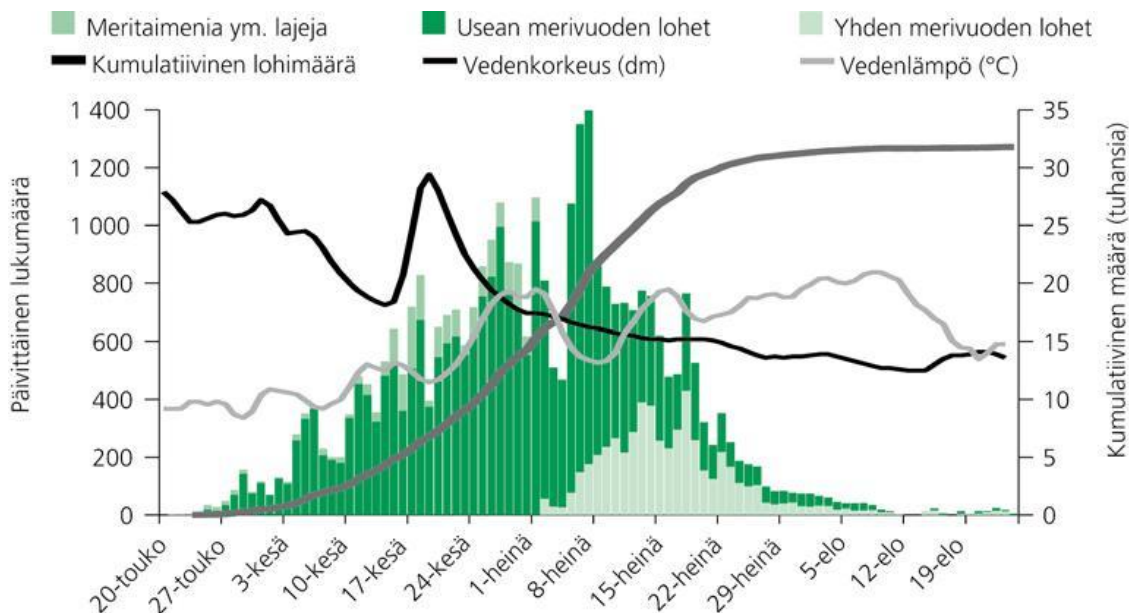
Vähä, Ville; Romakkaniemi, Atso; Ankkuriniemi, Matti; Pulkkinen, Kari; Lilja, Juha & Keinänen, Marja 2010. Riista- ja kalatalous – selvityksiä 4/2010, Lohi- ja meritaimenkantojen seuranta Tornionjoen vesistöissä vuonna 2009. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

## 7 Liitteet

### 7.1 Kesän 2009 luotaustulokset

Kesän 2009 aikana ylöspäin, Kattilakoskin ohi, vaeltaneita kaloja arvioitiin olevan 33 900 kpl. Näistä 26 360 kpl tulkittiin usean merivuoden lohien kokoluokkiin ja 5420 kpl yhden merivuoden lohiksi eli kosseiksi. Osa kaloista (2130 kpl) tulkittiin muiksi kaloiksi, lähinnä meritaimeniksi (Kuvio 9). Ensimmäiset ylöspäin vaeltavat kalat havaittiin toukokuun lopulla ja viimeiset heinä- elokuun vaihteessa. Arviolta puolet kaikista lohista oli ohittanut Kattilakosken luotauslinjan heinäkuun 1. päivään mennessä (Vähä ym. 2010, 19).

Vuoden 2009 luotauksissa ilmenneet ongelmat vaikeuttivat lohien kokonaisuutensa arviointia. Etenkin lohien mitatut pituudet eivät sopineet yhteen saalistilastoihin ilmoitettujen lohien kanssa. Tämä hankaloitti pituusjakaumiin perustuvaa lajintunnistusta (Lilja ym. 2010, 35).



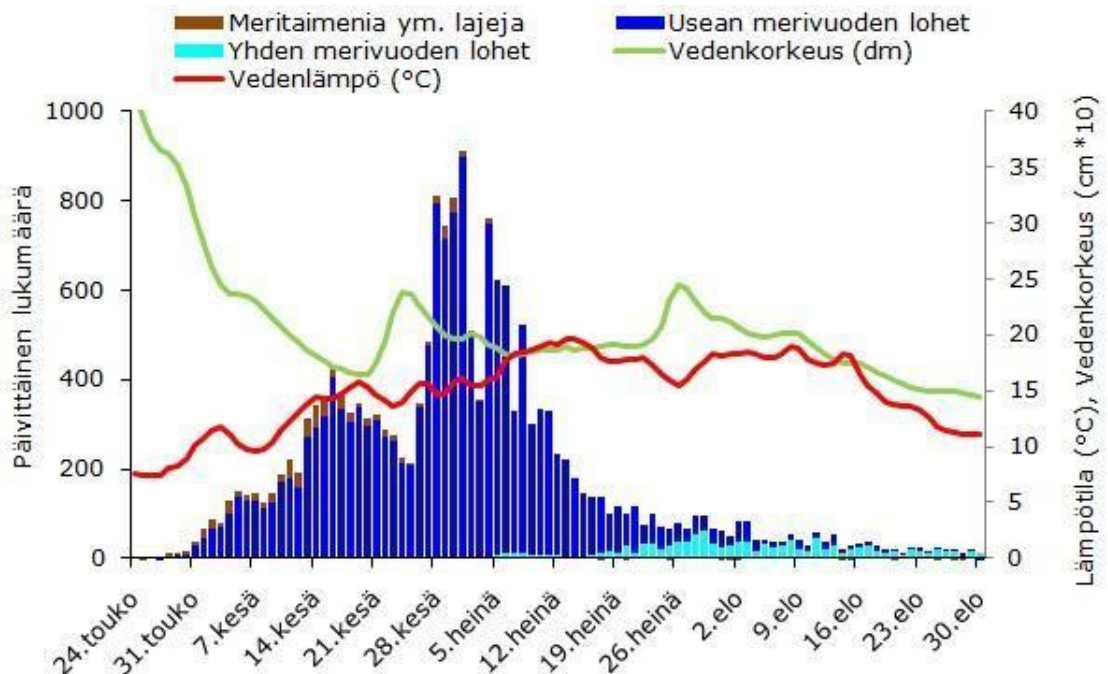
Kuvio 9. Lopullinen päiväkohtainen kuvio vuoden 2009 luotauksista. Mitattujen kalojen pituuksia on lisätty 11 %. Kalat, jotka ylittivät 67,5 cm pituuden tulkittiin

useamman merivuoden lohiksi ja sitä pienemmät kosseiksi ja taimeniksi. Ne, alle 67,5 cm kalat, jotka olivat vaeltaneet ylöspäin ennen heinäkuuta tulkittiin taimeniksi ja heinäkuusta eteenpäin kosseiksi. Taulukosta ilmenee myös joki-veden korkeus- ja lämpötilavaihtelut vuonna 2009 (Vähä ym. 2010, 19).

## 7.2 Kesän 2010 luotaustulokset

Lopullinen vaeltavien lohien määrä seurantajakson 2010 aikana arvioitiin olevan 17 221 kpl. Kaloja, joiden oletettiin olevan muita lajeja, lähinnä taimenia, oli yhteensä 643 kpl. Kossien arvioitu lukumäärä oli 1182 kpl, jolloin useamman merivuoden lohien lukumääräksi tuli 16 039 kpl (Kuvio 10), (Lilja ym. 2011, julkaisematon).

Ensimmäiset ylöspäin vaeltavat lohet havaittiin toukokuun 27. päivä ja viimeiset elokuun lopussa. Puolet kaikista arvioiduista lohista oli ohittanut Kattilakosken luotauslinjan heinäkuun 1.päivään mennessä (Lilja ym. 2011, julkaisematon).



Kuvio 10. Lopullinen päiväkohtainen kuvio vuoden 2010 luotauksista. Luotaimella mitattujen kalojen mittoihin on lisätty 5 cm. Kalat, jotka ylittivät 67,5 cm

pituuksien tulkittiin useamman merivuoden lohiksi ja sitä pienemmät kosseiksi ja taimeniksi. Alle 67,5 cm pituiset kalat, jotka oli mitattu ennen heinäkuun 5. päivää tulkittiin taimeniksi ja muiksi kaloiksi ja 67,5 cm pituuden ylittäneet heinäkuun 5. päivän jälkeen mitatut kalat kosseiksi. Kuviosta käy myös ilmi jokiveden korkeus- ja lämpötilavaihtelut seurantajakson 2010 aikana (Lilja ym. 2011, julkaisematon).