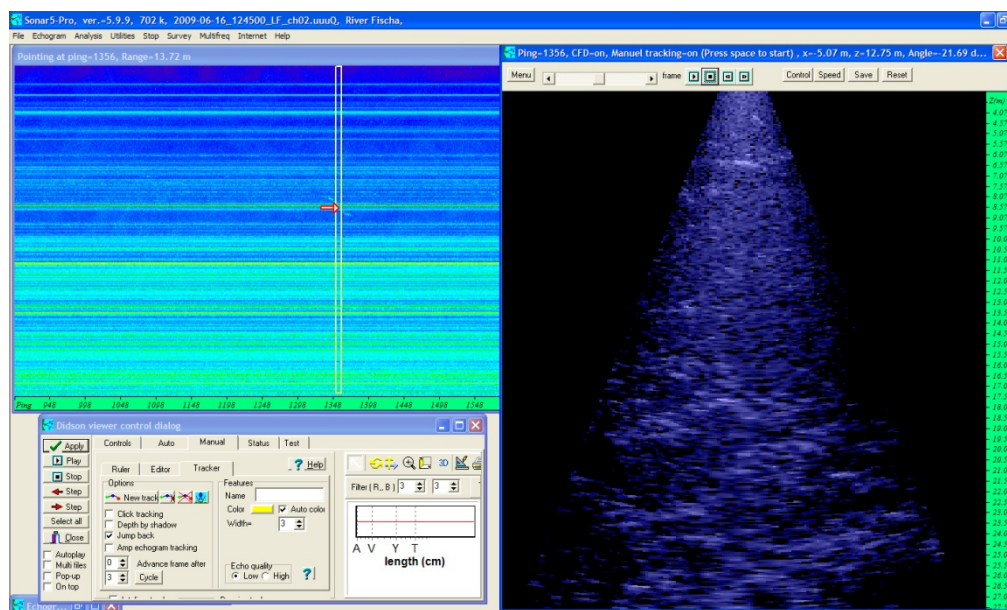


## Telling av oppvandrende fisk i Mandalselva ved bruk av DIDSON

### En pilotstudie

Johanna Järnegren  
Helge Balk  
Ingebrigt Uglem  
Torbjørn Forseth



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

### **NINA Temahefte**

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

### **NINA Fakta**

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

### **Annen publisering**

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

**Norsk institutt for naturforskning**

# **Telling av oppvandrende fisk i Mandalselva ved bruk av DIDSON**

**En pilotstudie**

Johanna Järnegren

Helge Balk

Ingebrigt Uglem

Torbjørn Forseth

Järnegren, J., Balk, H., Uglem, I., Forseth, T. 2011. Telling av oppvandrende fisk i Mandalselva ved bruk av DIDSON – en pilotstudie.  
- NINA Rapport 636. 22 s.

Trondheim, januari 2011

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2215-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

[xx]

KVALITETSSIKRET AV

Nils Arne Hvidsten

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Kjetil Hindar (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Flerbruksplan Mandalsvassdraget

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Svein Haugland (Agder Energi AS)

FORSIDEBILDE

Sonar5-pro programvindu. Johanna Järnegren

NØKKEWORD

DIDSON

Mandalselva

Akustisk fisketelling

Sonar5-Pro

Laks

KEY WORDS

DIDSON

River Mandal

Acoustic fish counting

Sonar5-Pro

Salmon

KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA hovedkontor**

Postboks 5685 Sluppen

7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

**NINA Oslo**

Gaustadalléen 21

0349 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 60 04 24

**NINA Tromsø**

Framsenteret

9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

**NINA Lillehammer**

Fakkeltgården

2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

[www.nina.no](http://www.nina.no)

## Sammendrag

Järnegren, J., Balk, H., Uglem, I., Forseth, T. 2011. Telling av oppvandrende fisk i Mandalselva ved bruk av DIDSON – en pilotstudie. - NINA Rapport 636. 22 s.

Moderne forvaltning av norske laksebestander basert på gytebestandsmål forutsetter god og pålitelig kunnskap om bestandsstørrelse og/eller beskatningsrater. Antall oppvandrende laks kan estimeres enten indirekte gjennom fangststatistikk og beskatningsrater eller direkte ved bruk av ulike fisketellessystemer.

"Dual frequency identification sonar"- systemet (DIDSON) representerer en ny type identifiseringssonarer som under optimale forhold kan generere undervannsbilder med tilnærmet videokvalitet. Sammenliknet med videosystemer gir DIDSON fordeler ved at den ikke er avhengig av eksternt lys som dagslys eller kunstig lys, samt at den også fungerer i grumset vann. Optimal bruk av DIDSON er avhengig av observasjonslokaliteten. Hensikten med dette prosjektet var å teste hvorvidt DIDSON kan brukes til fisketelling i Mandalselva og i andre elver av tilsvarende størrelse.

DIDSON kan brukes til å måle antall og størrelse på oppvandrende laksefisk i elver hvor denne typen informasjon tidligere har vært vanskelig eller umulig å fremskaffe. DIDSON er brukt for å telle oppvandrende laks blant annet i Canada og England, men systemet er hittil ikke testet under norske forhold. Hvorvidt DIDSON-systemet er anvendbart til rutinemessig telling og måling av oppvandrende laks i norske elver er i hovedsakelig avhengig av to forhold; for det første at systemet kan identifisere oppvandrende fisk på en pålitelig måte og deretter at analysene er kostnadseffektive. Dette er igjen avhengig av optimale observasjonslokaliteter og i hvilken grad analysene kan automatiseres.

Lokaliteten som ble vurdert som best egnet til denne studien ligger nedenfor Nødingfossen og data ble samlet inn mellom 11. juni og 20. oktober 2009. En DIDSON-LR enhet (Long Range) med en pan/tilt rotor ble satt ut i elven slik at avstanden fra sonarens front til nærmeste elvebredde var ca 5 meter. Sonaren ble plassert slik at man fikk det beste bildet på skjermen med maksimal rekkevidde.

Alle data ble analysert med programvaren Sonar5-Pro (S5), som ble modifisert for å kunne håndtere de store datamengdene som ble samlet inn. Automatisk telling ble vurdert og mange metoder ble testet og forkastet som ikke tilstrekkelig nøyaktige. Metodene detekterte for mange ikke-ønskede mål og overså for mange fisk. Den eneste metoden som fungerte for de innsamlede dataene var manuell klikktelling. Årsaken til dette var mye støy forårsaket av ekko fra bunn, overflate, luftbobler, turbulens og ikke minst den lange avstanden over elven. Med manuell analyse ble ett døgn opptak opparbeidet i løpet av ca 60 min effektiv analysetid. Forholdet var ikke gode nok til å måle størrelse på fisk.

Totalt ble 4471 fisk talt mellom 11. juni og 20. oktober. Kompensert for tapt opptakstid, areal med manglende dekning samt fisk som vandret forbi sonaren flere ganger estimerte vi en minimum oppvandring på 6451 fisk. Ut fra registrerte fangster gir dette et estimat for maksimal beskatning på 35 %.

Konklusjonen er at DIDSON kan brukes for rutinemessig telling. Automatisk telling av oppvandrende fisk forutsetter at lokaliteten tilpasses slik at tilstrekkelig gode data kan samles inn.

Johanna Järnegren, Ingebrigt Uglem, Torbjørn Forseth, Norsk institutt for naturforskning, PB 5685 Sluppen, 7485 Trondheim  
[Johanna.Jarnegren@nina.no](mailto:Johanna.Jarnegren@nina.no)

Helge Balk, Universitetet i Oslo, Fysisk Institutt, PB 1048 Blindern, 0316 Oslo [Helge.Balk@fys.uio.no](mailto:Helge.Balk@fys.uio.no)

## Abstract

Järnegren, J., Balk, H., Uglem, I., Forseth, T. 2011. Counting migrating fish in the River Mandal using DIDSON – a pilot study. – NINA Report 636. 22 pp.

Modern management of Norwegian salmon stocks is based on estimation of the spawning populations which depend on correct and reliable knowledge of population sizes and/or harvest rates. The number of migrating salmon can be estimated either indirectly through catch statistics and estimates of harvest rates or by using fish counters of various designs.

The Dual frequency IDentification SONar (DIDSON) represents a new kind of identification sonar that under optimal conditions can produce underwater images of almost video quality. Compared with video-systems, the DIDSON has advantages in that it is not dependent on light, neither natural nor artificial, and it also works well in turbid water. When using DIDSON, choice of site is of utmost importance. The aim of this project is to investigate if DIDSON can be used to count migrating fish in Mandalselva and other rivers of similar size.

DIDSON can be used to count the number and measure the size of migrating salmonids in rivers where this type of information has been difficult or impossible to obtain. DIDSON is used to count migrating salmon in Canada and England but has not yet been tested in Norway. To be able to use DIDSON for routine counting and size measuring of migrating salmon in Norwegian rivers two requirements need to be fulfilled. Firstly, the system needs to be able to identify migrating fish in a reliable way, and secondly the analysis of the data must be cost-efficient. This is in turn dependent on optimum site selection and to what extent the analysis can be automated.

The site considered suitable for this study is located right below Nødingfossen. Data were collected between 11 June and 20 October 2009. A DIDSON LR-unit (Long Range) attached to a pan/tilt unit was mounted on a tripod 5 m from nearest the river bank. Location was selected to obtain the best screen image and maximum range.

All data were analyzed with the software Sonar5-Pro (S5), which also was modified to handle the large amount of data collected. The possibility for automatic counting was evaluated and many methods were tested and rejected as not accurate enough. The methods detected too many undesirable objects and over-looked too many fish. The only method that worked was manual click-counting. The reason for this can be found in the low signal-to-noise ratio that in turn was caused by disturbance from echo of the bottom, surface, air bubbles and turbulence and particularly the large sampling range. Using the manual method, 24 h of recordings were analyzed in 60 min. Under good conditions it is possible to measure size of the passing fish. This was unfortunately not possible in the data collected in this study.

In total were 4471 fish observed to pass the counting site between 11 June and 20 October 2009. By accounting for periods without sampling,, area not properly covered by the sonar and fish passing the sonar more than once we estimated a minimum upstream migration of 6451 fish. Based on catch statistics the maximum harvest rate was estimated at of 35%.

We conclude that DIDSON can be used for manual counting of migrating fish. For automated counting, the site needs to be modified to optimize the quality of the data collected.

Johanna Järnegren, Ingebrigt Uglem, Torbjørn Forseth, Norwegian Institute for Nature Research, PO Box 5685 Sluppen, N-7485 Trondheim, Norway. [Johanna.Jarnegren@nina.no](mailto:Johanna.Jarnegren@nina.no)

Helge Balk, University of Oslo, Department of Physics, PO Box 1048 Blindern, N-0316 Oslo, Norway. [Helge.Balk@fys.uio.no](mailto:Helge.Balk@fys.uio.no)

# Innhold

<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>4</b>
<b>Innhold.....</b>	<b>5</b>
<b>Forord .....</b>	<b>6</b>
<b>1 Innledning.....</b>	<b>7</b>
1.1 DIDSON .....	7
<b>2 Metoder.....</b>	<b>9</b>
2.1 Lokalitet.....	9
2.2 Programvare og analyser .....	10
2.3 Innsamling.....	10
2.4 Telling av laks .....	10
2.4.1 Størrelsesfordeling .....	11
2.4.2 Støymålinger .....	11
2.5 Håndtering av store datamengder.....	11
2.6 Analyser .....	12
2.6.1 Korrigeringer.....	12
2.6.2 Beregninger .....	13
2.6.2.1 Minimum oppvandring.....	13
2.6.2.2 Total oppvandring .....	13
<b>3 Resultater .....</b>	<b>14</b>
<b>4 Diskusjon.....</b>	<b>19</b>
<b>5 Konklusjon .....</b>	<b>21</b>
<b>6 Referanser.....</b>	<b>22</b>

## Forord

I denne rapporten presenteres resultatene fra en pilotstudie der det ble undersøkt om det var mulig å bruke sonaren DIDSON for å telle oppvandrende laks i Mandalselva og i andre elver av tilsvarende størrelse. Målet har vært å kartlegge tekniske og praktiske muligheter og utfordringer og å evaluere i hvilken grad DIDSON kan brukes til rutinemessig fisketelling i lakseelver.

Vil vill takke Bjørn Ivar Birkeland, Bjarne Nøding, Hans Nøding, Ole Kristian Haug Bjølstad, Bjørgulv Foss og Nils Arne Hvidsten for uvurderlig hjelp. Uten dyktige medarbeidere hadde ikke studiet vært mulig å gjennomføre. Vi vil også takke Flerbruksplan Mandalsvassdraget, Agder Energi, Direktoratet for Naturforvaltning og Fylkesmannen i Vest-Agder for finansiering av studiet.

16 desember 2010  
Johanna Järnegren



# 1 Innledning

Moderne forvaltning av norske laksebestander basert på gytebestandsmål forutsetter god og pålitelig kunnskap om gytebestandsstørrelse og/eller beskatningsrater. Antall oppvandrende laks kan estimeres enten indirekte gjennom fangststatistikk og kunnskap om beskatningsrater eller ved bruk av ulike fisketellesystemer (fra mekaniske fisketellere til videoovervåkning). Videosystemer er sensitive for dårlig sikt (nattestid og under flom) noe som bidrar til usikkerhet i telleresultatene og tellingene er svært ressurskrevende. Implementering av ny teknologi som muliggjør fisketelling under slike forhold er derfor viktig.

## 1.1 DIDSON

Dual frequency identification sonar systemet (DIDSON) ble opprinnelig utviklet for U.S. Navy. Systemet representerer en ny type identifikasjonssonarer som produserer undervannsbilder med tilnærmet videokvalitet beregnet på å gi marine dykkere nattsyn for inspisering og identifikasjon av strukturer og objekter under vann. DIDSON leveres i to hovedutgaver med forskjellig frekvensområde. Valg av frekvens er viktig da lavere frekvens gir lengre rekkevidde mens høyere frekvens gir bedre og mer detaljerte bilder men med kortere rekkevidde. I åpent vann uten forstyrrelser kan DIDSON med lave frekvenser se stor fisk på en avstand av 60-80 meter. Denne rekkevidden avtar imidlertid raskt i situasjoner der bunn og overflate forstyrrer lydstrålene.

Systemet fungerer ved at det sender ut en "vifte" av opptil 96 smale lydstråler organisert slik at de til sammen gir et synsfelt på  $29^\circ \times 12^\circ$ . En fisk som svømmer forbi vil bli truffet av et antall stråler som reflekteres tilbake til sonaren. Ved å registrere hvilke stråler som ble reflektert og når ekkot kom tilbake kan man beregne fiskens lengde og hvor langt ut i elven den passerte. Ved gjentatte utsendelser får man en serie med "bilder" som, når de vises i rekkefølge, danner en film av fisken. Dette blir gjort ved hjelp av spesiell programvare, som også inneholder viktige verktøy for å filtrere ut støy, samt detektere, klassifisere og telle fisk manuelt og automatisk.

Sammenliknet med videosystemer gir DIDSON fordeler ved at den ikke er avhengig av eksternt lys som dagslys eller kunstig lys, samt at den også fungerer i grumset vann. Normalt vil rekkevidden for DIDSON være større enn for et videosystem. Selv om DIDSON produserer store mengder digitale data vil et tilsvarende videosystem produsere mer data. Analyse av akustiske data fra DIDSON er også enklere enn for videosystemer da man ser fiskens avstand og størrelse direkte ut fra strålegeometrien og tiden for når ekkene fra fisken reflekteres. For å kunne gjøre det samme med video kreves ett avansert stereovisjonssystem.

Sammenliknet med vanlige sonarsystemer og ekkolodd beregnet på fisketelling i havet, har DIDSON mange fordeler i grunne elver på grunn av høy frekvens, mange tynne stråler og liten fysisk størrelse. Frekvensen til vanlige havekkolodd ser hovedsakelig bare ekk fra svømmeblæren til en fisk mens DIDSON ofte kan se hele fiskekroppen. I en elv med mange andre gjenstander som steiner, drivende kvister og lignende, gir dette store fordeler med hensyn på å skille fisk fra andre gjenstander. De mange tynne lydstrålene fra DIDSON har store fordeler i en grunn elv. Om en eller noen få stråler stanses av en stein, så er det mange andre som fortsetter forbi steinen og som derved gjør det mulig å se fisk som svømmer forbi lengre ut i elven. Et vanlig ekkolodd med en enkelt bred stråle vil i mye større grad bli hindret av en enkelt stein.

Optimal bruk av DIDSON er avhengig av en rekke egenskaper ved observasjonslokaliteten. DIDSON systemet fungerer best i åpent vann hvor ekk fra bunn og overflate ikke konkurrerer med ekk fra fisk. I en elv kan tilnærmet åpent vann tilstand oppnås ved at fisken ledes opp fra bunnen og inn i strålen. Når det av praktiske eller økonomiske grunner ikke er mulig å lede fisken opp fra bunnen og inn i strålen så kan man søke en plass i elven hvor elvebunnen er uniform uten store steiner eller andre strukturer som kan blokkere lydsignalene, samt med en el-

vebunn som skråner svakt nedover i en vinkel og dybde som tilsvarer høyden på sonarens synsfelt. Det er også viktig at strømmen på observasjonslokaliteten er så jevn som mulig og at fisken primært beveger seg oppstrøms. Luftbobler og kraftig turbulens kan videre gi støyproblemer. DIDSON systemet er også avhengig av en stabil strømkilde (24V eller 220V) og en bygning (brakke, campingvogn etc.) for beskyttelse av opptaksenhet mot vær og vind. I enkelte tilfeller kan fysisk modifikasjon av elvebunnen være nødvendig for å skape tilstrekkelig gode forhold.

DIDSON kan brukes til å måle antall og størrelse på oppvandrende laksefisk i elver hvor denne typen informasjon tidligere har vært vanskelig eller umulig å fremskaffe. Det er her snakk om middelsstore til store elver med høy vannføring og dårlige siktforhold. Videre vil systemet også fungere nattestid uten kunstig belysning. Informasjon om antall og størrelse på den oppvandrende fisken kan sammen med fangststatistikk gjøre det mulig å estimere gytebestanden i elva. DIDSON er brukt for å telle oppvandrende laks blant annet i USA, Canada og England, men systemet er hittil ikke testet under norske forhold.

Hensikten med dette prosjektet var å teste hvorvidt DIDSON kan brukes til fisketelling i Mandalselva, og gjennom en slik test vurdere om systemet kan brukes til tellinger i andre elver av tilsvarende størrelse. Et DIDSON-system ble brukt i Mandalselva sommeren/høsten 2009 på en lokalitet som ble vurdert å være egnet på forhånd. Systemet har kontinuerlig registrert oppvandrende fisk.

Målingene krever ikke konstant tilsyn av forskere, men det er helt nødvendig med et jevnlig oppsyn med utstyret for å oppdage eventuelle tekniske problemer og for å justere sonarens posisjon ved varierende vannstand.

DIDSON systemet leveres med programvare som blant annet muliggjør automatisk deteksjon av bevegelser, fisketelling og estimering av fiskestørrelse. Dette er imidlertid avhengig av høykvalitetsbilder, noe som igjen er avhengig av optimale forhold på observasjonslokaliteten. Der som bildekvaliteten ikke er tilstrekkelig god må dataene analyseres delvis automatisk eller helt manuelt. Dette kan innebære en stor arbeidsmengde og implisitt høye kostnader. Vi la derfor vekt på å teste og utvikle metodene for å analysere de innsamlede dataene slik at analysene i så høy grad som mulig kan automatiseres.

Hvorvidt DIDSON systemet er anvendbart til rutinemessig telling og måling av oppvandrende laks i norske elver er i hovedsakelig avhengig av to forhold; for det første at systemet kan identifisere oppvandrende fisk på en pålitelig måte og deretter at analysene er kostnadseffektive. Dette er igjen avhengig av optimale observasjonslokaliteter og i hvilken grad analysene kan automatiseres.

Siden DIDSON systemet tidligere ikke har blitt brukt til dette formålet i Norge ble prosjektet primært definert som et pilotforsøk med følgende delmål:

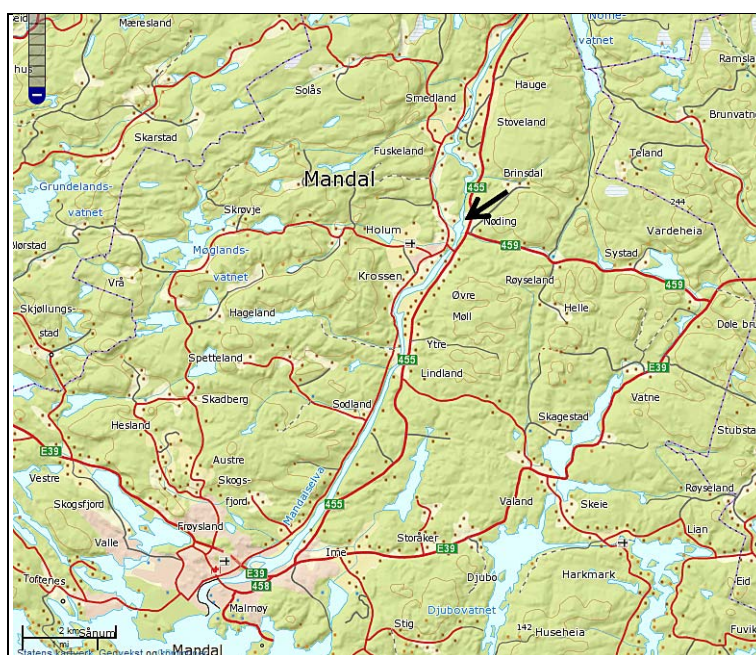
- Identifisering av egnede lokaliteter for utplassering av DIDSON system
- Kontinuerlig overvåkning og registrering av oppvandrende laks (som senere kan gjennomgås)
- Testing og utvikling av metoder for analyse av innsamlet data (automatisering)
- Evaluering om DIDSON systemet kan brukes til rutinemessig telling av oppvandrende laks i Mandalselva og lignende norske elver

## 2 Metoder

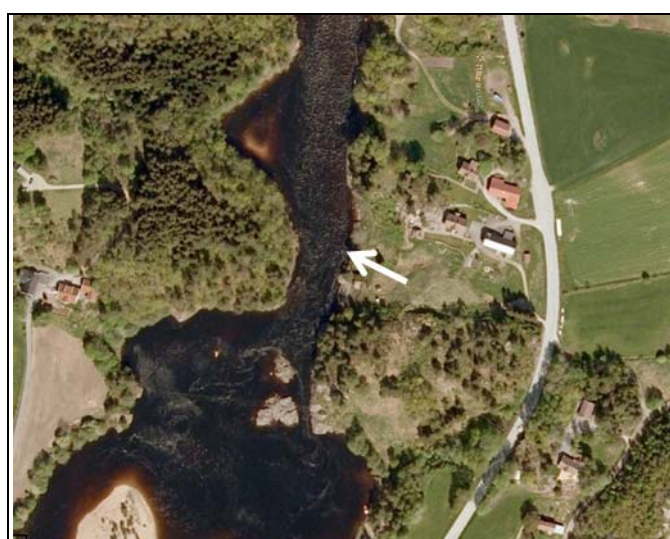
### 2.1 Lokalitet

Valg av lokalitet er et av de viktigste momentene for bruk av akustiske instrumenter i elver. En befaring langs Mandalselva ble derfor foretatt i mai 2009. Ut fra befaringen ble tre områder vurdert som egnet for denne typens studier. Befaringen ble gjennomført sammen med Bjarne Nøding som er godt kjent i området.

Lokaliteten som ble vurdert som best egnet ligger nedenfor Nødingfossen. (**Fig. 1 og 2**). Avstand over elva er her ca 45 m med skrånende dybdeprofil. Vannstrømmen i området er relativt jevn og det er også mulig å plassere elektronisk utstyr i en gapahuk like ved elven (**Fig. 3**). Sonaren hadde mer eller mindre daglig tilsyn i løpet av studiet.



**Figur 1.** Kart over område. Lokalitet vist av pil. Kart hentet fra Norgesglasset.



**Figur 2.** Bilde over lokalitet, plassert ved pil. Bilde fra Norgesglasset.





**Figur 3.** Sonarstativets plassering i elven. Selve sonaren er rettet over elven. Bildet er tatt ved lav vannføring.

## 2.2 Programvare og analyser

To programsystemer ble benyttet - DIDSON v 5.24.11 (D5) fra Sound Metrics Corporation og Sonar5-Pro (S5) fra Lindem Data Acquisition. D5 ble hovedsakelig benyttet til selve innsamlingen, mens S5 ble benyttet til analysen.

## 2.3 Innsamling

En DIDSON-LR enhet (Long Range) med en pan/tilt rotor (Lighthouse Sensor Systems) ble montert på et stativ og plassert ut i elven slik at avstanden fra sonarens front til nærmeste elvebredden var ca 5 meter. Sonaren ble plassert slik at man fikk det beste bildet på skjermen med maksimal rekkevidde. Programmet D5 ble satt opp til å produsere 3-4 bilder per sekund for et område fra 0,83 til 40,83 meter, med fokus på 21,83 meter. (Frame rate=4, Receiver gain=40, Window start=0,83m, Window Length=40,01m, Focus=21,38, Autofrek=on, Auto-Rate=on, Frequency=LF)

Med disse innstillingene benytter DIDSON 700kHz og 48 stråler. Antall prøvepunkt per stråle er alltid 512. Med en vinduslengde på 40 meter får vi da en bredde av hver stråle på 7,8 cm. Dvs. at hver stråle dekker 7,8 cm med vann i retning fra sonaren. Den lave frekvensen, det lave stråleantallet og den store strålebredden gir grove bilder, men ble valgt for å oppnå tilstrekkelig dekning av elvens bredde.

## 2.4 Telling av laks

Data ble samlet inn mellom 11. juni og 20. oktober. Alle data ble analysert med S5. Det ble først generert maksimum intensitets ekkogrammer med åpningsvinkel på 29x12 grader. Auto-

matisk telling ble vurdert og mange metoder som kryssfilter deteksjon (Balk & Lindem, 2000), bevegelses deteksjon (Cheung & Kamath, 2005), filtreringer og enkelt ekko deteksjon (Soule, Barange, Solli, & Hampton, 1997), ble testet og forkastet som ikke tilstrekkelig nøyaktige. Metodene detekterte for mange ikke-ønskede mål og overså for mange fisk. Årsaken til dette var det lave signal til støy forholdet som igjen var forårsaket av ekko fra bunn, overflate, luftbobler, turbulens og ikke minst den høye sampelbredden. DIDSON samler inn 512 datapunkter uansett hvilken rekkevidde man velger. Med 40 meters rekkevidde gir dette en oppløsning på 7,8 cm per stråle, noe som er ganske grovt i forhold til fiskens bredde.

Den eneste metode som fungerte på de innsamlede dataene var manuell klikktelling som innebærer at en person manuelt ser gjennom alle ekkogrammer og klikker på de fiskene som passerer lydstrålen. Hvert klikk representerer en fisk og registrer klokkeslett og avstand fra ekkoloddet. Programvaren samler registreringene og produserer og eksporterer statistikk. Med denne metoden ble ett døgns opptak analysert i løpet av ca 60 minutter effektiv analysetid

### 2.4.1 Størrelsesfordeling

Under gode forhold er det lett å måle størrelsen til passerende fisk. I de innsamlede dataene var dette ikke mulig av samme årsaker som nevnt over mht mulighetene for automatisk telling.

### 2.4.2 Støymålinger

Støymålingene ble gjort ved at alle midnattsfiler fra 00:00 til 00:15 ble samlet i egen mappe og analysert. Analysen ble gjort ved at det først ble generert intensitetsekkogrammer (Ampekkogrammer) med åpningsvinkel på 3x12 grader fra de aktuelle midnattsfilene. For genereringen av ekkogrammene ble TVG satt til  $40\log(r)$ , Gain=40dB, Alpha= 116.23dB/km (TVG og Alpha er faktorer som kompenserer for tap av lydintensitet med økende avstand fra en sonar). Deretter ble det utført en ekkointegrasjon for hver fil i området 4 til 14 meter. Dette produserte et refleksjonskoeffisienttall som så ble plottet som funksjon av dag.

## 2.5 Håndtering av store datamengder

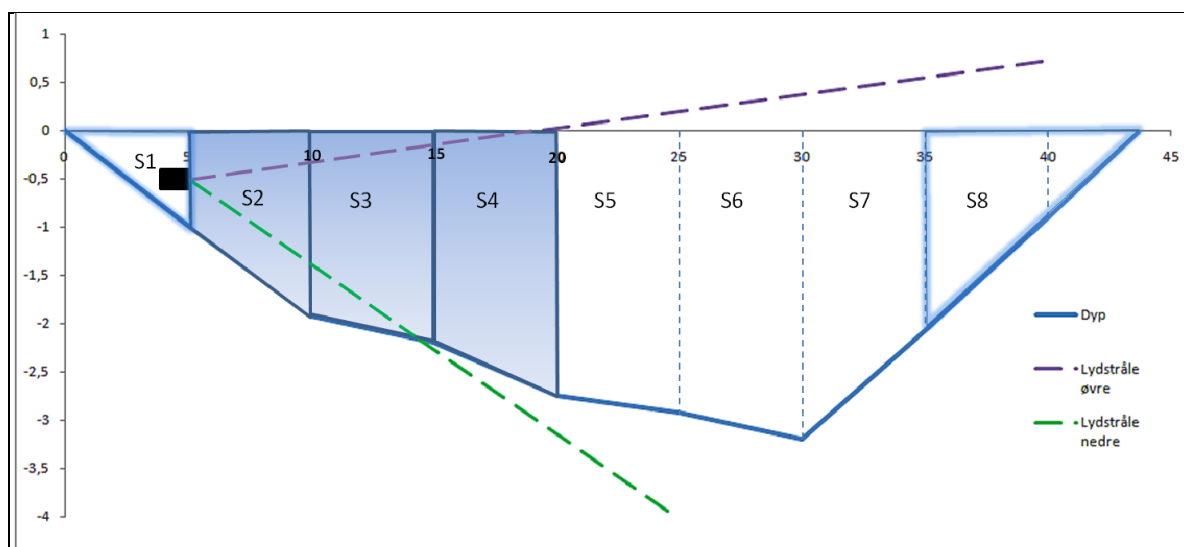
Selv om DIDSON produserer mindre mengder data enn videosystemer, så blir det mye data over flere måneder med kontinuerlig overvåking. Hver fil starter med et filhode etterfulgt av et bildehode, fulgt av de innsamlede dataene for hvert bilde. Med våre innstillinger får vi foruten hodene, 512 byte per stråle. Med 48 stråler, et snitt på 3,74 bilder i sekundet og 86 400 sekunder i et døgn blir dette ca 8 GB per døgn og nesten en terrabyte fordelt på mer enn 11000 filer for hele innsamlingsperioden på ca fire måneder.

Behandlingen av så mange filer og store datamengder viste seg å være problematisk. Vanlige PC-er har ikke stor nok diskplass og vi benyttet derfor eksterne USB2 disk. Selv om USB2 har en ganske rask overføringshastighet så ble all behandling fra flytting og kopiering til det å generere ekkogrammer og åpne filene i analyseprogrammene store og tidkrevende flaskehalser.

S5 ble derfor modifisert for å kunne håndtere datamengdene. Dette ble gjort ved at en del rutiner ble effektivisert mens andre rutiner ble utstyrt med progressindikatorer for å vise hvor langt en prosess har kommet. Uten slike indikatorer er det lett å tro at et datasystem har stanset. Ikke bare de store datamengdene, men også det store antallet filer var problematisk og førte til mye unødig og tidkrevende åpning og lukking. S5 ble derfor også utvidet til å kunne lime sammen ekkogrammer for opptil 24 timer av gangen, og samtidig kunne slå opp og spille av ønskede sekvenser i DIDSON dataene. Den siste funksjonen med oppslag er foreløpig under uttesting, men ser lovende ut for senere prosjekter.

## 2.6 Analyser

Elven ble delt inn i åtte segment på 5 m basert på avstand fra land. Bunnprofil samt DIDSONs plassering og vinkel på strålen er vist i **Fig. 4**. På bakgrunn av soneinndelingen ble dekningsgrad av strålen, lydstrålens totaleffektivitet, samt areal av hvert enkelt segment beregnet (**Tab. 1**). Vi regner med at vi ser all fisk som er i strålen fram til og med segment 4. Etter dette har vi liten mulighet til å se fisk på grunn av støy. For å finne all fisk i disse segmenter har vi tids og areal ekspandert resultatene fra de første fire segmentene. Vi har fjernet segment 1 og 8 under antagelsen at det går lite eller ingen fisk så nær land. Vi antar videre at fiskens fordeling i elven er avhengig av avstand til land og vannføring og speiler tettheten observert i segment 2-4 til segment 5-7 for hver måned.



**Figur 4.** Dybdeprofil av elven og sonarens plassering. Profilen delt in i 8 st 5 m segment. Vi antar at vi ser all fisk i segment 2 til 4

**Tabell 1.** Karakteristikk for hvert enkelt segment

Segment	1	2	3	4	5	6	7	8
Avstand elvebredd	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40
Lydstrålens Total-effektivitet	0	Bra dekning 1	Bra dekning 1	Bra dekning 0.81	Svekket SNR 0.36	Dårlig SNR 0.06	Dårlig SNR 0	
Lydstrålens arealdekning	0	0.23	0.77	1	1	1	1	
Elvens Areal m <sup>2</sup>	2.5	7.6	10.3	12.4	14.2	15.3	13.2	7.5

### 2.6.1 Korrigeringer

På grunn av flom og tordenvær var det driftstans i kortere perioder. Totalt mangler 17 % av tidsperioden mellom 11. juni til 20. oktober, med lengst stans i september (45 %) og juli (24 %) (**Tab. 2**). Da mengden oppvandrende fisk naturlig varierer mellom månedene har vi valgt å beregne antallet månedsvis. Tallene er korrigert for tidstap i hver enkelt måned.

**Tabell 2.** Antall dager i hver måned og hvor stor del av den tiden DIDSON var operasjonell.

	Antall dager	Dekning %
Juni	20	96
Juli	31	76
August	31	97
September	30	55
Oktober	20	100
Totalt	132	83

I den manuelle tellingen er det bare fisk på vei oppover elven som er telt. Objekter som går nedstrøms kan også være pinner, søppel eller annet som flyter med strømmen. Det forekommer at fisker går nedstrøms etter å ha passert strålen på vei oppover for å så igjen gå oppover. Disse "runddanserne" gjør at antall oppvandrende fisk overestimeres da en og samme fisk telles flere ganger. Hvor mange av disse runddanserne som forekommer er avhenging av flere faktorer og varierer mellom lokaliteter. Tall fra Bjørsetdammen i Orkla mellom 2006 og 2010 gir en runddans mellom 23 og 35 % (Hvidsten, pers. medd.). Den valgte lokaliteten i Mandalselva er antatt å ha lav grad av runddansere på grunn av strømforholdene. Arbeidet med de innsamlede dataene gir også dette inntrykket og vi har derfor anslått andelen av runddansere til 20 % i dette studiet. Tellingene er korrigert i henhold til antatt runddans (runddansredusert).

## 2.6.2 Beregninger

### 2.6.2.1 Minimum oppvandring

Vi har valgt å beregne minimum oppvandring ved å bruke totalt antall observert fisk over hele strålen og så justere dette tallet for runddans og tidstap (tid ute av drift). Dette er det mest sikre anslaget for antall oppvandrende fisk. Minimum oppvandring er basert på alle faktiske observasjoner av fisk og dekker kun den del av elva der DIDSON har dekning.

Følgende forutsetninger må være oppfylt for at det beregnede tallet skall være korrekt.

1. Runddans andel er korrekt
2. Ingen fisk vandrer opp nært land

### 2.6.2.2 Estimert total oppvandring

For å kunne estimere en total oppvandring har vi brukt antall fisk observert i segment 2-4, som er det område vi mener vi har bra dekning. Disse tallene er siden speilvendt for segment 5-7. Tallet ble deretter justerts for runddans, tidstap og økning av areal. Vi har gjort fire antagelser som må være korrekte for at det estimert tallet skal være korrekt.

1. Mengde runddansere er korrekt
2. Ingen fisk vandrer opp nært land
3. Fisken har samme tetthet i vannkolonnen i hvert segment
4. Tettheten varierer med avstand fra elvebredden men er symmetrisk om elvens sentrum.

Total oppvandring er estimert fra observasjonene i den del av elva DIDSON har meget god dekning og er et beregnet tall for hele elvas bredde.

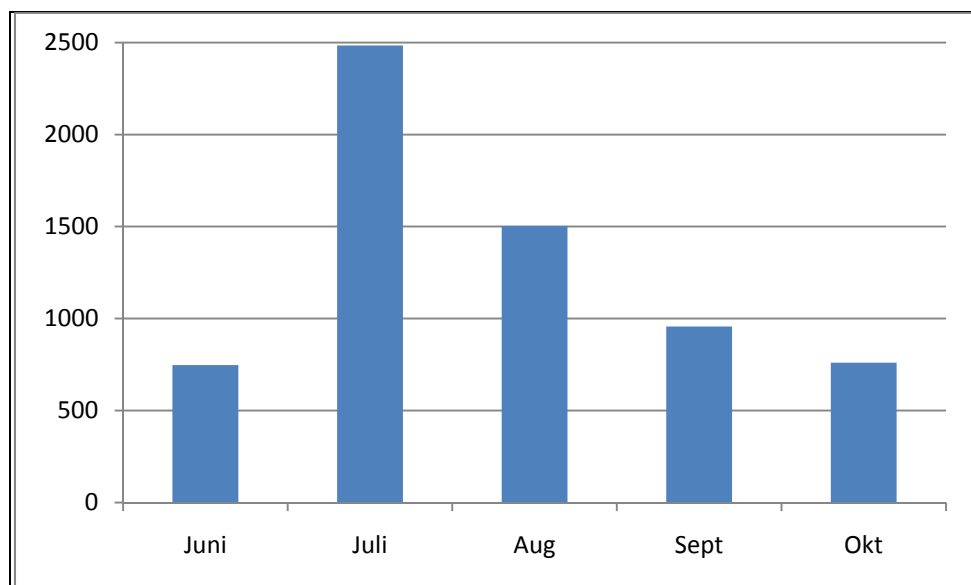
### 3 Resultater

Vi har **observert** 4471 oppvandrende fisk i perioden 11. juni til 20. oktober. Etter justering for tapt observasjonstid, areal og runddans har vi kommet fram till en *minimum* oppvandring på 6451 fisk i denne perioden. I samme periode ble 2259 laks og sjøørret rapportert fanget i Mandalselva. Dette gir en maksimal beskatning på 35 %. Oppvandringen var klart størst i juli med 2485 oppvandrende fisk og avtok siden. (Tab 3 og 4, Fig. 5).

Gjennom tidsutvidelse, areautvidelse og runddansredusering har vi *estimert* (se metoder) en *total* oppvandring av 14 417 fisk i samme periode (Tab. 5).

Perioden utgjør totalt 132 dager, DIDSON var operasjonell i 73 % av denne tiden. I juni og oktober ble fisk telt i 20 dager, mens i juli, august og september ble fisk telt i 31, 31 og 30 dager.

Tidspunkt på døgnet for passering av sonaren varierte over tid. Det var en tendens til at flere fisk passerte sonaren i løpet natten i juni og juli, sammenlignet med august, september og oktober (Fig. 7).



**Figur 5.** Antall oppvandrende fisk telt, fordelt på måneder, runddansredusert.

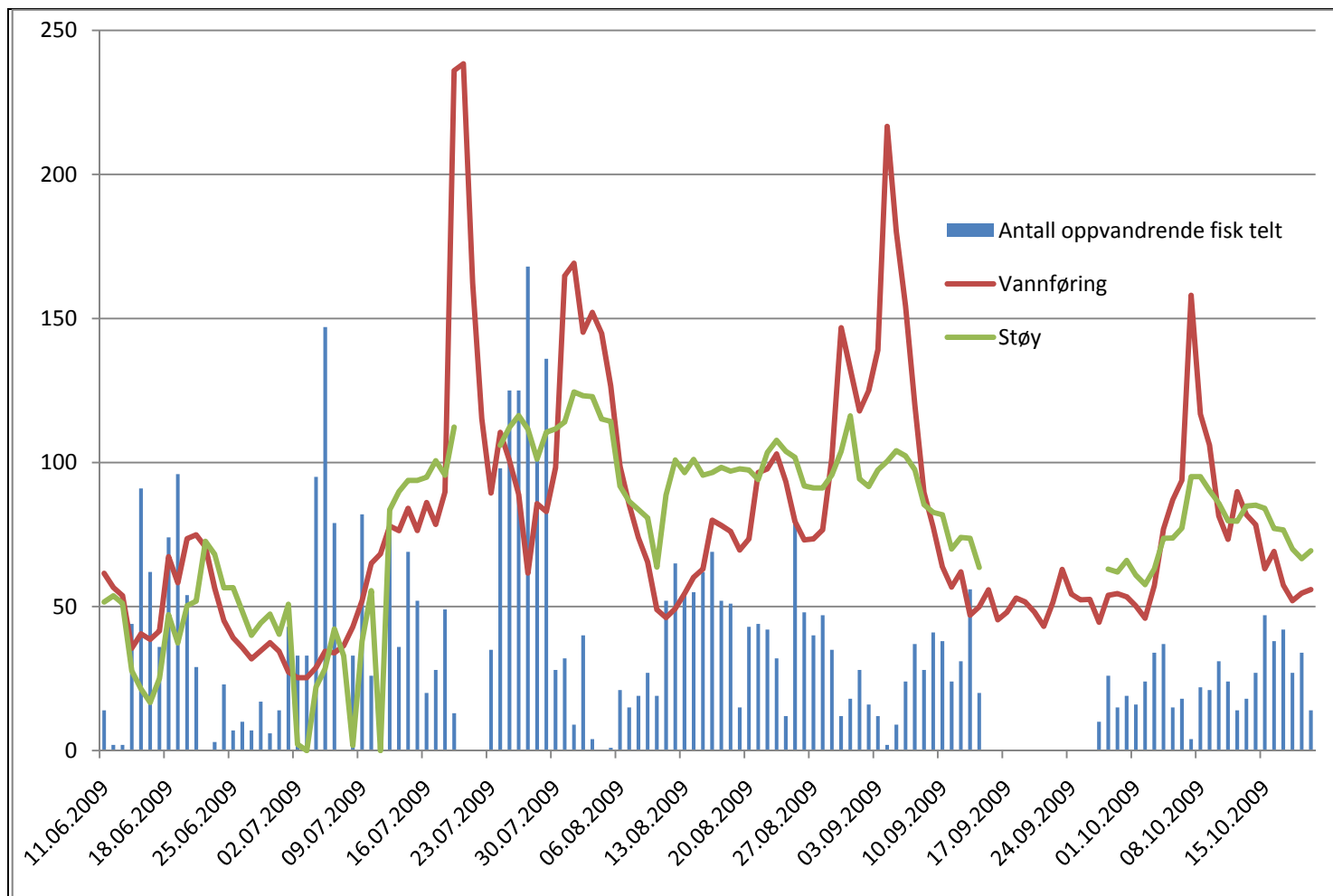


**Tabell 3.** Observert og telt antall fisk fordelt på segment og måned.

Segment		Juni	Juli	Aug	Sept	Okt
1	0-5	0	0	0	0	0
2	5-10	52	187	171	103	113
3	10-15	98	621	410	151	225
4	15-20	266	590	378	114	111
5	20-25	212	236	165	68	57
6	25-30	62	66	9	1	1
7	30-35	3	0	1	0	0
8	35-40	0	0	0	0	0
Per måned		693	1700	1134	437	507
Total		4471				

**Tabell 4.** Observasjoner justert for manglende tid og areal, fordelt på segment og måned. Redusering på grunn av runddans er 20 %. Fangstdata fra Mandalselven 2009 er på 2259 laks og ørret.

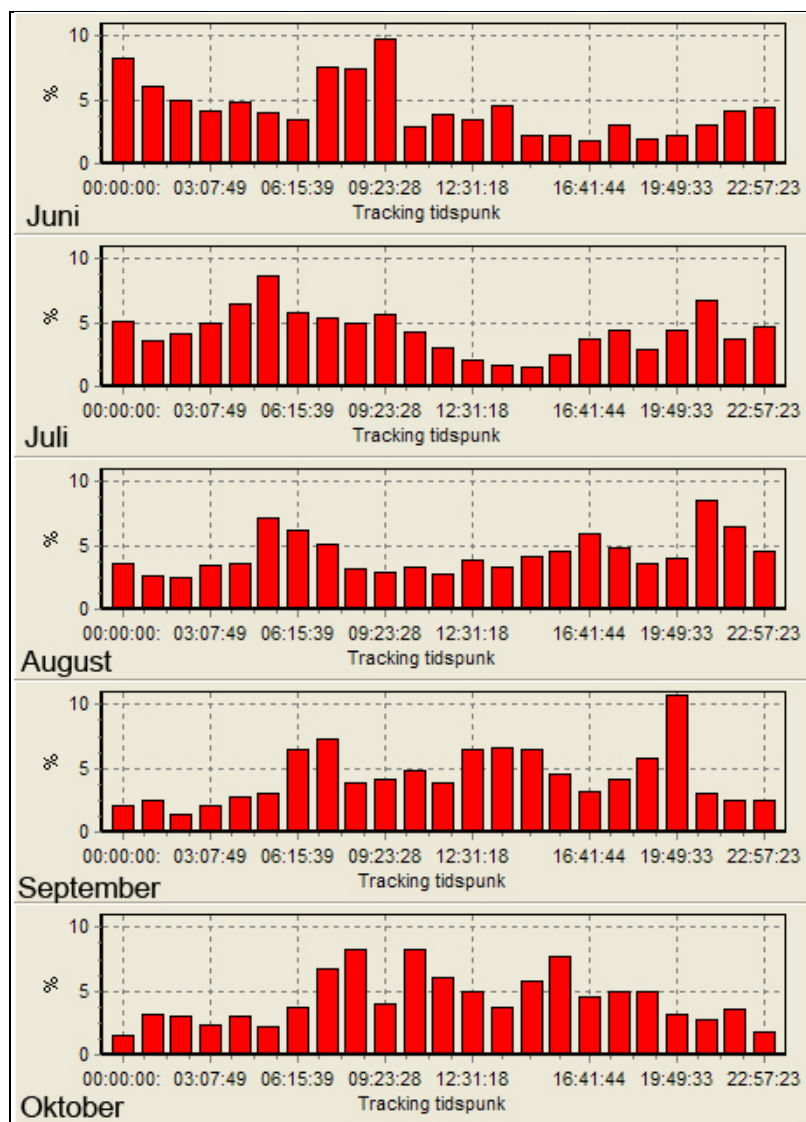
Segment		Juni	Juli	Aug	Sept	Okt
1	0-5	0	0	0	0	0
2	5-10	234	998	758	644	487
3	10-15	134	1004	551	286	294
4	15-20	277	730	389	165	111
5	20-25	221	292	170	99	57
6	25-30	65	82	9	1	1
7	30-35	3	0	1	0	0
8	35-40	0	0	0	0	0
Per måned		934	3106	1879	1196	950
- Runddansfaktor 20%		747	2485	1503	956	760
TOTAL		6451				
Beskatning		2259				
Maks beskatning %		35				



**Figur 6.** Observasjoner av fisk fordelt på dag gjennom hele telleperioden. Data mangler helt for 20-23 juli og 15-26 september. Rød linje angir vannføring og grønn linje angir støy målt i DIDSON filer. Høyt støy nivå er relatert til høy vannføring.

**Tabell 5.** Observerte antall oppvandrende fisk per måned samt beregning av estimert antall fisk, per måned og totalt. Totalt estimat er bygget på antakelse om de fire hypotesene og estimatet bare er korrekt om alle disse er korrekte. I tillegg kommer oppvandrende fisk før 11 juni.

OBSERVERT FISK							Fisk per arealenhet					Estimert antall fisk				
Segm.	Area (m <sup>2</sup> )	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt
2	7,3	52	187	171	103	113	32	138	105	89	67	234	998	758	644	487
3	10,3	98	621	410	151	225	13	97	54	28	29	134	1004	551	286	294
4	12,4	266	590	378	114	111	22	59	31	13	9	277	730	389	165	111
5	14,2	212	236	165	68	57	22	59	31	13	9	318	836	445	189	127
6	15,3	62	66	9	1	1	13	97	54	28	29	198	1492	819	425	437
7	13,2	3	0	1	0	0	32	138	105	89	67	425	1813	1378	1170	885
		693	1700	1134	437	507						1586	6873	4341	2880	2342
		4471					Totalt estimat -->					18022				
							- Runddansfaktor 20 %									
TOTALT ESTIMAT												14417	Endelig estimat			



**Figur 7.** Tidspunkt gjennom døgnet når fisken er registrert for de forskjellige månedene. Basert på den totale tellingen.

## 4 Diskusjon

Hensikten med prosjektet var å teste hvorvidt DIDSON kan brukes til fisketelling i Mandalselva. Det ble definert fire delmål som anses oppnådd.

I delmål 1 skulle vi identifisere en egnet lokalitet for utplassering av DIDSON systemet. Etter befarings på flere lokaliteter ble en egnet lokalitet funnet ut fra de kriterier som ble satt opp ved prosjektets start. Resultatene viser imidlertid at også andre kriterier bør ligge til grunn for valg av lokalitet for bruk av DIDSON til fisketelling i elver av denne størrelsen. Erfaringene fra dette prosjektet vil dermed være av stor betydning for lokalitetsvalg ved framtidig bruk av hydroakustiske systemer for telling av oppvandrende laks.

Delmål 2 bestod i kontinuerlig overvåkning og registrering av oppvandrende laks i Mandalselva. Oppvandring ble registrert i perioden 11. juni til 20. oktober og alle data er manuelt analysert. Resultatene gjorde det mulig å estimere minimum antall laks oppvandret, samt maksimal beskatningsrate.

I delmål 3 ville vi se nærmere på testing og utvikling av metoder for analyse av innsamlet data, samt om det var mulig å automatisere innsamlingsrutinene. Det viste seg imidlertid at forholdene på lokaliteten dessverre ikke var tilstrekkelig gode og gav data med en kvalitet som gjorde det vanskelig å gjennomføre automatiske analyser. Materialet ble derfor analysert manuelt, noe som viste seg å være tid- og ressurskrevende, selv etter at vi modifiserte eksisterende analyseprogramvaren for å kunne håndtere de svært store datamengdene som slike studier medfører. Ved manuell analyse tok det om lag en time å prosessere data for ett døgn.

Det siste delmålet, og egentlig det overordnede målet, gikk på å evaluere om DIDSON systemet kan brukes til rutinemessig telling av oppvandrende laks i Mandalselva og lignende norske elver. Resultatene fra dette studiet tyder på at dersom forholdene er tilstrekkelig gode, dvs. det er mulig å innhente data av en god nok kvalitet for automatisk analyse, så vil også automatisk telling av oppvandrende fisk i Mandalselva være realistisk. DIDSON har vist seg å være et robust system, som er operasjonelt både ved flom og tordenvær og som er lett å bruke også for uerfarent personell.

En gjennomgang av årsakene til hvorfor datakvaliteten ble for dårlig viser at følgende bør endres for eventuelle fremtidige opptak

- Rekkevidden var for lang og bør reduseres fra 40 til 15 meter.
- Lydfrekvensen var satt for lavt og bør økes fra 700 til 1200kHz
- Opptaksstedet hadde for ujevn bunn med mye stein og for stri strøm

Redusert rekkevidde vil gi flere målepunkter per meter vann, noe som vil gi bedre bilde av fisken når den passerer. Økt lydfrekvens gir mye høyere oppløsning og derved bedre og mer nøyaktig bilde av fisken. Stri strøm skapte turbulenser og nedtrekk av luftbobler og ujevn bunn gjorde det mulig for fisk å passere i dødsoner som sonaren ikke kunne se. Steiner på bunnen gav ekstra med støy og skyggesoner som reduserte sikten.

Ved å velge en lokalitet med roligere strømforhold vil datakvaliteten økes. Der vil det være enklere å sette ut ledegarn som gjør at fisken passere sonaren i det området hvor sonaren fungerer best. Bunnen bør være slik at lydstrålen kan følge denne uten for mye reflekser. En form for hindring bør lages like over bunnen slik at fisken svømmer opp og inn i sonarens lydstråle.

Ved å gjennomføre disse tiltakene mener vi at DIDSON kunne gi data som muliggjør

- Automatisk telling av opp og nedvandrende fisk.
- Måle fiskens lengde
- Beregne antall runddansere

Totalt ble 4471 fisk observert til å passere tellepunktet mellom 11. juni og 20. oktober. Med hensyn til tid, arealekspansjon samt runddansredusering estimerer vi en minimum oppvandring på 6451 fisk. I perioden 8. juni til 20. september 2009 var total fangst av laks og sjørett i Mandalselva 2259 fisk (Scanatura, 2009). Dette gir en maksimal beskatning på 35 %. Dette estimatet for minimum oppvandring og maksimum beskatning framstår som relativt robust fordi det bygger på få antagelser som framstår som rimelige.

Estimatet for total oppvandring, 14417, er svært usikkert da det bygger på flere antagelser som ikke er testet. Det gir en beskatning på 16 %, noe som ikke er i henhold til beskatningsrater i en rekke andre elver. Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (Anon. 2009) har publisert beskatningsrater basert på 214 estimat fra 40 elver der laveste beskatning, uansett størrelse på elven, var 29 %. Vi ønsker derfor å legge størst vekt på minimum oppvandringen.

Også andre metoder for å estimere gytebestandens størrelse og beskatning (som gytefisktelinger med dykkere, gytegroppregistreringer fra fly/helikopter eller fra land og merke/gjenfangstforsøk) er usikre, særlig i større vassdrag, og gir ofte maksimumsestimater for beskatning (Anon. 2009). Det presenterte estimatet for maksimal beskatning er således svært relevant i forhold til vurdering av oppnåelse av gytebestandsmål (Anon. 2010b) og regulering av fisket. Det er generelt vanskelig å skaffe gode estimater for oppvandring og beskatning i store vassdrag, og denne evalueringen viser at det er mulig å benytte DIDSON i større elver. Uten modifikasjoner av tellestedet vil både usikkerheten og analysekostnadene bli store, mens man med modifikasjoner av tellestedet kan oppnå god presisjon og lavere kostnader. I mange vassdrag finnes det trolig allerede installasjoner eller naturlige lokaliteter som gjør at DIDSON systemet lettere kan tilpasses enn tilfellet var i Mandalselva.

## 5 Konklusjon

DIDSON kan brukes for rutinemessig telling av oppvandrende laks under forutsetningen at lokaliteten tilpasses slik at tilstrekkelig gode data kan samles inn. Denne modifisering er fullt mulig, men er avhengig av økonomi og eventuelle restriksjoner i forhold til fysiske inngrep i vassdraget.

Automatisk analyse er en forutsetning for *effektiv* bruk av DIDSON som fisketeller. Dersom tilstrekkelig gode data samles inn vil bruk av DIDSON generere gode estimat på beskatningsrater overfor tellepunktet. Telling i mindre tilpassede lokaliteter kan gi minimumsestimater for oppvandring og maksimumsestimater for beskatning til en relativt høy kostnad. Maksimumsestimater for beskatning i store vassdrag kan imidlertid ha betydelig verdi for forvaltning.

Totalt ble 4471 fisk observert til å passere tellepunktet mellom 11. juni og 20. oktober. Med hensyn til tid, arealekspansjon samt runddansreduisering estimerte vi et minimum oppvandring på 6451 fisk, og en maksimal beskatning på 35 %.

## 6 Referanse

- Anon. 2009. Status for norske laksebestander i 2009 og råd om beskatning. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 1, 230 s.
- Anon. 2010. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 1b, 516 s.
- Balk, H., & Lindem, T. (2000). Improved fish detection in data from split beam transducers. *Aquat. Living Resour.* 13 (5), 2000, 297-303 .
- Cheung, S.-C. s., & Kamath, C. (2005). *Robust techniques for background subtraction in urban traffic video*. Livermore, CA 945: fcheung11, kamath2g@llnl.gov, Center for Applied Scientific Computing, Lawrence Livermore National Laboratory, 7000 East Avenue.
- Scanatura. (2009). <http://www.laksefisk.no/fangstrapport/default.aspx?ID=4>. Scanatura.
- Soule, M., Barange, M., Solli, H., & Hampton, L. (1997). Performance of a new phase algorithm for discriminating between single and overlapping echoes in a split-beam echo sounder. *ICES Jour. Mar. Sci.* 54, 934-938.





# NINA Rapport 636

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-2215-0



## Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

[www.nina.no](http://www.nina.no)